

방사선안전규제 측정도구 개발

한은옥^{1*}

¹한국원자력안전아카데미

Development of a Measurement Tool for Radiation Safety Regulations

Eun-Ok Han^{1*}

¹Korea Academy of Nuclear Safety

요 약 방사선이용 기관의 증가에 따라 방사선안전규제의 수요도 지속적으로 증가하고 있으므로 방사선안전규제의 합리화를 위한 객관적인 근거자료를 도출하기 위해서 방사선안전관리자를 통한 실질적인 일반화된 측정도구를 개발하고자 하였다. US NRC NUREG 1556(방사성물질에 대한 통합지침) Vol 1~21의 내용, 원자력안전법 등의 내용을 근거로 예비문항을 작성하여 국내 방사선이용 허가기관의 약 10%에 해당되는 방사선안전관리자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 그 결과, 요인분석 20개 문항에 대해 3개의 요인이 추출되었다. 요인1은 '방사선안전관리 규제요건', 요인2는 '실질적인 안전규제의 부합성', 요인3은 '방사선원 분류'관련으로 각각 명명하였다. 각 요인의 분산 설명력은 요인1이 40.140%, 요인2가 13.721%, 요인3이 6.556%로서 전체 60.417%의 설명력을 나타내었다. 본 연구에서 도출된 방사선안전규제 측정도구를 사용하여 방사선안전규제 기준을 도출한다면 국제기준에 적합할 뿐만 아니라 현장의 방사선안전관리자에게 실용성 있는 기준을 제시할 수 있을 것이라고 사료된다.

Abstract The aim of the study was to develop an objective measurement tool, which could measure radiation safety regulations as an advanced research to draw evidentiary conclusions for the rationalization of radiation safety regulations as organizations continuously increase consumption of radiation material. The survey was based on the contents of Vol 1~21 of US NRC NUREG 1556 (Consolidated Guidance About Materials Licenses) and material from the Nuclear Safety Act which was based on radiation safety managers who are responsible for about 10% of the domestic registered organizations for radiation usage. As a result of the analysis, 3 main causes were extracted based on 20 questions. Each causes were named as Cause 1: 'Radioactive Safety Regulations Requirements', Cause 2: 'Compatibility of Actual Safety Regulation', and Cause 3: 'RI/RG radiation Source Classification' respectively. The dispersal explanations of each causes were explained in total of 60.417% by 40.140% of Cause 1, 13.721% of Cause 2, and Cause 3 for 6.556% If radiation safety regulation standards are drawn using the radiation safety regulation measurement tool, which is suggested in this study, this could be not only comply with international standards but also could be used to propose a practical standard to domestic radiation safety managers.

Key Words : Radiation, Safety, Regulations, Measurement Tool

1. 서론

방사성동위원소 및 방사선발생장치의 이용기관은 연

간 약 10%의 높은 증가를 나타내며, 2011년 6월 기준 국내 약 4,615개의 이용기관이 파악되고 있다[1,2]. 방사선 이용의 증가는 연구의 개발 확대 및 수준 향상, 생활 및

*Corresponding Author : Eun-Ok Han (Korea Academy of Nuclear Safety)

Tel: +82-10-2681-9828 email: haneunok@gmail.com

Received October 23, 2012 Revised (1st November 20, 2012, 2nd November 30, 2012, 3th December 5, 2012)

Accepted December 6, 2012

의료복지 수준 향상 등 국가경제와 삶의 질 향상에 다양한 영향을 미치고 있다. 방사선이용 기관의 증가에 따라 방사선안전규제의 수요도 지속적으로 증가하고 있으며 사고 발생 가능성도 증가할 확률이 높아지고 있다. 그러므로 방사선이용에 대한 안전규제 합리화를 위해 규제제도는 현실에 부합하면서 방사선 안전성도 확보할 수 있어야 한다[3,4,5].

