

거주기간 증가에 따른 신축 공동주택의 실내오염도 변화추이

장성기* · 류정민 · 서수연 · 임정연 · 이우석

국립환경과학원 실내환경과
(2007. 9. 10. 접수. 2007. 11. 2. 승인)

Tendency of the indoor pollutants along with increased dwelling period at new apartments

Seong Ki Jang*, Jung Min Ryu, Soo Yun Seo, Jung Yeon Lim and Woo Seok Lee

Indoor Air Quality Division, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

(Received September 10, 2007; Accepted November 2, 2007)

요 약: 신축공동주택의 실내공기질에 영향을 미치는 휘발성유기화합물 및 카보닐화합물의 농도와 입주 후 거주기간에 따른 오염도 변화추이를 파악하고자 입주 후 신축 공동주택 120세대를 대상으로 실내공기 오염도를 조사하였다. 신축 공동주택 입주 후 TVOC(Total Volatile Organic Compounds; TVOCs)평균 농도는 $688.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 포름알데히드, 톨루엔, *m, p*-자일렌, 아세톤, 에틸벤젠이 $158.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $146.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $69.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $63.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $29.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 순으로 높게 나타났다. 또한, 대부분의 실내 오염물질들은 입주 후 거주기간이 증가함에 따라 평균농도가 감소하는 경향을 나타내었으나, *d*-리모넨의 경우 입주 후 2개월에서 10개월까지 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 톨루엔, 에틸벤젠, *m, p, o*-자일렌 등의 주요오염물질이 전체 VOCs에서 차지하는 비율은 38.8%로 나타났으며, 거주기간에 증가함에 따라 구성비율이 감소하는 것으로 나타났다.

Abstract: This study is for investigation of indoor conditions with air contamination after occupation 120 households in brand-new apartments by measuring the concentration of VOCs and carbonyl compounds. It has been found that TVOC (total volatile organic compounds; TVOCs) were $688.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ after moving in. And formaldehyde, toluene, *m, p*-xylene, acetone and ethylbenzene were $158.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $146.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $69.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $63.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $29.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. The mean concentrations of indoor air pollutants tend to decrease along an increase dwelling period. But, the mean concentration of *d*-limonene increased from 2 months to 10 months. Also, toluene, ethylbenzene, *m, p, o*-xylene amounted to 38.8 % among VOCs studied, this ratio tend to decrease along with and increased dwelling period.

Key words : indoor air quality, new apartments, formaldehyde, VOCs.

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)32-560-7325 Fax : +82-(0)32-561-7013

E-mail : skjang@me.go.kr

1. 서 론

최근 인간의 주거 공간 마련에 대한 욕구가 증가하면서 국내에서는 신도시 등 대규모 주택단지가 대량 보급되었으며, 계속적으로 증가하고 있다. 또한 현대 사회의 발전과 더불어 주거환경의 고급화·다양화뿐만 아니라 인간의 건강 및 쾌적한 환경에 대한 관심과 요구도 높아지고 있다.¹

대규모 주택단지와 고층아파트 등 현대 주거건축물은 에너지 절약을 위한 건축기술의 발달로 건물의 단열성능과 기밀성능은 향상되었으나, 외기 도입량이 감소함에 따라 실내공기오염은 오히려 증가되고 있는 실정이다². 또한 건축공사에서는 많은 종류의 건축재료와 내장재료가 사용되고 있으며, 화학기술의 발달과 더불어 복합화합물로 구성된 건축재료의 사용이 증가되었다. 이로 인해, 휘발성유기화합물 및 포름알데히드 등 미량의 유해화학물질이 공동주택 실내공기 오염의 주요인으로 대두되었다.⁴

실내공기로 방출되는 유해화학물질들은 실내에서 생활하는 사람들에게 악영향을 미치게 되는데, 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력감퇴, 아토피성피부염, 두통 등 각종 질환을 호소하는 SBS (Sick Building Syndrome; SBS), SHS (Sick House Syndrome; SHS) 등의 환경성 질환을 유발하게 된다. WHO의 보고서에 따르면 전체 공기오염 사망자 중 실내공기 오염에 의한 사망자 수가 약 50%에 이르며, 특히 개도국의 경우 영·유아 사망의 주원인 가운데 하나로 실내공기오염을 지적하였다.⁵ 또한 1970년대 이후 연구에 따르면, 사무실 근로자와 학생들 사이에 비특이적 임상증상 즉 SBS를 호소하는 사례가 증가하고 있으며, 대부분의 경우 VOCs (Volatile Organic Compounds; VOCs) 폭로 후에 나타나는 건강에 미치는 영향이 SBS의 증상과 비슷하다는 점과 실내공기 중의 VOCs 농도가 외부공기의 농도에 비해 2~8배가량 높다는 점 등에 의해 실내공기 중 VOCs가 원인일 것이라고 추정하고 있다.⁶

