

作品名稱：三分鐘真能護一生嗎？～水中三鹵甲烷暴露量之探討～

國中組 應用科學科 第一名

縣市：桃園縣

作者：陳沛安

校名：永豐中學

指導老師：張景惠、呂淑嫻

關鍵詞：三鹵甲烷、癌症、皮膚吸收、消毒副產品



三分鐘真能護一生嗎？

～水中三鹵甲烷暴露量之探討～

一、研究動機

媽媽煮開水時，在水開了之後，常叫我在旁邊等水繼續滾三分鐘才熄火。她說報紙上講，這樣才能去除水中對人體有害的物質。我想：一定要煮這麼久嗎？如果偷懶只讓水滾開兩分鐘有沒有關係？又或者讓水繼續滾沸三分鐘就真的夠嗎？而當水中的有害物質揮發到空氣中時，我站在旁邊會不會把這些有害物質吸到體內，對健康造成危害呢？

二、研究目的

- (一)一般文獻只討論水壺在燒開水過程中，不同的加熱時間對水中三鹵甲烷濃度的影響。很少文獻針對在燒開水過程中，不同的加熱溫度對水中三鹵甲烷濃度之影響加以討論，因此本研究希望能就此進行初步探討。
- (二)明瞭在煮開水過程中，水的體積大小是否影響三鹵甲烷之去除率。
- (三)明瞭使用開飲機煮開水能否去除水中之三鹵甲烷？而市面上之活性碳過濾器是否真能幫助去除水中的三鹵甲烷？
- (四)三鹵甲烷除了經由飲用水吸收進入人體腸胃外，經由呼吸吸入和皮膚吸收的暴露途徑是否可以忽略或是更為重要？

三、研究設備材料

3050 ml 之家用水壺 14.2 L 之大水壺(圖一)(略) 家用開飲機，附活性碳過濾器(圖二(略))，5200 ml 40mL 棕色採樣瓶 量筒 (5000 ml; 1000 ml)
隔熱手套、冰櫃、計時器、50 ml 玻璃注射針筒、溫度計 (-10°C ~ 150°C)
吹氣捕捉器裝置及氣相層析儀 氣相層析儀 電子捕捉偵測器 空氣採樣器(圖三(略)) 空氣採樣袋(圖四(略)) 微固相萃取器及萃取針

四、研究方法過程

實驗前準備：

- (一)先把家用水壺(3050 ml)及大水壺(14.2L)壺蓋，預先切開一小孔洞，大小與 50 ml 玻璃注射針筒相同，以方便注射針筒伸入吸取水樣。
- (二)把開飲器頂端出氣孔稍微擴大，以利溫度計插入。

研究方法

(一)採樣方法

- 1、首先將已經清洗乾淨之棕色採樣瓶，加入約 30 mg 抗壞血酸以抑制自來水中之餘氯繼續作用產生三鹵甲烷。

- 2、1) 若水樣為水龍頭流出之自來水，應先讓其流 5 分鐘再取水樣。
 - 2) 所有水壺及開飲器之水樣，均先打開水龍頭讓水流 5 分鐘，再以 5000 ml 量筒盛水倒入水壺及開飲器內，靜置 5 分鐘再進行實驗。
 - 3) 若水樣由水壺取出，則需利用 50 ml 玻璃注射針筒由水壺蓋之洞口（預先切開與針筒同樣孔徑）伸入吸取水樣(圖一(略))。
 - 4) 若水樣取自開飲機，則先壓下熱出水口按鈕，讓水樣流入 50 ml 玻璃針筒內，經由針筒前端慢慢流入棕色採樣瓶內，以避免氣泡產生 (圖二(略))。
- 3、取水樣時應避免將抗壞血酸沖出，當水樣裝滿採樣瓶八分滿時添加 2 滴濃鹽酸，使水樣 pH 值小於 2，防止微生物作用。
- 4、隨後加水樣至溢流出採樣瓶，並以鐵氟龍內襯之瓶蓋密封，並將採樣瓶上下顛倒，以確保採樣時沒有氣泡產生。
- 5、將採集的樣品，置於冰桶中 4°C 保存，並在最短時間內完成分析。

(二) 吹氣捕捉/氣相層析/電子捕捉偵測法 (Purge and Trap/Gas Chromatography, GC/Electron Capture Detector, ECD)(1,2)

