

原 著

学校における室内環境と児童・生徒の健康に関する 調査研究：シックスクール症候群が 疑われる生徒の症例調査

吉野 博¹⁾ 高田 美紀²⁾ 瀧澤 のりえ¹⁾
角田 和彦³⁾ 北條 祥子⁴⁾ 石川 哲⁵⁾

- 1) 東北大学大学院工学研究科
- 2) 積水ハウス株式会社
- 3) 宮城厚生協会坂総合病院小児アレルギー科
- 4) 尚絅学院大学生生活創造学科
- 5) 北里研究所病院臨床環境医学センター

A study of the school environment and children's health: investigation of symptom of students in schools

Hiroshi Yoshino¹⁾ Miki Takada²⁾ Norie Takizawa¹⁾
Kazuhiko Kakuta³⁾ Sachiko Hojo⁴⁾ Satoshi Ishikawa⁵⁾

- 1) Graduate School of Eng., Tohoku University
- 2) Sekisui House, Ltd
- 3) Saka General Hospital
- 4) Department of Environmental Science, Shokei Gakuin College
- 5) Environmental Medical Center, Kitasato Institute Hospital

要約

近年、シックハウス症候群と同様に、学校内で発生する空气中汚染物質に起因する児童・生徒の健康障害、いわゆる「シックスクール症候群」が社会問題となっている。本報告では、シックスクール症候群と疑われた子供の健康状態や学校生活、学校及び自宅の室内空气中化学物質濃度の実態を把握し、その子供の健康との関連について検討することを目的に、異なる症例の中学生3名の発症経緯とその後の経過、学校及び自宅の空气中化学物質濃度を調査した結果を示した。生徒Aは新築校での曝露が主な発症原因と考えられるケース、生徒Bはシックハウス症候群とシックスクール症候群を併発し化学物質過敏症の可能性が高

受付：平成16年2月16日 採用：平成16年4月2日

別刷請求宛先：吉野 博

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06 東北大学大学院工学研究科 都市・建築学専攻 建築環境工学研究室

Received: February 16, 2004 Accepted: April 2, 2004

Reprint Requests to Hiroshi Yoshino, Department of Architecture and Building Science, Graduate School of Engineering, Tohoku University, 06 Aoba Aramaki Aoba-ku Sendai, Miyagi 980-8579 Japan

いと考えられるケース、生徒 C は授業中に使用した薬品がトリガーとなり発症した可能性のあるケースである。調査結果は、症状の種類や程度、症状が発現する空気中化学物質濃度等には個人差があった。しかし、3 例共に学校の空気中化学物質の存在が子供の健康や学校生活に深刻な影響を及ぼしていることが示唆された。

(臨床環境13 : 35~50, 2004)

Abstract

Recently, indoor air pollution by chemical substances generated from building materials, furniture and various utensils becomes a serious health problem in Japan. Such indoor air pollution in schools may also be a cause of hazardous influence onto the children's health. This is called "Sick-School-Syndrome".

Indoor air quality of schools and houses in Miyagi Prefecture, Japan, where three students are suspected to have "Sick-School-Syndrome", were investigated in 2001 and 2002 as the first step of this study. The investigation included measurements of aldehydes and volatile organic compounds (VOCs), and examination and clinical testing by physicians. In addition, three students, their family, and their teachers were interviewed on their symptoms, their surrounding environments both in school and outside of school.

In conclusion, the study suggested that higher concentration of chemical substance in the schools in three students could have produced health symptoms.

(Jpn J Clin Ecol 13 : 35~50, 2004)

《Key words》 sick school syndrome, sick building syndrome, multiple chemical sensitivity (MCS), clinical test, formaldehyde, volatile organic compounds (VOC)

I. 緒言

小・中学校の児童・生徒たちは、平日の大半を学校で過ごす、近年、学校内の様々な化学物質汚染が原因と考えられる児童・生徒の健康被害、いわゆる「シックスクール症候群」が社会問題化してきている。シックスクール症候群は、学校の新築・改修工事に伴って発症するケースが多く、学校に行くと不定愁訴のような多種の症状が発現する。しかし、原因となる化学物質は、建築材料のみならず、家具やワックス、芳香剤、殺虫剤等の各種薬剤、学習教材等、多種多様なものから発生しており、現時点で原因物質を特定することは不可能である。また、その症状は、頭痛、目のかゆみ、疲れやすい、落ち着きがなくなる等多岐にわたり、不定愁訴に近い場合が多いため、家族や教師のみならず、発症者本人もシックスクール症候群と認識することが困難な現状にある。

この様な背景の中、文部科学省は2002年2月に「学校環境衛生の基準」を改定し、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼ

ンの4物質について初めて学校内の基準値を策定した。しかし、対策へ向けた動きはまだ始まったばかりであり、発症メカニズムについても未だ不明な点が多い。現在、学校の室内空気環境と児童・生徒の健康との関連性についての詳しい説明が強く望まれている。

そこで、筆者らは学校の室内空気環境の実態を把握すると共に、児童・生徒の健康との関連性について検討することを目的とした研究^{1~4)}を進めて来た。本報では、実際に医師から「シックスクール症候群が疑われる」と診断された中学生3名に対して、症状の発現経緯と経過、発症後の対応策に関する聞き取り調査、学校並びに自宅の室内空気中の化学物質濃度等に関する実測調査、化学物質過敏症専門医による検診結果を報告する。

II. 調査方法

1. 調査対象者の選定

調査対象者は、アレルギー・環境医学専門医により、シックスクール症候群の疑いがあると診断

された中学生3名(男子2名、女子1名)を選定した。

2. 聞き取り調査

調査対象である生徒本人及びその家族に対して、自宅を訪問し対面で聞き取り調査を実施した。また、調査対象者が通う学校や教育委員会を訪問し、養護教諭や担任教諭等の学校関係者に対しても聞き取り調査を実施すると同時に、学校内の視察も行った。調査内容は、生徒の既往病歴と過去の化学物質による曝露履歴、学校の施設概要、症状の発現経緯、発症後の経過と対応策などである。

3. 室内空気中の化学物質濃度に関する実測調査

調査対象者が通学していた学校における教室等の空気中の化学物質濃度に関しては、教育委員会が第三者検査機関に委託して実施した測定結果を入手した。また、生徒の自宅に関しては、表1に示す測定方法^{注1)}で実測した。測定対象物質は、①ホルムアルデヒド等のアルデヒド類、②トルエン、キシレン等のVOC、③クロロピリフォス等の有機リン系化合物及びその他の化学物質である。測定場所は、アルデヒド類とVOCについては原則として居間、寝室、その他具合が悪くなる部屋など室内3箇所と外気の計4箇所である。有機リン系化合物・その他の化学物質については主に和室(和室がない住宅の場合は居間)、床下換気口から約1m内部に入ったところの2点で測定した。測定位置は、床上1.2m(有機リン系化合物・その他の化学物質は床上15cm程度)とした。測定時間は24時間とし、居住者の健康状態に影響が

