新築住宅における高濃度化学物質の傾向

大貫 文，齋藤 育江，多田 宇宏，福田 雅夫，栗田 雅行，小縣 昭夫，
戸高 恵美子，中岡 宏子，森 千里

Trends in Indoor Air Chemicals Detected at High Concentrations in Newly Built Houses

Aya ONUKI, Ikue SAITO, Takahiro TADA, Masao FUKUDA, Masayuki KURITA, Akio OGATA,
Emiko TODAKA, Hiroko NAKAOKA and Chisato MORI

東京都健康安全研究センター研究年報　第60号　別刷
2009

東京健安研セ年報　*Ann. Rep. Tokyo Metr. Inst. Pub. Health*, **60**, 245-251, 2009

新築住宅における高濃度化学物質の傾向

大貫　文[*]，齋藤育江[*]，多田宇宏[*]，福田雅夫[*]，栗田雅行[*]，小縣昭夫[*]，戸高恵美子[**]，中岡宏子[**]，森　千里[**]

竣工後半年以内の新築住宅25居室について，化学物質69種類の空気中濃度を測定した．その結果を，厚生労働省により設定されている室内濃度の指針値及び総揮発性有機化合物濃度の暫定目標値，400 μg/m^{3}と比較した．ホルムアルデヒド，アセトアルデヒド，トルエン，スチレンが指針値を超え，指針値のない未規制物質では，α-ピネン，リモネン，メチルシクロヘキサン，トリメチルベンゼン，テキサノール等15物質が単独でも400 μg/m^{3}を超えた．最近の新築住宅においては，このような未規制物質が高濃度になる傾向があることが分かった．

キーワード：室内空気，新築，未規制物質，揮発性有機化合物，アップテイクレート，α-ピネン，リモネン，トリメチルベンゼン

は じ め に

住宅室内の空気中化学物質が原因で体調不良を引き起こすシックハウス症候群が社会問題になって十数年が経った．その間，1997年から2002年に厚生労働省による室内空気中化学物質濃度の指針値及び総揮発性有機化合物（以下TVOCとする）濃度の暫定目標値の設定[1)]，2002年に国土交通省による建築基準法等の一部改正等[2)]，様々な対策が取られてきた．また最近では，指針値が設定されている13物質について，低減対策を施したシックハウス対策住宅が建築されるようになってきた．しかし，これら対策住宅等におけるTVOCや指針値設定物質以外の実態を把握できるデータは少ない．

そこで我々は，最近の新築住宅室内で発生する化学物質について，指針値の設定されていない未規制物質にも着目し，一斉分析法を検討した後に，VOC及びアルデヒド類，合計69物質の空気中濃度調査を行った．高濃度で検出された未規制物質については，耐容1日摂取量（以下TDIとする）等との比較による暴露量評価を行ったので，その結果も併せて報告する．

実 験 方 法

1. 分析法

1) VOC分析法

著者らはこれまでのVOC分析条件として市販の混合標準液，Supelco製に含まれるVOC48物質を対象としていた[3)]．今回はそれ以外の10物質を測定するため，これらを含むVOCの一斉分析法を検討し，追加物質についての検量線と，標準物質全てについての添加回収試験を行った．分析条件はTable 1に従った．標準物質は，混合標準液の他，ペンタン，シクロヘキサン，メチルシクロヘキサン， p-シメン，カンフェン，3-カレン，4-エチル-1,2-ジメチルベンゼン，2-エチル-1-ヘキサノール，テキサノール及び酢酸とし，内部標準物質はトルエンd8を用いた．追加物質の定量用イオン（MS：m/z）は，ペンタン57，シクロヘキサン84，メチルシクロヘキサン83，p-シメン134，カンフェン121， 3-カレン93，4-エチル-1,2-ジメチルベンゼン119，2-エチル-1-ヘキサノール83，テキサノール71及び酢酸60を用いた．

2) アルデヒド類分析法

Table 2の条件に従い，検量線の作成及び繰り返し注入試験を行った．標準物質はアルデヒド/ケトン-2,4-ジニトロフェニルヒドラジン（以下DNPHとする）13物質mixの他，2-ブタノンDNPH，メタクロレインDNPH，シクロヘキサノンDNPH，ヘプタナールDNPH，オクタナールDNPH，ノナナールDNPH及びデカナールDNPHの7物質を追加で用いた．市販されていないヘプタナールDNPH及びオクタナールDNPHはAndrewら[4)]の方法に準じて作成した．

