

라돈 노출 지하철 노동자의 보건관리 가이드 개발

[집필자]

박정근 * 선임연구위원 / 산업안전보건연구원 직업환경연구실

박동욱 교수 / 한국방송통신대학교

실용화 요약

지하철 및 지하 작업공간에서 라돈에 노출되는 노동자의 보건관리를 위해 직무그룹에 따라 공학적, 관리적 및 개인보호 보건관리 대책수립을 중심으로 방안을 제시했다.

지하철 노동자의 보건관리를 위해 라돈 노출위험 수준에 따라 직무그룹별 대책수립 방안을 마련한다. 대책은 공학적 대책, 관리적 대책, 개인보호 대책 순으로 수립한다.

공학적 대책으로써 국소배기장치는 펌프장 공간(탱크)을 덮는 밀폐식 국소배기장치를 설치하여 외부로 배기해야 한다. 가능하면 캐노피 등 외부식 국소배기장치 설치하는 피하는 것이 좋다. 배기 덕트는 노동자가 노출되지 않은 공간으로 설치해야 하지만 만약 펌프장에서 공기 중 라돈 농도가 100 Bq/m³이하 수준이면 설치하지 않아도 될 것이다. 또한 외부에서 펌프장 내부 공간으로 신선한 공기를 공급하는 환기장치를 설치해야 한다.

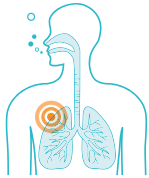
관리적 대책으로는 라돈 농도를 정기적으로 모니터링(작업환경측정) 하고 그 결과에 근거하여 직무그룹에 따라 관리적 조치를 취한다. 특수건강 검진을 실시하고, 안전보건교육을 실시한다.

마지막으로 펌프장 등에서 작업 중 라돈에 높게 노출되는 노동자에게 특급 방진마스크를 지급하여 착용하도록 한다. 개인 보호구의 지급은 공학적 또는 관리적 대책 이외의 방법이 없을 때 이루어지는 최후의 대책이어야 한다.

* 연락처 : TEL 052-703-0882 / jkpark@kosha.or.kr

개요

1. 개요



지하철 노동자는 라돈에 노출되고 있으며, 오랫동안 노출될 경우 폐암 발생 위험이 있으므로 보건관리가 필요한 것으로 알려졌다.

라돈은 공기보다 무거워 건물의 낮은 층에서 더 높은 농도로 존재하기 때문에 지하철 노동자는 지하 펌프장(집수정), 역무실, 지하철 터널, 지하 공동구 등에서 라돈을 기체 상태 또는 먼지와 함께 흡입할 수 있다. 환기가 불량한 작업환경에서 오랫동안 노출될 경우 더 위험하다.

이에 정부는 지하철 및 지하 작업공간 종사 노동자의 건강을 보호하기 위한 정책을 다각적으로 추진하고 있다. 그러나 지하철 노동자를 위한 보건관리에 관한 가이드가 마련되어 있지 않아 문제가 제기되어 왔다.

산업안전보건연구원은 지난 2년 동안 지하철 노동자에게 영향을 미칠 수 있는 유해인자에 대한 노출평가 및 관리 방안에 대한 연구용역을 실시하였고, 그 결과 '라돈 노출 지하철 노동자의 직무별 보건관리 가이드(안)'를 마련했다.

기존 연구에서 보고된 지하철 노동자의 보건관리 관련 자료는 실내공기질 관리 대상 유해인자(이산화황, 이산화질소, 석면 등) 실태 조사 또는 안전보건 관리에 관한 자료가 주를 이루며, 라돈의 노출실태 및 평가에 관한 일부 자료도 있었다. 그러나 지하철 노동자의 직무에 따라 라돈의 노출위험 수준을 분류한 후 공학적 및 관리적 대책을 제시하는 자료는 없었다.

따라서 여기서는 지하철 및 지하 작업공간에서 라돈에 노출되는 노동자의 보건관리를 위해 직무그룹에 따라 공학적, 관리적 및 개인보호 보건관리 대책수립을 중심으로 방안을 제시함으로써 연구결과를 산업현장에서 실용화할 수 있는 가이드로 활용되도록 하고자 하였다.



