

■Original article

過酢酸の蒸気濃度測定 ～過酢酸ガス検知器による実験的個人曝露濃度測定～

高橋 陽一^{1,2}、吉田 理香¹、小林 寛伊¹¹東京医療保健大学大学院²社会医療法人生長会 府中病院Measurement of peracetic acid vapor ; Experimental determination of personal exposure
by using peracetic acid vapor monitoring systemYoichi Takahashi^{1,2}, Rika Yoshida¹, Hiroyoshi Kobayashi¹¹ Division of Infection Prevention and Control, Tokyo Healthcare University Postgraduate School² Fuchu Hospital

【要旨】

背景：消化器軟性内視鏡に使用される高水準消毒薬は、消毒効果が高い反面、付着による皮膚炎や蒸気吸入による鼻炎、喘息などの副作用が報告されていることから、作業環境の換気による濃度管理が重要とされている。

目的：過酢酸ガス検知器を使用して作業者の吸入曝露を想定した個人曝露濃度測定を実施し、空間内における過酢酸蒸気の動態と吸入曝露の危険性について検証した。

方法：過酢酸の実験的個人曝露濃度は、過酢酸ガス検知器(MODEL Q45H-51 PAA Vapor Monitoring SystemTM, ATI)を用いて、室内容積 21.3m³の密閉空間において、過酢酸 0.3%実用液 10L の入った浸漬槽の蓋を開放してから 10 秒間隔で 30 分間測定した。さらに、換気回数 6 回/h 相当の排気装置を上方と下方に設置し濃度測定をおこない換気の有効性を検証した。

結果：浸漬槽の蓋を開放してから 30 分間の平均個人曝露濃度において、排気なし群 1.34±0.50ppm は、排気あり群より有意に高く ($P < 0.01$)、下方排気群 0.29±0.22ppm は、上方排気群 0.58±0.12ppm より有意に低かった ($P < 0.01$)。

結論：換気のない環境下における 30 分間の平均個人曝露濃度 (30 分間時間加重平均) は、米国環境保護庁が定める急性曝露限界レベルの障害レベルである 0.5ppm に達するが、作業環境の下方から換気回数 6 回/h 以上の換気をおこなえば障害レベル以下となり、個人曝露濃度を軽減できることが明らかとなった。

Key words : 消化器内視鏡、過酢酸蒸気、個人曝露濃度測定

1. はじめに

消化管軟性内視鏡は粘膜に接触する医療機器であるため、Spaulding の医療器具分類ではセミクリティカル医療器具に分類される¹⁾。したがって、内視鏡を再使用するためには確実に洗浄した後に高水準消毒をおこない微生物伝播を防止しなければならないとされている²⁻⁴⁾。

高水準消毒薬は殺菌効果が強い反面、生体に対する毒性が強く、蒸気吸入による鼻炎や喘息、付着による皮膚炎などの副作用が生じるとされている⁵⁻⁷⁾。グルタラールについては、作業環境における空気中の濃度は 0.05ppm を超えてはならないと厚生労働省の通知によって注意されている⁸⁾。しかし、本邦においてフタラールと過酢酸については、作業環境濃度の許容量等の基準は定められていない現状である。また、アルデヒド系のグルタラー

ルとフタルールの作業環境濃度については、高速液体クロマトグラフ分析法によって測定した報告^{9,10)}が見られるが、溶液中で酢酸と過酸化水素が平衡を保っている過酢酸の環境濃度測定は確立されていないため報告例はほとんど見当たらず、過酢酸の環境濃度および蒸気の動態については不明な点が多い。

今回、2014年に新たに開発されたメンブレン式ポーラログラフセンサーにより、気体および液体の過酢酸濃度を検知し ppm で表示可能な過酢酸ガス検知器(MODEL Q45H-51 PAA Vapor Monitoring SystemTM、ATI)を使用する機会を得た。そこで、内視鏡を取り扱う作業環境を想定し、浸漬消毒時における作業者の吸入域である床上 1.5m の高さの実験的個人曝露濃度測定をおこない、過酢酸の蒸気の動態と曝露濃度の検討をおこなった。

2. 方 法

2.1 過酢酸ガス検知器

過酢酸から発生する蒸気の実験的個人曝露濃度測定には、図1に示す過酢酸ガス検知器(MODEL Q45H-51 PAA Vapor Monitoring SystemTM、ATI)を使用した。この検知器は、拡散式のメンブレン式ポーラログラフセンサーによって気体および液体の過酢酸濃度を連続的に測定することが可能である。過酢酸は、センサーの先端部のメンブレンを通過して拡散し、センサー内部で測定電極と反応($\text{CH}_3\text{COOOH} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$)する。測定電極上で過酢酸を酢酸に直接電気的に還元する際にセンサー内部に電流が生じ、電流の大きさは過酢酸濃度に

