

【 신청서 요약문 】

〈신청서 요약문〉

중심어	원자력발전	원자력안전	원자력환경
	원자력미래융합	원자력첨단융합	원자력사회융합
	미래사회원자력기술	방사성폐기물관리	글로벌융복합인재양성
교육연구단의 비전과 목표	에너지의 안정적인 공급과 수요 관리는 사회를 운영하기 위한 필수 요소이며, 한 국가의 에너지 포트폴리오는 미래의 성장을 위한 국가의 기본 전략이다. 최근 우리 사회는 에너지 변환 과정에서 원자력 에너지를 둘러싼 논란을 겪고 있다. 환경 및 안전에 대한 문제제기와 원자력 관련 국가 정책적 지향의 변화는 원자력에 대한 새로운 사회적 논의를 요구하고 있다. 특히, 시민사회의 요구가 적극적으로 나타나면서 에너지 전환과 관련한 정책은 폭넓은 차원에서 사회적 합의에 기반을 두어야 하는 상황이다. 이에 거시적 차원에서 산업 수요에 능동적으로 대응할 수 있는 기술의 개발과 축적이 계속되고, 현재 나타나고 있는 원자력 관련 사회 이슈를 효과적으로 해결할 수 있는 사회적 시각과 접근 방법이 필요하다. 본 “미래사회를 위한 첨단원자력융합” 교육연구단에서는 ‘원자력’이라는 종합공학의 기술적 문제와 복합적인 사회적 이슈를 이해하고 해결할 수 있는 융복합 인재양성을 목표로 하고 있다. 이를 위해 ‘원자력’의 공학적 이해를 담당할 기초교육과정과 영역별 전문 교육과정을 구축하여 원자력과 관련한 복합적 사회문제의 효과적 해결에 최적의 인재를 양성할 것이다. 특성화 전문 교육과정은 구체적으로 이슈가 되고 있는 ‘원자력 안전(에너지 변환 및 발전)’과 ‘원자력 환경(방사성폐기물관리)’ 그리고 미래 원자력 기술로 기대되는 ‘원자력 미래융합(핵융합/플라즈마/가속기)’과 ‘원자력 첨단융합(인공지능 및 로봇시스템)’ 기술 분야에 대한 종합적인 교육 및 연구 프로그램을 개발할 것이다. 이에 더하여 사회문제를 이해하고, 이에 적합한 가치 디자인 과정 등을 경험하여 공학 문제와 사회 인문학적 접근을 복합적으로 수행할 수 있는 “원자력 사회융합(사회문제)” 교육 프로그램을 완성할 것이다. 이러한 교육과정을 통하여 양성된 인재를 원자력 분야의 가장 큰 이슈인 원전의 안전성을 높이고, 원전해체 및 방사성폐기물관리 기술을 확보하는 동시에 현재 원자력 산업을 고부가가치의 원자력 미래 산업으로 전환하는 핵심 전문인력이 될 것이다. 또한, 기술적 지식을 바탕으로 사회 가치를 이해하고 공학적 기술에 사회적 공감대를 갖춘 인간 중심의 미래사회를 위한 원자력 융복합 인재로 성장하여 지역사회 내의 관계 및 갈등해결에서 보다 나은 해결책을 제시할 수 있는 리더로 성장할 것이다.		
교육역량 영역	본 교육연구단은 복합적인 원자력 산업·사회 이슈들에 대응하고 미래사회를 이끌 첨단원자력융합 인재양성을 위하여, 핵심역량 [원자력안전, 원자력환경, 미래융합-플라즈마 및 가속기, 첨단융합-인공지능 및 로봇 시스템, 사회융합] 기반의 교육과정을 구축하고, 인문사회학적 지식이 융합되는 전인교육 과정으로 심화하려 한다. 공통필수 과목으로 원자력 관련 공학과목과 원자력 발전과 관련된 다양한 사회적 문제와 갈등에 대해 이해하는 인문사회과목을 편성하였고, 핵심역량에 대해 전문성을 키우는 세부전공 과목에도 인문사회적인 분석에 기반을 두어 사회문제를 이해하고 사회적/기술적 측면을 다각적으로 접근할 수 있는 교육과정을 마련하였다. 이로써, 원자력에 대한 기본적인 공학적 이해는 물론, 인문사회학적 연구 기법인 데이터 분석과 통계적 추론 역량을 골고루 갖춘 융복합형 인재를 양성할 수 있을 것이다. 나아가서 지역사회·산학연과 밀접하게 교감하는 연구 센터, 상설기구, 온라인 플랫폼을 통하여 사회문제 및 이슈 관련 내용을 접수·발굴해 현장의 산업·사회 문제들을 교육과		

	정의 핸즈온 실습형 (hands-on-experience) 프로그램에서 경험하고 관련 기관들의 전문가들을 초청하고 의견을 듣는 교육과정을 통하여, 전문지식을 실제 산업·사회에 적용할 수 있는 실용적 인재로 교육할 것이다. 또한, 국내 산업·사회에 영향을 미치는 국제적인 이슈들에 대해서 민첩하게 대응하고, 세계적인 교육 수준을 위해 해외 유수의 학자를 초청하여 정규교과목 및 단기 강좌 (summer/winter school)를 개설/운영하고, 유관 기관 방문 및 인턴십 프로그램, 그리고 화상강의/Webinar를 활용한 오프라인/온라인 교육 등을 다방면으로 활용한 국제화 교육 프로그램을 구축할 것이다.
연구역량 영역	본 교육연구단은 체계적이고 건실한 기초 연구 및 공학적 역량을 바탕으로 거대과학기술 분야인 원자력, 핵융합, 그리고 가속기와 관련된 핵심 연구를 수행하고 있다. 또한 거대과학의 필수요소로서 인공지능 기술 및 로봇시스템 개발에도 역량을 확장하고 있으며, 각 기술과 연결된 사회 문제를 포괄적으로 인식하고 사회가 수용할 수 있는 과학적 해결책을 제시하기 위하여 시민사회와 과학계의 소통 양태를 이해하고 발전시키기 위한 연구를 병행하고 있다. 구체적인 연구역량은 아래와 같다. <u>원자력 안전 분야</u>는 가동 원전에 대한 사고저항성 핵연료봉 개발, 중대사고 모사 및 완화 계획 수립, 안전계통 설계 등에서 연구 인프라를 축적하였으며, 이러한 노하우를 바탕으로 해외수출 및 국내 구축 연구용 원자로 안전계통 검증 및 설계를 진행하고 있다. 한편으로 후쿠시마 사고 분석을 통한 중대사고 대처 계획 수립과 같은 국제적 원자력 안전 이슈들을 위하여 국제 협력 연구를 강화하고 있다. <u>원자력 환경 분야</u>는 세계적인 수준의 방사화학 연구 인프라를 확보하고 있으며, 이를 기반으로 원전 운영부터 해체에 이르는 방사성폐기물 관리 및 처분에 대한 다양한 원천기술을 개발하여 왔으며, 국제 공동연구 시스템을 구축하여 선도적인 방사성폐기물 관리 연구를 수행하고 있다. 본 교육연구단의 방사화학 연구 성과는 우리 사회의 첨예한 갈등인 방사성폐기물 문제를 해결하기 위한 초석이 되고 있다. <u>미래 융합 분야</u>는 핵융합 플라즈마 및 가속기 거대과학시설인 KSTAR 토카막 및 포항가속기 연구소를 활용하여 기초 및 공학 연구를 병행하고 있다. 핵융합 플라즈마에 대하여 세계 최고의 영상 및 파동 진단 기술, 빅데이터 후처리 및 진단 가상화 기술을 확보하고 있으며, 노심 플라즈마 안정화의 핵심 원리 규명 및 실증로용 진단 기술 연구를 선도하고 있다. 가속기 분야에서는 국내외 대형가속기 운영 및 구축 활동에 참여하며 핵심부품 성능 개선 및 국산화에 집중하고 있다. 또한, 오염물질 제염, 암치료, 가속기 구동형 원자력 발전 등 가속기 기반 응용 연구를 개척하고 있다. <u>첨단 융합 분야</u>는 육해공 전천후 이동드론, 원전돌 검사용 로봇, 호버링 수중드론 등 세계최고 수준의 <u>극한환경로봇 시스템</u> 원천기술을 확보하고 있으며, 원자력 기술 고도화를 위한 <u>인공지능</u> 기술을 축적하고 있다. 이를 기반으로 원전해체 및 방사성폐기물 처리 작업 자동화와 무인화, 실험용 원자로 설계, 원전 구조물 안전성 분석, 방사선 특성 실시간 예측 등의 미래원자력 첨단기술 고도화 연구를 수행한다. <u>사회 융합 분야</u>는 초연결사회에서 실시간으로 축적되는 다차원 데이터 분석을 통하여 사회 문제 해결을 위한 연구를 수행해왔다. 특히, 삶의 질 개선과 지속가능한 발전을 위한 핵심 요소와 문제 해결 방안을 기술적이고 정책적 차원에서 모색해왔다.
기대 효과	본 교육연구단을 통해 양성된 첨단원자력융합 전문 인력은 공학적 지식을 바탕으로 사회 가치를 이해하고 공감할 수 있는 인간중심의 미래사회를 위한 원자력 융합 인재로 성장하여 지역사회 내의 관계 개선 및 사회적 공감과 수용성 증대를 통하여 원자력 사회문제 해결에 적절한 방안을 제시할 수 있을 것이다.

I. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1.1 교육연구단의 필요성

에너지의 안정적인 공급과 수요 관리는 사회를 운영하기 위한 필수 요소이며, 한 국가의 에너지 포트폴리오는 미래의 성장을 위한 국가의 기본 전략으로서 에너지 관련 과학기술, 경제 및 산업 구조, 안보 환경 등 다양한 변수에 영향을 받는다. 최근 우리 사회는 에너지 변환 과정에서 원자력 에너지를 둘러싼 논란을 겪고 있다. 지난 반세기 동안 산업과 경제 발전의 원동력이 되었던 원자력이지만, 안전 및 환경 문제와 함께 변화된 국가 정책적 지향은 원자력에 대한 새로운 논의와 사회적 합의를 요구하고 있다. 특히, 원자력 안전에 대한 우려와 함께, 이에 대한 시민사회의 목소리가 커지면서 에너지 전환과 관련한 정책은 폭넓은 차원에서 사회적 합의에 기반을 두어야 하는 상황이다. 국내의 원자력 관련 기술과 학문적 성과는 세계적으로 이미 그 수월성을 인정받고 있지만 원전 산업의 구조변화를 주도하고, 지속적인 기술우위를 확보하기 위해서는 미래지향적인 혁신이 계속되어야 한다. 소형 원자로 및 핵융합로를 비롯한 미래의 원자로 기술, 안전한 방사성폐기물 처리 기술, 가속기 기반의 동위원소 생산 및 의료기술 등 미래사회의 유지 및 발전을 위한 첨단 원자력 기술의 확보와 이를 주도 할 수 있는 인재의 양성이 필요하다. 거시적 차원에서 산업 수요에 능동적으로 대응할 수 있는 기술의 개발과 축적이 계속되고, 현재 나타나고 있는 원자력 관련 사회 이슈를 효과적으로 해결할 수 있는 사회적 시각과 접근 방법이 마련되어야 한다. 완성형 인재, 즉 원자력 종합공학에 대한 이해에 인공지능 및 로봇시스템 등 첨단 기술 분야의 수월성과 함께 인문사회적 사고와 이해를 갖춘 융합인재의 양성이 필요한 이유이다.

[1] 국내 산업과 에너지 발전

- 국내 산업 성장과 에너지 전력소비 증가: 국내 에너지 발전설비는 급격한 산업 발전을 견인하는 핵심 요소로서, 국내 산업이 급격히 성장하는 시기인 1981년에서 2018년 동안 1인당 전력소비량이 915 kWh에서 10195 kWh로 11배 가량 폭발적으로 증가함. 한국의 1인당 전력소비량은 국제적으로 상위권으로 알려져 있지만, 1인당 가정용 전력소비량은 OECD 주요국 중에 26위로 하위권이며, 많은 전력이 산업 설비 기반에서 사용되고 있음 (50% 이상을 산업용으로 약 30%를 공공/상업용으로 사용함).
- 주요 국가 산업의 경쟁력과 높은 에너지 전력 의존: 전기 소모량이 많은 국내 산업체를 살펴보면, 현대제철, 삼성전자, 포스코, 삼성디스플레이, LG디스플레이, 하이닉스 순으로 고온의 과정이 필요한 철강과 한국 산업 경쟁력의 핵심인 반도체/전자 소자 분야임. 이런 산업 분야들은 한국 경제의 중추이기도 하지만, 동시에 주변국 특히 중국의 급격한 성장으로 인한 도전을 받고 있는 분야이기도 함. 2019년 한국경제연구원의 보고 내용에 따르면 주요 철강 및 반도체를 포함한 9개 주요 산업 분야의 시장점유율은 이미 반도체를 제외한 모든 분야에서 중국이 한국을 앞서고 있는 상황. 기술 격차 면에서도 중국이 반도체를 포함한 대부분의 산업분야를 1-2년 내로 따라 잡았고, 그 결과로 디스플레이분야는 최근 중국이 시장 점유율도 역전함. 이러한 상황에서 전력 생산 환경은 산업 경쟁력에 직접적으로 영향을 미침. 2017년 충북 수출의 40%를 차지하는 SK하이닉스 반도체 청주공장의 전력사용량이 충북 전체 10%로 한 달에 일반 가정 12만 8천 800 가구가 사용할 수 있는 전기를 사용하여, 한 달 전기요금이 215억 원이었다는 점만 보아도 전력의 효율적 생산 및 공급과 주요 산업 경쟁력과 밀접한 관계를 알 수 있음.

[2] 국내 전력 생산 환경과 구조

- 열악한 국내 전력 생산 환경: 국내 전력 생산 환경은 천연자원이 부족하여 해외자원 의존도가 높고, 지리적으로 땅을 통해 교류를 진행할 수 없는 섬과 같은 고립 지형이어서 자원의 수급 외에도 다른 국가와 에너지 그리드가 연결되지 않은 단독 에너지 그리드를 형성하고 있어 필요한 전체 에너지 수요를 국내에서 모두 해결해야 함. 이와 더불어 휴전이라는 특수상황이 더해지면서, 에너지 안보 면도 고려되어야 하는 복합적인 상황. 이는 많은 에너지 자원으로 다양한 에너지 선택권이 있는 미국/중동아시아나 복잡한 에너지 그리드로 서로 연결되어 특정 국가에서 일시적으로 부족한 전기를 다른 나라로부터 공급받을 수 있는 유럽 국가들과는 다른 특수한 환경이라 할 수 있음.
- 전력 생산 구조: 국내 전력 생산 구조는 발전량 기준으로 2018년 기준 화석에너지가 70%, 원자력에너지 23%, 신재생에너지 6.2%, 수력 발전 0.7% 임. 이러한 발전 구조는 위에서 설명한 바와 같이 열악한 국내 에너지 생산환경 속에서 국내에서도 일부 생산이 가능하여 천연자원 의존율이 낮고, 해외에서 자원을 들여올 때 부피가 작은 고체로 들여와 장기간 보관 및 저장이 가능하여 해외정세 변화에 덜 민감하며, 날씨 환경 시간에 상관없이 안정적으로 많은 전력을 생산해야 하는 국내의 환경에 의해 결정된 것. 최근 발전 구조의 주요 변화를 살펴보면, 원자력 발전이 2008년에는 전체 에너지 발전량의 35%를 책임졌으나, 2016년 30%까지 점진적으로 줄어들었다가 그 후 2년만에 23%까지 발전량이 줄어든 상황 (감소한 발전량 12% 중 8%는 천연가스 발전량으로 충당). 거대과 학이자 주요 에너지 산업인 원자력의 급격한 변화는 복합적인 사회문제를 유발함.

[3] 원자력 산업계 및 생태계 변화

- 원자력 안전성 및 방사성폐기물 관리에 대한 우려: 2011년 3월 후쿠시마 원전 사고 및 2016년 9월 경주 지진 이후 현 가동원전의 안전성 증진에 대한 국민적 요구가 높아지고, 심각한 자연재해 환경에서도 현재의 원자력 발전소가 안전할 것인지에 대한 우려가 크게 제기됨. 이와 더불어 시기를 미루어 왔던 방사성폐기물 처리에 대한 해결책에 대한 의문이 제기되고, 2018년에는 방사성폐기물 핵종분석 오류가 발견되면서 중저준위 방사성폐기물 처분 시설이 제대로 운영되지 못하는 등 원자력 발전 시스템에 대한 안정성과 지속가능성에 대한 우려가 크게 증가함.
- 국내 원자력 관련 환경 변화: 원자력 발전소 운영에 대한 심각한 우려가 제기됨에 따라 새로운 에너지 전환 정책이 수립됨. 수립된 정책에서는 기존의 가동원전들을 국가 전체의 전력 공급 안정성을 해치지 않는 수준에서 운영하는 것을 기본 방향으로 설정하였으며 현 가동원전의 안전성 향상과 방사성폐기물 관리를 강조함. 한편, 2017년 6월 고리 1호기 원전 영구 정지에 따른 노후 원전 해체 분야는 장기적으로 200조 원 대의 시장 규모가 예상되지만 국내의 원전 해체기술은 이미 전세계를 선도하는 발전산업기술 분야와 달리 아직 해외 선진국에 비하여 대략 80% 수준으로 핵심시장을 다른 나라에 내어줄 상황임. 한편, 국내의 연구로 건설 및 가속기 건설은 지속적으로 진행되고 있는데, 대표적인 예가 1조 원 규모의 4세대 원형 방사광 가속기와 기장연구로 건설 사업임.
- 원자력 관련 환경 변화에 따른 여파: 현재의 에너지 전환정책에서는 신규가동원전 추가 건설은 고려되고 있지 않는데 이는 크게 2가지 여파를 만들고 있음. 그 중 하나는 기존의 신규 원전 건설 및 2009년 요르단 원전 수출로 한껏 팽창한 발전중심의 산업구조가 새롭게 편성되어야 한다는 것을 의미함. 이는 지역사회 및 유관 기간산업에 막대한 영향을 미치게 되는데, 일례로 국내의 유일한 원자력 발전을 포함한 화력 및 다양한 에너

지 발전소 요소 기술을 갖추고 있는 사기업 두산중공업이 2020년 2월 대규모 구조조정을 발표함. 또 다른 여파는 방사성폐기물 관리에서 나타나는데, 이는 기존 가동원전의 사용후핵연료 임시 저장소에서 보관하고 있던 고준위 방사성폐기물 보관 용량이 포화에 이르기 때문에 고준위 방사성폐기물 관리에 대한 계획을 구체화 할 수 있는 전문 인력의 필요를 의미함.

- 국외 원자력 관련 환경 변화: 해외 이슈가 국내에 영향을 미치는 경우도 있는데 대표적인 사례로서 일본 후쿠시마의 오염수 방출과 중국의 동북부 해안가에 위치하는 원전 12기의 안전성 이슈 등이 있음. 이 외에도 해외에서는 온실가스 감축을 위한 솔루션으로 소형/마이크로 원자로 시장이 빠르게 성장하고 기술개발이 이루어지고 있는데, 대형 원자로 건설에 주력하였던 국내에서는 아직 대응하지 못하고 있음.

[4] 에너지 발전과 거대과학 원자력, 이에 연관된 사회문제 고찰

- 복합화된 에너지 발전 그리고 원자력 관련 사회문제: 원자력 관련 이슈는 단순 과학 기술만으로 해결할 수 없는 복잡한 사회문제임. 원자력 안전 시스템의 기술과 방사성폐기물 관리 기술의 미성숙이 시발점이 된 것 같지만 공학적으로 각 분야가 전 세계적으로 50년 가까이 연구되었다는 점에서 볼 때 이는 단순히 기술의 한계가 아닌 에너지 발전과 소비, 그리고 거대과학인 원자력 공학이 지역사회 및 산업계와 연구소 및 학교 생태계에 미치는 영향에 대한 인문사회학적 고찰이 동반되어야 하는 문제임. 2017년 신고리 5,6호기 공론화를 살펴보면 전문가들끼리의 토론이 아닌 일반 주민들과 함께 기존 가동 원전들의 안전성에 대한 의구심과 신규 원전의 필요성에 대한 심도 높은 논의가 이루어졌으며 최종적으로 인근 지역 지자체 및 주민/시민들의 결정을 반영하여 진행됨. 이러한 과정은 추후 사용후핵연료 처리 문제, 노후 원전 안전성 및 영구 정지 등과 같은 굵직한 원자력 관련 사회 이슈들에도 적용될 것이므로, 단순한 공학적 지식의 전문가가 아닌 정보화된 사회에서의 소통에 대한 인문사회학적 소양을 갖춘 전문가가 필요함.
- 미래사회를 위한 첨단원자력에 대한 고찰: 기존의 원자력 영역 (특히 안전과 방사성폐기물 관리 분야)에 대한 전문화와 함께 원자력 관련 기술을 기존의 원자력 발전소 건설 외의 다른 고부가가치 잠재적 산업 분야를 발굴하는 데 활용하거나, 기존 원자력 분야에 포함되지는 않으나 극한의 원자력 환경 (고온, 고압, 방사성 노출)에서 높은 시너지가 있는 기술들의 융합이 필요함. 대외적으로 급변하는 원자력 이슈, 특히 미래 원자력 시장과 관련된 부분에 관련 동향을 파악하고 반응할 수 있는 네트워크가 필요함.
- 원자력 관련 사회문제 해결을 위한 융복합 전문 인재 양성: 앞서 밝힌 바와 같이 인문사회학적 지식과 공학적 지식이 복합적으로 필요한 원자력 관련 사회 문제는 특정 세부의 단발성 사안이라기보다는, 거대과학인 원자력 나아가 에너지 발전 공학 기술과 이와 함께 해온 산업계와 연구소, 교육기관, 지역사회 및 민간단체들과 연관된 문제로 사회 전반에서 이를 다룰 전문 인력이 다수 필요함. 특히, 인문사회학적 소양과 전문화된 공학적 과학기술 전공지식을 갖춘 실용적이고 글로벌한 융합인재의 양성이 필요함.

1. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1.2 교육연구단의 비전 및 목표

본 “미래사회를 위한 첨단원자력융합” 교육연구단에서는 거대종합과학이자 기간산업/지역사회와 밀접하게 연관된 ‘원자력’ 관련 복합적 사회문제에 대응할 수 있는 인재를 양성하고자 한다. 본 교육연구단은 원자력 관련 사회문제를 현재 원자력 시스템의 안전성과 방사성폐기물 관리에 대한 우려, 급변하는 원자력 관련 환경변화 속에서 원자력의 미래 산업에 대한 불확실성, 그리고 그동안 기술적 발전만으로는 답변하지 못한 인문사회와 공학적 문제가 혼재된 혼합성에서 기인하였다고 판단하였다. 이에 따라, 원자력 산업/사회 문제 해결을 위해 본 교육연구단은 ‘**현 가동원전에 대한 전문적 지식 함양**’, ‘**첨단미래원자력을 위한 융합적 지식 함양**’, ‘**미래 원자력 사회를 위한 원자력의 공학적 지식과 인문사회학적 지식의 결합**’을 통해 해결할 수 있는 전문적인 융합인재를 양성하고자 한다.

이를 위한 본 교육연구단은 달성 가능한 지향점을 구체화하기 위하여 먼저 세계 저명대학들의 커리큘럼을 리뷰/벤치마킹하였고, 대학 본부의 혁신 방향인 ‘혁신선도를 통해 인류의 삶에 기여하고 학문의 신지평을 개척하는 대학’에 부합하며 원자력 산업-사회문제를 해결할 수 있는 융합 인재를 양성하기 위하여 다음과 같은 목표를 제시한다.

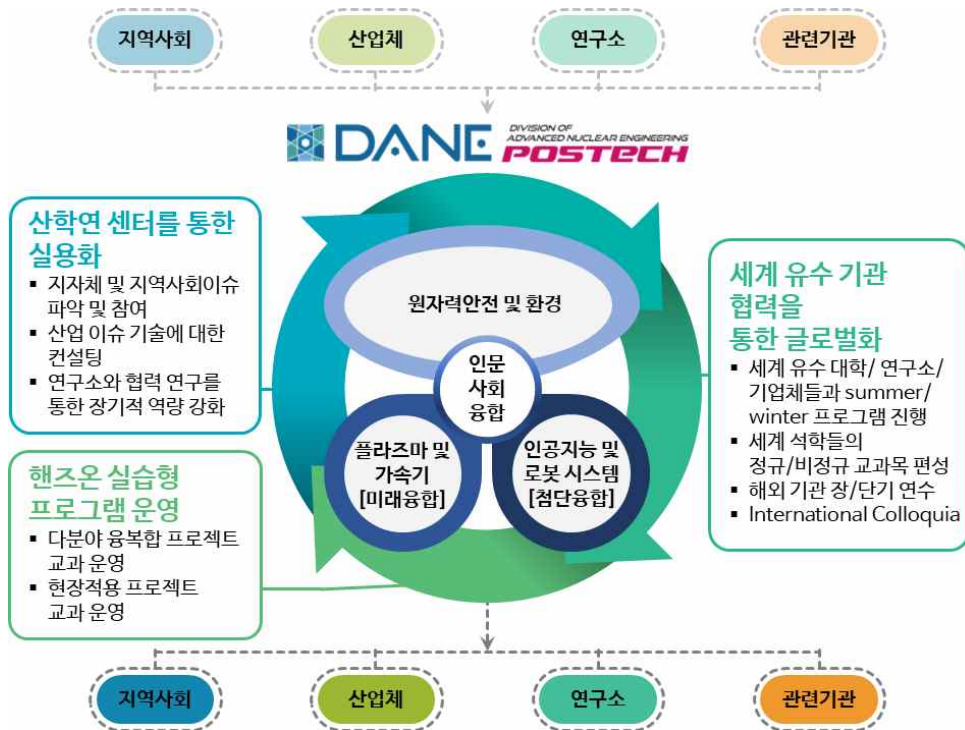
[1] 다양한 분야의 특성화 [Univ. Wisconsin-Madison, U.S. News 2020 nuclear engineering ranking (이하 U.S. News ranking으로 표기) 5위]: UW-Madison은 기존 원자력 교육과정에 유관 분야 (재료개발, 우주항공, 물리/역학)를 융합 특성화하여 교육과정을 전문화함. 본 교육연구단도 기존 원자력 전공분야만으로 개설되었던 포스텍 첨단원자력공학부 교육과정을 ‘플라즈마 및 가속기’, ‘인공지능과 로봇시스템’, ‘소셜 커뮤니케이션’ 등의 다양한 유관 분야를 포함하는 다학제간 융복합 프로그램으로 확장/발전시킬 계획임.

[2] 융복합화를 통한 새로운 산업화 [Univ. Michigan-Ann Arbor, U.S. News ranking 1위, Univ. California-Berkeley, U.S. News ranking 3위]: 기존 대형 원자로 발전 건설 중심의 원자력 산업구조를 다변화하기 위하여 UM-Ann Arbor/UC-Berkely에서는 원자력 의료 및 센싱 시스템 개발 분야를 강조하고, 소형/마이크로 원자로의 산업화에 앞장섬. 본 교육연구단에서도 ‘미래융합-플라즈마 및 가속기’ 분야를 활용하여 원자력 의료 분야를 넘어 신물질 개발과 같이 잠재력 높은 산업을 개척할 수 있는 인재를 양성하고, 원자력-융합 연구를 통해 소형/마이크로 원자로 산업화를 주도할 인재를 양성하고자 함.

[3] 인공지능의 활용과 산업 적용을 위한 실용화 [MIT, U.S. News ranking 2위]: MIT는 인공지능의 활용을 특히 강조하는 교육 프로그램을 갖추고 있음. 또한, 사회재단 및 산업체 등을 통하여 사회문제에 관한 연구 및 자문 활동을 활발히 수행함. 본 교육연구단은 ‘인공지능’에서 더 나아가 드론과 로봇 (수중 드론 및 해양 로봇 포함) 분야를 원자력에 최적으로 적용할 수 있는 인력을 양성할 교육/연구 프로그램을 제공하려 함. 산업 적용성과 실용성을 높이기 위해서는 지역사회 및 산학연으로부터 사회 이슈를 접수하고 해결해 나갈 상설기구 및 연구센터를 교육/연구 프로그램과 연동하여 운영하려 함.

[4] 특성화, 인문-공학 융복합화, 실용화와 국제화 [포스텍 본부 발전계획]: 포스텍 대학 본부는 ‘혁신선도를 통해 인류의 삶에 기여하고 학문의 신지평을 개척하는 대학’이라는 비전하에, 핵심역량 기반 교육 도입, 공학 분야의 인문사회교육을 강화하는 전인교육, 산학협력·국제화 플랫폼 혁신 등을 전략 방향으로 설정. 본 교육연구단은 이러한 대학 본부 발전 방향에 원자력 사회문제의 특성을 고려하여 원자력 사회 문제들을 기반으로 핵심역량을 키울 수 있도록 **특성화**하고, 분야의 경계를 뛰어넘어 인문사회와 공학의 전인적 다학제간 **융복합화** 교육/연구프로그램을 갖추고자 함. 이에 더하여, 실제 지역사회와 산업·사회문제

에 대응하는 과정을 통한 지식의 **실용화**, 전세계 원자력 우수 인력 및 기관과 협력하기 위한 공동 교육/연구프로그램 **국제화**를 세부 목표로 설정함. 특히, 공학 커리큘럼에 인문사회학 커리큘럼을 융합하고 융합연구를 진행할 수 있는 교육/연구 플랫폼을 제안하는데, 이는 원자력 관련 공학과 인문사회학을 융합하는 본 교육연구단만의 특색임.



<본 교육연구단의 비전 및 목표>

[1] 비전 및 목표

비 전	원자력 관련 사회 문제 해결을 위하여 ‘현 가동원전에 대한 전문 지식 함양: [원자력 안전, 원자력 환경]’, ‘첨단미래원자력을 위한 융합 지식 함양 [미래융합-플라즈마 및 가속기, 첨단융합-인공지능 및 로봇 시스템]’, ‘사회문제 해결을 위한 원자력의 공학적 지식과 인문사회학적 지식 결합[사회융합-인문사회와 기술 융합]’
목 표	• 거대 종합학문인 원자력 관련 지식을 산업·사회 이슈 기반으로 특성화 • 공학-인문사회학 지식이 모두 요구되는 원자력 분야의 사회/첨단/미래적 가치를 창출하는 융복합화 • 지역사회 및 산학연과 밀착 교류를 통하여 지식을 사회에 적용하는 실용화 • 세계적인 전문가 및 선도기관들과 지속적인 교육/연구 교류를 통하여 선도적 가치를 창출하는 국제화

[2] 수행 전략

(1) 사회 이슈에 대응하기 위한 전문 지식 특성화

원자력 전 분야에 걸친 광범위한 보편적 교육보다는 원자력분야의 기초를 습득하고 원자력 분야의 사회 이슈들에 대응하기 위해 전공을 특성화함. **교육 특성화**는 본 교육연구단의 비전에 부합하도록 ‘**현재 가동원전**’의 안정적인 운전 및 관리를 위하여 원자력 발전 시스템의 안전성을 높이는 [원자력 안전] 분야, 원전 운전에서 따라 발생하는 방사성폐기물 관리 및 앞으로의 원전해체 및 제염/처분 산업 분야를 이끌 [원자력 환경] 분야를 특성화하고, ‘**첨단미래 원자력**’을 위해 원자력 기반 지식 및 기술을 활용하여 신약 개발, 신재료 개발, 플

라즈마를 이용한 반도체 공정 기여, 새로운 에너지 대안인 핵융합 시스템 개발과 미래 고부가가치 산업 분야를 발굴하는 데 앞장설 [미래융합-플라즈마 및 가속기] 분야, 다변하는 이슈들에 선제적으로 대응하고 혁신적인 해결책을 제안할 수 있는 4차산업혁명 기술 역량을 거대 종합과학인 원자력과 관련 산업에 적용할 [첨단융합-인공지능 및 로봇 시스템] 분야를 특성화하며, 지역사회와 산학연 및 관련기관들의 이해를 바탕으로 ‘미래사회를 위한 원자력’의 [사회융합-인문사회와 공학기술 융합] 분야로 특성화함.

> 원자력안전 분야 특성화

- 후쿠시마 사고, 경주 지진 이후 국내의 원자력 안전 기술에 대한 우려를 해소할 수 있도록 가동원전의 안전성 향상이 선행되어야 함. 한편으로, 국내 원자력 기술의 해외수출을 위해서도 수출 경쟁력 향상 및 수출 대상국 맞춤형 기술 설계가 필요하며, 이를 위한 지속적인 전문가 인력양성이 꼭 필요.
- 후쿠시마 사고 이후 전 세계적으로 원전 안전성 향상을 위한 국제 공동연구 및 대응이 활발히 진행 중이고, 특히 대한민국의 주변국 중에는 신규 원전을 급격하게 지은 중국과 후쿠시마 중대사고 연구를 진행하고 있는 일본이 있어 안전에 대한 국내 및 해외 이슈가 많은 상황임.
- 여러 안전 관련 이슈들 중에 국내외 원자력 사회 이슈와 관련하여 특히 시급한 분야인 중대사고 대응 및 완화 기술/대책 수립, 연구로 안전 계통 관련, 사고저항성 핵연료봉 개발, 수출형 마이크로/소형 연구로 안전 설계 등의 기초 지식을 습득하고 실제 산업 조건을 반영하여 현장에서 발생하는 문제들에 대해 교육과정 동안 실습으로 접하고 전문 연구로 연계할 수 있도록 하고자 함.

> 원자력환경 분야 특성화

- 국내 원전 운영으로 발생하는 고준위 사용후핵연료 폐기물 및 중/저준위 방사성폐기물의 안전한 관리에 대한 사회적인 관심이 크게 증가함에 따라, 전문지식 및 기술을 겸비한 전문가 인력양성이 필요함.
- 국내외 영구정지 원전 증가에 따라 오염된 폐기물의 제염기술 개발, 해체기술 국내 자립 및 새로운 해체 산업을 육성하고, 방사성폐기물의 장기적이고 안전한 관리를 이끌어갈 전문 인재 양성이 시급한 시점임.
- 국내 첫 영구정지 원전인 고리원전 1호기 해체에 대비하여, 미확보 실용화 제염 및 해체 기술과 사용후핵연료 임시저장 및 처분 기술에 대한 전문지식을 함양함.
- 주변 환경에 노출된 자연 방사선(우라늄 또는 라돈 등) 및 환경 방사능 모니터링 및 제거 기술 개발을 통해서 자연 방사선에 대한 이해 증진과 막연한 불안감 해소 및 국민 수용성 증대에 기여할 수 있는 전문가 교육 프로그램 개발을 하여 인문사회적 지식을 겸비한 융합인재를 양성할 계획임.

> [미래융합] 플라즈마 및 가속기분야 특성화

- 고온 플라즈마는 차세대 원자력 분야인 핵융합 에너지 개발의 필수 요소임. 핵융합 분야는 거대과학으로서 초전도 자석, 고출력 전원, 대규모 냉각, 고열 대면재 등 다양한 기술 분야에서 기업들이 참여하며 관련 산업이 성장하고 있음. 아울러, 핵융합 학계와 연구 성과를 공유하며 함께 성장하여온 저온 플라즈마 분야는 반도체 및 디스플레이 산

업을 넘어서 최근에는 플라즈마의 탁월한 살균력, 화학 반응 촉매 역할 등 다양한 이점을 바탕으로 의료, 신물질 합성, 나노입자 등 미래산업 분야에서 활발히 활용되고 있음.

- 가속기분야는 원자력 및 핵융합 분야와 공학적 기초를 공유하고 있음. 방사광가속기는 단백질 및 유전자 분석, 반도체용 정밀 소자 개발, 신소재 개발, 바이오 산업 등 광범위한 분야에서 활용됨. 포항 방사광가속기연구소는 36개의 빔라인을 갖춘 3세대 가속기 PLS-II와 4300억원을 투자하여 세계 세 번째로 준공한 4세대 선형 방사광가속기 PAL-XFEL을 운영하며 첨단과학 및 산업 연구에서 다양한 운전 및 교육 경험을 축적함.
- 이렇듯 플라즈마와 가속기 공학은 원자력 관련 신사업분야를 개척하는 데 중요한 역할을 할 수 있는 주요 분야임. 기존에는 포항가속기연구소가 교육기관과 분리되어 있어 연구 프로그램에 비해 교육 프로그램 개발에 한계가 있었음. 이를 극복하기 위하여, 본 교육연구단은 포스텍의 여러 학과 및 교육연구단 중에서 대표창구가 되어 포항방사광가속기연구소와 교육 프로그램을 개발하고 있음. 본 교육연구단은 방사광가속기에 대한 핵심 지식을 교육하며, 가속기 연구원들이 실제 산업 이슈와 연관된 실질적 문제들을 강의함으로써 학생들의 사회적 문제 해결 능력을 배양할 수 있는 정규교육과정을 편성함.

> [첨단융합] 인공지능 및 로봇 시스템 분야 특성화

- 상시 가동하는 원자력 시스템은 방대한 데이터를 축적하고 있으므로, 인공지능을 활용할 수 있는 최적의 조건을 가지고 있음. 빅데이터 기반의 인공지능 활용으로, 원전의 이상 징후 사전탐지, 안전성 향상, 원전운용 최적화 등이 가능함. 그 예로 일본은 후쿠시마 원전사고 이후, 다양한 극한환경로봇을 투입하여 원전해체 등 위험한 방사능환경에서의 작업을 무인화하고 있으며, 수중드론을 투입해 원전배출수 연안 환경모니터링 등을 계획 중. 이는 추후 원전 및 주변환경 상시 안전모니터링, 노후 원전 무인해체 등으로 발전하여, 복잡한 원자력 관련 작업의 안전성과 신뢰도를 비약적으로 향상시킬 수 있음.
- 본 교육연구단은 세계적 수준의 산업용 인공지능과 필드로봇 기술을 보유하고 있음. 국내 최초로 3차원 해저지도 작성에 성공한 인공지능 수중로봇 Cyclops AUV(2011)을 비롯하여, 미해군고등기술 연구소의 지원으로 개발한 육해공 융합드론인 POSTECH Super Vehicle(2013), 생체모방형 수륙양용 인공지능로봇 POSTECH Flipper Robot(2018)등 세계 최고 수준의 인공지능 기반 필드로봇시스템을 개발하였고, 원천기술을 가지고 있음. 고도의 신뢰성을 가진 산업용 인공지능 및 필드로봇 기술은 원자력에 활용할 수 있는 최적의 기술로서, 원자력 관련 기술과의 융합을 통하여 강한 시너지효과를 낼 수 있음.
- 본 교육연구단은 앞선 인공지능 및 로봇 시스템에 대한 기술을 활용하여 원자력 관련 기술과의 융합에 특화된 교육/연구프로그램을 개발하고 있는데, 교육과정에서는 인공지능 및 로봇 관련 기초지식을 습득하고 이를 원자력이라는 극한(고온/고압/복잡/방사선)환경에서 활용 가능한 시스템으로 구현하는 융합 교육과정을 개발하여 정식 교과목으로 편성함. 또한 최근 세계 최초로 원자력 격납용기검사용 융합드론시스템(2019)의 개발에 성공하는 등 4차 산업혁명 기술의 원자력 관련 분야 적용에 앞장서고 있음.

> [사회융합] 인문사회와 공학기술 융합 분야 특성화

- 원자력과 관련한 사회문제는 ‘적용 기술’과 ‘정책환경’ 및 ‘지역주민들의 기본 가

치' 등 3가지 요소의 결합과 갈등 속에 나타나게 됨. 때문에 지속가능한 발전을 위한 원자력 관련 미래기술의 고도화와 함께, 미래사회의 거시적 변화에 영향을 미치는 정책 방향의 분석, 그리고 지역사회의 수용성 제고와 실질적 혜택에 대한 검토가 동시에 이루어져야 함.

- 이를 위해 관련 정책에 대한 면밀한 분석 작업은 물론, 다양한 채널을 통해 지역사회 여론에 대한 상시적 모니터링 및 사회조사를 실시한 후, 통계적 연구방법과 질적인 분석을 바탕으로 공학 기술의 적실성을 제고할 수 있는 교육체계의 특성화를 달성할 것임.

(2) 사회/미래/첨단적 가치를 창출하는 융복합화

앞선 특성화를 통해 원자력 사회문제 해결을 위한 전문 지식을 습득하는 동시에 특성화된 공학기술 분야들 간의 그리고 나아가 인문사회와 공학기술의 경계를 없애기 위하여 다학제 융합 교과과정을 편성하고 이를 지원하는 교육/연구 인프라를 구축.

> 원자력 사회문제 해결을 위한 인문사회학 교과목과 원자력 공학 교과과정 융합

- 원자력 관련 이슈는 연결되어 있는 지역사회, 산업체 등의 이해관계가 복잡하고 그 파급력이 강한 상황. 이러한 관점에서 원자력 관련 복합적인 사회 문제 해결을 위한 교과목으로 '원자력과 사회문제'를 본 교육연구단의 공통과목으로 편성하여 모든 대학원생이 필수적으로 수강. 이에 더하여 다양한 원자력 관련 사회문제 해결을 위한 기반을 제공하기 위해서 '극한환경로봇과 사회문제해결', '휴먼-로봇 인터페이스', '과학기술정책', '인공지능과 윤리' 등과 같은 과목을 사회융합 자유선택 교과과정으로 편성하여 체계적이고 효과적으로 사회 융복합의 기본 목적을 구현함.

> 학문분야간 경계를 넘는 다학제간 교육/연구 융합 시스템 인프라 구축 및 확대

- 본 교육연구단의 인문사회분야와 공학분야, 그리고 다양한 공학분야 간의 융합을 통하여 사회문제 해결을 위한 강한 시너지를 일으킬 것으로 기대함. 이를 위하여 분야간 경계를 넘는 다학제간 교육 교과과정을 개발하고 이를 연구 프로그램과 연계할 수 있도록 융합시스템 인프라를 구축할 것임. 다학제간 교과목인 '사회문제 캡스톤 디자인' 과목은 모든 교육연구단 학생을 대상으로 하는 전공선택과목으로, 지역사회 및 산학연으로부터 제안 받은 사회문제 주제를 학생들에게 제안하거나 자발적으로 학생들로부터 주제를 제안받아 관련 기초 지식을 습득하게 하고, 사회문제 해결을 위하여 분야 간 경계 없이 학생들이 팀으로 교과과정 동안 새로운 융합 프로젝트를 수행하는 과목임. 여기서 잠재력을 보여준 과제(학점상으로 A+의 기준을 '실제 사회문제에 적용가능'으로 설정)에 대해서는 교육연구단 위원회의 심사과정을 거쳐 교육연구단에서 공동연구를 지원하는 '혁신형 프로젝트' 프로그램을 운영하려 함. 이외에도 통합 워크숍 등을 통해 서로 다른 분야에 대해 이해를 높이고 융합 시너지를 낼 수 있는 환경을 제공함.

(3) 전문 지식을 사회문제에 적용하여 보는 실용화

원자력 관련 산업/사회 문제 해결을 위하여 지역 지자체와 산학연으로부터 문제들을 상시 접수하고 자문하는 동시에 이를 교육/연구 프로그램에 적용하여 실용적 지식을 갖춘 인재를 양성하고자 함.

> 사회문제 해결을 위한 상설기구, 자문, 연구센터의 활용

- 지역사회, 산학연으로부터 좀 더 구체적으로 이슈를 수집하고 실질적인 해결책을 제시하는 역할을 하며, 동시에 여러 분야가 융합하여 연구할 수 있는 환경을 제공할 상설기구, 자문, 연구센터의 운영 지원
- 원자력 관련 산업/사회문제 접수는 온라인 접수 플랫폼 및 상설기구를 통한 상시 접수 방식과 연구센터 및 자문위원 등의 관련 산업계 혹은 지역사회를 대상으로 하는 간담회를 통한 정기 접수 방식을 활용할 예정.
- 아울러 현재 운영 중인 포스텍 ‘사회문화데이터사이언스 연구소’를 활용하여 다양한 채널을 통해 제기되고 있는 주요 사회이슈의 현황을 파악함. 연구소의 일상적 모니터링을 통해 파악된 주요 사회 이슈 중 원자력과 관련한 문제를 선별하여 문제 지점과 근거의 파악은 물론, 시계열적 동향 및 추이 변화를 분석함. 이를 주요 교과의 실습 주제로 제공하는 동시에 자체적으로 관련 센터 및 연구소에서 융합 연구를 수행. 교육과정 실습 프로젝트를 통하여 나온 잠재력 높은 결과나 자체 연구 결과를 다시 연구 수행 조직들을 통하여 지역사회 및 산학연과 공유하는 실용적인 교육/연구 융합 프로그램을 구축함과 동시에 개발된 기술의 산업체 기술이전 직전의 인큐베이터 역할을 수행. 이 과정에서 도출된 적실성 있는 연구 결과는 다시 교육 자료화하여 개설 교육과정에 활용할 계획임.

> 국내외 최고 전문가 초빙, 특강 및 유관기관 견학을 통한 연구개발의 실용화

- 원자력 관련 이슈를 중심으로 기존 [원자력 분야], 그리고 [미래융합], [첨단융합], [사회융합] 분야를 포괄하는 다양한 분야의 전문가들을 학기 중 최소 12회 이상 초청하여 ‘학과 세미나’교과목을 구성.
- ‘세미나’ 교과목은 한 학기당 최소 12회로 구성되며 목요일에 1시간 가량의 영어 강연과 질의/응답 시간으로 구성되며, 석사과정 학생은 2번, 박사과정은 4번, 통합과정은 총 6번 수강을 필수로 지정하여 원자력과 관련된 다양한 분야의 실제적인 문제를 접할 수 있도록 기획함.
- 단기 집중 교육이 필요한 경우 복수의 전문가들을 산업계, 학계, 연구소 및 관련기관에서 초청하여 학생들의 이해를 도울 수 있는 camp 프로그램 운영
- 국내 원자력 유관기관들과의 교환 혹은 위탁 교육 프로그램, 공동연구를 위한 기관 견학 등의 다양한 활동을 지원함.

(4) 선도적 가치를 창출하는 국제화

활발한 해외의 우수한 유수 전문기관과 교육/연구 공동 프로그램 운영 및 우수한 해외 인재 초빙 등을 통하여 긴밀한 협력 네트워크를 갖춘 국제화를 이루고자 함.

