

**작업장
라돈관리
가이드**

contents

I	개요	01
II	용어의 정의	02
III	라돈 농도의 측정과 관리계획 수립	03
IV	라돈 농도수준에 따른 관리	04
	부록1 라돈의 측정 및 평가	06
	부록2 라돈 경고표지	11
	부록3 라돈 농도의 선량 환산	12
	부록4 생활주변방사선 안전관리법 주요내용	13

I | 개요

1 목적

본 가이드는 **라돈이 발생하는 작업장 내 근로자의 건강보호**를 위해 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

* 산업안전보건법 제41조의2(위험성평가)에 따라 사업주는 업무와 관련된 유해·위험요인을 찾아내어 위험성을 결정하고, 그 결과에 따라 조치를 하도록 규정하고 있습니다. 본 가이드는 라돈에 대한 위험성평가 방법과 그 결과에 따른 관리 방법을 제시하고 있습니다.

2 적용범위

본 가이드는 **라돈 노출이 우려되는 작업장**에 적용한다.

- ① 지하 작업공간(지하철 터널·지하 공동구·광산·터널 굴착장소 등)
- ② 라돈 발생 원료물질의 취급, 유통·가공 사업장
- ③ 우라늄 공장(관련 폐기물 취급 작업을 포함한다), 인산염 비료시설이나 인산염 광물 취급 공장
- ④ 인산석고를 포함한 건축자재 제조공장
- ⑤ 정유공장
- ⑥ 그 밖에 라돈 노출 가능성이 높은 장소

3 적용제외

- ① 본 가이드는 「**실내공기질관리법**」, 「**학교보건법**」 적용을 받는 공간에 대해서는 적용하지 아니한다.

「실내공기질관리법」 적용대상

- ▶ 다중이용시설(지하역사, 지하도상가, 철도역사의 대합실, 여객자동차터미널의 대합실, 항만시설 중 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 도서관, 박물관 및 미술관, 의료기관, 산후조리원, 노인요양복지시설, 어린이집, 대규모점포, 지하 장례식장, 실내 영화상영관, 학원, 옥내 전시시설, 인터넷컴퓨터게임시설 제공업의 영업시설, 실내주차장, 업무시설, 실내공연장, 실내체육시설, 목욕장업의 영업시설 등)
- ▶ 공동주택(아파트, 연립주택, 기숙사 등)

「학교보건법」 적용대상 1층 이하 교실

※ 「실내공기질관리법」, 「학교보건법」의 적용을 받는 장소는 해당 법령에서 정하는 기준에 따라 작업환경을 관리합니다.

- ② **라돈농도 측정 결과, 100 Bq/m³ 미만인 작업공간**에 대해서는 본 가이드의 ‘IV. 라돈 농도수준에 따른 관리’를 적용하지 아니한다.

Ⅱ 용어의 정의

1 라돈

토양, 암석 중에 자연적으로 존재하는 우라늄(^{238}U)등이 몇 번의 방사성 붕괴를 거듭하면서 생성된 방사성의 가스상 물질을 말한다.

2 라돈 농도분포도

작업공간 도면에 동일한 라돈 농도라고 판단되는 지역을 색상*을 달리하여 표시한 것을 말한다.

* 라돈 농도별 색상은 3 page 측정주기 표에서 등급별 색상을 참조하십시오.

3 라돈 농도단위

세제곱 미터 당 베크렐(Bq/m^3)*을 사용한다.

* 1초에 1개의 방사선을 발생하는 능력으로 600 베크렐(Bq/m^3)에서 연간 2,000시간 작업할 경우 방사선피폭량은 9.2 밀리시버트(mSv)에 해당됩니다.

4 시버트(Sv)

방사선에 인체가 받는 영향을 표시하는 단위를 말한다.

* 1 시버트(Sv) = 1,000 밀리시버트(mSv) = 1,000,000 마이크로시버트(μSv)

5 이외의 용어

이 가이드에서 사용하는 용어의 뜻은 이 가이드에 특별히 규정하지 않는 한 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 따른다.



Ⅲ

라돈 농도의 측정과 관리계획 수립

작업장 내 라돈 농도 측정

사업주는 다음 주기에 따라 라돈농도를 측정하여야 한다. 다만, 라돈농도에 현저한 변화가 있을 만한 상황이 발생한 경우에는 1개월 이내에 측정을 실시하여야 한다.

