

KOSHA GUIDE

H - 215 - 2021

작업장에서 라돈 보건관리에 관한 기술지침

2021. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실

- 제·개정 경과
 - 2021년 00월 산업보건일반분야 표준제정위원회 심의(제정)

- 관련규격 및 자료
 - 안전보건기술지침(KOSHA Guide) H-127-2019 「라돈 노출 근로자의 암 예방지침」
 - 「작업장 라돈관리 가이드」 (안전보건공단, 2015-사업기획-90, 2019. 2.)
 - 「라돈으로부터 안전한 작업환경 조성을 위한 가이드」 (안전보건공단, 2015-직업건강-428, 2015. 6.)
 - 「라돈의 직업적 노출실태 평가 방안 연구」 (안전보건공단 산업안전보건연구원 정은교 등, 2015. 11.)
 - ICRP Publication 126 「Radiological Protection against Radon Exposure」 (라돈 방사선피폭으로부터 방호 / 대한방사선방어학회 번역)

- 관련법규·규칙·고시 등
 - 산업안전보건법 제39조(보건조치), 제106조(유해인자의 노출기준 설정)
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편(보건기준) 제7장(방사선에 의한 건강장해의 예방)
 - 고용노동부고시 제2020-48호(화학물질 및 물리적 인자의 노출기준)

- 기술지침의 적용 및 문의
 - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2021년 12월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

작업장에서 라돈 보건관리에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법(이하 “법”이라 한다) 제39조(보건조치), 제106조(유해 인자의 노출기준 설정), 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제3편(보건기준) 제7장(방사선에 의한 건강장해의 예방) 및 고용노동부 고시 제2020-48호(화학물질 및 물리적 인자의 노출기준)의 규정에 의하여 작업장에서 라돈에 노출되는 근로자에 대한 노출수준별 안전관리 대책과 노출수준 저감을 위한 관리방안 마련을 위한 기술적인 사항을 정하는 것을 목적으로 한다.

2. 적용범위

(1) 이 지침은 라돈노출이 우려되는 다음 작업장에 적용한다.

(가) 지하 작업공간(지하철 터널, 지하 공동구, 광산, 터널 굴착장소 등)

(나) 라돈 발생 원료물질의 취급, 유통, 가공 사업장

(다) 우라늄 공장(관련 폐기물 취급 작업을 포함한다), 인산염 비료시설이나 인산염 광물 취급 공장

(라) 인산석고를 포함한 건축자재 제조공장

(마) 정유공장

(바) 그 밖에 라돈 노출 가능성이 높은 장소

(2) 이 지침은 「실내공기질관리법」 및 「학교보건법」 적용을 받는 공간에 대해서는 적용하지 아니하며, 해당 법령에서 정하는 기준에 따라 작업환경을 관리한다.

- (3) 라돈농도 측정 결과, 100 Bq/m³ 미만인 작업공간에 대해서는 본 지침의 “7.1 라돈 관리계획 수립 및 저감을 위한 조치” 및 “7.2 라돈 농도 수준별 조치사항”을 적용하지 아니한다.

3. 용어의 정의

- (1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.
- (가) “라돈”이란 지각을 구성하는 암석이나 토양 중에 천연적으로 존재하는 우라늄(²³⁸U)과 토륨(²³²Th)의 방사성 붕괴에 의해서 만들어진 라듐(²²⁶Ra)이 붕괴했을 때에 생성되는 방사성의 가스상 물질이다.
- (나) “딸핵종”이란 방사성 붕괴에 있어서 방사성 핵종이 붕괴해서 다른 핵종으로 변환한 핵종을 말한다.
- (나) “라돈 농도분포도”란 작업 공간 도면에 동일한 라돈 농도라고 판단되는 지역을 ‘측정주기표’의 등급별 색상에 따라 표시한 것을 말한다.
- (다) “라돈 농도단위”란 세제곱 미터당 라돈의 방사선 양을 말하며, Bq/m³ 으로 표기한다.
- (라) “베크렐(Bq)”이란 방사능 양의 국제단위(SI)로, 1 Bq은 1초 동안 하나의 방사성 붕괴가 일어나는 양이며, “퀴리(Ci)”란 방사능을 나타내는 단위로 1 Ci는 1g의 라듐(²²⁶Ra, t_{1/2}=1600년)이 1초 동안 붕괴할 때 나오는 방사선 양으로 3.7 X 10¹⁰개/초의 원자가 붕괴할 때 나오는 방사선 양과 같다. 따라서 1 Ci = 3.7x10¹⁰ Bq이다. 공기 중의 라돈 농도는 Bq/m³나 pCi/L로 표시하며, 1 pCi/L는 37 Bq/m³ 에 해당한다.
- (마) “시버트(Sv)”란 방사선이 살아있는 조직에 대한 영향이 방사선의 종류에 따라 다른 것을 참작하기 위하여 그레이(Gy)로 표시하는 방사선의 흡수선량에 방사선의 종류에 따른 가중계수를 곱한 방사선의 단위로 등가선량

