

Title	不快なにおいと空間の快適さを向上させる消臭素材の探求
Sub Title	Exploration of deodorizing materials for removing unpleasant odors in a spatial context
Author	テイ, 凌琳(Cheng, Ling-Lin) Waldman, Matthew
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2024
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2024年度メディアデザイン学 第1157号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002024-1157

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2024 年度

不快なにおいと空間の快適さを向上させる
消臭素材の探求



慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

Ling-Lin Cheng

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士(メディアデザイン学)授与の要件として提出した修士論文である。

Ling-Lin Cheng

研究指導委員会：

Matthew Waldman 教授 (主指導教員)

陳 敦雅 准教授 (副指導教員)

論文審査委員会：

Matthew Waldman 教授 (主査)

陳 敦雅 准教授 (副査)

岸 博幸 教授 (副査)

修士論文 2024 年度

不快なにおいと空間の快適さを向上させる 消臭素材の探求

カテゴリ：デザイン

論文要旨

本研究は、不快なにおいによる空間の快適さを向上させることを目的に、天然素材を活用した消臭空間の設計に取り組んだ。特に、生ゴミ臭や汗臭などアンモニア成分を含む不快なにおいに着目し、それらの消臭効果を自然由来の素材を用いて多角的に検証した。アンケート調査および消臭空間の実験を通じて、においに対する強度と快・不快度の変化を測定し、消臭素材の効果を評価した。また、従来の消臭研究が製品レベルでの応用に主眼を置いていたのに対し、本研究では空間全体における消臭素材の応用可能性に焦点を当てた。これにより、効果的な消臭空間の設計が可能となり、快適で健康的な生活空間の実現に寄与することが期待される。

キーワード：

アンモニア, におい, 不快度, 消臭, 天然素材

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

Ling-Lin Cheng

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2024

Exploration of Deodorizing Materials for Removing Unpleasant Odors in a Spatial Context

Category: Design

Summary

This research aimed to improve spatial comfort by addressing unpleasant odors through the design of deodorized spaces utilizing natural materials. Focusing on unpleasant odors containing ammonia, such as those from garbage and sweat, the research conducted a multifaceted evaluation of their deodorizing effects using natural materials. Changes in odor intensity and odor hedonic perception were measured through surveys and experiment, assessing the efficacy of the deodorizing materials. Unlike conventional deodorization studies, which primarily focus on product-level applications, this research emphasized the applicability of deodorizing materials in entire spaces. This research is expected to enable the creation of effective deodorized spaces, contributing to the realization of comfortable and healthy living environments.

Keywords:

ammonia, odor, unpleasantness, deodorization, natural materials

Keio University Graduate School of Media Design

Ling-Lin Cheng

目次

第1章 序論	1
1.1. はじめに	1
1.2. 空間における不快なにおい	2
1.2.1 嗅覚のメカニズムと特性	2
1.2.2 不快なにおいの影響	3
1.3. 天然消臭素材の利用と課題	3
1.4. 本研究の目的	5
1.5. 本研究の構成	5
第2章 関連研究	6
2.1. アンモニア成分を含む不快なにおいの特性	6
2.2. 空間の消臭	7
2.2.1 消臭のメカニズムとその応用	7
2.2.2 消臭剤による健康リスクと環境負荷	11
2.2.3 市場における天然消臭素材の利用	13
2.3. 本研究の位置付け	18
第3章 デザイン	19
3.1. コンセプト	19
3.2. デザインプロセス	19
3.2.1 嗅覚に関するアンケート調査	19
3.2.2 素材を選ぶ	21
3.2.3 素材の消臭メカニズムと期待効果	22
3.2.4 素材に関連する健康リスクの検討	25

3.2.5	素材の加工	29
3.2.6	プロトタイプ2の制作	30
第4章	検証	49
4.1.	消臭効果の検証	49
4.2.	プロトタイプ2の実験	52
4.2.1	官能試験法	52
4.2.2	においセンサー MQ-135	58
4.3.	プロトタイプ3の実験	62
4.3.1	官能試験法	62
4.3.2	においセンサー MQ-135	67
4.4.	考察	69
4.4.1	実験結果に基づく最終設計	77
4.4.2	ココヤシファイバーの実用化に向けた課題	79
第5章	結論	81
5.1.	まとめ	81
5.2.	今後の展望	83
	謝辞	85
	参考文献	86
	付録	96
A.	プロトタイプ2実験のアンケート	96
B.	プロトタイプ3実験のアンケート	100

目 次

2.1	「エポリオン」の消臭メカニズム	8
2.2	物理的消臭のメカニズム	8
2.3	resQ デオマスターのマスキング消臭	9
2.4	ペアリング消臭のメカニズム	10
2.5	「その香り困っている人もいます」ポスター	12
2.6	化粧品用消臭剤「パンシル」	15
2.7	車用消臭スプレー「きえ〜る」	16
2.8	消臭スプレー「blocKIN HYPER」	17
3.1	心地よいにおい	20
3.2	不快なにおい	20
3.3	アイデア出しの過程	21
3.4	セピオライトの繊維構造図	23
3.5	α , β , γ -シクロデキストリンの構造式と立体モデル	24
3.6	シクロデキストリンの包接作用	25
3.7	ココヤシのハスク	26
3.8	セピオライト粉砕前	29
3.9	セピオライト粉砕後	29
3.10	カット済みココヤシファイバー	29
3.11	プロトタイプ1	30
3.12	PLA フィラメントプロトタイプ	30
3.13	アルミホイルプロトタイプ	31
3.14	川砂プロトタイプ	31

3.15	たわしプロトタイプ	32
3.16	SHIBUYA QWS の展示ブース	33
3.17	来場者への研究説明	33
3.18	石膏	34
3.19	石膏プロトタイプ	34
3.20	準備した材料一式	35
3.21	材料と分量	35
3.22	石膏を型に分散して注ぐ様子	35
3.23	素材を入れる様子	36
3.24	石膏と素材を混合する様子	36
3.25	シリコン型に混合物を注ぐ様子	37
3.26	型を固定する様子	37
3.27	乾燥中の型の様子	38
3.28	完成したプロトタイプ	38
3.29	ココヤシファイバープロトタイプ	39
3.30	たわしプロトタイプ	39
3.31	アルミ粉プロトタイプ	40
3.32	セピオライトプロトタイプ	40
3.33	珪藻土プロトタイプ	41
3.34	α -CD	42
3.35	白色粉末状の α -CD	42
3.36	α -CD 飽和水溶液	43
3.37	素材混合の攪拌プロセス	43
3.38	「素材+ α -CD」プロトタイプの作成	44
3.39	ココヤシファイバー素材とその+ α -CD プロトタイプ	45
3.40	たわし素材とその+ α -CD プロトタイプ	45
3.41	セピオライト素材とその+ α -CD プロトタイプ	46
3.42	珪藻土素材とその+ α -CD プロトタイプ	46
3.43	素材一覧	47

3.44	素材とプロトタイプの展示	47
3.45	KMD Forum の展示ブース	48
3.46	KMD Forum の展示ポスター	48
4.1	においの強度、快・不快度評価アンケート	50
4.2	納豆パッケージ外観	52
4.3	納豆	52
4.4	アクリル板	53
4.5	実験環境の設置	54
4.6	嗅覚測定の様子	54
4.7	各素材における被験者別におい強度評価	55
4.8	各素材のにおい強度平均値と改善度の比較	56
4.9	各素材における被験者別におい快・不快度評価	57
4.10	各素材のにおい快・不快度平均値と改善度の比較	57
4.11	MQ-135	58
4.12	実験環境の設置	59
4.13	MQ-135 測定の様子	60
4.14	MQ-135 によるにおい強度の測定データ (ppm 単位)	60
4.15	各素材の ppm 平均値と改善度の比較	61
4.16	実験環境の設置	63
4.17	嗅覚測定の様子	63
4.18	各素材における被験者別におい強度評価	64
4.19	各素材のにおい強度平均値と改善度の比較	65
4.20	各素材における被験者別におい快・不快度評価	66
4.21	各素材のにおい快・不快度平均値と改善度の比較	66
4.22	実験環境の設置	68
4.23	各素材の ppm 平均値と改善度の比較	69
4.24	下駄箱のイメージ (AI 生成)	76
4.25	壁のイメージ (AI 生成の植物付き)	76
4.26	階段のイメージ (AI 生成の足付き)	76

4.27	部屋のイメージ（AI生成の人物と壁画付き）	76
4.28	ココヤシファイバー製ゴミ箱（本体）	77
4.29	ココヤシファイバー製ゴミ箱（フタ付き）	77
4.30	生ゴミを入れた状態	78
4.31	生ゴミを入れ、フタを閉じる様子	78

表 目 次

3.1	消臭素材の特徴	22
4.1	官能試験法の表示方法	50
4.2	素材の評価に基づく考察	70

第 1 章

序

論

1.1. はじめに

「におい」を感じる物質はおよそ 40 万種類存在するとされており、日常生活のあらゆる場面でその成分が検出される。においの「良い」「悪い」を判断することは非常に難しく、個人の嗜好や状況、場所などの影響を受けるため、その程度を数値化して示す方法は多岐にわたり考案されてきた。現在、日本では 9 段階快・不快度表示法 [1] が広く用いられており、においに対する評価の基準として機能している。一方で、不快なにおいによる問題も社会的な課題として認識されている。1971 年には、悪臭の防止に対する世論の高まりを背景に「悪臭防止法」 [2] が制定され、特定悪臭物質の濃度による規制が導入された。この法律における「特定悪臭物質」とは、アンモニアやメチルメルカプタンなどの不快なにおいの原因となり、生活環境を損なうおそれのある物質を指す。

本研究では、不快なにおい、特にアンモニア成分を含むにおいに注目し、それらを軽減するための消臭空間の設計と新しい消臭素材の可能性を探求する。アンケート調査の結果、不快と感じられるにおいの中で、アンモニア成分を含むにおいが多くを占めることが明らかになった。具体的には、生ゴミ臭、体臭、タバコ臭などが挙げられる。自然由来の素材を活用した消臭方法は、化学的消臭剤に比べて環境負荷が低く、持続可能性の観点からも注目されている。従来の消臭研究は、製品レベルでの応用に主眼を置いていたのに対し、本研究では空間全体における消臭素材の応用可能性に焦点を当て、多角的な視点から評価を行うことを目的とする。本研究を通じて、不快なにおいに対する消臭素材の効果を明らかにし、それを活用した空間デザインが生活環境の改善に寄与することを期待している。

1.2. 空間における不快なにおい

1.2.1 嗅覚のメカニズムと特性

人間の嗅覚は、周囲の環境を認識する重要な感覚の一つであり、その仕組みは複雑かつ高度に特化している。におい物質が鼻腔を通過し、嗅上皮に到達すると、嗅上皮に存在する嗅繊毛を持つ嗅細胞がこれを検知する。嗅細胞は、におい分子との結合を通じて情報を電気信号に変換し、これを嗅球へ伝達する。嗅球で情報が整理された後、嗅皮質や大脳辺縁系へ送られ、においの強度や快・不快感が総合的に判断される。この一連のプロセスにより、においは感情や行動、さらには身体的な反応に至るまで多岐にわたる影響を及ぼす [3]。特に、不快なにおいはこのプロセスを通じて交感神経系を刺激し [4]、心理的および身体的なストレスを引き起こすことが知られている。気分や幸福感の低下、頭痛や疲労感といった身体的症状を誘発する場合がある [5]。これらの影響は、毒性や刺激性が低いと考えられるにおいであっても生じることがあり、日常的に存在する体臭や食品由来の臭い、香水なども、特定の人にとっては深刻なストレス源となり得る [6]。このように、嗅覚の特性とその影響を理解することは、不快なにおいによる問題への対応策を考える上で不可欠である。

なお、不快なにおいを簡単に消臭できない理由の一つに、においに関する感覚量が物質濃度に直線的に比例しないという特性が挙げられる。におい物質の濃度と人間の感覚量には、ウェーバー・フェヒナーの法則 [7] が適用される場合があり、この法則では感覚量が物質濃度の対数に比例するとされる。つまり、におい物質の濃度を 90 % 除去しても、人間の感覚では半分程度にしか減少したように感じられないということである。一方で、ウェーバー・フェヒナーの法則が適用されない場合には、スティーブンスのべき法則 [8] が用いられる。この法則では感覚量が刺激強度のべき乗に比例するとされ、より複雑な感覚反応を説明するモデルとして利用されている。

1.2.2 不快なにおいの影響

日本では、1990年代後半に省エネルギー化を目的とした換気量の削減が進められた結果、新築や改築工事に使用された建材や接着剤から放散されるホルムアルデヒドや揮発性有機化合物（VOC）の濃度が高まり、いわゆる「シックハウス症候群」が社会問題化した [9]。この事例は、不快なにおいが人体や生活空間に与える深刻な影響を浮き彫りにし、その重要性が広く認識される契機となった。また、こうした不快なにおいが生活空間に及ぼす影響は、住宅環境だけでなく、職場や公共空間にも広く存在する課題である。たとえば、病院内のにおいに関する看護職員への意識調査では、病室や病棟、汚物室、トイレなどでのにおいが気になると回答した割合が高いことが明らかとなっている。この結果は、においが職員の快適さや業務効率に悪影響を及ぼすことを示している [10]。一方で、においには快適さや健康にポジティブな影響を与える側面もある。良い香りは精神的なストレスを緩和し、脳波や心拍変動を調整する効果が確認されている。特にグレープフルーツの香りは、不快な状況下で心理的および生理的なストレスを軽減する効果があると示唆されている [11]。しかしながら、香りが必ずしもポジティブな影響を与えるとは限らず、柔軟剤や合成洗剤、消臭抗菌成分を含む製品が引き起こす健康被害、いわゆる「香害」 [12] も問題視されている。このように、においの影響は単なる「良い」「悪い」の二分法では語れない複雑な側面を持つ。

本研究が注目するアンモニア成分は、揮発性が高く、鼻や喉に強い刺激を与える特性を持ち [13]、不快なにおいの中でも特に重要な課題とされる。汗臭、生ゴミ、尿臭など、アンモニアを含むにおいは空間全体の快適さを著しく損なう要因であり、これらに対する効果的な消臭対策の必要性が強く示唆されている。

1.3. 天然消臭素材の利用と課題

消臭剤は、不快なにおいを除去し快適な環境を維持するため、日常生活で広く使用されている。近年では、環境への配慮や健康面の観点から、天然素材を用いた消臭剤が注目されている。これらの製品は、天然由来の成分を活用し、環境負荷や人体への影響を最小限に抑えることを目的としている。

国際標準化機構（ISO）は2016年、「ISO 16128」と呼ばれる化粧品における天然・オーガニック成分の国際標準規格を制定した [14]。この規格では、「天然」の定義を植物、動物、微生物、鉱物由来の成分で、物理的プロセス（粉砕、乾燥、蒸留など）、発酵反応、伝統的な調製手法（溶剤抽出など）によって得られるものとした。ただし、化石燃料由来の成分は除外される。本研究では、この定義に基づき、天然消臭素材を実験に使用する。

現在利用されている天然消臭素材には、以下のようなものがある。たとえば、フユアオイ由来の1,8-シネオールは、2-ノネナールやスカトールなどの悪臭ガスに対し、90%以上の消臭効果を示す [15]。また、花崗岩由来の鉱物は介護施設やペット、家畜飼育環境での活用が期待されている [16]。さらに、クロロフィルで染色した綿布は、アンモニア吸着効果が高く、アパレルや寝具、家庭用製品への応用が検討されている [17]。これらの天然素材は、家庭内や商業空間での消臭用途として有効と考えられる。一方で、市販の消臭剤の多くは化学合成素材を使用しており、スプレー、ゲル、ビーズなど多様な形態を持つ。これらの製品は特定の効果を発揮するが、製造や廃棄の過程で環境負荷が高く、健康に悪影響を及ぼす可能性があり、生分解性が低い点が課題とされている。事例としては、合成香料の一つである「リリアール」は、動物実験で生殖毒性が確認されたことから、EUにおいて2022年3月以降、化粧品への使用が禁止されている [18]。また、化学合成素材の香りは人工的で強いにおいがするため、長時間の使用で不快感を引き起こすことがある。これに対して、天然素材由来の消臭剤は穏やかな香りが特徴で、リラックス効果や癒し効果が期待される。

しかしながら、天然消臭素材にもいくつかの課題が存在する。まず、消臭効果の持続性が挙げられる。化学的消臭剤と比較して、天然素材は効果の持続性が低く、頻繁な交換や補充が必要となる場合が多い。たとえば、活性炭は温度によって吸着能力が変化し、飽和状態に達すると加熱による再生が可能である。しかし、この再生には高温の水蒸気を用いた専用装置が必要であり、脱着および回収、さらに冷却乾燥を経る工程には高いコストとメンテナンスの負担が伴う [19]。また、活性炭の吸着能力には限界があり、定期的な交換が必要である。さらに、天然素材の消臭効果は、湿度や温度などの環境条件に大きく依存することが課題として

挙げられる。特に、利用場所や季節に応じて効果が不安定になることがあり、長期的かつ安定した消臭効果を実現するには工夫が求められる。一例としては、泡菜の脱臭実験 [20] では、重曹、木炭、コーヒー、緑茶を使用して消臭能力が検証された。その結果、緑茶やコーヒーは加熱されると消臭効果が低下することが確認されており、素材の選択と利用方法が消臭効果の維持において重要であることが示唆された。

1.4. 本研究の目的

本研究は、空間における不快なにおい、特にアンモニア成分を含むにおい（例：生ゴミ臭、汗臭、尿臭）に着目し、自然素材を活用した消臭効果の探求を目的とする。これにより、空間全体の快適さ向上と持続可能な環境デザインの両立を目指す。具体的には、以下の2つの研究課題に取り組む：

- 空間内でアンモニア成分を含む不快なにおいを軽減するために、どのような天然素材が適切であるか？
- 空間の素材を変えることで、空間利用者の快適さはどのように改善されるか？

これらの問いに答えるために、アンモニア成分を含む不快なにおいに対応した複数の天然素材を使用し、その割合を調整したプロトタイプを作成する。それらを用いて官能試験法とにおいセンサーによる評価を実施し、効果的な消臭素材の選定を明らかにする。

1.5. 本研究の構成

本論文は全5章で構成される。第2章では、天然消臭素材に関連する先行研究や製品について述べる。第3章では、デザインコンセプトを詳しく説明し、消臭素材を用いた空間作りの製作過程述べる。第4章では、素材の評価を行い、試作品の消臭効果を検証する。第5章では、まとめおよび今後の展望について述べる。

第 2 章

関 連 研 究

2.1. アンモニア成分を含む不快なにおいの特性

アンモニアは、土壌細菌や動植物からの排出物に由来する環境中の重要な化学物質である [21]。揮発性が高く、常温常圧で無色透明の気体として存在し、臭気や毒性を持つ。そのため、室内外を問わず、多くの環境で問題視されており、特に居住空間や公共施設における影響が注目されている。

