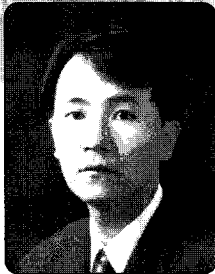


# 신축 공동주택 실내공기질 권고기준의 제정방향 및 주요 내용



이 윤 규  
한국건설기술연구원 수석연구원

〈필자역력〉  
연세대학교 건축공학과(공학박사)  
1991. 1 - 현 재 : 한국건설기술연구원 건축연구부 수석연구원  
1998.12 - 1999.12 日本國 建設省 建築研究所 第5研究部 客員研究員  
1992. 9 - 현 재: 연세대학교 건축과학기술연구소 객원연구원  
환경부 중앙환경보존전문위원회 위원  
환경부 한국환경기술진흥원 과제심의위원회 평가위원  
국회 환경정책연구소 자문위원 및 연구위원  
산업자원부 한국산업기술평가원 심의위원  
한국에너지관리공단 대체에너지 시범적용사업 심의위원

## 1. 서 론

현대인은 하루의 90%이상을 실내공간에서 생활하고 있으며 실내공기의 70%정도를 섭취하고 있다. 그러나 최근 건축물의 외피 대부분은 에너지절약 문제 등으로 인하여 고기밀화됨으로서 실내에서 필요한 환기량이 크게 줄어들고 있다. 또한, 실내공간의 건축자재 및 내장가구류 등에 사용하는 복합 화학물질의 증가로 인한 새집증후군(Sick House Syndrome)등 공

동주택의 실내공기오염은 새로운 환경문제로 떠오르고 있으며, 이로 인하여 실내공기의 오염정도가 인체의 건강에 큰 영향을 주는 요인으로 부각되고 있다.

이와 더불어, 최근 신축 공동주택을 시공하여 분양하는 건축업체는 2004년 5월에 공포된 “다중이용시설 등의 실내공기질 관리법” 제9조에 의해 신축공동주택 입주 전 실내공기질을 측정·공고하도록 하고 있으나, 신축 공동주택 실내공기질에 대한 국내 기준이 없기 때문에 건축업체간의 과잉경쟁을 유발할 소지가 있으며, 국민들의 막연한 불안감을 조성하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 환경부에서는 2004년 3월부터 신축 공동주택의 실내공기환경을 평가할 수 있는 근거를 마련하기 위하여 실내공기질 관련 국내외 기준 및 제도의 비교 분석, 수도권 대표적 신축 공동주택 실내공기질에 대한 실태조사 및 그 결과를 바탕으로 위해성 평가 등에 대한 연구를 수행하여 1차 잠정 권고기준(안)을 제시하였다. 또한, 전국적인 실태조사의 수행과 보다 체계적이고 심도 있는 위해성 평가 등을 통해 신축 공동주택 실내공기질 권고기준을 2005년 말까지 고시할 계획으로 있다.

## 2. 신축 공동주택 실내공기질 잠정 권고기준(안) 설정 방법

### 2-1 측정대상 공동주택 선정

가. 측정개소

- 서울 및 수도권 소재의 신축 공동주택 45여개 단지 선정

- 단지별로 6개 세대 내외로 측정지점을 선정하여 266개 단위세대에 대한 현장측정(측정단지의 총세대수를 고려할 때, 모집단 수는 약 50,000만 세대를 대표한다고 볼 수 있음)

나. 공동주택 입주시기

- 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 제9조에 의해 신축공동주택의 입주 전 실내공기질을 측정하도록 하고 있으므로 입주이전 공동주택을 대상으로 선정

