VOC 濃度による体臭臭気強度の評価

体臭による知覚空気汚染に関する研究 (その2)

ASSESSMENT ON ODOR INTENSITY OF BIOEFFLUENTS BY VOC CONCENTRATION

Perceived air pollution caused by human bioeffluents (Part 2)

岩下 剛*, 日比野 貴生**

Go IWASHITA and Takaki HIBINO

For determining VOCs emitted from bioeffluents, subjective experiments were conducted in a room-size chamber with human occupants and panel. The ventilation rates were changed for setting different experimental conditions of air pollution. The number of occupants was changed also for setting experimental conditions. The sensory panel sniffed indoor air through the olfactometer and evaluated the odor intensity and acceptability. It was found that there were large differences between the perceived odor intensity voted by panel and that by occupants. The lower perceived odor intensity by occupants might have been caused by olfactory fatigue. As a result of VOCs measurements, 2-Ethyl-1-Hexanol, Nonanal, and Decanal were detected probably as ingredients of bioeffluents. The high correlation coefficient between the perceived odor intensity and 2-Ethyl-1-Hexanol concentration was obtained.

Keywords : *Body odor, Bioeffluents, VOCs, Perceived air quality*

体臭, 生体発散物質, 揮発性有機化合物, 知覚空気質

1. はじめに

19 世紀中頃まで、欧米では人間は Anthrotoxin という有害物質を放散していると考えられてきた。当時は酸素不足や CO₂ 過剰が空気質の劣悪さをもたらすと考えていたが、体臭の化学的な成分を明確にするには至らなかった¹⁾。20 世紀になって Anthrotoxin 説は消滅したが、Winslow は次のように述べた²⁾、「体臭のような明らかな揮発性物質があると、作業効率や食欲は減退するであろう、しかしながら、この種の不快は今のところただ、CO₂ 濃度が 2000ppm を超える、換気量が 6ft³/分以下である、といった表現でしか表わされていない」。

室内空気質の総合的な指標として CO₂ 濃度を用いることが度々あり、Fanger ら³⁾、岩下ら⁴⁾ は体臭が主な空気汚染源の場合、CO₂ 濃度が知覚空気汚染（不快者率）の良い指標となり、室内 CO₂ 濃度 1000ppm が不快者率 20% に相当することを報告している。一方、Yaglou らは体臭による空気汚染の指標として CO₂ 濃度をみる場合、CO₂ があまり良い指標にならないと述べており⁵⁾、彼らの実験結果では被験者の申告する臭気強度と CO₂ 濃度との相関は高くない。これは入浴頻度や衣服の洗濯頻度など代謝とは直接結びつかない要素が体臭に影響を及ぼしているからと考察されている。たとえば、28℃の状態と 25℃室温という通常の冷房状態とでは、人体の代謝には大きな違いがないため、人体からの CO₂ 吐出量には差がみられな

いと考えられるが、臭気強度などの知覚空気質には差があることが報告されている⁶⁾。このように CO₂ 指標の是非については様々な意見があるため、CO₂ 濃度以外の体臭臭気強度の指標となる物理・化学測定値を求めることは、体臭が主な空気汚染源である空間の制御に有効と考えられる。

汗から直接検出したり、脱衣をヘッドスペースによって分析したりする研究では、体臭成分の VOC を検出した例はあるが、空間中の VOC から体臭成分を同定する例はほとんどない。そこで、本研究の前報⁷⁾では、在室者によって申告された臭気強度と、体臭によって汚染された教室の空気中の VOC 濃度との関係を考察することを試みた。前報⁷⁾では、実験変数の制御が難しい実際の教室において実験を行った結果、臭気強度と相関の高い VOC の算定には至らなかったため、本報では、実大チャンパー内に被験者を在室させ、チャンパー内空気をオルファクトメーターによって来室者が嗅いで臭気強度を評価する実験を行うこととした。

2. 実験方法

2.1 実験条件

実験は東京都市大学世田谷キャンパス環境実験室（図 1）にて、換気設備を取り付けた居室大チャンパー（縦 1830mm×横 1830mm×高さ 1845mm）を作成して行った。チャンパーへの給気は機械給気、排

* 東京都市大学工学部建築学科 教授・工博

** 東京都市大学大学院 修士課程・学生

Prof., Dept. of Architecture, Tokyo City University, Dr. Eng.
Graduate Student, Tokyo City University

