

嘉南藥理科技大學
職業安全衛生系
94年度教師專題研究報告

指導教授：蔡百豐 博士

廢輪胎回收工廠作業人員生物偵測

研究學生：陳人豪 楊鐔芸 連慧錦
郭凱彰 蘇煜昇 鄭榆婷

中華民國九十四年九月

目 錄

第一章 緒論.....	5
1-1 前言	5
1-2 研究動機	6
1-3 研究目的	6
第二章 文獻探討.....	8
2-1 甲苯的物理與化學性質	8
2-2 甲苯的來源	8
2-3 潛在的暴露	9
2-4 甲苯的危害	10
2-5 甲苯暴露劑量對人體的影響	12
2-6 總脂質介紹	13
第三章 研究方法.....	14
3-1 實驗規劃	14
3-1-1 儀器及設備	14
3-1-2 試藥	16
3-2 研究架構流程	17
3-3 檢量線製作	18
3-4 採血及離心	20
3-4-1 採血容器及收集量	20
3-4-2 離心	20
3-4-3 採血注意事項	21
3-5 血與血清採樣比較	21
3-6 流率校正	22
3-7 動態標準氣體產生器與採樣裝置	23
3-7-1 動態標準氣體產生器	23
3-7-2 採樣裝置	27
3-7-3 實驗組儀器介紹	27
3-8 樣品脫附	28
3-9 儀器(GC)操作條件之設定	29
3-10 總脂質測定	29
第四章 實驗數據.....	31
第五章 結果與討論.....	34
5-1 評估傳統的採集量與實際人體吸收的落差	34
5-2 開發能反應各污染物由呼吸系統對人員造成危害的實際狀況	34
5-3 總脂質(Total Lipid)高低與血液吸收甲苯的量是否有直接關係。	35
5-4 脫附時揮發問題與血液離心之討論	36

5-5 血液起泡之解決方法	37
5-6 標準氣體產生器問題探討	38
5-7 血脂肪測定實驗所遇到的阻礙	39
第六章 結論.....	40
參考文獻.....	41

圖 目 錄

圖 1 氣體偵測器.....	14
圖 2 暴露腔.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 3 注射針幫浦.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 4 浮子流量計.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 5 低流量空氣採樣器.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 6 特殊安全瓶.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 7 衝擊瓶.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 8 紫外線光譜儀.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 9 氣相層析儀.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 10 氣密室針筒.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 11 研究架構流程圖.....	17
圖 12 甲苯檢量線.....	19
圖 13 流率校正設備組合圖.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 14 動態標準氣體產生器與採樣裝置流程圖.....	23
圖 15 動態標準氣體產生器與採樣裝置組合圖.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 16 動態標準氣體產生器流程圖.....	24
圖 17 動態標準氣體產生器組合圖.....	25
圖 18 甲苯氣體濃度變化曲線圖.....	26
圖 19 採樣裝置流程圖.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 20 採樣裝置組合圖.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 21 血清在衝擊瓶內起泡情況.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 22 血清累積在安全瓶下端.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 23 呼吸作用各階段圖.....	35
圖 24 總脂質與血液吸收甲苯的量關係圖.....	36
圖 25 菜瓜布分層阻擋.....	37
圖 26 甲苯氣體濃度變化曲線圖.....	38

表 目 錄

表 1 甲苯物理與化學性質.....	8
表 2 甲苯的暴露標準.....	12
表 3 使用二硫化碳作為溶劑之甲苯檢量線數據表.....	18
表 4 血與血清採樣比較數據表.....	21
表 5 採樣影響條件.....	27
表 6 儀器分析條件表.....	29



第一章 緒論

1-1 前言

隨著工業之進步，各種工業製程中所使用之化學物質種類越來越複雜，因此在作業環境中潛在的化學危害因子也越多，為了保護勞工之健康與安全，雇主應定期進行環境測定，來了解作業環境中有害物質之暴露污染量，並藉由局部排氣等工程控制或行政管理來降低作業環境中所造成的傷害。有機溶劑係指正常溫度或氣壓下為揮發性之液體，而且具有溶解其他物質特性之有機化合物。揮發性氣體在常溫及大氣壓力下易變為蒸氣散佈或擴散至作業場所空氣中，造成作業勞工之曝露。

有機溶劑廣泛的應用於各類性質不同、大小各異之工業，一般應用較多者為脂肪及油類之萃取、脫脂、乾洗、電子、油漆、塗料、清潔劑、亮光劑、油墨、黏著劑、抗凍劑、橡膠、塑膠、人造皮革、農藥、殺蟲劑、冷凍劑、紡織、合成纖維、鞋油、地板蠟、煞車油、染料及合板等製造工業，實驗室亦用作化學要劑、萃取劑，即使人們之日常生活亦經常要使用有機溶劑如強力膠、除污劑等之應用。由於有機溶劑對人體健康會有不良之影響，國內有機溶劑作業過去也曾經發生多起有機溶劑所引起之職業病，例如電子工廠之三氯乙烯、四氯乙烯中毒案、印刷工廠之正己烷、四氯化碳中毒案、油漆工廠甲苯中毒案、石化工廠石油醚中毒案，況且大部分的有機溶劑亦具有易燃之特性，如使用或管理、控制不當，各種危害事故即有可能發生。

本研究以甲苯為研究對象，因為甲苯是穩定性高的物質，所以在被人體吸收之後，不容易代謝。若液態甲苯與揮發速度快的有機溶劑混合，更會使勞工吸入，造成人體健康的危害。且本研究另一重點是藉由實驗的結果把血液的實際吸收度與人體的生物指標作一結合。以便瞭解哪些勞工不適合從事甲苯作業。

除了屬於芳香族烴類的甲苯之外，本研究在未來也將針對其它有機溶劑做探討，例如醚類的乙醚及脂肪族烴類的正己烷。乙醚通常用作蠟類、脂肪、香水、原料橡膠等之溶劑；亦用作吸入性麻醉劑及柴油引擎、乾洗業用作萃取劑。而正己烷則作為溶劑及動植物油之萃取劑、橡膠溶劑及印刷業清洗劑等。以上兩種有機溶劑在一般作業環境中大多經由呼吸系統進入作業勞工體內，對人體造成多發性神經炎、呼吸系統及中樞神經系統等危害；而且在以往的相關資料中顯示，甲苯、乙醚、正己烷會有嗜癮的情形產生，此狀況也是值得本研究去深入探討了解的。

1-2 研究動機

評估人員的暴露與其造成的健康危害，並於必要時提出管制措施或改善建議的依據。其實配合作業環境測定，才能正確評估體內總吸收劑量之作業環境測定假設呼吸進入為主要途徑的不足。

生物偵測技術乃採集勞工血液、尿液、呼出的空氣、指甲、毛髮或其他生物檢體，來分析其中某污染物或其代謝產物的濃度與設定的標準來做比對。以上的方法可能會與人體實際吸收有落差，所以本研究將以血液作為採樣介質測量甲苯真正進入血液中的量，作為評估暴露的依據。

甲苯是穩定性高的物質，所以它被人體吸收之後，不容易代謝。又因甲苯液態與揮發速度很快的有機溶劑混合，更使勞工不經意吸入，造成人體健康的危害。並且本研究另一個重點是藉由實驗的結果把血液的實際吸收度與人體的生物指標作一個結合，以瞭解哪些勞工不適合從事甲苯作業。

1-3 研究目的

生物偵測技術與作業環境在職業衛生應用中，皆是不可或缺的健康風險評估方法，但是傳統的環境測定方法針對採樣物質的捕集率，遷就於分析方法的偵測能力限制，是以人體吸入的量作為採樣介質捕集量，假設作為人體的吸收量，這些低極性的化學物質，在血液中的溶解度以一般人的判斷應該不會太高(人體血液裡頭的成分，血漿約佔 55~60%(90%水加其他))及血球約(40~45%)，這樣的假設基礎對於低極性的物質進入人體後，真正進入血液中的量，實際上應該是高估許多的，雖然容許濃度的決定應該有考量物質性質的差異，但是直接將物性因素的影響納入的採樣方法並未見到。

水之溶劑性質是生命過程中最基本且重要的，我們不能沒有它，然而在工業製程中有許多物質如油、蠟、樹脂等是無法用水溶解而必須使用有機液體或有機溶劑，以溶解他種物質，有時此等有機溶劑亦可用作化學合成之反應用、中間物或媒介。一般言之，有機溶劑因具有揮發性，因此在製造、處置或使用等有機溶劑作業過程中，難免產生蒸氣而與空氣混存，因此被作業者吸入或接觸產生障害。

本研究之目的便是在於研發出一種能反應各有機溶劑經由呼吸系統進入人體之新採樣方法。並由實驗結果來評估勞工是否適合從事相關有機溶劑作業。並在未來能與醫學方面的科技合作，發展出更精確的評估技術，作為勞工作業環境中一項健康保障。

關於這方面相關的研究，1996 年有 J.Y.Jang 等人針對在作業場所甲苯暴露後，以體內靜脈血中甲苯濃度偵測的研究。而本研究中以血液作為採樣介質針對不同的標準物質來做體外的採樣。

本研究期望達到：

1. 評估傳統的採樣介質化學物質的採集量，與實際人體吸收的落差。
2. 嘗試開發一種能反應各污染物，由呼吸系統對人員造成危害的實際狀況，以及新的評估方法。
3. 人體血液的成份差異可能很大，此測試物質在血液中的溶解程度要得到固定的試驗結果可能有困難，其中可能影響較大為總脂質，以一般人的總脂質大概是在 50-180mg/dl(膽固醇)，所以如果能將測定結果與血脂含量或其他的健康條件做關聯，應該也可以了解，人體健康情形與對有害物吸收量的影響。



第二章 文獻探討

2-1 甲苯的物理與化學性質

表 1 甲苯物理與化學性質

基本物性	
1. 化學式； $C_6H_5CH_3$ 。	6. 沸點/沸點範圍：110.6 °C。
2. 物質狀態：無色液體。	7. 自燃溫度：480°C。水中溶解度：54~58 mg/100 ml。
3. 味道：芳香族的特性味道。	8. 溶解性：溶於乙醇、苯、乙醚，不溶於水。
4. 分子量：92g/mole。	
5. 物品危害分類：3（易燃液體）。	
基本化性	
1. 蒸氣壓：22 mmHg (20°C)。	5. 閃火點：4.44°C。
2. 蒸氣密度：3.1。	6. 爆炸界限：1.2% ~ 7.1%
3. 相對密度：0.8667(水=1)。	7. 揮發速率(乙酸丁酯=1)：2.24。
4. 折射率：1.49414。	熔點：-95°C。
容許濃度標準	注意事項
1. 八小時日時量平均容許濃度 (TWA)：100 ppm (皮膚)。	1. 應避免之狀況：靜電、火焰、火花、熱及引火源。
2. 短時間時量平均容許濃度 (STEL)；125 ppm (皮膚)。	2. 應避免之物質：強氧化劑、四氧化二氮、硝酸、硫酸、過氧酸鹽、二氯化硫、硝基甲烷、六氟化鈷。
3. 局部效應：35mg(兔子，皮膚)造成輕微刺激 870ug(兔子，眼睛)造成輕微刺激。	
4. LC50(測試動物、吸收途徑)：6000 ppm/6H (大鼠，吸入)。	
5. LD50(測試動物、吸收途徑)：<870 mg/kg (大鼠，吞食)。	

2-2 甲苯的來源

甲苯是一種澄清、無色的液體，具有明顯的味道，常與苯(benzene)、二甲苯(xylene)添加到汽油中。甲苯會從原油與妥路香脂 (tolu) 樹中自然散發出，也有以原油提煉汽油與其他燃料、以煤製造焦煤、或製造苯乙烯過程中，產生的副產品。其用途是製造塗料、塗料稀釋劑、指甲油、漆器、黏著劑和橡膠，也可用於

