

2021 **12**

Vol.4, No.4

대한방사선방어학회 KARP ^e - Letter

www.karp.or.kr

카페레터

· 기고문	방사선량과 계측체계의 변경	03
· 이슈&포커스	조건부가치측정법을 적용한 방사선방호 최적화	08
	일본 Yamagata 대학교의 중입자 첫치료를 함께 하다	13
· 국제동향	KINS, “UNSCEAR 국내 전문가 워킹그룹 워크숍” 개최	21
	ICRP 150 발간 - 플루토늄 및 우라늄 노출로 인한 암 위험도	22
	ICRP 간행물 공개질의 모집	
	- ‘Radiological Protection in Veterinary Practice’	23
	FLASH Radiotherapy & Particle Therapy (FRPT) 개최	23
· 행사관련소식		24
· 학회 뉴스		26
· 방사선 기초지식		36



대한방사선방어학회

The Korean Association for Radiation Protection



카페레터 KARPê - Letter

Contents

기 고 문	방사선량과 계측체계의 변경	03
이 슈 & 포 커 스	조건부가치측정법을 적용한 방사선방호 최적화	08
	일본 Yamagata 대학교의 중입자 첫치료를 함께 하다	13
국 제 동 향		21
행 사 관 련 소 식		24
학 회 뉴 스		26
방사선기초지식		36

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

방사선량과 계측체계의 변경

이재기

방사선안전문화연구소장

국제방사선방호위원회(ICRP)와 국제방사선단위측정위원회(ICRU)는 방사선방호를 위한 방사선량과 그 계측체계에 의미 있는 변화를 초래하는 보고서를 발행했다. ICRU 보고서 95 ‘외부피폭을 위한 실용량’과 ICRP 간행물 147 ‘방사선방호에서 방사선량의 적용’이다.

1977년 ICRP 26에서 피폭자의 전신 위해 지표로 새로운 방호량 ‘유효선량당량’을 정의했으나 현실적으로 측정이 곤란해 측정 가능한 대체량이 필요해졌다. 아울러 피부나 눈 수정체처럼 신체 표면에 가까운 조직의 선량당량 측정에도 조직의 구성과 선량 측정 깊이에 대해 표준이 필요했다. 이에 따라 1985년 ICRU와 ICRP는 공동으로 외부피폭에 대해 측정이 용이한 대체량을 명확히 정의하는 보고서 ICRU 39를 발행했고 이들 양을 ‘실용량(operational quantity)’으로 불렀다. 1990년 ICRP 60에서 유효선량당량을 유효선량으로 변경했으나 그 대체 측정량인 실용량은 유지되어 지금까지 사용해 왔다.

그러나 고에너지 가속기 증가와 대기권 밖에서 강력한 우주방사선을 피폭하는 우주비행사가 고에너지 우주방사선을 피폭하는 경우가 늘어나면서 이러한 고에너지 영역에서 실용량 특히 유효선량을 대체하는 심부선량당량 $H^*(10)$ 이나 $H_p(10)$ 이 유효선량을 심각하게 과소평가하는 문제에 부딪혔다(그림1 참조)¹⁾. 이에 따라 ICRU와 ICRP는 많은 논의 끝에 공동으로 외부피폭 실용량을 새로 정의하였고 그 결과물이 ICRU 95이다.

ICRU 95의 요점은 다음과 같다.

▶ 다양한 방사선에 대해 낮은 에너지부터 높은 에너지까지 유효선량을 무난하게 대체할 수 있는 하나의 측

1) 20keV 안팎의 낮은 에너지 광자에서 과대평가는 인지하고 있었으나 그러한 피폭이 드물고 보수적 결과를 주는 과대평가이므로 용인했다.

정 가능한 물리량이 마땅하지 않다. 따라서 자유 공간에서 측정 가능한 기본 물리량인 플루언스나 흡수선량(또는 공기커마)와 보수적 방호량을 직접 연계하는 접근으로 개념을 전환한다.

▶ 조직선량 측정량은 흡수선량으로 표현한다.

▶ 외부피폭 새 실용량은 지역감시와 개인감시 용도로 각각 다음처럼 정의한다.

1) 지역감시를 위한 실용량

- 주위선량 $H^* \equiv h^* \Phi$

- 방향성흡수선량 $D'_{tiss}(\Omega) \equiv d'_{tiss}(\Omega)\Phi(\Omega)$

2) 개인감시를 위한 실용량

- 인체선량²⁾ $H_p \equiv h_p \Phi$

- 개인 조직흡수선량 $D_{p,tiss} = d_{p,tiss} \Phi$

여기서 각각의 환산인자는 다음처럼 정의하고 그 값은 ICRU 95에 제공된다.

$$h^* = \frac{E_{\max, \Omega}}{\Phi}, \quad d'_{tiss}(\Omega) = \frac{D'_{tiss}(\Omega)}{\Phi}$$

$$h_p(\Omega) = \frac{E(\Omega)}{\Phi}, \quad d_{tiss} = \frac{D_{tiss}(\Omega)}{\Phi}$$

$E_{\max, \Omega}$ 는 방사선장에 대해 여러 방향에서 노출하는 신체에서 형성되는 유효선량 중 최대치를 의미한다. 이들 환산인자는 모두 인형모의체 또는 단순화 모의체(피부의 경우)에 대해 계산으로 도출한다.

▶ 실용량을 이처럼 직접 방호량과 연계함으로써 측정성 뒷받침을 위해 유지했던 선량당량이 불필요하므로 이를 폐지한다. 또한 측정 표준을 위해 설

정했던 기준 모의체인 ICRU구도 정의할 필요가 없다.

▶ 기존 선량계측체계의 급격한 교란을 피해 새로운 실용량의 도입은 차기 ICRP 기본권고 발행과 발행과 연계한다.

유효선량을 위한 기존 실용량과 새로운 실용량을 비교해 보면, 광자는 그림2와 같다. 20keV 안팎의 연질X선에서는 새 실용량이 상당한 폭(약 1/5까지)으로 줄어드는 반면, 수십 MeV 이상에서는 10배 이상까지 증가한다. 그림3에 보인 중성자의 경우는 에너지에 따라 다르지만 전반적으로 1/2 이내로 감소하는 경향이다. 전자선(그림4)의 경우 1MeV 미만에서는 100배 정도 증가하지만 절대값이 작아 실제 함의는 크지 않다. MeV 단위의 전자선은 수 분의 1로 감소가 예상되며 고에너지는 거의 대등하다.

선량한도 대폭 감소로 인해 관심이 높아진 수정체 흡수선량을 위한 실용량의 변화로서 광자의 구/신비는 그림5와 같다. 입사방향에 따라 차이가 있으며 보통 에너지에서는 큰 차이가 없으나 고에너지에서는 입사방향에 따라 편차가 크다. 특히 정면입사에서 고에너지 광자의 높은 투과력 때문에 새 실용량이 현저히 감소한다. 그림6에 보인 전자 방사선에서도 전체적으로는 크게 변화하지 않으나 입사방향에 따른 편차는 크다.

2) '인체선량'이란 명칭의 원어는 personal dose인데 직역한 '개인선량'이 일반적 의미의 개인선량과 혼동되므로 '인체선량'으로 명명했다.

피부 흡수선량에 대한 광자의 실용량은 그림7에서 보는 것처럼 약 0.3MeV 이하에서는 거의 동일하지만 에너지가 높아지면 새 실용량이 점점 감소한다. 고에너지 2차전자 에너지 전달이 심부 방향으로 쏠리기 때문이다. 그림8에 보인 전자의 피부 흡수선량 실용량 비는 0.1MeV 부근에서 2/3 정도로 감소할 뿐 기타 에너지 영역에서는 거의 같다.

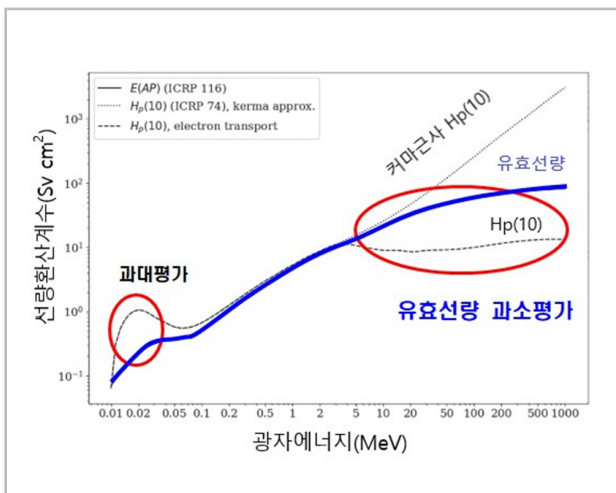


그림1. 기존 외부피폭 실용량 문제 광자(ICRU 95).

유효선량에 대한 기존 실용량인 $H_p(10)$ 이 연질 에너지 X선에서는 수배 과대평가하는 반면 고에너지 광자에서는 약 1/10까지 과소평가함.

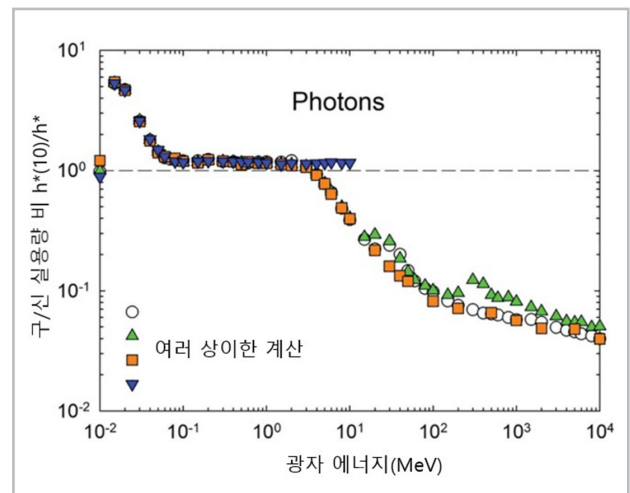


그림2. 광자의 유효선량을 위한 실용량 구/신비(ICRU 95).

새 실용량이 낮은 에너지에서는 감소하고 고에너지에서는 크게 증가한다. 비 값은 환산계수 비이지만 측정량은 와 같다.

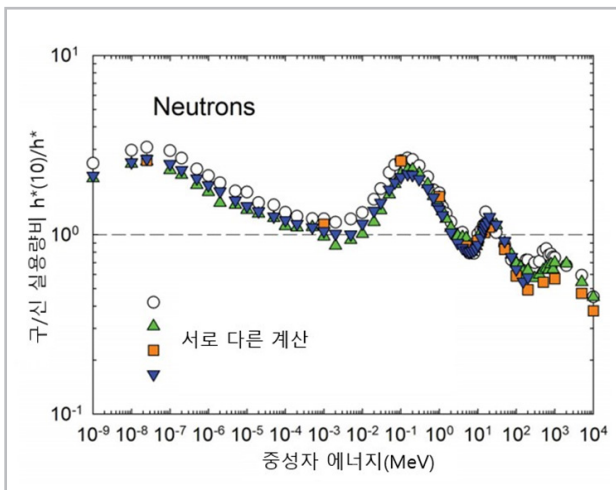


그림3. 중성자 유효선량을 위한 실용량 구/신비(ICRU 95).

에너지에 따라 다르나 대체로 근소하게 실용량이 감소하는 경향이다.

