

## &lt;원저&gt;

## 담배연기와 담뱃잎 내 함유된 방사능 농도분석 및 위해도 평가

이세령<sup>1)</sup>·이상복<sup>2,3)</sup>·김정윤<sup>1)</sup>·김지민<sup>1)</sup>·방예진<sup>1)</sup>·이두석<sup>1)</sup>·조형준<sup>1)</sup>·김성철<sup>1,2)</sup><sup>1)</sup>가천대학교 방사선학과·<sup>2)</sup>가천대학교 일반대학원·<sup>3)</sup>선광티앤에스 방사능시험분석센터

## Analysis of Radioactivity Concentrations in Cigarette Smoke and Tobacco Risk Assessment

Se-Ryeong Lee<sup>1)</sup>·Sang-Bok Lee<sup>2,3)</sup>·Jeong-Yoon Kim<sup>1)</sup>·Ji-Min Kim<sup>1)</sup>·Yei-jin Bang<sup>1)</sup>Doo-Seok Lee<sup>1)</sup>·Hyung-Joon Jo<sup>1)</sup>·Sungchul Kim<sup>1,2)</sup><sup>1)</sup>Department of Radiological Science, Gachon University<sup>2)</sup>Department of Health Science, Gachon University Graduate School<sup>3)</sup>Department of Radioactivity Test & Analysis Center, Sunkwang T&S

**Abstract** In this study, radioactivity quantitative analysis was performed on radon contained in cigarette, and the effective dose was calculated using the result value to determine the amount of exposure caused by smoking. A total of 5 types of cigarettes were sampled. Cigarette smoke was collected by using activated carbon, and tobacco were measured by homogenizing for quantitative analysis. For each sample, Bi-214 and Pb-214 were subjected to gamma nuclide analysis to observe the uranium-based radioactive material contained in cigarette, and a measurement time of 30,000 seconds was set for the sample based on the results of previous studies. As a result of measuring the radioactivity of tobacco, a maximum of 0.715 Bq/kg was derived, and in the case of cigarette smoke measured using activated carbon, a maximum of 3.652 Bq/kg was derived. Using this measurement, the average effective dose to the lungs is 0.938 mSv/y, and it was found that there is a possibility of receiving exposure up to 1.099 mSv/y depending on the type of tobacco. It was found that the exposure dose due to cigarette occupies a large proportion of the annual effective dose limit for the general public. Therefore, more diverse studies on radioactive substances in cigarette are needed, and measures to monitor and reduce the incidental exposure to radon should be established.

**Key Words:** Cigarette smoke, Tobacco, Radon, Effective dose, Radioactivity

**중심 단어:** 담배연기, 담뱃잎, 라돈, 유효선량, 방사능

## 1. 서론

2020년 세계보건기구(World Health Organization; WHO)는 전체 암 환자 약 192백만명 중 22백만명 정도가 폐암이라는 결과를 발표하였다. 이는 전체 암 중 11.4%를 차지하여 가장 높은 유방암과 차이가 없는 심각도로 나타났으며, 실제 폐암으로 인한 사망자 수는 전체 사망자 수의 18.0%로 가장 높은 비중을 차지하였다[1]. 우리나라의 흡연율은 약

17.5%로 나타났는데 이는 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development; OECD) 평균인 17%를 상회하는 수준이고, 특히 남성의 흡연율은 30.5%로서 OECD 국가 중 3번째로 높다[2]. 담배는 다량의 독성물질을 함유하고 있고, 이에 대한 인체의 영향도 적지 않은 것으로 나타나고 있다[3]. 이러한 영향에도 불구하고 높은 흡연율에 대한 담배에 함유된 방사성 물질에 대한 인식은 많이 알려지지 않았기 때문에 방사선 피폭에 대한 연구는 많지 않다[4].