ない範囲で、窓等の外部に面した開口部を常時閉鎖(ただし、短時間の開放は可)することを条件として測定を行った。

4. 化学物質過敏症専門医による検診

近年、シックハウス症候群や化学物質過敏症の疑い例に関しては診断基準が提案されており、それらの診断は臨床経過を詳しく問診すること、室内化学物質を測定することで可能となりつつある^{5~9)}。これらの患者は、化学物質の曝露を受けることによって自律神経機能や視覚系を含む神経系に障害を起こす例が多い。正確な診断を簡便かつ他覚的な指標で下すことはまだ難しい状況にあるが、近赤外線による脳内酸素モニターは、人体に苦痛を与えることなく繰り返し検査ができ、脳内の酸素状態を把握できるので、各種化学物質のガス吸入負荷試験を組み合わせることにより、客観的な診断のための補助的方法となる可能性が高い¹⁰⁾。そこで、この方法を合わせて2002年7月に表2に示すような化学物質過敏症専門医の診察と臨床検査を実施した。

Ⅲ. 調査結果

1. 事例1の調査結果

1) 聞き取り調査結果

① 調査時期

調査対象者の生徒A(男子)とその家族に対する聞き取り調査は2001年8月(転校前)と2002年7月(転校後)に、また、学校の校長と養護教諭及び教育委員会に対しては2001年8月と同年9

表1 自宅の空气中化学物質濃度の測定方法

測定項目	アルデヒド類 (ホルムアルデヒド、 セトアルデヒド等)	VOC (トルエン、キシレン、 p-ジクロロベンゼン等)	室内温度・湿度
測定方法	DNPHカートリッジ(Waters社製、Sep-pak DNPH-Silica Cartridge)を用いて24時間パッシブサンプリングし、アセトニトリルで抽出後、高速液体クロマトグラフにより定性・定量分析を行った。	粒状活性炭(柴田化学機械工業株式会社製、Charcoal Tube Jumbo)にポンプを用い、500ml/minの通気量で24時間アクティブサンプリングし、二硫化炭素溶媒に抽出後、ガスクロマトグラフにより定性・定量分析を行った。	温湿度センサー付きデータロガー(株式会社ティアンドデイ、おんどとりTR-72S)を測定対象室と屋外の床上1.2mの位置に各1箇所設置して、10分間隔で24時間測定した。

表2 化学物質過敏症専門医による検診内容

検査項目	検査内容
1 化学物質過敏症専門医による診察	化学物質過敏症の専門医先生による診察（眼球運動、膝外腱反射等の神経反射等）を実施した。
2 眼科一般検査	眼科一般検査（視力、眼圧等）にて眼科的基礎疾患の有無を検査した。
3 滑動性眼球追従運動の検査	眼球電位図（EOG：Electro Oculo Graphy）により、水平および垂直方向の眼球運動を検査し、視覚分野における神経系の異常を判定した。
4 視覚のコントラスト感度の検査	壁掛け型のコントラスト感度測定器 VCTS（Vision Contrast Test System）を使用し、視覚の認識度および視覚中枢機能の状態を検査した。なお、本検診では視覚空間周波数特性（MTF：Modulation Transfer Function）をもとに、各周波数における視覚の感度を健常者の平均値と比較した上で判定を行った。
5 瞳孔反応の検査	赤外線電子瞳孔計（浜松ホトニクス社製、イリスコーダ C2514）を使用し、瞳孔反応を検査した。15分間の暗順応後に左右1または2回測定し、良好な状態で記録できた結果から得られた値を平均した。年齢によって、正常値が異なるため、得られたデータは年代ごとの正常平均値からの偏差（{測定値－平均値}/標準偏差）を計算した。正常値として北里大学眼科で1992年5月7日～11月26日間に女性556名、男1076名から計測された年齢ごとの平均値と標準偏差を利用した。また、内海らの分類 ¹¹⁾ に従い、交感神経優位、副交感神経優位、に分類した。
6 脳内血流状態の測定	近赤外線組織酸素モニター ¹²⁾ （浜松ホトニクス社製、NIRO-300）を使用した化学物質ガス吸入負荷試験及び起立試験で脳内の血流量を測定した。安静時の基線のゆらぎ（基線から±1 μmol未満の変動を正常＝0、±1 μmol以上の変動を軽度異常＝1、±2 μmol以上の変動を異常＝2）、頭位変換時の基線の変動（基線より1 μmol未満の変化を正常＝0、1 μmol以上の変動を軽度異常＝1、2 μmol以上の変動を異常＝2）、起立試験時の基線の変動（起立時にO ₂ Hbが基線に戻る、もしくは1 μmol未満：正常＝0、O ₂ Hbが基線に戻らず、1～2 μmol未満の変化：軽度異常＝1、2 μmol以上の変化：異常＝2）から点数化、合計した（正常＝0、軽度異常＝1～3、異常＝4～6）。
7 頭痛に関する問診	シックハウス症候群では、頭痛やめまいといった神経学的症候を示す症例が多いことが特徴であるため、頭痛を感じる位置や痛みの程度等はシックハウス症候群か否かを判定する際に重要な要素となる。そこで、シックハウス症候群に特徴的な頭痛やめまい等の神経症候を抽出するために、問診票（東北大学医学部神経内科糸山ら作成）を用いた調査を行った。参加者に対して、過去および転居後の症状に関して、その性質や頻度、継続時間等を質問した。
8 嗅覚検査	T&T オルトファクトメーターより5種類の嗅素を用いて、対象者の検知閾値および認知閾値を測定し、一般の人の検知・認知閾値の濃度を基準として嗅覚過敏性を判定した。5種類の嗅素に含まれる主な物質は、β-phenylethyl alcohol（バラのにおい）、methyl cyclopentenole（カラメル・焦げたにおい）、isobaleric acid（汗臭い・古靴下のにおい）、γ-undecalactone（甘い・桃の缶詰のにおい）、scatol（口臭・糞のにおい）である。

月(転校前)に実施した。

② 既往病歴

小さいころから軽症の気管支喘息の持病があり、小学6年の時には扁桃腺・アデノイドの摘出手術を受けている。アレルギー疾患としては、8歳の時から花粉症を患っていた。

③ 化学物質の曝露履歴

中学入学前年の2000年4月～8月に自宅の改修工事を行っているが、その際には、化学物質に配慮した建築材料等を使用して施工したということであり、この時には生徒Aやその家族にシックハウス症候群の症状は全くみられなかった。

④ 学校の施設概要

生徒Aが入学した学校Xは、2001年3月竣工、2001年4月に開校したRC造3階建の新設中学校である。生徒Aの症状が特に悪化する屋内運動場は、開校直前の3月中旬まで工事が行われていた。

⑤ 症状の発現経緯

生徒Aは、2001年4月に学校Xへ入学し、屋内運動場で行われた開校式の最中に頭痛や吐き気を訴えたのが初発症状であった。その後、5月初旬から同様の症状が学校内で再度現われ始めたが、特に屋内運動場での症状がひどく、入場して5～6分で頭痛が激しくなり、立ってられない状態になった。ただし、屋内運動場を出て10分程すると症状は改善された。また、この時期に自宅で水槽の修理のためにラッカーパテを使用した際にも具合が悪くなったことがあった。梅雨の時期からは、ホームルームである普通教室でも頭痛を訴えるようになり、特に室温の上昇時に症状が悪化する傾向がみられた。生徒Aの症状は、学校から帰宅して数十分後には改善したが、この中学校に入学するまでは、学校でこのような症状を訴えたことがなかった。

⑥ 発症後の経過と対応策

2001年6月にアレルギー・環境医学専門医の診察を受け、アレルギー性鼻炎、ダニ・イーストアレルギーの他に、トルエンによる起立性調節障害(化学物質吸入後悪化)があるためにシックスクール症候群の疑いがあると診断された。一方、教育

