

知覚空気汚染質に対する嗅覚の順応・回復過程に関する基礎的研究

(その1) 体臭に対する嗅覚順応の変化特性

Basic Study on Olfactory Adaptation and Recovery Process to Perceived Air Pollutants

(Part1) Olfactory Adaptation to Body Odor

○福本 柊一郎 (大阪大学) 山中 俊夫 (大阪大学) 崔 ナレ (大阪大学) 山澤 春菜 (大阪大学)
 竹村 明久 (摂南大学) 小林 知広 (大阪大学) 川口 由莉 (大阪大学)

Shuichiro FUKUMOTO*¹ Toshio YAMANAKA*¹ Narae CHOI*² Haruna YAMASAWA*¹

Akihisa TAKEMURA*³ Tomohiro KOBAYASHI*¹ Yuri KAWAGUCHI*¹

*¹Osaka University *²Toyo University *³Setsunan University

Body odor, the major indoor odor, is the reference value for calculating the required ventilation in a room. However, the olfactory response of body odor changes over time due to the phenomenon of olfactory adaptation, in which the sense of smell becomes weaker after prolonged sniffing of an odor. In this study, we conducted an experiment using carbon dioxide concentration conditions to investigate the characteristics of the adaptation and recovery process of the sense of smell in body odor. As a result, the olfactory adaptation characteristics could be classified into several types depending on the panel and carbon dioxide concentration conditions.

1. はじめに

人が室内において日常的に曝露されている代表的な臭気のひとつが体臭である。体臭濃度の代替指標とされる室内のCO₂濃度は必要換気量を算定時の基準として採用されており、建築物衛生法では、在室者の呼気によって増加する室内CO₂濃度を1000ppm以下と定めている。また、建築物衛生法による規定は外来者が入室したときに感じる臭気質に対する評価を参考に決定されている。しかし、嗅覚に関しては、長時間同じにおいを嗅ぎ続けると次第ににおいを弱く感じ

るようになる順応現象が生じることが明らかになっており¹⁾、必要換気量を設定する際の室内CO₂濃度1000ppmという基準は場合によっては過剰な換気を促しかねない。したがって、体臭への長時間曝露時の嗅覚応答特性を調査することは、快適かつ省エネルギーな室内環境設計の構築に有用であるといえる。

