

＜現場報告＞

解剖学実習におけるホルムアルデヒド曝露について

佐々木昭彦¹⁾, 田中かづ子¹⁾, 前田享史¹⁾, 金子信也¹⁾, 田中正敏²⁾,
西山慶治³⁾, 八木沼洋行³⁾

Exposure to Formaldehyde in an Anatomy Dissecting Course of Medical Students

Akihiko SASAKI, Kazuko TANAKA, Takafumi MAEDA, Shin-ya KANEKO, Masatoshi TANAKA,
Keiji NISHIYAMA, Hiroyuki YAGINUMA

1. はじめに

米国では、かつてオフィスなどの建物において、冷暖房などの省エネルギー対策として、換気のために外部から取り入れる新鮮空気量を減少させ、それまでの外気導入量を従来の3分の1以下にした。ところが、こうした建物で、頭痛、めまい、吐き気を訴えるケースが多発し問題となり、1982年に世界保健機構（WHO）で、室内空気汚染についての会議が開催され、これらの建物にシックビルディング（Sick building）という言葉が使われた。

一方、日本では住宅についても窓、戸など開口部へのアルミサッシの普及から全国的に室内の気密性が高まり、さらに住宅性能のアップ、そして省エネルギーの観点からも高断熱・高气密住宅が普及している。そこに使用される新材や家具、そして有機溶剤や接着剤の多用化などにより、室内での化学物質による空気汚染が発生し、室内の環境衛生が問題になっている。特に新築の建物の居住者に身体の不調を訴える場合が多くみられる。建物の換気状態などにより、空気汚染が生じ人々が不快や体調不良を訴える場合、あるいはアレルギー症状、化学物質過敏症を起こす場合をシックビルディング症候群（sick building syndrome）と呼んでいる。日本ではオフィスビルよりも住宅の場合に特に問題になり、これらの室内環境を喚起することからの造語としてシックハウス、症状としてはシックハウス症候群（sick house syndrome）と呼ばれる¹⁻⁷⁾。また、こうした現状や症状は学校でも生じており、この場合はシックスクール症候群とも呼ばれるが、本態としてはシックビルディング症候群と考えられる。

現在、ビルなどの建物については「ビル管理法」があり、衛生管理が行われている。この法律の制定時には、旧厚生

省において「ビルに関する法律」と「住宅に関する法律」が検討されたが、後者については個人の問題でもあり、法的に設定するのはといった事由もあり、制定にはいたらなかった。その後も住宅に関して環境条件の推奨値などを明文化することが検討されたが、立法化されないままになっている。ビル管理法の対象となる特定建築物は、事務所、学校、共同住宅、百貨店、店舗等の建物で、一定以上の床面積を有する場合となっている。

「シックハウス、シックスクール」が社会的に問題となり、住宅・建築物などで用いられる新材に起因するホルムアルデヒドへの曝露が法的に規制され、旧厚生省では1997年に住宅内のガイドライン値を設定した⁸⁾。また文部科学省では、2001年に「系統解剖実習時の環境向上について」の通達を出した⁹⁾。そのなかで「ホルマリン使用時（遺体注入時及び系統解剖実習時）には、その濃度に応じて、室内にホルムアルデヒドが気化し、毒性を持つことがあるので空気環境の改善に努めること。特に実習室内は多数の学生が同時に曝露される可能性があるので、換気扇や空気清浄機等で出来る限りの清浄化に努めること」などの提言がなされ、医科大学解剖学実習においては、こうしたことに充分配慮するようとの通達であった。

医学教育において、系統解剖実習は基本的な必修科目である。従来、解剖実習時には白衣にマスク、必要に応じて薄手のゴム手袋を着用していたが、ホルムアルデヒドによる環境曝露については等閑視されてきた。ホルムアルデヒドは、濃度によっては細胞毒を発生させ、人に対して発ガン性の可能性の高い物質とされ、目や鼻、喉への刺激、臭気、不快感をおこす^{1, 10)}。従来の解剖学実習においては、慣行として臭気、不快感などについては環境面からは致し方ないこと、ある程度のことは当然のことと受け止められ、慣れによって克服されるものとされてきた。しかし現状においてホルムアルデヒド等による室内空気汚染は、教育の場での環境衛生の問題であり、また教官など働く人々にとっては産業衛生上の問題といえる。医学教育における有害物質への曝露とその対策が、教育環境上に重要性をもつこ

