『4단계 BK21사업』 미래인재양성사업(과학기술분야)
교육연구단(팀) 자체평가보고서

접수번호	4299990713893							
사업 분야	응용	신청분야	의학	단위	지역	구분	교육연구팀	
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야		
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류	
	분류명	원자력공학	방사선공학	의공학	기초의학			
	비중(%)	70		30				
교육연구단(팀)명	국문) 미래의료방사선 융합교육연구팀							
	영문) Education and Research Team for Future Medical Radiation Science							
교육연구단(팀)장	소 속	연세대학교(미래캠퍼스) 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 방사선융합공학과						
	직 위	교수						
	성명 국문	민 철 희		전화	[redacted]			
				팩스				
	성명 영문	Chul Hee Min		이동전화				
				E-mail				
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 ('20.9~'21.2)	2차년도 ('21.3~'22.2)	3차년도 ('22.3~'23.2)	4차년도 ('23.3~'24.2)	5차년도 ('24.3~'25.2)	6차년도 ('25.3~'26.2)	
	국고지원금	[redacted]						
총 사업기간	2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)							
자체평가 대상기간	2024.9.1.-2025.8.31.(12개월)							

본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.

2025년 11월 5일

작성자	교육연구단(팀)장	민 철 희 (인)
확인자	연세대학교 미래산학협력단장	기 재 홍 (인)

<자체평가 보고서 요약문>

중심어	학생중심 교육연구	학생 미래성공	세계적 연구성과
	산업문제 해결	생애 전주기 맞춤형	다학제간 융합교육
	4차 산업혁명	첨단의료방사선	국제의학물리전문인
교육연구단(팀)의 비전과 목표 달성정도	❑ 체계적인 교육목표와 비전의 설정을 통해 의료방사선 특화 교육과정을 개발 · 운영하고 있으며 IOMP 국제 인준을 통한 학생중심의 교육 프로그램을 활성화하였음. ❑ 방사선공학트랙과 의학물리트랙으로 나누어 전공교과과정을 편성하였으며, 공통 필수과정 + 세부전공과정 + 실무교육 + 연구 + 학생참여 과정을 통해 체계화된 교육 프로그램을 운영하고 있음. ❑ 교육의 국제화를 위해 각종 융합교육연구워크숍 및 교육 프로그램을 이수 시키고, 국내・외 석학 등의 초청 강연 등을 통해 교육 및 연구과정의 선진화 및 활성화를 유도하였음. ❑ 지역 공공기관의 협력을 통해 지역사회의 현안이나 사회적 이슈, 산업이나 기업의 애로사항 등을 발굴하고 이에 대한 해결방안을 모색하기 위해 협력연구를 수행함.		
교육역량 영역 성과	❑ **교육연구팀의 교육 성과** ○ 참여대학원생의 논문실적: 국제 SCI(E)급 20편, 0.75편/1인, 총 IF: 43.40, 평균 IF: 2.17/1편 ○ 참여대학원생의 학술대회 발표실적: 총 40건 (국제 40편, 국내 31편), 평균 2.64편/ 1인이며, 총 6건의 학술발표 수상 실적을 달성 ○ 참여대학원생의 특허실적: 국내 등록 1건, 국내 출원 5건, 국제 출원 1건을 달성 ○ 최신 의료방사선 HW/SW 활용 능력 강화를 위해 X선 일반촬영장치, Dual-energy X선 골밀도 측정 장치, Micro CT 장치, 방사선치료계획 SW, 방사선계측장치, PACS 시스템들을 교육기자재로 활용함. ○ 방사선융합공학과 의학물리학 과정의 기초, 핵심, 선택, 실습 과목을 체계적으로 개선 및 교육의 질을 향상시킨 결과, K-CAMPEP 인증을 획득하여 국제적 수준의 교육 체계를 구축함. ○ 본 교육과정은 최신 의학물리 연구 경향을 반영하고, 병원 및 연구소와의 협력을 통한 임상실험 및 실증 기반 교육을 강화함으로써, 실무 경험과 연구 능력을 겸비한 수요 기반 맞춤형 전문인력 양성에 힘씀. 궁극적으로는 학생들이 미래 의학물리 전문가로서 첨단 의료 서비스를 구현하고, 의료 기술 발전에 기여하며, 나아가 세계적인 리더로 성장할 수 있도록 지원함. ○ 2025년도 자체평가 기간동안 4명의 박사학위 졸업생을 배출하였으며, 이들은 의학물리학자와 의료기기 산업체의 책임연구원으로 취업하여 의료방사선 분야의 전문 인력 양성에 기여함. ○ 국제 연구 협력 및 교유를 유지하고, 참여대학원생과 국내/외 전문가 간의 교육・연구 학습공동체를 형성하기 위해 해외 MOU 체결 2회, 해외 장・단기 연수 실적 4회, 우수 외국인 학생 유치 1회를 달성함. ○ 국내・외 석학 초청강연을 포함한 연구 세미나를 5회 개최하였으며, 해외 선진연구기관들과의 국제공동연구 실적은 총 6건을 달성함.		
연구역량 영역 성과	❑ **교육연구팀의 연구 성과** ○ 참여교수의 논문실적: 국제 SCI(E)급 28편, 4.67편/1인, 총 IF: 72.70, 평균 IF: 2.60/1편 ○ 참여교수의 연구과제 수주 계약실적: 정부 연구비 29건(3,696,891 천원), 산업체 연구비 5건(243,636 천원), 1인 평균 656,755 천원 수주 달성		

	○ 참여교수의 특허실적 9건: 국내 출원 4건, 국내 등록 5건, 참여교수 1인당 평균 1.5건의 특허 출원・등록 성과를 달성 ❑ **교육연구팀의 국제화 성과** ○ 참여교수의 국제적 학술활동 참여: 6건의 해외석학과의 공동연구, 18건의 해외 학회 참석 ○ 참여교수의 국제적 학술활동 역할: 국제 학술지 편집위원 및 심사위원, 국제원자력기구와 국제방사선방호위원회 등 7곳의 저명 위원회 및 학회의 참여위원으로 활동 ○ 미국 University of Florida, National Cancer Institute, MYale University School of Medicine, 영국 Duke University, 중국 Tsinghua University와 국제 공동연구 결과 SCI(E)급 논문 6편을 게재함. ❑ **교육연구팀의 산학협력 성과** ○ 산업체 연구비 5건: 243,636 천원, 1인 평균: 40,606 천원 ○ 지역 산업체와의 연구 성과: (주)한국수력원자력, 사단법인 한국방사선산업학회, (사)한국방사선진흥협회, ㈜메디칼파크, ㈜바텍, ㈜네오시스코리아 ○ 산업・사회 문제 해결 기여 실적: 핵연료집합체 검증을 통한 안전 문제, 폐수처리시설에서의 방사선 피폭, 의료방사선 피폭 증가 문제, 방사선 이용 증가에 따른 환경안전 문제, 고령화 및 시니어 헬스케어 관련 문제와 관련된 연구를 수행함.
달성 성과 요약	❑ **교육연구팀의 교육성과** ○ 현행 학사관리 및 학위수여 기준을 강화하고, 입학-재학-졸업의 전주기적 학사 관리 체제를 도입하여 첨단의료방사선 분야의 MIRAE형 인재를 양성하고 있음. ○ 의료방사선 분야의 최신 과학기술 동향 분석 및 현장에서 요구되는 실무적 역량을 강화하기 위해 의료기관, 산업체 및 공공 연구기관의 전문가들을 초빙해 지속적으로 워크숍 및 강연을 개최하고 있음. ○ 본 교육연구팀은 교육 프로그램의 국제화를 통해 의료방사선 분야의 여러 우수 대학 및 연구소와 공동연구를 수행하기 위한 기반을 마련하였으며, 이를 기반으로 매년 참여대학원생의 국제공동연구의 기회를 확대 추진하고 있음. ❑ **교육연구팀의 연구성과** ○ 본 교육연구팀의 참여교수는 최근 1년간 총 28편의 논문을 게재하였으며, 참여교수 1인당 평균 4.67편의 논문성과를 달성하였음. 저널의 우수성을 평가하는 지표 중 하나인 Eigenfactor Score(ES) 지표를 비교한 결과, 2024년도 자체평가 기간의 ES 합은 0.51이었으나, 2025년도 자체평가 기간에서는 1.35로 상승하였음. ○ 또한 논문 1편당 환산보정 ES는 0.60에서 0.69로 증가하여, 게재 저널의 영향력과 연구성과의 질적 수준이 전년 대비 향상된 것으로 분석됨. ○ 전년도 대비 연구성과의 질적 수준이 개선된 것으로 나타났으며, 이는 연구의 질적 성장과 성과 제고를 위한 노력이 지속되고 있음을 보여줌.
미흡한 부분 / 문제점 제시	❑ 본 자체평가 기간 신진연구인력 채용은 최종 임용 단계의 외부 경쟁 요인과 내부의 엄격한 질적 기준 유지에 따라 실적이 제한적이었으며, 처우 및 유치 채널 보강 등 제도적 보완 필요성이 확인되었음. ❑ 산업체와 지속적인 연구 협력을 이어나가고 있으며, 꾸준한 특허 성과를 보이고 있지만 당초 계획에 비해 기술이전 결과가 미미한 편이므로 그에 대한 노력이 필요하다고 판단됨.

	❑ BK21 사업 기간 동안 해외 학자와의 팀티칭 강의(2과목 이상) 개설을 위해 해외 유수 대학 및 연구기관과 MOU를 체결함. 향후 Joint Appointment 겸임교수를 지정하고, MOU 체결 대학과 온・오프라인 시스템을 활용한 강좌 개설이 필요함.
차년도 추진계획	❑ 신진연구인력 충원을 체계적으로 추진하기 위해, 국제 협력망과 학내 연구 생태를 연계한 인재 유치・정착 지원 체계를 고도화할 계획임. ❑ 외부 전문인력을 겸임교수로 초빙하여 산학협력 연계를 강화하고, 해외 석학 유치를 통해 국제공동연구・공동강의(팀티칭)를 확대함으로써 참여대학원생의 연구역량을 고도화하고, 궁극적으로 의료방사선 관련 분야 세계 10대 학과 달성을 단계적으로 추진할 계획임.

Ⅰ 교육연구단(팀)의 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구단(팀)장의 교육・연구・행정 역량

성 명	한 글	민철희	영 문	Chul Hee Min
소 속 기 관	연세대학교(미래캠퍼스) 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 방사선융합공학과			

(1) 사업팀장의 연구역량

❑ 본 BK21 사업팀장인 민철희 교수는 2011년 한양대학교 원자력공학 박사학위 취득 후 2011년부터 2013년까지 미국 하버드 의과대학 메사츄세츠 종합병원(Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, MGH)에서 2년간 박사 후 연구원을 거쳐 2013년도부터 연세대학교 방사선학과/방사선융합공학과 교수로 재직 중이며, 다양한 국제학회 학술활동과 함께 정부 연구 과제를 수주하여 세계적 연구 경쟁력과 특성화 분야의 수월성을 확보해 왔음.

❑ 사업팀장은 현재까지 87편 이상의 SCI급 논문을 발표하였고, BK21 4단계 기간(2020.09~2025.08) 동안 **29편(평균 5편/년)의 SCIE 논문**을 발표하였음. Applied Physics Letters에 게재된 논문은 600회 이상 인용되었으며, Medical Physics (IF: 3.2, JCR 상위 23.7%)에 게재된 논문은 top cited paper로 선정되는 등 방사선계측 및 방사선치료 분야에서 우수한 연구성과로써 인정받고 있음.

❑ 사업팀장은 또한 BK21 외에도 다양한 **정부 및 민간 연구 과제(연구비: 약 56억 원 규모)를 수주**하여 BK 21 교육연구팀이 목표로 하는 미래의료방사선 융합교육연구를 통한 사회와 산업 문제 해결 및 국제적 수준의 연구성과를 달성하는 데 크게 기여하였음.

(단위: 천 원)

연번	지원처	과제명	연구비
1	재)강원인재원	강원 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)	1,450,000
2	한국연구재단	환경 방사능 모니터링을 위한 고감도 가압이온전리함 제품화 기술 개발	1,914,170
3	한국원자력안전재단	핵연료집합체 부분결손 검증을 위한 방출단층촬영기술 개발	2,086,700
4	한국에너지기술평가원	방사선기술 에너지산업 고도화 인력양성	1,358,480
5	한국수력원자력(주)	Alanine/ESR 및 머신러닝 기반 의료방사선 정밀 선량평가 기술개발	659,760
6	한국연구재단	즉발감마선/양전자방출체 측정기술 및 기계학습 알고리즘을 이용한 중입자치료 시 환자 체내 선량 분포의 정밀 평가기술 개발	300,000
7	국립암센터	독립형 양성자치료기 도입 방사선발생장치 인허가 등 용역	220,000

<대표 연구과제 수주 실적>

❑ 사업팀장은 현재 한국방사선방어학회 편집위원장, 한국의학물리학회 법제화위원장으로 활동하고 있으며, 국립환경과학원, 원자력안전위원회, 원자력안전재단, 원자력안전기술원, 한국연구재단 등에서 주관하는 회의에 외부 전문위원으로 참여하고 있음.

❑ 2019년 MGH에서 방문교수로 근무한 이력을 바탕으로, 현재 "Yonsei-MGH Symposium for Particle Therapy"를 추진 중에 있으며, 이를 통해 **미래의료방사선 융합교육연구 분야의 국제적 수준의 연구 성과를 달성**하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 판단됨.

(2) 사업팀장의 교육 및 행정역량

❑ 사업팀장은 국제원자력기구와 세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 국제표준 가이드라인에 맞춰 학과의 교육프로그램을 개선하였으며, 2019년 **국제의학물리학회(International Organization for Medical Physics, IOMP)의 의학물리전문인 교육인준위원회(IOMP Accreditation Board)에서 인준하는 '국제의학물리전문인 교육기관' 자격을 인정**받는 데 program director로 주도적 역할을 수행하였음. 학과가 2022년 12월에 동일한 프로그램에 대한 재인준을 받음으로써, 국제 경쟁력 제고 및 세계적 수준의 연구중심 대학으로의 성장을 재입증하는 데에 기여함.

❑ 사업팀장은 현재 연세대학교(미래캠퍼스) **SW디지털헬스케어융합대학의 연구부학장을 맡아 대학을 대표하여 연구관련 정책결정 및 연구진흥사업 기획/추진 등을 담당**하고 있음. 또한 사업팀장은 방사선융합연구소 소장, 방사선융합공학과 학과장, 대한방사선방어학회 편집위원장 등을 맡아 다양한 기관에서 교육 및 행정역량을 발휘하고 있음.

2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-1> 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 전임 교수 현황 (단위: 명, %)

대학원 학과(부)	학기	전체교수 수	참여교수 수	참여비율(%)	비고
방사선융합공학과	2024년 2학기	6명	6명	100	
	2025년 1학기	6명	6명	100	

<표 1-2> 자체평가 대상기간(2024.9.1.~2025.8.31.) 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

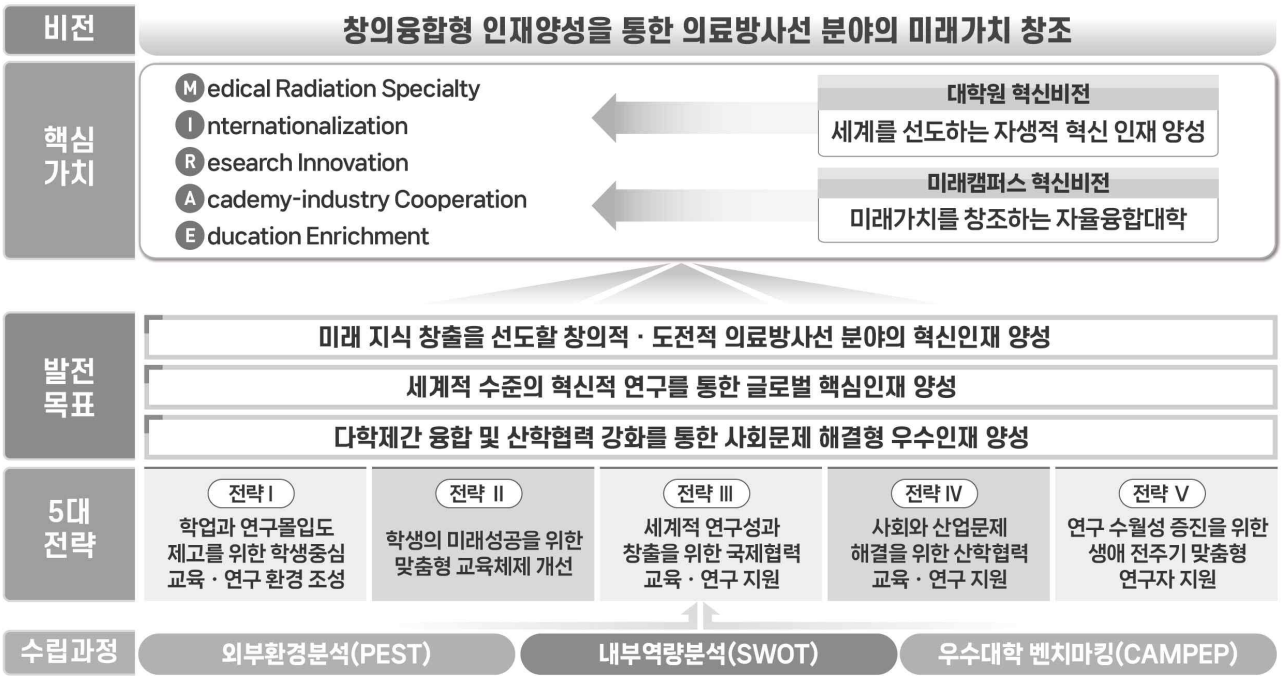
연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1	민철희				해당사항 없음
2	조효성				
3	한봉수				
4	정용현				
5	염연수				
6	권인용				

<표 1-3> 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 대학원생 현황 (단위: 명, %)

대학원 학과(부)	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 (%)
방사선융합공학과	2024년 2학기	2	2	100	2	1	50	28	23	82	32	26	81
	2025년 1학기	1	1	100	2	1	50	30	25	83	33	27	82
참여교수 대 참여학생 비율					22.6								

2. 교육연구단(팀)의 비전 및 목표 달성정도

2.1 교육연구팀의 비전 및 목표



<교육연구팀의 비전 및 목표>

① 교육연구팀의 비전

"창의융합형 인재양성을 통한 의료방사선 분야의 미래가치 창조"

❑ 교육연구팀의 핵심가치 "MIRAE (미래)"

- ○ Medical Radiation Specialty: 4차 산업혁명시대의 미래지식 창출을 위한 의료방사선분야 전문화
- ○ Internationalization: 국제 공동 · 협력 교육 · 연구 기반 국제화 역량 강화
- ○ Research Innovation: 미래가치를 선도할 혁신적 연구역량 확보
- ○ Academy-industry Cooperation: 사회적 가치 창출 및 성장 기여를 위한 산학협력 강화
- ○ Education Enrichment: 미래형 인재 양성을 위한 융 · 복합 교육 강화

❑ 연세대학교 대학원과 미래캠퍼스 혁신 비전에서 추구하는 융복합 교육 · 연구 혁신계획과 연계하여, 글로벌 연구역량을 갖춘 MIRAE형 인재를 양성하고, 이를 통해 첨단 의료방사선분야의 미래가치를 창조하는 세계적 수준의 연구중심대학원으로 도약.

❑ 교육연구팀의 발전 목표

- ○ 목표 1. 미래지식 창출을 선도할 창의적 · 도전적 의료방사선 분야의 혁신인재 양성
- ○ 목표 2. 세계적 수준의 혁신적 연구를 통한 글로벌 핵심인재 양성
- ○ 목표 3. 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 우수인재 양성

2.2 교육연구팀의 비전 및 목표 수립 프로세스

❑ 교육연구팀의 내 · 외부 환경과 우수대학 벤치마킹 등을 분석하여 교육연구팀의 비전과 목표를 위한 시사점 도출과 함께 구체적 방안을 수립함.

❑ 외부환경 분석(PEST) 및 시사점

○ 정책(Political), 경제 · 산업(Economic), 사회 · 문화(Social), 기술(Technological) 등 주요 영역별 트렌드와 변화의 요인을 분석하여 교육연구팀의 비전과 목표 수립을 위한 시사점을 도출함.

정책(P) 분석	경제 · 산업(E) 분석
· 정부의 혁신성장 8대 선도 사업에 고부가가치 창출이 가능한 '바이오헬스' 추가 및 재정투자 확대 · 바이오헬스산업 전주기 생태계 혁신을 위한 융 · 복합 연구 및 교육 프로그램 요구 확대 · 4차 산업혁명 시대에 부합하는 융합교육 필요성 증가 · 글로벌 핵심인재 양성 정책 강화	· IoT 가전, 전기자동차, 바이오, 헬스 등 신산업 등장 및 확대 · 강원도 특화분야에 디지털 스마트 헬스케어 지정 · 국가혁신클러스터로 지정된 원주 혁신도시를 중심으로 디지털 헬스케어 분야 집중 육성
시사점	**시사점**
· 정부의 혁신성장 전략에 기여 · 의료방사선 융 · 복합 연구 및 교육 프로그램 개발 · 교육 프로그램 국제 인준을 통한 글로벌 핵심인재 양성	· 미래 의료방사선 신산업 성장에 대비한 융합교육 확대 · 지역사회 성장을 위한 강원/원주 외료산업과 연계 · 협력 · 사회문제 해결형 전문인력 공급 기반 확보

사회 · 문화(S) 분석	기술(T) 분석
· 인구고령화 및 생활 습관 등의 변화로 인한 노인성질환 및 만성질환의 지속적 증가 · 삶의 질 중시 트렌드 확산 · 바이오 헬스 및 의료기기 산업 성장 · COVID-19 팬데믹 상황에 따른 원격진료 관심 확대	· 4차 산업혁명 시대 도래에 따른 신기술 및 신산업 등장 · 기술간 융 · 복합 가속화 · ICT 기술의 발전에 따른 융 · 복합 교육 요구 증가
시사점	**시사점**
· 국민건강, 복지증진에 기여 · 환자맞춤형 진단 및 치료효과 극대화를 위한 의료방사선 첨단 기술 연구 · 사회문제 해결을 위한 다학제간 융합 교육 및 연구 프로그램 개발	· 4차 산업혁명 기술 및 환경 변화 대응 · ICT 기술과 의료방사선 기술간의 초연결 융합 체계 구축 · 빅데이터 및 테라노스틱스 의학과 의료방사선 기술과의 융합 연구 추진

<외부환경 분석 및 시사점 요약>

○ 이러한 외부환경분석(PEST)을 기반으로 본 교육연구팀은 ICT 기반 의료방사선 분야의 융복합 교육 · 연구를 통해 미래 신(新)산업과 사회가 요구하는 '사회 문제 해결형 융합인재 양성'이 필요함.

❑ 교육연구팀의 내부환경 분석(SWOT) 및 시사점

○ 강원지역에 소재한 연세대학교 미래캠퍼스 일반대학원 방사선융합공학과의 대내적 역량 강화 요인을 분석하여 교육연구팀의 비전과 목표 수립을 위한 시사점을 도출함.

SWOT 분석 ✓ Strength ✓ Opportunity ✓ Weakness ✓ Threat	내부(학과/학교) S	내부(학과/학교) W
	· 국제의학물리전문인 교육기관 인준 · 의료방사선 분야에 특화된 교수진 · BK21플러스 사업의 성공적 수행	· 병원/산업체 연계 실습교육 부족 · 대학원생 진학률 감소 · 국제협력 교육 부재
외부(지역 사회) O	시사점	
· 강원지역의 의료 기반 발전계획 수립 · 고령화 시대에 따른 헬스케어 분야 성장 · 새로운 기술 출현과 기술간 융복합 활성화	· 의료방사선 분야 특성화 추진 · 사회문제 해결 기반의 지역산업 연계 교육 및 연구 강화 · ICT 융합 및 다학제간 융합을 통한 교육 및 연구 강화 · 국제학술활동 지원 확대 · 국제협력 교육 및 연구 강화 · 병원 연계 교육 및 연구 강화 · 장학금 지원 확대	
외부(지역 사회) T		
· 강원지역 의료방사선 선도기업 부재 · 학령 인구 감소 · 인재의 수도권 대학 진학 집중		

<내부환경 분석 및 시사점 요약>

○ 본 교육연구팀은 국내에서는 거의 유일하게 의료방사선 분야의 다양한 전문가들로 교수진이 구성되어 있으며, 성공적인 BK21플러스 사업 경험을 통해 의료방사선 분야의 전문가 양성을 위한 지속적인 교육·연구과정을 개발 및 운영해 왔음.

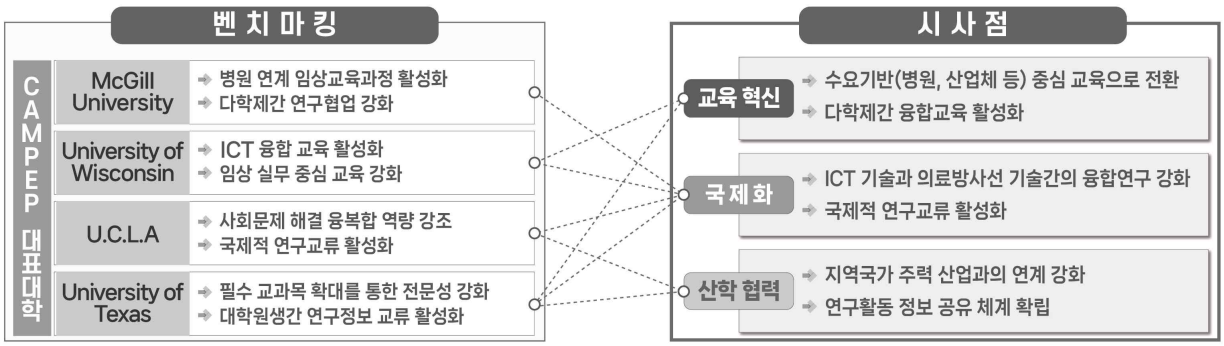
○ 본 교육연구팀은 국제의학물리학회(International Organization for Medical Physics, IOMP) 자체교육기관인 국제이론물리센터를 제외하고, 2019년에 세계 최초로 의학물리전문인 교육인준위원회(IOMP Accreditation Board)의 '국제의학물리전문인 교육기관' 자격을 인준받았으며, 2022년 재인준을 완료함.

○ 본 교육연구팀의 교육프로그램은 2019년에 IOMP의 기준안에 따라 개편되었으며, 의료방사선 분야의 실무 역량을 갖춘 전문인재를 양성하기 위해 병원과 연계한 실험 실험·실습 위주의 교과목을 개발하여 교육 효과를 극대화함.

❑ 세계 유수 대학 벤치마킹(CAMPEP) 및 시사점

○ 세계 유수 대학에서 Commission on Accreditation of Medical Physics Education Programs (CAMPEP)의 인준을 받아 대학원 교육프로그램을 운영하고 있는 점에 주목하여, 이들 대학을 벤치마킹하여 교육연구팀의 비전과 목표 수립을 위한 시사점을 도출함.

○ 의료분야 글로벌 연구중심 대학 가운데 CAMPEP 인준 후 20년 이상 해당 프로그램을 운영하고 있는 대표적인 4개의 대학(McGill University, University of Wisconsin, University of California Los Angeles, The University of Texas MD Anderson Cancer Center)을 벤치마킹함.



<유수 대학 벤치마킹 및 시사점 요약>

○ 4개 벤치마킹 대학의 교육과정과 연구활동을 분석하여, 아래와 같은 시사점 도출

- 이론중심의 교육을 탈피하여 병원 및 산업체와의 유기적인 연계를 바탕으로 한 실험 · 실습기반 실무교육 강화
- ICT 연계교육 및 다학제간 융합교육을 통한 혁신적 연구역량 확보
- 대학원생들의 능동적 연구활동 증진 및 국제화 역량 강화
- 지역 · 국가 주력 산업과 연계한 교육 · 연구 활성화를 통한 사회문제 해결 능력 고취

○ 벤치마킹 결과를 바탕으로, 세계적 수준의 의료방사선 분야 연구중심대학원으로 도약하기 위한 교육연구팀의 비전과 목표를 아래와 같이 설정

- 비전: “창의융합형 인재양성을 통한 의료방사선 분야의 미래가치 창조”
- [목표 1] 미래지식 창출을 선도할 창의적 · 도전적 의료방사선 분야의 혁신인재 양성
- [목표 2] 세계적 수준의 혁신적 연구를 통한 글로벌 핵심인재 양성
- [목표 3] 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 우수인재 양성

2.3 교육연구팀의 비전 및 목표 대비 실적

❑ 미래 목표 달성을 위한 5개의 핵심 전략을 토대로 각 핵심전략의 세부과제들을 수행하고 목표를 달성함.

5대 핵심 전략	5대 핵심 전략
학업과 연구몰입도 제고를 위한 학생중심 교육 · 연구 환경 조성	1-1 장학금 지원 확대 1-2 연구 성과 제고를 위한 지원제도 강화 1-3 연구몰입도 증진을 위한 연구환경 개선 1-4 신진연구인력 연구환경 개선 1-5 연구수월성 제고를 위한 연구환경 개선
학생의 미래성공을 위한 맞춤형 교육체제 개선	2-1 혁신적 교수법 도입 2-2 교육과정 개선을 위한 선순환 체계구축 2-3 전주기적 학사관리 체계 고도화 2-4 다학제간 융합 교과목 개발 및 운영 2-5 연구 수월성 증진을 위한 학위심사 제도 개선 2-6 연구업적물의 질적 우수성 향상을 위한 졸업요건 강화
사회와 산업문제 해결을 위한 산학협력 교육 · 연구 지원	3-1 산 · 학 · 연 연계 및 다학제간 융합 교육 강화 3-2 현장맞춤형 실습 교과목 개발 및 운영 3-3 사회문제 해결형 교과목 개발 및 운영 3-4 연구역량 향상을 위한 산학협력 연구 활성화 3-5 산업 · 사회문제 해결을 위한 첨단 의료방사선 연구 활성화 3-6 산업 · 사회 문제 해결을 위한 인적교류 활성화 3-7 산업 · 사회 문제 해결을 위한 물적교류 활성화

5대 핵심 전략	5대 핵심 전략
세계적 연구 성과 창출을 위한 국제협력 교육·연구 지원	4-1 국제협력 교육 강화 4-2 국제화 역량 강화 프로그램 확대 4-3 국제학술활동 및 국제교류 지원 강화 4-4 국제 공동 교육프로그램 개발 및 운영 4-5 교육프로그램의 국제화를 위한 지원 강화 4-6 국제공동연구 확대 추진 4-7 국제 교류 활성화를 위한 지원 확대 4-8 연구역량 향상을 위한 국제 공동연구 활성화 4-9 세계적인 경쟁력을 갖춘 해외 연구 인력과의 교류 확대
연구 수월성 증진을 위한 생애 전주기 맞춤형 연구자 지원	5-1 예비 대학원생 체험 프로그램 강화 5-2 연구역량 강화 프로그램 확대 5-3 우수 신진연구인력 확보를 위한 방안 개선 5-4 신진연구인력 교육 및 연구 지원 강화 5-5 신진연구인력 취업 지원 강화 5-6 연구역량 향상을 위한 첨단 의료방사선 연구 활성화

[전략 1] 학업과 연구몰입도 제고를 위한 학생중심 교육연구 환경 조성

○ 참여대학원생의 연구 활동 촉진 및 안정적 지원을 위해 2024년도 2학기에는 총 22명의 참여대학원생에게 1인당 평균 8,253.2천 원(총 181,570천 원)의 장학금이 지급되었으며, 2025년도 1학기에는 총 26명의 참여대학원생에게 1인당 평균 6,199.3천 원(총 161,182천 원)의 장학금이 지급되었음.

○ 또한, 교육연구팀 참여대학원생의 학업 성취도 및 연구 활동 향상을 위한 노력의 일환으로, 자발적인 경쟁 체제를 구축하고 이에 따른 장학금을 지급하였음. 세부적인 평가 기준 및 장학금 지급 내역은 다음과 같음.

<표 1-4> 우수 참여대학원생 장학급 지급 내역

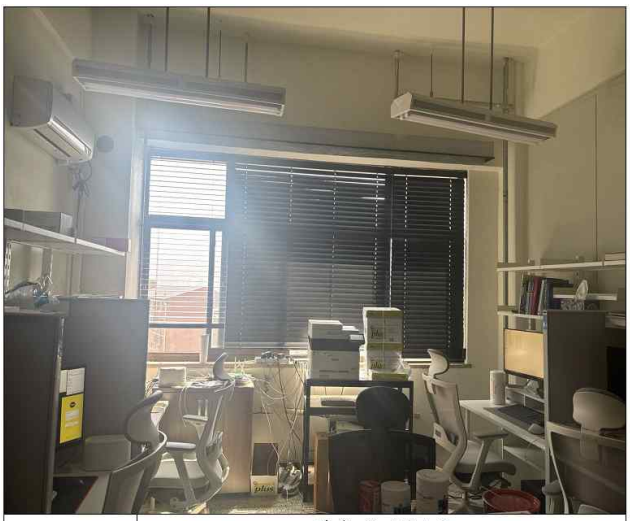
비목	성명	평가점수	집행금액	비고
대학원생 연구장학금	최형주	68	GRA, YGF 연구장학금	대학원혁신지원사업
	정윤수	67	YGF 연구장학금	
	최지원	66	1,122,388원	BK 5차년도 사업비
	이수현	62	1,122,388원	
	이종혁	55	1,122,388원	
총액 합계			3,367,164원	

<표 1-5> 참여대학원생 인센티브 지급을 위한 사업기여도 평가 기준 및 지표*

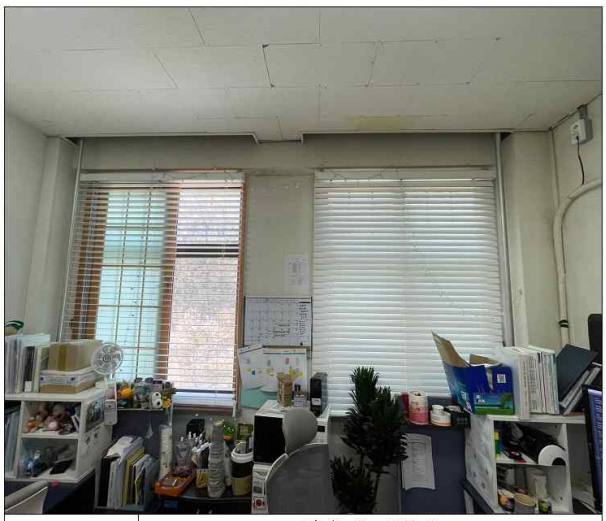
	참여대학원생 A	참여대학원생 B	....	참여대학원생 Z
기여도 평가항목				
1. 참여도				
1) 학술 세미나 참여 횟수, 1점/회				
2) 교육 프로그램(학술워크숍 등) 참여 횟수, 2점/회				
참여도 점수 소계(최대 10점)				
2. 연구업적				
1) 국내 KCI 1저자, 10점/편				
2) 국내 KCI 공동저자, 2점/편				
3) 국내/국제 SCIE 1저자, 20점/편				
4) 국내/국제 SCIE 공동저자, 4점/편				
5) 국내 학술대회 구두발표, 2점/편				
6) 국제 학술대회 구두발표, 4점/편				
7) 국내 특허 출원, 2점/건				
8) 국제 특허 출원, 4점/건				
9) 국내/국제 수상실적, 5점/건				
국내/국제 특허 등록, 건당 4점 가산				
연구실적 점수 소계(최대 80점)				
3. 학업성취도				
100% - 96% (>3.90): 10점 95%-91% (>3.50): 8점 90%-86% (>3.00): 6점 85% 이하 (≤3.00): 0점 **각 과정 수료생: 6점				
학업성취도 점수 소계(최대 10점)				

*표 6을 근거로 참여대학원생의 사업기여도를 평가하였으며, 종합 평가에서 우수한 성과를 보인 상위 학생들에게 장학금을 지급하였음.

○ 2025년 4월, BK 연구 환경 개선을 목적으로 연구실 블라인드 교체를 완료하여 연구 및 학습 활동에 최적화된 환경을 조성함.



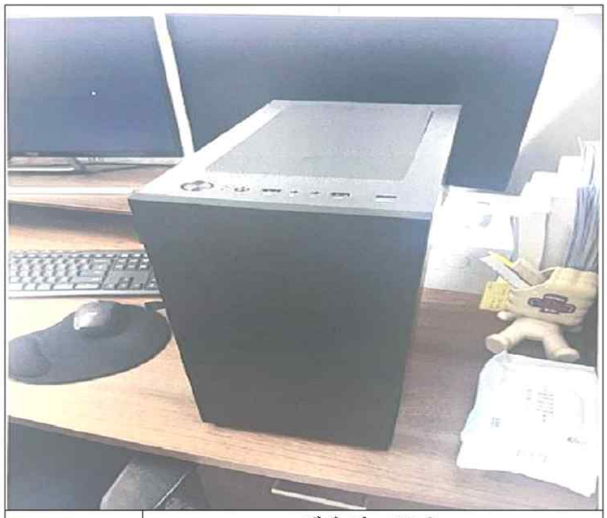
작업내용	백운관 304호 - 연구실 환경 개선(블라인드 교체)



작업내용	백운관 429호 - 연구실 환경 개선(블라인드 교체)

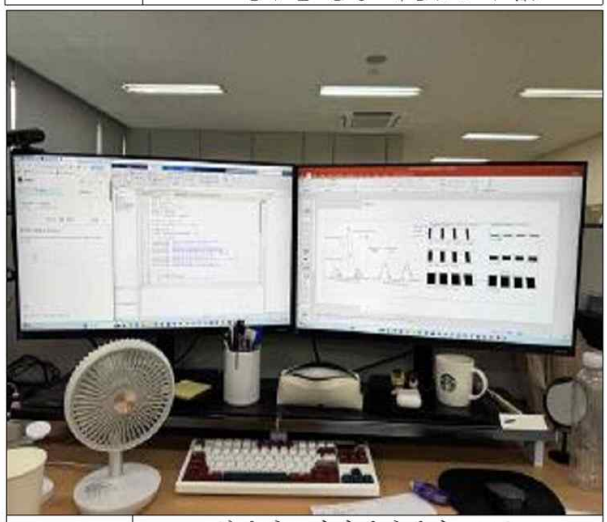
○ 2024년 11월 ~ 2025년 7월, BK 연구 환경 개선을 목적으로 연구실 비품(PC, 책상, 의자) 구입을 완료하여 연구 및 학습 활동에 최적화된 환경을 조성함.

작업내용	백운관 304호 - 연구실 환경 개선(PC 구입)



작업내용	백운관 432호 - 연구실 환경 개선(PC 구입)

작업내용	백운관 437호 - 연구실 환경 개선(PC 구입)



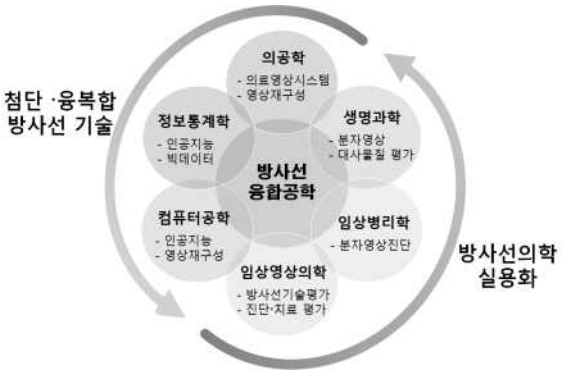
작업내용	첨단의료기기벤처센터 404호 - 연구실 환경 개선(모니터 구입)

작업내용	백운관 438호 - 연구실 환경 개선(의자 구입)

작업내용	백운관 432호 - 연구실 환경 개선(회의용 책상 구입)

[전략 2] 학생의 미래성공을 위한 맞춤형 교육체제 개선

○ 현재 본 교육연구팀은 “창의융합형 인재양성을 통한 의료방사선 분야의 미래가치 창조”라는 비전 구현을 위해 학습자의 요구를 반영하고, 시대적・사회적 적합성을 갖춘 질 높은 교육과정을 편성하여 충실하게 운영함.

연구목표	다학제간 융・복합	연구 핵심내용
ICT융합 방사선기술		■인공지능 및 빅데이터 기반의 의료영상 재구성 및 영상진단 및 치료기술
첨단 방사선 신기술		■진단 · 치료시 방사선 피폭 최소화를 위한 개인맞춤형 초정밀 방사선 진단 및 치료 시스템 핵심기술 ■기능적/해부학적 융 · 복합 의료방사선 영상 시스템을 이용한 분자영상학적 진단 바이오마커 및 정밀표적치료마커 기반의 진단 및 치료기술
방사선의학 실용화		■방사선융합공학 기술의 기초연구 및 전임상 - 임상연구 연계를 통한 방사선의학 실용화기술

○ 본 교육연구팀의 참여대학원생은 최근 1년간 총 20편의 국제 SCI(E) 논문 게재 실적을 확보하였으며, 2024 impact factor (2024 IF) 총합은 43.40으로 집계되었음. 논문 1편당 평균 IF는 2.17로 산정되었고, 참여대학원생 1인당 환산 논문 편수는 0.21편으로 분석되었음. 또한 동일 기간 동안 참여대학원생 1인당 환산보정 IF는 0.36으로 나타났으며, 이는 연구성과가 특정 소수 인원에 편중되지 않고 참여대학원생 전반에 공유되고 있음을 시사함.

- 아래 표와 같이, 2025년도 자체평가 기간(2024.09~2025.08)의 주요 지표는 전년도 자체평가 기간(2023.09~2024.08)과 유사한 수준을 유지하거나 일부 지표에서 개선이 확인되었음. 이는 상위 저널 게재를 통한 학문적 파급력(ES 지표)과 연구의 질적 수준(IF 지표)이 안정적으로 유지・확대되고 있음을 보여주는 결과로 판단됨.

<표 1-6> 참여대학원생의 전년도 대비 논문 성과

구 분		2024년 자체평가 기간 (2023.09 - 2024.08)	2025년 자체평가 기간 (2024.09 - 2025.08)	증감
논문 편수	논문 총 편수	22	20	-
	논문의 환산 편수의 합	6.65	5.52	-
	참여대학원생 1인당 논문 환산 편수	0.30	0.21	-
Impact Factor (IF)*	IF=0이 아닌 논문 총 편수	22	20	-
	IF의 합	41.50	43.40	+
	환산보정 IF의 합	9.71	9.56	-
	논문 1편당 환산보정 IF	0.44	0.48	+
	참여대학원생 1인당 환산보정 IF	0.43	0.36	-
Eigenfactor	ES=0이 아닌 논문 총 편수	22	20	-

Score (ES)**	ES의 합	0.24	0.40	+
	환산 보정 ES의 합	10.56	12.66	+
	논문 1편당 환산보정 ES	0.48	0.63	+
	참여대학원생 1인당 환산보정 ES	0.47	0.48	+
	평가기간 평균 참여대학원생 수	22.5	26.5	+

- IF* 및 ES**의 정보는 아래 웹페이지에서 제공되는 BK21 사업 전용 지표를 사용하였음: http://s2journal.bwise.kr/jcr/jcrCategoryRankingPage.do
- 논문 편수 환산 공식: 주저자 1인의 논문 환산 편수 = min(1/(m+0.5),0.5) (단, n = 0일 때는 1/m)
  - m: 주저자(제1저자 + 교신저자) 수
  - n: 기타저자(주저자를 제외한 저자)수
  - T: 총 저자수 (= m + n)
- 기타 저자 1인의 논문 환산 편수(n > 0) = 1-m*min(1/(m+0.5),0.5) /n

- 본 교육연구팀은 4단계 BK21 사업 기간 동안 참여대학원생의 연구성과의 질적 향상이 안정적으로 제고되도록 관리하고 있으며, 체계적 융복합 교육·연구 지원 체계를 통해 참여대학원생 1인당 논문 환산 편수의 추가적 향상이 도모될 예정임.

○ 본 교육연구팀의 참여교수는 최근 1년간 총 28편의 SCI(E) 논문을 게재하였으며, 참여교수 1인당 평균 4.67편의 논문 실적(환산 기준 1.43편)을 달성함.

- 아래 표와 같이, 2025년도 자체평가 기간(2024.09~2025.08)의 2024 IF 총합은 72.70으로 집계되었으며, 논문 1편당 평균 IF는 2.60으로 분석되었음. 또한 참여교수 1인당 환산보정 IF는 2.39로 산정되어 개별 교원의 질적 연구성과가 일정 수준으로 유지되고 있는 것으로 확인되었음.

<표 1-7> 참여교수의 전년도 대비 논문 성과

구 분		2024년 자체평가 기간 (2023.09 - 2024.08)	2025년 자체평가 기간 (2024.09 - 2025.08)	증감
논문 편수	논문 총 편수	42	28	-
	논문의 환산 편수의 합	14.24	8.57	-
	참여교수 1인당 논문 환산 편수	2.37	1.43	-
Impact Factor (IF)*	IF=0이 아닌 논문 총 편수	41	28	-
	IF의 합	89.53	72.70	-
	환산보정 IF의 합	22.18	14.36	-
	논문 1편당 환산보정 IF	0.54	0.51	-
	참여교수 1인당 환산보정 IF	3.70	2.39	-
Eigenfactor Score (ES)**	ES=0이 아닌 논문 총 편수	41	28	-
	ES의 합	0.51	1.35	+
	환산 보정 ES의 합	24.40	19.35	-
	논문 1편당 환산보정 ES	0.60	0.69	+
	참여교수 1인당 환산보정 ES	4.07	3.23	-

	평가기간 평균 참여교수 수	6	6	

- Eigenfactor Score(ES) 지표를 비교한 결과, 2024년도 자체평가 기간(2023.09~2024.08)에서의 ES 합은 0.51이었으나 2025년도 자체평가 기간(2024.09~2025.08)에서는 1.35로 상승한 것으로 확인되었음. 또한 논문 1편당 환산보정 ES는 2024년도 자체평가 기간에서 0.60이었으나 2025년도 자체평가 기간에서는 0.69로 증가하여, 게재 저널의 영향력과 파급력이 전년 대비 강화되고 있는 것으로 분석되었음. 이러한 결과는 단순한 논문 편수의 확대뿐만 아니라, 게재 저널의 영향력(ES 지표)과 질적 수준(IF 지표)을 동시에 고려한 연구 성과 관리가 이루어지고 있음을 시사함.

- 이러한 교육연구팀의 목표는 한국연구재단의 BK21 사업 초기부터 현재, 그리고 미래의 차세대 인재양성 사업목적에 부합한다고 판단되며, 본 교육연구팀은 4단계 BK21 사업 기간 전반에 걸쳐 참여교수의 연구성과의 질적 수준을 지속적으로 제고하고, 참여교수 1인당 환산 성과 지표의 고도화를 지향하고 있음.

○ 본 교육연구팀의 참여교수 및 참여대학원생은 최근 1년간 총 9건의 특허 성과(국내 출원: 4건, 국내 등록: 5건)를 달성하였음.

○ 개설된 교과과정의 충실성을 객관적으로 평가하기 위해 매 학기 다문항의 강의평가를 실시하고 있으며, 이를 통해 수업내용, 강의수준, 만족도 등을 정량적으로 평가하고 미흡한 부분을 지속적으로 보완함.

○ 학습자의 수요조사, 임상기관 및 산업체의 의견조사 결과를 바탕으로 교과과정 및 교과내용 개선 시 사회수요 및 최신 연구동향을 반영하여 교육과정의 질적 관리(교육과정 개편)를 시행함.

○ 교육혁신위원회의를 개최하여, 체계적인 의료방사선 특화 인재양성을 위해 국제의학물리전문인 교육과정 및 대학원 교과과정을 재편성하고, 신설 및 조정된 과목을 반영하여 커리큘럼을 새롭게 개편하였음.

○ 의학물리학 교과목(의학물리 핵심 8과목, 선택 12과목, 실습 2과목)은 다음과 같이 개편됨.
- 핵심 과목에서 3과목(의학물리특론1, 고급 방사선 생물학, 방사선 해부학 및 생리학 특론)이 제외되고 3과목(고급방사선량평가, 입자치료물리학1, 선형시스템특론)이 새롭게 포함됨.
- 핵심 과목에서 2과목(고급디지털영상처리, 방사선치료정도관리학)이 제외되고 2과목(디지털영상처리 및화질론, 입자치료물리학2)이 새롭게 포함됨.
- 실습 과목에는 1과목(최신방사선치료계획)이 추가 신설됨.

○ 새로운 교육프로그램을 통해 세계적 수준의 교육을 제공하고, 이를 바탕으로 한 우수한 연구 성과는 다시 교과목 교육에 반영하여 지속적으로 교육의 질을 향상시키는 교육-연구 선순환 구조를 구축하여 운영 중에 있음.

○ 본 교육연구팀은 다양한 의료방사선 전공분야의 지식 및 강의 수월성을 보유한 교수들로 구성되어 있으며, 각 교수당 학기별 1과목, 2년간 총 4과목을 담당하게 하여 수업 준비 시간을 충분히 확보함으로써 교육의 질을 높임.

○ 창의적 · 도전적 MIRAE형 인재 양성 및 우수 인력을 배출하기 위해 학위 취득 요건을 강화하였음.
- 박사과정 학생은 학위 중 주저자로 SCI급 국제학술지에 논문게재 2편을 의무화 함.

- 석사과정 학생은 학위 중 주저자로 국내 우수학술지에 논문게재 1편을 의무화 함.
- 매년 1회 이상 국내외 학술대회에 참가 및 연구결과 발표를 의무화 함.
- 석사 및 박사학위 논문은 100% 영문으로 작성을 의무화 함.
- 전공교과과정은 방사선공학트랙과 의학물리트랙으로 나누어 편성하였으며, 공통필수과정 + 세부 전공과정 + 실무교육 + 연구 + 학생참여 과정을 통해 체계화된 교육 프로그램을 운영 중에 있음.
- 학위조건과 관련된 내용을 학과 내규에 반영하여 2021년 신입생부터 적용하였음.
- 실무형 인재 양성을 위하여 차세대 의료방사선 분야에서 요구되는 '학생 참여주도 핵심실험 교육' 을 운영 중에 있으며 과목 이수를 졸업 요건으로 강화하여 시행하고 있음.

[전략 3] 사회와 산업문제 해결을 위한 산학협력 교육·연구 지원

○ 본 교육연구팀은 최근 1년간 총 3,940,528 천원의 연구과제 수주 계약 성과를 달성하였으며 (산업체 연구비 5건: 243,636 천원, 정부 연구비 29건: 3,696,891 천원), 참여교수 1인당 평균 연구비 수주 계약액은 656,755 천원의 성과를 달성하였음.

○ 연구과제 수주 계약 성과는 직전 3개 연도(2021년 9월-2024년 8월) 연평균 연구비 수주 계약금액과 비교했을 때, 참여교수 1인당 수주액이 50.2% 증가하였으며 이는 교원 단위의 과제 기획·제안 역량과 수행 신뢰도가 질적으로 고도화되었음을 보여줌.

○ 2022년 1학기 3월부터 방사선 융합과학 분야의 최신기술 및 현장에서 적용되고 있는 기술에 대해 산업체 세미나 교과목을 개설하여 교육을 진행하였으며, 참여대학원생들이 실무 지식을 습득하고 산업 현장과의 연계를 강화할 수 있도록 운영 중임.

○ 더 나아가 본 교육연구팀의 우수한 교육·연구역량을 바탕으로 과학기술·산업·사회 문제를 해결하는데 최상의 기여를 할 것으로 예상됨.

○ 현재 임상 및 산업체에서 사용되고 있는 최신 의료방사선 HW/SW 활용 능력 강화를 위해 X선 일반촬영장치, Dual-energy X선 골밀도 측정 장치, Micro CT 장치, 방사선치료계획 SW, 방사선계측 장치, PACS 시스템들을 교육기자재로 활용하고 있음.

○ 본 교육연구팀은 첨단 의료방사선 특화 인재양성과 더불어 산학협력 친화 연구사업을 단계적으로 확대하며 현장맞춤형 인재양성의 비전을 실현하고자 최근 1년간 다양한 산학협력 연구과제 진행 및 기술이전 추진, 특허등록/출원 등 활발한 교류를 진행하였음.

○ 본 교육연구팀은 현재에도 지속적으로 산업체[(주)한국수력원자력, 재단법인 한국원자력연구재단, (주)바텍 , (주)우리엔, (주)네오시스코리아]와의 산학협력 공동연구를 수행 중에 있으며, 최첨단 의료방사선 관련 기술개발을 통한 애로기술 해결, 현장 실무능력을 갖춘 교육연구팀의 인재양성, 기술이전을 통한 제품화 및 사업화 연계로 산업체의 기술 경쟁력 강화에 기여하기 위해 노력하고 있음.

○ 차세대 방사선융합기술 기반의 의료 및 산업 안전 분야 연구개발에 관한 주제로 미래의료방사선 융합교육 연구워크숍을 5회 개최하였으며, 본 교육연구팀 소속 참여연구진 뿐만 아니라 국내외 관련 분야 전문가들이 참여하였음(발표자 포함 평균 30여명 이상 참여).

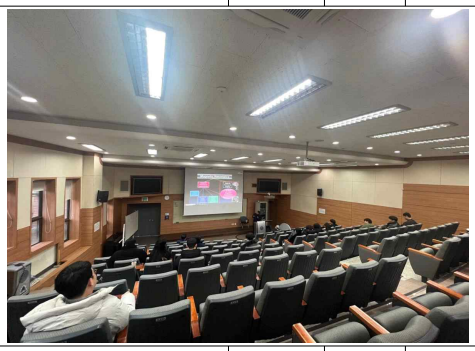
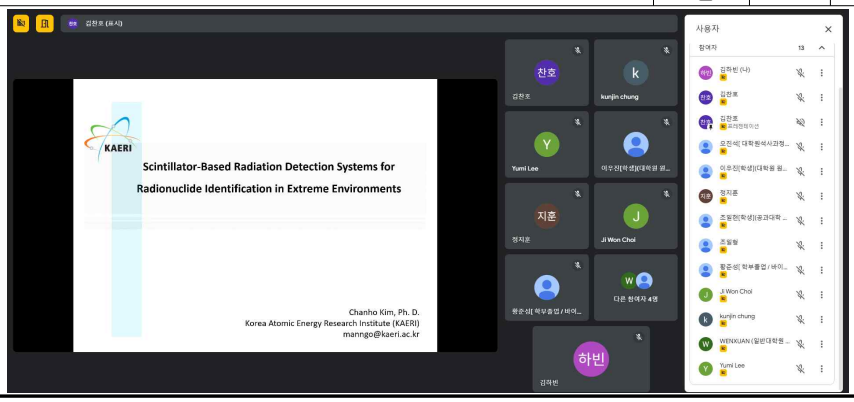
○ 학생들의 주도적인 참여를 통해 학술 발표를 진행하고 있으며, 참여교수, 국내외 우수 연구자 및 산학연

네트워크 전문가들과의 토론을 통해 활발한 연구 교류를 지원하고 있음.

○ 본 교육연구팀은 첨단 의료 분야의 국내외 석학 초빙 정례 강연·세미나를 운영하여 산·학·연 연계 및 다학제 융합 교육을 강화하고 최신 연구동향·방법론을 공유함으로써 연구 교류 촉진과 대학원생 학술역량 제고에 기여하는 학습 기회를 제공함.

<표 1-8> 교육연구팀의 산·학·연 연계 및 다학제간 융합 교육 강화 세미나

개최년월	행사명	교류대상	개최 방식	해외 석학 초청	연구 교류
24.10.16	BK 산업체 세미나	Ohio State University, USA: 이혜리 교수	오프라인	●	●
24.11.20	BK 산업체 세미나	국립암센터: 김대홍 박사	오프라인		●
24.12.04	BK 산업체 세미나	한국원자력안전기술원: 이재국 실장	오프라인		●
24.12.11	BK 산업체 세미나	가천대학교 의과대학: 백현만 교수	오프라인		●

					
25.03.31	BK 전문가 초청 강연	한국원자력원구원: 김찬호 박사	온라인		●
					

[전략 4] 세계적 연구 성과 창출을 위한 국제 협력 교육·연구 지원

○ 참여 대학원생의 세계적 수준의 연구 능력함양 및 국제적 의사소통 능력을 향상 위한 교육을 강화하였음.

- 참여대학원생의 국제적 연구 활동 및 국외 연구기관과의 활발한 연구교류를 위해 영어논문 작성관련 프로그램 등에 참여할 수 있도록 행정적 지원을 하였음.
- 대학원생들의 영어논문 작성 및 발표를 활성화하였으며, 관련된 공통교과목 이수를 장려하여 개인별 연구의 질적 향상 및 국제적 의사소통 능력을 향상시킴.

○ 본 교육연구팀의 목표 중 하나인 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력을 배양하기 위해 참여대학원생의 국내·외 워크숍, 학술대회, 교육 프로그램 등의 참여를 적극 지원함.

<표 1-9> 참여대학원생의 국내·외 학술행사, 교육 프로그램 참가 지원 실적

일자	행사명	주관	참여대학원생 (지원금액)
2024.11.18. ~11.19.	The 12th International Congress on Magnetic Resonance Imaging & 29th Annual Scientific Meeting of KSMRM (ICMRI 2024)	대한자기공명의과학회	연제형, 민병지, LIUWENXUAN (600,000원)
2024.11.27. ~11.29.	2024 대한방사선방어학회 추계학술대회	대한방사선방어학회	최형주, 이수민, 성새롬, 성경현, 서윤 (1,646,370원)

2024.12.08. ~12.12.	17th Asian Conference on Computer Vision (17th ACCV)	Asian Federation of Computer Vision	양혜선 (1,510,552원)
2025.01.19. ~01.22.	International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC 2025)	미국전자전기공학자협회(IEEE) 대한전자공학회(IEIE)	연제형 (880,000원)
2025.01.20. ~01.27.	BK 단기연수	나고야대학교	이유미, 성경현 (1,324,123원)
2025.01.24. ~02.15.	BK 장기연수	미시간대학교	김하빈 (5,000,000원)
2025.06.30. ~07.04.	12th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-12)	도쿄대학교	이유미, 최지원 (5,923,042원)
2025.07.07. ~07.25.	BK 장기연수	규슈대학교	강주완 (5,000,000원)
2025.07.06. ~07.10.	international Workshops on Radiation imaging Detectors 2025 (iWoRiD2025)	lovak University of Technology in Bratislava	신주용, Bella (6,318,704원)
2025.07.21. ~07.24.	IEEE Symposium On Radiation Measurements and Applications (SORMA 2025)	IEEE / UC Berkeley	XUWENTING (418,075원)
2025.08.28. ~08.29.	2025 대한방사선방어학회 하계워크숍	대한방사선방어학회	이유미, 최지원, 김나현, 조우리 (660,000원)

○ 참여대학원생의 국내외 학술대회 발표 실적은 71건(국제 40편, 국내 31편), 1인당 평균 2.64 편을 발표하였으며, 6건의 학술발표 수상 실적을 달성하였음.

○ 본 교육연구팀은 국제화 목표 중 하나인 세계적 수준의 혁신적 연구를 통한 글로벌 핵심인재 양성하기 위해 최근 1년간 미국 University of Florida, The International Commission on Radiological Protection (ICRP), National Cancer Institute, 영국 Duke University, 중국 Tsinghua Universy 등 국외 우수연구기관 및 연구진과의 국제학술 교류, 공동연구를 수행 중에 있음.

