

高大連携による「環境にやさしいものづくり」教育の実践と家具からの化学物質放散量測定 Practice of High School Education of “Environment Friendly Manufacturing” and Measurement of VOC Emission rate from Handmade Furniture

正 会 員 ○青柳 俊政（都立工芸高校） 正 会 員 伊藤 一秀（東京工芸大学）

Toshimasa AOYAGI*¹ Kazuhide ITO*²

*¹ Tokyo Metropolitan Kogei High School *² Tokyo Polytechnic University

Department of interior design of Tokyo Metropolitan Kogei High School and Laboratory of Indoor Environment of Tokyo Polytechnic University are carried out the collaborative education of “Environment Friendly Manufacturing” for High School Student. In this paper, we report on the approach and the results of that collaborative work up to the present. Furthermore, the measurement of VOC emission rate from self-made furniture on various working stage were conducted using medium type test chamber.

はじめに

都立工芸高校インテリア科ならびに東京工芸大学建築学科環境設計研究室では「環境にやさしいものづくり」をキーワードとして、高大連携による教育研究を実践している。本報では、都立工芸高校インテリア科の学生を対象として行った、実際の家具製作を通じた「環境にやさしいものづくり」教育に関するこれまでの取り組みを紹介すると共に、学生が自ら作成した家具による室内空気環境に与える影響を定量的に把握するために行った、自作家具からの化学物質放散量測定の結果に関して報告する。化学物質放散量測定は、使用する素材別に行くと共に、家具製作の各作業段階で実施することで、室内空気質の観点から見た素材選びの重要性ならびに各工程での注意点の把握を目的とする。

1. 高大連携による環境にやさしいものづくり教育

都立工芸高校インテリア科ならびに東京工芸大学環境設計研究室では2004年度より高大連携の一環として「環境にやさしいものづくり」をキーワードとした研究教育を共同で実施している。

工芸高校インテリア科ではカリキュラム上の「特別演習」を「環境にやさしいものづくり」プロジェクトの実施時間に充て、「室内環境設計」「室内化学物質汚染問題」「環境配慮」「ものづくり」等をキーワードに学生主体の勉強プログラムを作成している。座学としての講義は、主にインテリア科の教諭による説明に加え、東京工芸大学環境設計研究室の大学院生ならびに大学生が中心となり講義を行っている。講義・実習の様子を図1に示す。また、演習として、2004年度は都立工芸高校の各教室ならびに作業室内の空気質調査を行うことで日々の生活空間の空気質汚染状況の認識を行った。2005年度は一般的な形状の木製三段ボックスの製作を通じて、各制作段階における化学物質放散量測定を併せて行うことで、自らが設計・



図1 高大連携による講義・演習の様子

制作する家具が室内空気環境に与える影響を定量的に把握し、「環境にやさしいものづくり」を実践するための問題点抽出を行った。

講義ならびに三段ボックス制作は都立工芸高校で、講義の一部とチャンバーを用いた放散速度測定は東京工芸大学環境設計研究室にて実施した。

2. 教室・作業室内の空気質調査

教室内の揮発性有機化合物、ホルムアルデヒドおよび他のカルボニル化合物等に代表される空気中の化学物質を対象として、高校生が実際の濃度測定を通じて、採取方法、分析方法等を体験することを目的としている。

2.1 測定場所

都立工芸高校にて実際の講義に使用している教室を対象とし、空気中に存在する化学物質のサンプリングを行う。測定対象教室は、①BF 塗装室、②一般教室、③BF 作品保管室、④BF 木材置き場、の4教室である。測定対象教室は、測定日の前日夕方から空調システムをOFFし、窓等は全閉状態とした環境条件を維持する。実測は工芸高校の夏休み期間である2004年8月6日に行った。

2.2 化学物質サンプリング・分析方法

サンプリング対象は高揮発性のカルボニル類と揮発性有機化合物 VOCs とする。

カルボニル類に関しては、DNPH シリカゲルサンプラー (Waters, Sep-Pak DNPH- Silica)を用いてアクティブサンプリングを行う。サンプリングには積算流量計付きポンプを用い、300 cc/min の割合で 30L の吸引を行う。

