

2021 9

Vol.4, No.3

대한방사선방어학회 KARP ^e-Letter 카페레터

www.karp.or.kr

· 기고문	방사선방호 최적화를 위한 비용	03
· 이슈&포커스	메시형 표준전산 모의체 개발	08
	방사선 치료와 물 흡수선량 표준	14
· 국제동향	KARP-JHPS 공동 심포지움 개최	22
	ICRP Digital Workshop 개최 예정	23
	ICRP 기본권고 개정에 대한 의견 수렴	23
	ICRP 상임위원회 위원 선정	24
	ICRP Publication 149 발간	24
	IRPA Regional Congress 개최 계획	25
	IRPA15 발표 논문의 저널 게재	26
	'IRPA Bulletin Issue #30' 발간	27
· 행사관련소식		28
· 학회 뉴스		30
· 방사선 기초지식		32



대한방사선방어학회
The Korean Association for Radiation Protection

카페레터 KARPê - Letter

Contents

기 고 문	방사선방호 최적화를 위한 비용	03
이 슈 & 포 커 스	국제방사선방호위원회(ICRP) 차세대 메시형 표준전산 모의체 개발	08
	시간에 따른 물 흡수선량 표준의 변화	14
국 제 동 향		22
행 사 관 련 소 식		28
학 회 뉴 스		30
방사선기초지식		32

Newsletter는 학회 회원님들의 자발적인 참여로 만들어지는 소통의 공간입니다.
회원들과 공유하고 싶은 소식은 아래의 편집국으로 연락바랍니다.

뉴스레터 편집국: ☎ 02-2297-9775 | ✉ newsletter@karp.or.kr



대한방사선방어학회
The Korean Association for Radiation Protection

사업자번호:314-82-01791 / 대표명:김교윤 / 주소:서울시 성동구 왕십리로 222 한양대 HIT 319호
전화:02)2297-9775 / 팩스:02)2297-9776 / 이메일:webmaster@karp.or.kr



방사선안전문화연구소
Institute of Radiation Safety Culture

연구소장:이재기 / 전화:02)2297-0332 / 이메일:Jakilee@hanyang.ac.kr



방사선방호 최적화를 위한 비용-편익분석

백민희

충남대 경제학과 교수

인간은 다양하고 무한한 욕구를 충족시키고 싶으나, 우리가 가진 자원은 희소하다. 그래서 우리는 부족한 수단을 가장 효율적으로 사용하기 위한 선택을 해야 한다. 인간은 항상 일종의 제약 속에서 있으며, 따라서 주어진 자원을 최대한 효율적으로 써야 한다는 뜻이다.

우리가 어떤 선택을 하든 얻는 것이 있으면 잃는 것이 있다. 득이 있으면 실이 있는 것이다. 여기에서 얻는 것은 편익(benefit)이라 하고, 잃는 것은 비용(cost)이라고 한다. 선택의 문제에서 합리적인(rational) 경제주체는 한계적(marginal) 상황을 고려하여 의사결정을 한다. 합리적이라는 것은 사용가능한 모든 정보를 사용하여 자신들의 편익을 극대화하는 것이다. 이를테면 소비자의 효용극대화, 기업의 이윤극대화, 정부의 사회후생극대화가 그것이다.

경제주체의 합리적 선택은 최소의 비용으로 최대의 편익을 거둘 수 있는 선택이다. 결국 한계편익과 한계비용이 일치하는 선택이며, 이는 경제적 효율적인 상태이다. 이것은 중요한 경제원리이자, 방사선방호 최적화의 원리이다.

정책의 경제성 분석

정책이 효율적으로 시행되기 위해서는 정책의 자원 재배분으로 야기되는 자산변동의 적절한 가치 평가를 통한 비용과 편익의 분석이 주를 이루는 경제성 분석이 필수적이다.

우리나라는 대규모 신규 공공투자사업에 대한 사전 타당성 검증 평가를 통하여 재정사업이 신규투자를 투명하고 공정하게 결정함으로써 무분별한 투자로 인한 예산낭비를 방지하고 재정부문의 효율성을 제고하기 위하여 지난 1999년부터 예비타당성조사를 도입하여 사용하고 있다.

예비타당성조사의 기본체계는 사업의 총비용과 총편익의 현재가치를 산정하여 비교하는 경제성분석과 정책적 분석, 지역균형발전분석으로 구분된다. 그 중에서 경제성분석은 비용-편익분석을 적용하여 공공투자사업이 국민 전체에 미치는 사회적 편익과 비용을 측정하여 궁극적으로 국가재정의 효율적 운용을 달성하도록 한다는 의미에서 예비타당성조사에서 중요한 부분을 차지한다.

정책의 효율적 자원 배분을 위해서 경제성 분석이 요구되는 것은 기본적으로 규제 및 투자사업에 사용될 자원이 희소(한정)하기 때문이다. 국가의 예산자체가 한정적이기 때문이다.

비용-편익분석은 얼마만큼의 규제가 필요하고 어떻게 희소한 자원을 사회적으로 가장 가치 있는 곳에 투자할 것인가에 대한 의사결정을 하는데 있어서 긴요한 정보를 제공해준다. 따라서 정책의 경제성평가는 규제나 투자의 시행에 따른 사회적인 부담을 최소화할 수 있는 방안을 마련해 줄 뿐만 아니라, 정책으로부터 경제적인 영향을 받는 이해당사자의 반발에 미리 대비하는 방안이 되는 것이다.

방사선방호 최적화

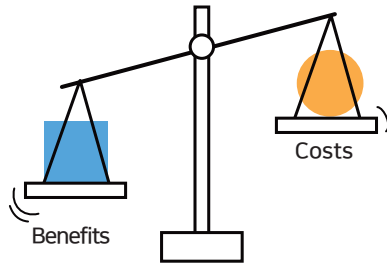
국제방사선방호위원회는 방사선방호의 원칙으로 정당화, 방호최적화, 선량한도를 제시한다. 이 중 방사선방호체계의 핵심으로 방호최적화를 명시하고 있다. 방호최적화 과정은 피폭의 가능성과 양을 경제적, 사회적 인자를 고려해 합리적으로 달성할 수 있는 한 낮게 유지하는 것이다.

우리나라의 경우는 방호최적화를 수행하기 위한 법과 규제의 틀이 마련되어 있으나, 정량적인 평가 기술은 부족하다. 이때, 최적화 과정을 정량화하기 위한 도구로서 사용되는 것이 의사결정 보조기법으로 비용-편익분석이 대표적이다.

비용-편익분석

비용-편익분석은 정부에 의해 수행되는 갖가지 정책이나 투자사업에 대한 평가를 하기 위한 분석의 틀이다. 정부가 정한 정책목표를 달성하기 위해 사용할 수 있는 여러 가지 정책대안을 수행하는데 소요되는 사회적 비용과 그로 인한 사회적 편익을 화폐단위로 측정해서 비교하는 것이다. 1950년대 ‘후생경제학’에 그 이론적 근거가 있으며, 이후 환경경제학 분야를 바탕으로 발전하게 되었다.

정책선택과 관련되어 비용-편익분석이 최초로 사용된 예는 1936년의 미국홍수관리법(United States Flood Control Act)에서 발견할 수 있다. 동법은 연방정부가 홍수관리에 개입하기 위해서는 사업시행으로 인한 편익이 예상 비용을 상회하여야만 한다고 규정하고 있다. 1990년대 중반 이후 미국에서는 모든 종류의 정부규제조치에 있어 비용-편익분석의 사용을 의무화하고 있다.



<Cost-Benefit Analysis>

공공투자사업의 편익(benefit)

정책이나 투자사업 등의 상황변화로 인해 얻게 되는 만족도나 후생(welfare)의 변화정도를 편익이라 한다. 예를 들어, 환경정책의 편익이란 주어진 환경질의 개선 또는 특정 환경재의 공급으로 인해 발생하는 경제적 이익의 화폐가치이다.

비용-편익분석 중 비용부문은 사업비와 운영비에 해당하며 기술적인 측면이 많아서, 측정이 편익에 비해 상대적으로 용이하다. 그러나 공공투자사업으로 국민들이 향유하게 될 편익의 대부분은 공공재의 성격을 띠거나 외부 효과를 발생시키는, 시장에서 거래되지 않은 비시장재화이다. 시장가격 등이 존재하지 않기 때문에 이 가치를 측정하기 위해서

는 특별히 고안된 방법들을 적용해야 하기 때문에 정책의 경제성 분석에 관한 연구는 비시장재화의 가치방법론 개발에 초점을 맞추어 왔다.

편익추정

시장에서 재화나 서비스를 구입할 때, 소비자들은 시장가격과 본인이 지불할 의사가 있는 최대금액(Willingness To Pay: WTP)을 비교하여 WTP가 시장가격을 초과하거나 같을 때에만 구입한다. 다시 말하면 재화에 대한 WTP는 시장에서 실제로 지급한 금액(시장가격)과 소비자 잉여로 구성된다. 바로 화폐단위로 표시된 최대지불의사(WTP)가 그 재화에 대한 소비자들의 선호(preference)를 반영하고, 그것이 소비에 대한 효용(utility), 경제적 가치를 나타낸다.

공공투자사업의 시행은 국민들에게 시장에서의 거래 여부와 관계없이 이득을 가져다 주기도 하고, 손실을 입히기도 한다. 이득이 발생할 수 있는 상황에서 보면 사업시행 이전의 효용수준을 기준으로 개선된 상황을 확보하기 위하여 개인들이 지불하

오프라인	오프라인	오프라인
사업 이전 효용수준 유지	개선된 상황을 확보하기 위한 최대의 금액(WTP)	손실을 감내하는 대신 수용할 수 있는 보상금액(WTA)
사업 이전 효용수준 유지	포기하는 대가로 수용할 수 있는 최소한 금액(WTA)	상황이 악화되는 것을 방지하기 위한 최대 금액(WTP)

표. 공공투자사업(정책)으로 인한 편익측정 개념의 구분

고자 하는 최대의 금액(WTP)을 측정하거나, 이득을 포기하는 대가로 수용할 수 있는 최소한의 금액(WTA: Willingness To Accept)을 측정할 수 있다. 반면에 상황이 악화되는 경우에는 개인들이 공공투자사업으로 손실을 감내하는 대신 수용할 수 있는 최소한의 보상금액을 측정하거나, 상황이 악화되는 것을 방지하기 위해 지불하고자 하는 최대금액을 측정할 수 있다.

재화나 서비스에 대한 경제적 가치측정은 신고전 학파 후생경제학에 근거하고 있다. 후생경제학의 기본전제는 경제활동의 목적이 사회를 구성하는 개인들의 복지를 증진하는 데 있고, 주어진 상황에서 각 개인의 복지 수준을 가장 잘 판단할 수 있는 사람은 자기 자신이라는 것이다. 바로 지불의사액(WTP)과 수용의사액(WTA)으로 가치를 표현할 수 있는 것이다.

