

Analysis of Radioactivity Concentration at Beaches in the Yeongnam Region, Republic of Korea

Jeong-Ho An, Jin-Gu Kang, Jun-Su Kim, Bo-Yeon Kim, Ja-Young Baek, Min-Su Seol, Seul-Ki Cho, Ye-Eun Kim, Yu-Min Lee, Jong-Soo Choi, Jae-Hwan Cho*

Department of Radiological Science, Ansan University

Received: September 26, 2023. Revised: December 27, 2023. Accepted: December 31, 2023.

ABSTRACT

In this study, the spectrum due to radioactivity contained sand samples from famous beaches in the Yeongnam region was measured. The sand samples were from eight famous beaches in Yeongnam region and were placed into a high-purity germanium detector (HPGe) using with an electric field, which is a semiconductor detector and subjected to a precision analysis of the gamma-rays emitted from the radionuclides in the sand by using a multichannel analyzer (MCA). To measure the concentration of the radionuclides, we obtained a spectrum by analyzing the gamma-rays emitted from the radionuclides for a measurement time of 8,000 seconds. As a result of analyzing the spectrum table, Tl-208 had the highest radioactivity at all eight beaches: A, B, C, D, E, F, G, and H. In conclusion, radionuclides detected in sand samples from beaches in the Yeongnam region are natural radionuclides, but they can affect the inside of the human body. Therefore, there is a need for continuous investigation.

Keywords: Beaches in the Yeongnam region, Radioactivity, High-purity germanium detector

I. INTRODUCTION

2011년 3월에 발생한 일본 후쿠시마 원자력 발전소 사고는 국제 원자력 사고 등급 (International Nuclear Event Scale, INES) 최고 단계인 7등급을 기록하였다^[1]. 후쿠시마 원전사고 발생으로 인해 일부 방사성물질들이 외부로 유출된 것으로 알려졌는데, 후쿠시마 원전사고가 1986년에 일어난 체르노빌 원전 사고와 같은 등급이고, 체르노빌 원전사고 시 발생했던 방사선 물질 유출이 현재도 계속 진행 중이라는 점에서 심각성이 더하고 있다^[1]. 원전 사고 시 바람을 타고 온 방사성낙진은 공기 흡입으로 인한 직접적인 내부피폭뿐만 아니라, 강우를 통해 토양 및 지하수의 2차 오염을 유발한다^[2]. 또한, 방사성물질로 오염된 토양에서 자란 식물과 동물이 섭취하고 이 농축산물을 다시 인간이 섭취

하는 간접적인 내부 피폭으로 인해 토양 및 지하수의 방사성 오염은 장기적이고 지속적인 환경영향을 미칠 수 있다^[2]. 매년 여름 일본을 지나가는 태풍의 영향으로 후쿠시마 원전의 방사성물질에 오염된 토양이 강한 비바람에 후쿠시마 인근 지역 토양이 유실되면서 토양 안의 세슘-134(Cs-134)와 세슘-137(Cs-137) 등 방사성 물질이 강과 태평양 바다로 흘러 들어가고 있다고 보고하고 있다^[3-5]. 또한 태풍 피해가 비교적 적었던 지난해에는 일본 내 강물의 방사성 물질 농도가 떨어졌는데 2014년에 O. Evrard 등의 연구에 의하면 2013년에는 강한 태풍이 자주 오면서 세슘이 새로 강으로 유입됐다고 보고하고 있다^[3-5]. 결과적으로 태풍에 따른 오염토양 유실에 의해 연안 어업에 종사하는 어부들과 해수욕장 이용객들이 방사능에 노출될 위험이 있다고 보고하였다^[3-5]. 국민 관광의 급속한 증가 추세와 더불어 해양관광에 대한 선호도가 높아지고 있는데

* Corresponding Author: Jae-Hwan Cho E-mail: whwoghks@ansan.ac.kr Tel: +82-31-400-6941 Address: Ansan University, 155, Ansan University-ro Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, 15328, Republic of Korea