印刷與皮革鞣製過程等。甲苯隨著使用過之溶劑被丟棄在有害事業廢棄物掩埋場，或隨著丟棄的顏料、稀釋劑與指甲油等進入一般垃圾掩埋場。

➤ 甲苯的使用場所

1. 工業上接觸甲苯的場所：煤焦油分餾或石油裂解。
2. 可作為航空汽油中的參加成分。
3. 製造炸藥、農藥、苯甲酸、染料、合成樹脂等。
4. 噴油漆、塗料、橡膠、皮革、印刷等行業中作為溶劑或稀釋劑。

2-3 潛在的暴露

人們使用的物質若含有甲苯如油漆、稀釋劑、黏著劑、指甲油與汽油，甲苯就會進入環境中，因此使用這些物質時，甲苯就會蒸發並與你呼吸的空氣混合。甲苯從溶劑、石化產品、地下儲油槽與其他設備洩漏進入地面水與地下水(井水)時，如有洩漏現象，土壤則會被甲苯與其他石化產品成分污染。

當含甲苯的物質被丟棄至廢棄物掩埋場或棄置場，甲苯就可能進入附近的土壤與水域，不一定都留在環境之中，其會受土壤中微生物分解成其他化合物，並從表面水、土壤蒸發；當地下水(井水)的微生物很少時，甲苯在地下水的裂解並不快，一旦地下水(井水)被帶至地面，甲苯就會很快進入空氣中。在室內的物質中含有甲苯時，應打開門窗使甲苯逸散(含甲苯的物質不使用時，應將之緊密蓋住，以免蒸發至空氣中)。

甲苯亦可隨著水進入魚貝類、植物與動物體內，但不會造成生物濃縮或累積作用，因為大部分的動物都能將甲苯轉化成其他化合物而代謝出體外。

➤ 甲苯的潛在暴露

1. 甲苯存在於原油當中，在原油精煉和焦炭燃燒時會揮發出。
2. 因為甲苯是脂溶性的，會在生物界的食物鏈中累積。
3. 一般人最容易暴露到甲苯的來源就是汽油，其中含有 5-7% 的甲苯。
4. 家中也使用很多含有甲苯的東西，如油漆、清漆、亮光漆、除鏽劑、粘著劑、溶劑為主的清潔劑、消毒劑，所以油漆師父、做家具的人、做鞋子的人、在聚苯乙烯製造工廠的人等等都是甲苯的高危險群。
5. 指甲油中就含有 50% 的甲苯，而每根香菸平均有 80-100 μ g 的甲苯，也是室內重要的甲苯來源。
6. 一些影印的設備、製革的過程及伊些其他化學反應有使用甲苯。
7. 因為吸入甲苯會有飄飄然的快感，若是吸甲苯成癮，就會有甲苯的過量暴露。

8. 日常生活及工廠的廢棄物若含有甲苯，就有機會在廢棄物處理的過程中污染我們的飲用水，不過一般情形下飲用水被污染的濃度並不高（因為甲苯容易揮發）。

2-4 甲苯的危害

苯、甲苯、乙苯、二甲苯與酚，都是重要的化學原料，用途廣泛，但也是主要的環境污染源之一，在原油及石油製品中都有，在石油的儲存、提煉、及運送都會洩漏出而污染環境。目前因國人環保觀念不足、業者傾倒溶劑、環保稽查人力不足、法令執行未能落實、與罰責太輕等因素，都讓環境污染問題日益嚴重，造成台灣寶島極大傷害。因為苯類溶劑對身體傷害甚劇，為了勞工安全、環境衛生、生態保育、水源乾淨等，政府各級相關單位以整合醫療資源、學術機構、民間環保團體、與社區民眾等力量，共同維護環境，減少污染，發展生物科技解決污染問題，並加強醫療人員處理急性暴露之能力，定期為勞工體檢，減少職業傷害與職業病，維護勞工與全民之身心健康。

甲苯對健康的影響以腦部最受關切，其會引起頭痛、恍惚與喪失記憶；是否會引起這些腦部症狀則視其暴露量與暴露期的長短而定。每天在工作場所的低、中度濃度暴露，會引起疲倦、恍惚、虛弱、類似酒醉症狀、記憶喪失、反胃與沒有胃口，這些症狀通常會在停止暴露後消失。研究人員不知道工作時低濃度暴露幾年後，是否會對腦部或身體造成永久性影響，但人們可能在工作場所長期暴露以後造成聽力損失。

甲苯會改變腎臟功能，但若暴露停止，大部分是屬於可恢復性的。若是飲酒又同時暴露甲苯，對於肝臟影響超過二者單獨對肝臟的影響，此現象稱為協同作用；甲苯與某些常用藥物如阿斯匹靈和 acetaminophen 的解熱劑同時服用，甲苯對於聽覺影響將會增加。

1975 年 Snyder 研究顯示急性暴露於高濃度的苯會抑制中樞神經，造成頭痛、頭暈、噁心、嘔吐、痙攣、全身不適、意識昏迷、心率不整、及死亡。1984 年 Grasso P. et al. 回顧許多職業暴露有機溶劑引發神經生理及精神疾病的文章，其中不少是 Scandinavian 的國家所發現的，研究顯示長期暴露於有機溶劑的工人，例如油漆工出現記憶障礙、協調統合障礙、與一些性格惡化變壞，這些被稱為“有機溶劑疾病 (organic solvent disease)”，造成工人被迫提早離開職場。因此有機溶劑暴露造成的職業傷害與職業病逐漸被發現與重視。

1985 年 Kellerova V. 為 40 位明顯暴露於苯的工人作腦波檢查，發現 22.5% 工人的腦波異常，45% 有接近異常閾值的發現，此異常有的是短暫插曲式的、有的

則廣泛散佈的、有的則兩者混合在一起，而且暴露於苯的工人 32.5% 其腦波頻率不穩定。睡眠週期的研究顯示 30% 暴露於苯之個案會很快進入較深之睡眠週期。

1993 年 Ottelio C. 研究一位因含苯與甲苯有機溶劑中毒昏迷之個案，發現其腦波從中毒初期至完全康復後幾天內會持續地出現陣發性慢波，個案有失憶症、激動不安、及意識混亂的現象。可見苯類溶劑對中樞神經系統之危害不小，且可自腦波圖客觀地觀察到其腦波頻率不穩定與有陣發性慢波。

1999 年 Miyagi 的研究，一位 22 歲男子因長期濫用甲苯七年，造成右手顫抖，以磁核共振檢查發現雙側基底核、紅核、及視丘的 T2 訊號減弱。以立體定位凝固左側視丘腹中核，才使得右手顫抖改善。

關於甲苯之研究方面，1990 年 Miyazaki T. 研究 51 位因吸食甲苯而入院之病患，發現男性平均 21.4 歲、女性平均 16.2 歲；入院血中甲苯濃度在 0.3~22.8mg/g；其中濃度小於 3mg/g 有 24 位，都無身體症狀；而濃度大於 3mg/g 有 27 位，有身體症狀者有 9 位，無身體症狀者有 18 位；入院若處於朦朧意識狀態者，其血中甲苯濃度都大於 10mg/g；而濃度在 0.8~5.2mg/g 有 28 位，有神經精神症狀者有 5 位；而全部病患中有神經精神症狀者則有 15 位，顯示血中甲苯濃度越高，身體症狀與神經精神症狀出現機會越高。因為甲苯在 12-24 小時之內就會代謝完畢，但是不管是測血液中的甲苯或呼氣中的甲苯都無法有效地跟實際暴露量或症狀有良好的相關（根據美國供業衛生師協會的規定，上班後尿液中的甲苯濃度應低於 1.0mg/L，呼氣中甲苯的濃度應低於 20ppm）。至於甲苯的代謝物馬尿酸，因為也會從其他食品添加物或其他化學物代謝而來，所以就算是沒有暴露甲苯的人也有可能測到尿中有馬尿酸，一般而言，超過 2.5g/g creatinine 才能比較確認為有甲苯的暴露。

許多研究顯示，動物在懷孕期吸了高濃度甲苯，會對胎兒造成危害；有些以高濃度甲苯餵食母獸，其胎兒並沒有顯現有外形缺陷，縱然可以見到部分的行為影響，我們無法肯定若母親在懷孕期攝入含低濃度甲苯的飲水或吸入低濃度甲苯蒸氣，是否會對胎兒造成危害，因為對人類的研究尚不夠清楚。然而若是有人在懷孕時蓄意吸入大量甲苯，胎兒可能有神經方面問題，成長與發育受阻。

職業暴露與動物研究顯示，甲苯不會引起癌症，國際癌症研究署與美國衛生人力部尚未將甲苯歸類為致癌性物質，環保署也已決定不將甲苯歸類為致癌性物質。

2-5 甲苯暴露劑量對人體的影響

甲苯是一種良好的非極性溶劑，也是一種高度揮發性的刺激物質。常接觸到甲苯的工作者，如油漆工人、加油站工作人員、從事聚亞氨酯（polyurethane）製造業勞工等，都必須接受定期健康檢查。以下為甲苯暴露在不同劑量所造成的影響。

1. 急性（短時間）的影響

- (1) 蒸氣濃度約 50ppm：輕微嗜睡和頭痛。
- (2) 50-100ppm：刺激鼻子、喉嚨和呼吸道。
- (3) 超過 100ppm：引起疲勞和暈眩。
- (4) 超過 200ppm：引起之症狀與酒醉類似，眼花、麻木和輕微噁心。
- (5) 超過 500ppm 引起精神混亂和不協調。
- (6) 更高濃度(約 10000ppm)則更進一步抑制中樞神經系統，會導致無意識和死亡。
- (7) 立即致死劑量：2000ppm（美國勞工安全衛生研究所）。
- (8) 中樞神經系統毒性：高濃度的甲苯會抑制中樞神經系統並有麻醉的效果。

2. 慢性（長時間）的影響

- (1) 神經系統：慢性中樞神經系統受損，記憶力喪失、睡眠不安、意志力不集中和動作不協調。
- (2) 長期暴露可能影響聽力。
- (3) 長期暴露於 200ppm 以下無明顯腎臟受損；500ppm 以下無肝臟影響。
- (4) 引起皮膚炎(皮膚紅、癢、乾燥)。

3. 致癌風險

雖然有流行病學報告指出暴露多種有機溶劑的混合物會增增癌症的罹患率，但是目前並沒有證據顯示單獨暴露甲苯會增加罹患癌症的機會，動物實驗亦沒有增加癌症的報告。

表 2 甲苯的暴露標準

機構	檢體	規定標準	附註
台灣勞工安全衛生研究所	空氣 (工作場所)	100ppm	八小時平均暴露量
美國工業衛生師協會	空氣 (工作場所)	100ppm	八小時平均暴露量
		150ppm	短時間最高暴露量
美國勞工安全衛	空氣(工作場	100ppm	八小時平均暴露量

生研究所	所)	150ppm	短時間最高暴露量
美國勞工安全衛生署	空氣(工作場所)	100ppm	八小時平均暴露量
		150ppm	短時間最高暴露量
美國環保署	飲用水	1ppm	盡力達到的最高值
		21.5ppm	一天的暴露
		3.46ppm	十天的暴露
		3.46ppm	長期的暴露(兒童)
		2.42ppm	終生的暴露

2-6 總脂質介紹

現代人生活緊張，飲食過於豐盛，卻又普遍缺乏運動，在一般的勞工體檢及成人之健康檢查中普遍發現血液中的脂肪濃度越高，總脂質的增加會加速動脈硬化疾病的產生，並且可能導致中風、心絞痛、心肌梗塞、主動脈瘤和尿毒症等。