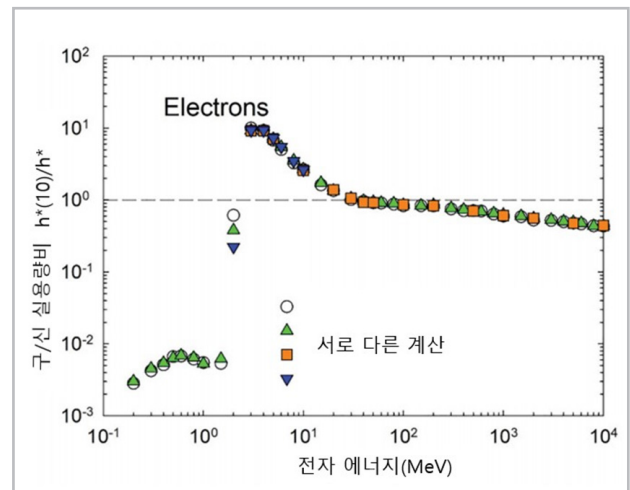


그림4. 전자 유효선량을 위한 실용량 구/신비(ICRU 95).

1MeV 이하 전자는 100배 정도 증가하지만 절대값이 미미하여 큰 의미 없음. MeV 단위 수준에서는 몇 분의 1 정도로 감소하는 경향이다.

ICRP 147과 함께 ICRU 보고서 95의 방사선량 계측에서 합의는 상당하다. 개인 선량 측정표준이 수정되기 때문이다. 측정표준이 변경된다고 기존의 선량률계나 개인선량계를 바꿀 필요는 없다. 물론, 이후 새로 설계, 제작되는 서베이미터나 개인선량계는 새 실용량에 맞추는 것이 선제적 대응이다. 따라서 방사선량 측정표준을 제공하는 기관은 새 실용량 측정 서비스를 제공할 준비를 해야 한다.

기존 측정기는 다음과 같이 임시대응이 가능할 것이다.

▶ 유효선량을 겨는 심부선량

- 보통 에너지 광자나 중성자와 같은 강투과성 방사선의 실용량은 기존과 큰 차이가 없으므로 기존 측정기로 측정을 인정할 수 있다.
- 수십 MeV 이상의 광자에 대해서는 기존 상용 측정기가 마땅하지 않지만 있다면 그림2의 구/신 실용량 비의 근사치로 측정치를 보정하여 사용할 수 있다.
- 수 MeV 안팎의 고에너지 베타(또는 전자선) 실용량은 그림4에서 보듯 유의한 감소가 있는데 베타의 유효선량 기여 절대치가 작아 현실적 합의는 크지 않다.

▶ 수정체 흡수선량

- 강투과성 방사선의 실용량은 그림5에서 보듯 큰 변화가 없으므로 기존 측정기를 적용할 수 있다. 고에너지 광자는 보정이 필요할 수 있으나 수 배 정도 과대평가이므로 기존 측정기를 인정할 수도 있다.
- 베타 피폭에서 기존 측정기의 $H_p(0.07)$ 은 수정체 선량을 심각하게 과대평가하므로 상당한 베타 피폭이 예상되는 경우에는 $H_p(3)$ 또는 $D_{p,lens}$ 를 측정하는 방법을 강구하거나 보안경을 착용해야 한다.

▶ 피부 흡수선량

- 고에너지 광자의 피부선량은 기존보다 수 분의 1로 감소가 예상되나 이 수준 과대평가는 용인할 수 있으므로 기존 측정기를 인정할 수 있다.
- 베타 피폭도 기존 측정기가 수십 % 과대평가하는 수준이므로 기존 측정기를 인정할 수 있다.

선량당량을 폐지하고 조직반응 방지를 위한 감시량으로 흡수선량을 직접 사용한다는 입장 변화에 따라 방사선량 적용을 다룬 ICRP 147도 현행 권고를 수정한다. 조직선량을 흡수선량으로 표현함에 따라, 등가선량은 낮은 선량에서 확률론적 영향을 겨는 양임을 강조하면서도 피부 등 조직 선량한도를 Sv 단위의 등가선량으로 권고하는 모순을 해소했다.³⁾ 따라서 등가선량을 독립적 방호량으로 다루지 않고 전신의 유효선량을 정의하는 중간 도구로만 간주한다는 입장이다.

3) 또한, 우리 용어로는 선량당량과 등가선량으로 구분되지만, 원문 용어는 dose equivalent와 equivalent dose로 비슷해 초래했던 혼란을 해소한 것도 바람직하다.

그러나 방사선량 정의와 계측체계의 이러한 예정된 변화가 모든 문제를 해소한 것으로 보이지는 않는다. 선량당량을 폐지하고 등가선량을 독립된 방호량으로 다루지 않을 때 종류가 다른 방사선을 혼합 피폭한 경우 조직의 총 선량(즉, 선량의 덧셈성)을 어떻게 표현할 것인지 의문이다. 아울러 조직반응 예방을 위한 조직 선량한도를 흡수선량으로 표현하려면 방사선 종류마다 각각의 흡수선량한도가 필요하여 복잡하게 될 것이다. 기존의 고려처럼 높은 선량에서 조직선량은 'RBE 가중 흡수선량'을 도입할 수도 있겠지만 RBE는 방사선가중치보다 훨씬 복잡한 개념이다.

현재로서는 새 실용량 반영이 '필수'가 아니라 이제 갹신 준비를 착수한 차기 ICRP 기본권고(아마도 3년 정도 후) 발행까지 '선택적'임을 ICRP/ICRU가 밝히고 있으니 그간에 남아 있는 의문에 대한 답을 기대해 본다.

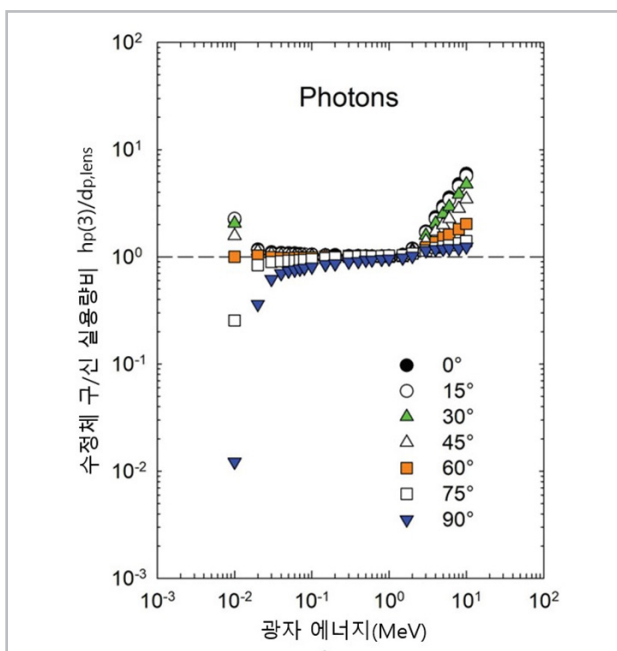


그림5. 광자 수정체 실용량 구/신 비(ICRU 95).
고에너지에서는 입사방향에 따라 변화 편차가 크다.

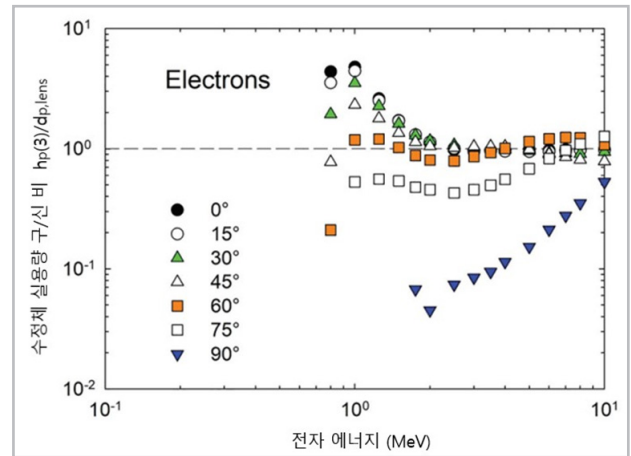


그림6. 전자 수정체 실용량 구/신 비(ICRU 95).
입사방향에 따라 변화 편차가 크다.

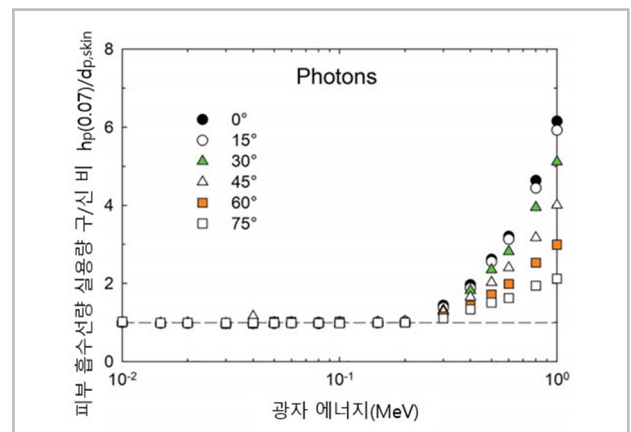


그림7. 광자 피부흡수선량 실용량 구/신 비(ICRU 95).
고에너지에서 방향에 따라 수 분의 1로 감소한다.

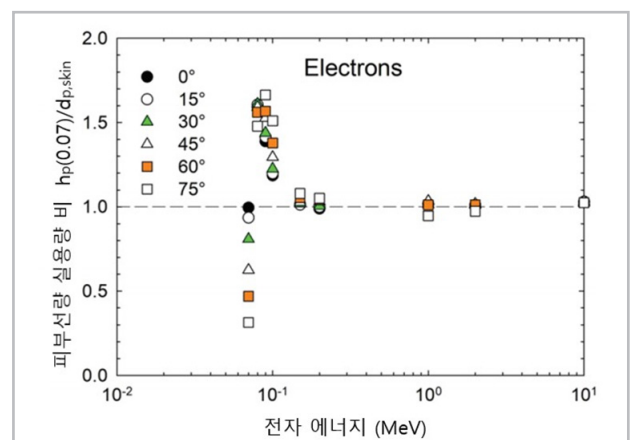


그림8. 전자 피부흡수선량 실용량 구/신 비(ICRU 95).
0.1MeV 부근에서만 2/3정도로 감소한다.

조건부가치측정법을 적용한 방사선방호 최적화

백민희 충남대 경제학과 교수



경제학에서 가장 보편적으로 이용되는 선택기준은 어떤 것을 극대화(maximizing)하는 목적(이윤극대화, 효용극대화, 성장률극대화)이나 혹은 그 어떤 것을 극소화하는 목적(생산비용극소화)이다. 극대화와 극소화문제를 보다 일반적으로 최적화문제라고 하는데, 그 의미는 “최선을 추구한다”는 것이다.

