

# 第一章 緒論

## 1-1 研究動機

近年來由於癌症病患日益增多，導致醫院中應用於癌症病患之化學治療藥品，也相對的增加。而這些化學治療藥品(簡稱化療藥物)，多數已被 International Agency for Research on Cancer (IARC) 認定為可能對人類致癌之藥物，故棄置之後屬於危害性廢棄物，在儲存、清運及處理時應非常小心，因這些化學治療藥品若未加以適當處理對醫院工作人員、病患、及附近居民以及清運處理等操作人員之健康皆有嚴重之威脅。

目前使用最頻繁之化學治療藥物，如 5-Fu、MTX、cisplatin、Daunomycin、Endoxan.....等，在使用過程中常先抽出藥物打入點滴瓶內稀釋，再以靜脈注射方式注入人體內。而點滴滴完後仍殘留部份藥劑，成為醫院廢棄物之一部份，另外使用之原液，雖經稀釋，仍在瓶內有濃度的殘留，這些小型的藥瓶，亦成為醫院廢棄物。依據初步統計每一癌症病人每次化療後約有 0.11kg ~ 0.23kg 之化療廢棄物。

這些化療廢棄物目前因無標準的處理規範，而盛裝化學治療藥品之容器，常為玻璃瓶，在焚化上產生很多困擾，目前許多醫療機構將化學治療之廢棄物與感染性廢棄物合併，以高溫高壓滅菌處理，則

含液體之化學治療藥品在高溫下，可能易揮發成為有毒性氣體，且在高溫滅菌或焚化處理時並未分類，如在處理時操作不當，則直接或間接會威脅操作及處理人員之健康。所以如何處理及管制抗癌性化學治療藥品之廢棄物，實為醫院廢棄物處理之另一工作重點。

## 1-2 研究目的

台灣地區 85 年罹患癌症之病患統計有 44886<sup>\*</sup>人，以平均每次癌症病患化療後約產生 0.11kg ~ 0.23kg 的化療廢棄物，則每次化療廢棄物的總量為 4937kg ~ 10324kg，且醫療院所多位於人口稠密地區，因此對於此危害性醫療廢棄物必須妥善處理。為了妥善且有效處理這些危害性醫療廢棄物，將此危害性醫療廢棄物予加熱產生熱裂解之處理方式，是一門值得深入研究探討的課題。故本研究之目的為：

1. 調查化療廢棄物在醫院所佔之總量及化學治療藥品之殘存濃度作為處理醫院廢棄物之參考依據。
2. 調查化療廢棄物之儲存、清運方式及處理現況，瞭解過程中可能產生之危害。
3. 研究熱處理方法對化療藥物破壞之可行性，作為焚化操作之參考依據。
4. 瞭解化療廢棄物裂解後之氣體組成，作為維護操作人員健康之參考依據。

---

\* 1. 凡具有 50 張病床以上院均為申報對象。  
2. 有組織病理診斷，乃指其診斷依據為細胞學、血液學、組織學。

## 第二章 文獻回顧與理論基礎

### 2 - 1 化學治療藥劑

#### 2 - 1 - 1 抗腫瘤化學治療藥劑之定義

抗腫瘤劑 Antineoplastic Agents 係用於治療各種惡性腫瘤細胞毒物質，本類藥物所產生之抗腫瘤效果，主要是基於其能直接影響惡性腫瘤細胞之生長與增殖。但迄目前為止，對於惡性腫瘤之治療藥物，僅能暫緩病變之發展，或改善其症狀，而無根治之效。一般來說，化學藥物給予的途徑有：口服、肌肉注射、皮下注射、動脈內注射、靜脈注射、椎管內注射、肋膜內注射及腫瘤內注射。治療時可能給予單一種的化學治療藥物或組合數種化學治療藥物。

#### 2 - 1 - 2 抗腫瘤化學治療藥劑之分類

抗腫瘤化學治療藥劑包括：

〔一〕 烷基化劑：

Cyclophosphamide (Endoxan)

Thiotepa (Tespamin)

Busulfan (Mablin)

〔二〕代謝拮抗劑：

Methotrexate

Mercaptopurine

Carboquone (Esquinon)

Pipobroman (Amedel)

Futraful

Fluorouracil (5-FU)

Procarbazine HCl

Cisplatin

〔三〕抗生素：

Mitomycin-C

〔四〕免疫賦活劑：

Krestin

〔五〕荷爾蒙劑：

Hexesterol (Hexron)

### 2-1-3 抗腫瘤化學治療藥劑之毒性

惡性腫瘤(癌．肉腫)治療，因抗腫瘤性抗生素、鹵基化劑、代謝拮抗劑、荷爾蒙劑等的出現而日有進展，又因免疫賦活療法，放射線

療法、外科療法而顯示優異的效果。但，相反的，常發生白血球減少症、血液異常等，又常有全身倦怠感、噁心、嘔吐、發燒、發疹、心悸亢進、肝、腎障礙等的副作用發生，成為治療上難以解決之處。

抗腫瘤化學治療藥劑致癌性的證據可來自於動物和人類，然而，物種之間對化合物反應的差異，因此直接從人類獲得的數據較為有用。此外，證據可藉由其它方向加強，例如腫瘤的惡化，其它的調查研究中也得到相同的結果，或是低劑量便具致癌性，甚或具基因毒性。根據這些原則，化合物可依據其致癌性加以分類如下(USEPA, 1986)。IARC(1987)則僅列出最前四項。

Group 1 —— 人類致癌物:在人類上有充足的證據

Group 2 ——人類致癌物:在人類方面僅有有限或沒有證據，但並沒有足夠的動物實驗證據。

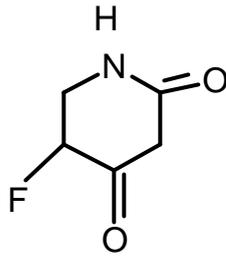
Group 3 ——人類致癌物:缺少人類的證據，且僅有有限的動物實驗證據。

Group 4 —— 不列為人類致癌物。

Group 5 —— 非人類致癌物。

#### 2-1-4 本實驗使用之三種抗腫瘤化學藥物

(1) Fluorouracil : 抗腫瘤劑，(IARC : Group 3)



主治：骨髓癌、小腸癌、乳癌、胃癌、結腸癌等

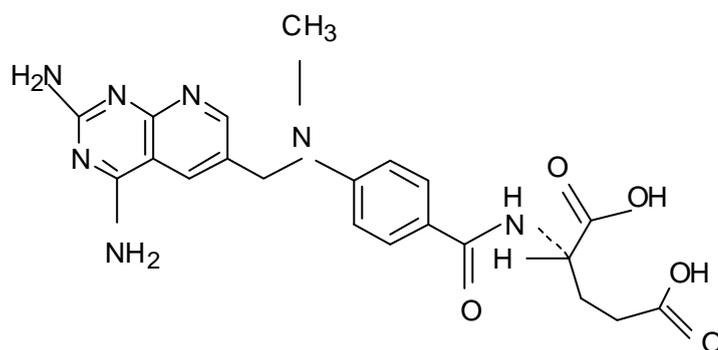
作用：本品能影響去氧核糖核酸之合成，最低限度可抑制核醣酸之形成。因此，本品可促使癌細胞生長不平衡而促使癌細胞死亡。

熔解溫度：282-283

昇華溫度：190-200 (0.1mm)

性質：晶狀體，溶於水、甲醇和乙醚。

(2) Methotrexate：抗腫瘍劑，(IARC：Group 3)



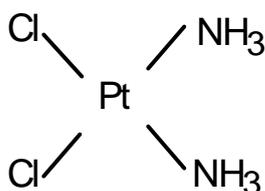
作用：本品類似葉酸的構造，對核酸轉化成 Tetrahydrofolic acid 有甚強且持續的阻礙作用，以阻止核酸與 Purin 的生合成，

呈現抗腫瘍作用。

熔解溫度:185-204

性質:黃色粉末，不溶於水、酒精和氯仿，為溶於稀鹽酸。

(3) Cisplatin：抗腫瘍劑，(IARC：Group 2)



主治:單劑或其他化學治療併用時，治療轉移性睪丸癌、轉移性卵巢癌、頭部或頸部之鱗狀細胞癌及膀胱癌。

作用:為第一個重金屬錯化合物之抗癌劑，此種結合可造成 DNA 板模合成。本品可與 DNA 結合成特殊化合物，此種結合可造成 DNA 板模的改變，而影響 DNA 的合成以達成抑制癌細胞的繁殖

熔解溫度:270

性質:深黃色固體。

### 2-1-5 抗腫瘤化學治療藥劑可能之殘量

依據中華藥典注射容器內注射液之容量規定，各種標誌容量之注射劑所需增加之最少容積限度如表 2-1。

表 2-1 規定殘留量

標示容量	易流動液体之增加量	黏性液体增加量
0.5mL	0.10mL	0.12mL
1.0mL	0.10mL	0.15mL
2.0mL	0.15mL	0.25mL
5.0mL	0.30mL	0.50mL
10.0mL	0.50mL	0.70mL
20.0mL	0.60mL	0.90mL
30.0mL	0.80mL	1.2mL
50 或 50mL 以上	容量之 2 %	容量之 3 %

\* 易流動性液体由 0.5mL 之 20% 至 50mL 之 2%。

\* 黏性液体由 0.5mL 之 24% 至 50mL 之 3%。

而這些所增加之體積或藥量可能成為藥品瓶中之殘量。

#### 2 - 1 - 6 化學治療藥劑之潛在性職業傷害

化學治療藥物引起的職業傷害已造成熱烈的討論，當化學治療藥物的粉劑或液狀在調配或給藥過程中外濺出來，便可造成工作人員暴露在含有化學藥物的環境中，其途徑包括有：皮膚的吸收、消化道的食入及呼吸道的吸入。暴露的情況主要是在處理這些已被化學藥物污

染的設備、食物、床單或衣服等。若化學藥物沾到手，則可能會有經由口腔或消化道食入的危險，使用抗腫瘤藥物及其代謝產物都會使病人的排泄物具有污染性，在處理這些排泄物的人會增加暴露的危險性。在調配或給藥的過程中，一些使用過的針頭或使用過的安瓿，可能會刺傷皮膚而增加暴露的危險性。

1980 年中期，護理人員在準備這些化學治療藥物並沒有在層流罩(Laminar airflow hood)中，有研究顯示沒有使用這種設備的醫院，其空氣中會含有可偵測到程度的化學治療藥物。並不是所有的層流罩都是有效的，直流罩(vertical hoods)可減少工作人員的暴露，水平罩(horizontal hoods)則只是用於避免藥物被污染，對人員則無保護作用。

另一個要考慮的是暴露的量，一般有五種處理的行為會引起暴露：1 混合或稀釋抗腫瘤藥；2 給予抗腫瘤藥時；3 處理外濺的藥物時；4 處理病人的排泄物；5 清運廢棄物的工作人員。

#### 2 - 1 - 7 化學治療藥劑及其廢棄物可能之處理方法

依據廢棄物管理法中對可燃性感染性廢棄物之規定為焚化處理。其優點不但可完全滅菌，且可使廢棄物體積變小，性質安定，更可回收熱能。

另兩種方法則分別為熱裂解法和化學處理法。熱裂解法在下一節有詳細之說明，本段主要介紹化學處理法。由於抗腫瘤化學藥物的致癌、致突變、致畸胎的危險性，故如何在從醫院工作人員的配藥、執行注射、病人的排泄物到最後化療廢棄物的處理，都是一個急需解決的問題，因此眾多研究學者開始使用化學藥劑來處理這些抗腫瘤藥物，尤其是 S.HanseI 工作團隊和 Benvenuto 等學者，發表了幾篇使用 Sodium hypochlorite 5.25%、 $\text{FeCl}_2, \text{H}_2\text{O}_2$  和 Fenton reagent ( $\text{FeCl}_2, \text{H}_2\text{O}_2$  at 0.3g per 10 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ )，結果發現 Sodium hypochlorite 5.25% 對某部分抗腫瘤藥物例如：Methotrexate、Doxorubicin、Etoposide、Ifosfamide 等等是破壞削減 (degradation) 藥物危害最有效率的。雖然此化學藥劑價格便宜購買又方便，然而目前這方法的使用情形仍是不理想的，因為抗腫瘤藥物種類太多，並無法確定對每一種藥物都是有效的，且醫院工作人員在工作上又多了一道手續，加重工作人員負擔，而其最終處理仍是以焚化或其他方式處理，還不如直接集中處理以焚化或裂解的方始處理來的有效率和簡單。

## 2-2 醫療廢棄物

### 2-2-1 醫療廢棄物的定義與分類

醫療廢棄物是包括醫院裡的一般食物渣、廢紙、檢驗室用過之抽

血空針、配藥之化學製劑(alcohols)到感染性廢棄物例如血液、人體病理組織和斷肢等等都包括在內。美國環境保護署(USEPA)將醫療廢棄物依據 MMTA(Medical Waste Tracking Act)、RARA(Resource Conservation and Recovery Act)、CAA(Clean Air Act)、NRC(Nuclear Regulatory Commission)等法律分為四個種類:(1)規範性醫療廢棄物(regulated medical waste ) (2)非規範性醫療廢棄物(non-regulated medical waste) (3)危害性醫療廢棄物(hazard medical waste) (4)放射性醫療廢棄物(radiation medical waste) 。另外對於醫院產生之廢棄物界定下列名詞，包括(1)醫院廢棄物 (2)醫療廢棄物(3)感染性廢棄物。

(1)醫院廢棄物 (Hospital waste )

醫院中所有生物性(感染性廢棄物)或非生物性廢棄物 (例如行政區廢棄物、餐廳廢棄物和醫療廢棄物 )。

(2)醫療廢棄物 (Medical waste )

病人經診斷、治療等醫療過程所產生之物質 (例如敷料、繃帶、靜脈內導管等等 )。

(3)感染性廢棄物(Infected waste)

醫療廢棄物中可傳播感染性疾病的廢棄物，為方便認定大多將醫療廢棄物視為感染性廢棄物，約佔醫院廢棄物之 15%。

台灣目前按醫療廢棄物區分，大致可分為一般事業廢棄物及有害事業廢棄物兩者：有害事業廢棄物可再細分為感染性、化學性、放射性等三類，並以感染性廢棄物為重點。所以醫院內並無將危害性化學類廢棄物(例如：抗腫瘤化學藥物之廢棄物及其使用過之廢棄瓶品等)細分處理，而將其併在感染性廢棄物內一起焚化處理。

### 2-2-2 目前台灣醫療廢棄物產量分析

依據蔡清讚教授在 1998 年之調查，感染性可燃廢棄物產生量與病床數之間的關係如圖 2-1。31 座醫療焚化爐中扣除代處理業，只有 28 家為醫院自行直接或間接設立焚化爐，這些醫院中有 26 家有資料，26 家醫院感染性廢棄物與醫院床數(假設為 100%之佔床率)做統計分析，得出迴歸值相關性為  $r = 0.81$ 。醫院每日每床廢棄物產生量為 0.378kg/床日，其中可燃性感染性廢棄物產生量為 0.37kg/床日，不可燃感染性廢棄物產生量為 0.008kg/床日。而由其他代處理業所收集之醫療廢棄物，每日每床產生量為 0.16-0.22 kg/床日，較低於有焚化爐之醫院，可能因感染性可燃廢棄物需論斤收費，使院方減量之故。如將 26 家醫院佔床率(平均 64.8%佔床率)估算進去得出實際佔床數(病床數與佔床率之乘積)與可燃性感染性廢棄物產生量之相關性  $r = 0.83$ ，其可燃性感染性廢棄物產生量為 0.56kg/床日。

### 2-2-3 醫療廢棄物中感染性廢棄物之質量(組成及元素)分析

31 座焚化爐中，其處理廢棄物成份比例，除了試燒計劃外，皆沒有再次分析其廢棄物特性資料，故只依其試燒計劃資料作分析。依其試燒計劃(因試燒之內容只有七座焚化爐是針對感染性廢棄物，其餘大多是一般綜合廢棄物或一般醫院廢棄物)結果分析，顯示其成份比率中水分平均佔 37.38%，灰份佔 11.93%，可燃份佔 50.49%。廢棄物元素分析成份比較顯示，其中碳 28.14%、氫 4.06%、氧 15.57%、氮 0.68%。這些醫療廢棄物中含硫量 0.15%、含氯量 0.81%。熱值之設計中顯示有資料者有一半左右將熱值設計在 3000 kcal/kg 以下，但依李芝珊及鄭福田教授對一般醫院廢棄物的研究及蔡清讚、朱正先針對感染性廢棄物(即醫院廢棄物中 15%之部份)對 300 床之 G 醫院有共同處理之醫療廢棄物焚化爐，以消耗性醫療器材供應量推估每床每日廢棄物量之結果發現：

- (1) 塑膠類中以碳含量最高佔 67.9%，其次為氮 18.8%，氫佔 7.9%，硫 0.8%，氧 4.6%，氯僅佔 0.5%。平均熱值為 7731.4 Kcal/Kg。
- (2) 紗布紙木類中以碳含量最高佔 42.6%，其次為氧 7.1%，氫佔 6.1%，氮 3.6%，硫 0.8%，氧 7.1%，氯更少僅佔 0.03%。平均熱值為 4981 Kcal/Kg。
- (3) 空針類以碳含量最高佔 76.5%，其次為氫 12.1%，氮 10.7%，硫 1.3%，氧 1.2%，氯僅佔 0.03%。平均熱值為 9740.8 Kcal/Kg。

(4) 透析類以碳含量最高佔 48.6 % , 其中氯之含量高達 14.1 % 而氫佔 5.9 % , 氮 4.9% , 硫 0.9% , 氧 9.6%。平均熱值為 5960.3 Kcal /Kg。