이라고 하며, 1 Sv는 1,000 mSv와 같다.

인체 장기에 방사선이 균일 또는 불균일하게 조사된 경우, 조직별 상대적 위험도의 차이를 반영하여 전체적 영향을 평가하기 위한 단위는 유효선량이라고 하며, 등가선량에 조직가중치(Tissue Weighting Factor)를 곱하여 합한 값으로 표현한다. 유효선량의 수식은 아래와 같다.

$$E = \sum H_T W_T$$

여기서, E : 유효선량

H_T : 등가선량

W_T : 조직가중치

- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 관련 고시에서 정하는 바에 의한다.

4. 라돈의 물리화학적 특성, 건강 영향 및 노출기준

4.1 라돈의 물리화학적 특성

- (1) 라돈은 반감기가 3.8일의 희유가스 원소로 지하공간은 물론 우리의 생활 공간의 어디에도 존재하는 무색, 무미, 무취의 방사능을 띤 불활성 기체이다. 토양이나 암석 등 자연계 물질 중 함유된 우라늄(또는 토륨)이 연속으로 붕괴하면서 라듐이 되고 라듐이 다시 붕괴하며 생성된다.
- (2) 라돈과 그 동위원소들은 모두 α 붕괴를 하여 폴로늄(Po)이 되고, 최종적으로는 납(Pb) 동위원소가 되는데, 중간 생성물로 여러 방사성 동위원소들이 생긴다. 동위원소들은 반감기가 짧아 곧 바로 붕괴되기 때문에 반감기가 긴 ^{222}Rn 이 월등하게 높은 농도로 존재한다.
- (3) 원자번호 86번의 원소 라돈(radon, Rn)은 강한 방사선을 내는 비활성 기체 원소로, 자연에 존재하는 라돈은 거의 전적으로 질량수가 222인 ^{222}Rn 이며, 물리화학적 특성은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 라돈의 물리화학적 특성

항목	내용
화학식	Rn
원자량	222
상태	색, 냄새, 맛이 없는 방사성 기체
밀도	9.73 g/L(공기보다 약 8배 무겁다.)
녹는점	-71.15 °C(1기압)
끓는점	-61.85 °C(1기압)
용해도	물에 약간 녹고, 유기용매에는 보다 잘 녹는다.
반응성	화학 반응성은 거의 없으나, 산화력이 큰 원소들과의 화합물 몇 가지가 알려져 있다. 가장 잘 알려진 라돈 화합물은 플루오린화물(RnF)인데, 라돈과 플루오린(F ₂)이 반응하여 생성된 고체 형태의 물질로, 방사성 붕괴에 의해 노랑색 빛을 낸다.
주요 동위원소	²¹⁰ Rn(합성), ²¹¹ Rn(합성), ²¹⁹ Rn, ²²⁰ Rn, ²²³ Rn, ²²⁶ Rn