해양레저 활동 가운데 방문객 기준으로 볼 때 50% 이상이 해수욕장을 중심으로 이루어지고 있다⁶⁾. 또한 원자력 발전소는 핵분열이나 핵융합 같은 원자력 에너지를 이용하여 전기를 생산해 내는 발전소이다. 2023년 기준 우리나라에는 고리, 새울, 월성, 신월성, 한빛, 한울과 같은 원자력 발전소가 있고 각 위치는 부산, 울산, 경주, 영광, 울진이다. 영광을 제외한 원자력 발전소는 모두 영남지역에 위치해 있다. 이러한 원자력 발전소에서 에너지원으로 이용하는 핵분열과 이로 인해 발생하는 방사능의 위험성이 크기 때문에 정부차원에서 계획적이고 지속적으로 관리가 되고 있다. 하지만 원자력 발전소에서 나오는 방사능과 오염된 냉각수, 발전 과정에서 필연적으로 발생하는 방사선 및 방사성 폐기물은 지구환경과 인체에 악영향을 줄 수 있다. 또한 원자력 발전소 근처 해수욕장의 모래에서 나오는 방사선량도 무시할 수 없을 것이다. 특히 인구 대부분 영남지역 해수욕장을 찾고 있다⁶⁾. 영남지역 해수욕장 이용객수는 매년 증가하는 추세이며 방사능에 대해 많은 염려를 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 영남지역 유명 해수욕장의 모래 시료 중에 함유되어 있는 방사능 농도를 측정하였다. 연구를 통하여 국민 건강 및 환경을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

영남지역의 유명해수욕장에서 채취한 모래 표본은 Fig. 1과 같다. 유동인구가 가장 많은 장소인 해수욕장 8곳을 선정하였다. 모래 표본을 채취할 때 GPS를 사용하여 위도와 경도를 측정하였다. 이는 Fig. 2와 같다.

각 현장에서 토양 표면층 (0-4 cm)을 10 × 10 m² 면적내의 34곳의 현장에서 표본 추출하여 혼합하고 모래 표본으로 사용했다. 모래 표본은 Fig. 1과 같이 450 ml 폴리에틸렌 용기에 부었다.

폴리에틸렌용기에 담긴 시료는 납으로 차폐된 반도체 검출기인 고순도 게르마늄 검출기(HPGe) 넣어 다채널분석기(MCA)를 이용하여 정밀 감마 핵종분석을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 감마 방사능핵종분석기는 고순도게르마늄검출기(HPGe,

Canberra, USA)와 다채널분석기(MCA, ORTEC, USA)로 구성되었다. 게르마늄검출기의 특성은 Table 1과 같다.



Fig. 1. Sand samples were poured into polyethylene containers.

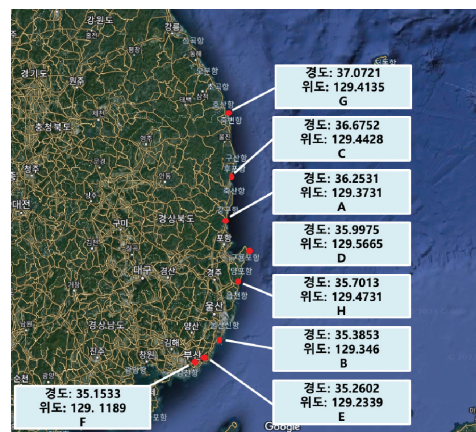


Fig. 2. Sampling sites in beaches on the Yeongnam region of Korea.

Table 1. The characteristics of the HPGe detectors

Model	High-Purity Germanium Detector(GC-3020) Relative efficiency 20%
	FWHM : 1.80keV at 1.33MeV Co-60
Detector	FWTM/FWHM : 1.90 keV
	Peak-to-Compton Ratio,60-Co 51:1
	FWHM 850eV at 122keV
Operating Bias	+3500V
Digital Spectrum	CANBERRA DSA-1000
Nuclide analysis program	Aptec

HPGe 검출기의 구조는 Ge 결정과 주변 공기 사이의 열전도를 방지하기 위해 진공 상태의 저온유지장치가 포함되어있다. 따라서 액체질소를 30 L Dewar에 채워 77 K로 냉각하여 유도누설전류에 의해 에너지 분해능이 저하되지 않도록 하였다. 또한 자연방사선으로 백그라운드를 줄이기 위해 약 10 cm 두께의 캔버라 767로 차폐했다. Fig. 3은 HPGe 검출기의 구조와 감마 방사성핵종 분석에 사용되는 측정장치의 배치를 보여준다. 채워진 샘플의 방사성핵종 농도를 측정하기 위해 감마 방사성핵종 농도를 분석하고 측정시간을 8,000 초로 설정하여 스펙트럼파일을 얻었다. 획득한 스펙트럼을 사용하여 각 방사성핵종의 방사능 농도를 결정하고, 감마 방사성핵종을 분석하기 위해 APTEC 프로그램에 측정시간과 충전량(충만량)을 입력하여 각 핵종에 대한 방사능 농도를 계산했다. 프로그램에 의한 방사능 농도 계산식은 다음과 같다^[7].