Corresponding author: Sungchul Kim, Department of Radiological Science, Gachon University, 191, Hambangmoe-ro, Yeonsu-gu, Incheon, 21936, Republic of Korea / Tel: +82-32-820-4364 / E-mail: ksc@gachon.ac.kr

Received 29 September 2021; Revised 6 October 2021; Accepted 14 October 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

담배 내에는 우라늄 계열의 방사성핵종이 포함되어 있다. 우라늄 계열의 대표 핵종인 라돈( $Rn-222$ )은 체내로 흡수될 때 친화성 조직인 폐에 장기간 침착되어 폐암이 유발될 가능성이 높은 것으로 알려져 있다[5]. 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency; U.S. EPA)에서는 라돈에 의한 미국 내 사망자 수가 연간 7,000~30,000명 수준으로 보고되고 있다 [6]. 이는 라돈 그 자체는 불활성기체로 반응성이 낮아 직접적으로 폐에 영향을 미칠 가능성은 적으나 라돈의 붕괴 과정에서 생성되는 라돈의 자손 핵종은 입자의 형태로서 호흡을 통해 흡입하면 폐에 흡착 후 붕괴하면서 이에 대한 에너지를 주변 조직에 부여하여 생물학적 손상을 초래할 수 있는 기전을 가진다[7].

이에 본 연구에서는 담배 내 함유된 방사성 농도분석 및 위해도 평가를 위해 담뱃잎(tobacco)과 담배 연기(cigarette smoke)로 분리하여 시료를 채집한 후 자손 핵종을 측정할 수 있는 고순도게르마늄검출기(High Purity Germanium detector; HPGe)를 이용, 국내에서 시판되고 있는 담배 내 함유된 라돈의 대표적인 자손 핵종인 Bi-214와 Pb-214의 방사성 농도를 정량분석하고, 그 결과를 토대로 유효선량을 산출 후 위해도를 평가함으로써 흡연으로 인한 방사선에 대한 피폭량을 알아보고, 이에 대한 경각심을 가지는 것을 목표로 하였다.

## II. 재료 및 측정 장비

### 1. 실험용 담배 및 방사능 측정 장비

연구대상으로 사용된 담배는 권련(cigarette)을 사용하였으며, 권련은 담뱃잎에 향료 등의 물질을 첨가하여 종이로 싸 형태로, 본 연구에서는 종이, 필터 등을 제외한 부분을 담뱃잎으로 총칭하였다[8]. 국산 담배 3종류(A,B,C) 및 외국산 담배 2종류(D,E)로 총 5종류로 실험하였다. 담배의 판매량은 공개되고 있으나 브랜드별 판매량은 공개되지 않기 때문에 인근 담배 판매점 20곳에서 팔고 있는 대표적인 담배 브랜드 중 5종류로 사용하였다. 방사능 측정은 대표적인 감마핵종 분석장비로 알려진 HPGe(Canberra, USA)를 활용하였으며[9], 이는 검출기, 파고분석기, 차폐체 및 소프트웨어 등으로 이루어져 있다. 장비의 세부 사양은 Table 1과 같다.

측정하고자 하는 라돈( $Rn-222$ )은 불활성기체로서 선행 연구에서는 Po-210을 중심으로 연구하였으나[10], 이는 공기 중 직접 측정방법으로 검출되는 핵종으로서 담뱃잎의 방사능 농도 분석을 위한 핵종으로는 적절하지 않다. 방사성

**Table 1.** High Purity Germanium detector Specification

Category	Specification
Detector Model	GC3018
Preamplifier Model	iPA-SL10
Type	STD P-type Coaxial Detector
Efficiency	$\geq 30\%$
Resolution	$\leq 1.8$ keV FWHM @ 1.33 MeV
Diameter	62 mm
Length/Thickness	40 mm
Window Thickness	1.5 mm
Window Material	Aluminum

붕괴에 대한 시간의 불확실성을 배제시키기 위해 측정대상의 자손핵종 중 방사능 농도분석에 가장 일반적으로 활용되는 Pb-214 및 Bi-214를 최종 핵종으로 선정하였고, 이를 위해 파라핀 테이프로 밀봉하여 장입된 시료들은 라돈 방사능 분석을 위해 23일의 기간을 두어 영속 평형을 수행한 후 측정하였다. 방사능 분석 시간은 각 시료 당 30,000초로 설정하여 측정하였으며[11], 측정된 스펙트럼 분석 프로그램은 Canberra 사의 Genie 2000 basic을 사용하였다.