○ 해외 우수대학 연구진과의 공동연구를 통해 13건의 국제 학술대회 논문 발표와 7편의 SCI(E) 논문 게재 성과를 달성하였음. 또한 현재에도 지속적으로 국제공동연구를 협의・진행 중에 있으며, 2025년 9월 이후에도 다양한 우수성과를 창출할 수 있을 것으로 예상됨.

○ 최근 1년간 참여교수 1인 평균 3.67 회 이상 국제학술활동에 참가하였으며, 학술대회의 추진위원 및 편집위원, 운영위원, 초청 강연 등의 활동을 수행하였으며, 전문분야의 국제 SCI(E) 저널의 편집위원에 참여 하는 등 교육・연구 역량의 국제화를 위해 최선의 노력을 다하고 있음.

○ 본 교육연구팀은 한국연구재단 주관 2025년 4단계 BK21 우수대학원생 국제 공동연수 지원에 선발된 참여대학원생의 해외 파견을 다음과 같이 추진할 예정임.

- 양혜선(미국 Yale University, 2025.09.01.~2026.02.28.)
- 최지원(프랑스 Université de Bordeaux, 2026.01.05.~2026.07.05.)
- 이유미(미국 National Cancer Institute, 2026.02.01.~2026.07.31.)
- 이수현(미국 Mayo Clinic, 2026.02.01.~2027.01.31.)

[전략 5] 연구 수월성 증진을 위한 생애 전주기 맞춤형 연구자 지원

○ 본 교육연구팀의 우수 대학원생의 확보를 위해 다양한 홍보활동에도 노력을 기울임. 본 소속기관 및 학과 내 게시판뿐만 아니라 교육연구단 홈페이지, 소셜네트워크서비스, 행사 개최 시 홍보활동 등 다양한 매체를 활용하여 본 대학원의 우수성 홍보하였음.

○ 우수한 학부생의 조기 유치 및 사전 대학원 체험을 위한 예비 대학원생 프로그램을 시행함.

○ 우수한 대학원생 확보를 위해 대학원 입시정보, 장학금 제도, 연구 분야, 졸업 후 진로 등에 대한 설명회를 1년에 2회 이상 개최함(매 학기 개강 총회, 전 학년 대상).

○ 매년 모든 학부생과 대학원생들을 대상으로 융합교육연구워크숍 및 학술제, 취업・진로 설명회를 개최하여 학부생들이 석사 및 박사학위를 받고 다양한 분야에 진출한 졸업생과 진로 현황을 깊이 있게 접할 수 있는 체험 행사를 마련함.

○ 학부 3, 4학년을 대상으로 하는 캡스톤디자인 교과목 운영을 통해 학부생이 관심을 가지고 있는 대학원 연구실과 연계하여 연구 활동을 체험할 수 있는 기회를 제공함.

○ 학부연구생의 대학원 인턴쉽 프로그램의 활성화 및 Open-Lab Day 운영을 통한 연구실 탐방 기회를 제공하여 세부 전공별 연구프로그램의 이해도를 향상시킴.

○ 대학원 입학예정자의 오리엔테이션 정례화: 학사운영, 연구비 집행, 안전교육, 연구윤리 및 연구노트 작성 등의 교육을 제공함.

○ 최근 1년간(2024.09.01-2025.08.31) 학기별 평균 참여대학원생 수는 26.5명이며, 2023년도 2학기 26명에서 2025년도 1학기 27명으로 1명을 추가 확보하였음. 향후 의료방사선 분야를 이끌어 나갈 창의적 · 도전적 의료방사선 분야의 혁신인재를 양성하기 위해 참여대학원생의 지원을 지속적으로 확대하는 등 최선의 노력을 다하고 있음.

○ 신진연구인력 교육 및 연구 지원 강화를 위해 전임교수(전임교원)와 우수 신진연구인력 간의 coteaching을 통한 강의능력 향상 프로그램(Learning by Teaching)을 지원함. 단, 신진연구인력의 주당 강의 학점은 4단계 BK21 사업에서 권고하는 기준인 학기당 6학점 범위 이내에서 프로그램에 참여함.

○ 산학협력단의 지원을 통해 연구기획 및 전문성 개발, 리더십 및 커뮤니케이션 기술, 연구과제 운영기술, 연구윤리 및 책임감 있는 연구수행 등에 대한 가이드라인을 제공하고 이를 교육함.

○ 우수 논문 작성을 위한 전자도서관 사용, 학술정보검색 서비스 사용 등의 정보지원 인프라를 제공함.

○ 신진연구인력 취업 지원 강화를 위해 채용-교육/연구-취업에 이르는 전주기적 관리지도 체제를 구축함. 또한 우수한 교육 및 연구기관으로의 취업을 제고하기 위한 다양한 취업워크숍, 연구 성과관리 워크숍 등의 참석을 장려함.

II 교육역량 영역

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

① 교육과정 구성 및 운영 현황

❑ 연세대학교 일반대학원 방사선융합공학과는 의료방사선 특화 인재양성을 위한 지속적인 교육과정 개편을 해왔으며, 의학물리학 교육을 보다 체계화 하기 위해 대학원 교과과정을 방사선공학트랙 및 의학물리트랙으로 교과목을 개편 및 운영하였음.

○ 특히, 의학물리트랙의 경우 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)와 세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 국제표준 가이드라인 기반 국제의학물리학회(International Organization for Medical Physics, IOMP)의 의학물리전문인 교육인준위원회(IOMP Accreditation Board) 교육기관 인준을 받은 교과과정으로 개편하여 의학물리 전문인 양성에 대한 국제표준을 획득하였음.

<대학원 교육과정 현황>

○ IOMP 인준을 유지하기 위해 Commission on Accreditation of Medical Physics Education Programs (CAMPEP) 인증 대학원의 교육과정을 지속적으로 벤치마킹하여 교육과정 개선에 반영하고 있으며, 운영의 내실화를 다지기 위해 의학물리학 과정 이수 과목을 개선함. 개선된 의학물리학 과정 필수 수강 요건은 아래와 같음.

- ▸ 의학물리 기초: 의학물리학을 이해하기 위해 필요한 기초과목 (일반물리학, 일반생물학, 미분적분학 등)은 학부 이수과목으로 대체함.
- ▸ 의학물리 핵심 (총 8과목 중 8과목 필수 수강): 방사선물리학의 원리를 의학적으로 적용하기 위한 기본지식을 제공함. (관련 학부에서 유사과목을 수강한 경우 최대 3개 과목을 인정받을 수 있음)
- ▸ 의학물리 선택 (총 15과목 중 3과목 이상 필수 수강): 최신의학물리 관련 연구를 수행하기 위한 융합적 지식 습득을 목적으로 함.
- ▸ 의학물리 실습 (필수 1과목, 선택 1과목 필수 수강): 최신의료기술을 임상에 적용하기 위한 실무경험을 제공하며, 각 과목별 최소 10시간 이상 수강하여 세계적 의학물리전문가 양성을 목표로 함.

○ 또한, 2024년 7월 대한의학물리전문인 자격인증위원회(Korean Medical Physics Certification Board, 이하 KMPCB)와 한국의학물리학회(Korean Society of Medical Physics, 이하 KSMP)의 주관하에 의학물리학 교육과정에 대한 공동인증 심사를 받은 결과, 연세대학교 방사선융합공학과의 의학물리학 교육과정이 국제적 기준을 충족함을 공식적으로 인정받음. 이를 통해 대한의학물리학 교육과정 인증위원회(Korean

Commission on Accreditation of Medical Physics Education Program, 이하 K-CAMPEP) 인증을 획득하여 공인된 대학원 교육과정으로서의 지위를 확립하였음.

<대학원 의학물리학 교육과정 인증(2024.09.02.)>

<표 2-1> 최근 1년간 학과 내 전공 교과목 개설 및 운영 현황

학기	학정번호-분반	학점	교과목명	담당교수
2024년도 2학기	RAD6009-MM	3	디지털방사선계측회로설계	권인용
2024년도 2학기	RAD7013-MM	3	치료방사선학특론2	민철희
2024년도 2학기	RAD7017-MM	3	몬테칼로전산모사	염연수
2024년도 2학기	RAD8023-MM	2	산학협력프로젝트	정용현
2024년도 2학기	RAD8025-MM	2	방사선치료기품질관리	최현준
2024년도 2학기	RAD8033-MM	1	산업체세미나3	민철희
2024년도 2학기	RAD8034-MM	1	산업체세미나4	민철희
2024년도 2학기	RAD9005-MM	1	방사선학연구법1	민철희
2025년도 1학기	RAD6006-MM	3	고급방사선계측학1	정용현
2025년도 1학기	RAD8003-MM	3	방사선방호및보건물리특론	염연수
2025년도 1학기	RAD8019-MM	3	입자치료물리학	민철희
2025년도 1학기	RAD8039-MM	3	극한환경전자회로	권인용
2025년도 1학기	RAD8035-MM	1	산업체세미나5	정용현
2025년도 1학기	RAD8036-MM	1	산업체세미나6	정용현

2025년도 1학기	RAD9006-MM	2	방사선학연구법2	염연수

② 교육과정의 장 · 단점

❑ 본 교육연구팀은 2019년 IOMP 인증 및 2024년 K-CAMPEP 인증을 획득함. IAEA와 WHO의 국제표준 가이드라인에 부합하는 교육과정을 운영함으로써 국제적 수준의 의료방사선 전문가 양성을 위한 기반을 마련했다는 점에서 큰 의의를 지님.

❑ 본 교육연구팀인 방사선융합공학과는 국내에서 독보적으로 의료방사선 분야 전문가들로 교수진을 구성함. 기초과목부터 응용과목에 이르는 다양한 범위의 특화된 의료방사선 교육과정을 제공함.

❑ 교수진의 활발한 연구 활동을 통해 최신 의료방사선 기술 개발에 기여함. 이러한 연구 성과를 교육과정에 적극적으로 반영하여 학생들에게 최신 지식과 기술을 제공함.

❑ 첨단 의료방사선 HW/SW 이론 교육과 함께 실제 병원 현장에서의 임상실습 교육을 강화함으로써 학생들의 실무 능력 배양에 힘씀.

❑ 하지만, 의과대학과 본 교육연구팀 간 공식적인 문서에 기초한 임상실습 교육 과정의 지속 가능한 체계 확립이 필요함.

❑ 또한, 환자 진료 중심의 임상 환경에 관한 이해를 높일 수 있도록 교육 체계 강화가 필요하며, 이를 위해 의학물리학회 및 대한방사선종양학회에서 정기적으로 시행되는 교육 과정과 연계되는 교육 체계 구축에 관한 검토가 필요함.

❑ 한편, 4차 산업혁명 시대에 대비하여 ICT 융합 및 다학제간 융합 교과과정을 확대할 필요도 있음. 미래 의료 환경 변화에 대한 적응력을 키기 위해서는 인공지능, 빅데이터, 의료영상처리 등 관련 기술을 의료방사선 분야에 접목하는 교육이 필요함.

❑ 각 교수들의 국제협력 및 산학 협력 기반의 최신 의료방사선 기술 개발 등 활발한 연구 수행에도 불구하고 그 성과들이 교육과정으로 직접적으로 연계되지 못하고 있어 연구 - 교육 간의 선순환 구조 구축이 필요함.

❑ 다양한 학문적 배경을 가진 타대학 출신 학생들에게 진학의 문턱을 낮추고, 교육 과정의 중복을 피하고, 부족한 부분을 보완하여 교육 과정의 질적 향상을 도모할 수도록 학부 수업 수강에 따른 학점 인정(학정번호 부여) 방안에 대한 검토가 필요함.

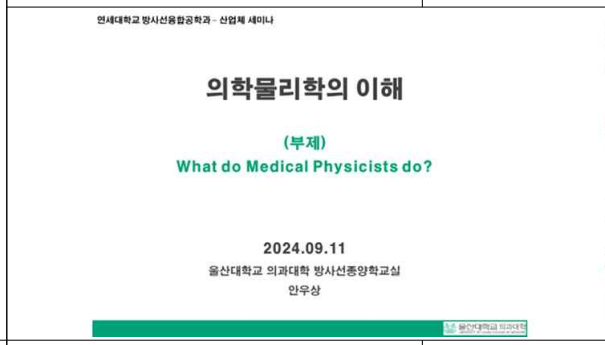
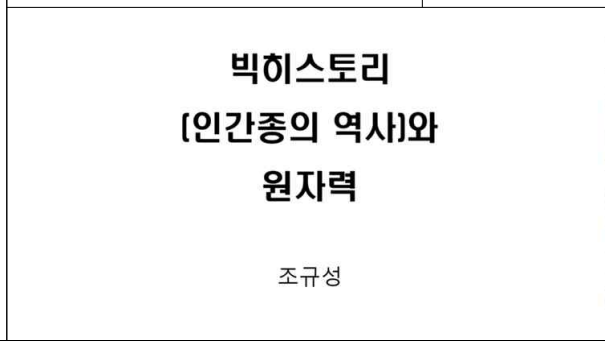
③ 교육과정 운영 실적

❑ 산 · 학 · 연 연계 및 다학제간 융합 교육 강화

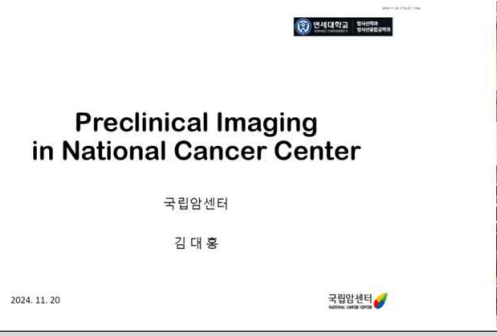
○ 2022년 1학기부터 방사선 융합과학 분야의 최신기술 및 현장에서 적용되고 있는 기술에 대해 산업체 세미나 교과목을 개설하여 교육을 진행하였으며, 참여대학원생들이 실무 지식을 습득하고 산업 현장과의 연계를 강화할 수 있도록 운영 중임.

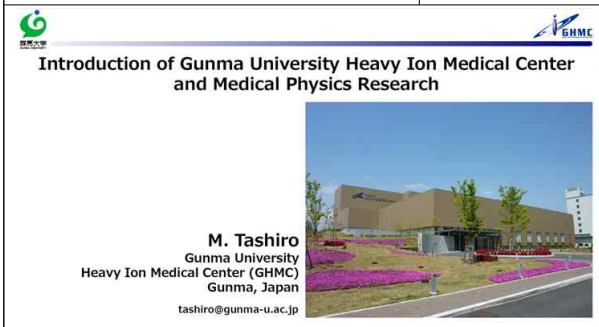
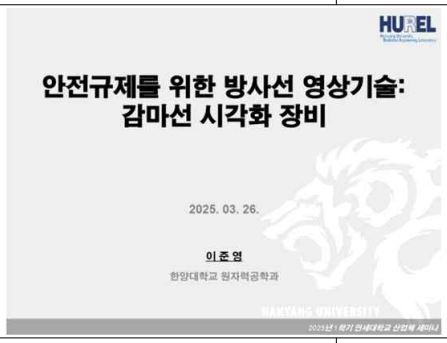
<표 2-2> 2024년도 2학기 및 2025년도 1학기 산업체 전문가 초청 세미나 강의 일정

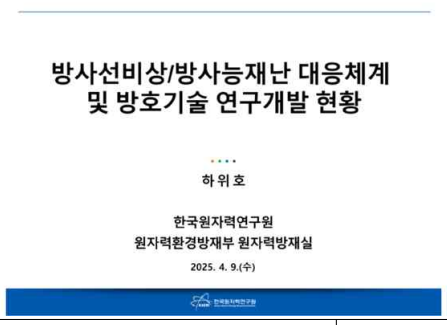
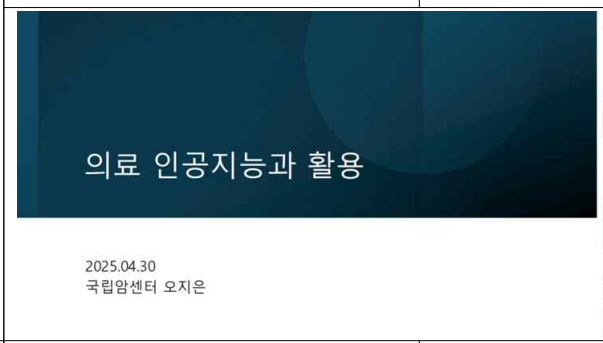
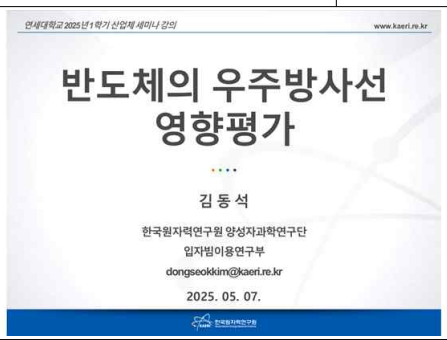
일자	소속	강사명	제목
2024년도 2학기 강의 일정			

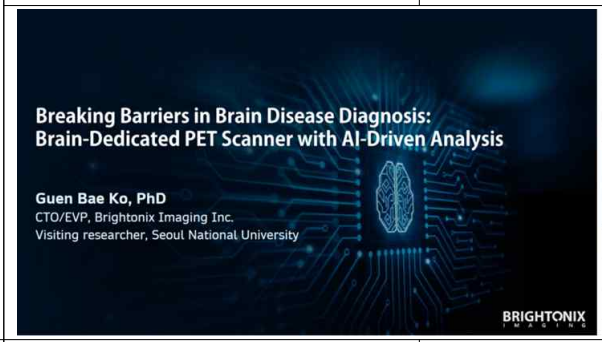
2024.09.04.(수) 16:00~17:00	한국원자력연구원	이완로 박사	21세기를 위한 원자력기술
2024.09.11.(수) 16:00~17:00	울산의대 강릉아산병원	안우상 교수	의학물리학의 이해 (What do Medical Physicists do?)
			
2024.09.25.(수) 16:00~17:00	성균관대학교 반도체시스템공학과	전정훈 교수	High-Resolution Solid-State LiDAR Sensor ICs
2024.10.02.(수) 16:00~17:00	KAIST 원자력및양자공학과	조규성 교수	빅히스토리(인간종의 역사)와 원자력
			

2024.10.16.(수) 16:00~17:00	오하이오 주립대학교 의과대학	이혜리 교수	Intro to Therapeutic Medical Physics
2024.10.30.(수) 16:00~17:00	삼성전자 삼성리서치	박소영 박사	Career journey: from PhD to industrial researcher
2024.11.06.(수) 16:00~17:00	삼성전자 DS부문 마스터	황유철 박사	Memory Device Reliability Concerns and Cosmic Ray Effects
2024.11.13.(수) 16:00~17:00	한국원자력안전기술원	유형준 박사	방사선 방호 체계 및 방사선 사건대응

2024.11.20.(수) 16:00~17:00	한국원자력안전기술원	이재국 실장	생활주변방사선 안전규제 현황
2024.12.04.(수) 16:00~17:00	가천대학교 의과대학 의예과	백현만 교수	In Vivo MR Spectroscopy: Princciples and Clinical Applications
2024.12.11.(수) 16:00~17:00	국립암센터	김대홍 박사	Preclinical Imaging in National Cancer Center
			
2025년도 1학기 강의 일정			
2025.03.05.(수) 16:00~17:00	㈜스카이칩스 / ㈜브리지	유준모 부사장	반도체 개발과정 소개 및 생태계에 존재하는 우리

2025.03.12.(수) 16:00~17:00	영남대학교 예술대학	백윤학 교수	우리가 사랑하는 음악
2025.03.19.(수) 16:00~17:00	군마 대학 중이온 의료센터	Dr. Tashiro Mutsumi	Introduction of Gunma University Heavy Ion Medical Center and Medical Physics Research
			
2025.03.26.(수) 16:00~17:00	한양대학교	이준영 박사	안전규제를 위한 방사선 영상기술: 감마선 시각화 장비
			
2025.04.02.(수) 16:00~17:00	서울대학교	전동석 교수	Gentle Introduction ot Chip Design and Fabrication

2025.04.09.(수) 16:00~17:00	한국원자력연구원	하위호 박사	방사선비상/방사능재난 대응체계 및 방호기술 연구개발 현황
			
2025.04.16.(수) 16:00~17:00	㈜오스템임플란트	이민재 박사	From Black and White to Full Spectrum?: Exploring Photon Counting CT
2025.04.30.(수) 16:00~17:00	국립암센터	오지은 박사	의료 인공지능과 활용
			
2025.05.07.(목) 16:00~17:00	KAERI	김동석 박사	반도체의 우주방사선 영향평가
			

2025.05.14.(수) 16:00~17:00	㈜오스템글로벌	조민국 대표이사	의료영상의 시작부터 미래까지
2025.05.21.(수) 16:00~17:00	㈜브라이토닉스이미징	고근배 박사	Breaking Barriers in Brain Disease Diagnosis: Brain-Dedicated PET Scanner with AI-Driven Analysis
			
2025.05.28.(수) 16:00~17:00	브레인유	김광무 사장	뇌파 기술을 활용한 사업화
2025.06.04.(수) 16:00~17:00	바이엘	김주현 교수	AI가 영상의학에 미치는 영향

○ 본 교육연구팀은 차세대 의학물리 전문가와 창의적 글로벌 인재 양성을 목표로, CAMPEP 인증 대학원의 교육과정을 벤치마킹하여 기초과학, 의학물리 핵심, 선택, 실습의 4개 분야로 구성된 체계적 교육과정을

운영하고 있음.

○ 2024년 6월, 교육혁신위원회 회의를 개최하여 의학물리학 교육과정과 교과목을 전반적으로 검토하였으며, 최신 의료방사선 기술 동향을 반영하여 교과목 구성을 개편하였음.

○ 의학물리학 교과목(의학물리 핵심 8과목, 선택 12과목, 실습 2과목)은 다음과 같이 개편됨.
- 핵심 과목에서 3과목(의학물리특론1, 고급 방사선 생물학, 방사선 해부학 및 생리학 특론)이 제외되고 3과목(고급방사선량평가, 입자치료물리학1, 선형시스템특론)이 새롭게 포함됨.
- 선택 과목에서 2과목(고급디지털영상처리, 방사선치료정도관리학)이 제외되고 2과목(디지털영상처리 및화질론, 입자치료물리학2)이 새롭게 포함됨.
- 실습 과목에는 1과목(최신방사선치료계획)이 추가 신설됨.

❑ 교육과정 개선을 위한 선순환 체계구축

○ P-D-C-A 환류 체계를 이용하여 교육과정 전반에 대한 정기적인 질 관리 및 성과평가를 실시하고, 그 결과를 차년도 교육과정 운영에 반영함으로써 학생 및 사회 수요에 기반을 둔 선순환 교육과정 개선 체계를 개선하고 있음.

○ 연 1회 대학원생들 대상 교육과정 만족도 조사와 강의 평가를 실시함.

○ 개설 교과목에 대한 Continuous Quality Improvement (CQI)를 실시함.

<표 2-3> 학과 내 전공 교과목 개편 및 신규 교과목 개설 실적

과목			방사선공학트랙			의학물리트랙		
과목명	학정 번호	담당 교수	방사선 기기공학	방사선 생명공학	방사선 해석공학	의학물리 핵심	의학물리 선택	의학물리 실습
치료방사선학특론1	RAD 7004	민철희	○			○		
치료방사선학특론2	RAD 7013	민철희		○		○		
입자치료물리학1	RAD 8019	민철희	○			○		
입자치료물리학2	RAD 8020	민철희		○			○	
고급방사선계측학1	RAD 6006	정용현	○			○		
고급핵의학영상학	RAD 6005	정용현		○			○	
방사선응용특론	RAD 7009	정용현	○				○	
고급자기공명영상학1	RAD 6004	한봉수	○				○	
고급자기공명영상학2	RAD 8010	한봉수		○				
의학영상재구성특론	RAD 8011	한봉수			○			

고급방사선통계학	RAD 6007	한봉수			○		○	
몬테칼로전산모사	RAD 7017	염연수			○			
고급방사선량평가	RAD 8026	염연수			○	○		
방사선방호및보건 물리특론	RAD 8003	염연수		○		○		
모의실험공학 특론	RAD 8007	염연수			○		○	
의료영상시스템특론	RAD 7002	조효성	○					
의료방사선영상학 특론	RAD 6003	조효성		○		○		
디지털영상처리 및 화질론	RAD 8004	조효성			○		○	
응용수치해석 특론	RAD 7014	조효성			○		○	
선형시스템특론	RAD 8018	조효성				○		
고급방사선계측학2	RAD 8016	권인용	○				○	
아날로그방사선계측 회로설계	RAD 6008	권인용	○					
디지털방사선계측 회로설계	RAD 6009	권인용	○					
표준방사선량측정	RAD 8024	최현준						○
방사선치료기 품질관리	RAD 8025	최현준						○

○ 본 교육연구팀은 다양한 의료방사선 전공분야의 지식 및 강의 수월성을 보유한 교수들로 구성되어 있으며, 각 교수당 학기별 1과목, 2년간 총 4과목을 담당하게 하여 수업 준비 시간을 충분히 확보함으로써 교육의 질을 높임.

○ 현재 임상에서 사용되고 있는 최신 의료방사선 HW/SW 활용 능력 강화를 위해 X선 일반촬영장치, Dual-energy X선 골밀도 측정 장치, Micro CT 장치, 방사선치료계획 SW, 방사선계측장치, PACS 시스템들을 교육기자재로 활용하고 있음.

○ 개설된 교과과정의 충실성을 객관적으로 평가하기 위해 매 학기 다문항의 강의평가를 실시하고 있으며, 이를 통해 수업내용, 강의수준, 만족도 등을 정량적으로 평가하고 미흡한 부분을 지속적으로 보완함.

○ 학습자의 수요조사, 병원 및 산업체의 의견조사 결과를 바탕으로 교과과정 및 교과내용 개선 시 사회수요 및 최신 연구동향을 반영하여 교육과정의 질적 관리를 수행함.

④ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

❑ MOOC (Massive Open Online Course) 기반의 혁신적 교수법 개발

○ 교수자의 이론 주입식 수동적 학습 방식에서 벗어난 학생들의 능동적 학습이 가능한 혁신적 교수법을 도입하여 학습효과를 극대화 함.

○ 기존의 이론 주입식 교과목들을 아래와 같은 혁신적 교수법을 적용한 교과목으로 점진적으로 개선하여 문제 해결형 인재를 양성함.

❑ 산 · 학 · 연 연계 및 다학제간 융합 교육 강화

○ 연구의 다양성 확보와 실무능력을 강화하기 위한 산 · 학 · 연 연계 교육 및 연구과정을 제공하여 학생들이 주도적으로 참여함으로써 수요에 최적화된 첨단 의료방사선 특화 인재 양성 기반을 확보함.

○ 과학기술, 산업 및 사회 수요를 기반으로 한 다학제간 융합 교과목, 사회문제 해결형 교과목, 현장맞춤형 실습 교과목이 개설되어 운영중임.

- 산업체세미나 1(RAD8021), 산업체세미나 2(RAD8022): 2024년도 1학기 개설 및 운영
- 산업체세미나 3(RAD8033), 산업체세미나 4(RAD8034): 2024년도 2학기 개설 및 운영
- 산업체세미나 5(RAD8035), 산업체세미나 6(RAD8036): 2025년도 1학기 개설 및 운영
- 산업체세미나 7(RAD8037), 산업체세미나 8(RAD8038): 2025년도 2학기 개설 예정

<표 2-4> 산업체 세미나 교과목 7, 8 일정(예정)

주차	강사명	소속	강의명
2025년도 2학기 강의 일정표			
1주차	김수길 박사	한국원자력연구원	Recent Advances in Ultra-high Field MRI
2주차	Prof. Thiansin Liamsuwan	Princess Srisavangavadhana Faculty of Medicine	Multi-scale radiobiophysical modeling: from radiation track structures to biological effects
3주차	허윤석 박사	서울대학교병원	From Nuclear Medicine to Radiation Therapy: A Personal Journey Through medical Physics
4주차	이가빈 박사	KIRAMS	Connecting the Dots: A Journey through Radiation Epidemiology
5주차	장익준 교수	경희대학교	내방사선 회로 설계
7주차	김민채 박사	한국원자력연구원	Overview of Monte Carlo Simulation Methods for Personal Dose Assessment in Radiation Accident Scenarios
9주차	이승배 PL	삼성전자	System 반도체 신뢰성 및 방사선 내성
10주차	김명수 박사	한국원자력통제기술원	원자력, 평화를 지키는 기술: 한국원자력통제기술원의 역할과 핵비확산・핵안보의 미래
11주차	박연옥 박사	국립암센터	Comparative Assessment of Deformable Image Registration Metrics for Generating Synthetic CT from CBCT in Adaptive Proton Therapy
12주차	최성훈 박사	한국전자통신연구원	X-ray로 그리는 나노 세계의 지도: 타이코그래피와 엑스선 현미경의 만남
13주차	김형택 박사	한국원자력연구원	방사선 사고 대응 피폭선량 사후평가기술 현황
14주차	송희진 교수	서울대학교병원	Application of Advanced Neuro Imaging analysis

15주차	Prof. Yinxiangzi Sheng	Shanghai Proton and Heavy Ion Center	1. Motion mitigation technologies in particle radiotherapy. 2. Upright particle therapy, the cost-effective innovation

❑ 국제협력 교육 강화

○ 연구의 다양성 확보와 실무능력을 강화하기 위한 산 · 학 · 연 연계 교육 및 연구과정을 제공하여 학생들이 주도적으로 참여함으로써 수요에 최적화된 첨단 의료방사선 특화 인재 양성 기반을 확보함.

○ 과학기술, 산업 및 사회 수요를 기반으로 한 다학제간 융합 교과목, 사회문제 해결형 교과목, 현장맞춤형 실습

❑ 교육과정 개선을 위한 선순환 체계구축

○ 연구의 다양성 확보와 실무능력을 강화하기 위한 산 · 학 · 연 연계 교육 및 연구과정을 제공하여 학생들이 주도적으로 참여함으로써 수요에 최적화된 첨단 의료방사선 특화 인재 양성 기반을 확보함.

○ 과학기술, 산업 및 사회 수요를 기반으로 한 다학제간 융합 교과목, 사회문제 해결형 교과목, 현장맞춤형 실습

1.2 과학기술산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

① 과학기술, (지역)산업 또는 (지역)사회 문제 해결에 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영실적

❑ 첨단 과학기술 및 다학제간 융합 교육프로그램 현황과 구성

○ 본 교육연구팀은 예비 대학원생 및 참여 대학원생들에게 의료방사선 분야의 첨단 과학기술에 대한 교육을 위한 다양한 프로그램을 신규 개설 및 운영하고 있음.

○ 최근 미래의학 연구와 맞춤 의료 서비스에 대한 관심과 기대가 급속히 증대됨에 따라 다양한 학문 분야(Big data analysis, Data-driven medicine, Mobile healthcare, Population health management, Smart hospital 등)를 포괄적으로 연계하는 디지털헬스케어(디지털 메디컬 기기, 디지털 테라피, 웨어러블, 원격의료, 분석 및 빅데이터 등)의 중요성이 대두되고 있음.

○ 첨단 의료방사선 교육 및 연구 분야와 연계된 다양한 전공(의공학, 컴퓨터공학, 생물학, 물리학, 화학, 정보통계학 등)과의 다학제간 연계교육을 활성화함. (학정번호: YWG5002, 과목명: 인공지능융합연구특론)

<표 2-5> 2024년도 2학기 인공지능융합연구특론 수업계획서

주차	수업내용 및 학습활동	교수 (소속)
1주차	4차산업혁명과 인공지능의 시대	정용현 교수 (방사선융합공학과)
2주차	ChatGPT: AI의 진화와 미래	
4주차	인공지능의 이해	안재준 교수 (정보통계학과)
5주차	인공지능의 이해	
6주차	딥러닝은 함수다	권혁남 교수 (수학과)
7주차	딥러닝은 함수다	

8주차	레포트 주제 선정	-
9주차	인공지능과 방사선	염연수 교수 (방사선융합공학과)
10주차	인공지능과 방사선의료	
11주차	인공지능을 활용한 신약개발	김택중 교수 (생명과학기술학과)
12주차	인공지능과 바이오산업	
13주차	인공지능 하드웨어 이해	권인용 교수 (방사선융합공학과)
14주차	센서 신호처리와 인공지능	
15, 16주차	기말레포트발표	-

○ 또한, 의료방사선 분야의 최신 과학기술 동향 분석 및 현장에서 요구되는 실무적 역량을 강화하기 위해 의료기관, 산업체 및 공공 연구기관의 전문가들을 초빙해 2건의 융합교육연구워크숍 및 5건의 국내・외 석학 초청강연 교육 프로그램을 운영함.

○ 한국방사선진흥협회와 에너지산업 인력 고도화를 위한 교육 프로그램을 공동으로 개발하고 있으며, 다음과 같이 여러 방사선교육 프로그램에 참여함.

<표 2-6> 한국방사선진흥협회 2025년 교육과정 및 현장견학 운영 실적

교육일자	교육명	교육장소	강사진	교육 시간
2025.02.04.	포항공대가속기연구소 현장견학	포항가속기연구소	한가람 (포항가속기연구소)	3시간
2025.02.03. -2025.02.07.	GEANT4 DNA 과정	포항가속기연구소 과학관 201호	Makoto Asai (JLAB), Hoang Tran, Sebastien Incerti (LP2i/IN2P3/CNRS), 전순영 (FERMILAB)	37시간
2025.07.07. -2025.07.09.	딥러닝/머신러닝 과정	(서울) 한국방사선진흥협회 강의실, 고우넷 201호	조아진 (고려대학교)	24시간
2025.07.28. -2025.07.30.	딥러닝/머신러닝 RAG 과정	(서울) 한국방사선진흥협회 강의실	김천일 (라이크코퍼레이션)	24시간
2025.07.24. -2025.07.25.	방사성핵종 검출/분석 과정(A)	(서울) 고우넷 203호 및 온라인(줌)	이상한, 정윤희(KRISS), 지영용, 최유미(KAERI)	12시간
2025.08.xx. -2025.08.xx.	방사성핵종 검출/분석 과정(B)	(대전) 한국표준과학연구원	이상한, 정윤희(KRISS)	20시간
2025.08.05. -2025.0808	내부피폭 선량평가 및 전신계측기 실무과정	(서울) 한국방사선진흥협회 강의실	노시완(KIRAMS)	16시간
2025.08.26. -2025.08.28.	방사선 의료기기(시스템) 연구개발	(원주) 연세대 미래캠퍼스 백운관 321호	조민국 (오스템임플란트(주))	24시간
2025.07.14. -2025.07.18.	FLUKA 과정	(서울) 연세대학교 신촌캠퍼스	Vasilis Vlachoudis (CERN), Tatsuhiko Sato (Japan Atomic Energy Agency)	32시간
2025.07.16.	한국원자력의학원 & 연세암병원 현장견학	(서울) 한국원자력의학원, 연세암병원	박민석(KIRAMS), 한민철(연세암병원)	3.5시간

② (지역)산업문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황 및 운영 실적

○ 연세대학교(미래캠퍼스)는 대학과 지역사회, 산업체가 공동으로 인력양성과 기술개발을 도모하기 위해 2022년부터 2026년까지 지차체-대학 협력기반 지역혁신 사업을 수행하고 있음.

○ 본 교육연구팀은 ① 강원 LRS 공유대학 기반 데이터 역량을 갖춘 핵심분야 인재 양성, ② 배리어프리, 데이터오픈을 통한 기업 핵심분야 기술혁신, ③ 핵심분야 기업 경쟁력 향상을 위한 데이터 중심 산업전환 지원, ④ 학생학습데이터 및 AI 사전탐색기반 취.창업지역정주 내비게이션 구축을 통해 디지털헬스케어 분야에 대한 데이터 중심 강원 지역 산업 기반 생태계를 조성하고자 함.

- (주)메디아나, (주)메쥬, (주)누가의료기기, (주)뉴퐁, ㈜대양의료기기 등 지역사회 의료기기업체들과 협업 및 디지털헬스케어 플랫폼을 구축하여 산학협력 연구를 위한 긴밀한 협조체제를 구축하고 있음.

○ 또한, 의료방사선에 대한 전공지식과 다양한 첨단 과학기술을 (지역)의료기기 업체의 애로사항을 해결하기 위한 교육프로그램을 개설 및 운영함.

- 연계된 산 · 학 · 연 · 병원의 각 협력 기관에 적합한 교육과정 및 성과들을 상호 피드백하며 의료방사선 특화 인재 양성을 위한 다양한 실험 및 실습 과목을 개설 및 운용함. (학정번호: RAD8024, 과목명: 표준방사선량측정, 학정번호: RAD8025, 방사선치료기품질관리)
- 산업체의 실무능력을 함양하고 현장밀착형 인재양성을 위하여 산업체와의 교육 및 연구 교류를 통한 실무 강좌 및 인턴십 관련 강좌를 활성화함. (학정번호: RAD8033, 8034, 8036, 8036, 과목명: 산업체세미나 3, 4, 산업체세미나 5, 6)

○ 본 교육연구팀은 인구 고령화라는 지역사회 문제 해결을 위해 필수적인 진단과 치료를 위한 의료방사선 분야에 특화된 교육 프로그램을 운영하고 있음.

- 원주혁신도시 공공기관 및 의료기기 산업체의 애로기술 발굴 및 현안 사항 조사・분석, 연세대학교-참여기업 간 산학프로젝트를 수행하기 위해 총 5개의 기업과 업무협약 체결 및 산・학협력프로젝트 운영(학정번호: RAD8023, 과목명: 산학협력프로젝트)

<표 2-7> 최근 1년간 지역 산업체의 애로기술 해결을 위한 프로젝트 실적

구분	산학협력프로젝트 1
프로젝트명	터널형 섬광검출기의 핵연료봉 균질도 검증 가능성 평가를 위한 몬테칼로 전산모사 및 성능 평가
회사명	㈜네오시스코리아
기 간	2024.09.03. ~ 2024.12.17.
추진배경	원자력발전의 안정적 운전을 위해서는 농축 우라늄 기반 핵연료봉의 균질한 품질 확보가 필수적이나, 현재의 검사 방식은 경수로용 핵연료봉 전 구간의 균질도 확인에 많은 시간과 절차가 소요되는 한계가 존재함. 이에 핵연료봉의 균질도를 신속하게 검증할 수 있는 터널형 섬광검출기 기반 비파괴 측정 시스템의 실용 가능성을 몬테칼로 전산모사 및 실측 평가를 통해 검증하고자 함.
기대효과	• 핵연료봉 품질을 신속・정밀하게 확인할 수 있는 검사체계 확보가 기대됨. • 비균질 연료봉의 조기 식별을 통해 원전 운전의 안전성과 신뢰성이 향상될 것으로 판단됨. • 검사 효율 향상을 통해 불필요한 가동 중지 위험을 낮추고, 연료 품질 경쟁력 제고에 기여할 수 있을 것으로 예상됨.
기타	• 참여교수: 정용현

	• 참여대학원생: 백희균, 정윤수
구분	산학협력프로젝트 2
프로젝트명	인공지능 기술을 활용한 감마선 스펙트럼 보정기술 개발
회사명	㈜네오시스코리아
기 간	2024.09.02. ~ 2024.12.22.
추진배경	방사선 핵종 식별 및 선원 분석에는 감마선 스펙트럼의 정확한 피크 분해가 필수적임. 기존 고분해능 검출기(NaI(Tl) 등)는 분해능은 우수하나 비용과 운용 부담이 커서 현장 적용에 제약이 존재함. 반면 플라스틱 섬광체(PVT) 기반 검출기는 저비용·대면적 구현이 가능하나 분해능이 낮아 핵종 식별 성능이 제한됨. 이에 저분해능 스펙트럼을 인공지능(AI) 기반 보정기술로 고분해능 수준으로 향상시키는 방안의 타당성을 검증하고자 함.
기대효과	• 저비용 검출기 기반의 고정밀 감마선 스펙트럼 분석 기술 확보 • 현장 방사선 감시, 안전 점검, 비상 대응 등에 즉시 활용 가능한 휴대형·신속 판별 체계 구현 가능성 제시 • 고가 장비 의존도 감소 및 국산화·현장 국산 장비 적용 확대에 기여 • 참여대학원생의 AI 기반 방사선 계측 분석 역량 확보 및 산업체 맞춤형 인력 양성 기반 마련
기타	• 참여교수: 정용현 • 참여대학원생: 강주완
구분	산학협력프로젝트 3
프로젝트명	몬테카를로 전산모사를 활용한 C-arm 작업자용 차폐복의 차폐 물질 성능 평가
회사명	㈜스페이스앤빈
기 간	2024.09.02. ~ 2024.12.22.
추진배경	C-arm 시스템은 동적 영상 제공을 위해 지속적인 엑스선 방사를 수반하므로 시술자의 국부 및 장기별 방사선 피폭 위험이 존재하며, 차폐복 두께·재질에 따른 장기 선량 분포 변화를 정량적으로 평가할 필요가 있음. 이에 몬테카를로 전산모사와 ICRP 표준 인체모델을 기반으로 실제 작업자의 부위별 피폭선량을 신속·정확하게 산정할 수 있는 평가 기술을 확보하고자 함.
기대효과	• 시술자의 신체 부위별(예: 갑상선, 생식선 등) 방사선 피폭 분포와 고선량 부위를 정량적으로 파악할 수 있는 평가 체계 확보가 가능할 것으로 기대됨. • 차폐복 두께와 재질 변화가 장기 피폭선량에 미치는 영향을 규명함으로써, 작업자 보호를 위한 합리적 차폐복 설계 및 착용 가이드라인 도출이 가능할 것으로 판단됨. • 고위험 방사선 작업 환경에서 시술자 피폭 저감 및 작업 안전성 향상에 기여할 수 있을 것으로 예상됨.
기타	• 참여교수: 염연수 • 참여대학원생: 이유미

③ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

❑ 다학제간 융합 교과목 개발 및 운영

○ 최근 미래의학 연구와 맞춤 의료 서비스에 대한 관심과 기대가 급속히 증대됨에 따라 다양한 학문 분야(Big data analysis, Data-driven medicine, Mobile healthcare, Population health management, Smart hospital 등)를 포괄적으로 연계하는 디지털헬스케어(디지털 메디컬 기기, 디지털 테라피, 웨어러블, 원격의료, 분석 및 빅데이터 등)의 중요성이 대두되고 있음.

○ 이러한 사회적 관심과 경향에 부합하기 위해 본 교육연구팀은 2022년 1학기부터 교내 관련학과들(정보통계학과, 컴퓨터정보통신공학부, 의학과 등)과 협력하여 4단계 BK21 사업기간 중 2과목 이상의 다학제간 융합 교과목(의료 및 정보통신 기술 융합)을 개발 및 운영할 예정임.

❑산업체 현장맞춤형 실습 교과목 개발 및 운영

○ 연 1회 의료 산업체로부터 교육과정에 대한 자문 및 설문을 통해 교육과정의 개선을 추진하고, 2022년부터 산업체와의 교육 프로그램 공동개발을 위한 산학협의체 구성을 추진함.

○ 신기술협의회 구성: 전공별 신기술협의회를 구성하여 신기술 세미나, 산업체 애로사항 도출, 산학공동과제 발굴에 필요한 기술의 교류가 필요함.

❑ 사회문제 해결형 교과목 개발 및 운영

○ 인구고령화 문제를 주제로 한 문제해결형 프로젝트 기반의 교과목을 개발함.

○서울대병원, 신촌세브란스병원, 강남세브란스병원, 용인세브란스병원 및 원주세브란스기독병원과의 유기적인 협력을 통해 만성질환 및 암종별 최신 진단 · 치료 기술에 대한 내용을 반영하고 임상실습을 확대함.

○ 재활의학 및 작업치료분야 전문가 자문을 통해 노인 질환 진단과 관련된 영상촬영 핵심기술들이 충분히 반영될 수 있도록 방사선 진단 관련 교과목을 보완함.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-8> 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적 (단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2024년 2학기	2	1	23	26
	2025년 1학기	1	1	25	27
	계	3	2	48	53
배출 (졸업생)	2025년 2월 졸업	0	1		1
	2025년 8월 졸업	0	3		3
	계	0	4		4

❑ 최근 1년간 교육연구팀의 전년도 대비 참여대학원생 확보 인원은 1명이며, 지속적이고 체계화된 교육·연구 프로그램을 통해 본 교육연구팀의 비전과 목표에 부합하는 창의적·도전적 의료방사선 분야의 혁신 인재, 글로벌 핵심 인재, 사회문제 해결형 우수 인재를 양성할 계획임.

❑ 또한, 자자체평가기간(2024.09.01.~2025.08.31.) 동안 대학원생 인력 배출 실적은 박사 4명 배출로 집계되었으며, 고급 연구인력의 안정적 공급 기반을 확보하였음.

2.2 교육연구단(팀)의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

❑ 예비 대학원생 체험 프로그램 강화

○ 우수한 학부생의 조기 유치 및 사전 대학원 체험을 위한 예비 대학원생 프로그램을 시행함.

○ 우수한 대학원생 확보를 위해 대학원 입시정보, 장학금 제도, 연구 분야, 졸업 후 진로 등에 대한 설명회를 1년에 2회 이상 개최함.

○ 매년 모든 학부생과 대학원생들을 대상으로 방사선학과 학술제 및 취업 설명회를 개최하여 학부생들이 석사 및 박사학위를 받고 다양한 분야에 진출한 졸업생과 진로 현황을 깊이 있게 접할 수 있는 체험 행사를 마련함.

○ 학부 3, 4학년을 대상으로 하는 캡스톤디자인 교과목 운영을 통해 학부생이 관심을 가지고 있는 대학원 연구실과 연계하여 연구활동을 체험할 수 있는 기회를 제공함.

○ 학부연구생의 대학원 인턴십 프로그램의 활성화 및 Open-Lab Day 운영을 통한 연구실 탐방 기회를 제공하여 세부 전공별 연구프로그램의 이해도를 향상시킴.

○ 대학원 입학예정자의 오리엔테이션 정례화: 학사운영, 연구비 집행, 안전교육, 연구윤리 및 연구노트 작성 등의 교육을 제공함.

❑ 장학금 지원의 확대

○ 연세대학교 미래캠퍼스는 대학원생에게 안정적인 교육 환경을 제공하기 위해 우수학생 입학 장학금 제도 및 재정을 확대하여 7년간 총 40.7억 원을 투자하고, 학생 1인당 장학금 수혜율을 이공계열 125%로 높일 계획을 가지고 있으며, 대학원생 RA/TA 제도를 이용한 조교 장학제도를 구축하고 있음.

○ 참여대학원생의 연구 활동 촉진 및 안정적 지원을 위해 1인당 평균 2024년도 2학기 2812.2 천원, 2025년도 1학기 5,375.5 천원의 장학금을 지급하였으며, 대학원혁신지원 자율장학금을 신설하여 BK21 참여대학원생 중 학과별 자체 선발 기준을 통해 선정된 학생에게 1인당 최대 100만원의 장학금을 지원하였음.
- 우수조교I / 우수조교II: 지도교수가 수행하는 학사업무 보조를 포함하여 대학원 학생의 연구 및 교육의 수련을 위한 업무를 수행함(주당 15시간 이상)
  - 우수조교I: 전임교원 1인당 2명 (이학 및 공학계열), 등록금의 60% (등록금 인상 시 금액 조정)
  - 우수조교Ⅱ: 정원 제한 없이 추천 가능하며 일정 금액(1,200,000원) 내에서 장학금을 지급
- 강의조교: 실험실습, 일반강의, 학 부 교양과목 담당교수를 보조, 실습시간 배정에 따라 장학금을 지급함.

○ 학부 졸업 이전에 대학원 진학을 결정하는 학생들에 대해 대학원 등록금에 대한 부담을 낮추고 우수한 학생들이 조기에 대학원 진학을 할 수 있도록 다양한 장학금을 지원하고 있음.
- 학부-대학원 연계과정 장학금: 학부-대학원 연계과정에 선발된 학생에게는 석사과정은 3학기까지, 통합과정은 5학기까지 입학금 및 등록금을 전액 지급함.
- 우수학생 조기 입학전형 장학금: 우수학생 조기 입학전형에 선발된 학생에게는 석사과정은 4학기, 통합과정은 6학기까지 입학금 및 등록금을 전액 지급함.

○ 4단계 BK21 사업 참여대학원생을 대상으로 연구장학금 제도를 신설하였으며, 학위 기간 동안 안정적인 연구 및 수학이 가능하도록 보장함으로써 우수 대학원생의 참여를 유도함.
- Need Based Fellowship
  - 석사과정 4학기까지, 박사과정 4학기까지, 통합과정 6학기까지 대상으로 함.
  - 학생의 경제적 사정 및 성적기준을 통해 선발(직전학기 성적 3.5이상/4.3)
  - 장학금액: 등록금 반액
- Graduate-Research Assistant(GRA; 우수 박사(통합)과정생) 및 Yonsei Graduate Fellow(YGF: 최우수 박사(통합)과정생)
  - 석박통합과정 5학기 이상, 8학기 또는 박사과정 4학기 이하인 참여대학원생
  - 성적기준(4.0이상/4.3)을 충족하고, 연구(논문, 특허, 학술발표, 수상 등) 실적이 우수한 참여대학원생
  - 외국어 성적 제출자는 가산점 부여(제출된 연구업적 점수의 10%)
  - 장학금액: 등록금 전액, (YGF의 경우 학기 중 매달 80만원의 생활비 추가 지급)
- 기숙장학금
  - 참여대학원생의 안정적인 연구환경의 제공을 위해 기숙장학제도를 운영함.

❑ 연구역량 강화 프로그램 확대

○ 대학원생 국제 연구 역량 강화를 위해 영어로 작성하는 학술지 논문투고 및 학위논문에 대한 교정 및 오프라인 코칭 전문 서비스를 제공함.

○ 연구역량 강화를 위한 온라인 프로그램 제공(https://library.yonsei.ac.kr/education/list)
- 학문 분야별 데이터베이스를 활용한 자료 조사 및 이용법 교육을 제공함.

○ 각 분야별 연구 리서치 가이드 제공(http://yonsei.kr.libguides.com/)
- 데이터베이스 이용가이드, 부실연구활동 예방가이드, 표절예방교육, 통계분석 가이드 등을 제공함.

○ 우수한 연구 성과를 도출하기 위해 우수학술지 논문 게재에 대한 인센티브를 제공함.

○ 연구 집담회를 정기적으로 개최하여(월 1회) 연구역량 향상을 위한 노하우를 공유함.

○ 교내 영어교육 지원 프로그램을 적극 활용하고, 외국어 강의 확대 및 영어 졸업인증제를 운영하여 대학원생들의 국제적 소통 능력을 제고함.

○ 대학원생들에게 연구윤리 교육, 생명윤리 관련 법률 교육, 실험실 내 환경 관련 법규 교육 등을 실시함.

○ 해외 출판사 및 학회와의 협력을 통한 저널 editor 등의 외부 전문가 초청 특강을 개최함.

❑ 국제화 역량 강화 프로그램 확대

○해외 석학 초청 강의 및 세미나, 국제학술대회 개최를 지원함.

○ 대학원생 국제학술행사, 국외 교육프로그램 및 장 · 단기 해외 연구소 방문 프로그램 참가경비 지원을 확대함.

○ 매년 전년도 연구실적을 평가하여 우수한 3명의 대학원생에게 우수논문상을 수여하고, 해외연수 선정 시 가산점을 부여함.

○ 해외 우수 연구자들과의 교류 촉진을 위한 Research Gate (https://www.researchgate.net/) 등의 네트워크 활동을 강화함.

○ 대학원생과 신진연구인력의 국제학술지 논문게재료를 지원함.

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-9> 2024년 8월 및 2025년 2월 졸업한 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적(단위: 명, %)

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취(창)업률(%) (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2024년 8월 졸업	석사	0	0	0	0	0	0	0
	박사	0			0	0	0	
2025년 2월 졸업	석사	0			0	0	0	100
	박사	1			0	1	1	

❑ 현 취업률 현황 및 사례

○ 본 교육연구팀은 의료방사선 특화 교육과정 운영을 통해 경쟁력 있는 의료 방사선 전문 인력을 배출하고자 노력하고 있으며, 자체평가기간 동안 4명의 졸업생(2025년 2월 박사 1명, 2025년 8월 박사 3명)을 배출함.

○ 2025년 2월 기준 졸업생 취업현황은 다음과 같음.

졸업연도	학위	졸업생	취업현황	현 직위 및 업무내용	지도교수
2025.02	박사	천보위	서울대학교병원	▪ 의학물리임상강사 - 방사선치료 임상평가	민철희

<표 2-10> 2025년 2월 졸업한 참여대학원생의 대표적 취(창)업 사례

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	현 직장(직위)	지도교수
	대표 취(창)업 사례의 우수성					
1	천보위	2025.02	박사	방사선융합공학과	서울대학교병원 (의학물리임상강사)	민철희
	논문 주제: Development of the prompt-gamma and positron emitter integrated detection system for beam range verification in carbon ion therapy • 우수성: 첨단 방사선 신기술 연구를 통해 진단·치료 시 방사선 피폭 최소화를 위한 개인 맞춤형 초정밀 방사선 진단 및 치료 시스템 핵심 기술 개발에 기여함. 서울대학교병원에서 의학물리임상강사로 활동하며 환자들에게 최상의 의료 서비스를 제공하는 데 활용될 수 있는 역량임. 암 치료의 정확성과 효율성을 높이는 데 크게 기여할 것으로 예상됨. • MIRAE 핵심가치 연관성: 의료방사선 분야의 전문성을 바탕으로 임상 현장에서 핵심적인 역할을 수행하며, 서울대학교병원과의 협력을 통해 연구 결과를 실제 의료 현장에 적용하여 의료 기술 발전에 기여함. • 기대 효과: 암 치료 분야의 발전을 선도하고 환자들의 삶의 질 향상에 기여함으로써, 의료방사선 분야의 전문성을 강화하고 미래 의료 기술을 주도할 역량을 확보할 것으로 기대됨.					

○ 졸업자들은 종합병원의 의학물리학자로 1명, 박사후연구원으로 1명, 의료기기 산업체의 책임연구원으로 2명이 취업하여 전공과 관련된 분야에서 역량을 발휘하고 있음.

○ 본 교육연구팀에서는 MIRAE형 인재 양성을 위한 명확한 목표와 특성화된 교육과정이 구성/운영/개선을 통해 전문인력 양성 프로그램이 개발된 상태임. 따라서 본 사업기간 내 전문분야를 위한 유능한 인력들을 지속적이고, 안정적으로 배출할 것으로 예상됨.

○ 참여대학원생의 학위 취득을 위한 외국어인증 졸업여건 강화 및 교육과정을 대폭 개선함으로써 국제공동 연구를 수행할 창의적・도전적 우수 인력을 양성함.

○ 매년 모든 대학원생들을 대상으로 방사선학과 학술 워크숍 및 취업 설명회를 개최하여 학부생들이 석사 및 박사학위를 받고 다양한 분야에 진출한 졸업생과 진로 현황을 깊이 있게 체험할 수 있는 학생 맞춤형 행사를 마련할 계획임.

○ 본 교육연구팀의 소속기관 내 원주창업지원단 등의 인프라를 활용하여 재학생 및 졸업생을 창업 지원을 추진할 계획임.

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

○ 본 교육연구팀은 참여대학원생은 최근 1년간 총 22편의 국제 SCI(E) 논문 게재 성과를 달성하였으며, 2023 impact factor (2023 IF) 총 합은 41.50 이며, 논문 1편당 평균 IF는 1.89을 달성하였음.

- 환산 보정 IF의 합은 9.71 이며, 논문 1편당 환산 보정 IF는 0.44, 환산 보정 ES의 합은 0.24, 논문 1편당 환산 보정 ES는 0.48의 성과를 달성하였음.
- 아래 표와 같이 전년도에 비해 거의 모든 지표에서 향상된 수치를 달성 하였으며, 이는 저널의 영향력과 우수성 등을 종합적으로 고려하여 수준 높은 연구 성과를 잘 나타내는 결과라고 판단됨.
- 본 교육연구팀의 참여대학원생은 4단계 BK21 사업 기간 내 매년 우수한 성과의 질적 향상을 지향하고 있음.

