

图 2-1 Relative contribution of 70 VOCs to the “Sum of VOCs” (引用)

2-7 田辺班による実態調査

早稲田大学理工学部教授 田辺新一を主任研究者として、平成 11～12 年度に“住宅における生活環境の衛生問題の実態調査”、平成 13～15 年度には“室内環境の評価法及び健康影響の予測法の開発に関する研究”が行われた。ここでは、それぞれの研究において行われた実態調査結果における TVOC 濃度の測定結果等について、研究成果を以下に引用する。

1) 平成 11～12 年度の住宅における生活環境の衛生問題の実態調査

当該研究は、シックハウス症候群に関してその実態、住宅供給者及び消費者の意識・対策を調査し、問題解決のために有益なデータを収集することが目的とされた。

シックハウスに関するアンケート調査により、近年のシックハウスに関する関心の高さが確認された。家に帰ると何らかの症状が出る人は、アレルギーを持つ中高年層の非喫煙者の女性で、在室時間が長く、換気は行いが、化学物質を含む製品を使用し、周辺環境に空気質汚染の可能性があるという一般像が得られた。

室内の TVOC 濃度に関しては新築住宅で高かった。ホルムアルデヒドに関しては対象住宅で厚生労働省の指針値である $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるものはなかったが、TVOC に関しては、竣工後 1 ヶ月の住宅、居住後 1 年以上の住宅、建築後 20 年以上の従来型住宅で厚生労働省の暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回っていた。建築後 20 年以上の従来型住宅においても、VOCs の発生している実態が明らかになった。無垢材を用いた木造住宅で TVOC に占める木材からの放散割合が高い例が見られ、TVOC 計算法に関する検討が必要なことがわかった。

シックハウス症候群の有病率の調査により、室内環境、特に換気不十分がシックハウス症候群の発症に関連していることを確認した。シックハウス症候群と見られる症状が出た住宅では TVOC、ホルムアルデヒド濃度が有意に高かった。カビ、ダニに関する衛生調査を行い、畳とカーペット、フローリングの間にはツメダニの検出数に 10 倍以上の顕著な差があることがわかった。

2) 平成 13～15 年度の室内環境の評価法及び健康影響の予測法の開発に関する研究

当該研究では、パッシブ法を用いた室内濃度、換気回数、放散速度の測定法の開発が行われた。また、室内濃度予測のためのモデルが作成された。3 年間の研究によって、パッシブ放散量測定法 (ADSEC) の技術的課題がほぼ解決された。また、建築基準法の改正により義務化が行われた機械換気システムによる換気量を簡易に測定するために PFT 法の開発・改良を行った。機械換気時には概ね 1 日単位の換気量を測定できた。これらの装置を実際の住宅での実測に用いることによって、気中濃度測定のみでは不明な放散源に関する評価や予測が可能になった。また、欧米の測定装置と比較しても非常に簡便で安価に精度が高い測定が可能になった。24 時間換気システムを設けた集合住宅、戸建住宅、東北地方の住宅、北九州地区の住宅、工業化住宅の測定を行った。化学物質汚染の原因や対策が定量的に把握できることが実証された。環境共生型住宅では、VOC の種類が在来型住宅と比較し極めて異なることがわかった。集合住宅、工業化住宅の測定では、24 時間換気システムが室内空気質の濃度低下、ダニおよびカビの生育抑制に効果があるとの示唆を得た。飲酒によるアセトアルデヒドや防虫剤の p-ジクロロベンゼンの発生が見られた。ホルム

アルデヒド濃度と浮遊真菌、VOCs 濃度と浮遊真菌には負の相関は見られなかった。また、カビやワックスなど建材以外にも VOC 濃度を高める要因が認められた。汚染対策としてパッシブ吸着建材を使用した実験より、ホルムアルデヒドの建材への脱着が確認された。床近傍において濃度が高い傾向になると分かった。CFD モデル（数値流体モデル）を用いた吸収分解石膏ボードによる室内濃度の低減効果の検討では、実験と良い対応を示し、室内気流の上流側での設置による濃度低減効果が大きかった。二次汚染についての検討を行った結果、ホルムアルデヒドが蟻酸の前駆物質であり、二酸化窒素の関与が確認された。住宅における、気中濃度、部位別放散速度、換気量を把握することで、暴露される人間の健康影響の予測評価が可能になった。

3) 実態調査において TVOC の測定対象とした VOC

田辺班の実態調査において TVOC の測定対象とされた VOC 成分について表 2-5 に示す。なお、これらの成分について、トルエン換算した値を TVOC として用いている。

