

&lt;원저&gt;

## 가공제품에 대한 생활주변방사선 실태조사 자료를 활용한 통계분석

최경호·조정근

전주대학교 방사선학과

## Statistical Analysis Using Living Radiation Survey Data on Processed Products

Kyoungho Choi·Jung Keun Cho

Department of Radiological Science, Jeonju University

**Abstract** Radiation Following the 2011 Fukushima nuclear accident in Japan, public interest and anxiety about radiation safety increased, and vague anxiety about commonly exposed living radiation was generated. The Atomic Energy Safety Commission has been conducting a survey of processed products that advertise “negative ions” and “far-infrared” emissions under the Living Radiation Safety Management Act. In this study, in-depth analysis was performed from a statistical point of view using the measurement data presented in the Nuclear Safety Committee's actual survey analysis report as secondary data. As a result, there was a statistically significant difference ( $p < 0.005$ ) between latex and civil affairs products. There were also statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) in the results of testing whether there were significant differences in the annual exposure dose between groups after categorizing 71 civil products, including radon beds, into bed, bedding, and living and other categories. The correlation analysis results also confirm that, as is commonly known, the annual doses received from processed products are associated with radon derived from U-238 and Th-232.

**Key Words :** Living Radiation Safety Management Act, Annual Exposure Dose, Radon Bed, U-238, Th-232, Statistical Analysis

**중심 단어 :** 생활주변 방사선안전관리법, 연간피폭선량, 라돈침대, U-238, Th-232, 통계분석

## I. 서 론

원자의 구성 요소인 양성자, 중성자, 전자가 균형을 이루지 못할 때 방사선을 방출하는 능력 즉 방사능을 갖게 되는데, 이러한 물질을 방사성물질이라고 하며 이로부터 나오는 에너지를 방사선이라고 한다[1-3]. 방사선 중 천연방사성 핵종 즉, 태양활동으로부터 기인한 우주선, 지구 표면의 암석이나 토양과 생활제품이나 원료물질에 함유된 천연방사성 핵종으로부터 방출되는 방사선을 생활주변방사선(living radiation)이라 한다. 천연방사성 핵종은 지구탄생부터 지구 표면에 존재하고 있는 우라늄(U-235, U-238), 토륨(Th-232), 포타슘(K-40) 등과 우주선의 영향으로 태양활동을 통해 만들어진 방사선이 대기권과 충돌하면서 만들어

진 중성자, 감마선, 전자선 등을 말한다. 또한 고철에 포함된 세슘이나 코발트 등 인공방사성물질도 생활주변 방사선의 범주에 포함된다[4-7]. 2011년 일본 후쿠시마 원전사고를 계기로 방사선에 대한 국민적 관심과 불안감이 고조되고 일상에서 노출되는 생활방사선에 대한 막연한 불안감이 발생됨에 따라 방사선 안전관리와 관련하여 원자력안전법과 의료법 이외의 안전관리법의 제정이 필요하게 되었다. 이에 원자력안전위원회는 2012년 7월 ‘생활주변방사선안전관리법’을 제정하여 생활방사선에 대한 국민들의 안심과 보호를 위해 노력하고 있다. 생활주변방사선안전관리법은 생활주변방사선에 의하여 방사선학적으로 유의한 수준의 피폭을 받을 수 있음에도 불구하고 원자력안전법에서 그 범위가 규정되지 않아 체계적인 관리가 어려웠던 부분들에 대한 안전

Corresponding author: Jung Keun Cho, Department of Radiological Science, Jeonju University, 303 Chunjam-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeonbuk-do, 55069, Republic of Korea / Tel: +82-63-220-3129 / E-mail: cjk0129@naver.com

