

室内における芳香剤の  
においの評価と活用方法に関する研究

2021 年度

大同大学大学院 工学研究科

博士後期課程 材料・環境工学専攻

近藤 早紀

## 内容

1.序論.....	- 7 -
1-1.背景および目的.....	- 7 -
1-2.既往の研究.....	- 11 -
1-2-1.生活環境中における既往の研究.....	- 11 -
1-2-2.芳香剤に関する既往の研究.....	- 11 -
1-2-3.においの評価・測定に関する既往の研究.....	- 13 -
(1)においの質の評価方法およびにおい表現語に関する研究.....	- 13 -
(2)ガスセンサによるにおいの測定方法に関する研究.....	- 14 -
1-3.本研究の位置づけ.....	- 15 -
1-4.本論文の構成.....	- 17 -
参考文献.....	- 19 -
2.住居内における意識と芳香剤の利用実態.....	- 25 -
2-1.目的.....	- 25 -
2-2.調査方法.....	- 25 -
2-2-1.調査項目.....	- 25 -
2-2-2.調査方法および調査期間.....	- 26 -
2-2-3.調査対象者.....	- 26 -
2-3.結果および考察.....	- 27 -
2-3-1.調査対象者の属性および居住条件.....	- 27 -
2-3-2.住居内におけるにおい意識.....	- 31 -
(1)においに対する意識.....	- 31 -
(2)各空間の不快なにおいの種類.....	- 31 -
(3)各空間における原因と対策.....	- 35 -

2-3-3.住居内の芳香剤の利用状況 .....	- 43 -
(1)使用している方式 .....	- 43 -
(2)使用している香調 .....	- 44 -
(3)芳香剤の使用理由 .....	- 45 -
(4)香調による特徴 .....	- 47 -
2-4.まとめ .....	- 50 -
参考文献 .....	- 52 -
3.芳香剤のにおいの測定方法の検討 .....	- 53 -
3-1.目的 .....	- 53 -
3-2.においの質の官能評価法の検討 .....	- 53 -
3-2-1.検討目的 .....	- 53 -
3-2-2.におい表現語に関する文献調査 .....	- 54 -
3-2-3.におい表現語に対する意識調査 .....	- 54 -
(2)アンケート調査方法 .....	- 54 -
(3)アンケート調査結果 .....	- 54 -
3-2-4.におい質評価実験 .....	- 56 -
(1)実験方法 .....	- 56 -
(2)実験結果および考察 .....	- 56 -
①各におい試料の臭気強度と快不快度 .....	- 56 -
②各表現語の使用されやすさ .....	- 57 -
③各表現語のばらつき .....	- 58 -
④各表現語同士の関係 .....	- 59 -
3-2-5.におい表現語に対する意識調査結果と におい質評価実験の結果に基づく考察 .....	- 59 -

3-2-6.小括 .....	- 61 -
3-3.半導体ガスセンサを用いた芳香剤のにおい分布の測定方法の検討.....	- 62 -
3-3-1.検討目的.....	- 62 -
3-3-2. 半導体ガスセンサ選定実験.....	- 63 -
(1)実験方法 .....	- 63 -
①芳香剤について.....	- 63 -
②半導体ガスセンサの種類.....	- 64 -
③試料調整方法 .....	- 64 -
④実験方法.....	- 65 -
⑤解析方法.....	- 66 -
(2)実験結果 .....	- 66 -
(3)考察 .....	- 69 -
3-3-3.ガスセンサ値と臭気濃度の関係に関する実験.....	- 70 -
(1)実験方法 .....	- 70 -
①原臭作成方法と臭気濃度測定方法 .....	- 70 -
②測定方法.....	- 71 -
(2)実験結果 .....	- 71 -
①原臭の臭気濃度.....	- 71 -
②臭気濃度とガスセンサ値の関係.....	- 71 -
(3)考察 .....	- 73 -
3-3-4. 半導体ガスセンサを用いた芳香剤のにおいの分布.....	- 74 -
(1)実験目的 .....	- 74 -
(2)実験方法 .....	- 74 -
①実験室概要と半導体ガスセンサ設置場所 .....	- 74 -



②半導体ガスセンサを用いた芳香剤のにおい分布の測定 .....	- 77 -
③臭気指数の測定 .....	- 77 -
(1)実験結果および考察 .....	- 78 -
①嗅覚測定法で測定した臭気指数と半導体ガスセンサで測定した 臭気指数相当値の関係 .....	- 78 -
②半導体ガスセンサで測定したにおいの分布 .....	- 79 -
3-3-5.小括 .....	- 81 -
3-4.まとめ .....	- 81 -
参考文献 .....	- 82 -
4.実物大空間における方式別芳香剤のにおい分布の検討 .....	- 85 -
4-1.実験目的 .....	- 85 -
4-2.実験方法 .....	- 85 -
4-2-1.芳香剤の方式と香気成分 .....	- 85 -
4-2-2.実験室概要 .....	- 88 -
4-2-3.においの評価方法 .....	- 90 -
4-2-4.におい分布の測定方法 .....	- 92 -
4-2-5.におい成分の捕集方法および分析方法 .....	- 93 -
4-3.実験結果 .....	- 95 -
4-3-1.実験後の芳香剤の減少量 .....	- 95 -
4-3-2.におい感覚評価 .....	- 95 -
(1)臭気指数 .....	- 95 -
(2)におい質 .....	- 96 -
4-3-3.半導体ガスセンサによるにおい分布測定 .....	- 98 -
4-3-4.におい成分分析 .....	- 103 -

4-4.各方式の室内のにおいに関する検討 .....	- 104 -
4-4-1.臭気指数からみた各方式の特徴 .....	- 104 -
4-4-2.においの質評価からみた各方式の特徴 .....	- 105 -
4-5.まとめ .....	- 107 -
参考文献 .....	- 108 -
5.におい物質の空間分布に関する検討 .....	- 110 -
5-1.検討目的 .....	- 110 -
5-2.給排気口の位置の違いによるにおい物質の 空間分布に関する実験方法 .....	- 110 -
5-2-1. におい物質 .....	- 110 -
5-2-2. におい物質発生装置 .....	- 111 -
5-2-3.実験空間 .....	- 112 -
5-2-3.半導体ガスセンサによる測定方法 .....	- 124 -
5-3.実験結果および考察 .....	- 128 -
5-3-1.D-Limonene(芳香剤のにおい成分) .....	- 128 -
(1)D-Limonene の減少量 .....	- 128 -
(2)空間内の D-Limonene の物質濃度相当値の平均 .....	- 128 -
(3)代表 9 点の D-Limonene 濃度相当値の変動 .....	- 130 -
(4)D-Limonene の物質濃度の空間分布 .....	- 136 -
5-3-2.Ammonia (悪臭成分) .....	- 146 -
(1)Ammonia の減少量 .....	- 146 -
(2) 空間内の Ammonia の物質濃度相当値の平均 .....	- 146 -
(3)代表 9 点の Ammonia 濃度相当値の変動 .....	- 148 -
(4)Ammonia の物質濃度の空間分布 .....	- 153 -

5-3-3.D-Limonene と Ammonia の物質による違い.....	- 164 -
5-4.芳香剤の設置方法および活用方法の提案 .....	- 166 -
5-5.まとめ.....	- 169 -
参考文献 .....	- 169 -
6.結論.....	- 171 -
謝辞.....	- 176 -

## 1.序論

### 1-1.背景および目的

嗅覚とは、においを感じる感覚のことである。人は、この嗅覚から様々な情報を得ている。例えば、食べ物を口に入れる前に、腐敗していないかどうかを嗅覚から情報を得て安全確認している。また、料理からのにおいや、食べ物を口に入れ噛んでいるときに呼気にのって喉から鼻に戻ってくるにおいは、おいしさに影響をあたえている。さらに、木々や草花のにおいは季節の移り変わりや、旅行先でのその土地や街のにおいといった嗅覚から得た情報で情景を感じている。このように嗅覚からの情報によって、日常生活の中で様々なモノや環境の状態、状況を把握している。そのため、嗅覚は、環境の善し悪し、快・不快の判断をする時にも重要な感覚と言える。

屋外のにおいに目を向けると、日本では産業の発展に伴い、畜産農業や各種製造工場などを発生源とする悪臭が生活環境において問題視されてきた<sup>1)2)</sup>。高度経済成長期である1965～1974年(昭和40年～49年)には、さまざまな公害が社会問題となった。悪臭に対しては1972年(昭和47年)に悪臭防止法が施行され、アンモニア、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、トリメチルアミンの5物質が特定悪臭物質に指定され、濃度規制が設定された<sup>3)</sup>。苦情の大勢を占めていた畜産農業・各種製造工場に係るものは次第に減少し、代わって日常生活の中で発生する臭気に対する苦情の割合が増加した。日常の生活活動に伴う複合臭に対しては、物質濃度による規制では、十分な効果をあげられないため<sup>4)</sup>、1995年(平成7年)に悪臭防止法の改正が行われ、嗅覚測定法による臭気指数の規制が導入された。

今から30年ほど前は、屋外の悪臭苦情件数が最も少なかった時期である。そこで、ここ30年間の悪臭苦情件数を振り返ると、1993年(平成5年)は、1970年(昭和45年)の調査開始以来、初めて1万件を下回った年である。その後、悪臭苦情件数が再び増加に転じ、2003年(平成15年)に2万件を超え、過去最高の苦情件数となった。その後対策が進み、2017年(平成29年)には12,000件まで低減し、最近の苦情件数は、約12,000件程度に留まっている<sup>5)</sup>。また、苦情内容も

変化をしてきている。悪臭防止法が制定された当初、全体の苦情の 60%以上を占めていた畜産農業や各種製造工場などは、2 万件を超えた 2003 年度(平成 15 年度)には 5,126 件(32.2%)で、最新のデータの 2019 年度(令和元年度)には 2,872 件で全体の 23.9%と減少を続けている。2003 年度(平成 15 年度)は全苦情件数 24,587 件のうち、「野外焼却」が 10,902 件で全体の 44.3%を占めており、「個人住宅・アパート・寮」が 2,806 件(11.4%)で第 2 位、飲食店や自動車修理工場等の「サービス業・その他」が 2,763 件(11.2%)で第 3 位であった<sup>6)</sup>。最新データの 2019 年度(令和元年度)は、全苦情件数 12,020 件のうち、「野外焼却」が 3,593 件で全体の 29.9%を占めており、「サービス業・その他」は 1,842 件(15.3%)、「個人住宅・アパート・寮」は 1,474 件(12.3%)となっている。どちらの年も苦情件数が多いのは、「野外焼却」「サービス業・その他」「個人住宅・アパート・寮」であるが、全悪臭苦情件数に占める割合に着目すると、「サービス業・その他」は 11.2%から 15.3%に、「個人住宅・アパート・寮」は、11.4%から 12.3%と増加した。一方で、「野外焼却」は 44.3%から 29.9%へと減少している。このように苦情内容が、日常生活の中で発生する臭気へと変化していることが分かる。

屋外の悪臭に対する法改正がなされ、悪臭苦情件数が再び増加に転じた 2000 年ごろは、室内でも人々のおい意識に大きな影響を及ぼしたシックハウス症候群の問題が顕在化した時期でもある<sup>7)</sup>。この問題の顕在化によって室内空気質に影響する要素の 1 つに、においがあることが改めて認識されるようになったと言える。その後も科学技術は高度に発達し、より便利で快適な生活が営めるようになった一方で、ストレス社会とも言われるようになった。生活の中での癒しとして、手軽ににおい・かおりが利用されるようにもなってきている。しかし、一方でにおい・かおり製品による不適切な使用などにより、においの強さと感じる頻度の関係、においの質に対する嗜好性の違い、においに対する感度の個人差から「香害」という言葉が生まれている。特に柔軟剤のにおいに関して、PIO-NET(全国消費生活情報ネットワーク・システム)への相談件数<sup>8)</sup>を見てみると、2014 年 4 月以降相談受付開始後、928 件の相談が寄せられている。また、相談件数については 2013 年度に 328 件あり、2013 年度以降も年間 130~250 件程度の

相談情報が寄せられている。独立行政法人国民生活センターでは、使用量を守ることや、嗜好性の違いについて配慮するよう呼び掛けている<sup>8)</sup>。

室内でのにおい活用は、日本ではお香を焚いたり、海外ではルームフレグランスが使用されたりしてきた歴史がある<sup>9)</sup>。室内でのにおい活用製品として、現在の日本市場には多様な芳香剤が出回っている。消費者は、価格<sup>10)</sup>、脱臭効果、効果の持続時間、および好みの香調<sup>11)</sup>に基づいてこれらの製品を購入し、室内でのにおい対策としても使用している。近年では癒しや雰囲気づくりといったにおいを楽しむ目的で芳香剤を使用しているケースも多くみられる<sup>12)</sup>。しかし、人は長時間においに暴露されるとそのにおいを弱く感じたり、感じなくなったりする現象が生じる。順応や慣れと言われる現象である。順応は受容器レベルでの感度低下で、慣れは中枢レベルの感度低下とされている<sup>13)</sup>。においを楽しむために芳香剤を日常的に使用している場合、順応や慣れが生じることで芳香剤のにおいを感じなくなり、芳香剤の使用量を増加させ、強すぎるにおいが室内に充満する可能性が懸念される。におい質が良好であっても、においが不快になることがある。そのため、部屋をより快適にするためには、部屋に広がる芳香剤のにおいの強さの分布やにおいの質を確認する必要がある。近年では、芳香剤の香気成分に関する研究<sup>14)15)</sup>は、国内外で行われているが、室内における芳香剤のにおいの広がりに関するデータは十分とは言えない。

そこで、本研究では、身近な室内環境である住居内のにおいに関する居住者の意識と住居内での芳香剤の使用実態を把握する。また、住居内で利用されている芳香剤のにおいに対する評価・測定法を検討し、室内での芳香剤のにおいの広がりに関するデータを収集する。さらに、収集したデータから芳香剤のにおいの適切な活用方法について提案することを目的とする。本論文は、次の諸点についてまとめたものである。

I. 住居内の不快なにおいに関する調査、芳香剤の使用実態に関する調査を実施することで、生活環境における居住者のにおいに対する意識を明らかにし、におい対策として使用されている芳香剤に対して、適切な活用方法を検討するための基礎データを得る。

II. においの質を測定するには、におい表現語を選定する必要がある。既往の研究で使用されているにおい表現語を整理し、においの表現語に関するアンケート調査とにおい質評価実験を行い、芳香剤のにおい質を表現するために適切な表現語について検討する。

III. においを適切に管理するためには、芳香剤のにおいの拡がり方に関するデータが必要である。芳香剤のにおいの拡がり方を測定するために、半導体ガスセンサと嗅覚の関係を明らかにし、測定方法の検討を行う。

IV. 使用実態に即した噴霧方式の異なる芳香剤を選定し、実際の住居の LDK を想定した給排気の下においてにおいの拡がり方について検討する。空間内に拡がったにおい物質やにおいの質についても測定・評価し、実際の生活空間における噴霧方式が異なる芳香剤のにおいの特徴を明らかにする。

V. 住居内に設置されている 24 時間換気設備を考慮し、空間内の給排気的位置を変化させ、芳香剤に含まれている代表の香料と悪臭の代表物質の給排気位置の違いによるにおい物質の拡がり方の違いについて検討する。

なお、本論文で用いるにおいに関する表記を以下のように分類する。「においの感じ方」や「においを嗅ぐ」など嗅覚と直接関係する場合、良いと感じるにおい、悪いと感じるにおいの区別ができない場合や両方を含めて考える場合には、「におい」と表記する。また、「かおりを楽しむ」など、明らかに良いにおいを指す場合には「かおり」と表記し、不快に感じる 경우가多く、対策を施したいようなにおいは「臭気」と表記し、特に不快と感じるにおいを強調する場合や悪臭防止法に関して記述する場合は「悪臭」と表記する。

また、現在市販されているにおい対策の製品として、「芳香剤」「消臭剤」「脱臭剤」「防臭剤」がある。本論文中の「芳香剤」とは、感覚的消臭を利用したもので、空間ににおいを付与するものであり、室内ににおいを付与するものはすべて「芳香剤」とした。「消臭剤」とは、化学反応を利用して臭気を無臭もしくは、よりにおいが軽減された物質に変化させるものとして用いる。また、実際に市販されているにおい対策として使用されている製品は、複数機能を持った製品が多くみられるが、「芳香剤」と「消臭剤」の両方の機能を持ち合わせている場合

も本論文では「芳香剤」と表記する。

## 1-2. 既往の研究

### 1-2-1. 生活環境中のおいに関する既往の研究

住居内のおいに関しては、住居内の不快なおいを探るために行われた調査を通して居住者が意識している不快なおいの種類、においの強さ、快不快度が明らかにされている。1990年に行われた光田らの調査<sup>16)17)</sup>では、住居内で台所、便所、居間においておいを感じる割合が高く、台所では生ごみ臭、便所ではトイレ臭、居間ではたばこ臭が感じられている。1990年から1991年にかけて行われた松井らの調査<sup>18)</sup>でも、光田ら同様、住居内では台所、トイレ、居間・寝室の順においを気にしており、たばこ臭、生ごみ臭、排泄物のおいやペット飼育により生ずる臭気が住居内の主な制御の対象であることが把握された。2007年から2009年にかけて萬羽らが居間を対象としたおいに関する調査<sup>19)</sup>を行っている。居間では、約7~8割の住居で日常的に臭気を感じ、3~4割が不快に感じていた。また、調理臭、調理残臭、たばこ臭、冷暖房臭、カビ臭を感じられている。また、1990年代に実施され調査結果と比較しており、2000年代の方がおいを気にする割合が高くなり、それにともないかおいを付加するような芳香剤の設置率の上昇したことが影響したと考察されている。また、オープン型の台所が増加したことや、高気密住宅の増加など住宅性能や構造の変化も影響したと考えられている。気になるにおいとして挙げられた、台所における生ごみ臭<sup>20)-24)</sup>、調理臭<sup>25)-27)</sup>、たばこ臭<sup>28)-32)</sup>、トイレ臭<sup>33)-35)</sup>などの不快臭については、においの特性を明らかにする研究やそのにおいの対策方法を検討した研究が行われており、日本建築学会環境基準<sup>36)</sup>により室内の臭気基準値が示されている。

### 1-2-2. 芳香剤に関する既往の研究

矢田<sup>12)</sup>、永友<sup>37)</sup>によると、消臭剤・芳香剤としておいを活用し始めたのは1950年代ごろである。この時代はトイレ臭を消すことを目的とした商品が多かった。1970年代に部屋用の商品が徐々に販売され始めた。この時の芳香剤は、



エアゾールタイプのスプレー方式やゲルタイプの置き型方式、液体タイプの置き型方式や固形タイプの置き型方式が主流であった。1980年代になり、含浸タイプの置き型方式、フィルム透過液体タイプの置き型方式が、1990年代には素焼きに香料を吸わせて使うタイプの置き型方式が、2000年代には熱によりおいを拡散させる液体タイプの置き型方式や自動で噴霧をさせるエアロゾルタイプの空気圧縮方式が販売された。芳香剤は、香料の形状や噴霧方式が変化しており、現在では様々な形態の芳香剤が販売されている。

香調については、1970年代にはローズ、きんもくせい、レモン、ラベンダーなど比較的シンプルなおいにおいてであったが、1990年代になると、かおりを楽しむなど言った目的で使用する傾向があり、フローラル系、シトラス系、グリーン系、ラベンダー系といった自然志向の香調が増えた。また、2000年代になると、フローラル系、シトラス系、フルーツ系、グリーン系、せっけん系といった数多くの種類の香調が販売されるようになり、この時期から「レモン&スイーティー」「きんもくせい&ミモザ」といったダブルネームのにおいの製品も販売され始めた。2010年代になると、香水のトレンドなどの影響を受け、マリン系の香調が販売されるようになった。一般的に使用されているドイツの香料会社シムライズの香調の分類に基づかない、多種多様なにおいの種類が出回るようになった。

住居内での芳香剤の使用実態に関する調査に、1990年に行われた光田ら<sup>16)17)</sup>の調査がある。光田らの調査から、住居内の臭気対策として、芳香剤の利用、換気によるにおいの除去、掃除が用いられており、実に約70%が芳香剤を利用している実態が把握されている。利用の目的は、トイレでは悪臭除去、玄関ではもてなし、居間では雰囲気づくりとされ、使用場所により目的が異なっている実態も把握されている。1990年から1991年にかけて行われた松井らの調査<sup>18)</sup>でも、におい対策として、換気、芳香剤・消臭剤の使用、掃除が各室で行われており、芳香剤についてはトイレで75%、玄関で34%が使用されている。2007年から2009年にかけて萬羽らが居間を対象としたにおいに関する調査<sup>19)</sup>では、におい対策として最も取られていたのが掃除・洗濯である。芳香剤については、27%が使用していることがわかっている。2011年に東ら<sup>38)</sup>が、大学生を対象ににおい

関連製品の使用実態についての調査を行っている。その結果、におい関連製品の使用率は居間・寝室で3割、玄関で4割、トイレでは7割が使用されている。また、各室で置き型芳香剤の使用が多いことが把握されている。以上の既往研究より、芳香剤は住居内のおい対策の1つとして用いられていることが把握されている。

### 1-2-3.においの評価・測定に関する既往の研究

#### (1)においの質の評価方法およびにおい表現語に関する研究

生活環境におけるにおいの測定方法は大きく分けると、人の嗅覚を用いてにおいを数値化する嗅覚測定法と機械を用いてにおいを数値化する機器測定法に分類される<sup>39)</sup>。においの質の判断には、現状では人のおい感覚を用いることが最も有効であると考えられる。室内のおいの質の評価方法としては、9段階快不快度尺度、容認性評価法、セマンティック・ディファレンシャル法(以下、SD法)などが多く用いられている<sup>40-42)</sup>。特に、においの質を評価するには、SD法が広く用いられている。SD法では、相反する形容詞対を両極にもつ数個の段階尺度に基づく評定手法である。このSD法は、においの研究だけでなく、色彩、図形、音楽などの人が調査対象に対して抱く意味あるいはイメージを測定する方法として用いられている<sup>43)</sup>。SD法のように用語を提示し、におい質を評価する場合、におい表現語を選定する必要がある。

におい表現語に関して、森中らはシソ葉<sup>44)</sup>、宇都宮は清酒<sup>45)</sup>、佐々木らは鶏卵および鶏卵調理品<sup>46)</sup>のおいを表現する用語を選定するための検討を行っている。樋口ら<sup>47)</sup>は、汎用性の高いにおい表現語を用いて、においの表現についての因子構造を把握するための研究を行っている。被験者50名に10種類の香料のおいを嗅がせ、30語の形容詞がそのにおいを表現するのにどの程度適切かを0~6点の7件法で評価させた。因子分析の結果、「強さ・濃さ」因子、「明瞭さ」因子、「柔らかさ」因子の3因子が抽出され、におい表現語を用いたにおいの表現についての因子構造が把握している。

齊藤ら<sup>48)</sup>は、臭気公害に関わる様々なにおいがどのように表現されるのかを

検討している。被験者に 34 種類の単体のにおい物質と 7 種類の現場臭のにおいをオルファクトメーター法またはにおい瓶法にて嗅がせ、121 語のにおい表現語の中からそのにおいに当てはまるにおい表現語を選択させ、さらに適切な表現がある場合は自由記述で追加させた。その結果、被験者ごとに異なる表現語を選ぶことが多く、におい質の感じ方や用いる表現語に個人差が大きいことを把握している。また、斉藤ら<sup>49)</sup>は、日本の日常生活の中にあるにおいが、どのように類型化できるか、また、その評価次元を明らかにし、におい質評価のための記述語選定の考え方を示している。被験者 25 名に 98 語のにおい表現語を提示し、そのにおい表現語から想起されるにおいの質ごとに分類させた。その結果、日本の日常生活の中にあるにおいを表すにおい表現語は「花・食品」「悪臭」「草木」「化学的なにおい」の 4 類型に分類している。

## (2)ガスセンサによるにおいの測定方法に関する研究

ガスセンサとは、目に見えない気体の化学物質の特性を利用して、電気信号に変換するセンシングデバイスである。ガスセンサは住居内で多く使用されている。例えば、不完全燃焼やガス漏れにより発生する一酸化炭素の検知のためにガス警報器の中や、空気の汚れを検知しその度合いの表示するためや自動制御をするために空気清浄機や換気扇の中に用いられている<sup>50)</sup>。現在ガス漏れ警報器用等として広く実用化されている半導体ガスセンサは、1960 年頃に清山<sup>51)</sup>や田口<sup>52)53)</sup>らによる先駆的な研究に端を発し、 $\text{SnO}_2$  や  $\text{ZnO}$  等の n 型酸化物が可燃性ガスなどの還元性ガスに触れると導電率が大きく増大するという現象を利用したものである。においの多くは還元性ガスであることから半導体ガスセンサを用いてにおいの測定についての研究が多くされている。

半導体ガスセンサを用いた研究は大きく分けて、3 つに分類できる。1 つ目は、においと半導体ガスセンサの検知素子の関係により応答特性に関する研究である。松山ら<sup>54)</sup>は、用途が異なる 20 種類の半導体ガスセンサを用いて紅茶のにおいの測定を試みている。その結果、19 種類の半導体ガスセンサの電圧が変化し、半導体ガスセンサの種類によって反応が大きく異なっていることが明らかにな

っている。2つ目は、検知素子や電圧を変化させた複数の種類の半導体ガスセンサを用いたにおいの同定方法に関する研究である。松田らは、金属酸化物半導体ガスセンサを用いて単一のにおい物質のデータを取得し、実際の混合臭がどの単一のにおい物質を含んでいるのかの解析を行っている<sup>55)</sup>。3つ目は、半導体ガスセンサでにおいを測定し、人の感覚に置き換え、食品の腐敗度やにおいの分布などを明らかにするために使用されている。山口ら<sup>56)</sup>は、脂質二分子膜被膜水晶振動子センサと金属酸化物半導体ガスセンサを用いて、人が感じる食品の腐敗臭と各ガスセンサの対応関係を明らかにし、食品の腐敗度の判定を試みている。その結果、ガスセンサで測定した食品の腐敗臭から、人のにおいに関する心理量を推定することができ、さらにそのデータを用いて食品の腐敗度を判定することの可能性を見出している。板倉ら<sup>57)</sup>は、基板型薄膜半導体センサを用いて、排泄物から採取したにおい試料の臭気濃度とセンサ値の関係を明確したのち、おむつ交換時における室内への臭気分布の測定を行っている。その結果から、効率的なおむつ交換時における排泄物臭のにおい対策を提案している。棚村ら<sup>58)</sup>は、調理品目は焼肉、焼魚、コロッケとし、調理熱源はガスレンジとIHクッキングヒーターで各調理品の調理を行った時の調理臭を半導体ガスセンサにてにおいの分布測定を試みている。ガスセンサ値と調理臭には対応関係がみられ、ガスセンサを用いて調理臭の分布を測定することが可能であるが確認されている。また、その結果から、調理熱源と調理品により室内へのにおい分布に違いがあることが示唆されている。

### 1-3.本研究の位置づけ

1990年代、2000年代と比較すると、近年では三世帯同居や専業主婦世帯が減少し、単独世帯や共働き世帯が増加しており、家族形態が変化している<sup>59)</sup>。また、住宅住居内の不快なにおいに対する対策が取られ、住宅性能や設備、構造など日々進化し、変化してきている。また、2019年からは新型コロナウイルス感染症が拡大し、新しい生活様式が取り入れられるようになり、住居のあり方も変化してきている。住居内の環境や生活スタイルが変化していることにより、住居

内で感じるにおいについても変化してきていることが推測されるが、近年の住居内のおいや対策については明らかになっていない。そこで、居住者のおいの意識の現状と芳香剤の使用実態を明らかにする。

芳香剤を室内で使用する場合、部屋に拡がる芳香剤のおいの質も確認する必要がある。においの質を評価するためのにおい表現語の検討は既往の研究で行われているが、におい表現語の選定基準について多くは検討されていない。そこで、芳香剤のおい質を評価するのに適した表現語を選定するため、におい表現語の選定方法の検討を行う。

においを適切に管理するためには、においの拡がり方に関するデータが必要であるが芳香剤のおいの拡がり方に関するデータが十分にあるとは言えない。既往の半導体ガスセンサを用いたにおいの拡がり方に関する研究では、おむつ交換時のにおいの強さの分布を測定している。おむつ交換時に発生する排泄物臭気の主成分は硫化水素やメチルメルカプタンが明らかになっており、硫黄系化合物に高感度の半導体ガスセンサを選択し、臭気指数と半導体ガスセンサから得られる値との関係を明らかにしたものを測定に用いている。しかし、芳香剤から発生するものは嗅覚で感じられる香料だけでなく、香料などの揮発調整や濃度調整のために使用されている無臭の溶媒なども発生していることが考えられ、芳香剤の主成分が明らかになっていない。また、香料に反応を示す半導体ガスセンサなども明らかになっていない。そこで、様々な化学物質を含む芳香剤を用いて、人の嗅覚に対応する半導体ガスセンサの選定し、半導体ガスセンサを用いて芳香剤のおい分布の測定方法の検討を行う。

実際の住居を模擬した給排気条件や、使用実態に即した芳香剤のおいの強さの分布やにおいの拡がり方については明らかになっていない。そこで、芳香液の噴霧方式が異なる芳香剤や給排気の位置の違い、悪臭物質と快適なおい質のおい物質のおいの拡がり方やにおいの特性を明らかにし、データを整理する。

これらのことを踏まえ、本論文では、芳香剤のおいの適切な活用方法について検討する。居住者の意識や現状を反映した形で芳香剤のおいの適切な活用

方法の検討が行われることは、快適な居住環境を創造する上で有意義であると考えられる。

#### 1-4. 本論文の構成

本論文は6章で構成されており、その構成は図1-1に示すとおりである。

第1章では、背景と目的、既往の研究、本研究の位置づけを述べた。

第2章では、アンケート調査によって住居内における意識について明らかにする。また、住居内における対策として用いられている芳香剤の利用実態についても把握する。

第3章では、芳香剤における測定方法を検討するため、アンケート調査とにおい質評価実験から、においの質の官能評価に用いる表現語を検討する。また、半導体ガスセンサを用いて室内における分布の測定方法についても検討する。

第4章では、実際のLDKを想定した15畳大の空間で、芳香剤における拡がり、におい物質とにおいの質を測定し、香料噴霧の方式の違いによるにおいの拡がり方の違いを検討する。

第5章では、悪臭物質としてAmmonia、芳香剤の香料の成分としてD-Limoneneを用いて、空間内での各物質の分布を測定し、芳香剤の使用目的である、におい対策とかおりを楽しむ両面の視点から、におい物質濃度の空間分布の特徴を明らかにする。

第6章では、第5章までの研究成果をまとめ、今後の課題などを述べて結論とする。

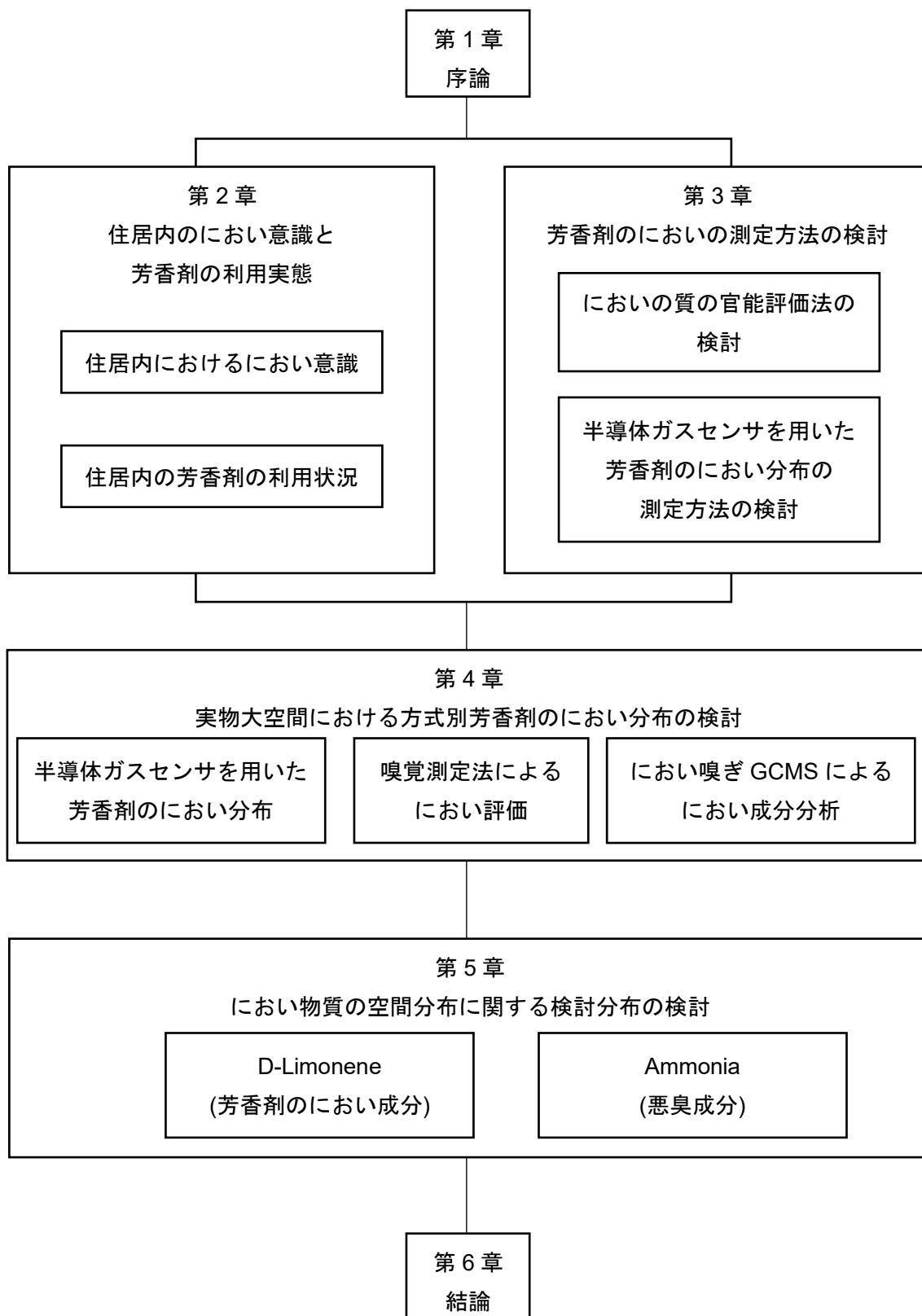


図 1-1 本論文の構成

## 参考文献

- 1) 趙 鏞訓, 杉山 道雄, 小栗 克之: 畜産公害の発生要因とその対策の経済性, 農業経営研究, Vol.62, No.4, pp. 39-48, 1995
- 2) 平松 哲也: 環境問題, 紙パ技協誌, Vol.31, No.8, pp. 571-582, 1977
- 3) 悪臭防止法, 昭和四十六年六月六日法律第九十一号, 1971
- 4) 諸井 澄人: 悪臭防止法改正の経緯-臭気指数規制導入を中心に-, におい・かおり環境学会誌, Vol.43, No.6, pp.388-394, 2012
- 5) 環境省水・大気環境局大気生活環境室: 令和元年度 悪臭防止法施行状況調査, 環境省, 2021 年 3 月, [http://www.env.go.jp/air/R01akusyu\\_report.pdf](http://www.env.go.jp/air/R01akusyu_report.pdf), (参照 2021 年 11 月 17 日)
- 6) 環境省環境管理局大気生活環境室: 平成 15 年度悪臭防止法施行状況調査について, 環境省, 2004 年 12 月 12 日, [https://www.env.go.jp/air/akushu/kujou\\_h15/index.html](https://www.env.go.jp/air/akushu/kujou_h15/index.html) (参照 2021 年 11 月 17 日)
- 7) WHO, Indoor Air Pollutants: Exposure and Health Effects, Euro Reports and Studies No.78, Copenhagen, 1983
- 8) 独立行政法人国民生活センター: 柔軟仕上げ剤のにおいに関する情報提供 (2020 年), 独立行政法人国民生活センター, 令和 2 年 4 月 9 日, [https://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20200409\\_2.pdf](https://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20200409_2.pdf) (参照 2021 年 11 月 17 日)
- 9) 広山均: 化粧品香料-その現状と将来の展望, 油化学, Vol.41, No.9, pp.976-980, 1992
- 10) Mia,W.N., Wella,W. Q., Diyang,N., Jehan, S., David,Y.F., Hujjatullah,F: Measuring Intention to buy Air freshener product based on Brand Name, Packaging, Product Quality, Price, and Advertising in Indonesia, International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, Vol. 9, No. 7, pp. 470-483, 2019
- 11) 高橋 匡, 平尾 啓: 顧客ニーズに即した技術開発に資する情報解析手法: 消臭技術を対象としたオープンイノベーションの検討, 情報管理, Vol.58, No. 10, pp. 745-754, 2015
- 12) 矢田英樹: 芳香消臭剤の香りの変遷、におい・かおり環境学会誌, Vol. 46,



No. 6, pp.382-389, 2015

- 13) 齊藤幸子, 井濃内順, 綾部早穂: 嗅覚概論 においの評価の基礎, 公益社団法人 におい・かおり環境協会, 2017
- 14) Kim,S., Hong,S.H., Bong,C.K.,ChomM.H: Characterization of air freshener emission: the potential health effects, The Journal of Toxicological Sciences, Vol. 40, No. 5, pp. 535-550, 2015
- 15) 神野透人, 香川 聡子, 小濱とも子, 宮川真琴, 吉川淳, 小松一裕, 徳永裕司: 室内空気中の総揮発性有機化合物(TVOC)に対する芳香剤・消臭剤の影響に関する研究, 国立医薬品食品衛生研究所報告, Vol.125, pp.72-78, 2007
- 16) 光田恵, 山崎古都子, 大迫政浩, 西田耕之助: 住環境の快適性因子としてのおい事象について(第 5 報)住居内の不快なおいに対する意識, 臭気学会講演要旨集, pp.22-23, 1992
- 17) 光田恵, 山崎古都子, 大迫政浩, 西田耕之助: 生活環境中のおいに対する居住者の意識に関する研究, 家政学研究, Vol. 38, No. 2, pp. 116-126, 1992
- 18) 松井 静子, 檜崎 正也, 山中 俊夫, 平石 年弘: 住宅内の臭気環境及び居住者の臭気に対する意識の実態, 日本建築学会計画系論文報告集, Vol.452, pp. 19-25, 1993
- 19) 萬羽 郁子, 五十嵐 由利子, 磯田 憲生: 住宅における空気環境と居住者の換気行動についての実態調査 第2報 北陸地域と関西地域の住宅を対象とした居間の臭気環境および居住者の臭気環境改善行動の実態, 日本家政学会誌, Vol. 61, No. 10, pp. 655-669, 2010
- 20) 光田 恵, 磯田 憲生, 久保 博子, 梁瀬 度子: 室内における生ごみ臭の許容レベルに関する研究, 日本建築学会計画系論文集, Vol.60, No.475, pp. 35-40, 1995
- 21) 光田 恵, 磯田 憲生, 久保 博子, 梁瀬 度子: 住居内の生ごみ臭に対する評価と影響要因に関する調査研究, 家政学研究, Vol.42, pp. 39-48, 1995
- 22) 光田 恵, 磯田 憲生, 久保 博子, 梁瀬 度子: 生ごみ臭の発生原単位の評価方法に関する研究, Vol.61, No. 486, pp.35-41, 1996

- 23) 光田 恵, 磯田 憲生, 久保 博子, 梁瀬 度子: 台所における生ごみ臭の実態と評価, 人間と生活環境, Vol. 2, No. 1, pp. 67-74, 1995
- 24) 金 和子, 久保田 紀久枝, 小林 彰夫: 調理時に生じる臭気成分の検索, 日本家政学会誌, Vol. 41, No. 11, pp. 1023-1030, 1990
- 25) 光田 恵, 棚村 壽三, 毛利 志保, 小林 和幸, 濱中 香也子: 実住宅のLDKにおける臭気調査 その3 臭気の許容レベルの検討, 一般社団法人日本家政学会研究発表要旨集, 2008
- 26) 棚村 壽三, 光田 恵, 佐々木 寛篤, 小林 和幸: 室内における調湿建材による調理臭の脱臭性能に関する検討, におい・かおり環境学会誌, Vol. 41, No.6, pp. 434-442, 2010
- 27) 棚村 壽三, 光田 恵, 小林 和幸, 濱中 香也子: 調理臭の臭気濃度の経時変化に関する検討, におい・かおり環境学会誌, Vol.42, No.4, pp.285-293, 2011
- 28) 西田耕之助: タバコ臭を対象とした室内必要換気量の評価方法に関する研究, 環境衛生工学研究, Vol.5, pp. 11-22, 1991
- 29) 光田恵, 棚村壽三, 長谷博子: たばこ臭の許容レベルに関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 951-952, 2010
- 30) 村上栄造: たばこ臭の評価に関する研究 : 第3報 環境たばこ煙の臭気成分, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, Vol. 34, pp. 55-58, 2010
- 31) 棚村壽三, 光田恵, 長谷博子, 竹村 明久: たばこ臭の許容レベルに関する検討 : 第2報 喫煙の有無および年齢別の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 873-874, 2012
- 32) 棚村壽三, 光田恵: たばこ臭の許容レベルに関する検討 : 第3報 たばこの種類による評価の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 801-802, 2015
- 33) 甲斐 義雄, 玉野 正保, 高橋 紀行, 海野 健一: トイレの除臭機能向上に関する研究 : その1 現状調査結果, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, pp.589-592, 1986

- 34) 高橋 紀行, 海野 健一, 甲斐 義雄, 玉野 正保: トイレの除臭機能向上に関する研究 : その2 モデルルームによる実験結果, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, pp.593-596, 1986
- 35) 仲戸川 智, 高橋 紀行, 品田 宏章: トイレの除臭機能向上に関する研究 : その3 巾木排気方式による性能確認実験, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.269-272, 1987
- 36) 一般社団法人 日本建築学会 : 日本建築学会環境基準 AIJES-A0003-2019 室内の臭気に関する対策・維持管理規準・同解説, 一般社団法人 日本建築学会, 2019
- 37) 永友 茂美: 家庭用芳香消臭剤の市場と開発動向, におい・かおり環境学会誌, Vol.37, No.5, pp. 355-361, 2006
- 38) 東実千代, 佐々尚美: 生活環境中のおいに対する意識とおい関連製品の使用実態 : 大学生を対象とした住まい方・嗜好の違いからの検討, 人間-生活環境系シンポジウム報告集, Vol.38 , pp. 227-228, 2012
- 39) 光田 恵: ヒトと生活環境のおい, Journal of the Mass Spectrometry Society of Japan, Vol.66, No. 2, pp. 92-96, 2018
- 40) 仁科 弘重, 中本 有美: 観葉植物,花,香りが人間に及ぼす生理・心理的効果の脳波およびSD法による解析, 日本建築学会計画系論文集, Vol.63, No.509, pp. 71-75, 1998
- 41) 大黒 さゆり, 棚村 壽三, 内山 一寿, 光田 恵: フェニル酢酸とノナン酸の臭気特性に関する研究, におい・かおり環境学会誌, Vol.49, No.1, pp.29-37, 2018
- 42) 平野 雅人, 山中 俊夫, 崔 ナレ, 竹村 明久, 小林 知広: 香り環境下における学習効率に関する研究 (その5)香り環境が心理評価及び学習効率に及ぼす影響, 令和2年度大会(オンライン)学術講演論文集, Vol.7, pp.73-76, 2020
- 43) 井上 正明, 小林 利宣: 日本におけるSD法による研究分野とその形容詞対尺度構成の概観, 教育心理学研究, Vol. 33, No. 3, pp. 253-260, 1985

- 44) 森中 洋一, 福田 直也, 高柳 謙治: シソの香気評価に関する研究 : シソ葉香気の官能評価用語の選定, 園芸学会雑誌, Vol.70, No.5, pp. 607-615, 2001
- 45) 宇都宮 仁: 清酒の官能評価にかかわるにおい・かおりについて, におい・かおり環境学会誌, Vol.38, NO.5, pp. 352-360, 2007
- 46) 佐々木啓介, 本山三知代: 鶏卵および鶏卵調理品の官能評価用語の整理と用語集の作成, 日本家禽学会誌, Vol.53, No.2, pp.50-55, 2016
- 47) 樋口 貴広, 庄司 健, 畑山 俊輝: 香りを記述する感覚形容語の心理学的検討, 感情心理学研究, Vol.8, No.2, pp. 45-59, 2002
- 48) 斉藤 幸子: 悪臭と日常生活臭を表現する, におい・かおり環境学会誌, Vol.44, No.6, pp. 363-379, 2013
- 49) 斉藤幸子, 綾部早穂 : 環境臭気におけるにおいの質の評価のための記述語の選定 —記述語による日本の日常生活臭の類型から—, 臭気の研究, Vol. 33, No. 1, 2002
- 50) 園田 茂代: 半導体式ガスセンサ, セラミックス, Vol.43, No.5, pp.421-423, 2008
- 51) Tetsuro Seiyama, Akio Kato, Kiyoshi Fujiishi, and Masanori Nagatani: A New Detector for Gaseous Components Using Semiconductive Thin Films, Anal. Chem. Vol. 34, No. 11, pp. 1502–1503, 1962,
- 52) 田口尚義, 特公昭 45-38200(出願 1962).
- 53) 田口尚義, 特公昭 47-38840(出願 1963)
- 54) 松山 健吾, 岡崎 誠司, 藤中 透, 大松 繁: 半導体ガスセンサを用いた匂いセンシングの考察, システム制御情報学会 研究発表講演会講演論文集, 2016
- 55) 松田純一, 藤中透, 大松繁: 半導体ガスセンサを用いた混合臭の解析, 第 51 回システム制御情報学会研究発表講演会
- 56) 山口 佳子, 斉藤 幸子: 複数種のガスセンサとニオイの感覚特性を利用した食品の腐敗度判定, 人間工学, Vol.33, No. 2, pp. 71-78, 1997
- 57) 板倉 朋世, 光田 恵, 棚村 壽三: 高齢者のおむつ交換時における排泄物

の臭気特性に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, Vol.73, No. 625, pp. 335-341, 2008

- 58) 棚村 壽三, 光田 恵, 小林 和幸: 住宅厨房における調理臭の分布と臭気質に関する研究, 一般社団法人日本家政学会研究発表要旨集, 2007
- 59) 厚生労働省: 令和2年版 厚生労働白書(平成30年度・令和元年度厚生労働行政年次報告)―令和時代の社会保障と働き方を考える―, pp.71-79, 2020.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000735866.pdf> (参照 2022年1月10日)

## 2.住居内におけるにおい意識と芳香剤の利用実態

### 2-1.目的

ここ 30 年間のにおい意識に関係する問題を振り返ると、屋外の悪臭苦情につながるにおいの発生源は、固定発生源から都市・生活における発生源へと変化している。室内のにおいについては、2000 年代に人々のにおい意識に大きな影響を及ぼしたシックハウス症候群の問題が顕在化し、室内空気質に影響する要素の 1 つに、においがあることが改めて認識されるようになった。現在は、ストレス社会とも言われており、生活の中での癒しとして、手軽ににおい・かおり製品が利用されている。一方、2018 年頃からのにおい・かおりによる香害という新しい問題が顕在化した。2019 年から新型コロナウイルス感染拡大防止のため、外出頻度の低下により、自宅での滞在時間が増え、以前とは生活様式も変化している。このような状況の中で、住居内におけるにおいに対する人々の意識も変化していることが予想されるが、調査はされていない。

そこで本章では、近年のにおいに対する問題点への有効な対策を立てるための基礎データを得ることを目的として、住居内の不快なにおい、住居内の芳香剤等の使用実態に関するアンケート調査を実施する。また、不快なにおい、原因、対策についてどのように変化したのかを明らかにするため、光田らによる 1990 年 7 月の調査結果<sup>2)3)</sup>と比較する。

### 2-2.調査方法

#### 2-2-1.調査項目

調査項目は、下に示すとおりである。住居内については、「キッチン」「トイレ」「リビング」「玄関」「風呂」「自室・寝室」について回答してもらった。

(Ⅰ)調査対象者の属性および居住条件

(Ⅱ)住居内におけるにおいに関する意識

・においの気になる程度

(4 段階評価：1 感じない、2 気にならない、3 やや気になる、4 気になる)

- ・においの強さ

(3段階評価：1 感じない、2 やや強い、3 非常に強い)

- ・感じる頻度

(4段階評価：1 感じない、2 ほとんどない、3 たまにある、4 よくある)

- ・においの快不快度

(3段階評価：1 不快、2 どちらでもない、3 快適)

- ・においの質(選択)

- ・においの種類(選択)

- ・においを感じる原因(選択)

- ・においについての対策(選択)

(Ⅲ)住居内の芳香剤の利用実態

- ・利用状況

- ・利用している芳香剤の方式(選択)

- ・利用している芳香剤の香調(選択)

- ・利用理由(選択)

## 2-2-2.調査方法および調査期間

2020年10月～2021年1月に、Microsoft Forms によるアンケート調査を行った。対象者にはアンケートフォームのURLをメールにより送信し、回答を依頼した。調査対象者の属性および居住条件および住居内のおいに関する意識に関する調査項目は回答を必須とし、住居内の芳香剤の利用実態に関する調査は任意回答とした。

## 2-2-3.調査対象者

愛知県と東京都内の大学の学生・職員とその家族を対象に、同居家族の中で代表者1名に回答を依頼した。

## 2-3.結果および考察

### 2-3-1.調査対象者の属性および居住条件

調査項目(Ⅱ)の調査対象者の属性と居住条件を表 2- 1 に、調査項目(Ⅲ)の調査対象者の属性と居住条件を表 2-2 に示す。また、今回比較を行う 1990 年調査の調査対象者の属性と居住条件を表 2- 3 に示す。

(Ⅱ)の調査対象者の属性については、性別は男性が 40.4%、女性が 59.6%と女性の方が多く、年齢は、10 歳～30 歳代の若年層が 35%、40 歳～50 歳代が 56.8%、60 歳代以上の高齢層が 9.2%であった。居住条件については一戸建て住居が 71.0%で多くなった。建築年代では、2000 年～2009 年が最も多く、次いで 2010 年～2019 年で、比較的新しい建物が多くなった。居住年数は、10 年～24 年までで 48.1%を占めている。調査票の回収数は 1990 年調査が 374 件(37.4%)、2020 年調査が 183 件であった。1990 年調査は滋賀県大津市で配布郵送法によって実施されたが、2020 年調査は全国を対象に Web アンケートにより実施し、16 都道府県在住者の回答を得られている。1990 年調査に比べて 2020 年調査では回答者は女性が多く、年代がやや若い違いがある。



表 2-1 調査項目(Ⅱ)の調査対象者の属性および住居条件(2020年)

項目		実数	(%)	項目	実数	(%)	
性別	男性	74	40.4	愛知	124	67.8	
	女性	109	59.6	東京	19	10.4	
	不明	0	0	岐阜	10	5.5	
年齢	10歳代	7	3.8	居 住 都 道 府 県	三重	7	3.8
	20歳代	38	20.8		宮崎	6	3.3
	30歳代	19	10.4		静岡	3	1.6
	40歳代	50	27.3		奈良	3	1.6
	50歳代	54	29.5		熊本	2	1.1
	60歳代	16	8.7		神奈川	2	1.1
	70歳代	1	0.5		大阪	2	1.1
	不明	0	0		福岡	2	1.1
建築年代	1969以前	6	3.3	居 住 年 数	長野	1	0.5
	1970～1979年	7	3.8		新潟	1	0.5
	1980～1989年	19	10.4		広島	1	0.5
	1990～1999年	38	20.8		1年未満	3	1.6
	2000～2009年	60	32.8		1～4年	41	22.4
	2010～2019年	46	25.1		5～9年	27	14.8
	2020年～	4	2.2		10～14年	30	16.4
不明	3	1.6	15～19年	25	13.7		
住宅形式	一戸建て	130	71.0	20～24年	33	18	
	集合住宅	53	29.0	25～29年	9	4.9	
	不明	0	0.0	30～34年	3	1.6	
同居人数	1人	34	18.6	35～39年	4	2.2	
	2人	24	13.1	40年以上	6	3.3	
	3人	45	24.6	不明	2	1.1	
	4人	58	31.7	調査対象者数	183	100	
	5人	13	7.1				
	6人	7	3.8				
	7人以上	2	1.1				
	不明	0	0.0				

表 2-2 調査項目(Ⅲ)の調査対象者の属性および居住条件(2020 年)

項目		実数 (%)		項目		実数 (%)	
性別	男性	21	51.2	居 住 地	愛知	28	68.3
	女性	20	48.8		三重	4	9.8
	不明	0	0.0		東京	2	4.9
年齢	20歳代	15	36.6	都 府 県	岐阜	2	4.9
	30歳代	3	7.3	道	奈良	2	4.9
	40歳代	11	26.8	府	熊本	1	2.4
	50歳代	9	22.0	県	大阪	1	2.4
	60歳代	3	7.3		福岡	1	2.4
住宅形式	一戸建て	29	70.7	築 年 代	1969以前	1	2.4
	集合住宅	12	29.3		1970～1979年	2	4.9
同居人数	1人	13	31.7	1980～1989年	2	4.9	
	2人	4	9.8	1990～1999年	5	12.2	
	3人	12	29.3	2000～2009年	15	36.6	
	4人	10	24.4	2010～2019年	14	34.1	
	5人	1	2.4	2020年～	1	2.4	
	6人	1	2.4	不明	1	2.4	
居住年数	1年未満	2	4.9	居 住 年 数	15～19年	5	12.2
	1～4年	13	31.7		20～24年	2	4.9
	5～9年	6	14.6		25～29年	2	4.9
	10～14年	10	24.4		30～34年	1	2.4
						調査対象者数	41 100.0

表 2-3 調査対象者の属性および住居条件(1990年)<sup>2)3)</sup>

項目		実数 (%)		項目		実数 (%)	
性別	男性	172	46.0	住宅形式	一戸建て	242	64.7
	女性	191	51.1		集合住宅	127	34.0
	不明	11	2.9		不明	5	1.3
年齢	20歳代	39	10.5	同居人数	1人	22	9.8
	30歳代	67	17.9		2人	46	20.5
	40歳代	68	18.2		3人	55	24.6
	50歳代	79	21.1		4人	58	25.9
	60歳代	69	18.4		5人	22	9.8
	70歳代	37	9.9		6人以上	8	3.6
	不明	15	4.0		不明	13	5.8
	建築年代	1945年以前	41		11.0	居住年数	1年未満
1945～1954年		7	1.9	1～4年	73		19.5
1955～1964年		41	11.0	5～9年	63		16.8
1965～1974年		88	23.5	10～14年	69		18.4
1975～1984年		122	32.6	15～19年	36		9.6
1985年～		55	14.7	20～24年	30		8.0
不明		20	5.3	25～29年	20		5.3
				30～34年	14		3.7
				35～39年	9		2.4
				40年以上	29		7.8
			不明	15	4.0		
					調査対象者数	374	100.0

## 2-3-2.住居内におけるにおい意識

### (1)においに対する意識

図 2-1 に不快なおいを感じる住居空間を回答してもらった結果を示す。住居内で不快なおいを感じると回答した人にその場所をすべて挙げてもらった結果をみると、2020年の調査では、住居内で不快なおいを感じている場所は、「トイレ」(22.4%)、「キッチン」(10.4%)、「玄関」(8.2%)の順に多くなった。1990年の光田らの調査結果<sup>2)3)</sup>では、「キッチン」(52.0%)、「トイレ」(47.5%)、「リビング」(32.8%)の順に多い。30年前の1990年の方が不快と回答する人の割合が高く、2020年では各空間のにおいの不快度が低減していることがわかった。

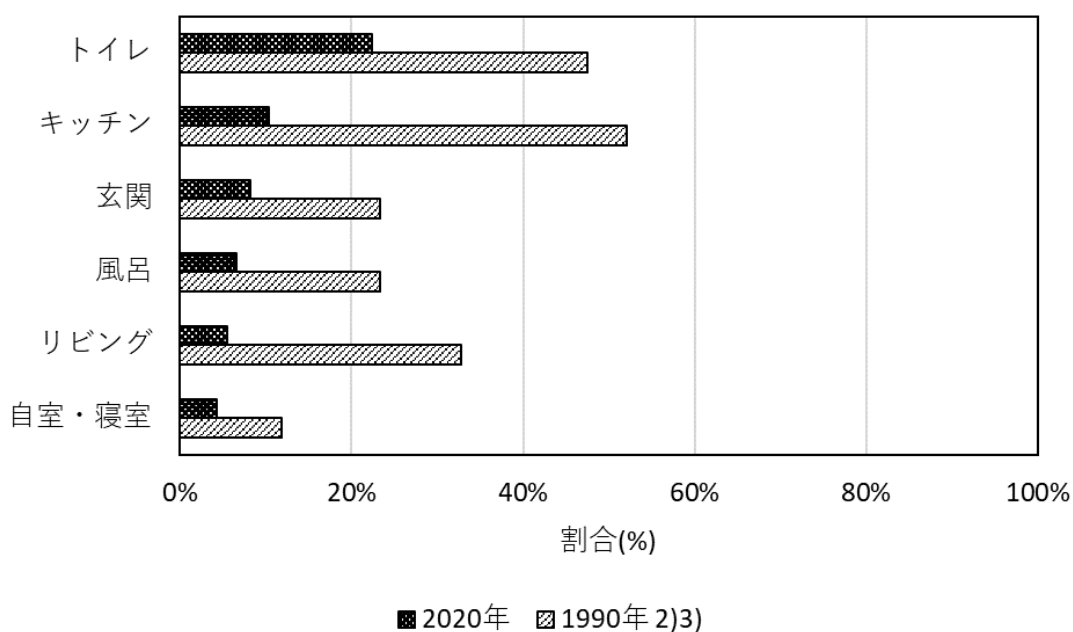


図 2- 1 不快なおいを感じる住居空間

(注)1990年のデータは、文献<sup>2)3)</sup>の引用である。

### (2)各空間の不快なおいの種類

住居内の各空間のにおいを不快と感じた人がその空間で感じるにおいについてまとめた結果を図 2-2 に示す。トイレでは、「トイレ臭」(41件中37件、90.2%)が最も多く、次いで「芳香剤臭」(9件、22.0%)があげられる。キッチンでは、

