

## 嗅覚を用いた臭気濃度測定法の改善に関する研究

### その1 CFD解析と実験に基づく自己吸引手法の検証<sup>1</sup>

## Improvement of Measurement Method of Odor Concentration by Olfactory

### Part 1 Verification of Self-suction Method by CFD Analysis and Experiment

竹村明久<sup>2</sup>

摂南大学理工学部 住環境デザイン学科

堀江昌朗

摂南大学理工学部 機械工学科

藤本侑佑

摂南大学大学院理工学研究科 生産開発工学専攻

TAKEMURA, Akihisa Department of Living and Environmental Design, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

HORIE, Masaaki Department of Mechanical Engineering, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

FUJIMOTO, Yusuke Division of Industrial Development Engineering, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

#### Abstract

Triangle odor bag method adopts a self-suction method as a general method of sniffing. However, there is concern about the decrease in suction concentration from the odor bag because of the dilution with the air existing in the mask or the air entering through gaps between the mask and the face. We conducted CFD analysis in order to easily predict airflow properties. Moreover, the measurement of air suction volume assuming the threshold measurement was also conducted in order to verify of the boundary condition in CFD analysis and to grasp the effect on measured thresholds. Consequently, it was revealed that the decrease of odor concentration suctioned from the odor bag was dependent on both the volume of breath, and widths of clearance between the mask and the face. However, there was a small effect on measured thresholds.

キーワード: 三点比較式臭袋法, 臭気濃度, 嗅覚閾値, 数値流体力学

**Keywords :** triangle odor bag method, odor concentration, olfactory threshold, computational fluid dynamics

<sup>1</sup> 【原稿受付】 2017 年 7 月 5 日, 【掲載決定】 2017 年 9 月 15 日

<sup>2</sup> 【主著者連絡先】 竹村明久 摂南大学, 講師 e-mail: a-takemu@led.setsunan.ac.jp  
〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8, 摂南大学理工学部住環境デザイン学科

## 1. はじめに

臭気濃度とは閾希釈倍数のことで、最小値 1 は嗅覚閾値濃度を意味する。そのため、空間における悪臭の臭気濃度は、換気によって嗅覚閾値まで臭気の濃度を低減する、すなわち空間の悪臭を感じない濃度に低減するために必要な希釈倍数とも読める。そのため、日本建築学会の環境基準<sup>(1)</sup>における環境判断の一指標とされたり、臭気濃度の指数である臭気指数が悪臭防止法の指標<sup>(2)</sup>とされたりするなど、悪臭対策のための重要な指標として用いられている。三点比較式臭袋法は、悪臭防止法における臭気指数測定（すなわち臭気濃度も算定可能）のための公定法であり、嗅覚を用いて臭気の濃度測定を行う手法である。具体的には、3つのPET製におい袋（容量3L）のうち1つに測定対象臭気を無臭空気適宜濃度調整した試料を、残りの2つに無臭空気を封入して、T&T オ

ルファクトメータに合格したパネル（嗅覚に関するスクリーニング合格者である被験者）に提示し、有臭袋を回答させて袋内の試料臭気について嗅覚を用いて検知できるかを調べる方法である。この検臭作業の中で、におい袋からの臭気の吸引には、基本的には自己吸引、すなわちにおい袋に外圧を加えずに袋内臭気を呼吸によって吸出すように指示されている<sup>(3)</sup>、そのためにPET製の鼻あてを顔に十分に密着させて吸引する必要がある。一方で、顔面の形状には個人差があり、鼻あてと顔との間には隙間が生じる可能性も考えられ、その場合には吸引時に鼻あて外部からの流入空気によって、吸引臭気の濃度が低下し、三点比較式臭袋法の精度に影響するおそれがある。

本研究では、精度のよい臭気濃度測定手法の確立によって、より良好な室内外のにおい環境を実現することを目指として、三点比較式臭袋法の原則手法である自己吸引法の場合に想定される吸引量と隙間条件から、袋内臭気に対する吸引臭気の濃度の割合の予測、および同法における吸引流量や吸引量の個人差の傾向の把握、そして測定結果の検討を行い、自己吸引法の注意点の明示や精度向上のための提案を目指す。