気は自然排気の第二種機械換気である。チャンパーは温湿度制御ができないため、チャンパー内温熱環境は外部環境に左右される。来室者がチャンパー外からチャンパー内の空気を嗅ぐためには、筆者らが開発したオルファクトメーターを使用した。オルファクトメーターは図 2、写真 1 に示すように、対象空気をポンプで吸引し、パネルである来室者がディフューザーを介して嗅ぐ装置である⁹⁾。

図 1 環境実験室内の居室大チャンパー
(FAN: 排気ファン、OM: オルファクトメーター、OCP: 在室者)

図 2 サンプル空気・清浄空気の経路
(P: ポンプ)

写真 1 オルファクトメーター

実験は表 1 に示すように、2008 年度冬季に行った「冬季実験」と 2009 年夏季に行った「夏季実験」に分かれている。外気温熱条件の差異が体臭発生および、その知覚に及ぼす影響を考慮して、冬季実験を行った後、追加実験として夏季に実験を行った。本報その 1⁷⁾では、室内空気が冷房室内機の冷却フィンに接触する際、体臭成分が凝縮水に吸収/吸着した可能性が推測された。そのため、本実験では同時期に冬季状態および夏季状態を空調機で実現するのではなく、実際の条件の時期に実験を行った。

本実験の目的から考えると、冬季実験、夏季実験それぞれにおいて条件間で温湿度条件が一定範囲内であることが求められる。温熱環境の来室者および在室者の知覚への影響という観点で、Fang ら

はエンタルピーの増加と知覚空気質の悪化度合いとの関係を求めている⁹⁾。今回の実験では冬季実験では各条件のエンタルピーが 28～33kJ/kg の範囲に、夏季実験では 73～81 kJ/kg の範囲にあり、Fang らの研究に従えば、温湿度条件は一定範囲内にあるといえる。

冬季実験は、換気量の差異、在室人数の差異が主な実験条件であるが、実験 C では、CO₂ ボンベおよび流量コントローラーにより強制的に CO₂ を発生させ、チャンパー内定常 CO₂ 濃度が約 1000 ppm になるようにした。CO₂ の強制発生は、呼気由来でない CO₂ が、在室者の知覚空気質評価に及ぼす影響を考察するために行った。夏季実験では換気量の差異が実験条件であるが、実験 H では、チャンパー内に床置タイプの空気清浄機(放電型光触媒式)を設置している。空気清浄機の風量は 1.6 m³/min である。

実験の開始にあたり、在室者、来室者に換気条件、在室人数条件、空気清浄機稼働条件は伝えなかった。しかし、在室者は在室人数は認知でき、また夏季実験では常に置かれていた空気清浄機の稼働状態も騒音で稼働・非稼働の差異は知覚していたと推測される。

表 1 実験条件及び被験者人数

	条件	在室人数	設定換気量 [m ³ /h]	備考
冬季	A	1	10	
	B	1	60	
	C	1	60	CO ₂ 発生有り
	D	3	10	
	E	3	60	
夏季	F	3	40	
	G	3	10	
	H	3	10	清浄機使用

2.2 測定項目

測定項目及び測定機器を表 2 に示す。これらの測定項目の測定点の高さは床上 1m である。

表 2 測定項目及び測定機器

測定項目	測定機器
温度・相対湿度	おんどとり RH-TR72S (T&D 社)
VOC 濃度	吸着管: TENAX TA / 分析装置: GC/MS
CO ₂ 濃度、SF ₆ 濃度	光音響法マルチガスモニター (B&K 社、1302)
酸素濃度	高濃度域酸素分析計 (フジクラ)
知覚空気質	オルファクトメーター (岩下研究室・アドテック)

表 3 ガスクロマトグラフ分析条件

カラム	DB5 0.25 μm×30m×0.25mm
昇温条件	60℃から 3℃/分で 246℃まで昇温

VOC 濃度はポンプにてテナックス TA 捕集管に 1 リットルの室内空気を 50mL/min の流速で吸引して捕集した後、加熱脱着装置にて加熱、コールドトラップし、ガスクロマトグラフ/質量分析 (GC/MS) 装置にて表 3 の分析条件を用いて分析・定量を行った。また、換気