방사선방호 최적화란 주어진 방호수준에서 예상되는 잔여피폭의 부담을 정량화한 비용의 합이 최소가 되는 수준의 방호를 선택하는 것이다. 방사선 방호방안의 선택에 적용될 때, 이 절차의 핵심요소는 man-Sv의 금전계수를 사용하는 것인데 이로써 방호의 이득(즉, 어떤 방호방안을 이행함에 따른 선량의 감축)을 방호비용과 동일한 단위로 표현하는 것이다. 금전계수란 피폭이 곧 리스크에 연계된다고

볼 때 사람의 생명이나 건강을 금액으로 환산한 값이다. 즉, 방호의 편익은 사람들에게 건강상의 편익으로 나타낼 수 있다. 방사선방호로 인한 사망위험 감소의 편익은 피폭저감으로 인한 조기 사망할 확률을 줄임으로써 발생한다. 그러나 이 사망의 위험성은 일반적으로 매우 작은 정도이다. 이렇게 아주 작게 변하는 사망 위험도의 가치를 ‘통계적 생명가치’로 평가한다. 조건부가치측정법을 적용하여 통계적 생명가치를 추정하여 금전계수 도출의 방법론에 대해 살펴보고자 한다.



▶ 조건부가치측정법 (CVM, Contingent Valuation Method)

조건부가치측정법은 진술선호접근법의 일종으로, 비시장재에 대한 가상시장을 구축하여 개인들로 하여금 평가대상 공공서비스의 변화를 사적 재화와 상호교환하게 하거나, 설문조사를 통하여 직접 화폐단위로 국민들의 지불의사(WTP, Willingness To Pay)를 진술하게 한다. 방사선 피폭 저감을 위한 제품 개발에 관련한 가상적인 상황을 설정하고, 이 상황에서 각 개인의 지불의사를 묻는 설문조사를 통해 조사하여 방사선 방호의 가치(편익)를 평가하는 방법이다.

- 조건부가치측정법(CVM) 연구단계

우선 기존의 문헌연구와 현장조사를 통해 사업시행에 따른 구체적 편익이 무엇이고 수혜자가 누구인지 등 CVM 연구에서 얻고자 하는 답이 무엇인지를 명확히 하고, 목표모집단 설정과 표본선택 및 설문조사기법 선정 등 설문조사 전반에 대한 사전 점검을 한다. 평가의 목적과 평가대상인 재화의 익숙한 정도 및 실제 사용 그리고 CV 시나리오 및 가상시장의 설정 등에 유의하여 CVM 설문지를 디자인한 후, 설문지 초안에 대한 전문가 검토와 표적집단토론 과정을 거쳐 설문지를 검증하고 수정한다. 사전조사 단계를 통해 제시금액을 설계한 후 표본설계와 본조사 설문을 수행하며, 설문조사 결과를 바탕으로 계량경제학적 분석과 이론적 타당성 검증 그리고 집계과정을 거친다.

▶ 설문지의 구성

CVM에 의한 분석은 설문조사에 전적으로 의존하

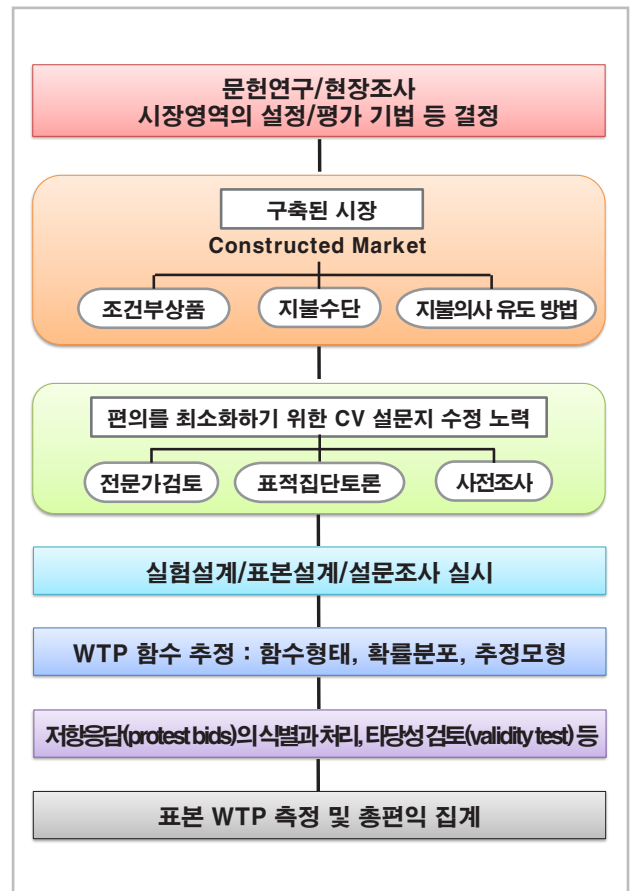


그림1. CVM 연구단계

고 있기 때문에 설문지가 어떻게 작성되어 있느냐에 따라 분석결과가 민감한 영향을 받는다. 설문지는 크게 다음의 세 가지 부분으로 구성된다. (1) 방사선에 대한 일반인의 인식과 이해를 묻는 부분, (2) 응답자가 처한 가상적 상황에 대한 설명과 지불의사를 유도하는 부분, (3) 응답자의 사회경제적 특성과 평가대상에 대한 선호, 방사선 이용여부 등에 대한 부분 등으로 구성한다.

설문지의 지불의사를 도출하는 부분의 구성에서 중요한 것이 지불의사 유도방법이다. 지불의사 유도 방법에는 개방형 질문법(open-ended question),

경매법(bidding game), 지불카드법(payment card), 양분선택형(DC, dichotomous choice) 질문법 등이 있다. 최근의 대부분의 연구들은 DC 질문을 주로 사용한다. DC 질문은 모집단에서 무작위로 추출된 표본의 응답자에게 공공재의 공급을 위해 미리 정해진 특정 금액을 기꺼이 낼 의사가 있는지 없는지를 물어보는 형태를 취한다. 예컨대, 구매하고자 하는 물건의 시장 가격이 1,000원일 때, 합리적 소비자라면 그 물건의 사용으로부터 얻게 될 효용이 1,000원보다 크거나 같으면 물건을 구매할 것이고 그렇지 않다면 구매하지 않을 것이다. 특히 DC 질문유형 중에서 한번의 질문만 하는 단일 양분선택모형(SBDC, single bounded dichotomous choice) 질문유형보다는 Hanemann(1985)에 의해 제안된 이중 양분선택형(DBDC, double bounded dichotomous choice) 질문유형이 실제 CVM 연구에서 널리 사용되고 있다.

DBDC 질문은 각 응답자에게 두 개의 금액을 제시하여 자신의 WTP가 제시된 금액보다 크거나 같은지에 대해 “예” 또는 “아니오”의 응답을 요구한다. 두 번째 제시되는 금액은 첫 번째 제시되는 금액에 따라 달라지는데, 첫 번째 제시금액에 대한 응답이 “예”이면 이보다 큰 금액을 제시하고 “아니오”이면 이보다 작은 금액을 제시한다.

- 지불용의금액의 추정

오차항 분포에 대한 가정과 최우추정법에 따라 계수 벡터를 도출할 수 있으며, 추정된 모수와 각 속성의 평균치로 구성된 벡터를 구하여 식에 대입하게 되면 평균적 응답자의 제시금액에 대한 수락 확

률이 도출된다. 대부분의 경우 제시금액 이외에 수락확률에 영향을 미치는 공변량을 추가로 설정하고 있다. 기본적으로 인구통계학적 변수와 같은 개인 특성 변수 이외에 해당 비시장재에 대한 개인적 태도 내지 인식 관련 특성 변수를 공변량으로 설정하고 있음을 볼 수 있다. 공변량을 포함한 WTP함수의 추정은 CVM 방법의 타당성과 신뢰성에 대한 정보를 얻을 수 있도록 해준다. 즉, 공변량의 추정된 계수 부호 및 통계적 유의성이 예상한 바와 일치한다면 응답자의 WTP가 무작위적으로 얻어진 자료는 아니라는 의미이기 때문에 CVM 조사의 신뢰성과 타당성을 인정받을 수 있게 된다.

▶ 통계적 생명가치(Value of Statistical Life, VSL)

사람들의 일상 속에 생명(life)에 영향을 주는 다양한 사회적 위험(social risk)이 존재한다. 이러한 위험요소들을 감소시키기 위해서 정부는 각 분야에 맞는 정책을 통해 안전에 대한 기준을 마련하고 있다. 통계적 생명가치란 개인이 치명적인 위험을 피하기 위한 지불용의금액으로 평균 사망자 수를 줄이기 위해서 사회구성원들이 함께 지불할 용의가 있는 금액에 해당한다. 이러한 통계적 생명가치는 산업재해, 교통안전, 환경오염 등 다양한 부문에서 위험(risk)을 감소시키기 위해 필요한 안전투자 기준을 제시하는데 사용하고 있다.

이것은 간접효용함수에 의해 유도되는 무차별곡선의 기울기로 표현되며 사람들의 행동은 최적화의 결과로 나타난다. 사람들은 사망위험의 증가를 기꺼이 수용(willingness to accept, WTA)할지 또는 사망위험의 감소를 위해 기꺼이 지불(willingness

to pay, WTP)할지에 대해서 선택하게 되는데 이것이 곧 VSL로 정의된다. 이를테면 사망위험이 높은 직업일 수록 기업주는 근로자를 유인하기 위해 더 높은 임금을 제시하고, 근로자는 이러한 근로환경을 수용할 수 있는 높은 임금이 제시된다면 직업으로 선택할 것이다.

▶결언

방사선방호 최적화 절차의 금전계수 산출을 위한 조건부가치측정법에 대해 살펴보았다. 일반적으로 예비타당성조사에서 공공투자사업 편익측정을 위해 조건부가치측정법이 많이 사용되고 있다. 조건부가치측정법을 적용하여 측정된 가구당 혹은 개인당 지불의사(WTP)는 목표모집단에 속하는 가구들 전체로 확장 집계하여 산정한 뒤, 사망위험 감소분으로 나누어 통계적 생명가치를 도출하게 된다. 이렇게 도출된 통계적 생명가치를 활용하여 금전계수를 도출하여 국내 방사선방호 최적화 절차에 적용가능할 것으로 기대된다.

부처별 생명가치 산출 기준					
소관 부서	규제명	화폐환산 사망가치	화폐환산 부상가치	출 처	산출근거
고 용 노동 부	산업안전보건기준 (타워크레인 작업장)	2억6천6백만원	-	e-규제영향 분석시스템	14년 산업재해현황분석, 산재보상금지급현황
	산업안전보건기준 (대형화재 작업장)	2억7천1백만원	4천1백만원	e-규제영향 분석시스템	14년 산업재해현황분석, 산재보상금지급현황
	산업안전보건기준 (밀폐공간작업장)	2억9천5백만원	3천9백만원	e-규제영향 분석시스템	15년 산재보상금 지급현황
	산업안전보건기준 (안전보건관리책임자임명)	1억 7천8백만원 (사망 · 부상 가중평균값)		규개위 심사안 (` 13.5.24)	총 산재보상금/ 총 산재노동자수 (` 10년 기준)
국민 안전처	승강기의 안전성 개선	3억원	2천만원	e-규제영향 분석시스템	승강기안전관리제도 발전방향연구(` 05년)
경찰청	총포도검화약류등 단속법 시행규칙	4억3천9백만원	3천7백만원	규개위 심사안 (` 15.10.3024)	도로교통공단 발표 ‘13년도 도로교통사고 비용 추계’
환경부	실내공기질 관리시행규칙 (라돈측정기준)	7억9천6백만원	-	e-규제영향 분석시스템	KEI ‘라돈의 실내공기질 규제에 따른 위해저감효과 및 건강편익의 산정’

일본 Yamagata 대학교의 중입자 첫치료를 함께 하다.