表 2-5 田辺班にて測定対象とされた VOC 成分一覧

分類	物質名		Cas.No.
Aromatic Hydrocarbons	1	Benzene	71-43-2
	2	Toluene	108-88-3
	3	Ethylbenzene	100-41-4
	4	m-Xylene, or m,p-Xylene	108-38-3 / 106-42-3
	5	o-Xylene	95-47-6
	6	Styrene	100-42-5
	7	3-Ethyltoluene	620-14-4
	8	4-Ethyltoluene	622-96-8
	9	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8
	10	2-Ethyltoluene	611-14-3
	11	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6
	12	1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8
	13	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	95-93-2
Ariphatic Hydrocarbons	14	n-Hexane	110-54-3
	15	2,4-Dimethylpentane	108-08-7
	16	2,2,4-Trimethylpentane	540-84-1
	17	n-Heptane	142-82-5
	18	n-Octane	111-65-9
	19	n-Nonane	111-84-2
	20	n-Decane	124-18-5
	21	n-Undecane	1120-21-4
	22	n-Dodecane	112-40-3
	23	n-Tridecane	629-50-5
	24	n-Tetradecane	64036-86-3
	25	n-Pentadecane	629-62-9
	26	n-Hexadecane	544-76-3
Terpenes	27	alpha-Pinene	80-56-8
	28	beta-Pinene	181172-67-3
	29	Limonene	138-86-3
Halocarbons	30	Dichloromethane	75-09-2

	31	Chloroform	67-66-3
	32	1,1,1-Trichloroethane	71-55-6
	33	1,2-Dichloroethane	107-06-2
	34	Carbon tetrachloride	56-23-5
	35	Trichloroethylene	79-01-6
	36	1,2-Dichloropropane	78-87-5
	37	Dichlorobromomethane	75-27-4
	38	Chlorodibromomethane	124-48-1
	39	Tetrachloroethylene	127-18-4
	40	1,4-Dichlorobenzene	106-46-7
Esters	41	Methylacetate	79-20-9
	42	Ethylacetate	141-78-6
	43	Butylacetate	123-86-4
Aldehyde/Ketones	44	Acetone	67-64-1
	45	Methylethylketone	78-93-3
	46	Methylisobutylketone	108-10-1
	47	Nonanal	124-19-6
	48	Butanal	123-72-8
Alcohols	49	Ethanol	64-17-5
	50	2-Propanol	67-63-0
	51	1-Pentanol	771-41-0
	52	1-Butanol	71-36-3

2-8 岸班による実態調査における TVOC の定義と測定法

平成 15 年度から 3 年間の計画で、北海道大学大学院医学研究科予防医学講座公衆衛生学分野教授の岸玲子を主任研究者として、“全国規模の疫学研究によるシックハウス症候群の実態と原因の解明”というテーマで研究が行われている。詳細は本報告書の第 3 章に記す。

岸班では、TVOC 値と健康影響に関しても研究課題となっており、この研究においては定性・定量された VOC 成分の合計値が TVOC 値として用いられている。なお、VOC の捕集にはパッシブサンプラー（VOC-SD、Supelco 社）が用いられており、溶媒抽出後に GC/MS により測定されている。対象物質は 46 物質とされているが、未検出の成分は省略されている。例として、TVOC 値とされた VOC の成分一覧を表 2-6 に示す。

表 2-6 TVOC 値として合計されている VOC 成分

2-butanone	1,2-dichloropropane	xylene
ethyl acetate	trichloroethylene	styrene
n-hexane	n-heptane	n-nonane
chloroform	2-pentanone	alpha-pinene
2,4-dimethylpentane	toluene	trimethylbenzene
1,2-dichloroethane	chlorodibromomethane	n-decane
1,1,1-trichloroethane	butyl acetate	p-dichlorobenzene
n-butanol	n-octane	limonene
benzene	tetrachloroethylene	n-undecane
carbon tetrachloride	ethylbenzene	

2-9 秋田杉住宅における TVOC 測定の場合

特に木造住宅では、木材から放散される成分が TVOC 濃度に大きく寄与する。秋田杉住宅 2 戸 (KS 邸、M 邸) と一般の居室 (S 室) を対象として、早稲田大学田辺研究室にて TVOC 実測を行った結果を記す。ここでは、アクティブ法による捕集を行った。また、捕集管として Tenax TA を用い、加熱脱着後に GC/MS を用いて測定している。同時に 4 本サンプリングし、4 機関にて分析を行った結果を比較したところ、次のような結果となった。

TVOC 気中濃度結果を表 2-7、図 2-2 に、分析機関 A で分析され、定性・定量された 50 種類の化学物質を族別に分類し、積み上げた結果を図 2-3 に示す。また、分析機関 A の結果に関して、定性・定量された物質以外の主要成分について表 2-8 に示す。

秋田杉住宅 2 戸の結果はいずれも厚生労働省で定められている暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回る値を示した。また、一般的な居室である S 室と比較しても高濃度となっていた。図 2-3 において、M 邸においては脂肪族炭化水素類のウンデカン、KS 邸においてはアルコール類のエタノールが高濃度となっており、それが TVOC が高濃度となる原因になっている。

