

# 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해

L I F E R A D I A T I O N

## 03

생활 속 라돈 저감 방안

## 1. 라돈 측정 방식

### 가. 라돈 검출기의 종류

라돈농도를 측정하는 방법은 공기가 측정장치로 들어오는 방법에 따라 수동형(passive) 측정법과 능동형(active) 측정법으로 구분된다.

수동형 측정법은 공기 이동이나 확산처럼 자연스럽게 공기가 검출기로 들어가 라돈 농도를 측정하는 방법이다. 능동형 측정법은 흡인펌프를 이용하여 검출기 안으로 공기를 모은 후 라돈농도를 측정하는 방법이다.

#### 1) 수동형 라돈 측정장치

수동형 측정장치는 대부분 가격이 저렴하고 외부 전원이 필요 없다. 하지만 어디에서 측정하는지, 거주하고 있는 사람의 생활습관이 어떤지에 따라 측정결과가 다르게 나타날 수 있다. 그래서 수동형 측정장치를 이용하여 라돈농도를 측정할 때에는 3~ 12개월 동안 장기적으로 측정하는 것이 바람직하다.

알파비적검출			활성탄흡착		충전막 전리함
알파트랙 Alpha Track	레드트랙 RedTrack	리듀엣 Raduet	활성탄 캔니스터 Charcoal Canisters	활성탄 Charcoal	이엠 E-Perm
					
대한민국	미국	헝가리	미국	미국	미국

※ 출처: 환경부, 라돈 저감 관리 매뉴얼(주택소유자용), p.13.

<그림 1> 수동형 라돈 측정 장치 종류

#### 가) 알파 비적 검출기(Alpha track detector)

알파 비적 검출기는 공기가 이동·확산하는 공간인 챔버(chamber)와 챔버 안에 필름으로 되어있는 검출소자로 구성되어 있다. 라돈이나 라돈자손이 방사능 붕괴를 하면서 방출되는 알파입자가 필름 표면에 부딪히면서 미세한 자국(비적,飛跡)을 남기며 손상시킨다. 측정이 끝나면 필름을 회수해서 필름 표면을 부식(에칭)시키고 비적을 확인한다. 현미경과 영상처리 시스템을 이용하여 알파입자로 인한 비적을 확인하고, 라돈농도를 계산한다.

이 검출기는 사용 방법이 간편하여 대규모 조사에 많이 사용된다. 외부 환경의 영향을 적게 받기 때문에 3~12개월에 이르는 장기 측정에 사용된다. 그리고 측정결과에 대한 신뢰성이 높아 국제적으로 가장 많이 사용되고 있다(환경부, 2016).



※ 출처: 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해, p.28.  
 <그림 2> 알파비적검출기를 활용한 라돈농도 측정

#### 나) 활성탄 캐니스터 검출기(Charcoal Canister Detector)

활성탄 캐니스터 검출기는 활성탄과 활성탄을 담고 있는 금속용기(Canister)로 구성되어 있다. 측정하는 동안 라돈이나 라돈 자핵종이 활성탄에 달라붙고, 라돈과 라돈자핵종이 방사능 붕괴를 할 때 알파선과 같이 나오는 감마선을 감마질량분석기를 이용하여 측정한다.

검출기의 최대 노출기간은 7일 이하로, 주로 짧은 기간 동안 라돈농도를 측정할 때 사용된다. 분석비용이 저렴하고 다루기 쉬워 쉽게 설치할 수 있다. 그러나 온도와 습도의 영향을 많이 받고, 활성탄에 붙어있던 라돈이 쉽게 떨어지기 때문에 측정한 후에 바로 분석해야 한다. 또한 공기 흐름에 민감하기 때문에 많은 사람들이 이용하는 시설에서 측정할 때에는 적합하지 않다.

활성탄 캐니스터 검출기는 주로 1차 예비검사 목적으로 사용하고 있으며, 라돈농도가 높게 측정된 경우에는 반드시 정확하게 라돈농도가 측정되는 방법을 이용하여 90일 이상의 장기간 측정하여야 한다(환경부, 2016).