$$Activity(Bq, t = 0) = \frac{A(E)}{T_L \cdot \epsilon(E) \cdot I_\gamma(E)} \times \frac{\lambda T_R}{1 - e^{-\lambda T_R}} \quad (1)$$

A(E) : 측정된 에너지가 E인 감마선의 순피크 면적

I_γ : 그 에너지에서의 감마선 방출확률

ε(E) : 에너지E에서의전에너지피크효율

DT : 불감시간의 분율로서 T_L=TR(1-DT)

T_L 및 T_R : 각각 유효계수시간(live time)과 실제계수시간(real time)

스펙트럼 분석에 따라 검출된 각광피크에 대한 계수율과 검출된 각 핵종에 대한 질량 단위 당 활성도를 계산한다. 다른 핵종이 있는 것은 40 k (1460.8 keV)에 기초하여 결정되었다. 238.6 keV, 352 keV, 609.1 keV, 911.9 keV, 1460.8 keV 및 1764.5 keV 주변에서 주파수가 확인되었고, 각 핵종의 방사능 최고점과 농도를 얻었다. 최종 방사능 농도는 부피와 밀도 등의 오류를 고정하여 측정하였다. 각 주파수에 대해 획득한 감마선 스펙트럼의 최고점을 확인한 후, 인증서에 포함된 에너지 (11개 lines)를 제외하고 삭제되었다. 또한, 끝자락 주위가 최고점인 주된 이유는 언더슈트와 오버슈트 때문이다. 폴 재료는 언더슈트와 오버슈트의 끝부분을 제거하도록 설정하였다.

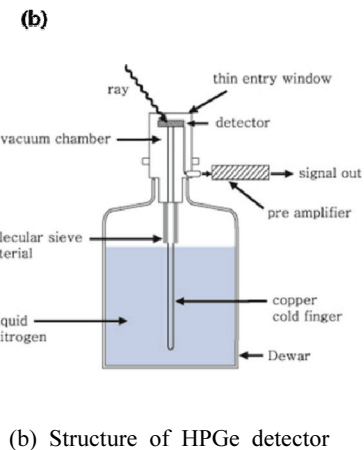
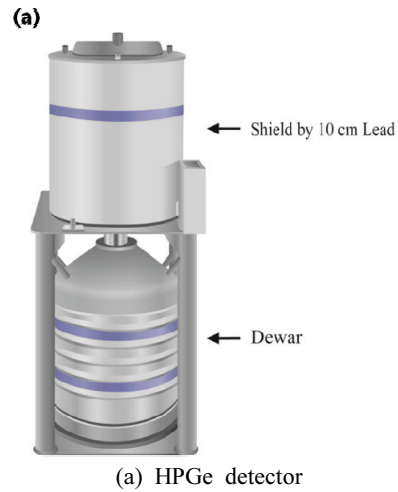


Fig. 3. The sequence of measurement equipment (a), which was used for analyzing gamma radionuclides, and the structure of HPGe detector (b).

III. RESULT

A 해변에서는 스펙트럼을 분석한 결과 Fig. 4와 같이 Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228, K-40 이 검출되었다. Tl-208의 방사능은 1016.95 Bq/kg로 가장 높았고 K-40이 522.93 Bq/kg로 뒤를 이었다. Pb-212의 방사능은 24.05 Bq/kg로 가장 낮게 검출되었다. Table 2와 같다.

B 해변에서는 스펙트럼을 분석한 결과 Fig. 5와 같이 Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228, K-40 이 검출되었다. Tl-208의 방사능은 1209.17 Bq/kg로 가장 높았고, K-40은 538.27 Bq/kg 으로 그 뒤를 이었다. Pb-212의 방사능은 28.70 Bq/kg로 가장 낮게 검출되었다. Table 3과 같다.