<표 2-11> 최근 1년간 참여대학원생의 저명학술지 게재 실적

구 분		최근 1년간 논문 게재 실적
논문 편수	논문 총 편수	20
	논문의 환산 편수의 합	5.52
	참여대학원생 1인당 논문 환산 편수	0.21
Impact Factor (IF)*	IF=0이 아닌 논문 총 편수	20
	IF의 합	43.40
	환산보정 IF의 합	9.56
	논문 1편당 환산보정 IF	0.48
	참여대학원생 1인당 환산보정 IF	0.36
Eigenfactor Score (ES)**	ES=0이 아닌 논문 총 편수	20
	ES의 합	0.40
	환산 보정 ES의 합	12.66
	논문 1편당 환산보정 ES	0.63
	참여대학원생 1인당 환산보정 ES	0.48
	최근 1년간 학기별 평균 참여대학원생 수	26.5

- IF** 및 ES***의 정보는 아래 웹페이지에서 제공되는 BK21 사업 전용 지표를 사용하였음: http://s2journal.bwise.kr/jcr/jcrCategoryRankingPage.do
- 논문 편수 환산 공식: 주저자 1인의 논문 환산 편수 = min(1/(m+0.5),0.5) (단, n = 0일 때는 1/m)
  - m: 주저자(제1저자 + 교신저자) 수
  - n: 기타저자(주저자를 제외한 저자)수
  - T: 총 저자수 (= m + n)
- 기타 저자 1인의 논문 환산 편수(n > 0) = 1-m*min(1/(m+0.5),0.5) /n

<표 2-12> 참여대학원생의 저명학술지 성과의 우수성

연번	1	실적 구분	논문	참여대학원생	최형주
성과 일자		2024.11		제1저자	최형주
실적 제목		Image reconstruction method of gamma emission tomography based on prior-aware information and machine learning for partial-defect detection of PWR-type spent nuclear fuel			

게재지 (저널명)	Nuclear Engineering and Technology	Impact Factor	2024 IF 2.6
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분	국제 SCI(E)	비고	Q1, JIF rank 7/41

요 약 문

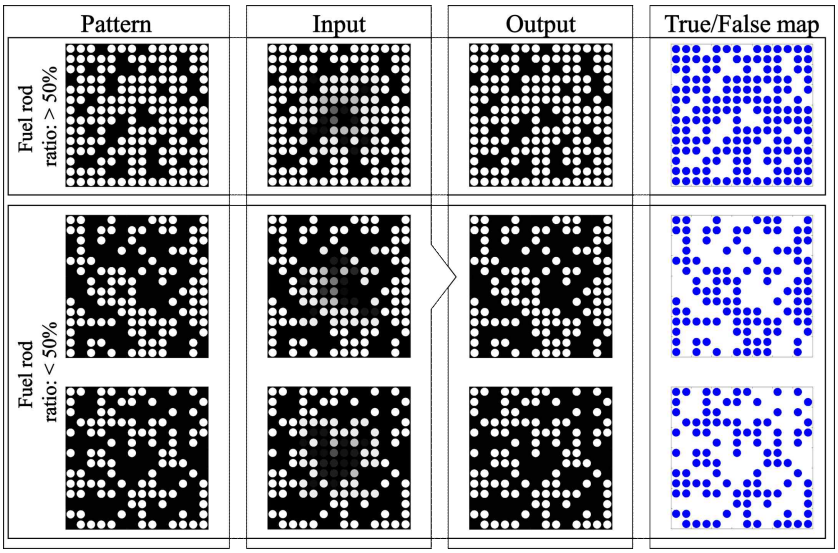
. **우수성**: 해당 논문은 Nuclear Engineering and Technology 저널에 게재되었으며, 이 저널은 JCR Impact Factor 기준 상위 15.9%에 해당하는 저널임. Nuclear Engineering and Technology 분야에서 인정받는 저널에 논문을 게재함으로써 연구의 우수성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 기존의 방출단층촬영 기반 사용후핵연료 검사는 고밀도의 핵연료봉으로 인해 중심 영역에 대한 검사 정확도가 현저히 낮았음. 이러한 한계를 극복하기 위하여 1) 몬테칼로 전산모사 기반 데이터 확장 기법, 2) 사전 정보 기반 영상재구성 기술, 3) 기계학습 기반 잡음 제거 기술이 개발되었으며, 이를 통해 검사 정확도가 향상됨.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 방사선 계측 기기를 개발하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 정확하고 효율적인 사용후핵연료 검사는 국제사회가 목표로 하고 있는 '원자력의 평화적 이용'에 기여할 수 있음. 본 연구에서 제안된 기술은 사용후핵연료 내 발생할 수 있는 부분결손을 높은 정확도로 검사할 수 있으며, 이는 국제사회의 목표와 부합함.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 개발된 영상재구성 기법은 밀도가 높은 물질에 대한 비파괴 검사에 적용될 수 있을 것으로 기대됨.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	2	실적 구분	논문	참여대학원생	최형주, 정윤수
성과 일자		2024.11		제1저자	최형주
실적 제목		Performance evaluation of Yonsei Single-photon Emission Computed Tomography (YSECT) for partial-defect inspection within PWR-type spent nuclear fuel			
게재지 (저널명)		Nuclear Engineering and Technology		Impact Factor	2024 IF 2.6
국내・국제 /		국제 SCI(E)		비고	Q1,

SCI(E)·SCOPUS 구분			JIF rank 7/41

요 약 문

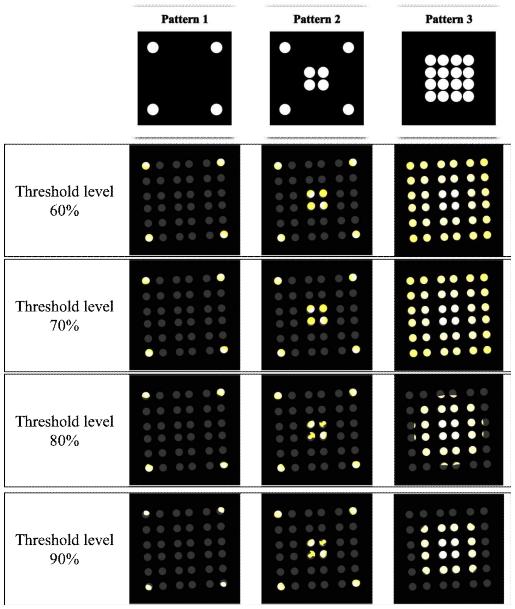
. **우수성**: 해당 논문은 Nuclear Engineering and Technology 저널에 게재되었으며, 이 저널은 JCR Impact Factor 기준 상위 15.9%에 해당하는 저널임. Nuclear Engineering and Technology 분야에서 인정받는 저널에 논문을 게재함으로써 연구의 우수성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 국내 중간저장시설 및 심층처분시설 건설이 예정됨에 따라, 사용후핵연료에 대한 안전하고 효율적인 관리 및 처분에 대한 관심도 함께 증가하고 있음. 본 연구에서 개발된 방출단층촬영장치는 가압경수로형 사용후핵연료 내 부분결손은 높은 정확도로 검사할 수 있음.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 방사선 계측 기기를 개발하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 국내 방사성폐기물 및 핵시설 안전 규제와 감시 수준 기술을 고도화와 동시에 중요 원천 기술을 국산화에 기여함. 본 연구를 통해 개발된 방출단층촬영장치는 국제원자력기구의 인증을 통해 사찰기구로 활용될 수 있으며, 이는 국제사회의 목표 중 하나인 '원자력의 평화적 이용'에 일조할 수 있음.

. **산업/사회 기여**: 원전시설이나 핵테러에 대한 위험성을 국민적으로 인지하고 있는 시국에서 본 기술 개발을 통해 보다 향상된 방사선 안전관리 시스템을 구축함으로써 사회적인 불안감을 해소할 수 있을 것으로 기대됨.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	3	실적 구분	논문	참여대학원생	최형주
성과 일자		2025.01		제1저자	김슬아
실적 제목		Development of an AI-Based Image Analysis Model for Verifying Partial Defects in Nuclear Fuel Assemblies			
게재지 (저널명)		Energies		Impact Factor	2024 IF: 3.2
국내·국제 / SCI(E)·SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q3, JIF rank 112/182

요 약 문

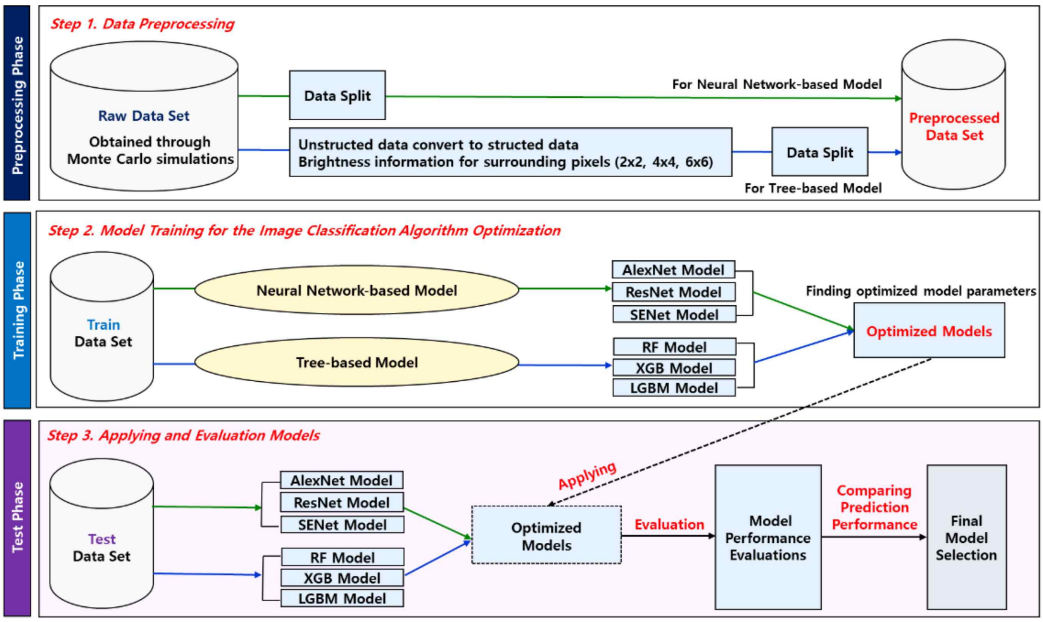
. **우수성**: 해당 논문은 Energies 저널에 게재되었으며, 이 저널은 JCR Impact Factor 기준 상위 62.3%에 해당하는 저널임. Energies 분야에서 인정받는 저널에 논문을 게재함으로써 연구의 우수성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 기존 방출단층촬영 기반 사용후핵연료 부분결손 검사는 방출단층촬영장치로 획득된 사용후핵연료 영상을 사찰관이 육안으로 검사했음. 이러한 검사방법은 사찰관의 주관적인 의견이 작용할 수 있으며, 이는 검사 정확도 저하로 이어질 수 있음. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 인공지능 기반 부분결손 자동화 검증 알고리즘이 개발됨.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 방사선 계측 기기를 개발하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 정확하고 효율적인 사용후핵연료 검사는 국제사회가 목표로 하고 있는 '원자력의 평화적 이용'에 기여할 수 있음. 본 연구에서 제안된 기술은 사용후핵연료 내 발생할 수 있는 부분결손을 높은 정확도로 검사할 수 있으며, 이는 국제사회의 목표와 부합함.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 개발된 기술은 비파괴 검사 시 결함을 자동적으로 검사할 수 있는 기술에 활용될 수 있을 것으로 기대됨.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	4	실적 구분	논문	참여대학원생	이수민
성과 일자		2025.07		제1저자	최찬수
실적 제목		Advancing pediatric organ dose assessment in radioiodine therapy with ICRP pediatric mesh-type reference computational phantoms			
게재지 (저널명)		Nuclear Engineering and Technology		Impact Factor	2024 IF 2.6
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q1, JIF rank 7/41
요 약 문					

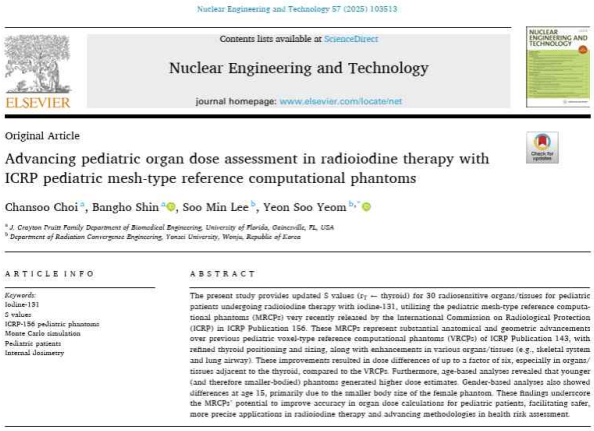
. **우수성**: 본 논문은 해당 논문은 Nuclear Engineering and Technology 저널에 게재되었으며, 이 저널은 JCR Impact Factor 기준 상위 15.9%에 해당하는 저널임.

. **창의/혁신성**: 본 연구는 갑상샘 질환인 소아에게 방사성 아이오딘을 사용한 치료를 진행할 때 다른 장기들에 들어가는 선량을 계산하기 위한 S value를 메시형 소아 표준 팬텀을 사용하여 계산하여 세밀한 장기들에 대한 정밀선량평가가 가능하게 함.

. **비전 부합성**: 본 연구에서는 방사성 아이오딘 치료를 받은 소아 환자의 S value 계산을 위해 몬테칼로 전산모사와 최신 메시형 소아 표준 팬텀을 사용하였음. 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합함.

. **분야 기여**: 본 연구에서 사용한 메시형 소아 표준 팬텀은 해부학적 세밀도가 향상되어 장기 간 경계 및 구조를 보다 정확하게 반영할 수 있으므로, 기존 복셀형 팬텀 대비 정밀한 장기별 S value 산출이 가능함. 이는 소아 방사선 치료 시 장기선량 평가의 정확성을 크게 높이는 데 기여함.

. **산업/사회 기여**: 메시형 팬텀을 이용해 산출된 소아용 S value는 방사성 아이오딘 치료 이후 발생할 수 있는 2차 질환 및 부작용에 대한 역학 연구의 선량재구성에 기여할 수 있으며, 임상적으로는 소아 환자 맞춤형 피폭선량 관리 및 방사선 안전성 강화에 기여함. 이를 통해 소아 방사선 치료의 안전성 확보와 장기적 건강영향 평가의 과학적 근거 마련에 도움을 줄 수 있음.


Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103513

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Advancing pediatric organ dose assessment in radioiodine therapy with ICRP pediatric mesh-type reference computational phantoms

Chansoo Choi [a], Bangho Shin [a], Soo Min Lee [b], Yeon Soo Yeom [b,*]

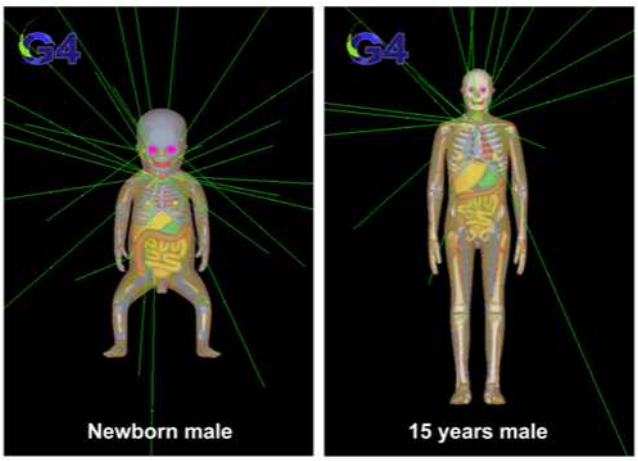
[a] J. Crayton Pruitt Family Department of Biomedical Engineering, University of Florida, Gainesville, FL, USA
[b] Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Iodine-131
S values
ICRP-158 pediatric phantoms
Monte Carlo simulation
Pediatric patients
Internal dosimetry

ABSTRACT

The present study provides updated S values ($r_T \leftarrow$ thyroid) for 30 radiosensitive organs/tissues for pediatric patients undergoing radioiodine therapy with iodine-131, utilizing the pediatric mesh-type reference computational phantoms (MRCPs) very recently released by the International Commission on Radiological Protection (ICRP) in ICRP Publication 158. These MRCPs represent substantial anatomical and geometric advancements over previous pediatric voxel-type reference computational phantoms (VRCPs) of ICRP Publication 143, with refined thyroid positioning and sizing, along with enhancements in various organs/tissues (e.g., skeletal system and lung airway). These improvements resulted in dose differences of up to a factor of six, especially in organs/tissues adjacent to the thyroid, compared to the VRCPs. Furthermore, age-based analyses revealed that younger (and therefore smaller-bodied) phantoms generated higher dose estimates. Gender-based analyses also showed differences at age 15, primarily due to the smaller body size of the female phantom. These findings underscore the MRCPs' potential to improve accuracy in organ dose calculations for pediatric patients, facilitating safer, more precise applications in radioiodine therapy and advancing methodologies in health risk assessment.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	5	실적 구분	논문	참여대학원생	최지원, 이유미
성과 일자		2024.10		제1저자	최지원
실적 제목		Korean-specific dose coefficients for external environmental exposures: soil contamination			
게재지 (저널명)		Nuclear Engineering and Technology		Impact Factor	2024 IF 2.6
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q1, JIF rank 7/41
요 약 문					

. **우수성**: 해당 논문은 Nuclear Engineering and Technology 저널에 게재되었으며, 이 저널은 JCR Impact Factor 기준 상위 15.9%에 해당하는 저널임. 방사선 방호 분야에서 국제적으로 인정받는 저널에 논문을 게재함으로써 연구의 학문적 우수성과 신뢰성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 기존 외부 환경 피폭 선량평가는 서유럽인을 기반으로 한 ICRP 표준 팬텀을 사용하여 아시아

인의 해부학적 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있었음. 본 연구에서는 한국인 표준 체형을 반영한 메시형 표준 팬텀(MRKP)과 몬테카를로 기법을 결합하여 토양 오염 상황에서의 외부 피폭 선량계수를 산출하였으며, 이를 통해 기존 서구 중심 선량평가의 편향을 보완하고 한국인 인구집단의 방사선 방호 및 위해 평가의 정확도를 향상시킬 수 있음을 제시함.

. **비전 부합성**: 본 연구팀의 비전 중 하나는 미래가치를 선도할 혁신적 연구역량을 확보하는 것임. 본 연구는 MRKP 기반 외부피폭 선량평가를 통해 방사선 방호 체계의 정확성과 안전성을 향상시킬 수 있는 과학적 근거와 기술적 기반을 제시함으로써 연구팀의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 외부 환경 피폭 선량평가는 방사선 방호 기준 수립과 피폭 위험 관리의 기초 자료로 활용되므로, 본 연구에서 산출된 한국인 표준 기반 선량계수는 인종적 차이를 고려한 방사선 방호 체계 구축에 기여할 수 있음.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 도출된 한국인 표준 기반 외부피폭 선량계수는 방사선 관련 산업 및 규제 기관에서 근로자와 대중의 피폭 평가 기준을 정밀화하는 데 활용될 수 있음. 이를 통해 방사선 사고 대응 및 환경 복원 시 보다 과학적이고 합리적인 의사결정을 지원함으로써 국민 안전 증진에 기여함.

Nuclear Engineering and Technology 56 (2024) 4375–4383

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Korean-specific dose coefficients for external environmental exposures: Soil contamination

Ji Won Choi [a], Yumi Lee [a], Bangho Shin [b], Chansoo Choi [c,*], Yeon Soo Yeom [a,*]

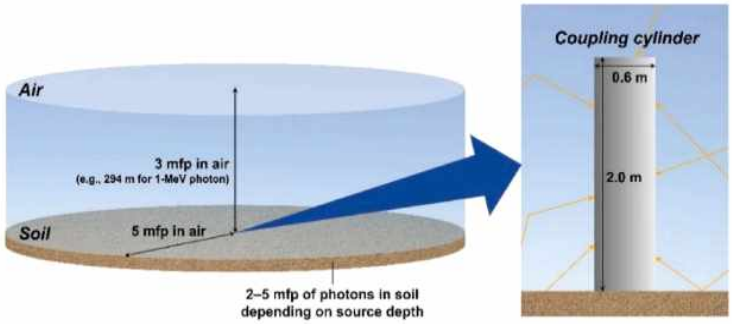
[a] Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Republic of Korea
[b] Department of Nuclear Engineering, Hanyang University, Republic of Korea
[c] J Crayton Pruitt Family Department of Biomedical Engineering, University of Florida, United States of America

ARTICLE INFO

Keywords:
Korean reference phantoms
Soil contamination
Dose coefficients
External exposure
Monte Carlo simulation

ABSTRACT

In this study, we first produced the Korean-specific dose coefficients (DCs) for soil contamination using the Mesh-type Reference Korean Phantoms (MRKPs). The Korean DCs were compared with the values in ICRP Publication 144 produced using the Caucasian-based ICRP reference phantoms to investigate dosimetric impact due to the racial difference (Korean/Asian vs Caucasian). Monte Carlo dose calculations using the Geant4 code were conducted where the photon and electron sources in the phase-space data used for the ICRP-144 DC calculations were irradiated to the MRKPs. For photons, the organ DCs of the MRKPs showed a good agreement with the ICRP-144 DCs (deviations <20 %) for most energies, while significant differences at energies below 0.05 MeV were observed by up to a factor of 55.6 (thymus at 0.015 MeV). For electrons, notable differences in the organ DCs were observed the overall energy region (deviations >20 % for most cases). The effective DCs of the MRKPs showed an excellent agreement with the ICRP-144 DCs for photons (deviations <16 %), whereas notable differences by up to 1.7 times (0.05 MeV) were observed for electrons. The Korean DCs for soil contamination will be beneficially used in dose estimates for Koreans especially in risk assessments.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	6	실적 구분	논문	참여대학원생	정윤수, 최형주
성과 일자		2025.05		제1저자	정윤수
실적 제목		Radiation damage evaluation of YSECT v.2 for spent nuclear fuel inspection in wet storage facility			
게재지 (저널명)		Nuclear Engineering and Technology		Impact Factor	2024 IF 2.6
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q1, Rank 7/41

요 약 문

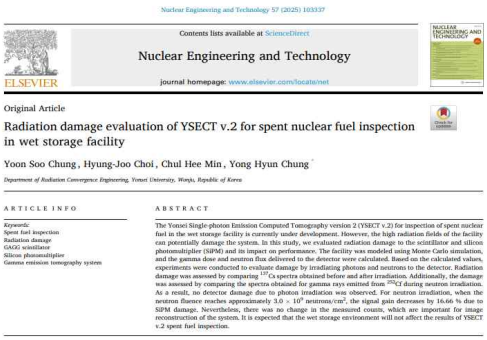
. **우수성**: 본 논문은 2025년 5월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.6) 저널에 게재되었으며, JCR impact factor 상위 17%에 해당함.

. **창의/혁신성**: 검사 시스템(YSECT v.2)의 GAGG+SiPM 검출부에 대해 광자(Cs-137) 전・후 스펙트럼과 중성자(Cf-252) 조사 중 스펙트럼을 이용한 성능 열화 진단 프로토콜을 신규 구축. 광자 조사에서는 손상 없음, 중성자 누적 플루언스 ≈ 3.0×10^{9} n/cm^{2} 에서 SiPM 이득 약 16.66% 감소라는 임계・영향도를 정량화하여 설계・운영에 바로 활용 가능한 기준을 제시함.

. **비전 부합성**: 사용후핵연료(SNF) 습식 저장조 비접촉 검사 신뢰성 향상을 목표로, 방사선 수송-검출기 물리-신호평가를 통합한 융합 접근과 현장 적용성을 동시에 달성. 이는 기관의 국제화・연구혁신・산학협력・교육 고도화 지향에 부합함.

. **분야 기여**: YSECT v.2의 내방사선 한계(광자 안전/중성자 임계치)와 성능 영향(이득 감소)을 정량 규명하고, 계수(counts) 변화는 유의하지 않음을 확인하여 시스템 수준의 검사 신뢰도를 뒷받침. 논문 메타데이터/기관 포털 등재로 SFIT・감마 이미징 등 후속 연구의 벤치마크를 제공함.

. **산업/사회 기여**: 습식 저장 환경이 검사 결과에 유의한 악영향을 주지 않을 가능성을 제시함으로써 장비 신뢰성・운영 가용성을 높이고, 작업자 접근 최소화를 통해 방사선 안전성을 강화. 현장 설계・운영 단계의 경계조건 수립에 기여함.


Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103337

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Radiation damage evaluation of YSECT v.2 for spent nuclear fuel inspection in wet storage facility

Yoon Soo Chung, Hyung-Joo Choi, Chul Hee Min, Yong Hyun Chung

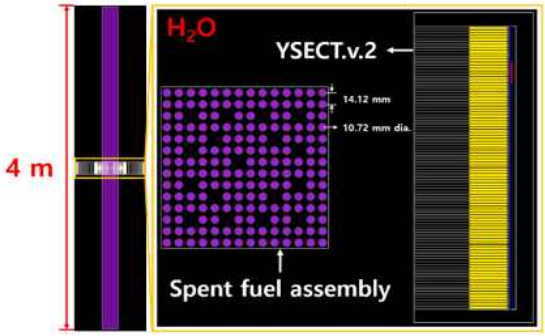
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Spent fuel inspection
Radiation damage
GAGG scintillator
Silicon photomultiplier
Gamma emission tomography system

ABSTRACT

The Yonsei Single-photon Emission Computed Tomography version 2 (YSECT v.2) for inspection of spent nuclear fuel in the wet storage facility is currently under development. However, the high radiation fields of the facility can potentially damage the system. In this study, we evaluated radiation damage to the scintillator and silicon photomultiplier (SiPM) and its impact on performance. The facility was modeled using Monte Carlo simulation, and the gamma dose and neutron flux delivered to the detector were calculated. Based on the calculated values, experiments were conducted to evaluate damage by irradiating photons and neutrons to the detector. Radiation damage was assessed by comparing ^{137}Cs spectra obtained before and after irradiation. Additionally, the damage was assessed by comparing the spectra obtained for gamma rays emitted from ^{60}Co during neutron irradiation. As a result, no detector damage due to photon irradiation was observed. For neutron irradiation, when the neutron fluence reaches approximately 3.0×10^{9} neutrons/cm^2, the signal gain decreases by 16.66 % due to SiPM damage. Nevertheless, there was no change in the measured counts, which are important for image reconstruction of the system. It is expected that the wet storage environment will not affect the results of YSECT v.2 spent fuel inspection.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	7	실적 구분	논문	참여대학원생	이성연, 강인수, 백민규, 정윤수, 강주완
성과 일자		2025.05		제1저자	이성연
실적 제목		Design of a new muon tomography system using a three-layered tacker			
게재지 (저널명)		Nuclear Engineering and Technology		Impact Factor	2024 IF: 2.6
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q1, Rank 7/41
요 약 문					

. **우수성**: 본 논문은 2025년 5월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.6) 저널에 게재되었으며, JCR impact factor 상위 17%에 해당함.

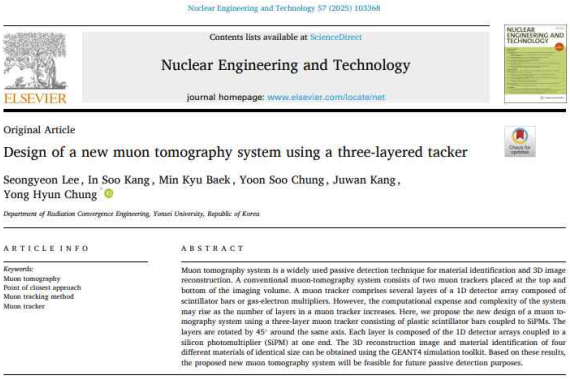
. **창의/혁신성**: 기존 뮤온 토모그래피는 피사체 상・하부에 2개의 트래커를 두고, 각 트래커를 다층 1D 검출기 어레이로 구성하는 방식이 일반적이었음. 층 수가 늘수록 계산량과 시스템 복잡도가 증가하는 한계가 있었음. 본 연구는 SiPM에 결합된 플라스틱 섬광막대를 이용한 세 겹(three-layer) 뮤온 트래커로 구성된 새로운 뮤온 토모그래피 시스템 설계를 제안함.

. **비전 부합성**: 세 겹 단일 트래커와 층간 45° 회전이라는 단순・경량 설계 지침을 제시함. 1D array+ SiPM 결합 구성을 채택하고 PoCA 기반 재구성을 적용하여 시스템 복잡도를 낮추면서 기능을 확보함.

. **분야 기여**: 본 연구를 통해 개발된 센서 네트워크 및 인공지능을 이용한 위치추적 시스템은 작업자가 직접적으로 접근하기 난해한 장소의 다목적 환경감시 용도로 활용될 수 있으며, 다수의 센서 네트워크를 이용한 환경감시 용도 등의 후속연구로 발전이 가능함.

. **산업/사회 기여**: 연구 성과는 화물・보안 검색, 사용후핵연료/저장체 모니터링, 중요 인프라 점검 등 비파

괴・저전력 상시 감시가 필요한 현장에서 활용될 수 있음. 고선원 없이 운용 가능하고 시스템이 단순해 현장 배치성과 운용 안정성이 높다는 장점이 있어, 안전・보안 분야의 사회적 불안 해소와 산업적 파급효과에 기여할 수 있음.


Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103368

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Design of a new muon tomography system using a three-layered tacker

Seongyeon Lee, In Soo Kang, Min Kyu Baek, Yoon Soo Chung, Juwan Kang, Yong Hyun Chung

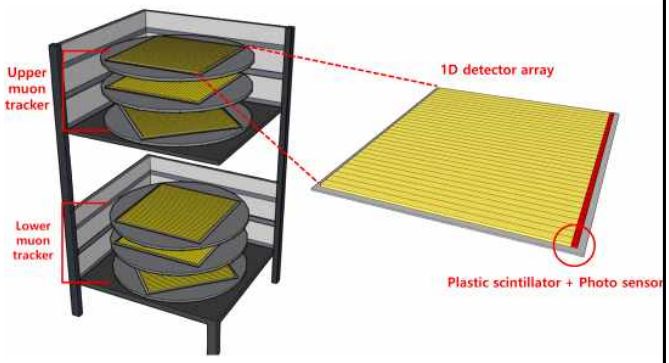
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Muon tomography
Point of closest approach
Muon tracking method
Muon tracker

ABSTRACT

Muon tomography system is a widely used passive detection technique for material identification and 3D image reconstruction. A conventional muon-tomography system consists of two muon trackers placed at the top and bottom of the imaging volume. A muon tracker comprises several layers of a 1D detector array composed of scintillator bars or gas-electron multipliers. However, the computational expense and complexity of the system may rise as the number of layers in a muon tracker increases. Here, we propose the new design of a muon tomography system using a three-layer muon tracker consisting of plastic scintillator bars coupled to SiPMs. The layers are rotated by 45° around the same axis. Each layer is composed of the 1D detector arrays coupled to a silicon photomultiplier (SiPM) at one end. The 3D reconstruction image and material identification of four different materials of identical size can be obtained using the GEANT4 simulation toolkit. Based on these results, the proposed new muon tomography system will be feasible for future passive detection purposes.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	8	실적 구분	논문	참여대학원생	정윤수, 최형주
성과 일자		2025.06		제1저자	정윤수
실적 제목		Preliminary results of a spent nuclear fuel internal tomography (SFIT) system			
게재지 (저널명)		Nuclear Engineering and Technology		Impact Factor	2024 IF: 2.6
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q1, Rank 7/41
요 약 문					

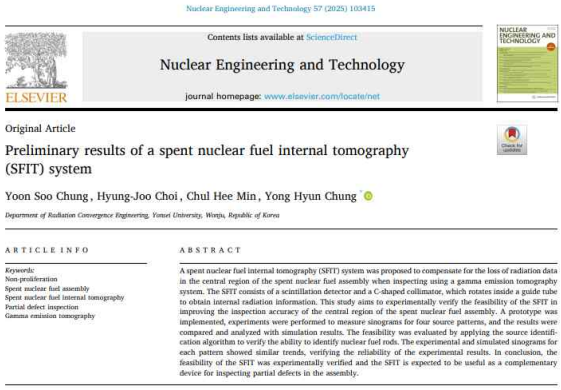
. **우수성**: 본 논문은 2025년 6월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.6) 저널에 게재되었으며, JCR impact factor 상위 17%에 해당함.

. **창의/혁신성**: 가이드 튜브 내부에서 회전하는 C-형 콜리메이터 + 섬광 검출기로 내부 방사선 정보를 취득하는 소구경 내삽형 탐침 구조를 제안・시제작하고, 4가지 소스 패턴에 대한 시노그램을 측정해 시뮬레이션 결과와 정성 일치를 확인함(실험-모사 교차검증). 취득 데이터에 소스 식별 알고리즘을 적용해 연료봉 식별 가능성을 검증, GET의 외부 회전식 계측을 내부 보완 센서로 확장하는 하이브리드 검사 프레임을 제시함.

. **비전 부합성**: 비파괴 검사(NDA) 고도화, 핵물질 비확산 보장을 위한 정밀 계측이라는 학술・규제 비전에 부합하며, 습식 저장조 현장 적용성(guide tube 활용)을 전제로 한 실용 지향 설계를 보여줌.

. **분야 기여**: SFIT의 프로토타입 구현 → 시노그램 획득 → 시뮬레이션 비교 → 식별 알고리즘 검증의 일련 절차를 정리하여 향후 부분결함(partial defect) 검출 성능 향상을 위한 보완 채널로서의 타당성을 제시함.앞선 개념/타당성 연구(SFIT feasibility) 흐름을 실험적 초기 결과로 잇는 역할을 하며, SFIT를 GET 체계에 병행 투입하는 시스템 레벨 벤치마크를 제공함.

. **산업/사회 기여**: 저장조에서 중앙 영역 정보 손실 보완을 통해 검사 신뢰도를 높이고, 연료봉 결함・재배치 등 이상 징후에 대한 탐지 민감도 향상이 기대됨. 이는 감시 체계 고도화와 비확산 규제 대응력 강화로 직결됨. 기존 외부 회전식 GET에 저침습 내부 센서(guide tube 삽입형)를 결합하는 운용 개념은 현장 실장 가능성과 검사 시간/설비 제약 완화 측면의 파급효과가 큼.



Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103415

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Preliminary results of a spent nuclear fuel internal tomography (SFIT) system

Yoon Soo Chung, Hyung-Joo Choi, Chul Hee Min, Yong Hyun Chung

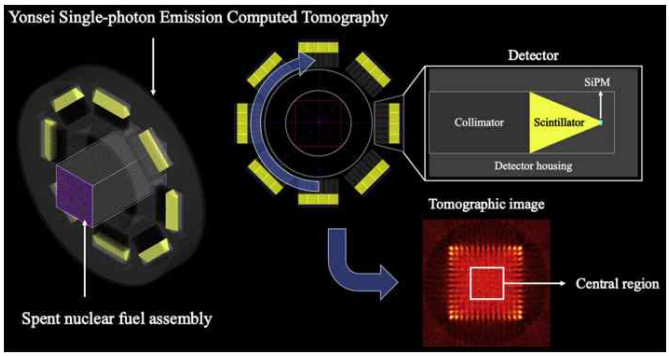
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Non-proliferation
Spent nuclear fuel assembly
Spent nuclear fuel internal tomography
Partial defect inspection
Gamma emission tomography

ABSTRACT

A spent nuclear fuel internal tomography (SFIT) system was proposed to compensate for the loss of radiation data in the central region of the spent nuclear fuel assembly when inspecting using a gamma emission tomography system. The SFIT consists of a scintillation detector and a C-shaped collimator, which rotates inside a guide tube to obtain internal radiation information. This study aims to experimentally verify the feasibility of the SFIT in improving the inspection accuracy of the central region of the spent nuclear fuel assembly. A prototype was implemented, experiments were performed to measure sinograms for four source patterns, and the results were compared and analyzed with simulation results. The feasibility was evaluated by applying the source identification algorithm to verify the ability to identify nuclear fuel rods. The experimental and simulated sinograms for each pattern showed similar trends, verifying the reliability of the experimental results. In conclusion, the feasibility of the SFIT was experimentally verified and the SFIT is expected to be useful as a complementary device for inspecting partial defects in the assembly.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	9	실적 구분	논문	참여대학원생	이종혁, 조상현
성과 일자		2024.11		제1저자	이종혁
실적 제목		Analytic sparse-view CBCT reconstruction using a novel sinogram restoration method based on higher-order Fouirer harmonic peak			
게재지 (저널명)		Journal of Instrumentation		Impact Factor	2024 IF: 1.3
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q3, JIF rank 24/41

요 약 문

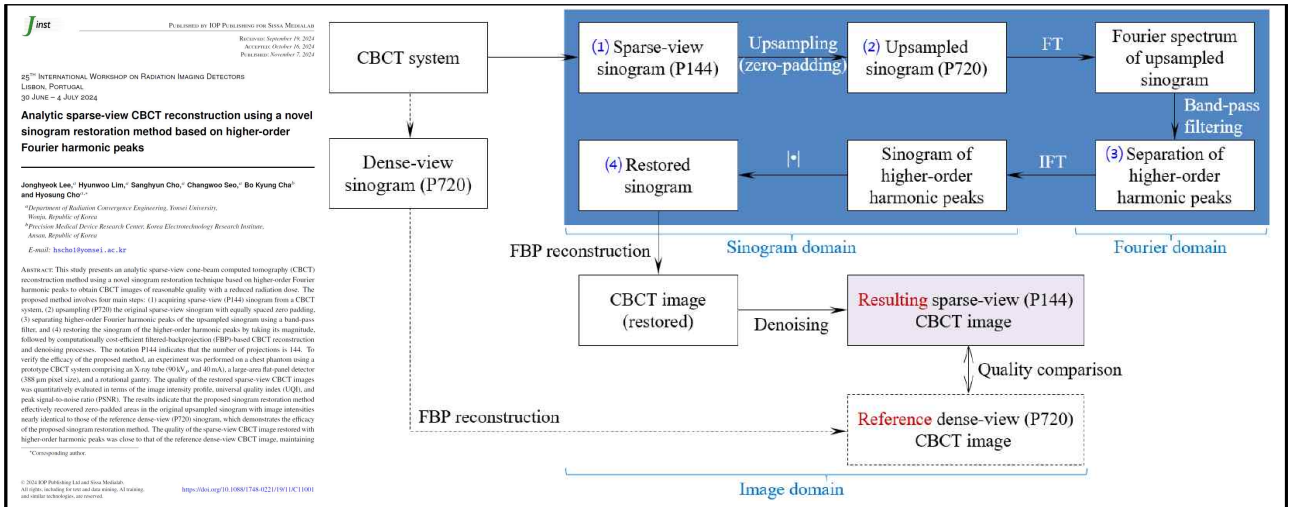
. **우수성**: 제안된 희소 뷰(cone-beam CT) 복원 기법은 고차 푸리에 조화 성분을 이용해 제한된 투사 데이터에서도 고품질 영상을 재현함으로써, 기존 FBP 기반 CBCT의 화질 저하 문제를 효과적으로 개선함. 실험 결과, 영상 품질 지표(UQI, PSNR)에서 각각 약 1.3배, 1.2배 향상된 성능을 달성함.

. **창의/혁신성**: 전통적인 보간 또는 학습 기반 복원 대신, 고차 조화 피크(Higher-order harmonic peaks)를 활용한 새로운 주파수영역 기반 sinogram 복원 알고리즘을 제안하여 희소 투사 CBCT의 구조적 결손을 물리적으로 복원함. 계산 효율성과 영상 품질을 동시에 확보한 독창적 접근임.

. **비전 부합성**: 저선량・고효율 영상을 구현함으로써, 환자 피폭 저감 및 진단 효율 향상이라는 미래 의료영상 기술의 핵심 비전과 부합함. 방사선 융합 기술의 임상 적용 가능성을 확장하는 연구임.

. **분야 기여**: 푸리에 조화 성분을 이용한 sinogram 복원 원리를 CT 재구성에 도입함으로써, 희소 투사 복원 이론 및 주파수 분석 기반 CT 영상 복원 연구의 새로운 방향을 제시함. 또한 FBP 알고리즘의 한계를 수학적 보완 방식으로 확장함.

. **산업/사회 기여**: 저비용・저연산으로도 고품질 영상을 복원할 수 있어, 치과용・흉부용 CBCT 등 상용 의료영상 장비의 저선량화 및 고속화에 직접 응용 가능함. 방사선 안전성과 의료 효율성을 동시에 향상시켜 임상 및 산업적 파급효과가 큼.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	10	실적 구분	논문	참여대학원생	박성민, 이수현
성과 일자		2024.11		제1저자	임영환
실적 제목		Eliminating metal artifacts in dental computed tomography using an elaborate sinogram normalization interpolation method with CNR-based metal segmentation			
게재지 (저널명)		Journal of Instrumentation		Impact Factor	2024 IF: 1.3
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q3, JIF rank 24/41

요 약 문

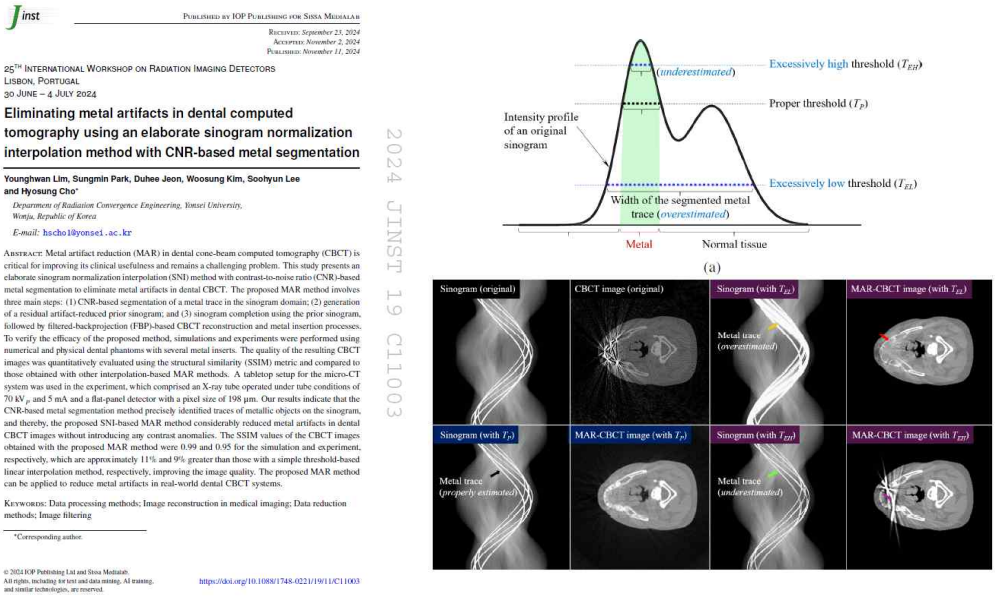
. **우수성**: 본 논문은 2024년 Journal of Instrumentation(IF 1.3)에 게재되었으며, 시뮬레이션 및 정량 평가를 통해 동일 조건 대비 영상 품질을 향상함.

. **창의/혁신성**: 임계값을 활용한 금속 분할방법이 아닌 금속 주변부의 대비 차이를 활용하여 정밀 금속 분할방법을 제안하였으며, 이를 통해 Metal artifacts reduction(MAR) 결과의 품질을 향상함.

. **비전 부합성**: 대비 기반 정밀 금속 분할로 아티팩트를 안정적으로 억제했으며, 그 결과 재촬영 감소와 판독 효율 향상을 통해 의료영상 품질 고도화 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 기존 MAR 기법의 한계를 보완할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하였으며, 의료 영상 화질 개선에 기여함.

. **산업/사회 기여**: Metal artifacts로 인한 진단 방해 요소를 줄여 재촬영 및 판독의 부담을 줄이며 진료 효율을 높일 수 있음.



Jinst

Published by IOP Publishing for Sissa Medialab

Received: September 23, 2024
Accepted: November 2, 2024
Published: November 11, 2024

25TH International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024

Eliminating metal artifacts in dental computed tomography using an elaborate sinogram normalization interpolation method with CNR-based metal segmentation

Younghwan Lim, Sungmin Park, Duhee Jeon, Woosung Kim, Soohyun Lee and Hyosung Cho*

Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

E-mail: hscho1@yonsei.ac.kr

Abstract: Metal artifact reduction (MAR) in dental cone-beam computed tomography (CBCT) is critical for improving its clinical usefulness and remains a challenging problem. This study presents an elaborate sinogram normalization interpolation (SNI) method with contrast-to-noise ratio (CNR)-based metal segmentation to eliminate metal artifacts in dental CBCT. The proposed MAR method involves three main steps: (1) CNR-based segmentation of a metal trace in the sinogram domain; (2) generation of a residual artifact-reduced prior sinogram; and (3) sinogram completion using the prior sinogram, followed by filtered-backprojection (FBP)-based CBCT reconstruction and metal insertion processes. To verify the efficacy of the proposed method, simulations and experiments were performed using numerical and physical dental phantoms with several metal inserts. The quality of the resulting CBCT images was quantitatively evaluated using the structural similarity (SSIM) metric and compared to those obtained with other interpolation-based MAR methods. A tabletop setup for the micro-CT system was used in the experiment, which comprised an X-ray tube operated under tube conditions of 70 kV_p and 5 mA and a flat-panel detector with a pixel size of 198 μm. Our results indicate that the CNR-based metal segmentation method precisely identified traces of metallic objects on the sinogram, and thereby, the proposed SNI-based MAR method considerably reduced metal artifacts in dental CBCT images without introducing any contrast anomalies. The SSIM values of the CBCT images obtained with the proposed MAR method were 0.99 and 0.95 for the simulation and experiment, respectively, which are approximately 11% and 9% greater than those with a simple threshold-based linear interpolation method, respectively, improving the image quality. The proposed MAR method can be applied to reduce metal artifacts in real-world dental CBCT systems.

Keywords: Data processing methods; Image reconstruction in medical imaging; Data reduction methods; Image filtering

*Corresponding author.

© 2024 IOP Publishing Ltd and Sissa Medialab.
All rights, including for text and data mining, AI training, and similar technologies, are reserved.

https://doi.org/10.1088/1748-0221/19/11/C11003

2024 JINST 19 C11003

<게재 현황 및 대표 그림>

연번	11	실적 구분	논문	참여대학원생	심지용, 이수현
성과 일자		2024.12		제1저자	김우성
실적 제목		Minimizing inconsistencies in gray values in small field-of-view dental computed tomography by modulating reconstruction filter intensity: simulation study			
게재지 (저널명)		Journal of Instrumentation		Impact Factor	2024 IF: 1.3
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q3, JIF rank 24/41

요 약 문

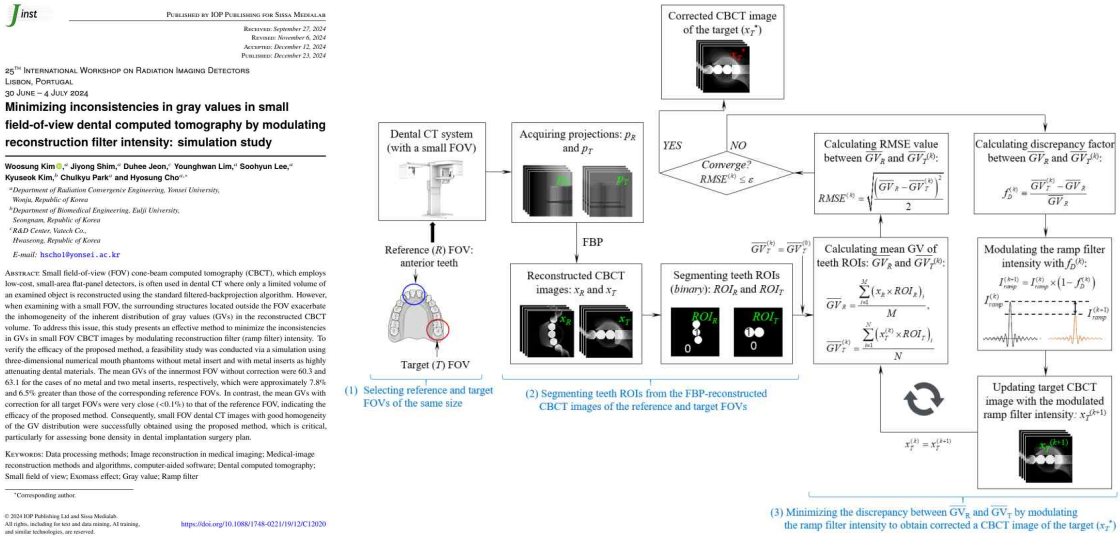
. **우수성**: 본 논문을 통해 치과용 Small-FOV CBCT에서 스캔 위치에 따른 평균 CT Number 편차를 줄이는 방법을 제안하였음. Small-FOV CBCT는 스캔 위치에 따라 최대 10% 평균 CT Number 차이를 보였지만, 제안하는 보정 방법을 통한 결과는 0.1% 이내 차이를 보이며, 연구의 우수성과 타당성을 입증함.

. **창의/혁신성**: Small-FOV CBCT imaging에서 스캔 위치에 따른 평균 CT Number 차이를 보정하는 방법은 팬텀 기반 방법과 촬영 설정을 변경하는 방식이 제안되어 왔지만, 이는 일반화가 힘들다는 단점이 있었음. 본 논문에서 제안하는 방법은 위 문제를 해결할 수 있는 최초의 Software 기반의 방법으로, 일반화에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.

. **비전 부합성**: CT 분야에서 중요한 과제 중 하나인 환자의 피폭 선량을 저감하면서 영상의 질을 보존할 수 있는 방법을 제안함으로써, 차세대 Quantitative CT 개발에 기여함.

. **분야 기여**: CT 분야에서 FOV를 줄이는 방법은 환자의 총 선량을 줄일 수 있는 효과적인 방법 중 하나이지만, 정량적인 영상의 질이 낮아지는 문제점이 있음. 본 방법은 일반화가 가능한 Software 기반의 방식을 최초로 제안함으로써 높은 활용도가 예상됨.

. **산업/사회 기여**: 최근 치과용 X-ray CT 분야에서 주목받는 문제점을 일반화 가능한 방법으로 해결하였다는 점에서 파급 효과가 클 것으로 기대됨.



Published by IOP Publishing for Sissa Medialab

Received: September 27, 2024
Revised: November 8, 2024
Accepted: December 12, 2024
Published: December 23, 2024

25th International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024

Minimizing inconsistencies in gray values in small field-of-view dental computed tomography by modulating reconstruction filter intensity: simulation study

Woosung Kim,[a] Jiyong Shim,[a] Duhee Jeon,[a] Younghwan Lim,[a] Soohyun Lee,[a] Kyuseok Kim,[b] Chulkyu Park[c] and Hyosung Cho[a,*]

[a]Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea
[b]Department of Biomedical Engineering, Eulji University, Seongnam, Republic of Korea
[c]R&D Center, Vatech Co., Hwaseong, Republic of Korea

E-mail: hscho1@yonsei.ac.kr

Abstract: Small field-of-view (FOV) cone-beam computed tomography (CBCT), which employs low-cost, small-area flat-panel detectors, is often used in dental CT where only a limited volume of an examined object is reconstructed using the standard filtered-backprojection algorithm. However, when examining with a small FOV, the surrounding structures located outside the FOV exacerbate the inhomogeneity of the inherent distribution of gray values (GVs) in the reconstructed CBCT volume. To address this issue, this study presents an effective method to minimize the inconsistencies in GVs in small FOV CBCT images by modulating reconstruction filter (ramp filter) intensity. To verify the efficacy of the proposed method, a feasibility study was conducted via a simulation using three-dimensional numerical mouth phantoms without metal insert and with metal inserts as highly attenuating dental materials. The mean GVs of the innermost FOV without correction were 60.3 and 63.1 for the cases of no metal and two metal inserts, respectively, which were approximately 7.8% and 6.5% greater than those of the corresponding reference FOVs. In contrast, the mean GVs with correction for all target FOVs were very close (<0.1%) to that of the reference FOV, indicating the efficacy of the proposed method. Consequently, small FOV dental CT images with good homogeneity of the GV distribution were successfully obtained using the proposed method, which is critical, particularly for assessing bone density in dental implantation surgery plan.

Keywords: Data processing methods; Image reconstruction in medical imaging; Medical-image reconstruction methods and algorithms, computer-aided software; Dental computed tomography; Small field of view; Exomass effect; Gray value; Ramp filter

*Corresponding author.

© 2024 IOP Publishing Ltd and Sissa Medialab. All rights, including for text and data mining, AI training, and similar technologies, are reserved.

https://doi.org/10.1088/1748-0221/19/12/C12020

<게재 현황 및 대표 그림>

연번	12	실적 구분	논문	참여대학원생	이종혁
성과 일자		2025.01		제1저자	이종혁
실적 제목		Design of an asymmetric window function in single grid-based dark-field X-ray imaging for ensuring improved image quality			
게재지 (저널명)		NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS SPECTROMETERS DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT		Impact Factor	2024 IF: 1.4
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q3, JIF rank 24/41

요 약 문

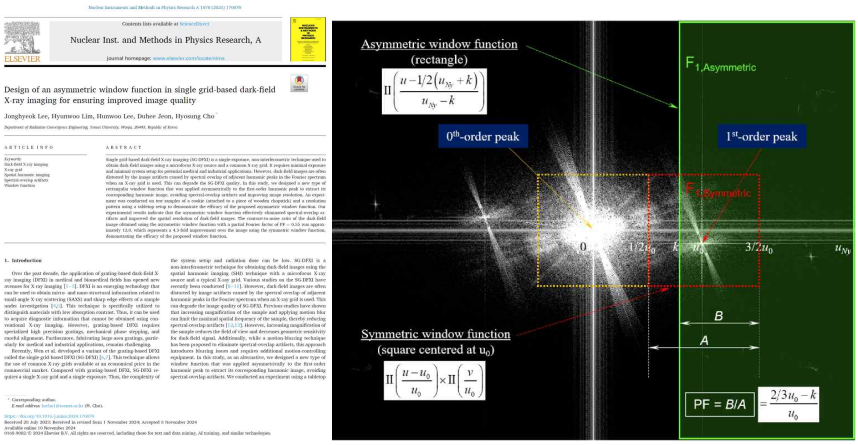
. **우수성**: 제안된 비대칭 직사창(window) 함수는 단일 격자 기반 X선 다크필드 영상의 주파수 중첩 문제를 효과적으로 제거하여, 영상 대비 및 해상도를 동시에 향상시킴. 실험적으로 기존 대비 4.3배 높은 CNR을 달성함으로써 기술적 우수성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 기존 대칭 윈도우 함수를 단순 수정한 것이 아니라, 1차 고조파 성분만을 선택적으로 추출하는 비대칭 윈도우 구조를 새롭게 설계하여 주파수 영역의 간섭 문제를 근본적으로 해결함. Fourier 기반 SG-DFXI에서 최초로 적용된 혁신적 신호 분리 접근법임.

. **비전 부합성**: 본 연구팀의 비전 중 하나는 의료방사선 분야의 첨단 기술 개발과 혁신을 선도하는 것임. 저선량・단일 노출 기반의 비간섭성 X선 영상 기술을 정량화함으로써, 고품질 저피폭 의료영상 및 산업용 비파괴 검사 자동화에 기여하는 미래 방사선융합 영상 기술의 발전 방향과 부합함.

. **분야 기여**: SG-DFXI 영상의 핵심 한계였던 스펙트럼 중첩 문제를 수학적 윈도우 설계로 정량적으로 해결함으로써, Fourier 기반 영상 복원 이론 및 다크필드 영상 해석 분야에 새로운 분석 프레임워크를 제시함.

. **산업/사회 기여**: 복잡한 간섭계 없이도 고해상도의 산란 정보를 획득할 수 있어, 의료 진단 영상, 식품・소재 결함 검사, 문화재 분석 등 다양한 산업 분야에서 활용 가능성이 높음. 저비용・고효율 영상 시스템으로 산업적 파급력이 큼.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	13	실적 구분	논문	참여대학원생	박지원, 한서희, 박성민
성과 일자		2025.02		제1저자	박지원
실적 제목		Radiographic restoration technique based on a simple scatter-and-noise degradation model to enhance image visibility in cone-beam computed tomography systems using an offset detector			
게재지 (저널명)		Journal of Instrumentation (JINST)		Impact Factor	2024 IF 1.3
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q4, JIF rank 60/79
요 약 문					

. **우수성**: 해당 논문은 Journal of Instrumentation (JINST)에 게재되었으며, 계측・의료영상 시스템 분야의 SCIE 등재 국제 학술지로서 학문적 신뢰성과 가시성을 갖춘 저널임. 오프셋 검출기를 사용하는 CBCT에서 산란・잡음 열화 문제를 정면으로 다룬 연구를 국제 저널에 발표함으로써 연구의 우수성과 타당성을 입증함.

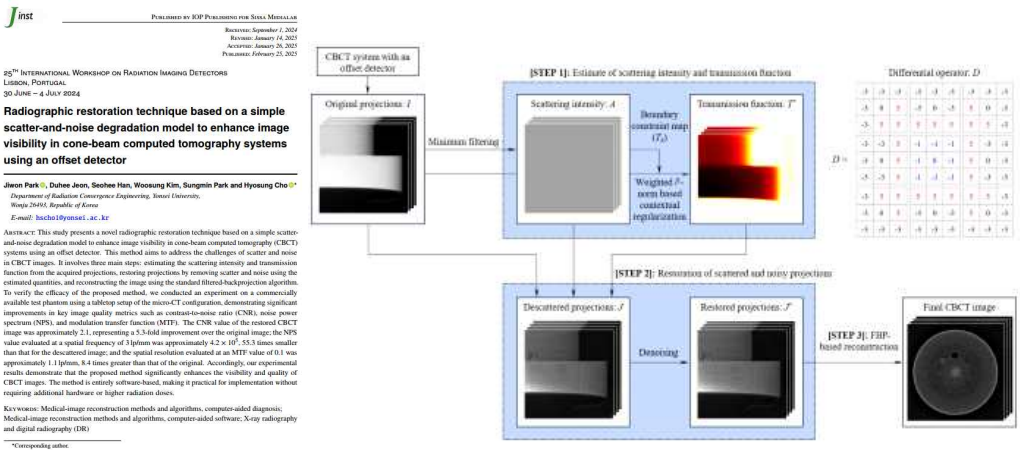
. **창의/혁신성**: 기존 오프셋-검출기 기반 CBCT는 산란과 잡음 증가로 영상 가시성이 저하되는 한계가 있었음. 본 연구는 단순 산란-잡음 열화(simple SND) 모델을 도입하여 투사선별 산란 세기와 전송함수를 추정하고, 이를 이용해 추가 하드웨어나 선량 증가 없이 투사영상을 복원한 뒤 표준 FBP로 재구성하는 순수 소프트웨어 기반 복원 기법을 제안함.

. **비전 부합성**: 연구팀의 비전인 저선량・고품질 의료방사선 영상 기술의 선도와 부합함. 제안 기법은 기존 시스템에 소프트웨어적으로 이식 가능한 모듈형 알고리즘 파이프라인으로 구현되어, 임상・연구 환경에서의 실용적 확산과 차세대 영상 복원 기술 개발이라는 비전에 기여함.

. **분야 기여**: 상용 테스트 팬텀 기반 실험에서 영상 품질 지표가 유의하게 향상되었음. 또한 원본 영상에서 관찰되던 cupping 불균일성이 완화되고 내부 구조의 식별력이 개선되어, 임상적 문턱값 기반 분할 및 3D 가시화의 신뢰도를 높이는 데 기여함.

. **산업/사회 기여**: 제안 기법은 완전 소프트웨어 방식으로 기존 CBCT 장비에 부가 설치가 가능하므로 비용-효율성이 높고, 선량을 늘리지 않고도 영상 가시성을 개선하여 환자 안전과 진단・치료 계획의 정확도를

향상시킬 잠재력을 지님.



Jinst

Published by IOP Publishing for Sissa Medialab

Received: September 1, 2024
Revised: January 14, 2025
Accepted: January 26, 2025
Published: February 25, 2025

25th International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024

Radiographic restoration technique based on a simple scatter-and-noise degradation model to enhance image visibility in cone-beam computed tomography systems using an offset detector

Jiwon Park, Duhee Jeon, Seohee Han, Woosung Kim, Sungmin Park and Hyosung Cho*
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju 26493, Republic of Korea
E-mail: hscho@yonsei.ac.kr

Abstract: This study presents a novel radiographic restoration technique based on a simple scatter-and-noise degradation model to enhance image visibility in cone-beam computed tomography (CBCT) systems using an offset detector. This method aims to address the challenges of scatter and noise in CBCT images. It involves three main steps: estimating the scattering intensity and transmission function from the acquired projections, restoring projections by removing scatter and noise using the estimated quantities, and reconstructing the image using the standard filtered-backprojection algorithm. To verify the efficacy of the proposed method, we conducted an experiment on a commercially available test phantom using a tabletop setup of the micro-CT configuration, demonstrating significant improvements in key image quality metrics such as contrast-to-noise ratio (CNR), noise power spectrum (NPS), and modulation transfer function (MTF). The CNR value of the restored CBCT image was approximately 2.1, representing a 5.3-fold improvement over the original image; the NPS value evaluated at a spatial frequency of 3 lp/mm was approximately 4.2×10^5, 55.3 times smaller than that for the descattered image; and the spatial resolution evaluated at an MTF value of 0.1 was approximately 1.1 lp/mm, 8.4 times greater than that of the original. Accordingly, our experimental results demonstrate that the proposed method significantly enhances the visibility and quality of CBCT images. The method is entirely software-based, making it practical for implementation without requiring additional hardware or higher radiation doses.

Keywords: Medical-image reconstruction methods and algorithms, computer-aided diagnosis; Medical-image reconstruction methods and algorithms, computer-aided software; X-ray radiography and digital radiography (DR)

*Corresponding author.

<게재 현황 및 대표 그림>

연번	14	실적 구분	논문	참여대학원생	XU WENTINTG
성과 일자		2025.03		제1저자	XU WENTINTG
실적 제목		Low-dose computed tomography denoising via hybrid transformer and residual dense network			
게재지 (저널명)		Journal of Instrumentation (JINST)		Impact Factor	2024 IF 1.3
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q4, JIF rank 60/79

요 약 문

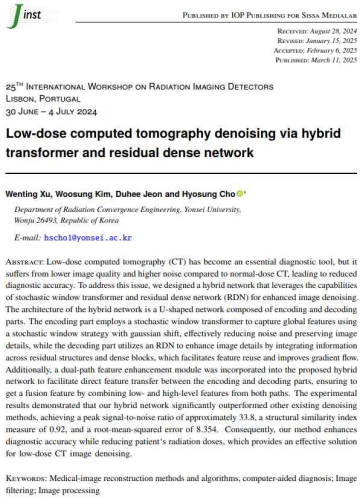
. **우수성**: Journal of Instrumentation(SCI(E)) 게재. JCR 2025 기준 JIF 1.3, 분야 Q4 등급으로 동료평가를 통해 학문적 타당성과 재현성 인정됨.

