宮城県内の応急仮設住宅における室内空气中アルデヒド・ケトン類 および揮発性有機化合物の実測調査

笈川大介, 高尾洋輔, 村田真一郎, 竹内 弥, 下山啓吾, 関根嘉香

東海大学仮設住宅空気質調査プロジェクト

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1 東海大学理学部化学科関根嘉香研究室内

Measurement of carbonyl and volatile organic compounds in indoor air of temporarily houses constructed in Miyagi prefecture

Daisuke OIKAWA, Yosuke TAKAO, Shinichiro MURATA, Wataru TAKEUCHI,

Keigo SHIMOYAMA and Yoshika SEKINE

Indoor Air Quality Research Project on Temporary Houses, Tokai University

Yoshika Sekine Laboratory, Department of Chemistry, School of Science, Tokai University,

4-1-1 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa, 259-1292 Japan

要 旨

東日本大震災により多くの住民が避難生活を余儀なくされている。避難者の生活を一時的に安定させるため、約72,000戸の応急仮設住宅(以下、仮設住宅)が宮城県、福島県、岩手県などに建設されている。一方、国外の災害において、仮設住宅に避難した住民が高濃度ホルムアルデヒド曝露により健康被害を受けた事例がある。宮城県では国土交通省の指示に基づき、仮設住宅の供給メーカーに対して1発注につき1戸(50~60戸に1戸)の割合で住宅性能表示制度に定める特定測定物質5物質(ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、エチルベンゼンおよびスチレン)の室内濃度測定を課し、仮設住宅の空気性能の管理に務めている。しかしながら法定5物質以外の物質が室内空気を汚染する可能性があり、詳細な化学物質調査が必要である。そこで筆者らは、宮城県の協力のもと、2011年6月20日に宮城県内1地区の仮設住宅5戸、6地点を対象に室内空气中化学物質濃度の現地調査を行った。対象物質はアルデヒド・ケトン類3物質、揮発性有機化合物43種類およびTVOC(Total Volatile Organic Compounds)濃度とした。その結果、法定5物質を含む室内濃度指針値の設定されている物質は、測定点全てにおいて指針値以下の濃度レベルであった。しかしTVOC濃度は1700~3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で暫定目標値の4倍~7.5倍であり、指針値の設定されていない化学物質の寄与が高かった。

Abstract

Due to the Great East Japan earthquake and related disasters, many people are forced to evacuate from their own houses to temporarily housing areas. About 72,000 of the temporarily houses are being or has been built after the disaster in the prefectures of Miyagi, Fukushima, Iwate and so on. Meanwhile, there are some foreign reports on victims who unfortunately became chemical intolerance because of exposure to formaldehyde in indoor air of temporarily houses after hurricane or earthquake attacks. To prevent such secondary disaster, Miyagi prefecture obligates builders to report indoor air concentrations of formaldehyde, toluene, xylene, ethylbenzene and styrene with a frequency of one house per one order, corresponding to one house per 50~60 houses. However, detailed and in-depth survey should be required for the prevention of indoor air pollution problem, because chemicals other than the five compounds potentially cause adverse health disorders. Then, authors have voluntarily conducted a field survey on the indoor air concentrations of chemicals at 6 sites in 5 houses of one temporarily housing area at Miyagi in 20 June 2011, under the cooperation of Miyagi prefectural government. Target substances were 3 carbonyl compounds, 43 Volatile Organic Compounds (VOCs) and TVOC (Total VOCs). The results showed the indoor air concentrations of chemicals whose indoor air guidelines were previously set were below the guideline levels at all sampling sites. However, TVOC concentrations ranged from 1700~3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4~7.5 fold higher than the tentative guideline for TVOC. Unregulated chemicals by the governmental countermeasures contributed to such extraordinary high concentrations of TVOC in the tested temporarily houses.

