

# 입주전 신축공동주택의 봄철 TVOC, HCHO농도 실태조사에 관한 연구

최 승 혁<sup>†</sup>, 김 건 우, 이 중 식, 박 진 철\*, 김 신 도 \*\*

중앙대학교 건축공학과\*, 서울시립대학교 환경공학과\*\*

## A study on the field measurement of the TVOC and HCHO concentration in the newly constructed apartment houses in spring seasons

Seung Hyuck Choi<sup>†</sup>, Keon Woo Kim, Jong Sik Lee, Jin Chul Park\*, Sin Do Kim\*\*

**ABSTRACT** : This study aims to present the fundamental strategies for improving the Indoor Air Quality (IAQ) in newly-constructed apartment buildings. To investigate the concentration of indoor air pollutants such as HCHO and VOCs and the field measurement were conducted. According to the field measurement of 60 new houses in spring season, the concentration of HCHO in about 20% were higher the IAQ standards.

**Key words:** Newly apartment houses(신축공동주택), Sick house syndrome(새집증후군), HCHO(Formaldehyde, 포름알데히드), VOCs(휘발성유기화합물)

### 1. 서 론

최근 건물기밀화와 새로운 건축내장재의 무분별한 사용으로 신축아파트에서는 “새집증후군” 문제가 입주자의 건강과 관련하여 중요하게 다루고 있다.

정부에서는 지난 2004년 이후 100세대 이상 새로 지어지는 신축공동주택의 시공자는 입주 전 실내공기질을 측정하고, 그 결과를 지자체의 장에게 제출하고 입주 3일전부터 출입문 게시판 등 확인이 용이한 장소에 60일간 공고하도록 의무화하고 있다. 이는 시공자에게 실내공기질 측정·공고의무를 부여하여 입주자에게 실내공기질의 오염현황을 알리고 오염물질 방출이 적은 건축자재를 자율적으로 사용하도록 유도하고자 한 것이다.

따라서 본 연구에서는 중간기인 봄철에 국내 입주예정인 신축공동주택을 대상으로 TVOC 및 HCHO의 오염농도 현황을 실태조사 하였다.

이와 같은 자료는 궁극적으로 신축공동주택의 실내공기환경을 개선하는 기초자료로 사용될 것이다.

### 2. 신축공동주택의 실내공기환경 기준

국내신축공동주택은 2004년 이후 “새집증후군” 증상의 주원인인 폼알데히드, 휘발성유기화합물(벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌) 등 총 6종 실내공기오염물질에 대한 권고기준을 제시하고 있다 (Table 1 참조).

또한, 총휘발성유기화합물(TVOC) 인 경우 다중이용시설의 실내 공기질 기준치인  $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상을 적용하고 있다.

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.:+ 82-2-827-0183; fax:+ 82-2-812-4150

E-mail address: nivol@naver.com

Table 1 신축공동주택의 실내공기질 기준

구분	권고기준( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	일본( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	WTO( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Formaldehyde	210이하	100이하	100이하
Benzene	30이하	-	-
Toluene	1000이하	260이하	260이하
Ethylbenzene	360이하	3800이하	-
Xylene	700이하	870이하	-
Styrene	300이하	220이하	260이하

1) 신축공동주택 시료채취세대 수

- ① 100세대를 기본으로 하여 저층부, 중층부, 고층부에서 3개 지점을 측정지점으로 한다.
- ② 100세대가 증가할 때마다 1개 지점씩 추가한다(예로 200세대는 4개 지점, 300세대는 5개 지점, 1000세대는 12개 지점). 이때 중층부, 저층부, 고층부 순으로 증가하는 것을 원칙으로 한다.