また、測定結果は、通常多くの室内空気室の分析を行っており、一定の評価を受けていると考えられる分析機関によってもかなりのばらつきが見られた。TVOC 指針値策定のためには、ラウンドロビン試験や定義の統一化が必要である。また、住戸によって分析機関による結果の傾向も異なっていた。TVOC 値の算出方法が各機関により異なることが大きく影響していると考えられた。各分析機関における TVOC 算出方法は次の通りである。

(1) 分析機関 A

n-ヘキサンから n-ヘキサデカンが検出される範囲において、定性・定量される 50 成分については、それぞれの検量線により、それ以外の検出ピークについては、トルエン換算値として、合計して求める。

(2) 分析機関 B

n-ヘキサンから n-ヘキサデカンが検出される範囲において、トルエンに換算して 10ng 相当以上の成分の合計を、トルエン検量線を用いて相対的に評価した値とする。

(3) 分析機関 C

n-ヘキサンから n-ヘキサデカンまでの GC/MS により検出された成分の濃度合計値。ただし、未同定成分についてはトルエン換算値とする。

(4) 分析機関 D

n-ヘキサンから n-ヘキサデカンまでの範囲に現れるすべてのピーク面積のトルエン換算値とする。

表 2-7 TVOC 濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	KS 邸		M 邸		S 室	
	外気	室内	外気	室内	外気	室内
分析機関 A	N.D.*	2025	N.D.	853	N.D.	123
分析機関 B	-	1281	-	531	-	25
分析機関 C	-	1870	-	675	-	177
分析機関 D	-	1344	-	530	-	171

*) N.D.=Not Detected; 検出限界以下

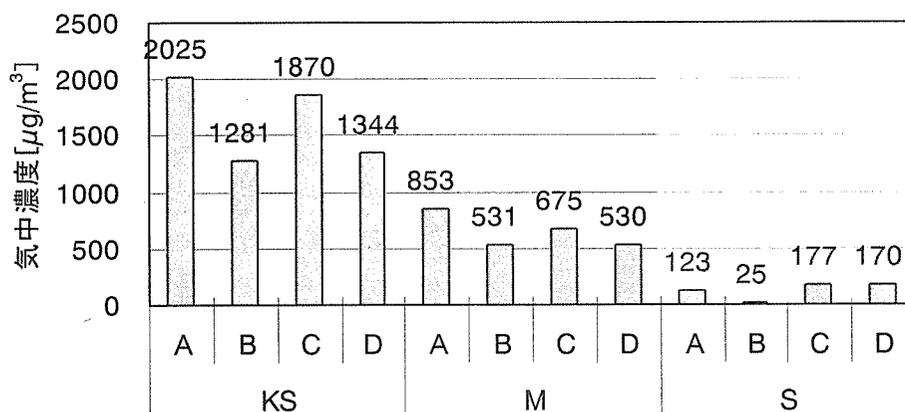


図 2-2 TVOC 気中濃度(室内)

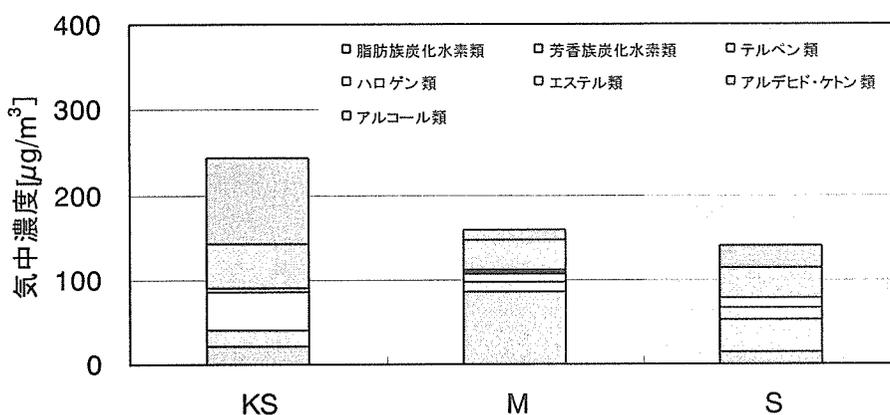


図 2-3 族別 VOCs 気中濃度(室内)－分析機関 A

表 2-8 分析機関 A の結果における TVOC の主要成分

KS 邸	M 邸
デカメチルシクロペンタシロキサソ	a-Cubebene
a-Cubebene	trans-Caryophyllene
Thujopsene	Naphthalene, 1, 2, 3, 4, 4a, 6, 6, 8a-octahydro-
a-Muurolene	7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1-
Cadinene	alpha., 4a. alpha., 8a. alpha.)-
d-Cadinene	
1S, cis-Calamenene	
Naphthalene, 1, 2, 3, 4, 4a, 7-hexahydro-1,	
6-dimethyl-4-(1-methylethyl)	