. **창의/혁신성**: 트랜스포머와 Residual Dense Network를 결합한 하이브리드 구조와 양경로 특성 강화 모듈을 도입하여, 저선량 CT에서 구조 보존과 노이즈 억제의 동시 달성이라는 새로운 해결책 제안함.

. **비전 부합성**: 연구팀의 “의료방사선 분야의 저선량・고신뢰 영상 기술 선도”라는 비전에 부합함. 임상 워크플로우와의 연계 및 최적화 가능성을 전제로 정밀 영상 재건 기술 고도화에 기여함.

. **분야 기여**: 공개 표준 데이터셋을 활용한 체계적 성능 검증과 모듈 소거 실험을 통해 설계 근거를 명확화함. LDCT 복원 분야에서 Transformer-CNN 하이브리드 설계의 유효성을 정량・정성 지표로 입증함.

. **산업/사회 기여**: 피폭 저감과 진단 신뢰도 향상을 동시에 지원하여 환자 안전 및 진료 효율 개선에 기여할 잠재력 보유함. 추론 효율성을 바탕으로 임상용 워크스테이션에서의 실용적 적용 가능성 제고함.



Published by IOP Publishing for Sissa Medialab

Received: August 28, 2024
Revised: January 15, 2025
Accepted: February 6, 2025
Published: March 11, 2025

25TH International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024

Low-dose computed tomography denoising via hybrid transformer and residual dense network

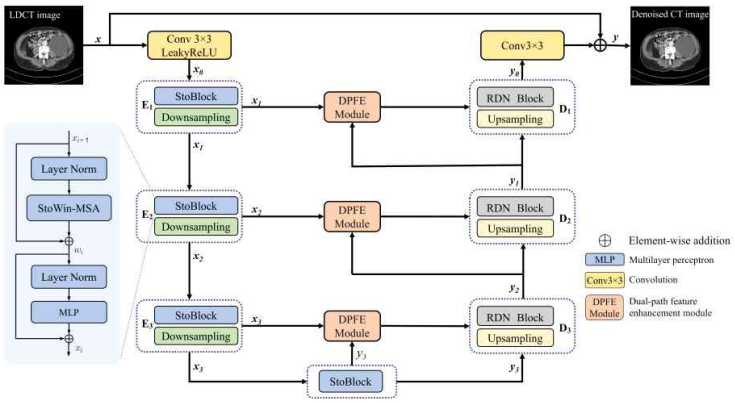
Wenting Xu, Woosung Kim, Duhee Jeon and Hyosung Cho*

Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju 26493, Republic of Korea

E-mail: hscho1@yonsei.ac.kr

Abstract: Low-dose computed tomography (CT) has become an essential diagnostic tool, but it suffers from lower image quality and higher noise compared to normal-dose CT, leading to reduced diagnostic accuracy. To address this issue, we designed a hybrid network that leverages the capabilities of stochastic window transformer and residual dense network (RDN) for enhanced image denoising. The architecture of the hybrid network is a U-shaped network composed of encoding and decoding parts. The encoding part employs a stochastic window transformer to capture global features using a stochastic window strategy with gaussian shift, effectively reducing noise and preserving image details, while the decoding part utilizes an RDN to enhance image details by integrating information across residual structures and dense blocks, which facilitates feature reuse and improves gradient flow. Additionally, a dual-path feature enhancement module was incorporated into the proposed hybrid network to facilitate direct feature transfer between the encoding and decoding parts, ensuring to get a fusion feature by combining low- and high-level features from both paths. The experimental results demonstrated that our hybrid network significantly outperformed other existing denoising methods, achieving a peak signal-to-noise ratio of approximately 33.8, a structural similarity index measure of 0.92, and a root-mean-squared error of 8.354. Consequently, our method enhances diagnostic accuracy while reducing patient's radiation doses, which provides an effective solution for low-dose CT image denoising.

Keywords: Medical-image reconstruction methods and algorithms, computer-aided diagnosis; Image filtering; Image processing



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	15	실적 구분	논문	참여대학원생	심지용
성과 일자		2025.03		제1저자	심지용
실적 제목		Automatic geometry calibration based on metric optimization in stationary computed tomography baggage scanner with 2-angle sparsity			
게재지 (저널명)		Journal of Instrumentation		Impact Factor	2024 IF: 1.3
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q3, JIF rank 24/41

요 약 문

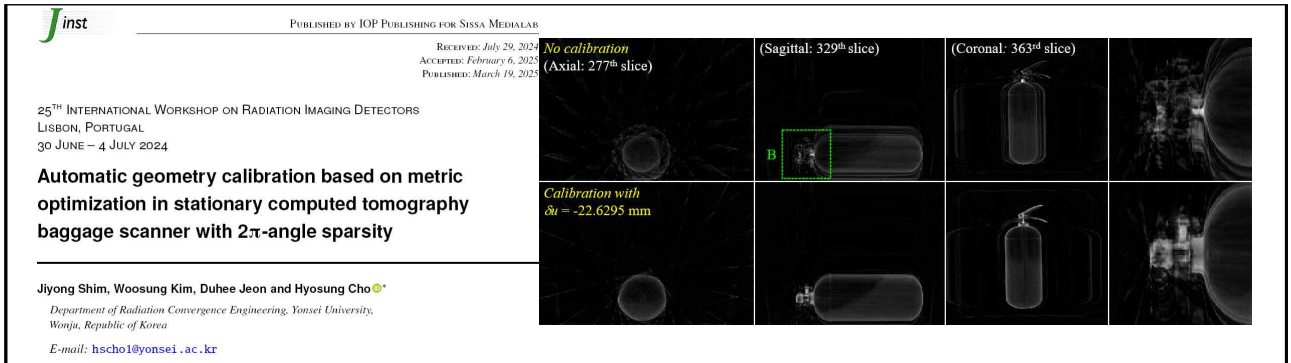
. **우수성**: 본 논문은 2025년 3월 Journal of Instrumentation (JINST, IF: 1.3) 저널에 게재되었음. 본 논문의 게재는 해당 연구의 기술적 완성도와 학문적 기여도를 국제적으로 공인받았음을 의미함.

. **창의/혁신성**: 본 연구에서는 기존의 회전형 CT 시스템과 달리, 정지형(stationary) X선 CT 수하물 검사 시스템에서 발생하는 기하학적 불일치 문제를 해결하기 위해 평균 구조 유사도 지수(Mean Structural Similarity Index Measure, MSSIM) 기반의 지표 최적화(metric optimization) 기법을 적용함. 이 방법은 기하학 보정용 팬텀을 사용하지 않고, 영상의 통계적 구조 유사도를 스스로 계산하여 오차를 자동 보정함으로써, 자동화된(self-operating) 기하학 보정 시스템을 구현함. 이 연구는 장비 유지・보수 비용과 보정 시간을 단축 시킬 수 있음.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 산학협력 강화를 통한 산학협력을 통해 개발된 차세대 2π-각도 희소형 수하물 CT 시스템의 보정 기술을 제시하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 해당 연구를 통해 해외학외 및 특허 실적이 발생함. 극한의 희소 뷰(20 projection) 환경에서도 고품질의 영상 복원이 가능한 압축 센싱(Compressed Sensing, CS) 기반 기하 보정 알고리즘을 실험적으로 입증함. 향후 공항・항만 보안 CT 및 비파괴 검사 분야에서의 표준화 기반 기술로 확장 가능할 것으로 기대됨.

. **산업/사회 기여**: 해당 연구는 품질 평가 지표(MSSIM)를 기반으로 한 자동화된 보정 절차는 향후 보안 검색 시스템, 산업용 CT 검사 장비, 의료용 저선량 CT 시스템 등 다양한 응용 분야로 확장 가능하며, 국산 방사선 영상기기 경쟁력 강화 및 산업 자립화에 크게 기여할 것으로 기대됨.


Jinst

Published by IOP Publishing for Sissa Medialab

Received: July 29, 2024
Accepted: February 6, 2025
Published: March 19, 2025

25th International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024

Automatic geometry calibration based on metric optimization in stationary computed tomography baggage scanner with 2π-angle sparsity

Jiyong Shim, Woosung Kim, Duhee Jeon and Hyosung Cho*

Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

E-mail: hscho1@yonsei.ac.kr

<게재 현황 및 대표 그림>

연번	16	실적 구분	논문	참여대학원생	양혜선
성과 일자		2025.04		제1저자	전두희
실적 제목		Improving decomposition image quality in dual-energy chest radiography using two-dimensional crisscrossed anti-scatter grid			
게재지 (저널명)		Medical Physics		Impact Factor	2024 IF: 3.2
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q1, JIF rank 51/212

요 약 문

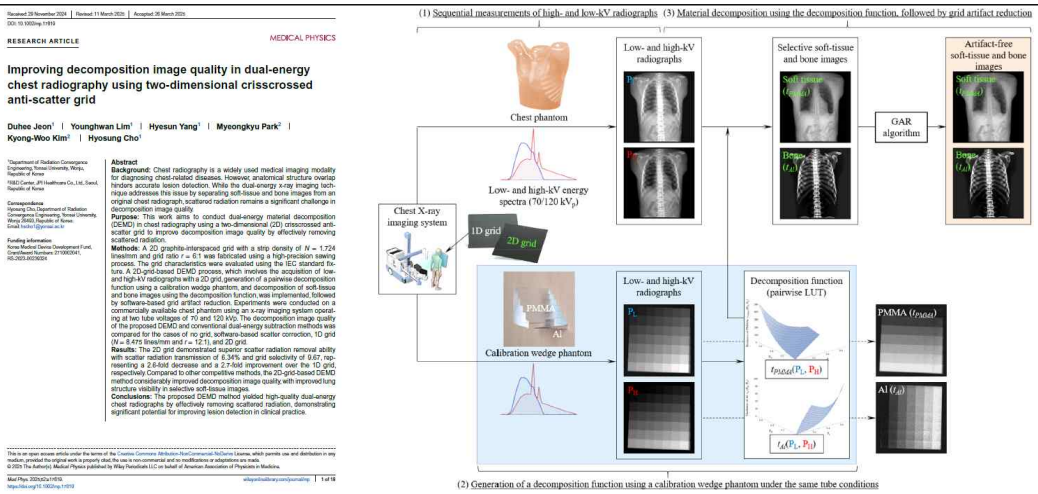
. **우수성**: 흉부 X선 촬영 기법은 가장 널리 쓰이는 1차 진단 도구이지만, 해부학적 구조가 겹쳐 보이는 한계로 골절 및 미세 병변 등의 발견이 어려움. 이중에너지 물질 분리 기법은 뼈와 연부조직을 분리하여 이 문제를 해결할 수 있지만, 산란선에 의해 분리 정확도가 크게 저하될 수 있음. 본 연구는 격자형 X선 그리드와 이중에너지 물질 분리 기법을 결합하여 산란선을 물리적으로 억제하고 분리 정확도를 향상시켰으며, 그 결과 영상의 품질과 폐 구조 가시성이 뚜렷이 개선되었음.

. **창의/혁신성**: 부에서 발생하는 산란선이 이중 에너지 기반 물질 분리 기법에 큰 영향이 있음을 실험적으로 확인하였으며, 기존 선형 X선 그리드, 소프트웨어 기반 산란선 교정 기법 대비 제안한 격자형 X선 그리드가 다량의 산란선을 균일하게 제거하여 물질 분리 능력을 크게 개선할 수 있음을 증명함.

. **비전 부합성**: 본 연구의 격자형 X선 그리드는 약 30년 이상의 정밀 제조 기술을 가지고 있는 JPI 헬스케어와 협력하여 개발한 장비이며, 해당 장비를 의료 분야에 효과적으로 적용하기 위해 연구팀에서 개발한 알고리즘을 함께 사용하였음. 또한 본 연구를 통해 환자의 질병 검출 능력을 효율적, 효과적으로 개선하는 방법을 제시하였음. 이는 산학협력 강화를 통한 사회적 문제 해결 및 의료방사선 분야 기여라는 본 연구팀의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 본 연구는 산란선 교정이 이중에너지 물질 분리의 필수 전제임을 실험적으로 입증하였으며, 제안한 방법을 통해 이중에너지 물질 분리 기술의 임상 적용 가능성을 높이는데 기여함.

. **산업/사회 기여**: 흉부 X선 촬영 기법은 환자의 병을 진단하는 가장 기본적인 방법임. 본 연구에서 제안한 방법이 적용된다면 가장 기본적인 방법을 통해 폐 결절, 미세 석회화, 미세 골절의 검출 가능성을 높일 수 있으며, 상대적으로 고선량인 CT 촬영 의존도를 낮추어 환자의 누적선량을 줄이고 진단 효율을 향상시킬 수 있음.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	17	실적 구분	논문	참여대학원생	이종혁
성과 일자		2025.02		제1저자	이헌우
실적 제목		A system design method for signal-to-noise ratio enhancement in single-grating-based X-ray phase-contrast imaging			
게재지 (저널명)		Nuclear Engineering and Technology		Impact Factor	2024 IF 2.6
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q1, JIF rank 7/41

요 약 문

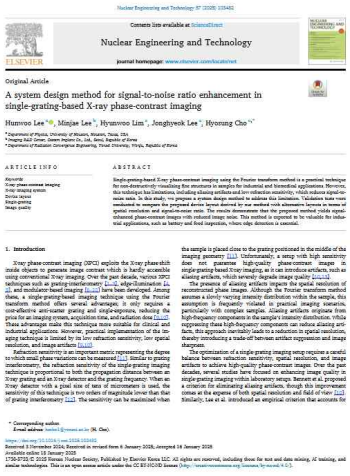
. **우수성**: 해당 논문은 Nuclear Engineering and Technology에 게재되었으며, 원자력 및 방사선 응용 분야의 SCIE 등재 국제 저널로서 높은 학문적 신뢰성과 영향력을 지님. 단일 격자 기반 위상 대비 영상(single-grating XPCI)의 신호대잡음비(SNR) 저하 문제를 체계적으로 규명하고, 시스템 기하 최적화 설계 방법을 제시함으로써 연구의 기술적 완성도와 타당성을 입증함

. **창의/혁신성**: 기존 연구들이 주로 감도 향상이나 후처리 복원에 집중한 데 반해, 본 연구는 하드웨어 구조 설계만으로 SNR을 개선하는 새로운 시스템 설계 접근법을 제안함.

. **비전 부합성**: 본 연구는 방사선 융합공학 분야의 핵심 비전인 저선량・고품질 영상 구현 및 비파괴 영상 기술의 실용화 목표와 부합함. 잡한 간섭계 대신 단일 격자 기반 구조를 사용하여, 의료・산업 현장에서 적용 가능한 저비용・고신뢰 영상 시스템 설계 기술로의 확장을 가능케 함.

. **분야 기여**: 제안된 설계 방법은 공간 분해능・민감도・노이즈 간의 정량적 트레이드오프 관계를 규명하고, 단일 격자 XPCI 시스템의 설계 기준을 제시함으로써 연구자 및 장비 개발자에게 실질적인 설계 지침을 제공함.

. **산업/사회 기여**: 제안된 시스템은 배터리 불량 탐지, 식품 이물질 검출, 생체 조직 엣지 분석 등 다양한 산업적 응용 분야에서 활용 가능성을 입증함. 복잡한 다중 격자 장치를 요구하지 않아 비용 효율성과 적용 용이성이 높고, 저선량 환경에서도 미세 구조 검출 성능을 개선함으로써 산업・의료 영상의 품질 향상과 안전성 제고에 기여함.


Nuclear Engineering and Technology

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

A system design method for signal-to-noise ratio enhancement in single-grating-based X-ray phase-contrast imaging

Hunwoo Lee [a,b], Minjae Lee [c], Hyunwoo Lim [c], Jonghyeok Lee [c], Hyoung Cho [c,*]

[a] Department of Physics, University of Ulsan, Ulsan, Korea.
[b] Imaging R&D Center, Doosan Heavy Industries Co., Ltd., Seoul, Republic of Korea
[c] Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
X-ray phase-contrast imaging
X-ray imaging system
Device layout
Single-grating
Image quality

ABSTRACT

Single-grating-based X-ray phase-contrast imaging using the Fourier transform method is a promising technique for enhancing the visualization of low-contrast samples for industrial and biomedical applications. Moreover, this technique has limitations, including aliasing artifacts and low refraction sensitivity, which reduce signal-to-noise ratio. In this study, we propose a system design method to address this limitation. Validation tests were conducted to compare the proposed device layout derived by our method with alternative layouts in terms of spatial resolution and signal-to-noise ratio. The results demonstrate that the proposed method yields signal-enhanced phase-contrast images with reduced image noise. This method is expected to be valuable for industrial applications, such as battery and food inspection, where edge detection is essential.

1. Introduction

X-ray phase-contrast imaging (XPCI) exploits the X-ray phase-shift induced by objects to generate image contrast which is hardly accessible using objects to generate image contrast which is hardly accessible using conventional X-ray imaging. Over the past decades, various XPCI techniques such as grating interferometry [1–4], edge-illumination [5–7], and modulator-based imaging [8,9] have been developed. Among these, a single-grating-based imaging technique using the Fourier transform method offers several advantages: it only requires a cost-effective anti-scatter grating and single-exposure, reducing the price for an imaging system, acquisition time, and radiation dose [10,11]. These advantages make this technique more suitable for clinical and industrial applications. Moreover, practical implementation of the imaging technique is limited by its low refraction sensitivity, low spatial resolution, and image artifacts [12,13].

Refraction sensitivity is an important metric representing the degree to which small phase variations can be measured [14]. Similar to grating interferometry, the refraction sensitivity of the single-grating imaging technique is proportional to both the propagation distance between an X-ray grating and an X-ray detector and the grating frequency. When an X-ray detector with a pixel size of tens of micrometers is used, the sensitivity of this technique is two orders of magnitude lower than that of grating interferometry [12,13]. The sensitivity can be maximized when the sample is placed close to the grating positioned in the middle of the imaging geometry [12,13]. Unfortunately, a setup with high sensitivity does not guarantee high-quality phase-contrast images in single-grating-based X-ray imaging, as it can introduce artifacts such as aliasing artifacts and low spatial resolution [10,11,15,16].

The presence of aliasing artifacts significantly impacts the spatial resolution of reconstructed phase images. Although the Fourier transform method assumes a slowly-varying intensity distribution within the sample, this assumption is frequently violated in practical imaging scenarios, particularly with complex samples. Aliasing artifacts originate from high-frequency components in the sample's intensity distribution. While suppressing these high-frequency components can reduce aliasing artifacts, this approach inevitably leads to a reduction in spatial resolution, thereby introducing a trade-off between artifact suppression and image sharpness.

The optimization of a single-grating imaging setup requires a careful balance between refraction sensitivity, spatial resolution, and image artifacts to achieve high-quality phase-contrast images. Over the past decades, several studies have focused on enhancing image quality in single-grating imaging within laboratory setups. Bennett et al. proposed a criterion for eliminating aliasing artifacts, though this improvement comes at the expense of both spatial resolution and field of view [17]. Similarly, Lee et al. introduced an empirical criterion that accounts for

* Corresponding author.
E-mail address: hcho1@yonsei.ac.kr (H. Cho).

https://doi.org/10.1016/j.net.2024.103482
Received 3 November 2024; Received in revised form 6 January 2025; Accepted 14 January 2025
Available online 15 January 2025
1738-5733/ © 2025 Korean Nuclear Society, Published by Elsevier Korea LLC. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

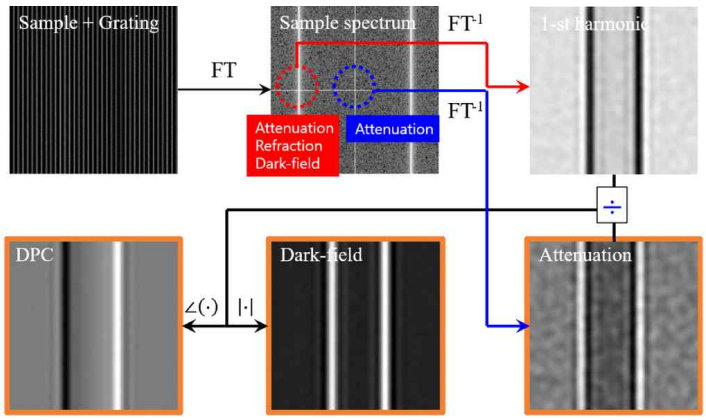


Fig. 1. Flowchart of a Fourier-transform analysis to retrieve attenuation, differential phase-contrast, and dark-field images. *FT* and FT^{-1} denote Fourier-transform operator and its inverse, respectively.

<게재 현황 및 대표 그림>

연번	18	실적 구분	논문	참여대학원생	윤창수, 연제형
성과 일자		2024.12		제1저자	윤창수
실적 제목		Effects of Acute Stress on Metabolic Interactions Related to the Tricarboxylic Acid (TCA) Cycle in the Left Hippocampus of Mice			
게재지 (저널명)		Metabolites		Impact Factor	2024 IF 3.7
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q2, Rank 124/319

요 약 문

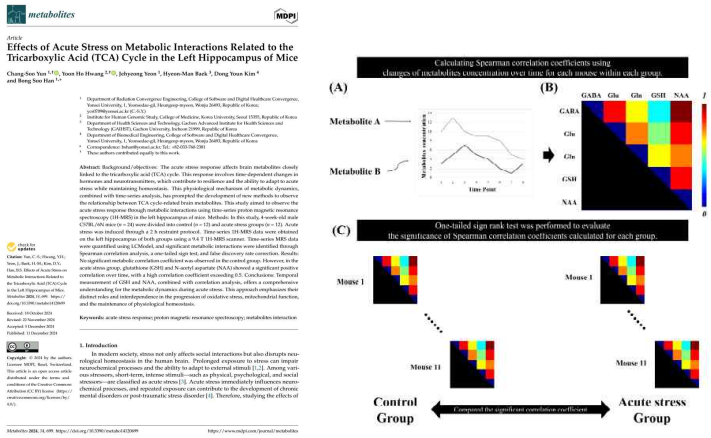
. **우수성**: 본 논문은 2024년 Metabolites에 게재된 국제학술논문으로, 고자기장(9.4T) 1H-MRS를 이용해 생쥐 해마의 TCA 회로 관련 대사 상호작용을 정량적으로 분석함.

. **창의/혁신성**: 본 연구는 기존의 단일 시점 분석을 넘어, 시간에 따른 대사물질 간 상호작용을 추적하는 새로운 분석 기법을 도입하였음. 특히 GSH-NAA 간의 상관성을 규명하여 산화스트레스와 미토콘드리아 기능 회복 간의 연계성을 처음으로 정량적으로 제시함.

. **비전 부합성**: 본 연구는 정밀한 뇌 대사 모니터링 기술 개발을 통해 연구팀의 비전인 융합의료기술 선도와 미래가치 창출에 부합함. 시간 기반의 대사 변화 분석을 구현함으로써 뇌 기능 변화를 정량적으로 추적할 수 있는 기반을 마련하였으며. 향후 스트레스성 신경질환의 조기 진단 및 치료 모니터링 기술로 확장될 수 있는 잠재력을 가짐.

. **분야 기여**: 급성 스트레스가 뇌의 TCA 회로 대사에 미치는 영향을 네트워크 관점에서 규명함으로써 기존 연구의 한계를 극복하였으며, 뇌 대사물질 간의 상호작용 분석이라는 새로운 연구 방향을 제시하여, 신경대사학 분야의 이해를 확장하였음.

. **산업/사회 기여**: 본 연구는 스트레스성 신경질환의 대사적 기전을 규명함으로써 정밀 진단 및 치료 모니터링 기술 개발에 기여할 수 있음. 제시된 시계열 대사 분석 기법은 약물 반응 평가와 뇌기능 모니터링 등 다양한 산업 분야에 응용 가능함.



<게재 현황 및 대표 그림>

연번	19	실적 구분	논문	참여대학원생	윤창수, 연제형, 정건진, 민병지
성과 일자		2025.07		제1저자	윤창수
실적 제목	Feasibility of Observing Glymphatic System Activity During Sleep Using Diffusion Tensor Imaging Analysis Along the Perivascular Space (DTI-ALPS) Index				
게재지 (저널명)		Diagnostics		Impact Factor	2024 IF: 3.3
국내・국제 / SCI(E)・SCOPUS 구분		국제 SCI(E)		비고	Q1, Rank 57/332

요 약 문

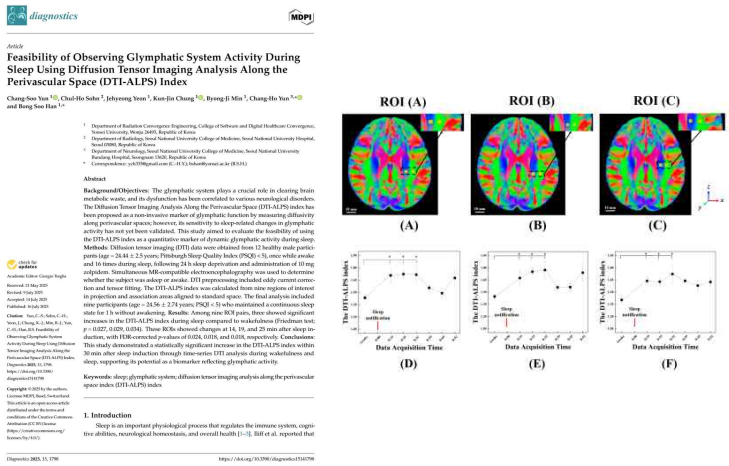
. **우수성**: 본 논문은 Diagnostics (IF: 3.3) 저널에 2025년 7월 게재된 연구로, 수면 상태에서의 글림프(Glymphatic) 시스템 동적 기능을 비침습적으로 정량화하였음.

. **창의/혁신성**: 기존 연구들이 대조군-환자군 비교 또는 정적 상태 분석에 그친 것과 달리, 본 연구는 EEG와 DTI를 동시 사용하여 수면 유도 후 1시간 동안의 시간적 변화를 추적하였음.

. **비전 부합성**: 글림프 시스템은 치매, 파킨슨병 등 신경퇴행 질환과 밀접한 관련이 있는 차세대 연구 분야임. 본 연구는 수면 상태에서의 글림프 활동을 비침습적으로 평가할 수 있는 기반을 마련하여, 뇌 질환의 조기 진단 및 치료 모니터링에 기여할 수 있는 핵심 기술 역량 확보에 부합함.

. **분야 기여**: 수면 중 글림프 시스템의 실시간 활동을 인체에서 정량적으로 검증한 최초 연구 중 하나임. DTI-ALPS 기법의 시간적 민감도를 입증함으로써, 향후 글림프 기능 장애를 진단하거나 치료 반응을 평가하는 임상 지표로 발전할 수 있는 가능성을 제시함.

. **산업/사회 기여**: 글림프 시스템의 기능적 상태를 비침습적으로 평가할 수 있는 방법을 제시함으로써, 뇌 노폐물 배출 기능 이상에 의한 신경질환 진단, 수면 상태 평가, 치료효과 추적 등 다양한 의료 산업 분야로의 확장 가능성을 보임.



diagnostics MDPI

Article

Feasibility of Observing Glymphatic System Activity During Sleep Using Diffusion Tensor Imaging Analysis Along the Perivascular Space (DTI-ALPS) Index

Chang-Soo Yun [1,2], Chul-Ho Sohn [3], Jehyeong Yeon [1], Kun-Jin Chung [4], Byong-Ji Min [1], Chang-Ho Yun [5,*] and Bong Soo Han [1,*]

1 Department of Radiation Convergence Engineering, College of Software and Digital Healthcare Convergence, Yonsei University, Wonju 26493, Republic of Korea
2 Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul 03080, Republic of Korea
3 Department of Neurology, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam 13620, Republic of Korea
* Correspondence: ych3550@gmail.com (C. -H. Y.); bshan@yonsei.ac.kr (B.S.H.)

Abstract

Background/Objectives: The glymphatic system plays a crucial role in clearing brain metabolic waste, and its dysfunction has been correlated to various neurological disorders. The Diffusion Tensor Imaging Analysis Along the Perivascular Space (DTI-ALPS) index has been proposed as a non-invasive marker of glymphatic function by measuring diffusivity along perivascular spaces; however, its sensitivity to sleep-related changes in glymphatic activity has not yet been validated. This study aimed to evaluate the feasibility of using the DTI-ALPS index as a quantitative marker of dynamic glymphatic activity during sleep. **Methods:** Diffusion tensor imaging (DTI) data were obtained from 12 healthy male participants (age = 24.44 ± 2.5 years; Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) < 5), once while awake and 16 times during sleep, following 24 h sleep deprivation and administration of 10 mg zolpidem. Simultaneous MR-compatible electroencephalography was used to determine whether the subject was asleep or awake. DTI preprocessing included eddy current correction and tensor fitting. The DTI-ALPS index was calculated from nine regions of interest in projection and association areas aligned to standard space. The final analysis included nine participants (age = 24.56 ± 2.74 years; PSQI < 5) who maintained a continuous sleep state for 1 h without awakening. **Results:** Among nine ROI pairs, three showed significant increases in the DTI-ALPS index during sleep compared to wakefulness (Friedman test; $p = 0.027$, 0.029, 0.034). These ROIs showed changes at 14, 19, and 25 min after sleep induction, with FDR-corrected p-values of 0.024, 0.018, and 0.018, respectively. **Conclusions:** This study demonstrated a statistically significant increase in the DTI-ALPS index within 30 min after sleep induction through time-series DTI analysis during wakefulness and sleep, supporting its potential as a biomarker reflecting glymphatic activity.

Keywords: sleep; glymphatic system; diffusion tensor imaging analysis along the perivascular space index (DTI-ALPS) index

1. Introduction

Sleep is an important physiological process that regulates the immune system, cognitive abilities, neurological homeostasis, and overall health [1–3]. Iliff et al. reported that

check for updates
Academic Editor: Giorgio Trinka
Received: 21 May 2025
Revised: 9 July 2025
Accepted: 14 July 2025
Published: 16 July 2025
Citation: Yun, C.-S.; Sohn, C.-H.; Yeon, J.; Chung, K.-J.; Min, B.-J.; Yun, C.-H.; Han, B.S. Feasibility of Observing Glymphatic System Activity During Sleep Using Diffusion Tensor Imaging Analysis Along the Perivascular Space (DTI-ALPS) Index. Diagnostics 2025, 15, 1798. https://doi.org/10.3390/diagnostics15141798

Copyright © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<게재 현황 및 대표 그림>

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

<표 2-13> 참여대학원생의 학술대회 성과의 우수성

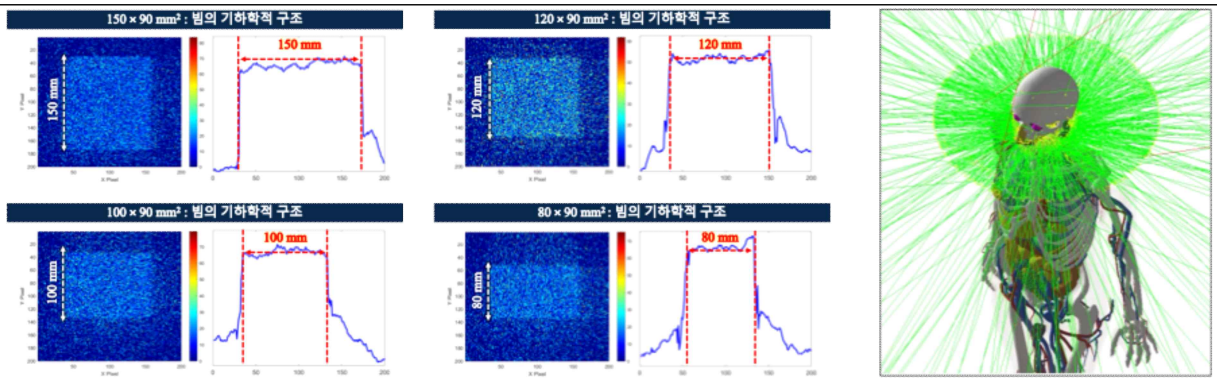
연번	1	실적 구분	학술대회	참여대학원생	성경현, 최형주
성과 일자		2025.04.24.		발표자	성경현
실적 제목		Preliminary Study on Dose Evaluation with ICRP Mesh-type Reference Computational Phantoms in Dental Computed Tomography			
학술대회명		2024 대한방사선방어학회 추계 학술대회			
지도교수		민철희		수상명	우수발표상
국내・국제 구분		국내		발표 형식	구두
요 약 문					

. **창의/혁신성**: 본 연구는 치과용 CT 촬영에 따른 환자 맞춤형 정밀 선량평가 방법으로, CT 촬영 중 발생하는 장기별 피폭선량을 정밀하게 산출함으로써, 실제 임상 조건에 근접한 물리적・해부학적 현실성을 갖춘 맞춤형 방사선량 평가 기술이 개발됨.

. **비전 부합성**: 본 연구에서 개발된 의료용 엑스선 발생장치의 엑스선 발생 거동 모사 기술은 (주)오스템 인플란트와의 협업을 통해 개발되었으며, 이는 미래형 인재 양성을 위한 융복한 교육 강화라는 연구팀의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 해당 연구를 통해 치과용 CT 촬영에 따른 환자의 피폭선량을 정확하게 평가할 수 있으며, 이를 바탕으로 치과용 CT의 저선량 촬영 프로토콜 개발에 기여함으로써, 의료영상 분야, 방사선 안전관리, 그리고 의학 물리 연구개발 분야에서 중요한 기여를 할 것으로 사료됨.

. **산업/사회 기여**: 해당 연구에서 도출된 결과를 기반으로, 치과용 CT 촬영에 대한 환자 맞춤형 방사선 안전관리 체계를 구축함으로써 의료영상 산업의 품질 향상과 국민 방사선 안전 증진에 기여할 것으로 사료됨.



<대표 그림>

연번	2	실적 구분	학술대회	참여대학원생	이유미
성과 일자		2025.04.18		발표자	이유미
실적 제목		Preliminary study on ICRP reference dose coefficients for pregnant patients undergoing CT examinations			
학술대회명		2025년 제69회 한국의학물리학회 춘계학술대회			
지도교수		염연수		수상명	우수 구연상
국내・국제 구분		국내		발표 형식	구두

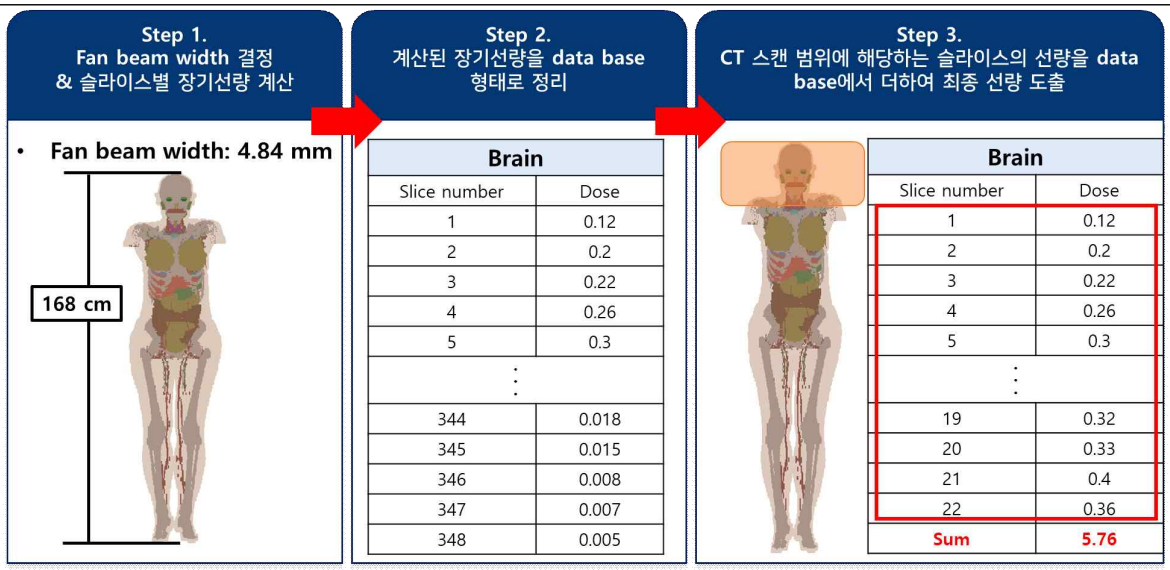
요 약 문

. **창의/혁신성**: 본 연구는 ICRP 메쉬형 임신부 기준 팬텀을 활용하여 임산부 CT에서의 장기별 선량계수(DC)를 산출하는 예비 연구를 수행하였고, 단층(슬라이스) 단위 축상 스캔을 가정하여 슬라이스별로 입자를 모사하는 방식으로 계산 체계를 정립하였음. 이를 통해 임산부 대상 CT DC를 체계적으로 산출하기 위한 전산 모사 설계와 품질관리 절차, 그리고 본 계산으로 확장하기 위한 전략을 구체화함.

. **비전 부합성**: 본 연구는 연세대학교・독일 BfS・영국 Dundee 대학 및 ICRP TG113 구성원 간의 다학제 국제공동연구로 수행되었으며, 임상・규제・기초 방사선물리의 연계를 통해 사회적 난제(임산부 영상검사 안전성)에 과학적 근거를 제공한다는 연구팀의 비전과 부합함.

. **분야 기여**: 예비 계산 결과를 통해 임부 장기・조직에 대한 CT DC를 최초로 정량 산출・정리하였고, 태아 관련 DC 산출 시 태아 위치, 주차별 해부학적 변화 등 불확도가 되는 요인들을 식별하여 본 계산에서 보완해야 할 핵심 쟁점을 도출하였음. 본 연구가 후속 대규모 계산의 기준선과 검증 프레임을 제공함으로써 임산부 CT 선량평가의 재현성과 신뢰성을 향상시키는 데 기여함.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 도출된 표준화된 임산부 CT 선량계수는, 불가피한 태아 CT 촬영 시 기존에 성인 여성의 자궁 선량을 대리값으로 적용하던 방식보다 훨씬 정확한 선량평가를 가능하게 함.



<대표 그림>

연번	3	실적 구분	학술대회	참여대학원생	김나현, 이유미, 최지원
성과 일자		2025.04.18.		발표자	김나현
실적 제목		Radiation Effect of Sludge Reduction Technology Depending on Dose			
학술대회명		2025 한국의학물리학회 춘계 학술대회			
지도교수		염연수		수상명	최우수 구연상
국내·국제 구분		국내		발표 형식	구두

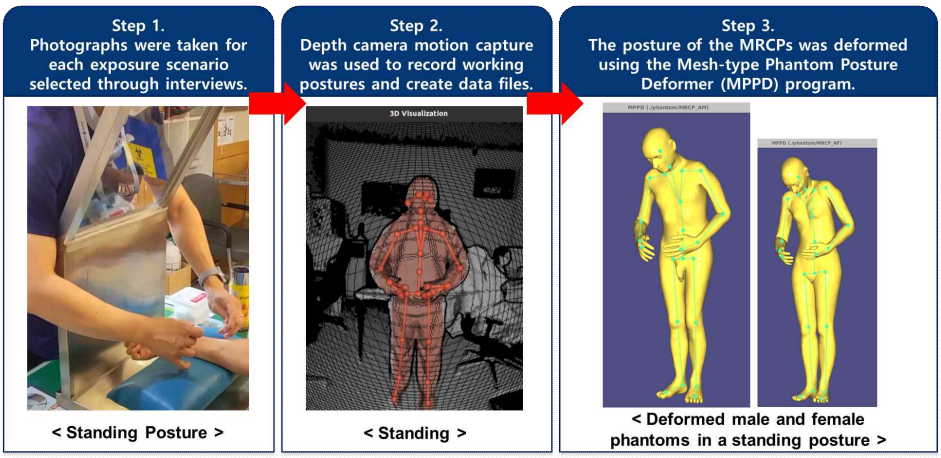
요 약 문

. **창의/혁신성**: 본 연구는 차세대 ICRP-145 메시형 전산팬텀(MRCP)을 활용하여 핵의학 작업자의 수정체 피폭선량을 정밀 평가한 선도적 연구임. 기존 복셀(voxel) 팬텀으로는 구현이 어려웠던 실제 작업 환경을 반영하기 위해 팬텀의 자세를 변형하여 다양한 작업자 자세와 방사선 입사 조건을 재현하였음. 이를 통해 임상 현장에서 발생하는 실제 방사선 피폭 분포를 정밀하게 모사하였으며, 기존 전산모사 연구의 한계를 극복한 창의적이고 혁신적인 접근방식을 제시함.

. **비전 부합성**: 본 연구는 다학제적 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 우수인재 양성이라는 연구 비전에 부합함. 여러 병원 및 연구기관과의 협력을 통해 핵의학 작업종사자의 실제 피폭 시나리오를 구축하고, 정량적 평가체계를 수립하였음. 또한 방사선방호, 전산시뮬레이션 등 다양한 학문 분야의 융합적 접근을 통해 핵의학 작업자의 수정체 선량 평가 방안을 제시하였음. 이러한 협력 기반의 연구 수행은 연구 비전이 지향하는 사회문제 해결형 융합연구의 구체적 사례임.

. **분야 기여**: 핵의학 분야에서 작업자 수정체 피폭에 대한 정량적 연구가 매우 제한적이었던 상황에서, 본 연구는 선량 분포 특성 및 보호장비 효과를 체계적으로 분석함으로써 관련 분야의 학문적 기반을 확장함. 특히 본 연구에서 제시한 결과는 국내 방사선 방호 관련 법령 및 임상 안전기준의 보완에 활용 가능한 과학적 근거를 제공하여, 방사선방호학 및 의학물리 분야의 발전에 실질적으로 기여함.

. **산업/사회 기여**: 본 연구의 성과는 의료기관 및 연구기관 방사선안전관리 기준 강화에 직접적으로 기여할 수 있음. 또한 차세대 전산팬텀 기반의 정량적 선량평가 기술은 향후 개인선량계 검증, 표준선량 평가체계 보완 등으로 확장 가능한 산업적 응용 잠재력을 지님. 이를 통해 국가 방사선안전 인프라의 고도화와 사회적 신뢰성 제고에 기여할 것으로 기대됨.



<대표 그림>

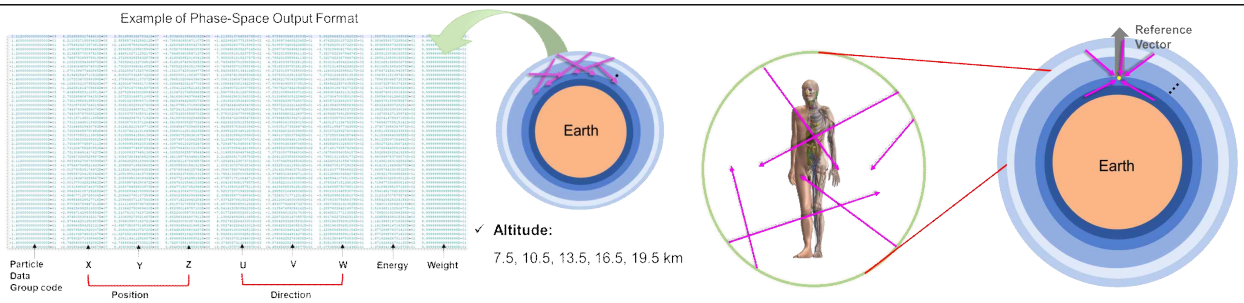
연번	4	실적 구분	학술대회	참여대학원생	최지원, 이유미, 김나현, 조우리
성과 일자		2025.05.10		발표자	최지원
실적 제목		Implication of the ICRP-145 Reference Mesh Phantoms on Aircrew Dosimetry			
학술대회명		2025 대한방사선과학회 학술대회			
지도교수		염연수		수상명	최우수 포스터상
국내・국제 구분		국내		발표 형식	포스터
요 약 문					

. **창의/혁신성**: 본 연구는 기존 우주선 피폭 선량평가가 복셀형 ICRP-110 팬텀에 기반하여 수행되어, 해부학적 구조 재현성과 선량평가의 정밀도 측면에서 한계가 있었다는 점에 주목함. 이에 ICRP 메시형 전산팬텀(ICRP-145)을 적용하여 동일한 조건에서 대기권 내 우주선 입자 수송 및 등가선량・유효선량 계산 체계를 구축하고, 두 팬텀 간 선량 차이를 정량적으로 비교・분석하였음. 이러한 접근을 통해 차세대 방사선 방호 체계에서 메시형 팬텀의 적용 가능성과 선량학적 영향 평가의 중요성을 새롭게 제시함.

. **비전 부합성**: 본 연구는 다학제적 융합과 국제협력을 기반으로 미래 사회의 방사선 안전 문제를 해결할 수 있는 연구역량을 강화한다는 연구 비전에 부합함. 국내외 연구기관과의 협력을 통해 태양 활동 변화에 따른 고도별 우주선 피폭 선량을 몬테카를로 전산모사로 정량 평가함. 이러한 협력적 연구 수행은 연구 비전이 지향하는 사회문제 해결형 융합연구의 구체적 성과임.

. **분야 기여**: 항공 승무원은 일반 인구집단에 비해 높은 우주선 피폭 환경에 노출되는 직업군으로, 정확한 선량평가는 방사선 방호 및 직업적 피폭 관리의 핵심 요소임. 본 연구는 기존 복셀형 ICRP-110 팬텀을 대체하는 메시형 ICRP-145 팬텀을 적용하여 항공 승무원의 우주선 피폭에 대한 선량평가 정확도를 향상시킨 정량적 분석을 수행하였음. 이를 통해 차세대 방사선 방호체계에서 팬텀 세대 교체가 미치는 영향을 규명하고, 항공 분야 방사선 안전관리의 과학적 근거를 강화하는 데 기여함.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 구축한 고도별 우주선 피폭 선량평가 결과는 항공사 및 관련 규제기관의 승무원 방사선 안전관리 기준 수립에 활용될 수 있음. 특히 태양 활동 주기에 따른 피폭 변화 특성을 정량화함으로써, 고도・태양 활동 주기별 방사선 위험을 예측하고 관리할 수 있는 과학적 근거를 제시함. 이를 통해 항공 종사자의 직업적 방사선 방호 수준을 향상시키고, 항공 분야의 방사선 안전관리 체계 고도화에 기여함.



<대표 그림>

연번	5	실적 구분	학술대회	참여대학원생	정윤수
성과 일자		2025.02.07.		발표자	정윤수
실적 제목	단결정 검출기 및 심도 상호작용 방법을 이용한 4π 방향 방사선 모니터링 시스템				
학술대회명	2025 IEEE NPSS Seoul Chapter				
지도교수	정용현			수상명	우수발표상
국내·국제 구분	국내			발표 형식	포스터

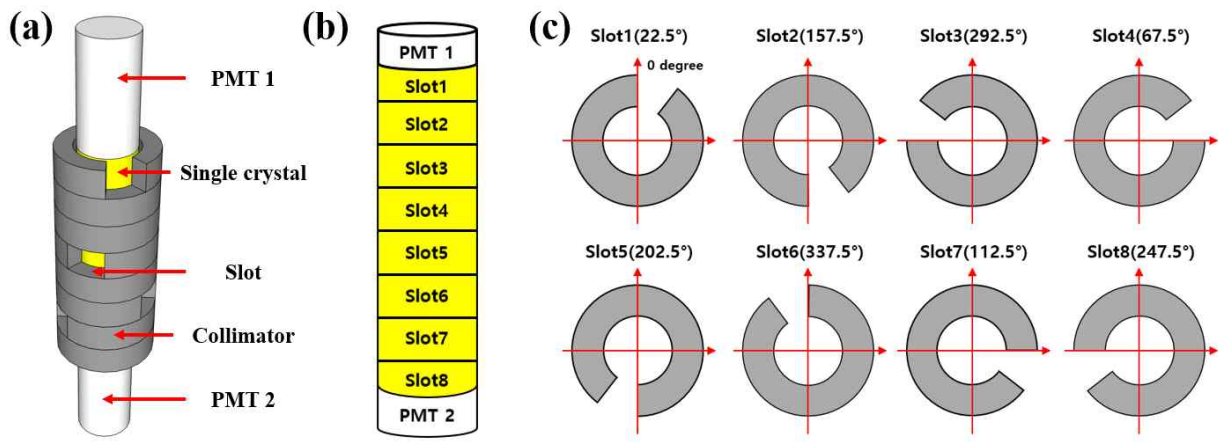
요 약 문

. **창의/혁신성**: 방사선 사고 발생 시 오염 물질의 종류와 위치를 신속히 확인할 수 있는 시스템으로 4pi-FOV를 이용한 여러 방사선원에 대한 방사성 핵종 및 방향 정보를 실시간으로 획득할 수 있는 단일 결정 기반 모니터링 시스템이 개발됨.

. **비전 부합성**: 본 연구팀의 핵심가치 중 하나인 미래가치를 선도할 혁신적 연구역량 확보에 해당 시스템의 개발은 큰 도움을 줄 것이라고 예상됨.

. **분야 기여**: 환경 방사선 모니터링 분야에서 실시간 핵종 분석뿐만 아니라 방향 탐지 기술이 포함됨으로써 실시간 모니터링을 한층 더 발전시킬 것으로 예상됨.

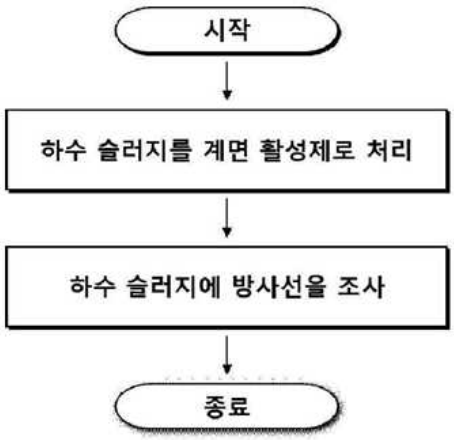
. **산업/사회 기여**: 해당 연구를 통해 개발된 4π 방향 방사선 모니터링 시스템의 기술이 기존 환경 방사선 모니터링에서 핵종 분석뿐만 아니라 방향 탐지까지 가능하게 하여, 환경 모니터링 분야에 큰 기여를 할 것으로 예상됨.

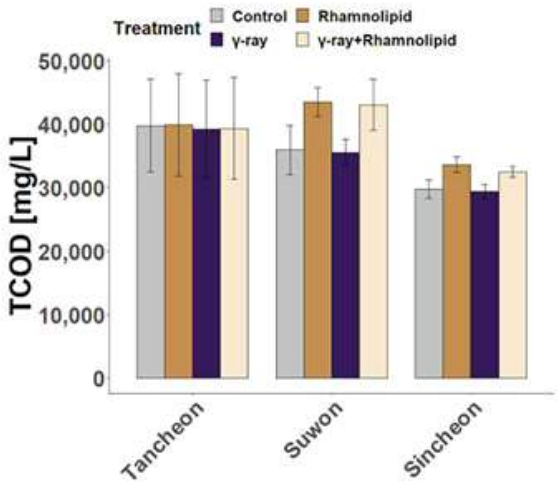


<대표 그림>

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

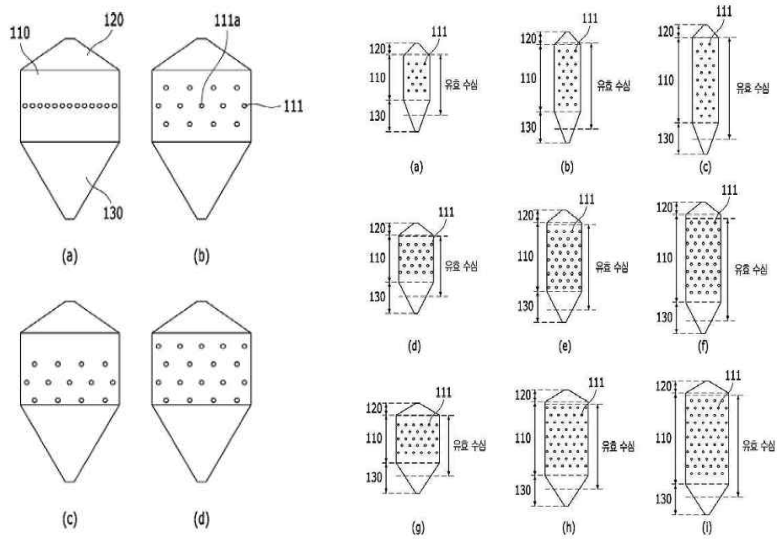
<표 2-14> 최근 1년간 참여대학원생 특허 대표실적의 우수성

<table>
<tr><th rowspan="2">연번</th><th colspan="4">실적정보</th><th rowspan="2">등록
(출원)
번호</th><th rowspan="2">총
발명자
수</th><th rowspan="2">참여
대학원생
성명</th><th rowspan="2">참여
교수
성명</th></tr>
<tr><th>실적연월</th><th>특허명</th><th>국가</th><th>구분</th></tr>
<tr><td colspan="9">요약문</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2024.09.27</td><td>하수 슬러지 처리 방법 및 이를 이용한 장치</td><td>대한민국</td><td>출원</td><td>10-2024-0131870</td><td>5</td><td>이수민</td><td>민철희</td></tr>
<tr><td colspan="9">. 창의/혁신성: 제안된 장치는 감마선 조사기기를 통해 하수 슬러지를 처리하는 장치로써, 계면 활성제 처리와 방사선을 조사 단계를 통해 하수 슬러지 내 고분자 물질을 저분자 물질로 분해할 수 있음.
. 비전 부합성: 본 성과는 환경공학과 연계하여 도출된 성과로 본 교육연구팀의 비전 중 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회 문제 해결형 우수인재 양성에 부합함.
. 분야 기여: 본 연구에서 평가된 계면활성제 처리와 감마선 조사의 동시 수행은 감마선 처리를 통한 하수 슬러지 가용화율을 극대화하여 기존 방식의 에너지 소모 절감 효과에 기여할 수 있을 것으로 사료됨.
. 산업/사회 기여: 본 연구에서 개발된 절차 및 장치는 하수 슬러지의 가용화율을 향상시켜 슬러지 가용화 및 에너지 회수 효율을 극대화할 수 있음.
 

</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2024.11.06</td><td>방사선 조사 장치, 이를 이용한 하수 슬러지 처리 방법, 및 이를 포함하는 하수 슬러지 처리 시설</td><td>대한민국</td><td>출원</td><td>10-2024-0156039</td><td>5</td><td>이수민</td><td>민철희</td></tr>
<tr><td colspan="9">. 창의/혁신성: 본 성과는 하수 슬러지 조사 장치 내부의 방사선 선원의 구조 및 개수, 그리고 조사 장치의 유효 수심에 따른 처리 용량을 분석하여 방사선 조사 시설의 설계 및 운전 효율을 최적화함.
. 비전 부합성: 본 성과는 환경공학과 연계된 하수 슬러지 처리 방식에 대해 도출된 본 교육연구팀의 비전 중 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회 문제 해결형 우수인재 양성에 부합함.
. 분야 기여: 본 성과는 방사선 조사 기반 하수 슬러지 처리 기술의 효율화와 시설 설계 표준화에 기여하였으며, 향후 대용량 하수처리 공정의 방사선 활용 기술 고도화에 기초 자료로 활용될 수 있음.</td></tr>
</table>

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 도출된 하수 처리 시설 설계 및 운전 조건은 공정 성능을 향상시키고 효율적인 선원 관리를 가능하게 하여, 에너지 절감과 운영비용 절감 등 하수 처리의 경제성과 지속가능성을 높이는 데 기여함.



<하수 슬러지 처리시설 최적 구조 도출>

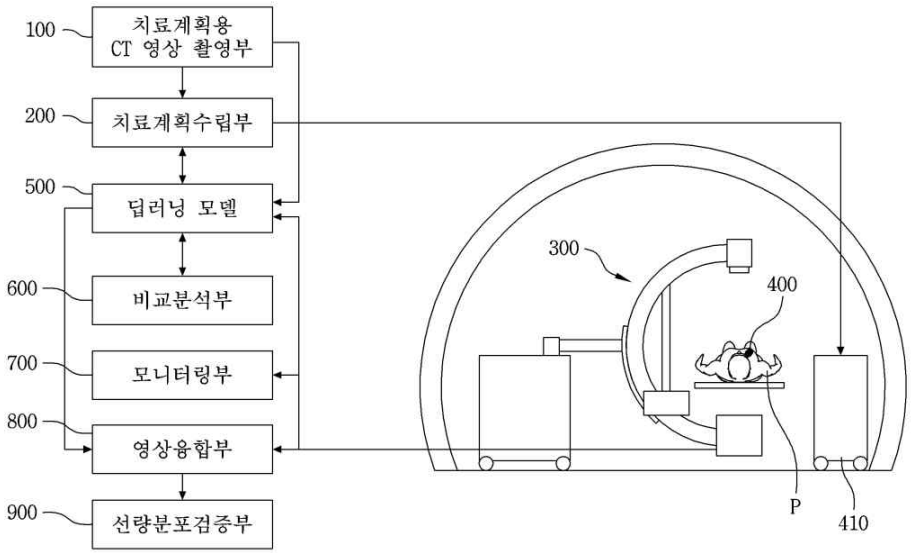
3	2025.04.29	C-암 영상유도 적응형 근접방사선 치료시스템 및 치료방법	대한민국	등록	10-2803620	7	최형주, 성새롬	민철희

. **창의/혁신성**: 제안된 특허는 단일 C-arm 장비로 CT(기하학적 검증), SPECT(방사선원 실시간 모니터링), CT/SPECT 융합(선량 검증)을 모두 획득하는 통합 솔루션임. 또한, 딥러닝을 활용한 영상 품질 개선 및 실시간 '적응형(adaptive)' 치료계획 수정 을 통해 기존의 분절된 프로세스를 혁신적으로 통합할 수 있음.

. **비전 부합성**: IT(딥러닝), BT(환자치료), RT(방사선물리)가 결합된 다학제간 융합 연구 성과로, 교육연구팀의 핵심 가치인 R(Research Innovation) 및 E(Education Enrichment)에 부합함. 이는 '다학제간 융합을 통한 사회문제 해결형 우수인재 양성'이라는 발전 목표를 기술적으로 증명함.

. **분야 기여**: 근접방사선치료의 불확실성(장기 및 삽입기구 위치 변동)을 정량 평가하고 , 이를 즉각 치료계획에 반영(adaptive)하는 임상 워크플로우를 제시함. C-arm SPECT 기반 실시간 모니터링 및 선량 검증 기술은 '영상유도 적응형 방사선치료(IGART)' 분야의 정확성과 안전성을 높이는 데 기여할 수 있음.

. **산업/사회 기여**: 환자의 심각한 부작용(조직 괴사 등)을 최소화하여 환자의 삶의 질 향상이라는 사회적 가치 창출에 기여함. C-arm 제조사 등과의 산학협력을 통해 상용화가 가능하며, 이는 '사회와 산업문제 해결' 목표 달성에 직접 기여하는 성과임.