등급	라돈 농도	측정 주기
I (관심)	100 Bq/m ³ 초과	5년 주기
II (주의)	300 Bq/m ³ 초과	2년 주기
III (위험)	600 Bq/m ³ 초과	1년 주기

* 라돈 발생 물질을 직접 취급하는 사업장은 농도에 관계없이 1년 주기로 측정

* 100 Bq/m³ 이하인 경우에는 10년 주기로 측정을 실시합니다.

* 라돈 측정방법에 대해서는 [부록1]을 참조하십시오.



측정결과에 따른 관리계획 수립

사업주는 다음 내용이 포함된 라돈 관리계획을 수립하여 시행하여야 한다.

- ① 라돈 측정결과(측정일, 측정결과, 향후 측정일 등)
- ② 라돈 농도분포도
- ③ 농도수준별 관리계획(환기시간 및 방법, 작업시간 관리 및 고농도 지역 개선 계획, 피폭선량평가, 건강검진, 보호구, 경고표지, 안전보건교육 등)

* 라돈 관리계획은 산업안전보건위원회의 심의·의결을 거쳐 시행하십시오.

IV | 라돈 농도수준에 따른 관리

1. 기본원칙

1-1 가능한 낮은 수준의 라돈 관리

라돈 농도가 100 Bq/m³ 이하로 유지되도록 사업주는 기술적 또는 경제적으로 가능한 범위 내에서 작업장을 관리한다.

* 100 Bq/m³은 국제보건기구(WHO)에서 제시하는 국가 라돈관리 권고치입니다.

1-2 발생원 밀폐

라돈 발생 원료물질, 공정부산물 등 취급·보관 장소에는 밀폐장치 등을 설치하여 발생원을 차단한다.

* 라돈이 발생하는 지점이 한정되어 있고 면적이 작은 경우 해당 부위를 밀폐한다.

1-3 유입원 차단

라돈 주요 유입원(배수구, 바닥의 틈, 건물의 갈라진 틈 등)에 대하여 밀폐, 보강 등의 조치를 통해 라돈 유입을 막는다.

* 특히, 지하수는 지하공간 라돈농도에 큰 영향을 주므로 지하수가 공기 면에 접촉되지 못하도록 배수로에 덮개를 설치하십시오.

* 지하수가 정체되거나 넘치지 않도록 배수로에 압력차를 이용하여 액체를 아래로 이동시키는 관이나 수중펌프를 설치하여 집수정으로 유도 처리 후 환기설비를 통해 배출하는 방법도 고려하십시오.

1-4 환기

① (전체환기) 라돈 농도를 낮추기 위하여 공기유입 장치, 자연환기 등을 통해 외부의 신선한 공기를 내부로 유입 될 수 있도록 전체환기를 관리한다.

* 이 방법은 실내공기의 압력을 인위적으로 높여 외부의 토양이나 지하의 라돈가스가 실내로 유입되지 못하게 하는 효과가 있습니다.

* 실내 라돈농도가 높은 경우에는 공기유입과 배기를 동시에 실시하는 방법을 고려할 수 있습니다

② (국소환기) 고농도 라돈 발생장소, 원료물질 또는 공정부산물이 공기 중에 흩날릴 수 있는 장소 중 밀폐하기 곤란한 장소에 대해서는 국소배기장치 등을 설치하여 라돈 확산을 방지하고 공기 중 라돈 농도를 제어한다.

* 라돈 원료물질 취급 장소 등에는 국소배기장치를 설치함으로써 라돈 확산을 막을 수 있고 특히, 집수장이나 배수펌프 시설 등 좁은 공간에 설치하면 보다 효율적으로 라돈 농도를 제어할 수 있습니다.

1-5 흡연 등 금지

라돈이 발생하는 작업장 내에서는 흡연을 금지한다.

* 연구결과에 따르면 동일한 라돈 농도수준에서 흡연자와 비흡연자의 폐암 발생률은 흡연자가 8배정도 높은 수준입니다.

1-6 안전보건교육

근로자에게 라돈의 유해성 및 안전보건 조치사항 등을 교육한다.

2. 라돈 농도수준별 조치사항

2-1 100 Bq/m³ 초과

① 기본원칙 적용 위 '1. 기본원칙'을 적용한다.

② 경고표지 부착 경고표지를 부착한다.

* 경고표지의 규격, 색상, 내용은 [부록2]를 참조하십시오.

2-2 300 Bq/m³ 초과

① 전 단계 조치사항 적용 위 '2-1. 100 Bq/m³ 초과'시 조치사항을 적용한다.