> 해외 최고 전문가들의 정규/비정규 교과목 개설 및 운영

- 본 교육연구단은 지난 7년 동안 해외 최고 전문가 8명을 전임/비전임교원으로 초청하여, 17회의 정규교과목을 개설·운영하여 지금까지 265명의 학생이 수강함. 이러한 해외 우수학자의 정규 교과목 개설 및 운영은 교육 수준의 국제화 및 다양화를 위해 앞으로도 지속될 예정임.
- 정규 교과목 외에 사회문제 이슈에 초점을 맞추어 국제전문가들을 초청하여 비정규 교

과목으로 summer/winter school 단기강좌를 진행하고자 함. 현재 연사로 미국 규제기관 U.S. NRC (Nuclear Regulatory Commission)의 원자로안전전문위원회의 수장이자 프랑스 원자력청 CEA(Commissariat a l'Energie Atomique)의 과학자문위원회 위원장인 [redacted] 교수, 후쿠시마 사고 원자로 모니터링 및 해체 과정을 이끌고 있는 Univ. Tokyo의 로봇분야 권위자인 [redacted] 교수 같이 현장에서 문제를 접하고 해결하는 해외 전문가들과 협의 중.



<본 교육연구단과 현재까지 협력 연구를 진행하여 온 해외 우수 기관들>

> 화상강의/회의 플랫폼을 활용한 Webinar: International Colloquia 운영

- 본 교육연구단은 해외 전문가들의 식견을 얻는 데 가장 큰 장벽으로 작용하는 물리적 거리를 뛰어넘기 위해 화상강의/회의 시스템을 활용하여 사회문제에 대한 식견을 얻기 위한 온라인 컨설팅을 진행하는 동시에, 해외 전문가들이 현지에서 seminar를 진행하는 webinar (web+seminar):International Colloquia를 운영하고, 이를 오프라인 대면 세미나와 연계 운영. 연사자의 동의하에 발표 자료를 동영상 콘텐츠로 저장·보관하며 추후 교육 및 연구 자료로 활용할 예정임.

> 전 교과과정 영어 강좌 개설 및 해외 학생 유치

- 본 교육연구단은 학부 개설 후 10년 동안 모든 교과과정의 수업을 영어로 진행하였고, 5명의 외국인 석박사졸업자를 배출함. 지속적으로 우수한 해외 학생 유치를 위하여 다양한 국가에 입시설명회 및 홍보 활동을 강화하고, 외국 학생 선발 전 강화된 화상/전공 면접을 진행할 것임. 한편으로 본 교육연구단 학생들의 영어 능력 증진을 위하여 포스텍 어학센터의 영어 회화, 영어 논문 글쓰기 교육을 지원할 것임.

> 해외 선진 연구 그룹과 교류/교육/견학을 통한 미래기술 습득 및 혁신적 가치 창출

- 다변화하는 국내외 원자력관련 이슈들에 대한 적극적인 대응을 위하여, 미국, 유럽, 아

시아 등 전 세계의 우수 기관들과 기존의 네트워크를 좀 더 다양한 교육/연구 프로그램으로 확장하여 학생들이 방문/견학하고 장단기 교육을 받을 수 있도록 프로그램을 운영/지원할 것임.

- 본 교육연구단 학생들에게 우수한 관련 분야 국외 학회 및 세미나의 정보를 알리고 참가를 적극 독려하여 교육비, 숙박비, 여비, 교통비 등을 지원하고, 관리할 예정임.

(5) 자체평가 지표

① 단기평가 (2년) 지표

> 사회 이슈에 대응하기 위한 전문 지식 특성화

- 특성화 세부전공 석사/박사/석박사통합 과정 학생 총 30명 확보

> 사회/미래/첨단적 가치를 창출하는 융복합화

- 프로젝트 수행을 포함한 실습형 융합 과목 ‘원자력과 사회문제’등 3과목 이상 개설
- 사회융합과목 5개 이상 편성

> 전문 지식을 사회문제에 적용하여 보는 실용화

- 사회문제 접수를 위한 온라인 플랫폼 완성
- 사회문제 해결을 위한 지역사회-산학연과 연계한 실용 연구센터 설립
- 사회문제 교육 및 연구주제로 총 3회 이상 학술 워크숍 개최 및 활용
- 매학기 정기 세미나 개최 및 운영

> 선도적 가치를 창출하는 국제화

- 해외학자 초청을 통한 정규/비정규과목 3회 운영
- 화상강의/회의 Webinar: International Colloquia 플랫폼 완성 및 운영
- 100% 영어강의 진행

② 장기평가 (8년) 지표

> 사회 이슈에 대응하기 위한 전문 지식 특성화

- 특성화 세부전공 석사 및 박사 졸업자 총 70명 배출

> 사회/미래/첨단적 가치를 창출하는 융복합화

- 융합교과목으로 40명 이상의 학생 교육
- 융합교과목 실습에서 가능성을 인정받은 ‘혁신형 프로젝트’ 5개 이상 선정 및 지원

> 전문 지식을 사회문제에 적용하여 보는 실용화

- 사회문제 접수 및 해결과 관련하여 지역사회/산학연 관련 기관과 함께 간담회 개최
- 사회문제 해결 자문 7회 이상 확보
- 특허, 기술이전, 창업연계 등 사회문제 해결 사례 7건 이상 확보

> 선도적 가치를 창출하는 국제화

- 사회문제 해결을 위한 해외기관과의 교육/연구 교류 workshop 3회 이상 개최
- 해외학자/해외 학생 10명 이상 유치
- 매년 1회 이상의 해외 교육/연구 교류 프로그램 지원

최종적으로, 본 교육연구단을 통해 육성된 융합형 인제는 인문사회학적 전문지식과 사회적 공감대를 가지고 미래사회에서 요구하는 첨단원자력 기술을 구현하여 지역사회/산학연/관련기관들과 함께 원자력관련 산업/사회문제를 해결에 크게 기여할 것으로 기대됨.

I. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1.3 교육연구단 구성

①. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성 명	한글		영문	
소 속 기 관	포항공과대학교	단과대구분없음		첨단원자력공학부

<표 1-1> 교육연구단장 최근 5년간 연구실적

연번	저자/수상자 /발명자/창업 자	논문제목/저서제목/book chapter 제목	저널명/ 출판 사명	권(호), 페이지/ISSN/ISBN (pp. ** - **)	게재/출판	DOI 번호 (해당 시)
1		Impeding 99Tc(IV) mobility in novel waste forms	Nature communication	7권 Article number : 12067	논문 게재	10.1038/ncomms12067
2		Development of bismuth functionalized graphene oxide to remove radioactive iodine	Dalton Transactions	48권 pp. 478-485	논문 게재	10.1039/C8DT03745K
3		Synthesis of tributyl phosphate-coated hydroxyapatite for selective uranium removal	Industrial and Engineering Chemistry Research	56권 pp. 3399-3406	논문 게재	10.1021/acs.iecr.6b04491
4		Enhanced 99Tc retention in glass waste form using Tc(IV)-incorporated Fe minerals	Journal of Nuclear Materials	495권 pp. 455-462	논문 게재	10.1016/j.jnucmat.2017.09.007

<표 1-1> 교육연구단장 최근 5년간 연구실적

연번	저자/수상자 /발명자/창업 자	논문제목/저서제목/book chapter 제목	저널명/ 출판 사명	권(호), 페이지/ISSN/ISBN (pp. ** - **)	게재/출판	DOI 번호 (해당 시)
5		Liquid scintillation counting methodology for 99Tc analysis: A remedy for radiopharmaceutical waste	Analytical Chemistry	87권 pp. 9054-9060	논문 게재	10.1021/acs.analchem.5b02279

1.3 교육연구단의 구성

① 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

본 교육연구단장은 원자력 및 방사성폐기물 관리 분야에서 20여 년간 활발한 연구 활동을 펼쳐온 전문가로서, 방사성폐기물 관리 관련해서 연구 논문 241편 (국제저널 91편, 국제 및 국내 학회 150편)과 1건의 국제 특허 등록 및 3건의 국내 특허 등록, 2권의 저서, 27편의 연구 보고서 편찬 등의 활발한 활동을 하고 있다. 이러한 다양한 경험을 바탕으로 국내 원자력발전소 운영이나 해체 시 발생하는 방사성폐기물의 처리 및 처분에 관련해 국제적으로 선진화된 기술개발에 큰 노력을 기울이고 있다. 대표적으로는 원자력발전소 해체 과정에서 발생하는 콘크리트 폐기물 감용 및 부지복원 기술개발을 위한 원자력환경선진연구센터 과제 책임을 맡고 있으며, 한국수력원자력, 한국원자력환경공단, 한국원자력연구원, 광주과학기술원, 울산과학기술원 등 다양한 기관과의 방사성폐기물관리 연구 협업에 앞장서 사회적 문제를 해결하는 데 크게 공헌하고 있다. 이러한 역량을 바탕으로 국외 저명학술지인 Environmental Science & Technology, Journal of Nuclear Materials의 방사성폐기물 관리 및 환경 분야의 전문가로서 논문 리뷰어로 활동하고 있으며, 국내 자원환경지질학회지 편집위원으로 활동하고 있다. 또한, 국내 자원환경지질학회, 한국원자력학회, 한국방사성폐기물학회에서 환경지구화학, 방사성폐기물관리, 중/저준위방사성폐기물관리 연구 분과의 전문위원을 맡고 있으며, 2020년부터는 한국방사성폐기물학회의 학술이사로서 활동하고 있다.

교육 활동으로는 2011년 포항공과대학교 WCU 사업의 일환으로 첨단원자력공학부의 교수로 재직하면서 현재까지 박사 5명, 석사 11명의 인재를 배출하였으며, 이들은 졸업 후 한국원자력연구원, 한국원자력안전기술원, 한국원자력통제기술원, 한국원자력환경공단 등 국내 다양한 원자력 관련 기관에서 활발한 연구 활동을 펼치고 있다. 또한, 방사성폐기물 관리 분야의 인력 양성을 위한 다양한 교육 과목을 개설해 진행하고 있으며, 대표적인 기초 과목인 **방사성폐기물 관리**, **환경 방사성오염물** 수업과 심화과목인 **고급 방사성폐기물 관리** 등 기초이론부터 심화 단계까지 전반적인 모든 내용을 학생들에게 교육하고 있다.

본 교육연구단장은 2019년부터 지금까지 포항공과대학교 첨단원자력공학부의 학부장으로 재임하고 있으며, 4차 산업혁명에 발맞춰 원자력뿐만 아니라 다양한 융복합연구의 지원을 통해서 참여교수 및 대학원생들의 뛰어난 연구 성과물 도출과 학부 발전에 크게 이바지하고 있다. 특히 원자력 환경 분야의 다양한 과제 책임연구원으로서 국내외 연구소 및 대학의 연구진들과 활발한 공동연구를 이끌어가고 있으며, 원전해체 및 제염산업에 필요한 국내 최고 시설 연구 인프라를 구축하고 우수인력양성에 큰 노력을 기울이고 있다. 또한 2017년부터는 원자력클러스터 및 원전지역 상생발전 포럼 위원 (기술개발 및 지역발전), 2018년부터는 해오름동맹 원자력혁신센터 운영위원, 그리고 2019년부터는 한국원자력환경공단의 기술자문위원회 외부이사로서 연구뿐 아니라 지역발전 및 사회문제 해결을 위한 대외적인 활동에도 활발하게 이바지하고 있다.

이와 같이 본 교육연구단장은 4단계 BK21 사업을 통하여 원자력 분야에 기계, 물리, 화학, 환경, 로봇/인공지능 및 인문사회 등 다양한 학문의 융합을 통하여 원천 기술을 확보하고, 이를 바탕으로 산업 및 학문적 발전에 본 학과가 이바지할 수 있는 안정적인 기반을 만들어 나갈 것이다. 또한, 이번 교육 사업을 통하여 4차 산업혁명에 발맞춰 융복합 연구를 위한 교수 및 대학원생을 지속적으로 확충함으로써 포항공과대학교 첨단원자력공학부를 세계적인 원자력공학 전문대학원으로 성장시키고자하는 강한 의지를 가지고 있다. 따라서 본 교육연구단장은 앞서 서술한 바와 같이 풍부한 연구 경험과 깊이 있는 행정 경험을 바탕으로 본 사업단을 효과적으로 이끌어 나갈 충분한 역량을 갖추고 있으며, 기초학문 교육 및 연구에서부터 실용화 및 융복합 연구까지 첨단원자력공학부를 세계적 연구·교육기관으로 발전시킬 수 있는 적임자이다.

② 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-2> 교육연구단 신청학과 소속 참여교수 현황

기준일	신청 학과	전체 교수 수			참여교수 수						
					기존교수 수			신임교수 수			총계
		전임	겸임	계	전임	겸임	계	전임	겸임	계	
2020. 05.14	첨단원 자력공 학부	7	1	8	4	0	4	2	1	3	7

③ 교육연구단 구성의 적절성

<표 1-3> 참여교수진의 해당 산업·사회 문제 해결분야 교육 실적 및 연구 분야

연번	성명 (한글/영문)	직급	연구자등록번호	소속 대학 및 신청학과	세부전공분야	산업·사회 문제 해결분야 관련 대학원 교과목 개설 실적
	산업·사회 문제 해결 관련 연구분야와의 연계성					
1		부교수		포항공과대학교 첨단원자력공학부	플라스마물리	플라즈마 공학을 위한 수치해석 (2018년 1학기, 2019년 1학기)
	반도체 등의 산업 플라즈마 공정의 원리를 교육하기 위한 플라즈마 물성 이론 및 수치해석 모델링으로 구성된 실용적 교과목					
2		부교수		포항공과대학교 첨단원자력공학부	플라스마물리	플라즈마 물리 (2018년 2학기, 2019년 2학기)
	핵융합 플라즈마의 역학적 특성, 유체불안정성 및 파동 이론에 대한 강의와 다양한 수치해석 연습으로 구성된 교과목					
3		교수		포항공과대학교 첨단원자력공학부	핵연료주기학	방사성폐기물 관리 (2015-2019년 매 2학기)
	원자력 산업 및 사회 문제인 국내외 원전 운영 및 사고 시 발생 가능한 원자력 방사성폐기물 처리 및 처분을 위한 교과목					
4		교수		포항공과대학교 첨단원자력공학부	핵연료주기학	환경 방사성 오염물질 (2016, 2017, 2019년 1학기)
	국내외 방사성폐기물 및 오염물질에 대한 기본적인 이해를 위한 방사화학 및 원자력환경 기초원리 교육의 교과목					

연번	성명 (한글/영문)	직급	연구자등록번호	소속 대학 및 신청학과	세부전공분야	산업·사회 문제 해결분야 관련 대학원 교과목 개설 실적
	산업·사회 문제 해결 관련 연구분야와의 연계성					
5		부교수		포항공과대학교 첨단원 자력공학부	기타해양공학	극한환경로봇과 사회문제해결 (2019년 2학기)
	원자력관련 사회문제를 발굴하고 문제를 해결하기 위한 극한환경로봇시스템을 설계/제작하는 학제간 융합교과목					
6		부교수		포항공과대학교 첨단원 자력공학부	기타해양공학	지능로봇공학특론 (2017년 1학기, 2018년 1학기)
	로봇공학의 기초이론을 교육하고, 산업현장에서 사용되는 다양한 지능형 필드로봇시스템의 예시들을 소개하는 교과목					
7		교수		포항공과대학교 인문사 회과학부	정보/과학기술사회학	과학기술정책 (2019년 2학기)
	과학기술 관련 정책의 시계열적 변화와 현황을 파악하고, 제도 효과 및 영향에 대한 분석을 위한 교과목					
8		교수		포항공과대학교 인문사 회과학부	정보/과학기술사회학	이머징소셜이슈와터이터분석 (2020년 1학기)
	원자력 관련 사회적 이슈 분석과 합리적 문제 해결 방안 마련을 위한 조사 수행 및 정책 제언에 관한 교과목					

연번	성명 (한글/영문)	직급	연구자등록번호	소속 대학 및 신청학과	세부전공분야	산업·사회 문제 해결분야 관련 대학원 교과목 개설 실적
	산업·사회 문제 해결 관련 연구분야와의 연계성					
9		교수		포항공과대학교 첨단원 자력공학부	생물화학공학	환경복원공학 (2019년 2학기)
	오염된 토양, 지하수 및 파괴된 자연환경의 복원기술과 관리체계에 관한 연구 중심의 교과목					
10		교수		포항공과대학교 첨단원 자력공학부	생물화학공학	환경공학개론 (2019년 2학기)
	환경 전반에 대한 폭넓은 지식을 습득할 수 있고 이를 바탕으로 환경산업 및 환경문제 해결을 위한 교과목					
11		교수		포항공과대학교 첨단원 자력공학부	비정질재료	포토닉스유리 (2016년 2학기)
	포토닉스 유리 조성 및 제조 방법 학습을 통해 산업체 및 방사성폐기물 유리 고화체 재료 개발에 관한 교과목					
12		교수		포항공과대학교 첨단원 자력공학부	비정질재료	비정질세라믹스 (2015, 2019년 2학기)
	유리 형성의 기본 원리, 구조 및 특성의 이해와 분석 기법을 학습하여 폐기물 고형화 반응기작 이해에 관한 교과목					

연번	성명 (한글/영문)	직급	연구자등록번호	소속 대학 및 신청학과	세부전공분야	산업·사회 문제 해결분야 관련 대학원 교과목 개설 실적
	산업·사회 문제 해결 관련 연구분야와의 연계성					
13		조교수		포항공과대학교 첨단원 자력공학부	열및물질전달	원자력 열수력 (2019년 2학기)
	원자력 발전소의 안전성을 결정하는 열수력 현상에 대한 지식과 후쿠시마를 포함한 사고상황에 대한 이해를 높이는 교과목					
14		조교수		포항공과대학교 첨단원 자력공학부	열및물질전달	에너지시스템 (2019년 2학기)
	국내외 에너지 이슈에 대한 이해를 위하여 다양한 에너지원을 기반으로 다른 형태의 에너지 발전 시스템을 학습하는 교과목					

1.3 교육연구단의 구성

③ 교육연구단 구성의 적절성

본 교육연구단은 에너지 변환 과정에서 원자력 에너지와 관련된 원자력 안전 및 환경문제에 대한 사회적 요구에 응답하고, 산업구조의 급격한 변화에 따른 경제적, 사회적 여파에 대응하여 지역사회의 안전과 성장을 실질적으로 뒷받침할 수 있는 과학기술의 개발이라는 사명 의식을 바탕으로 구성되었음. 본 교육연구단 최상의 목표는 공학적 지식과 인문사회학적 지식의 융합을 통하여 현재 국내외에서 큰 이슈가 되고 있는 원자력 관련 산업/사회 문제에 대한 과학적인 분석 및 해결 방안을 도출해내는 인력양성 환경을 구축하는 것임. 이를 위한 교육 목표로서 원자력 사회 문제들에 대해 인문사회학적으로 분석하고 원인을 진단할 수 있으며 원인에 따른 공학적 해결책을 제시할 수 있는 소양을 갖춘 세계적인 수준의 융복합 인재 양성을 추구하고자 함.



<본 교육연구단의 세부 구성>

본 교육연구단은 2010년부터 다양한 학부전공을 가진 학생들에게 전문화되고 글로벌한 교육 및 연구 인프라를 제공하여 원자력 관련 전문가를 육성하여 음. 특히, 중대사고 및 사고상황 완화를 위한 원자력 안전, 방사성폐기물 관리와 제염해체 및 핵종 분석 등의 원자력 환경, 그리고 미래 에너지를 위한 플라즈마 및 핵융합 분야에 뛰어난 인재들을 지속적으로 배출하여 왔음. 이러한 기반에 더하여, 다양화되고 복잡화되어 가는 원자력 관련 사회 문제에 대하여 기존의 접근 방식의 한계를 극복할 수 있게 하는 새로운 학문적인 요소로서 로봇과 인공지능 시스템 분야의 기술을 접목하고, 방사선 의료 및 핵물질 생성 등 가속기 기반의 원자력 기술을 확장하기 위하여 포스텍 방사광가속기연구소와 협력하여 인력 양성 교육 시스템을 구축함. 이에 더하여 거대과학으로서 원자력, 핵융합, 가속기 분야 공통의 공학적 요소를 이해하며 인문사회학적 분석 능력을 겸비한 융합 인재 육성으로 발전하기 위하여 포스텍 첨단원자력공학부 단일 대학원을 중심으로 인문사회학과 공학이 융합된 다

학제간 교육 및 연구 시스템을 구성함. 기존의 교육연구단이 확보한 해외 유수의 교육/연구/산업기관들과의 인적 네트워크를 바탕으로 하면서, 전문화된 지식을 바탕으로 산업/사회문제의 다양한 분야에 대해 종합적인 사고능력을 가지는 실용적인 융복합 인재 양성에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.

본 교육연구단은 앞서 밝힌 바와 같이, ‘현 가동원전에 대한 전문적 지식 함양’, ‘첨단미래원자력을 위한 융합적 지식 함양’ 그리고 ‘사회를 위한 원자력의 공학적 지식과 인문사회적 지식의 결합’이라는 목표를 위해 각 분야의 최고 전문가들로 교육연구단을 구성하였음.

위의 목적 하에 유관분야의 특성 등을 고려하여 ‘현 가동원전’과 관련해서는 후쿠시마 사고 및 경주 지진 등으로 우려가 높아진 ‘원자력안전’과 고리1호기 영구정지에 따른 제염 및 해체 그리고 방사성폐기물 관리인 ‘원자력환경’ 분야로 세분화하였고, 이에 맞게 미국 원자력 안전 규제기관인 NRC, 안전시스템 개발에 앞장서고 있는 국책연구소 (미국: INL 와 ANL, 프랑스: CEA), 산업체 (Westinghouse), 교육기관 (Univ. Wisconsin-Madison, Univ. Michigan-Ann arbor, Oregon State University, MIT) 등 전세계 유수의 기관들과 후쿠시마 이후 보다 안전한 원자력 시스템 개발을 위하여 중대사고를 포함한 다양한 사고상황 분석 및 선진 시스템 개발 공동연구를 수행하여왔던 [] 교수, 방사성폐기물 관리와 원전 운영 시 발생하는 폐기물의 제염 및 노후 원전 해체 분야를 미국 PNNL에서부터 선도적으로 이끌어온 [] 교수, 바이오마커 및 화학적 처리 방법 등을 활용한 방사성 안전 및 환경 모니터링 시스템을 선도하는 [] 교수, 방사성폐기물의 안정적인 영구 처분을 위한 유리화 고화체 개발 및 원자력 관련된 재료 연구를 주도하는 [] 교수가 전임교원으로 본 교육연구단에 참여하고 있다. 전임교원 외에도 본 교육연구단은 학생 공동 지도교수제와 연구인프라 지원을 통해 독립적으로 연구그룹을 이끌고 있는 전문성 높은 연구교수들이 참여하고 있는데, 이 분야에서는 미국-일본-스웨덴에서 중대사고현상 분석에 대한 연구를 20년 이상 진행하여 온 [] 연구교수와 방사성폐기물 관리 및 핵종 분석에 전문성을 가진 [] 연구교수가 참여하고 있음.

‘첨단미래 원자력’을 위한 융합기술분야로 미래 에너지원인 핵융합 발전 및 원자력 의료, 그리고 첨단 재료 개발 등 고부가가치 산업의 개척에 주요한 역할을 할 것으로 기대되는 ‘플라즈마 및 가속기[미래융합]’ 분야, 최근 산업 전분야에 활용 가능한 인공지능과 이를 실제 하드웨어로 구현하여 동작을 만드는 ‘인공지능 및 로봇 시스템[첨단융합]’ 분야로 특성화함. 이에 맞게 핵융합 플라즈마 물성 해석, 플라즈마 진단 기술과 산업용 플라즈마 활용에 대한 심도 깊은 연구를 진행하여 온 [] 교수, 해양/수중 환경을 포함한 극한 환경에서의 로봇-인공지능 시스템을 연구하고 원자력 사고상황이나 해체환경과 같은 극한환경에서도 적용가능한 센싱 시스템에 대한 연구를 진행하여 온 [] 교수가 전임교원으로 참여하고 있음. 또한, 최근 방사광가속기와 포스텍의 협의를 통하여 포항 방사광가속기 인력양성 교육을 본 교육연구단에서 진행하기로 결정함에 따라 방사광가속기 인력양성 [] 등이 겸직교수로서 정규 교과목을 개설하고 연구 및 교육을 공동으로 수행할 것임. 또한 ‘인공지능 원자력융합연구실’을 이끌고 드론 및 인공지능을 활용한 연구를 활발하게 수행하고 있는 [] 연구교수가 참여하고 있음.

‘사회를 위한 원자력’의 ‘공학적 지식과 인문사회학적 지식의 결합 [사회 융합]’을

위해서 본 교육연구단은 공학지식만을 가르치던 기존 대학원 커리큘럼을 수정하여, 모든 대학원생이 필수로 수강해야 하며 박사자격 필수과목이기도 한 공통과목에 ‘원자력과 사회문제’를 편성하고, 사회문제의 정의 및 해결에 반드시 필요한 공학적 기술에 대한 이해를 넓힐 수 있을 것으로 기대되는 ‘원자력 사회문제 캡스톤 디자인’ 과목과 ‘이머징소셜이슈와 데이터분석’ 과목을 세부전공 선택과목으로 편성하였으며, 폭넓은 인문사회학과 공학의 융합 과목들을 수강할 수 있도록 인문과목들을 포함한 ‘사회융합 자유선택’ 과목을 정규 교과과정에 포함함. 이를 위해서 정보사회학, 사회관계론, 소셜네트워크분석, 정보문화론, 통계적 연구방법 관련 15년 이상 활동하여 온 [redacted] 교수가 전임교원으로서 참여하였고, 사회문제에 대한 철학적 고찰과 필요한 공학기술의 융합에 대해 전문성을 갖춘 [redacted] 연구교수가 비전임으로서 본 교육연구단에 참여함.

위의 교육연구단 구성에 더하여, 지난 10년 동안 본 교육연구단에 참여하면서 정규교과목 강의 및 공동연구 지도교수, 그리고 학위심사위원으로서 역할을 충실히 수행하여온 [redacted] (원자력 안전분야), [redacted] (원자력 안전분야), [redacted] (원자력 환경분야), [redacted] (원자력 환경분야), [redacted] (플라즈마 및 가속기[미래융합]분야) 해외 초빙/방문/석학 교수들도 본 교육연구단의 국제화 및 각 분야의 전문성 함양에 기여할 것임. 본 교육연구단장을 포함한 참여 전임교원 정보는 아래와 같음.

[redacted] 는 원자력 및 방사성폐기물 관리 분야에서 20여 년간 활발한 연구 활동을 펼쳐온 전문가로서 사회적 문제를 해결하기 위해 한국수력원자력, 한국원자력연구원, 한국원자력환경공단, 현대엔지니어링 등과 함께 원전 해체 방사성폐기물 포장 운반 처분 용기 개발 연구, 원자력발전소 해체 과정에서 발생하는 콘크리트 폐기물 감용 및 부지 복원 기술 개발을 위한 원자력환경선진연구센터 운영, 2단계 표층 처분시설 핵종 이동 특성평가 및 핵종 흡착특성 예측모델 개발 등 국내 유수의 기관들과 방사성폐기물 관리에 대한 연구를 활발히 수행하고 있으며, 영국 Univ. of Sheffield와의 국제연구 협업을 통해 폐수지로부터의 ^{14}C 처리 및 안정화 기술 개발에 대한 연구를 수행하고 있음. 또한 대학원생 인력양성을 위해 다양한 교육 과목을 개설해 운영하고 있으며, 대표적으로는 방사성폐기물 관리, 환경에서의 방사성오염물, 고급 방사성폐기물 관리 등 기초이론부터 심화 단계까지 방사성폐기물 관리에 관련된 전반적인 내용을 학생들에게 교육해 우수한 인력양성 및 연구지도자로서의 역할을 활발히 수행하고 있음.

[redacted] 는 원자력 안전/열수력 분야에서 한국 및 미국에서 10년 이상의 연구 경험을 가지고 있으며, 한국원자력연구원과 연구로안전계통설계 및 검증 연구, 고열유속 냉각시스템 개발 등의 연구를, 미국 Univ. Wisconsin-Madison-Westinghouse와는 사고저항성 핵연료봉 개발연구를, 미국 INL과는 개발된 사고저항성 핵연료봉 사고상황에서의 안전성평가 연구를, 미국 NRC와는 원자로 격납용기 구조변화에 따른 증기폭발 중대사고상황에서의 영향 평가 연구 등을 진행하여 옴. 원자력 열수력 및 안전 정규교과목을 안정적으로 운영하고 있으며, 사회문제와 밀접한 주제들에 대하여 대학원생들의 교육 및 연구 지도를 우수하게 진행하고 있음.

[redacted] 는 30여 년간 세라믹 재료를 연구하여 현재까지 활발한 연구 활동을 수행하고 있는 전문가로서 국내외의 큰 쟁점사항인 사용후핵연료 처리를 위한 방사성폐기물 담지용 유리 고화체 개발연구 등 사회문제 해결을 위한 연구를 수행하고 있음. 특히 방사성폐기물을 처리하기 위한 새로운 세라믹 고화체 재료 개발과 이에 관련된 기초 구

조 분석 및 응용 연구결과를 지속적으로 수행하여 훌륭한 결과를 국제적으로 저명한 논문을 통해서 발표하고 있으며, 비정질세라믹스 과목을 운영함으로써 대학원생의 교육 및 연구역량을 향상시키고 국제학술대회 발표 및 연구교류를 통해 주체적인 연구를 수행하도록 장려하고 있음.

는 화학공학 및 생물공정분야 전문가로서 미세 조류를 이용한 바이오 디젤 생산 및 바이오 매스 활용, 하수 및 음폐수 처리, 생물체를 이용한 중금속 흡착, 기타 미생물을 이용한 생물공학적 연구에서 30년 이상 연구를 진행하며 활발히 활동해 왔으며, 주 분야인 생물공학과 원자력 분야와의 융합을 목적으로 흡착제 합성을 통한 방사성 물질 제거 및 환경 조건에서의 방사선 오염 바이오모니터링 및 미생물을 활용한 방사성폐기물 제염 연구를 진행하고 있음. 또한 환경복원공학, 환경공학개론 과목을 개설해 운영하고 있으며, 이를 통해 대학원생 인력양성에 크게 이바지하고 있음.

는 핵융합 플라즈마 및 산업 플라즈마 분야에서 15년 이상의 연구 경력을 가지고 있으며, 플라즈마 물리학 및 진단기술 분야의 국제적인 전문가임. 핵융합 플라즈마 물리학 분야를 대표하는 국제단체인 International Tokamak Physics Activities (ITPA)에서 진단 분과의 한국 대표 및 유체역학 분과의 전문가로서 활동하고 있으며, 학술지 Plasma Physics and Controlled Fusion의 편집위원 등 플라즈마 분야의 학술 활동에 기여하여 왔음. 미래 에너지 자원으로 핵융합 플라즈마 연구의 인프라를 바탕으로 최근에는 원전, 철강, 반도체 산업의 환경 및 공정 이슈 등 산업적 문제 해결을 위한 기반 기술로서 고압력 플라즈마 분야를 개척하고 인력을 양성하고 있음.

는 극한환경로봇 분야에서 20년 이상의 연구경력을 가지고 있으며, 필드로봇 개발 및 극한환경 작업자동화 분야의 국제적인 전문가임. 단기간에 특수임무용 로봇개발에도 성과를 내어 미해군 고등기술연구소(ONR)의 연구 지원을 받아왔으며, 세계 최대 수중로봇학회인 IEEE Ocean Eng. Society의 Korea Chapter 장, 국제 제어자동화 학회(IFAC)의 IJCAS저널 편집장 등을 역임하고 있음. 2011년부터 지역 현안문제 해결을 위한 경북 씨그라넷 센터의 센터장을 역임하여, 지역사회의 현안문제를 포스텍의 첨단기술로 해결하는 사업을 진행하여 큰 성과를 내고 있음.

는 정보사회의 제도와 문화에 대해 20년 이상 연구해 온 사회학자로 온라인상에서의 다양한 문제해결을 위해 네이버, 다음 카카오, SK 컴즈 등과 함께 2008년 한국인터넷자율정책기구 설립한 후 10여 년간 활동하며 이용자 보호활동과 이해관계자간 분쟁을 심의, 조정해 옴. 그 동안 정보문화지수 개발, 본인 확인제 효과 분석, 인터넷서비스 영향 평가 등 제도의 개발과 평가를 위한 연구를 지속해 왔으며, 2018년에는 과학기술정보통신부와 함께 ‘지능정보윤리 가이드라인’ 및 ‘지능정보윤리현장’을 제정한 바 있음. 이와 같은 공로를 인정받아 2019년에는 정보문화유공 대통령표창을 수상하고, 현재 한국정보사회학회 회장으로 재임하며 효과적인 산학연 연구 네트워크 구축을 위해 커다란 역할을 하고 있음. 또한, 2020년에는 포스텍 사회문화데이터사이언스 연구소를 개설하여 융합적 사고를 통한 사회 문제 해결과 국민 삶의 질 향상을 위해 노력하고 있음.

이에 더하여 [미래융합-플라즈마 및 가속기]분야에서 가속기관련 교육 및 연구를 위해 포항 방사광가속기의 [가속기물리]분야에서 본 교육연구단에 참여하고 있음. [가속기물리]는 방사선 계측 및 방호, 특히 가속기에서 방출되는 방사선 연구분야에서 30년 이상의 연구경력을 가지고 있으며, 국내에 건설되거나 건설 중인 모든 거대 가

속기시설의 방사선차폐해석 및 안전설계에서 주요 역할을 수행. 또한, 대형가속기시설의 방사선안전기술개발, 의료용싸이클로트론의 해체폐기 등의 연구를 수행. 대한방사선방어학회 부회장, 한국원자력학회 방사선방호연구부회장을 역임하고 있음. [redacted]는 가속기 물리를 전공하고, 자유전자레이저 관련해서 광학적 진단 방법에 대한 연구 및 undulator에서의 빛의 발생에 대한 연구를 수행. 최근에는 저장링에서 육극 자석에 의해 일어날 수 있는 resonance 현상에 대해 연구를 수행. [redacted]는 방사광 가속기 설계, 개발, 그리고 운영의 전문가로서 국내 사이클로트론 연구회를 주도하고 있으며 중이온 가속기 전문위원, KISTEP 기술수준평가 핵심전문가, 그리고 ICABU학회의 프로그램위원으로 미국 ANL, BNL, 중국 IHEP 등과 활발한 국제 공동연구를 수행함.

또한, 본 교육연구단의 주요 연구/대우교수 및 해외 학자 정보는 아래와 같음.

[redacted]는 원자력 중대사고 관련 미국, 일본, 스웨덴에서 20년 이상의 연구 경험을 가지고 있으며, 원자력안전기술원과‘격납건물 내 노심용융물 냉각 성능 핵심현상 실험 및 모델 개발’, 한국수력원자력과‘국내원전 MCCI대응을 위한 냉각수단 개념설계기술 개발’, 터키-한국 국제 공동연구 등의 과제를 성공적으로 수행하고 있음.

[redacted]는 10년 이상 경력의 원자력 환경 분야 전문가로, 한국원자력연구원, 한국원자력환경공단과 방사화 물질의 존재상 메커니즘 연구, 원전부지 오염된 토양의 세척방법 연구, 원자력발전소 해체 후 방사성폐기물 제염 기술개발 및 사회문제 해결을 위한 지역주민과의 사회적 인식제고 연구 등, 기술 개발 연구뿐만 아니라 사회적 문제 해결을 위한 인문학적인 연구까지 활발히 수행하고 있음.

[redacted]는 국내 원자력-인공지능 융합연구 분야에 두각을 나타내며, 현재 원전지역 상생발전포럼 위원, 제2기 한국원자력학회 미래특별위원회 위원, 경상북도 4차 산업혁명 전략위원회 실행 위원으로 활동. 2019년부터 딥러닝 기반 원자력-융합내용을 ‘인공지능-원자력 기초실습’ 등 대학원 교과목을 가르침.

[redacted]는 사회문제해결 위한, 인문과 기술융합분야 연구 및 교육 최고 전문가임. 삼성멀티캠퍼스 design thinking 과정 초빙교수, LG 전자 design thinking 전략실 자문교수로 활동하면서 사회문제해결분야 교육에 전문성을 인정받음. 2011년부터 포스텍의 과기부 인재양성사업의 융합인재 교육프로그램 (PGS, 창의 스튜디오 등)을 주도적으로 기획/운영하고 있음. 미래 IT 융합연구원 가치디자인 연구센터장, 국립아시아문화전당 및 지자체의 사회문제해결 등 다수의 프로젝트 책임 수행중임. 2019년 첨단원자력공학부 ‘극한환경로봇과 사회문제해결’ 대학원 수업을 PBL 기반으로 성공적으로 운영함.

[redacted] Univ. Michigan-Ann Arbor의 교수이며 본 교육연구단의 방문교수인 Massoud Kaviany 교수는 열전달 및 열유체 분야에서 30년 이상 경험을 가진 연구 및 교육 권위자임. 본 교육연구단이 설립된 2010년부터 10년 동안 매년 본 교육연구단 정규교과목이자 인기교과목인‘Heat Transfer Physics’를 개설/운영하였고 본 교육연구단 대학원생들의 연구지도 수행 및 학위 논문 심사위원으로도 활동함.

1.3 교육연구단의 구성

④ 전임교수(신임교수) 충원계획의 적절성

본 교육연구단은 앞서 밝힌 바와 같이 2010년부터 다양한 학부전공의 학생에게 국제적이며 전문성 높은 교육/연구환경을 제공하는 대학원인 첨단원자력공학부를 운영하고 있음. 현재의 교수진은 안정적인 교육 및 연구 환경 제공에 적합한 다양한 국내외 전임 및 비전임으로 구성되어 있음.

현재 본 교육연구단의 교수진 구성을 세부적으로 살펴보면, 가동 원전 관련 주요 이슈를 다루고 있는 원자력 안전 및 원자력 환경 분야에는 전임 4인과 비전임 2인이 활동하고 있음. 미래 원자력 분야인 플라즈마 및 가속기 분야에는 전임 1인과 비전임 3인이 협력하고 있으며, 인공지능 및 로봇 시스템 분야에는 전임 1인과 비전임 1인이 활약하고 있고, 인문 사회학과의 융합 분야에는 전임 1인과 비전임 1인이 교육 및 연구에 적극적으로 참여하고 있음.

향후에는 본 교육연구단의 비전에 부합하도록 원자력안전/첨단융합, 원자력환경, 미래융합, 사회융합 분야에 각 1명씩 총 4명의 전임교원 (신임교수)을 충원할 계획임.

[1] 원자력안전-인공지능 및 로봇 시스템[첨단융합] 또는 재료기반의 원자력안전 분야 전임교수 충원

- 최근 본 교육연구단의 초대 학과장이며, 한국원자력안전기술원의 전 원장이기도 한 원자력안전 분야의 [redacted]가 2019년 9월부터 포스텍의 총장으로 임용됨에 따라 본 교육연구단에서 원자력 안전 분야의 전임교원을 충원할 예정임. 새로운 전임교원은 원자력 안전 분야와 인공지능 및 로봇 시스템[첨단융합] 분야를 융합하여 교육과 연구를 수행할 수 있는 인재이거나, 또는 금속재료를 포함한 원자력 재료에 대한 이해를 기반으로 원자력 안전에 기여할 수 있는 전임교수를 충원하여 기존의 원자력 안전 열수력 연구와 시너지를 만들 수 있도록 계획하고 있음.

[2] 원자력환경 분야의 전임교수 충원

- 원자력환경 분야의 새로운 관심 연구 분야인 핵종의 분석 및 분석방법 개발과 환경모니터링 분야의 전임교원을 충원할 예정임. 원전해체 및 환경오염의 측면에서 핵종 분석에 대한 국민들의 관심이 증가하고 있으며, 정확하고 신뢰할 수 있는 분석기법 개발을 위해서, 방사화학 및 핵종 분석 전문가를 충원하여 현재 진행하는 원자력환경 분야의 참여 교수들과 공동연구를 진행할 뿐만 아니라, 본 교육연구단에서 원자력 전공학생들에게 반드시 필요한 핵종분석에 대한 이론 및 실습을 포함한 정규 교과목 운영을 통한 교육에 참여할 계획임.

[3] 미래융합-플라즈마 및 가속기 분야 전임교수 충원

- 현재 포항 방사광가속기와 본 교육연구단은 가속기관련 인력양성 교육프로그램을 본 교육연구단에서 진행하기를 협의하였고, 현재 방사광가속기의 연구원들이 겸직교수로서 본 교육연구단에서 정규 교과목 운영 및 학생 연구지도에 참여하고 있음. 이를 통해 실용적이고 전문적인 지식의 축적이 가능하나, 장기적인 관점에서는 본 교육연구단에서 가속기 분야를 주도적으로 이끌어줄 전문가가 필요하여 새로운 전임교수로 충원할 예정

임. 이는 높은 잠재력을 가진 방사광가속기의 활용을 높이는 동시에 ‘플라즈마 및 가속기[미래융합]’ 분야에서 Stanford University-SLAC (The Stanford Linear Accelerator Center)와 같이 본 교육연구단과 포항 방사광가속기의 융합 시너지를 기대할 수 있음.

[4] 사회융합 분야 전임 (혹은 겸임) 교수 충원

- 본 교육연구단의 교육과정은 공학과목 및 인문사회과학 관련 과목을 공통교육과목과 박사자격 시험과목으로 설정하고, 실질적이고 체계적인 인문사회학과 공학기술의 융합을 위하여 다양한 교육/연구 인프라를 제공하고자 함. 이에 따라 사회 융합 분야에서 데이터 분석 및 통계적 연구방법에 기반한 사회문제 해결, 갈등 조정, 공론조사 방법론 등에 있어 전문성을 가진 전임 (혹은 겸임) 교수를 충원할 계획임.

위와 같은 본 교육연구단의 전임교수 충원 계획은 지속적으로 변화하는 원자력 관련 산업 및 사회 문제에 좀 더 유연하게 대응하고 글로벌한 교육 및 연구 환경에서 실용적이며 전문적인 지식을 갖춘 융합인재 양성에 적합하다고 판단함.

⑤ 대학원생 현황

<표 1-4> 교육연구단 참여교수 지도학생 현황

(단위 : 명, %)

기준일	신청 학과	참여 인력 구성	대학원생 수											
			석사			박사			석 · 박사 통합			계		
			전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
2020. 05.14	첨단원자 력공학부	전체	16	15	93.75	19	14	73.68	17	12	70.59	52	41	78.85
		자교 학사	0	0	-	3	2	66.67	10	5	50.00	13	7	53.85
		외국인	1	1	100.00	4	3	75.00	1	1	100.00	6	5	83.33
참여교수 대 참여학생 비율						585.71								

<표 1-5> 교육연구단 참여교수 지도 외국인 학생 현황

연번	성명	국적	학사출신대학	공인어학성적		비고
				국어	영어	
1		말레이시아	University Kebangsaan Malaysia		IELTS(6)	
2		이란	Payame Noor University		IELTS(7)	
3		터키	Hacettepe University			Graduate from English speaking university
4		필리핀	Mapua University			Graduate from English speaking university
5		파키스탄	University of Punjab		IELTS(6)	
6		몽골	The National University of Mongolia			Graduate from English speaking university

1. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1.4 기대효과

앞서 밝힌 바와 같이 본 교육연구단은 완성형 인재, 즉 원자력이라는 종합적인 거대학문에 대한 이해에 핵융합, 플라즈마, 가속기, 인공지능 및 로봇 시스템 등 첨단기술 분야의 수월성과 함께 인문사회적 사고와 이해를 갖추고 있는 융합 인재를 양성하여, 에너지 발전 환경과 산업사회 그리고 에너지 포트폴리오 변화 속에서 발생하는 복합적인 원자력 관련 산업/사회문제에 대응하고 미래사회를 위한 첨단원자력 분야에 이바지하고자 한다.

앞서 밝힌 교육연구단의 비전 달성을 통하여, ‘현 가동원전 이슈 분야 [원자력 안전, 원자력 환경], ‘첨단미래 원자력을 위한 분야 [미래융합-플라즈마 및 가속기, 첨단융합-인공지능 및 로봇 시스템], ‘사회를 위한 인문사회학과 공학 기술의 융합 [사회융합]’의 **특성화**와 전문화된 지식을 바탕으로 분야 경계를 넘는 다학제간 활발한 교류를 유도하는 **융복합** 교육/연구가 가능할 것으로 기대되며, 이에 더하여 단순 이론적 지식의 전문화가 아닌 실제 산업/사회문제에 적용하는 **실용화** 과정과 국제적으로 최고의 전문가들과 교류하며 교육 및 연구의 질적 향상을 높이는 **국제화** 프로그램을 통하여, 국내외 원자력 관련 산업·사회문제들에 효과적으로 대응하여 다음과 같이 학문·사회·경제에 기여 할 수 있을 것으로 기대된다.

[1] 학문적 측면

- 본 교육연구단을 통해 양성된 미래사회를 위한 첨단 원자력융합 전문 인력들은 [원자력 안전], [원자력 환경], [플라즈마 및 가속기], [인공지능 및 로봇 시스템], [원자력공학과 인문사회 융합] 분야의 학문적 깊이를 더하고 다양화하는 데 기여할 것으로 기대됨.
- 다학제 연구 융합 시너지를 활용하여 새로운 학문적 해결책을 제시할 수 있을 것으로 기대됨. 특히, 현 가동원전 관련 [안전/환경] 분야들과 [미래-첨단-사회] 분야들 간의 융합이 다양한 형태로 가능할 것으로 기대되는데, 새로운 학문 분야를 개척하여 전세계 첨단 원자력 연구의 방향을 선도하는 첨단 학문의 인큐베이터 역할을 할 것으로 기대됨.
- 단순화되고 가정된 상황에 대한 해석이 아닌 실용적 프로젝트 기반 교과과정을 통해 학교, 사회, 산업체 간의 괴리를 감소시키고, 교육의 효용성을 증대하며, 실제 환경에 적용할 수 있도록 함으로써 그 교육 효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대됨.
- 전세계 유수의 산업체/연구/교육기관과 협력하는 교육프로그램을 통하여 긴밀한 국제 연구 네트워크의 형성이 가능하리라 기대되며, 이를 통하여 국제적인 연구 허브로서 전문 인력 양성이 가능할 것으로 기대됨.
- 특화된 분야의 전문성을 높이는 동시에 분야간 경계를 넘어서, 실용적이고 국제적인 전문인력의 양성을 통해 복잡해지고 다변화하는 원자력 산업/사회문제 해결을 위한 새로운 교육/연구 시스템 구축이 기대됨.