總脂質主要包括膽固醇、三酸甘油酯及磷酯。人體攝入的脂肪，要能夠在血液中循環，一定要能溶於血中才行，因此利用溶於水的蛋白質攜帶不溶於水的脂肪。此種總脂質在血液中與蛋白質結合在一起的結合體，即稱之為「脂蛋白」。

血液中的脂蛋白主要包括：乳糜小滴、極低密度脂蛋白、中密度脂蛋白、低密度脂蛋白及高密度脂蛋白，此五種脂蛋白的來源、所攜帶的脂肪量與疾病的關係均各有所不同，其中低密度脂蛋白(LDL)和高密度脂蛋白(HDL)與血管動脈關係密切，因此做健康檢查時，除了做膽固醇及三酸甘油酯之外，還應該做脂蛋白測定，才能對可能發生的疾病有更正確的預測。

影響總脂質高低的因素複雜許多。儘管很多肥胖的中年人，同時有總脂質過高的問題，但是，正常體重或較瘦弱者，如果沒有正常的飲食、運動與生活習慣，總脂質過多的比例也不少。

總脂質數值容易受食物和其他因素影響，因此必須經過2-3次檢驗，才能真正確定結果。在做抽血檢查之前，請注意以下幾點以便使結果確實可靠：

1. 空腹 12 小時後才抽血。
2. 身體狀況正常。
3. 未服任何藥物。
4. 並無節食減肥。

第三章 研究方法

3-1 實驗規劃

為了測得甲苯真正進入體內的量，所以以血清作為採樣的介質。但受限於採樣的可行性和分析方法，所以改採用簡單、準確及便宜的採樣方式做採樣。本研究以人的血液作為採樣介質，針對濃度 100ppm 的氣態甲苯進行定量採樣；採樣完評估血液中實際吸收甲苯的量，因為血液成分相當複雜，牽涉到專業領域甚廣，若直接分析甲苯被血液吸收的量，困難度相當高；所以換個方式，在裝有血液的吸收瓶後端裝設活性碳管，採集經過血液而未被吸收的甲苯，再脫附分析活性碳管採集到的甲苯量，再以扣除法求出血液中甲苯的量。

經實驗結果證明每個人對甲苯吸收度都不同，而真正影響到甲苯在血液中溶解的程度，推測可能影響較大的為總脂質，因為有苯環的苯與類似的甲苯、二甲苯皆為良好之有機溶劑，屬於脂溶性，能充分溶解脂質。所以將總脂質高低與血液吸收甲苯量的量做關聯，讓我們可以了解總脂質的含量是否會影響血液吸收甲苯量。

3-1-1 儀器及設備

本研究是用一種新的評估方法，能反應氣體污染物由呼吸系統進入人體，對人體危害的實際狀況，以氣相層析儀、氣體偵測器等以下儀器作為研究

1. 動態標準氣體製造系統

(1) 氣體偵測器 MSA PASSPORT

λ 英文全名：Organic Vapor Monitor

λ 作用：偵測甲苯氣體濃度



圖 1 氣體偵測器

(2) 暴露腔

- λ 英文全名：Exposure Chamber
- λ 作用：採樣氣體儲存瓶
- λ 備註：訂做三孔採樣孔體積 1800mL

(3) 注射針幫浦

- λ 英文全名：Syringe Pump With Syringe
- λ 作用：需要精密控制輸液速率之注射。

(4) 浮子流量計

- λ 英文全名：Flowmeter Calitration
- λ 作用：控制氣體流速
- λ 備註：單位 L/min

2. 採樣儀器

(1) 低流量空氣採樣器

- λ 英文全名：Count pump
- λ 作用：維持穩定之採樣流量率。
- λ 備註：流量範圍 50~200 毫升/分鐘。

(2) 特殊安全瓶

- λ 英文全名：Exceptional safety bottle
- λ 作用：防止血液流入幫浦。

(3) 衝擊瓶

- λ 英文全名：Impingers
- λ 作用：空氣經過衝擊瓶後，化學物質和顆粒物被吸收或收集在瓶中液體介質中
- λ 備註：可吸收液添加量介於 5~100(ml)，適用之採樣流量率 5~3000 (ml/min)。

3. 總脂質測定

(1) 紫外線光譜儀

λ 英文全名：Ultraviolet spectroscopy；UV-Vis

λ 作用：分析材料透光率及反射率的儀器。

λ 備註：波長 546nm

(2) 總脂質測定劑

λ 英文全名：Total lipid

λ 作用：測定總脂質

4. 氣相層析儀

λ 英文全名：Gas Chromatograph system，GC

λ 作用：定性及定量分析化學物品比對化學結構及濃度

5. 活性碳管

λ 英文全名：Coconut Shell Charcoal，CSC

λ 作用：氣體樣品通過活性碳管時，將氣體中之待測化合物吸附在固體粒子上

λ 備註：長 7cm，外徑 6mm，內徑 4mm，吸收前段含 100mg 活性碳，後段含 50mg，兩端密閉之玻璃管。

6. 氣密室針筒

λ 英文全名：Microliter Syringes

λ 作用：濃度配置、配合分析使用

3-1-2 試藥

實驗所需之藥品和氣體，甲苯則是應用於檢量線製作，讓採樣結果對應到檢量線得知甲苯含量；二甲苯則是應用於檢量線製作之內標；二硫化碳則是應用於活性碳管脫附。

1. 甲苯 ($C_6H_5CH_3$)：分析試藥級，純度 99.0 % 以上。
2. 二甲苯 ($C_6H_4(CH_3)_2$)：分析試藥級，純度 99.9 % 以上。
3. 二硫化碳 (CS_2)：分析試藥級，純度 99.9 % 以上。
4. 硫酸 (H_2SO_4)：總脂質測定

以上溶劑或其混合溶液，係用以萃取活性碳吸附管內所採集的待測物，宜在使用前先經過分析，並應確定無干擾性雜質存在。藥品必要時可以氣相層析儀判定其純度。

3-2 研究架構流程

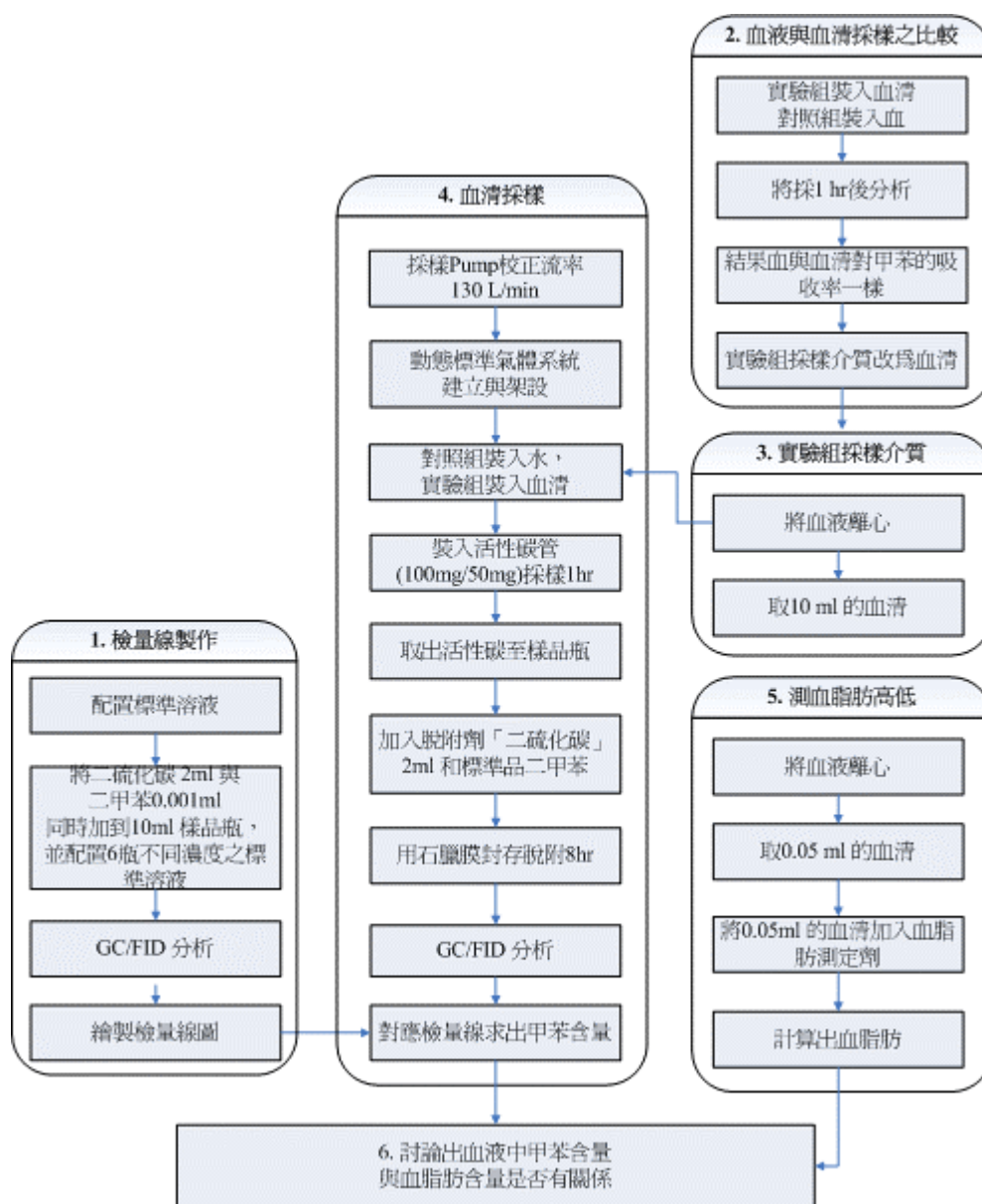


圖 2 研究架構流程圖

1. 為了得知活性碳管脫附甲苯的量，所以必須先製作檢量線。
2. 因為血液會有凝固的現象與起泡問題，增加了採樣時的困難度。經實驗結果得知，血與血清對甲苯的吸收度是一樣的，所以採樣時實驗組採樣介質改為血清。
3. 為了盡快取得血清，將血液離心(時間 10min 轉速 13000rpm)把紅血球與血清分開，取上層的血清至樣品瓶保存。
4. 為了防止活性碳管破出，將採樣條件設為流速 130L/min、時間為 1hr，脫附 8hr 後分析對應檢量線求得血清吸收甲苯的量。

5. 測量總脂質高低。
6. 將總脂質的高低與血液吸收甲苯的量做關聯，判斷總脂質是否會影響血液吸收甲苯量。

3-3 檢量線製作

因為活性碳管脫附後，無法得知甲苯的含量，所以要對應檢量線才能求得甲苯的含量。一開始溶劑(二硫化碳) 1ml 所需面積比(甲苯/二甲苯)1.82~2.36(v) 超出減量線範圍，所以將溶劑(二硫化碳) 2ml 所需面積比(甲苯/二甲苯)1.34~1.62(v)再檢量線範圍內。

(甲苯 0~4.5 μ l，溶劑：二硫化碳 2ml，內標：二甲苯 2 μ l)

表 3 使用二硫化碳作為溶劑之甲苯檢量線數據表

次數 甲苯濃度	甲苯與二甲苯面積比			
	第一次	第二次	第三次	平均
2.0mg/ml	0.94	0.95	0.94	0.94
2.5 mg/ml	1.18	1.17	1.17	1.17
3.0 mg/ml	1.4	1.4	1.4	1.40
3.5 mg/ml	1.67	1.67	1.66	1.67
4.0 mg/ml	1.88	1.89	1.88	1.88
4.5 mg/ml	2.16	2.17	2.15	2.16