委員会は、生徒Aの保護者からの訴えと学校Xからの報告を受けて、2001年6月下旬に第三者検査機関に委託して、生徒Aの症状が特に顕著に現れる屋内運動場のアリーナ部分における空気中の化学物質濃度を測定した。その結果、トルエンが厚生労働省策定の室内濃度指針値 $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ の4倍以上の高濃度で検出されたため、学校側に換気等の対策を指導した。学校Xでは、生徒Aがシックスクール症候群の疑いがあるという診断結果の提示を受け、全校生徒に対して学校内で頭痛や吐き気等の症状が起こる場合には申し出るようにとの呼びかけを行ったが、生徒Aの他に症状を訴える生徒はなく、また、職員の中にも生徒Aのような症状が出ている者はいなかったということであった。対策としては、屋内運動場や教室の窓を朝から開放するなど換気の徹底に努めたとのことであった。ただし、バイクアウト等の対策は特に実施していない。

換気等の環境整備や食事療法に加えて、抗アレルギー剤(ペミロラストカリウム)、酪酸菌製剤、麦門冬湯、メチル硫酸アメジニウム服用といった治療を受けた結果、2001年秋には、活性炭入りのマスクをつけることで、約1時間程度は屋内運動場内にいることができる程度まで回復した。また、教育委員会が10月上旬に再度アリーナ部分の実測調査を行った結果では、トルエン濃度は前回測定値の1/8に低下していた。その後、学校を通してこれらの実測結果を生徒の保護者に通知した。

しかし、結局2001年冬に生徒A本人の希望で築年数が古い中学校へ転校した。転校後の学校では、症状が改善し早退や欠席することもなくなったが、2002年7月(転校後)の調査時でも、新築やワックス塗布後の建物に入った時や、接着剤の臭い、衣服についた防虫剤やクリーニングの臭いで気分が悪くなるとのことであった。

2) 室内空気中の化学物質濃度に関する実測調査結果

① 学校に関する実測調査結果

第三者検査機関による学校Xに関する空気中の化学物質濃度の測定概要と測定結果を表3に示す。測定場所は、屋内運動場のアリーナと屋外の

2箇所、教室は測定されなかった。測定は、2001年6月及び2001年10月の2回実施された。測定物質は、1回目がホルムアルデヒド、トルエン、キシレンの3物質、2回目がトルエンのみであった。測定方法は、厚生労働省のガイドラインに記載されている標準測定法に基づいて行われた^{註2)}。測定条件は、①前日より窓を閉めて換気なしで測定、②窓を5分間開放後1時間放置し換気なしで測定、の2条件であった。1回目では、条件①の測定においてトルエン濃度が1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い値が検出され、厚生労働省の室内濃度指針値260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の約4.6倍に達しており、条件②の測定においても530 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と指針値の約2倍の濃度が検出された。ホルムアルデヒドは0.05~0.07ppm、キシレンは400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満であり、いずれもホルムアルデヒドの指針値0.08ppmとキシレンの指針値870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回っていた。2回目の測定では、測定物質はトルエンのみであったが、条件①における測定濃度が150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きく減少し、厚生労働省の室内濃度指針値を下回っていた。

② 自宅に関する実測調査結果

生徒Aの自宅に関する主な実測結果と測定期間中の平均温湿度を表4に示す。測定期間は、2002年9月である。ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドは、共に室内のいずれの箇所でも指針値

を超過したが、外気濃度も高かったことから、実測時に何らかの外的要因によって内外の濃度が共に上昇した可能性が考えられる。VOCについては、指針値を超過したのは2階にある生徒Aの寝室のトルエンのみで、指針値をやや上まわる270.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。1階和室のパラジクロロベンゼン濃度は、指針値240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過しないまでも、229.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い濃度を検出した。また、TVOC^{註3)}は、室内の全ての測定箇所厚生労働省の暫定目標値400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過しており、特に生徒Aの寝室が高かった。

3) 化学物質過敏症専門医による検診結果

生徒Aは、水平及び垂直滑動性眼追随球運動に軽度の急速眼球運動が混在し(階段状運動)、上方注視がやや困難であると診断された。また、鼻粘膜の腫脹がありアレルギー性鼻炎であった。IgE879IU/mlとIgERASTは、ヤケヒョウヒダニ(クラス2)とビール酵母(クラス1)で陽性と判明した。赤血球コリンエステラーゼは1.8単位と正常であった。NIRO-300による脳内血流状態の測定に関しては、ガス吸入負荷試験においてキシレンとトルエンで O_2Hb が低下した。トルエン負荷による起立試験の結果を図1に示す。2001年の初診時には、吸入負荷前の立位で O_2Hb 低下と頭痛が起き、ガス吸入負荷後の起立試験では

表3 学校Xの空气中化学物質濃度の測定結果

測定日	測定地点	測定条件	測定時間	室温(°C)	湿度(%)	ホルムアルデヒド [25°C換算値]	トルエン [25°C換算値]	キシレン [25°C換算値]
2002年 6月28日	屋内運動場 アリーナ中央部	①	11:57~12:14	31.2	52	63 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.05 (ppm)]	1200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.32 (ppm)]	400未満 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.1未満 (ppm)]
		②	13:40~13:55	32.9	46	89 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.07 (ppm)]	530 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.14 (ppm)]	400未満 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.1未満 (ppm)]
	屋外	—	12:15~12:55	31.0	42	50未満 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.04未満 (ppm)]	100未満 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.03未満 (ppm)]	400未満 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.1未満 (ppm)]
2002年 10月3日	屋内運動場 アリーナ中央部	①	12:40~13:00	21.7	55	/	150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.04 (ppm)]	/
		②	14:05~14:25	21.8	50	/	100未満 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.03未満 (ppm)]	/
	屋外	—	12:50~13:15	23.7	43	/	100未満 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [0.03未満 (ppm)]	/

*測定条件 ① 前日より窓を閉めて換気なしで測定
② 窓を5分間開放後1時間放置し換気なしで測定

O₂Hb の低下が顕著となり、立位で頭痛が生じ目の前が真っ暗となる症状がみられた。治療後の2002年検診時には、O₂Hb 低下の改善が認められたが、着席後に拍動性頭痛が発現した。以上の検査結果から、生徒 A は、アレルギー性鼻炎、ダニ・イーストアレルギー、トルエンによる起立性調節障害（化学物質吸入後悪化）、更に軽度中枢

性眼球運動異常があり「シックスクール症候群の疑い」と診断された。

2. 事例 2 の調査結果

1) 聞き取り調査結果

① 調査時期

調査対象者の生徒 B（男子）とその家族に対する聞き取り調査は、2001年 9 月と2002年 7 月に、

表 4 生徒 A の自宅の空气中化学物質濃度の測定結果

		測定日2002年 9月26~27日			
		1F 居間	2F 生徒 A 寝室	1F 和室	外 気
平均気温 (°C)		16.8	21.5	24.5	22.2
平均相対湿度 (%)		71.0	56.7	52.7	54.4
アルデヒド (単位: ppm)	ホルムアルデヒド	0.14	0.13	0.12	0.08
	アセトアルデヒド	0.18	0.20	0.08	0.03
VOC (単位: µg/m ³)	トルエン	54.1	270.8	58.9	27.6
	エチルベンゼン	10.2	9.6	12.0	
	m,p-キシレン	8.9	9.2	10.5	
	o-キシレン	3.6	6.6	2.5	
	p-ジクロロベンゼン	130.8	153.4	229.4	
	同定物質合計	398.4	756.1	500.6	27.6
	その他 (未同定物質を含む)	94.9	249.0	139.4	52.4
TVOC		493.4	1005.1	640.0	80.0