다. 계절

- 계절별로 오염도의 차이를 확인할 수 있도록 구분하여 선정

라. 회사규모

- 회사규모별 오염도 차이를 확인하기 위해 대규모 건설회사와 중·소규모 회사로 구분하여 측정

마. 측정대상 오염물질의 선정 및 측정방법

- 실내공기질 측정대상 물질
  - 시행규칙에서 제시하고 있는 포름알데히드와 6종의 주요 휘발성 유기화합물 등 총 7가지 오염물질( 포름알데히드, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 1,4-디클로로벤젠, 스티렌)
  - 측정결과 다수의 세대에서 검출된 새로운 물질
  - 그 외 외국에서 가이드라인으로 제시한 주요 물질
- 측정방법
  - 공정시험방법을 이용(포름알데히드 : DNPH 카트리지 사용, 휘발성 유기화합물 : TENAX TA 고체흡착관 사용)
  - 측정일시, 지역, 대상 공동주택, 측정높이(층수), 일기상황 등 대상시설 및 주변 환경에 대한 상황 기록 및 분석

• 공기질 측정시 실내 및 실외의 상태 명시

- 주요 내장재 및 Built-in 가구의 종류
- 베란다 확장 및 설치된 사시의 유무 등

• 통계분석

- 전체 측정대상에 대한 평균값, 표준편차, 최

고값, 최저값, 중앙값 등 도출

- 측정세대의 위치별(층수), 환경 조건(온습도 등)의 차이에 따른 오염물질 농도 측정 분석
- 계절별, 회사규모별 측정값 차이에 대한 통계적 유의성 분석

2-2 기존연구 및 외국사례 분석

- 가. 기존 공동주택 실내공기질 관련 연구 및 측정 결과 분석
- 나. 공동주택 실내공기질 기준을 제정한 외국의 사례를 파악하고 각국의 기준 비교분석(WHO 및 독일, 일본 등 12개국의 기준 및 지침치 분석)

2-3 인체 위해성 평가

- 가. 포름알데히드 및 주요 휘발성 유기화합물에 대해 노출강도 및 조건별로 인체에 미치는 영향 파악·분석
- 나. 인체 위해성 측면에서의 허용농도 지침 산정

2-4 신축 공동주택의 실내공기질 잠정 권고기준(안) 제시

- 가. 실내공기질 잠정 권고기준(안) 제시
  - 실태조사, 외국사례분석, 위해성 평가 등을 통해 국민에게 쾌적한 실내환경을 제공할 수 있는 잠정적인 실내공기질 권고기준 제시
  - 환경관련 기준의 일반적인 설정방법 및 절차의 반영
  - 기준안 설정을 위한 과학적/기술적 측면의 반영
  - 사회적/경제적 측면의 반영
  - 행정적/정책적 측면의 반영
- 나. 단계별 실내공기질 잠정 권고기준(안) 제시
  - 연도별 로드맵을 설정하여 단계적 강화방안 검토(2차 연구시에 최종 제시)

3. 신축 공동주택 실내공기질 잠정 권고기준(안) 제시

3-1 주요 외국기준의 적용성 검토

세계보건기구나 선진국에서 제시하고 있는 기준은

환경부에서 제시하고자 하는 권고기준과 큰 차이가 있다. 외국의 기준은 일반 생활환경 기준 즉, 평상시의 기준을 의미하며 우리가 설정하고자 하는 기준은 입주 전 시점의 신축 공동주택을 기준으로 한다. 그러므로, 세계보건기구 또는 주요 선진국의 기준을 그대로 준용하기에는 다소 문제점을 갖는다. 따라서, 환경부에서 제시한 잠정적인 권고기준(안)은 신축 공동주택의 특성을 적절히 감안하여 설정되어야 한다. 이는 신축 공동주택의 실내공기질 기준이 일반 생활시의 기준과 동일하게 될 경우에는 불필요한 국가 경제의 손실이 불가피할 것이기 때문이다. 또한, 신축 공동주택의 환기설비 설치가 의무화가 되는 것을 고려한다면 당연히 최종 권고기준은 일반 생활환경과는 다른 기준이 제시되어야 한다.

대부분의 국가에서 주요 오염물질 채택하고 있는 물질은 포름알데히드와 TVOC를 들 수 있으며, 톨루엔, 스티렌, 아세트알데히드 등도 규정하고 있다.