2) 시료채취 대상 세대의 선정

- ① 원칙적으로 시료채취 대상세대는 100세대인 경우에는 공동주택 단지에서 3개 세대를 선정하는데, 단위주동에서 동일 라인상에 위치하는 저층부(3층 이내에서 선정), 중층부(예:15층 주동의 경우 7,8,9 층중에서 선정), 고층부(최상부 3개층 이내에서 선정)의 각 1개 세대씩을 무작위 선정한다.
- ② 단, 여러 개 동으로 구성되어 있는 경우에는 측정지점 수 내에서 각 동에서 측정한다.
- ③ 한 단지에 시공사가 여러 개인 경우는 시공세대로 구분하여 측정지점을 선정한다.

3) 단위세대에서의 시료채취 장소

시료의 채취는 공동주택 단위세대의 거실 중앙부에서 실시하며, 원칙적으로 벽으로부터 최소 1m이상 떨어진 위치의 바닥면으로부터 1.2~1.5m 높이를 기본 측정점으로 한다. 만약, 실내에 자연환기구나 기계환기시스템이 설치되어 있을 경우, 각각의 급배기구로부터 최소 1m 이상 떨어진 곳에서 측정하도록 한다.

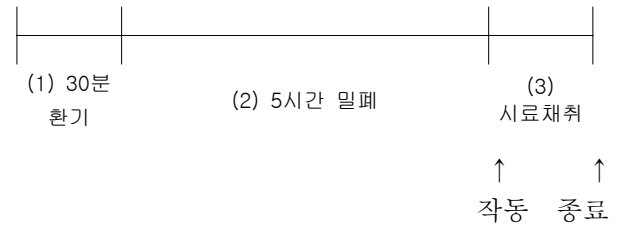
4) 시료채취방법

공동주택에서의 실내공기질환경의 측정을 위해



Fig 1 신축공동주택 단위세대별 시료채취장소

서는 다음의 조건이 만족되는 경우를 표준적인 측정방법으로 한다.



5) 분석 장비

TVOC 및 HCHO 분석은 실내공기질공정시험 방법②에 따라 HPLC와 GC/MSD, TDS 장비를 이용하였다. (Table 2 참조)

Table 2 GC/MS 분석조건

저온농축장치	Split mode 25 : 1 -50℃ → 12℃/s → 280℃ (5min)	
열탈착장치	Splitless mode, Flow : 50ml/min 30℃ → 60℃/min → 240℃ (5min)	
GC	Agilent 6890N GC	
Detector	Agilent 5973 inert MSD	
Column	HP-VOC 60m, I.D 0.2mm, Film 1.12 $\mu\text{m}$	
Carrier Gas and Flow	He(99.999), 0.8ml/min	
Temp. Program	Initial Temp.	40℃ (5min)
	Temp. Program	40℃ → 4℃/min → 200℃ (10min) → 6℃/min → 250℃
	Final Temp.	250℃ (3min)
MS Condition	Mode	EI(electron ion)
	Electron Energy	70ev
	Detection Mode	TIC(Scan), m/z : 35 ~ 350

3. 신축공동주택의 실내공기질 측정

- 1) 환경부고시 제2004-80, 2004. 6. 5

### 3.1 측정 개요

본 연구에서는 2007년 4월과 5월의 봄철에 수도권 지역의 입주 전 신축공동주택 60세대의 실내공기질 실태조사를 하였다. 측정된 신축공동주택의 개요는 아래 표 3과 같다.

Table 3 측정 신축공동주택의 개요

측정 장소	입주예정일	측정일
서울 성동구 옥수동 B아파트 3세대	07/05/18	07/04/27
경기 의정부 기능동 S아파트 3세대	07/07/26	07/05/12
경기 화성시 발안동 S아파트 6세대	07/09/14	07/05/14
경기 안양 호계동 A아파트 6세대	07/05/28	07/05/17
서울 삼성동 L아파트 6세대	07/06/20	07/05/16
서울 구로동 G아파트 6세대	07/08/20	07/05/17
서울 도곡동 I아파트3단지 3세대	07/06/04	07/05/21
서울 도곡동 I아파트1단지 6세대	07/06/12	07/05/21
경기 용인 성북동 K아파트 6세대	07/06/13	07/05/23
경기 수원 정자동 B아파트 3세대	07/06/18	07/05/25
경기 화성 동탄신도시 H아파트 6세대	07/07/19	07/05/28
충남 아산 배방면 P아파트 6세대	07/09/28	07/05/30