■: 厚生労働省の室内濃度指針値または暫定目標値を超過した箇所を示す。
※空欄は、検出下限値以下を示す。

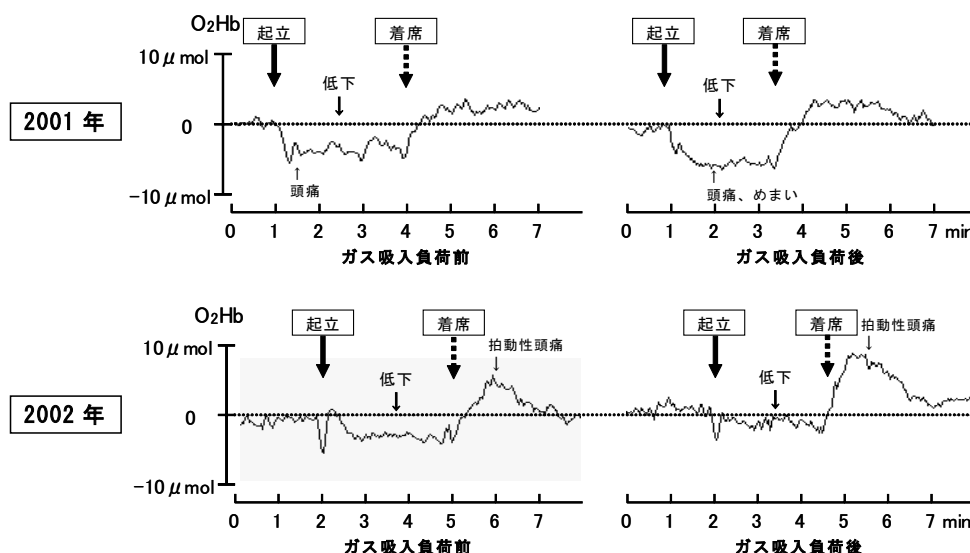


図 1 生徒 A の起立試験結果（トルエンのガス吸入負荷前後）

また、学校の養護教諭と担任教諭に対しては、2001年9月に実施した。

② 既往病歴

1歳頃に重症の気管支喘息を発症して以来、度々発作を起こすようになった。その他にも、アレルギー性鼻炎、アレルギー性結膜炎、花粉症、ダニアレルギーといった持病がある。

③ 化学物質の曝露履歴

生徒Bの家族は、父親の転勤に伴って平均1～2年毎に引っ越しを繰り返し、その都度新築または改修された住居に入居してきた。生徒Bは、生後6ヶ月の時から1年間新築の公務員住宅に入居していたが、その間に重症の喘息を発病した。1996年に木造2階建の中古住宅（調査時築18年）を購入し、1997年3月に入居した。1999年7月には、1階の和室の増築を行っている。その時に、外壁も吹き付けなおし、居間の床もカーペットからフローリングに貼り替え、廊下部分のフローリング、主寝室の壁紙も新しく貼り替えた。この増築・改修工事の時点で、生徒Bの家族はシックハウスに関する知識がなかったため、使用建材等についてほとんど配慮していなかった。

生徒Bは、臭いに敏感な体質で、芳香剤や新しい店舗の臭いで気分が悪くなることがあったが、1999年の自宅の増築・改修工事で外壁の吹き付け工事が開始された頃から気分が悪いと訴え始め、その後、室内の壁紙を貼り替えている最中に頭痛や吐き気を訴えて具合が悪くなったため内装工事を中止した。工事後に増築した和室へ入ったところ、再び頭痛や吐き気の症状を訴え始めた。その年の秋に一過性の気管支喘息が悪化したが、神経症状は現れていなかった。それ以降は、喘息の症状がさらに悪化し、大きな発作を繰り返すようになり、また、工事完了直後には、痰のからみや目のかゆみといった症状も訴えていた。工事完了後約1年経過した頃には、増築した和室に入らない限り、このような症状を訴えることはなくなり落ち着いていたが、中学校入学後、学校で再び頭痛や吐き気等の症状を訴えるようになった。

④ 学校の施設概要

生徒Bが通学する学校Yは、RC造4階建の

中学校で、普通教室棟と特別教室棟からなっている。普通教室棟は、1997年3月に改築された比較的新しい校舎である。特別教室棟と屋内運動場は、築20年以上経過した古い校舎で、特別教室棟は1983年に最終増築工事が完了している。各棟は、外部の渡り廊下で連結されている。生徒Bが1学年時に在籍していた1年2組の教室は、普通教室棟（新校舎）の1階南側に位置する。各教室は、使用しない時には基本的に全て施錠され、また、保健室、多目的ホール、図書室等といった上部にも開口部が設けられているような教室は、その上部開口部も常時閉鎖した状態で使用されていた。特に図書室に関しては、防犯上の理由から南側の窓は釘を打ち付けて開けられないようにしていた。床のワックスがけについては、普通教室棟では基本的に学期ごとに実施されていたが、特別教室棟（旧校舎）では行われていなかった。

⑤ 症状の発現経緯

生徒Bは、2001年4月に学校Yへ入学したが、同年6月に喘息の発作が起こり、その頃から体調不良を訴え始めるようになった。その症状は、登校して2時間目の授業の頃から頭痛、吐気がひどく、立ってられない状態になり、それ以後になるとひどい頭痛と吐気のために授業が受けられなくなるといった状況であったが、学校から帰宅して1時間程すると症状は改善された。2001年の1学期末に床のワックスがけを行った時には症状が悪化し、2学期からは、学校にいられるのは毎日3時間程が限界となり、出席する授業を選んで、その時間に合わせて登校せざるを得ない状況となった。症状の出る場所は、新校舎に位置する普通教室、図書室、保健室であった。しかし、旧校舎である特別教室棟内では症状が現れることがなく、また、新校舎内にある教室での授業がない日には、終日学校にいても症状が出ることがなかった。

⑥ 発症後の経過と対応策

2001年の夏、中学校体育連盟の大会会場となった新築の体育館でも体調が悪くなった際に、アレルギー・環境医学専門医の診察をうけ、エタノールとホルムアルデヒドによるシックスクール症候群の疑いがあると診断された。生徒Aがこの診断を

受けた後でも、学校では最初教師や級友からシックスクール症候群に対する理解が得られず、換気等の環境整備が行われなかった。しかし、生徒 B が校内弁論大会で自分のシックスクール症候群の症状について発表したことで理解が得られるようになり、生徒 B の席を窓側に移動し、換気に配慮する、床ワックスを天然系のものに代えるといった対策が円滑にとられるようになった。天然系床ワックスは従来のものと比較するとほとんど臭いが無いもので、当初は生徒 B の教室のみで使用されていたが、同じクラスの生徒たちが廊下で使用される従来の床ワックスとの臭いの差を認識し、校内全ての場所で天然系のワックスを使用して欲しいとの要望が高まり、実施することになった。また、教育委員会は、生徒 B の保護者からの要望を受けて、教室内の空気中の化学物質濃度の測定を第三者検査機関に委託し、2002年3月に実施している。

医師の診断後、ペミロラストカリウム、キサンチ

ン製剤、酪酸菌製剤、麦門冬湯、塩酸ロメリジン等の服用治療、換気や学校の床ワックスを天然系のもに変わるといった環境整備により、2001年12月には午前中の授業が受けられるようになり、2002年2月には週2日は終日授業を受けることが可能となった。しかし、2003年の夏季に入り、再び3時間程しか学校にいられない状態になっていた。

