

# 飲水機水中總三鹵甲烷之研究

郭錦堂 黃惠慈

CHING-TANG KUO, HUI-TZU HUANG

中國醫藥大學環境醫學研究所，台中市北區學士路 91 號  
Graduate Institute of Environmental Health, China Medical University,  
91 Hsueh-Shih Road, Taichung 404, Taiwan

通信作者：郭錦堂，中國醫藥大學環境醫學研究所，404 台中市北區

學士路 91 號，04-22053366#6103

E-mail: ctkuo@mail.cmu.edu.tw

## 摘要

日常用水從水源發源地到淨水廠過程中，難免會受有機污染物影響，所以淨水廠爲了供應衛生、安全的自來水，會在自來水中以加氯方式來消毒。而在加氯消毒時，原水中如含有有機污染物，即會衍生三鹵甲烷副產物。這些含氯副產物在水中若是含量過高，會對人體造成肝毒、腎毒外，更會引起膀胱癌等病症。因此飲用水中三鹵甲烷含量是影響人體健康的重要因素。本研究採用頂空萃取法，再利用固相微萃取法（SPME）、配合氣相層析儀-電子捕獲偵測器（GC-ECD），分析中台灣某大學校內裡四種不同牌子的飲水機水中總三鹵甲烷的濃度。SPME 吸附最佳檢測條件：吸附溫度 60°C、吸附時間 10 分鐘、脫附溫度 150°C、脫附 10 分鐘。四種分析物標準品，所得到的線性相關係數均在 0.996 以上。儀器的偵測極限(LOQ)：氯仿、一溴二氯甲烷、二溴一氯甲烷、溴仿四種化合物皆爲 0.05ppb，再現性測試均在 9.81% 以下之良好結果。結果顯示四種品牌的飲水機，以 D 飲水機對總三鹵甲烷去除效果最好。在飲用水中，氯仿之偵測率和濃度都明顯高於其他三種，而溴仿則幾乎都未被檢測出。經過評估計算後，其致癌風險值，教職人員、一般大學生及醫學系學生分別爲  $9.72 \times 10^{-6}$ 、 $1.17 \times 10^{-6}$  及  $2.05 \times 10^{-6}$ 。有經過 5 $\mu\text{m}$  過濾材質之水質中總三鹵甲烷的含量，比無過濾材質之水質少，可能是過濾材質具有吸附能力，未來可針對材質做更進一步探討。

關鍵字：三鹵甲烷、固相微萃取法（SPME）、氣相層析儀-電子捕獲偵測器（GC-ECD）、致癌風險

# Abstract

## A Study on Trihalomethanes in Drinking Fountain Water

**Objectives :** Chlorination may convert organic pollutants in the water into trihalomethanes and the other halo organic by products during the treatment process. It is widely well known that trihalomethanes one toxicants for the human body, especially for the liver and the kidney, and causing bladder cancer as well. Therefore, it is important to measure the amount of trihalomethanes in drinking water that may affect human health.

**Methods :** In this study, we used head-space extraction method followed by solid-phase microextraction (SPME) to determine the total concentration of trihalomethanes (including chloroform, bromodichloromethane, dibromochloromethane, and bromoform) in the water samples taken from drinking fountains of four different brands, A, B, C and D, at an university in central Taiwan. By using SPME, the optimized detecting conditions were 10 minutes of extraction at 60°C for the absorption process, and 10 minutes at 150°C for the desorption process. The coefficients of correlation of the calibration curves for the four chemicals were all above 0.996. In addition, the limit of quantification (LOQ) was above 0.05 ppb. The reproducibility was under 9.81%.

**Results :** The results showed that brand D drinking fountain equips with filter of 5 $\mu$ m size had the best removal efficiency for total trihalomethanes. Among the four tested chemicals, chloroform had the highest mean concentration, while bromoform could be hardly detected in all samples. When we classified people at this university into 3 groups, namely teaching faculty, non-medical students (4 years), and medical students (7 years), their estimated cancer risks were  $9.72 \times 10^{-6}$ 、 $1.17 \times 10^{-6}$ , and  $2.05 \times 10^{-6}$  respectively.

**Conclusions :** The amount of total trihalomethanes in water can be reduced by filtration. The absorption ability of filter material deserves further research.