そこで、本研究では、体臭に対する嗅覚順応・回復の変化特性を把握するため、被験者実験にて嗅覚に関する経時的な主観評価を測定した。

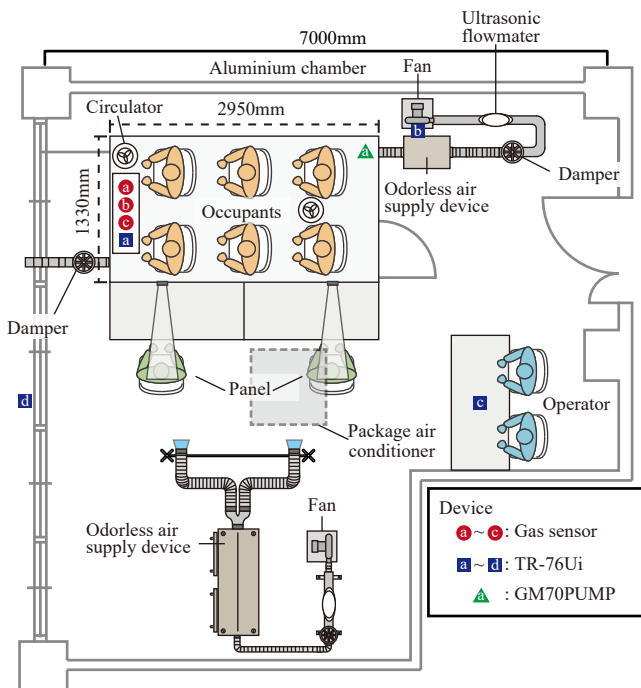


Fig.1 Experiment room

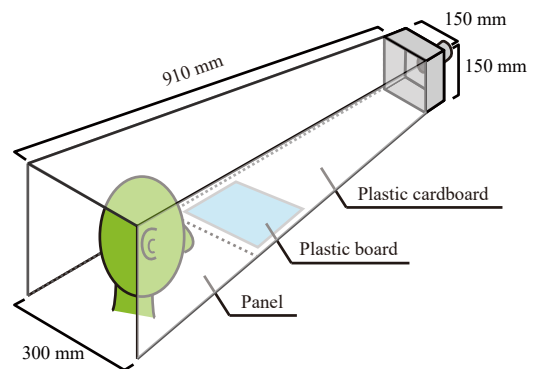


Fig.2 Detail of sniffing Duct

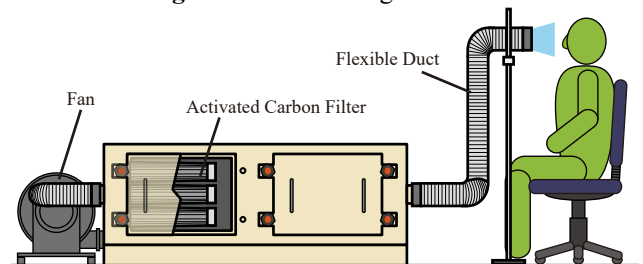


Fig.3 Odorless air supply device

Table 1 Date of experiment and participating panels

Middle concentration case					High concentration case				
Date	Time	Panel	Average of CO ₂ concentration	Flow rate per person	Date	Time	Panel	Average of CO ₂ concentration	Flow rate per person
2023/11/24	10:40~12:30	1,2	2676.6 ppm	6.65 m ³ /h	2023/12/5	14:30~16:20	6,11	5364.4 ppm	3.43 m ³ /h
	15:30~17:10	3,4	3031.1 ppm	6.53 m ³ /h	2023/12/6	10:45~12:40	5,7	4893.4 ppm	3.42 m ³ /h
2023/12/12	10:15~12:00	5,6	2704.0 ppm	7.15 m ³ /h	2023/12/8	10:45~12:35	1,10	4717.8 ppm	3.42 m ³ /h
2023/12/14	10:10~12:00	7,8	2704.4 ppm	7.08 m ³ /h	2023/12/14	14:45~16:40	4,9	5259.3 ppm	3.58 m ³ /h
2023/12/19	10:40~12:20	9,10	2685.1 ppm	6.62 m ³ /h	2023/12/15	10:45~12:35	3,8	4906.5 ppm	3.58 m ³ /h
	14:40~16:40	11,12	3023.5 ppm	6.67 m ³ /h	2023/12/18	14:15~16:05	2,12	4996.5 ppm	3.60 m ³ /h

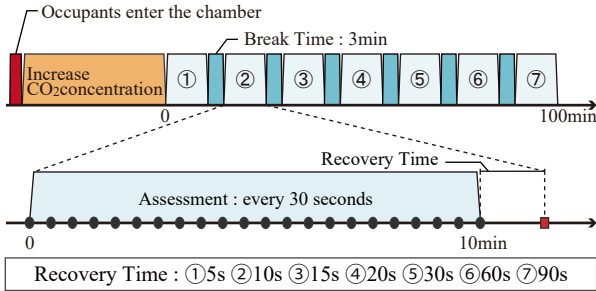


Fig.4 Experimental time schedule

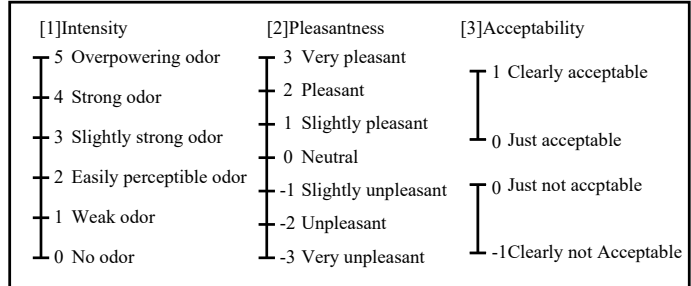


Fig.5 Subjective evaluation scales

2. 実験概要

本実験は2023年11月～12月の期間、大阪大学吹田キャンパス AR 棟 725 室 (以下、実験室) にて行った。実験室平面図を Fig.1 に示す。

実験室には容積 7.65m³ のアルミチャンバー (以下、チャンバー) を設置し、臭気発生は全てチャンバー内で行った。本実験では、体臭発生源として在室者 6 名をチャンバー内に入室させ、体臭濃度を均一にするため、サーキュレーターを 2 台稼働した。またチャンバー内には無臭空気による給気を行った。