2) 室内空気中の化学物質濃度に関する実測調査結果

① 学校に関する実測調査結果

第三者検査機関による学校 Y に関する室内空気中の化学物質濃度の測定概要及び測定結果を表5に示す。測定は2002年3月に実施され、測定方法及び分析方法は前述の学校 X と同様である。測定結果は、測定期間が春季休業中で非暖房時における測定で室温が比較的低かったこともあり、すべての測定点で厚生労働省の室内濃度指針値を大きく下回った。しかし、非公式ではあるが学校 Y が独自に実施した夏季におけるホルムアルデ

表5 学校 Y の空気中化学物質濃度の測定結果

測定地点	測定条件	測定時間	室温(°C)	湿度(%)	ホルムアルデヒド [25°C換算値]	トルエン [25°C換算値]	キシレン [25°C換算値]	スチレン [25°C換算値]	エチルベンゼン [25°C換算値]
被服室	①	11:10~11:43	9.8	45	10未満(μg/m ³) [0.008未満(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
	②	11:50~12:23	10.1	45	10未満(μg/m ³) [0.008未満(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
普通教室 1年2組	①	11:57~12:14	13.4	42	11(μg/m ³) [0.009(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
	②	13:40~13:55	13.8	42	10(μg/m ³) [0.008(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
普通教室 2年2組	①	11:57~12:14	14.3	40	10未満(μg/m ³) [0.008未満(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
	②	13:40~13:55	15.2	39	10(μg/m ³) [0.008(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
普通教室 3年1組	①	11:57~12:14	13.8	41	16(μg/m ³) [0.013(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
	②	13:40~13:55	14.2	40	18(μg/m ³) [0.015(ppm)]	28(μg/m ³) [0.007(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
屋外	—	11:57~12:14	11.8	47	10未満(μg/m ³) [0.008未満(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]
	—	13:40~13:55	11.8	46	10未満(μg/m ³) [0.008未満(ppm)]	26未満(μg/m ³) [0.007未満(ppm)]	87未満(μg/m ³) [0.02未満(ppm)]	22未満(μg/m ³) [0.005未満(ppm)]	380未満(μg/m ³) [0.088未満(ppm)]

*測定条件:① 前日30分間換気後に対象室内を5時間以上密閉後測定

② 条件①の測定後に換気なしで再度測定

ヒドの簡易測定（ガステック社製検知管91LL）の結果では、普通教室0.147ppm、図書室0.16ppmと指針値の2倍前後の値を示していた。

② 自宅に関する実測調査結果

生徒 B の自宅に関する主な実測結果と測定期間中の平均温湿度を表 6 に示す。実測調査は、2000年 8 月及び 2001年 7 月の 2 回実施した。

1 回目の測定の結果、ホルムアルデヒドは 1 階の居間では検出されず、1 階の和室（増築部）では 0.09ppm と指針値を上回っていた。TVOC 濃度は、居間で $878 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、和室（増築部）で $1370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と暫定目標値を大きく超過していた。2 回目の測定結果では、ホルムアルデヒドが 2 階の生徒 B の寝室で 0.22ppm と指針値の 7 倍を超過し、アセトアルデヒドも 0.26ppm と指針値 0.03ppm の 8.5 倍以上であった。TVOC 濃度は、居間及び和室（増築部）で暫定目標値を超過した。また、p-ジクロロベンゼンは、和室（増築部）において 1 回目 ($1180.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) と 2 回目 ($568.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) の両方で指針値を大きく超過していた。有機リン系化合物及びその他の化学物質は、検出下限値以下であった。

2 回目の測定結果を 1 回目の結果と比較すると、

1 階の和室（増築部）ではホルムアルデヒド、TVOC 濃度ともに 1 回目の測定値よりも低下していたが、1 階の居間では、ホルムアルデヒド、TVOC 濃度とも 1 回目の結果より高くなっていた。生徒 B の寝室は、2 回目のみ測定したが、アルデヒド類の濃度が非常に高かった。

3) 化学物質過敏症専門医による検診結果

生徒 B の診察では、眼球運動では、滑動性眼球運動に急速眼球運動の混入（階段状運動）が認められた。IgE1745 IU/ml と IgERAST はヤケヒョウヒダニ（クラス 5）、卵白（クラス 1）で陽性と判明した。赤血球コリンエステラーゼは 1.7 単位であり、国際下限値の 1.8 をやや下回っていた。眼電位図 EOG では、水平眼球運動が 16.5%、垂直眼球運動が 51.7% であり、衝撃運動介入が認められ異常であった。視覚空間周波数特性（MTF）は両眼とも低下し、赤外線電子瞳孔計では最大散瞳速度が亢進し（年齢正常値に対して +2.8 偏差）、交感神経優位の状態が考えられた。NIRO-300 による脳内血流状態の測定に関しては、ガス吸入負荷試験においてエタノールにより O_2Hb は上昇後低下した。ホルムアルデヒドでは O_2Hb の低下はみられなかったが、脱酸素型ヘモグロビン HHb・

表 6 生徒 B の自宅の空气中化学物質濃度の測定結果

		測定日 2000年 8 月 7～8 日				測定日 2001年 7 月 16～17 日			
		1F 居間	1F 和室	1F 和室 (増築)	外気	1F 居間	2F 生徒 B 寝室	1F 和室 (増築)	外気
平均気温 (°C)		28.8	29.1	28.3	27.1	28.9	30.7	29.4	26.8
平均相対湿度 (%)		70.2	68.2	79.9	83.0	76.1	68.0	74.3	85.9
アルデヒド (単位: ppm)	ホルムアルデヒド			0.09	0.03	0.04	0.22	0.06	0.05
	アセトアルデヒド						0.26		
VOC (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	トルエン	95.1	8.5	6.1	4.4	85.8	11.4	7.2	
	エチルベンゼン	15.9	6.0		3.1	26.1			
	m,p-キシレン	10.9	6.1		2.0	42.8			
	o-キシレン	36.1	2.8			20.9			
	p-ジクロロベンゼン	77.3	53.2	1180.0			31.8	568.2	
	同定物質合計	726.0	251.0	1330.0	205.0	1003.0	92.9	575.4	0.0
	その他 (未同定物質を含む)	152.0	48.1	41.4	34.1	254.2	42.2	29.9	10.4
	TVOC	878.0	299.0	1370.0	239.0	1257.2	135.1	605.3	10.4

■: 厚生労働省の室内濃度指針値または暫定目標値を超過した箇所を示す。

※空欄は、検出下限値以下を示す。

総ヘモグロビン cHb・組織ヘモグロビン指数 THI がいずれも低下し、頭痛・頭重・鼻の痛み・舌のしびれ等が誘発された。ホルムアルデヒド負荷による起立試験の結果を図2に示す。初診時の2001年の結果では、ガス吸入前において立位で O_2Hb が低下した状態が続き、座位で回復した。ガス吸入後には、立位でめまいがひどくなり立ってられない状態となった。治療後の2002年検診時には、依然として O_2Hb 低下の改善は認められなかったが、症状の発現はなかった。以上の検査結果より、気管支喘息、ダニアレルギー、エタノールとホルムアルデヒドによる起立性調節障害(化学物質吸入後に悪化)、中枢性神経機能異常及び自立神経機能異常があり、「シックスクール症候群及びシックハウス症候群の疑い、同時に化学物質過敏症疑い」と診断された。