Key words: 東日本大震災(the Great East Japan Earthquake), 応急仮設住宅(temporarily houses), ホルムアルデヒド(formaldehyde), 揮発性有機化合物(volatile organic compounds, VOCs), シックハウス症候群(Sick House Syndrome)

1. はじめに

2011年3月11日、わが国は未曾有の震災に見舞わ

れた。マグニチュード9.0の大地震、これに伴う津波により東北・関東地方の沿岸約500 kmに及ぶ範囲が壊滅的な打撃を受け、さらに福島第一原子力発電所の事故による放射性物質の漏洩・拡散が発生し、

受付: 2011年9月13日 (Received: 13 September 2011)

受理: 2011年9月21日 (Accepted: 21 September 2011)

多くの住民が避難を余儀なくされている。現在、避難者の生活を一時的に安定させるため、応急仮設住宅(以下、仮設住宅)の建設が進められ、既に入居が始まっている。仮設住宅は、自然災害などにより居住地を失った人たちに対して、行政が貸与する仮の住居であり、今回の東日本大震災にあたり3月31日時点で岩手県に18,000戸、宮城県に30,000戸、福島県に24,000戸、茨城県・栃木県・千葉県・長野県に合せて315戸が必要とされている¹⁾。

一方、短期間に膨大な数を緊急に建設することから、国内に確保してある建材では足りず、輸入建材等が検査なしに使用される可能性が指摘されている。これらの建築材料から発生するホルムアルデヒドや揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds, 以下VOCs)による室内空気汚染の発生が懸念され、精神的にも身体的にも疲労している被災者が入居した場合、シックハウス症候群あるいは化学物質過敏症に罹患する可能性がある。2005年にアメリカ・メキシコ湾岸で発生したハリケーン・カトリーナ禍の際、政府が斡旋したトレーラーハウスに避難した被災者に、高濃度のホルムアルデヒド曝露に起因する鼻や目、呼吸器の疾患が生じ、訴訟問題にまで発展した^{2,3)}。2008年に中国四川省で発生した四川大地震の際にも同様に、移動住宅に避難した被災者にホルムアルデヒド曝露が原因のシックハウス患者が発生した⁴⁾。原因は移動住宅の建設に使われた中質繊維板(Medium Density Fiberboard, MDF)であり、ホルムアルデヒド拡散速度は中国国家基準の5倍に相当した⁵⁾。またこの被災者コミュニティでは、100件もの流産が報告され、ホルムアルデヒド曝露との因果関係までもが報じられている⁶⁾。二次被害は発生してからでは遅く、未然に防止する必要がある。

宮城県では国土交通省の指示に基づき、仮設住宅の供給メーカーに対して1発注につき1戸(50~60戸に1戸)の割合で住宅性能表示制度に定める特定測定物質5物質(ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、エチルベンゼンおよびスチレン、以下、法定5物質)の室内濃度測定を課し、仮設住宅の空気性能の管理に務めている。これは過去の事例に比して機敏かつ適切な対応と言えよう。しかしながら、シックハウスの原因物質はこれら5物質だけではなく、法定物質以外の化学物質が健康被害を引き起こす可能性がある。そこで筆者らは、宮城県で実施している仮設住宅の室内空気質検査を学術面からサポートするこ

とを意図し、宮城県土木部住宅課の協力のもと、法定物質以外も含む詳細調査をボランティア活動⁷⁾として行った。本論文においては2011年6月20日に実施した現地調査の結果からいくつかの知見が得られたので報告する。

2. 調査方法

2.1 測定対象施設

2011年6月20日(月)に宮城県内1地区の仮設住宅を対象に現地調査を行った。調査日の天候は晴れであった。同地区では同一住宅メーカーにより124戸施工され、いずれも入居直前であった。この124戸から5戸(#1~#5)をランダムに選び、居間またはキッチンで試料採取を行った。うち1戸(#5)では居間とキッチンの両方で試料採取したので、測定地点数は合計6地点となった。仮設住宅の内装は、キッチンの床面は塩化ビニル樹脂シート、居室の床面はカーペット、壁面および天井面は壁紙が施工されていた。

2.2 対象物質

定量対象物質は、アルデヒド・ケトン類としてホルムアルデヒド、アセトアルデヒドおよびアセトンの3物質、VOCsとして法定5物質を含む43物質とした。また日本建築学会環境基準AIJES-A006-2010⁷⁾に準拠し、ガスクロマトグラフ-質量分析(以下、GC-MS)で得られたクロマトグラム上のヘキサンからヘキサデカンの範囲に検出する物質についてのピーク面積を合計し、トルエン換算の総揮発性有機化合物(Total Volatile Organic Compounds, 以下、TVOC)濃度を求めた。TVOCは分析化学的にも毒性学的にもあいまいさを有する指標ではあるが⁸⁾、TVOC濃度とシックビルディング症候群に関連性が見られるとする報告もなされており⁹⁾、今後TVOCが室内空気質の管理指標として利用されていく可能性は高い。

