

局所排気装置付解剖台による 実習室内ホルムアルデヒド濃度低減効果

矢部 一徳、瀬谷 祐一

筑波大学医学系技術室

〒305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

平成 20 年に特定化学物質障害予防規則が改正され、ホルムアルデヒドの管理濃度が 0.1 ppm とされた。解剖実習室は管理濃度の規制を受けないが、学生への影響を考慮し、平成 22 年に局所排気装置付解剖台を設置し、実習室の環境改善を行った。局所排気装置付解剖台はすでに複数の大学で導入され、良好な結果を得ている。本学では、様々な理由から本学実習形態に合わせた解剖台及び給排気システムを設置する事となったが、その後の作業環境測定において 0.1 ppm 以下を達成できたので、システムの詳細を報告する。

キーワード：ホルムアルデヒド、局所排気、解剖実習室

1. はじめに

解剖実習に使用される遺体は、ホルムアルデヒド (FA) を用いた防腐液によって、動脈を介しての灌流固定や浸漬固定が行われる。本学解剖実習期間中には、FA (3.6 %) 溶液によって固定された約 30 体の遺体の解剖が行われている。実習中は学生及び教職員が FA 曝露を受けることになる。実際、実習中の学生の中には目・鼻・喉の痛みを訴える者がいる^[1,2,3]。

FA は毒性が強く毒劇物に指定されている。近年さらにその毒性が危惧され、「職域における屋内空気中のホルムアルデヒド濃度低減のためのガイドライン」や平成 20 年 3 月の「特定化学物質障害予防規則 (特化則) 等の改正」によって管理濃度が厳しく規制されることとなった。健康障害発生リスクの高い化学物質として特化則の特定第 2 類物質に指定され、作業環境測定の実施が義務付けられた。本来、解剖実習室は、管理濃度の規制を受けないが、学生への FA 曝露を考えると 0.1 ppm 以下が望ましいとされた^[4]。

特化則の改正により、各大学の解剖実習室では、新しい排気装置の導入や、循環式の換気装置、FA 分解装置など、FA 濃度を基準値以下にするための様々な対策が取られている^[5,6,7,8,9]。

本学解剖実習室では平成 22 年 3 月に局所排気装置付解剖台を導入し、FA 濃度低減に関して良好な結果を得る事が出来たので、そのシステムの詳細と長所短所を報告する。

2. 実習使用遺体

医学生の実習に使用される遺体は、篤志家からの提供遺体を使用される。提供された遺体は大腿動

脈又は総頸動脈から FA 溶液 (FA 3.6 %, アルコール 45 %, グリセリン 10 %) を約 10 リットル灌流させる。その後、固定液 (FA 3.6 %, アルコール 31 %) を 37 度に保った急速遺体防腐処理装置で 2 週間浸漬固定を行う。固定後の遺体は乾燥防止のため布とビニールシートで包み、実習使用時まで常温の保管庫に保管される。

解剖実習は学生 4 人で 1 体を解剖しており、期間中は約 30 体の遺体が実習室に並ぶ。実習室において、この遺体が FA ガスの発生源となる。実習の進行によって室内 FA 濃度も違っており、開胸、開腹時にその値は最も高くなる。近年、本学医学類の学生定員が約 2 割増加し、今後もしばらく増加が見込まれる。今年から使用する遺体数も 30 体を超えるようになった。

3. 改修前の実習室

筆者らは平成 19 年に実習室環境を技術報告で一部報告した^[10]。当時は光触媒環境浄化装置 (SSC-50E, 盛和工業) 8 台と全体換気装置によって FA 除去を行っていたが、室内 FA 濃度は 0.4 ppm 以上であった。当時は作業環境測定の義務化はなく、独自に検知管で測定を行っていた。その後、平成 21 年の耐震補強工事に伴い実習室の全体換気の見直し (図 1) が行われ、還流方式プッシュプル型換気装置 (コーケンラミナー DS-51, 興研) (図 2) 6 台を導入した。還流方式プッシュプル型換気装置は、既存の解剖台の両側に、吹き出し気流を生み出すプッシュフードと FA を捕捉吸引するプルフードを設置し、水平方向の気流を作り、FA を拡散させず換気が可能である。大規模な改修工事を伴わず、高性能吸着フィルター (FA フィルター) で FA を除去し、FA