비시장재화 가치평가

현시선호접근법은 평가대상인 비시장재가 기술적 혹은 구조적인 관계가 있는 사적 시장재에 미치는 영향을 파악하여 비시장재의 가치를 간접적으로 추정하는 기법이다.

일반적으로 경제학자들이 가장 선호하는 방법은 시장수요접근법이다. 직접적인 시장자료가 없다면 비시장재화와 연관이 있는 대리시장을 찾아서 간접적인 시장접근법인 현시선호접근법을 적용하도록 해야한다는 것이 주류경제학자들의 입장이다. 그러나 대부분 예타에서 편익추정은 물리적 연계접근법과 진술선호접근법을 사용하여 분석해왔다.

박물관 사업과 같이 방문수요와 방문비용, 입장료를 고려한 여행비용접근법을 사용하여 편익산정을

선호 연계 방법		가치측정방법	비고
물리적 연계		손해함수접근법(Damage Function Approach) 대체비용접근법(Replacement Cost Approach) 비용절감접근법(Cost of Savings Approach)	소비자선택이론에 근거하지 않음
행태적 연계	시장접근법	시장수용접근법(Market Demand Approach)	가장 선호됨
	현시선호접근법(RP)	여행비용접근법(Travel Cost Approach) 특성가격접근법(Hedonic Price Approach) 회피행위접근법(Averting Behavior Approach)	간접적 대리시장을 활용함. 선호되는 접근법
	진술선호접근법(SP)	조건부가치접근법(Contingent Valuation Method) 조건부순위접근법(Contingent Ranking Method) 조건부행위접근법(Contingent Behavior Method)	RP의 적용이 어려운 경우 보완적 적용 추천
	현익이전	가치이전, 함수이전, 메타분석	—

표. 비시장재의 가치평가방법의 분류

할 수도 있다. 미세먼지 감소를 위해 공기청정기나 마스크를 사용하는 회피행위로 부터 편익산정을 할 수 있다. 그러나 방사선방호로 피폭선량 저감으로 평가할 수 있는 편익은 시장가격 측정이 어렵고 비 시장가치를 포함하는 경우에는 후생경제학이론에 근거한 진술선호접근법이 가장 효율적이다.

결언

방사선 피폭을 원자력안전법에 규정된 선량한도 이하로 유지하기 위해 우리나라의 현 기술상태, 공

중보건과 안전, 공공의 편익과 원자력 에너지의 이용 편익과 관련한 경제성을 고려한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

향후 조건부가치평가방법을 기반으로 한 설문조사를 통해 최대지불의사액(WTP)와 통계적 생명가치를 추정을 하고 금전계수를 도출하여 국내에 적용가능한 비용-편익 분석 방법론을 제안할 수 있을 것으로 기대된다.

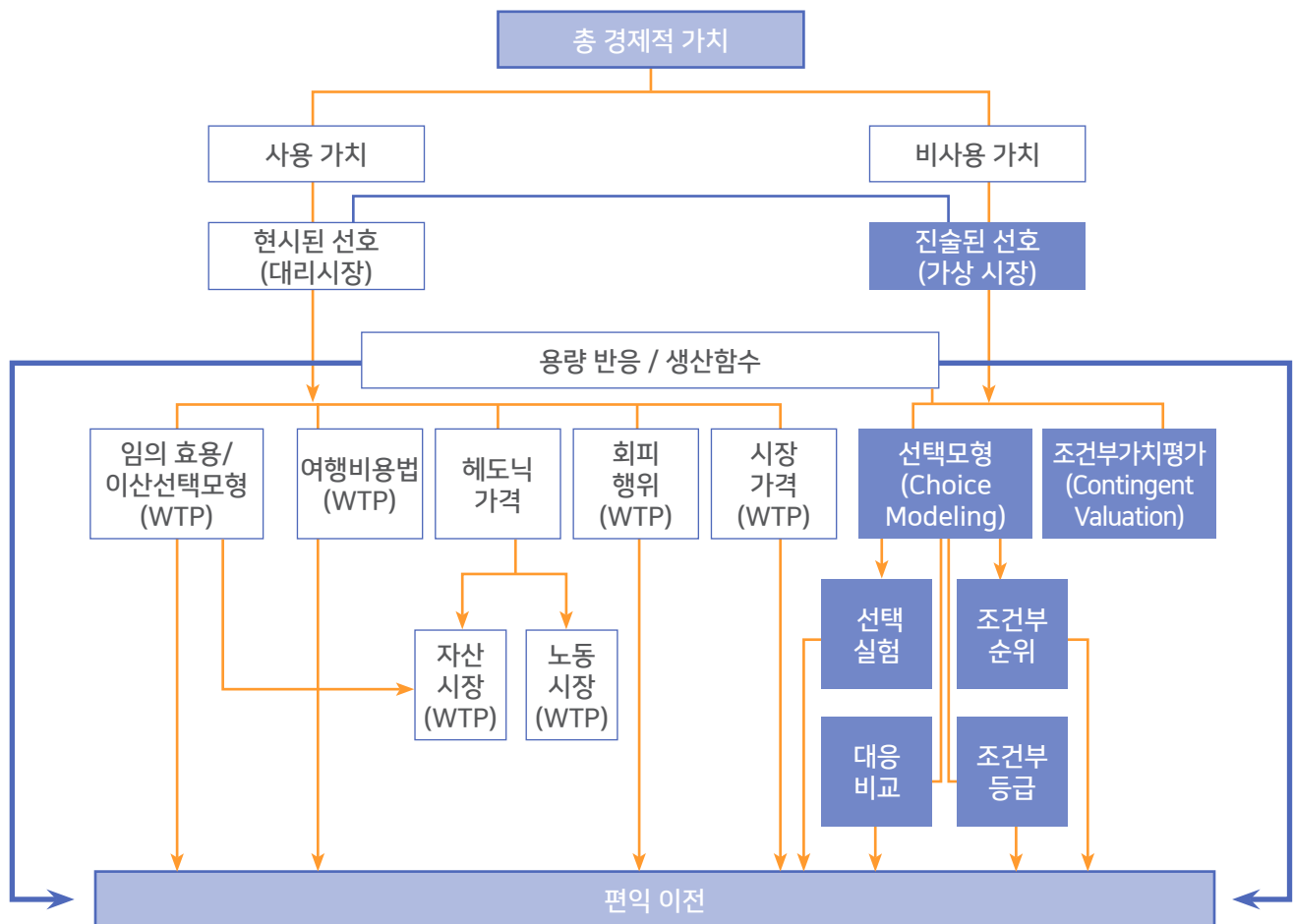


그림. 비시장재화 가치평가 기법

국제방사선방호위원회(ICRP) 차세대 메시형 표준 전산 모의체 개발

김찬형 한양대 원자력공학과 교수

방사선방호 분야에서 세계 최고 권위의 국제전문 기관인 국제방사선방호위원회(ICRP)는 지난 90여 년간 방사선방호에 관한 데이터베이스와 권고사항을 수립하여 국제사회에 제공하는 임무를 수행해오고 있다. ICRP의 데이터베이스와 권고사항은 방사선방호 현장에서 피폭자의 방사선 위험을 평가하기 위한 목적으로 활용될 뿐만 아니라 우리나라를 비롯한 많은 나라의 방사선방호 관련 법규 수립에도 활용되기 때문에 상당히 중요한 의미를 갖는다. 이러한 임무의 일환으로 ICRP에서는 평균적인 사람을 대표하는 표준 전산 모의체를 개발하여 방사선방호 현장에서 사용될 수 있도록 제공하고 있으며 자체적으로도 이 모의체를 사용하여 여러 가지 방사선장에 대한 표준 선량계수를 계산하여 제공하고 있다.

그림 1은 ICRP에서 현재 사용하는 표준 전산 모의체의 모습을 보여준다. 이 모의체는 2009년 독일 헬름홀츠 뮌헨 연구센터(HMGU)에서 실제 인체의 컴퓨터단층영상(CT)을 기반으로 개발되고 2009년 ICRP-110 간행물[1]을 통해 공식적으로 배포된 후 현재까지 전 세계의 방사선방호 현장에서 널리 사용되고 있다. 하지만 이 모의체는 레고(lego) 블록과 비슷한 복셀(voxel) 형식으로 이루어져 있어 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 복셀형 모의체의 장기는 계단 형태를 하고 있거나 구멍이 뚫려있을 뿐만 아니라 장기 내 방사선 민감도가 높은 영역인 마이크로미터 두께의 기저세포층을 표현하지 못한다는 문제가 있다. 이러한 문제는 특정 방사선장에 대한 선량평가 시 상당한 오차를 발생시킬 수 있으며 ICRP에서도 이러한 문제를 인지하여 투과력이 약한

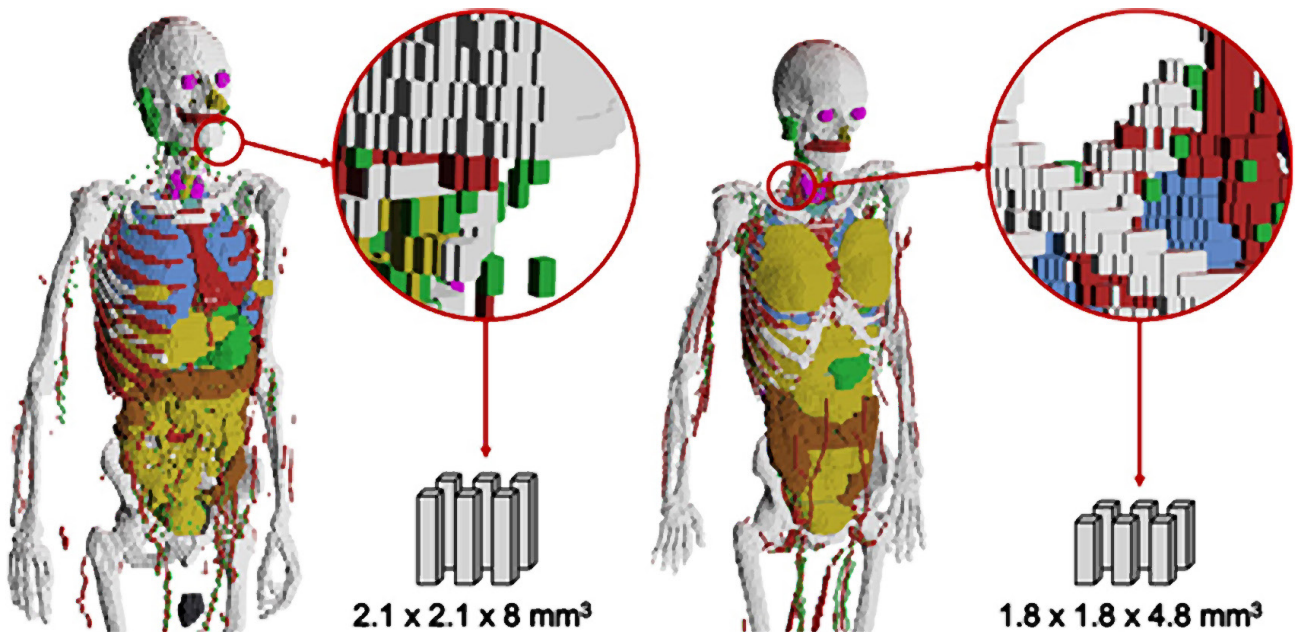


그림 1. ICRP-110 간행물[1]을 통해 제공되는 복셀형 표준 전산 모의체: 성인남성(좌) 및 성인여성(우)

방사선에 대한 선량평가 시 12개의 수학적 모델 모의체[2-4]를 추가로 사용하는 등의 선량평가 오차를 낮추기 위한 노력을 기울이고 있으나 여전히 많은 한계가 있는 것이 사실이다.

