

실내 라돈의 오염량 감소에 관한 연구

— A study on the reduction of indoor radon contamination —

고려대학교 보건과학대학 방사선학과

김창균·최종학·강정호

— 국문초록 —

실내 라돈 오염량을 줄이기 위한 방법을 2005년 7월부터 2005년 12월까지 6개월간 연구한 결과 가장 쉽고 효과적인 방법은 방의 창문을 자주 열어 실내공기를 외부로 배출시키는 즉, 환기를 이용하는 것이라는 것을 알 수 있었다. 또 활성탄이 공기 중의 라돈에 대해서도 흡수가 가능하다는 사실이 증명되었기 때문에 창문을 열 수 없는 경우에는 실내에 활성탄을 비치함으로써 실내의 라돈 오염량을 상당히 감소시킬 수 있다는 결론을 얻었으나 방의 크기에 따라 비치해야 하는 활성탄의 양이 어느 정도가 가장 효과적인지는 앞으로 더욱 더 연구가 필요한 것으로 사료된다.

중심 단어: 라돈, 방사성오염, 방사성기체원소, 활성탄

I. 서 론

자연계에 존재하는 시조 핵으로서 4n계열인 thorium과 4n+2계열인 uranium-238, 그리고 4n+3계열인 uranium-235가 있는데 이들이 붕괴하여 가는 과정 중에 방사성기체원소(emanation)를 지난다. 즉, thorium은 thoron, uranium-238는 radon 그리고 uranium-235는 actinon 이 잠시 되었다가 또 다른 핵으로 변화되어 가는데 보통은 이들 3가지 모두를 라돈이라고 부른다. 그러나 주된 radon의 구성은 thoron(Tn)-220과 radon(Rn)-222로 되어 있고 actinon(An)-219는 극히 적은 부분을 차지하고 있다.

그러나 이들 모두가 기체로 존재하기 때문에 대기를

방사성오염(radioactive contamination) 상태로 만들게 된다.

라돈의 발생원은 약 80%가 토양이고 발생된 라돈이 대기 중으로 방출되는 것은 약 10% 정도로 알려져 있으며^{1,2)} 인체에 대한 방사선 피폭의 절반 이상(55%)이 호흡 중 라돈에 의한 방사선 피폭이라는 보고가 있다³⁾.

한편 건물은 토양에 존재하는 라돈을 유도해내는 굴뚝과 같은 역할을 하고 있기 때문에 건물 내의 라돈오염은 외부 공기보다 심각할 수밖에 없다. 또한 현대사회의 근로 형태가 대부분 실내에서 이루어지고^{4,5,6)} 있는 현실은 라돈에 의한 방사선 피폭을 증가시키는 중요한 요인으로 작용하고 있기 때문에 미국의 환경보호청(EPA과 외과학회(the surgeon general)에서는 3층 이하의 모든 건물에 대해서는 라돈검사를 정기적으로 받을 것을 권고 하고 있으며^{7,8)} 일반주택을 포함한 공공 사무실에서는 라돈에 대한 방어를 강조하고 있고⁹⁾ 2005년에는 겨울철인 1월 달을 “National Radon Action Month”로 선포하여¹⁰⁾ 일반 국민들로부터 하여금 라돈에 대한 이해와 함께 경각심을 일으키고 있다.

이 논문은 고려대학교 병설 보건대학 특별연구비에 의하여 수행되었음.

* 이 논문은 2006년 5월 20일 접수되어 2006년 6월 5일 채택 됨.

책임저자: 김창균, (136-703), 서울시 성북구 정릉동 산 1번지
고려대학교 보건과학대학
TEL: 02-940-2821, FAX: 02-917-9074
E-mail: kck@korhealth.ac.kr

이와 같은 이유로 저자는 우리 주위에서 쉽게 입수가 가능한 활성탄(숯)을 이용하여 실내 라돈의 제거능력과 그 가능성을 파악하게 위하여 본 연구를 시도하였다.