(三) 微固相萃取法/氣相層析/電子捕捉偵測法 (Solid Phase Microextraction/ Gas Chromatography(GC) /Electron Capture Detector(ECD) (3)

實驗開始

(一) 實驗一：為了明瞭煮水過程中水溫對三鹵甲烷濃度的影響

- 1、將家用水壺先裝滿水(3050 ml)記錄水溫並依前述採樣方法採樣。
- 2、打開爐火調至中火(約火焰至爐底邊緣)，溫度計懸吊於壺嘴並觀測之。
- 3、水溫升至採樣溫度時，打開覆蓋壺頂切口蓋子 (以鋁鉑紙包覆)，並將玻璃注射針筒沿壺頂切孔伸入吸取 50 ml 之水樣再緩緩注入棕色採樣瓶內。
- 4、整個實驗過程依溫度計觀測，各於 40°C、50°C、60°C、70°C、80°C 及 100 °C 時採樣，隨後立即打開壺蓋，採集煮沸後 1 分、3 分、5 分、10 分及 20 分之水樣，在這時關火，隨後採集水溫降至 80°C、70°C 及 40°C 之水樣。
- 5、採樣瓶內之水樣再以吹氣捕捉/氣相層析法，分析水樣中三鹵甲烷之濃度。

(二) 實驗二：為了明瞭煮沸過程三鹵甲烷之去除，是否會因水體積不同而改變

- 1、將實驗(一)所用家用水壺改為公司用大水壺，大水壺加滿水後 (14.2L)，所有實驗步驟與實驗(一)相同。
- 2、同樣的大水壺加水至六分滿(8520 ml)，加熱並採集 60°C、80°C、100°C 與沸騰後持續加熱 3 分鐘和 10 分鐘之水樣，採樣步驟與偵測方法同實驗(一)。
- 3、將實驗(一)所用家用水壺加水至六分滿(1830 ml)，加熱並採集 80°C、100°C 與沸騰後持續加熱 3 分鐘之水樣，採樣步驟與偵測方法同實驗(一)。

(三) 實驗三：

- 1、由於有些人習慣用開飲機，為了解開飲機煮水與水中三鹵甲烷的關係，所以選用了市面上常用之某開飲機 (移除活性碳過濾器)，設計了以下的實驗
 - 1) 先把活性炭過濾器移除，把溫度計插入頂端已被稍微擴大的蒸氣排除小孔，並依採樣法中開飲機採水法採取水樣，同時記錄溫度。

- 2) 將開飲機通電加熱，並於 40°C、50°C、60°C、70°C、80°C 及沸騰時
 以上述方法採集水樣，隨後當開飲機進入保溫狀態時，於保溫後 5、10、
 60、120 及 240 分鐘時各採取水樣並記錄溫度。
 - 3) 所有採樣程序都依照採樣法所述進行，並以吹氣捕捉/氣相層析儀，分
 析水樣之三鹵甲烷濃度。
- 2、另外為了明瞭開飲機煮水，沸騰時打開密閉蓋，對水樣中三鹵甲烷濃度之
影響，所以設計了以下個實驗：
- 1) 依上述實驗，於 80°C 及沸騰時以上述方法採集水樣，並於沸騰保溫後
 5、10 分鐘時各採取水樣並記錄溫度。
 - 2) 所有步驟除了沸騰及保溫時均打開蓋子外，其餘皆與上述實驗同。
- 3、由於開飲機種類繁多，有的品牌更強調附有活性碳過濾器，為了明白此
過濾裝置對水中三鹵甲烷去除的效果，所以設計了這個實驗：
- 1) 取原先所用的開飲機及所附新的活性炭過濾器，先以實驗室製造的去
 離子水清洗，隨後再把過濾器裝上，再把水加入。
 - 2) 加水進入過濾器前後均採樣並記錄溫度。
 - 3) 開飲機通電加熱，於 60°C、80°C、100°C 及沸騰後 10 分鐘採集水樣。
 - 4) 所有採樣都依照採樣法進行，採樣瓶內的水樣再以吹氣捕捉/氣相層析
 儀，檢測採樣瓶內水樣的三鹵甲烷濃度。