各類消耗性醫療器材元素成分及熱值與各類廢棄物總量之乘積總和除以該醫院總廢棄物量為該醫院廢棄物之平均元素成分及熱值,故推估之該醫院廢棄物不含水之乾基元素分析組成為碳含量佔 56.5 %、氫含量佔 7.65 %、氮含量 8.16 %、硫含量 0.94%、氧含量 6.29%、氯之含量為 5.30 % , 熱值為 6854 Kcal /Kg。與各醫院設計時之廢棄物元素分析成份比較碳 28.14%、氫 4.06%、氧 15.57%、氮 0.68% , 而氯 0.81% , 硫 0.15%有很大的差異 , 故在進行代處理時 , 應注意廢棄物之成份的改變。且醫院之熱值有明顯偏低。如做第二類代處理業之醫療廢棄物組成會有很大的差別 , 故更難達其設計處理量。

#### 2 - 2 - 4 台灣目前感染性廢棄物處理現況分析

依據蔡清讚教授於 1998 年調查統計 31 座醫院焚化爐核准感染性廢棄物處理量總合 92,400kg/日 , 而可燃感染性實際處理量總合 32,279kg/日 , 故實際可燃感染性廢棄物處理量佔核准處理量之 34.93%。

#### 2 - 2 - 5 可燃感染性廢棄物有效處理率推估

有效處理率：可燃感染性廢棄物實際處理量除以可燃感染性廢棄物產生量 依據衛生署統計 86 年 12 月 15 日全國總病床數為止 120,194 床,

依據上述統計假設為 100%佔床率之可燃感染性廢棄物產生量為 0.37kg/床日，實際佔床率(64.8%)可燃感染性廢棄物產生量為 0.56kg/床日。依據環保署以醫院廢棄物(3.4kg/床)直接推估可燃感染性廢棄物產生量，醫院廢棄物(3.4kg/床) × 15% = 0.51kg/床(可燃感染性廢棄物產生量佔廢棄物量 15%，並假設醫院平均佔床率為 60%)。

全國可燃感染性廢棄物產生量可推估為：

$0.37\text{kg/床日} \times 120,194 \text{床} \times 100\% = 44,443\text{kg/日}$  (以 100%佔床率估算)

$0.56\text{kg/床日} \times 120,194 \text{床} \times 64.8\% = 43,600\text{kg/日}$  (以實際佔床率估算)

$0.51\text{kg/床日} \times 120,194 \text{床} \times 60\% = 36,766\text{kg/日}$  (以環保署方式計算)

實際處理量 = 32,279kg/日，如表 2-2。

#### 2-2-6 醫療廢棄物焚化爐核准處理量與該醫院感染性可燃廢棄物產生量之比較分析

由以上之結果顯示醫療廢棄物焚化爐核准處理量與該醫院感染性可燃廢棄物產生量之比較，核准處理量多大於產生量，因此如其附屬設施(如監測設施、進料設施、排灰設施)功能正常，而且操作人員接受合宜的訓練，除少數幾座醫療廢棄物焚化爐外，應有足夠容量申請第二類代處理。

## 2-3 熱裂解

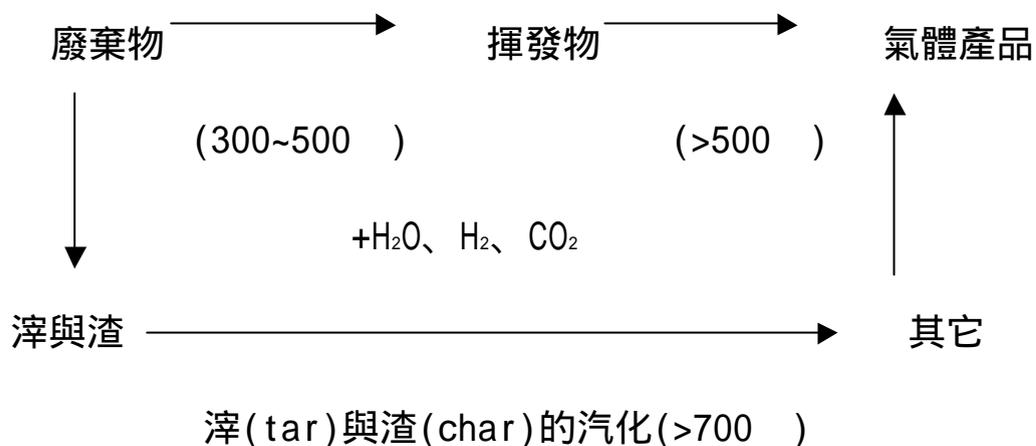
廢棄物處理的目的在求達到安定化、減量化和無害化。目前發展的主流為焚化方式，但是近年來由於都市垃圾中的塑膠類大量增加，易造成之損傷，並產生廢氣、廢水等二次公害問題。垃圾熱分解則是將垃圾置於 600~1000 的高溫與低空氣比狀況下，使垃圾經熱裂解而成燃料瓦斯，這些瓦斯可供燃燒產生蒸氣發電。熱裂解後之殘渣，已成為無害化，且達到減量化之目的，為廢棄物處理在資源化的新技術。

熱裂解顧名思義是指加熱使物質由較複雜的鍵結斷裂成較簡單鍵結的物質，而熱裂解之廣義的說法係指廢棄物經加熱使之於高溫狀態之下，將其裂解轉化為較小的分子。所以廢棄物熱裂解是利用還原狀態，將廢棄物中之有機物加熱分解成含有高濃度之 HC、CO、H<sub>2</sub> 等可燃性氣體及油、焦炭(char)等，此一處理方法與傳統焚化處理比較，因不會產生大量空氣，使得處理廢棄之公害防治設備較為簡化經濟。

### 2-3-1 熱裂解反應途徑

由於反應溫度高且進料為固體複合物，又牽涉到相的變化，廢棄物的裂解可說是個相當複雜的程序。目前學者對此反應的瞭解仍然有限。1978 年美國的 Antal (1978) 及瑞典的 Rensfelt (1978) 同時提

出相當簡明的模式來描述廢棄物複雜的氣化反應。此模式將整個反應剖分為三個步驟，



每一步驟的作用簡述如下：

(1). 初級熱裂解 (Primary pyrolysis)

廢棄物之化學結構遇熱而分解，產生揮發物 滓(tar)與渣(char)，此反應在 300 上逐漸明顯。

(2). 次級反應 ( secondary reactions )

揮發性物質離開有機生質後在氣相中繼續分解為更小分子的產物，其再行其他反應均稱為次級反應，此反應在 500 以上漸趨明顯。

(3). 滓或渣的氣化 (gasification)

滓或渣與氣體 (H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 等) 在高溫下 (>700 ) 會進行氣固反應而將滓或渣氣化。

此一模式對有機質的反應機構繪出明顯的輪廓，然而其中每一步

驟均包含著相當複雜的反應而非單一反應。將廢棄物，如高分子聚合體加熱到一定的溫度之上，聚合體會由分子鏈上較弱的鍵結處開始斷裂而發生裂解反應。依其反應進行方式，Grassie(1971)歸納為下列幾種形式：

(1) 不規則斷鏈反應 (random chain scission)

此反應為在主鏈上進行不規則的斷鏈反應，且易發生在大部分的高分子聚合體裂解反應，例如：聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚丁二烯 (PB)... 等。

(2) 解聚反應 (depolymerization or unzipping)

由聚合體之末端開始，以單體(monomer) 為單位迅速地連鎖分解，並產生單體，此反應較容易發生於 1,1-雙取代聚合體，例如：聚甲基丙烯酸甲酯 (PMM)。

(3) 取代基反應 (substituent or nonchain-scission)

裂解時發生側鏈取代現象，包括脫去(elimination)、鏈結(liking) 或環化(cyclization)等，例如：聚氯乙烯 (PVC)、聚丙烯晴 (PAN)。

(4) 架橋反應，此結構只放出少量揮發物，剩下焦炭狀殘餘物。

### 2-3-2 裂解動力學之計算方法

其計算方法及步驟分述如下，以便瞭解其變化情形：

(1) 由 M 值計算出相對之 X 值，

$$X=1-M \quad (2.3.2)$$

式中 X：轉化率

再由 T' 與 X 值計算出化學反應速率

$$r = \frac{dX}{dt} = \frac{dK}{\frac{dT}{B}} \quad (2.3.3)$$

式中 r：反應速率 (l/min)

B：加熱速率，dT/dt (K/min)

反應速率計算方法如表2-3所示。

最後以 r 對 T 作圖，如圖4-9所示。

### 2-3-3 活化能(Activation energy)

物質在熱裂解過程中，由於斷鍵的位置隨時都在改變，因此其活化能也隨時在變化。活化能的計算方法舉例兩種方法，其一為微分法（又稱Friedman 法），其一為積分法（又稱 Ozawa 法），其計算方法及步驟分述如下：

(1) 微分法

以 Friedman 法 (Friedman , 1965) 求得。

$$\frac{dX}{dt} = k \cdot f = A \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T}\right) \cdot f(X) \quad (2.3.4)$$

將方程式 (2.3.4) 取自然對數，得

$$\ln\left(\frac{dX}{dt}\right) = \ln(A \cdot f(X)) - \frac{E}{R \cdot T} \quad (2.3.5)$$

然後，以  $\ln(dX/dt)$  對  $1/T$  作圖，並求出線性回歸方程式之斜率。此斜率等於  $(-E/R)$ ，由此活化能便可求出。算法如表 2-4 所示。最後以  $E$  對  $X$  作圖。

(2) 積分法：

積分法之公式如下，由日本人 Ozawa 推導出來。此方法較簡單，但誤差較大。

$$E = \frac{R \cdot \log\left(\frac{B_2}{B_1}\right)}{0.457 \cdot \left[\left(\frac{1}{T_1}\right) - \left(\frac{1}{T_2}\right)\right]} \quad (2.3.6)$$

於相同之轉化率下，首先以  $B=1$  與  $B=2$  相對之  $T$  值代入(2.3.6)式，得到  $E_1$  再以  $B=2$  與  $B=5$  相對之  $T$  值帶入(2.3.6)式 得到  $E_2$  最後以  $B=1$  與  $B=5$ 。最後以  $B=1$  與  $B=5$  相對之  $T$  值代  $A$  (2.3.6) 式，

得到 E3。然後，將 E1、E2、E3 三者之值平均，得到某固定轉化率下的活化能。以 E 對 X 作圖。

2-3-4 頻率因子(Frequency factor ) ; 反應次數(Reaction order)

$$\frac{dX}{dt} = K \cdot f(X) = A \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T}\right) \cdot (1-X)^n \quad (2.3.7)$$

將 (2.3.7) 式重新整理後得：

$$\frac{\left(\frac{dX}{dt}\right)}{\exp\left(-\frac{E}{R \cdot T}\right)} = A \cdot (1-X)^n \quad (2.3.8)$$

再由 (2.3.8) 式整理後得：

$$\ln\left[\frac{\left(\frac{dX}{dt}\right)}{\exp\left(-\frac{e}{R \cdot T}\right)}\right] = \ln A + n \cdot \ln(1-X) \quad (2.3.9)$$

以  $\ln[(dX/dt)/\exp(-E/RT)]$  對  $\ln(1-X)$  作圖，並求出線性回歸方程式之斜率與截距。此斜率等於 n，截距等於  $\ln(A)$ 。如此即可求

出反應次數 (n) 與頻率因子 (A)。

### 2-3-5 模式驗證

將所求得的頻率因子 (A)、反應級數 (n) 與活化能 (E) 之值，  
代入 (2.3.10) 式，

$$X = 1 - \left\{ \frac{[(ART^2)(n-1)(1 - \frac{2RT}{E}) \cdot \exp(-\frac{E}{RT})]}{EB} + 1 \right\}^{\frac{1}{(1-n)}} \quad (2.3.10)$$

最後作 TGA 圖 (計算值:)，並與實驗值之 TGA 圖作比較，若兩者圖形很吻合，表示所求得的動力參數是合理的。

### 2-3-6 決斷係數 (Coefficient of determination)

實驗值與計算值之間的相關性以決斷係數 R<sup>2</sup> 表示，其定義為

$$R^2 = 1 - \left[ \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \right] \quad (2.3.11)$$

式  $y$  : 在某特定溫度下，反應物殘餘率之實驗值

$\hat{y}$  : 在某特定溫度下，反應物殘餘率之實驗值

$\bar{y}$  : y 之算術平均值

### 符號說明

A : 頻率因子 (l/min)

B : 加熱速率,  $B=dT/dt$ (K/min)

E, E1, E2, E3 : 活化能 (Kcal/mol)

F1, F2 : 不同反應階段之權重因子

f(X) : 轉化率 X 的函教

k : 反應速率常數 (l/min)

M : 殘餘質量分率,  $M= (W-W_f) / (W_o-W_f)$

n : 反應次數

r : 反應速率,  $dX/dt$  (l/min)

R : 氣體常教 ( $1.987 \times 10^{-3}$  kcal/mol.K)

T : 溫度 (K)

t : 時間 (min)

W : 時間 t (或溫度 T) 時殘餘物之重量 (g)

Wf : 最後殘餘物的重量 (g)

Wo : 最初反應物的重量 (g)

X, X1, X2 : 轉化率,  $X=1-M$

## 第三章 研究方法

### 3-1 問卷調查

問卷調查分為兩部分進行，一是進行抗腫瘤化學藥物平均使用量調查，二是進行抗腫瘤化學藥物之廢棄物清運、收集及處理現況調查。

#### 3-1-1 調查對象

本研究針對全省 100 家區域醫院以上，醫學中心及癌症專科醫院，進行問卷調查。

#### 3-1-2 問卷內容

如表 3-1 及表 3-2。

### 3-2 殘量分析：

(1) 5-FU 藥物用瓶，以醫院廢棄物中 5-FU 藥物瓶進行實測之殘量分析。

(2) 將所有藥物採最常用十五種藥物，(含不同劑量)藥物用瓶(共 20 種瓶子)，做模擬標準添加及抽取步驟，以 4-Nitroaniline 之標準溶液，進行殘量分析。

### 3-2-1 5-FU 醫院用藥之藥瓶品實測殘量分析

#### 3-2-1-1 儀器與藥物

- (1) 醫院用藥：5-FU 250mg/5ml 2167298 UN1011
- (2) 5-FU 原廠藥(純度 99%) Lot : 2000856
- (3) CH<sub>3</sub>OH HPLC 級 Lot : 707049
- (4) H<sub>2</sub>O HPLC 級 Lot : 611047
- (5) HPLC Shimadzu LC-6A NOC20353103144 SA
- (6) HCOONH<sub>4</sub> Ammonium Formate 昭和化學 SH-26455
- (7) 4-Nitroaniline TRADE TCI MARK Lot NO119
- (8) 1ml 2ml 4ml 之 pipet
- (9) 1.8ml 及 4ml 20ml 的 Vial
- (10) UV BECKMAN DU650 NO.000130
- (11) 單盤天平 SER 12302876
- (12) Column 管柱 Metachem Technologies Inc.
- (13) 3ml 的注射針筒

#### 3-2-1-2 儀器分析條件及其作業流程：

- (1) 至醫院中取得已使用過的 5-Fu 之 Ample 點滴，回實驗室備用。

(2)取 100ml 的  $\text{CH}_3\text{OH}$  及  $\text{HCOONH}_4$  精確秤取 0.63g，於 1L 定  
量瓶中，以  $\text{H}_2\text{O}$  完全溶解，稀釋至刻度處，配成 1L 內  
含 0.01N 的  $\text{HCOONH}_4$  之 10% $\text{CH}_3\text{OH}/\text{H}_2\text{O}$  溶液，此為 HPLC  
的移動相。

(3)5-FU 之標準品以  $\text{CH}_3\text{OH}$  溶解於 UV(BECKMAN DU650)偵測  
器檢測得到，5-FU 最大吸收波長在 266  $\mu\text{m}$  處。如圖  
3-1

(4)在 HPLC 下設定波長為 266  $\mu\text{m}$  處，移動相流速為  
1.0ml/min，Column 為 Metachen Technologies Inc.  
以上面配好之移動相，開機穩定一個小時後測定。

(5)以醫院用藥 5-FU 為標準品，用  $\text{CH}_3\text{OH}$  稀釋成 1/20000，  
於 HPLC 下測定 7 次，求 HPLC 之穩定度及再現性。

(6)以 5-FU 的標準品(Standard )，用  $\text{CH}_3\text{OH}$  稀釋成  $1.37$   
 $\times 10^{-7}$ 、 $4.11 \times 10^{-7}$ 、 $1.23 \times 10^{-6}$ 、 $3.70 \times 10^{-6}$ 、 $1.11 \times$   
 $10^{-5}$ 、 $3.33 \times 10^{-5}$ 、 $1.00 \times 10^{-4}\text{M}$  之 7 種濃度，於 HPLC  
同一條件下測定，求其 area 值，推算濃度與吸收面積  
的直線相關值，斜率及截距，即得到 5-FU 的檢量線。  
如圖 3-2，表 3-3。

(7)取醫院用藥 5-FU 之原液，用  $\text{CH}_3\text{OH}$  稀釋成 1/60000，於

HPLC 用同一條件下測定其吸收面積，將吸收面積之值代回檢量線，估算其儀器檢測回收率。

- (8) 將之前收集得到 5-FU 之 Ample 點滴，用 CH<sub>3</sub>OH 稀釋成適當濃度，於 HPLC 同一條件下測定其吸收面積，將吸收面積之值代回檢量線(如圖 3-3，表 3-3)，再以回收率測其實際殘餘的 5-FU 體積。

