

실내 공기 중 라돈 연속측정방법

2023

(Determination of indoor radon by continuous radon monitor)

1.0 개요

1.1 목적

1.1.1 이 시험기준은 실내 공기 중의 라돈-222 (Rn-222, 이하 라돈) 농도를 설정된 시간 간격으로 연속하여 측정하는 방법을 규정한다.

1.1.2 측정기간 동안 실내 공기 중 라돈을 농도 변동치를 확인할 수 있는 연속라돈측정기를 이용하여 실내 공기 중의 라돈 방사능 농도 (이하 라돈 농도)를 연속 측정하는 방법이다.

1.2 적용범위

이 시험기준은 실내 공기 중 라돈 농도를 단기간 또는 장기간 측정하기 위한 방법으로 사용하며, 단기측정은 2 일 이상 90 일 미만, 장기측정은 90 일 이상 측정한다.

2.0 용어정의

2.1 라돈-222 (Rn-222)

2.1.1 라듐-226(Ra-226)이 방사성 붕괴할 때 생성되는 불활성 원소로서 3.823 일의 반감기를 갖는 무색, 무취의 방사성 기체다.

2.1.2 흙이나 암석 등 자연계에서 생성되는 천연 라돈은 3개의 동위원소(Rn-222, 220, 219)가 있으며 천연 방사능 붕괴계열이 함유된 우라늄-238(U-238), 토륨-232(Th-232),

우라늄-235(U-235) 방사성 붕괴 계열에서 각각 생긴 것들이다.

2.1.3 이 시험기준에서 라돈은 우라늄-238 (U-238)이 연속 붕괴하며 생성된 라돈-222 (Rn-222)를 의미한다.

2.2 라돈 붕괴 생성물 (radon decay product)

라돈붕괴생성물은 라돈이 붕괴되면서 차례로 생성되는 방사성 생성물로 폴로늄-218(Po-218), 비스무스-214(Bi-214), 폴로늄-214(Po-214), 납-210(Pb-210) 등이 있으며, 붕괴 시 알파, 베타 또는 감마선을 방출한다.

2.3 방사능 (activity)

주어진 물질 내에서 단위시간 동안 일어나는 원자핵 붕괴의 수. 방사능은 대상 원소의 원자 수와 아래의 식으로 관계되어 있다.

$$A = \lambda N = \frac{\ln 2}{T} N \quad (\text{식 1})$$

여기서, A : 방사능 (Bq)

λ : 붕괴상수 (s^{-1}), $\lambda = \ln 2 / T \approx 0.693 / T$

N : 관련 원소의 원자 수

T : 관련 방사성 원소의 반감기 (s)

2.4 방사능 농도 (activity concentration)

단위 부피에 포함된 해당 원소의 방사능으로 Bq/m³의 단위를 사용한다.

2.5 베크렐 (Bq, becquerel)

방사성 원자핵이 방사선을 방출하며 붕괴하는 비율을 나타내는 단위로 1 초 동안에 물질 중 하나의 방사성 핵종이 붕괴되어 다른 핵종으로 바뀔 때 1 Bq이라고 한다.

※ 퀴리 (Ci) : 과거에 사용하던 방사능 단위, 1 pCi/L = 37 Bq/m³

2.6 알파입자(alpha particle)

2.6.1 우라늄이나 라듐과 같은 방사성 물질이 알파 붕괴하는 과정에서 방출된다. 원자핵은 알파붕괴 과정에서 양성자 2 개와 중성자 2 개를 방출하고 다른 원자핵으로 변하는데, 이때 방출된 입자가 알파입자이다.

2.6.2 알파입자는 전하와 무거운 질량으로 인해 쉽게 물질에 흡수되어, 공기 중 이동 거리는 짧으나, 체내에 유입되면 강하게 이온화되어 다른 방사선에 비해 피해가 클 수 있다.

2.7 연속라돈측정기 (CRM, continuous radon monitors)

측정기간 동안에 라돈 농도 변동치를 모니터링 할 수 있는 기기로 일부 장치에서는 전원이 필요하다. 측정원리는 섬광셀, 이온화상자, 실리콘검출기 방식으로 구분된다.

3.0 분석기기 및 기구

연속라돈측정기에는 주로 다음의 세 가지 검출 방식이 이용된다.

3.1 섬광셀 (scintillation cell)

섬광셀 방식은 여과지를 거친 후, 동력펌프를 통해 셀 내로 유입된 라돈과 셀 내부에서 생성된 라돈붕괴생성물에서 방출되는 α 입자에 ZnS (Ag)가 반응하여 나온 섬광을 광증배관으로 증폭하여 계수한다.