김진성 / 교수

COVID를 뚫고, 일본으로

2021년 1월 6일.

COVID 19 상황으로 인해 정말 오랜만에 인천공항으로 향했다. 2-3개월 정도의 생활을 예상한 짐은 생각보다 가볍지는 않았고, 특히 겨울임을 감안하면 캐리어 2개가 충분할까 싶기도 했으나, 더 많은 짐은 가지고 갈 수도 없어서 최소한으로 꾸렸다. 예상대로 인천공항은 너무나 조용했고, 늘 사람으로 분주하던 인천공항의 라운지와 면세점 앞도 사람의 흔적을 찾기가 어려운 상황이었다. 일본 도쿄로 가는 비행기도 하루에 1대로 정해져있으니, 상황은 더 이야기하지 않아도 되겠다. 이러한 상황에서 일본으로 가는 것이 옳은 것인지 판단하는 것은 어려웠으나, 중입자치료가 처음 시작할 것으로 예

상하는 Yamagata 대학교의 임상 commissioning을 보기 위해 2020년 연말 분주하게 서류작업을 했고, Yamagata 대학교에서도 너무 환영해주어서 걱정보다는 기대하는 마음으로 일본 도쿄행 비행기에 몸을 올렸다. 일주일 뒤 일본으로 들어오는 비자 발급이 정지되었다는 것은 다행인지 불행인지 모를 일이지만, 그 때 출발한 것이 정말 신의 한수였다고 지금도 판단된다.

도쿄 나리타공항에서 몇개의 심사를 거치고 미리 예약해둔 차량을 통해 정해진 숙소로 이동해서 하루를 보내게 되었다. 해외 입국자에 대해서 까다로운 절차(대중교통 이용불가 등)들이 있었지만, Yamagata 대학교의 협조로 다음 날 준비된 차량으로 편하게 이동해서 Yamagata 대학교에 도착하였다.

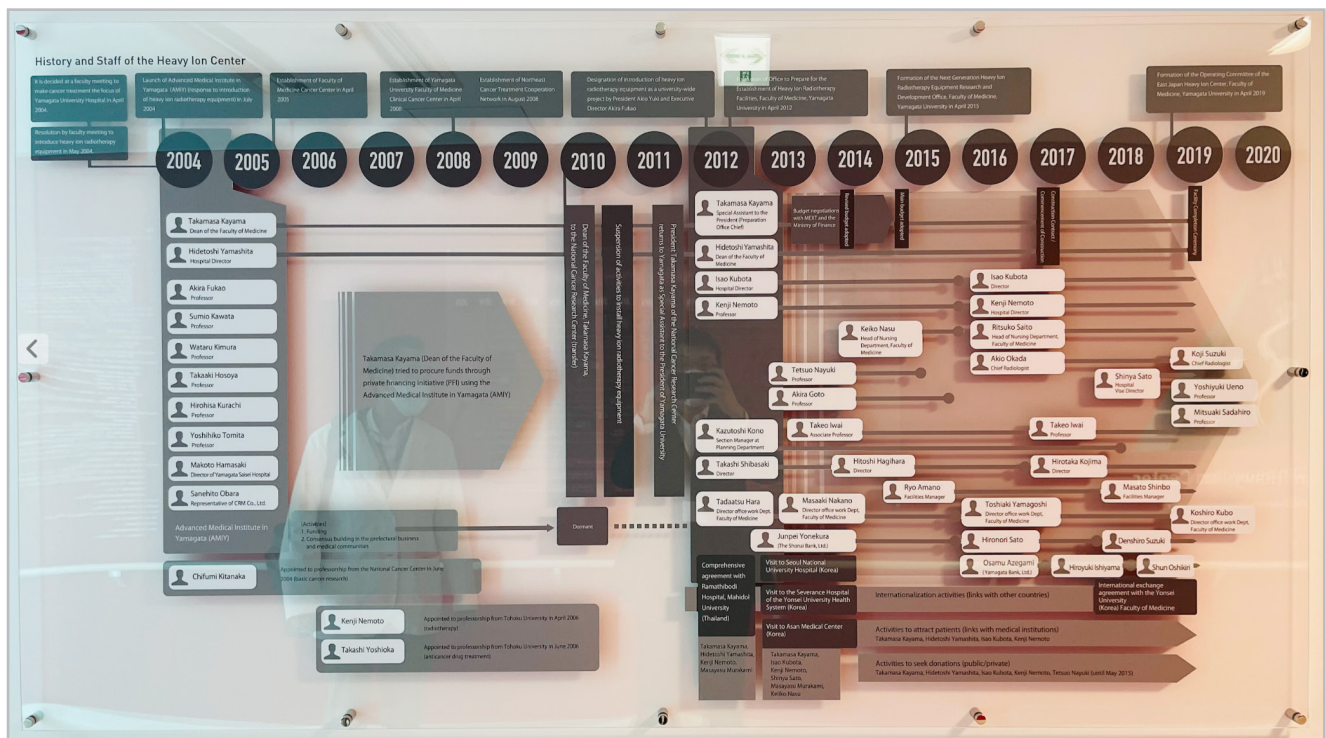
도쿄에서 북쪽으로 400km 떨어져있는 Yamagata 시는 신간선으로 이동하면 2시간이면 가는 거리였지만, 차량으로는 5시간 정도 소요가 되었다. 그러나 가는 길에 봤던 설경은 정말 잊을 수가 없던 절경이었고, 왜 일본 사람들도 이 곳으로 겨울 스포츠를 즐기러 오는지를 알 수 있었다.

3달동안 지낼 숙소는 대학교에서 준비해 준 기숙사였는데, 생각보다 많은 것이 갖추어진 숙소였다. 물론 날씨가 추웠고, 한국이랑 다르게 바닥이 온돌이 아니어서 도착하자마자 전기장판 등을 구매하는 등의 일들은 있었지만, 혼자서 지내기에는 완벽한 숙소였고, 일본을 떠나는 마지막 날까지 이 생각은 유지되었다. 무엇보다 일본어가 통하지 않는 상황에서 많은 것을 도와주었던 이성현 박사가 있어서 처음부터 끝까지 큰 안심과 위로가 되었던 일본 연수 생활이었다.

중입자치료. 일본 Yamagata 대학교

이미 일본은 1994년 NIRS에서 중입자치료를 시작했고, 현재 Hyogo (2002), Gunma (2010), SAGA (2013), i-ROCK (2015), Osaka (2020) 까지 6개의 중입자치료센터가 운영이 되고 있고, Yamagata에서 일본 7번째로 치료를 준비하고 있었다. 사실 가장 처음 입자(Particle)로 환자를 치료한 것은 미국 로렌스 버클리 국립연구소의 Bevalac 가속기였으나 1984년 새로운 국가 가속기 계획이 취소되고 1992년 가속기가 문을 닫게되면서 미국에서의 다양한 입자로 환자를 치료하던 것은 중지되었고, 이후 양성자치료가 로마린다병원에서 환자를 치료하게 되면서 현재 미국에서는 양성자치료는 굉장히 활발하게 활용되고 있지만, 아직까지 중입자(탄소선)를 활용한 치료는 미국에서는 이뤄지지 않고 있다. 한편 미국 로렌스 버클리 연구소의 경험을 가진 일본 연구진들은 귀국하여 도쿄에서 국립의학연구소(NIRS)를 만들면서 국가 프로젝트로 10년의 설계 끝에 1994년 중입자치료기로 환자를 치료하기 시작하였고, 이 프로젝트에 당시 일본 중공업의 강자들이었던 도시바, 히타치, 미쯔비시, 스미토모 등과의 협력으로 연구용/임상용 중입자가속





기를 설계/제작/치료를 모두 완성하였다. 그 경험을 바탕으로 NIRS 이후 앞서 언급한 5개의 중입자치료 센터에 각각의 새로운 특징(소형 가속기, 45도 치료실 등)들을 넣어서 환자를 치료하고 있다.

일본 동북부의 조용한 도시에 자리잡고 있는 야마가타 대학교가 중입자치료에 대한 고려를 시작한 것은 2004년이라고 기록하고 있다. 자세한 연혁은 야마가타 중입자센터의 한쪽벽에 잘 표현되어있고, 중요한 인물들에 대한 소개도 있으니, 나중에 방문하는 분들이 계시면 꼭 보시라고 이야기를 하고 있다. 2004년 당시 의과대학 학장을 역임하셨던 Takamasa Kayama 신경외과 교수님이 이 전체 프로젝트를 시작하셨고, 결국 국가 예산, 지방현, 기부금 등과 학교의 예산을 통해서 2015년 도시바

와 계약을 했고, 일본에서 NIRS이후 최초로 만들어진 Compact Gantry를 도입하는 것으로 결정했다. 또한 일본에서는 이미 중입자치료가 오랜 치료의 결과가 있고, 치료의 효능이 입증되어서 전립선과 몇 개의 암에 대해서는 보험이 인정이 되어서 이러한 질환을 효율적으로 치료하기 위해서 고정빔 치료실도 보유하고 있어서 야마가타에는 총 2개의 치료실이 운영될 예정이다. 또한 야마가타 대학교의 이름을 앞세우기 보다는 일본 전 지역에서 동부 지역에 유일한 중입자치료센터이므로 East Japan Heavy Ion Center라는 이름으로 운영을 하고 있다. 이러한 내용에 대해서는 센터를 오픈할 때 마련한 홈페이지에서 자세히 소개하고 있어서 참고하면 좋을 것으로 생각된다.



<https://www.id.yamagata-u.ac.jp/nhpb/img/pdf/pamphlet-e.pdf> 참고

2021년 2월 25일. 첫 중입자치료

COVID-19가 가장 손에 잡히지 않았던 2021년 1월. 일본을 무리해서 방문한 이유는 21년 2월말 정도에 중입자 첫 치료를 예상하고 준비하고 있어서 이를 위한 임상 커미셔닝 작업에 직접 참여하면서 관련한 업무들을 배우고, 또한 협력하면서 향후에 같은 장비와 첨단치료를 수행하는 그룹으로서의 네트워크를 형성하는 등의 다양한 이유가 있었기 때문이었다.

자체격리가 해제되고 매일 같이 수행하는 작업에 수시로 함께 참여하고, 매주 개최되는 야마가타 대학 - 도시바의 회의 등에 참석하면서 실제 설치를 수행하고, 치료를 준비하면서 겪게 되는 다양한 문제

들의 실제적인 상황들을 보고 많이 배우고, 알게 되었다. 물론 이전에 국내에서 양성자치료기를 설치하고, 임상 커미셔닝을 수행한 경험이 있었지만, 중입자는 또 다른 부분들이 존재하고, 특히 가속기가 싱크로트론이라는 큰 차별성이 있어서 이전에 알고 있던 문제들과는 다른 다양한 문제들이 있음도 알게 되었다. 또한 모든 입자치료장비는 각각의 회사의 특성이 존재하는데, 이러한 특성과 해당 의료기관의 다양한 임상 프로토콜과의 접목에서 생각보다 풀어야하는 많은 문제들이 존재하게 되는 것도 놀마음에 두어야하는 기본 전제이다.