Table 2. Radioactivity value by beaches (A)

[Unit: Bq/kg]			
Beach	Nuclide	Radioactivity value	MDA
A	Pb-212	24.05	12.12
	Pb-214	347.19	24.32
	Tl-208	1016.95	96.59
	Bi-214	372.05	27.43
	Ac-228	31.89	4.00
	K-40	522.93	3.61

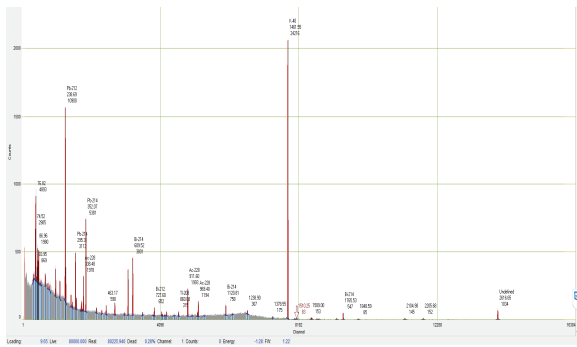


Fig. 4. Spectrum by beaches (A).

Table 3. Radioactivity value by beaches (B)

[Unit: Bq/kg]			
Beach	Nuclide	Radioactivity value	MDA
B	Pb-212	28.70	12.12
	Pb-214	433.10	24.32
	Tl-208	1209.17	96.59
	Bi-214	458.25	27.43
	Ac-228	39.96	4.00
	K-40	538.27	3.61

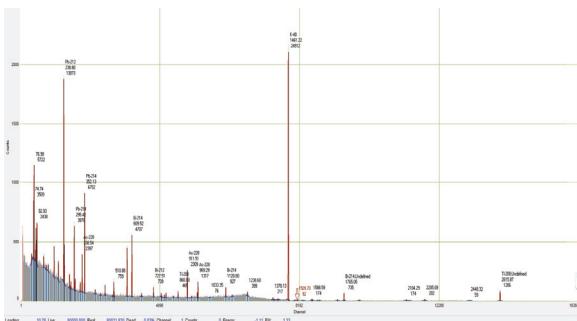


Fig. 5. Spectrum by beaches (B).

C 해변에서는 스펙트럼을 분석한 결과 Fig. 6과 같이 Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228, K-40이 검출되었다. Tl-208의 방사능은 1235.61 Bq/kg으로 가장 높았고, K-40은 713.51 Bq/kg으로 그 뒤를 이었다. Pb-212의 방사능은 29.43 Bq/kg로 가장 낮게 검출되었다. Table 4와 같다.

Table 4. Radioactivity value by beaches (C)

[Unit: Bq/kg]			
Beach	Nuclide	Radioactivity value	MDA
C	Pb-212	29.43	1.32
	Pb-214	339.97	25.69
	Tl-208	1235.61	97.20
	Bi-214	368.15	27.79
	Ac-228	36.29	4.30
	K-40	713.51	3.62

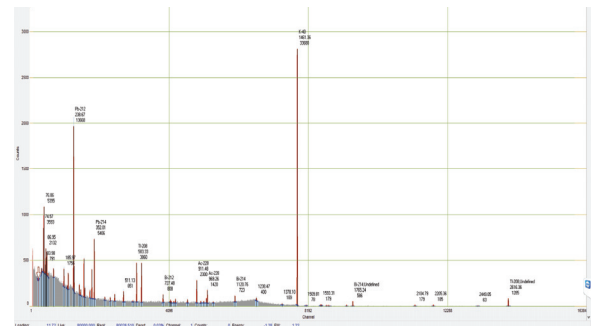


Fig. 6. Spectrum by beaches (C).

D 해변에서는 스펙트럼을 Fig. 7과 같이 분석한 결과 Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228, K-40이 검출되었다. Tl-208의 방사능은 569.05 Bq/kg으로 가장 높았고, K-40은 295.41 Bq/kg으로 그 뒤를 이었다. Pb-212의 방사능은 13.86 Bq/kg로 가장 낮게 검출되었다. Table 5와 같다.

Table 5. Radioactivity value by beaches (D)

[Unit: Bq/kg]			
Beach	Nuclide	Radioactivity value	MDA
D	Pb-212	13.86	1.60
	Pb-214	217.93	19.86
	Tl-208	569.05	75.99
	Bi-214	232.09	21.17
	Ac-228	17.25	3.17
	K-40	295.41	2.92

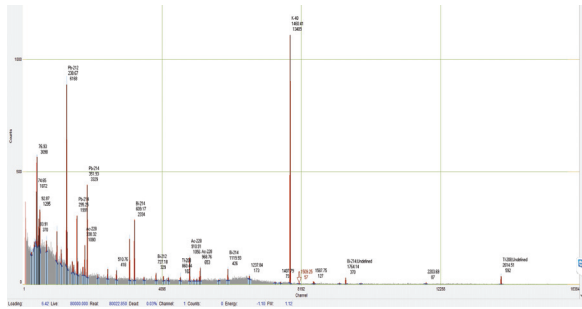


Fig. 7. Spectrum by beaches (D).