アンモニアの化学的特性として、分子量 17.03、融点-77.73 ° C、沸点-33.34 ° C であり、1ppm を超える濃度では目、鼻、喉への炎症を引き起こし、25ppm 以上では頭痛や吐き気、皮膚への灼熱感をもたらす可能性がある。さらに、高濃度では永久的な健康被害が生じるリスクがある [22]。そのため、日本では悪臭防止法 [2] によって特定悪臭物質に指定され、規制地域内の工場や事業場では濃度や臭気指数が管理されている。また、労働安全衛生法に基づき、第 3 類特定化学物質として許容濃度が設定されており、作業環境基準は時間加重平均値（TWA）25ppm および短時間暴露限界値（STEL）35ppm とされている [23]。

室内環境におけるアンモニア問題は、特にトイレや台所、生ゴミ保管場所などで顕著である。たとえば、生ゴミからは窒素系有機化合物や硫黄系化合物とともにアンモニアが発生することが知られている [24]。また、コンクリート壁面に囲まれた住宅やビル内のオフィスでは、防凍剤に含まれる尿素化合物がアルカリ性条件下で分解し、アンモニアガスを発生させることで室内空気汚染の一因となることが指摘されている [25]。このようなアンモニアの発生は、室内空気汚染を引き起こすだけでなく、美術館の収蔵庫に保管された文化財の変色や、クリーンルームにおける半導体や液晶製造の障害となる場合がある [26]。さらに、駅トイレな

どの調査では、汚垂部や床、便器から発生するアンモニア濃度が5-36ppmに達し、強い臭気源となっていることが報告されている。特に、モルタル製の側溝では、尿が直接滴下する構造がアンモニア臭気の発生を助長している [27]。これらの問題に対応するため、床材の改善やアンモニア発生量の抑制に向けた研究が進められている [28]。

アンモニア成分を含む代表的な臭気として、トイレ臭、生ゴミ臭、汗臭、尿臭が挙げられる。また、発酵食品に由来する臭気もその一例であり、特に納豆では、10℃以上で保存すると納豆菌の活動が活発化し、発酵の進行に伴ってアンモニアの生成が増加する [29]。これらのにおいては、環境や生活空間の快適さに影響を及ぼし、不快感を引き起こすだけでなく、体調不良を誘発したり、物品の劣化や損傷を招く可能性があるため、効果的な対策が求められる。

2.2. 空間の消臭

2.2.1 消臭のメカニズムとその応用

消臭の原理には多様な種類が存在する。本項では、エステー株式会社 [30] による分類に基づき、消臭の仕組みを以下の5大カテゴリに整理した。それは「化学的消臭」、「物理的消臭」、「感覚的消臭」、「生物的消臭」、「レセプターブロック消臭」である。以下、それぞれの説明と具体例について簡潔に述べる。

(1) 化学的消臭

化学的消臭は、悪臭成分を化学反応によって無臭の成分へ変換する方法を指す。この化学反応には、酸性とアルカリ性の中和反応や、悪臭成分の化学的特性を利用した反応が含まれる。例として挙げられるのは、消臭剤「エポリオン」 [31] である。この製品は、臭気分子に直接作用し、化学反応を通じて悪臭ガスを除去する即効性と持続性の高い消臭効果を持つ。具体的には、動植物由来の天然成分であるベタイン様物質 ($R_3N-CH_2COO^-$) が化学反応を介して (図 2.1) 消臭を実現している。



(共立製薬株式会社の HP [31] より引用)

図 2.1 「エポリオン」の消臭メカニズム

(2) 物理的消臭

物理的消臭は、悪臭成分を取り込んで除去する方法である。代表例として「活性炭」が挙げられる。冷蔵庫の脱臭剤としても一般的に使用され、さまざまな悪臭成分を吸着し、再放出を防ぐ作用を持つ。吸着の仕組みとしては、固体表面に臭気成分の分子や原子が結合する「吸着」(図 2.2)と、表面から離れる「脱着」が挙げられる。活性炭が優れた吸着能力を持つ理由は、その「固体表面積」が極めて大きいことによる。一般的な装置形態としては、吸着剤を層状に充填し、通気によって臭気成分を除去する方式が用いられる。臭気成分は閾値が低く、除去効率の高い運用が求められるため、高度な管理が必要である [32]。



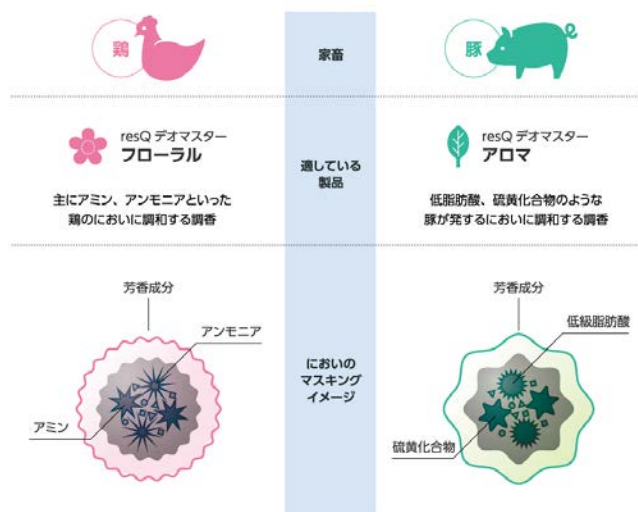
(エステー株式会社 HP [30] より引用)

図 2.2 物理的消臭のメカニズム

(3) 感覚的消臭

感覚的消臭は、悪臭を直接除去するのではなく、いい香りを利用して不快感を軽減する方法である。この手法には以下の2つのアプローチがある：

- マスキング法: 強い香りで悪臭を覆い隠す方法である。例として、植物精油 [19] を使用した「ネオグリーン消臭スプレー」 [33] が挙げられる。このスプレーは、月桃、レモンユーカリなどの8つの植物エキスを配合し、芳香で悪臭を感知しにくくし、虫除けの効果もある。また、「resQ デオマスター」 [34] (図 2.3) は、畜産現場の不快感に対してフローラルとアロマの2種類の芳香タイプを用い、効果的に悪臭を抑える製品である。

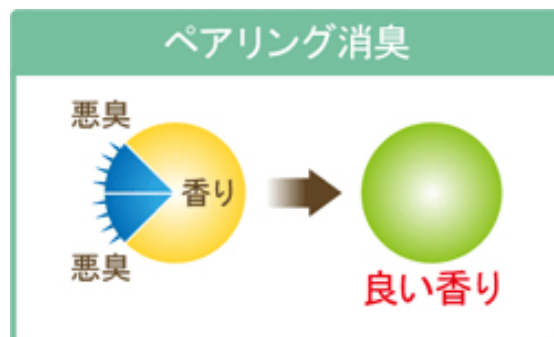


(株式会社メニコン HP [34] より引用)

図 2.3 resQ デオマスターのマスキング消臭

- ペアリング法: 悪臭を良い香りの一部として取り込み、調和の取れた香りに変える手法である (図 2.4)。特に、日本人の好みに適した「軽く爽やかな」香りを用いることで、消臭芳香剤における主要な技術として広く活用されている。たとえば、便臭成分である「インドール」に

対しては、ジャスミンの香りが有効であることが知られており、これはペアリング消臭の優れた効果を示す具体例である [35]。



(エステー株式会社 HP [30] より引用)

図 2.4 ペアリング消臭のメカニズム

(4) 生物学的消臭

生物学的消臭は、雑菌の繁殖によって発生する悪臭を抑える手法であり、トイレ臭、生ゴミ臭、体臭などを対象とする。代表的な例として、バチルス菌（BB 菌）を活用した「エコ・バイオリング」 [36] が挙げられる。この製品は、BB 菌の働きによって、魚の糞や餌の食べ残しなど水質悪化の原因となる有機物を分解し、悪臭を効果的に抑制する。

(5) レセプターブロック消臭

レセプターブロック消臭は、鼻の奥にある約 400 種類の嗅覚受容体（レセプター）に着目した技術で、香り分子が悪臭分子より先に受容体と結合することで悪臭を感じる前にブロックし、良い香りだけを感知させる。この技術の例として、「消臭力 DEOX シリーズ」 [37] が挙げられ、悪臭を遮断する技術を応用して特定の場面で高い消臭効果を発揮するとされている。

消臭の原理はこれら 5 つに分類されるが、実際の応用では単一の原理だけで十分な効果を得ることは難しい。たとえば、活性炭は物理吸着に優れるが、臭気成分が多様である場合、物理吸着だけでは対応できない場合がある。このため、近年

では活性炭に化学反応機能を付加した「機能活性炭」が下水処理やし尿処理などの脱臭に使われていることが多い [19]。このように、複数の原理を組み合わせた消臭方法がより効果的である。

2.2.2 消臭剤による健康リスクと環境負荷

近年、消臭剤市場は急速に拡大しており、世界市場規模は 100 億ドルを超える成長を示している。特にヨーロッパが最大の市場である一方、アジアは成長速度が最も速い地域として注目されている [38]。しかし、消臭剤の利用の増加が環境や人体に与える影響に対する懸念も高まっている。

消臭剤は、多くの場合 100 種類以上の化学物質を放出するとされ、揮発性有機化合物 (VOCs) や半揮発性有機化合物 (SVOCs) が含まれることが知られ、以下は代表的な成分の例である [39]。

- 揮発性有機化合物 (VOCs) : リモネン、 α -ピネン、 β -ピネン、エタノール、ホルムアルデヒド、ベンゼン、トルエン、キシレン
- 半揮発性有機化合物 (SVOCs) : フタル酸エステル類

これらの化学物質は、室内環境における酸化剤 (例: オゾン、ヒドロキシラジカル、硝酸ラジカル) と反応し、健康に有害な超微細粒子を含む二次生成物を生成する [40]。また、放出されるすべての VOCs のうち、約 4 分の 1 が米国の連邦法に基づき潜在的に有毒または危険であると分類されていることが報告されている。テストされたすべての芳香剤がこれらの有害物質のいずれかを放出することが明らかとなっている [41]。

さらに、一部の消臭剤製品には「グリーン」「有機」「天然」といった表記がされているが、これらが必ずしも安全であるとは限らない [42]。多くの製品は規制の不備や化学的な定義の曖昧さにより、有害な物質を依然として放出していることが指摘されている。消臭剤は便利で無害に見える一方で、VOCs やその二次生成物が健康や環境に与える潜在的なリスクは無視できない。

近年では、消臭剤や柔軟剤などの香り付き製品による健康被害、いわゆる「香害」が社会問題として注目されている。「香害」とは、人工的な香りが原因で化学物質過敏症を引き起こす健康被害を指す。柔軟剤、消臭スプレー、芳香剤などの家庭用品から放出される香料やその他の化学物質が生活空間の空気を汚染し、頭痛や呼吸器症状などの被害事例が報告されている。これらは「新たな公害」[43]として位置づけられ、公共の場や学校での使用に対する規制を求める声も高まっている。加えて、香料や消臭成分をプラスチック製の「マイクロカプセル」[44]に封入する技術も、健康被害を助長する要因として挙げられる。この技術により、「長持ちする香り」や「弾ける香り」が実現されているが、空気中で破裂して放出される微小なプラスチック片が肺に到達するリスクや、毒性の強いイソシアネートなどの物質が環境中に拡散する可能性が懸念されている[45]。

これらの問題を受け、2023年には消費者庁、文部科学省、厚生労働省、経済産業省、環境省が共同で、「香り付き製品の使用における周囲への配慮」を啓発するポスター（図2.5）を作成した。この取り組みは、香り付き製品や消臭剤の使用に関する意識向上と健康被害の予防に向けた重要な一歩である。



(消費者庁 HP [46] より引用)

図 2.5 「その香り困っている人もいます」ポスター

2.2.3 市場における天然消臭素材の利用

天然の消臭素材を使用した製品は既に市場にいくつか存在している。本章では、中でも4つの製品を取り上げ、それぞれが採用している消臭の原理や使用されている天然素材について詳しく説明する。また、各製品が市場でどのような用途に活用されているかについても言及する。

1. シクロデキストリンを用いた繊維「Cyclofresh, Cyclofresh Plus」

Cyclofresh および Cyclofresh Plus は、天然由来の成分を基盤とし、再生可能な原材料から作られた生分解性を持つソリューションである。Cyclofresh のプロセスは、シクロデキストリン分子が繊維製品に付着する不快な臭いの原因物質を吸収し、これを閉じ込める機能を持つ。次の洗濯時にこれらの物質は洗い流され、シクロデキストリン分子は再び物質を吸収する準備が整う。さらに、Cyclofresh Plus は、繊維製品に銀の微粒子結晶を加えることで、臭いの原因となる微生物の増殖を抑制し、繊維製品をより長く新鮮な状態に保つ。Cyclofresh および Cyclofresh Plus で処理された繊維製品は、汗によって活性化する仕組みを持つ。具体的には、シクロデキストリンが水分に触れることで芳香剤が放出されると同時に、汗の臭気分子を閉じ込める反応が起こる。このように、臭いを除去しながら芳香効果を発揮する。Cyclofresh および Cyclofresh Plus の主要成分であるシクロデキストリンは、トウモロコシ由来の酵素を用いてデンプンから抽出される糖分子であり、無害かつ強力な効果を有する。以下に、これらの技術の具体的な用途を示す [47]。

- ホームテキスタイル

Cyclofresh および Cyclofresh Plus は、家庭内の布地やベッドリネンにおいて、臭気の付着を防ぐ。不快な臭いは芳香剤によって隠され、臭気の原因となる粒子は Cyclofresh および Cyclofresh Plus の分子に閉じ込められる。これらの粒子は次の洗濯で除去される。また、Cyclofresh Plus に含まれるマイクロシルバークリスタルは、布地内で臭いの原因となる微生物を抑制し、爽やかさを長期間維持する。

- アパレル

Cyclofresh および Cyclofresh Plus は、スポーツや日常生活で汗をかいた際にも、繊維内の悪臭の発生を防ぐ。繊維内に残る有機成分は、微生物の餌となるが、これをシクロデキストリン分子が吸収し、閉じ込めることで悪臭を抑制する。粒子は次回の洗濯で容易に除去され、衣類は再び使用可能となる。

2. 柿を用いた天然消臭剤「パンシル」

パンシルは、緑茶タンニンと比較して数倍の微生物抑制効果を持つ消臭素材である。柿は古来より日本人に親しまれてきた果樹であり、さまざまな効用が知られており、生活の知恵として活用されてきた。柿に含まれるカキタンニンは、縮合型タンニンに分類される化合物であり、大きな構造式を持つ。この化合物は、多数のフェノール性水酸基を有し、悪臭成分と化学的に結合することで優れた消臭効果を発揮する。パンシルを取り扱う企業では、柿以外にも「ルイボス」「ユーカリ」「花椒」といった天然の消臭素材を活用し、用途に応じた多様な消臭製品を開発している。以下に、パンシルを用いた商品の用途を示す [48]。

- 食品

ドリンク、菓子類、加工食品、調味料など、さまざまな食品に応用可能である。また、口臭、体臭、便臭を抑える機能性素材として利用される。

- 化粧品（図 2.6）

制汗剤、ボディローション、シャンプー、コンディショナー、ボディソープ、石鹸、ヘアスプレー、ヘアワックス、育毛剤など、幅広い製品に適用可能である。

- 雑貨

トイレタリー製品、車内用消臭剤、ペット用品、介護用品などに応用される。また、紙、繊維、ゴム、樹脂などの工業製品にも、含浸や練り込みなどの加工方法を用いて消臭機能を付加することが可能である。



(リリース科学工業株式会社 HP [49] より引用)

図 2.6 化粧品用消臭剤「パンシル」

3. 牛の尿を用いた消臭製品「善玉活性水」

善玉活性水は、環境大善株式会社が独自技術によって牛の尿を発酵して培養し、製造した新しい液体原料である。この液体は、環境中の善玉菌の増殖を助け、悪玉菌を抑制することで、環境の浄化を可能にする特性を持つ。具体的には、土、水、空気といった生命活動に不可欠な要素を本来の「善」の状態に回復させる効果が期待されている。善玉活性水は、地球環境の改善に寄与する製品として位置づけられている。この製品シリーズは、洗濯用消臭液や置型タイプの消臭剤、水槽の悪臭とぬめりの予防材など、用途に応じた多彩なラインナップを展開している。特に、車用消臭スプレー「きえ〜る」(図 2.7) は、その効果が認められ、大手メーカーで採用されている。以下に、善玉活性水を用いた商品の用途を示す [50]。

- 空気

空気関連製品の特徴は、人や環境にやさしい働きを持つことである。消臭液「きえ〜る」は、花の香りを残しつつ、腐敗臭やアンモニア臭などの不快な臭気のみを選択的に消臭する。

- 水

水関連製品では、革新的な水質改善材「きえ〜る 水槽用」が注目される。この製品は、天然成分 100 % で構成されたバイオ消臭液であり、水槽内の消臭や濁りの予防、水質の維持に効果を発揮する。これにより、水の交換頻度を

減らし、魚類やその他のペットの飼育を容易にする。また、海外では海老の養殖にも使用され、実績を上げている。

- 土

土関連製品は、農業の支援を目的として開発されている。「液体たい肥 土いきかえる」は、畑の土壌改良や植物の成長促進に効果を発揮する製品である。この製品は、東南アジア諸国を中心に注目されており、農業分野での貢献が期待されている。



(環境大善株式会社 HP [51] より引用)

図 2.7 車用消臭スプレー「きえ〜る」

4. 光触媒を用いた消臭スプレー「blocKIN」

blocKIN（ブロッキン）は、日本光触媒センター株式会社が開発した抗菌・抗ウイルス機能を備えた消臭スプレーであり、その基盤技術として光触媒技術が採用されている。光触媒とは、酸化チタンなどの金属が紫外線を受けることで、周囲の有機物を水や二酸化炭素などの単純な物質に分解する作用を指す。この技術は、シックハウス症候群の原因とされる有害有機物や汚れ、臭気の分解に幅広く応用されている。特に、光触媒として用いられる酸化チタンは、高い光触媒活性を有し、人体への安全性が認められていることから、数多くの用途で利用されている点が特徴である。さらに、「blocKIN HYPER」（図 2.8）は可視光応答型光触媒を

採用しており、紫外線が届きにくい室内環境においても効果を発揮できる点で優れている。この技術により、従来の光触媒では対応が難しかった室内光下でも、高い消臭効果を実現している。以下に、blocKIN を用いた商品の用途を示す [52]。

- 家具

壁や家具の高い位置、テーブル、椅子やソファ、カーテン、ベッド、枕など、多様な家具やインテリアに応用が可能である。酸化チタン光触媒の特性により、光が届く範囲であれば菌やウイルス、さらには花粉に対しても効果を発揮する。これにより、家具表面だけでなく、その周囲の空間も浄化できる点が特徴である。

