

住宅におけるにおいの定量化を考慮した室内空気環境と
温熱環境の総合評価に関する研究(2) (梗概)

木村 建一

第1章 研究目的

1980年前後に、オフィス・会議室・教室などにおいて、むかつき・吐き気・めまい・食欲減退、頭痛等を訴える居住者が急増するという現象が欧米を中心に生じ、社会的にも問題となった。それらの現象の多くは、室内に存在する多くの化学物質のどれを取っても、低濃度であり、許容レベル以下の量であり、その複合作用によるものとされた。これはシックビルディングシンドロームと呼ばれ、世界保健機構 (WHO) でも正式に取り上げられた。シックビルディングシンドロームの原因の1つに、省エネルギーのための換気量削減が挙げられており、米国暖房冷凍空調学会 (ASHRAE) でも必要換気量の見直しが行われている。

物理的・化学的測定法によって測定されうる汚染源の濃度が、各国の許容基準以下であるにもかかわらず、在室者が不快を訴えるということは、室内空気汚染源が知覚レベルでしか測定し得ない程度に存在していることを示していると思われる。そのような知覚空気汚染源には、人体からの呼気・口臭・胃腸からのガス・皮膚からの発汗によるにおい・頭髪臭等の生体発散物質 (Bioeffluents)、タバコ臭、及び建築物内の室内家具・空調システム・壁材・カーペット等の放つ空気汚染物質が挙げられる。

空調システムや建材の放つ空気汚染物質及び生体発散物質、タバコ臭等の強度を統一の単位で評価するために、デンマーク工科大学の Fanger は、判定者の不快者率に基づいた知覚空気汚染源強度の単位、オルフ (olf) と、知覚空気汚染の度合を示す単位、デシボル (decipol) を提案した。これはユニークなヒューマンスケールで室内空気質評価には有用と考えられる。本研究の目的は、居住空気環境の評価方法を確立する際に、温熱環境との相互作用を把握することによって、最も省エネとなる居住環境を造成するための基礎資料を提供することである。昨年度の研究助成で行った前報告^{文1)}では室内空気温度が臭気感覚へ及ぼす影響について報告したが、本年度の研究では、室内の気流速が臭気の発生量へ及ぼす影響について調査する。また、室内の建築部材から放たれる臭気に対する人間の嗅覚疲労についても考察を行う。

第2章 室内表面風速が知覚空気汚染物質発生量に及ぼす影響に関する研究

2-1 はじめに

シックビルディングシンドロームの原因の1つとして、建材、家具などから放たれる臭気及び揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds) が挙げられている^{文2)}。臭気に代表される知覚空気汚染物質の発生強度を表すものとしては Fanger の提案した“olf”^{文3)}があるが、建材からの知覚空気汚染物質発生量を測定する方法は明確にはされていない。一方、揮発性有機化合物の発生量を測定する方法については、EPA (米国環境保護局) や EC の環境委員会が、建材測定を行うチャンバーの空気温度、湿度、換気回数、部材の表面風速、ローディングファクター (Loading factor, チャンバー容積と部材面積との比) について報告している^{文4)5)}。本研究では空気温度・湿度一定の空間において換気回数、表面風速、ローディングファクターを変えた場合に知覚空気汚染物質発生量がいかに変化するかを調査する。

2-2 実験方法

2-2-1 実験装置

実験は早稲田大学理工学部58号館 K 室及び S 室で行った。K 室にはアルミパネル製のチャンバー (1.8×2.7×2.5H [m]) を1室設け、図1に示すようにファン、ダクトにより強制換気した。K 室と向かい合う S 室には図2に示すように4つの測定箱 (アルミパネル製) を用意

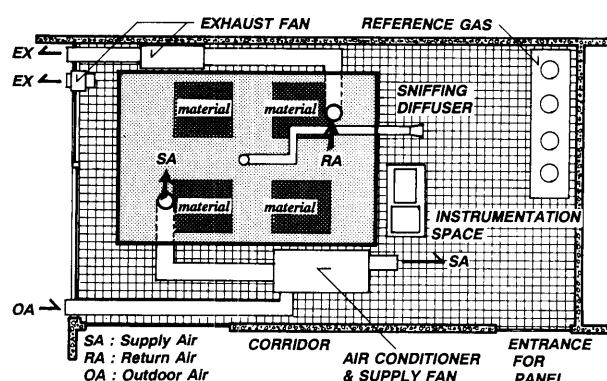


図1 チャンバー (K 室) 平面図

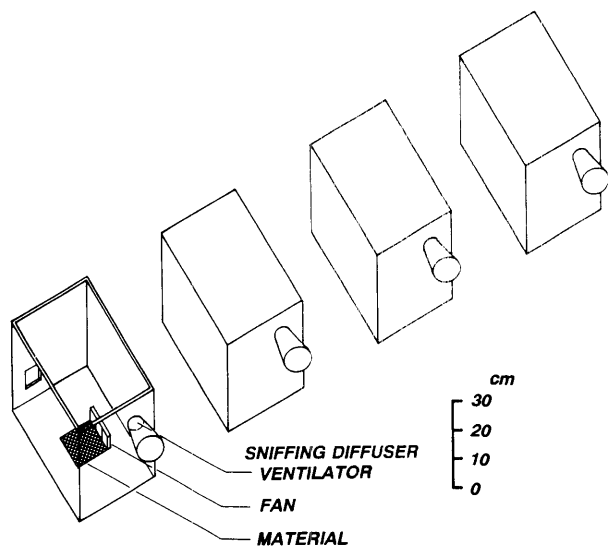


図2 測定箱

した。測定箱の寸法はどれも $0.3 \times 0.45 \times 0.3H$ [m]であり、嗅ぎ口に設置したベンチレーターによって換気されている。S室の窓は全開してあったので、換気は十分になされていた。