パネルはチャンバーに接続した正四角錐状の箱 (以下嗅ぎダクト) に頭を入れ、におい評価を行う。嗅ぎダクトの詳細を Fig.2 に示す。パネルが嗅覚の回復を行う際は、実験室内に設置した無臭空気供給装置を使用した。無臭空気供給装置の詳細を Fig.3 に示す。

実験中は Fig.1 に示す測定点において小型 CO₂ 温度計 (T&D 社製、TR-76Ui) による CO₂ 濃度及び温湿度の測定、フィガロ技研製 TGS2600、TGS2602、TGS2603 によるガス濃度の連続測定を行った。

パネルは、非喫煙者である本学学生 12 名 (男性 10 名、女性 2 名、21～25 歳) を採用し、パネル全員に嗅覚試験 (T&T オルファクトメータ) を行い、正常な嗅覚を有すると認められた。パネルには実験参加時間に応じて適切な報酬を支払った。

2.1 実験条件

本実験では、体臭濃度の代替指標とされる室内 CO₂ 濃度について、労働衛生安全規則により定められた許容濃度 5000 ppm を参考に条件を決定した。チャンバーへの給気量を調整することで体臭濃度による条件を設定し、在室者一人当たり約 7m³/h で換気し、室内 CO₂ 濃度を 2650 ppm 程度で定常させる中濃度条件、一人当たり約 3.5m³/h で換気し、室内 CO₂ 濃度を 5000 ppm 程度で定常させる高濃度条件の 2 条件とした。

各条件を行った実験日程の詳細を Table1 に示す。

2.2 実験手順

実験のタイムスケジュールを Fig.4 に示す。初めに、在室者をチャンバー内に入室させ、実験条件の CO₂ 濃度で定常状態となった後、パネルは実験室内に入室し、におい評価を行った。本実験では嗅覚反応における順応及び回復過程に着目し、各過程における臭気評価の挙動を測定する。パネルは嗅ぎダクトに頭を入れ、10 分間で 30 秒ごとに計 21 回の評価を行った後、無臭空気供給装置から出る空気を指定秒数間嗅いで嗅覚の回復を行い、再び嗅ぎダクトの中に頭を入れて 22 回目の評価を行う。以上の工程で、嗅覚の回復時間をそれぞれ 5 秒、10 秒、20 秒、30 秒、40 秒、60 秒、90 秒の 7 段階で変更し、順応過程及び回復過程における嗅覚応答を測定する。また、回復時間を変更する各段階間には嗅覚の回復を行うためパネルに無臭空気供給装置から出る空気を 3 分間吸引させた。

実験中、パネルには嗅ぎダクトと無臭空気供給装置との移動間で可能な限り呼吸をしないことと、臭気を評価する際は鼻呼吸を行うことを指示した。

2.3 評価項目

評価項目は臭気強度 (6 段階)、快不快度 (7 段階)、受容度 (二者択一) の 3 項目とした。パネルは評価用紙の各項目における数直線上の自由な位置に斜線を引き、斜線と各項目の最低評価からの距離で結果を算出した。評価項目の詳細を Fig.5 に示す。

3. 実験結果と考察

3.1 各パネルの臭気強度評価結果

臭気強度における各パネルの順応過程の評価平均値及び回復過程の評価を Fig.6 に示す。

順応過程における臭気強度変化について、齊藤ら²⁾ はトリメチルアミンの持続提示による臭気強度の時間依存性から嗅覚特性による分類を行った。嗅覚特性による分類の傾向は、本実験における結果においても確認され、中濃度条件においてはパネル 2、3、5、6、7、

