

라돈 저감 관리 매뉴얼 [주택소유자용]

환경부

주택 소유자용

라돈 저감 관리 매뉴얼



환경부



CONTENTS

Ⅰ. 매뉴얼의 목적 및 적용범위 4

Ⅱ. 라돈이란 5

1. 라돈 5
2. 라돈의 위해성 6
3. 라돈의 주요 유입경로 및 저감 방안 8

Ⅲ. 주택 라돈 저감 공법 12

1. 주택 라돈 저감 절차 12
2. 주택 라돈 저감 방법 13

Ⅳ. 주택 라돈 저감 시공 사례 16

1. 기존 주택 사례 16
2. 신축 주택 사례 21

별첨 : 시공방법에 따른 효율 및 시공비 22

매뉴얼의 목적 및 적용범위

본 매뉴얼은 기존/신축 건물의 소유자(거주자)가 실내 라돈을 저감하고 지속적으로 유지 및 관리하는데 도움을 주기 위해 개발되었으며, 전문적인 지식이 없어도 쉽게 이해할 수 있도록 전문용어는 최대한 배제하여 작성하였습니다. 본 매뉴얼의 적용 대상은 기존/신축 주택이며, 실제 주택을 대상으로 저감시공을 수행한 후 그 결과를 바탕으로 개발되었습니다.

본 매뉴얼은 라돈이 실내로 유입되는 것을 방지하는 방법과 실내 공기의 교체를 위한 환기 등, 실내 라돈의 농도를 줄일 수 있는 다양한 방법들에 대한 설명을 포함하고 있으며, 매뉴얼에서 제시한 방법에 대한 실내 라돈 저감 효과는 각 집의 고유한 특성에 따라 달라 질 수 있습니다. 경우에 따라 한가지 이상의 방법을 사용해야 실내 라돈의 농도를 줄일 수 있습니다.

주택 소유자(거주자)는 본 매뉴얼을 통해 실내 라돈에 대한 이해를 높이고, 자발적인 라돈 측정 및 평가, 라돈 고농도 주택에 대한 저감시공법 선정 · 적용하는데 활용할 수 있습니다.

라돈은 토양 또는 사용하는 건축자재의 성분에 따라 발생원이 다를 수 있습니다.

우선 가장 라돈이 가장 많이 발생하는 토양의 경우

1. 실내로 유입을 원천적으로 차단하는 것이 가장 안전하고 효과적입니다.
2. 다음 차선책으로 실내에 유입된 라돈가스의 실내에 머물러 있는 시간을 인위적 또는 자연적 환기 방법을 통해 줄이는 것입니다.

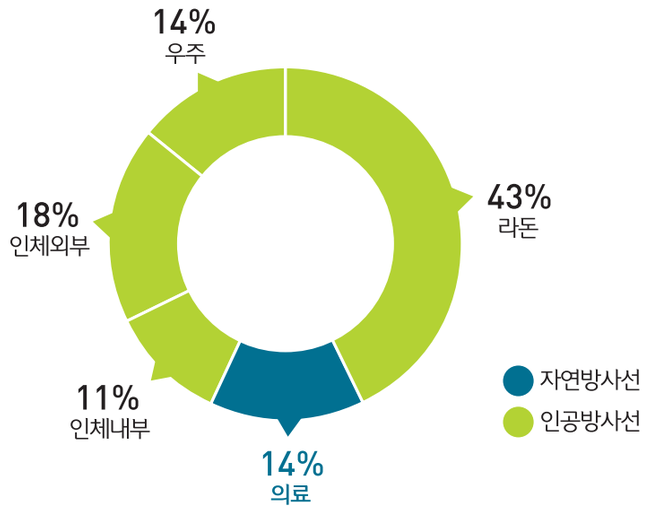
라돈이란?