- テキスタイル

マスクやタオル、衣類、バッグなどの幅広い繊維製品にも適用可能である。「抗ウイルス、抗菌、抗臭、抗カビ」の効果を持ち、生活臭、タバコ臭、ペット臭を抑える機能性素材として利用されている。



(日本光触媒センター株式会社 HP [53] より引用)

図 2.8 消臭スプレー「blocKIN HYPER」

2.3. 本研究の位置付け

不快なおいは、日常生活におけるストレス要因の一つとされ、心理的および生理的な健康に悪影響を及ぼすことが明らかになっている。本論文の3.2.1で示された嗅覚に関するアンケート調査の結果では、不快なおいにより、早急にその場を離れたいと感じるケースが多いことが確認された。また、不快なおいは個人の健康にとどまらず、職場環境や公共空間における社会的な快適さにも大きな影響を与えることが示唆されている。

本研究では、アンモニアを含む不快なおいに着目し、天然素材を用いた消臭効果を検証するとともに、空間全体の快適さを向上させるデザイン手法の提案を目指す。従来の研究が主に製品レベルでの応用に焦点を当てていたのに対し、本研究は、空間全体を対象にした消臭デザインの可能性を探る。また、本研究の成果は、居住空間や公共施設、商業空間における消臭環境の改善に貢献し、快適で健康的な生活空間の実現を可能にすることが期待される。

第 3 章 デ ザ イ ン

3.1. コンセプト

本章では、天然素材を利用した消臭空間の制作について述べる。具体的には、8種類の素材「珪藻土」「ココヤシファイバー」「たわし」「アルミ粉」「アルミホイール」「川砂」「セピオライト」「 α -シクロデキストリン（以下、 α -CD）」を用いたプロトタイプ制作の過程を説明する。

3.2. デザインプロセス

3.2.1 嗅覚に関するアンケート調査

消臭空間の実現に向けて、天然素材に関する研究と並行して、日常生活における「におい」に関する悩みを把握するためのアンケート調査を実施した。本調査では、Google フォームを用い、「心地よいにおい」と「不快なにおい」に関する質問のほか、不快なにおいを感じた際の対処法について尋ねた。アンケートは日本語と英語の二言語で作成し、45 名から回答を得た。

調査結果の概要を図 3.1 および図 3.2 に示す。これらの図は、回答の頻度に応じて文字の大きさを変えるワードクラウド形式で可視化したものである。心地よいにおいに関しては、「ウッ드의香り」や「柑橘系の香り」が多く挙げられたほか、「大自然の香り」「雨のにおい」「芝生のにおい」といった自然を連想させる回答が多く見られた。一方、不快なにおいについては、「生ゴミ」「体臭」「タバコ臭」が頻出し、特にアンモニアを含むにおいが多く挙げられた。さらに、不快なにおいに対する対処法としては、「その場から離れる」が最多で、30 名がこの方法を選択

している。この結果から、不快なおいが生活空間に与える影響の大きさと、それに対応するための即時的な行動が主流であることが示唆された。

これらのアンケート結果を踏まえ、本研究では空間における不快なおい、特にアンモニア成分を含むにおいに着目し、快適で居心地の良い消臭空間を実現するための研究方向を設定した。

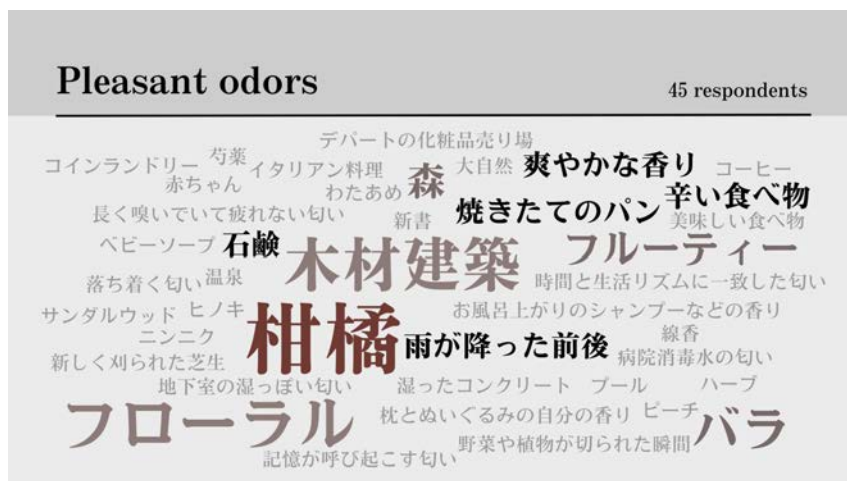


図 3.1 心地よいにおい



図 3.2 不快なおい

3.2.2 素材を選ぶ

不快なおいによる空間の快適さを向上させるために、本研究では特にアンモニア成分を含むおいに着目し、天然素材を活用した消臭手法の検討を行った。アイデアの生成過程（図3.3）では、まず、2.2.1で示した消臭の5大カテゴリ（化学的、物理的、感覚的、生物的、レセプターブロック）に基づき、それぞれのカテゴリで利用可能な天然素材について広範な調査を実施した。続いて、3.2.1で実施した嗅覚に関するアンケート調査では、自然に関連する香りが好まれる傾向が明らかになり、消臭素材に期待される要件として「無香」「安全性」「リラックス効果」が挙げられた。これらの調査結果を踏まえ、天然素材の選定基準としては、「無香または自然な香りである」「人体への安全性が高い」、さらに「国内で調達可能である」の3点を挙げた。これらの基準に基づいて、最終的に8種類の天然素材を選定した。その過程では、特に「たわし」に使用される「ココヤシファイバー」を単独で素材として取り上げ、実験対象としたほか、「アルミホイル」と類似の性質を持つ「アルミ粉」も試験に加えた。これらの詳細については、3.2.6で述べる。これにより、素材の多様性を確保しつつ、それぞれの特性を最大限活かすことを目指した。

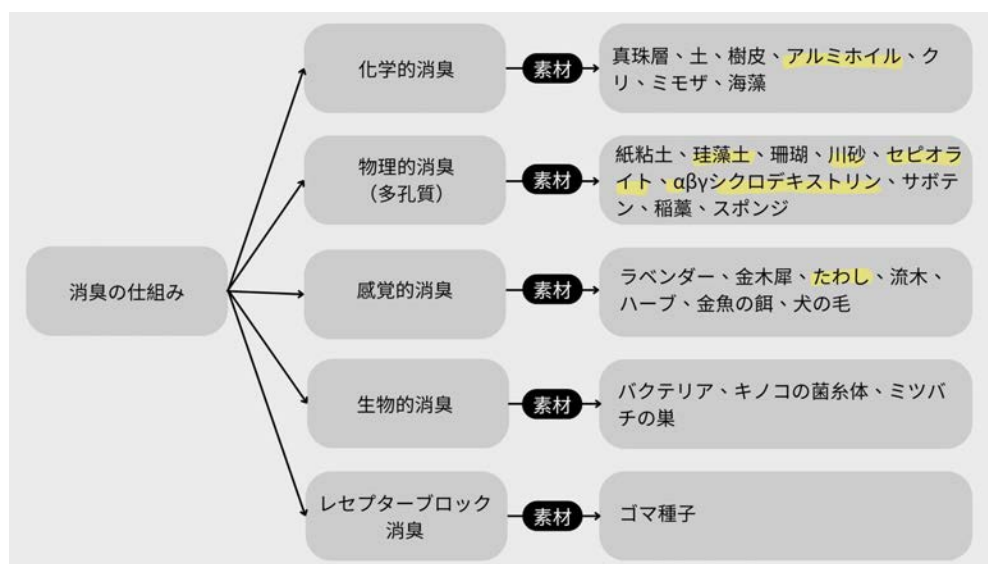


図 3.3 アイデア出しの過程

選定した天然素材は、それぞれがアンモニア成分を含む不快なにおいの軽減に寄与できると考えられる。また、複数の素材を組み合わせることで、相乗効果により高い消臭性能が期待される。さらに、選定した天然素材は、環境負荷の低減と人体への安全性という観点でも優れており、持続可能な消臭手法の実現に寄与すると評価される。本研究では、これらの素材を活用した消臭空間の設計を通じて、生活空間における不快なにおいを軽減し、快適さの向上を目指す新たなアプローチを提案する。

3.2.3 素材の消臭メカニズムと期待効果

本研究で消臭空間の構築に用いた天然素材は、表 3.1 に示すとおり、素材ごとに以下の 4 つの特徴を有しており、それぞれの詳細について説明する。

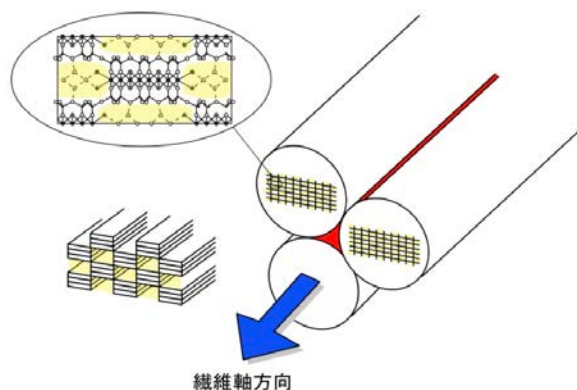
表 3.1 消臭素材の特徴

多孔質材料	化学反応	マスキング法	包接作用
珪藻土、セピオライト、川砂	アルミホイル、アルミ粉	たわし、ココヤシファイバー	α -CD

(1) 多孔質材料

珪藻土は、珪藻と呼ばれる植物性プランクトンの殻が化石化したもので、主成分は二酸化ケイ素である。この化石は直径 0.01-1mm 程度で、0.1-1 μ m の微細な穴が無数にあいたガラス状の殻を持つことが特徴である [54]。その多孔質構造により、様々なサイズの臭気分子や湿気を効率的に吸着することが可能である。一方、セピオライトは、マグネシウムとケイ酸塩から成る天然の粘土鉱物で、その独特な繊維状の結晶構造が特徴である。この構造には細長いチューブ状の微小な孔が多数含まれており（図 3.4）、高い吸着能力を発揮する。特に吸油能力に優れていることが知られており、比表面積が大きいことで臭気分子を効果的に吸着することができる。さらに、し尿のにおいの吸着にも用いられるなど、日本においても、湿気対策や脱臭処理剤として盛んに利用されてる [55]。さらに、川砂は、本研究で使用した細かい砂で

あり、その多孔質性と粒子間の空隙が特徴である。川砂は砂粒の種類や大きさによって「ポロシティ」（孔隙率）が異なるため、粒子間の空隙が臭気分子を取り込む働きを持つことが期待される。



(株式会社セピオジャパン HP [55] より引用)

図 3.4 セピオライトの繊維構造図

(2) 化学反応

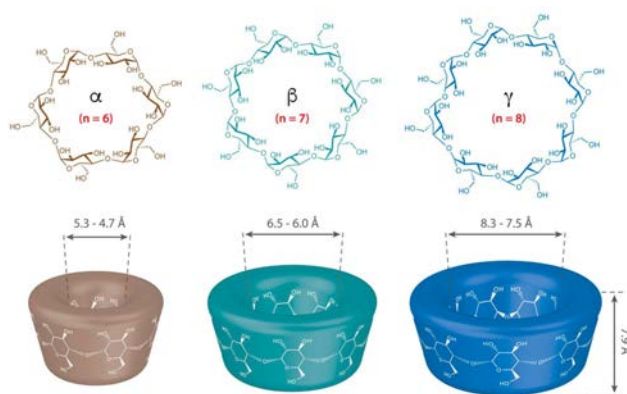
アルミホイルは、その表面が酸化皮膜で覆われており [56]、空気中の水分によって酸化反応が進行することで金属イオンを放出する。この金属イオンは抗菌特性を有し、特に靴内部において雑菌の繁殖を抑制する効果が期待されている [57]。一方で、アルミ粉は微細なアルミニウム粉末であり、その大きな比表面積によって臭気分子との接触面積が増加する。この特性により、臭気分子との反応が効率的に進行し、化学的な分解や吸着が促進される可能性が示唆されている。

(3) マスキング法

たわしは、ココヤシファイバーと針金を素材とし、その硬い繊維と高い耐久性により、金属製品や鍋の清掃、浴室の汚れ除去に適している。ココヤシの植物繊維を使用しているため、竹やコナツツを思わせる穏やかな香りが特徴であり、この香りには不快なにおいを軽減するマスキング効果が期待される。

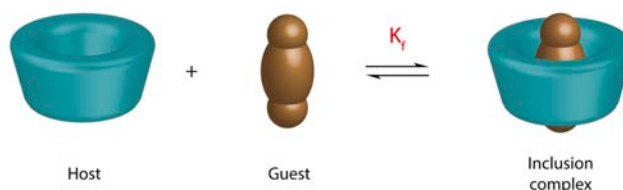
(4) 包接作用

α -CD は、6 個のグルコースが環状に結合したオリゴ糖の一種である。その構造上、内側は親油性、外側は親水性を持つ特徴がある。また、グルコース分子が7個結合したものは β -シクロデキストリン、8個結合したものは γ -シクロデキストリンと呼ばれる（図 3.5）。これらの構造は、疎水性や親油性を持つ臭気分子を物理的に包み込む能力を有している。この現象は「包接作用」（図 3.6）として知られ、シクロデキストリンが「ホスト化合物」として機能し、取り込まれる分子が「ゲスト化合物」として認識される [58]。その結果、生成されたものは「包接体」[59]と呼ばれる。消臭スプレースの例では、シクロデキストリンの分子構造内において成分を閉じ込めることで、臭気の除去と香りの持続が実現される。スプレーを服に吹きかけると、閉じ込めた成分が空気中の水分と入れ替わり、香料が徐々に放出される仕組みである。この過程で、洋服に付着していた成分を取り込み、消臭効果を発揮する [60]。本研究において、 α -CD は他の消臭素材との組み合わせで使用され、その包接作用による消臭効果の変化を観察することを目的としている。



(Grégorio らの論文 [61] より引用)

図 3.5 α , β , γ -シクロデキストリンの構造式と立体モデル



(Grégorio らの論文 [61] より引用)

図 3.6 シクロデキストリンの包接作用

3.2.4 素材に関連する健康リスクの検討

3.2.3 において天然素材の基本的な特徴について簡潔に説明したが、3.2.6 で詳細を述べる KMD Forum での展示時に来場者と交流した際、多くの人から「空間の素材が消臭効果を持つことは重要だが、それ以上に人体への安全性、特に健康への影響が気になる」と指摘を受けた。これを受けて、本節では3.2.3 で示した天然素材を用いた消臭空間の作成において、特に発がん性や長期使用による健康リスクの有無について詳しく検討し、補足する。

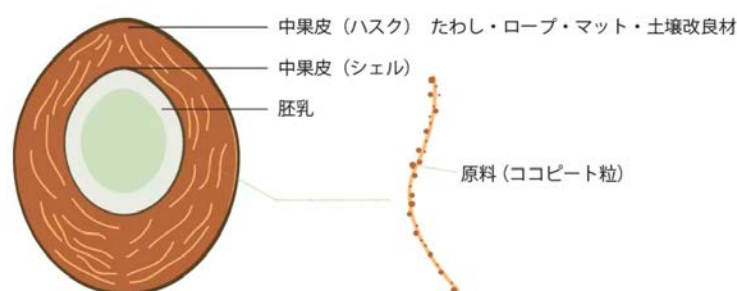
(1) 珪藻土

珪藻土は、古代の珪藻の化石から成る多孔質の天然素材であり、吸湿性や調湿性に優れ、建材や家庭用品として広く利用されている。一般的に、珪藻土自体は安全な素材とされるが、製造過程でアスベストなどの有害物質が混入する可能性があるため、注意が必要である。アスベスト繊維を大量に吸入した場合、人体に悪影響を及ぼすことが判明されている [62]。2020 年には、珪藻土製品からアスベストが検出され、製品の回収が行われた事例もある [63] [64]。珪藻土は生物起源の素材であり、鉱物起源のアスベストが自然に含まれることはないため、アスベストは製造段階で混入した可能性があると推測される。したがって、珪藻土を使用する際には、アスベストが含まれていないことを確認することが求められる。

(2) ココヤシファイバー

ココヤシファイバーは、ココヤシのハスク（中果皮）[65]（図 3.7）に位置す

る植物由来の繊維である。この繊維は比較的防水性に優れ、塩水による劣化に強い天然繊維の一つとされている [66]。人体に対する安全性に関しては、現在のところ包括的な研究は少ないものの、一般的には安全であると考えられている。しかし、2010 年の文献 [67] では、ココヤシ処理作業員において鼻気管支アレルギーや肺機能異常が報告されている。ただし、CT スキャンや気管支負荷試験が行われていないため、これらの症状がココヤシファイバーによるものであるかを明確に示すことはできない。このため、ココヤシファイバーの人体への影響に関する科学的根拠は現時点では十分ではない。また、ココヤシファイバーはヤシの生産副産物を活用しており、環境負荷を低減する素材として評価されている [65]。本研究では、株式会社アストロのココヤシファイバー [68] を使用した。



(ココカラ合同会社 HP [65] より引用)

図 3.7 ココヤシのハスク

(3) たわし

たわしは、ココヤシファイバーを原材料とし、ねじった針金で固定した後、毛先を揃えて卵円形に成型したものである。現在のところ、たわしそのものが人体に有害であるとする文献は見当たらない。しかし、たわしはキッチン用品や掃除道具として広く使用される一方で、湿気の多い環境に長期間置かれると細菌が繁殖するリスクがあるため、使用する際には定期的な洗浄と乾燥が必要である [69]。本研究では、ダイソーの「天然素材タワシ」[70]を使用した。

(4) アルミ粉

アルミ粉は、アルミニウムの金属粉である。国際化学物質安全性カードによって、アルミニウム粉末は自然発火性の物質、水または湿った空気に触れると水酸化アルミニウムと水素を発生し、発熱し、引火性ガスを生じる。酸、アルコール、酸化剤または水と接触すると、火災および爆発の危険性がある [71]。そのため、有機溶媒等の反応抑制剤を入れることで、反応を抑制しながら処理することが重要である [72]。本研究では、当初、アルミ粉、水、石膏を混合して消臭素材を製造する試みを行った。しかし、アルミ粉が持つ特性やその危険性を考慮し、実験の継続はリスクが高いと判断した。特に、アルミ粉が水分や湿気と反応することで発生する水素ガスや発熱現象は、空間の作りに関する実験の安全面での大きな課題となった。このため、アルミ粉の使用を中止し、他の安全性が高く、かつ消臭効果が期待できる素材へと変更することとした。代替素材としては、反応性が低く安全性が高いものを検討した。

