

REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」

2024年度 研究活動報告書

室内空気汚染に関する研究－天然物素材によるアルデヒド類の除去効果－

学校法人立命館 立命館高等学校 サイエンス部化学班

1. 研究背景・目的

建材や家具などにも利用されている接着剤や塗料から揮発したホルムアルデヒド HCHO やトルエン $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ などは、シックハウス症候群として、めまいや頭痛、鼻水などの体調不良を引き起こす原因となる。先行研究を調査する中で、揮発性有機化合物（VOC）を吸着除去する物質として活性炭が利用できることを知った。室内空気の汚染は、私たちの健康に影響を与える。そこで、様々な天然物を素材として用いることで、空気中から HCHO などの汚染物質が除去できないか実験により確かめることを目的とする。

2. 活動の内容

2. 1 出前講義

①「Be an Innovator! You can change the world for the better with AI-ICT」

日時：2024年11月5日(火)9:50～11:20

場所：立命館高等学校小ホール

講師：富田二三彦先生（国際電気通信基礎技術研究所取締役）

内容：本校が毎年11月に開催している国際サイエンスフェア Japan Super Science Fair (JSSF) のアクティビティの一つ、Science Talk の1講座として実施。JSSFに参加する海外21か国・地域の高校生と一緒に、科学技術・イノベーションについて学んだ。

②REHSEメンターによる研究の指導

日時：2025年2月【予定】

場所：立命館高等学校 課題研究室（Zoom ミーティング）

講師：加藤 博子先生（東京科学大学准教授・REHSEメンター）

内容：REHSE研究の報告。研究や最終成果発表会に向けてのアドバイスを頂く予定。

2. 2 見学

①大阪大学いちょう祭見学（サイエンス部春季研修）

日時：2024年5月3日(金)

場所：大阪大学吹田キャンパス（大阪府吹田市）

見学の目的：吹田キャンパス内の各研究室の実験施設の見学や研究内容の紹介を見て、自分の研究との関連について考えるため。来場者に対する分かりやすい展示の方法が興味深かった。

参加者：サイエンス部員（中学、高校生9名）

②スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会の見学（サイエンス部夏季研修）

日時：2024年8月7日(水)、8日(木)

場所：神戸国際展示場（兵庫県神戸市）



見学の目的：全国の SSH 指定校の生徒がどのような研究を行っているのかを聴いて、自分の研究に活かした。

参加者：サイエンス部員（中学，高校生 14 名）

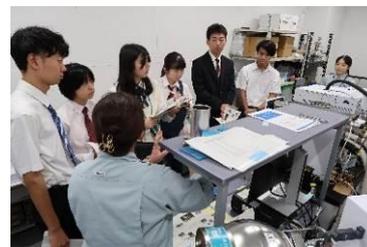
③大阪府環境農林水産総合研究所訪問（サイエンス部秋季研修）

日時：2024 年 9 月 24 日（火）文化祭代休日

場所：大阪府環境農林水産総合研究所（大阪府羽曳野市）

見学の目的：研究所で行っている環境分析測定について、装置や実験手法について学んだ。

参加者：サイエンス部 6 名



④Japan Super Science Fair (JSSF) 2024 ポスター発表見学

日時：2024 年 11 月 4 日（月・祝）

場所：立命館高等学校

見学の目的：JSSF に参加している海外 20 か国 34 校及び国内 15 校，合計 110 件の研究ポスターを見学した。英語による交流を行った。

参加者：サイエンス部 6 名



⑤けいはんなサイエンスフェスティバルの見学

日時：2024 年 11 月 19 日（土）

場所：奈良県立奈良高等学校

サイエンス部数学班の発表。本校や他校の生徒の研究発表を見学し、自分たちの研究の参考にした。

参加者：サイエンス部 5 名



2. 3 その他の活動（サイエンス部化学班の他のグループの発表）

①第 68 回日本学生科学賞京都府審査 最優秀賞，第 68 回日本学生科学賞 入選 1 等。

②Japan Super Science Fair 2024 (JSSF 2024)（11 月 2 日（土）～6 日（水），立命館高等学校）で口頭およびポスター発表。

③日本化学会近畿支部高等学校・中学校科学研究発表会（12 月 25 日（水），大阪大学）で口頭発表。

④大気環境学会近畿支部研究発表会（12 月 26 日（木），大阪公立大学）で口頭発表。

⑤20th International Student Science Fair 2025 (ISSF 2025)（1 月 26 日（日）～31 日（金），タイ王国 Mahidol Wittayanusorn School）で口頭発表およびポスター発表。