「生ごみ臭」(19件中14件、73.7%)が最も多く、「調理臭」(13件、68.4%)があげられる。玄関では、「体臭・汗臭」(19件中13件、68.4%)が最も多く、「カビ臭」(4件、26.7%)、「ペット臭」(2件、13.3%)があげられる。風呂では、「カビ臭」(12件中10件、83.3%)が最も多くなった。リビングでは、「体臭・汗臭」(10件中4件、40.0%)、「調理臭」(2件、20.0%)、「たばこ臭」(1件、10.0%)であった。自室・寝室では、「体臭・汗臭」(8件中5件、70%)である。リビングや自室・寝室のような人が長時間滞在する空間では、「体臭・汗臭」の割合が高い傾向がみられる。

1990年の光田らによる結果<sup>2)3)</sup>と1991年の松井らによる結果<sup>4)</sup>を比較する。光田らの調査結果では、「トイレ」は「トイレ臭」、「キッチン」は「生ごみ臭」、「リビング」は「たばこ臭」が、「玄関」では「かび臭」、「風呂」でも「かび臭」がそれぞれの空間で回答の割合が高いにおいであった。また、「居間」では「たばこ臭」の回答割合が100%で、他の場所もにのいの種類は最大でも3種類であった。松井らの調査結果では、「トイレ」では「排泄物臭」、「キッチン」では「生ごみ臭」、「リビング・寝室」では「たばこ臭」、「玄関」では「ペット臭」、「風呂」では「水垢臭」がそれぞれの空間で回答の割合が高いにおいであった。また、にのいの種類に着目すると、「玄関」では回答されたにのいの種類は10種類以上回答されていたが、他の空間が3~5種類程度である。30年前の1990年頃の各空間のにのいの種類については、既往の研究より「トイレ」では「トイレ臭」、「キッチン」では「生ごみ臭」、「居間」では「たばこ臭」が主なにおいであることがわかった。本調査結果では、「トイレ」では「トイレ臭」であり、1990年の調査と同様の結果であった。しかし、「キッチン」では「生ごみ臭」と「調理臭」が同程度、「リビング」では「体臭・汗臭」が40%と最も回答率は多いが「わからない」と回答している人も多く、様々なにおいが混在しており特定できておらず、1990年では「キッチン」「リビング」では特定のにおいを感じていたが、2020年では特定なにおいがなくなることがわかった。感じているにおいの種類について着目すると、2020年の方が回答されているにおいの種類が増加している。このことから、各空間でにおいが多様化していることがわかった。人がにおいの発生

源になるのにおいに着目すると、2020年では「玄関」、「リビング」「自室・寝室」で「汗臭・体臭」を感じているが、光田ら、松井らの調査結果では人が発生源になるのにおいの回答はみられていない。このことから、1990年代では多くの人が感じていた主なにおいは対策が行われ、現在ではにおいレベルは低減し、新しく人が発生源になるのにおいを気になるようになってきていることがわかった。

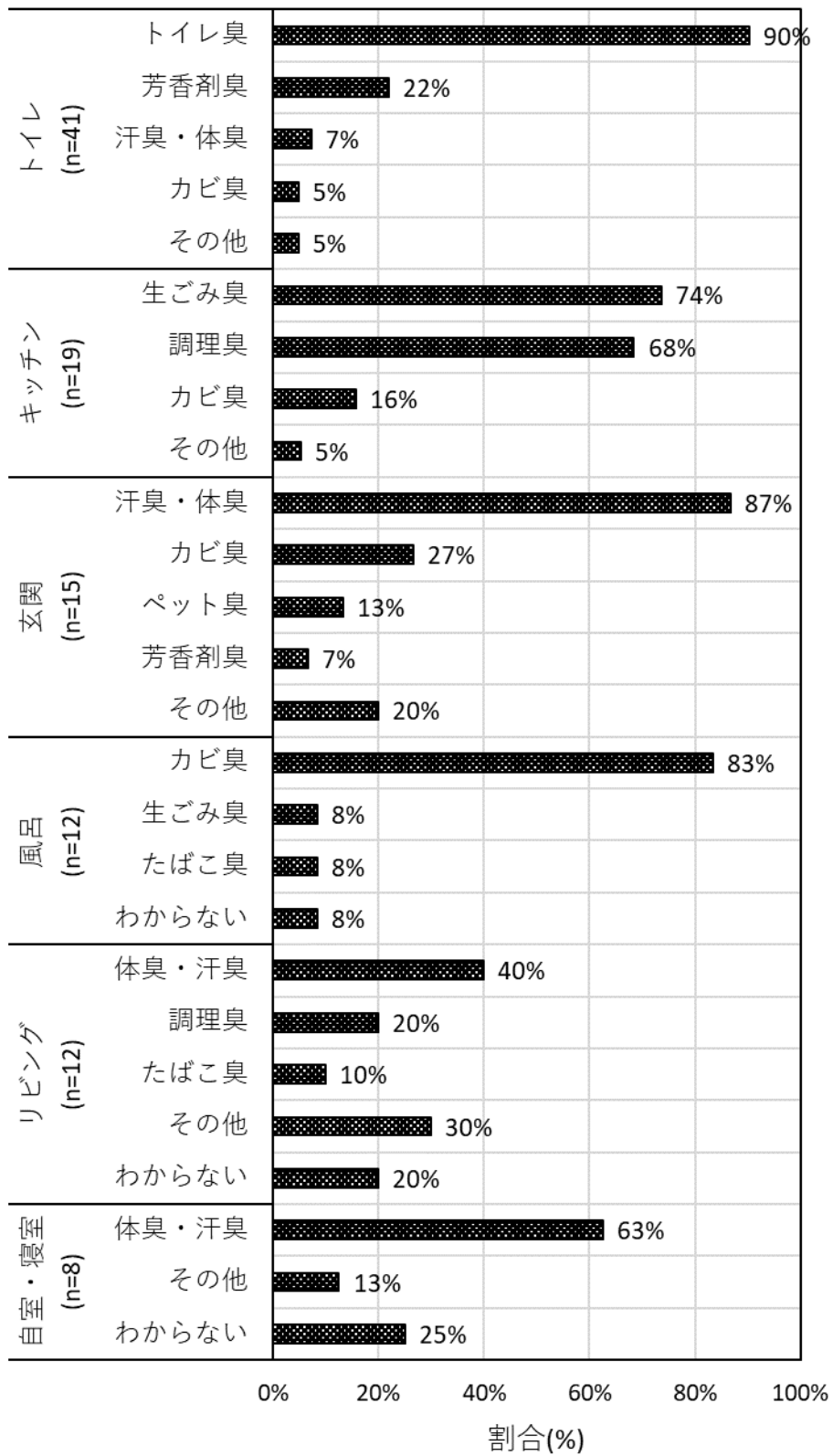


図 2- 2 各空間を不快とした人が感じるにおい

### (3)各空間のにおいの原因と対策

各空間のにおいを不快とした人が感じるにおいて 10 件以上あげられたに  
おいの原因を図 2-3 に示す。「トイレ・トイレ臭」の原因としては、「掃除が  
足りない」が 37 件中 20 件(54.1%)で発生源管理の問題が最も多かった。次  
いで「風通しが悪い」(10 件、27.0%)、「換気扇の性能が悪い」(9 件、  
24.3%)という換気に関する問題があげられている。「キッチン・生ごみ臭」  
の原因として、「掃除不足」が 14 件中 10 例(71.4%)で、次いで「ごみの  
置き場がない」(6 件、42.9%)という建物の計画上の問題があげられて  
いる。「キッチン・調理臭」の原因では「換気扇の性能が悪い」(13 件  
中 6 件、46.2%)、「風呂・カビ臭」の原因では「掃除が足りない」(10  
件中 6 件、60.0%)、「玄関・体臭汗臭」の原因では「風通しが悪い」  
(13 件中 7 件、53.8%)であった。住居内の原因をまとめると、「住居全  
体」で掃除不足という管理上の問題点が挙げられている。各空間で原因を  
まとめると、「トイレ」では「風通しが悪い」「換気扇の性能が悪い」と  
いう換気に関する問題が多くあげられ、「キッチン」では「ごみの置き場  
がない」という計画上の問題点もあげられた。

光田らの調査結果では、各空間でその場所が発生源の 7 件以上上げられた  
不快なおいには、「キッチン・生ごみ臭」(47 件)、「キッチン・調理臭」(8  
件)、「トイレ・トイレ臭」(60 件)、「リビング・たばこ臭」(7 件)、「風呂・  
カビ臭」(14 件)、「風呂・排水口臭」(11 件)であり、1990 年と 2020  
年で共通で挙げられた場所とのおいの組み合わせは「トイレ・トイレ臭」  
「キッチン・生ごみ臭」「キッチン・調理臭」「風呂・カビ臭」であり、  
2020 年の調査で新しく挙げられた場所とのおいの組み合わせは「玄関・  
体臭汗臭」であった。「トイレ・トイレ臭」では、1990 年では「換気扇  
がない」(60 件中 25 件、41.7%)が最も多く、次いで「換気扇の性能  
が悪い」、「掃除不足」が原因として挙げられている。2020 年の調査  
では、「掃除不足」最も多く、次いで「風通しが悪い」「換気扇の性能が  
悪い」となった。「換気扇がない」という問題は解決されているが「風  
通しが悪い」という新たな原因を感じている。「キッチン・生ごみ臭」  
では、1990 年は「ごみの置き場がない」(47 件中 23 件、48.9%)で、  
次いで「掃除が足りない」、「換気扇の性能



が悪い」であった。2020年では「掃除不足」が最も多く、次いで「ごみの置き場がない」となった。ごみの収集は1990年も、2020年も1週間に2回と同様であり、3～4日分のごみを自宅に置いておく必要があるが、ごみを置く場所がないことを示唆している<sup>23)</sup>。「キッチン・調理臭」では1990年も2020年も「換気扇の性能が悪い」が最も多くあげられた。「風呂・カビ臭」では、1990年は「風通しが悪い」「換気扇がない」「窓がない」があげられていたが、2020年では「掃除不足」が最も多く、「窓や換気設備がない」は10件中2件で20%と、改善傾向が見られている。挙げられた項目を比較すると、2020年の調査では、各空間で必ず上位3項目に「掃除不足」が入っているが、1990年では「トイレ・トイレ臭」「キッチン・生ごみ臭」のみである。2020年では、1990年より、住居内の全体の掃除不足であると考えている。

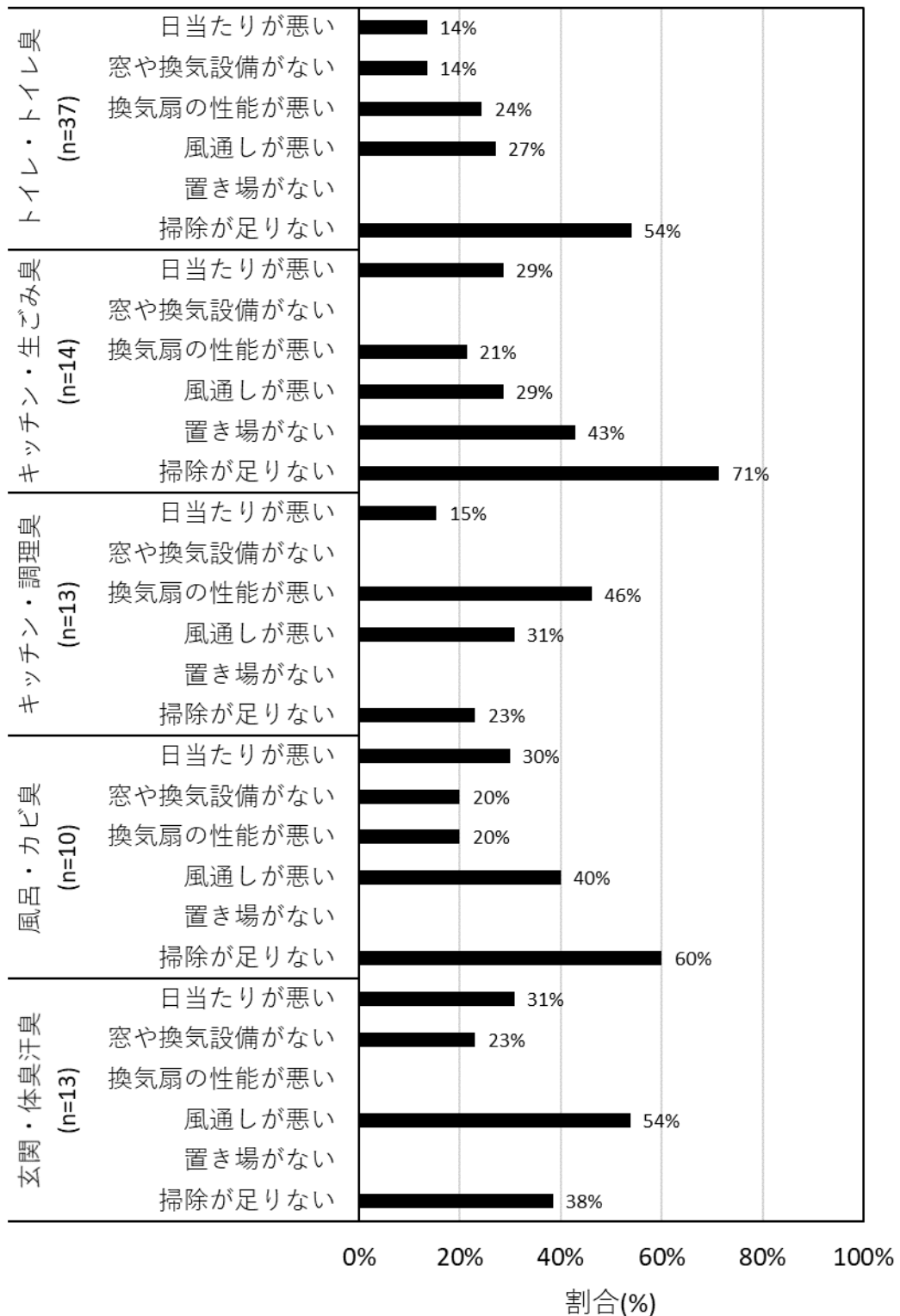


図 2- 3 においの原因

図 2-4 に対策についてまとめたものを示す。「トイレ・トイレ臭」の対策としては、「芳香剤の利用」(37 件中 23 件、62.2%)が、「換気扇を利用」(17 件、45.9%)してにおいを外へ出す換気よりも多く取られている。「キッチン・生ごみ臭」の対策としては、「換気扇の利用」(14 件中 9 件、64.3%)、「ごみを外に出す」(7 件、50.0%)があげられる。「キッチン・調理臭」の対策としては「換気扇の利用」(13 件中 8 件、61.5%)「窓の利用」(7 件、53.8%)による換気がとられている。「風呂・カビ臭」での対策としては「窓の利用」(10 件中 6 件、60.0%)や「換気扇の利用」(4 件、40%)が多く行われており、「玄関・体臭汗臭」での対策としては「窓の利用」(13 件中 7 件、53.8%)が最も多く、窓による換気や、「芳香剤の利用」(4 件、30.8%)といった対策も取り入れられている。

以上より、すべてのおいに対して、換気による除去対策が取られているが、「生ごみ臭」「カビ臭」に対しては掃除などのおいの発生を管理する対策も取られ、「トイレ臭」「体臭汗臭」に対しては芳香剤が多く利用されている。

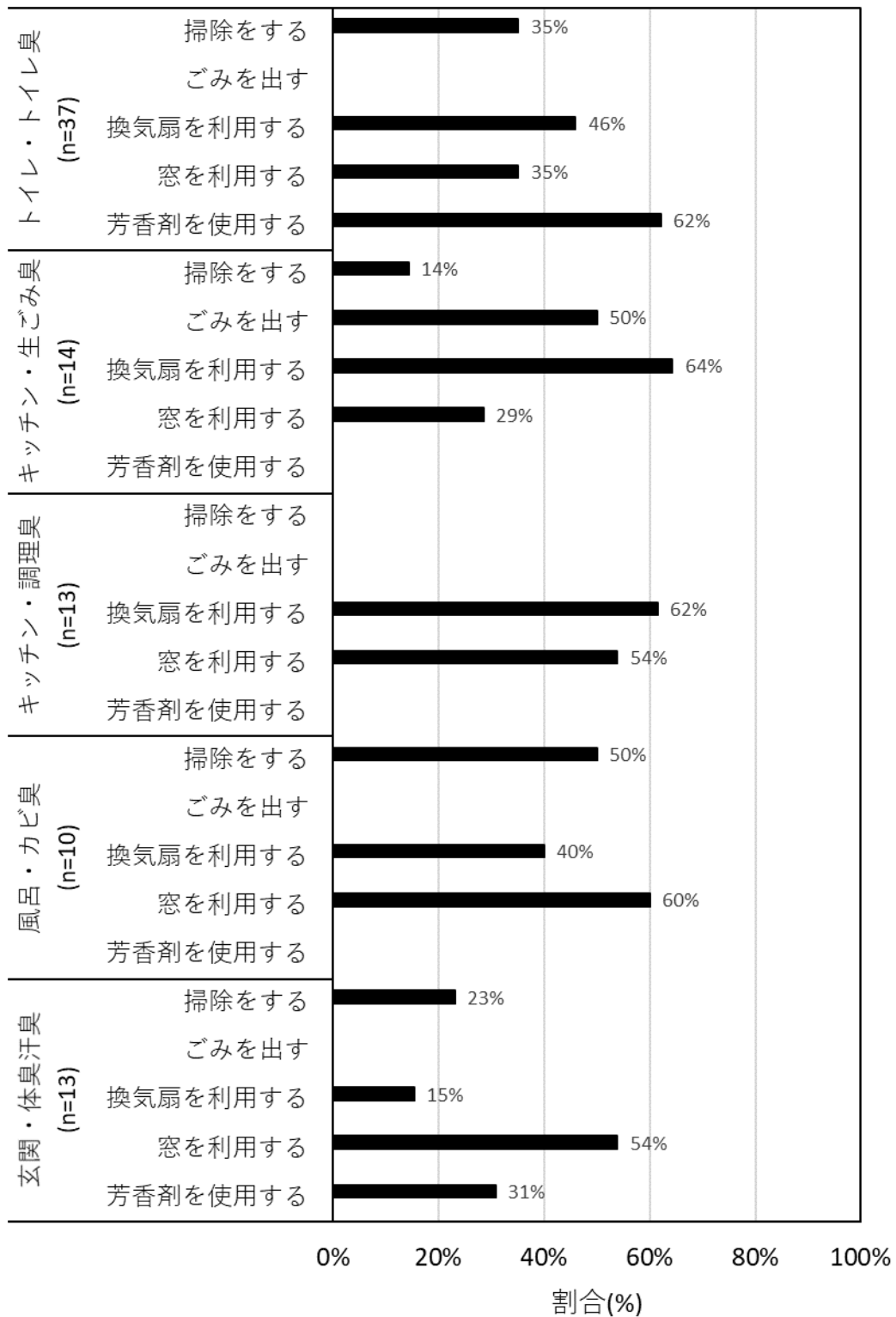


図 2-4 においの対策

光田らの調査結果では、住居内の各空間のにおいの原因については、「換気扇の性能が悪い」「窓がない」などの「換気設備」、「ごみの置き場がない」「風通しが悪い」などの「計画」、「掃除不足」などの「管理」に関することの3つに分類し、対策については「掃除をする」などの「管理」、「窓や換気扇を利用」などの「換気」、「芳香剤」の3つに分類している<sup>23)</sup>。本調査結果も同様に、各空間のにおいの感じ方に関係なく、回答があったものを分類し、原因を図2-5に、対策を図2-6に示す。においの原因としては、各空間内で「管理」が原因と回答された割合が最も高かったのは「トイレ」「風呂」で、「計画」が原因と回答された割合が最も高かったのは「キッチン」「リビング」「玄関」「自室・寝室」であった。「換気」の割合が最も高くなる空間はなかった。においの対策としては、各空間で「管理」に関する対策を行っているという回答した割合が最も高かったのは「玄関」、「換気」に関する対策を行っているという回答した割合が最も高かったのは「キッチン」「トイレ」「リビング」「風呂」「自室・寝室」であった。「トイレ」「風呂」では、においの原因は「管理」であると回答されている割合が高いが、実際に多く取り入れられている対策は「換気」であった。

各空間で芳香剤を対策として取り入れている割合が最も高いのは「トイレ」で48.1%、次いで「玄関」(34.4%)、「自室・寝室」(15.3%)「リビング」(13.7%)であった。

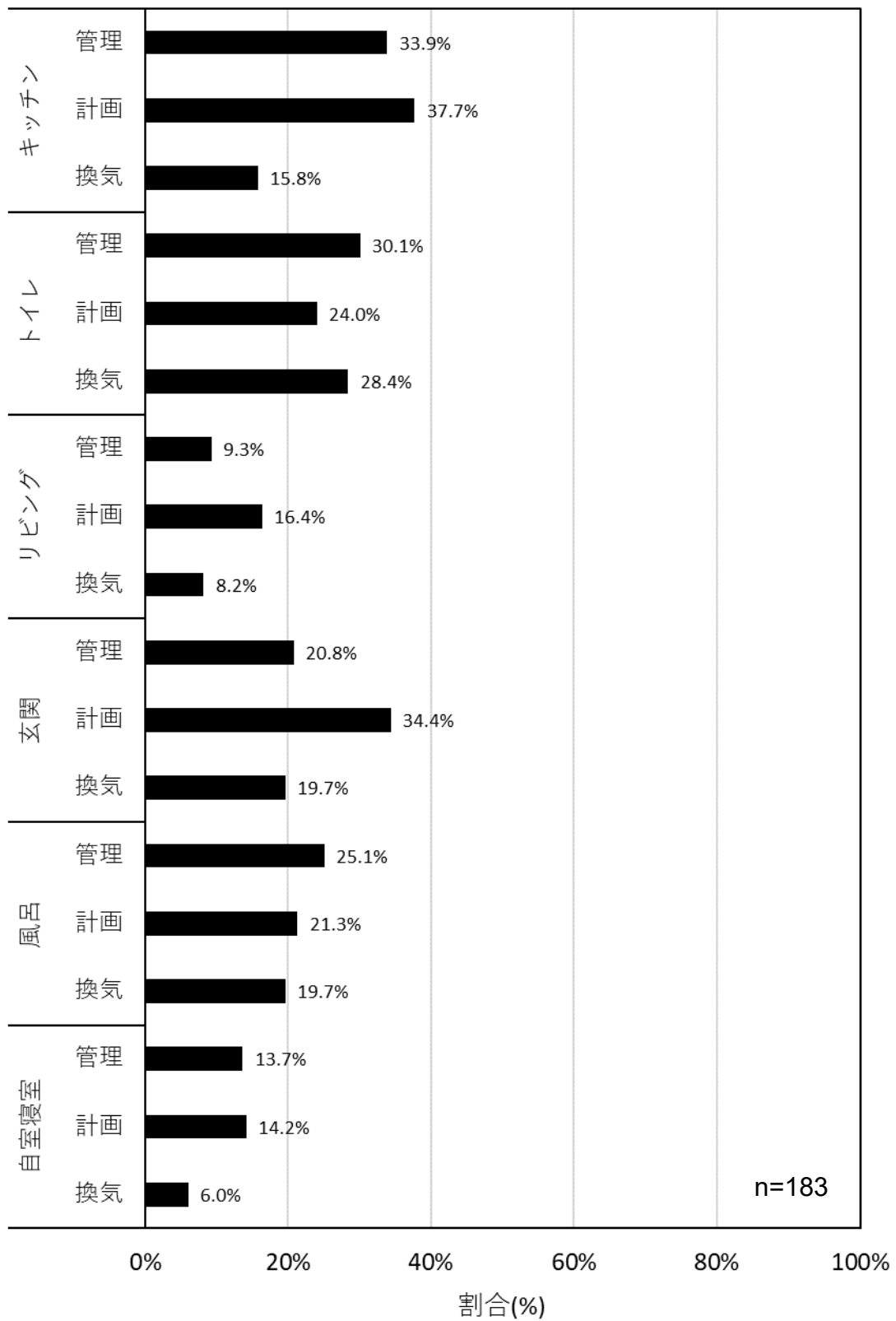


図 2-5 各空間におけるおのいの原因

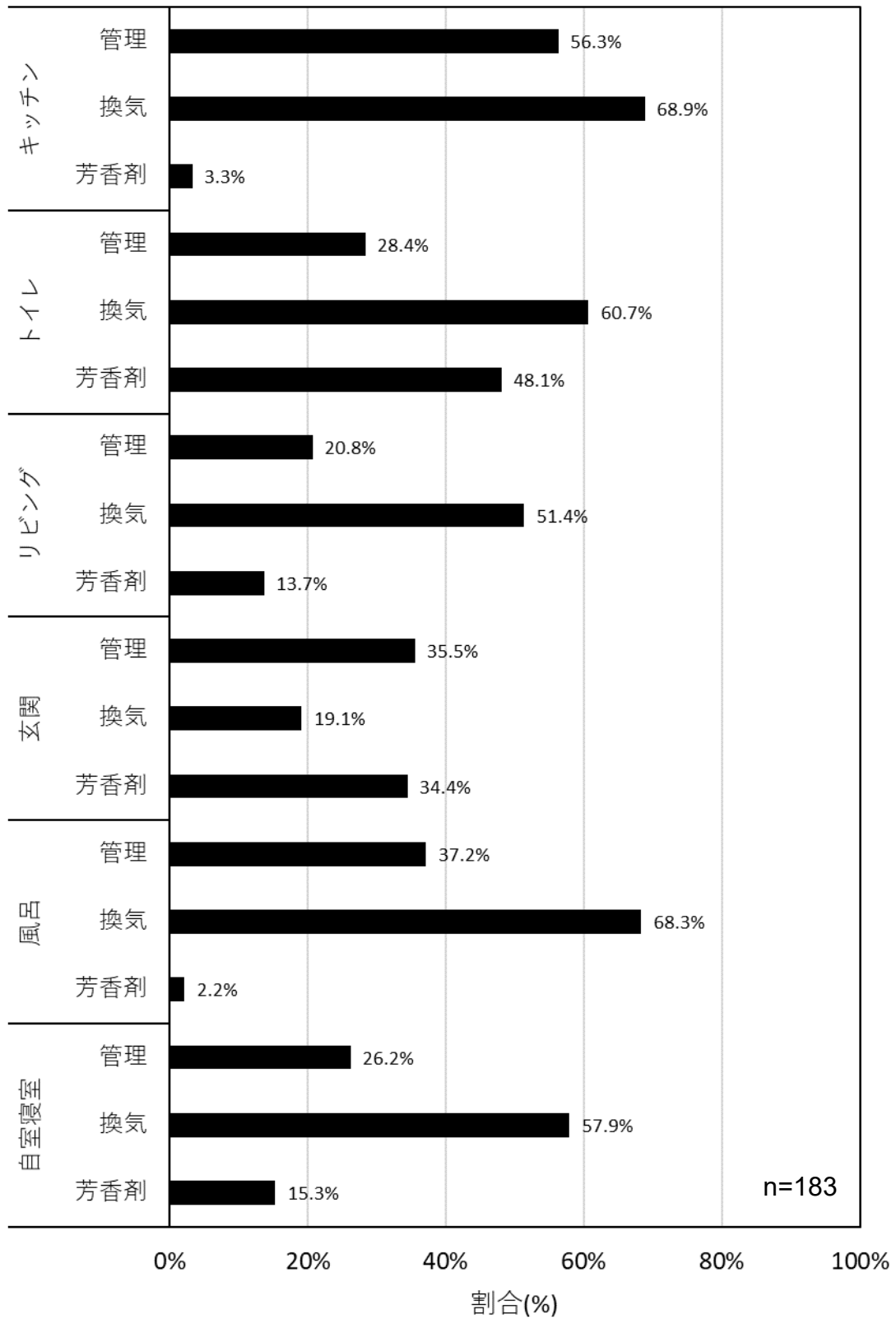


図 2-6 各空間におけるにおいの対策

### 2-3-3.住居内の芳香剤の利用状況

#### (1)使用している方式

図 2-6 より、芳香剤を多く使用している空間は、「トイレ」「玄関」「リビング」「自室・寝室」であり、「リビング」「自室・寝室」は住宅内でも滞在する時間が長く、主に生活する空間であることから「居住空間」として結果をまとめる。各空間での使用している芳香剤の方式についてまとめたものを図 2-7 に示す。室内全体にかおりを拡散させる置き型・拡散方式と、スプレーによって不快なおいに直接噴霧するハンディースプレー方式の 2 方式に分類した。置き型・拡散方式では、トイレでは 77.8%(27 件中 21 件)、玄関では 92.9%(14 件中 13 件)、居住空間では 85.0%(20 件中 17 件)であった。ハンディースプレー方式では、トイレでは 33.3%(9 件)、玄関では 14.3%(2 件)、居住空間では 20.0%(4 件)であった。どの空間でも最も利用されているのが置き型・拡散方式であり、最も手軽に利用されていることがわかった。

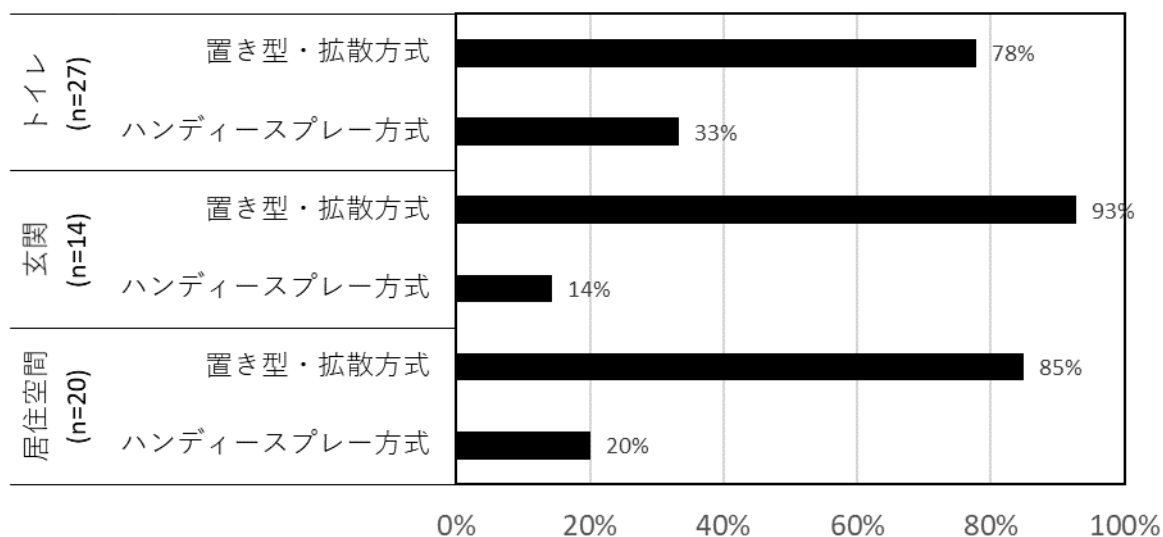


図 2-7 各空間での使用している芳香剤等の方式



## (2)使用している香調

各空間で使用している芳香剤の香調について図 2- 8 に示す。トイレでは、甘く、柔らかい花のにおいである「フローラル」(11 件、40.7%)が最も多く使用されており、次いで柑橘の爽やかで酸味と甘さのあるにおいの「シトラス」(6 例、22.2%)、柑橘類以外の桃や林檎などの果物のにおいである「フルーティー」(6 例、22.2%)であった。玄関でも、最も多く使用されているのは「フローラル」(6 件、42.9%)で、次いで植物の青葉を連想させる爽やかなにおいである「グリーン」(2 件、21.4%)、「シトラス」(1 件、6.7%)であった。住居空間では、「フローラル」(7 件、30%)、「フルーティー」(4 件、30%)、「シトラス」(3 件、20.0%)であった。どの空間でも最も多く利用されているのは「フローラル」で、次いで「シトラス」が多くの空間で使用されていることがわかった。

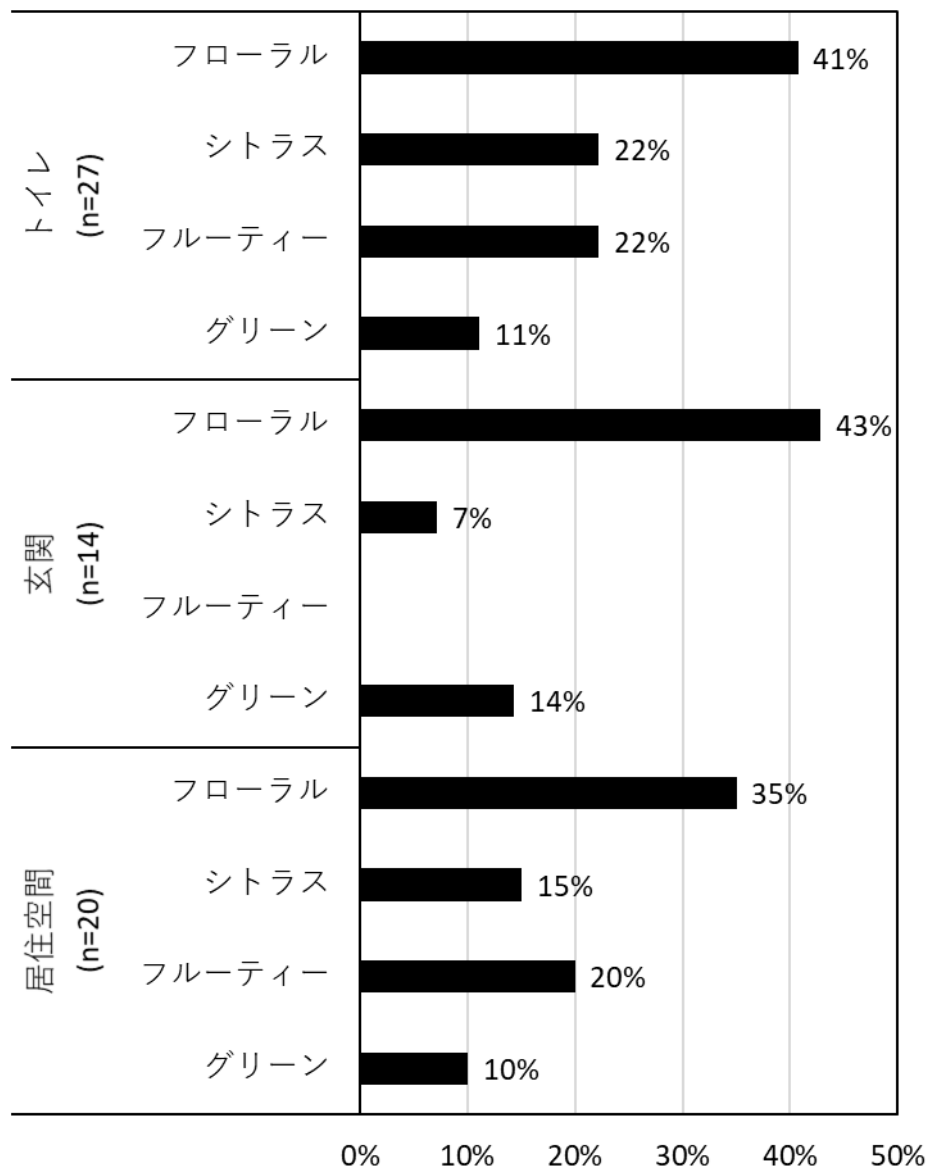


図 2- 8 各空間で利用している芳香剤の香調

### (3)芳香剤の使用理由

各空間で芳香剤を使用している理由について図 2- 9 に示す。トイレでは「不快なおいを消すため」と回答した人が 27 件中 20 件(74.1%)と最も多く、次いで「かおりを楽しむため」(4 件、14.8%)、「清潔にするため」(3 件、11.1%)であった。玄関では「かおりを楽しむため」(14 件中 7 件、50.0%)、「不快なおい

を消すため」(6件、42.9%)に使用し、居住空間では「かおりを楽しむため」(20件中11件、55.0%)、「雰囲気づくり」(9件、45.0%)のために使用している人が多いことがわかった。以上より、トイレでは「悪臭除去のため」に、玄関では「かおりを楽しむため」「悪臭除去」、居住空間では「かおりを楽しむため」「雰囲気づくり」のために芳香剤を使用していることがわかった。

1990年の光田らの調査結果では、「トイレ」は「悪臭除去」、「玄関」は主に「よい香りを楽しむ」「もてなし」、「居間」では「雰囲気づくり」のために芳香剤を利用している居住者が多いことがわかっている。本調査結果と比較すると、「トイレ」「居住空間」での芳香剤の利用目的に変化は見られなかったが、「玄関」では1990年ごろは「かおりを楽しむ」、「もてなし」が主な利用目的であったが、2020年では「悪臭除去」「かおりを楽しむ」が主な目的に変化した。理由として、1990年代は三世帯同居や専業主婦の家庭が多く、常時住居内に人がいたことから窓開け換気や玄関の扉を開けた換気が多く取り入れられていたことが想定できる。しかし、近年では単身世帯が増加し、共働きの家庭へと変化している。そのため住居内の窓開け換気や玄関の扉を開けた換気は減少し、においがこもりやすくなったことが考えられる。特に、玄関は屋外から住居内に1番最初に入る空間であり、わずかなにおいも反応するため、近年ではにおいを気になり悪臭除去のために芳香剤を使用している人が増加したと考えられる。

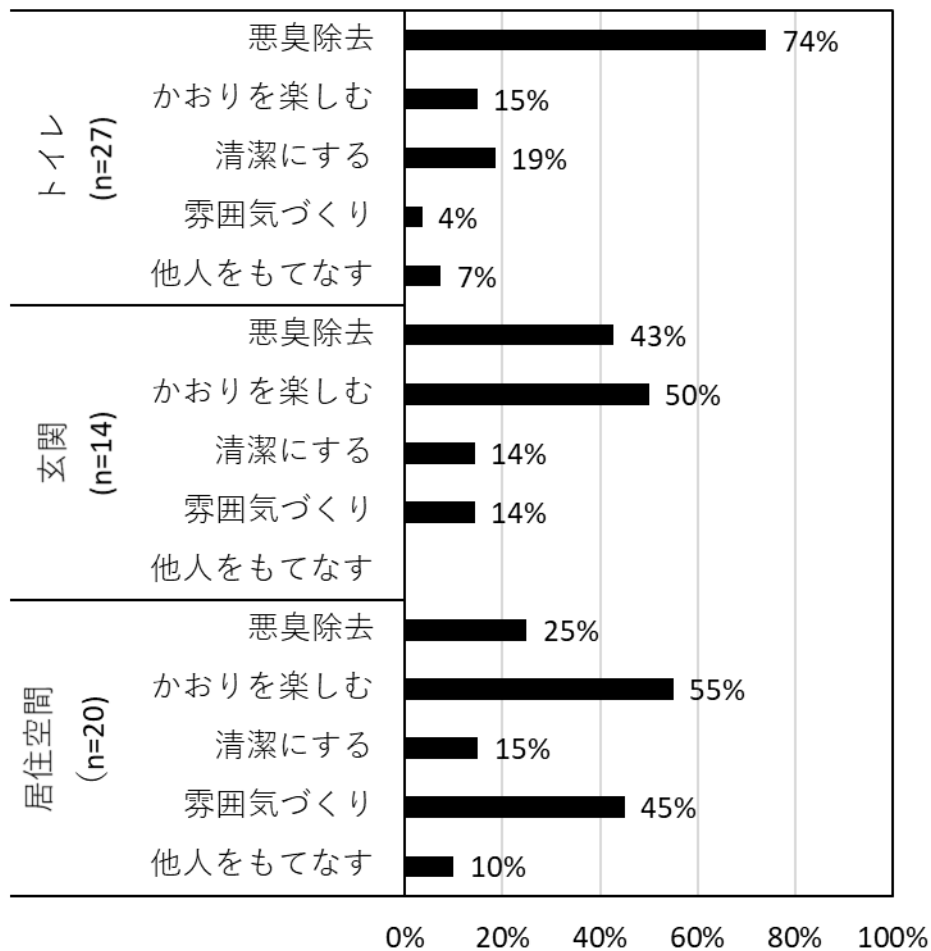


図 2- 9 各空間で消臭芳香剤を利用している理由

#### (4)香調による特徴

各空間内で使用されていた芳香剤の香調ごとにどのような特徴があるのかを明らかにするため、「フローラル」「シトラス」「フルーティー」「グリーン」の4種類の香調について検討した。香調と芳香剤の方式の関係を図 2-10 に示す。空間関係なく、どの香調も置き型・拡散方式を使用している割合が高く、フローラルの香調では置き型・拡散方式で使用していると回答した人が 91.7%(24 件中 22 件)で最も高かった。ハンディースプレー方式を使用している割合が高かったのは、シトラスの香調で 50.0%(10 件中 5 件)が最も高く、次いでフルーティーの香調で 40.0%(10 件中 4 件)であった。フローラルや、グリーンの香調はシトラス、フルーティーの 2 つの香調に比べるとハンディースプレー方式の使用している

割合は低くなった。フローラルとグリーン系の香調の芳香剤は、主に室内ににおいて拡散させる置き型・拡散方式で多く使用され、シトラスやフルーティーは置き型・拡散方式だけでなくハンディースプレー方式でも使用されていることがわかった。

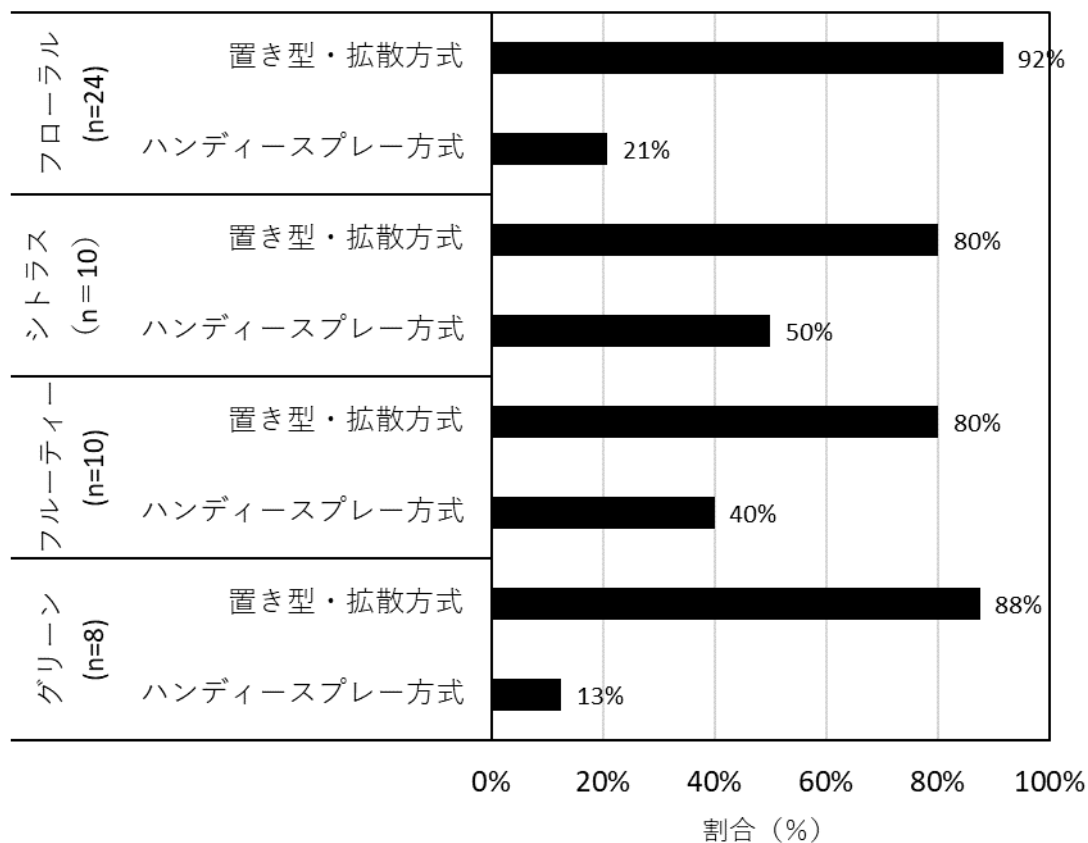


図2-10 においの種類と噴霧方式の関係

また、「フローラル」「シトラス」「フルーティー」「グリーン」の4種類においてはどのような理由で使用されているのかも検討した。フローラルの香調を使用している人の中で、最も多かったのは「かおりを楽しむため」(50%、24件中12件)であった。次いで、「悪臭除去のため」と回答する割合が高く45.8%(24件中11件)であった。シトラスの香調を使用している人では、「かおりを楽しむため」と「悪臭除去のため」と回答する割合が両方とも50%(10件中5件)であった。他の3つの香調に比べシトラスの香調を使用している人は、「清潔にするた

め」の回答割合が多く、30%(10件中3件)であった。フルーティーを使用している人では、「悪臭除去のため」と回答する割合が最も多く、50%(10件中5件)であった。次いで「かおりを楽しむ」(3件、30.0%)の回答の割合が高かったが、他の3つの香調に比べ、フルーティーでは「かおりを楽しむため」の回答割合が低く傾向であった。グリーン系の香調を使用している人は、「悪臭除去」(8件中4件、50%)と「かおりを楽しむ」(4件、50%)が最も回答割合が高くなった。どの香調も「かおりを楽しむため」「悪臭除去のため」の回答割合が高かったが、「フローラル」の香調は「かおりを楽しむ」ために、「フルーティー」は「悪臭除去のため」に使用されている傾向がみられた。また、シトラスは、「清潔にするため」に使用される傾向も高いことがわかった。

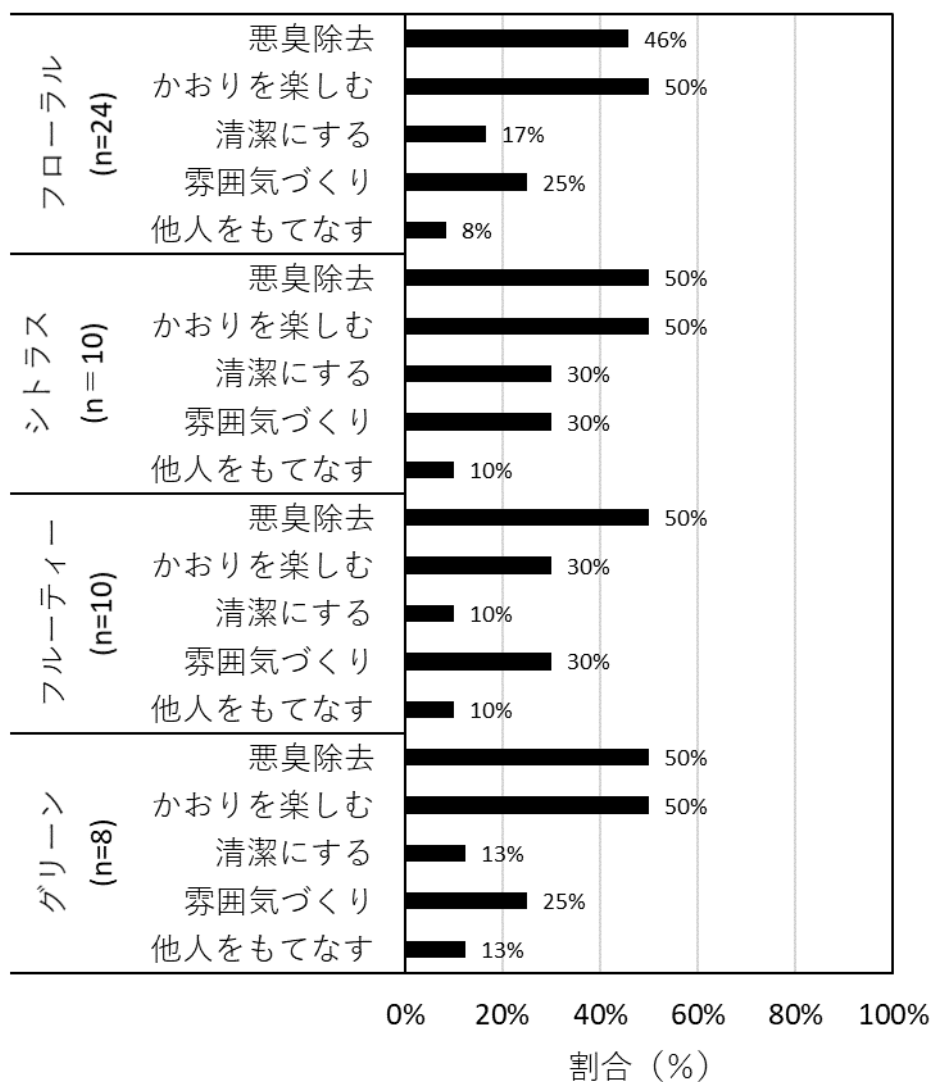


図2- 11 においの種類と利用目的の関係

#### 2-4.まとめ

本章では、生活環境におけるにおいの問題点について有効な対策をたてるための基礎的なデータを得る目的で、アンケートを実施した。まず、住居内の不快なにおいの種類を明らかにした。次に、住居内のにおいの原因と対策などを把握し、各空間のにおいの実態を把握した。さらに、におい対策として用いられている芳香剤の使用実態を明らかにした。

得られた知見は以下の通りである。

- (1) 住居内で不快なにおいを感じている空間は、「トイレ」「キッチン」「玄関」

の順に多く、1990年調査と比較すると、1990年では不快と回答する人の割合が最も高かったキッチンでは52.0%でどの空間も10~50%程度であったが、2020年では最も高かったトイレでは22.4%でどの空間も5~20%程度と割合が低くなった。

- (2) 各空間のにおいの種類としては、トイレでは「トイレ臭」が90.2%と最も多く、キッチンでは「生ごみ臭」が73.7%、「調理臭」68.4%の割合が高い。「リビング」では「体臭・汗臭」が40%と最も回答率が高いが、様々なにおいが回答されており、1990年ではたばこ臭を感じていたが、2020年では特定なにおいがなく、においが多様化していた。
- (3) 「キッチンでの生ごみ臭」では、「ごみ置き場がない」が特徴的な原因である。「キッチンでの調理臭」では、「換気扇の性能が悪い」が多くあげられ、「トイレ・トイレ臭」「風呂・カビ臭」では、「掃除不足」「風通しが悪い」が多くあげられた。これらから、ごみの置き場や風通しのよさを考慮に入れて住居を設計することが必要であるとともに、換気扇が設置されていてもにおいを除去するだけの十分な換気が行われていないことが明らかになった。1990年の結果と比較すると、2020年の調査では「掃除不足」の回答が増加しており、住居全体の掃除などの管理不足であることが把握された。
- (4) 不快なにおいを感じる空間の対策は、すべてのおいに対して、換気による除去対策が取られているが、「キッチンでの生ごみ臭」「風呂でのカビ臭」に対しては掃除などのおいの発生を管理する対策も取られ、「トイレでのトイレ臭」「玄関での体臭汗臭」に対しては芳香剤が多く利用されている。
- (5) どの空間でも最も多く利用されているのは「置き型・拡散方式」であり、どの空間でも使用され、使用されている割合が高かった香調は「フローラル」「シトラス」であった。トイレは「悪臭除去のため」、玄関で、「かおりを楽しむため」「悪臭除去のため」、居住空間は「かおりを楽しむため」、「雰囲気づくりのため」に使用しており、各空間によって使用目的が異なった。



## 参考文献

- 1) 近藤 早紀, 棚村 壽三, 萬羽郁子, 光田 恵 : 居住者による生活環境評価とにおい意識 第2報 住居内のおいの意識, 人間-生活環境系シンポジウム報告集 Vol. 45, 2021
- 2) 光田恵, 山崎古都子, 大迫政浩, 西田耕之助 : 住環境における快適性因子としてのおい事象について (第5報) 住居内の不快なおいに対する意識, 臭気学会口演要旨集, pp. 22-23, 1992
- 3) 光田恵, 山崎古都子, 大迫政浩, 西田耕之助 : 生活環境中のおいに対する住居者の意識に関する研究, 家政学研究, Vol. 38, pp. 116-126, 1992
- 4) 松井 静子, 檜崎 正也, 山中 俊夫, 平石 年弘 : 住宅内の臭気環境及び居住者の臭気に対する意識の実態, 日本建築学会計画系論文報告集, Vol.452, pp. 19-25, 1993

### 3.芳香剤のにおいの測定方法の検討

#### 3-1.目的

第2章よりにおい対策として芳香剤が用いられていることが把握され、「悪臭除去のため」や、「かおりを楽しむため」に使用されていることがわかった。かおりを楽しむためには、においの質を測定する必要がある。また、悪臭を除去するためには、室内に拡がる芳香剤のにおいを把握することでより良い対策を行うことが可能になる。そこで、本章では芳香剤のにおいを測定・評価するために必要なにおい質の表現用語と半導体ガスセンサの検討を行った。

#### 3-2.においの質の官能評価法の検討

##### 3-2-1.検討目的

現在、においの測定には人の嗅覚を用いる官能評価の他、センサや分析機械を用いた機器測定などが用いられるが、現在の技術では人が感じるにおいの質を評価するには官能評価が最も有効であると考えられる。しかし、官能評価においても、評価する人により個人差があることが知られている。例えば、斉藤ら<sup>1)</sup>、34種類の単におい成分と7種類の現場臭のにおいを嗅ぎ、適した表現語を選択および追加させ、においを表現することを試みている。その結果、被験者ごとに異なる表現語を選ぶことが多く、におい質の感じ方や用いる表現語に個人差が大きいことが示された。このことから、においの評価時に用いる評価項目が、より共通認識の持たれやすい表現であることが重要であると考えられる。次に、においの感覚強度に着目すると、長時間におい刺激に暴露されることで感覚強度が低下する、順応や嗅覚疲労という現象が知られている。順応までの時間は、におい物質によって異なる<sup>2)</sup>だけでなく、個人差も大きいことが報告されている<sup>3)</sup>。このことから、においの評価時ににおいへの暴露時間が長くないよう、必要最小限の評価項目を用いることが重要である。以上より、におい質評価項目として、より共通認識の持たれやすい表現を最小限使用することが、高い再現性を確保する上で望ましいと考えられる。しかし、表現語を整理した資料は提示されているが、何を基準に表現語を選定すればよいのかは明らかになっていない。

そこで本節では、におい質を再現性高く評価できるにおい評価指標を確立するため、アンケート調査とにおい質評価実験を行い、選定基準について検討した。

### 3-2-2.におい表現語に関する文献調査

におい表現に用いられている表現語を把握するため文献調査を実施した。まず、国際標準化・規格設定機関である ASTM International が発行しているにおい評価データシート<sup>4)</sup>に使用され、近年でもにおい質評価に参考にされている<sup>5)-7)</sup>、146 表現語(以下、ASTM 表現語とする。)を抽出した。これに加え、日本語で行われているにおい評価に関する既往の研究<sup>8)-21)</sup>から 157 表現語を抽出した。関連文献<sup>22)</sup>を参考に、これら 157 語のにおい表現語を分類し、関連文献に当てはまらなかった表現語は、「記憶関連表現」「生理的な表現」と命名した。感覚表現が 22 語、感情表現が 67 語、印象表現が 31 語、事物状態表現が 28 語、物理化学的表現が 2 語、記憶関連表現が 2 語、生理的な表現が 5 語である。以上、表現語計 303 語を調査対象とした。

### 3-2-3.におい表現語に対する意識調査

#### (2)アンケート調査方法

抽出した表現語 303 語について、におい質評価への適性を把握するため、アンケート調査を行った。嗅覚パネル選定試験に合格した男女 12 名の大学生を対象とし、抽出した表現語 303 語(日本語と英語を併記)を提示し、理解しにくいと思う表現語を選択させ、その理由を記述させた。

#### (3)アンケート調査結果

理解しにくいと評価された割合が高かった上位 63 表現語を表 3-1 に示す。ASTM 表現語が最も多く、続いて感情表現が多かった。理由としては、「表現語を知らない」(例:『キャラウェイ(ハーブの一種、香辛料)』、『ディル(ハーブの一種、香辛料)』)、「においを知らない」(例:『ネズミ』、『死体の(死んだ動物)』)、「人によって捉え方が違うと思う」(例:『気持ちが良い』、『機嫌のよい』)といっ

た記述があった。

表 3-1 理解しにくいと評価された割合が高かった上位 63 表現語

順位	表現語	分類	理解しにくいと評価された割合 [%]	順位	表現語	分類	理解しにくいと評価された割合 [%]
1	月桂樹の葉	ASTM	75.0	33	響きのある	感覚	33.3
2	樟脳	ASTM	75.0	34	注意を払った	感情	33.3
3	キャラウェイ(ハーブの一種、香辛料)	ASTM	66.7	35	フルーティー、シトラス以外の	ASTM	25.0
4	クレオソート(木タールを抽出した油液)	ASTM	66.7	36	調味料、香味料(肉)	ASTM	25.0
5	デイル(ハーブの一種、香辛料)	ASTM	58.3	37	良い	感情	25.0
6	クリーニング液	ASTM	58.3	38	気持ちが良い	感情	25.0
7	テレピン油(松根油)	ASTM	58.3	39	面白い	感情	25.0
8	サフーミルク	ASTM	58.3	40	うさぎました	感情	25.0
9	バイオレット	ASTM	50.0	41	張りきった	感情	25.0
10	コロシ	ASTM	50.0	42	アニス(セリ科一年草)	ASTM	25.0
11	フレグランス、良い香り	ASTM	50.0	43	破砕された草(牧草)	ASTM	25.0
12	香りの良い、芳香族の	ASTM	50.0	43	ロープ	ASTM	25.0
13	オーク材、コニヤック	ASTM	50.0	44	汚れた洗濯物	ASTM	25.0
14	濡れたウール、濡れた犬	ASTM	50.0	45	樹皮、樺の木の皮	ASTM	25.0
15	ネズミ	ASTM	50.0	46	自信のある	感情	25.0
16	タール	ASTM	50.0	47	きつい、窮屈な	感情	25.0
17	塩漬け発酵キャベツ、ザワークラウト	ASTM	50.0	48	艶のある	感覚	25.0
18	死体の(死んだ動物)	印象	50.0	49	色あせた	感情	25.0
19	フルドレー、シトラス	ASTM	41.7	50	頑丈な	感情	25.0
20	マスクメロン、ハネジューメロン	ASTM	41.7	51	焦げたミルク	ASTM	25.0
21	エーテルのような、麻酔薬	ASTM	41.7	52	ポップコーン	ASTM	25.0
22	酵母の	ASTM	41.7	53	硫化	ASTM	25.0
22	新鮮なたばこの煙	ASTM	41.7	54	味気のない	感覚	25.0
23	香料	ASTM	41.7	55	うるさい	感覚	25.0
24	にくらしい	印象	41.7	56	醜い	印象	25.0
25	クローブ	ASTM	33.3	57	チョークの	ASTM	25.0
26	機嫌のよい	感情	33.3	58	いがいが	生理	25.0
27	弾んだ	感情	33.3	59	恐ろしい	感情	25.0
28	糖蜜	ASTM	33.3	60	動揺した	感情	25.0
29	ゼラニウムの葉	ASTM	33.3	61	フォーマルな	印象	25.0
30	青い	感覚	33.3	62	カジュアルな	印象	25.0
31	赤い	感覚	33.3	63	大きい	事物	25.0
32	臭い	感覚	33.3				