3.2 이온화상자 (ionization chamber)

이온화상자 방식은 여과지를 거친 후, 동력펌프를 통해 이온화상자 내로 유입된 라돈과 이온화상자 내부에서 생성된 라돈 붕괴 생성물에서 방출되는 α -입자가 고 전기장에서 만든 이온화의 전기적 신호를 계수한다.

3.3 실리콘검출기 (silicon detector)

실리콘검출기 방식은 여과지를 거친 후, 동력펌프를 통해 측정용기로 유입된 공기 중 라돈 및 라돈붕괴생성물이 붕괴할 때 방출하는 알파입자를 실리콘 반도체 검출기를 이용하여 계수한다.

4.0 “내용 없음”

5.0 시료 채취 및 관리

5.1 측정 절차

5.1.1 실내 라돈 측정은 ES 02130.g의 실내공기 오염물질 시료 채취 방법 중 2.1.3, 2.2.3 시료채취조건에 따라 실시하며, 측정 전 제조사의 지침에 따라 측정기를 안정화시킨다.

5.1.2 측정기간 동안 일상적이지 않은 매우 강한 바람이나 폭풍 등이 발생하거나, 측정 지점에 급격한 환경변화가 예상되는 경우 실내 라돈 측정을 수행해서는 안 된다.

5.1.3 라돈측정 시 ES 02130.g의 2.2.2 시료채취 (측정)위치를 준수하여야 토론 (^{220}Rn)에 의한 영향을 최소화할 수 있다.

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 측정기기 정도검사

연속라돈측정기의 정확도 관리를 위해 사용자는 “환경분야 시험·검사 등에 관한 법률”의 일정 주기에 따라 검사기관에 정도검사를 받고 정도검사 점검표와 정도검사 기록부를 보유하여야 한다.

6.2 바탕 농도 관리

6.2.1 연속라돈측정기의 바탕 농도를 확인하기 위하여 라돈이 포함되지 않은 질소 또는 포함된 라돈이 충분히 붕괴할 수 있는 기간이 지난 공기를 이용하여 측정 및 관리하

여야 한다.

6.2.2 기기의 바탕 농도 측정은 측정 전에 반드시 이루어져야 하여 배경 농도가 관리 이력의 범위를 현격히 벗어나게 높은 경우에는 점검 및 수리를 통하여 개선 후 측정에 사용한다.

7.0 “내용 없음”

8.0 결과 보고

연속라돈측정기를 이용하여 라돈 방사능 농도를 측정하였을 경우 결과 보고에는 다음과 같은 내용이 포함되어야 한다.

8.1 공통사항

8.1.1 기기 사양

기기의 제조사, 모델명, 제조일, 고유 (일련)번호 등이 있어야 하며 기기 점검 및 교정에 대한 사항이 기록되어야 한다.

8.1.2 측정 장소 및 조건

측정 날짜 및 시간, 측정 기간, 측정 장소가 포함된 건물의 형태, 측정지점 (도면상에 표시), 제반 환경 (온도, 습도, 밀폐 여부, 환기장치, 가습기 가동 여부, 흡연 등)이 포함되어야 한다.

8.2 신축공동주택

8.2.1 밀폐조건 유지가 확인된 세대에서 측정된 실내 라돈 평균 농도와 측정기기에서 출력된 1 시간 평균 라돈 농도(시계열 데이터)를 보고하여야 한다. 밀폐조건 유지 확인은 측정기간 동안 기록된 1 시간 평균 라돈 농도의 원자료(시계열 데이터)를 검토하여 측정값의 급격한 감소 등 특이사항이 있는 경우, 밀폐조건 변화가 있는 것으로

판단하여 이때 측정된 실내 라돈 평균 농도는 사용할 수 없다.

8.2.2 환기설비가 설치된 세대는 환기장치를 가동한 후 24 시간 측정한 라돈측정 평균 농도 및 관리기준 도달 시까지 소요되는 시간을 추가로 표시한다. 단, 밀폐 시 실내 라돈 평균 농도가 관리기준 이하일 경우, 밀폐 및 환기장치 가동 시 측정 평균 농도만 표시한다.

8.2.3 관리기준 도달 시간은 라돈측정 1 시간 평균값이 148 Bq/m³에 최초 도달하는 시간을 말한다.

8.3 다중이용시설 등

실내공기 중 라돈의 농도는 각 측정점에서의 측정 평균 농도와 대상시설의 측정 평균 농도를 보고한다.

8.4 측정 결과

실내 라돈 농도 (Bq/m³)는 소수점 첫째 자리까지 표기한다.

9.0 “내용 없음”

10.0 “내용 없음”