1. 라돈

우리가 살고 있는 지구상에는 태초부터 천연 방사성 물질이 존재하고 있으며 그중 하나가 라돈입니다. 라돈은 암석이나 토양, 건축자재 등에 존재하는 우라늄이 몇 차례의 붕괴를 거쳐 생성되는 무색·무취·무미의 기체로 지구상 어디에나 존재하는 방사능 물질입니다.

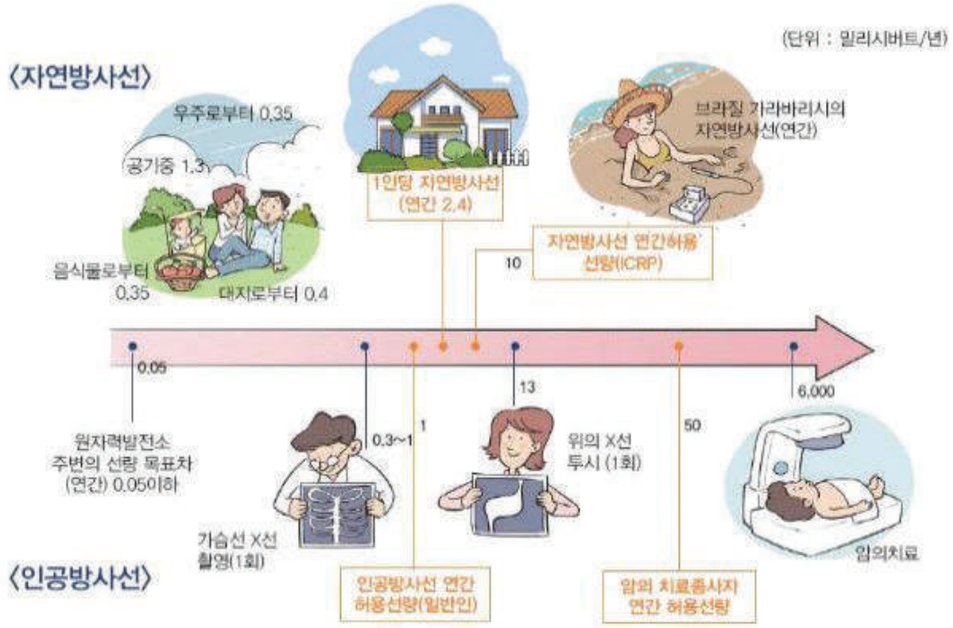


[반감기(Half-Life) : 방사성 물질이 원래 개수의 반으로 줄어드는데 걸리는 시간]



[연간 노출되는 방사선의 종류]

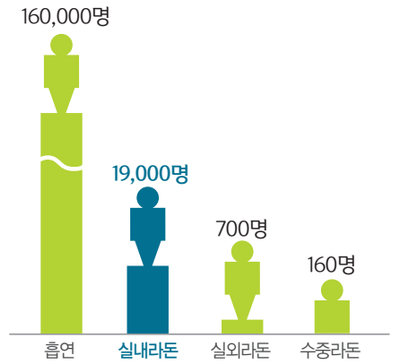
라돈 농도는 베크렐(Bq)이나 피코큐리(pCi)로 표현합니다. 베크렐은 방사성물질 국제표준 단위이며, 1초에 방사선 1개가 핵에서 한번 방출되는 것, 즉 1초 동안 하나의 방사성 붕괴가 일어나는 양을 나타냅니다. 공기 중 라돈의 농도는 Bq/㎥이나 pCi/L로 표시하며, 1 pCi/L 는 37 Bq/㎥ 에 해당하는 농도입니다.



