

平成 21 年 4 月 28 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2005～2008

課題番号：17500513

研究課題名（和文） 生活科学的視点に立脚した“消臭”の機能性評価

研究課題名（英文） Sensory evaluation study of the deodorizing efficacy of a titanium oxide (TiO₂)-type deodorant

研究代表者

菅原 芳明 (Sugawara Yoshiaki)

県立広島大学・人間文化学部・教授

研究者番号：30154462

研究成果の概要：研究課題に関わる当初3ヵ年（2005～2007年度）の研究成果は、1）AROMA RESEARCH, 2005, Vol. 6, pp181-187, 2）AROMA RESEARCH, 2005, Vol. 6, pp 290-296, 3）「官能評価（官能スペクトル）による光触媒型消臭器の消臭機能評価の試み」, 2005, 日本官能評価学会誌, Vol. 9, pp 101-107, 4）「Sensory evaluation of the efficacy of a photocatalytic deodorizer」, 2007, Bul. Fac. Human Cul. & Sci. Prefec. Univer. Hiroshima, vol. 2, 73-82, 5）「Sensory evaluation of the efficacy of a photocatalytic deodorizer in terms of sensory evaluation spectrum – An attempt for its application」, 2008, Bul. Fac. Human Cul. & Sci. Prefec. Univer. Hiroshima, vol. 3, 53-61に公表。

その上で、最終年の2008年度では、上記の成果ならびにこれまでの未発表データに基づきながら、研究課題に関わる総合考察および総合評価に焦点化した研究展開を図った。その結果、6）「官能評価を基礎とする光触媒型消臭器の消臭機能評価」, 2009, 日本家政学会誌, Vol. 60, pp 353-362, 2009に公表すると共に、研究課題に関わる文字通りの総合考察・総合評については、7）「Use of human senses as sensors」, 2009, Sensors, vol. 9, 3184-3204と題する論文に結実。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	500,000	0	500,000
2006年度	500,000	0	500,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	2,600,000	480,000	3,080,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：消臭効果 (deodorizing efficacy); 酸化チタン (titanium oxide); 光触媒型消臭器 (photo-catalytic deodorizer); 官能評価 (sensory evaluation); 官能スペクトル (sensory evaluation spectrum); SD法 (semantic differential method)

1. 研究開始当初の背景

(1) 酸化チタン (TiO₂) は、化粧品や食品添加物等に応用されるセラミックで、結晶系の一つであるアナターゼ型酸化チタンは、永続的な「有機物の付着 光分解 再生」の光触媒サイクルにより、消臭、抗菌・抗カビ、汚れ分解作用等多種・多様な光触媒機能を発揮する。反応の副生成物 (H₂O, CO₂) が無害であることから、現在、ハイドロテクトタイル、光触媒ガラス等多種多様な光触媒機能に着目した製品化が急速に進行中である。三菱総研は、『関連製品を含めると将来1兆円以上の市場規模。』との予測を発表している程である。本研究では、まず、1) 酸化チタンが有する上記多種多様な光触媒能の中で、“消臭”機能に局限した研究展開を行うことにする。具体的には、研究代表者等が開発した官能スペクトル手法に依拠しながら、「生活科学的視点に立脚した“消臭”の機能性評価法」の確立を目指す。併せて、2) 酸化チタンが有する他の光触媒能についても、同様の視点に立脚した機能評価を行なう。

(2) 研究開始当初の背景としては、研究代表者等の過去の2つの科研(基盤研究(C))が挙げられる: 1) 「香りの心理・生理効果と生活科学・健康科学領域への応用」(1998~1999年度; 課題番号=10680122)と2) 「匂いを感じる仕組み 匂いの知覚変化を基礎とする匂い応答反応の生理学的研究」(2001~2003年度; 課題番号=13680124)。双方の科研課題研究を通して、エッセンシャルの香り(“匂い知覚”)に関わる独自の(心理統計学を基盤とする)官能評価手法(被験者が感じた香りの印象を官能スペクトルの形式で出力・視覚化する手法)の開発に成功し、この手法を酸化チタン(TiO₂)が有する多種多様な光触媒機能の機能評価に応用出来るのではないかと考えたのが、そもそもの発端である。