比例するので、その電流値を ppm に換算することで過酢酸濃度として測定できる検知器である。性能仕様として、測定レンジは下限域 0.00~20.00ppm、上限域 0~2000ppm と測定対象に応じて設定することが可能である。検出限界値は 0.05ppm で、測定量の真の値との一致の度合いを示す精度は測定レンジの 1.0%で、繰り返し測定した場合の再現性は 0.5%である。実験的個人曝露濃度測定では、測定レンジを下限域である 0.00~20.00ppm に設定し、測定濃度に応じて本体から出力される電流値 (mA) を 10 秒間隔でデータロガー (計装ロガー[®] LR5031、日置電機株式会社) に記録し、測定終了後パーソナルコンピュータに取り込み解析をおこなった。過酢酸ガス検知器は、測定精度を確保するためにゼロ校正および 25ppm の過酢酸溶液によるスパン校正後に使用した。

2.2 実験的個人曝露濃度測定の測定環境

個人曝露濃度とは、作業者の吸入域の空気中の有害物質濃度のことである¹¹⁾。消化器内視鏡の浸漬消毒をおこなう作業者の個人曝露濃度を確認するため、浸漬消毒を想定した実験的個人曝露測定を実施した。

測定には、軽量鉄骨造3階建の3階の一室を使用した。室内容積は 21.3m³ (W257cm×D348cm×H238cm) で、密閉空間となるよう換気口や室内入り口の扉の隙間などは養生テープにて目張りをおこない、外部環境から影響のない空間とし、既存の空調設備は停止した。さらに、室内には過酢酸の専用浸漬槽と設置用のワゴンほか、測定に必要な器材のみ設置した。

室内の温度・相対湿度の測定には、過酢酸の専用浸漬

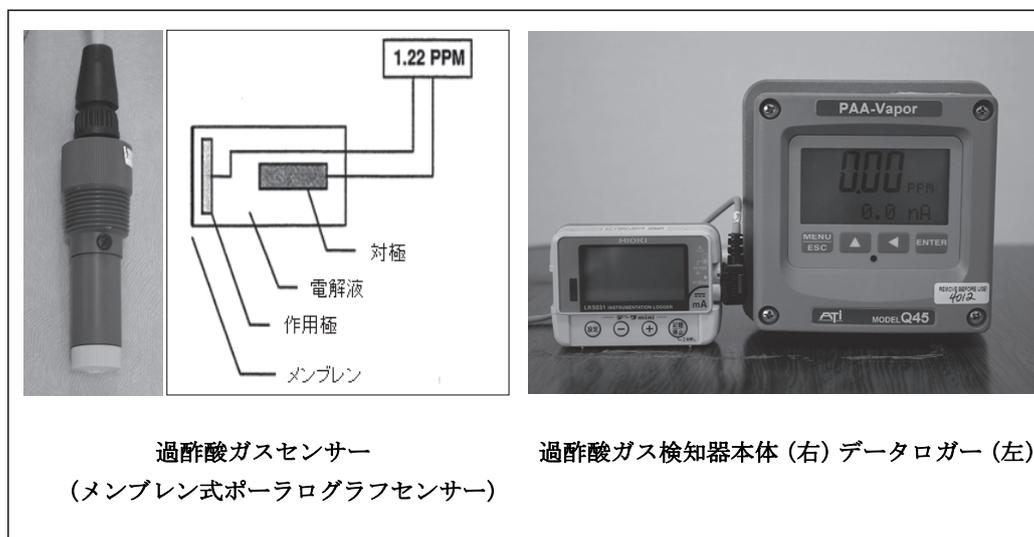


図1 過酢酸ガス検知器 (MODEL Q45H-51 PAA Vapor Monitoring SystemTM、ATI)

槽と同位置に温度・湿度測定用データロガー（WATCH LOGER[®] 215XL、株式会社藤田電機製作所）を設置し5分間隔で30分間記録した。

2.3 過酢酸専用浸漬槽内の蒸気濃度測定

測定には過酢酸（アセサイド[®] 0.3%実用液、サラヤ株式会社）10 L とアセサイド[®] 専用浸漬槽（AS-10、サラヤ株式会社）10L 用を使用した。専用浸漬槽のサイズはW39.5cm×D27.5cm×H14.5cm、液面積約 1086cm²である。高水準消毒薬である過酢酸の薬液調製には添付文書に基づき調製した。

専用浸漬槽の蓋を開放した場合には、槽内の消毒薬液面上部の空間容積約 8690cm³（W39.5cm×D27.5cm×H8.0 cm）に充満した蒸気が環境内に放出されて作業者の吸入曝露が生じるため、専用浸漬槽内の蒸気濃度測定をおこなった。測定は、専用浸漬槽の蓋の中央付近に過酢酸センサー径であるφ20mm の穴を設け、過酢酸ガス検知器のセンサーを挿入し蒸気が漏れないようにした。蓋を閉じた密閉状態で液面から 5cm 高さで測定した。

過酢酸蒸気濃度は、過酢酸ガス検知器とデータロガーを用い10秒間隔に30分間の測定を10回行った。測定した過酢酸蒸気濃度は、5分間隔（0-5分、5-10分、10-15分、15-20分、20-25分および25-30分）と30分間の平均値を算出した。