2-2-2 実験条件

本実験には表1に示すチップボード、カーペット、ラバー、ゴザを試験部材として用い、S室の4つの測定箱には30cm角の面積になるように切ったものをそれぞれ床面に設置し、K室のチャンバーには表1に示す大きさの部材を床面に設置した。各測定箱には換気用のファンのほかに風速制御用のファンが床面に設置されており、このファンの回転数を変えることによって、4段階の風速を作りだした。試験部材表面から3cmの位置で測定した風速は0.03m/s、0.5m/s、1.0m/s、2.0m/sであり、以下この測定箱を風速の小さい方から順にボックスA、ボックスB、ボックスC、ボックスDと呼ぶ(表2参照)。ボックスA~Dの平均換気回数は41.2回/時であり、また、試験部材が置かれたK室のチャンバーはチャンバーに設置されている換気システムによって平均1.4回/時の換気回数で換気された。

2-2-3 測定方法

各試験部材によって汚染されたボックスA~D、チャンバーからの空気は12名からなる訓練パネルによってdecipol値で判定された。訓練パネルとは空気質のレベルをFangerの提案したdecipol値で表現できるように訓練されたパネルのことであり、トレーニングには参照ガスとしてアセトンを用いた²⁶⁾。パネルは図3、図4に示すように嗅ぎ口に鼻をあてることによって内部空気を嗅ぐことができる。また、TVOC (Total Volatile Organic Compounds)の濃度をM ϕ haveの方法²⁷⁾に従い、トルエン等価で測定した。表3に測定項目と測定機器の一覧を示す。また、換気回数はSF₆濃度の減衰より算

表1 実験に用いた建材及び表面積

MATERIAL	LOCATION	SURFACE AREA (m ²)
CHIPBOARD	BOX CHAMBER	0.0144 2.1600
CARPET	BOX CHAMBER	0.0144 5.1200
RUBBER	BOX CHAMBER	0.0144 1.2800
STRAW-MAT	BOX CHAMBER	0.0144 2.5600

表2 各測定箱 (ボックス) 内の風速

	Box A	Box B	Box C	Box D
Air velocity [m/s]	0.03	0.5	1.0	2.0
Ventilation rate [l/s]	0.457	0.465	0.465	0.466

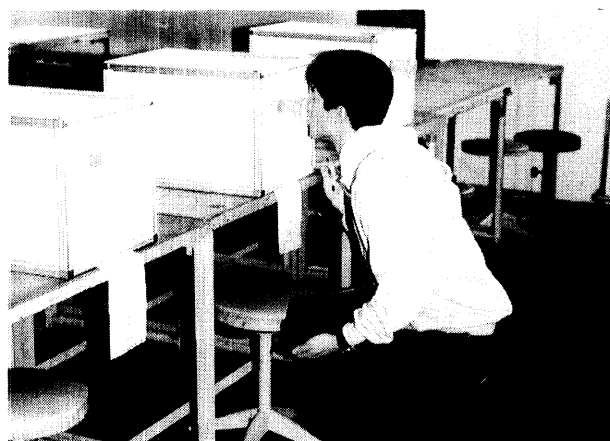


図3 測定箱の空気を嗅ぐパネル (S室)

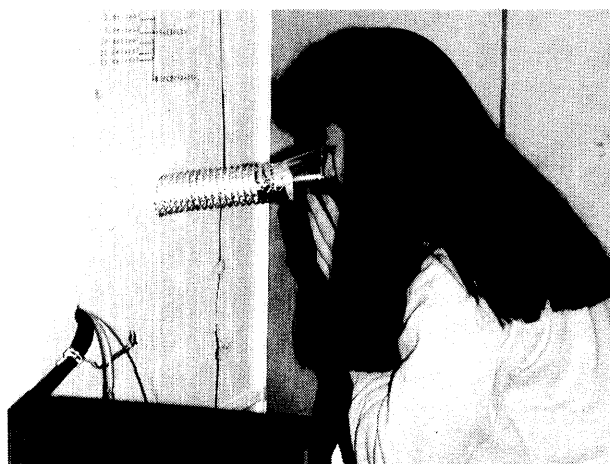
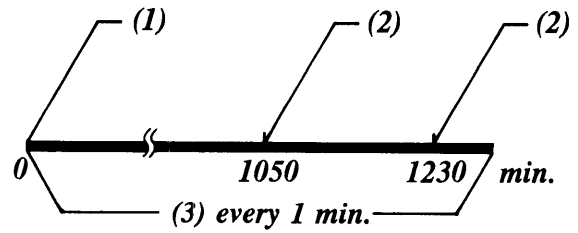


図4 チャンバーの空気を嗅ぐパネル (K室)

表3 測定項目及び測定機器

Indoor air temperature	Copper-constantan thermocouple
Outdoor air temperature	
Indoor humidity	Hygrometer (Vaisara, HMV 20 U)
Outdoor humidity	
CO concentration	Multi gas monitor (B&K type1302)
CO ₂ concentration	
SF ₆ concentration	
TVOC concentration	



- (1) installing the material
- (2) voting perceived air quality in decipol
- (3) measuring air temperature, relative humidity, and TVOC concentration

出した。

2-2-4 実験手順

図5に実験手順を示す。訓練パネルを用いた知覚空気質測定実験は1日に1種類の部材の測定のみを行い、訓練パネルは午前1回、それより3時間後の午後1回、ボックスA~D及びチャンバーの空気をdecipol値で申告した。また、各試験部材はパネルが申告を行う日の前日の午後、各ボックス及びチャンバー内に設置されるので、試験部材はパネルが午前の申告を行うまでに約18時間、換気された空間に置かれている。

図5 実験手順

2-3 実験結果

表4に各部材のボックスA~D、チャンバーにおける平均知覚空気汚染度(decipol)及び各部材の単位表面積あたりの知覚空気汚染物質発生量(Surface Emission Rate, 以下SERと称す)を示す。Fangerの空気質に関する快適方程式³⁾によると知覚空気汚染物質発生量(olf)は以下のように計算される。