### 3.2 신축공동주택의 VOCs 및 HCHO 측정결과

표 Table 4는 측정세대의 포름알데히드(HCHO)와 VOCs 5개물질과 (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene, Styrene) 그리고 총휘발성유기화합물(TVOC)의 측정결과 값이다.

#### 1) HCHO 측정결과분석

봄철기간의 입주전 신축공동주택의 포름알데히드 측정결과 전반적으로 기준치인 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로 나타났지만 도곡동 I아파트, 동탄 H아파트, 충남 P아파트 등의 세대에서는 기준치인 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상을 초과하고 있었다.

Table 4 신축공동주택의 측정결과

아파트명	측정구분	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	자일렌	스티렌	포름알데히드	총발생유기화합물
		Benzene	Toluene	Ethylbenzene	Xylene	Styrene	HCHO	TVOC
	(기준치)	30	1,000	360	700	300	210	
B아파트	외기	0.56	8.82	-	3.77	-	7.11	38.09
	전체 평균	1.07	404.26	83.82	86.46	19.56	159.76	1,878.23
S아파트	외기	0.76	467.21	91.48	201.28	5.55	11.26	2,824.72
	전체 평균	2.22	435.89	64.87	152.97	6.42	211.83	3,077.72
S아파트	외기	0.98	24.83	1.55	2.03	-	20.31	100.95
	전체 평균	8.40	168.99	14.78	14.93	14.45	123.36	578.23
A아파트	외기	-	-	-	-	-	-	622.71
	전체 평균	1.22	85.86	8.24	19.14	1.87	113.13	535.87
L아파트	외기	0.71	33.99	5.48	13.26	1.08	24.91	150.95
	전체 평균	4.10	323.57	33.99	63.39	141.70	210.05	1,764.23
G아파트	외기	0.73	10.68	1.93	4.64	-	-	14.98
	전체 평균	14.18	276.77	44.19	58.82	22.11	-	1,490.32
I아파트	외기	-	-	-	-	-	3.34	-
	전체 평균	-	-	-	-	-	242.45	-
I아파트	외기	0.88	172.35	12.68	21.16	15.63	14.33	426.95
	전체 평균	0.50	133.08	11.47	17.33	5.16	107.02	307.99
K아파트	외기	0.22	10.32	1.36	3.11	-	19.01	64.69
	전체 평균	1.36	263.28	7.52	12.18	78.13	147.54	785.90
B아파트	외기	1.01	17.37	2.61	4.57	-	-	36.93
	전체 평균	1.85	297.98	7.72	13.39	16.43	-	763.07
H아파트	외기	0.32	16.20	2.38	2.92	-	4.11	20.67
	전체 평균	0.95	273.94	25.88	36.88	69.77	242.70	1,529.60
P아파트	외기	0.84	30.13	2.29	3.75	1.16	-	503.34
	전체 평균	0.92	453.16	41.67	45.70	27.94	445.83	1,417.28

\* 기준치:신축공동주택 실내공기질 권고기준, 환경부 (단위:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

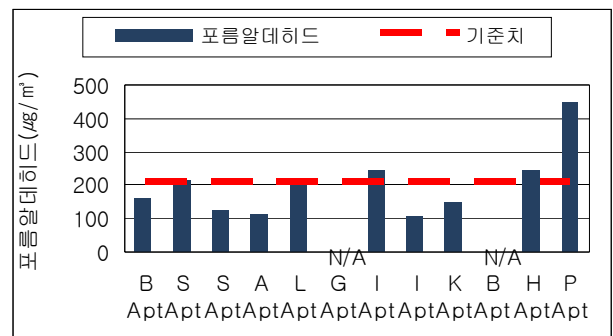


Fig 2 신축공동주택의 HCHO 측정결과

HCHO가 매우 높게 나타나고 있는 충남 아산의 P아파트의 경우 TVOC 또한 높게 측정이 되었는데, 측정 시기에 마감이 한창 진행 중이었기 때문에 현장이 깨끗하게 정리가 되지 않아 생기는 결과로 보인다.