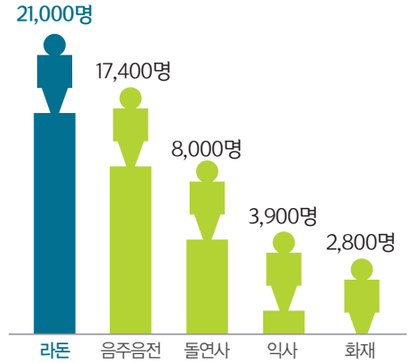
2. 라돈의 위해성

라돈이 호흡을 통해 폐에 유입되면 대부분은 내쉬는 숨으로 다시 배출되지만 일부가 기관지나 폐에 흡착되어 붕괴를 하게 됩니다. 이 때 방사선(알파선)이 방출되는데 이것이 세포중의 염색체에 돌연변이를 일으켜 폐암을 발생시킨다고 알려져 있습니다. 세계보건기구(WHO)는 전 세계 폐암발생의 3~14%가 라돈에 의한 것으로 평가했으며, 흡연 다음으로 폐암 발병의 주요 원인 물질로 규정하고 있습니다.

EPA(미국환경보호청)에 의하면 미국인의 연간 폐암에 의한 사망자의 10% 이상인 약 20,000명 정도가 라돈 자핵종의 누적 노출에 의한 것이며, 이는 대기오염에 의한 사망위험도 보다 10배 이상 높아 음주운전에 의한 사망자 숫자 보다 더 높다고 합니다.



[미국 내 폐암 발병원인 별 사망자 수]



[사고와 라돈에 의한 연간 사망자 수]

※자료출처 : EPA Assessment of Risk from radon in homes

라돈농도	흡연유무	폐암 발생률 (1,000명당)	기타 사고와의 위험도 비교
148Bq/m³ (4 pCi/L)	흡연자	62명	자동차 사고의 **5배**
	비흡연자	7명	자동차 사고의 **1배**

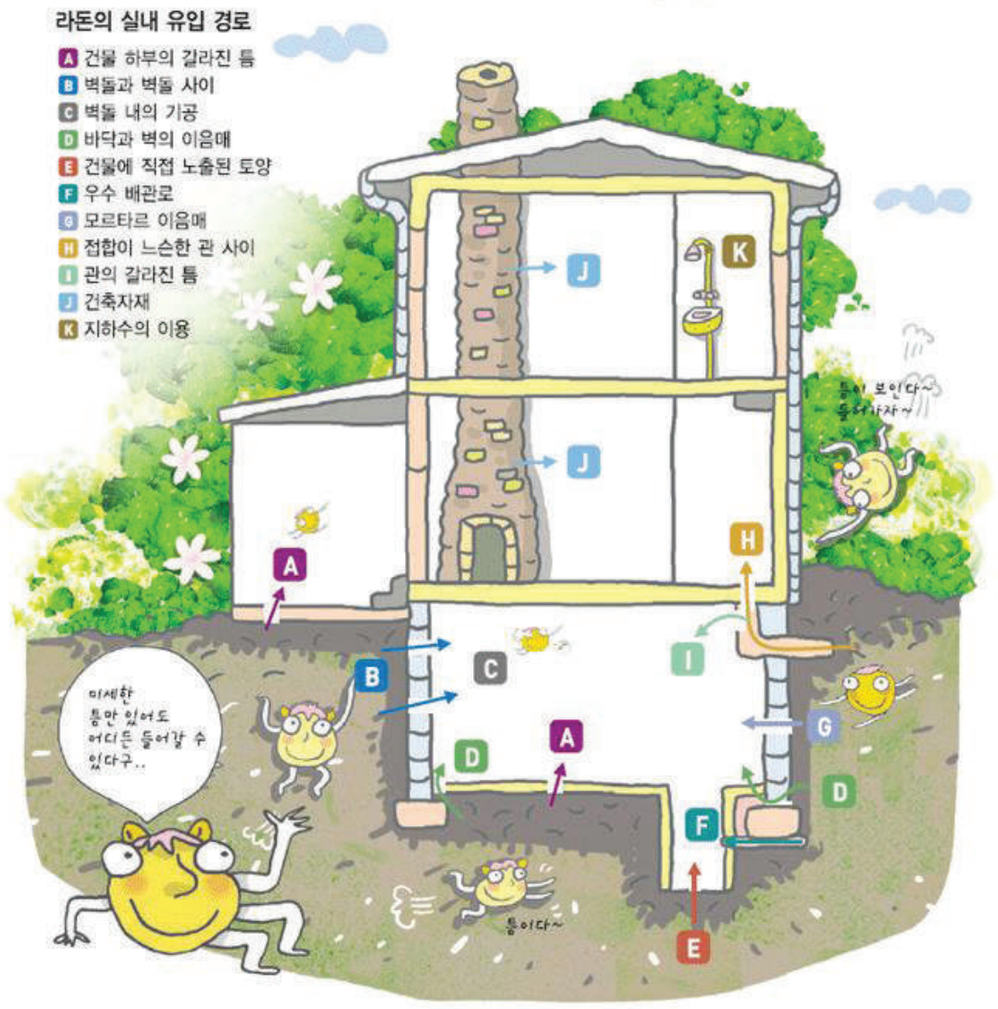
[흡연유무에 따른 폐암 발생률 및 위험도 비교]

