

Analysis of Radon Reduction Effect Using Coffee Waste Mixture

Jae-Yong Je*, Gyeong-Min Kim, Yul-Min Kim, Hyun-Woo Lee, Ji-Woo Park

Department of Radiological Technology, Dong-Eui Institute of Technology

Received: October 13, 2021. Revised: November 26, 2021. Accepted: November 30, 2021

ABSTRACT

Coffee is a popular beverage not only in Korea but also around the world, and its consumption is on the rise. As coffee consumption increases, coffee waste are also increasing, and recycling is attempted in various fields. However, these recycling methods require complex recycling processes and specialized skills. However, in this study coffee waste, agar powder, and powdered glue were mixed in an appropriate ratio and used as a cement building finishing material. This recycling method has a simple manufacturing method and was shown to improve indoor air quality by delaying radon emitted from cement walls for 2.5 hours with one application and 3.9 hours with two applications. In addition, it was shown that after applying the coffee waste mixture, it was applied twice to close the cracks that occurred during the drying process, thereby prevent the coffee waste from falling off the wall for aesthetic perfection.

Keywords: coffee waste, recycling, radon

I. INTRODUCTION

라돈은 우리들의 생활환경에서 자연방사능 물질 중의 하나로 비활성 기체이다. 지구의 토양이나 화강암 등에 포함된 우라늄이 붕괴를 하면서 라돈이 방출되고 가스 형태로 인체에 유입되면 폐암을 발생시킬 수 있다. 세계보건기구(WHO)에서는 라돈을 통한 폐암 발생률이 약 3 ~ 14%를 차지하는 것으로 보고하였다^[1]. 라돈의 위험성에 따라 국내·외에서는 실내 라돈 농도 허용기준을 수립하여 실내 공기환경을 관리하고 있다. 우리나라 환경부는 2016년 실내 공기질 관리법을 통해 100세대 이상 신축 공동주택은 입주 전 실내 공기질을 측정하여 측정 결과를 공고 및 관련 행정기관에 제출하도록 하였다. 이 개정안에서 신규 오염물질로 라돈이 포함되었으며 실내라돈 농도 권고기준을 148 Bq/m³ 이하로 제시하였다. EU에서는 신축 주택의 경우 200 Bq/m³ 이하, 기존 주택은 400 Bq/m³ 이하, 국제 방사선 방어 위원회(ICRP, International Commission on

Radiological Protection)에서는 실내 라돈 농도를 주택은 500 Bq/m³ 이하, 업무시설은 1,000 Bq/m³ 이하로 권고하였다^[2]. 이 외에도 실내 라돈 관리 및 국민방사선 위해도 평가를 위해 국립환경과학원에서는 약 2년 주기로 전국 실내 라돈 조사를 수행하고 있다. 일반적으로 라돈은 토양 또는 암석에서 발생하며 건물의 바닥이나 벽의 균열된 틈 등을 통해 실내로 유입되고 건축물 시공 시 콘크리트, 벽돌, 석재 등 건축자재를 주로 사용하므로 공동주택 실내 라돈 관리를 위해서는 무엇보다 실내 라돈 발생을 억제시킬 건축벽면 마감 재료의 필요성이 요구되어진다.

커피는 전 세계적으로 가장 인기 있는 음료이며 세계 약 80 국가에서 재배되고 있다. 또한, 최근 국내에도 50 ~ 60여 곳의 커피 농장이 있는 것으로 추정되고 있다. 2018년 국내 커피 소비량은 1인 기준 연간 약 353잔으로, 2015년 커피 소비량인 291잔과 비교 시 약 21% 상승한 결과가 있다.