### 3-2-4.におい質評価実験

#### (1)実験方法

嗅覚訓練などに使用される 80 種類の多様なにおい成分から構成される「嗅覚トレーニングキット 80(第一薬品産業株式会社)」を用いた。におい評価試料は、13.5 ml のスクリー管瓶(アズワン株式会社)の中に 2 cm×5 cm にカットしたコットンを入れ、瓶内の臭気が臭気強度 2~3 になるようににおい液を滴下して作製した。各試料のにおい滴下量は、実験担当者 3 名による予備実験で決定した。

においの評価パネルは、嗅覚パネル選定試験に合格した 19~21 歳の男女 6 名の大学生をパネルとして採用し、瓶内のにおいを評価させた。各においの評価時間は約 20 分間とした。順応および嗅覚疲労を考慮し、評価間に約 10 分間の休憩時間を設けた。1 日最大 9 試料とし、10 日間に分けて実験を行った。なお、本実験を行うにあたり、大同大学研究倫理委員会の承認を得た。

評価項目は、6 段階臭気強度評価、9 段階快不快度評価、および 3-2-2 項で抽出した 303 表現語からなるにおい質評価で、全項目を回答させた。におい質評価尺度を図 3-1 に示す。

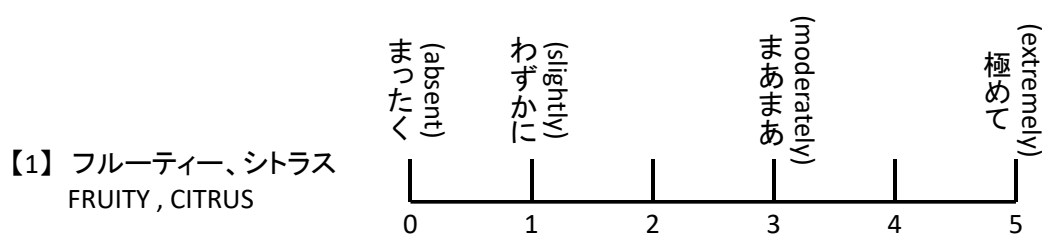


図 3-1 におい質評価尺度(例)

#### (2)実験結果および考察

##### ①各におい試料の臭気強度と快不快度

平均臭気強度は、80 試料中 79 試料が臭気強度 2 以上であった。快不快度は、快側試料が 49 試料、どちらでもない試料が 2 試料、不快側試料が 29 試料あった。これらより、多くのにおい試料でにおい質を十分に感知できていたと考えられ、多様なにおいを評価できたと考えられた。

## ②各表現語の使用されやすさ

使用頻度は、1人が評点1以上と評価したものを1回使用されたと判定して積算した(「まったく」と評価された場合は使用されなかったと判定)。使用頻度が高かった上位20表現語を表3-2に、使用頻度が低かった下位20表現語を表3-3に示す。特に使用頻度が高かった表現語は、「嗅いだことがある」「良い」「自然な」「安定した」で、「嗅いだことがある」が最も使用されて393回であった。特に使用頻度が低かった表現語は、「卵のような(新鮮な卵)」「燃やした紙」「精液のような」「ポップコーン」であった。使用頻度の高い用語は抽象的な用語が多く、使用頻度の低い表現語は具体的な用語が多かった。

なお表現の分類に着目すると、感情表現や印象表現などと比較し、ASTM表現語は頻度が低かった。

**表 3-2 使用頻度が高かった上位 20 表現語**

上位	表現語	分類	頻度 [回]	評点1以上の おのいの評価平均値	標準偏差の平均値
1	嗅いだことがある	記憶	393	2.67	1.52
2	良い	感情	272	1.58	1.24
3	自然な	印象	265	1.64	1.45
4	安定した	感情	256	1.40	1.34
5	好きな	感情	244	1.41	1.21
6	やさしい	感情	242	1.38	1.31
7	人工的な	印象	239	1.28	1.26
8	軽い	ASTM	234	1.57	1.43
9	安心な、ゆったり	感情	224	1.24	1.31
10	すっきり、きちんとした	感情	223	1.41	1.38
11	明るい	感覚	223	1.37	1.51
12	清潔な	事物	221	1.70	1.83
13	豊かな	印象	219	1.37	1.48
14	重い	ASTM	219	1.27	1.17
15	新鮮な	事物	212	1.51	1.67
16	さっぱり	事物	212	1.37	1.42
17	リラックスした	感情	211	1.23	1.29
18	感じのよい	印象	208	1.37	1.50
19	はっきりした	印象	205	1.49	1.70
20	気持ちが良い	感情	205	1.29	1.32

表 3-3 使用頻度が高かった下位 20 表現語

下位	表現語	分類	頻度 [回]	評点1以上の おのいの評価平均値	標準偏差の平均値
1	卵のような(新鮮な卵)	ASTM	0	-	-
2	燃やした紙	ASTM	0	-	-
3	精液のような	ASTM	0	-	-
4	ポップコーン	ASTM	0	-	-
5	肉の香り(調理済み、おいしい、新鮮な)	ASTM	0	-	-
6	血液、生肉	ASTM	0	-	-
7	湿紙	ASTM	1	0.83	1.86
8	ネズミ	ASTM	1	0.67	1.49
9	生のじゃがいも	ASTM	1	0.50	1.12
10	新鮮なたばこの煙	ASTM	1	0.33	0.75
11	フライドチキン	ASTM	1	0.33	0.75
12	ナッツ(クルミなど)	ASTM	1	0.17	0.37
13	ローブ	ASTM	1	0.17	0.37
14	タール	ASTM	1	0.17	0.37
15	レーズン、干しぶどう	ASTM	2	0.58	1.30
16	焦げたミルク	ASTM	2	0.33	0.75
17	樟脳	ASTM	2	0.17	0.37
18	ピーナツバター	ASTM	2	0.17	0.37
19	新鮮でないたばこの煙((タバコ付着臭)	ASTM	2	0.17	0.37
20	焦げたゴム(タイヤ)	ASTM	2	0.17	0.37

### ③各表現語のばらつき

表現語ごとの評点のばらつきを把握するため、各表現語について、1名以上が使用したにおい試料を対象とし、評点と標準偏差の平均値を算出し、表 3-3 と表 3-3 に結果を併記した。具体的には、(1)表現語ごとに、6名中1名以上が使用した(評点1以上を付けた)におい試料を対象として、(6名の)評点平均値と標準偏差を算出し、(2)さらにそれらの平均値を算出した。

使用頻度が高かった表 3-2 の表現語と低かった表 3-3 の表現語を比較すると、頻度が高かった表現語は評点平均値が高く、頻度が低かった表現語は平均値も低かった。標準偏差の平均値は、頻度が高い表現語は 1.1~1.8 であったのに対し、頻度が低い表現語は 0.3~1.8 の範囲であり、評点平均値は低いものの標準偏差が大きい表現もあった。例えば「湿紙」「ネズミ」「レーズン、干しぶどう」が該当する。このような表現は、特定のにおい試料に対し、特定のパネルが比較的高い評点を付けたことを示しており、その表現語に対する認識がパネルにより異なっていた可能性が示唆される。

#### ④各表現語同士の関係

同じような意味としてとらえられる表現語の組み合わせを把握するため、2 回以上評価された表現語同士の相関係数を算出した。相関係数の高かった 20 組の表現語を表 3-4 に示す。

相関係数 0.9 以上は 2 組、0.9 未満 0.8 以上は 13 組、0.8 未満 0.7 以上は 37 組であった。「落ち着く」－「リラックスした」、「好きな」－「良い」のように相関係数が高い組み合わせは、パネルに同じような意味としてとらえられていると推察されるため、どちらかの表現語に統一できると思われる。

表 3-4 相関係数の高かった 20 組の表現語の組み合わせ

上位	表現語の組み合わせ	相関係数
1	落ち着く - リラックスした	0.90
2	和らいだ - リラックスした	0.90
3	落ち着く - 和らいだ	0.89
4	好きな - 良い	0.87
5	にくらしい - 醜い	0.87
6	清々しい - 爽快な	0.87
7	うきうきした - 弾んだ	0.84
8	落ち着く - 安心な、ゆったり	0.84
9	リラックスした - 安心な、ゆったり	0.84
10	和らいだ - 安心な、ゆったり	0.83
11	幸せな、嬉しい - 機嫌のよい	0.82
12	猫の尿 - 尿	0.81
13	快適な - 愉快的、快い、楽しい	0.81
14	注意を払った - 不安な	0.80
15	尿 - アンモニア	0.78
16	気持ちが良い - 快適な	0.78
17	気持ちが良い - 癒される	0.78
18	癒される - 落ち着く	0.77
19	癒される - リラックスした	0.76
20	香りの良い、芳香族の - フレグランス、良い香り	0.76

#### 3-2-5.におい表現語に対する意識調査結果と

##### におい質評価実験の結果に基づく考察

アンケート調査結果で理解しにくいと評価された表現語が、におい質評価実験でどの程度実際に使用されたのかを明らかにするため、理解しにくいと評価された割合(12 名中の人数割合)と、その表現語を実際に評価に使用した人数(理



解しにくいと評価された割合ごとの、表現語の数を重要度とした加重平均値)の関係を図 3- 2 に示した。理解しにくいと評価された割合が 58.3%であった表現語は 4 つあり、それぞれの使用人数は 4 名、3 名が各 1 表現語、2 名が 2 表現語であったため、その加重平均人数は 2.75 名と算出された。図中の円の大きさ(および数字)は該当する表現語の数を示す。その結果、理解しにくいと評価された割合が低い表現語ほど平均使用人数が多く、理解しにくいと評価された割合が 50 % (12 名中 6 名)以上になると平均使用人数が減少し、0 % 時と比較して平均値に有意差が認められた(片側 t 検定 ; 50 % と 58 % :  $p < 0.01$ 、67 % と 75 % :  $p < 0.05$ )。この結果から、理解しにくいと評価された割合が高いほど実際において評価においても表現語として使用されにくい傾向があることが明らかとなった。

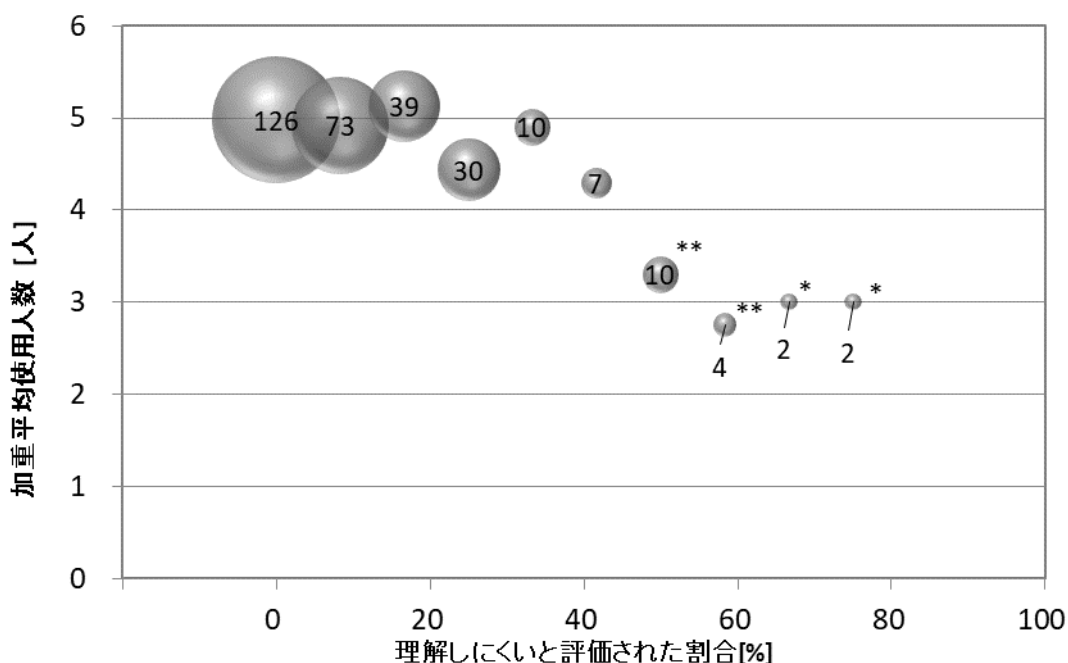


図 3-2 理解しにくいと評価された割合とその表現語を実際に評価に使用した人数の関係

\*\* : 理解しにくいと評価された割合が 0 % 時との検定結果 ( $p < 0.01$ )

\* : 理解しにくいと評価された割合が 0 % 時との検定結果 ( $p < 0.05$ )

### 3-2-6.小括

本節では、人の嗅覚で感じるにおいを再現性よく表現できるにおい指標を確立するため、303 表現語のにおい質評価への適性をアンケート方式で調査し、80 種のにおい試料についてにおい質評価実験を行った。

その結果、表現語を選定する際には、評価への使用しやすさの観点から「理解しにくい割合」と「使用頻度」を、再現性の観点から「評点の標準偏差」を、評価者への負荷低減の観点から「相関係数」を考慮する必要があることが示唆され、芳香剤のにおいの評価に適しているにおい表現語として、「自然な」「好きな」「人工的な」「軽い」「重い」「明るい」「はっきりした」「快適な」を選定した。

### 3-3.半導体ガスセンサを用いた芳香剤のにおい分布の測定方法の検討

#### 3-3-1.検討目的

住居内で芳香剤のかおりを楽しむために使用する場合は、楽しみたい場所に芳香剤のにおいが香りを楽しめる程度のおいの強さで拡がる必要がある。また、悪臭除去のために使用するには、芳香剤のにおいが悪臭を感じる場所に拡がる必要があり、芳香剤を住居内で適切に使用するためには、芳香剤のにおいの拡がり方に関するデータが必要である。

におい分野においては、人間の感じるにおいの測定には、主に嗅覚測定法が用いられている。においの室内分布を把握するために嗅覚測定法を用いるには、試料採取時に発生するポンプからの気流、個人差<sup>1)</sup>、嗅覚順応<sup>2)</sup>といった問題があり、困難である。一方、機器測定法の半導体式ガスセンサを用いた測定方法は、多点で同時に連続測定が可能である。また、嗅覚順応もないため、においの分布測定に用いられている。しかし、既往の研究では硫化水素やメチルメルカプタンなどの硫黄系化合物が主成分となる排泄物臭気<sup>23)</sup>や、アンモニアやトリメチルアミンなどのアミン系化合物が主成分となる調理臭<sup>24)</sup>といった半導体ガスセンサに高感度であり、不快なにおいをターゲットとしている。快適なにおいとして使用される香料と半導体ガスセンサの応答の特性については明らかになっていない。また、半導体ガスセンサの素材によっては無臭の水素などにも反応<sup>25)</sup>を示しており、芳香剤のようなにおいのする香料から、無臭の溶媒までさまざまな化学物質が含まれているものと嗅覚の関係は明らかにはなっていない。

本節では、第2章で明らかになった住居内でよく使用されているアクセントをフローラル調、ベースをシトラス調としたフローラルシトラス調の市販の芳香剤の室内におけるにおいの分布測定が行える半導体ガスセンサの選定および測定方法の検討を行う。人の嗅覚に対応した半導体ガスセンサを選定するために、芳香剤に使用されている溶液(以下、芳香液)と、芳香液に用いられている調合された香料と溶媒として用いられている2種類の混合液(以下、溶媒A、溶媒B)に対する半導体ガスセンサの応答を個別に測定する。その測定値をもとに、各試料の注入量と半導体ガスセンサ値の関係を求め、その結果から、芳香液、香料、

溶媒 A、溶媒 B の中で、人間の嗅覚で感じることでできるもののみに対応する半導体ガスセンサを選定する。その後、選定した半導体ガスセンサを用いて臭気濃度とガスセンサ値の関係式の算出を行う。さらに、第 2 章のアンケートから拡散方式の芳香剤が多く用いられている現状に即し、室内の置き型方式芳香剤を用いての室内分布測定を試みる。

### 3-3-2. 半導体ガスセンサ選定実験

#### (1)実験方法

##### ①芳香剤について

市販されているフローラルシトラス調のにおいの剤型が液体の置き型方式芳香剤の芳香液、溶媒として用いられている溶媒 A、溶媒 B と香料を用いた。今回用いた芳香液のにおい質は、甘さのあるフローラルシトラス調と感じ取れ、溶媒 A、B は、無臭である。

事前に加熱脱着装置付きガスクロマトグラフ質量分析計(以下、GCMS)による定性分析を行い、成分を明らかにした。表 3-5 に溶媒 A、溶媒 B を GCMS での定性分析で検出され、面積値が大きかった上位 10 成分を示す。溶媒 A からは 34 物質、溶媒 B からは 43 物質検出された。今回、溶媒 A と B から検出された物質で、沸点が明らかとなっている 61 物質の中で、VOC は 58 物質であり、検出された物質の大半が VOC であった。

表 3-5 各試料の定性分析結果

ピーク 面積順	溶媒Aの成分	溶媒Bの成分	芳香液の成分
1	Octadecane, 5-methyl-	Tetradecane, 2,2-dimethyl-	D-Limonene
2	Heptane, 2,2,3,5-tetramethyl-	Pentane, 2,2,3,4-tetramethyl-	$\beta$ -Pinene
3	Sulfurous acid, 2-ethylhexyl hexyl ester	Undecane, 3,6-dimethyl-	3-Hexen-1-ol, (Z)-
4	Tetradecane, 2,2-dimethyl-	Hexane, 2,3,4-trimethyl-	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-
5	Dodecane, 2,2,11,11-tetramethyl-	Heptane, 2,2,3,3,5,6,6-heptamethyl-	.gamma.-Terpinene
6	Nonane, 4-methyl-	Pentane, 3-ethyl-2,2-dimethyl-	Formic acid, phenylmethyl ester
7	Octane, 2,2,6-trimethyl-	Undecane, 2,5-dimethyl-	Octanal
8	Nonane, 3-methyl-5-propyl-	Octane, 2,3,6-trimethyl-	Benzaldehyde
9	Methyl methacrylate	Undecane, 2,2-dimethyl-	para-Cymene
10	Decane, 2,2,9-trimethyl-	Hexane, 3-ethyl-	.beta.-Myrcene

芳香液の定性分析では、溶媒に含まれるもの以外の香料として一般的に使用されている 10 物質検出された。香調で各成分をグループ化すると、シトラス調の物質が 3 物質、フローラル調の物質が 2 物質、ハーバル調の物質、バルサム調の物質、アルデヒド調の物質、グリーン調の物質、フルーティー調の物質は各香調 1 物質検出された。

## ②半導体ガスセンサの種類

多くの半導体ガスセンサは無臭物質である水素を含む化学物質全般に応答を示す<sup>25)</sup>。においを測定するためには嗅覚に対応する半導体ガスセンサを選定する必要がある。そこで、芳香液のにおいに適した半導体ガスセンサを選定する。表 3-6 に、臭気測定用として販売されている、本実験で使用した 4 種類の半導体ガスセンサ(フィガロ技研株式会社製、検知原理：酸化物半導体式)を示す。

**表 3-6 使用した半導体ガスセンサの概要**

ガスセンサ名	ガスセンサ A	ガスセンサ B
ターゲットガス	空気の汚れ (水素、エタノールなど)	空気の汚れ (VOC、アンモニア、硫化水素など)
型番	TGS2600	TGS2602
製造会社	フィガロ技研株式会社	フィガロ技研株式会社
ガスセンサ名	ガスセンサ C	ガスセンサ D
ターゲットガス	空気の汚れ (トリメチルアミン、 メチルメルカプタンなど)	アンモニア
型番	TGS2603	TGS2444
製造会社	フィガロ技研株式会社	フィガロ技研株式会社

## ③試料調整方法

芳香液、香料、溶媒 A、溶媒 B をそれぞれ 110mL のガラス製のスクリュウ管に、5mL ずつ注入し、半日放置したヘッドスペースガスを曝露ガスとし、使用した。

#### ④実験方法

半導体ガスセンサへのガス曝露実験用装置概要を図 3-3 に示す。1L のガラス製のセパラブルフラスコに、ガラス製の二つ口のセパラブルカバーをクランプで固定した。セパラブルカバーの一方の穴に半導体ガスセンサを挿入し、もう一方の穴は試料注入用とした。空気の出入りが無いようほかのすべての穴をアルミホイルで塞いだ。フラスコ内が無臭空気で満たされるよう、試料注入前に、におい袋に充填した無臭空気を 9L 流入した。試料注入は、無臭空気を流入 1 分経過後に開始した。試料注入は、シリンジで行い、注入量は 0.1mL、0.3mL、1.0mL、3.0mL、10mL とした。注入は、注入量が少ない方から行い、5 分間隔で注入した。各試料量の注入後は、その都度テープで塞いだ。

今回使用した半導体ガスセンサの出力値は電圧である。一般的に、ガスに対する応答の大きさは抵抗値比で示されるため、測定で得られた半導体ガスセンサ値を抵抗値比に変換した。半導体ガスセンサ値の抵抗値比への変換式は式 3-1、式 3-2 に示すとおりである。式 3-1、式 3-2 は、使用した半導体ガスセンサの製品規格から引用した<sup>26)</sup>。本実験では、 $V_c=5V$ 、負荷抵抗 $=10k\Omega$  である。

式 3-1 および式 3-2 では、 $R_0$  の基準ガスが無臭空気とするため、試料注入前 10 秒の平均の抵抗値を  $R_0$  とした。また、ヘッドスペースガス注入後、安定した 1 分間の平均の抵抗値を  $R_s$  とした。式 3-1 で得られた値は、式 3-2 を用いて抵抗値比に変換した。

$$R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL \cdots \text{式 3-1}$$

$V_c$  : 回路電圧(V)

$V_{out}$  : 負荷抵抗の両端電圧(V)

$RL$  : 負荷抵抗( $\Omega$ )

$$\text{抵抗値比} = \frac{R_s}{R_0} \dots \text{式 3-2}$$

$R_s$  : 測定試料のガス中でのガスセンサ抵抗( $\Omega$ )

$R_0$  : 基準ガス中でのガスセンサ抵抗( $\Omega$ )

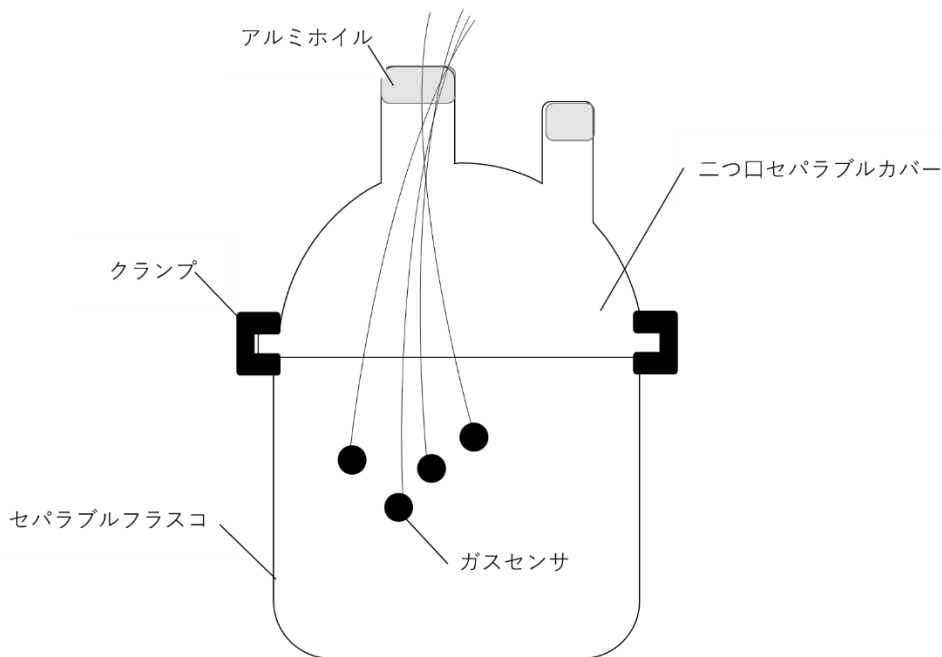


図 3-3 半導体ガスセンサへのガス曝露実験装置の概要

### ⑤解析方法

半導体ガスセンサの抵抗値比と各試料の注入量の完成はピアソンの累積相関係数を使用して算出した。相関の強さについては、相関係数は BellCurve for Excel Ver.3.22 にて算出し、n 数と相関係数から有意水準 5%または 1%で相関が有意であるかを判断した。

### (2)実験結果

表 3-7 にフラスコ内に注入した各試料の量と各半導体ガスセンサの抵抗値比の関係式と相関係数を示す。相関係数は、どの半導体ガスセンサもすべて 0.9 以

上(有意水準 5%で相関あり)であった。傾きは、半導体ガスセンサの種類により、差がみられた。

**表 3-7 フラスコ内に注入した各試料の量と  
各半導体ガスセンサの抵抗値比の関係式と相関係数**

ガス センサ	サンプル	関係式	相関係数
A	溶媒A	$y = -0.272\log(x) + 0.726$	$r = 0.981^{**}$
	溶媒B	$y = -0.253\log(x) + 0.719$	$r = 0.973^{**}$
	芳香液	$y = -0.242\log(x) + 0.776$	$r = 0.964^{**}$
	香料	$y = -0.166\log(x) + 0.758$	$r = 0.995^{**}$
B	溶媒A	$y = -0.318\log(x) + 0.381$	$r = 0.973^{**}$
	溶媒B	$y = -0.265\log(x) + 0.370$	$r = 0.993^{**}$
	芳香液	$y = -0.233\log(x) + 0.277$	$r = 0.988^{**}$
	香料	$y = -0.069\log(x) + 0.201$	$r = 0.930^*$
C	溶媒A	$y = -0.025\log(x) + 0.100$	$r = 0.953^*$
	溶媒B	$y = -0.297\log(x) + 0.445$	$r = 0.997^{**}$
	芳香液	$y = -0.07\log(x) + 0.239$	$r = 0.978^{**}$
	香料	$y = -0.049\log(x) + 0.157$	$r = 0.926$
D	溶媒A	$y = -0.039\log(x) + 0.968$	$r = 0.937^*$
	溶媒B	$y = -0.046\log(x) + 0.943$	$r = 0.924^*$
	芳香液	$y = -0.063\log(x) + 0.896$	$r = 0.935^*$
	香料	$y = -0.256\log(x) + 0.723$	$r = 0.991^{**}$

\*:p<0.05 \*\* :p<0.01

図 3- 4 にガスセンサ A の各試料のフラスコ内への注入量と抵抗値比の関係を示す。ガスセンサ A は、すべての試料に対する応答が良かった。特に溶媒が含まれているものには高感度であった。図 3- 5 にガスセンサ B の各試料のフラスコ



内への注入量と抵抗値比の関係を示す。ガスセンサ B も、すべての試料に対して応答がみられた。溶媒 A、溶媒 B は芳香液、香料よりも傾きが大きくなった。図 3- 6 にガスセンサ C の各試料のフラスコ内への注入量と抵抗値比の関係を示す。ガスセンサ C は溶媒 B の傾きが最も大きくなった。図 3- 7 にガスセンサ D の各試料のフラスコ内への注入量と抵抗値比の関係を示す。香料、芳香液にのみ応答を示し、溶媒 A、B ともに応答を示さなかった。

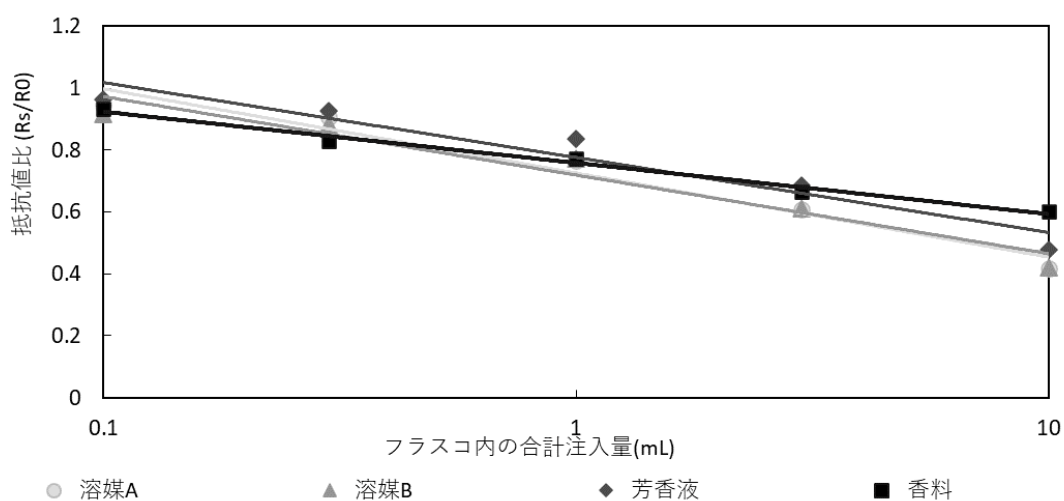


図 3- 4 各試料に対するガスセンサ A の応答

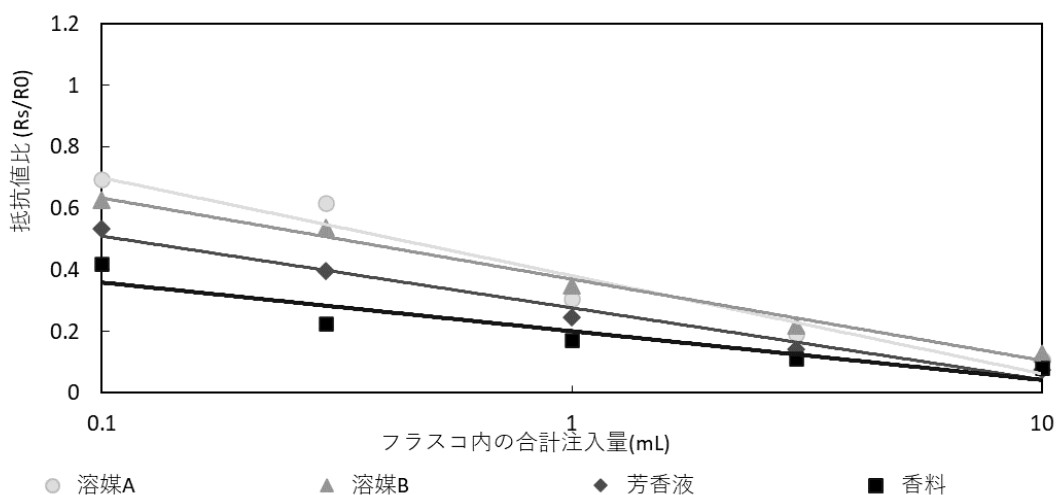


図 3- 5 各試料に対するガスセンサ B の応答

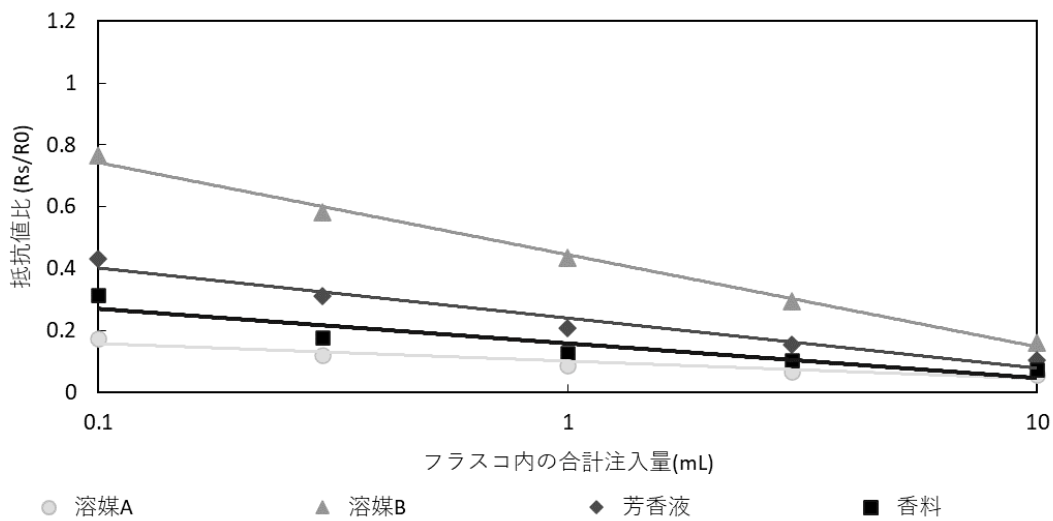


図 3-6 各試料に対するガスセンサ C の応答

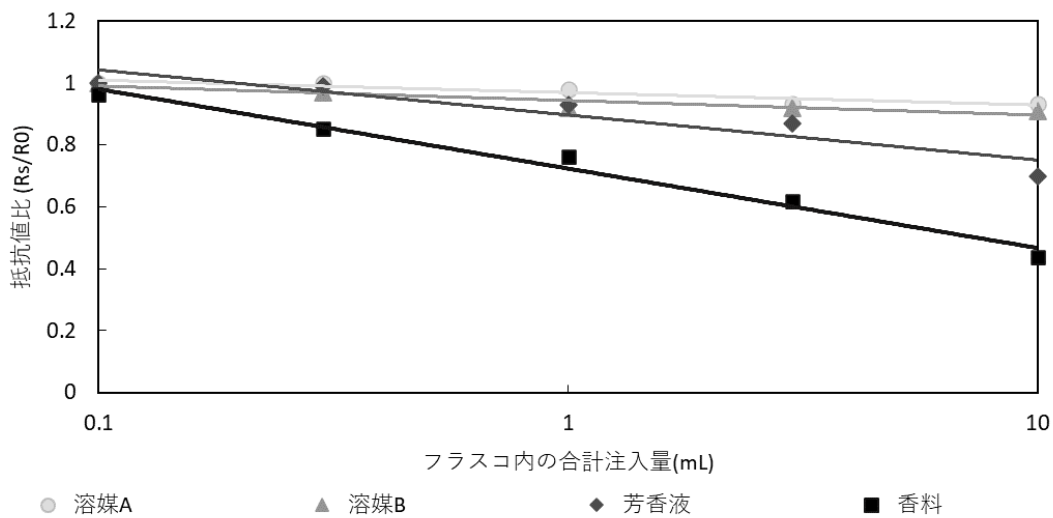


図 3-7 各試料に対するガスセンサ D の応答

### (3)考察

半導体ガスセンサ選定にあたり、「総注入量とガスセンサ抵抗値比の関係」と、「ガスセンサの応答感度」の2つの視点から検討する。総注入量と抵抗値比の関係は、相関係数から判断する。ガスセンサの応答感度に関しては、総注入量とガスセンサ抵抗値比の関係式の傾きから判断する。これは、関係式の傾きが大きいほどにおいの濃度の高低の判断がしやすいためである。

定性分析から溶媒 A、溶媒 B は VOC が中心であることが分かっている。ガスセンサ D 以外の半導体ガスセンサが無臭溶剤に反応した理由は、今回測定に用いたガスセンサ A、B、C は VOC に高感度であり、VOC の中には閾値が高く、人が感知しにくい物質があり、人は感知できない物質に半導体ガスセンサが反応したものと考えられる。VOC に高感度であるガスセンサ B は、溶媒すべてに大きな応答を示した。ガスセンサ A は調理臭やたばこ臭、ガスセンサ C はアミンや硫黄系の悪臭物質に高感度であり、においの測定に向いているとされているが、今回使用した無臭の溶媒にも応答を示すことがわかった。一方、ガスセンサ D は、今回使用した無臭の溶媒には応答を示していないことから、芳香液に対する人間のにおい感覚に近いガスセンサとして用いることができることがわかった。

### 3-3-3.ガスセンサ値と臭気濃度の関係に関する実験

#### (1)実験方法

##### ①原臭作成方法と臭気濃度測定方法

ポリエチレンテレフタレート製の 10L サンプリングバックに無臭空気を 9L と芳香液(「3-3-2.半導体ガスセンサ選定実験」で使用したフローラルシトラス調の芳香液と同様)を 10mL 入れた。35°Cの恒温槽内に 1 時間静置し、芳香液を気化させた。気化後、バック内のガス 30mL を、無臭空気を充填した 3L のにおい袋に注入し、測定試料の原臭とした。

作成した原臭は、三点比較式臭袋法を用いて、臭気濃度の測定を行った。三点比較式臭袋法とは、3L のポリエチレン製のバック(におい袋)の中で、一定の希釈倍数に希釈した試料をパネル(パネル選定試験合格者)が嗅いでにおいの有無を判断する方法である。三点比較という名称のとおり、無臭の袋 2 つと有臭の袋 1 つの計 3 つの袋から有臭の袋 1 つを選び出す方法である。パネルの人数は 6 名以上必要とされている。本実験では、同一パネルにより、同様の方法で作成した原臭で 2 回臭気濃度を測定した。パネルは、T&T オルファクトメーターを用いたパネル選定用試験に合格した 20 代前半の男子学生 2 名、女子学生 4 名の計

6名とした。測定は、平成7年環境庁告示第63号に基づく方法に準じて実施した。ヘルシンキ宣言の精神に則り、実験者の責任のもと実施し、臭気濃度の測定においては嗅覚測定法安全管理マニュアルに従って安全確認を行い実施した。パネルに対しては実験内容等について十分な説明を行ったうえで、途中辞退も可能であることを伝え、同意を得たうえで実施した。

求めた原臭の臭気濃度から、臭気濃度30、300、3,000になるよう無臭空気で調整し、各段階の試料を3Lにおい袋に封入した。また、原臭も加え、全4試料を測定試料とした。

## ②測定方法

実験は、図3-3に示す装置を使用して実施した。臭気濃度が低い試料から順に、各試料9Lを5分間隔で流入した。また、フラスコ内が無臭空気で満たされるよう、試料流入前に、おい袋に充填した無臭空気を9L流入した。

半導体ガスセンサは、1時間以上通電し、安定した後に測定に用いた。結果は式3-1、式3-2を用いて、抵抗値比で示す。なお、式3-2のR0には9Lの無臭空気を注入してから30～40秒後の平均値とした。Rsには各臭気濃度に調整した試料を流し入れてから30秒から1分30秒後までの平均値とした。

## (2)実験結果

### ①原臭の臭気濃度

原臭の臭気濃度を測定した結果、2回とも16,000であった。

### ②臭気濃度とガスセンサ値の関係

測定は4回行い、再現性を確認した。図3-8と表3-8は、相関係数が最も高い結果を示す。表3-8に臭気濃度とガスセンサDの抵抗値比の関係式と相関係数を示し、図3-8に臭気濃度とガスセンサDの抵抗値比の関係を示す。臭気濃度とガスセンサ抵抗値比の関係については、臭気濃度30から臭気濃度300に変化すると、ガスセンサ抵抗値比はわずかに低下し、臭気濃度3000になると、大

幅に低下した。

表 3-8 臭気濃度とガスセンサ抵抗値比の関係式と相関係数

ガスセンサ No.	関係式	相関係数
1	$y = -0.279\log(x) + 1.408$	$r = 0.985^*$
2	$y = -0.262\log(x) + 1.357$	$r = 0.974^*$
3	$y = -0.202\log(x) + 1.364$	$r = 0.960^*$
4	$y = -0.221\log(x) + 1.510$	$r = 0.901^+$
5	$y = -0.253\log(x) + 1.519$	$r = 0.940^+$
6	$y = -0.526\log(x) + 1.522$	$r = 0.937^+$
7	$y = -0.189\log(x) + 1.443$	$r = 0.866$
8	$y = -0.193\log(x) + 1.373$	$r = 0.897$
9	$y = -0.161\log(x) + 1.351$	$r = 0.787$
10	$y = -0.184\log(x) + 1.362$	$r = 0.894$
11	$y = -0.214\log(x) + 1.416$	$r = 0.909^+$
12	$y = -0.203\log(x) + 1.435$	$r = 0.912^+$
13	$y = -0.226\log(x) + 1.476$	$r = 0.916^+$
14	$y = -0.191\log(x) + 1.362$	$r = 0.925^+$
15	$y = -0.203\log(x) + 1.369$	$r = 0.931^+$
16	$y = -0.152\log(x) + 1.292$	$r = 0.899$
17	$y = -0.161\log(x) + 1.362$	$r = 0.900^+$
18	$y = -0.161\log(x) + 1.319$	$r = 0.868$
19	$y = -0.205\log(x) + 1.393$	$r = 0.910^+$
20	$y = -0.145\log(x) + 1.228$	$r = 0.892$
21	$y = -0.187\log(x) + 1.339$	$r = 0.939^+$
22	$y = -0.196\log(x) + 1.392$	$r = 0.897$
23	$y = -0.166\log(x) + 1.289$	$r = 0.944^+$
24	$y = -0.177\log(x) + 1.432$	$r = 0.872$
25	$y = -0.147\log(x) + 1.270$	$r = 0.880$
26	$y = -0.200\log(x) + 1.411$	$r = 0.911^+$
27	$y = -0.182\log(x) + 1.329$	$r = 0.942^+$
28	$y = -0.180\log(x) + 1.288$	$r = 0.957^*$
29	$y = -0.175\log(x) + 1.346$	$r = 0.906^+$
30	$y = -0.182\log(x) + 1.354$	$r = 0.895$
31	$y = -0.205\log(x) + 1.498$	$r = 0.820$

+: $p < 0.01$  \*: $p < 0.05$

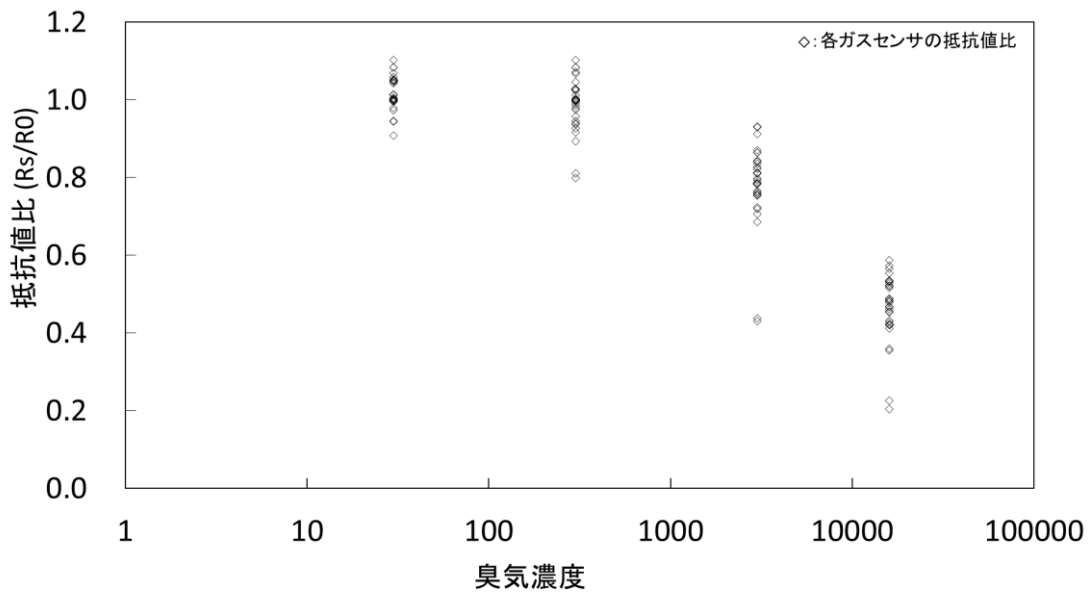


図 3-8 臭気濃度と 31 台のガスセンサ D の抵抗値比の関係

### (3)考察

臭気濃度 30 では抵抗値比は 1.1～0.9、臭気濃度 300 では 1.1～0.8、臭気濃度 3000 では 0.9～0.4、臭気濃度 16,000 では 0.6～0.2 と同じ濃度でも抵抗値比に幅が見られた。同じ種類の半導体ガスセンサで同じ試料を測定しても半導体ガスセンサごとに差があり、半導体ガスセンサによっては他の半導体ガスセンサとは大きく外れる値を示す場合がある。半導体ガスセンサごとの測定値に差が存在した状態では、においの分布を測定することが出来ない。そのため、「ガスセンサ値と臭気濃度に関する実験」で測定した値を用いて、全半導体ガスセンサで測定した値が No.27 の半導体ガスセンサの値に補正できるように関係式を算出した。表 3-9 に示す。この関係から計算された関係式を使用することにより、各ガスセンサ抵抗値比を No.27 のガスセンサ抵抗値比に補正することが可能になった。

表 3-9 補正式

ガスセンサ No.	補正式	ガスセンサ No.	補正式
1	$y = 0.665x + 0.402$	17	$y = 1.056x - 0.136$
2	$y = 0.696x + 0.385$	18	$y = 1.025x - 0.072$
3	$y = 0.890x + 0.123$	19	$y = 0.855x + 0.117$
4	$y = 0.787x + 0.114$	20	$y = 1.180x - 0.153$
5	$y = 0.721x + 0.232$	21	$y = 0.976x + 0.019$
6	$y = 0.710x + 0.244$	22	$y = 0.878x + 0.079$
7	$y = 0.869x + 0.024$	23	$y = 1.097x - 0.086$
8	$y = 0.893x + 0.074$	24	$y = 0.940x - 0.065$
9	$y = 0.898x + 0.006$	25	$y = 1.136x - 0.154$
10	$y = 0.931x + 0.030$	26	$y = 0.877x + 0.071$
11	$y = 0.818x + 0.149$	27	$y = x$
12	$y = 0.868x + 0.064$	28	$y = 1.026x + 0.015$
13	$y = 0.785x + 0.155$	29	$y = 1.001x - 0.042$
14	$y = 0.934x + 0.044$	30	$y = 0.946x + 0.018$
15	$y = 0.887x + 0.108$	31	$y = 0.850x + 0.031$

x: 各ガスセンサの抵抗値比

y: No.27の抵抗値比

### 3-3-4. 半導体ガスセンサを用いた芳香剤のにおいの分布

#### (1)実験目的

これまでの実験で選定した半導体ガスセンサを用いて、芳香剤のにおいの室内分布が測定できることを確認するため、室内に半導体ガスセンサを設置して室内のにおい分布測定を行った。また、センサで測定した臭気指数と嗅覚を用いて測定した臭気指数にどの程度差があるのかを確認するため、同時に臭気指数測定を行った。

#### (2)実験方法

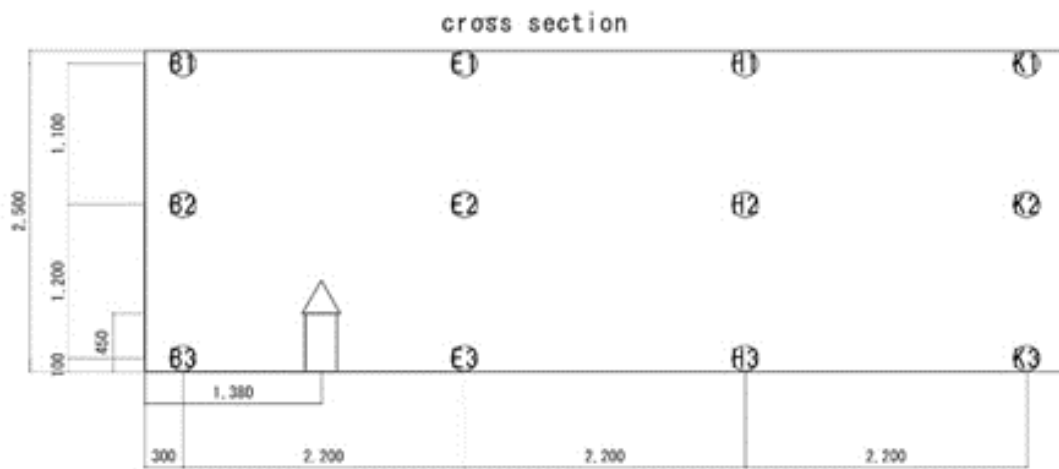
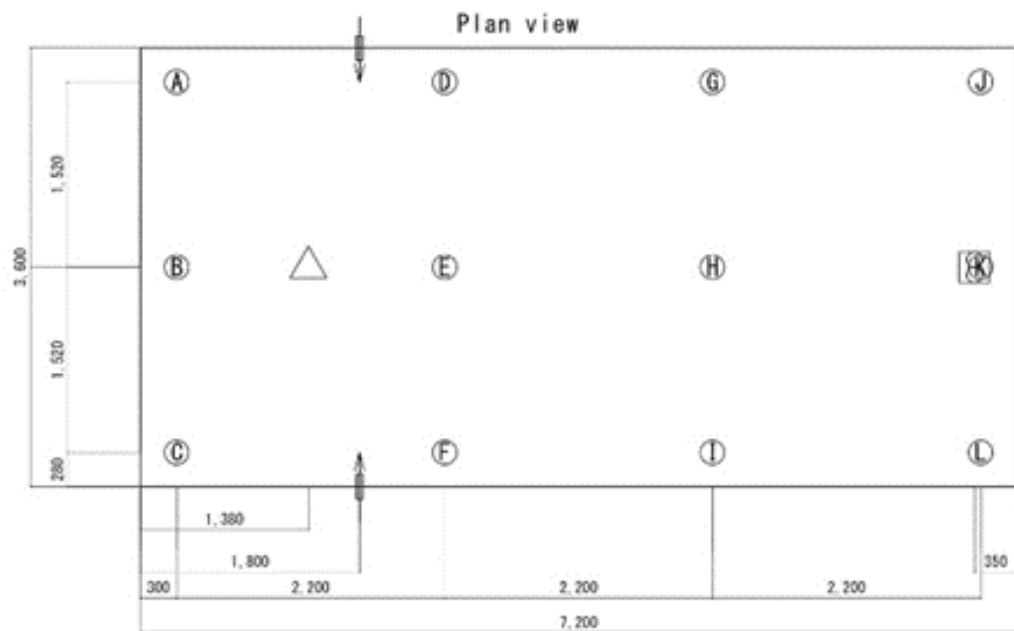
##### ①実験室概要と半導体ガスセンサ設置場所

使用した実験室は、3600 mm×7200 mm×2500 mm である。室内の換気量は、

0.5回/h以上を想定して、32.8 m<sup>3</sup>/hに設定した。半導体ガスセンサ設置点は、一部の点を除き、平面上12点、各点床上100 mm、1300 mm、2400 mmの高さ、合計31点に設置した。

使用した芳香剤は、芳香液を繊維の芯で吸い上げ、室内ににおいを拡散するものである。芳香剤は、壁から1800 mm、1380 mm、床上450 mmの位置に設置した。図3-9に実験実の平面図と立面図、図3-10に実験室概要と半導体ガスセンサ設置点を示す。半導体ガスセンサ値の記録を開始した後、芳香剤を部屋に持ち込み、図3-9、図3-10に示す芳香剤設置位置のスチール棚に芳香剤を設置した。芳香剤設置後は、静かに退室した。今回使用した芳香剤の使用の目安は、約8.2m<sup>2</sup>あたり1個とされており、実験室内の床面積が約25.9m<sup>2</sup>であるため、3個設置した。実験室内の壁はガラス製で、天井および床はアクリル製であり、ポンプ、チューブ、半導体ガスセンサ、およびこれらの器具を設置するのに用いたものの無臭性を確認し、芳香剤以外からにおいが発生していないことを確認した。三点比較式臭袋法で測定した場合、給気口から導入された空気の臭気濃度は10未満、臭気強度は検知閾値である1未満であった。





- 給気口     
  排気口     
  芳香剤
- 半導体ガスセンサ設置点

図 3-9 実験室の立面図と平面図

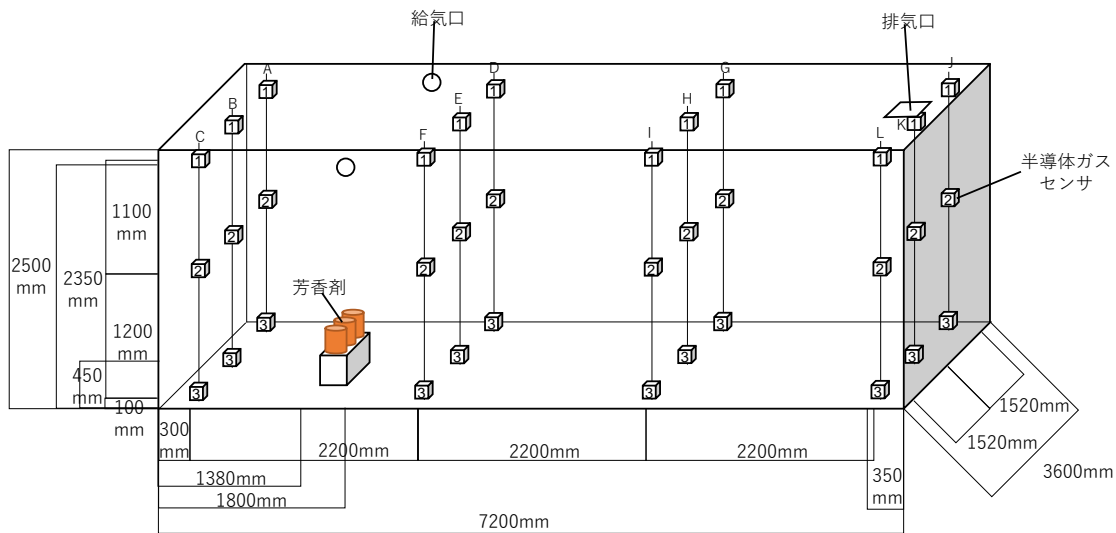


図 3-10 実験室概要と半導体ガスセンサ設置点

### ②半導体ガスセンサを用いた芳香剤のにおい分布の測定

半導体ガスセンサは実験開始前までに、1 時間以上通電し、値が安定したことを確認してから測定に用いた。1 秒間隔でデータを収集し、芳香剤設置後 5 時間まで測定した。今回使用した半導体ガスセンサの出力値は電圧である。一般的に、ガスに対する応答の大きさは抵抗値比で示されるため、測定で得られた半導体ガスセンサ値を抵抗値比に変換した。表 3-9 に示す補正式を用いて半導体ガスセンサ No.27 の抵抗比に換算した後、臭気濃度相当値を算出した。結果では、計算された臭気濃度相当値が臭気指数相当値に変換した。変換式を  $OI=10 \times \log_{10}(OC)$  …式 3-3 に示す。

$$OI = 10 \times \log_{10}(OC) \dots \text{式 3-3}$$

OI: 臭気指数相当値

OC: 臭気濃度相当値

### ③臭気指数の測定

芳香剤設置後、室内のにおい分布が安定した状態となった設置 5 時間後に試料を採取した。E2 付近にテフロンチューブの先端をいれ、もう片方の端を実験

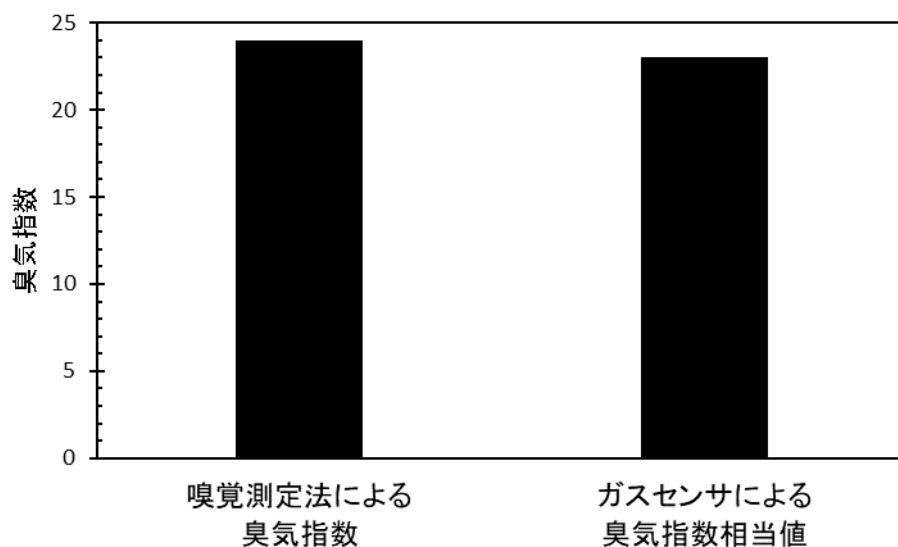
室外へ出し、フレックスポンプ(流量：約 26L/min)を用いて試料採取を行った。パネルとしてパネル選定試験に合格した 18 歳から 22 歳の男女大学生を採用した。臭気濃度測定は、簡易嗅覚測定法を用いて、パネル 3 人で測定を行った。簡易嗅覚測定法とは、三点比較式臭袋法よりも簡便であり、少人数で臭気濃度や臭気指数を判定できる測定法である。パネルは、パネル選定試験に合格した 2~3 名で、臭気の有無は 2 点比較式で測定される。1 つだけ一定の希釈倍数で希釈された試料を封入し、もう 1 つは無臭空気を封入する。また、パネルには事前に手元に無臭空気が提示される。パネルに 2 つの袋のどの袋に希釈試料が封入されているのかとにおいの強さと回答の自信度について回答させる。パネルがにおいをかぎ取れなくなるまで希釈を続けるか、においの強さが無臭および回答の自信度が全く自信がないと回答するまで測定する。本実験では、測定マニュアルに従い、パネル 3 名の平均の閾値から臭気指数を算出する。