4.2 라돈의 발암성

- (1) 국제암연구기구(IARC)에서는 과거 광산에서 일하는 광부들을 대상으로 한 코호트연구에서 흡연자이든 비흡연자이든지 상관없이 모두에서 일관되고 뚜렷하게 폐암이 증가한다는 보고와, 동물실험연구 등에서도 암 발생이 증가한다는 것을 근거로 라돈을 폐암에 대하여 인간에게 명확한 발암물질(group I)로 분류하였고, 백혈병과 임파종에 대하여는 제한적 증거(limited evidence)가 있는 것으로(group 2A) 분류하였다.
- (2) 라돈의 직접적인 생물학적 역할은 없으나, 라돈 자체 혹은 이의 방사성 붕괴 생성물들이 내는 강한 방사선 때문에 인체에 매우 해로운 원소이다. 라돈은 자체에서 나오는 방사선 때문에 건강에 위험한 기체로, 미국환경보호청(EPA)은 라돈 흡입이 흡연 다음가는 주요 폐암 원인이라고 경고하고 있다.
- (3) 호흡을 통해 인체에 흡입된 라돈과 딸핵종(반감기 30분 미만)은 붕괴를 일으키면서 알파(α)선을 방출한다. 방출된 알파(α) 선은 폐세포와 조직을 파괴하고, 이것이 폐암을 유발하는 주요 원인이다.
- (4) 세계보건기구(WHO)는 라돈을 흡연 다음으로 폐암 발병원인으로 간주하며, 폐암의 3~14% 차지한다고 보고하고 있으며, 미국 환경보호청(EPA)은

미국에서 연간 폐암 사망자의 10% 이상인 약 20,000명 정도가 라돈에 의한 것이며, 폐암을 유발시키는 제2의 원인으로 지목하고 있다.

- (5) 미국 환경보호청(EPA)에서는 4 pCi/L의 라돈 농도를 규제기준으로 제시하고 있으며, 이 농도가 유지되는 실내공간에서 평생 동안 생활하면 흡연자인 경우 1,000명중 약 62명(6.2%)이 폐암의 위험이 있다고 하였다<표 2>.

<표 2> 흡연자인 경우 라돈에 의한 인체영향(폐암 발생률)

라돈농도	흡연자의 폐암 발생률(1,000명당)	비 흡연자의 폐암 발생률(1,000명당)
20 pCi/L	260명	36명
10 pCi/L	150명	18명
8 pCi/L	120명	15명
4 pCi/L	62명	7명
2 pCi/L	32명	4명
1.3 pCi/L	20명	2명
0.4 pCi/L	3명	-

※ 자료출처 : EPA Assessment of Risk from Radon in Homes(EPA 402-R-03-003)

4.3 라돈 노출기준

- (1) 실내공기질 관리법 및 학교보건법의 적용을 받는 공간에 대한 라돈농도 권고 기준을 148 Bq/m³이하로 정하고 있으며, 적용 대상은 다음과 같다.

(가) 「실내공기질관리법」 적용대상

- ① 다중이용시설(지하역사, 지하도상가, 철도역사의 대합실, 여객자동차 터미널의 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 도서관, 박물관 및 미술관, 의료기관, 산후조리원, 노인요양복지시설, 어린이집, 대규모점포, 지하장례식장, 실내 영화상영관, 학원, 옥내 전시시설, 인터넷컴퓨터게임시설 제공업의 영업시설, 실내주차장, 업무시설, 실내공연장, 실내체육시설, 목욕장의 영업시설 등)
- ② 공동주택(아파트, 연립주택, 기숙사 등)

- (나) 「학교보건법」 적용대상 : 기숙사(건축 후 3년이 지나지 않은 기숙사로 한정

한다), 1층 및 지하의 교사

- (5) 작업장에서의 라돈 노출기준은 고용노동부 고시 제2020-48호 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」 별표 4에서 600 Bq/m³로 설정하고 있다.

5. 라돈의 노출경로

- (1) 라돈은 분진에 붙어서 공기 중으로 이동할 수 있고, 사람의 일상생활 환경 즉, 공기, 물, 땅 등의 어느 곳이나 존재하는 물질이다. 밀폐된 공간 특히, 지하 작업 공간(광부 또는 빌딩의 지하 작업자 등)에서 일하는 사람들은 높은 농도의 라돈에 노출될 수 있다. 또 지하수와 우물물 등을 통해서 라돈에 노출될 수 있다.
- (2) 지각에서 생성된 라돈은 암석이나 토양의 틈새에 존재하다가 확산 또는 압력차에 의해 지표나 공기 중으로 방출된다. 라돈의 80~90%는 토양이나 지반의 암석에서 발생된 라돈 기체가 건물바닥이나 벽의 갈라진 틈을 통해 들어온다. 따라서 환기가 잘 되지 않는 사업장의 건물 실내나 지하 작업장에는 외부 대기에서보다 월등히 높은 농도로 라돈이 축적될 수 있다.
- (3) 통상적으로 라돈가스가 실내로 유입되는 경로는 다음과 같다.