揮発性有機化合物に関しては、Tenax TA (Gestel, 80/100 mesh)を用いてアクティブサンプリングを行う。積算流量計付きポンプにより 100 cc/min の割合で 5L のサンプリングを行う。

カルボニル類の定性・定量分析は HPLC、揮発性有機化合物の定性・定量分析は GC/MS にて行う。分析条件を表 1 および表 2 に示す。

2.3 測定結果

本測定は工芸高校の生徒が中心となり、東京工芸大学環境設計研究室の大学院生のサポートを受けながらサンプリングならびに抽出・分析等を実施した。

各測定対象室の化学物質濃度測定結果を図 2 に示す。有機系溶剤を中心とする塗料の吹きつけ作業を行う①塗装室では局所排気設備が設置されているものの、定期的には十分な換気が行われておらず、作業室は日常的に高濃度となっている様子が観察される。特に芳香族系炭化水素が高濃度で検出される結果となっている(図 2(1))。

その他、一般教室、作品保管庫ならびに木材置き場では厚生労働省のガイドライン値を越える化学物質は検出されず、十分に低濃度であることが確認された。

3. 家具製作段階別の化学物質放散量測定

家具製作の各工程において化学物質放散量測定を実施することで、各作業が室内空気環境に与える影響を定量的に把握すると共に、素材別に化学物質放散量測定を実施することで、材料選定の重要性を把握する目的で実験を実施する。

3.1 中型チャンバー概要

本研究で使用した中型チャンバーの概要を図 3 に示す。中型チャンバーは 1.5 [m³](1.0×1.0×1.5m)の空間容積を有しており、一定スケールの家具、什器等を直接チャンバー内に設置して化学物質放散量の測定を行うことが可能である。内壁面は SUS304 の鏡面仕上げであり、床面全面吹出、天井面全面吸込型の一様流型チャンバーである。本実験では供給清浄空気を含む実験系を 28°C(±0.1°C)、相対湿度 30 % (±5%)、換気回数 1.0 [h⁻¹]に制御している。また供給空気を含むバックグラウンド濃度は TVOC 換算で 30 [μg/m³]程度以下であることを確認している。

3.2 化学物質サンプリング・分析方法

前節 2.2 で示した方法と同様の方法によりサンプリングならびに定性・定量分析を実施する。

3.3 試験体の制作

本研究では、(1)素材からの化学物質放散量、ならびに(2)

表 1 HPLC 分析条件

HPLC	HP 1100
検出器	ダイオードアレイ検出器
カラム	ZORBAX XDB-C18 (4.6mm×250mm)
移動相	Water / Acetonitrile (40 / 60)
カラム温度	40 °C
注入量	10 μL
検出波長	360 nm
分析時間	15 min

表 2 GC/MS 分析条件

GC	HP6890
加熱脱着装置	Gestel TDS
加熱脱着温度	20°C(5min)→60°C/min→280°C(2min)
CIS 温度	-100°C(0.01min)→12°C/sec→300°C(3min)
カラム	HP5 (60m×0.25mm×1μm)
オープン温度	40°C(3min)→10°C/min→220°C(10min)
Split 比	100 : 1
検出器 (MS)	HP5973MSD

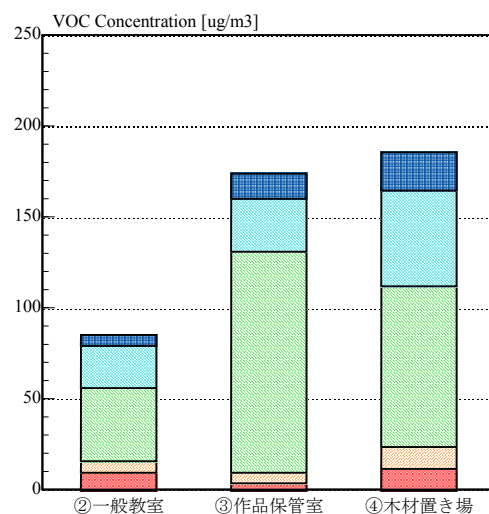
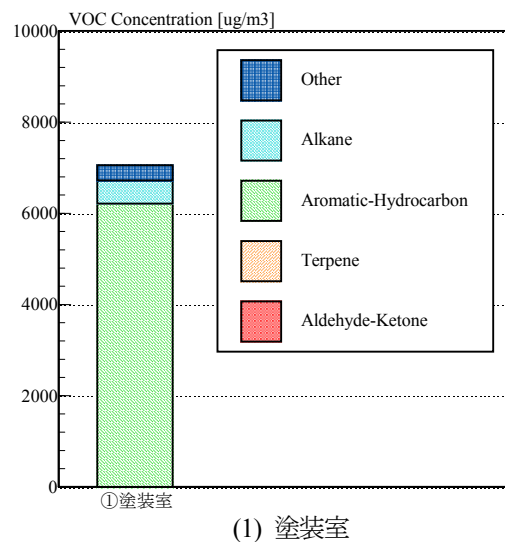