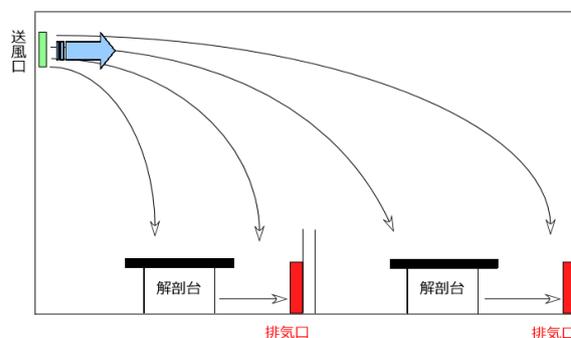


図 1. 全体換気図

耐震補強工事後、壁面からの送風となり、天井方向からエアが落ちる様調整を行った。



図 2. 還流方式プッシュプル型換気装置

濃度の低減を見込めるものであったが、設置スペースや、ランニングコストの問題があり、30 台の解剖台全てへの導入は不可能となった。平成 21 年には解剖実習室の作業環境測定が義務化されており、その年の作業環境測定結果は A 測定 0.4 ppm、B 測定 0.84 ppm の第Ⅲ管理区分であった。

この環境下での実習は学生に健康被害が生じてしまうため、新しいシステム導入の検討が行われた。

実習室のある学群棟は前年に耐震補強工事を行った後で、既存の全体換気装置を含む空調設備、天井の高さ、照明器具を改修する事ができなかったため、可能な範囲内で最適となる改修を行った。

4. 改修後の実習室

4.1 改修内容

既存の全体換気用排気装置とは別に、局所排気専用の送排風機を屋上に新設した。

既存の解剖台を廃棄し、プッシュプル型局所排気装置付解剖台（給気側：ケンブリッジクリーンエアサプライユニット FA-CCAS-1200D-AP961、近藤工業、排気側：局所排気装置付解剖台 CCJK-2200CC3-AP959 及び CCJK-2200CC3-AP960、近藤工業）30 台を購入し、実習室 1 に設置した（図 3）。解剖台の上部 4 辺すべてから排気される構造で（図 4）、給気のダウンエアと、遺体からの FA を解剖台の外へ拡散させない様可撓性フランジが付いており、各解剖台での給気風量は、排気風量の 1/3 におさえられている。全体換気の給排気が、解剖台上部ユニットからのダウンエア給気の妨げとならない様、風量調整を行った（図 5）。

給排気装置の換気量は以下の通りである。

- 解剖台局所排気システム
換気量：20,100 (m³/h)
換気回数：19.8 (回/h) ※解剖実習室 1・2 の体積を 1,015m³ として算出
上部ユニット給気量：670 (m³/h) / 1 台
解剖台排気量：700 (m³/h) / 1 台
排気風速：1 m/s
給気風速：0.3 m/s

- フィルター
室外機排気側：プレフィルター（エアフィルター）、ケミカルフィルター（酸性ガス用添着吸着剤）
解剖台上部給気ユニット：HEPA フィルター（殺菌・酵素中性能フィルター）
- エアコン連動室内全体換気装置（既存の全体換気）
換気量：15,750 (m³/h)
換気回数：15.5 (回/h)
- 室内総換気回数：35.3 (回/h)