## 2. CFD 解析に基づく吸引臭気の濃度予測

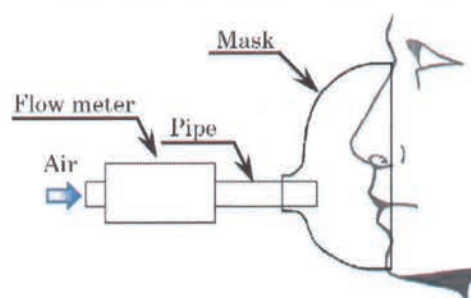


図1 測定概要

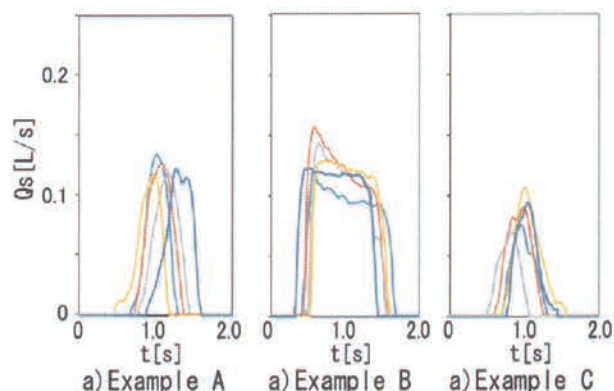


図2 吸引流量の測定結果

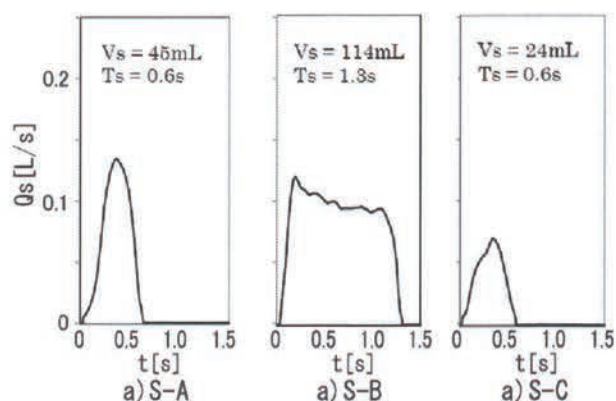


図3 代表的吸引パターン



## 2-1 境界条件作成のための吸引量測定

CFD を用いて鼻あて内の気流性状と吸引臭気の濃度を簡易に予測することを考えた。まず、鼻孔からの吸引量を気流解析の出口の境界条件として設定するため、図 1 のように鼻あてと気体用流量センサ (KEYENCE 社製 FD-A10) を用いて検臭者の吸引量の測定実験を行った。測定は、2015 年 10 月 20 日に摂南大学の流体システム工学実験室で実施し、実験参加者である 20 代の学生 9 名 (男 8 名, 女 1 名) に、実験前に実験者から三点比較式臭袋法について説明し、鼻あてを可能な限り外気が流入しないように顔表面に押し当て、0.5 秒間で鼻から吸引するように指示した。なお、計測は 5 回繰返し行った。また、実験にあたって、実験参加者には実験内容の説明と、実験には自由意思で参加できること、途中での参加取り止めが可能である旨などを説明文書を用いて行い、文書による同意を得た。図 2 に吸引流量の測定結果の一例を示す。縦軸は吸引流量  $Q_s$  [l/s], 横軸は時間  $t$  [s] とし、それぞれ同一実験参加者の 5 回分の測定結果を示している。吸引パターンには個人差はあるが、各自の 5 回分の吸引パターンはほとんど同じであり、ここでは割愛するが他の被験者も同様の傾向を示した。なお、図 2 の 3 名は必ずしも指示通りの 0.5 秒間の吸引とはなっていないが、この指示は「強く短く吸引すること」を実験参加者に意識させるための指示であり、厳密な吸引時間を問題とはしていないため、ここでは問題ないと考えた。また、三点比較式臭袋法の実施時には、吸引速度や総量に個人差が存在するため、図 2 の測定結果は吸引流量測定結果の一例としては妥当と考えた。9 人の測定結果から、代表的な吸引パターンとして図 3 に示す 3 種類のパターンに設定し、これらの吸引流量を数値解析における出口境界条件として与えることにした。

## 2-2 数値解析モデル

次に、図 4 に数値解析モデルを示す。計算モデルは鼻腔部、鼻あて部、におい袋から鼻あてに接続されるパイプ部によって構成されている。ここで鼻腔部は簡易モデルとして直径 12mm の二つの円筒が 1 つの円筒に合流した形状をしており、鼻孔入口から出口までの距離を約 60mm とした。パイプ部は近江オドエアーサービス社製におい袋 (30) のガラス管とほぼ同じ形状で、パイプの内径を 10mm、長さを 60mm とし、鼻の先端から約 15mm

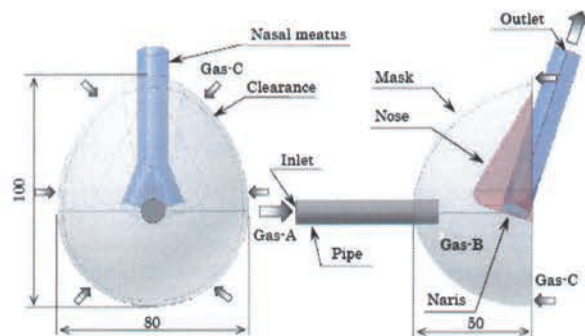


図 4 数値解析モデル

離れた位置にパイプ出口を設置した。また、鼻あては同社製製品とほぼ同じ形状とし、顔に接触する部分は簡易的に鼻の形状のみを模擬した。なお、パイプ部の容量は約 5ml、鼻の形状を差し引いた鼻あて部の容量は約 190ml、鼻腔部は約 10ml である。また、数値解析では鼻あてを顔表面に密着させた場合 (隙間  $\delta=0$ mm) のモデルと鼻あてと顔表面の間に隙間がある場合を想定した簡易モデルを用いた。鼻あてを顔に押さえつけたときにできる隙間は、顔の凹凸や押さえ付け方によって隙間ができる場所や大きさに個人差があると考えられるが、本研究で用いた隙間を想定した簡易モデルでは、鼻あてモデルの顔側の外縁の内側に 2 種類の帯状の隙間 ( $\delta=0.5, 1.0$ mm) を設定した。なお、それぞれの解析モデルの要素数は約 22 万とした。入口境界はパイプ部のにおい袋側端面とし、自己吸引を想定していることから大気圧に設定した。また、鼻腔部の端面を出口境界とし、前述の実験

で得られた 3 種類の吸引流量を設定した。入口から流入する気体を Gas-A、初期の状態からパイプ部、鼻あて部、鼻腔部に存在している気体を Gas-B、鼻あてと顔表面の間に隙間を設けた際に鼻あて外部から流入する気体を Gas-C とした。ここでにおい成分を含む気体は Gas-A であり、全ての気体は 25℃ の非圧縮性の空気とした。数値解析においては汎用熱流体解析ソフトウェア ANSYS CFX16.1 を用い、乱流モデルは SST (Shear Stress Transport) モデルを採用し、非定常解析を行った。

### 2-3 気流解析結果 (S-A, $\delta=0$ )

図 5 に吸引パターンが S-A で隙間がない場合 ( $\delta=0\text{mm}$ ) の鼻あて内部の流線、渦度、濃度分布を示す。ここで、渦度分布では黒色になるにつれて正負の渦度が高くなり、また、濃度分布ではにおい袋から鼻あてに流入する Gas-A の濃度割合が高くなることを意味している。また、例示している時刻は吸引流量  $Q_s$  が最大となる  $t=0.35\text{s}$  とその前後の  $0.2\text{s}$ ,  $0.5\text{s}$  とした。鼻腔出口において吸引開始時には鼻あてや鼻腔内部に始めから存在する Gas-B が吸引され、Gas-A は入口側から鼻あて内部に流入する。 $t=0.35\text{s}$  では、Gas-A は鼻腔内部に流入するが、一部の Gas-A は鼻や顔表面に衝突することによって形成される渦に巻き込まれて鼻あて内部で拡散する。 $t=0.5\text{s}$  になると  $Q_s$  は減少し、鼻の下部に形成された渦により Gas-A と B の混合領域は広がる。ここでは割愛するが、吸引終了後は鼻あて内部に形成された渦によって Gas-A はより広い範囲に拡散することが確認された。

