

**작업장
라돈관리
가이드**

2019. 02

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 아래 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 있을만한 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 수증펌프를 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 유입될 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.

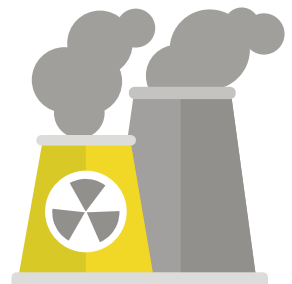
7 측정 시 유의사항

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) 100-300 Bq/m ³ 이하			
	(주의) 300-600 Bq/m ³ 이하			
	(위험) 600 Bq/m ³ 초과			

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

※ 작업장소가 많은 경우 별지에 작성가능

4. 라돈 농도분포도

※ 건축물 도면에 측정위치와 농도별 색상으로 구분하여 표시

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
- 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

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

작업장 라돈관리 가이드

2019-사업기획-90

발행일 : 2019년 2월 인쇄

발행인 : 한국산업안전보건공단 이사장 박두용

발행처 : 한국산업안전보건공단 사업기획본부

주 소 : 울산광역시 중구 중가로 400

< 비매품 >