

機関番号：31310

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560553

研究課題名（和文）教材備品による学校内空気汚染の実態解明に関する研究

研究課題名（英文）A study on actual situation of the indoor air pollution in school caused by teaching equipment

研究代表者

野崎 淳夫 (NOZAKI ATSUO)

東北文化学園大学・大学院健康社会システム研究科・教授

研究者番号：80316447

研究成果の概要（和文）：

本研究では教室内空気環境に関する基礎的研究を行った。すなわち、形状やサイズが多様な教材教具、備品の化学物質発生量を実験的に求め、また教育施設における空気環境を実測調査により明らかにした。また、実験的に得られた発生量から教室内濃度予測値を算出し、既往の室内濃度指針値(学校環境衛生の基準、JEMA 安全基準)と比較した結果、同指針値は妥当である事と判断された。

ただし、規制物質(6物質)以外の化学物質による室内空気汚染問題があり、その発生量基準についても検討する必要がある。

本研究により、教室内空気環境の実態と検討すべき汚染物質が明らかになり、良好な教室内空気環境に資する知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：

We carried out the basic study on the air environment in the classroom. We found teaching materials or tools with a great variety of shapes and sizes. The emission of chemical substances was determined experimentally with the equipment and the air environment in the educational facility was characterized by an actual survey investigation.

We calculated the predicted concentration in the classroom from the experimentally measured quantities and emission rates. We compared these emission levels with the room concentration guidelines issued in the past (the standard for school environmental hygiene as indicated in the JEMA safety standard) and determined that they met the guideline criteria. Issues in room air pollution can also arise due to chemical substances other than the regulation materials (6 materials), and the emission rate and quantity of these also need to be examined.

The actual situation of the air environment in the classroom was established in this study and the pollutants that should be examined were clarified. This knowledge will contribute to maintaining a good air environment in the classroom.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：空気環境

## 1. 研究開始当初の背景

シックスクールが社会問題となり、文部科学省は平成14年4月に、学校環境を衛生的に維持するガイドラインの「学校環境衛生の基準」を改訂し、化学物質（6物質）の室内濃度指針値を提示した。

また、(社)日本教材備品協会(JEMA)は、2006年3月に「教材教具の空気環境に対する安全基準」を策定し(図-1)、教材教具による教室内濃度上昇値について、「学校環境衛生の基準」の10%以下に相当する発生量基準を定めている。

学校における室内化学物質発生源は、建材のほか教材教具と備品などであり、建材以外の科学的資料はほとんど無い状況にある。

## 2. 研究の目的

本研究では教材教具と備品における化学物質発生量の実態把握と関連規制基準の問題点の整理、並びにより精度の高い教室内濃度予測法の実現を図るものであり、以下の項目により構成されている。

- 1)教材教具、備品の化学物質測定手法の整備
- 2)教材教具、備品の化学物質発生量の実態把握
- 3)学校環境における室内空気質の実態把握
- 4)教室内化学物質濃度予測手法の検討
- 5)既往規制基準の問題点と改善策

## 3. 研究方法

### 3.1 実験評価手法の確立

教材教具の化学物質発生量を測定するための実験手法を確立させる。すなわち、予備実験を通して、既往測定法の問題点の整理検討を行い、教材教具の測定評価に関わる最適な実験手法を明らかにする。

### 3.2 学校環境における化学物質汚染の実態調査

#### (1) 自覚健康被害に関する実態調査

在室者が化学物質曝露によってどのような自覚健康被害を申告するかを知るため、アンケート・聞き取り調査を行う。すなわち、教室での自覚健康被害の実態を解明するとともに、問題となる教材教具の特定と使用方などを明らかにする。