② 호흡보호구 지급 방진마스크 착용을 원하는 근로자에게 특급이상의 방진마스크를 지급한다.

* 방진마스크 착용은 라돈 자핵종이 미세먼지에 부착되어 흡입되는 것을 예방할 수 있습니다.

③ 피폭선량 평가 라돈농도가 300 Bq/m³을 초과하는 공간에서 일하는 근로자를 대상으로

방사선 피폭선량을 평가한다.

* 어떠한 경우도 5년간 총 100mSv를 초과하지 않아야 하며, 1년간 최대 50 mSv를 초과하지 않아야 합니다.

* 피폭선량 평가 방법은 [부록3]을 참조하십시오.

④ 건강검진 실시 피폭선량 평가 결과, 10 mSv/y를 초과하는 근로자에 대해서는

건강검진을 실시하여야 한다.

* 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서는 의학적 감시를 위해 주기적인 폐기능 검사와 흉부 x-ray검사를 권고하고 있습니다.

2-3 600 Bq/m³ 초과

① 전 단계 조치사항 적용 위 '2-2. 300 Bq/m³ 초과'시 조치사항을 적용한다.

② 작업시간 단축 라돈 농도가 600 Bq/m³을 초과하는 장소에서 일하는 시간을 최대한 단축하여야 한다.

* 누적 피폭선량이 높은 직원에 대해서도 긴급상황을 제외하고는 작업을 제한하십시오.

③ 작업 기록 해당 작업공간에 들어가 일하는 근로자의 작업시간, 작업내용, 피폭선량 평가결과 등을 기록한다.

④ 호흡보호구 지급·착용 해당 작업공간에 들어가 일하는 근로자에게 특급이상의 방진마스크를 지급하고 착용토록 한다.

* 방진마스크 착용은 라돈 자핵종이 미세먼지에 부착되어 흡입되는 것을 예방할 수 있습니다.

부록 1

라돈의 측정 및 평가

1 측정자 자격

라돈의 측정 및 평가는 아래의 어느 하나에 해당하는 사람이 한다.

- ① 해당 사업장에 소속된 산업위생관리 산업기사 이상의 자격을 보유한 사람
- ② 「산업안전보건법」에 따른 작업환경측정기관
- ③ 「실내공기질관리법」에 따른 실내공기질 측정기관
- ④ 라돈 측정·평가에 관하여 학식과 경험이 풍부한 자로서 관련 분야 석·박사 학위 소지자

2 측정대상 장소

작업장 내 측정대상 장소는 다음과 같다.

- ① 작업장소(원료물질 취급, 보관, 발생장소 등) 및 작업장소로 가기위해 이동하는 경로*
*지하철의 경우 터널 내부의 시설물 중 배수펌프실, 비상방수문(제어반실), 환기실 등과 이동 경로인 터널이 해당합니다.
- ② 그 밖에 산업안전보건위원회에서 측정이 필요하다고 의결한 장소

3 예비조사

라돈 측정 시에는 다음과 같이 예비조사를 하도록 하여야 한다.

- ① 측정자는 라돈을 측정하기 전에 도면 등을 통해 작업장 내 측정대상 장소를 사전에 파악한다.
- ② 측정자는 측정대상 장소가 기류, 환기장치 등에 의해 측정값이 영향을 받을 수 있는지 여부를 사전에 파악한다.
- ③ 측정계획 수립 시 측정하려는 대상공간의 평상시 조건에서 측정이 이뤄질 수 있도록 측정계획을 수립한다.

4 측정방법

라돈의 측정은 다음의 단기측정 또는 장기측정 방법을 선택하여 실시한다.

단기측정

2~90일의 기간 동안 라돈농도를 측정하는 경우를 말한다. 단기측정방법으로 측정한 결과가 300 Bq/m³을 초과하는 경우에는 장기측정방법으로 추가 측정을 실시한다.

※ 라돈 발생 물질 취급 작업장은 2~7일 동안 측정

장기측정

짧게는 90일에서 길게는 1년간 측정하는 경우를 말한다.

5 측정방법 별 측정기기의 선택

라돈 측정방법에 따라 적절한 기기를 선택하여 실시한다.

단기측정 방법

‘총전막 전리함 측정기(E-Perm, Electret-Passive Environmental Radon Monitor)’ 또는 이와 동등한 측정기기*를 이용하여 측정한다.

*Activated Charcoal Adsorption, Charcoal Liquid Scintillation, Electret Ion Chamber, Continuous Radon Monitoring, Continuous Working Level Monitoring 등

장기측정 방법

‘알파비적검출기(ATD, Alpha Track Detector)’ 또는 이와 동등한 측정기기*로 측정한다.