※ 출처: 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해, p.30.  
 <그림 3> 활성탄 캐니스터 검출기를 활용한 라돈농도 측정

## 활성탄 캐니스터 검출기(Charcoal Canister Detector)

### 활성탄 캐니스터 사용방법



1 활성탄 캐니스터의 뚜껑 열기



2 측정자용 측정 시작란 캐니스터 설치 지점 작성, 샘플링 시작 날짜와 시간 입력



3 샘플링 시작 시 측정할 지점을 최대한 밀폐시킨 후 샘플링 진행

습도 및 공기유동에 따라 오차범위가 커질 수 있음을 유의



4 완전히 열린 상태, 적절한 측정 지점에 위치시킨 후 2일(48시간) 동안 샘플링 진행



5 2일(48시간) 측정 후 캡을 닫고, 공기가 통하지 않도록 밀봉

출처: 한국환경공단(2016) 실내라돈관리, p.74.

※ 출처: 한국환경공단(2016) 실내라돈관리, p.74.

<그림 4> 활성탄 캐니스터 사용방법

### 다) 충전막 전리함 검출기(Electretion Chamber Detector)

충전막 전리함 검출기는 양(+), 음(-)을 띠는 전하로 충전되어 있는 충전막과 충전막을 고정시키는 통으로 구성되어 있다.

검출기 안으로 들어온 라돈이 붕괴하여 생긴 알파입자는 검출기 내부의 공기를 이온화시켜 음(-)을 띠는 전자를 생성한다. 이 전자가 충전막에 모여 충전막의 전압을 낮추는데, 라돈 농도가 높을수록 전압이 낮아지는 정도가 크다. 따라서 전압이 낮아진 정도를 측정하여 라돈 농도를 확인한다.

이 측정 방법의 장점은 현장에서 라돈 농도를 바로 확인할 수 있으며, 충전막의 전압이 어느 정도 남은 경우에는 재사용할 수 있다는 점이다.

그러나 라돈 농도가 높을 경우에는 방사능 붕괴로 생성되는 전자가 충전막 내에 있는 전하량보다 많을 수 있다. 이런 경우에는 검출기의 측정범위를 초과하기 때문에 라돈 농도를 정확하게 측정할 수가 없다. 또한 감마선에 의해서도 전압이 떨어질 수 있어 오차 조정이 필요하고, 전기적인 마찰이나 습도의 영향을 받아 오차가 발생하기도 한다. 따라서 정확한 라돈 농도가 필요한 경우에 알파 비적 검출기 등으로 다시 측정해야 한다.



※ 출처: 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해, p.29.  
 <그림 5> 충전막 전리함 검출기를 활용한 라돈농도 측정

## 2) 능동형 라돈 측정장치

능동형 라돈 측정장치는 흡인펌프를 이용하여 공기를 측정기 안으로 계속 빨아들여 라돈 농도를 측정하는 방법이다. 능동형 측정법은 시간대별 라돈농도를 연속적으로 측정하여 측정기간 동안 라돈농도 변화를 확인할 수 있다. 이 장비는 2일~90일 정도의 측정에 사용한다. 섬광셀 검출방식, 펄스형 전리함 검출방식, 실리콘 검출방식이 있다.

능동형 라돈 측정기의 경우 장기간 측정을 위한 외부 전원이 필요하다. 실내공기 속의 라돈과 라돈 자핵종의 양을 연속적으로 측정하며 기록하도록 되어 있으며, 측정비용은 고가이지만 단기측정에 비해 정확하게 시간대별로 라돈 농도를 확인할 수 있는 장점이 있다(한국환경공단, 2016).