이에 더해서 그림 1의 복셀형 모의체는 장기의 크기가 평균적인 사람보다 작다는 문제가 있다. 이는 이 모의체를 개발할 때 ICRP-89 간행물[5]에서 제공하는 표준 장기 무게를 잘못 해석해서 사용했기 때문이다. 즉, ICRP-89 간행물에서 제공하는 표준 장기 무게는 장기 안 세정맥, 세동맥, 모세혈관에 존재하는 혈액량의 무게를 제외한 실질 조직의 무게지만 이를 잘못 해석해서 장기 내 혈액량이 포함된 무게로 해석하였다. 이러한 잘못된 해석은 이 모의체의 개발뿐만 아니라 방사선방호 및 의료방사선

목적으로 여러 연구기관에서 자체적으로 개발한 대부분의 모의체에서도 적용되었기 때문에 ICRP-89 간행물의 표준 장기 무게를 토대로 개발된 대다수의 모의체는 모두 잘못된 장기 크기를 가지고 있다.

이러한 문제는 2013년 10월 아랍에미리트(UAE)의 아부다비에서 개최된 ICRP 제2위원회 연차회의에서 심도있게 논의되었으며 이 회의에서 현재 사용하는 복셀형 모의체의 문제점을 인정하고 이를 해결하기 위해 고품질의 메시(mesh) 형식으로 표준 모의체를 새로이 개발하기로 하였다. 이러한 목적으로 ICRP에서는 새로운 과업그룹(Task Group)을 결성하기로 하였으며 필자 본인이 이 과업그룹의 위원장으로 선임되었다.

필자는 곧바로 복셀형 성인 모의체를 개발한 독일 HMGU의 Maria Zankl 박사, 복셀형 소아 모의체를 개발하고 있던 미국 플로리다대학교의 Wesley E. Bolch 교수 등의 국제 전문가들과 필자 본인 연구실의 학생들로 과업그룹을 구성하였으며 2016년 5월 과업그룹이 공식적으로 결성된 이후 메시형 표준 모의체 개발을 본격적으로 시작하였다. 개발 과정은 복셀형 모의체를 고품질의 메시 형식으로 변환하고 리모델링 등의 방법을 통해 해부학적 개선을 이루어낸 후 마이크로미터 두께의 방사선 민감층을 모두 설치하는 것이었으며 조금 더 상세한 과정은 다음과 같다.

대부분의 모양이 단순한 장기들은 복셀 모델을 메시 형식으로 변환하고 다양한 3D 렌더링 과정을 거쳐 고품질의 메시 형식으로 개선한 뒤 ICRP-89 간행물의 표준 장기 무게에 혈액량을 더해 준 무게에 맞추어주는 방식으로 개발하였다. 하지만 모양이 작거나 복잡한 장기에는 보다 복잡하고 다양한 절차를 통해 해부학적 개선을 이루어냈다. 눈의 경우, 수정체 안에 존재하는 마이크로미터 수준의 방사선 민감층을 나타내주기 위해 2009년에 Behrens 등이 개발한 정밀한 눈 모델[6]을 메시 형식으로 개발하여 설치하였다[7]. 소장인 경우, 1,000개의 소장 모델을 몬테칼로 방법을 통해 무작위로 생성하고 기하학적 구조 및 선량 평가 관점에서 복셀 모델과 가장 유사한 모델을 선택하는 방식을 사용했다[8]. 폐 안에 매우 복잡한 구조의 기관지와 세기관지를 설치하는 것이 가장 어려운 작업이었다. 이를 위해 2000년에 개발된 Tawhai의 방법[9]과 Volumetric Y-branch 구조를 적용한 기관

지 및 세기관지 생성 프로그램을 개발하여 적용하였다[10]. 척추의 경우, 기존에 개발된 고품질의 메시 기반 척추 모델을 조정하고 해면질 등 방사선량 평가에 필요한 영역을 추가로 정의하여 설치하였다[11]. 그 밖에도 혈관, 근육, 임파선, 손발뼈 등도 다양한 절차를 통해 개발하였다. 또한, 개발된 피부, 방광, 호흡기 및 소화기 장기들 안에 ICRP에서 규정하는 마이크로미터 두께의 방사선 민감층과 선량층을 모두 정의하였다[10, 12].

그림 2는 개발된 ICRP의 메시형 표준 전신 모의체의 모습을 보여준다. 성인남성 모의체의 경우 176 cm의 키와 73 kg의 몸무게를 지녔으며 약 820만 개의 사면체로 구성되어 있다. 성인여성 모의체의 경우 163 cm의 키와 60 kg의 몸무게를 지녔으며 약 860만 개의 사면체로 구성되어 있다. 두 모의체 모두 유효선량 계산에 필요한 장기를 모두 포함하고 있으며 설치된 장기들은 모두 ICRP-89 간행물의 표준 장기 무게에 혈액량을 더해 준 무게와 0.1% 이내의 차이를 갖는다.

그림 3에 보이는 폐 안에 설치된 기관지와 세기관지는 개발된 메시형 모의체가 얼마나 정밀하게 개발되었는지 단적으로 보여준다. 기관지 및 세기관지는 15세대까지 설치되었으며 각 기관지 및 세기관지 안에는 마이크로미터 두께의 방사선 민감층과 선량층이 모두 정의되어있다. 또한, 개발된 모델은 몬테칼로 전산모사 코드에서 원활하게 사용될 수 있도록 3차원적으로 완전한 폐곡면으로 개발되었다.

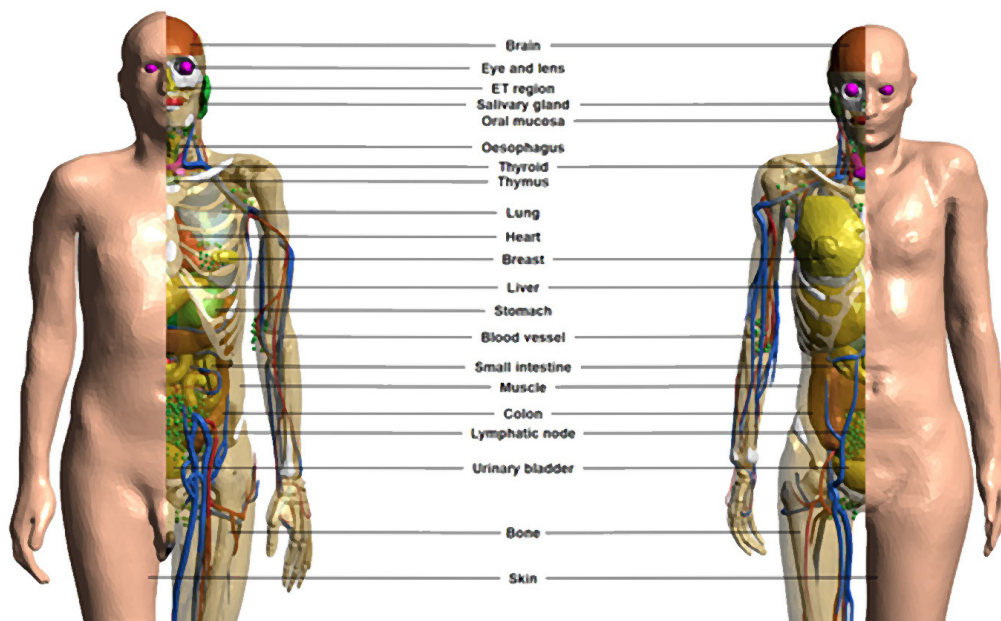


그림 2. 개발된 ICRP 메시형 표준 전산 모의체: 성인남성(좌) 및 성인여성(우)