過酢酸は、専用の試験紙（アセサイドチェッカー[®]、サラヤ株式会社）により有効濃度である0.2%以上が維持

されていることを毎回確認した。また、消毒薬の液温は、棒状温度計にて測定した。

2.4 作業者の実験的個人曝露濃度測定

2.4.1 「排気なし群」

個人曝露濃度測定は、作業者の吸入域での測定が必要のため、図2に示すように、室内の中央に過酢酸専用浸漬槽を80cmのワゴン上に設置した。厚生労働省の示す、室内空気中化学物質の測定マニュアル¹²⁾を参照し、専用浸漬槽手前の作業者の吸入域である鼻の高さに相当する床上1.5mの位置に過酢酸ガス検知器のセンサーを三脚に固定して測定をおこなった。室内の過酢酸環境濃度がゼロppmであることを確認後、専用浸漬槽の蓋を開放し、無人の環境下において測定をおこなった。過酢酸蒸気濃度は、過酢酸ガス検知器とデータロガーを用いて10秒間隔に30分間の測定を10回おこなった。測定した過酢酸蒸気濃度は、5分間隔（0-5分、5-10分、10-15分、15-20分、20-25分および25-30分）と30分間の平均値を算出し「排気なし群」とした。

2.4.2 排気ありの「上方排気群」と「下方排気群」

排気下における測定は、「排気なし群」と比較検討するために同一測定環境に排気装置を設置し測定した。図3に示す風量133 m³/hの排気能力を有する建材用の換気扇（パイプファン[®] FY-13PDA8D-W、Panasonic）にアルミ製のフレキシブルダクト（直径15cm）を排気管とした

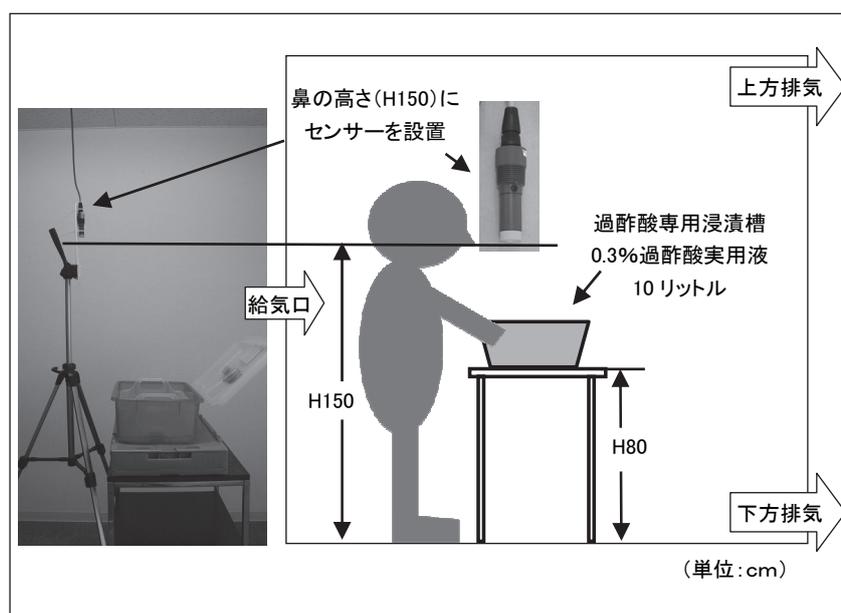


図2 作業者の実験的個人曝露濃度測定環境

排気装置を設置した。さらに、消化器内視鏡の感染制御に関するマルチソサエティ実践ガイド(以下実践ガイド)に記載されている室内の換気回数(6回/h)¹³⁾を確保するために、排気装置の対面となる壁面に給気口を設けた。給気口は室内入口の扉を5cm開けプラスチックダンボールを貼付し、室内高の中央部のプラスチックダンボールを切断することでダクトの直径面積に相当する180cm²(5cm×36cm)の給気口を作成した。「上方排気群」、「下方排気群」で同一の排気条件となるよう、排気装置から給気口まで同じ330cmの位置とし、室内に対して計算上で6回/h相当の換気回数を満たす環境下で測定をおこなった。

排気装置を天井部(H238cm)に設置し、過酢酸蒸気濃度測定を「排気なし群」と同様の方法でおこない「上方排気群」とした。続いて、排気装置を床部に設置し過酢酸蒸気濃度測定を「排気なし群」と同様の方法でおこない「下方排気群」とした。

「排気なし群」、「上方排気群」、「下方排気群」の30分間の平均値につき、統計ソフト JMP[®]Pro11.0.0 を使用し Student の t 検定で比較した。検定では有意水準を $P < 0.05$ とし、多重性を考慮し Bonferroni の調整をおこなった。