図 3. 改修後の実習室

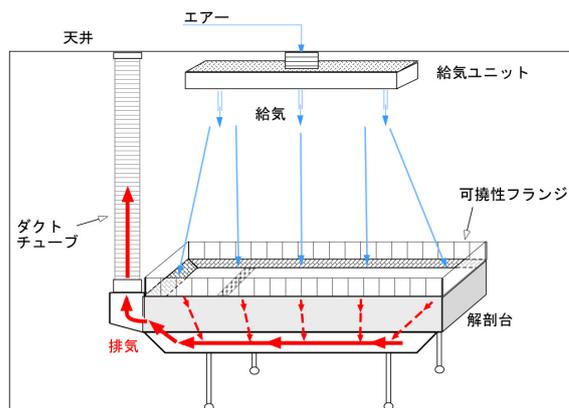


図 4. 局所給排気システム図

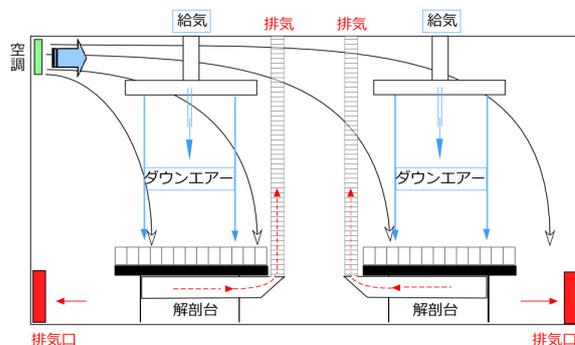


図 5. 改修後の実習室給排気図

全体換気が解剖台局所排気を妨げる事なく、双方が効率的に換気を行う。

4.2 解剖台の配置

解剖台の一方から排気用のダクトチューブが天井につながっているため、できる限り学生が教壇や黒板を見やすい様に配置を行った (図 6)。室内空調の横方向からの風の影響も考慮し、上部ユニットからのダウンエアを妨げない様にした。

作業スペースを十分に確保できる様、ダクトどうしを相対させる配置にした。メスを持った学生同士がぶつからない様、解剖台の間隔を 1.5 メートル以上取った。解剖台の多少の移動に対応できる様にフレキシブルダクトを採用し、ダクトチューブを透明にして室内の圧迫感を少なくした。

4.3 新しい解剖台の特徴 (筑波大学仕様)

解剖台を本学実習室に合わせ以下のような仕様に変更した。

所見台 (図 7-①): 各解剖台間に十分なスペースが無く、実習書等を置くスペースが確保できなかったため、解剖台の脚に支柱を取りつけ、その上に実習書を置ける台を取りつけた。所見台は支柱の途中から取り外しができる。

可撓性フランジ (図 7-②): 半透明で適度な強度をもつ幅 10 cm のウレタン製の板状フランジを解剖台の 4 縁に取り付けた。手を下ろしたときに容易に撓み、腕が離れると元の位置に復元するため、囲い式フードを形成し、効率的な局所排気が可能である。鋭角になった解剖台の縁に直接腕が当たらない様、一般的なフランジよりやや厚く (4 mm) した。

排水口と台の傾斜 (図 7-③): 中央部に排水口を設けると遺体や遺体を包むシートで排水口をふさぐ恐れがあるため、足の位置に排水口が来るようにした。一方に排水口を寄せてしまうと縦方向の傾斜が緩く排水が悪くなり、傾斜を急にすると遺体の安定が悪くなる。遺体が安定し、排水が良い様に 1/4 下方に幅 8 cm の溝を作った。溝は、さらに上下方向 1 cm の傾斜をつけて排水を良くした。