量については、講義室に発生させたトレーサーガス（SF₆）の濃度減衰により求めた。

2.3 アンケート項目

本研究では、体臭の発生源である在室者および外部からチャンパー内空気を評価する来室者を知覚空気質の評価者としている。在室者はチャンパー入室直後および退室直前に表4に示すアンケートを利用して環境を評価し、さらに入室後10分間隔で、表4の1、3、4、9の項目を評価した。来室者は表4のうち、1、3、4、9の項目を10分間隔で評価した。加えて、来室者は在室者の入室の約5分前にもチャンパー内空気を評価した。

表4 アンケート項目

1	臭気強度（0：無臭→5：耐え難く感じるにおい）
2	温冷感（+3：暑い⇔-3：寒い）
3	空気の許容度（+1：明らかに受入れられる⇔-1：明らかに受入れられない）
4	目・鼻・喉の刺激（0：刺激が無い→5：耐え難い刺激）
5	空気の新鮮度（-3：汚れている⇔+3：新鮮である）
6	集中のしやすさ（-3：集中が困難⇔+3：集中しやすい）
7	疲労感（-3：疲れている⇔+3：元気がある）
8	覚醒感（-3：頭がぼんやりしている⇔+3：頭がスッキリしている）
9	精神的な気分（-3：気分が悪い⇔+3：気分が良い）
10	眠気（0：眠たくない→6：非常に眠い）

2.4 実験手順

在室者として、冬季実験、夏季実験のそれぞれについて、全条件を通して同じ3名の学生(男子3人)が参加した。在室者は、においの強い化粧品、整髪剤などを身につけることを禁じられ、実験中の喫煙、においの強い食事の摂取も禁じられた。また、着衣は、事前に用意した洋服（Tシャツ、長ズボン、靴下）に着替えてもらった。在室者は居室大チャンパーに用意された椅子に座り、実験中安静状態で滞在した。また、チャンパー外部からオルファクトメーターを用いて室内空気を嗅ぐ来室者パネルは10名が各実験に参加した。実験A、B、Cの実験条件では在室者人数が1名であるため、3名用意した来室者被験者それぞれが1名在室状態の実験を1回ずつ、計3回行った。本研究では、その3回の実験の平均値を結果として用いる。また、夏季実験の実験F、G、Hもそれぞれ3回ずつ行っているため、その平均値を結果として用いる。なお、本実験における空気汚染物質は在室者自ら発生する体臭のみであること、および実験途中でであっても、体調がすぐれない場合は、退室して良い旨を被験者に事前に伝えた。また実験中のチャンパー内CO₂濃度は、空気調和衛生工学会による単独指標によるCO₂設計基準濃度の3500ppmを瞬間的にでも越えないこととした。図3に実験手順を示す。在室者はチャンパーに入室後、40分間、在室した。VOC濃度算定のための空気の捕集は40分の在室のうち、後半20分に行った。体臭・タバコ煙による臭気強度の研究を行ったCainらは60分の在室で実験

を行い、体臭の場合、45分で90%以上の定常状態が得られている¹⁰⁾。今回の実験では、設定した換気量から予測されるCO₂濃度の定常を得るために40分が必要と算定し実験を行ったが、作業による疲労の影響をみるためには、より長い在室時間が必要であろう。

図3 実験手順

3. 実験結果

3.1 冬季実験

冬季実験における在室者入室状態におけるチャンパー内平均空気温度及び平均相対湿度を表5に示す。当該チャンパーは温湿度調整ができないため、実験条件ごとに多少のばらつきがみられるが、室温は約23℃、相対湿度は14~28%となっている。表5にはトレーサーガス減衰法によって求めた換気回数にチャンパー容積を乗ずることによって算定した換気量も示してある。

表5 実験中の温湿度および換気量（冬季実験）

	空気温度 (°C)	相対湿度 (%)	換気量 (m ³ /h)
A	22.3±0.8*	13.7±2.5	9
B	23.4±0.5	13.7±1.1	67
C	23.5±0.5	14.4±1.2	59
D	20.2±2.4	27.8±5.4	16
E	23.0±1.1	24.6±1.6	74