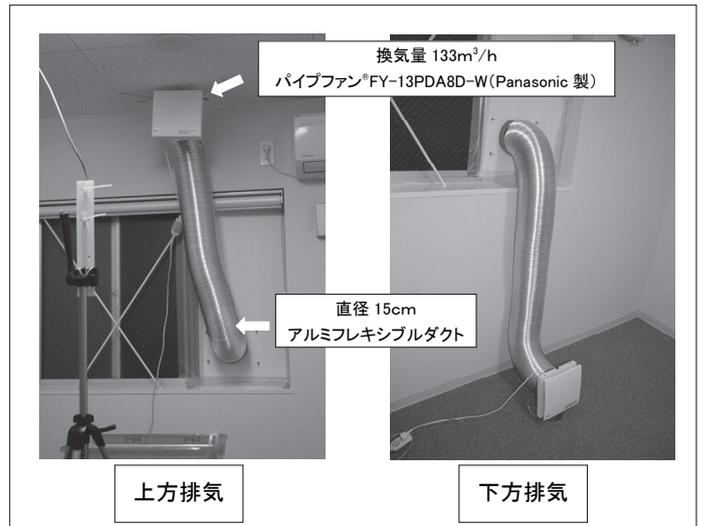


図3 換気回数6回/h相当の排気装置

3. 結果

3.1 過酢酸専用浸漬槽内の蒸気濃度測定

過酢酸専用浸漬槽内に充満する蒸気濃度測定を10回実施した。測定時の室内の温度と相対湿度および薬液の温度はそれぞれ、 $23.3 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、 $66.4 \pm 5.3\% \text{RH}$ 、 $24.3 \pm 0.5^\circ\text{C}$ であった。表1に示すように、専用浸漬槽内の30分間の平均蒸気濃度±標準偏差(最小値-最大値)は $23.80 \pm 2.05 \text{ppm}$ ($19.07 \text{ppm} - 25.56 \text{ppm}$) (以下同表示)であった。

表1 過酢酸専用浸漬槽内の蒸気濃度測定

回数	5分間の平均値						30分間の平均値
	0-5分	5-10分	10-15分	15-20分	20-25分	25-30分	
1回目	14.44	18.77	19.52	20.08	20.65	20.96	19.07
2回目	18.13	23.30	24.17	23.90	24.50	24.93	23.16
3回目	15.35	21.82	23.21	23.38	23.28	23.01	21.68
4回目	21.17	25.08	26.30	26.74	26.75	26.75	25.46
5回目	19.28	24.72	25.57	25.54	25.32	25.13	24.26
6回目	16.75	24.00	25.65	26.10	26.13	26.00	24.10
7回目	15.27	24.28	26.04	26.52	26.57	26.38	24.18
8回目	18.38	24.98	26.57	26.98	26.88	26.77	25.09
9回目	18.96	25.68	26.95	27.18	27.03	26.80	25.43
10回目	20.37	25.51	26.73	27.00	27.00	26.77	25.56
平均値	17.81	23.81	25.07	25.34	25.41	25.35	23.80
標準偏差	±2.28	±2.11	±2.28	±2.27	±2.08	±1.96	±2.05

(ppm)

過酢酸専用浸漬槽内の消毒薬液面上部の空間容積 8690cm^3 ($W39.5 \text{cm} \times D27.5 \text{cm} \times H8.0 \text{cm}$) の過酢酸蒸気濃度。

3.2 作業者の実験的個人曝露濃度測定

実験的個人曝露濃度測定の平均室温と平均相対湿度および平均液温は、「排気なし群」 $25.9\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $63.1\pm 7.0\%$ RH、 $24.9\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 、「上方排気群」 $26.2\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ 、 $67.1\pm 6.9\%$ RH、 $24.3\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、「下方排気群」 $27.6\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 、 $56.4\pm 2.7\%$ RH、 $24.8\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ であった。試験紙による過酢酸の有効濃度確認では、すべての回数において有効濃度が維持されていた。

表2は測定開始から30分間における5分間の平均値で、10秒間隔で測定した5分間の測定値(30ポイント)の平均値である。さらに、30分の平均値は10秒間隔で測定

した30分間(180ポイント)の平均値である。「排気なし群」、「上方排気群」、「下方排気群」それぞれ10回測定した30分間の平均値、最小値、最大値をみると、「排気なし群」は $1.34\pm 0.50\text{ppm}$ ($0.79\text{ppm}-2.33\text{ppm}$)、「上方排気群」は $0.58\pm 0.12\text{ppm}$ ($0.39\text{ppm}-0.78\text{ppm}$)、「下方排気群」は $0.29\pm 0.22\text{ppm}$ ($0.09\text{ppm}-0.78\text{ppm}$)で、測定結果から3群間を比較したところ「下方排気群」が最も低かった。