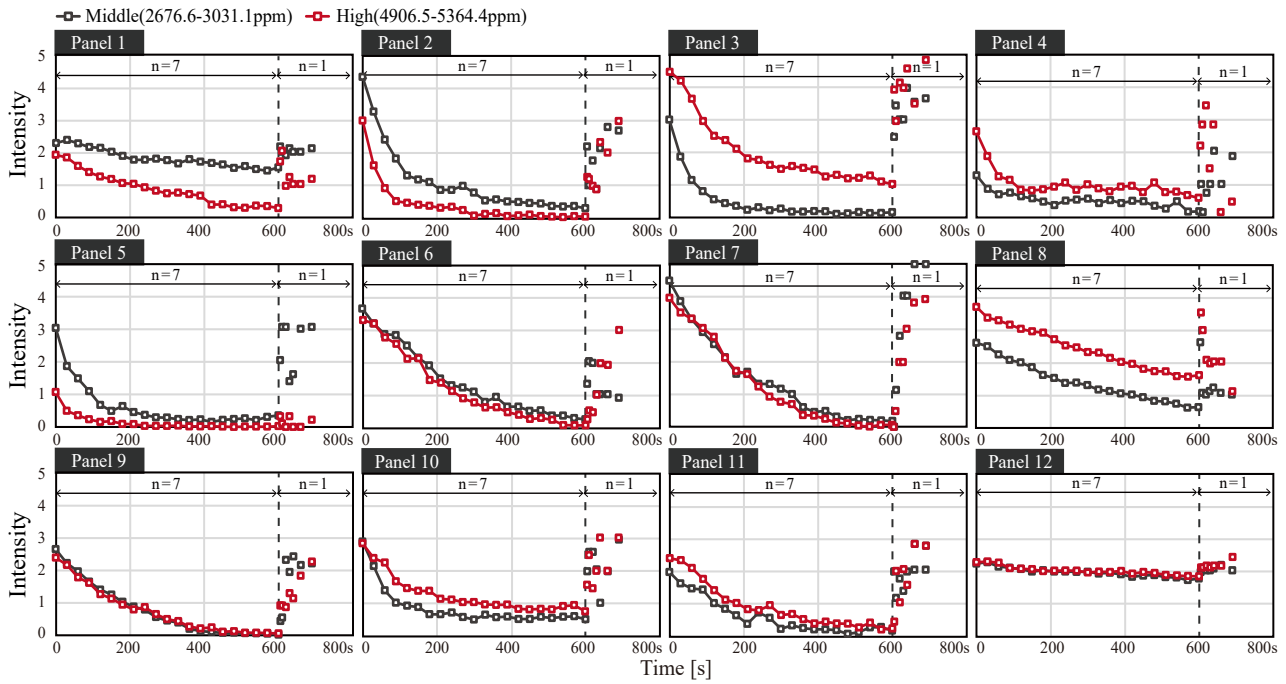


Fig.6 Odor intensity for Middle concentration case and High concentration case

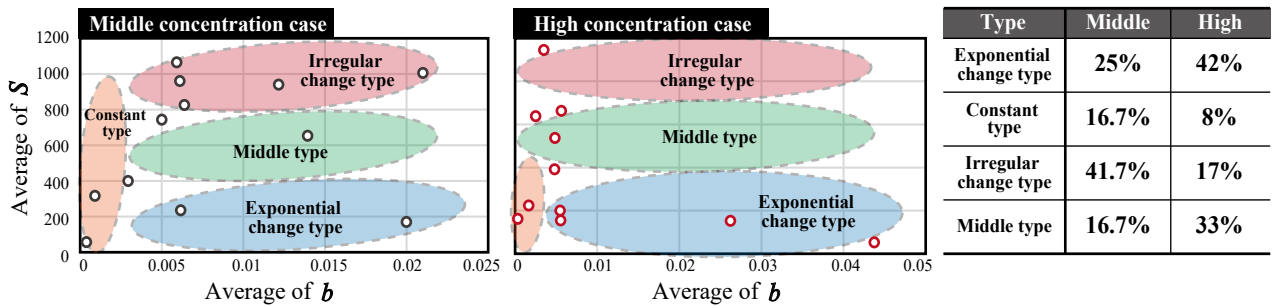


Fig.7 The relationship between average of b and average of S

8、9、10、11に指数関数型、パネル1及びパネル12において不変型の傾向が見られた。また中濃度条件の回復過程においては、順応過程に比べて変動は大きいものの回復時間が長くなるにつれて臭気強度が上昇し、嗅覚が回復する傾向が多くのパネルに見られた。しかし、パネル1、6、8、9については回復過程において回復時間が短い段階で臭気強度が大きく上昇し、その後回復時間が増加しても臭気強度の大きな上昇は見られなかった。この傾向は回復過程においても指数関数型や不変型等の回復特性が存在することを示唆している。