II. 재료 및 방법

실내 라돈의 측정기간은 2005년 7월부터 2005년 12월 까지 6개월이었고 측정 장소는 서울특별시 성북구에 위치한 공공건물의 2층에 있는 방으로서 이방의 크기는 가로 890 cm, 세로 680 cm 그리고 높이가 270 cm이었으며 개방가능한 창문의 크기는 가로 160 cm, 세로가 150 cm이고 이 방에는 책상과 몇 개의 의자만 비치되어 있었다.

실험기간 동안 이방에 사람의 존재와 출입을 금지하였다. 라돈의 측정은 크게 3종류의 조건에서 실시하였는데 첫째는 방의 창문을 완전히 닫은 상태이고, 둘째는 창문을 완전히 열어놓은 상태에서, 그리고 셋째는 방의 창문을 완전히 닫은 상태에서 활성탄을 놓은 상태 이었다.

그리고 라돈의 측정은 매 시간마다 연속하여 측정하였고 본 연구에 사용된 측정기는 (주)한일원자력(<http://www.hanilnuclear.co.kr>)에서 제작된 모델 SRM-200R 2대를 동시에 사용하였으며 사용된 활성탄은 시중에서 상품화되어 판매되는 참나무 숯으로서 7 kg씩 포장된 것을 총 42 kg까지 사용하였다.

III. 결 과

1) 각각 다른 조건에서 실내 라돈 오염 량을 측정한 결과는 Table 1과 같다.

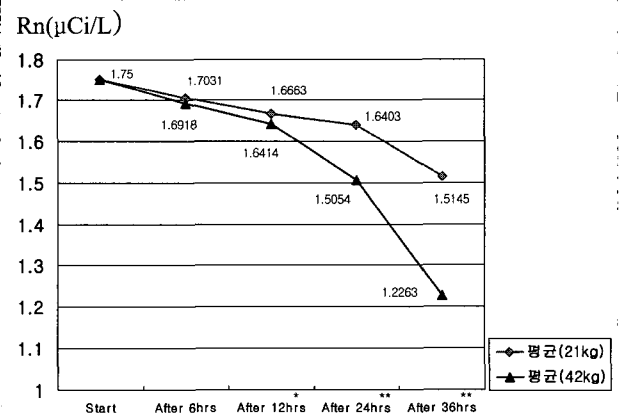
Table 1. Indoor radon concentration under different conditions unit: $\mu\text{Ci/L}$

Condition	No.	Mean	S.D.	Min.	Max.
Close the window without charcoal	147	1.75	0.22	1.28	2.53
Open the window without charcoal	160	0.66	0.07	0.48	0.83
Close the window with charcoal 42 kg	183	1.26	0.15	0.92	1.73
Close the window with charcoal 21 kg	139	1.52	0.13	1.15	2.04

ANOVA F = 1486.8 P < 0.001

- ① 창문을 완전히 닫은 상태에서 실내 라돈 오염량을 147번을 측정한 결과 최소 오염량은 $1.28 \mu\text{Ci/L}$ 이었고 최대 오염량은 $2.53 \mu\text{Ci/L}$ 으로서 평균은 $1.75 \pm 0.22 \mu\text{Ci/L}$ 이었다.
- ② 창문을 완전히 열어놓은 상태에서 실내 라돈 오염량을 160번 측정한 결과는 최소값이 $0.48 \mu\text{Ci/L}$, 그리고 최대값은 $0.83 \mu\text{Ci/L}$ 으로서 평균은 $0.66 \pm 0.07 \mu\text{Ci/L}$ 로 나타났다.
- ③ 창문을 완전히 닫고서 실내에 활성탄 42 kg을 놓고서 3일 후부터 실내라돈 오염량을 183번 측정한 결과는 최소값이 $0.92 \mu\text{Ci/L}$ 이었고 최대값은 $1.73 \mu\text{Ci/L}$ 로서 평균은 $1.26 \pm 0.15 \mu\text{Ci/L}$ 이었다.
- ④ 창문을 완전히 닫고서 활성탄 21 kg을 놓고서 3일 후부터 실내 라돈오염량을 139번 측정한 결과 최소값이 $1.15 \mu\text{Ci/L}$, 그리고 최대값은 $2.04 \mu\text{Ci/L}$ 로서 평균은 $1.52 \pm 0.13 \mu\text{Ci/L}$ 이었다