국내의 경우 실외 및 실내공기질에 영향을 미치는 VOCs의 농도분포특성에 대한 연구가 여러 연구자에 의해 수행된 바 있으나,⁷⁻¹⁰ SBS 및 SHS를 유발하는 신축 공동주택 내 VOCs의 농도분포특성에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 환경부에서는 2004년 5월, 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」을 시행하여 시공자는 신축공동주택의 입주 전 실내공기질을 측정·공고하도록 하고 있어 이를 뒷받침하기 위한 입주

전 신축공동주택 실내공기질에 대한 연구는 일부 이루어진 상태이다¹¹. 그러나 입주 후 거주기간 증가에 따른 신축 공동주택의 실내오염도 변화추이와 인간 활동 등으로 인해 변화할 수 있는 실내공기질 현황에 대하여 축적된 과학적인 자료는 아직 미비하다.¹²

따라서 신축공동주택내의 건강하고 안전한 실내공기와 거주자의 건강한 삶의 질적 향상을 위하여 입주자가 입주한 신축공동주택을 대상으로 거주기간 증가에 따른 오염물질의 농도변화추이를 조사하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상 및 대상오염물질

본 연구는 신축공동주택에서 발생하는 실내공기 오염물질의 거주기간 경과에 따른 농도변화를 파악하고자 전국 6개 도시(서울, 고양, 인천, 김해, 목포, 여수)에 위치한 신축공동주택 120여 세대를 대상으로 2005년 5월 하순부터 2006년 2월 중순까지 실내공기 중 휘발성유기화합물 및 카보닐화합물의 농도를 조사하였다. 실내공기오염도 조사는 입주 후 2개월부터 2개월 간격으로 총 5회 실시하였다(Table 1) 본 연구에서 선정된 신축공동주택은 서울특별시 3개 동과 인천광역시 4개 동, 경기도 고양시, 전라남도 목포시와 여수시, 경상남도 김해시의 각 1개 동에 위치하였다. 측정대상물질은 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」에서 신축 공동주택 실내공기질 권고기준 항목과 그 외 출현빈도가 높거나, 인체 유해성이 높은 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌 등 44개 개별 휘발성유기화합물과 총휘발성유기화합물(Total Volatile Organic Compounds; 이하 TVOC) 그리고 6개의 카보닐화합물(포름알데히드, 아세트알데히드, 아세톤, 프로피온알데히드, 부틸알데히드, 벤즈알데히드)로 선정하였다.

2.2. 시료채취방법

실내공기질 공정시험방법의 신축공동주택 실내공기

Table 1. Sampling date in dwelling period

Dwelling period	Sampling date
2 months	22, February~15, April, 2005
4 months	24, May~5, July, 2005
6 months	1, August~12, September, 2005
8 months	4, October~9, November, 2005
10 months	28, November~16, December, 2005

Table 2. Analytical condition of thermal desorber and GC/MS

Thermal Desorber		GC/MS	
Parameter	Condition	Parameter	Condition
Purge temperature and time	40°C, 0.5 min	GC column	DB-1ms (60 m × 0.32 mm × 0.25 μm)
Desorption temperature	300°C	Initial temperature	40°C (10 min)
Desorption time and flow	15 min, 50 mL/min	Oven ramp rate 1	4°C/min (40~180°C)
Cold trap low temperature	-10°C	Oven ramp rate 2	20°C/min (180~250°C)
2nd desorption temperature	300°C	Final temperature	250°C (10 min)
Cold trap holding time	15 min	Column flow	1.5 mL/min
Cold trap packing	Tenax-TA	MS source temperature	200°C
In Split	No	Detector type	EI (Quadrupole)
Valve temperature	200°C	Mass Range	35~350 amu
Transfer line temperature	200°C	Electron energy	70 eV