### 3-2-2 模擬試驗：

- (1) 取 4-Nitroaniline 標準品，用 CH<sub>3</sub>OH 溶解成適當濃度，於 UV (BECKMAN DV650) 偵測器檢測得知，4-Nitroaniline 最大吸收波在 370 μm 處。如圖 3-4。
- (2) 在 HPLC 下設定波長為 370 μm 處，移動相流速為 1.0 ml/min column 為 Metachen Technologies Inc. 以上面配好之移動相，開機穩定 1 個小時後測定。
- (3) 取 4-Nitroaniline 0.138g 溶入 CH<sub>3</sub>OH 於 1 公升的定量瓶中稀釋成定量，配成 4-Nitroaniline 之後 0.001M 的 CH<sub>3</sub>OH 標準溶液。
- (4) 4-Nitroaniline 溶液用 CH<sub>3</sub>OH 稀釋成  $5.2 \times 10^{-6}$ 、 $1.04 \times 10^{-5}$ 、 $2.09 \times 10^{-5}$ 、 $4.18 \times 10^{-5}$ 、 $8.35 \times 10^{-5}$ 、 $1.67 \times$

$10^{-4}$ 、 $5.0 \times 10^{-4}$ 、 $1.00 \times 10^{-3}M$  之 8 種濃度，於 HPLC 同一條件下測定，求其 Area 值，推算濃度與吸收面積的直線相關值，斜率及截距，即得到 4-Nitroaniline 的檢量線。如圖 3-5，表 3-3。

(5)取 4-Nitroaniline 的  $1.00 \times 10^{-3}M$  溶液，用  $CH_3OH$  稀釋成 1/200，於 HPLC 下測定 7 次，求 HPLC 之穩定度及再現性。

(6)取 4-Nitroaniline 的  $1.00 \times 10^{-3}M$  溶液，用  $CH_3OH$  稀釋成 1/200，於 HPLC 用同一條件下測定其吸收面積，將吸收面積之值代回檢量線，估算其儀器檢測回收率。

(7)將之前收集得到 5-FU 之 Ample 及點滴瓶洗乾淨，把配好的 0.001M 之 4-Nitroaniline 溶液裝入，然後再模擬醫護人員抽出瓶中溶液。最後用  $CH_3OH$  溶解其中的殘留液，於 HPLC 用同一條件下測定其吸收面積，將吸收面積之值代回檢量線，再以回收率測其實際殘餘原濃度的 4-Nitroaniline 體積。與實測實驗體積作比對。

(8)將之前收集得到上述 15 種藥物 Ample 洗乾淨，把配好的 0.001M 之 4-Nitroaniline 溶液裝入，然後再模擬

醫護人員抽出瓶中溶液(由藥師按標準步驟進行)。最後用 CH<sub>3</sub>OH 溶解其中的殘留液，於 HPLC 用同一條件下測定其吸收面積，將吸收面積之值代回檢量線，再以回收率測其實際殘餘原濃度的 4-Nitroaniline 體積。

### 3-3 裂解試驗(TGA 等溫加熱速率)：

本研究以 5-FU 化療藥物為例，分別在氮氣環境中進行等溫裂解試驗，以瞭解其破壞去除率，與溫度作用之間的關係，以及其裂解過程中可能產生之氣體。

#### 3-3-1 實驗設備：

其 TGA 設備圖如圖 3-6

##### (1)天平

吊線：Pt.； Dia：0.18mm。

吊盤：石英；Dia：20mm；2mm thicknss。

##### (2)反應管

##### (3)加熱爐

##### (4)爐體溫度控制器

##### (5)電腦

(6) 數據擷取系統

(7) 氮氣筒：騰詳；高純度氮氣。

(8) 流量計：浮子流量計

### 3-3-2 實驗藥物

5-Fu 標準品。

### 3-3-3 實驗步驟

- (1) 檢查設備功能：洩漏測試、天平、控制器、加熱器、電腦...  
等  
功能之檢查。
- (2) 秤約  $5.0\text{mg} \pm 0.3\text{mg}$  之樣品，放入反應管內之吊盤上。
- (3) 讓氮氣充氣至少 60min 以上。
- (4) 調整氮氣流量約 50ml/min。
- (5) 天平歸零，內部校正，待天平穩定後才開始進行下一步驟。
- (6) 鍵入密碼(10)。
- (7) 設定最終溫度(600 )。
- (8) 設定加熱速率(1K/min、3K/min、5K/min)。
- (9) 開始加熱，同時擷取樣品重、溫度、時間...等資料，直至溫

度達最終溫為止。

(10)停止加熱。

### 3-4 焚化試驗(瞬間加溫)：

仍以 5-FU、Cisplatin、MTX 化療藥物為例，進行瞬間加溫焚化試驗以瞭解其破壞去除率，並其與溫度作用之間的關係。

#### 3-4-1 實驗設備

其設備圖如圖 3-7

- (1)包括燃燒皿
- (2)空氣進氣口
- (3)廢氣排氣口
- (4)電極與壓力、溫度量測裝置
- (5)外界的空氣氣源
- (6)訊號截取器、訊號處理器

#### 3-4-2 實驗藥物

- (1)5-Fu 標準品。

(2)Methotrexate 標準品。

(3)Cisplatin 標準品。

### 3-4-3 實驗步驟

(1)開啟電腦及溫度壓力量測軟、硬體。

(2)檢查儀器之安全性與校準。

(3)量測適當份量，於燃燒室內置放所需分析之汽油及化療藥物  
(0.1g)。

(4)封閉燃燒室。

(5)進行灌氣。將氧氣或空氣，由高壓鋼瓶注入封閉後之燃燒室，達 10 大氣壓，若灌入氧氣，假設空氣與氧氣為均勻混合，並以總壓力算出含氧與氮氣之比值。若灌入空氣，則設以標準空氣計算。灌入氣體以一次為原則，不得洩出，否則會把已揮發的汽油氣排出，影響實驗精度。

(6)確定所有閥門關閉。

(7)以電腦記錄溫度與壓力之變化。

(8)點火引燃。

- (9) 注入氧氣後，再排放廢氣，使有害氣體可以部份與氧化合，減少毒性。（\*在燃燒塑膠等含毒氣體，需注意有毒氣體的危害。）
- (10) 再重覆注入氧氣，至少三次以後，拆卸燃燒裝置，並進行適當之清除動作。（\*以安全為原則，小心清除燃燒室之有害物質，如氯化氫、戴奧辛...等）
- (11) 整理數據，繪成圖表。

### 3-5 氣體分析

為了瞭解化療廢棄物裂解後之燃氣組成，特以高溫爐在無氧(氬氣)狀態下，分別設定 200 至 600 之溫度，將化療藥物取適當量放入爐內裂解，在整個裂解過程中，以氬氣作 carry gas，並以液態氮利用其-196 的溫度環境，會將產生之氣體固化特性，而收集到我們所要之裂解產氣，再打入 GC-Mass 作氣體分析。

#### 3-5-1 實驗設備

其設備圖如圖 3-8

- (1) 高溫爐 (DF30, 溫度範圍: 1200 , 溫度控制器: 微電腦 P.I.D 自動演算功能、精度  $\pm 1$  %、。

- (2) 自行設計之 chamber (長 10cm\*直徑 3.5cm\*2 )
- (3) 容積 10ml 之玻璃瓶
- (4) 液態氮
- (5) 高氮氣
- (6) 精密天秤
- (7) K-type thermocouples
- (8) 浮子流量器
- (9) GC-Mass (GC8000 series, MD800)
- (10) 空針

### 3-5-2 實驗藥物

(1)5-Fu 標準品。

(2)Methotrexate 標準品。

(4)Cislatin

### 3-5-3 實驗步驟

(1) 設定高溫爐溫度。

(2) 準確量取所需之化療藥物(0.1g)放入玻璃瓶，再放入 chamber。

- (3) 將 chamber 與高溫爐外之 carry gas (He) 管路接好，再和放在液態氮內之收集裂解氣體之 Trap 管路接好。
- (4) 設定 carry gas (He) 為 10cc/min 之流速，先通氦氣到高溫爐內 30-40 分鐘以上。
- (5) 啟動高溫爐開始加溫裂解，直到所設定之溫度(600 )，關閉高溫爐開關。
- (6) 從 trap 管抽取裂解氣體打入 GC/Mass，( GC/Mass 之設定條件為從 a 每分鐘升溫 30 ，直到 45 ，持續 10 分鐘; b 每分鐘升溫 20 ，直到 100 ，持續 5 分鐘; c 每分鐘升溫 10 ，直到 230 ，維持 50 分鐘。分子量設定 20scan，氦氣為 5SPI，oven dealy 為 0.02 秒。等待分析結果。
- (7) 重覆此流程。

## 第四章 結果與討論

### 4 - 1 問卷調查結果

#### 4 - 1 - 1 抗腫瘤化學藥物使用狀況

依本研究調查蒐集，抗腫瘤化療藥物每次使用劑量(以成人劑量為標準)及其每次使用 Amp(Vial) 瓶數如表 4-1。而各醫院中常用抗腫瘤化學治療藥物月平均使用量如表 4-2。

#### 4 - 1 - 2 抗腫瘤化學藥物及其相關廢棄物

我們總共寄出 100 份問卷給地區級以上之醫院(200 床病床以上)的藥劑部，因為現在的化療藥物一般是由藥劑師來專門調配。一共回收了 43 份問卷，發現其中有 15 家醫院並沒有使用抗腫瘤化學藥物，且因為當初收集醫院資料時的誤差，現在這 15 間醫院有些已不是地區醫院，而有些則是無使用化療藥物，故將他們排除在有效問卷裡面，所以我們的有效問卷是 28 份。

##### 4 - 1 - 2 - 1 化療藥物使用現況

從表 4-3 可發現 28 間醫院中，高達 89.29%是由藥劑師來調配化

療藥物，因此我們可得知醫院內之化療藥物既是藥劑師調配，大量的化療殘餘藥品瓶應是集中在藥劑部統一處理，再交由清潔人員委外處理。而稀釋化療藥物後之點滴瓶和點滴注射輸液則是散佈在各個有癌症病患而使用化學療法的護理站，所以仍有一部份含有化療藥物殘留之點滴瓶和注射器是需要清運處理的。

再由圖 4-1 可得知這 28 間醫院每月使用化療人次數是以 50 人次以下為較多，佔了全部的 35.71%，而在 50-200 人次和 200-1000 人次兩者是次多填寫的，但兩者相加就高達 57.2%，佔了 28 間醫院的一半以上，由此可知每月使用化療的人次是不在少數。

#### 4-1-2-2 目前化療廢棄物之處理現況

在這份問卷中 28 間醫院對於化療廢棄物是百分之百做到放置在特別容器與一般廢棄物作區別，但在委外處理和自己有焚化爐的醫院中如圖 4-2 對於化療廢棄物有 96.4%的醫院是有特別註明，而有無分開儲存化療廢棄物則只達到 78.6%的醫院有做到，所以雖然有將化療廢棄物放在特定的容器和特別註明為感染廢棄物，似乎做到分開儲存仍是不盡理想。而在 27 間醫院的化療廢棄物是否分開清運，更是不盡理想，只有 51.9%的比率是達到的。

至於化療廢棄物儲存在院內時間有 67.9%的醫院是放置 1-2 天，

扣掉不清楚的 7.1%，則共 24.9%的醫院是將化療廢棄物放置超過三天以上如圖 4-3。我們知道一般化療廢棄物只可儲存在溫度攝氏 4 以下，由於問卷中未問到儲存之溫度，故我們並不知道其儲存溫度是否恰當。

#### 4-1-2-3 化療廢棄物焚化處理之比率，以及在焚化過程中化療廢棄物以何種型態及方式處理

從這 28 份回收問卷中，也就是 28 間醫院裡面，有 4 間醫院有焚化爐，就是高雄長庚醫院、台北榮總醫院、成功大學附設醫院，以及台北醫學院。但現在只有高雄長庚醫院有再繼續使用焚化爐，其他三間醫院則因某些因素，未使用其焚化爐，所以在 28 份有效問卷中是有 27 間醫院的化療廢棄物是委外焚化處理如圖 4-4，其百分比是高達 96.4%。

再由委外處理的 27 間醫院中，我們想知道委外處理的委託單位是如何處理這些廢棄物，是否是焚化處理，所以透過另一個題目得知有 81.5%的比率是焚化處理，其餘則是不清楚。如再加上自己有焚化爐的 1 間醫院，應是有 82.1 % 的比率是焚化處理化療廢棄物。至於在焚化過程中以何種型態及方式分類處理需再進一步向焚化處理業者查詢。

#### 4-1-2-4 化療藥物防護具使用現況

由表 4-3 可知，目前化療藥物的配製大部分是由受過專業訓練的藥劑師來執行。由此我們可得知醫院內之化療藥物既是藥劑師調配，所以我們不得不正視他們的防護工具是否足夠或是否有確實使用這些工具，當然我們的問卷內容也包括接觸化療廢棄物人員的調查。

針對配製藥品人員的防護措施如圖 4-5，有 92.9%比率的配藥人員是每次穿防護衣、清運人員為 32.1%的比率，委外人員更低只有 25%的比率。每次戴口罩的比率分別為 89.3%、71.4%、57.1%對於配藥人員、清運人員及委外人員如圖 4-6。由上發現配藥人員似乎比較注重防護衣的使用，使用較方便的口罩則比其防護衣的使用率為低。另外，雖然配藥人員每次使用口罩的比率仍是比清運人員和委外人員為高，但對於清運人員和委外人員則使用口罩比另外兩種防護裝備要來的可接受。至於頭罩則可能因為太麻煩或是醫院和委外單位根本沒有這項設備，所以配藥人員的每次使用率也只有 71.4%，清運人員和委外人員更是分別降低到只有 25%和 21.4%如圖 4-7。

比較上述三者工作人員的差異，為何防護工作在醫護人員和清運員工會有如此大的差異，不知是否是因為醫護人員學歷知識較高，或是所獲得的資訊較多，故對於危害認知較清楚，所以對於自己的保護

措施做的較完善。相對於清運廢棄物之員工，可能學歷低且資訊少，對於化療廢棄物會對自己的危害認知較少。這也可能凸顯了一個問題，雇主似乎並無盡到保護員工的責任和義務。

#### 4 - 1 - 2 - 5 化療廢棄物儲存、清運之方式，處理過程中可能產生之危害

化療藥物及其廢棄物會產生的危害上面已提過，醫護人員可能因為了解其危害且防護措施做的較完備，危害可降到最低。清運人員則可能因對危害不清楚而不在意，所以在他們處理清運垃圾過程中而用手直接接觸(未戴手套)，或是不小心打翻廢棄垃圾等情形發生。

## 4-2 抗腫瘤化學治療藥物使用後之殘留量分析

### 4-2-1 規定殘留量

依據中華藥典注射劑所需增加容量之最少容積限度如下表：

表 2-1 規定殘留量

標示容量	易流動液体之增加量	黏性液体增加量
0.5mL	0.10mL	0.12mL
1.0mL	0.10mL	0.15mL
2.0mL	0.15mL	0.25mL
5.0mL	0.30mL	0.50mL
10.0mL	0.50mL	0.70mL
20.0mL	0.60mL	0.90mL
30.0mL	0.80mL	1.2mL
50 或 50mL 以上	容量之 2 %	容量之 3 %

\* 易流動性液体由 0.5mL 之 20%至 50mL 之 2%。

\* 黏性液体由 0.5mL 之 24%至 50mL 之 3%。

故每一瓶藥物在依規定完成注射手續後至少會殘留其所增加容量，如 5 ml 之瓶子會殘留 0.3 ml (6%)之藥物，此為其規定殘留量。

其估算方法如下：

如 5-FU INJ250mg 其藥瓶容積 5 ml 依表 2-1 得知 其規定比使用量超出量之最低限量為 0.3 ml (6%)，如依標準注射程序抽取 5 ml，應殘留 0.3 ml 之殘留體積，其殘留量為 250 mg 溶入 5.03 ml 之容積濃度為  $250/5.03 = 49.7 \text{ mg/ml}$ ，殘留 0.3 ml 之含量  $49.7 \times 0.3 = 14.9 \text{ mg}$  約為 15 mg。

#### 4-2-2 抗腫瘤化學藥物藥瓶中之實際殘留量與最低殘留量

本研究以 10 瓶 5-FU 廢藥瓶實際以 HPLC 檢測其殘量，並取得 10 瓶含 5-FU 之廢點滴瓶實際以 HPLC 檢測其殘量，結果如表 4-4 發現該醫院藥品殘留百分比為 3.46%，而不含套管之點滴瓶藥品殘留百分比為 3.48%，如依據表 4-4 5-FU 藥瓶容積 5ml 其標準殘量為 6%，頗為相近，而一般毒性物質對量之估算常採較保守之估算，故寧可以標準殘量 6%，進行殘量估算。

因為顧及採樣及分析人員之安全，本研究除 5-FU 外，其餘藥物皆以 4-Nitroaniline 標準品進行模擬，但因怕抽取藥液時之人為誤差，故僅針對各種藥品之最低殘量進行分析，其步驟方法如 3-3-2：依注射針劑之抽取技術，將其瓶內液體抽乾，再以 HPLC 定量分析其最低殘留量。本研究以被模擬之藥物瓶，有 Adriamycin 等 21 種抗腫瘤

化療藥物，每瓶模擬 20 次，再由檢量線推估，由 20 次之平均值，得出各藥物瓶之最低殘留量如表 4-5。

#### 4 - 2 - 3 抗腫瘤化療藥劑藥品瓶和點滴瓶之單位重量

抗腫瘤化療藥物所產生的廢棄物當然包括藥瓶、點滴瓶及靜脈輸液套管等。故針對各種不同抗腫瘤化療藥物用過之廢棄藥瓶的單位重量逐一秤重，加以平均。因藥物殘留之重量在平均淨值之 1%之內，故可忽略不計，結果如表 4-6。

