

## 대한산업보건협회 광주전남북지역본부

수신자 진도쌍정 및 목포법원 아파트 건설공사 2공구

(경 유)

제 목 실내공기질 측정 결과 송부

1. 귀 사의 발전을 기원하오며 협조에 감사드립니다.

2. 대한산업보건협회 광주전남북지역본부는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제 18조의 2 및 「환경시험·검사기관 정도관리 운영 등에 관한 규정」에 따라 실시한 실내공기질 분야 숙련도시험 결과 **"적합"** 으로 판정을 받고 같은규정에 의한 현장평가를 실시한후 같은규정에 의하여 정도관리검증서를 발급받은 측정대행업체입니다.

3. 실내공기질 측정 결과보고서를 붙임과 같이 송부하오니 업무에 참고하시기 바랍니다.

4. **아직 납부되지 않은** 실내공기질 수수료가 있으시면 아래의 **계좌로 납부**하여 주시기 바랍니다.

◎ 광주은행 : 053 - 107 - 044535    ◎ 농협 : 605 - 01 - 174191 (예금주:대한산업보건협회)

5. 기타 문의시 협회 환경위생팀 최명길 과장(☎062-519-2355)에게 연락 주시면 성실히 답변하여 드리겠습니다.

붙임 : 1. 실내공기질 측정 결과서 (사업장 보관용) 1부. 끝.

대한산업보건협회 광주전남북지역본부장



사원                      문승건                      선임차장                      김연경                      팀장                      10/28  
이용기

협조자

시행 광주환경위생팀-2056( 2021.10.28. )                      접수  
우 62234    광주광역시 광산구 사암로 414                      / http://www.kiha21.or.kr  
전화                      전송                      / 2021375@kiha21.or.kr                      / 공개

# 신축 공동주택의 공기질 측정결과서

진도 쌍정 및 목포법원  
아파트 건설공사 2공구

2021 년 10 월



**대한산업보건협회**  
KOREAN INDUSTRIAL HEALTH ASSOCIATION

## (목포법원아파트 2공구)주택 공기질 측정결과 보고(공고)

|             |           |                                                                         |        |         |        |           |      |
|-------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|--------|---------|--------|-----------|------|
| 공<br>자      | 상호(사업장명칭) | (주)케이알산업                                                                |        | 성명(대표자) |        | 박 종 화     |      |
|             | 주 소       | 본사 : 경기도 이천시 부발읍 경충대로 2042-1<br>우편 : 전남 목포시 양율로 250 (전화번호:061-803-1033) |        |         |        |           |      |
|             | 공동주택 현황   | 공급세대                                                                    | 세대별 규모 |         |        |           |      |
|             |           |                                                                         | 16타입   | 26타입    | 36타입   | 44타입      | -    |
|             |           | 400 세대                                                                  | 120 세대 | 120 세대  | 120 세대 | 40 세대     | - 세대 |
| 측<br>정<br>자 | 상 호       | (사)대한산업보건협회<br>광주전남북지역본부                                                |        | 등 록 번 호 |        | 광주광역시 제5호 |      |
|             | 주 소       | 광주광역시 광산구 사암로 414(흑석동) (전화번호: 062-956-9012)                             |        |         |        |           |      |

### 공동주택 공기질 측정결과(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

| 항 목  | 측정<br>일시<br>(시간) | 측정<br>지점<br>(동-호수) | 거실<br>방향 | 벤젠    | 톨루엔      | 폼알데<br>하이드 | 에틸<br>벤젠 | 자일렌    | 스틸렌    | 라돈<br>(Bq/ $\text{m}^3$ ) |
|------|------------------|--------------------|----------|-------|----------|------------|----------|--------|--------|---------------------------|
| 권고기준 | 라돈측정<br>10/22~25 | -                  | -        | 30 이하 | 1,000 이하 | 210 이하     | 360 이하   | 700 이하 | 300 이하 | 148 이하                    |
| 1지점  | 10/25<br>(10:20) | 501-1907           | 남향       | 1.3   | 8.3      | 52.8       | 2.6      | 4.1    | 18.9   | 141.2                     |
| 2지점  | 10/25<br>(10:35) | 501-1006           | 남향       | 1.0   | 2.0      | 53.4       | 0.9      | 2.0    | 1.4    | 134.3                     |
| 3지점  | 10/25<br>(11:30) | 501-205            | 남향       | 0.9   | 2.4      | 82.4       | 1.7      | 3.8    | 0.8    | 87.7                      |
| 4지점  | 10/25<br>(11:50) | 502-1902           | 남향       | 1.0   | 1.0      | 14.5       | 0.0      | 0.0    | 0.7    | 69.8                      |
| 5지점  | 10/25<br>(13:10) | 502-1001           | 남향       | 0.5   | 0.9      | 18.2       | 0.0      | 0.3    | 0.7    | 138.5                     |
| 6지점  | 10/25<br>(13:15) | 502-202            | 남향       | 1.5   | 1.4      | 24.6       | 0.8      | 0.7    | 0.9    | 128.8                     |
| 평 균  |                  |                    |          | 1.0   | 2.7      | 41.0       | 1.0      | 1.8    | 3.9    | 116.7                     |

「실내공기질 관리법」 제9조제1항 및 같은 법 시행규칙 제7조제3항에 따라 신축 공동주택의 공기질 측정결과를 위와 같이 보고(공고)합니다.