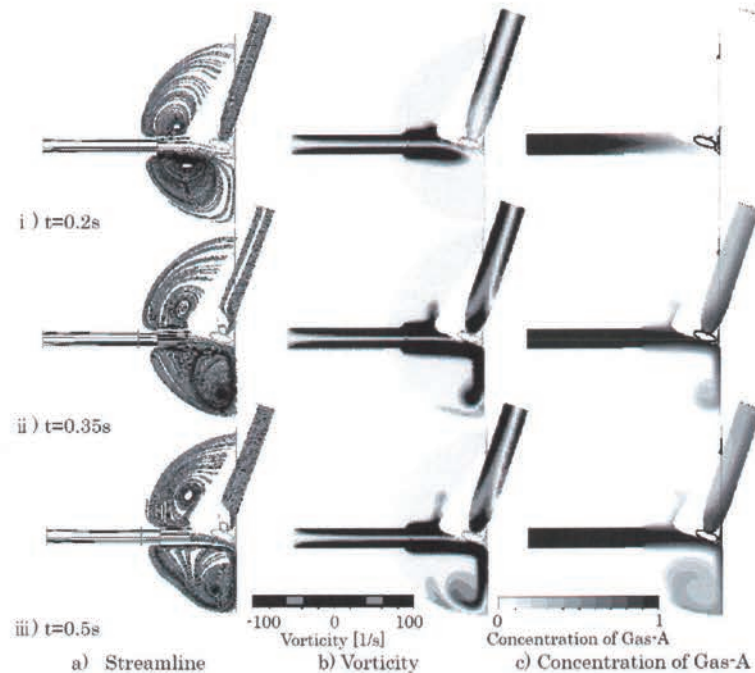


図 5 鼻あて内の気流解析結果 (S-A,  $\delta=0$ )

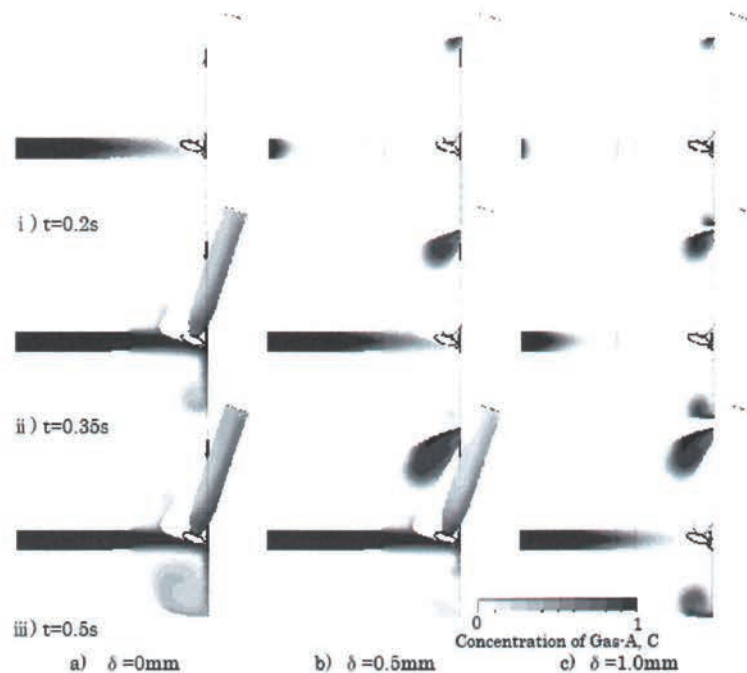


図 6 Gas-A, C 濃度の鼻あて内分布 (S-A)



## 2-4 GAS-A, C 濃度の鼻あて内分布 (S-A, B, $\delta$ 条件間比較)

図 6 に吸引パターンが S-A で隙間  $\delta$  がそれぞれ 0, 0.5, 1.0mm の場合の濃度分布を示す。なお、隙間がある場合、におい袋側からは鼻孔に向かって Gas-A が流入し、鼻あて外縁内側の隙間から Gas-C が鼻あて内部に流入し鼻孔に向かって流れる。ここで、濃度分布の濃淡は黒色になるにつれて Gas-A または Gas-C の濃度が増すことを意味している。 $\delta=0.5\text{mm}$  の場合、吸引開

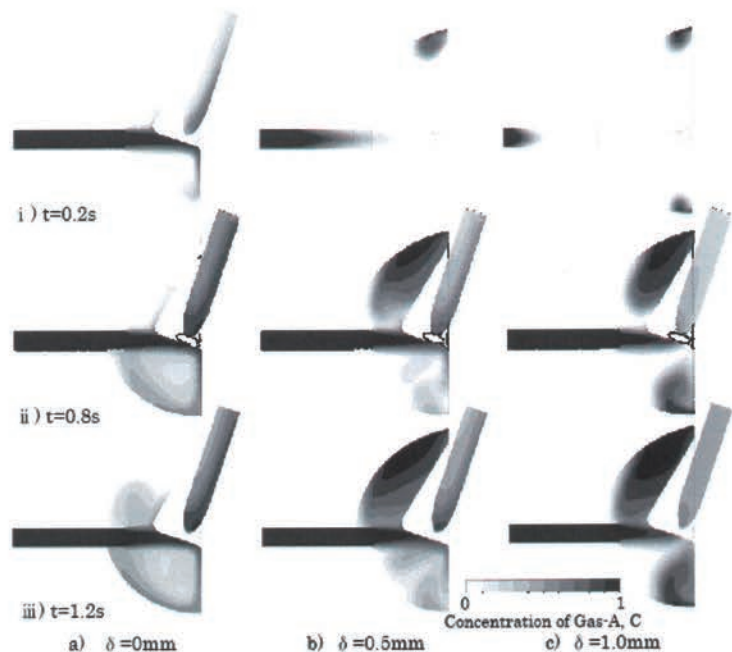


図 7 Gas-A, C 濃度の鼻あて内分布 (S-B)