즉 라돈에 의한 폐암 발병 확률은 우리가 살아가는 동안 얼마나 많이 라돈을 호흡했느냐에 관계되므로 우리 주거환경의 라돈 농도를 최소한의 농도로 낮추는 노력을 기울여야 합니다.

"발암성 물질 중 발암성 등급 1군"으로 분류
- 유엔 산하 국제암연구소 (IARC) -

"담배에 이어 폐암을 유발시키는 제 2의 원인"으로 지목
- WHO(세계보건기구) -

3. 라돈의 주요 유입경로 및 저감 방안



[다양한 라돈의 유입 경로]

실내에 존재하는 라돈의 80~90%는 토양이나 지반의 암석에서 발생된 라돈 기체가 건물바닥이나 벽의 갈라진 틈을 통해 들어옵니다. 그밖에 건축자재에 들어있는 라듐 등으로부터 발생(2~5%) 발생하거나, 지하수에 녹아 있던 라돈이 실내로 유입(1%) 되기도 합니다.

라돈의 전체 인체노출경로 중 약 95%가 실내공기를 호흡할 때 노출되는 것이며, 이 밖에 라돈이 들어있는 지하수를 사용할 때 노출될 수 있습니다.

3-1. 실내공간으로의 라돈 유입 경로

- **건물의 갈라진 틈새로 유입**

일반적으로 우리가 생활하는 건축물의 경우 건물 내부의 실내 압이 건물 외부보다 낮기 때문에 라돈은 건축물 콘크리트 벽체의 갈라진 틈, 창틈, 마룻바닥, 배관 등을 통하여 실내로 유입됩니다.
이밖에 샤워를 할 때나 물을 마실 때도 지하수에 녹아있는 라돈에 노출될 수 있습니다. 또한 확률은 매우 낮으나 식품 섭취에 의한 인체 유입 가능성도 있는 것으로 알려져 있습니다.

3-2. 실내라돈 저감 방안

라돈 발생원의 근본적인 해결

– 건축 자재 중 라돈 발생량이 적은 자재를 사용하여 라돈 발생원을 최대한 감소시킵니다.
– 토양의 라돈 농도를 측정 후 낮은 곳을 건축지로 선택합니다.

라돈 발생원 제어 및 관리

– 토양으로부터 라돈이 유입 될 수 있는 모든 부분을 차단하여 라돈의 실내 유입을 최대한 차단합니다. (벽 틈새, 바닥 균열, 벽과 바닥의 이음새, 파이프 및 수도관의 이음새 등)
– 만약 지하실이 있다면 라돈 배출관을 삽입하여 지하실 공기를 건물 외부로 배출시키는 라돈 저감 시설을 시공합니다.
– 토양으로부터 라돈 유입이 될 수 있는 지하수를 이용하지 않습니다.
– 주기적인 환기를 통하여 실내에 축적된 라돈을 배출시켜 실내 라돈의 농도를 낮춥니다.