(四) 實驗四：探討三鹵甲烷除了經由腸胃道吸收之外，我們是不是忽略可能由呼
吸吸入或經由皮膚吸收的可能性？所以又設計以下實驗

- 1、在 215 x 166 x 210 cm³ 的浴室内，利用塑膠布把浴缸單獨隔成 70 x 166 x
 210cm³ 的空間，將水龍頭水溫調成 39°C，並以 122ml/sec 之流速流入浴
 缸，至浴缸水深八分滿時關水龍頭。
 - 2、a) 此時受測者甲(身高 162cm，體重 43kg)，身穿連帽雨衣，手腳都以塑膠
 袋套住，以防止身體接觸到水蒸氣，同時進入隔離浴缸塑膠布內靜坐
 十五分鐘後，以空氣採樣袋收集受測者之吐氣 (圖四(略))。
 - b) 同時，受測者乙(身高 166cm，體重 71kg)，裸體泡入浴缸中，只留頭
 部露出水面，浸泡十五分鐘後，同樣以空氣採樣袋收集氣體。
 - c) 同時以空氣採樣器吸取受測者甲口鼻周圍的空氣，入空氣採樣袋。
- 3、將浴室通風乾燥。
- 4、與 1) 相同條件下，再將浴缸盛水至八分滿，這一次改以受測者甲浸泡入浴
 缸，而乙則身穿雨衣靜坐一旁，實驗程序與上述 2) 相同。
- 5、水龍頭的出水樣與浴缸盛水八分滿後，十五分鐘、二十分鐘之水樣，都採
 集入採樣瓶內，並以吹氣捕捉/氣相層析儀，檢測水樣三鹵甲烷的濃度。
- 6、所有空氣採樣袋的氣體樣品，都放入黑色塑膠袋內運送，並以微固相萃取
 法/氣相層析，檢測空氣中三鹵甲烷濃度。

(五) 實驗五：為了明瞭活動後立即泡澡，是否會影響人體對三鹵甲烷的吸收？其
吸收的途徑主要是經由呼吸吸入或是皮膚吸收？故設計以下實驗：

- 1、與實驗四相同條件下，受測者乙先做五分鐘體操，然後戴潛水面罩遮住眼

鼻，口含潛水用呼吸調節器連接之氣瓶作爲空氣來源，裸體泡入浴缸，只有頭部露出水面，泡浴十五分鐘後，再以空氣採樣袋收集吐出之氣體。

- 2、休息一小時後，受測者乙再做五分鐘體操，然後身穿連帽雨衣，手腳都以塑膠袋包住，防止皮膚接觸到水，不用呼吸器泡入浴缸十五分鐘後，再以空氣採樣袋收集吐出之氣體。之後受測者甲重覆以上步驟。
- 4、所有水樣以及氣體採樣，其採集、運送與檢測方法均與實驗四相同。

五、研究結果

(一) 實驗一：(表一(略)、圖五)

- 1、家用水壺水中三鹵甲烷濃度隨著溫度上升而升高，至 100°C 時達到最高濃度，比加熱前上升 49%。
- 2、沸騰後打壺蓋再煮五分鐘，則三鹵甲烷濃度只剩 <1µg/L。

(二) 實驗二：(表二(略)、表三(略)、表四(略)、圖五)

- 1、公司用大水壺於瓦斯爐加熱，水中三鹵甲烷濃度隨著溫度上升而升高。實驗結果與實驗(一)相同，在 100°C 時三鹵甲烷達到最高濃度，但比加熱前上升 141%，而沸騰後打開壺蓋再煮五分鐘，水中三鹵甲烷濃度則為 6.9µg/L；自沸騰後再煮二十分鐘，三鹵甲烷濃度依然為 4.2 µg/L，下降速度極為緩慢。
- 2、此大水壺裝水六分滿，於瓦斯爐加熱，水中三鹵甲烷最高濃度出現在 100°C，比加熱前上升 77%。
- 3、家用水壺裝水六分滿，於瓦斯爐加熱，水中三鹵甲烷最高濃度於沸騰時略低於 80°C 時，而沸騰後打開壺蓋再煮三分鐘，則三鹵甲烷濃度只剩 <1µg/L。

(三) 實驗三：(表五(略)、表六(略)、表七(略)、圖五、圖六)