2. 研究の目的

上述の2つの科研(基盤研究(C))の研究成果を背景に、2003年~2004年に掛けて、研究代表者等々は、香りの「印象」を官能スペクトルの形式で出力・視覚化する上記の手法を他の領域に応用出来ないかとの視点に立ち、数種類の試行実験を繰り返した鋭意行っていた時期がある。その結果(最終的には)、酸化チタン(TiO₂)に関わる「消臭」機能評価実験のみが、有望と考えるに至った。

上述のように、酸化チタンは、消臭、抗菌・抗カビ、汚れ分解作用等多種・多様な光触媒機能を有する上、副生成物(H₂O, CO₂)が無害であることから、ハイドロテクトタイル等

の光触媒機能に着目した製品化が急速に進行中であった背景もあり、研究課題としては、「生活科学的視点に立脚した“消臭”の機能性評価」とした。また、(可能であれば)この研究課題を発展させ、酸化チタンが有する多種多様な光触媒機能への適用(応用)可能な汎用性のある機能性表示手法の開発に繋がりたいとの思いもあり、到達目標(「研究目的の細目」)を以下のように細かに定め、それらの細目を一つ一つ逐次的にステップアップすることで、当初の研究目的を達成することとした。

(1) 「研究目的」: 「生活科学的視点に立脚した“消臭”の機能性評価」。

(2) 「細目1」: 「エッセンシャルで確立した“匂い知覚”の心理統計学を基礎とする手法全般についての総合的なまとめ」 研究全般を展望し、本論に入る前に、このような「まとめ」が必要不可欠と判断。

(3) 「細目2」: 上記エッセンシャルの「まとめ」を背景に、「本論」に進む(本論に関わる基礎的研究の実施)。

(4) 「細目3」: 基礎的研究の深化を図る。

(5) 「細目4」: 酸化チタンが有する「消臭」以外の光触媒機能への応用。

(6) 「細目5(最終目標)」: 「商品を使用する側(官能評価)の視点に立脚した酸化チタンの汎用性の高い機能性評価手法の確立」。

3. 研究の方法

基本的には、SD法(semantic differential method)を採用。以下では、TiO₂型消臭器をパネリスト個々の自宅冷蔵庫に設置した場合のみについて記述する。SD法に準じ、以下のように、消臭機能評価を目的とする2種類の官能調査表を作成した。

(1) 「冷蔵庫内の“臭いの感じ方”」を指標とする官能評価調査票の作成

冷蔵庫内の“臭いの感じ方”に関わる13の評価項目を選抜する目的で、5名からなるパネルによるディスカッションに基づき、まず、25組程度の形容詞句の対からなる“臭いの感じ方”候補リストを作成。次に、別の5名が、研究室内の冷蔵庫の一つを用いて(庫内の臭いを嗅ぎながら)、候補リスト(25組)の妥当性(適否)を判別。最終的に、その5名による総合討論を経て、以下の13組を決定した: さわやかな・さわやかでない(fresh - stale), すすがすがしい・濃厚な(refreshing - not refreshing), すっきりした・もつさりした(clear-cut - sluggish), 澄んだ・濁った(clear - murky), 清らかな・不潔な(clean - dirty), 自然な・人工的な(natural - artificial), 穏やかな・イライラする(calm

- irritating), 調和した・不調和な (harmonious - inharmonious), 心地よい・どぎつい (agreeable - disagreeable), 快適な・不快な (comfortable - uncomfortable), 新鮮な・古びた (pure - musty), 品のある・品のない (refined - vulgar), 好き・嫌い (pleasant - unpleasant)。それぞれについて, +5 ~ -5 の該当するスコアに 印を付す 11 段階評価とする官能評価調査表を作成。