Key words : trihalomethanes 、 SPME 、 GC-ECD 、 cancer risk

## 前言

台灣近十年來隨著經濟和工業發展的快速，以及人口密度快速成長，致使工業廢水、畜牧業廢水、家庭污水等普遍污染到水體，致使水體受到化學物及重金屬嚴重的污染，特別是上游的水體受到有機體中的腐植質污染，其中腐植質中的腐植酸是形成三鹵甲烷的前驅物<sup>[1]</sup>，三鹵甲烷為當今飲水處理後令人困擾的副產物。淨水廠為提供衛生安全的飲用水，則以加氯方式消毒，此方法為目前最經濟且還具有餘氯效果，而達到自來水管末端還具有強氧化力的殺菌能力。1970年開始的研究報告提出，加氯的消毒會產生副產物，亦為三鹵甲烷和鹵乙酸等，該類物質陸續也被證實會對人體造成肝毒、腎毒等健康上的危害<sup>[2]</sup>，甚至也會引起自發性流產、基因突變和致癌性<sup>[3-6]</sup>。根據文獻研究指出，自來水的飲用、淋浴、游泳、燒開水等日常生活的行為均有可能暴露三鹵甲烷。1998年，英格蘭 Keegan 等從 1992 年到 1996 年之間調查 228 個供水系統，結果三鹵甲烷平均濃度為 47 $\mu$  g/L<sup>[7]</sup>；日本 Onodera 等報告加氯消毒之自來水中三鹵甲烷濃度範圍為 26~96 $\mu$  g/L<sup>[8]</sup>；2000 年時，愛爾蘭 Stack 等檢測自來水中三鹵甲烷最高檢出濃度可達約 61.8 $\mu$  g/L<sup>[9]</sup>；同年，希臘 Goulinopoulos 針對希臘境內三個城市的飲用水進行三鹵甲烷的檢測，得到其濃度分別為 5~106 $\mu$  g/L，4~27 $\mu$  g/L 與 5~96 $\mu$  g/L<sup>[10]</sup>；2002 年，我國王氏等全面檢測各縣市自來水中三鹵甲烷含量，得到各縣市之三鹵甲烷總平均為 15.9 $\mu$  g/L，其中以宜蘭縣平均濃度 1.49 $\mu$  g/L 最低，金門縣平均濃度 35.80 $\mu$  g/L 最高<sup>[11]</sup>。我國環保署公告之飲用水標準中，規定總三鹵甲烷濃度為 100ppb，美國環保署以最大容許量分三階段定為 100ppb、80ppb、40ppb。因此評估飲用水中總三鹵甲烷的含量對健康及生活環境極為重要。

水中三鹵甲烷的分析已有多數的研究，其方法有吹氣捕捉法、頂空法、液相萃取法、固相萃取法等。以往的分析方法繁雜、耗時，以及必須使用大量有機溶劑。在 1990 年，加拿大 Pawliszyn J. 利用高分子聚合物的纖維上塗覆多種能吸附物質，它具有耐高溫、可重複使用的固相微萃取(Solid-Phase Microextraction，簡稱 SPME)纖維，具有濃縮萃取的前處理、低污染等優點而應用於實際樣品<sup>[12]</sup>。本研究利用頂空式固相微萃取法，針對本校各棟樓層飲水機中的飲用水三鹵甲烷的含量進行調查，其結果評估本校師生員工所承受到的暴露的時間做致癌風險劑量評估。

## 材料與方法

### 一、採樣

採樣地點為本校各大樓之各樓層自來水水體(教學行政大樓、教學大樓、醫學大樓、PBL 大樓和學生宿舍)與各樓層之飲水機。飲水機共有四種機型：A 為 5 $\mu$ m 過濾材質加熱飲水機 (n=21)、B 為無過濾材質加熱飲水機 (n=13)、C 為無過濾材質蒸餾水機 (n=11)、D 為 5 $\mu$ m 過濾材質持續加熱 (n=4)。採樣方法依照

我國環保署公告方法之 NIEA W101.54A<sup>[13]</sup>採樣進行研究。採樣時使用附有四氯化聚乙烯樹脂內墊蓋子之棕色玻璃瓶，採樣前須先將管線內之自來水先行排出後，再以自來水將玻璃瓶內部潤濕三次以上後即可將水流入採樣瓶中，每個採樣點採取三個水樣，並於現場檢測水溫。採樣後將樣本放入冰存箱中，帶回實驗室後檢測 pH 值後立即完成分析。