2) 창문을 완전히 닫고서 활성탄의 라돈 흡수 능력을 시간에 따라 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 즉, 활성탄 21 kg과 42 kg을 각각 놓았을 때 시간이 경과함에 따라서 흡수가 시작되어 다같이 36시간이 지나면 더 이상 흡수가 일어나지 않는 흡수의 포화상태가 되는 것으로 나타났다.



* P < 0.05, ** P < 0.01

Fig. 1. Indoor radon concentration by time passes

IV. 고 찰

인간이 살아가면서 누구나 받는 자연 방사선량은 그 사람이 사는 지역에 따라서 상이하지만 연간 평균을 보면 약 2.4 mSv인 것으로 알려져 있는데 이 중에서 호흡에 의

한 라돈 때문에 받는 피폭 선량이 약 1.3 mSv로서 전체 자연 방사선 피폭량의 절반 이상을 차지하고 있다^{11,12,13)}. 미국에서는 폐암을 일어 키는 두 번째 요인으로서 라돈을 지적하였고¹⁴⁾ 또 라돈 흡입으로 인한 폐암 사망자수가 연간 약 21,000명으로 음주 운전으로 인한 사망자수 17,400명 보다도 많은 것으로 나타났다¹⁵⁾. 그러므로 많은 나라에서 실내 라돈 오염량의 기준을 설정하여 관리하고 있다.

실내 라돈의 오염량은 방의 모든 문을 닫았을 때 가장 많이 나타나고 있는 것은 당연히 실내공기가 순환되지 못하고 있으므로 라돈오염 역시 외부로 확산, 희석되지 못하고 있다는 것을 증명하고 있으며 창문을 열어놓았을 때 실내 라돈 오염량이 가장 적은 것은 실내공기가 외부공기와의 순환이 되면서 라돈오염이 희석되고 있다는 것을 나타내고 있다.

그러므로 실내 라돈 오염량을 감소시키기 위한 가장 쉬운 방법은 창문을 열어서 실내공기를 외부로 배출시키는 것으로 확인되었다.

본 연구에 의하면 실내의 창문을 닫았을 때 비하여 창문을 열어둔 경우에 라돈의 실내 오염량은 약 64%까지 줄일 수 있었다. 그러나 현대식 건물의 대부분이 창문을 개폐할 수 없는 것이 대부분이기 때문에 이로 인한 실내공기의 순환이 원활하지 못한 경우에는 실내 라돈오염을 줄이기 위한 방법을 강구하여야 한다. 그래서 저자는 실내 라돈오염을 줄이기 위한 방법으로서 우리 주위에서 전통적으로 많이 사용되고 있는 활성탄(숯)의 흡수 능력을 이용하였는데 활성탄은 항균, 악취제거, 제습 등의 기능이 있어서 최근에 문제가 되고 있는 소위 '새집증후군'의 예방에도 사용되며¹⁶⁾ 제 1차 세계대전에서는 독가스를 제거하는데 에도 사용되었으며¹⁷⁾ 방사성기체인 라돈을 제거하는데 사용이 가능하다는 보고가 있다^{18,19,20)}. 본 연구에서도 방의 모든 창문을 닫아놓고 활성탄을 놓았을 때 활성탄의 양이 21 kg일 때에는 활성탄이 없을 때에 비하여 라돈 오염량을 약 14% 줄일 수 있었고 또 활성탄의 양을 42 kg 놓았을 때에는 약 31%를 감소시킬 수 있었다. 이와 같은 결과는 활성탄이 실내 라돈의 오염을 감소시키는 데 상당한 효과가 있음을 나타내고 있다. 또 실내에 놓는 활성탄의 양이 적을 때(21 kg)보다는 많을 때(42 kg)에 더 많은 효과를 나타냈으며 활성탄의 라돈 흡수는 약 36시간이 경과했을 때 흡수의 포화를 나타내고 있었다.