3. 事例3の調査結果

1) 聞き取り調査結果

① 調査時期

調査対象者の生徒C(女子)は、前述した生徒Bの同級生で、同じ学校Yに通学していた。本人とその家族に対する聞き取り調査は、2002年7月に実施した。

② 既往病歴

1歳半の時からアトピー性皮膚炎を発症し、3

歳時にドーナツでじんましんを起こしたことがあった。小さい時から臭いに敏感で、そのために気分が悪くなることがあり、疲れやすく、寝てもだるさがなかなかとれず、時々目のピントが合わなくなるというような症状もあった。

③ 化学物質の曝露履歴

3歳半の時、新築マンション(調査時築後11年経過)に入居した際に曝露した可能性が考えられる。しかし、年中換気に留意して生活しており、自宅での体調の変化は特にみられなかった。

④ 学校の施設概要

前述の通りである。

⑤ 症状の発現経緯

2001年4月に学校Yへ入学し、同年の2学期の始業式後に具合が悪くなり、翌日から2日間学校を休んだ。その後、体のだるさや朝起きるのがつらい等の症状を訴え始め、2001年10月初めからは、授業の3・4時間目頃から頭痛が始まり、体調不良を訴えるようになった。冬季に入り教室の窓を締め切ることが多くなると、教室に入った際に息苦しくなり、教室の外に出ると症状が改善するといった状態が続き、その頃から週1回程度の割合で欠席するようになった。また、学校の床ワックスでも具合が悪くなるようになった。ただし、生徒Bと同様に、特別教室棟(旧校舎)では、

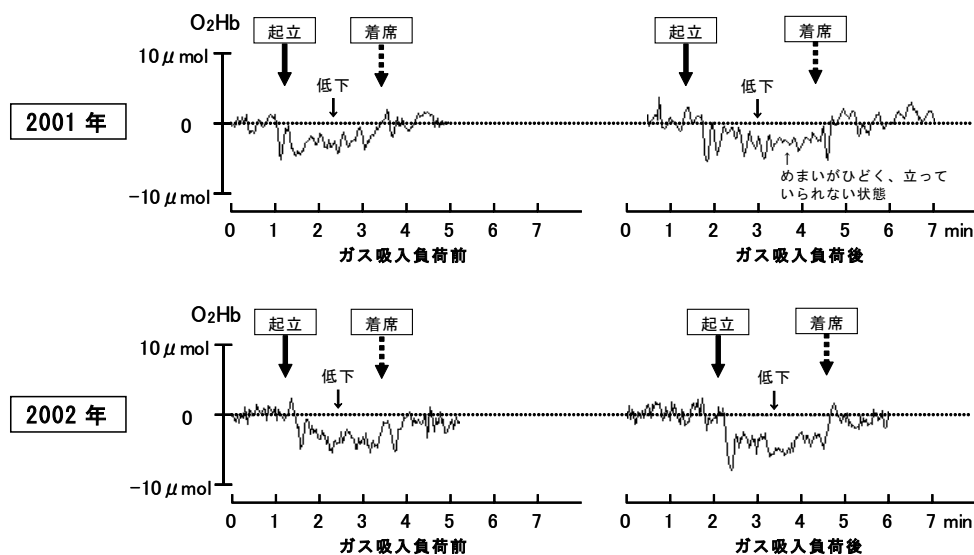


図2 生徒Bの起立試験結果(ホルムアルデヒドのガス吸入負荷前後)

部活動（吹奏楽）などで長時間在室するような場合でも症状が現れることはなかった。

⑥ 発症後の経過と対応策

同じクラスに既に発症していた生徒 B が在籍していたことから、担任教諭にアレルギー・環境医学専門医の受診を勧められたのがきっかけでシックスクール症候群の疑いがあることが判明した。その後、通院して麦門冬湯の服用を開始し服用を続けている。12月より立ちくらの改善を図るためメチル硫酸アメリニウムを使用したところ、2002年1月には症状が改善し中止した。

しかし、2002年3月、理科でエタノールを皮膚に塗り、それが揮発する経過を観察する実験を換気設備のない普通教室で窓を閉め切った状態で行った際に、頭痛、吐き気が現れたため治療を受けた。拍動性の頭痛と診断されて、コハク酸スマトリプタン1.5mgを皮下注射して15分後に拍動性がなくなり、さらに数分後に頭痛が消失、吐き気も消失した。2002年春頃から症状は快方に向かっているが、2002年7月調査時においても、多目的ホールに入ると具合が悪くなるほか、廊下で使用されている非天然系ワックスやタバコ、香水の臭い等でも症状が現れるとのことであった。

生徒 C が発症した後の学校 Y の対応としては、生徒 B の前例があったため担任の先生が理解を示し、生徒たちが登校する前から窓を開放しておく、床のワックスがけ作業を生徒 C にはさせないようにするといった配慮を行っていた。

2) 室内空気中の化学物質濃度に関する実測調査結果

① 学校に関する実測調査結果

学校 Y に関する測定概要及び測定結果は既に述べた通りである。

② 自宅に関する実測調査結果

生徒 C の自宅に関する主な実測結果と測定期間中の平均温湿度を表7に示す。測定は、2002年7月に実施した。ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの濃度が、居間 (0.15ppm、0.44ppm) と和室 (0.12ppm、0.14ppm) において室内濃度指針値を大きく上回っていたが、TVOC濃度は全ての測定室で暫定目標値を下回っていた。ただし、トルエンは、全測定室に共通してやや高めの濃度で検出された。全体としては、築11年経過していたこともあり、VOC濃度は低い傾向にあった。

3) 化学物質過敏症専門医による検診結果

生徒 C は、滑動性眼球運動では、水平運動で

表7 生徒 C の自宅の空气中化学物質濃度の測定結果

		測定日2002年7月18～19日			
		居間	生徒C 寝室	和室	外気
平均気温 (°C)		27.4	26.5	26.0	27.5
平均相対湿度 (%)		75.9	63.7	74.8	71.5
アルデヒド (単位: ppm)	ホルムアルデヒド	0.15	0.07	0.12	0.07
	アセトアルデヒド	0.44	0.02	0.14	0.50
VOC (単位: µg/m ³)	トルエン	16.4	62.8	94.2	—
	エチルベンゼン	7.4	5.4	7.9	
	m,p-キシレン	7.3	4.7	7.4	3.3
	o-キシレン	11.8	2.3	19.6	—
	p-ジクロロベンゼン	21.4		13.6	
	同定物質合計	336.3	153.2	297.4	29.4
	その他 (未同定物質を含む)	5.9	8.5	22.2	17.7
TVOC		387.2	161.7	319.4	137.1

■: 厚生労働省の室内濃度指針値または暫定目標値を超過した箇所を示す。

※空欄は、検出下限値以下を示す。

急速眼球運動（階段状運動）が混入した。IgEは30.3IU/mlと低値で、IgERASTは検査項目のすべてで陰性だった。NIRO-300による脳内血流状態の測定に関しては、ガス吸入負荷試験において、エタノールで O_2Hb が上昇し頭痛が生じた。トルエンでは、 O_2Hb が低下し、拍動性の頭痛が起きた。ホルムアルデヒドでは、頭痛をきたし O_2Hb が上昇後低下した。ホルムアルデヒド負荷による起立試験の結果を図3に示す。2001年の初診時には、ガス吸入負荷前の起立で O_2Hb が低下し座位で回復したが、ガス吸入後の起立試験では座位になっても低下した O_2Hb がなかなか改善しなかった。治療後の2002年の検診時では、ガス吸入前には O_2Hb の低下がほとんど認められなくなったが、ガス吸入後では立位で O_2Hb が低下した。以上の検査結果より、ホルムアルデヒド、アルコール、トルエンによる起立性調節障害（化学物質負荷後悪化）があり、「シックスクール症候群の疑い」と診断された。