## 二、檢測方法

本研究針對三氯甲烷(氯仿, chloroform, CHCl<sub>3</sub>)、二氯一溴甲烷(bromo-dichloromethane, CHCl<sub>2</sub>Br)、一氯二溴甲烷(dibromochloromethane CHClBr<sub>2</sub>)、三溴甲烷(溴仿, bromoform, CHBr<sub>3</sub>)等四種混合物，通常稱為總三鹵甲烷(total trihalomethanes, TTHMs)。分析之方法參考我國環保署方法 NIEA W537.51B<sup>[14]</sup>，採用頂空固相微萃取方法，此方法具有方便、不需要有複雜的前處理，而且不需要使用有機溶劑的特性，相較於目前常使用的「吹氣捕捉-氣相層析法」易受吹氣之氣體而有干擾之特性，更加的穩定。本研究首先對於方法相關影響因素，加以探討並且測試，尋找最佳分析的條件。固相微萃取的纖維為聚二甲氧矽烷 (PDMS) 100 $\mu$ m (Supelco, cat No: 57300-U)，氣相層析儀 (Hewlett-Packard, 5890 Series II) 結合電子捕獲偵測器(GC-ECD)，使用分離管柱為 J&W, DB-1，內徑 0.25mm 長度 30m 厚度 0.25 $\mu$  m，流速為 1 ml/min，積分處理系統軟體採用訊華套裝軟體 (SISC32-2.1, Taiwan)。

進行總三鹵甲烷 (Supelco cat No:48140-U) 的最佳分析條件以 (1) 測試吸附溫度，(2) 測試最佳吸附時間，(3) 測試最佳脫附溫度，(4) 測試最佳脫附時間等各項探討。

## 結果與討論

### 一、最佳條件

將總三鹵甲烷配製於加熱冷卻的超純水中，取 20ml 的水樣置入 40ml 含有四氯化聚乙烯樹脂墊片的取樣瓶中，以常溫、45 $^{\circ}$ C、60 $^{\circ}$ C 不同條件進行吸附測試後，所得到最佳條件以 60 $^{\circ}$ C 吸附為較佳。再經 10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘的吸附時間，以 10 分鐘的效應值為較佳。至於脫附溫度以 150 $^{\circ}$ C 的溫度脫附 10 分鐘，顯示有較佳的結果。

### 二、分析的再現性及偵測下限

本研究配置之檢量線範圍：氯仿、一溴二氯甲烷、二溴一氯甲烷、溴仿分別為 0.05-12.35ppb、0.05-12.35 ppb、0.05-12.35 ppb 和 0.05-4.12 ppb。線性相關係數 (r) 均在 0.996 以上。儀器的偵測下限 LOQ：四種化合物皆為 0.05ppb(表 1)。再現性測試之變異係數均在 9.81% 以下(表 2)。

為確保實驗數據之可信度，於每分析六個樣本後(四小時內)，以品管樣本(四氯乙烯, 16.23ppb) 進行品質管制檢測。經過長時間的水樣測定後，品管樣本之

滯留時間變異係數均小於 0.25% ，波峰面積變異係數皆小於 9.57%之良好結果。

### 三、各樓層水中的總三鹵甲烷濃度

本研究的樣本來自本校內自來水水體(教學行政大樓、教學大樓、醫學大樓、PBL大樓和學生宿舍)。就這五處自來水水體，以教學行政大樓的總三鹵甲烷濃度比各大樓偏高，在氯仿、一溴二氯甲烷、二溴一氯甲烷、溴仿之濃度分別為 75.13、8.37、0.63、0.20 ppb。其原因為教學行政大樓是學校的行政中樞、並具有教學最繁重的大樓，樣品採樣的時間為下午 3 時至 5 時，亦正值辦公、教學進行的時段，在單位時間內自來水的使用率，為整個校區最頻繁的地點，因此導致教學行政大樓所提供的原自來水體中三鹵甲烷含量偏高。另外，學生宿舍的水體中的總三鹵甲烷濃度為較低，其濃度分別為 45.3、6.60、0.53、0.20 ppb，因此時段正逢學生上課時間，宿舍中學生人數會較平時少，自來水使用頻率也相對減少，又因儲水塔為不銹鋼材質，且置於頂樓受到日照射，使水中的總三鹵甲烷也會因為溫度升高因而揮發，使檢測的結果宿舍總三鹵甲烷濃度，為本校區較低。