(2) 「冷蔵庫内の "臭いの強さ"」を官能指標とする官能調査表の作成

冷蔵庫内の "臭いの強さ" に関わる評価項目としては, 以下の 6 項目を採択: 1) 冷蔵庫内全体の臭いの強さ, 2) タクワン臭 (漬け物などの臭い), 3) 調味料臭 (ミソなどの臭い), 4) カビ臭 (かびなどの臭い), 5) 煮汁臭 (煮汁などの臭い), 6) 魚などの腐臭 (魚などが腐ったような臭い)。これら 6 項目について, 該当する以下のスコアに 印を付す形式にての官能評価調査表を作成: 0 - 無臭; 1 - やっとかすかに感じる程度の臭い; 2 - 臭いが感じられる程度の弱い臭い; 3 - 楽に感じる程度の弱い臭い; 4 - 強い臭い; 5 - 耐えられないほど強い臭い。

(3) 「臭いの感じ方」と「臭いの強さ」を官能指標とする官能評価ならびにデータ処理

TiO₂ 型消臭器を, パネリスト個々の自宅冷蔵庫の中段に設置することとし, 「消臭器設置前」, 消臭器を庫内に 1 週間設置し続けた直後の「設置後」, 設置した当該の消臭器を一旦庫外に除去し, 除去後 1 週間経過後の「除去後」の 3 回, 「臭いの感じ方」と「臭いの強さ」を官能指標とする官能指標とする官能評価実験を実施した。

得られた官能評価データ (「消臭器設置前」, 「設置後」, 「除去後」) は, 評価項目毎に, (「設置後」・「設置前」) ならびに (「除去後」・「設置後」) の官能差 (官能スコア差) を求めると共に, 横軸に 13 の評価項目を取って, 得られた $\sum_{i=1}^n (\text{印象スコア差}_{\text{設置後-設置前}})_n / n$ もしくは $\sum_{i=1}^n (\text{印象スコア差}_{\text{除去後-設置後}})_n / n$ の値を縦軸に取って棒グラフ (官能スペクトル) 表示した。また, 各評価項目の統計学的有意性判別は, それらの官能差に対し, *t*-検定で行なった (対応のある 2 標本に対するパラメトリックな計量差検定)。

4. 研究成果

研究成果については, まず, 年度毎 (細目毎) の成果を述べた後に, それらの成果 (2005 ~ 2008 年度) をまとめた形で概説する。

(1) 2005 年度の研究成果

2005 年度においては, まず, エッセンシャルで確立した「匂い知覚 (香りの印象)」の心理統計学を基礎とする印象表示手法全般について, 総合的な「まとめ」を実施。本題 (「酸化チタンの消臭機能 (効果) の実験・研究」) の研究に入る前提 (基礎・基盤) と考えたからである。「まとめ」は, 当該年度中に以下に公表: 1) 「官能評価 (SD 法) に基づく香りの知覚変化の表示手法 (1)」, 2005, AROMA RESEARCH, Vol. 6, pp181-187; 2) 「官能評価 (SD 法) に基づく香りの知覚変化の表示手法 (2)」, 2005, AROMA RESEARCH, Vol. 6, pp 290-296。

次に, 上記論文 1), 2) の成果を背景に, 試行実験を実施。TiO₂ 型消臭器 (市販のもの) をパネリスト個々の自宅冷蔵庫に設置し, 「消臭器設置前」, 消臭器を当該の冷蔵庫内に 1 週間設置し続けた後の「設置後」, さらにその設置した当の消臭器を一旦庫外に除去し, 除去後 1 週間経過後の「除去後」の 3 回, 庫内の臭い印象と臭いの強さを官能評価指標とした官能評価実験から, 極めて興味深い実験成績が得られたので, 直ちに日本官能学会誌に投稿 (当該年度中に受理): 3) 「官能評価 (官能スペクトル) による光触媒型消臭器の消臭機能評価の試み」, 2005, 日本官能評価学会誌, Vol. 9, pp 101-107。

(2) 2006 年度の研究成果

2006 年度においては, 上記日本官能評価学会誌に報告した研究内容のさらなる深化を図った。つまり, 上記の論文 3) について, 「再現性」検証の視点から, 広範な再現性実験を実施。得られた研究成果は, 本学「人間文化学部紀要」(英文論文) に公表: 4) 「Sensory evaluation of the efficacy of a photocatalytic deodorizer」, 2007, Bul. Fac. Human Cul. & Sci. Prefec. Univer. Hiroshima, vol. 2, 73-82。