如圖 12 使用二硫化碳作為溶劑之甲苯檢量線當做實驗參照標準，分別配置 6 種不同濃度的甲苯，進行儀器分析，分析結果，甲苯檢量線 R 值=0.9988。

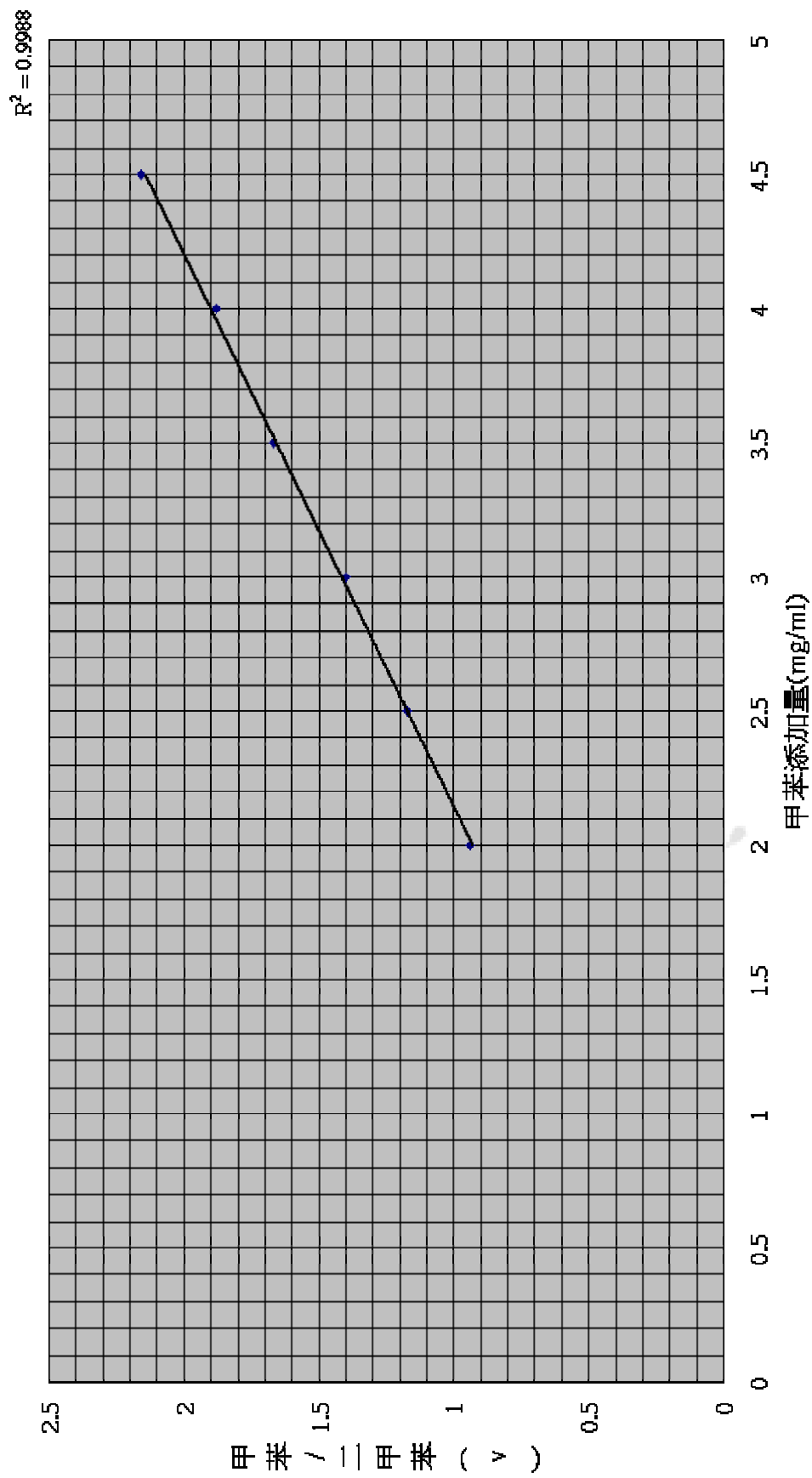


圖 3 甲苯檢量線

3-4 採血及離心

3-4-1 採血容器及收集量

1. 紅色橡膠塞採血管 (10ml)：未含抗凝血劑。
2. 灰色橡膠塞採血管 (10ml)：含 NaF。
3. 紫色橡膠塞採血管 (10ml)：含 EDTA。
4. 綠色橡膠塞採血管 (10ml)：含 Heparin。
5. 塑膠尖底離心管 (20ml)：未含任何保存劑。

以上是一般採血常用的採血管種類，本研究所使用的採血容器為綠色橡膠塞採血管及塑膠尖底離心管。以組為單位，一位同學為一組，使用四根採血管及兩根離心管。一組採約 30ml 的血液，離心後可得約 12ml 的血清。

3-4-2 離心

1. 抽完血後須將血液靜置 30~60 分鐘，待血液凝固完全後，離心分離血清，以避免溶血（註 1）現象產生。
2. 一般離心條件：抽血後四小時內離心，2500rpm；10 分鐘；室溫即可。本研究離心條件為 4000rpm；10 分鐘；室溫下（20~24℃）進行。
3. 離心時須將離心瓶瓶口以石蠟膜封緊，避免血液灑出。
4. 血液之組成分為血漿及血球，若未加抗凝血劑所分離出之上清液則稱血清，加抗凝血劑所分離出的則稱血漿。血球之分層，最底下是紅血球，介於紅血球與血漿之間之灰白層稱白血球衣（Buffy coat）（註 2），包含白血球及血小板及一些脂質。
5. 血清在室溫 20~24℃ 下可保存約 5~7 天，若冷藏在 2~8℃ 下可保存約 14 天，而在冷凍下（-70℃）則可保存約 2 個月。視用途而決定。

※註 1：所謂溶血是指紅血球因外在因素（例如毒素、藥物或血型不相同的血液、環境等）被破壞，將血紅素釋放出來，造成血紅素溶入血漿中。正常情況下，血液分離時，血漿是淡黃色透明的黏稠液體，在溶血發生後，會變成紅色黏稠液體，所以血色素若因紅血球破裂溶入血漿中，稱為溶血。

※註 2：所謂白血球衣（Buffy Coat）是指血漿與血球之交界處略呈灰白色的那一層，內含各種白血球，可抽取出 DNA 等遺傳物質以作基因方面的研究。

3-4-3 採血注意事項

1. 尋找身體強壯且無其他重大疾病之同學數位。
2. 每一採血管上需貼上標籤並標明號碼

3-5 血與血清採樣比較

由於血液本身黏度較高，在採樣時會產生許多小氣泡，使得安全瓶內的菜瓜布會吸收過多的氣泡，導致氣泡會被活性碳管吸收，另一方面血液有凝固的現象。相反的，血清產生的氣泡不易被菜瓜布吸收，而二者的吸收值相較之下差異不大，所以血清採樣更易於血液作為採樣介質。

表 4 血與血清採樣比較數據表

	1		2		3		4	
	血	血清	血	血清	血	血清	血	血清
甲苯/二甲苯面積比(v)	2.01	2.28	2.48	2.71	2.50	2.44	2.44	2.72
甲苯含量(mg/ml)	4.20	4.78	5.25	5.78	5.25	5.20	5.20	5.78
血清甲苯含量－血 甲苯含量的差異 (mg/ml)	-0.58		-0.53		-0.63		-0.58	

3-6 流率校正

氣態化合物的採樣方法，是以活性碳管作為固體捕集管(100mg/50mg)，其採樣流量從 0.01~0.2L/min 屬於低流量。最大的採樣量為 8L、最低的採樣量為 2L，所以本研究採樣流量 0.13L/min。

1. 確定電力是否已經足夠。
2. 校正前先開動採樣幫浦 2~3 分鐘，讓採樣幫浦暖機達穩定狀態。
3. 裝置好採樣介質（以活性碳吸附管為例）。
4. 使用活性碳管固定套管並與橡皮管連接。
5. 利用固體吸附管切斷器將活性碳管兩端截斷（段面直徑至少須達管徑的一半以上），並置入固定套管內。仔細觀察箭頭方向（箭頭朝採樣幫浦）並與橡皮管連接，且須注意連接處不要有洩漏。
6. 連接好採樣幫浦、橡皮管、100mL 的皂泡液與採樣介質時，須注意連接橡皮與採樣幫浦的進氣口處，各接頭是否良好，必要時可塗上凡士林避免有漏氣情形。
7. 先抽取數個皂泡管濕潤皂泡計內壁（觀察皂泡計內部是否清潔），可避免進行校正時皂泡破裂而使無法計算流量率（約數分之久）。
8. 使用一字螺絲旋起子旋開流量調節轉盤的保護蓋，並以一字螺絲起子調整採樣幫浦的流量率，順時針方向則計數器的數字跳得越快，逆時針方向則相反。
9. 將流量率調節轉盤上有十狀指針鈕旋開，調整在 20、40、60、80、100 處，利用碼表分別計算皂泡從刻度 0 移動至 100ml 時，紀錄計數器之計數總合以及所需時間（原則上採樣幫浦的每個設定克度至少量取三次）。

➤ (幫浦)空氣流率之計算

$$\text{流率}(mL/min) = \frac{\Delta V(mL)}{\Delta t(sec)} \times \frac{60(sec)}{(min)}$$

V：肥皂泡所上昇之體積 (mL)

Δt ：肥皂泡從 V0 (mL) 上昇到 Vn (mL)，所需之時間 (sec)

3-7 動態標準氣體產生器與採樣裝置

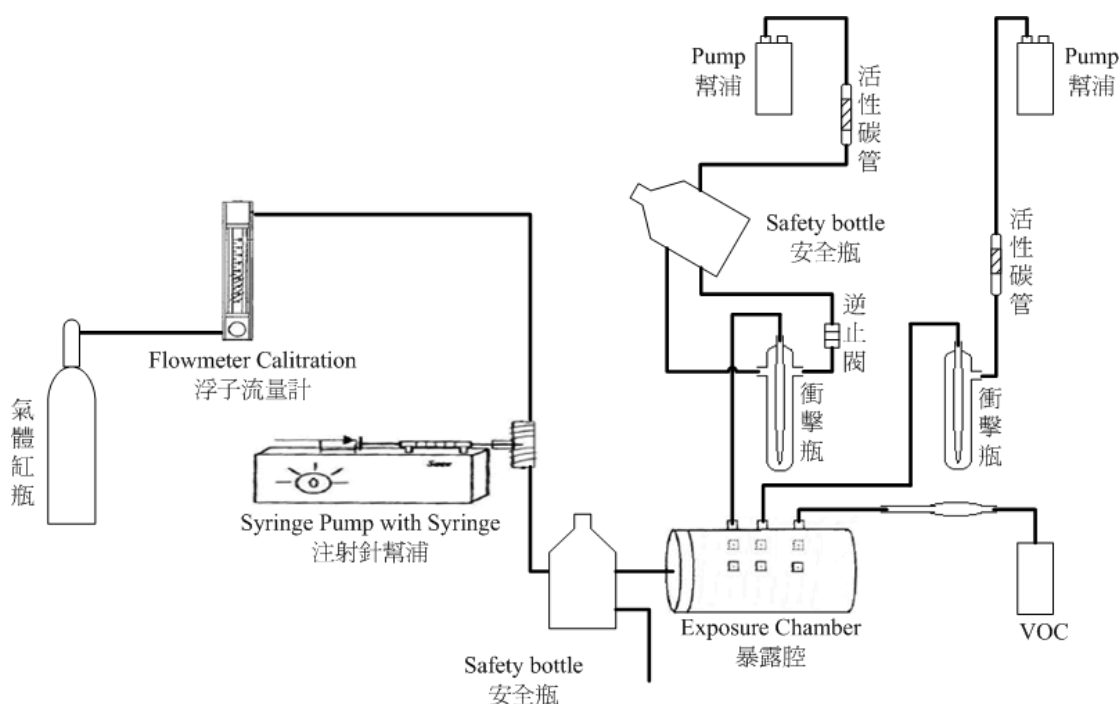


圖 4 動態標準氣體產生器與採樣裝置流程圖

3-7-1 動態標準氣體產生器

注射針筒驅動式主要是利用注射針筒定速注射液態的測試化合物進入揮發腔，而產生固定濃度之氣體，此時再以乾淨之載流氣體將此固定濃度之揮發物帶至混合腔，混合均勻後之標準氣體再流至暴露腔進行採樣。組裝之模型具選擇以不與分析污染物產生反應之材質，管線以惰性軟管(Tygon tube)及鐵氟龍管，暴露腔空間為玻璃材質所製；並以純空氣接上標準氣體產生器流通後以肥皂液檢視管線迴路系統間是否有漏氣現象。