始と同時に隙間からも Gas-C が鼻あて内部に流入する。しかし、Gas-A は  $t=0.2\text{s}$  において入口側から鼻あて内部にほとんど流入しておらず、 $\delta$  が 0mm の場合に比べての鼻腔入口に到達するまでの時間が遅くなる。この傾向は隙間が大きくなるにつれて顕著になり、 $\delta=1.0\text{mm}$  の場合、 $t=0.5\text{s}$  でも鼻腔部に Gas-B 以外の気体はほとんど吸引されていない。これは、隙間が大きくなることによって、鼻あて内部に流入する Gas-A, C が Gas-B を鼻腔側に押し出し、Gas-B が吸引されやすくなるためだと考えられる。

図 7 は吸引パターンが S-B の濃度分布を示している。例示している時刻は吸引流量が最大となる  $t=0.2\text{s}$ 、流速の変化が少ない  $t=0.8\text{s}$ 、吸引終了直前の  $t=1.2\text{s}$  とした。濃度分布の濃淡は図 6 と同様である。 $\delta=0\text{mm}$  の吸引初期の状態から  $Q_s$  が最大となる  $t=0.2\text{s}$  の濃度分布は S-A の場合とよく似ている。また、 $T_s$  が長いために吸引終了直前の  $t=1.2\text{s}$  において S-A よりも広い範囲に Gas-A は拡散し、鼻腔部の Gas-A の濃度は S-A の場合よりも高くなる。 $\delta=0.5\text{mm}$  では、S-A の場合と同様に吸引初期から Gas-C が鼻あて内部に流入し、Gas-A がパイプを通り鼻あて内部に流入するまでの時間が遅くなる。また、S-B は S-A に比べて  $V_s$  が大きいので、Gas-C の流入も多く、鼻あて内部で 3 種類の気体が広い範囲で混合されるようになる。さらに、S-B の場合、 $\delta=1.0\text{mm}$  であっても混合気体を吸引していることが確認された。

ここでは割愛するが、吸引パターンが S-C の場合、濃度分布の時間変化の様子は S-A の場合とよく似ている。隙間がある場合、 $V_s$  が少ないために鼻あて外部からの気体の流入も少なく、各気体が混合する領域も狭くなる。また、鼻腔部の濃度分布はほとんど変化せず、Gas-B 以外の気体は鼻腔内部に流入していないことが確認された。

## 2-5 GAS-A, B, C の吸引量

図 8 は鼻孔出口における各気体の体積濃度率  $\phi$  の時間履歴の数値解析結果を示している。なお、横軸は無次元時間  $t/T_s$ 、 $\phi$  の添え字は気体の種類、図中の数字は  $t/T_s=1$  における濃度率を示している。i) の S-A の場合、 $\delta=0\text{mm}$  のとき  $t/T_s$  が約 0.2 以降に Gas-A が鼻孔出口で検出され、 $t/T_s$  が約 0.3 で Gas-A の体積濃度率  $\phi_A$  は約 0.5 となる。その後は時間が経過しても濃度率はほとんど変化せず、吸引終了時の  $\phi_A$  は約 0.55 であった。これは時間の経過に伴い吸引量は減少する

ものの、鼻腔入口から内部における Gas-A の混合割合がほぼ一定になるためであると考えられる。 $\delta=0.5\text{mm}$  の場合、Gas-A が鼻孔出口に到達する時間は遅くなるが、鼻あて外部から流入してくる Gas-C は鼻腔内部へ流入することはほとんど無く、吸引終了時の  $\phi_A$  は約 0.32、 $\phi_C$  はほぼ零であった。 $\delta$  が 1.0mm になると、Gas-B のみが吸引されるようになり、 $\phi_A$ 、 $\phi_C$  はほぼ零となる結果を得た。これは図 6 に示したように、隙間の面積が大きくなると鼻あて内部に Gas-C が流入しやすくなり、Gas-B が鼻腔側へ吸引されやすくなるためであると考えられ、自己吸引において鼻あてと顔の表面の隙間が大きい場合、S-A のような吸引パターンでは、臭袋の気体を吸引することが困難であることを意味している。

ii) の吸引パターンが S-B で  $\delta$  が 0mm の場合、 $t/T_s$  が約 0.1 から Gas-A の吸引が始まり、吸引終了時の  $\phi_A$  は約 0.67 で S-A よりも高い値となった。また、 $\delta=0.5\text{mm}$  の場合、 $t/T_s$  が約 0.2 以降に Gas-A が鼻腔出口に到達し、 $t/T_s$  が約 0.5 から Gas-C が吸引され始める。S-A と同様に、隙間があることによって Gas-A の吸引量は減少し、吸引終了時の  $\phi_A$  は約 0.37 であり、 $\phi_C$  は約 0.12 であった。 $\delta=1.0\text{mm}$  の場合、 $t/T_s$  が約 0.4 から Gas-A と C が同時に吸引され、吸引終了時には、 $\delta=0.5\text{mm}$  の場合に比べて  $\phi_A$  は約 0.16 に減少し、 $\phi_C$  は約 0.32 に増加する。このことから、