表4 各部材のdecipol値及びolf値

MATERIAL	LOCATION	PERCEIVED AIR QUALITY (decipol)	SURFACE EMISSION RATE (olf/m ²)
CHIPBOARD	BOX A	2.23±1.43 [*]	7.08
	BOX B	2.95±1.17	9.53
	BOX C	3.47±1.67	11.20
	BOX D	4.22±1.77	13.66
	CHAMBER	9.63±4.36	1.45
CARPET	BOX A	0.83±0.63	2.63
	BOX B	1.46±1.29	4.72
	BOX C	1.37±0.96	4.42
	BOX D	1.69±1.31	5.47
	CHAMBER	14.88±7.21	0.85
RUBBER	BOX A	5.72±4.59	18.15
	BOX B	7.04±4.69	22.75
	BOX C	9.28±5.21	29.95
	BOX D	9.97±5.57	32.27
	CHAMBER	20.92±8.30	9.18
STRAW-MAT	BOX A	1.72±1.21	5.46
	BOX B	2.01±1.51	6.50
	BOX C	2.20±1.73	7.10
	BOX D	2.41±1.84	7.80
	CHAMBER	8.67±5.94	1.56

^{*}Standard Deviation

$$G = \frac{1}{10} \times PAQ \times q \dots\dots\dots(1)$$

ここで G: 知覚空気汚染物質発生量 [olf]
 PAQ: 定常状態の室内知覚空気汚染度 [decipol]
 q: 新鮮外気量 [l/s]

SERは(1)式に基づき以下のように算出した。

$$SER = \frac{1}{10} \times PAQ \times \frac{Q}{3.6} \times \frac{1}{A} \dots\dots\dots(2)$$

$$= \frac{PAQ}{36} \times \frac{N}{L} \dots\dots\dots(3)$$

ここで

SER: 単位面積あたりの知覚空気汚染物質発生量 [olf/m²]

Q: 新鮮外気量 [m³/h]

A: 部材の表面積 [m²]

N: 換気回数 [h⁻¹]

V: 室容積 [m³]

L: ローディングファクター (A/V) [m²/m³]

※(2)式中の3.6は換気量の単位 l/s から m³/h への変換

表4を見ると同じ部材であっても、置かれた場所によって異なるSERを示していることがわかり、特にチップボード、カーペット、ラバーの場合、ボックスDのSERはボックスAの約2倍の値になっている。ここで物質移動係数よりSERを求める式を以下の(4)式に示す。(4)式は Berge⁸⁾、藤井⁹⁾、Hoetjer¹⁰⁾がホル

ムアルデヒドの部材からの発生量を算出する際に用いた式を若干変更したものである。

$$\text{SER} = \frac{K}{36} \times (\text{PAQ}_{\text{eq}} - \text{PAQ}) \dots\dots\dots(4)$$

$$= \frac{(D/\Delta)}{36} \times (\text{PAQ}_{\text{eq}} - \text{PAQ}) \dots\dots\dots(5)$$

ここで

K：知覚空気汚染物質移動係数 [m/h]

PAQ_{eq}：換気のない状態における、各試験部材の平衡濃度 [decipol]。(PAQ_{eq} - PAQ) は知覚空気汚染物質が試験部材内から室内空気へ拡散する際の駆動力と考える。

D：拡散係数 [m²/h]

Δ：境界層厚さ [m]

(3)、(4)式より室内の知覚空気汚染度 PAQ は以下のように表現される。

$$\text{PAQ} = \frac{K \cdot \text{PAQ}_{\text{eq}}}{(K + N/L)} \dots\dots\dots(6)$$

$$= \frac{\text{PAQ}_{\text{eq}}}{\{1 + (1/K) \cdot (N/L)\}} \dots\dots\dots(7)$$

(7)式の逆数をとって

$$\frac{1}{\text{PAQ}} = \frac{1}{\text{PAQ}_{\text{eq}}} + \frac{1}{K \cdot \text{PAQ}_{\text{eq}}} \times \frac{N}{L} \dots\dots\dots(8)$$

(8)式によると、室内知覚空気汚染度PAQの逆数とN/Lの関係は線形となり、切片は1/PAQ_{eq}となる。そこで図6に今回の実験結果より求めた1/PAQとN/Lとの関係を示す。左方の横軸目盛り0～10付近に散布している4つのプロットがチャンバーにおけるデータであり、残りのプロットはボックスA～Dにおける結果である。ボックスにおける結果は同じ部材で、同じN/Lの値であっても1/PAQの値が広範囲にちらばっている。

図7にトルエン等価で測定したTVOC濃度とパネルの申告した知覚空気質 (decipol 値) との関係を示す。図中の回帰直線は各部材ごとのデータを用いて算出したものである。部材ごとに見れば、TVOC濃度が増加するとdecipol値も増大しており、両者に正の相関関係が見いだされるが、トルエン等価のTVOC濃度が全ての部材による知覚空気汚染度を予測するための指標になりうるとは考えられない。ここで、ボックスA～Dで測定されたデータのみに着目し、チャンバーで得られた測定値を削除した場合の、TVOC濃度と知覚空気汚染度との関係を図8に示す。回帰直線は全部材のデータに基づいて引いた。このような低い濃度の範囲では、TVOC濃度は知覚空気汚染度を予測するための指標として使用することが可能であると考えられる。