년 월 일

제출자

(서명 또는 인)

특별자치시장 · 특별자치도지사 · 시장 · 군수 · 구청장 귀하

※ 첨부서류: 신축 공동주택의 공기질 측정결과서 원본 1부

# 신축 공동주택의 공기질 측정 결과서

① 회 사 명 : (주)케이알산업

② 검 사 기 관 명 : (사)대한산업보건협회 광주전남북지역본부

③ 측 정 : 최명길 (환경위생팀 대기환경기사)

④ 분 석 : 문승건 (환경위생팀 분석요원)

⑤ 검 사 일 시 : 2021년 10월 22일 ~ 2021년 10월 25일

대한산업보건협회 광주전남북지역본부장



# 1. 서 론

실내환경에 대한 관심은 1970년대 이후 산업구조의 대형화를 통해 에너지 소비가 급증하여 환경오염이 가중되면서 본격적으로 대두되었다고 할 수 있다. 실내공기질 문제에 대한 발생배경을 보면 1970년대 이후 각종 산업분야에서 에너지 절감 및 효율을 높이기 위한 노력의 일환으로 건물의 열효율을 위한 밀폐화와 에너지 절감장치를 설치하는 건물의 증가로 인하여 이들 건물의 실내공기질이 악화되면서 발생되었다. 또한 다양한 산업기술의 산물인 새로운 건축자재에서 예상치 못한 오염물질이 방출되고, 경제수준의 향상으로 인한 다양한 생활용품 사용의 증가로 새로운 오염물질이 방출되면서 실내공기질이 오염되었고, 이는 건물 내 거주하는 사람들의 건강에 영향을 미치게 되었다. 그럼에도 불구하고 산업화와 경제화에 초점을 맞춘 국가 정책에 따라 실내환경의 중요성은 인식되지 못하였고, 1970년대 초 선진 각국에서 빌딩증후군(sick building syndrome)이라하는 새로운 증상이 보고되면서부터 본격적으로 건강위해성과 관련하여 관심을 갖게 되었다.

실내환경 문제는 인간 활동에 의해 발생하는 각종 오염물질들이 실내에 방출되어 실내환경을 오염시키는 현상 즉, 실내오염에 의한 문제라 할 수 있다. 실내공기 중에는 물리적, 화학적 및 생물학적으로 다양한 오염물질이 존재할 가능성이 있으며 이러한 오염물질들은 외부 공기의 유입, 담배연기, 난방기, 오븐, 취사도구, 시멘트, 세정제, 건축자재, 페인트 등과 같은 복합적인 배출원에서 기인되므로 그 배출량 역시 오염물질에 따라 상당한 편차를 나타내는 것으로 알려져 있다. 실내공기오염은 주택, 학교, 사무실, 공공건물, 병원, 지하시설물, 교통수단 등의 다양한 실내공간의 공기가 오염된 상태를 말하며 매우 복합적인 원인들에 의해서 야기될 수 있는데 그 영향은 실내 거주자들의 생명을 위협할 정도는 아니더라도 장기적으로 볼 때 건강에 나쁜 영향을 미치고 있음에 틀림없다. 최근에는 실내공기오염의 건강영향을 보다 정확히 분석하기 위하여 하루 24시간 중 개인 활동형태에 따른 특정 오염물질의 노출량을 측정하고 있으며, 단일화합물질 뿐 아니라 복합 화학물질의 영향에 의한 복합화학물질 민감증(multiple chemical sensitivity) 관련 연구도 확대되고 있다.

본 측정은 2021년 10월 22일부터 10월 25일까지 수행되었으며, 신축건물 입주 전 휘발성유기화합물(VOCs)내 세부 VOC 항목(신축 공동주택 실내공기질 권고 기준 항목)과 폼알데하이드(HCHO), 라돈(RN)의 농도수준을 측정하여, 신축건물에서 유발될 수 있는 유해인자에 대한 알 권리를 충족시키고 아울러 건강하게 생활할 수 있는 환경을 조성하는데 기초자료를 제공하고자 하였다.

끝으로 본 측정이 이뤄지기까지 관심과 협조를 아껴주지 않으신 (주)케이알산업 (진도쌍정 및 목포법원아파트 건설공사 2공구) 신축공사 관계자 여러분께 감사의 마음을 전합니다.

2021년 10월

## 2. 측정 및 분석방법

가. 측정일시 : 2021년 10월 22일 ~ 2021년 10월 25일 (4일간)

나. 측정대상 : 총 6개 세대

다. 측정항목 : 휘발성유기화합물(VOCs)내 개별VOC 항목, 폼알데하이드(HCHO), 라돈(RN)

라. 측정 및 분석방법 : 각 항목별 측정 및 분석은 “환경부 실내공기질 공정시험기준”에 준하여 이루어졌음

### (1) 휘발성유기화합물(VOCs)내 개별 VOC 항목

휘발성유기화합물(이하 VOCs)의 측정 및 분석은 “질량분석계를 이용한 고체흡착열탈착법(TD-GC/MS)”에 의하여 이루어졌다.

VOCs의 분석을 위한 시료의 포집에는 고체흡착관(Tenax-TA tube, SUPELCO)이 이용되었으며, 각 측정지점별로 mini volume air sampler(MP-Σ30N, SIBATA)를 사용하여 0.10 l/min의 유속으로 30분간 2회 포집하였다.

흡착관은 사용하기 전 열탈착기(TC20, Markes)를 이용하여 안정화(conditioning) 시켰으며, sampler는 시료채취 전·후의 유속을 확인하여 유속의 변화가 10% 이내인가를 확인하였다. 한편 포집이 완료된 시료는 고체흡착관의 마개를 닫고 알루미늄호일로 밀봉하여, 분석 전까지 4℃ 냉장보관 하였다.