(3) 2007 年度の研究成果

2007 年度においては, 「消臭」以外の他の酸化チタンの光触媒機能への応用的な研究展開を図った。このような応用的研究展開を視野に入れ, 研究開始当初に, 図 1 に示す実験プラントを構築。野外の物置のドアの一つを酸化チタン (TiO₂) コーティングすると共に, 他のドアはコーティングせずコントロールとし, そのまま野外に 2 年間放置したものである。2007 年度当初時点で, TiO₂ コーティング後 2 年が経過していたこともあり, 本実験プラントを利用した官能評価実験を実施した。このようにして得られた酸化チタンの「防汚効果」に関する研究成果は, 本学「人間文化学部紀要」(英文論文) に公表: 5) 「Sensory evaluation of the efficacy of

f a photocatalytic deodorizer in terms of sensory evaluation spectrum – An attempt for its application», 2008, Bul. Fac. Human Cul. & Sci. Prefec. Univer. Hiroshima, vol. 3, 53-61.

(4) 2008年度の研究成果

2008年度(最終年)では,上記の成果およびこれまでの未発表データに基づき,研究課題に関わる総合考察・総合評価を行った。

その成果は,まず,6)「官能評価を基礎とする光触媒型消臭器の消臭機能評価」, 2009, 日本家政学会誌, Vol. 60, pp 353-362, 2009に結実。この論文は,前報(日本官能評価学会誌, 2005, Vol. 9, pp 101-107)の実験事実に基づいて,以下の3点をフォローしたものである: 1)庫内の臭気物質の追跡(デシケーターを用いたモデル実験で実施), 2)二つの官能評価指標の比較, 3)パネリストの数。この論文は,「消臭」機能に限局したものではありませんが,本法が, TiO_2 が有する多種・多様な光触媒能の機能評価に適用するに際して「汎用性」を有するとの視点からまとめを行なった論文である。

さらに,研究課題に関わる文字通りの総合考察・総合評価を実施した。その成果は,7) 「Use of human senses as sensors」, 2009, Sensors, vol. 9, 3184-3204に結実。

以下では,上記1)~7)の論文の内容を背景に,得られた研究成果を概説する。

図1の実験プラントは,前述のように,酸化チタン(TiO_2)の「防汚効果」を見る目的で構築したものである。野外設置の物置のドア一つ()を TiO_2 コーティングすると共に,他ドア()は塗布せずにコントロールとした。その後,そのまま野外に2年間放置し,実験に供した。

塗布した TiO_2 のコーティング効果,すなわちその「防汚効果」を見積もる目的で,表1に示すような形容詞句対を25個組程度,5名のパネリストによるディベートを通して選抜した。次に,別の5名が,図1の実験プラントの前に集まり, TiO_2 コーティングしたドアの「防汚効果」を表現する上で相応しいか否かとの視点に立脚し,上記25組の「形容詞句対」それぞれに対し,該当する以下のスコアに印を付す形式での評価を行なった:「相応しい」・「2」;「適切」・「1」;「相応しくない,不適」・「0」。最終的には,5名のそれらスコアの総和に基づいて上位13項目を選抜した。

次に,13の評価項目(形容詞句対)から構成される官能評価調査用紙を作成し,一般人パネル(18名:図2a)と学生パネル(34

図1 野外の実験プラント(物置)

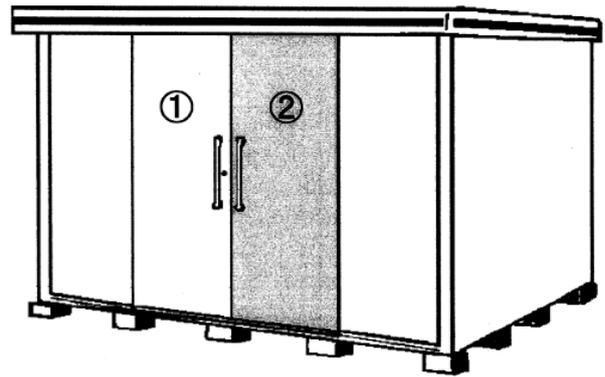


表1 形容詞句対の候補リスト

bright – dark	fresh – stale
clear – heavy	pure – sandy
clean – dirty	light – sticky
dry – watery	fine – dusty
...	...