(5) アルミホイル

アルミホイルは、アルミニウムを圧延して薄く伸ばしたもので、アルミ箔とも呼ばれる。遮光性、防湿性、熱伝導性、および電気伝導性に優れた特性を持ち、食品、薬品、包装材料、電気機器製品の部品、建物の断熱材など、幅広い分野で使用されている [73]。人体への安全性については、通常の使用において健康を害することはないとされている。また、WHO やその他の公的機関は、現時点でアルミニウムがアルツハイマー病の直接的な原因であるという明確な証拠は存在しないとしている [74]。本研究では、ダイソーの「くっつきにくいホイル」 [75] を使用した。このホイルは、ツヤ消し面にシリコーン樹脂をコーティングし、光沢面にアルミホイルを使用した構造を持つ。

(6) 川砂

川砂は、河川から採取される砂であり、天然の鉱物である。適切に処理された場合、一般的に人体への直接的な健康リスクは低いとされる。しかし、川

砂が採取される水環境によっては、重金属やその他の有害物質を含む可能性がある [76]。このような有害物質を含む川砂を素材として使用した場合、長期的な健康影響が懸念される。そのため、使用前には適切な検査や評価を実施することが求められる。

(7) セピオライト

セピオライトは、天然の繊維状鉱物であり、吸着剤や増粘剤として広く利用されている。その人体への安全性に関しては、国際がん研究機関（IARC）は、1997年のモノグラフ第68巻において [77]、セピオライトの発がん性について評価している。この報告によれば、セピオライトのヒトに対する発がん性については十分な証拠がないため、ヒトに対する発がん性については分類できない。しかし、動物実験では、長繊維（ $> 5\mu\text{m}$ ）で腫瘍発生を認めたものがありますが、短繊維（ $< 5\mu\text{m}$ ）で発がん性を示したものはない。現在の国内用途の殆どは短繊維を使用しており、切断、粉碎等の発じんを伴う加工、製品には使用されていないか僅かとみられる [78]。本研究では、株式会社セピオジャパンのセピオライト（30-60メッシュ） [79] を使用した。

(8) α -シクロデキストリン

α -CDは、特殊の構造が持ち、ドーナツのような環状の分子構造、食品添加物、医薬品、化粧品として広く利用されている。その人体への安全性については、米国食品医薬品局によって「一般に安全と認められる物質（GRAS）」に分類されており、食品や飲料への添加が許可されている [80]。また、医薬品では有効成分の溶解性向上や安定化を目的に使用されており、薬物の生体内利用効率を高める効果が期待されている [81]。これらの用途においては、動物実験や臨床試験によって評価され、一般的に安全であると報告されている [82]。さらに、化粧品分野においても、香料の持続性向上や有効成分の安定化を目的として利用されている。 α -CDは香料成分の揮発を抑え、香りの持続時間を延長する効果が期待される [83]。また、化粧品への応用に関しては、皮膚刺激性やアレルギー性の試験が行われており、安全性が確認されている [84]。総じて、 α -CDは人体にとって安全な素材であるとされる。

3.2.5 素材の加工

収集した天然素材は、プロトタイプ2から石膏と混ぜ合わせて消臭空間を構築するため、混合しやすい形状に加工を施した。セピオライトは、粒径が1mm以下の顆粒状であり、30-60メッシュの範囲にあることから、小型粉碎機を使用して粉碎し、粉末状に加工した（図3.8）（図3.9）。



図 3.8 セピオライト粉碎前



図 3.9 セピオライト粉碎後

また、たわしやココヤシファイバーは、手作業でハサミを用いて細かくカットし、およそ1cmに整えた（図3.10）。



図 3.10 カット済みココヤシファイバー

3.2.6 プロトタイプ1の制作

- プロトタイプ1：基本設計

初めに作成した空間プロトタイプは、3D プリンターにより箱状に成形されたものである（図 3.11）。この空間は、4.5cm × 4.5cm × 4.5cm の立方体であり、壁の厚さは1cm とした。4つのバリエーションを制作し、それぞれ異なる素材で構築した。一つは3D プリンターの PLA フィラメントで成形した空間（図 3.12）、一つはアルミホイルで覆われた空間（図 3.13）、一つはたわしを壁面に貼り付けた空間（図 3.15）、そしてもう一つは川砂を用いて壁面を加工した空間である（図 3.14）。このうち、3D プリンターの PLA フィラメントで成形した空間（図 3.12）は、他の素材による効果を比較するための基準として設計された。



図 3.11 プロトタイプ1

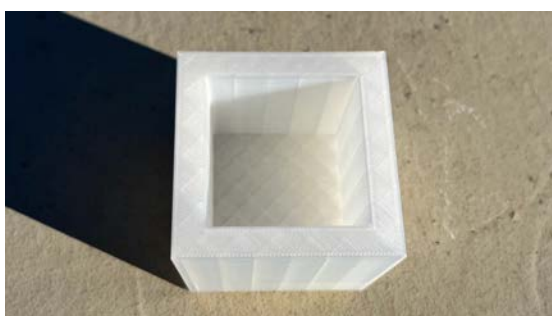


図 3.12 PLA フィラメントプロトタイプ



図 3.13 アルミホイルプロトタイプ



図 3.14 川砂プロトタイプ



図 3.15 たわしプロトタイプ

これらのプロトタイプは SHIBUYA QWS にて展示され（図 3.16）、来場者に各空間の構造や素材の違いを観察してもらい、直接空間を持ち上げて嗅覚的な印象を確認する形式でフィードバックを収集した。特に、たわしを使用した空間では、多くの来場者から「自然で心地よい香りがする」との意見が寄せられた。この感想は、たわしが持つ独特の素材特性によるものであり、不快感を軽減する要素になれる可能性があると評価された。このように、異なる素材が空間デザインに与える嗅覚的および視覚的な影響が、プロトタイプを通じて明確に示された。



図 3.16 SHIBUYA QWS の展示ブース



図 3.17 来場者への研究説明

- プロトタイプ2：改良設計

この段階のプロトタイプでは、基本設計を改善し、壁面だけでなく空間全体を素材で構成することを目指した。このため、吉野石膏販売株式会社の工作用石膏 [85] (図 3.18) を使用した。石膏は、硫酸カルシウムと水からなる鉱物で、柔らかく練りやすく形作りやすい特性を持ち、硬化後には耐久性も備えるため、複雑な形状や細部の再現が可能である。

このプロトタイプでは、石膏に「珪藻土」「ココヤシファイバー」「たわし」「アルミ粉」「セピオライト」を消臭素材として加えた。「アルミホイル」から「アルミ粉」へ変更した理由は、空間全体に素材を行き渡らせるためであり、表面積が大きいことから消臭効果が期待できるためである。また、「ココヤシファイバー」は、「たわし」の主要原料として重要であり、単独での効果を検証するために使用した。「珪藻土」と「セピオライト」は新たに多孔質材料として選定した。さらに、「川砂」は採取される水環境によっては、重金属やその他の有害物質を含む可能性があるため、使用前に安全性を確保するための検査が必要である（詳細は 3.2.4 を参照）。一方で、珪藻土やセピオライトは理論的に高い吸着性能と安定性が期待されることから、消臭効果の検証において優先的に採用することが合理的と判断した。そのため、川砂はプロトタイプ2以降の実験では使用を見送った。

試作は以下の割合で調合した：「石膏：水：素材＝1:0.8:0.1 (130g:105ml:13g)」。

これらの大きさは、プロトタイプ1と同様に 4.5cm × 4.5cm × 4.5cm の立方体であり、壁の厚さは 1cm とした。さらに、対照実験として素材を加えず石膏のみで作られた基準サンプルも準備した (図 3.19)。



図 3.18 石膏



図 3.19 石膏プロトタイプ

次に、プロトタイプ2の具体的な作成手順について説明する。

(1) 材料の準備



図 3.20 準備した材料一式

材料	分量
水	105ml
石膏	130g
素材	13g
コップ	2-3 個
メモリ付きカップ	1 個
ブレンダー	1 本
スケール	1 個
シリコン型	2 個

図 3.21 材料と分量

(2) 石膏を分散させながら型に注入



図 3.22 石膏を型に分散して注ぐ様子

(3) 素材を加える



図 3.23 素材を入れる様子

(4) 十分に混合



図 3.24 石膏と素材を混合する様子

(5) シリコン型への注入



図 3.25 シリコン型に混合物を注ぐ様子

(6) 型の固定

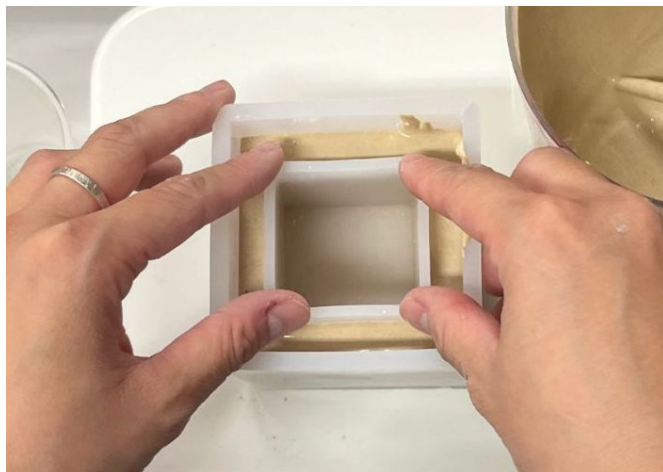


図 3.26 型を固定する様子

(7) 乾燥プロセス

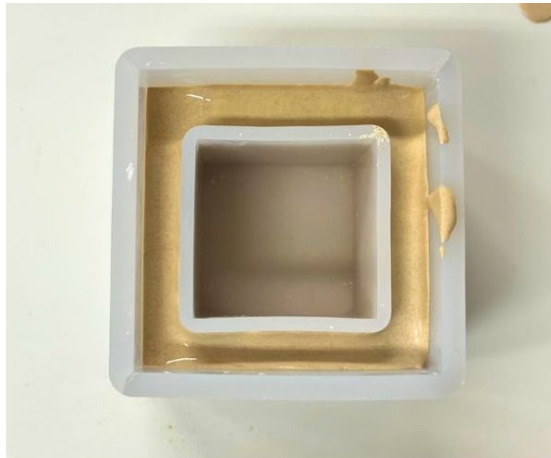


図 3.27 乾燥中の型の様子

(8) 完成品

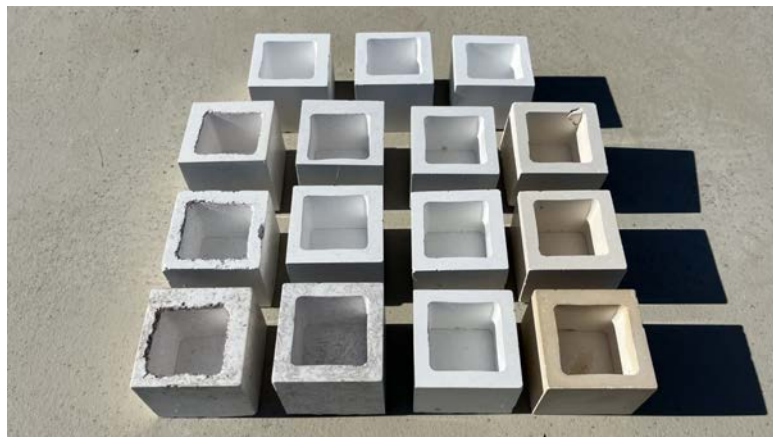


図 3.28 完成したプロトタイプ

以下に、使用した天然素材および完成したプロトタイプの写真を示す。



図 3.29 ココヤシファイバープロトタイプ



図 3.30 たわしプロトタイプ

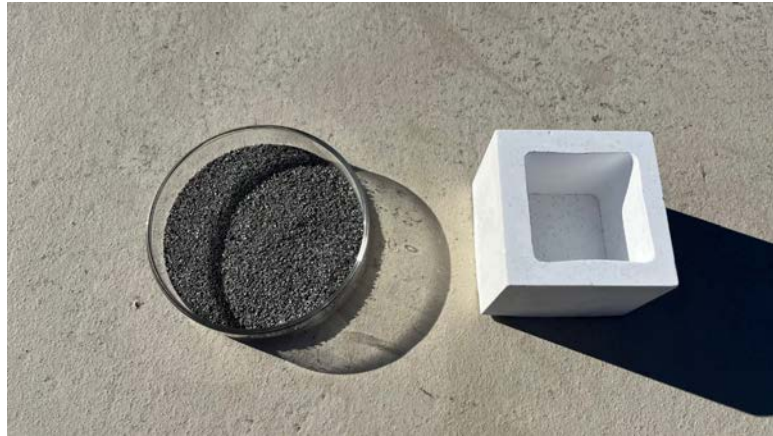


図 3.31 アルミ粉プロトタイプ



図 3.32 セピオライトプロトタイプ



図 3.33 珪藻土プロトタイプ

- プロトタイプ3：機能拡張設計

プロトタイプ3では、プロトタイプ2で使用した素材に対し、新たに α -シクロデキストリン (α -CD) (図3.34) (図3.35) を組み合わせることで、包接作用による消臭効果の変化を観察することを目的とした設計を行った。 α -CDはプロトタイプ2の素材と組み合わせることで、その内部の疎水性空洞に臭気分子を物理的に取り込む「包接作用」(詳細は3.2.3を参照)を持つ。この設計により、包接作用が素材ごとの消臭性能にどのような変化をもたらすかを多角的に検討することが可能となった。

この段階のプロトタイプは、プロトタイプ2と同様の空間構造をベースにしつつ、各素材に α -CDを加えた組み合わせを試作した。具体的には、各素材と「素材+ α -CD」のペアをプロトタイプとして作成し、以下の素材を使用した：「ココヤシファイバー」「たわし」「セピオライト」「珪藻土」。

これらのプロトタイプは、単一の素材のみを使用したプロトタイプ2のものと比較し、包接作用が消臭効果に与える影響を評価するために設計された。また、プロトタイプ2で使用していた「アルミ粉」は、本段階では安全性の観点から採用を見送ることとなった。アルミ粉は非常に細かいため引火性が高く、空間素材として使用する場合、火災のリスクが伴う可能性が指摘された。そのため、空間全体の安全性を考慮し、アルミ粉を他の素材に置き換える形で実験を進めた(詳細は3.2.4を参照)。



図 3.34 α -CD



図 3.35 白色粉末状の α -CD

次に、プロトタイプ3の具体的な作成手順について説明する。本手順では、幾島ら（1992）の「CD 包接消臭材」に関する研究 [86] および株式会社シクロケム HP で紹介されている包接技術「飽和水溶液法」[59] を参考に実験を行った。調合割合は以下の通りである：「 α -CD：水：素材＝1:7.69:1（13g:100ml:13g）」。

- (1) α -CD の飽和水溶液を作成する



図 3.36 α -CD 飽和水溶液

- (2) ゲスト化合物 (素材) を混合し、30 分間攪拌する



図 3.37 素材混合の攪拌プロセス

- (3) 水を蒸発させることで沈殿物を生成し、その沈殿物を取り出す
(4) 乾燥させる

- (5) 包接体を得る
- (6) プロトタイプ 2 と同様に包接化合物と元の素材を混ぜ合わせ、「素材+ α -CD」プロトタイプを作成する



図 3.38 「素材+ α -CD」プロトタイプの作成

以上この方法は、基本的には α -CD を水に飽和させ、包接対象の素材を溶液に混ぜることで包接体を形成するプロセスである。しかし、本実験では、文献に記載された手順通りには作業を進められなかった。特に、ホモジナイザー（高精度の攪拌機器）がないため、手作業で混合を行った結果、完全な乳化が困難であった。この点は、本研究における制約の一つとして考慮されるべきである。

以下に、各素材（左）および「素材+ α -CD」（右）を用いて作成したプロトタイプの写真を示す。



図 3.39 ココヤシファイバー素材とその+ α -CD プロトタイプ

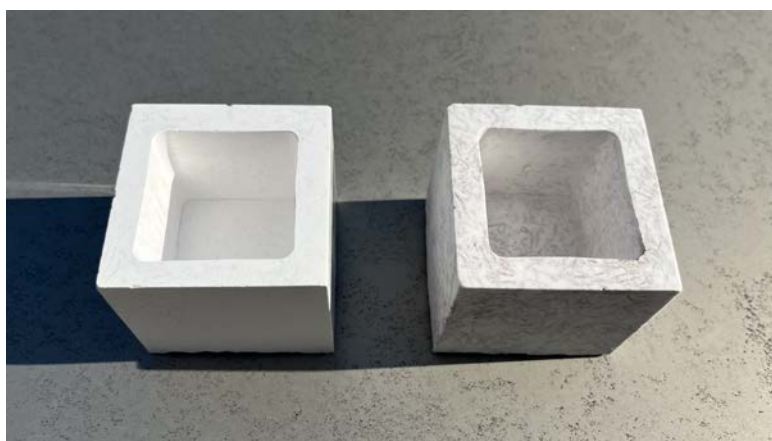


図 3.40 たわし素材とその+ α -CD プロトタイプ

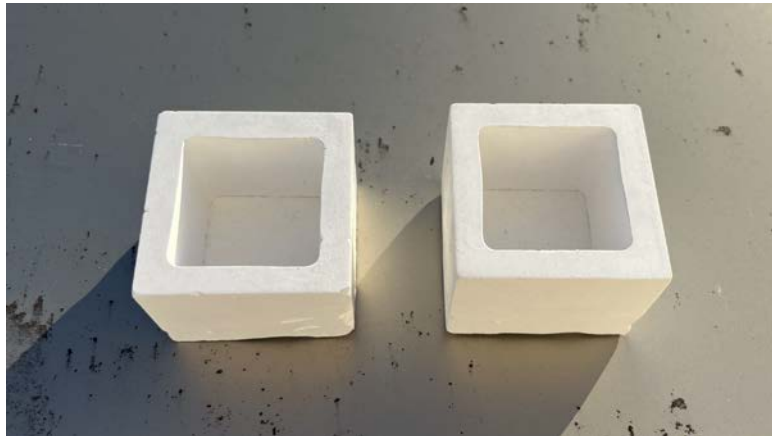


図 3.41 セピオライト素材とその $+\alpha$ -CD プロトタイプ

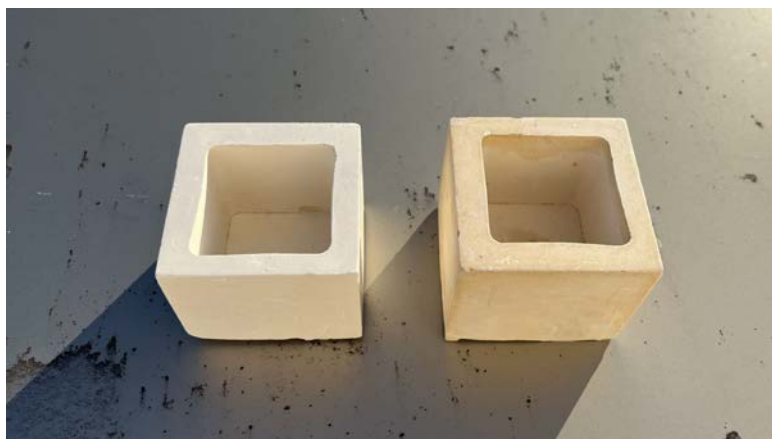


図 3.42 珪藻土素材とその $+\alpha$ -CD プロトタイプ

これらのプロトタイプは KMD Forum にて展示され、ブースでは、 α -CD を加えた消臭空間のプロトタイプと使用素材の展示が行われた（図 3.44）。また、研究内容を説明するポスター（図 3.46）も併せて掲示し、来場者に対して研究の背景や目的、方法について詳しく紹介した。