図4は5分間の平均値の「排気なし群」、「上方排気群」、「下方排気群」の経時的な推移を示すグラフである。

表2 作業者の実験的個人曝露濃度測定

回数	5分間の平均値						30分間の平均値	
	0-5分	5-10分	10-15分	15-20分	20-25分	25-30分		
① 排気なし群	1	0.89	2.23	2.57	3.29	2.87	2.14	2.33
	2	0.25	0.80	1.97	2.18	2.84	2.94	1.83
	3	0.36	0.72	1.94	2.04	2.07	3.44	1.76
	4	0.39	0.73	0.58	1.96	2.15	1.77	1.26
	5	0.21	0.28	0.70	0.96	1.16	1.47	0.80
	6	0.77	1.01	1.05	1.12	1.56	1.73	1.21
	7	0.20	0.95	0.87	0.49	0.97	1.28	0.79
	8	0.58	1.28	1.82	0.98	1.57	1.73	1.33
	9	0.34	1.72	1.58	0.94	1.63	1.43	1.27
	10	0.28	0.75	0.65	0.78	1.30	1.30	0.84
	平均値	0.43	1.05	1.37	1.47	1.81	1.92	1.34
標準偏差	± 0.24	± 0.56	± 0.69	± 0.86	± 0.66	± 0.72	± 0.50	
② 上方排気群	1	0.21	0.62	0.56	0.82	0.48	0.82	0.58
	2	0.61	0.82	0.85	0.78	0.89	0.74	0.78
	3	0.51	0.62	0.37	0.39	0.58	0.58	0.51
	4	0.50	0.27	0.49	0.45	0.57	0.93	0.53
	5	0.31	0.46	0.46	0.53	0.68	0.87	0.55
	6	0.20	0.53	0.57	0.54	0.61	0.69	0.52
	7	0.38	0.32	0.65	0.81	0.84	0.71	0.62
	8	0.20	0.25	0.50	0.30	0.55	0.55	0.39
	9	0.56	0.43	0.55	0.60	0.57	0.79	0.58
	10	0.45	0.65	0.74	0.69	0.80	1.23	0.76
	平均値	0.39	0.50	0.57	0.59	0.66	0.79	0.58
標準偏差	± 0.16	± 0.19	± 0.14	± 0.18	± 0.14	± 0.19	± 0.12	
③ 下方排気群	1	0.26	0.74	0.91	1.03	0.80	0.93	0.78
	2	0.26	0.37	0.48	0.54	0.65	0.64	0.24
	3	0.08	0.17	0.30	0.43	0.34	0.35	0.28
	4	0.20	0.09	0.10	0.14	0.14	0.18	0.14
	5	0.06	0.07	0.08	0.08	0.12	0.14	0.09
	6	0.17	0.08	0.07	0.07	0.07	0.09	0.09
	7	0.17	0.06	0.05	0.09	0.07	0.09	0.09
	8	0.13	0.12	0.21	0.48	0.65	0.76	0.39
	9	0.14	0.17	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17
	10	0.14	0.28	0.35	0.46	0.54	0.46	0.37
	平均値	0.16	0.22	0.27	0.35	0.36	0.38	0.29
標準偏差	± 0.07	± 0.21	± 0.26	± 0.30	± 0.28	± 0.30	± 0.22	

(ppm)

t-test ①⇔②: $P<0.01$ 、②⇔③: $P<0.01$ 、①⇔③: $P<0.01$

①「排気なし群」、②「上方排気群」、③「下方排気群」の30分間の平均値につき、統計ソフトJMP®Pro11.0.0を使用しStudentのt検定で比較した。検定では有意水準を $P<0.05$ とし、多重性を考慮しBonferroniの調整をおこなった。

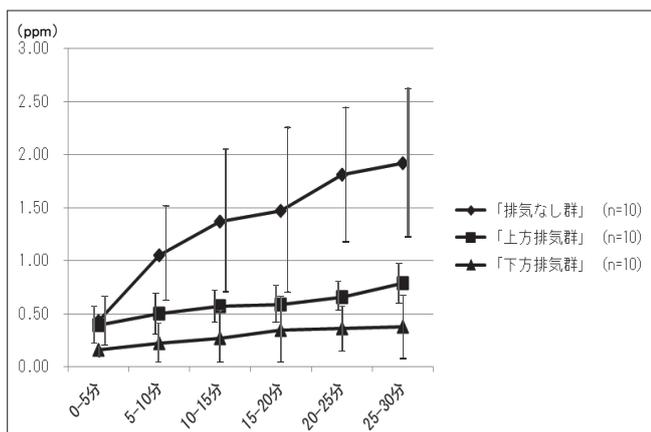


図4 実験的個人曝露濃度測定の結果の推定値

4. 考 察

過酢酸は、過酢酸と水そして酢酸と過酸化水素の平衡混合物であるため、蒸気濃度を測定するには酢酸用の検知管を使用して測定する方法、または、オゾンセンサーを代用した検知器で測定する方法が存在する。しかし、いずれも過酢酸蒸気の測定ではなく、環境内の過酢酸蒸気濃度を客観的に評価することはできなかった。今回、新たに開発された過酢酸ガス検知器(MODEL Q45H-51 PAA Vapor Monitoring System™, ATI)を使用する機会を得ることができ、過酢酸の蒸気濃度を経時的かつ連続的に数値化することが初めて実現した。