방사성동위원소, 방사선발생장치 및 핵물질을 포함한 방사성물질의 사용에 따른 안전규제제도는 국가마다 경제, 사회, 문화 및 기술능력 등을 배경으로 다양한 차이를 보이고 있다. 특히 법률적 규정과 같은 외형적 규제제도 보다는 실제 시행에 있어 큰 차이점을 나타내고 있는데 국가마다 국민정서와 안전에 대한 철학차이 때문이다. 우리나라의 경우 2008년부터 국제원자력기구인 IAEA (International Atomic Energy Agency) 방사선원 위험도 등급을 기준으로 위험도 기반에 근거한 방사선원 유통현황 파악이 가능하도록 하여 국제적 수준과 기준에 부합하는 방사선원 정보관리를 시행하고 있다[6,7]. 그러나 국가별 사용하는 방사선원의 범위와 방사선이용에 대한 규제기준이 상이하어 표준화된 관리에 한계가 있다. 방사선원의 분류체계가 명확하지 못할 경우 현재 다양하게 사용되고 있는 방사선원의 관리가 소홀해질 수 있다. 방사선원 관리가 소홀해지면 방사선피폭과 관계된 잠재적 문제를 근본적으로 방지하지 못하게 된다. 또한 변화하는 시대와 세계화에 부응하는 선진 규제제도의 시행을 위해 규제기술의 향상을 위한 기반을 구축할 필요성이 제기되고 있다 [4]. 그러므로 국제적으로 일반화되어 사용되고 있는 원자력규제위원회 NRC(Nuclear Regulatory Commission)의 NUREG 1556(방사성물질에 대한 통합지침) Vol (“1~21”)의 내용[8], 국내의 원자력안전법의 방사선안전관리보고서와 안전관리규정에 나타난 내용[9]을 기초자료로 활용하여 현재 방사선안전관리를 수행하는 면허자의 현장 전문성을 반영한 현실적이고 객관적인 방사선안전규제 수준을 측정할 수 있는 측정도구를 개발하고자 하였다. 방사선안전규제 업무를 수행하는데 있어서 개발된 본 도구를 사용한다면 다양하고, 복잡한 규제현장을 보다 객관화된 기준을 근거로 규제 할 수 있다고 본다. 또한 서류상의 규제기준과 현장에서의 안전관리 업무수준 간의 괴리를 좁혀 현실에 부합하는 규제가 달성될 것이라고 사료된다.

2. 연구방법

2.1 연구절차

방사선원 분류에 따른 안전관리 요건개발을 위해서 총

3단계 과정을 수행하였다. 첫 번째 단계는 질적조사로 NRC NUREG VOL (“1~21”)의 내용분석과 국내 원자력 안전법의 내용 부합도를 분석하였다. 그 결과 방사선안전 관리와 관련된 요소로는 시설, 시설 주변의 환경, 운영, 방사선원의 특성, 안전시설 및 계통, 방사선 취급방법/안전관리, 예상피폭선량 평가, 주변 환경에 대한 방사선 영향, 사고의 위험 및 대책, 방사성폐기물 관리, 방사선사고 종류 및 원인 관련으로 총 11개 범주로 구분되었고 범주별 하위 항목으로는 70개 항목이 도출되었다. 방사선안전관리규정과 관련된 요소로는 조직 및 기능, 방사선원의 사용, 오염된 물질의 안전관리, 측정 및 측정결과의 기록/보존, 안전관리장비 관리, 피폭선량평가/개인선량계 관리, 교육훈련, 방사선장해, 보건상 필요한 조치, 기록 및 비치, 위험시의 조치, 분실·도난 시 조치, 방사선안전관리자 관련으로 총 13개 범주로 구분되었고 하위 항목으로 77개 항목이 도출되었다. 두 번째 단계는 도출된 1차 자료를 바탕으로 각 분야별 현장 전문가와 전공자의 총 3회 자문과정을 통해 중복내용, 측정 불필요한 항목, 개선 불가한 항목을 배제하면서 최종 3개 범주, 20개 하위 문항으로 내용타당도가 확보된 측정도구의 예비항목을 도출하였다. 세 번째 단계로는 양적조사로 실무에서 방사선안전관리를 수행하는 담당자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 최종 예비문항 도출 이전 단계의 질적 자료에 근거한 문항과 절차는 매우 방대하여 그 내용의 기술을 생략하고자 한다.

2.2 연구대상

연구대상자는 2011년 6월 기준 방사선안전관리통합정보망에 등록된 방사선이용업체 중 약 10%에 해당되는 총 155(100%)개 기관의 방사선안전관리자이다. 응답자의 87.1%(135명)는 법적 방사선안전관리자이고, 위탁 등으로 법적 방사선안전관리자로 등록되어 있지 않은 방사선안전관리 담당자는 12.9%(20명)이다. 응답자 중 현장에서 방사선안전관리 업무를 직접 수행하는 경우 88.4%(137명)이고, 직접 안전관리를 수행하지 않는 경우 11.6%(18명)이다. 방사선작업종사자 경력은 10년 이상-20년 미만 38.7%(60명), 20년 초과 22.6%(35명), 5년 미만 21.3%(33명), 5년 이상-10년 미만 17.4%(28명) 순으로 경력이 10년 이상인 방사선안전관리자가 대부분이다. 조사기관의 특징으로 조사기관의 지역은 수도권 42.6%(66개 기관)로 과반수 가까이 되었고 영남권 29.0%(45개 기관), 충청권 20.0%(31개 기관), 호남권 8.4%(13개 기관)로 구성되었다. 기관형태는 산업기관 36.1%(56개 기관)로 가장 많고 의료기관 26.5%(41개 기관), 교육기관 22.6%(35개 기관), 연구기관 8.4%(13개 기관), 공공기관