### 2. 방사능 측정 방법

담배 연기에 대한 시료를 획득하기 위해 우수한 라돈 흡착 능력을 가진 불용성 활성탄을 이용하여 포집하였다 [12-15]. 이는 우라늄 계열 핵종이 불용성인 성질을 이용한 것으로 본 연구에서는 경덕탄소산업에서 생산한 대기 측정용 입상 활성탄인 coconut shell(활성탄 입자 4~8) 모델을 이용하였고, 연기가 흡착될 수 있는 표면적을 넓히기 위해 이를 분쇄하여 포집하였다. 연기 포집을 위해 밀폐된 공간이 필요하여 포집기를 활용하였고, 이는 (50 × 40 × 50)  $cm^3$  아크릴 박스를 사용하였다. 시료는 담배별 각 1갑(20개비)으로 수량을 고정된 후 아크릴 박스 양측 모서리에 10개 비씩 묶어 담배를 넣고 비닐 랩을 씌워 밀봉하였고, 담배 연기가 충분히 흡착될 수 있도록 90~120분의 흡착 시간을 두었다. 연기 포집이 완료된 활성탄은 즉시 Marinelli Beaker에 담은 후 시료에서 발생하는 라돈 등의 가스가 유출되지 않도록 파라핀 테이프로 밀봉 후 보관하였다(Fig. 1).

담뱃잎 시료도 담배별 각 20개비로 정량화하였고 담뱃잎 시료 채집 시 손실을 최소화하기 위해 글로브박스에서 담뱃잎을 분리하였다. 시료를 균일화시키기 위해 우선 수분을 제거하였다. 제조 또는 시료 채집 시 수분이 존재할 수 있어 열풍건조기를 이용하여 105 °C 에서 약 2시간 건조하였고,

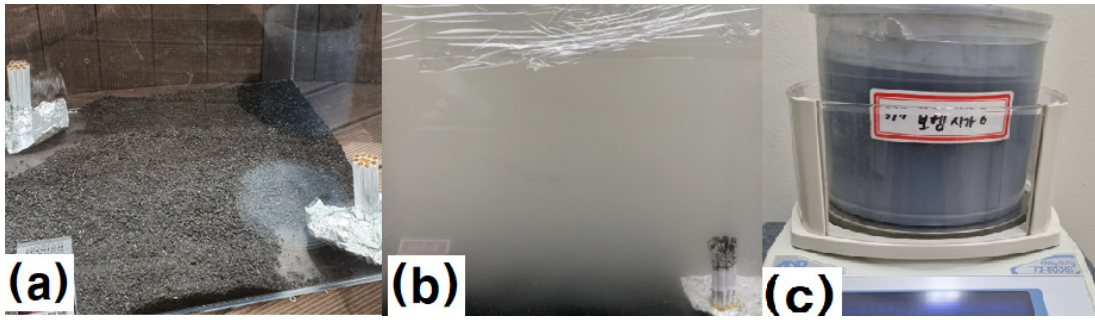


Fig. 1. Process of securing tobacco smoke samples, activated carbon set-up(a), collected of cigarette smoke(b), sample preparation(c)