#### (2) 実験対象とする教材教具の選定

学校環境では1万点に及ぶ教材教具が用いられているが、アンケート・聞き取り調査の結果から、特に問題となりそうな教材教具を特定する。

### 3.3 教材教具からの発生化学物質の測定

教材教具、備品に適した実験手法を用いて、

教材教具の化学物質発生量を明らかにする。  
**3.4 学校環境における室内空気質の実測調査**

実際の学校環境での室内空気質の実測調査を行う。

### 3.5 教室における化学物質濃度予測

実験により得られた発生量を基に、教室内の化学物質濃度を予測し、汚染実態と規制基準の妥当性を検証する。

## 4. 研究成果

### 4.1 実験評価手法の検討

教材教具、備品は形状やサイズが多様であるが、社団法人日本教材備品協会において、その測定法が定められている。本研究ではより広範囲の教材教具、備品が測定できる実験評価法を提案した。また、予備実験を行った結果、提案法で化学物質発生量が適切に求められることが明らかになった。尚、使用チャンバーは気積0.2, 0.6, 1.0, 5.0, 23m<sup>3</sup>ものを使用した(図-1参照)。

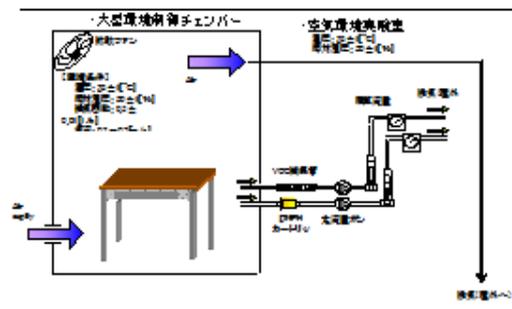


図-1 大型物品に対応した実験装置  
(大型チェンバー (1, 5, 23m<sup>3</sup>))

### 4.2 学校環境における化学物質汚染の実態調査

#### (1) 自覚健康被害に関する実態調査

教育施設の事務員を対象に、健康被害に関するアンケート調査を行った。

この事務室は本調査の数ヶ月前にリフォームが行われており、化学物質による室内空気汚染が懸念されていた。

調査の結果、当該事務室で作業中に体調が悪くなると答えた事務員は全体の約半数に達したが、その原因については把握できず、本研究において詳細な空気質測定を行うこととした。

#### (2) 実験対象の教材教具

実験対象となる教材教具を選定するため、職員および学生に使用中に体調不良を感じる、またはニオイが気になる教材教具について聞き取り調査を行った。

調査の結果、特別教室ではパソコンを挙げた人が多く、また同室の空気汚染を知覚すると答えた人が多かった。そこで、特別教室の実測を行い、また同室で使用されているパソコンの発生量を求める実験室実験をおこなった。

さらに発生強度が大きいと思われる教材教具を数点選び測定対象とした。

#### 4.3 教材教具からの発生化学物質の測定

学校環境における主な化学物質発生源は、教室の使用建材と教室内に持ち込まれた教材備品である。建材については、早くから取り組みがなされ、化学物質発生量の実態が明らかになってきている。

しかし、持ち込み物品の発生量の実態はほとんど明らかにされていない。

そこで、本研究では教材教具について、化学物質発生量の実態を調査した。

また、聞き取り調査で化学物質濃度が高いと思われる特別教室（パソコン室）についての測定を行った。

##### (1) 教材教具の化学物質発生量

教材教具は黒板のような大型物品からリコーダーなどの微小物品まで形状、大きさが多種多様である。そこで、それぞれの検体サイズに最適な実験システムを構築した。チャンバー内濃度は専用の捕集管（ホルムアルデヒド:DNPHカートリッジ、VOC:炭素系捕集管、Tenax TA など）で試料空気を捕集するが、試料空気は HPLC（高速液体クロマトグラフ）、GC/MS（ガスクロマトグラフ質量分析計）を用いて定性定量分析を行った。

結果の一例で、ホルムアルデヒド発生量を図-2 に示す。ロイター板、マット、和楽器（琴）が比較的大きな発生量を示した。ロイター板とマットは体育館で使用するため、実際の室内濃度はそれ程高くない。ただし、物品近傍での汚染濃度については検討課題となる。

一製品あたりの化学物質発生量が小さくても、注意が必要な場合がある。例えば人当たり 1 個必要な教材教具は、総発生量は 40 人教室の場合 40 倍になる。そろばんや和楽器などがそれに該当し、JEMA 基準の許容発生量(表-1)を適用するとそろばんは基準値以下であるが、和楽器は基準値を超過している。