6.5%(10명)로 분포하고 있다. 155개 기관에서 사용 등(사용, 생산, 판매, 이동사용)의 방사선원은 총 310개(100%)이고, 방사선발생장치 38.4%(119개), 밀봉방사성동위원소 36.5%(113개), 개봉방사성동위원소 25.2%(78개 기관) 순으로 이용되고 있으며 중복 사용기관이 대부분인 것으로 나타났다.

2.3 분석방법

요인분석은(Factor analysis)은 정보의 손실을 최소화 하면서 많은 변수들을 동질요인으로 묶어 변수를 축소, 단순화시키는 방법이다. 이러한 요인을 추출하는 방법은 여러 가지가 있으나 가장 널리 이용되는 요인분석 모델은 주성분 분석(Principle component analysis or component analysis)과 공통요인분석(Common factor analysis)이 있다. 최초의 정보를 최소한의 요인으로 압축하고자 할 때는 주성분분석을 이용한다[10]. 본 연구에서는 관련된 변수를 축소, 압축하여 의미 있는 과정을 파악하기 위해서 주성분 분석을 사용하였다. 그리고 요인을 회전하는 방법에는 직각회전 방법(Orthognanal rotation)을 이용하였는데 직각회전은 회전 시 요인들 간의 독립성을 유지시킨다. 직각회전방법에는 여러 가지 방법이 있다[10]. 본 연구에서는 직각회전을 사용하였으며, 여러 방법 중에서 베리맥스회전(Varimax rotation) 방법을 사용하였다.

요인의 추출은 주성분분석을 이용하였다. 각 변수의 요인간의 상관관계의 정도를 나타내는 요인적재량(Factor loading)의 수용기준은 보통 ± 0.30 이상이면 유의하다고 보지만 보수적인 기준은 ± 0.40 이상이다. 그리고 ± 0.50 이상인 경우는 매우 높은 유의성을 갖는다고 본다[11]. 따라서 본 연구에서는 보수적인 기준인 ± 0.40 이상을 기준으로 선택하였다. 각 요인이 전체 분산에 대해 설명할 수 있는 정도를 나타내 주는 고유치(Eigen Value)는 1 이상을 기준으로 하였다. 고유치 1 이상, 요인적재량 ± 0.40 이상을 기준으로 도출된 요인의 상호독립성을 유지하기 위하여 직각회전방법 중 베리맥스 회전방법을 사용하여 도출하였다.

3. 분석결과

3.1 방사선안전 규제 측정요인의 타당성 검증

방사선안전 규제에 대한 측정척도는 고유값(Eigen values)이 1 이상인 3개의 독립된 요인으로 구분되고 있어 판별타당도(Discriminant validity)가 있다고 할 수 있으며 변수별 요인 적재량(factor loading)이 0.40 이상으로 각 소속 요인에 비교적 높게 적재되어 있어 집중타당도(convergent validity)가 있다고 할 수 있다. 본 연구의 측

[Table 1] Prove validity of radioactive safety regulations causes

구분	항목	1	2	3	공통성
방사선 안전 관리 규제	1. 관련 서류에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.837	-.001	.015	.700
	2. 장비 및 감시기 작동에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.833	-.019	-.047	.696
	3. 측정 및 오염관리에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.832	.004	-.060	.696
	4. 점검에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.815	.154	-.100	.698
	5. 폐기물 관리에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.799	.018	.015	.638
	6. 표지 및 주의사항 게시에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.783	.024	.055	.616
	7. 시설에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.771	.011	-.181	.627
	8. 피폭관리에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.766	.118	-.047	.603
	9. 건강진단에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.759	.056	-.020	.580
	10. 보고, 신고기한 준수에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.755	.080	.166	.604
	11. 방사선원 현황 및 관리에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.752	.117	-.119	.594
	12. 교육 및 훈련에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.665	.198	-.034	.483
	13. 조직체계에 대한 규제가 더 엄격해야 한다.	.635	.197	-.234	.497
방사선 안전규제 부합성	1. 규제기관이 방사선안전관리에 대한 정보를 충분히 제공한다.	.021	.799	-.042	.641
	2. 규제기관의 규제행위는 신뢰성이 있다.	.095	.799	.064	.651
	3. 규제기준이 기관의 안전관리에 적합하다.	.063	.749	.062	.569
	4. 규제기관의 규제가 방사선안전관리에 도움이 된다.	.147	.642	.236	.490
방사선원 분류	1. 사용하는 선원의 실제 위험도 보다 규제가 더 엄격하다.	-.208	-.229	.691	.573
	2. 선원 폐기방법이 방사선안전관리에 문제가 없다.	.016	.380	.665	.586
	3. 선원의 사용목적 구분이 명확하다.	-.009	.317	.663	.541
고유값		8.028	2.744	1.311	
설명분산		40.140	13.721	6.556	
누적분산		40.140	53.861	60.417	