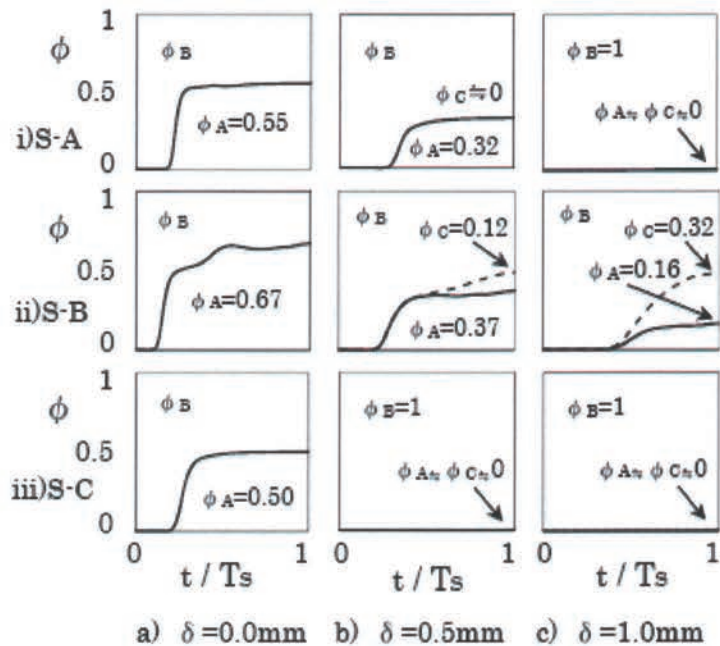


図 8 鼻孔出口における Gas-A, B, C の体積濃度率  $\phi$  の時間履歴

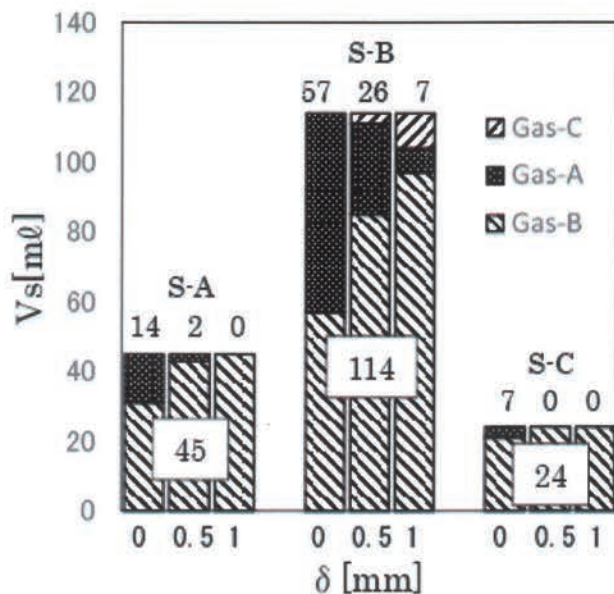


図 9 Gas-A, B, C の吸引量



S-B の様に長い時間をかけて多く吸引することにより、隙間が大きくても低い濃度ではあるがにおい袋の気体を吸引することができると考えられる。iii)のS-Cの場合、 $\delta$ が0mmでは $\phi_A$ は約0.5であったが、 $\delta$ が0.5mm以上では $\phi_A$ はほぼ零であるという結果を得た。このことから、臭気測定において吸引パターンがS-Cの被験者は、特に鼻あてを隙間ができないように顔に密着させて吸引する必要があると考えられる。

図9にそれぞれの吸引パターンにおける各気体の吸引量を示す。横軸は隙間 $\delta$ 、縦軸は吸引量 $V$ であり、グラフのハッチングの違いはGas-A, B, Cを示しており、各グラフの中央に記された数値はそれぞれの吸引パターンにおける総吸引量である。S-Aの場合、 $\delta=0\text{mm}$ では総吸引量 $V_s=45\text{mL}$ に対してGas-Aの吸引量 $V_{sA}$ は14mLと全体の3割程度であり、 $\delta=0.5\text{mm}$ では $V_{sA}$ は僅か2mL、 $\delta=1.0\text{mm}$ ではGas-Aは全く吸引されていない。S-Bの場合、隙間がない場合では総吸引量の1/2程度のGas-Aを吸引しており、 $\delta=1.0\text{mm}$ であっても総吸引量の約6%にあたる7mL程度のGas-Aを吸引している。S-Cの場合、隙間が無い場合であってもGas-Aの吸引量は極めて少なく、隙間がある場合は全く吸引されていない。

以上のことから、自己吸引による臭気測定においては、どのような吸引パターンであっても鼻腔出口にGas-Aが到達するために鼻あてを顔表面に密着させて吸引する方法が適切であるといえる。しかし、実際の臭気測定試験では、薄いPET製の鼻あてを顔に密着させて吸引することは困難と考えられ、吸引により鼻あて内部が負圧となるため形状が変形し、鼻根部から外気が流入してしまう可能性がある。このように隙間がある場合はS-Bの様に長い時間をかけて吸引する方法が適していると考えられる。しかし、吸引初期ににおい成分以外の気体を多く吸引してしまうこと、また、吸引量が少ない被験者は鼻あてを密着させてもにおい成分を含む気体の吸引量が少なく、より多くの気体を吸引しようとして異なる吸引方法となることが懸念される。これらが自己吸引法を用いた三点比較式臭袋法における臭気評価・測定の誤差の一因になっていると考えられる。

### 3. 吸引量測定実験による吸引量の把握

#### 3-1 吸引量測定実験概要

吸引量の測定は、前章の境界条件に設定した吸引量の妥当性の確認と、吸引時の鼻あてと顔との隙間からの流入空気状況の確認のため、前章の測定手法に準じて、2016年11月24日と12月8日に、本学機械工学科実験室にて吸引量測定を実施した。測定には、気体流量計（KEYENCE製、FD-A10）を用いて、鼻あてを用いた吸引流量測定には、図1のように、臭気ではなく室内空気を三点比較式臭袋法の自己吸引法と同じ手法で吸引させた。吸引量測定実験では、実験参加者に0.5, 3sでの吸引を指示した条件のほか、鼻あての顔に接触する部分にクッションテープ（ニトムズ社製、EPDM製）を貼って、顔との隙間の減少を企図した「改良鼻あて」を用いて0.5, 3sでの吸引を指示した条件を実施した。実験参加者は、嗅覚検査（T&T オルファクトメータ）の合格者であり、三点比較式臭袋法を複数経験したパネル7名（男性4名、女性3名：平均20.5歳：経験者群）と、同検査および同法未経験の実験参加者7名（未経験者群）とした。前者のパネル7名には、再現性の確認のため、0.5, 3s指示条件の吸引を2回実施した。また、実験にあたって、実験参加者には実験内容の説明と、実験には自由意思で参加できること、途中で参加取り止めが可能である旨などを説明文書を用いて行い、文書による同意を得た。