[ 그림 ] 공기중 VOCs 포집장치

## (2) 포말데하이드(HCHO)

포말데하이드(이하 HCHO)의 측정 및 분석은 “2,4-DNPH유도체화 HPLC 분석법”에 의하여 이루어졌다.

HCHO 분석을 위한 시료의 포집에는 2,4-DNPH cartridge(LpDNPH S10, SUPELCO)가 이용되었으며, 각 측정지점별로 mini volume air sampler(MP-Σ100HN, SIBATA)를 사용하여 0.50 l/min의 유속으로 30분간 2회 포집하였다. 한편 시료 포집시 오존(O<sub>3</sub>)은 DNPH 카트리지가 내에서 DNPH 및 그 유도체와 반응하여 방해물질로 작용하므로, 오존에 의한 간섭작용을 최소화하기 위하여 DNPH 카트리지의 앞부분에 오존스크러버(Ozone scrubber)를 직렬로 연결하여 사용하였다. 또한, sampler는 시료채취 전·후의 유속을 확인하여 유속의 변화가 10% 이내인가를 확인하였으며, 포집이 완료된 시료는 DNPH 카트리지의 마개를 닫고 알루미늄호일로 밀봉하여 분석 전까지 4℃ 냉장보관 하였다.



[ 그림 ] 공기중 HCHO 포집장치

### (3) 라돈(RN)

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.

이 시험기준은 신축공동주택 내 라돈 농도 측정을 위한 주 시험방법으로 사용되며, ‘환경부 다중이용시설등의 실내공기질 공정시험방법’상의 시험방법인 “연속모니터측정법”을 적용하여 확산식 접합형 검출 센서로 라돈(Rn)가스를 측정하는 “FRD500 라돈연속측정기”를 이용하여 48시간 이상 측정하였다.

이 방법은 라돈이 대기중에 확산하여 측정기 챔버까지 오게 될 때 방사되는 알파 입자를 검출기가 검출해 내는 방식으로 측정하여 그 평균값을 구하였다.

라듐-226(Ra-226)은 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 방사성 붕괴계열이 함유된 우라늄-238(U-238), 토륨-232(Th-232), 우라늄-235(U-235) 방사성 붕괴 계열에서 각각 생긴 것 들이다. 이 시험기준은 라돈은 U-238이 연속 붕괴하며 생성된 Rn-222에 대한 것이다.



[ 그림 ] 공기중 라돈 포집장치



### 3. 측정결과

#### ◎ 측정결과

| 측정지점       | ID | HCHO<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Benzene<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Toluene<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Ethyl<br>benzene<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Xylene<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Styrene<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 라돈<br>(Bq $\text{m}^3$ ) |
|------------|----|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| 501동 1907호 | #1 | 52.8                                 | 1.3                                     | 8.3                                     | 2.6                                              | 4.1                                    | 18.9                                    | 141.2                    |
| 501동 1006호 | #2 | 53.4                                 | 1.0                                     | 2.0                                     | 0.9                                              | 2.0                                    | 1.4                                     | 134.3                    |
| 501동 205호  | #3 | 82.4                                 | 0.9                                     | 2.4                                     | 1.7                                              | 3.8                                    | 0.8                                     | 87.7                     |
| 502동 1902호 | #4 | 14.5                                 | 1.0                                     | 1.0                                     | 0.0                                              | 0.0                                    | 0.7                                     | 69.8                     |
| 502동 1001호 | #5 | 18.2                                 | 0.5                                     | 0.9                                     | 0.0                                              | 0.3                                    | 0.7                                     | 138.5                    |
| 502동 202호  | #6 | 24.6                                 | 1.5                                     | 1.4                                     | 0.8                                              | 0.7                                    | 0.9                                     | 128.8                    |
| 평균값        |    | 41.0                                 | 1.0                                     | 2.7                                     | 1.0                                              | 1.8                                    | 3.9                                     | 116.7                    |
|            |    |                                      |                                         |                                         |                                                  |                                        |                                         |                          |
|            |    |                                      |                                         |                                         |                                                  |                                        |                                         |                          |
|            |    |                                      |                                         |                                         |                                                  |                                        |                                         |                          |
|            |    |                                      |                                         |                                         |                                                  |                                        |                                         |                          |
|            |    |                                      |                                         |                                         |                                                  |                                        |                                         |                          |
|            |    |                                      |                                         |                                         |                                                  |                                        |                                         |                          |
|            |    |                                      |                                         |                                         |                                                  |                                        |                                         |                          |
| 환경부 기준     |    | 210 이하                               | 30 이하                                   | 1000<br>이하                              | 360 이하                                           | 700 이하                                 | 300 이하                                  | 148 이하                   |

■ 개별 VOCs(벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌) 측정결과 측정대상이었던 6개 세대모두에서 “환경부 다중이용시설등의 실내공기질관리법”상의 신축공동주택에 대한 기준치(이하 환경부 기준치)를 초과하는 사례는 나타나지 않았습니다.

■ 또한, 폼알데하이드(HCHO) 및 라돈(RN) 측정결과에서도 환경부 기준치에 적합한 농도수준을 나타내었습니다.