- 1、不加活性炭過濾的開飲機，加熱時水中三鹵甲烷濃度上升緩慢，自 80°C 才快速上升，而沸騰時，三鹵甲烷濃度為 19.4µg/L，比加熱前上升 67%；然而此實驗中，水中三鹵甲烷最高濃度出現在沸騰後保溫五分鐘時 (21.3µg/L)；自沸騰後，保溫四小時，水中三鹵甲烷濃度乃為 9.0 µg/L。
- 2、不加活性炭過濾的開飲機，於沸騰時及沸騰後打開密閉蓋，結果於沸騰後十分鐘水中三鹵甲烷濃度仍為 17.1µg/L，並不下降。
- 3、市面上附加活性炭過濾器的開飲機，過濾前，水中三鹵甲烷濃度為 14.6µg/L，過濾後為 10.3 µg/L；整個煮沸過程，三鹵甲烷濃度上升不多，加熱至 100°C 時，只稍微上升到 11.3 µg/L。

(四) 實驗四：(表八(略)、圖八(略)、圖九、圖十)

- 1、本實驗所用的水樣，爲臺南地區的自來水，水中可以偵測到溴仿 (<1µg/L)，雖然濃度不高，但和前面實驗所用桃園地區的水樣完全偵測不出溴仿的結果有明顯的差別。

2、本實驗發現受者甲、乙，靜坐時呼出的氣體和浴缸周圍的空氣都測不出三鹵甲烷，但在浸泡於浴缸十五分鐘後，甲、乙兩人所呼出的氣體中，都可以測出有微弱的溴仿儀器訊號值。

(五) 實驗五(表九(略)、圖十一、圖十二、圖十三)

1、受測者甲、乙二人，以潛水用面罩、呼吸器及氣瓶呼吸(圖十一)，裸體泡浴十五分鐘後，兩人所呼出之氣體均可測出氯仿、一溴二氯甲烷、二溴一氯甲烷，而受測者乙更可偵測出極明顯的溴仿信號值(以檢量線測得 $2.24\mu\text{g/L}$)。

2、受測者甲、乙二人，以塑膠雨衣等物包住身體，再泡浴十五分鐘，則所呼出之氣，均測不出三鹵甲烷。

六、討論

(一) 水中三鹵甲烷對人體健康的威脅

近年來各種人為污染日趨嚴重，使得消毒過程中加氯量必須增加，同時也產生了各種加氯消毒的副產品。眾多學者也陸續證實水中之餘氯和水中有機物(如腐植酸類)作用會形成消毒副產品，包括氯仿、一溴二氯甲烷、二溴一氯甲烷及溴仿等，四者合稱總三鹵甲烷 (Total Trihalomethanes, TTHMs)。

三鹵甲烷已被證實具有高度致癌性，尤其是膀胱癌和直腸癌，甚至會造成孕婦的流產和胎兒畸型。美國環境保護署在 1998 年，把飲用水之三鹵甲烷最高許可量，由 $100\mu\text{g/L}$ 降為 $80\mu\text{g/L}$ ，而目前台灣地區自來水管制標準為 $100\mu\text{g/L}$ 。

(二) 煮水沸騰三分鐘夠嗎？

由表一、二、三(略)中可看出，壺水中三鹵甲烷的濃度隨著溫度的上升而逐漸增加，這是水中餘氯和有機物相互繼續作用而形成三鹵甲烷，當溫度升高增加彼此間之反應速率，同時增加水中之三鹵甲烷濃度。

當大水壺裝水全滿和裝六分滿水(8520 ml)時在加熱過程中，水中三鹵甲烷濃度的增加，明顯的比家用水壺煮水時多(圖五、六)。如果以相同容器不同體積來比較，則六分滿大水壺在沸騰後持續加熱十分鐘，三鹵甲烷濃度為 $2.5\mu\text{g/L}$ 的濃度，小於同條件下全滿大水壺煮水時三鹵甲烷濃度，但仍然比家用水壺煮水時高，若以六分滿家用水壺與全滿家用水壺煮水來相比較，也可發現相同條件下，六分滿家用水壺水中三鹵甲烷濃度較低，且沸騰後只要持續加熱三分鐘，水中三鹵甲烷濃度即 $<1\mu\text{g/L}$ 。實驗結果顯示，當水的體積越大、容器的高度越高，則所形成的三鹵甲烷必須花費較久時間才能完全揮發，如圖七所示。