[2] 사회적 측면

- 원자력분야가 첨단 미래 사회에서 어떠한 역할을 수행하여야 하는지 고찰하고 그 방향을 제시함으로써 미래 원자력 산업 환경 및 정책 변화에서도 지역사회 및 산업의 피해를 최소화하고 사회와 공감할 수 있는 사회적 유연성 향상에 이바지 함
- 사회 가치를 이해하고 공감할 수 있는 인간 중심의 첨단미래사회를 위한 원자력 융합 인재를 양성하여 지역사회 내의 관계 개선 및 사회적 공감과 갈등 완화를 통하여 원자력 사회 문제 해결에 적절한 방안을 제시함.

- 거대과학의 특징과 지역사회/관련 집단의 이해관계들이 복합적으로 작용하기에 특정한 분야의 전문가들만으로 접근하는 데는 한계가 있는 원자력 관련 사회문제에 대해 효율적으로 대응할 수 있는 융합형 인재를 양성함으로써, 불필요한 사회적 시간/재원/자원의 낭비가 초래하는 사회 갈등을 줄여 사회 통합에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.

[3] 경제적·산업적 측면

- 현재 해외의 경우에는 온실가스의 대책으로 소형/마이크로 원자로 설계 및 건설의 산업화가 활발히 이루어지고 있으나, 국내에서는 이에 대한 전문인력 양성이 이루어지지 못하고 있는 상황임. 본 교육연구단의 원자력 안전 분야 및 미래/첨단/사회 융합 분야 연구를 통하여 기존의 원자로 안전성 향상에서 나아가 소형/마이크로 원자로의 안전설계까지 확장하여 대형 원자로 건설 시장에서 확보하였던 기술적 우위를 미래시장인 소형/마이크로 원자로 시장에서도 유지한다면 미래원자력 산업에서의 경쟁력 우위를 가질 수 있을 것으로 기대됨.
- 노후 원전 해체 및 제염은 200조원대 시장이 예상되지만, 기존 대형 원자력 발전소 건설에서 다른 선진 원전기술 국가들과 비교하여 국내 기술력은 기술적/경제적 우위가 전혀 없고, 오히려 선진국가들의 기술을 따라가지 못하고 있는 상황임. 하지만 본 교육연구단에서의 교육과 연구를 통해서 원자력 환경과 미래/첨단/사회융합 전문인력들이 선진국가들과의 기술 간극을 메우고 산업을 선도할 수 있을 것으로 기대됨.
- ‘플라즈마와 가속기’분야의 연구를 통하여 원자력 관련 기술을 신약 및 백신 개발, 신물질 개발, 새로운 물리현상에 대한 증명 및 활용과 같이 고부가가치의 미래 산업 발굴에 활용할 수 있을 것으로 기대됨.
- 6대 혁신성장동력 중 핵심인 인공지능과 지능형 로봇을 도입한 원자력 분야 4차 산업 관련 연구를 새롭게 진행하여 신산업을 발굴하고 원자력 산업 전반의 활성화와 경제적 이익 극대화에 기여함.
- 사회융합을 통하여 사회가 원하는 첨단미래 원자력 기술을 발굴하고 개발함으로써, 원자력 산업 전체 생태계의 유연성을 높이고 불확실성을 줄이며, 미래 사회가 운영·유지되는 데 필수적인 소통과 갈등 조정 경험을 축적할 수 있을 것으로 기대됨.

II. 교육역량 영역

1. 교육과정 구성 및 운영 계획

본 교육연구단은 2010년부터 다양한 학부전공 지식을 갖춘 인재들을 대상으로 원자력 분야의 인재로 양성하기 위하여 노력하여 왔다. 특정 분야의 전문성을 높이는 우수한 교육과정과 전세계적 석학들의 수업 및 연구 지도를 통한 글로벌화를 기반으로 성공적으로 세계적 수준의 인재를 양성하였다. 향후에는 기존 교육 과정을 바탕으로, 원자력 산업·사회문제들에 대응하기 위하여 가속기, 인공지능, 로봇 시스템과 같은 새로운 분야로의 확대, 인문사회 분야와의 융합, 실제 산업·사회 문제에 밀접한 실용적 지식 양성을 위하여 교육과정을 발전시키려 한다.

이에 따라, 본 교육연구단의 사회를 위한 원자력의 현재와 첨단미래를 위하여 **핵심역량** [원자력안전, 원자력환경, 미래융합-플라즈마 및 가속기, 첨단융합-인공지능 및 로봇 시스템, 사회융합]기반의 교육과정을 개발하고, 원자력이라는 거대과학에 인문사회학적 지식이 융합할 수 있도록 인문사회 과목을 공학전공 커리큘럼에 필수과목으로 편성한 **전인교육 교과과정**을 구축하였다. 나아가 지역사회·산학연과 밀접하게 교감하는 연구 특성 센터, 사회문제 상설기구, 온라인 플랫폼을 통하여 접수·발굴한 실제 산업·사회문제를 **핸즈온 실습형 (hands-on-experience) 프로그램**에서 실제 다루어 볼 수 있도록 전체 교과과정을 구성하였다. 이에 더하여 기존에 유지하던 **해외 우수학자 초청의 정규교과목 개설 및 운영** 등을 통하여 교육의 질적 국제화를 이루고자 한다.

전체 교과과정 구성은 아래와 같이 계획하고 있다.

‘**공통**’과목들은 본 교육연구단의 대학원생들이 원자력 사회 문제를 다루기 위해 갖추어야 할 기본지식을 포함한 교육과정으로, 원자력에 대한 지식이 없는 다른 학부전공의 학생이라도 원자력의 기본원리와 시스템을 이해할 수 있도록 설계된 공학과목과 인문사회학 지식을 쌓는 인문사회과목으로 구성되어 있다. 이러한 ‘**공통 필수**’과목은 모두 수강하여야 하는 과목이며, ‘**공통 선택**’과목은 3가지 중 1가지를 선택하여 관심 분야의 기초 지식을 더 쌓을 수 있도록 구성하였다.

특성화된 세부분야의 전문 지식은 ‘**전공**’ 과목들을 통하여 얻게 된다. 전공은 본 교육연구단이 속한 포스텍의 특성상 학위 발급이 가능한 공학분야를 중심으로 원자력 관련 사회이슈를 해결하기 위해 ‘원자력 안전’, ‘원자력 환경’, ‘플라즈마 및 가속기 (미래융합)’, ‘인공지능 및 로봇 시스템 (첨단융합)’ 분야로 특화하였다. 이는 전체 학부의 역량을 보편적 지식 향상이 아닌 원자력 관련 사회문제를 중심으로 집중하도록 한 것이다. 각 전공은 ‘**전공필수**’와 ‘**전공선택**’으로 구성되어 있으며, 졸업 학위기에 이수를 완료한 전공이 명기된다. 각 전공은 ‘전공필수 [원자력안전분야: 원자력열수력; 원자력환경분야: 방사성폐기물관리; 미래융합-플라즈마 및 가속기분야: 플라즈마 및 빔물리분야; 첨단융합-인공지능 및 로봇 시스템분야: 인공지능-로봇 공학 입문]’과목 1개와 다수의 ‘전공선택’과목으로 구성되는데, 전공필수 과목과 전공선택 과목 1개를 들으면 전공 이수 요건을 갖추게 된다.

융복합을 장려하는 본 교육연구단의 교과과정은 복수의 전공 이수 요건을 갖춘 경우 본 교육연구단‘학부’ 안에서 복수전공을 인정한다. 각 전공은 특정 ‘전공선택’과목들이 있는데, 예외로 ‘사회문제 캡스톤 디자인’과목은 다학제 융복합 프로젝트 수행과목으로 모든 전공의‘전공선택’으로 인정된다.

전공과목 외에도 첨단원자력공학부는‘사회융합 자유선택’과목들을 편성하였는데, 이는

공학기술과 인문 사회 분야의 융합 그리고 기존 원자력 분야에서 다루어지지 않았던 새로운 분야들의 융합을 위하여 포함한 과목으로서 전공과 무관하게 학생들이 수강할 수 있는 내용을 담고 있다.

이러한 구성을 바탕으로 대학원생은 과정별로 석사과정은 18학점, 박사과정은 21학점, 통합과정은 36학점의 교과 학점을 이수하여야 한다. 교과과정 관련 개요는 아래와 같다.



<본 교육연구단의 교과과정 구성>

- ‘공통필수’과목은 공학관련 2과목[원자력공학, 원자로물리학]과 인문사회융복합 관련 1과목[원자력과 사회문제]으로 모든 대학원생이 필수로 수강하여야 함.
- ‘공통선택’과목으로 [방사선계측 및 안전, 원자로 실험, 미래사회첨단 원자력입문] 3

가지 중 한 과목을 필수로 수강하여야 함.

- 모든 대학원생은 4개의 학부내 세부전공 중에서 최소 1개의 전공을 선택하여, ‘전공필수’ 1과목과 ‘전공선택’ 최소 1과목을 수강하여 전공 이수조건을 만족하여야 함.
- 석사과정은 공통과목과 전공 이수조건을 만족한 후 첨단원자력공학부 과목 (‘공통선택’/해당 전공의 ‘전공선택’/타 전공의 ‘전공필수’와 ‘전공선택’/‘사회융합 자유선택’)들 중에서 선택하여 수강할 수 있음.
- 박사과정은 공통과목과 전공 이수조건을 만족한 후 첨단원자력공학부 과목 (‘공통선택’/해당 전공의 ‘전공선택’/타 전공의 ‘전공필수’와 ‘전공선택’/‘사회융합 자유선택’)과 타학과 과목 중에 수강할 수 있음.
- 석박사 통합과정은 공통과목과 전공 이수조건을 만족한 후 첨단원자력공학부 과목 (‘공통선택’/해당 전공의 ‘전공선택’/타 전공의 ‘전공필수’와 ‘전공선택’/‘사회융합 자유선택’)과 타학과 과목 중에 수강할 수 있음.
- 복수의 전공 이수 조건을 만족하는 경우 복수 전공을 허용함.
- 융합 트랙 (미래융합, 첨단융합)에서 다양한 교과지식이 필요한 경우, 지도교수와 학과 교과위원회의 승인을 거쳐 전공이수의 필수 조건인 전공선택 과목 1개와 사회융합 자유선택과목을 본인에게 필요한 다른 교과목으로 대체할 수 있음.
- 박사자격 시험의 경우 공통필수 과목인 ‘원자력공학’, ‘원자로 물리학’, ‘원자력과 사회문제’와 전공 필수과목 1가지를 선택하여 총 4 과목에 대해서 시행함. 다만 수업을 수강한 학생 중 A- 이상의 학점을 받은 학생은 해당 과목의 박사자격 시험을 면제함.

위와 같은 **핵심역량**을 바탕으로 한 전문성과 기술/인문의 융복합을 고려한 **전인교육 교과과정**에 실제 산업 문제를 다루어보는 **핸즈온 실습형 교과목**과 세계적 석학들로부터 직접 수업을 들을 수 있는 **국제화 교과목**들을 운영하려 한다.

대표적인 **핸즈온 실습형 교과목**으로는 본 교육연구단의 모든 전공[원자력안전, 원자력환경, 미래융합, 첨단융합]에서 전공선택과목으로 인정되는 **‘사회문제 캡스톤 디자인’**을 운영하는데, 이 과목에서는 지역사회 및 산학연 산업·사회문제들을 선별하여 이를 해결하기 위한 기초 지식을 쌓고 실습을 진행하는 과목으로서, 공학기술들 (안전, 환경, 플라즈마 및 가속기, 인공지능 및 로봇 시스템)간의 융합 외에도 인문사회와 공학기술의 융합을 유도할 것이다. 이와 더불어 본 교육연구단 소속 학생 및 연구들 간의 연구 노하우 공유 문화를 확산하며 대학 본부의 교육 인력 확대 정책인 **‘학문후속세대 강의 개설 지원’** 프로그램에도 부응하기 위하여, 박사후연구원 및 대학원생 중심으로 구성된 강사진이 운영하는 **‘범용 공학용 전산도구 실습’**과목을 도입할 예정이다.

‘사회문제 캡스톤 디자인’과목 외에도 **‘원자력(안전/환경)-인공지능 융합’**, **‘극한환경용 인공지능 로봇/센싱 시스템 개발’**과 **‘방사광 과학과 응용’**등의 과목도 실습형 실습과목으로 운영할 것이다. 핸즈온 실습형 과목들에서 학생들이 도전할 주제들은 지역사회·산학연과 밀접하게 교감하는 연구 특성 센터 및 상설기구 그리고 온라인 플랫폼을 통하여 사회문제 및 이슈 관련 내용을 발굴하려 한다. 이를 통해 산업, 연구, 규제관련 최근 이슈들을 교육과정의 틀 안에서 경험할 수 있도록 환경을 제공할 수 있을 것이며, 동시에 교육연구단 내부 연구 분야별 경계를 뛰어 넘는 도전적이며 융합적인 연구가 가능할 것으

로 기대된다.

이러한 융합 실습을 통하여 확인한 초기결과가 가능성을 보인다면 이 기법을 공동연구로 발전시키고 그 결과물을 다시 연구 센터 등을 통해 지자체 및 산업체, 연구소와 공유한다면 실용적 인재의 양성과 동시에 산업 분야에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 세계적인 교육수준을 위해 **해외 유수의 학자**를 활용하여 **국제화 교과목**들을 운영하려 하는데 기존에 활발하게 개설되던 정규교과목에 더하여 산업·사회문제를 중심으로 해외 유수의 대학과 교환 실습, 단기강좌 교육을 강화하고자 한다.

실제 본 교육연구단은 지난 10년동안 총 6명의 해외 학자들이 ‘열전달물리학’, ‘방사성폐기물관리’등의 총 17회의 정규교과목을 열어왔으며, 앞으로도 우수한 평가를 받고있는 정규교과목들에 대해서 지속적으로 지원을 할 것이다. 특히 Univ. Michigan-Ann Arbor의 [redacted] 교수가 포스텍에서 진행하는 ‘열전달물리학’은 본 교육연구단의 교과과정임에도 불구하고 포스텍 내의 기계공학과, 신소재공학과, 물리학과 등 다양한 학과의 대학원생들이 최근 3년 동안 평균 50명이 이상 수강하는 포스텍에서 가장 인기 있는 교과목 중 하나로 앞으로도 지속될 예정이다. 이와 별도로 교육의 국제화 및 해외 우수인력 확보를 위하여 현재 모든 정규교과목은 영어로 진행되며, 국내 학생들의 영어 교육 지원 프로그램도 갖추어져 있다. 여기서 나아가 정규 교육과정 외에 전세계 산업/학계/연구소의 구성원들이 관심있게 들을 수 있는 전문 세부분야에 관련된 단기강좌 (summer/winter school)을 개발하고, 해외 우수 기관 학생 파견 교육 프로그램을 강화할 계획이다. 특히 단기강좌 구성에는 초청을 통한 오프라인 교육에 더하여 화상강의 및 Webinar(Web+Seminar) 시스템을 활용한 온라인 교육 인프라를 구축하여 적극 활용할 예정이다.

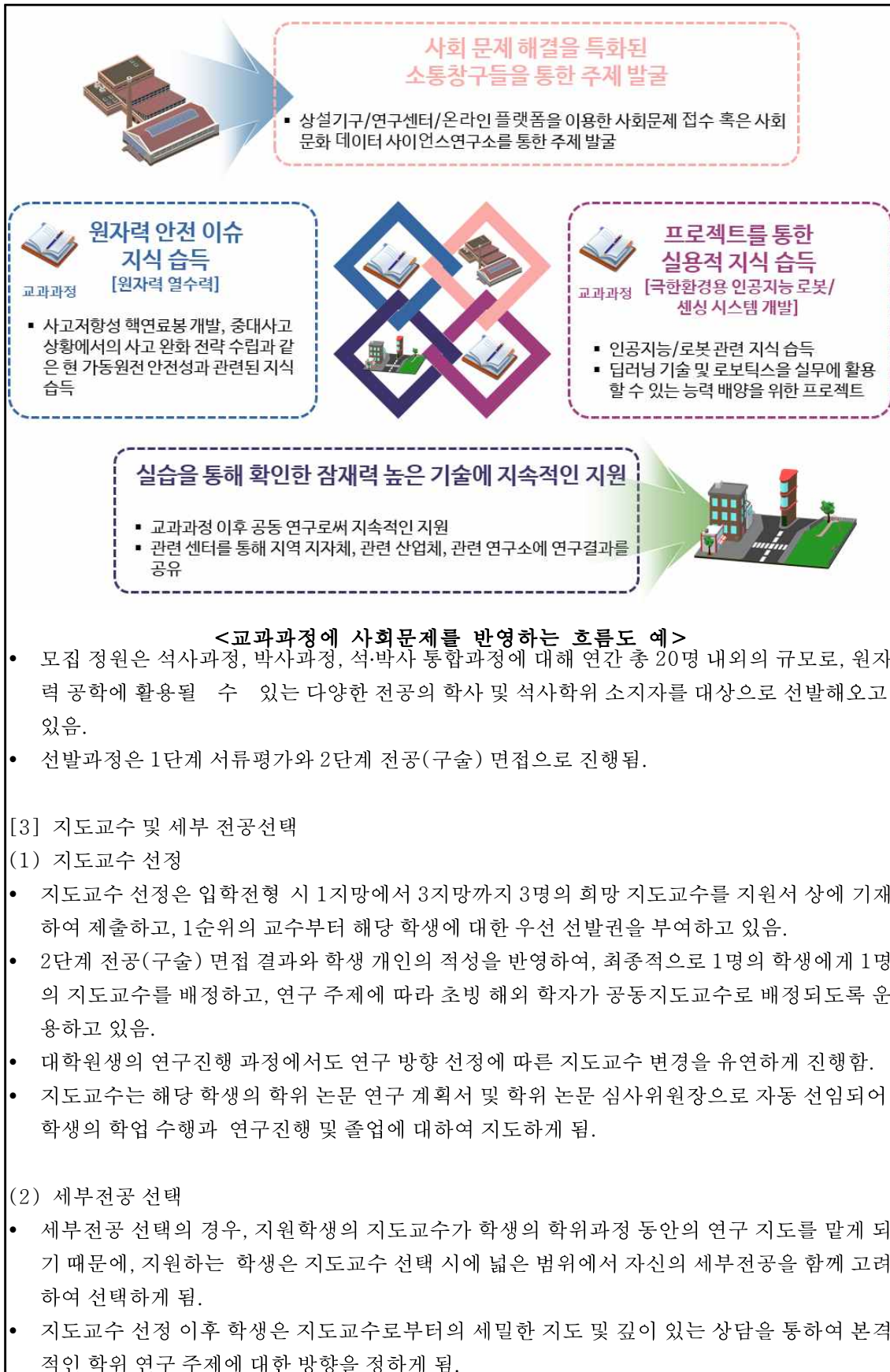
이와같이, 더욱 강화된 전문성과 글로벌화된 교과과정, 그리고 공학과 인문사회학의 융합과 실용성을 강조한 교과 세부 운영 및 학사 운영에 대한 자세한 내용은 아래와 같다.

[1] 사업단의 체계적 학사관리제도 운영 실적

- 포항공과대학교 첨단원자력공학부는 세계적 수준의 원자력 분야 고급 전문인력 양성의 비전 아래 앞으로의 미래원자력 분야를 이끌어갈 창의성과 실용성을 갖춘 글로벌 인재 양성을 교육목표로 하고 있으며, 이러한 목표를 실현하기 위한 체계적인 학사관리시스템을 갖추고 있음.
- 원자력분야 전문대학원으로서, 각 분야의 전공을 가진 학생들이 원자력 세부분야에서 기초 지식을 습득하고 전문성을 갖추어 기간 안에 학위를 취득할 수 있도록 체계적인 학사관리 제도를 정착시켜오고 있음.
- 현재 우수 대학원생의 선발에서부터 교육 및 연구지도, 학위 취득까지 단계별로 구체적인 절차가 확립되어 있으며, 아래의 학사관리제도는 첨단원자력공학부의 운영내규로 제도화되어 운영되고 있음.

[2] 입학전형

- 본 학부의 입학 전형은 포항공과대학교 대학원 전형일정에 따라 진행되어 왔으며, 최근에는 특차, 상반기, 하반기로 나누어 총 3회 선발하고 있음.



- 이러한 과정에서 지원학생들이 충분한 사전 정보를 접할 수 있도록 각 선배 대학원생들을 소개하고 관심있는 연구실에 대한 방문 및 견학을 장려하는 등 충분한 자료를 제공하고 있으며, 개별 교수들에 대한 각 학생들의 적극적인 접촉을 유도해 오고 있음.

[4] 박사자격시험 및 논문심사위원 구성

(1) 박사자격시험

- 박사자격 필기시험은 입학 후 2년 이내(4학기 이내)에 의무적으로 통과하도록 운영하고 있음.
- 박사자격 필기시험은 1년에 2회 방학 중에 실시함. 공통필수 과목인 ‘원자력공학’, ‘원자로 물리학’, ‘원자력과 사회문제’와 전공필수 과목 1과목으로 총 4과목에 대해서 시행하며, 각 과목별 100점 만점에 60점 이상 취득하여야 합격으로 인정함.
- 불합격자의 경우 입학 후 2년 이내에 1회에 한하여 재응시할 수 있도록 운영하고 있음.
- 박사자격 필기시험은 교과과정의 우수한 성적으로도 대체할 수 있는데, 시험 대상 과목을 학기 중에 수강하고 A- 이상의 학점을 취득하게 되면 해당과목의 시험을 통과한 것으로 인정하여 필기시험을 면제하고 있음.
- 석사과정 입학 학생은 입학 후 1학기 이상을 이수한 이후에 응시할 수 있으며, 합격 시에는 통합과정에 지원할 자격을 부여하고 있음.
- 박사자격 필기시험 통과자의 경우 이후 학위 논문 계획서를 제출한 뒤, 학위 논문 계획을 심사위원회에 구술 발표하며 구두시험을 함께 실시하도록 운영하고 있음.
- 학위 논문 계획서의 경우 4학기 이내에 제출을 원칙으로 하되, 지도교수의 승인을 얻은 자에 한해 최대 6학기 이내 제출을 허용하고 있음.

(2) 논문심사위원 구성

- 석사과정 입학 학생의 경우 2년 내외의 과정을 거치게 되는데, 그동안 졸업 이수학점을 이수하고 지도교수를 포함한 3인 이상으로 구성된 심사위원회의 심사를 통과하면 석사학위가 수여됨.
- 박사과정 입학 학생과 석·박사 통합과정 입학 학생의 경우 지도교수 포함 5명 (최소 한명은 과외, 본교 대학 교수가 과반수 이상)으로 구성된 심사위원회의 학위논문심사를 통과하여야 함.
- 박사과정 입학 학생과 석·박사 통합과정 입학 학생의 경우 학과가 인정하는 국제학술지에 제1저자로 1편 이상을 게재하고, 최종 박사 학위 논문을 심사위원회에 발표하여 심사를 통과하면 박사 학위가 수여됨.

[5] 학과 학사운영 내규의 제도화 및 학생안내 매뉴얼 구비

(1) 학과 학사운영 내규

- 본 학부의 학과 운영 내규는 본교의 대학원 운영 내규를 바탕으로 학과 특성에 맞게 조정하고 제도화하여 운용하고 있음.
- 상황에 따라 내규의 변경이 필요로 할 때는 매월 열리는 학과 교수 회의에서 충분한 토의를 통해 변경이 가능토록 하여 유연한 학과 운영을 가능하도록 운영함.

(2) 학생안내 매뉴얼

- 학생들의 원활한 대학원 생활 및 연구실 활동을 위하여 신입생 안내 책자 발송, 대학원생 입문 교육, 신입생 오리엔테이션 및 자료 배포를 실시하여, 대학의 시설 및 시스템에 보다 쉽게 접

근할 수 있도록 지원하고 있음.

- 또한, 학부 홈페이지에 입학전형, 장학금 정책, 교과과정, 연구내용 등에 대해 자세히 공지함으로써 언제든지 학부 학생뿐만 아니라 학부에 관심 있는 유능한 인재들이 쉽게 접근 할 수 있도록 정보를 제공하고 있음.

[6] 학위취득 소요기간 장기화 방지를 위한 제도 현황

- 학위취득 소요기간의 장기화를 방지하기 위해 본 학부에서는 규정 기간에 박사자격 필기시험과 학위 논문계획서를 제출하지 않은 학생과 학생의 지도교수에게 학위 이수과정에 대한 관심을 환기토록 하기 위하여 연기 사유서를 제출토록 해오고 있음.
- 각 이수과정의 기본 기간 (석사 2년, 박사 4년, 석·박사통합과정 5년)을 넘어서는 경우 지속적으로 지도교수와 학생에게 졸업과정에 대한 안내를 함으로써 학위과정의 장기화를 막고 있으며, 제한연한(석사 6학기, 박사 12학기, 통합 14학기) 설정을 통하여 해당 연한을 초과하는 경우 장학금 지원 및 기숙사 이용을 제한하는 강도 높은 제재를 가하고 있음.

[7] 연계과정 관련 교육 커리큘럼의 유연성 및 체계적 학사관리 제도

- 입학 당시부터 석·박사통합과정을 선택할 수 있도록 하여 박사학위 취득을 목표로 하는 학생에게 석사학위논문의 작성 없이 바로 박사자격 필기시험, 학위논문 계획서 제출 및 구두시험, 박사 학위 논문 심사를 받을 수 있도록 지원하고 있음.
- 학점의 조기 취득, 과정간의 학점 이월, 타 대학원의 취득학점 인정, 학위논문의 탁월성이 인정되어 학위 수여 요건을 조기에 충족시킨 자에 대해서는 수업 연한을 통합과정은 1년, 석사와 박사과정의 경우 각각 6개월을 단축할 수 있도록 하여 학사관리의 유연성을 높이고 있음.
- 석사 졸업자의 박사과정 연계진학 시 제도적 지원의 일환으로 본 학부에서는 학기 초 1개월간 연계진학자의 학점 이월신청(석사 졸업요건을 만족하고 남은 학점에 대하여 지도교수의 승인 후 학점 이월)을 인정하고 있음.
- 석사과정에서 이수한 전공필수 두 과목에 대하여 박사과정에서도 해당 과목에 대한 이수를 인정하고 있음.
- 1학기 이상 이수한 석사과정 학생이 박사자격 필기시험에 응시하여 통과하는 경우 통과한 시점을 기준으로 다음 학기부터 석·박사 통합과정에 지원할 자격을 부여하고 있음.
- 석사과정 학생의 석·박사 통합과정으로의 유연한 연계를 위해 박사자격 필기시험은 6월 말~7월 초, 12월 말~1월 초에 진행하는 것을 원칙으로 하여, 그 결과를 대학원위원회에 통보할 수 있게 진행하고 있음.

[8] 엄격한 학위논문 심사를 위한 규정 및 제도와 심사과정

- 본 학부는 엄격한 학위논문 심사를 위하여 교육과정별로 규정 및 심사과정을 운영내규로 제도화하여 운영하고 있음.

(1) 학위논문 심사제도

- 박사 및 석·박사 통합과정은 학위논문 계획서를 4학기 이내에 제출하는 것을 원칙으로 하되 지도교수의 승인을 얻는 자에 한해 최대6학기 까지 제출을 허용함.
- 박사 및 석·박사 통합과정의 경우 학과 인정 국제학술지에 1편 이상의 논문을 제 1저자로 발표하여야 함.

- 석사는 지도교수 포함 3인 이상, 박사 및 석·박사 통합과정의 경우 지도교수 포함 5인의 (최소 1명은 외부 소속이어야 하며 본교 소속 교수가 과반수 이상이어야 함) 심사위원회를 통과하여야 함.

《석사학위 심사과정》

순서	구분	석사
1	심사위원	선정
		지도교수 포함 3명
		시기
	외부심사위원	제출서류
		논문심사위원 선정 신청서
2	박사후보심의 (희망자)	제출서류
		외부심사위원 위촉 승인서
		심사료 지원
3	논문심사 결과보고서	제출기한
		석사과정생이 4학기 이내에 QE 통과한 경우, 희망자에 한하여 통합과정으로 전환 가능
		제출서류
4	논문심사 결과보고서	방법
		1. 논문심사일자선정 2. 논문심사 15일 전까지 심사위원 전원에게 심사용 논문 제출 3. POVIS에 입력 및 출력 후 심사당일 심사위원의 사인을 받아 학과사무실 제출
		제출서류
5	논문제출	제출기한
		1. 심사파일 (심사15일 이내, 심사위원 및 학과사무실에 제출) 2. 석사학위논문심사 및 종합시험결과보고서 3. 석사학위논문심사요지
		작성언어
6	논문제출	제출기한
		전기졸업예정자(2월): 12월 31일까지 후기졸업예정자(8월): 6월 30일까지
		제출처
7	논문제출	작성언어
		영어
		제출처
8	논문제출	제출기한
		학과사무실: 1부 청암학술정보관: 4부, 전자파일 1개
		방법
9	논문제출	제출기한
		6월, 12월 공지

《석·박사 통합과정 심사과정》

순서	구분	석·박사 통합
1	심사위원	선정
		지도교수 포함 5명
		시기
	외부심사위원	제출서류
		논문심사위원 선정 신청서
2	박사후보심의	제출서류
		외부심사위원 위촉 승인서
		심사료 지원
	방법	제출기한
		6학기 이내
3	논문심사요청서	방법
		1. 연구계획서 심사일자 선정 2. 계획서 심사 15일 전까지 심사위원 전원에게 심사용 논문 제출 3. POVIS에 "연구계획서심사결과보고서"입력 및 출력 후, 심사당일 심사위원의 사인을 받아 학과사무실에 제출
		제출서류
4	논문심사요청서	제출기한
		1. 심사파일 (심사15일 전까지, 심사위원)
		2. 박사학위 논문연구계획서 심사결과보고서
5	논문심사요청서	작성언어
		1. 논문심사일자선정
		방법

			2.논문심사 15일전까지 POVIS에 입력,출력 후 지도교수 사인 받아 학과사무실에 제출
		제출서류	1.박사학위청구논문심사요청서 2.국제학술지게재(승인)서류 첨부
		기타사항	* 국제학술지: 학과인정국제학술지에 1편이상의 논문을 제 1저자로 발표하여야 함
4	논문심사 결과보고서	방법	1.논문심사 일자 선정 2.논문심사 15일전까지 심사위원 전원에게 심사용 논문 제출 3.POVIS에 입력 및 출력 후 심사당일 심사위원의 사인을 받아 학과사무실 제출
		제출서류	1.심사파일 (심사15일 이내, 심사위원 및 학과사무실에 제출) 2.박사학위논문심사 및 종합시험결과보고서 3.박사학위논문심사요지
		제출기한	전기졸업예정자(2월): 12월 31일까지 후기졸업예정자(8월): 6월 30일까지
5	논문제출	작성언어	영어
		제출처	학과사무실: 1부 청암학술정보관: 4부, 전자파일 1개
6	졸업신청/정산	방법	6월,12월 공지

[9] 강의평가

(1) 강의평가 실시

- 포항공과대학교는 1997년도 1학기부터 모든 개설과목에 대하여 강의평가를 실시하고 있으며, 강의평가는 사업 신청 당시 사업계획서에서 제시하였던 본교 강의평가 시스템을 활용하여 운영하고 있음.
- 평가문항은 수업조직 및 계획, 수업진행, 교수/학생관계, 시험/과제, 학습결과, 학생 만족도를 평가하도록 구성되어 있으며, 학생들의 적극적인 강의평가를 유도하기 위하여 기말고사 실시 후 전산입력을 통해 강의평가에 참여해야만 학생들이 자신의 성적을 조회할 수 있도록 강의평가 시스템을 운영하고 있음.
- 학생들이 매학기 수업이 끝난 뒤 강의평가 내용을 전산으로 입력함으로써 학생들의 강의평가 편의성을 높이고 있으며 시스템을 활용한 평가결과 수합 및 분석을 효율적으로 추진하고 있음.

(2) 강의평가 결과

- 강의평가 결과는 수요자 중심교육의 일환으로 학생들이 수강신청 시 해당 교과목에 대한 수강 결정의 참고 자료로 활용 할 수 있도록 그 결과를 공개하고 있음.
- 지난 1년 6개월 동안 본 학부 교과목에 대한 강의평가 결과를 살펴보면 5점 만점을 기준으로 평균 4.78점으로 우수한 평가를 받고 있음. (2018-1학기: 평균 4.75점, 2018-2학기: 평균 4.74, 2019-1학기: 평균 4.92점, 2020-1학기: 평균 4.70)
- 특히, 영어 강의평가(해외학자 개설과목)의 경우 3학기 평균 4.86의 높은 점수를 기록하고 있어 교육의 국제화 기반이 우수하게 형성되어 있음.

(3) 강의평가 공개

- 포항공과대학교는 2007년부터 모든 교수와 학생이 포항공과대학교에 개설된 전체 교과목에 대한 강의평가 결과를 열람할 수 있음.
- 학생들은 이전 강의평가 결과를 조회하여 해당과목 수강 여부 결정에 활용하고 있음.

(4) 강의평가 환류실적

- 현재 시행하고 있는 강의평가 제도를 좀더 객관적이고 효율적으로 평가할 수 있는 방법을 개발하기 위해 매학기가 끝난 시점에 간담회를 통해 의견을 청취하였음.
- 포항공과대학교는 교수 연봉제 시행(2000년) 이후 강의평가 결과를 수업평가 형식으로 성적을 바꾸어 강의개선과 함께 강의교수들에 대한 업적평가 자료로 활용하고 있음. (교수 승진, 정년보장 심사에 반영)
- 강의평가 결과는 해당 교과목의 수업 내용과 강의 방법 개선 등에 적극 활용되고 있으며, 교수 평가에 반영함으로써 교육의 질적 향상과 학생들의 수업 선택권 보장에 기여하고 있음.
- 평가문항은 수업조직 및 계획, 수업진행, 교수/학생관계, 시험/과제, 학습결과, 학생 만족도를 평가하도록 구성되어 있으며, 학생들의 적극적인 강의평가를 유도하기 위하여 기말고사 실시 후 전산입력을 통한 강의평가에 참여해야만 학생들이 자신의 성적을 조회할 수 있도록 강의평가 시스템을 운영하고 있음.
- 학생들이 매학기 수업이 끝난 뒤 강의평가 내용을 전산으로 입력함으로써 학생들의 강의평가 편의성을 높이고 있으며 시스템을 활용한 평가결과 수합 및 분석을 효율적으로 추진하고 있음.

[10] 논문작성법 강의 개설 실적

- 본 학과는 글로벌 인재양성을 위하여 본교 내부의 어학센터(POSTECH Language Education Center)를 활용하여 영작문, 영어 논문 작성 등에 대한 영어 수업을 수강토록 장려하며, 수강 학생에 대해서는 학과에서 한 학기에 1인 1과목 총 4과목에 대한 수강료를 지원하여 운영하고 있음.
- 본교 어학센터는 2004년 2월에 설립되었으며, Topic Discussion, Technical Writing, Conversation, IBT Speaking 등의 다양한 영어 강좌를 일반학과와 계절학기에 개설하고 있음.
- 외부기관과 달리 공학적 전문지식 및 공학 분야의 논문 작성법에 대해서 실제 자기가 쓰는 표현이나 작성하던 논문을 어학 전문 교수들로부터 직접 교정을 받을 수 있도록 하고 있음.

[11] 글로벌 수준의 연구윤리 확보를 위한 교육 실시

- 학교차원에서 이루어지는 대학원 오리엔테이션의 학과별 연구윤리 교육에 참가하며, 교육이 끝난 후 ‘포항공과대학교 대학원 윤리서약서’를 직접 쓰고 서명하게 함으로써 연구윤리 준수 의식을 꾸준히 강조해오고 있음.
- 대학원생들의 교육 및 연구에 지장이 초래되지 않도록 중요한 사항은 집합교육으로, 일반적인 것은 LMS 온라인 영상강좌를 통하여 연구윤리 의식을 고취시키고 있음.
- 학과차원에서 매년 3월에 실시하는 신입생 오리엔테이션 중에 윤리강령을 꾸준히 교육하고 있음.

[12] 교내외 학과 간 공동 교과목 개발 실적

- 본 교육연구단의 모든 교과과정 및 초청 세미나 등 일련의 교육활동을 모두 교내외에 오픈함으로써 누구나 쉽게 접근할 수 있도록 하였음.
- 지난 2년 동안 본 학부와 융합연구가 가능한 학과에 관련 교과목을 적극적으로 오픈한 결과, 본 교육연구단의 교과목을 수강하는 학과가 늘어나고 있는 추세임. 대표적인 교과목은 아래와 같음.
 - 열전달물리학(전자과, 화공과, 신소재공학과, 기계과)
 - 가속기의 원리와 기술(물리과, 신소재공학과, 기계과)
 - 방사광 과학과 응용(신소재공학과, 물리과, 기계과, 첨단재료과학부)
 - 환경 방사성 오염물질(화공과, 환경공학부)
- 또한 산업체의 요구에 의해 맞춤형 강좌를 특론 형식으로 개설하여 교육하였으며, 대표적인 사례는 아래와 같음.
 - 과정명: 경수로 중대사고의 주요현상
 - 기간: 4주(2016.8.16 ~ 9.10)
 - 수강대상 및 인원: (주)한국수력원자력 직원 10명
 - 강의목표: 경수로 중대사고 시 발생하는 주요 현상의 이해
 - 강의내용: 후쿠시마 사고 이후 중대사고 분야에서의 국내외동향, 중대사고 시 발생하는 주요 현상 전반
- 과정명: PRA(Probabilistic Risk Assessment) School
- 기간 및 수강인원 : 1회(2016.2.15 ~ 2.26, 17명), 2회(2017.2.6 ~ 2.10, 19명), 3회(2017.9.4 ~ 9.8, 17명)
- 수강대상: 원자력관련 공기업, 산업체 및 대학의 원자력안전업무 종사자 대상
- 강의목표: 최소한의 PRA 수행능력 양성을 목표로 함
- 강의내용: 원자력발전소의 안전을 종합적으로 평가하는 기법을 제공함

개설 교과목에 대한 세부정보는 아래와 같다.

[1] 공통필수 과목

- **원자력공학:** 원자력공학에 대한 전반적인 내용을 기초에서부터 응용까지 심층적으로 교육함. 이에 따라 원자력공학개론에서는 원자력 발전 소개에서부터 물질과의 방사선 반응, 중성자 반응, 확산이론, 임계도 계산, 원자로 물리, 중성자 감속 이론, 노심 내 열전달 및 온도 등을 학습함.
- **원자로물리학:** 핵분열 원자로이론 및 중성자 수송이론의 개념소재를 시작으로 하여, 수송방정식의 해를 구하기 위한 PI 근사 및 확산이론을 학습함. 뿐만 아니라 원자로의 특성 해석에 중요한 임계계산, 원자로의 동특성, 중성자의 에너지 감속이론에 대해 학습하며, 실용적 계산법을 위한 확산이론의 수치해석방법에 대해 학습함.
- **원자력과 사회문제:** 원자력과 관련해서 나타나는 주요한 사회 이슈 및 문제를 파악하기 위한 조사 방법론과 통계적 연구 방법에 대해 학습함. 이를 위해 조사 기획 및 데이터 분석론을 기반으로 주요 이슈 및 문제를 평가·측정하고, 문제 유형화를 통해 필요한

기술의 우선 순위의 결정과 적용 기술의 효과 분석으로 연결하여 학습함.

[2] 공통선택 과목

- **방사선계측 및 안전:** 방사성 동위원소, 방사선 발생장치, 원자력발전소 등 이용 과정에서 예상되는 방사선에 대한 정보를 제공하고 방사선 피폭을 최소화하기 위한 원리와 방법을 학습함.
- **원자로 실험:** Critical Assemble를 이용하여 원자로 실험을 진행하고, 이를 통해서 원자로의 동작원리, 제어방법, 측정원리와 방법에 대해 학습함.
- **미래사회 첨단원자력입문:** 국내 및 국외 원자력 이슈들에 이해하고 그 해결방법 도출을 위한 과정을 학습함. 복잡한 원자력 사회문제의 본질을 이해하고 어떠한 기술적 지원이 필요한지 도출하는 사회학 지식을 습득. 원자력 안전 및 환경 이슈들에 대해 이해하고 관련 기초 기술 지식을 습득함. 이를 해결하기 위해 가능한 플라즈마 및 가속기, 로봇 및 인공지능 분야를 원자력에 적용함에 있어 필요한 기초 기술 지식을 습득.

[3] 세부전공과목

(1) 원자력안전

- **원자력열수력(필수):** 원자로 노심에서 중성자와 핵연료의 반응 및 이에 따른 에너지 변화 과정과 분포에 대해 학습함. 원자로 시스템 전반의 열 및 물질 전달에 대해 이해하고, 정상운전 및 사고상황 완화 장치 및 전략들에 대하여 학습함. 특히 최근 후쿠시마 사고 이후 중대사고에 대한 이해를 높이고 이를 대비하기 위한 여러 시도에 대해서도 학습함.
- **원자력발전공학(선택):** 원자력발전소(원전) 설계, 분석, 및 관련 연구 분야에서 요구되는 응용 지식을 제공함. 전체 사이클 설계에서부터 펌프, 열교환기 (비등기와 응축기), 터빈의 기초지식을 습득하고 실제 이를 운영하기 위하여 활용하는 시스템 코드에 대한 지식을 습득함.
- **이상유동(선택):** 이상유동의 압력강하, 열전달 및 현상을 설명하고 응축 및 비등과 같은 상변화 현상을 논의하여 이를 바탕으로 증기발생기, 응축기 및 핵 반응로 등의 응용설계기술 및 운전이상현상을 분석함.
- **원자력안전과 규제(선택):** 원자력안전의 개념과 중요성, 안전설계와 건설, 운영, 최근 안전 중대사고와 후속조치, 안전 현안, 안전문화, 핵연료주기와 사용후핵연료, 원전 수명평가와 스트레스 테스트 등에 대하여 폭넓게 학습하고, 원자력 안전과 규제에 대해 이해하며, 안전관련 국내외 정책과 이슈를 파악함.
- **열전달물리학(선택):** 에너지 저장, 운송, 변환에 대해 원자 수준의 역학과 메커니즘을 통해 이해함. 기존의 거시론적 관점과 미시론적 관점에서 열전달 현상을 표현하고 이를 통하여 기초 연구를 원자력 관련 응용 연구로 확장하는 과정을 학습함.

(2) 원자력환경

- **방사성폐기물관리(필수):** 방사성 폐기물 처리에 관한 기초 이론에 대한 지식을 제공하며, 원자력 연료 주기, 방사성 폐기물 발생 및 유형, 방사능 자원/측정/효과, 원자력 폐기물 소각, 악티니드 관련 화학, 생물학적 방사성 핵종의 고정화 메커니즘, 방사성 폐기물 처리 기술, 폐기

물 고화체 종류 및 개발과 핵종 분석 방법 및 핵종 거동 특성 모델링을 학습함.

- **환경방사성오염물질(선택):** 자연환경에서 존재할 수 있는 방사성 물질의 기본특성 이해 및 오염된 토양이나 지하수 처리에 관한 방사화학 및 수리지구화학에 관한 기초강의를 제공함으로써 환경방사성오염물질 처리에 대한 이해도를 높이고 나아가 방사성폐기물 관리에 대한 기초 지식을 갖추 수 있는 강의를 제공함.
- **고급방사성폐기물관리(선택):** 방사화학생성물, 천부 저준위 폐기물 처리장에서의 방사성 핵종의 거동에 미치는 자연계상의 미생물의 영향, 심부 고준위 폐기물 처분장 건설 및 사용 후핵연료 임시저장 기술, 처분장에서의 기체발생 반응 메카니즘, 핵종거동 예측을 위한 표면흡착 모델링, 환경 오염물 및 오염지역에 대한 복원 기술에 관한 강의를 제공.
- **화학적폐기물관리 및 처분(선택):** 유기/무기화학적 처리법을 통한 방사성폐기물 제염 기술에 대한 이론적 기초강의를 제공하고, 화학적 공정을 통한 실제적으로 원자력발전소 운영에 적용 가능한 처리 기술 개발 및 방사성폐기물 처분을 위한 처분장 인수기준에 대한 전반적 지식 제공.
- **비정질세라믹스(선택):** 유리의 구조와 이에 따른 특성의 변화에 대한 현상을 이해하고 이를 이용한 신기능성 유리 고화체 개념을 제시함. 특히 광통신에 응용되고 있는 다양한 유리재료의 기초 원리 및 활용을 통하여 방사성폐기물의 장기적인 유리 고화체 개발에 필요한 기초 이론을 습득함.