### **(1)実験結果および考察**

#### **①嗅覚測定法で測定した臭気指数と半導体ガスセンサで測定した**

##### **臭気指数相当値の関係**

図 3-11 は、嗅覚を使用して測定された臭気指数と半導体ガスセンサを使用して測定された臭気指数の結果を示しています。この実験を 4 回実施し、同様の結果が得られた。嗅覚による臭気測定法を用いて測定した臭気指数は、24 であった。採取地点と同じ場所のガスセンサ値から臭気指数相当値を算出したところ、臭気指数相当値は 23 であった。嗅覚で測定した臭気指数と半導体ガスセンサで測定した臭気指数相当値は同様の値を示した。



**図 3-11 嗅覚測定法による臭気指数と半導体ガスセンサを用いて測定した臭気指数相当値**

**②半導体ガスセンサで測定したにおいの分布**

室内に設置した 31 台のガスセンサ値を、表 3-9 を用いて校正し、全半導体ガスセンサの値を半導体ガスセンサ No.27 の抵抗値比に変換後、臭気指数相当値を計算した。図 3-12 に、半導体ガスセンサによって測定された芳香剤のにおいの分布を示す。臭気指数相当値が最も高かったのは、排気口付 G1 の半導体ガスセンサ設置点であった。床上 2400mm の結果では、排気口付近の臭気指数が低かった。給気口と排気口による空気の通り道であると考えられる E1、H1 の臭気指数が周りの測定点よりも臭気指数が低かった。また、各高さでの平均値を算出し、比較すると、最も臭気指数が低かったのは床上 100mm であった。換気設備はすべて天井側に設置されていることから、芳香剤のにおいは換気設備の空気の流れに乗り、床付近までにおいが到達しなかったと考える。

においの分布測定に半導体ガスセンサを使用することに関して、本節で実施された一連の方法により、図 3-12 のように室内のにおい分布の状況を把握することができる。

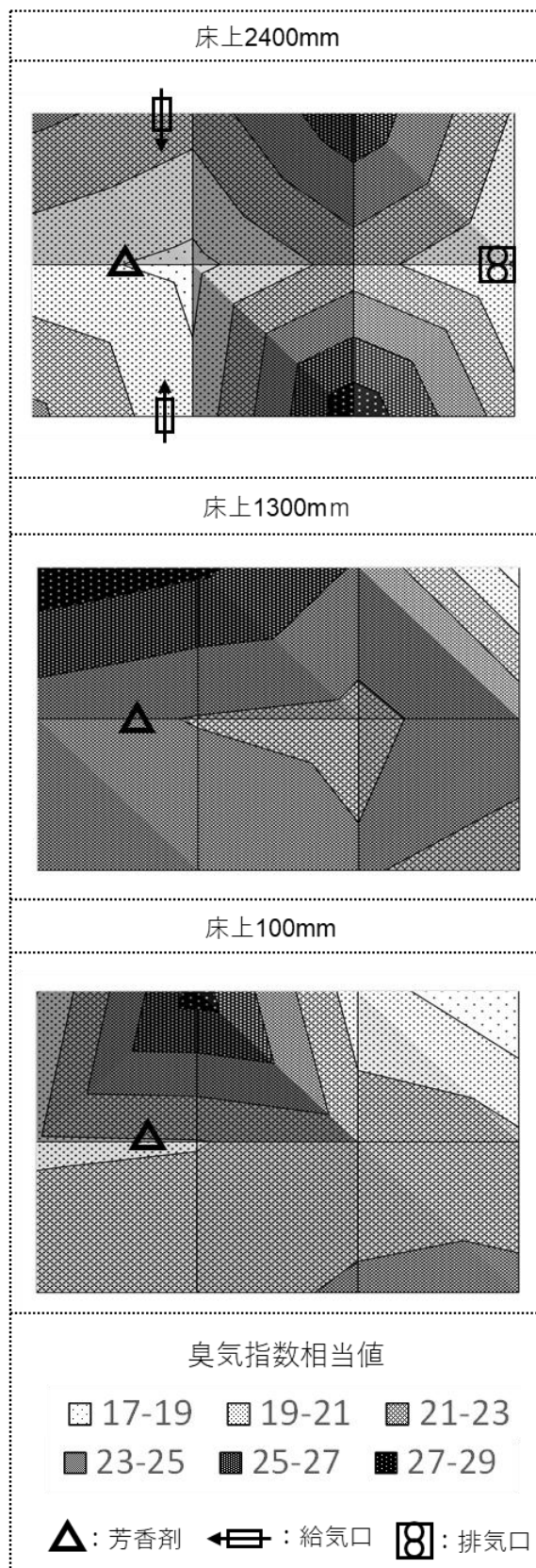


図 3-12 芳香剤設置後 5 時間後のおいの分布結果

### 3-3-5.小括

本節では、D-Limonene や Linalool を含んだフローラルシトラス調の芳香剤の  
においに対して、人間の感覚に対応した半導体ガスセンサの選定を行った。また、  
人間の感覚に対応した半導体ガスセンサを用いて臭気濃度とセンサ抵抗値比の  
関係式算出し、床面積 25.9m<sup>2</sup> の実験室でにおいの分布測定を試みた。その結果、  
以下の知見が得られた。

- (1) 芳香液、無臭の溶媒、香料に対して 4 種の半導体ガスセンサの応答を検  
討した結果、今回使用した芳香剤に対して人間の嗅覚との対応の認められる  
半導体ガスセンサはアンモニアに高感度である半導体ガスセンサであった。
- (2) 31 台のアンモニアに高感度の半導体ガスセンサの臭気濃度と抵抗値比  
の関係を求めたところ、全半導体ガスセンサの相関係数は 0.75 以上であっ  
た。
- (3) アンモニアに高感度である半導体ガスセンサの臭気濃度とガスセンサ  
抵抗値比の関係については、臭気濃度 30 でわずかに応答し、臭気濃度 3000  
になると、明確に応答がみられた。
- (4) 本実験で使用した芳香剤については、ガスセンサ抵抗値比と臭気濃度の  
関係式や補正式を用いることで、臭気指数に置き換え、においの分布を測定  
できる可能性を見出した。この方法により、半導体ガスセンサを使用して嗅  
覚に基づくにおいの分布を測定する可能性が見出された。

### 3-4.まとめ

本章では、におい質を再現性高く評価できるにおい評価指標を確立するため、  
アンケート調査とにおい質評価実験を行った。また、市販のフローラルシトラス  
調のにおいの芳香剤を使用して、室内のにおいの分布測定が行える半導体ガス  
センサの選定を行った。以下の知見が得られた。

- (1) 表現語を選定する際には、評価への使用しやすさの観点から「理解しにくい  
割合」と「使用頻度」を、再現性の観点から「評点の標準偏差」を、評価者への

負荷低減の観点から「相関係数」を考慮する必要があることが示唆された。

(2) 本実験で使用した芳香剤については、アンモニアに高感度の半導体ガスセンサが人間の嗅覚との対応が認められた。また、ガスセンサ抵抗値比と臭気濃度の関係式や補正式を用いることで、臭気指数に置き換え、においの分布を測定できる可能性を見出した。この方法により、半導体ガスセンサを使用して嗅覚に基づくにおいの分布を測定する可能性が見出された。

### 参考文献

- 1) 齊藤幸子：悪臭と日常生活臭を表現する，におい・かおり環境学会誌, Vol. 44, No. 6, pp. 363-379, 2013
- 2) 川崎通昭, 中島基貴, 外池光雄：アロマサイエンスシリーズ 21[6]におい物質の特性と分析・評価, フレグランスジャーナル社, pp. 157, 2003
- 3) 齊藤幸子, 飯尾心, 小早川達, 後藤なおみ：持続提示する臭気に対する感覚的強度の多様な時間依存性, においかおり環境学会誌, Vol. 35, No.1, pp. 17-21, 2004
- 4) Andrew Dravnieks: Atlas of Odor Character Profiles, ASTM International., 1985
- 5) Koulakov AA, Kolterman BE, Enikolopov AG, Rinberg D: In search of the structure of human olfactory space, Front Syst Neurosci, Vol. 5, pp. 65, 2011
- 6) Kobi Snitz, Adi Yablonka, Tali Weiss, Idan Frumin, Rehan M. Khan, Noam Sobel: Predicting odor perceptual similarity from odor structure, PLoS Comput Biol, Vol. 9, No. 9, e1003184, 2013
- 7) Keller A, Zhuang H, Chi Q, Vosshall LB, Matsunami H: Genetic variation in a human odorant receptor alters odour perception, Nature, Vol. 449, No. 7161, pp. 468-472, 2007
- 8) 井ノ上寛人, 柏崎尚也, 春日正男: 香りの感性評価に基づく感性パラメータの評価特徴に関する考察—感性情報の数値的一般化に関する研究(4)—, 日本感性工学会論文誌, Vol. 10, No. 3, pp. 425-431, 2010
- 9) 岩崎寛：都市緑化植物が保有するストレス緩和効果—揮発成分からみた癒しの効果—, におい・かおり環境学会誌, Vol. 39, No.4, pp. 231-238, 2008
- 10) 若田忠之, 齋藤美穂：香りの分類における心理学的検討—SD法を用いた印象

- による香りの分類－, 日本感性工学会論文誌, Vol.13, No.5, pp. 591-601, 2014
- 11) 後藤なおみ, 松葉佐智子, 五味保城, 戸田英樹, 小早川達: 都市ガスの付臭剤を用いた既存カテゴリーに対する臭質の適合度評定, におい・かおり環境学会誌, Vol. 41, No. 6, pp. 421-433, 2010
- 12) 棚村壽三, 光田恵, 小林和幸, 濱中香也子: 調理臭の臭気濃度の経時変化に関する検討, におい・かおり環境学会誌, Vol. 42, No. 4, pp. 285-293, 2011
- 13) 櫻井広幸: 香り表現における感覚用語-共感覚的表現について-, 立正大学文学部論叢, Vol. 111, pp. 61-77, 2000
- 14) 柏崎尚也, 天野美生, 坂巻剛, 野村美佳, 窪田正男, 許山朋子: 世代による香水の香りの受け止め方の相違-感性情報の数値的一般化に関する研究(2)-, 感性工学研究論文集, Vol. 7, No. 4, pp. 615-620, 2008
- 15) 妹尾正巳, 元永千穂: 香りイメージの色表現による伝達, 感性工学研究論文集, Vol. 7, No. 3, pp. 497-503, 2008
- 16) 小澤直子, 岩崎寛: 芳香植物の香りに対する年代別の印象評価および嗜好性に関する研究, 人間・植物関係学会雑誌, Vol. 12, No. 3, pp. 7-12, 2013
- 17) 市原茂: セマンティック・ディファレンシャル法(SD法)の可能性と今後の課題, 人間工学, Vol. 45, No. 5, pp. 263-269, 2009
- 18) 樋口貴広, 庄司健, 畑山俊輝: 香りを記述する感覚形容語の心理学的検討, 感情心理学研究, Vol. 8, No. 2, pp. 45-59, 2002
- 19) 神宮英夫, 田中吉史: 香りの共感覚的表現による品質構成の特定法の提案, 日本官能評価学会誌, Vol. 10, No. 2, pp. 105-108, 2006
- 20) 中田勇二, 下田満哉, 箆島豊: ごま油フレーバーの官能評価用語および評価データの多変量解析, 日本食品科学工学会誌, Vol. 44, No. 12, pp. 848-854, 1997
- 21) 重松洋子, 下田満哉, 吉武清晴, 箆島豊: 緑茶香気 of 官能検査データの多変量解析, 日本食品工業学会誌, Vol. 38, No. 4, pp. 309-315, 1991
- 22) 齊藤幸子, 井濃内順, 綾部早穂: 嗅覚概論 臭気の評価の基礎, 公益社団法人におい・かおり環境協会, p 131, 2014
- 23) 板倉朋世, 光田恵, 棚村壽三: 高齢者のおむつ交換時における排泄物の臭気



- 特性に関する研究, 日本剣突学会環境系論文集, Vol. 73, No.625, pp. 335-341, 2008
- 24) 棚村 壽三, 光田 恵, 小林 和幸: 住宅厨房における調理臭の分布と臭気質に関する研究, 一般社団法人日本家政学会研究発表要旨集, 2007
- 25) 河口智博, 瀬戸口泰弘, 中原毅, 松浦吉展: 半導体悪臭センサのガス検知特性, 電気学会論文誌, Vol.121, No.3 , pp.148-149, 2001
- 26) フィガロ技研株式会社, “製品情報 TGS2444 – アンモニア検知用ガスセンサ”, [https://www.figaro.co.jp/en/product/docs/tgs2444\\_product\\_infomation\\_rev02.pdf](https://www.figaro.co.jp/en/product/docs/tgs2444_product_infomation_rev02.pdf), (参照 2021.09.23)

## 4.実物大空間における方式別芳香剤のにおい分布の検討

### 4-1.実験目的

現在では、用途や剤型、噴霧方式の異なる多種多様な芳香剤が、家庭での手軽なにおい対策製品として広く販売されている<sup>1)2)</sup>。第2章では、室内ににおいを拡散させる置き型・拡散方式が多く使用されており、「悪臭除去」だけでなく「かおりを楽しむ」ための使用していることが把握されている。適切なにおい対策を行うためには、芳香剤のにおいの拡がり方に関するデータが必要となる。芳香剤のにおいを室内へ噴霧する方式が異なる場合、においの拡がり方に大きく影響すると考えられるため、噴霧方式が異なる芳香剤のにおいの拡がり方を把握する必要がある。また、快適な室内にするためには、室内に拡がる芳香剤のにおいの強さと質を把握する必要がある。

そこで本研究では、実物大の実験室内で噴霧の方式が異なる芳香剤のにおいの強さと質およびにおいの拡がり方を明らかにすることを目的とした。実験室内のにおいの強さと質については、人間の嗅覚を用いる嗅覚測定法を採用した。また、室内に拡がったにおい成分はにおい質に影響を与えられられるため、TD-GC-MS/O 分析装置(以下、におい嗅ぎ GCMS)を用いてにおい成分分析を行うこととした。芳香剤のにおい分布の測定には、半導体ガスセンサを用いた。また、空間内の給排気口の位置は、実生活で使用されているものに近い形を再現した<sup>3)</sup>。

### 4-2.実験方法

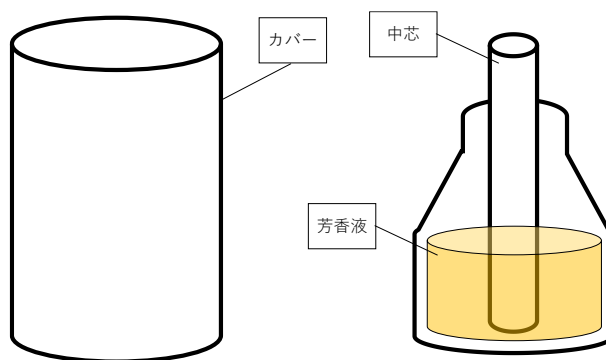
#### 4-2-1.芳香剤の方式と香気成分

実験に用いた芳香剤は、置き型方式、ファン方式、空気圧縮方式の3種類である。いずれも液体タイプであり、この液体のことを芳香液と呼ぶ。芳香液については、3方式とも同一の市販品を用いた。置き型方式では、綿などの繊維を束ねた芯を用いて芳香液を吸い上げ、自然に空間に、においを放散させるものである。ファン方式は、置き型方式と同様に芯を用いて芳香液を吸い上げ、本体に内蔵された電動ファンを使ってにおいを空間に拡散させるものである。空気圧縮方式

は、内蔵されているポンプによって芳香液をミスト状に噴射させ、空間ににおいを拡散させるものである。各方式の概要を表 4- 1 に示す。また、置き型方式の概要を図 4- 1 に、ファン方式の概要を図 4- 2 に、空気圧縮方式の概要を図 4- 3 に示す。

**表 4- 1 各芳香剤の方式の概要**

方式名	概要
置き型方式	繊維を束ねた芯で液体の芳香液を吸い上げ、芳香液をゆっくりガス状にし、室内へ拡散させる。
ファン方式	繊維を束ねた芯で液体の芳香液を吸い上げ、芯の上部にシロッコファンが風を吹き付けて、芳香液をガス状にし、ファンの気流で室内へ拡散させる。
空気圧縮方式	モーターを用いて芳香液をミスト状にし、空気で室内へ拡散させる



**図 4- 1 置き型方式芳香剤の概要**

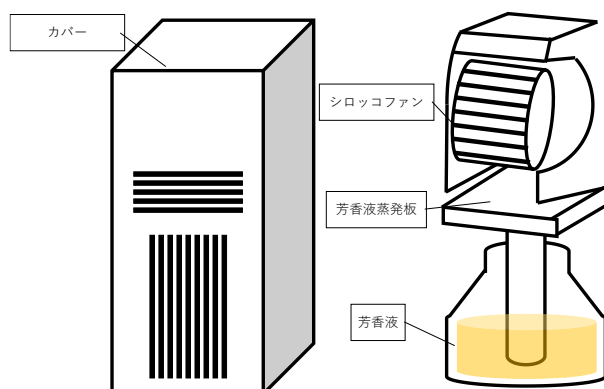


図 4-2 ファン方式芳香剤の概要

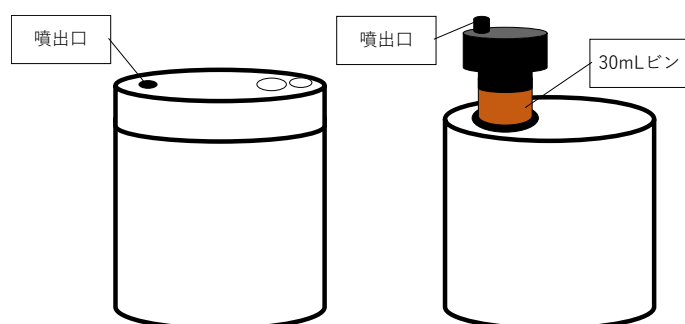


図 4-3 空気圧縮方式芳香剤の概要

芳香剤の設置個数は、製品に記載されている使用の目安(置き型方式は約 4.5 畳あたり 1 個、ファン方式と空気圧縮方式は約 12 畳あたり 1 個)を参考に、芳香剤の置き型方式は 3 個、他の 2 方式は 1 個とした。ファン方式のファンは常時稼働とし、空気圧縮方式は 20 秒間噴霧し、40 秒休止のサイクルに設定した。

芳香液の香気成分は表 4-2 に示すとおりで、D-Limonene、 $\beta$ -Pinene など、トップノートとして使用され、セスキテルペンより閾値が低いとされるモノテルペンを主成分とし<sup>4)</sup>、一般的に花様のおいさを有するとされるモノテルペンアルコールの Linalool などから構成されている。その他、微量成分として Phenethyl alcohol、Leaf alcohol などが含まれており、芳香液全体の香調は、ベースをシトラス、アクセントをフローラルとした、フローラルシトラス調である。

表 4-2 芳香剤中のおい成分

芳香液中の おい物質	面積割合 (%)	蒸気圧 (25°C) (mmHg)	沸点 (760mmHg) (°C)	分子量	化学式
D-Limonene	70.5	1.43	178	136.24	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
β-Pinene	18.9	2.93	164-166	136.23	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
Linalool	1.9	0.17	198	154.25	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
γ-Terpinene	1.7	0.70	183	136.23	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
Octanal	1.5	1.18	195	128.21	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O
β-Myrcene	1.2	2.01	167	136.23	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
para-Cymene	1.2	1.50	176-178	134.21	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>
Other	3.1				
Total	100				

#### 4-2-2.実験室概要

実験室の平面図と立面図を図 4-4 に、実験室の概要と芳香剤設置位置、半導体ガスセンサ設置点を図 4-5 に示す。実験室の床面積は 25.9m<sup>2</sup>、体積は 64.8m<sup>3</sup> である。実験室内の壁はガラス製で、天井および床はアクリル製である。実験室内の給気口は図 4-4、図 4-5 の平面図に示す 2 箇所(床上 2350mm)に、排気口は 1 箇所(天井面)に設置した。排気口の風速は 0.41m/s、開口部の面積値は 0.0225m<sup>2</sup>、排気の風量は 32.4m<sup>3</sup>/h であった。給気口の風速は 0.57m/s、開口部の面積値は 1 箇所が 0.00785m<sup>2</sup>、給気の風量は 2 箇所の合計で 32.2m<sup>3</sup>/h であった。天井や壁からの漏気により給気量と排気量に差が生じた。芳香剤は、図 4-4、図 4-5 の△印、壁から 1800 mm、1380 mm、床上 450 mm の位置に設置し、置き型方式は 3 個とも図 4-5 に示す通り、同じ箇所に設置した。半導体ガスセンサは実験室内 12 点の床上 100 mm、1300 mm、2400 mm、合計 36 点に設置した。嗅覚測定用とおい成分分析用の試料は、E2 付近で採取した。給気口からテフロンチューブを通し、E2 の位置に固定し、実験室外からポンプを使ってにおい試料を採取できるようにした。ポンプ、チューブ、半導体ガスセンサ、およびこれらの器具を

設置するのに用いたものの無臭性を確認し、芳香剤以外からにおいが発生していないことを確認した。

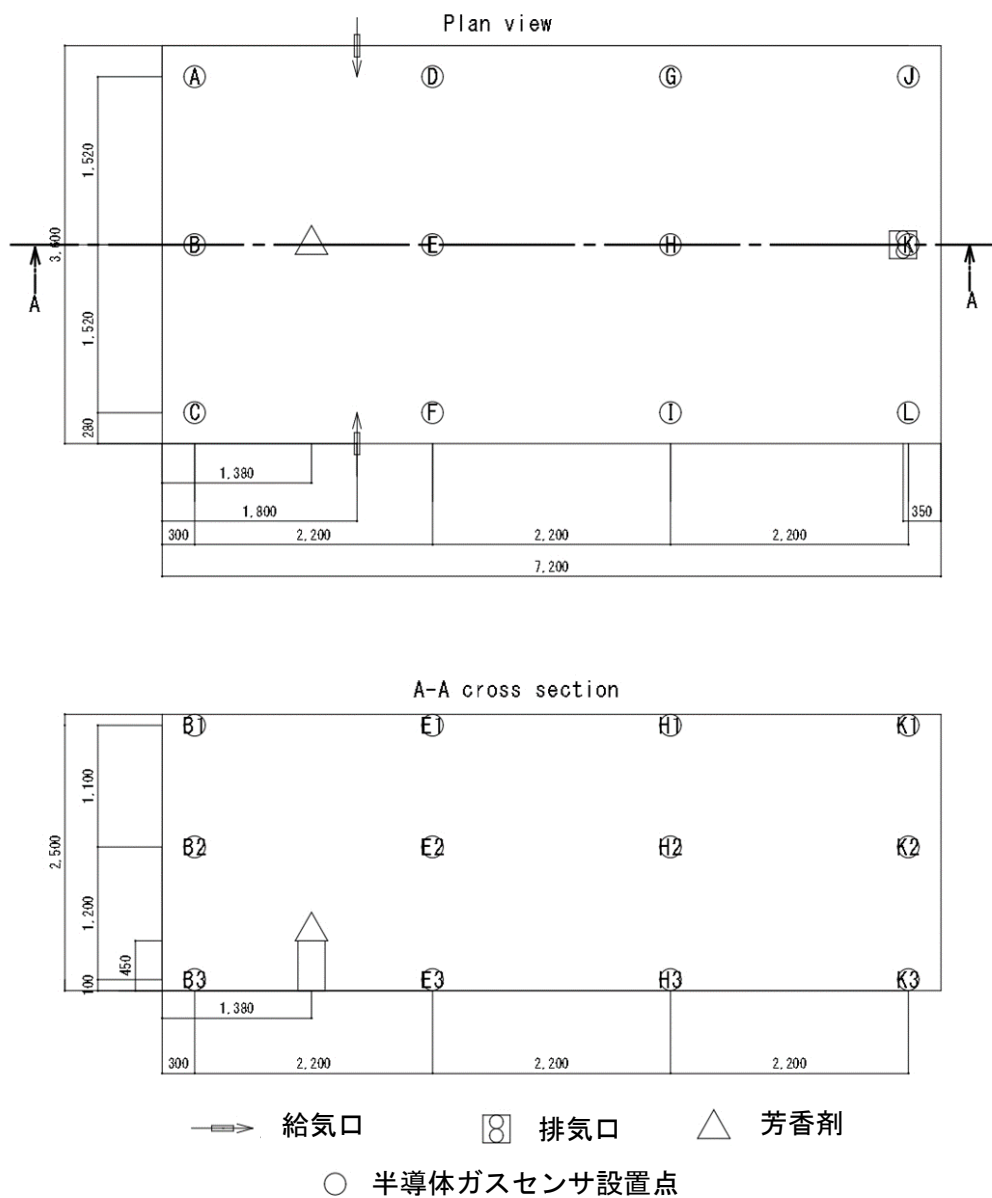


図 4-4 実験室の平面図と立面図

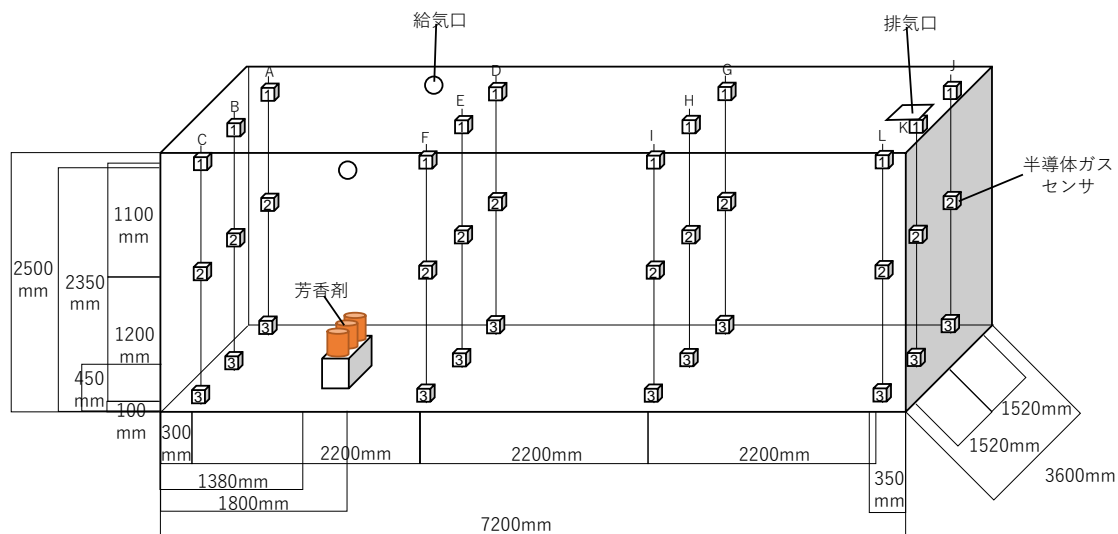


図 4-5 実験室の概要（置き型方式）

#### 4-2-3. においの評価方法

パネル選定試験に合格した 18 歳から 22 歳をパネルに採用し、臭気指数測定とにおい質評価を実施した。臭気指数は男性 2 人、女性 4 人の計 6 人のパネルにより、三点比較式臭袋法を用いて測定した。におい質評価は、男性 3 人、女性 5 人の計 8 人のパネルに採取したままの濃さでにおい試料を提示した。測定項目は、SD 法によるにおい質評価と、自由記述によるにおい質評価を行い、そのにおいの香調の記述を求めた。SD 法に用いたにおい表現語は、21 対であり、第 3 章で検討したにおい表現語の選定方法の結果より選定した。用いた尺度とにおい表現語は表 4-3 に示す。におい試料の採取時間は、芳香剤設置直前(0 時間後)と、芳香剤を設置して 0.5 時間後、1 時間後、3 時間後、5 時間後で、各時間において 26L/min の手動式ポンプ(DC1-NA 型, 近江オドエアーサービス)により、ポリエチレンテレフタレート製のにおい試料採取用袋(20F, 近江オドエアーサービス)へ 20L 採取した。におい試料採取時の気流が半導体ガスセンサ値の変動に影響する可能性があるため、半導体ガスセンサを用いた測定とは別に実施した。

本実験は、ヘルシンキ宣言の精神に則り、実験者の責任のもとに行い、パネルに対しては実験内容等について十分な説明を行ったうえで、途中辞退も可能であることを伝え、同意を得たうえで実施した。

表 4-3 SD 法を用いたにおい質の評価項目

		1	2	3	4	5	6	7	
		非常に	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	非常に	
1	曖昧な								はっきりした
2	明るい								暗い
3	温かい								冷たい
4	油っぽい								水っぽい
5	一時的な								永続的な
6	薄い								厚い
7	おいしそうな								まずそうな
8	大人っぽい								子供っぽい
9	重い								軽い
10	硬い								柔らかい
11	くどい								さわやかな
12	高価な								安価な
13	自然的な								人工的な
14	酸い								甘い
15	好きな								嫌いな
16	鋭い								鈍い
17	近い								遠い
18	内向的な								外向的な
19	広い								狭い
20	不快な								快適な
21	めずらしい								ありきたりな



#### 4-2-4.におい分布の測定方法

実験に使用した半導体ガスセンサ(TGS2444、フィガロ技研)は、酸化物半導体式で、無臭の化学物質にも応答することがあるため、本実験で使用する芳香剤のにおい感覚との対応関係を確認し、36 台の半導体ガスセンサの器差補正を行った。半導体ガスセンサは実験開始前までに、1 時間以上通電し、値が安定したことを確認してから測定に用いた。1 秒間隔でデータを収集し、5 時間後まで測定した。今回使用した半導体ガスセンサの出力値は電圧である。一般的に、ガスに対する応答の大きさは抵抗値比で示されるため、測定で得られた半導体ガスセンサ値を抵抗値比に変換した。事前に求めた臭気指数と抵抗値比の関係から、空間のにおいの拡散状況を臭気指数相当値に変換した。半導体ガスセンサ値の抵抗値比への変換式は、 $R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL$  ... 式 3- 1  $R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL$  ... 式 4- 1、 $x = \frac{R_0}{R_s}$  ... 式 4- 2 に示すとおりである。 $R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL$  ... 式 3- 1  $R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL$  ... 式 4- 1、 $x = \frac{R_0}{R_s}$  ... 式 4- 2 は、使用した半導体ガスセンサの製品規格から引用した<sup>5)</sup>。本実験では、 $V_c = 5V$ 、負荷抵抗 =  $10k\Omega$  である。また、本実験に用いた芳香剤のにおいを用いて測定した抵抗値比と臭気指数の関係式を  $y = 21.322x + 0.352 (r = 0.874)$  ... 式 4- 3 に示す。

$$R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL \text{ ... 式 3- 1 } R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL \text{ ... 式 4- 1}$$

R : 半導体ガスセンサ抵抗値( $\Omega$ )

$V_c$  : 回路電圧(V)

$V_{out}$  : 半導体ガスセンサ値(V)

RL : 負荷抵抗( $\Omega$ )

$$x = \frac{R_0}{R_s} \text{ ... 式 4- 2}$$

x : 抵抗値比

R0 : ブランク(実験開始前)の半導体ガスセンサ抵抗値

Rs : におい試料の半導体ガスセンサ抵抗値

$$y = 21.322 x + 0.352(r=0.874) \cdots \text{式 4-3}$$

y : 臭気指数相当値(半導体ガスセンサ値から求められる値)

x : 抵抗値比(半導体ガスセンサ値から求められる値)

#### 4-2-5.におい成分の捕集方法および分析方法

におい成分分析用のにおい試料は、図 4-4、図 4-5 の E2 の位置で、におい試料採取用袋(20F、近江オドエアーサービス)と気体試料をバッグへ直接捕集できるポンプ(DSP-550、光明理化学工業)を用いて、芳香剤設置 3 時間後から 4 時間 40 分後まで 200mL/min で 20L 採取した。

分析にあたり、におい試料を濃縮する吸着管として、ガラス管(外径 6 mm、内径 4 mm)に Tenax TA(60/80 mesh、GL サイエンス)を 130 mg 充填し、両端にガラスウールを詰めたものを用いた。濃縮する際に使用するポンプには、小型空気吸引ポンプ(MP-Σ 100H、柴田科学)を、濃縮ガス量の計量には、積算流量計(DRY TESTGASMETER DC-1C、シナガワ)を用いた。濃縮量は、300mL/min で 1L、3L、10L で予備検討を行い、本実験では、濃縮量をスニッフィングの評価ができる 300mL/min で 10L とした。

におい成分分析には、におい嗅ぎ GCMS を用いた。GC-MS システム(GCMS-QP2010Ultra、島津製作所)に加熱脱着装置(TD20、島津製作所)、およびスニッフィングポート(OP275、GL サイエンス)を装着し、分離カラムは Pure-WAX(0.25 mm×60m×0.5μm、GL サイエンス)を使用した。スニッフィングポートと MS の分岐比は 9:1 になるよう設定(計算値)し、スニッフィング側カラムから放出したガスと混合するメイクアップガス(N<sub>2</sub>)流量は 30 mL/min で、メイクアップガスとスニッフィング側カラムから流出するガスは、合流してスニッフィングポートから放出される。分析条件を表 4-4 に示す。パネルは、スニッフィングにより

においの質と強さの確認を行った。においの強さは、6段階臭気強度尺度を用いた。表 4-5 に 6 段階臭気尺度を示す。スニッフィングポートから放出されるにおいを嗅ぐ時間は、ほぼ全成分が検出される保持時間 5~40 min の 35 分間とした。

**表 4-4 分析条件**

加熱脱着装置	
型番	TD-20
製造会社	株式会社 島津製作所
チューブオーブン温度	210°C
待機時間	5分
トラップ冷却	-15°C
トラップ加熱	250°C
トラップ加熱時間	5分
インターフェイス加温	250°C
サンプルチューブのパージ流量	60mL/分
サンプル時間	10分
ガスクロマトグラフ	
型番	GC-2010
製造会社	株式会社 島津製作所
カラム	PureWax 0.25mm × 60m × 0.25 μm
オーブン温度	40°C (2分) → 10°C/分 → 230°C (19分)
質量分析計	
型番	QP2010Ultra
製造会社	株式会社 島津製作所
インターフェイス温度	230°C
イオン源温度	200°C

**表 4-5 6 段階臭気強度尺度**

臭気強度	評定語
0	無臭
1	やっと感知できるにおい
2	何のにおいかが分かる弱いにおい
3	楽に感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

### 4-3.実験結果

#### 4-3-1.実験後の芳香剤の減少量

各方式の芳香剤設置 5 時間後(実験終了時)の芳香液減少量を測定した。置き型芳香剤が 1 個あたり 0.1g 減少しており、3 個で 0.3g 減少した。ファン方式は 4.1g、空気圧縮方式は 3.0g 減少し、置き型方式が最も減少量が小さく、ファン方式が最も減少量が大きかった。

#### 4-3-2.におい感覚評価

##### (1)臭気指数

図 4-6 に、各方式の臭気指数の経時変化を示す。臭気指数とは、人間の嗅覚を用いてにおいの程度を数値化したもので、においを人間の嗅覚で感じられなくなるまで無臭空気で薄めたときの希釈倍数(臭気濃度)を求め、その常用対数に 10 を乗じた値である。

置き型方式では、臭気指数が徐々に上昇しているが、全体的に低く、芳香剤設置 5 時間後の値が、空気圧縮方式の 0.5 時間後と同じで、臭気指数 17 である。置き型方式では約 4.5 畳に 1 個であるが、ファン方式と空気圧縮方式では約 12 畳に 1 個が目安のため、実験室の面積からすると、この 2 方式は実使用よりも空間のにおいが弱い可能性があるが、置き型方式よりも高い値となった。ファン方式では、芳香剤設置 0.5 時間後に、臭気指数が 9 上昇し、その後も上昇し続け、5 時間後には、臭気指数 28 になった。空気圧縮方式もファン方式同様、芳香剤設置 0.5 時間後に顕著に臭気指数が上昇し、5 時間後の臭気指数は 29 になった。置き型方式は、ガス状で室内に拡がり、ファン方式も同様にガス状で室内に拡がるが、ファンによる気流で芳香液からガス化を促進している。空気圧縮方式は、芳香液をミスト状にして室内に噴霧し、においを拡げている。においの発生がない 40 件の住宅の LDK の臭気指数を測定した結果<sup>6)</sup>では、平均で約 20 であり、ガス化の促進やミスト状での噴霧でない置き型方式の場合には、この値より

も低い値であった。

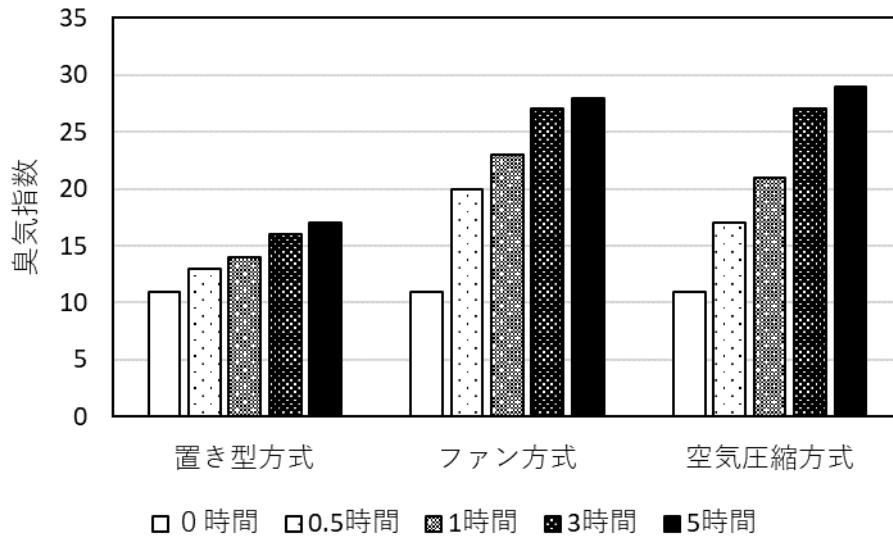


図 4-6 実験室内の臭気指数測定結果

## (2)におい質

SD 法によるにおい質評価で用いたにおい表現語の中から、既往の研究<sup>7)</sup>に基づきシトラスやフローラルに特徴的なにおい表現語である「明るい」の結果を図 4-7 に示す。置き型方式では芳香剤設置直後から「どちらでもない」の評価が続くが、芳香剤設置 5 時間で「やや明るい」の評価になった。ファン方式、空気圧縮方式では、0.5 時間で「やや明るい」の評価になった。芳香剤設置 5 時間では、どの方式も「やや明るい」から「かなり明るい」の間にプロットされ、近い評価となった。

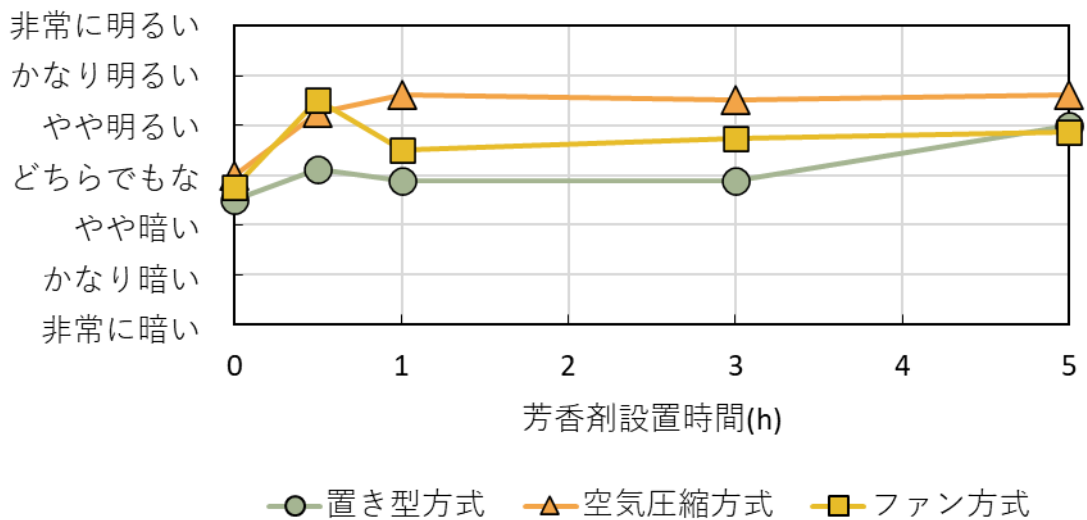


図 4-7 SD 法を用いたにおい質評価結果(明るい)

自由記述によるにおい質評価結果も、第 3 章で行ったにおい質評価結果と既往の研究<sup>7)</sup>に基づきシトラスやフローラルに特徴的なにおい質表現について集計した。シトラス、またはフローラルに関するにおい質表現をしたパネル数を図 4-8 に示す。置き型方式では、1 時間後で芳香剤の香調に関する表現が 1 人で、5 時間後に 7 人になったが、パネルの 8 人中 1 人は芳香剤の香調を認知できていなかった。ファン方式では、0.5 時間後に 4 人が芳香剤の香調に関する記述をし、1 時間後に 8 人全員が香調に関する記述をした。空気圧縮方式は、0.5 時間後でパネル全員が芳香剤の香調に関する記述をしており、早い段階で芳香剤の香調が認知できている。置き型方式のみ芳香剤設置 5 時間後で、芳香剤の香調を認知できないパネルが 1 人いた。ファン方式では、芳香剤設置 1 時間後、空気圧縮方式では、0.5 時間後にパネルが芳香剤の香調を認知しており、パネル全員が芳香剤の香調を認知するまでの時間に差がみられた。

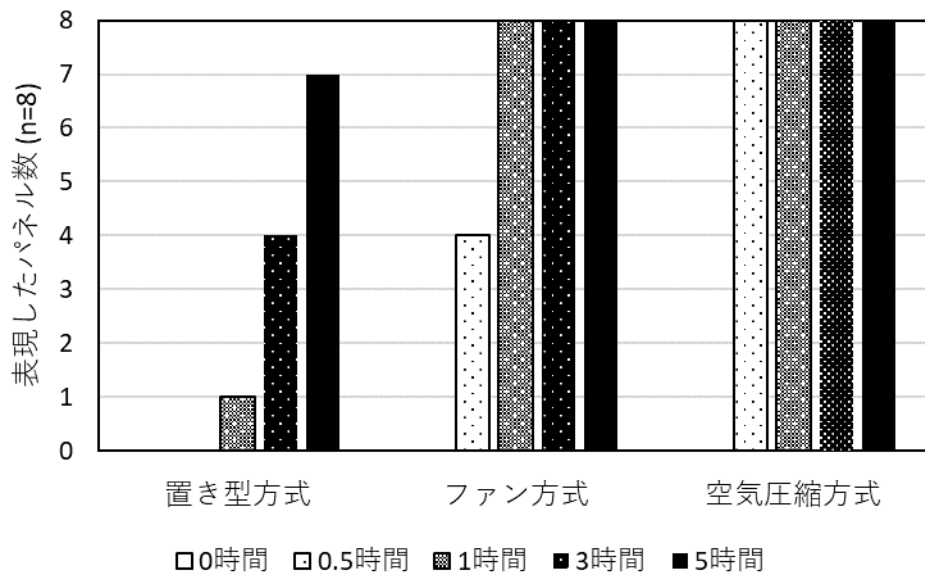


図 4-8 芳香剤のにおい質を表現したパネル数

#### 4-3-3.半導体ガスセンサによるにおい分布測定

各方式とも 3 回の測定を行い、そのうちの 1 回の結果を図に示す。図 4-9 は置き型方式、図 4-10 はファン方式、図 4-11 は空気圧縮方式の実験室内でのにおい分布 (芳香剤設置 0 分、30 分、1 時間、3 時間、5 時間)を示している。今回は、エクセルを用いてコンターマップを作製した。格子状の測定データから、隣り合う 4 点の格子データを格子セルとし、一つのひとつの格子セルにおいて、コンターの断片を描くという操作によるコンターマップを作製した。データの補間については線形補間を用いている。

置き型方式は、芳香剤のにおいが換気設備の気流により室内に徐々に拡がっている。芳香剤設置 0.5 時間後では、半導体ガスセンサ値から求めた臭気指数相当値は 10~13 のままで変化がみられず、1 時間後に、排気口付近で臭気指数 13~16 への上昇がみられた。3 時間後には、芳香剤設置周辺の床上 2400mm と排気口の位置のすべての高さが臭気指数 13~16 になったが、5 時間後にさらに値が上昇することはなかった。

ファン方式では、芳香剤設置 0.5 時間後に、芳香剤設置場所付近の床上 1300mm で、臭気指数相当値 16~19、2400mm で 13~16、排気口付近の床上 1300mm と

2400mm でも、臭気指数相当値が 16～19 となっている。しかし、床上 100mm ではほとんど変化はみられなかった。1 時間後以降も、0.5 時間後より値は上昇するが、においの拡がり方は同様である。床上 100mm へのにおいの拡がり方は、3 時間後から目立ち始め、排気口周辺の臭気指数相当値が 19～22 と高くなっている。ファン方式では、芳香剤を設置した床上 450mm の位置から床に平行に、芳香剤に取り付けられているファンによる気流が発生するため、芳香剤のにおいはこの気流に乗って 450mm の高さで換気設備の周辺まで拡がり、その後、排気口から排気される空気の流れに乗り、上方向へにおいが拡がっている。

空気圧縮方式では、ミスト状の芳香液が上向きに噴霧されるため、芳香剤設置 0.5 時間後に、芳香剤設置周辺の床上 1300mm と排気口周辺の床上 2400mm の臭気指数相当値が 13～16 に上昇しているが、床上 100mm では上昇はみられない。1 時間後も全体的に値の上昇はあるが、拡がり方は同様である。3 時間後には、床上 100mm も臭気指数相当値 22～25 になり、2400mm より若干低い程度である。空気圧縮方式もファン方式同様、床上 1300mm の芳香剤設置周辺、排気口付近、床上 2400 mm の排気口付近の値が高いが、ファン方式よりも床上 100mm の値が高く、室内全体ににおいが拡がっている様子がみられる。

3 方式を比較すると、置き型方式のにおいの拡がり方は 5 時間後も限定的であり、ファン方式では、設置位置より高いところへはにおいが拡がりやすく、空気圧縮方式では室内全体への拡がりが見られることが把握された。





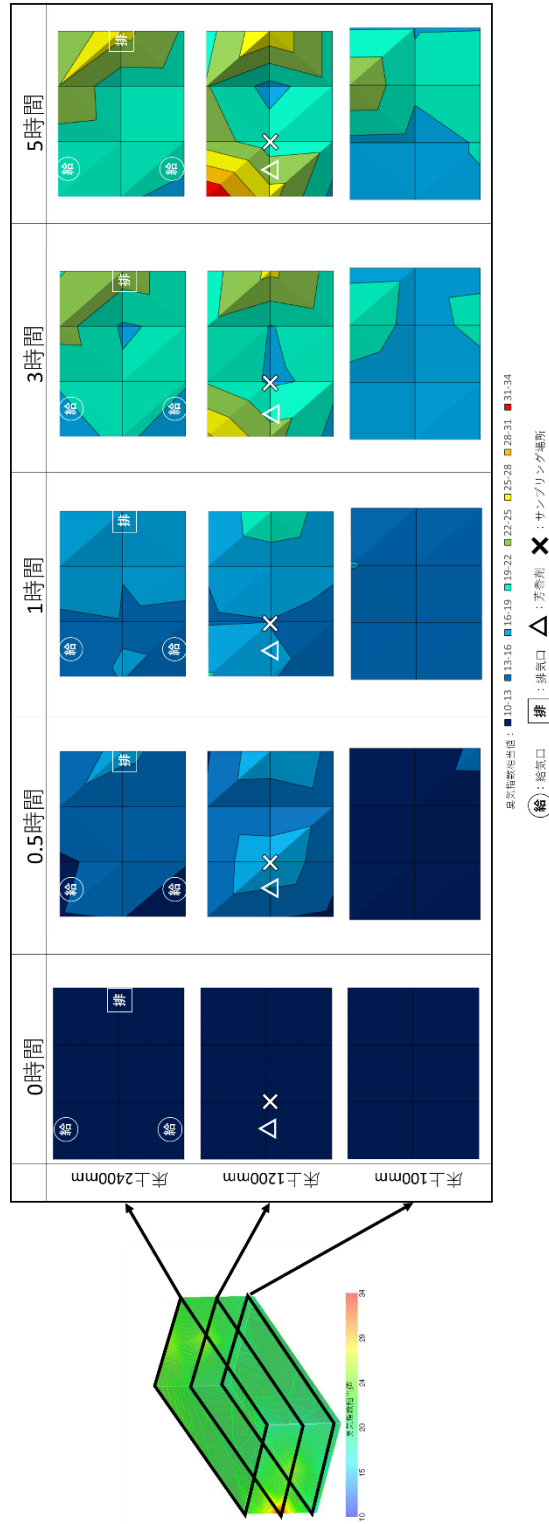


図 4-10 ファン方式のにおい分布結果

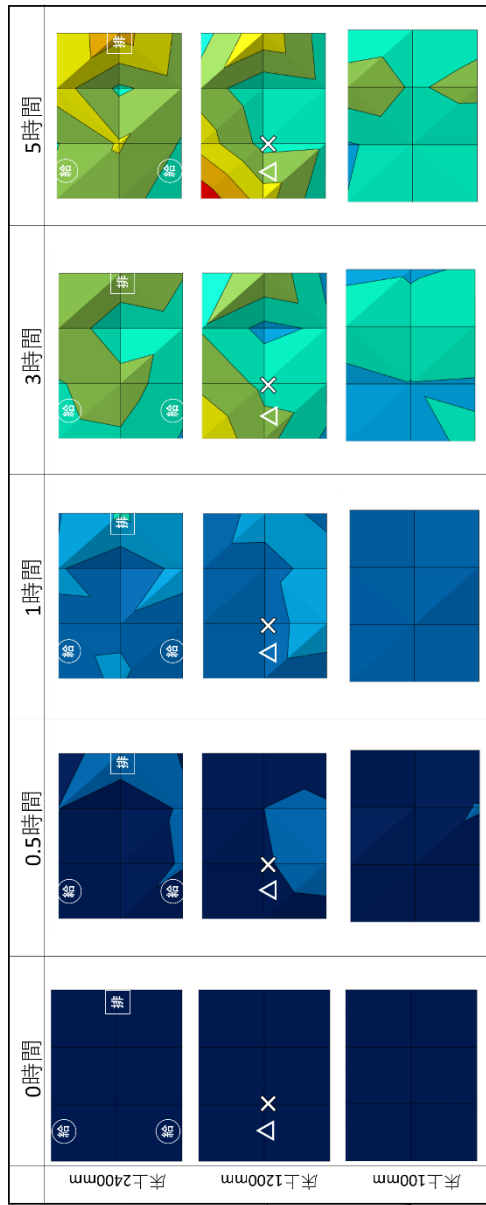


図 4-11 空気圧縮方式のにおい分布結果

#### 4-3-4.におい成分分析

芳香液に含まれている香気成分である「D-Limonene」「 $\beta$ -Pinene」「Linalool」「Octanal」「 $\beta$ -Myrcene」「para-Cymene」「Leaf alcohol」「Phenethyl alcohol」の8成分のピーク面積とスニッフィング結果を表4-6に示す。

置き型方式では、検出された成分は「D-Limonene」「 $\beta$ -Pinene」「Linalool」「Leaf alcohol」の4成分であった。また、スニッフィングの結果では「Linalool」が検出された時間帯に臭気強度2のシトラス様のにおいを感知した。ファン方式では、芳香液の香気成分である「 $\beta$ -Myrcene」以外の7成分が検出された。スニッフィング結果では、「Linalool」が検出された時間帯に臭気強度4のスパイス、シトラス様のにおいを、「Octanal」が検出された時間帯に臭気強度4のシトラス様のにおい、「Phenethyl alcohol」が検出された時間帯で臭気強度3のフローラル様のにおいを感知した。空気圧縮方式でも、ファン方式同様の「 $\beta$ -Myrcene」以外の7成分が検出された。スニッフィングの結果では、「 $\beta$ -Pinene」が検出された時間帯に臭気強度3のハーバル、アロマティック様のにおい、「Linalool」が検出された時間帯に臭気強度4のハーバル、フローラル様のにおい、「Octanal」が検出された時間帯に臭気強度4のシトラス様のにおい、「Phenethyl alcohol」が検出された時間帯に臭気強度3のフローラル様のにおいを感知した。

3方式ともに検出されたにおい成分は、「D-Limonene」「 $\beta$ -Pinene」「Linalool」「Leaf alcohol」であった。それに加え、ファン方式、空気圧縮方式では、「Octanal」「para-Cymene」「Phenethyl alcohol」の3成分が検出された。検出されたクロマトグラム中のピーク面積に着目すると、「 $\beta$ -Myrcene」以外の成分で、置き型方式のピーク面積が小さく、ファン方式では、「D-Limonene」「Linalool」「 $\gamma$ -Terpinene」「Octanal」「Leaf alcohol」の、空気圧縮方式では、「 $\beta$ -Pinene」「para-Cymene」「Phenethyl alcohol」のピーク面積が特に大きいことから、検出された成分は同じであっても、方式により各成分濃度が異なることが明らかとなった。

スニッフィングによりにおいを検知できた成分は、置き型方式では「Linalool」の1成分、ファン方式では「Linalool」「Octanal」「Phenethyl alcohol」の3成分、空気圧縮方式では「 $\beta$ -Pinene」「Linalool」「Octanal」「Phenethyl alcohol」の4成分

であった。スニッフィングの結果で特徴的だったのは、3方式の共通成分の「Linalool」である。「Linalool」は、置き型方式では臭気強度2、におい質はシトラス、ファン方式では臭気強度4、におい質はスパイシー・シトラス、空気圧縮方式では臭気強度3、におい質はハーバル・フローラルと感じられた。臭気強度は「Linalool」のピーク面積と対応していたが、臭気強度(成分濃度)により、におい質に変化がみられることが把握された。

表 4-6 におい成分分析結果

芳香液中のにおい物質	置き型方式		ファン方式		空気圧縮方式		
	面積値	におい質 (臭気強度)	面積値	におい質 (臭気強度)	面積値	におい質 (臭気強度)	
D-Limonene	812,554,189	-	4,277,402,839	-	2,890,846,565	-	
$\beta$ -Pinene	249,001,912	-	239,184,499	-	427,471,667	ハーバル、 アロマティック (3)	
Linalool	18,301,997	シトラス (2)	748,549,146	スパイシー、 シトラス (4)	293,395,387	ハーバル、 フローラル (3)	
$\gamma$ -Terpinene			378,387,548	-	187,259,119	-	
Octanal			431,411,963	シトラス (4)	355,508,909	シトラス (4)	
$\beta$ -Myrcene							
para-Cymene			186,283,583	-	223,667,222	-	
その他の含有物質	leaf alcohol	22,033,065	-	149,084,289	-	80,621,246	-
	Phenethyl alcohol			75,606,351	フローラル (3)	80,625,682	フローラル (4)

#### 4-4.各方式の室内のにおいに関する検討

##### 4-4-1.臭気指数からみた各方式の特徴

図 4-6 の 3 方式の 5 時間後の臭気指数(臭気濃度の常用対数に 10 を乗じた値)を臭気濃度に変換して比較すると、置き型方式が臭気濃度 50(臭気指数 17)であり、ファン方式は置き型方式の 12.6 倍、空気圧縮方式は 16 倍である。一方、芳香液の減少量は、置き型方式が 0.3g であり、ファン方式が置き型方式の 13.7 倍、空気圧縮方式が 10 倍である。ファン方式では、芳香液の減少量に対して採取したにおい試料の臭気指数が低く、空気圧縮方式では、減少量に対して臭気指数が高くなった。

芳香液の減少量と臭気濃度に対応がみられない理由を以下の 2 点から考察する。1 点目は、芳香液の噴霧方式によるにおいの拡がり方からの検討である。図

4-9 から図 4-11 の 3 方式の結果を比較すると、5 時間後でも、置き型方式のにおいの拡がりは限定的であり、ファン方式では芳香剤設置位置より高いところへにおいが拡がりやすく、空気圧縮方式では床付近も均一に拡がりやすい傾向がみられる。芳香剤設置 5 時間後の床上 100mm に着目すると、ファン方式では臭気指数相当が 17 から 25、平均約 19 である。空気圧縮方式では臭気指数相当値が 19 から 24、平均約 21 で、ファン方式よりも床付近の臭気指数相当値が高い。ファン方式では、芳香液の成分がガス状で室内へ放散されるが、空気圧縮方式では芳香液がミスト状で噴霧されることにより、落下するものがあり、床付近の臭気指数相当値が高くなったと考えられる。ファン方式では、芳香剤設置位置より高いところへにおいが拡がり、その後、換気設備によって排気されやすいが、空気圧縮方式では床面等へのおいの付着があり、室内ににおいが残留しやすく、芳香液の噴霧量が少なくても室内全体のおいのレベルが上昇しやすい傾向にあることが推察される。

2 点目として、室内へ拡がったにおい成分のから検討する。表 4-6 のにおい成分のピーク面積をみると、D-Limonene や Linalool のようにファン方式で大きい成分と  $\beta$ -Pinene や Phenethyl alcohol のように空気圧縮方式で大きい成分があり、室内へ拡がったにおいの成分構成には違いがある。臭気指数は、人の閾値に基づく値であることから、閾値の低い成分で構成されたにおいの臭気指数は高くなりやすい。空気圧縮方式では、においを嗅ぎ取れる成分数が最も多かったことから、閾値が低く、臭気指数が高くなりやすいにおい成分が室内へ拡がり、芳香液の減少量の割に臭気指数が高くなったと考えられる。

#### 4-4-2.においの質評価からみた各方式の特徴

におい成分分析の試料は、芳香剤設置 3 時間後から 4 時間 40 分間後に採取したため、採取時間に近い 3 時間と 5 時間の各方式のにおい質結果を整理し、図 4-12 に示す。今回使用した芳香液は、ベースをシトラス、アクセントをフローラルとした、フローラルシトラスであるため、シトラス調のにおい表現「シトラス調」、フローラル調のにおい表現「フローラル調」、シトラス調とフローラル調