E 해변에서는 스펙트럼을 분석한 결과 Fig. 8과 같이 Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228, K-40 이 검출되었다. Tl-208의 방사능은 780.36 Bq/kg으로 가장 높았고, K-40은 609.74 Bq/kg 으로 그 뒤를 이었다. Pb-212의 방사능은 18.27 Bq/kg로 가장 낮게 검출되었다. Table 6과 같다.

Table 6. Radioactivity value by beaches (E)

[Unit: Bq/kg]			
Beach	Nuclide	Radioactivity value	MDA
E	Pb-212	18.27	1.16
	Pb-214	241.20	21.97
	Tl-208	780.36	80.90
	Bi-214	248.46	24.99
	Ac-228	24.78	4.00
	K-40	609.74	3.27

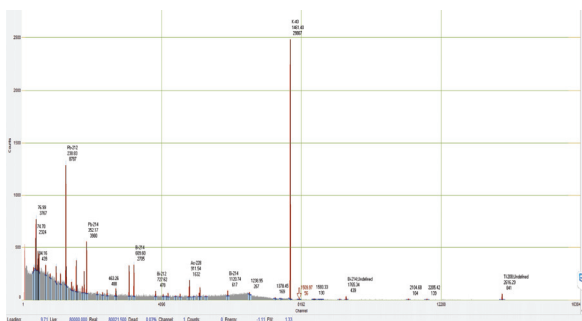


Fig. 8. Spectrum by beaches (E).

F 해변에서는 스펙트럼을 분석한 결과 Fig. 9와 같이 Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228, K-40 이 검출되었다. Tl-208의 방사능은 1056.64 Bq/kg으로 가장 높았고, K-40은 509.75 Bq/kg 으로 그 뒤를 이었다. Pb-212의 방사능은 26.36 Bq/kg로 가장 낮게 검출되었다. Table 7과 같다.

Table 7. Radioactivity value by beaches (F)

[Unit: Bq/kg]			
Beach	Nuclide	Radioactivity value	MDA
F	Pb-212	26.36	1.24
	Pb-214	340.75	23.07
	Tl-208	1056.64	88.86
	Bi-214	354.60	26.13
	Ac-228	34.69	3.87
	K-40	509.75	3.35

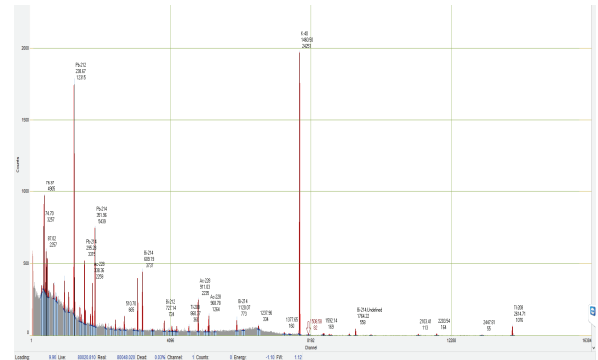


Fig. 9. Spectrum by beaches (F).

G 해변에서는 스펙트럼을 분석한 결과 Fig. 10과 같이 Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228, K-40 이 검출되었다. Tl-208의 방사능은 1286.56 Bq/kg으로 가장 높았고, K-40은 692.48 Bq/kg 으로 그 뒤를 이었다. Pb-212의 방사능은 30.09 Bq/kg로 가장 낮게 검출되었다. Table 8과 같다.

Table 8. Radioactivity value by beaches (G)

[Unit: Bq/kg]			
Beach	Nuclide	Radioactivity value	MDA
G	Pb-212	30.09	1.32
	Pb-214	403.88	24.87
	Tl-208	1286.56	95.85
	Bi-214	418.95	27.78
	Ac-228	39.63	4.18
	K-40	692.48	3.61

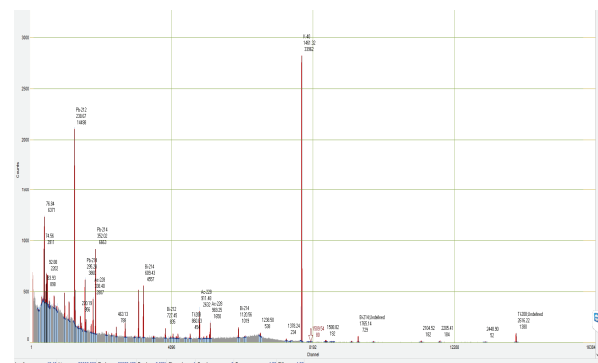


Fig. 10. Spectrum by beaches (G).