実験的個人曝露濃度測定では、臨床での浸漬消毒を想定して、作業者の吸入域である床上 1.5m を測定点とした。専用浸漬槽は一般的な流し台の高さである 80cm のワゴン上に設置したので、液面から作業者の吸入域までは約 60cm と近い距離での作業となる。このような実験環境下、「排気なし群」では、過酢酸溶液浸漬槽の蓋開放から 30 分間の平均個人曝露濃度は 1.34 ± 0.50 ppm を示した。排気のない室内で、液相から気相に相転移した過酢酸蒸気は、蒸気比重 2.5 と空気より重いものの、Fick の分子拡散の法則によって濃度の濃い部分から薄い部分へ向かって移動し、比較的短時間に室内に広がると推測された、一方、6 回/h 相当の換気を行った「上方排気群」と「下方排気群」ではそれぞれ 0.58 ± 0.12 ppm、 0.29 ± 0.22 ppm を示し、上述の「排気なし群」との間に、また「上方排気群」と「下方排気群」の間には、それぞれ有意な差が認められた (ともに $P < 0.01$)。これらのことから、実践ガイドで指摘されているとうり、高水準消

毒薬を取り扱う環境では、低い位置に排気口を設置¹³⁾し、さらに排気口の対面の天井付近に給気口を設けることで室内空間を効果的に換気することが可能となり、その結果、個人曝露濃度の低減につながる事が判明した。

本邦において過酢酸の曝露基準は存在しないが、米国では米国環境保護庁 Environmental Protection Agency (EPA)、米国研究協議会 National Research Council および米国顧問委員会 National Advisory Committee が、気体あるいは揮発性物質を主体とした急性毒性物質を対象とした急性曝露ガイドラインレベル Acute Exposure Guideline Level (A EGL) を定めている¹⁴⁾。過酢酸についても表 3 に示すとおり 10 分、30 分、1 時間、4 時間、8 時間の 5 つの曝露時間に対して想定される健康被害を A EGL-1、A EGL-2、A EGL-3 の 3 段階のレベルに分類し、それぞれの環境中限界濃度 (ppm または mg/m^3) を設定している。個人曝露濃度は時間加重平均 (time-weighted average, TWA) で評価され、時間加重平均 = (作業中の曝露濃度 \times 時間 $\langle \text{h} \rangle$) / 総作業時間 $\langle \text{h} \rangle$ で算出される¹¹⁾。今回の実験より得られた測定結果から、各群の 10 分間ならびに 30 分間の時間加重平均をそれぞれ求めると、「排気なし群」では 0.74 ppm, 1.34 ppm、「上方排気群」では 0.44 ppm, 0.58 ppm、「下方排気」では 0.19 ppm, 0.29 ppm、と算出され、「排気なし群」は 10, 30 分ともに、「上方排気群」は 30 分において、障害レベルとされる A EGL-2 の限界濃度 (0.5 ppm) をそれぞれ超えていた。他方「下方排気群」は両時間ともに A EGL-1 は満たさないものの、A EGL-2 の限界濃度未満であった。これらのことから、曝露 30 分間においては、「下方排気」 $<$ 「上方排気」 $<$ 「排気なし」の順に健康被害のリスクが高まると推測された。さらに、経時的な濃度変化をみると、排気のない環境下では測定開始後 2 分 50 秒から持続的に A EGL-2 (障害レベル) の 0.5 ppm を超え、30 分の測定時間のうち 27 分 10 秒 (90.6%) において超過することが確認された。実験結果から時間経過とともに個人曝露濃度は上昇するため、換気できない環境下での過酢酸の使用は、作業者の重篤な健康被害の危険が生ずるため避けなければならない。また、排気下であっても一般的な天井に設置されている排気口からの上方排気では、専用浸漬槽の蓋を開放後、30 分の測定時間のうち 23 分 10 秒 (77.2%) において A EGL-2 (障害レベル) に該当する 0.5 ppm を超えていた。0.5 ppm を超える過酢酸の継続的な蒸気吸入による作業者の喘息等¹⁵⁾が実際に報告されており、換気のできない

部屋、また上方排気の部屋では作業者の健康被害には十分に留意する必要がある。

臨床での消化器軟性内視鏡の浸漬消毒には、各種チャンネル内への消毒液の注入が必要なため、1回の消毒作業あたり経験上5分程度の時間を要する。個人曝露濃度は図4に示すように、経時的に上昇することが明らかであることから、個人曝露濃度を低減するためには作業時間を可能な限り短縮することに加え、累積時間を短縮するためにも作業回数を減少することが肝要である。また、専用浸漬槽内には23.80±2.05ppmと高濃度の過酢酸蒸気が作業環境内に放出されるので、室内温度による自然対流や人の動きによる気流の乱れにより、個人曝露濃度の上昇が懸念される。したがって、吸入曝露を予防するためにも、作業環境では過酢酸に対応した防護マスクが必要¹⁶⁾であることが改めて確認された。