*平均値±標準偏差

図4 チャンパー内CO₂濃度の経時変化（冬季）

図4に冬季実験におけるチャンパー内CO₂濃度の経時変化を示す。

在室者が3人で換気量の少ない実験DのCO₂濃度が最も高く、後半は3000ppmを超えている。一方、在室者が1人で換気量の多い実験BではCO₂濃度は後半でも約700ppmである。それ以外はCO₂濃度は1000～1400ppmの定常濃度となっている。実験Cは在室者は1人であり、換気量も実験Bと同等であるが、CO₂の強制発生のため、濃度は1200ppm程度になり、実験Bを上回っている。

図5 チャンバー内酸素濃度の経時変化（冬季）

図5に冬季実験におけるチャンパー内酸素濃度の経時変化を示す。実験開始時（在室者入室直後）の酸素濃度は21%だが、時間経過とともに低下していき、実験Dでは20.4%まで低下し、それ以外の実験条件では20.8%程度まで低下している。実験CはCO₂の強制発生があるが、酸素濃度については、CO₂発生以外同条件である実験Bとほぼ等しくなっている。

表6 冬季実験チャンパー内VOC濃度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

	条件	A	B	C	D	E	B.G.
a	2-Ethyl-1-Hexanol	102	70	95	162	127	35
b	Nonanal	75	19	8	93	39	36
c	Decanal	79	9	20	82	69	34

B. G. は非在室時の濃度を示す

表6に冬季実験の各実験条件において在室者がチャンパー在室後半20分間に吸引したチャンパー空気中のVOC濃度を、標準試薬を用いて同定・定量した結果を示す。表中の濃度は「B. G」と表記された非在室時の濃度からの増分値である。表6に示された3種類のVOCは在室者の在室状態において有意に増加したピークであり、体臭成分VOCの候補と考えられる。

図6に冬季実験において、来室者および在室者が申告した臭気強度の経時変化を示す。臭気強度算出のため、臭気強度申告スケールは次のように数値化した：0) 無臭、1) かすかに感じるにおい、2) 軽度を感じるにおい、3) 強く感じるにおい、4) 非常に強く感じるにおい、5) 耐えがたく感じるにおい。各プロットは各回に被験者の申告した臭気強度の平均値である。図6をみると、来室者の申告する臭気強度は経過時間とともに上昇していき、在室者

が多く換気量の少ない実験Dが最も高い値になっている。一方、在室者の臭気強度申告値は、実験中大きな変化はなく、低い値であり、実験条件間の差異もみられない。これは、臭気物質を嗅ぎ続けることによって、その物質に対する知覚が鈍る、嗅覚順応（Adaptation）¹⁾が在室者に生じたためと考えられる。実験CはCO₂の強制発生があるが、換気条件および在室者人数は実験Bと同等である。臭気強度をみると、実験Bと実験Cに大きな差異はみられず、CO₂自体は知覚空気質に影響を及ぼしていないことが確認された。空気質の状態がほぼ定常に達したと考えられる40分の時点での来室者の臭気強度申告値を用いて比較すると、有意差（ $p < 0.05$ ）があるのは、実験AとD、実験BとD、実験CとDの間のみであった。

図6 来室者および在室者の申告する臭気強度（冬季）

3.2 夏季実験

夏季実験における在室者入室状態におけるチャンパー内平均空気温度及び平均相対湿度を表7に示す。前述の通り、当該チャンパーは温湿度調整ができないため、チャンパー内温湿度は、外気条件の影響を大きく受け、夏季実験である表7では、表5の冬季実験に比べ、高温、高湿度となっている。表7にはトレーサースガス減衰法によって求めた換気回数にチャンパー容積を乗ずることによって算定した換気量も示してある。

表7 実験中の温湿度および換気量（夏季実験）

	空気温度（℃）	相対湿度（%）	換気量（ m^3/h ）
F	$29.1 \pm 0.7^*$	67.8 ± 0.7	38
G	29.0 ± 0.9	75.4 ± 1.4	16
H	30.0 ± 0.9	75.7 ± 2.1	15

*平均値±標準偏差

図7に夏季実験におけるチャンパー内CO₂濃度の経時変化を示す。夏季実験はどの実験条件も在室者が3人であるが、換気量の少ない実験G、HはCO₂濃度が後半は3000ppm近くになっている。一方、換気量が約40 m^3/h の実験FではCO₂濃度は約1300ppmの定常濃度を保っている。