※ 출처: 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해, p.32.  
 <그림 6> 능동형 라돈 측정장비

#### 나. 측정시기

라돈농도는 일별 또는 계절에 따라 변동하는 특성이 있기 때문에 단기측정의 경우 장기측정에 비해 비교적 연평균 주택 라돈농도 대푯값을 반영하지는 못하지만, 주로 라돈저감 시공을 위한 신속한 결정을 필요로 할 경우 실시한다. 측정 시기는 창문을 닫은 상태에서 충분히 일평균 온도가 낮아 측정 장소 밀폐조건이 유지되기 쉬운 10월부터 4월 사이의 추운 계절에 실시하는 것이 좋다(US EPA,1993).

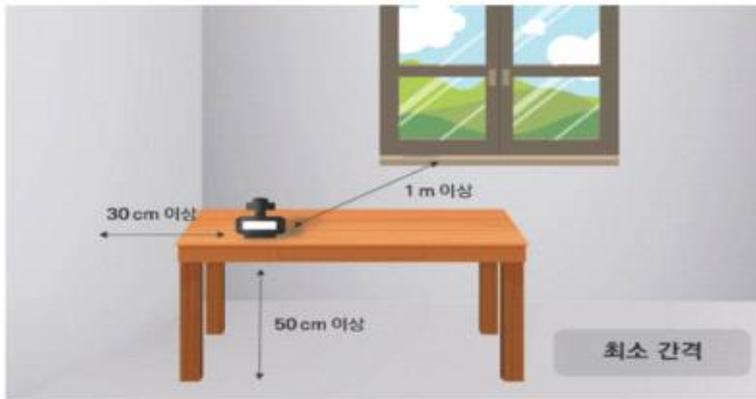
#### 다. 측정지점

측정기는 가열, 환기, 에어컨 통풍구, 문, 팬 창문 등에 의해 발생하는 외풍 근처에 설치하지 않는다. 가전제품으로 인한 열 발생위치, 벽난로, 직접적으로 직사광선을 받는 위치, 높은 습도를 가진 위치도 피해야 한다.

측정기는 공기 흐름의 증가에 민감하기 때문에 측정기간 동안 팬이 작동되어서는 안 되며, 강제 순환형 냉난방장치의 경우 계속적으로 작동하는 팬을 가지고 있어서는 안 된다.

측정 위치는 문이나 창문 또는 잠재적인 외부공기 유입될 수 있는 지점에서 1 m 이상 떨어져 있어야 하며, 외부와 연결되는 문이나 창문이 없다면, 외벽과 30 cm 이상 떨어진 곳에 설치해야 한다.

측정기는 바닥에서 적어도 50 cm 이상, 다른 물건과는 10 cm 이상 떨어진 곳에 설치해야 하며, 매달 수 있는 측정기의 경우 일반적으로 사람이 호흡하는 높이(일반적으로 바닥으로부터 1~1.5 m)에 설치해야 한다. 옷장, 찬장, 바닥 공간과 같은 곳은 측정위치로 사용되어서는 안 된다(한국환경공단, 2016).



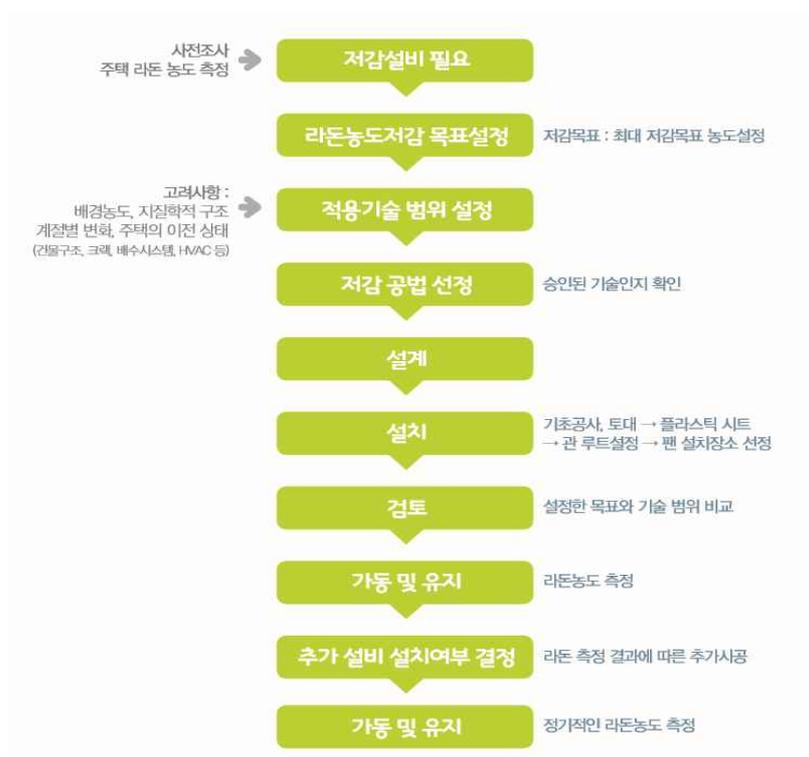
※ 출처: 한국환경공단(2016) 실내 라돈 관리, p.102.  
 <그림 7> 측정기 설치 위치 설정