1) 福島県立医科大学医学部衛生学講座, 2) 福島学院大学,
3) 福島県立医科大学医学部解剖学第一講座

[キーワード] シックビル症候群, ホルムアルデヒド,
解剖学実習, 換気, 自覚症状
[平成15年3月31日受理]

とはいうまでもない。

今回の文部科学省の通達をうけて、本学の解剖学実習における、これらの問題点および対策を検討すべく、解剖学講座と環境衛生学、産業衛生学を担当している衛生学講座とで、実習室の環境条件、ホルムアルデヒドなどの測定、および学生の症状の調査をおこない、解剖実習時のホルムアルデヒド等による室内空気汚染について検討した。

2. 対象と方法

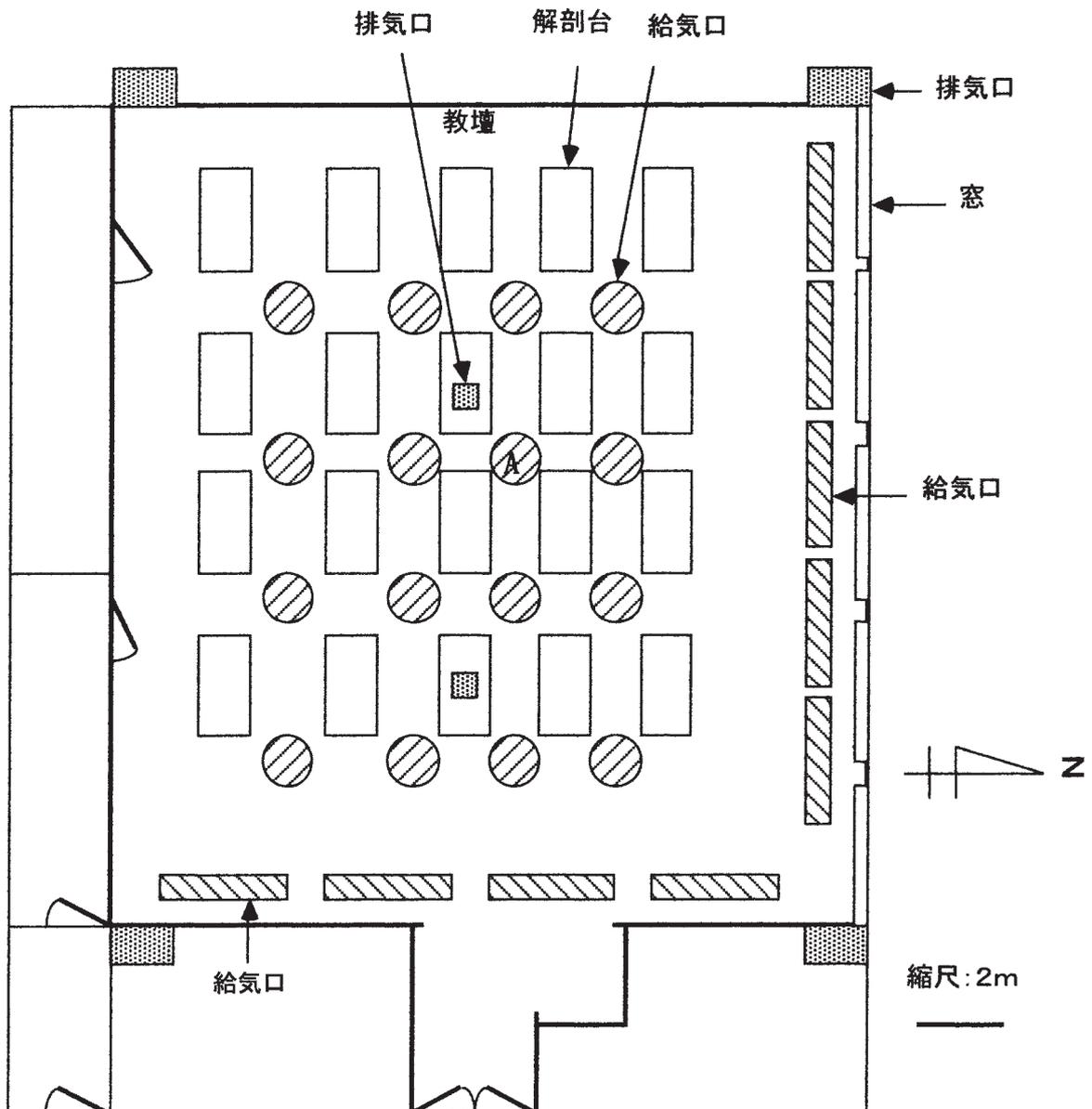
(1) 実習場所と時間

福島県立医科大学医学部の解剖学実習室は、1985年に建築され、中央管理方式の空調設備が整っている。実習室の平面図は図1の如くで、東西に18m、南北に16m、高さ3mであり、東側中央部に3×5mの出入り口部分がある。換気用の給気口は、図に丸斜線で示した天井からの

16カ所のほか、矩形斜線で示した東の壁側に設置されている4カ所と北の窓側の5カ所である。排気口は図に黒四角で示した室中央部の2カ所の天井からの排気、そして黒矩形で示した室の四隅下部の4カ所からの排気であり、室の四隅にある排気口のサイズは縦横98×53cmと98×22cmである。図中のAは実習室のほぼ中央で、ホルムアルデヒドや温・湿度などの主な測定点とした。解剖台は南北5列、東西4列の合計20台で、各台に1体ずつ、20体の遺体は通常、実習前にはビニールと布の覆いによって包まれており、実習中はその時間の解剖実習に使用する部分のみの覆いを開放し実習をおこなっている。

通常、温度・換気は大学の中央監視センターにより制御されており、室温は22℃±1℃（夏季は約3℃高くしている）に設定され、解剖学実習室の換気については、使用時には24時間の自動換気をおこない、空気の再循環はお

図1 解剖実習室の解剖台と喚起設備の配置 (Aは測定点)



こなわず、外気導入量は毎時21,610m³に設計されている。ここで部屋の容積は909m³であるので、換気回数は23.8回/時と算定される。なお、外気の取り入れ側には水トラップがある。排気側はフィルターのほかには、とくにホルムアルデヒドに対する処理は行われていない。