図8に夏季実験におけるチャンパー内酸素濃度の経時変化を示す。

実験開始時の酸素濃度は 20.7% で、時間経過とともに低下していき、実験 F では 20.5% まで低下し、実験 G、H では 20.3% 程度まで低下している。

図 7 チャンバー内 CO₂ 濃度の経時変化 (夏季)

図 8 チャンバー内酸素濃度の経時変化 (夏季)

表 8 夏季実験チャンバー内 VOC 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

条件	F	G	H	B.G.
a 2-Ethyl-1-Hexanol	26	107	54	14
b Nonanal	6	2	7	3
c Decanal	9	3	5	2

B. G. は非在室時の濃度を示す

表 8 に夏季実験の各実験条件において在室者がチャンパー在室後半 20 分間に吸引したチャンパー空気中の VOC 濃度を同定・定量した結果を示す。表中の濃度は「B. G」と表記された非在室時の濃度からの増分値である。なお、夏季実験で、在室状態 (実験 G) および非在室時のクロマトグラムを図 9 に示す。図中の記号は、それぞれ a: 2-Ethyl-1-Hexanol, b: Nonanal, c: Decanal である。図 9 をみると、在室時の 2-Ethyl-1-Hexanol のピークが非在室時に比べ増大していることがわかる。また、Nonanal, Decanal も非在室時に比べ在室時は微小であるがピークが増大している。表 8 をみると、Nonanal および Decanal は検出された濃度が小さいが、閾値¹²⁾もそれぞれ $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と小さいため、人間に知覚されている可能性がある。なお、2-Ethyl-1-Hexanol の閾値¹²⁾は $14.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。しかし、こ

こで掲載した閾値は、三点式におい袋法での算定であるため、本研究のようなオルファクトメーター法での測定結果と直接の比較はできないため注意が必要である。

図 9 クロマトグラム例 (上: 夏季実験 G、下: 非在室時、縦軸は同一尺度)

図 10 来室者および在室者の申告する臭気強度 (夏季)

図 10 に夏季実験において、来室者および在室者が申告した臭気強度の経時変化を示す。各プロットは各回に被験者の申告した臭気強度の平均値である。図 10 をみると、冬季実験と同様に、来室者の申告と在室者の申告には大きな差異があり、在室者の嗅覚順応がうかがえる。来室者の申告では、換気量の少ない、実験 G、H の臭気強度が、換気量の多い実験 F に比べ大きな値になっていることがわかる。40 分時点での来室者による臭気強度申告で比較すると、実験 F と H との間には有意差 ($p < 0.05$) があったが、実験 G と H の間に有意差がみられなかった。実験 G と H には、来室者申告、在室者申告ともに大きな差異がなかった。本清浄機の説明書にアンモニア (初期濃度 30ppm)、一般細菌、ホルムアルデヒド (初期濃度 1.5ppm)、トルエン (初期濃度 20ppm) の除去効率に関する実証データが記載されている一方、常時発生し続けるにおい成分はすべて除去できるわけではない、との記述がある。今回用いた空気清浄機が体臭によって汚染されている空間の知覚空気質の清浄には有効でなかったと考えられる。体臭成分 VOC 除去が不十分であった理由として、発生強度の少なさ、VOC 成分の不安定性などが候補として考えられるが、考察のためには、さらなる実験が必要である。

4. 考察

体臭は、汗、尿、便、呼吸、唾液、性的排泄物および皮膚分泌物の混合と考えられている¹³⁾。腋および足の汗を含んだガーゼをヘッドスペース+GC/MS法により分析した研究成果を近年、Allisonらは報告している¹⁴⁾。Allisonらは複数の被験者の腋の汗中の50種類のVOCを同定・考察しており、その研究において、Nonanal, Decanalは体臭成分として報告されている¹⁴⁾。彼らが同定したVOCは体臭成分として常に検出されたわけではなく、被験者ごとに異なった種類のVOCが検出されている。また土師らは、ガーゼに吸着された皮脂を、ヘキサン(有機溶媒の一種)にて抽出し、GC/MS法にて分析し、40歳以上の男性のサンプルからNonanal(ノネナル)を検出し¹⁵⁾、これが広く加齢臭の要因として知られるようになった。今回の実験では、Nonanal(ノネナル)は検出されなかったが、これは在室者として雇った被験者が20代前半の男子学生であったためと考えられる。土師らは、また上記研究において、2-Ethyl-1-Hexanol, Nonanal, Decanalも体臭成分として検出しているが¹⁵⁾、これらは40歳以下の被験者の汗からも検出されている。ここで引用した研究を含め、体臭成分を調査する研究で用いられる手法は、ガーゼや洋服に吸着された成分を分析しているものが多く¹⁶⁾、周囲空気から分析したものは少ない。本研究の結果から、室内空気の捕集から分析した場合においても、既往研究で検出されているVOC(本実験では2-Ethyl-1-Hexanol, Nonanal, Decanal)が体臭成分として検出されることがわかった。しかし、Allisonらの研究でもみられるように体臭成分は個人差が大きいので、本研究で得られた体臭成分VOCが、本研究で用いた在室者特有のものである可能性がある。年齢差、性差等を考慮した、より多くの被験者を用いた研究が必要である。