本研究では、教材教具の試料負荷率に適したチャンバーによる実験システムを整備し、同システムを用いて化学物質発生量を測定した。

また、個々の製品の発生量から、室内化学物質汚染に対する汚染割合が判明する。

表-1 JEMA 基準の許容発生量

6化学物質	教室全体での許容発生量		unit別許容発生量 $M_e[\mu\text{g/h-unit}]$		
	Se=5%	$M_e[\mu\text{g/h}]$	N=41	N=11	N=1
ホルムアルデヒド	450	11	41	11	450
トルエン	1,170	29	108	29	1,170
キシレン	3,980	97	380	97	3,980
パラジクロロベンゼン	1,080	28	98	28	1,080
エチルベンゼン	17,100	417	1,555	417	17,100
スチレン	990	24	90	24	990

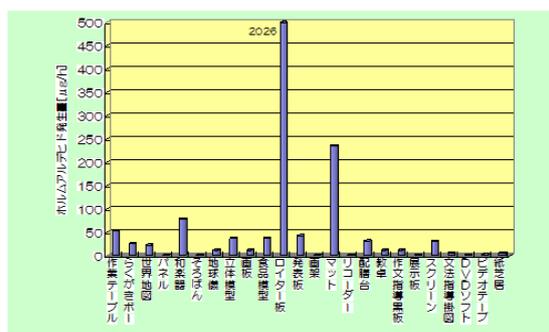


図-2 教材教具のホルムアルデヒド発生量 (2) 発生源発生量の調査

聞き取り調査の結果、特別教室で使用されているパソコンと椅子、床に敷設されたフロアマットが室内発生源と推測された。そこで、これらの化学物質発生量を明らかにした。

VOC 発生量を図-3、ホルムアルデヒド発生量を図-4、アセトアルデヒド発生量を図-5にそれぞれ示すが、パソコン、椅子、フロアマットの発生量は比較的小さく、問題となるレベルではなかった。

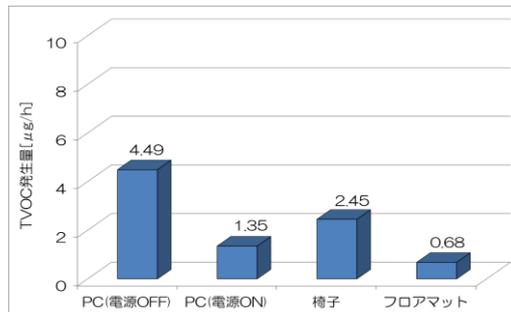


図-3 特別教室使用物品の TVOC 発生量

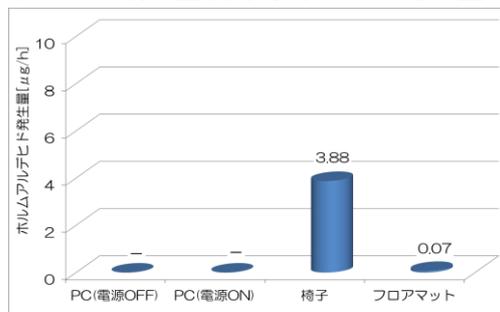


図-4 特別教室使用物品のホルムアルデヒド発生量

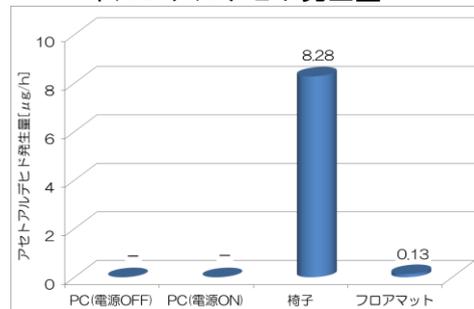


図-5 特別教室使用物品のアセトアルデヒド発生量

5. 学校環境における室内空気質の実測調査  
室内空気汚染が疑われる教育施設の事務室と特別教室を対象に実測調査を行った。

5.1 事務室

対象の事務室は 1999 年からコンピュータ一室として使用されていたが、2005 年にリフォーム工事を行い、事務室として使用されている。

測定点は図-6 に示す事務室①の A~K、事務室②、サーバー室、倉庫および外気とした。実測時には通常業務が行われており、表-2 に示すとおり、在室者数は事務室①が 7 名、事務室②が 3 名であった。

