

지하철 종사자의 건강문제: 라돈

-조용한 발암물질



이종인

가톨릭대학교
서울성모병원
직업환경의학과 교수

폐암의 환경성 원인을 열거하자면 흡연부터 시작하여 실내외 대기오염, 디젤엔진 배출물질 등 여러 가지를 열거할 수 있겠으나 라돈을 빼 놓을 수 없다.

라돈은 암석과 토양 등에 존재하는 우라늄과 토륨이 붕괴하면서 생성되는 무색, 무취, 무미의 자연 방사성 물질인데, 반감기가 3.8일이며 8번의 붕괴를 거치면서 알파, 베타, 감마선을 방출한다. (토륨의 붕괴로 인한 라돈을 토론이라고 따로 일컬을 수 있으며 토론은 반감기가 훨씬 짧다.) 이러한 붕괴산물들은 먼지 등에 잘 흡착되며, 호흡을 통해 폐에 흡입된 후 붕괴하면서 방사선을 방출하여 폐암을 일으키게 된다.

때문에 여러 권위있는 산업보건 기구들은 라돈을 환경성 폐암의 주요 원인으로 지목하고 있는데, 세계보건기구(WHO)는 흡연 다음으로 폐암 발병의 주요 원인물질로 분류하고 있으며 미국에서는 연간 2만명이 넘는 사망이 라돈과 관련된 폐암에 의한 것으로 추산되고 있다.¹⁾

국내에서도 라돈과 관련한 이슈들이 여러 번 매스컴에 보도된 바 있다. 비교적 최근의 일이면서 큰 주목을 받았던 사건으로 라돈 침대 사건이 있고, 라돈을 사용한 건축자



재로 말미암아 신축 아파트에서 라돈이 기준치 이상으로 검출되는 일도 있었다. 몇몇 초등학교에서 높은 농도의 라돈이 검출되어 충격을 준 일도 있었는데, 강원도에 소재한 초등학교에서 매우 높은 검출치가 기록되는 일이 있었다. 이는 라돈의 방출이 지질적 특성에 기원하기 때문인데, 강원도의 화강암성 지질로 인한 것으로 추정된다. 라돈은 밀폐환경에서 축적되기 쉽기 때문에 라돈이 잘 생성되는 조건에서 환기가 불충분한 경우 노출량이 쉽게 높아지게 된다.

직업적 노출원으로는 탄광이 대표적으로 라돈에 노출되는 환경이었다. 국내 탄광은 강원도 지역에 산재하고 있었으며 거의 대부분이 지하갱이어서 환기가 매우 어려웠기 때문이다.

따라서 수 년간 탄광에 근무하였던 직력이 있는 사람에게 폐암이 발생한 경우, 호흡성 분진이 다량 발생하는 작업 자체의 특성과 함께 고농도의 라돈 노출이 동반되었을 것으로 추정하기에 업무관련성이 대부분 인정된다.

이처럼 지하 환경은 라돈 노출의 개연성이 높다고 추론하기 어렵지 않은데, 지하철도 예외가 될 수는 없다. 국내 언론 보도를 수집하여보면 라돈에 대한 관리의 시작은 1989년 당시 환경청이 지하철, 지하상가, 백화점 등 지하환경에 대한 환경 기준을 설정하면서 처음으로 라돈이 관리 항목($4 \text{ pCi/L} = 148 \text{ Bq/m}^3$)으로 지정된 것으로 파악된다. 그로부터 2년 뒤인 1991년, 경희대 김동술 교수와 한양대 김윤신 교수팀이 몇몇 지하철 역에서 $10.8 \sim 18.3 \text{ pCi/L}$ ($400 \sim 677 \text{ Bq/m}^3$)의 고농도 구역이 존재함을 발표하였다.²⁾

라돈은 밀폐환경에서
축적되기 쉽기
때문에 라돈이 잘
생성되는 조건에서
환기가 불충분한
경우 노출량이 쉽게
높아지게 된다.



참고로 라돈의 기중 농도는 주로 방사선 단위인 단위용량당 피코큐리 (pCi/L) 또는 베크렐 (Bq/m³)로 표기하며, 베크렐은 1초에 방사선 1개가 핵에서 1번 방출 되는 것을 표현한 단위이다. 현재에는 베크렐을 국제 표준단위(SI)로 사용한다. 1 pCi/L는 37 Bq/m³로 환산할 수 있다.

2000년대에 들어서 각 지역의 지하철 운영기관, 산업안전보건연구원 등에서 라돈 실태를 파악하는 연구들이 수시로 이루어져 왔다. 지하철 노동환경과 관련한 가장 최근의 종합적 연구인 2018년에 수행된 박동욱 교수 등의 연구³⁾에서, 지하철 역사에서 공기중 라돈의 평균치는 환경부 기준 148 Bq/m³를 초과하지 않았다. 그러나 일부 29개 사례에서는 기준을 초과하였는데, 그중 최고치는 167 Bq/m³로 기록되었다.