질 측정방법은 입주인이 입주전 실내공기질 측정방법으로 30분 사전환기, 5시간 밀폐 후 시료채취 하도록 명시하고 있으나, 본 연구에서는 입주인이 입주후 거주하고 있는 실내공간의 실내공기질을 측정하기 위하여 30분 환기, 1시간 밀폐 후 1시간 동안 시료채취 하였다.¹³

휘발성유기화합물 시료채취는 MP-Σ30H(Sibata, Japan) 펌프를 사용하여 100 mL/min 유량으로 60분간 Tenax-TA 200 mg이 충전된 흡착관(1/4"×9 cm, Perkin Elmer, UK)을 이용하여 채취하였다. 또한, 시료채취 시 마다 시료채취용으로 사용되는 흡착관 이외의 Field blank를 마련하여 시료채취 및 운반·보관기간 동안 발생 할 수 있는 오염에 대한 보정을 하였다.

카보닐화합물의 시료채취는 MP-Σ100H(Sibata, Japan) 펌프를 사용하여 500 mL/min 유량으로 60분간 DNPH 카트리지(Supelco, USA)를 이용하여 채취하였다. 이때 카보닐화합물 시료분석결과에 영향을 미치는 오존을 제거하기 위해 오존스크리버(Waters, USA)를 카트리지 앞에 장착하였다. 시료채취 시 마다 시료채취용으로 사용되는 DNPH 카트리지 이외의 Field 카트리지를 준비하여 시료채취 및 운반·보관기간 동안 발생될 수 있는 교차 오염에 대한 보정을 하였다.

2.3. 분석방법

2.3.1. 휘발성유기화합물 분석방법

휘발성유기화합물(VOCs)의 농도 정량을 위한 검량선(calibration curve)은 표준시료 함침 장치를 이용하여 액상 표준물질(Japanese indoor air standards mix, Supelco, USA)을 흡착관에 함침 받아 만든 5단계 농도수준(20 ng, 50 ng, 100 ng, 200 ng, 500 ng) 표준시료들을 분석하여 작성하였다. TVOC는 액상표준물질을

이용한 외부 보정법으로 톨루엔 검량식에 대입하여 농도를 구하였으며, 그 외 개별 VOC는 각 해당되는 표준물질에 대한 감응계수를 이용하여 농도를 정량하였다. 이때 감응계수 및 검량식에 사용된 물질별 피크 면적은 총이온크로마토그램을 이용하였다.

표준시료 및 현장시료에 함유된 VOC 대상물질의 분석에는 열탈착장치(STD 1000, DANI, Italy)가 가스크로마토그래프(GC) 칼럼(DB-1ms, 60 m × 0.32 mm × 0.25 μm)으로 직접 연결된 가스크로마토그래프/질량분석기(Shimadzu, GC-2010, Japan)시스템을 사용하였다. 흡착관에 채취된 분석대상 VOCs는 일차적으로 300°C에서 50 mL/min의 유량으로 15분간 열탈착된다(운반가스 He). 탈착된 시료는 다시 -10°C의 저온응축트랩에서 농축된 후 300°C에서 이차 열탈착되어 GC의 분석칼럼으로 주입되게 된다. VOCs시료 분석에 사용된 열탈착장치와 GC/MS의 분석조건은 Table 2에 나타내었다.

2.3.2 카보닐화합물 분석방법

카보닐화합물 분석을 위해 CARB Carbonyl-DNPH Mix 1(Supelco, USA)을 희석하여 5개의 표준용액(포름알데히드 기준 0.11, 0.21, 0.27, 0.54, 1.07 μg/mL)을 제조하여 검량선을 작성하였다. DNPH와 반응하여 형성된 유도체는 SPE(고체상추출) vacuum manifold(Supelco, USA)에 장착한 뒤 일정한 유속으로 5 mL의 아세토니트릴(HPLC grade)로 추출하였으며, 추출액은 갈색 바이알에 담은 후 테플론 테이프로 밀봉하여 냉장 보관하였다. 추출 시 사용되는 모든 유리기구는 아세토니트릴로 2~3회 세척한 후 60°C에서 건조하여 사용하였으며, 건조 후에는 공기 중 노출을 최소화하였다. 추출된 DNPH 유도체의 분석은 고성능액체크로마토그래프(HPLC, LC-10ADvp, Shimadzu, Japan)