※ 라돈 농도가 실내 기준치(148Bq/㎥ = 4pCi/L)가 넘으면 알려주는 라돈 알람기를 이용하여 실내 라돈 농도를 효과적으로 관리할 수 있습니다.

– 생활 속에서 쉽게 구할 수 있는 숯을 이용하여 라돈 농도를 저감 시킬 수 있습니다.
– 시중에 판매하는 환기시스템(전열교환기내장)과 컨트롤 BOX를 사용하여 자동으로 라돈 농도를 낮출수 있습니다.

3-3. 라돈 저감 방법

• 실내 환기



가) 환기는 실내에 축적된 라돈농도를 저감하는데 매우 효과적인 방법입니다.

나) 자연환기의 경우 최소한 아침, 점심, 저녁, 하루3번 30분 이상 해주는 것이 좋습니다.

다) 환기 시간은 저녁 늦게나 새벽시간에는 대기가 침체되어 오염물질이 정체되어 있을 수 있으니 오전 10시부터 오후 9시 이전에 하는것이 좋습니다.

• 차폐법(틈새막음) 시공



가) 라돈 농도 측정 결과 값이 기준치를 초과했다면, 먼저 바닥이나 벽 등에 갈라진 틈이 있나 확인해보십시오.

나) 보강재 등을 이용해 갈라진 틈만 밀폐하여도 실내 라돈 농도 저감에 효율을 높일 수 있습니다.

• 토양 라돈 배출장치 설치

토양 라돈 배출관은 토양 중의 라돈가스를 모아서 실내를 거치지 않고 바로 건물 외부로 배출 시켜 줍니다.
배출관 중간에 환기팬을 설치하면 라돈 농도 저감 효과를 더욱 높일 수 있습니다.



• 외부공기 유입장치 설치

외부 공기 유입 장치를 이용하여 실내 공기압을 건물 하부보다 인위적으로 높이면 압력 차이 때문에 라돈가스가 실내로 유입되지 못하게 됩니다.



• 환기시스템(전열교환기내장)장치 설치

일반공조,창문형,벽체형 등 전열교환기를 사용한 저감방법으로 전열교환기의 특징인 장치를 가동시켰을 시 외부공기와 내부공기가 동시에 배출 및 유입되어 외부의 신선한 공기는 유입되고 실내의 탁한 공기는 외부로 배출하여 실내에 신선한 공기를 유지시켜 줍니다.





주택 라돈 저감 공법

1. 주택라돈 저감 절차

다음은 라돈 저감을 위한 계획 수립 절차입니다.

사전조사
주택 라돈 농도 측정 → **저감설비 필요**

라돈농도저감 목표설정 — 저감목표 : 최대 저감목표 농도설정

고려사항 :
배경농도, 지질학적 구조
계절별 변화, 주택의 이전 상태
(건물구조, 크랙, 배수시스템, HVAC 등)
→ **적용기술 범위 설정**

저감 공법 선정 — 승인된 기술인지 확인

설계

설치 — 기초공사, 토대 → 플라스틱 시트 → 관 루트설정 → 팬 설치장소 선정

검토 — 설정한 목표와 기술 범위 비교

가동 및 유지 — 라돈농도 측정

추가 설비 설치여부 결정 — 라돈 측정 결과에 따른 추가시공

가동 및 유지 — 정기적인 라돈농도 측정

2. 주택 라돈 저감 방법

2-1. 주택 라돈 저감 전 라돈 농도 측정

해당 주택의 형태와 구조에 따른 개선을 위한 시공비용과 저감효율 등을 고려하여 라돈 저감 공법을 적용하기 위해서는 정확한 라돈의 농도를 측정해야 합니다.

일반 주택에서 측정하기 용이한 수동형 검출 장비로는 알파비적검출기가 대표적입니다. 이 기기는 플라스틱이나 셀룰로스 같은 고체 필름 표면에 알파입자가 입사될 때 생성되는 미세한 손상으로 생긴 점들로 라돈 농도를 측정하며 가격이 저렴하고 사용이 간편해서 일반 가정에서도 손쉽게 측정할 수 있습니다.