### 3-2 吸引量測定実験結果

図 10 に、0.5s での吸引を指示した場合の実験参加者ごとの吸引流量の時間変動を示す。図中(1)は経験者群の結果で、「Mask\_n」は  $n$  回目の試行を示す。図中(2)は未経験者群の結果で、(1)、(2)では「改良鼻あて」を用いた流量を破線で示した。全体を通して吸引時間は 0.5~1.0s 程度だった。(1)の 1, 2 回目の測定値を比較すると、パネル 1, 3 は 1 回目の吸引時間がやや長く、パネル 4 は最大吸引流量が 2 回目で高いが、全体的に傾向は類似しており、概ね再現性は高いと言える。「改良鼻あて」との比較((1), (2)共)では、パネルによってわずかに通常鼻あてとの差異は見られたが、実験参加者 8 を除けば大きな差異は見られなかった。(1)経験者群と(2)未経験者群の比較では、経験者群の方が吸引にかけた時間がやや長く、未経験者群の方が全般的に最大吸引流量が低い傾向にあった。未経験者群では、吸引時に実際の臭気の吸引状況を想定できていない可能性が考えられた。なお、前章の CFD 解析の境界条件の根拠とした図 3 の測定例と比較して、概ね類似の傾向を示しており、図 3 の測定結果は妥当であったこともわかる。

図 11 に、3s での吸引を指示した場合の吸引流量の時間変動を示す。全体を通して吸引時間は 2.0~4.0s 程度だった。(1)の 1, 2 回目の測定値を比較すると、全パネルで 1 回目の方が長い吸引だったほ

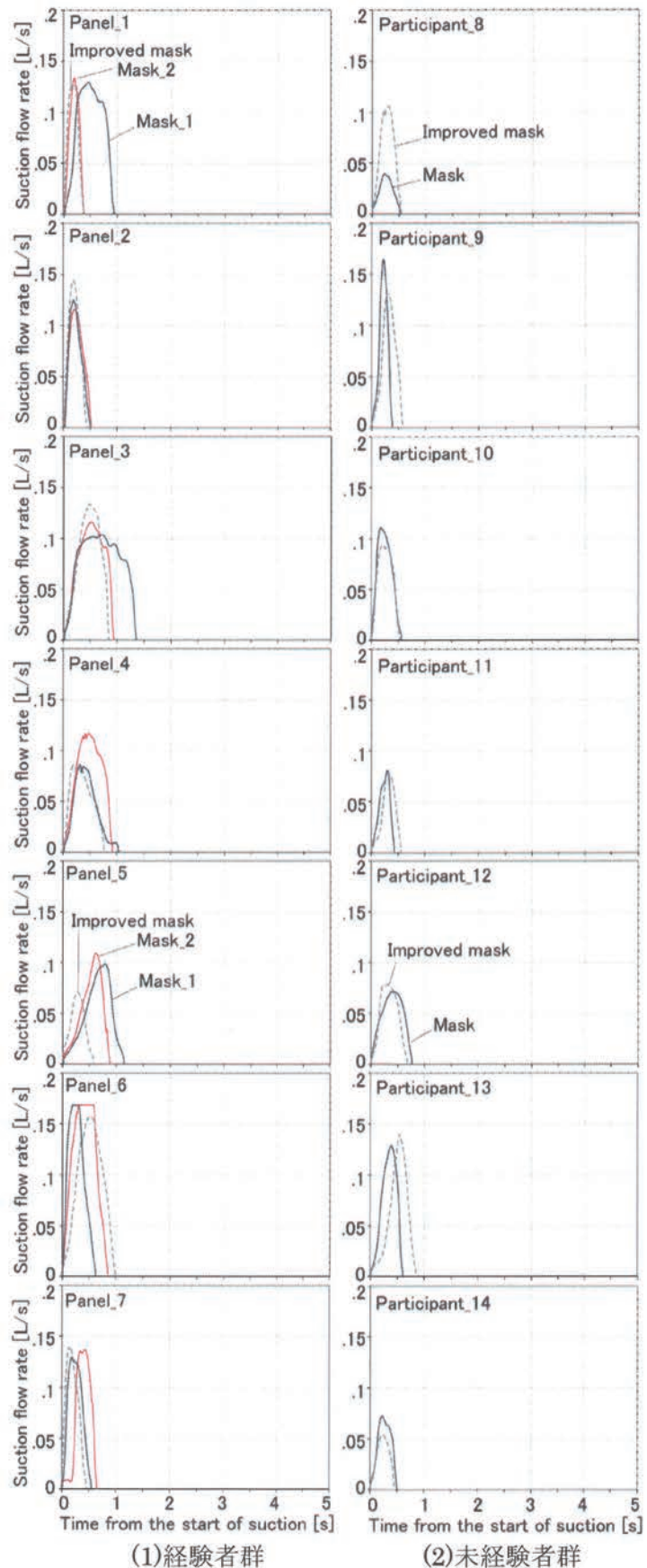


図 10 0.5 秒吸引条件の吸引量時間変化



か、パネル 1, 3, 4, 6, 7 で最大吸引流量が 2 回目の方が高かった 3 秒間は三点比較式臭袋法の吸引時間としては長く、パネルが不慣れた可能性はある。「改良鼻あて」との比較 ((1), (2) 共) では、パネル 1, 実験参加者 8, 10, 12 で通常鼻あてより最大吸引流量が高い傾向にあったが、パネル 4, 5 のように反対の傾向を示す者もいた。(1) 経験者群と (2) 未経験者群の比較では、群間に明確な傾向の差異は見られず、むしろ個人ごとの変動の傾向がうかがえた。(1) の 2 回目の通常鼻あての場合と (2) の通常鼻あての場合で述べると、具体的には、長方形に近い傾向 (パネル 1, 3, 7), 右下がりの台形に近い傾向 (パネル 2, 4, 実験参加者 9, 12), 山型の傾向 (パネル 5, 6, 実験参加者 8, 10, 11, 13, 14) とに概ね類型化できると考えられる。

表 1 に、図 10, 11 から算出した実験参加者ごとの吸引量と平均値および標準偏差を経験者群 (1) と未経験者群 (2) に分けて示す。まず、(1) 経験者群における 2 回の繰り返し測定と比較では、0.5, 3s 指示条件のいずれでも平均吸引量に関して t 検定の有意差は検出されず、再現性は得られたと判断した。次に、通常鼻あてと改良鼻あての比較では、平均値は (1) 経験者群では「改良鼻あて」の方が少なく、(2) 未経験者群では「改良鼻あて」の方が多量であり、(2) 未経験者群の 3s 指示条件では、t 検定による有意差 ( $p < 0.05$ ) が検出された。経