なお、本学での遺体の防腐固定法および固定液の組成は以下の如くである。

- ① 大腿動脈から固定液5Lを注入する。固定液組成はホルマリン10%（ホルムアルデヒドとして約3.7%）、フェノール7%、エタノール36%、グリセリン6%である。
- ② 翌日、さらに腹腔内へ上記の固定液1Lを注射器で注入する。
- ③ 遺体の浸漬固定をアルコール置換を兼ねて約2ヶ月おこなう。浸漬液組成はホルマリン2%（ホルムアルデヒドとして約0.7%）、フェノール0.4%、エタノール36%、チモール0.1%である。
- ④ 上記の処置を終了後、遺体は乾燥しないようにビニール袋に密封して安置ロッカーに格納し、実習期間まで保存する。

本学の解剖実習の期間は、2年生の10月上旬から12月中旬までの約3ヶ月であり、実習34回と討論・試問等7回からなり、10月下旬より11月下旬までが胸腔、腹腔、骨盤腔部位の解剖実習である。正規の実習終了時間は16時10分であるが、一般に20時頃までの時間延長をおこなっており、実際の実習時間は8時間40分から11時50分まで、あるいは13時から20時頃である。

また正規の実習日のほか、希望者には週2回の時間外実習（水、土曜日）をおこなっている。時間外実習の学生の参加者は、水曜日が約70%、土曜日が約40%である。したがって総実習時間数は最小で218時間、最大で303時間となる。従来は実習の開始前30分から60分間は、実習講義を実習室内で実施しており、この間、遺体のカバーははずしていない。

(2) 測定方法

ホルムアルデヒドなどの測定は、解剖実習期間の2001年10月上旬から12月上旬の間に実施した。測定は実習室のほぼ中央、図1でAの位置に高さ80cmのテーブルを設置し測定した。隣接の解剖台までの距離は1.2mであった。

ホルムアルデヒドの測定には、北川式検知管（Sampler S-20, Komyo/北川 0.05-4.0ppm用, 0.01-1.2ppm用および1-35ppm用）、およびホルムテクター（XP-308, 新コスモス電機）を用い、経時的に測定した。ホルムテクターには干渉ガスとして、アセトアルデヒド、アセトン、キシレン、トルエン、エタノール、メタノール、一酸化炭素が含まれる。