ステー止め式天板 (図 7-④): 解剖台天板の片側を持ち上げ、左右両側をステーで止める様にした。天板をはずすことなく簡単に内部の掃除ができる。

廃液タンク (図 7-⑤): 気密性の高い 5 リットル廃液タンクを使用し、解剖台とタンクをつなぐホースは、外れない様にねじ式を採用した。

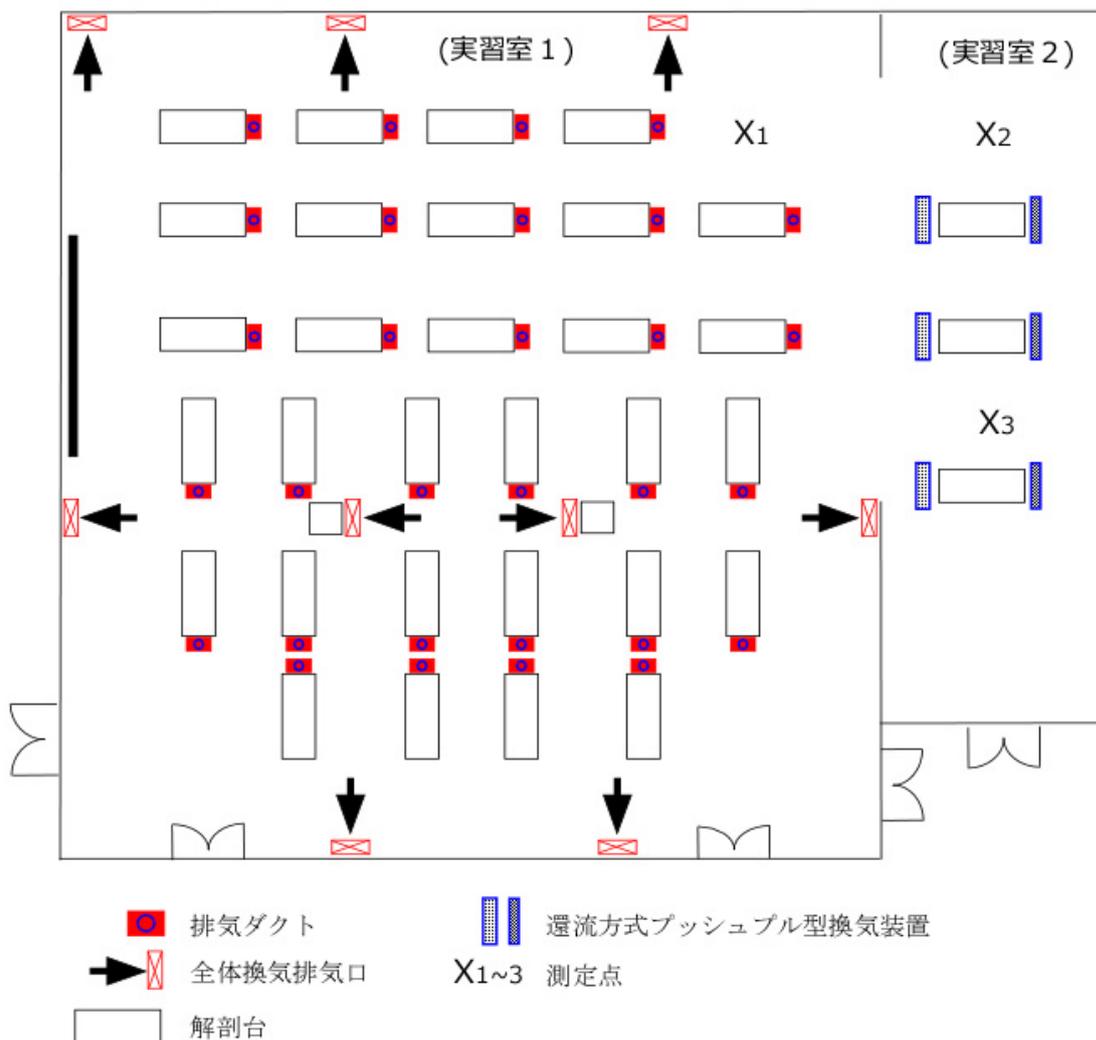


図 6. 改修後の解剖台配置図



図 7. 局所排気装置付解剖台

- A - ①所見台, ②可撓性フランジ, ③排水口、
B - ④ステー止め式天板、C - ⑤廃液タンク

4.4 作業環境測定結果

新換気システム稼働下で行われた解剖実習中の FA 濃度を測定した。実習期間で FA 濃度が最も高いとされる開胸、開腹後に測定を行った。作業環境測定の結果は A 測定、B 測定共に 0.01 ppm 未満であり、システム改修前に比べて FA 濃度が極めて低くなった (表 1)。

表 1. 改修後の作業環境測定結果 (平成 22 年)

単 位	作 業 場 所	測 定 項 目	測 定 数	評 価 値 等	A 測 定	B 測 定	管 理 区 分
1	医学群 4A 棟111 解剖実習室 (ホルムアルデヒド)	ホルムアルデヒド	10	幾何平均値 M1	0.01	I	I 1
				幾何標準偏差 σ1	1.00		
				管理濃度 E	0.1		
				E A1	0.03		
				E A2	0.01		
B 測定値 CB	0.01						