## 2. 생활 속 라돈 저감 방안

### 가. 주택 라돈 저감

#### 1) 주택 라돈 저감 절차

라돈 저감을 위한 계획 수립 절차는 아래 <그림 8>과 같다.



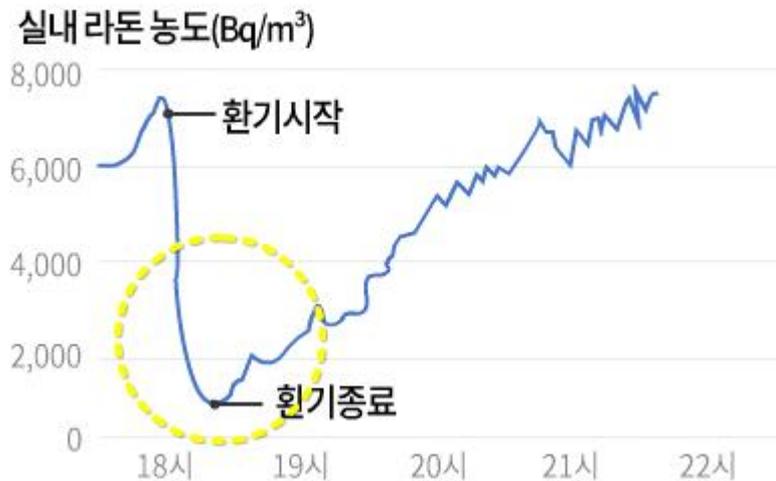
※ 출처: 환경부, 라돈 저감 관리 매뉴얼(주택소유자용), p.12.  
 <그림 8> 주택 라돈 저감 절차

## 2) 주택 라돈 저감 방법

### 가) 실내에 있는 라돈을 외부로 배출하는 방법(환기법)

실내로 들어온 라돈을 줄이는 대표적인 방법은 환기이다. 환기는 실내 라돈농도를 줄이는 효과적이고 쉬운 방법이다. 실제로도 사람들이 활동하면서 자연적으로 환기가 자주 되는 낮 시간에 라돈농도가 낮게 나타났으며, 이와 반대로 취침 시간대인 밤중에는 안팎을 오가는 횟수가 줄어들면서 자연적으로 환기 횟수도 줄어 라돈농도가 높아지는 경향이 있다. 그러므로 아침에 일어나면 모든 창문을 동시에 열어 실내외 공기가 충분히 순환되도록 해야 한다.

라돈을 효과적으로 줄이기 위해서는 하루에 3번 이상, 최소 30분 이상 환기를 해야 한다. 그리고 실내의 먼지농도를 낮추어 라돈 자핵종들이 가급적 달라붙지 않도록 한다(환경부, 2016).