정 항목에 대한 요인분석 결과 (표 1)와 같이 20개 문항에 대해 3개의 요인이 추출되었다. 방사선안전규제에 대한 측정척도의 요인분석 결과 각각 요인1을 ‘방사선안전관리 규제’로 명명하였으며 요인2는 ‘방사선 안전규제 부합성’, 요인3은 ‘방사선원 분류’관련으로 각각 명명하였다. 각 요인의 분산 설명력은 요인1이 40.140%, 요인2가 13.721%, 요인3이 6.556%로서 총 60.417%로 설명되었다. 설명력은 뚜렷한 기준은 없으나, 보통 요인들의 설명력의 합을 60%내외로 사전 정의하고 그 수준의 설명력을 가져오는 요인들을 추출하는 방법이다[12].

고유값이나 분산 설명력이 높을수록 한 개념을 구성하는 중요한 요인이라고 할 수 있으므로 방사선안전 규제에 측정요인은 ‘방사선안전관리 규제’, ‘방사선 안전규제 부합성’, ‘방사선원 분류’ 순으로 중요한 요인인 것으로 분석되었다. 요인1은 ‘방사선안전관리 규제’ 관련 측정으로 총 13문항이 적재되었다. 서류, 장비 및 감시기 작동, 측정 및 오염관리, 점검, 폐기물 관리, 표지 및 주의 사항 게시, 시설, 피폭관리, 건강진단, 보고, 신고기한 준수, 방사선원 현황 및 관리, 교육 및 훈련, 조직체계에 대한 규제 내용으로 구성되었다.

요인2는 ‘방사선 안전규제 부합성’ 관련 측정으로 총 4문항이 적재되었으며 그 내용은 규제기관의 방사선안전 관리에 대한 정보 제공, 규제행위의 신뢰성, 규제기준의 적합성, 규제의 유용성으로 구성되었다.

요인3은 ‘방사선원 분류’ 관련 측정으로 총 3문항이 적재되었고 그 내용은 선원의 실제 위험도와 규제의 엄격성 간의 차이, 선원 폐기방법의 안전성, 선원 사용목적 구분의 명확성으로 구성되었다. 총 20문항의 방사선안전 규제를 측정할 항목이 선정되었고, 이는 크게 방사선원 분류, 방사선원 안전관리규제, 방사선안전규제 부합성 세 측면으로 구성되었다. 측정 문항 모두는 국제기준의 근거를 반영하고 있을 뿐만 아니라 현장에서 수행되고 있는 방사선안전관리 문항으로 적재되었다(Table 1).

3.2 방사선안전규제 측정 영역별 신뢰도

방사선안전규제 측정문항의 신뢰성을 검증하기 위한 Chronbach's α 값은 전체 0.884로 비교적 높게 나타났다. 요인1의 방사선안전관리 규제 관련 총 13개 문항에 대한 신뢰도는 0.942로 매우 높게 나타났다. 요인2의 실질적인 방사선안전규제 부합성 관련 총 4개 문항에 대한 신뢰도는 0.795로 높게 나타났다. 요인3의 방사선원 관련 총 3개 문항에 대한 신뢰도는 0.614로 신뢰성을 확보할 수 있었다. 이로써 총 20개 문항이 방사선안전규제를 측정할 항목으로 선정되었고 전체 60.417%로 설명을 갖기 때문에 실제 규제에서 활용될 수 있다고 본다(Table 2).