(1) 聞き取り調査

執務者を対象に聞き取り調査を行った。その結果、在室者や来訪者（学生など）の多い平日昼間に、特に空気質の悪化を感じるとの申告が多かった。また、同室に隣接する事務室では開口部を常時開放しているにもかかわらず、CO<sub>2</sub> 濃度が建築基準法による基準値（1000ppm）を超過しており、適正な換気量が確保されていない可能性がある。

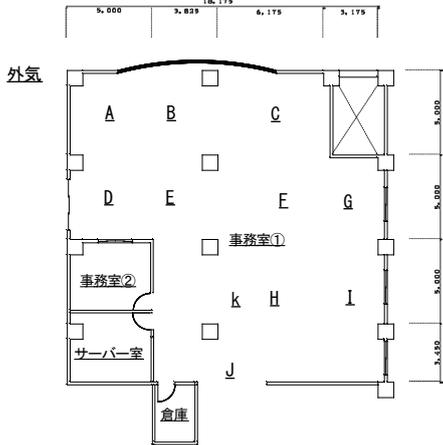


図-6 事務室の概要と測定ポイント  
表-2 実測調査の概要

実施日	2009年4月25日	
建築物の竣工時期	1999年3月	
階数	地上5階地下1階建て1階	
事務室①	273.13[m <sup>3</sup> ]	
事務室②	24.51[m <sup>3</sup> ]	
サーバー室	23.23[m <sup>3</sup> ]	
倉庫	7.89[m <sup>3</sup> ]	
換気方式	自然換気、第3種機械換気併用	
在室人数	事務室①	7[名]
	事務室②	3[名]

(2) 実測調査

測定結果の一覧を表-3、事務室の VOC 濃度 (TVOC 換算値) を図-7 に示す。

① アルデヒド類

ホルムアルデヒドは、事務室内では低濃度であったが、倉庫において 30.3[μg/m<sup>3</sup>]と比較的高い値を示したが、「学校環境衛生の基準」に定められた濃度基準値(100[μg/m<sup>3</sup>])を超過した測定点はなかった。

また、アセトアルデヒドにおいても特に問

題のあるレベルではなかった。

② VOC

「学校環境衛生の基準」において、基準値が定められているトルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンが検出されたが、基準値を超過した物質はなく、比較的低濃度であった。

また、アルデヒド類と同様に倉庫内濃度が高く、他の測定ポイントの約 2~5 倍となっており、TVOC 値が 303[μg/m<sup>3</sup>]と最も大きかった。

測定点 K 付近では空気清浄機が運転されており、その他の測定ポイントと比較して TVOC 値は低いが、トルエン、キシレン、エチルベンゼンやその他の物質については他の測定点との有意な差はなかった。

表-3 事務室内の化学物質濃度

測定点	ホルムアルデヒド [μg/m <sup>3</sup> ]	トルエン [μg/m <sup>3</sup> ]	キシレン [μg/m <sup>3</sup> ]	パラジクロロベンゼン [μg/m <sup>3</sup> ]	エチルベンゼン [μg/m <sup>3</sup> ]	スチレン [μg/m <sup>3</sup> ]
A	18.9	17.1	1.79	-	1.37	-
B	-	18.6	1.78	-	1.43	-
C	17.4	19.7	1.69	-	1.40	-
D	26.1	17.1	1.88	-	1.41	-
E	-	18.8	1.97	-	1.47	-
F	19.8	19.9	1.87	-	1.55	-
G	-	21.2	2.03	-	1.63	-
H	23.4	18.4	1.76	-	1.41	-
I	-	19.3	1.75	-	1.46	-
J	22.4	27.1	2.17	-	1.79	-
K	24.0	18.8	1.93	-	1.48	-
事務室②	25.3	17.1	2.11	-	1.45	-
倉庫	33.3	56.8	4.66	-	5.02	4.08
サーバー室	15.7	14.7	2.14	-	1.03	-
外気	23.3	3.27	2.45	-	-	-