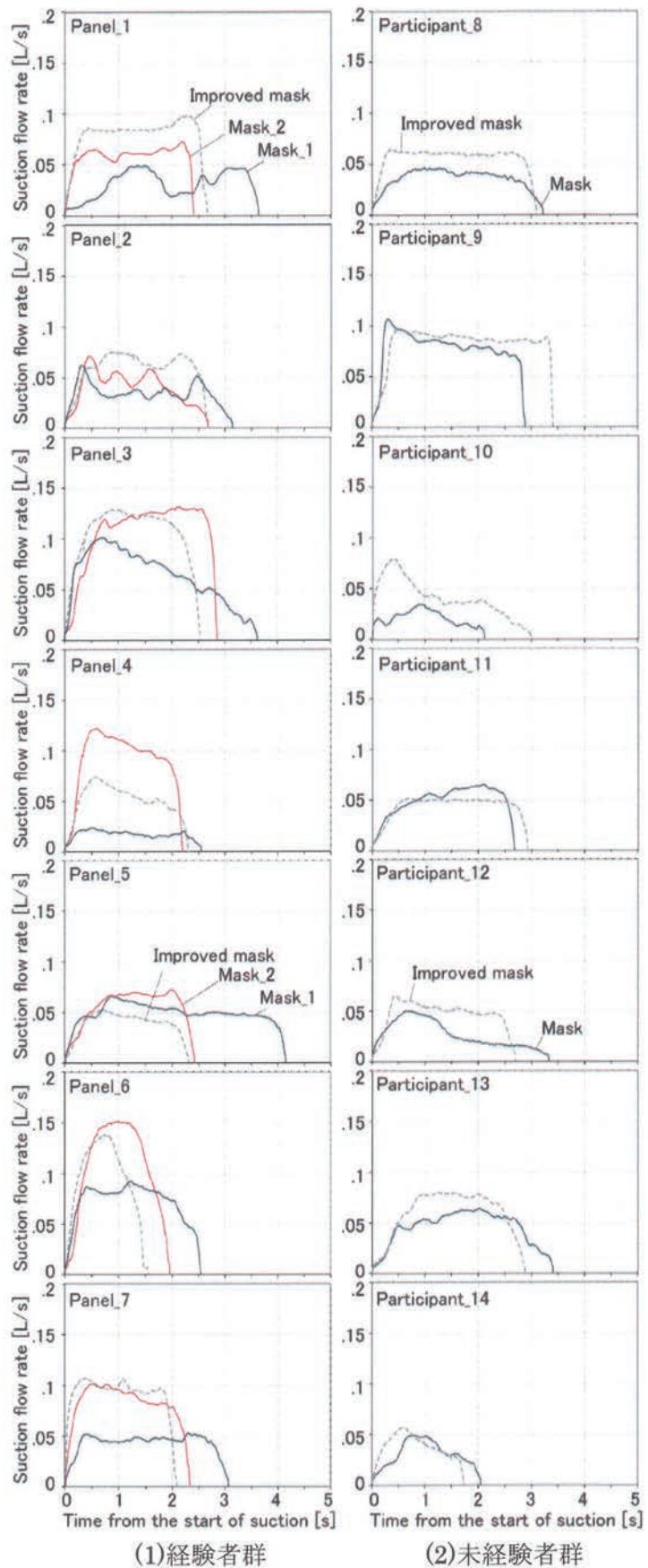


図 11 3 秒吸引条件の吸引量時間変化



表 1 吸引量の条件間比較

(1)経験者群

Panel	Suction in 0.5[s]			Suction in 3[s]		
	Mask_1	Mask_2	Imp.Mask	Mask_1	Mask_2	Imp.Mask
1	81.3	30.2	30.8	112.3	138.6	210.5
2	34.4	37.6	37.6	108.4	107.0	158.7
3	105.0	73.1	70.8	228.3	301.5	265.2
4	42.7	70.9	43.5	44.3	199.9	117.7
5	56.3	47.4	23.2	202.1	133.1	90.2
6	64.5	96.9	91.8	181.5	205.0	145.4
7	43.5	45.6	39.3	131.6	189.1	190.4
Mean	61.1	57.4	48.1	144.1	182.0	168.3
SD	23.1	21.9	22.5	58.9	59.9	54.7

(2)未経験者群

Participants	Suction in 0.5[s]		Suction in 3[s]	
	Mask	Imp.Mask	Mask	Imp.Mask
8	12.3	34.5	114.9	174.3
9	30.7	39.8	222.4	280.2
10	38.0	33.7	44.9	122.1
11	19.2	22.6	132.2	128.0
12	37.3	33.3	88.3	125.5
13	44.1	51.6	153.4	172.0
14	23.0	15.7	63.4	65.8
Mean	29.2	33.0	117.1	152.5
SD	10.6	10.7	55.5	62.0

表 2 閾値測定結果

(1)S\_s0.5 条件

Panel	LogDn	Co[ppm]	Tn[ppm]	LogTn	T[ppm]
1	1.74	4400	80	1.90	6.7
2	1.74	4200	77	1.88	
3	1.74	4500	82	1.91	
4	3.74	4500	0.82	-0.09	
5	3.24	4100	2.4	0.37	
6	2.24	4500	26	1.41	
7	5.24	4100	0.024	-1.63	

(2)S\_s3 条件

Panel	LogDn	Co[ppm]	Tn[ppm]	LogTn	T[ppm]
1	2.74	4200	7.7	0.88	28
2	2.74	4000	7.3	0.86	
3	1.24	4400	254	2.40	
4	2.74	4000	7.3	0.86	
5	1.74	4000	73	1.86	
6	2.24	4000	23	1.36	
7	1.74	4000	73	1.86	