2.3 試料採取

Fig.1に試料採取の様子を示す。試料採取は、アクティブ・サンプリング法により行い、サンプラーの設置高さは床面1~1.2 mとした。各住戸の玄関・窓は前日から締め切り、速やかに入室してポンプを稼働して退室し、締め切り状態で試料を採取した。室内の間仕切り、収納部の扉は開放し、エアコン・換気扇等はすべてオフとした。測定時の温度は26~30℃、相対湿度47~57%であった。

#1 Living room

#2 Living room

#3 Kitchen

#4 Living room

#5 Living room

Operation of air samplers

Fig.1 Views of sampling sites in the temporally houses

2.4 測定方法

アルデヒド・ケトン類：2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNPH)含浸カートリッジ(GLサイエンス社製Inertsil^{ep}(GL-Pak)mini AERO-DNPH)を空気捕集用ポンプ(柴田科学社製ミニポンプ)に取り付けて、1 L/minの流量で30分間捕集した。捕集後、捕集管を研究室に持ち帰り、メタノール5 mLでDNPH誘導体を溶出した後、高速液体クロマトグラフ(HPLC)法により定量分析した。HPLC装置の構成および分析条件は以下の通りである。送液ポンプ：日立製作所製 L-2130, UV検出器：日立製作所製 L-2400, 分離カラム：GL Sciences製 Inertsil ODS-80A(5 μ m, 3.0 mmID $\times$ 15 cm), 溶離液A：メタノール/水=60/40, 溶離液B：メタノール/水=90/10, 溶離条件：A 100%(30 min)- A 100% $\rightarrow$ 50%(linear gradient, 20 min)- A 50%(10 min), 流量0.5 ml/min, インジェクション量：20 μ L, 吸光度測定波長：360 nm。検量線用標準溶液は、和光純薬工業社製 16 Aldehydes-DNPH mixed Standard Solution(HPLC用)をアセトニトリルで適宜希釈して用いた。定量下限値はブランク値の標準偏差の10倍で定義し、ホルムアルデヒド：0.48 μ g/m³, アセトアルデヒド：0.26 μ g/m³, アセトン：1.6 μ g/m³であった。

VOCs: TenaxTA捕集管(Markes社製)を空気捕集用ポンプ(柴田科学社製ミニポンプ)に取り付けて、0.2 L/minの流量で30分間捕集を行った。捕集後、捕集管を研究室に持ち帰り、捕集管に採取した成分は、加熱脱離(Thermal desorption, 以下, TD) - GC-MS法で定量した。GC-MS装置の構成および分析条件は以下の通りである。GC装置：Agilent Technologies社製 6890N, 分離カラム：Zebron社製 ZB-5ms(30 m $\times$ 0.25 mm), キャリアガス：高純度ヘリウム, キャリアガス流量：1.8 ml/min, 昇温条件：40 $^{\circ}$ C-(5 min)-40 $^{\circ}$ C-(10 $^{\circ}$ C/min)-270 $^{\circ}$ C-(5 min), MS装置：日本電子社製 K9 Q1000GC, 測定モード：SCAN, 設定質量数：45 $\sim$ 300, イオン化電流：250 μ A, イオン化エネルギー：70 eV, 検出電圧：-1000 Volt, イオン源温度：250 $^{\circ}$ C, GC インターフェース温度：250 $^{\circ}$ C, TD装置：Markes社製 Unity-Ultra, 脱離温度(時間)：280 $^{\circ}$ C(10 min), トラップ温度：5 $^{\circ}$ C, トラップ加熱温度(時間)：280 $^{\circ}$ C(3 min), 注入方法：スプリット方式, キャリアガス初期圧：11.5psi, 検量線用標準溶液は、SUPELCO社製 52 Component Indoor Air Standardを用いた。また、ト

ルエンd8を用いた内部標準法で分析を実施した。定量下限値は0.083 μ g/m³ $\sim$ 0.42 μ g/m³であった。

3. 結果および考察

Table 1に各住戸における室内空气中化学物質濃度の測定結果を示す。厚生労働省の定める室内濃度指針値が設定されている物質に対しては指針値¹⁰⁾も併記した。尚、ノナナールは指針値案, TVOCは暫定目標値である。尚, 定量下限を下回った測定値はN.D.と表記し, 平均値および標準偏差の計算からは除外した。