(3) [미래융합] 플라즈마 및 가속기

- **플라즈마 및 빔물리(필수):** 플라즈마 물리 및 빔 물리학의 기초 개념을 제공하고 응용 범위를 소개함. 기초 개념 습득을 위하여 하전입자의 운동을 고전역학 및 상대론적으로 기술하는 이론 체계를 학습함. 이를 바탕으로 플라즈마 및 상대론적 전자빔 내에서의 에너지 전달 및 입자 수송에 대한 이해를 도모함. 플라즈마 응용의 범주로서 약하게 이온화된 플라즈마의 유체 및 입자운동의 통계역학적인 특성, 전기적인 특성, 다양한 충돌 반응 및 화학 반응에 대하여 개괄적인 소개를 제공함.
- **핵융합 플라즈마(선택):** 고온 플라즈마의 물리적인 특성과 핵융합 장치의 공학적인 요소를 소개함. 고온 플라즈마를 기술하는 세 가지 관점, 즉 개별 입자의 운동론, 자기유체역학 및 통계학적 운동론을 소개 학습함. 자기장 가둠 방식의 핵융합 플라즈마 장치의 기본 동작 원리, 물리적인 제한 기준, 그리고 공학적인 제한 기준을 학습함.
- **가속기원리와 기술(선택):** 가속기의 원리와 기술을 다루는 과목으로 가속기의 전반적인 원리를 가속기 물리와 함께 소개한 후, 가속기에서 사용되는 기술에 대해 설명함. 가속기에서 이용되는 기술은 크게, 자석 기술, 진공 기술, 제어 기술, 진단 기술, 레이저 관련 기술로 분류됨. 3세대 가속기와 4세대 가속기로 크게 분류하여 강의를 진행함.
- **방사광과학과 응용(선택):** 방사광의 발생, 물질과의 반응 특성 및 이를 활용한 분석기법 등을 소개함. 또한 이러한 기법들이 어떤 분야에 활용되는지를 익힘. 이와 연관된 프로젝트 실습을 진행하려 함.
- **방사선차폐와 몬테카를로분석(선택):** 방사성 동위원소, 방사선 발생장치, 원자력발전소등 이용 과정에서 예상되는 방사선에 대한 정보를 제공하고 방사선 피폭을 최소화하기 위한 차폐해석과 방사화 평가의 기초 원리와 실제적인 기술을 학습함. 동시에 원자력 및 방사선 분야에서 널리 사용되고 있는 몬테카를로 분석 원리를 학습함.

(4) 인공지능 및 로봇 시스템 [첨단융합]

- **로봇-인공지능 공학 입문(필수):** 로봇공학의 기본적인 내용을 배우고, 로봇을 원자력분야에 활용하기 위한 핵심기술들에 대해 소개함. 인공지능의 기초적인 내용을 학습하며, 원자력의 안전 및 로봇에 활용하기 위한 실무적인 인공지능기법을 다룸.
- **원자력안전-인공지능융합(선택):** 인공지능 기술을 원자력 분야에 접목하기 위한 파이썬 등의 코드관련 기초 능력을 배양하고 이를 드론 및 자율 컨트롤 시스템 혹은 데이터 분석 등에 활용하는 실습 프로그램으로 구성됨.
- **극한환경용 인공지능로봇/센싱시스템 개발(선택):** 원전의 방사능환경, 냉각수의 수중환경 등, 가혹한 산업환경의 임무수행에 특화된 인공지능 로봇의 설계, 조립, 운용등의 개발 과정을 학습함. 또한 원자력 안전을위해, 고신뢰도 및 비상시루틴이 강화된 실시간 센싱 시스템을 다룸.
- **이미징소셜이슈와 데이터분석(선택):** 공식 통계를 통해 나타나는 데이터 뿐 만 아니라 소셜 데이터를 포함한 시의성 있는 데이터의 분석을 통해 주요 사회 이슈의 변화 추이를 살펴보고, 새롭게 나타나는 사회 문제의 현황 및 문제의 근거에 대해 체계적으로 파악하여 미래 사회를 효과적으로 대비할 수 있는 역량을 축적함.

(5) 사회융합 자유선택 (주요과목만 소개)

- **극한환경로봇과 사회문제해결:** 원자력 관련 인력작업 및 환경 영향등에 대한 사회문제를 파악하고, 로봇, IT, 센싱기술 활용한 해결책을 학생들이 주도적으로 도출하도록 함. 이를 바탕으로 실용적인 극한환경로봇 및 센싱시스템을 설계/제작하는 수업을 과제 형태로 진행함. 설계/제작의 기본소양인 극한환경로봇 및 센싱기술의 관련 강의 및 전체시스템 설계/제작의 전체 실무를 경험하도록 함. 과제수행 및 완료시 현장전문가, 지역주민 등의 피드백을 받음으로써, 현장의 실무능력을 향상시키고, 첨단융합기술을 통해 사회문제를 해결할 수 있는 능력을 고취시킴.
- **휴먼-로봇 인터페이스:** 원격조정로봇, 가상현실 상호작용 등 다양한 분야에서 활용이 기대되는 휴먼-로봇 인터페이스 분야는 기존의 로봇틱스 분야의 일부이면서 동시에 인간의 행동이 개입되어 있는 복합 분야임. 이 교과목에서는 휴먼=로봇 인터페이스의 기초이론을 습득하고, 이를 실제 구현하여 보는 실습과정을 통해 지식을 습득함.
- **과학기술 정책:** 지속적인 국가 발전을 위해 과학기술의 역할은 매우 중요함. 4차 산업혁명 시대에 과학기술의 역할이 커지고 있는 상황에서 성공적인 과학기술의 육성 및 발전을 위해서는 이를 위한 정책적 뒷받침도 필수적. 제반 과학기술정책의 내용과 전개 과정을 살펴보고, 효과적이고 바람직한 과학기술정책 구현의 내용과 조건을 모색함.
- **기계인공지능:** 머신러닝에 대한 개괄적인 소개. 기계학습의 수학적 근간이 되는 선형대수와 최적화의 기초를 복습. 지도학습과 비지도학습의 차이를 명확히 함. 머신러닝에서 중요하게 다루게 될 회기, 분류, 군집화, 차원축소에 대한 개념적 소개를 하고, 각각의 다양한 응용 사례를 소개함으로써 학습 동기부여를 함.
- **플라즈마 공학을 위한 수치해석:** 플라즈마의 물성을 시뮬레이션하기 위한 입자운동 통계론적 전산 모델 및 유체역학적 전산 모델을 소개함. 해당하는 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 산업용 플라즈마 및 공학적인 관점에서 중요한 핵융합 장치의 경계면 플라즈마의 물성을 학습함.

위의 교과 내용은 모두 대학원 강의로서, 위의 교과구성 중에 전임교원들은 각자 자신의 전문성에 부합하도록 공통 필수/공통 선택 및 전공 필수/전공 선택 과목들에 다음과 같이 단독 강의를 진행할 계획이다.

- 화학적폐기물관리 및 처분(전공 선택)
- 원자력과 사회문제(공통 필수과목), 미래사회 첨단원자력입문(공통 선택, 공동강의), 이머징소셜이슈와 데이터분석(전공 선택), 과학기술 정책(사회융합 자유선택)
- 미래사회 첨단원자력입문(공통 선택, 공동강의), 원자력열수력(전공 필수), 이상 유동(전공 선택), 에너지시스템(사회융합 자유선택)
- 미래사회 첨단원자력입문(공통 선택, 공동강의), 방사성폐기물관리(전공 필수), 고급방사성폐기물관리(전공 선택), 환경방사성오염물질(전공 선택)
- 미래사회 첨단원자력입문(공통 선택, 공동강의), 로봇-인공지능 공학 입문(전공 필수), 극한환경용 인공지능로봇/센싱시스템 개발(전공 선택), 극한환경로봇과 사회문제 해결(사회융합 자유선택)
- 미래사회 첨단원자력입문(공통 선택, 공동강의), 플라즈마 및 빔물리(전공 필수), 핵융합 플라즈마(전공 선택), 플라즈마 공학을 위한 수치해석(사회융합 자유선택)
- 비정질세라믹스(전공 선택)

이상에서 서술한 바와 같이, 본 교육연구단은 기존의 첨단원자력 공학 중심의 교육과정과 함께 인문사회과목을 공통필수로 포함하고 다양한 융복합과정을 편성한 교과과정을 구성하였다. 이를 통하여 원자력 종합공학에 대한 이해, 미래/첨단 기술 분야의 수월성과 인문사회적 사고 및 이해를 갖추고 있는 완성형 인재를 양성하는 전인교육 프로그램을 만들고자 한다. 아울러 헨즈온 실습형 교과목과 국제화 교과목을 통하여 실용적 지식을 추구하고 국제적으로 산업·사회를 선도하여 분야를 발굴해 나가는 혁신인재를 양성하고자 한다.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

본 교육연구단은 2010년부터 다양한 홍보행사와 전폭적인 학생 지원 프로그램을 바탕으로, 원자력공학과를 포함한 기계공학과, 물리학과, 화학과, 화학공학과, 환경공학과 등 16개 유관 학부 전공의 포스텍, 한양대, 경희대, Purdue University, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, State Univ. of New York at Stony Brook 등 다양한 대학 출신의 학생 127명을 확보하고, 지금까지 28명의 박사과 38명의 석사과를 배출하였음. 지속적으로 원자력 사회문제 해결에 앞장설 우수 인재 확보를 위하여 아래와 같이 홍보 행사 및 지원프로그램을 확장하였다.

[1] 각종 홍보 행사를 통한 우수대학원생 확보 계획

(1) 상시 Open-lab. 프로그램 실시

- 2017년 1학기부터 타 대학 학부생을 대상으로 Open-lab.을 상시 실시함.
- 기존 하계/동계 방학 기간 중에만 운영하던 Open-lab.을 상시 개최함에 따라 일정에 구애받지 않고 참석할 수 있도록 편의성을 도모함. 평소 첨단원자력공학부에 관심 있는 학부생들에게 학과 및 연구 분야 소개와 대학원 생활 멘토링의 기회를 제공함.
- 최근 3년간 총 12회의 오픈랩을 개최함. (한양대학교, 경희대학교, 중앙대학교, 인하대학교, 경북대학교, 서울시립대학교 등 학생 총 17명 참석) -> (석사과정), (석사과정), (석사과정), (석사과정), (석사과정), (박사과정), (박사과정) 확보

(2) 모교방문 프로그램(타 대학 대상)

- 첨단원자력공학부 대학원에 재학 중인 타 대학 학부 출신 학생들이 모교를 방문하여 후배학생들에게 본 학부를 소개하여 우수한 학생들이 지원하도록 유도함.

(3) 대학원 설명회(타 대학 대상)

- 타 대학 원자력공학과 뿐만 아니라 기계, 물리, 화학, 환경, 재료 등의 유관 학과를 직접 방문하여 본 대학원 설명회를 진행하였음.

(4) 연구 참여 프로그램(타 대학 대상)

- 타 대학 재학생이 본 대학원에서 연구 참여를 원하는 경우 희망 연구실과 연결하여 대학원 생활 및 연구 경험을 할 수 있도록 유연하게 운영함. 해당 학생의 실제 입시지원 및 입학으로 이어지는 사례가 있음 (2018년 하계 경희대학교 차명기, 권우철, 2019년 하계 부경대학교 박세현).

(5) 자대생 대상 대학원 홍보

- 본교 대학원 입시전형 일정에 맞추어 자대생 대상 대학원 입시설명회를 정기적으로 개최하여 우수 학생들을 유치함.
- 최근 1년 6개월 동안 총 3회 실시하였으며, 실시 결과 본교 물리학과 출신 이창민(통합과정)학생을 확보하였음.

(6) 대학원 서울 입학설명회 참가

- 대학차원에서 실시하는 대학원 서울 입학설명회에 참가하여, 본 학부의 우수성을 알리

고 학생들을 유치하였음.(2018.03.31, 서울 코엑스, 6명 참가신청 -> (석사과정), (석사과정), (석사과정), (석사과정) 확보, 2019.03.23, 서울 포스코센터, 10명 참가신청 -> (석사과정) 확보)

(7) 해외 우수인재 및 산업체 종사자 관련 홍보

- 본 학부에 방문교수로 재직 중인 해외석학 교수들과 특강 목적으로 초빙된 해외교수들에게 해외 우수인재들을 영입하기 위해서 본 학부의 연구 기반과 교육·연구 과정을 소개함.
- 원자력 유관 기관의 전문가들을 초빙 시 산업체 종사자들의 학위 취득을 위한 진학 방안에 대하여 홍보해 오고 있음.

[2] 우수 대학원생 지원 계획

(1) 대학원생 전원 장학금 지원 및 연구 활동 지원

- 대학원생 전원에게 매월 등록금 및 일정 금액의 생활비를 장학금으로 지급하여 연구 활동에 전념할 수 있도록 하고 있음.
- 2020년 기준 매월 석사과정은 1,258,500원, 통합 및 박사과정은 1,535,000원을 기본으로 개인의 연구 역량 및 프로젝트 참여율에 따라 추가생활비를 지급하고 있음.
- 국립대학교 수준의 학비와 월 20만 원 이하의 기숙사 사용료를 고려할 때, 대학원생들이 추가적인 경제활동을 하지 않고도 연구 활동에 전념할 수 있도록 운영되고 있음.
- 또한, 논문 게재료 및 교정료가 필요한 저널에 논문을 출판할 경우 논문 출판에 대한 비용을 적극지원하고 있으며, 2018년부터 최근 2년의 실적으로는 총 9,502천원이 지원되었음.

(2) 대학원생에게 독립적인 교육자이자 연구자로서의 환경 제공

- 대학원생이더라도 박사과정 2년차 이상의 학생은 지도교수와 협의 및 학과 교과운영회의의 심의를 거친 후, 포스텍의 '학문후속세대'로써 강의 기회를 제공. 대학 차원에서 인정하고 지원하는 '학문후속세대' 강의 시스템은 3학점 과목 15주차 기준 4주 이상 분량 교과 운영 참여 시 강의 시수 1학점 인정 및 강사 자격 부여 가능케 하는 프로그램임. 본 교육연구단에서는 학생의 학습권을 보장하기 위하여 '학문후속세대' 강의 자격을 일정 이상으로 부여하고 전임교원의 지도하에 공동강의 형태로만 개설하여 질적으로도 좋은 수업이 학생들에게 제공될 수 있도록 지원 운영.
- 실습형 교과목 등 사회문제 관련 수행하였던 프로젝트에서 그 가능성이 확인된 연구들에 대해서 학과운영회 심의를 진행하여 지속적인 지원 가치가 있는 연구들에 대해서는 처음 제안한 학생들에게 자체적인 연구를 진행할 수 있는 환경 제공. 최종적으로 연구가 실질적인 해결책을 제안할 수 있는 경우, 관련 연구센터를 통하여 지역사회 및 산학연과 직접적으로 연계할 수 있도록 지원.

(3) 공동지도교수제 운영

- 본 학부는 글로벌 인재양성을 위하여 공동지도교수제를 채택하여 운영하고 있음. 특히, 해외참여교수의 학위논문 공동 지도를 지속적으로 권장하여 학생들의 연구수준이 세계 유수의 대학과 동등하거나 그 이상이 될 수 있도록 노력하고 있음.

(4) 대학원 신입생 대상 사전 교육 실시

- 대학원 신입생을 대상으로 매년 첫 학기가 시작하기 전에 1주일간의 이론·실습 교육을 실시하고 있음.
- 신입생교육은 대학원 선배들로 구성된 강사진을 통하여 세부적으로 CFX, Comsol, Matlab, AutoCAD 등과 같은 기본적인 소프트웨어 사용법부터 실험 연구에 필수적인 압력, 온도, 유량 측정 및 실험회로 구성 및 분석 등과 같은 기본적인 소양에 대하여 교육을 실시해오고 있으며, 교육에 필요한 장소 확보 및 신규 교재에 대한 비용을 학과에서 적극 지원하고 있음.

(5) 해외 우수 기관들과 공동 교육 프로그램 개발 및 지원

- 본 학부에서는 소속 대학원생들에게 다양한 교육기회를 제공하고 국제적인 연구역량을 배양하기 위하여 국내뿐만 아니라 해외 우수 기관들과 공동 교육 프로그램을 기획·지원하고 있음.
- 일본 Kyoto Univ. KURRI 프로그램: 실험용 원자로를 보유하고 있는 Kyoto Univ.에 학생들을 파견하여 실제 실험용 원자로 운영과 임계도달 실험 및 shutdown 등에 대한 실험을 직접 할 수 있는 프로그램을 2013년도부터 매년 시행해 오고 있음. (최근 2년간 1회)
- 미국 PNNL 프로그램: 미국의 방사성폐기물 분야 최고 권위 국가연구소인 Pacific Northwest National Laboratory에서 방사성폐기물 처리 관련 기술의 공동 연구 및 교육 프로그램을 2011년도부터 격년으로 총 3회에 걸쳐 운영해오고 있음. (최근 2년간 1회)

(6) 교내 교육프로그램 지원

- 대학원생들의 영어 구사 능력 및 논문 작성 능력 향상을 위하여 본교 어학센터의 영작문, 영어회화 등의 영어 관련 수업들에 소속 대학원생의 참석을 유도하고, 그에 대한 지원을 함으로써 글로벌 인재로서 갖추어야 할 적합한 소양을 갖추도록 운영하고 있음.

(7) 연구에 전념할 수 있는 주거 환경

- 포항공과대학교는 개교 이래 학부 및 대학원생 전원이 기숙사에 거주할 수 있도록 지원하고 있어서, 학생이 주거문제에 얽매이지 않고 교육과 연구에 전념할 수 있는 환경이 갖추어져 있음. 특히, 기혼자인 대학원생을 배려하기 위해 기혼자 아파트를 함께 운영하고 있음.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.2 대학원생 학술활동 지원 계획

본 교육연구단에서는 대학원생의 다양한 학술활동을 지원하여 지금까지 총 99명의 학생이 국내 학회 227건, 해외 학회 171건의 학술활동에 대해 지원하였음. 학술활동에 참여하는 동안에는 참가학생의 관심 분야뿐만 아니라 같은 연구그룹의 주제와 관련된 선진기술 등을 학습하고, 참여 후에는 학술대회에 참석하지 못한 학생들과 함께 간단한 간담회나 미팅을 통하여 학술활동 중 흥미로웠던 내용에 대해 서로 공유할 수 있도록 지원함. 이러한 학술활동 지원은 지속될 것인데, 특히 대학원생들이 전문성을 높일 수 있도록 유관 분야들 중 주요 학회 정보를 정리하고 이를 온라인 형태로 공유하여 참석 후에도 관련 정보들을 접근할 수 있도록 관리하고자 함. 또한, 학술활동 참여를 통해서 관련 연구 분야 전문가들과의 인적 네트워크 조성 및 관련된 연구 분야의 문제 해결에 공동으로 참여할 수 있는 기회를 확보함. 분야별 대표 학회 정보는 아래와 같음.

- 국제학회명: NURETH (International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics)
 - 예정일: 2021년 8월-9월
 - 내용: 원자력 안전 및 열수력 관련 전세계 가장 큰 미팅으로 2년에 한 번씩 열림. 중대사고, 안전 계통 설계 분석, 사고 상황 열수력 분석 등에 대한 미팅을 진행하며, 본 교육연구단에서는 2019년에도 참석하였으며, 2021년 참석도 계획하고 있음. 특히, NURETH에서는 전세계 연구자들이 국제 공동 연구 및 국제 이슈를 공유하는 자리로서 중요한 학회라 할 수 있음.
- 국제학회명: Pacifichem 2020
 - 예정일: 2020년 12월
 - 내용: 화학분야의 유명한 국제학술대회 중 하나로서 1984년을 시작으로 5년마다 개최되며 방사화학을 포함한 원자력 환경 및 화학/화학공학과 관련된 모든 연구 분야의 전세계 석학들이 모여 발표하는 국제학술대회임. 본 교육연구단 구성원들이 영국의 셰필드 대학과 공동연구를 진행하면서 2015년 12월에 휘발성 핵종인 Tc의 고정화 방법에 관한 주제로 특별세션을 개최한 경험이 있으며, 2020년 12월의 학회에서는 방사성폐기물 처리 및 처분에 관련된 연구 결과를 발표할 예정임.
- 국제학술대회명: 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020)
 - 예정일: 2020년 10월
 - 내용: IAEA의 주관으로 1961년부터 격년으로 개최되는 핵융합 에너지 분야의 최대 학술대회임. 이번 28회 학술대회는 ITER 국제기구와 French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA)가 주최하며 ITER 참가국을 중심으로 핵융합 플라즈마 물리학 및 공학 기술 분야의 연구 성과가 공유될 예정임. 본 교육연구단의 구성원은 핵융합 플라즈마의 유동현상에 수반되는 고주파 파동 발생에 관한 실험적 관측 결과, 동역학적 이론 및 전산모사 연구 성과를 발표할 예정임.
- 국제학술대회명: 62nd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics
 - 예정일: 2020년 11월 초
 - 미국물리학회(APS)에서 개최되는 플라즈마 물리학 분야의 최대 학술대회로서, 플라즈마의

전 분야에서 다양한 연구 결과가 발표됨. 본 교육연구단의 구성원은 초임계 강결합 플라즈마에 대한 최신 실험 결과 및 고압력 플라즈마 응용에 대한 연구 결과를 발표할 예정이며, 미국 LLNL 연구소와의 강결합 플라즈마 분야의 연구 협력을 논의할 계획임.

- 국제학술대회명: International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS)

- 예정일: 2020년 10월 25-29일

- 내용: IEEE Robotics and Automation Society의 대표 학술대회로서 매년 개최되는 로봇 분야 학술대회 중 최대규모 학술대회. 1988년 개최를 시작으로 첨단 로봇의 혁신적인 아이디어를 교환하고, 미래 로봇 기술의 선도적 방향을 제시 및 세계적 선도 그룹의 선구적 연구를 발표함. 발표논문 중 우수 논문에 한해서는 SCIE 급 국제학술지인 IEEE Robotics and Automation Letters(RAL)에 출판이 됨. 호주 ICT 컨퍼런스 랭킹(the Australian Ranking of ICT Conference)에서 최고등급인 A 등급을 획득한 학회로, 본 교육단 구성원들은 매년 IROS학회에 관련 연구 내용을 발표할 예정임.

- 국내학회명: 한국 원자력학회

- 예정일: 2020년 7월

- 내용: 국내의 원자력 관련 이슈 열수력, 중대사고, 안전, 방사성폐기물관리, 제염, 연구로 계통설계 등 원자력에 관한 학술 및 기술의 발전을 도모함으로써 원자력의 개발, 발전 및 안전에 기여함을 목적으로 유관분야의 산학연 및 관련 기관들의 전문가들이 모두 참여하는 학회로서 본 교육연구단이 미래사회를 위하여 개발하는 다양한 첨단원자력 융합연구 내용에 대해 발표할 예정.

- 국제학술대회명: 한국사회학회

- 예정일: 2020년 12월 초

- 내용: 한국사회학회는 매년 사회학 분야를 중심으로 제반 인문사회과학자들이 한국 사회를 아우르는 핵심 이슈 및 아젠다에 대해 봄과 가을 두 차례에 걸쳐 정기 학술대회를 개최하고 있음. 특히 '도시/지역'세션과 '환경' 및 '사회갈등'세션은 내용적으로 본 교육연구단에서 다루게 될 원자력 관련 핵심 이슈들과 직접적인 연관성을 지님. 원자력 환경 이슈 및 폐기물 관련 지역 갈등 사례 등에 본 교육연구단이 분석 및 연구한 내용을 발표하고 참석자들과 토론함으로써 연구성과의 확산 및 새로운 시각의 접목이 가능할 것임.

- 국내학회명: 대한기계학회

- 예정일: 2020년 12월

- 내용: 대한기계학회는 세부적으로 '재료 및 파괴', '열공학', '유체공학', '에너지 및 동력공학' 등 13개 세부 부문으로 이루어진 기계 관련 전범위를 다루는 학술대회임. 특히 '열공학', '유체공학', '에너지 및 동력공학'부문에서는 본 교육연구단이 집중하고 있는 원자력 안전분야와 관련된 유체, 열 및 물질 전달에 대해 다루게 되어 관련 연구내용을 발표할 예정.

- 국내학회명: 한국 방사성폐기물학회

- 예정일: 2020년 11월

- 내용: 국내 방사성폐기물 관리 분야의 유일한 학술행사로, 다양한 원자력 환경 연구분과 (핵주기정책/규제 및 비핵산. 사용후핵연료 처분전관리, 고준위폐기물처분, 중저준위폐기물관리, 제염해체, 방사선환경 및 안전, 방사화학)들로 구성되어 있음. 매년 봄/가을 학기로 개최되며 국내에서 원자력 환경 관련된 산학연 연구원들이 연구 결과를 발표하고 정보를 교환하는 국내학술대회임. 본 교육연구단 구성원 및 원자력 환경 분야의 대학원생들은 매년 1회 이상 방사성폐기물 학회에 참석하여 연구 결과를 발표할 예정임.

- 국내학회명: 한국로봇학회

- 예정일: 2020년 12월 혹은 2021년 1월 (코로나로 인한 일정 미정)

- 내용: 한국로봇학회는 국내 최대 로봇관련 학회로, 매년 1차례 종합학술대회를 개최하고 있으며, 최근에는 수중로봇, 안전로봇 등 필드로봇분야가 확대되고 있음. 본 교육연구단은 원자력관련 로봇 및 센싱기술을 발표할 예정이며, 이를 통해 보유기술을 홍보하고 국내 최고의 전문가들과 다양한 기술교류가 기대됨.

이러한 국내외 학술대회 참석 외에도 관련 산업기술 습득 및 연구 활동 지원을 적극적으로 하고자 함. 특히, 교과과정에서 시작한 실습형 프로젝트를 우수하게 수행한 학생들의 연구주제에 대해서는 담당 지도교수들과 학과 교과위원회의 심의를 거쳐 잠재력이 높은 기술로 평가될 경우, 추가적으로 교육연구단에서 지원하고자 함. 학기 단위로 끊어지는 교과과정 시간의 제한을 넘어 더 높은 성취를 보이는 경우 이를 본 교육연구단의 관련 연구 센터로 이관하고 이때 참여 학생들이 지속적으로 참여하여 최종적으로 기술이전까지 가능할 수 있도록 시스템적으로 지원하고자 함.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.3 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

본 교육연구단은 2019년 12월까지 13명(외국인 1명 포함)의 우수한 신진연구인력을 확보하여 적극적으로 연구활동을 지원하였다. 본 교육연구단이 지원한 13명의 신진연구자들의 이력을 살펴보면, 총 13명 중 8명은 본 교육연구단의 졸업생, 1명은 한양대 졸업 후 일본 Kyoto University에서 연구교수였으며, 4명()은 각각 미국 뉴욕 주립대학교, 미국 Univ. of Wisconsin-Madison, Univ. of South Florida, 일본 Tokyo Institute of Technology 등 해외 우수 기관에서 유관 분야의 학위 수여 후, 전세계 각각의 기관에서 일한 경험들이 있었다. 현재 교육연구단의 연구교수는 3명()와 박사후연구원은 5명()으로 모두 뛰어난 교육/연구 활동을 진행하여 왔으며, 추후 본부 대학원 차원의 혁신 지표에 따라 신진연구인력을 현재 기준에서 130%로 확대할 계획이다. 이를 위하여 국내 및 해외 우수 기관의 관련 분야 연구자들의 인력풀을 관리하고, 적극적인 리쿠리팅과 본인의 역량을 성장시킬 수 있는 교육/연구 환경을 제공하여 우수인력을 확보하고자 한다. 이를 위해, 본 교육연구단은 산업사회문제 해결의 취지에 맞게 안정적 학술 및 연구활동을 수행할 수 있도록 공동지도교수 시스템을 활용하여 학생 지도 및 독립 연구팀 구성, 자체적인 연구를 진행할 수 있는 연구환경을 제공하고, 지원자들에 대해서는 대학 차원의 혁신 프로그램인 학문후속세대 강의 기회도 부여하여 교육 경험도 키워줄 것이다. 자세한 사항은 아래와 같다.

[1] 우수 신진연구인력 확보 계획

(1) 우수 신진연구 인력들에 대한 리쿠리팅 및 인력 풀 관리

- 앞서 밝힌 바와 같이 본 교육연구단은 이미 미국, 유럽, 아시아를 포함한 우수의 교육기관들과 학점교류, 공동연구, 장단기 파견 프로그램들을 통해 밀접한 인적 네트워크를 형성한 상황임. 각 교육기관을 방문할 시, 관련 분야 당사자들을 만나는 것과 별개로 교육기관의 학생회 혹은 한인회 등을 통하여 특정 분야 국한이 아닌 본 교육연구단의 유관 분야에 관심있는 대학원생 및 박사후연구원, 연구교수들에게 현지에서 본 교육연구단의 비전과 신진연구인력 지원 시스템, 그리고 인력 풀 관리 시스템에 대해 소개하고, 인력들에 대한 정보를 모아 지속적으로 관리하고 우수 인력들에 대해서는 적극적으로 리쿠리팅하고자 함.
- 실제 지난 2020년 2월 본 교육연구단의 교수는 미국 원자력공학과 전체 랭킹 5위 안의 대학들인 Univ. Michigan-Ann Arbor와 Univ. Wisconsin-Madison를 방문하여, 각각 10명 총 20명의 우수한 인력들의 연구분야, 졸업년도 (혹은 예상년도) 및 연락처를 확보하였음. 이러한 적극적인 홍보는 해외 우수 교육기관 및 연구기관을 중심으로 확장하려 함. 한편으로 교육연구단의 홈페이지를 통하여 본 교육연구단의 우수한 연구 실적 및 성과를 대외적으로 알리는 동시에 상시적으로 우수한 인력들의 CV를 접수하여, 인력풀을 통합 관리하고자 함.
- 신진연구인력 풀에 대해서는 교육연구단의 오프닝 소식에 대해 적극적으로 알리고 관련 연구의 확장성 및 지원 프로그램을 상세하게 소개하여 우수 인력을 확보하고자 함. 또한, 현재 교육연구단 소속의 재학생 및 졸업생들의 인적교류를 최대로 활용하여, 모교방문 및 국내외 학술대회 참석 시 적극적으로 채용 정보를 홍보하여 우수한 인력을 확보

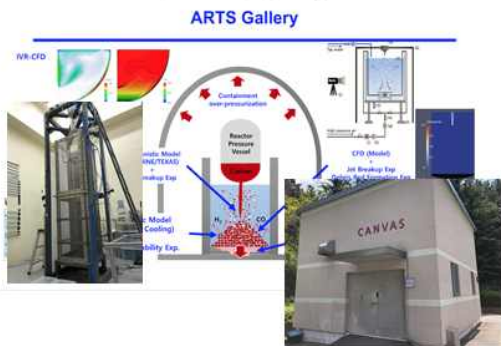
할 계획임.

[2] 우수 신진연구인력 지원 계획

(1) 독립적인 연구를 지원하는 연구 환경 제공

- 본 교육연구단은 박사후연구원과 연구교수로 나누어서 신진연구인력을 관리하는데, 박사후연구원은 지도교수와 협의로만 고용이 가능하나, 연구교수는 본 학과 교수회의를 통과하여야 함. 이는 본래 박사후연구원에서 연구교수로 승진하는 경우에도 외부에서 연구교수를 임용할 때와 같이 연구비 수주, 연구실적 및 사회문제 해결 실적을 바탕으로 학과 교수회의를 통하여 결정됨. 박사후연구원에게는 개인연구자로서 안정적으로 연구를 진행할 수 있는 환경이 제공된다면, 연구교수의 경우에는 공동지도교수제를 활용하여 독립된 연구그룹을 형성할 수 있도록 지원함. 연구교수들은 자신의 연구분야를 교육연구단의 홈페이지 및 입시설명회에서 소개할 수 있고, 이를 바탕으로 대학원 지망생 희망한 학생 중 유관 분야에서 연구교수의 연구분야를 택한 학생들에 대해서는 협의를 통해 유관 분야의 전임교원 혹은 학과장과 해당 연구교수가 공동 지도교수가 되고, 연구교수는 이 학생들과 연구그룹을 만들 수 있도록 지원함. 추후 교육연구단과 관련된 연구센터 등과 연계해서 지속적으로 독립적인 연구그룹을 유지 및 성장 시킬 수 있도록 본 교육연구단 자체에서 시스템적으로 지원.

Advanced Reactor Technology on Safety (ARTS) group



Artificial Intelligence and Nuclear Safety (AINS) group



<본 교육연구단의 연구교수들이 이끌고 있는 연구팀 및 연구 환경>

(2) 학문후속세대의 교과 개설 및 강의기회 제공

- 신진연구인력들에게 자신만의 연구를 안정적으로 진행할 수 있는 연구 환경과 더불어 중요할 수 있는 것이 강의를 할 수 있는 기회가 제공되느냐 하는 점임. 이에 따라 자원하는 신진연구인력들에 대해서는 포스텍 대학 전체 차원에서 진행하는 '학문후속세대 (박사후연구원 및 박사/통합과정생)'의 강의 개설 지원 프로그램을 본 교육연구단의 교과과정에 맞게 적용하여, 신진연구인력의 교육역량 강화 및 경력 개발의 기회를 제공하고자 함.
- 본 교육연구단에서는 전임교원을 포함한 공동강의의 형태로만 신진연구인력들이 참여할 수 있도록 제한. 이는 전임교원이 학생들에게 제공되는 교육의 질을 총괄할 수 있도록 하기 위함과 동시에 아직 경험이 많지 않은 신진연구인력이 과도한 수업 준비 업무로

인해 본인의 연구를 진행하지 못하는 경우를 막기 위한 최소한의 안전장치임. 단, 현 교육연구단이나 타 교육기관에서 이미 2학점 이상의 강의 경험을 가지고 있는 신진연구인력들에 대해서는 학과 교과위원회 승인을 받은 후 단독 강의를 개설할 수 있도록 지원할 계획임.

- 강의경험이 미미한 학문후속세대의 경우 처음에는 교과목에 편성되어 있는 ‘원자력 사회문제 캡스톤 디자인’, ‘방사광과학과 응용’, ‘원자력-인공지능 융합’, ‘극한환경용 인공지능 로봇/센싱시스템 개발’과 같은 실습이 포함된 과목들에 대해 1학점 (4주 강의) 을 맡아서 진행할 수 있도록 기회를 부여함. 3학점 과목 15주차 기준으로 4주 이상 분량 교과운영 참여 시 강의 시수 1학점 인정 및 강사 자격 부여가 가능함. 이에 따라 1학점 진행 후 추후 다시 강의에 참여하고자 할 때, 1학점 이상 (1학점- 4주, 2학점 - 8주)에 해당하는 교육기간 참여를 독려하고, 추후 단독교과 과목을 심의후 승인함. 또한, 본 교육연구단에서는 강의에 따른 추가 인건비 지급을 위해서 강의시수에 따른 적절한 시간강사료를 지원할 재원을 확충할 계획임.
- 학문후속세대, 특히 박사학위를 막 수여받은 박사후연구원들의 경우 일반론적인 강의도 가능하겠지만, 자신의 특화된 분야에 대해 깊고 현실적인 지도를 하여 줄 수 있기 때문에, 대학원 교과목 중 특정 사회문제 혹은 기술과 연관된 프로젝트형 과목에서 심도 깊은 지도가 가능할 것으로 기대되므로, 본 교육연구단에서는 신진인력들이 교육역량 증대에 독립적으로 참여할 수 있도록 적극적으로 지원할 계획임.

3. 참여교수의 교육역량 대표실적

<표 2-1> 해당 산업·사회 문제 해결분야 문제해결을 위한 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표 실적물	DOI번호/SBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
1			플라스마물리	플라즈마 입자운동 이론 (kinetic theory) 동영상 강의	https://www.youtube.com/watch?v=ZEkyF7RPNIw&feature=youtu.be&list=PLJnw7q_gjMgl3Nh5CS5kPYIDA_HCkMaR-
	플라즈마 물성에 대한 심층적 이해를 돕기 위하여 총 38개의 동영상으로 구성된 강의로서 2018년도 한국연구재단 핵융합 전문 인력 양성 프로그램의 지원으로 제작되었음. 플라즈마 입자운동 통계이론(kinetic theory)의 필수 개념으로부터 출발하여 입자-파동의 상호작용으로 인하여 발생하는 대표적인 파동 및 비선형 현상들에 대하여 통일적인 해석의 틀로 설명하였음. 학부 수준의 고전역학 및 플라즈마 물리학을 이해하고 있는 대학원생을 대상으로 강의의 난이도 및 범위가 조정되었음. 이 동영상 강의를 통하여 학생들이 핵융합 플라즈마 노심 안정성의 필수 요소인 고에너지 입자와 파동의 상호작용에 대하여 체계적이고 실용적인 이해를 갖추도록 의도하였음.				
2			기타해양공학	저서(공저)	ISBN 9788994519999
	‘로보스케이프’는 인공지능과 실용 로봇에 대한 전반적인 소개와 사회융합을 다루고 있음. 로봇분야의 기본소양을 소개하고, 필드로봇을 효과적으로 교육하기 위해, 실제 현장의 로봇시스템들의 사례 중심으로 관련된 전문지식을 기술하였음. 본 저서는 인공지능 및 로봇 기술의 비전문가/학생들의 입문서로서, 기술과 사회의 융합을 위한 인공지능 및 로봇의 기초 소양을 효과적으로 설명하여 학생들에게 호평을 받았음. 교육적 측면에서, 융합에 필요한 실용적 인공지능 및 필드로봇을 설명하기 위해, ‘극한환경로봇’분야를 매우 상세하게 설명하였음. 이에 학생들이나 비전문가들은 관련 전문지식을 빠르고 효과적으로 이해하게 됨. 또한, 저서를 접하는 학생들이 기술개발이 사회에 미치는 영향에 대해서도 고려해보는 계기를 마련해 줌. ‘로보스케이프’는 인공지능, 로봇, 사회영향에 대한 저서로, 기술과 인문, 사회의 융합교육의 측면을 보여줌.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표 실적물	DOI번호/SBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
3			생물화학공학	저서	ISBN 979-11-960958-8-8
	'수송용 연료 생산을 위한 바이오리파이너지 시스템'은 대학원생을 위한 교육용 저서로, 화석연료 기반 에너지 산업의 위기와 환경 오염 문제 및 정부 정책적 요구에 따라 다양한 바이오매스로부터 재생 가능한 바이오 연료 생산의 필요성이 증가하였고 이를 바이오리파이너지 시스템을 통해 실현할 수 있도록 기본적인 개념, 관련 실험법 및 연구 노하우를 실은 교재임. 이 바이오리파이너지 기술을 이용하여 기존의 원유 제품을 대체 혹은 새로운 바이오연료 및 바이오 화학물질을 통합적으로 생산할 수 있으리라 기대됨.				

4. 교육의 국제화 전략

4.1 교육 프로그램의 국제화 계획

본 교육연구단은 2010년 학과 개설이후 13명의 해외 초청 교수, 19명의 해외대학 출신 대학원생(이 중 5명은 외국인) 등 해외 우수 인력들이 활발한 교육 및 연구 활동을 수행해 오고 있다. 그 동안 성공적으로 수행하여 왔으며, 그간의 국제화 교육 프로그램 운영 경험을 바탕으로 아래와 같이 보강하고, 사회 문제 해결에 초점을 맞추어 좀 더 활발하게 국제적으로 다양한 연구소/산업체/전문기구/학교 등지에서 전문가들과 교류할 수 있는 프로그램을 새로 확장하여 진행하고자 한다. 특히, 사회 문제 해결을 위해서는 다양한 전문가들에게 장기적인 교육과 동시에 단발성이지만 지속적으로 지식을 축적하는 부분이 중요한데, 이에 있어 해외학자들에게 물리적 거리는 큰 부담으로 작용하였기에 이를 해결하기 위해 원격강의(회의) 시스템과 동영상녹화 연계 운영을 통해 내부적으로 교육 콘텐츠를 축적해 나가하고자 한다. 앞으로 본 교육연구단이 교육 프로그램의 국제화를 위해 운영할 내용은 아래와 같다.

[1] 해외학자 정규 교과목 개설 및 운영

같은 해외학자들을 포함한 6명이 지금까지 정규교과목 16개를 개설 운영하였음. 특히, 같은 교수가 운영하는 열전달 물리학은 같은 교수가 직접 서술한 교과도서를 바탕으로 저자가 직접 강의하여 본 교육연구단 대학원 학부 외에도 포스텍의 기계공학과, 신소재공학과, 물리학과 등의 다양한 학생들이 수강하는 포스텍 전체 대학원 정규교과목 중에서도 수강생이 많고 (2011년 1학기부터 2020년 1학기까지 294명) 수업 평가도 (2011년부터 강의가 끝난 기준으로 2019년 1학기 까지 총 9회에 걸쳐 평균 강의평가가 5점 만점에 4.73점) 매우 좋음. 특히 최근 2018년 1학기과 2019년 1학기에는 수강인원이 50명, 57명으로 보통의 포스텍 대학원 교과목 수강생이 10명 내외인 것에 비하여 압도적으로 높은 수치이면서도 계속 증가하고 있는 것을 확인할 수 있음. 앞으로도 본 교육연구단 학생들에게 질적으로 뛰어나고 폭넓은 교육 기회 제공을 위하여 해외학자를 이용한 정규교과목 개설 및 운영을 지속할 계획임.

[2] 해외 기관과 협력을 통한 summer/winter school 개설

Kyoto Univ. 소속의 교수가 한국에서 사전 이론 교육을 실시한 후 대학원생들이 직접 일본 Kyoto Univ.를 방문하여 실제 실험용 원자로를 활용한 임계 도달 실험 등을 수행하여 실제 원자로의 동작 원리를 이해할 수 있는 기회를 제공하는 winter school을 그 동안 운영하여 왔고, 이를 좀 더 다양한 분야와 주제로 확대될 계획임.

[3] International workshop과 연계한 단기 shortcourse 개발

본 교육연구단은 그 동안 다양한 international workshop을 개최하여 왔는데, 앞으로 세부적이고 전문적인 논의를 주로 하는 worshop에 인문사회학 및 기술간 융합을 목적으로 한 단기 shortcourse 교육 프로그램을 연계·운영하고자 함. 이를 통하여 본 교육연구단의 교육 국제화 수준을 질적으로 향상시키는 동시에, 전세계의 원자력관련 융합 교육 프로그램을 주도할 수 있을 것으로 기대됨.

좀 더 세부적으로 각 분야별 구체적인 summer/winter school, workshop, 단기 short course 관련 국제화 교육프로그램 계획은 아래와 같음.

[1] 원자력안전 분야

(1) 미국 Univ. Michigan-Ann Arbor/Univ. Wisconsin-Madison과 교육 프로그램 개발

- 포스텍 첨단원자력공학부와 Univ. Michigan-Ann Arbor 그리고 Univ. Wisconsin-Madison은 지속적인 인적 교류를 하여 왔고, 그 결과 본 교육연구단 학생들을 지원하여 지난 2017년 12월과 2020년 2월에 위 2개의 대학(미국 중서부에 위치하여 두차례 모두 Univ. Michigan-Ann Arbor->Univ. Wisconsin-Madison 순으로 방문함)을 방문하여 연구실 간 인적 교류 및 'Nuclear power plant simulator training'을 진행함. 이를 지속적으로 발전시켜, 원자력 안전분야의 권위자인 [redacted] (Univ. Wisconsin-Madison, 미국 NRC ACRS 위원장, 프랑스 CEA 위원장)와 최근 활발한 연구를 펼치며 원자력 시스템의 산업화에서 우려되는 안전 문제들을 해결해 나가고 있는 [redacted] 와 함께 summer/winter school 형태의 단기 교육 프로그램 개발

(2) 스위스 PSI(Paul Scherrer Institut)-ETH Zurich(Swiss Federal Institute of Technology Zurich)-EPFL(Swiss Federal Institute of Technology Lausanne)과 학연 공동 교육 프로그램 개발

- 스위스 연구소 PSI는 석사과정학생들에게 ETH Zurich과 EPFL에서 각기 수업을 듣게 하고 최종적으로 연구를 수행하게 함. 지난 2020년 1월 PSI의 The Nuclear Energy and Safety Division (NES)의 Director인 [redacted] 가 본 교육연구단을 방문하여 서로의 관심/전문 분야를 확인하였고, 현재 PSI가 갖추고 있는 교육프로그램과 본 교육연구단의 교육 연구프로그램을 연계시키는 방안에 대해 협의를 시작함. 현재 코로나-19 등으로 국제 협력이 어려운 상황이나 이메일을 통하여 단기 교육프로그램 개설 및 인적교류에 대한 이야기를 진행 중. 한편, 전세계 원자력 안전 관련 인력들이 듣는 ETH Zurich의 공동 교육 프로그램인 'Short Courses on Multiphase Flow'에 참여 및 교육 프로그램 연계를 계획하고 있음.

(3) 일본 University of Tokyo와 후쿠시마 사고 중대사고 관련 공동 교육 프로그램 개발

- 현재 University of Tokyo (동경대)는 후쿠시마 사고 이후 원전 안전관리, 중대사고 분석 그리고 로봇을 활용한 제염 및 해체 활동을 활발히 펼치고 있음. 그 중 실제 일어난 중대사고에 대하여 가장 많은 데이터 및 상황을 보유하고 있음. 본 교육연구단과 동경대 원자력공학과는 2019년부터 활발한 교육 및 연구 교류를 위하여 MOU를 맺었고, 2020년에는 동경대 측에서 포스텍으로, 2021년에는 포스텍에서 동경대 측으로 방문하고 그 동안 교육 워크숍을 진행하기로 계획. 이 과정에서 활발한 인적교류가 기대됨.

[2] 원자력환경 분야

(1) 미국 PNNL (Pacific Northwest National Laboratory)와의 교류

- 미국 PNNL은 헨포드 사이트를 운영하면서 습득한 방사성폐기물 처리/처분에 관련된 세계 최고의 경험 및 기술을 보유하고 있음.
- 특히, PNNL의 [redacted] 교수는 World Class University (WCU) 교육 프로그램을 통해서 본 학부와 2011년부터 인연을 맺어오고 있고, 매년 국내 방문 후 수업 및 PNNL

방문 교육을 진행하고 있으며, 앞으로도 다양하고 지속적인 인적 교류를 통하여 국제화 교육을 실시할 계획임.

(2) 독일 KIT (Karlsruhe Institute of Technology)-INE (Institute for Nuclear Waste Disposal)와의 교류

- 독일 KIT-INE와 처분 환경 내에서의 핵종의 화학적 거동에 대한 연구 교육프로그램을 구축하고 국제협업을 실시할 예정임.
- KIT의 [redacted] 들은 매년 최소 1회 국내 방문을 통한 지속적인 교육 프로그램에 참여하고 있으며, 국제공동 교육 프로그램을 통하여 본 교육연구단의 대학원생들의 지속적인 국제교육 프로그램을 지원할 예정으로, 국제적인 석학들과의 협업을 통하여 인적 교류에 있어서 좋은 결과를 도출할 계획임.