室温と相対湿度の測定には、サーモレコーダー（TANDD, おんどとりRH）を、また風速の測定には、微風速計を使用した。

3. 結果

(1) ホルムアルデヒド等の濃度と経時的变化

表1に検知管測定によるホルムアルデヒドの濃度を示した。測定は図1のA地点でおこなった。解剖実習開始前の遺体をカバーした状態での室内のホルムアルデヒド濃度は、多くは0.01ppmから0.03ppmであり、最高で0.1ppmであった。遺体のカバー開放後の5、20分後には、多くが開放前の約10倍の0.2ppmに上昇し、30、60分後には0.16ppmから0.6ppmのレベルを示し、日時により変動がみられた。

図2にホルムテクターによるホルムアルデヒドを含む揮発性化学物質の経時的な濃度変化を示した。測定は他の測定と同様に図1のA地点でおこなった。図の縦軸にホルムアルデヒドを含む揮発性化学物質の濃度を、横軸に遺体カバー開放時を0時として経過時間を示した。実習開始前の遺体をカバーした状態では、測定開始時から僅かながら漸次上昇を示し、40分ころからは約0.01ppmとなり、以後ほぼ平衡状態を示した。遺体のカバー開放により濃度は急

表1 実習室のホルムアルデヒド濃度

測定日	10月4日	10月10日	11月13日	12月10日	12月18日
開始前	0.01-0.02	0.03	0.05	0.1	0.01-0.02
5分後	0.2	-	0.2	0.2	0.1
20分後	0.2	-	0.2	-	-
30分後	-	0.4	0.18	-	0.5-0.6
60分後	-	-	0.16	0.5	-
温度(°C)	23.1-28.8	26.5	21.9-26.3	23.1-27.1	21.0-22.0
湿度(%)	32-44	43	21-25	17-24	59-63

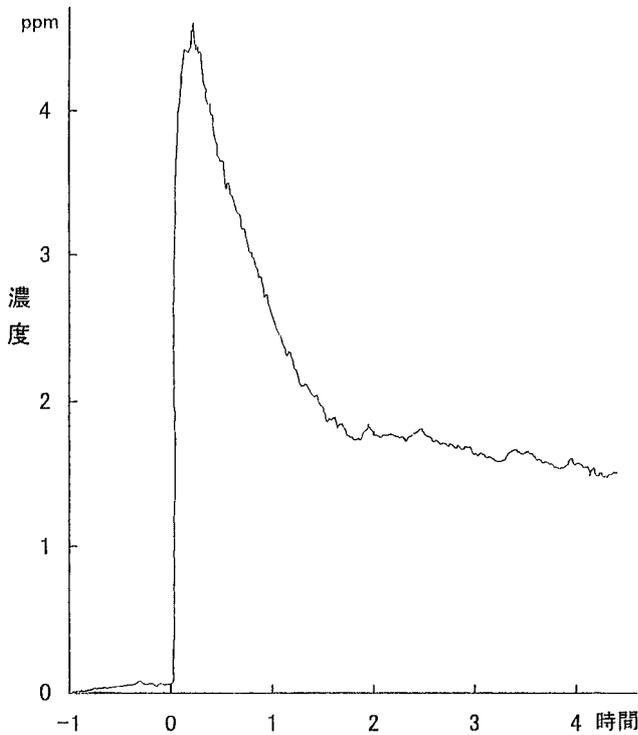


図2 揮発性化学物質の経時変化

激な上昇を示し、8分で4ppmをオーバーし極大値を示し、さらに10分時には、4.5ppmとピーク値を示した。その後、小さな変動はみられるが、指数関数的に急激な低下を示し、カバー開放後約1時間45分以後には、0.1ppm程度の上昇を示すなどの変動はみられるが、その後は緩やかな低下傾向を示し、4時間後の濃度は約1.5ppmであった。

(2) 解剖実習室の環境

解剖実習室の照明は、天井灯からの250Wのハロゲン灯120箇と蛍光灯(36W)70管によりおこなわれている。図1のA地点、室の中央部で床上80cmでの温・湿度は、表1下段に示すように、月日によって変化が大きく、10月には23.1℃から28.8℃、相対湿度は32%から44%の範囲にあった。12月18日の実習時には、気温は21℃から22℃と変化が少なく、相対湿度は59%から63%と比較的高い値を示した。しかし、12月10日には気温はやや高めであり、湿度は17%から24%と低値を示した。