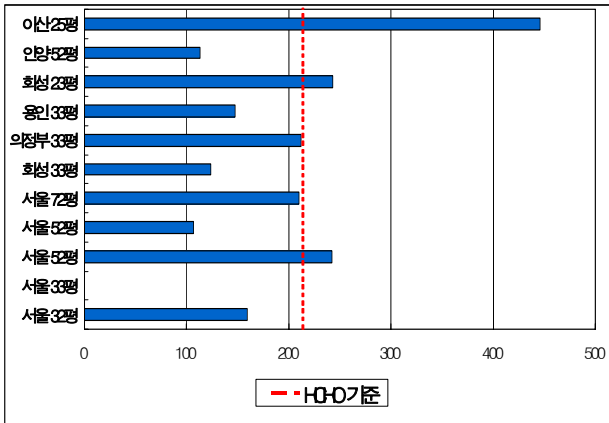


Fig 3 지역별 HCHO 방출량 측정 결과

P아파트 현장을 제외한 HCHO가 높게 나타나는 현장들을 분석해보면 아파트 평수가 매우 크고 내장가구재가 많았던 아파트 현장이었던 것을 알 수 있었다. 넓은 평수의 아파트의 경우 고급화 추세에 맞추어 많은 내장재의 사용으로 HCHO의 방출량이 높아진 것을 알 수 있다.

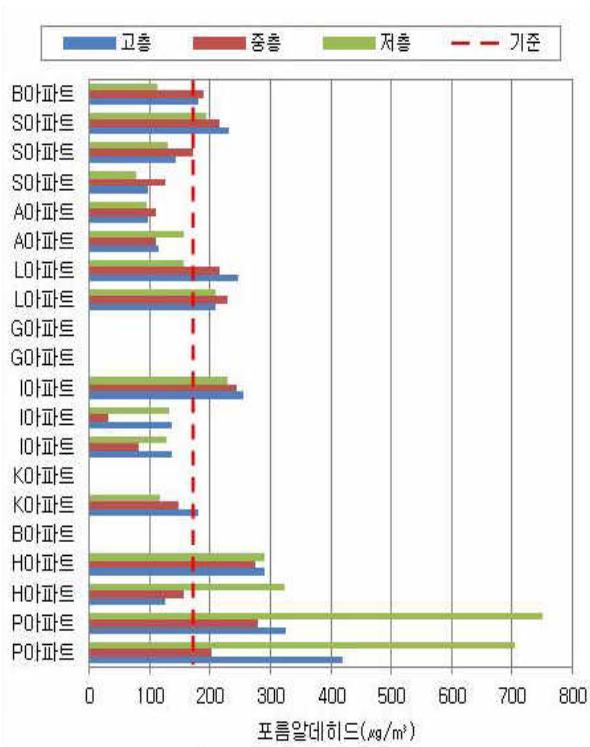


Fig 4 저층부, 중층부, 고층부의 HCHO 측정결과

한편, 층별(저층부, 중층부, 고층부) HCHO농도는 높이에 따른 방출차이를 보이지 않고 있었다.

2) 휘발성 유기화합물(VOCs) 측정결과분석

VOCs는 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 스티렌, 자일렌 총 5개 개별물질을 검출하여 분석하였다. 측정 결과는 다음과 같다(Fig 5 -9 참조).