야마가타 대학에는 의학물리학자 교수 6명과 실제 정도관리를 수행하면서 치료기의 운영을 맡고 있는

AEC 회사 멤버들이 5-6명 근무하고 있었다. AEC는 일본의 특수한 상황에서 운영되는 회사로 다양한 가속기치료센터의 고급 인력에 대한 전문성을 확보하고, 이를 통해 안정적인 운영과 효율적인 관리를 제공하는 독특한 시스템을 가지고 있었다. 한국에서도 이러한 전문적인 회사나 운영이 가능할까라는 고민을 잠시 했지만, 현재의 한국의 규모에서는 치료기만을 위한 운영회사가 쉽지 않을 것이라는 생각이 들었고, 다소 아쉽기도 했다. 이 아쉬움은 중입자치료기의 입찰 과정 속에서 중국에서 자체적으로 만들고 있는 중입자센터를 직접 보고, 기술진

들과 이야기를 나눈 후에 가지게 되었던 아쉬움과 매우 유사했다. 지금은 우리 병원 등에서 일본의 중입자치료기와 그 기술을 모두 구매하고 도입하고 있지만, 언젠가는 이러한 전문적이고 고급인력들을 양성해서 우리나라에서도 관련 분야의 전문가들을 보유하는 것이 필요하다는 생각도 해보게 되었다.

임상커미셔닝은 정말 다양한 부분을 실제로 측정도 해보고, 또한 임상적인 시뮬레이션을 통해서 실제 환자가 왔을 때 발생하는 문제들이 있는지 없는지 판단하는 Mock Treatment까지 보게 된다. 야마가



타 의학물리학자들이 수행하는 CT Calibration과 TPS commissioning 등에 관한 작업에 같이 참여하고, 실험시에 같이 참석하면서 관련된 지식을 습득하였고, 과정 중에서 다양한 연구 협력에 대한 논의들도 있어서 향후 네트워크 형성에 아주 좋은 기초자산이 되었다고 생각한다. 또한 실제로 이 이후 이러한 논의들이 온라인미팅으로 이어져서 한국으로 복귀한 이후에도 2달에 한번씩 서로의 연구 주제를 발표하고, 공동 연구를 수행하고자 노력하고 있는 상황이다.

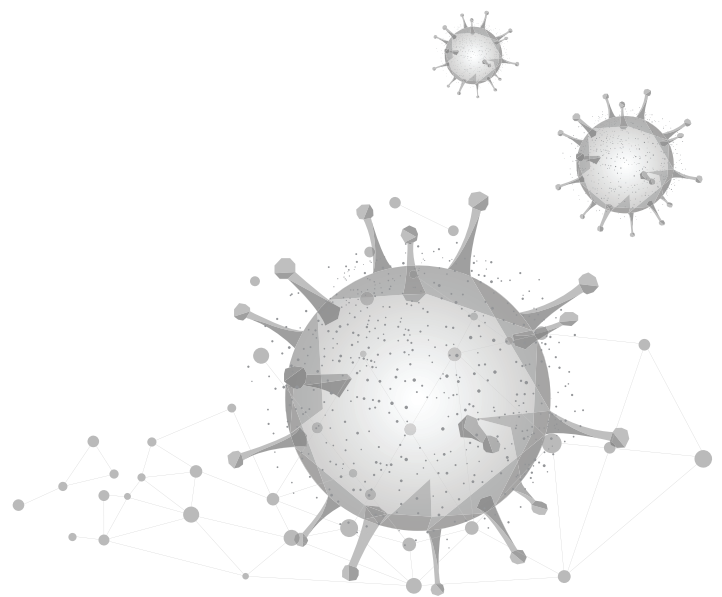
실제 환자를 가상해서 팬텀을 couch위에 부착하고, 치료계획을 조사해보고 영상좌표들을 확인하는 End-to-End 테스트를 수행하는 장면이고, 혹시 몰라서 고정빔의 가장 멀리에 중입자선을 막는 dump를 위치시켜서 혹시 투과하는 중입자선을 막는 기본적인 안전사항도 수행하고 있다. 이러한 커미셔닝은 다양한 환자와 다양한 치료계획에 대해서 검증하고, 검증을 수행한 정도관리 리포트들의 결과 확인을 통해 중입자치료기의 정확성/안전성에 대한 검증을 수행한다. 수행한 다양한 임상 커미셔닝에 대해서는 일일이 이야기하지 못하는 것이 아쉽지만, 기회가 된다면 환자를 처음 치료하기전에 해당하는 기관에서 수행하는 커미셔닝을 보는 것이 정말 큰 도움이 된다는 것은 분명하다. 혹시 훗날 누군가에게 이러한 기회가 있다면 반드시 참여하고 많은 것을 보고 배우는 시간이 있기를 바랍니다..

원래 첫 치료를 시작하기로 한 날이 가까워지면 사람들은 예민해지는 것이 당연하고, 발생할 수 있는 다양한 변수들을 없애는 것이 중요하다. 이것 때문

에 내가 겪었던 가장 아쉬운 문제는 야마가타 대학교의 사람들과의 저녁식사였다. 첫 환자치료이기도 하고, 당시 COVID가 이슈가 많이 되어서 외부에서의 식사가 허용이 되지 않아서 연수기간 야마가타의 일본 사람들과 저녁식사를 같이 할 수 없었던 것이 큰 아쉬움으로 남는다. 그러나, 그 만큼 한 마음으로 같이 첫 치료를 준비한 것으로 기억에 남고, COVID가 끝나고 나서 기회가 되면 즐거운 저녁식사를 하기로 했기 때문에 그 아쉬움은 훗날 달래기로 해본다.

2월 25일. 첫 치료

오전 10시에 첫 환자가 예정이 되어있었고, 아침 일찍부터 모닝 QA팀 다양한 점검을 통해 문제가 없는지 확인하는 작업들을 수행했었고, 당연히 첫 치료에 대한 점검도 몇번을 마친 상태였다.





약속된 시간이 되자 COVID 상황에서 아마 가장 많은 사람들이 한 곳에 모여서 첫 치료가 되는 것을 축하하기 위해서 모여들기 시작했다. 이 광경을 놓치기 싫은 많은 사람들을 핸드폰으로 사진 및 동영상을 촬영했고, 나 또한 그들과 같이 기록들을 남겼다. 다행히 첫번째 환자치료도 아무런 문제없이 진행되었고, 안전하게 모든 과정을 마침으로 긴장된 첫 치료는 무사히 종료되었다.

첫 환자치료가 종료되고, 미리 약속을 한 이 지역의 다양한 언론사들의 취재가 이어졌다. 약 1시간 뒤에 이뤄진 언론사 취재는 활발한 촬영과 질문들이 오갔으며, 특히 눈에 보이지 않는 중입자의 조사를 보여주기 위해서 2021.02.25년의 첫 치료를 축하하는 문구를 필름에 새기고 보여주었고, 나 또한 기념으로 그 필름을 들고 가장 수고했던 의학물리사들과 축하하는 시간을 가졌다.

사실 누가 보면 중입자치료가 금방되는 것처럼 느낄 수 있지만, 의학물리학자들이 정말 3-4년동안 문서들을 점검하고, 필요한 하드웨어/소프트웨어들을 구입하고 배우고, 또한 최신 트렌드에 맞는 영상유도방사선치료와 접목하여 프로토콜들을 만들고, 이를 의료진과 협동하여 최적의 방법을 찾고 준비하는 등의 노력은 정말 보이지 않는 것 같다. 물론 이런 것들이 드러나지 않아도 보람된 일이라 만족감과 즐거움이 있지만, 이렇게 기념비적인 날에 그 흔한 저녁식사조차 할 수 없는 아쉬움이 너무 컸기 때문에 더 아쉬웠는지 모르겠다..

한국에서도 2023년 연세암병원에서 첫번째 중입자치료를 준비하고 있다. 물론 프로젝트가 너무 크기 때문에 중간에 다양한 변수들이 생길 수 있지만, 지금도 연세암병원에서 나와 같이 중입자치료를 준비하고 있는 모든 의학물리팀에게 다시 한번 감사

하는 마음을 전하고, 2023년에는 COVID의 번거로움 없이 우리의 첫번째 치료를 마음껏 축하할 수 있는 자리를 만들 수 있기를 진심으로 바라본다. 또한 이번에 많은 교훈과 시간을 함께 해준 야마가타 대학의 의학 물리팀도 그 때 한국으로 초대해서 같이 축하하면서 서로를 격려할 수 있는 날이 오기를 손꼽아 기다려본다.



KINS, “UNSCEAR 국내 전문가 워킹그룹 워크숍” 개최

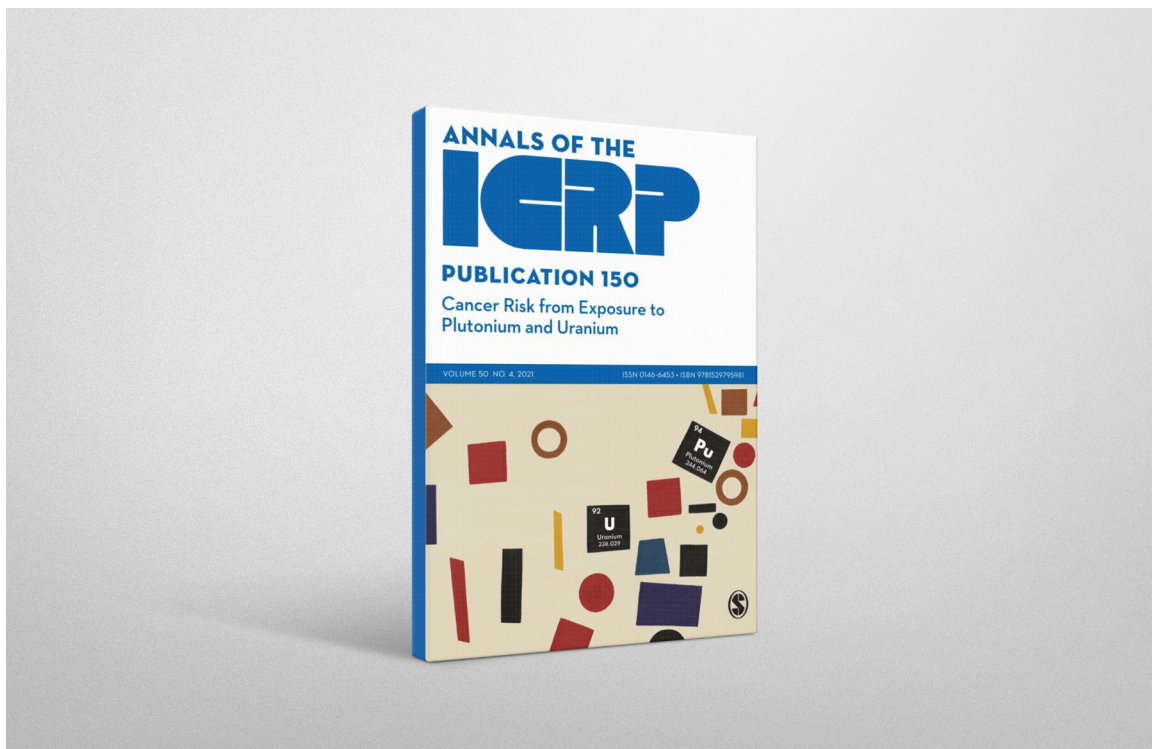
한국원자력안전기술원(KINS)에서는 지난 11월 9일~10일 천안에서 ‘UNSCEAR 국내 저선량 방사선 위험평가 전문가 워킹숍’을 개최하였습니다. UNSCEAR는 방사선이 인체와 환경에 미치는 영향을 과학적으로 규명하기 위해 조직된 UN 산하의 위원회입니다. 1955년 출범하여 현재 27개 회원국의 방사선 전문가가 활동하고 있으며, 우리나라는 2012년 정식 회원국으로 가입하였습니다.