<대표그림>

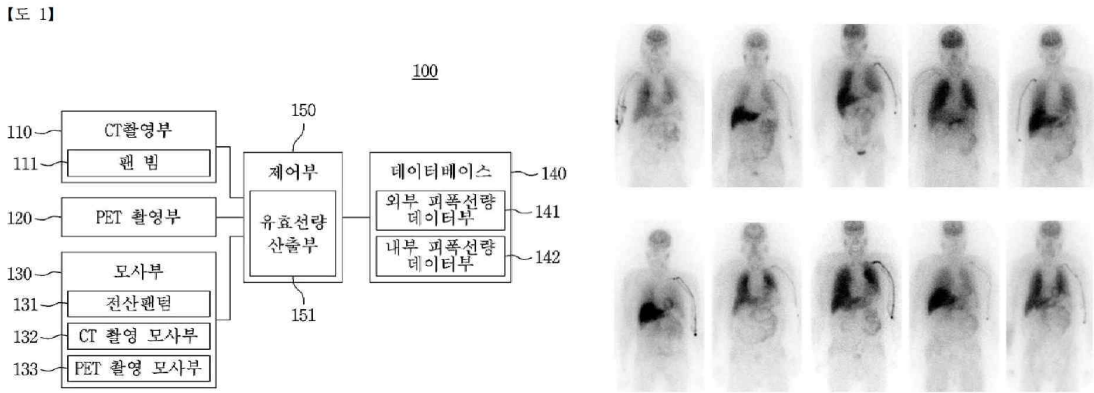
4	2024.10.14	PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법	대한민국	등록	10-2719057	9	이유미, 최지원, 이수민	염연수, 민철희

. **창의/혁신성**: 제안된 장치는 PET-CT 영상 획득 과정에서 환자 체내 방사성물질의 이동 경로를 추적하고 사전에 구축된 몬테카로 기반 체내 피폭선량 데이터와 연동하여 유효선량을 예측함으로써, 기존 장비에서 불가능했던 환자별 실시간 피폭선량 모니터링과 예측적 안전관리를 구현할 수 있음.

. **비전 부합성**: 본 성과는 의료방사선 분야의 핵심적 기술 개발로 본 교육연구팀의 비전 중 4차 산업혁명시대의 미래지식 창출을 위한 의료방사선분야 전문화에 부합함.

. **분야 기여**: 해당 기술은 향후 의료방사선 방호 체계에 적용될 수 있을 것으로 기대됨.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 개발된 시스템은 향후 핵의학 분야의 환자 피폭선량 평가 기술을 고도화하는 기반으로 작용하며, 국제 의료방사선 피폭 관리 기술로 확장・활용될 수 있음.



<대표그림>

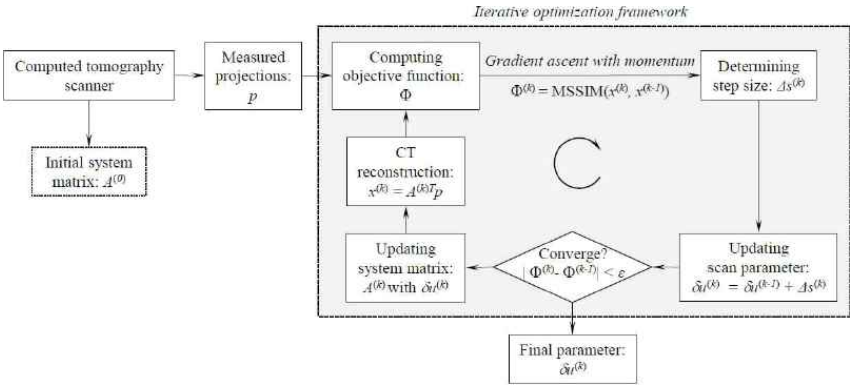
5	2024.12.03	메트릭 최적화 기반 영상 보정 장치 및 방법	대한민국	출원	10-2024-0177210	2	심지용	조효성

. **창의/혁신성**: 제안된 장치는 방출단층촬영기술을 응용하였으며, 이를 통해 기존 방출단층촬영장치의 한계점을 극복할 수 있음.

. **비전 부합성**: 본 성과는 원자력 안전 분야의 핵심적 기술 개발로 본 교육연구팀의 비전 중 방사선융합공학 신기술 연구능력 배양에 부합함.

. **분야 기여**: 해당 기술은 영상의 통계적 구조 유사도를 스스로 계산하여 오차를 자동 보정함으로써, 자동화된(self-operating) 기하학 보정 시스템을 구현함. 향후 공항・항만 보안 CT 및 비파괴 검사 분야에서의 표준화 기반 기술로 확장 가능할 것으로 기대됨.

. **산업/사회 기여**: 자동화된 기하학 보정 시스템은 향후 보안 검색 시스템, 산업용 CT 검사 장비, 의료용 저선량 CT 시스템 등 다양한 응용 분야로 확장되어 활용될 수 있음.



<대표그림>

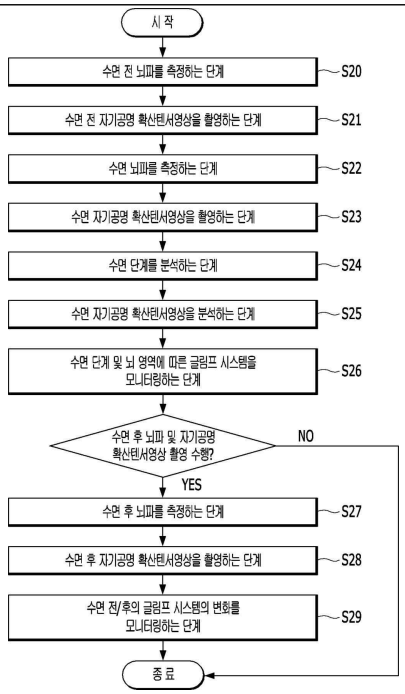
6	2025.08.18	동시적 뇌파 측정 및 자기공명 확산텐서영상 획득 기반 글림프 시스템 모니터링 장치 및 방법	대한민국	등록	10-2848986	4	정건진	한봉수

. **창의/혁신성**: 본 기술은 뇌파(EEG) 신호와 자기공명 확산텐서영상(DTI)을 동시에 획득 및 동기화함으로써, 신경 활동과 글림프 시스템의 구조적・기능적 변화를 동시적・비침습적으로 분석할 수 있는 혁신적인 기술을 제안함.

. **비전 부합성**: 본 기술은 신경생리학적 신호와 확산 영상 기반 구조적 정보를 융합 분석함으로써, 차세대 뇌-영상 융합 진단 기술의 발전 방향과 부합함.

. **분야 기여**: 본 기술은 기존 MRI나 EEG 단독 시스템으로는 분석이 불가능했던 글림프 기능의 동적 변화를 동시에 측정 가능하게 함으로써, 신경・생리 융합 분석 분야의 새로운 연구 패러다임을 제시함.

. **산업/사회 기여**: 본 기술은 수면장애, 치매, 외상성 뇌손상 등 다양한 임상 분야에서 글림프 기능 평가에 활용될 수 있으며, 신경계 질환 조기 진단 및 치료 효과 모니터링 시스템으로의 확장이 기대됨.



<대표그림>

④ 국내·외 학술대회 발표실적 목록

<표 2-15> 최근 1년간 참여대학원생 학술대회 발표 실적

연번	실적정보						참여 대학원생 성명	발표자 성명	지도 교수 성명
	개최년월	실적명	학회명	국내 국제 구분	개최 국가	발표 방식			
1	2025.05.21. - 2025.05.23.	Proposal of an Artificial Intelligence-Driven C-arm CT/SPECT System for Online Re-planning and Dose Verification of Brachytherapy in Gynecologic Cancer Patients	2025 한국원자력학회 춘계학술발표회	국내	대한민국	포스터	조일형	조일형	권인용
2	2025.05.21. - 202.05.23.	Semiconductor Chip Design for Low Noise Radiation Measurement	2025 한국원자력학회 춘계학술발표회	국내	대한민국	포스터	김하빈	김하빈	권인용
3	2025.05.21. - 2025.05.23.	Radiation-Hardened ADC Design Using TMR Architecture	2025 한국원자력학회 춘계학술발표회	국내	대한민국	포스터	정지훈	정지훈	권인용
4	2024.09.20. - 2024.09.22.	Clinical Applicability Evaluation of Newly Designed Eye Shield and Flexible Dummy in Electron Therapy: A Monte Carlo Study	The 10th Japan-Korea Joint Meeting on Medical Physics (JKMP)	국제	일본	구두발표	성새롬	성새롬	민철희
5	2024.11.27. - 2024.11.29.	Feasibility Study of AI-Assisted Fast Screening of Simulation CT for Prognosis Prediction in Elderly Patients with Lung Cancer Treated with Radiotherapy	2024 대한방사선방어학회 추계학술대회	국내	대한민국	구두발표	성새롬	성새롬	민철희

6	2024.11.27. - 2024.11.29.	Preliminary Study on Dose Evaluation due to Dental Computed Tomography with ICRP Mesh-type Reference Computational Phantom	2024 대한방사선방어학회 추계학술대회	국내	대한민국	구두발표	성경현, 최형주	성경현	민철희
7	2024.11.27. - 2024.11.29.	Geant4-based Monte Carlo Simulation for FLASH Therapy of Electron, Proton and Carbon Ion Beams	2024 대한방사선방어학회 추계학술대회	국내	대한민국	포스터	이수민, 성경현	이수민	민철희
8	2025.04.17. - 2025.04.18.	Preliminary Study on Dose Evaluation for Dental Computed Tomography with ICRP Mesh-type Reference Computational Phantom	2025 한국의학물리학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	성경현, 최형주	성경현	민철희
9	2025.04.17. - 2025.04.18.	Assessment of Alanine/ESR signals and ESR-dose Response for Precise Dosimetry of Ultra-high Dose Rate in Proton Radiotherapy	2025 한국의학물리학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	이수민	이수민	민철희
10	2025.04.23. - 2025.04.25.	Low-dose Radiation Exposure in Radiotherapy: Whole-body Dosimetry for Improved Secondary Cancer Risk Assessment	2025 대한방사선방어학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	성경현, 최형주	성경현	민철희
11	2025.04.23. - 2025.04.25.	Feasibility of AI-assisted Radiomics System for Timely Clinical Decision Support in Early Pancreatic Abnormality Detection using CT Images	2025 대한방사선방어학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	성새롬	성새롬	안지현
12	2025.05.14. - 2025.05.16.	Empirical Assessment of Gamma Emission Tomography in Test Water Tank to Inspect Partial-defect within PWR-type Spent Nuclear Fuel	2025 한국방사성폐기물학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	최형주	최형주	민철희
13	2025.06.02. - 2025.06.07.	Evaluation of ESR-dose Response of Proton Beams with Alanine/ESR System for Accurate Dose Measurement in Ultra-high Dose Rate Radiotherapy, The 63rd Annual Conference of the Particle Therapy Cooperative Group	The 63rd Annual PTCOG Conference (PTCOG 63)	국제	아르헨티나	포스터	이수민, 최형주, 성새롬, 성경현	이수민	민철희
14	2025.07.06. - 2025.07.10.	Empirical Testing of Gamma Emission Tomography to Inspect Partial-defects within Spent Nuclear Fuel of Pressurized Water Reactor	26th International Workshop on Radiation Imaging Detectors	국제	슬로바키아	포스터	최형주	최형주	민철희
15	2024.09.20. - 2024.09.22.	Development of CT Dose Assessment System Based on Mesh-type Reference Computational Phantoms (MRCPs)	The 10th Japan-Korea Joint Meeting on Medical Physics (JKMP)	국제	일본	구두발표	이유미	이유미	염연수
16	2024.11.27. - 2024.11.29.	일반 진단 X선 촬영 ICRP 표준선량계수 뷰어 개발	2024 대한방사선방어학회 추계학술대회	국내	대한민국	구두발표	최지원, 이유미	최지원	염연수
17	2025.04.17. - 2025.04.19.	Preliminary study on ICRP reference dose coefficients for pregnant patients undergoing CT examinations	2025 한국의학물리학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	이유미	이유미	염연수

18	2025.04.17. - 2025.04.19.	Lens Dose Assessment for Nuclear Medicine Workers Using ICRP-145 Mesh-type Reference Computational Phantoms	2025 한국의학물리학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	김나현, 이유미, 최지원	김나현	염연수
19	2025.04.23. - 2025.04.25.	Impact of the New ICRP Reference Computational Phantoms on Aircrew Dosimetry	2025 대한방사선방어학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	최지원, 조우리, 이유미, 김나현	최지원	염연수
20	2025.04.23. - 2025.04.25.	인체전산팬텀이 원폭 생존자 장기선량 평가에 미치는 영향	2025 대한방사선방어학회 춘계학술대회	국내	대한민국	구두발표	조우리, 이유미, 최지원, 김나현	조우리	염연수
21	2025.04.24.	Is Hp(10) Good Enough for Monitoring Eye-Lens Doses of Nuclear Medicine Workers for Regulation Purpose	2025 대한방사선과학회 학술대회	국내	대한민국	구두발표	김나현, 이유미, 최지원	김나현	염연수
22	2025.04.24.	Implication of the ICRP-145 Reference Mesh Phantoms on Aircrew Dosimetry	2025 대한방사선과학회 학술대회	국내	대한민국	포스터	최지원, 조우리, 이유미, 김나현	최지원	염연수
23	2025.04.24.	인체전산팬텀 종류에 따른 원폭 생존자 장기선량 평가 결과 비교 및 영향 분석	2025 대한방사선과학회 학술대회	국내	대한민국	구두발표	조우리, 이유미, 최지원, 김나현	조우리	염연수
24	2025.04.24.	A Preliminary Study on ICRP CT Dose Coefficients for Pregnant Patients	2025 대한방사선과학회 학술대회	국내	대한민국	포스터	이유미	이유미	염연수
25	2025.06.30. - 2025.07.03.	Impact of ICRP145 Reference Phantoms on Aircrew Dose Assessment	The 12th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-12)	국제	일본	구두발표	최지원, 조우리, 이유미, 김나현	최지원	염연수
26	2025.06.30. - 2025.07.03.	A Preliminary Study on Rapid Patient Skin Dose Calculation forInterventionalRadiology	The 12th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-12)	국제	일본	포스터	이유미	이유미	염연수
27	2024.10.26. - 2024.11.02.	Experimental validation of the directional radiation monitoring system	2024 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imagin Conference	국제	미국	포스터	정윤수	정윤수	정용현
28	2024.10.26. - 2024.11.02.	4pi-directional radiation monitoring system using single crystal detector and depth-of-interaction method	2024 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imagin Conference	국제	미국	포스터	정윤수, 강주완, 이성연	정윤수	정용현
29	2024.10.26. - 2024.11.02.	Radiation profile analysis of spent fuel bundles in wet storage using the Optical Fiber Probe System(OFPS): Monte Carlo study	2024 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imagin Conference	국제	미국	포스터	이성연, 정윤수, 강주완	백민규	정용현
30	2024.10.26. - 2024.11.02.	A new integrated image reconstruction method for muon tomography to improve material identification and image quality	2024 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imagin Conference	국제	미국	포스터	이성연, 정윤수, 강주완	이성연	정용현
31	2024.11.27. - 2024.11.29.	인공지능 기반 중수로 사용후핵연료 다발의 검증 알고리즘을 위한 데이터베이스 구축	2024 대한방사선방어학회 추계학술대회	국내	대한민국	포스터	이성연, 정윤수, 강주완	강인수	정용현
32	2024.11.27. - 2024.11.29.	단일 섬광체와 depth-of-interaction 방법을 이용한 방사선원 방향탐지 시스템의 최적화	2024 대한방사선방어학회 추계학술대회	국내	대한민국	구두발표	이성연, 정윤수, 강주완	이성연	정용현
33	2024.11.27. - 2024.11.29.	Experimental validation of the directional radiation monitoring system	2024 대한방사선방어학회 추계학술대회	국내	대한민국	포스터	정윤수, 이성연, 강주완	정윤수	정용현

34	2025.02.07. - 2025.02.08.	4pi-directional radiation monitoring system using single crystal detector and depth-of-interaction method	2025 IEEE NPSS Seoul Chapter	국내	대한민국	포스터	정윤수	정윤수	정용현
35	2025.02.07. - 2025.02.08.	A new integrated image reconstruction method for muon tomography to improve material identification and image quality	2025 IEEE NPSS Seoul Chapter	국내	대한민국	포스터	정윤수, 강주완, 이성연	정윤수	정용현
36	2025.02.07. - 2025.02.08.	Simulation study of a muon radiography system with a three-layer tracker for structural integrity assessment	2025 IEEE NPSS Seoul Chapter	국내	대한민국	포스터	이성연, 정윤수, 강주완	이성연	정용현
37	2025.06.30. - 2025.07.03.	Model-based scatter correction method for improving image visibility in CBCT with an offset-detector configuration	The 12th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-12)	국제	일본	구두발표	이성연	이성연	정용현
38	2025.06.30. - 2025.07.03.	Development of an AI algorithm for verifying spent fuel Development of an AI algorithm for verifying spent fuel	The 12th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-12)	국제	일본	포스터	강주완, 이성연, 정윤수	강주완	정용현
39	2025.07.06. - 2025.07.10.	Development and Validation of an Improved Optical Fiber-Based Verification System for Spent Fuel Inspection in CANDU Reactors	26th International Workshop on Radiation Imaging Detectors	국제	슬로바키아	포스터	강주완, 이성연, 정윤수, 라지원	강주완	정용현
40	2025.07.21. - 2025.07.24.	Optimization of a multi-slot collimator fordirectionalradiationmonitoringsystem usingDOImethod	2025 IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications	국제	미국	포스터	정윤수, 이성연, 강주완, 라지원	정윤수	정용현
41	2025.02.04. - 2025.02.06.	Modified DehazeNet-based Scatter Correction Method for Enhancing Triggered Imaging in Radiation Therapy	36th Workshop on Image Processing and Image Understanding (IPIU 2025)	국내	대한민국	포스터	박지원	박지원	조효성
42	2025.02.04. - 2025.02.06.	Fine-Detection Model for Reducing Ring Artifacts in 3D Computed Tomographic Images	36th Workshop on Image Processing and Image Understanding (IPIU 2025)	국내	대한민국	포스터	양혜선, 심지용	양혜선	조효성
43	2025.02.04. - 2025.02.06.	Synthesizing a high energy CT image from a low energy CT image in a dual source dual energy CT scanner using multi domain loss functions based on weakly supervised learning	36th Workshop on Image Processing and Image Understanding (IPIU 2025)	국내	대한민국	포스터	조상현	조상현	조효성
44	2025.06.06. - 2025.06.10.	Metal Artifact Reduction in Cone-Beam CT via Virtual Monochromatic Imaging Based on Single-Energy Material Decomposition	26rd International Workshop on Radiation imaging Detectors	국제	대한민국	포스터	신주용, 박성민	신주용	조효성
45	2025.06.06. - 2025.06.10.	Angle Optimization for Biplanar X-ray-Based Deep Learning 3D Reconstruction in Image-Guided Radiotherapy	26rd International Workshop on Radiation imaging Detectors	국제	대한민국	포스터	Bella N.W.N.A, Wenting Xu, 양혜선	Bella N.W.N.A	조효성

46	2025.07.27. - 2025.07.30.	Three-Dimensional Reconstruction of Triggered Images with Dehazing Algorithm for Precise Intrafraction Motion Post-Evaluation in Spine SBRT	2025 AAPM annual meeting & exhibition	국제 국제	대한민국	포스터포스터	양혜선, 박지원	양혜선	조효성
47	2025.07.27. - 2025.07.30.	Modified DehazeNet for Scatter Correction in Triggered Imaging: Enhancing Visibility and Alignment Precision for Radiation Therapy	2025 AAPM annual meeting & exhibition	국제	일본	포스터	박지원, 양혜선	박지원	조효성
48	2025.07.21. - 2025.07.24.	Self-Operating Geometry Calibration for Cone-Beam Computed Tomography Using Brute-Force Search	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	심지용	심지용	조효성
49	2025.07.21. - 2025.07.24.	Hybrid CNN-GAN framework with guided pyramid sub-band mixing for low-dose CT noise reduction	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	조상현, 양혜선	조상현	조효성
50	2025.07.21. - 2025.07.24.	Enhancing sparse-view and limited-angle O-arm CT images via modified 2D CNN-based restoration	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	조상현, Wenting Xu	조상현	조효성
51	2025.07.21. - 2025.07.24.	Elimination of Wraparound Artifacts in Single Grid Dark-Field X-ray Imaging	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	이종혁, 한서희, 이수현	이종혁	조효성
52	2025.07.21. - 2025.07.24.	Improving X-ray Grating Interferometry via Fourier Analysis of Moiré Fringes with Grating Angulation	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	이종혁	이종혁	조효성
53	2025.07.21. - 2025.07.24.	Single-Image X-ray Super-Resolution Using Residual Channel Attention Network and PatchGAN Discriminator	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	박성민	임영환	조효성
54	2025.07.21. - 2025.07.24.	Adaptive Gaussian Notch Filtering for Sparse-View Panoramic Reconstruction in Low-Dose Dental Imaging	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	싱가포르	포스터	양혜선, 심지용, 조상현	양혜선	조효성
55	2025.07.21. - 2025.07.24.	Imaging Performance of a Stationary Tomography Baggage Scanner with Downward Pi-Angle Sparsity: A Simulation Study	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	포르투갈	포스터	양혜선, 심지용, 조상현	양혜선	조효성

56	2025.07.21. - 2025.07.24.	Single-exposure material decomposition in chest digital tomosynthesis using a CdTe-based photon-counting detector	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	프랑스	포스터	이수현	이수현	조효성
57	2025.07.21. - 2025.07.24.	Triple material decomposition from synthetic photon-counting-like projections in digital breast tomosynthesis using deep learning	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	프랑스	포스터	이수현, 조상현, 이종혁	이수현	조효성
58	2025.07.21. - 2025.07.24.	Suppression of Grid-Induced Artifacts in CBCT Using 2D Crisscrossed Antiscatter Grids	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	박지원, 양혜선, 박성민	박지원	조효성
59	2025.07.21. - 2025.07.24.	Radiographic Image Enhancement Using Pixelwise Alpha-Blending Dehazing	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	박지원	박지원	조효성
60	2025.07.21. - 2025.07.24.	Dual-Energy Chest Tomosynthesis with a Stationary Long-Range Flat-Panel Detector for Improved Lung Abnormality Detection	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	박성민, 이수현	박성민	조효성
61	2025.07.21. - 2025.07.24.	Deep-Learning Conversion of Energy-Integrating to Photon-Counting CT Images Using a Multi-Output U-Net	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	박성민, 이수현	박성민	조효성
62	2025.07.21. - 2025.07.24.	Image Deblurring by Combining Blurred Normal-Dose and Unblurred Low-Dose Images	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	박지원, 신주용	박지원	조효성
63	2025.07.21. - 2025.07.24.	Optimizing Grid Parameters for Single-Grid Phase-Contrast X-ray Imaging: A Monte Carlo Study	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	캐나다	포스터	한서희, 이종혁	한서희	조효성
64	2025.07.21. - 2025.07.24.	Design and Performance Evaluation of a Filter-Free Dual-Layer Flat Panel Detector Using Monte-Carlo simulation	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	캐나다	포스터	심지용, 한서희	심지용	조효성
65	2025.07.21. - 2025.07.24.	Low Dose CT Denoising Using a Nonsubsampled Contourlet Subband Discriminator	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	조상현, 신주용	조상현	조효성

66	2025.07.21. – 2025.07.24.	Synergistic Cross-Dimensional GAN for CT Reconstruction from Single and Biplanar X-rays	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	Wenting Xu, Bella N.W.N.A, 조상현	조상현	조효성
67	2025.07.21. – 2025.07.24.	Ultra-Sparse-View Computed Tomography Reconstruction Using a Multi-Domain-Unified Transformer Network	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025)	국제	대한민국	포스터	Wenting Xu, 양혜선	양혜선	조효성
68	2024.09.09. – 2024.09.13.	Evaluation of glymphatic system activity during sleep using diffusion tensor imaging along the perivascular space(DTI-ALPS)	World Molecular Imaging Congress (WMIC) 2024	국제	캐나다	구두발표	연제형, 정건진, 민병지	윤창수	한봉수
69	2024.10.15. – 2024.10.18.	The effect of acute stress on neurotransmitter metabolite interactions in the murine hippocampus: a proton magnetic resonance spectroscopy study	The 27th Annual Meeting of the Korean Society for Brain and Neural Sciences & the 18th Biennial Meeting of the Asian-Pacific Society for Neurochemistry	국제	대한민국	포스터	연제형, 정건진, 민병지	윤창수	한봉수
70	2024.11.08. – 2024.11.09.	Efficient Image Registration for Time-Series Diffusion Tensor Imaging	The 12th International Congress on Magnetic Resonance Imaging & 29th Annual Scientific Meeting of KSMRM (ICMRI 2024)	국내	대한민국	포스터	정건진, 연제형, 민병지	정건진	한봉수
71	2025.01.19. – 2025.01.22.	Removing Gradient and pulse artifacts from Electroencephalogram Recorded Simultaneously with diffusion tensor imaging	International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC) 2025	국제	일본	포스터	연제형, 정건진, 민병지	연제형	한봉수

4. 신진연구인력 현황 및 실적

❑ 현황 및 실적

○ (계획 대비) 본 교육연구단은 「우수 신진연구인력 확보 및 지원계획」에 따라 2025년도 채용을 목표로 공개채용 공고 게재, 후보자 사전 접촉, 협력기관 추천 의뢰, 서류·면접 전형 등을 추진하였음.

○ (최종 결과) 최종 임용 협의 단계에서 외부 요인(경쟁 기관의 선제 제안 등)이 발생하여 당해 연도 고용 실적은 0명임.

❑ 당초 계획 대비 실적 분석

○ 본 실적(0명)은 즉시 연구 주도가 가능한 역량·실적을 기준으로 한 질적 수월성 원칙을 유지한 결과로 판단됨. 기준 미달 인력의 임시 채용은 지양하였음.

○ 동기간 국내외 채용 시장의 경쟁 심화로 우수 후보 일부가 산업계 또는 해외 상위 연구기관으로 이동하여 최종 임용이 무산됨.

❑ 향후 추진계획

○ 미집행 인건비를 활용하여 특별 연구장려금과 초기 정착 패키지(연구장비·컴퓨팅 자원·RA 지원·국제학회 발표비)를 제공할 계획임.

○ 협력 대학·연구소에 추천 의뢰를 정례화하고, 국제학회 현장 면담과 온라인 수시 접수 트랙을 병행 운영하여 우수 후보 풀을 확대할 계획임.

○ 국제공동연구 협력기관의 박사후연구원을 방문·파견 연구원 트랙으로 유치하기 위한 새로운 제도를 신설할 계획임.

○ 상기 조치를 통해 2026년도 내 신진연구인력 충원을 완료할 계획임.

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

<표 2-16> 최근 1년간 참여교수의 교육역량 대표실적

<table>
<tr><th rowspan="2">연번</th><th>참여교수명</th><th>세부전공분야</th><th>실적일자</th><th>대학원 교육관련 대표실적물</th><th>DOI번호/ISBN/ 인터넷 주소 등</th></tr>
<tr><th colspan="5">참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>민철희</td><td>방사선의료학</td><td>2025.07.30.</td><td>의학물리사 신규 직업군 등재</td><td>• https://www.ksmp.or.kr/content/community/post_view.php?bt=4&post_id=2375
• https://shorturl.at/x87rL</td></tr>
<tr><td colspan="5">❑ 민철희 교수는 연세대학교 방사선융합공학과 교육과정을 대한의학물리전문인 자격인증위원회(KMPCB) 산하 대한의학물리학 교육과정인증위원회(K-CAMPEP) 및 (사)한국의학물리학회(KSMP) 산하 전문교육위원회의 의학물리학 전문인력 양성 교육과정으로서 인증받는 것에 주도적인 역할을 수행함.

❑ K-CAMPEP & KSMP 교육과정 공동인증 절차는 (1) 자체평가서류 심사 통과 후 현장 조사 수행, (2) 모든 항목 평가 (사전 확인 가능 항목 제외), (3) 자체평가서류 검토 및 확인, (4) 현장 조사용 증명서류 제출의 네 단계로 구성되며, 평가 시 교육 목표 및 방향, 프로그램 구성 및 관리, 프로그램 지도교수, 프로그램 구성 교수/강사진, 기관 협조 및 지원, 교육 환경, 프로그램 소속 학생 학술 활동, 주요 교과목 개설 여부 등 다양한 항목을 평가함.

❑ 본 교육과정은 최신 의학물리 연구 경향을 반영하고, 병원 및 연구소와의 협력을 통한 임상실험 및 실증 기반 교육을 강화함으로써, 실무 경험과 연구 능력을 겸비한 수요 기반 맞춤형 전문인력 양성에 힘씀. 궁극적으로는 학생들이 미래 의학물리 전문가로서 첨단 의료 서비스를 구현하고, 의료 기술 발전에 기여하며, 나아가 세계적인 리더로 성장할 수 있도록 지원함.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2</td><td rowspan="2">염연수</td><td rowspan="2">보건물리</td><td>• Geant4: 2025.02.03. - 02.07.</td><td rowspan="2">세미나 개최</td><td>• https://new-ksmp.inforang.com/content/community/post_view.php?bt=4&post_id=2357&page=1&type=&cid=&q=</td></tr>
<tr><td>• phits: 2025.07.14. - 07.18.</td><td>• https://phits.jaea.go.jp/News.html</td></tr>
<tr><td colspan="5">❑ 염연수 교수는 2025.02.03.~2025.02.07.에 진행된 ‘12th International Geant4 Tutorial in Korea 2025’를 주관으로 개최하였음. 본 세미나는 Geant4 몬테카를로 전산모사 툴킷의 최신 개발 동향과 활용 기술을 공유하기 위한 국제 교육 프로그램으로, 미국 Jefferson Laboratory의 Makoto Asai 박사, 미국 Fermilab의 전순영 박사, 스웨덴 Lund 대학교의 Luis Sarmiento Pico 박사 등 Geant4 핵심 개발진이 초청 강연자로 참여하였음. 또한 염연수 교수는 심화 예제 기반 Geant4 활용 기법을 주제로 직접 강의를 진행하여, 참가자들에게 실질적인 전산모사 적용 역량을 강화할 수 있는 교육을 제공하였음.</td></tr>
</table>

	❑ 또한, 염연수 교수는 2025년 7월 14일부터 7월 18일까지 'The 1st FLUKA-PHITS joint tutorial'을 한국방사선진흥협회와 공동으로 주관하여 개최하였음. 본 세미나는 몬테카를로 전산모사 분야의 국제적 전문가를 초청하여 진행되었으며, PHITS 코드 개발자인 일본 원자력기구(JAEA)의 Tatsuhiko Sato 박사와 FLUKA 개발자인 CERN의 Vasilis Vlachoudis 박사가 강연자로 참여하였음. 두 개발자는 PHITS의 고급 활용 예제 및 FLUKA-PHITS 간 연계 활용 방법을 중심으로 심화 강의를 진행하였으며, 참가자들은 실제 전산모사 환경에서의 응용기법을 직접 학습할 수 있었음. ❑ 본 세미나들을 개최함으로써 염연수 교수는 국내 연구자들이 최신 몬테카를로 전산모사 기법과 방사선 수송 해석 기술을 심층적으로 학습할 수 있는 교육의 장을 마련하였음. 이를 통해 학계·산업계·연구기관 간의 실질적 협력 네트워크를 강화하고, 현장 중심의 실무 역량을 갖춘 연구 인력을 양성할 수 있는 기반을 조성하였음. 특히 본 프로그램은 단순한 기술 교육을 넘어, 의료 방사선 및 방사선안전 분야에 특화된 창의융합형 인재 양성을 위해 지속적으로 노력한 성과로 평가됨.

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

❑ 교육프로그램의 국제화를 위한 지원 강화

○ 본 교육연구팀은 방사선융합분야에서의 글로벌 리더십 강화를 목표로, 국제 교육 프로그램의 확대와 활성화에 주력하고 있음. 2013년부터 석학 초청 세미나, 대학원생 장기연수 및 파견, 교육-연구 MOU 체결 등을 통해 다양한 국제 협력 활동을 진행해왔으며, 이를 통해 핵심 인재 양성과 연구 네트워크를 더욱 확장하였음.

○ 또한, 방사선공학 및 의학물리 분야의 우수 외국인 대학원생 유치를 위한 교육 프로그램 지원을 강화하여, 외국인 학생들이 학문적 성장과 연구 성과를 도모할 수 있도록 지원함.

<표 2-17> 교육연구팀의 교육·연구 환경 조성을 위한 학술교류 실적

개최일자	행사명	소속/이름	해외 석학 초청	연구 교류
2024.10.16.	BK 해외 석학 초청 산업체 세미나	Ohio State University, USA: 이혜리 박사	●	●
2024.11.08. - 2024.11.09.	Yonsei-Nagoya University Research Exchange Meeting on Health Sciences 2024	Yonsei University, Korea: 권인용 교수, 강인수, 성경현, 김나현, 이수현, 김하빈, 정건진 Nagoya University, Japan: Prof. Yoshiyuki HIRANO, KANTA NAMBU, HIBIKI AMANO		●
2025.02.03. - 2025.02.07.	12th International Geant4 Tutorial in Korea 2025	Jefferson Lab, USA: Makoto Asai Fermilab, USA: Soon Yung Jun Lund University, Sweden: Luis Sarmiento Pico LP2I/IN2P3/CNRS, France: Sebastien Incerti LP2I/IN2P3/CNRS, France: Hoang Tran	●	●
2025.03.19.	BK 해외 석학 초청 산업체 세미나	Gunma University Heavy Ion Medical Center, Japan: Dr. Mutsumi Tashiro	●	●
2025.07.14. - 2025.07.18.	2025 FLUKA-PHITS Tutorial in Korea	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN): Vasilis Vlachoudis Japan Atomic Energy Agency, Japan: Tatsuhiko Sato	●	●

<표 2-18> 참여대학원생 해외연수 실적

참여대학원생	연수기간	연수 국가	연수기관
성경현, 이유미	2025.01.20. - 2025.01.27.	일본	Nagoya University
이종혁	2025.01.13. - 2025.02.27.	일본	Tohoku university
김하빈	2025.01.24. - 2025.02.16.	미국	University of Michigan
강주완	2025.07.07. - 2025.07.25.	일본	KYUSHU university

<표 2-19> 교육연구팀과 외국 대학과의 협약 실적

체결일자	지도교수	협약 기관	협약서
2025.02.17.	민철희	Faculty of Engineering Physics Hanoi	

		University of Science and Technology (Hai Ba Trung, Hanoi, Vietnam)	연세대학교 YONSEI UNIVERSITY HANOI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY FACULTY OF ENGINEERING PHYSICS **MEMORANDUM of UNDERSTANDING** **between** **Department of Radiation Convergence Engineering** **College of Software and Digital Healthcare Convergence** **Yonsei University Mirae Campus** **(Wonju, Gangwon State, Republic of Korea)** **and** **Faculty of Engineering Physics** **Hanoi University of Science and Technology** **(Hai Ba Trung, Hanoi, Vietnam)** 1
2025.06.17.	민철희	Research Promotion Division, Gunma University (Showa-machi, Maebashi, Gunma, Japan)	JOINT RESEARCH AGREEMENT This Joint Research Agreement (the "Agreement") is entered into and effective as of June 17, 2025 (the "Effective Date") by and between Gunma University having its principal office at 4-2 Aramaki, Maebashi, Gunma 371-8510 Japan (hereinafter referred to as "GU") and Yonsei University having its principal office at 1 Yonseidae-gil, Wonju, Gangwon State, 26493, Republic of Kore (hereinafter referred to as "YU") and National Cancer Center having its principal office at 323 Ilsan-ro, Ilsandong-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 10408, Rep. of Korea (hereinafter referred to as "NCC"). WHEREAS, GU and YU and NCC desire to jointly conduct a certain research program for the mutual benefit of the parties, NOW THEREFORE, in consideration of the terms and conditions contained herein, the parties agree as follows: **Article 1 Definitions** In this Agreement, the following terms or expressions shall be defined as follows: (1) "Joint Research" means research to be jointly conducted by GU and YU and NCC in accordance with this Agreement. (2) "Research Result" means any technical result which is obtained from the performance of the Joint Research and conforms to the objective and area of the research program specified in Exhibit A which is attached to and made part of this Agreement (hereinafter referred to as the "Research Program"). (3) "Intellectual Property" means (i) inventions, devices, design, marks, circuit layouts and new varieties of plants (ii) patent rights, utility model rights, design rights, trademark rights, circuit layout rights, plant breeders' rights, and rights to obtain registration in any country for establishment of any patent rights, utility model rights, design rights, trademark rights and circuit layout rights, and rights to obtain plant variety registrations, and (iii) copyrights for computer programs and databases, and (iv) technical information of a proprietary nature which shall be kept confidential (hereinafter referred to as "Know-how"). (4) "Application and Maintenance Procedures" means any and all procedures necessary to file, prosecute, defend, establish and maintain the Intellectual Property and the term "Expenses for the Application and Maintenance Procedures" means all costs and expenses to be required for carrying out the Application and Maintenance Procedures of the Intellectual Property (including but not limited to attorneys' fees, agents' fees, fees payable to the Patent Office in any country and necessary translation fees). **Article 2 Implementation and Period of Joint Research** 2.1 Each party hereto shall carry out the Joint Research in accordance with the Research Program. 2.2 The period of the Joint Research shall be the "research period" as specified in Section 4 of the Research Program.

<표 2-20> 우수 외국인 학생 유치 현황

성명	국적	학사출신대학	입학시기	학위과정	비고
Naufal Wafa' Nabila Aliyas Bella	인도네시아	연세대학교 미래캠퍼스	2024년 2학기	석사과정	

❑ **계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획**

○ 본 교육연구팀은 다양한 온라인 매체를 활용한 연구활동(해외석학 초청강연, 워크숍, 세미나 등)을 적극 활용하여 지속적인 국제 연구 협력 및 교류를 유지하고, 참여대학원생과 국내/외 전문가 간의 교육・연구 학습공동체를 형성하고, 교육연구팀의 비전과 목표를 달성하고자 하였음.

▸ 해외석학 초청강연 및 세미나 5회, MOU 체결 2회, 해외 장,단기 연수 실적 4회, 우수 외국인 학생 유치 1회

○ 교육 프로그램의 국제화를 위한 지원 강화를 위해 향후 추진 계획은 다음과 같음.

- 우수 외국인 교원 충원 확대: 기숙사 및 오피스텔 등의 숙소제공, 교육 및 연구의 보조가 가능한 조교 배정, 우수 외국인 신임교수의 경우 연구 정착금을 배정함.
- 해외 석학의 초청 강연 및 Joint Appointment 겸임교수 지정을 통해 교육 및 연구과정의 국제화를 유도함.
- 국제공동강의 활용: 원격강의를 통해 저명한 외국인 교수의 강의를 개설하고, 국외 타 대학 대학원생들과 토론할 수 있는 장을 마련함.

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

❑ 참여대학원생 국제공동연구 현황

○ 본 교육연구팀의 대학원생은 지도교수와 해외 선진연구기관들과의 연구교류를 활발하게 진행하고 있음.

○ 이러한 국제공동연구를 통해 대학원생들은 방사선 융합 및 의학물리 분야의 최신 기술과 연구 방법론을 습득하고 있으며, 실질적인 연구성과로 논문 발표 및 학술지 게재 등에서 성과를 이룸.

<표 2-21> 참여대학원생 국제공동연구 현황

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구팀		국외 공동연구자			
	참여 대학원생	지도교수				
1	김하빈	권인용	Mark Hamming	미국 / University of Michigan	DCC Technique for Radiation Sensors	202501 ~ 202502
2	이수민	염연수	Wesley Bolch; Chan-soo Choi	미국 / University of Florida	Iodine-131 S values for pediatric patients in radioiodine therapy	202203-202412
3	이유미, 최지원	염연수	Bangho Shin, Chansoo Choi	미국 / University of Florida	Korean dose coefficients for external exposures from air contamination	202410-202510
4	양혜선	조효성	Dae Yup Han	미국 / Yale University School of Medicine	Three-Dimensional Reconstruction of Triggered Images with Dehazing Algorithm for Precise Intrafraction Motion Post-Evaluation in Spine SBRT	202501-202510

5	박지원	조효성	Dae Yup Han	미국 / Yale University School of Medicine	Modified Dehazenet for Scatter Correction in Triggered Imaging: Enhancing Visibility and Alignment Precision for Radiation Therapy	202501-202510
6	이종혁	조효성	Chika Kamezawa; Ren Nasukawa; Wataru Yashiro	일본 / Tohoku university	Improving X-ray Grating Interferometry via Fourier Analysis of Moiré Fringes with Grating Angulation	202501~202504

<표 2-22> 참여대학원생 국제공동연구 실적

연번	국제공동연구내용
1	❑ **참여대학원생인 김하빈**은 2025년 1월부터 2025년 2월까지 미국 University of Michigan의 Mark Hamming 교수와 방사선 계측을 위한 검출기 신호 증폭을 연구하며 **검출기 신호를 증폭하기 위한 회로를 연구하였고, DCC 기법을 통해 증폭하는 회로를 주제로 국제 공동연구 및 교류를 진행**하였음. ❑ 한・미 공동연구 수행. 2025년 초 미국 연구기관 방문・합동 실험으로 방사선 계측용 검출기 신호증폭(DCC・CSA) 연구 진행. 현지 팀과 전원・펄서・오실로스코프로 테스트벤치를 구축하고 CSA 정상 동작 확인. 이후 방사선원을 이용해 현지 보유 검출기 및 실리콘 검출기로 단계적 연동 시험 수행하였음. ❑ DCC 경유/비경유 두 경로 비교 측정으로 신호 수준은 유사하나 DCC 경로에서 노이즈가 더 큰 현상 확인. 원인 진단을 위해 DCC 바이어스 저항과 디커플링・커플링 소자를 제거하여 경로 단순화 및 임피던스・결정시간 조건 재점검. 재시험 결과 두 방법 모두 노이즈 저감과 신호 향상 확인, 누적 데이터로 스펙트럼 산출하였음. ❑ 기술적 시사점 도출 및 후속 계획 수립. 현 구성에서는 DCC 경로의 유니티 게인 증폭기가 부재하여 본래 기능에 제약이 있었음을 확인. 검출기 시료를 국내로 반입하여 회로를 재설계・재시험하고, 공동연구를 지속 수행할 계획임.
2	❑ **참여대학원생인 이수민**은 2022년 3월부터 2024년 12월까지 미국 University of Florida의 Wesley Bolch 교수 및 Chan-soo Choi 박사와 소아팬텀 기반 **방사성 아이오딘 치료(radioactive iodine therapy) 소아 환자에 대한 S value 계산이라는 주제로 국제 공동연구 및 교류를 진행**하였음. ❑ 소아의 경우 성인에 비해 방사선에 예민하고 기대수명이 높기때문에 보다 정확한 추정이 필요하지만 선량 재구성에 사용되는 S value는 수학적 모델인 MIRD 팬텀을 사용해 계산한 값이 사용되어 실제 해부학적 구조 반영에 한계가 있었음. 이에 본 연구에서는 소아 팬텀 개발 및 연구 경험이 풍부한 Chan-soo Choi 박사와 협력하여, 실제 사람의 해부학적 영상인 CT를 기반으로 제작된 복셀형 팬텀을 사용한 S value 데이터셋을 구축함. 또한, 최근 메시형 소아 팬텀이 개발되

	어 보다 세밀하게 장기가 묘사되었고, 갑상샘의 위치와 크기가 변형되었음. 이에 메시형 소아 팬텀을 사용하여 S value 데이터셋을 구축하였고, 갑상선에서 붕괴하는 아이오딘에 의한 장기 선량이 계산되었음. ❑ 본 기술은 소아 갑상샘 질환 환자의 방사성 아이오딘 치료 이후 발생할 수 있는 2차 질병 및 부작용에 대한 역학 연구에 활용 가능하며, 방사선 노출과 질병 간의 상관관계를 보다 정확히 규명할 수 있는 정량적 근거로 사용될 수 있음. ❑ 본 국제 공동연구를 통해 복셀형 소아 팬텀을 이용한 연구는 제64회 한국의학물리학회 추계학술대회에서의 구연 우수상 수상 및 논문 1건의 성과를 이루었으며, 메시형 소아 팬텀에 대한 연구는 제 67회 한국의학물리학회에서 최우수 구연상 수상 및 논문 1건의 성과를 이루며 연구의 우수성과 학문적 기여를 입증하였음.
3	❑ **참여대학원생인 이유미, 최지원**은 미국 University of Florida 소속 신방호, 최찬수 박사 및 염연수 교수와 함께 **공기 중 오염원에 대한 한국인 장기·유효 선량계수(DC)를 산출하고, ICRP Publication 144와 비교 및 검증함으로써 국제 공동연구를 수행**함. ❑ 산출된 한국인 DC는 공기 중 외부피폭 선량평가의 정확도를 높여 한국인 집단 특성에 맞는 신뢰성 높은 선량 추정을 가능하게 하며, 환경방사선 위험평가·가이드라인 수립·방재 의사결정·위해소통의 과학적 근거를 제공함. ❑ 연구팀은 ICRP 144 방법론을 준용해 국제 표준과 정합성을 확보하고, ICRP144 DC와의 정량 비교를 통해 차이의 원인을 규명함. ❑ 본 국제 공동연구 성과는 Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103668에 2025년 4월 30일 온라인 게재되었으며(doi: 10.1016/j.net.2025.103668), 이유미는 연세대학교 소속 공동저자로 참여함.
4	❑ **참여대학원생인 양혜선**은 2025년 1월부터 2025년 10월까지 미국 Yale University of medicine의 한대엽 교수와 **척추 정위적 체부방사선치료(Spine SBRT) 중 발생하는 환자 체내 미세 움직임 분석을 위한 'Dehazing 알고리즘 기반 3차원 트리거 영상 재구성' 주제로 국제 공동연구를 수행**하였음. ❑ 본 연구는 치료 중 획득된 트리거 영상(triggered images)으로부터 노이즈와 산란에 의해 저하된 영상 대비를 복원하기 위해 탈헤이징 알고리즘을 적용하고, 이를 3차원으로 재구성하여 치료 중 미세 움직임을 정량적으로 평가하는 것을 목표로 함. 해당 기술은 기존 2D 영상 기반 분석의 한계를 보완하며, 실제 환자 체위 변화 및 종양 이동을 보다 정확하게 파악할 수 있게 함. ❑ 제안된 기법은 Spine SBRT 치료 후영상 평가 과정에서 재위치 정확도 및 선량 전달 정밀도를 개선할 수 있는 사후 평가 도구로 활용 가능함. 특히, 치료 중 발생한 미세한 호흡성 혹은 생리적 움직임을 정량화함으로써 향후 정밀 방사선치료의 안전성 향상에 기여함. ❑ 본 국제 공동연구를 통해 2025 AAPM Annual Meeting & Exhibition에서 'Three-Dimensional Reconstruction of Triggered Images with Dehazing Algorithm for Precise Intrafraction Motion Post-Evaluation in Spine SBRT'라는 주제로 포스터 발표를 진행하였음.

5	❑ **참여대학원생인 박지원**은 미국 Yale University School of Medicine의 Dae Yup Han 박사와 함께 **방사선 치료용 kV 트리거 영상의 산란(Scatter) 보정 향상을 목표로 한 국제 공동연구를 수행**하였음. 본 공동연구는 광학 분야의 DehazeNet을 의학영상에 적용하여, 방사선 치료 중 환자 정렬을 위한 영상 품질을 개선하고자 하는 딥러닝 기반 산란 보정 기술 개발을 중심으로 진행되었음. ❑ 기존 X-ray 영상은 산란선(Scatter)으로 인해 fiducial marker 및 해부학적 구조의 경계가 흐려져 정밀한 환자 정렬이 어려운 한계가 있었음. 이에 본 연구에서는 전산화된 DehazeNet 구조를 kV X-ray 영상에 적합하도록 수정하여 전송맵 추정과 산란광 보정을 정교하게 수행함. Varian TrueBeam 시스템을 이용한 골반 팬텀 및 전립선 환자 임상 트리거 영상을 분석하였으며, 110 kVp, SDD 1500 mm 조건에서 fiducial marker의 명확도 및 CNR 향상을 검증하였음. ❑ 본 기술은 방사선 치료 중 실시간 정렬 정확도 향상과 더불어, 고선량 치료(예: SBRT, IMRT)에서 필수적인 금표지(marker) 인식 신뢰도를 향상시킬 수 있는 원천 기술로 평가됨. 특히 CNR이 기존 7.04에서 8.78로 증가함에 따라, 임상 환경에서 DRR 기반 정렬 오차를 감소시키며, 향후 adaptive radiotherapy 및 AI 기반 치료계획 시스템과의 융합 가능성을 제시함. ❑ 본 국제 공동연구는 방사선 치료 영상에서 DehazeNet 기반 산란 보정의 임상 적용 가능성을 입증한 연구로서, 학술적 및 기술적 우수성이 확인되었음. 현재 해당 결과를 기반으로 국제 학술지 논문을 준비 중이며, 향후 CT projection 단계 및 3D 재구성 영상까지 확장하는 후속 연구가 진행되고 있음.
6	❑ **참여대학원생인 이종혁**은 일본 Tohoku university 소속 Chika Kamezawa 조교수, Ren Nasukawa 석사, Wataru Yashiro 교수 및 조효성 교수와 함께 **탈봇 간섭계에서의 모아레 기반 암시야 영상의 화질을 개선하고 최적화하는 공동연구를 수행**함. ❑ 모아레 기반의 암시야 영상의 한계를 해결하기 위해 격자 회전을 제어한 공간 고조파 기법을 이용하여 단일 노풀 기반의 탈봇 간섭계에서 프린지 대비 및 공간 분해능을 향상시키는 방법을 제안함. 위상 격자와 분석 격자의 각도 차를 도입하여 푸리에 영역에서 0차 및 1차 조화 성분이 분리되도록 설계함으로써 정밀하게 재구성할 수 있음. ❑ 따라서, 본 기술을 활용해 기계적 이동이 불필요한 단일 노출 X-선 탈봇 간섭계 시스템으로 저선량 고속 촬영 기반의 생체 영상 및 산업용 비파괴 검사에 활용될 수 있을 것으로 예상됨. ❑ 본 국제 공동연구를 통해 2025년 7월 IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications 학회에 포스터 발표하였음.

❑ **계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획**

○ 본 교육연구팀의 참여대학원생이 최근 1년간 수행한 국제공동연구 실적은 총 6건으로, 당초 계획 대비 목표를 성공적으로 달성함.

○ 본 교육연구팀은 Harvard Medical School & Mass. General Hospital, Harvard Medical School & Boston Children’s Hospital, University of Bordeaux 등의 의료방사선 관련 대학 및 병원과 실질적 연구성과를 도출할 수 있는 국제공동연구를 수행해 왔으며, 향후 더 많은 기관과 공동연구를 수행할 예정임.

Ⅲ 연구역량 영역

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

❑ 본 교육연구팀은 최근 1년간 총 3,940,528 천원의 연구과제 수주 계약 성과를 달성하였으며 (산업체 연구비 5건: 243,636 천원, 정부 연구비 29건: 3,696,891 천원), 참여교수 1인당 평균 연구비 수주 계약액은 656,755 천원의 성과를 달성하였음.

❑ 연구과제 수주 계약 성과는 아래 표와 같이 직전 3개 연도(2021년 9월-2024년 8월)의 연평균 대비, 정부 과제 계약액 62.1% 증가, 산업체 과제 계약액 28.9% 감소, 참여교수 1인당 평균 연구비 계약액은 50.2% 증가로 확인됨.

❑ 최근 1년간 실적은 정부 과제 중심의 수주 구조가 확인되었음(정부 비중 93.8%). 이는 국가 경쟁・정책 과제에서의 채택률과 집행역량이 크게 강화되었음을 시사하며, 재원 안정성 및 전략 분야 집중도가 제고된 우수한 성과로 평가됨.

❑ 향후에도 다양한 정부・산업체 연구를 주도적으로 수행하고, 참여대학원생의 교육・연구를 통해 창의적・도전적 인재를 양성할 수 있는 기틀을 마련하였음.

❑ 더 나아가 본 교육연구팀의 우수한 교육・연구역량을 바탕으로 과학기술・산업・사회 문제를 해결하는데 최상의 기여를 할 것으로 예상됨.

<표 3-1> 자체평가 대상기간(2024.9.1.-2025.8.31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2021.9.1.~2024.8.31.) 연평균 실적	최근 1년간 (2023.9.1.(2024.3.1.)~2024.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	2,280,884	3,696,891	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	342,533	243,636	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	
1인당 총 연구비 수주액	437,236	656,755	
참여교수 수	6	6	

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

❑ 본 교육연구팀의 참여교수는 최근 1년간 SCI(E)급 논문 총 28편을 게재하였으며, 참여교수 1인당 평균 4.67편의 게재 실적을 달성하였음.

❑ IF가 산정된 논문 28편의 경우, 2024 Impact Factor(2024 IF) 총합 72.70, 논문 1편당 환산보정 IF 0.51, 참여교수 1인당 논문 환산 편수 1.43을 달성하였음.

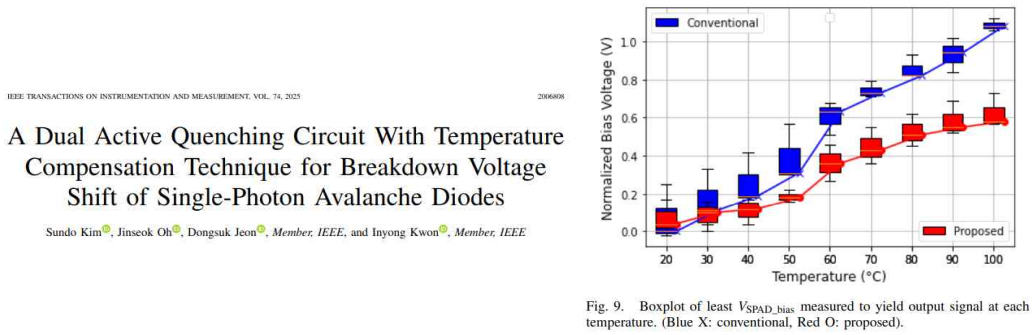
❑ 전년도 대비 ES 지표의 개선이 확인되었으며(ES 합 1.35, 논문 1편당 환산보정 ES 0.69), 이는 저널의 영향력과 연구의 질적 가치를 종합적으로 반영한 성과로 판단됨.

❑ 또한 본 교육연구팀은 편수 중심이 아닌 저널 우수성・연구적 가치・국제적 파급효과를 중시하는 질 중심 성과 관리를 지속하고 있으며, 본 교육기관 및 교육연구팀의 지향 목표를 달성하기 위해 최선의 노력을 다하고 있음.

❑ 이러한 교육연구팀의 목표는 한국연구재단의 BK21 사업 초기부터 현재, 그리고 미래의 차세대 인재양성 사업목적에 부합한다고 판단되며, 본 교육연구팀에서는 4단계 BK21 사업 기간 내 매년 우수한 성과의 질적 향상을 지향하고 있음.

<표 3-2> 최근 1년간 참여교수의 논문게재 실적

<table>
<tr><th rowspan="2">연번</th><th>참여 교수명</th><th>연구자동록 번호</th><th>이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)</th><th>세부전공 분야</th><th>실적 구분</th><th>대표연구업적물 상세내용</th></tr>
<tr><th colspan="6">대표연구업적물의 우수성</th></tr>
<tr><td rowspan="7">1</td><td rowspan="7">권인용</td><td rowspan="7"></td><td rowspan="7">이공계열</td><td rowspan="7">방사선집적회로설계</td><td rowspan="7">저널논문</td><td>권인용, 김선도, 오진석, 전동석</td></tr>
<tr><td>A Dual Active Quenching Circuit with Temperature Compensation Technique for Breakdown Voltage Shift of Single-Photon Avalanche Diodes</td></tr>
<tr><td>IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement</td></tr>
<tr><td>1557-9662</td></tr>
<tr><td>2025. 03</td></tr>
<tr><td>SCI(E), 2025 IF: 5.9</td></tr>
<tr><td colspan="6">. 우수성: IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement(SCI(E) 저널) 게재 논문으로, 계측・센서 분야의 상위권 저널에서 동작 검증과 재현성을 인정받은 연구임. (Q1 분류/상대적으로 높은 피인용 잠재력으로 평가됨.)
. 창의/혁신성: Dual Active Quenching + 온도 보상을 결합해 SPAD의 항복전압 변동에 따라 초과바이어스(Excess Bias)를 자동 보정하고, 과전류 잔존에 의한 afterpulsing/데드타임을 줄이는 회로 설계를 제시합니다. 센서 특성 변화에도 일정한 트리거 조건을 유지하도록 한 점이 핵심임.
. 비전 부합성: 극저조도・단일광자 계수 환경에서 온도・바이어스 변화에 강인한 계측 정확도를 달성해, 방사선/입자 계측, 라이다, PET・ToF, 양자광학 등 차세대 계측 플랫폼과 정합됨.
. 분야 기여: 센서 의존도가 큰 수동/단일 AQ 방식 대비, 회로 차원의 적응형 보상으로 검출 효율 안정성, 카운트 선형성, 타이밍 지터 일관성을 동시에 개선함. 표준 CMOS 구현 가능성이 높아 시스템 통합・확장에 유리함.
. 산업/사회 기여: 현장 온도 변화가 큰 응용에서 재보정 부담과 다운타임을 축소하고, 의료・안전・우주/항공 센서의 신뢰성・수명을 높임. 저전력・소형화된 모듈로 플랫폼 전반의 유지보수 비용 절감에 기여할 수 있음.</td></tr>
</table>



IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 74, 2025 2006808

A Dual Active Quenching Circuit With Temperature Compensation Technique for Breakdown Voltage Shift of Single-Photon Avalanche Diodes

Sundo Kim, Jinseok Oh, Dongsuk Jeon, *Member, IEEE*, and Inyong Kwon, *Member, IEEE*

Fig. 9. Boxplot of least V_{SPAD_bias} measured to yield output signal at each temperature. (Blue X: conventional, Red O: proposed).

<게재 현황 및 대표 그림>

2	권인용		이공계열	방사선집적회로설계	저널논문

권인용 김선도 오진석 전동석
A Light Detector Capacitance Compensation Technique achieving Boosted Active Quenching for Single-Photon Avalanche Diodes
IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement
1557-9662
2025. 01
SCI(E), 2025 IF: 5.9

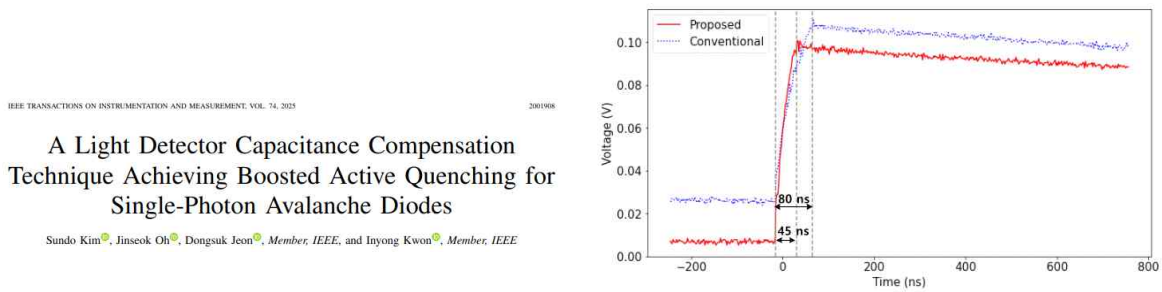
. **우수성**: IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement에 게재된 SPAD 읽기회로 연구로, 계측・센서 분야 상위 저널에서 실험적 재현성과 유효성을 인정받은 성과임. 시스템 수준 적용을 염두에 둔 회로-센서 동시 최적화 접근을 제시함.

. **창의/혁신성**: 입력 커패시턴스 보상(Light-Detector Capacitance Compensation)을 도입해 Boosted Active Quenching의 소거 구동을 강화함. 센서-회로 결합에 따른 과도 응답을 제어해 과소/과소거를 줄이고, 소거 시간과 잔류전하를 동시에 억제함.