(3) 영국 University of Sheffield와의 교류

- 영국 Sheffield 대학교의 방사성 핵종 고정화 연구소와 방사성 폐기물 관리 및 처분 기술 분야의 국제협력을 통한 상호 대학원생 교육 및 연구를 실시할 예정임.
- 특히, Royal Academy of Engineering에서 방사성 폐기물 관리 분야의 연구 위원장을 맡고 있으며 Sheffield 대학교의 방사성 핵종 고정화 연구소와 고급 핵물질 연구 시설인 MIDAS (Materials for Innovative Disposition from Advanced Separations)의 책임자인 [redacted] 와 2015년부터 방사성폐기물 처리 및 고화체 개발에 대한 공동연구를 수행 중임.
- 최소한 1년에 한 번씩 양쪽 기관을 방문하여 사용후레진 및 C-14 처리와 고화체 개발에 대한 인력양성을 위한 워크숍 및 단기강좌를 개최하여 지속적인 인적 교류를 계획하고 있음.

[3] 미래융합-플라즈마 및 가속기분야

(1) 영국 Culham center (Warwick university) 교류

- Culham / Warwick 대학 [redacted] (Head of Theoretical Plasma Physics, Plasma Physics and Controlled Fusion 학술지 편집장) 연구진과 우리학교 플라즈마 연구진은 공동으로 플라즈마 파동 진단에 관한 이론 및 전산해석 연구협업을 이어왔으며 공동 연구 논문을 발표해 왔음.
- 2018년 우리학교 플라즈마 연구실의 학생이 Culham / Warwick 대학교 물리학과 소속의 CFSA (Centre for Fusion, Space, and Astrophysics) 연구기관에 방문하여, 해당 기관장인 [redacted] 와 플라즈마 시뮬레이션에 관한 협업연구 및 연수를 수행하고 이를 시작으로 지속적인 연구 논의가 이어지고 있음.
- 두 기관의 학생은 지속적으로 시뮬레이션 연구를 위한 연구 논의 및 협업을 진행하고 있으며 향후에도 이와 같은 교류를 이어나갈 계획임.

(2) 미국 Utah State University 교류

- 플라즈마 동역학 closure problem 및 moment 연구를 주도하고 있는 [redacted] 교수는 포항공과대학교에 겸임교수로도 부임해 있으며 본 학과 플라즈마연구실에 정기적으로 방문

하여 high-energy high-density matter 연구 및 플라스마 동역학 연구교류, 공동 연구를 진행하고 있음.

- 본래 올 4월에 우리학교를 방문하여 플라스마 동역학 및 모델링 연구협업을 이어나갈 예정이었으나 코로나 바이러스로 인하여 잠시 연기되어 올 하반기에 대신 방문할 예정입니다. 공동연구 및 논문작성은 원격으로 진행하고 있으며, 앞으로도 이와 같은 연구협업을 이어나갈 계획임.

(3) 미국 Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) 교류

- 본 연구단이 개척하고 있는 초임계 플라스마 및 강결합 플라스마 분야에서는 미국의 LLNL과 연구 교류를 강화함으로써 학생들의 국제적인 역량을 고취할 계획임.
- 지난 2019년 1월 LLNL의 연구원 [redacted]가 본 연구단에 방문하여 관련 연구 분야를 소개하는 자리를 가졌으며, 같은 해 플로리다에서 개최된 62회 미국 물리학회에서 공동 연구를 위한 논의를 조금 더 진행하여, 앞으로도 초임계 플라스마 및 강결합 플라스마 분야에서 연구 협력을 이어갈 예정입니다.

[4] 첨단융합-인공지능 및 로봇시스템 분야

(1) 일본 동경대(The University of Tokyo), JAEA와 교류

- 교육 효과의 극대화를 위해 포스텍 측 박사후 연구원과 대학원생, 파견기관측 박사후 연구원과 대학원생이 한 팀을 구성하며, 공동 연구 주제를 선정하고 장기 프로젝트 기반 교육을 실시함.
- 1학기는 포스텍에서 연구를 하고, 다음 학기는 파견기관에서 수업을 듣는 방식을 모색할 계획이며, 3~6개월간 포스텍 측 박사 후 연구원과 대학원생은 일본 동경대, JAEA, 미국 Argonne National Laboratory(ANL) 등에 파견되어 우수한 실험 환경에서 공동 실험을 실시함.
- 파견 기관으로는, 후쿠시마 원전사고 이후, 원자력 안전, 중대사고, 해체, 무인화관련 현장 경험이 매우 풍부한 동경대·JAEA와 현장경험/관련 기술을 습득하는 파견 및 국제협동연구 프로그램을 진행할 예정임.
- 동경대 원자력공학과와 학과장이며, 일본 첨단 원자력해체기술 연구단 (Japan Atomic Energy Agency Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science) 단장인 [redacted]와의 협의를 통해, 본 교육연구단의 국제교류 및 공동연구에 합의함
- 실용화 기술로 유명한 일본 동경대 생산기술연구소(Institute of Industrial Science)는 포항공대와 수중드론 등 극한환경로봇 분야에 상호양해각서 (2016년5월18일 체결, 2019년8월22일 갱신)를 체결함.
- 협의 내용을 바탕으로 매년 동경대와 정기적 사회문제 해결 실용 기술 교류 워크숍을 개최하며, 워크숍에는 동경대, JAEA, 미 해군(ONR Global)등 한미일 해당분야 전문가가 참석할 예정이며, 본 프로젝트 기반 교육 프로그램의 우수 대학원생이 발표를 하고 전문가의 의견을 수렴할 계획임.
- 본 교육연구단은 원자력 안전 및 해체 로봇 분야의 최첨단 기술을 보유한 한미일 대표기관과 인적 교류 및 협력 교육 프로그램을 개발함으로써 세계 최고 수준의 사회적

문제해결 인재를 양성할 계획임.

(2) 미국 Argonne National Laboratory(ANL) 교류

- 미국측 파견 기관으로는 미국의 대표적 원자력 연구기관인 ANL의 원전 로봇 분야 책임자(Program Lead of Robotics and Remote Systems) [redacted] 와 교육 프로그램을 개발할 예정.
- [redacted] 는 원전 위험물 작업용 원격 로봇 매니플레이션의 대가이며, 초고속 통신을 이용한 위험 작업용 무인 시스템 개발의 전문가로, ANL에서는 5G 초고속 통신망 기술을 원전 위험물 작업 로봇에 적용하는 기술을 교육함.
- 우수 연구 사례의 경우 한미일 해당 기간 장기파견이 가능하도록 지원하며, 한미일 전문가의 풍부한 전세계 원전 현장 경험을 학습하고, 국내원전 당면 문제를 발굴·적용하는 능력을 함양하여 교육 프로그램의 국제화 방안을 모색함.

[5] 사회융합 분야

(1) The National Centre for Text Mining(NaCTeM)과 교류

- 영국의 The National Centre for Text Mining(NaCTeM)과 연구 협력관계를 구축하여 비정형 빅데이터분석을 위한 software tool의 최신 동향을 파악하고, 비정형빅데이터분석이 실질적인 정책연구에 활용될 수 있는 방안에 대해 지속적인 연구협의를 진행할 계획임.
- 갈등상황에서의 전반적인 여론 파악이 중요하지만, 문제해결을 위해서는 단순히 text mining 고도화 이외에도 정책화과정에 효과적인 참여가 수반되어야 함. 이런 측면에서 NaCTeM이 보유하고 있는 경험과 노하우는 큰 의미가 있고, 이에 대해 학생연수의 기회를 마련하여 효과적인 교육프로그램의 확충을 위한 방안을 모색할 계획임.

(2) 미국 조지메이슨대학의 School for Conflict Analysis and Resolution(SCAR) 교류

- 미국 조지메이슨대학의 School for Conflict Analysis and Resolution(SCAR)는 공공 정책관련 갈등해결을 위한 이론 및 방법론에 있어 다양한 교육 자원을 보유하고 있는 곳으로 본 교육연구단이 추구하고 있는 연구모델과 공유할 수 있는 내용이 다수 존재함.
- 이미 연구네트워크가 구축되어 있는 조지메이슨대학 사회학과와 [redacted] 와 함께 학생 교류 및 연구 협력을 위한 프로그램을 구축하여 원자력 관련 주요 이슈 및 갈등 분석 과정에 결합하여 진행할 계획임.

위와 같은 세부분야에 대한 구체적인 계획에 더해 화상통화 플랫폼을 활용한 비대면 국제화 교육 프로그램도 개발하고자 함. 최종적으로 이는 대면/비대면 방식의 융합을 통해 보다 많은 전세계 전문가들로부터 학생들이 교육을 받을 수 있는 기회를 제공하고자 함.

[1] 화상통화 플랫폼을 활용한 컨설팅 및 ‘Webinar: International Colloquia’ 운영

현재까지는 회의 전문가들을 초청하기 위해서는 막대한 비용과 더불어 시간 조정 등의 어려움으로 그 활용에 한계가 있었음. 이에 따라, 사회문제 해결에 있어 단기적으로 우수한 전문가의 컨설팅이 필요한 경우 화상회의를 적극 활용하려 함. 한편으로, 화상통화 플랫폼을 적극적으로 활용하여 ‘Webinar: International Colloquia’를 운영하고자 함. ‘Webinar:

International Colloquia'은 그 동안 본 교육연구단이 여러 국제기구 및 전문가들과 교류하며 구축한 네트워크에 화상통화(수업) 플랫폼을 결합하여 직접 방문하지 않고 그들의 자리에서 세미나를 진행할 수 있도록 하는 것으로, 실제 학기 중에 진행되는 정기 세미나의 일부를 해외학자의 Webinar 형태로 포함하여, 학생들에게는 전세계 석학들의 지식을 직접 전달받을 수 있는 환경을 제공하며, 또한 Webinar를 통하여 전달된 지식들에 대해 연사의 동의하에 동영상 콘텐츠를 제작하여 본 교육연구단에서 보관하고, 이를 축적하여 동영상 강의 콘텐츠를 확보하여 추후 유사한 사회문제해결 혹은 교육/연구적 의문 해결을 위하여 내용이 필요할 때 학생들이 접근할 수 있도록 제공할 계획임.



<국제화 교육 프로그램 편성- 대면 국제화 교육 프로그램: 초청을 통한 정규 교과목 편성, 워크숍 및 winter school 운영 / 비대면 국제화 교육 프로그램 - 화상회의를 통한 컨설팅, Webinar: International Colloquia / 동영상 녹화 및 콘텐츠 관리>

[2] 적극적인 외국인 학생 유치와 영어강의 및 영어 논문 작성 지원

현재까지 이란, 인도 등의 외국인 학생 5명 (박사 4명, 석사 1명)이 학위를 취득하였음. 또한, 우수한 외국인 학생 유치 및 국내 대학원생의 국제적 경쟁력 향상을 위하여 모든 수업을 영어로 진행하였음 (2010년부터 100여개 이상의 수업을 모두 영어로 강의 진행). 그 결과, 5명의 학위를 받은 모든 학생들이 영어로 학위논문을 작성함. 이를 위하여 교내 어학센터 수업을 수강하도록 본 교육연구단에서 지원함.

최종적으로, 해외 연구소, 대학 및 산업체와의 활발한 인적 교류를 통하여 소속 대학원생들이 다양한 경험을 할 수 있도록 유도하고, 졸업 후 이를 바탕으로 산업·사회문제 해결을 위한 글로벌 협력 및 공동연구를 이끌 수 있는 리더로서의 능력을 배양하고자 함.

위와 같이 우수한 국제화 교육 프로그램을 바탕으로, 해외 학자 및 외국인 연구원의 확대와 해외 우수인재 유치 활성화를 위한 리쿠리팅 및 지원 프로그램을 더욱 강화할 것임.

[3] 외국 학교, 연구소, 산업체 위주 리크루팅 및 학생 질 관리

앞서 밝힌 바와 같이 본 교육연구단은 전세계 유수의 기관들과 인적 네트워크를 형성하

고 있음. 이를 바탕으로 적극적으로 우수한 학생을 리쿠리팅하고, 외국 학생들을 대상으로 1년에 1회 정도 Webinar 설명회도 가지고자 함. Webinar를 통하여 해외에서도 학생들이 관심분야 교수들에게 직접 설명도 듣고 본 교육연구단에 대해 이해도 높일 수 있는 기회가 될 것으로 기대. 입학한 해외학생들에 대해서는 한편으로 한국어 교육에 대한 지원과 동시에 입학 후 교육 프로그램을 잘 따라 오는지를 평가·관리하며, 자체적으로 우수한 학생들을 배출한 해외 기관들에 대한 리쿠르팅을 강화함.

4. 교육의 국제화 전략

4.2 대학원생 국제공동연구 계획

본 교육연구단은 그 동안 해외 유수의 기관들과 활발한 인적교류, 공동 교육/연구프로그램을 통하여 원자력관련 이슈들에 대해 효과적으로 대응하고자 노력하여 옴. 특히, 관련 분야 중에 최고 해외 전문가들을 초청하여 초빙교수 혹은 객원 교수의 지위를 부여하고 관련 유관분야의 전임교원과 희망하는 대학원생들에게 공동지도교수로 연구지도를 할 수 있도록 시스템을 운영함. 이를 통하여 본 교육연구단 학생들은 국내에서도 세계 유수 기관의 연구 흐름과 최고 전문가의 식견과 선진기법을 익히고 연구에 적용하여 볼 수 있었음. 공동지도교수가 아닌 경우에도 박사학위 심사에 본 교육연구단의 해외 학자들이 심사위원으로 참석하여 박사학위 논문의 질적 향상을 위한 지도를 할 수 있도록 운영함. 현재까지 36명의 학생이 9명의 해외 학자들에게 공동 지도를 받았으며, 9명의 해외학자들이 30명의 학생들의 학위 심사위원으로 참석하여 지도하여 옴. 아래와 같이 이미 밀접하게 교류하고 있는 각 분야의 세계 유수 기관들과 형성한 네트워크를 통해 국제 공동연구 프로그램을 진행하고 이를 위한 대학원생들의 internship 및 장/단기 해외 체류 및 연구 수행을 지원하려 함.

[1] 원자력안전 분야

(1) 미국 UW-Madison과 원자력 재료와 열수력을 결합한 안전 연구

- 미국 UW-Madison의 원자력안전 전문가인 [redacted] 연구팀과 원자력 재료 전문가인 [redacted] 연구팀과 재료개발을 통한 원자력 안전성향상을 위한 연구를 활발히 진행하고 있음. 특히 사고저항성 핵연료봉 개발 연구에는 [redacted]가 UW-Madison 그리고 핵연료봉 생산 대표 기업인 Westinghouse사와 공동연구를 수행 중. 이외에도 안전한 시스템 개발을 위한 센서 및 시스템 개발에 대한 공동연구를 협의 중이며, 이를 한-미 원자력국제공동연구(I-NERI) 형태로 한국연구재단과 미국 DOE(Department of Energy)에 제안함. 이는 2020년 2월 대학원생들 간 직접 방문을 통하여 시작되었고, 국제공동연구를 위한 장/단기 파견을 통한 연구 교류를 계획하고 있음.

(2) 미국 INL과 ANL, 스위스 PSI 등 해외 연구기관 internship 계획

- 미국 INL, ANL은 원자력 안전에 대한 활발한 연구를 진행하고 있는데, 이곳의 internship을 본 교육연구단 차원에서 지원할 예정임. 특히, INL은 SFR 설계를 바탕으로한 VTR(Versatile Test Reactor), 모듈형 소형 원자로인 SMR(Small Modular Reactor), 차기 핵연료봉 개발을 위한 TREAT (Transient Reactor Test Facility) 등의 분야에서 활발히 과제를 진행하고 있고, [redacted]과 본 교육연구단 연구그룹 간 활발한 연구교류를 진행하고 있음. 스위스 PSI의 경우에도 본 교육연구단 연구그룹이 전문성을 가진 비등 모사와 막응축에 대한 연구를 진행하고 있고, the Nuclear Energy and Safety Division (NES)의 Director인 Andrea Pautz교수와 교류 프로그램을 협의 진행 중.

[2] 원자력환경 분야

(1) 영국 Univ. of Sheffield와의 국제공동연구 계획

- 영국 Univ. of Sheffield의 [redacted]는 방사성폐기물의 고화 및 처리 연구의 전문가이며, 본 학과와 한영공동과제를 수행 중에 있음. 영국 Univ. of Sheffield와 원자력발전소 운영 중 발생된 폐수지 내에 흡착되어 있는 14-C의 분리 기술을 통해 폐수지 부피 저감과 더불어 폐수지로부터 제거된 14-C을 고정화 기술에 관련된 연구를 수행할 예정임. 영국 Univ. of Sheffield와의 국제공동연구를 수행하기 위해 대학원생의 장/단기간의

해외 연수를 지원하고 연구 결과에 대한 해외저널 투고 및 국제학술대회에서 발표를 수행할 예정이다.

(2) 독일 KIT (Karlsruhe Institute of Technology)-INE (Institute for Nuclear Waste Disposal)와의 국제공동연구 계획

- 독일 KIT-INE의 [redacted] 는 Aquatic chemistry의 전문가이며, 처분장 내에서의 핵종의 특성 및 거동에 대한 연구를 수행하고 있음. 추가적으로 지화학 환경 내에서의 actinide 종에 대한 수착반응 및 용해도 실험을 수행할 계획이며, 이를 바탕으로 중저준위 폐기물의 처분 후 안정성 평가를 위한 지화학 및 열역학적 자료로써 사용 가능하고 그 결과에 대해서 공동으로 해외저널에 논문을 투고할 예정. KIT-INE와의 국제공동연구를 수행하기 위해 대학원생의 장단기간의 해외연수를 지원할 예정이며 우수한 석학들과의 협업을 통하여 연구 및 인적 교류에 있어서 좋은 결과를 도출할 계획임.

(3) 말레이시아 UKM (National University of Malaysia)와의 국제공동연구 계획

- 말레이시아 국립대학교(UKM)의 [redacted] 는 방사성 폐기물 및 환경화학의 전문가로, ^{232}Th , ^{238}U 이 인체에 미치는 영향에 대해서 공동 연구를 수행 중임. 이를 바탕으로 해체 시 발생되는 ^{232}Th , ^{238}U 이 포함된 오염된 토양, 콘크리트, 폐액 등을 흡입 시 인체에 미치는 영향을 파악하기 위해 체내 기관별 흡착 및 체류반응기작 연구를 수행할 계획이며, in vivo/vitro 실험을 통해서 상대 생체 이용률 (ABA)과 생물 생체 접근률 (BAF) 사이의 수학적 관계를 확립할 예정임. 말레이시아 국립대학교와의 지속적인 공동연구 수행을 위해 대학원생 해외연수 지원 및 해외저널 투고 등의 좋은 성과를 도출할 계획임.

[3] 플라즈마 및 가속기 분야

(1) 영국 Culham center (Warwick university) 국제공동연구 교류

- Culham center / Warwick 대학 Dendy 교수 (Head of Theoretical Plasma Physics)는 고에너지 이온에 의해 발생하는 플라즈마 파동이론 및 전산모사 분야에서 연구를 해온 전문가로서, 본 연구진은 국가핵융합연구소와 연계하여 [redacted] 연구진과 kstar 실험결과와 해석 및 전산모사에 관한 연구논문들을 공동으로 발표해 왔음. 지속적인 공동연구 발전 및 새로운 연구성과 창출을 위하여 본 연구실의 대학원생이 장기 해외파견을 가 전산모사를 이용한 플라즈마 동역학 연구에 관한 연구협업을 수행함. 또한 국내에서 입자 전산모사 연구를 독립적으로 수행하기 위한 연수를 마치고, 현재 핵융합 플라즈마 해석에 관한 연구논의를 지속하고 있으며, 향후 이를 계속 이어나갈 계획임.

(2) 미국 Utah State University 연구교류

- 플라즈마 동역학 closure problem 및 moment 연구를 주도하고 있는 [redacted] 교수는 포항 공과대학교에 겸임교수로도 부임해 있으며 본 학과 플라즈마연구실에 정기적으로 방문하여 high-energy high-density matter 연구 및 플라즈마 동역학 연구교류, 공동연구를 진행하고 있음. 본래 올 4월에 우리학교를 방문하여 플라즈마 동역학 및 모델링 연구협업을 이어나갈 예정이었으나 코로나-19로 인하여 잠시 연기되어 올 하반기에 대신 방문할 예정임. 현재 본 교육연구단의 대학원생들과 공동연구 및 논문작성은 원격으로 진행

하고 있으며, 앞으로도 이와 같은 연구 협업을 이어나갈 계획임.

(3) 미국 Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) 교류

- 본 연구단이 개척하고 있는 초임계 플라즈마 및 강결합 플라즈마 분야에서는 미국의 LLNL과 연구 교류를 강화함으로써 학생들의 국제적인 역량을 고취할 계획. 지난 2019년 1월 LLNL의 연구원 [redacted]가 본 연구단에 방문하여 관련 연구 분야를 소개하는 자리를 가졌으며, 같은 해 플로리다에서 개최된 62회 미국 물리학회에서 공동 연구를 위한 논의를 조금 더 진행함. 앞으로도 초임계 플라즈마 및 강결합 플라즈마 분야에서 연구 협력을 이어갈 예정.

[4] 인공지능 및 로봇시스템분야

(1) 일본 동경대(The University of Tokyo)와 국제 공동연구 계획

- 동경대 생산기술 연구소와 상호 양해각서와 동경대 첨단 원자력 해체기술 연구단과 공동연구 협의 내용을 바탕으로 로봇을 이용한 원전 안전 유지보수 및 해체 로봇 개발의 공동연구를 수행할 예정. 본 연구단의 동경대 원자력 공학과 학과장 [redacted]와 더불어 동대학교 인공물 공학연구센터(Research into Artifacts, Center for Eng.) 센터장 [redacted]와 원전 내 비정비된 환경(Unstructured Environment)에서 로봇 자율주행 공동연구를 진행할 계획. [redacted]는 후쿠시마 원전 해체 로봇개발을 주도하고 있으며, 원전 로봇에 관한 세계 최고 권위자로 방사능 환경 강인 로봇 개발, 원전 구조물 안전 구조 관리 무인화 기술의 근간이 되는 연구를 진행할 계획. 3~6개월간 대학원생을 일본으로 파견하여, 동경대 및 JAEA의 실험 시설에서 공동 실험을 진행하여, 성과는 포스텍-동경대 정기 워크숍과 국제저명 학술지에 발표할 계획임.

(2) 미국 ANL(Argonne National Laboratory)와 국제 공동연구 계획

- 미국 ANL은 Telerobotics 개념의 최초 발생지로서 원격 로봇에 관한 세계수준의 기술을 보유하고, [redacted]은 해당 분야 세계적 권위자임. 본 연구단은 [redacted]연구팀과 카메라를 사용할 수 없는 극한의 저시계 환경에서 소나를 기반으로 한 원격 로봇의 실시간 지도 제작 및 위치 파악(Simultaneous localization and mapping, SLAM)에 대해 연구할 예정임. 공동연구 및 공동 실험을 수행하기 위해 대학원생의 장/단 기간 파견 및 세계 최고의 시설에서 공동 실험을 수행함. 획득한 연구결과는 국제학술대회 발표 및 국제저명학술지 투고를 수행할 계획임.

[5] 인문사회융합분야

(1) 미국 조지메이슨대학교 국제 공동연구 계획

- 미국 조지메이슨대학교의 School for Conflict Analysis and Resolution(SCAR)는 공공정책관련 갈등해결을 위한 이론 및 방법론에 있어 다양한 교육 자원을 보유하고 있는 곳으로 본 교육연구단이 추구하고 있는 연구모델과 공유할 수 있는 내용이 다수 존재함. 이미 연구네트워크가 구축되어 있는 조지메이슨대학 사회학과의 [redacted]와 함께 학생 교류 및 연구 협력을 위한 프로그램을 구축하여 원자력 관련 주요 이슈 및 갈등 분석 과정에 결합할 예정임.

III. 연구역량 영역

1. 참여교육 연구역량

1.1 국내 및 해외기관 연구비 (별도 제출/평가)

<표 3-1> 최근 3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 이공계열 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항목	수주액(천원)			
	2017.1.1.-2017.12.31.	2018.1.1.-2018.12.31.	2019.1.1.-2019.12.31.	전체기간 실적
정부 연구비 수주 총 입금액	2,292,415	2,955,295	4,329,064	9,576,775
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	49,500	921,800	1,513,151	2,484,451
해외기관 연구비 수주 총 (환산)입금액	16,286	127,512	0	143,798
1인당 총 연구비 수주액				2,034,170
이공계열 참여교수 수	6			

<표 3-1-1> 최근 3년간(2017.1.1-2019.12.31) 인문사회계열 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항목	수주액(천원)			
	2017.1.1.-2017.12.31.	2018.1.1.-2018.12.31.	2019.1.1.-2019.12.31.	전체기간 실적
정부 연구비 수주 총 입금액	0	0	0	0
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	0	0	0	0
해외기관 연구비 수주 총 (환산)입금액	0	0	0	0
1인당 총 연구비 수주액				0
인문사회계열 참여교수 수	1			

1.2연구업적물

① 참여교수 대표연구업적물의 적합성과 우수성

<표 3-2> 최근 5년간 참여교수 대표연구업적물 실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
1			이공계열	원자력공학	저널논문		
						Impeding 99Tc(IV) mobility in novel waste forms	
						Nature communications	
				핵연료주기학		7:12067	
						-	URL입력
						2016	https://www.nature.com/articles/ncomms12067
						DOI: 10.1038/ncomms12067	
						본 연구는 유리 고화체 표면층에 존재하는 전이 금속에 의해 99Tc의 유출방지를 강화하는 연구를 수행하였으며, molecular dynamic simulation을 통해 Co>Zn>Ni의 순서로 유출방지 효과가 증가함을 예측하고 실제 실험상에서 동일 결과를 얻었음. 본 연구는 최첨단 molecular dynamic 시뮬레이션을 통해 방사성 원소인 99Tc의 고정화 방법 및 거동 예측에 성공하여 방사성폐기물관리 원자력 사회문제를 해결할 수 있는 기술 개발 측면에서 매우 우수함. (IF 13.811, WoS 인용횟수 39)	

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
	대표연구업적물의 적합성과 우수성						
2			이공계열	원자력공학	저널논문		
						Cr(VI) Effect on Tc-99 Removal from Hanford Low-Activity Waste Simulant by Ferrous Hydroxide	
						Environmental Science and Technology	
				52, 11752-11759			
				-		URL입력	
				2018		https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.8b03314	
				DOI: 10.1021/acs.est.8b03314			
본 연구는 철산화물 변환과정 및 공침법을 이용하여 방사성 오염물질인 99Tc의 제거 기술 개발 및 반응기작 연구를 수행하였으며, 앞으로 해체되는 국내외 원전 및 운영 중인 원자력발전소 대상 1) 원천기술 확보를 통한 처리 기술 개발, 2) 고화체 내 99Tc의 장기 안정화 등의 결과를 보여줌. 이는 원자력 방사성폐기물 및 중금속을 효과적으로 처리하는 데 활용될 수 있음. 또한, 본 교육연구단과 Pacific Northwest National Laboratory가 공동연구를 진행한 것으로 지속적인 국제연구 교류를 통하여 원자력 방사성폐기물 분야의 고급 인력을 양성하여 원자력 관련 산업의 지속적인 성장 및 방사성폐기물 관리 기술 개발을 통한 사회문제 해결에 기여될 것으로 기대됨. (IF 7.874, WoS 인용횟수 3)							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙	
				세부전공분야				
대표연구업적물의 적합성과 우수성								
3			이공계열	원자력공학	저널논문			
						Development of bismuth-functionalized graphene oxide to remove radioactive iodine		
						Dalton Transactions		
							48, 478-485	URL입력
						-		
				2019		https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/dt/c8dt03745k#!divAbstract		
						DOI: 10.1039/C8DT03745K		
비스무스를 이용한 그래핀 산화물의 표면 개질 방법 개발을 통해 방사성 폐액 내 존재하는 방사성 요오드산염과 요오드화물의 제거 및 흡착제와의 반응 기작을 규명함. 현재 상용화된 흡착제 물질로 요오드 제거에 주로 사용되고 있는 은교환 제올라이트와의 비교를 통해 그 우수성을 증명함. 또한 개발된 비스무스-그래핀산화물 흡착제는 높은 농도의 염이 존재하는 폐액 환경에서 요오드만의 선택적 제거에 매우 높은 효율을 보여주었으며, 특히 은교환 제올라이트의 요오드산염 (IO3-) 제거율은 거의 0%에 가까웠으나, 개발된 비스무스-그래핀 산화물은 요오드화합물 (I-와 IO3-)의 종에 관계없이 거의 100%에 가까운 제거 효율을 보여주었음. 아울러, 흡착제를 제작하는 데 들어가는 모든 비용은 상용화된 은교환 제올라이트 대비 1/10 수준으로 흡착 성능과 경제성에서 모두 뛰어난 결과를 보여주어, 방사성 요오드 폐기물 처리 문제에 크게 기여함. (IF 3.813, WoS 인용횟수 3)								

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
4			인문사회계열	사회학	저널논문		
				정보/과학기술사회학		사회적 연결망의 특성과 우울:연결망의 유형과 크기, 밀도를 중심으로	
						한국인구학	
					39(4), 61-77		
					-	URL입력	
				2016	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07088923		
				http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07088923			
본 연구는 사회적 관계의 연결망 특성이 우울 수준에 미치는 영향을 분석한 논문으로, 유형별 사회적 관계의 종류와 함께 관계구조의 특성을 보여주는 연결망 밀도의 효과를 경험적으로 측정함. 관계라는 사회적 특성이 개인의 심리적 영역인 우울에 미치는 영향을 관계망 데이터에 기반하여 분석함으로써 추상적인 차원에서 논의되던 ‘관계’와 ‘우울’을 객관적인 분석변수화 했다는 의미와 함께 우울이라는 개인과 사회의 문제 해결을 위한 실천 요인을 제시하고 있음.							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
5			인문사회계열	사회학	저널논문		
						전문인 집단의 신뢰수준에 영향을 미치는 요인: 법조인, 교수, 과학자 집단에 대한 문화사회학적 함의	
						문화와 사회	
				26(3), 187-213			
				-		URL입력	
				2018		https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07588825	
본 연구는 사회문제화 되고 있는 전반적인 사회신뢰 저하 요인을 심층적으로 파악하기 위해 그동안 사회 전반에서 신뢰를 받아 온 전문가 집단을 대상으로 신뢰 수준에 영향을 주는 주요 요인에 대해 분석함. 불필요한 사회적 비용과 갈등의 감소를 위해 사회적 신뢰의 중요성이 커지고 있는 상황이라는 점에서 본 연구에서 제시하고 있는 영향 요인들에 대한 보완 및 개선을 통해 사회적 신뢰의 제고는 가능할 수 있음. 또한 신뢰에 기반한 관계는 지속적인 사회발전에 기반이 된다는 점에서 이에 대한 학문적, 실질적 조건을 제시했다는 점에서 본 연구의 의의는 크다고 할 수 있음.							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
6			인문사회계열	사회학	저서		
						지금, 한국을 읽다: 빅데이터로 본 우리 마음의 궤적	
						아나로그	
				-			
				-		URL입력	
				2018		http://www.yes24.com/Product/Goods/67351272	
				ISBN 9791187147336			
				본 저서를 통해 한국 사회가 안고 있는 주요 사회문제 및 이슈에 대해 소셜 빅데이터와 각종 통계자료를 활용하여 현황 및 시계열적 추이를 분석함. 이슈와 데이터의 추출 방법 및 분석 방법과 그 함의의 제시에 이르기까지 전 과정을 소개함으로써, 사회 이슈에 대한 학습과 함께 분석 전반에 대한 효과적인 방법론을 제시함.			

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
7			이공계열	화학공학	저널논문		
						Biodiesel production by various oleaginous microorganisms from organic wastes	
						Bioresource Technology	
				생물화학공학		256, 502-508	URL입력
						-	
						2018	
						DOI: 10.1016/j.biortech.2018.02.010	
지질미생물을 이용하여 유기폐자원에서부터 바이오디젤을 생산하는 연구로 바이오디젤 생산원료로 버려지는 유기폐자원을 이용함으로써 유기성폐자원 처리가 가능할 뿐 아니라 기존 수입에 의존하던 원료를 대체함으로써 생산단가를 낮추고 원료공급이 용이하다는 장점이 있으며 바이오디젤 생산수율 또한 탁월함. 유기폐기물로 인한 환경 문제 해결에 기여함 (IF 6.589, WoS 인용횟수 25)							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
8			이공계열	화학공학	저널논문		
						A genetic approach for microbial electrosynthesis system as biocommodities production platform	
						Bioresource Technology	
				245, 1421-1429			
				-		URL입력	
				2017		https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417307320	
				DOI: 10.1016/j.biortech.2017.05.077			
				친환경적인 각종 유용물질 생산에 대해 우수한 잠재력을 가진 미생물 전기생합성 (microbial electrosynthesis)에 관한 경향성과 미래 비전을 제시하고, 그 동안 연구가 많이 진행되지 않은 유전자공학적 접근법을 조사하여 새로운 전략을 제시함. (IF 6.589, WoS 인용횟수 13)			

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
9			이공계열	화학공학	저널논문		
						Effect of increased load of high-strength food wastewater in thermophilic and mesophilic anaerobic co-digestion of waste activated sludge on bacterial community structure	
						Water research	
				99, 140-148			
				-		URL입력	
				2016		https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135416302482	
				DOI: 10.1016/j.watres.2016.04.051			
고온-중온 혐기미생물을 이용하여 활성슬러지와 함께 음폐수를 처리하는 방법으로 고농도 유기물을 함유한 음폐수를 고온 혐기미생물로 1차적 분해함에 따라 처리효율을 높였고 음폐수 처리량 증가에 따른 미생물 군집의 변화를 연구하여 최적 운전 조건과 운전 효율을 제시함. 이러한 미생물을 활용한 기법은 방사성폐기물 처리에 적용 가능함. (IF 8.424, WoS 인용횟수 51)							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙	
				세부전공분야				
대표연구업적물의 적합성과 우수성								
10			이공계열	해양공학	저널논문			
						Development of hovering type AUV "Cyclops" and its performance evaluation using image mosaicing		
						Ocean Engineering		
							Vol.109, pp.517-30	URL입력
						-		
				2015		https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801815004953		
				DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.09.023				
수중은 물에 의한 전파의 흡수로 인해 전파통신이 불가능하며 수압과 탁한 시계로 인해 센서 사용에 제약이 큼. 본 연구에서는 이러한 장애를 극복한 한국 최초의 6자유도 호버링 타입 지능형 수중로봇(AUV) Cyclops를 개발하고 해저 모자이크에 최적화된 성능을 검증함. AUV Cyclops는 대칭적 형상과 8개의 추진기 배치로 이동성의 극대화 및 회전운동의 최소화를 이룸으로써 Zig-Zag 경로 추종이 가능하며 회전운동으로 발생하는 누적 에러를 최소화함. 또한 탁도에 강인한 해양 조사를 위해 세계 최고 해상도의 초음파 카메라를 광학 카메라와 부착하여 해저 물체 인식, 맵핑의 임무 수행이 가능함. 본 수중로봇을 활용하여, 원전주변의 정밀 환경모니터링, 원전내부의 정밀수중작업등, 수중관련 정밀작업, 자동운용 등이 가능함. (IF 3.067, WoS 인용횟수 32)								

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙	
				세부전공분야				
대표연구업적물의 적합성과 우수성								
11			이공계열	해양공학	저널논문			
						Development of a flap-type mooring-less wave energy harvesting system for sensor buoy		
						Energy		
				기타해양공학		Vol.133, pp.851-863	URL입력 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217309015	
						-		
						2017		
						DOI: 10.1016/j.energy.2017.05.143		
본 연구에서는 미해군의 Office of Naval Research Global의 지원으로 이동형 파력 발전 장치인 Wave Turbine System(WTS)를 개발함. WTS는 웨이브 글라이더의 매커니즘을 차용하여 부유체와 잠수체로 구성되어 있으며, 둘 사이는 테더로 연결되어 파도의 상하운동이 잠수체로 전달됨. 잠수체는 이중 레이어 구조(Dual Layer)로 각 레이어에는 Flapping이 가능한 블레이드가 부착되어 파도의 상하 움직임 모두에서 회전이 가능함. 이러한 특성으로 바닥면에 계류하지 않고 파력 발전이 가능함. 바다의 규칙파와 비규칙파를 포함한 수력학적 시뮬레이션을 통해 WTS의 이론적 효율과 발전량을 산출하였으며 실제 해역에서의 검증 실험을 통해 개발된 시스템의 우수성을 검증함. 본 기술은 방사능의 영향을 거의 받는 자가동력 시스템으로서 원전주변 해양에서의 환경모니터링 및 비상사태시 통신망/감시시스템으로 활용이 가능함. (IF 5.747, WoS 인용횟수 6)								

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
12			이공계열	해양공학	저널논문		
						AUV-Based Underwater 3-D Point Cloud Generation Using Acoustic Lens-Based Multibeam Sonar	
						IEEE Journal of Oceanic Engineering	
						Vol. 43, No. 4, pp.856-872	URL입력
				기타해양공학	-		
					2017		
					DOI: 10.1109/JOE.2017.2751139	https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8058441	
수중 로봇에 부착된 초음파 소나를 이용하여, 물체/지형의 3차원화 기술을 개발함. 소나는 음파의 특성으로 인해 높이 정보의 유실, 각도에 따른 모호성(Perceptual ambiguity)이 존재하여 3차원 복원이 어려움. 최근 컴퓨터 비전 알고리즘을 초음파 카메라에 적용하는 시도가 많이 이루어지고 있으나 제한된 조건에서만 적용이 가능함. 본 논문에서는 수중 로봇의 항법 데이터를 결합하여 소나의 높이 정보 유실 문제를 해결하고, 수중지형의 3차원 지도를 빠르게 생성하는 방법을 제안함. 제안된 기술을 수식으로 설명하고, 수조환경에서 성능을 검증함. 나아가 실험실 실험에서 초정밀 3차원 지형지도 생성에 성공하여 제안하는 기술의 우수성을 입증함. 이 기술은 원전주변 해저 정밀 모니터링이나, 원전해체를 위한 초음파 기반 정밀스캐닝, 원전내부의 안전모니터링을 위한 초음파센싱에 활용될 수 있음. (IF 3.033, WoS 인용횟수 7)							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
13			이공계열	물리학	저널논문		
						Nonlinear interaction of edge-localized modes and turbulent eddies in toroidal plasma under n=1 magnetic perturbation	
						Physical Review Letters	
				권 117, 페이지 075001			
				플라스마물리	-	URL입력	
					2016	https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.117.075001	
					DOI: 10.1103/PhysRevLett.117.075001		
					핵융합 플라스마의 경계면에서 발생하는 유체불안정 모드 및 난류의 비선형적인 변화를 정밀하게 측정하고 그들 사이의 상호작용의 특성을 분석함. 이를 통하여, 경계면의 불안정화로 인한 폭발적 붕괴를 방지하기 위하여 외부에서 자기장을 인가하였을 때 난류의 에너지가 증가하면서 유체불안정 모드의 성장이 억제됨을 세계 최초로 규명하였음. 본 연구 결과는 국제핵융합 개발 장치인 ITER에서 플라스마의 안정성 유지에 필요한 제어 기술의 물리학적 근거로서 큰 가치를 지님. (IF 8.313, WoS 인용횟수 24)		

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙		
				세부전공분야					
대표연구업적물의 적합성과 우수성									
14			이공계열	물리학	저널논문				
						Extended scaling and Paschen law for micro-sized radiofrequency plasma breakdown			
						Plasma Sources Science and Technology			
								권26, 페이지 034003	
				플라즈마물리	저널논문	-	URL입력		
						2017	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6595/aa52a8/pdf		
						DOI: 10.1088/1361-6595/aa52a8			
				기체방전 조건에 대하여 기존에 알려진 법칙을 확장하여 고압력 및 고주파로 구동되는 플라즈마 장치에 적용할 수 있는 새로운 법칙을 제시함. 기존에는 방전 전압 조건이 압력 및 전극 간격 변수로만 기술되었으나, 본 연구에서는 주파수에 따른 방전 전압 조건의 변화를 규명함. 제1원리 시뮬레이션 및 이론적 해석을 통하여 주파수에 따른 전자의 거동을 정밀하게 분석함으로써 전자의 에너지 분포 특성이 상이한 세 가지의 방전 영역이 존재함을 발견함. 본 연구에서 밝힌 확장된 플라즈마 방전 원리는 대기압 플라즈마, 수중 플라즈마 등 고압력 플라즈마의 효율적 생성 및 활성종 제어에 적용되어 초임계 반도체 공정, 철강제품 친환경 생산 공정, 방사성 폐기물 제염, 수소 생산 등의 산업용 플라즈마 응용 기술로 연결되고 있음. (IF 3.802, WoS 인용횟수 16)					

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
15			이공계열	물리학	저널논문		
						Distinct stages of radio frequency emission at the onset of pedestal collapse in KSTAR H-mode plasmas	
						Nuclear Fusion	
				권 58, 페이지 096034			
				-		URL입력	
				2018		https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-4326/aad05a/met	
				DOI: 10.1088/1741-4326/aad05a			
				핵융합 플라스마 경계면에서 발생하는 파동 현상을 정밀하게 측정함으로써 경계면 붕괴 전후의 플라스마 특성의 변화를 규명함. 본 연구를 위하여 이온 고조파로부터 whistler 파동을 포괄하는 광대역의 고속 파동 측정 시스템을 세계 최초로 구현하였으며, 본 연구팀이 개발한 플라스마 내부 촬영용 고속 카메라 시스템과 연동함. 경계면 붕괴 직전에 고속입자 분포의 변화가 발생하며 본격적인 붕괴는 국소 영역의 폭발로 시작됨을 규명함. 본 연구는 파동 측정을 통하여 핵융합로의 노심 플라스마의 안정성, 핵융합 반응에 의해 생성된 고에너지 이온의 거동, 경계면 플라스마의 안정성 등을 진단할 수 있음을 입증하였음. 연구 과정에서 개발된 고주파 측정 기술은 향후 상업용 핵융합로에 적용 가능한 원천 진단 기술로서의 가치를 지님. (IF 3.340, WoS 인용횟수 5)			

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
16			이공계열	기계공학	저널논문		
						Leidenfrost temperature on porous wick surfaces: Decoupling the effects of the capillary wicking and thermal properties	
						International Journal of Heat and Mass Transfer	
				권 145, 페이지 118809			
				-		URL입력	
				2019		https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931019323737	
				DOI:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.118809			
원자력 발전소 사고 시 그 영향을 최소화하기 위해서는 지속적으로 열이 발생하는 핵연료봉 시스템의 신속한 냉각이 필요함. 고온으로 가열된 표면이 물과의 접촉에 의하여 냉각이 시작되는 Leidenfrost 현상은 냉각수 손실사고 재관수 상황에서 핵연료봉 냉각 설계의 타당성을 평가하는 주요 인자임. 사고 상황에서 핵연료봉 건전성이 미치는 중요성은 과거의 쓰리마일 아일랜드, 후쿠시마 발전소 사고에서 확인된 바, 이에 대한 다양한 연구가 선행되었는데 이 연구에서는 이상적인 조건이 아닌 다공성 구조가 형성된 표면에서의 특성을 분석함. 이는 실제 발전소 운전 상황에서 초기 깨끗한 표면이 작동 유체 불순물들의 침적에 의하여 표면에 다공성 구조가 형성되는 것을 모사한 것임. 본 연구에서는 이러한 다공성 물질에서의 열전달과 Leidenfrost현상에 대한 연구를 진행하여 가동원전 안전 설계를 위한 데이터를 생성함. (IF 4.346)							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
17			이공계열	기계공학	저널논문		
						Evaluation of critical heat flux of ATF candidate coating materials in pool boiling	
						Nuclear Engineering and Design	
				열및물질전달		권 354, 페이지 110166	
						-	URL입력
						2019	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029549319301761
						DOI: 10.1016/j.nucengdes.2019.110166	
2011년 후쿠시마 원전사고 이후, 세계 각국은 가동원전의 안전성을 높이기 위한 다양한 연구를 수행하였으며, 특히 사고 상황에서 높은 산화저항도를 바탕으로 수소폭발을 일으키지 않는 사고저항성 핵연료봉을 가장 적극적으로 개발함. 단기 목표의 일환으로 현재 사용하는 지르코늄 핵연료봉 위에 산화저항이 큰 물질을 코팅하는 방식으로 개발되었고, 실제 원자로 노심에 넣어서 재료 안전성을 평가하는 수준에 도달함. 하지만 재료적 특성 외에 핵연료봉의 안전 기준을 결정하는 임계열유속(비등상황에서 기포의 발달에 의하여 순간적으로 열전달율이 떨어지는 최대열유속)에 대한 연구는 진행되지 못함. 본 연구에서는 실제 Westinghouse사-UW-Madison 공동연구를 통하여 새롭게 개발된 사고저항성 핵연료봉의 안전성 평가를 실험적으로 수행하였고 이를 분석하여 새로운 핵연료봉의 인허가 평가에 활용될 수 있는 데이터 및 분석을 제공함. (IF 1.541, WoS 인용횟수 2)							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
18			이공계열	기계공학	저널논문		
						Development of anodization technique on zirconium silicide material for reproducing micro/nanosurface structure: Application to nuclear accident tolerant fuel cladding	
						Surface and Coatings Technology	
				권 374, 페이지 171-180			
				-		URL입력	
				2019		https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897219305857	
				DOI: 10.1016/j.surfcoat.2019.05.086			
후쿠시마 사고상황에서 고온에 노출된 핵연료봉의 강한 산화 작용은 수증기를 수소로 환원시켰고, 결국 수소의 폭발로 방사성 물질을 막아줄 격납용기를 파손시킴. 이후 전 세계에서는 고온의 사고 상황에서도 산화 저항성을 갖는 핵연료봉 물질에 대한 연구가 활발히 진행됨. 장기적으로는 현재 사용하는 지르코늄 계열의 핵연료봉을 새로운 물질로 대체하는 방안이 제기되었으나, 이는 복잡한 인허가 과정이 요구되어 현재 사용하는 지르코늄 핵연료봉 위에 사고저항성 물질을 코팅하는 단기적인 방안에 대해 연구가 우선 수행됨. 본 연구에서는 높은 산화저항성을 가지며 고온에 노출되는 경우 self-healing 특성을 가진 ZrSi2 물질을 지르코늄 핵연료봉 물질 위에 코팅하여 만든 핵연료봉 표면에 마이크로/나노구조를 생성시키는 방법을 제시하고 안전 성능을 평가함. 실제 핵연료봉 제작에 활용하기 위하여 대면적 개질이 가능한 양극 처리 기법을 활용함으로써 사고저항성 핵연료봉 개발에 기여함. (IF 3.192)							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
19			이공계열	재료공학	저널논문		
						Development, characterization and dissolution behavior of calcium-aluminoborate glass wasteforms to immobilize rare-earth oxides	
						Scientific Reports	
				8, 5320			
				비정질재료		-	URL입력
						2018	https://www.nature.com/articles/s41598-018-23665-z
						DOI: 10.1038/s41598-018-23665-z	
						파이로프로세싱은 사용후핵연료에 존재하는 초우라늄 원소들을 분리하는 공정임. 이때 사용후핵연료에 존재하는 희토류 원소들은 산화물 형태로 분리됨. 화학적 내구성이 우수하여 폐기물 유리화에 대표적으로 사용되는 붕규산유리에 희토류 산화물을 35 wt.% 이상 첨가하면 결정화가 발생하여, 본 연구에서는 폐기물 담지량을 향상시키기 위해 20CaO - 15Al2O3 - 45B2O3 - 20Nd2O3 (mol%) 조성의 유리고화체를 개발함. 1300 °C에서 측정한 유리의 점도 (7.82 P)와 전기 전도도(0.46 Ω-1cm-1)는 상용 전기로에 적합하며, 화학적 내구성 평가 (product consistency test) 결과 모든 원소의 침출율이 0.1 g/m2 미만으로 규제 기준인 2.0 g/m2을 충분히 만족함. (IF 4.525, WoS 인용횟수 3)	

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
20			이공계열	재료공학	저널논문		
						Tellurite glasses for vitrification of technetium-99 from pyrochemical processing	
						Journal of Nuclear Materials	
				비정질재료		493. 1-5	
						-	URL입력
						2017	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022311517302866
						DOI: 10.1016/j.jnucmat.2017.05.052	
99Tc은 파이로 공정의 전처리 단계에서 산화 휘발하여 배기체 처리장치의 칼슘 필터에 Ca(TcO4)2형태로 포집됨. 99Tc은 반감기가 길고 물에서 용해도가 높아 방사성 폐기물 처분장에 보관되기 위해서는 안정한 상태로 고형화해야함. 보편적으로 사용하는 붕규산유리는 공정온도가 1100도 이상으로 높아 Tc이 휘발하고 3000 ppm 이상 녹지 않는 단점이 있음. 따라서 낮은 온도에서 유리화 공정이 가능하고 Tc를 많이 담지할 수 있는 64TeO2 – 11Al2O3 – 10B2O3 – 8Na2O – 7CaO (mol%) 조성의 텔루라이트 유리를 개발함. 본 연구에서는 방사성 Tc와 화학적 특성이 유사한 비방사성 Re을 대용 물질로 사용함. 730도에서도 유리화공정이 가능하였고 Ca(ReO4)2를 12 wt.% 까지 담지하여도 결정화가 발생하지 않음. 평균적으로 86%의 Re이 유리화 공정 중 휘발하지 않고 유리에 잔존함을 확인함. (IF 2.536, WoS 인용횟수 2)							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙	
				세부전공분야				
대표연구업적물의 적합성과 우수성								
21			이공계열	재료공학	저널논문			
						Immobilization and bonding scheme of radioactive iodine-129 in silver tellurite glass		
						Journal of Nuclear Materials		
							492, 239-243	URL입력
						-		
				2017				
							DOI: 10.1016/j.jnucmat.2017.05.024	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022311517301782
우라늄의 핵분열 생성물인 I-129는 반감기가 길고 물에서 용해도가 높고 휘발성이 강하므로 안정한 형태로 고화되어야함 . I-129가 휘발하지 않는 700도 미만에서 공정이 가능한 53TeO2 -23Ag2O -19AgI -5Bi2O3 (mol%) 조성의 실버 텔루라이트 유리를 개발함. 제조한 유리의 밀도는 6.31 g/cm3이고 유리전이온도는 165 ℃ 이며, 요오드는 11.21 wt.% 담지되었고 휘발은 5% 미만으로 거의 발생하지 않았음. PCT 방식의 화학적 내구성 평가 결과 규제 기준인 2.0 g/m2을 충분히 만족함. 유리의 국부구조를 분석한 결과 모든 I는 I-로 존재하며 요오드 이온 주위를 3.75개의 Ag+이온이 0.275 nm의 거리로 둘러싼 [Ag4I]3+ 사면체 구조로 유리 내 존재하였으며 3개 이상의 [Ag4I]3+ 사면체 유닛이 연결된 형태도 존재함. (IF 2.536, WoS 인용횟수 2)								

② 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

<표 3-3> 최근 5년간 이공계열 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
	특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
1			화학공학	특허		
					생물학적 방법을 이용한 홍조류로부터 3,6-무수갈락토오스의 제조 및 분리 정제 방법	
					대한민국	URL입력
			생물화학공학		10-1599588-0000	https://doi.org/10.8080/1020130122155
					2016	
	홍조류 및 아가로오스로부터 무수갈락토오스를 효율적으로 대량 분리·정제하는 방법으로 당혼합물에 포함되어 있는 갈락토오스와 5-하이드록시메틸푸르푸랄만을 선택적으로 분해하여 배양액에 잔존하는 무수갈락토오스를 효율적으로 대량 생산하는 데 탁월함					

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
2			해양공학	특허		
					Position-controlled wave power generating apparatus	
			기타해양공학		US	URL입력
					9,752,552	
					2017	
					본 특허는 미해군 ONR Global의 지원으로 수행된 파력 발전 로봇 부이 개발의 성과임. 바다에서 수상선/센서 부이는 기간 통신망 마비 시 통신 중계소로서 역할 및 단절된 수중 로봇의 초음파 신호를 수신하여 육상으로 중계하는 역할을 수행함. 기존의 계류형 부이는 해저에 무어링 (Mooring)으로 고정을 해야하므로 심해 설치에 천문학적 비용이 들고, 반면 위치 이동이 가능한 표류형 부이는 정점 유지가 어려우며 해풍 과 파도와 같은 외란을 극복하는 데 많은 에너지가 요구됨. 본 특허에서는 이러한 기존 기술의 문제점을 극복하는 새로운 파력 발전 로봇 부이 를 제안함. 해저 계류 없이 발전이 가능하며 반경 25m 이내에서 정점 유지가 가능한 본 시스템은 세계최고수준의 해양IoT플랫폼으로서, 원 전주변 해양의 환경 모니터링, 태풍 등의 재난감시가 가능함. 또한 독립시스템이므로 방사능누출 등의 비상시에 긴급통신망 및 사고 모니터 링시스템으로 즉시 사용할 수 있음.	