の両方に共通する表現「フローラルシトラス調」とし、これらに該当する表現がなかった場合には、「評価なし」として、パネル 8 人の記述をもとに集計した。置き型方式では、3 時間後は 4 人(50%)が「評価なし」で、におい質を認知できていなかったが、5 時間後では、「評価なし」が 1 名に減少した。ファン方式では、3 時間後、5 時間後ともに、「フローラル調」の評価はみられず、パネル全員が「シトラス調」もしくは「フローラルシトラス調」と評価した。空気圧縮方式では、3 時間後で 2 名(25%)が「シトラス調」、3 名(37.5%)が「フローラル調」、3 名(37.5%)が「フローラルシトラス調」と評価し、5 時間後も各香調の割合は若干変わるものの、「フローラル調」が一定数みられた。

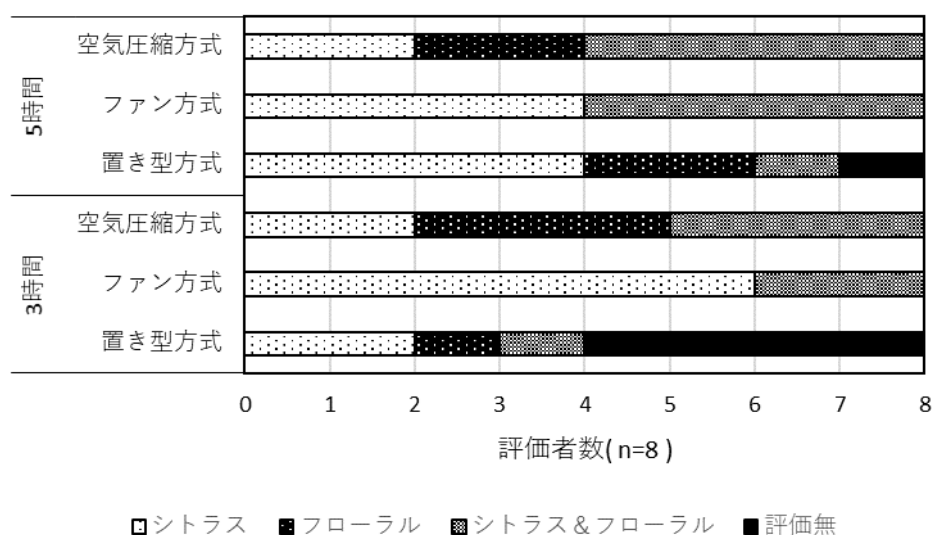


図 4-12 芳香剤設置後 5 時間と 3 時間の自由記述を用いたにおい質評価結果

表 4-6 のにおい成分分析結果と比較すると、置き型方式では、におい成分分析で、「Linalool」を臭気強度 2 でシトラス様のにおいとして感知しており、パネルのにおい質評価で「シトラス調」が多いことと対応している。ファン方式は、におい成分分析では、「Octanal」を臭気強度 4 でシトラス様のにおい、「Linalool」を臭気強度 4 でスパイシー様、シトラス様のにおいとして感知しており、「Phenethyl alcohol」はフローラル様のにおいを感知しているが、臭気強度 3 であることから、全体のにおいとしてパネルは「シトラス調」と感じられたと考え

られる。空気圧縮方式は、におい成分分析では、臭気強度 4 でフローラル様のにおいを感知した「Phenethyl alcohol」、臭気強度 4 でハーバル様、フローラル様のにおいを感知した「Linalool」とフローラル様も強く感じられており、パネルのにおい質評価でも「フローラル調」が多いことと対応がみられる。

芳香液のにおいの噴霧方式が異なることで、室内で検出されるにおい成分と、各におい成分の濃度に違いがあり、室内で感じられる全体のにおいの質にも影響していることが明らかとなった。

#### 4-5.まとめ

本研究では、芳香液の噴霧方式が異なる 3 種の芳香剤を用いて、室内へ拡がったにおいの濃さと質およびにおい分布を測定し、それぞれの特徴を明らかにした。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 芳香剤設置 5 時間後の芳香液の減少量は、置き型方式が 0.3g、ファン方式が 4.1g、空気圧縮方式が 3.0g であった。臭気指数測定の結果、ファン方式、空気圧縮方式は、芳香液の減少量が少ない置き型方式に比べ、芳香剤設置後の全時間帯で臭気指数が高かった。
- (2) 置き型方式では 5 時間後でも芳香剤の香調が認知できていないパネルが 1 人いたが、ファン方式では 1 時間後に、空気圧縮方式では 0.5 時間後に、全員が芳香剤の香調を認知した。方式により、芳香剤の香調を認知する時間に差がみられた。
- (3) におい分布の測定の結果、置き型方式は、空気の流れに乗ってにおいが室内へ徐々に拡がるため、5 時間後でもにおいの拡がりは限定的であった。ファン方式では、芳香剤に取り付けられたファンによる床と平行の気流に乗って芳香剤を設置した床上 450mm の高さで、においが排気口の周辺に拡がり、その後、換気設備により排気されるように徐々に上方向へ拡がった。空気圧縮方式では、上向きにミスト状で芳香液が噴霧されるため、天井付近から下方向へ拡がり、床面付近にもにおいの拡がりが見られた。



(4) におい成分分析の結果、3方式に共通で「Limonene」「 $\beta$ -Pinene」「Linalool」「leaf alcohol」の4成分が検出され、それに加え、ファン方式と空気圧縮方式では共通の3成分が検出された。全成分で、置き型方式のピーク面積が小さく、ファン方式では、「Limonene」「Linalool」「 $\gamma$ -Terpinene」「Octanal」「Leaf alcohol」の、空気圧縮方式では、「 $\beta$ -Pinene」「para-Cymene」「Phenethyl alcohol」のピーク面積が特に大きいことから、方式によって室内の各におい成分の濃度が異なることが明らかとなった。

(5) においの質評価とにおい成分分析との関係を見ると、置き型方式では、他の2方式に比べ、検出された成分が少なく、ピーク面積が小さく、芳香剤設置3時間後でも芳香剤のにおい質を認知できないパネルが半数いた。ファン方式、空気圧縮方式でも、におい成分分析の結果と対応がみられ、ファン方式では、主としてシトラス調、空気圧縮方式では、シトラス調だけでなく、フローラル調も感じられることが把握された。各方式により、室内のにおい成分の種類と濃度が異なることで、室内のにおいの質に影響がみられた。

本章では、新品の芳香剤を用いて、室内への設置5時間後までのにおいの測定を行った。今後の課題として、芳香剤の使用期間が、室内へ広がるにおいの濃さや質に及ぼす影響を検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 矢田英樹: 芳香消臭剤の香りの変遷, におい・かおり環境学会誌, Vol.46, No.6, pp. 382-389, 2015
- 2) 永友 茂美: 家庭用芳香消臭剤の市場と開発動向, におい・かおり環境学会誌, Vol.37, No.5, pp. 355-361, 2006
- 3) 近藤 靖史, 阿部 有希子, 大島 敬典, 相澤 芳弘: 換気の給気位置と調理時の擾乱による室内環境への影響に関する実験 住宅厨房と隣接するリビング空間の温熱・空気環境に関する研究(第1報), 日本建築学会環境系論文集, Vol.73, No.627, pp. 607-614, 2008
- 4) 飯島陽子: 香辛料・ハーブとその香り～香気生成メカニズムとその蓄積, におい・かおり環境学会誌, Vol.45, No.6, pp. 585-592, 2014

い・かおり環境学会誌, Vol. 45, No. 2, pp. 132-142, 2014

5) フィガロ技研株式会社, “製品情報 TGS2444 – アンモニア検知用ガスセンサ”,  
[https://www.figaro.co.jp/en/product/docs/tgs2444\\_product\\_infomation\\_rev02.pdf](https://www.figaro.co.jp/en/product/docs/tgs2444_product_infomation_rev02.pdf), (参照  
2021.09.23)

6) 棚村壽三, 光田恵, 毛利志保, 小林和幸, 濱中香也子: 定常的なにおいに対する  
居住者とパネルの感覚評価の比較 住宅のLDK においのレベルに関する研究,  
日本建築学会環境系論文集, Vol.76, No. 664, pp. 555-561, 2011

7) 三浦久美子, 齋藤美穂: 色と香りの調和性, におい・かおり環境学会誌, Vol.42,  
No.5, pp.327-337, 2011

## 5.におい物質の空間分布に関する検討

### 5-1.検討目的

第4章では、芳香液の噴霧方式が異なることで、室内のにおい分布、においの質が異なることが明らかになった。この実験では、空間の給排気位置は1条件であるが、空間の給排気の位置が異なることで、室内での芳香剤のにおいの拡がり方が異なることが予想される。

また、第2章で芳香剤の使用目的は、「悪臭除去のため」と「かおりを楽しむため」であることが明らかになっている。芳香剤の使用目的が悪臭対策であれば、悪臭の拡がりに対応した芳香剤のにおいの拡がりが必要となる。一方、かおりを楽しむのが目的であれば、必要な時に必要な場所へ適度に芳香剤のにおいが拡がることが求められる。

第4章より芳香液を用いた場合、多種類のにおい物質が空間に拡がることわかっており、におい物質によりにおいの拡がり方に違いがある場合、芳香液を用いると、給排気的位置によるにおいの拡がりの違いを検討するのが複雑になる。そこで、本章では、芳香液中の代表的なにおい物質である D-Limonene 単体と悪臭の代表成分である Ammonia 単体を用いて空間の給排気的位置を変化させた場合の、空間内への芳香剤のにおいの拡がり方を検討する。

なお、本章では、空気清浄機の脱臭性能評価など、においの測定に用いられる 1m<sup>3</sup> アクリル製チャンバーを用いて、空間内でのにおい物質の分布を簡易的に検討する。

### 5-2.給排気口の位置の違いによるにおい物質の空間分布に関する実験方法

#### 5-2-1. におい物質

芳香液から検出され香料として使用されている D-Limonene と特定悪臭物質 22 物質であり、悪臭の代表成分として Ammonia を用いた。

D-Limonene は柑橘系のにおい質をもち、柑橘類の果実の皮、イノンド、キャラウエー、ウイキョウ、セロリ、テレピン油等に多く含まれており、天然に存在している<sup>1)</sup>。基本的物性を表 5-1 示す。

**表 5-1 D-Limonene の基本的物性 <sup>2)3)</sup>**

分子式	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
分子量	136.24
沸点	175.5~176°C (763mmHg)
空気密度	4.7 (air = 1)
嗅覚閾値	0.038 ppm

Ammonia は、し尿のようなにおいと表現される、刺激性のあるにおいて、生ごみ臭、排泄物臭、体臭、たばこ臭などの成分である。基本的物性を表 5-2 に示す。

**表 5-2 Ammonia の基本的物性 <sup>3)4)</sup>**

分子式	NH <sub>3</sub>
分子量	17.03
沸点	-33.35°C(760mmHg)
空気密度	0.597(air=1)
嗅覚閾値	1.5 ppm

#### 5-2-2. におい物質発生装置

におい物質発生装置は、第 4 章で用いた置き型方式を想定した。におい物質発生装置を図 5-1 に示す。置き型方式を模擬するため、スクリー管に、120 mm×120 mm にカットしたコットンを筒状に丸め、純度 95% の D-Limonene 試薬 (和光 1 級、富士フィルム和光純薬) または、28.0% のアンモニア水 (鹿 1 級、関東化学) をイオン交換水にて 1% に希釈したアンモニア水を 4mL 滴下した。3 名のオペレーターによりこのスクリー管内が臭気強度 4 になっていることを確認した。スクリー管の口径は、15mm で、直径 40mm、高さ 200mm の筒にセットしたものをにおい物質発生源装置とした。におい物質発生装置は、空間内に設置後アルミホイル製の蓋をかぶせ、ポンプ稼働 30 分後に空間の外から蓋を外し、におい物質を発生させた。

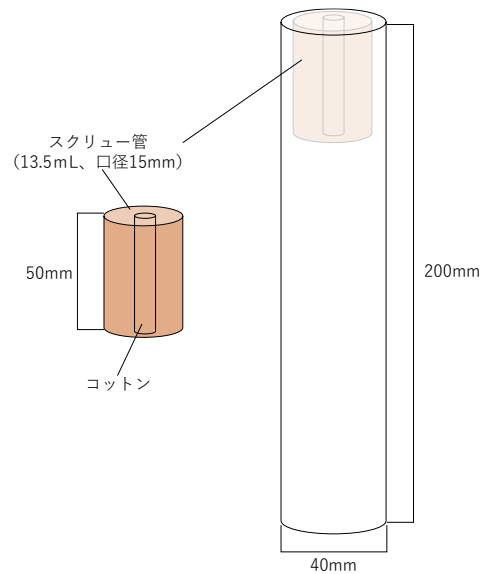


図 5-1 におい物質発生装置

### 5-2-3.実験空間

空間の平面図と立面図を図 5-2 に、空間の概要を図 5-3 示す。実験装置はアクリル板で構成された床面積  $1\text{m}^2$ 、体積  $1\text{m}^3$  の空間である。実験空間には、給気口となるように図 5-2、図 5-3 に示す 2 箇所、排気口となるように 4 箇所設けた。給排気の状態記号は、給排気なしが 3 とし、給排気設置ありは、前の 1~2 の番号が給気口の位置、後ろの A~D のアルファベットが排気口の位置を示しており、その組み合わせで条件の記号を示す。半導体ガスセンサは、平面に 9 点、高さ 3 段階の計 27 点に設置した。実験では、給気口 1 箇所、排気口 1 箇所の位置を変えて空間内のおい物質の分布を測定した。第 4 章で使用した実験室の給排気口の大きさを参考に給気口の開口部の面積値は  $0.0008\text{m}^2$ 、排気口の開口部の面積値は  $0.0021\text{m}^2$  とした。使用しない給排気口は、アルミホイルで塞いだ。表 5-3 に給気口、排気口の位置パターンを示している。排気口側に  $0.8\text{L}/\text{min}$  に設定したポンプ(AMC-1、島津製作所)を接続した。排気流量は、積算流量計(DRY TESTGASMETER DC-1C、シナガワ)で計測した。給排気条件の積算流量計にて計量した排気流量と給排気口の風速、換気回数を表 5-4 に示す。また、使用した  $1\text{m}^3$  チャンバー内の各給排気位置条件の時の空間内の空気の流れ<sup>5)6)</sup>を図 5-

4 から図 5- 11 に示す。

ガスセンサ設置点 No.20 の位置でサーモレコーダー(RT-12, エスペミック)を用いて測定した実験時の温湿度を表 5- 5 に示す。

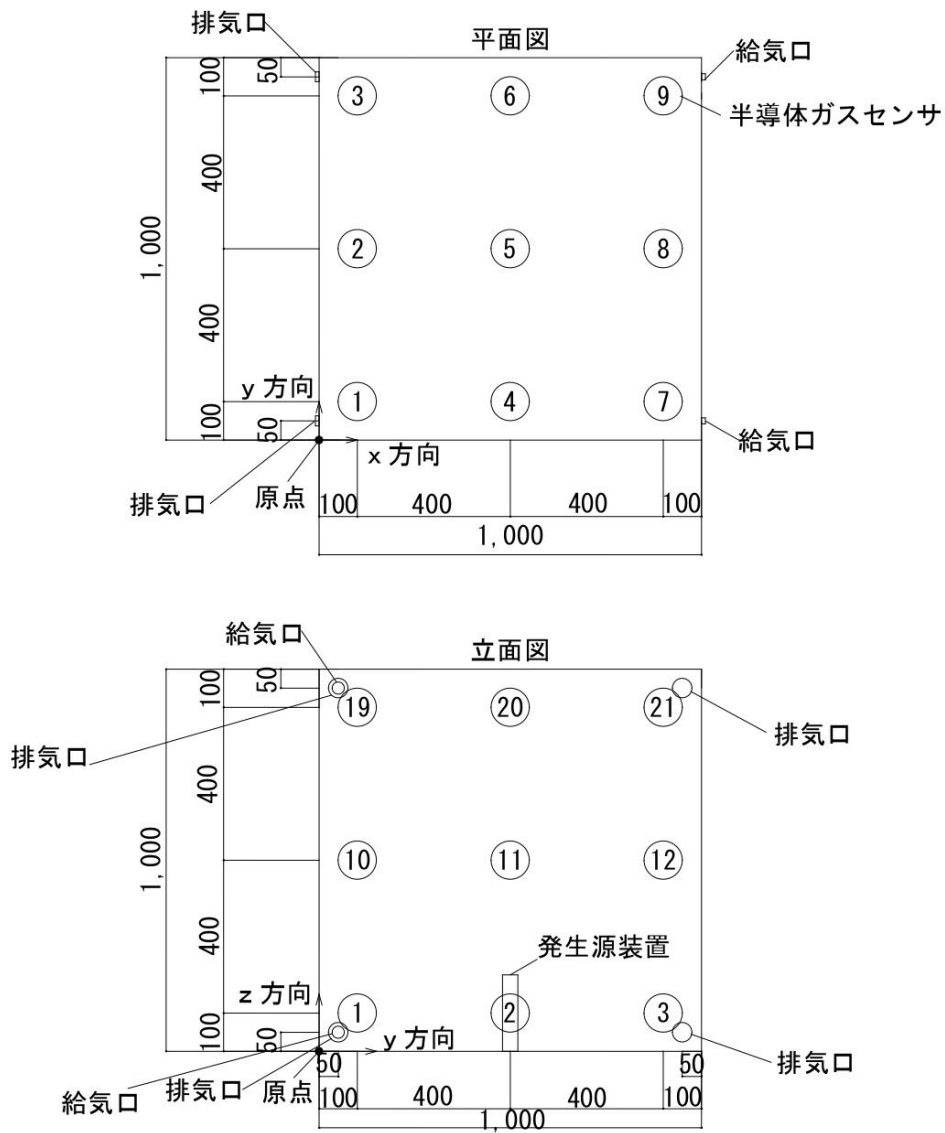


図 5- 2 空間の平面図と立面図

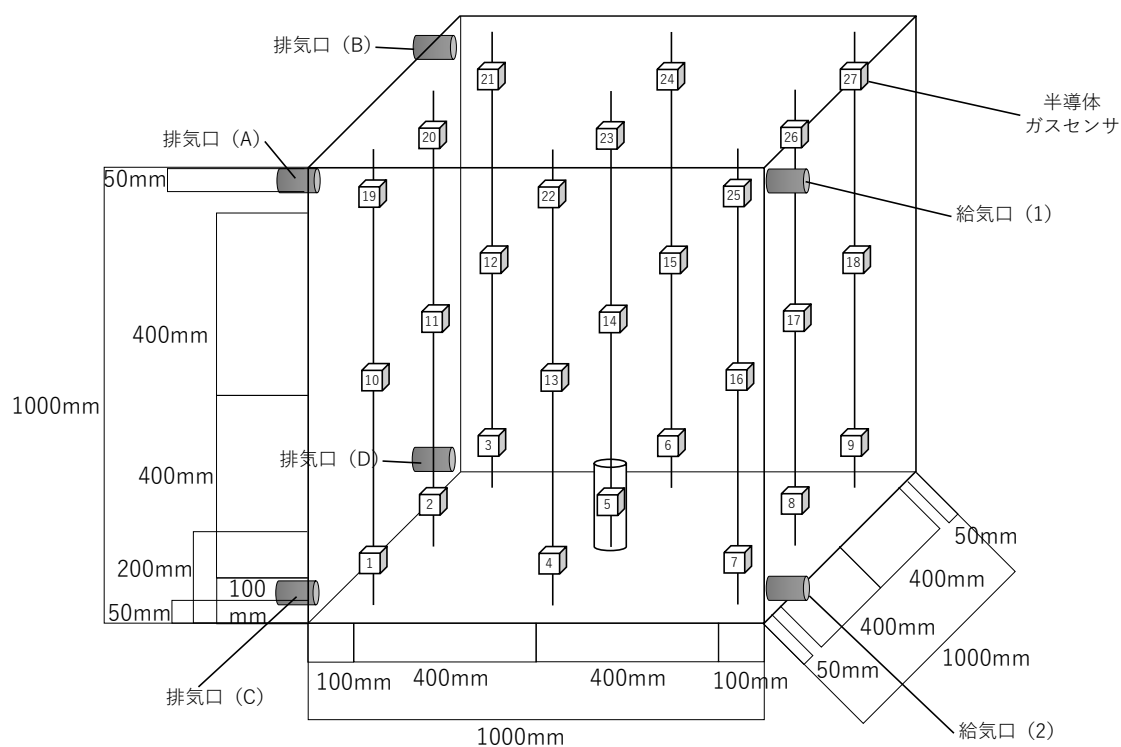


図 5-3 空間の概要

表 5-3 給気口と排気口の位置パターン

給排気条件	給気口の位置(mm)	排気口の位置(mm)
1-A	$(x,y,z)=(1000,50,950)$	$(x,y,z)=(0,50,950)$
1-B	$(x,y,z)=(1000,50,950)$	$(x,y,z)=(0,950,950)$
1-C	$(x,y,z)=(1000,50,950)$	$(x,y,z)=(0,50,50)$
1-D	$(x,y,z)=(1000,50,950)$	$(x,y,z)=(0,950,50)$
2-A	$(x,y,z)=(1000,50,50)$	$(x,y,z)=(0,50,950)$
2-B	$(x,y,z)=(1000,50,50)$	$(x,y,z)=(0,950,950)$
2-C	$(x,y,z)=(1000,50,50)$	$(x,y,z)=(0,50,50)$
2-D	$(x,y,z)=(1000,50,50)$	$(x,y,z)=(0,950,50)$
3	なし	なし

表 5-4 排気流量と給排気口の風速

条件		排気流量 (L/min)	排気口の風速 (m/s)	給気口の風速 (m/s)	換気回数 (回/h)
D-Limonene	1-A	7.21	0.06	0.15	0.4
	1-B	7.22	0.06	0.15	0.4
	1-C	7.24	0.06	0.15	0.4
	1-D	7.21	0.06	0.15	0.4
	2-A	7.26	0.06	0.15	0.4
	2-B	7.26	0.06	0.15	0.4
	2-C	7.24	0.06	0.15	0.4
	2-D	7.30	0.06	0.15	0.4
	3	0	0	0	0
Ammonia	1-A	7.18	0.06	0.15	0.4
	1-B	7.17	0.06	0.15	0.4
	1-C	7.13	0.06	0.15	0.4
	1-D	7.15	0.06	0.15	0.4
	2-A	7.05	0.06	0.15	0.4
	2-B	7.04	0.06	0.15	0.4
	2-C	7.17	0.06	0.15	0.4
	2-D	7.12	0.06	0.15	0.4
	3	0	0	0	0



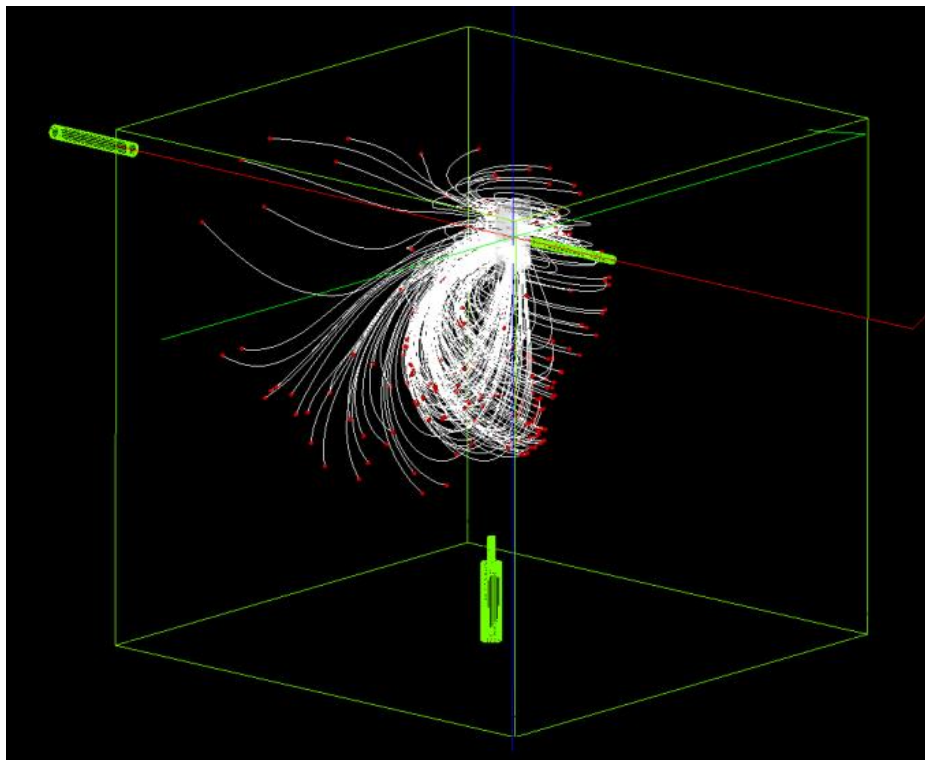
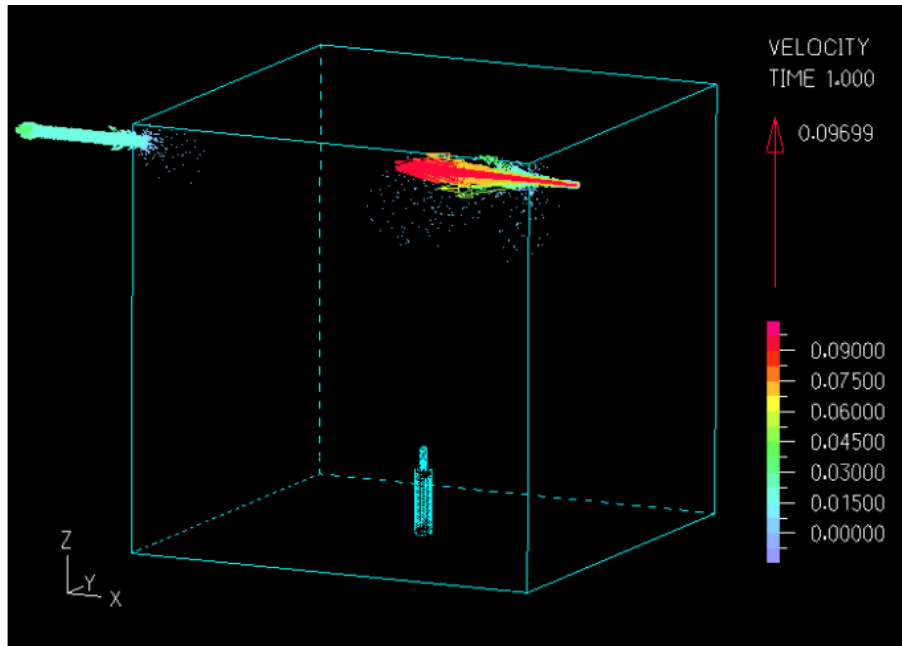


図 5-4 1-A の速度ベクトルと速度流線

※データは、文献<sup>5)6)7)</sup>の引用である。

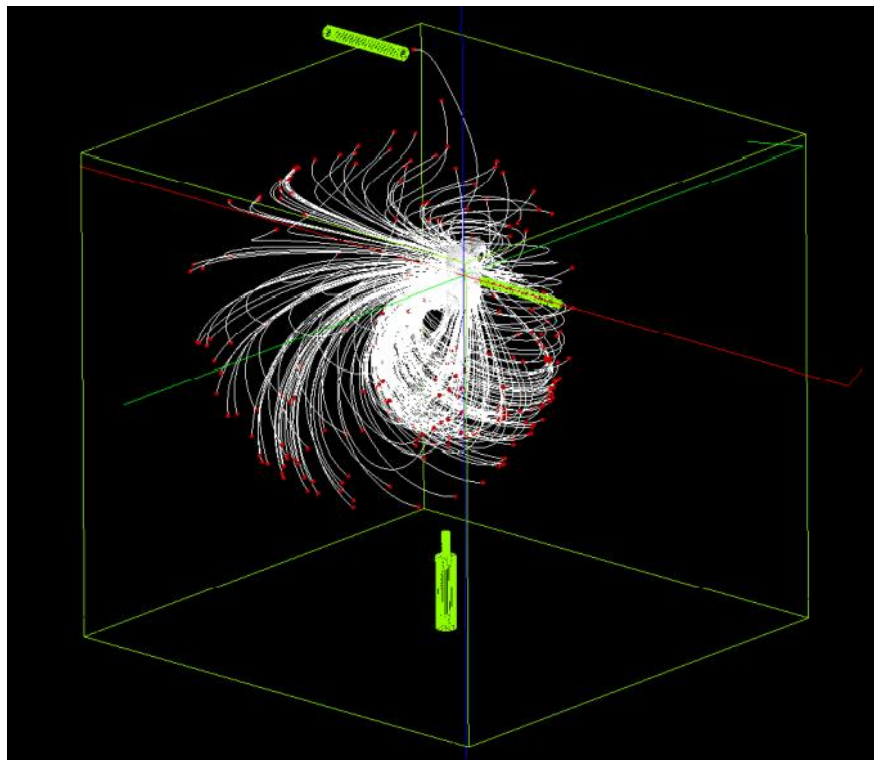
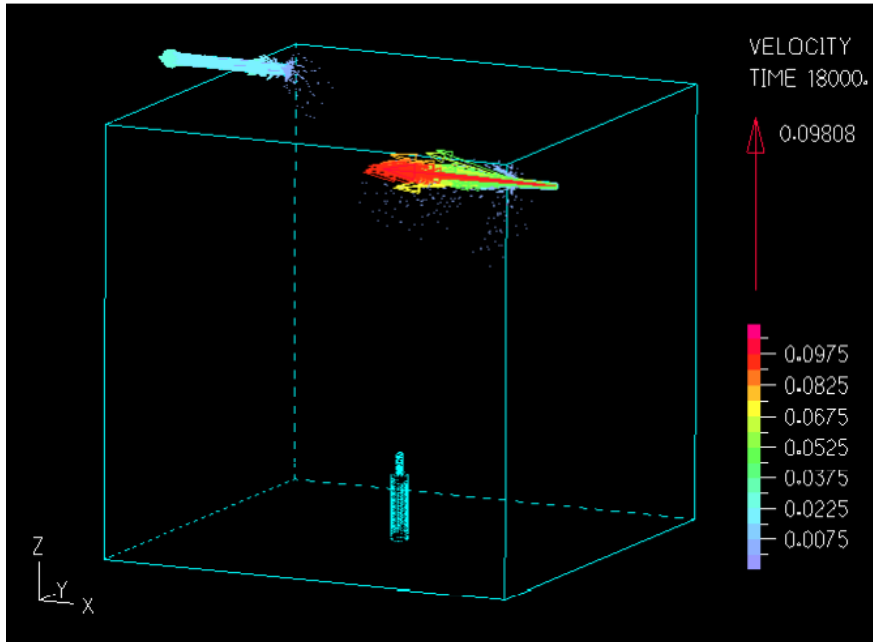


図 5-5 1-B の速度ベクトルと速度流線

※データは、文献<sup>5)6)7)</sup>の引用である。

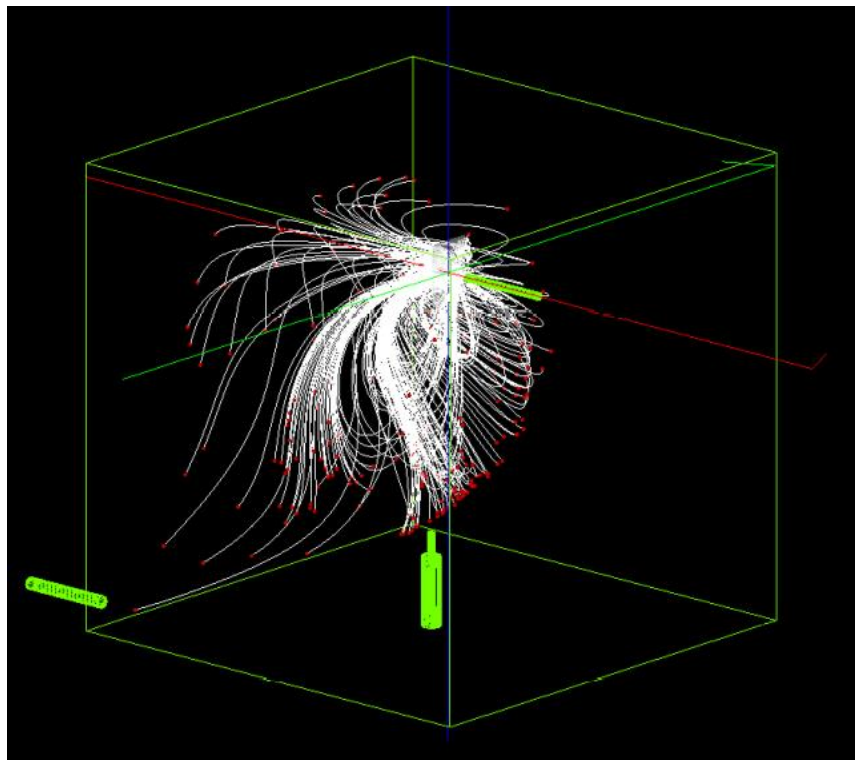
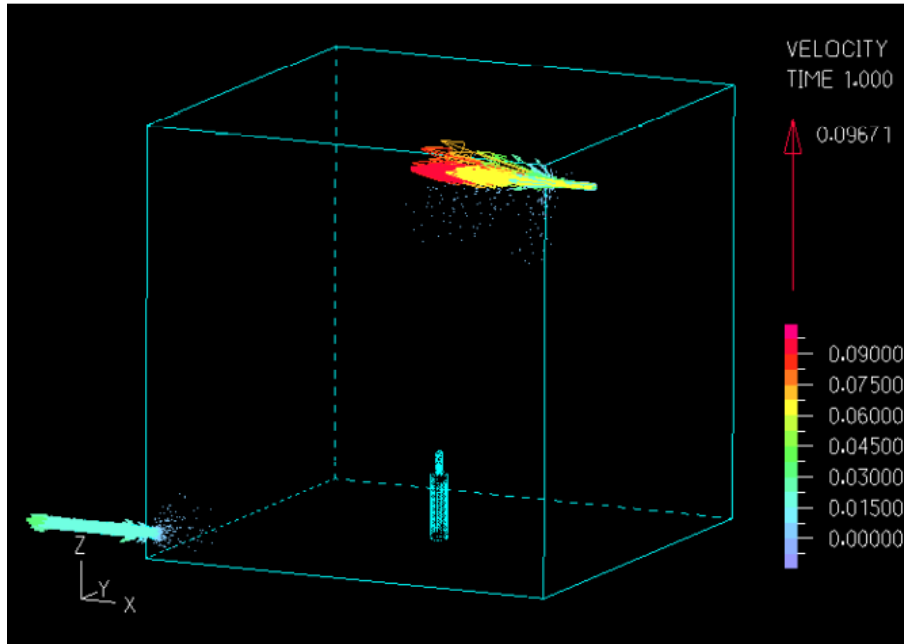


図 5-6 1-C の速度ベクトルと速度流線

※データは、文献<sup>5)6)7)</sup>の引用である。

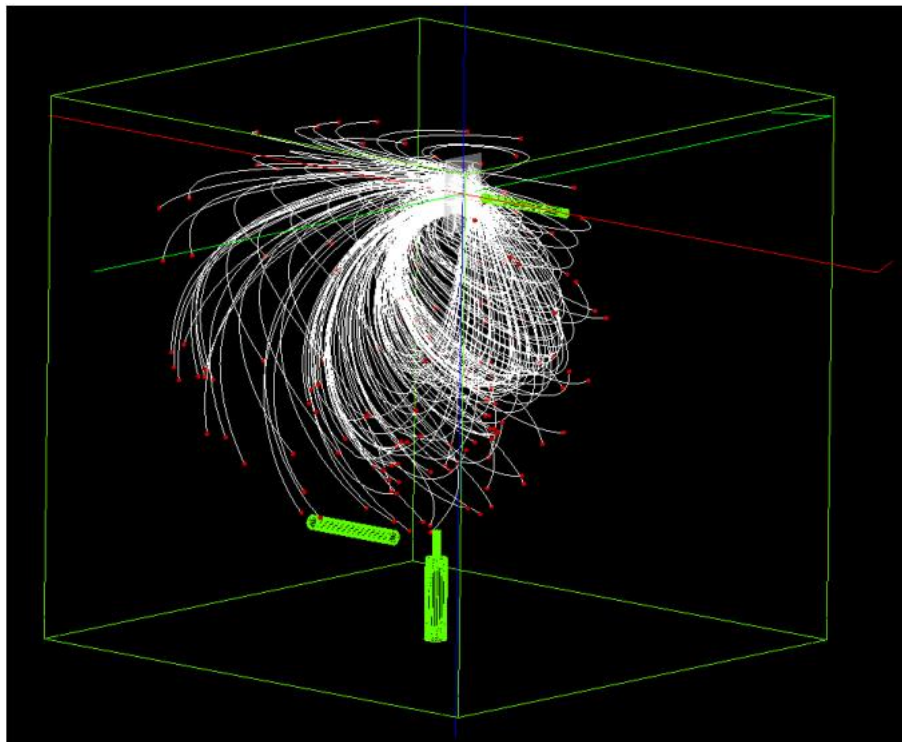
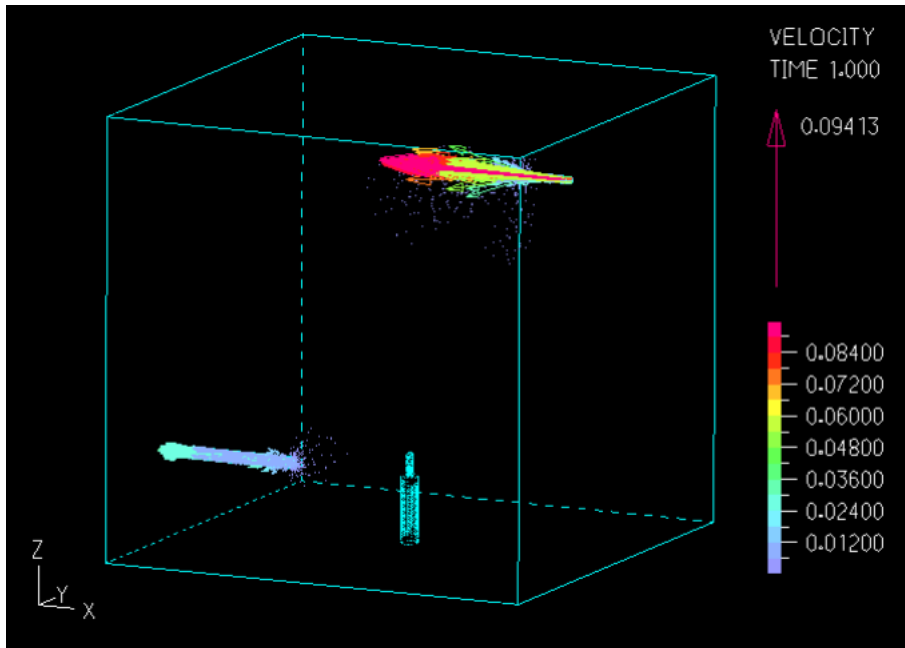


図 5-7 1-D の速度ベクトルと速度流線  
 ※データは、文献<sup>5)6)7)</sup>の引用である。

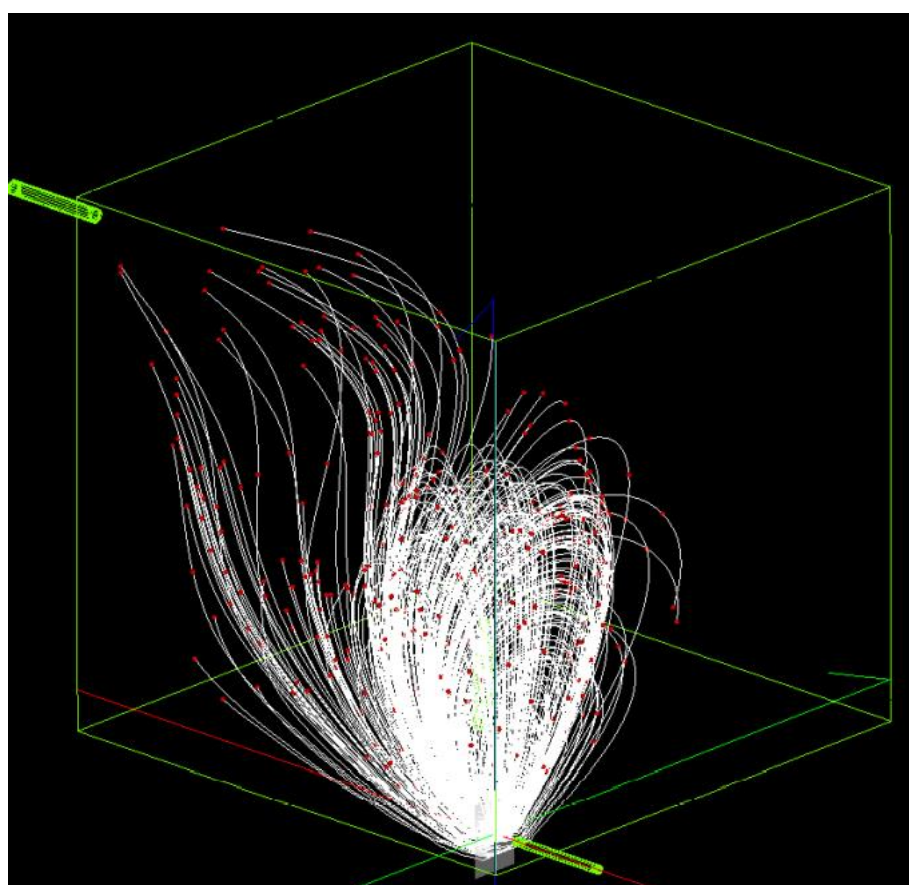
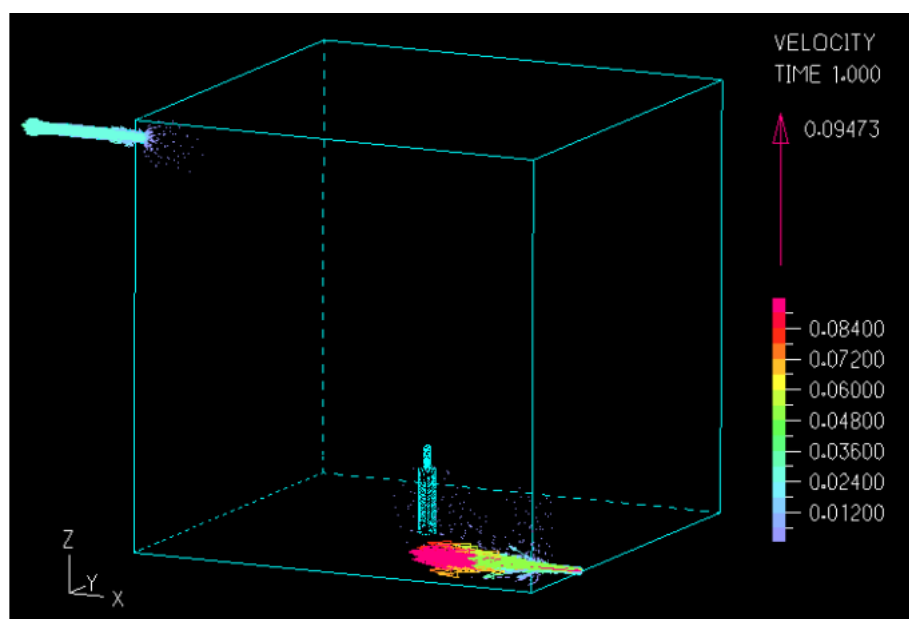


図 5-8 2-A の速度ベクトルと速度流線

※データは、文献<sup>5)6)7)</sup>の引用である。

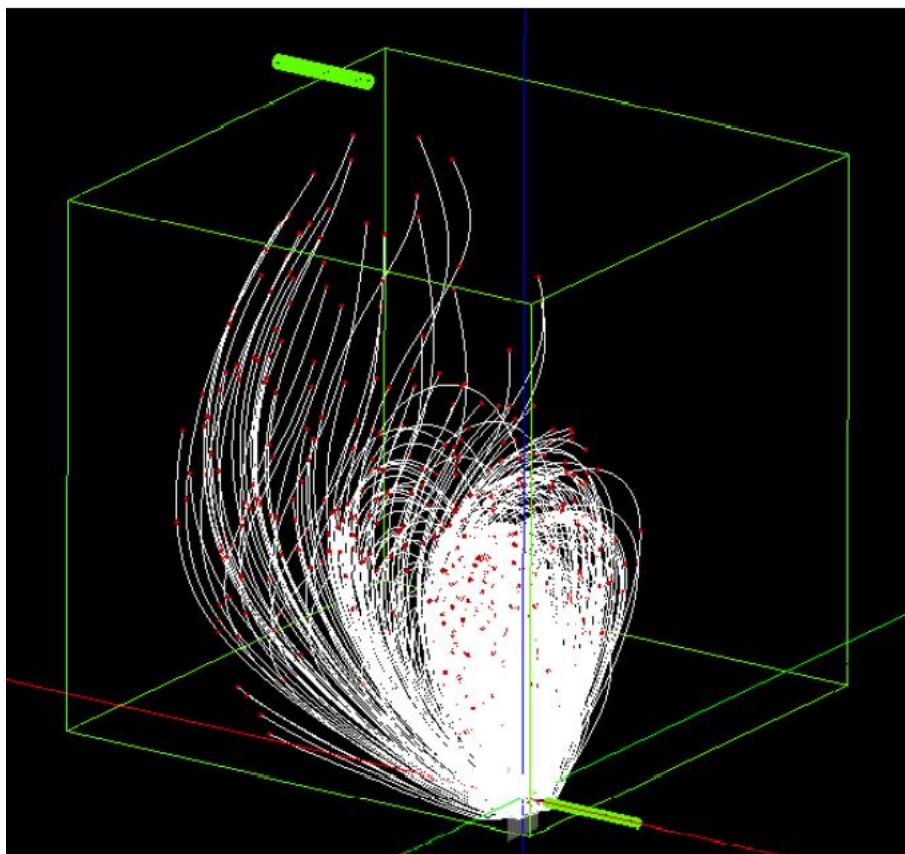
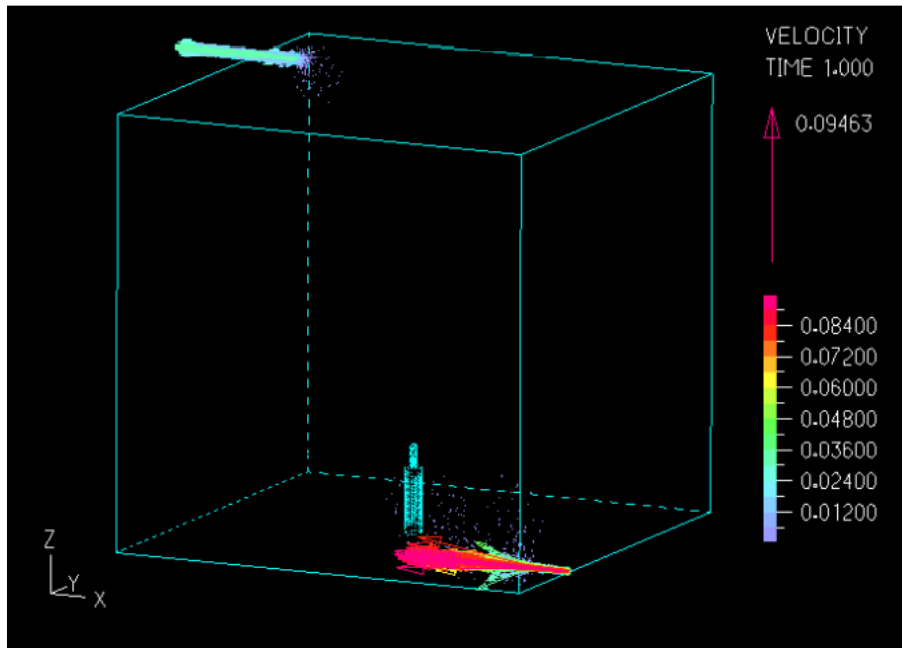


図 5-9 2-B の速度ベクトルと速度流線

※データは、文献<sup>5)6)7)</sup>の引用である。

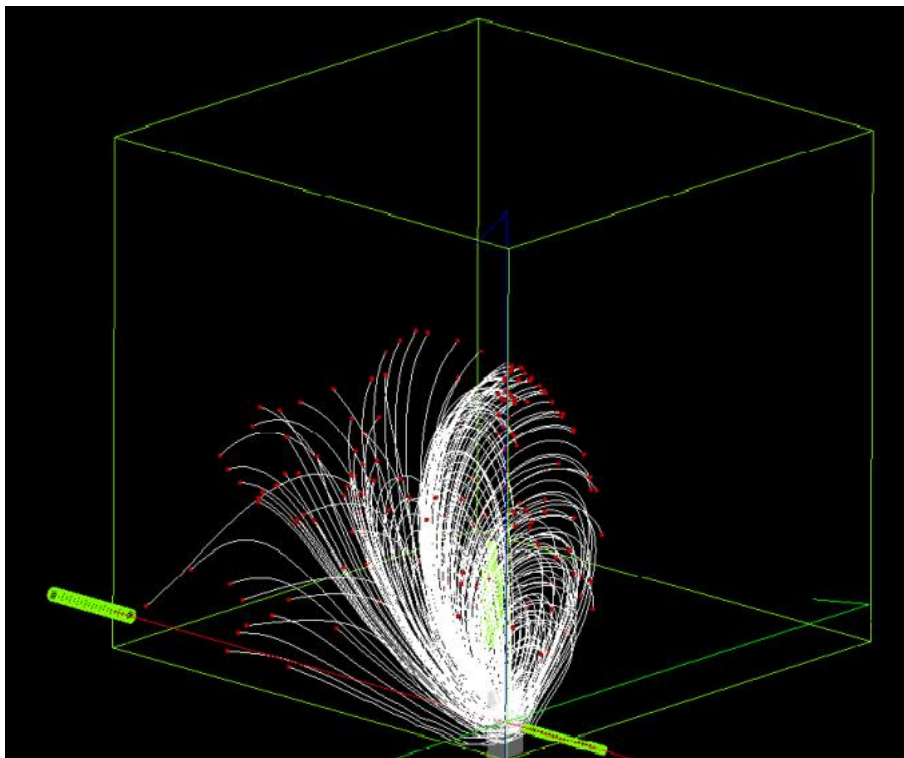
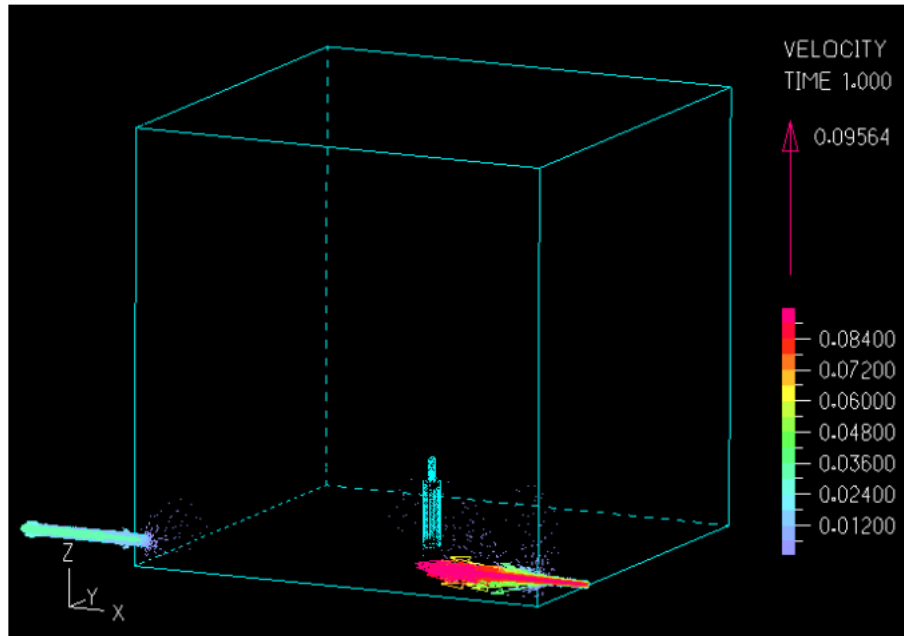


図 5-10 2-C の速度ベクトルと速度流線

※データは、文献<sup>5)6)7)</sup>の引用である。



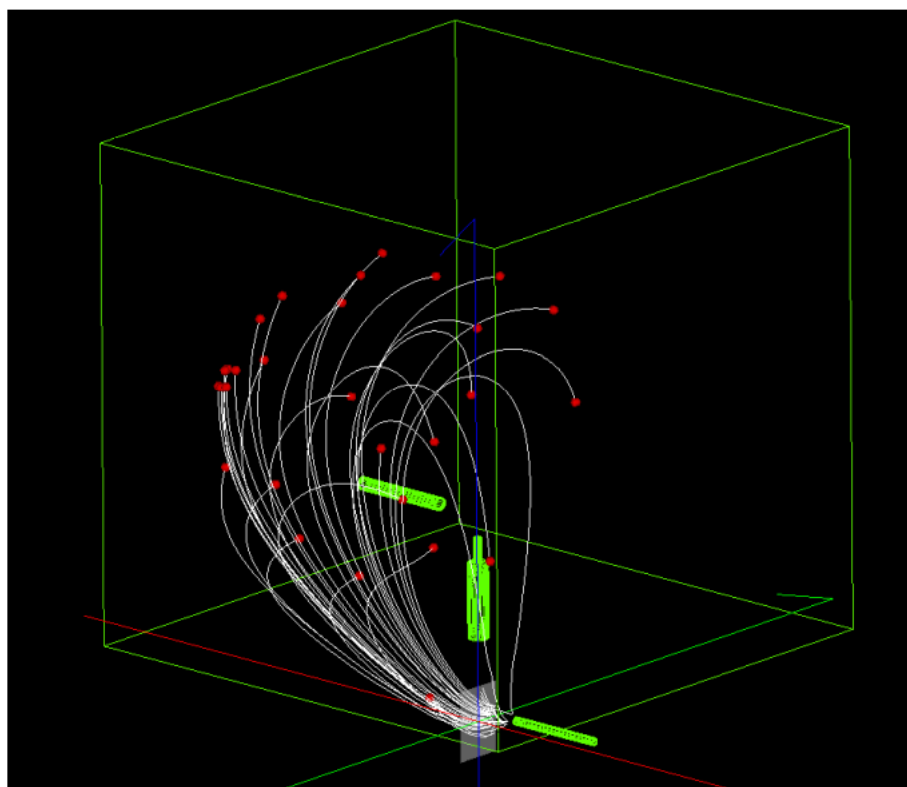
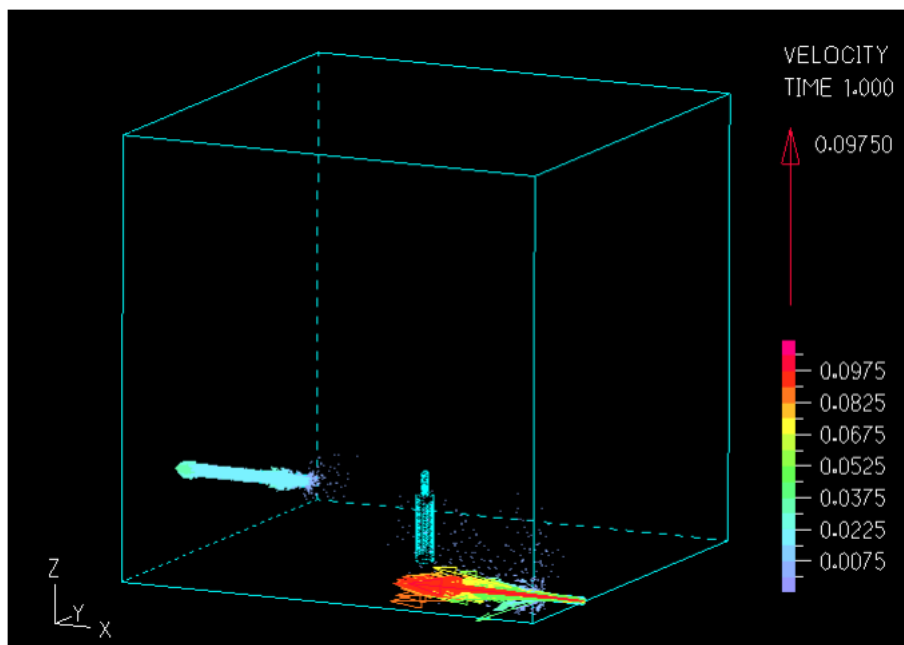


図 5-11 2-D の速度ベクトルと速度流線  
 ※データは、文献<sup>5)6)7)</sup>の引用である。



表 5- 5 空間の温湿度

	D-Limonene		Ammonia	
	温度(°C)	湿度(%)	温度(°C)	湿度(%)
1-A	28.5	45.4	17.1	11.7
1-B	27.1	59.6	12.7	22.5
1-C	27.9	46.0	13.5	31.5
1-D	27.1	43.5	16.9	11.8
2-A	28.6	30.6	17.6	9.4
2-B	28.8	41.8	17.5	20.7
2-C	28.2	41.0	17.3	30.6
2-D	28.7	62.2	17.6	9.4
3	21.7	35.2	14.5	23.7

### 5-2-3.半導体ガスセンサによる測定方法

本章の実験で使用した半導体ガスセンサ(TGS2602、フィガロ技研製)の高感度物質は、VOC、アンモニア、硫化水素である。第3章を参考に、半導体ガスセンサの抵抗値比と D-Limonene または Ammonia の物質濃度との対応関係を把握した。その結果を表 5- 6 に示す。また、表 5- 7 に No.27 の半導体ガスセンサを代表センサとし、27 台の半導体ガスセンサの器差を補正するための式を示す。表 5-6、表 5-7 に示す関係式、補正式を用いて半導体ガスセンサで測定した抵抗値比から物質濃度に変換できるようにした。