. **비전 부합성**: 극저조도・고속 계측에서 온도/바이어스/부하 변화에 덜 민감한 안정 동작을 도모하여 라이다, PET・ToF, 양자광학 등 차세대 계측 플랫폼과 정합됨. 다중채널 집적화에 유리한 구조임.

. **분야 기여**: 기존 수동/단일 AQ 대비, 센서 기생 C에 대한 능동 보상 루프를 추가해 카운트 선형성, 타이밍 지터 일관성, 동적 범위를 개선함. 표준 CMOS 공정 적용 가능성이 높아 IP/매크로 수준 재사용성이 큼.

. **산업/사회 기여**: 현장 환경 변화가 큰 응용에서 재보정 부담과 다운타임을 축소하고, 고신뢰 센서의 수명과 유지보수 효율을 높일 수 있음. 경량・저전력 모듈화로 로봇/모빌리티・의료영상・우주항공 계측에 파급 효과가 예상됨.



IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 74, 2025 2001908

A Light Detector Capacitance Compensation Technique Achieving Boosted Active Quenching for Single-Photon Avalanche Diodes

Sundo Kim, Jinseok Oh, Dongsuk Jeon, *Member, IEEE*, and Inyong Kwon, *Member, IEEE*

Fig. 14. Measurement results of passive quenching at the anode (red solid: proposed; blue dotted: conventional).

<게재 현황 및 대표 그림>

3	민철희		이공계열	방사선 의료학	저널 논문	박효준, 민철희, 박소연, 김정인
						Two-dimensional dynamic multileaf collimator (2DDMLC) technique for improved treatment quality in intensity modulated radiation therapy
						Scientific Reports
						Vol 15, 17371
						2025.05.19.
						SCI(E), 2024 IF: 3.9

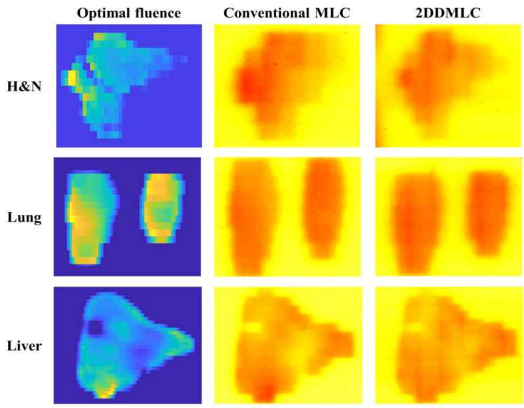
. **우수성**: 본 논문은 2025년 5월 Scientific Reports (IF: 3.9) 저널에 게재되었으며, JCR impact factor 상위 18%에 해당함. 본 연구에서는 2차원 동적 다엽 콜리메이터(2DDMLC)가 기존 단일축 MLC 대비 정상조직 조사면적을 최대 약 49%까지 감소시키고 계획된 선량분포에 보다 근접한 조사가 구현됨이 정량적으로 입증됨.

. **창의/혁신성**: leaf의 x축 단일 이동에 한정된 기존 MLC의 한계를 보완하기 위하여 MLC bank의 y축 병행 이동이 가능하도록 설계된 2DDMLC와 전용 leaf motion calculator 알고리즘이 개발・구현되고, 실제 선형가속기 환경에서 그 유효성이 실증됨.

. **비전 부합성**: 본 연구는 정상조직 피폭이 감소되고 표적 정합도가 향상되는 차세대 정밀 방사선치료 기술로 제시되었으며, 이를 통해 의료방사선 분야 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구역량 확보라는 교육연구팀의 비전에 부합됨.

. **분야 기여**: 두경부, 폐 등 다양한 해부학적 부위에 2DDMLC가 적용된 결과 정상조직 조사영역의 감소와 Conformity Index의 향상이 확인됨에 따라, 정밀 방사선치료의 임상 적용 가능성과 치료계획의 고도화를 위한 근거가 제시됨.

. **산업/사회 기여**: 2DDMLC 기술은 비교적 단순한 기계・제어 확장으로 부작용 위험 저감과 치료 품질 향상이 동시에 달성될 수 있음이 확인되어, 향후 방사선치료 장비 고도화와 환자 안전성 제고에 기여될 수 있음.



<게재 현황 및 대표 그림>

4	민철희		이공계열	방사선 기술	저널 논문	김슬아, 박다윤, 최형주, 민철희, 안재준
						Development of an AI-Based Image Analysis Model for Verifying Partial Defects in Nuclear Fuel Assemblies
						Energies
						18(3); 620

						2025. 01
						SCI(E), 2024 IF: 3.2

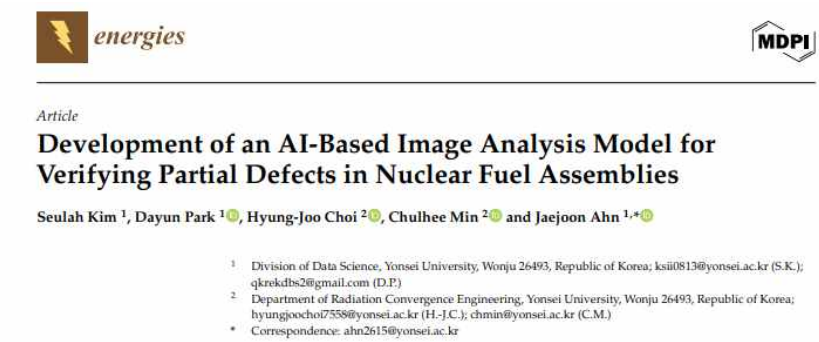
. **우수성**: 해당 논문은 Energies 저널에 게재되었으며, 이 저널은 JCR Impact Factor 기준 상위 62.3%에 해당하는 저널임. Energies 분야에서 인정받는 저널에 논문을 게재함으로써 연구의 우수성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 기존 방출단층촬영 기반 사용후핵연료 부분결손 검사는 방출단층촬영장치로 획득된 사용후핵연료 영상을 사찰관이 육안으로 검사했음. 이러한 검사방법은 사찰관의 주관적인 의견이 작용할 수 있으며, 이는 검사 정확도 저하로 이어질 수 있음. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 인공지능 기반 부분결손 자동화 검증 알고리즘이 개발됨.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 방사선 계측기기를 개발하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 정확하고 효율적인 사용후핵연료 검사는 국제사회가 목표로 하고 있는 '원자력의 평화적 이용'에 기여할 수 있음. 본 연구에서 제안된 기술은 사용후핵연료 내 발생할 수 있는 부분결손을 높은 정확도로 검사할 수 있으며, 이는 국제사회의 목표와 부합함.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 개발된 기술은 비파괴 검사 시 결함을 자동적으로 검사할 수 있는 기술에 활용될 수 있을 것으로 기대됨.


energies MDPI

Article

Development of an AI-Based Image Analysis Model for Verifying Partial Defects in Nuclear Fuel Assemblies

Seulah Kim [1], Dayun Park [1], Hyung-Joo Choi [2], Chulhee Min [2] and Jaejoon Ahn [1,*]

[1] Division of Data Science, Yonsei University, Wonju 26493, Republic of Korea; ksii0813@yonsei.ac.kr (S.K.); qkrekdbs2@gmail.com (D.P.)
[2] Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju 26493, Republic of Korea; hyungjoochoi7558@yonsei.ac.kr (H.-J.C.); chmin@yonsei.ac.kr (C.M.)
* Correspondence: ahn2615@yonsei.ac.kr

<게재 현황 및 대표 그림>

5	민철희		이공계열	방사선 기술	저널 논문	최형주, 정윤수, 김호직, 곽성우, 정희준, 백희균, 신중기, 정용현, 민철희
						Performance evaluation of Yonsei Single-photon Emission Computed Tomography (YSECT) for partial-defect inspection within PWR-type spent nuclear fuel
						Nuclear Engineering and Technology
						56/(11); 4471-4480
						2024.11
						SCI(E), 2024 IF: 2.6

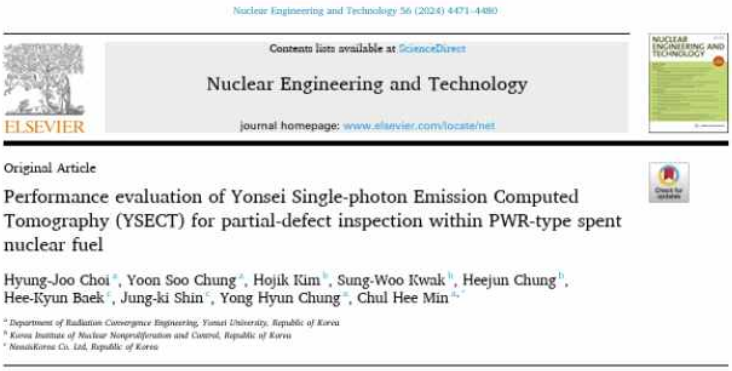
. **우수성**: 해당 논문은 Nuclear Engineering and Technology 저널에 게재되었으며, 이 저널은 JCR Impact Factor 기준 상위 15.9%에 해당하는 저널임. Nuclear Engineering and Technology 분야에서 인정받는 저널에 논문을 게재함으로써 연구의 우수성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 국내 중간저장시설 및 심층처분시설 건설이 예정됨에 따라, 사용후핵연료에 대한 안전하고 효율적인 관리 및 처분에 대한 관심도 함께 증가하고 있음. 본 연구에서 개발된 방출단층촬영장치는 가압경수로형 사용후핵연료 내 부분결손은 높은 정확도로 검사할 수 있음.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 방사선 계측 기기를 개발하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 국내 방사성폐기물 및 핵시설 안전 규제와 감시 수준 기술을 고도화와 동시에 중요 원천 기술을 국산화에 기여함. 본 연구를 통해 개발된 방출단층촬영장치는 국제원자력기구의 인증을 통해 사찰기구로 활용될 수 있으며, 이는 국제사회의 목표 중 하나인 '원자력의 평화적 이용'에 일조할 수 있음.

. **산업/사회 기여**: 원전시설이나 핵테러에 대한 위험성을 국민적으로 인지하고 있는 시국에서 본 기술 개발을 통해 보다 향상된 방사선 안전관리 시스템을 구축함으로써 사회적인 불안감을 해소할 수 있을 것으로 기대됨.


Nuclear Engineering and Technology 56 (2024) 4471–4480

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Performance evaluation of Yonsei Single-photon Emission Computed Tomography (YSECT) for partial-defect inspection within PWR-type spent nuclear fuel

Hyung-Joo Choi, Yoon Soo Chung, Hojik Kim, Sung-Woo Kwak, Heejun Chung, Hee-Kyun Baek, Jung-ki Shin, Yong Hyun Chung, Chul Hee Min

〈게재 현황 및 대표 그림〉

6	민철희		이공계열	방사선 기술	저널 논문	최형주, 정재원, 이학재, 김성곤, 안재준, 이현철, 민철희
						Image reconstruction method of gamma emission tomography based on prior-aware information and machine learning for partial-defect detection of PWR-type spent nuclear fuel
						Nuclear Engineering and Technology
						56(11); 4770-4781
						2024.11
						SCI(E), 2024 IF: 2.6

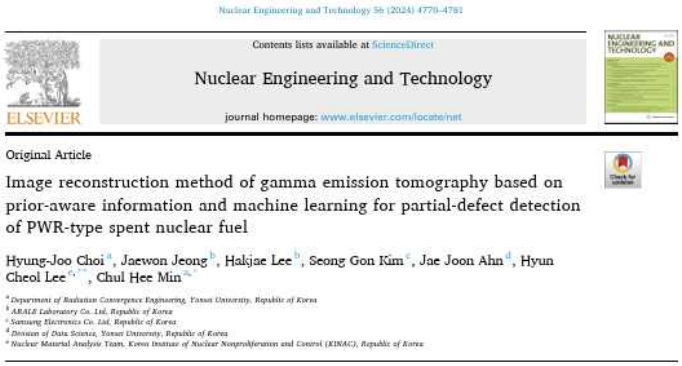
. **우수성**: 해당 논문은 Nuclear Engineering and Technology 저널에 게재되었으며, 이 저널은 JCR Impact Factor 기준 상위 15.9%에 해당하는 저널임. Nuclear Engineering and Technology 분야에서 인정받는 저널에 논문을 게재함으로써 연구의 우수성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 기존의 방출단층촬영 기반 사용후핵연료 검사는 고밀도의 핵연료봉으로 인해 중심 영역에 대한 검사 정확도가 현저히 낮았음. 이러한 한계를 극복하기 위하여 1) 몬테칼로 전산모사 기반 데이터 확장 기법, 2) 사전 정보 기반 영상재구성 기술, 3) 기계학습 기반 잡음 제거 기술이 개발되었으며, 이를 통해 검사 정확도가 향상됨.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 방사선 계측 기기를 개발하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 정확하고 효율적인 사용후핵연료 검사는 국제사회가 목표로 하고 있는 '원자력의 평화적 이용'에 기여할 수 있음. 본 연구에서 제안된 기술은 사용후핵연료 내 발생할 수 있는 부분결손을 높은 정확도로 검사할 수 있으며, 이는 국제사회의 목표와 부합함.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 개발된 영상재구성 기법은 밀도가 높은 물질에 대한 비파괴 검사에 적용될 수 있을 것으로 기대됨.


Nuclear Engineering and Technology 56 (2024) 4779–4781

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Image reconstruction method of gamma emission tomography based on prior-aware information and machine learning for partial-defect detection of PWR-type spent nuclear fuel

Hyung-Joo Choi[a], Jaewon Jeong[b], Hakjae Lee[b], Seong Gon Kim[c], Jae Joon Ahn[d], Hyun Cheol Lee[e,*], Chul Hee Min[a,*]

[a] Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Republic of Korea
[b] AREALE Laboratory Co. Ltd, Republic of Korea
[c] Samsung Electronics Co. Ltd, Republic of Korea
[d] Division of Data Science, Yonsei University, Republic of Korea
[e] Nuclear Material Analysis Team, Korea Institute of Nuclear Nonproliferation and Control (KINAC), Republic of Korea

<게재 현황 및 대표 그림>

7	염연수		이공계열	방사선 의료학	저널 논문

최찬수, 신방호, 이수민, 염연수
Advancing pediatric organ dose assessment in radioiodine therapy with ICRP pediatric mesh-type reference computational phantoms
Nuclear Engineering and Technology
57(7), 103513
2025.07
SCI(E), 2024 IF: 2.6

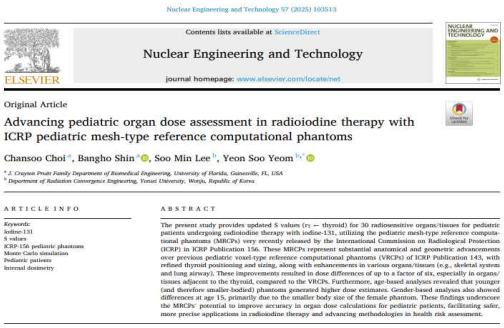
. **우수성**: 본 논문은 2025년 7월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.6) 저널에 게재되었으며, JCR impact factor에서 사분위 중 Q1에 해당함.

. **창의/혁신성**: ICRP 소아 메시형 표준 전산팬텀(MRCP)을 기반으로 I-131 치료에서 갑상선을 선원으로 하는 30개 표적 장기 S-value를 도출함. 복셀형 소아 팬텀 대비 해부학적・기하학적 정합성과 선량전달 예측 정확도가 상향됨.

. **비전 부합성**: 소아 핵의학 I-131 치료의 임상 처방・위험평가 고도화에 직결되는 기준 데이터셋 확보로 차세대 정밀 핵의학 비전과 높은 정합성을 보임.

. **분야 기여**: I-131 치료 소아 전 연령대에서 연령・성별 의존성을 체계화하여 소아 맞춤 내부피폭 평가의 정밀도・신뢰도가 동시 강화됨. 임상의・연구자의 근거 기반 임상 의사결정 및 역학 연구 수행을 지원하는 표준 참조자료로 활용 가능함.

. **산업/사회 기여**: 소아는 높은 방사선 민감도와 장기간의 기대여명으로 인해 장기선량의 정밀 추정이 사회적으로 필수적임. 본 연구에서 구축한 소아 MRCP 기반 S-값 데이터세트는 이러한 요구를 충족하는 근거자료로서 활용 가능함.


Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103513

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Advancing pediatric organ dose assessment in radioiodine therapy with ICRP pediatric mesh-type reference computational phantoms

Chansoo Choi[a], Bangho Shin[a], Soo Min Lee[b], Yeon Soo Yeom[b,*]

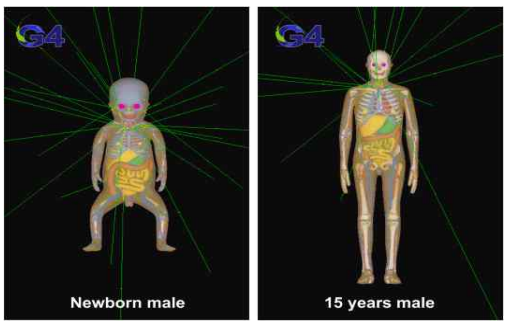
[a] J. Crayton Pruitt Family Department of Biomedical Engineering, University of Florida, Gainesville, FL, USA
[b] Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

ARTICLE INFO

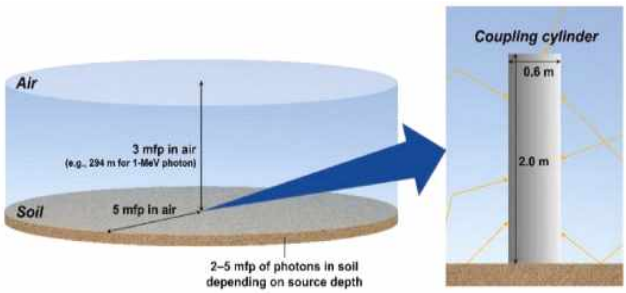
Keywords:
Iodine-131
S values
ICRP-156 pediatric phantoms
Monte Carlo simulation
Pediatric patients
Internal dosimetry

ABSTRACT

The present study provides updated S values ($r_T \leftarrow$ thyroid) for 30 radiosensitive organs/tissues for pediatric patients undergoing radioiodine therapy with iodine-131, utilizing the pediatric mesh-type reference computational phantoms (MRCPs) very recently released by the International Commission on Radiological Protection (ICRP) in ICRP Publication 156. These MRCPs represent substantial anatomical and geometric advancements over previous pediatric voxel-type reference computational phantoms (VRCPs) of ICRP Publication 143, with refined thyroid positioning and sizing, along with enhancements in various organs/tissues (e.g., skeletal system and lung airway). These improvements resulted in dose differences of up to a factor of six, especially in organs/tissues adjacent to the thyroid, compared to the VRCPs. Furthermore, age-based analyses revealed that younger (and therefore smaller-bodied) phantoms generated higher dose estimates. Gender-based analyses also showed differences at age 15, primarily due to the smaller body size of the female phantom. These findings underscore the MRCPs' potential to improve accuracy in organ dose calculations for pediatric patients, facilitating safer, more precise applications in radioiodine therapy and advancing methodologies in health risk assessment.



<table>
<tr><td></td><td colspan="6">〈게재 현황 및 대표 그림〉</td></tr>
<tr><td rowspan="8">8</td><td rowspan="7">염연수</td><td rowspan="7"></td><td rowspan="7">이공계열</td><td rowspan="7">방사선 방호</td><td rowspan="7">저널 논문</td><td>최지원, 이유미, 신방호, 최찬수</td></tr>
<tr><td>Korean-specific dose coefficients for external environmental exposures: soil contamination</td></tr>
<tr><td>Nuclear Engineering and Technology</td></tr>
<tr><td>56(10), 4375-4383</td></tr>
<tr><td>2024. 10</td></tr>
<tr><td>SCI(E), 2024 IF: 2.6</td></tr>
<tr><td colspan="6">. 우수성: 본 논문은 2024년 10월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.6) 저널에 게재되었으며, JCR impact factor에서 사분위 중 Q1에 해당함.
. 창의/혁신성: 기존 ICRP 선량계수가 서구인의 기준에 머물렀다는 한계를 극복하고, 한국인의 신체적 특성과 토양 환경을 반영한 새로운 외부피폭 선량평가 체계를 구축한 선도적 연구임.
. 비전 부합성: 본 연구는 방사선방호 분야의 국가 표준 확립을 위한 기반 기술을 강화함으로써, 미래가치를 선도할 혁신적 연구역량 확보라는 연구팀의 비전에 부합하는 성과임.
. 분야 기여: 인종 간 해부학적 차이로 인한 정확한 선량 평가의 불확실성 해소는 방사선 방호 분야에서 핵심적으로 해결해야 할 과제임. 본 연구는 한국인의 신체 및 환경 특성을 반영한 외부피폭 선량계수를 제시함으로써, 기존 서구 중심의 선량평가 체계의 한계를 보완하고 인종에 따른 방사선 방호 기준 확립의 가능성을 제시하였음. 이를 통해 본 연구팀은 국제적으로 방사선방호 분야의 선도적 연구 역량을 인정받는 계기를 마련하였음.
. 산업/사회 기여: 본 연구는 한국인의 신체 및 토양 환경을 반영한 외부피폭 선량계수를 제시함으로써, 국민의 실제 생활환경에서의 방사선 피폭을 보다 정확하게 평가할 수 있는 기반을 마련한 연구임. 이를 통해 환경 방사선 안전관리 및 규제 기준의 과학적 정당성 확보에 기여하였음.

Nuclear Engineering and Technology 56 (2024) 4375–4383
Contents lists available at ScienceDirect
Nuclear Engineering and Technology
journal homepage: www.elsevier.com/locate/net
Original Article
Korean-specific dose coefficients for external environmental exposures: Soil contamination
Ji Won Choi, Yumi Lee, Bangho Shin, Chansoo Choi, Yeon Soo Yeom
ARTICLE INFO
ABSTRACT
In this study, we first produced the Korean-specific dose coefficients (DCs) for soil contamination using the Mesh-type Reference Korean Phantoms (MRKPs). The Korean DCs were compared with the values in ICRP Publication 144 produced using the Caucasian-based ICRP reference phantoms to investigate dosimetric impact due to the racial difference (Korean/Asian vs Caucasian). Monte Carlo dose calculations using the Geant4 code were conducted where the photon and electron sources in the phase-space data used for the ICRP-144 DC calculations were irradiated to the MRKPs. For photons, the organ DCs of the MRKPs showed a good agreement with the ICRP-144 DCs (deviations <20 %) for most energies, while significant differences at energies below 0.05 MeV were observed by up to a factor of 55.6 (thymus at 0.015 MeV). For electrons, notable differences in the organ DCs were observed the overall energy region (deviations >20 % for most cases). The effective DCs of the MRKPs showed an excellent agreement with the ICRP-144 DCs for photons (deviations <16 %), whereas notable differences by up to 1.7 times (0.05 MeV) were observed for electrons. The Korean DCs for soil contamination will be beneficially used in dose estimates for Koreans especially in risk assessments.
 

〈게재 현황 및 대표 그림〉</td></tr>
<tr><td rowspan="7">9</td><td rowspan="6">정용현</td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6">이공계열</td><td rowspan="6">방사선 기술</td><td rowspan="6">저널 논문</td><td>정윤수, 최형주, 민철희</td></tr>
<tr><td>Radiation damage evaluation of YSECT v.2 for spent nuclear fuel inspection in wet storage facility</td></tr>
<tr><td>Nuclear Engineering and Technology</td></tr>
<tr><td>103337</td></tr>
<tr><td>2025.05</td></tr>
<tr><td>SCI(E), 2024 IF: 2.6</td></tr>
<tr><td colspan="6">. 우수성: 본 논문은 2025년 5월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.6) 저널에 게재되었으며,</td></tr>
</table>

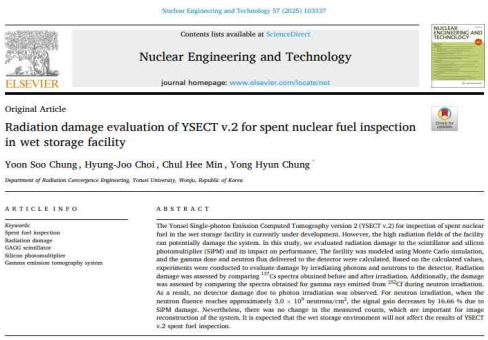
JCR impact factor 상위 17%에 해당함.

. **창의/혁신성**: 시설 방사선장 산정→검출기 응답 계측→열화 판단까지를 하나의 스펙트럼 기반 진단 프로토콜로 체계화했음. 임계 플루언스와 이득 저하율을 설계 경계치로 제시해 차폐, 배치, 교정 주기를 정량적으로 결정할 수 있게 됨.

. **비전 부합성**: 방사선 전문성(M), 국제화(I), 연구혁신(R), 산학협력(A), 교육고도화(E)에 맞춰 수송해석-검출기 물리-신호평가를 통합한 실험・해석 워크플로를 제시함. 재현 가능한 절차와 지표 공개로 교육・현장 실습에 바로 이식 가능하며, 국제 비교・공동연구의 공통 기준을 제공함.

. **분야 기여**: GAGG:Ce-SiPM 조합의 광자 안전성과 중성자 민감 임계치를 분리 정량화해 습식저장조용 감마 토모그래피/검사 시스템의 성능・내구성 벤치마크를 마련했음. 계수 안정성이 확인되어 영상 재구성 품질과 결함 검출 민감도 유지 가능성을 뒷받침함.

. **산업/사회 기여**: 제시된 수치에 근거해 거리・체류시간・차폐・교정 정책을 합리화함으로써 장비 가용성을 높이고 작업자 피폭・접근을 줄임. 현장 표준화와 규제 대응을 지원하며, SNF 비접촉 검사 체계의 안정적 운영과 기술 확산에 기여함.


Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103337

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Radiation damage evaluation of YSECT v.2 for spent nuclear fuel inspection in wet storage facility

Yoon Soo Chung, Hyung-Joo Choi, Chul Hee Min, Yong Hyun Chung

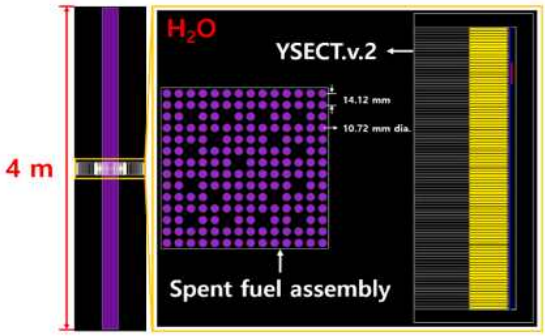
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Spent fuel inspection
Radiation damage
GAGG scintillator
Silicon photomultiplier
Gamma emission tomography system

ABSTRACT

The Yonsei Single-photon Emission Computed Tomography version 2 (YSECT v.2) for inspection of spent nuclear fuel in the wet storage facility is currently under development. However, the high radiation fields of the facility can potentially damage the system. In this study, we evaluated radiation damage to the scintillator and silicon photomultiplier (SiPM) and its impact on performance. The facility was modeled using Monte Carlo simulation, and the gamma dose and neutron flux delivered to the detector were calculated. Based on the calculated values, experiments were conducted to evaluate damage by irradiating photons and neutrons to the detector. Radiation damage was assessed by comparing ^{137}Cs spectra obtained before and after irradiation. Additionally, the damage was assessed by comparing the spectra obtained for gamma rays emitted from ^{241}Cf during neutron irradiation. As a result, no detector damage due to photon irradiation was observed. For neutron irradiation, when the neutron fluence reaches approximately 3.0×10^{7} neutrons/cm^2, the signal gain decreases by 16.66 % due to SiPM damage. Nevertheless, there was no change in the measured counts, which are important for image reconstruction of the system. It is expected that the wet storage environment will not affect the results of YSECT v.2 spent fuel inspection.



<게재 현황 및 대표 그림>

10	정용현	10169170	이공계열	방사선 기술	저널 논문	이성연, 강인수, 백민규, 정윤수, 강주완
						Design of a new muon tomography system using a three-layered tacker
						Nuclear Engineering and Technology
						103368
						2025.05
						SCI(E), 2024 IF: 2.6

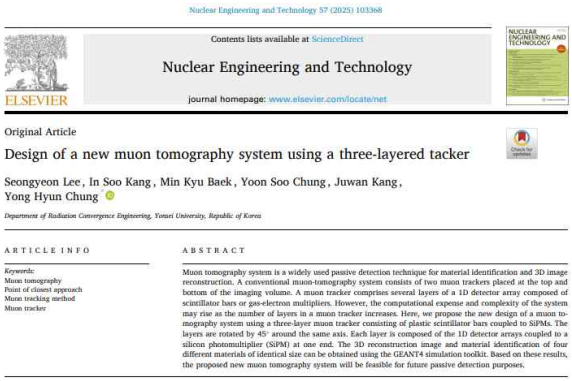
. **우수성**: 본 논문은 2025년 5월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.6) 저널에 게재되었으며, JCR impact factor 상위 17%에 해당함.

. **창의/혁신성**: 기존 뮤온 토모그래피는 피사체의 위・아래에 트래커 두 개를 배치하고, 각 트래커를 다층의 1차원 검출기 어레이로 구성하는 방식이 보편적이었음. 그러나 층이 늘어날수록 연산 부담과 시스템 복잡도가 커지는 한계가 있어 본 연구는 SiPM과 결합된 플라스틱 섬광막대를 이용해 세 겹(three-layer) 구조의 뮤온 트래커를 구성하고, 이를 기반으로 한 새로운 뮤온 토모그래피 시스템 설계를 제안함.

. **비전 부합성**: 세 겹 트래커의 간결한 기하와 PoCA 중심의 경량 복원은 현장 적용성과 유지관리성을 강화하여 실용적 성과 창출을 지향하는 기관의 발전목표와 부합함.

. **분야 기여**: 본 연구를 통해 개발된 센서 네트워크 및 인공지능을 이용한 위치추적 시스템은 작업자가 직접적으로 접근하기 난해한 장소의 다목적 환경감시 용도로 활용될 수 있으며, 다수의 센서 네트워크를 이용한 환경감시 용도 등의 후속연구로 발전이 가능함.

. **산업/사회 기여**: 연구 성과는 화물・보안 검색, 사용후핵연료/저장체 모니터링, 중요 인프라 점검 등 비파괴・저전력 상시 감시가 필요한 현장에서 활용될 수 있음. 고선원 없이 운용 가능하고 시스템이 단순해 현장 배치성과 운용 안정성이 높다는 장점이 있어, 안전・보안 분야의 사회적 불안 해소와 산업적 파급효과에 기여할 수 있음.



Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103368

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Design of a new muon tomography system using a three-layered tacker

Seongyeon Lee, In Soo Kang, Min Kyu Baek, Yoon Soo Chung, Juwan Kang, Yong Hyun Chung

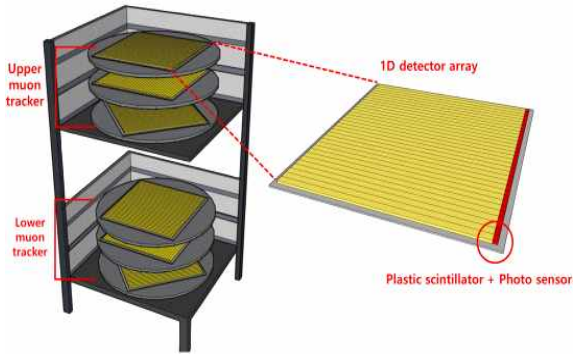
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Muon tomography
Point of closest approach
Muon tracking method
Muon tracker

ABSTRACT

Muon tomography system is a widely used passive detection technique for material identification and 3D image reconstruction. A conventional muon-tomography system consists of two muon trackers placed at the top and bottom of the imaging volume. A muon tracker comprises several layers of a 1D detector array composed of scintillator bars or gas-electron multipliers. However, the computational expense and complexity of the system may rise as the number of layers in a muon tracker increases. Here, we propose the new design of a muon tomography system using a three-layer muon tracker consisting of plastic scintillator bars coupled to SiPMs. The layers are rotated by 45° around the same axis. Each layer is composed of the 1D detector arrays coupled to a silicon photomultiplier (SiPM) at one end. The 3D reconstruction image and material identification of four different materials of identical size can be obtained using the GEANT4 simulation toolkit. Based on these results, the proposed new muon tomography system will be feasible for future passive detection purposes.



<게재 현황 및 대표 그림>

11	정용현		이공계열	방사선 기술	저널 논문

정윤수, 최형주, 민철희
Preliminary results of a spent nuclear fuel internal tomography (SFIT) system
Nuclear Engineering and Technology
103415
2025.06
SCI(E), 2024 IF: 2.6

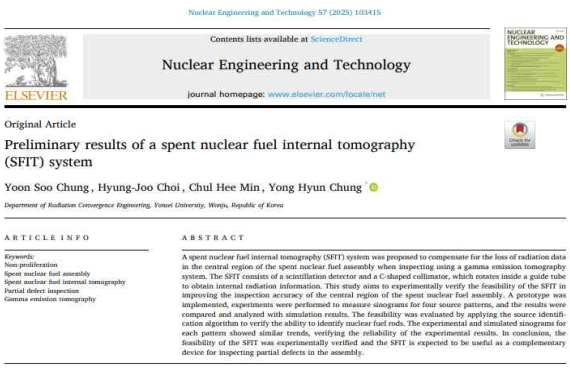
. **우수성**: 본 논문은 2025년 6월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.6) 저널에 게재되었으며, JCR impact factor 상위 17%에 해당함.

. **창의/혁신성**: 가이드 튜브 내부에서 회전하는 C형 콜리메이터-섬광 검출기 기반의 소구경 삽입형 프로브를 설계・제작하여 내부 시노그램을 직접 수집했고, 네 가지 소스 패턴에서 실측 데이터가 모사 결과와 정성적으로 부합함. 수집 데이터에 소스 식별 알고리즘을 적용해 연료봉 식별 가능성을 시연하며, 외부 회전식 GET에 내부 보완 채널을 결합하는 하이브리드 운용 틀을 제안했음.

. **비전 부합성**: 비파괴 분석 및 비확산 보장을 위한 정밀 계측 고도화라는 학술・규제 목표에 부합하고, guide tube 활용을 전제로 한 현장 친화적 설계를 통해 실용 적용 가능성을 뚜렷이 제시함.

. **분야 기여**: 프로토타입→시노그램 취득→전산모사 비교→식별 평가로 이어지는 절차를 정식화하여, 중앙부 partial defect 검출 향상을 위한 보완 감지 채널로서 SFIT의 유효성을 입증함. 더불어 SFIT의 GET 병행 투입을 검토할 수 있는 시스템 수준의 참조 기준을 제공함.

. **산업/사회 기여**: 연료집합체 중앙 영역 정보 공백을 메워 검사 신뢰도를 높이고, 결함・재배치 등 이상 이벤트에 대한 민감도를 향상시킴. 외부 GET에 저침습 내부 센서를 접목하는 운용 구상은 실장 용이성과 시간・설비 제약 완화를 통해 안전관리와 규제 대응 효율을 동시에 개선함.



Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103415

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Preliminary results of a spent nuclear fuel internal tomography (SFIT) system

Yoon Soo Chung, Hyung-Joo Choi, Chul Hee Min, Yong Hyun Chung

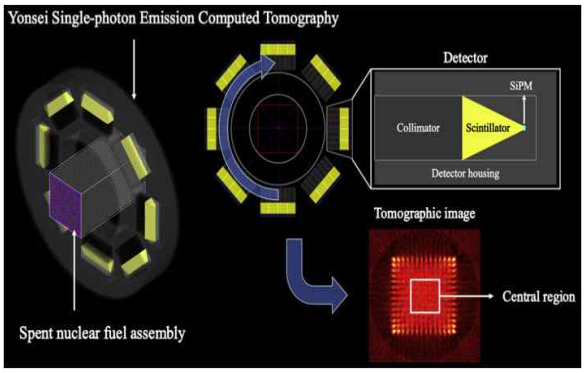
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Non-proliferation
Spent nuclear fuel assembly
Spent nuclear fuel internal tomography
Partial defect inspection
Gamma emission tomography

ABSTRACT

A spent nuclear fuel internal tomography (SFIT) system was proposed to compensate for the loss of radiation data in the central region of the spent nuclear fuel assembly when inspecting using a gamma emission tomography system. The SFIT consists of a scintillation detector and a C-shaped collimator, which rotates inside a guide tube to obtain internal radiation information. This study aims to experimentally verify the feasibility of the SFIT in improving the inspection accuracy of the central region of the spent nuclear fuel assembly. A prototype was implemented, experiments were performed to measure sinograms for four source patterns, and the results were compared and analyzed with simulation results. The feasibility was evaluated by applying the source identification algorithm to verify the ability to identify nuclear fuel rods. The experimental and simulated sinograms for each pattern showed similar trends, verifying the reliability of the experimental results. In conclusion, the feasibility of the SFIT was experimentally verified and the SFIT is expected to be useful as a complementary device for inspecting partial defects in the assembly.



<게재 현황 및 대표 그림>

조효성		이공계열	방사선 영상학	저널 논문	이종혁, 임현우, 조상현, 서창우, 차보경, 조효성
					Analytic sparse-view CBCT reconstruction using a novel sinogram restoration method based on higher-order Fouirer harmonic peak
					Journal of Instrumentation
					19/11/C11001
					2024.11
					SCI(E), 2024 IF: 1.3

12

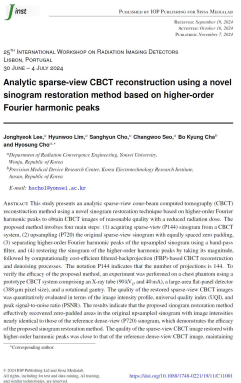
. **우수성**: 제안된 희소 뷰(cone-beam CT) 복원 기법은 고차 푸리에 조화 성분을 이용해 제한된 투사 데이터에서도 고품질 영상을 재현함으로써, 기존 FBP 기반 CBCT의 화질 저하 문제를 효과적으로 개선함. 실험 결과, 영상 품질 지표(UQI, PSNR)에서 각각 약 1.3배, 1.2배 향상된 성능을 달성함.

. **창의/혁신성**: 전통적인 보간 또는 학습 기반 복원 대신, 고차 조화 피크(Higher-order harmonic peaks)를 활용한 새로운 주파수영역 기반 sinogram 복원 알고리즘을 제안하여 희소 투사 CBCT의 구조적 결손을 물리적으로 복원함. 계산 효율성과 영상 품질을 동시에 확보한 독창적 접근임.

. **비전 부합성**: 저선량・고효율 영상을 구현함으로써, 환자 피폭 저감 및 진단 효율 향상이라는 미래 의료영상 기술의 핵심 비전과 부합함. 방사선 융합 기술의 임상 적용 가능성을 확장하는 연구임.

. **분야 기여**: 푸리에 조화 성분을 이용한 sinogram 복원 원리를 CT 재구성에 도입함으로써, 희소 투사 복원 이론 및 주파수 분석 기반 CT 영상 복원 연구의 새로운 방향을 제시함. 또한 FBP 알고리즘의 한계를 수학적 보완 방식으로 확장함.

. **산업/사회 기여**: 저비용・저연산으로도 고품질 영상을 복원할 수 있어, 치과용・흉부용 CBCT 등 상용 의료영상 장비의 저선량화 및 고속화에 직접 응용 가능함. 방사선 안전성과 의료 효율성을 동시에 향상시켜 임상 및 산업적 파급효과가 큼.



Published by IOP Publishing for Sissa Medialab

Received September 19, 2024
Accepted October 16, 2024
Published November 7, 2024

25th International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024

Analytic sparse-view CBCT reconstruction using a novel sinogram restoration method based on higher-order Fourier harmonic peaks

Jonghyok Lee,[a] Hyunwoo Lim,[a] Sanghyun Cho,[a] Changwoo Seo,[b] Bo Kyung Cha[b] and Hyosung Cho[a,*]

[a] Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea
[b] Precision Medical Device Research Center, Korea Electrotechnology Research Institute, Ansan, Republic of Korea

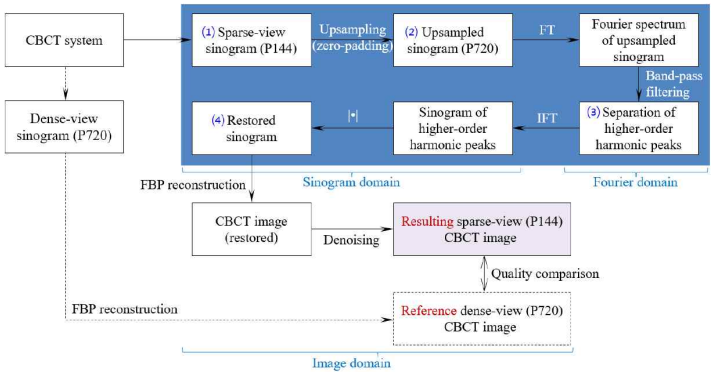
E-mail: hscho1@yonsei.ac.kr

Abstract: This study presents an analytic sparse-view cone-beam computed tomography (CBCT) reconstruction method using a novel sinogram restoration technique based on higher-order Fourier harmonic peaks to obtain CBCT images of reasonable quality with a reduced radiation dose. The proposed method involves four main steps: (1) acquiring sparse-view (P144) sinogram from a CBCT system, (2) upsampling (P720) the original sparse-view sinogram with equally spaced zero padding, (3) separating higher-order Fourier harmonic peaks of the upsampled sinogram using a band-pass filter, and (4) restoring the sinogram of the higher-order harmonic peaks by taking its magnitude, followed by computationally cost-efficient filtered-backprojection (FBP)-based CBCT reconstruction and denoising processes. The notation P144 indicates that the number of projections is 144. To verify the efficacy of the proposed method, an experiment was performed on a chest phantom using a prototype CBCT system comprising an X-ray tube (90 kV$_p$ and 40 mA), a large-area flat-panel detector (388 μm pixel size), and a rotational gantry. The quality of the restored sparse-view CBCT images was quantitatively evaluated in terms of the image intensity profile, universal quality index (UQI), and peak signal-to-noise ratio (PSNR). The results indicate that the proposed sinogram restoration method effectively recovered zero-padded areas in the original upsampled sinogram with image intensities nearly identical to those of the reference dense-view (P720) sinogram, which demonstrates the efficacy of the proposed sinogram restoration method. The quality of the sparse-view CBCT image restored with higher-order harmonic peaks was close to that of the reference dense-view CBCT image, maintaining

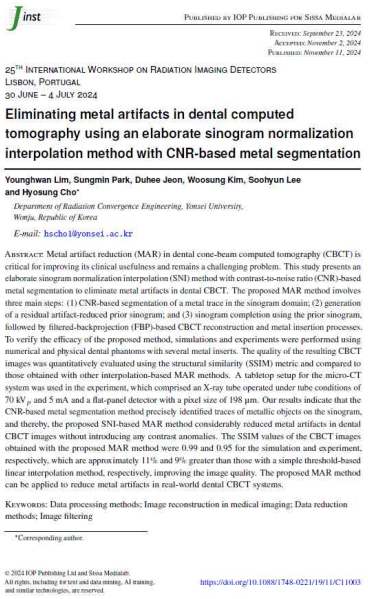
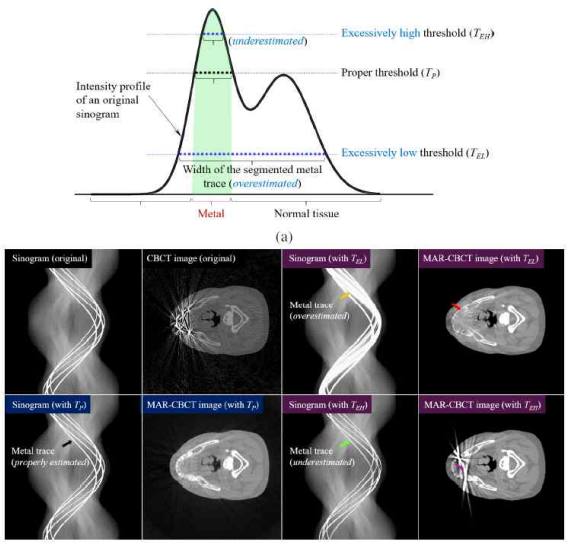
* Corresponding author.

© 2024 IOP Publishing Ltd and Sissa Medialab. All rights, including in text and data mining, AI training, and similar technologies, are reserved.

https://doi.org/10.1088/1748-0221/19/11/C11001



<table>
<tr><td></td><td colspan="6">〈게재 현황 및 대표 그림〉</td></tr>
<tr><td rowspan="7">13</td><td rowspan="7">조효성</td><td rowspan="7"></td><td rowspan="7">이공계열</td><td rowspan="7">방사선
영상학</td><td rowspan="7">저널
논문</td><td>임영환, 박성민, 전두희, 김우성, 이수현, 조효성</td></tr>
<tr><td>Eliminating metal artifacts in dental computed tomography using an elaborate sinogram normalization interpolation method with CNR-based metal segmentation</td></tr>
<tr><td>Journal of Instrumentation</td></tr>
<tr><td>19/11/C11003</td></tr>
<tr><td>2024.11</td></tr>
<tr><td>SCI(E), 2024 IF: 1.3</td></tr>
<tr><td colspan="7">. 우수성: 본 논문은 2024년 Journal of Instrumentation(IF 1.3)에 게재되었으며, 시뮬레이션 및 정량 평가를 통해 동일 조건 대비 영상 품질을 향상함.
. 창의/혁신성: 임계값을 활용한 금속 분할방법이 아닌 금속 주변부의 대비 차이를 활용하여 정밀 금속 분할방법을 제안하였으며, 이를 통해 Metal artifacts reduction(MAR) 결과의 품질을 향상함.
. 비전 부합성: 대비 기반 정밀 금속 분할로 아티팩트를 안정적으로 억제했으며, 그 결과 재촬영 감소와 판독 효율 향상을 통해 의료영상 품질 고도화 비전에 부합함.
. 분야 기여: 기존 MAR 기법의 한계를 보완할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하였으며, 의료 영상 화질 개선에 기여함.
. 산업/사회 기여: Metal artifacts로 인한 진단 방해 요소를 줄여 재촬영 및 판독의 부담을 줄이며 진료 효율을 높일 수 있음.

 
Jinst
Published by IOP Publishing for Sissa Medialab
Received: September 23, 2024
Accepted: November 2, 2024
Published: November 11, 2024
25TH International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024
Eliminating metal artifacts in dental computed tomography using an elaborate sinogram normalization interpolation method with CNR-based metal segmentation
Younghwan Lim, Sungmin Park, Duhee Jeon, Woosung Kim, Soohyun Lee and Hyosung Cho*
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea
E-mail: hscho1@yonsei.ac.kr
Abstract: Metal artifact reduction (MAR) in dental cone-beam computed tomography (CBCT) is critical for improving its clinical usefulness and remains a challenging problem. This study presents an elaborate sinogram normalization interpolation (SNI) method with contrast-to-noise ratio (CNR)-based metal segmentation to eliminate metal artifacts in dental CBCT. The proposed MAR method involves three main steps: (1) CNR-based segmentation of a metal trace in the sinogram domain; (2) generation of a residual artifact-reduced prior sinogram; and (3) sinogram completion using the prior sinogram, followed by filtered-backprojection (FBP)-based CBCT reconstruction and metal insertion processes. To verify the efficacy of the proposed method, simulations and experiments were performed using numerical and physical dental phantoms with several metal inserts. The quality of the resulting CBCT images was quantitatively evaluated using the structural similarity (SSIM) metric and compared to those obtained with other interpolation-based MAR methods. A tabletop setup for the micro-CT system was used in the experiment, which comprised an X-ray tube operated under tube conditions of 70 kV$_p$ and 5 mA and a flat-panel detector with a pixel size of 198 μm. Our results indicate that the CNR-based metal segmentation method precisely identified traces of metallic objects on the sinogram, and thereby, the proposed SNI-based MAR method considerably reduced metal artifacts in dental CBCT images without introducing any contrast anomalies. The SSIM values of the CBCT images obtained with the proposed MAR method were 0.99 and 0.95 for the simulation and experiment, respectively, which are approximately 11% and 9% greater than those with a simple threshold-based linear interpolation method, respectively, improving the image quality. The proposed MAR method can be applied to reduce metal artifacts in real-world dental CBCT systems.
Keywords: Data processing methods; Image reconstruction in medical imaging; Data reduction methods; Image filtering
*Corresponding author.
© 2024 IOP Publishing Ltd and Sissa Medialab. All rights, including for text and data mining, AI training, and similar technologies, are reserved.
https://doi.org/10.1088/1748-0221/19/11/C11003
2024 JINST 19 C11003

</td></tr>
<tr><td colspan="7">〈게재 현황 및 대표 그림〉</td></tr>
<tr><td rowspan="2">14</td><td rowspan="2">조효성</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">이공계열</td><td rowspan="2">방사선
영상학</td><td rowspan="2">저널
논문</td><td>김우성, 심지용, 전두희, 임영환, 이수현, 김규석, 박철규, 조효성</td></tr>
<tr><td>Minimizing inconsistencies in gray values in small field-of-view dental computed tomography by modulating reconstruction filter intensity: simulation study</td></tr>
</table>

						Journal of Instrumentation
						19/12/C12020
						2024.12
						SCI(E), 2024 IF: 1.3

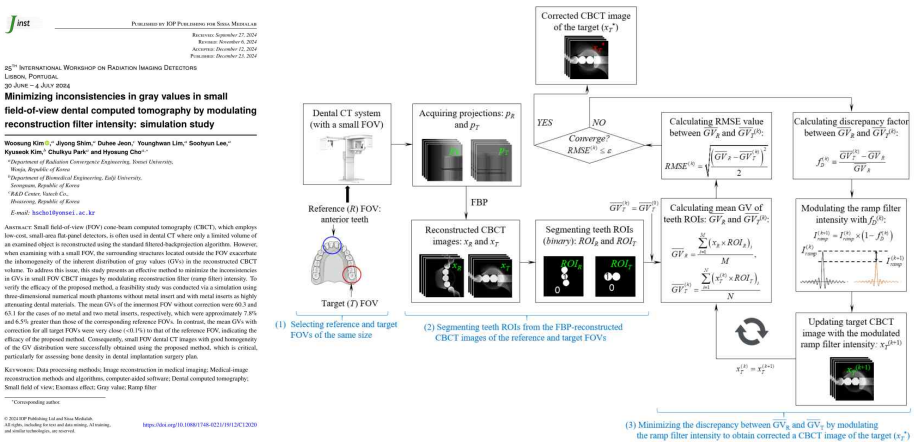
. **우수성**: 본 논문을 통해 치과용 Small-FOV CBCT에서 스캔 위치에 따른 평균 CT Number 편차를 줄이는 방법을 제안하였음. Small-FOV CBCT는 스캔 위치에 따라 최대 10% 평균 CT Number 차이를 보였지만, 제안하는 보정 방법을 통한 결과는 0.1% 이내 차이를 보이며, 연구의 우수성과 타당성을 입증함.

. **창의/혁신성**: Small-FOV CBCT imaging에서 스캔 위치에 따른 평균 CT Number 차이를 보정하는 방법은 팬텀 기반 방법과 촬영 설정을 변경하는 방식이 제안되어 왔지만, 이는 일반화가 힘들다는 단점이 있었음. 본 논문에서 제안하는 방법은 위 문제를 해결할 수 있는 최초의 Software 기반의 방법으로, 일반화에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.

. **비전 부합성**: CT 분야에서 중요한 과제 중 하나인 환자의 피폭 선량을 저감하면서 영상의 질을 보존할 수 있는 방법을 제안함으로써, 차세대 Quantitative CT 개발에 기여함.

. **분야 기여**: CT 분야에서 FOV를 줄이는 방법은 환자의 총 선량을 줄일 수 있는 효과적인 방법 중 하나이지만, 정량적인 영상의 질이 낮아지는 문제점이 있음. 본 방법은 일반화가 가능한 Software 기반의 방식을 최초로 제안함으로써 높은 활용도가 예상됨.

. **산업/사회 기여**: 최근 치과용 X-ray CT 분야에서 주목받는 문제점을 일반화 가능한 방법으로 해결하였다는 점에서 파급 효과가 클 것으로 기대됨.



<게재 현황 및 대표 그림>

15	조효성		이공계열	방사선 영상학	저널 논문	이종혁, 임현우, 이헌우, 전두희, 조효성
						Design of an asymmetric window function in single grid-based dark-field X-ray imaging for ensuring improved image quality
						NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS SPECTROMETERS DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT
						26(3), 356-362
						2025.01
						SCI(E), 2020 IF: 1.4

. **우수성**: 제안된 비대칭 직사창(window) 함수는 단일 격자 기반 X선 다크필드 영상의 주파수 중첩

문제를 효과적으로 제거하여, 영상 대비 및 해상도를 동시에 향상시킴. 실험적으로 기존 대비 4.3배 높은 CNR을 달성함으로써 기술적 우수성을 입증함.

. **창의/혁신성**: 기존 대칭 윈도우 함수를 단순 수정한 것이 아니라, 1차 고조파 성분만을 선택적으로 추출하는 비대칭 윈도우 구조를 새롭게 설계하여 주파수 영역의 간섭 문제를 근본적으로 해결함. Fourier 기반 SG-DFXI에서 최초로 적용된 혁신적 신호 분리 접근법임.

. **비전 부합성**: 본 연구팀의 비전 중 하나는 의료방사선 분야의 첨단 기술 개발과 혁신을 선도하는 것임. 저선량・단일 노출 기반의 비간섭성 X선 영상 기술을 정량화함으로써, 고품질 저피폭 의료영상 및 산업용 비파괴 검사 자동화에 기여하는 미래 방사선융합 영상 기술의 발전 방향과 부합함.

. **분야 기여**: SG-DFXI 영상의 핵심 한계였던 스펙트럼 중첩 문제를 수학적 윈도우 설계로 정량적으로 해결함으로써, Fourier 기반 영상 복원 이론 및 다크필드 영상 해석 분야에 새로운 분석 프레임워크를 제시함.

. **산업/사회 기여**: 복잡한 간섭계 없이도 고해상도의 산란 정보를 획득할 수 있어, 의료 진단 영상, 식품・소재 결함 검사, 문화재 분석 등 다양한 산업 분야에서 활용 가능성이 높음. 저비용・고효율 영상 시스템으로 산업적 파급력이 큼.

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 1070 (2025) 170070

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A

journal homepage: www.elsevier.com/locate/nima

Design of an asymmetric window function in single grid-based dark-field X-ray imaging for ensuring improved image quality

Jonghyeok Lee, Hyunwoo Lim, Hunwoo Lee, Dubee Jeon, Hyosung Cho

Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, 26493, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Dark-field X-ray imaging
X-ray grid
Single-shot measurement imaging
Spectral-overlap artifacts
Window function

ABSTRACT

Single grid-based dark-field X-ray imaging (SG-DFXI) is a single-exposure, non-interferometric technique used to obtain dark-field images using a microfocus X-ray source and a commercial X-ray grid. It requires minimal exposure and minimal system setup for potential medical and industrial applications. However, dark-field images are often distorted by the image artifacts caused by spectral overlap of adjacent harmonic peaks in the Fourier spectrum when an X-ray grid is used. This can degrade the SG-DFXI quality. In this study, we designed a new type of asymmetric window function to selectively extract the first-order harmonic peak and reconstruct the corresponding harmonic image, avoiding spectral-overlap artifacts and improving image resolution. An experiment was conducted on test samples of a cookie (attached to a piece of wooden chopstick) and a medication pattern using a tabletop setup to demonstrate the efficacy of the proposed asymmetric window function. Our experimental results indicate that the asymmetric window function effectively eliminated spectral overlap artifacts and improved the image quality of the cookie and medication pattern. The contrast-to-noise ratio of the dark-field image obtained using the asymmetric window function with a partial window factor of PF = 0.26 was approximately 12.8, which represents a 4.3-fold improvement over the image using the symmetric window function, demonstrating the efficacy of the proposed window function.

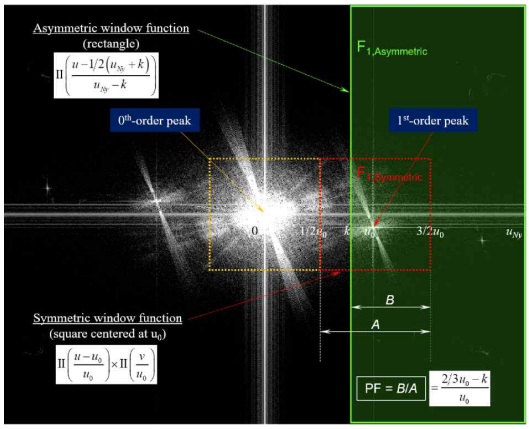
1. Introduction

Over the past decade, the application of grating-based dark-field X-ray imaging (DFXI) in medical and biomedical fields has opened new avenues for X-ray imaging [1–2]. DFXI is an emerging technology that can be used to obtain micro- and nano-structural information related to small-angle X-ray scattering (SAXS) and sharp-edge effects of a sample under investigation [3,4]. This technique is specifically utilized to distinguish materials with low absorption contrast. Thus, it can be used to acquire diagnostic information that cannot be obtained using conventional X-ray imaging. However, grating-based DFXI requires specialized high-precision gratings, mechanical phase stepping, and careful alignment. Furthermore, fabricating large-area gratings, particularly for medical and industrial applications, remains challenging.

Recently, Wen et al. developed a variant of the grating-based DFXI called single-shot DFXI (SS-DFXI) [5,6]. SS-DFXI requires only one grating, the use of expensive X-ray grids available at an economical price in the commercial market. Compared with grating-based DFXI, SG-DFXI requires a single X-ray grid and a single exposure. Thus, the complexity of the system setup and radiation dose can be low. SG-DFXI is a non-interferometric technique for obtaining dark-field images using the spatial harmonic imaging (SHI) technique with a microfocus X-ray source and a typical X-ray grid. Various studies on the SG-DFXI have recently been conducted [6–11]. However, dark-field images are often distorted by image artifacts caused by the spectral overlap of adjacent harmonic peaks in the Fourier spectrum when an X-ray grid is used. This can degrade the image quality of SG-DFXI. Previous studies have shown that increasing magnification of the sample and applying motion blur can limit the maximal spatial frequency of the sample, thereby reducing spectral-overlap artifacts [2,5,12]. However, increasing magnification of the sample reduces the field of view and decreases geometric sensitivity for dark-field signal. Additionally, while a motion-blurring technique has been proposed to eliminate spectral-overlap artifacts, this approach introduces blurring issues and requires additional motion-controlling equipment. Wen et al. [5] proposed a window function based on a cosine window function that was applied asymmetrically to the first-order harmonic peak to extract its corresponding harmonic image, avoiding spectral-overlap artifacts. We conducted an experimental using a tabletop

* Corresponding author.
E-mail address: hscho1@yonsei.ac.kr (H. Cho).

https://doi.org/10.1016/j.nima.2024.170070
Received 20 July 2023; Received in revised form 1 November 2024; Accepted 3 November 2024
Available online 5 November 2024
0168-9002/© 2024 Elsevier B.V. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



<게재 현황 및 대표 그림>

16	조효성		이공계열	방사선 영상학	저널 논문	박지원, 전두희, 한서희, 김우성, 박성민, 조효성
						Radiographic restoration technique based on a simple scatter-and-noise degradation model to enhance image visibility in cone-beam computed tomography systems using an offset detector
						Journal of Instrumentation
						20/02/C02042
						2025.02
						SCI(E), 2024 IF: 1.3

. **우수성**: 해당 논문은 Journal of Instrumentation (JINST)에 게재되었으며, 계측・의료영상 시스템 분야의 SCIE 등재 국제 학술지로서 학문적 신뢰성과 가시성을 갖춘 저널임. 오프셋 검출기를 사용하는 CBCT에서 산란・잡음 열화 문제를 정면으로 다룬 연구를 국제 저널에 발표함으로써 연구의 우수성과 타당성을 입증함.