Table 3. Analytical condition of HPLC

Parameter	Condition
Injector	Shimadzu SIL-10ADvp
Column	ACE 5 C-18 (250 mm × 4.6 mm × 5 μm)
Detector	UV-VIS Detector
Mobile phase	Water(A)/Acetonitrile(B)
Gradient elution	0~20 min : A/B = 80/20 → 40/60 20~22 min : A/B = 40/60 → 80/20
Detection	360 nm
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	20 μl

를 이용하였으며, HPLC의 분석조건은 Table 3에 나타내었다. DNPH 유도체는 350~380 nm에서 최대의 감도를 가지게 되므로 본 연구는 360 nm 파장에서 카보닐화합물을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 입주 후 공동주택의 실내공기오염도

입주 후 2개월에서 10개월까지 2개월 간격으로 총

5회 측정 분석된 50개 물질 중 검출빈도가 높거나, 인체 유해성이 높은 24개 물질을 선정하여 5회 측정치의 농도를 산술평균값, 중앙값, 표준편차, 최대값, 최소값으로 구분하여 Table 4에 정리하였다.

신축 공동주택 입주 후 2개월에서 10개월까지 TVOC의 평균농도를 살펴보면 688.61 μg/m³으로 나타났다. 입주 후 공동주택에서 가장 높은 농도를 보인 물질은 포름알데히드로 평균 158.56 μg/m³이었다. 톨루엔, *m,p*-자일렌, 아세톤, 에틸벤젠이 각각 평균농도 146.58 μg/m³, 69.28 μg/m³, 63.80 μg/m³, 29.65 μg/m³으로 높게 나타났다. 자연 VOCs인 β-피넨, α-피넨의 농도는 각각 12.92 μg/m³, 10.02 μg/m³이었고, *d*-리모넨은 11.71 μg/m³의 농도를 나타냈다. 최근 전의 연구에 의하면 공동주택 내 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 농도를 조사한 결과, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, TVOC, 포름알데히드의 농도가 각각 6.9 μg/m³, 280.5 μg/m³, 22.9 μg/m³, 300.3 μg/m³, 1,691.8 μg/m³, 77.7 μg/m³으로 보고하였다¹⁴. 이는 본 연구결과와 비교해 포름알데히드와 에틸벤젠을 제외하고 모두 높은 수준을 나타내는 결과이다. 또한 최근 국내 연구

Table 4. The concentration of indoor pollutants in brand-new apartments after occupation

(Unit : μg/m³)

Compounds	Mean	Median	S.D.	Max.	Min.
Benzene	1.55	1.19	1.58	11.03	0.00
Methyl Isobutyl Ketone	1.95	0.96	2.47	10.83	0.00
Toluene	146.58	126.79	93.45	514.49	13.43
Butyl acetate	5.53	3.95	5.62	34.59	0.00
Ethylbenzene	29.65	17.00	32.98	190.60	1.49
<i>m,p</i> -Xylene	69.28	39.23	74.19	405.39	2.56
Styrene	9.71	6.48	9.78	55.75	0.00
<i>o</i> -Xylene	17.03	10.92	16.70	82.49	0.64
α-Pinene	10.02	7.40	8.80	46.17	0.00
β-Pinene	12.92	8.58	13.61	70.20	0.00
1,2,4-Trimethylbenzene	3.39	3.03	2.54	13.71	0.00
<i>n</i> -Decane	3.74	2.76	2.96	12.97	0.00
<i>d</i> -Limonene	11.71	7.60	12.18	67.97	0.00
Nonanal	8.68	7.89	5.64	29.42	0.00
<i>n</i> -Dodecane	2.79	2.31	1.77	10.75	0.00
<i>n</i> -Tridecane	3.50	2.85	2.35	12.48	0.00
<i>n</i> -Tetradecane	3.50	3.06	2.04	11.24	0.00
TVOC	688.61	614.55	344.16	1939.87	105.66
Formaldehyde	158.56	136.31	95.30	484.94	10.30
Acetaldehyde	22.32	20.97	11.16	59.40	0.00
Acetone	63.80	48.11	53.87	300.79	0.00
Propionaldehyde	5.34	4.22	4.89	22.32	0.00
Butyraldehyde	4.89	0.00	7.17	30.03	0.00
Benzaldehyde	15.02	5.46	22.48	122.37	0.00