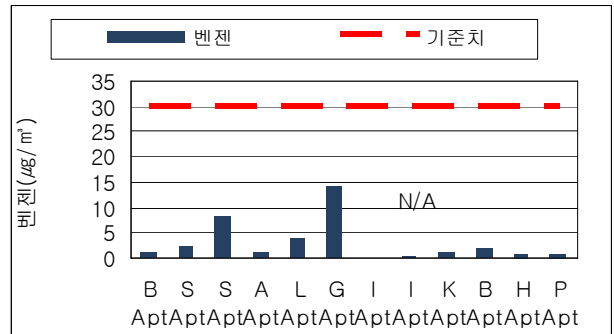


Fig 5 벤젠 방출량 측정 결과

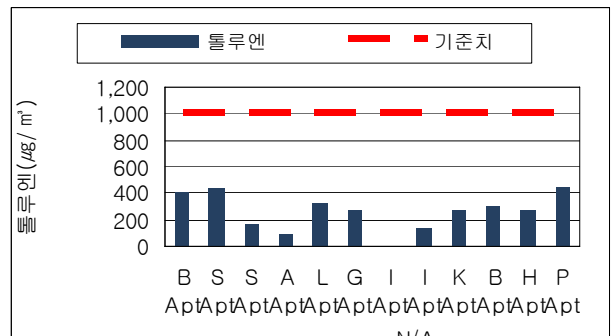


Fig 6 톨루엔 방출량 측정 결과

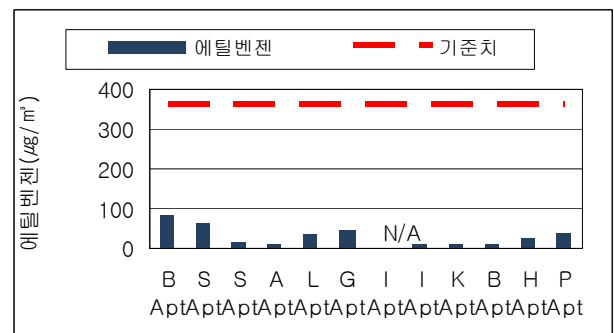


Fig 7 에틸벤젠 방출량 측정 결과

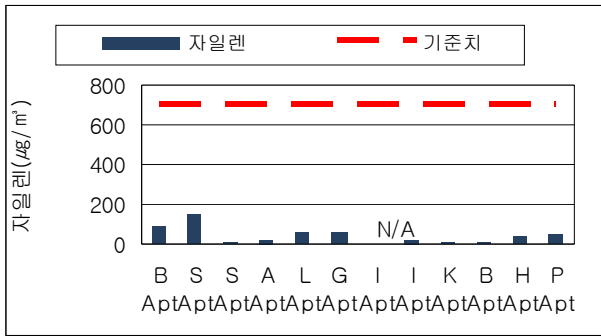


Fig 8 자일렌 방출량 측정결과

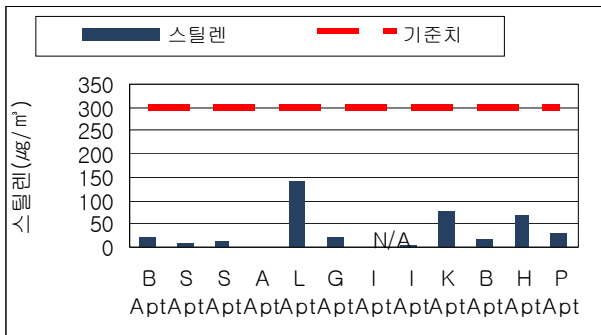


Fig 9 스틸렌 방출량 측정 결과

즉, 5가지의 VOCs를 분석한 결과 아파트에 따라 약간의 차이는 있었지만, 모두 신축공동주택의 실내공기질 VOC 개별물질 권고기준치 이하로 나타났다.