2. アルデヒド類用パッシブサンプラーのアップテイクレートの算出

パッシブサンプリングにおいては空気中濃度を計算するためにアップテイクレート（以下Upとする）が必要である．一部の住宅で使用したDNPHパッシブガスチューブ，柴田科学製においては，チューブ付属のマニュアルに記載されているUpがホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドのみである．そこで他の物質も測定するためのUpを算出した．Upは以下の式で算出するため[5)]，アクティブ法との並行サンプリングを行った．空気の採取は，住宅室内26ヶ所において24時間行った．

式：Up（μg/（ppb･min））＝w×60×MW/（C×t×0.082×298）

w：パッシブチューブに捕集された物質重量（μg），MW：分子量，C：アクティブ法で算出された空気中濃度（μg/m^3），t：採取時間（min）

3. 新築住宅における空気中化学物質の調査

1) 調査対象住宅

シックハウス対策建材を使用し，化学物質放散量の低減

[*] 東京都健康安全研究センター環境保健部　169-0073　東京都新宿区百人町 3-24-1
[**] 千葉大学環境健康フィールド科学センター

Table 1. Operation Conditions for Thermal Desorption System and GC/MS

Thermal desorption system	
Desorption temp.	350°C
Desorption time	10min
Desorption flow	50mL/min
Cold trap adsorbent	Carbopack-B + Carboxen1000
Cold trap temp.low-high	30°C-350°C
Cold trap hold	5min
Split ratio	1：10
Transfer line temp.	200°C
Valve temp.	200°C
GC/MS	
Column	DB-1（30m×0.25mm i.d.,1μm）
Colum temp.	40°C（3min）-12°C/min-220°C（2min） -20°C/min-300°C（1min）
Carrier Gas	Helium（40kPa）
Detector temp.	250°C
Acquisition mode	SCAN（m/z 40-400）

Table 2. Operation Conditions for HPLC

Column	ZORBAX Bonus RP （4.6mm i.d.×25cm, 5μm）	
Column temp.	40°C	
EluentA	acetonitrile/water/THF 50/50/0.1	
EluentB	acetonitrile/water/THF 80/20/0.1	
Gradient	min	B（%）
	0	25
	14	25
	17	100
	26	100
	27	25
Flow rate	1.0mL/min	
Injection vol.	10μL	
Wave-length	360nm	

THF：Tetrahydrofuran

・抑制を目標に建築された住宅を対象とし，2007年3月から2008年10月に竣工された築半年以内の新築住宅13軒，全25居室を調査した．測定時，各住宅は未入居で，家具・什器等も未搬入であった．

2) 測定対象化学物質

厚生労働省により室内空気中濃度の指針値が設定されている13物質のうち，農薬等5物質を除いた8物質及び必須VOC[6)]を含む，VOC及びアルデヒド類，合計69物質を測定した．内訳は，脂肪族炭化水素16物質，芳香族炭化水素12物質，テルペン類5物質，ハロゲン類11物質，エステル類2物質，アルコール類6物質，アルデヒド・ケトン類16物質及び酸類1物質である．なお，TVOC濃度は，ガスクロマトグラフ/質量分析計（以下GC/MSとする）でヘキサンからヘキサデカンの間に検出される60物質濃度の合算値とした．

3) 採取方法

アクティブ法またはパッシブ法により，室内空気を24時間採取し，VOCは加熱脱着-GC/MS，アルデヒド類はDNPH誘導体化-溶媒抽出-液体クロマトグラフ（以下HPLCとする）/吸光光度計を用いて分析した．サンプラーは，VOC用にCarbotrap317, Supelco製を，アルデヒド類用にXposure, Waters製，DSD-DNPH，Supelco製及びDNPHパッシブガスチューブ，柴田科学製を用いた．アクティブ法による採取空気量は，VOC用サンプラーで14 L，0.01 L/min×24 h，アルデヒド類用サンプラーで144 L，0.1 L/min×24 hとした．