3. 研究成果の発表

①日時：2024 年 9 月 21 日（土），22 日（日）

発表の場：立命館中学校・高等学校文化祭「立命祭」

場所：本校清和会記念ホール

発表題目：「サイエンス部活動発表」

発表形態：活動紹介・演示実験

発表者名：サイエンス部員



②日時：2024 年 9 月 24 日（火）文化祭代休日

発表の場：REHSE 研究の紹介

場所：大阪府環境農林水産総合研究所（大阪府羽曳野市）

題目：室内大気汚染の研究計画について

発表形態：口頭発表，意見交流



4. 活動および研究内容

4. 1 背景と計画

1990年代から2000年代にかけて、新築やリフォームされた住宅に住む人がシックハウス症候群や化学物質過敏症の健康被害を訴えるケースが増加した。これらの原因は、建材や家具などに利用されている接着剤や塗料から揮発したホルムアルデヒド HCHO やトルエン $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ などの揮発性有機化合物 (VOC) である。特に、建物の気密性が高まり、断熱性が向上する一方で、換気が不十分になりやすくなったことが要因とされている。当時と比べると被害件数は減少したが、完全に無くなったわけではなく、依然として注意が必要な状態である。そこで、研究テーマとして「室内空気汚染に関する研究」を設定し、次の点について、研究や調査活動によって理解を深めることにした。

- ・室内空気汚染物質の種類や性質に関する学習（文献調査・見学）
- ・室内空気汚染に係る法令（文献調査）
- ・室内空気汚染に関する業界（主に建設関係、ハウスメーカー等）の対策（見学）
- ・室内空気汚染の測定や除去法の検討（実験）

4. 2 内容

(1) 大阪府立環境農林水産総合研究所訪問

研究所の環境研究部環境調査グループ内の大気グループの研究員の方より、研究所内で行っている分析について説明して頂いた。実際に装置を見て、分析の原理や操作で注意している点などをうかがうことができた。

各府県に設置されている地方環境研究所の中でも大阪府は規模が大きい。例えば微小粒子状物質 $\text{PM}_{2.5}$ 成分の分析について、他の府県の研究所では外部委託しているようなものでも、大阪府では研究所内で分析できる環境にあるとのことである。

REHSE 研究を行っている私たちの研究と、サイエンス部3年生の先輩方の研究（昨年度の REHSE 研究「疑似光化学スモッグ中のアルデヒド類の分析法の開発」）について、研究所大気グループの全員の前で発表し、研究内容や実験手法について、議論することができた（図1）。

議論の中で、研究員の方より「大気汚染物質のアルデヒド類について、大気中では非常に濃度が低いため定量測定には苦勞するが、室内空気ではアルデヒド類の濃度は大気の10倍程度あるので比較的測定しやすいのではないか」というアドバイスを頂いた。