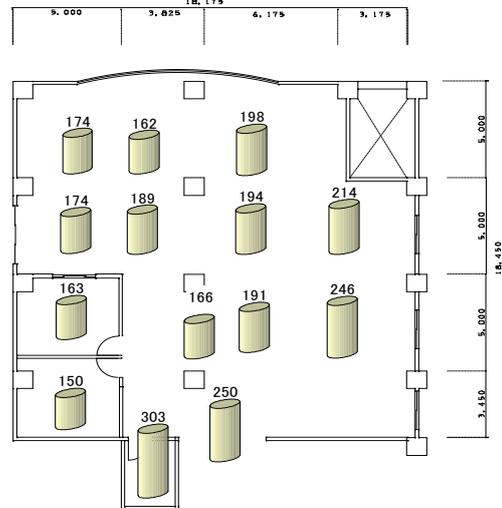


図-7 VOC 濃度 (TVOC 換算値) の分布

5.2 特別教室

対象の特別教室は地上 7 階、地下 1 階の建築物の 2 階南側で、部屋面積は約 485[m<sup>2</sup>]である。パソコンは 50 台、椅子は 44 脚配置されており、床は全面にフロアマットが敷設されている。特別教室の概要と測定点を図-8 に示す。

(1) アルデヒド類の測定結果

アルデヒド類の測定結果をホルムアルデヒドは図-9 に、アセトアルデヒドは図-10 に示す。

特別教室の各地点におけるホルムアルデ

ヒド濃度は0.15~23.1[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]の範囲にあった。D地点において最大濃度が示されたが、「学校環境衛生の基準」で定められた基準値(100[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ])を超過したポイントは無かった。

また、アセトアルデヒド濃度は2.71~16.8[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]の範囲にあり、A、B、C、D地点付近では高い濃度を示したが、厚生労働省が定めた室内濃度指針値(48[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ])を超過したポイントは無かった。

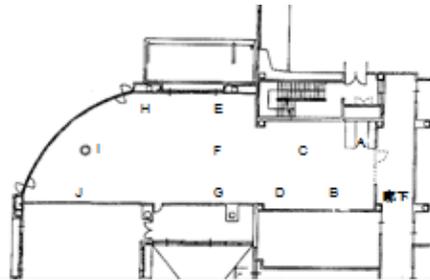


図-8 特別教室の概要と測定ポイント

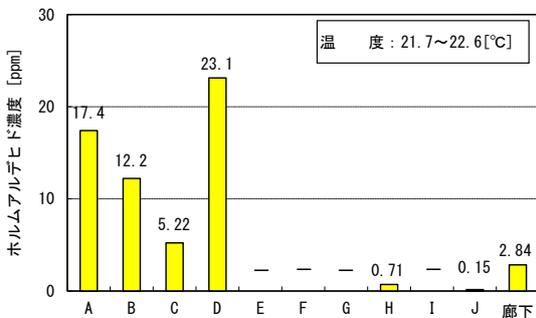


図-9 各測定点のホルムアルデヒド濃度

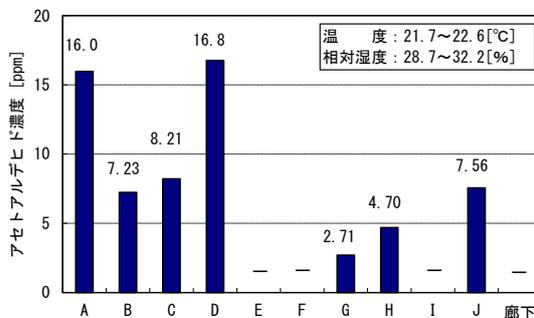


図-10 各測定点のアセトアルデヒド濃度 (2) VOC

VOCの測定結果を図-11に示す。

VOCはほとんどの測定ポイントで厚生労働省が定めたTVOC暫定目標値(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を超過した。先に実施した同室の設置物品からの化学物質測定では、VOC成分がほとんど検出されていないため、建築的要因による室内空気汚染が生じているものと判断された。