이는 세계 인구 1인당 연간 커피 소비량인 132잔

* Corresponding Author: Jae-Yong Je

E-mail: jyy04@dit.ac.kr

Tel: +82-51-860-3533

Address: 54, Yangji-ro, Busanjin-gu, Busan, Republic of Korea

보다 약 3배의 수준으로 분석되었다. 또한, 국내 커피 원두 소비량은 세계 6위의 규모인 약 15만 톤이며, 국내뿐만 아니라 세계적으로 커피의 인기와 꾸준한 커피전문점의 확장으로 커피 산업은 지속적으로 성장할 것으로 평가된다^[3,4]. 그러나 지속적인 커피 소비량이 증가한 만큼 커피 제조과정에서 발생하는 커피 찌꺼기(커피박) 또한 증가하고 있다. 커피 찌꺼기는 커피 제조과정에서 사용한 원두의 99.8%가 찌꺼기 형태의 고형물로 남게 되는데 이는 커피 찌꺼기로 불리며, 이는 음식물류 폐기물이 아닌 일반폐기물로 분류되어 대부분 생활폐기물로서 종량제봉투에 버려진다. 이렇게 버려진 커피 찌꺼기는 대부분 매립되고 있으며, 2014년에는 약 27만 톤이 이에 해당된다. 또한, 커피 찌꺼기 처리 시 발생하는 비용은 연간 약 7,642억원이 발생되며, 처리 과정 시 이산화탄소 발생 등 환경 문제가 발생하는 실정이다^[5]. 하지만 일반적인 커피 찌꺼기는 로스팅 작업을 통해 수분함량이 높으며 다공성의 표면으로 이루어져 있는 특징을 가지므로 본 연구에서는 버려지는 커피 찌꺼기 재활용 방안으로 커피 찌꺼기와 접착력을 가지는 혼합물을 배합하여 시멘트 벽돌에서 방출되는 라돈 저감효과를 분석하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

본 연구에서 커피전문점에서 수거한 커피 찌꺼기를 수거하여 자연건조방식으로 건조한 후 곡물분쇄기를 이용하여 분쇄하였다. 수거된 커피 찌꺼기를 건조하는 이유는 다량의 수분으로 인하여 건축벽면 마감 재료로 사용 시 바른 후 건조과정에서 균열을 줄이기 위해서이다. 커피 찌꺼기 혼합물을 시멘트 벽돌에 바르기 위한 재료로 만들기 위해 커피 찌꺼기, 한천분말, 가루풀, 물을 배합하였다. 혼합물 배합은 총중량 100%에 대한 한천분말 14.3%, 가루풀[전분변성체] 14.3%, 커피 찌꺼기 71.4%를 전자저울[HS200B, Hansung, Korea]로 계량하여 혼합한 후 물 1200 mL를 첨가하여 반죽형태로 제작하였다. 혼합된 반죽은 50×50×50 cm 크기의 육면체 PVC 라돈 측정함 내부에 쌓아올린 시멘트 벽돌면에 1 ~ 2 mm 두께로 균일하게 바른 후 1일 이상의 자연 건조과정을 거친 후 라돈을 측정하였다. 측정함 내부에 사용된 벽돌은 55×90×190 mm 크기

로 32개가 사용되었다. Fig. 1과 같다.

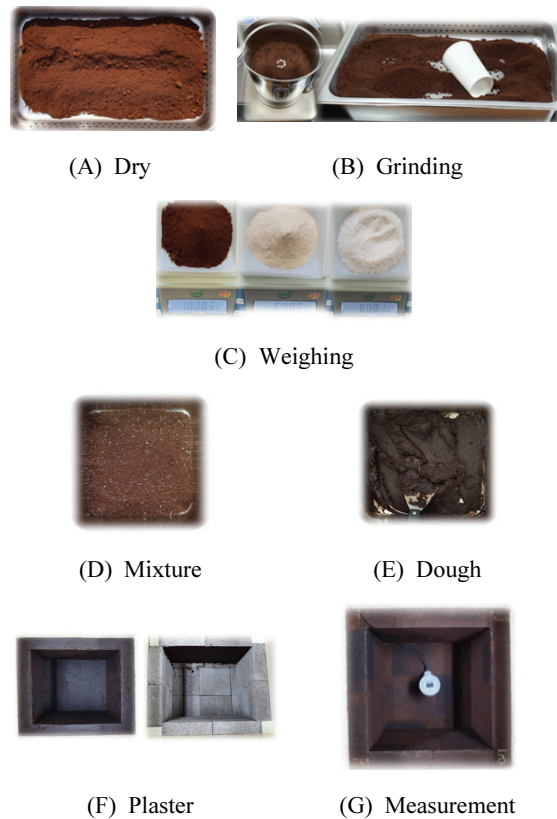


Fig. 1. Coffee Waste Mixture and Radon Measurement.