H 해변에서는 스펙트럼을 분석한 결과 Fig. 11과 같이 Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228, K-40이 검출되었다. Tl-208의 방사능은 2254.50 Bq/kg으로 가장 높았고, K-40은 716.56 Bq/kg으로 그 뒤를 이었다. Pb-212의 방사능은 53.62 Bq/kg로 가장 낮게 검출되었다. Table 9와 같다.

Table 9. Radioactivity value by beaches (H)
[Unit: Bq/kg]

Beach	Nuclide	Radioactivity value	MDA
H	Pb-212	54.62	1.60
	Pb-214	702.31	28.73
	Tl-208	2254.50	109.92
	Bi-214	740.63	32.04
	Ac-228	71.24	4.65
	K-40	716.56	3.96

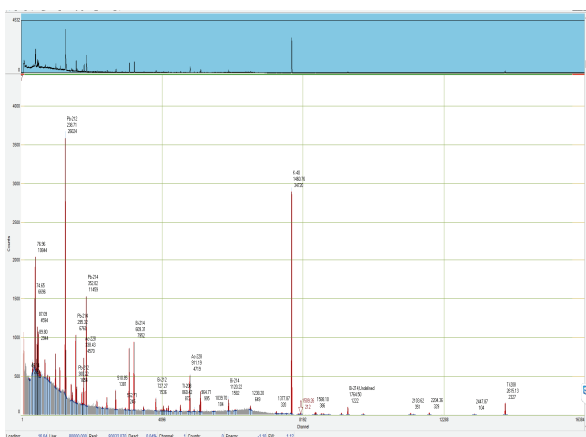


Fig. 11. Spectrum by beaches (H).

IV. DISCUSSION

이번 연구에서는 국내 최대 원자력 발전소 밀집 지역인 영남권 해수욕장 주변의 방사능 농도를 측정해 발전소 주변 방사능 관련 안전성 점검을 확인하고자 하였다. 환경 방사능 핵종은 인공 방사성핵종 및 자연 방사성핵종으로 분류된다. 모든 해변에서 자연 방사성핵종이 발견되었다. 인공 방사성핵종은 ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs와 같이 반감기가 긴 방사성물질을 함유하고 있다¹⁸⁾. 자연 방사성핵종은 토양 또는 암석, 지각에 존재하여 토륨(rh-232, Th-228)계열과 우라늄(U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Pb-210 및