Table 5. The average concentrations of indoor pollutants in brand-new apartments along with dwelling period (Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Compounds	Dwelling period after occupation				
	2 months	4 months	6 months	8 months	10 months
Temperature	26.39	28.62	25.13	22.54	22.44
Humidity	60.69	72.83	51.87	35.98	33.78
Benzene	1.59	1.00	0.86	1.76	2.66
Methyl Isobutyl Ketone	4.12	2.66	1.77	0.22	0.00
Toluene	254.04	162.01	120.20	91.31	75.10
Butyl acetate	10.10	3.25	6.62	3.53	2.94
Ethylbenzene	52.31	34.98	25.66	13.82	11.81
<i>m,p</i> -Xylene	114.81	83.07	64.56	32.76	31.45
Styrene	16.53	13.83	6.79	5.05	4.05
<i>o</i> -Xylene	22.72	20.73	18.32	11.04	9.57
α -Pinene	13.86	12.28	8.88	7.19	6.59
β -Pinene	18.83	16.39	10.74	9.45	7.05
1,2,4-Trimethylbenzene	3.91	3.85	3.05	2.69	3.28
<i>n</i> -Decane	4.05	3.42	4.33	3.60	3.08
<i>d</i> -Limonene	6.17	7.35	8.42	19.78	18.24
Nonanal	10.50	12.08	10.26	5.97	3.51
<i>n</i> -Dodecane	3.63	2.83	2.93	2.20	2.13
<i>n</i> -Tridecane	4.12	3.79	3.81	2.90	2.64
<i>n</i> -Tetradecane	3.37	3.52	4.05	3.53	3.00
TVOC	837.05	713.72	660.11	604.78	566.95
Formaldehyde	212.25	220.51	147.79	89.89	97.39
Acetaldehyde	25.83	26.79	17.89	19.14	20.43
Acetone	120.22	65.62	36.02	35.75	41.80
Propionaldehyde	5.80	8.12	4.02	5.08	3.06
Butyraldehyde	0.00	5.43	6.84	7.47	5.98
Benzaldehyde	25.83	32.20	3.36	5.10	3.07

중 이의 연구에 의하면 서울시의 신축 2개월 된 아파트(3 지점)에서 측정된 포름알데히드의 평균 농도는 $172.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 본 연구결과에 비해 높은 값을 나타내었다¹⁵.

3.2. 실내공기오염도 변화추이

입주민의 거주기간 증가에 따른 실내 오염도 변화 추이를 파악하기 위해 실내오염물질 중 24개 물질을 각 거주기간별 평균농도를 Table 5에 나타내었다.

TVOC의 경우 입주 후 2개월에서 10개월로 거주기간이 증가할수록 평균농도는 $837.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 $566.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 점차 감소되는 경향을 보였다. 개별 VOCs 중 가장 높은 농도로 나타난 톨루엔의 경우, TVOC와 마찬가지로 거주기간이 증가할수록 평균농도는 감소하

는 경향을 나타내었는데 평균농도는 입주 후 2개월에 $254.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 입주 후 10개월에 $75.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

카보닐화합물 중 가장 높은 농도를 나타낸 포름알데히드의 경우도 입주 후 2개월에서 10개월로 갈수록 농도가 점차 감소되는 경향을 보였으며, 농도는 입주 후 2개월 $212.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 입주 후 10개월 $97.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

대부분의 실내오염물질들은 신축 공동주택 입주 후 거주기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으나, *d*-리모넨의 경우 입주 후 2개월에서 10개월까지의 농도가 $6.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $7.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $8.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $19.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $18.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타나 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. 입주 후 신축 공동주택의 거주기간 증가에 따른 주요 오염물질의 오염도 변화추이는 Fig

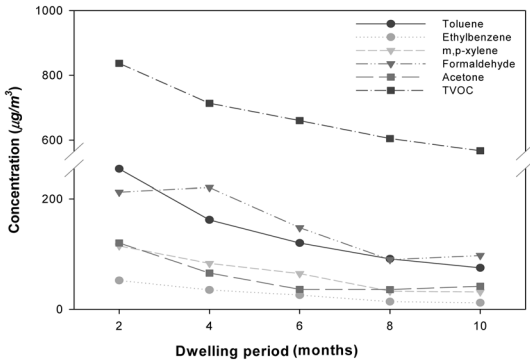


Fig. 1. The variations in concentrations of major indoor pollutants in brand-new apartments along with dwelling period.