室の風速や風向きは、物品や解剖台の配置などによっても影響される。図1のような解剖台の配置で扉や窓を閉状態にして、実測した各部の風速を表2に示した。測定は排気口から10cmで排気口のほぼ中央部でおこなった。天井の排気口部位での風速は0.09m/秒から0.35m/秒と低レベルであった。室の下部、四隅の排気口部位での風速は約0.5m/秒から1m/秒であった。天井の給気口、及び窓側と東壁面の給気口の各個所からの流入空気は、主として部屋の四隅の排気口から排気されるものと考えられる。

表2 解剖実習室の排気口での風速

排気口の場合	風速 (m/秒)
南西隅の排気口	0.92
南東隅の排気口	0.85
北東隅の排気口	0.52-0.61
北西隅の排気口	0.80-1.08
天井の排気口	
A 地点西位置	0.09-0.26
A 地点東位置	0.35

(3) 学生の自覚症状

1年前に解剖実習を終了した3学年の学生を対象として、解剖実習期間に経験した自覚症状について自記式アンケートによりホルムアルデヒドに関連した症状に関する調査を実施した。対象者77人のうち回答者は75名で回答率は97%であり、そのうち女子が29名の38.6%を占めていた。「何ともなかった」、「影響なかった」とする者は、22人で29.3%であり、その他の53名は何らかの訴えをしており、女性では29名中、25名に症状がみられた。自覚症状についての延数は84件であった。

症状としては、目の刺激・痛みが男女とも最も多く40%を示し、次いで鼻の症状の24%であり、次いで多いのは手の荒れの23%であった。その他、気分が悪い、喉の症状、頭痛が10%以下にみられた。目の症状と手の症状は、女性で高率であり、鼻の症状、気分がわるいは、男性で高率であった(表3)。

4. 考察

シックハウス症候群の原因物質の一つとして、ホルムアルデヒドがあげられている。ホルムアルデヒドは化学式HCHO、比重1.067の無色で刺激臭のある水溶性の可燃性気体であり、ホルマリンはホルムアルデヒドの水溶液で、ホルムアルデヒドの37%水溶液にメタノールを10~15%加えたものである。ホルムアルデヒド等による健康影響には、長期間にわたって症状の続く場合と、時間経過とともに症状が消滅する、症状の一時的な場合とがある。シックハウス症候群の症状として、目や気道の刺激、アトピー性皮膚炎などのアレルギー症状、めまい、倦怠感、知覚異常などの症状が多くみられる。米国の国立労働安全衛生研究所で以前に行われた調査で、症状として多いのは、目や喉の刺激で70%以上にみられ、頭痛も多く約70%を示し、疲労感や鼻閉が50%台を示し、皮膚の刺激も約40%にみられた²⁾。即ち、粘膜などの刺激症状から、アトピー性皮膚炎などのアレルギー症状がみられた。

ホルムアルデヒド曝露レベルと、人への刺激や訴え率については、1.5~3.0ppmの濃度での訴え率は20~30%と

表3 解剖実習時のホルムアルデヒド関連の症状について

自覚症状	有所見者の人数 (軽度と重度の合計割合*)								
	男性(n=46)			女性(n=29)			合計(n=75)		
	なし	軽度	重度 (%)	なし	軽度	重度 (%)	なし	軽度	重度 (%)
目の症状	28	4	14 (39.1)	17	3	9 (41.1)	45	7	23 (40.0)
鼻の症状	33	3	10 (28.3)	24	0	5 (17.2)	57	3	15 (24.0)
手の荒れ	39	1	6 (15.2)	19	1	9 (34.5)	58	2	15 (22.7)
気分が悪い	40	1	5 (13.0)	28	0	1 (3.4)	68	1	6 (9.3)
喉の症状	44	1	1 (4.3)	27	0	2 (6.9)	71	1	3 (5.3)
頭痛	44	0	2 (4.3)	27	1	1 (6.9)	71	1	3 (5.3)