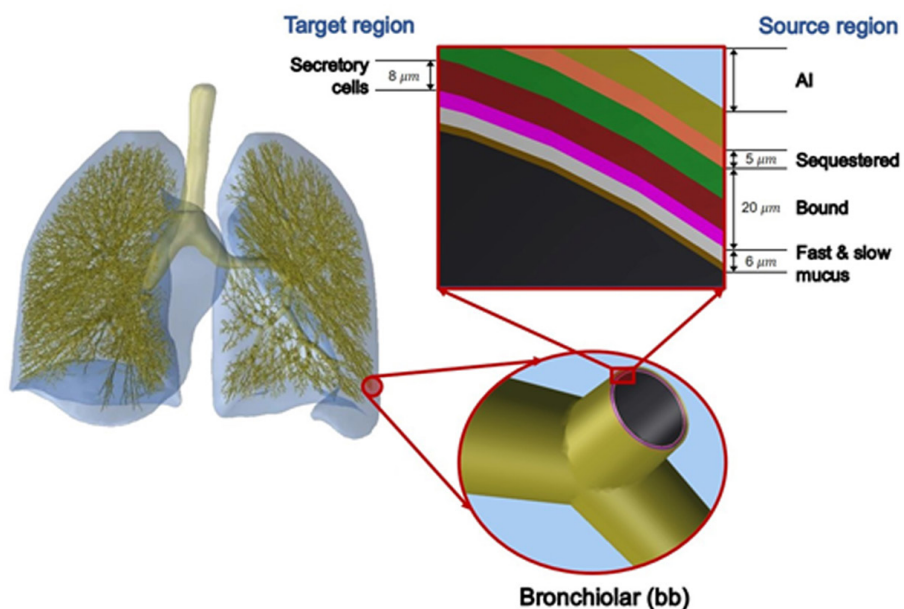


그림 3. ICRP 메시형 표준 전산 모의체의 폐 안에 설치된 기관지 및 세기관지

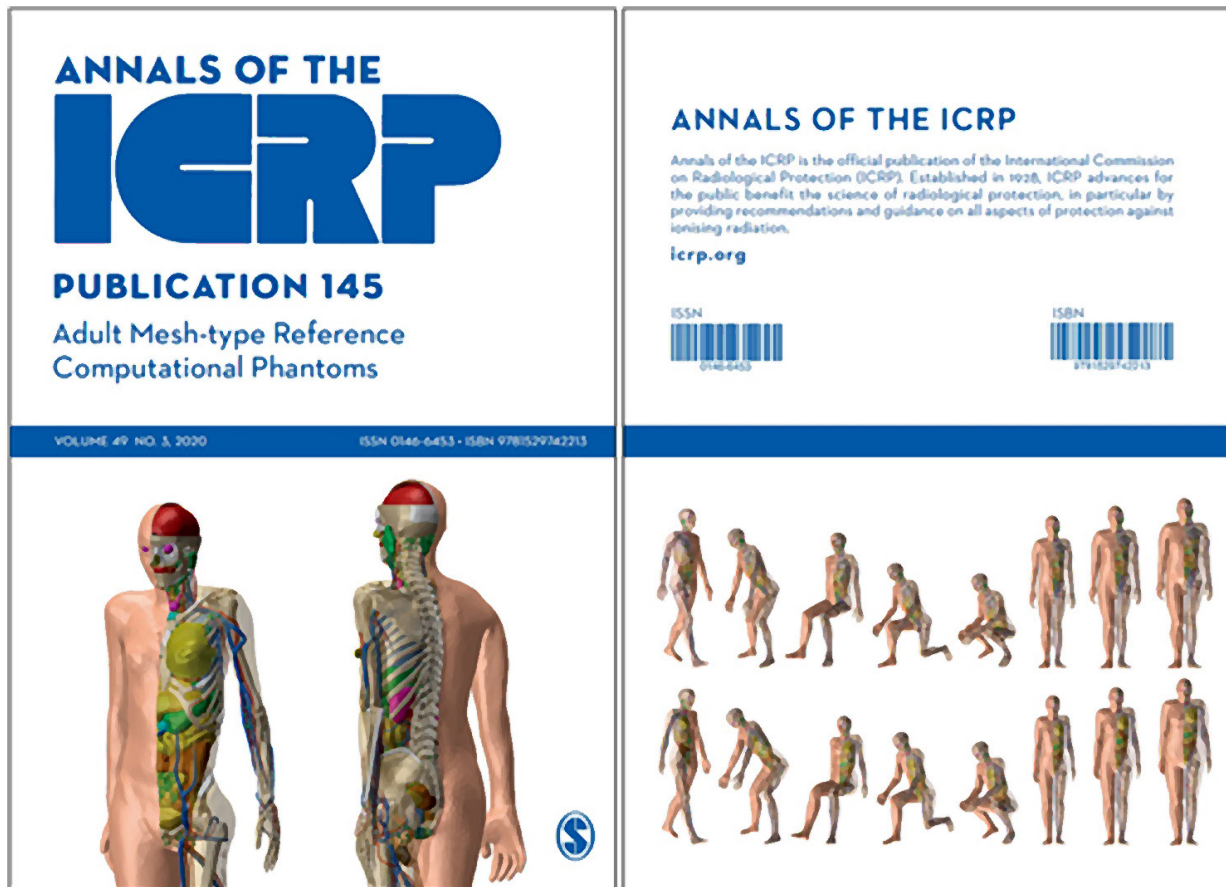


그림 4. 작년 11월 발간된 ICRP-145 간행물[13]

개발이 완료된 메시형 모의체는 작년 11월 발간된 ICRP-145 간행물(그림 4)[13]을 통해 공식적으로 배포되고 있다. 발간된 간행물은 개발된 모의체에 대해 상세하게 설명하고 있으며 모의체 데이터뿐만 아니라 범용의 몬테칼로 전산모사 코드(Geant4, PHITS, MCNP6)에 대한 입력문도 제공하고 있다. 또한, 모의체의 체형이나 자세를 바꾸는데 관심이 있는 사용자를 위해서 사면체 메시 형식뿐만 아니라 폴리곤 메시 형식의 모의체 데이터도 제공하고 있다.

개발된 메시형 모의체는 복셀형 모의체의 문제점을

극복한 매우 정밀한 인체 모델로서 전 세계 방사선방호 현장에서 방사선량 평가의 정확성을 향상하는데 크게 기여할 것으로 기대된다. 또한, 메시형 모의체는 체형이나 자세의 변형이 용이하여 기존의 복셀형 모의체로는 불가능하였던 피폭자의 자세나 체형을 고려한 모의체 제작에도 이용될 수 있기 때문에 방사선사고나 의료방사선에 의한 피폭상황에서 피폭자 개인의 특성을 반영한 방사선량 평가에도 활용될 수 있다. 그 밖에도 메시형 모의체는 메시 형식의 특성상 다양한 상용 프로그램들과의 호환성이 높아 전자파와 인체와의 상호작용, 자동차 충돌 전산모사, 가상공간 수술 등의 비방사선 분야에도 활용될 수 있다.

참고문헌

- [1] ICRP, 2009. Adult reference computational phantoms. ICRP Publication 110. Ann. ICRP 39(2).
- [2] ICRP, 1994. Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66. Ann. ICRP 24(1-3).
- [3] ICRP, 2006. Human alimentary tract model for radiological protection. ICRP Publication 100. Ann. ICRP 36(1/2).
- [4] ICRP, 2010. Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures. ICRP Publication 116. Ann. ICRP 40(2-5).
- [5] ICRP, 2002. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection reference values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32(3/4).
- [6] Behrens, R., Dietze, G., Zankl, M., 2009. Dose conversion coefficients for electron exposure of the human eye lens. Phys. Med. Biol. 54, 4069-4087.
- [7] Nguyen, T.T., Yeom, Y.S., Kim, H.S., et al., 2015. Incorporation of detailed eye model into polygon-mesh versions of ICRP-110 reference phantoms. Phys. Med. Biol. 60, 8695-8707.
- [8] Yeom, Y.S., Kim, H.S., Nguyen, T.T., et al., 2016a. New small-intestine modeling method for surface-based computational human phantoms. J. Radiol. Prot. 36, 230-245.
- [9] Tawhai, M.H., Pullan, A.J., Hunter, P.J., 2000. Generation of an anatomically based three-dimensional model of the conducting airways. Ann. Biomed. Eng. 28, 793-802.
- [10] Kim, H.S., Yeom, Y.S., Nguyen, T.T., et al., 2017. Inclusion of thin target and source regions in alimentary and respiratory tract systems of mesh-type ICRP adult reference phantoms. Phys. Med. Biol. 62, 2132-2152.
- [11] Yeom, Y.S., Wang, Z.J., Nguyen, T.T., et al., 2016b. Development of skeletal system for mesh-type ICRP reference adult phantoms. Phys. Med. Biol. 61, 7054-7073.
- [12] Yeom, Y.S., Kim, C.H., Nguyen, T.T., et al., 2016. Construction of new skin models and calculation of skin dose coefficients for electron exposures. J. Korean Phys. Soc. 69, 512-517.
- [13] ICRP, 2020, Adult mesh-type reference computational phantoms. ICRP Publication 145. Ann. ICRP 49(3).

시간에 따른 물흡수선량 표준의 변화



김 인 중

한국표준과학연구원(KRISS) 박사

표준은 누가 언제 어디서 측정을 하든지 서로 일치하는(다르지 않은) 결과를 얻기 위해 필요하다. 이런 이유에서 진시황도 중국 통일 후 가장 먼저 한 것이 도량형 통일이다. 그런데 표준이 시간에 따라 변한다는 것은 무엇일까?

표준의 변화

표준은 변한다. 다만, 이리 저리, 그때그때 변하는 것이 아니라 단위의 정의가 더 명확해지는 방향으로, 그 크기가 변하지 않고 일정하게 유지될 수 있는 방향으로, 불확도가 감소하는 방향으로 변한다.

예를 들어, 19세기 미터협약이 처음 체결되었을 때 1 미터는 '지구 북극에서 적도까지의 거리를 1000만으로 나눈 길이'로 정의됐다. 그러나 시간

이 흐르면서 그 정의가 명확하지 않다는 것을 알게 됐다. 지구의 표면은 몹시 울퉁불퉁하고 그 거리 또한 영원불변한 것이 아니라는 것을 알게 된 것이다. 현재는 이보다 훨씬 명확한 정의 '진공에서 빛이 1/299,792,458 초 동안 진행한 거리'를 채택해 사용하고 있다. 결국 1 미터의 표준은 변화했지만 달라진 것이 아니라 보다 명확하고 정확(덜 불확실)해 진 것이다.

참고로, 2018년 국제도량형총회(Conférence générale des poids et mesures, CGPM)는 국제단위계(SI 단위계)의 7개 기본단위 중 4개(킬로그램, 암페어, 켈빈, 몰)에 대한 정의의 개정을 의결했다. 다행히 이런 변화는 워낙 정밀해서 대부분의 사용자들은 느낄 수 없고, 물 흡수선량의 경우에도 그 영향을 무시할 수 있다.

물 흡수선량 표준의 변화

방사선 치료를 위한 선량의 척도로 가장 먼저 사용된 양은 공간선량(radiation exposure, 단위: R or C/kg)이다. 그러나 공간선량은 광자에 대해서만 정의되는 등 여러 가지 한계로 흡수선량에게 그 자리를 내주게 되었다. 그리고 1963년도에 국제 방사선 단위 측정 위원회(International Commission and Radiation Units, ICRU)에서 출판한 보고서 ICRU report 10d[1]에 의해 피 조사 매질을 물로 하는 물 흡수선량이 국제적으로 사용되기 시작했다.

흡수선량이 처음 정의된 것은 1950년 ICRU에 의해서이다. “단위 질량당 흡수한 방사선 에너지”로 정의되었다. 단위는 초기에 CGS 단위계를 따라 rad (100 erg/g)를 사용하다가 1975년 CGPM에서 SI 단위계를 따라 Gy (J/kg)를 사용하기로 결정했다. 참고로, 1 Gy는 100 rad와 정확히 같다.

다행히도 흡수선량은 정의된 이후로 그 정의 자체가 변한 적은 없다. 그러나 물 흡수선량을 측정하기 위한 방법론으로서의 표준 즉 성문표준과 그 적용을 위해 필요한 각종 상수 및 파라미터 등 참조표준은 시간에 따라 변해왔다. 그 주요한 흐름을 살펴

보면 다음과 같다.