① 건물 하부의 갈라진 틈	⑦ 몰타르 이음새
② 벽돌과 벽돌 사이	⑧ 접합이 느슨한 파이프의 사이
③ 벽돌내의 기공	⑨ 출입문의 틈새
④ 바닥과 벽의 이음새	⑩ 건축 자재
⑤ 건물에 직접 노출된 토양	⑪ 지하수의 이용
⑥ 우수 배관로	

- (4) 사업장에서 라돈노출이 높아질 수 있는 경우는 첫째, 사업장의 위치가 라돈 발생이 높은 지역에 있을 때이고 둘째는 지하광산이나 동굴 탐험 및 관 광업과 같이 작업장이 지하공간에 위치할 때이며, 셋째는 환기가 잘 안 되는 밀폐공간이나 사업장 건물 내에 위치할 때이다.
- (5) 국제방사선방호위원회(ICRP)는 자연 방사선원에 의한 방사능 노출 중 다음과 같은 특성의 사업장이나 근로자들에 대해서는 그것을 직업적 방사능

노출로 간주하도록 권고하였다.

(가) 광부

(나) 밀폐된 공간이나 지하 작업 공간에서 일하는 근로자

(다) 라돈이 높은 지역에 있는 작업장에서 일하는 근로자

(6) 광부, 지하철 종사자 등의 일부 특정 직업군과 지역 및 거주지 상태에 따라서 비교적 높은 농도의 라돈에 노출될 수 있다. 라돈 피폭이 높을 가능성이 있는 작업 활동은 다음과 같다.

(가) 인광을 이용하는 경우(인산염의 처리, 비료 제조)

(나) 광사의 채굴과 정련

(다) 광물의 이용(티탄 안료, 내화성의 토륨 혼합물의 제조, 시멘트 생산)

(라) 화석연료 추출(석유·가스의 추출에 사용되는 물에 방사능이 농축됨)

(마) 화석연료의 연소(화석연료를 이용한 발전소 등)

(바) 건재의 골재 등으로 이용(토탄 흙, 용광로의 슬러그, 플라이 에쉬)

(사) 폐기물의 이용(스크랩 메탈 산업)

(아) 굴착작업자

(자) 온천 근무나 지하수 처리를 하는 작업

(차) 천연가스나 원유채취 및 정유

6. 작업장 내 라돈 농도 측정

(1) 라돈의 측정 및 평가는 아래의 어느 하나에 해당하는 사람이 하여야 한다.

- ① 해당 사업장에 소속된 산업위생관리 산업기사 이상의 자격을 보유한 사람
- ② 산업안전보건법에 따른 작업환경측정기관
- ③ 실내공기질관리법에 따른 실내공기질 측정기관
- ④ 라돈 측정 및 평가에 관하여 학식과 경험이 풍부한 자로서, 관련 분야 석·박사 학위 소지자

(2) 작업장 내 라돈의 측정대상 장소는 아래와 같다.

- ① 작업장소(원료물질 취급, 보관, 발생장소 등)
- ② 작업장소로 가기위해 이동하는 경로(예 : 지하철의 경우 터널 내부의 시설물 중 배수펌프실, 비상방수문, 환기실 및 이동경로인 터널)
- ③ 그 밖에 산업안전보건위원회에서 측정이 필요하다고 의결한 장소

(3) 라돈 측정 시에는 다음과 같이 예비조사를 하여야 한다.

- ① 도면 등을 통한 작업장 내 측정대상 장소의 사전 파악
- ② 측정 대상 장소의 기류 또는 환기장치 등에 의한 측정값의 영향 여부 사전 파악
- ③ 측정하려는 대상공간의 평상시 조건에서 측정할 수 있는 측정계획 등 수립

(4) 라돈은 아래와 같이 단기측정 또는 장기측정 방법을 선택하여 실시한다.