• 수동형 라돈 측정 장치

사용법이 간단하며 대부분 가격이 저렴하고 외부 전원이 필요 없는 방식입니다.

알파비적검출			활성탄흡착		충전막 전리함
알파트렉 Alpha Track	래드트렉 RadTrack	라듀엣 Raduet	활성탄 캐니스터 Charcoal Canisters	활성탄 Charcoal	이펌 E- Perm
					
대한민국	미국	헝가리	미국	미국	미국

알파비적검출기 사용 방법



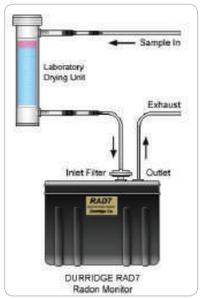
측정은 라돈농도가 높은 겨울철과 건물 매매 및 이사 시에 실시하여, 그에 따른 대책을 세우는 것이 가장 좋습니다.

1. 먼저 포장을 제거한 후 측정기 표면에 측정시작 날짜를 기록한다.
2. 라돈 수치가 궁금한 곳에 측정기를 놓고 사람들의 손길이 닿지 않도록 관리한다.
3. 90일의 측정시간이 지난 후, 종료날짜를 기록하고 포장해서 분석기관으로 발송한다.

• **능동형 라돈 측정 장치**

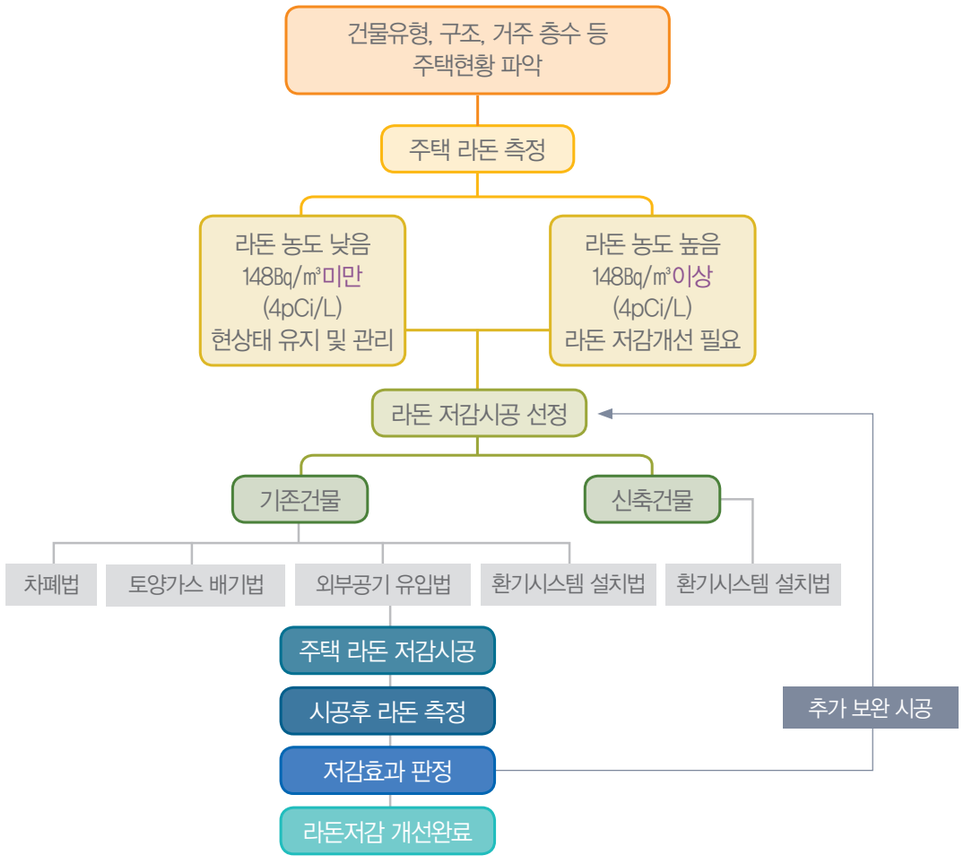
연속적으로 라돈 농도를 측정하기 때문에 공기 중의 라돈 농도를 시간대별로 체크할 수 있으나, 기기의 구매 비용이 높다는 단점이 있습니다.