各測定地点におけるTVOC濃度は252~1141[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]の範囲にあり、特に高濃度を示したのがI地点で、コンクリート柱近傍にあるため、柱に使われている建材や施工材が原因ではないかと考えられる。

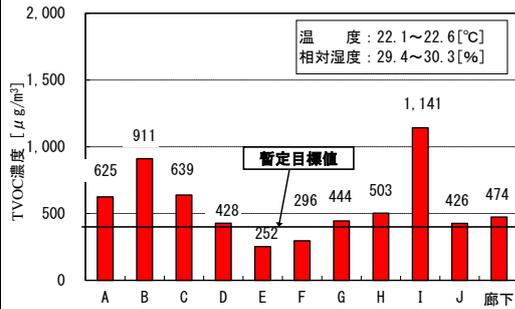


図-11 各測定点のTVOC濃度

## 6. 教室における化学物質濃度予測手法の検討

実験により得られた教材教具・備品の化学物質発生量を基に、室内化学物質濃度予測を行った。今回は5.2で実測調査を行った特別教室を予測対象室とし、化学物質発生量にはパソコン、椅子、フロアマットの測定値を代入した。

また、室内化学物質濃度予測は野崎らの濃度予測式(1)式を用いて行った。

$$C = C_1 e^{-\left(\frac{Q}{R} + \frac{V_p S}{R} + a + \frac{Q_0}{R}\right)t} + \frac{M + QC_0}{Q + V_p S + aA + Q_0} \left(1 - e^{-\left(\frac{Q}{R} + \frac{V_p S}{R} + a + \frac{Q_0}{R}\right)t}\right) \quad (1)$$

- M : 対象汚染物質の発生量[ $\mu\text{g}/\text{h}$ ]
- Q : 室換気量[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
- $C_0$  : 対象汚染物質の外気濃度[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
- $V_p$  : 対象汚染物質の落下速度[ $\text{m}/\text{h}$ ](分子量の大きなガス状物質や粒子状物質の場合に適用)
- S : 床面積[ $\text{m}^2$ ]
- a : 対象汚染物質の吸着速度[ $\text{m}/\text{h}$ ](建材や物品表面における化学変化を含む)
- A : 対象汚染物質の吸着面積[ $\text{m}^2$ ]
- R : 室気積[ $\text{m}^3$ ]
- $C_1$  : 対象汚染物質の室内初期濃度[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
- $Q_0$  : 空気汚染対策製品の対象汚染物質除去性能(相当換気量)[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

ホルムアルデヒドの予測結果を図-12に、TVOCの予測結果を図-13に示すが、予測値は実測値と70%以上の割合で一致した。

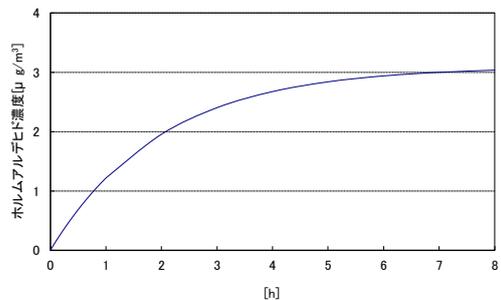


図-12 特別教室におけるホルムアルデヒド室内濃度予測値

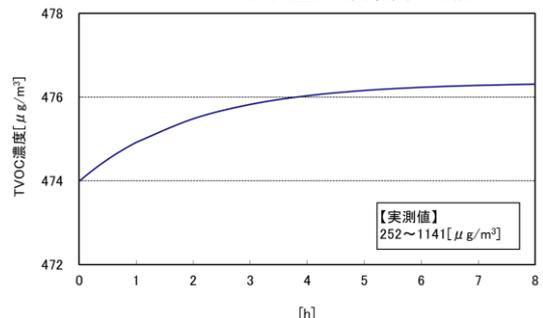


図-13 特別教室におけるTVOC室内濃度予測値

## 7. 各種ガイドラインの再検討

### 7.1 汚染実態と規制基準の妥当性

以上の研究成果により、測定対象校の教室  
内化学物質汚染の実態を整理検討し、かつ実  
験的に求められた建材と教材教具の発  
生量を濃度予測式に代入して、教室  
内の化学物質濃度予測計算を一つの  
ケーススタディとして行った。

