

一、中文摘要

目的：本研究計畫為評估醫院從事消毒之工作人員對環氧乙烷的暴露以瞭解是否造成健康上的危害。並實際至醫院內消毒工作區之環境中，配合作業進行，執行環氧乙烷採樣分析測定，進而評估從事消毒工作人員之暴露狀況。

方法：利用低流量幫浦採取工作場所中的環氧乙烷至以 Sphero carb 為吸附劑的採樣管中，進行分析。針對所使用之 Perkin Elmer ATD-400 熱脫附/氣相層析儀找尋最佳之分析條件，方法之精密度及準確度，方法偵測極限等探討。

結果：熱脫附儀最佳脫附溫度為 100°C；脫附時間為 5 分鐘；樣品的脫附效率可達 99.99 %。氣相層析儀的分離管柱為 Supelcowax 10；載流氣體壓力設為 13.3 PSI 為最佳。此分析條件下可測得方法偵測極限為 0.085 µg 環氧乙烷。

關鍵字：環氧乙烷、熱脫附、氣相層析法

Abstract

Objective : The purpose of this research is to investigate the analytical method of ethylene oxide by passive sampling and automatic thermal desorption-gas chromatography analytical method.

Method : The Sphero carb is packed into sampling tube and a low-flow pump is applied to collect airborne EtO. The adsorbed EtO is then thermally desorbed by the automatic thermal desorption equipment, ATD-400, and directly introduced and analyzed by gas chromatography equipped with flame ionization detector.

Results : EtO was first thermally desorbed at 100°C ; the desorbed time was 5 mins ; the desorption efficiency was 99.99%. The column used was Supelcowax 10, the carrier gas flow was set at 13.3PSI. The detection limit was 0.0849 µg of EtO.

Key words : Ethylene oxide, Thermal desorption, Gas chromatography

二、緣由與目的

環氧乙烷 (Ethylene oxide ; Eto) 主要是工業上乙二醇、乙二醇醚類和乙醇胺製成的中間產物，此外亦是水果的促成劑、防腐劑，菸草葉的成熟促進劑，亦有部分使用於對高溫、高濕敏感醫療用品之消毒¹，文獻上指出環氧乙烷在常溫下是無色的氣體 (分子量為 44.05，比重為 0.882，沸點為 10.7°C，20°C 時之蒸氣壓為 1095 mmHg)，由於其沸點低所以暴露在此工作環境下之工作者，會有吸入體內的可能性²。

熱脫附主要是利用加熱時將採集到的污染物與固體吸附劑完全分離，並將其冷凝集中，再將樣品一次注入氣相層析儀中進行分析。洪氏指出，使用熱脫附—氣相層析法分析揮發性有機化合物具有下列優點：樣品不需要前處理、分析時不易受溶劑污染、吸附管可重複使用、分析的範圍廣泛。

本研究主要採用新的分析技術—自動熱脫附/氣相層析法檢測作業環境中的環氧乙烷。本研究係利用低流量的個人幫浦，於工作人員工作期間將工作場所中的環氧乙烷抽取至以 Sphero carb 為吸附劑的採樣管中，再將採樣管置入熱脫附裝置，將所吸附的環氧乙烷脫附下來，以氣體送進入氣相層析儀—火焰離子偵測器進行分析。本研究中針對所使用之 Perkin Elmer ATD-400 熱脫附/氣相層析儀，找尋最佳之分析條件，進行方法之精密度及準確度，方法偵測極限等之測定。本研究另外使用 MiniRAE PGM-76 光離子化 (PID) 直讀式儀器，進行現場監測，並與本研究方法之結果進行比較。

三、結果與討論

(一) 氣相層析儀分析條件

溫度	注入口：70°C 管柱： 20°C/min 40°C ————— > 160°C (3min) (5min) 偵測器：220°C
氣體	載流氣體：氮氣 13.3 PSI 氫氣：43 ml/min 空氣：430 ml/min