기타 물질로는 국내 다중이용시설 등의 실내공기질관리법에서 입주전 측정 고시하게 되어 있는 벤젠, 에틸벤젠, 자일렌, 파라디클로로벤젠을 포함하여 디브틸프탈산, 클로로피리피로스, 테트라데칸, 디아지논, 에틸헥실프탈산, 페노부카르브, 노닐알데히드, 1,2-디클로로벤젠, 1,4-디클로로벤젠, 1,2,4 트리에틸벤젠, 1,3,5 트리에틸벤젠, 트리클로로에틸렌, 클로로포름, 부타디엔, 나프탈렌, 테레펜틴, 펜타클로로페놀, 트리스(2-클로로에틸)포스페이트, 벤조피렌, 아크로레인, 디클로로메탄, 1,2-디클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 테트라클로로메탄 등이 있다. 이렇게 다양한 오염물질 들이 각 국가별로 다르게 규정되어 있는 이유는 건물 유형 또는 주거형태, 적용 건축자재 및 내장가구, 생활습관 및 생활용품의 차이 등에 의한 것으로 판단된다.

국가별로는 세계보건기구와 일본, 독일, 홍콩, 중국 등이 상대적으로 다양한 오염물질에 대한 규정을 갖고 있으며, 이는 최근 2~3년간 국가차원의 대규모 실태조사 및 위해성 평가 등을 실시하여 실내공기질 관련 기준을 제/개정하였다는데 있다.

〈표 1〉 주요 국가의 기준을 고려한 기준 참고치

오염물질의 종류	기준치(μg/m <sup>3</sup> )	채택국가
포름알데히드	30 - 120	WHO, 미국, 캐나다, 싱가포르, 노르웨이, 핀란드, 호주, 홍콩, 중국, 일본 등
톨루엔	260 - 1092	WHO, 독일, 홍콩, 일본
스티렌	30 - 300	WHO, 독일, 일본
아세트알데히드	48	일본, 캐나다
벤젠	16.3 - 110	영국, 홍콩, 중국
에틸벤젠	1447 - 3800	홍콩, 일본
자일렌	870 - 1447	홍콩, 일본
파라디클로로벤젠	240	일본
TVOC	200 - 3000	미국, 독일, 싱가포르, 핀란드, 호주, 홍콩, 일본

주) 기준검토 참고치는 빈도가 높은 값을 우선 적용하였으며, 최대값 위주로 참고치를 설정하였음. 단, 디클로로메탄과 테트라클로로에틸렌은 저농도인 점을 감안하여 제외

### 3-2 실태조사 결과의 반영

실태조사 결과를 오염물질별로 정리하면, 검출된 주요 오염물질은 HCHO, chloroform, 1,2-dichloroethane, benzene, tce, toluene, ethylbenzene, xylene, styrene, pce, acetaldehyde, 1,3,5-trimethylbenzene, 1,2,4-trimethylbenzene 등의 13개 물질이며, 대부분의 단위세대에서 나타났다.

이중에서 chloroform, 1,2-dichloroethane, tce(Trichloroethylene) 는 그 절대량이 매우 작아 기준치 채택의 의미가 상대적으로 작은 것으로 사료 되었으며, 실내공기질관리법에서 입주전 측정 고시하도록 되어 있는 p-dichlorobenzene은 거의 검출되지 않아, 기존의 오염물질에서 제외하는 것으로 판단하였다. 이중에서 acetaldehyde, 1,3,5-trimethylbenzen, 1,2,4-trimethylbenzen의 검출 농도가 상대적으로 의미있는 수치를 나타내어 기준치 설정에 참고할 수 있는 물질로 고려되었다. TVOC는 매우 높은 수치를 나타내었으며, 이중에서 EPA-TO14 표준가스로 정량되지 않은

Unidentified 물질의 비율이 약 59.6~73.6%를 차지하여 이에 대한 기준 설정의 필요성이 큰 것으로 판단되었다. 또한, Unidentified 물질을 구성하고 있는 개별 휘발성유기화합물에 대한 보다 체계적인 분석도 필요할 것으로 사료되었다.