由表四(略)得知，家用水壺裝水六分滿煮水時，水中三鹵甲烷可快速揮發，其最高濃度出現在沸騰前，所以欲藉煮水沸騰來去除三鹵甲烷，應該以水量的多寡來決定水煮沸的時間，而不應一律以煮沸三到五分鐘為標準。

(三) 不良的煮水法～開飲機煮水！

在沒有裝活性碳過濾器的開飲機煮水實驗中，水溫在 50°C 與 70°C 之間時，水中三鹵甲烷濃度反而略下降，至 80°C 以上才開始回升(表五(略)、圖六)。其實驗

結果與利用水壺煮水時不同，推測可能是密閉的空間導致不同的化學變化。

本實驗發現，當開飲機沸騰燈亮時，實際測得溫度為 98°C (不到 100°C 即轉為保溫)。由表六(略)發現，以不裝活性碳過濾器的開飲機煮水，即使沸騰時打開密閉蓋，至沸騰後保溫 10 分鐘，水中三鹵甲烷濃度仍維持在 17.1 μg/L，這是由於開飲機本身是密閉式結構，加上容器高度又高，且無法煮水到 100°C，使得自來水中的三鹵甲烷不容易揮發。

以加裝活性碳過濾前、後相較，加裝活性碳只能去除三鹵甲烷 29.5%，但由於活性碳對氯的去除效果，所以在整個煮水加熱過程中所形成的三鹵甲烷一直沒有明顯上升(圖五、六)，但煮沸後保溫期間水中三鹵甲烷含量同樣沒減少的傾向。

(四)三鹵甲烷經由皮膚吸收～被忽略的潛在危險！

人體對於揮發性有機物的暴露，無論是經由腸胃道吸收、呼吸吸入或是皮膚吸收等不同途徑進入體內(4,5)，血液和呼出的氣體中，揮發性有機物的濃度，最能代表體內揮發性有機物的含量(6)。

在本研究實驗四中，受測者甲、乙，穿著雨衣等塑膠物靜坐在浴缸旁，在所呼出及口鼻周圍的空氣中，測不出三鹵甲烷，而同一實驗中，受測者甲、乙，浸泡於浴缸十五分鐘後，其呼出的氣體均可測出三鹵甲烷的儀器訊號值(圖八(略)、圖九、圖十)。另外受測甲、乙二人泡浴後只偵測出溴仿，這可能是因為四種有機物中，以溴仿的代謝最快，所以最早被偵測出。

在實驗五，受測者甲、乙，利用潛水氣瓶呼吸，在不吸入水面蒸氣及浴室空氣狀況下泡浴，仍可在吐出之氣中測得三鹵甲烷，而同一實驗中，在皮膚不接觸浴缸水狀況下泡浴後，在二人所吐之氣中卻測不到，這說明人體皮膚受熱後，血壓上升、微血管擴張，導致對水中三鹵甲烷的吸收大於肺部吸入的量。另外，受測者在做完五分鐘體操立即泡浴後，甲乙二人在吐出之氣中均可偵測到三鹵甲烷，且受測者乙更可偵測到 2.24 μg/L 的溴仿，這是運動後增加了人體對三鹵甲烷的吸收，及溴仿的高脂溶性，故導致脂肪較多的乙，經皮膚吸收了大量的溴仿(7)。

(五)泡浴十分鐘體內三鹵甲烷上升量是喝一公升水的 10 倍～改變生活方式吧！

一般在推估人體對水中三鹵甲烷的暴露量時，大都以飲用水途徑推估。目前台灣地區飲用水的三鹵甲烷的標準值為 100 μg/L，其致癌的風險是建立在每人每天喝兩公升的水，並沒有考慮其他外加周圍環境的接觸或暴露途徑(8)。然而以醫學的角度而言，三鹵甲烷對人體所造成的危害，應由兩點來探討：

(1)生物累積的來源：越來越多的研究顯示，經由呼吸吸入及皮膚吸收，才是人體三鹵甲烷生物累積的主要來源。Lorrane 等學者指出，喝一公升的水，對體內三鹵甲烷的上升量，不及沖澡或泡浴十分鐘體內上升量的 10%。King 和 Marrett 等人研究中，更指出在三鹵甲烷濃度大於 50 μg/L 環境中生活了三十五年的人，比同環境下生活少於十年的人，得膀胱癌的機會多了 1.63 倍。