주요 관련 정보

1. 라돈의 특성 및 노출 실태

라돈(Radon, Rn)은 우라늄(Uranium, ^{238}U) 및 토륨(Thorium, ^{232}Th)의 방사성 붕괴 과정에서 생성되는 라듐(Radium, ^{226}Ra)이 붕괴될 때 만들어지는 가스형태의 방사선이다.

라돈은 색, 맛, 냄새가 없고 물이나 유기용제에 녹는 불활성 기체이다. 라돈은 붕괴되어 여러 동위원소들이 생기고, 최종적으로 납(Pb)이 된다. 자연에 존재하는 라돈은 거의 대부분 반감기가 길어 사실상 노동자 작업공간의 어디든 존재한다고 볼 수 있다.

라돈 붕괴 과정에서 발생하는 방사선(α)은 노출될 경우 폐 세포와 조직을 파괴하여 폐암을 유발시키는 주요 원인이 된다.

국제암연구소(IARC)는 라돈을 폐암에 대해 Group 1(인간발암), 백혈병 및 림프종에 대해 Group 2A(인간발암 가능)로 분류했고, 국제보건기구(WHO) 및 미국 환경청(EPA)은 흡연 다음으로 중요한 폐암의 원인이라 보고했다. 또한 라돈은 피부, 뇌, 신장, 혈액 등 다른 조직에도 암을 일으킬 수 있다. 따라서 지하철 및 지하 작업공간에서 일하는 승무원, 역무원, 기술직 노동자는 라돈에 노출될 가능성이 높기 때문에 이들의 작업환경에 대해 관심을 갖고 관리해야 할 것이다.

2019년 산업안전보건연구원의 국내 지하철 작업환경에 대한 조사에서 공기 중 라돈농도가 WHO 기준인 100 Bq/m^3 을 초과한 지하철역 및 작업장소가 다수 보고되었으며(그림 1), 일부 승무원의 경우 공기 중 라돈 농도가 600 Bq/m^3 이상으로 노출되는 시간대도 있는 것으로 나타났다(그림2).