本邦の内視鏡室の状況を見ると、専用の内視鏡洗浄室を設置している施設はまだ少なく、検査室と同一空間、かつ、十分な換気設備のない環境下で使用されている

設が多く存在する¹⁷⁾。作業者の健康被害を防止するためにも過酢酸を取扱う環境では、実践ガイドが示すように、換気のための強制排気口は床付近の低い位置に設置¹³⁾することが望ましく、また病院設備設計ガイドラインが示すように、一般清潔区域(クラスIV)に必要なとされる換気回数6回/h以上の換気¹⁸⁾を行うことで、AEGL-2(障害レベル)を下回る結果が得られた。本実験では異なる換気回数による検証は行っていないため、換気回数による個人曝露濃度の影響については不明であることから、さらなる検討が必要と考える。

実験結果より、作業者の吸入曝露予防のためには、防護具の着用の徹底とともに、本実験、また海外のガイドライン等^{19,20)}でも示されているように、作業環境内の蒸気を速やかに排出するための排気装置が必要である。特に、蒸気の比重の観点からも、床に近い下方からの換気回数6回/h以上確保することで個人曝露濃度を低減できることが、今回の実験結果から明らかとなった。

表3 EPAにおける過酢酸の急性曝露限界レベルと分類

急性曝露限界レベル (AEGLs)					
分類	10 min	30 min	1 h	4 h	8 h
AEGL-1	0.17 ppm	0.17 ppm	0.17 ppm	0.17 ppm	0.17 ppm
AEGL-2	0.5 ppm	0.5 ppm	0.5 ppm	0.5 ppm	0.5 ppm
AEGL-3*	60 mg/m ³	30 mg/m ³	15 mg/m ³	6.3 mg/m ³	4.1 mg/m ³
*エアロゾルへの曝露に基づくため、濃度を ppm へ変換不可 上記の基準は過酢酸の曝露によって設定された理論値であり、実測値ではない。					

レベル	分類	詳細
AEGL-1 以下	感知レベル	不快な臭気・味覚・感覚刺激、あるいは軽度の無感覚性や無症候性の影響が生ずる可能性がある。これらは、一過性で非障害的である。
AEGL-1	不快レベル	著しい不快感や、兆候や症状の有無にかかわらず可逆的影響を増大させる空气中濃度閾値である。これらの影響は、身体の障害にはならず一時的で曝露の中止により回復する。
AEGL-2	障害レベル	避難能力の欠如や不可逆的あるいは重篤な長期影響の増大が生ずる空气中濃度閾値である。
AEGL-3	致死レベル	公衆の生命が脅かされる健康影響、すなわち死亡の増加が生ずる空气中濃度閾値である。

EPA : Acute Exposure Guideline Levels(AEGLs). Peracetic acid.2010. から引用一部改編¹⁴⁾

急性曝露限界レベル Acute Exposure Guideline Level(AEGL) は、米国環境保護庁 Environmental Protection Agency(EPA)、米国研究協議会 National Research Council(NRC)および米国顧問委員会 National Advisory Committee(NAC)によって、様々な化学物質による短期曝露での健康被害を特定したり、事故や自然災害によって大気中に放出された場合のリスクや対策をおこなうために開発された基準である。

■ **利益相反自己申告**: 実験に使用した過酢酸ガス検知器 (MODEL Q45H-51 PAA Vapor Monitoring SystemTM、ATI) は、サニー・トレーディング株式会社より貸借したものである。また、連名著者の HK は、吉田製薬 (株)、サラヤ (株)、サクラ精機 (株) のコンサルタントである。その他、開示すべきものはない。