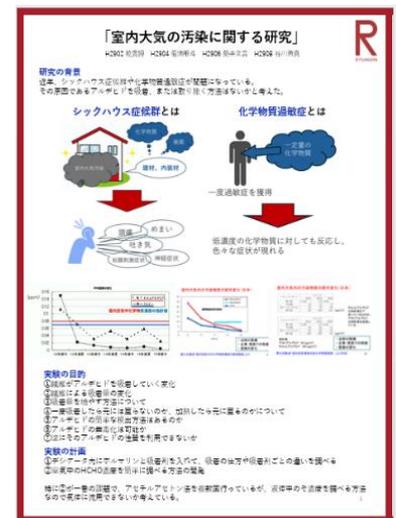


図1. 研究構想をまとめたポスター（大阪府立環境農林水産研究所での意見交換の際に利用した）

(2) ホルムアルデヒドの天然物素材への吸着実験

容易に入手可能な天然物素材が HCHO を吸着除去できるのかを確かめる実験を行った。天然物質は、ホームセンターで購入した、麦飯石の砂（ソネケミファ）、軽石（鹿沼興産）、パーライト（あかぎ園芸）、ミリオン（ソフトシリカ）、くん炭（あかぎ園芸）を用いた。また、比較のために活性炭（実験用試薬）でも実験を行った。天然物素材1.0 gとホルムアルデヒド溶液（市販のホルマリン溶液を10000倍に希釈したもの）20 mLを100 mLの活栓付き三角フラスコ内に入れて軽く攪拌したあと、12~13時間静置した。ろ過（No.2）により、固体の天然物素材を除いた。ろ液の5.0 mLを試験管（φ18 mm）に測り取り、これにアセチルアセトン試薬5.0 mLを加え、沸騰水中で10分間加熱して発色させた。放冷後、分光光度計を用いて425 nmの吸光度を測定した。アセチルアセトン試薬は、酢酸アンモニウム15.0 g を水で溶かし、酢酸0.30 mL、アセチルアセトン0.20 mLを加え、水で希釈して100 mLとしたものを用いた。標準溶液として、ヘキサミン32.1 mgを水に加えて100 mLとしたものを用い、これをホルムアルデヒド400 ppm相当とした。

これを希釈して、2～20 ppmの溶液とした。ホルムアルデヒドの濃度と425 nmの吸光度の関係をグラフに表し、描かれた直線を検量線として、ホルムアルデヒドの濃度測定に用いた（図2，3）。

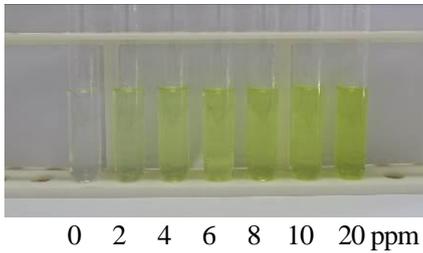


図2. アセチルアセトン試薬で発色させたヘキサミン溶液

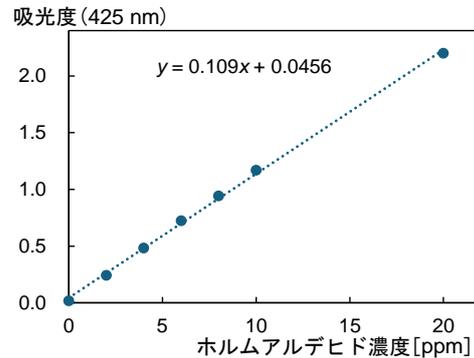


図3. アセチルアセトン法(検量線)

ヘキサミン溶液の濃度と発色させた溶液の吸光度とには、測定した濃度範囲で直線の関係があった。これを検量線として用いることで、溶液中のHCHOの量を求めることができる。

水中のHCHOを除去するための天然物素材の候補は多数ある。今回は入手しやすく取扱いも容易な園芸用の材料を用いた。アセチルアセトン法の検量線の範囲に収まるようにホルムアルデヒド溶液の濃度を調製した。活性炭(粉末状)の除去効果(1.0 g/20 mL HCHO溶液で36%のHCHOを除去)を参考に、用いる天然物素材の質量も決定した。実験の結果、実験に用いた園芸用の材料では、HCHOの除去効果は低いことが分かった(図4)。

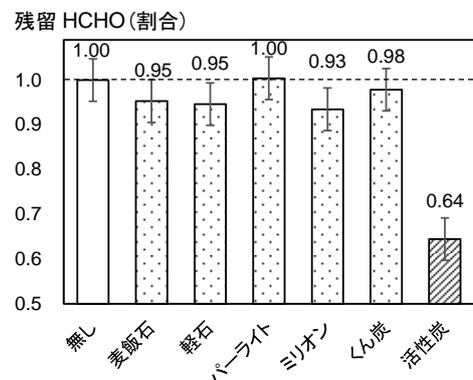


図4. 天然物素材による水中のHCHO除去効果の比較 (n=3)

活性炭は微細な細孔構造を持ち、様々な物質を吸着することが知られている。一方、用いた園芸用の材料は細孔構造が期待できず、吸着するために必要な表面積が活性炭に比べ少ない(くん炭は活性炭と同じ炭素素材であるが、塊状のため、表面積が少ないと考えた)。

また、有機物である天然物素材の抹茶(HCHOと茶カテキンとの反応が期待できる)やコーヒー殻(HCHOとポリフェノールとの反応が期待できる)、食物繊維を多く含む食品(セルロースとの反応や作用が期待できる。ワカメや干シイタケなど)についても予備実験を行った。これらの素材から抽出される有色物質の影響により、吸光度が測定できない。これら有機物の天然物素材では、食物繊維(セルロース系の構造を持つ)が含まれる。また、ポリフェノールなどの有機化合物はHCHOとの化学反応が起こることが期待できるため、無機物とは異なったメカニズムによるHCHOの捕集除去の効果が起こると考えた。今後、水蒸気蒸留により天然物素材によって除去されなかったHCHOを取り出して定量できないかを検討したい。