- ① 2 ~ 90일의 기간(라돈 발생물질 취급 작업장은 2 ~ 7일 동안 측정) 동안 라돈농도를 측정하는 것을 단기측정이라 하며, 단기측정방법으로 측정한 결과가 300 Bq/m³을 초과하는 경우에는 장기측정방법으로 추가 측정을 실시한다. ‘충전막 전리함 측정기(E-Perm, Electric-Passive Environmental Radon Monitor)’ 또는 이와 동등한 측정기기를 이용하여 측정한다.
- ② 90일 ~ 1년간 라돈농도를 측정하는 것을 장기측정이라 한다. ‘알파비적 검출기(ATD, Alpha Track Detector)’ 또는 이와 동등한 측정기기를 이용하여 측정한다.
- (5) 라돈 측정시에는 작업장소별로 2개 이상의 시료를 채취하되, 전체 시료수의 10%에 대해서는 최소 1개 이상, 최대 50개 이내의 범위에서 중복 측정을 실시 하여야 한다. 또한, 측정기기의 제조, 운반, 저장 및 처리과정 중 오염 여부를 확인하기 위해 측정 시료와 동일한 장소에서 미개봉 상태의 측정기를 전체 시료수의 5%(최소 1개 이상, 최대 25개 이내)에 대해 공시료를 설치 하여 배경농도를 측정한다.
- (6) 측정시 유의사항
- ① 측정 시에는 습도, 온도, 환기조건 등을 기록한다.
- ② 측정기기의 위치는 바닥으로부터 1.2 ~ 1.5 m 위치에 설치하고 실내의 대상물체로부터 10 cm 이상 떨어진 곳에 설치한다.
- ③ 측정 장소에는 라돈농도 측정중임을 인지할 수 있는 주의 표지 등을 부착하고, 시료채취가 종료되기 전까지 임의로 측정기기 등을 조작하지 못하게 하는 등 정확한 시료가 채취될 수 있도록 하여야 한다.
- ④ 측정기기별로 권장하는 측정기간을 준수하여야 한다.
- (7) 측정 결과는 <별지 1> 서식에 따라 기록하고 보존한다.
- (8) 사업주는 작업장 내 라돈농도 측정결과에 따라 다음 <표 2>의 주기마다

라돈농도를 측정하여야 한다. 다만, 라돈농도에 현저한 변화가 있을만한 상황이 발생한 경우에는 1개월 이내에 측정을 실시하여야 한다. 다만, 라돈 발생 물질을 직접 취급하는 사업장은 라돈농도 측정결과와 관계없이 1년 주기로 측정하여야 하며, 100 Bq/m³ 이하인 경우에는 10년 주기로 측정을 실시할 수 있다.

<표 2> 라돈 농도별 측정주기

등 급	라돈 농도	측정 주기
-	100 Bq/m ³ 이하	10년 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

7. 라돈에 의한 건강장해 예방을 위한 조치

7.1 라돈 관리계획 수립 및 저감을 위한 조치

(1) 사업주는 다음 내용이 포함된 라돈 관리계획을 수립하여 시행하여야 한다. 산업 안전보건위원회가 설치된 사업장은 산업안전보건위원회의 심의·의결을 거쳐 시행한다.

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)

(2) 작업장에서는 라돈 농도를 100 Bq/m³ 이하로 유지될 수 있도록 기술적 또는

경제적으로 가능한 범위 내에서 관리하기 위해 다음과 같은 조치를 하여야 한다.

- ① 라돈 발생 원료물질, 공정부산물 등 취급 및 보관 장소에는 밀폐장치 등을 설치하여 발생원을 차단하여야 한다. 라돈이 발생하는 지점이 한정되어 있고 면적이 작은 경우 해당 부위를 밀폐한다.
- ② 라돈 주요 유입원(배수구, 바닥의 틈, 건물의 갈라진 틈 등)에 대하여 밀폐, 보강 등의 조치를 통해 라돈 유입을 막는다. 특히 지하수는 지하 공간 라돈농도에 큰 영향을 주므로 지하수가 공기면에 접촉되지 않도록 배수로에 덮개를 설치하고, 정체되거나 넘치지 않도록 한다.
- ③ 작업장의 라돈 농도를 낮추기 위하여 공기유입 장치, 자연환기 등을 통해 외부의 신선한 공기를 내부로 유입될 수 있도록 전체환기를 실시한다. 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.