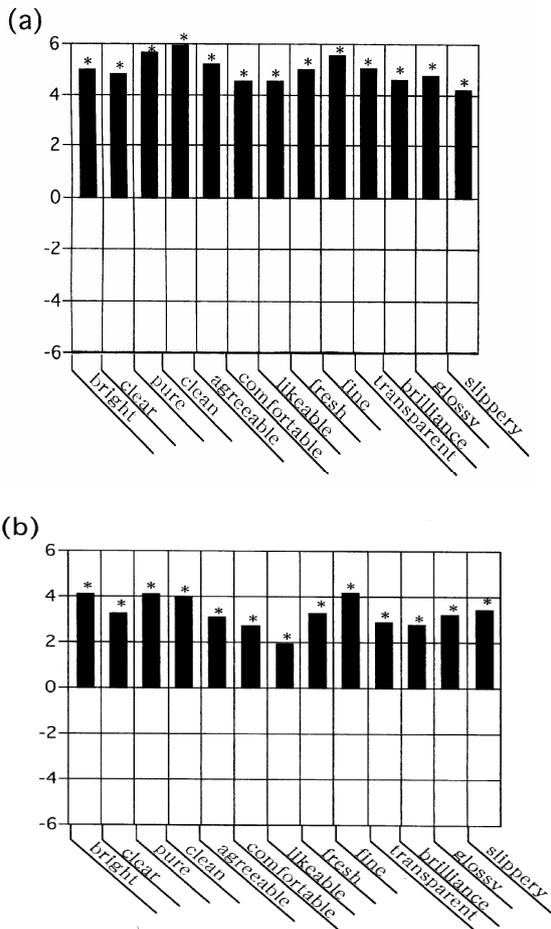
名:図2b)による官能評価実験を実施した。

一般人パネルならびに学生パネルから得られた官能データに基づいて,官能スペクトル表示したのが図2である。官能スペクトルは,各印象項目について,パネリスト個々に各々の官能スコア差を求め(のドアに対する のドアの官能差 = . . .),官能差のパネル平均値を縦軸に,横軸には13の印象項目を取って棒グラフ表示したものである。なお,印象項目毎に,それぞれの「官能差」について,統計学的有意性判別を行い,危険率5% ($p < 0.05$)で有意と判別された項目については,図中に*マークを付して表示した。

図2の2枚の官能スペクトルでは,各々の図から明らかなように,「bright」,「clear」,「pure」,「clean」等印象項目すべてに渡って, TiO_2 コーティングを施したドアの方が,コーティングなしのドア(コントロール)より勝ると言うことを示している。しかも,図2は(2枚の官能スペクトル共に),13の印象項目全てで有意(t -検定; $p < 0.05$)と判別されることが分かった。

ここで,本法が,なぜ「官能差」(「 . . . 」)を官能評価指標に採用し,「官能差」のパネル平均値を縦軸に取って官能スペクトル表示をするに到ったのかについて,一言言及して置く必要がある。図3は, TiO_2 型消臭器を,パネリスト個々の自宅冷蔵庫の中段に設置し,「消

図2 酸化チタン (TiO₂) の防汚効果の官能スペクトル表示



臭器設置前」, 消臭器を庫内に1週間設置し続けた直後の「設置後」, 設置した当該の消臭器を一旦庫外に除去し, 除去後1週間経過後の「除去後」の3回, 冷蔵庫内の「臭いの感じ方」を官能指標として得られた官能評価データを, 「消臭器設置前」(白抜きバー), 「消臭器設置後」(斜線入り), 「消臭器除去後」(黒塗り)それぞれについて示したものである。図3 a, b 共に, パネルは学生パネルである。図3 a は学生パネル A (n=21), b (n=35) は学生パネル B (n=35) である。図から明らかなように, 平均値に比し, 極めて大きな偏差(パネルリスト個々の個人差)が観察されることが分かった。