(3) 大気中のホルムアルデヒドの新規測定法の開発

昨年度のREHSE研究を行った先輩方とともに、大気中のアルデヒド類の新規の測定法について研究を進めた。

酸化銅(I) Cu_2O を少量の硝酸で溶解させ、これにアンモニア水-硝酸アンモニウム溶液を加えると、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ の深青色の溶液となった。初めの Cu_2O の質量と、反応により生じた $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 溶液の600 nmの吸光度とには、比例の関係があることが分かった。この直線を検量線として用いると、空気(大

気)中のHCOHの定量ができると考えられる。

予備実験として、容器内のHCHOとフェーリング液とを反応させると、赤色粉末(おそらく酸化銅(I)Cu₂O)が生じた。これをガラスフィルターにより回収し、少量の硝酸で溶解させた。アンモニア水-硝酸アンモニウム溶液を加えると、深青色の溶液となった。

今後、HCHOを含む疑似汚染大気を調整して、この大気中のHCHO濃度が定量できるか、実験により確認したい。

4. 3 本研究活動の工夫点

- テーマに関する社会的、科学的な背景などを理解し、また専門家の生の意見などを積極的に聞きに行くなど、実験だけに偏らない活動を行うように工夫した。
- 活動では、過程や状況を書き記しておくことによって、新しい気づきや失敗の原因が明らかになることがあった。これより、次の活動に向けての改善点やアイデアを得て、活動の効率と質を引き上げることに繋がった。

5. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

- アルデヒド類の自然や人体への影響を詳しく知ることができた。室内大気汚染という身近な課題を調査、実験を通して化学的に理解できていく過程が楽しく思えた。
- 授業で習った知識を活用して、身近に感じるもののなかった環境問題への理解を深めることができた。実験により目に見えない物質の量を適切に測定することで、数値として知ることができ、環境に対する意識を深めることができた。

6. まとめ・今後の課題

活動では、まず「室内空気汚染に関する研究」という大きなテーマを掲げた。これまで知識が無かった大気汚染について調べていく中で、大気汚染物質の中でもシックハウス症候群の原因物質の一つであるアルデヒド類に注目した。天然物素材によるアルデヒド類の除去効果を実験により確かめることに焦点を絞り、活動を進めることにした。実際に研究所を訪問し、どのように大気分析を行っているのかを見学させてもらう中で、目に見えないが身近である大気に対する興味や関心が深まった。

実験の条件を検討するために時間がかかり、活動の制限時間がある中で思うように研究を進めることができなかった。そこで、実験しやすいように溶液中のホルムアルデヒドの捕集除去を行うモデル実験を行った。ホルムアルデヒドの十分な捕集除去ができる天然物素材を見つけることができなかったが、有機物である天然物素材を利用するなどの工夫により、効率よくホルムアルデヒドが捕集除去できる証拠を得ていきたい。また、溶液中のホルムアルデヒドの捕集だけでなく、空気中(大気中)のアルデヒド類の捕集除去にも挑戦していきたい。

謝辞

本研究は、特定非営利活動法人研究実験施設・環境安全教育研究会「2024年度高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」の支援を受けています。ありがとうございました。

参考文献

(大気汚染)

- ・大気の汚染に係る環境基準について、昭和48年5月8日環境庁告示25号.
- ・大気環境学会編、大気環境の事典、朝倉書店、2019.

(大気中のアルデヒド類の定量 (公定法))

- ・ 環境省水・大気環境局 大気環境課, 有害大気汚染物質等測定方法マニュアル, 2019.
- ・ 中戸靖子, 宮本弘子, 西村理恵, 上田真彩子, 大阪環農水研報, 5, 2012, 13-18.

(アセチルアセトン法)

- ・ 保田仁資, 食品衛生学実験, 化学同人, 1996.

(天然物素材による物質の吸着)

- ・ 安部郁夫, 生活衛生 1993, 37, 163.

(新規の大気中のアルデヒド類定量法開発)

- ・ S. F. A. ケトル, 木田茂夫訳, 錯体化学, 裳華房, 1972.
- ・ 柴田村治, 錯体化学入門 第3版, 共立出版, 1973.
- ・ 松尾勉, 化学教育, 1984, 32, 430-433.