管柱	Supelcowax 10 30m × 0.25 mm × 0.25 μm)
----	-------------------------------------------

(二) 熱脫附裝置條件

1. 最佳脫附溫度

將 50 μg 標準品注入 ATD 採樣管，設定脫附時間 5min 尋找最佳脫附溫度，於溫度為 100°C 時，所得脫附效率最佳。

2. 最佳脫附時間

將 50 μg 標準品注入 ATD 採樣管，設定脫附溫度為 100°C，尋找最佳脫附時間，於脫附時間為 5 min 時，所得脫附效率最佳。

3. 熱脫附裝置設定條件

條件	參數	條件	參數
Oven temp	100°C	Inlet flow	15 ml/min
Valve temp	180°C	Outlet flow	15 ml/min
Trap low	-30°C	Desorb flow	30 ml/min
Trap high	150°C	Trap fast	Yes
Line temp	150°C	Min PSI	13.3PSI
Trap hold	5 min		

(三) 儀器測試結果

1. 環氧乙烷的脫附效率

將已知濃度的標準品，注入至 ATD 管中上機進行第一次的脫附分析，當分析步驟完成時不取出原採樣管，立即接著進行第二次同樣條件的脫附分析，其平均脫附效率為 99.99 %。

2. 環氧乙烷品保品管測試

為測試分析時的準確度和精密度，每天分析樣品前，製作一濃度為 5 μg 的環氧乙烷的品管樣品，進行品保品管的測試，平均回收率 (SD) 為 100.5 (2.4)。

3. 分析系統準確度與精密度的測試

取空白的採樣管，注入環氧乙烷標準品，在相同的條件下進行重覆分析，探討方法的準確度與精密度，其平均準確度為 106.3 %，其平均精密度為 3.0 %。濃度範圍為 0.5~75 μg，重覆樣本數 15。

4. 樣品儲存穩定性測試

於相對溼度 80% 之室溫，將 75 μg 的環氧乙烷標準品採集至採集管中，存

放在 4°C 的冰箱中，密封保存，於第 13 天時相對於第一天回收率仍達 90 % 以上，於 21 天期間只剩下 65 %。

5. 偵測極限

方法偵測極限的測定，選取 7 支採樣管分別添加 0.5 μg 環氧乙烷標準品於管內，進行分析，將分析結果代入檢量線，得標準偏差為 0.0283 μg。取 3 倍標準偏差所對應之值為方法偵測極限 0.085 μg。

6. 直讀式儀器的校正

於 Tadar bag 10 L (SKC) 中製備標準氣體，將環氧乙烷的標準品 50000 μg/ml 抽取 24 μL 打入採樣袋，再抽取 8 L 的零級空氣（使用零級空氣機製造）進入採樣袋。靜置 30 分鐘使其混合均勻，可得 80 ppm 環氧乙烷的標準氣體，再使用此標準氣體來校正直讀式儀器，採樣時，帶至現場進行濃度的確認，評估現場濃度。

(四) 現場真實樣本採集及分析

於教學醫院的供應中心進行環氧乙烷的現場真實樣本採集及分析，並進行暴露調查，依其消毒作業完成後的再曝氣時間不同來進行比較，分為曝氣 24 小時、曝氣 8 小時、曝氣 4 小時三組來進行比較，所有採樣的樣品均在一天之內將其分析完。其分析結果如下：

1. 曝氣 24 小時

開鍋後立即採集 15 分鐘，測得環氧乙烷的平均濃度為 0.31 ppm，15 分鐘以後則無法偵測。現場背景值，低於偵測下限。

2. 曝氣 8 小時

開鍋後立即採集 15 分鐘，測得的環氧乙烷的平均濃度為 3.29 ppm，15-18 分鐘為 3.3 ppm，18-21 分鐘為 1.18 ppm，21 分鐘以後則無法偵測。