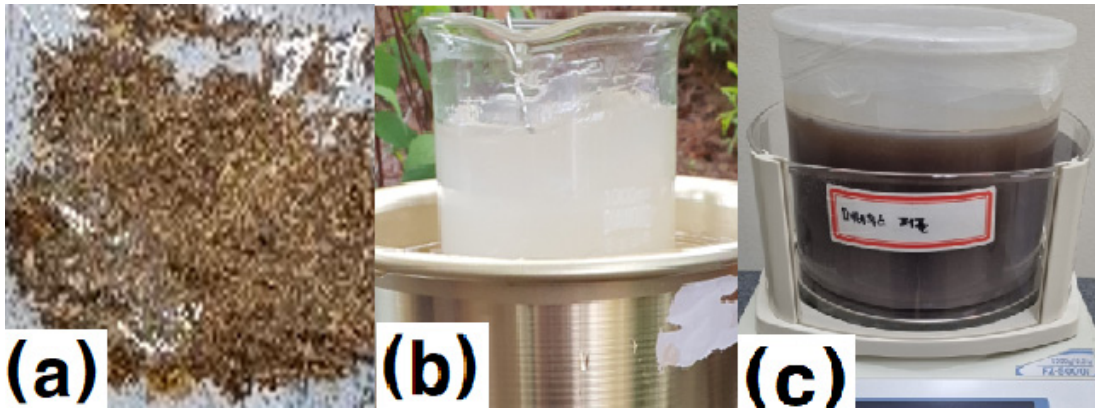


Fig. 2. Process of securing tobacco samples, tobacco separation(a), mixed of agar and tobacco(b), sample preparation(c)

건조된 시료를 절구를 이용하여 분쇄한 후 10 g 한천과 물 1 L를 배합하여 감마핵종분석 교정선원과 같은 형태인 우무(agar) 형태로 최종 제조하여 이를 측정용기인 Marinelli Beaker에 담아 최종 완성하였다(Fig. 2). 이는 시료의 양을 분석 가능한 양으로 정량화시키기 위한 희석 방법으로서 우무는 방사능 분석대상인 담뱃잎의 균일한 분포가 되도록 고정하기 위해 이를 활용하였다. 우무에 대한 영향을 알아보기 위해 측정한 결과, 순수한 우무에서는 방사능이 검출되지 않아 이는 시료의 단순 고정 역할로만 사용되었다.

담배 내 함유된 라돈(Rn-222)의 방사성 물질을 측정하기 위해 자손 핵종인 Bi-214와 Pb-214를 관심 핵종으로 설정하였다. Rn-222의 경우 불활성기체이기 때문에 측정이 난해하고, 이 붕괴계열인 Bi-214(609.31 keV, 반감기: 19.7 min) 및 Pb-214(351.93 keV, 반감기: 26.86 min)는 적당한 반감기를 가지고 있어 이 핵종 특성을 이용한 간접 추정을 하는 방법으로 분석을 수행하였다.

### 3. 방사선에 대한 위험도 평가

방사선에 대한 위험도 평가는 식 1을 통해 유효선량으로

평가하였다. 하루 평균 흡연량은 통계조사 결과를 통해 13 개비로 설정하였고[16], 이 중 유효선량으로 변환시키는 선량변환인자와 흡연 시 인체 내 유입되는 연기의 양은 ICRP 권고에서 제시하는 라돈의 권장 선량변환인자인  $3.5 \times 10^{-6}$  및 0.75를 적용하였다[17].

$$Effective\ Dose = M \times C \times 0.75 \times H \quad Eq. (1)$$

단, Effective Dose : 조직, 기관에 대한 연간 유효선량(mSv/y)

M : 연간 흡연하는 담배의 질량(kg/y)

C : 담배 1kg 당 방사능 정량분석 양(Bq/kg)

0.75 : 흡연 시 인체 내 유입되는 연기의 양 (ICRP 권고, 75%)

H : 선량변환인자(ICRP 권고,  $3.5 \times 10^{-6}$  Sv/Bq)

## III. 결과

### 1. 담배 연기와 담뱃잎의 방사능 농도 측정

담배 연기와 담뱃잎을 각각 채집한 후 함유된 라돈의 자

**Table 2.** Result of cigarette smoke and tobacco radioactivity measurement

Cigarette name	Type	Weight (kg)	Measurement (Bq/kg)				MDA (Bq/kg)	
			Pb-214		Bi-214		Pb-214	Bi-214
			Activity	SD	Activity	SD		
A	Tobacco	0,985	0,523	0,050	0,598	0,060		
	Cigarette Smoke	0,564	3,089	0,126	2,984	0,166		
B	Tobacco	1,021	0,452	0,045	< MDA	-		0,356
	Cigarette Smoke	0,577	3,105	0,121	2,604	0,150		
C	Tobacco	1,003	< MDA	-	< MDA	-	0,397	0,384
	Cigarette Smoke	0,571	3,652	0,129	3,337	0,166		
D	Tobacco	1,005	0,479	0,048	0,715	0,061		
	Cigarette Smoke	0,587	3,182	0,124	2,985	0,159		
E	Tobacco	0,932	0,590	0,005	< MDA	-		0,088
	Cigarette Smoke	0,583	2,420	0,113	2,269	0,145		