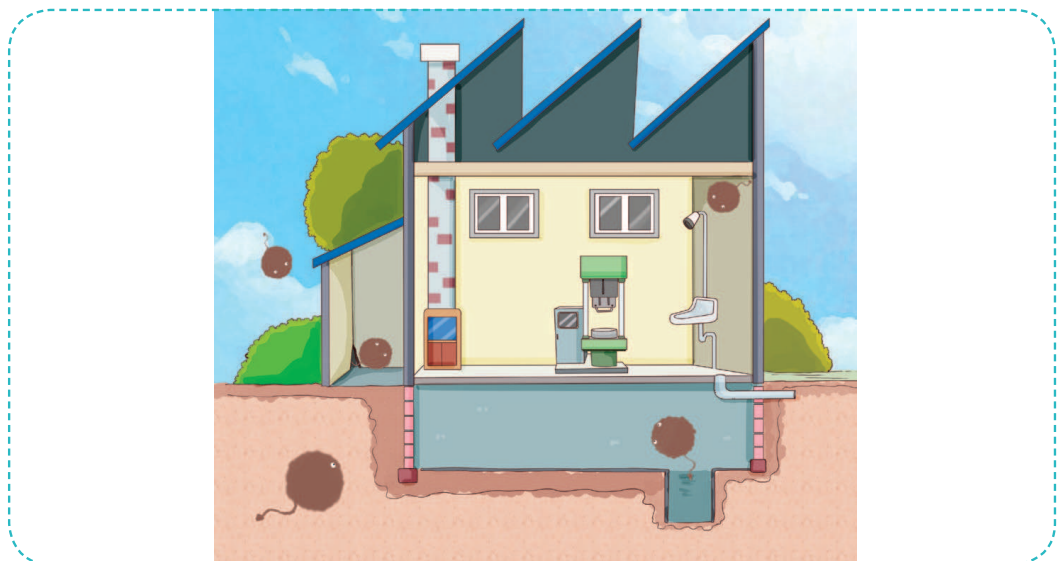


그림1 서울 일부 지하철역의 장소별 공기 중 라돈 노출농도

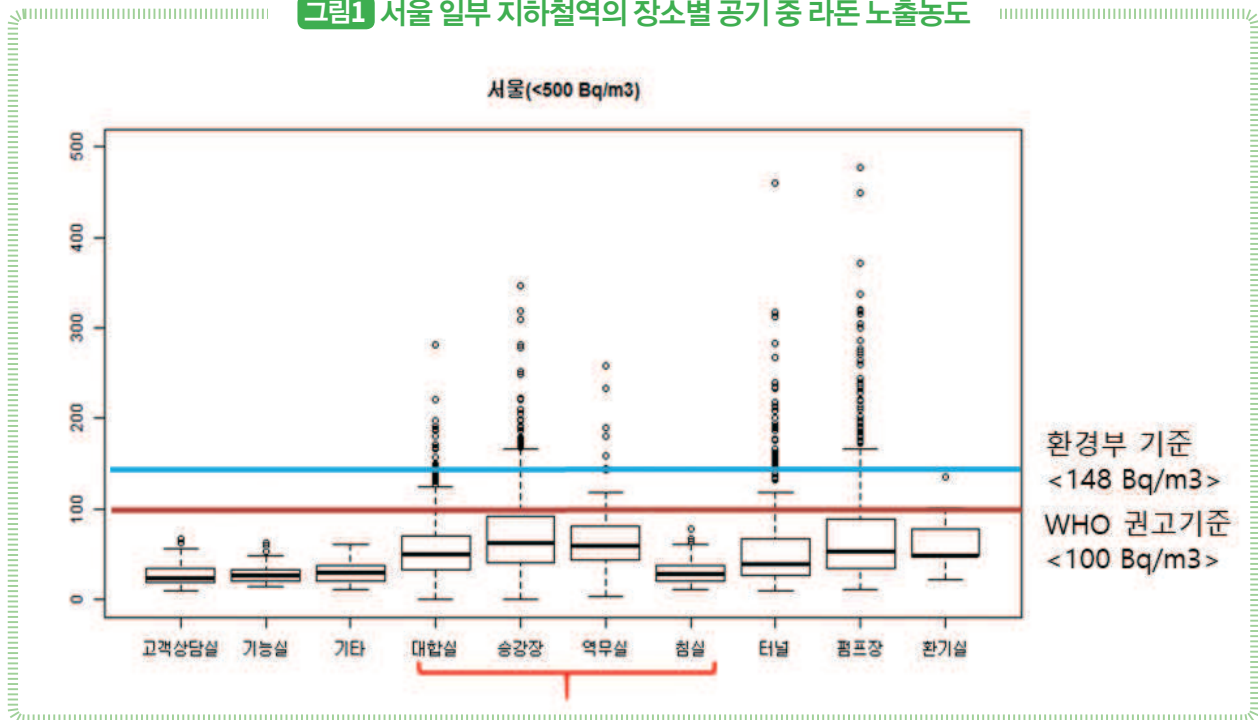
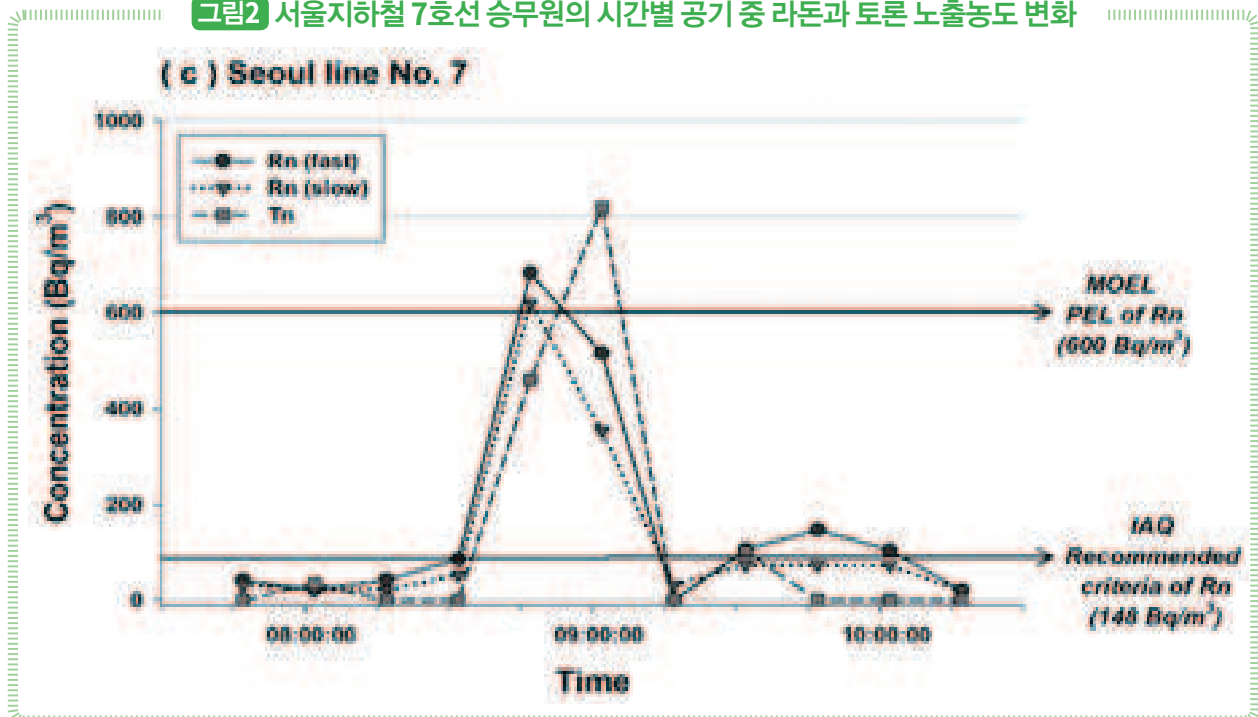