雖然甲苯的流率能穩定控制在每分鐘 0.86μ ，但是浮子流量計沒有辦法精確的控制每分鐘 $2L$ ，所以要改變甲苯的流率以達到 $100\pm 10ppm$ 的甲苯氣體。因為暴露腔的空氣體積很大所以反應速度很慢，所以在暴露腔的前面加上一個安全瓶，安全瓶的空氣體積很小所以他的反應速度很快，只要安全瓶可以穩定達到 $100\pm 10ppm$ 的甲苯氣體，等 $2\sim 4$ 分鐘讓甲苯氣體充滿暴露腔後，就可以裝上實驗儀器。在實驗組與對照組儀器中有空氣所以要等待驗組與對照組儀器內充滿了甲苯氣體後，以VOC測試污染物甲苯($C_6H_5CH_3$)於實驗組與對照組儀器出氣口達穩定平衡才開始進行採樣。

因為氣體的流率會直接影響到產生氣體的濃度，所以必須將幫浦裝上並開起，此時甲苯氣體濃度會下降大約要等待 $5\sim 10$ 分鐘，等甲苯氣體回升達到 $100\pm 10ppm$ 後，裝入活性碳管與採樣的介質開始採樣。

➤ 配製特定氣體濃度時之注射針筒推進速率可以下式計算

$$\text{液體流率}(\mu\text{L}/\text{min}) = \frac{\text{預計產生氣體濃度}(\text{ppm}, \mu\text{L}/\text{L}) \times \text{稀釋氣體流率}(\text{L}/\text{min}) \times \text{化合物分子量}(\text{g}/\text{mol})}{\text{莫耳體積}(\text{L}/\text{mol}) \times \text{液體密度}(\text{g}/\text{mL}) \times 10^3}$$

1. 預計產生氣體濃度：100(ppm，mL/L)
2. 稀釋氣體流速：2(L/min)
3. 化合物分子量：甲苯 92(g/mol)
4. 莫耳體積：24.45(L/mol)
5. 液體密度：0.86(g/mL)

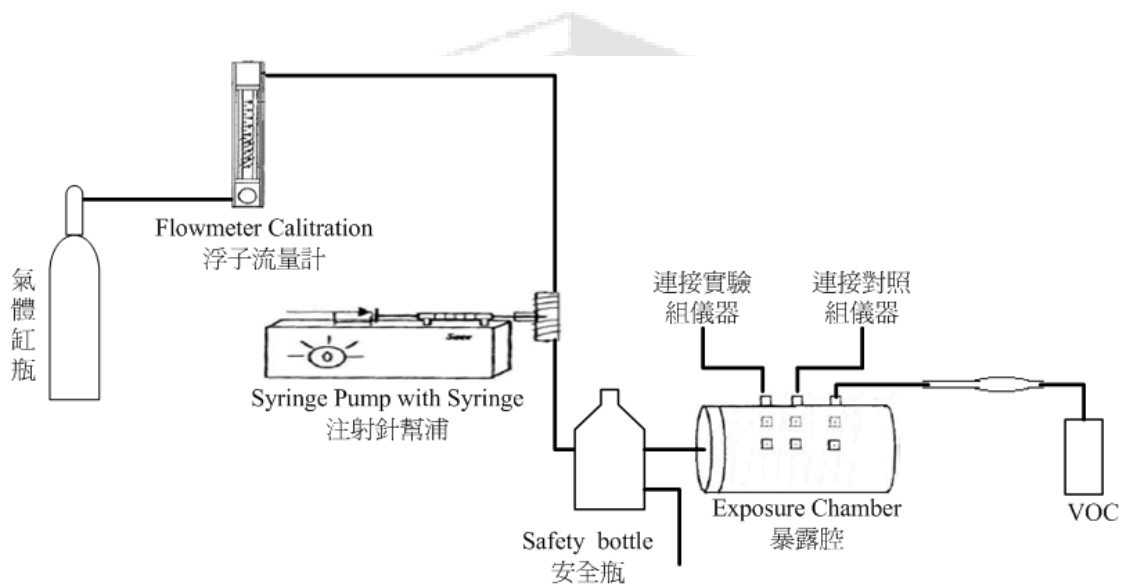


圖 5 動態標準氣體產生器流程圖



圖 6 動態標準氣體產生器組合圖

如圖 18 為採樣一小時甲苯氣體濃度變化曲線圖，從下圖可以看出在採樣前 20 分鐘，甲苯氣體濃度變化很大，原因是因為採樣幫浦啟動後，改變了暴露腔內的氣體流速。20 分鐘後暴露腔內的氣體流速穩定，甲苯氣體濃度就在 $\pm 2\text{ppm}$ 範圍內有規律的變化至採樣結束。

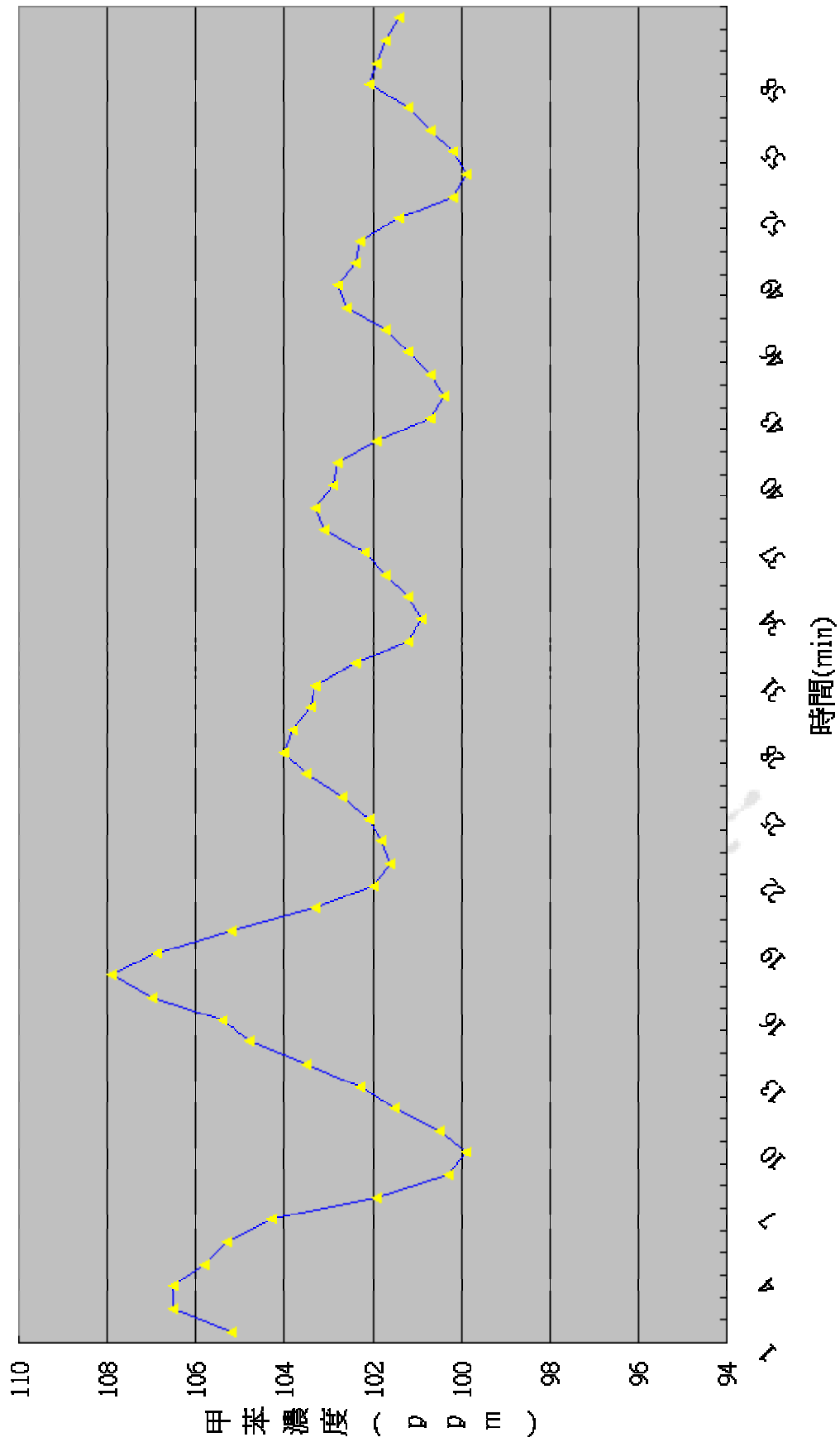


圖 7 甲苯氣體濃度變化曲線圖

3-7-2 採樣裝置

架設兩組採樣裝置，同時進行空氣採樣，第一組作為實驗組(衝擊瓶內放置血清)另一組作為對照組，氣體通過實驗組儀器與對照組儀器後空氣流速不會改變。採樣泵流速設定於 130 mL/min，採樣時間為 1 hr，並記錄採樣時之溫度、氣壓及採樣泵前後之流速。採樣完後，立刻以吸附管蓋密封兩端封口，送回實驗室進行脫附及分析。

表 5 採樣影響條件

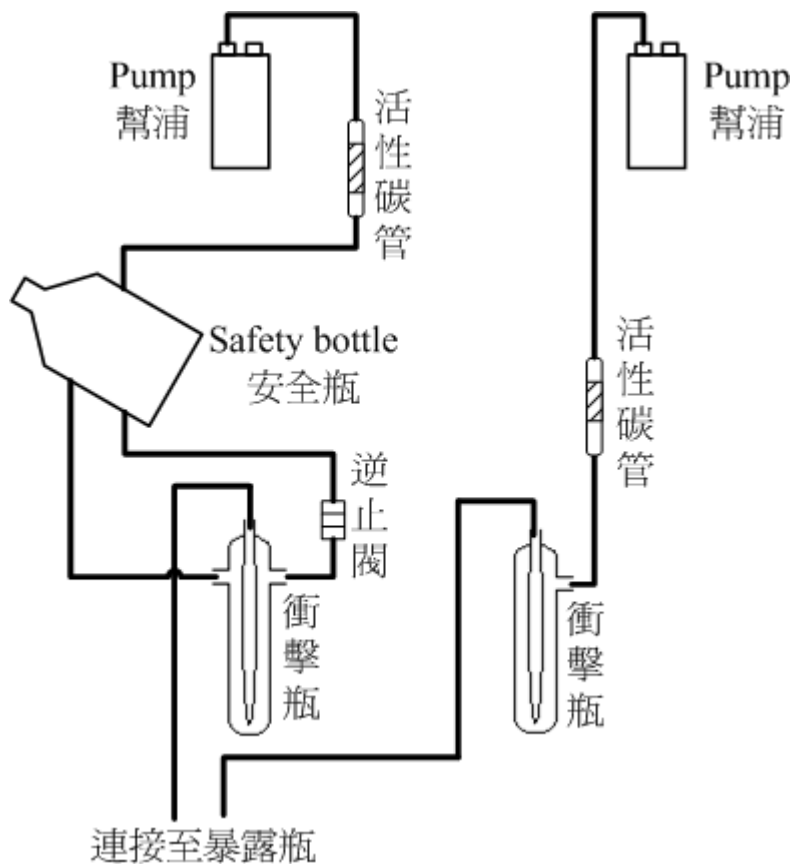
影響因素	影響
溫度	所有之吸附作用均屬放熱反應，溫度高時吸附能力減低，且如被吸附物間或吸附物與吸附劑表面會引起反應時，溫度上升時會使反應更激烈。
溼度	水蒸氣可被極性吸附劑吸附，因此採樣時之吸附量會降低。
採樣流量率	高流量率時，固體吸附劑能吸附的對象物質之體積會變小，活性碳管在高溼度時，吸附能力會降低，低採樣流量率時吸附體積會減小。
濃度	空氣中有害對象物濃度高時，吸附劑之吸附能力增加但吸附體積則減少。