新換気システム設置以降、実習中における学生の目、鼻および喉の痛みの訴えが少なくなったが、これは実習室内の FA 濃度の減少によるものと考えられる。

4.5 長所、短所

改修による短所は、下記の通りである。(1) ダクトチューブが解剖台横から天井に接続されているため場所によって黒板が見にくくなった。(2) 解剖台が一回り大きくなったため学生の作業スペースが狭くなった。(3) 解剖台の 1 辺に排気ダクトがあるため、剖出作業が台の 3 方向からしかできなくなった。(4) 給気が外気のため夏暑く、冬寒い風が吹き出る。(5) ダクトチューブ内側の結露がひどく、解剖台から床にまで水滴が落ちることがある。

長所は下記の通りである。(1) 実習室内の FA 濃度が低減したため、実習中の目、鼻および喉の痛みがほとんど無くなった。(2) 各解剖台上部ユニットに LED ライトが付いたため明るくなり、剖出作業がしやすくなった。(3) 新しい解剖台は内部の清掃が容易であり、清潔な環境を整えることができる。(4) 解剖台の配置を工夫したことにより、場所によって簡易テーブルを置くスペースができ、学生は参考書を置くことが可能となった。

学生にとって、以前の実習室に比べて安全な実習環境が得られることとなった。

5. 維持管理

我々は筑波大学の「局所排気装置等定期自主検査者養成講習」を受講し、自主検査者として登録しており、特化則 30 条に基づき定期自主点検を行っている。

実習開始期間前に給気、排気の風量を検査し、実習中に FA 検知器 (FP-30, 理研計器) を用いて FA 濃度測定を行っている。実際の点検項目は以下の通りである。

- ・解剖台の点検 — 廃液タンク、解剖台に損傷が無いか確認する。
- ・解剖台の給気及び排気量の検査 — 風量計を用いて 1 台ずつ風量を測定する。計測値を納入初期値と比較し、異常が無いか確認する。
- ・フード及びダクトの点検 — 屋外ダクトに腐食や損傷がないか、目視点検を行う (実習室内はダクトが天井内に設置されており確認ができない)。
- ・ダクト接続部の点検 — ジャバラホースとダクト及び解剖台の接続部にゆるみがないかを確認する。

6. 平成25年度作業環境測定の詳細

平成 25 年度第一回目の作業環境測定において解剖実習室は第Ⅱ管理区分となった。詳細は次の通りである。

平成 25 年度解剖実習は学生数が 127 人となり、実習室 1 の局所排気装置付解剖台 30 台では不足、以前の解剖台に還流方式プッシュプル型換気装置を設置したものを実習室 2 に 3 台追加して、実習を行った (図 6)。

作業環境測定結果は A 測定 0.03 ppm、B 測定 0.02 ppm で第Ⅱ管理区分となった。

図 6 に示した X1 (0.08 ppm)、X2 (0.04 ppm)、X3 (0.06 ppm) の測定地点が高濃度であった。これは局所排気装置の無い解剖台を置いた地点である。煙による気流の検証では、X1 地点は隣の局所排気装置や全体換気で排気されず、煙が滞留していた。また、実習室 2 から実習室 1 への気流が確認されたことより、実習室 2 から実習室 1 に流れた FA ガスが、X1 地点で滞留していると考えられる。

この結果から還流方式プッシュプル型換気装置では FA 濃度が 0.1 ppm 以下ではあるが、作業環境測定で第Ⅰ管理区分をクリアすることが困難であり、新しく導入した局所排気装置付解剖台は第Ⅰ管理区分となることが証明された。

7. おわりに

作業場内 FA 基準値が変更され、0.25 ppm から 0.1 ppm となった。解剖実習室は、管理濃度の規制は受けないが、基準値を超えた学生への被曝は大きな問題で、裁判にまでなる例もある。日本解剖学会では「学生への影響を考慮すると、曝露濃度は 0.1 ppm 以下であることが望ましい」との見解が示されている^[4]。

FA に代わる固定液の開発が進められているが、まだ一般的とはなっていない。FA 固定した遺体を使用して解剖実習が行われている以上、対策を講じて FA 濃度 0.1 ppm 以下を維持しなければならない。