**Table 3.** Effective dose evaluation results of tobacco and cigarette smoke

(mSv/y)

Cigarette name	A	B	C	D	E
Tobacco	0,310	0,243	-	0,379	0,290
Cigarette smoke	0,918	0,944	1,099	0,984	0,743

손 핵종의 측정 결과는 담뱃잎의 경우 Bi-214의 최댓값은 0.715 Bq/kg, Pb-214의 최댓값은 0.590 Bq/kg으로 비교적 미량의 수치만 검출되었으나, 담배 연기의 경우에는 Bi-214의 최댓값은 3.337 Bq/kg, Pb-214의 최댓값은 3.652 Bq/kg으로 검출되었다(Table 2).

C 담배가 비교적 높은 측정 결과를 나타낸 것으로 보이나 전체적으로 모든 품목이 비슷한 방사능 측정값을 나타내었다. 백그라운드의 영향을 제거하기 위해 활성탄은 포집 전 측정을 수행하였고, 우무 형태의 경우 담뱃잎을 포함하지 않은 시료를 별도로 제조 및 분석하였으나 최소가능검출방사능(Minimum Detectable Activity; MDA) 미만으로 검출되어 이에 대한 영향은 없었다.

## 2. 방사선에 대한 위험도 평가

방사능 측정값을 적용하여 폐의 유효선량으로 산정하면 담뱃잎의 경우 최대 0.379 mSv/y의 피폭이 예상되어 효과는 미미한 것으로 보이나 담배 연기의 경우 최대 1.099 mSv/y의 피폭이 가능할 수 있을 것으로 나타났다. 담배별 유효선량은 Table 3으로 나타내었다.

## IV. 고찰

라돈을 측정하는 방법은 여러 가지가 있다. 본 연구 수행과 같은 자손 핵종의 방사능을 측정하여 방사평형을 수행한 후 어미 핵종을 간접 추정하는 방법과 공기 중 라돈을 연속적으로 측정할 수 있는 라돈 연속 측정방법이 대표적이다. 본 연구 수행 간 라돈 연속측정장치인 RAD7을 이용한 공기 중 라돈의 연속측정 방법을 이용하여 라돈을 직접 측정하는 것을 고려하였으나, 담배 연기를 직접 측정하였을 경우 필터를 흡착함에도 불구하고 담배 연기 등 측정 대상물이 RAD7 내 Si 검출기에 영향을 주어 장비의 손상 및 오염을 시킬 가능성이 있어 이를 수행하지는 않았다.

통상 담배에 대한 연구는 담배연기에 대한 연구가 대부분이다. 그러나 본 연구에서는 담배연기의 위해성뿐만 아니라 담뱃잎 그 자체에 대한 방사능 농도 분석도 수행하였다. 시판 중인 담배는 담배식물로부터 원료를 얻어 제조되는 것으로 이는 토양 및 비료로부터 뿌리 흡수를 통해 잎담배가 자라는 기전을 가지고 있는데[18], 우리나라는 화강암 지대로서 우라늄이 다량으로 함유되어 있기 때문에 라돈의 영향이 높은 지역으로 구분된다. 이에 뿌리 흡수가 주 기전인 담뱃잎 자체에서의 방사능 농도 및 그 영향도 함께 분석하고자 하였다.

또한, 본 연구에서는 활성탄의 표면적을 최대한 높여 담배 연기에 대해 100% 흡착하여 연구를 수행하였다고 전제하였기 때문에 실제 담배 연기로 인한 피폭은 실외 공기의 흐름 등을 고려하였을 때 외부 조건에 따라 줄어들 수 있을 가능성이 있다. 다만, 외부 조건은 통제 불가능한 영역이므로 연구에서는 100%로 전제하여 피폭선량 평가를 수행하였다[19]. 담뱃잎 일부 측정값이 MDA 이하로 측정되었는데, 주된 원인으로는 HPGe의 특성이 (3 "×3") NaI 기준 대비 30%의 상대 효율을 가지고 있다는 점과 측정하고자 하는 담배 내에 함유한 우라늄 계열의 핵종이 대부분 낮은 감마방출 분율과 낮은 고유에너지를 가지고 있기 때문이다. 이는 향후 고효율의 측정기를 사용한다면 더욱 정밀한 측정값을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