図 2 各教室の化学物質濃度測定結果

素材を組みあせて作成した三段ボックス、の2種類を試験対象とする。

3.3.1 素材を対象とした試験体

本研究では三段ボックスの素材としてブナの無垢材を使用する。通常のDIYショップにて購入後、特別な養生は行わずに使用している。木材は三段ボックスの組み立て用に大きさを切りそろえて試験体とする。木材接合用の接着剤として、酢酸ビニル樹脂系エマルジョン型の接着剤を使用する。また仕上げ材として水性の下塗塗料ならびに上塗塗料を用いる。接着剤ならびに塗料はSUS 304板にLoading Factorが2.0(塗布面積は3.0 m²)となる様に塗布することで試験体とする。試験対策性としての塗布は60 [min]以下に完了させ、直後にチャンバー内に設置して測定を行っている。

3.3.2 三段ボックスの各製作段階を対象とした試験体

上述した材料を組み合わせ、木製の三段ボックスを作成する。三段ボックスは外形が0.43×0.3×0.82^hmであり、組立工程によって2種類の試験体とする。組立工程1ではブナの無垢材を接着剤により接合した段階を示す、組立工程2は組立工程1を経て下塗ならびに上塗を施して完成させた段階を示す。試験体ならびに中型チャンバーの外観を図3に併せて示す。

3.4 実験ケースならびに実験手順

上記2.3で説明した各試験体を中型チャンバー内に設置することで化学物質放散量試験を実施する。素材からの放散量測定ならびに三段ボックスからの放散量測定を合わせ、全6ケースの放散量測定試験を実施する。実験ケースをまとめて表3に示す。

チャンバー内の化学物質濃度はチャンバー排気口位置においてサンプリングする。ブナ無垢材のみを設置したCase1では24時間毎にサンプリングを行い、計6日間継続して試験を実施する。接着剤を対象としたCase2、塗料を対象としたCase3ならびにCase4では、初期放散の減衰を測定するため、試験開始から12時間まで密にサンプリングを行い、計48時間経過時まで濃度履歴を測定する。組立工程別のCase5ならびにCase6は24時間毎に計6日間継続してサンプリングを行う。

3.5 測定結果

各実験ケースにおいて、排気口位置での化学物質濃度測定結果を基に算出した放散速度の時間履歴を図4に示す。本報ではTVOC値として示している^{注2)}。

素材(材料)別のTVOC放散速度履歴では、Case2(下塗塗料)ならびにCase3(上塗塗料)において初期放散速度が大きく、その後、急激に放散速度が減衰する様子が観察される。