* Digital Detector, Electret Ion Chamber 등

※ 예비조사 차원이나 라돈 유입원의 파악을 위해서는 능동형 장비(RAD7, AB5, Sarad Radon Scout, pro3 등)를 사용하여 라돈 농도를 측정할 수 있습니다.

6 시료채취수

작업장소별로 다음과 같이 시료를 채취한다.

시료채취수	중복 측정	공시료**
작업장소*별 2개 이상	전체 시료수의 10% (최소 1개 이상, 최대 50개 이내)	전체 시료수의 5% (최소 1개 이상, 최대 25개 이내)

* 작업장소 : 건축물 등의 구조 상 동일한 노출이 이루어진다고 판단되는 공간을 말한다. 예를 들어 지하철의 경우 배수 펌프실, 비상방수문(제어반실), 환기실 및 터널(이동경로)이 각 작업장소로 볼 수 있다.

** 공시료 : 측정기기의 제조, 운반, 저장 및 처리과정 중 오염 여부를 확인하기 위한 시료로서 측정 시료와 동일하게 미 개봉상태에서 측정되는 배경농도를 말한다.

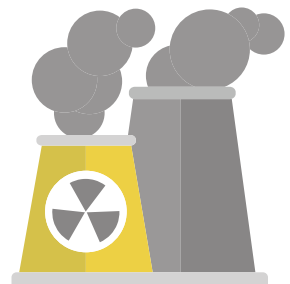
7 측정 시 유의사항

라돈 농도 측정 시에는 다음 사항에 유의하여 측정을 실시한다.

- ① 측정 시에는 습도, 온도, 환기조건 등을 기록한다.
- ② 측정기기의 위치는 바닥으로부터 1.2~1.5m 위치에 설치하고 실내의 대상물체로부터 10cm 이상 떨어진 곳에 설치한다.
- ③ 측정 장소에는 “측정 중”이라는 주의 표지를 부착한다.
- ④ 측정기기별로 권장하는 측정기간을 준수한다.

8 측정 결과의 기록 및 보존

측정결과는 별지 서식에 따라 기록하고 보존한다.



<별지>

【 라돈 측정 결과표 】

1. 사업장 개요

사업장명			
소재지			
전화번호		FAX번호	
사업장관리번호		대표자	
근로자수			

2. 측정일

- 측정일자 : 년 월 일 ~ 년 월 일(일간)
- 측정자(측정기관) :

3. 측정결과 요약

총 측정장소	개소		측정 시료수	개
라돈농도 범위	최저 Bq/m ³ ~ 최대 Bq/m ³			
노출수준별	라돈농도	장소 수	장소명	농도(Bq/m ³)
	100 Bq/m ³ 이하			
	(관심) 100 Bq/m ³ 초과 300 Bq/m ³ 이하			
	(주의) 300 Bq/m ³ 초과 600 Bq/m ³ 이하			
	(위험) 600 Bq/m ³ 초과			

* 각 작업장소별 측정한 2개 이상의 측정값 중 최고치를 기준으로 작성

※ 작업장소가 많은 경우 별지에 작성가능

4. 라돈 농도분포도

※ 건축물 도면에 측정위치와 농도별 색상으로 구분하여 표시

5. 측정결과

시료 번호	측정장소	측정일	측정일 환경조건		측정결과 (Bq/m ³) (최소값~최대값)	측정방법 및 기기	초과 여부
			온도 (°C)	습도 (%)			

☞ 측정방법은 단기측정 또는 장기측정으로 기재하고, 측정기기는 E-Perm, a-track 등으로 기재한다.

[작성예 : 장기측정(a-track)]

☞ 초과여부는 600 Bq/m³을 기준으로 한다.

☞ 측정결과는 기하평균, 범위(최소값~최대값)으로 나타낸다.

6. 기타 참고사항

측정장소	체적	환기방법
	m ³	
	m ³	
	m ³	
	m ³	
	m ³	
	m ³	

☞ 중앙전체환기 또는 개별 전체환기(ex. 환기팬) 또는 국소배기장치 또는 자연환기로 구분하여 기재

부록 2

라돈 경고표지



1. **규격** : 가로(21cm) × 세로(29.7cm) 동일 비율 이상으로 한다.
2. **색상** : 노랑색 바탕에 검정색 글씨로 한다.
3. **라돈 농도 표시** : 가장 최근에 측정한 라돈 농도 값과 측정일을 표시한다.