IV. 考察

1. 事例1に関する考察

生徒Aの場合は、軽い喘息の持病がありアレルギー体質ではあったが、新築の中学校に入学する以前は特に症状を訴えることがなく、入学後に

新築の学校で高濃度の化学物質に曝露したことにより発症したと考えられる。

その主な症状は頭痛や吐き気で、屋内運動場や校舎内の特定の場所に在室することによって短時間で症状が発現した。特に、屋内運動場に入ると5～6分でひどい頭痛にみまわれて立てられなくなるほど重症で、体育の授業や学校行事等に出席できず、学校生活に支障をきたしていた。屋内運動場内のアリーナ部分では、厚生労働省の室内濃度指針値を大きく上回るトルエン濃度が検出されており、化学物質過敏症専門医らによる検診結果からも、トルエンが主要な原因物質であると推測される。アリーナ部分において、トルエンの主な発生源として推察されるのは、床材表面に塗布されたウレタン塗装であった。

屋内運動場以外は測定されていないため、普通教室の空気中の化学物質濃度は不明だが、入学した年の夏季以降には普通教室でも症状が出ていることから、教室等も高濃度の環境にある可能性もある。また、校舎の内装には、教室・廊下ともクリアラッカー塗装仕上の木質系建築材料が多用されており、塗装表面や接着剤等からトルエン等のVOCが揮発して影響を及ぼしていることも考えられる。

一方、生徒Aの自宅においても、2階の生徒

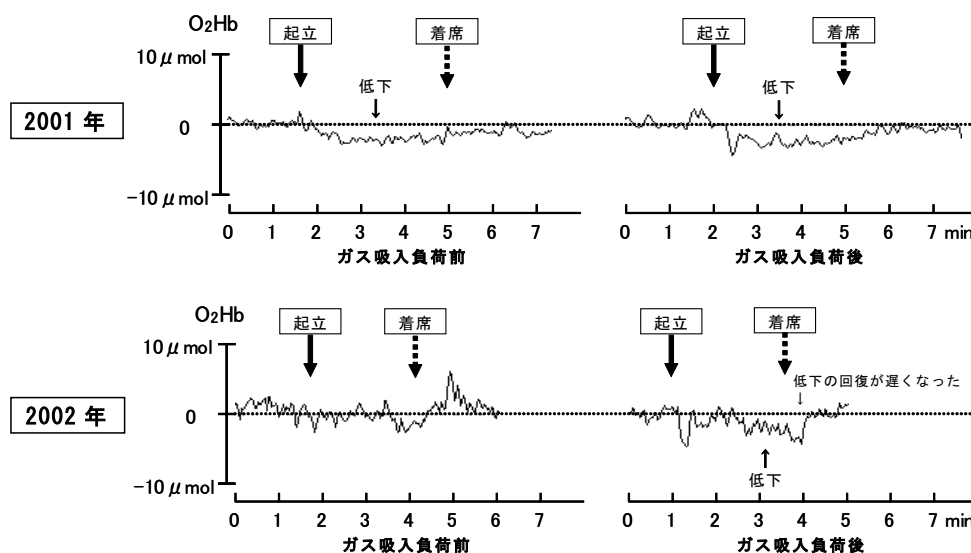


図3 生徒Cの起立試験結果（ホルムアルデヒドのガス吸入負荷前後）

Aの寝室でトルエンやTVOCが比較的高濃度で検出されている。これは、発症前年の2000年に行われた2階部分の改修工事による影響と考えられる。また、生徒A宅は2世帯同居の住宅で、生徒Aと両親にとっては2階部分が日常生活の中心的空间となっており、在宅時には生徒Aは2階で過ごす時間が長い。これらのことから、発症前の約一年間に渡って自宅で高濃度の化学物質、特にトルエンに曝露されていたと推測される。この曝露経験が、トルエンによるシックスクール症候群の発症に作用した可能性も考えられる。

2. 事例2に関する考察

生徒Bの場合は、幼児の頃から重症な気管支喘息の持病があり、臭いに敏感でアレルギー体質であった上に、中学校入学以前に自宅の増築・改修工事によってシックハウス症候群を発症していた。自宅での症状は改善されていたが、入学した中学校の普通教室棟（新校舎）内で再度化学物質に曝露されたことにより体調不良を訴えるようになった。検診結果では、エタノールとホルムアルデヒドによるシックスクール症候群及びシックハウス症候群の疑い、及び化学物質過敏症疑いと診断された。

この事例の場合、症状が現れる普通教室棟（新校舎）は1997年に竣工しており調査時には既に築3年以上経過していたが、厚生労働省の室内濃度指針値が1997年に策定され、その後ホルムアルデヒド対策品の建材や接着剤が一般的に普及し始めたのが2000年以降という背景を考え合わせると、学校Yの改築工事が行われた際に対策品が使用された可能性は低いと考えられる。また、ホルムアルデヒドは、時間が経過しても濃度が減衰しにくい傾向があり、そのため新校舎内に位置する教室内では、現在でも気温が上昇する夏季にホルムアルデヒドが放散され高濃度の環境になっている可能性も推察される。実際、学校が夏季に実施した簡易測定の結果によれば、普通教室において高濃度のホルムアルデヒドが検出されており、改築後3年以上経過していたのでVOC濃度がそれほど高くないと推定されることから、主要な原因物質は、ホルムアルデヒドであると考えられる。

また、3月に実施した学校の測定結果ではホルムアルデヒドとVOCの濃度が共に低いにもかかわらず、その時期の生徒Bの症状は、やや軽減していたもののやはり同様の症状を訴えていたことや、乳幼児の頃から転居に伴い繰り返し化学物質に曝露されてきた可能性を考え合わせると、生徒Bは比較的低濃度の化学物質曝露でも症状が発現してしまうことが推察される。生徒Bの症状は重症で、毎日ほぼ2～3時間で早退せざるを得ない状況にあった。生徒Bのように、シックハウス症候群と化学物質過敏症を併発していることが疑われる場合には、健常者である児童生徒に影響が見られない程度の低濃度の化学物質に対しても敏感に反応し、学校生活を送る上で大きな障害となってしまふことが多い。しかし、これは非常に稀なケースであり、周囲の人たちから理解を得ることが難しく、登校拒否や学校嫌いなどと誤解されてしまふケースも考えられる。

以上のことから、生徒Bの場合には、症状が出ない程度に低濃度な環境を保つために、生徒Bの在室時には常に換気を徹底し、新品の家具や備品などの使用も避けるように留意し、また、床のワックスがけの作業や技術家庭や理科など薬品類を扱う授業の際に使用する薬剤等に特に注意を払うなど、あらゆる面での配慮が必要であろう。

3. 事例3に関する考察

生徒Cの場合は、臭いに敏感でアレルギー体質ではあったが、生徒Aと同様に、中学校入学以前には症状はみられず入学後学校内の化学物質曝露によって発症したと考えられる。

調査時には、普通教室棟（新校舎）内に位置する多目的ホールで特に顕著な症状が現れており、日常的には、普通教室在室後3～4時間で頭痛が現れ、体のだるさや眠気等の症状を訴える時もあった。検診結果では、ホルムアルデヒド、トルエン、アルコールによるシックスクール症候群の疑いと診断された。