本研究發現目前因感染性醫療廢棄物需焚化處理，未降低廢棄物之處理成本，目前醫院用之點滴瓶，大多使用塑膠點滴瓶。至於針對塑膠點滴瓶重及靜脈輸液套管重量和點滴瓶內液體殘留體積、靜脈輸液套管內液體殘留體積，皆予秤重及量測，共 56 個點滴瓶及靜脈輸液套管取得其平均值如表 4-7。由表 4-7 可得之平均每一點滴瓶廢棄物之單位重量。而點滴瓶內均殘留體積 18.2ml (佔 3.64 % 之體積比) 與表 4-4 點滴瓶平均殘留百分比 3.48 % 非常相近。

#### 4 - 2 - 4 抗腫瘤化學藥物點滴瓶中之單位殘留量

將表 4-7 之廢棄點滴瓶中之抗腫瘤化學治療藥物之平均每瓶殘留體積比，再與每瓶抗腫瘤化學治療藥物注射劑量之乘績，即可得點

滴瓶中化療藥物之殘留量如表 4-8。

#### 4 - 2 - 5 各醫院化療塑膠點滴瓶廢棄物中化療藥物之殘量

由表4-8 點滴瓶中化療藥物之單位殘量乘以表4-2 各醫院化學治療藥物月平均使用量(瓶數)，可得知各醫院抗腫瘤藥物點滴瓶中之殘量如表 4-9。

#### 4 - 2 - 6 各醫院接受化學治療之月平均人數推估

因為疾病的分科，導致不同科的癌症會在不同的病房使用抗腫瘤藥物治療，加上病房出入院的異動，使得接受化學治療之月平均病人數等資料取得不易，故本研究依據表 4-2 各醫院化學治療藥物月平均使用量(瓶數)除以表 4-1 中每人每次使用瓶數，即可獲得各醫院接受化學治療之月平均病人數如表 4-10。

#### 4 - 2 - 7 每一接受化學治療病人產生之化療廢棄物推估

將廢棄化學治療藥品瓶單位重量表 4-6 乘以各醫院每月使用藥品瓶數；再加上廢棄化療塑膠點滴瓶的單位重量表 4-7 乘以各醫院每月使用藥品瓶數(使用一種化療藥品瓶就使用一個塑膠點滴瓶)，最後除以接受化學治療總病人數，即可獲得每一接受化學治療病人所產生之化療廢棄物如表 4-11，平均每一接受化學治療病人之化療廢棄物為

0.176kg。

#### 4-2-8 化學治療廢棄物所含之平均化療藥物濃度

各醫院化學治療藥品瓶之化療藥物濃度如表 4-12。由表 4-12 得之化療廢棄物中之化學治療藥物濃度平均為 1702mg/kg。廢棄化學點滴瓶中所含化療藥物濃度如表 4-13，由此表得知或療廢棄物中化療藥物濃度平均為 230mg/kg。因此，我們可發現這些化療廢棄物濃度非常高在處理時應更加謹慎小心。

#### 4-2-9 醫院感染性廢棄物中化療廢棄物所佔之含量

將各醫院廢棄化療藥品瓶之總重量級廢棄化療塑膠點滴瓶之總重量，除以該醫院感染性廢棄物如表 4-14，就可得知化療廢棄物佔感染性醫療廢棄物之比率平均為 1.68 %。

### 4-3 裂解對化療廢棄物去除率之關係

#### 4-3-1 5-Fu 在無氧(純氮)裂解情況下

##### 4-3-1-1 5-Fu 在裂解上之加熱速率與質量消失趨勢

5-Fu 化療藥物發生熱裂解的反應物質量( $W-W_f$ )受熱裂解後，其殘餘質量分率( $M=(W-W_f)/(W_0-W_f)$ )和反應溫度( $T$ )變化曲線如圖 4-8。由三種不同加熱速率，分別為 1、3、5 K/min，其實驗結果可發現，各

有一個主要的反應，即一個顯著不同的質量變化。三種加熱速率約都在溫度 460K 開始產生變化，直到加熱速率為 1k 之溫度到達 565K、3k 之溫度為 575k 及 5k 之溫度為 590k( $M < 0.1$ )，這個過程中質量消失變化產生是快速的，之後才呈緩慢減少其質量。故我們可以此間單化的一反應型態，決定此一個整體動力反應來代表 5-Fu 熱裂解反應。

#### 4-3-1-2 5-Fu 之瞬時間反應速率

將圖 4-8 的結果微分 ( $-dX/dT$ )，在乘上加熱速率 ( $dT/dt$ )，可得反應速率 ( $r$ ) 與溫度 ( $T$ ) 的變化關係，如圖 4-9。由反應速率曲線圖可看出其反應範圍很廣，約從 450k~600K。圖中顯現出比較高的加熱速率，殘餘質量分率曲線會往高溫區偏移(較高值  $M$ ，較低值  $X=1-M$ )。發生最大反應速率的溫度也隨著加熱速率的增加而往高溫移動，故也有較高的尖峰率。從三個反應尖峰曲線，5K 加溫速率的尖峰發生在 555K (reaction rate about 0.08668)；3K 加溫速率的尖峰發生在 545K (reaction rate about 0.052)；1K 加溫速率尖峰則發生在 535K (reaction rate about 0.01815)

#### 4-3-2 5-Fu 在無氧(純氮)裂解情況下之反應動力學模式

##### 4-3-2-1 5-Fu 之動力參數

### (1) 活化能

利用  $\ln(dX/dt) = \ln(A) + n \ln(1-X) + (-E/R)(1/T)$  方程式，配合三種加熱速率，求得反應活化能對轉化率的關係如圖 4-10，圖中 E 表示為活化能，X 表示轉化率。5-Fu 的裂解活化能值約是在 -20~50(Kcal/mol) 之間。當轉化率為 0.1~0.9 時活化能平均值為 27.76KJ/mol。

### (2) 反應級數和頻率因素

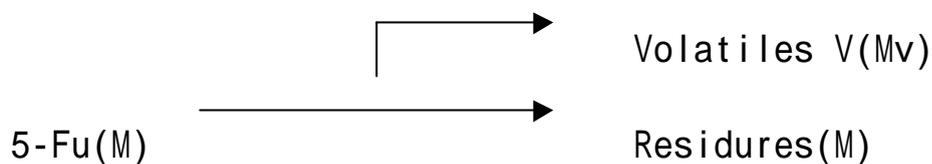
將活化能平均值代入  $\ln[(dX/dt)/(e^{-E/RT})] = \ln(A) + n \ln(1-X)$  此方程式，配合三種加熱速率，瞬時間反應速率與溫度的關係，如圖 4-11 反應級數(斜率)=1.9134。而頻率因子(截距)是  $2.757 \times 10^{10}$  (1/min)。

Dumpelmann et al. (1991) 對於除磷、厭氧穩定後之污水污泥所做的 TGA 實驗，發現雖然在每一個反應權重相等之下，越高的反應級數模擬效果愈好。氮一般反應級數太高，就已失去其物理意義，且此模式在高加熱速率下，會比較低的反應級數有問題。故假設本實驗唯一階段反應時，所求得之反應級數為 1.9134，有相當的合理性。

#### 4-3-2-2 5-Fu 之一反應動力模式與實驗值之比較

根據以上所獲得之反應動力參數和依照溫度之變化速率曲線，5-Fu 熱裂解為一階段反應為較適當之反應模式。因此假設 5-Fu 熱裂

解的模式，如下：



此反應模式得質量平衡為

$$X=1-M-Mv$$

揮發性氣體產生速率可以表示為

$$\frac{dMv}{dt} = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)(1-Mv)^n \quad (4-3-1)$$

其中 MV:揮發性物質 V 的質量分率

A: 頻率因子

n: 反應級數

(4-3-1)的起始條件為

$$t=0, M=1, Mv=0 \quad (4-3-2)$$

積分(4-3-1)方程式且以(4-3-2)式之起始條件解之，可得

$$Mv = 1 - \left[1 - (1-n) \left(\frac{ART^2}{bE}\right) \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \Sigma(E, T)\right]^{\frac{1}{1-n}} \quad (4-3-3)$$

其中

$$\sum (E, T) = \sum_j \left[ \left( -\frac{RT}{E} \right)^j \prod_{k=0}^j (k+1) \right] = 1 - 2\frac{RT}{E} + 6\left(\frac{RT}{E}\right)^2 - 24\left(\frac{RT}{E}\right)^3 + 120\left(\frac{RT}{E}\right)^4 - \dots$$

(4-3-4)

將求得的反應動力參數代入(4-4-3)式，可得到模式之質量消失趨勢曲線。因此可由上述之動力參數推倒所得之模式，驗證實驗與模式的吻合程度。模式積分後得之反應殘餘質量分率(M)與實驗值比較，其結果如圖 4-11。其不分段決定係數為 0.9208，故我們所作之實驗能實際有效的運用於計劃之 model。再由圖 4-8 可發現，模式其實驗不穩何處分生在 500k 以下和 600k 以上，此乃因運用一個簡單的一階段反應模式來模擬 5-Fu 其成份熱裂解所會發生之必然現象。

#### 4 - 4 瞬間燃燒溫度對化療廢棄物去除率之關係

在圖表上所顯示的溫度和壓力值，是實驗量測到的數據。因為實驗室容積僅 2.22 升，因此實驗架設的測量點，包括溫度和壓力僅各取一點，以此做為平均值。點火瞬間設定時間為 0，對實驗過程進行監測，可以得到一連串的溫度和壓力值。並以得到的數據，作出時間 - 溫度，時間 - 壓力，顯示實驗過程溫度和壓力的變化情形。

#### 4-4-1 5-Fu、Cisplatin 與 Methotrexate 之莫耳數化

依狀態方程式  $PV = nRT$  可以計算實驗室內瞬間之莫耳數。配合時間作圖 4-12、4-13 及 4-14，則可以看出實驗室內的莫耳數變化率。實驗數據在約前 50 秒內顯示莫耳數瞬間產生上升再下降的情形，其為其最大莫耳數比值。而莫耳數的上升表示汽油已完全燃燒，之後呈穩定狀況(約 0.8mole)，而汽油產生的熱能可導致 5-Fu、Cisplatin 與 Methotrexate 的裂解。

原則上因為燃燒時的熱量釋放出來，實驗室內的成份會同時進行燃燒與裂解等反應，並使生成氣體增多，因此圖表上莫耳數是漸增的。到最後因為是批次式的實驗，置放實驗室內的燃油已消耗殆盡，所提供的熱量也漸漸地因熱傳效應而損失，莫耳數亦漸漸地趨於穩定的狀態。

#### 4-4-2 5-Fu、Cisplatin 與 Methotrexate 之裂解溫度

從圖 4-12、4-13 及 4-14，顯示 5-Fu、Cisplatin 與 Methotrexatey 在溫度與時間的關係曲線，當溫度達到最高點後火焰的擴散即將終止，即燃燒的現象完成，而此時燃燒所釋放的熱量，供給化療藥物裂解，假設所裂解即燃燒產生的氣體為理想氣體，則可計

算得到總分子數，由能量逆向計算燃燒的汽油而得到燃燒生成氣體的理論計算濃度值，再經由最後氣體組成的量測，得到燃燒效率與裂解生成率的關係。目前尚待克服的是微量測量的氣體分析儀，因必須藉由洩氣方式，使生成氣體抽取道分析儀上，因此實際的分子數比圖上顯示的分子數為多。

在燃燒生成氣體的環境溫度下，開始熱裂解化療藥物的時間約是在前 200 秒，因為 5-Fu、Cisplatin 與 Methotrexate 的最高溫度分別在 629、717 及 612，配合其莫耳數亦是在 200 秒後呈穩定狀態，故裂解溫度約是從 200 ~600。

#### 4-4-3 5-Fu、Cisplatin 與 Methotrexate 之壓力關係

在圖 4-12、4-13 及 4-14，壓力與時間之關係曲線，知道汽油燃燒過程，化療藥物即開始吸熱致使溫度下降，壓力也較小，此表示熱裂解較大，也造成裂解的生成氣體增加。

#### 4-5 5-Fu、Cisplatin 與 Methotrexate 之裂解燃氣分析

##### 4-5-1 5-Fu 之燃氣分析

以 5-Fu 化療藥物為例，分別收集了其 200、400 及 600 之裂解氣體，注入 GC/Mass 值譜儀作氣體分析，如圖 4-15、4-16 及

4-17，在不同溫度下，分別在 1-2 分鐘間出現一個 peak，根據其分子量分析出之氣體為 CO<sub>2</sub>、CO、O<sub>2</sub> 等氣體，其中有一 40 之分子量，仍不清楚此成份，需再研究。

#### 4-5-2 Methotrexate 之燃氣分析

以 Methotrexate 化療藥物為例，同樣分別收集了 200、400 及 600 之裂解氣體，注入 GC/Mass 值譜儀作氣體分析，如圖 4-18、4-19 及 4-20，同樣在 200 也在 1-2 分鐘間出現一個 peak，根據其分子量分析出之氣體為 CO<sub>2</sub>、CO、O<sub>2</sub> 等氣體，但在 400 -600 之溫度，GC/Mass 在分析 17 分鐘後，陸續出現了幾個 peak，其分子量為 73，也不清楚此成份，仍須再研究。

#### 4-5-3 Cisplatin 之燃氣分析

以 Cisplatin 化療藥物為例，同樣分別收集了 200、400 及 600 之裂解氣體，注入 GC/Mass 值譜儀作氣體分析，如圖 4-21、4-22 及 4-23，同樣分析出之氣體 CO<sub>2</sub>、CO、O<sub>2</sub> 等氣體。

由 5-Fu 化療藥物之燃氣分析、再比對 TGA 裂解之質量趨勢變化，TGA 主要質量變化溫度約在 200 -400；而在燃燒汽油釋放熱量使化療藥物裂解的實驗中，溫度可能在 200 -600 間裂解。

#### 4-6 5-Fu 化療藥物之裂解驗證

為了驗證 5-F 化療藥物是否真正裂解,所以再次將 5-Fu 化療藥物放入一密閉爐,設定每分鐘升溫 3 的速度加熱直到 550 ,以了解其裂解花費時間,並收集此氣體打入 GC/mass 分析其成份,且在裂解前後秤重,以知其是否符合質量平衡,最後將殘渣使用紅外線光譜掃描(IR)以確知殘渣成份。

5-Fu 之升溫狀況如圖 4-24,而在裂解前 5-Fu 重量為 0.2g,裂解後重量為 0.18g,揮發了 0.02g,剩餘 0.18g 為碳粒外觀,由此可知似乎 5-Fu 化療藥物非常易碳化。氣體分析及紅外線光譜掃描(IR)結果如圖 4-25,都無偵測發現其他物質,因此 5-Fu 化療藥物之氣體應都已裂解揮發,為不可逆反應且也不是象變化。

#### 4-7 討論

TGA 裂解實驗中,仍須補強另外兩種化療藥物的裂解實驗已增加資料之可信性。而 5-F 化療藥物在 1K、3K 及 5K 的等速率加熱質量變化趨勢中,似乎在高的等溫加熱速率(5K),有較明顯的裂解現象,而 1K、3K 的裂解現象較不明顯。

由以上 4-6,5-Fu 化療藥物之驗證應可證實其為裂解變化,產生之裂解氣體對焚化爐操作人員應無危害,不過可確定的是抗腫瘤化療

藥物只在使用及成為廢棄物之清運過程中，因不慎的接觸或是液體的揮發吸入，而造成人體的危害。

## 第五章 結論

1. 目前醫院中化療廢棄物高達 96.4% 式委外焚化處理。
2. 接觸化療藥物即化療廢棄物的工作人員中，還是以醫護人員最注中自身之防護工作。
3. 每一接受化療之病人產生 0.11-0.23 kg 之化療廢棄物。在教學醫院中化療廢棄物每月約 600kg 至 1000kg 之間，在其化療廢棄物佔感染性廢棄物之 1.68%。
4. 化療藥品瓶廢棄物中化療藥物之平均濃度 1,702mg/kg。
5. 點滴瓶、化療藥品瓶廢棄物中化療藥物之平均濃度 177~335 mg/kg。
6. 藥品瓶中化療廢棄物之含量很高，至少佔 3.46-6.00% 之殘餘量，依藥品瓶之容積而定。
7. 使用簡化的一階反應模式，證明 5-Fu 的裂解結果能被此模式所解釋。
8. 所有成分在封閉系統的燃燒火焰，會進行熱裂解。而其裂解溫度應是在 200-400 。
9. 當化療廢棄物丟入醫療廢棄物焚化爐的一次爐體中，應是可燃燒裂解完成，不致會有有害氣體之產生，所以抗腫瘤化療藥物只在

使用及成為廢棄物之清運過程中，因不慎的接觸或是液體的揮發吸入，而造成人體的危害。

10. 在驗證中 5-Fu 化療藥物之氣體都已裂解揮發，為不可逆反應且也不是象變化。

表 2-2 感染性廢棄物總量及有效處理率之推估

	以 100%佔床率推估	以實際佔床率推估	以醫院廢棄物直接推估
醫院廢棄物量(kg/床日)			3.40 <sup>(c)</sup>
每床感染性廢棄物量(kg/床日)	0.37 <sup>(a)</sup>	0.56 <sup>(b)</sup>	0.51(3.4x0.15) <sup>(d)</sup>
全省總病床數(床)	120149	120149	120149
佔床率(%)	100	64.8	60
可燃性感染性廢棄物總量(kg/day)	44443	43600	36766
實際焚化處理量(kg/天)	32279	32279	32279
有效處理率(%)	32279	74.03	87.79

(a), (b) : 26 家醫院每床可燃性感染性廢棄物產生量平均值

(c) 我國醫院廢棄物平均產生量

(d) 感染性廢棄物在醫療廢棄物中所佔比率

可燃性感染性廢棄物產生總量=每床感染性廢棄物量(kg/床日)x佔床率(%)x全省總病床數(床)