- N_k (or N_x) based formalism

2000년대 이전까지 미국, 영국 등 일부 국가를 제외한 대부분의 국가에서는 아직 물 흡수선량 측정 표준이 확립되지 못했다. 따라서 당시 활용이 가능한 공기 커마(air kerma) 또는 공간선량 측정표준을 기반으로 하는 N_k (or N_x) based formalism이 표준으로 확립되었다[2,3]. 이때, 물 흡수선량 D_w 는 다음과 같이 주어졌다.

$$D_{w,Q} = M_Q N_{D,air}(S_{w,air})_Q P_Q \quad (1)$$

여기서 아래첨자 Q 는 방사선의 선질, M 은 전리함의 지시값, $(S_{w,air})_Q$ 는 물과 공기에서 전자의 한정충돌질량저지능의 비(restricted collision mass stopping power ratio), P_Q 는 perturbation correction factor이다. $N_{D,air}$ 는 해당 전리함의 공기 흡수선량 교정계수로서, 공기 커마 교정계수 $N_{K,air}$ 로부터 다음과 같이 계산된다.

$$N_{D,air} = N_{K,air,Q_0}(1 - g)k_{att}k_mk_{cel} \quad (2)$$

여기서 아래첨자 Q_0 는 전리함의 공기 커마(또는 공간선량) 교정을 수행한 기준 선질인 ^{60}Co 감마선, g 는 이차전자의 제동복사로 인한 에너지 손실 분, k_{att} 는 전리함 벽에서 감마선의 감쇄 및 산란에 대한 보정, k_m 는 공기 커마 교정 시 전리함 벽 및 build-up cap이 공기 등가가 아닌 것으로 인한 효과에 대한 보정, k_{cel} 은 원통형 전리함의 중심전극에 의한 효과에

대한 보정이다. 참고로, 전리함이 공간선량에 대해 교정된 경우 $N_{K,air} = (W/e) N_x$ 관계를 이용했다. 여기서 (W/e) 는 공기 중 하나의 이온쌍을 생성시키는 데 필요한 평균에너지이다.

N_k (or N_x) based formalism의 가장 큰 특징은, ^{60}Co 감마선에서의 공기 커마 또는 공간선량에 대한 교정을 기반으로 하고 있는 점이다. 그래서 단계가 복잡하고 사용자가 고려해야하는 인자가 많다. 다행히 식 (1)과 (2)의 계산에 필요한 한정총돌질량 저지능의 비와 온갖 보정에 필요한 인자들은 TRS-277[2] 또는 TG-21[3] 등에서 제공이 되었지만 사용자의 부담은 여전히 크고 단계가 복잡해서 오류 발생의 가능성도 크고, 불확도를 줄이는 데에도 제약이 있었다.

$N_{D,W}$ based formalism

1990년대 말까지 선진국들에서 이루어진 물 흡수선량 측정표준의 확립은 물 흡수선량에 대한 전리함의 직접 교정을 가능하게 했다. 그 결과 2000년 전후부터 현재까지 사용하고 있는 물 흡수선량 측정은 $N_{D,W}$ based formalism을 바탕으로 한 표준이 확립되어 전세계적으로 사용하고 있다. 물 흡수선량 D_w 는 다음과 같이 간단하게 주어진다.

$$D_{w,Q} = M_Q N_{D,W,Q} \quad (3)$$

$$N_{D,W,Q} = N_{D,W,Q_0} k_{Q,Q_0} \quad (4)$$

여기서 아래첨자 Q , Q_0 및 M 은 식 (1) 및 (2)에

서와 같고, $N_{D,W,Q}$ (or Q_0)는 선질이 Q (or Q_0)인 방사선에서 해당 전리함의 물 흡수선량 교정계수이고, k_{Q,Q_0} 는 기준 선질 Q_0 와 실제 치료방사선 선질 Q 의 차이로 인해 전리함이 겪는 영향을 보정해 주기 위한 선질 보정인자이다. k_{Q,Q_0} 는 TRS-398[4] 또는 TG-51[5]에서 제공된다. 참고로, 기준선질 Q_0 는 대부분의 경우 ^{60}Co 감마선이 사용되지만 다른 선질의 방사선을 사용하는 것도 허용된다.

$N_{D,W}$ based formalism의 핵심은 기준선질 Q_0 에서 전리함을 물 흡수선량에 대해 직접 교정하는 것이다. 그 결과 식 (2), (3)에서 보는 것과 같이 과거 N_k (or N_x) based formalism에서 사용자들이 가졌던 복잡한 절차 및 부담을 크게 덜게 됐고 불확도 역시 낮출 수 있게 됐다. 현재 $N_{D,W}$ based formalism을 따른 물 흡수선량 측정의 불확도는 전자선형가속기 고에너지 광자의 경우 약 3 % ($k=2$) 수준이다[4]. 이 중 약 1 %가 표준기관 물 흡수선량 측정표준의 불확도에 기인하고 2 %가 k_{Q,Q_0} 의 불확도에서 기인한다.

물 흡수선량 표준의 최신 동향

^{60}Co 감마선에서의 물 흡수선량 교정을 바탕으로 한 $N_{D,W}$ based formalism의 도입은 사용자에게 큰 편의와 확장성(kV 엑스선에서 중이온 입자까지) 그리고 불확도 저감의 이득을 제공했다. 그러나 여기에도 아직 한계가 있기 때문에 다음과 같은 새로운 표준을 위한 연구들이 진행되고 있다. 개별 내용들을 짧게 살펴보면 다음과 같다.

(1) Revision of k_{Q,Q_0} : 2000년 전후로 TRS-398, TG-51이 출판되던 때 까지만 해도 k_{Q,Q_0} 의 결정에

는 몬테카를로 계산이나 실제 실험결과가 별로 반영되지 못했다. 그러나 그 이후 몬테카를로 연구가 활발히 이루어지고, 여러 나라 국가표준기관들에서 열량계 기법이 발달함에 따라 보다 정밀한 $k_{Q,00}$ 이 생산되어 그 결과가 반영되기 위해 준비되고 있다. TG-51 addendum [6]에는 고에너지 엑스선에 대해 개정된 $k_{Q,00}$ 값을 제시하고 있고, 2014년에 발표되었다. TRS-398 개정본에서는 kV 엑스선, 고에너지 엑스선, flattening filter free (FFF) beam, scanned proton beam 등에 대해 개정된 $k_{Q,00}$ 값을 제시할 예정이다[7].

량측정에서의 기준 역시 ^{60}Co 감마선이다. 따라서 ^{60}Co 감마선과 전자빔과의 차이 그리고 전자빔 내에서 에너지에 따른 차이에 의한 영향을 단계에 따라 차례대로 고려해야 한다. 또한 측정시 전자빔의 에너지 영역에 따라 원통형 전리함과 평판형 전리함을 구분하여 사용하게 돼 있어서 사용자에게 번거롭고 불확도 역시 고에너지 엑스선에 비해 크다. 미국의학물리학회 Task Group 51에서는 그에 대한 개선책으로 modified formalism[8]을 논의하고 있다. 그리고 영국과 호주에서는 고에너지 전자빔에서 물 흡수선량 교정을 직접 받아 사용하는 표준을 시행하고 있다[9,10].

(2) High energy electron beam: 현재는 전자빔 선

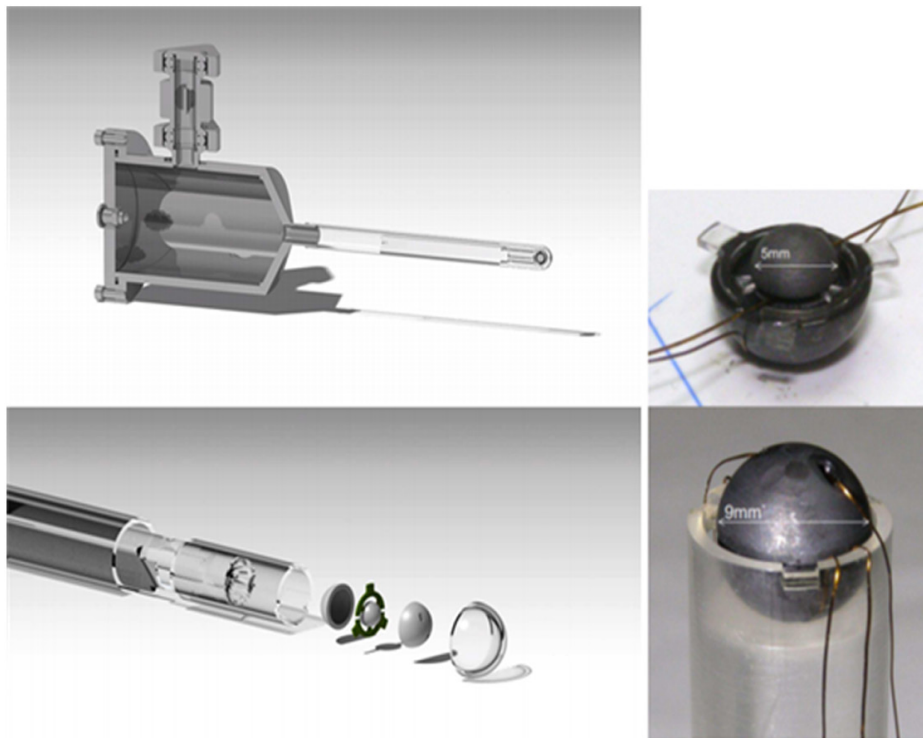


그림 1 . 영국 국립 물리연구소 (National Physics Lab.)에서 개발 중인 IMRT 용 흑연 열량계 [14]

(3) Small beam dosimetry: IMRT, VMAT, Tomo-Therapy(R), Gamma Knife(R), Cyber Knife(R) 등 소조사면을 사용하는 첨단 방사선 치료 기법의 이용이 크게 증가하고 있다. 그러나 이런 소조사면을

가치는 방사선의 물 흡수선량 측정을 위한 표준이 부재하여 사용자에게 어려움이 있었다. IAEA와 미국 의학물리학회에서는 이런 문제를 해결하기 위해 2017년도에 공통으로 TRS-483[11]을 출판했다.

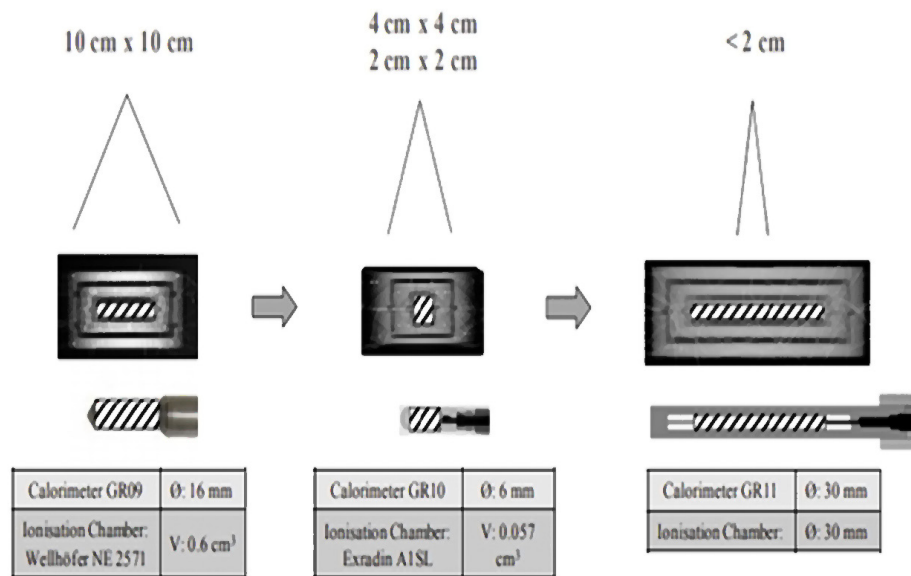


그림 2. 프랑스 표준연구원(LNE-LNHB)에서 개발 중인 소조사면 방사선 용 흑연 열량계 개념도 [15]