👁 측정지점(목포법원아파트 2공구 연립주택 건설현장)

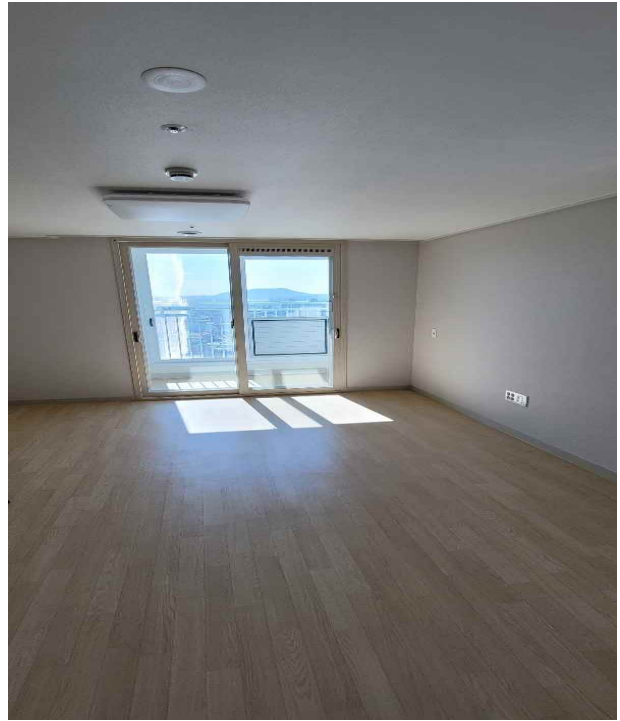
○ 점검 사항

\* 세대별 측정항목 → 온도, 습도, 기압, HCHO, VOCs



1지점

501동 1907호

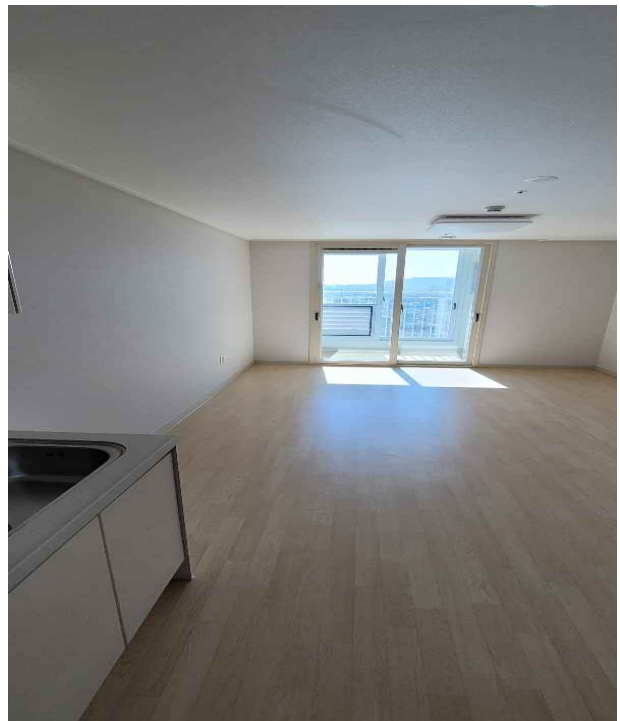


501동 1907호 밀폐 내부



2지점

501동 1006호



501동 1006호 밀폐 내부

👉 측정지점(목포법원아파트 2공구 연립주택 건설현장)

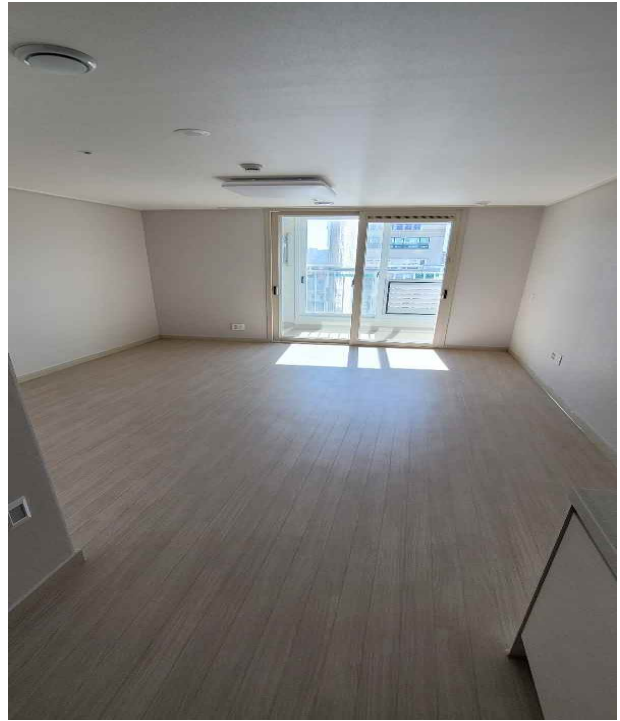
○ 점검 사항

\* 세대별 측정항목 → 온도, 습도, 기압, HCHO, VOCs



3지점

501동 205호



501동 205호 밀폐 내부



4지점

502동 1902호



502동 1902호 밀폐 내부

👁 측정지점(목포법원아파트 2공구 연립주택 건설현장)