2-4 考察

(8)式は、N/Lの値が増すとともに1/PAQの値が増

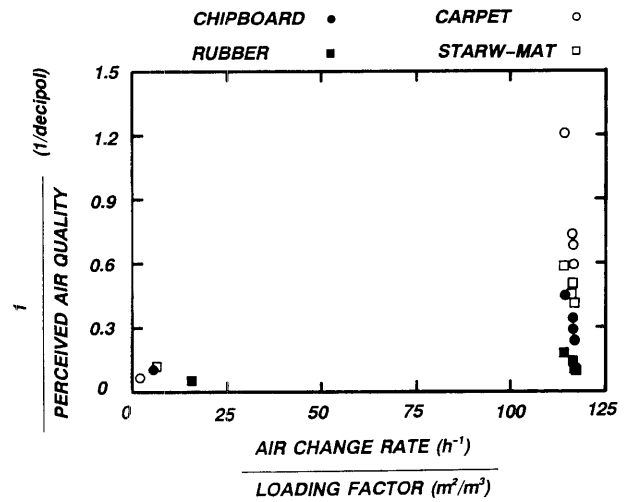


図6 N/Lと1/PAQの関係

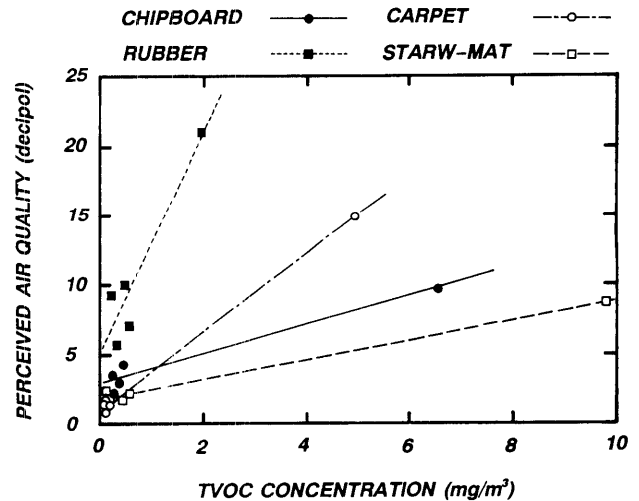


図7 TVOC濃度と知覚空気質との関係

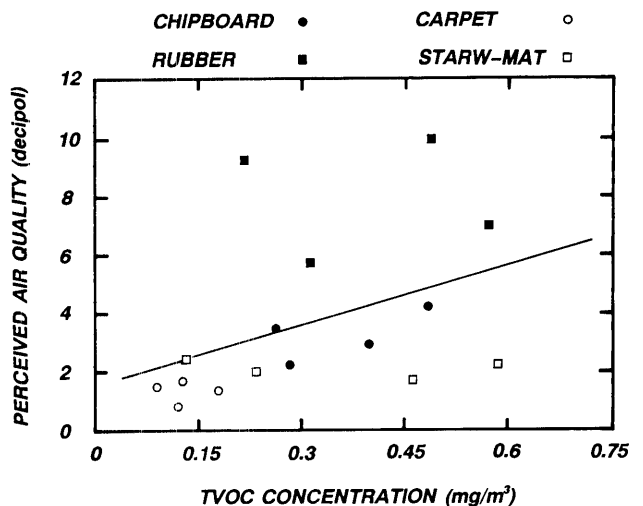


図8 TVOC濃度と知覚空気質との関係 (ボックスA～D)

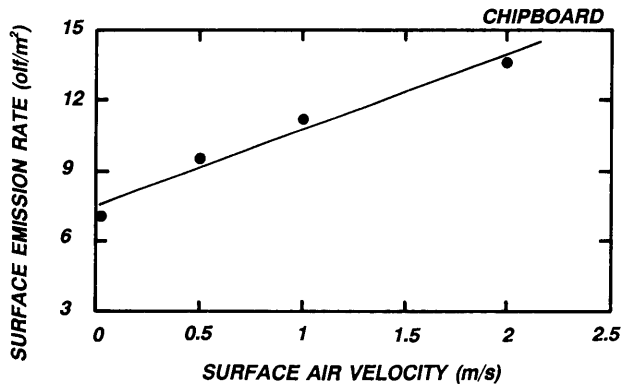


図9 表面風速と ofl 値との関係 (チップボード)

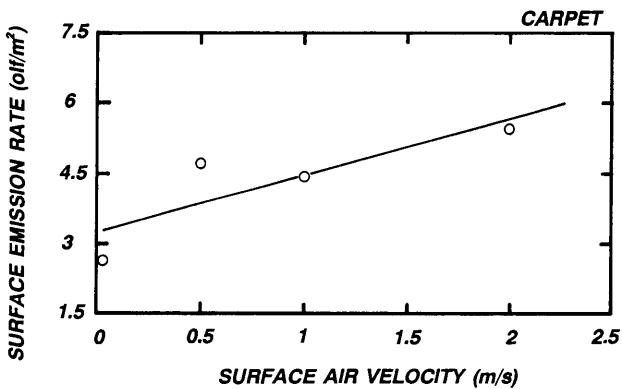


図10 表面風速と ofl 値との関係 (カーペット)

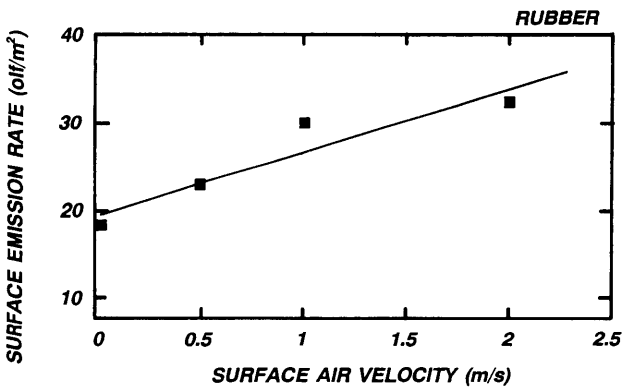


図11 表面風速と ofl 値との関係 (ラバー)

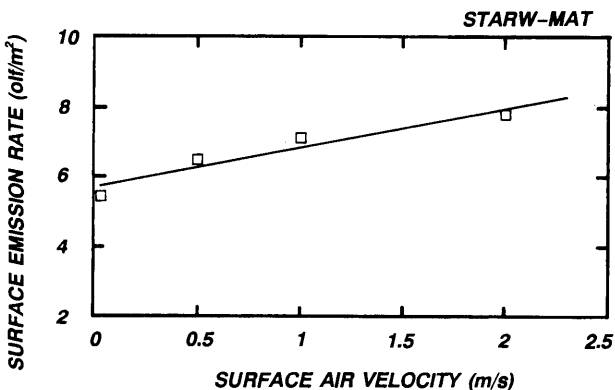


図12 表面風速と ofl 値との関係 (ゴザ)

表5 表面風速と SER との回帰直線

Material	Regression line
Chipboard	SER* = 3.23 × v** + 7.52
Carpet	SER = 1.21 × v + 3.24
Rubber	SER = 7.21 × v + 19.42
Straw-mat	SER = 1.13 × v + 5.72

*Surface Emission Rate (olf/m²)
 **Surface Air Velocity (m/s)