本学解剖実習室は 30 台の局所排気装置付解剖台によって FA 濃度 0.1 ppm 以下を保っている。しかしながら、来年度以降も医学類学生の定員増が検討されており、30 台の局所排気装置付解剖台では足りない状況で、増設は必須である。実習室 1 では局所排気の排気総量が機械的能力の限界に達しており、スペース的にも解剖台の増設は困難である。実習室 2 に、新たに局所排気専用の送排風機を増設することによって、4 台の局所排気装置付解剖台の設置が可能である。安全な環境を維持するために早急な増設工事が必要であると考えられる。

参考文献

- [1] S. Takahashi, K. Tsuji, K. Fujii, F. Okazaki, T. Takigawa, A. Ohtsuka, K. Iwatsuki, Prospective study of clinical symptoms and skin test reactions in medical students exposed to formaldehyde gas, *The Journal of Dermatology* 34 (2007) 283-289.
- [2] 櫻田尚樹, 中島民治, 菊田彰夫, 川本俊弘, 嵐谷奎一, 解剖学実習室における気中ホルムアルデヒド濃度評価と自覚症状調査, *産業医科大学雑誌* 3 (2004) 337-348.
- [3] 森美穂子, 星子美智子, 原邦夫, 石竹達也, 嵯峨堅, 山本宏一, 大規模改修による系統解剖学実習室内ホルムアルデヒド濃度および学生の自覚症状の変化, *日本衛生学雑誌* 67 (2012) 501-507.
- [4] 内山巖雄, ホルムアルデヒドばく露の有害性と各種規制の経緯, *解剖学雑誌* 85 (2010) 29-34.
- [5] H. Yamato, T. Nakashima, A. Kikuta, N. Kunugita, K. Arashidani, Y. Nagafuchi, I. Tanaka, A novel local ventilation system to reduce the levels of formaldehyde exposure during a gross anatomy dissection course and its evaluation using real-time monitoring, *Journal of Occupational Health* 47 (2005) 450-453.
- [6] 高柳雅朗, 酒井真, 石川陽一, 村上邦夫, 木村明彦, 角田幸子, 佐藤二美, 天井給気口からの冷やされた新鮮空気の吹き下ろしによる肉眼解剖学実習時の医学生呼吸域でのホルムアルデヒド曝露濃度低減の試み, *解剖学雑誌* 83 (2008) 87-93.
- [7] 松田正司, 長谷川雅則, 室大明, 浅野博, 濱田文彦, 下川哲哉, 宮脇恭史, 鍋加浩明, 脇坂浩之, 浜井盟子, 小林直人, 学生の症状とホルムアルデヒドガス濃度からみた解剖実習室内の局所換気装置の効果, *解剖学雑誌* 84 (2009) 103-109.
- [8] 篠田晃, 大庭淳, 新しく開発した解剖学実習台連結型局所給排換気システムの実習室内ホルムアルデヒド低減効果, *解剖学雑誌* 85 (2010) 5-15.
- [9] 菊田彰夫, 大和浩, 櫻田尚樹, 中島民治, 林春樹, 局所排気による系統解剖学実習時のホルムアルデヒド曝露防止 安全で快適な系統解剖学実習環境の実現, *解剖学雑誌* 85 (2010) 17-27.
- [10] 矢部一徳, 瀬谷祐一, 献体業務及び解剖実習時の環境改善について～感染症防止及びホルムアルデヒド対策～, 第 6 回筑波大学技術発表会報告集, (2007) 1-5.

Reduction Effect of Formaldehyde Concentration by Local Ventilation System with the Dissecting Table in the Gross Anatomy Practice Room

Kazunori Yabe, Yuichi Seya

Technical Service Office for Medical Sciences, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8575 Japan

Ordinance on Prevention of Hazards due to Specified Chemical Substance was revised in 2008, and administrative level of formaldehyde was set to 0.1 ppm. Anatomy practice room does not receive the restriction of the administrative level of formaldehyde. However, taking into account the impact on the students, we introduced local exhaust ventilation system with dissection table in the anatomy practice room in 2010, and carried out environmental improvement. This system was already introduced in several other universities, and good results were obtained. In our university, air intake and exhaust systems and dissection tables were set up in accordance with anatomy training situation. Here, we report the details of the system that less than 0.1 ppm of formaldehyde was achieved in the working environmental measurement using this system.

Keywords: Formaldehyde, Local Ventilation, Anatomy Practice Room