➤ 採樣方法改善及建議事項

1. 安全瓶從原本 50ml 改成 100ml，孔徑加大。
2. 安全瓶內加入菜瓜布能延長採樣時間。
3. 儀器使用前需將上次實驗後清洗的殘留水份烘乾。

3-7-3 實驗組儀器介紹

採樣時血清起泡會從衝擊瓶左邊的管線吸到安全瓶裡面，而右邊的管路有加裝逆止閥，所以氣泡不會從右邊的管路吸到安全瓶裡面如圖21；這時當氣泡吸到安全瓶裡面後，因為有菜瓜布阻擋所以氣泡會破掉，不會被吸到活性碳管裡面，因此氣泡破掉後血清會累積在安全瓶的下端，大約2~4ml後就會從右邊的管路流回衝擊瓶內如圖22。



3-8 樣品脫附

本實驗操作的過程中，樣品脫附的步驟將在以下列出。每個步驟的細節都謹慎完成，以確保實驗的正確性。

1. 脫附步驟

- (1) 打開蓋子，把前端之玻璃綿拿出丟棄（或是取出後端之 PU 泡綿）將前端之活性炭倒入 10 mL 樣品瓶中。
- (2) 每個樣品瓶內加入 2 mL 的脫附劑二硫化碳（CS₂）與標準品二甲苯（C₆H₄(CH₃)₂），立即蓋上瓶蓋，並以石蠟薄膜加封。
- (3) 放入冰箱保存
- (4) 靜置 8 小時。
- (5) 取 1 μ 分析物，注入氣相層析儀（GC）分析。

2. 保存注意事項

活性炭吸附管在採樣完成後，應避免高溫 45 °C 以上與日照，並應在 48 小時內完成待測物脫附與分析工作。

3-9 儀器(GC)操作條件之設定

表 6 儀器分析條件表

使用之脫附劑(吸收劑)	CS ₂ (活性碳管)
載流氣體(ml/min)	H ₂ : 33ml/min
	N ₂ : 3.8ml/min
	AIR : 400ml/min
溫度(°C)	注射器溫度 : 225 °C
	偵測器溫度 : 250 °C
	分離管注溫度 : 100 °C , 持續 4min 每分鐘 20°C 升溫至 150°C、持續 1 分鐘。

► 儀器(GC)操作注意事項

1. 本方法所使用之化學藥品部分具有高毒性與致癌性，可能對人體健康有害，進行分析實驗者儘可能避免吸入有機溶劑或直接暴露。
2. 在樣品前處理與配置標準品時，操作人員應穿實驗衣、戴防毒口罩及手套，並在排煙櫃中進行必要操作。萃取用溶劑二硫化碳(CS₂)有強烈異臭，應一直保持在排煙櫃內進行萃取操作。
3. 干擾
 - (1)分析過程中主要干擾來自試藥及萃取溶劑中所含之雜質，宜使用純度 99 % 以上之分析級試藥及 99.95 % 以上殘量級之溶劑，否則應使用蒸餾法純化之，分析時必須執行空白試驗。
 - (2)干擾亦可能來自成分複雜的空氣樣品，以致造成層析圖中訊號重疊，必要時須以氣相層析質譜儀 (GCMS) 進行確認工作。

3-10 總脂質測定

材料的組成

Astandard = 溶液 1 (standard) 0.05 mL + 硫酸 2.00 mL

A sample = 試料 (血清) 0.05 mL + 硫酸 2.00 mL

需將上述的兩種藥劑加熱十分鐘

加熱後將其冷卻

藥劑空白液 = 硫酸 0.1 mL + 溶液 2 (color reagent) 2.5 mL

◇ Astandard = 0.10 mL 的 Astandard + 2.5 mL 溶液 2 (color reagent)

◇Asample=0.10 mL 的 Asample+2.5 mL 溶液 2 (color reagent)
冷卻後各取 0.10 mL 與 2.5 mL 的溶液 2 混合調配出◇Astandard 與◇Asample
充分混合後靜置 30 分鐘

30 分鐘過後將其試料拿去 UV 分析

分析後得其數值 藥劑空白液 ◇Astandard ◇Asample

◇Astandard - 藥劑空白液 = ▽Astandard

◇Asample - 藥劑空白液 = ▽Asample

將其求得之數值帶入公式

計算

Total lipid 的濃度 (mg/dL) = $1000 \times (\nabla\text{Asample} \div \nabla\text{Astandard})$



第四章 實驗數據

捐血者編號：1				
基本資料	姓名：陳人豪		性別：男	
	身高：165		體重：70	
	年齡：21		血型：A	
總脂質與血清採樣數據				
實驗組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.29	1.38	1.37	1.35
甲苯含量(mg/ml)	2.81	2.9	2.88	2.86
對照組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.42	1.42	1.42	1.42
甲苯含量(mg/ml)	3	3	3	3
血清吸收甲苯的量(mg/ml)	0.14			
總脂質(mg/dL)	431.32			
總脂質與血清採樣數據				
實驗組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.35	1.36	1.35	1.35
甲苯含量(mg/ml)	2.86	2.87	2.86	2.86
對照組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.5	1.51	1.51	1.51
甲苯含量(mg/ml)	3.18	3.19	3.19	3.19
血清吸收甲苯的量(mg/ml)	0.33			
總脂質(mg/dL)	721.74			

捐血者編號：2				
基本資料	姓名：蘇煜昇		性別：男	
	身高：166		體重：61	
	年齡：21		血型：O	
總脂質與血清採樣數據				
實驗組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.31	1.31	1.31	1.3
甲苯含量(mg/ml)	2.76	2.76	2.7	2.76
對照組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.43	1.42	1.42	1.42

甲苯含量(mg/ml)	3.01	3	3	3
血清吸收甲苯的量(mg/ml)	0.24			
總脂質(mg/dL)	455.2			
總脂質與血清採樣數據				
實驗組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.38	1.36	1.36	1.37
甲苯含量(mg/ml)	2.9	2.87	2.87	2.88
對照組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.62	1.63	1.62	1.62
甲苯含量(mg/ml)	3.44	3.45	3.44	3.44
血清吸收甲苯的量(mg/ml)	0.56			
總脂質(mg/dL)	820.26			

捐血者編號：3				
基本資料	姓名：連慧錦		性別：女	
	身高：151		體重：45	
	年齡：21		血型：AB	
總脂質與血清採樣數據				
實驗組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.33	1.32	1.33	1.32
甲苯含量(mg/ml)	2.79	2.8	2.8	2.8
對照組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.44	1.45	1.44	1.44
甲苯含量(mg/ml)	3.09	3.08	3.09	3.09
血清吸收甲苯的量(mg/ml)	0.29			
總脂質(mg/dL)	553.4			

捐血者編號：4				
基本資料	姓名：楊鐸芸		性別：女	
	身高：170		體重：50	
	年齡：21		血型：B	
總脂質與血清採樣數據				
實驗組	第一次	第二次	第三次	平均
甲苯/二甲苯面積比(v)	1.35	1.35	1.35	1.35
甲苯含量(mg/ml)	2.86	2.86	2.86	2.68
對照組	第一次	第二次	第三次	平均

甲苯/二甲苯面積比(v)	1.48	1.49	1.48	1.48
甲苯含量(mg/ml)	3.14	3.15	3.14	3.14
血清吸收甲苯的量(mg/ml)	0.28			
總脂質(mg/dL)	471.75			



第五章 結果與討論

5-1 評估傳統的採集量與實際人體吸收的落差

由於甲苯常用為塗料稀釋劑、表面油污擦拭劑及混存於其他清洗溶劑中，因此在容許暴露濃度以下時，很容易可察覺其存在；又因甲苯是一種中樞神經抑制劑，所以國內曾發生多起油漆工人於通風不良場所工作，因甲苯暴露濃度過高，而造成勞工昏迷之傷害事故。其主要之暴露途徑為呼吸道吸入，再經由尿液排出體外。甲苯在暴露後 5 小時會從體內代謝，主要的代謝物為苯甲酸 (Benzoic acid) 並會立即與氨基乙酸 (glycine) 結合成為馬尿酸 (Hippuric acid) 再經由尿液排出體外。目前作業環境苯類溶劑暴露評估，大多使用主動式採樣，將幫浦配戴在勞工身上進行採樣，但現今為了能正確評估個人暴露危害物質所受脂危險性，估計進入的有效劑量或體內劑量，更需進行生物偵測，以彌補環境偵測造成的缺陷。

生物偵測毒性物質，經由吸收、分佈、代謝及分泌的結果，會有相當程度的內在劑量 (internal dose) 分佈在人體中，而且是在體液中可偵測得到的。當毒性物質與標的器官 (critical organ) 的接受器產生交互作用，則會產生生化或細胞的影響。內在劑量、特殊的生化及細胞作用應該都可用生物偵測的方法偵測。故傳統評估方法是偵測體內代謝物馬尿酸作為評估標準，但因為甲苯已在體內被其他器官吸收，所以實際吸收甲苯的量應會比尿液中測的量得多。本研究為內在劑量偵測甲苯被人體吸收後，存在於血液中之有害物濃度所作相關實驗。

5-2 開發能反應各污染物由呼吸系統對人員造成危害的實際狀況

呼吸系統主要功能為肺臟與血液之氧氣與二氧化碳交換，肺臟的特性就是容易的轉送物質，因為呼吸系統有以上的特性，所以不能有效的防止毒物吸入體內，也是有害物進入人體最主要的途徑，也是最容易、最快速及最直接的暴露途徑。

所以當污染物氣體被人體吸入，會經由鼻腔、咽、喉、氣管至肺臟內，肺臟肺泡中吸入的污染物氣體，與肺循環中肺動脈帶來含二氧化碳的氣體，經由擴散作用使彼此間行氣體的交換，由以上的過程吸入的污染物氣體可通過肺泡進入體內如圖 29，故肺泡為血液與毒物或毒物顆粒進行交換的地方。