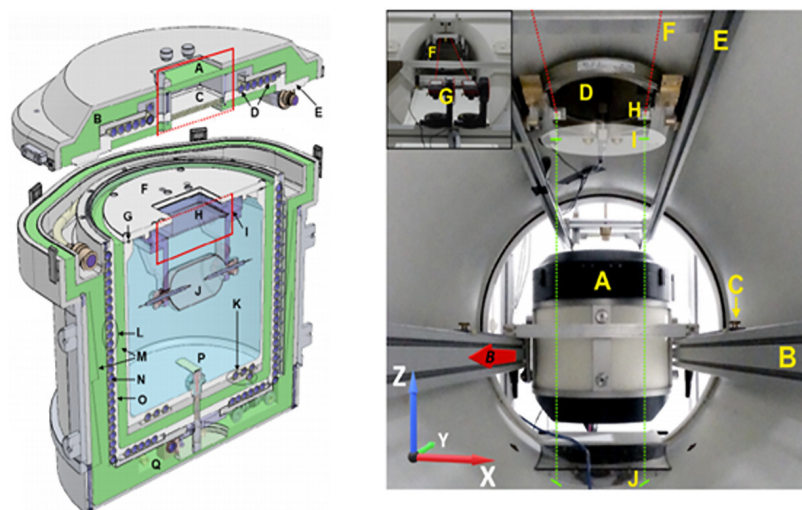


그림 3. 네덜란드 표준연구소(VSL)에서 개발한 MR-Linac 용 물 열량계[16]. 좌측: 단면도, 우측: MR-Linac bore 내에 설치된 물 열량계 사진

(4) Brachytherapy dosimetry: 근접치료에서의 선량측정은 2004년에 AAPG TG-43 개정판[12]이 출판되었으나 아직 물 흡수선량 측정표준에 기반을 두고 있지 못하다. 선진국 표준기관들에서 조차 근접치료를 위한 물 흡수선량 측정표준의 개발이 순조롭게 진행되지 못한 까닭이다. 그러나 최근 전자식 근접치료기법이 새로 도입됨에 따라 새로운 표준을 위한 연구들이 다시 시작되고 있어서 결과가 기대된다.

물 흡수선량 표준의 미래

물 흡수선량 표준은 보다 정확한 측정을 위해 꾸준히 변화하고 있다. 그렇다면 앞으로는 얼마나 더 변할까? 그것은 해당 사회가 얼마나 정확한 측정을 요구하는 지에 달려있다.

ICRU는 환자가 받는 선량의 불확도가 5 % 이내

($k=2$)가 되도록 권고하고 있다[13]. 우리가 이 기준을 우리사회의 요구 수준으로 이해한다면, 일부 치료 방사선 경우에 대해서는 비록 여유로운 것은 아니지만 어느 정도 그 요구를 만족시키고 있다고 이야기 할 수 있다. 그러나 고에너지 전자빔, 양성자빔 또는 탄소이온 빔의 경우, 그리고 소조사면 방사선이나 근접치료의 경우는 어려움이 많다. 따라서 이러한 분야에서 새로운 표준의 개발이 요구된다고 할 수 있다.

이를 위해서는 가장 우선적으로 측정표준을 위한 연구가 필요한데, 다음 그림들과 같은 연구들이 진행되고 있다. 그림 1과 2는 각각 영국과 프랑스에서 소조사면 방사선의 물 흡수선량 표준을 위해 개발하고 있는 흑연 열량계이다[14,15]. 두 나라의 접근방식은 전혀 다른데, 영국에서는 소조사면의 중심에 딱 들어갈 수 있는 작은 열량계를 개발

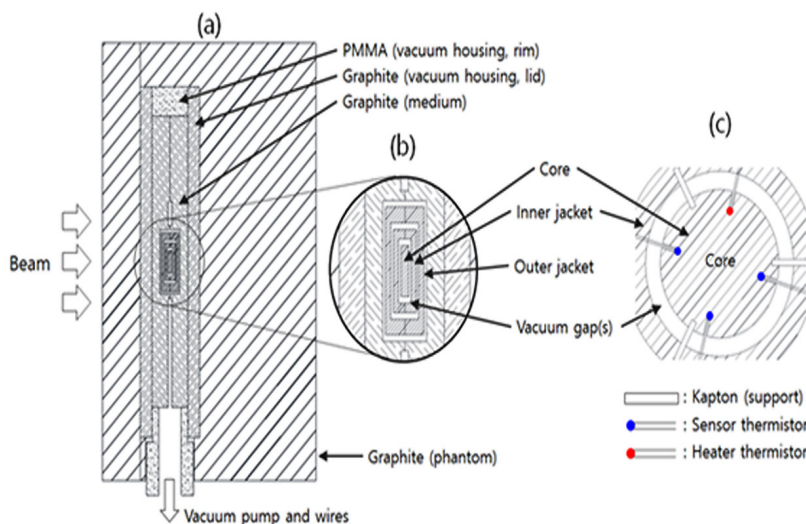


그림 4. 한국표준과학연구원에서 개발한 흑연 열량계(C150504)의 개념도.
(a) 흑연 열량계 단면도, (b) 코어와 코어를 둘러싼 자켓, (c) 코어 내 온도계 등 배치도

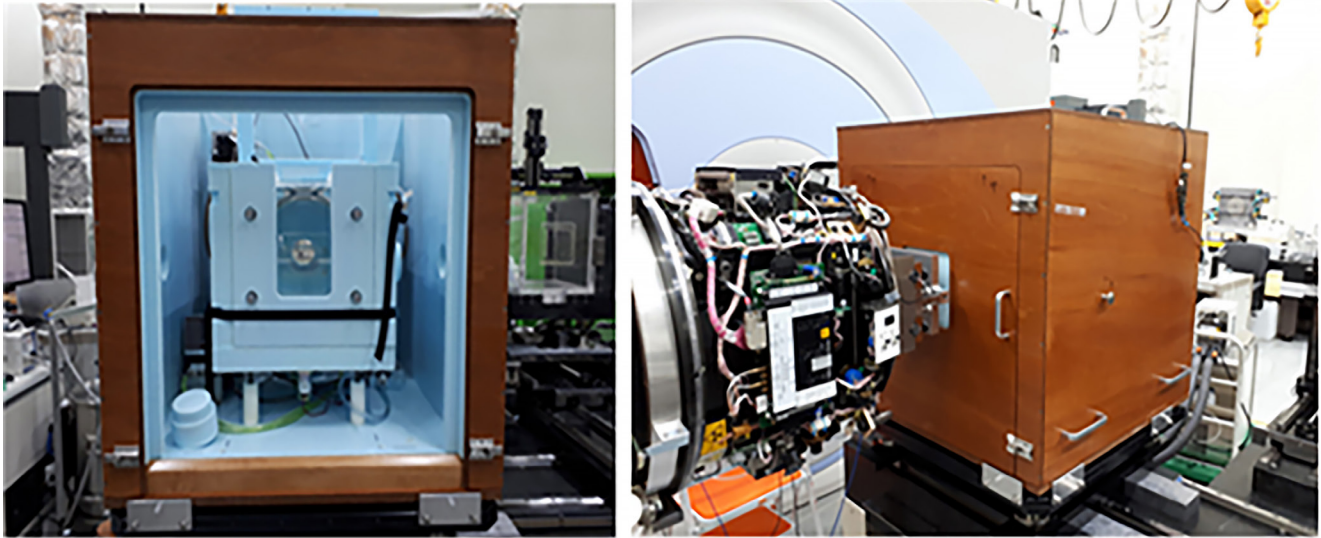


그림 5. 한국표준과학연구원의 물 열량계, 좌측: 물 열량계 내부, 우측: 물 열량계를 전자선형가속기와 정렬한 사진

하고 있고, 프랑스에서는 오히려 소조사면 방사선의 전체 선량을 모두 측정한 후 별도의 방법으로 측정한 선량분포곡선을 이용해 중심위치에서의 선량을 결정하는 방향으로 넓은 면의 열량계를 개발하고 있다. 그림 3은 네덜란드에서 개발한 물 열량계로[16] 강한 자기장이 존재하는 MR linac의 특별한 환경에서의 선량측정을 위해 개발된 것이다.

우리나라에서도 이런 새로운 측정표준을 위한 연구가 진행되고 있다. 그림 4와 5는 각각 한국표준과학연구원에서도 개발하고 있는 흑연 열량계와 물 열량계이다. 한국표준과학연구원에서는 물 열량계를 이용해 고에너지 전자빔에 대한 물 흡수선량 측정 표준을 개발하고 있으며 양성자빔 측정표준을 위한 연구도 느리지만 병행해가고 있다. 그리고 최근 많은 주목을 받고 있는 고선량률 치료(Flash radiotherapy)를 위한 측정표준 개발 연구도 진행하고 있다.

결언

시간에 따른 물 흡수선량 표준의 변화가 왜 일어나는지 그리고 지금은 표준에 어떤 일이 벌어지고 있는지 살펴보았다. 방사선 치료는 활용도가 큰 만큼 치료_MODAL리티의 다양성도 크고, 요구되는 치료 품질의 정도 또한 높기 때문에 앞으로 더욱 다양하고 세밀한 표준의 개발이 기대된다. 그동안 우리나라에서는 선진국에서 개발한 표준을 받아서만 사용해 왔다. 그러나 이제는 물 흡수선량 측정표준을 자체 개발함으로써 앞으로 다양한 방사선 치료에 대한 표준을 스스로 개발할 수 있는 여건이 마련돼 있다. 표준기관, 학계, 병원 등 국가 여러 기관이 협력하여 우리나라 실정에 가장 잘 맞는 표준을 개발하고 이를 통해 국민 건강과 삶의 질 향상에 기여하기를 기대한다.