### 四、飲水機中的總三鹵甲烷濃度

樣品取得來自校內各棟樓層的不同飲水機，飲水機共有四種機型：A 為 5 $\mu$ m 過濾材質加熱飲水機 (n=21)、B 為無過濾材質加熱飲水機 (n=13)、C 為無過濾材質蒸餾水機 (n=11)、D 為 5 $\mu$ m 過濾材質持續加熱 (n=4)，水樣共取 49 瓶。飲用水的濃度：以氯仿而言濃度最高是「B」58.48 $\pm$ 34.58 ppb，濃度最低為「D」5.03 $\pm$ 4.02 ppb；一溴二氯甲烷濃度最高是「C」4.78 $\pm$ 1.27 ppb，濃度最低為「D」0.36 ppb；二溴一氯甲烷濃度最高是「C」0.54 $\pm$ 0.18 ppb，濃度最低為「A」0.30 $\pm$ 0.03 ppb；而溴仿只有在「C」中有被檢測出來濃度 0.08 $\pm$ 0.03 ppb (表 4)。

### 五、飲水機中的總三鹵甲烷之去除率

將自來水中的總三鹵甲烷濃度，經不同飲水機後的濃度變化，以氯仿的去除率而言；以「D」有 92.86%效果最好，其原因為 5 $\mu$ m 過濾材質持續加熱的關係。其次為「A」和「B」，去除率分別為 81.89%和 43.66%，無去除率效果的是「C」。一溴二氯甲烷之去除率以「D」效果最好，約 98.67%。其次為「A」和「B」，去除率分別為 86.03%和 55.42%，最差的為「C」。二溴一甲烷之去除率以「D」效果最好。其次為「A」和「B」，去除率分別為 26.4%和 12.42%，無去除率效果的是「C」。溴仿除了「C」有被偵測到，其餘廠牌皆能完整去除 (表 5)。綜觀以「D」之機型因具有持續加熱並有安全洩壓弁，會使水中的鹵化物隨著蒸氣而釋放，致使飲用水中的總三鹵甲烷之濃度含量偏低，故煮沸自來水可有利於三鹵甲烷的去除<sup>[15,16]</sup>。另外，濾蒸餾水機因屬於密閉機型，雖然高溫煮沸，但鹵化物亦隨著蒸氣再回流飲用水中。同時研究中又發現，有經過 5 $\mu$ m 過濾材質之水質中總三鹵甲烷的含量，比無過濾材質之水質少，可能是過濾材質具有吸附能力，未來亦可針對材質做更進一步探討。

## 六、致癌風險劑量推估

本研究暴露濃度主要以水體平均濃度做為評估，分別為：(1) 氯仿： $1.13 \times 10^{-4}$  (2) 一溴二氯甲烷： $1.00 \times 10^{-5}$  (3) 二溴一氯甲烷： $2.06 \times 10^{-6}$  (4) 溴仿： $2.93 \times 10^{-7}$ 。主要暴露族群可分為三種不同暴露時間來探討致癌風險，以(1)教職與行政人員為對象考慮到有些員工在校任職已久，其暴露時間定為 30 年；(2)一般學系學生為對象其暴露時間定為 4 年；(3)醫學、中醫、牙醫學生為對象其暴露時間定為 7 年。

$$\text{攝入量} = \frac{\text{濃度}(\text{mg/L}) \times \text{暴露頻率}(\text{L/day}) \times \text{暴露時間}(\text{day/year}) \times \text{暴露期限}(\text{year})}{\text{平均體重}(\text{kg}) \times \text{平均餘命}(\text{day})}$$

暴露頻率(L/day)：2L

暴露時間(day/year)：員工 261 天，學生 236 天

暴露期限(year)：30 年（員工），學生依各學系的求學年數

平均體重(kg)：70kg

平均餘命(day)：70 歲

經過評估計算後，其致癌風險值，教職與行政人員、一般大學生及醫學系學生等分別為  $9.72 \times 10^{-6}$ 、 $1.17 \times 10^{-6}$  及  $2.05 \times 10^{-6}$  (表 6、表 7、表 8)。