木材と接着剤を用いて組み立てた工程1の段階(Case5)ではTVOC放散速度はほぼ検出限界程度である。木材のみを対象としたCase4よりも放散速度が小さくなって

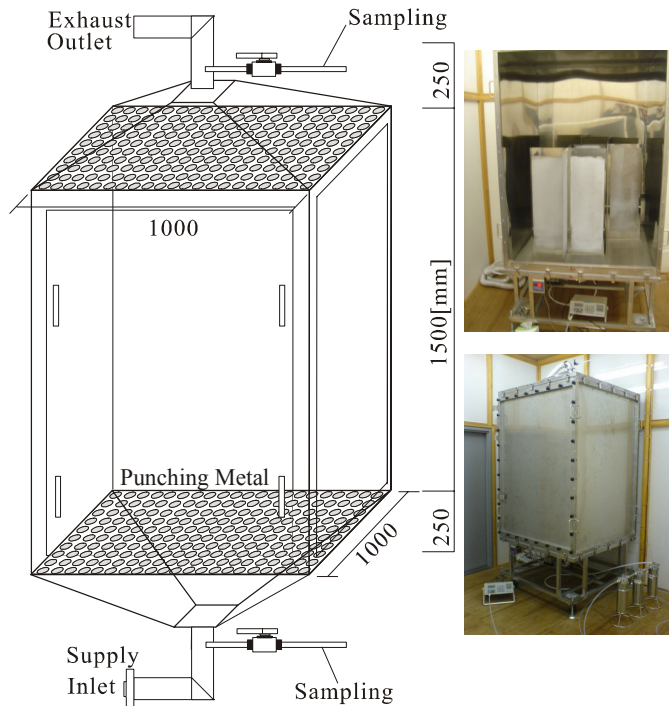


図3 中型チャンバー概要

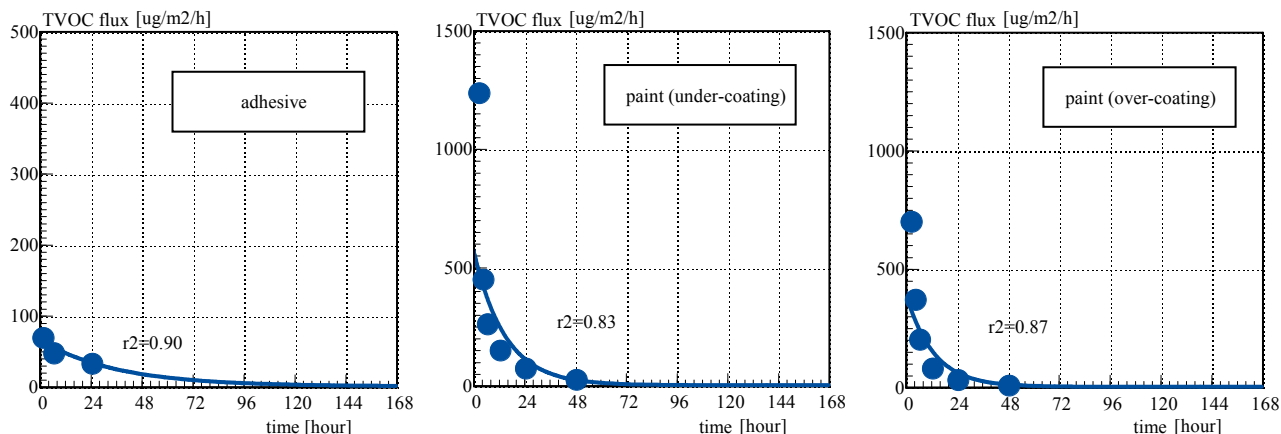
表3 実験ケース

ケース	作業工程	試験体概要
Case 1	素材別検討	接着剤 (酢酸ビニル樹脂系エマルジョン型, MSDS 記載物質無)
Case 2		下塗塗料 ^{注1)} (サンディングラッカー+うすめ液)
Case 3		上塗塗料 ^{注1)} (クリアラッカー+うすめ液)
Case 4		木材 (ブナ無垢材)
Case 5	組立工程 1	木材 + 接着剤
Case 6	組立工程 2	工程 1 + 塗装(下・上塗)

る。これは木材を準備してからのオープンタイムによりTVOC放散が促進された結果であると推察される。工程2に加え、下塗ならびに上塗を行ったCase6ではCase5と比較してTVOC放散速度が増大しており、表面仕上げの有無ならびにその方法が放散速度に与える影響が大変大きいことが確認された。