2-10 国内における TVOC 使用の例

これまで TVOC の学問的な側面に関して述べてきたが、ここでは問題解決に用いられた例を示す。平成 15 年に問題となった江東区立元加賀小学校のケースでは、耐震・改修工事終了後、シックスクール症候群の問題が発生した。詳細は江東区から公開されている。報告書および報告書概要を参照のこと。原因究明と対策案策定を目的として、学識経験者、各方面の専門家、元加賀小学校 PTA 代表、江東区職員を委員とする元加賀小学校シックスクール対策連絡協議会が設立された。

元加賀小学校耐震補強その他工事は平成 14 年 6 月～15 年 2 月に行われた。これは、校舎及び体育館（RC 造 4 階建て）の耐震補強とともに、内装（特別教室の一部、会議室は除く）、外装、屋上プール等の改修を行ったもので、特記仕様書には、平成 14 年度改正の「学校環境衛生基準」に基づく室内空気測定についての指示、トルエン、キシレンの含有の少ない材料の使用の指示、ホルムアルデヒドに対し Fc0 認定材料使用の指示があった。

工事完了後、工事業者による測定では外気並みに室内濃度は低かったが、元加賀小学校保護者である都健康安全研究センター職員によって行われた室内空気濃度測定の結果、測定箇所 7 箇所の内 6 箇所でトルエンが基準値を超え、その後、東京都環境科学研究所に依頼して行った室内空気濃度測定の結果、4 階の教室で基準値の 3.5 倍を超えるトルエン濃度が検出された。これにより、区教育委員会は元加賀小から近くの旧白河小に引越しを行うなどの策を講じた。ホルムアルデヒドについては、6 月 12 日の測定において 6 年 1 組では基準値を超え、5 年 2 組では基準値に近い値となったが、改善策として出入口木製建具及び掲示板的取替えを行ったところ、換気や建材取り替え対策がとられた直後の 8 月 26 日の測定ではどの教室も基準値以下に減衰していた。

10 月 29 日に行われた換気扇停止時の気中濃度モニタリングでは、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、ホルムアルデヒドの 4 物質とも、基準値を大きく下回った。換気扇停止時であっても、低濃度であることから、改善対策が効果的であったと考えられた。また、翌日に行われた換気扇稼働時における全居室のモニタリングでは、4 物質とも非常に低濃度であり、トルエンについては外気濃度とほぼ同程度になる程、測定値が低い教室等もあった。しかし、保護者側は学校環境衛生の基準で対象になっている化学物質濃度低下のみでは不安であるという意見が強くあり、一部の教室で同時に TVOC（総揮発性有機化合物）濃度測定を行った。その測定結果は、厚生労働省の暫定目標値を下回り、TVOC についても十分低減していることが確認された。この後、生徒の学校への復帰は平成 16 年度になってからとなるが、何かトラブルを生じた場合などは、指針値対象物質のみの低減検証だけでは安心が得られない場合が多く、暫定目標値ではあっても、TVOC が機能した一例である。

2-11 まとめ

TVOCが暫定目標値として策定された当時から、TVOCの考え方として、当時から「暫定目標値は目標」であること、「TVOCに含まれる物質のすべてに健康影響が懸念される訳ではないこと」、「天然材を用いた住宅の様な場合は・・・特別な配慮が必要」としており、「必要な見直しをしていくことが必要である」とされている。

- 1) TVOC に関しては各種報告書、論文において、多様な定義がなされ測定されている。TVOC は空気の汚れの指標として一定の役割はあるが、健康影響とは切り離して考えるべきである。
- 2) 海外においては、室内空気質の規制としてTVOCを規制している国は多くはないが、自主規制として、建材などでは、TVOCに関する放散が規定されているものもあり、放散量対策のためには、一定の目安にはなっていると考えられる。
- 3) 秋田杉住宅における測定結果のように特にテルペン類が多い住宅では、同時測定を行った場合でも、分析機関によってかなりのバラツキが見られることが明らかとなった。秋田杉住宅では $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく超えているが、未定性の成分の影響が大きいことがわかった。つまり、木造住宅では木材から放散される成分がTVOC濃度に大きく寄与する。特定の樹種から放散されている成分が明確であれば、その成分を除外することが可能との考えもあるが、除外した成分に全く健康影響がないとはいえない。
- 4) 田辺班の研究では、建物に注目して放散源や換気量についてとりまとめており、木質住宅を含むTVOCの実態が示されている。
- 5) TVOCの暫定目標値が策定された5年前と現在では、測定・分析法が異なることに留意して、TVOCの定義・測定法を考える必要がある。平成13～16年度までに行われた実態調査結果に基づき、日本版の必須VOC70成分が選定された。この必須VOCの定量値の和をSum of VOCsとする考え方が示されている。
- 6) 室内における全ての個々の化学物質に対してガイドラインを設けることは事実上困難である。室内化学物質濃度の総合的な低減対策のためには、総合的に評価する指標としてTVOCは重要である。しかし、詳細に分析を行えばTVOC濃度が高く算出される場合があること、定義が研究者や使用機器により異なり、再現性があり精度の高い方法を示すことに問題が懸念される。
- 7) 2003年の建築基準法の改正により、機械換気が義務化された。改正建築法後の新築住宅でのTVOC濃度に関する実態調査が必要と考える。
- 8) 国際的な有識者ヒアリングにより判明したのは、TVOCと健康リスクの直接的な関係を学問的