そのため(上記極めて大きな偏差に鑑み), 本法では, 得られた官能データ(「消臭器設置前」, 「設置後」, 「除去後」)については, 評価項目毎に, (「設置後」・「設置前」)ならびに(「除去後」・「設置後」)の官能スコア差を求めると共に, 横軸に13の印象項目, 縦軸には $\sum_{i=1}^n (\text{印象スコア差}_{\text{設置後-設置前}})_n / n$ もしくは $\sum_{i=1}^n (\text{印象スコア差}_{\text{除去後-設置後}})_n / n$ を取って棒グラフ(官能スペクトル)表示することとした(図4)。なお, 図中, 左側2

枚(a, b)は学生パネル A (n=21), 右側2枚(c, d)が学生パネル B (n=35)の官能データから得られた官能スペクトルである。

図4から明らかなように, 有意($p < 0.05$)と判別された印象項目数は, aが11項目, bが13項目, cが13項目, dは10項目であった。ここで, 13の印象項目が指し示す全体的なスペクトルの変化傾向について, 統計学的な判別が可能か否かとの問題が生じる。研究代表者等は, この問題に対して, n=13の(評価項目数が13であるので)符号検定を適用した。符号検定では, 1) *が付された項目は+1項目, 2) ±が付された項目($p < 0.1$ で有意)は, ±2項目=+1項目と数える。その上で, 3)全13評価項目中の+項目数を数え, その数を指標に, スペクトルの全体的な変化傾向の統計学的な有意性の判別を行なおうとするものである。この考えを, スペクトルdに適用した場合, dのグラフ中には±が2項目あるので, +項目数は11項目相当となる。つまり, スペクトルdは, 有意と判別される。なぜなら, 危険率を5% ($p < 0.05$)にした場合, 1)この数が > 10であれば, スペクトルの全体的変化傾向が有意, 他

図3 官能評価に基づいて得られるデータの一般的特性

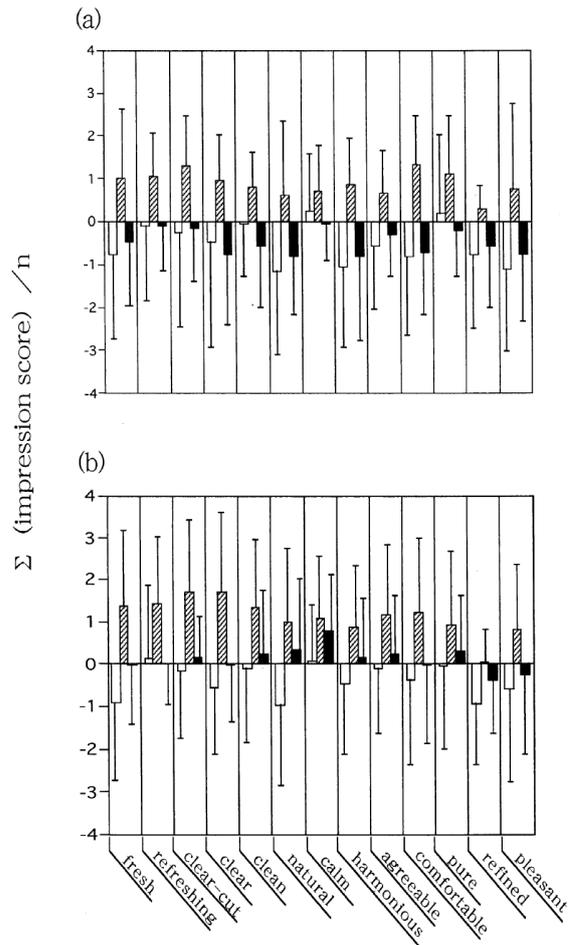
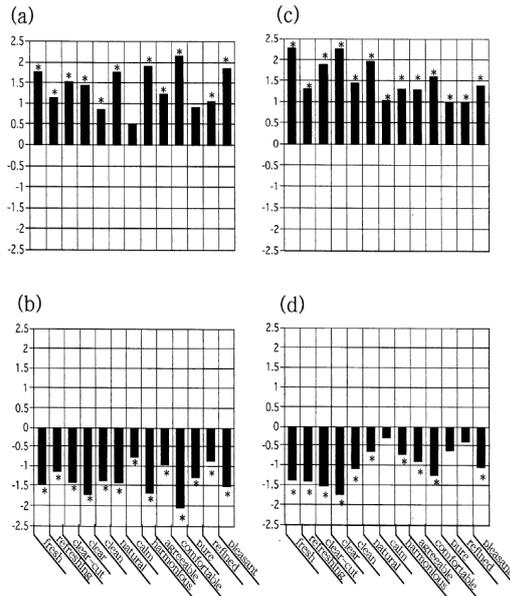