測定対象とした46物質のうち, 全地点で定量された成分は33物質であり, 定量可能であった物質の最高濃度と最低濃度の比は1.3(ヘキサン) $\sim$ 13(1,2-ジクロロメタン)で平均は3.0, 相対標準偏差は8.7%(ヘキサン) $\sim$ 78%(3-エチルトルエン)で平均は33%であった。比較的濃度の高い物質は, 全地点に共通して酢酸ブチル, メチルイソブチルケトンおよびアセトンであった。これらは接着剤や塗料の成分に由来すると考えられる。また今回, 居間とキッチンとは仕切らずに測定したため, 居間とキッチン間での有意な濃度差は見られなかった。以上のことから, 測定対象とした5住戸6地点では, ほぼ共通した化学物質が検出され, 物質毎の濃度レベルのばらつきが少ないため, 化学物質による室内空気汚染の発生メカニズムは共通していると推定された。

室内濃度指針値が設定されている物質は, いずれも指針値より低濃度であり, 6地点の標本平均値を室内濃度指針値と比べると, ホルムアルデヒド：2/5, アセトアルデヒド：2/3, トルエン：1/27, キシレン：1/28, スチレン：1/11, p-ジクロロベンゼン：1/1800およびテトラデカン：1/9程度であった。ホルムアルデヒド濃度は30 $\sim$ 45 μ g/m³, 標本平均値40 μ g/m³, 標準偏差6.2 μ g/m³となり, 信頼度99%において母平均濃度の区間推定を行った結果, 母平均濃度は30 $\sim$ 50 μ g/m³にあると推定され, いずれも室内濃度指針値未満であった。一方, 指針値が提案されているノナナールの室内空气中濃度は31 $\sim$ 43 μ g/m³となり, 信頼度99%において母平均濃度の区間推定を行ったところ母平均濃度は30 $\sim$ 43 μ g/m³にあると推定され, 指針値案と同等の濃度レベルにあることがわかった。さらにTVOC濃度は1700 $\sim$ 3000 μ g/m³となり, 暫定目標値の4 $\sim$ 7.5倍程度の高濃度であった。このことから対象仮設住宅

Table 1 Indoor air concentrations of 3 carbonyl compounds, 43 VOCs and TVOC at 6 sampling sites of the temporally houses constructed at Miyagi site. Air samplings were conducted in 20 June, 2011