に結びつけるのは難しいが、空気の汚れの指標にはなる可能性があるということである。しかし、これらのことを理解できない人々にとっては、暴露影響に基づいた指針値と混同されることがあり TVOC の $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ の過多でトラブルや訴訟になる例も報告されている。

9) 現段階で TVOC の基準値として、再現性や精度の高い測定方法を含めて値を定めることは困難であると考えられる。

10) トラブル解決事例においては、暫定目標値であっても TVOC が有効に機能している例があった。

3. TVOC と健康影響

平成 15 年度から 3 年間の計画で、北海道大学大学院医学研究科予防医学講座公衆衛生学分野教授の岸玲子を主任研究者として、“全国規模の疫学研究によるシックハウス症候群の実態と原因の解明というテーマで研究が行われている。TVOC と健康影響に関する研究が含まれているため、以下 3-1、3-2 に平成 15 年度及び平成 16 年度の研究総括を抜粋引用した。

3-1 岸班平成 15 年度の研究

統一調査プロトコールに基づく全国調査が行われている。北海道、福島、名古屋、大阪、岡山、北九州において調査が行われた。また、日本とスウェーデンにおける住環境中空気汚染物質濃度の比較に関する研究が行われている。調査した物質の屋内外での汚染レベルは、名古屋とウプサラの間で顕著な違いがあった。名古屋での室内発生源としては、揮発性有機化合物を発散する建材や内装材、開放型暖房器具の使用、p-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤が考えられたとしている。また、市販パッシブサンプラーの比較検討が行われている。その結果、ブランク値の低さなど正確性を重視すると、居住環境測定を目的としたサンプラーが使用目的に合致していた。

室内空气中化学物質濃度と尿中代謝物濃度との関係については、室内 VOC に対するヒトの生物学的暴露モニタリング揮発性有機化合物 (VOC) への生態内部暴露量を推定するために、トルエン、キシレン、スチレン等芳香族 VOC の尿中代謝物を対象としている。対象尿中代謝物は、馬尿酸 (トルエン)、o-、p-、m-メチル馬尿酸 (キシレン)、スチレン：マンデル酸 (MA)、およびフェニルグリオキシル酸 (PGA) とした。検出限界は注入量として 40~450pg であり、その間で良好な直線性を示し、室内 VOC に対するヒトの生物学的暴露モニタリングとしての有効性が確認されている。

症例研究として、南岡山病院アレルギー科との共同研究では、2003 年度に経験した共同研究症例は 3 件あった。1 件は南岡山病院から紹介された症例で、居住環境測定結果は VOC、アルデヒド類共に低濃度であり、これらが直接の原因となったことは考えにくい症例であった。他の 2 件はいずれも職場における化学物質暴露との関連が疑われたが、環境測定ができなかったので明確な結論は得られていない。

3-2 岸班平成 16 年度の研究

統一調査プロトコールに基づく全国調査が継続して北海道、東北、名古屋、大阪、岡山、北九州の 6 地域で行われている。全国の集計では、特に温度環境悪化の指標として、結露は 51.6%で、カビの発生は 39.7%、カビ臭さは 7.8%、タオルの乾きにくさは 15.6%で、水濡れ 4.7%であった。症状が「いつもある」で、その症状は「家を離れるとよくなる」を有意な症状と定義した場合 (SHS1)、全体では 2.0%、さらに、症状が「時々ある」あるいは「いつもある」で、その症状は「家を離れ

るとよくなる」を有意な症状と定義した場合（SHS2）、全体では4.3%の結果であった。ロジスティック回帰分析において、全体では、カビの臭いがOR2.00（1.13-3.54）で有意にSHS2と関連していた。また、地域別では、北海道で結露のOR2.42（1.03-5.69）、福島でタオルの乾きにくさのOR3.37（1.02-11.16）北九州で水濡れのOR5.75（1.03-32.13）が有意に関連していた。

住居者全員を対象とした自覚症状調査と環境測定が行われている。空气中化学物質の個人暴露調査がアルデヒド用およびVOC用パッシブサンプラーを衣類に24時間程度装着し、参加者が暴露している化学物質を捕集した。暴露する主成分はホルムアルデヒド、キシレン、アセトン、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼン、 α -ピネン、リモネン、デカン、ベンゼンであった。