(2)瞬間量的影響：Kroll 等學者，把定量的三鹵甲烷注射入老鼠腹腔，結果老鼠於二十四小時後腎臟功能受損。因此我們對三鹵甲烷的風險評估必須

兩者都考慮到。

本實驗中，我們發現以大水壺煮水，持續沸騰五分鐘，事實上還含有高濃度的三鹵甲烷；而以飲水機煮水，沸騰後保溫五分鐘，竟然是三鹵甲烷濃度最高的時候，甚至數小時後還無法降低水中三鹵甲烷濃度。另外，本實驗及其他研究顯示，水中三鹵甲烷可輕易經由皮膚吸收進入人體，這似乎迫使我們該對水中三鹵甲烷的濃度定出更嚴苛的標準；此外，對於高危險群的人，例如游泳選手、喜歡沖熱水浴、泡熱水澡和享受 SPA 水療的人，更應提出警告，讓他們改變生活方式，或縮短接觸水的時間與次數。

七、結論

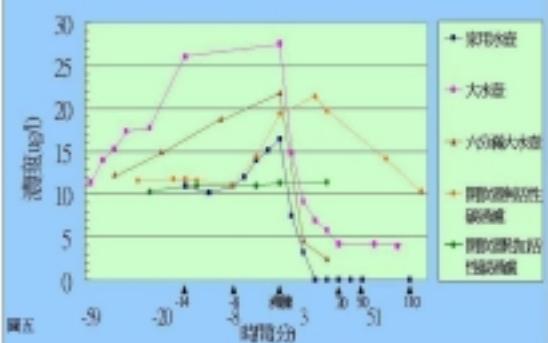
- 一)利用煮水沸騰以去除水中三鹵甲烷，必須考慮到水的體積與煮水的方法。
- 二)以一般家用水壺裝水全滿煮水 (3050 ml)，水沸騰後打開壺蓋再煮五分鐘，水中三鹵甲烷幾乎可以完全去除，如果只裝六分滿水則水沸騰後打開壺蓋再煮三分鐘即可。
- 三)以大水壺煮水(14.2L)，則需水沸騰後打開壺蓋再煮二十分鐘以上，並且須熄火等三小時後飲用，才可減少水中三鹵甲烷飲入體內的量。
- 四)用開飲機煮水並不是安全的煮水法，煮水沸騰後保溫四個小時仍不能使水中三鹵甲烷含量減少，水沸騰後打開密閉蓋 10 分鐘，也無助於三鹵甲烷的去除；開飲機煮水並不能真正達到 100°C，當沸騰燈亮時，實際溫度只為 98°C。
- 五)開飲機附加活性碳過濾器，約可去除原始水樣 29.5 %的三鹵甲烷，但煮沸後保溫期間水中三鹵甲烷含量同樣不易減少。
- 六)在浴缸泡澡，除了可能由呼吸吸入揮發於空氣中的三鹵甲烷外，水中三鹵甲烷更可經由皮膚吸收進入人體，且運動後吸收量大增不宜立即泡澡。
- 七)評估三鹵甲烷對人體健康的威脅，應涵蓋生物累積及瞬間量所導致的風險，對於游泳選手、喜好沖、泡熱水澡以及 SPA 水療的高危險群而言，應該適度的減少浸泡於水中的時間與次數。

八、參考資料

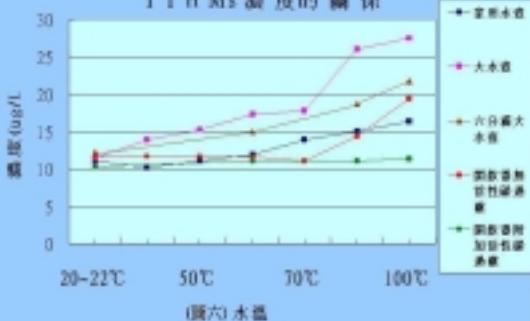
- 1) 水中總三鹵甲烷檢測方法----吹氣捕捉氣相層析法--- 中華民國八十三年四月十二日(83)環署檢字第 00551 號。
- 2) 飲用水中揮發性有機化合物檢測方法之研究 吹氣捕捉/氣相層析質譜儀法 環境檢驗所環境調查研究年報, 7:45-58 1999 陳麗霞。
- 3) 南部地區代表性水源臭味問題之研究 國立成功大學環境工程學系碩士論文 中華民國八十九年七月 江俊育 林財富
- 4) Inhalation exposure to THMs from drinking water in south Taiwan The Science of the Total Environment, 246: 41-49 2000.
- 5) Alveola breath sampling and analysis to assess trihalomethane exposures during competitive swimming training Environmental Health Perspectives, 105(6): 636-642 1997.