## 結論

由本研究結果發現，學校大樓的水體大都以水揚式至頂樓蓄水，蓄水池的位置及材質，總三鹵甲烷濃度會與日光的曝曬時間和溫度，以及大樓中水的使用量有關係。教學行政大樓因單位時間自來水使用率高，所以使用的自來水多為原水為主，不同於學生宿舍的水經過不銹鋼儲水塔在高溫儲水後有些許的三鹵甲烷揮發，因此，教學行政大樓自來水體中的三鹵甲烷高於學生宿舍。不同廠牌的機種的飲水機處理後，飲水中的總三鹵甲烷濃度也會有差異。亦為飲水機沒有過濾材質裝置設備，飲水中的總三鹵甲烷濃度之去除效果較差，特別是蒸餾水機型為最明顯。另外，經  $5\mu\text{m}$  過濾材質且持續加熱之飲水機對總三鹵甲烷去除效果最好。

環保署公告之飲用水標準中，規定總三鹵甲烷濃度為 100ppb，檢測結果並沒有超過法定標準。但已超過美國的第三階段 40ppb，為著能獲得更高品質，及更安全的自來水，除了水源保護區的保護外，國人在環境保護的認知和參與需更加努力。

## 致 謝

本研究由中國醫藥大學補助經費 (CMU95-096)，及公共衛生學系黃詠聖與方盈禎協助得以順利完成，僅此致謝。



## 參考文獻

1. Yeh HH, Huang WJ. The fate of dissolved organic in water purification processes treating polluted raw water. *Water Science Technology*, 1993; 27(11): 71-80.
2. Lilly PD, Ross TM, Pegram RA. Trihalomethane comparative toxicity: acute renal and hepatic toxicity of chloroform and bromodichloromethane following aqueous gavage. *Fundamental and Applied Toxicology*, 1997; 40: 101-110.
3. Waller K, Swan SH, DeLorenze G, Hopkins B. Trihalomethanes in drinking water and spontaneous abortion. *Epidemiology*. 1998; 9: 134-140.
4. Carhman RA, Shalsky H, Borzcell JF. The effect of selected water disinfectant product on testicular DNA metabolism. International symposium on the health effects of drinking water disinfectant and disinfection by-products, Chinati, Ohio, 1981, April; 53-59.
5. Golden RJ, Holm SE, Robinson DE, Julkumen PH, Reese EA. Chloroform mode of action: implication for cancer risk assessment. *Regulatory toxicology and pharmacology*, 1997; 26: 142-155.
6. Melnick RL, Kohn MC, Dunnick JK, Leininger JR. Regenerative hyperplasia is not required for live tumor induction in female B6C3F<sub>1</sub> mice exposure to trihalomethanes. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 1998; 148: 137-147.
7. Keegan TE, Simmons JE, Pegram RA. NOAEL and LOAEL determinations of acute Hepatotoxici for chloroform and bromodichloromethane delivered in a aqueous vehicle to F344 rats. *J Toxicol Environ Health A* 1998;55:65-75.
8. Onodera S, Nishikawa T, Suzuki S. Chemical changes of organic compounds in chlorinated water. X IV. Characterization and determination of halogenated organics formed during chlorination of water from the Tama River. *J Chromatogr* 1987;409:259-70.
9. Stack MA, Fitzgerald G, O'Connell S, James KJ. Measurement of trihalomethanes in potable and recreation waters using solid phase micro extraction with gas chromatography-mass spectrometry. *Chemosphere* 2000;41:1821-6.
10. Golfinopoulos SK. The occurrence of trihalomethanes in the drinking water in Greece. *Chemosphere* 2000;41(11):1761-7
11. 王正雄、鄭資英、陳麗霞、張小萍、傅千育、洪文宗、郭季華：自來水三鹵甲烷含量之調查研究。環境檢驗所環境調查研究年報 2002;20(4):137-156。
12. Stack MA, Fitzgerald G, Connell SO, Fames KJ. Measurement of trihalomethanes in potable and recreational water using solid phase

microextraction with gas chromatography/mass spectrometry. *Chemosphere*, 2001; 41: 1821-1826.

13. 行政院環境保護署：飲用水水質採樣方法-自來水系統採樣。水質檢測方法 W101.54A。中壢：行政院環境保護署環境檢驗所，2005；11
14. 行政院環境保護署：水中土霉味物質 Geosmin 及 2-Methylisoborneol 檢測方法—固相微萃取/頂空/氣相層析質譜儀法。環境檢測方法彙編 NIEA W537.51B。中壢：行政院環境保護署行政院環境保護署檢驗所，2005；10
15. 江木泳、李欽慧、張玉玲：煮沸法去除自來水中三鹵甲烷之研究。行政院環境保護署環境檢驗所環境調查研究年報第二號。台北：行政院環境保護署環境檢驗所，1994；431-68。
16. Kuo HW, Chiang TF, Lo II, Lai JS, Chan CC, Wang JD. VOC concentration in Taiwan's household drinking water. *Sci Total Environ* 1997;**208**:41-7.