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
3			해양공학	특허		
					Apparatus and method for recovering and launching unmanned aerial vehicle	
			기타해양공학		US	URL입력
					10,259,594	
					2019	
본 특허는 미해군 ONR Global의 육해공 전천후 이동체 개발 과제의 성과임. 해양 무인 체계 구성하는데 단독 무인 체계의 활용은 제한이 있으며, 육해공 무인체계의 통합에 관한 연구를 미해군이 제안하였음. 본 특허는 무인기와 수중 이동체 간의 통합 운용과 관련하여, 수중 이동체(수중로봇)에서 무인기를 출격시키고, 회수하는 장치에 대해 서술함. 특히, 파도가 치는 해수면에서 무인기를 회수하는 어려운 문제를 해치형 구조와 밴드형태의 충격 흡수체를 고안하여 해결함. 육해공을 모두 커버하는 최첨단 드론기술은 원전의 유지관리 및 비상시에 바로 활용될수 있음. 본 시스템은 방사능환경중 수중과 육상을 이동하며 작업이 가능하며, 공중드론을 통한 경로/상황파악이 가능함. 후쿠시마원전 사고와 같은 비상 시, 본시스템의 투입으로 사고피해를 최소화할 수 있으며, 옥외의 원전해체의 우천 시 작업 및 비상조치 등에 유용하게 사용할 수 있음.						

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
	특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
4			원자력공학	특허		
					비스무트그래핀 산화물을 함유한 요오드 흡착제 및 이를 포함한 고정층 컬럼 및 성형물	
			핵연료주기학		대한민국	URL입력
					10-1920233	https://doi.org/10.8080/1020160072811
					2018	
					본 특허는 요오드를 효율적으로 제거할 수 있는 비스무트그래핀 산화물을 함유한 요오드 흡착제 및 이를 포함한 고정층 컬럼 또는 성형물에 관한 것으로 방사성폐기물 처리와 처분을 하는 동안 방출되는 요오드 핵종을 효율적으로 제거할 수 있는 흡착제 및 이를 제조하는 방법에 관한 특허임. 본 발명을 통해 요오드 핵종에 대한 제거 기술을 제공함으로써 방사성폐기물 처리/처분에 대한 기술 발전에 이바지할 것으로 기대됨.	

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
5			원자력공학	기술이 전		
					비스무트그래핀산화물 제조방법 및 이를 이용한 요오드 흡착방법	
			핵연료주기학		(주)엔씨스퀘어	URL입력
					지분의 5%	
					2018	
			요오드 핵종을 효율적으로 제거할 수 있는 흡착제인 비스무트그래핀산화물을 제조하는 방법에 관한 특허를 (주)엔씨스퀘어에 기술이전 하였으며, 이를 바탕으로 원자력발전소 운영 시와 해체 시 발생되는 방사성폐기물의 안전한 처리/처분에 사용되어 방출되는 요오드 핵종을 효율적으로 제거함으로써 지역사회의 환경 문제를 해결하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대됨.			

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
6			재료공학	특허		
					희토류 폐기물 담지를 위한 봉산 유리 고화체 및 이를 제조하는 방법	
					대한민국	URL입력
			비정질재료		1020914840000	https://doi.org/10.8080/1020170061714
					2020	
	산화 붕소(B2O3), 산화 칼슘(CaO) 및 산화 알루미늄(Al2O3)을 포함하는 유리 매질 및 방사성 희토류 폐기물을 포함하여, 파이프 공정에서 발생하는 방사성 희토류 폐기물을 고정하기 위한 봉산 유리 고화체 및 이를 제조하는 방법을 개발함. 이는 방사성폐기물 관리 중에서 특히 핵종의 고형/고정화 방법을 통해 장기적으로 안정된 처분 방법을 제시함.					

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
7			물리학	창업		
					방사성폐기물 처리 기술 및 제염 기기 개발	
			(주)엔씨스퀘어		URL입력	
		플라스마물리	2,000 만원			
			2018			
	원자력발전소 해체 및 오염된 방사성폐기물 제염에 관한 연구를 활용하여 제염기기 개발 및 제품을 생산하고 원전 해체폐기물의 처리/처분에 공헌하여 현재 방사성폐기물 처리의 사회문제를 해결하고자 주식회사 엔씨스퀘어를 2018년 2월 28일에 창업함 (사업자등록번호: 481-86-00843). 고리1호기를 시작으로 앞으로 10년 안에 10기의 원자력발전소가 해체되면서 단기간에 많은 양의 다양한 원전 해체폐기물이 발생되어 적합한 처리/처분 기술을 활용한 기기가 필요함. 따라서 주식회사 엔씨스퀘어를 통해 원전 운영 및 해체 시 발생하는 방사성폐기물의 제염 기기를 개발하고 판매하여 원자력발전소 해체 및 방사성폐기물 관리의 사회문제를 해결할 수 있음.					

1.2 연구업적물

③ 연구의 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 10년)

<표 3-4> 최근 10년간 참여교수의 해당 산업·사회
문제 해결분야 대표연구업적물

연번	대표업적물 설명
1	연구논문 Impeding $^{99}\text{Tc(IV)}$ mobility in novel waste forms, Nature communications 7 (2016) 12067 (IF 13.811, WoS 인용횟수 39, DOI: 10.1038/ncomms12067) 원전 운영 과정에서 발생하는 방사성폐기물의 관리는 원전을 운영하는 모든 나라의 사회문제로 대두되고 있으며, 해결책의 하나로서 영구적인 처분을 위한 안정된 고화체에 대한 연구가 많이 진행되고 있음. 대표적인 방사성폐기물 중의 하나인 ^{99}Tc(테크니슘)은 약 21만년이라는 긴 반감기를 가지고 있으며, 일반적인 환경에서 +7가 음이온인 $^{99}\text{TcO}_4^-$ 형태로 존재하여 이동성(mobility)이 매우 높음. 이동성을 최소화하기 위하여 +4가의 $^{99}\text{TcO}_2$로 환원하여 고정시키는 처리 방법이 널리 알려져 있으나, $^{99}\text{TcO}_2$의 높은 재산화 특성으로 인하여 자연계에서의 장기적인 처분 방법으로는 적합하지 않음. 이러한 한계를 극복하고자, 김은은 $^{99}\text{TcO}_2$ 환원 후 안정한 고체상인 철 스피넬 (Fe-spinel) 물질과의 공침법을 개발하고 방사성폐기물 고화체로 사용되는 유리화에 적용함. 일반적인 유리 고화체 제조 조건인 고온 환경에서는 ^{99}Tc이 쉽게 재산화 후 기체 상태로 변환되어 유리 고화체에 많이 존재하지 못함. 본 연구에서는 유리 고화체 표면층에 존재하는 전이 금속을 이용하여 ^{99}Tc의 유출을 방지하였으며 그 기작을 규명함. 아울러, 분자동역학 (molecular dynamic) 모델을 통해 $\text{Co}>\text{Zn}>\text{Ni}$의 순서로 ^{99}Tc 유출방지 효과가 증가함을 밝히고 실제 실험을 통해 검증함. 이와 같은 기술 개발을 통해 사회적으로 큰 문제가 되는 ^{99}Tc 함유 방사성폐기물 관리의 해결책을 제시하였으며, 분자동역학 시뮬레이션을 통해 고온에서 이루어지는 방사성폐기물 유리화에 적합한 복잡한 재료의 이론적 설계 기준을 제공함으로써 ^{99}Tc과 같이 높은 휘발성을 가진 핵종의 안정적인 처분에 대한 원천 기술을 확보함. 앞으로 도래할 원자력발전소 해체 시 발생되는 다량의 고준위 사용후핵연료 및 방사성폐기물의 처리 및 처분에 기여할 것으로 기대됨. 본 연구를 수행하는 과정에서 실제 방사성 핵종 및 핵연료 물질을 다룰 수 있는 포스텍 첨단원자력공학부에 방사화학 실험실을 구축하였으며, 방사성폐기물 처리, 제염 및 처분에 관련된 다양한 연구를 수행하고 다수의 SCI 논문들을 게재함. <철 스피넬 구조에 공침된 Tc (파랑색 구)> <첨단원자력공학부 방사화학실험실>

핵융합플라즈마 영상진단 (ECEI) 시스템 개발

관련 대표 논문: Two-Dimensional Visualization of Growth and Burst of the Edge-Localized Filaments in KSTAR -Mode Plasmas, Physical Review Letters 107 (2011) 045004 (IF 9.227, WoS 인용횟수 87, DOI: 10.1103/PhysRevLett.107.045004)

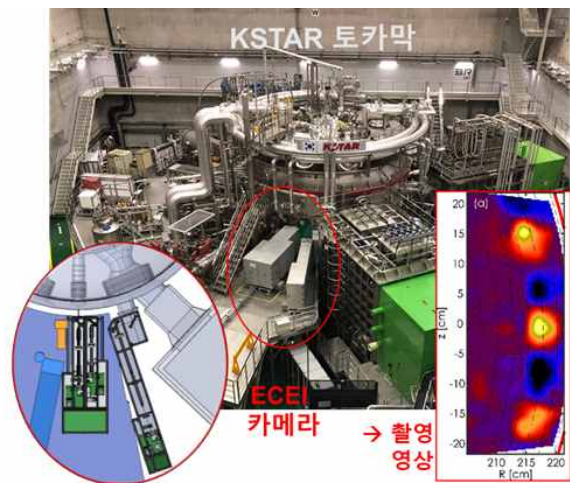
차세대 대규모 에너지 자원으로 연구개발 중인 핵융합로를 제어하기 위해서는 고온 플라즈마 유체의 불안정성 원인과 난류의 특성을 이해하여야 함. 우리나라는 세계 최고 수준의 공학 기술이 집합된 초전도 핵융합 실험 장치인 KSTAR를 건설을 통하여 핵융합로 기술 개발에 핵심적인 기여를 해오고 있음. 는 고

속으로 변화하는 고온 플라즈마의 유체 현상을 측정하기 위하여 초당 백만 프레임의 고속 촬영이 가능한 전자공명 밀리미터파 영상 (ECEI) 카메라를 개발하고 KSTAR 장치에 설치하여 운영하였

2

음. ECEI 카메라를 이용하여 수천 만도에 이르는 플라즈마 내부의 유체 불안정성 및 난류의 동적인 변화를 상세하게 촬영함으로써, 1차원 진단 및 대칭성을 가정한 이론에 의존하여왔던 이전의 연구 패러다임을 개혁하고 있음. ECEI 영상을 통하여 핵융합 플라즈마의 주요한 유체 불안정 모드에 대하여 이전에는 불분명하였던 발달 및 붕괴의 동역학적인 특성을 규명하였음. 더 나아가 플라즈마 중심부의 안정적인 헬리칼(Helical) 구조의 형성, 비정상(non-normal)

유체 모드의 형성, 외부 섭동에 의한 유체 모드와 난류 사이의 에너지 수송 등 새로운 현상을 발견하였으며 그 특성을 규명함. 이를 통하여 핵융합로 플라즈마의 안정성 및 에너지 가둠 효율 증진 기술을 개발하는 데 기여하고 있음. ECEI 카메라 시스템을 통해 창출된 연구 결과는 5편의 Phys. Rev. Lett. 논문 등 수십여 편의 SCI 논문으로 게재되었음. 최고 성능의 ECEI 시스템은 국제실험장치로서의 KSTAR의 가치와 활용성을 제고하였으며 국제핵융합개발 프로그램인 ITER에서 우리나라 연구인력들의 위상을 높이고 역할을 확대하는 데에도 기여를 함. 이러한 공로로 2019년 KSTAR 10주년 기념식에서 국가핵융합연구소로부터 감사패를 수상함.



<국가핵융합연구소 KSTAR 토카막 장치에 설치된 ECEI 카메라 시스템>

3	동해안 수산업 현안 해결을 위한 경북 씨그라트 센터 운영 가 센터장으로 운영하는 포스텍 경북 씨그라트 센터는 지역현안문제를 파악 후, 포스텍과 센터가 함께 문제해결에 필요한 연구개발과 현장적용을 통해 현안 문제를 성공적으로 해결하였음. 대표적인 해결 사례는 아래와 같음. (1) 경북 대게 조업의 문제를 해결 (2015) 문제점 파악: 경북 대게 산업은 연간 2천억 규모의 주요 지역 산업임. 최근 조업량 감소로 지역사회의 심각한 현안으로 대두되었으며, 그 원인으로 수심 2000미터의 조업 환경 및 수백 년간 변화가 없는 조업방식이 지목됨. 경북 씨그라트 센터는 그 해결책으로써 심해촬영 카메라의 개발을 포스텍에 의뢰함. 해결책 연구: 포스텍은 최첨단 수중IT기술을 활용, 4000미터 수심에서 2개월간 타임랩스로 대게 촬영이 가능한 첨단 카메라 시스템을 개발함. 어선의 이동 시에 내충격, 내열, 내진동기능을 모두 갖춘 세계 최고수준의 극한환경용 블랙박스 카메라 시스템을 개발하여, 경북 씨그라트 센터에 전달함. 문제 해결: 어민들은 센터에서 보급한 블랙박스 카메라를 대게 잡이 뗏에 부착하여, 세계 최초로 대게가 잡히는 동영상 촬영에 성공함. 어민들은 반복촬영으로 대게의 특성을 파악한 후 어구와 조업방식을 개선함. <u>첨단 도구를 이용하여 어민 스스로 문제를 해결한 사례로, 언론 보도 및</u> <u>의 국무총리 표창을 통해 인정받음. 해당 기술을 바탕으로 포항 해양 시스템연구소가 창업됨.</u> (2) 부표탐색 지연, 수온정보 부족문제를 해결 (2018) 문제점 파악: 지역에서 연간 4만 개 이상의 부표 탐색에 막대한 시간이 소요되며, 조업 해안에 대한 수온 정보가 부족함. 부표의 침단화를 포스텍에 의뢰함. 해결책 연구: 포스텍은 1년간 충전없이 사용가능하며, 30km거리에서 GPS위치정보, 수온정도 등을 제공하며, 거친 파도에 견디는 내충격, 내열, 내염분의 침단어업부표 시스템을 개발해 센터에 전달함. 문제 해결: 어민들이 센터에서 보급한 침단 부표를 다용도로 사용하여 수요가 증가함. 이에 따라 포항 해양 시스템연구소가 상용화하여 보급을 확장함. (3) 세계 최초 수산용 무선 수중카메라를 통한 양식장 관리문제를 해결 (2019) 문제점 파악: 지역의 양식장에 상황 파악이 상시 가능한 수중카메라가 필요함. 해결책 연구: 포스텍은 최장 30km에서 리모컨으로 작동 가능한 수중카메라를 개발함. 영상은 LTE 등으로 전송되며 태양광 자가충전으로 6개월 사용 가능함. 문제 해결: 센터는 다수 양식장에 적용하여, 성공적으로 운영 중. 연간 TV방송 2회, 언론보도 40여건으로 우수성이 입증됨. 이와 같은 센터-대학-지역사회의 협업을 통한 현안 해결 모델은 원전의 안전운용/해체에 관련된 사회 문제 해결에도 적용될 수 있음. 본 교육연구단은 지역주민과 종사자들의 현실적 문제를 파악하고, 첨단기술(인공지능기반 원전 안전관리, 로봇을 이용한 원전해체/폐기물 제염등) 기반의 해결책을 현장에 적용하며 소통창구의 역할을 수행할 것으로 기대함.



1. 참여교수 연구역량

1.3 교육연구단의 연구역량 향상 계획

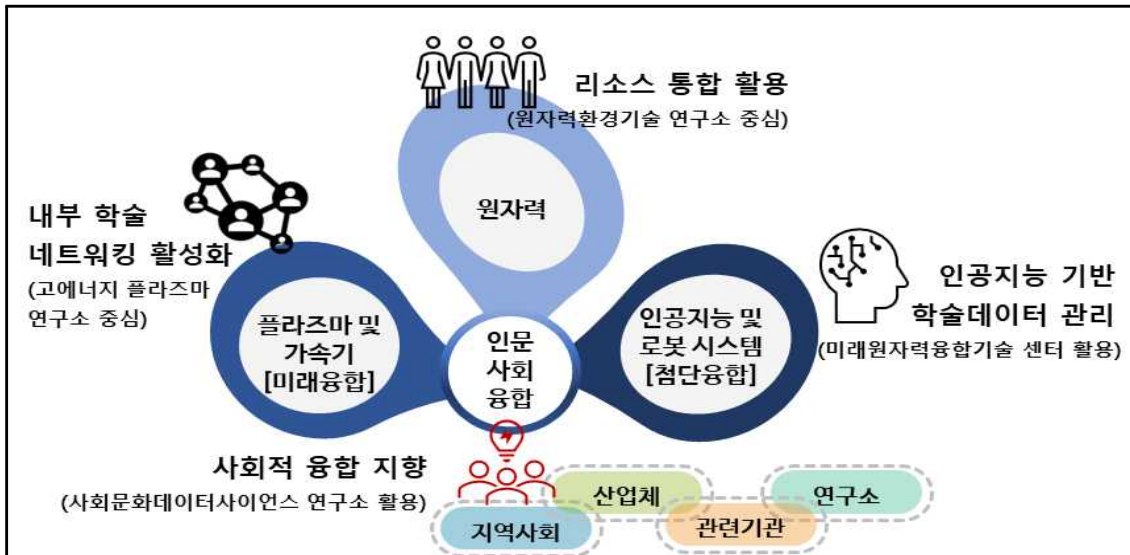
본 교육연구단은 원자력 산업과 관련된 사회적 이슈를 다각적인 관점에서 진단하고 최선의 해결 방안을 제시할 수 있는 학문적 역량을 내부적으로 축적하여 왔으며 외부의 유관 기관과의 협력 네트워크를 확장하여왔다. 내부적으로는 국내 대학 유일의 수출형 연구로 안전계통 실증실험장치, 방사화학 실험실, 원자력 환경을 다루는 원자력환경기술 연구소, 원자력 최신 기술을 개발하는 미래원자력선진연구 센터 (원자력연구원이 참여기관으로 참여), 핵융합로의 열수력 공학을 연구하는 대학 거점 연구소인 디버터 열속처리기술개발 센터, 데이터를 활용한 사회 구조 및 커뮤니케이션의 특성을 연구하는 사회문화데이터사이언스 연구소, 인공지능 기술을 원자력 산업에 확산하기 위한 미래원자력융합기술 센터를 구축하였다. 외부적으로는 국가핵융합 연구소의 초전도 핵융합 실험장치인 KSTAR에서의 플라즈마 진단 프로그램, 포항가속기연구소의 차세대 가속기 개발 및 활용 프로그램, 한국수력원자력(주)과 지자체 합동 지원으로 설립된 해오름동맹 센터의 원자력 혁신 및 사회 융합 연구, 그리고 한국원자력연구원의 수출형 신형연구로 감쇠탱크 성층화 검증 사업에 참여하고 있다. 향후에는 미래원자력과 관련된 사회문제 및 현안 해결, 미래 첨단기술 추구 및 사회 융합 관점에서 본 교육연구단의 학문적 역량을 더욱 향상시킴으로써 본 교육연구단의 사회문제 해결 능력 향상과 사회적 영향력을 실질적으로 확대하고자 한다.

사회적으로 지대한 관심과 논란의 중심에 있는 현안인 가동 원자력 발전소의 안전한 운영 및 원자력 환경에 대한 기술 개발을 위하여 본 연구단이 보유하고 있는 우수한 방사화학 연구실, 열수력 연구 설비 및 안전성 평가 장치 인프라를 발전시키며, 이를 통하여 미래 원자력 발전과 관련된 사회문제 해결에 이바지하고자 한다.

미래 첨단기술로서 핵융합 에너지 및 차세대 핵물질 활용 기술 개발을 위하여 국내외의 핵융합 연구 인프라를 활용한 플라즈마 물리 및 공학 분야, 그리고 포항가속기연구소의 연구 환경 및 인적 인프라를 활용한 가속기 물리 및 공학 분야의 연구를 지속적으로 강화하고, 미래 첨단기술인 인공지능 및 로봇시스템 기술을 원자력 안전 모니터링, 방사성폐기물 관리, 플라즈마 및 가속기 기술들과의 융합을 통해 새로운 연구 영역을 개척하고자 한다.

이와 같은 공학적 연구 역량 향상과 더불어, 본 교육연구단이 개발하는 기술의 긍정적 효과를 최대화하고 사회적 적용의 부작용을 최소화하기 위하여 사회적 파급 효과를 분석하고 이해할 수 있는 학문적인 틀을 구축해 나아가고자 한다. 특히, 거대과학이라는 공통의 특성을 갖고 있는 원자력, 핵융합, 가속기, 인공지능 및 로봇시스템 분야는 공학적인 측면과 국제 협력 측면, 그리고 사회 융합 측면에서 유사한 문제들을 대면하고 있으므로 유기적으로 융합하여 연구를 진행하였을 때에 시너지를 통하여 더욱 우수한 연구 성과를 창출할 수 있는 여지가 많다. 이에 따라 본 교육연구단은 구성원들의 인문사회학적인 소통을 강화함으로써 공통의 현안과 기술을 공유하고 현재까지 축적한 유형 및 무형의 학문적 리소스를 공동으로 활용하는 전략을 취하고자 한다.

위와 같은 맥락에서 본 연구단은 하기의 세 가지 분야로 연구 역량 향상 계획을 수립하였다. 이러한 계획을 효율적으로 달성하며 연구결과의 질적 향상을 도모하기 위하여 본 교육연구단 공통의 관리 방안을 뒤이어 기술하였다.



[1] 현안 해결을 위한 가동 원자력 기술 역량 향상 계획

(1) 원자력 안전

후쿠시마 사고 및 국내 지진을 겪으면서 원전 안전성에 대한 우려가 증폭됨. 이에 따라 국민 눈높이에 맞춘 최신 안전 기술 적용을 위한 연구 활동을 다음과 같이 사고 억제, 완화 대처, 안전 고도화 기술, 그리고 인프라 구축의 체계로 추진하고자 함.

- **사고 억제:** 가동원전 사고 가능성을 대폭 감소시키고 중대 사고를 원천 방지하여 가동 원전의 안전성을 높이기 위한 사고저항성 핵연료봉, 피동형 안전냉각에 대한 기술 개발 및 평가 시스템 구축.
- **완화 대처:** 후쿠시마 사고와 같은 중대 원전 사고가 발생하여도 사고의 진행을 완화하고 방사능 물질의 누출을 제어하기 위한 연구를 수행. 사고 진행에 대한 모델, 완화 전략의 평가, 기존 및 새로운 대처기술의 개발, 궁극적인 안전목표 달성을 위한 종합 평가 등의 연구를 포함함.
- **안전 고도화:** 수출을 위한 기술 고도화 및 수요국 규제 요건 충족을 위한 소형, 마이크로 원자로 그리고 연구로 안전계통 및 노심 설계 안전 기술 연구를 수행할 것임.
- **안전성 평가 시스템 구축:** 기초 실험 장치들을 활용하여 데이터를 생성하고 이를 분석할 수 있는 전산유체해석 모델과 강화학습/인공지능 통합의 코드를 개발할 것임. 통합시스템 코드를 활용하여 실제 실험으로 구현이 어려운 자연재해를 포함한 다양한 상황에 대해 대처능력을 갖춘 안전 시스템을 제안하고자 함.

(2) 원자력 환경

원전 운영 시 필연적으로 발생하는 방사성폐기물 처리에 대한 국민적인 관심과 우려 등의 사회문제 해결에 기여하기 위하여, 아래와 같은 내용으로 연구역량을 향상하고자 함.

- **방사성폐기물 관리:** 원자력발전소 운영 및 해체로 인한 방사성폐기물의 제염과 처리/처분, 그리고 원전 부지의 안전한 복원 등과 관련된 문제 해결을 위한 기술 개발 및 역량을 축적하기 위하여
 - 사용후핵연료의 중간저장 시설 및 최종 처분장의 안전한 저장 기술과 처분장의 안전성 평가 수행,
 - 방사성폐기물의 제염 기술을 개발하고 중저준위 방사성폐기물 처분장의 안전성 평가 수행,
 - 원전 해체 후 부지 복원을 위한 기술을 개발

하고자 함.

- 연구 인프라 구축: 원자력발전소 운영 중 혹은 중대사고 발생 시, Cs-137, I-125, Tc-99, H-3와 같은 다양한 방사성 원소들이 환경으로 유출될 수 있음. 이는 인체와 자연환경에 악영향을 초래할 수 있음. 이러한 문제의 해결을 위해 다양한 공동연구를 통한 인프라 강화 추진에 집중하고자 함. ○ 개별 방사성 핵종의 특성에 맞는 흡착제 개발을 위한 이론 및 실험적 제거 반응기작 자료를 구축. ○ 세계적 국제학술회인 Waste Management Symposia conference, American Chemical Society conference 등에 참여하여 세계 흐름에 맞춘 연구 자료를 구축할 것임. ○ 원자력 환경 복원 및 처리 관련하여 세계 최고의 연구역량을 보유하고 있는 미국 Pacific Northwest National Laboratory, 독일 Karlsruhe Institute of Technology-Institute of nuclear waste disposal, 영국 University of Sheffield 와 국제 공동연구 활동을 지속할 것임. 이를 통해, 국내 고유의 연구역량을 발전시켜 나아갈 뿐만 아니라, 구체적인 인적/물적 인프라를 구축할 계획임. ○ 국내외 연구 활동을 통해 발전된 연구역량을 국내 원자력 환경 보전 및 복원 산업에 적용하기 위해 국내 학술회 참석을 통한 연구 교류를 지속할 것임.

[2] 미래 원자력을 위한 기술 융합

핵융합/플라즈마/가속기 분야의 연구를 통합적으로 조직하고 첨단기술인 인공지능과 로봇 시스템의 적극적인 도입을 통하여 미래 원자력 연구역량을 강화하고자 함.

(1) 플라즈마 및 가속기

거대과학 연구의 대표적인 분야인 핵융합 플라즈마와 방사광 가속기 분야의 경쟁력 제고에 필요한 요소를 파악하고 이에 맞는 연구 인프라 강화에 집중하고자 함.

- 거대과학 공학기술 지원: 거대과학 시설인 가속기 및 핵융합플라즈마 장치에서 공통적으로 요구되는 진공, 고출력전원, 전자석, 냉각 등의 공학 기술을 고도화하기 위한 실험 지원 및 자문 체계를 구축할 것임.
- 거대과학 데이터 기계학습 플랫폼: 거대과학 공학 설계 기술 및 빅데이터 처리 기술을 고도화하기 위한 기계학습 플랫폼을 구축할 것임.
- 핵융합 플라즈마 진단기술 고도화: KSTAR 프로그램에 대한 지속적인 참여를 통하여 세계최고의 기술력을 보유하고 있는 핵융합플라즈마 영상진단 및 파동 측정 기술의 경쟁력을 유지하며, 국내외의 공동 연구 장치 (서울대학교 VEST 토카막, 일본 NIFS 연구소의 LHD 장치, 일본 규슈대학교의 QUEST 토카막 등)에 확산하는 활동을 지속할 것임. 또한, 플라즈마 진단 대용량 데이터의 고속전송 및 후처리, 해석을 위한 국내외 공동연구를 (국내의 NFRI 및 KISTI, 미국 PPPL 연구소, 영국 Warwick 대학, 일본 NIFS 연구소 등) 발전시켜 나갈 계획임.
- 극한상태 물성 연구 개척: 핵융합 플라즈마 연구에서 축적한 기술력을 바탕으로 추진하고 있는 극한상태 물성 연구를 개척하며, 이 과정에서 교내의 Max Planck-POSTECH 아토초 과학 센터 및 포항가속기 연구소의 인프라를 활용하고 공동연구의 체계를 구축하고자 함.
- 산업계로의 기술 전파: 거대과학 연구로부터 축적된 공학 기술을 철강 산단 등 지역 산업의 현안 해결에도 활용하기 위한 연구 교류회 및 자문 체계를 구축할 것임.

(2) 인공지능 및 로봇 시스템

첨단의 인공지능 및 로봇 기술을 원자력 안전 및 환경 현안에 적용할 수 있는 역량 개발에 집중하며, 더불어 핵융합 플라즈마 및 가속기 연구에도 확산하고자 함.

- 원전 극한환경 이동성: 비정비된 환경에서 로봇의 자율 주행 기술을 개발하여 원전 안전, 해체, 제염, 중대사고 대처를 위한 로봇의 극한환경 이동성(Mobility)을 확보함. 로봇의 원전 내부 지도 제작 위치파악을 위한 맵핑/센싱 기술을 향상시키며, 일본 동경대, 미국 ANL 등 세계 선진 연구 그룹과 공동연구를 추진하고 있음.
- 원전 유지보수 로봇: 원전 시설의 특수성을 고려한 새로운 개념의 유지보수 로봇을 개발함. 기존의 로봇으로 임무수행이 불가능한 원전 콘크리트 보호막 내부 균열 검사, 원전 폐기물 관리시설 안전 점검을 위한 새로운 매커니즘의 로봇을 개발할 계획임.
- 인공지능 원전 모니터링: 원전 시설 및 방사선사고 등을 종합적으로 관리하기 위한 인공지능 드론 기반 모니터링 시스템 및 극한환경 센싱/맵핑 기술을 개발하고, 그에 해당하는 인공지능 학습용 데이터베이스를 구축해 나가고자 함.
- 원전 내부시설 모니터링: 원자력 내부 시설 감시를 위한 자율주행 드론 및 시설 자동점검 인공지능 시스템을 개발하고 있음.
- 대용량 데이터 후처리 기술: 대용량 핵융합 데이터 처리 및 해석을 위한 기계학습 기술 및 합성진단 기술을 개발하고 있음.
- 가속기 설계 기술: 차세대 가속기 설계를 위하여 시뮬레이션과 기계학습 기술을 접목하고 있음.

[3] 미래 원자력사회를 위한 사회 융합

거대과학의 한 부분으로서 과학 및 공학기술과 융합할 수 있는 인문사회 연구를 통하여 미래 원자력사회를 위한 사회융합 연구의 기틀을 마련하고자 함. 본 교육연구단 내의 사회문화데이터사이언스 연구소를 활용하여 다음의 두 가지 측면에서 역량을 강화하고자 함.

(1) 사회문제 해결을 위한 이슈 분석

전통적인 방식에 의거한 일반적인 여론 분석 및 사회적 갈등이 나타나는 특정 영역의 관심 이슈에 대한 분석 방법론을 심화할 것임.

- 데이터 활용: 지능정보기술을 활용하여 추출된 다양한 데이터는 사회문제의 원인 분석과 해결 방안을 마련하는 데 있어 기존의 방식보다 효율적임.
- 갈등 분석: 갈등의 주요 지점과 요인에 대한 파악은 물론, 갈등 양상의 추이와 변화에 대한 파악을 통해 실질적인 해결책을 제공할 수 있음.
- 사회 동향 모니터링: 위의 두 가지 사항을 위하여 뉴스 기사 및 소셜 미디어상에서 나타나는 사회의 동향을 모니터링할 수 있는 모듈을 개발하고 활용할 것임.

(2) 시민 참여형 플랫폼 구축과 사회적 기술 수요 파악과 측정

원자력 관련 지역주민과 이해 관계자의 의견수렴을 위한 플랫폼을 구축하고 문제 해결을 위한 기술 수요를 파악하고자 함.

- 시민 친화형 온라인 정보 플랫폼: 공공 정책과정에서 항상 대두되는 시민 의견 반영의 어려움을 해결하고 정보 불균형 해소, 시간과 비용의 절약, 적시적 상황 대응, 정책 효율성 제고 등을 지원할 수 있는 온라인 플랫폼을 구축
- 기록 보관 및 솔루션 로드맵: 관련 논의에 대한 전반적인 기록 보관을 통해 주요 이슈에 대한 솔루션 로드맵을 구성

- 수요-기술적용-영향 평가: 문제 해결을 위한 사회적 기술 수요의 파악과 함께 기술 적용의 우선 순위에 대한 조정 및 적용 기술의 효과성 및 영향 평가

상기의 연구 역량 향상 계획을 효과적으로 달성하고 연구 결과의 사회적 파급 효과를 확대하기 위하여, 본 교육연구단은 다음과 같은 공통의 연구목표 관리 및 달성 방안을 수립하였음.

- (1) 교육연구단의 리소스 통합 활용: 원자력환경기술연구소 중심으로 본 교육연구단 소속의 센터 간 연계를 강화하고 리소스 공유를 활성화할 것임.
- (2) 대표적 연구 업적물의 질적 우수성을 향상하기 위하여 하기의 지원 정책들을 도입:
 - 교육연구단 구성원들 사이의 네트워킹 활동 (Journal Club, 멘토링, 논문작성 워크샵 등)에 대한 지원
 - 국제공동연구 논문 또는 상위1% 논문 실적에 대한 포상 (연구의 주제와 관련된 해외 연수 지원 등) 및 홍보 강화
 - 대학원생의 입학 후 첫논문에 대한 포상 및 격려
 - 대학원생의 연구력 향상을 위하여 외부 기술 교육, 연수 기회를 제공하고 원자력 관련 실제 사회 이슈에 대한 검토를 위해 문제 지역에 대한 방문 연구를 지원
- (3) 인공지능 기반의 학술 데이터 관리 시스템을 구축: Academia, Mendeley, Kudos, Web of Knowledge 등의 학술 정보 분석 서비스를 본 교육연구단에서 통합적으로 이용하여 학술 정보를 수집하고 구성원들에게 공유하는 활동을 전개할 것임. 이를 통하여 연구결과의 경쟁력 평가를 상시 실시하고 연구결과의 확산 전략을 수립하고자 함.
- (4) 본 교육연구단의 사회문화데이터사이언스 연구소를 활용하여 하기의 활동을 수행:
 - 국내외 대학 연구실과 원자력 산업계, 지역 산업체, 지자체와의 사회적 융합을 도모하기 위한 상설 협의체의 구축과 주기적인 교류.
 - 주요 이슈 동향과 원자력 관련 문제 및 기술 수요 파악을 위해 여론 수렴용 온라인 플랫폼을 구축, 활용함으로써 효과적인 문제해결 우선 순위 및 중요도를 측정하여 효과적인 연구수행의 기반을 마련.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.1 산업·사회문제 해결 기여 실적

본 교육연구단은 현재 원자력 산업과 관련된 현안을 해결하기 위한 기술 개발에 학문적 역량을 집중하여 왔으며, 미래 에너지 원천인 핵융합 연구로부터 파생한 플라즈마 공학 기술 및 방사광가속기 관련 공학 기술을 원자력 산업을 비롯한 산업계로 확산하기 위하여 노력하여 왔다. 또한, 첨단 인공지능 기술 및 로봇 시스템 기술을 적극적으로 도입하여 원자력 안전 운영 및 방사성폐기물 관리 등 사회 현안 해결을 위하여 선제적인 활동을 수행하고 있다. 원자력과 관련된 현안에 대한 사회적 논의 및 해결 방안 모색에 기여하기 위한 사회문제해결 위원회 활동도 활발하게 수행하여 왔다.

본 교육연구단의 산업 및 사회문제 기여 실적을 아래와 같이 현안 해결, 기술 융합 및 사회 융합의 세 가지 분야로 나누어 참여 교수별로 기술하였다.

[1] 원자력 현안 해결

(1) 안전 분야 -

- 원전 중대사고인 증기폭발 원인 분석: 2016년에 유럽 규제기관과 연구기관을 중심으로 격납용기 물의 수위가 낮은 상황에서도 증기폭발의 위험성이 높다는 실험적 보고가 이슈가 되었고, 이는 증기폭발을 피하기 위하여 낮은 물 수위를 고집한 일부 가동원전의 안전성 평가에 영향을 미치는 심각한 이슈가 되었음. 이에 따라 미국 규제기관 U.S. NRC의 요청에 따라 서로 다른 형태의 격납용기와 냉각수의 수위에 따른 중대사고인 증기폭발 현상이 어떻게 달라질 수 있는지에 대해 증기폭발 메커니즘을 바탕으로 분석함. 최종적으로 원전 안전성 면에서 중대사고 발생 시 뜨거운 용융물을 식히기 위한 냉각수 유입 시스템에 대한 기본 설계를 제안함.
- 사고저항성 핵연료봉의 열수력 안정성 평가: 후쿠시마 사고 이후 안전성 향상을 위해 미국 DOE와 산업체-연구소를 중심으로 사고저항성 핵연료봉 개발이 활발히 진행되었고 이는 전세계로 전파됨. 새로운 핵연료봉 재료를 개발하는 과정은 많은 안전성 평가를 요구하였고, 미국의 최대 원자력 회사인 Westinghouse사가 UW-Madison과 공동연구를 통하여 개발한 사고저항성 핵연료봉의 열수력 안전성을 평가하고 종합 의견을 제공함.
- 수출용 신형연구로 안전성 평가와 관련 자문: 소형 혹은 마이크로 원자로를 중심으로 원자로 수출 시장이 재편되는 과정에서 국내 기술로 개발한 신형연구로는 국내 원자력 기술의 해외 수출 기반을 구축하는 데 필수적인 요소임. 이에 따라 새롭게 개발된 국내 신형 연구로의 안전계통 설계에 관한 검증이 필요하여 국내 유일의 연구로 안전계통 실측 실험장치를 보유하고 실험을 수행한 경험을 바탕으로 자문을 수행함 (2019년 10월부터 12월까지). 국내의 연구로 상황을 살펴보면 기장에 연구로 건설계획이 진행되고 있었으나, 그 후 경주/포항 지진으로 인해 안전성에 대한 우려가 높아져 진행이 잠시 중단되었다가 최근에 다시 진행되는 사항임. 이에 따라 연구로의 안전계통에 대한 자문을 제공하는 것은 국내 원전 안전성 확보라는 면에서 그리고 해외 수출 시장을 선점할 수 있는 기술 검증이라는 면에서 중요하다고 평가됨.
- LNG 시설의 폐열 활용: 최근 LNG의 활용이 늘어나면서 LNG 시설에서 발생하는 폐열

을 활용하는 기술에 대한 필요성이 부각됨. 한국의 해수 환경에서 LNG 시설의 폐열을 최적으로 활용할 수 있는 발전 시스템에 대해 제안하고 운전조건, 사용 냉매 등에 따른 성능 예측 코드를 개발하여 이를 포스코에 제공함.

(2) 환경 분야 -

- 원자력발전소 1차 계통 제염 시 사용되는 유기 흡착제인 이온교환수지를 대체하기 위한 무기 흡착제 (CO_3^{2-} based Cancrinite와 MoSx chalcogenide) 개발을 수행함 (한국수력원자력, K-Cloud 프로그램).
- 원자력 발전소 운영 시 발생하는 핵종 (Cs, Sr, Ni)들의 제거와 흡착된 NaP 제올라이트를 담지한 Silica-Sol gel 고화체 합성에 관한 연구를 수행함 (해오름 동맹 R&D 사업).
- 원자력발전소 운영 중 발생된 폐수지 내에 흡착되어 있는 ^{14}C 의 분리 기술을 통해 폐수지 부피 저감과 더불어 폐수지로부터 제거된 ^{14}C 의 고정화 기술에 관련된 연구로써 폐수지에 함유되어 있는 ^{14}C 을 고효율로 제거하는 공정 개발을 통하여 폐기물 부피감용 및 처분비용을 절감할 수 있는 연구를 수행함 (한국연구재단, 원자력국제협력기반 조성 사업).
- 중저준위 방사성폐기물 처분장에서 유출 가능한 핵종 거동을 평가하기 위한 흡착 및 컬럼 실험을 진행하여 불포화대에서의 암반단열을 통한 핵종의 지연 현상을 평가함 (산업자원부 및 한국원자력환경공단 지원).
- 원자력발전소의 구조물인 콘크리트의 방사화 현상을 조사하고 방사화된 핵종의 상태를 평가한 정보를 제공하여 적절한 제염 기술 개발에 공헌함 (한국원자력연구원 지원).
- 자연상에 존재하는 우라늄의 제거와 해수에 존재하는 우라늄의 자원확보를 위한 기술을 개발하여, 오염된 환경의 복원과 경제적 이익에 공헌함 (한국연구재단 지원).
- 원전 밀집지역인 경상북도 지역사회의 원전 클러스트 및 원전지역 상생발전 포럼의 전문위원으로 활동하며 원전지역의 현안 문제 해결 및 기술적 자문 활동을 진행함 (경상북도 원자력정책과 지원).
- 중저준위 방사성폐기물 처분장을 운영하는 한국원자력환경공단의 기술 자문위원으로 활동하면서 경주 지역의 큰 사회문제인 처분장 안전성 문제에 대한 전문적인 기술 자문 활동 (한국원자력환경공단 지원).