し、よってSERの値も増えていく傾向があることを示している。図6を見ると、チャンバーで得られたN/Lの値はボックスA~Dで得られたN/Lの値より小さくなっており、これが表4においてボックスのSERがチャンバーのSERより大きな値となった理由であると考えられる。しかし、各ボックスのN/Lの値はほぼ等しくなっており、表4で同じ部材で、ボックスA~DのそれぞれのSERに差が生じた結果については(5)式では説明ができない。Matthewsは部材付近の風速が速いほど部材上部の境界層の厚さ(5式のΔ)を減少させ発生量が増大する、と述べている^(文11)。そこで図9~12に各部材の部材表面風速とSERとの関係を示した。4つの部材のどれも風速が増すにつれSERが増大することがわかる。図9~12の各回帰直線の式を表5に示す。回帰直線の傾きから、特にラバー、チップボードのSERは表面風速の影響を多く受けており、知覚空気汚染物質の発生量を算定するには風速の影響を考慮することが必要であろう。Ullrichは、表面風速が0.2m/sから2m/sへ増すと、揮発性有機化合物の発生量は30%増す、と述べている^(文5)。本実験では知覚空気汚染物質の発生量の変化は、それ以上の増分を示した。

第3章 ゴムカーペットのある室内に暴露された人間の嗅覚疲労に関する実験研究

3-1 はじめに

人間の嗅覚には、あるにおいを続けて嗅ぐと次第にそのにおいを感じる感覚が鈍くなり順応(Adaptation)するという特徴があり、これは一般に嗅覚疲労と呼ばれている。オフィスや会議室等、実際の空間で長期間執務している在室者は、その室特有のにおいに順応して嗅覚疲労を起こしていると考えられる。ASHRAEのスタンダード62-89では、許容できる室内空気質を来室者の80%が「その空気を受け入れられる」とした環境と記述しており、順応を起こしていない来室者を嗅覚パネルとして用いた研究が多い。しかし、その空間で実際に生活している人間の申告を調査することは、空気環境を評価する上で重要である。例えば、順応を起こしているであ

ろう在室者の感覚と来室者の感覚にどのような相違が見られるか、その関係を把握することによって在室者の室内空気質に関する申告（例えば許容度や臭気強度申告）を来室者の感覚に換算して本来の必要換気量を算定することも可能となる。Cainらによれば、在室者の順応の程度は空気汚染のレベルによるだけでなく、その環境への暴露からの時間にも大きく左右されるという^{文12)}。よって在室者の空気汚染への暴露後の申告を時系列で調査し、順応の程度を調べることが必要だと思われる。

一方、室内にある建材や家具から発生する揮発性有機化合物 VOC (Volatile Organic Compounds) は目、鼻、喉への刺激の強さ(Irritation)を促す等、シックビルディングシンドロームの原因の1つとして注目され、発生の挙動、あるいは人間の感覚への影響等について現在いくつかの研究が報告されている。本報告では、建材から発生する様々な揮発性有機化合物をトルエンに換算して測定した濃度を TVOC (Total Volatile Organic Compounds)濃度とし、TVOC濃度と被験者(オキュパント)の臭気感覚申告との関係、及びオキュパントの臭気感覚の空気環境への順応性を調べる目的で行った実験について報告する。

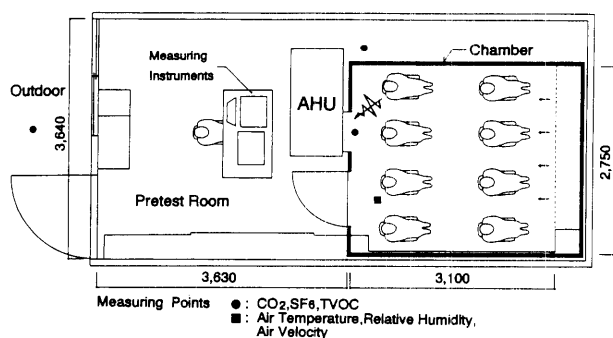


図13 環境試験室平面図

表6 測定項目及び測定機器

CO ₂ Concentration*	Multi Gas Monitor (B&K 1302)
SF ₆ Concentration*	
TVOC Concentration*	
Air Temperature**	Indoor Air Climate Analyzer (B&K 1213)
Relative Humidity**	
Air Flow Rate**	

* Chamber, Pretest Room, Outdoor
** Chamber

表7 実験条件

Date	Number of Rubber-mat
Day 1	4
Day 2	6
Day 3	2
Day 4	9

*1 piece = 0.45 m × 0.45 m

3-2 実験方法

3-2-1 実験装置及び測定機器

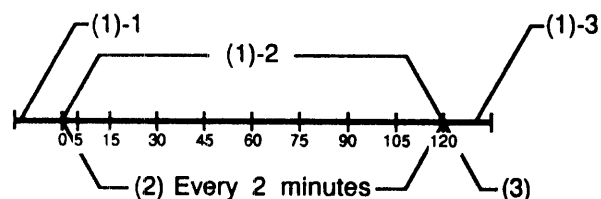
1991年3月26日から3月29日までの計4日間、図13に示す早稲田大学理工学部にある環境試験室(3.1×2.75×2.25H [m])を利用し、試験室内の温度、湿度、換気量を制御して実験を行った。表6に測定項目及び測定機器を示す。マルチガスモニター内に取り付けたTVOC用フィルターを予めトルエンでキャリブレーションしTVOC濃度を測定した。また、試験室の換気回数はSF₆濃度の減衰から求めた。

3-2-2 被験者及び実験条件

試験室に在室するオキュパントとして、8名の女子大学生が4日間の全実験に参加した。オキュパントは化粧品、香水等においのするものを身につけることを禁じられた。また、実験開始前に別室でパネルスクリーニングテスト(5基準臭液使用)を受けたが、嗅覚に異常があると判定された者はいなかった。表7に実験条件を示す。VOCの発生源として、市販されているゴムカーペット(1枚0.45m×0.45m)を用い、表7に示した枚数でTVOC濃度を変化させた。また、室内の汚染レベルを定常状態にするため、各実験日の前日に表7に示した枚数分のゴムカーペットを試験室内に敷いた。つまりゴムカーペットを試験室に入れたまま約19時間換気したことになる。