表 5-6 抵抗値比と各物質の物質濃度の関係式と相関係数

半導体ガス センサ番号	Limonene		Ammonia	
	関係式	相関係数	関係式	相関係数
No.1	$y_1 = 0.021 x - 0.022$	$r = 0.996$	$y_2 = 9.59 x - 9.62$	$r = 0.992$
No.2	$y_1 = 0.014 x - 0.012$	$r = 0.994$	$y_2 = 8.48 x - 8.95$	$r = 0.987$
No.3	$y_1 = 0.02 x - 0.019$	$r = 0.993$	$y_2 = 8.46 x - 8.80$	$r = 0.989$
No.4	$y_1 = 0.016 x - 0.016$	$r = 0.997$	$y_2 = 9.74 x - 10.13$	$r = 0.985$
No.5	$y_1 = 0.019 x - 0.019$	$r = 0.997$	$y_2 = 9.78 x - 10.05$	$r = 0.989$
No.6	$y_1 = 0.016 x - 0.013$	$r = 0.994$	$y_2 = 8.72 x - 9.26$	$r = 0.983$
No.7	$y_1 = 0.013 x - 0.01$	$r = 0.994$	$y_2 = 10.08 x - 9.50$	$r = 0.996$
No.8	$y_1 = 0.014 x - 0.012$	$r = 0.995$	$y_2 = 8.91 x - 10.49$	$r = 0.955$
No.9	$y_1 = 0.022 x - 0.021$	$r = 0.996$	$y_2 = 7.79 x - 9.35$	$r = 0.960$
No.10	$y_1 = 0.019 x - 0.019$	$r = 0.998$	$y_2 = 8.67 x - 10.38$	$r = 0.959$
No.11	$y_1 = 0.016 x - 0.016$	$r = 0.997$	$y_2 = 8.25 x - 9.85$	$r = 0.958$
No.12	$y_1 = 0.017 x - 0.016$	$r = 0.997$	$y_2 = 8.81 x - 10.47$	$r = 0.968$
No.13	$y_1 = 0.021 x - 0.023$	$r = 0.998$	$y_2 = 9.20 x - 11.06$	$r = 0.960$
No.14	$y_1 = 0.018 x - 0.018$	$r = 0.998$	$y_2 = 12.08 x - 13.01$	$r = 0.983$
No.15	$y_1 = 0.018 x - 0.017$	$r = 0.998$	$y_2 = 8.75 x - 12.09$	$r = 0.948$
No.16	$y_1 = 0.016 x - 0.015$	$r = 0.997$	$y_2 = 9.40 x - 12.83$	$r = 0.943$
No.17	$y_1 = 0.016 x - 0.016$	$r = 0.998$	$y_2 = 8.64 x - 12.10$	$r = 0.936$
No.18	$y_1 = 0.015 x - 0.014$	$r = 0.997$	$y_2 = 7.73 x - 11.70$	$r = 0.934$
No.19	$y_1 = 0.013 x - 0.014$	$r = 0.999$	$y_2 = 9.89 x - 12.78$	$r = 0.954$
No.20	$y_1 = 0.016 x - 0.018$	$r = 0.999$	$y_2 = 8.65 x - 12.33$	$r = 0.938$
No.21	$y_1 = 0.013 x - 0.014$	$r = 0.999$	$y_2 = 10.04 x - 12.26$	$r = 0.970$
No.22	$y_1 = 0.015 x - 0.016$	$r = 0.999$	$y_2 = 11.87 x - 12.55$	$r = 0.954$
No.23	$y_1 = 0.013 x - 0.013$	$r = 0.999$	$y_2 = 14.21 x - 12.62$	$r = 0.946$
No.24	$y_1 = 0.018 x - 0.02$	$r = 1$	$y_2 = 11.19 x - 11.81$	$r = 0.952$
No.25	$y_1 = 0.016 x - 0.018$	$r = 0.999$	$y_2 = 11.05 x - 11.72$	$r = 0.957$
No.26	$y_1 = 0.015 x - 0.016$	$r = 0.999$	$y_2 = 11.30 x - 12.13$	$r = 0.951$
No.27	$y_1 = 0.012 x - 0.011$	$r = 0.998$	$y_2 = 10.32 x - 11.31$	$r = 0.946$

x: 抵抗値比

$y_1$ :D-Limoneneの物質濃度相当値(ppm)

$y_2$ :Ammoniaの物質濃度相当値(ppm)

表 5-7 No.27 の半導体ガスセンサの抵抗値比への補正式と相関係数

半導体ガス センサ番号	Limonene		Ammonia	
	補正式	相関係数	補正式	相関係数
No.1	$y = 1.690 x - 0.986$	$r = 0.999$	$y = 0.867 x + 0.289$	$r = 0.979$
No.2	$y = 1.124 x - 0.226$	$r = 1.000$	$y = 0.776 x + 0.330$	$r = 0.985$
No.3	$y = 1.597 x - 0.774$	$r = 1.000$	$y = 0.770 x + 0.352$	$r = 0.982$
No.4	$y = 1.261 x - 0.521$	$r = 0.998$	$y = 0.894 x + 0.216$	$r = 0.987$
No.5	$y = 1.523 x - 0.761$	$r = 0.999$	$y = 0.891 x + 0.236$	$r = 0.983$
No.6	$y = 1.263 x - 0.337$	$r = 1.000$	$y = 0.804 x + 0.287$	$r = 0.989$
No.7	$y = 1.028 x - 0.113$	$r = 1.000$	$y = 0.901 x + 0.320$	$r = 0.971$
No.8	$y = 1.090 x - 0.226$	$r = 0.999$	$y = 0.854 x + 0.100$	$r = 0.999$
No.9	$y = 1.720 x - 0.983$	$r = 0.999$	$y = 0.742 x + 0.220$	$r = 0.998$
No.10	$y = 1.370 x - 0.605$	$r = 0.999$	$y = 0.828 x + 0.120$	$r = 0.998$
No.11	$y = 1.201 x - 0.373$	$r = 0.999$	$y = 0.788 x + 0.169$	$r = 0.999$
No.12	$y = 1.257 x - 0.427$	$r = 0.999$	$y = 0.830 x + 0.134$	$r = 0.996$
No.13	$y = 1.564 x - 0.876$	$r = 0.999$	$y = 0.876 x + 0.057$	$r = 0.998$
No.14	$y = 1.293 x - 0.553$	$r = 0.999$	$y = 1.114 x - 0.059$	$r = 0.989$
No.15	$y = 1.299 x - 0.495$	$r = 0.999$	$y = 0.810 x + 0.017$	$r = 0.958$
No.16	$y = 1.153 x - 0.307$	$r = 0.999$	$y = 0.875 x - 0.063$	$r = 0.958$
No.17	$y = 1.172 x - 0.381$	$r = 0.999$	$y = 0.809 x - 0.006$	$r = 0.956$
No.18	$y = 1.132 x - 0.276$	$r = 0.999$	$y = 0.723 x + 0.032$	$r = 0.955$
No.19	$y = 1.145 x - 0.274$	$r = 1.000$	$y = 0.916 x - 0.044$	$r = 0.963$
No.20	$y = 1.402 x - 0.624$	$r = 0.999$	$y = 0.811 x - 0.030$	$r = 0.959$
No.21	$y = 1.147 x - 0.221$	$r = 1.000$	$y = 0.908 x + 0.049$	$r = 0.958$
No.22	$y = 1.253 x - 0.418$	$r = 0.999$	$y = 1.140 x - 0.101$	$r = 1.000$
No.23	$y = 1.125 x - 0.187$	$r = 1.000$	$y = 1.361 x - 0.103$	$r = 0.988$
No.24	$y = 1.575 x - 0.795$	$r = 0.999$	$y = 1.077 x - 0.034$	$r = 1.000$
No.25	$y = 1.368 x - 0.571$	$r = 0.999$	$y = 1.057 x - 0.015$	$r = 0.999$
No.26	$y = 1.278 x - 0.428$	$r = 1.000$	$y = 1.089 x - 0.069$	$r = 1.000$
No.27	$y = 1 x + 0$	$r = 1$	$y = 1 x + 0$	$r = 1$

x : 各半導体ガスセンサの抵抗値比 y : No.27の半導体ガスセンサの抵抗値比

半導体ガスセンサは実験開始前までに、1時間以上通電し、値が安定したことを確認してから測定に用いた。1秒間隔でデータを収集し、5時間後まで測定した。今回使用した半導体ガスセンサの出力値は電圧である。一般的に、ガスに対する応答の大きさは抵抗値比で示されるため、測定で得られた半導体ガスセンサ値を抵抗値比に変換した。半導体ガスセンサ値の抵抗値比への変換式は、 $R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL$ ...式 5- 1、 $x = \frac{R_0}{R_s}$ ...式 5- 2 に示すとおりである。 $R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL$ ...式 5- 1、 $x = \frac{R_0}{R_s}$ ...式 5- 2 は、使用した半導体ガスセンサの製品規格から引用した<sup>8)</sup>。本実験では、 $V_c = 5V$ 、負荷抵抗 =  $10k\Omega$  である。また、本実験に用いた D-Limonene を用いて測定した抵抗値比と物質濃度の関係式を  $y = 0.0116x - 0.0110$  ( $r = 0.998$ )...式 5- 3 に、Ammonia を用いて測定した抵抗値比と物質濃度の関係式を  $y = 10.324x - 11.315$  ( $r = 0.946$ )...式 5- 4 に示す。

$$R_s = \frac{V_c - V_{out}}{V_{out}} \times RL \dots \text{式 5- 1}$$

R : 半導体ガスセンサ抵抗値( $\Omega$ )

$V_c$  : 回路電圧(V)

$V_{out}$  : 半導体ガスセンサ値(V)

RL : 負荷抵抗( $\Omega$ )

$$x = \frac{R_0}{R_s} \dots \text{式 5- 2}$$

x : 抵抗値比

$R_0$  : ブランク(実験開始前)の半導体ガスセンサ抵抗値

$R_s$  : におい試料の半導体ガスセンサ抵抗値

$$y = 0.0116x - 0.0110 (r = 0.998) \dots \text{式 5- 3}$$

y : D-Limonene の物質濃度相当値(半導体ガスセンサ値から求められる値)

x : 抵抗値比(半導体ガスセンサ値から求められる値)

$$y = 10.324x - 11.315 (r=0.946) \cdots \text{式 5-4}$$

y : Ammonia の物質濃度相当値(半導体ガスセンサ値から求められる値)

x : 抵抗値比(半導体ガスセンサ値から求められる値)

### 5-3.実験結果および考察

#### 5-3-1.D-Limonene(芳香剤のにおい成分)

##### (1)D-Limonene の減少量

図 5-12 に D-Limonene の 5 時間後のにおい物質発生装置の減少量を示す。減少量が最も多かったのは、条件 2-A、最も少なかったのは、給排気なしの条件 3 であった。給排気ありの条件で減少量が最も少なかったのは、条件 2-D であり、減少量が最も多かった条件 2-A との差は 0.012g であった。

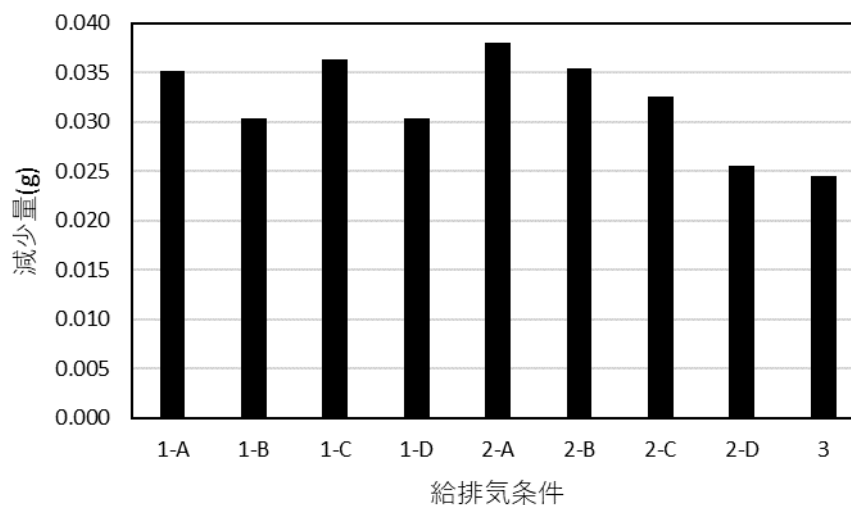


図 5-12 D-Limonene の減少量(5 時間)

##### (2)空間内の D-Limonene の物質濃度相当値の平均

図 5-13 に各給排気条件で測定した 27 台の半導体ガスセンサで測定した値から算出した物質濃度相当値のにおい物質発生源置開封直前(ブランク)、15 分後、30 分後、1 時間後、2 時間後、3 時間後、5 時間後の前後 1 分間の平均値を示す。

給排気ありの条件 1-A から条件 2-D の 8 条件と、給排気なしの条件 3 を比較する。条件 3 は経過時間に対して徐々に物質濃度相当値が上昇していく様子がみられた。一方、給排気ありの 8 条件ではにおい物質発生装置開封後 1 時間ごろまで急激に物質濃度相当値が上昇するが、その後上昇が緩やかになる様子がみられた。

給排気がある条件 1-A から 2-D の 8 条件では、におい物質発生源装置から発生するにおい物質と排気口から排気されるにおい物質が同じになることで物質濃度の上昇が緩やかになり、空間内にかおりが充満していると考えられる。各条件で物質濃度に差はあるが、におい物質発生装置開封 3 時間後から上昇が緩やかになっており約 3 時間で、空間のにおい物質濃度が定常状態に近づいていることがわかる。平均値が高く、空間に D-Limonene を残留しやすいのは、条件 1-A、条件 1-C、条件 2-A であり、平均値が低く、空間内の D-Limonene を排気しやすいのは、条件 2-D であった。

D-Limonene の減少量と空間内の物質濃度相当値の関係に着目する。減少量が大きかったのは、条件 1-A、条件 1-C、条件 2-A、条件 2-C が 0.035g 以上減少していた。減少量が大きいのほど空間内ににおい物質を多く発生させているため、条件 1-A、条件 1-C、条件 2-A、条件 2-B は空間内に多くのにおい物質が拡がったと考える。この 4 条件の空間の物質濃度相当値の平均値をしてみると、におい物質発生装置開封 5 時間では条件 1-A、条件 1-C、条件 2-A では 0.07ppm 程度であったが、条件 2-B のみ約 0.05ppm (閾希釈倍数 1.3) であった。このことより、条件 1-A、条件 1-C、条件 2-A は、空間への D-Limonene の発生量も多く、空間内に充満し、残留しやすい条件であるが、条件 2-B では発生量が多いが空間からは排気されやすい条件であることがわかった。また、減少量が最も少なかった条件 2-D は、空間の物質相当値の平均値も最も小さいことから、発生量が少ないため、空間内に物質が充満しなかったと考えられる。条件 2-D は給排気なしの条件 3 と減少量が同程度である。におい物質発生装置開封 5 時間後では 0.08ppm 差があり、給排気の有無により空間の物質濃度相当値の差である。

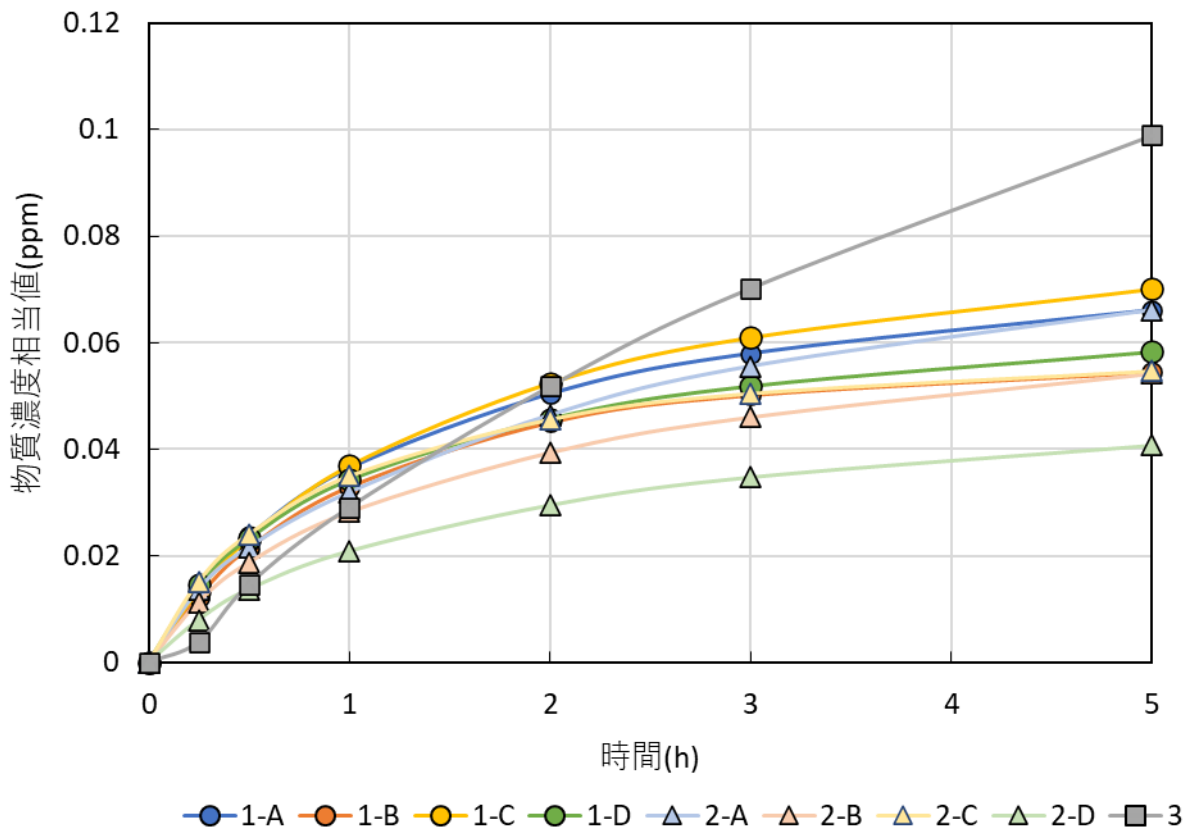


図 5-13 各条件の平均 D-Limonene 濃度相当値の経時変化

### (3)代表 9 点の D-Limonene 濃度相当値の変動

図 5-14 から図 5-22 に、におい物質発生装置から最も遠い半導体ガスセンサ設置点である各条件の天井面の角の No.19、No.21、No.25、No.27 と床面の角の No.1、No.3、No.7、No.8 とにおい物質発生装置から最も近い半導体ガスセンサ設置点である空間の中央の No.14 の代表 9 点の経時変化を示す。

排気設置なしの条件 3 では、におい物質発生源装置開封後、傾きが変化することはなく、物質濃度相当値は上昇し続けた。

給排気設置ありの条件の物質濃度相当値の上昇がなく、一定になった時間に着目すると、条件 1-B、2-C ではにおい物質発生装置開封後 2 時間 30 分経過後に上昇が緩やかになり、空間に物質が空間に拡がる速度が速い給排気的位置条件である。条件 1-C、2-A はにおい物質装置開封後 4 時間後に上昇が緩やかには

なったが、その後も上昇をし続けた。条件 1-C、2-A は空間内に物質を充満させる速度が遅い給排気の位置条件である。

空間内の空気の流れ<sup>5)6)7)</sup>と比較すると、空間内に物質が拡がる速度が速い条件 2-A、1-C は給排気位置の高さも異なり、空間の広い部分に空気の流れを示す流線が多くみられているが、空間内に物質が拡がる速度が遅い条件 1-B、2-C は給排気位置が同じ高さに設置されており、条件 1-B では天井面に、条件 2-C では床面に多く流線がみられている。また、5 時間後の物質濃度相当値を比較すると、室内に物質が充満する速度が速かった条件 1-B、2-C では最大値が約 0.07ppm(閾希釈倍数 1.8)となり、速度が遅かった条件 1-C、2-A では最大値は約 0.09ppm(閾希釈倍数 2.4)となり、速度が遅い給排気条件の方が高くなった。

以上より、空間内の空気の流れが広範囲になるものは空間内に物質が拡がる速度は遅いが、空間の角になる部分の物質濃度は高くなる。一方、空間内の空気の流れが狭い範囲のものは空間内に物質が拡がる速度は速いが、空間の角になる部分の物質濃度は低くなることがわかった。

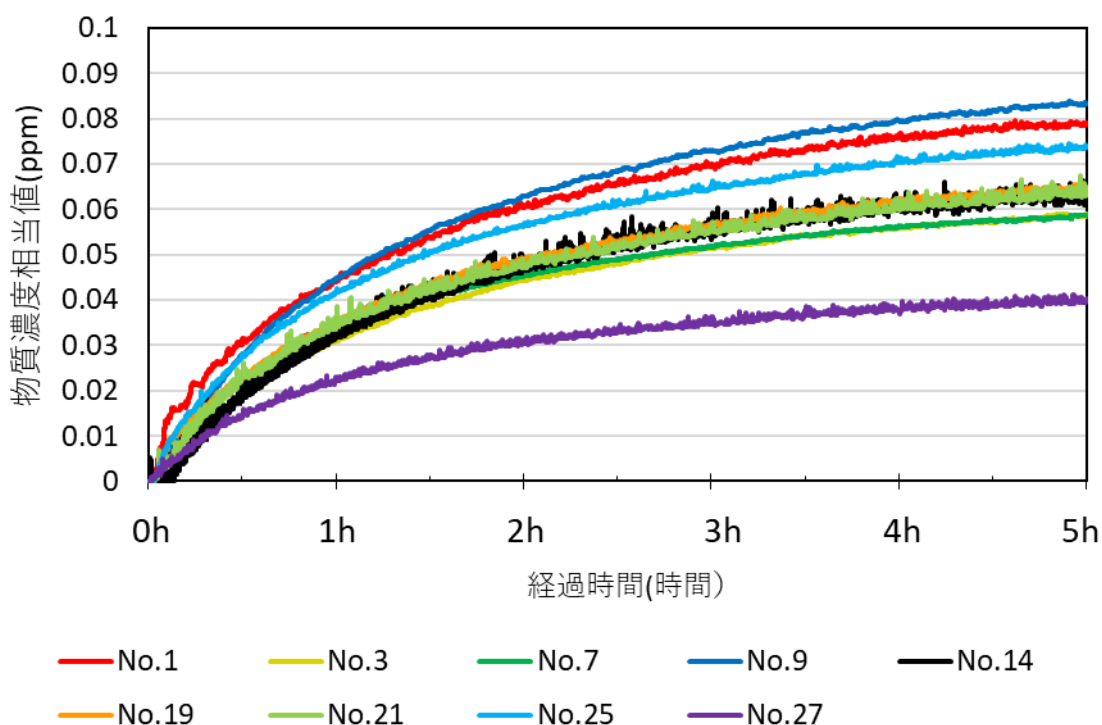


図 5-14 条件 1-A の経時変化(代表 9 点)



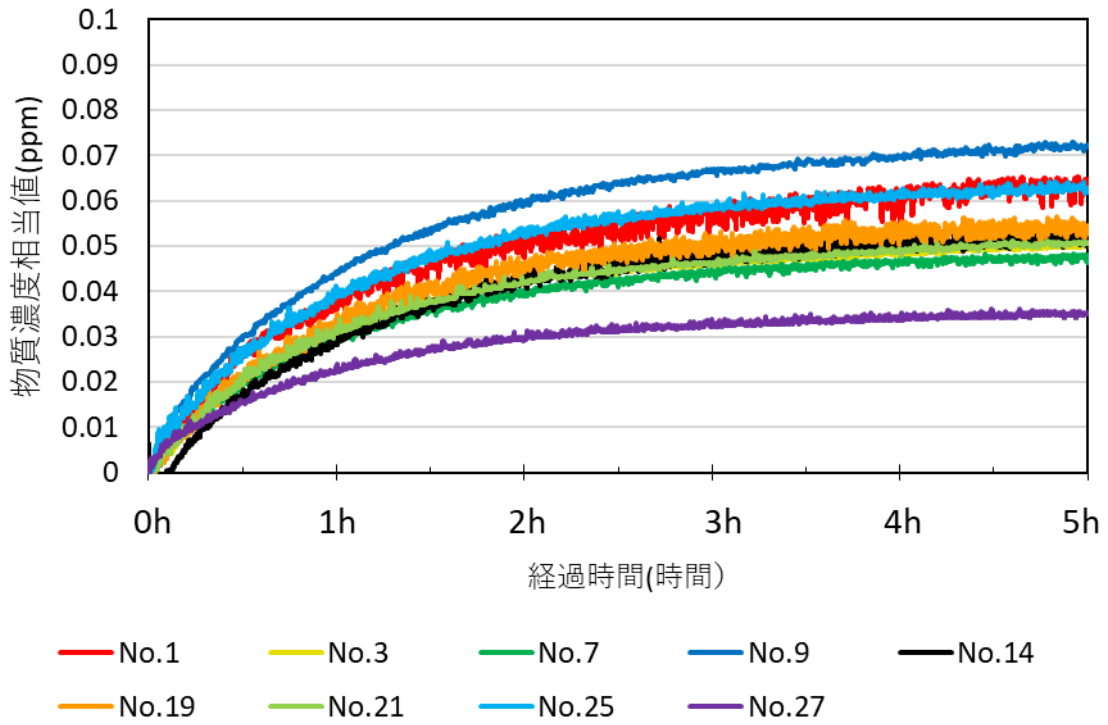


図 5-15 条件 1-B の経時変化(代表 9 点)

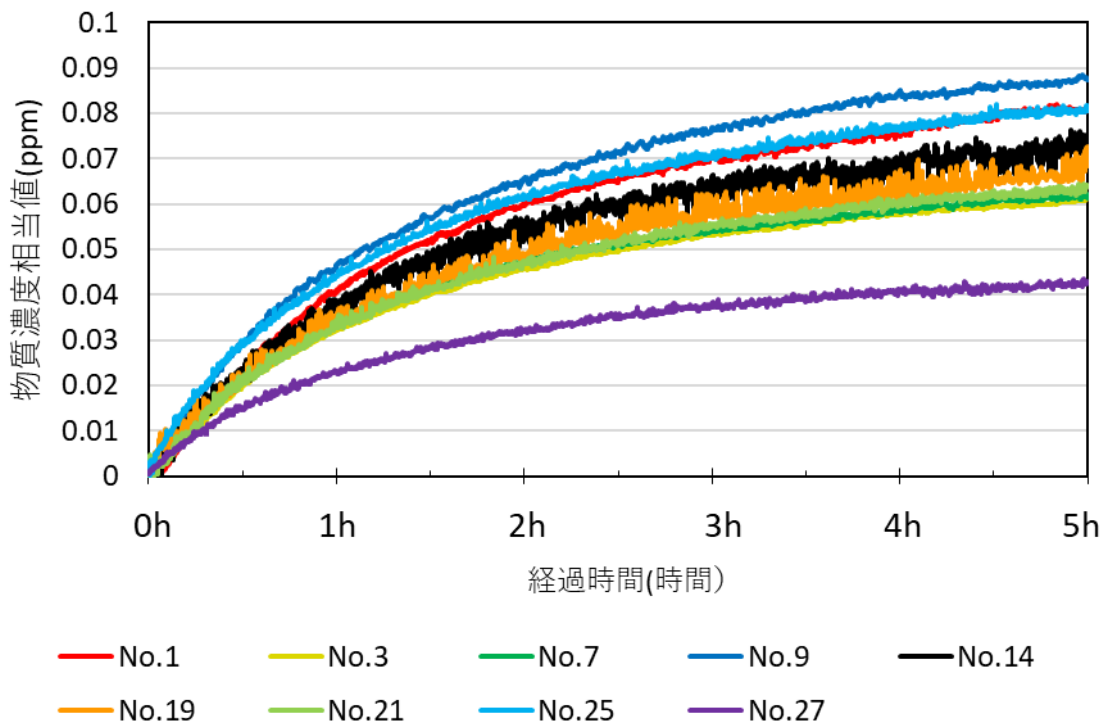


図 5-16 条件 1-C の経時変化(代表 9 点)

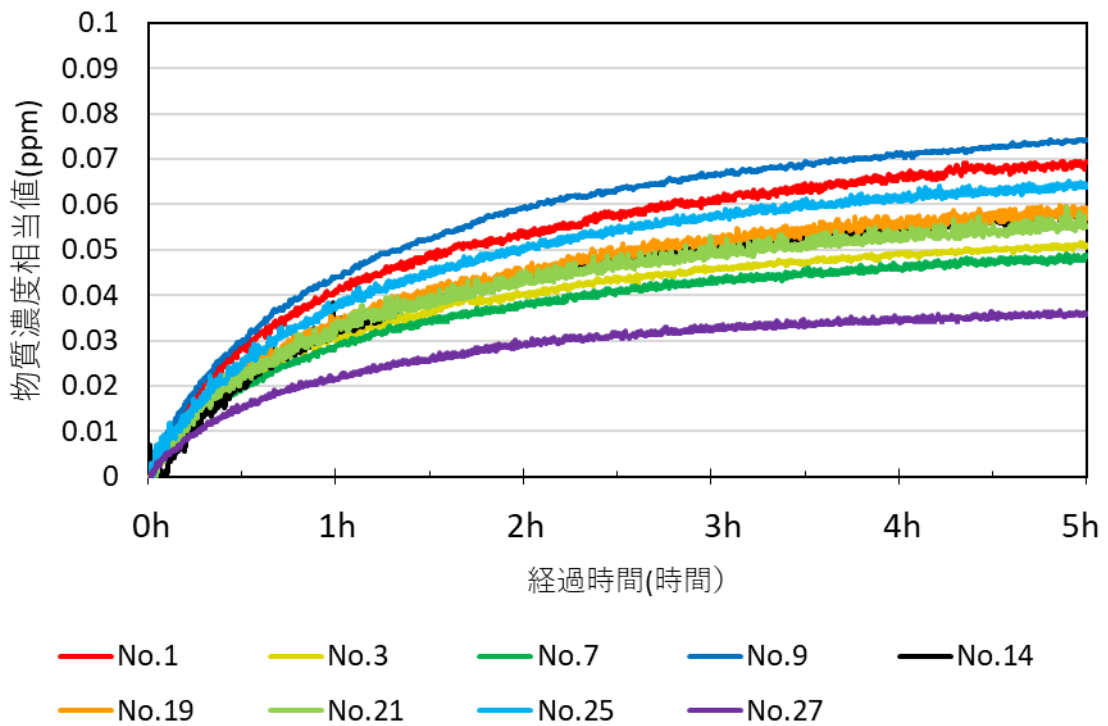


図 5-17 1-D の経時変化(代表 9 点)

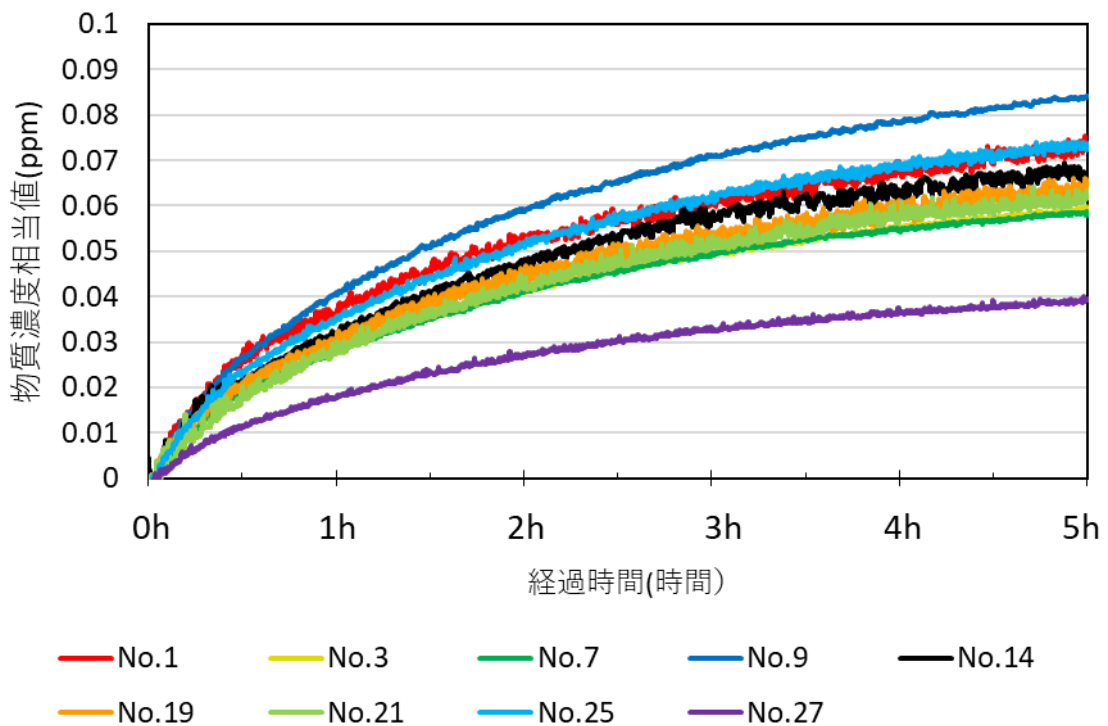


図 5-18 条件 2-A の経時変化(代表 9 点)

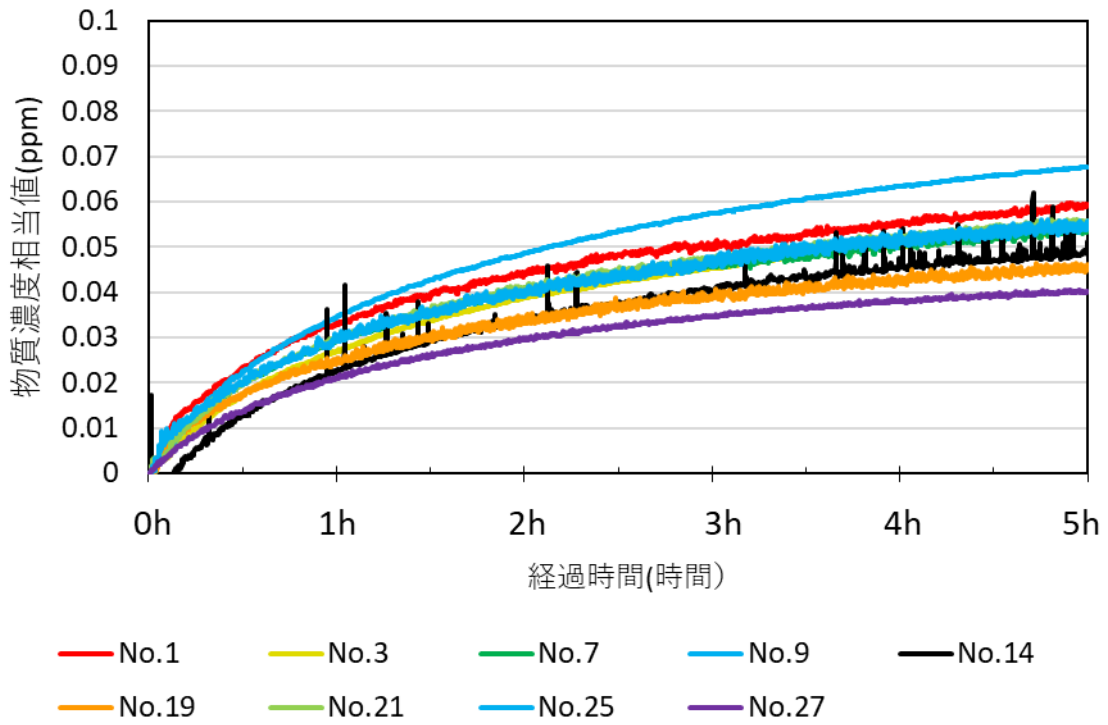


図 5-19 条件 2-B の経時変化(代表 9 点)

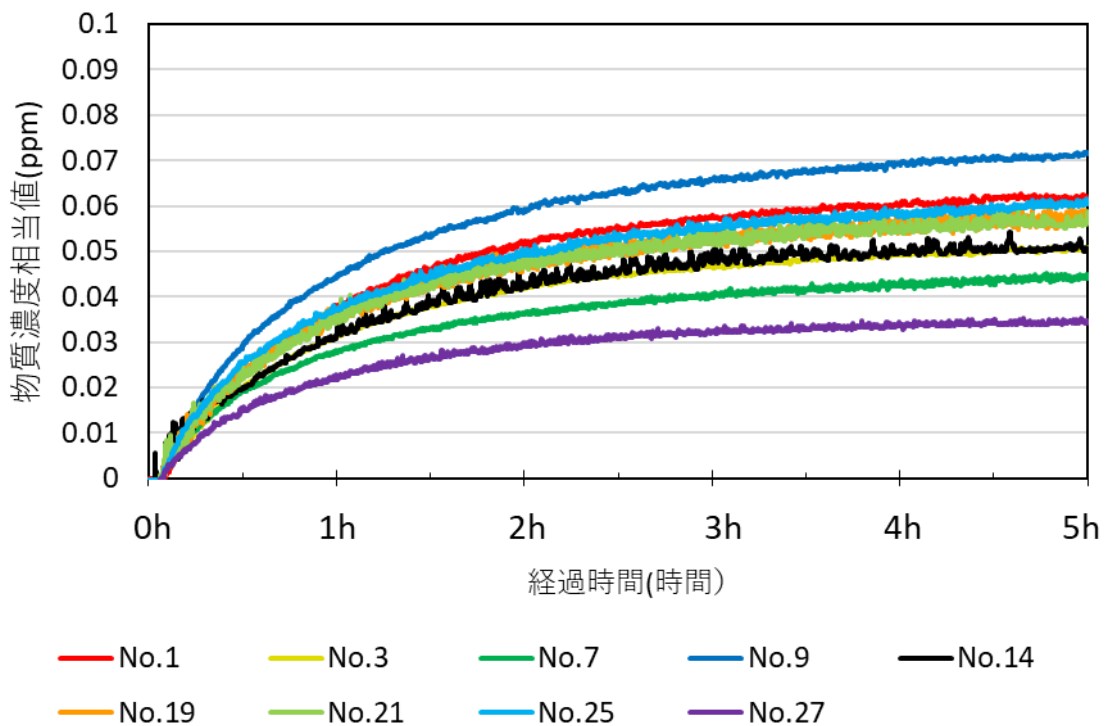


図 5-20 条件 2-C の経時変化(代表 9 点)

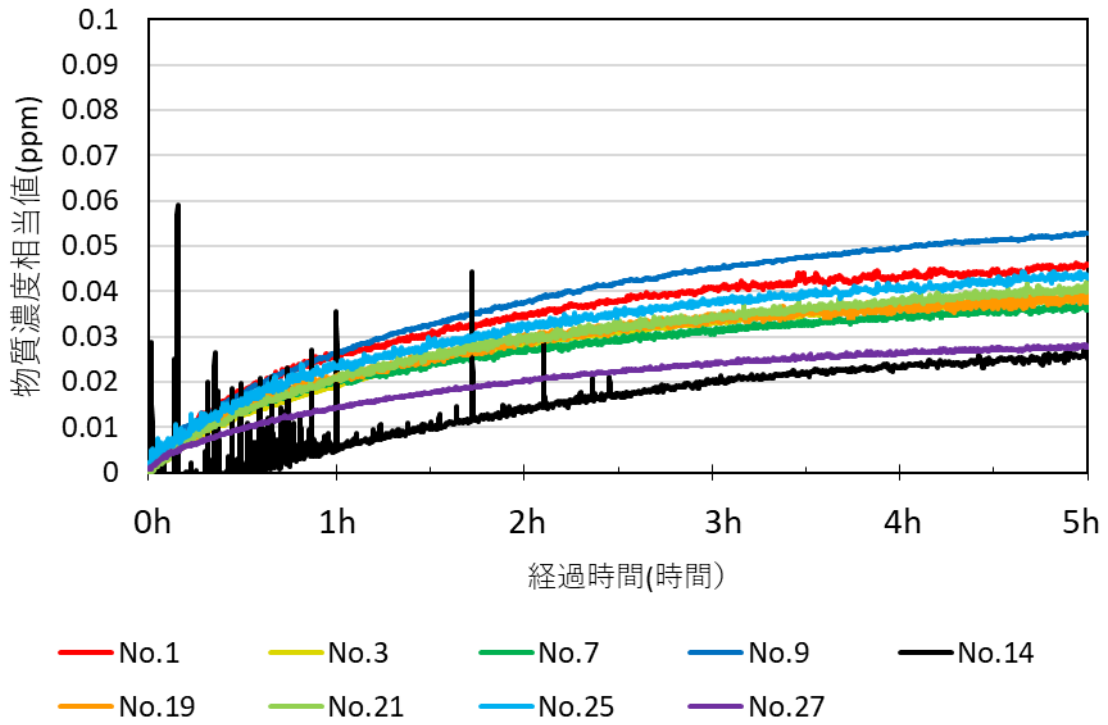


図 5-21 条件 2-D の経時変化(代表 9 点)

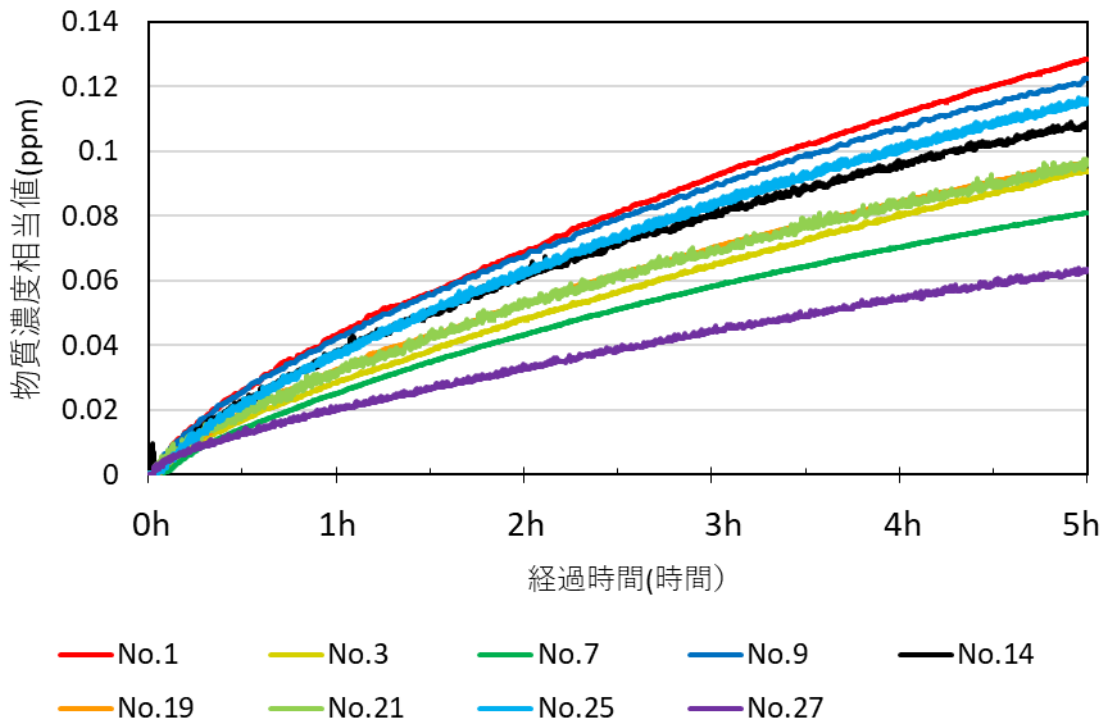


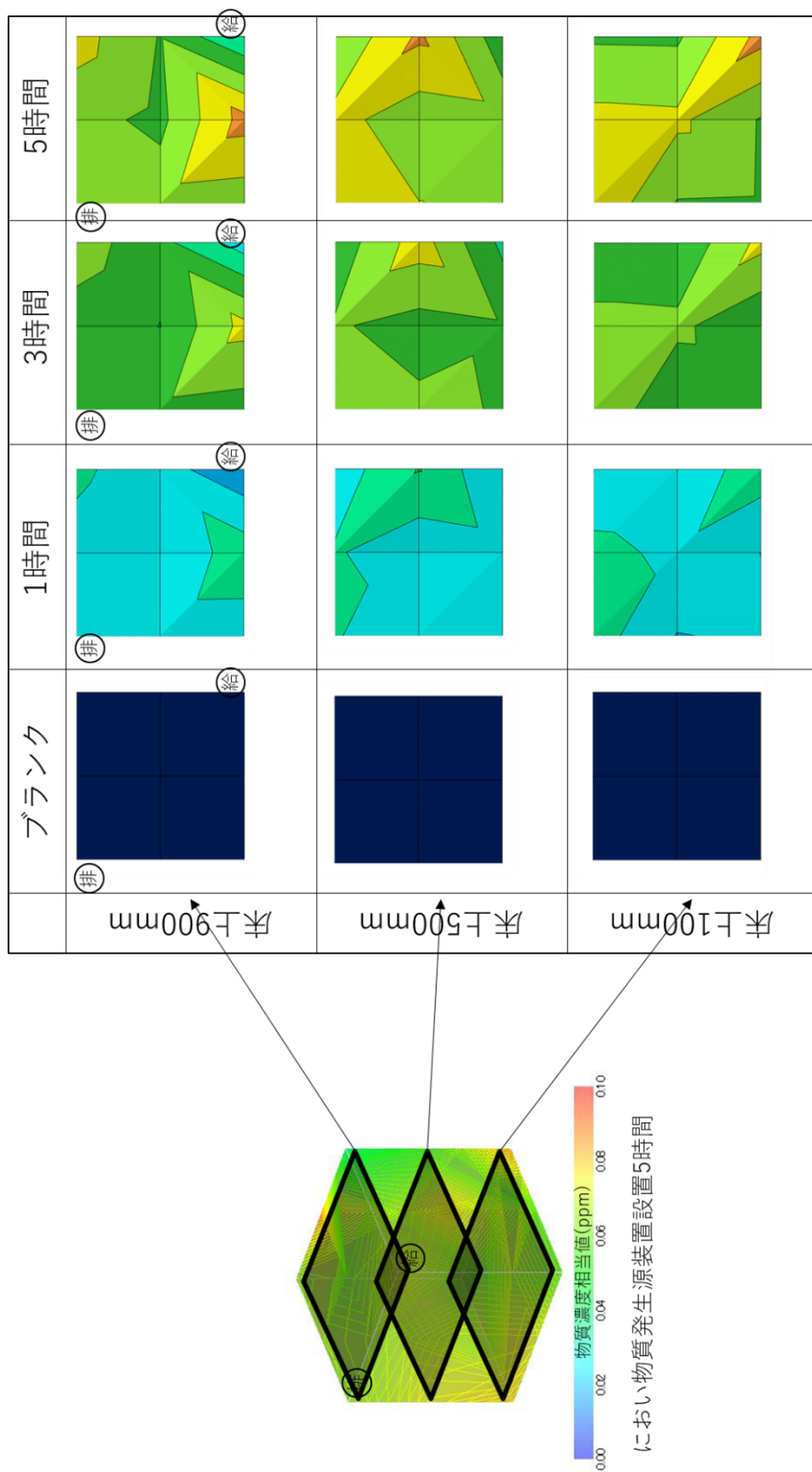
図 5-22 条件 3 の経時変化(代表 9 点)

#### (4)D-Limonene の物質濃度の空間分布

図 5- 23 から図 5- 31 に各給排気条件の D-Limonene の物質濃度相当値の空間分布の結果を示す。図 5- 31 の給排気なしの条件 3 の D-Limonene の物質濃度相当値の空間分布結果より、どの時間も物質濃度が高くなったのは、床上 500mm の中間で、次いで床面が高くなり、天井面の物質濃度は床面よりわずかに低くなった。D-Limonene は給排気口が設置されていない条件では床面からにおいが拡がっていくことがわかった。

各条件の平均物質濃度相当値が高く、空間に物質が残留しやすい条件 1-A、条件 1-C、条件 2-A を比較すると、半導体ガスセンサ設置場所の No.3、No.7、No.17、No.22、No.27 で物質濃度相当値が高くなり、床上 500mm が最も物質濃度相当値が高くなり、床上 900mm が最も物質濃度が低くなった。条件 1-A、1-C、2-A の空気の流れに着目すると、物質濃度が高かった No.3、No.7、No.17、No.22、No.27 は空気の流れを示す流線がみられない箇所や流線の終点の位置であり、気流がよどむ箇所であると推測できる。このことから物質が溜まったと考えられる。

図 5- 13 の結果より、最も物質濃度相当値が低い条件 2-D の高さ面を比較すると床上 100mm の物質濃度相当値が低くなった。また物質濃度の空間分布をみると、物質濃度相当値が高くなったのは、半導体ガスセンサ設置場所 No.17 と No.21 や、給排気口に最も近い No.3 と No.7 が高くなった。D-Limonene は空気よりも重く、給排気のない条件でも床付近に物質が溜まるが、給排気が床に設置されており、図 5- 11 より床付近全体に空気の流れがみられることから効率的に排気口まで物質が到達し、排気されていると考えられる。また、物質濃度相当値が高くなった No.17、No.21 には流線はみられていないことから、気流がよどんでいる場所において物質が溜まっていったと考える。また、条件 2-D ではにおい物質発生源装置の減少量も少なく、空間全体の物質濃度相当値の平均値も低かった。におい分布結果から、D-Limonene は空気よりも重く床付近にたまることや、空気の流れが床付近に多く見られ発生源装置付近にはあまり到達していないことから、条件 2-D ではガス化が進まず、空間内に物質が拡がる前に給排気の流れにより排気されることにより濃度が低くなったと考えられる。



物質濃度相当値(ppm): ■ 0-0.01 ■ 0.01-0.02 ■ 0.02-0.03 ■ 0.03-0.04 ■ 0.04-0.05 ■ 0.05-0.06 ■ 0.06-0.07 ■ 0.07-0.08 ■ 0.08-0.09 ■ 0.09-0.1