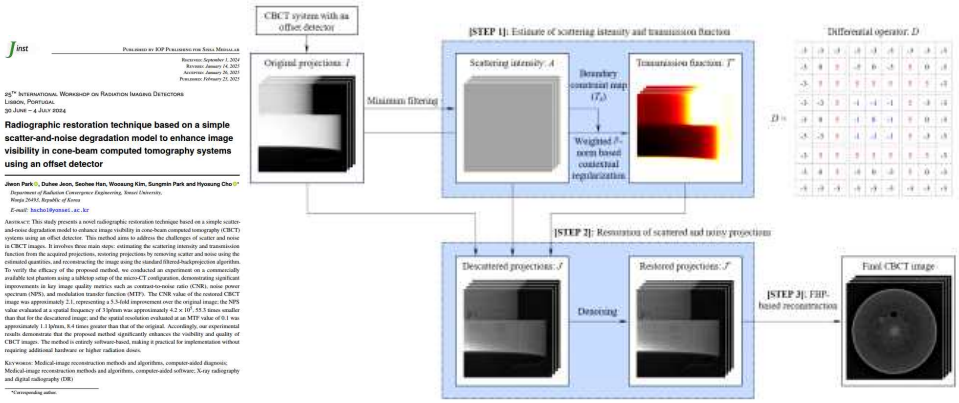
. **창의/혁신성**: 본 연구는 단순 산란-잡음 열화(simple SND) 모델을 도입하여 투사선별 산란 세기와 전송함수를 추정하고, 이를 이용해 추가 하드웨어나 선량 증가 없이 투사영상을 복원한 뒤 표준

FBP로 재구성하는 순수 소프트웨어 기반 복원 기법을 제안함.

. **비전 부합성**: 연구팀의 비전인 저선량·고품질 의료방사선 영상 기술의 선도와 부합함. 제안 기법은 기존 시스템에 소프트웨어적으로 이식 가능한 모듈형 알고리즘 파이프라인으로 구현되어, 임상·연구 환경에서의 실용적 확산과 차세대 영상 복원 기술 개발이라는 비전에 기여함.

. **분야 기여**: 상용 테스트 팬텀 기반 실험에서 영상 품질 지표가 유의하게 향상되었음.

. **산업/사회 기여**: 제안 기법은 완전 소프트웨어 방식으로 기존 CBCT 장비에 부가 설치가 가능하므로 비용-효율성이 높고, 선량을 늘리지 않고도 영상 가시성을 개선하여 환자 안전과 진단·치료 계획의 정확도를 향상시킬 잠재력을 지님.



<게재 현황 및 대표 그림>

17

조효성		이공계열	방사선 영상학	저널 논문

Wenting Xu, 김우성, 전두희, 조효성
Low-dose computed tomography denoising via hybrid transformer and residual dense network
Journal of Instrumentation
20/03/C03013
2025.03
SCI(E), 2024 IF: 1.3

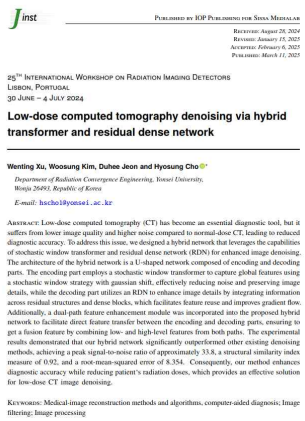
· **우수성**: Journal of Instrumentation(SCI(E)) 게재. JCR 2025 기준 JIF 1.3, 분야 Q4 등급으로 동료평가를 통해 학문적 타당성과 재현성 인정됨.

· **창의/혁신성**: 트랜스포머와 Residual Dense Network를 결합한 하이브리드 구조와 양경로 특성 강화 모듈을 도입하여, 저선량 CT에서 구조 보존과 노이즈 억제의 동시 달성이라는 새로운 해결책 제안함.

· **비전 부합성**: 연구팀의 "의료방사선 분야의 저선량·고신뢰 영상 기술 선도"라는 비전에 부합함. 임상 워크플로우와의 연계 및 최적화 가능성을 전제로 정밀 영상 재건 기술 고도화에 기여함.

· **분야 기여**: 공개 표준 데이터셋을 활용한 체계적 성능 검증과 모듈 소거 실험을 통해 설계 근거를 명확화함. LDCT 복원 분야에서 Transformer-CNN 하이브리드 설계의 유효성을 정량·정성 지표로 입증함.

· **산업/사회 기여**: 피폭 저감과 진단 신뢰도 향상을 동시에 지원하여 환자 안전 및 진료 효율 개선에 기여할 잠재력 보유함. 추론 효율성을 바탕으로 임상용 워크스테이션에서의 실용적 적용 가능성 제고함.



Jinst

Published by IOP Publishing for Sissa Medialab

Received: August 28, 2024
Revised: January 15, 2025
Accepted: February 6, 2025
Published: March 11, 2025

25th International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024

Low-dose computed tomography denoising via hybrid transformer and residual dense network

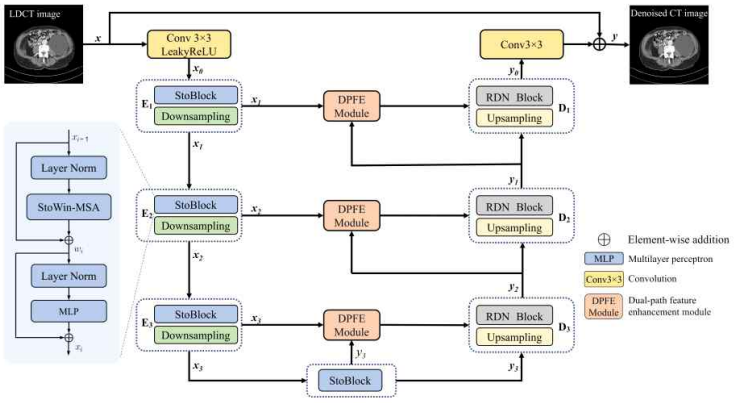
Wenting Xu, Woosung Kim, Duhee Jeon and Hyosung Cho

Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju 26481, Republic of Korea

E-mail: hscho@yonsei.ac.kr

Abstract: Low-dose computed tomography (CT) has become an essential diagnostic tool, but it suffers from lower image quality and higher noise compared to normal-dose CT, leading to reduced diagnostic accuracy. To address this issue, we designed a hybrid network that leverages the capabilities of stochastic window transformer and residual dense network (RDN) for enhanced image denoising. The architecture of the hybrid network is a U-shaped network composed of encoding and decoding parts. The encoding part employs a stochastic window transformer to capture global features using a stochastic window strategy with gaussian shift, effectively reducing noise and preserving image details, while the decoding part utilizes an RDN to enhance image details by integrating information across residual structures and dense blocks, which facilitates feature reuse and improves gradient flow. Additionally, a dual-path feature enhancement module was incorporated into the proposed hybrid network to facilitate direct feature transfer between the encoding and decoding parts, ensuring to get a fusion feature by combining low- and high-level features from both paths. The experimental results demonstrated that our hybrid network significantly outperformed other existing denoising methods, achieving a peak signal-to-noise ratio of approximately 33.8, a structural similarity index measure of 0.92, and a root-mean-squared error of 8.354. Consequently, our method enhances diagnostic accuracy while reducing patient's radiation doses, which provides an effective solution for low-dose CT image denoising.

Keywords: Medical-image reconstruction methods and algorithms, computer-aided diagnosis; Image filtering; Image processing



<게재 현황 및 대표 그림>

조효성		이공계열	방사선 영상학	저널 논문	심지용, 김우성, 전두희, 조효성
					Automatic geometry calibration based on metric optimization in stationary computed tomography baggage scanner with 2-angle sparsity
					Journal of Instrumentation
					20/03/C03032
					2025.03
					SCI(E), 2024 IF: 1.3

18

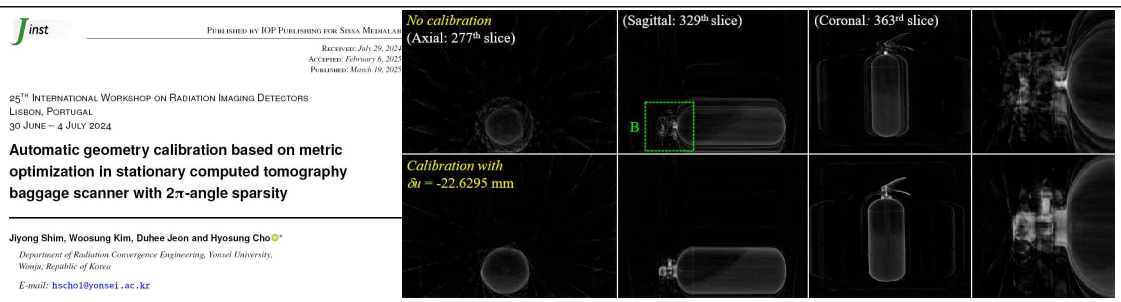
. **우수성**: 본 논문은 2025년 3월 Journal of Instrumentation (JINST, IF: 1.3) 저널에 게재되었음. 본 논문의 게재는 해당 연구의 기술적 완성도와 학문적 기여도를 국제적으로 공인받았음을 의미한다.

. **창의/혁신성**: 본 연구에서는 기존의 회전형 CT 시스템과 달리, 정지형(stationary) X선 CT 수하물 검사 시스템에서 발생하는 기하학적 불일치 문제를 해결하기 위해 평균 구조 유사도 지수(Mean Structural Similarity Index Measure, MSSIM) 기반의 지표 최적화(metric optimization) 기법을 적용함. 이 방법은 기하학 보정용 팬텀을 사용하지 않고, 영상의 통계적 구조 유사도를 스스로 계산하여 오차를 자동 보정함으로써, 자동화된(self-operating) 기하학 보정 시스템을 구현함. 이 연구는 장비 유지・보수 비용과 보정 시간을 단축 시킬 수 있음.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 산학협력 강화를 통한 산학협력을 통해 개발된 차세대 2π-각도 희소형 수하물 CT 시스템의 보정 기술을 제시하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 해당 연구를 통해 해외학외 및 특허 실적이 발생함. 극한의 희소 뷰(20 projection) 환경에서도 고품질의 영상 복원이 가능한 압축 센싱(Compressed Sensing, CS) 기반 기하 보정 알고리즘을 실험적으로 입증함. 향후 공항・항만 보안 CT 및 비파괴 검사 분야에서의 표준화 기반 기술로 확장 가능할 것으로 기대됨.

. **산업/사회 기여**: 해당 연구는 품질 평가 지표(MSSIM)를 기반으로 한 자동화된 보정 절차는 향후 보안 검색 시스템, 산업용 CT 검사 장비, 의료용 저선량 CT 시스템 등 다양한 응용 분야로 확장 가능하며, 국산 방사선 영상기기 경쟁력 강화 및 산업 자립화에 크게 기여할 것으로 기대됨.



Jinst

Published by IOP Publishing for Sissa Medialab

Received: July 29, 2024
Accepted: February 6, 2025
Published: March 19, 2025

25th International Workshop on Radiation Imaging Detectors
Lisbon, Portugal
30 June – 4 July 2024

Automatic geometry calibration based on metric optimization in stationary computed tomography baggage scanner with 2π-angle sparsity

Jiyong Shim, Woosung Kim, Duhee Jeon and Hyosung Cho*

Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

E-mail: hscho1@yonsei.ac.kr

<게재 현황 및 대표 그림>

19	조효성		이공계열	방사선 영상학	저널 논문	전두희, 임영환, 양혜선, 박명규, 김 경우, 조효성
						Improving decomposition image quality in dual-energy chest radiography using two-dimensional crisscrossed anti-scatter grid
						Medical Physics
						52/7/e17819
						2025.04
						SCI(E), 2024 IF: 3.2

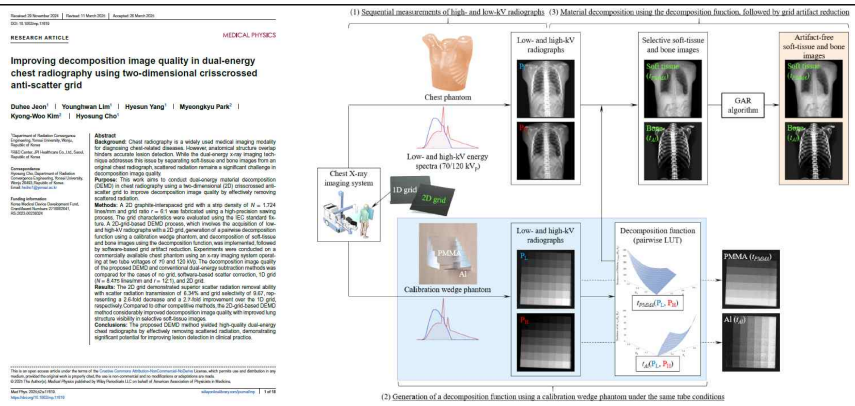
. **우수성**: 흉부 X선 촬영 기법은 가장 널리 쓰이는 1차 진단 도구이지만, 해부학적 구조가 겹쳐 보이는 한계로 골절 및 미세 병변 등의 발견이 어려움. 이중에너지 물질 분리 기법은 뼈와 연부조직을 분리하여 이 문제를 해결할 수 있지만, 산란선에 의해 분리 정확도가 크게 저하될 수 있음. 본 연구는 격자형 X선 그리드와 이중에너지 물질 분리 기법을 결합하여 산란선을 물리적으로 억제하고 분리 정확도를 향상시켰으며, 그 결과 영상의 품질과 폐 구조 가시성이 뚜렷이 개선되었음.

. **창의/혁신성**: 흉부에서 발생하는 산란선이 이중 에너지 기반 물질 분리 기법에 큰 영향이 있음을 실험적으로 확인하였으며, 기존 선형 X선 그리드, 소프트웨어 기반 산란선 교정 기법 대비 제안한 격자형 X선 그리드가 다량의 산란선을 균일하게 제거하여 물질 분리 능력을 크게 개선할 수 있음을 증명함.

. **비전 부합성**: 본 연구의 격자형 X선 그리드는 약 30년 이상의 정밀 제조 기술을 가지고 있는 JPI 헬스케어와 협력하여 개발한 장비이며, 해당 장비를 의료 분야에 효과적으로 적용하기 위해 연구팀에서 개발한 알고리즘을 함께 사용하였음. 또한 본 연구를 통해 환자의 질병 검출 능력을 효율적, 효과적으로 개선하는 방법을 제시하였음. 이는 산학협력 강화를 통한 사회적 문제 해결 및 의료방사선 분야 기여라는 본 연구팀의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 본 연구는 산란선 교정이 이중에너지 물질 분리의 필수 전제임을 실험적으로 입증하였으며, 제안한 방법을 통해 이중에너지 물질 분리 기술의 임상 적용 가능성을 높이는데 기여함.

. **산업/사회 기여**: 흉부 X선 촬영 기법은 환자의 병을 진단하는 가장 기본적인 방법임. 본 연구에서 제안한 방법이 적용된다면 가장 기본적인 방법을 통해 폐 결절, 미세 석회화, 미세 골절의 검출 가능성을 높일 수 있으며, 상대적으로 고선량인 CT 촬영 의존도를 낮추어 환자의 누적선량을 줄이고 진단 효율을 향상시킬 수 있음.



<게재 현황 및 대표 그림>

20	조효성		이공계열	방사선 영상학	저널 논문

이헌우, 이민재, 임현우, 이종혁, 조효성	
A system design method for signal-to-noise ratio enhancement in single-grating-based X-ray phase-contrast imaging	
Nuclear Engineering and Technology	
57/7/103482	
2025.07	
SCI(E), 2024 IF: 2.6	

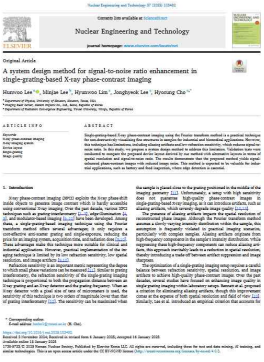
. **우수성**: 해당 논문은 Nuclear Engineering and Technology에 게재되었으며, 원자력 및 방사선 응용 분야의 SCIE 등재 국제 저널로서 높은 학문적 신뢰성과 영향력을 지님. 일 격자 기반 위상 대비 영상(single-grating XPCI)의 신호대잡음비(SNR) 저하 문제를 체계적으로 규명하고, 시스템 기하 최적화 설계 방법을 제시함으로써 연구의 기술적 완성도와 타당성을 입증함

. **창의/혁신성**: 기존 연구들이 주로 감도 향상이나 후처리 복원에 집중한 데 반해, 본 연구는 하드웨어 구조 설계만으로 SNR을 개선하는 새로운 시스템 설계 접근법을 제안함.

. **비전 부합성**: 본 연구는 방사선 융합공학 분야의 핵심 비전인 저선량·고품질 영상 구현 및 비파괴 영상 기술의 실용화 목표와 부합함. 잡한 간섭계 대신 단일 격자 기반 구조를 사용하여, 의료·산업 현장에서 적용 가능한 저비용·고신뢰 영상 시스템 설계 기술로의 확장을 가능케 함.

. **분야 기여**: 제안된 설계 방법은 공간 분해능·민감도·노이즈 간의 정량적 트레이드오프 관계를 규명하고, 단일 격자 XPCI 시스템의 설계 기준을 제시함으로써 연구자 및 장비 개발자에게 실질적인 설계 지침을 제공함.

. **산업/사회 기여**: 제안된 시스템은 배터리 불량 탐지, 식품 이물질 검출, 생체 조직 엣지 분석 등 다양한 산업적 응용 분야에서 활용 가능성을 입증함. 복잡한 다중 격자 장치를 요구하지 않아 비용 효율성과 적용 용이성이 높고, 저선량 환경에서도 미세 구조 검출 성능을 개선함으로써 산업·의료 영상의 품질 향상과 안전성 제고에 기여함.



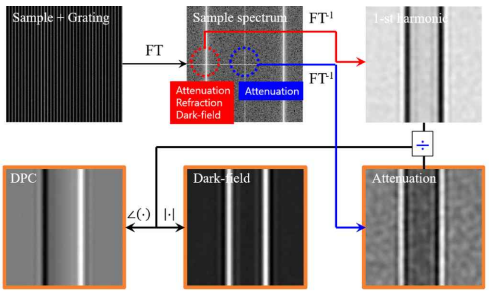


Fig. 1. Flowchart of a Fourier-transform analysis to retrieve attenuation, differential phase-contrast, and dark-field images. FT and FT^{-1} denote Fourier-transform operator and its inverse, respectively.

<게재 현황 및 대표 그림>

21	한봉수		이공계열	방사선과학	저널 논문	윤창수, 황윤호, 연제형, 백현만, 김동윤, 한봉수
						Effects of Acute Stress on Metabolic Interactions Related to the Tricarboxylic Acid (TCA) Cycle in the Left Hippocampus of Mice
						Metabolites
						14(12), 699
						2024.12
						SCI(E), 2024 IF: 3.7

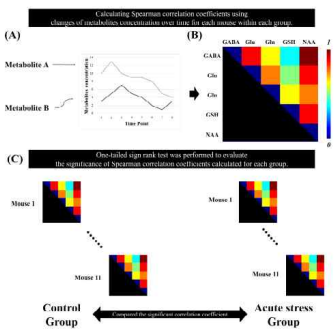
. **우수성**: 본 논문은 2024년 Metabolites (IF 3.2, JCR Q2)에 게재된 국제 학술논문으로, 생쥐 해마의 TCA 회로 관련 대사 상호작용을 시계열 1H-MRS로 분석하였음.

. **창의/혁신성**: 본 연구는 기존의 단일 시점 분석에서 벗어나, 시간에 따른 대사물질 간 상호작용을 추적하는 새로운 접근법을 제시하였음. 특히 GSH-NAA 간의 높은 상관성을 규명함으로써 산화스트레스와 미토콘드리아 기능 회복의 연관성을 정량적으로 입증함.

. **비전 부합성**: 본 연구는 정밀한 뇌 대사 모니터링 기술을 발전시켜, 연구팀의 비전인 미래형 융합의료기술 선도에 부합함. 시간적 대사 분석을 통해 뇌 기능 변화의 정량적 추적이 가능해졌으며, 향후 스트레스성 질환 진단 및 치료 모니터링 기술로 확장될 수 있음.

. **분야 기여**: 급성 스트레스가 해마의 TCA 회로 대사에 미치는 영향을 네트워크 기반으로 규명하여, 기존 연구의 한계를 보완하였음. 이 연구는 대사 간 상호작용이라는 새로운 분석 축을 제시하여 뇌 대사 연구의 해석 수준을 한 단계 높힘.

. **산업/사회 기여**: 본 연구는 스트레스성 신경질환의 대사적 기전을 밝힘으로써 조기 진단 및 치료 효과 검증 기술의 개발에 기여할 수 있음. 시간 기반 대사 상호작용 분석 기법은 신경영상 및 제약 산업에서 약물 반응 모니터링 도구로 응용 가능함.



	<게재 현황 및 대표 그림>					
22	한봉수		이공계열	방사선과학	저널논문	윤창수, 손철호, 연제형, 정건진, 민병지, 윤창호, 한봉수
						Feasibility of Observing Glymphatic System Activity During Sleep Using Diffusion Tensor Imaging Analysis Along the Perivascular Space (DTI-ALPS) Index
						Diagnostics
						15(14), 1798
						2025.07
						SCI(E), 2024 IF: 3.3

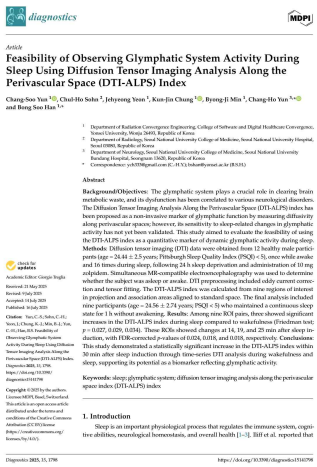
. **우수성**: 본 논문은 2025년 7월 Diagnostics (IF: 3.3) 저널에 게재되었으며, 수면 중 글림프(Glymphatic) 시스템 동적 활성 변화를 비조영・비침습적 확산텐서영상(DTI)으로 정량화한 연구임.

. **창의/혁신성**: EEG와 DTI를 동시 활용하여 수면 중 뇌 내 체액순환 변화를 실시간으로 관찰하고, DTI-ALPS 지표를 글림프 기능의 정량적 바이오마커로 제시함.

. **비전 부합성**: 해당 연구는 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 방사선 계측 기기를 개발하였으며, 이는 해당 교육연구단의 비전에 부합함.

. **분야 기여**: 연구는 수면 중 글림프 시스템의 기능을 비침습적으로 정량화함으로써, 뇌 체액순환 및 신경퇴행질환 조기진단을 위한 핵심 기반 기술을 확보하였음.

. **산업/사회 기여**: MRI 기반 글림프 기능평가 기술은 수면질・치매・신경질환 조기진단에 활용 가능하여, 뇌 건강 정밀의료 및 의료영상 산업 발전에 기여함.



diagnostics MDPI

Article

Feasibility of Observing Glymphatic System Activity During Sleep Using Diffusion Tensor Imaging Analysis Along the Perivascular Space (DTI-ALPS) Index

Chang-Soo Yun [1], Chul-Ho Soha [2], Jehyeong Yeon [3], Kun-Jin Chung [1], Byong-Ji Min [3], Chang-Ho Yun [3,*] and Bong Soo Han [1,*]

1 Department of Radiation Convergence Engineering, College of Software and Digital Healthcare Convergence, Yonsei University, Mirae 26493, Republic of Korea
2 Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul 03080, Republic of Korea
3 Department of Neurology, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam 13620, Republic of Korea
* Correspondence: ych3380@gmail.com (C.-H.Y.); bhan@yonsei.ac.kr (B.S.H.)

Abstract

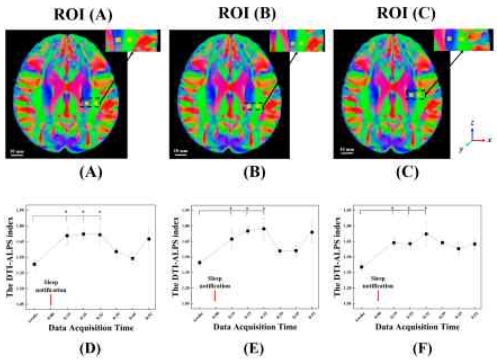
Background/Objectives: The glymphatic system plays a crucial role in clearing brain metabolic waste, and its dysfunction has been correlated to various neurological disorders. The Diffusion Tensor Imaging Analysis Along the Perivascular Space (DTI-ALPS) index has been proposed as a non-invasive marker of glymphatic function by measuring diffusivity along perivascular spaces; however, its sensitivity to sleep-related changes in glymphatic activity has not yet been validated. This study aimed to evaluate the feasibility of using the DTI-ALPS index as a quantitative marker of dynamic glymphatic activity during sleep. **Methods:** Diffusion tensor imaging (DTI) data were obtained from 12 healthy male participants (age = 24.44 ± 2.5 years; Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) < 5), once while awake and 16 times during sleep, following 24 h sleep deprivation and administration of 10 mg zolpidem. Simultaneous MR-compatible electroencephalography was used to determine whether the subject was asleep or awake. DTI preprocessing included eddy current correction and tensor fitting. The DTI-ALPS index was calculated from nine regions of interest in projection and association areas aligned to standard space. The final analysis included nine participants (age = 24.56 ± 2.74 years; PSQI < 5) who maintained a continuous sleep state for 1 h without awakening. **Results:** Among nine ROI pairs, three showed significant increases in the DTI-ALPS index during sleep compared to wakefulness (Friedman test; $p = 0.027$, 0.029, 0.034). These ROIs showed changes at 14, 19, and 25 min after sleep induction, with FDR-corrected p-values of 0.024, 0.018, and 0.018, respectively. **Conclusions:** This study demonstrated a statistically significant increase in the DTI-ALPS index within 30 min after sleep induction through time-series DTI analysis during wakefulness and sleep, supporting its potential as a biomarker reflecting glymphatic activity.

Keywords: sleep; glymphatic system; diffusion tensor imaging; analysis along the perivascular space; index (DTI-ALPS) index

1. Introduction

Sleep is an important physiological process that regulates the immune system, cognitive abilities, neurological homeostasis, and overall health [1–3]. Iliff et al. reported that

Diagnostics 2025, 15, 1798 https://doi.org/10.3390/diagnostics15141798



<게재 현황 및 대표 그림>

② 교육연구단(팀)의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2024.9.1.-2025.8.31.))

<표 3-3> 최근 1년간 참여교수의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물

연번	대표연구업적물 설명
1	❑ 본 교육연구팀의 권인용 교수는 2025년 1월 “A Light Detector Capacitance Compensation

Technique achieving Boosted Active Quenching for Single-Photon Avalanche Diodes“라는 제목으로 IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement에 논문을 게재하였으며, 해당 저널은 **전기전자공학 분야의 저널랭킹 상위 14.5% (2024 IF: 5.9, Quartile Q1,)이내의 저널로써 국제적 영향력이 입증된 상위 저널**임. 본 논문에서는 DCC 기반 능동 소거 증강 기법이 제시되어 SPAD의 복구 속도 및 노이즈 특성 개선이 확인되었으며, 방사선 내성 메모리 연구 분야에 기여함.

❑ 창의성 및 혁신성

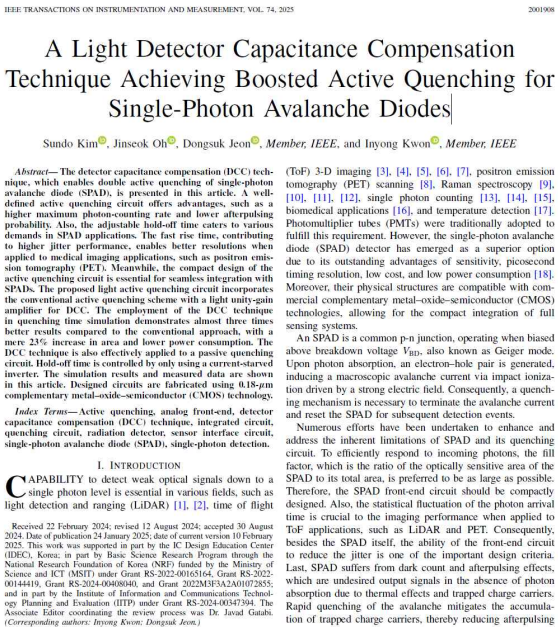
○ 본 연구는 기존 아날로그 형태의 어레이 센서에 비해 **시간 측정 측면에서 매우 우수한 성능을 보여주기 위해 센서의 내부 캐패시터를 줄여주는 기술을 제안**함. 기존의 복잡한 설계를 단순화하면서도, 센서 양단의 회로 기술을 적용하여 신호의 크기 및 시간 측정을 최적화 할 수 있음. 이러한 설계는 추가 면적을 차지하지 않고도 방사선 측정에서의 데이터 보호를 크게 강화함.

❑ 비전과 목표와의 부합성

○ 본 연구는 우주 탐사, 원자력 발전소, 방사선 치료 등과 같이 **방사선 센서의 성능을 중요시하고 안정적인 계측 기술을 요구하는 다양한 응용 분야에 매우 적합**함. Active quenching 기술로 시간 측정 효율을 높이고 pile-up 현상도 줄일 수 있음.

❑ 전공분야 기여도

○ 해당 연구는 방사선 시간 측정에서 기존 방식보다 약 40% 더 높은 결과를 보였으며, 이로 인해 **방사선 측정에서의 데이터 신뢰성을 높이는 새로운 기술로 자리 잡을 가능성**이 있음.


IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 74, 2025 2001908

A Light Detector Capacitance Compensation Technique Achieving Boosted Active Quenching for Single-Photon Avalanche Diodes

Sundo Kim, Jinseok Oh, Dongsuk Jeon, *Member, IEEE*, and Inyong Kwon, *Member, IEEE*

Abstract— **The detector capacitance compensation (DCC) technique, which enables double active quenching of single-photon avalanche diode (SPAD), is presented in this article. A well-defined active quenching circuit offers advantages, such as a higher maximum photon-counting rate and lower afterpulsing probability. Also, the adjustable hold-off time caters to various demands in SPAD applications. The fast rise time, contributing to higher jitter performance, enables better resolutions when applied to medical imaging applications, such as positron emission tomography (PET). Meanwhile, the compact design of the active quenching circuit is essential for seamless integration with SPADs. The proposed light active quenching circuit incorporates the conventional active quenching scheme with a light unity-gain amplifier for DCC. The employment of the DCC technique in quenching time simulation demonstrates almost three times better results compared to the conventional approach, with a mere 23% increase in area and lower power consumption. The DCC technique is also effectively applied to a passive quenching circuit. Hold-off time is controlled by only using a current-starved inverter. The simulation results and measured data are shown in this article. Designed circuits are fabricated using 0.18-μm complementary metal–oxide–semiconductor (CMOS) technology.**

Index Terms— **Active quenching, analog front-end, detector capacitance compensation (DCC) technique, integrated circuit, quenching circuit, radiation detector, sensor interface circuit, single-photon avalanche diode (SPAD), single-photon detection.**

I. Introduction

CAPABILITY to detect weak optical signals down to a single photon level is essential in various fields, such as light detection and ranging (LiDAR) [1], [2], time of flight (ToF) 3-D imaging [3], [4], [5], [6], [7], positron emission tomography (PET) scanning [8], Raman spectroscopy [9], [10], [11], [12], single photon counting [13], [14], [15], biomedical applications [16], and temperature detection [17]. Photomultiplier tubes (PMTs) were traditionally adopted to fulfill this requirement. However, the single-photon avalanche diode (SPAD) detector has emerged as a superior option due to its outstanding advantages of sensitivity, picosecond timing resolution, low cost, and low power consumption [18]. Moreover, their physical structures are compatible with commercial complementary metal–oxide–semiconductor (CMOS) technologies, allowing for the compact integration of full sensing systems.

An SPAD is a common p-n junction, operating when biased above breakdown voltage V_{BD}, also known as Geiger mode. Upon photon absorption, an electron–hole pair is generated, inducing a macroscopic avalanche current via impact ionization driven by a strong electric field. Consequently, a quenching mechanism is necessary to terminate the avalanche current and reset the SPAD for subsequent detection events.

Numerous efforts have been undertaken to enhance and address the inherent limitations of SPAD and its quenching circuit. To efficiently respond to incoming photons, the fill factor, which is the ratio of the optically sensitive area of the SPAD to its total area, is preferred to be as large as possible. Therefore, the SPAD front-end circuit should be compactly designed. Also, the statistical fluctuation of the photon arrival time is crucial to the imaging performance when applied to ToF applications, such as LiDAR and PET. Consequently, besides the SPAD itself, the ability of the front-end circuit to reduce the jitter is one of the important design criteria. Last, SPAD suffers from dark count and afterpulsing effects, which are undesired output signals in the absence of photon absorption due to thermal effects and trapped charge carriers. Rapid quenching of the avalanche mitigates the accumulation of trapped charge carriers, thereby reducing afterpulsing

Received 22 February 2024; revised 12 August 2024; accepted 30 August 2024. Date of publication 24 January 2025; date of current version 10 February 2025. This work was supported in part by the IC Design Education Center (IDEC), Korea; in part by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT) under Grant RS-2022-00165164, Grant RS-2022-00144419, Grant RS-2024-00408040, and Grant 2022M3F3A2A01072655; and in part by the Institute of Information and Communications Technology Planning and Evaluation (IITP) under Grant RS-2024-00347394. The Associate Editor coordinating the review process was Dr. Javad Gatabi. *(Corresponding authors: Inyong Kwon; Dongsuk Jeon.)*

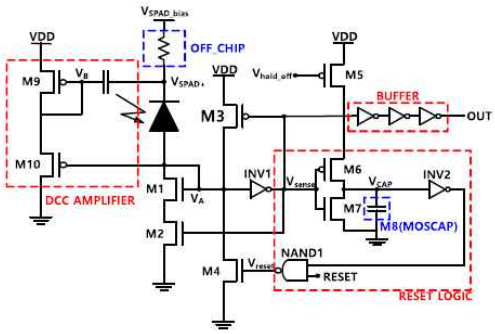


Fig. 2. Full architecture of the proposed design.

<게재 현황 및 대표 그림>

2

❑ 본 교육연구팀의 민철희 교수는 2024년 11월 “Image reconstruction method of gamma emission tomography based on prior-aware information and machine learning for partial-defect detection of PWR-type spent nuclear fuel” 라는 제목으로 Nuclear Engineering and Technology에 논문을 게재하였으며, 해당 저널은 **원자력 분야의 저널랭킹 상위 10% (2024 IF: 2.6, Quartile Q1, Rank**

in Radiology Category: 7/41) 이내의 저널로써 전세계적으로 상위의 우수 저널로 잘 알려져 있음. 본 연구는 가압경수형(PWR) 사용후핵연료의 부분결손 검출을 위해 사전정보(prior-aware)와 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 기법을 결합한 감마 방출 단층영상 재구성 방법을 제시함.

❑ 창의성 및 혁신성

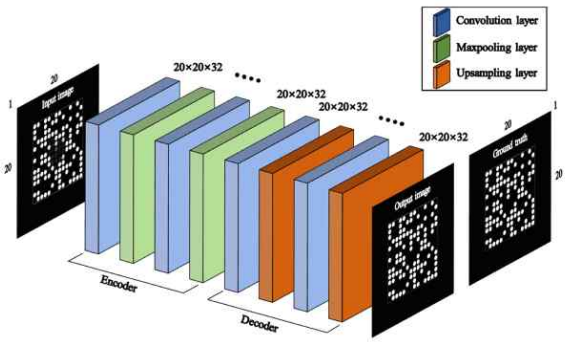
○ 본 연구에서는 몬테카를로(Monte Carlo, MC) 기반 prior-aware 시스템행렬을 구축하고, 최대우도기대값(Maximum Likelihood Expectation Maximization, MLEM) 재구성과 합성곱 오토인코더(Convolutional Autoencoder, CAE) 기반 노이즈 억제를 통합한 AI 융합 복원 파이프라인이 제안・구현됨. 또한 위상공간(phase-space) 데이터 확장을 통해 학습・시뮬레이션 효율이 제고되고, **중앙 연료봉 인근에서 재구성 안정성과 결함 분간 성능이 유의하게 개선**됨.

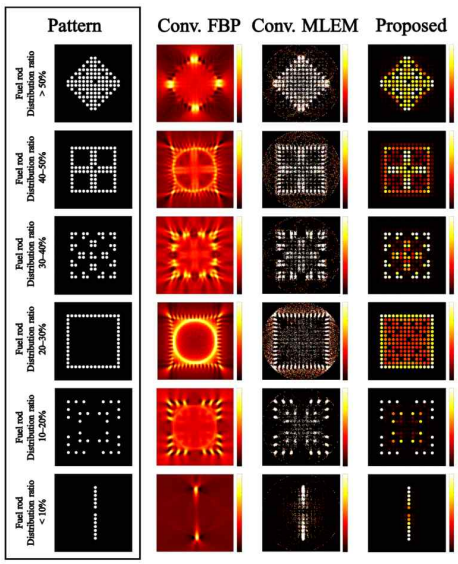
❑ 비전과 목표와의 부합성

○ 해당 연구는 핵연료 비파괴분석 현장에서 중앙부의 높은 감쇠・산란으로 인한 신호 왜곡과 결함 경계 불명확성을 몬테카를로(MC)-인공지능(AI) 재구성(MLEM/CAE)-패턴 분류로 연계한 절차를 통해 해결하였음. 이를 통해 **방사선 계측 신기술 개발, 산학협력 강화, 세계적 연구역량 확보라는 교육연구팀의 비전에 부합**함.

❑ 전공분야 기여도

○ 해당 연구는 사용후핵연료 부분결손 진단을 위한 감마 방출 단층영상 재구성의 절차와 검증 체계를 통합적으로 제시하여, 고감쇠 환경에서도 신뢰도 있는 영상 복원이 가능함을 입증하였음. 본 연구결과를 통해 **핵연료 분야 비파괴분석에서의 방사선 계측・영상재구성 방법론 정교화와 현장 적용 기준 마련에 기여**할 수 있음.





<게재 현황 및 대표 그림>

3

❑ 본 교육연구팀의 염연수 교수는 2025년 4월 "Dose coefficients of mesh-type reference Korean phantoms (MRKPs) for idealized external exposure geometries of photons and electrons" 라는 제목으로 Nuclear Engineering and Technology에 논문을 게재하였으며, 해당 저널은 **원자력 분야의 저널랭킹 상위 10% (2024 IF: 2.6, Quartile Q1, Rank in Nuclear Science & Technology**

Category: 7/41) 이내의 저널로써 전세계적으로 상위의 우수 저널로 잘 알려져 있음.

❑ 창의성 및 혁신성

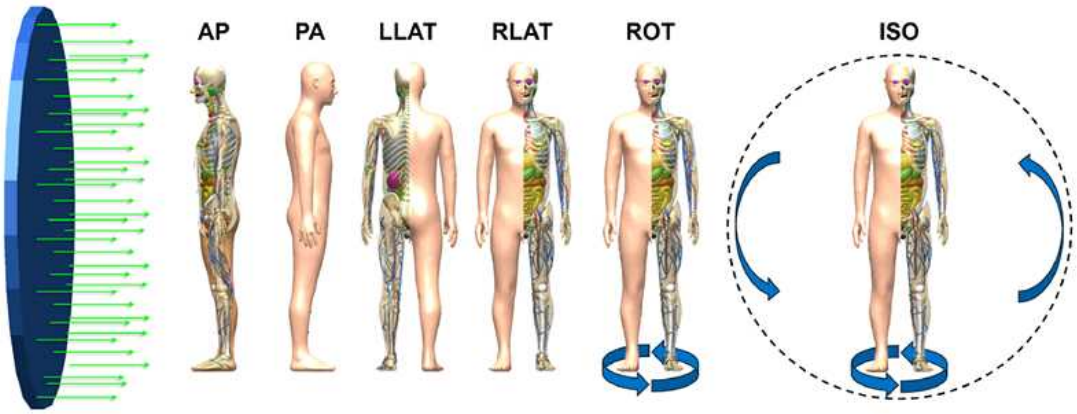
○ 본 논문은 Mesh-type Reference Korean Phantoms (MRKPs)를 활용하여 광자・전자에 대해 다양한 조사 지오메트리(AP/PA/LLAT/RLAT/ROT/ISO)의 외부피폭 장기/조직 및 유효선량 계수를 산출하였음. 선행 연구의 mesh-type reference computational phantoms (MRCPs) 기반 계수와 정량 비교하여, **서양인 표준과 한국인 간 해부학적 차이에 따른 편차의 크기와 적용 구간을 명확히 제시**함.

❑ 비전과 목표와의 부합성

○ 해당 연구는 한국인 인구 치수・장기질량・체형 분포를 팬텀 단계에 직접 반영하여 코커시안 중심 표준 의존도를 낮추고 계산상의 불확실성을 선제적으로 흡수함. 이로써 결과 해석과 위험 소통의 신뢰도가 제고되어 사회적 수용성이 강화되고, 여성・청년・고령층 등 취약집단 보호의 형평성이 뒷받침됨. 본 연구는 본 교육연구팀의 **의료방사선 신기술 개발, 세계적 연구역량 확보, 산학・규제기관 협력, 창의융합형 인재양성 비전에 부합**하며, 표준화・정책 연계・현장 적용 가이드라인 마련을 통해 국가 방사선 안전관리 정밀도 제고와 ALARA 목표 달성에 기여할 수 있음.

❑ 전공분야 기여도

○ 선량 계수 계산 결과를 직업・의료・산업 환경 등에 접목 가능함. 국내 작업장 스펙트럼・기하 특성에 부합하는 변환계수 세트를 제공함으로써, **현장 선량평가의 체계 오차를 줄이고 ALARA 목표 달성에 기여**함.



<게재 현황 및 대표 그림>

4

❑ 본 교육연구팀의 정용현 교수는 2025년 5월 “Design of a new muon tomography system using a three-layered tacker” 라는 제목으로 Nuclear Engineering and Technology에 논문을 게재하였으며, 해당 저널은 **방사선 계측분야의 저널랭킹 상위 17% (2024 IF: 2.6, Quartile Q1,)이내의 저널로써 전 세계적으로 상위의 우수 저널**로 잘 알려져 있음.

❑ 창의성 및 혁신성

○ 본 논문은 플라스틱 섬광체 바 + SiPM으로 구성한 3-층(triple-layer) 뮤온 트래커를 제안하고,

각 층을 동일 축 기준 45° 회전 배치하여 적은 층수로도 3D 재구성에 필요한 궤적 정보를 효율적으로 확보하는 설계를 제시함. 이는 **상・하부에 대형 트래커 2기를 두는 전통적 배치의 복잡도・연산비용 증가 문제를 줄이려는 창의적 대안**임.

○ 제안 시스템으로 동일 크기의 4종 재료 식별 및 3D 재구성 이미지 획득이 가능함을 GEANT4 시뮬레이션으로 확인하여, 핵물질 감시・화물 검색 등 수동(passive) 탐지 분야의 실용 가능성을 초기 단계에서 입증함.

❑ 비전과 목표와의 부합성

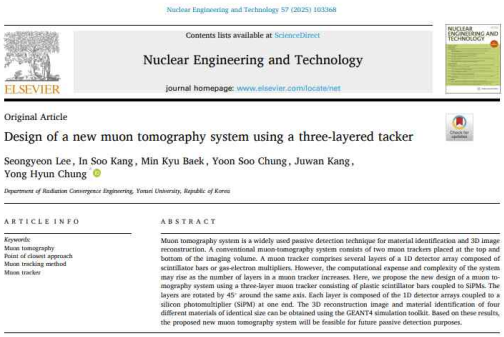
○ 뮤온 토모그래피는 자연 발생 우주선 뮤온의 다중 쿨롱 산란(MCS)을 이용하는 비파괴・비접촉 수동 진단 기술로, 위험물 탐지・핵안전 감시의 사회적 수요에 부합함. 본 연구는 **층수・배선・연산 부담을 줄인 경량 설계를 지향해, 현장 적용성(빠른 배치/이식성) 향상이라는 비전**과 맞닿아 있음.

○ 제안 구조는 계측(섬광체・SiPM)-모사(GEANT4)-재구성(PoCA 등) 알고리즘의 다학제 융합을 전제로 하며, 향후 **학・연・산 협업을 통한 시제품 고도화 및 표준 운용 절차 확립에 적합**함.

❑ 전공분야 기여도

○ 전통적 상・하부 이중 트래커 체계에서 층수 증가 시 복잡도・계산량이 급증하는 한계를 지적하고, 3-층 단일 트래커 기반의 설계로 **구조 단순화와 재료 판별 성능 유지의 균형점을 탐색했다는 점에서 설계 방법론적 기여**가 있음.

○ 45° 회전 배열과 SiPM 단측 결합 1D 검출 Array 조합으로 궤적 복원・산란각 추정에 필요한 측정 정밀도를 확보하고, 4종 재료 식별 가능성을 보인 것은 **향후 핵물질 탐지・방사성폐기물 감시 응용으로의 확장을 뒷받침하는 실증적 근거를 제공**함.


Nuclear Engineering and Technology 57 (2025) 103368

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Engineering and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/net

Original Article

Design of a new muon tomography system using a three-layered tacker

Seongyeon Lee, In Soo Kang, Min Kyu Baek, Yoon Soo Chung, Juwan Kang, Yong Hyun Chung

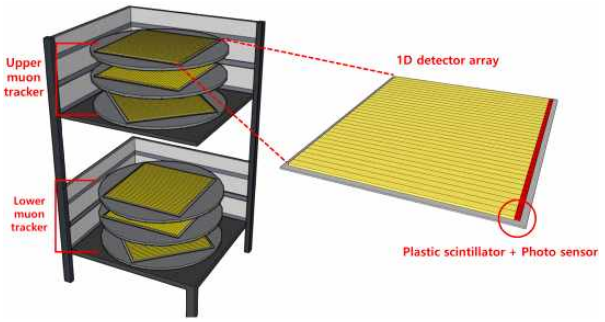
Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Muon tomography
Point of closest approach
Muon tracking method
Muon tracker

ABSTRACT

Muon tomography system is a widely used passive detection technique for material identification and 3D image reconstruction. A conventional muon-tomography system consists of two muon trackers placed at the top and bottom of the imaging volume. A muon tracker comprises several layers of a 1D detector array composed of scintillator bars or gas-electron multipliers. However, the computational expense and complexity of the system may rise as the number of layers in a muon tracker increases. Here, we propose the new design of a muon tomography system using a three-layer muon tracker consisting of plastic scintillator bars coupled to SiPMs. The layers are rotated by 45° around the same axis. Each layer is composed of the 1D detector arrays coupled to a silicon photomultiplier (SiPM) at one end. The 3D reconstruction image and material identification of four different materials of identical size can be obtained using the GEANT4 simulation toolkit. Based on these results, the proposed new muon tomography system will be feasible for future passive detection purposes.



<게재 현황 및 대표 그림>

5

❑ 본 교육연구팀의 조효성 교수는 2025년 4월 "Improving decomposition image quality in dual-energy chest radiography using two-dimensional crisscrossed anti-scatter grid" 라는 제목으로 Medical Physics에 논문을 게재하였으며, 해당 저널은 **Radiology, Nuclear medicine & Medical imaging 분야의 저널랭킹 상위 25% (2024 IF: 3.2, Quartile Q1, Rank in Radiology Category: 51/213) 이내의 저널로써 전 세계적으로 상위의 우수 저널**로 잘 알려져 있음.

❑ 창의성 및 혁신성

○ 본 연구를 통해 흉부에서 발생하는 산란선이 이중 에너지 기반 물질 분리 성능을 크게 저하시킬 수 있음을 실험적으로 확인하였으며, 기존 선형 X선 그리드, 소프트웨어 기반 산란선 교정 기법

대비 제안한 격자형 X선 그리드가 다량의 산란선을 균일하게 제거하여 **물질 분리 정확도를 유의미하게 개선**하였음을 입증함.

❑ 비전과 목표와의 부합성

○ 격자형 X선 그리드는 약 30년 이상의 정밀 제조 역량을 가지고 있는 JPI 헬스케어와 협력하여 개발한 산란선 제거 장비이며, 본 연구팀은 이를 의료영상에 최적화하여 적용하기 위해 전용 알고리즘을 함께 설계 및 구현함.

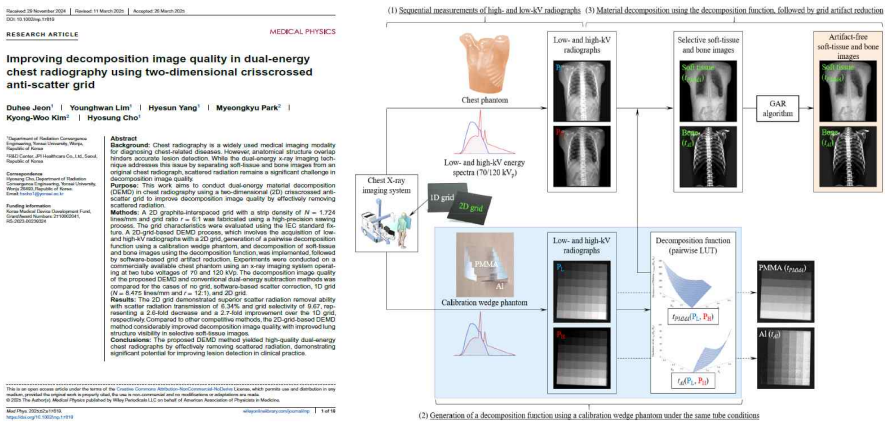
○ 해당 기술을 임상 시나리오에 적용한 결과, 흉부 X선 촬영에서 질병 검출 능력이 크게 향상되었으며, 이는 CT와 같은 고선량 장비의 의존도를 낮추어 환자의 누적선량을 줄일 수 있음을 의미함.

○ 위 연구는 **산학협력 강화**를 통한 **사회적 문제 해결 및 의료방사선 분야 기여**라는 본 연구팀의 비전과 목표에 부합함.

❑ 전공분야 기여도

○ 2025년 04월 Medical physics 저널에 게재된 논문으로, 주저자인 전두희는 다년간 **격자형 X선 그리드의 의료영상 적용 및 영상화질 개선**에 대한 연구를 수행함.

○ 본 연구를 통해 **방사선 진단 및 융합영상 분야의 발전에 기여하였으며, 특히 영상 개선 및 이중 에너지 물질 분리 연구 활성화 및 상용화 발전에 기여**하였음.



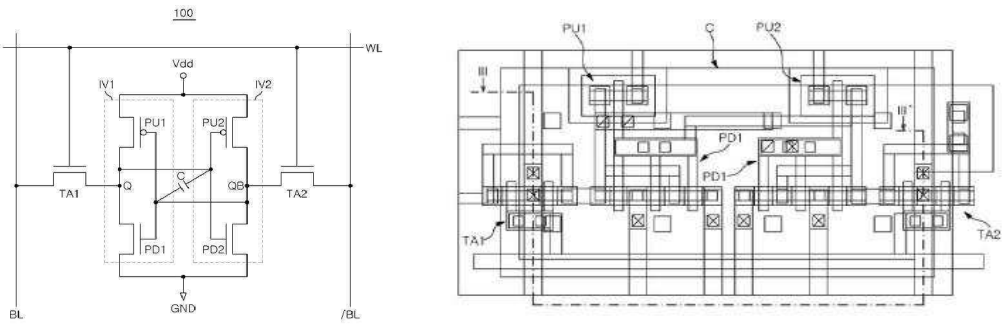
<게재 현황 및 대표 그림>

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

❑ 본 교육연구팀에서는 최근 1년간 국내 특허 실적 9건을 달성하였으며(국내 출원 4건, 등록 5건), 참여교수 1인당 평균 1.5건의 특허 출원・등록 성과를 달성하였음.

❑ 당초 사업 계획서 상에 명시했던 5년간 특허등록 30건(연평균 6건)의 실적과 비교했을 때 유사한 수준을 나타내며, 본 성과에 대한 창의성 및 혁신성, 비전과 목표와의 부합성, 전공분야 및 지역산업에의 기여도 등은 아래 목록과 같음.

<표 3-4> 최근 1년간 참여교수의 특허 실적

<table>
<tr><th rowspan="2">연번</th><th>참여교수명</th><th>연구자 등록번호</th><th>세부전공분야</th><th>실적 구분</th><th>특허, 기술이전 실적 상세내용</th></tr>
<tr><th colspan="5">특허, 기술이전 실적의 우수성</th></tr>
<tr><td rowspan="8">1</td><td rowspan="6">권인용</td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6">방사선집적 회로설계</td><td rowspan="6">특허</td><td>권인용, 조은주</td></tr>
<tr><td>내방사선 메모리 셀 및 이를 포함하는 메모리 셀 어레이</td></tr>
<tr><td>출원</td></tr>
<tr><td>대한민국</td></tr>
<tr><td>10-2717769</td></tr>
<tr><td>등록일자: 2024.10.15</td></tr>
<tr><td colspan="5">. 창의/혁신성: 방사선 유발 SEU/TID를 동시에 완화하는 RHBD 셀 구조. 취약 노드 격리・피드백 보강・트랜지스터 사이징으로 오류 플립을 억제, 공정 변경 없이 설계만으로 경화 가능.
. 비전 부합성: 어레이 단계에서 인터리빙 배치와 결합해 MBU 위험을 저감, ECC와 병행 시 면적・전력 오버헤드 축소. 공정 세대 전환 시 이식성이 높아 다양한 제품군에 적용 용이.
. 분야 기여: SRAM・레지스터 파일・플립플롭 등 범용 메모리에 적용 가능. DICE/8T/12T 대비 신뢰성-성능-면적의 균형점을 제시해 설계 지침을 구체화.
. 산업/사회 기여: 우주・항공・원전・국방・의료영상 등 고신뢰 시스템의 데이터 무결성과 가동시간 향상. 온칩 SRAM의 장수명화로 유지보수 비용과 규제 대응 부담을 경감.
 

<대표그림></td></tr>
<tr><td rowspan="4">2</td><td rowspan="4">민철희</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4">방사선과학</td><td rowspan="4">특허</td><td>이태권, 정인재, 이무선, 민철희, 이수민</td></tr>
<tr><td>하수 슬러지 처리 방법 및 이를 이용한 장치</td></tr>
<tr><td>국내 출원</td></tr>
<tr><td>대한민국</td></tr>
</table>

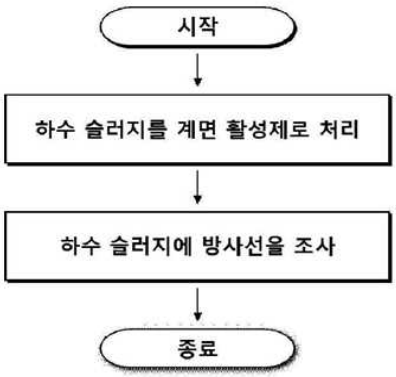
					10-2024-0131870
					출원일자: 2024.09.27

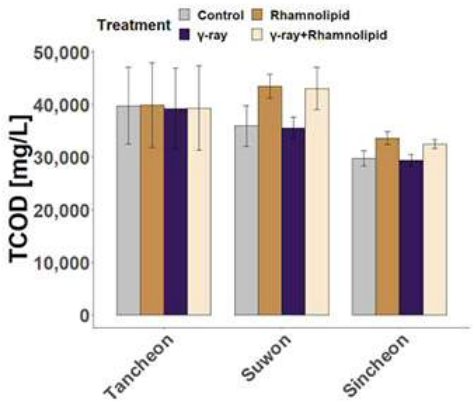
. **창의/혁신성**: 본 발명은 감마선 조사기기를 이용하여 하수 슬러지를 처리하는 장치 및 방법으로, 계면활성제 처리와 방사선 조사를 복합적으로 적용함으로써 슬러지 내 고분자 물질을 저분자 물질로 효과적으로 분해할 수 있는 혁신적 기술임. 이를 통해 기존의 단일 물리·화학적 처리 공정의 한계가 극복되고 슬러지의 가용화 효율이 향상됨.

. **비전 부합성**: 본 성과는 환경공학 분야와 방사선응용기술을 융합한 연구로서, 본 교육연구팀의 비전인 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회 문제 해결형 우수인재 양성 목표에 부합함. 특히 방사선 기술의 환경자원화 활용 가능성을 확장함으로써 지속가능한 친환경 기술 개발 비전에 기여함.

. **분야 기여**: 본 연구에서 제시된 계면활성제 처리와 감마선 조사의 동시 수행은 하수 슬러지 내 유기물의 분해 효율과 가용화율을 극대화하여, 기존 열처리·소각 기반 공정 대비 에너지 소모를 현저히 줄일 수 있음. 또한 방사선 조사 기술을 슬러지 자원화 분야에 접목함으로써 환경공정 내 새로운 공정 패러다임을 제시함.

. **산업/사회 기여**: 본 발명은 하수 슬러지의 가용화율을 향상시켜 바이오가스 생산 등 에너지 회수 효율이 극대화될 수 있으며, 폐기물 처리 비용 절감 및 탄소배출 저감에 기여함. 더불어 방사선 기반 환경정화 기술의 산업적 적용 범위를 확장시켜, 환경·에너지 산업 전반의 지속가능성 제고와 사회적 환경문제 해결에 기여함.





<대표 그림>

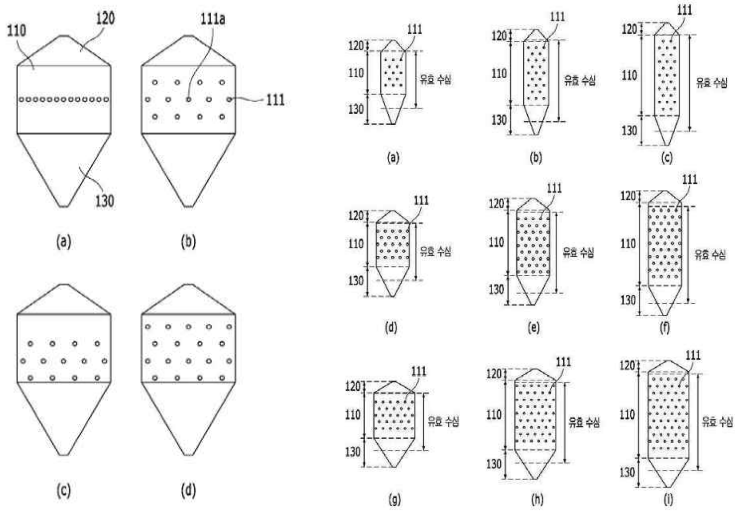
3	민철희		방사선과학	특허	민철희, 이태권, 이수민, 정인재, 이무선
					방사선 조사 장치, 이를 이용한 하수 슬러지 처리 방법, 및 이를 포함하는 하수 슬러지 처리 시설
					국내 출원
					대한민국
					10-2024-0156039
					출원일자: 2024.11.06

. **창의/혁신성**: 본 성과는 하수 슬러지 조사 장치 내부의 방사선 선원 구조, 배치, 개수 및 유효 수심에 따른 조사 효율을 체계적으로 분석하여, 처리 용량 및 균일도를 최적화한 혁신적 설계 기술임. 이를 통해 방사선 조사 장치의 공간 활용 효율을 극대화하고, 슬러지 처리 성능 향상을 위한 최적 운전 조건을 제시함.