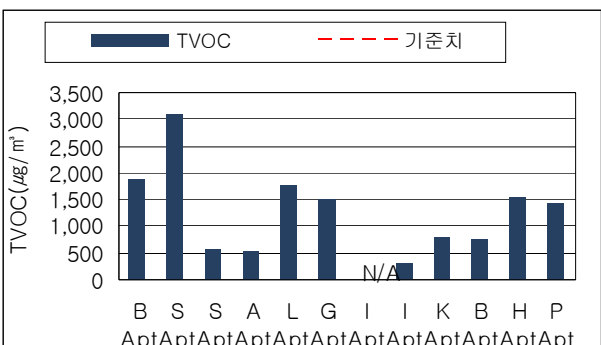
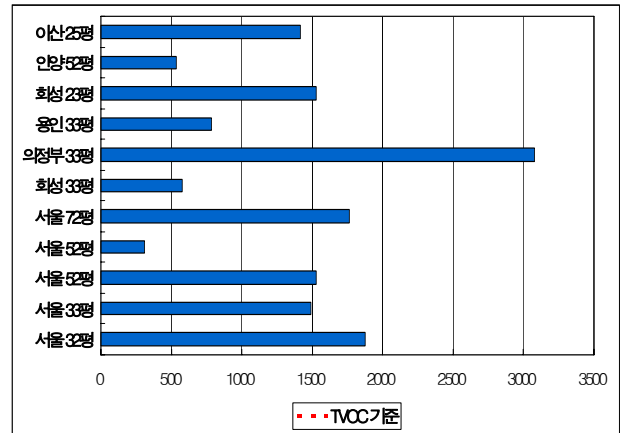


Fig 10 TVOC 방출량 실험 결과

그러나, TVOC의 경우 대부분의 아파트에서 다중이용시설의 500µg/m³을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 특히 의정부의 S아파트의 경우 3,000µg/m³를 넘는 것으로 나타났다.



특히, TVOC 방출정도는 비교적 넓은 평수의 아파트의 경우 많은 MDF와 아트월 등의 시공으로 높은 TVOC 농도를 보이는 것으로 나타났다.

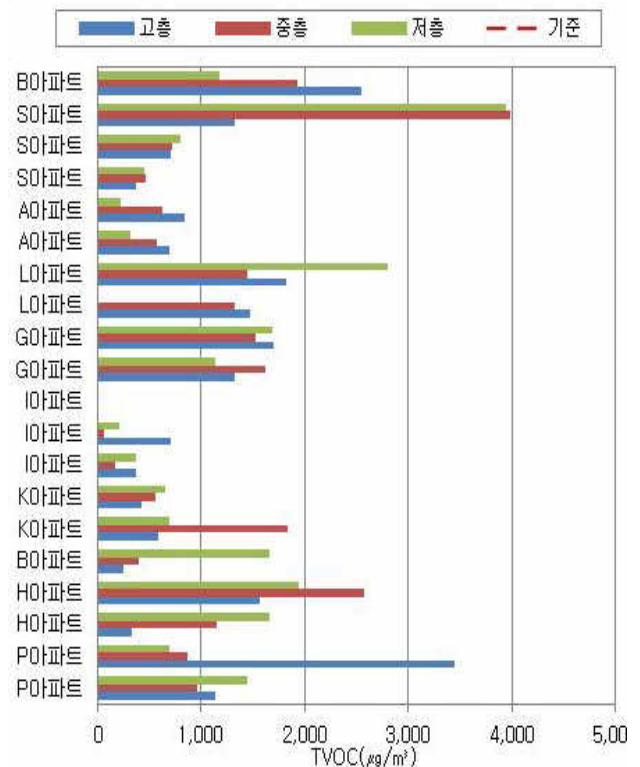


Fig 11 저층부, 중층부, 고층부의 TVOC 측정결과

또한, 저층부, 중층부, 고층부의 층별 TVOC농도분포는 HCHO와 마찬가지로 높이에 따른 방출정도를 보이고 있지 않은 것으로 나타났다.