予測計算結果から、建材と教材備品  
における化学物質の発生割合が判明し、  
建材と教材それぞれについて、更なる  
発生量の削減が求められると判断され  
た。

特に、教材教具は児童生徒の呼吸域  
近傍で使用されるケースが多く、JEMA  
発生量基準をクリアすることはもちろ  
んのこと、更なる発生量削減が求め  
られる。

### 7.2 規制物質の再検討

学校環境に関するガイドライン(室内濃  
度と教材発生量など)においては、VOC  
(6物質)が規制されているに過ぎない。  
本研究では、教材使用時の実態把握に  
よって、規制外化学物質についての検  
討を行った。結果として、教材教具に  
はメチルエチルケトン、ブタノール、  
酢酸エチル、酢酸ブチル、ノナナル  
の大きな発生量を示すものがあり、  
これらは室内濃度を有意に上昇させる。

当該物質は教材の使用材料(特に、接  
着剤、塗料、インキなど)によるもので  
あるが、今回、これらの規制に関わる  
定量的な資料が得られた。

## 8. 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4件)

1) Atsuo Nozaki, Yusuke Ichijo, Yasunori  
Narita, Studies on the Deterioration of  
Chemical Substances Removal Performance  
of Room Air Cleaners(1<sup>st</sup> Report),  
Proceedings of Indoor Air 2011, 査読  
有, 2011

2) 吉川彩、野崎淳夫、成田泰章、消臭剤が  
室内ガス状汚染物質濃度に与える影響に  
関する研究、霧困気対応型消臭剤にお  
ける試験評価法の提案と消臭液の化学  
物質除去性能、室内環境第14巻、第1  
号、査読有、2011、pp. 3-13

3) 一條佑介、野崎淳夫、家庭用空気清  
浄機の化学物質除去性能と室内濃度予  
測に関する研究、臨床環境医学第19  
巻、第1号、査読有、2010、pp. 32-  
45

4) 野崎淳夫、吉川彩、消臭剤による  
室内ガス状汚染物質濃度の低減制に  
関する研究(その1)、臨床環境医学第  
19巻、第1号、査読有、2010、pp.  
46-53

[学会発表] (計14件)

1) 野崎淳夫他、教育施設における室内  
空気汚染に関する研究 室内空気汚染と  
その対策技術に関する研究(その19)、  
大気環境学会年会、2009年9月、慶  
応義塾大学(神奈川県)

2) 野崎淳夫他、皮革製品から発生する  
化学物質発生量について、日本臨床環  
境医学会学術集会、2009年7月、さん  
太ホール(岡山)

3) 野崎淳夫他、教材教具による教室  
内空気汚染と濃度予測手法の開発に関  
する研究(その4)、平成20年度室内環  
境学会総会、2008年12月、タワー  
ホール船堀(江戸川区民ホール)

[図書] (計3件)

1) 吉野博、石川哲、宮田幹夫、坂部貢、  
池田耕一、野崎淳夫他(共著)、東北  
大学出版会、シックハウス症候群を  
防ぐには-長期に亘る実態調査を踏  
まえて-、2011、pp. 193-210

2) 田辺新一、野崎淳夫、小野雅司他  
(共著)、室内環境学会、室内環境学  
概論、2010、pp. 198-214

3) 野崎淳夫他(共著)、社団法人日本  
建築学会、シックハウス対策マニ  
ュアル、2010、p. 1, pp. 108-112,  
pp. 135-154

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

[http://www.tbgu.ac.jp/ept/nozaki\\_lab/index.html](http://www.tbgu.ac.jp/ept/nozaki_lab/index.html)

## 9. 研究組織

(1) 研究代表者

野崎 淳夫 (NOZAKI ATSUO)

東北文化学園大学・大学院健康社会シ  
ステム研究科・教授

研究者番号：80316447

(2) 研究分担者

なし。

(3) 連携研究者

なし。