Received 21 February 2020; Revised 20 April 2020; Accepted 24 April 2020

Copyright ©2020 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

관리의 법적 근거를 제시한 것으로 평가되고 있다. 이러한 생활주변방사선 안전관리법의 시행에 따라 원자력안전위원회는 동법 제 23조에 따라 2014년부터 ‘음이온’ 및 ‘원적외선’ 방출을 광고하는 가공제품을 매년 조사하여 2017년 현재 누적으로 402가지 제품에 대한 실태조사를 실시하였다. 나아가 2018년에는 제2차 생활주변방사선 방호 종합계획(2018년~2022년)에 따라 시민단체 및 소비자 단체가 제보한 제품을 포함한 라돈침대 등 총 119개 제품에 대한 실태조사를 실시하고, 그 결과를 발표하였다[8]. 여기서 라돈(Rn-222)은 라듐(Ra-226)의 붕괴산물로 3.8일의 반감기를 갖는 무색, 무취, 무미로 호흡을 통해 인체를 피폭시키는 방사성가스이다[9-11]. 실태조사 결과 발표 내용에는 각 제품별 U-238과 Th-232의 농도( $Bq/g$ )와 연간피폭선량( $mSv/y$ ) 등의 평가결과가 포함되어 있고 연간안전기준인  $1 mSv/y$ 을 넘는 제품의 개수 등이 제시되었다. 그런데 많은 시간과 비용을 들여 조사되고 측정된 결과에 간단한 빈도수 등만을 제시한 것은 바람직하지 않다고 사료된다. 즉, 심층적인 자료 분석을 통하여 보다 의미 있는 정보를 도출해 낼 수 있다면 더욱 바람직할 것이다. 생활방사선과 관련된 선행연구들에는 항공부문 우주방사선 안전관리 개선활동[12, 13], 생활주변방사선에 대한 항목별 선량분석[14] 등이 있으나 공신력이 있는 국가기관에서 측정된 자료를 이용한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 Korea Foundation of Nuclear Safety(2019)에 제시된 자료를 2차 자료(secondary data)로 활용하여 통계적인 관점에서 기술통계(descriptive statistic)와 통계적 검정(statistical test) 및 상관분석(correlation analysis) 등의 추론통계(inferential statistic)를 수행함으로써 보다 심층적인 해석을 도출해 보고자 한다. 본 연구의 결과는 모나자이트(monazite) 함유 의심제품에 대한 체계적인 관리방안 마련을 위한 기초자료 등으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 자료수집

본 연구에서는 원자력안전위원회로부터 용역을 받아 한국원자력안전재단이 수행한 라돈침대 등 민원제품과 라텍스 제품 등에 대한 119개 측정 자료를 2차 자료로 활용하기로 한 바, Foundation of Nuclear Safety(2019)에 제시된 구체적인 조사제품 현황을 재정리하면 Table 1과 같다.

### 2. 측정방법

Foundation of Nuclear Safety(2019)에 따르면 측정은 다음과 같이 수행되었다. 먼저 개별제품들의 방사능 농도는 3회 반복실험의 평균값으로 나타났다. 이 때 침대와 매트리스는 시료부피, 크기로 인해 전체 무게를 측정하는데 어려움이 있어 n등분으로 절취하여 대표시료로 분석하고 전체 무게는 전체와 절취부분의 비례상수를 곱해 산출하였다. 조사제품의 사용시간 산정은 하루 24시간을 기본으로 한국인 평균 수면시간인 약 8시간을 제외한 나머지 16시간으로 생활시간으로 가정하여, 액세서리류는 16시간/일, 침구류(침대, 베개, 매트리스)는 10시간/일 등으로 하였다.

### 3. 분석도구 및 분석내용

통계분석은 조사대상 제품 119개 제품에 대한 기술통계를 구하여 선정기준별 특성을 먼저 살펴보고, 세부적인 분석은 전체 119개 측정 자료 중 라돈침대 등 민원제품 71개와 라텍스제품 32개를 주요 분석대상으로 하였다. 이들에 대해서는 독립표본 t-검정(independent t-test) 등을 수행하여 민원제품과 라텍스제품 간에 연간피폭선량에 통계적인 유의차가 있는지 분석하였다. 다음으로 라돈침대 등 민원제품 71개 제품에 대해서는 추가적으로 침대, 침구류 그리고 생활품 및 기타로 3분류 하였다. 이를 토대로 침대, 베개 등 침구류 그리고 여성용품 등 사이에 통계적으로 유의

**Table 1.** Product status subject to survey on processed products in 2018

Selection criteria	Number of products surveyed (ea)	Remark
Civil products (radon beds, pillows, women's products, etc.)	71	Seven of them only performed internal exposure evaluation
Latex products (overseas imported products, etc.)	32	
Korea Consumer Resources Commission (Bracelet, etc.)	7	
Radiation monitoring products (airport, port)	9	
합계	119	

한 차이가 있는지를 분산분석(analysis of variance)을 통해 확인해 보았다. 한편 U-238과 Th-232의 방사능 농도 간에 유의한 상관관계가 존재하는지 등에 대해서도 상관분석을 통해 확인해 보았다. 이상의 통계분석은 IBM SPSS 25를 활용하였으며[15], 통계분석 과정에서 유의수준  $p < 0.05$ 로 하였다.