Po-210)계열로 구성되어있다. 특히 자연 방사성핵종은 빗물이나 지하수를 통해 곡물이나 음용수로 흡수되어 사람이 섭취하고 공기 중의 방사성핵종은 호흡을 통해 인체에 흡수되는데 이것이 내부피폭의 일차적 원인이다¹⁹⁻¹³⁾. 본 연구들의 대부분의 결과에서 자연 방사성핵종이 검출되었고 Tl-208 및 K-40의 방사능이 높다는 것을 입증하였다. 이러한 결과는 한국 지각의 많은 화강암 지대에 많은 자연 방사성핵종이 포함되어 있기 때문일 것이다¹⁹⁾. 가장 많은 방사능이 검출된 Tl-208의 경우 반감기가 약 3분(min)으로 매우 짧고 검출량 또한 인체에 영향을 주지 않는 미미한 수준이지만 모핵종인 212-Bi가 존재하기 때문에 관리가 필요하다¹⁴⁾. 그러나 K-40은 자연 방사성핵종 중 지각으로 구성되지 않은 반감기가 긴 핵종이다. 또한 인체 내에 가장 많이 존재하는 방사성동위원소로, 인체 내 칼륨 원소의 약 0.01%를 차지하고 있다. 다른 핵종과 달리 K-40은 인체에 매우 빠르게 흡수된다. 또한 음식 섭취를 통한 내부 피폭 중 가장 많은 부분을 차지한다. K-40은 내부피폭에 관여하는 주요 핵종으로 기술된다¹⁵⁾. 일반적으로 체중이 70 kg인 성인의 몸에는 약 140 g의 칼륨이 유지되고 있다. 이는 방사성 칼륨의 무게로는 0.014g이며 여기서 나오는 방사선의 양으로는 1초당 약 4,330 개(Bq) 정도이다. 2012년에 발간된 ICRP Publication 119에 따르면 K-40 섭취시 50년 누적 기준의 예탁 유효선량환산계수는 6.2×10^{-9} Sv/Bq이다. 이를 사용하여 50년 누적 유효선량으로 환산하면 26.8 mSv이고 연간 유효선량 기준으로 환산하면 0.54 mSv가 된다¹⁶⁾. 자연 방사성핵종은 섭취와 호흡을 통해 체내로 들어가 주로 간, 뼈, 혈액 등에 흡착되어 인체에 수십 일에서 수년 동안 잔류하여 방사선 손상을 유발한다. 한국은 유라시아판 부근에 위치하며 중국 대륙의 구조와 일본열도와 밀접한 관계가 있다. 또한 이러한 곳은 고생대 이전에 형성된 오래된 지층으로 화성암 중 화강암이 넓게 분포되어 있다¹⁷⁾. 화강암은 마그마가 천천히 냉각되면서 굳어져 결정구조가 크고 단단하기 때문에 자연 방사성핵종으로 상당량 농축되어 있다. 따라서 다른 지질구조에 비해 방사능 농도가 높으며, 자연 방사성핵종이지만 관리대책이 필요한 것으로 보인다.

V. CONCLUSION

이번 연구를 통하여 검출된 방사선 핵종은 자연 방사성핵종이며 비록 낮은 수치이고 원자력 발전소 운영이나 후쿠시마 사고로 인한 영향은 나타나지 않았다. 하지만 일본 후쿠시마 오염수 방출이 결정됨에 따라 여름 휴가를 맞이하여 해수욕장을 들리는 사람들에게 불안감을 조성할 수 있다. 따라서 모두가 지속적인 관심을 갖고 국가는 국민들의 안전을 보장할 수 있도록 여러 방안을 제시하여 대처해야 한다.

Reference

- [1] J. U. Park, "Analysis of Public Perception on Radiation: with One Year after Fukushima Nuclear Accident", *Journal of Radiation Protection and Research*, Vol. 37, No. 1, pp. 1-9, 2012.
- [2] C. W. Lee, Y. H. Hwang, W. T. Lee, J. H. Lee, "Nuclides Transport Analysis and Dose Calculation Using Dynamic Model for Rice Ingestion Pathway", *Journal of Radiation Protection and Research*, Vol. 17, No. 2, pp. 15-23, 1992.
- [3] S. Nagao, M. Kanamori, S. Ochiai, S. Tomihara, K. Fukushi, M. Yamamoto, "Export of 134 Cs and 137 Cs in the Fukushima river systems at heavy rains by Typhoon Roke in September 2011", *Biogeosciences (Online)*, Vol. 10, No. 10, pp. 6215-6223, 2013. <http://dx.doi.org/10.5194/bg-10-6215-2013>
- [4] O. Evrard, C. Chartin, Y. Onda, H. Lepage, O. Cerdan, I. Lefèvre, S. Ayrault, "Renewed soil erosion and remobilisation of radioactive sediment in Fukushima coastal rivers after the 2013 typhoons", *Scientific Reports*, Vol. 4, No. 1, pp. 4574, 2014. <http://dx.doi.org/10.1038/srep04574>
- [5] C. Chartin, O. Evrard, J. P. Laceby, Y. Onda, C. Otlé, I. Lefèvre, O. Cerdan, "Earth Surface Processes and Landforms", *Earth surface processes and landforms*, Vol. 42, No. 2, pp. 306-317, 2017.
- [6] S. H. Yun, J. H. Lee, J. W. Hong, S. W. Park, "Research on landscape management measures in coastal areas", *Korea maritime institute*, Vol. 12, pp. 2-152, 2003.
- [7] Y. H. Lee, *Gamma-ray Spectrometry*, From URL; <https://indico.knu.ac.kr/event/526/sessions/54/attachment/s/414/610/Radiation%20detection%20%28%EC%9D%B4%ED%95%B4%EC%98%81%29.pdf>
- [8] S. W. Park, J. W. Shin, H. J. Song, H. Y. Yeo, J. K. Kwak, K. R. Dong, "Analysis of the stability of the forest area in Jeollanamdo and Jeollabukdo through environmental radioactivity measurement", *Journal of Radiation Industry*, Vol. 12, No. 3, pp. 183-192, 2018. <http://dx.doi.org/10.23042/radin.2018.12.3.183>
- [9] J. H. Kin, C. S. Kim, C. S. Lim, "Evaluation of Radiation effective dose by Naturally Radionuclides in the Soil of Busan", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 15, No. 6, pp. 3652-3666, 2014. <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.6.3658>
- [10] A. M. El-Arabi, "226Ra, 232Th and 40K concentrations in igneous rocks from eastern desert, Egypt and its radiological implications", *Radiation Measurements*, Vol. 42, No. 1, pp. 94-100, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2006.06.008>
- [11] Y. Narayana, H. M. Somaskekarappa, A. P. Radhakrishna, K. M. Balakrishna, K. Siddappa, "External gamma radiation dose rates in coastal Karnataka", *Journal of Radiological Protection*, Vol. 14, No. 3, pp. 257-264, 1994. <http://dx.doi.org/10.1088/0952-4746/14/3/008>
- [12] S. Dragović, L. Janković, A. Onjia, G. Bačić, "Distribution of primordial radionuclides in surface soils from Serbia and Montenegro", *Radiation Measurements*, Vol. 41, No. 5, pp. 611-616, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2006.03.007>
- [13] M. Bolca, M. M. Sac, B. Cokuysat, T. Karali, E. Ekdal, "Radioactivity in soils and various foodstuffs from the Gediz River Basin of Turkey", *Radiation Measurements*, Vol. 42, No. 2, pp. 263-270, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2006.12.001>
- [14] R. L. Heath, *Scintillation spectrometry gamma-ray spectrum catalogue*, 2nd Ed., Phillips Petroleum Co., Atomic Energy Div, Idaho Falls, Idaho, pp. 1-41, 1964.
- [15] K. N. Yu, S. Y. Mao, "Assessment of radionuclide contents in food in Hong Kong", *Health physics*, Vol. 77, No. 6, pp. 686-696, 1999.