図 3.43 素材一覧



図 3.44 素材とプロトタイプの展示



図 3.45 KMD Forum の展示ブース



図 3.46 KMD Forum の展示ポスター

第 4 章

検 証

4.1. 消臭効果の検証

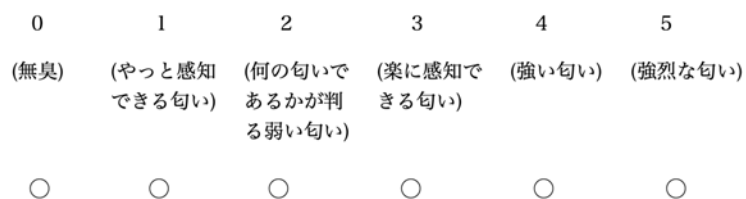
本章では、素材を用いて構築した消臭空間を利用し、3.2.6 のプロトタイプ 2 および 3.2.6 のプロトタイプ 3 の消臭効果を評価する。評価対象とするにおいてはアンモニア成分を含む不快なにおいであり、代表的な例としてトイレ臭、生ゴミ臭、汗臭、尿臭などが挙げられる。ただし、本研究では、これらの中から「納豆臭」を対象に選定した。その理由は、他のにおいが発がん性や健康被害のリスクを伴う可能性がある一方、納豆は日常的に摂取される食品であり、かつアンモニア臭を含むためである。評価方法としては、「官能試験法」と「においセンサー」を用い、測定を行い、これらのデータを基に消臭効果を詳細に分析した。

「官能試験法」は、人間の五感を用いて特性を測定、評価する手法であり、特に嗅覚に基づく悪臭測定が代表的である。なお、悪臭防止法においては、これを「嗅覚測定法」と称する。主な評価方法として、「臭気濃度」、「臭気強度」、「快・不快度」の 3 つが挙げられる [87]。それぞれの詳細については、表 4.1 に示し、以下で説明する。本研究は「臭気強度」および「快・不快度」を選定した。具体的には、被験者に納豆のにおいを嗅がせた後、「においの強度」と「においの快・不快度」に関するアンケート調査を実施した（図 4.1）。

表 4.1 官能試験法の表示方法

官能試験法	測定方法	概要
臭気濃度	三点比較式臭袋法	臭気を無臭の空気で希釈し、臭わなくなるまでの希釈倍数によって表現する方法である。
臭気強度	6段階臭気強度表示法	臭気を「無臭」から「強烈なにおい」までの6段階に分類して評価する方法である。
快・不快度	9段階快・不快度表示法	臭気の質を考慮しつつ、「極端に快」から「極端に不快」までの9段階で評価する手法である。

においの強度



においの快・不快度

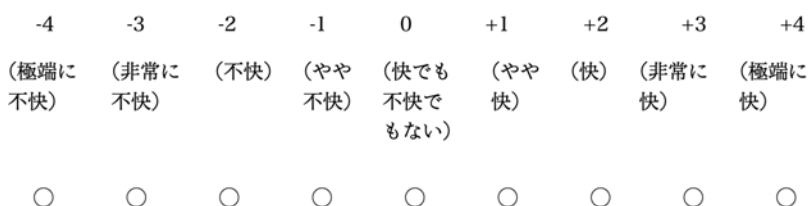


図 4.1 においの強度、快・不快度評価アンケート

岩崎の論文 [88] によれば、「6段階臭気強度表示法」は、被験者ごとのばらつきが大きいという課題がある。このばらつきを低減するため、臭気強度の標準物質を用意し、被験者がその標準物質の濃度を基準ににおいを評価する方法が提案されている。ヨーロッパでは、濃度の異なる n-ブタノール溶液を瓶に入れた「ブタノール法」を標準試料として採用しており、本研究でも同様に、石膏のみの空間を標準として使用し、被験者に嗅がせることでばらつきを抑える工夫を行った。一方、「9段階快・不快度表示法」は、においの快・不快の度合いを数値化し、においの認容性に焦点を当てた尺度である。しかし、快・不快の感じ方には個人差が大きい。たとえば、ガソリンスタンドや魚市場のにおいは一般的に不快とされるが、特定の人にとっては快適と感じられる場合もある。また、嗅ぐ時間によっても感覚は変化する。コーヒーの焙煎の香りが最初は良いと感じられても、時間が経つと不快に感じる場合がある [88]。このように、快・不快度の数値化には課題があり、具体的な判定方法を示した文書化されたマニュアルは存在しない [89]。したがって、客観的な絶対値を得ることは困難だが、においの認容性の「変化」を把握する手段としては有効である。本研究では、この方法を応用し、「快・不快度の変化」を指標として効果を評価した。

「においセンサー」は、官能試験とは異なり、機械を用いて臭気の強度変化を客観的に測定する装置である。本研究ではにおいセンサー MQ-135 を使用した。このセンサーは、アンモニア、硫化物、ベンゼン系蒸気に対して高い感度を有しており [90]、納豆中のアンモニア成分の検出に適しているため採用し、におい強度の変化を測定した。

4.2. プロトタイプ2の実験

4.2.1 官能試験法

(1) 実験試料

- 納豆（図 4.2）（図 4.3）
- 納豆のにおいが付着したムエット（6 枚）
- プロトタイプ2（6 個の消臭空間：石膏のみ、珪藻土、セピオライト、アルミ粉、たわし、ココヤシファイバー）



図 4.2 納豆パッケージ外観



図 4.3 納豆

(2) 使用器具

- アクリル板（7cm × 7cm、6 枚）（図 4.4）
- アンケート用紙
- コーヒー粉

(3) 実験環境および被験者

実験は、2024 年 11 月 20 日から 21 日にかけて慶應義塾大学協生館 3 階の教室で実施した。被験者は、20 代および 30 代の学生から選定し、合計 8 名とした。

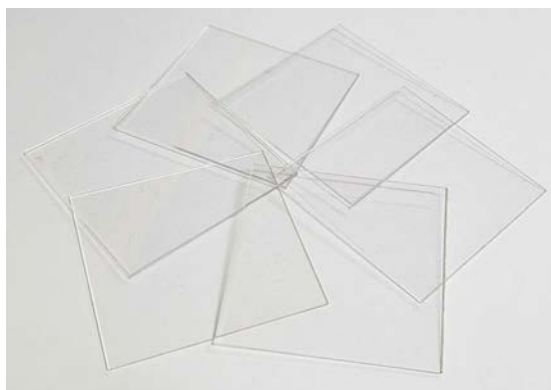


図 4.4 アクリル板

(4) 実験手順

- 実験前の準備

納豆においては、10℃以上の環境で長時間放置すると、納豆菌の活動が活発化し、二次発酵が起こることでアンモニア臭やチロシンが発生する原因となる [91]。本実験では、アンモニア臭を収集するため、納豆を事前に室温（25 ± 2℃）の環境で2時間放置した。その後、2cmのムエットの前端部分を納豆に挿入し、30分間においを吸着させた。準備が完了したムエットは、消臭空間内に設置して5分後実験を行った。

- 実験中

被験者には、まず基準サンプルとして石膏のみの消臭空間のにおいを嗅いでもらい、その後、順に珪藻土、セピオライト、アルミ粉、たわし、ココヤシファイバーの消臭空間を確認してもらった。消臭空間には、アルカリ板で作った蓋を上に乗せた状態で設置し、嗅ぐ際には被験者が蓋を少しだけ開けて鼻を近づけ（図 4.6）、空間内のにおいを確認した。被験者は一つの空間を嗅いだ後、すぐに「においの強度」と「においの快・不快度」についてアンケートに回答した。嗅覚疲労を感じた場合には、アロマテラピー専門店「生活の木」の方法を参考にし、被験者にコーヒー粉の香りを嗅がせて嗅覚をリセットした。実験の最後には、各被験者に対して「最も快適なにおいの印象を与えた空間」と

「最も不快なおいの印象を与えた空間」について簡単なインタビューを行った。



図 4.5 実験環境の設置



図 4.6 嗅覚測定の様子

- 実験後

実験終了後、すべての消臭空間を清掃し、次の使用に備える。清掃では、におい残りや汚れが実験結果に影響を及ぼさないよう、丁寧に行うこととした。

(5) 実験結果

- においの強度

プロトタイプ2を用いた「6段階臭気強度表示法」の指標では、小堤らの論文 [92] に基づき、被験者8名の判定結果から最大値と最小値を除いた6名の平均値を算出した。被験者ごとの素材に対するにおい強度の評価結果を図4.7に示す。平均値の計算結果、ブランクのにおい強度が3.67であったのに対し、異なる素材を使用した空間におけるにおい強度の改善度は以下の通りである。珪藻土は0.67、セピオライトは1.50、アルミ粉は0.67、たわしは2.00、ココヤシファイバーは1.17の改善を示した（図4.8）。これらの結果から、改善度の高い順に素材を並べると、「たわし＞セピオライト＞ココヤシファイバー＞珪藻土＝アルミ粉」となる。

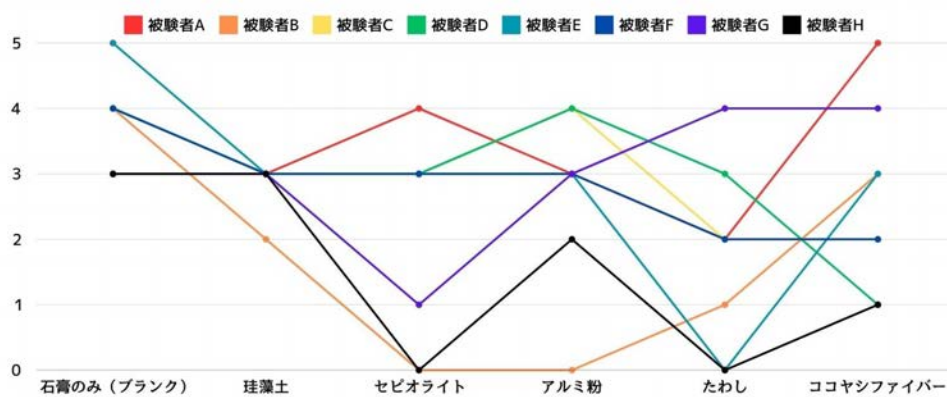


図 4.7 各素材における被験者別におい強度評価

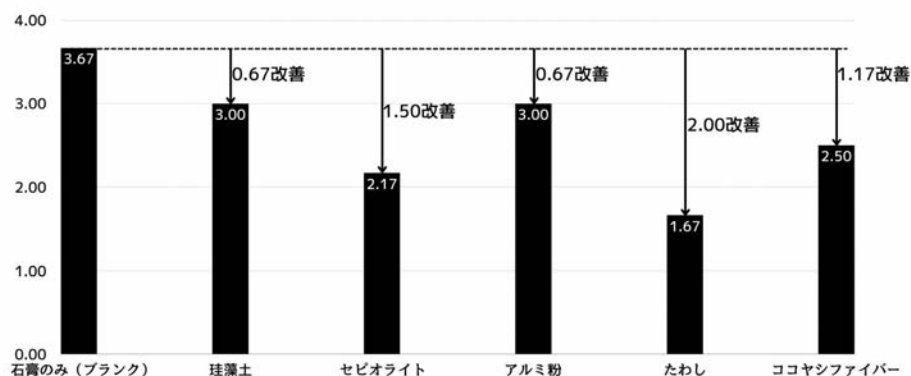


図 4.8 各素材のにおい強度平均値と改善度の比較

- においの快・不快度

プロトタイプ2を用いた「9段階快・不快度表示法」の指標では、前述の方法に基づき、被験者8名の判定結果から最大値と最小値を除いた6名の平均値を算出した。被験者ごとの素材に対するにおい快・不快度の評価結果を図4.9に示す。平均値の計算結果、ブランクの快・不快度が-0.83であったのに対し、異なる素材を使用した空間における快・不快度の改善度は以下の通りである。珪藻土は0.16、セピオライトは0.83、アルミ粉は0.66、たわしは1.66、ココヤシファイバーは2.16の改善を示した（図4.10）。これらの結果から、改善度の高い順に素材を並べると、「ココヤシファイバー＞たわし＞セピオライト＞アルミ粉＞珪藻土」となる。

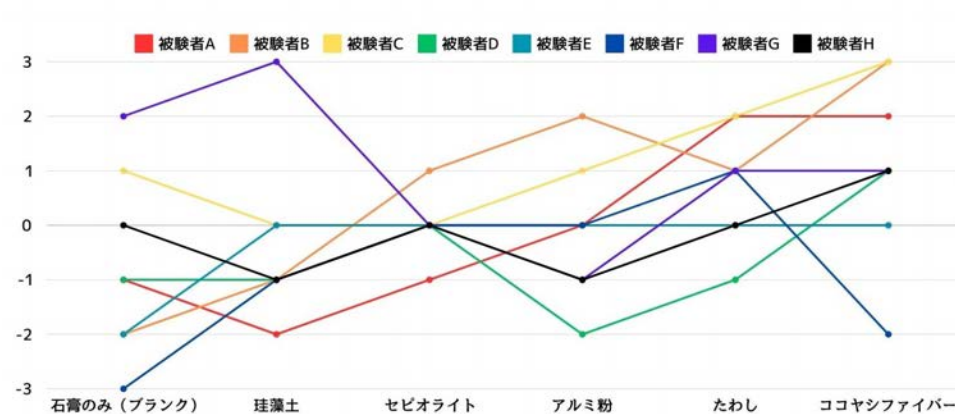


図 4.9 各素材における被験者別におい快・不快感評価

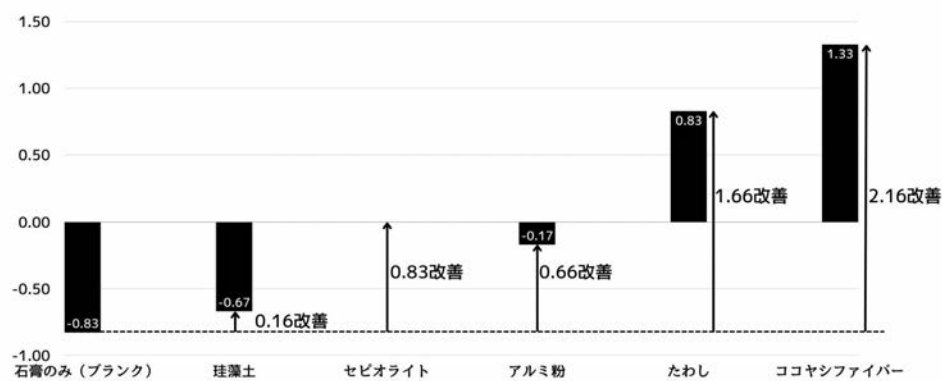


図 4.10 各素材のにおい快・不快感平均値と改善度の比較

4.2.2 においセンサー MQ-135

(1) 実験試料

- 納豆
- 納豆のにおいが付着したムエット（6枚）
- プロトタイプ2（6個の消臭空間：石膏のみ、珪藻土、セピオライト、アルミ粉、たわし、ココヤシファイバー）

(2) 使用器具

- MQ-135（図 4.11）を Arduino Nano Every と組み合わせ
- アクリル板（7cm × 7cm、6枚）
- 手袋



図 4.11 MQ-135

(3) 実験環境

実験は、2024 年 12 月 11 日に慶應義塾大学協生館 3 階の教室で実施した。

(4) 実験手順

- 実験前の準備
その前の官能試験法と同様に、アンモニア臭の収集を行った。納豆を室温（ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ）で 2 時間放置した後、ムエットを納豆に挿入し、30 分

間においを吸着させた。準備を終えたムエットを消臭空間内に設置し、5分間安定させた後、においセンサー MQ-135 による測定を開始した。

- 実験中

MQ-135 センサーは、内部の感応材料を加熱するために数分間の予熱が必要である。センサーの出力値が安定したことを確認した後、測定を開始した。まず、基準サンプルとして石膏のみを使用した消臭空間のにおいを測定し、その後、珪藻土、セピオライト、アルミ粉、たわし、ココヤシファイバーの順に測定を行った。各測定後には、MQ-135 センサーの出力値が再び安定するのを待ち、次の測定を開始した。測定方法は、空間に設置したアクリル板をわずかに開け、センサーを内部に挿入して ppm 値の変化（図 4.14）を観察し、におい強度の変化を評価するものである。



図 4.12 実験環境の設置



図 4.13 MQ-135 測定の様子

```
17:12:40.640 -> Concentration of gases: 4.30 ppm | time since the launch of the Arduino: 22m22s.  
17:12:43.674 -> Concentration of gases: 4.30 ppm | time since the launch of the Arduino: 22m25s.  
17:12:46.707 -> Concentration of gases: 5.70 ppm | time since the launch of the Arduino: 22m28s.  
17:12:49.705 -> Concentration of gases: 6.09 ppm | time since the launch of the Arduino: 22m31s.  
17:12:52.731 -> Concentration of gases: 6.09 ppm | time since the launch of the Arduino: 22m34s.
```

図 4.14 MQ-135 によるにおい強度の測定データ (ppm 単位)

- 実験後

実験終了後、すべての消臭空間を清掃し、次の使用に備える。

(5) 実験結果

ppm 値の変化を観察し、最終的な測定値として、関谷らの論文 [93] に基づき、測定開始後 31 秒から 50 秒のデータの平均値を採用した。ブランクの ppm 値が 6.67 であったのに対し、異なる素材を使用した空間におけるにおい強度の改善度は以下の通りである。珪藻土は 2.04、セピオライトは 2.68、アルミ粉は 2.86、たわしは 2.68、ココヤシファイバーは 3.14 改善を示した(図 4.15)。これらの結果から、改善度の高い順に素材を並べると、「ココヤシファイバー＞アルミ粉＞セピオライト＝たわし＞珪藻土」となる。