図 5-23 条件 1-A の D-Limonene の物質濃度の空間分布

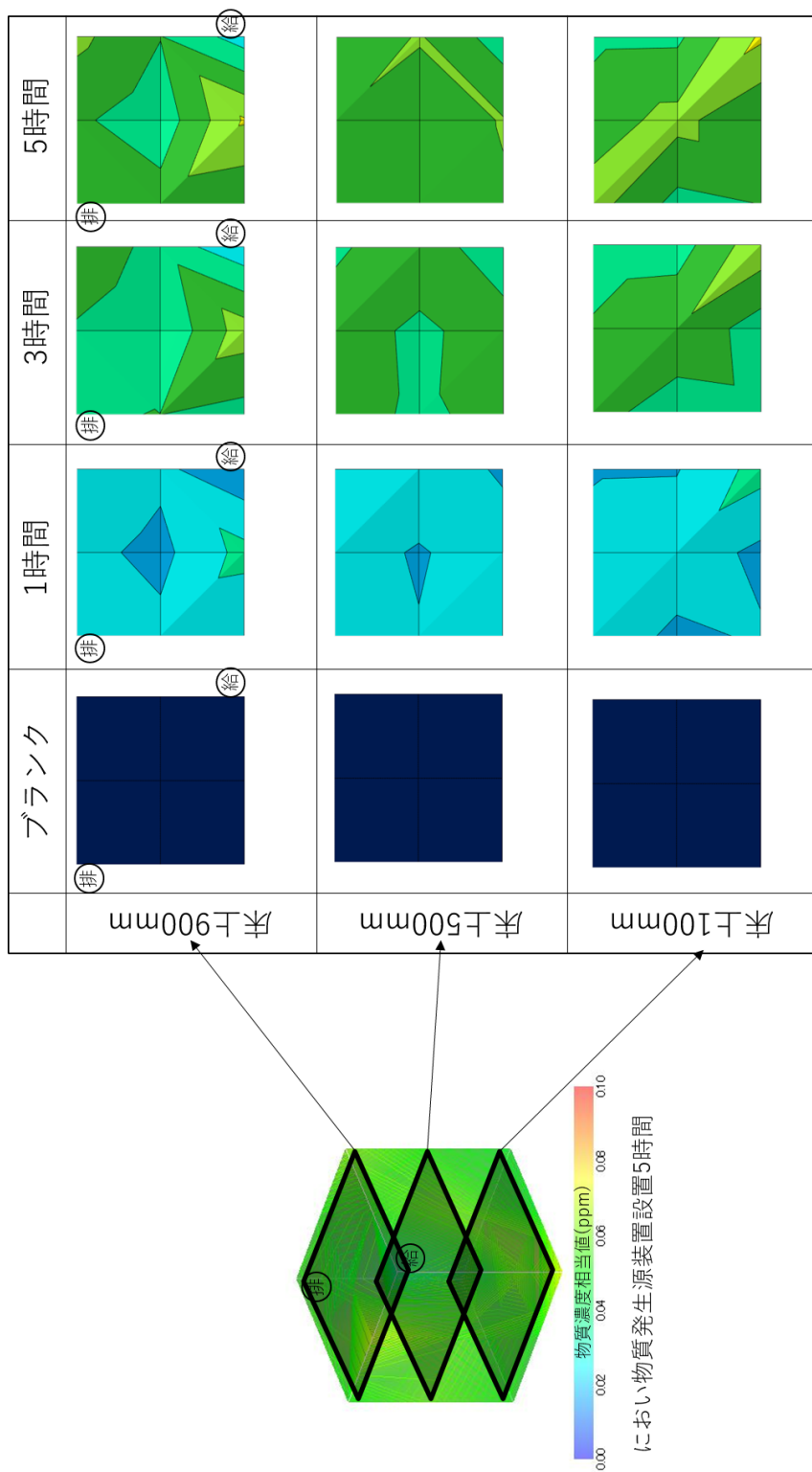


図 5-24 条件 1-B の D-Limonene の物質濃度の空間分布

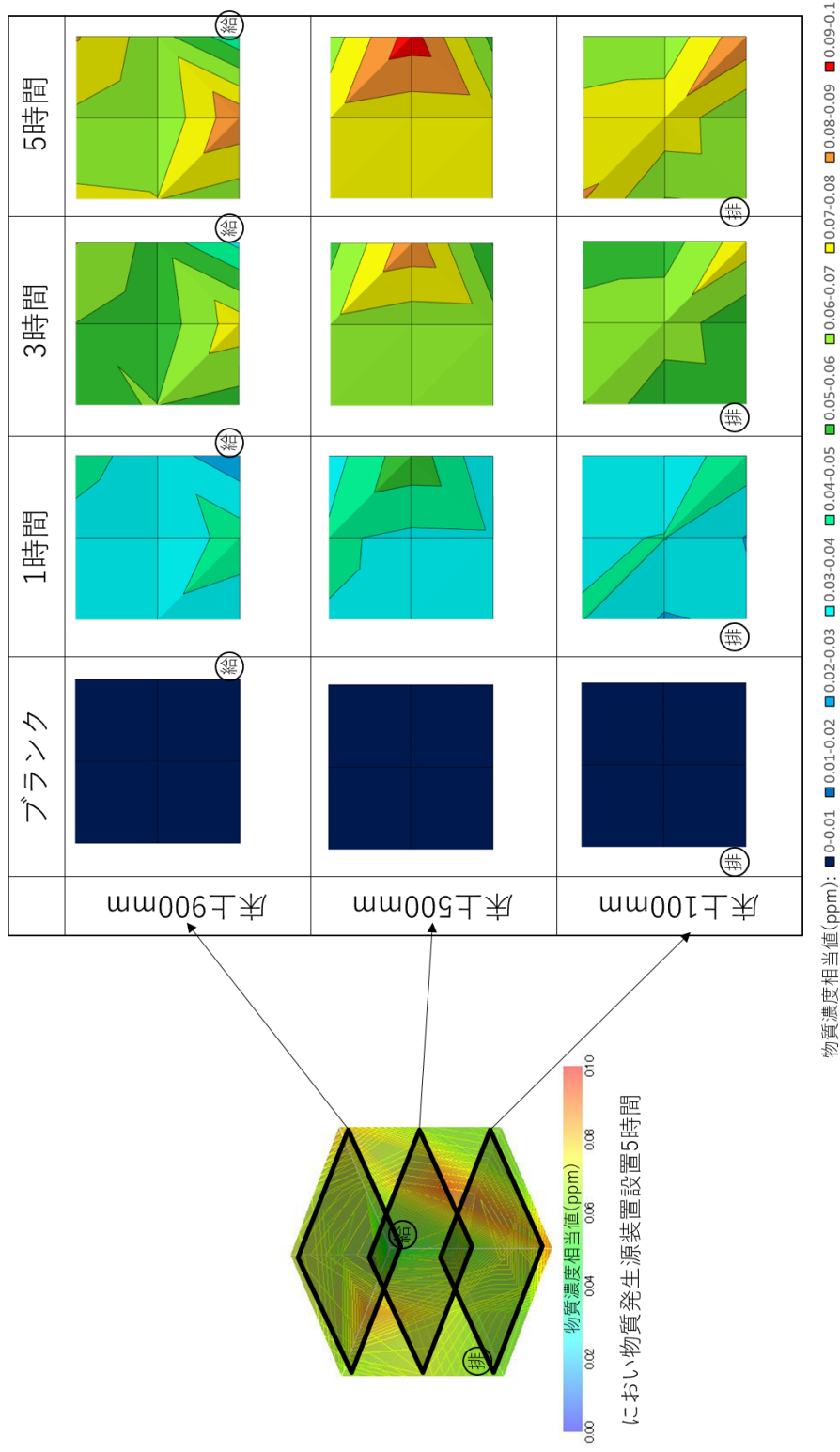


図 5-25 条件 1-C の D-Limonene の物質濃度の空間分布



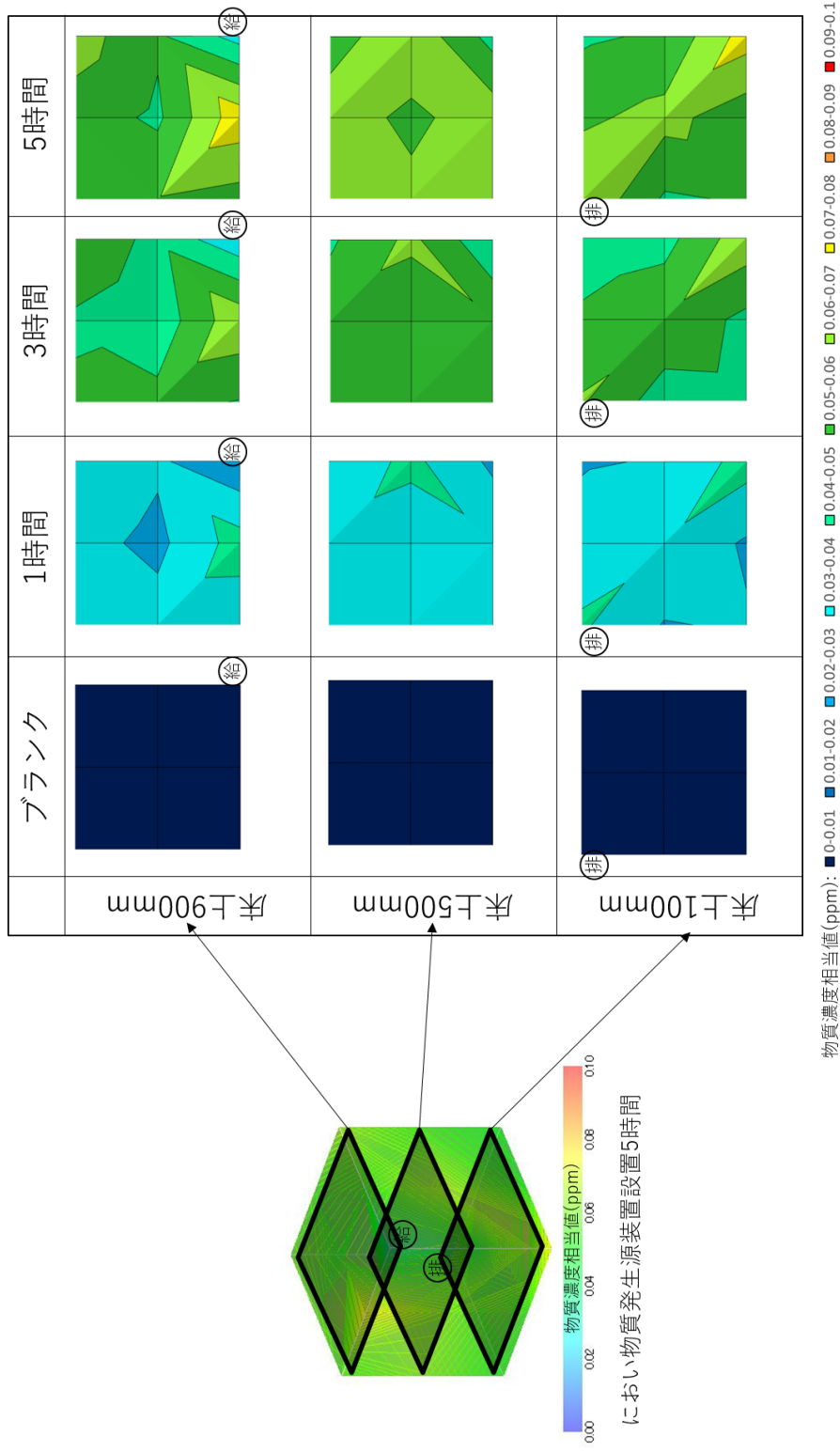


図 5-26 条件 1-D の D-Limonene の物質濃度の空間分布

条件 2-A の D-Limonene の物質濃度の空間分布

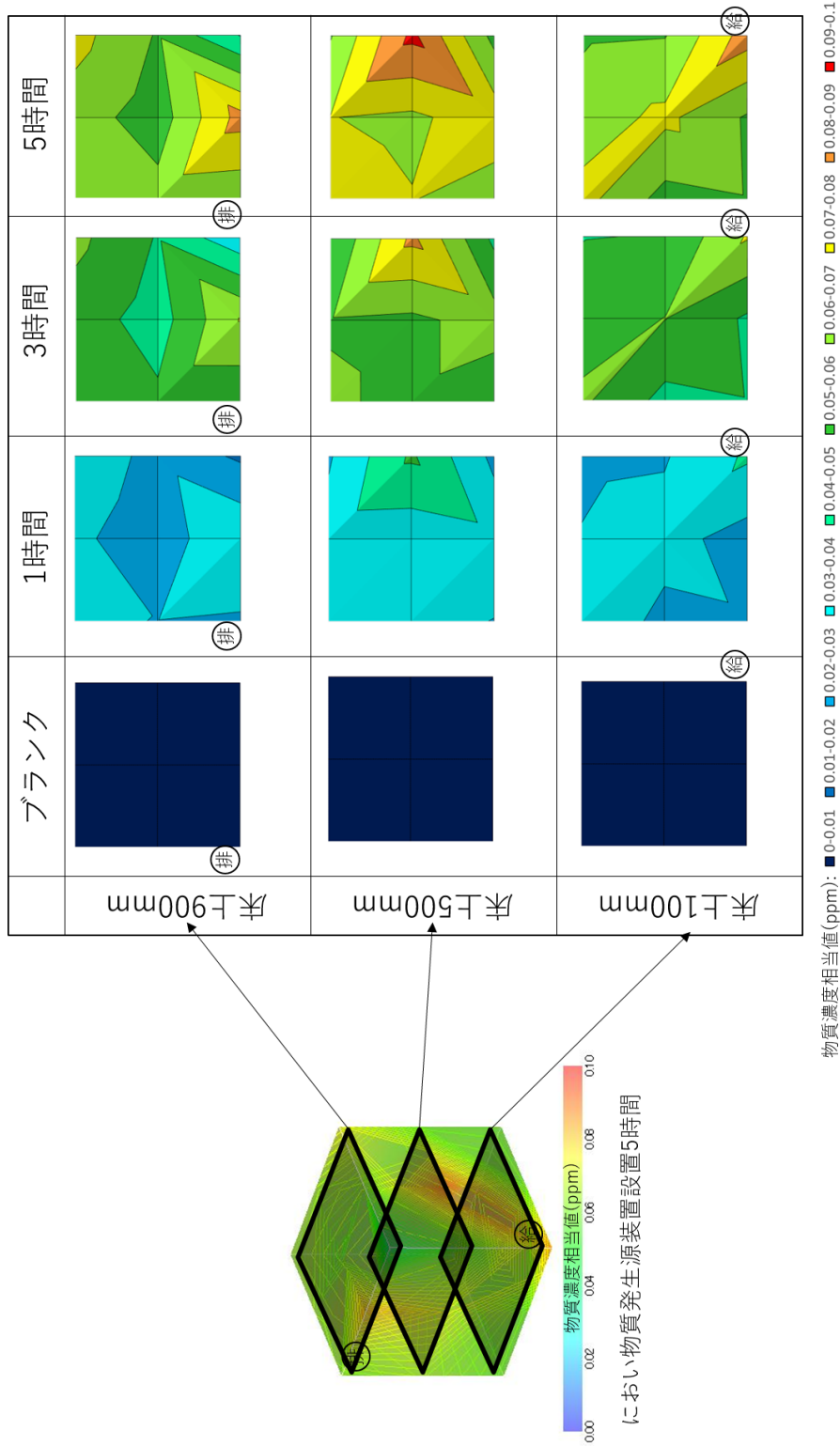


図 5-27 条件 2-A の D-Limonene の物質濃度の空間分布

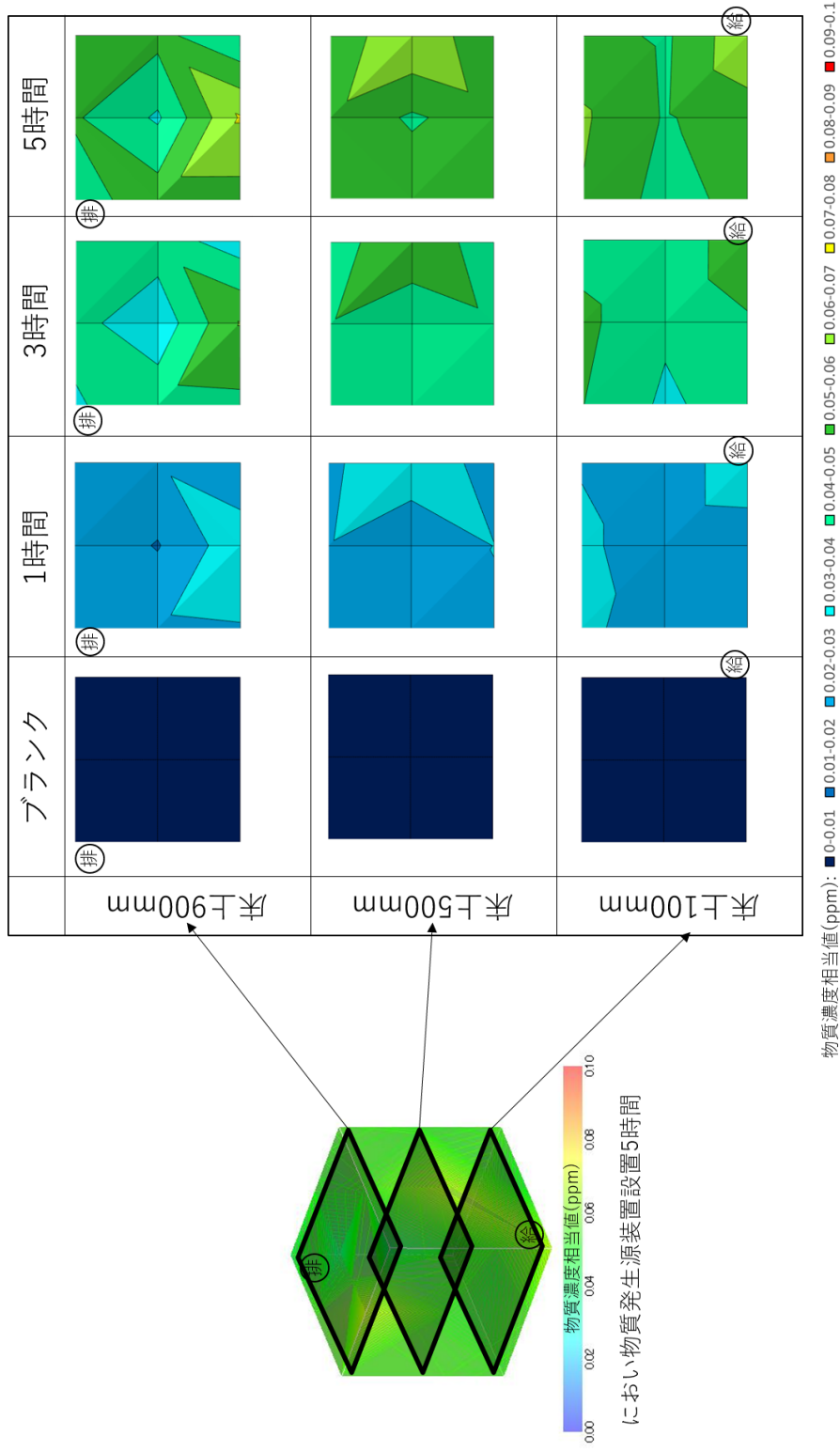
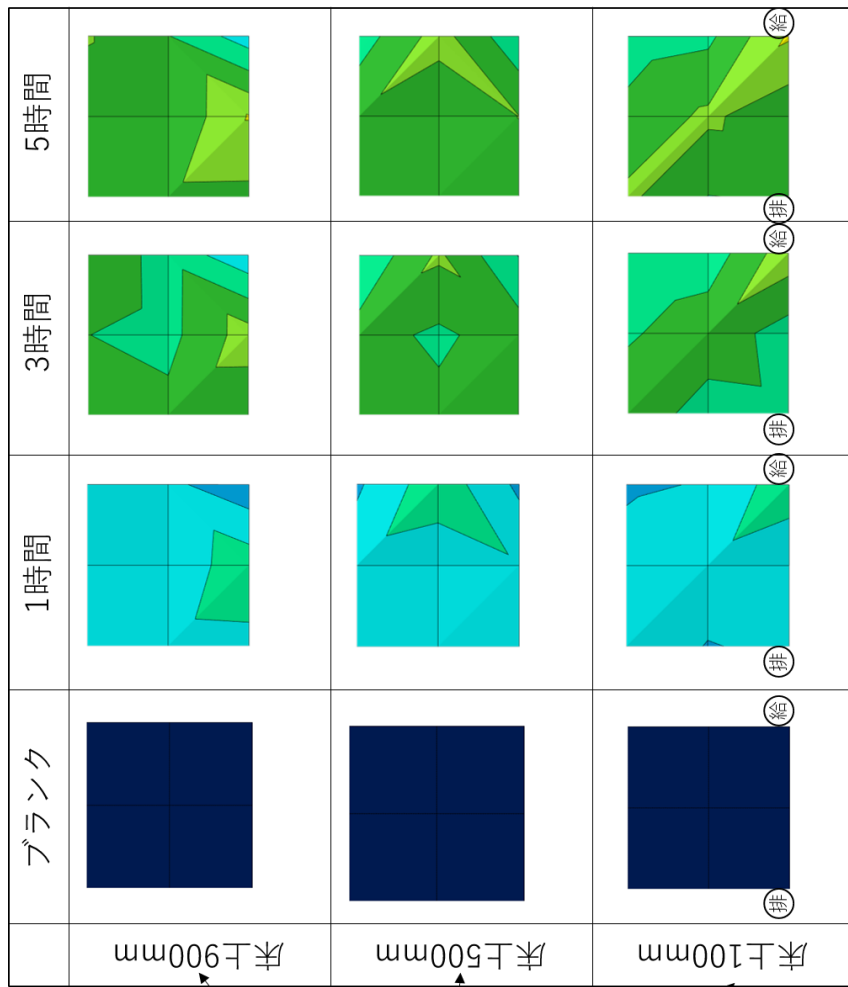
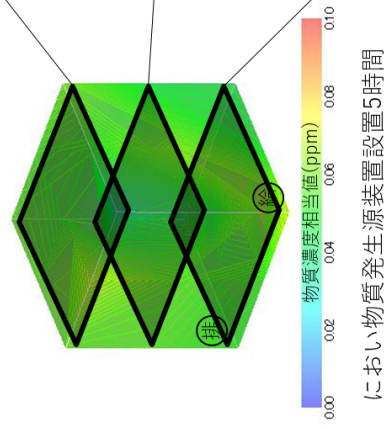


図 5-28 条件 2-B の D-Limonene の物質濃度の空間分布



物質濃度相当値 (ppm): ■ 0-0.01 ■ 0.01-0.02 ■ 0.02-0.03 ■ 0.03-0.04 ■ 0.04-0.05 ■ 0.05-0.06 ■ 0.06-0.07 ■ 0.07-0.08 ■ 0.08-0.09 ■ 0.09-0.1

図 5-29 条件 2-C の D-Limonene の物質濃度の空間分布



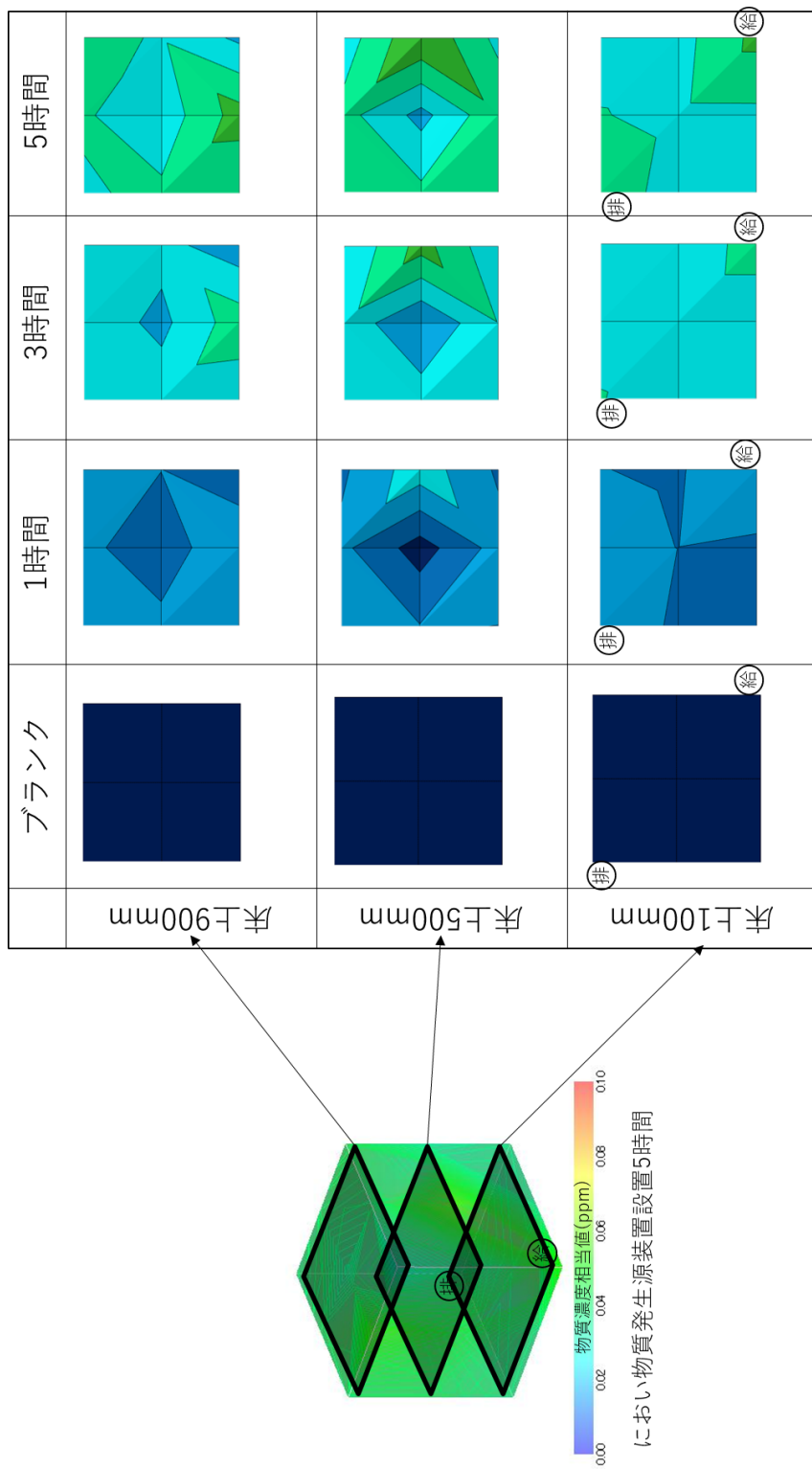
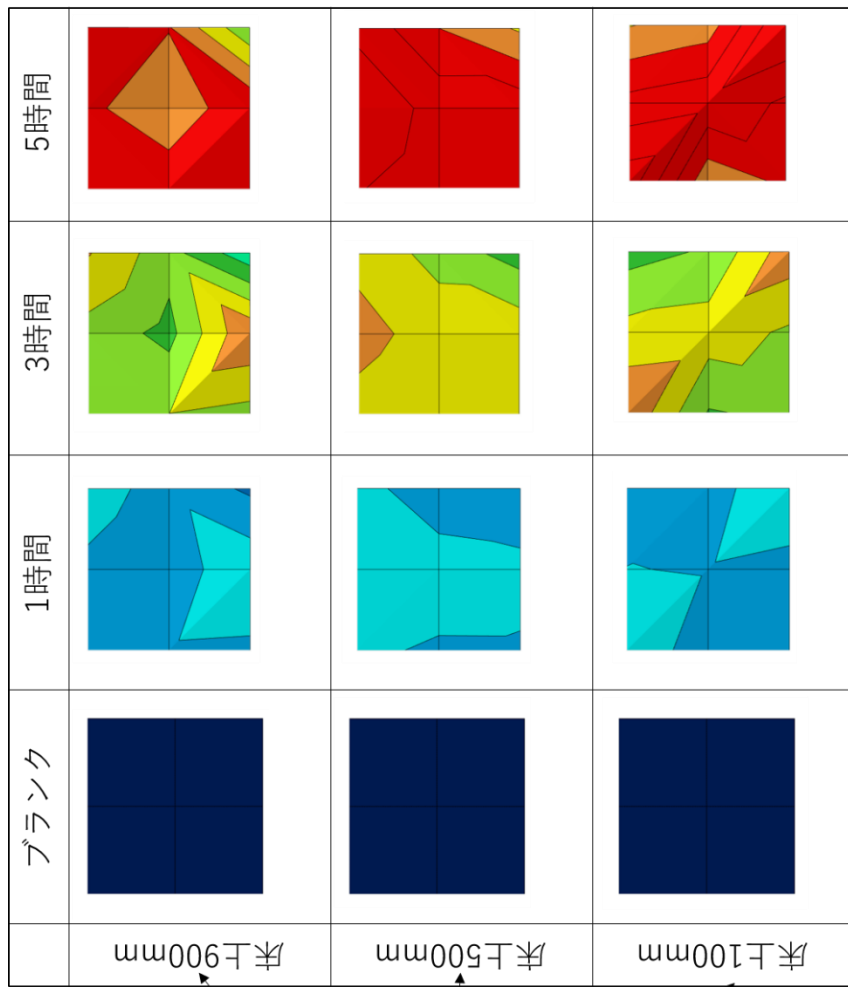


図 5-30 条件 2-D の D-Limonene の物質濃度の空間分布



物質濃度相当値 (ppm): ■ 0-0.01 ■ 0.01-0.02 ■ 0.02-0.03 ■ 0.03-0.04 ■ 0.04-0.05 ■ 0.05-0.06 ■ 0.06-0.07 ■ 0.07-0.08 ■ 0.08-0.09 ■ 0.09-0.1

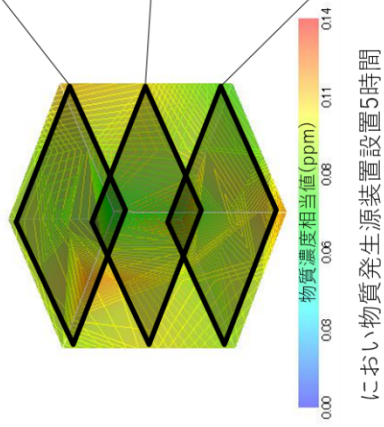


図 5-31 条件 3 の D-Limonene の物質濃度の空間分布

### 5-3-2. Ammonia (悪臭成分)

#### (1) Ammonia の減少量

図 5- 32 に Ammonia の 5 時間後のにおい物質発生装置の減少量を示す。減少量が最も多かったのは条件 1-B で、最も少なかったのは条件 2-D で、3 倍の差である。

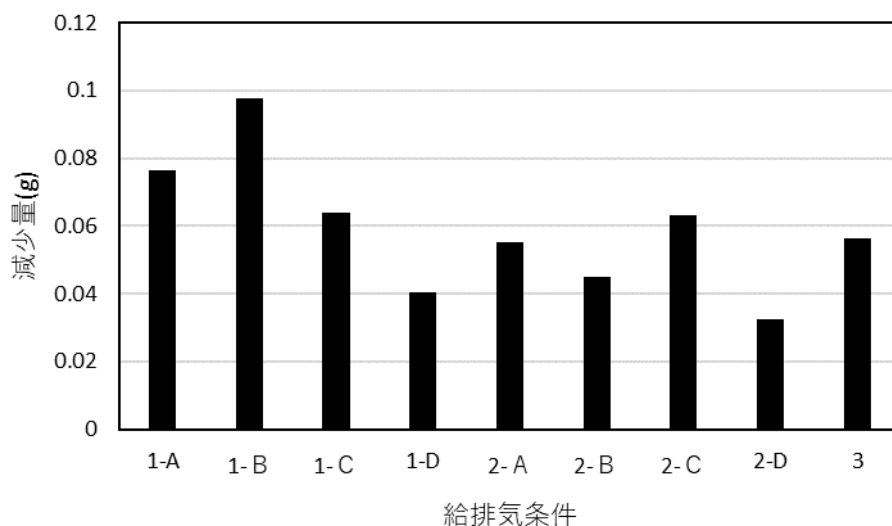


図 5- 32 におい物質発生装置(Ammonia)の減少量

#### (2) 空間内の Ammonia の物質濃度相当値の平均

図 5- 33 に各給排気条件で測定した 27 台の半導体ガスセンサ値から算出した物質濃度相当値のにおい物質発生源装置開封直前(ブランク)、15 分後、30 分後、1 時間後、2 時間後、3 時間後、5 時間後の前後 1 分間の平均値を示す。

給排気ありの 8 条件である条件 1-A から 2-D と、給排気なしの条件 3 を比較すると条件 3 はにおい物質発生源装置開封後 15 分で平均値がどの条件よりも高くなり、物質濃度相当値は時間が経過するごとに上昇していく様子がみられた。続いて、条件 1-A が条件 3 より低い濃度で、条件 3 と同じように濃度が変化した。一方、条件 1-A 以外の 7 条件では、におい物質発生源装置開封後 3 時間まで物質濃度相当値が上昇するが、その後濃度は一定であった。条件 1-A と給排気なしの条件 3 も 3 時間後に上昇は緩やかになるが、その後も緩やかに濃度が上昇した。

給排気がある条件では、におい物質発生装置から発生する量と排気口から排気される量が同じになることで濃度が一定になる。各条件で物質濃度に差はあるが、におい物質発生源装置開封 3 時間後から 5 時間にかけて濃度は一定になっており、3 時間で空間に Ammonia が充満していることがわかる。

平均値が最も高くなったのは、条件 1-A で、次いで高くなったのは条件 1-B、1-C、1-D であり、給気口が天井面付近に設置されている方が高くなり、Ammonia が空間に残留しやすいことがわかった。最も濃度が低くなったのは条件 2-B で、次いで条件 2-A、2-C、2-D の給気口が下に設置されている条件の濃度が低くなり、Ammonia が排気されやすい条件であることがわかった。

Ammonia の減少量と空間内の物質濃度相当値の関係に着目する。減少量が多かった条件 1-A、1-B を比較すると、空間の物質濃度相当値の平均値を見てみると、条件 1-A では約 0.08g、条件 1-B では約 0.1g 減少しており、条件 1-Bの方が空間内に多く Ammonia を発生させていたが、におい物質発生装置開封 5 時間では条件 1-A では約 37ppm、条件 1-B では約 24ppm と条件 1-Aの方が空間内の物質濃度相当値が大きいことがわかる。このことより、条件 1-A は発生量に対し空間内に Ammonia が残留しやすく、条件 1-B は Ammonia を空間内に発生させるが、排気しやすい条件であることがわかった。また、減少量が少なかった条件 1-D、2-B、2-D では、減少量が最も小さい条件が 2-D、次いで 1-D、2-B の順であった。空間の物質相当値の平均値では、最も小さい条件は条件 2-B、次いで条件 2-D、1-D の順になった。このことから、条件 2-B も発生量に対し空間内の Ammonia を排気しやすい条件であることがわかった。



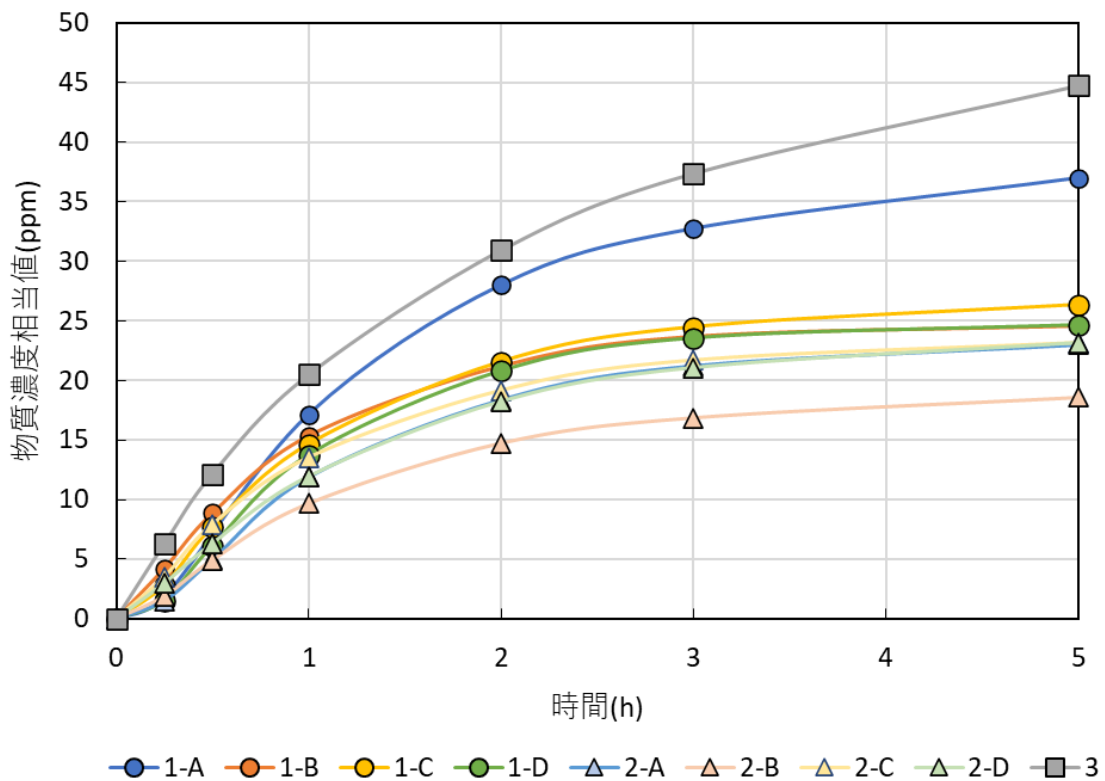


図 5-33 各条件の平均 Ammonia 濃度相当値の経時変化

### (3)代表 9 点の Ammonia 濃度相当値の変動

図 5-34 から図 5-42 に、におい物質発生装置から最も遠い半導体ガスセンサ設置点である各条件の天井面の角の No.19、No.21、No.25、No.27 と床面の角の No.1、No.3、No.7、No.8 とにおい物質発生装置から最も近い半導体ガスセンサ設置点である空間の中央の No.14 の代表 9 点の経時変化を示す。

給排気設置ありの 8 条件の物質濃度相当値の傾きが変化した時間に着目すると、条件 2-A ではにおい物質発生源装置開封後 2 時間 30 分経過後に上昇が緩やかになり、どの条件よりも空間内におい物質が拡がる速度が速い条件であった。条件 1-A は 5 時間後も上昇し続けており、条件 2-B はにおい物質装置開封後 4 時間 30 分後に上昇が緩やかにはなり、空間内におい物質を拡げる速度が遅い条件であった。

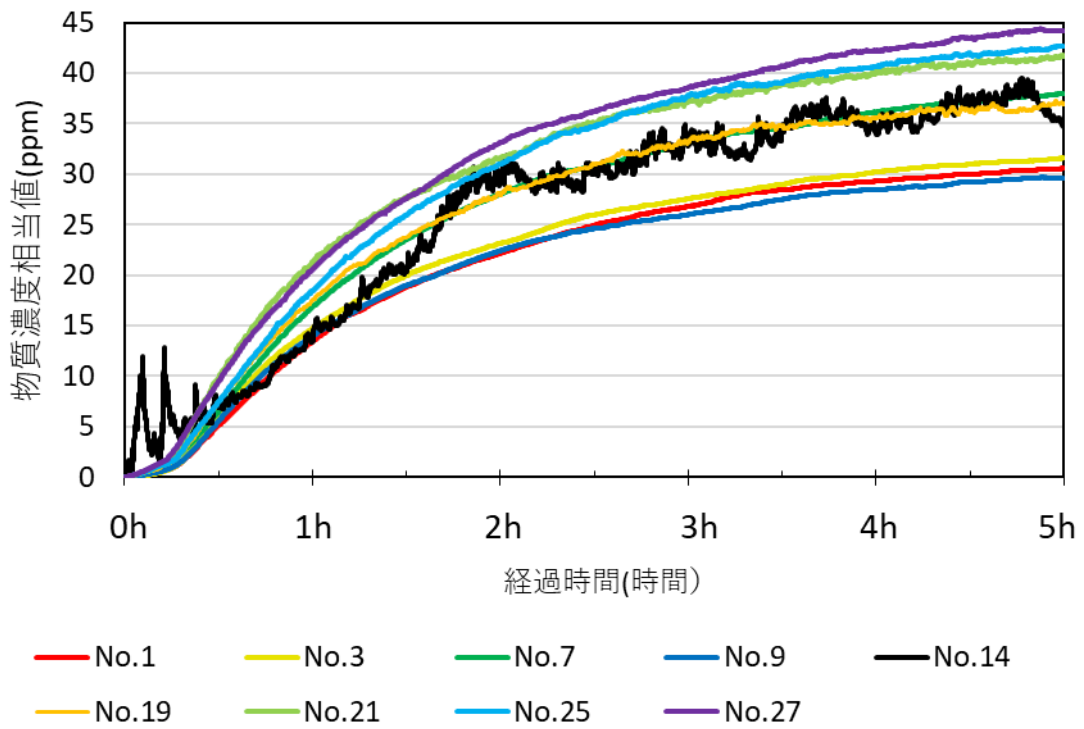


図 5-34 条件 1-A の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

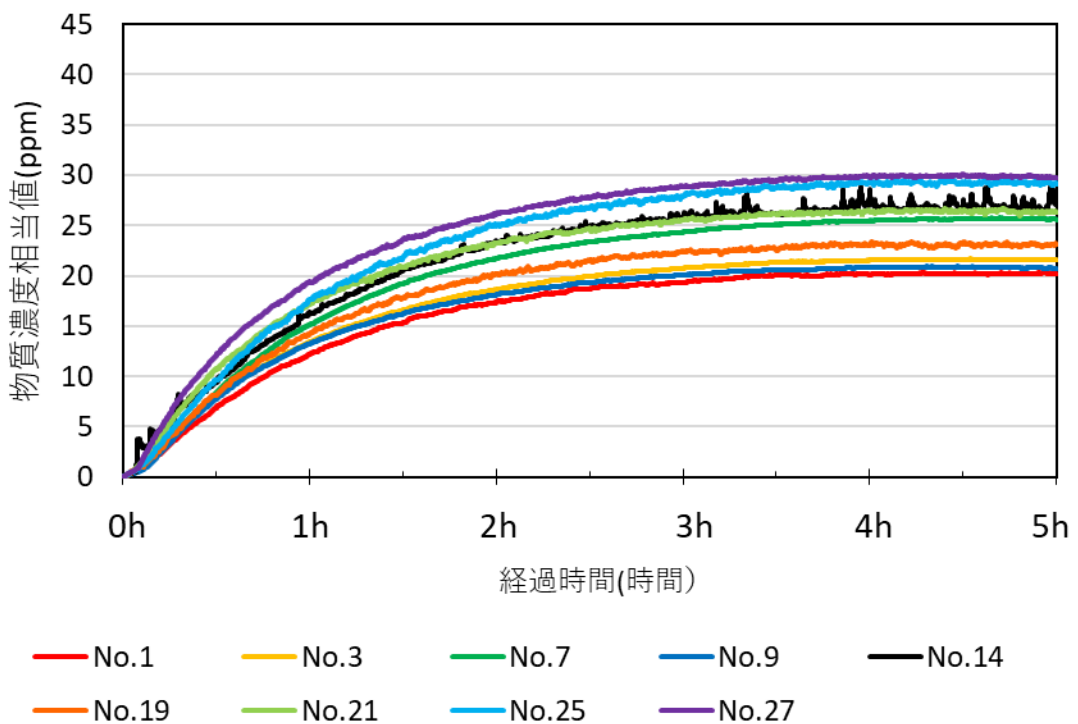


図 5-35 条件 1-B の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

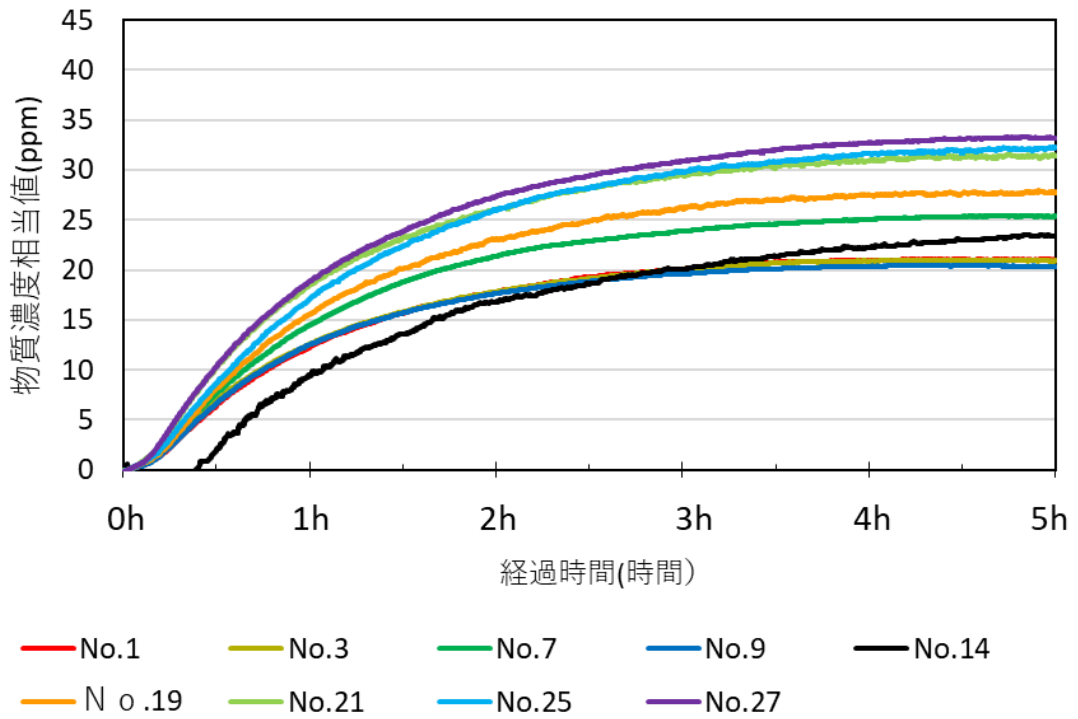


図 5-36 条件 1-C の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

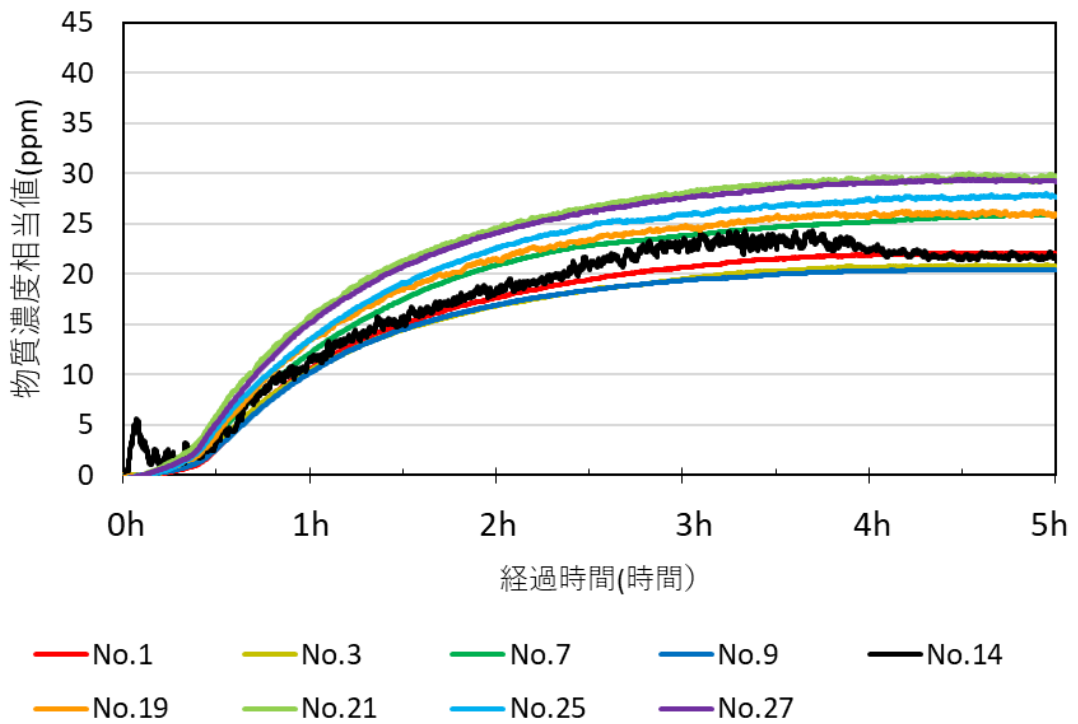


図 5-37 条件 1-D の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

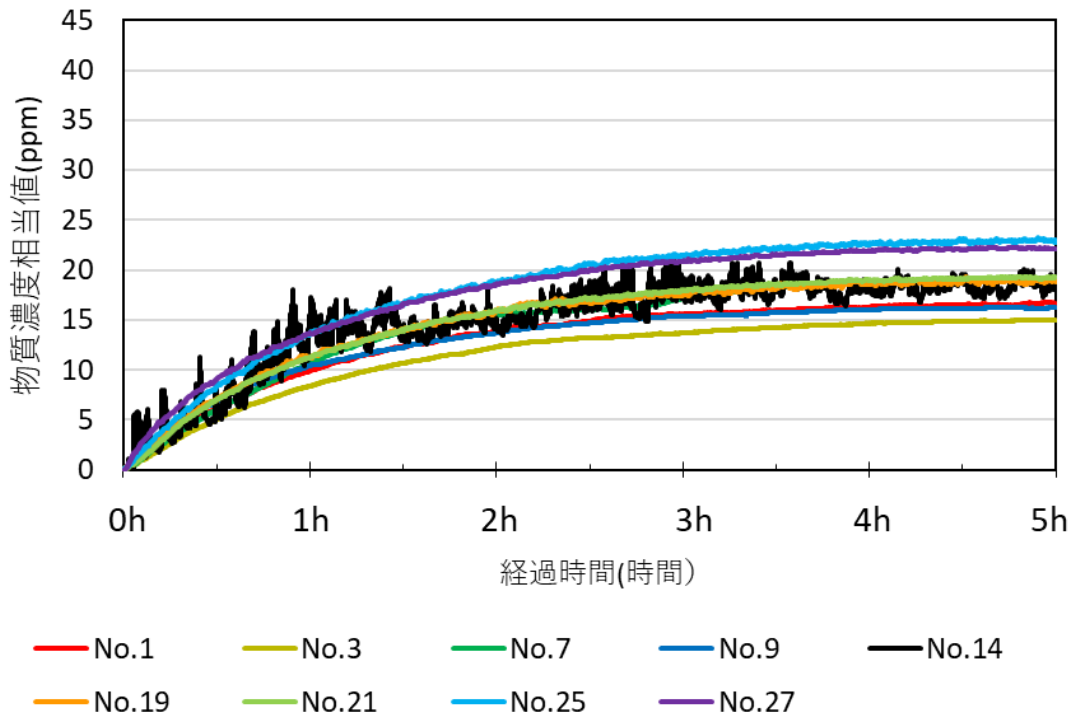


図 5-38 条件 2-A の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

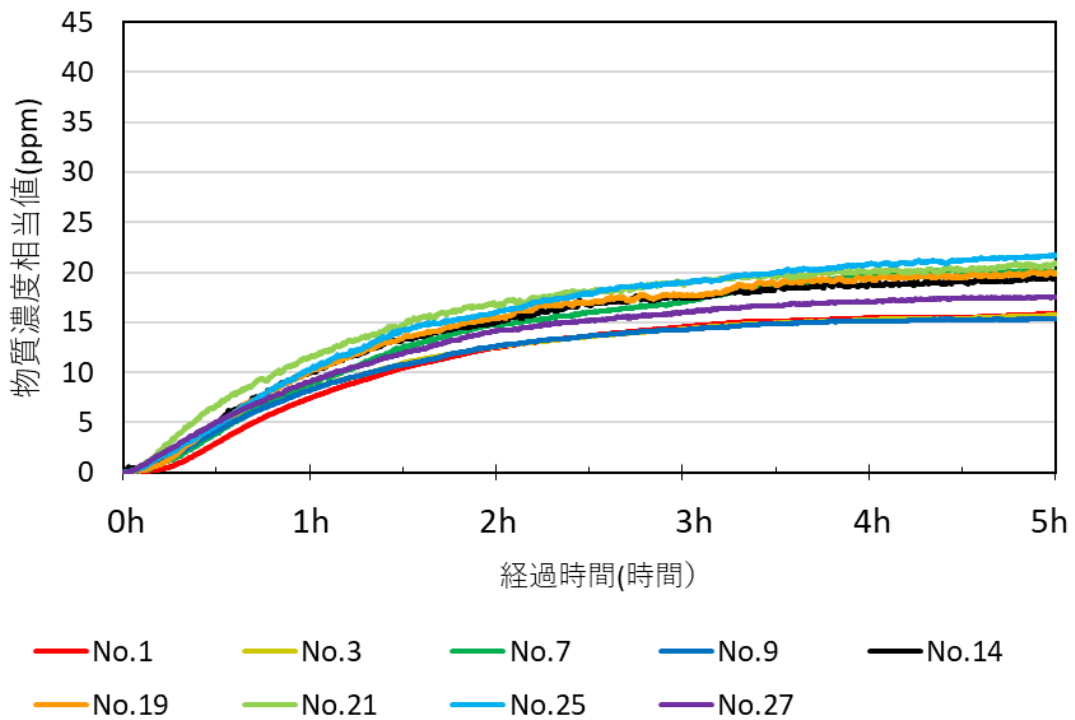


図 5-39 条件 2-B の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

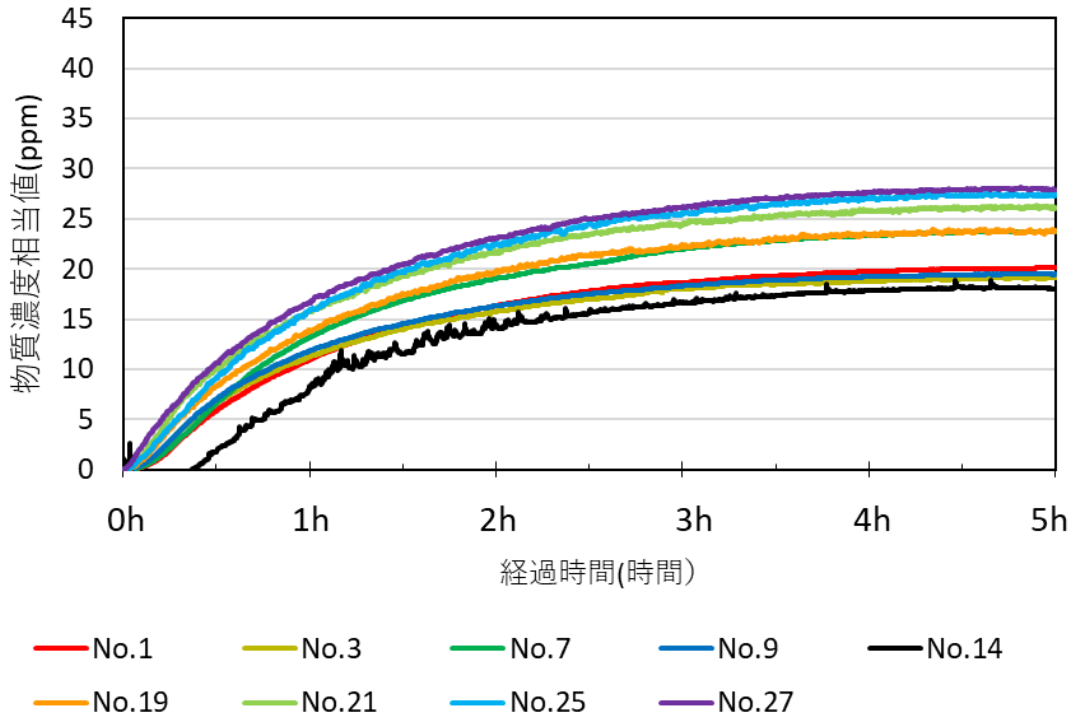


図 5-40 条件 2-C の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

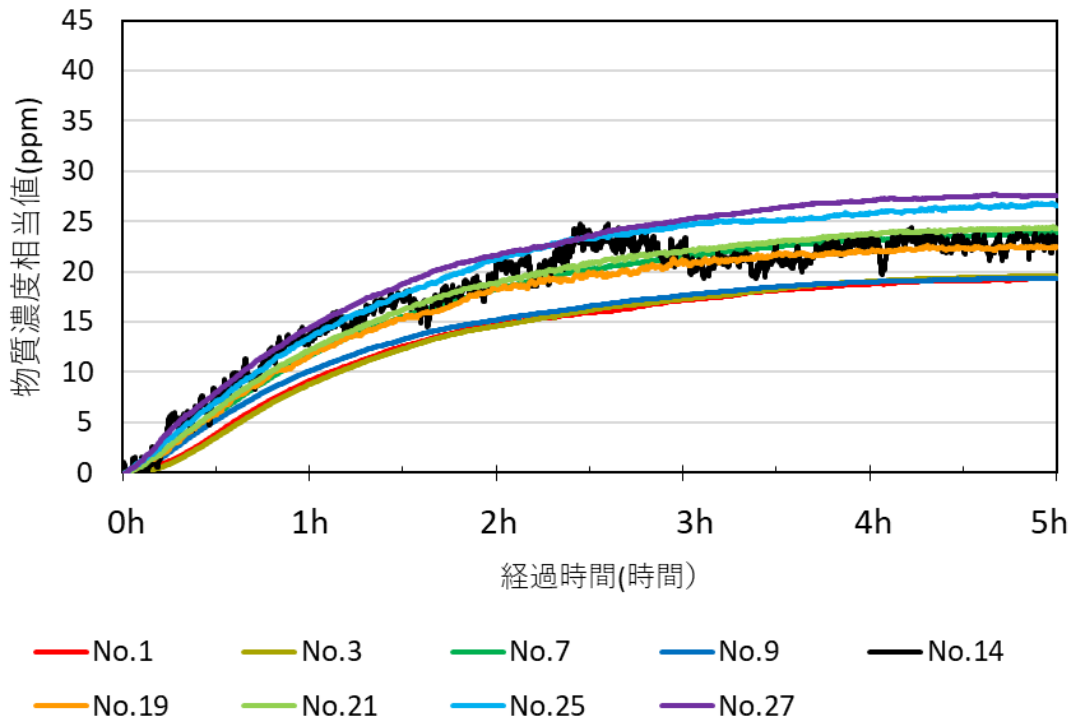


図 5-41 条件 2-D の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

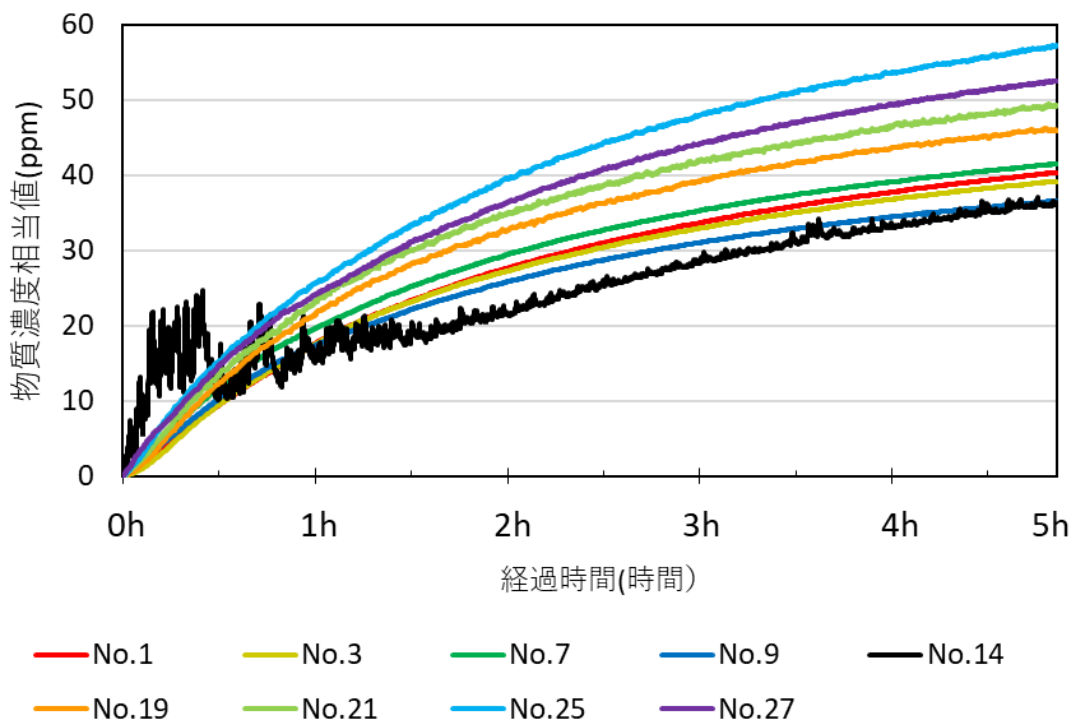


図 5-42 条件 3 の Ammonia の経時変化(代表 9 点)

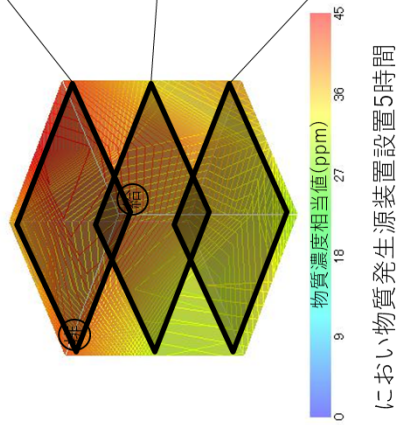
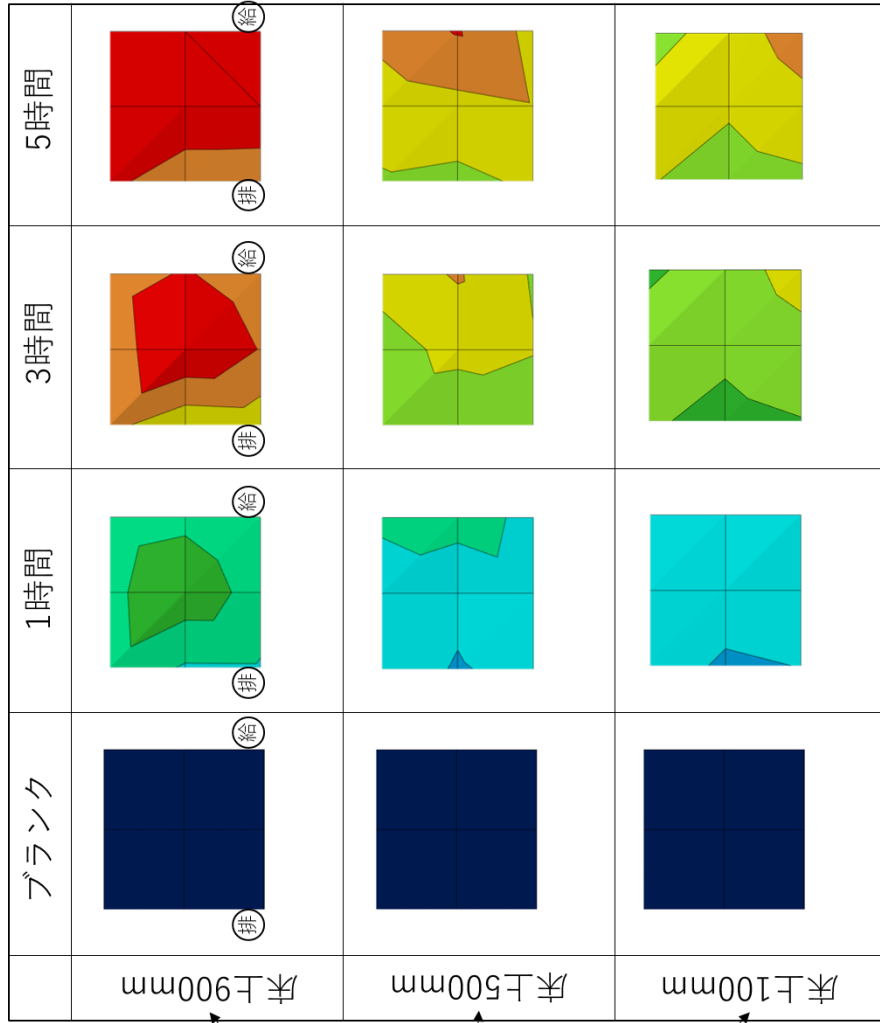
#### (4)Ammonia の物質濃度の空間分布

図 5-43 から図 5-51 に各給排気条件の Ammonia の物質濃度の空間分布の結果を示す。給排気なしの条件 3 の D-Limonene の物質濃度の空間分布結果より、どの時間も天井面の濃度が最も高く、Ammonia は空気よりも軽い物質のため、天井面からにおいが拡がることわかった。給排気ありの 8 条件でも天井面において物質発生源装置の直上が最も物質濃度が高くなり、床上 500mm、床上 100mm に拡がっている。

各条件の平均物質濃度相当値が高く、空間に物質が残留しやすい給気口が天井付近に設置されている条件 1-A、1-B、1-C、1-D を比較すると、半導体ガスセンサ設置場所の No.7、No.23 の物質濃度相当値が高くなり、床上 900mm が最も物質濃度相当値が高くなった。物質濃度が最も高かった No.23 は、におい物質発生源装置の直上であり、給排気設置なしの条件 3 の測定結果より天井付近より拡がり、条件 1-A、1-B、1-C、1-D の空気の流れに着目すると、天井面は給気口からの気流はウズ状ではあるが、No.23 付近で流線は終わっていることから気流

がよどむ付近であることが推測できるため、物質濃度が高かったと考える。No.7も同様、空気の流れを示す流線がみられない箇所や流線の終点の位置であり、気流がよどむ箇所であると推測できる。このことかから物質が溜まったと考えられる。