※ 출처: ISO11665-1, Origins of radon and its short-lived decay products and associated measurement methods

<그림 9> 환기에 의한 실내 농도 변화

창문의 수가 적거나 크기가 작아서 자연적으로 환기가 잘 되지 않는 경우에는 환기를 위하여 기계장치를 설치할 수 있다. 라돈을 줄이는 기계식 환기 설비에는 벽체형과 창문형이 있다. 이러한 장치들은 실내외 공기를 강제로 교환시켜 실내 라돈농도를 낮춰준다. 이 설비 시설에 열교환기가 들어있는 경우 난방비 절감에도 도움이 된다(환경부, 2016).



※ 출처: 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해, p.36.  
 <그림 10> 라돈 저감을 위한 환기 설비

라돈은 무색, 무취, 무미의 특성을 가지고 있어서 인간의 감각기관으로는 인지할 수가 없다. 따라서 라돈을 감지하여 농도 수준을 알려주는 기기의 도움이 필요하며 이를 통해 실내 농도를 확인하고 고농도 라돈에 노출되었을 경우 실내의 라돈농도를 낮추기 위한 조치를 취할 수 있게 된다. 이러한 도움을 줄 수 있는 가장 대표적인 기기로 라돈 알람기가 있다.

라돈 알람기를 이용하여 실내 라돈을 저감하는 방법은 매우 간단하며 기본적으로 자연 환기 방법을 이용하면 된다. 다만 라돈 알람기에 설정된 라돈농도 이상으로 감지되어 알람이 울리게 될 때 창문을 열어 환기를 실시하면 된다. 창문은 가능한 실내에 있는 모든 창문을 개방하여 실내에 정체되어 있던 라돈이 실외로 배출될 수 있도록 해주어야 하며, 1번 환기 30분 정도 해주는 것이 효과적이다. 보통 자연환기를 말할 때 실내공기 오염물질을 줄이기 위해서는 최소한 오전, 오후, 저녁 하루 3번 30분 이상 환기해줄 것을 권고하고 있다(한국환경공단, 2016).



※ 출처: 한국환경공단(2016) 실내 라돈 관리, p.106.  
 <그림 11> 다양한 라돈 알람기

나) 실내로 들어오는 라돈 저감 방안

(1) 차폐법(틈새막음) 시공

실내 라돈의 85~97%는 건물 바닥이나 벽의 갈라진 틈을 통해 실내로 들어온다. 보강재나 콘크리트 마감재 등을 이용해 틈새를 막아 실내로 들어오는 라돈을 차단할 수 있다.

이 방법은 라돈을 줄일 수 있는 간편한 방법으로, 실내 라돈농도가 높으면 건물바닥이나 벽 등에 갈라진 틈이 있는지 확인하여 막으면 된다. 하지만 근본적으로 실내 라돈농도를 줄일 수 있는 방법이 아니므로, 1차적으로 건물 틈새막음 시공 후에 추가적으로 다른 방법을

적용하는 것을 권장한다(환경부, 2016).



※ 출처: 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해, p.35.

<그림 12> 벽과 바닥의 틈새막음 시공 예시

### (2) 압력으로 라돈 유입 저감 방법(외부공기 유입법)

실내에 환기구를 설치하여 바깥 공기를 실내로 들여보내면 실내 공기의 압력이 커지는데, 이 방법으로 건물 내부의 압력을 건물 아래에 있는 토양의 압력보다 높게 유지하면 토양에서 실내로 라돈이 들어오는 것을 막을 수 있다.

이 방법은 시공이 간편하지만, 여름철에는 뜨거운 바깥공기가 안으로 들어오고, 겨울철에는 차가운 공기가 들어와 실내 공기가 여름에는 더워지고, 겨울에는 추워지는 문제가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위하여 열교환기를 설치하여 열손실을 줄이기도 하는데, 열교환기를 설치하고 관리하는 비용이 추가적으로 드는 문제점이 있다(환경부, 2016).



※ 출처: 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해, p.34.