3-2-3 実験手順

図14に実験手順を示す。オキュパントは空気の臭気強度、許容度、そして目、鼻、喉それぞれへの刺激の強さについて表8の申告用紙に申告した。なお、表8中の刺激の強さに関するスケールはCainらが用いたスケールを^{文13)}筆者らが和訳したものである。オキュパントは、まず、前室(Pretest Room)の空気環境について申告を行い、続いてゴムカーペットの敷いてある試験室内に入室し、座位状態で120分在室した。オキュパントは入室してから0分後、5分後、15分後、30分後、…と以後15分間隔で120分まで申告を続けた。その間、図13の平面図に示した3つの測定点(試験室内、前室、屋外)において、



- (1) odor intensity, acceptability, irritation (eye, nose, throat)
 - (1)-1 pretest room
 - (1)-2 chamber
 - (1)-3 outdoor
- (2) TVOC, SF₆, CO₂
- (3) air temperature, relative humidity, air velocity

図14 実験手順

表8 申告スケール

Vote for odor intensity	Vote for accept
How strong is the odor in this room? Please mark on the scale:	Imagine that you frequently during daily work were exposed to the air in the room. How acceptable do you find the air?
No odor	Clearly acceptable
Slight odor	Just acceptable
Moderate odor	Just not acceptable
Strong odor	Clearly not acceptable
Very strong odor	
Overpowering odor	

Vote for irritation			
Please mark the line to indicate the magnitude of sensation:			
	Eye	Nose	Throat
No irritation			
Slight irritation			
Moderate irritation			
Strong irritation			
Very strong irritation			
Overpowering irritation			

CO₂濃度、SF₆濃度、TVOC濃度を2分間隔で測定した。120分後の申告が終了するとオキュパントは試験室から退出し、最後に屋外の空気環境について申告を行った。結局オキュパントは計12回の申告をしたことになる。試験室内の温度・湿度・風速はオキュパントが120分後の申告を終了し、試験室を退出する前に図13に示した点で測定した。

3-3 実験結果及び考察

3-3-1 測定結果

表9に各実験日の環境試験室内の温度、湿度、風速、換気回数、そしてTVOC濃度の測定結果を示す。温度、湿度、風速、換気回数は実験日間の差がほとんどなく、試験室内の環境条件はほぼ一定であったと言える。しかし、ゴムカーペットの枚数で変化させたTVOC濃度は、ゴムカーペット2枚の実験の濃度(TVOC=0.368mg/m³)と4枚の実験の濃度(TVOC=0.293mg/m³)が逆転するという結果になった。

3-3-2 各申告間の相関関係

表10に各申告間の相関係数を示す。臭気強度、許容度、鼻への刺激の強さ、それぞれの申告間の相関係数は高く、そのどれを用いても室内空気環境を評価するのに有用な尺度であると考えられる。Bluyssenは『嗅覚にはにおいて敏感な臭気感覚(Olfactory sense)と、粘膜刺激に対して敏感な化学感覚(Chemical sense)があり、それらは別の順応過程を呈す』¹⁴⁾と述べているが、臭気強度と鼻の刺激の強さとは非常に高い相関関係にあり、刺激物を多く含むVOCに対しては同様の順応過程を生じるのではないかと考えられる。

表9 測定結果

Rubber Mats (pieces)	Temperature (°C)	Humidity (%)	Air Velocity (m/s)	Air Change Rate (h ⁻¹)	TVOC* (mg/m ³)
2	23.5	43	0.23	3.87	0.368
4	23.3	56	0.11	3.63	0.293
6	24	44	0.21	3.82	0.469
9	23.9	36	0.13	3.72	0.683

* Total Volatile Organic Compounds in toluene equivalents

表10 申告間の相関関係

	Odor intensity	Acceptability	Eye irritation	Nose irritation	Throat irritation
Odor intensity	x	x	x	x	x
Acceptability	-0.968 0.0001 [†]	x	x	x	x
Eye irritation	-0.451 0.0035	0.366 0.0204	x	x	x
Nose irritation	0.902 0.0001	-0.892 0.0001	-0.269 0.0935	x	x
Throat irritation	0.320 0.0440	-0.337 0.0334	0.051 0.7538	0.519 0.0006	x

x: see elsewhere in Table
[†]PROB>|R|: the significance probability of the correlation

3-3-3 各申告値の経時変化

図15、図16、図17に各実験日の臭気強度、許容度、鼻への刺激の強さの申告の経時変化をまとめた図を示す。各図に示した曲線はオキュパントの申告の時間による変化を調べるために式(9)に当てはめ、非線形回帰プログラムNLIN¹⁵⁾を用いて求めたものである。

$C = A_1 + A_2 \times [1 - \exp(A_3 \times t)]$ (9)
 ここで、

- C: 各スケールの申告値
- A₁, A₂, A₃: 定数
- t: 経過時間

これらの図から、申告が定常状態に達し、順応が起きるまでに約30分かかる場合もあれば、120分後でも定常に達しない場合もあり、順応するまでの時間にはかなりばらつきがあることがわかる。Gunnarsenらが生体発散物質とタバコ煙を用いて行った暴露時間90分の実験の報告¹⁶⁾では、オキュパントが入室してから約10分後には申