験者にとっては既存の鼻あてでの吸引手法でも十分であるが、未経験者では既存鼻あてでは鼻あてと顔の隙間からの外気流入があったため、「改良鼻あて」で吸引量が増加した可能性がある。経験者群と未経験者群の比較では、0.5s 指示条件で(1)経験者群では約 60mL の平均吸引量だったのに対して、(2)未経験者群では 30mL 程度と少量で、t 検定による有意差 ( $p < 0.01$ ) も検出された。3s 条件でも(1)経験者群の方が多量だったが、t 検定の有意差は検出されなかった。全体として、経験者の方が吸引量は多い傾向にあり、三点比較式臭袋法における推定吸引量は、(1)経験者群の結果から約 60mL と考えられる。

以上の吸引量の時間変動、総吸引量ともに、三点比較式臭袋法経験者と未経験者に若干の差異はあったものの、2 章で設定した境界条件は妥当であったことがわかった。また、現状の鼻あての改良による吸引流量向上の可能性は、吸引未経験者に対しては見られる一方で、経験者には見込めない可能性が示された。

#### 4. 嗅覚閾値測定実験

前章までの解析による予測吸引濃度の実験的検証のため、閾値測定実験を実施した。実験は、2016 年 11 月 21 日から 12 月 7 日に、本学実験室にて実施し、温湿度は 19~24°C、25~40%RH だった。対象臭気は、安全性と ISO16000-30<sup>(4)</sup> 等で訓練臭気として用いられている点から acetone を採用し、原臭は 4200ppm 程度とした。パネルは、前章の経験者群のパネル 7 名 (図 10 と図 11 の Panel\_1~7) とした。測定は、三点比較式臭袋法の排出口における測定法<sup>(3)</sup> に準じて自己吸引法での検臭とし、吸引時間の長短の比較のため、0.5s と 3s での吸引を指示した 2 条件 (S\_s0.5, S\_s3) を設定した。また、ここでは、原臭濃度を基に閾値相当の希釈倍数を用いて個人ごとの acetone 閾値濃度を求めたうえで、パネル平均閾値濃度を算出する手法をとった。なお、本章の検討は、本学研究倫理審査委員会承認を得ており、実験参加者には、適切な謝礼を支払った。



表2に閾値測定結果を示す。表中の $\text{Log}D_n$ は閾値相当の希釈倍数の対数、 $C_0$ は原臭濃度、 $T_n$ は個人の閾値濃度、 $T$ は平均閾値濃度を示す。「S\_s0.5」条件では、パネル7が、全条件、全パネル中最も低い閾値濃度だった。「S\_s3」条件では、7名のパネル間の差異が比較的小さい傾向にあった。

図12に、吸引時間指示に関する2条件の閾値濃度の比較を示す。横軸は条件、縦軸は閾値濃度の対数値で、縦線分で標準偏差を示した。なお、参考値として永田ら<sup>(5)</sup>の測定による acetone の閾値濃度 42ppm を挙げておく。吸引手法間での平均閾値濃度対数値に関する分散分析による有意差は検出されなかった。有意差はなかったが、「S\_s0.5」条件では、より低濃度まで臭気を検知できた一方で個人差が大きかった。永田らの42ppmの閾値測定結

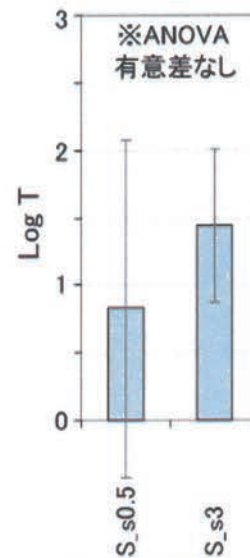


図12 平均閾値濃度の比較

果と比較して「S\_s0.5」, 「S\_s3」とも低い閾値濃度であり、今回の自己吸引法でも十分な測定精度の高さは確保され则认为られた。ただし、永田らの値も自己吸引法を用いていると考えられ、自己吸引法では2章のCFD解析で明らかになっている、鼻あて内空気の吸引や隙間からの外気流入による吸引臭気の濃度低下のおそれはあることから、3章の検討結果と合わせて考えると、測定精度は手法に対するパネルの熟練度に依存する可能性が推測される。

## 5. 結論

三点比較式臭袋法の精度向上を目標に、数値解析および実験による自己吸引法の検証を行った。解析より、以下の結論を得た。

- ・袋内臭気の濃度を小さな低減量で吸引するには、比較的大きな吸引量が必要である。
- ・鼻あてと顔表面の隙間によって、鼻あて外からの流入空気が吸引する臭気の濃度を低減することを確認した。

実験より、以下の結論を得た。

- ・三点比較式臭袋法経験者は、未経験者に比べてやや吸引流量が大きい傾向にあった。
- ・経験の浅い検臭者では顔と鼻あてとの隙間によると思われる通常鼻あてと隙間充填補助具をつけた「改良鼻あて」との吸引量に差が見られた。

一方で、三点比較式臭袋法経験者による臭気濃度測定では、公開されている閾値濃度との間に大きな差は見られず、経験者では吸引臭気濃度の低下が起きにくい可能性と、公開データの測定と同等の濃度低下が起きた可能性が考えられた。

今後は、鼻あてと顔との隙間からの流入空気の問題を克服するため、鼻あてと顔表面に隙間を設けながらにおい袋を押して袋内臭気を出すことで、鼻あて内部に予めあった気体を顔との隙間から排出させながら、吸引量を一定にするよう留意して吸引する方法について検討する。

## 謝辞

本研究は、当時機械工学科学生増井公貴氏、山川和希氏、住環境デザイン学科学生山瀬優樹氏に依るところが大きい。ここに記して、深謝致します。また、実験参加者の皆

様に、篤く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- (1) 日本建築学会,「日本建築学会環境基準 AIJES-A003-2005 室内の臭気に関する対策・維持管理規準・同解説」, 日本建築学会, (2005), p. 16.
- (2) におい・かおり環境協会,「ハンドブック悪臭防止法 六訂版」, ぎょうせい, (2012), pp. 47-48.
- (3) 岩崎好陽,「新訂臭気の嗅覚測定法 三点比較式臭袋法測定マニュアル」, においかおり環境協会, (2005), p. 88.
- (4) ISO, "ISO16000-30, Indoor Air Part 30 : Sensory testing of indoor air", (2014), p. 20.
- (5) 永田好男, 竹内教文,「三点比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定結果」, 日本環境衛生センター所報, 17(1990), pp. 77-89.