有效處理率(%)=實際焚化處理量(kg/day)/可燃性感染性廢棄物總量(kg/day)

表 2-3 反應速率計算示例：

T'	M	X	$DX/(dT/B)$
400	1	0	0
405	0.99	0.01	$(0.02-0)/[(410-400)/5]$
410	0.98	0.02	$(0.025-0.01)/[(415-405)/5]$
415	0.975	0.025	此欄之計算方式稱為(中點趨近法)

表 2-4 微分法求活化能之計算示例：

T'	M	M' (設定)	T'	→	在由 T'、r 與 T' 內插 得到 r'
400	1	0.99	此欄之值		
405	0.99	0.98	由 T、M 與		
410	0.98	0.97	M' 內插而		
415	0.975	取每一 0.01 為一數 據刻度(共 100 點)	得		

表 3-1 抗腫瘤化學藥物之其相關廢棄物處理現況調查表

\_\_\_\_\_醫院你好：

本研究接受衛生署委託進行抗癌藥物的使用率，醫護人員之暴露情形以及對抗癌藥物及其相關廢棄物之處理方法調查，希望佔用你們一點時間，幫我們填完此份問卷，謝謝你們的協助幫忙。請予\_\_月\_\_日，回遞給中國醫藥學院環醫所趙佩玉小姐 地址：台中市學士路 91 號

中國醫藥學院環醫所

TEL:04-2053366-6309

FAX:04-2039821

1. 醫院名稱：\_\_\_\_\_
2. 醫院床數：\_\_\_\_\_
3. 請問貴院是否有使用化療藥物：是 否
4. 醫院使用化療藥物的單位：內科 外科 耳鼻喉科 腫瘤科 婦科 小兒科 其他\_\_\_\_\_
5. 請問貴院每月有多少癌症病患使用化療藥物：50 人以下  
50-200 人 200-1000 人 1000 人以上
6. 請問貴院化療藥物的配製是由：護理人員 藥師 其他-  
\_\_\_\_\_

7. 使用化療藥物及其相關廢棄物(包含抽藥空針、藥瓶、點滴瓶、輸液管路等)丟棄是否有特別容器裝置：是 否

8. 化療藥物及其相關廢棄物之處理方法：焚化處理 化學處理  
委外處理 其他\_\_\_\_\_

9. 如果是焚化處理，請問貴院是否有焚化爐：是 否  
(答是請接第 10 題)

10. 如果有焚化爐，貴醫院化療廢棄物是否分開儲存：是 否  
(答是請接 11、12、13、14、15、16 題)

11. 如果化分開儲存，貴醫院化療藥物以何種容器裝置儲存：  
塑膠袋 鐵盒 紙盒 其他\_\_\_\_\_

12. 如果化療廢棄物分開儲存，是否有標註特別標籤：是 否

13. 如果有焚化爐，貴醫院化療藥物是否分開焚化：是 否

14. 化療廢棄物如果焚化處理，化療廢棄物在院內儲存時間：1-2

3-4 5-6 7

15. 如果有分開焚化，貴醫院一週焚化幾次：一次 兩次 三次  
其他 \_\_\_\_\_

16. 如果有分開焚化，平均每次焚化多少公斤：\_\_\_\_\_

17. 如果沒有分開焚化，化療廢棄物佔感染性廢棄物的比例

\_\_\_\_\_

18. 如果委外處理，化療廢棄物是否有分開儲存： 是 否
19. 如果化療廢棄物分開儲存是否有標註特別標籤： 是 否
20. 化療廢棄物委外處理，是否焚化處理： 是 否
21. 如果委外處理，化療廢棄物在院內儲存時間：1-2 3- 4  
5-6 7
22. 如果委外處理，化療廢棄物是否分開清運： 是 否
23. 委外單位每週收集幾次： 1 2 3 4
24. 請問貴院之護理人員(藥劑師)在配製抗癌藥物時，是否有穿戴防  
護衣： 每次穿 偶而 從不穿
25. 請問貴院之護理人員(藥劑師)在配製抗癌藥物時，是否有戴口罩：  
每次戴 偶而 從不戴
26. 請問貴院之護理人員(藥劑師)在配製抗癌藥物時，是否有戴頭罩：  
每次戴 偶而 從不戴

表3-2 抗腫瘤化學藥物使用量調查表

抗腫瘤化學藥物 (藥物名稱)	平均劑量ug/ml (每次使用劑量)	A:直接注射 B:點滴(ml)	每月使用量明細表(消耗瓶數)												廢棄物如何處理
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
Adriamycin 10mg															
Bleomycin 15mg															
Carboplatin 150mg															
Carboplatin 450mg															
Cisplatin 10mg															
Cisplatin 50mg															
Dactinomycin 0.5mg															
D.T.I.C 200mg															
Endoxan 200mg															
Epirubicin 10mg															
Epirubicin 50mg															
5-FU 250mg															
5-FU 500mg															
Idarubicin 0.5mg															
Ifosfamide 2g															
Leunase 5000Ku															
Mitomycin 2mg															
mitomycin 10mg															
M.T.X. 20mg															
M.T.X. 50mg															
M.T.X. 1g															
Novantrone 20mg															
Vepesiding 100mg															
Vinblastin 10mg															
Vincristin 1mg															
Taxol 30mg															

表3-3 殘留量檢測檢量線

藥品瓶5-Fu殘留量檢測檢量線											
5-Fu	1	2	3	4	5	6	7				
打入的ug	0.00018	0.00053	0.00160	0.00481	0.01444	0.04332	0.13008	直線相關	斜率	截距	
Area	528	1628	4302	11885	35962	102775	321522	0.99990	0.00000041	0.00012165	
點滴瓶5-Fu殘留量檢測檢量線											
5-Fu	1	2	3	4	5	6	7				
打入的ug	0.00018	0.00053	0.0016	0.00481	0.01444	0.04332	0.13008	直線相關	斜率	截距	
Area	532	1238	3684	10648	32763	100821	302786	0.999995	0.00000043	0.00010168	
4-Nitroaniline在玻璃藥瓶中的模擬化療殘留量檢測檢量線											
5-Fu	1	2	3	4	5	6	7	8			
打入的ug	0.00644	0.01288	0.02576	0.05750	0.11500	0.23000	0.69000	1.38000	直線相關	斜率	截距
Area	21967	44094	93719	191194	371431	728143	2963571	5796801	0.999087	0.00000023	0.01520780

表4-1 抗腫瘤藥物每次使用劑量及使用藥品瓶數

抗腫瘤藥物 (藥物名稱)	平均劑量ug/ml 每次使用劑量	A:直接注射 B:點滴(ml)	每次用藥瓶數 (瓶)
Adriamycin 10mg	30mg/day	A,B	3
Bleomycin 15mg	15mg/day	A,B	1
Carboplatin 150mg	450mg	B:點滴(ml)	3
Carboplatin 450mg			
Cisplatin 10mg	20mg	B:點滴(ml)	2
Cisplatin 50mg	100mg	B:點滴(ml)	2
Dactinomycin 0.5mg	0.5mg	A	1
D.T.I.C 200mg	600mg	B:點滴(ml)	3
Endoxan 200mg	1000mg	B:點滴(ml)	5
Epirubicin 10mg	70mg	A,B	7
Epirubicin 50mg			
5-FU 250mg	750mg	A,B	3
5-FU 500mg			
Idarubicin 0.5mg	12mg		24
Ifosfamide 2g	2000mg		1
Leunase 5000Ku	4000mg	A	
Mitomycin 2mg	8mg	B:點滴(ml)	4
mitomycin 10mg			
M.T.X. 20mg			
M.T.X. 50mg	100mg	A,B	2
M.T.X. 1g	5000mg	A,B	5
Novantrone 20mg	10mg	B:點滴(ml)	0.5
Vepesiding 100mg	100mg	B:點滴(ml)	1
Vinblastin 10mg	10mg	A	1
Vincristin 1mg	1mg	A	1
Taxol 30mg	210mg	B:點滴(ml)	7
Bleocin 5mg			
BCNC 100mg			
Cytoman 500mg			
Cytosar-U 100mg			
Cytosar-U500mg			
Cylocide 20mg			
Cosmegen 3.5mg			
Daunoblastina 20mg			
Adriablastina 10mg			
Pharmorubicin 10mg			
Pharmorubicin 50mg			
Filgrastim 300mg			
Roeeron-A 3mu			
Carmustin			
Mephalam 50mg			
BeNU 100mg	150mg	B:點滴(ml)	1.5
Cytosar 100mg	200mg	A,B	2
Cytosar 500mg	6000mg	B:點滴(ml)	12
Bndoxan 100mg	200mg	B:點滴(ml)	2
Ftoral 400mg/10ml	1200mg	B:點滴(ml)	3
Bleomycin 15mg			
Cylocide 20mg			
Cylocide 60mg			
Cytarabin 500mg			

表4-2 醫院中常用抗腫瘤藥物月平均使用量

醫院代號	A醫院	B醫院	C醫院	D醫院	E醫院	F醫院	G醫院
抗腫瘤藥物	月平均使用量						
(藥物名稱)	(瓶數)						
Adriamycin 10mg		131		183	63		730
Bleomycin 15mg	4	37	15	335	35	18	41
Carboplatin 150mg		5	14	27	31	40	14
Carboplatin 450mg			13	7		1	
Cisplatin 10mg	27	331	113	496	57	357	475
Cisplatin 50mg			129	255	84	15	248
Dactinomycin 0.5mg	0.7	1		22	4	16	18
D.T.I.C 200mg			16	8	6	15	16
Endoxan 200mg	13	21		616	49	20	229
Epirubicin 10mg		168		175	106	236	184
Epirubicin 50mg		136		110			148
5-FU 250mg	79	11	1684	283	160	614	6010
5-FU 500mg		2209		1122			
Idarubicin 0.5mg		7		53	19	28	83
Ifosfamide 2g			25	44	8	50	95
Leunase 5000Ku		5	13	24	15	64	76
Mitomycin 2mg		17	24	20	9	8	87
mitomycin 10mg		17	52	20			55
M.T.X. 20mg				94			
M.T.X. 50mg	0.4	174	49	79	18	262	240
M.T.X. 1g			25	8	9	14	76
Novantrone 20mg	3	11	6	5	2	20	25
Vepesiding 100mg		2	123	106	54	120	383
Vinblastin 10mg		66	7	20	4	1	18
Vincristin 1mg	4	39	52	120	27	72	284
Taxol 30mg		87	303	391	160	113	531
Bleocin 5mg			8				
BCNC 100mg			10				
Cytoman 500mg			184				
Cytosar-U 100mg			11				
Cytosar-U500mg			23				
Cylocide 20mg			15				
Cosmegen 3.5mg			12				
Daunoblastina 20mg			13				
Adriablastina 10mg			623				
Pharmorubicin 10mg			42				
Pharmorubicin 50mg			26				
Filgrastim 300mg			115				
Roeeron-A 3mu			103				
Carmustin				1			
Mephalam 50mg				6			
BeNU 100mg					3		
Cytosar 100mg				92	22		
Cytosar 500mg				311	75		
Bndoxan 100mg					29		
Ftoral 400mg/10ml					156		
Bleomycin 15mg						46	
Cylocide 20mg						285	
Cylocide 60mg						266	
Cytarabin 500mg						286	

表 4-3 28 間醫院化療藥物配置人員

配置化療藥物人員	醫院數	百分比%
護士	3	10.71
藥師	25	89.29

表4-4 5-FU廢棄藥品瓶及點滴瓶中化療藥品之含量分析

編號	藥瓶品(250mg)		點滴瓶	
	殘留藥量ug	殘留百分比%	殘留藥量ug	殘留百分比%
1	8606	3.44	9071	3.63
2	8189	3.28	8391	3.36
3	8398	3.36	8731	3.49
4	9632	3.85	8790	3.52
5	9246	3.7	8541	3.42
6	8790	3.52	8887	3.55
7	8398	3.36	8364	3.35
8	8432	3.37	8569	3.43
9	8290	3.32	8972	3.59
10	8543	3.42	8672	3.47
平均	8652	3.46	8699	3.48

表4-5 抗腫瘤化學藥物最低殘量與準殘量分析

抗腫瘤藥物 (藥物名稱)	每瓶體積 ml	最低體積比 %	最低殘量 mg	標準體積比 %	標準殘量 mg
Adriamycin 10mg	5	0.57	0.057	6	0.6
Bleomycin 15mg	5	1.12	1.12	6	6
Carboplatin 150mg	10	0.93	1.4	5	7.5
Carboplatin 450mg					
Cisplatin 10mg	10	0.87	0.09	5	0.5
Cisplatin 50mg	50	0.22	0.11	2	1
Dactinomycin 0.5mg	2	2.92	0.01	7.5	0.04
D.T.T.C 200mg					
Endoxan 200mg	10	0.88	0.88	5	5
Epirubicin 10mg					
Epirubicin 50mg					
5-FU 250mg	5	0.98	2.44	6	15
5-FU 500mg			4.89		30
Idarubicin 0.5mg	10	1.12	0.06	6	0.3
Ifosfamide 2g	30	0.39	7.78	2.67	53.33
Leunase 5000Ku					
Mitomycin 2mg	5	1	0.02	6	0.12
mitomycin 10mg					
M.T.X. 20mg					
M.T.X. 50mg					
M.T.X. 1g					
Novantrone 20mg					
Vepesiding 100mg	5	1.43	1.43	6	6
Vinblastin 10mg					
Vincristin 1mg					
Taxol 30mg					
Bleocin 5mg	5	1.12	1.12	6	6
BCNC 100mg	30	0.51	0.51	2.67	2.67
Cytoman 500mg					
Cytosar-U 100mg	10	0.83	0.83	5	5
Cytosar-U500mg					
Cylocide 20mg					
Cosmegen 3.5mg					
Daunoblastina 20mg					
Adriablastina 10mg					
Pharmorubicin 10mg					
Pharmorubicin 50mg					
Filgrastim 300mg					
Roeeron-A 3mu					
Carmustin					
Mephalam 50mg					
BeNU 100mg					
Cytosar 100mg	10	0.83	0.83	5	5
Cytosar 500mg					
Bndoxan 100mg					
Ftoral 400mg/10ml					
Bleomycin 15mg	5	1.12	1.12	6	6
Cylocide 20mg					
Cylocide 60mg					
Cytarabin 500mg					

表 4-6 各種抗腫瘤化學藥瓶之瓶重分析

抗腫瘤藥物 (藥物名稱)	抗腫瘤藥物瓶重 (g)
Adriamycin 10mg	
Bleomycin 15mg	
Carboplatin 150mg	31.13
Carboplatin 450mg	
Cisplatin 10mg	31.1
Cisplatin 50mg	50.6
Dactinomycin 0.5mg	
D.T.I.C 200mg	30.7
Endoxan 200mg	54.3
Epirubicin 10mg	
Epirubicin 50mg	
5-FU 250mg	6
5-FU 500mg	
Idarubicin 0.5mg	19.1
Ifosfamide 2g	56.5
Leunase 5000Ku	
Mitomycin 2mg	20.9
mitomycin 10mg	
M.T.X. 20mg	
M.T.X. 50mg	
M.T.X. 1g	
Novantrone 20mg	12.5
Vepesiding 100mg	10.6
Vinblastin 10mg	
Vincristin 1mg	11.6
Taxol 30mg	12
Bleocin 5mg	
BCNC 100mg	
Cytoman 500mg	
Cytosar-U 100mg	11.14
Cytosar-U 500mg	11.64
Cylocide 20mg	
Cosmegen 3.5mg	8.43
Daunoblastina 20mg	
Adriblastina 10mg	
Pharmorubicin 10mg	19
Pharmorubicin 50mg	
Filgrastim 300mg	
Roeeron-A 3mu	
Carmustin	
Mephalam 50mg	
BeNU 100mg	
Cytosar 100mg	11.14
Cytosar 500mg	11.64
Bndoxan 100mg	
Ftoral 400mg/10ml	5.38
Bleomycin 15mg	
Cylocide 20mg	
Cylocide 60mg	
Cytarabin 500mg	

#### 4-7 塑膠點滴瓶及其靜脈輸液套管重量和藥物殘留體積

塑膠點滴瓶重量(g)	塑膠點滴瓶體積(ml)	靜脈輸液套管重量(g)
24.2	500	26.8
塑膠點滴瓶殘留藥液體積(ml)	塑膠點滴瓶殘留藥液體積比 (%)	靜脈輸液套管殘留藥液體積(ml)
18.2	8.32 %	23.4