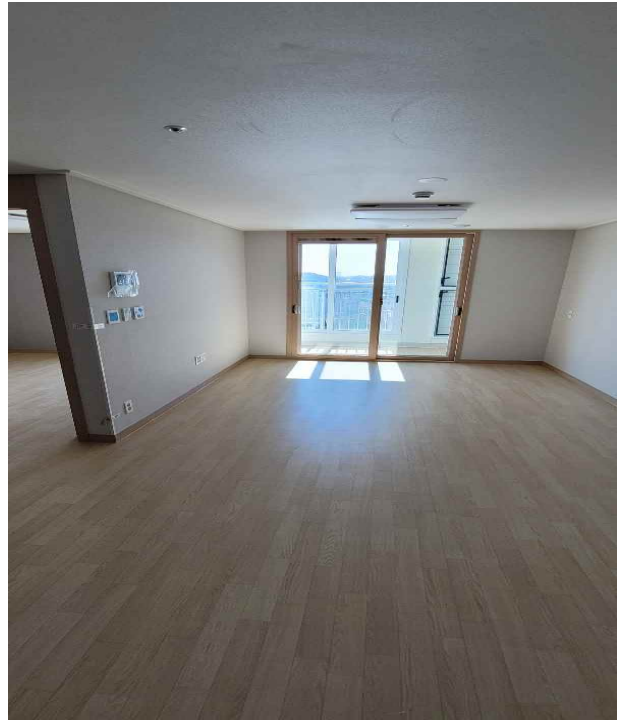
○ 점검 사항

\* 세대별 측정항목 → 온도, 습도, 기압, HCHO, VOCs



5지점

502동 1001호

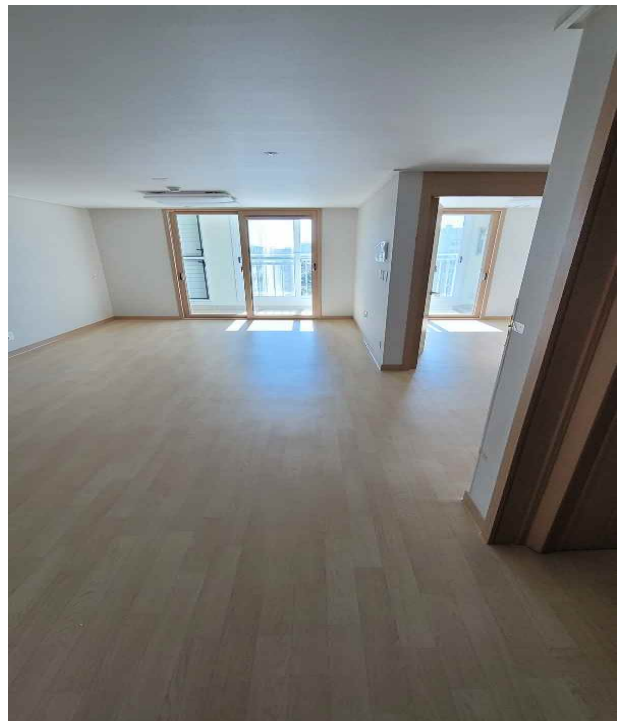


502동 1001호 밀폐 내부



6지점

502동 202호



502동 202호 밀폐 내부

## 4. 공동주택의 관리방안 제언

일반적으로 공동주택 실내공기오염의 주 요인으로 알려져 있는 유해 화학물질인 폼알데하이드와 휘발성유기화합물은 건축자재, 내장가구 및 거주자들이 사용하는 생활용품 등에서 다양하게 발생하고 있는 것으로 조사되었다.

이에 본 측정에서 진행된 아파트 신축공동주택에서 유발되는 실내공기오염물질인 폼알데하이드와 휘발성유기화합물 및 라돈에 대한 발생원 추정 결과를 토대로 공동주택의 관리방안을 아래와 같이 제언한다.

### (1) 신축 공동주택에서 관리방안

공동주택에서의 휘발성유기화합물과 폼알데하이드 농도는 신축시 시공된 건축자재 및 내장가구류 등에서 상대적으로 고방출되는 건축 초기단계뿐만 아니라, 입주하고 일정시간이 지난 후에도 대다수의 거주자가 에너지 절약의 측면에서 실내공간을 기밀하게 사용하기 때문에 실내 오염물질의 농도가 높게 유지되는 경우가 발생하게 된다. 이러한 문제의 효과적인 해결을 위해서는 환기 측면에서의 대책이 필수적이라 할 수 있다.

따라서, 경제적이고, 효과적인 환기설비의 보급이 시급한 실정으로 실내공기오염 저감을 위한 공동주택의 설계 및 시공기술의 개발과 더불어 환기설비 관련 기술지침 및 환기설비기준의 설정이 필요한 것으로 사료된다.

### (2) 발생원 제거방법

오염물질별로 발생원이 다양하다는 것을 조사결과에서 알 수 있었다. 폼알데하이드나 휘발성유기화합물은 건축마감재가 주 오염원이 될 것이다. 발생원 제거는 오염물질별 발생원의 사용을 피하거나 다른 방법을 이용하여 당초의 사용목적을 달성하는 것이다. 폼알데하이드의 예를 들면 접착제에도 일부 폼알데하이드를 방부 목적으로 사용하고 있다. 폼알데하이드는 다른 물질을 사용하여 장기간 썩지 않도록 하거나 공법을 바꾸어 접착제를 사용하지 않는 시공방법이나 접착제 사용이 필요없는 자재를 사용할 경우 발생원 제거 방법에 해당된다. 발생원을 제거하는 방법이 가장 효과적이거나 경제적으로 감당할 수 없거나 뚜렷한 대안이 없을 경우에는 어쩔 수 없이 기존의 제품을 사용하여야 한다. 불가피하게 사용을 하더라도 오염물질 발생원이 되는 물질의 사용량을 줄이는 방법이나 오염물질의 발생량을 줄일 수 있는 방법, 오염물질의 발생 시점을 조절하는 방법등이있다. 첫 번째 방법은 제품 생산에 사용되는 소재의 배합비를 조절하여 오염물질 발생 원인 물질의 사용을 줄이는 동시에 원하는 품질을 확보하는 방법이 될 수 있고, 두 번째 방법은 코팅 등을 통하여 제품에서 나오는 오염물 발생량을 줄이는 방법이다. 광촉매의 경우 이 방법으로 분류할 수 있다. 세 번째 방법은 베이킹 아웃이 해당되며 사용 전에 오염물질 방출을 극대화하여 건물이 사용되는 기간에는 실내공기 오염도를 낮추는 방법이다.