[RAD7 측정사진/구성도]

2-2. 주택 라돈 저감 방법의 선정



[기존 및 신축주택 라돈 저감시공 방법 선정 절차]

2-3. 주택 라돈 저감 시공 위치 선정

라돈 저감은 주택 전체에 대하여 저감 하였을 때 효과를 높일 수 있으며, 상황에 따라 주택의 라돈 농도가 유난히 높게 측정된 공간에만 시공을 할 수도 있습니다.

하지만 부분 저감 시공의 경우 주택의 노후정도와 구조에 따라 저감 효과가 저하될 수 있습니다. 부분 저감 시공을 할 때는 해당 주택 현황조사를 통해 가장 적합한 저감 방법을 선정하여 시공하되, 개선 후 라돈 농도 측정의 결과가 만족스럽지 못 할 경우 다른 저감 시공 방법과 혼용, 또는 건물을 전체적으로 시공하는 방법을 고려할 것을 권장합니다.

라돈의 저감 효율을 높이기 위해서는 라돈 배출관과 환기 팬의 설치 경로가 중요합니다.





외부로 배출된 라돈 가스가 건물 내로 다시 유입되는 것을 방지하고 인근 건물에 영향을 미치지 않도록 배출관은 다음 사항을 고려하여 설치해야 합니다.

첫째
배출관에 이물질의 유입을 방지하기 위하여 처마 밑에 설치

둘째
창문이나 주택 내의 다른 격실로부터 최소 3m 이상 이격

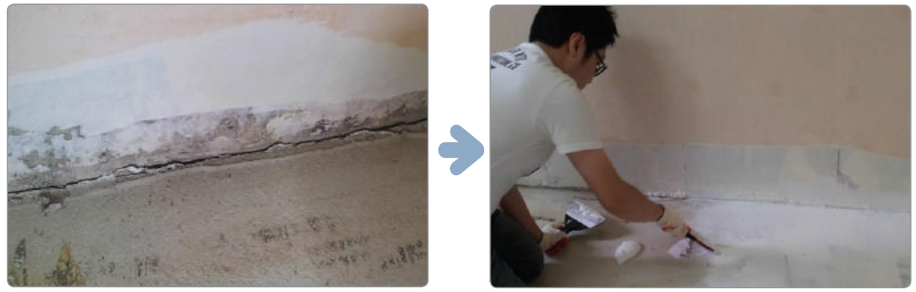
주택 라돈 저감 시공 사례

1. 기존 건물 사례

• 차폐법(틈새막음)을 통한 개선 사례

건물 틈새를 통한 라돈 유입을 1차적으로 차단할 수 있으나, 근본적인 원인을 해결하지 못하므로 다른 시공법과 혼용하여 시공할 것을 권장합니다.







• 외부 공기 유입 장치를 통한 개선 사례

라돈 차단 효과가 좋으며 시공이 간편한 저감 방법이지만 여름과 겨울철에 냉난방 온도 손실이 발생할 수 있습니다. 추가로 열교환기를 설치하여 온도 손실을 최소화 할 수 있지만, 그에 따른 외부공기 유입 장치의 설치 및 관리 비용이 상승하는 단점이 있습니다.