측정함 내부에서 라돈아이[RD200]를 이용하여 라돈량을 측정할 시간은 24시간이며, 이들 각 조건은 벽돌을 구입한 상태에서 측정, 재사용한 벽돌의 라돈 측정, 커피 찌꺼기 혼합물 1회 도포 측정, 커피 찌꺼기 2회 도포 측정으로 각 조건별 측정값에서 포화되어 비슷한 라돈 방출량을 나타내는 15시간까지의 라돈 방출량 특성을 비교 하였다.

III. RESULT

각 조건별 시멘트 벽돌에서 방출되는 라돈의 시간대별 농도를 측정한 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1의 a는 실외에 노출되어 판매하던 32개의 벽돌에서 방출된 라돈의 농도이고 b는 라돈측정함 내부에서 라돈 포화상태를 거친 32장의 벽돌에서 방출되는 라돈 방출량이다. c는 커피 찌꺼기 혼합물을 1회 바른 후 24시간 건조시켜 측정한 라돈

방출량이며, d는 커피 찌꺼기 혼합물을 2회 바른 후 측정된 라돈 방출량이다. 20시간 이상의 측정값에서 각 조건별 라돈 농도가 포화되기 전 비슷한 측정값을 나타내는 15시간까지의 측정 농도만을 비교 분석하였다.

Table 1. Result of Radon Measurement

Time [hr]	Radon [m^3/Bq]			
	a	b	c	d
1	15	546	549	406
2	36	617	549	357
3	19	959	568	367
4	29	1,067	615	430
5	708	1,005	687	472
6	959	1,069	974	593
7	1,048	1,083	1,031	823
8	1,036	1,088	1,153	997
9	1,148	1,158	1,158	1,067
10	1,167	1,296	1,100	1,195
11	1,156	1,364	1,210	1,188
12	1,174	1,302	1,178	1,287
13	1,290	1,390	1,340	1,238
14	1,329	1,475	1,347	1,287
15	1,430	1,559	1,287	1,265

본 실험에서 라돈 측정함 내부에서 라돈에 노출된 시멘트 벽돌들은 자연환기와 강제환기 방식으로 24시간 벽돌 내부에 포획된 라돈을 제거하려고 하였으나 실외에 노출되어 판매되는 처음의 벽돌 상태로 되돌릴 수는 없는 결과를 나타내어 400 ~ 500 m^3/Bq 정도는 잔류하는 것으로 나타났다. 또한 각 조건별 라돈 방출량 측정에서 측정함은 완전히 밀폐된 구조가 아니므로 라돈아이를 이용한 시간대별 라돈 방출량 Fig. 2, 3, 4에서 측정 시작 후 15시간 이후의 측정결과 값은 분석에서 제외 시켰다.

Fig. 6에서 각 조건별 라돈 방출량을 비교하기 위하여 15시간을 기준으로 최대 방출량의 50% 지점을 비교 하였다. 커피 찌꺼기 혼합물을 바르지 않은 상태에서 최대 방출량의 50% 지점에 이르는 시간은 측정 후 2.5시간이며, 1회 바른 후 측정에서는 5시간이며, 2회 바른 후 측정에서는 6.4시간이 소요되었다. 이러한 결과는 커피 찌꺼기가 시멘트 벽돌에서 방출되는 라돈을 포획하여 라돈 방출을 지연시킨 결과로 판단된다.

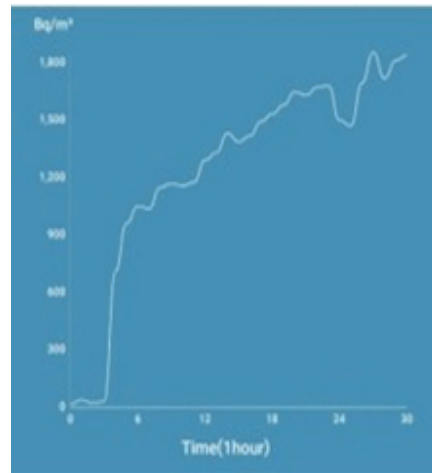


Fig. 2. Natural Cement Radon Measurement (a).