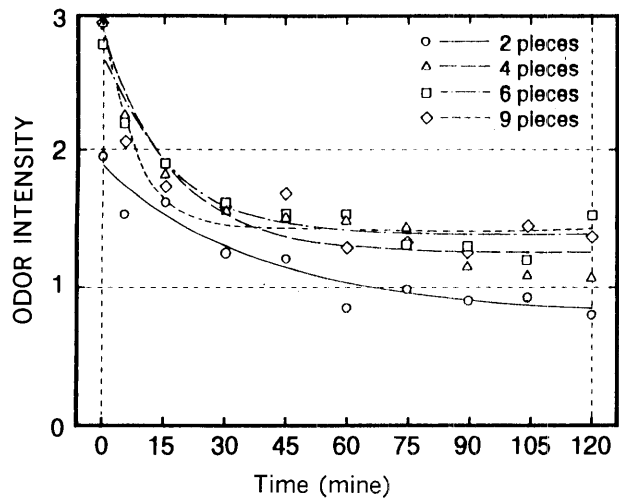


図15 臭気強度の経時変化

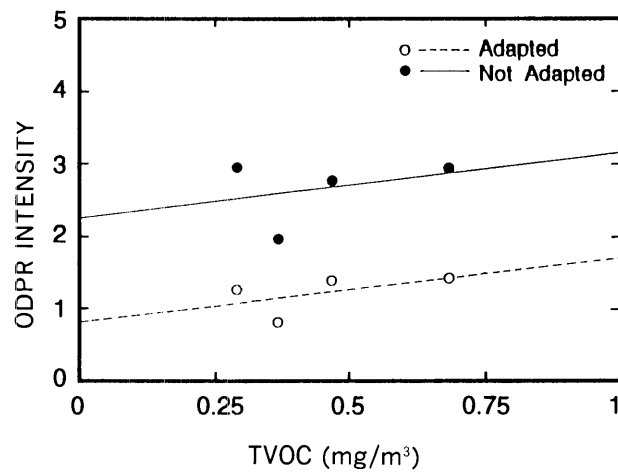


図18 臭気強度と TVOC 濃度との関係

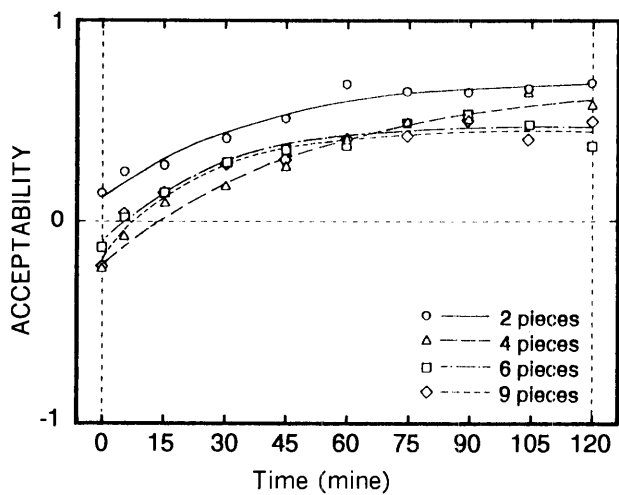


図16 許容度の経時変化

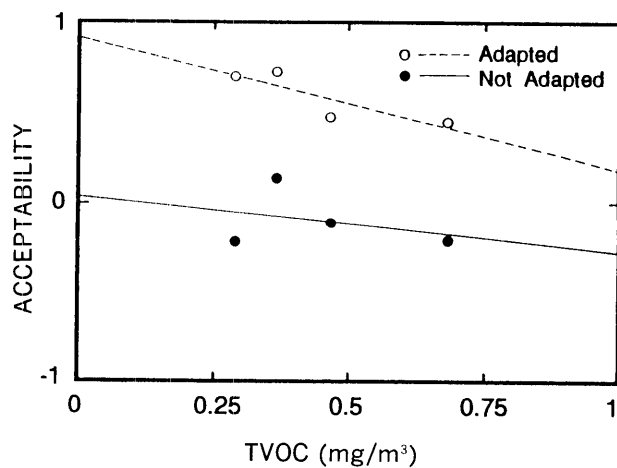


図19 許容度と TVOC 濃度との関係

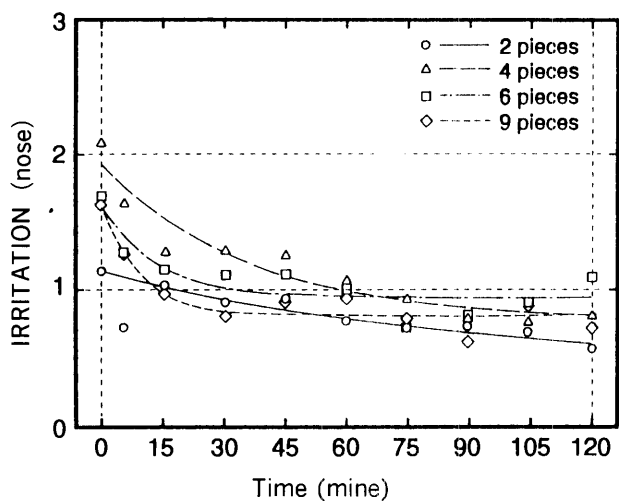


図17 鼻への刺激の強さの経時変化

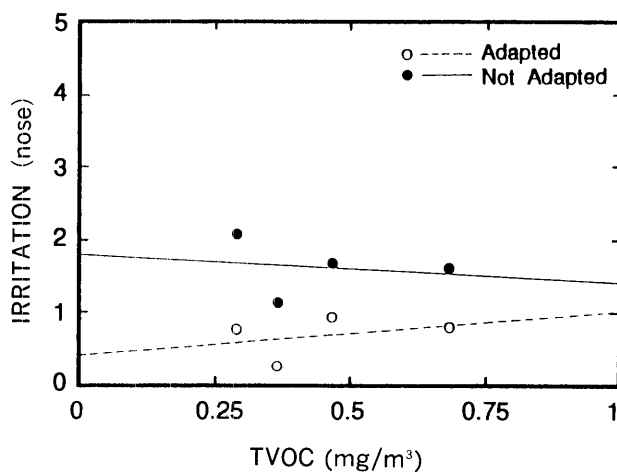


図20 鼻への刺激の強さと TVOC 濃度との関係

告が定常に達し、順応したと述べている。また、Clausenらがタバコ煙を用いて行った実験の報告^{文17)}では実験開始1時間後でも刺激に関する申告は定常状態に達しなかったと述べている。今回のゴムカーペットを用いた実験では、図15、図16に示した臭気強度と許容度は、環境試験室内に入室した直後の申告にばらつきがあるが、申告が定常状態に達し、順応したときの両申告の値はゴムカーペットの枚数が多くなるほどに高くなる傾向がある。これは順応した状態でも知覚空気汚染のレベルの高低をオキュパントが判断できていることを示していると考えられる。しかし、図17に示すように最もゴムカーペットの枚数が多く、知覚空気汚染源の発生量が最も多いと考えられる実験（ゴムカーペット9枚）においても、鼻への刺激の強さの定常値は最も高い値を示しておらず、鼻への刺激の強さの順応の程度は臭気強度・許容度と比較して高い結果となった。