図11 来室者の申告する臭気強度と化学物質濃度との関係
(2E1Hは2-Ethyl-1-Hexanolの意)

体臭に汚染された空気の汚染度を評価する指標としては、長くCO₂濃度が用いられており、換気量制御においても有効なものとして利用されている。そこで、今回の実験で得られた臭気強度申告値と、CO₂・2-Ethyl-1-Hexanol・Nonanal・Decanal濃度との関係をそれぞれ求めることにより、指標としての有効性を検討することにした。図11にCO₂・2-Ethyl-1-Hexanol・Nonanal・Decanal濃度と、それぞれの臭気強度申告値(来室者)との相関関係を示す。実験A~Hの各実験につき1プロットであり、計8プロットとなっている。VOC濃

度算出のためのチャンバー内空気は実験後半20分に捕集したものであるため、臭気強度およびCO₂も、それに相当する時間における平均値とした。

図11を見ると、2-Ethyl-1-Hexanolが臭気強度との相関係数が最も高く0.87であり、次にCO₂が臭気強度との相関係数0.69となっている。CO₂濃度と臭気強度との相関係数の算出においては、CO₂を強制発生させた実験Cは含まれていない。相関係数からみると、2-Ethyl-1-Hexanol濃度が臭気強度を予測する上で最も妥当な指標と考えられるが、データは8個と少ないため、さらなるデータ収集が必要である。

2-Ethyl-1-Hexanol, Nonanal, Decanalは体臭成分として考えられるため、体臭の健康性、快適性、知的生産性への影響を考慮する際のターゲット物質として利用できる。しかし、濃度の計測にはGCを用いる必要があり、連続測定、制御には現在のところ利用が困難である。しかも、検出される濃度が非常に低く、検出限界に近かったり、誤差が生じやすいことも考えられる。しかし、この3つのVOCは閾値が小さく、低濃度でも知覚される可能性があるため、現状では、感覚測定による知覚空気質の測定は欠かせないと考えられる。一方、CO₂濃度は連続測定が容易であり、環境制御に利用しやすい。また、臭気強度などの知覚空気質指標との相関が高く、多くの研究蓄積がある。しかし、CO₂は呼吸物質であり、体臭成分でないため、CO₂自体の健康性、快適性、知的生産性への影響は直接的には考察できない。よって体臭汚染度に応じた環境制御などの利用において、CO₂を指標として用いることが妥当である一方、体臭の健康性、快適性、知的生産性への影響、体臭のリスク評価などを詳細に考察するためには、感覚測定に基づく知覚空気質評価とともに実際の体臭成分VOCの計測が必要であろう。体臭成分VOCは、今回の研究で検出された3種のVOCだけでなく、多種の物質が着衣への吸着成分として報告されているため、今後、空間でのサンプル空気からの検出が可能な体臭成分VOCの測定、研究の蓄積が必要である。