1에 나타내었다. TVOC를 포함하여 톨루엔, *m, p*-자일렌, 아세톤, 에틸벤젠은 지속적으로 감소하는 경향을 보였으며, 포름알데히드의 경우 입주 후 4개월에 농도가 약간 증가하였다가 감소하였다. 이것은 포름알데히드가 온·습도에 매우 민감한 물질로, 계절적으로 여름인 입주 후 4개월에 포름알데히드 농도가 약간 증가한 것으로 사료된다.

톨루엔의 평균농도는 입주 후 거주기간의 증가에 따라 2개월부터 10개월까지 252.87 µg/m³에서 75.10 µg/m³으로 약 70% 감소하였다. 포름알데히드는 입주 후 2개월부터 10개월이 경과한 후 평균농도는 212.25 µg/m³에서 97.39 µg/m³으로 약 54% 감소하여 톨루엔에 비해 감소속도가 느리다는 것을 알 수 있었다. 또한, 입주 후 거주기간의 증가에 따라 2개월부터 10개월이 경과한 후 휘발성유기화합물인 에틸벤젠, *m, p*-자일렌, *o*-자일렌, 스티렌의 농도감소율은 각각 77%, 73%, 58%, 75%를 보였으며, 카보닐화합물인 아세

트알데히드와 아세톤의 농도감소율은 21%와 65%로 나타나 실내공기 오염물질 종류에 따라 서로 다른 감소율을 보였다.

3.3. 실내공기 오염물질의 구성

입주 후 신축 공동주택 거주기간 증가에 따른 TVOC와 카보닐화합물의 구성비율의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 입주 후 신축 공동주택 실내공기 중 TVOC는 표준물질로 정성분석이 되지 않는 물질의 평균비율이 46.1%를 차지하였는데, 이 비율은 신축 공동주택 내 거주기간이 2개월에서 10개월로 증가함에 따라 지속적으로 증가하였다. 평균적으로 입주 후 신축 공동주택에서 톨루엔, 에틸벤젠, *m, p*-자일렌, *o*-자일렌의 네 가지 물질이 전체 VOC에서 차지하는 비율은 38.8%로 나타났으며, 톨루엔, 에틸벤젠, *m, p*-자일렌, 스티렌, *o*-자일렌 등은 거주기간에 증가함에 따라 비율이 감소하였다.

또한, 입주 후 신축 공동주택 내 카보닐화합물 포름알데히드의 평균적인 비율은 58.7%, 아세톤은 23.6%로 조사되었다. 포름알데히드는 입주 초기에 거주기간의 증가에 따라 그 비율이 함께 증가하였으나, 8개월 이후에는 안정된 비율을 나타내었으며, 아세트알데히드의 경우 거주기간 증가에 따라 구성비가 증가하였는데, 이는 포름알데히드나 아세톤에 비해 거주기간에 따른 농도차이가 크지 않았으며, 프로피온알데히드, 벤즈알데히드 등은 감소하거나 증가하는 등의 뚜렷한 경향이 나타내지 않았다.

4. 결론

신축공동주택의 실내공기질에 영향을 미치는 휘발성

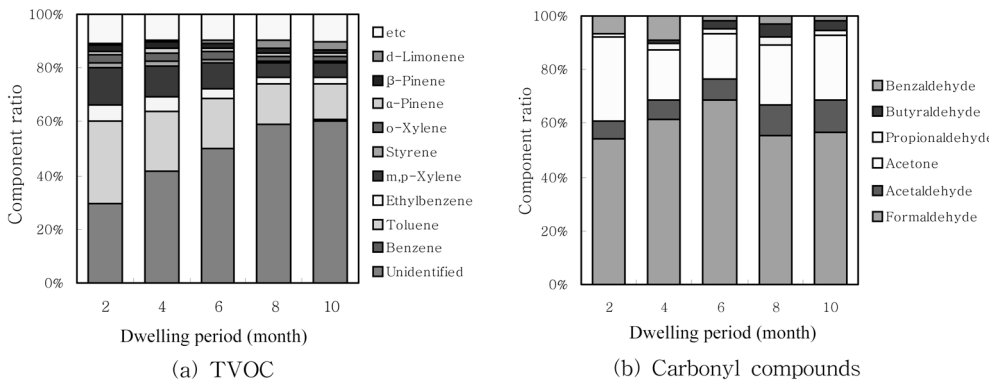


Fig. 2. The changes in the component ratio of TVOC and carbonyl compounds by increasing dwelling period.