House #	1	2	3	4	5					
Sampling site	Living room	Living room	Kitchen	Living room	Kitchen	Living room			max/	IAQ
Floor plan	3K	1K	2K	2K	2K	2K	mean	± SD	RSD	min
Temperature (°C)	29	29	30	29	26	27	28 ± 1.5		5.3	
Relative humidity(%)	47	50	51	51	57	51	51 ± 3.3		6.4	
Indoor air concentration (µg/m ³)										
Formaldehyde	45	44	43	43	34	30	40 ± 6.2	16	1.5	100
Acetaldehyde	35	24	32	33	26	23	29 ± 5.1	18	1.5	48
Acetone	149	130	160	180	130	110	143 ± 25	17	1.6	
Ethylacetate	40	18	45	50	43	36	39 ± 11	29	2.8	
Hexane	6.5	6.0	6.7	7.4	6.4	5.8	6.5 ± 0.6	8.7	1.3	
1,2-Dichloromethane	0.9	N.D.	0.1	1.2	1.2	1.3	0.9 ± 0.5	52	13	
2,4-Dimethylpentane	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
1,1,1-trichloroethane	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
Butylalcohol	21	8.7	11	7.5	7.0	6.0	10 ± 5.6	55	3.5	
Benzene	0.5	0.9	0.7	0.4	0.9	0.8	0.7 ± 0.2	30	2.3	
1,2-Dichloropropane	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
Trichloroethylene	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
2,2,4-Trimethylpentane	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
Heptane	13	7.9	6.5	8.7	5.9	4.4	7.7 ± 3.0	39	3.0	
Bromodichloromethane	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
Methyl-iso-butylketone	190	150	280	190	240	190	207 ± 46	22	1.9	
Toluene	7.8	22	3.6	11	7.7	6.0	9.7 ± 6.5	67	6.1	260
Chlorodibromomethane	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
Butylacetate	280	84	280	250	220	170	214 ± 76	36	3.3	
Tetrachloroethylene	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.			
Octane	34	29	28	35	29	23	30 ± 4.4	15	1.5	
Ethylbenzene	26	55	25	39	28	22	33 ± 12	38	2.5	3800
Xylene*	26	49	25	39	27	20	31 ± 11	35	2.4	870
<i>m,p</i> -Xylene	18	34	17	27	19	14	22 ± 7.5	35	2.4	
Styrene	21	23	28	23	16	13	21 ± 5.4	26	2.2	220
<i>o</i> -Xylene	7.9	15	7.5	12	8.1	6.1	9.4 ± 3.4	36	2.5	
<i>n</i> -Nonane	1.1	1.3	1.0	1.4	1.0	0.7	1.1 ± 0.2	23	2.0	
α -Pinene	37	35	15	48	56	53	41 ± 15	37	3.7	
β -Pinene	24	3.9	16	29	19	16	18 ± 8.5	47	7.4	
3-Ethyltoluene	3.1	10	3.7	2.5	2.3	1.8	3.9 ± 3.1	78	5.6	
4-Ethyltoluene	3.4	4.3	4.0	2.7	2.5	1.1	3.0 ± 1.2	39	3.9	
1,3,5-Trimethylbenzene	3.2	2.1	0.8	1.0	1.6	1.2	1.7 ± 0.9	54	4.0	
2-Ethyltoluene	2.2	1.7	0.9	1.1	1.7	1.3	1.5 ± 0.5	32	2.4	
1,2,4-Trimethylbenzene	16	10	5.2	6.3	6.9	5.4	8.3 ± 4.2	50	3.1	
<i>n</i> -decane	4.1	4.4	4.9	5.9	4.0	3.2	4.4 ± 0.9	21	1.8	
<i>p</i> -dichlorobenzene	0.2	N.D.	N.D.	0.1	0.1	N.D.	0.1			240
1,2,3-Trimethylbenzene	2.1	1.6	0.7	0.9	1.1	0.7	1.2 ± 0.6	47	3.0	
Limonene (+)	9.7	7.2	4.3	9.8	5.5	5.4	7.0 ± 2.3	33	2.3	
<i>n</i> -Nonanal	43	35	36	39	37	31	37 ± 4.0	11	1.4	41**
<i>n</i> -Undecane	13	10	11	12	11	9.2	11 ± 1.4	12	1.4	
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	N.D.	0.1	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	0.1			
Decanal	8.2	8.8	13	15	11	9.1	11 ± 2.7	25	1.8	
<i>n</i> -Dodecane	4.2	3.7	4.9	9.3	4.4	4.0	5.1 ± 2.1	41	2.5	
<i>n</i> -Tridecane	8.9	11	16	33	13	10	15 ± 9.0	59	3.7	
Tetradecane	26	35	47	49	38	30	38 ± 9.1	24	1.9	330
Pentadecane	5.8	8.6	11	12	8.3	6.6	8.7 ± 2.4	28	2.1	
Hexadecane	2.3	3.5	5.4	4.0	3.7	0.9	3.3 ± 1.5	47	6.0	
TVOC	1700	2600	2800	3000	2500	2000	2400 ± 490	20	1.8	400***

1K: one room with a kitchen, 2K: two rooms with a kitchen, 3K: three rooms with a kitchen

SD: Standard deviation, RSD: Relative standard deviation

N.D.: Not determined.

max/min: Ratio of maximum and minimum concentrations

* Concentration of xylene was obtained from a sum of tyhose of *m,p*-xylene and *o*-xylene.

** Proposed value for nonanal. *** Tentative guideline for TVOC.

では、室内濃度指針値が設定されている物質については衛生上の問題は見られなかったが、指針値未設定の物質および定量対象以外の物質については高濃度の物質があり、結果的にTVOC濃度は暫定目標値を大きく超過した。