담뱃잎 자체의 방사능에 대한 피폭 효과가 미미하나 담배를 실제 태웠을 때의 연기는 최대 5배의 높은 방사능 농도를 나타내었고, 이를 유효선량으로 환산하였을 때는 최대 9배까지 위험도가 증가하는 것으로 확인되었다. 이는 흔히 알려진 담뱃잎 그 자체보다 태웠을 경우 화학물질과의 반응을 통해 발생하는 연기가 더 유해하다는 선행 연구결과와도 부합할 수 있는 결과를 나타내었다[20,21]. 연기로 인한 피폭선량은 종류에 따라 최대 1.099 mSv/y 까지 피폭될 가능성이 있었으며, 이는 일반인의 유효선량 한도인 1 mSv/y를 상회하는 영향력 있는 값을 알 수 있었다[22]. 즉, 장기적인 흡연을 통한 방사선 피폭은 인체에 심각한 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상할 수 있었다.

연구대상이 시판되는 담배 중 총 5종으로 제한되었으며, 유효선량의 계산이 장기별로 세분화되지 않아 제한점이 있으나 담배에 대한 방사선에 대한 피폭선량 평가에 대한 연구가 전무한 실정이므로 이 연구를 초석으로 다양한 연구가 이루어진다면 흡연으로 인한 방사선 피폭 및 이로 인한 생물학적 효과를 규명하고, 이에 대한 경각심을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

## V. 결론

본 연구는 국내에서 시판 중인 담배의 담뱃잎과 담배 연기에 대해 방사능을 측정함으로써 흡연으로 인한 피폭량을 산정하여 그 위험도를 알아보았다. 담뱃잎 자체의 방사선에 대한 피폭은 적지만 담배를 태웠을 경우 연기에서의 방사능 농도가 최대 5배 증가하고, 유효선량은 최대 9배로 증가하여 담배 종류에 따라서는 일반인의 유효선량 한도인 1 mSv/y를 상회할 수 있으므로 담배에 함유된 방사선에 대한

보다 다양한 연구와 인체 내 피폭선량 저감 방안 또는 권고 사항이 정립되어야 할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- [1] Kim SS. Association Rules of Comorbidities in Patients Hospitalized for Lung Cancer. *Journal of Health Informatics and Statistics*, 2021;46(1):100-9.
- [2] OECD. Stat. Non-Medical Determinants of Health, 2020 [cited 2021 September 23]. Available from: [https://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=HEALTH\\_LVNG](https://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=HEALTH_LVNG)
- [3] Yeonsei University. Development of toxicity profiles and database system for hazardous constituents in tobacco products and smoke, 2013 [cited 2021 October 06]. Available from: <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201400011886&dbt=TRKO>
- [4] Lyu KY, Park YJ, Kim MJ, Ham EH, Yoon JY, Kim HJ, et al. Park Measurement of Environmental Radiation Using Medical Scintillation Detector in Well Counter System. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2015;38(4):337-45.
- [5] Ministry of Environment, KEITI. Distribution of domestic radon in living environment, 2008 [cited 2021 September 23]. Available from: [https://www.konetic.or.kr/insight/koneticreport\\_view.asp?unique\\_num=1928&skey=&gotopage=2&tabcode=400](https://www.konetic.or.kr/insight/koneticreport_view.asp?unique_num=1928&skey=&gotopage=2&tabcode=400)
- [6] U.S.EPA. Protecting People and Families from Radon, EPA 402/R-11/009. 2011 [cited 2021 September 28] Available from: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/Federal\\_Radon\\_Action\\_Plan.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/Federal_Radon_Action_Plan.pdf)
- [7] Kang SA, Lee SS, Choi GR, Lee JH. Study on the Measurement of Radon concentrations in soil samples using r-spectrometer. *Journal of the Korean Society of Radiology*. 2013;7(1):31-6.
- [8] <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B6%90%EB%A0%A8> [cited 2021 September 23].
- [9] Jo J, Lee S, Nam J, Noh E, Beak H, Lee Y, et al. Evaluation of Radioactive Substance and Measurement of Harmfulness in Drinking Water. *Journal of Radiological*