유기화합물 및 카보닐화합물의 농도와 입주 후 거주기간에 따른 오염물질의 변화추이를 파악하고자 입주 후 신축 공동주택 120세대를 대상으로 2005년 5월부터 2006년 2월까지 2개월 간격으로 실내공기 오염도 실태 조사를 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 신축 공동주택 입주 후 2개월에서 10개월까지 거주하는 동안 신축 공동주택에서 평균적으로 발생하는 실내공기 오염물질의 농도는 포름알데히드가 $158.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았으며, 톨루엔, *m, p*-자일렌, 아세톤, 에틸벤젠이 $146.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $69.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $63.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $29.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 순으로 조사되어, 신축 공동주택에서 입주 후 2개월에서 10개월까지 거주하는 동안 가장 문제가 되는 물질은 포름알데히드로 조사되었다.

둘째, 대부분의 실내오염물질들은 입주 후 거주기간이 증가함에 따라 평균농도가 감소하는 경향을 나타내었으나, *d*-리모넨의 경우 입주 후 2개월에서 10개월까지의 농도가 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

셋째, 신축 공동주택 실내공기 중 TVOC는 표준물질로 정성분석이 되지 않는 물질의 평균비율이 46.1%를 차지하였으며, 거주기간이 2개월에서 10개월로 증가함에 따라 지속적으로 증가하였다. 반면 톨루엔, 에틸벤젠, *m, p, o*-자일렌 등의 오염물질이 전체 VOCs에서 차지하는 비율은 38.8%로 나타났으며, 거주기간에 증가함에 따라 구성비율이 감소하는 것으로 나타났다.

본 연구결과인 거주기간에 따른 실내공기 오염물질 농도특성 자료는 국내 신축 공동주택 실내공기질 관리방안 및 측정방법을 수립하는데 필요한 기초 자료가 될 것으로 기대되며, 향후 신축 공동주택에 대한 지속적인 실내공기 오염도 조사와 주요 실내공기 오염원인 건축자재와 생활용품에서 방출되는 오염물질의 실내공기질에 대한 각각의 기여율을 파악하기 위한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 박진철, 신축공동주택에서의 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 측정연구, 중앙대학교 석사학위 논문 (2004).
2. 손장렬, 강순주, 이승민, 강대식, 김성신. 대한건축학회 학술발표논문집, **16**, 277-280 (1996).
3. 김윤신. 한국대기보전학회지, **6**, 33-34 (1993).
4. 환경부, 오염물질 방출 건축자재 선정관련연구 (2003).
5. WHO, Guideline for Air Quality, WHO, Geneva (2000).
6. U.S Environmental Protection Agency(EPA), The inside story : A Guide to Indoor Air Quality (2002).
7. 신혜수, 김윤신, 허귀석. 한국대기보전학회지, **9**, 310-319 (1993).
8. S.O. Baek, Y.S. Kim, and R. Perry. *Atmos. Environ.*, **31**, 529-544 (1997).
9. 송희봉, 다수인 이용시설에서의 실내공기질 특성 평가, 영남대학교 박사학위 논문 (1999).
10. S.O Baek, and R.A. Jenkins. *Indoor Built Environ*, **10**, 200-208 (2001).
11. 국립환경과학원, 신축공동주택 실내공기질 권고기준 설정 연구(II) (2005).
12. 장성기, 이석조, 유승화, 정경미, 류정민. 한국실내환경학회지, **1**, 12-24 (2004).
13. 장성기, 임수길, 이태형, 천재영, 류정민, 서수연. 한국실내환경학회지, **3**, 387-398 (2006).
14. 전형진, 공동주택 내 휘발성유기화합물 및 포름알데히드 특성 및 발생원 추정에 관한 연구, 한양대학교 공학석사학위논문 (2005).
15. 이지호, 실내 알데히드류 노출 요인 및 건강자각 증상 관련 연구, 연세대학교 보건석사학위논문 (2000).