(2) 환경 분야 -

- 원자력시설 제염 해체 과정에서 발생하는 흡착제를 처분이 적합한 형태로 처리하는 고화매질을 개발함. Chalcogel 흡착제를 고형화하는 인산철유리를 개발하고 Cancrinite 흡착제를 유리화하는 붕규산 유리를 개발하여 특성 분석 및 처분 인수 기준 시험을 수행함 (한국수력원자력, K-CLOUD)

- 핵연료 주기에서 발생하는 장반감기 휘발성 핵종인 Tc와 I를 고형화하는 텔루라이트 유리 고화체를 개발하고 고화체 내 핵종의 거동 및 장/단기 침출 거동을 연구함 (한국연구재단, 원자력연구개발사업)
- 파이로 공정에서 발생하는 방열성 핵종인 Cs와 Sr를 열적, 화학적으로 안정한 형태로 유리화하는 붕규산 유리 조성을 개발함 (한국연구재단, 원자력연구개발사업)
- 원자력 시설 해체에서 발생하는 방사성 콘크리트 폐기물을 고형화하는 인산 마그네슘 시멘트를 개발함 (한국연구재단, 원자력연구개발사업).

[2] 기술 융합 및 미래 기술

(1) 핵융합 플라즈마 연구 파생 기술 -

- 철강 청정생산기술: 포항 철강산단 업체인 (주)고려제강 연구소와 함께 철강 생산 공정 중에 발생하는 무기산 폐액으로 인하여 발생하는 환경 문제를 해소하기 위하여 고압력 플라즈마 기술을 활용한 청정생산기술을 개발함 (산업통상자원부 지원).
- 원자력 폐수 처리기술: 원자력발전소 냉각계통 유지보수 과정에서 발생하는 폐수의 부피를 절감하여 폐수 처리 비용 및 위험도를 절감하기 위하여 고압 플라즈마 기술을 활용한 제염 기술을 개발함 (한국수력원자력(주) 지원).

(2) 인공지능/무인로봇 분야 -

- 실내 방사선 사고 대응: 실내에서 방사선 사고가 발생한 경우 방사선의 위험 및 피해 정도를 사람이 직접 평가하기에는 피폭 등의 위험성이 높음. 이에 대응할 수 있는 자율주행 로봇 기술 및 방사선 맵핑 기술을 개발함. 특히, 실내에 방사선 위치가 확인 가능한 핵심 기술을 도출함.
- 말벌집 탐색 기술: 인공지능 및 드론 자율주행 기술을 활용한 산림 내 말벌집 탐색 기술을 개발함. 이를 통해 지역 양봉농가의 말벌에 의한 피해를 최소화하고 유해 해충을 박멸하기 위한 핵심 기술을 확보함.
- 산악 화재 대응 기술: 산악지형에서 산불이 발생될 경우 사람의 접근이 곤란하여 소방용 헬기나 드론을 통한 대응이 필요함. 그러나 사람이 드론을 직접 조종하여 소화탄 투하 업무를 수행하기에는 여러 가지 어려움이 존재함. 이에 화재 지역을 자동 탐지하고 해당 위치로 드론을 유도하고 소화탄 투하 위치를 자동 추천하는 인공지능 프로그램을 개발함.

[3] 사회 융합

(1) 온라인 플랫폼에서의 신뢰할 수 있는 정보 확보 방안 관련 -

- 2016년 네이버 대외정책실과 함께 온라인을 중심으로 다양한 영역에서 발생하고 있는 루머(rumor)의 유통과 확산 요인에 대해 연구를 진행함.

- 루머는 인류가 타인과의 커뮤니케이션을 형성하면서 나타난 지극히 오래된 현상이라고 할 수 있지만, 온라인 매체의 발전으로 인해 과거와는 비교할 수 없을만큼 급속한 유통과 광범위한 확산의 문제가 발생함.
- 특히 언제 어디서나 매체에 대한 접근이 가능해진 스마트환경에서는 무의식적인 상황에서도 루머의 소비와 유통, 확산이 일상화될 수 있음.
- 이에 루머의 형성 및 유통, 확산의 양상을 살펴보고 이에 대한 개인들의 인식은 어떻게 형성되고 있는지를 파악해 봄.
- 해당 연구 결과를 중심으로 네이버에서는 온라인 플랫폼에서의 신뢰할 수 있는 정보의 확보 방안 마련과 함께, fake news 검증을 위한 fact check 시스템의 구축으로 연결됨.

(2) 원자력감시위원회 활동 - (활동기간: 2017. 3 - 2019. 2)

- 경주 월성 원자력발전소와 중저준위 방사성폐기물 처분장의 안전성 감시위원으로 활동하며 매월 정기회의 참석과 방사성폐기물 분과위원으로 활동하였음. 원전에서 발생하는 각종 문제점 등을 주민들의 관점에서 감시하고 여기에 대한 의견을 전문가 입장에서 제시하여 원전운영에 반영하도록 하였고 방사성폐기물 처분장 운영을 주민들의 입장에서 감시하는 제도를 마련하였음. 아울러, 방사성폐기물 처분장 운영 시 발생하는 각종 문제의 해결과 보완에 대한 전문가 자문을 제공하였음.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.2 산업·사회문제 해결 기여 계획

본 교육연구단은 그동안 축적한 원자력 관련 기술, 플라즈마 및 가속기 관련 기술, 인공지능 및 로봇 시스템 기술을 바탕으로 미래 원자력 산업 및 사회 문제 해결에 노력하여 왔다. 앞으로는 본 교육연구단의 비전인 “미래사회를 위한 첨단원자력융합”을 추구하기 위하여 축적된 핵심 기술 (원자력 안전 및 환경, 미래 원자력 기술로서의 핵융합/플라즈마/가속기, 그리고 첨단 기술로서의 인공지능 및 로봇시스템) 역량을 바탕으로 사회 인문학적 역량의 개발과 융합을 강조할 것이다.

주요한 사회 인문학적 요소로서 현실 파악 및 대응 능력을 강화하기 위하여 과학기술 정보가 산업계 및 사회로 전달되고 인식되는 과정을 보다 면밀히 살필 것이다. 아울러 산업계 및 사회의 요구가 과학계에 효율적으로 수용될 수 있는 체계 전반을 검토하여 선순환적 기술 개발 및 활용 메커니즘을 도입함으로써 과학기술의 사회적 수용성을 제고하고자 한다.

본 교육연구단은 이러한 기술의 사회적 융합에 중점을 두고 원자력 산업의 현안 해결, 미래 원자력 관련 산업의 원천 기술 확보, 그리고 인공지능 및 로봇 시스템 첨단 기술의 확산에 노력할 것이다. 아울러, 이와 같은 활동에서 얻어지는 경험을 바탕으로 원전 지역 사회 갈등 해결 및 지역 주민의 삶의 질 개선을 위한 기술 개발에도 노력할 것이다.

위와 같은 비전과 전략 하에 본 교육연구단이 미래 원자력 산업 및 사회문제 해결을 위하여 지속적으로 펼치고자 하는 활동을 다음과 같이 주요 분야별로 계획하였다. 이어서 계획을 효과적으로 달성하기 위한 공통의 관리 방안을 제시하였다.

[1] 원자력 현안 해결

(1) 안전 분야

- 안전 컴포넌트 평가 시설 구축: 중대사고를 포함한 가동원전의 다양한 사고상황에서 일어나는 열수력현상에 대한 연구를 진행한 노하우를 바탕으로, 가동원전 안전성 향상을 위한 안전 컴포넌트의 성능을 평가할 수 있는 실험 시설을 갖추하고자 함. 이를 통하여 안전 규제 인허가 데이터를 산업체, 연구원 및 규제기관에 제공하여 보다 안전한 가동원전 시스템을 구축하는 데 기여하고자 함.
- 소형/마이크로 원자로 연구 선도: 국내 유일의 실측 사이즈의 수출형 연구로 안전계통 검증 실험장치를 설계/운영하여 본 경험을 바탕으로, 국내 원자력 기술의 해외 수출 시장 구축을 위하여 현재 이슈가 되고 있는 소형/마이크로 원자로 그리고 연구로에 대한 선도적 연구를 진행하여 국내 원자력 기술 경쟁력을 향상코자 함.
- 연료봉 안정성 평가 기술 확산: 앞선 Westinghouse사의 사고저항성 핵연료봉 개발에 공동연구를 수행하였고, 다양한 가열표면 조건이 열수력 인자에 미치는 영향에 대해 평가한 경험을 바탕으로, 원자력 안전 관련 법안에 따라 제공되어야 하는 핵연료봉 안전성 평가와 관련된 실험 기법 및 데이터를 산업체와 공유하여 산업계의 유연한 대응을 돕고자 함.

(2) 환경 분야

- 폐기물 부피 저감: 원자력 발전소 해체 시 발생하는 콘크리트 및 토양 폐기물의 부피 감용을 위한 공정 기술을 개발할 것임. 해체 폐기물의 양 및 처분 비용을 줄이는 데 큰

기여할 것으로 예상됨.

- 폐기물 처분 후의 안정성 평가: 원자력 발전소 해체 및 운영 시 발생하는 폐기물의 처분 후 안정성 평가를 위한 예측 모델을 개발할 것임. 주변 환경에 미칠 수 있는 영향을 앞서 평가해 원전 운영 시 발생하는 방사성폐기물 관리의 사회적 문제를 해결하는 데 기여할 것으로 기대됨.
- 방사성 폐기물 고형화/고정화 기술 개발: 원자력 발전소 운영 및 해체 시 발생될 수 있는 대표적인 방사성폐기물 8종 (폐수지, 농축폐액, 부식성슬러지, 토양슬러지, 폐필터, 콘크리트, 금속, 토양)의 고형화 및 고정화를 위한 다양한 조성의 시멘트 및 지오폐리머 고화체를 개발하고 산업체와의 협업을 바탕으로 기술적 문제를 해결하는데 기여할 것으로 예상됨.
- 폐기물 예측 및 핵종 분석: 원자력발전소 해체 과정에서 발생하는 다종/다량의 방사성폐기물의 양을 예측하고, 신속한 핵종 분석에 필요한 기술을 개발할 것임. 원전 해체에 필요한 원천 기술 및 전문인력 양성을 통한 지역사회 안전성 확보와 산업 활동 증가를 기대함.
- 원전 해체 및 방사성폐기물 처리 기술에 대한 지역 사회 인식 제고: 원전 해체 방사성폐기물의 안전한 제염 방법과 방사성폐기물 처분장의 안전한 처분 기술을 지역주민에게 정확히 전달하고, 환경 방사능 감시활동을 통하여 미래 원자력 산업에 대한 사회적 인식 제고 및 주민 공감대 형성에 기여하고자 함.

[2] 기술 융합 및 미래 첨단기술

(1) 핵융합 플라즈마 및 플라즈마 기술 응용:

- 원전 폐수 및 냉각수 처리: 현재 한국수력원자력(주) 및 포항시, 울산시, 경주시가 지원하고 있는 해오름 동맹 센터의 활동에 지속적으로 참가하여 수중 플라즈마 기술을 고도화함으로써 고농도 원전 폐수의 안전한 처리에 기여하며 냉각수 방류 시에 발생하는 환경 문제 완화에 기여하고자 함. 수중 플라즈마 기술은 일부 선진 국가에서는 어류 양식 등에도 적용되고 있으므로 지자체와의 협력을 통하여 지역 수산업계로의 기술 확산에도 기여하고자 함.
- 철강재 산화막 제어: 플라즈마 고속 산화 및 환원 기술을 활용한 철강 시설 부식 제거 및 방지 기술을 지속적으로 개발할 것임. 산업 시설의 부식으로 인하여 발생하는 경제적 손실 및 산업 위험도를 줄이는 데 기여할 것으로 기대함.
- 차세대 반도체 공정: 초임계 플라즈마 등 극한 상태 플라즈마의 산업 응용을 위한 반도체 산업계 및 철강 산업계와의 기술 교류회 활동을 확장할 것임. 특히, 점점 높은 파워 밀도 및 고밀도의 플라즈마를 요구하는 반도체 플라즈마 공정에 대한 기반 지식을 창출하고 산업계와 공유하는 활동을 증진할 계획임. 이러한 활동은 교내의 나노융합기술원의 연구 프로그램 및 삼성전자산학협력 프로그램 연계될 것이며, 교외의 한국생산기술

연구원 (울산 지원), 국가핵융합연구소 플라즈마기술센터, 국방과학연구소, 삼성전자 생산기술연구소, (주)세메스 연구소 등의 기관, 그리고 전국 다수 대학교의 플라즈마 관련 연구실과의 지속적인 교류 활동과도 연계될 것임.

- 수소 생산: 고압력 플라즈마 기술을 활용한 대규모 수소생산 기술 개발 과제를 수행하고 있음. 고온 습식 환경에서의 플라즈마-촉매 반응에 대한 기초 연구 및 공정 기술을 개발할 예정임. 포항 및 울산 산단 지역에서 대규모 수소 경제 체제를 구축하는 데에 기여할 것으로 기대함.

(2) 가속기

- 의료용 가속기: 암치료용 입자가속기 국산화를 통해 국내 환자들에게 저렴한 비용으로 암치료 기회를 확대하여 국민 복지 향상을 도모하고자 함. 또한, 기존 국외 입자치료기보다 성능이 향상된 입자치료기를 개발하여 한국의 의료 산업의 세계 시장 진출에 기여하고자 함.
- 고출력 가속기 기반의 원자력 기술: 가속기 구동식 원자로 시스템 연구를 통해 안전한 원자력발전소를 운영할 수 있는 기초를 다지고 방사성폐기물 처리에 대한 해법을 제시하여 국내외의 원자력 운영과 관련된 방사성폐기물 문제 해결에 기여하고자 함.

(3) 인공지능 및 로봇 시스템

- 원전 유지관리 시스템: 작업자의 위험 감소 및 데이터 정량화에 기여함. 이를 통하여 안전관리의 효율성 및 안정성의 증대와 중대사고 발생 위험의 절감을 기대함.
- 원전 사고 대응 로봇: 중대 사고 발생 시 원격 로봇 투입으로 신속한 사고현장 수습 및 인명피해 최소화 기술을 개발하고자 함.
- 방사선 맵핑: 방사성 물질 취급시설 내의 방사선 맵핑 기술 개발을 통해 원전 사고나 방사성물질 누출 확인을 실시간으로 수행하고 대피 전략 수립에 활용함으로써, 관련 시설 인근 주민의 안전을 확보하고 이를 통한 원자력의 사회 신뢰성을 제고하고 주민 수용성을 증대하고자 함.
- 극한환경 안전검사: 사람이 직접 수행하기 어려운 시설 내의 안전검사 수행 기술 및 투명한 정보 공개를 통하여 원자력 관련 시설의 사회적 투명성을 증대하고자 함.

[3] 사회 융합

(1) 지역주민의 삶의 질 개선을 위한 기술 개발

원자력 관련 지역을 대상으로 주민들의 삶의 질에 영향을 미치는 현안과 개선을 위한 기술 수요를 파악하고 관련 기술을 개발하고자 함.

- 해커톤(hackathon) 행사: 지역 기반 사회 문제의 현황 및 수요 파악을 위하여 지역주민, 공무원, 관계 전문가 등이 참여하는 집중 행사 실시

- 원자력 및 미래융합 기술 관련 사회문제의 분류: 원전 운영, 원전 산업의 변화, 그리고 미래융합 기술의 도래와 관련된 사회적 문제들을 기본 생활 6대 영역 (고령화 사회대비, 일자리, 교육, 환경, 교통, 안전) 중심으로 유형화하고, 관련된 데이터에 대한 수요를 파악하며, 데이터 축적을 위한 플랫폼을 구축할 것임.

- 사회문제 해결을 위한 협력 거버넌스: 민, 관, 산, 학의 협력 체계를 구축하고 지역 현안을 해결하기 위한 기술 모델을 제시하고 해결 방안을 공동으로 개발하고자 함.

(2) 원자력 관련 주민과 상시 소통할 수 있는 창구 운용

본 교육연구단과 관련된 경북 씨그라넷 센터 등, 대민창구가 될 수 있는 센터들을 활용하여, 지역주민의 현안문제 및 기술수요를 청취하고, 포스텍의 연구진에 의해 해결책을 도출하여, 현장적용 및 지역주민의 평가를 받아 개선하는 선순환 구조의 창구들을 운용할 것임.

(3) 지역환경 및 취업관련 지역밀착형 해결

지역개발에 크게 영향을 미치는 사회적 인식에 대한 문제점을 파악하고 해결책을 제시하기 위하여 하기의 활동을 수행하고자 함.

- 지역환경에 대한 국민들의 올바른 여론형성을 위한, 과학적인 접근방법을 마련
- 환경정보의 이동형 수집이 가능한 공중·육상·수중 드론을 활용하여, 정밀 환경정보 수집후, 대국민 홍보에 활용.

상기의 산업 및 사회 문제 해결 계획을 효과적으로 달성하기 위하여 본 교육연구단은 다음과 같은 공통의 관리 방안을 수립하였음. 본 교육연구단의 사회문화데이터사이언스 연구소를 중심으로 교육연구단 소속의 센터들을 연계하여 이러한 방안들을 실현할 것임.

- 지역 산업계 및 지자체의 현안 해결, 기술 이전 및 기술 창업을 지원하기 위한 자문 활동
- 기술의 사회적 수용성 등 기술과 사회와의 관계에 대한 인식을 제고하기 위한 내외부의 소통 활성화
 - 선진화된 사회 문제 해결 방법의 벤치마킹을 위한 활동에 대한 지원 (외부기관 연수, 전문가 초빙 등).
 - 공공기관 정책 제안 활동 장려 및 채택 시 인센티브 제공
 - 포항가속기연구소의 산업기술융합센터와의 협력 추구

3. 연구의 국제화 현황 및 계획

3.1 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

본 교육연구단은 2010년에 시작한 세계수준의 대학 (WCU) 사업 및 그 이후의 BK21플러스 3단계 사업을 통하여 성장하여왔다. 본 연구단은 WCU 단계부터 연구 환경을 국제적인 수준으로 높이기 위하여 사업에 참여하는 해외 석학의 국제적 활동을 벤치마킹하고 외국인 학생을 적극적으로 유치함으로써 참여 교수, 연구원 및 대학원생들이 자연스럽게 국제적인 연구 환경 및 공동연구 문화를 이루도록 유도하였다. 이러한 노력과 더불어 참여교수들은 각 학문 분야별 국제학회 활동 및 학술대회 참여, 학술지 편집위원, 논문 리뷰 활동 등을 활발히 수행하면서 학계에서의 가시성을 향상해오고 있다.

- 국제 학술지 활동: Journal of Hazardous Materials에서 10년 간 편집위원으로 활동하고 있으며, Current Environmental Management의 편집장(Editor-in-Chief)으로 활동 중임. 이 외에도 학술지 Water Research의 부편집장, 그리고 학술지 Bioresource Technology의 부편집장으로 기여하여 왔음.
- 국제 학술단체 활동: Water Environment Federation (WEF) 정회원 및 International Water Association (IWA) 정회원으로 활동 중임.
- 주요 학술대회 활동:
 - 2019년 11월 Spain Barcelona에서 개최된 4th Biostimulant World Congress에 참석하여 논문을 발표함.
 - 2018년 11월 인도 Lucknow에서 열린 BioSD2018에 초청강연자로 참여함.
 - 2018년 6월 그리스 Crete에서 열린 ISEB2018 (11th International Society for Environmental Biotechnology)에 Plenary lecturer로 참여함.

- 국제 학술지 활동: International Journal of Nuclear Materials, Environmental Science and Technology, Journal of Environmental Radioactivity, Chemical Engineering Journal 등 다수의 원자력 환경 및 방사성폐기물 분야의 저널에서 전문적인 리뷰어로 활동하고 있음.
- 국제 학술단체 활동: 미국화학회 (American Chemical Society), 미국원자력학회 (American Nuclear Society), 국제 지구화학회 (Geochemical Society), 미국지구물리학회 (American Geophysical Union) 의 정회원으로서 활동하고 있음.
- 주요 학술대회 활동:
 - (1) 2017년 4월 미국 ACS (American chemical society) spring conference에서 초청되어 "Removal Mechanism for Technetium (⁹⁹Tc) using Fe(OH)₂(s) at the Hanford Site"에 관련해 강연함.
 - (2) 2018년 3월 러시아 The 10th International Symposium on Technetium and Rhenium에 초청되어 "⁹⁹Tc Immobilization in Various Waste Forms"에 대해 강연함.

(3) 2018년 11월 미국 MATERIALS RESEARCH SOCIETY 2018 학회의 SESSION TOPIC: ET15: Scientific Basis for Nuclear Waste Management에서 좌장으로 활동함.

- 국제 학술지 활동: International Journal of Applied Glass Science, Journal of Non-Crystalline Solids, Journal of Asian Ceramic Societies, Journal of Material Science: Materials in Electronics에서의 Editor와 Editorial board member로 활동하고 있음.
- 국제 학술단체 활동: Materials Research Society (MRS) 정회원
- 주요 학술대회 활동:
 - 2017년 5월 The 12th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology에서 초청강연자로 참석하여 “Crystallization of PbS Quantum Dots on Rare-Earth Oxide Clusters”와 “Chalcohalide Glasses” 주제로 두 건의 강연을 수행함.
 - 2016년 11월 CerSJ-GOMD Joint Symposium on Glass Science and Technologies와 동년 9월 7th Brazilian Meeting on Rare Earths에 초청되어 “Clustering of rare-earths and its effect on the precipitation of PbS quantum dots in glasses”를 강연함.
 - 그 외 20th International Symposium on Non-oxide and New Optical Glasses, 7th International Conference on Optical, Optoelectronic and Photonic Materials and Applications, The 24th International Congress on Glass, 11th International Symposium on Crystallization in Glasses and Liquids 등 다수의 학회에 초청강연자로 참석함.

- 국제 학술지 활동:
 - 제어분야 SCIE급 국제 학술지인 IJCAS (International Journal of Control, Automation, and Systems)의 Associate Editor로서 2018년부터 활동하고 있으며, 2019년에는 해양 로봇 특집호 편집장을 역임함. 활발한 활동으로 2019년 12월 31일 IJCAS Academic Activity Award 2019를 수상함.
 - 로봇 공학, 제어, 센싱, 신호처리 관련 주요 저널의 논문 심사 참여해오고 있음.
- 국제 학술단체:
 - IEEE Oceanic Engineering Society (OES) 정회원 및 한국지부 의장
 - Institute of Control, Robotics and Systems (ICROS) 정회원 및 학회지 부편집장
 - 한국로봇학회 수중로봇연구회 회장
- 주요 학술대회 활동:
 - 수중 IT/ 로봇 분야 세계 최대 학술대회인 IEEE OES (Ocean Engineering Society)의 Korea Chapter(OE22)를 최초 설립하였고, 2013년부터 좌장을 맡으며 활발히 활동하고 있음.
 - IEEE OES에서 두 번째 규모의 학술대회인 International Symposium on IEEE

Underwater Technology를 2017년 Busan에 유치하였음. 수중 로봇 및 수중 센서 분야의 전세계 권위자들이 참가하였으며, 포스텍과 우리나라 연구그룹의 위상을 높였음.

- 로봇 제어 및 시스템의 대규모 학술대회 중 하나인 Conference on IFAC (International Federation of Automatic Control) CAMS (Control Applications in Marine Systems, Robotics, and Vehicles) 2019 Daejeon의 조직위원으로 활동하며, 미국(ONR)의 학회 후원금 유치 및 학회 우수논문의 IJCAS 특집호 게재 등 주요 공헌을 하였음.

- 원자력 및 극한환경로봇 분야의 국제협업을 위해 동경대에서 열린 International Workshop on Safety and Maintenance of Nuclear Engineering and Hazardous and Extreme Environment Robots and Sensing Systems 2019을 조직하였음. 첨단 원자력연구 및 원자력 해체 등에 활용될 무인화 기술을 연구하기 위한 워크숍으로, 한미일의 최고 전문가가 모였으며, 미육군 및 미해군의 지원을 받았음. 이를 계기로 2020년 포스텍에서 2차 워크숍 및 MOU를 진행하기로 계획하였음. 향후, 원전해체 사업 등에 활발한 국제협업이 예상됨.

• 국제 학술지 활동:

- 플라즈마 물리학 분야의 대표적인 학술지인 Plasma Physics and Controlled Fusion (PPCF)의 편집위원으로 활동하고 있으며, 새로운 학술지인 Plasma Research Express의 창립 멤버로 참여함.

- Association of Asia-Pacific Physical Societies (AAPPS) 학회의 학술지인 AAPPS Bulletin의 편집위원으로 활동하고 있음.

- Nuclear Fusion, PPCF, Physics of Plasmas, Review of Scientific Instruments, Plasma Chemistry and Plasma Processing, Plasma Sources Science and Technology 등 플라즈마 학계의 주요 저널에서 리뷰어로서 활발하게 활동하고 있음.

• 국제 학술단체 활동:

- 핵융합 플라즈마 연구계의 공식적인 국제공동활동 단체인 Internatioanl Tokamak Physics Activities (IPTA) 기구에서 플라즈마 진단 분과의 한국 대표 및 MHD물리 분과의 전문가로 활동하고 있음.

- 아시아 태평양 지역의 물리학회 연합 학술 단체인 Associations of Asia-Pacific Physical Societies (AAPPS)의 플라즈마 분과 정회원으로서 AAPPS의 플라즈마 분과 학술대회의 Scientific Committee 멤버로 활동하고 있음.

- 한국-일본 핵융합연구개발 협의체의 주요 멤버로서 양 정부 간 협약을 위한 연례 미팅 및 정기적인 학술 교류회에 참석하여 왔으며, 일본 NIFS 연구소의 핵융합 실험 프로그램에 진단장치 공동개발 및 운영 등 학문적인 기여를 하여왔음.

• 주요 학술대회 활동:

- IPTA 진단 분과의 2014년 워크숍을 주최하였고 2020년 워크숍 조직위원회로 활동하였음. 거의 매년 IPTA 진단 분과 워크숍에 참가하며 핵융합 플라즈마 진단 기술 발전을 위한 국제 공동의 노력에 동참하고 있음. 이 외에도 IPTA MHD물리 분과, IPTA 고에너지입자 분과 등의 워크샵에도 연구 결표를 발표하여 핵융합로 노심 기술 개발에 기여

해오고 있음.

- 동아시아 지역 및 북미, 유럽의 플라즈마 연구자들과 함께 East Asia School and Workshop on Laboratory, Space, and Astrophysical Plasma (EASW) 여름학교를 조직하고 강연하여왔음. 2015년 제5회 EASW를 주최하였고 2018년 제8회 EASW 조직위원으로 활동함.
- 국제 연례 학술대회인 KSTAR Conference의 Scientific Committee 멤버 및 조직위원회 멤버로 활동하여 왔음. 이외에도 한국물리학회 학술대회에서 해외학자들이 참여하는 플라즈마 분과 포커스 세션을 수차례 조직하고 운영함.
- 2020년 제20회 International Congress on Plasma Physics (ICPP) 학회의 조직위원으로 활동하고 있음.
- 주요 초청강연 실적: ○ 2015년 제57회 미국물리학회 플라즈마 분과 (APS-DPP) 연례 학술대회 초청발표. ○ 2016년 제26회 IAEA Fusion Energy Conference 초청발표. ○ 2016년 제6회 International Conference on Microelectronics and Plasma Technology 초청발표. ○ 2018년 제19회 International Congress on Plasma Physics 초청발표. ○ 2018년 제1회 Asia Pacific Conference on Plasma and TeraHertz Science (APCOPTS) 초청발표. ○ 2017년, 2018년, 2019년 KSTAR Conference 초청발표.

- 국제 학술지 활동: International Journal of Heat and Mass Transfer, Nuclear Technology, Nuclear Engineering and Design 등에서 원자력 안전 및 열수력 분야의 리뷰어로 활동하고 있음.
- 국제 학술단체 활동: American Nuclear Society(ANS)의 Young member임.
- 주요 학술대회 활동:
 - ANS Annual Meeting, International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH), Korea-Japan Symposium on Nuclear Thermal-Hydraulics and Safety (NTHAS), International Conference on Boiling and Condensation Heat Transfer 등의 국제 학회에서 활발한 학술 활동을 전개하고 있음.
 - 2013년도 International Conference on Multiphase Flow에서 세션 좌장으로 활동함.

3.2 참여교수의 국제 공동연구 실적 및 계획

<표 3-5> 최근 5년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
1			미국/ Pacific Northwest National Laboratory, Lawrence Berkeley National Laboratory	Sarah A. Saslow, Wooyong Um, Carolyn I. Pearce, Mark E. Bowden, Mark H. Engelhard, Wayne L. Lukens, Dong-Sang Kim, Michael J. Schweiger, and Albert A. Kruger (2018) “Cr(VI) Effect on Tc-99 Removal from Hanford Low-Activity Waste Simulant by Ferrous Hydroxide”, Environmental Science and Technology, 52, 11752-11759.	DOI: 10.1021/acs.est.8b03314
2			미국/ Brookhaven National Laboratory	Jinmo Ahn, Won-Seok Kim, Jin-Beak Park, Arokiasamy J. Francis, and Wooyong Um “Temporal changes of geochemistry and microbial community in low and intermediate level waste (LILW) repository, South Korea”, Annals of Nuclear Energy, 128, 309-317, 2019	DOI:10.1016/j.anucene.2019.01.029
3			영국/ University of Sheffield	Martin C. Stennett, Tae-Hyuk Lee, Daniel J. Bailey, Erik V. Johnstone, Jong Heo and Neil C. Hyatt “Ceramic Immobilization Options for Technetium”, MRS Advances, 2(13), (2017) 753-758	DOI: 10.1557/adv.2017.268
4			영국/ University of Sheffield	Bailey, D. J., S. M. Lawson, S. K. Sun, M. C. Stennett, T-H. Lee, B. Ravel, C. L. Corkhill, J. Heo, and N. C. Hyatt. "A new approach to the immobilisation of technetium and transuranics: Co-disposal in a zirconolite ceramic matrix." Journal of Nuclear Materials 528 (2020): 151885.	DOI: 10.1016/j.jnucmat.2019.151885
5			영국/ Univ. Warwick	* B. Chapman et al. "Nonlinear wave interactions generate high-harmonic cyclotron emission from fusion-born protons during a KSTAR ELM crash", Nucl. Fusion 58 (2018) 096027 * B. Chapman et al., "Interpretation of suprathermal emission at deuteron cyclotron harmonics from deuterium plasmas heated by neutral beam injection in the KSTAR tokamak", Nucl. Fusion 59 (2019) 106021	* DOI:10.1088/1741-4326/aacf47 * DOI:10.1088/1741-4326/aa8e09

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
6			미국/Utah State Univ.	Jeong-Young Ji, Gunsu S. Yun, Yong-Su Na, and Eric D. Held, "Electron parallel transport for arbitrary collisionality", Phys. Plasmas. 24 (2017) 112121	DOI:10.1063/1.5004531
7			미국/ University of Wisconsin-Madison	HJ. Jo, H. Yeom, E. Gutierrez, K. Sridharan, M.L. Corradini, "Evaluation of critical heat flux of ATF candidate coating materials in pool boiling," Nuclear Engineering and Design, Vol. 354, 2019, pp.1.	DOI:10.1016/j.nucengdes.2019.110166

3. 연구의 국제화 현황 및 계획

3.2 참여교수의 국제 공동연구 실적 및 계획

(1)

- 해수물질 방사성 오염 분석: 러시아의 Joint Institute for Nuclear Research(JINR)의 [redacted]과 해수물질에 포함되어 있는 방사성물질의 분석을 위하여 협력하기로 함. 이에 의거하여 홍합조개 속 미량방사성 물질의 분석 연구를 추진할 예정임. JINR 연구소로부터 패류 내 미량방사성물질 분석기법을 교육받을 계획이며 공동 분석 연구를 수행할 것임. 향후에 JINR와의 공동연구를 확장하여 연근해 및 국제 해역의 방사성물질 분포도 구축 및 통계 분석 연구를 수행할 것임.

(2)

(2) 원자력환경 분야의 가장 큰 사회문제인 방사성폐기물 관리 및 처분에 관한 지속적인 국제 공동연구 활동을 아래와 같이 지속적으로 수행할 계획임.

- 자연 환경에서의 핵종 거동: 미국 Pacific Northwest National Laboratory의 [] 과 자연계 환경 내에서의 핵종 거동 특성 연구를 통하여 처분장 건설을 위한 핵종의 안전성 평가 연구를 실시하고, 시멘트 고화체 및 유리화 기술을 활용하여 이동성이 높은 핵종의 장기적 안정화 기술 개발 연구를 수행할 계획임.
- C-14 분리 기술: 영국 Univ. of Sheffield의 [] 와 현재 진행하고 있는 한영 국제 공동과제를 중심으로 원자력발전소 운영 중 발생된 폐수지 내에 흡착되어 있는 C-14의 분리 기술을 통해 폐수지 부피 저감과 더불어 폐수지로부터 제거된 14-C의 고형화 기술에 관련된 연구를 수행하고 있으며 이를 지속적으로 진행함.
- 중저준위 폐기물 처분: 독일 KIT (Karlsruhe Institute of Technology)-INE (Institute for Nuclear Waste Disposal)의 [] 과 처분장 환경 내에서의 핵종의 흡착반응 및 용해도 실험을 수행할 계획이며, 이를 바탕으로 중저준위 폐기물의 처분 후 안정성 평가를 위한 지화학 및 열역학적 모델링 입력 자료로 사용하며, 처분장 안전성 평가 예측 모델에 활용할 예정임.

(3)

- 원전 극한환경 로봇: OECD/NEA Nuclear Educations, Skill and Technology (NEST) Project의 일환으로 동경대 인공물 공학연구센터 (Research into Artifacts, Center for Eng.) 센터장 [redacted] 와 비정비된 환경(Unstructured Environment)에서 로봇의 자율주행에 관한 공동연구 진행 중에 있음. [redacted] 는 후쿠시마 원전 해체 로봇개발을 주도하고 있으며, 원전 로봇에 관한 연구의 세계 최고 권위자로 방사능 환경 강인 로봇 개발, 원전 구조물 안전 구조 관리 무인화 기술의 근간이 되는 비정비된 환경에서의 로봇 임무 수행에 대한 연구를 진행할 계획임.
- 극한환경 원격 제어 및 센싱: 미국 ANL의 Robotics and Remote Systems 그룹은 원격 제어 기술과 센싱의 세계적인 기술을 보유하고 있고, WHOI의 Applied Ocean Physics and Engineering 연구실의 [redacted] 는 극한 로봇 개발의 선도그룹임. 본 연구단은 ANL과 WHOI 연구팀과 카메라를 사용할 수 없는 극한의 저시계 환경에서 소나를 기반으로 한 비정비된 환경에서 로봇의 실시간 지도 제작 및 위치 파악(Simultaneous localization and mapping, SLAM) 및 원격로봇제어 대해 연구할 예정임.

(4)

- 플라즈마 파동 전산모사 및 해석: 핵융합로 노심 제어 기술의 진보를 위하여 영국 Warwick 대학교의 EPOCH 시뮬레이션 코드를 활용한 공동 연구를 지속할 것이며, 미국 Utah State University(USU)의 [redacted] 와 함께 KSTAR 토카막에서 관측한 파동에 대한 해석 연구를 지속할 것임.
- 고주파 플라즈마 파동 진단: 일본 NIFS 연구소와 함께 고주파 플라즈마 파동 진단 시스템의 성능을 향상시키기 위한 공동의 노력을 지속할 것임.
- 기계학습 모델 개발: 미국의 PPPL 연구소 및 Princeton 대학교 ([redacted] 그룹)와 핵융합 플라즈마 붕괴 및 유체 불안정 현상에 대한 기계학습 모델 개발을 위하여 공동 연구를 추진할 계획임.
- 강결합 플라즈마 물성 연구: 본 교육연구단의 겸직교수인 미국 USU의 [redacted] 와 함께 강결합 플라즈마에서의 Collision operator 개발을 수행할 것이며, 미국의 LLNL 연구소의 [redacted] 와 함께 극한상태 플라즈마 분야에서 협력할 계획임.
- 수중 플라즈마: 본 교육연구단의 겸직교수인 영국 Loughborough University의 [redacted] 교수와의 협력 관계를 더욱 공고히 함으로써 수중 플라즈마 진단 및 모델링 분야의 연구 역량을 보완하고자 함.

(5)

- 사고저항성 핵연료봉의 안전성 평가 연구: 후쿠시마 사고 이후 중대사고 예방 차원에서 사고저항성 핵연료봉 개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음. 미국 DOE의 산학연 연합연구 지원 하에 Westinghouse사와 UW-Madison가 공동으로 수행 중인 사고저항성 핵연료봉 개발 과제의 international collaborator로서 핵연료봉의 안정성 평가를 수행하고 있음.
- 소형/마이크로 원자로 개발 연구: 최근 국제사회는 온실가스 감축에 대응하기 위해 소형/마이크로 원자로 설계 및 개발에 박차를 가하고 있음. 2020년 4월 IAEA는 소형/마이크로 원자로들의 안전 설계에 대한 기준을 제시함. 마이크로 원자로 설계 및 안전 타당성 연구를 진행하고 있는 UW-Madison과 소형원자로의 안전성 평가 실험을 수행하는 Oregon State University, INL과 공동연구를 진행하고 있음.

(6)

- ^{14}C 를 흡착 이온교환수지 처분: 영국의 University of Sheffield와 2015년부터 총 3건의 공동연구를 진행 하였으며 현재 ^{14}C 를 흡착한 이온교환수지 처분에 적합한 형태로의 전환 및 최종 처분 고화체의 개발을 공동연구 중이며 연구원 교류를 계획하고 있음.

3. 연구의 국제화 현황 및 계획

3.3 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

본 교육연구단은 WCU 단계부터 현재 진행 중인 BK21플러스 3단계 사업의 전 기간에 걸쳐 참여교수 및 해외 석학의 학술적 네트워크를 활용하여 해외기관과의 교류 활동을 활발하게 유지하여왔다. 향후에도 공동 연구를 위한 방문 및 학생 연수를 유지하고 공동 워크숍, 교환 학생 파견 등의 새로운 교류도 추진할 계획이다.

[1] 원자력

(1) 안전 분야

- (실적1) 미국 University of Wisconsin-Madison: 2019년 6월 9일부터 미국 미네아폴리스에서 열린 ANS 2019 학회 참석을 겸하여 [redacted]가 University of Wisconsin-Madison 연구팀과 그 동안의 사고저항성 핵연료봉 연구 결과 및 분석, 향후 공동 연구 계획에 대해 논의함. 공동 연구 내용의 일부가 저널 [Jo, HangJin, et al. "Evaluation of critical heat flux of ATF candidate coating materials in pool boiling." Nuclear Engineering and Design 354 (2019): 110166]에 출판되었고, 추가 저널 작성이 계획되어 있음.
- (실적2) 미국 Idaho National Laboratory 및 Oregon State University: 2019년 8월 18일부터 미국 포틀랜드에서 열린 18th NURETH 학회 참석을 겸하여, [redacted]가 Idaho National Laboratory와 Oregon State University 연구팀과 함께 핵연료봉 안전성 향상을 위한 공동연구를 기획함. 현재 한-미 공동연구를 위한 선행연구를 진행 중에 있음.
- (실적3) 일본 Univ. Tokyo (동경대학교): 2019년 12월, 동경대에서 열린 '1st International workshop on safety and maintenance of nuclear engineering and hazardous and extreme environment robots and sensing systems 2019'에 [redacted]와 학생 1인 [redacted]이 참가하여 후쿠시마 사고에 대한 현장 상황 및 후처리 과정을 파악하여 가동원전의 안전성 향상을 위한 전략 수립에 활용함.
- (계획1) 2020년 2월에 University of Michigan-Ann Arbor에서 열린 'Nuclear power plant simulator training'교육을 계기로 [redacted]외 8명의 대학원생이 Univ. Michigan-Ann Arbor의 원자력 열수력 연구실, Univ. Wisconsin-Madison의 원자력 열수력 연구실 및 원자력 재료 연구실을 견학함. 이때, 안전한 시스템 설계를 위한 센싱 시스템 개발 및 신규 원자력 재료의 열수력 안전성 평가 등의 공동연구에 대한 협의를 진행하였고, 이를 추후 I-NERI 등의 한-미 공동연구로 발전시켜 정기적인 연구자 방문 교류 및 화상회의 등을 진행하려 함.
- (계획2) Univ. Michigan-Ann Arbor 와 Univ. Tokyo와는 학과 차원의 MOU가 맺어져 있어 원자력 안전 실험-계산적 연구에 대한 워크숍, 후쿠시마 사고를 바탕으로 한 중대사고 완화에 관한 워크숍 등을 정기적으로 진행할 계획임.

(2) 환경 분야

- (실적1) 영국 University of Sheffield: 2015년부터 2018년까지 핵연료 주기에서 발생하는 고위발성 Tc 및 I 폐기물 관리 기술 개발 프로젝트를 공동으로 수행했으며, 이와 관련해 본 학부 소속 [redacted] (2019년 8월 졸업), [redacted] 학생은 2018년 1월 20일부터 2월 5일까지 2주간 Sheffield 대학을 방문하여 핵종 담지를 위한 저온 공정 시멘트, 지오폴리머, HIP 세라믹 등의 제조 기술 연구를 수행함. 또한 2019년 7월부터 9월까지 본 학부 소속 [redacted] 학생 (2020년 2월 졸업)이 Sheffield 대학을 방문하여 유리 고화체의 조성 및 관련된 유리 침출시험 (PCT, MCC-1)에 관련된 노하우를 공유함.

- (실적2) 미국 Pacific Northwest National Laboratory (PNNL): 2018년 6월부터 2019년 5월까지 학생 1인 [redacted] 이 PNNL에서의 교육 연수를 통하여 무기 흡착제인 이중층수산화물 제조 및 요오드 제거에 대한 연구이론 및 실습 그리고 2018년 7월부터 8월까지 철산화물을 이용한 테크니슘 고정화 연구를 수행하고, 2019년 6월부터 2020년 5월까지, 학생 1인 [redacted] 이 원자력 산업(원자력발전소 및 후행핵주기)에서 폭넓게 사용되는 스테인리스강의 열화현상 연구를 진행하였고 지속적으로 수행 중임.
- (실적3) 독일 Karlsruhe Institute of Technology (KIT): 2018년 10월부터 2019년 4월까지, 학생 1인 [redacted] 이 KIT의 Institute of nuclear waste disposal (INE)에서의 교육 연수를 통하여 Beryllium에 대한 Solubility 및 시멘트와의 Sorption 실험 연구를 공동 진행함.
- (실적4) 말레이시아 국립대학교 (Universiti Kebangsaan Malaysia: UKM): 2019년 2월부터 2020년 6월까지, 학생 1인 [redacted] 이 UKM에서의 교육 연수를 통하여 Sprague Dawley 쥐를 이용해 232-Th, 238-U이 생체에 미치는 영향 연구를 진행하였고 지속적으로 수행 중임.
- (실적5) 영국 University of Central Lancashire (UCLAN): 2016년 3월 30일부터 1년 동안 학생 1인 [redacted] 이 UCLAN의 [redacted] 연구실에 파견되어 Ammonium molybdate phosphate-polyacrylonitrile(AMP-PAN) 복합체를 이용한 Cesium 흡착과 monosodium titanate 복합체를 이용한 strontium 흡착에 관한 연구를 수행함. 그 결과는 박사학위 연구의 한 부분으로서 논문으로 작성 중에 있음. AMP-PAN 대신 포항, 경주 등지에서 채취되는 천연 제올라이트를 사용한 흡착 실험으로 확장하였으며, 향후 Cesium과 Strontium의 선택적 분리 공정에 응용할 예정임.
- (계획1) 지속 활동: 원자력 환경 보존 및 복원, 방사성폐기물 관리 연구를 위해 PNNL, KIT-INE, UKM 그리고 Sheffield 대학교에 학생 교육 연수 프로그램을 유치하고 지속적인 국제 공동연구를 수행할 예정임.
- (계획2) 러시아 Joint Institute for Nuclear Research (JINR): 패류 내 미량방사성물질 분석 교육을 위하여 학생 연구원을 JINR에 파견할 예정임. 연근해 및 국제 해역의 방사성 물질 농도에 대한 통계자료 및 오염 분포도를 구축하기 위하여 JINR과의 소통 및 교류를 지속할 것임.

[2] 기술 융합 및 미래 기술

(1) 핵융합 플라즈마 및 가속기

- (실적1) 영국 Univ. Warwick: 2018년부터 Warwick 대학교로부터 플라즈마 입자 시뮬레이션 툴인 EPOCH 코드를 도입함. 이를 통하여 플라즈마 물리 교육을 위한 시뮬레이션 예제를 다수 개발함.
- (실적2) 일본 NIFS 연구소 및 규슈 대학교: 2016년부터 매년 핵융합 플라즈마 파동 해석에 대한 워크숍 및 공동 실험장치 개발 등의 형태로 교류함.
- (실적3) 프랑스 Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA): CEA 산하 IRFM 연구소와 함께 프랑스의 새로운 핵융합 토카막 실험 설비인 WEST에 고속 영상촬영 장치인 ECEI 시스템을 공동으로 개발함.
- (실적 4) 미국 Princeton Plasma Physics Laboratory (PPPL): 핵융합 플라즈마 중심부의 유체 현상 시뮬레이션을 위해 PPPL의 M3D-C1 코드를 도입하여 공동 연구를 수행함.
- (계획1) 지속 활동: 시뮬레이션 교육 및 연구 협력을 위하여 영국 Univ. Warwick, 일본

교토대학교 및 일본 NIFS 연구소에 학생 연수 프로그램을 유지할 것임. 본 교육연구단이 보유한 세계 최고 수준의 핵융합 플라즈마 진단 분야의 경쟁력을 기반으로 NIFS 연구소의 Large Helical Device 등 국내외의 핵융합 연구 시설에 진단 시스템 개발을 지원하기 위한 국제 협력 활동을 지속할 것임.