肺泡內的血液是毒性物質進入體內最初的地方，所以本研究將血液作為採樣介質透過衝擊瓶，將污染物氣體通過血液，模擬血液與污染物氣體在肺泡內行

氣體交換的過程，來求得污染物氣體進入體內的量。

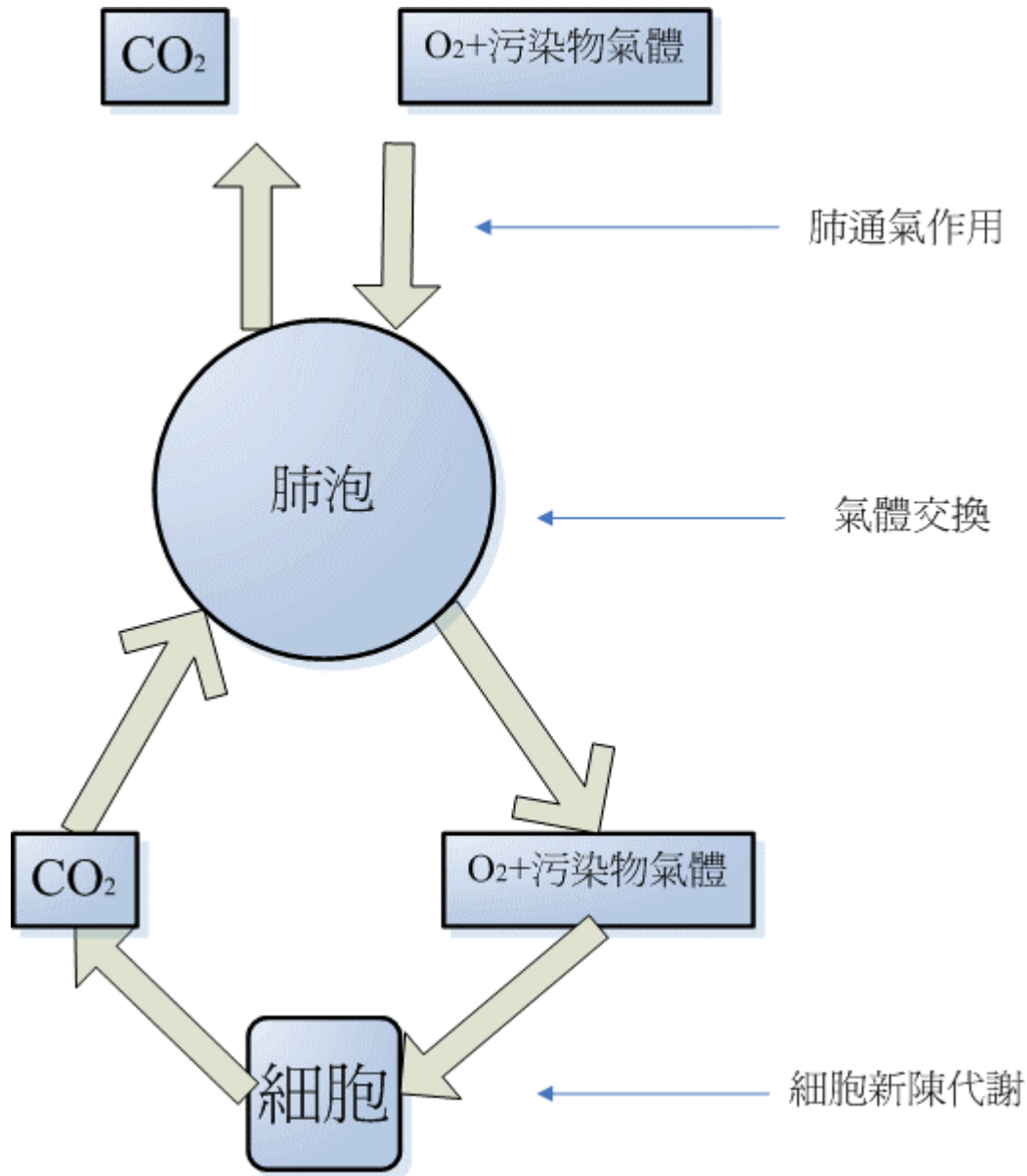


圖 8 呼吸作用各階段圖

5-3 總脂質(Total Lipid)高低與血液吸收甲苯的量是否有直接關係。

以一般人檢查總脂質(三酸甘油酯+膽固醇+磷脂)成年男性正常值總脂質 360~790mg/dL 成年女性總脂質 360~790mg/dL，本研究測出總脂質 431.32mg/dL~820.26mg/dL。

由於甲苯為脂溶性的物質能充分溶解於脂質內，因此本研究假設若人體內的總脂質高低會直接影響甲苯的吸收度。由六組數據得知，總脂質高低與甲苯的吸收量呈現出正比的關係。

由六組數據的總脂質高低從小排到大，繪製總脂質與血液吸收甲苯的量的直方如圖 24，可以看出血液中總脂質含量高低與甲苯的吸收量有呈現出正比的關係。

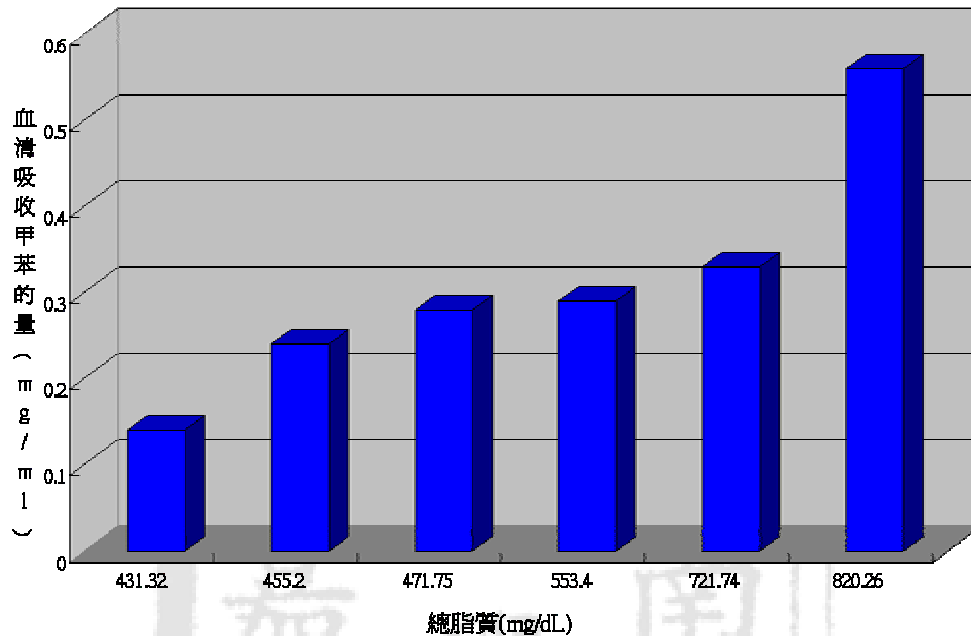


圖 9 總脂質與血液吸收甲苯的量關係圖

5-4 脫附時揮發問題與血液離心之討論

本研究活性碳管在脫附時間為8小時，製作檢量線是用二硫化碳2ml二甲苯2 μ l，因為基質效應在脫附時也需用二硫化碳2ml二甲苯2 μ l，二硫化碳在常溫下屬於易揮發的有機化合物，在脫附的過程中可能因石蠟膜的破裂或沒有給於多一層的加封蓋住，導致二硫化碳揮發而造成實驗的誤差。

每一次的脫附過程中，都設法避免有機溶劑的揮發，做了很多預防措施。當事後發現有揮發的氣體流出，就要進行一般或局部排氣，把有機溶劑排出，供給充分新鮮空氣以補充排氣系統抽出的空氣。二硫化碳可經皮膚跟鼻腔進入人體，當長期暴露於此環境下會造成中樞及末梢神經、心血管、腸胃、腎、內分泌和眼睛的疾病。

當血液被抽出時，可經由超音波震盪器將分子均勻攪拌後，再去離心，其效果會較好，但由於經費的不足，無法添購超音波震盪器。大都是由手動的姿勢去完成此步驟。

5-5 血液起泡之解決方法

本研究以血液做為採樣介質，將有毒氣體經過衝擊瓶後，讓血液吸收有毒物質，當有毒氣體通過血液時，會造成血液起泡使血液被抽入幫浦內，實驗被迫中止。為了解決血液起泡的問題，本研究嘗試過3種方法，最後在衝擊瓶上裝設本研究設計的逆止迴流裝置。

因為血液本身黏稠性較高（黏度約4.5~5.5cps），所以氣體通過血液後會有起泡的現象產生，而影響血液黏稠度的因素有紅血球、血小板、纖維蛋白原、血脂和血糖等許多指標。血液內的紅血球約占45%，本研究將血液中的紅血球取出以血清作為採樣介質，因本實驗探討的因素是血脂，所以將紅血球除去，不會影響實驗結果，經實驗結果得知血液與血清的吸收度一樣，本研究決定將採樣介質改為血清。經採樣結果得知血清的起泡程度比血液少許多，但因血清內含有血小板、纖維蛋白原、血脂等，所以血清的黏稠性還是太高，在衝擊瓶內產生的氣泡不易破掉，氣泡依舊沿著管路被吸入幫浦。

如果要將血液中的血小板、血糖等取出是很困難的，本研究決定改變實驗儀器，在衝擊瓶內裝入菜瓜布來阻隔氣泡。將菜瓜布剪成適當的大小後再從中間剪出一個小洞，把衝擊瓶的入氣管穿過菜瓜布，分成3層等距分開如圖25。採樣約40分鐘後血清依舊被抽入幫浦內，菜瓜布是有阻擋氣泡的作用，但是當菜瓜布吸收血清後，就失去阻擋氣泡的作用。血清的黏稠性與血脂和血糖等成正比的關係，所以每個人的血脂和血糖都不同，血清起泡的程度也不同，血清的黏稠性與採樣的時間成反比，所以當採樣時血清的黏稠性太高，就無法達到所需的採樣時間。雖然這個方法有幾次採樣時間超過1小時，但是這個方法非常不穩定，此方法無法斷絕血清起泡的問題。

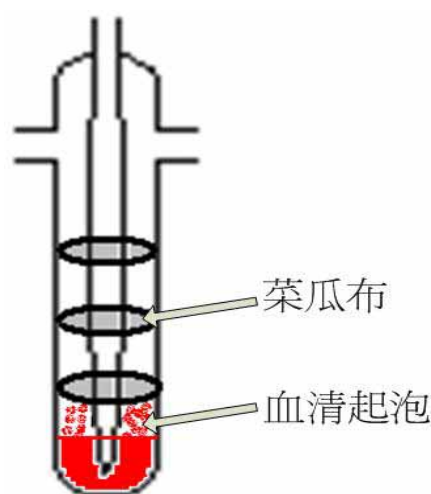


圖 10 菜瓜布分層阻擋

最後在衝擊瓶上裝設由本研究室自行設計的逆止迴流裝置，來防止抽氣時血清冒泡流失，經本研究的測試結果加裝逆止迴流裝置後，經過多次的測試結果，採樣時間最少可以延長 4 個小時而且不受血清的黏稠性影響，採樣的過程也非常的穩定，本研究設計的逆止迴流裝置已成功解決血清起泡的問題。

5-6 標準氣體產生器問題探討

如圖 26 為本研究標準氣體產生器穩定性測試結果。進流氣體濃度設定為 100PPM。由實驗數據得知經過一小時，VOC 濃度變化值為 ± 10 之 100PPM 以內，因此本研究使用標準氣體產生器穩定性佳。