부록 3

라돈 농도의 선량 환산

- 공기 중 라돈 농도에 의한 연간 피폭선량 평가는 다음 식으로 산출한다.

$$\text{연간피폭선량 (mSv/yr)} = \frac{\text{농도(Bq/m}^3\text{)} \times \text{평형인자} \times \text{노출시간} \times \text{거주인자} \times \text{선량환산인자}}{1,000,000}$$

여기서,

평형인자

라돈과 라돈 딸핵종(먼지에 부착된 것)간의 비율

- ▶ 라돈 : 0.4 (광산의 경우, 0.2)
- ▶ 토론 : 0.04

노출시간

1년 동안 작업시간 (2,000 hr)

거주인자

실내 및 실외에서 머무는 비율(실내:0.8, 실외:0.2), 보통 1.0

선량환산인자

농도를 피폭선량으로 환산에 필요한 인자(ICRP 115에 근거한 원자력안전위원회 권고치)

- ▶ 라돈 : $20.4 \text{ mSv}/(\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3})$
- ▶ 토론 : $120 \text{ mSv}/(\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3})$

부록 4 생활주변방사선 안전관리법 주요내용

● 생활주변방사선 안전관리법(원자력안전위원회, '17.3.30.)

제14조(원료물질 또는 공정부산물의 취급·관리 시 준수사항)

- ① 취급자 및 제15조의 제조업자는 원료물질 또는 공정부산물을 취급·관리할 때에 관련 종사자의 건강 및 환경 보호를 위하여 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.
 1. 화재예방 및 침수 발생을 방지하기 위한 시설을 설치하거나 필요한 조치를 할 것
 2. 원료물질 또는 공정부산물이 공기 중에 흩날리는 것을 방지하기 위한 시설을 설치하거나 필요한 조치를 할 것
 3. 원료물질 또는 공정부산물을 취급하는 장소의 방사능 농도 또는 방사선량을 측정하고 관리할 것
 4. 원료물질 또는 공정부산물을 취급·관리하는 종사자가 연간 생활주변방사선에 피폭되는 양을 조사·분석할 것
 5. 원료물질 또는 공정부산물을 취급·관리하는 종사자에 대하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 건강진단을 실시할 것 ('19.7.16.)
- ② 취급자 및 제15조의 제조업자는 제1항제4호의 조사·분석 결과 종사자의 건강을 보호하고 작업환경을 개선하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 안전조치를 하여야 한다.

시행령 제6조(종사자에 대한 안전조치 등)

취급자와 법 제15조에 따른 가공제품을 제조 또는 수출입하는 자(이하 "제조업자"라 한다)는 법 제14조 제2항에 따라 원료물질 또는 공정부산물을 취급·관리하는 종사자의 피폭방사선량이 「원자력안전법 시행령」 제2조 제4호 및 별표 1에 따라 방사선작업종사자에게 적용되는 선량한도[이하 "선량한도"(線量限度)라 한다]를 초과하지 않도록 다음 각 호의 조치를 하여야 한다.

1. 작업장의 방사능 농도에 대한 연도별 측정 및 평가
2. 분기별 작업장의 방사선량률(방사선량의 시간적 변화율을 말한다) 측정 및 평가
3. 종사자의 연간 피폭방사선량 조사·분석
4. 종사자의 방사선 피폭 저감(低減)을 위한 장치 또는 기구 활용 등 조치
5. 종사자에 대한 원료물질 또는 공정부산물의 취급에 따른 피폭방사선량에 관한 정보 제공

※ 생활주변방사선 안전관리법 개정('19.7.16.)에 맞춰 시행령 개정 예정

고용노동부 및 안전보건공단의 허락없이 타기관에서
이 자료의 일부 또는 전부를 복사, 복제, 전제하는 것은 저작권법에 저촉됩니다.

펴낸이

고용노동부	산재예방보상정책국장	박영만
	산업보건과장	고동우
	사무관	고병곤
	주무관	최성필
	주무관	이현석
안전보건공단	사업기획본부장	김일수
	산업보건부장	홍순의
	산업보건부	이구용
	연구위원	정은교

작업장 라돈관리 가이드

2019-사업기획-90

발행일 : 2019년 3월 인쇄

발행인 : 한국산업안전보건공단 이사장 박두용

발행처 : 한국산업안전보건공단 사업기획본부

주 소 : 울산광역시 중구 종가로 400

< 비매품 >