4. 暴露量評価

室内濃度の指針値が設定されていない未規制物質については，最大検出濃度が上位となった7物質の最大値とTDIとの比較による暴露量評価を行った．TDIの算出には暫定無毒性量等（以下NOAELとする）[7)]を用い，NOAEL算出時の実験条件がヒトの場合は10, 種差がある場合は100の不確実係数でNOAELを除した. TDI及びNOAELが設定されていない物質については, Lowest Concentration of Interest（以下LCIとする）[8,9)]をTDIの代替とした．LCIは，室内空気質の基準値ではないが，「継続的に暴露してもダメージを引き起こさないと考えられる，ある物質の室内空気最小濃度」と定義されるため，TDIと同意とした．なお，LCIは，毒性学的情報の欠如，構造活性相関及び臭気閾値に基づき決定されており，新知見等により変化するため，用いたLCIは現時点における値である．

結 果 及 び 考 察

1. 分析精度の評価

1) VOC分析法

Table 1の条件に従い分析した結果，保持時間3～22分に全58物質を分離，定量することが可能であった．添加量20～1,000 ngで行った追加10物質の検量線は良好であった（r=0. 986～0. 999）．添加回収試験では，清浄空気14 L, 0.01 L/min×24 hを通気後に分析した（n=3）. その結果, 48/58物質で80%以上の回収率が得られ，回収率範囲は67～98%と，おおむね良好な結果であった．

回収率が80%未満であった物質の中には，エタノール（67%），1-プロパノール（74%），酢酸エチル（75%）等，強い極性を持つ物質が含まれていた．通常，極性を持つ物質の分離には極性のあるカラムを用いる方が良好な結果が得られるが，極性のあるカラムは無極性カラムと比べ利用温度範囲が狭い．今回の測定では，カラム温度を40°Cから300°Cまで昇温させる必要があることから温度範囲の広い無極性カラムを使用したため，極性物質の回収率が低くなったと考えられた．

2) アルデヒド類分析法

Table 2の条件に従いアルデヒド類20物質を一斉分析した結果, 全物質について良好な検量線が得られ（添加量1.25～10 ng，r=1.000），注入の繰り返し再現性も変動係数が2.2～3.6%と良好であった（n=5）．

本法では，測定対象のアルデヒド・ケトン類16物質のうち，VOC分析法で測定可能な5物質を除いた11物質の室内濃度を分析することとした．

2. Upの算出

アクティブ法とパッシブ法の並行サンプリングは3月～8月に行い，室温範囲は15.2～31.9°Cであった．アクティブ法による物質濃度が定量下限値（以下NDとする）の2倍以上を検出した室内濃度データを用いてUpを計算した．算出したUp（μg/（ppb･min））の中央値は，ホルムアルデヒドが0.00525（n=26），アセトアルデヒドが0.00523（n=26），アセトンが0.00460（n=25），プロピオンアルデヒドが0.00538（n=22），2-ブタノンが0.00545（n=26），ブチルアルデヒドが0.00585（n=19），ベンズアルデヒドが0.00807（n=13），シクロヘキサノンが0.00775（n=9），バレルアルデヒドが0.00671（n=21），ヘキサナールが0.00705（n=22）であり，濃度の算出にはこれらの値を用いた．

3. 新築住宅室内における空気中化学物質濃度の統計値及び暴露量評価

空気中化学物質濃度の統計値及び検出率をTable 3に示す．NDはVOC分析法では0.5 μg/m^3，アルデヒド類分析法では1.0 μg/m^{3}とし，ND未満の濃度をNDと表記した．また，Table 3にはホルムアルデヒド以外の指針値が未設定であった1995年から1998年に実施した新築住宅におけるVOC濃度調査結果[10]の中央値も併記した．

1) 指針値設定物質

ホルムアルデヒド，アセトアルデヒド，トルエン及びスチレンについては指針値を超過する濃度が検出され，それぞれの最大値は130 μg/m^3，180 μg/m^3，359 μg/m^{3}及び1,430 μg/m^3，超過割合は2/25室（2/13軒），8/25室（5/13軒），1/25室（1/13軒）及び2/25室（1/13軒）であった．

最大値が最も高かったスチレンは，指針値の220 μg/m^{3}の6倍以上あり，超過した住宅の発生源を調査した．その結果，製品安全データシート（以下MSDSとする）よりベランダ等の防水加工剤にスチレンが含まれることが分かった．バルコニーの未硬化Fiber Reinforced Plastics成分が吸気口から室内に流入した事例もあり[11]，今回も防水加工剤由来のスチレンが流入したと思われた．内装材以外の建材についてもシックハウス対策は必要である．