### III. 결 과

#### 1. 기술통계 분석

분석대상 가공제품에 대한 연간피폭선량의 평균은 Table 2에서 보듯이 4.886  $mSv/y$ 이고 표준편차는 3.979  $mSv/y$

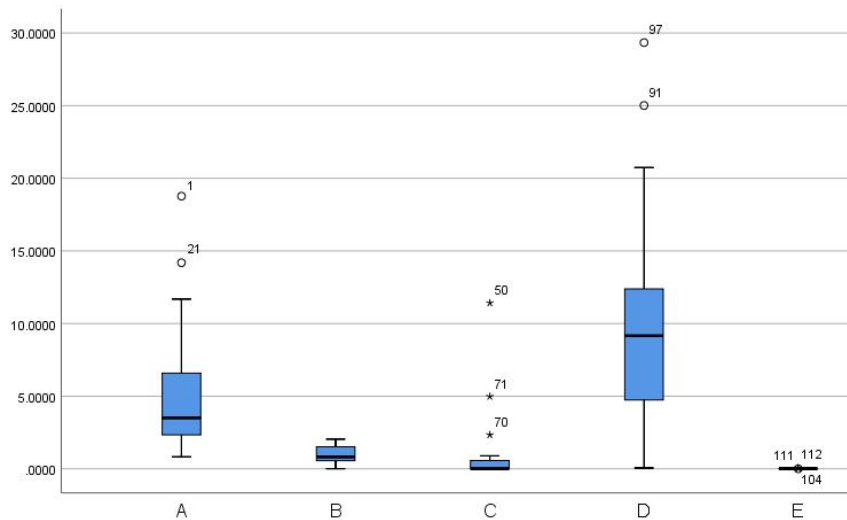
로 나타났다. 이는 연간 안전기준인 1  $mSv/y$ 의 거의 5배에 달하는 피폭선량으로, Fig. 1에서 볼 수 있듯이 라돈침대와 라텍스제품에서의 피폭선량 값이 특히, 높은 것으로 나타났다. 민원제품에 있어서는 71개 제품 중 43개의 제품이 안전기준을 초과하였으며, 라텍스제품에 있어서는 32개 대상제품의 93.7%에 해당하는 30개 제품에서 안전기준인 1  $mSv/y$ 을 넘는 것으로 나타났다.

#### 2. 제품군 별 연간피폭선량 비교

연간피폭선량이 비교적 높은 민원제품과 라텍스제품의 평균선량 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 비모수적 독립표본  $t$ -검정(Mann-Whitney test)한 결과, Table 3에서 볼 수 있듯이 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 차

**Table 2.** Descriptive statistics on annual exposure dose

Selection criteria		mean	standard deviation
Civil product	Radon Bed (A)	4.974	3.979
	Bedding (B)	0.994	0.685
	Women's Goods (C)	1.248	3.018
Latex product (D)		9.564	6.698
Korea Consumer Resources Commission And radiation monitoring products (E)		0.020	0.018
Total		4.886	5.741



**Fig. 1.** Box plot of annual exposure dose

**Table 3.** result of independent t-test

Annual exposure dose, mean(sd)		Mann-Whitney U	p-value
Civil product	3.178(3.79)	322.00	0.000(0.05)
Latex products	9.564(6.69)		

이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 민원제품에 비하여 라텍스 제품의 연간피폭선량은 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다.

### 3. 분산분석

민원제품의 3가지 분류군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 비모수적 방법인 Kruskal-Wallis 검정을 수행한 결과, Table 4를 얻었다. 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타난 가운데, 침구류( $n=13$ ) 및 여성용품( $n=16$ ) 등과 라돈침대제품( $n=33$ ) 평균 간에는 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 71개의 민원제품 중에서 라돈침대의 연간피폭선량이 유의적으로 높음을 알 수 있다.

### 4. U-238과 Th-232의 상관관계 분석

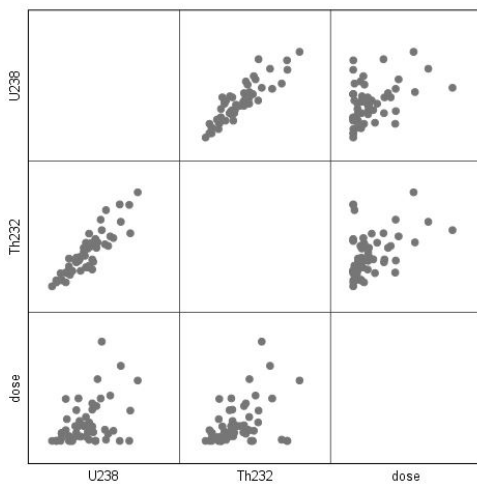
민원제품과 라텍스제품에 대하여 U-238과 Th-232 간의 상관관계 및 연간피폭선량과의 상관관계 분석을 수행한 결과, Table 5를 얻었다. U-238과 Th-232 간의 상관계수는 민원제품에서는 0.921 그리고 라텍스제품에서는 0.933으로 모두 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 한편 U-238, Th-232의 연간피폭선량과의 상관계수는 민원제품에서는 모두 유의하였으나, 라텍스제품에서는 일부 유의하지 않은 경우도 있는 것으로 나타났다. 그러나 Fig. 2와 Fig. 3에서 볼 수 있듯이, 전반적으로 U-238과 Th-232 그리고 연간피폭선량 간의 상관관계는 유의미한 관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 가공제품으로부터 받는 연간피폭선량은 U-238과 Th-232로부터 유발되는 라돈과 연계되어 있음을 확인할 수 있다.