- Science and Technology, 2021;44(3):247-52.
- [10] Mate B, Csordas A, Horvath M, Somlai J, Kovacs T. Pb(Po)-210 concentration of tobacco samples grown in the vicinity of a remedied uranium mine. Radioprotection, 2011;46(6):161-5.
- [11] KAERI/TR-3653, Treatment of Radioactive Contaminated Soil and Concrete Wastes Using the Regulatory Clearance, 2008 [cited 2021 September 23]. Available from: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21200045>
- [12] Ministry of Education, Science and Technology, Radionuclide Information, 2008 [cited 2021 September 23]. Available from: <https://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=23879>
- [13] Jo YM, Lee HH. Effect of Black Charcoal and Activated Carbon for Reduction of Radon Radioactivity that Emitted from Building Materials. Journal of the Korea Furniture Society, 2011;22(1):13-7.
- [14] Moon JY, Shin YJ. A Study on the Indoor Radon Reduction Plan of Traditional Cultural Property Building. Journal of the Society of Cultural Heritage Disaster Prevention, 2020;5(3):207-17.
- [15] Lee YT, Kim YH, Shin CH, Lim GS. Effect of Adsorbent Pore Characteristics on the Removal Efficiency of Smoke Component. Journal of the Korean Society of Tobacco Science, 1992;14(1):87-93.
- [16] Chosun Newspaper. Men in their 50s smoke the most, Average of 16 cigarettes a day, 2019 [cited 2021 September 23]. Available from: [https://www.chosun.com/site/data/html\\_dir/2019/05/02/2019050200587.html](https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2019/05/02/2019050200587.html)
- [17] International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection Public 71, 1996 [cited 2021 September 23]. Available from: <https://www.icrp.org/page.asp?id=71>
- [18] Papastefanou C. Radioactivity of Tobacco Leaves and Radiation Dose Induced from Smoking. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2009;6(2):558-67.
- [19] Lim KS, Yoo YJ, Kim KP. A Study on the Calculation of Radiation Exposure Dose in Koreans Caused by Cigarette Smoking. The Korean association for radiation protection spring conference, 2010;220-1. [cited 2021 September 23]. Available from: <https://www.koreascience.or.kr/article/CFKO201006167793609.pdf>.
- [20] Kim KH, Boo HW, Park TK. A Study on reduction of harmful compound in cigarette smoke. Journal of Korean Agricultural Chemical Society, 1978;Jun (21):131-6.
- [21] Seonggyungwan University. Study of analysis methods establishment on harmful constituents from sidestream smoke, 2013 [cited 2021 October 06]. Available from: <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRKO201400011896&dbt=TRKO&rn=&keyword=%EB%8B%B4%EB%B0%B0%20%EC%97%B0%EA%B8%B0%20%EC%9C%A0%ED%95%B4>
- [22] International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection Public 103, 2007 [cited 2021 September 23]. Available from: [https://karp.or.kr/index.php?page=view&pg=2&idx=2201&hCode=BOARD&bo\\_idx=5&sfl=&stx=&sf=&bo\\_rows=&year=0#none](https://karp.or.kr/index.php?page=view&pg=2&idx=2201&hCode=BOARD&bo_idx=5&sfl=&stx=&sf=&bo_rows=&year=0#none)

구분	성명	소속	직위
제1저자	이세령	가천대학교	학부생
제1저자	이상복	가천대학교대학원/선광T&S	박사 대학원생/기술책임자
공동저자	김정윤	가천대학교	학부생
공동저자	김지민	가천대학교	학부생
공동저자	방예진	가천대학교	학부생
공동저자	이두석	가천대학교	학부생
공동저자	조형준	가천대학교	학부생
교신저자	김성철	가천대학교	교수