3. 曝氣 4 小時

開鍋後立即採集 15 分鐘，測得的環氧乙烷的平均濃度為 20.17 ppm，15-18 分鐘為 3.53 ppm，18-21 分鐘為 3.39 ppm，21-24 分鐘為 1.94 值，30 分鐘以後則無法偵測。

四、計畫成果自評

- (一) 熱脫附主要是利用加熱時將採集到的污染物與固體吸附劑完全分離，並將其冷凝集中，再將樣品一次注入氣相層析儀中進行分析。使用熱脫附－氣相層析法分析揮發性有機化合物具樣品不需要前處理、分析時不易受溶劑污染、吸附管可重複使用、分析的範圍廣泛等優點。
- (二) 實驗室分析結果：樣品的脫附效率可達 99.99 %；品保品管樣本的測試，平均回收率 (SD) 為 100.5 (2.4)；分析方法的平均準確度為 106.3 %，平均精密度為 3.0 %；樣品儲存有效穩定性可達 13 天；方法偵測極限為 0.085 μg ，可達實際應用的品保規範。
- (三) 環氧乙烷(Ethylene Oxide; EtO)係各醫院普遍用來對於熱敏感的器具的消毒用之氣體，同時是致癌物。本研究計畫為評估醫院從事消毒之工作人員對環氧乙烷的暴露以瞭解是否造成健康上的危害。並實際至醫院內消毒工作區之環境中，配合作業進行，執行環氧乙烷採樣分析測定，進而評估從事消毒工作人員之暴露狀況。

依據醫院從事消毒之工作人員對環氧乙烷的使用狀況，若實施曝氣 24 小時開鍋的管理措施，開鍋時 15 分鐘內的環氧乙烷濃度為 0.31ppm，低於法規管制標準 1 ppm，符合健康管理規範；但若有特殊狀況需提前開鍋，則於曝氣 8 小時及曝氣 4 小時，於前 15 分鐘濃度分別為 3.29 及 20.17 ppm，高於法規標準，對健康必定有相當程度的危害，工作人員應作適當的防護，保障個人的安全，最好事前做完善的規劃，儘量降低特殊情況的發生率。

本研究的結果，於分析準確度、精確度與現場真實樣本分析結果皆符合品保品管規範的標準，能成功的運用在現場環境的採樣及分析，具實際應用的可行性，最主要的是具採樣輕便性，工作人員樂於配合採樣工作的進行；及分析時的步驟簡單、方便，和同時具備的分析準確度、精確度，對實用的推廣具正面價值。

五、參考文獻

1. Hagmar, L., Mikoczy, Z., and Welinder, H. "Cancer incidence in Swedish sterilant workers exposed to ethylene oxide" *Occupational and Environmental Medicine* 52 : 154-156, 1995
2. ACGIH "Documentation of The Threshold Limit Values and Biological Exposure, 5th ed." 1986.
3. Dellarco, V.L., Generoso, W.M., Sega, G.A., Fowle, J.R., and Jacobson-Kram, D. "Review of the mutagenicity of ethylene oxide" *Environ. Mol. Mutagen* 16 : 85-103, 1990
4. 汪禧年，詹長權，張立德，環氧乙烷熱脫附採樣分析技術，勞工安全衛生研究季刊，民國八十六年九月；第五卷第三期 P.37-51.
5. 行政院勞工委員會，勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，1988。
6. NIOSH standard method 1500, 1984.
7. Robinson, D.R., Goodall, K., Albertini, R.J., O'Neill, J.P., Finette, B., Sala-Trepat, M., Moustacchi, E., Tates, A.D., Beare, D.M., Green, M.H.L., and Cole, J. "An analysis of vivo hprt mutant frequency in circulating T-lymphocytes in the normal human population : a comparison of four data sets" *Mutation Research* 288 : 151-162, 1994.
8. Hemminki, K., Mutanen, P., Saloniemäki, I., Niemi, M.L., and Vainio, H., "Spontaneous abortions in hospital staff engaged in sterilizing instruments with chemical agents" *British Medicine Journal* 285 : 1461-1463, 1982.