V. 결 론

실내 라돈 오염량을 줄이기 위한 방법을 2005년 7월부터 2005년 12월까지 6개월간 연구한 결과 가장 쉽고 효과적인 방법은 방의 창문을 자주 열어서 실내공기를 외부로 배출시키는 즉, 환기를 이용하는 것이라는 것을 알 수 있었다. 또 활성탄이 공기 중의 라돈에 대해서도 흡수가 가능하다는 사실이 증명되었기 때문에 창문을 열 수 없는 경우에는 실내에 활성탄을 비치함으로써 실내의 라돈 오염량을 상당히 감소시킬 수 있다는 결론을 얻었으나 방의 크기에 따라 비치해야 하는 활성탄의 양이 어느 정도가 가장 효과적인가는 앞으로 더욱더 연구가 필요한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. National Council on Radiation Protection and Measurements: Exposures from the uranium series with emphasis on radon and its daughters, NCRP Report No.77, 1984.
2. National Council on Radiation Protection and Measurements: Environmental radiation measurements, NCRP No.50, 1976.
3. National Council on Radiation Protection and Measurements: Ionizing radiation exposure of the population of the U.S., NCRP Report No. 93, 1987.
4. Spengler, J.D., Doctery, D.W.: Personal Exposure to Respirable Particulates and Sulfates, J. Air Pollut. Contrl Assoc. 31, 153-159, 1981.
5. National Research Council: Indoor Pollutants, National Academy of Sciences, Washington D.C., 1981.
6. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, United Nations, New York, 1988.
7. <http://www.epa.gov/radon/pubs/tenants.html>
8. <http://www.nsc.org/ehc/radon/rad-faqs.html>
9. ICRP Publication 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work, 1994.
10. http://www.epa.gov/iaq/radon/rnaction_month.html
11. <http://user.chollian.net/~djbd/rr-10.html>

12. <http://myhome.dreamx.net/chemit/Radi2.html>
13. UN 과학위원회 보고부록 2-7, 연도별원자력, 원자력 발전소 작업종사자 피폭관리.
14. <http://www.epa.gov/iaq/radon/healthrisks.html>
15. <http://www.epa.gov/radon/pubs/physic.html>
16. 건강지킴이, 조선일보, 2004년 6월 21일.
17. C.R.Hall and K.S.W.King : "protection—the black art?", Chemistry in Britain, 1988, 24, 670-674.
18. <http://www.uranokk.com/ac/youto.html>
19. <http://www.uranokk.com/ac/housha.html>
20. <http://www.oag.state.ny.us/environment/radon96.html# people-exposed>

• Abstract

A Study on the reduction of indoor radon contamination

Chang-Kyun Kim · Jong-Hak Choi · Jeong-Ho Kang

Department of Radiologic Science, College of Health Sciences, Korea University

The purpose of the present study is to find ways to reduce the quantity of indoor radon contamination. The study was done from July, 2005 until December, 2005.

It was found out that the easiest and most effective way to do that is to open the windows as often as possible and let the indoor air flow outside.

When it is not possible to ventilate a room, the indoor radon contamination quantity can be reduced by providing activated charcoal in the room. It has been proved that activated charcoal can absorb the radon in the air. We need more activated charcoal in proportion to the size of the room. A further research is needed to investigate the amount of activated charcoal that will work most effectively.

Key Words : activated charcoal, radioactive contamination, emanation