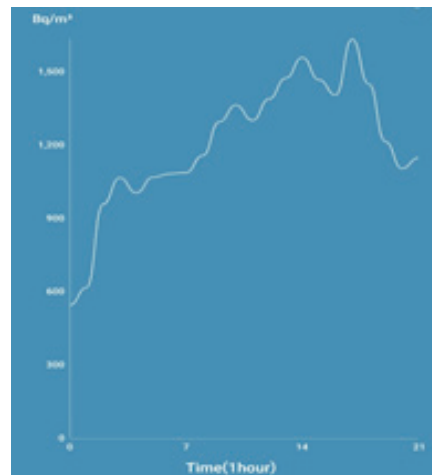


Fig. 3. Reuse of Cement Radon Measurement (b).

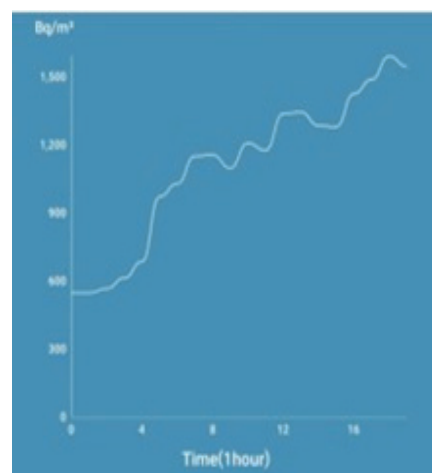


Fig. 4. Coffee Waste Mixture First Paste Radon Measurement (c).

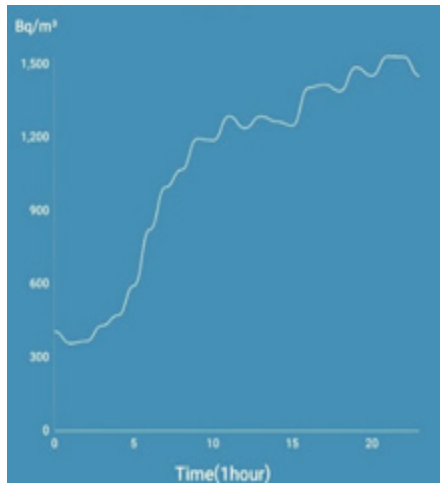


Fig. 5. Coffee Waste Mixture Second Paste Radon Measurement (d).

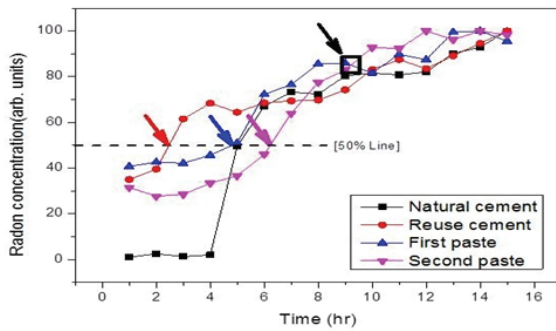


Fig. 6. Result of Radon Emission for Each Condition.

IV. DISCUSSION

커피는 전 세계적으로 가장 인기 있는 음료이며 세계 약 80 국가에서 재배되고 있다. 커피 한잔을 마실 경우 99.8%의 원두는 커피 찌꺼기로 버려지고 있다. 커피 찌꺼기는 마시는 커피를 가공 후 남은 잔류물을 의미하며, 다른 잔류물에 비해 훨씬 많은 양이 발생하게 된다. 평균 1 톤의 생두는 약 650 kg의 커피 찌꺼기를 생성한다. 따라서 매년 발생하는 상당한 양의 커피 찌꺼기를 처리하기 위한 방안을 모색하고 있다. 커피 찌꺼기에는 만노즈와 갈락토오스가 포함된 당류가 풍부하고 마찬가지로 상당량의 단백질을 지니고 있으며, 셀룰로오스와 리그닌 성분을 갖고 있어 다양한 분야에 적용이 가능한 잔류물이다^[6]. 본 연구에서는 실내에서 방출