表4-8 塑膠點滴瓶中抗腫瘤化學藥物之單位殘量分析表

抗腫瘤藥物 (藥物名稱)	藥物注射量 (mg)	塑膠點滴瓶體積 (%)	點滴瓶總殘量 (mg)
Adriamycin 10mg	10	8.32	0.832
Bleomycin 15mg	15	8.32	1.248
Carboplatin 150mg	150	8.32	12.48
Carboplatin 450mg	450	8.32	37.44
Cisplatin 10mg	10	8.32	0.832
Cisplatin 50mg	500	8.32	4.16
Dactinomycin 0.5mg	0.5	8.32	0.0416
D.T.I.C 200mg	200	8.32	16.64
Endoxan 200mg	200	8.32	16.64
Epirubicin 10mg	10	8.32	0.832
Epirubicin 50mg	50	8.32	4.16
5-FU 250mg	250	8.32	20.8
5-FU 500mg	500	8.32	41.6
Idarubicin 0.5mg	0.5	8.32	0.0416
Ifosfamide 2g	2	8.32	0.1664
Leunase 5000Ku		8.32	-
Mitomycin 2mg	2	8.32	0.1664
mitomycin 10mg	10	8.32	0.832
M.T.X. 20mg	20	8.32	1.664
M.T.X. 50mg	50	8.32	4.16
M.T.X. 1g	1000	8.32	83.2
Novantrone 20mg	20	8.32	1.664
Vepesiding 100mg	100	8.32	8.32
Vinblastin 10mg	10	8.32	0.832
Vincristin 1mg	1	8.32	0.0832
Taxol 30mg	30	8.32	2.496
Bleocin 5mg	5	8.32	0.416
BCNC 100mg	100	8.32	8.32
Cytoman 500mg	500	8.32	41.6
Cytosar-U 100mg	100	8.32	8.32
Cytosar-U500mg	500	8.32	41.6
Cylocide 20mg	20	8.32	1.664
Cosmegen 3.5mg	305	8.32	0.2912
Daunoblastina 20mg	20	8.32	1.664
Adriablastina 10mg	10	8.32	0.832
Pharmorubicin 10mg	10	8.32	0.832
Pharmorubicin 50mg	50	8.32	4.16
Filgrastim 300mg	300	8.32	24.96
Roceeron-A 3mu	3	8.32	0.2496
Carmustin		8.32	-
Mephalam 50mg	50	8.32	4.16
BeNU 100mg	100	8.32	8.32
Cytosar 100mg	100	8.32	8.32
Cytosar 500mg	500	8.32	41.6
Endoxan 100mg	100	8.32	8.32
Ftoral 400mg/10ml	400	8.32	33.28
Bleomycin 15mg	15	8.32	1.248
Cylocide 20mg	20	8.32	1.664
Cylocide 60mg	60	8.32	4.992
Cytarabin 500mg	500	8.32	41.6

表4-9 各醫院化療塑膠點滴瓶廢棄物中化療藥物殘留量分析

醫院代號	A醫院	B醫院	C醫院	D醫院	E醫院	F醫院	G醫院
抗腫瘤藥物 (藥物名稱)	月平均總重量 (mg/月)						
Adriamycin 10mg	-	109	-	152	39	-	542
Bleomycin 15mg	5	47	14	418	33	20	37
Carboplatin 150mg	-	62	104	332	288	484	170
Carboplatin 450mg	-	-	331	271	-	-	-
Cisplatin 10mg	22	276	86	413	34	354	422
Cisplatin 50mg	-	-	492	1060	261	88	999
Dactinomycin 0.5m	0	0	-	1	0	1	1
D.T.I.C 200mg	-	-	222	129	65	300	176
Endoxan 200mg	214	356	-	10249	657	449	3228
Epirubicin 10mg	-	140	-	145	74	201	137
Epirubicin 50mg	-	566	-	457	-	-	438
5-FU 250mg	1635	233	32110	5879	2542	12501	116089
5-FU 500mg	-	109375	-	46689	-	-	-
Idarubicin 0.5mg	-	0	-	2	1	1	4
Ifosfamude 2g	-	-	3	7	1	7	17
Leunase 5000Ku	-	-	-	-	-	-	-
Mitomycin 2mg	-	3	2	3	1	1	14
mitomycin 10mg	-	14	33	16	-	-	53
M.T.X. 20mg	-	-	-	157	-	-	-
M.T.X. 50mg	2	724	120	327	52	1136	815
M.T.X. 1g	-	-	173	679	619	732	7538
Novantrone 20mg	4	18	5	9	3	17	38
Vepesiding 100mg	-	15	853	880	382	1018	3368
Vinblastin 10mg	-	55	4	16	2	1	13
Vincristin 1mg	0	3	4	10	2	7	24
Taxol 30mg	0	217	631	976	328	351	893
Bleocin 5mg			2				
BCNC 100mg			27				
Cytoman 500mg			7651				
Cytosar-U 100mg			60				
Cytosar-U500mg			555				
Cylocide 20mg			4				
Cosmegen 3.5mg			2				
Daunoblastina 20mg			9				
Adriblastina 10mg			475				
Pharmorubicin 10mg			32				
Pharmorubicin 50mg			99				
Filgrastim 300mg			718				
Roeron-A 3mu			17				
Carmustin							
Mephalam 50mg				24			
BeNU 100mg					20		
Cytosar 100mg				765	139		
Cytosar 500mg				12934	2668		
Endoxan 100mg					177		
Ftoral 400mg/10ml					1594		
Bleomycin 15mg							60
Cylocide 20mg							489
Cylocide 60mg							1109
Cytarabin 500mg							9060

表4-10 由抗腫瘤藥物使用量推估各醫院接受化療之總病人數

醫院代號	A醫院	B醫院	C醫院	D醫院	E醫院	F醫院	G醫院
抗腫瘤藥物 (藥物名稱)	病人人數 (人/月)						
Adriamycin 10mg	-	44	-	61	21	-	243
Bleomycin 15mg	4	37	15	335	35	18	41
Carboplatin 150mg	-	2	5	9	10	13	5
Carboplatin 450mg							
Cisplatin 10mg	13	166	57	248	29	179	238
Cisplatin 50mg	-	-	65	127	42	7	124
Dactinomycin 0.5mg	1	1	-	22	4	16	18
D.T.T.C 200mg	-	-	5	3	2	5	5
Endoxan 200mg	3	4	-	123	10	4	46
Epirubicin 10mg	-	24	-	25	15	34	26
Epirubicin 50mg							
5-FU 250mg	26	4	561	94	53	205	2003
5-FU 500mg	-	1473	-	748	-	-	-
Idarubicin 0.5mg	-	0	-	2	1	1	3
Ifosfamide 2g	-	-	25	44	8	50	95
Leunase 5000Ku							
Mitomycin 2mg	-	4	6	5	2	2	22
mitomycin 10mg							
M.T.X. 20mg							
M.T.X. 50mg	0	87	25	39	9	131	120
M.T.X. 1g	-	-	5	2	2	3	15
Novantrone 20mg	5	22	12	11	5	39	51
Vepesiding 100mg	-	2	123	106	54	120	383
Vinblastin 10mg	-	66	7	20	4	1	18
Vincristin 1mg	4	39	52	120	27	72	284
Taxol 30mg	-	12	43	56	23	16	76
Bleocin 5mg							
BCNC 100mg							
Cytoman 500mg							
Cytosar-U 100mg							
Cytosar-U500mg							
Cylocide 20mg							
Cosmegen 3.5mg							
Daunoblastina 20mg							
Adriblastina 10mg							
Pharmorubicin 10mg							
Pharmorubicin 50mg							
Filgrastim 300mg							
Roceeron-A 3mu							
Carmustin							
Mephalam 50mg							
BeNU 100mg	-	-	-	-	2	-	-
Cytosar 100mg	-	-	-	-	11	-	-
Cytosar 500mg	-	-	-	-	6	-	-
Bndoxan 100mg	-	-	-	-	15	-	-
Ftoral 400mg/10ml	-	-	-	-	52	-	-
Bleomycin 15mg							
Cylocide 20mg							
Cylocide 60mg							
Cytarabin 500mg							
總病人數	57	1988	1006	2200	441	916	3816

表4-11 每一接受化療病人產生化療廢棄物量

醫院代號	塑膠點滴瓶廢棄物總重量	廢棄化療要瓶總重量	化療廢棄物之總重量	人數	每人產生廢棄物量
	(kg/月)	(kg/月)	(kg/月)	(kg/人)	(kg/人)
A醫院	5.23-11.6	2.08	7.31-13.68	57	0.13-0.24
B醫院	184.06-334.8	13.83	197.89-348.63	1988	0.1-0.18
C醫院	93.1-301.5	5.81	90.98-307.31	1006	0.1-0.31
D醫院	203.7-415.4	47.34	251.04-462.74	2200	0.11-0.21
E醫院	40.83-74.5	9.51	50.34-84.01	441	0.11-0.19
F醫院	84.83-198.4	24.4	109.24-222.8	916	0.12-0.24
G醫院	353.4-869.2	32.33	385.73-901.53	3816	0.1-0.18
平均					0.11-0.23

表4-12 化療廢棄物中藥瓶所含化療藥物濃度

醫院代號	廢棄化療藥瓶總重量 (kg/月)	化療藥物殘留量 (kg/月)	廢棄物中含化療藥物濃度 (mg/kg)
A醫院	2.08	1.28	617
B醫院	13.83	79.67	5763
C醫院	5.81	25.05	4309
D醫院	47.34	22.83	482
E醫院	9.51	2.07	218
F醫院	24.4	6.15	252
G醫院	32.33	8.83	273
平均			1702

表4-13 化療廢棄物中塑膠點滴所含化療藥物濃度

醫院代號	廢棄塑膠點滴瓶總重量 (kg/月)	化療藥物殘留量 (kg/月)	廢棄物中含化療藥物濃度 (mg/kg)
A醫院	5.23-11.6	1.88	162-257
B醫院	184.06-334.8	112.21	335-567
C醫院	93.1-301.5	44.84	149-453
D醫院	203.7-415.4	83	200-331
E醫院	40.83-74.5	9.98	134-198
F醫院	84.83-198.4	17.67	89-162
G醫院	353.4-869.2	145.74	168-378
平均			177-335

表4-14 化療廢棄物中感染性廢棄物百分比

醫院代號	化療廢棄物之最大總重量	醫院產生感染性廢棄物量	化療廢棄物中感染性廢棄物之百分比
	(kg/月)	(kg/月)	(%)
A醫院	13.6	2656	0.51
B醫院	348.6	18790	1.86
C醫院	307.3		
D醫院	462.7	21360	2.17
E醫院	84		
F醫院	222.8		
G醫院	901.5	41160	2.19
平均			1.68

圖 3-1 5-FU 在 UV 偵測下之光譜掃描(Solvent 波長為 266um)