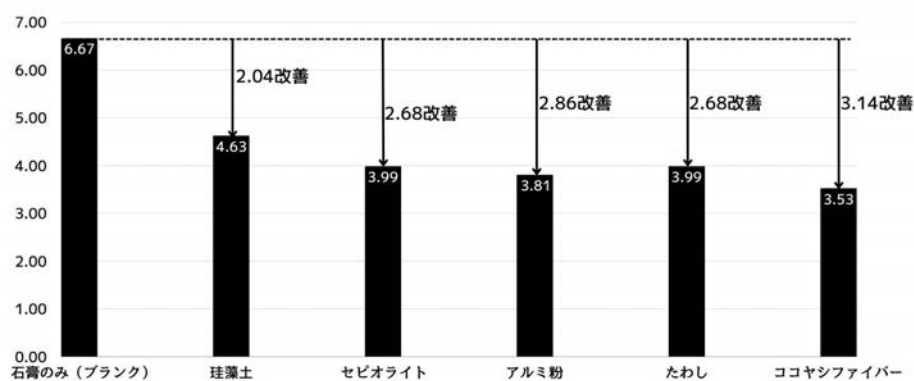


図 4.15 各素材の ppm 平均値と改善度の比較

4.3. プロトタイプ3の実験

4.3.1 官能試験法

(1) 実験試料

- 納豆
- 納豆のにおいが付着したムエット（9枚）
- プロトタイプ3（9個の消臭空間：石膏のみ、珪藻土、珪藻土+ α -CD、セピオライト、セピオライト+ α -CD、たわし、たわし+ α -CD、ココヤシファイバー、ココヤシファイバー+ α -CD）

(2) 使用器具

- アクリル板（7cm × 7cm、9枚）
- アンケート用紙
- コーヒー粉

(3) 実験環境および被験者

実験は、2024年12月5日から7日にかけて慶應義塾大学協生館3階の教室で実施した。被験者は、20代および30代の学生から選定し、合計8名とした。

(4) 実験手順

● 実験前の準備

プロトタイプ2の実験（4.2.1）と同様に、アンモニア臭の収集を行った。納豆を室温（25 ± 2℃）で2時間放置した後、ムエットを納豆に挿入し、30分間においを吸着させた。準備を終えたムエットを消臭空間内に設置し、5分後実験を開始した。

● 実験中

被験者へのにおいの確認手順はプロトタイプ2の実験（4.2.1）と同様に実施した。ただし、今回使用した空間は9種類であり、それぞれの

順番は次の通りとした。石膏のみを基準サンプルとし、続いて珪藻土、珪藻土+ α -CD、セピオライト、セピオライト+ α -CD、たわし、たわし+ α -CD、ココヤシファイバー、ココヤシファイバー+ α -CDの順で確認してもらった（図4.17）。被験者は、各素材のにおいを嗅いだ後、すぐに「においの強度」と「においの快・不快度」についてアンケートに回答した。最後に、被験者に対して最も快適・不快と感じた空間についてのインタビューを行った。



図 4.16 実験環境の設置



図 4.17 嗅覚測定の様子

- 実験後

実験終了後、すべての消臭空間を清掃し、次の使用に備える。

(5) 実験結果

- においの強度

プロトタイプ3を用いた「6段階臭気強度表示法」の指標では、前述の方法に基づき、被験者8名の判定結果から最大値と最小値を除いた6名の平均値を算出した。被験者ごとの素材に対するにおい強度の評価結果を図4.18に示す。平均値の計算結果、ブランクのにおい強度が3.67であったのに対し、異なる素材を使用した空間におけるにおい強度の改善度は以下の通りである。珪藻土は0.67、珪藻土+ α -CDは0.50、セピオライトは0.84、セピオライト+ α -CDは1.84、たわしは0.67、たわし+ α -CDは1.34、ココヤシファイバーは2.00、ココヤシファイバー+ α -CDは1.67の改善を示した(図4.19)。これらの結果から、改善度の高い順に素材を並べると、「ココヤシファイバー>セピオライト+ α -CD>ココヤシファイバー+ α -CD>たわし+ α -CD>セピオライト>たわし=珪藻土>珪藻土+ α -CD」となる。

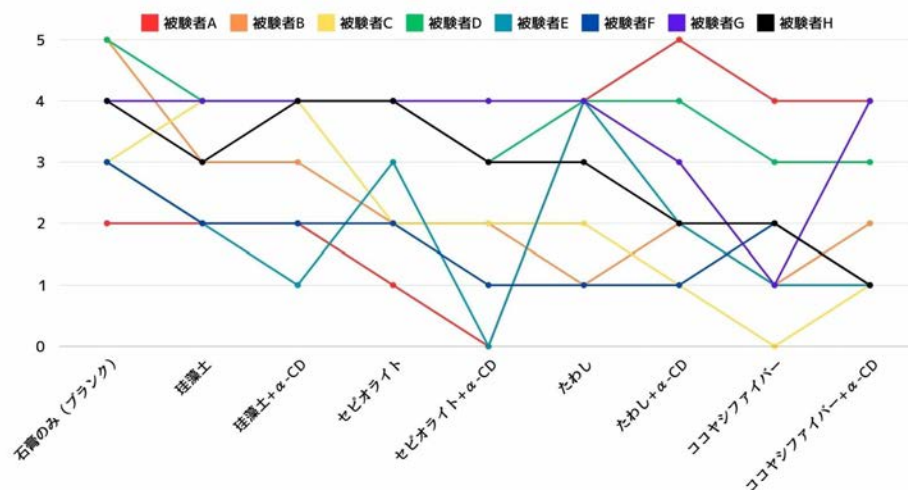


図 4.18 各素材における被験者別におい強度評価

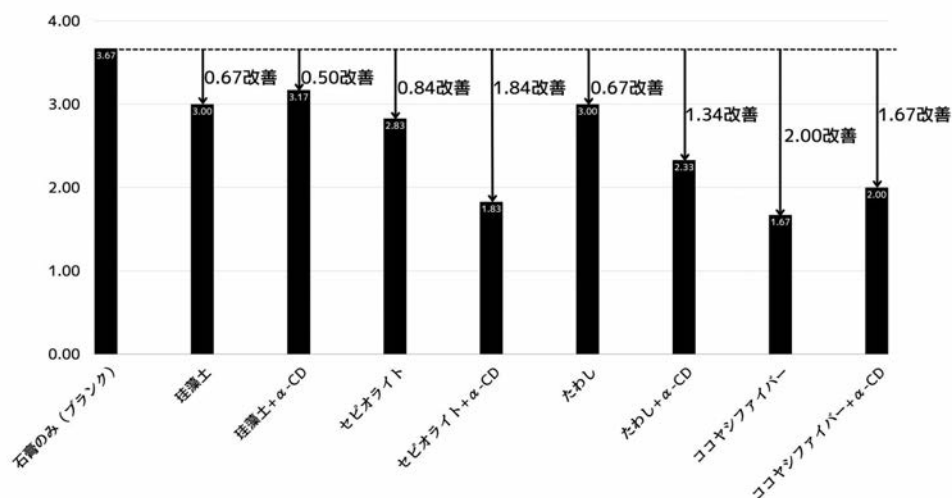


図 4.19 各素材のにおい強度平均値と改善度の比較

- においの快・不快度

プロトタイプ3を用いた「9段階快・不快度表示法」の指標では、前述の方法に基づき、被験者8名の判定結果から最大値と最小値を除いた6名の平均値を算出した。被験者ごとの素材に対するにおい快・不快度の評価結果を図4.20に示す。平均値の計算結果、ブランクの快・不快度が-1.17であったのに対し、異なる素材を使用した空間における快・不快度の改善度は以下の通りである。珪藻土は0.17、珪藻土+ α -CDは0、セピオライトは0.17、セピオライト+ α -CDは1.34、たわしは0、たわし+ α -CDは0.84、ココヤシファイバーは1.17、ココヤシファイバー+ α -CDは1.17の改善を示した（図4.21）。これらの結果から、改善度の高い順に素材を並べると、「セピオライト+ α -CD>ココヤシファイバー+ α -CD>ココヤシファイバー=たわし+ α -CD>セピオライト=珪藻土>たわし=珪藻土+ α -CD」となる。

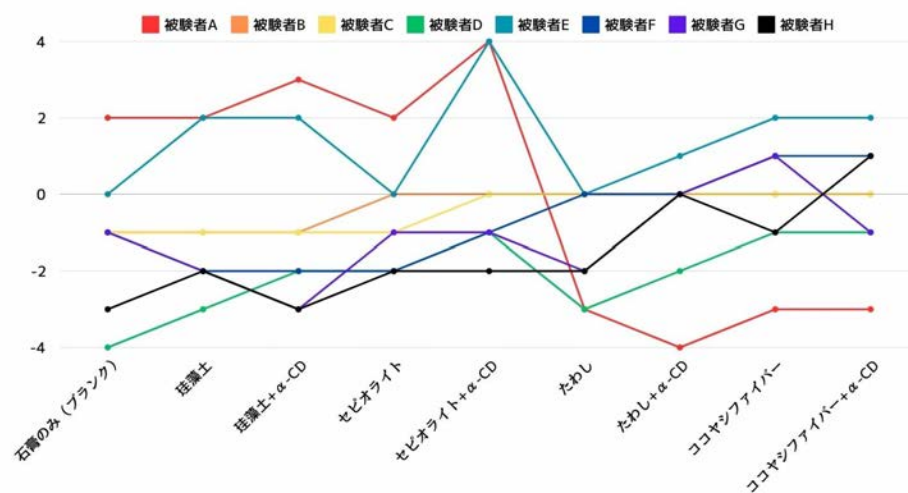


図 4.20 各素材における被験者別におい快・不快感評価

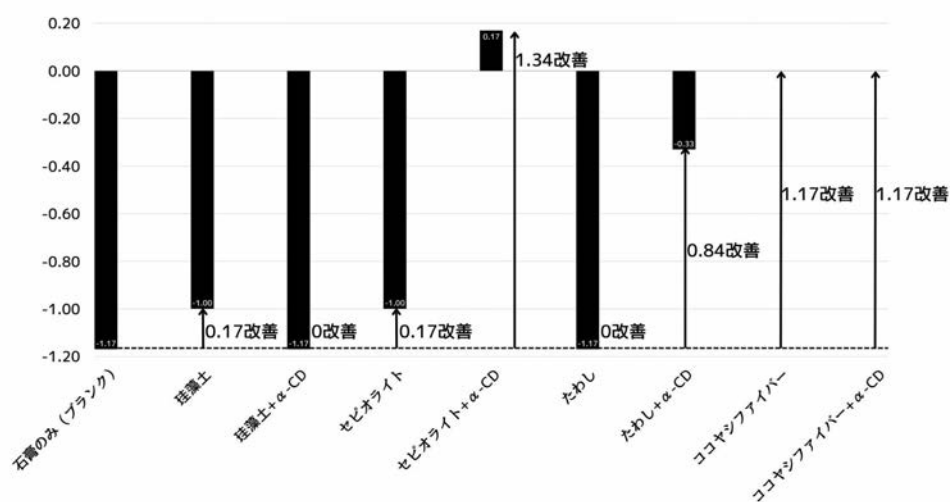


図 4.21 各素材のにおい快・不快感平均値と改善度の比較

4.3.2 においセンサー MQ-135

(1) 実験試料

- 納豆
- 納豆のにおいが付着したムエット (9 枚)
- プロトタイプ 3 (9 個の消臭空間: 石膏のみ、珪藻土、珪藻土+ α -CD、セピオライト、セピオライト+ α -CD、たわし、たわし+ α -CD、ココヤシファイバー、ココヤシファイバー+ α -CD)

(2) 使用器具

- MQ-135 を Arduino Nano Every と組み合わせ
- アクリル板 (7cm × 7cm、9 枚)
- 手袋

(3) 実験環境

実験は、2024 年 12 月 12 日に慶應義塾大学協生館 3 階の教室で実施した。

(4) 実験手順

- 実験前の準備
プロトタイプ 2 の実験 (4.2.2) と同様に、アンモニア臭の収集を行った。納豆を室温 (25 ± 2℃) で 2 時間放置した後、ムエットを納豆に挿入し、30 分間においを吸着させた。準備を終えたムエットを消臭空間内に設置し、5 分間安定させた後、においセンサー MQ-135 による測定を開始した。
- 実験中
プロトタイプ 2 の実験 (4.2.2) と同様に、MQ-135 センサーを予熱してから、センサーの出力値が安定したことを確認した後、測定を開始した。ただし、今回使用した空間は 9 種類であり、それぞれの順番は次の通りとした。石膏のみを基準サンプルとし、続いて珪藻土、珪藻

土+ α -CD、セピオライト、セピオライト+ α -CD、たわし、たわし+ α -CD、ココヤシファイバー、ココヤシファイバー+ α -CDの順に測定を行った。測定方法は、空間に設置したアクリル板をわずかに開け、センサーを内部に挿入して ppm 値の変化を観察し、におい強度の変化を評価するものである。



図 4.22 実験環境の設置

- 実験後

実験終了後、すべての消臭空間を清掃し、次の使用に備える。

(5) 実験結果

最終的な測定値として、測定開始後 31 秒から 50 秒のデータの平均値を採用した。ブランクの ppm 値が 6.72 であったのに対し、異なる素材を使用した空間におけるにおい強度の改善度は以下の通りである。セピオライトは 1.12、セピオライト+ α -CD は 1.09、たわしは 1.61、たわしは 1.30、ココヤシファイバーは 1.75、ココヤシファイバー+ α -CD は 1.66 改善を示した。しかし、珪藻土および珪藻土+ α -CD は改善を示さず、逆に悪化する結果となった。具体的には、珪藻土は 1.24 悪化、珪藻土+ α -CD は 2.06 悪化を示した（図 4.23）。これらの結果から、改善度の高い順に素材を並べると、「ココヤシファイバー>ココヤシファイバー+ α -CD>たわし>たわし+ α -CD>セピオライト>セピオライト+ α -CD>珪藻土+ α -CD>珪藻土」となる。

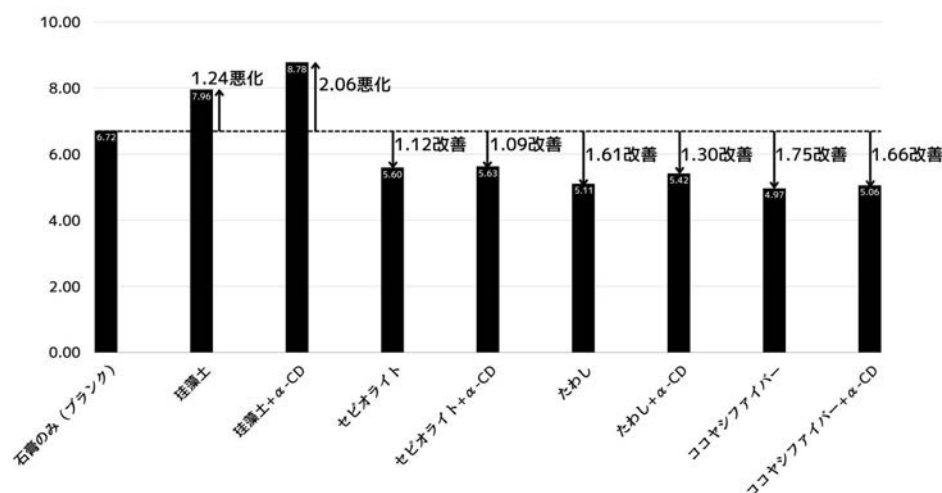


図 4.23 各素材の ppm 平均値と改善度の比較

4.4. 考察

本章の考察では、プロトタイプ2および3の実験結果に基づき、以下の5つの項目について詳細に検討する。

(1) 官能試験法を用いた各素材の評価

各素材について詳細な考察を以下の表 4.2 に示す。本表では、各素材の消臭効果やにおいの強度や快・不快度に基づく評価結果を整理し、それぞれの素材に関する特徴と課題について述べている。

また、プロトタイプ2およびプロトタイプ3の実験結果において、ブランクのにおい強度が一致 (3.67) しており、測定データの一貫性が確認されたことから、官能試験法によるにおい強度の検証は信頼性の高い手法であると考えられる。

表 4.2 素材の評価に基づく考察

素材	考察
ココヤシファイバー、 ココヤシファイバー+ α -CD	プロトタイプ2および3の実験結果を総合すると、消臭効果の改善度が最も高い素材として「ココヤシファイバー」が一貫して上位に位置している。被験者からは「畳のにおい」「空間のにおいが好きで納豆のにおいがあまりしない」「ココヤシのにおいがあきらかに嗅げる」といった肯定的な評価が得られた。「快・不快度の改善」においても高い効果を持ち、「においの強度」が「強烈なにおい」と答えた被験者も「快」と評価する結果となった。この結果は、においの強度と快・不快度が必ずしも相関しないことを示している。においの種類や強度以外に、被験者が感じる快適性に影響を与える要因が存在する可能性を示している。たとえば、ココヤシファイバー自体の香りが納豆のにおいをマスキングし、感覚的消臭により不快感を軽減している可能性が示唆される。 また、「ココヤシファイバー+α-CD」については、「ココヤシファイバー」と比較して不快度改善の数値は同じであったが、においの強度の改善度に若干の違いが見られた。ただし、図 4.18 によると、いずれも「やっと感じ取れるにおい」と回答した被験者が多く、包接作用が効果を発揮しているかどうかを判断するには、α-CD の濃度や配合方法を調整したさらなる検証が必要である。

素材	考察
たわし、セピオライト	「たわし」に関しては、プロトタイプ2の実験では「いい香り」「石鹸のような香り」「ウツの香り」といった肯定的な評価が得られた。しかし、プロトタイプ3の実験では快・不快度に関する評価が低く、不快度の改善が見られない結果となった。「めっちゃ苦くて臭くて頭が痛くなった」といった否定的な回答もあった。同様の現象は「セピオライト」でも確認されており、快・不快度の改善度がプロトタイプ2の実験では0.83であったのに対し、プロトタイプ3の実験では0.17と大きく低下した。この原因として以下の可能性が考えられる： ● 素材の劣化または変質：プロトタイプ3で使用する素材が、劣化や保管条件の違いにより変質が起こった可能性がある。 ● 実験環境や条件の影響：温度、湿度、通気性などの環境条件の違いが結果に影響を及ぼした可能性がある。 ● 被験者の主観的評価の違い：被験者の嗅覚感度や体調、実験時の環境要因が結果に影響した可能性がある。 ● 実験誤差やばらつき：実験準備や測定手順における微妙な違いが影響を与えた可能性がある。 これらの原因を解明するためには、セピオライトやたわしの素材特性や実験条件についてさらなる詳細な検証が必要である。

素材	考察
珪藻土、珪藻土+ α -CD	「珪藻土」および「珪藻土+ α -CD」はほとんどの指標で効果が低く、「空間の中で納豆のにおいと他のにおいが混ざったような感じがして合わない」「においが強く感じた」といった否定的な評価が得られた。これは、珪藻土がアンモニアなど特定のにおい成分に対して効果が限定的であるか、吸着した成分が再放出される可能性を示している。
セピオライト+ α -CD、 たわし+ α -CD	プロトタイプ3の実験では、「セピオライト+ α -CD」による消臭効果が非常に高く、被験者から「ほぼ無臭に感じた」との回答が得られた点は特筆に値する。また、「たわし+ α -CD」も快・不快度においてブランクより0.84の改善度を示しており、一定の消臭効果が期待できる結果となった。
アルミ粉	「アルミ粉」については一定の消臭効果が確認されたものの、安全性の問題からプロトタイプ3の実験では素材として使用しなかった（詳細は3.2.4参照）。