그림2 서울지하철 7호선 승무원의 시간별 공기 중 라돈과 토론 노출농도 변화



(MOEL PEL 600 Bq/m³는 고용노동부 작업장 기준임. IAQ recommended criteria 148 Bq/m³는 고용노동부 사무실 공기관리 기준 및 환경부 실내공기질 기준임)

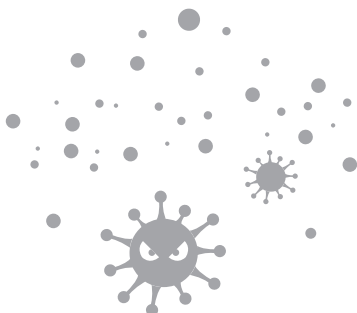
2. 산업안전보건법 관련 규정 및 지침

지하철 및 지하 작업공간에서 일하는 동안 라돈에 노출되는 노동자를 위한 보건관리는 산업안전보건법(이하 산안법이라 한다)에 따라 관리해야 한다. 산안법상 라돈 관리를 위한 규정과 지침을 요약하면 아래 [표 1]과 같다.



[표 1] 산업안전보건법 상 라돈관리를 위한 규정 및 지침 요약

규정 또는 명칭	근거	주요 내용	비고
사업주의 보건조치	산안법 제39조(보건조치) 제2항	사업주는 방사선 등에 의한 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다	산안법, 법률 제16272호, 2019.1.15. 전부개정 공포
화학물질 및 물리적 인자의 노출기준	산안법 제106조(유해인자의 노출기준 설정), 제125조(작업환경측정), 같은 법 제144조(유해인자 노출기준의 설정 등)	고시 제10조의2(라돈) 라돈의 노출기준(작업장 농도): 600 Bq/m ³	고용노동부고시 제2020-48호, 2020.1.14. 개정
사무실 공기관리 지침	산안법 제13조(기술 또는 작업환경에 관한 표준)	고시 제2조(오염물질 관리 기준) 라돈의 관리기준 (작업장 농도): 148 Bq/m ³	고용노동부고시 제2020-45호, 2020.1.15. 일부개정
라돈 노출 근로자의 암 예방 지침	산안법 제39조(보건조치), 같은 법 안전보건규칙 제7장(방사선에 의한 건강 장애의 예방)	작업장에서 라돈을 취급 하거나 노출되는 노동자의 암 발생을 예방하기 위한 기술적인 사항을 정한다	KOSHA Guide, H-127-2019, 2019.10.1. 개정



실용화 내용

1. 내용

연구를 통해 개발한 ‘라돈 노출 지하철 노동자의 직무별 보건관리 가이드’는 지하철 노동자의 직무그룹 선정, 유해인자 측정방법, 직무그룹별 위험수준과 대책 등에 대한 예시를 담고 있다. 이 가이드는 지하철 안전보건 관계자와 노동자가 직접 활용할 수 있도록 구성하였다.