본 워크숍은 지난 10년간의 UNSCEAR 활동 경험을 공유하고 UNSCEAR에서 발간한 최신 보고서 내용을 토대로 방사선이 인체에 미치는 영향을 비롯하여 생물학적 기전과 역학 등 과학적 연구결과를 공유하기 위해 개최되었습니다. 워크숍에서는 2019년도부터 UNSCEAR 부의장으로 활동해온 한국원자력연구원(KIRAMS) 이진경 박사가 ‘UNSCEAR 활동 경험’이라는 주제로 발표하였고, KINS(김인구, 김홍석, 유형준), KAERI(정효준, 정우희), KIRAMS(성기문, 서성원), 대구가톨릭대학교(김용민), 전북대학교(서희)에서 발표를 하였습니다. 앞으로도 UNSCEAR에서 국내 전문가의 지속적이고 활발한 활동을 기대합니다.



ICRP 150 발간 - 플루토늄 및 우라늄 노출로 인한 암 위험도

2021년 12월 ICRP에서 플루토늄과 우라늄 노출로 인한 암 위험에 대한 최근 역학 연구의 결과와 이러한 결과가 현재 알파 방사선 방호에 사용되는 가정과 어떻게 관련되는지에 대한 정보를 제공하고 있습니다. 플루토늄에 대한 두 가지 주요 연구는 러시아의 Mayak과 영국의 Sellafield에 있는 원자력 시설에 고용된 노동자 집단에 대한 것입니다. ICRP 간행물 115의 라돈 및 붕괴 생성물에 대해 이전에 수행된 작업과 유사하게 질산 플루토늄 및 산화 플루토늄의 급성 및 만성 흡입 시나리오에 대해 평생 폐암 사망 초과 위험이 계산되었습니다. 우라늄 노출과 관련된 암 위험에 대한 역학 연구는 핵연료 주기에 관련된 유럽 및 북미 근로자 집단을 대상으로 수행되었습니다. 향후 연구를 위해 플루토늄 및 우라늄 노출과 관련된 선량 평가를 개선하기 위한 지속적인 노력이 권장된다고 합니다. 자세한 소식은 홈페이지에서 확인이 가능합니다.



ICRP 간행물 공개질의 모집 - 'Radiological Protection in Veterinary Practice'

국내에서도 반려동물에 관한 다양한 관심이 증가하고 있는 가운데 ICRP에서도 수의학에서의 방사선방호를 위한 간행물을 준비하고 있습니다. 수의학 진료는 X-ray, PET 등의 다양한 의료영상도 활용하고 있고, 이 분야에서 가축, 반려동물, 보호자, 의료진 등에 대한 방사선방호 원칙의 적용을 명확히 하고 강화할 필요가 있다고 판단이 되고 있습니다. 따라서 ICRP는 이제 방사선방호 시스템을 수의학에서 주로 인간의 방호를 위해 적용할 것을 권고하고자 합니다. 초안문서는 현재 ICRP 홈페이지에서 다운을 받을 수 있고, 2022년 3월 11일까지 공개협의와 문의/comment가 가능합니다.

FLASH Radiotherapy & Particle Therapy (FRPT) 개최

FLASH 치료는 최근 각광받고 있는 새로운 방사선 치료방법으로 1초내에 고선량의 방사선을 순간적으로 조사하는 기술로, 암세포 치료 효과는 동일하거나 더 우수하면서, 정상 조직의 부작용을 획기적으로 감소시킬 수 있는 기술이다. FLASH는 유럽에서 전자선과 양성자선을 기반으로 처음으로 기초실험들을 수행했고, 최근 환자를 치료하는 임상시험들이 진행이 되고 있다. 관련해서 전문가들이 컨퍼런스가 2016년 처음 개최하였고, 2019년에 이어 2021년에 온라인으로 개최되었다. 관련한 정보들은 현재 홈페이지(<https://frpt-conference.org/>)에서 3월까지 확인을 할 수 있으니 관심있으신 분들은 참고하시면 되겠습니다.



2022년
대한방사선방어학회
동계워크숍

2022.02.24(목) ~ 02.25(금)
강릉 세인트존스 호텔



대한방사선방어학회
The Korean Association for Radiation Protection



대한방사선방어학회 행사

▣ 대한방사선방어학회 2022년 동계워크숍

 웹사이트 바로가기

- 일시 : 2022.02.24(목) ~ 02.25(금)

- 장소: 강릉 세인트존스 호텔

- 일정 및 주제 :

2월 24일(목) 오후 2시

- 워크숍1) 우주방사선 방호 (Space, new frontier in radiation protection)

2월 25일(금) 오전 9시

- 워크숍2) 방사선 감시 및 영상기술의 최신지견
(Advances in radiation monitoring and imaging technologies)



대한방사선방어학회
The Korean Association for Radiation Protection

대한방사선방어학회 행사

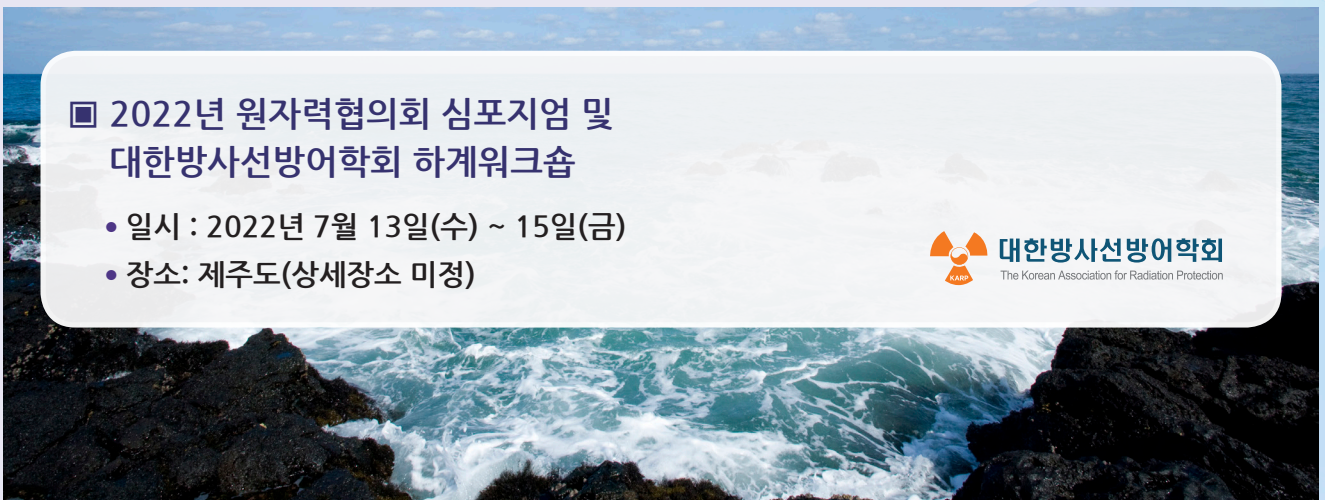
▣ 대한방사선방어학회 2022년 춘계학술대회

- 일시 : 2022년 4월 27일(수) ~ 4월 29일(금)
- 장소: 스피라스 리솜(충남 덕산)



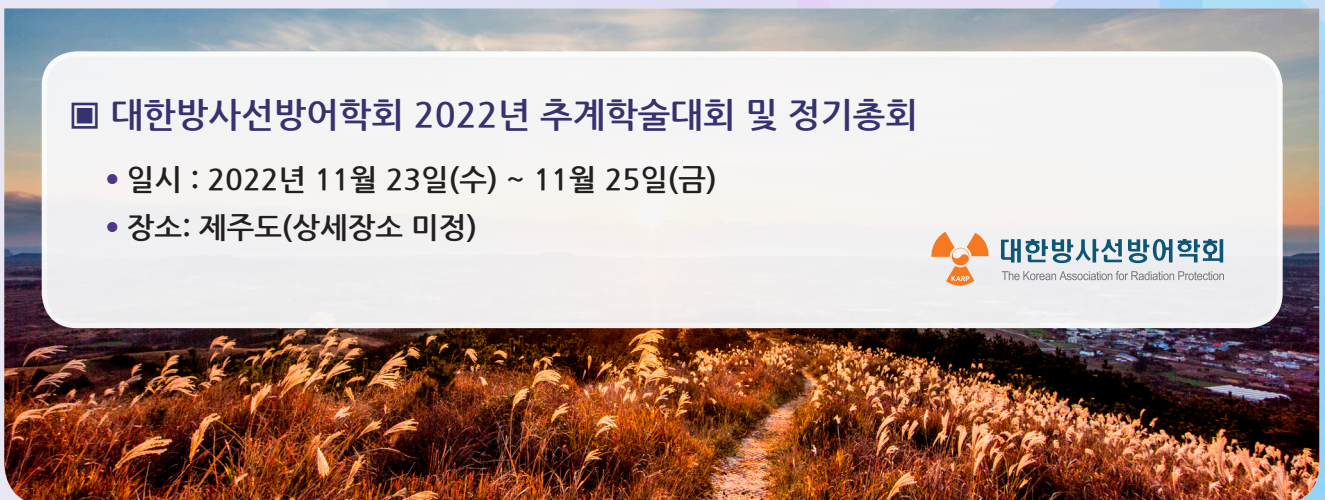
▣ 2022년 원자력협의회 심포지엄 및 대한방사선방어학회 하계워크숍

- 일시 : 2022년 7월 13일(수) ~ 15일(금)
- 장소: 제주도(상세장소 미정)



▣ 대한방사선방어학회 2022년 추계학술대회 및 정기총회

- 일시 : 2022년 11월 23일(수) ~ 11월 25일(금)
- 장소: 제주도(상세장소 미정)



■ 2022년 수석부회장(25대 회장) 및 감사 2인 선출

- 수석부회장(임기 2022.01.01~2022.12.31) : 김성환 회원(가톨릭대학교)
- 감사 2인(임기 2022.01.01~2022.12.31) : 김성은 한수원방사선보건원장
정승영 한국원자력안전기술원 비상대책단장

■ 2021년 추계학술대회 및 정기총회 개최

- 일시 : 2021.11.24 ~ 26
- 장소 : 휘닉스아일랜드 제주

■ 대한방사선방어학회 연구회 추가 신설

 웹사이트 바로가기

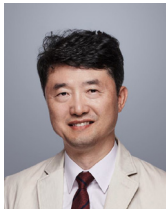
저선량연구회 : 저선량 치료연구와 생활 방사선 및 저선량 연구를 포함

■ 김찬형 교수 제24대 대한방사선방어학회 회장 취임

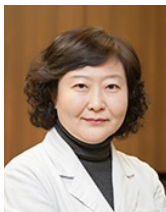
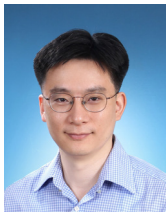
- 임기 : 2022년 1월 1일 ~ 2022년 12월 31일

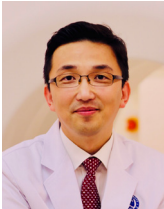
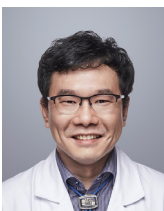
■ 대한방사선방어학회 24대 임원 상견례 및 2022년 제1차 이사회 개최