Fig.2に各住戸のサンプリングに用いたTenax TA捕集管からの熱脱離成分のGC-MSクロマトグラムを示す。各地点とも類似のクロマトグラムを示しており、定量対象成分の中では酢酸ブチル、メチルイソブチルケトンおよび α -ピネンが比較的大きなピークを与えた。一方、これらのほかにP1～P5と記した大きなピークが5つあり、質量スペクトルとNISTデータベースを照合して定性解析を行った結果、P1はシクロヘキサン(CAS Registry No. 110-83-8)、P2は2-エチル-1-ヘキサノール(CAS Registry No. 104-76-7)、P3は3,5,5-トリメチル-2-シクロヘキサノン(CAS Registry No. 78-59-1)と推定された。①および②式に示すように、P2に該当した2-エチル-1-ヘキサノール(Ⅲ)は、ポリ塩化ビニル製床材や接着剤に添加したフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)(以下、DEHP)(Ⅰ)の加水分解により発生することが知られている^{11,12)}。また生成物のフタル酸モノ(2-エチルヘキシル)(Ⅱ)は、吸入曝露により喘息症状を引き起こすとの報告がある¹³⁾。DEHPの加水分解は、セメント等の塩基性材料の表面に接触することで助長される¹²⁾。調査対象の仮設住宅ではポリ塩化ビニ

ル製床材が使用されており、これが下地のコンクリート等に接触して2-エチル-1-ヘキサノールが発生した可能性がある。

P4およびP5のピークにはいくつか候補物質がヒットしたが、最も類似度が高かったのは、P5はテキサノール(2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールモノイソブチレート、別名2,2,4-トリメチル-3-オル-1-イソブチレート、CAS Registry No. 25265-77-4)(V)、P4はテキサノールの異性体2,2,4-トリメチル-1-オル-3-イソブチレート(CAS Registry No. 不明)(VI)であった。テキサノールはラテックス塗料、エマルジョン塗料など水性塗料の造膜助剤として添加される成分であり、小林ら¹⁴⁾はテキサノールに起因する新築小学校の室内空気汚染の事例を報告している。今回調査対象とした仮設住宅におけるテキサノールおよびその異性体に関しては、発生源の同定などより詳細な調査が必要と考えられる。

これらP1～P5に相当する物質のトルエン換算濃度をTable 2に示す。5物質の積算濃度は417～581 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となり、これら5物質だけでTVOC暫定目標値を上回った。またTVOC濃度に占める割合は16～29%であった。このことから調査対象とした仮設住宅の室内空気中には、指針値が設定されておらず、かつ通常は定量対象としないVOCsが高濃度で存在していることがわかった。

(V)

(VI)

Fig.2 GC-MS chromatograms of the thermally desorbed components from Tenax TA tubes used for samplings at 6 sampling sites of the five temporally houses constructed at Miyagi site

Table 2 Toluene equivalent indoor air concentrations of chemicals corresponding to P1~P5 found at 6 sampling sites of the temporally houses at Miyagi site

House #	1	2	3	4	5				
Sampling site	Living room	Living room	Kitchen	Living room	Kitchen	Living room			max/
Floor plan	3K	1K	2K	2K	2K	2K	mean ± SD	RSD	min
Indoor air concentration (μg/m ³)									
P1	103	90	72	87	88	74	86 ± 11.4	13	1.4
P2	77	51	64	88	73	63.0	69 ± 12.8	19	1.7
P3	91	95	115	97	98	82	96 ± 10.8	11	1.4
P4	101	89	137	93	105	82	101 ± 19.4	19	1.7
P5	135	136	192	123	141	115	140 ± 27.1	19	1.7
Sum of P1~P5 (μg/m ³)	507	461	580	488	505	416	493 ± 54.6	11	1.4
Percentage of TVOC (%)	30	18	21	16	20	21	21 ± 4.8	23	1.9

4. 結言

宮城県内1地区の仮設住宅5戸、6地点を対象に室内空气中化学物質濃度の現地調査を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 公定5物質を含む室内濃度指針値の設定されている物質については、測定点全てで指針値以下の濃度であった。
- 2) TVOC濃度は暫定目標値の4倍~7.5倍であり、指針値の設定されていない化学物質の濃度が高かった。

尚、筆者らの現地調査の後、岩手県宮古市の仮設住宅に入居する女性2名が吐き気や頭痛などの症状を訴え、シックハウス症候群の疑いがあるとする報道¹⁵⁾があった。各県の仮設住宅にはすでに多くの避難者が生活をはじめているが、法定5物質の濃度管理だけでは室内空気汚染対策として不十分である可能性がある。健康被害の予防・改善のため、できる限り多く詳細な室内空気質検査が必要である。