トルエンはスチレンと同様に超過住宅が1軒のみであり，使用した建材に発生源があると推測された．しかし，MSDSが入手できなかったため発生源は不明である．

ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドは，上記の2物質とは異なり，複数の住宅で指針値を超えた．

ホルムアルデヒドは，建材にJIS規格によるF☆～F☆☆☆☆の放散量区分があり，建築時には放散量区分により使用面積が制限される等，他物質に比べてシックハウス対策が進んでいる物質である．今回，超過住宅が見られた原因として，採取時期が夏季であり，31°C，63%の高温高湿であったことが考えられた．ホルムアルデヒドの放散速度は温湿度の影響を受けやすいため，放散量がより増加したと考えられる．他の原因としては，壁内や床下等躯体内からの流入が考えられた．ホルムアルデヒドの放散量測定法として，JIS A1901[12]に規格化されるチャンバー法では，建材表面からの放散量を測定するため，建材の側面及び裏面からの放散量は不明である．住宅躯体内で発生した化学物質が室内に流入した報告もあり[13,14]，その可能性が考えられた．

アセトアルデヒドは，13軒中5軒と，最も多くの住宅で超過していた．アセトアルデヒドの発生源は，たばこ煙等人の活動に由来する場合も考えられるが[14]，今回は対象が新築未入居住宅であったことから，酢酸ビニル系接着剤の加水分解や木材からの発生等[15-17]，建材由来と推測された．

今回の調査結果（中央値）と1995～1998年実施の結果[10]を比較すると，当時未測定のアセトアルデヒドを除き，全ての物質が1/2～1/60に減少しており，指針値設定物質については低減したことが分かった．

TVOCは，中央値が1,280 μg/m^{3}で，暫定目標値の400 μg/m^{3}を超えたのは居室の84%，21/25室であった．TVOCが400 μg/m^{3}程度の場合でも，化学物質に敏感な人にはシックハウス症状が現れる可能性があるとの報告があることから[18]，TVOCについては低減対策を検討すべきと考える．

2) 未規制物質

(1) 高濃度傾向を示した物質　TVOCの暫定目標値を基準とし，単独でそれを超えた濃度が検出されたのは，α-ピネン，p-シメン，メチルシクロヘキサン，リモネン，3-カレン，カンフェン，テキサノール，トリメチルベンゼン，2-エチル-1-ヘキサノール，2-ブタノン，アセトン，ベンズアルデヒド，エタノール，エチルトルエン，酢酸の15物質であった．超過割合が最も高かったのはα-ピネンで（12/25室），次いでリモネン（8/25室），p-シメン（6/25室），カンフェン（5/25室），3-カレン（3/25室）であった．p-シメン以外は全てテルペン類であり，これは近年のシックハウス対策として用いられる自然素材の影響が大きいと考えられた．接着剤や有機溶剤を用いる内装材の代わりに，天然の無垢材や植物由来の塗料等を多用したため，檜や松等の無垢材や天然素材から発生するテルペン類が高濃度になったと思われる[16,19,20]．1995年～1998年実施の調査[10]におけるα-ピネンの中央値（15.1 μg/m^3）及びリモネンの中央値（10.0 μg/m^3）と今回の中央値（214 μg/m^{3}及び53.2 μg/m^3）を比較しても，最近は高濃度傾向にあることが分かる．

(2) 暴露量評価　TVOCの暫定目標値を超える割合が高かった物質について，TDIと最大濃度との比較を行った（Table 4）．NOAELが設定されているトリメチルベンゼンも併せて評価した．TDIと最大濃度との差が最も大きかったのは1,2,4-トリメチルベンゼン（41.3倍）で，次いで，α-ピネン（12.6倍），リモネン（8.2倍）であった．

1,2,4-トリメチルベンゼン及び1,3,5-トリメチルベンゼンのTDIはラット吸入暴露実験でのNOAELから算出した値だが，この物質はヒトに対しても粘膜刺激，頭痛，め