条件間における比較では、中濃度条件よりも高濃度条件で高い臭気強度評価を行っているパネル、反対に中濃度条件で高濃度条件時よりも高い臭気強度を評価しているパネル、もしくは両条件で同程度の評価を行っているパネルが偏りなく見られ、換気量の増加によって体臭強度は必ずしも減少しない結果が得られた。この結果から、体臭の臭気強度評価に対して、湿度やパネルの体調といった体臭濃度以外の要因が影響を及ぼしたことが考えられる。

順応過程における評価特性の分類に関して、順応過程における評価は各評価時間において7回の評価の平

均値を示すため、特に変動型のパネルにおいては評価を平均することでその傾向が弱くなる可能性がある。そこで、長期的な臭気曝露により、臭気強度は指数関数的に減衰すると仮定し、Equation1に示す式における定数 a 、 b を各条件における7回の順応過程で最小二乗法により同定を行い、 b の平均値 \bar{b} 、残差平方和平均値 \bar{S} を用いて嗅覚特性の分類を行う。

$$I(t) = a \cdot e^{-bt} \quad \text{Equation1}$$

各条件における b の平均値 \bar{b} 、残差平方和平均値 \bar{S} の関係と嗅覚特性の分類結果を Fig.7 示に示す。 \bar{S} の値が大きいほど、近似式からの残差が大きく評価が変動していることを示しており、 \bar{b} が大きく、 \bar{S} が小さいほど Equation1 に近似しており、減衰型の特性を示す。中濃度条件では減衰型 25%、不変型 16.7%、変動型 41.7%、中間型 16.7%、高濃度条件では減衰型 42%、不変型 8%、変動型 17%、中間型 33% に分類できた。中濃度条件において最も多かった変動型に関しては平均値による結果からは見られなかったことから、嗅覚特性の分類において指数関数による近似式を用いた検討は有用であるといえる。また、体臭濃度条件によって嗅覚特性の分類構成が異なることから、