**Table 4.** result of analysis of variance

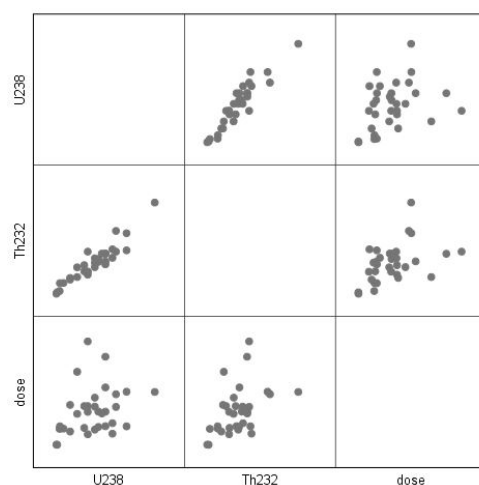
Group	mean	sd	Kruskal-Wallis H	p-value
Bedding	0.994	0.68	10.367	0.000<0.05
Women's Goods	1.248	3.01		
Radon bed	4.974	3.97		

**Table 5.** result of correlation analysis

		U-238	Th-232	Annual exposure dose
Civil product	U-238	-	0.921(*)	0.405(*)
	Th-232		-	0.401(*)
	Annual exposure dose			-
Latex products	U-238	-	0.933(*)	0.325
	Th-232		-	0.448(*)
	Annual exposure dose			-



**Fig. 2.** Correlation for complaint products



**Fig. 3.** Correlation for latex products

## IV. 고 찰

2011년 3월 일본에서 발생한 후쿠시마 원전사고 이후 국내에서도 방사선안전이 중요한 사회적인 관심문제로 부각되어 오고 있다. 이러한 여건에 부응하여 원자력안전법을 기본으로 2012년 7월 생활주변방사선안전관리법이 제정되는 등 국가적인 차원에서의 방사선 안전관리를 위한 노력이 수행되고 있다. 생활주변방사선안전관리법은 총 31개 조항으로 구성되어 있는데 제1조 목적에 '이 법은 생활주변에서 접할 수 있는 방사선의 안전관리에 관한 사항을 규정함으로써 국민의 건강과 환경을 보호하여 삶의 질을 향상시키고 공공의 안전에 이바지함을 목적으로 한다'라고 명기하고 있다. 이를 위하여 동 법 제23조에는 실태조사 및 분석을 수행하도록 명시하고 있어 원자력안전위원회에서는 이를 실시하여 오고 있다. 본 연구에서는 이 중에서 한국원자력안전재단을 통하여 수행된 가공제품조사보고서에 나타난 측정 자료를 이용하여 통계적인 측면에서 심층적인 분석을 수행하였다. 그 결과 다음을 알 수 있었다. 첫째, 119개 분석대상 가공제품에 대한 연간피폭선량의 평균은  $4.886\text{ mSv/y}$ 로 연간 안전기준인  $1\text{ mSv/y}$ 의 거의 5배에 달하는 피폭선량인 것으로 나타났다. 특히 라돈침대와 라텍스제품에 대한 피폭선량 값이 높게 나타났다. 71개의 민원제품에 대해서는 이들 중 43개의 제품이 안전기준을 초과하였으며, 라텍스제품에 있어서는 32개 대상제품의 93.7%에 해당하는 30개 제품에서 안전기준인  $1\text{ mSv/y}$ 을 넘는 것으로 나타났다. 둘째, 민원제품과 라텍스제품의 평균선량 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 독립표본  $t$ -검정한 결과 유의수준 5%에서 민원제품에 비하여 라텍스제품의 연간피폭선량은 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다. 나아가 민원제품의 3가지 분류군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 분산분석 수행한 결과에 대해서도 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 Duncan방법에 의한 사후분석 결과, 칩구류와 여성용품 등이 하나의 그룹으로 그리고 라돈침대 제품이 또 다른 하나의 그룹으로 구분되는 것으로 나타났다. 셋째, U-238과 Th-232 그리고 연간피폭선량 간의 상관관계에 대해서는 전반적으로 유의미한 관계가 있는 것으로 나타났다. 이에 일반적으로 알려진 바대로 가공제품으로부터 받는 연간피폭선량은 U-238과 Th-232로부터 유발되는 라돈과 연계되어 있음을 확인할 수 있었다.