<그림 13> 외부공기 유입 장치 설치 예시

### (3) 토양 내 라돈가스 배출법(토양 라돈 배출법)

#### (가) 기존 주택

토양에서 나오는 라돈이 실내로 들어오기 전에 미리 바깥으로 내보내면 실내의 라돈 농도를 줄일 수 있다. 토양 중 라돈가스 배출법은 건물 바닥의 토양에 라돈 배출관을 설치하고,

아래의 사진(하얀색 원)처럼 배출관 중간에 환풍기를 설치하여 땅 속에 있는 라돈을 외부로 내보내는 방법이다. 환풍기가 작동하면 라돈을 포함하고 있는 토양 안의 공기가 실내로 들어오기 전에 바깥으로 배출된다.

이 방법은 기계나 장치를 이용한 저감방법 중에서 비교적 간편하고, 공사기간이 짧아 국내외에서 가장 많이 사용되고 있다. 또한 설치비용과 유지관리비용이 저렴한 편이며, 실내 라돈을 약 50~70% 정도 줄일 수 있다(환경부, 2016).



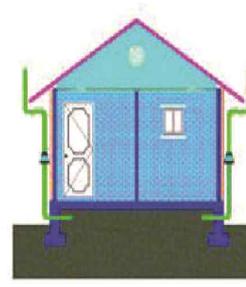
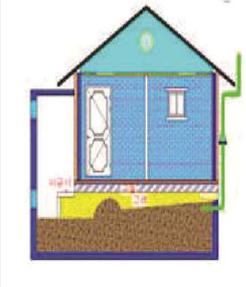
※ 출처: 한국환경공단(2016) 실내 라돈 관리, p.112.

<그림 14> 토양 라돈 배출장치 설치 예시

① 기존 주택 유형별 토양 가스 배출 공법 적용 사례

기존 주택에는 크게 4가지 유형으로 Basement형, 매트기초, 뜬구조 및 줄기초, 구들형이 있다. 주택 유형별 토양 가스 배출 공법 적용 사례는 아래 <표 2>와 같다.

<표 1> 기존 주택 유형별 토양 가스 배출 공법 적용 사례

Basement형	매트기초	뜯구조 및 줄기초	구들형
			
지하층에 있는 구조물로 토양 가스 배출장치 설치를 위한 구조물을 열고 방수에 지장이 없도록 선정에 주의해야 한다.	1층 바닥에 지상에 면한 형태로 토양 가스 배출장치는 지하 최하위 구조물 아래 설치한다.	1층 바닥이 지반보다 위에 설치된 형태로 1층 하부 측면을 천공하여 토양 가스 배출장치를 설치하고 흡입관을 시공한다.	바닥 온돌 하부에 기존 구들을 유지하는 기초로서 온돌층 하부 기존 구들을 이용하여 흡입관을 설치한다.

※ 출처: 환경부, 라돈 저감 관리 매뉴얼[주택소유자용], p.18-19.

(나) 신축 주택

건물을 새로 지을 때 라돈 배출관을 설치하면 적은 비용으로도 큰 저감효과를 얻을 수 있다. 라돈 배출관 설치 방법은 다음과 같다. ① 건물을 짓기 위하여 기초공사할 때 토양에 자갈을 깔고 토양 라돈 배출관을 설치한다. ② 플라스틱 시트를 깔고 틈새가 없도록 밀봉한다. ③ 바닥에 있는 라돈 배출관으로 모인 공기가 밖으로 나갈 수 있도록 배출관의 최종 배출구를 설치한다(환경부, 2016).