3-3 各地域におけるTVOC気中濃度と健康影響

健康影響に関して研究を行っている岸班の研究期間は平成17年度までであり、現時点では最終結論は示されていない。ここでは、平成16年度の岸班の研究結果より、TVOC濃度と健康影響の関係を表3-1にまとめた。ここでのTVOCとは、定性・定量されたVOCの濃度の合計である。VOC成分の一覧を表3-2に記す。

SHS1とは、症状が「いつもある」で、その症状は「家を離れるとよくなる」を有意な症状と定義されており、SHS2は、症状が「時々ある」あるいは「いつもある」で、その症状は「家を離れるとよくなる」を有意な症状と定義されている。

表 3-1 TVOC 気中濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)と健康影響

	SHS1		SHS2		アレルギー	
	症状あり	症状なし	症状あり	症状なし	症状あり	症状なし
北海道	182 (n=23)	128 (n=81)	166 (n=23)	130 (n=81)	149 (n=23)	128 (n=81)
福島	330 (n=19)	383 (n=227)	362 (n=43)	386 (n=203)	370 (n=33)	383 (n=213)
名古屋	185 (n=20)	246 (n=169)	215 (n=35)	246 (n=154)	437 (n=26)	224 (n=163)
関西	142 (n=11)	96 (n=71)	124 (n=30)	90 (n=59)	-	-
岡山	149 (n=20)	143 (n=277)	159 (n=46)	135 (n=251)	-	-
北九州	185 (n=22)	180 (n=142)	135 (n=39)	195 (n=125)	127 (n=34)	199 (n=124)

表 3-2 TVOC の VOC 成分一覧

2-butanone	1,2-dichloropropane	xylene
ethyl acetate	trichloroethylene	styrene
n-hexane	n-heptane	n-nonane
chloroform	2-pentanone	alpha-pinene
2,4-dimethylpentane	toluene	trimethylbenzene
1,2-dichloroethane	chlorodibromomethane	n-decane
1,1,1-trichloroethane	butyl acetate	p-dichlorobenzene
n-butanol	n-octane	limonene
benzene	tetrachloroethylene	n-undecane
carbon tetrachloride	ethylbenzene	

3-4 岸研究班の平成 15 年度～16 年度の研究結果のまとめ

- 1) 統一調査プロトコールを用いて、北海道、東北、名古屋、大阪、岡山、北九州の 6 地域における実態調査を行ったところ、シックハウス症状と定義した「一週間に 1 度以上症状があつて新築後に悪化・発症し、家を離れるとよくなる」症状が各地でみられた。
- 2) 住環境中空気汚染物質濃度の比較を名古屋とウプサラで行ったところ、顕著な違いがあつた。名古屋での室内発生源としては、揮発性有機化合物を発散する建材や内装材、開放型暖房器具の使用、p-ジクロロベンゼンを含む衣類防虫剤が考えられた。
- 3) 室内 VOC に対するヒトの生物学的暴露モニタリングとして、尿中代謝物を対象とした GC/MS による微量定量法の有効性が確認できた。なお、尿中代謝物として、馬尿酸（トルエン）、o-、p-、m-メチル馬尿酸（キシレン）、スチレン：マンデル酸（MA）、およびフェニルグリオキシル酸（PGA）を対象とした。
- 4) 南岡山病院アレルギー科との共同研究により、症例研究を行っている。職場における化学物質暴露との関連が疑われた症例が平成 15 年度の研究では 2 件あつたが、環境測定は行っておらず、明確な結論は得られていない。また、平成 16 年度の研究では 4 症例について環境測定を行っているが、化学物質濃度は全測定点で指針値を超過しなかつた。
- 5) 個人暴露調査を行ったところ、空气中化学物質の暴露する主成分はホルムアルデヒド、キシレン、アセトン、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼン、 α -ピネン、リモネン、デカン、ベンゼンであつた。
- 6) 東京都特別区の居住者を対象に、電話調査により有病率の変化および発生率の推計を行ったところ、2002 年度調査（12.7%）と比較して、有病率は減少していた（5.9%）。地域居住者にとって

シックハウス症候群に関する知識は普及しているものの、QOL 疾患としての色彩が強く、対処行動も医療サービスの利用までには至っていない様子が窺われた。

7) 全国規模の疫学研究によるシックハウス症候群の実態と原因の解明に関する研究は、平成 17 年度まで継続されており、現時点では TVOC と健康影響に関する明確な関係は得られていない。