- 일시 : 1월 17일(월), PM5
- 장소 : Zoom 온라인

	직책	성명	현 소속	이메일
	회장	김찬형	한양대학교	chkim@hanyang.ac.kr
	감사	김성은	한국수력원자력(주) 방사선보건원	seiong@korea.ac.kr
	감사	정승영	한국원자력안전기술원	k504jsy@kins.re.kr
	수석부회장	김성환	가톨릭대 성빈센트병원	kimandre@catholic.ac.kr
	부회장	강건욱	서울대학교 / 서울대학교병원	kangkw@snu.ac.kr
	부회장	이희석	포항공대가속기연구소	lee@postech.ac.kr

	직책	성명	현 소속	이메일
	부회장	지의규	서울대학교 / 서울대학교병원	ekchie93@snu.ac.kr
	부회장	김희령	UNIST	kimhr@unist.ac.kr
	부회장	이진우	한국원자력연구원	jinwoo@kaeri.re.kr
	총무이사	신창호	한양대학교	gemini@itrs.hanyang.ac.kr
	총무이사	서 희	전북대학교	hseo@jbnu.ac.kr
	재무이사	이희환	한국수력원자력(주)	heehwan.lee@khnpc.co.kr

	직책	성명	현 소속	이메일
	재무이사	이상민	한국원자력안전기술원	sm@kins.re.kr
	편집이사	도경현	서울아산병원	dokh@amc.seoul.kr
	편집이사	김기현	서울대학교	gk.rs@snu.ac.kr
	학술이사	이철우	한국원자력연구원	cwl@kaeri.re.kr
	학술이사	이원호	고려대학교	wonhol@korea.ac.kr
	국제협력이사	공태영	조선대학교	tykong@chosun.ac.kr

	직책	성명	현 소속	이메일
	국제협력이사	김진성	연세대학교 / 연세암병원	jinsung.k@gmail.com
	미래기획이사	유형준	한국원자력안전기술원	hjryu@kins.re.kr
	미래기획이사	정윤선	한양대학교	ychung@hanyang.ac.kr
	의학이사	김준원	강남세브란스병원	junwon@yuhs.ac
	의학이사	이주환	가톨릭대학교 성빈센트병원	rainonly@hanmail.net
	대외협력이사	한은옥	한국원자력아카데미	hanenok@gmail.com

	직책	성명	현 소속	이메일
	대외협력이사	박태진	한국방사선진흥협회	tjpark@ri.or.kr
	대외협력이사	김정인	한국수력원자력(주) 방사선보건원	kim.jeongin@khnp.co.kr
	청년이사	하위호	한국원자력연구원	hwh@kaeri.re.kr

대한방사선방어학회 2021년 추계학술대회 및 정기총회 개최

11.24 ~ 11.26 / 휘닉스아일랜드 제주

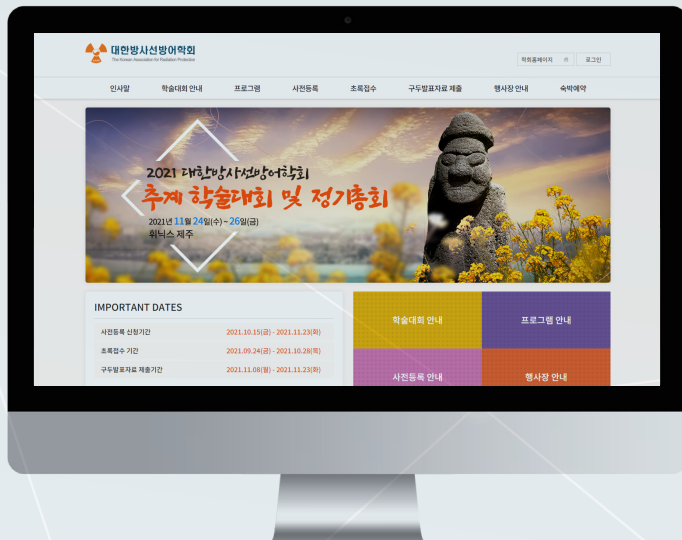
휘닉스아일랜드 제주에서 개최된 2022년 추계학술대회 및 정기총회는(11월 24일~26일) 정부의 위드코로나 정책에 따라 백신접종을 완료하거나 PCR 검사로 코로나19 음성 확인을 한 회원만이 참석할 수 있도록 하여 오프라인으로 개최하였다. 우리학회는 위드코로나 상황에서 코로나19 확산 방지를 위해 생활속 거리두기 등 정부의 방역지침을 철저히 준수하였다.

2021년 추계학술대회 및 정기총회는 24일(수)에 2개의 워크숍, 25일(목)에 5개 분과의 구두발표, 원자력 방사선관리 기술발표회와 정기총회 그리고 26일(금)에 1개의 워크숍, 2개 분과의 구두발표, 5개 분과의 포스터 발표와 폐회식으로 진행하였다. 이번 학술대회는 정부의 위드코로나 정책 발표 이후 이루어진 학술대회로 등록자가 764명으로(사전등록 656명, 현장등록: 108명) 우리학회 학술대회 중 가장 많은 회원이 참석하였다.

워크숍은 24일에 워크숍1. 국내 삼중수소 이슈 및 대응 방향과 워크숍2. 가속기 기반 방사성동위원소 생산·활용과 안전규제를 26일에 워크숍3. 신개념 저선량 방사선 치료 장비 개발 전략 연구를 개최하였다. 이번 워크숍은 국내 방사선방어 분야의 현안인 삼중수소와 방사성동위원소의 안정적인 공급에 대한 내용으로 200명이 넘는 회원들이 각 워크숍에 등록을 하였다.

학술발표에서는 265편의 논문이 구두발표와 포스터발표를 통해 회원들간의 연구성과 교류가 이루어졌다. 이번 학술발표는 우리학회 학술대회 중 가장 많은 논문이 접수되었고, 회원의 요청을 최대한 수용하기 위해 구두발표에 2개 분과를 추가하는 등 학술발표 프로그램 구성에 어려움이 있었지만, 학술위원회의 노력과 회원들의 참여로 성공적으로 개최하였다. 이번 학술발표에서 우수발표상은 구두발표 부분에 신방호 외 6명이, 포스터 발표에서 송창주 외 11명이 수상하였다. (https://karp.or.kr/index.php?hCode=INTRO_01_06_04)

방사선관리협회의 지원으로 개최된 원자력 방사선관리 기술발표회는 학술발표와 병행하여 진행하였다. 기술



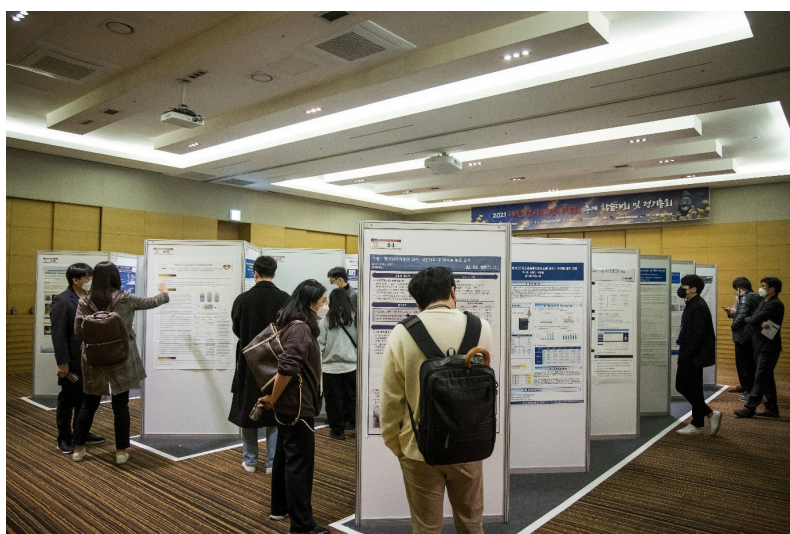
발표회는 한국수력원자력 방사선관리 용역업체들의 기술과 노하우를 교류하는 프로그램으로 9개 협의회 소속 사들의 16개 주제의 발표가 있었다.

정기총회에서는 박우윤 전임학회장께서 “대한방사선방어학회의 과거, 현재 그리고 미래” 라는 주제로 강의를 시작으로 방사선 유관 학회간 협력방안에 대한 심포지엄, 학회 주요 업무보고 및 시상식의 순서로 진행하였다.

심포지엄은 의료분야 유관학회와 우리학회와의 연대강화를 위한 협력방안을 논의하기 위해 『방사선 유관 학회간 협력방안』이라는 주제로 유관학회에서 참석하여 발표를 하였다. 대한영상의학회에서 “대한영상의학회 활동과 협력 제언”의 주제로 정승은 총무이사가, 대한방사선종양학회에서는 “방사선 유관 학회간 협력 제언”의 주제로 우홍균 학회장이, 대한핵의학학회에서는 “핵의학 60년과 방사선방어학회와의 협력방안”의 주제로 민정준 학회장이, 역학분야는 “방사선 역학 협력 제언”의 주제로 이원진 교수(고려대학교)가 발표를 하였다.

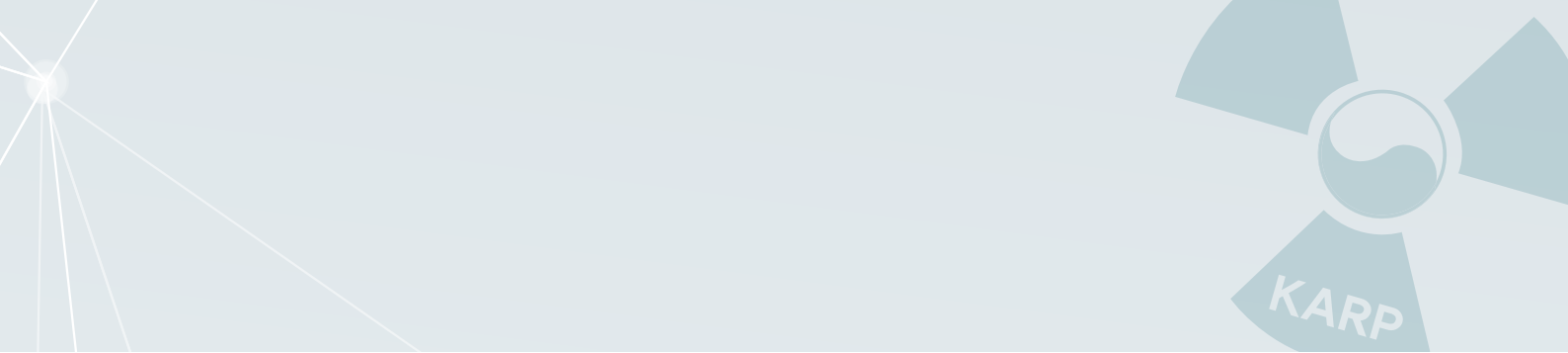
학회의 주요 업무 보고로 우리학회에서 성공적으로 개최한 IRPA15의 유치에서 개최까지의 보고로 “IRPA 15를 마치며 대형 국제학술대회를 돌아봄”을 우리학회 학술진의 국제화를 위한 진행사항에 대한 보고로 “JRPR 국제화 진행현황 보고”를 회원께 하였다. 또한, 이번 총회에서는 수석부회장 선거 결과와 당해년도 사업내용과 차기년도 사업에 대해 보고와 의결을 하였다.