事例2で前述したとおり、学校Yの普通教室棟（新校舎）の場合、夏季に実施した普通教室における簡易測定の結果、ホルムアルデヒドが高濃度で検出されていること、改築後3年以上経過し

ていて、VOC濃度はそれほど高くないと推定されることから、生徒Cも生徒Bと同様に、教室内のホルムアルデヒドが主要な原因物質として考えられる。また、自宅においても、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの濃度が、居間と和室で室内濃度指針値を大きく上回っていたが、これは、ホルムアルデヒドは時間が経過しても濃度が減衰しにくい傾向があること、また、入居後購入した木製家具等からも放散した可能性があることなどが原因であると考えられる。

生徒Cの症状は、生徒Aや生徒Bと比較すると軽度であり、ほぼ毎日学校に通うことが可能で、学校生活にそれほど大きな支障はなかったこともあり、生徒Cの保護者は、シックスクール症候群の疑いがあるという診断を受けるまでは、「だるい」、「朝起きられない」といった症状は学校嫌いによるものではないかと疑っていたようである。この事例は、シックスクール症候群と疲労や心因性の要因による症状との区別が難しいため、本人も自覚がなく、シックスクール症候群として問題視され難いことを示すケースである。

V. まとめ

学校や自宅の空気中の化学物質濃度の測定結果と化学物質過敏症専門医による検診結果から、3事例共に特定の化学物質による空気汚染が生徒の体調不良の原因となっている可能性が強く示唆された。また、アレルギー体質である点も3名に共通しており、アレルギー体質の子供は化学物質に対しても敏感で、発症する危険性が高い可能性も推察された。しかし、シックハウス症候群と同様に、シックスクール症候群の発症原因、症状の種類や症状の程度には大きな個人差がみられ、生徒Cのように症状が軽度で学校生活にそれほど大きな支障がない場合、シックスクール症候群として認識されないまま見落とされているケースが多いのではないかと考えられる。また、調査対象者3名が授業や学校行事に出席できないなど学校生活に大きな支障が出ている。その一方で、同じ環境にいる他の大多数の生徒たちが何の問題もなく学校生活を送っていることもまた事実であり、周囲

の理解を得ることが難しく、本人はもとより家族の忍耐と克服する努力が必要であった。

一方、学校側としてもシックスクールに関する情報や知識が乏しく、対応に苦慮しているというのが現状であった。生徒Aの場合のように、高濃度の化学物質曝露による発症に関しては、学校を新築または改修する際に化学物質に関して十二分に配慮すること、施工中や竣工後も常に換気に留意することなどは必要不可欠な対策と言える。しかし、生徒Bの場合は、シックハウス症候群とシックスクール症候群を併発した可能性があり、入学時には既に化学物質に対して過敏な体質になっていて、極微量の化学物質に対しても症状が発現したものと推察される。このように、比較的低濃度の化学物質が起因で発症してしまうような重症の化学物質過敏症患者のためには、個別指導や自宅での通信教育等といった対応策や、さらには、新たなマニュアルの作成など、学校教育のあり方についても検討する必要があると考える。

謝辞

本研究の一部は、厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業「シックハウス症候群の病態解明、診断治療法に関する研究」、研究代表者：石川哲）の助成、財団法人前田記念工学振興財団の助成（研究課題：「MCS患者の健康状態と室内環境との関係についての実証的研究」、研究代表者：吉野博）、ならびに財団法人旭硝子財団の助成（研究題目：「シックハウスの実態解明とその診断方法・防除対策に関する調査研究」、研究代表者：吉野博）を受けて実施しました。関係各位に深く感謝の意を表します。特に、検診にご協力いただいた北里研究所病院臨床環境医学センターの方々、宮城厚生協会坂総合病院の方々、東北大学大学院医学系研究科の武田篤氏、化学物質濃度の分析にご協力いただいた国立保健医療科学院建築衛生学部部長の池田耕一氏、東北文化学園大学大学院健康システム研究科教授の野崎淳夫氏、ならびに実態調査にご協力いただいた方々に厚く御礼申し上げます。

注釈

1) 本ガスクロマトグラフで同定可能なVOCは、脂肪族炭化水素はn-ヘキサン、iso-オクタン、n-ヘプタン、

n-オクタン、n-ノナン、n-デカン、n-ウンデカン、n-ドデカン、n-トリデカンの9物質、芳香族炭化水素はベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、m,p-キシレン、o-キシレン、1,3,5-トリメチルベンゼン、1,2,4-トリメチルベンゼン、1,2,3-トリメチルベンゼンの8物質、ハロゲン化炭化水素はジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、p-ジクロロベンゼンの4物質、テルペン類は α -ピネンのみ、エステル類は酢酸ビニル、酢酸エチル、酢酸ブチルの3物質、ケトン・アルデヒド類はアセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、1-デカノールの4物質、アルコール類はエタノール、1-ブタノールの2物質である。

- 2) ホルムアルデヒドの分析は固相 (DNPH) 捕集後 HPLC 測定、VOC の分析は固相 (活性炭) 捕集後 GC/MS 測定であった。測定点は室中央部の高さ1.2m に設定し、吸収量は吸収ポンプにより50l/min 捕集された。
- 3) TVOC 濃度は同定および定量を行った物質の濃度の合計であり、この場合、未同定の物質はクロマトグラム上のピークの総面積値をトルエン換算している。

文献

- 1) 高田美紀、吉野博、他：学校における室内環境と児童生徒の健康に関する調査研究（その1）シックスクール問題とその対応の動向について。日本建築学会東北支部研究報告集：91-92、2002
- 2) 高田美紀、吉野博、他：学校における室内環境と児童生徒への健康に関する調査研究（その2）シックスクール問題への取り組みの動向及び予備調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2：943-944、2002
- 3) 瀧澤のりえ、吉野博、他：学校における室内環境と児童生徒への健康に関する調査研究（その3）新築校舎の各教室等における化学物質濃度と使用材料との関係、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2：911-912、2003
- 4) 吉野博、瀧澤のりえ、他：学校における室内環境と児童生徒への健康に関する調査研究（その4）11校の化学物質濃度と児童・生徒の健康との関係。日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2：913-914、2003
- 5) 石川哲、宮田幹夫：化学物質過敏症—診断基準・診断に必要な検査法。アレルギー・免疫6：990-998、1999
- 6) 石川哲：化学物質過敏症。アレルギー50：361-364、2001
- 7) 石川哲：多種類化学物質過敏症。臨床環境医学9：89-94、2000
- 8) 石川哲、宮田幹夫、他：化学物質過敏症の診断基準について。日本醫事新報3857：25-29、2000
- 9) 坂部貢、宮田幹夫、他：シックハウス症候群の診断・治療の現状。日本醫事新報4047：9-14、2001
- 10) 角田和夫、吉野博、他：近赤外線脳内酸素モニターによるシックハウス症候群の診断—ポリ袋を用いた化学物質の短時間吸入負荷試験と吸入負荷前後の起立試験—。臨床環境医学12：15-26、2003
- 11) 内海陸：Open-loop 赤外線電子瞳孔計による対光反応の基礎的分析。日眼会誌83：1524-1529、1979
- 12) 小林幸雄、高崎住男、他：近赤外光による組織酸素モニタ装置。Therapeutic Research 21：1528-1531、2000