[Table 2] Reliability of each radioactive safety regulations section

영역	Alpha
1. 방사선안전관리 규제 관련	0.942
2. 실질적인 방사선안전규제 부합성 관련	0.795
3. 방사선원 관련	0.614
전 체	0.884

4. 결론

원자력안전법에 의해 방사선원을 사용, 판매, 생산, 이동사용 하는 기관은 허가나 신고를 받아야 하며 국가기관의 규제를 받아야 한다. 이는 방사선원의 관리가 방사선작업종사자 뿐만 아니라 일반 국민의 방사선장해와도 관계되기 때문이다[13]. 이러한 이유로 규제기관은 방사선관리의 수준을 높이기 위해 규제수준을 높이기도 한다. 그 결과 방사선원을 사용, 판매, 생산, 이동사용하는 기관은 경우에 따라서 불필요한 규제를 받기도 한다. 반대로 더 엄격한 안전규제가 필요함에도 불구하고 규제수준이 실제 위험보다 낮은 수준이 될 때도 발생한다. 그러므로 규제수준과 실제 방사선원 사용에 대한 현실성을 반영하기 위한 객관적인 측정 자료가 필요하여 본 측정도구를 개발한 결과 총 3개 요인이 추출되었다.

본 연구에서는 방사선이용에 대한 안전규제제도 및 안전성을 재평가하여 합리적인 안전규제제도를 도출함으로써 사용자의 편의성을 극대화하고, 신규제도 도입 시 필요한 근거자료로 활용되기 위한 객관적인 측정도구를 개발하였다.

방사선안전관리 요건개발을 위한 근거도출에서는 NUREG 1556의 Vol (“1~21”)에서 공통적으로 나타난 요인을 근거로 체계적으로 접근하여 국내 방사선안전관리자를 대상으로 조사한 결과, 방사선안전규제 요건으로 중요한 요소는 방사선원 규모 및 용량, 사람의 접근가능성, 방사선사용, 선원의 안전장치, 차폐, 선원관리, 외부피폭, 직접방사선의 영향, 비상대응 태세의 유지, 수거/처리, 선원분실로 파악되었다.

규제제도 및 기술기준은 국제원자력기구를 중심으로 권고되고 있고 정책의 큰 범위 내에서 이루어지므로 규제당국의 공권력 행사에 영향을 미치게 된다[4]. 그러므로 방사선안전규제 요건 개발은 국민의 안전을 위해 심도 있는 접근이 필요하다고 본다.

본 연구에서 개발된 도구를 이용하여 측정한 값을 방사선안전규제의 신규 기준 설정, 평가 등에 근거자료로 활용된다면 국내 방사선안전규제가 객관적이고 방사선이용 기

관에 현실성 있는 규제가 달성될 것이라고 사료된다. 또한 향후 연구에서는 본 도구의 설명력을 보다 높이기 위한 후속 연구가 지속적으로 수행되어야 한다고 본다.

References

- [1] Korea Radioisotope Association, "Statistics on radiation practices in Korea", Ministry Of Education, Science And Technology, p.11-23, 2012.
- [2] Korea Institute on Nuclear Safety, "2011 Nuclear Safety Yearbook", Nuclear Safety and Security Commission, p.1, 2012.
- [3] Korea Institute on Nuclear Safety, "Integrated Management of Radioactive Materials" Ministry Of Education, Science And Technology, p.1-4, 2008.
- [4] Korea Institute on Nuclear Safety, "Development of Regulatory Technologies for on Radiation of Ionizing Radiation Sources", Ministry Of Education, Science And Technology, p.1-4, 2005.
- [5] Korea Radioisotope Association, "A Study on Improvement of National Programs for Education and Training in Radiation Safety for Infrastructure Expansion of Radiation Utilization", Ministry Of Education, Science And Technology, p.1-4, 2010.
- [7] IAEA VIENNA, "Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear", Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety, 2000
- [8] NRC, "NUREG-1556 Vol ("1~21")", NUREG-Series Publications", 2012.
- [9] Nuclear Safety and Security Commission, "Enforcement Regulation of the Atomic Energy Act", Korea Ministry of Government Legislation, 2011.
- [10] S.I Chaiky, "Marketing Research 3th Edition", 479-489, Hakhyunsa, 1997.
- [11] B.S.Kang, "A queue and SPSS/PC of Multivariate Analysis", 425, Hakhyunsa, 1997.
- [12] H.W.Kim, "Development of the Pregnancy Nutrition Knowledge Scale and Its Relationship with Eating Habits in Pregnant Women visiting Community Health Center", J Korean Acad Nurs Vol.39 No.1, p.40, 2009, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [13] Nuclear Safety and Security Commission, "Enforcement Regulation of the Atomic Energy Act," Korea Ministry of Government Legislation, Article 53,p.11, 2011.

한 은 옥(Eun-Ok Han)

[정회원]



- 2009년 2월 : 이화여자대학교 일 반대학원 보건교육학과 (보건학 박사)
- 2006년 3월 ~ 2012년 8월 : 대 구보건대학교 방사선과 조교수
- 2012년 9월 ~ 현재 : 한국원자 력안전아카데미 초빙교수

<관심분야>
보건교육, 방사선안전