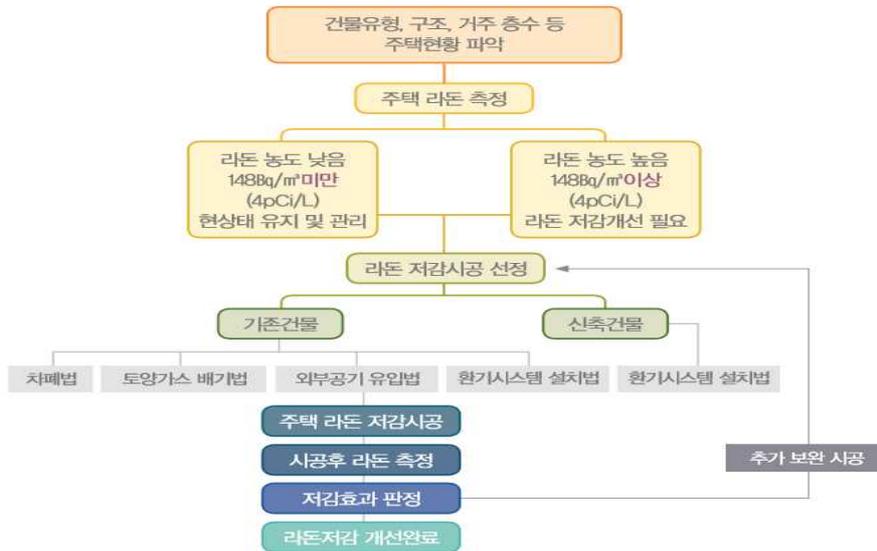


※ 출처: 환경부, 라돈 저감 관리 매뉴얼[주택소유자용], p.21.

<그림 15> 신축 주택 시공 사례

### 3) 주택 라돈 저감 방법 선정

우선 건물유형, 구조, 거주 층수 등 주택현황을 파악한 후 라돈을 측정한다. 라돈 농도 측정결과 148 Bq/m<sup>3</sup> 미만인 경우 현상태 유지 및 관리를 하며, 148 Bq/m<sup>3</sup> 이상인 경우 라돈 저감 개선이 필요하다. 라돈 저감 시공 선정은 기존건물과 신축건물에 따라 시공방법이 다르다.



※ 출처: 환경부, 라돈 저감 관리 매뉴얼[주택소유자용], p.14.

<그림 16> 주택 라돈 저감 방법 선정

### 4) 주택 시공방법에 따른 효율 및 시공비

주택(신축주택, 기존주택), 학교, 관공서 대상으로 시공방법별 라돈 저감 효율 및 시공비는 아래와 같다.

<표 2> 건물 및 시공방법별 라돈 저감 효율 및 시공비

(단위: 천만원)

#### 건물 및 시공방법별 라돈 저감 효율 및 시공비

(단위: 천만원)

	구분	개선방법	저감효율 %	유지력	투입대배 효율	소음	시공비용 예시	
							실시	운영(연간)
주택	신축주택	토양가스배기(신축주택)	50~99	매우 좋음	매우 우수	좋음	3,000~4,000	60~70
	기존주택	토양가스배기(구들형포함)	50~70	매우 좋음	매우 우수	보통	4,000~5,000	60~70
학교	기존주택	외부공기유입(결교환)	50~70	좋음	보통	보통	5,000~6,000	200~230
	기존주택	틈새막음	~20	나쁨	나쁨	-	4,000~5,000	없음
	기존주택	외기공기유입(벽체형환기)	~50	보통	보통	좋음	4,000~5,000	30~40
관공서	학교	창문형 환기	40~60	보통	우수	나쁨	4,000~5,000	80~100
	학교	마루밑 환기	50~65	좋음	우수	보통	4,000~5,000	50~80
	관공서	지하층 환기(배기)	50~60	좋음	우수	좋음	10,000~13,000	80~100
	관공서	천장급·배기	50~60	좋음	양호	보통	10,000~13,000	100~150

◇ 표의 내용은 환경부 '11년, 12년도 주택라돈 저감시공 사업을 통해 도출된 결과(시공 및 운영비용, 저감효율 등)이며, 대상 주택의 형태나 규모 등에 따라 저감효율, 시공비용 등에 다소 차이가 있을 수 있습니다.  
 ◇ 주택: 배기입상관 2개수 설치 기준, 벽체형 환기 유닛: 외산 ◇ 연간 운전비는 운전조건에 따라 변경될 수 있음  
 ◇ 학교: 1개 교실 기준 ◇ 고농도 건물의 경우 혼합형(토양배기+환기형+기타)시공으로 설치 권장  
 ◇ 배기 FAN: 가변풍량형

※ 출처: 환경부, 라돈 저감 관리 매뉴얼[주택소유자용], p.22.