<http://dx.doi.org/10.1097/00004032-199912000-00013>

- [16] ICRP, K. Eckerman, J. Harrison, H. G. Menzel, C. H. Clement, "ICRP Publication 119: Compendium of dose coefficients based on ICRP Publication 60", *Annals of the ICRP*, Vol. 41, pp. 1-130, 2012.
<https://doi.org/10.1016/j.icrp.2012.06.038>
- [17] S. K. Choi, S. J. Park, "The Origin and Evolution of the Mesozoic Ore-forming Fluids in South Korea: Their Genetic Implications", *Economic and Environmental Geology*, Vol. 40, No. 5, pp. 517-535, 2007.

대한민국 영남지역 해수욕장의 방사능 농도 분석

안정호, 강진구, 김준수, 김보연, 백자영, 설민수, 조슬기, 김예은, 이유민, 최정수, 조재환*

안산대학교 방사선학과

요약

본 연구에서는 영남지역 해수욕장의 모래 시료 중에 함유되어 있는 방사능 농도를 측정하였다. 해수욕장에서 채취한 모래 표본은 영남지역의 유명해수욕장 8곳을 대상으로 선정하였다. 모래 표본을 반도체검출기인 고순도게르마늄검출기(HPGe)에 넣어 다채널분석기(MCA)를 이용한 정밀 감마 방사성핵종 분석을 실시했다. 방사성핵종의 농도를 측정하기 위해 측정 시간을 8,000 초로 설정하여 스펙트럼 파일을 얻어서 감마 방사성핵종의 농도를 분석하였다. 연구결과 8곳 해변 모두 TI-208의 방사능이 가장 높았다. 결론적으로 영남지역 해수욕장 모래표본에서 검출된 방사성핵종은 자연 방사성핵종이지만 인체 내부에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 지속적으로 조사할 필요가 있다.

중심단어: 영남지역 해수욕장, 방사능 농도, 고순도게르마늄검출기

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	안정호	안산대학교 방사선학과	학부생
(공동저자)	강진구		학부생
	김준수		학부생
	김보연		학부생
	백자영		학부생
	설민수		학부생
	조슬기		학부생
	김예은		학부생
	이유민		학부생
	최정수		학부생
(교신저자)	조재환		교수