참고문헌

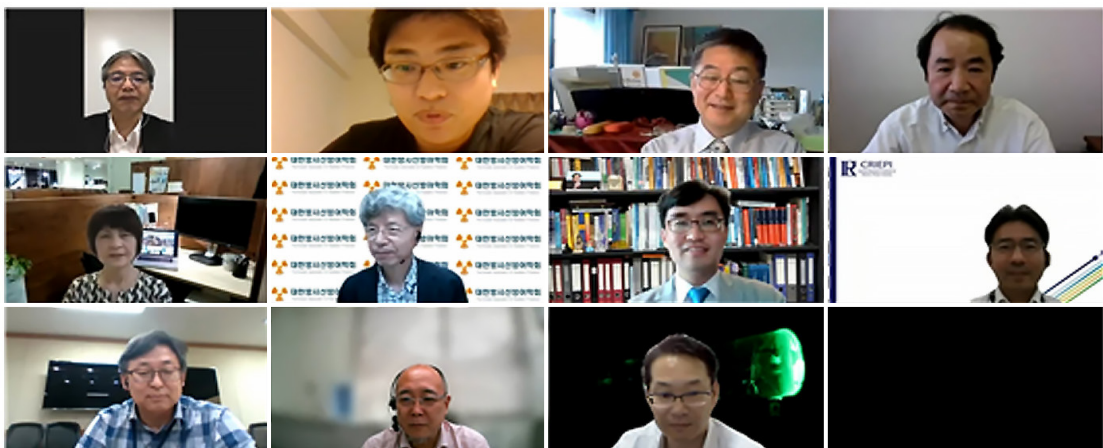
- [1] ICRU Report 10d: Clinical Dosimetry, National Bureau of Standards Handbook 87 (1963)
- [2] IAEA Technical Report 277 (1987)
- [3] AAPM Task Group 21, Med Phys. 10, 741-771 (1983)
- [4] IAEA Technical Report 398 (2000)
- [5] AAPM Task Group 51, Med Phys. 26, 1847-1870 (1999)
- [6] Addendum to the AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon beams, Med. Phys. 41, 041501 (2014)
- [7] Euramet Report 16NRM03 RTNORM, kQ factors in modern external beam radiotherapy applications to update IAEA TRS-398 (2017)
- [8] B.R. Muir, Med. Phys. 47, 2267-2276 (2020)
- [9] Available online at <https://www.arpansa.gov.au/our-services/testing-and-calibration/calibration/psdl/megavoltage-linac-electrons>
- [10] The IPEM code of practice for electron dosimetry for radiotherapy beams of initial energy from 4 to 25 MeV based on absorbed dose to water calibration, Phys. Med. & Biol. 48, 2929 (2003)
- [11] IAEA Technical Report 483 (2017)
- [12] Update of AAPM Task Group No. 43 Report: A revised AAPM protocol for brachytherapy dose calculations, Med. Phys. 31, 633 (2004)
- [13] ICRU Report 24: Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of x or gamma rays in radiotherapy procedure (1976)
- [14] S. Duane et al., An absorbed dose calorimeter for IMRT dosimetry, Metrologia, 49 (5). S168-S173
- [15] S. Dufreneix et al., Construction of a large graphite calorimeter for measurements in small fields used in radiotherapy, 16th International Congress of Metrology, 05006 (2013)
- [16] L. de Prez et al., Commissioning of a water calorimeter as a primary standard for absorbed dose to water in magnetic fields, Phys. Med. & Biol. 64, 035013 (2019)

KARP-JHPS 공동 심포지움 개최

우리 학회와 일본보건물리학회(JHPS: Japan Health Physics Society)에서는 ‘Current status of Fukushima Daiichi decommissioning project, treated water, and future collaboration among RP experts’라는 주제로 지난 6월 22일 온라인 공동 심포지움을 개최 하였습니다. 21년 4월 일본 정부에서는 후쿠시마 오염수(처리수)의 해양 방류 결정을 발표 하였고, 전세계에서 다양한 의견이 나왔습니다. 최인접 국가인 우리나라에서도 해양 방류에 대한 관심과 걱정이 큰 상황 속에서 한-일 양국의 방사선 방호 분야를 대표하는 두 학회 사이 (KARP-JHPS)의 원활한 정보교환 및 공고한 협력체계의 구축이 그 어느 때보다 중요한 시점 이 되었습니다. 이에 양 학회에서는 공동 심포지움을 개최함으로써 후쿠시마 원전의 폐로 진 행상황, 환경 모니터링 정보, 정보교환 채널, 방호 전문가의 역할 등에 대해 논의하였습니다. 우리 학회에서는 김교윤 회장, 이희석 부회장, 정용훈 회원이 참여하였습니다. 앞으로도 한-일 양국의 방사선 방호 분야 학회 사이의 지속적인 협력을 기대합니다.

● 심포지움 발표제목

- Current status of decommissioning at Fukushima Daiichi NPS and disposal of ALPS treated water (Junichi Matsumoto, TEPCO)
- Long term behavior of tritium activity concentration in coastal regions of Fukushima and the North Pacific Ocean since 1970s (Michio Aoyama, University of Tsukuba)
- Korean public's understanding and perception to this issue (Yong Hoon Jeong, KAIST)
- Activities of JHPS (Michiya Sasaki, CRIEPI)
- Panel Discussion



ICRP Digital Workshop 개최 예정



국제방사선방호위원회(ICRP: International Commission on Radiological Protection)에서는 ‘방사선 방호의 미래’라는 주제로 온라인 워크숍을 개최할 예정입니다. 이번 워크숍에서는 차기 ICRP 기본 권고를 준비하는 과정에서 마련된 논문(Keeping the ICRP Recommendations Fit For Purpose, Journal of Radiological Protection, 2021)을 중심으로 전세계 방사선 방호 분야 전문가의 의견을 청취할 수 있는 기회가 될 것입니다. 워크숍은 2021년 10월 19일에 시작해서 2일간 생방송으로 개최될 예정입니다(한국 시간: 저녁 9시부터 새벽 1시). 초록 제출 기한은 9월 30일입니다. 우리 학회 회원분들의 적극적인 참여를 기대합니다.

ICRP 기본권고 개정에 대한 의견 수렴



우리 학회에서는 ICRP의 기본권고 개정 움직임에 따라 개정 방향 및 이행 방안에 대한 검토를 위해 국제방사선방호연합(IRPA: International Radiation Protection Association) 주관의 Task Group에 참여하고 있습니다. 방사선 방호의 기본원칙 뿐만 아니라 다양한 분야에 대한 기술적/사회적 변화를 권고에 반영할 예정입니다. 세부적인 내용은 Journal of Radiological Protection에 게재된 논문인 Keeping the ICRP Recommendations Fit For Purpose를 참고하시면 됩니다. 기본권고의 개정 방향이나 이행 방안에 관련하여 의견이 있으신 분은 담당자(KINS 박병현 연구원)에게 Email(hpark@kins.re.kr)로 제출하여 주시길

바랍니다. 제출기한은 9월 30일이지만, 제출 기한 이후에도 관심있는 분야에 대한 지속적인 관심과 의견 개진을 부탁드립니다.

ICRP 상임위원회 위원 선정

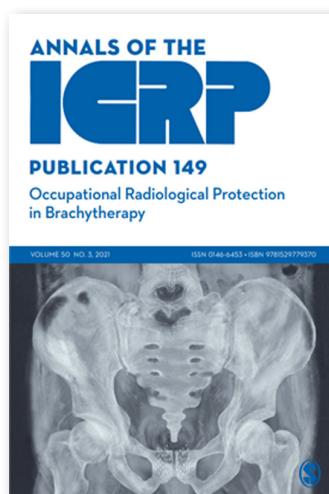
ICRP에서는 2021년 7월 1일부터 향후 4년간 활동할 상임위원회(Committee) 위원을 발표하였습니다. 상임위원회의 구성은 다음과 같습니다.



- Committee 1: Radiation Effects
- Committee 2: Doses from Radiation Exposure
- Committee 3: Radiological Protection in Medicine
- Committee 4: Application of the Commission's Recommendations

국내 연구자의 경우 한국원자력안전기술원 조건우 박사가 Main Commission에서 두 번째 임기를 이어갈 예정이며, 한양대학교 김찬형 교수 역시 Committee 2에서 지속적으로 활동할 예정입니다. Committee 3에서는 서울대학교 강건욱 교수를 대신하여 서울대학교 팽진철 교수가 새로이 참여하게 되었습니다. 또한, 한국원자력통제기술원 백민 박사는 Committee 4에 신규로 참여하게 되었습니다. 국제 무대에서 우리 학회 회원분들의 지속적인 활약을 기대합니다.

ICRP Publication 149 발간



ICRP에서는 근접치료 분야의 직무피폭 방사선 방호를 위한 간행물을 발간하였습니다. 가속기를 이용한 방사선 치료와는 달리 근접치료의 경우 직무피폭에 대한 보다 적극적이고 능동적인 관리가 요구되고 있습니다. 이 간행물에는 방사선의 생물학적 영향, 방사선방호 원칙, 근접치료 절차 중 직무피폭 방호, 방사선방호 훈련, 품질보증 프로그램 수립에 대한 내용이 포함되어 있습니다. 특히 교육 및 모니터링, 강력한 품질보증 프로그램을 권고하고 있습니다. 보고서 원문 및 자세한 내용은 ICRP 홈페이지를 통해 확인하실 수 있습니다.

IRPA Regional Congress 개최 계획

IRPA에서는 2022년도 두 개의 지역 학술행사가 계획되어 있습니다. 먼저 “Meeting the Challenges in the Practice of Radiation Protection”이라는 주제로 22년 2월 20일에서 24일까지 북미지역 학술행사(미국 세인트루이스)가 개최될 예정입니다. 특히 본 학술행사는 미국 보건물리학회(HPS: Health Physics Society)와 IRPA가 공동으로 개최하고, 다수의 북미 지역 유관기관(American Academy of Health Physics (AAHP), American Association of Physicists in Medicine (AAPM), National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), Mexican Society of Irradiation and Dosimetry (SMID))이 참여하고 있습니다. 개최방식은 하이브리드 형태로 오프라인/온라인 참여가 가능합니다. 초록 제출기한은 21년 10월 15일입니다. 다음으로는 “Radiation Protection for Everyone”이라는 주제로 22년 5월 30일에서 6월 3일까지 제6차 유럽지역 학술행사(헝가리 부다페스트)가 개최될 예정입니다. 초록 제출기한은 21년 9월 30일입니다. 자세한 내용은 IRPA 홈페이지(www.irpa.net/page.asp?id=54758)를 통해 확인하실 수 있습니다.



IRPA15 발표 논문의 저널 게재

우리 학회에서 주관하여 개최한 IRPA15 국제학술대회에서 발표된 논문 중 일부가 정규 논문심사 과정을 거쳐 학술지에 게재되고 있습니다. 먼저 SCI 저널인 Journal of Radiological Protection (JRP)에 학술대회를 요약한 논문이 Open Access 형태로 게재되었습니다. 논문명은 “Key outcome summaries of the scientific programme of the IRPA15 congress”입니다. IRPA15에 발표된 논문들은 JRP 뿐만 아니라 우리 학회 학술지인 Journal of Radiation Protection and Research (JRPR)에 게재될 예정이며, 정규 학술지에 게재되지 않은 논문들은 IRPA Proceeding으로 발간될 예정입니다. IRPA15 국제학술대회의 성공적인 개최와 마무리를 위해 애써주신 모든 회원분들께 감사 인사를 드립니다.

Journal of Radiological Protection

ACCEPTED MANUSCRIPT • OPEN ACCESS

Key outcome summaries of the scientific programme of the IRPA15 congress

Wolfgang Weiss¹ , Sisko Salomaa², Marina di Giorgio³, Michael Boyd⁴ , Jim Thurston⁵, John Takala⁶, Shinji Tokonami⁷, Ludovic Vaillant⁸ , Roger Coates⁹  and Jong Kyung Kim¹⁰

Accepted Manuscript online 3 June 2021 • © 2021 Society for Radiological Protection. Published on behalf of SRP by IOP Publishing Limited. All rights reserved.