## V. 결 론

2012년 7월 '생활주변방사선안전관리법'이 제정된 이래 원자력안전위원회를 중심으로 생활방사선에 대한 국민들의 관심과 보호를 위한 노력이 이루어지고는 있으나, 생활방사선과 관련된 선행연구들 중에 공신력이 있는 국가기관에서 측정된 자료를 이용한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 한국원자력안전재단으로부터 공개적으로 공표된 데이터를 2차 자료(secondary data)로 활용하여, 기술통계(descriptive statistic) 및 통계적 검정(statistical test) 그리고 상관분석(correlation analysis) 등을 수행함으로써 통계적인 관점에서 보다 심층적인 해석을 도출해 보았다. 본 연구의 결과는 2018 생활주변방사선 안전관리 실태조사 실측자료에 근거한 연구로서 실증분석에 그 의미가 있으며, 모나자이트 등을 함유한 의심 가공제품에 대한 체계적인 방사선 안전관리방안을 마련하는데 있어 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- [1] Choi K, Cho JK. Review on the radiation worker and living environment radiation safety in Korea using convergent aspects. *Journal of the Korean Convergence Society*. 2018;9(5):85-90.
- [2] Kim CB, Lee SK, Jang SJ, Kim JM. Measurement of Specific Radioactivity for Clearance of Waste Contaminated with Re-186 for Medical Application. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2017;40(4):633-8.
- [3] Han SK, Kim JM. Study on Radioactive Material Management Plan and Environmental Analysis of Water(II) Study of Management System in Water Environment of Japan. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(3):305-13.
- [4] Lim Y. Introduction to environmental radiation. Seoul: Shin-Kwang Press; 2015.
- [5] Ku JS. The Study on the Safety Management of Radioactive Rays around Living Environment. *Environmental Law Review*. 2014;36(3):1-32.
- [6] Yu DH, Lee HC, Shin UK, Choi HJ, Min CH. Characteristic Evaluation of Exposed Dose with NORM added Consumer Product based on ICRP

- Reference Phantom, Journal of Radiation Protection and Research, 2014;39(4):159-67.
- [7] Lim HY, Choi WC, Kim KP. Characterization of Particulates Containing Naturally Occurring Radioactive Materials in Phosphate Processing Facility. Journal of Radiation Protection and Research, 2014;39(1):7-13.
- [8] Korea Foundation of Nuclear Safety. 2018 Report on the environment radiation safety field survey. National Safety and Security Commission; 2019.
- [9] Heo J, Kim JM, Min HL, Han SK, Lim HJ, Cho HB, Loh YH, et al. Study on Radioactive Material Management Plan and Environmental Analysis of Water (I) Study of Radioactive Substances in Water Management and Analysis to Eat of the US Environmental Protection Agency. Journal of Radiological Science and Technology, 2015;38(2): 163-70.
- [10] Park HH, Jeong EH, Kim HJ, Lee JY, Yu KY, Assesment of Indoor Radon Gas Concentration Change of College. Journal of Radiological Science and Technology. 2017;40(1):127-34.
- [11] Kim JS. Indoor radon levels and effective dose estimation in learning and common living space of university. Journal of the Korean Society of Radiology. 2018;12(3):329-34.
- [12] Choi S, Lee J, Kim H. A reaearch on improvement measures for safety management of aviation, The Korean Journal of Air & Space Law and Policy. 2016;31(2):215-36.
- [13] Jang YJ. Literature Review on Cosmic Radiation Exposure to Air Craft Cabin Crew. Journal of Radiological Science and Technology. 2018;41(6): 643-9.
- [14] Joeng C, Oh H, Lee J, Jo S, Park S. Analysis of dose by items according to act on safety control of radiation around living environment. Journal of the Korean Society of Radiation. 2013;7(6): 377-81.
- [15] Kim YD, Park J. SPSS Statistical analysis. Seoul: Freedom Academy Press; 2019.

구분	성명	소속	직위
제1저자	최경호	전주대학교	정교수
교신저자	조정근	전주대학교	정교수