(2) MQ-135 による評価と官能試験法の比較分析

官能試験法は人間の嗅覚を利用した手法であり、感覚を直接的に理解する上で有用である一方、完全に客観的な数値を得ることは困難である。一方、MQ-135 センサーによる測定では、プロトタイプ2および3の実験において、石膏のみ（ブランク）の ppm 値がそれぞれ 6.67 および 6.72 と一致しており、測定データに一貫性が確認された。このことから、MQ-135 センサーは信頼性の高い補完的な手段であると考えられる。

官能試験法とセンサー測定結果の比較においては、一定の相関が確認された。たとえば、ココヤシファイバーは両手法において高い改善度を示し、最も効果的な消臭素材であることが一貫して確認された。さらに、 α -CD を加えた場合にも改善が見られたものの、その効果の差異は小さく、ココヤシファイバー単独でも十分に消臭効果を発揮できることが示唆される。また、珪藻土は官能試験法とセンサー測定の双方において改善度が低く、特にプロトタイプ3では 1.24 および 2.06 の悪化が確認された。この結果は、珪藻土がアンモニアのような特定の成分に対する吸着効果が限定的であること、あるいは吸着した成分が再放出された可能性を示している。

一方、MQ-135 センサーによる測定結果と人間の嗅覚の評価には一致しない点も見られた。たとえば、プロトタイプ3の「たわし」や「セピオライト」では、センサー測定でそれぞれ 1.61ppm および 1.12ppm の改善が確認されたにもかかわらず、官能試験では「強いにおい」「楽に感知できるにおい」と評価された。この不一致の一因として、1.2.1 にも示した「ウェーバー・フェヒナーの法則」が挙げられる。嗅覚における濃度と感覚の関係は対数関数的であり、濃度が大幅に減少しない場合、被験者が感覚的な変化を認識できない可能性がある。また、「セピオライト+ α -CD」は官能試験では高い消臭効果が確認されたものの、センサー測定では 1.09 の改善度にとどまった。この理由として、MQ-135 センサーがアンモニア以外の成分（例：ベンゼンや窒素酸化物）にも反応するため、他の成分が測定値に影響を及ぼした可能性が考えられる。今後は、アンモニア成分に特化したセンサーの導入が必要である。

以上の結果から、機械的評価と人間の嗅覚による評価は異なる側面を持つため、両手法を併用することで、消臭素材の効果をより包括的に検証することが重要である。

(3) 納豆の好みと快・不快度の関係性の分析

プロトタイプ2の実験では、納豆が好きな人が2人、無関心な人が2人、嫌いな人が4人参加した。基準として使用した石膏のみ（ブランク）に対して、納豆が好きな人の快・不快度の回答は「快」と評価されたが、「ココヤシファイバー」を使用した場合、「やや快」や「非常に快」といったより高い評価が得られた。一方、プロトタイプ3の実験では、納豆が好きな人が3人、嫌いな人が5人参加した。石膏のみ（ブランク）に対して、納豆が好きな人の快・不快度の回答は「快でも不快でもない」という評価が多かったものの、「ココヤシファイバー」および「ココヤシファイバー+ α -CD」の両方において「快」という高い評価が得られた。

これらの実験結果を総合すると、消臭素材の使用により快・不快度が明らかに向上したことが示されている。当初の予測では、納豆が好きな人にとってはブランク状態のにおいの方が快適に感じられる可能性があり、消臭効果の評価が難しいのではないかと考えられた。しかし、実際の結果からは、納豆に対する好みは快・不快度の評価に大きな影響を与えないことが示唆された。

(4) α -CDの効果およびその制約の検討

α -CDの効果については、プロトタイプ3の実験結果から、特に「セピオライト+ α -CD」および「たわし+ α -CD」の快・不快度改善度がそれぞれ1.34および0.84であり、 α -CDを追加した素材で消臭効果が向上する傾向が見られた。

一方で、本研究ではいくつかの制約が確認された。第一に、3.2.6に記載したように、混合プロセスにホモジナイザーが使用できなかったため、素材が均一に分散せず、乳化が不十分であった可能性がある。第二に、 α -CDの内径は図3.5に示すように4.7-5.3Åであり、包接される分子（ゲスト化合物）

はこの範囲内の直径である必要がある。本研究では、分子の大きさを測定するための装置がないため、包接体の形成が正確に確認できていない。この点は本研究の大きな制約の一つである。

今回の結果から、素材に α -CDを組み合わせることで消臭効果を向上させる可能性が示唆されたが、これを裏付けるためには、複数回の実験を行い、結果の再現性を確認することが不可欠である。加えて、包接体形成の有無を直接確認するための分析機器（例：ガスクロマトグラフ）の導入も必要である。

(5) ココヤシファイバーの応用と今後の可能性

以上の検証結果から、ココヤシファイバーは最も高い消臭効果を示す素材であることが明らかとなった。ココヤシファイバーを用いた空間は自然な香りを有し、被験者からも好意的な評価が得られた。現状、ココヤシファイバーの主な用途は、鉢植えに用いられるマルチング材としての使用や、土壌の乾燥防止および保温効果を高める目的である。また、加工を経て「ココピート」[65]として培土に利用されるほか、その繊維特性を活かしてたわしとしても製品化されている。しかし、空間の素材としての利用については、現時点で十分な文献が存在しない。本研究の結果を踏まえ、ココヤシファイバーはトイレ、体育館、キッチンなど、においが強い空間への応用が期待される。下駄箱（図 4.24）や壁材（図 4.25）、階段材（図 4.26）、部屋全体の構造材（図 4.27）として活用することで、従来の消臭材とは異なる新たな感覚的快適さを生み出す可能性がある。



図 4.24 下駄箱のイメージ (AI 生成)



図 4.25 壁のイメージ (AI 生成の植物付き)



図 4.26 階段のイメージ (AI 生成の足付き)



図 4.27 部屋のイメージ (AI 生成の人物と壁画付き)

4.4.1 実験結果に基づく最終設計

以上の知見をもとに、ココヤシファイバーの特性を活かした消臭ゴミ箱の最終設計を行い、試作を実施した。本設計は、実際に生ゴミを投入し、における軽減を目的とした構造となっている。また、ゴミ箱本体の製作過程で発生した余剰素材を有効活用し、フタのデザインも試作した。フタには屋根型の形状を採用することで、内部に適度な空気の流れを生み出し、湿気の滞留を防ぐとともに、カビの発生を抑制することを意図している。



図 4.28 ココヤシファイバー製ゴミ箱（本体）



図 4.29 ココヤシファイバー製ゴミ箱（フタ付き）



図 4.30 生ゴミを入れた状態



図 4.31 生ゴミを入れ、フタを閉じる様子

4.4.2 ココヤシファイバーの実用化に向けた課題

ココヤシファイバーの市場導入や社会実装には、いくつかの課題が考えられる。具体的には以下の点が重要となる：

- コスト

現在、日本で使用されているココヤシファイバーの多くは、東南アジアや南アジア（特にスリランカ）から輸入されている [94]。日本は熱帯地域ではないため、ココナッツの大規模栽培には適しておらず、原材料の確保は輸入に依存している。このため、輸送コストや加工コストの削減が重要な課題となる。効率的な物流の確立や現地での一次加工の強化など、コスト抑制のための取り組みが求められる。

- 導入方法

ココヤシファイバーは、一般的な消臭素材と比べて認知度が低い。そのため、エコ市場への積極的な PR 活動や企業、自治体との連携による社会実装プロジェクトの実施が不可欠である。特に未知の応用分野、たとえば家具や生活用品や建材への活用を通じて知名度を向上させることが効果的である。

- 社会価値

現在、4.4.1 で紹介したゴミ箱の製作を通じて、ココヤシファイバーの生ゴミに対する消臭効果が広く認知されることが期待されている。しかし、現行のゴミ箱デザインは消臭範囲と用途が限定的であり、より効果的な消臭と幅広い用途への拡大を実現するための改良が求められている。具体的には、消臭効果を高めるための構造の工夫（例：メッシュ構造）や他の素材との組み合わせによる機能性の向上（例：多層構造への活性炭の組み合わせ）が課題である。これにより、ココヤシファイバーは単なる消臭材としての役割にとどまらず、インテリアなどの幅広い用途への応用が期待される。ココナッツの副産物として再利用を促進することで、廃棄物の削減や環境負荷の低減によって持続可能性の向上にも貢献できる可能性がある。加えて、消臭問題は日本

国内だけでなく国際的な課題でもあるため、ココヤシファイバーの使用範囲を国内にとどめず、海外市場でも応用可能な製品開発を進めることが望ましい。特に、主要生産国であるスリランカでは、ココヤシファイバー産業の拡大が現地の雇用創出や地域経済の活性化に寄与する可能性があり、ココヤシファイバーは、環境面だけでなく経済面でも幅広い分野で社会的価値を持つ。

第 5 章

結

論

5.1. まとめ

ここまでの章では、天然素材を用いた空間を構築し、消臭効果の検証を行った。本章では、その素材についての評価から分かったことをまとめる。また、1.4 本研究の目的で示した以下の 2 つの問いに対応している。

- 空間内でアンモニア成分を含む不快なにおいを軽減するために、どのような天然素材が適切であるか？

本研究では、8 種類の素材（「珪藻土」「ココヤシファイバー」「たわし」「アルミ粉」「アルミホイル」「川砂」「セピオライト」「 α -シクロデキストリン」）を用い、消臭空間を構築し、その消臭効果を検証した。その結果、「ココヤシファイバー」が官能試験およびにおいセンサー MQ-135 の両方において最も効果的な消臭素材であることが明らかとなった。ココヤシファイバーは、におい強度を大幅に減少させるだけでなく、被験者の快・不快度を顕著に改善した点が特徴的である。被験者からは、「大自然のにおいがする」「納豆のにおいがほとんどしないが、植物っぽい香りが感じられる」といった回答が得られた。ココヤシファイバー自体の香りが納豆のにおいをマスキングし、感覚的消臭により不快感を軽減している可能性が示唆される。以上の結果から、ココヤシファイバーはアンモニア成分を含む不快なにおいを軽減するために最も適切な素材であると結論づけられる。しかし、ココヤシファイバーの具体的な消臭メカニズムや香り成分に関する詳細な文献は不足しており、さらなる分析と研究が必要である。

「たわし」と「セピオライト」についても一定の消臭効果が確認されたが、

その効果はやや不安定であると考えられる。この不安定性の原因は現時点では明らかではなく、安定した消臭効果を得るためには、さらなる調査や研究が求められる。

一方、「珪藻土」は両方の検証で最も消臭効果が低い結果となった。さらに、MQ-135 センサーで検証した際、ブランクの空間よりもにおいの強度が高いことが確認された。このことから、珪藻土はアンモニア成分を含むにおいの消臭素材としては適していないと判断された。

「 α -シクロデキストリン」は包接体を形成するために利用されたが、機器の制限により包接体が正確に形成されたかどうかを確認できなかった。その中で、官能試験法では「たわし+ α -CD」と「セピオライト+ α -CD」が明確な消臭効果を示した。一方で、MQ-135 センサーの結果では「セピオライト+ α -CD」の効果が他素材と比較して低く、その理由としてセンサーの特性や他の成分への反応が考えられる。これらの結果から、「セピオライト+ α -CD」については、アンモニア成分に特化したセンサーを用いたさらなる検証が必要である。

- 空間の素材を変えることで、空間利用者の快適さはどのように改善されるか？

本研究では、空間の快適さを向上させることを目的として、不快なおいに関する快・不快度を検証するために「9段階快・不快度表示法」を採用した。本手法には具体的な判定方法を示した文書化されたマニュアルは存在しないが、においの認容性の「変化」を把握する手段として有効であり、本研究では「快・不快度の変化」を指標として効果を評価した。

実験結果によると、快・不快度の改善度が最も高かった「ココヤシファイバー」は、プロトタイプ2の実験において、ブランクの空間と比較して「不快」から「非常に快」に変化した被験者が確認された。また、インタビューでは、ココヤシファイバーを使用した空間に対し、「吐き気を感じていたが、現在は自宅でこの香りを嗅ぎたい」といった積極的な評価が得られるまでの変化が確認された。

その他の素材についても一定の効果が認められた。たとえば、「たわし」は

プロトタイプ2の実験において、「不快」から「快でも不快でもない」へおよび「非常に不快」から「やや快」へと変化した被験者が存在した。回答の中には、「納豆のにおいが消え、石鹸のような良い香りを感じた」という意見や、「ウツドの香りが好きで快適になった」という肯定的な評価があった。一方で、プロトタイプ3の実験では、「セピオライト+ α -CD」を使用した空間において、納豆好きな被験者が「快」から「極端に快」へと評価を変え、その理由として「ほぼ無臭に感じた」と答えた。また、「ココヤシファイバー+ α -CD」においても「非常に不快」から「やや快」への変化が確認され、「あまりにおいを感じないことで楽になった」という回答が得られた。

これらの結果は、不快なにおいの軽減が空間利用者にとって重要な快適性向上要因であることを示している。特に、「ココヤシファイバー」や「セピオライト+ α -CD」のような素材が、心理的および身体的な快適さに大きな影響を与える可能性があることが明らかになった。

5.2. 今後の展望

本研究の結果から得られた知見に基づき、いくつかの課題と今後の展望を示す。まず、多くの人々が関心を持つ長時間にわたる消臭効果の持続性について、さらなる検証が必要である。特に、消臭素材を空間内で使用する場合、カビの発生や素材の劣化といった実用的な疑問に答えるための長期的な評価が求められる。さらに、素材の特性に応じた適切な使用環境を検討する必要がある。たとえば、ココヤシファイバーは消臭効果が非常に高いことが示されており、どのような空間で、どのような用途に適しているかを具体的に検討することが重要である。温度や湿度などの外的要因が消臭性能に与える影響についての詳細な実験が求められる。

また、本研究では機器の制約により、 α -CDの包接体が十分に形成されているかを確認できず、アンモニア成分を正確に検出することも困難であった。これらの課題を解決するためには、ガスクロマトグラフやガス検知管や高精度センサーなど、より適切な測定装置の導入が必要であり、これにより、さらなる効果の高い素材の発見や評価が可能になると考えられる。

加えて、近年注目されている持続可能性の観点から、空間の快適さを達成するだけでなく、環境に配慮した素材選びも重要な課題である。そのため、素材が再生利用可能かどうかや廃棄時の環境負荷を最小限に抑えられるかといった視点を含めた検討が必要である。

今後の研究では、これらの課題を解決するための技術、応用的な検討を進めるとともに、消臭性能と環境負荷低減の両立を図り、快適な空間環境を実現することを目指す。

謝 辞

本論文の完成にあたり、多くの方々から温かいご支援をいただきました。

まず、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の Matthew Waldman 教授におかれましては、デザインの方向性に迷った際に助言をいただき、論文の進行においてご指導を賜りましたことに深く感謝いたします。また、陳 敦雅准教授には、研究で困難に直面した際に実質的なアドバイスをいただき、さらに温かい励ましの言葉をかけてくださったことに心より感謝申し上げます。そして、岸 博幸教授には、発表の際に実用的なご意見と、研究の将来的な可能性に関する貴重なご助言を賜りましたことに、心より感謝申し上げます。さらに、加藤 朗教授には、Overleaf の使用に関するサポートをいただきましたことに感謝いたします。

また、Samcara プロジェクトの皆様には、多くの研究アドバイスをいただき、さらに展示会で発表する機会を提供していただきましたことに感謝いたします。このプロジェクトを通じて、さまざまなデザイナーの作品に触れることで視野を広げることができました。

さらに、ここで出会ったすべての同級生、先輩、後輩、そして先生方にも感謝申し上げます。アンケート調査や実験の進行を手伝っていただき、本当にありがとうございました。大学院での2年間、友人たちには大変お世話になりました。日本での生活で感じた不安や孤独を和らげていただき、心の支えになりましたことに深く感謝いたします。

そして、日吉の大輝屋ラーメンにも感謝したいと思います。研究でスランプに陥った際、美味しいラーメンを食べることで、前に進む力をいただきました。

最後に、家族の支えと応援に心より感謝申し上げます。家族がいなければ、日本で夢を実現することはできなかったでしょう。

皆様、本当にありがとうございました。

参 考 文 献

- [1] 日本環境衛生センター. 悪臭基準設定に関する調査報告書. Technical report, 日本環境衛生センター, 1971. .
- [2] 環境庁（現在の環境省）. 悪臭防止法（昭和四十六年法律第九十一号）. <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=346AC0000000091>, 1971. (Accessed on 14/11/2024).
- [3] 公益社団法人日本アロマ環境協会. アロマテラピー検定公式テキスト 1 級. 2 級. 世界文化社, 2020.
- [4] Yukei Hirasawa, Mika Shirasu, Masako Okamoto, and Kazushige Touhara. Subjective unpleasantness of malodors induces a stress response. *Chemical Senses*, Vol. 44, No. 2, pp. 123–132, 2019. doi:10.1093/chemse/bjy082.
- [5] T. Haahtela, O. Marttila, V. Vilkkä, P. Jappinen, and J. J. Jaakkola. The south karelia air pollution study: acute health effects of malodorous sulfur air pollutants released by a pulp mill. *American Journal of Public Health*, Vol. 82, No. 5, pp. 603–605, 1992.
- [6] K. Azuma, K. Ikeda, N. Kagi, U. Yanagi, and H. Osawa. Prevalence and risk factors associated with nonspecific building-related symptoms in office employees in japan: relationships between work environment, indoor air quality, and occupational stress. *Indoor Air*, Vol. 25, No. 5, pp. 499–511, 2015. doi:10.1111/ina.12155.
- [7] 三協エアテック株式会社. ウェーバー・フェヒナーの法則. <https://www.sat.co.jp/knowledge/odor/>. (Accessed on 14/11/2024).