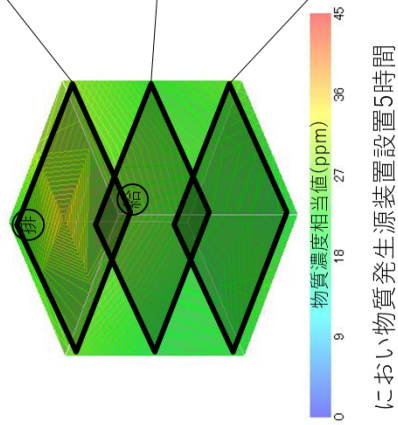
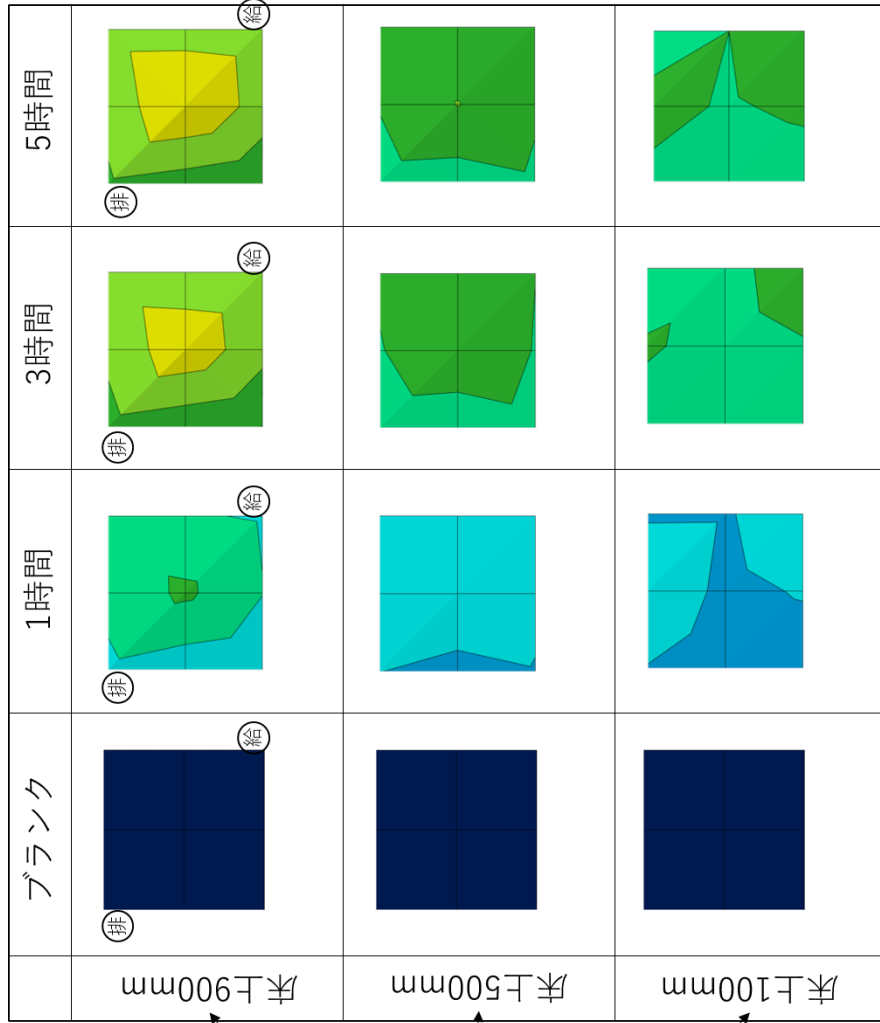
最も物質濃度相当値が低く、空間の物質が排気されやすい、給気口が床側に設置されている条件 2-A、2-B、2-C、2-D を比較すると、半導体ガスセンサ設置場所の No.7、No.16、No.17、No.18、No.23 の物質濃度相当値が高くなり、床上 900mm が最も物質濃度相当値が高くなった。物質濃度が最も高かった No.23 は、給排気口が天井付近に設置されている条件と同様であったが、Ammonia は空気よりも軽いため天井付近から拡がるだけでなく、条件 2-A、2-B、2-C、2-D の空気の流れに着目すると、給気口からの気流は天井面に向かって下から上に向かって気流が発生していることにより、No.23 付近の物質濃度が高かったと考える。No.16、17、18 のも同様、空気の流れを示す流線がみられない箇所や流線の終点の位置であり、気流がよどむ箇所であると推測できるため物質が溜まったと考えられる。



物質濃度相当値(ppm): ■0-4.5 ■4.5-9 ■9-13.5 ■13.5-18 ■18-22.5 ■22.5-27 ■27-31.5 ■31.5-36 ■36-40.5 ■40.5-45

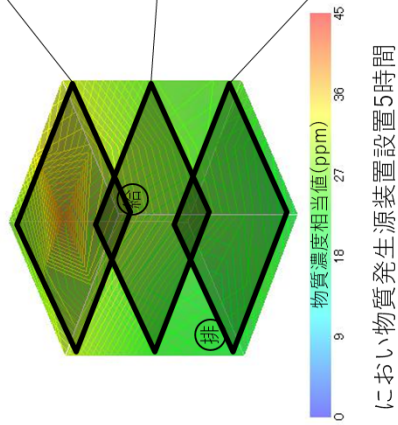
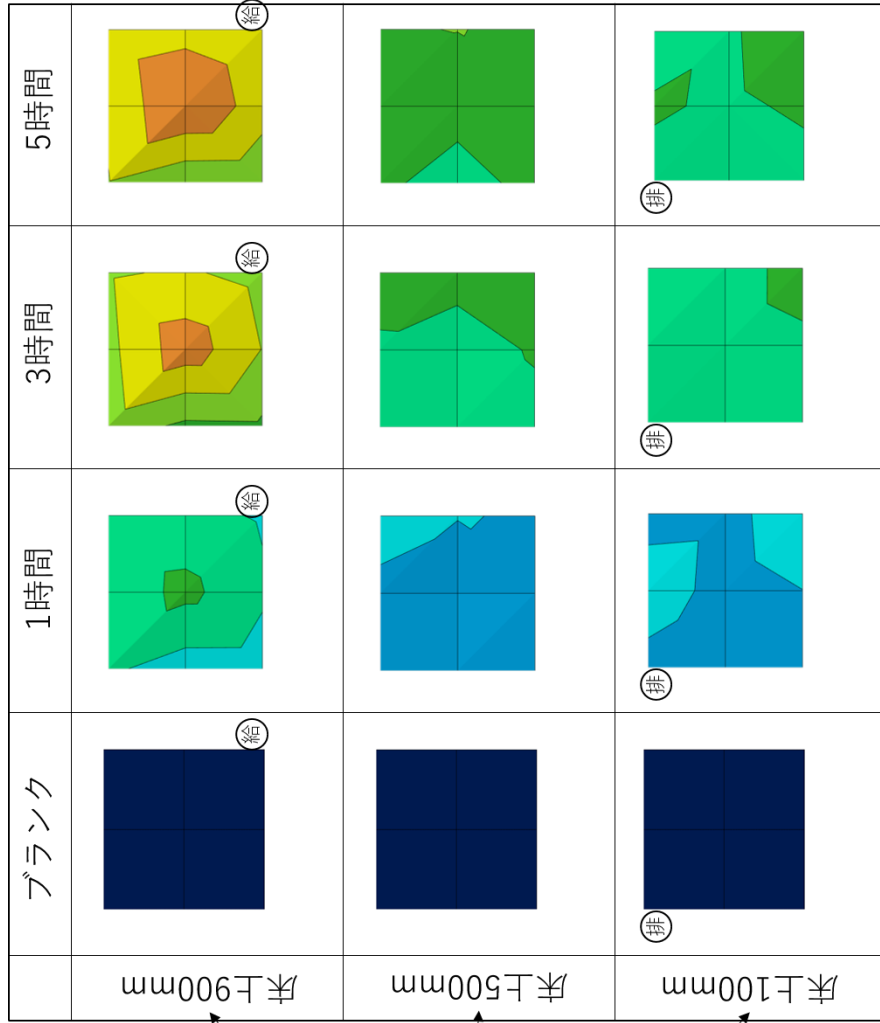
図 5-43 条件 1-A の Ammonia の物質濃度の空間分布





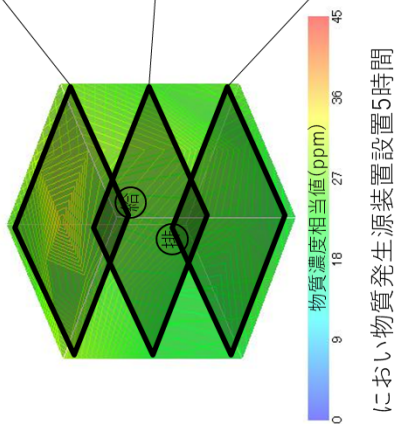
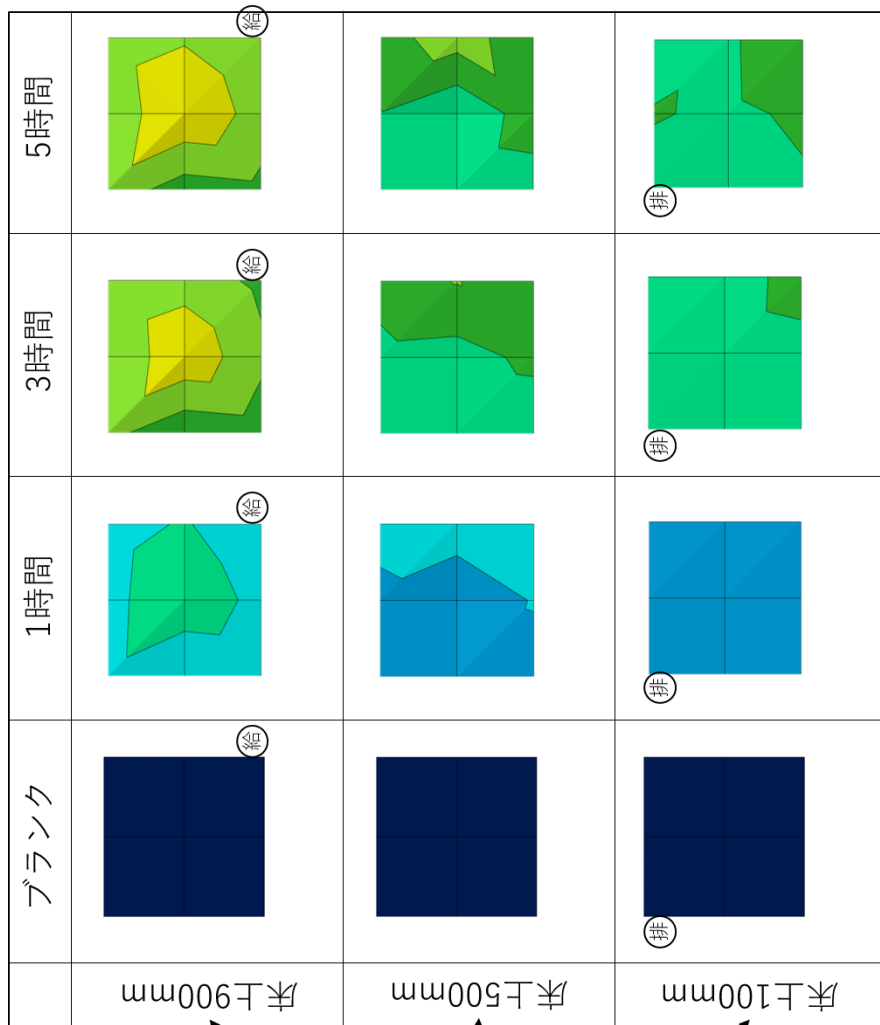
物質濃度相当値(ppm) ■ 0-4.5 ■ 4.5-9 ■ 9-13.5 ■ 13.5-18 ■ 18-22.5 ■ 22.5-27 ■ 27-31.5 ■ 31.5-36 ■ 36-40.5 ■ 40.5-45

図 5-44 条件 1-B の Ammonia の物質濃度の空間分布



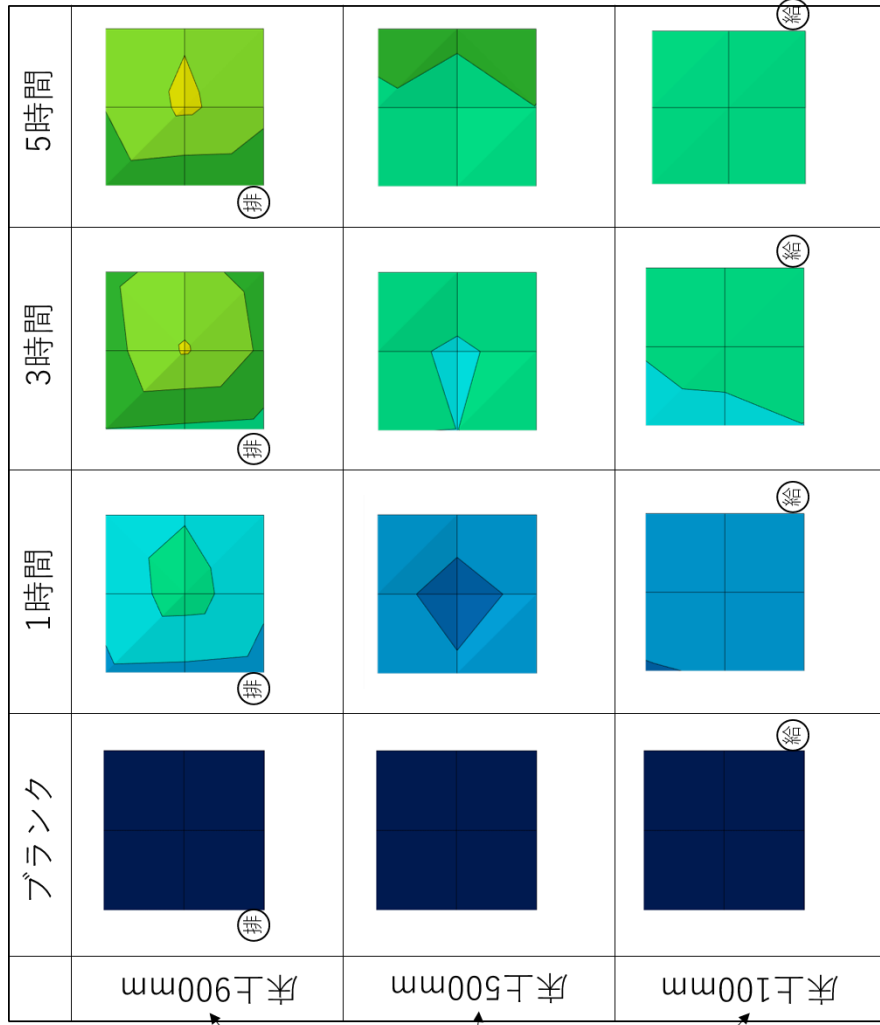
物質濃度相当値(ppm) ■ 0-4.5 ■ 4.5-9 ■ 9-13.5 ■ 13.5-18 ■ 18-22.5 ■ 22.5-27 ■ 27-31.5 ■ 31.5-36 ■ 36-40.5 ■ 40.5-45

図 5-45 条件 1-C の Ammonia の物質濃度の空間分布



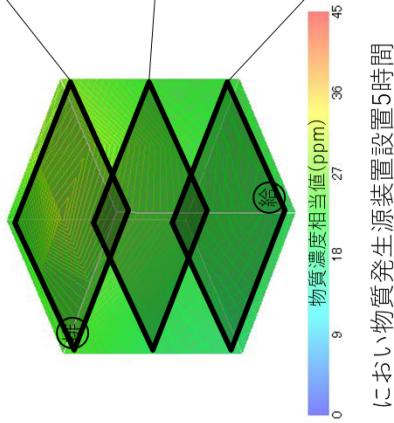
物質濃度相当値(ppm) ■ 0-4.5 ■ 4.5-9 ■ 9-13.5 ■ 13.5-18 ■ 18-22.5 ■ 22.5-27 ■ 27-31.5 ■ 31.5-36 ■ 36-40.5 ■ 40.5-45

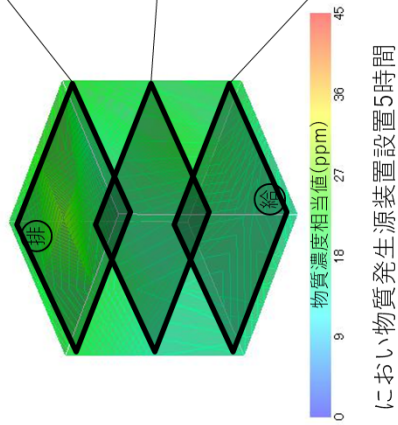
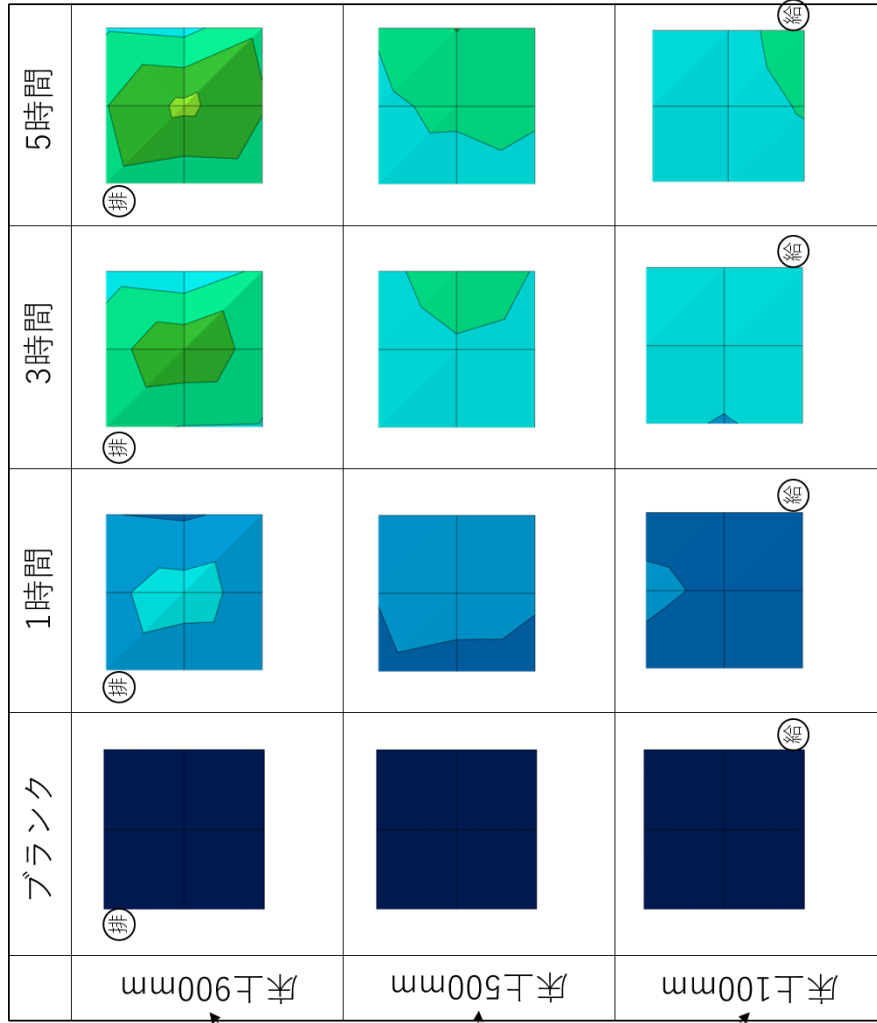
図 5-46 条件 1-D の Ammonia の物質濃度の空間分布



物質濃度相当値(ppm) ■ 0-4.5 ■ 4.5-9 ■ 9-13.5 ■ 13.5-18 ■ 18-22.5 ■ 22.5-27 ■ 27-31.5 ■ 31.5-36 ■ 36-40.5 ■ 40.5-45

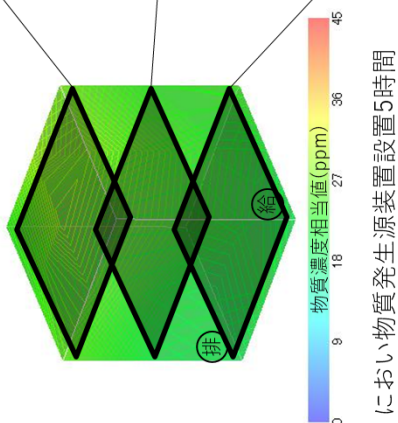
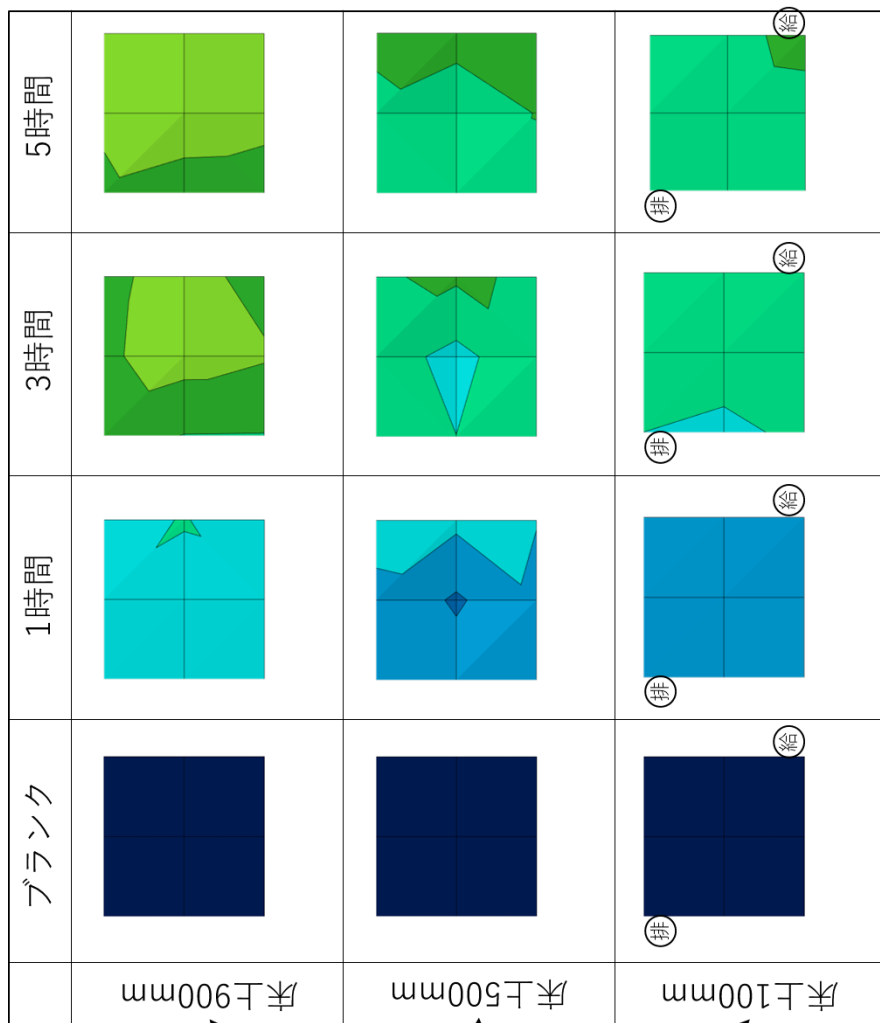
図 5-47 条件 2-A の Ammonia の物質濃度の空間分布





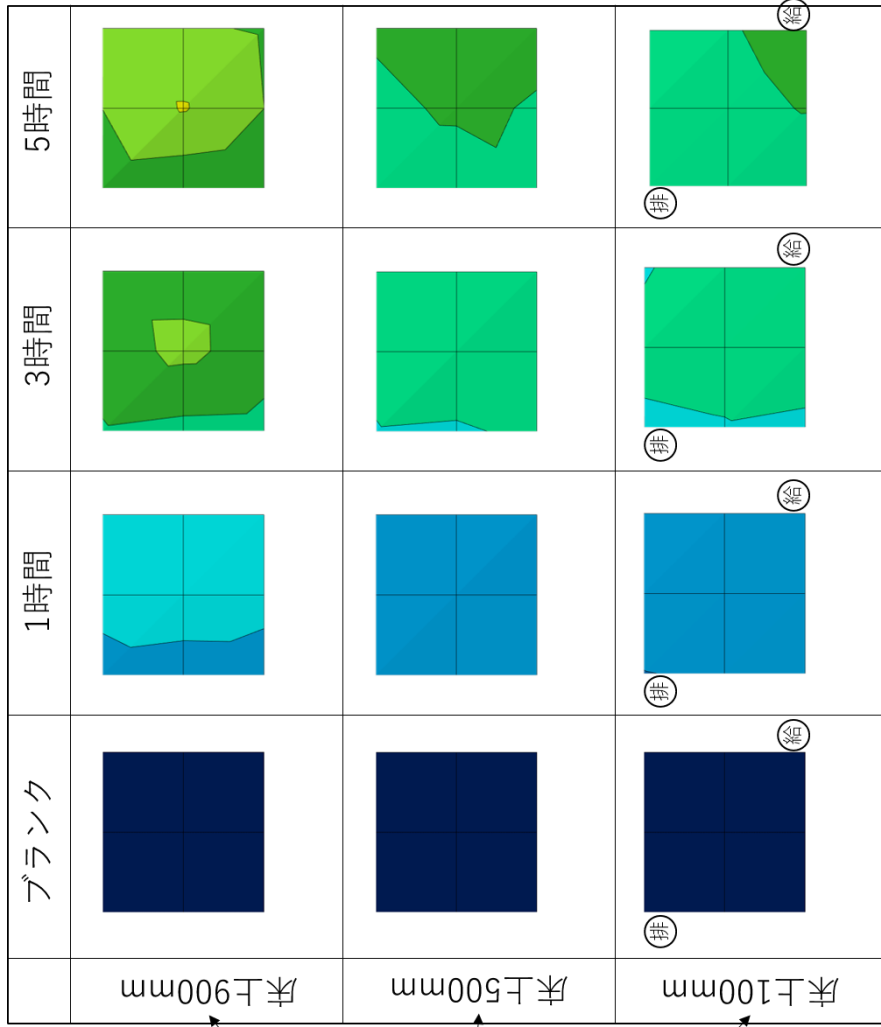
物質濃度相当値(ppm) ■ 0-4.5 ■ 4.5-9 ■ 9-13.5 ■ 13.5-18 ■ 18-22.5 ■ 22.5-27 ■ 27-31.5 ■ 31.5-36 ■ 36-40.5 ■ 40.5-45

図 5-48 条件 2-B の Ammonia の物質濃度の空間分布



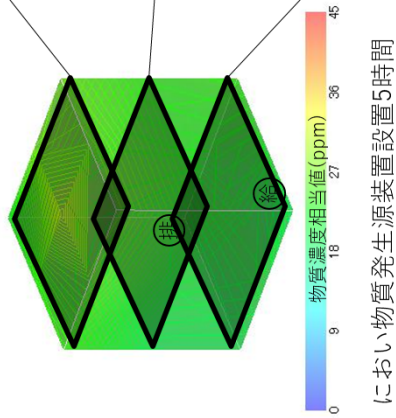
物質濃度相当値(ppm) ■ 0-4.5 ■ 4.5-9 ■ 9-13.5 ■ 13.5-18 ■ 18-22.5 ■ 22.5-27 ■ 27-31.5 ■ 31.5-36 ■ 36-40.5 ■ 40.5-45

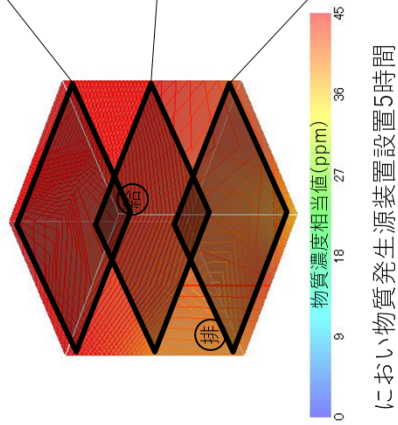
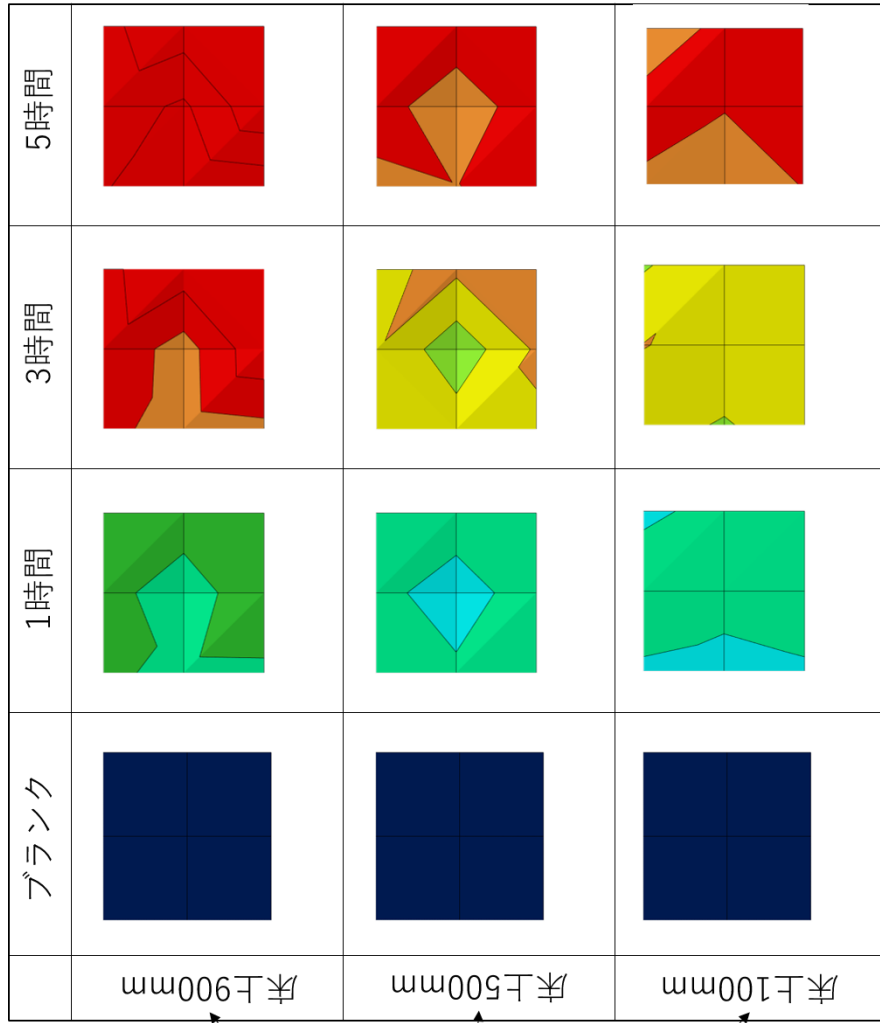
図 5-49 条件 2-C の Ammonia の物質濃度の空間分布



物質濃度相当値(ppm) ■ 0-4.5 ■ 4.5-9 ■ 9-13.5 ■ 13.5-18 ■ 18-22.5 ■ 22.5-27 ■ 27-31.5 ■ 31.5-36 ■ 36-40.5 ■ 40.5-45

図 5-50 条件 2-D の Ammonia の物質濃度の空間分布





物質濃度相当値(ppm) ■ 0-4.5 ■ 4.5-9 ■ 9-13.5 ■ 13.5-18 ■ 18-22.5 ■ 22.5-27 ■ 27-31.5 ■ 31.5-36 ■ 36-40.5 ■ 40.5-45

図 5-51 条件 3 の Ammonia の物質濃度の空間分布



### 5-3-3.D-Limonene と Ammonia の物質による違い

図 5- 31 と図 5- 51 の条件 3 の D-Limonene と Ammonia の空間分布結果を比較する。D-Limonene の 5 時間後の物質濃度相当値の空間分布を高さ面の平均値を算出すると、床上 900mm では 0.094ppm(閾希釈倍数 2.5)、床上 500mm では、0.103ppm(閾希釈倍数 2.7)、床上 100mm では 0.099ppm(閾希釈倍数 2.6)となり、床上 500mm の物質濃度相当値が最も高くなり、次いで床上 100mm となった。このことから、D-Limonene は床上 500mm から床付近にかけてにおいが拡がった。Ammonia の 5 時間後の物質濃度相当値の空間分布を高さ面の平均値を算出すると、床上 900mm では 52.0ppm(閾希釈倍数 35)、床上 500mm では、41.9ppm(閾希釈倍数 28)、床上 100mm では 40.4ppm(閾希釈倍数 27)となり、床上 900mm の物質濃度相当値が最も高くなった。このことから Ammonia は天井付近からにおいが拡がった。D-Limonene は空気密度より空気よりも重いため床付近から拡がり、Ammonia は空気密度より空気よりも軽い物質のため天井付近から拡がり、空気密度の違いによるにおいの拡がり方が異なることが明らかになった。

図 5- 52 に D-Limonene、図 5- 53 に Ammonia の給排気設置ありの減少量と物質濃度相当値の平均値の関係を示す。D-Limonene では減少量と空間内の物質濃度相当値の関係より相関係数を算出すると 0.853 となったが、Ammonia では相関係数が 0.442 となり D-Limonene の方が減少量と空間の物質濃度相当値に関係があることがわかった。D-Limonene よりも Ammonia の方が減少量と空間内の物質濃度相当値に関係がみられなかった理由として空気の流れと物質の特性が影響していると考え。においの発生には、発生装置付近へ気流が到達することにより、におい物質の発生を促す。この発生した物質が給排気の気流に乗り、排気口まで到達するものは空間外へ排気され、気流が排気口付近まで到達しないものは空間内に残留し、物質濃度相当値が高くなっていくと考える。Ammonia は条件 1-B、2-B では減少量のわりに空間内の物質濃度相当値が低くなった。Ammonia は空気よりも軽い物質であり、図 5- 44、図 5- 48 の各条件の物質濃度相当値の空間分布結果と空気の流れを比較すると、物質濃度相当値が高いところから排気口付近に到達する流線がみられており、発生も促すが、発生した物質

を排気していることで空間の物質濃度相当値が低くなったと考えられる。一方、条件 1-A は減少量のわりに空間の物質濃度相当値が高くなっている。図 5-43 の条件 1-A の物質濃度相当値の空間分布結果と空気の流れを比較すると、発生装置付近を通過する気流は排気口には到達しておらず、物質濃度相当値が高くなった天井付近にも流線が多くみられていない。このことから、発生装置から物質の発生は促すが、におい物質が空間内に残留し、減少量に対して空間内の物質濃度相当値が高くなったと考える。

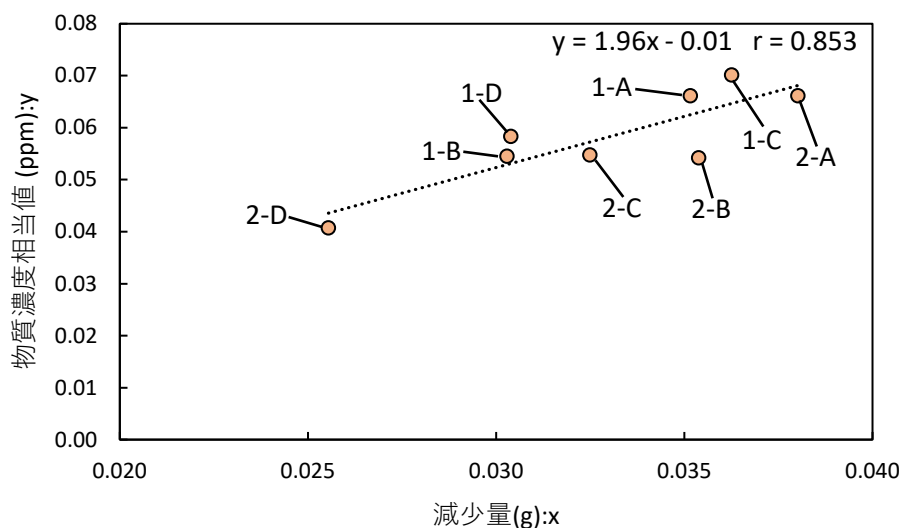


図 5-52 D-Limonene の減少量と物質濃度相当値の平均値の関係（5 時間）

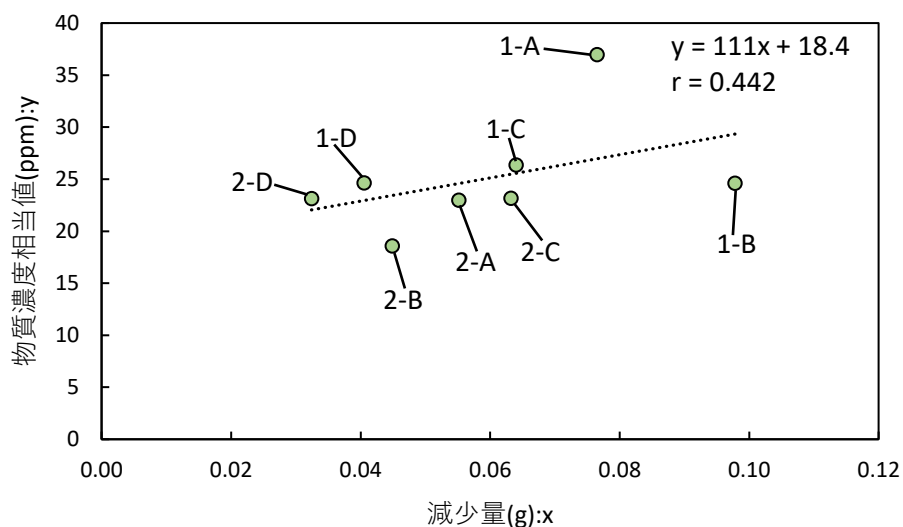


図 5-53 Ammonia の減少量と物質濃度相当値の平均値の関係（5 時間）

#### 5-4. 芳香剤の設置方法および活用方法の提案

室内で芳香剤を使用する目的は、図 5-54 のように分類できる。大きく分けると、悪臭対策とかおりの活用であるが、悪臭対策も 2 つに分類できると考えられる。1 つは、空間内の給排気口により悪臭を排気し、悪臭が漂っていた空間の雰囲気を変えるためのかおりの使用であり、もう 1 つは、マスキングや変調などを利用した感覚的消臭で、悪臭が漂っている場所とかおりを適用する方法である。また、かおりの活用においても 2 つに分類でき、かおりをを用いて空間をデザインするには、空間全体にかおりを充満させるかおりの活用と部分的なかおりの活用である。部分的な活用については、空間の用途や状況の変化により、空間内のある場所にかおりを適用する場合や、ある場面での一定の時間のみでかおりを適用する場合は考えられる。ある場所にかおりを適用する場合には、空間全体にかおりが拡がらず、空間の一部にかおりが拡がる形が適当である。また、場面ごとに短時間でかおりを活用する場合には、空間全体にかおりが拡がる速度が速く、長時間かおりが空間に滞留することは望ましくなく、短時間でかおりが排気される形を適当である。

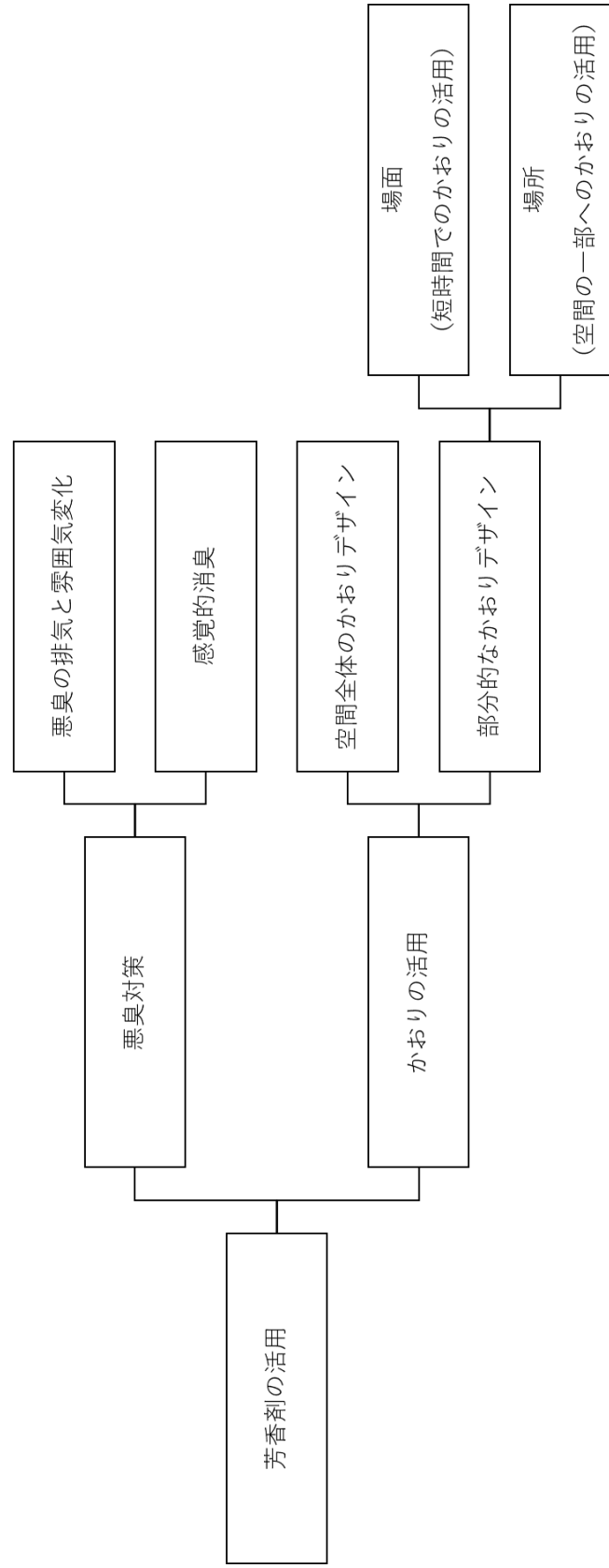


図 5-54 置き型方式芳香剤の活用目的の分類

この分類をもとに、各給排気位置条件の特徴を検討すると、次のようになる。

#### ①悪臭対策(悪臭の排気と雰囲気変化)

図 5-33 の各条件の Ammonia の空間の平均物質濃度相当値の経時変化より、空間内の平均物質濃度相当値が最も低かったのは条件 2-B である。また、条件 2-B は図 5-53 の発生装置の減少量で同程度であった条件 1-D よりも空間内の平均物質濃度が低く、発生量に対して排気されやすい条件である。D-Limonene は中央の高さから床付近から物質が拡がっていく様子がみられているが、図 5-28 より条件 2-B の D-Limonene の物質濃度相当値の空間分布では空間内全体に D-Limonene が拡がっており、天井付近にも物質が拡がっていく様子が見られている。以上より、悪臭を排気させ、芳香剤のかおりで空間内の雰囲気を変化させるように使用するには、空間にある悪臭である Ammonia を空間から排気しやすい給排気条件が望ましいため、条件 2-B の給気口を床付近、排気口を天井付近で上から見て対角の給排気位置では、このように悪臭対策が最適であると考えられる。

#### ②悪臭対策(感覚的消臭)

図 5-43 から図 5-50 より、悪臭である Ammonia はどの給排気条件でも天井付近の物質濃度相当値が高くなる。そのため、D-Limonene でも天井付近の物質濃度が高くなる条件が望ましいため、条件 2-A の給気口を天井付近、排気口を天井付近で上から見て平行の給排気位置が感覚的消臭により悪臭対策を行う場合は最適な給排気条件である。悪臭とかおりを混合させることにより、マスキングや変調といった感覚的消臭により悪臭を対策する場合、悪臭とかおりを同じ場所に拡げる必要がある。

#### ③空間全体のかおりデザイン

図 5-29 より、条件 2-C の給気口を床付近、排気口も床付近で上から見て平行の給排気位置の物質濃度相当値の空間分布を見てみると、におい物質発生装置開封 5 時間で、0.05~0.06ppm 程度（閾希釈倍数 1.3~1.6）で標準偏差も小さく、空間全体に拡がっている。以上より、空間全体にかおりを活用したい場合は、条件 2-C の給気口を床付近、排気口も床付近で上から見て平行の給排気位置が最適な条件である。

#### ④場面によるかおりの活用(短時間の適用)

図 5- 15 の代表 9 点の D-Limonene の物質濃度相当値の変動結果より、室内に物質が充満する速度が速かったのは条件 1-B であった。また、条件 1-B では D-Limonene の減少量が同程度であった条件よりも各条件の空間内の平均物質濃度相当値の経時変化では低くなり、発生量に対して排気がされやすい条件である。以上より、場面ごとに短時間でかおりを活用する場合には条件 1-B の給気口を天井付近、排気口も天井付近で上から見て対角の給排気位置が最適である。

#### ⑤空間の一部へのかおりの活用

条件 1-C の給気口を天井付近、排気口は床付近で上から見ると給排気が対角の条件では、空間の中央の高さで給気口が設置されている面付近の物質濃度相当値が高くなっている。そのため、空間の中央の高さで給気口が設置されている側でかおりを楽しむことが出来る。空間の一部でかおりを活用したい場合は、条件 1-C の給気口を天井付近、排気口を床付近で上から見て平行の給排気位置が最適である。

### 5-5.まとめ

本章では、空間の給気、排気の位置を変化させ、空間内への芳香剤のかおりの代表成分である D-Limonene と、悪臭の代表成分である Ammonia の空間への拡がり方を明らかにし、芳香剤の主な使用目的である「悪臭除去のため」に使用する場合と、「かおりを楽しむため」に使用する場合の給排気位置条件を検討した。

- (1) D-Limonene は床付近からにおい物質濃度が高くなり、Ammonia は天井付近からにおい物質濃度が高くなり、物質によりにおいの拡がり方が異なることがわかった。
- (2) 給排気位置条件別の Ammonia と D-Limonene の拡がりとおい物質濃度分布を測定し、悪臭対策とかおり活用の視点から、各条件の特徴を考察した。

### 参考文献

- 1) 国際簡潔評価文書 Concise International Chemical Assessment Document No.5

Limonene ,1998

- 2) 厚生労働省, “安全データシート d-リモネン”, 職場のあんぜんサイト, 2009年3月30日, [https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen\\_pg/GHS\\_MSD\\_DET.aspx](https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/GHS_MSD_DET.aspx), (参照 2021年12月19日)
- 3) 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, 日環セ所報, Vol.17, pp. 77-89, 1990
- 4) 厚生労働省, “安全データシート アンモニア”, 職場のあんぜんサイト, 2009年3月30日, [https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen\\_pg/GHS\\_MSD\\_DET.aspx](https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/GHS_MSD_DET.aspx), (参照 2021年12月19日)
- 5) 松下祐也: 生活空間におけるにおいの拡散モデルの構築, 2018年度大同大学工学部機械工学科卒業論文, 2019.3.
- 6) 木村太郎: 数値流体力学を用いた 1m<sup>3</sup> チャンバー内における物質拡散のシミュレーション, 2019年度大同大学工学部機械工学科卒業論文, 2020.3.
- 7) 木村太郎, 坪井涼, 近藤早紀, 光田恵: 数値流体力学を用いた 1m<sup>3</sup> チャンバー内における物質拡散のシミュレーション, 2019年度 におい研究交流会研究論文集, pp.10, 2020.3.
- 8) フィガロ技研株式会社, “製品情報 TGS2602 – 空気の汚れ、ニオイ検知用ガスセンサ”, 2021,  
[https://www.figaro.co.jp/product/docs/tgs2602\\_product%20information%28jp%29\\_rev05.pdf](https://www.figaro.co.jp/product/docs/tgs2602_product%20information%28jp%29_rev05.pdf), (参照 2021.09.23)

## 6.結論

本研究では、住居内のおいについて居住者の意識を把握し、住居内での芳香剤の使用実態を把握し、住居内で利用されている芳香剤のおいに対しての評価・測定法を検討したのち、空間や室内へ芳香剤のおいの拡がりに関するデータを収集し、芳香剤のおいの適切な活用方法について検討を行った。各章で得られた知見をまとめて結論とする。

第1章では、本研究の背景と目的を示すとともに、生活環境中のおいに関する既往研究、芳香剤に関する既往研究、評価・測定に関する既往研究および既往の研究による方法をまとめ、本研究の位置づけを明確した。また、本論文の構成についても述べた。

第2章では、生活環境におけるおいの問題点について対策を検討するために、生活環境中の不快なおいの種類と特徴を明らかにするための調査、住居内で使用している芳香剤の実態調査を把握するための調査を行った。得られた知見は、次のとおりである。

- (1) 住居内で不快なおいを感じている空間は、「トイレ」「キッチン」「玄関」の順に多く、1990年調査と比較すると、1990年では不快と回答する人の割合が最も高かったキッチンでは52.0%でどの空間も10~50%程度であったが、2020年では最も高かったトイレでは22.4%でどの空間も5~20%程度と割合が低くなった。不快なおいの対策としてあげられた芳香剤等については、「トイレ」「玄関」「自室・寝室」「リビング」での使用が多かった。また、どの空間でも芳香剤等によるおい対策が行われていることが把握された。
- (2) どの空間でも最も多く利用されているのは「置き型・拡散方式」であり、どの空間でも使用され、使用されている割合が高かった香調は「フローラル」「シトラス」であった。トイレは「悪臭除去のため」、玄関で、「かおりを楽しむため」「悪臭除去のため」、居住空間は「かおりを楽しむため」、「雰囲気づくりのため」に使用しており、各空間によって使用目的が異なった。

第3章では、芳香剤のおいの測定方法を検討するため、アンケート調査とおい質評価実験から、おいの質の官能評価に用いる表現語を検討した。また、



半導体ガスセンサを用いて芳香剤のにおい分布の測定方法についても検討した。得られた知見は、次のとおりである。

- (1) 表現語を選定する際には、評価への使用しやすさの観点から「理解しにくい割合」と「使用頻度」を、再現性の観点から「評点の標準偏差」を、評価者への負荷低減の観点から「相関係数」を考慮する必要があることが示唆された。
- (2) 本実験で使用した芳香剤については、アンモニアに高感度の半導体ガスセンサが人間の嗅覚との対応が認められた。また、ガスセンサ抵抗値比と臭気濃度の関係式や補正式を用いることで、臭気指数に置き換え、においの分布を測定できる可能性を見出した。この方法により、半導体ガスセンサを使用して嗅覚に基づくにおいの分布を測定する可能性が見出された。

第4章では、芳香液の噴霧方式が異なる3種の芳香剤を用いて、室内へ拡がったにおいの濃さと質およびにおい分布を測定し、それぞれの特徴を明らかにした。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 芳香剤設置5時間後の芳香液の減少量は、置き型方式が0.3g、ファン方式が4.1g、空気圧縮方式が3.0gであった。臭気指数測定の結果、ファン方式、空気圧縮方式は、芳香液の減少量が少ない置き型方式に比べ、芳香剤設置後の全時間帯で臭気指数が高かった。
- (2) 置き型方式では5時間後でも芳香剤の香調が認知できていないパネルが1人いたが、ファン方式では1時間後に、空気圧縮方式では0.5時間後に、全員が芳香剤の香調を認知した。方式により、芳香剤の香調を認知する時間に差がみられた。
- (3) におい分布の測定の結果、置き型方式は、空気の流れに乗ってにおいが室内へ徐々に拡がるため、5時間後でもにおいの拡がりは限定的であった。ファン方式では、芳香剤に取り付けられたファンによる床と平行の気流に乗って芳香剤を設置した床上450mmの高さで、においが排気口の周辺に拡がり、その後、換気設備により排気されるように徐々に上方向へ拡がった。空気圧縮方式では、上向きにミスト状で芳香液が噴霧されるため、天井付近

から下方向へ拡がり、床面付近にもにおいの拡がりが見られた。

- (4) におい成分分析の結果、3方式に共通で「Limonene」「 $\beta$ -Pinene」「Linalool」「leaf alcohol」の4成分が検出され、それに加え、ファン方式と空気圧縮方式では共通の3成分が検出された。全成分で、置き型方式のピーク面積が小さく、ファン方式では、「Limonene」「Linalool」「 $\gamma$ -Terpinene」「Octanal」「Leaf alcohol」の、空気圧縮方式では、「 $\beta$ -Pinene」「para-Cymene」「Phenethyl alcohol」のピーク面積が特に大きいことから、方式によって室内の各におい成分の濃度が異なることが明らかとなった。
- (5) においの質評価とにおい成分分析との関係を見ると、置き型方式では、他の2方式に比べ、検出された成分が少なく、ピーク面積が小さく、芳香剤設置3時間後でも芳香剤のにおい質を認知できないパネルが半数いた。ファン方式、空気圧縮方式でも、におい成分分析の結果と対応がみられ、ファン方式では、主としてシトラス調、空気圧縮方式では、シトラス調だけでなく、フローラル調も感じられることが把握された。各方式により、室内のにおい成分の種類と濃度が異なることで、室内のにおいの質に影響がみられた。

第5章では空間の給排気的位置を変化させ、空間内への芳香剤のかおりの代表成分である D-Limonene と、悪臭の代表成分である Ammonia の空間への拡がり方を明らかにし、芳香剤の主な使用目的である「悪臭除去のため」に使用する場合と、「かおりを楽しむため」に使用する場合の給排気位置条件を検討した。

- (1) D-Limonene は床付近からにおい物質濃度が高くなり、Ammonia は天井付近からにおい物質濃度が高くなり、物質によりにおいの拡がり方が異なることがわかった。
- (2) 給排気位置条件別の Ammonia と D-Limonene の拡がり物質濃度分布を測定し、悪臭対策とかおり活用の視点から、各条件の特徴を考察した。

以上から、置き型方式芳香剤を住居内の LDK で使用する場合、芳香液を強制的に噴霧しない置き型方式芳香剤はにおいの拡がり方が限定的であるため、悪臭除去の目的で使用する場合は悪臭の発生源付近や、人が活発に活動する範囲に設置することが最適である。さらに、悪臭を効率よく排気し、空間内の雰囲気

を芳香剤のかおりで変化させたい場合、給気口を床付近、排気を天井付近の給排気的位置で上から見て対角の条件が最適である。感覚的消臭により悪臭対策したい場合には給気口を天井付近、排気口を床付近で上から見て平行の給排気位置が適している。また、においの強さについては、今回検討した噴霧方式の中では弱かったが、芳香剤設置 5 時間後では芳香剤の香調であるフローラルおよびシトラスのにおいの質を認知できており、かおりを楽しむために使用することも可能であると考えられる。かおり活用が目的で使用する場合、空間全体にかおりを充満させたい場合は給排気口を床付近で上から見て平行の給排気位置の条件が最適である。空間の使用用途や状況により短時間でかおりを活用したい場合は、給排気口を天井付近で上から見て対角の給排気位置、空間内の一部の場所で活用したい場合は、給気口を天井付近、排気口を床付近で上から見て平行の給排気位置が適している。

また、ファンや空気圧縮方式のように積極的に芳香液を噴霧している方式では、15 畳大の実験室全体に芳香剤の香調が認識できるほど香り、持続性もあることが把握されたため、住居内の 6 畳程度の個室での使用はにおいが強くなりすぎる懸念がある。このような方式の芳香剤は、住居内では 15 畳以上の LDK のような空間での使用に限定されるため、オフィスや会議室、公共の化粧室などの方が、適度な強さで香ることが推察され、利用しやすいと考えられる。一方、複数の人が使用する空間での利用は、嗅力とにおい質の好みの個人差を考慮した使用方法の検討が必要となる。

今後は、芳香剤を活用する空間の特徴と利用する人の属性等を考慮し、よりよいかおりデザイン空間を追求していきたい。

## 本論文に関連する発表論文

### 原著論文

論文題目および発表者	発表機関および年月	関連章
におい評価における表現語の検討 近藤早紀, 光田恵, 棚村壽三, 岩井幸一郎, 榊原清美	におい・かおり環境学会誌, vol.50, No.2, pp.150-153, 2019年3月	第3章
Measurement of indoor aromatic citrus odor using semiconductor gas sensors Saki KONDO , Megumi MITSUDA , Toshimi TANAMURA	Journal of the Human- Environment System, Vol. 24, No.1 (掲載予定)	第3章
方式が異なる芳香剤のにおいの 室内拡散挙動に関する研究 近藤早紀, 光田恵, 棚村壽三	日本建築学会環境系論文集, Vol.87, No.794, 2022年4月 (掲載予定)	第4章

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、長期間に渡り研究の遂行および本論文の作成において終始一貫して熱心にご指導ならびにご鞭撻を賜りました、大同大学工学部 建築学科 かおりデザイン専攻 光田恵 教授 に深く感謝申し上げます。また、大同大学 工学部 建築学科 かおりデザイン専 棚村壽三 准教授には、有益なご助言とご指導を賜りました。厚く御礼申し上げます。さらに、本論文作成に当たり適切なご助言をいただきました、大同大学大学院 工学研究科 材料・環境工学専攻 渡邊慎一 教授、鷺見哲也 教授、颯田尚哉 教授、坪井涼 准教授、大阪大学 大学院工学研究科教授 山中俊夫先生に深く感謝いたします。

東京学芸大学 教育学部 萬羽郁子准教授には、研究を進めるにあたって住居の調査およびデータ解析において常に貴重なご助言とご示唆を頂きました。深く感謝いたします。株式会社豊田中央研究所 榎原清美 氏、岩井幸一郎 氏、フィガロ技研株式会社 園田茂代 氏には、研究を遂行するにあたり、多大なご協力を賜りました。心より感謝申し上げます。

大同大学 工学部 建築学科 かおりデザイン専攻 特任教員 山口一 先生、大同大学 工学部 建築学科 かおりデザイン専攻 非常勤講師 岩橋尊嗣 先生には、実験を進めるにあたってご助言とあたたかい励ましをいただきました。厚く御礼申し上げます。当時、大同大学 工学部 建築学科 かおりデザイン専攻 非常勤講師 西中川保 先生には、化学分析においてご指導賜りました。感謝の意を表します。また、常に温かい励ましと多大なる協力を賜りました、大同大学 工学部 建築学科 かおりデザイン専攻 非常勤講師 岸上奈美江 先生、大同大学 技術員 荒川保 氏 には心より感謝申し上げます。

本研究に関わる調査、実験に協力して頂きました、当時 大同大学 情報学部 総合情報学科 かおりデザイン専攻 学生 黒木奏樹 氏、竹下隼矢 氏、石川加奈 氏、伊藤稜二 氏、ならびにかおりデザイン専攻関係者の皆様に感謝致します。

共に学んだ大同大学 光田研究室の在学生、卒業生の方々には、常に暖かい励ましの言葉を頂きました。深く感謝致します。

最後に、本研究の趣旨を理解し、快く協力していただきました嗅覚パネルの皆

様、ならびアンケートにご協力くださいました皆様のお蔭で、多くのデータを収集することができました。ここに改めて感謝申し上げます。