Table 3. Concentrations and Detection frequencies of Indoor Air Chemicals in the New-built Houses[a)] (μg/m^3)

chemicals	max.	min.	median	detection frequency(%)	median[b)]
Formaldehyde*	130	1.6	15.9	100	63.9
Acetaldehyde*	180	1.9	27.7	100	
Toluene*	359	10.2	29.8	100	137
Xylene*	272	ND[c)]	18.0	92	48.2
Ethylbenzene*	552	ND	12.5	92	31.7
Styrene*	1,430	ND	5.9	88	12.8
p-Dichlorobenzen*	10.5	ND	0.60	52	37.9
Tetradecane*	15.7	ND	0.87	68	2.6
Pentane	281	ND	3.4	64	
Hexane	140	ND	5.2	96	381
Heptane	15.9	ND	1.1	88	1.6
Octane	20.2	ND	1.3	84	1.2
Nonane	160	ND	1.8	84	3.4
Decane	257	ND	7.9	88	7.6
Undecane	164	ND	11.3	96	6.4
Dodecane	61.4	ND	13.8	92	6.1
Tridecane	46.9	ND	4.9	88	4.6
Pentadecane	3.9	ND	ND	44	
Hexadecane	5.1	ND	ND	40	
2,4-Dimethylpentane	1.0	ND	ND	12	
Isooctane	ND	ND	ND	0	
Cyclohexane	108	ND	1.0	72	
Methylcyclohexane	2,500	ND	ND	48	
Benzene	3.0	ND	0.72	64	2.9
Ethyltoluene	573	ND	5.2	88	
1,3,5-Trimethylbenzen	266	ND	1.3	80	1.9
1,2,4-Trimethylbenzen	866	ND	4.3	88	6.9
1,2,3-Trimethylbenzen	173	ND	4.4	88	1.7
1,2,4,5-Tetramethylbenzen	7.2	ND	0.64	60	
p-Cymene	2,550	ND	54.9	76	
4-Ethyl-1,2-dimethylbenzen	21.5	ND	1.1	68	
α-Pinene	3,140	ND	214	96	15.1
β-Pinene	215	ND	16.6	80	
Limonene	2,450	ND	53.2	92	10.0
Camphene	1,680	ND	21.0	88	
3-Carene	1,770	ND	31.2	80	

chemicals	max.	min.	median	detection frequency(%)	median[b)]
Dichloromethane	247	ND	ND	48	
Chloroform	0.64	ND	ND	8	
1,2-Dichloroethane	1.2	ND	ND	8	
1,1,1-Trichloroethane	ND	ND	ND	0	
Carbon tetrachloride	0.9	ND	ND	20	
1,2-Dichloropropane	ND	ND	ND	0	
Bromodichloromethane	ND	ND	ND	0	
Trichloroethylene	1.4	ND	ND	20	
Dibromochloromethane	ND	ND	ND	0	
Tetrachloroethylene	1.1	ND	ND	4	
Ethyl acetate	121	1.2	13.3	100	16.6
Butyl acetate	64.3	ND	11.2	96	19.5
Ethanol	578	ND	20.0	96	
2-Propanol	43.2	ND	3.9	80	
1-Propanol	15.3	ND	0.66	56	
Butanol	62.9	ND	7.9	92	18.8
2-Ethyl-1-hexanol	783	ND	1.5	76	
Texanol	967	ND	6.8	76	
2-Butanone	635	ND	20.5	96	8.6
Acetone	616	7.2	55.1	100	
4-Methyl-2-pentanone	22.5	ND	4.8	88	
Nonanal	101	ND	13.3	84	
Decanal	30.1	ND	1.9	88	
Propionaldehyde	43.8	ND	3.8	88	
n-Butylaldehyde	15.4	ND	1.8	56	
Benzaldehyde	607	ND	2.0	68	
Cyclohexanone	56.8	ND	5.2	72	
Isovaleraldehyde	ND	ND	ND	0	
Valeraldehyde	75.8	ND	3.6	64	
Tolualdehyde	5.6	ND	ND	24	
Hexanal	310	ND	14.2	96	
2,5-Dimethylbenzaldehyde	ND	ND	ND	0	
Acetic acid	425	ND	57.8	84	
TVOC[d)]	12,100	150	1,280		
Regulated chemicals[e)]	2,550	30.5	137		
Unregulated chemicals[f)]	11,200	165	1,540		

a) The number of the investigation rooms was 25. b) Saito et al., 1999. [10)] c) ND:Not Detected. d)TVOC means the total concentrations of 60 chemicals.
e,f) The total concentrations of the 8 chemicals regulated by guideline*, and of the 61unregulated chemicals.