### (3) 환기에 의한 방법

외부의 공기를 도입하여 실내의 공기와 교체하는 것을 환기라 한다. 산업화가 진행되고 있어 예전보다 대기의 공기질도 오염되어 있는 것이 사실이지만 실내에는 다양한 오염원이 존재하고 환기를 하지 않아 오염물질이 쌓여서 실내공기질은 일반적으로 대기보다 2-3배 더 오염된 것으로 보고되고 있어 환기는 필수적이라 할 수 있다. 현재까지는 환기가 실내공기 오염물질을 가장 효과적으로 제거하는 방법이라 판단된다. 환기는 건물에 위치하고 있는 문, 창문 그리고 환기구 등을 이용하여 내부 공기를 교체하는 자연환기와 송풍기, 환풍기 등 기계적인 힘을 사용하여 내외부 공기를 교체하는 기계환기로 나눈다. 환기가 필요한 실 전체를 환기하는 것을 전반환기라 하며, 국소적으로 필요한 부분만 환기하는 것을 국부환기라 한다. 실제로는 자연환기와 기계환기의 조합에 의해 3종류로 분류할 수 있다. 강제급기와 강제배기를 하는 방식을 제 1종환기라 하고 강제급기에 자연배기하는 방식을 제 2종 환기, 강제배기에 자연급기하는 방식을 제 3종 환기라고 한다.

이와같이 앞에서 언급한 발생원 제거에 의한 방법, 오염원 제어에 의한 방법, 환기에 의한 방법 등 공동주택에 있어서 실내공기질 관리를 적절하게 지속적으로 이루어져야 할 것이다.



## 5. 물질별 인체에 미치는 영향

### 1. 휘발성유기화합물(VOCs)

휘발성유기화합물(VOCs)은 증기압이 높아 대기중으로 쉽게 증발되고, 물질에 따라 인체에 발암성을 보이고 있으며, 대기중에서는 광화학 반응을 일으켜 오존 및 PAN 등 광화학 산화성 물질을 생성시켜 광화학 스모그를 유발하는 물질로 많이 알려져 있다. VOCs의 발생은 주유소, 저유시설, 산업체, 매립지, 하수정화시설 등에서의 인위적인 배출과 자연적으로 습지 등 혐기성 조건하에서 박테리아의 분해를 통해서 메탄이 생성되어 배출된다. 실내에서의 VOCs 발생 원으로는 건축자재와 마감재료, 건물의 유지관리용품(청소용, 각종 세척제 등), 소모성 재료(복사기의 토너), 연소과정의 물질, 재실자의 활동, 외부공기 유입 등으로 구분할 수 있다.

실내에서 VOCs 농도가 증가하는 주요 원인을 건축자재와 시공의 측면에서 보았을 때 복합화합물질을 이용한 새로운 건축자재의 보급과 시공과정에서 노무비의 절감과 숙련공의 부족으로 인한 공법의 변화로 많은 양의 접착제 사용을 들 수 있다. 대부분의 건축자재에서는 시공 후 초기단계에 다량의 오염물질을 방출하게 되며, 시간의 경과에 따라 방출량이 점차로 감소된다.

연소과정에서의 방출은 실내에서 연소기구를 사용하는 경우나 담배의 흡연도 실내공기오염의 주된 요인이 된다. 또한, 가스나 등유를 사용하는 연소기구, 난로와 같은 개별 난방기구에 연통이나 배기구가 설치되어 있지 않은 경우에 연소가스와 함께 각종 오염물질을 직접 실내로 방출하게 된다. 인체로부터 방출되는 VOCs 물질은 알코올 성분, 알데히드, 케톤, 톨루엔, 페놀 등 12종류 이상이 포함되어 있으며, 그 중에서 메탄(74mg/인·일)과 아세톤(51mg/인·일)이 가장 많이 방출되고 있다. 또한, 화장품, 향수 등의 사용도 실내 VOCs의 발생원으로 작용하고 있다.

[ 표 ] 실내에서 발생하는 VOCs 물질과 발생원

| VOCs 물질  | 주요 발생원                                          |
|----------|-------------------------------------------------|
| 벤젠       | 연기, 세척 및 청소용품, 페인트 제거제, 접착제, 파티클 보오드            |
| 디클로로벤젠   | 방향제, 종약                                         |
| 펜타클로로벤젠  | 목재보존제, 곰팡이제거제, 제충제                              |
| 부틸아세테이트  | 락커                                              |
| 톨루엔, 자일렌 | 페인트, 바닥용 왁스, 니스, 염료착제, 등유용 난방기구, 벽지, 코킹 및 실런트제품 |
| 스틸렌      | 담배연기, 코킹제, 발포형 단열재, 섬유형보오드                      |

VOCs의 인체영향과 관련하여, 벤젠은 호흡을 통해 약 50%가 흡수되며, 아주 작은 양이지만 피부를 통해 침투되기도 한다. 체내에 흡수된 벤젠은 주로 지방조직에 분포하게 되며, 급성중독일 경우 마취증상이 강하게 나타나며 호흡곤란, 불규칙한 맥박, 졸림 등을 초래하여 혼수상태에 빠진다. 만성중독일 경우 혈액장애, 간장장애, 재생불량성 빈혈, 백혈병을 일으키기도 한다. 톨루엔 또한 호흡에 의해 주로 흡입되고 피부, 눈, 목안 등을 자극하며 피부와 접촉하면 탈지작용을 일으키기도 한다. 또한 두통, 현기증, 피로 등을 일으키며 고농도에 노출될 경우 마비상태에 빠지고 의식을 상실하며 때로는 사망에 이르기도 한다. 자일렌에 의해서는 성장장애, 태아독성영향, 임신독성 등의 영향을 받는다.