5. まとめ

居室大チャンバーに1~3名の被験者を在室させ、異なる換気量下で、体臭による空気汚染を来室者および在室者が評価する実験を行った。その結果、以下の知見を得た。

- 1) オルファクトメーターを介してチャンバーの外部から室内空気を嗅いで評価する来室者の臭気強度の値は、在室者の在室開始後、時間とともに上昇した。一方、在室者の申告する臭気強度の値は、実験条件に関係なく、低い値であり、経時変化の度合いも少なかった。これは在室者の嗅覚順応によるものと考えられる。
- 2) 体臭成分と考えられるVOCとして、2-Ethyl-1-Hexanol, Nonanal, Decanalが検出された。特に2-Ethyl-1-Hexanol濃度は、来室者の申告する臭気強度との相関が高かった。
- 3) 従来は、体臭による空気汚染の指標としてCO₂濃度が用いられることが多かったが、今回得られた限定的なデータ数に基づく相関係数からみると、2-Ethyl-1-Hexanol濃度の方が適当な指標と考えられる。しかし、計測の安定性、連続測定の容易度、コスト等を考慮すると、CO₂濃度を指標として用いることは、現状では妥当と考えられる。

謝辞

本研究の一部は、平成 20～21 年度科学研究費補助金基盤研究 B（課題番号 20360254）による。実験の実施にご協力いただいた東京都市大学建築学科岩下研究室の関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) Cain, W.S.: Ventilation and Odor Control : Prospects for Energy Savings, ASHRAE TRANS., 85(1), pp.784-792, 1979
- 2) Winslow, C.E.: Fresh Air and Ventilation, Dutton, 1926
- 3) Fanger, P.O., and Berg-Munch, B.: Ventilation and Body Odor, Proc. of An Engineering Foundation Conference on Management of Atmospheres in Tightly Enclosed Spaces, Atlanta, ASHRAE, pp.45-50, 1983
- 4) 岩下 剛、木村建一、吉沢 晋、池田耕一、田辺新一：人間の嗅覚に基づく室内空気質の評価に関する基礎的研究、日本建築学会計画系論文報告集、第 410 号、pp. 9-19、1990. 4
- 5) Yaglou, C.P., Riley, E.C., and Coggins, D.L.: Ventilation Requirements, H.P. & A.C., Jan., pp.65-76, 1936
- 6) 岩下剛：中立温度環境の作業効率への影響及びビデオ視聴内容の長期記憶—室温の違いが作業効率に及ぼす影響（その 2）—、日本建築学会環境系論文集、第 628 号、pp. 815-821、2008. 6
- 7) 岩下 剛、仲川純子、玉木元太郎：体臭による知覚空気汚染に関する研究—その 1 生体発散物質の VOC による表現に関する試験研究—、日本建築学会環境系論文集、第 641 号、pp. 797-802、2009. 7
- 8) 岩下剛、羽田陽：室内空気汚染の知覚評価のためのオルファクトメーターシステムの開発（その 1 知覚空気質評価オルファクトメーター）、日本建築学会技術報告集、第 16 巻 第 34 号、pp. 1037-1040、2010. 10
- 9) Fang, L., Clausen, G., and Fanger, P.O., Impact of Temperature and Humidity on Perception of Indoor Air Quality During Immediate and Longer Whole-Body Exposures, Indoor Air, Vol. 8, Issue 4, pp. 276-284, 1998
- 10) Cain, W.S., Leaderer, B.P., Isseroff, R., Bergland, L.G., Ventilation Requirements in Buildings-I : Control of Occupancy Odor and Tobacco Smoke Odor, Atmospheric Environment, Vol.17(6), pp.1183-1197, 1983
- 11) Gunnarsen, L., and Fanger, P.O., Adaptation to Indoor Pollution, Proc. of Healthy Buildings '88, Vol.3, pp.157-167, 1988
- 12) 永田好男、竹内数文：三点比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定結果、日環セ所報、17、pp. 77-89、1990
- 13) 高木貞敬、渋谷達明（編）：匂いの科学、朝倉書店、1989
- 14) Allison, M., Curran, S.I., Rabin, P.A., Paola, A.P., and Kenneth, G.F.: Comparison of the Volatile Organic Compounds Present in Human Odor using SPME-GC/MS, J. Chem. Ecology, 31(7), pp.1607-1619, 2005
- 15) Shinichiro Haze *et al.*: 2-Nonenal Newly Found in Human Body Odor Tends to Increase with Aging. Journal of Investigative Dermatology/The Society for Investigative Dermatology. 116(4), pp.520-524, 2001
- 16) Janes, D. *et al.*: Influence of MHC on Odour Perception of 43 Chemicals and Body Odour, Central European Journal of Biology, 5(3), pp.324-330, 2010

(2010年10月 7 日原稿受理、2011年 2 月24日採用決定)