이러한 결과는 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection: ICRP)에서의 직업적 노출기준인 1,000 Bq/m³ 또는 미국산업안전보건청(Occupational Safety and Health Agency: OSHA)의 25 pCi/L, 그리고 우리나라 산업안전보건법 고시 600 Bq/m³ 에는 미치지 못하는 수치이다.

하지만 일반 승객의 출입구역이 아닌 지하철 근무자의 작업구역에서 라돈 농도는 이야기가 달라진다. 앞서 언급하였던 박동욱 교수 등의 연구보고서에서, 지하철 구역 중 가장 라돈 노출량이 많았던 곳은 집수정이었다. 집수정은 지하철 시설과 환경 정비를 위한 지하수를 저장하는 시설인데, 이곳에서 측정한 라돈 농도가 5,000 ~ 10,000 Bq/m³ 을 초과하는 경우도 보고되었다.

이는 최신 시설이라고 해도 예외가 아닌데, 수도권 지하철 노선 중 가장 최

지하철 구역 중
가장 라돈 노출량이
많았던 곳은
집수정이었다.
집수정은 지하철
시설과 환경 정비를
위한 지하수를
저장하는 시설인데,
이곳에서 측정한
라돈 농도가 5,000
~ 10,000 Bq/m³ 을
초과하는 경우도
보고되었다.

근인 2019년에 개통한 김포골드라인의 집수정에서 사흘간 측정한 라돈 농도는 7,065 Bq/m³ 로, 상기 연구와 유사한 결과값을 보였다.

따라서 적절한 환기 조치가 이루어지지 않은 지하철 구조물의 특정 장소에서는 작업자가 고농도의 라돈에 노출될 가능성이 존재한다. 집수정은 일반적인 작업구역은 아니기 때문에 이곳에서의 노출을 상시 노출로 생각하기는 어렵다. 하지만 집수정의 고농도 라돈이 본선 터널, 승강장, 역사 농도에 영향을 미칠 수 있는 것으로 보인다.⁴⁾ 근로복지공단에서도 이러한 가능성을 폭넓게 인정하여, 각각 33년, 24년간 근무한 서울과 부산지역 지하철 기관사의 폐암 발생을 라돈과 석면 노출로 인한 업무상 재해로 인정한 바 있다. 이와 더불어, 라돈과 같은 방사성 발암원은 암 발생에 확률적 영향으로 작용하기 때문에 역치의 개념이 없으며, 가능한 한 낮은 농도를 목표로 하여야 한다.

라돈은 다른 일반적인 오염원과 달리 자연 자체에서 존재하기 때문에 발생 그 자체를 차단할 수는 없다. 따라서 자연적으로 발생하는 라돈을 적절하게 밀폐환경 외부로 배출시킬 수 있어야 하며, 충분한 환기가 가장 중요한 대책이다. 체계적이고 주기적인 환기 대책을 작업장의 특성에 맞게 수립하여 라돈 농도를 저감하려는 노력이 필요하다. 이를 위해 우선 라돈의 발생 정도를 모니터링하는 것이 관리대책의 첫걸음이 된다. 그런데 라돈에 대한 환경적 관리수준을 수립한 지 30년이 넘도록 지하공간, 특히 지하철의 상시적인 모니터링 체계가 수립되지 않은 것은 문제이다.

다행히 많은 연구자들이 그간 지하철의 라돈 발생에 대한 연구를 지속하여 왔고, 관리 대책의 기초자료로 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 정기적으로 측정된 라돈의 농도를 사업장에서 일하는 노동자들과 공유하고, 이에 대한 관리방안을 투명하게 공개해야 할 것이다.

언론에서 이슈가 될 때마다 반짝 하고 마는 일회성 대책이 아닌, 체계적이고 상시적인 지하철의 라돈 관리체계가 마련되기를 바란다. 🍀

라돈은 다른 일반적인 오염원과 달리 자연 자체에서 존재하기 때문에 발생 그 자체를 차단할 수는 없다. 따라서 자연적으로 발생하는 라돈을 적절하게 밀폐환경 외부로 배출시킬 수 있어야 하며, 충분한 환기가 가장 중요한 대책이다.

주석

- 1) 1) American Lung Association, "Radon" <https://www.lung.org/clean-air/at-home/indoor-air-pollutants/radon>
- 2) 지하철역 라돈가스 '위험수위', 한겨레 1991.09.06.(8면)
- 3) 박동욱 등, 지하철 노동자 미세먼지, 라돈, 디젤연소배출물 노출위험평가 및 관리방안 마련 연구, 2018.10. 산업안전보건연구원 연구보고서.
- 4) 곽현석 등, 서울 일부 지하철 공기 중 라돈과 토론 발생 특성, 한국산업보건학회지, 제29권 제2호(2019)