[천장형 환기시스템(열교환기 내장) 방식]











[벽체형 환기시스템(열교환기 내장) 방식]

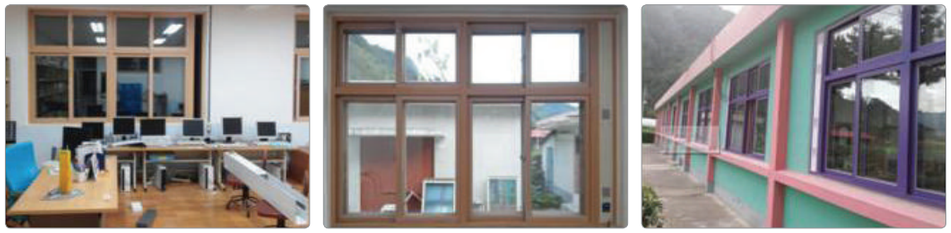


[창문형 환기시스템(열교환기 내장) 방식]

• 설치사진 (기존창틀에 설치)



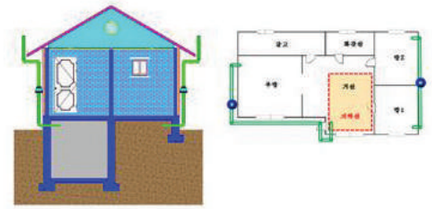
• 설치사진 (신설공사)



• 토양 가스 배출 장치를 통한 개선 사례

다른 라돈 저감 시공법보다 시공이 간편하고 시공 시간이 짧으며, 건물로 유입되는 라돈을 차단하기에 효과적입니다. 앞서 소개된 틈새 막음 시공법은 단일 시공으로는 실내 라돈 저감 효과가 미미 하지만 토양 가스 배출공법과 혼용하여 시공하면 뛰어난 라돈 저감 효과를 기대할 수 있습니다.

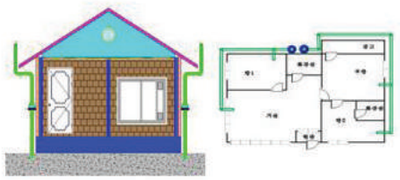
- Basement형



1. 지하층이 있는 구조물로서 그림과 같은 시공 방법으로 시공 한다.
2. Sump 설치를 위한 구조물 open 후 방수에 지장이 없도록 선정에 신중을 기해야 한다.
3. 배관의 틈으로 건물 하부에 냉기가 침입하지 않게 단열재 및 실리콘 등으로 밀실하게 마감한다.



- 매트기초

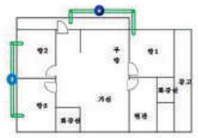


1. 1층 바닥에 지상에 면한 형태로 Sump는 지하 최하위 구조물 아래에 설치한다.
2. 기초에 자갈 등 다공성의 재질에 있는 경우 Sump 위치를 조정한다.



- 뜬구조 및 줄기초





1층 바닥이 지반보다 위에 설치된 형태로
1층 하부 측면을 천공하여 Sump를
설치하고 흡입관을 시공한다.



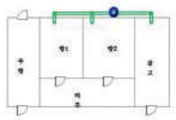






- 구들형





바닥 온돌 하부에 기존 구들을 유지하는
기초로서 온돌층 하부 기존 구들을
이용하여 흡입관을 설치한다.









2. 신축 주택 사례

신축 건물의 경우, 건축 시부터 라돈 저감 시공법을 적용하면 낮은 비용으로 높은 저감 효율을 얻을 수 있습니다.

• 시공순서



❶ 지반 다지기



❷ 배관 설치



❸ 배관 설치



❹ 자갈(쇄석) 설치



❺ 부직포 설치



❻ PE SHEET & 모래 설치

[별첨 : 시공방법에 따른 효율 및 시공비]

단위 : 천원

구분	개선방법	저감 효율%	유지력	투입대배 효율	소음	시공비용 예시	
						설치	운영(연간)
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
기존주택	외부공기유입 (열교환)	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
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 사업」을 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

※ 학교 : 1 개 교실 기준

※ 배기 FAN : 가변풍량형

※ 연간 운전비는 운전조건에 따라 변경될 수 있음

※ 고농도 건물의 경우 혼합형(토양배기+환기형+기타)시공으로 설치 권장



라돈 저감 관리 매뉴얼

[주택소유자용]