#### 나. 지하수 내 라돈 관리

지하수를 생활용수로 사용하는 경우 지하수 중 라돈농도를 확인해야 한다. 라돈농도가 높을 경우 실내 창문을 열거나, 환기 장치를 켜 둔 상태에서 지하수를 10분 이상 끓이거나 방치한 뒤 사용하면 라돈농도가 낮아진다. 이 밖에도 지하수 중 라돈은 수중에 공기를 불어 넣어주는 폭기장치를 설치하여 녹아있는 라돈을 분리시키고 배기장치를 통해 외부로 배출시키는 방법도 있다(환경부, 2016).

#### 다. 친환경 건축자재 사용

주택을 새로 짓거나 리모델링할 때 사용하는 벽, 천장 마감재는 환경표지인증정보를 확인한다. 환경표지대상제품 인증 정보에는 방사능 지수(I, activity concentration index)가 포함되어 있다.

방사능 지수는 제품의 라듐(<sup>226</sup>Ra), 토륨(<sup>232</sup>Th), 포타슘(K-40) 농도를 바탕으로 실제 영향 수치를 계산한 것으로, 벽 및 천장 마감재의 환경표지 인증기준에 방사능지수를 1.0 이하로 하고 있다.

구매하는 제품에 친환경마크가 부착되어 있다면, 방사능 지수 기준을 통과한 제품이며, '녹색제품정보시스템' 사이트를 통해 인증된 제품 정보를 제공할 수 있다(환경부, 2016).



※ 출처: 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해, p.51.

<그림 17> 친환경인증마크

$$I = \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_K}{3000}$$

$C_{Ra}$ : 라듐농도  
 $C_{Th}$ : 토륨농도  
 $C_K$ : 포타슘농도(Bq/kg)

<그림 18> 방사능 지수(I)

#### 라. 생활밀착형 제품 원료 확인

국내 음이온 시험기관인 한국원적외선협회에 의하면 음이온 제품의 음이온 방출원리는 방사선을 방사시키는 희토류 광석(모나자이트 등)을 원료로 사용하는 '천연광석법', 단전기를 사용하여 직접 음이온 발생시키는 '전기발생식', 폭포가 암석에 마찰되어 미세한 물 입자로 부서지는 것과 같이 물리적인 마찰을 통해 미세한 음이온 입자를 생성하는 '레너드식'으로 크게 세 가지 방법이 있다.

한국원적외선협회 부설 한국원적외선응용평가연구원에서 2003년부터 2006년까지 측정 의뢰된 제품들의 90%가 음이온 발생원리 중 '천연광석'인 모나자이트를 사용한 제품으로 보고되고 있다. 천연광석법을 사용한 음이온 제품들에 사용되는 모나자이트는 천연적으로 발생하는 방사성물질인 토륨과 우라늄을 포함하고 있으며, 일반원료와 음이온 원료의 음이온 및 방사선량을 측정결과 음이온과 방사선량률이 비례하는 결과를 확인하였다(원자력안전위원회, 2018).

이에 천연광석법으로 만든 음이온 기능의 생활밀착형 제품(건강매트, 찜질매트, 마스크, 수면 안대, 손목 밴드, 침구, 화장품, 의류, 팔찌, 목걸이 등)은 사용하지 않도록 한다.

### ● 참고 문헌

- 김혜정(2018) 생활 속 방사능 문제점과 대책(라돈 침대 사건의 원인과 해결방안) p.26.
- 한국환경공단(2016) 실내라돈관리, p.108~115.
- 환경부(2016) 생활 속 자연방사성 물질, 라돈의 이해 p.27~51.
- 환경부. 라돈 저감 관리 매뉴얼[주택소유자용]
- US EPA(1993) Protocols for radon and radon decay product measurements in homes, EPA 402-R-92-003, May