4. 取り組み結果と生徒の反応、今後の展開

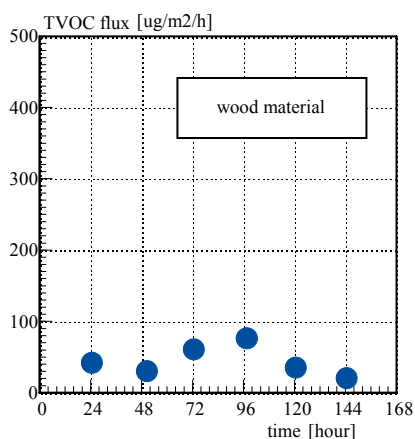
本報では2004年度から2005年度にかけて実施した高大連携による「環境にやさしいものづくり」をキーワードとした研究教育の事例を報告した。高校でのインテリア教育では設計から実際のものづくりの段階まで幅広く対象としているが、制作された家具・仕器が室内環境に与える影響までを意識した教育までは手が行き届いていないのが実情である。高校教育と大学教育の橋渡しの一例と



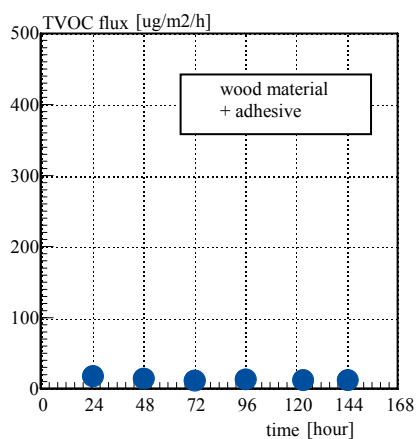
(1) Case 1 (接着剤)

(2) Case 2 (下塗塗料)

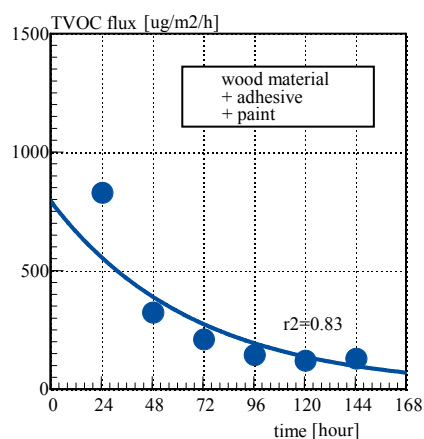
(3) Case 3 (上塗塗料)



(4) Case 4 (木材)



(5) Case 5 (木材 + 接着剤)



(6) Case 6 (木材 + 接着剤+塗装)

図4 TVOC 放散フラックス履歴測定結果

して、高大連携プロジェクトの実践は一定の教育効果を有すると考えている。

5. 結論

2004 年度から 2005 年度にわたり、都立工芸高校ならびに東京工芸大学環境設計研究室にて行った「環境にやさしいものづくり」教育に関するこれまでの取り組みを紹介すると共に、学生が自ら作成した家具による室内空気環境に与える影響を定量的に把握するために行った自作家具からの化学物質放散量測定の結果に関して報告した。その結果、家具の生産段階において、特に表面仕上材の選定が室内への化学物質放散の観点から重要であることが確認された。

謝辞

本研究で使用した接着剤ならびに塗料は、日本接着剤工業会、(社)日本塗料工業会よりご提供頂いた。記して深甚なる謝意を表す。また実験・実測ならびにレクチャは環境設計研究室の大学院生、卒論生(細谷聡、梶井彰子、横山英久、田村望、藤野洋)によって主体的に行われた。

参考文献

- [1] JIS A 1901 建築材料の揮発性有機化合物、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散速度測定方法—小形チャンバー法
- [2] JIS A 1902-2 建築材料 接着剤—揮発性有機化合物、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散速度測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件
- [3] JIS A 1902-2 建築材料 塗料及び建築用仕上塗材—揮発性有機化合物、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散速度測定におけるサンプル採取、試験片作成及び試験条件

注

- [1] 下塗塗料ならびに上塗塗料は、酢酸ノルマルブチル、酢酸エチルならびにイソプロピルアルコールを中心とした水性塗料である。うすめ液として同様の組成である酢酸ノルマルブチル、酢酸イソブチルならびに酢酸エチル、イソプロピルアルコールを中心とした溶液を使用した。
- [2] 本報での TVOC 値はクロマトにより得られたピークの中でn-ヘキサンからn-ヘキサデカンまでの検出化学物質をトルエン換算した値として示している。