- [8] 雨宮敏子. 消臭繊維による悪臭除去. 日本家政学会誌, Vol. 73, No. 4, pp. 218–223, 2022.
- [9] 厚生労働省. 科学的根拠に基づくシックハウス症候群に関する相談マニュアル (改訂新版). <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzenu/0000155147.pdf>, 2014. (Accessed on 14/11/2024).
- [10] 板倉朋世, 光田恵, 稲垣卓造. 病院内のにおいに対する看護職員の意識に関するアンケート調査. におい・かおり環境学会誌, Vol. 37, No. 6, pp. 437–448, 2006.
- [11] 佐橋那央子, 平林由果, 長谷博子, 内田有紀, 大西範和. においの快・不快が生理反応に及ぼす影響. 日本生理心理学会年次大会発表論文集, 2018. 日本生理心理学会.
- [12] 与謝野町. 知っていますか? 香害と化学物質過敏症. https://www.town.yosano.lg.jp/health/health-promotion/consultation_1/entry_809/, 2024. (Accessed on 14/11/2024).
- [13] 国際労働機関 (ILO). 国際化学物質安全性カード (ICSC): アンモニア (ICSC 0414). https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=0414&p_lang=ja&p_version=2, 2024. (Accessed on 14/11/2024).
- [14] International Organization for Standardization (ISO). Guidelines on technical definitions and criteria for natural and organic cosmetic ingredients and products - part 1: Definitions for ingredients, 2016. ISO 16128-1:2016.
- [15] 邊見篤史, 杉野努, 中村健一, 野村正人, 奥原正國. 天然物からの消臭活性物質の探索とシネオールの消臭作用の特性. におい・かおり環境学会誌, Vol. 51, No. 2, pp. 129–142, 2020.

- [16] 日本国特許庁. 公開特許公報. <https://www.j-platpat.inpit.go.jp/c1801/PU/JP-2023-017721/11/ja>, 2023. 出願番号 JP.2022115136.A.
- [17] 牛腸ヒロミ, 芦澤ゆう子, 高山美穂, 上西朋子. 緑葉抽出物で染色した綿布によるアンモニアの消臭性. 実践女子大学生生活科学部紀要, Vol. 51, pp. 77–81, 2014.
- [18] European Commission. amending annexes ii, iii and v to regulation (ec) no 1223/2009 of the european parliament and of the council as regards the use of cosmetic products of certain substances classified as carcinogenic, mutagenic or toxic for reproduction. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1902>, 2021. (Accessed on 14/11/2024).
- [19] 中津山憲, 直田信一. 消臭脱臭剤技術 (活性炭吸着および消臭・脱臭剤). におい・かおり環境学会誌, Vol. 45, No. 6, pp. 416–422, 2014.
- [20] Suyeon Jeong and Seung Ran Yoo. Evaluation of deodorization capabilities, morphologies, and thermal stabilities of baking soda, charcoal, coffee, and green tea for kimchi packaging application. *KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY*, Vol. 26, No. 1, pp. 1–9, 2020. (Accessed on 14/11/2024).
- [21] 池田四郎. アンモニアを対象とした室内環境学研究のこれまでと今後. 室内環境, Vol. 21, No. 2, pp. 129–138, 2018.
- [22] C.E. Amshel, M.H. Fealk, B.J. Phillips, and D.M. Caruso. Anhydrous ammonia burns case report and review of the literature. Vol. 26, pp. 493–497, 2000.
- [23] 厚生労働省. 厚生労働省 職場のあんぜんサイト. <https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/gmsds/7664-41-7.html>, 2015. (Accessed on 21/11/2024).
- [24] 清水弘興. 悪臭対策の最新技術動向 生活空間での臭気対策に関する最新動向と今後の課題. 月刊地球環境, Vol. 32, No. 7, pp. 116–117, 2001.

- [25] B. Liang. Indoor air pollution—ammonia pollution. In *Proceeding of International Workshop on Indoor Air Quality*, pp. 86–90, Beijing, China, August 2001. State Environmental Protection Administration of China.
- [26] 小林一輔. コンクリートにおけるアンモニア発生問題とその対策. コンクリート工学, pp. 22–28, 2000.
- [27] 亀田暁子, 坂本圭司. 駅トイレの臭気対策に関する基礎研究. *JREAST Technical Review*, Vol. 41, pp. 55–58, 2013.
- [28] 川崎たまみ, 潮木知良, 京谷隆. モルタル目地とアンモニア産生菌がアンモニア発生に与える影響. 平成 26 年室内環境学会学術大会講演要旨集, p. 141, 2014.
- [29] タカノフーズ株式会社. 納豆の保存方法について. <https://www.takanofoods.co.jp/contact/faq/purpose/preservation.html>. (Accessed on 22/11/2024).
- [30] エステー株式会社. 悪臭や気になるニオイを消臭する方法について教えてください. <https://products.st-c.co.jp/plus/question/9823/>, 2024. (Accessed on 20/11/2024).
- [31] 共立製薬株式会社. エポリオン 製品情報. <https://chikusannavi.kyoritsuseiyaku.co.jp/environment/53>, 2021. (Accessed on 20/11/2024).
- [32] 中津山憲. 脱臭・消臭脱臭剤技術の概要（総論）. におい・かおり環境学会誌, Vol. 45, No. 6, pp. 396–401, 2014.
- [33] 株式会社ネオナチュラル. Neo green アロマミスト 製品情報. <https://www.neo-natural.com/Form/Product/ProductDetail.aspx?shop=0&pid=693&cat=100007>. (Accessed on 20/11/2024).
- [34] 株式会社メニコン. resq デオマスター 製品情報. <https://www.resq45.jp/service/menu03.html>. (Accessed on 20/11/2024).

- [35] 小澤洋平. におい・かおりと臭気判定士. *Japan Association on Odor Environment*, Vol. 45, No. 3, p. 197, 2014.
- [36] 株式会社ビッグバイオ. エコ・バイオリング 製品情報. https://big-bio.com/ec/products/detail/217?utm_source=chatgpt.com. (Accessed on 20/11/2024).
- [37] エステー株式会社. 消臭力 deox 製品情報. <https://products.st-c.co.jp/detail/4499/>. (Accessed on 20/11/2024).
- [38] GVR, Grand View Research. Air freshener market analysis. <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/air-freshener-market>, 2016. (Accessed on 18/11/2024).
- [39] Anne Steinemann. Volatile emissions from common consumer products. *Air Qual Atmos Health*, p. 273–281, 2015. doi:10.1007/s11869-015-0327-6.
- [40] Charles J. Weschler William W. Nazaroff. Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmospheric Environment*, Vol. 38, pp. 2841–2865, 2004. doi:10.1016/j.atmosenv.2004.02.040.
- [41] Anne Steinemann. Ten questions concerning air fresheners and indoor built environments. *Building and Environment*, pp. 279–284, 2017.
- [42] Gina Solomon Alison Cohen, Sarah Janssen. Clearing the air: Hidden hazards of air fresheners. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/airfresheners.pdf>, 2007. (Accessed on 14/11/2024).
- [43] 水野玲子. 香害：新たな空気公害. 東京：岩波書店, 2021.
- [44] 古庄弘枝. マイクロカプセル香害 ——柔軟剤・消臭剤による痛みと哀しみ. ジャパンマシニスト社, 2019.

- [45] 水野玲子. 香害を引き起こすものは何か. <https://hodanren.doc-net.or.jp/books/hodanren22/gekkan/pdf/03/26-32.pdf>, 2022. (Accessed on 19/11/2024).
- [46] 消費者庁. その香り困っている人もいます. https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/other/assets/consumer_safety_cms205_230711_01.pdf, 2023. (Accessed on 14/11/2024).
- [47] Pulcra Chemicals. Cyclofresh and cyclofresh plus. <https://cyclofresh-pulcra.com/>. (Accessed on 18/11/2024).
- [48] リリース化学工業株式会社. パンシル 製品情報. <https://www.rilis.co.jp/products/about-pancil.php>. (Accessed on 18/11/2024).
- [49] リリース化学工業株式会社. 化粧品用パンシル 製品情報. <https://www.rilis.co.jp/products/for-cosmetics/ps-m.php>. (Accessed on 28/11/2024).
- [50] 環境大善. 善玉活性水 製品情報. <https://kankyo-daizen.jp/about/quality/>. (Accessed on 18/11/2024).
- [51] 環境大善株式会社. 車用消臭液「きえ〜る」 製品情報. <https://reurl.cc/36abZX>. (Accessed on 28/11/2024).
- [52] 日本光触媒センター株式会社. blockin 製品情報. <https://www.jphoc.jp/lineup/category/blockin/>. (Accessed on 18/11/2024).
- [53] 日本光触媒センター株式会社. blockin hyper 製品情報. <https://www.jphoc.jp/lineup/322/>. (Accessed on 28/11/2024).
- [54] イソライト珪藻土記念館. 珪藻土とは. <https://www.isolite.co.jp/keisoudokinenkan/whats.html>. (Accessed on 27/11/2024).
- [55] 株式会社セピオジャパン. セピオライトの特徴. <http://www.sepiojapan.com/sepioraitotokutyou.html>. (Accessed on 27/11/2024).

- [56] 一般社団法人日本アルミニウム協会. アルミ箔の世界. <https://www.aluminum.or.jp/haku/faq/index.html>. (Accessed on 3/12/2024).
- [57] 日本経済新聞. 革靴はアルミホイルで消臭. <https://www.nikkei.com/article/DGXZZ047427000X10C19A70000000/>. (Accessed on 3/12/2024).
- [58] 和田幸樹. シクロデキストリン誘導体の特性及び利用—ヒドロキシプロピル- β -シクロデキストリンを中心に. 応用糖質科学, Vol. 1, No. 4, pp. 322–326, 2011.
- [59] 株式会社シクロケム. イラストでわかる！シクロデキストリン. <http://www.cyclochem.com/cd/001.html>. (Accessed on 1/12/2024).
- [60] 株式会社パールエース. サイクロデキストリンってどんなもの？ <https://www.pearlace.co.jp/know-and-fun/tips/post-126.html>. (Accessed on 27/11/2024).
- [61] Éva Fenyvesi, Giangiacomo Torri, Marc Fourmentin, Nadia Morin-Crini, Grégorio Crini, Sophie Fourmentin. Cyclodextrins, from molecules to applications. *Environmental Chemistry Letters*, Vol. 16, p. 1361–1375, 2018.
- [62] 蓮沼英樹, 島正之. 大気環境中アスベスト曝露による健康影響に関する疫学的知見. 廃棄物資源循環学会誌, Vol. 31, No. 5, pp. 366–373, 2020.
- [63] 朝日新聞. ニトリとカインズ「削らないで」バスマットにヤスリ付属. <https://www.asahi.com/articles/ASNDR6HS8NDRULFA00Y.html>, 2020. (Accessed on 25/11/2024).
- [64] 毎日新聞. イズミ、石綿混入バスマットを自主回収へ 「ゆめタウン」で販売した1200枚. <https://mainichi.jp/articles/20201228/k00/00m/040/132000c>, 2020. (Accessed on 25/11/2024).
- [65] ココカラ合同会社. ココピートとは. <https://cococara.jp/article/coco-peat>. (Accessed on 25/11/2024).

- [66] ココハイテック株式会社. ココナッツファイバー 製品情報. <https://reurl.cc/Q57Rvp>. (Accessed on 25/11/2024).
- [67] C Ravindran Venugopal Panicker, Raseela Karunakaran. Nasobronchial allergy and pulmonary function abnormalities among coir workers of alappuzha. *J Assoc Physicians India*, 2010.
- [68] 株式会社アストロ. ココヤシファイバー 製品情報. <https://amzn.asia/d/cXIYm75>. (Accessed on 25/11/2024).
- [69] スリーエム ジャパン株式会社. たわし・スポンジの衛生的管理方法. https://www.3mcompany.jp/3M/ja_JP/commercial-cleaning-jp/application/hygiene/howto3/?utm_source=chatgpt.com. (Accessed on 25/11/2024).
- [70] 株式会社大創産業. 天然素材タワシ 製品情報. https://jp.daisonet.com/products/4994163296607?_pos=1&_sid=efb2b4bf8&_ss=r. (Accessed on 25/11/2024).
- [71] 国際労働機関 (ILO). 国際化学物質安全性カード (ICSC): アルミニウム粉末 (ICSC 0988). https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=0988&p_version=2&p_lang=ja, 2021. (Accessed on 25/11/2024).
- [72] 南山偉明. アルミニウム粉末への表面処理とその応用. 表面技術, Vol. 70, No. 10, pp. 516–518, 2019.
- [73] アルミ箔環境小委員会. アルミ箔のリサイクルと環境問題について. https://www.aluminum.or.jp/haku/pdf/almi_qanda.pdf, 2013. (Accessed on 25/11/2024).
- [74] World Health Organization (WHO). *Environmental Health Criteria 194: Aluminium*. World Health Organization, 1997. ISBN: 9241571942.

- [75] 株式会社大創産業. くっつきにくいホイル 製品情報. <https://reurl.cc/g6gnkQ>. (Accessed on 25/11/2024).
- [76] 内藤航. 日本の水環境における重金属の負荷源と濃度の現状. 環境毒性学会誌, Vol. 14, No. 1, pp. 1–12, 2011.
- [77] International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 68: Silica. <https://www.ilo.org/media/308166/download>, 1997. (Accessed on 25/11/2024).
- [78] 篠原也寸志. 粘土質繊維状鉍産物の産出量と使用状況について. 安衛研ニュース, No. 101, 2017.
- [79] 株式会社セピオジャパン. セピオライト 製品情報. <https://sepiolite.cart.fc2.com/ca1/24/p-r-s/>. (Accessed on 25/11/2024).
- [80] U.S. Food and Drug Administration (FDA). GRN No. 155 alpha-Cyclodextrin. <https://hfpappexternal.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=GRASNotices&id=155>, 2004. (Accessed on 25/11/2024).
- [81] 遠藤朋宏. シクロデキストリン—薬剤学における最近の応用. 薬剤学, Vol. 64, No. 2, pp. 111–117, 2004.
- [82] 国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所. 「健康食品」の素材情報データベース. <https://www.nibiohn.go.jp/eiken/info/pdf/k508.pdf>, 2023. (Accessed on 25/11/2024).
- [83] 寺尾啓二. シクロデキストリンの食品・化粧品への応用 (ヘッドライン: 包接化合物の基礎と応用). 化学と教育, Vol. 60, No. 1, pp. 18–21, 2012.
- [84] FUJIFILM. α -シクロデキストリン安全データシート. <https://labchem-wako.fujifilm.com/sds/W01W0103-0833JGHEJP.pdf>, 2023. (Accessed on 25/11/2024).

- [85] 吉野石膏販売株式会社. 工作用石膏. <https://yoshino-gypsum-sales.com/>. (Accessed on 29/11/2024).
- [86] 幾島賢治, 関矢忠良, 奥重機, 屋敷幾雄, 桑原宣洋, 原耕三, 橋本仁, 大倉一郎. サイクロデキストリン包接消臭材および芳香材の開発. 澱粉科学 (Denpun Kagaku), Vol. 39, No. 4, pp. 285–287, 1992.
- [87] 石黒辰吉. 臭気の評価方法. 安全工学, Vol. 29, No. 4, pp. 280–288, 1990.
- [88] 岩崎好陽. 臭気の測定方法. 大気汚染学会誌, Vol. 27, No. 2, pp. 17–24, 1992.
- [89] 榎本長蔵. 官能試験と機器分析を組み合わせたにのいの評価. pp. 19–25, 2015.
- [90] ウィンセン電子技術有限公司. Air Quality Gas Sensor (Model : MQ135) . <https://reurl.cc/DK3vvQ>. (Accessed on 6/12/2024).
- [91] 高橋食品工業株式会社. 納豆に関するよくある質問. <https://e-nattou.jp/about-nattou/faq/>. (Accessed on 3/12/2024).
- [92] 小堤悠平, 重岡久美子, 畠中哲哉, 田中康男, 道宗直昭, 池口厚男. 養豚の開放型堆肥舎における散布型芳香消臭剤が畜産臭気の緩和に及ぼす効果. におい・かおり環境学会誌, Vol. 51, No. 5, pp. 314–318, 2020.
- [93] 関谷美喜子, 永原耕吉, 阿部伶奈, 佐藤紀代美, 河村敦, 万倉三正. イグサの消臭効果について. 日本家政学会誌, Vol. 73, No. 5, pp. 246–254, 2022.
- [94] 途上国森林ビジネスデータベース. ヤシ殻資材. https://jifpro.or.jp/bfpro/sanpin/sanpin-05/1326/?utm_source=chatgpt.com. (Accessed on 01/02/2025).

付 録

A. プロトタイプ2実験のアンケート

2024 年 月 日

不快なおいと空間の快適さを向上させる消臭素材の探求 ユーザーテスト1

一、基本情報

- ・年齢：
- ・国籍：
- ・性別：
- ・納豆のにおいに対するあなたの印象を教えてください。
 - ☐ とても好き
 - ☐ やや好き
 - ☐ 無関心
 - ☐ やや嫌い
 - ☐ とても嫌い

二、においの評価

1. 素材：石膏のみ

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(楽に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

環境省、臭気指数規制ガイドライン6段階臭気強度表示法、2001。
環境庁、悪臭防止法、1971。

2. 素材：珪藻土

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. 素材：セピオライト

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4. 素材：アルミニウム粉末

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

5. 素材：たわし

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

6. 素材：ココヤシファイバー

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(楽に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

三、プロタイプについての質問

1. どの空間が最も快適なにおいの印象を与えましたか？
2. どの空間が最も不快なにおいの印象を与えましたか？
3. 消臭素材と石膏を使った製品にする場合、どのようなデザインが好ましいですか？理由は何ですか？
4. あなたが普段感じる不快なにおいについて教えてください。

四、その他のフィードバック自由記述

B. プロトタイプ3 実験のアンケート

2024 年 月 日

不快なおいと空間の快適さを向上させる消臭素材の探求 ユーザーテスト2

一、基本情報

- 年齢：
- 国籍：
- 性別：
- 納豆のおいに対するあなたの印象を教えてください。
 - とても好き
 - やや好き
 - 無関心
 - やや嫌い
 - とても嫌い

二、においの評価

1. 素材：石膏のみ

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(楽に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

環境省, 臭気指数規程ガイドライン6段階臭気強度表示法, 2001.
環境庁, 悪臭防止法, 1971.

2. 素材：珪藻土
サンプル1（オリジナル）

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(楽に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

サンプル2（オリジナル+ α ）

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(楽に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. 素材：セビオライト
サンプル1 (オリジナル)

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

サンプル2 (オリジナル+α)

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4. 素材：たわし
サンプル1 (オリジナル)

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

サンプル2 (オリジナル+α)

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

5. 素材：ココヤシファイバー
サンプル1（オリジナル）

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

サンプル2（オリジナル+α）

においの強度

0	1	2	3	4	5
(無臭)	(やっと感知 できる匂い)	(何の匂いで あるかが判 る弱い匂い)	(案に感知で きる匂い)	(強い匂い)	(強烈な匂い)
☐	☐	☐	☐	☐	☐

においの快・不快度

-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
(極端に 不快)	(非常に 不快)	(不快)	(やや 不快)	(快でも 不快で もない)	(やや 快)	(快)	(非常に 快)	(極端に 快)
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

三、プロタイプについての質問

1. どの空間が最も快適なおいの印象を与えましたか？
2. どの空間が最も不快なおいの印象を与えましたか？
3. 消臭素材と石膏を使った製品にする場合、どのようなデザインが好ましいですか？理由はなんですか？
4. あなたが普段感じる不快なおいについて教えてください。

四、その他のフィードバック自由記述