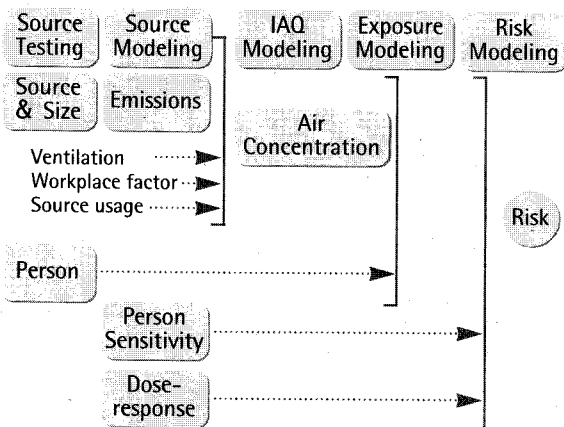
〈표 2〉 주요오염물질의 계절별 통계치 (평균값 및 중앙값)을 고려한 기준참고치

오염물질	평균값		전체		하계		중간기		동계	
	Avg.	Med.	Avg.	Med.	Avg.	Med.	Avg.	Med.	Avg.	Med.
HCHO	0.266	0.140	0.562	0.446	0.149	0.121	0.068	0.049		
benzene	0.004	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.009	0.008		
toluene	0.853	0.443	1.244	1.028	0.297	0.193	1.183	0.435		
ethylbenzene	0.175	0.051	0.297	0.085	0.093	0.027	0.146	0.074		
xylene	0.115	0.044	0.165	0.055	0.058	0.026	0.135	0.062		
styrene	0.145	0.029	0.269	0.073	0.050	0.017	0.129	0.032		
1,3,5-trimethylbenzene	0.006	0.004	0.003	0.001	0.004	0.004	0.012	0.005		
1,2,4-trimethylbenzene	0.013	0.008	0.014	0.008	0.009	0.007	0.019	0.010		
Acetaldehyde	0.029	0.021	-	-	-	-	0.029	0.024		
TVOC	4.046	1.956	7.228	4.924	1.185	0.749	4.294	2.433		

3-3 위해성 평가결과의 고려

실내공기질 잠정 권고기준의 설정을 위해 고려한 실내공기오염의 노출평가 및 위해성 평가 과정은 다음 (그림 1)과 같다.

(그림 1) 실내공기오염의 노출평가 및 위해성 평가 과정



신축 공동주택에서의 유해공기오염물질 흡입으로 인한 건강 위해성평가를 수행하기 위해 본 연구는 연구대상오염물질에 대한 환경기준(benchmark)를 산출하는데 있어 실태조사의 수행을 통해 신축공동주택내의 실내 오염수준을 조사하고, 이 조사결과를 바탕으로 거주자들의 건강을 고려한 인체위해성평가를 활용하여 환경기준(benchmark)를 산출하였다. 여기서, 오염물질 확률분포는 조사된 농도자료를 바탕으로 적합한 농도확률분포를 crystal ball 2000(Decisioneeting Inc.) 프로그램을 활용하여 산출하였다. 보다, 신뢰성 높은 평가결과의 산출을 위해 추후 장기적으로 신축공동주택에 거주하는 거주자를 대상으로 한 노출계수 조사 및 이를 바탕으로 한 노출 시나리오의 작성을 통해 보다 신뢰성 있는 위해도 평가가 수행되어야 할 것이다. 또한 신축공동주택의 경우 자극성 유해오염물질의 농도가 타 시설에 비해 높은 것으로 알려져 있어 이에 대한 위해성 평가방법의 도입을 통한 적정 관리수준의 제시 및 관리방안을 모색하는 연구가 역시 필요할 것으로 판단되었다.

4. 결론

신축 공동주택의 쾌적한 실내공기환경을 확보하는데 기본이 되는 실내공기질 잠정 권고기준(안)의 설정을 위하여, 첫 번째로 주요 선진국에서 현재 적용 중인 지침 및 기준을 분석·검토하였으며, 두 번째로 입주전 신축 공동주택을 대상으로 실시한 실태조사 결과를 비교분석하였고, 세 번째로 실태조사 결과를 바탕으로 하여 인체 위해성 평가를 실시하였다. 또한 각 방법별로 적정 참고치를 설정하고 이러한 3가지 분석결과를 종합하여 최종적인 잠정 권고기준(안)을 제시하였다. 그 결과는 다음 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 신축 공동주택의 실내공기질 잠정 권고기준(안) (단위:µg/m³)