なお、岸研究班の研究は平成 17 年度まで継続されており、最終的な結論に関しては同研究班の最終報告書を参照して頂きたい。

4. 総括

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において、平成 12 年に「室内空気質の TVOC 暫定目標値を $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ とする。この数値は、国内家屋の汚染実態調査の結果から、ある仮定に基づいて、合理的に達成可能な限り低い値を推測したものであり毒性学的知見から決定したものではない。今後実施される必要な調査研究によって、リスク評価に基づいた指針の策定が必要である。また発生源や換気に注意し、住宅の構造や日常の住まい方の改善によって、室内空気汚染を低減する取組みが不可欠である。」とする総揮発性有機化合物（Total Volatile Organic Compounds: TVOC）の空気質指針策定の考え方が発表された。本研究では、この考え方が公表されて以降の最新の知見を整理し、TVOC 指針値に関する再検討のために必要な基礎データを提供する目的とする。以下の項目に関しての研究を行った。

・国際動向の調査

TVOC の定義、測定方法、規制への取り込みに関する考え方等における各国の動向を調査した。また、TVOC と健康影響に関する文献調査による各国の研究状況を整理した。TVOC に関する国際動向の調査は、平成 12 年に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において知見が整理されている。それ以降国内で池田班などによって海外の規制状況などが整理されている。JIS（日本工業規格）における定義との比較を行った。2005 年 9 月に北京で行われた室内空気質国際会議において有識者にヒアリング調査を行った。

・TVOC の定義と算出方法に関する検討

国内における研究及び国際動向調査より TVOC の定義と算出方法に関する知見をとりまとめた。安藤班、厚生労働省による室内環境実態調査における研究成果をとりまとめた。平成 12 年時点において、OECD 加盟 29 ヶ国及び欧州委員会において、その多くは TVOC の導入については未定か若しくは予定がないということであった。また、EC 合同研究センターのような国際機関においては、以前から TVOC 策定方法の例について発表しておりその報告書が参考文献として提示されていることが多い。一方、日本工業規格（JIS）の「JIS A1901 小形チャンバー法」においては、TVOC に関して定義が行われている。国内では平成 12 年度以降室内空気質に関する研究は大きく進展している。また、建材・施工剤においても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が発表した 13 の指針値物質以外の化学物質が代用として使用されることも多くなってきている。総揮発性有機化合物量（TVOC）が低ければ相対的なリスクは低くなると考えられ、我が国では建築学会アカデミックスタンダード、シンポジウム等で TVOC の導入を求める意見も散見されている。

・室内空気実態調査結果の検討

室内空気実態調査に関しては、平成 12 年度以降、厚生労働省予算事業によって平成 15 及び 16 年度で日本国内の室内空気実態調査が実施されている。過去の厚生労働省による調査実施結果（平成 9 及び 10 年度の結果）との比較・考察を行った。加えて全国の様々な形態の住宅をその構造を

明確にした上で、田辺班が平成 13～15 年度厚生科学研究費補助金生活安全総合研究事業によって調査を行っている。日本の伝統的木造住宅で TVOC 値が高い理由及び居住者の状況についての詳細な解析を行った。日本の伝統的な木造住宅において、TVOC 暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越える状況が見られ、個々の化学物質に関して重み付けを行っていない TVOC は同様の製品などの評価には良い指標にはなるが、科学的根拠（毒性評価等）に基づいた TVOC 指針値設定には問題のあることが指摘されている。

・測定方法に関する検討

従来より各国で様々な方法で測定が行われており、測定値の比較が困難になっている。一方、費用や実施効率の観点から、簡易測定法の開発が望まれている。測定方法に関しては、平成 13 年度厚生科学研究費補助金生活安全総合研究事業において、化学物質過敏症等室内空气中化学物質に関わる疾病と総化学物質の存在量の検討と要因解明に関する研究（主任研究者：安藤正典）が行われている。また、継続して厚生労働省により室内実態調査が行われている。当該研究において、日本における室内空気の実態調査を行い、測定法の案及び対象とするべき VOC リスト案が作成されている。現状では、室内空気中のすべての VOC を一括して測定する手法は開発されておらず、TVOC 濃度として測定される VOC の範囲は測定法によって異なる。これらの知見を元に測定方法に関して検討を行った。同じ住宅でサンプリングを行った捕集管を複数の分析機関で分析を行い、TVOC 値の比較を行った。

・TVOC の健康影響に関する調査の検討

TVOC の健康影響に関する厚生科学研究費による岸班の調査結果を引用するとともに、国内外における他の知見を整理している。疫学調査により、調査項目の一つとして TVOC と健康影響の関係を検討している。TVOC の毒性学的評価にあたっては個別の毒性評価を実施するとともに、複合影響等についても検討をする。現状でのこれらの知見を整理した。岸班の研究成果に関しては平成 17 年度の最終報告を参照すること。

1) TVOC に関しては各種報告書、論文において、多様な定義がなされ測定されている。TVOC は空気の汚れの指標として一定の役割はあるが、健康影響とは切り離して考えるべきである。

2) 海外においては、室内空気質の規制として TVOC を規制している国は多くはないが、自主規制として、建材などでは、TVOC に関する放散が規定されているものもあり、放散量対策のためには、一定の目安にはなっていると考えられる。