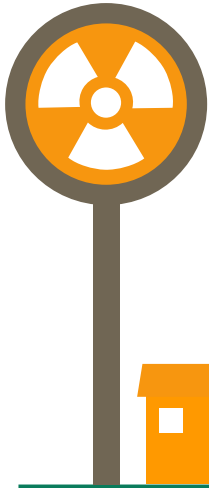
정기총회에서는 각종 시상이 있었다. “대한방사선방어대상”은 김일한 전회장님이 수상하였으며, “ITRS 방사선 계측기술상”은 정만희(제주대학교) 회원이, “ISORD상”은 김영학(고려대학교) 회원이. “젊은연구자상”은 김기현(서울대학교) 회원이, “학회지(JRPR) 최우수논문상”은 Tristan Won, 전민수(중앙대학교병원) 회원이, “학회지(JRPR) 우수논문상”은 이철우(한국원자력연구원), 김현석(한국원자력안전기술원), 정성문(서울대학교병원), 임수연(경북대학교) 회원이 수상하였다.



KOREAN ASSOCIATION FOR RADIATION PROTECTION AUTUMN CONFERENCE







방사선 기초지식

Basics of ionizing radiation

원자력발전소 주변 지역 주민은 얼마나 방사선에 피폭되나?

원자력 발전소 주변 지역은 위험한가?

우리나라 전체 전력생산량의 3분의 1을 담당하고 있으며 많은 장점을 가진 원자력 발전의 가장 큰 단점은 ‘방사성 물질’이 만들어진다는 점이다. 그렇기에 발전소에서 방사성 물질이 밖으로 나가지 않도록 다양한 안전장치들을 원전 설계부터 설치함은 물론 <원자력안전법>에 따라 원전 지역 주민이 받는 방사선량과, 배출된 방사성 물질이 주변 환경에 미치는 영향을 평가하고 있다. 그 결과 2011년 기준 원전 주변지역에서의 공간 감마선량률의 연평균 범위는 94~124 nSv/h(시간당 나노시버트)로 최근 5년간 변동 범위인 94~135 nSv/h와 비슷한 수준이고, 우리나라 모든 지역에서의 변동 범위인 50~300 nSv/h 범위에 들고 있어 현재 안전한 것을 확인할 수 있다.

지역 주민은 방사선 피폭량 측정기가 없는데 어떻게 방사선 피폭량을 알 수 있나?

원전 주변 지역의 방사선량은 어떻게 알 수 있나?

주민이 살고 있는 지역의 선량률을 계측기를 이용하여 측정하거나 주변 환경 중의 물이나 농산물에 들어 있는 방사성물질의 농도를 측정한 후, 식생활 습관 자료 등을 활용하여 지역 주민들이 받는 방사선량을 알 수 있다.



요약

- 2011년도 자료에 의하면, 우리나라 원전 주변 지역에서의 공간감마선량률의 연평균 범위는 94~124 nSv/h로서 우리나라 모든 지역에서의 변동 범위인 50~300 nSv/h 범위에 들고 있다.
- 원전 주변 지역 주민들은 선량계를 착용해서 방사선량을 측정하지 않는다. 대신에 방사선계측기로 측정한 공간 감마선량률 값을 사용하여 주민이 받는 방사선량 값을 평가하는 등의 방법을 사용해서 주민들이 받는 방사선량 값을 알 수 있다.

우리 원전 지역 주민 역학조사에서 갑상선암 환자가 2배나 많다던데?

2011년 4월 서울대학교 원자력영향역학연구소가 수행한 '원전종사자 및 주변지역 주민 역학조사 연구' 보고서가 발표되었다. 1992년부터 2006년까지 원전 주변지역 주민으로 총 11,367명을 검진하고 2011년 2월까지 암발생을 추적 조사한 결과를 포함한다.

- 이 보고서는 원전에서 멀리 떨어진 대조지역 주민과 비교할 때, 방사선 피폭으로 증가하는 위암, 간암, 폐암, 유방암, 백혈병, 골수암 발생은 차이가 없었으나 여자 갑상선암 발생이 원전 인근에서 2.5배 높음을 보이고 있다.

불행히도 이 연구는 역학연구 출발부터 중요한 제한점을 안고있다. 이 연구에서 추진한 코호트 방식 연구는 어떤 원인(예: 방사선피폭)이 있는 집단에서 질병의 추이를 그 원인이 없는 대조집단과 비교하여 인과관계를 규명하려는 것인데 이 연구에서는 원인인 주민의 방사선피폭이 없었던 것이다.

- 주민의 방사선피폭이 없다는 것은 원전 정상 운영으로 인한 주민 선량은 백그라운드 피폭선량의 1% 미만 수준이어서 사실상 없는 것과 같다는 의미이다.

원전 지역 주민이 대조집단에 비해 여성 갑상선암 발생만 2.5배 높음은 방사선 영향으로 이해하기 어려운 결과이다. 비교에서 원전 지역 주민이 대조집단보다 더 많이 갑상선 초음파검사를 받았을 수 있는데³⁾ 검사빈도가 높으면 갑상선 암 진단빈도도 증가하게 된다.

- 검진에 의한 암 빈도증가를 뒷받침 할 만한 근거로 체르노빌사고 이전의 부검 연구를 들 수 있다. 즉 다른 이유로 사망한 사람들을 부검한 결과 갑상선암의 증상이 없었으나 갑상선 암이 나온 사람들의 비율이 원전 주민 연수에서와 같이 매우 높게 나왔다(표 4 참조).
- 여성 갑상선 암 진단빈도가 급증하여 발견되는 추세는 우리나라뿐만 아니라 외국에서도 마찬가지이다(그림 4 참조). 그 주된 원인이 검사빈도 증가와 이상 식별력의 발전일 것으로 추정하고 있다.
- 따라서 갑상선암에 대해서는 단순히 발생률을 비교하는 것보다는 검사빈도를 가중하거나 검사자 소집단에 대해 암발생을 비교 평가하는 것이 적절할 수 있다.

3) 연구에서 구체적 조사가 없어 확인되지 않으나 원전지역 주민의 경우 주변지역 주민에 대해 의료검진 서비스 사업 때문에 갑상선 검진빈도가 대조집단인 다른 지역 주민보다 높을 가능성이 있다.

따라서 설령 여성 갑상선암 발생이 2.5배 높음이 사실이더라도 그것이 방사선 때문이라고 말할 수는 없다.

모든 조건에도 불구하고 원전에 의한 갑상선암 발생이 실제로 생겼다면 거주기간에 따라 암발생의 증가가 예상되나 실제 기간에 따른 차이는 없었으며, 오히려 15년 이상 거주민이 가장 낮은 발생률을 보이는 것으로 나타났다. 또한 백혈병, 유방암 등 민감한 다른 암 증가가 여성에서 나타나지 않았다.

연구자	연도	지역 / 국가	부검자수	유병률(%)
Silverberg and Vidone	1966	미국, 코네티컷	300	2.7
Fukunaga and Yatani	1975	하와이(일본인)	298	24.2
Bondeson and Ljungberg	1981	스웨덴	500	8.6
Harach 등	1985	핀란드	101	35.6
Lang 등	1987	독일, 하노버	1020	6.2

표 4. 부검연구에 의한 갑상선량의 유병률

요약

원전 지역 주민에게 갑상선암이 2.5배 높다는 것은 두 집단의 검사율 차이에서 오는 편차로 의심된다. 조사집단에서 갑상선암 발생이 높다는 것에 의미를 부여하기 힘든 이유는 다음과 같다. 먼저, 원전 지역 주민이 원전으로 인해 추가로 피폭한 방사선량이 거의 없었으며, 설령 모르는 피폭을 가정하더라도 15년 이상 장기 거주한 주민에서 갑상선 암의 더 발생률이 더 낮게 나타났고, 갑상선암 외 다른 암의 증가가 없는 것으로 나타났기 때문이다.

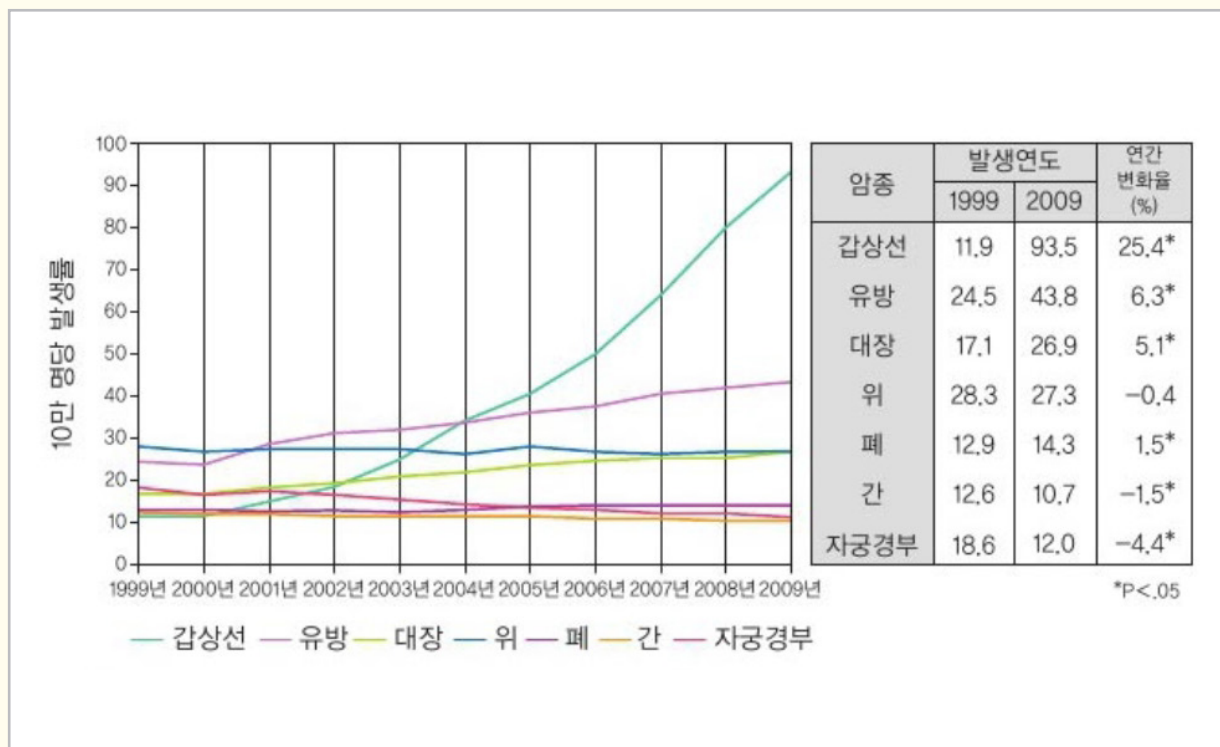


그림 4. 우리나라 여성의 연도별 연령표준화 암발생률 추이.

갑상선암이 현저히 증가하고 있음을 보인다. 검사기술의 발전과 검사빈도 증가가 이 증가의 주된 원인 것으로 추정하고있다. (자료: 국가암등록사업 연례보고서(2009년 암등록통계), 보건복지부, 2011.

**KOREAN ASSOCIATION FOR
RADIATION PROTECTION**



대한방사선방어학회
The Korean Association for Radiation Protection