* 「やや症状ありと思われるもの」を軽度, 「症状有りと思われるもの」を重度とした。

報告されており, 刺激の程度も大である。また0.25～0.5ppmの濃度での訴え率は20%であり, 刺激は弱い, または軽微と報告されている¹⁰⁾。解剖実習中の学生の症状についての水城らの報告¹¹⁾では, 83%の学生が目の刺激感, 咽頭痛, 皮膚の痒みなど, 何らかの異常を感じている。今回の調査では約70%の学生が, 目や鼻の症状をはじめ何らかの自覚症状を示しており, 水城らの結果に比べその率はやや低い。これには学生の性差の割合や実習室の換気状態, 室内でのホルムアルデヒドの濃度レベルなどが関与しているものと考えられる。また, 室内でのホルムアルデヒドの発生, 挙動には, 揮発性などの化学的性状や, 気温や風速などの物理的要因による影響と考えられる。

一般の住居室内環境の基準は, 各国, 各分野で検討され, 種々の提案がなされており, 新築住居については0.05ppmといった値がみられ, 一般的に0.05～0.7ppmの値が提示されている。日本の居住環境での基準は0.08ppm (1997年)としている。日本での実際の住居の実測例において, 新築の場合などでは0.4ppm以上のホルムアルデヒドの発生がみられる^{8, 12, 13)}。労働環境基準については1.0ppm (30分平均値, NIOSH 米国国立労働安全衛生研究所) から3.0ppm (8時間平均値, OSHA 米国産業衛生専門官会議)などの基準値がある¹⁰⁾。日本の産業衛生学会の許容濃度委員会では, 1988年度提案のホルムアルデヒドの基準値は0.5ppmである¹⁴⁾。住居など生活環境における基準は, 高齢者や幼児までいろいろの人々を対象としており, 生涯を通じて長期的に曝露されることが前提である。一方, 産業衛生基準の場合には, 労働環境において健康な成人労働者が, 一定時間に職場で労働に従事する場合を対象としており, 一般環境とは状態が異なる。

今回の測定結果では, 表1にみられるように遺体にカバーをした実習前の状態でのホルムアルデヒド濃度は, 多くが0.01～0.03ppmであり, 最高値で0.1ppmであった。そして, 遺体のカバー開放後には多くが0.2ppmで, 最高値で0.6ppmを示しており, 住宅内などの一般環境基準からみると高値である。しかし今回の場合は, 特殊な事例で医科大学での解剖学実習という教育の場であり, また教官等

にとっては労働環境である。産業衛生学会のホルムアルデヒドの基準値0.5ppmは, 一瞬でも越えてはならない天井値ではなく, 労働時間の8時間平均値としての基準値である。このような観点からは今回の実測値はいずれの日, 時間帯においても基準以下と考えられる。

解剖実習の場合は, 教育の場での実習授業という一定時間に行われる活動のなかでの学生, 教官を対象とした環境である。従って, 換気などの環境設備を整備し, 一定の防護手段を設け, 空気環境の測定をおこない, 一般の環境基準ではなく, 労働基準を前提として, 環境・作業・健康の管理に留意し教育活動をおこなう必要があると考える。解剖実習に使用される遺体が, ホルムアルデヒドの発生源であり, 学生も実習中には遺体に接し, あるいは近接した位置での実習であり, 必然的にかなり高濃度のホルムアルデヒドに曝露され, 人体に吸入される量は多くなるものと考えられる。今回のような場合, ホルムアルデヒドは気体のみでなく液体あるいは固体にも含まれ, 身体に吸入されることも考えられることから, 呼吸器からの曝露を減少させるマスク, 皮膚からの吸収を防ぐ手袋の使用, 場合によっては目の刺激を防ぐゴーグルなどによる予防手段を講ずるべきである。設備面では解剖実習室の換気を充分におこない, 換気口のフィルターなどのメンテナンスも重要である。図2にみられるように遺体のカバーを開放すると急激に揮発性化学物質の濃度が上昇するが, 今回の場合には1時間半程度でかなりの濃度の低下がみられることから, 実習の1時間半前くらいより, 予め遺体のカバーを開放しておくことも効果的と考える。

シックビル症候群には, 室内空気汚染による急性中毒症状が多いと考えられるが, なかにはアレルギーや化学物質過敏症と重複する場合が考えられる。体質などにより, アレルギーとなったり, 過敏症となり慢性化する場合がありますので, 各々のケースに合わせたフォローが必要と考える。