■ 文 献

- 1) Spaulding EH. Chemical disinfection in the hospital. *J Hosp Research* 1965; 3: 8-25.
- 2) Rutala WA. APIC Guideline for Selection and Use of Disinfectants. *AJIC* 1996; 24: 313-342.
- 3) Rutala WA, David J, Weber. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities 2008. the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) 2008; 10-17.
- 4) Kelsey L, Herron-Rice LR, Anderson P, et al. Guideline for Use of High Level Disinfectants and Sterilants for Reprocessing Flexible Gastrointestinal Endoscopes. Society of Gastroenterology Nurses and Associates (SGNA) 2006; 5-13.
- 5) 厚生労働省化学物質のリスク評価検討会. リスク評価書 No.74 (初期) グルタルアルデヒド 2014; 1-6.
<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11201000-Roudoukijunkyouku-Soumuka/0000052053.pdf>. 2015年10月27日現在.
- 6) 佐藤絹子. 滅菌・消毒の知識と方法. 於: 小林寛伊責任編集. 最新病院感染対策 Q&A エビデンスに基づく効果的対策. 東京: 照林社 2004; 280.
- 7) 宮島啓子, 吉田仁, 熊谷信二. 内視鏡消毒従事者におけるオルトフタルアルデヒドへの曝露状況. *産業衛生学雑誌* 2010; 52: 74-80.
- 8) 厚生労働省労働基準局長基発第 0224007 号. 医療機関におけるグルタルアルデヒドによる労働者の健康障害防止について (平成 17 年 2 月 24 日) 2005.
<http://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-46/hor1-46-6-1-0.htm>. 2015年10月27日現在.
- 9) 佐々木亨, 永井久博, 井上真一 他. グルタルアルデヒド製剤の適切な使用法. *総合消化器ケア* 2001; 6: 51-59.
- 10) 藤田浩, 沢田泰之, 小川真規, 圓藤陽子. 内視鏡消毒剤オルト・フタルアルデヒドによる健康障害とその対策. *産業衛生学雑誌* 2007; 49: 1-8.
- 11) 熊谷信二. 統計学の基礎から学ぶ作業環境評価、個人曝露評価. 東京: 労働科学研究所 2013; 143.
- 12) 厚生労働省. 室内空気中化学物質の測定マニュアル 2000; 5-6.
<http://www.hokenkai.or.jp/8/PDF/8-12.pdf>. 2015年10月27日現在.
- 13) 尾家重治, 大久保憲, 伏見了 他. 消化器内視鏡の感染制御に関するマルチソサエティ実践ガイド作成委員会 (日本環境感染学会、日本消化器内視鏡学会、日本消化器内視鏡技師会). 消化器内視鏡の感染制御に関するマルチソサエティ実践ガイド 改訂版. *環境感染学会誌* 2013; 28: S7.
- 14) Gardner DE, Bishop EC, Dixit R, et al. Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 8(2010), Chapter; 7 Peracetic Acid:327-367. <http://www.nap.edu/read/12770/chapter/1>. accessed on November 2, 2015.
- 15) Cristofari-Marquand E, Kacel M, Milhe F, Magnan A, Pascale M, Michel L. Asthma Caused by Peracetic Acid-Hydrogen Peroxide Mixture. *Journal of Occupational Health* 2007; 49: 155-158.
- 16) 高橋敦子, 小林寛伊, 大久保憲. 消毒薬の副作用. *医療関連感染* 2008; 1(1): 35-38.
- 17) 佐藤絹子. 内視鏡業務と安全管理に関するアンケート. *日本消化器内視鏡技師会会報* 2015; 54: 225-228.
- 18) 鈴木明文, 井田寛, 笠原靖弘 他. 病院設備設計ガイドライン (空調設備編) HEAS-02-2013. 東京. 日本医療福祉設備協会 2013; 19-23.
- 19) Banerjee S, Shen B, Nelson DB, et al. Infection control during GI endoscopy. *Gastrointestinal Endoscopy* 2008; 6: 781-790.
- 20) Bret T. Petersen, Jennifer Chennat, Jonathan Cohen, et al. Multisociety guideline on reprocessing flexible gastrointestinal endoscopes. *Gastrointestinal Endoscopy* 2011; 75: 4-7.

Measurement of peracetic acid vapor ; Experimental determination of personal exposure by using peracetic acid vapor monitoring system

Yoichi Takahashi^{1,2}, Rika Yoshida¹, Hiroyoshi Kobayashi¹

¹ Division of Infection Prevention and Control, Tokyo Healthcare University Postgraduate School

² Fuchu Hospital

BACKGROUND. High-level disinfection is used for reprocessing gastrointestinal flexible endoscope. Although the effect of the disinfectant is high, dermatitis and other side effects such as conjunctivitis, rhinitis, asthma due to vapor inhalation has been reported. In order to prevent the occurrence of healthcare workers' health problems, it is important to control the concentration in order to maintain healthcare workers' security in the clinical environment.

OBJECTIVE. This study performs personal exposure measurement using peracetic acid vapor simulating workers' inhalation exposure. It examines the flow of peracetic acid vapor in the air and the risk for an operator's inhalation.

DESIGN. Experimental study

METHODS. Simulating worker inhalation exposure, the peracetic acid vapor concentration was measured by a gas monitor (MODEL Q45H-51 PAA Vapor Monitoring System™, ATI). The disinfection tray with 0.3 % peracetic acid was set as a source at the height of 0.8m from the floor and the detector was located at 1.5m from the floor.

Ventilating devices that change air six times per hour were placed on the ceiling and floor of the room to reveal the ventilation effect. The concentration was measured every 30

minutes.

RESULTS. Peracetic acid vapor concentration of the tank for peracetic acid was 23.80 ± 2.05 ppm (room temperature 23.3 ± 0.2 °C). In the measurement, the unventilated group was significantly higher than the ventilated group at 1.34 ± 0.50 ppm (25.9 ± 0.5 °C). For the ventilated group, the lower ventilation was found to be significantly lower (0.29 ± 0.22 ppm, 27.6 ± 0.6 °C) than downward ventilation (0.58 ± 0.12 ppm, 26.2 ± 0.7 °C). The results indicate the effectiveness of downward ventilation.

CONCLUSION. The concentration without a ventilation system reaches the critical level (Acute Exposure Guideline Levels-2) that United States Environmental Protection Agency warns. However, the current study demonstrated that the concentration decreases with six-times per hour ventilation and is not harmful. The results of this study demonstrate that the effectiveness of downward ventilation in order to maintain a safe working environment for healthcare personnel.

Key Words.

GI Endoscopy. Peracetic acid vapor. Personal Exposure Measurement