지하 작업환경에서 라돈은 주로 펌프장(집수정) 정비 및 펌프장 물을 사용해서 지하철을 정비하는 동안 노출이 높을 것으로 예상되므로 지하 공기 중 라돈 측정은 펌프장, 역사 등에서 이뤄져야 한다.

라돈이 발생하는 펌프장은 수시로 공기 중 라돈 수준을 점검해야 하며, 노동자침실의 경우 대부분 지하에 위치하고 있으므로 이에 대한 평가도 필요하다. 작업환경 측정 결과에 따라 위치 변경이나 환기량 조절 등을 검토해야 한다.

[표 2] 지하철 및 지하 작업공간 공기 중 라돈 측정결과 기록 양식 예

측정 월/일/시간	지역 (역 이름) ¹⁾	직무 ²⁾	장소 ³⁾	시료 수	공기 중 라돈 수준, (Bq/m ³) ⁴⁾		비고 ⁵⁾
					평균	범위	

1) 지역: 역 이름

2) 직무: 역무, 승무, 기술 등 노출 가능성이 있는 직무

3) 장소: 펌프장, 승무칸, 역무실, 승강장 등 구체적으로 측정된 위치

4) 공기 중 라돈 수준: 농도의 평균 및 범위 기록

5) 비고: 특별사항 기록

[표 3] 지하철 노동자의 직무별 라돈노출 위험수준 및 대책 예

직무그룹	노출위험 수준	대책		
		공학적	관리적	개인보호
승무원	보통 이상	승무칸 환기장치 설치	- 작업환경 측정(1회/년 이상) - 폐암 등 주기적 건강검진 - 승무칸 환기 실시 - 안전보건교육 실시	1급 방진 마스크 지급
역무원	보통	역사 등 환기장치 설치	- 폐암 등 주기적 건강검진 - 역사 등 환기 실시 - 안전보건교육 실시	1급 방진 마스크 지급
기술직 (펌프장, 터널 정비)	높음	펌프장 국소배기, 환기 장치 설치	- 작업환경 측정(1회/년 이상) - 폐암 등 주기적 건강검진 - 펌프장 국소배기/환기 실시 - 안전보건교육 실시	특급 방진 마스크 지급

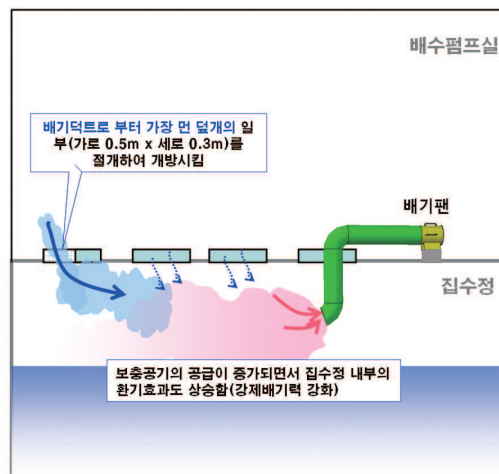
지하 작업 현장에서 파악된 라돈 노출위험 수준에 따라 직무별 대책이 다양하게 수립될 수 있는데, 노동자의 보건관리를 위한 대책수립 방안은 다음과 같다: 1) 라돈 노출수준 측정 및 분석 등 노출실태 파악; 2) 노동자 직무별 라돈 노출위험 수준 결정; 3) 직무 및 대책에 따라 라돈 노출위험 수준별 주요 조치계획 수립. [표 2]는 라돈 측정 및 기록을 위한 양식이며, [표 3]은 라돈 측정결과를 토대로 직무그룹별 및 대책별 라돈 노출을 줄일 수 있는 방안을 예시로 정리한 것이다. 사업주 또는 경영층은 노동자 대표의 의견을 반영하면서 경제적·기술적 조건을 포함한 대책의 우선순위를 결정하여 조치계획을 추진한다.