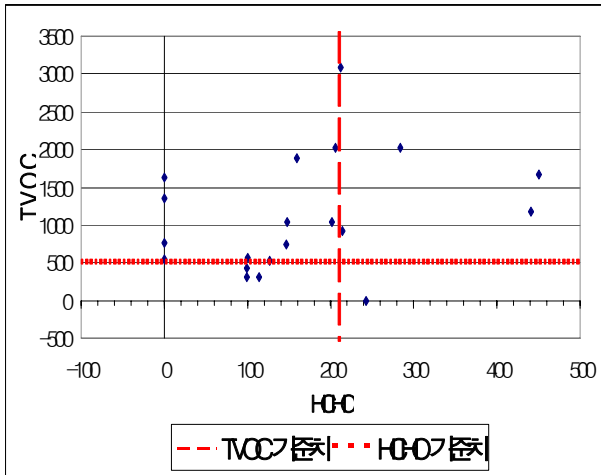


Fig 12 TVOC, HCHO 분포표

Fig 12는 지금까지의 측정결과를 종합한 것으로 봄철 국내 입주전 신축공동주택 60세대의 HCHO와 TVOC분포도를 종합적으로 표시한 결과이다. 즉, HCHO는 기준치를 초과하는 세대는 많지 않았지만 기준치값에 육박하는 세대가 많이 분포되어 특히, HCHO의 특성상 방출기간이 4년 정도인 점을 고려한다면 HCHO 오염농도에도 지속적인 관심을 기울여야 할 것이다. 한편, 개별 VOCs는 기준치 이내에 들고 있었지만 TVOC는 대부분 기준치를 초과하고 있어 TVOC에 대한 대책이 필요함을 확인하였다.

#### 4. 결 론

본 연구는 2007년 4월과 5월의 봄철에 수도권 의 입주 전 신축공동주택 60세대의 실내공기질의 실태조사를 한 것으로 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 봄철인 경우 입주전 신축공동주택의 HCHO의 오염농도는 총 60세대에서 약 20%정도가 기준치( $210\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 초과 하고 있음을 확인하였다.

2) 개별 5개물질 VOCs의 방출량은 모두 기준치 이하로 나타났다. 그러나, TVOC의 경우 90%의 세대에서 기준치( $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 초과하고 있었다.

3) 층별 및 평형별 VOCs와 HCHO농도 분포에

서 먼저 높이에 따른 방출량의 차이는 확인할 수 없었다. 그러나 평형이 넓은 세대인 경우 대부분 건축마감재 사용이 소형보다 많아 VOCs와 HCHO의 방출량이 증가하는 것으로 나타났다.

따라서, 봄철의 입주전 신축공동주택의 실내공기질분포는 HCHO는 기준치를 초과하는 세대는 많지 않았지만 기준치값에 육박하는 세대가 많이 분포되어 특히, HCHO의 특성상 방출기간이 4년 정도인 점을 고려한다면 HCHO 오염농도에도 지속적인 관심을 기울여야 할 것이다. 또한, 개별 VOCs는 기준치 이내에 들고 있었지만 TVOC는 대부분 기준치를 초과하고 있어 TVOC에 대한 대책이 필요함을 확인하였다.

본 연구에서는 각 세대별 마감재료에 따른 목록을 확보하여 마감재료 별 세대별 오염농도분포를 분석하였으나 지면 관계상 생략하였다.

#### 참고문헌

1. 박진철, 신축공동주택에서 실내마감재 시공에 따른 실내공기환경 실태 조사연구, 대한건축학회 논문집 v.23 n.6, 2007. 06.
2. 이윤규(한길원, 김현진, 정창현, 김윤덕), 신축 공동주택의 실내공기질 실태에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, v.22 n.9, 2006, 09
3. 환경부, 공동주택 오염도 변화추이 파악을 위한 시계열 조사, 2006.