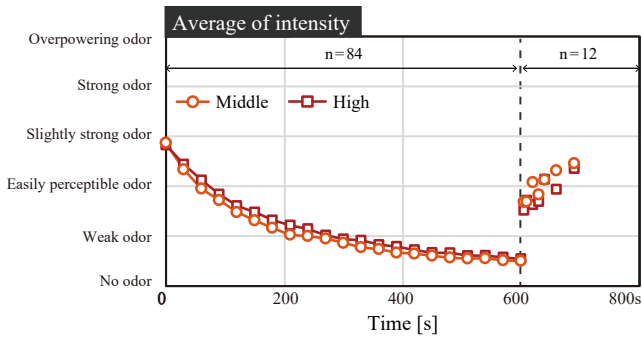


Fig.8 Average of odor intensity

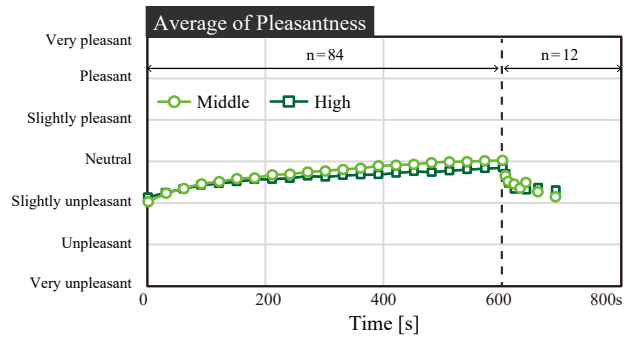


Fig.9 Average of pleasantness

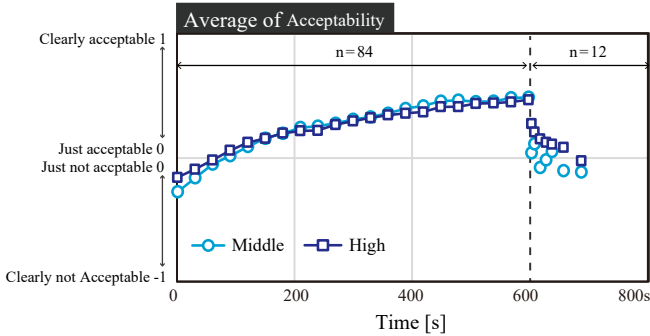


Fig.10 Average of acceptance of odor

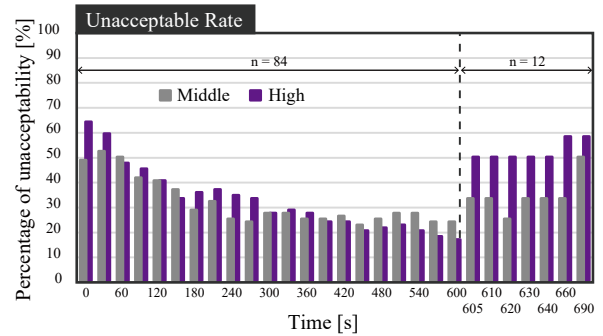


Fig.11 Non-acceptance rate

同様の臭気であっても強度によって嗅覚特性の分類による型は異なることが示唆された。

3.2 嗅覚順応における CO₂ 濃度と臭気強度との関係

各条件における臭気強度の全パネルの評価値平均を Fig.8 に示す。臭気強度の評価に関しては濃度条件間で順応過程及び回復過程の両過程においてほとんど大きな差は見られなかった。CO₂ 濃度は体臭濃度の代替指標としても使用されることから、CO₂ 濃度が上昇することにより、特に順応過程開始時の臭気強度に差が生じることが予測できた。しかし、本実験においては低い側の濃度条件である中濃度条件における評価平均値の方が微量ながら高い値となった。この結果から、CO₂ 濃度を体臭濃度の代替指標として比例関係的に表現することに対する限界があること、全パネルが2条件を同じ順序では行っていないことから実験時のパネルの体調や在室者の体調が評価に影響を及ぼした可能性が考えられる。

3.3 嗅覚順応における CO₂ 濃度と快不快度との関係

各条件における臭気強度の全パネルの評価値平均を Fig.9 に示す。快不快度についても臭気強度と同様に濃度条件の違いによる傾向の差は見られなかった。一方、両条件において順応過程で時間が経過するにつれて不快側の評価から、快でも不快でもない中立的な評価への変化が見られた。順応過程が進むことで臭気強度が無臭側に変化し、快不快度の評価がその影響を受けたものと考察できる。回復過程における快不快度の変化は順応過程によるものと逆の傾向を見せ、回復時間が長くなるにつれて快不快度が低下した。しかし、順応過程よりも回復過程における傾向の方が変化の傾きが大きく、順応過程と回復過程の快不快度評価の変化において進行速度の違いが見られた。

3.4 嗅覚順応における CO₂ 濃度と受容度及び非容認率との関係

各条件における受容度の全パネルの評価値平均及び非容認率を Fig.10、11 に示す。ここで、非容認率とは評価項目の受容度において「受け入れられない」側の評価を行ったパネルの割合を表す。受容度についても臭気強度、快不快度と同様に濃度条件の違いによる傾向の差は見られなかった。両条件、受容度の評価に関しては、順応過程の初期は受容度が低い値を示すのに対して、時間を追うごとに受け入れる側へと変化し、非容認率については順応時間が進行するにつれて低下が見られた。これは、臭気強度が順応過程で減少することにより、臭気に対する評価が無臭空気に対する評価を行っている状態に近づくことで、受容度の評価についても影響を受けることが考えられる。

4. おわりに

本報では、体臭における嗅覚の順応・回復過程における嗅覚特性を調べるため、給気量の調整による室内 CO₂ 濃度条件を用いた被験者実験を行った内容について述べた。次報では、体臭同様、室内における主要な臭気である建材臭についての嗅覚順応特性について調査した実験結果を報告する。

【謝辞】

本研究は、ダイキン工業(株)との共同研究であり、関係各位に謝意を表します。また、実験に参加していただいた本学学生の皆様に感謝いたします。

【参考文献】

- 1) Ulf Berglund: "DYNAMIC PROPERTIES OF THE OLFACTORY SYSTEM", Annals of the New York Academy of Sciences, Volume 237, Odors: Evaluation, Utilization, and Control pages 17-27, September 1974
- 2) 齊藤幸子、綾部早穂、小早川達: 持続臭気の時間依存強度と知覚特性の関係、におい・かおり環境学会誌、39(6)、pp.399-407、2008