대책은 공학적 대책, 관리적 대책, 개인보호 대책 순으로 수립하는 것이 바람직하다. 공학적 대책으로써 국소배기장치는 펌프장 공간(탱크)을 덮는 밀폐식 국소배기장치를 설치하여 외부로 배기해야 한다[그림 3 및 그림 4]. 가능하면 캐노피 등 외부식 국소배기장치 설치는 피하는 것이 좋다. 배기 덕트는 노동자 및 시민들이 노출되지 않은 공간으로 설치해야 하지만 만약 펌프장에서 공기 중 라돈 농도가 100 Bq/m^3 이하로 측정되면 설치하지 않아도 될 것이다. 또한 외부에서 펌프장 공간으로 신선한 공기를 공급하는 환기장치를 설치해야 한다.

그림3 지하철 펌프장 밀폐식 국소배기장치 설치 예



그림4 지하철 펌프장 외부 공기 공급시설 설치 예



만약 펌프장 공간에 창 등 외부에서 공기가 유입될 수 있는 공간(구멍)이 있으면 공기공급 장치를 생략해도 된다. 국소배기장치와 외부 공기공급 장치는 24시간 가동해야 한다. 다만, 24시간 국소배기장치를 가동한다고 하더라도 불시 단전 또는 국소배기장치의 이상이 발생할 경우에는 농도가 높아질 수 있으므로 주기적인 점검이 필요하다.

일정 주기로 국소배기장치의 성능 등을 점검하고 그 결과를 기록해야 한다. 간편한 방법으로써 발연관(Smoke tester)을 이용하여 연기(공기)가 후드 안으로 유입되는지 수준을 점검하고 그 결과를 보관한다.

관리적 대책으로는 펌프장 주변, 역사, 승무칸 등을 대상으로 공기 중 라돈 농도를 정기적으로 모니터링(작업환경 측정) 하며, 모니터링 결과에 근거하여 노동자 직무에 따라 적절한 관리적 조치를 취하고 그 결과를 보관한다[표2 및 표3].

라돈 노출위험이 있는 노동자 그룹을 대상으로 적절한 특수건강 검진을 실시하고 그 결과를 보관한다. 라돈 노출을 억제하면서 노출로 인한 노동자의 건강위험을 예방하기 위해 정기적인 안전보건교육을 실시한다. 노동자 또는 시민들이 이용하는 주요 역사(환승역 등)에 실시간 라돈 측정망을 설치하고 관리한다.

마지막으로 펌프장 및 터널 정비 노동자 그룹(기술직)은 작업할 때 라돈에 높게 노출될 수 있으므로 특급 방진마스크를 지급하여 착용하도록 한다[표 3]. 개인 보호구의 지급은 공학적 또는 관리적 대책 이외의 방법이 없을 때 이루어지는 최후의 대책이어야 한다. 승무원과 역무원은 라돈의 노출 수준이 보통일 때 1급 방진마스크를 지급할 수 있지만 노출 수준이 높은 장소에서 작업할 경우 특급 방진마스크를 지급한다.



참고문헌

1. 고용노동부, 사무실 공기관리 지침, 고용노동부고시 제2020-45호, 2020
2. 고용노동부, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준, 고용노동부고시 제2020-48호, 2020
3. 서성철, 최은희, 김기연 등, 라돈 노출 근로자 건강장해 예방을 위한 정책 연구, 산업 안전보건연구원 연구보고서, 2019-연구원-1425, 2019
4. 박동욱, 최상준, 곽현성 등, 지하철 근로자 직무별 보건관리 가이드 마련 연구, 산업 안전보건연구원 연구보고서, 2019-연구원-1424, 2019
5. 박동욱, 최상준, 곽현성 등, 지하철 노동자 미세먼지, 라돈, 디젤연소배출물 노출평가 및 관리방안 마련 연구, 산업안전보건연구원 연구보고서, 2018-연구원-796, 2018
6. 안전보건공단, 라돈 노출 근로자의 암 예방지침, 안전보건공단, KOSHA Guide, H-127-2019, 2019