- (계획2) 미국 Lawrence Livermore National Laboratory: 초임계 플라즈마 등 극한 상태 플라즈마 연구를 개척하기 위하여 플라즈마 진단 분야에서의 협력 연구를 심화하고 인적 교류 확대할 계획임.
- (계획3) 미국 Princeton University 및 PPPL: 핵융합 플라즈마 데이터 분석에 기계학습 기술을 도입하기 위하여 [redacted] 그룹과 데이터 공유 등의 협력 연구를 추진할 계획임.
- (계획4) 미국 Argonne National Laboratory: 학생을 파견을 통하여 10년 후 실현될 차세대 가속기 연구를 수행할 예정임.

(2) 로봇 시스템

- (실적1) 2019년 12월 13일 동경대에서 열린 ‘1st International workshop on safety and maintenance of nuclear engineering and hazardous and extreme environment robots and sensing systems 2019’에 [redacted] 와 [redacted] 이 참가하여 포스텍이 개발 중인 원전 안전관리 로봇에 대해 소개하고 관심과 의견을 청취함. 또한 일본의 원전 로봇 개발 수준 및 동향, 후쿠시마 원전 사고 수습용 로봇의 진행상황 등을 파악함.
- (실적 2) 일본 동경대학교: 실용화 기술 개발 중심의 일본 대표 연구기관인 동경대 생산기술연구소(Institute of Industrial Science)와 포스텍 간의 수중드론 등 극한환경로봇 분야의 공동연구 및 연구자 교류를 위하여 상호양해각서를 체결함 (2016년 5월 18일 체결, 2019년 8월 22일 갱신).
- (계획1) 포스텍-동경대 간 “원자력 안전 및 극한환경 로봇”에 대한 정기적 워크숍을 실시하기로 함. 홀수 연도는 동경대에서 개최하고, 짝수 연도에는 포스텍에서 개최하여 상호 연구자 및 대학원생 교류를 협의함.

[3] 사회 융합

- (계획1) 영국 The National Centre for Text Mining (NaCTeM): NaCTeM 센터와의 연구 협력관계를 구축하여 비정형 빅데이터분석을 위한 software tool의 최신 동향을 파악하고, 비정형빅데이터 분석이 실질적인 정책연구에 활용될 수 있는 방안을 모색할 것임. 갈등상황에서의 전반적인 여론 파악이 중요하지만, 문제해결을 위해서는 단순히 text mining 고도화 이외에도 정책화과정에 효과적인 참여가 수반되어야 함. 이런 측면에서 NaCTeM이 보유하고 있는 경험과 노하우는 큰 도움이 될 것임.
- (계획2) 미국 조지메이슨대학 S-CAR (School for Conflict Analysis and Resolution): S-CAR 스쿨은 공공 정책 관련 갈등해결을 위한 이론 및 방법론에 있어 다양한 교육자원을 보유하고 있는 기관으로서 본 교육연구단이 추구하고 있는 연구모델과 공유할 수 있는 요소가 다수 존재함. 이미 연구네트워크가 구축되어 있는 조지메이슨대학 사회학과와 [redacted] 와 함께 연구 협력을 위한 프로그램을 구축하여 원자력 관련 주요 이슈 및 갈등 분석 과정에 결합할 계획임.

[첨부 1] 2020년도 신청학과 소속 전체 교수 현황

기준일	원소속		신청 학과명	성명		직급	연구자 등록번호	전공분야	세부전공분야	전임/ 겸임	참여요건 검증	신임/ 기존	이공계열/ 인문사회계열	임상/ 기초	외국인 /내국인	사업 참 여 여부	비고
	대학명	학과명		한글	영문												
2020.05.08	포항공과대학교	첨단원자력공학부	첨단원자력공학부					원자력공학	핵연료주기학	전임	0	신임	이공계열		내국인	참여	
2020.05.08	포항공과대학교	첨단원자력공학부	첨단원자력공학부					재료공학	비정질재료	전임	0	기존	이공계열		내국인	참여	
2020.05.08	포항공과대학교	첨단원자력공학부	첨단원자력공학부					화학공학	생물화학공학	전임	0	기존	이공계열		내국인	참여	
2020.05.08	포항공과대학교	인문사회학부	첨단원자력공학부					사회학	정보/과학기술사회학	겸임	0	신임	인문사회계열		내국인	참여	
2020.05.08	포항공과대학교	첨단원자력공학부	첨단원자력공학부					해양공학	기타해양공학	전임	0	기존	이공계열		내국인	참여	
2020.05.08	포항공과대학교	첨단원자력공학부	첨단원자력공학부					물리학	플라스마물리	전임	0	기존	이공계열		내국인	참여	
2020.05.08	포항공과대학교	첨단원자력공학부	첨단원자력공학부					기계공학	열및물질전달	전임	0	신임	이공계열		내국인	참여	
2020.05.08	포항공과대학교	엔지니어링특성화협동과정	첨단원자력공학부					기계공학	다상유동	전임	0	기존	이공계열		내국인	미참여	

전체 교수 수	전체교수 수	8	기존 교수 수 (참여교수)	전체 교수 수	4	신임교수 수 (참여교수)	전체 교수 수	3
	전임 교수 수	7		전임 교수 수	4		전임 교수 수	2
	겸임 교수 수	1		겸임 교수 수	0		겸임 교수 수	1
전체 참여 교수 수	전체 교수 수	7	이공계열 교수 수 (참여교수)	전체 교수 수	6	인문사회계열 교수 수 (참여교수)	전체 교수 수	1
	전임 교수 수	6		신임 교수 수	2		신임 교수 수	1
	겸임 교수 수	1		기존 교수 수	4		기존 교수 수	0
신임교수 실적 포함 여부		기타 업적물(저서, 특허, 기술이전, 창업 실적) /연구비/ 교육역량 대표실적				신임교수 실적포함여부 : 예		

[첨부 2] 2020년도 교육연구단 참여교수의 지도학생 현황

기준일	대학명	신청학과명	성 명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
2020.0 5.15	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					외국인	타교			석사	4	참여	
2020.0 5.15	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	1	참여	
2020.0 5.15	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	1	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	3	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	2	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	3	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	4	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	1	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	2	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	4	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	3	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	1	참여	

기준일	대학명	신청학과명	성명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	3	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	2	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	3	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석사	3	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	8	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			박사	12	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	1	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	8	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			박사	3	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	11	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	10	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			박사	2	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	1	참여	

기준일	대학명	신청학과명	성 명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	7	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	5	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	2	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	1	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	2	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			박사	1	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					외국인	타교			박사	6	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					외국인	타교			박사	7	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					외국인	타교			박사	6	참여	

기준일	대학명	신청학과명	성 명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					외국인	타교			박사	13	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	14	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	8	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	8	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	13	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	17	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	15	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석박사통합	1	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	7	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	8	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석박사통합	8	참여	

기준일	대학명	신청학과명	성 명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	3	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석박사통합	7	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석박사통합	1	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	자교			석박사통합	16	미참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석박사통합	10	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					내국인	타교			석박사통합	6	참여	
	포항공과 대학교	첨단원자력공학부					외국인	타교			석박사통합	1	참여	

전체 대학원생 수 (명)	석사	16	참여 대학원생 수 (명)	석사	15	참여비율 (%)	석사	93.75
	박사	19		박사	14		박사	73.68
	석·박사통합	17		석·박사통합	12		석·박사통합	70.59
	계	52		계	41		전체	78.85
자교 학사 전체 대학원생 수 (명)	석사	0	자교 학사 참여 대학원생 수 (명)	석사	0	자교학사참여비율(%)	석사	-
	박사	3		박사	2		박사	66.67
	석·박사통합	10		석·박사통합	5		석·박사통합	50.00
	계	13		계	7		전체	53.85
외국인 전체 대학원생 수 (명)	석사	1	외국인 참여 대학원생 수 (명)	석사	1	외국인 참여비율 (%)	석사	100.00
	박사	4		박사	3		박사	75.00
	석·박사통합	1		석·박사통합	1		석·박사통합	100.00
	계	6		계	5		전체	83.33

[첨부 3-1] 최근 3년간 참여교수의 중앙정부 연구비 수주실적

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중 사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
'17.1.1~'17.12.31	1	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	중저위방폐물 복합처리시설 불 포화 암반을 통한 핵종이동 모델 개 발				이공계열	20161001	20170930	단독	100,000,000	87,881,177	100.00%	87,881,177	20170106,2 0171026
'17.1.1~'17.12.31	2	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	표준/신표준 발 전소 대상 미세먼 지 저감 통합환경 설비 솔루션 개발				이공계열	20161201	20171130	단독	120,878,000	120,878,000	100.00%	120,878,000	20170110,2 0171218
'17.1.1~'17.12.31	3	해양수산부	해양수산기 술지역특성 화사업	2016 경북씨그 랜트사업(2단계 3차년도)				이공계열	20160301	20170228	공동	479,000,000	142,435,238	70.12%	99,875,589	20170110,2 0170530
'17.1.1~'17.12.31	4	과학기술정 보통신부	우주원자력 국제협력기 반조성사업	핵연료 주기에서 발생하는 고화발 성 TC 및 1 폐기 물 관리 기술 개 발				이공계열	20160401	20170331	공동	250,000,000	62,500,000	100.00%	62,500,000	20170214
'17.1.1~'17.12.31	5	교육부	BK21플러스 사업	5차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금 (BK21플러스사 업)				이공계열	20170301	20180228	공동	646,669,000	646,669,000	14.30%	92,473,667	20170228,2 0170915
'17.1.1~'17.12.31	6	교육부	BK21플러스 사업	5차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금 (BK21플러스사 업)				이공계열	20170301	20180228	공동	646,669,000	646,669,000	14.30%	92,473,667	20170228,2 0170915
'17.1.1~'17.12.31	7	교육부	BK21플러스 사업	5차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금 (BK21플러스사 업)				이공계열	20170301	20180228	공동	646,669,000	646,669,000	14.30%	92,473,667	20170228,2 0170915
'17.1.1~'17.12.31	8	교육부	BK21플러스 사업	5차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금 (BK21플러스사 업)				이공계열	20170301	20180228	공동	646,669,000	646,669,000	14.30%	92,473,667	20170228,2 0170915
'17.1.1~'17.12.31	9	과학기술정 보통신부	중견연구자 지원사업	사용후핵연료 우 라늄 펄렛 유리화				이공계열	20170301	20180228	단독	100,000,000	100,000,000	100.00%	100,000,000	20170331

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
'17.1.1~'17.12.31	10	과학기술정 보통신부	우주원자력 국제협력기 반조성사업	핵연료 주기에서 발생하는 고휘발 성 TC 및 폐기 물 관리 기술 개 발				이공계열	20170401	20180331	공동	200,000,000	150,000,000	100.00%	150,000,000	20170508
'17.1.1~'17.12.31	11	해양수산부	해양수산기 술지역특성 화사업	2017 경북씨그 랜트사업(3단계 1차년도)				이공계열	20170415	20171231	공동	561,000,000	328,871,672	52.70%	173,315,371	20170511,2 0171222
'17.1.1~'17.12.31	12	과학기술정 보통신부	원자력기술 개발사업	화학제염 후 발생 폐액 및 폐기물 처리를 위한 고화 체 개발				이공계열	20170301	20171231	단독	50,000,000	50,000,000	100.00%	50,000,000	20170526
'17.1.1~'17.12.31	13	과학기술정 보통신부	이공학개인 기초연구지 원사업	다양한 환경조건 에의 휘발성 요오 드 핵종의 반응 및 거동 특성 연 구				이공계열	20170601	20180228	단독	37,500,000	37,500,000	100.00%	37,500,000	20170531
'17.1.1~'17.12.31	14	산업통상자 원부	에너지인력 양성사업	수송용 바이오연 료 전문기술인력 양성 고급트랙				이공계열	20170401	20171231	단독	340,000,000	259,304,205	100.00%	259,304,205	20170612,2 0171222
'17.1.1~'17.12.31	15	해양수산부	해양수산연 구개발사업	해조류 활용 C9 카르복실산 기반 장쇄바이오폴리 에스터/나일론 생산기술 개발				이공계열	20170501	20180331	공동	150,000,000	80,264,337	100.00%	80,264,337	20170627,2 0171222
'17.1.1~'17.12.31	16	과학기술정 보통신부	원자력연구 기반확충사 업	양자 체 방법을 활용한 삼중수소 분리				이공계열	20170610	20180228	단독	37,500,000	37,500,000	100.00%	37,500,000	20170630
'17.1.1~'17.12.31	17	국방부	민군겸용기 술개발사업	수중환경 광/트 위스트 케이블 460K 양방향 통 합환경 기초시험 개발 및 자기장센 서 회전 보정시스 템 개발 구축				이공계열	20170629	20180628	단독	60,000,000	60,000,001	100.00%	60,000,001	20170710
'17.1.1~'17.12.31	18	해양수산부	연구용역사 업	인력절감을 위한 자동화 시스템 개 발				이공계열	20170613	20171215	단독	97,000,000	96,978,081	100.00%	96,978,081	20170712,2 0171226

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
'17.1.1~'17.12.31	19	해양수산부	위탁연구사업	우즈홀 해양연구소(WHOI)의 극지방 연구 동향 파악 및 협력방안 상세분석				이공계열	20170701	20171215	단독	15,000,000	10,500,001	100.00%	10,500,001	20170716
'17.1.1~'17.12.31	20	산업통상자원부	연구용역사업	기체발생 실증실험을 위한 액체시료 분석				이공계열	20170614	20171124	단독	50,700,000	50,021,483	100.00%	50,021,483	20170718,20171211
'17.1.1~'17.12.31	21	과학기술정보통신부	거대과학연구개발사업	MHD 및 고속입자 물리 연구를 위한 KSTAR 밀리미터파 영상 및 고속 RF 진단 활용 고도화				이공계열	20170616	20180331	단독	170,000,000	170,000,000	100.00%	170,000,000	20170718
'17.1.1~'17.12.31	22	과학기술정보통신부	원자력연구 기반확충사업	제염 폐기물 세라믹리트 고형화				이공계열	20170920	20180531	단독	108,000,000	108,000,000	100.00%	108,000,000	20171027
'17.1.1~'17.12.31	23	과학기술정보통신부	원자력연구 기반확충사업	원전해체 시 발생하는 콘크리트 및 토양 폐기물 감응을 위한 제염기술 개발				이공계열	20170920	20180531	공동	334,000,000	334,000,000	35.33%	118,002,200	20171027
'17.1.1~'17.12.31	24	과학기술정보통신부	기본연구지원사업	고압 플라즈마 물리 연구를 위한 정상상태 고밀도 저온 플라즈마 소스 개발				이공계열	20171101	20181031	단독	50,000,000	50,000,000	100.00%	50,000,000	20171030
'18.1.1~'18.12.31	1	과학기술정보통신부	연구교류지원사업	철산화물 변환과정을 통한 오염물질 제거 연구				이공계열	20171220	20181219	공동	25,000,000	25,000,000	100.00%	25,000,000	20180104
'18.1.1~'18.12.31	2	산업통상자원부	에너지인력양성사업	수송용 바이오연료 전문기술인력 양성 고급트랙				이공계열	20170401	20171231	단독	340,000,000	30,995,635	100.00%	30,995,635	20180105,20180227
'18.1.1~'18.12.31	3	해양수산부	해양수산연구개발사업	해조류 활용 C9 카르복실산 기반 장쇄바이오폴리머 에스터/나일론 생산기술 개발				이공계열	20170501	20180331	공동	150,000,000	69,727,602	100.00%	69,727,602	20180105,20180417

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
'18.1.1~'18.12.31	4	해양수산부	해양수산물 산지역특성 화사업	2017 경북씨그 랜트사업(3단계 1차년도)				이공계열	20170415	20171231	공동	561,000,000	63,866,088	52.70%	33,657,428	20180105,20180205
'18.1.1~'18.12.31	5	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	표준/신표준 발 전소 대상 미세먼 지 저감 통합환경 설비 솔루션 개발				이공계열	20171201	20190331	단독	120,878,000	116,878,000	100.00%	116,878,000	20180110,20181217
'18.1.1~'18.12.31	6	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	중저준위방폐물 복합처분시설 불 포화 압반을 통한 핵종이동 모델 개 발				이공계열	20161001	20170930	단독	100,000,000	2,318,000	100.00%	2,318,000	20180115,20180117
'18.1.1~'18.12.31	7	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	기계화학적 부피 저감 및 안정화 기술을 이용한 원 전 해체폐기물 연 속처리시스템 개 발				이공계열	20171201	20180630	단독	64,000,000	63,987,040	100.00%	63,987,040	20180117,20180817
'18.1.1~'18.12.31	8	해양수산부	위탁연구사 업	우즈홀 해양연구 소(WHOI)의 극 지방 연구 동향파 악 및 협력방안 상세분석				이공계열	20170701	20171215	단독	15,000,000	4,500,000	100.00%	4,500,000	20180118
'18.1.1~'18.12.31	9	산업통상자 원부	산업기술혁 신사업	저온 플라즈마를 이용한 초고속 산 화스케일 제거 공 정 개발				이공계열	20171001	20180531	단독	100,000,000	99,959,501	100.00%	99,959,501	20180118,20180627
'18.1.1~'18.12.31	10	과학기술정 보통신부	우주원자력 국제협력기 반조성사업	핵연료 주기에서 발생하는 고휘발 성 TC 및 I 폐기 물 관리 기술 개 발				이공계열	20170401	20180331	공동	200,000,000	50,000,000	100.00%	50,000,000	20180202
'18.1.1~'18.12.31	11	과학기술정 보통신부	이공학개인 기초연구지 원사업	다양한 환경조건 에서의 휘발성 요오 드 핵종의 잔여 및 거동 특성 연 구				이공계열	20180301	20190228	단독	50,000,000	50,000,000	100.00%	50,000,000	20180228
'18.1.1~'18.12.31	12	산업통상자 원부	에너지인력 양성사업	수송용 바이오연 료 전문기술인력 양성 고급트랙				이공계열	20180101	20181231	단독	375,400,000	326,500,708	100.00%	326,500,708	20180308,20181224

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
'18.1.1~'18.12.31	13	해양수산부	해양수산물 기술지역특성 화사업	2017 경북씨그 랜트사업(3단계 1차년도)				이공계열	20180101	20181231	공동	170,462,202	164,960,377	82.60%	136,257,271	20180315,20181224
'18.1.1~'18.12.31	14	해양수산부	해양수산물 기술지역특성 화사업	2018 경북씨그 랜트사업(3단계 2차년도)				이공계열	20180101	20181231	공동	511,000,000	425,710,199	69.60%	296,294,299	20180312,20181224
'18.1.1~'18.12.31	15	산업통상자 원부	에너지인력 양성사업	수송용 바이오연 료 전문기술인력 양성 고급트랙				이공계열	20180101	20181231	단독	3,419,000	3,098,524	100.00%	3,098,524	20180315
'18.1.1~'18.12.31	16	교육부	BK21플러스 사업	6차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금 (BK21플러스사 업)				이공계열	20180301	20190228	공동	647,019,000	647,019,000	14.30%	92,523,717	20180324,20181102
'18.1.1~'18.12.31	17	교육부	BK21플러스 사업	6차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금 (BK21플러스사 업)				이공계열	20180301	20190228	공동	647,019,000	647,019,000	14.30%	92,523,717	20180324,20181102
'18.1.1~'18.12.31	18	교육부	BK21플러스 사업	6차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금 (BK21플러스사 업)				이공계열	20180301	20190228	공동	647,019,000	647,019,000	14.30%	92,523,717	20180324,20181102
'18.1.1~'18.12.31	19	교육부	BK21플러스 사업	6차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금 (BK21플러스사 업)				이공계열	20180301	20190228	공동	647,019,000	647,019,000	14.30%	92,523,717	20180324,20181102
'18.1.1~'18.12.31	20	과학기술정 보통신부	중견연구자 지원사업	사용후핵연료 우 라늄 펄렛 유리화				이공계열	20180301	20190228	단독	100,000,000	100,000,000	100.00%	100,000,000	20180417
'18.1.1~'18.12.31	21	해양수산부	해양수산물 구개발사업	극지방 탐사용 해 양 로봇의 기능과 성능 및 성과의 분석				이공계열	20180401	20181130	단독	30,000,000	30,000,000	100.00%	30,000,000	20180518,20180731
'18.1.1~'18.12.31	22	과학기술정 보통신부	여성과학기술 인 R&D 경 력복귀 지원 사업	핵융합 플라즈마 MHD 불안정성 연구를 위한 KSTAR 밀리미				이공계열	20180501	20190430	단독	23,000,000	23,000,000	100.00%	23,000,000	20180524

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
				터파 영상												
'18.1.1~'18.12.31	23	해양수산부	해양수산연구개발사업	해조류 활용 C9 카르복실산 기반 장쇄바이오폴리 에스터/나일론 생산기술 개발				이공계열	20180401	20190228	공동	120,000,000	85,485,995	100.00%	85,485,995	20180525,20181224
'18.1.1~'18.12.31	24	과학기술정보통신부	원자력기술개발사업	화학제염 후 발생 폐액 및 폐기물 처리를 위한 고화체 개발				이공계열	20180101	20181231	단독	50,000,000	50,000,000	100.00%	50,000,000	20180531
'18.1.1~'18.12.31	25	과학기술정보통신부	거대과학연구개발사업	MHD 및 고속입자 물리 연구를 위한 KSTAR 밀리미터파 영상 및 고속 RF 진단 활용 고도화				이공계열	20180401	20190331	단독	226,000,000	226,000,000	100.00%	226,000,000	20180626
'18.1.1~'18.12.31	26	산업통상자원부	에너지기술개발사업	원전 해체 방사성 폐기물 포장 운반, 처분용기 개발				이공계열	20180501	20181231	단독	100,000,000	89,715,108	100.00%	89,715,108	20180705,20181224
'18.1.1~'18.12.31	27	산업통상자원부	산업기술혁신사업	저온 플라즈마를 이용한 초고속 산화스케일 제거 공정 개발				이공계열	20180601	20181231	단독	100,000,000	78,918,089	100.00%	78,918,089	20180716,20181224
'18.1.1~'18.12.31	28	산업통상자원부	연구용역사업	기체발생 실험실 시험을 위한 액체시료 분석				이공계열	20180625	20181123	단독	48,450,000	48,395,230	100.00%	48,395,230	20180725,20181211
'18.1.1~'18.12.31	29	해양수산부	연구용역사업	인력 절감을 위한 사육 자동화시스템 개발				이공계열	20180703	20181214	공동	96,250,000	95,404,460	100.00%	95,404,460	20180730,20181228
'18.1.1~'18.12.31	30	과학기술정보통신부	원자력연구기반확충사업	수중 마이크로파 플라즈마를 이용한 CRUD 내의 핵종 처리 기술 개발				이공계열	20180718	20181231	단독	25,000,000	25,000,000	100.00%	25,000,000	20180816
'18.1.1~'18.12.31	31	과학기술정보통신부	원자력연구기반확충사업	원전해체 시 발생 하는 콘크리트 및 토양 폐기물 감응				이공계열	20180601	20190331	공동	380,000,000	380,000,000	36.85%	140,030,000	20180822

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
				을 위한 제염기술 개발												
'18.1.1~'18.12.31	32	과학기술정 보통신부	원자력연구 기반확충사업	제염 폐기물 세라 미크리트 고품화				이공계열	20180601	20190331	단독	120,000,000	120,000,000	100.00%	120,000,000	20180822
'18.1.1~'18.12.31	33	과학기술정 보통신부	우주원자력 국제협력기 반조성사업	고휘발성 방사성 이온 담지용 TELLURITE 유 리의 처분 적합성 평가				이공계열	20180801	20191231	단독	150,000,000	150,000,000	100.00%	150,000,000	20180827
'18.1.1~'18.12.31	34	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	기계화학적 부피 저감 및 안정화 기술을 이용한 원 전 해체폐기물 연 속처리시스템 개 발				이공계열	20180701	20190430	단독	94,000,000	14,078,141	100.00%	14,078,141	20180905,2 0181224
'19.1.1~'19.12.31	1	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	원전 해체 방사성 폐기물 포장, 운 반, 처분용기 개 발				이공계열	20180501	20181231	단독	100,000,000	10,262,000	100.00%	10,262,000	20190104,2 0190218
'19.1.1~'19.12.31	2	산업통상자 원부	산업기술혁 신사업	저온 플라즈마를 이용한 초고속 산 화스케일 제거 공 정 개발				이공계열	20180601	20181231	단독	100,000,000	21,079,879	100.00%	21,079,879	20190104,2 0190227
'19.1.1~'19.12.31	3	산업통상자 원부	에너지인력 양성사업	수송용 바이오연 료 전문기술인력 양성 고급트랙				이공계열	20180101	20181231	단독	375,400,000	44,206,632	100.00%	44,206,632	20190104,2 0190405
'19.1.1~'19.12.31	4	해양수산부	해양수산연 구개발사업	해조류 활용 C9 카르복실산 기반 장쇄바이오폴리 에스터/나일론 생산기술 개발				이공계열	20180401	20190228	공동	120,000,000	33,888,832	100.00%	33,888,832	20190104,2 0190315
'19.1.1~'19.12.31	5	해양수산부	해양수산기 술지역특성 화사업	2017 경북씨그 랜트사업(3단계 1차년도)				이공계열	20180101	20181231	공동	170,462,202	10,886,396	82.60%	8,992,163	20190104,2 0190116
'19.1.1~'19.12.31	6	해양수산부	해양수산기 술지역특성 화사업	2018 경북씨그 랜트사업(3단계 2차년도)				이공계열	20180101	20181231	공동	511,000,000	79,797,305	69.60%	55,538,924	20190104,2 0190321

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMM D)
									시작일	종료일						
'19.1.1~'19.12.31	7	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	기계화학적 부피 저감 및 안정화 기술을 이용한 원 전 해체폐기물 연 속처리시스템 개 발				이공계열	20180701	20190430	단독	94,000,000	79,917,292	100.00%	79,917,292	20190108,2 0190617
'19.1.1~'19.12.31	8	국방부	민군겸용기 술개발사업	초임계 CO2발전 시스템을 위한 신 개념 유로 형상 PCHE 기초 설계 및				이공계열	20190101	20191231	단독	40,000,000	40,000,000	100.00%	40,000,000	20190219
'19.1.1~'19.12.31	9	과학기술정 보통신부	이공학개인 기초연구지 원사업	다양한 환경조건 에의 휘발성 요오 드 핵종의 반응 및 거동 특성 연 구				이공계열	20190301	20200229	단독	50,000,000	50,000,000	100.00%	50,000,000	20190225
'19.1.1~'19.12.31	10	과학기술정 보통신부	거점센터	디버터 열속 처리 기술 개발				이공계열	20190101	20191231	공동	1,033,000,000	1,033,000,000	47.63%	492,017,900	20190227
'19.1.1~'19.12.31	11	과학기술정 보통신부	원자력기술 개발사업	화학제염 후 발생 폐액 및 폐기물 처리를 위한 고화 체 개발				이공계열	20190101	20191231	단독	50,000,000	50,000,000	100.00%	50,000,000	20190228
'19.1.1~'19.12.31	12	경상북도	원자력전문 인력양성사 업	원자력전문인력 양성사업(3단계 _3차년도)				이공계열	20190101	20191231	단독	200,000,000	200,000,000	100.00%	200,000,000	20190228
'19.1.1~'19.12.31	13	과학기술정 보통신부	중견연구자 지원사업	사용후핵연료 우 라늄 펄렛 유리화				이공계열	20190301	20200229	단독	100,000,000	100,000,000	100.00%	100,000,000	20190304
'19.1.1~'19.12.31	14	과학기술정 보통신부	중견연구자 지원사업	무세포 단백질 합 성을 통한 광합성 미생물 유전자장 치의 고속시험 시 스템 개발				이공계열	20190301	20200229	단독	150,000,000	150,000,000	100.00%	150,000,000	20190304
'19.1.1~'19.12.31	15	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	원전 해체 방사성 폐기물 포장, 운 반, 처분용기 개 발				이공계열	20190101	20191231	단독	280,000,000	250,853,900	100.00%	250,853,900	20190307,2 0191224

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMM D)
									시작일	종료일						
'19.1.1~'19.12.31	16	해양수산부	해양수산물 기술지역특성 화사업	2019 경북씨그 랜트사업(3단계 3차년도)				이공계열	20190101	20191231	공동	576,000,000	523,839,557	77.74%	407,232,872	20190308,20191224
'19.1.1~'19.12.31	17	과학기술정 보통신부	중견연구자 지원사업	클러스터가 포 함된 초임계 유체 에서의 강결합 플 라즈마				이공계열	20190301	20200229	단독	200,000,000	200,000,000	100.00%	200,000,000	20190321
'19.1.1~'19.12.31	18	산업통상자 원부	산업기술혁 신사업	저온 플라즈마를 이용한 초고속 산 화스케일 제거 공 정 개발				이공계열	20190101	20191231	단독	60,000,000	45,203,050	100.00%	45,203,050	20190325,20191224
'19.1.1~'19.12.31	19	과학기술정 보통신부	국가핵융합 연구소 주요 사업	플라즈마 붕괴 완 화 과정에서 방사 되는 파워의 적외 선 기반 고속 측 정				이공계열	20190201	20191231	단독	50,000,000	50,000,000	100.00%	50,000,000	20190401
'19.1.1~'19.12.31	20	산업통상자 원부	에너지인력 양성사업	수송용 바이오연 료 전문기술인력 양성 고급트랙				이공계열	20190101	20191231	단독	395,000,000	341,710,843	100.00%	341,710,843	20190404,20191224
'19.1.1~'19.12.31	21	과학기술정 보통신부	국가핵융합 연구소 주요 사업	플라즈마 KINETIC THEORY 기초 동영상 제작				이공계열	20180320	20190331	단독	29,000,000	29,000,000	100.00%	29,000,000	20190404
'19.1.1~'19.12.31	22	과학기술정 보통신부	거대과학연 구개발사업	MHD 및 고속입 자 물리 연구를 위한 KSTAR 밀 리미터파 영상 및 고속 RF 진단 활 용 고도화				이공계열	20190401	20190531	단독	33,000,000	33,000,000	100.00%	33,000,000	20190415
'19.1.1~'19.12.31	23	산업통상자 원부	에너지기술 개발사업	표준/신표준 발 전소 대상 미세면 지 저감 통합환경 설비 솔루션 개발				이공계열	20171201	20190331	단독	120,878,000	4,000,000	100.00%	4,000,000	20190418
'19.1.1~'19.12.31	24	해양수산부	해양수산물 연구개발사업	해조류 활용 C9 카르복실산 기반 장쇄바이오폴리 에스터/나일론 생산기술 개발				이공계열	20190301	20191231	공동	110,000,000	97,296,183	100.00%	97,296,183	20190418,20191224

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
'19.1.1~'19.12.31	25	과학기술정보통신부	원자력연구기반확충사업	제염 폐기물 세라믹크리트 고형화				이공계열	20190401	20200131	단독	120,000,000	120,000,000	100.00%	120,000,000	20190418
'19.1.1~'19.12.31	26	과학기술정보통신부	원자력연구기반확충사업	원전해체 시 발생 하는 콘크리트 및 토양 폐기물 감용 을 위한 제염기술 개발				이공계열	20190401	20200131	공동	380,000,000	380,000,000	36.85%	140,030,000	20190418
'19.1.1~'19.12.31	27	과학기술정보통신부	원자력국제 협력기반조 성사업	폐수지로부터의 14C 처리 및 안 정화 기술 개발				이공계열	20190422	20200331	단독	237,500,000	237,500,000	100.00%	237,500,000	20190419,20191230
'19.1.1~'19.12.31	28	과학기술정보통신부	국가핵융합 연구소 주요 사업	ITER 기구 방문 연구를 통한 진단 기술 추적 및 확 보				이공계열	20190301	20191231	단독	104,000,000	104,000,000	100.00%	104,000,000	20190430
'19.1.1~'19.12.31	29	과학기술정보통신부	여성과학기술인 R&D 경 력복귀 지원 사업	핵융합 플라즈마 MHD 불안정성 연구를 위한 KSTAR 밀리미 터파 영상				이공계열	20190501	20200430	단독	23,000,000	23,000,000	100.00%	23,000,000	20190516
'19.1.1~'19.12.31	30	경상북도	글로벌원전 해체전문인 력육성사업	원전해체 전문인 력양성 프로그램 개발				이공계열	20190401	20200331	단독	70,000,000	70,000,000	100.00%	70,000,000	20190530
'19.1.1~'19.12.31	31	산업통상자원부	에너지기술 개발사업	기계화학적 부피 저감 및 안정화 기술을 이용한 원 전 해체폐기물 연 속처리시스템 개 발				이공계열	20190501	20200229	단독	98,000,000	39,394,600	100.00%	39,394,600	20190613,20191224
'19.1.1~'19.12.31	32	해양수산부	연구용역사 업	범장어 자어 사육 자동화시스템 개 발				이공계열	20190610	20191205	공동	124,620,000	87,234,000	100.00%	87,234,000	20190618
'19.1.1~'19.12.31	33	교육부	BK21플러스 사업	7차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금				이공계열	20190301	20200229	공동	651,812,000	651,812,000	12.50%	81,476,500	20190704,20190930
'19.1.1~'19.12.31	34	교육부	BK21플러스 사업	7차년도 첨단원 자력공학사업단 국고지원금				이공계열	20190301	20200229	공동	651,812,000	651,812,000	12.50%	81,476,500	20190704,20190930

산정 기간	연 번	주관 부처	사업명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참여 교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYYMMDD)
									시작일	종료일						
'19.1.1~'19.12.31	35	교육부	BK21플러스 사업	7차년도 첨단원자력공학사업단 국고지원금				이공계열	20190301	20200229	공동	651,812,000	651,812,000	12.50%	81,476,500	20190704,20190930
'19.1.1~'19.12.31	36	교육부	BK21플러스 사업	7차년도 첨단원자력공학사업단 국고지원금				이공계열	20190301	20200229	공동	651,812,000	651,812,000	12.50%	81,476,500	20190704,20190930
'19.1.1~'19.12.31	37	교육부	BK21플러스 사업	7차년도 첨단원자력공학사업단 국고지원금				이공계열	20190301	20200229	공동	651,812,000	651,812,000	12.50%	81,476,500	20190704,20190930
'19.1.1~'19.12.31	38	산업통상자원부	연구용역사업	기체발생 실증실험을 위한 시료 분석				이공계열	20190617	20191122	단독	52,172,000	36,520,400	100.00%	36,520,400	20190715
'19.1.1~'19.12.31	39	과학기술정보통신부	원자력연구 기반확충사업	SFR 핵심 안전현안 평가 및 동력변환계통 기반기술 연구				이공계열	20190701	20200430	공동	494,800,000	494,800,000	39.37%	194,802,760	20190719
'19.1.1~'19.12.31	40	과학기술정보통신부	거점센터	핵융합 실증로를 위한 고등 플라스마 진단 기법 개발				이공계열	20190725	20191231	단독	75,000,000	75,000,000	100.00%	75,000,000	20190823
총 수주 건수			'17.1.1.-'17.12.31.	24	이공계열 참여교수 중앙정부 연구비 수주 총 입금액 (원)	'17.1.1.-'17.12.31.		2,292,415,113		인문사회계열 참여교수 중앙정부 연구비 수주 총 입금액 (원)	'17.1.1.-'17.12.31.		0			
			'18.1.1.-'18.12.31.	34		'18.1.1.-'18.12.31.		2,955,295,899			'18.1.1.-'18.12.31.		0			
			'19.1.1.-'19.12.31.	40		'19.1.1.-'19.12.31.		4,329,064,730			'19.1.1.-'19.12.31.		0			
			총계	98		총계		9,576,775,742			총계		0			

[첨부 3-2] 최근 3년간 참여교수의 산업체(국내) 연구비 수주실적

산정 기간	연 번	산업체명	산업체 구분	지역 구분	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계 열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참 여교수 지분(%) (C)	총입금액중 사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYY MMDD)
										시작일	종료일						
'17.1.1~' 17.12.31	1	현대엔지비 (주)	대기업	서울	마이크로파 대 기압 공기 플라 즈마를 이용한 자동차 실내 공 기 오염 제어				이공계열	2016071 8	2017021 7	단독	33,000,000	16,500,000	100.00%	16,500,000	20170310
'17.1.1~' 17.12.31	2	엘지전자(주)	대기업	서울	다층 강화 유리 및 FLEXIBLE 유리 개발				이공계열	2017040 1	2017123 1	단독	110,000,000	33,000,000	100.00%	33,000,000	20170904
'18.1.1~' 18.12.31	1	엘지전자(주)	대기업	서울	다층 강화 유리 및 FLEXIBLE 유리 개발				이공계열	2017040 1	2017123 1	단독	110,000,000	77,000,000	100.00%	77,000,000	20180119,20 180504
'18.1.1~' 18.12.31	2	고려강선(주)	중소(비상 장)	경남 양산시	철강산화막 모 니터링 및 건식 환원				이공계열	2017030 1	2017083 0	단독	77,000,000	77,000,000	100.00%	77,000,000	20180227
'18.1.1~' 18.12.31	3	살롬한의원	중소(비상 장)	인천광역시	전자기파 기반 생체신호 검출 기술				이공계열	2018030 1	2018083 1	단독	11,000,000	11,000,000	100.00%	11,000,000	20180228,20 180509
'18.1.1~' 18.12.31	4	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원전 해체 중 발 생하는 제염 폐 기물 처리 기술 개발				이공계열	2018020 1	2019013 1	공동	220,000,000	220,000,000	61.54%	135,388,000	20180315
'18.1.1~' 18.12.31	5	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원전 해체 중 발 생하는 제염 폐 기물 처리 기술 개발				이공계열	2018020 1	2019013 1	공동	220,000,000	220,000,000	38.46%	84,612,000	20180315
'18.1.1~' 18.12.31	6	(주)산하이앤 씨	중소(비상 장)	경기도 성남시	한울원전부지 (1~6호기)수문 특성평가 중 실 내시험				이공계열	2017071 4	2018051 7	단독	148,500,000	148,500,000	100.00%	148,500,000	20180330
'18.1.1~' 18.12.31	7	(주)동아컨설 턴트	중소(비상 장)	경기도 의왕시	고리3,4호기 수 문특성평가 용 역 중 "해중수 리특성분석"				이공계열	2018031 9	2019031 8	단독	154,000,000	107,800,000	100.00%	107,800,000	20180423,20 181119
'18.1.1~' 18.12.31	8	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원자력발전소 운영 시 발생하 는 방사성폐기 물 처리 기술 개 발				이공계열	2018040 1	2019033 1	단독	82,500,000	61,875,000	100.00%	61,875,000	20180508,20 181231
'18.1.1~' 18.12.31	9	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원전 폐연 및 냉 각수 계통 관리 를 위한 수중 마				이공계열	2018040 1	2019033 1	단독	82,500,000	61,875,000	100.00%	61,875,000	20180508,20 181231

산정 기간	연 번	산업체명	산업체 구분	지역 구분	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참 여교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYY MMDD)
										시작일	종료일						
					이크로파 플라 즈마 시스템												
'18.1.1~' 18.12.31	10	주식회사 워 터핀	벤처	경상북도 포항 시	선박평형수시 스템에 부합한 휴대용 센서의 제어 및 알고리 즘 개발, PCB 및 디스플레이 개발, 전력 및 회로도 개발				이공계열	2018061 2	2019061 1	단독	66,000,000	66,000,000	100.00%	66,000,000	20180806
'18.1.1~' 18.12.31	11	주식회사 넥 스지오	중소(비상 장)	서울특별시	신한울원전부 지 (1-2호기) 실 내수리분산 및 핵종 흡착 실험 시험				이공계열	2017100 1	2018093 0	단독	90,750,000	90,750,000	100.00%	90,750,000	20181013,20 181015
'19.1.1~' 19.12.31	1	(주)포스코	대기업	경북 포항시	자성 회수가 가 능한 슬래그 바 이오차 흡착제 연구				이공계열	2018121 7	2019121 6	단독	55,000,000	48,630,479	100.00%	48,630,479	20190129,20 190228,2019 0307,201903 26,20190408 ,20190430,2 0190507,201 90524,20190 604,2019062 8,20190702, 20190730,20 190806,2019 0830,201909 03,20190927 ,20191008,2 0191030,201 91105,20191 129,2019120 6
'19.1.1~' 19.12.31	2	(주)산하이앤 씨	중소(비상 장)	경기도 성남시	한빛원전부지 (1~6호기)수문 특성평가 중"핵 종수리특성분 석"				이공계열	2019021 5	2020021 4	단독	132,000,000	132,000,000	100.00%	132,000,000	20190314,20 191105
'19.1.1~' 19.12.31	3	(주)동아컨설 턴트	중소(비상 장)	경기도 의왕시	고리3,4호기 수 문특성평가 용 역 중 "핵종수 리특성분석"				이공계열	2018031 9	2019031 8	단독	154,000,000	46,200,000	100.00%	46,200,000	20190325,20 190429

산정 기간	연 번	산업체명	산업체 구분	지역 구분	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참 여교수 지분(%) (C)	총입금액중사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	연구비 입 금일 (YYYY MMDD)
										시작일	종료일						
'19.1.1~' 19.12.31	4	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원전 해체 중 발 생하는 제염 폐 기물 처리 기술 개발				이공계열	2019020 1	2020013 1	공동	220,000,000	176,000,000	61.54%	108,310,400	20190331
'19.1.1~' 19.12.31	5	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원전 해체 중 발 생하는 제염 폐 기물 처리 기술 개발				이공계열	2019020 1	2020013 1	공동	220,000,000	176,000,000	38.46%	67,689,600	20190331
'19.1.1~' 19.12.31	6	홍덕산업(주)	중소(비상 장)	부산광역시	용수 및 폐수 절 감을 위한 최적 워터 네트워크 시스템 개발				이공계열	2019070 1	2020020 5	단독	22,000,000	22,000,000	100.00%	22,000,000	20190829,20 191105
'19.1.1~' 19.12.31	7	현대엔지니 어링(주)	대기업	서울특별시	2단계표충치분 시설 핵종이동 특성평가 및 핵 종 흡착특성 예 측모델 개발				이공계열	2019071 6	2021081 5	단독	2,200,000,00 0	957,000,000	100.00%	957,000,000	20190904
'19.1.1~' 19.12.31	8	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원자력발전소 운영 시 발생하 는 방사성폐기 물 처리 기술 개 발				이공계열	2019040 1	2020033 1	단독	77,000,000	43,566,600	100.00%	43,566,600	20190904
'19.1.1~' 19.12.31	9	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원전 폐액 및 냉 각수 계통 관리 를 위한 수중 마 이크로파 플라 즈마 시스템				이공계열	2019040 1	2020033 1	단독	82,500,000	46,678,500	100.00%	46,678,500	20190904
'19.1.1~' 19.12.31	10	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원자력발전소 운영 시 발생하 는 방사성폐기 물 처리 기술 개 발				이공계열	2018040 1	2019033 1	단독	82,500,000	20,484,914	100.00%	20,484,914	20191021
'19.1.1~' 19.12.31	11	한국수력원 자력(주)	기타	경상북도 경주 시	원전 폐액 및 냉 각수 계통 관리 를 위한 수중 마 이크로파 플라 즈마 시스템				이공계열	2018040 1	2019033 1	단독	82,500,000	20,590,944	100.00%	20,590,944	20191021

총 수주 건수	'17.1.1.-'17.12.31.	2	이공계열 참여교수의 산업체(국내) 연구비 총 입금액(원)	'17.1.1.-'17.12.31.	49,500,000	인문사회 계열 참여교수의 산업체(국내) 연구비 총 입금액(원)	'17.1.1.-'17.12.31.	0
	'18.1.1.-'18.12.31.	11		'18.1.1.-'18.12.31.	921,800,000		'18.1.1.-'18.12.31.	0
	'19.1.1.-'19.12.31.	11		'19.1.1.-'19.12.31.	1,513,151,437		'19.1.1.-'19.12.31.	0
	총계	24		총계	2,484,451,437		계	0

[첨부 3-3] 최근 3년간 참여교수의 해외기관 연구비 수주실적

산정 기간	연 번	해외 기관명	국가명	연구 과제명	연구 책임자 성명	참여 교수 성명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계 열	연구기간 (YYYYMMDD)		연구 형태	총연구비 (원) (A)	총연구비 중 입금액(원) (B)	사업 참 여교수 지분(%) (C)	총입금액중 사 업참여교수 지분액 (원) (D=B*C)	환산입금액 (원) (E=D*2)	연구비 입 금일 (YYYY MMDD)
									시작일	종료일							
'17.1.1.- '17.12.31 '	1	OFFICE OF NAVAL RESEARC H	미국	UNDERWATE R TECHNOLOG Y 2017 및 미 해군 과학기술 교류				이공계열	2017031 0	2019030 9	단독	8,143,200	8,143,200	100%	8,143,200	16,286,400	20170215
'18.1.1.- '18.12.31 '	1	OFFICE OF NAVAL RESEARC H	미국	3차원 고정밀도 스캔기법을 이 용한 수중 소너 이미지 개선기 술의 개발				이공계열	2018031 4	2019031 3	단독	63,756,000	63,756,000	100%	63,756,000	127,512,000	20180627
총 수주 건수			'17.1.1.-'17.12.31.		1		이공계열 참여교수 해외기관 연구비 총 입금액(원)	'17.1.1.-'17.12.31.		16,286,400		인문사회계열 참여교수 해외기관 연구비 총 입금액(원)	'17.1.1.-'17.12.31.		0		
			'18.1.1.-'18.12.31.		1			'18.1.1.-'18.12.31.		127,512,000			'18.1.1.-'18.12.31.		0		
			'19.1.1.-'19.12.31.		0			'19.1.1.-'19.12.31.		0			'19.1.1.-'19.12.31.		0		
			총계		2			총계		143,798,400			계		0		