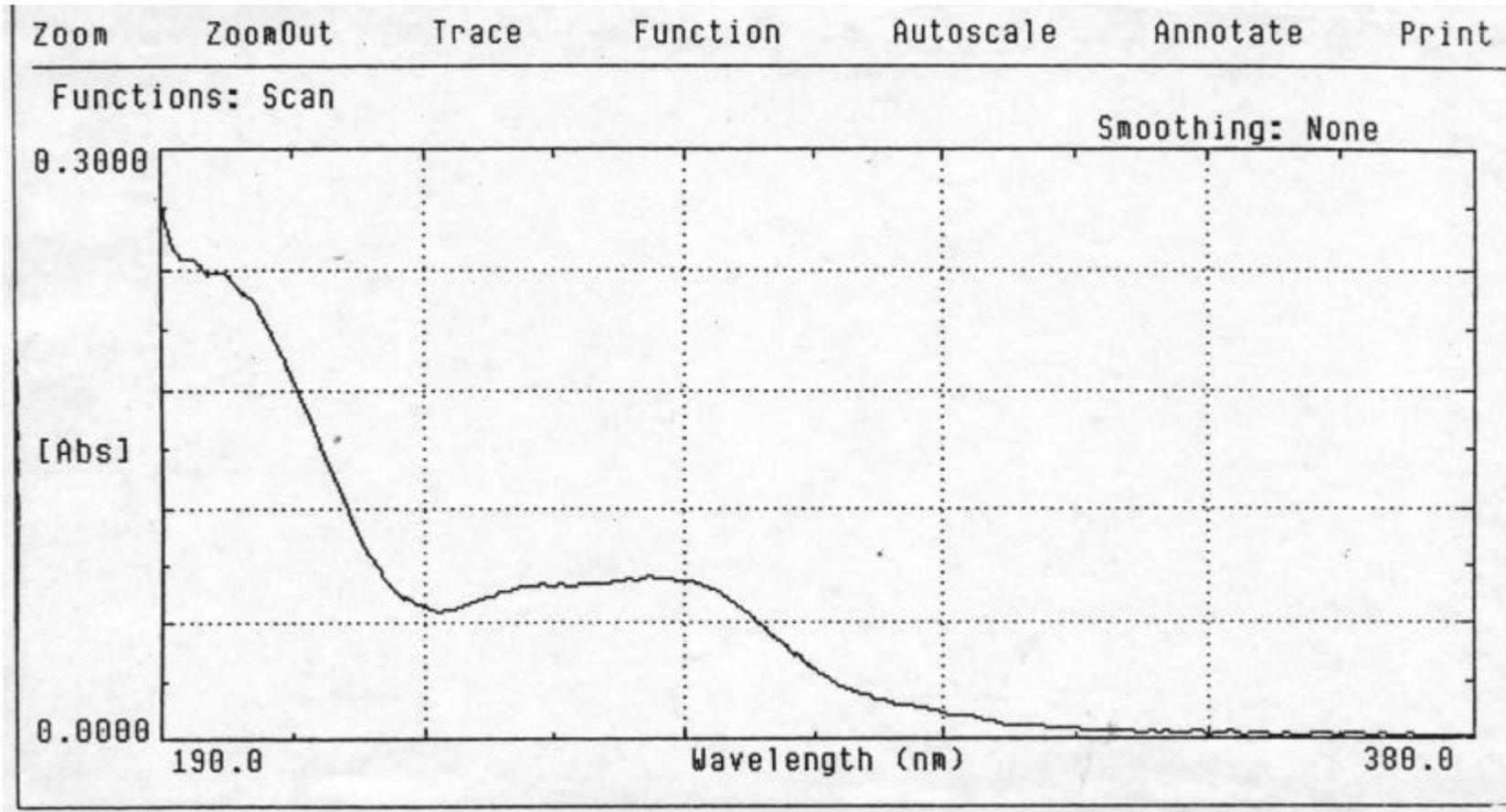


圖 3-2 藥品瓶中 5-FU 殘留量分析檢量線

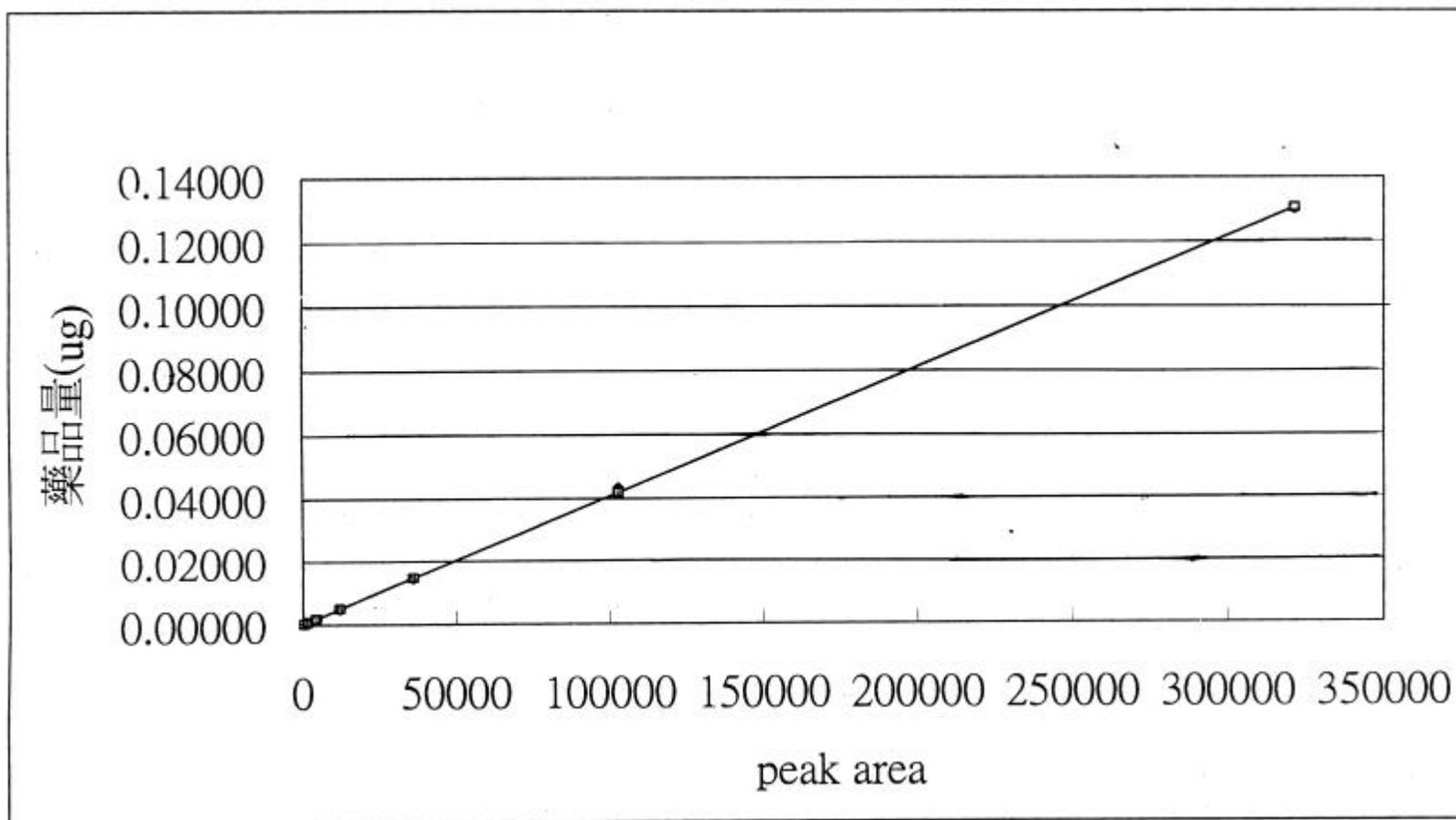


圖 3-3 點滴瓶中 5-FU 殘留量分析之檢量線

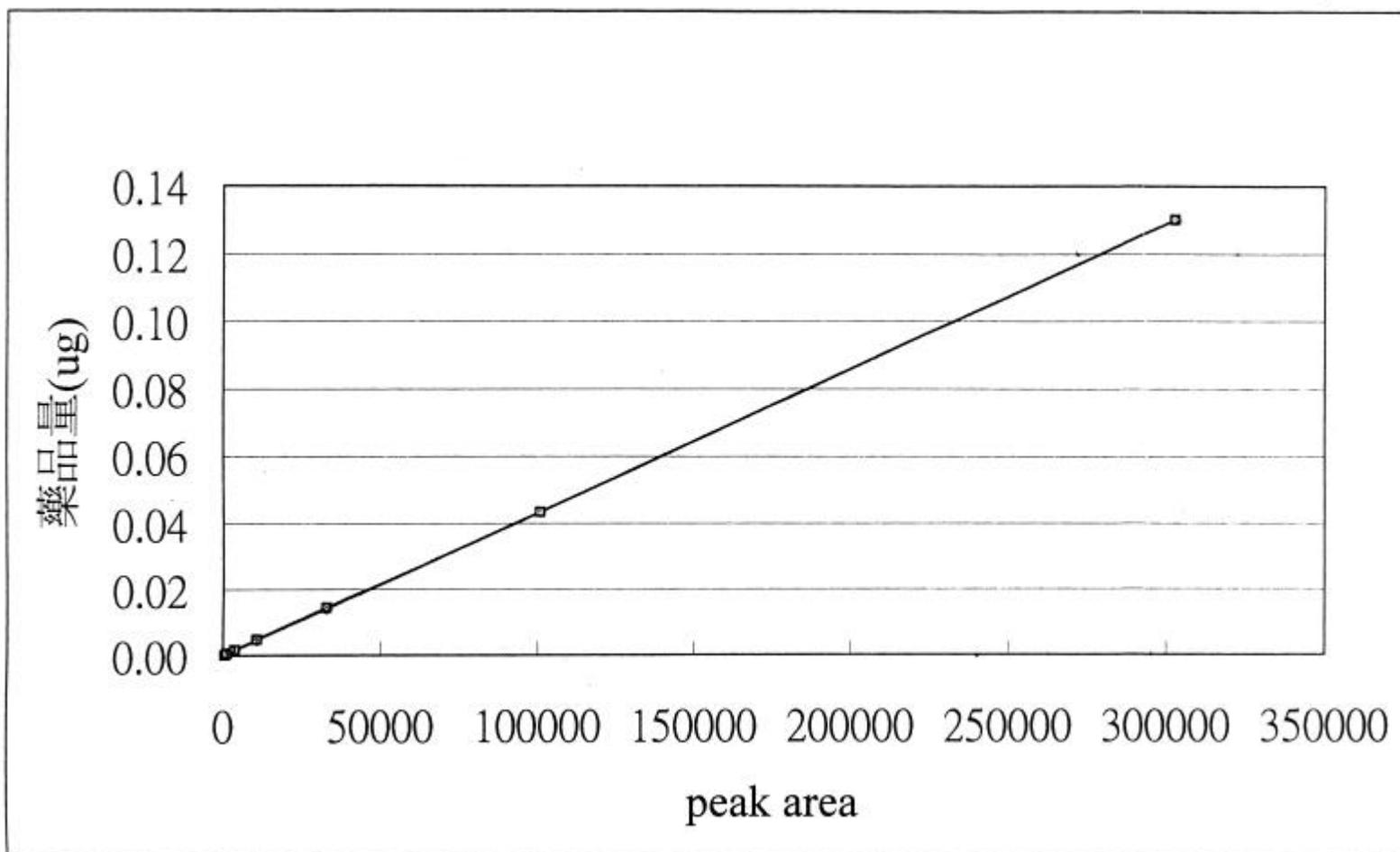


圖 3-4 4-Nitroaniline 在 UV 偵測下之光譜掃描(Solvent 最大吸收波長為 370nm)