## 2. 폼알데하이드(HCHO)

폼알데하이드(HCHO)는 자극성 냄새(냄새역치 : 0.8 ppm)를 갖는 가연성 무색 기체로 인화점이 낮아 폭발의 위험성이 있으며, 살균 방부제로 이용되고 물에 잘 녹아 40% 수용액을 포름알린이라고 한다. 또한, 화학적으로는 반응성이 매우 센 환원제이며, 많은 물질들(젤라틴, 아교 등과 같은 단백질)과 쉽게 결합하여 쉽게 중합체를 형성하고, 피혁제조나 폭약, 요소계, 멜라민계 합성수지를 만드는 공정 등에 사용된다. 폼알데하이드는 자연적으로도 발생되는데 대기중의 탄화수소가 산화되어 생성되는 것으로 죽은 수목이 분해되거나 관엽식물에서 방출되는 화학물질의 변환으로 생성된다.

실내에서 폼알데하이드의 농도는 온도와 습도, 건축물의 수명, 실내 환기율 등에 따라 크게 좌우된다. 특히, 지하생활환경에서 발생하는 실내공기중의 폼알데하이드는 건축자재, 상가, 포목점 등에서 많이 방출되어 효과적인 환기시설의 운영이 요구된다. 또한, 폼알데하이드는 실내 공기오염의 주요 원인물질로 일반주택 및 공공건물에 많이 사용되는 단열재인 우레아수지폼(Urea Formaldehyde Foam Insulation : UFFI)과 실내가구의 칠, 가스난로 등의 연소과정, 접착제, 흡연, 생활용품, 의약품, 접착제 등에 의해 발생된다.

1981년 Schenke 등의 보고서에 따르면 우레아폼을 단열재로 사용한 주택에 살고 있는 주민을 조사한 결과, 오랫동안 폼알데하이드에 폭로되었을 경우 정서적 불안정, 기억력 상실, 정신집중의 곤란 등을 유발하고 동물실험에서는 폐수종, 비염의 증상이 있는 것으로 나타났다. 폼알데하이드에 반복하여 노출될 경우 눈, 코 및 호흡기도에 만성 자극을 일으키며 눈꺼풀에 염증을 유발시키는 것으로 알려지고 있다.

폼알데하이드의 인체에 미치는 영향은 독성 정도에 따라 흡입, 흡수, 피부를 통한 경로로 침투되고, 이 중에서 흡입에 의한 독성이 가장 강하게 나타나는 것으로 알려져 있다. 폼알데하이드는 그 농도가 1ppm 또는 그 이하에서 눈, 코, 목의 자극 증상을 보이며, 동물 실험에서는 발암성(비암)이 있는 것으로 나타났다. 아래의 표는 폼알데하이드(HCHO)의 농도에 따른 인체 영향을 나타낸 것이다.

[ 표 ] 폼알데하이드의 인체 위해성

| 농도(ppm)   | 인 체 영 향                                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 0.1 ~ 5   | 눈의 자극, 최루성, 상부기도의 자극                                                          |
| 1 또는 그 이하 | 눈, 코, 목의 자극                                                                   |
| 0.25 ~ 5  | 기관지천식이 있는 사람에게서 심한 천식발작                                                       |
| 10 ~ 20   | 기침, 폐의 압박, 머리가 무거움, 심장박동이 빨라짐                                                 |
| 50 ~ 100  | 폐 체액의 집적, 폐의 염증, 사망<br>입으로 마실 경우, 구강, 목, 복부의 맹렬한 고통, 구토, 설사,<br>현기증, 경련, 의식불명 |



### 3. 라돈(Rn)

라돈은 지각의 암석 중에 들어있는 우라늄( $^{238}\text{U}$ )이 몇 단계의 방사성붕괴 과정을 거친 후 생성되는 무색·무취·무미의 기체로 지구상 어디에나 존재하는 자연방사능 물질이다.

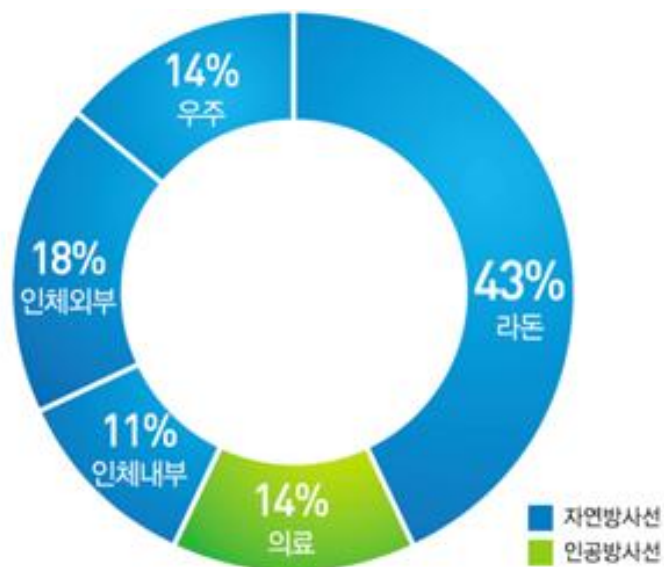
<그림>



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

방사선은 암석 등에서 나오는 지각방사선, 별에서부터 오는 우주방사선, 공기, 음식 등에서 발생하는 자연방사선과 원자력 발전소 주변의 방사선, 항암치료나 X-ray촬영 시 발생하는 인공방사선이 있다.