- 6) Household exposures to drinking water disinfection by-products:whole blood trihalomethane levels Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 10: 321-326 2000.
- 7)Hazardous waste management McGraw-Hill,Inc.
- 8)安全飲用水(第二版) 行政院環境保護署

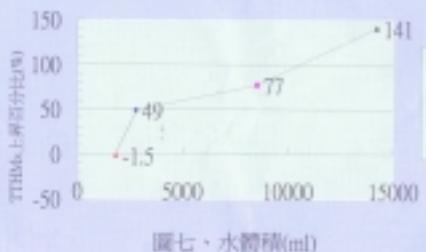
沸騰前後水中 TTHMs 與時間的關係



沸騰過程中水溫與水中
TTHMs 濃度的關係



沸點時TTHMs上升濃度與水體積關係



```

Injection Date : 1900/11/4 07:08:25 PM          Vial : 1
Sample Name   : THMs                         Inj : 1
Acq. Operator : SHIHWEN                     Inj Volume : External
Method        : C:\HPCHEM\1\METHODS\FID_SPME.M
Last changed  : 1900/11/3 12:24:00 AM by SHIHWEN
Analysis for THMs using SPME
ShihMen 11/2/2000
ECD2 B. (THMS00006.D)
5 Hz
60
50
40
30
20
10
0
2.5 5 7.5 10 12.5 15 17.5 min

```

圖九、受測者甲泡浴後呼出氣體檢量圖

```

Injection Date : 1900/11/4 08:02:15 PM          Vial : 1
Sample Name   : THMs                         Inj : 1
Acq. Operator : SHIHWEN                     Inj Volume : External
Method        : C:\HPCHEM\1\METHODS\FID_SPME.M
Last changed  : 1900/11/3 12:24:00 AM by SHIHWEN
Analysis for THMs using SPME
ShihMen 11/2/2000
ECD2 B. (THMS00006.D)
5 Hz
60
50
40
30
20
10
0
2.5 5 7.5 10 12.5 15 17.5 min

```

圖十、受測者乙泡浴後呼出氣體檢量圖



圖十二、受測者甲(使用氣瓶)泡浴後呼出氣體
檢量圖

```

Injection Date : 1901/2/3 11:18:37 AM          Vial : 1
Sample Name   : #2                          Inj : 1
Acq. Operator : SHIHWEN                     Inj Volume : External
Method        : C:\HPCHEM\1\METHODS\FID_SPME.M
Last changed  : 1900/11/3 12:24:00 AM by SHIHWEN
Analysis for THMs using SPME
ShihMen 11/2/2000
ECD2 B. (SPME\THMS0007.D)
5 Hz
60
50
40
30
20
10
0
2.5 5 7.5 10 12.5 15 17.5 min

```

圖十三、受測者乙(使用氣瓶)泡浴後呼出氣體
檢量圖

```

Injection Date : 1901/2/3 11:18:37 AM          Vial : 1
Sample Name   : #2                          Inj : 1
Acq. Operator : SHIHWEN                     Inj Volume : External
Method        : C:\HPCHEM\1\METHODS\FID_SPME.M
Last changed  : 1900/11/3 12:24:00 AM by SHIHWEN
Analysis for THMs using SPME
ShihMen 11/2/2000
ECD2 B. (SPME\THMS0007.D)
5 Hz
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
2.5 5 7.5 10 12.5 15 17.5 min

```

評語：

對於題目問題的探討有新的創見，實驗精神亦值得肯定，實驗數據與實際有差距，尚待驗證。部分高科技量測的實驗數據是委由其他單位得到，但不影響其整體的能力表達。

作者簡介

作者從小就對自然科學興趣濃厚，也喜歡思考生活上與物理、化學有關的現象，更喜歡自己動手做實驗。小學五、六年級時曾在國外求學，所奠定的英語能力，對查閱相關文獻有很大的幫助。曾獲桃園縣第四十屆科展國中組生物科第一名。