3) 秋田杉住宅における測定結果のように特にテルペン類が多い住宅では、同時測定を行った場合でも、分析機関によってかなりのバラツキが見られることが明らかとなった。秋田杉住宅では $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく超えているが、未定性の成分の影響が大きいことがわかった。つまり、木造住宅では木材から放散される成分が TVOC 濃度に大きく寄与する。特定の樹種から放散されている成分が明確であれば、その成分を除外することが可能との考えもあるが、除外した成分に全く健

健康影響がないとはいえない。

4) 田辺班の研究では、建物に注目して放散源や換気量についてとりまとめており、木質住宅を含む TVOC の実態が示されている。

5) TVOC の暫定目標値が策定された5年前と現在では、測定・分析法が異なることに留意して、TVOC の定義・測定法を考える必要がある。平成13～16年度までに行われた厚生労働省の実態調査結果に基づき、日本版の必須VOC70成分が選定された。この必須VOCの定量値の和をSum of VOCsとする考え方が示されている。

6) 室内における個々の化学物質に対してガイドラインを設けることは困難である。室内化学物質濃度の総合的な低減対策のためには、総合的に評価する指標として TVOC は重要である。しかし、詳細に分析を行えば TVOC 濃度が高く算出される場合があること、定義が研究者や使用機器により異なり、再現性があり精度の高い方法を示すことに問題が懸念される。

7) 2003 年の建築基準法の改正により、機械換気が義務化された。改正建築法後の新築住宅での TVOC 濃度に関する実態調査が必要と考える。

8) 現段階で TVOC の基準値として、再現性や精度の高い測定方法を含めて値を定めることは困難であると考えられる。しかし、これらの知見及び TVOC と健康影響の関係が明確になるまで、TVOC の暫定目標値を $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ としていくことには意義があると考えられる。

また、TVOC と健康影響に関しては、全国規模の疫学研究によるシックハウス症候群の実態と原因の解明に関する研究は、平成 17 年度まで継続されており、現時点では TVOC と健康影響に関する明確な関係は得られていない。

本研究に関して、総揮発性有機化合物(TVOC)に関する研究(H17-特別-031)研究班会議が、早稲田大学理工学部会議室において、以下の3回開催された。

- ・平成17年10月31日(月) 16:00～18:00
- ・平成17年12月19日(月) 16:05～18:10
- ・平成18年2月27日(月) 17:00～18:30

【本報告書のための参考資料・著作権上の問題があり報告書には添付していない】

資料1	JIS A1901におけるTVOC
資料2	シックハウス問題に関する検討会 中間報告書―第4～5回のまとめ
資料3	Report No.19 (ECA-IAQ)
資料4	諸外国における室内空気質規制に関する研究
資料5	The Index Project (ECA-IAQ)
資料6	ドイツ建材規制 AgBB
資料7	厚生科研費総合報告書(田辺抜粋)
資料8	秋田杉住宅計画書及び結果一部
資料9	シックハウス問題に関する検討会 中間報告書―第4～5回のまとめ
資料10	別添3：総揮発性有機化合物(TVOC)の空気質指針策定の考え方について
資料11	Indoor Air, Vol.5, pp.247-257, 1995, Hodgson, A.T.
資料12	Indoor Air, Vol.13, suppl.6, pp.5-11, 2003, Wolkoff, P.
資料13	Indoor Air, Vol.13, suppl.6, pp.12-19, 2003, Mølhave, L.
資料14	Indoor Air, Vol.13, pp.371-372, 2003, Wolkoff, P.
資料15	Indoor Air, Vol.13, pp.375-376, 2003, Moschandreas, D.J., Sofouglu, S.C.
資料16	Indoor Air, Vol.14, pp.413-420, 2004, Park, J.S., Ikeda, K.
資料17	Indoor Air, Vol.14, suppl.7, pp.184-194, 2004, Weschler, C.J.
資料18	平成13年度 厚生科研費研究報告書概要(主任研究者：安藤正典)
資料19	室内環境学会総会講演集, Vol.8, no.2, pp.138-139, 2005.11, 柳沢幸雄他
資料20	平成14年度 厚生科研費研究報告書概要(主任研究者：安藤正典)
資料21	平成11～12年度 厚生科研費研究報告書概要(主任研究者：田辺新一)
資料22	平成13～15年度 厚生科研費研究報告書概要(主任研究者：田辺新一)
資料23	TVOC値測定報告書(速報)
資料24	平成15年度 厚生科研費研究報告書概要(主任研究者：岸玲子)
資料25	平成16年度 厚生科研費研究報告書概要(主任研究者：岸玲子)
資料26	安藤、H13～14年度の研究報告に関する資料
資料27	神野、H15～16年度の全国実態調査に関する資料
資料28	元加賀小学校シックスクール対策連絡協議会報告書及び同概要、平成15年11月