Table 4. Health Evaluation for Unregulated Chemicals

	A: max. (μg/m^3)	B: TDI (μg/m^3)	A/B	the basis of TDI
α-Pinene	3,140	250	12.6	LCI=250μg/m^3
Limonene	2,450	300	8.2	LCI=300μg/m^3
p-Cymene	2,550	550	4.6	LCI=550μg/m^3
Camphene	1,680	250	6.7	LCI=250μg/m^3
3-Carene	1,770	250	7.1	LCI=250μg/m^3
1,2,4-Trimethylbenzen	866	21	41.3	NOAEL=2.1mg/m^3
1,3,5-Trimethylbenzen	266	88	3.0	NOAEL=8.8mg/m^3

TDI : Tolerable daily intake, LCI : Lowest Concentration of Interest
NOAEL : A threshold limit value on the no-observed-adverse-effect level

まい，嘔吐，錯乱，中枢神経及び血液への影響等，健康障害を引き起こす[7]．樹脂の溶解性に優れ塗料等の有機溶剤に用いられることが多いため，注意が必要と考えられる[21]．

α-ピネン，リモネン及びカンフェン等の発生源については前述した通り，自然素材の影響が大きいと考えられる．これらテルペン類は，アロマテラピーや森林浴等，低濃度暴露（森林大気レベルは1 μg/m^{3}程度[22]）は有益な効果もあるが，高濃度暴露では皮膚や粘膜を刺激する毒性物質になり得る[21]．さらに，オゾンとの反応による刺激性の高い物質の生成及び微粒子濃度の増加等[23,24]，二次反応による空気汚染の影響も無視できない．シックハウス対策に伴う高濃度化とも考えられるため，今後も増加・高濃度傾向は続くことが予想され，建材は使用前に放散させ，天然素材の内装材は成分を確認する等の対策が必要である．

ま と め

最近のシックハウス対策住宅においても指針値設定物質の濃度超過が見られた．スチレン濃度が1,430 μg/m^{3}と指針値の6倍以上検出された住宅では，ベランダにスチレンを含む防水加工剤を使用しており，吸気口等から室内に流入したと考えられた．シックハウス対策は，内装材以外にも考慮する必要があることが分かった．

さらに，指針値のない未規制物質が指針値設定物質よりも高濃度になる傾向があり，今回の調査における最大検出濃度はα-ピネンの3,140 μg/m^3，最大値がTVOCの暫定目標値の400 μg/m^{3}を超えたのは15物質あった．また，算出したTDIに比べ最大値が10倍以上あった物質は，1,2,4-トリメチルベンゼン及びα-ピネンで，それぞれ41.3倍及び12.6倍であった．トリメチルベンゼンは塗料等の有機溶剤に使用され，α-ピネンは無垢材や天然塗料等から放散する物質であることから，「規制溶剤の代替」及び「自然素材建材の多用」といったシックハウス対策に伴う高濃度化が生じている可能性が考えられる．