3-3-4 順応による申告の変化

図18、図19、図20に臭気強度、許容度、鼻への刺激の強さとTVOC濃度との関係を示す。実線は順応する前（試験室入室直後（0分後）の申告の平均値）、点線は順応したとき（式(1)で $t=\infty$ としたときの値）の値とTVOC濃度との最小2乗法による回帰直線である。図19、図20においては、順応する前も順応後もTVOC濃度の増加に伴い臭気強度、許容度はより受け入れられない側へ変化する傾向が見られた。また、順応後の値は順応する前の値より受け入れられる側の値となっている。Engenは、『人間がある空間に入室し、最初はその空気を受け入れられないと感じても、時間が経過し順応すると、臭いによる感覚は減少し、一方、刺激による感覚は増加、あるいは一定の値を示すだろう』と述べている^{文18)}。しかし、刺激物を多く含むVOCを用いた今回の実験では、臭気強度が減少していく傾向は見受けられなかった。また、図20においては、TVOC濃度と鼻への刺激の強さとの間には明確な傾向が見られなかった。知覚空気汚染源の種類により、順応の程度、あるいはその傾向は異なるのではないかと考えられる。

結論

- 1) 4種類の建築部材（チップボード、カーペット、ラバー、ゴザ）を、内部風速の異なる4つの換気量の等しいボックス、及び1つの居室サイズのチャンバーに設置してdecipol値を測定し、そのdecipol値から、部材の面積あたりの知覚空気汚染物質発生量（olf/m²）を算出した。
- 2) 試験部材の表面の風速が大きいほど、知覚空気汚染物質発生量が大きくなる傾向が見られた。
- 3) トルエン等価のTVOC濃度とdecipol値で表される知覚空気汚染度との関係を求めた。

オフィス等で執務する人間の嗅覚疲労の定量化を試みるために、ゴムカーペットがある室内への暴露後の時間と、臭気強度、許容度、目、鼻、喉への刺激の強さの申告値との関係を求め、以下の結果を得た。

- 1) 臭気強度、許容度、鼻への刺激の強さについてはそれぞれの申告間の相関係数が高く、室内空気質の評価に有用な尺度であると考えられる。
- 2) 臭気強度、許容度、鼻への刺激の強さは、時間経過とともに指数関数的により受け入れられる側へと変化した。申告が定常状態になり順応するまでの時間にはかなりのばらつきが見られた。
- 3) オキュパントの感覚が順応する前あるいは順応後の臭気強度と許容度の申告は、TVOC濃度の増加に伴いより受け入れられない側へと変化した。

<参考文献>

- 1) 住宅におけるおのの定量化を考慮した室内空気環境と温熱環境の総合評価に関する研究(1)[梗概], 住宅総合研究財団研究年報 No. 17, 1990
- 2) European Concerted Action INDOOR AIR QUALITY & ITS IMPACT ON MAN, Sick Building Syndrome, Commission of the European Communities, 1989
- 3) Fanger, P. O., The olf and decipol, ASHRAE journal, October, 1988
- 4) Air and Energy Engineering Research Laboratory, Indoor Air Sources : Using Small Environmental Test Chambers to Characterize Organic Emissions from Indoor Materials and Products, United States Environmental Protection Agency, 1989
- 5) European Concerted Action INDOOR AIR QUALITY & ITS IMPACT ON MAN, Guideline for the Characterization of Volatile Organic Compounds Emission from Indoor Materials and Products Using Small Test Chambers, Commission of the European Communities, 1990
- 6) 大瀧友敬, 木村建一, 吉沢晋, 岩下剛, 佐藤友昭, 訓練パネルを用いた換気効率評価に関する試行実験(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1990
- 7) Møhlhave, L., Volatile Organic Compounds, Indoor Air Quality and Health, proc. of INDOOR AIR '90 Vol. 1, 1990
- 8) Berge, A., Mellegaard, B., Hanetho, P., and Ormstad, E. B. Formaldehyde Release from Particle board Evaluation of Mathematical Model, Holz als Rohund Werkstoff Vol. 38, 1980
- 9) Fujii, S., Suzuki, T., and Koyagashiro, S., Study on Liberated Formaldehyde as Renewal of JIS for Particleboard, 建材試験情報 vol. 9 (3), 1973
- 10) Hoetjer, J. J., Introduction to a Theoretical Model for the Splitting of Formaldehyde from ethanol Chemie Netherlands, 1978
- 11) Mattews, T. G., Hawthorne, A. R., Corey, M. D., Daffron, C. R., and Gammage, R. B., Formaldehyde Release from Plywood, Particleboard, Fiberboard, and Paneling, Rept. to the U. S. Consumer Product Safety Commision, Rept. No. 7 ORNL/TM-9102, 1982
- 12) W. S. Cain, Perception of Odor Intensity and The Time-Course of Olfactory Adaptation, ASHRAE Transactions 80, 1974

- 13) W. S. Cain, Environmental Tobacco Smoke Sensory Reactions of Occupants, Atmospheric Environment Vol. 21 No. 2, 1987
- 14) P. Bluysen, Olfbar, Air Infiltration Vol 10 No. 2, 1989
- 15) SAS User's Guide : Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC, USA, 1985
- 16) Lars Gunnarsen and P. O. Fanger, The Influence of Adaptation on Acceptability of Indoor Pollution, Proc. of CLIMA 200, 1989
- 17) G. H. Clausen, Stability of Tobacco Smoke Odor in Enclosed Places, Proc. of Indoor Air '84, 1984
- 18) T. Engen, Adaptation to Odors, Proc. of Indoor Air '87, 1987

<研究組織>

主査	木村 建一	早稲田大学教授
委員	田辺 新一	お茶の水女子大学専任講師
〃	岩下 剛	日本学術振興会特別研究員