되는 라돈 저감을 위하여 커피 찌꺼기 혼합물을 만들어 건축 벽면에 바를 수 있는 친환경 재료를 제작하여 버려지는 커피 찌꺼기를 재활용하고자 하였다. 연구결과에서 커피 찌꺼기는 기체상태의 라돈을 포획하여 지연시키고 실내 라돈의 농도를 낮출 수 있는 효과적인 재활용 재료임을 입증하였으며, 기존 황토벽 마감 재료와 같이 건조과정에서 발생하는 벽면의 균열을 매우기위하여 2회 바름으로서 미관적인 완성도와 벽면에서 커피 찌꺼기가 탈락되는 것을 방지할 수 있었다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 커피 찌꺼기를 재활용하여 라돈 저감용 건축재료로 활용하고자 하였다. 일상생활에서 버려지는 커피 찌꺼기는 퇴비, 바이오매스 에너지, 커피보드, 지점토 등으로 상품화 되고 있으나 이들의 재활용 방법은 복잡한 가공 과정을 거치게 되므로 무료 나눔과 일반쓰레기로 버려지는 것이 대부분이다. 그러나 본 연구에서의 커피 찌꺼기 재활용 방법은 커피혼합물을 만드는 과정이 단순하고 누구나 쉽게 물만 첨가하여 바를 수 있는 시멘트벽 마감 재료로서 활용되어 라돈방출 지연과 실내 공기질 향상에 기여할 것으로 판단되어진다.

Acknowledgement

본 연구는 동의과학대학교 사회맞춤형 산학협력 선도전문대학(LINC+) 육성사업에서 지원받아 수행한 연구입니다.

Reference

- [1] WHO, "Radon and Health", 2021.
- [2] <https://www.konetic.or.kr>.
- [3] Hundai Research Institute, "Changes and prospects of five trends in the coffee industry", No. 848, pp. 19-25, 2019.
- [4] G. U. Nam, M. S. Kim, J. W. Ahn, "Analyses for current research status for the coffee by-product and for status of coffee wastes in Seoul", Journal of Energy Engineering, Vol. 26, No. 4, pp. 14-22, 2017. <https://doi.org/10.5855/ENERGY.2017.26.4.014>

- [5] H. S. Hong, Y. L. Kim, M. J. Oh, Y. M. Lee, H. J. Lee, E. S. Cha, "Overview for coffee grounds recycling technology and future concerns", *Journal of Korea Society of Waste Management*, Vol. 35, No. 7, pp. 587-599, 2018.
<http://dx.doi.org/10.9786/kswm.2018.35.7.587>
- [6] S. I. Mussatto, L. M. Carneiro, J. P. A. Silva, I. C. Roberto, J. A. Teixeira, "A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds", *Carbohydrate Polymers*, Vol. 83, No. 2, pp. 368-374. 2011.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.07.063>

커피 찌꺼기 혼합물을 활용한 라돈 저감 효과 분석

제재용*, 김경민, 김울민, 이현우, 박지우

동의과학대학교 방사선과

요약

커피는 국내뿐만 아니라 전 세계인들에게 인기 있는 음료로서 그 소비는 점점 늘어나는 추세에 있다. 커피 소비 증가는 커피를 추출하고 발생하는 커피 찌꺼기 또한 증가하고 있으며, 다양한 분야로 재활용을 시도하고 있다. 그러나 이러한 재활용 방법들은 재활용 과정들이 복잡하고 전문적인 기술을 필요로 한다. 하지만 본 연구에서는 커피 찌꺼기, 한천분말, 가루풀을 적정 비율로 배합하여 시멘트 건축마감 재료로 활용하였다. 본 재활용 방법은 제조 방법이 간단하고 시멘트벽에서 방출되는 라돈을 1회 바름으로 2.5시간, 2회 바름으로 3.9시간을 지연시켜 실내 공기질을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 또한 커피 찌꺼기 혼합물을 바른 후 건조과정에서 발생하는 균열을 매우기 위하여 2회 바름으로서 미관적인 완성도와 벽면에서 커피 찌꺼기가 탈락되는 것을 방지할 수 있는 것으로 나타났다.

중심단어: 커피 찌꺼기, 재활용, 라돈

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자) (교신저자)	제재용	동의과학대학교 방사선과	교수
(공동저자)	김경민	동의과학대학교 방사선과	학생
	김울민	동의과학대학교 방사선과	학생
	이현우	동의과학대학교 방사선과	학생
	박지우	동의과학대학교 방사선과	학생