図4 図3の官能スペクトル表示



方、2)この数が <3 の場合は、帰無仮説が棄却と判別されるからである。

官能スペクトルの各棒グラフは、官能評価が上がる場合にはグラフ上+側に、逆に、下がる場合はグラフ上-側に振れるようになっている。そのため、図4の上段の2枚のスペクトル(a, c,)は、消臭器設置後、庫内の臭い印象の大幅な改善(設置前との比較で)を示している。他方、下段の2枚のスペクトル(b, d)は、消臭器除去後、消臭器設置により一旦改善を見た庫内の臭い印象が、再度悪化することを示している。つまり、上段のスペクトルが「消臭器設置」、下段のスペクトルが「消臭器除去」の作用スペクトルとなっている。

付記：本研究は、(株)大野石油店・酸化チタン事業部・北山一郎氏との共同研究によるものである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 7件)

菅原, 「官能評価(SD法)に基づく香りの知覚変化の表示手法(1)」, 2005, AROMA RESEARCH, Vol. 6, pp181-187. (査読有り)

菅原, 「官能評価(SD法)に基づく香りの知覚変化の表示手法(2)」, 2005, AROMA RESEARCH, Vol. 6, pp 290-296. (査読有り)

菅原, 井浦, 青井, 住廣, 北山, 「官能評価(官能スペクトル)による光触媒型消臭器の消臭機能評価の試み」, 2005, 日本

官能評価学会誌, Vol. 9, pp 101-107. (査読有り)

Sugawara, Y., Iura, Y., Kitayama, I., 「Sensory evaluation of the efficacy of a photocatalytic deodorizer」, 2007, Bul. Fac. Human Cul. & Sci. Prefec. Univer. Hiroshima, vol. 2, 73-82. (査読なし)

Sugawara, Y., Minabe, S., Kojima, A., Aoki, T., Kitayama, I., 「Sensory evaluation of the efficacy of a photocatalytic deodorizer in terms of sensory evaluation spectrum - An attempt for its application」, 2008, Bul. Fac. Human Cul. & Sci. Prefec. Univer. Hiroshima, vol. 3, 53-61. (査読なし)

菅原, 杉本, 三辺, 「官能評価を基礎とする光触媒型消臭器の消臭機能評価」, 2009, 日本家政学会誌, Vol. 60, pp 353-362. (査読有り)

Sugawara, Y., Sugimoto, C., Minabe, S., Iura, Y., Okazaki, M., Nakagawa, N., Seto, M., Maruyama, S., Hirano, M., Kitayama, I., 「Use of human senses as sensors」, Sensors, Vol. 9, pp 3184-3204. (査読有り)

〔学会発表〕(計 3件)

菅原, 「官能評価(SD法)を基礎とする消臭機能評価」, 第57回日本家政学会大会, 2005.

菅原, 「SD法を基礎とする消臭機能評価・再現性検証実験」, 第58回日本家政学会大会, 2006.

菅原, 「SD法を基礎とする光触媒(TiO2)型消臭器の消臭機能評価」, 第55回日本家政学会中国・四国支部研究発表会, 2008.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

取得状況(計 件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅原 芳明 (SUGAWARA YOSIAKI)
 県立広島大学・人間文化学部・教授
 研究者番号：30154462

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者