‘IRPA Bulletin Issue #30’ 발간

IRPA에서는 새로운 소식지를 발간하였습니다. 이번 소식지에서는 새로운 집행위원(Dr. Joseph Amoako, Mr. Andrew Karam, Mr. Cameron Jeffries) 및 이집트 방사선방호학회를 소개하고 있습니다. 또한 젊은 연구자 그룹(Young Generation Network)의 사진과 활동을 소개하고 있습니다. 자세한 내용은 IRPA 홈페이지(www.irpa.net/page.asp?id=54592)를 통해 확인하실 수 있습니다.





대한방사선방어학회 및 관련기관

News of Event

대한방사선방어학회 국내외 행사

■ 국제컨퍼런스 DECON 2021 행사 개최

🌐 웹사이트 바로가기

- 일시 : 2021.11.16(화) ~ 19(금)
- 장소: 가상현실 기반 온라인 행사 (<https://atomondo.expo-ip.com>)
- 추진체계 : 주최 대한방사선방어학회
- 주관: (한국)한국전력기술㈜, (독일)actimondo eG



출처 : <https://atomondo.expo-ip.com>

■ (사)대한방사선방어학회 2021년 추계학술대회 및 정기총회

🌐 웹사이트 바로가기

- 일시 : 2021.11. 24(수) ~ 26(금)
- 장소: 제주 휴닉스아일랜드



출처 : <https://phoenixnr.co.kr>

■ (사)한국방사성폐기물학회 2021년 추계학술발표회

🌐 웹사이트 바로가기

- 일시: 2021. 11. 17(수) ~ 19(금)
- 장소: 하이원그랜드호텔컨벤션타워(강원도 정선)

출처 : <https://www.hig1.com>

▣ [KCR 2021] Joint Symposium with KARP

- 일 시 : 2021.09.04
- 장 소 : Coex, Seoul, Korea | Hybrid Congress
- 좌 장 : 대한방사선방어학회장 김교윤
- 연제1 : 한국원자력안전아카데미 한은옥 박사『후쿠시마 이후의 인식변화』
- 연제2 : 한국원자력안전기술원 이재국 박사『생활주변방사선 안전관리』
- 연제3 : KCR측 강연자 최선형 박사『유방영상검사와 건강보험급여정책』

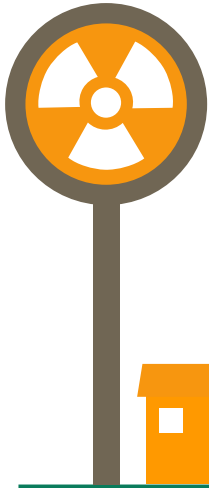
▣ 2021년 하계워크숍 개최

[2021. 08. 26 ~ 08. 27 / 스포라스 리솜(충남 덕산) 및 Zoom 온라인]

충남 예산군 소재 [스폴라스리솜]에서 2021년 8월 26일부터 27일까지 “2021 KARP 하계워크숍”을 개최하였다. 김교윤 학회장님의 “코로나19의 어려운 상황에도 불구하고 전문가 토론이 시급한 국내 외의 이슈인 방사선 선량제약치 도입과 후쿠시마 사고와 관련한 젊은 방사선방호 전문가의 관점에 관한 워크숍을 진행한다”는 인사말과 함께 진행되었다.

코로나19 상황을 고려하여 Virtual Streaming 시스템을 도입하여 on/off 병행으로 진행하며 쌍방향 토론도 가능하도록 진행되었으며, “방사선방호 최적화를 위한 선량제약치 도입”의 주제의 워크숍1은 원자력계 방사선분야 관계자 50명이 방역지침을 준수한 가운데 현장에 참여하였고, Zoom 온라인으로는 60명 이상의 많은 회원분들이 참여하였다. 특히 “후쿠시마 사고와 관련된 여러 문제에 대한 젊은 방사선방호 전문가의 관점”의 주제로 열린 워크숍2는 한중일 젊은 과학자들의 토론으로 중국과 일본의 회원분들도 Zoom을 이용하여 참여하였다.





방사선 기초지식 (IX)

Basics of ionizing radiation

0.1밀리시버트도 위험할 수 있다고 하지 않는가?

“0.1밀리시버트도 위험할 수 있다.”는 말이 과학적으로 틀린 것은 아니다. 그러나 이 말에는 다음과 같은 이론적 전제가 깔려 있음을 이해해야 한다.

방사선 피폭에 따른 위험의 증가는 100밀리시버트 이상에서만 확인된다. 그러나 방사선 방호를 위한 모델로 100밀리시버트 미만에서도 그 선량에 비례하는 만큼 위험이 수반될 것으로 가정한다.

· 방호를 위한 이 모델은 “가정”이며, 실제 위험이 있는지는 현재, 그리고 앞으로도 정확히 알기 어려운데, 이가정에 따른 결과가 검증하기 어려울 정도로 작기 때문이다. 그러나 이가정을 받아들이더라도 “아무리 작은 방사선량도 위험할 수 있다”고 주장하는 것은 합리적이지 않은데, 이는 확률의 문제를 도외시한 것이기 때문이다.

· 우리국민은 평균적으로 매년 약 3밀리시버트 이상의 자연방사선을 피폭하며 살고있다. 0.1밀리시버트도 위험하다면 우리가 사는 세상 자체가 그보다 30배나 더 위험한 곳인 셈인데 그러한 주장을 하는 사람은 없다.

이와 같은 극단적 주장의 언어 표현에도 주목할 필요가 있다.

· “위험”이나 “안전”은 주관적 가치판단이 강하게 반영되는 어휘이다. 같은 사안의 위험확률을 두고 어떤 사람은 위험하다고 보고 어떤 사람은 안전하다고 생각한다.

· 작은 위험을 강조하여 경각심 더 나아가 공포심을 가지게 하는 것은 쉽지만 합리적이지 않다. 숨 쉬는 공기 중에 폐암을 유발하는 라돈이 함유되어 있다고 해서 “한 번 숨 쉬는 것도 위험하다.”고 말한다면 옳지 않을 것이다.

- 특히 이러한 주장은 대개 작은 방사선량도 “위험할 수 있다.”고 표현하지 “위험하다.”라고 표현하지는 않는다. 위험할 수 있다는 것은 위험한지 모른다는 의미와 같으나, 이 말은 일반인들에게는 “위험하다.”와 같이 들린다. 그래서 0.1밀리시버트도 위험할 수 있다고 함으로써, 학문적 근거와 상관 없이 일반인이 소량 방사선도 위험한 것으로 생각하게 만드는 결과를 낳고 있다. 어쩌면 그것이 그런 주장을 하는 이들의 실제 잘못된 인식이거나 의도일 수도 있을 것이다.

우리나라 지각방사선량을 분포를 보면 수원, 문산, 속초 등 지역은 상대적으로 높아 주민에게 연간 약 1.44밀리시버트를 준다. 이에 비해 여수, 제주 등은 상대적으로 낮아 연각 약 0.73밀리시버트를 준다. 즉, 수원시민은 여수시민에 비해 지각방사선을 매년 약 0.7밀리시버트 더 받는 셈이다. 그렇다면 0.1밀리시버트도 위험할 수 있다는 사람은 수원시민에게 위험할 수 있는 지역에 살고 있다고 말하고 대책을 촉구해야 하지 않겠는가.

- 방사선 의학에 관한 전문 지식을 모두 갖추지 않은 경우 의사의 발표라고 모두 사실은 아니다.

1만 분의 1 위험이라도 내가 해당되면 100% 위험 아닌가?

맞는 말 같지만 맞지 않다. “위험”이란 어떤 나쁜 일이 일어나기 전에 그것이 일어날 가능성을 사전에 논의할 때 사용하는 말이다. 이미 발생했다면 사고나 사건이지 위험은 아니다.

- 우리나라의 교통사고 사망 위험이 연간 1만 명당 1.4명이라고는 말할 수 있지만, 오늘 아침에 교통사고로 사망한 사람을 놓고 사망위험이 100%라고 말하지는 않는다.

드물게 일어나는 우발적 사건에 대해 사건이 일어날 가능성(확률)은 제쳐두고 일어났을 때 결과가 실제 피해라고 보는 것은 부적절하다.

요약

0.1밀리시버트의 방사선량도 위험할 수 있다는 주장은 합당하지 않은 말의 유희이다. 어떤 목적을 위해 방사선 위험을 부풀리려는 의도에서 비롯한다. 병원에서 오히려 감염이 될 수 있다는 위험은 알려진 사실이지만 “병원을 방문하는 것은 위험할 수 있다.”고 주장하는 사람은 왜 없는지 생각할 필요가 없다.

· 로또 복권 1장의 1등 당첨 확률이 수백만 분의 1이라는 확률(이때는 위험이 아니라 행운)은 고려하지 않고 당첨되었을 때 당첨금 10억 원을 그 복권의 가치로 보지 않는다. 돼지꿈 꾸고 샀다는 복권이라고 1장에 1억 원을 주고 되살 사람이 있을까?

· 방사선을 2밀리시버트 피폭하면 생애 암 사망 위험이 1만 분의 1 증가한다는 말은 그런 사람이 1만 명 있다면 그중 한 사람이 방사선유발암으로 사망할 수 있다는 의미일 뿐이다.

1만분의 1도 위험이다. 그러나 우리의 모든 행위는 위험을 수반한다. 운동하면 심장마비 위험이 있고 가만히 있으면 비만 위험이 있다. 행위에 따르는 위험만 본다면 할 행위가 없다. 실제 우리는 위험만 보지 않고 행위가 내는 편익과 비교하여 판단하고 선택한다.

· 비행기 추락 위험은 1만 명-탑승횟수당 사망자 1.16명으로 비행기 한 번 탑승은 방사선 2밀리시버트 피폭과 맞먹는 위험을 수반한다. 그래도 우리는 비행기를 이용한다. 항공승무원은 매년 수 백 회 비행기를 탄다.



우발적으로 발생하는 희귀한 사건에 대해 발생확률은 고려하지 않고 발생할때 결과만 놓고 과민하게 반응하는 것은 옳지 않다. 1만 명 중 한 사람 위험을 놓고 그 한 사람을 “나”라고 가정하는 것은 복권 한 장 사 놓고 1등 당첨자가 “나”라고 보는 것처럼 허망한 것이다.

2021 대한방사선방어학회



추계 학술대회 및 정기총회

2021. 11. 24(수) ~ 26(금) | 휘닉스아일랜드 제주

THE KOREAN ASSOCIATION FOR RADIATION PROTECTION FALL CONFERENCE AND REGULAR GENERAL MEETING



대한방사선방어학회
The Korean Association for Radiation Protection