7.2 라돈 농도 수준별 조치사항

(1) 100 Bq/m³ 초과시

- ① 100 Bq/m³ 이하로 유지하기 위한 저감조치를 실시한다.
- ② 경고표지를 부착한다.

(2) 300 Bq/m³ 초과시

- ① 100 Bq/m³ 초과시 실시하는 조치사항을 적용한다.
- ② 분진에 흡착되어 공기 중에 이동하는 라돈의 인체 흡입을 방지하기 위해, 호흡용 보호구 착용을 원하는 근로자에게 특급 방진마스크 이상의 호흡용 보호구를 지급하여 착용할 수 있게 한다.

- ③ 라돈농도가 300 Bq/m³을 초과하는 공간에서 일하는 근로자를 대상으로 방사선 피폭선량을 평가한다. 어떠한 경우에도 5년간 총 100 mSv를 초과하지 않아야 하며, 1년간 최대 50 mSv를 초과하지 않아야 한다.
- ④ 피폭선량 평가 결과 피폭선량이 연간 10 mSv를 초과하는 근로자에 대해서는 정기적인 폐기능 검사와 흉부 엑스레이 촬영을 포함한 건강 검진을 실시하여야 한다.

(3) 600 Bq/m³ 초과시

- ① 300 Bq/m³ 초과시 실시하는 조치사항을 적용한다.
- ② 해당 장소에서의 작업시간을 최대한 단축한다. 누적 피폭선량이 높은 직원에 대해서도 긴급상황을 제외하고는 작업을 제한한다.
- ③ 해당 장소에서 작업하는 근로자의 작업시간, 작업내용 및 피폭선량 평가 결과 등을 기록한다.
- ④ 해당 장소에서 작업하는 근로자에게 특급 방진마스크 이상의 호흡용 보호구를 지급하고 착용하도록 한다.

7.3 위생관리 및 유해성 등의 주지

- (1) 사업주는 근로자가 라돈 발생 원료물질, 공정부산물 등을 취급하는 작업을 하는 경우에는 세면·목욕·세탁 및 건조를 위한 시설을 설치하고 필요한 물품과 용구를 갖추어 두어야 한다.
- (2) 라돈이 발생하거나 근로자가 라돈을 흡입할 우려가 있는 작업장에서는 근로자가 담배를 피우거나 음식을 먹지 않도록 하고 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.
- (3) 근로자에게 라돈의 유해성 및 안전보건 조치사항 등을 교육한다.

KOSHA GUIDE

H - 215 - 2021

<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 ~	최고	Bq/m ³
노출수준별	라돈 농도	장소 수	장소명	농도(Bq/m ³)*
	100 Bq/m ³ 이하			
	100-300 Bq/m ³ 이하 (관심)			
	300-600 Bq/m ³ 이하 (주의)			
	600 Bq/m ³ 초과 (위험)			

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

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, α-track 등으로 기재한다. [작성 예 : 장기측정(α-track)]
- ☞ 초과여부는 600 Bq/m³을 기준으로 한다.
- ☞ 측정결과는 기하평균과 범위(최소값~최대값)으로 나타낸다.

6. 기타 참고사항

측정장소	체 적	환기방법
	m ³	
	m ³	
	m ³	
	m ³	
	m ³	
	m ³	

☞ 「중앙 전체환기 / 개별 전체환기(ex. 환기팬) / 국소배기장치 / 자연환기」로 구분하여 기재

<부록 1>

라돈 경고표지



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

<부록 2>

라돈 농도의 선량 환산

공기중의 라돈 농도에 의한 연간 피폭선량 평가는 다음 식으로 산출한다.

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

여기서,

- 평형인자 : 라돈과 라돈 딸핵종(먼지에 부착된 것) 간의 비율
 - 라돈* : 0.4 (광산의 경우, 0.2)
 - 토론* : 0.04
- * 토륨이 붕괴되어 나오는 라돈의 동위원소(²²⁰Rn)
- 노출시간 : 1년 동안 작업시간 (2000 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 : 20.4×10^{-6} mSv / (Bq · h · m³)
 - 토론 : 120×10^{-6} mSv / (Bq · h · m³)