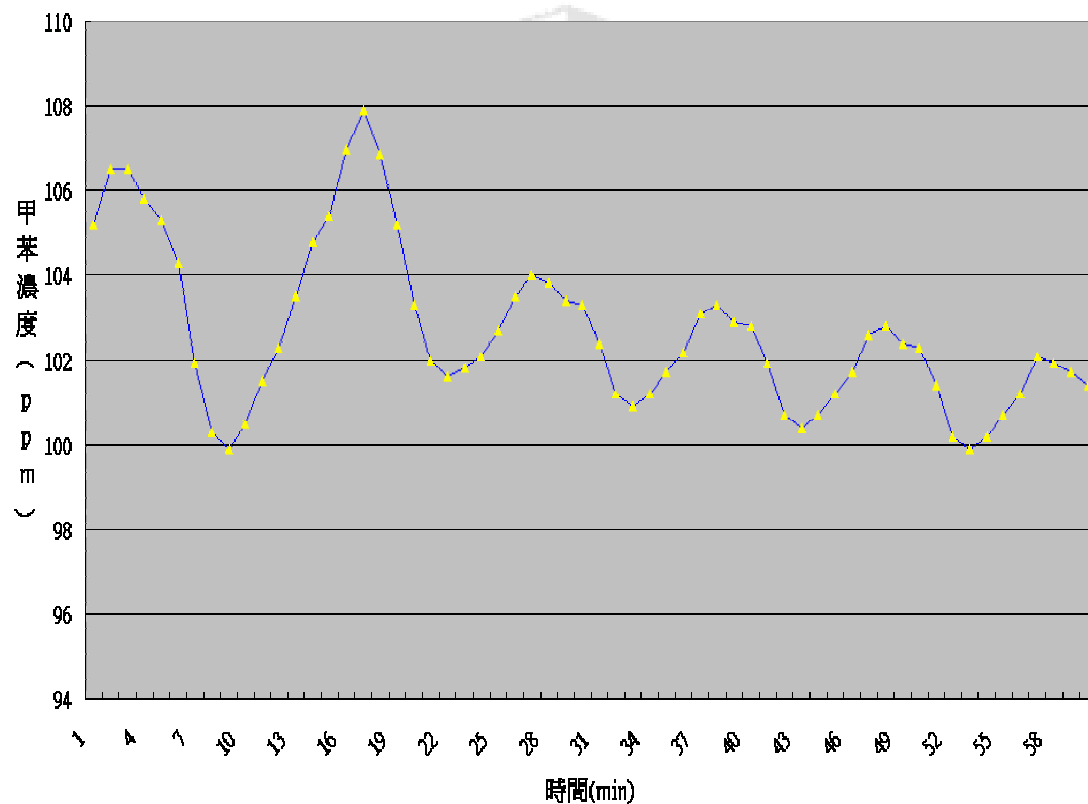


圖 11 甲苯氣體濃度變化曲線圖

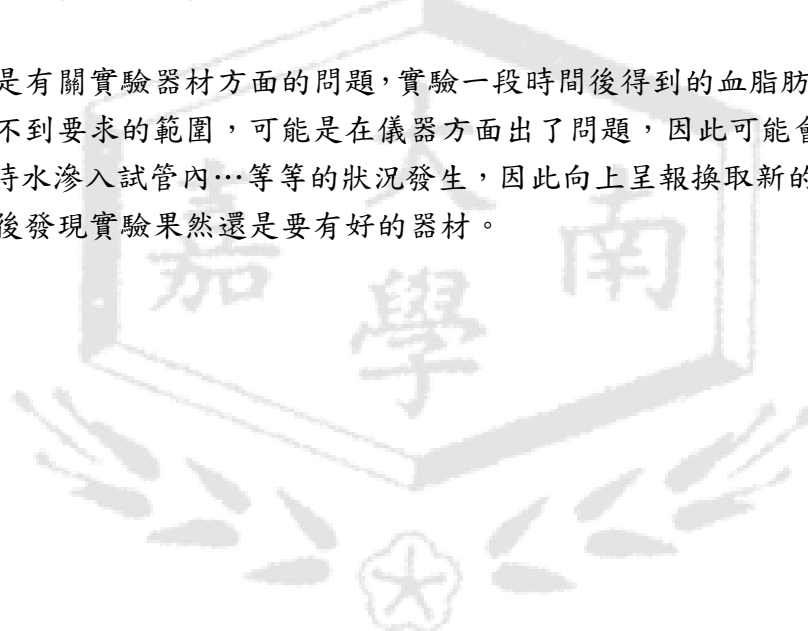
本研究的採樣過程都在抽氣櫃內，採樣時如果將抽氣櫃的櫥窗高度改變，會影響標準氣體產生器的濃度變化，主要的原因是因為抽氣櫃啟動後，抽氣櫃內會呈現穩定的負壓的狀態，當把抽氣櫃的櫥窗往上拉，抽氣櫃的進氣口加大了相對的，抽氣櫃內的負壓會變成正壓。在抽氣櫃內的負壓變成正壓時，標準氣體產生器的暴露腔壓力也會受到影響，因而造成氣體流速改變。因此本研究在採樣時避免壓力改變，採樣過程中不隨意移動抽氣櫃櫥窗，以免改變標準氣體產生器的濃度，而影響了實驗數據。

本研究標準氣體產生器的氣體來源為氣體鋼瓶(CO gas tank)，在氣體鋼瓶快用完時，流入標準氣體產生器內的氣體壓力與空氣流速都會不穩定，因而造成濃度變化非常大。

5-7 血脂肪測定實驗所遇到的阻礙

這整個血脂訪實驗中有兩次主要的實驗失敗原因，其一是有關於定量方面的問題，發現的原因是在長期做實驗下來已經有累積了的數據，因此把數據拿出來做了比較，卻發現落差甚大，同一樣本的血清所做出來的數值相差很大，可能的原因便是在定量上出了問題，於是改變實驗進行的方法，統一由一個實驗組員單獨進行，再次實驗後證實是在定量上出了問題

其二是有關實驗器材方面的問題，實驗一段時間後得到的血脂肪數值其誤差值一直達不到要求的範圍，可能是在儀器方面出了問題，因此可能會有定量不準、加熱時水滲入試管內…等等的狀況發生，因此向上呈報換取新的實驗器材，用新器材後發現實驗果然還是要有好的器材。



第六章 結論

本研究已成功研發出一種能反應各污染物由呼吸系統進入人體之新採樣方法。目前本實驗是以甲苯作為研究，希望未來可由其他氣體污染物來做測試，看是否也適用這種採樣方法。

從本研究實驗結果得知，影響人體吸收的甲苯量，主要原因推估與總脂質有直接關係，由本研究的六組數據有趨勢總脂質與血液吸收甲苯的量成正比關係，但因樣本數不足所以不能明確知道血脂肪與血液吸收甲苯的量有直接的關係。所以需要 20~30 個樣本數讓本研究結果更具說服力，就能評估出勞工人體健康條件是否適合從事甲苯暴露之作業環境。因此雇主可採用本研究之評估方法所測得的結果，可讓雇主從體格檢查的總脂質高低做為勞工篩選條件，來評估是否適合於甲苯工作場所進行作業，更讓勞工作業時可由定期健康檢查來了解自己的健康狀況，並防止在甲苯工作場所暴露後所造成的傷害。

在研究中配合醫學檢查及人體健康資料與實驗結果比較分析後發現，某些同學在習慣性的生活作息不規律或飲食不正常的情況下參與本次研究，由這些同學的血清中確實顯示出總脂質含量有偏高的情形。因此可推測出人體健康情形對甲苯的吸收量有直接的影響關係。

未來，本研究還希望能與醫學方面的科技做合作，發展出更精確的評估技術，作為勞工作業工作場所中一項健康保障。

參考文獻

1. S.Q.HeeEd, Biological Monitoring : An Introduction, Van Nostrand Reinold, New York, 1993
2. Y.Y.Jamg and P.O.Droz, Appl.Occup.Environ.Hyg., 11 (8), 1092-1096 (1996)
3. R.R.Lauwerys and P.Hoet, Industrial Chemical Exposure : Guidelines for Biological Monitoring, 2 Ed., Lewis Publishers, Florida, 1993
4. 中國農業化學會誌(1998)。
5. 張吳名任,「由勞工健康保護規則及國外有關制度探討我國生物偵測技術之建立」,行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所,民國82年。
6. 劉希平,蔡俊鴻,「揮發性有機物之採樣分析方法及 QA/QC」,環境檢驗通訊雜誌,第23期,民國88年3月。
7. 章婉瑩、潘致弘、伊順君、林德賢、謝俊明、楊末雄,「勞工血液中鎘生物測分析方法之研究」,勞工安全衛生研究季刊,第四卷第二期,民國85年6月。
8. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所,「作業環境有害採物採樣分析參考方法驗證準則」,第一版(1995)。
9. 石東生、錢葉忠,「應用非侵入性生物指標方法以檢測四氣以烯之職業暴露程度」,行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所,民國86年10月。
10. 謝俊明「生物偵測」,勞工安全衛生簡訊,第9期,2003。
11. 郭育良、李憶農、李俊璋,「國內苯之製造及使用工廠作業環境暴露評估」,行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所,民國82年6月。
12. 王榮德、蔡松彥、趙坤侑、陳仲達、趙文雲「苯、甲苯、二甲苯作業環境之危害:生物偵測技術及神經行為系統之評估」,行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所,民國82年6月。
13. 湯大同,「有機溶劑採樣中相對溼度對活性碳吸附管之影響」,勞工安全衛生研究季刊。
14. 楊冠洋、毛方義、謝俊明,「甲苯、二甲苯生物偵測分析及驗證」,勞工安全衛生研究季刊。
15. 黃文玉、汪禧年,「作業環境空氣中氫氟氯碳化物研發採樣分析法訪研究」,勞工安全衛生研究季刊,民國85年6月。
16. 台禹科技股份有限公司 鄭凱文先生,「空氣污染檢測概述」,台灣環保產業雙月刊,民國92年4月20號。
17. 「第四章 運輸作用」,國民中小學生物教科書 上冊,國立編譯館主編,民國88年。
18. 魏耀輝等譯,「生物化學原理」,國立編譯館。
19. 何敏夫,「血液學」,合記圖書出版社。

20. 莊侑哲編著 胡隆傑校訂，「工業衛生」，高立圖書有限公司。
21. 行政院勞工委員會，作業環境測定，民國 79 年 6 月。
22. 行政院勞工委員會，物理性危害因子作業環境測定教材，民國 81 年 6 月。
23. 翁寶山，原子科學導論，茂昌圖書有限公司，民國 84 年 9 月。
24. 劉宗榮等編譯，基礎毒理學，藝軒圖書出版社，民國 85 年 6 月。
25. <http://www.skh.org.tw/blood/consultant/08.htm>，「檢驗結果的解讀」，新光醫院病理檢驗科主任 陳東榮醫生。
26. 作業環境測定實驗/莊侑哲、孫逸民、劉宏信/全威圖書有限公司，民國 87 年 8 月。
27. 新編生理學/麥麗敏/永大書局有限公司，西元 2003 年 9 月版
28. <http://ceiba3.cc.ntu.edu.tw/course/4f786b/paper/11.htm>，「巨量礦物質營養素與水份」。
29. <http://www.wsjk.com.cn>，人民健康網
30. <http://www.iosh.gov.tw/>(勞工安全衛生研究所)
31. <http://www.doli.taipei.gov.tw/matedata.htm>(勞檢處)
32. <http://www.doli.taipei.gov.tw/matedata.htm>
33. <http://omih.mc.ntu.edu.tw/creod/iosh/articles/toluene.htm> 台大職業病防治中心。
34. http://www.niea.gov.tw/index_Frame.htm 中華明國行政院環境保護署 環境檢驗所。
35. http://www.doctor.org.tw/periodical_detail.php?id=123 高雄市醫生公會。
36. http://140.123.226.100/epsport/week_february18.htm 運動生理學網站 運動生理週期 主持：林正常博士 編輯：王順正博士
37. <http://www.hedonist.com.tw/tw/linksb01.asp> 友合生化科技股份有限公司
38. <http://www.vghtpe.gov.tw/pat/lab/lab052.htm> 台北榮民總醫院 生化檢查簡介