表 1 總三鹵甲烷之檢量線

分析物質	檢量線濃度 (ppb)	r	Y=bx+a	LOQ (ppb)
氯仿	0.05-12.35	0.997	Y=4562.1x-1394.8	0.05
一溴二氯甲烷	0.05-12.35	0.996	Y=22878x-6889.9	0.05
二溴一氯甲烷	0.05-12.35	0.998	Y=35054x-7759.2	0.05
溴仿	0.05-4.12	0.999	Y=40556x-520.9	0.05

LOQ：定量測量的極限

表 2 總三鹵甲烷之再現性

分析物質	滯留時間(CV%)	波峰面積(CV%)
氯仿	0.067	5.68
一溴二氯甲烷	0.069	5.18
二溴一氯甲烷	0.099	9.80
溴仿	0.114	8.13

N=7, 0.05ppb

表 3 各大樓自來水中三鹵甲烷濃度

濃度(ppb) 大樓	氯仿	一溴二氯 甲烷	二溴一氯 甲烷	溴仿	三鹵甲烷
	教學行政大樓	75.13	8.37	0.63	0.20
教學大樓	54.32	6.86	0.57	0.18	61.93
醫學大樓	59.15	7.50	0.57	0.21	67.43
PBL 大樓	58.30	7.47	0.53	0.21	66.51
學生宿舍	45.30	6.60	0.53	0.11	52.54

表 4 各飲水機中三鹵甲烷濃度

濃度(ppb) 機種(n)	氯仿	一溴二氯甲烷	二溴一氯甲烷	溴仿
A(21)	13.18±11.17	1.16±0.63	0.30±0.03	ND
B(13)	33.72±17.38	3.09±2.61	0.49±0.18	ND
C(11)	58.48±34.58	4.78±1.27	0.54±0.18	0.08±0.03
D(4)	5.03±4.02	0.36*	0.47±0.13	ND

\*n=1

表 5 飲水機對三鹵甲烷的去除率

去除率(%) 機種	氯仿	一溴二氯甲烷	二溴一氯甲烷	溴仿
A	81.9	86.0	26.4	100
B	43.7	55.4	12.4	100
C	0	35.3	0	57.2
D	92.9	98.7	58.2	100

表 6 員工攝取三鹵甲烷量之風險值

	攝取量(L) (mg/kg/day)	吸入暴露 風險係數	致癌風險
氯仿	$3.61 \times 10^{-4}$	0.0061	$2.20 \times 10^{-6}$
一溴二氯甲烷	$3.20 \times 10^{-5}$	0.062	$1.98 \times 10^{-6}$
二溴一氯甲烷	$6.58 \times 10^{-6}$	0.84	$5.53 \times 10^{-6}$
溴仿	$9.36 \times 10^{-7}$	0.0079	$7.39 \times 10^{-9}$
總風險值			$9.72 \times 10^{-6}$

表 7 一般學生攝取三鹵甲烷量之風險值

	攝取量(L) (mg/kg/day)	吸入暴露 風險係數	致癌風險
氯仿	$4.35 \times 10^{-5}$	0.0061	$2.65 \times 10^{-7}$
一溴二氯甲烷	$3.85 \times 10^{-6}$	0.062	$2.39 \times 10^{-7}$
二溴一氯甲烷	$7.94 \times 10^{-7}$	0.84	$6.67 \times 10^{-7}$
溴仿	$1.13 \times 10^{-7}$	0.0079	$8.93 \times 10^{-10}$
總風險值			$1.17 \times 10^{-6}$

表 8 醫學系學生攝取三鹵甲烷量之風險值

	攝取量(L) (mg/kg/day)	吸入暴露 風險係數	致癌風險
氯仿	$7.62 \times 10^{-5}$	0.0061	$4.65 \times 10^{-7}$
一溴二氯甲烷	$6.74 \times 10^{-6}$	0.062	$4.18 \times 10^{-7}$
二溴一氯甲烷	$1.39 \times 10^{-6}$	0.84	$1.17 \times 10^{-6}$
溴仿	$1.98 \times 10^{-7}$	0.0079	$1.56 \times 10^{-9}$
總風險值			$2.05 \times 10^{-6}$