大学はビル衛生管理法の対象となる特定建築物にあたる。医科大学では放射線物質や麻酔剤, ホルマリンなど特殊な物質を取り扱う場合も多くみられ, 衛生管理には充分

留意しなければならない。しかし、衛生行政にたずさわる人々や研究者などからは、医学教育が専門化、細分化され、臨床科目が重視されているなかにあつて、医科系の大学において「住」に関する教育・啓蒙は全く不十分との指摘がなされている¹⁵⁾。国会の委員会でシックハウスが問題となり、医学部のコアカリキュラムのなかにも取りあげられている。医科大学においては、こうした住環境に関する教育問題と共に、大学としての衛生管理が重要視されなければならない。

職場では人々が安全に快適に働くために、安全衛生委員会が機能することが求められており、労働安全衛生法のなかに定められている。労働者が安全に働けるような職場にするのに、環境管理、作業管理、健康管理の衛生管理3管理をはじめ、職場の巡視や衛生教育などが重要である。こうした事項を検討するのに、安全衛生委員会を組織し、月に1回以上は会を開催すべきことが義務付けられている¹⁶⁾。しかし、大学、病院などの医療施設、研究施設などにおいては、安全衛生委員会の活動がよく機能しているとは必ずしもいえない状態である。医療、保健、福祉に直接的にたずさわる施設において、安全、健康、快適といった視点を等閑にする事は出来ない。今回の文部科学省の通達に対しても、各大学の衛生委員会で取りあげ、関係講座、部局をまじえ検討すべきである。シックハウスが社会的に問題となり室内空気汚染をおこす物質についての調査、研究が国や学界での各種委員会でおこなわれている。こうした場合、現場においてすぐに取り組むことの出来る実用的で簡易な測定方法が必要とされ、そして各職場に応じた対処方法が大切である。医科大学においてホルマリンは解剖学のみでなく、病理学でも、病院では検査室などでも多用されており、そして、また環境衛生の面からは、アレルギーや化学物質過敏症発症への危険性も内在している。こうした観点からも今後、大学での衛生委員会が十分に機能することが必要である。

謝辞： 解剖実習時の測定に御協力をいただいた本学解剖

学第一講座の皆様方、測定方法に関して御助言いただきました化学講座の大波哲雄先生、そして、まとめにあたり御協力いただきました村上裕紀さんに深謝する。

文献

- 1) 田辺新一：室内化学汚染，講談社現代新書，1998.
- 2) 三浦豊彦他：衣服と住まいの健康学，大修館書店，1984.
- 3) 池田耕一：室内空気汚染のメカニズム，鹿島出版，1992.
- 4) 宮田幹夫，難波龍人：化学物質過敏症の臨床，特集，室内空気質とアレルギー，空気調和の衛生工学，72（5），347～350，1998.
- 5) Carrie A Redlich, et al.: Sick-building syndrome. Lancet, 349; 1013-16, 1997.
- 6) Dick Menzies, et al.: Effect of a new ventilation system on health and well-being of office workers. Archives Environ Health. 52; 360-367, 1997.
- 7) Joanne O Crawford, et al.: Sick building syndrome, work factors and occupational stress. Scand J Work Environ Health, 22; 243-50, 1996.
- 8) 池田耕一：シックハウス問題について。公衆衛生研究，50(1)：130 - 141, 2001.
- 9) 文部科学省高等教育局：医学生及び歯学生の系統解剖実習時の環境向上について（通知）。13高医数第4号，2001.
- 10) 財団法人ビル管理教育センター：ビルの環境衛生管理 上巻。ビル管理教育センター，東京，1995.
- 11) 水城まさみ，津田富康：人体解剖実習中のホルムアルデヒド曝露による身体症状発現とアトピー性素因との関連について，アレルギー，50(1)：21 - 28, 2001.
- 12) 田中正敏：シックハウス症候群について。7 - 17 (田中正敏 編著：室内化学物質汚染物質 - シックハウスの実態と対応 -，松香堂，京都，2001)
- 13) 渡辺 茂：室内化学物質汚染に対する行政対応。62 - 77 (田中正敏 編著：室内化学物質汚染物質 - シックハウスの実態と対応 -，松香堂，京都，2001)
- 14) 日本産業衛生学会：許容濃度等の勧告 (2601)，産衛誌 43(4)：95 - 102, 2001.
- 15) 池田耕一他：特集 いわゆるシックハウス問題に関する公衆衛生的対応。公衆衛生研究，50(3)：129 - 167, 2001.
- 16) 労働安全衛生法，1972