대상물질	실측평균 (최대값)	위해성 평가	WHO 및 외국기준	권고기준 범위
포름알데히드	266(1960)	350	100~120	100~350
벤젠	4(20)	45	16~110	5~45

## 특집. Part 2. 신축 공동주택 실내공기질 권고기준의 제정방향 및 주요 내용

대상물질	실측평균 (최대값)	위해성 평가	WHO 및 외국기준	권고기준 범위
톨루엔	850(4440)	1300	260~1092	850~1300
에틸벤젠	180(2810)	1500	1447~3800	360~1500
자일렌	120(950)	700	870~1447	240~700
스티렌	150(1920)	1500	30~300	300~1500

- 주 1. 위해성 평가 결과를 우선 적용  
 2. 측정결과 참고치를 차선 적용  
 3. 주요 국가기준 참고치 중 WHO의 지침치를 우선 검토하였음

4. 1,3,5-트리메틸벤젠, 1,2,4-트리메틸벤젠, 아세트알데히드, TVOC는 기준설정을 우선 검토하여야 할 것으로 판단됨. 또한 실태조사시 상대적으로 미량검출되었으나 외국기준에 설정되어 있는 chloroform, 1,2-dichloroethane, tce(Trichloroethylene) 등도 2차 연구에서 체계적인 재검토가 필요할 것으로 사료됨  
 5. 파라디클로로벤젠은 본 실태조사시 검출되지 않아 오염물질 기준에서 제외하였음  
 6. 설정된 권고기준 범위를 상회하는 측정결과를 나타내는 측정대상은 각 물질별로 다소 차이가 있으나, 전체의 약 5 - 25% 내외로 나타남

## 한강생태학습장 생태탐방 안내

### 생태탐방프로그램 이렇게 운영됩니다.

- 예약제, 정원제 - 모든 탐방객은 사전 예약을 하여야 합니다. (1일 200명 제한)
- 개 장 - 10:00~18:00(동절기는 10:00~17:00)
- 휴 장 일 - 매주 월요일
- 예약 및 안내 - 인터넷 예약 <http://www.hgeco.or.kr>  
 환경보전협회 ☎ (02)2249-5265(교:642)  
 담당: 김중찬  
 한강생태학습장 관리사무소 ☎ (031)774-3603
- 준비물 - 간단한 필기구, 마실 물

여기에서는	이런 체험활동을 할 수 있습니다.	참고로
탐방객안내소	생태학습장 탐방규칙을 듣고 체험활동 안내자료를 받습니다.	
습지여상	흙, 모래, 자갈 등을 거치면서 물이 깨끗해지는 과정을 알아봅니다.	관찰활동
경관 조망대	한강의 아름다운 경치를 보고 사진도 한 장!!	
수생식물 연못	연못과 수로를 따라 살고 있는 다양한 수생식물을 만날 수 있습니다.	관찰활동
여울 소	물이 굽어져 흐르는 여울과 소의 수질정화기능과 그속에 살고 있는 다양한 곤충, 물고기들을 직접 만날 수 있습니다.	체험활동 관찰활동
조류 관찰대	한강에 살고 있는 다양한 새들을 망원경으로 찾아봅니다.	관찰활동
잠자리 연못	물잠자리와 방울잠자리 등을 찾아보세요. 물속에는 어떤 동물들이 살고 있을까요?	체험활동 관찰활동

\* 한강 생태학습장의 생물들은 항상 다양한 모습으로 변하기 때문에 매주 새로운 경험을 할 수 있습니다.

### ▶ 찾아오는 길



#### 자기용

- 서울 - 팔당댐 - 45번국도 - 88번지방도 (퇴촌, 양평방면)
- 양평-양근대교 - 88번지방도 (퇴촌방면)  
 → 바당골예술관 동편 약 300m 지점 강하수처리장 내



#### 대중교통

- 양평터미널 - 향금리방면 버스 (강하수처리장 하차)