. **비전 부합성**: 본 성과는 방사선응용공학과 환경공학의 융합을 통해 도출된 결과로, 본 교육연구팀의 비전인 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회 문제 해결형 우수인재 양성 목표에 부합함. 특히, 하수 슬러지 저감 및 자원순환을 위한 방사선 활용 기술의 실용화 가능성을 제시하여 지속가능한 환경 기술 발전에 기여함.

. **분야 기여**: 본 연구를 통해 방사선 조사 기반 하수 슬러지 처리 기술의 효율화와 시설 설계의 표준화가 가능해졌으며, 조사 깊이・선원 배치・에너지 전달 효율 등 주요 설계 변수를 정량화함으로써 향후 대용량 하수 처리 시설의 방사선 조사 시스템 설계 및 검증 연구에 기초 자료로 활용될 수 있음.

. **산업/사회 기여**: 본 연구에서 제시된 하수 처리 시설의 설계 및 운전 조건은 공정 성능을 향상시키고, 효율적인 선원 관리 및 에너지 사용 최적화를 가능하게 하여 운영비 절감과 탄소배출 저감에 기여함. 또한 방사선 기술을 이용한 친환경 하수 처리 공정의 산업적 적용 가능성을 확장함으로써 지속가능한 환경 산업 발전에 이바지함.



<대표 그림>

4	민철희		방사선과학	특허	민철희, 최현준, 이민재, 박효준, 최형주, 성새롬, 유세환
					C-암 영상유도 적응형 근접방사선 치료시스템 및 치료방법
					등록
					대한민국
					10-2803620
					등록일자: 2025.04.29.

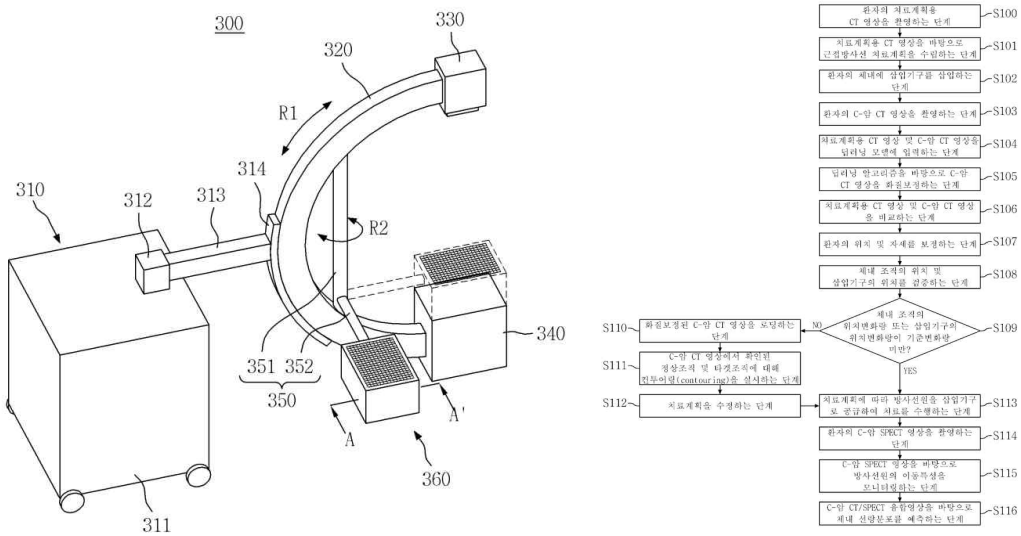
. **창의/혁신성**: 제안된 특허는 단일 C-arm 장비로 CT(기하학적 검증), SPECT(방사선원 실시간 모니터링), CT/SPECT 융합(선량 검증)을 모두 획득하는 통합 솔루션임. 또한, 딥러닝을 활용한 영상 품질 개선 및 실시간 '적응형(adaptive)' 치료계획 수정 을 통해 기존의 분절된 프로세스를 혁신적으로 통합할 수 있음.

. **비전 부합성**: IT(딥러닝), BT(환자치료), RT(방사선물리)가 결합된 다학제간 융합 연구 성과로, 교육연구팀의 핵심 가치인 R(Research Innovation) 및 E(Education Enrichment)에 부합함. 이는 '다학제간 융합을 통한 사회문제 해결형 우수인재 양성'이라는 발전 목표를 기술적으로 증명함.

. **분야 기여**: 근접방사선치료의 불확실성(장기 및 삽입기구 위치 변동)을 정량 평가하고 , 이를 즉각

치료계획에 반영(adaptive)하는 임상 워크플로우를 제시함. C-arm SPECT 기반 실시간 모니터링 및 선량 검증 기술은 '영상유도 적응형 방사선치료(IGART)' 분야의 정확성과 안전성을 높이는데 기여할 수 있음.

. **산업/사회 기여**: 환자의 심각한 부작용(조직 괴사 등)을 최소화하여 환자의 삶의 질 향상이라는 사회적 가치 창출에 기여함. C-arm 제조사 등과의 산학협력을 통해 상용화가 가능하며, 이는 '사회와 산업문제 해결' 목표 달성에 직접 기여하는 성과임.



<대표그림>

염연수, 민철희		방사선과학	특허	염연수, 최현준, 김규범, 민철희, 이나래
				전신 방사성 물질 추적 방법, 장치 및 시스템
				등록
				대한민국
				10-2813713
				등록일자: 2025.05.23

5

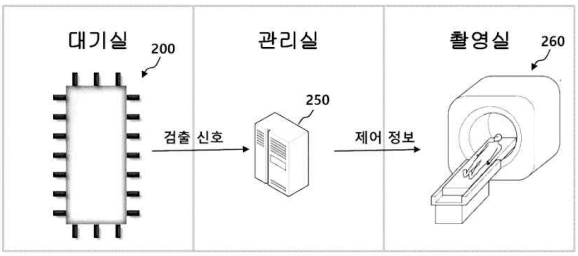
. **창의/혁신성**: 본 발명은 PET(양전자방출 단층촬영) 또는 BNCT(붕소 중성자포획치료) 시행 전, 환자의 대기 시간 동안 체내 방사성 물질의 집적 상태를 실시간으로 모니터링하는 장치, 시스템 및 방법에 관한 것임. 기존에는 모든 환자에게 프로토콜 기반의 고정된 대기 시간을 적용하였으나, 이는 환자 개별의 생체 특성(예: 혈류, 대사 속도) 차이를 반영하지 못하여 최적의 영상이나 치료 효과를 보장하기 어려웠음. 본 발명은 환자가 대기하는 테이블 하부에 콜리메이터, 신틸레이터, 검출기(PMT 또는 SiPM)로 구성된 추적 장치를 설치하여, 방사선 방출 상태를 실시간으로 분석하고 환자 맞춤형 바이오키네틱 모델 및 최적의 촬영/치료 시점(대기 시간)을 판단하는 혁신적 기술임.

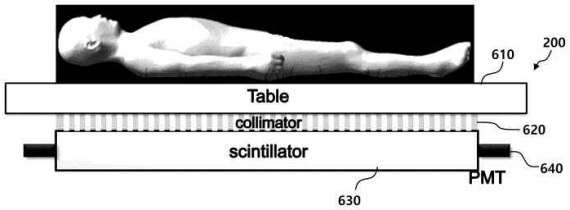
. **비전 부합성**: 본 성과는 방사선 검출기(신틸레이터, SiPM/PMT 등) 설계 기술과 데이터 처리 장치 및 바이오키네틱 모델링 과 같은 소프트웨어 기술을 융합한 연구임. 이는 방사선융합공학 분야의 핵심 비전인 다학제간 융합을 통해 임상 현장의 미충족 수요를 해결하는 목표에 정확히 부합함.

. **분야 기여**: 본 발명은 기존의 '고정 프로토콜 기반' 핵의학 검사 및 치료 패러다임에서 벗어나, '실시간 데이터 기반'의 환자 맞춤형 접근법을 제시함. 이를 통해 PET/CT 영상의 정확도를 향상시키고 불필요한 대기 시간을 단축시킬 수 있으며 , 환자 개개인의 피폭 선량, 등가 선량, 유효 선량을 정량적으로 평가 할 수 있는 근거를 마련하여 핵의학 분야의 정밀 의료 및 환자 안전성 증대에 크게 기여함.

. **산업/사회 기여**: 본 발명은 환자별 최적의 검사/치료 시점을 도출하여 병원 운영 효율성을 향상시키

고 환자 만족도를 제고할 수 있음. 기술가치평가액 65.6억 원으로 평가된 본 기술은, AI 기반 의료 데이터 분석 시스템 등 연관 헬스케어 서비스로의 확장이 용이함. 더불어, 본 발명의 실시간 방사선 추적 기술은 원자력 안전, 방사성 폐기물 관리, 환경 안전 모니터링 분야에도 적용 가능하여, 방사선 응용 기술의 산업적 범위를 확장시키고 관련 사회 문제 해결에 기여할 수 있음.





<대표그림>

6

염연수		방사선방호	특허

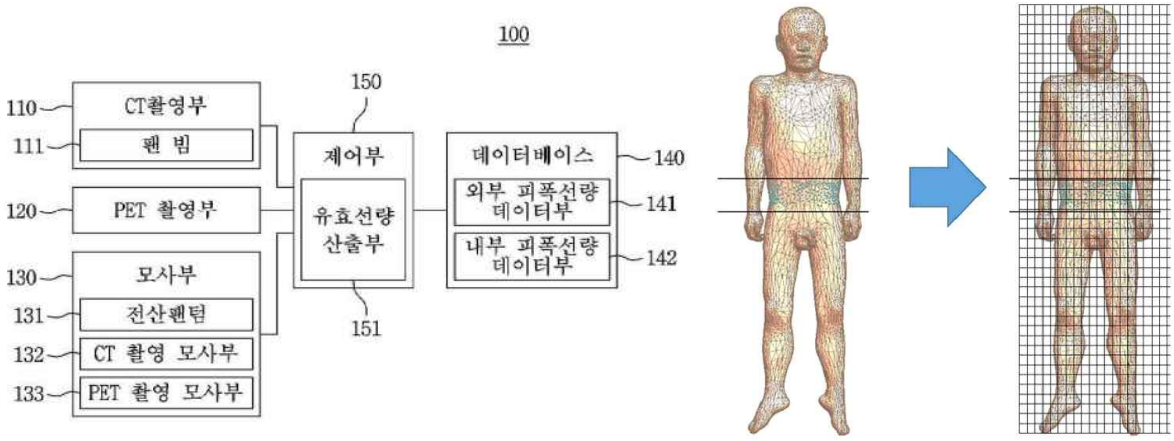
최현준, 민철희, 이나래, 이유미, 최지원, 이수민, 유세환, 차혜정
PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법
등록
대한민국
10-2719057
등록일자: 2024.10.11

. **창의/혁신성**: 본 발명은 사면체 메시형 전산팬텀과 몬테카로 전산모사를 결합하여 PET 및 CT 촬영 조건별 체내·외부 피폭선량을 자동 산출하고, 방사성 의약품의 시간적 체내 분포를 반영한 환자맞춤형 유효선량 평가를 구현함으로써, 기존 영상장비의 한계였던 실시간 정량적 피폭선량 예측의 부재를 해결함.

. **비전 부합성**: 본 발명은 환자 맞춤형 피폭선량 평가 및 실시간 모니터링 기술을 통해 의료방사선 안전관리의 고도화와 정밀의료 실현를 실현함. 특히, 방사선 진단·치료 과정에서 환자 피폭을 최소화하고 객관적 선량평가 기반의 안전관리 체계를 확립함으로써, 국가 의료방사선 관리 표준화 및 국제적 선량관리 기술 경쟁력 강화에 기여함.

. **분야 기여**: 본 발명은 의료영상 및 방사선방호 융합 분야에서 환자 맞춤형 피폭선량 예측 기술을 구현함으로써, PET-CT 영상진단 시 환자별 장기선량 평가가 가능하도록 하였음. 이를 통해 기존 영상장비 중심의 진단 체계에서 벗어나, 정량적 피폭선량 기반의 환자안전 관리 기술로 발전시켰으며, 향후 핵의학 분야의 선량평가 표준화 및 국제 의료방사선 피폭관리 기술 발전에 기여할 수 있음.

. **산업/사회 기여**: 본 발명은 의료기관에서 환자 피폭선량을 정량적으로 평가·관리할 수 있는 기술적 기반을 제공함으로써, 의료방사선 안전관리의 신뢰성 향상과 환자 중심의 의료서비스 구현에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.



<대표그림>

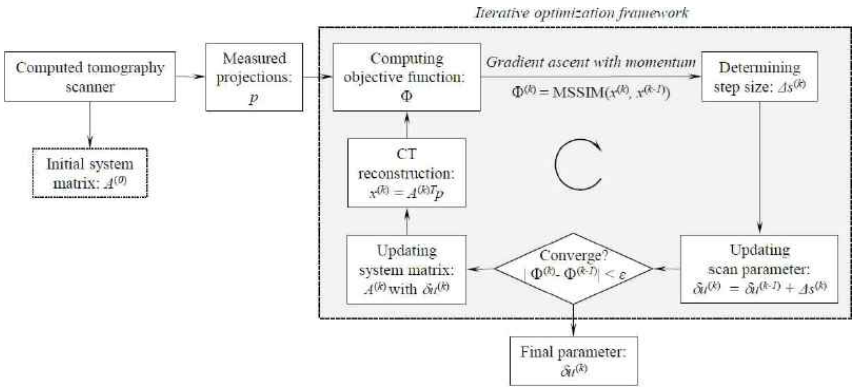
7	조효성		방사선과학	특허	조효성, 심지용
					메트릭 최적화 기반 영상 보정 장치 및 방법
					출원
					대한민국
					10-2024-0177210
					등록일자: 2024.12.03

. **창의/혁신성**: 제안된 장치는 방출단층촬영기술을 응용하였으며, 이를 통해 기존 방출단층촬영장치의 한계점을 극복할 수 있음.

. **비전 부합성**: 본 성과는 원자력 안전 분야의 핵심적 기술 개발로 본 교육연구팀의 비전 중 방사선융합공학 신기술 연구능력 배양에 부합함.

. **분야 기여**: 해당 기술은 영상의 통계적 구조 유사도를 스스로 계산하여 오차를 자동 보정함으로써, 자동화된(self-operating) 기하학 보정 시스템을 구현함. 향후 공항・항만 보안 CT 및 비파괴 검사 분야에서의 표준화 기반 기술로 확장 가능할 것으로 기대됨.

. **산업/사회 기여**: 자동화된 기하학 보정 시스템은 향후 보안 검색 시스템, 산업용 CT 검사 장비, 의료용 저선량 CT 시스템 등 다양한 응용 분야로 확장되어 활용될 수 있음.



<대표그림>

8	한봉수		방사선과학	특허	한봉수, 윤창수, 연제형, 정건진
					동시적 뇌파 측정 및 자기공명 확산텐서영상 획득 기반 글림프 시스템 모니터링 장치 및 방법
					등록
					대한민국

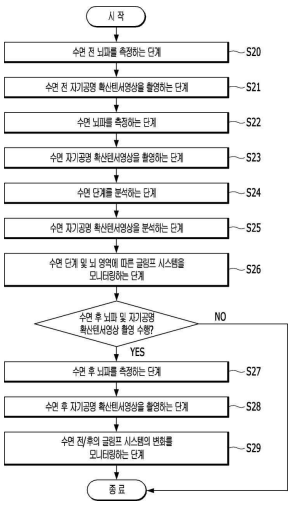
				10-2848986
				등록일자: 2025.08.18

. **창의/혁신성**: 본 기술은 뇌파(EEG) 측정과 확산텐서영상(DTI)을 시간적으로 동기화하여 동시에 획득함으로써, 기존의 단일 영상 기반으로는 평가가 어려웠던 글림프(Glymphatic) 시스템의 기능적 상태를 실시간 정량화할 수 있음. 이를 통해 수면 상태 변화에 따른 뇌 내 체액순환, 노폐물 제거 효율 등의 변화를 비침습적으로 영상화 및 수치화할 수 있어, 기존 뇌 영상 기술의 한계를 획기적으로 개선함.

. **비전 부합성**: 본 기술은 뇌파와 MRI 융합 기반의 정량적 생리 신호 해석 기술로, 신경퇴행성 질환의 조기 진단 및 수면 기반 뇌청소(글림프) 메커니즘 연구 등 차세대 뇌 기능 영상 분야 발전 방향과 부합함.

. **분야 기여**: 본 기술은 기존 MRI 또는 EEG 단독 분석으로는 포착하기 어려운 수면 상태에서의 뇌 내 유체 역학 변화를 정밀하게 분석할 수 있게 하여, 방사선·신경영상 융합 분야에서 뇌 기능-구조의 상호 연계성을 해석하는 새로운 연구 패러다임을 제시함. 이를 통해 알츠하이머병, 파킨슨병, 외상성 뇌 손상 등 글림프 시스템 이상과 관련된 다양한 질환의 조기 예측 및 진단 정확도 향상에 기여함.

. **산업/사회 기여**: 본 기술은 의료영상 진단 분야뿐 아니라 수면의학, 노화 연구, 뇌질환 임상 진단 등 다양한 산업 분야로 확장 적용이 가능함. 특히, 뇌 청소 메커니즘의 기능적 변화를 정량적으로 측정함으로써 치매 예방, 수면 질 관리 등 사회적·산업적 파급효과가 클 것으로 기대됨.



<대표그림>

④ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획 (우수 논문, 특허, 학술대회발표, 기술이전, 창업 등)

❑ 연구수월성 제고를 위한 연구환경 개선

○ 연구 실적 평가를 통해 우수 대학원생의 해외 학술대회 참가를 지원함.

○ 연구 실적에 따른 인센티브 지원을 위한 구체적 방안은 다음과 같음.

- SCI논문 1건당 주저자 10점, 공저자 5점 부여
- 발표자에 한해 건당 국제학회 3점, 국내학회 1점 부여
- 업적 우수학생에게 연구장려금 지급 및 해외단기연수/학회발표 우선권 부여
- 학술논문(SCI) 중 매년 우수 논문을 3편 선정하여(IF 위주) 인센티브 지급
- 국내외 주요 학술대회에서 우수논문상(포스터 포함)을 수상한 학생에게 인센티브 지급

○ 대학원생에 대해 연구 조교비 및 장학제도를 강화하여 연구에 전념할 수 있는 여건을 마련함.
○ 대학원생 전용공간 확충(강의실, 세미나실, 대학원 연구실) 및 휴게 공간을 확보함.
○ 연구기자재 확충 및 전자도서관의 의료방사선분야 e-Journal 서비스를 확대 제공함.

❑ **연구역량 향상을 위한 산학협력 연구 활성화**

○ 지역의 의료방사선과 관련된 기업체들과 가족회사 제도를 운영하며, 각 회사의 애로기술을 해결하기 위한 공동연구를 활성화 함.
○ 산업체와 인턴십, 맞춤형 교육과정 등을 공동으로 운영하여 대학원생들에 대한 현장 및 실무교육을 강화함.
○ 산업체, 연구소 및 병원들과의 협력 연구를 통한 기술이전 및 산업화 연구과제 수주를 확대 추진함.
○ 원주혁신도시에 위치한 공공기관 중에서 의료방사선과 관련된 건강보험심사평가원, 국립과학수사연구원 등과 워크숍 및 세미나를 통해 산 · 학 · 연 연구주제를 발굴하고, 공동연구를 추진함.

2. 산업・사회에 대한 기여도

2.1 산업・사회 문제 해결 기여 실적

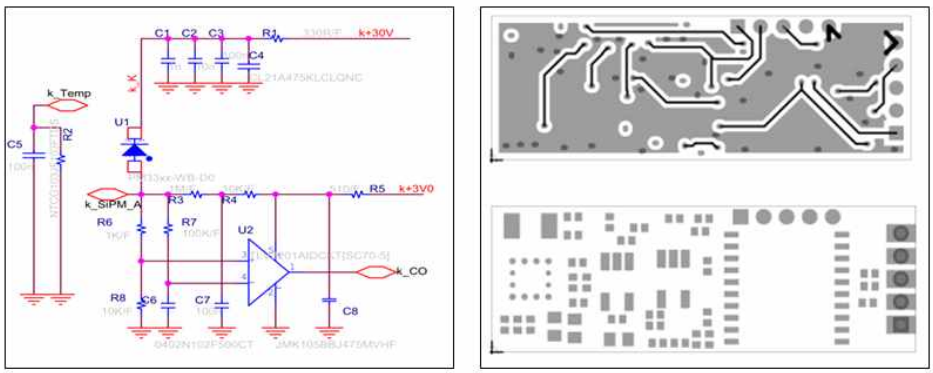
❑ 교육연구팀은 산업 · 사회 문제 해결 및 인적교류 활성화를 위해 여러 기업체들과 연계하여 미래형 연구과제를 도출하고 지속적으로 중 · 단기과제를 수행하고 있음.
❑ 기업체의 실질적인 제품 및 검증/평가기술 개발에 능동적으로 참여함으로써 산업체의 우수제품 생산을 통한 고부가가치화 및 지역기업의 시장경쟁력을 향상시킴과 동시에 기업체 수요 기반의 현장맞춤형 체험교육을 제공함.

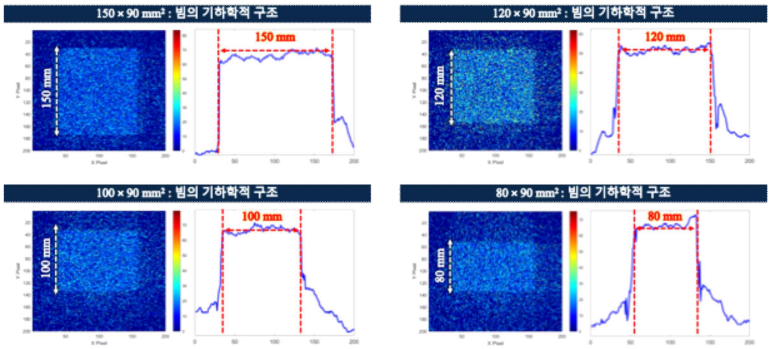
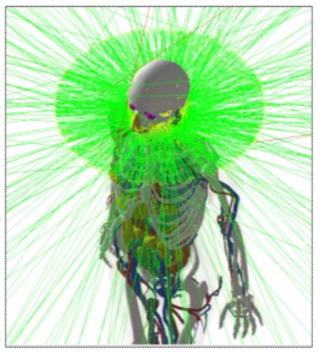
<표 3-5> 교육연구팀 참여교수의 산업・사회 문제 해결 기여 실적

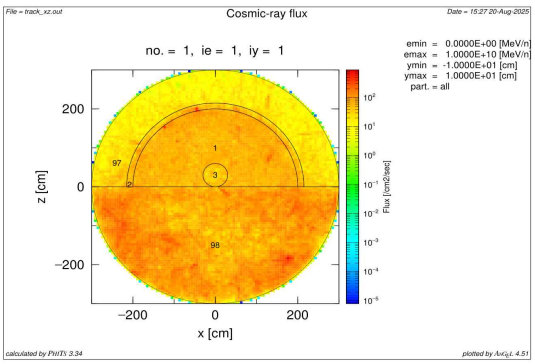
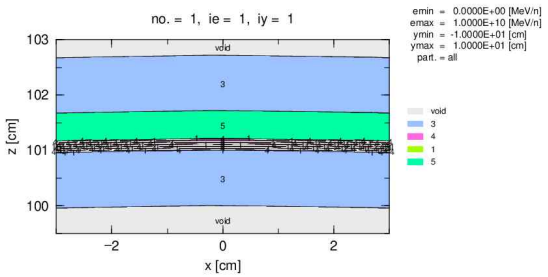
연번	실적명	참여교수명	실적 요약
1	초소형 누출 방사선 감시 및 실시간 핵종 판별 기술 개발	권인용	◆ 원전의 방사선 사건・사고 발생 시, 누출 방사성물질을 신속하고 정확하게 측정할 수 있는 초소형 군집 방사선 계측 기술 필요. ◆ 본 연구는 원전의 방사선 누출 사고를 조기에 탐지하고 조치할 수 있는 필수 정보를 제공하고 원자력 안전 시스템 고도화에 기여함.
2	치과용 CT 촬영 시 ICRP 메쉬형 전산팬텀 기반 선량 평가 기술 개발	민철희	◆ 몬테카를로 전산모사 및 ICRP 메쉬형 표준팬텀을 적용하여 치과용 CT의 촬영 조건별 장기선량을 정밀 산출하는 환자 맞춤형 선량평가 체계를 구축함. ◆ ㈜오스템임플란트와의 산학협력을 통해 의료용 X선 빔 거동 모델을 검증하고, 저선량 촬영 프로토콜 설계에 필요한 근거 데이터와 성능 검증 자료를 확보함. ◆ 연구 성과는 누적선량 관리와 방사선 유도 위험 예측을 위한 정량 지표・가이드로 전환되어 임상 안전성・품질관리를 고도화하고, 산업 표준화・규제 정합성 확보에 기여함.
3	우주환경에 따른 소재 영향 분석 및 가이드북 개발	염연수	◆ ㈜스페이스앤빈 기업의 '우주환경에 따른 소재 영향 분석 및 가이드북 개발'를 위해 우주환경에서의 소재 영향을 분석하고, 그 결과를 체계적인 가이드북 형태로 개발 및 공유함으로써 국방을 비롯한 국내 우주산업 전반의 신뢰성과 품질관리 역량을 획기적으로 높이고자 함. ◆ 해당 연구팀은 한㈜스페이스앤빈 기업과의 산학 협력 연구를 수행함으로써 본 교육연구팀의 핵심 목표 중 하나인 다

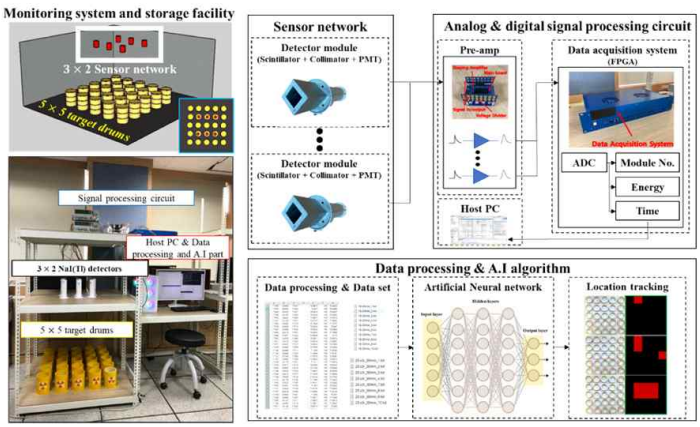
			학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 우수인재 양성에 부합한 연구를 수행함. ◆ 장기적인 관점에서 우주환경 해석 등과 관련된 전문 용어 가이드북을 개발함으로써 국내 우주산업의 기술 표준화와 연구 인프라 고도화에 기여할 것으로 기대됨.
4	유인 우주기지 방사선 시뮬레이션 모델 제작 및 재료 구성 도출	염연수	◆ 최첨단 몬테카를로 방사선 수송 전산모사와 최신 ICRP 선량계수를 활용하여, 달의 유인기지 환경에서 우주선에 의한 피폭선량을 정량적으로 평가함으로써 우주인의 건강 보호와 안전한 거주 환경 구축에 기여함. ◆ 본 교육연구팀은 ㈜스페이스앤빈과의 산학협력 연구를 통해, 사회적 가치 창출과 국가 우주개발 역량 강화를 목표로 한 산학연 연계 기반을 공고히 하였으며 이는 본 연구팀의 핵심가치인 산학협력 강화 및 지속가능한 성장 기여에 부합함. ◆ 본 연구는 달 기지 내 우주선 차폐 설계의 기초자료로 활용될 수 있으며, 향후 우주 거주 기술, 장기간 우주체류 인체방호, 우주 방사선 차폐소재 개발 등과 같은 차세대 우주기술 개발에도 기여할 것으로 기대됨.
5	Design of a new muon tomography system using a three-layered tacker	정용현	◆ 뮤온 토모그래피 기반의 비파괴 영상·감시 기술은 원전 연료·방사성폐기물·핵물질의 비접촉·수동(passive) 진단에 적합하여, 원자력시설의 운영 감시·규제 준수 점검 및 이상 징후 조기 탐지에 필수적인 도구가 될 수 있음. ◆ 해당 연구는 3층(triple-layer) 뮤온 트래커 설계를 제안하여 기존 상·하부 대형 트래커 체계 대비 구조·연산 복잡도를 경감하면서도 재료 식별 능력을 확보할 수 있음을 보였음. ◆ 높은 확장성·이식성을 바탕으로, 원자력시설·핵활동 지역 외에도 항만/공항 화물 검색, 중금속·고Z 물질 탐지, 드럼형 폐기물 무결성 점검 등 다양한 산업 현장으로의 적용 가능성이 큼. ◆ 특히 수동형 기법 특성상 전원 차단·피폭 우려 환경에서도 적용 여지가 있어 비상 대응 시나리오에 유리함. ◆ 국내적으로 원전 안전과 핵테러 대비에 대한 사회적 경각심이 높은 상황에서, 제안 기술은 현장 배치가 용이한 경량 뮤온 감시 플랫폼의 기술적 토대를 제공하여 방사선 안전관리 체계의 신뢰성 제고 및 국민 불안 해소에 기여 가능함.
6	바텍과 VYSION 연구센터 간 산학공동연구	조효성	◆ VYSION 연구센터에서는 Single-energy 물질 분리 기반 CT2PANO 재구성 알고리즘을 개발하고, 단일 투사영상으로부터 연부조직 및 경조직의 분리 가능성을 검증함. ◆ 기존 dual-energy 방식 대비 단일 에너지 영상만을 활용하여 구현함으로써 시스템 단순화 및 비용 절감의 가능성을 제시함. ◆ 물질 분리 정밀도를 개선하기 위해 에너지 의존적 감쇠 계수 모델과 정규화 보정 기법을 적용함. ◆ 알고리즘을 실험 데이터에 적용하여 파노라마 영상 내 조직 구분 성능 및 화질 향상 효과를 확인함. ◆ 향후 치과 영상에서 단일 촬영 기반의 저선량 진단 영상

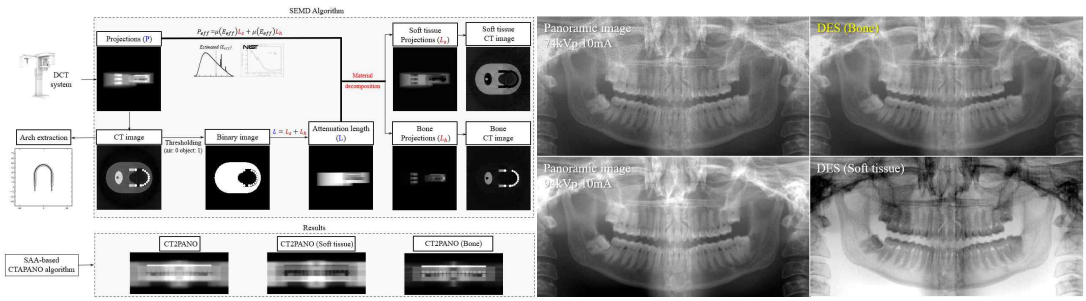
			재구성 기술로의 확장 가능성이 기대됨.

연번	교육연구팀 참여교수의 산업·사회 문제 해결 기여 실적 설명
1	. 창의/혁신성 ○ 해당 실적은 “초소형 누출 방사선 감시 및 실시간 핵종 판별 기술 개발”로 원전의 중대사고 감시 및 안정성 향성을 위한 기술 개발임. ○ 초소형 검출기를 제작하여 원자력발전소의 누출 방사선을 감시하고자 함. 연세대학교는 필수 전자부품인 내방사선 회로 및 시스템을 설계 및 검증하고 인공지능 기술을 활용하여 계측 데이터로부터 실시간으로 핵종판별하여 협력업체의 애로기술 해결을 도모함. . 비전 부합성 ○ 해당 연구팀은 ㈜엠원인터네셔널 및 한국원자력연구원과의 협력 연구를 수행함으로써 본 교육연구팀의 핵심 목표 중 하나인 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 우수인재 양성에 부합한 연구를 진행함. 이를 기반으로 국제 공동, 협력 교육 및 연구 기반 국제화 역량 강화를 통해 방사선분야 전문화를 이루고자 함. . 분야 기여 ○ 방사선 검출기 제작기술, 신호처리기술, 초소형 집적회로 설계 기술 등 방사선 계측 시스템의 핵심기술 확보를 통해 전문인력 양성 및 국내 기술 원천 확보를 기대할 수 있음. ○ 또한 원자로 내부 감시나 우주 환경 등 고선량의 방사선에 노출되는 환경에서 보다 정확한 계측이 가능하도록 활용될 수 있음. . 산업/사회 기여 ○ 해당 방사선 계측 시스템은 원전의 방사선 사고 시 방사성물질을 신속하고 정확하게 측정할 수 있음 ○ 반도체 회로 기술을 활용한 초소형 방사선 검출기 설계 ○ 딥러닝 모델을 이용하여 적은 수의 계측 데이터로 핵종을 수 초 이내 판별하는 방안 ○ 국내 초소형 집적회로 설계 분야의 고급인력 양성 및 방사선 계측 분야의 국내 기술 발전 및 국가 경쟁력 향상에 기여 

연번	교육연구팀 참여교수의 산업·사회 문제 해결 기여 실적 설명
2	. 창의 혁신성: ○ 치과용 CT 촬영은 임플란트 시술, 교정 치료, 외과적 수술 등 다양한 치과 진료에서 3차원 고해상도 영상을 제공하여 진단의 정확도를 높이는 핵심 기술로 활용되고 있지만, 반복적인 촬영으로 인한 누적 선량이 환자의 피폭 위험을 증가시킬 수 있음. ○ 본 연구는 실제 환자가 받는 선량을 정확하게 평가하기 위해, CT 장비에서 발생하는 엑스선의 거동과 촬영 조건에 따른 장기별 선량 분포를 정밀하게 계산하여 저선량 촬영 프로토콜 개발을 위한 기초 데이터로 활용하고자 함. ○ 몬테칼로 전산모사 기법과 ICRP 표준팬텀을 기반으로, 치과용 CT 촬영 시 환자의 피폭선량을 정확하게 평가할 수 있는 기술을 개발하고자 함. . 비전 부합성: ○ 본 연구에서 개발된 의료용 엑스선 발생장치의 엑스선 발생 거동 모사 기술은 (주)오스템 인플란트와의 협업을 통해 개발되었으며, 이는 미래형 인재 양성을 위한 융복한 교육 강화라는 연구팀의 비전에 부합함. . 분야 기여: ○ 치과용 CT 촬영에 따른 환자의 장기별 피폭선량에 대한 정량적 지표를 구축함으로써, 누적 선량 관리와 방사선 유도 질환에 대한 위험 예측에 기여할 수 있을 것으로 사료됨. ○ 구축된 정량적 지표를 기반으로 치과용 CT의 저선량 촬영 프로토콜 개발에 기여할 수 있을 것으로 사료됨. . 산업/사회 기여: ○ 환자 맞춤형 피폭선량 평가 기술을 통해 의료방사선 분야의 진단 안전성을 향상시키고, 환자의 불필요한 방사선 피폭 절감과 진단 정확도 향상에 기여할 것으로 기대됨.   <대표 성과물>
3	. 창의/혁신성 ○ 본 연구는 달 유인기지의 실질적인 방사선 차폐 설계를 위해 다층쉘 구조를 적용한 몬테카를로 기반 방사선 수송 시뮬레이션을 수행한 연구임. 방사선 수송 코드인 PHITS를 활용하여 달 표면의 방사 환경 조건을 모사하고, 월면토의 존재 여부에 따른 시나리오를 설정하여 차폐 효율과 인체 피폭 저감 효과를 정량적으로 평가하였음. ○ 이러한 접근은 기존의 단일 재료 기반 방사선 차폐 해석을 넘어 다층쉘 구조와 현지 재료

연번	교육연구팀 참여교수의 산업·사회 문제 해결 기여 실적 설명
	활용, 달 표면 위치 특성까지 통합적으로 고려한 전산모사 연구로서, 향후 우주 방사선 방호 기술과 거주 환경 설계의 발전에 기여할 수 있는 혁신적 기반을 제시함. . 비전 부합성 ○ 본 연구는 다학제적 융합과 산학협력을 기반으로 미래 우주개발 시대의 핵심 과제인 우주 방사선 방호 기술 고도화에 기여함. ㈜스페이스앤빈과의 협력연구를 통해 달 유인기지 환경을 실제 조건에 가깝게 구현하고, 월면토 및 다양한 차폐 재료를 활용한 방사선 차폐 시뮬레이션 모델을 구축하였음. ○ 이러한 협력적 연구 수행은 학문적 연구와 산업 현장의 기술 수요를 연계하여 우주 방사선 방호 및 거주 안전 기술 발전을 이끄는 융합연구의 구체적 실현 사례임. . 분야 기여 ○ 본 연구는 달 유인기지 환경에서의 방사선 차폐 성능을 정량적으로 분석한 통합 전산모사 연구로, 우주 방사선 방호 및 인체 피폭 평가 분야의 기술적 기반을 강화함. 특히 월면토와 다양한 재료를 활용한 다층쉘 구조 모델을 구축하여, 기지 구조물의 설계 단계에서 차폐 효율을 예측하고 최적화할 수 있는 해석 체계를 제시하였음. 이러한 결과는 향후 유인 달 기지의 방사선 방호 설계 기준 수립과 더불어, 탐사 기간에 따른 누적 피폭량 및 인체 영향 평가까지 확장 적용될 수 있을 것으로 기대됨. . 산업/사회 기여 ○ 본 연구에서 구축한 달 유인기지 방사선 차폐 시뮬레이션 결과는 향후 국내 우주개발 사업에서 인체 방사선 방호 설계의 핵심 기술자료로 활용될 수 있음. ○ 특히 월면토와 현지 재료를 이용한 차폐 효율 분석 결과는 우주 거주 모듈, 탐사 로버, 장기 체류 임무 등 실질적 우주 인프라 설계에 직접 적용 가능하며, 달 탐사 및 유인기지 건설과 같은 국가 우주개발 프로젝트의 안전성 향상에 기여할 것으로 기대됨. 나아가 우주 방사선 방호 기술의 산업적 응용과 대중의 우주 탐사 안전에 대한 신뢰 제고에도 이바지함.   〈대표 성과물〉
4	. 창의/혁신성 ○ 해당 실적은 “Performance evaluation of a nuclear facility monitoring system using multi-sensor network and artificial intelligence algorithm” 으로 핵물질 및 방사성폐기물 저장시설에서의 방사선 사고에 신속하게 대응하기 위한 핵시설 모니터링 시스템을 개발하

연번	교육연구팀 참여교수의 산업·사회 문제 해결 기여 실적 설명
	는 연구를 진행하였음. 개발된 시스템은 1) NaI(Tl) 기반 검출기와 FPGA-DAQ 시스템을 기반으로 한 멀티 센서 네트워크 그리고 2) 방사선원 위치 추적을 위한 인공 신경망 알고리즘을 사용하였음. . 비전 부합성 ○ 해당 연구는 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통해 사회문제 해결형 방사선 계측 기기를 개발하였으며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 미래가치를 선도할 혁신적 연구역량 확보에 부합함. . 분야 기여 ○ 감마선 검출기 제작기술, 신호처리기술, 영상재구성 알고리즘 등 방사선 감시 시스템의 핵심기술 확보를 통해 전문인력 양성 및 국내 기술 원천 확보를 기대할 수 있음. ○ 해당 연구는 국내 방사성폐기물 및 핵시설 안전 규제와 감시 수준 기술 고도화와 동시에 방사선 계측의 중요 원천 기술을 국산화하는데 기여하였음. ○ 본 연구를 통해 보다 향상된 방사선 안전관리 시스템을 구축함으로써 방사선 위험성에 대한 사회적인 불안감을 해소할 수 있을 것으로 기대됨. . 산업/사회 기여 ○개발된 시스템의 높은 확장성을 바탕으로 원자력시설 및 핵활동 지역 이외에 병원, 연구실 등 방사성 물질을 이용하는 시설의 관리 및 감독을 위한 환경감시시스템으로도 활용될 수 있음. ○ 원전시설이나 핵테러에 대한 위험성을 국민적으로 인지하고 있는 시국에서 본 기술 개발을 통해 보다 향상된 방사선 안전관리 시스템을 구축함으로써 해당 단층촬영 시스템은 핵물질 저장 및 보관 시 효율적 검증이 가능함.  <대표 성과물>
5	. 창의/혁신성 ○ 해당 실적은 “Single-energy 물질 분리 기반 CT2PANO 재구성 기술 개발” 로, 단일 에너지 투사영상으로부터 연부조직과 경조직을 분리하여 파노라마 영상을 재구성하는 알고리즘을 제안하고 검증한 연구임.

연번	교육연구팀 참여교수의 산업·사회 문제 해결 기여 실적 설명
	○ 본 연구에서는 Single-energy 영상만을 이용하여 물질 분리를 수행하고, 이를 파노라마 영상 재구성에 결합한 새로운 CT2PANO 알고리즘을 제안하였음. ○ 기존 Dual-energy 기반의 물질 분리 방식에서 요구되는 복잡한 하드웨어와 이중 촬영 과정을 배제함으로써 단일 에너지 조건에서도 효과적인 조직 분리를 구현함. ○ 이를 통해 촬영 단계를 단순화하고 계산 효율을 향상시켜, 저선량·고효율의 영상진단 기술로 발전 가능성을 확인함. . 비전 부합성 ○ 본 연구는 방사선 영상 재구성 분야에서의 저선량·고효율화라는 교육연구팀의 핵심 목표와 부합함. ○ 영상처리 알고리즘의 지능형 최적화를 통해 미래 의료영상 시스템의 기술적 자립과 경쟁력 확보를 도모함. . 분야 기여 ○ 단일 에너지 기반의 물질 분리 및 파노라마 영상 합성 기술을 정립함으로써 영상 재구성 알고리즘의 새로운 응용 가능성을 제시함. ○ 복잡한 복원 문제를 수학적 모델링과 신호처리 기법으로 해결하여 방사선 영상 분야의 기술적 저변 확대에 기여함. ○ 향후 치과 영상 및 의료 CT 영상의 물질 분해 정확도 향상을 위한 기반 기술로 활용될 수 있음. . 산업/사회 기여 ○ 제안된 기술은 치과 및 의료영상 장비에 적용되어 단일 촬영만으로 연부조직과 경조직의 정보를 동시에 제공할 수 있음. ○ 향후 의료 현장에서 효율적이고 안전한 진단 환경 조성에 기여할 것으로 전망됨.  〈대표 성과물〉

❑ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

○ 본 교육연구팀은 다년간의 산학협력 수행 경험을 바탕으로 지역 산업 및 사회문제 해결을 위한 중심적인 역할과 실질적인 기여를 할 수 있도록 산·학·연·병원 공동연구, 국제공동연구, 참여형 프로그램 개발 등 다양한 방안을 모색하여 의료방사선 분야의 창의적이고 융합능력을 갖춘 문제 해결형 인재를 양성하고 있음.

○ 지역산업체-연세대-지역공공기관의 지식 및 기술 융합을 통해 지역 산업체의 사업 인프라를 확충하고, 의료방사선 연구 활성화를 위한 지원을 확대함.

○ 첨단 의료방사선 분야의 연구 역량을 활용하여 방사선산업의 사회 문제인 방사선 안전과 강원도 지역사회 문제인 고령화 문제 해결에 기여할 수 있는 연구를 수행하고자 함.

○ 산업 · 사회 문제 해결을 위한 인적교류 활성화 지원 방안은 아래와 같음.
- 산업현장의 요구를 반영한 사회문제 해결형 교과목 운영을 통해 전문인력 양성
- 기업체와 공동으로 중 · 단기 연수 프로그램을 개발함으로써 실무능력 향상을 위한 현장맞춤형 실습 교과목을 개설 및 운영
- 산업체 기술인력 재교육을 위한 교육훈련 및 세미나 개최
- 학생들의 현장 실무교육을 위한 산업체 인력의 겸임교수 위촉
- 산업체 인턴십 제도 및 현장실습 프로그램 활성화
- 기업체의 CEO들을 초청하여 산학협력 및 교육 프로그램 활성화
- 산업체와 연구 성과를 공유하기 위한 교류협의체를 구성 및 활성화하여 기술 · 정보 · 상호협력관계 구축, 산학 연구능력의 발전 도모
- 산업체, 병원 및 지역 공공기관과의 협의를 통해 미래형 신기술 연구 과제를 도출하고 중 · 단기 과제를 수행하여 특화된 인력양성

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

○ 권인용 교수: 국제 학술활동은 방사선 계측, 전자회로, 원자력 분야 등 다방면에서 매우 활발함. 최근 5회 국제학술회의에 참석하였으며, 다수의 논문을 발표하였음.

국제 학술대회	개최국
2024 Yonsei & Nagoya Exchange Meeting	한국
2024 IEEE Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and Room Temperature Semiconductor Detector Conference	미국
International Symposium on Future Instrumentation and Control for Nuclear Power Plants (ISOFIC)	한국
PSCM School in Adaptive Radiation Therapy 2024	태국
JKMP 10 (The 10th Japan-Korea Joint Meeting on Medical Physics)	일본
2025 IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications	미국

○ 민철희 교수: 국제 학술활동은 방사선치료, 방사선방호 및 방사선 계측 분야 등 다방면에서 매우 활발함. 최근 5회 국제학술회의에 참석하였으며, 다수의 논문을 발표하고 초청강연 또한 진행하였음.

국제 학술대회	개최국
IWORID 2025 (26th International Workshop on Radiation Imaging Detectors)	슬로바키아

PTCOG 63 (The 63rd Annual Conference of the Particle Therapy Cooperative Group)	아르헨티나
JKMP 10 (The 10th Japan-Korea Joint Meeting on Medical Physics)	일본

○ 염연수 교수: 방사선방호 및 방사선방호 등의 연구분야에서 활발한 국제 활동을 수행하고 있음. 최근 3회 국제학술회의에 참석하였으며, 다수의 논문을 발표하였음. 또한 2025년 8월 6일에 국제방사선방호위원회에서 발표한 소아용 표준 전산팬텀에 대해 Webinar 형식의 국제 강연을 진행함.

국제 학술대회	개최국
ICRP Task Group 103 Digital Workshop: Paediatric Mesh-type Reference Computational Phantoms	Virtual Conference
ISORD-12: Evolution of Computational Human Phantoms for Radiation Dosimetry Research	일본
29th Geant4 Collaboration Meeting: Contributions to Advanced Examples for ICRP Reference Phantoms	로마
11th International Geant4 in Korea 2024	대한민국
FLUKA-PHITS Tutorial	대한민국

○ 정용현 교수: 최근 1년간 방사선 계측 분야의 국제 학술 활동을 4번 이상 매우 활발히 참여하였음.

국제 학술대회	개최국
2024 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imagin Conference	미국
2025 ISORD-12	일본
26th International Workshop on Radiation Imaging Detectors	슬로바키아
2025 IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications	미국

○ 조효성 교수: 국제 학술활동은 저선량 의료영상 및 첨단 의료영상 신기술에서 활발히 국제 학술활동을 펼치고 있음. 최근 3회 국제학술회의에 참석하였음.

국제 학술대회	개최국
iWoRiD2025: 26rd International Workshop on Radiation Imaging Detectors	슬로바키아
SORMA WEST 2025: IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications	미국
2025 AAPM Annual Meeting	미국

○ 한봉수 교수: 국제 학술활동은 자기공명영상 및 뇌신경과학, 분자 영상 분야 등 다방면에서 매우 활발함. 매년 1번 이상 참석하였음.

국제 학술대회	개최국

2024 The 12th International Congress on Magnetic Resonance Imaging & 29th Annual Scientific Meeting of KSMRM	한국

② 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단(팀) 참여교수	국외 공동연구자			
1	염연수	Wesley Bolch; Chan-soo Choi	미국/ University of Florida	Implication of ICRP pediatric reference voxel phantoms on dose assessment of patients in radioiodine therapy	https://doi.org/10.1016/j.net.2024.01.033
2	염연수	Bangho Shin, Chansoo choi	미국 / University of Florida	Korean-specific dose coefficients for external environmental exposures: Soil contamination	https://doi.org/10.1016/j.net.2024.05.042
3	염연수	Thang Tat Nguyen, Bangho Shin, Chansoo choi, Wesley E Bolch	미국, 베트남 / University of Florida, Hanoi University of Science and Technology	ICRP pregnant-female mesh-type reference computational phantoms part 1: development of fetal phantoms	10.1088/1361-6560/ad9a35
4	염연수	Bangho Shin, Chansoo choi	미국 / University of Florida	Dose coefficients of mesh-type reference Korean phantoms (MRKPs) for idealized external exposure geometries of photons and electrons	https://doi.org/10.1016/j.net.2024.10.060
5	염연수	Thang Tat Nguyen, Bangho Shin, Chansoo choi, Wesley E Bolch	미국, 베트남 / University of Florida, Hanoi University of Science and Technology	ICRP pregnant-female mesh-type reference computational phantoms part 2: development of maternal phantoms	10.1088/1361-6560/add07a
6	염연수	Bangho Shin, Chansoo choi	미국 / University of Florida	Advancing pediatric organ dose assessment in radioiodine therapy with ICRP pediatric mesh-type reference computational phantoms	https://doi.org/10.1016/j.net.2025.103513

7	조효성	Daeyup Han	미국 / Yale University School of Medicine	Reconstruction of DRR-like kV-DR using cycleGAN-based image synthesis for intra- and extracranial SRT/SRS	AAPM 2021 67rd Annual Meeting & Exhibition https://aapm.confex.com/aapm/2025am/meetingapp.cgi/Paper/17083
8	조효성	Daeyup Han	미국 / Yale University School of Medicine	Modified Dehazenet for Scatter in Triggered Imaging: Enhancing Visibility and Alignment Precision for Radiation Therapy	AAPM 2021 67rd Annual Meeting & Exhibition https://aapm.confex.com/aapm/2025am/meetingapp.cgi/Paper/17194
9	조효성	Chika Kamezawa; Ren Nasukawa; Wataru Yashiro	일본 / Tohoku university	Improving X-ray Grating Interferometry via Fourier Analysis of Moiré Fringes with Grating Angulation	IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications (SORMA West 2025) https://sormawest.org/

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

❑ 연구자 교류 실적

○ 본 교본 교육연구팀의 참여연구진은 해외 선진연구기관들과의 연구교류를 활발하게 진행하고 있으며, 교류대학의 범위는 전 세계적으로 다양하게 분포되어 있음.

○ 다양한 장기연수와 파견, 해외 우수 연구기관 방문 및 교류를 통해 지속적인 국제 공동연구 활동을 수행하고 있으며, 이를 통해 국제 저명 학회에서의 발표와 SCI(E) 논문 게재 등 우수한 연구 성과를 창출하고 있음.

<표 3-7> 최근 1년간 국제 교류 실적

해외 기관	교류 실적
Nagoya University (일본)	- 본 교육연구팀에서는 2013년부터 현재까지 연세-나고야 학술대회 및 연구 교류회를 개최하고 있음. (격년마다 상호 대학간 단기 해외 연수 진행을 통한 연구교류 진행) - 2024년 Yonsei-Nagoya University Research Exchange Meeting on Health Sciences를 성공적으로 개최하였음.
University of Florida (미국)	- 본 교육연구팀 권인용 교수와 김하빈 학생은 2025년 1, 2월 미국 University of Michigan의 David Wehe 교수 및 Mark Hammig 교수 연구실을 방문하여 방사선 계측 신호처리 회로에 대한 연구를 수행하였음. - 교류 연구 이후 미시간 대학교 초박형 방사선 센서 샘플에 대한 신호처리 연구를 지속하고 있음.
	- 본 교육연구팀 염연수 교수와 이수민 학생은 2022년 3월부터 2024년 12월까지 미국 University of Florida의 Wesley Bolch 교수 및 Chan-soo Choi 박사와 ICRP 표준 전산팬텀을 이용한 방사성 아이오딘 치료(radioactive iodine therapy) 소아 환자에 대한 S value 계산을 주제로 국제공동연구 수행 및 SCI급 논문 1편을 게재함.
	- 본 교육연구팀 염연수 교수와 최지원, 이유미 학생은 2022년 6월부터 2024년 10월까지 미국 University of Florida의 Chan-soo Choi, Bangho Shin 박사와 토양 오염에 대한 외부피폭 상황에서 한국인 맞춤 선량계수 산출이라는 주제로 국제공동연구 및 교류를 진행함. - 염연수 교수와 미국 University of Florida의 Wesley E Bolch 교수. Chan-soo Choi, Bangho Shin 박사는 ICRP 메시형 임산부 표준 전산팬텀을 주제로 지속적인 공동 연구를 진행함.
Gunma University (일본)	- 본 교육연구팀 민철희 교수와 이수민 학생은 중입자 조사 Alanine/ESR 시스템 정밀선량평가를 위한 국제 공동연구를 수행 중이며, 이를 위해 일본 Gunma University 및 국립암센터와 공동연구 협약(Joint Research Agreement)을 체결함.
Hanoi University of Science and Technology (베트남)	- 본 교육연구팀 염연수 교수는 베트남 Hanoi University of Science and Technology의 Thang Tat Nguyen 교수와 “ICRP 메시형 임산부 기준 전산팬텀 개발”이라는 주제로 국제공동연구를 수행함.
The International Commission on Radiological Protection, ICRP	- 본 교육연구팀 염연수 교수는 표준 전산팬텀 전문가 자격으로써 ICRP의 Task group 96, 103, 113에 참여위원으로 소속되어 있음. - Task Group 103에서는 전 세계 전문가들과 함께 메시(mesh)형 소아 표준팬텀 보고서를 ICRP Publication 156으로 발표할 예정이며, 동시에 임산부 표준팬텀 보고서 작성도 병행하고 있음. - Task Group 113에서는 전 세계 전문가들과 협력하여 Projection 영상 선량계수 보고서와 임산부 CT spot check 연구를 수행 중임.
Yale University School of Medicine (미국)	- 본 교육연구팀 조효성 교수와 양혜선, 박지원 학생은 2024년 7월부터 미국 Yale University School of Medicine의 한대엽 교수 연구팀과의 국제공동연구 및 교류를 통해 국제 전문분야 학술대회 포스터발표 실적 2건을 달성하였으며, 현재에도 다양한 방사선 영상 및 치료분야 연구를 진행 중에 있음.
Tohoku university	본 교육연구팀의 조효성 교수와 참여 대학원생 이종혁은 2025년 1월부터 미국 일본 Tohoku

해외 기관	교류 실적
(일본)	University의 Chika Kamezawa 조교수 연구팀과의 국제 공동연구를 통해 방사선 영상 및 치료 분야의 첨단 기술 개발을 수행하였으며, 그 성과로 2025 IEEE Symposium on Radiation Measurements and Applications에서 포스터 발표 1건을 달성하였음. 향후 CT projection 단계 및 3D 재구성 영상까지 확장하는 후속 연구가 진행되고 있음.

❑ 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

○ 본 교육연구팀은 의료방사선 분야에 관련된 저명한 해외 연구자의 초청 및 강연을 통해 세계적인 경쟁력을 갖출 수 있는 의료방사선 특화 인재양성을 목표로 함.

○ 최근 1년간 미국・일본・베트남 등 7개 기관과 정례 세미나, 합동 연구기획, JRA 체결(Gunma Univ.), ICRP TG 참여 등 교류의 폭과 질이 모두 확대된 실적이 확인됨.

○ 대학원생의 학위 취득을 위한 외국어인증 졸업여건 강화 및 교육과정을 대폭 개선함으로써 국제공동연구를 수행할 양질의 우수 인력을 양성함.

○ 본 교육연구팀의 연구 인력 국제화를 위해 우수한 외국인 대학원생 유치 홍보를 강화하며, 해외 연구 인력과의 교류를 위한 국제화상 컨퍼런스 룸 확보, 해외 학자 게스트하우스 확충 등의 국제화 인프라를 구축함.

○ 다음 연도의 국제 교류 계획은 아래 표와 같으며, 참여대학원생의 해외 연구기관 파견(장・단기 연수 포함) 및 정기 화상회의를 통해 국제 공동연구 및 교류를 지속 추진할 예정임.

<표 3-8> 최근 1년간 국제 교류 계획

해외 기관	교류 계획
University of Michigan (미국)	- 본 교육연구팀의 권인용 교수는 첨단 방사선 센서 및 내방사선(Radiation Hardening)을 위한 방사선 검출장치 개발을 선도하고 있는 University of Michigan과 연구자 상호 교류를 통한 한미공동연구를 진행할 계획임.
Johns Hopkins University School of Medicine (미국)	- 본 교육연구팀의 조효성 교수는 GE, Siemens, Philips 등과 공동으로 첨단 의료기술 개발을 선도하고 있는 그룹 중 하나인 존스홉킨스 의과대학과의 연구협력을 진행하여 석학초빙 세미나 개최 및 장・단기 연수를 통한 공동연구 교류활동 활성화 예정
Washington University in St. Louis (미국)	- 본 교육연구팀의 민철희 교수는 WUSTL(오승종 교수 연구팀)과의 국제 공동연구를 주관하여, 원주세브란스기독병원 최현준 교수와 함께 Geant4 기반 감마나이프 불균질성 보정 선량 시뮬레이션 코드를 개발・최적화할 예정임. - 정기 화상회의를 통해 DICOM Plan 및 실측 선량을 상호 공유하고, WUSTL의 임상 검증과 연간 QA 데이터 비교분석을 통해 코드 정확성을 검증할 계획임.
Yale University (미국)	- 본 교육연구팀의 조효성 교수는 참여대학원생 양혜선을 해당 기관에 파견하여, 정위체부 방사선치료에서 종양 위치 정밀 추적을 위한 3차원 영상유도 프로토콜 개발 공동연구를 수행할 예정임. - 호흡・체동 모션을 반영한 팬텀 및 임상자료를 활용하여 추적 알고리즘을 설계・검증하고 SOP와 QA 체크리스트 초안을 마련할 계획임.
Mayo Clinic (미국)	- 본 교육연구팀의 조효성 교수는 참여대학원생 이수현을 해당 기관에 파견하여, 광자계수 CT 영상 품질 향상을 위한 스펙트럼 최적화 공동연구를 수행할 예정임. - 관전압・여과・에너지 분할을 체계적으로 최적화하여 권장 파라미터 테이블과 프로토콜 전환 시 QA 절차를 제시할 계획임.
University of Bordeaux (프랑스)	- 본 교육연구팀의 염연수 교수는 참여대학원생 최지원을 해당 기관에 파견하여, 우주방사선에 의한 생물학적 손상 기전 규명을 위한 다중 스케일 전산모사 체계 구축 공동연구를 수행할 예정임. - 선량-미세선량-DNA 손상 지표를 연계하는 시뮬레이션 파이프라인과 기준 시나리오 데이터베이스를 공동 구축할 계획임.

해외 기관	교류 계획
National Cancer Institute (미국)	- 본 교육연구팀의 염연수 교수는 참여대학원생 이유미를 해당 기관에 파견하여, CT 촬영 임산부에 대한 ICRP 표준 선량계수 산출 공동연구를 수행할 예정임. - 임산부 전산팬텀과 실제 촬영 조건을 적용하여 장기・태아 선량계수 표와 임상 적용 가이드 초안을 도출할 계획임.
University of Utah School of Medicine (미국)	- 본 교육연구팀의 한봉수 교수는 MRI 분자영상 분야의 세계적인 연구선두 그룹인 존스홉킨스 의과대학과의 연구협력을 진행하여 석학초빙 세미나 개최 및 장 · 단기 연수를 통한 공동연구 교류활동 활성화 예정 - 국제공동연구 활성화를 위해 연구원의 장・단기 연수, 인터넷을 이용한 화상 연구회의의 정례화