これら未規制物質が空気中化学物質に占める割合は大きく，室内濃度の低減対策時には未規制物質についても測定し，さらに検討する必要がある．

付記

本調査は，平成19年度科研費「実証実験施設を用いたシックハウス症候群の原因物質特定と削減対策に関する研究」に関連し行った．

本研究の概要は平成20年度室内環境学会研究発表会（2008年12月）において発表した．

文 献

1) 厚生労働省：室内空気中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法等について，H14年2月．
2) 国土交通省：建築基準法，2002.
3) 大貫　文，齋藤育江，瀬戸　博，他：塗料，接着剤から放散する揮発性有機化合物，東京健安研セ年報，**55**, 241-246, 2004.
4) Andrew G.H.Lea, Graeme D.Ford and Susan Fowler: Analytical techniques for the estimation of sulphite binding components in ciders and wines., *International Journal of Food Science and Technology*, **35**, 105-112, 2000.
5) 柴田科学株式会社：パッシブガスチューブ（アルデヒド・ケトン類用）取り扱い説明書．
6) 厚生労働省：シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書-第4回～第5回のまとめについて，H12年12月．
7) 環境省：化学物質の環境リスク評価，第1～6巻，平成14～20年．
8) Danish Environmental Protection Agency: Emission of Volatile Organic Compounds from Wood and Wood-Based Materials, 1998.
9) Danish Environmental Protection Agency: Survey, emission and evaluation of volatile organic chemicals in printed matter survey no. 36, 2003.
10) 齋藤育江，瀬戸　博，多田宇宏，他：住宅の室内ホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物濃度の経時変化，東京衛研年報，**50**, 235-239, 1999.
11) 日経BP社：日経ホームビルダー，7月号，49-68, 2007.
12) 日本工業標準調査会：JIS A1901，日本規格協会，2003.
13) 小林　智，神　和夫，武内伸治，他：新築教会における室内空気汚染とシックハウス症候群の事例，室内環

境学会講演集，298-301, 2004.

14) 大貫　文，齋藤育江，瀬戸　博，他：アセトアルデヒドの発生源に関する調査－建材，絵具及びタバコー，室内環境学会講演集，92-93, 2006.

15) 齋藤育江，大貫　文，瀬戸　博，他：水性形接着剤から放散される化学物質による室内汚染濃度の予測，室内環境学会誌，**8**(1), 15-26, 2005.

16) Jensen L.K., Larsen A., Mølhave L., et al: Health Evaluation of Volatile Organic Compound (VOC) Emissions from Wood and Wood-Based Materials., *Archives of Environment Health*, **56**(5), 419-432, 2001.

17) 堀　雅宏，韓　珏，下之園孝：室内環境におけるアセトアルデヒドの生成メカニズム，室内環境学会講演集，102-103, 2004.

18) 戸高恵美子，中岡宏子，森　千里：予防医学を考慮した「環境ユニバーサルデザイン」による街づくりの必要性-ケミレスタウンを例に-，第18回日本臨床環境医学会学術集会，p50, 2009.

19) 岩下　剛：ヒノキ材，パイン材から発生するテルペン類VOCとオゾンの化学反応によるテルペン類VOCの減少量に関する研究，日本建築学会環境系論文集，第599号，73-78, 2006.

20) 吉野秀明，佐藤義政，後藤　崇，他：建築材料からの化学物質放散検証，室内環境学会講演集，236-239, 2004.

21) 東　賢一，池田耕一，久留飛克明，他：建築に使われる化学物質事典，第1版，139-140,157, 172, 2006, 風土社，東京.

22) 市岡高男，山川雅弘，加藤　進，他：山地森林の快適性（第2報），三重保環研年報，**4**, 68-76, 2002.

23) Wolkoff P., Clausen P.A., Wilkins C.K., et al: Formation of Strong Airway Irritants in Terpene/Ozone Mixtures., *Indoor Air*, **10**(2), 82-91, 2000.

24) C.J.Weschler, H.C.Shields: Indoor ozone/terpene reactions as a source of indoor particles., *Atmospheric Environment*, **33**(15), 2301-2312, 1999.

Trends in Indoor Air Chemicals Detected at High Concentrations in Newly Built Houses

Aya ONUKI*, Ikue SAITO*, Takahiro TADA*, Masao FUKUDA*, Masayuki KURITA*, Akio OGATA*,
Emiko TODAKA**, Hiroko NAKAOKA** and Chisato MORI**

To investigate the indoor air quality of newly built houses, 53 volatile organic compounds (VOCs) and 16 aldehydes were measured in 13 newly built houses within 6 months after completion. The results of the investigation showed that the maximal concentrations of some substances exceeded 400 μg/m^3, which is the provisional desired value of total VOCs set by The Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan. The high level substances included styrene, α-pinene, limonene, trimethylbenzene, methylcyclohexane, acetone, 2-butanone, texanol, and 2-ethyl-1-hexanol. Among these, α-pinene was detected at the highest concentration (>3,000 μg/m^3). With the exception of styrene, all the other substances at high concentration are unregulated by Japanese Indoor Air Guidelines. Therefore, in newly built houses, there is a tendency for the unregulated substances to reach high concentrations.

Keywords: indoor air, newly built house, unregulated chemical, volatile organic compound, uptake rate, α-pinene, limonene, trimethylbenzene

* Tokyo Metropolitan Institute of Public Health
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073 Japan
** Center for Environment, Health and Field Sciences, Chiba University