사람이 연간 노출되는 방사선의 85%는 자연방사선에 의한 것이고, 라돈에 의해 노출되는 방사선은 연간 노출되는 방사선의 약 43%이다.

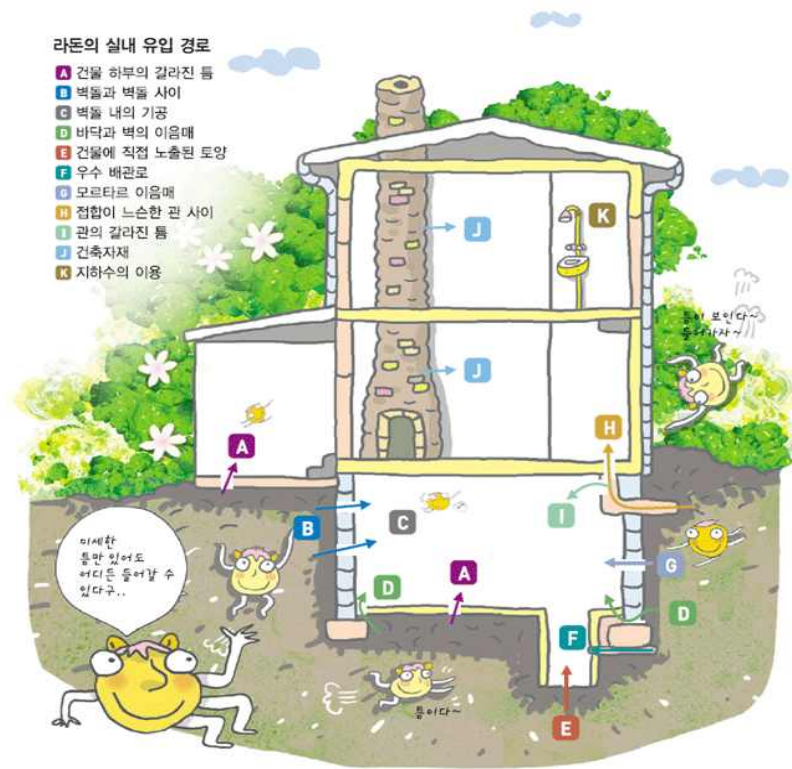


라돈 농도는 베크렐(Bq)이나 피코큐리(pCi)로 표현한다. 베크렐은 방사성물질 국제표준 단위이며, 1초에 방사선 1개가 핵에서 한번 방출되는 것, 즉 1초 동안 하나의 방사성 붕괴가 일어나는 양을 나타낸다. 공기 중 라돈의 농도는 Bq/m<sup>3</sup>이나 pCi/L로 표시하며, 1 pCi/L 는 37 Bq/m<sup>3</sup> 에 해당하는 농도이다.

## ■ 라돈의 유입경로

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

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



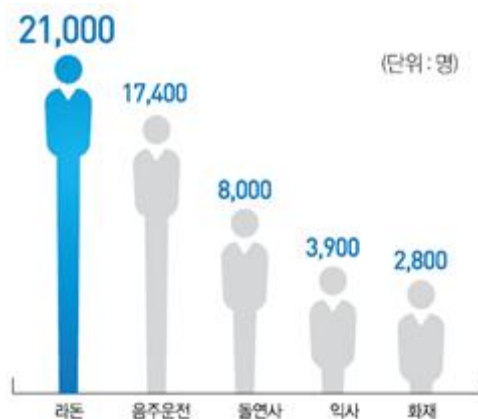
## ■ 라돈의 인체 내 영향

호흡을 통해 인체에 흡입된 라돈과 라돈자손은 붕괴를 일으키면서 알파( $\alpha$ )선을 방출한다. 방출된 알파( $\alpha$ ) 선은 폐조직을 파괴한다. 지속적으로 라돈에 노출되는 경우 폐암을 유발하게 된다. 세계보건기구(WHO)는 라돈을 흡연 다음으로 폐암 발병원인의 3~14% 차지한다고 보고하고 있으며, 일반적으로 같은 농도의 라돈에 노출된 경우 흡연자가 비흡연자에 비해 훨씬 높다.

### <표> 흡연유무에 따른 폐암 발생률 및 위험도 비교

| 라돈농도                            | 흡연유무 | 폐암 발생률(1,000명당) | 기타 사고와의 위험도 비교 |
|---------------------------------|------|-----------------|----------------|
| 148 Bq/m <sup>3</sup> (4 pCi/L) | 흡연자  | 62명             | 자동차 사고의 5배     |
|                                 | 비흡연자 | 7명              | 자동차 사고의 1배     |

출처 : WHO흡연유무에 따른 폐암 발생률 및 위험도 비교



[미국 내 라돈 및 사고에 의한 연간 사망자 수]



[미국 내 폐암 발병원인별 연간 사망자 수]

출처 :EPA

※ 라돈에 대한 내용은 국립환경과학원 생활환경정보센터에서 발췌 하였습니다.