謝辞

本研究に対してご協力頂いた次の方々に記して感謝します。宮城県議会議員・小野寺初正氏、宮城県土木部住宅課・清水信之氏、小林和彦氏、(株)グラフトン・進藤泰介氏。またプロジェクトを実行するにあたり貴重なご助言を頂いた室内環境学会化学物質分科会の委員各位に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 国土交通省：応急仮設住宅の完成見通し等(見直し)について、<http://www.mlit.go.jp/common/>

000144887.pdf, 2011年5月19日。

- 2) Centers for Disease Control and Prevention: Results of formaldehyde level tests, Department of Health and Human Services, http://www.cdc.gov/media/pressrel/2008/r080214b.htm?s_cid=mediarel_r080214b_x (2008).
- 3) Eaton, L.: FEMA vows new effort on trailers posing risk, *New York Times*, New York (2008).
- 4) Tang, X., Bai, Y., Duong, A., Smith, M. T., Li, L., Zhang, L.: Formaldehyde in China: Production, consumption, exposure levels, and health effects, *Environment International*, 35(8), 1210-1224(2009).
- 5) EpochTimes: Chinese media ordered not to report miscarriages linked to Sichuan's Toxic Homes, <http://www.theepochtimes.com/n2/content/view/15717/> (2009).
- 6) Pearson C.: Formaldehyde causing miscarriages in Sichuan earthquake victims. *Inside China Today*, Sichuan (2009).
- 7) 関根嘉香, 池田純奈, 松延邦明, 宮下直人: 教室室内空気質の管理方法に関する研究—TVOCセンサーを用いた常時モニタリング—, 東海大学理学部紀要, 42, 113-122(2007).
- 8) 例えば, Otto, D., Molhave, L., Rose, G., Hudnell, H. K., House, D.: Neurobehavioral and sensory irritant effects of controlled exposure to a complex mixture of volatile organic compounds, *Neurotoxicol. and Teratology*, 12(6), 649-52 (1990).
- 9) (社)日本建築学会: 日本建築学会環境基準 AIJES-A006-2010, 総揮発性有機化合物による

- 室内空気汚染に関する設計・施工等基準・同解説, p32(2010).
- 10) 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ー第8回～第9回のまとめについて(2002).
 - 11) Sakai, K., Ohno, H., Kamijima, M., Shibata, E., Nakajima, T.: Annual transition and seasonal variation of indoor air pollution levels of 2-ethyl-1-hexanol in large-scale buildings in Nagoya, Japan, *J. Environ. Monit.*, 11(11), 2068-2076 (2009)
 - 12) 横田知博, 千野聡子, 安宅勇二, 加藤信介, 村上周三, Seo, J.: 塩化ビニル床材からの可塑剤分解物質等の放散メカニズムの解明ーセルフレベリング材の含水率, 水分の状態が化学物質放散量に与える影響ー, 日本建築学会環境系論文集, 617, 47-52(2007).
 - 13) Oie, L., Hersoug, L.G., Madsen, J.O., Residential exposure to plasticizers and its possible role in the pathogenesis of asthma, *Environ Health Perspect.*, 105(9), 972-978(1997).
 - 14) 小林 智, 武内伸治, 小島弘幸, 高橋哲夫, 神和夫, 秋津裕志, 伊佐治信一: 水性塗料成分1-メチル-2-ピロリドン及びテキサノールによる新築小学校の室内空気汚染, 室内環境, 13(1), 39-54(2010).
 - 15) 時事ドットコム: 仮設住宅でシックハウスかー岩手の姉妹, 吐き気訴えー自治体「定期的換気を」 <http://www.jiji.com/jc/zc?k=201107/2011072500032>, 2011年7月25日.
- 注) 東海大学仮設住宅空気質調査プロジェクト: 未曾有の大震災後, 大規模な応急仮設住宅の供給が予想された。国内の仮設住宅室内空気環境については十分な知見が得られていないことから, 室内空気汚染による二次被害を防止することを目的に, 室内空気質の調査, 検証および情報発信を行う学術ボランティアグループを設立した。プロジェクト代表: 東海大学教授・関根嘉香, プロジェクト・マネージャー: 室内環境学会会員・笈川大介を中心とし, 社会人および大学生の有志数名からプロジェクトメンバーを構成した。また, 本プロジェクト活動では, 賛同頂いた企業より測定器具や化学物質濃度低減材料等の提供・支援を受けている。本論文を活動成果の第一報とし, 今後は, 持続可能な範囲でプロジェクトを継続する予定である。