

실내 공기 중 라돈 연속측정방법

2017

(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) 농도의 단기 측정 방법을 규정한다.

1.1.2 실내 공기 중 라돈을 측정 기간 동안 농도 변동치를 확인 할 수 있는 연속자동측정기를 이용하여 실내 공기 중의 라돈 방사능 농도(이하 라돈 농도)를 연속 측정하는 방법이다.

1.2 적용범위

1.2.1 이 시험기준은 실내 공기 중 라돈 농도 측정을 위한 부시험방법으로 사용된다.

1.2.2 이 시험기준은 신축공동주택 내 라돈 농도 측정을 위한 주시험방법으로 사용된다.

1.2.3 이 시험기준을 이용한 실내 공기 중 라돈 농도 측정은 단기 측정으로 2일 이상 90일 이하의 측정시간을 필요로 한다.

1.2.4 이 시험기준은 장기 측정 방법에 비해 연평균 라돈 농도 평가를 위해 사용하기에 적절하지 못하다.

2.0 용어정의

2.1 라돈-222(Rn-222)

라듐-226(Ra-226)이 방사성 붕괴할 때 생성되는 불활성 원소로서 3.823 일의 반감기를 갖는 무색, 무취의 방사성 기체다. 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. 이 시험기준은 라돈은 U-238이 연속 붕괴하며 생성된 Rn-222에 대한 것이다.

2.2 라돈붕괴생성물(radon decay product)

라돈이 붕괴되면서 차례로 생성되는 생성물을 말한다. 라돈붕괴생성물은 폴로늄-218(Po-218), 비스무스-214(Bi-214), 폴로늄-214(Po-214), 납-210(Pb-210)로 방사성을 띄며 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, $1 \text{ pCi/L} = 37 \text{ Bq/m}^3$

2.6 연속라돈측정기(CRM, continuous radon monitors)

측정기간 동안에 라돈 농도 변동치를 모니터링할 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 이용 된다.

3.1 섬광셀(scintillation cell)

여과지를 거친 후, 자연확산 또는 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, 자연확산 또는 동력펌프를 통해 이온화상자 내로 유입된 라돈과 이온화상자 내부에서 생성된 라돈붕괴생성물에서 방출되는 α -입자가 고전기장에서 만든 이온화의 전기적 신호를 계수한다.

3.3 실리콘검출기(silicon detector)

실리콘검출기 방식은 여과지를 통하여 측정용기로 유입된 공기 중 라돈 및 라돈붕괴생성물이 붕괴할 때 방출하는 알파입자를 실리콘 반도체 검출기를 이용하여 계수한다.

4.0 시약 및 표준용액

“내용 없음”

5.0 시료 채취 및 관리

5.1 측정 절차

5.1.1 다중이용시설의 일반적인 운영조건에서 다음 단계의 측정절차를 실시한다.

5.1.2 실내 라돈 농도 측정 전 제조사의 지침에 따라 측정기를 안정화시킨다.

5.1.3 실내 측정기가 안정화된 후 최소 48시간 이상 측정한다.

[주 1] 실내 라돈 농도 저감을 위한 시설 설치의 필요성을 판단하는 목적으로 하는 측정하는 경우에는 실내 라돈 농도를 측정하기 전 최소 12시간 전에 외부로 통하는 문과 창문을 모두 닫는다. 이 경우 측정은 가능한 외부로 통하는 건물의 모든 창문과 문을 닫은 채 실시한다. 건물 내 공기를 내부 순환시키는 냉난방 설비는 가동하여도 무방하다. 다만, 외부 공기를 유입하는 팬이나 기타 설비는 가동하지 않도록 한다. 측정기간동안 짧은 시간동안 배기팬을 작동하여도 실내 라돈농도가 감소할 수 있다.

[주 2] 측정기간동안 일상적이지 않은 매우 강한 바람이나 폭풍 등이 발생하거나, 측정 지점의 급격한 환경 변화가 예상될 경우 라돈 측정을 수행해서는 안 된다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 교정

연속라돈측정기의 교정시설은 교정의 목적을 달성하기에 적합한 조건을 갖추고 있는지를 확인해야 한다. 교정시설 내의 환경조건(온도, 습도, 라돈농도, 공기 흐름 등)은 교정인자에 영향을 줄 수 있기 때문에 연속라돈측정기의 교정시설은 온도, 습도 등 환경조건을 안정하게 유지할 수 있어야 한다. 교정은 12개월에 1회 이상 실시해야 하며, 적어도 3개 이상의 서로 다른 라돈 농도(148 Bq/m^3 이상)에서 이루어져야 하며 수리

후에는 바로 교정하여야 한다. 교정은 공인기관에서 수행하도록 하며, 적어도 교정에 필요한 기준값은 일차측정표준(또는 국가측정표준)에 소급하여야 한다.

6.2 정확도 관리

교정 등을 통하여 나타나는 기준값으로부터 벗어나는 오차(RPE, relative percentage error)는 연속라돈측정기의 정확도와 교정인자가 제대로 설정되어 있는지를 판단할 수 있는 지표다. 연속라돈측정기를 라돈농도(148 Bq · m⁻³ 이상)가 알려진 챔버 내에 노출시킨 후 RPE를 다음 식으로 계산하고 15 % 이내로 유지하는 것을 목표로 한다.

$$RPE(\%) = [(MV - RV) / RV] \times 100 \quad (\text{식 2})$$

여기서,

RPE : 기준값으로부터 벗어나는 오차(relative percentage error)

MV : 라돈측정기를 라돈 농도가 알려진 라돈 챔버 내에 노출시킨 후의 지시값

RV : 라돈 챔버 내 라돈농도의 기준값

산출한 각 RPE는 차트를 작성하고 연속라돈측정기의 정확도를 관리하여야 한다. 범위를 벗어나는 경우 사용을 중단하고 수리한다. 수리 후 반드시 교정을 다시 해야 한다.

6.3 바탕 농도 관리

연속라돈측정기의 바탕 농도를 확인하기 위하여 라돈이 포함되지 않은 질소나 포함된 라돈이 충분히 붕괴될 수 있도록 충분한 기간이 지난 공기를 이용하여 측정 및 관리하여야 한다. 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 분석절차

“내용 없음”

8.0 결과보고

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

8.1 기기 사양

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

8.2 측정 장소 및 조건

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

8.3 측정결과

라돈 농도(Bq/m^3)는 소수점 첫째자리까지 표기한다.

9.0 참고자료

“내용 없음”

10.0 부록

“내용 없음”