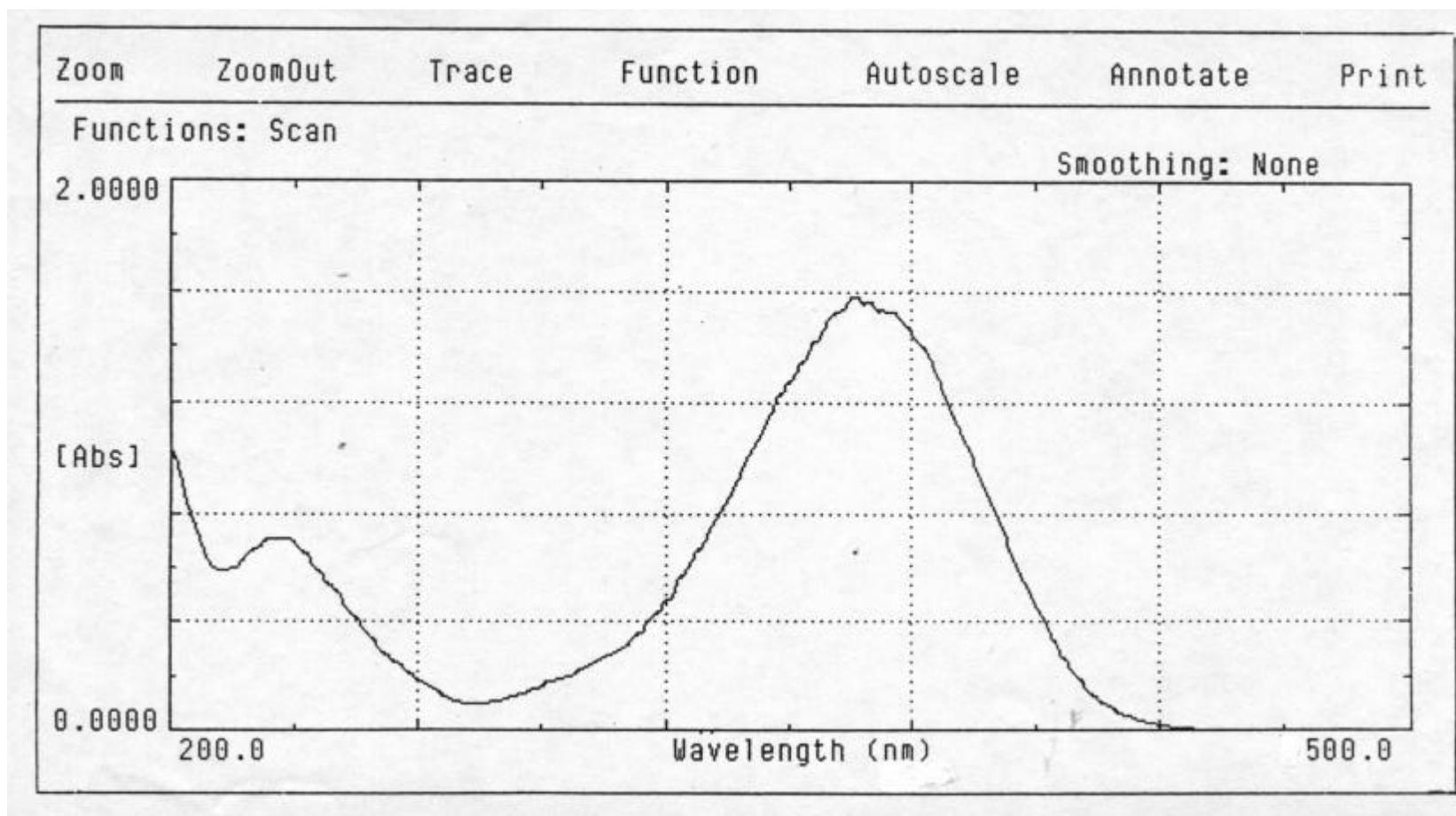


圖 3-5 4-Nitroaniline 在玻璃中模擬化療殘留量之檢測檢量線

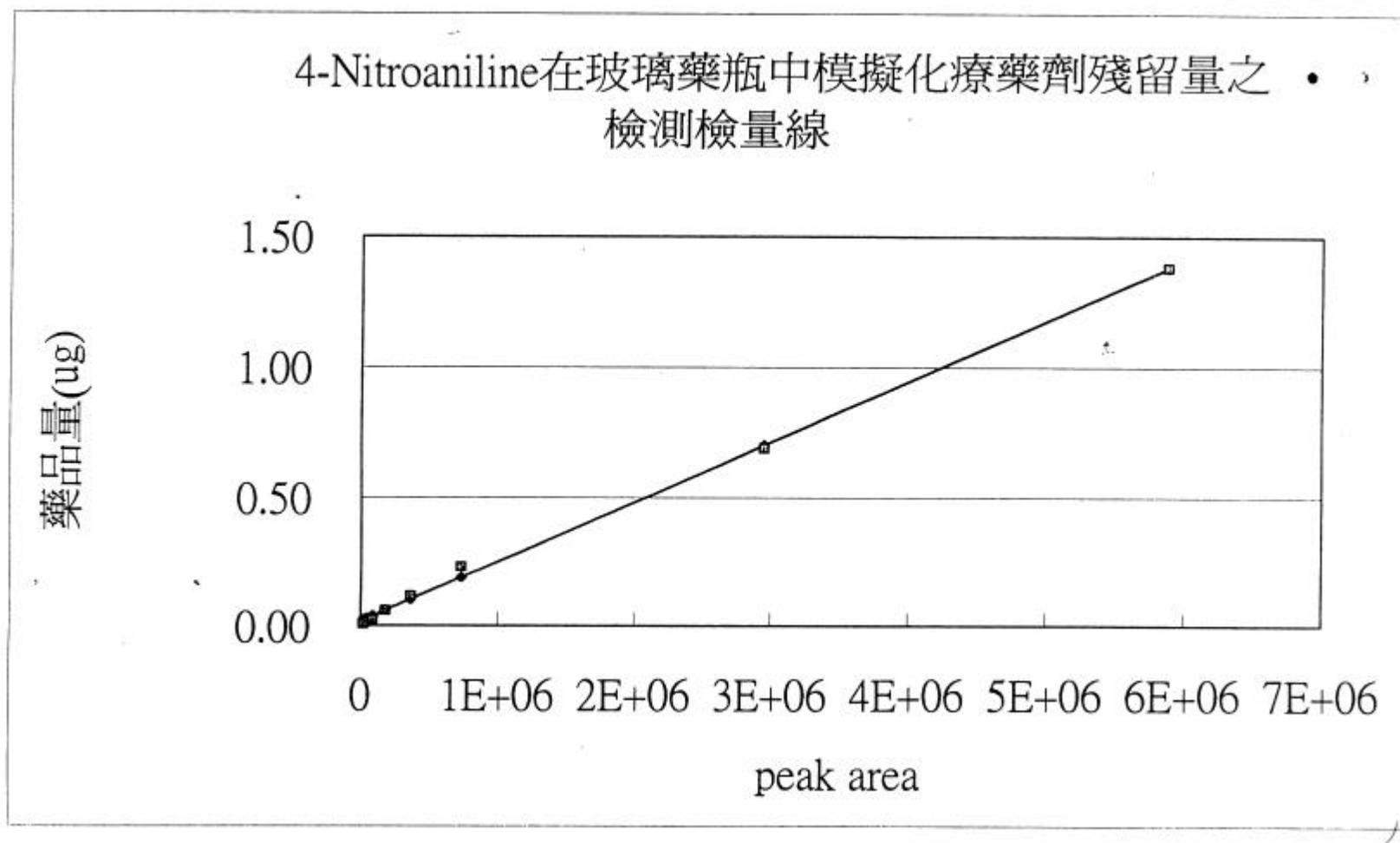


圖 3-6 TGA 實驗裝置圖

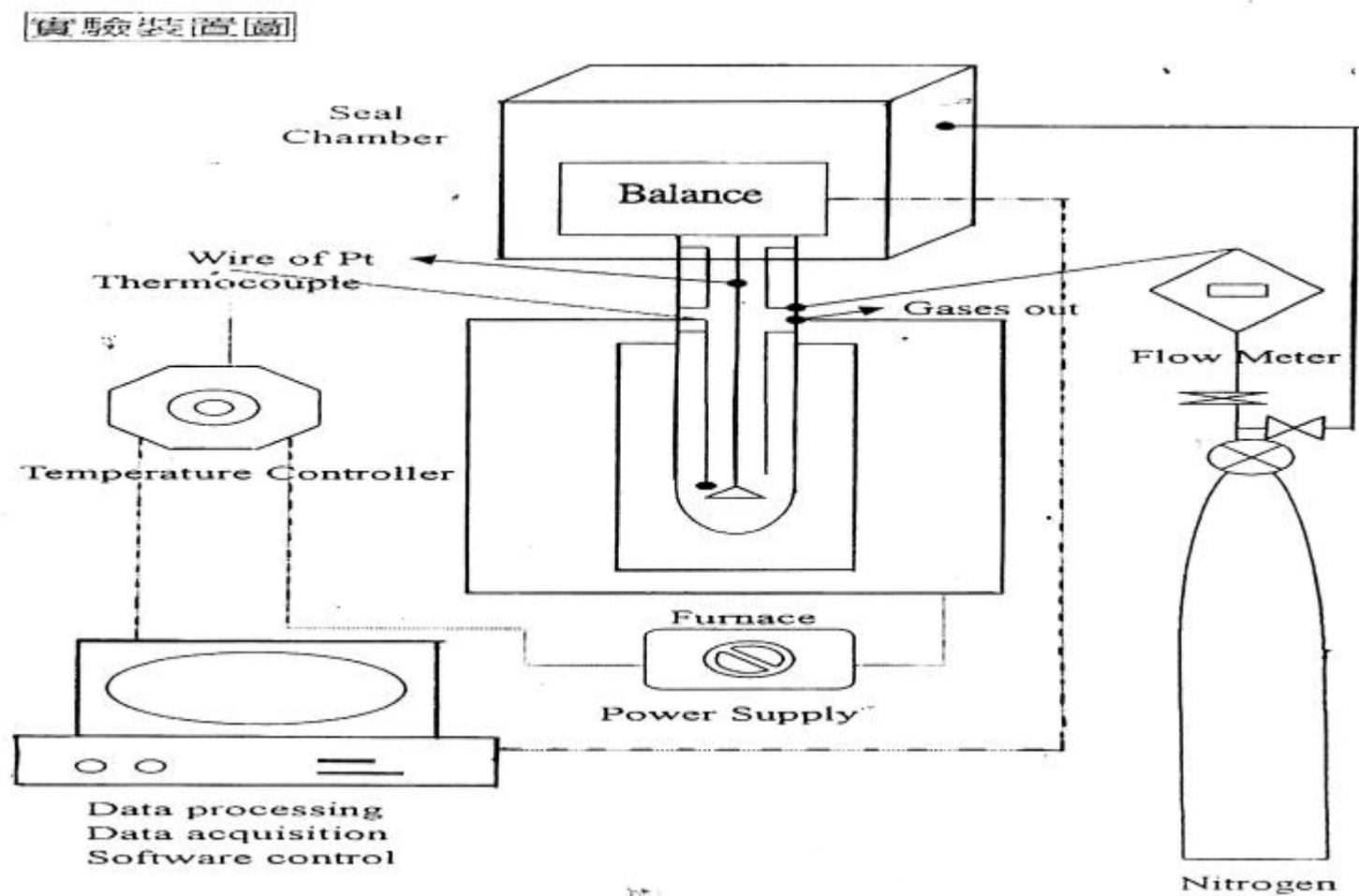


圖 3-7 瞬間燃燒實驗裝置示意圖

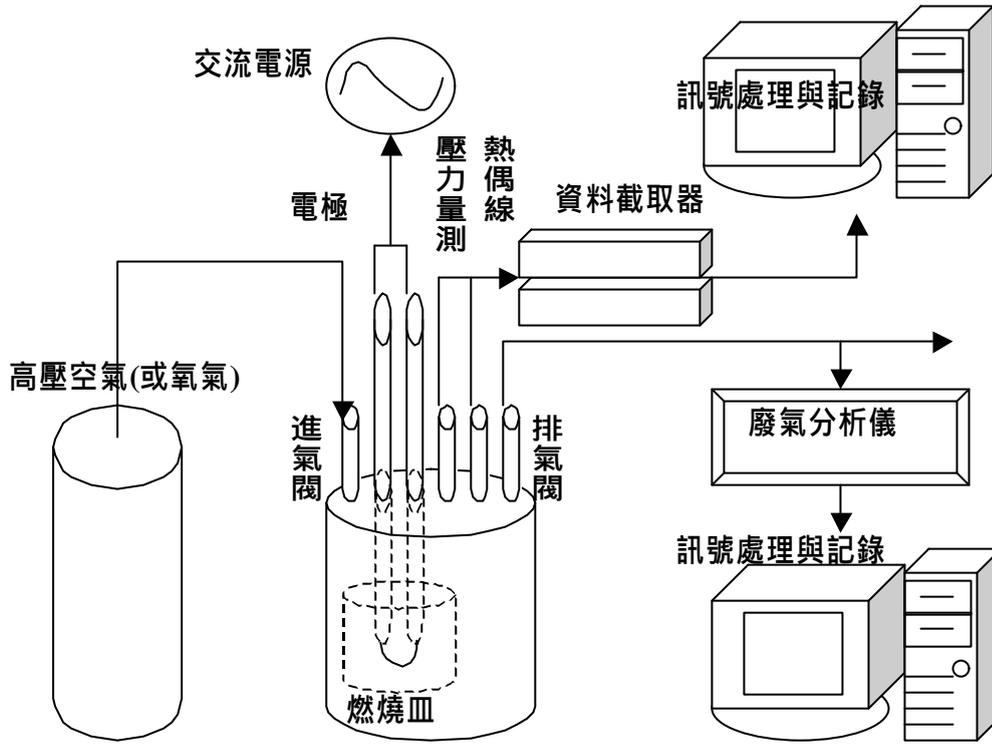


圖 3-8 燃氣分析實驗設置圖

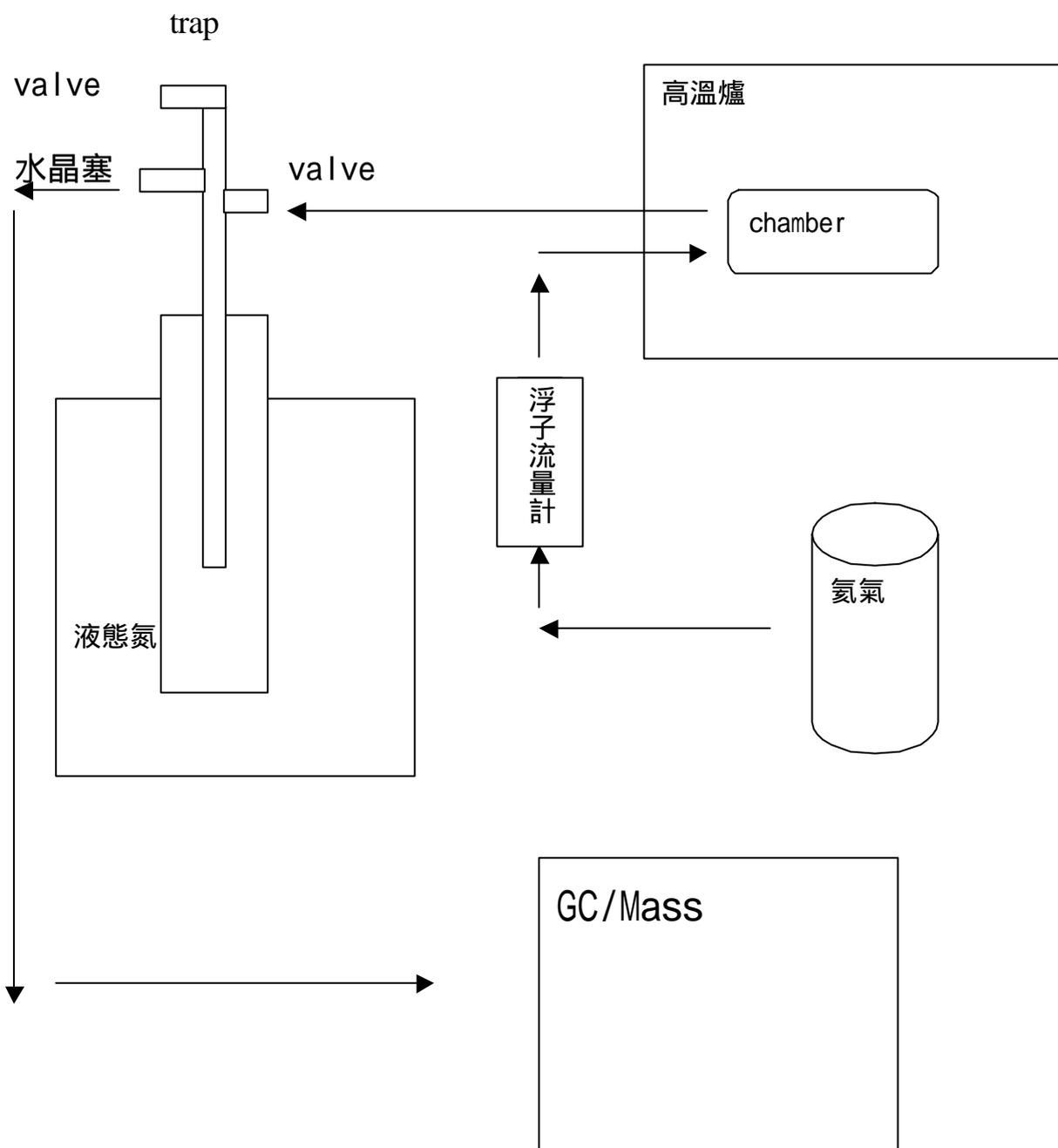


圖4-1每月使用化療人次百分比

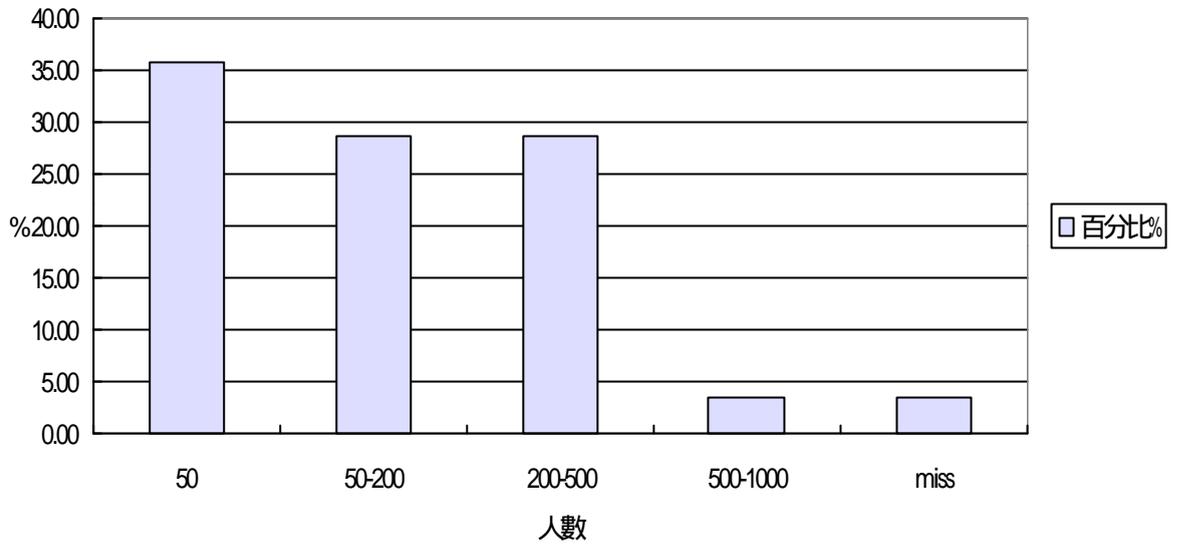


圖4-2院內化療廢棄物之操作處理

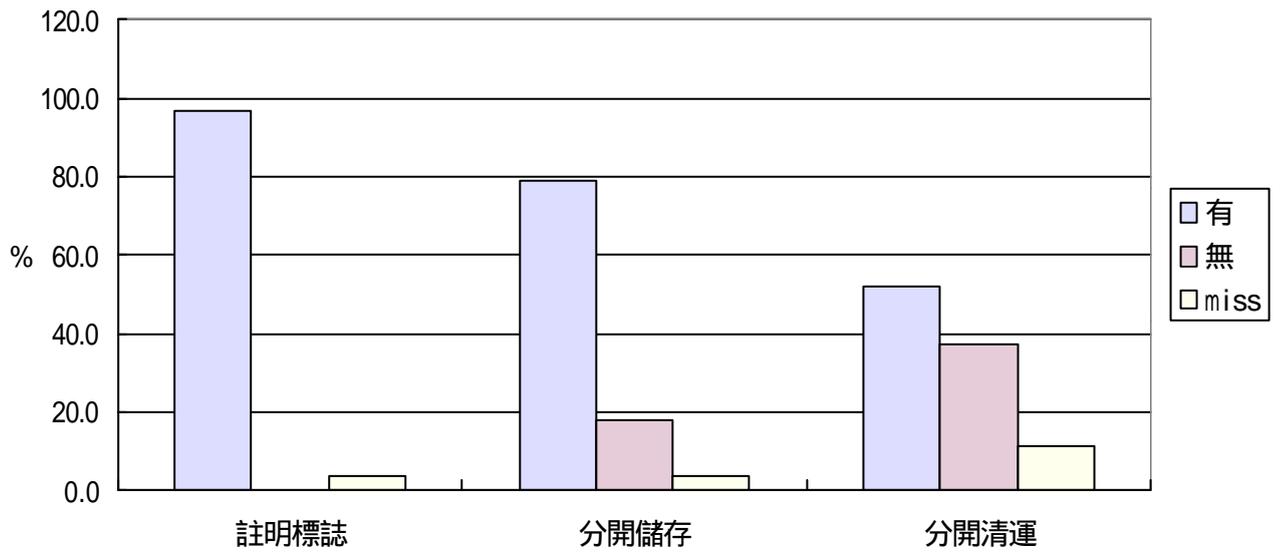


圖43 化療廢棄物在28間醫院內儲存時間

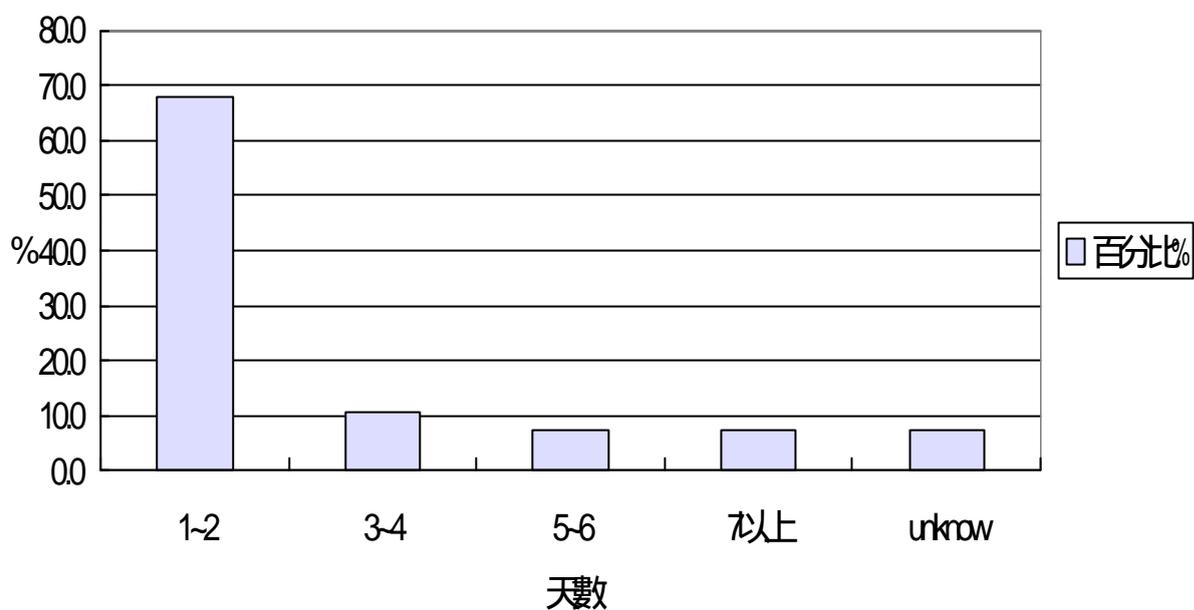


圖4-4 28間醫院化療廢棄物處理方法

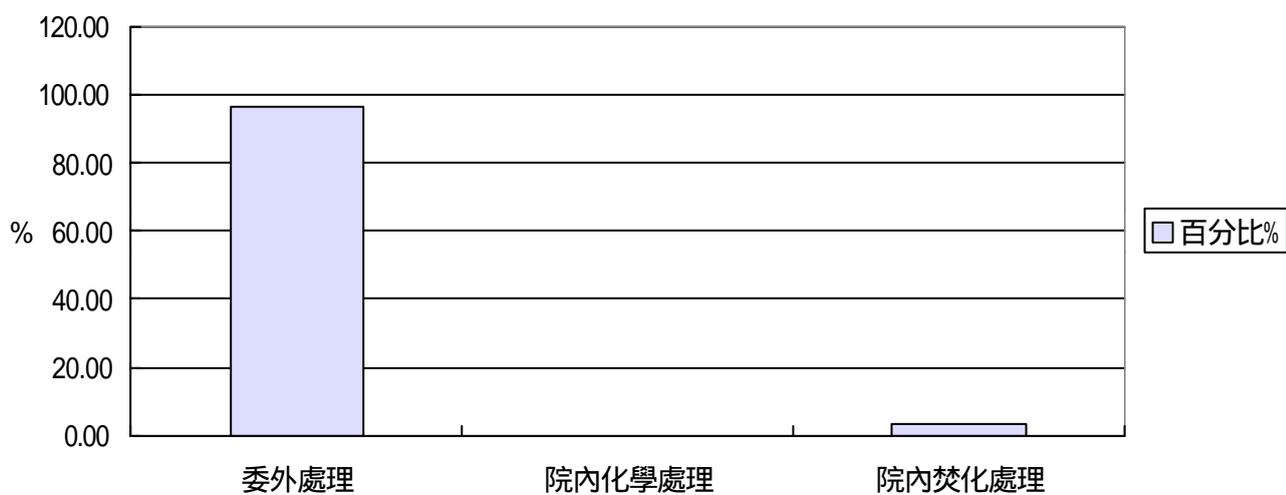


圖45與化療藥物及廢棄物接觸人員穿防護衣之現況

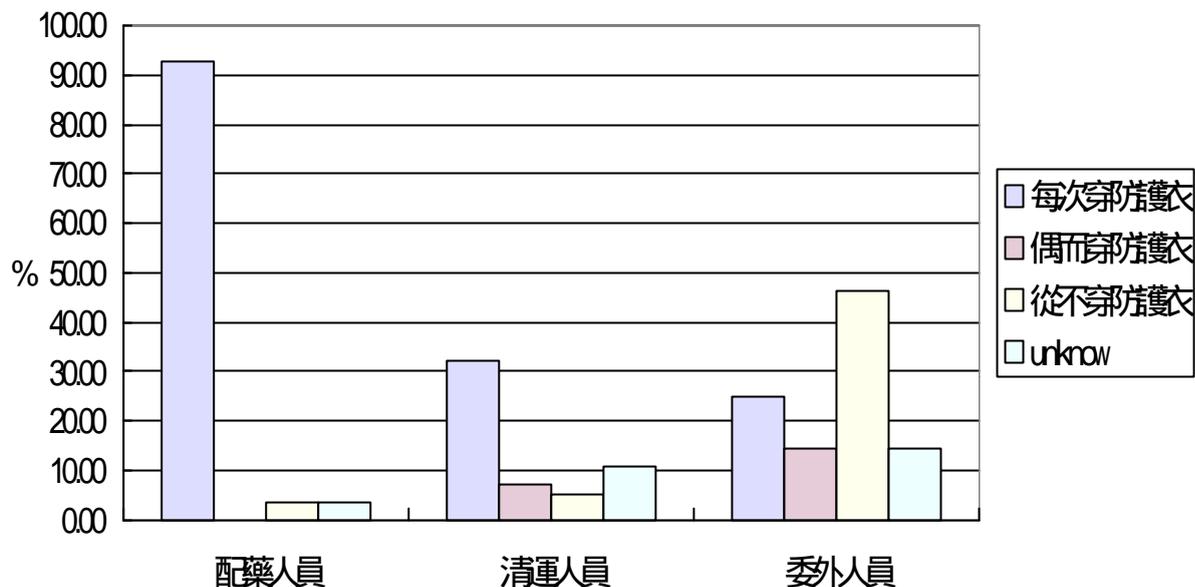


圖46與化療藥物及廢棄物接觸人員戴口罩之現況

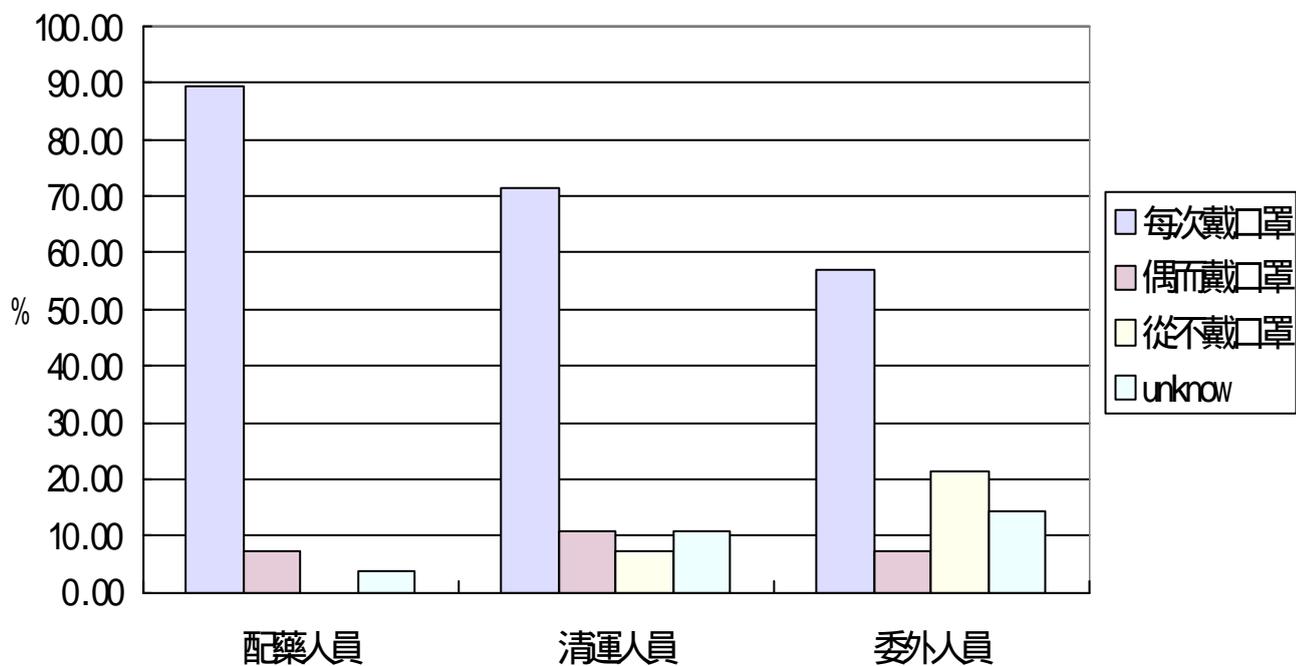


圖4-7與化療藥物及廢棄物接觸人員戴頭罩之現況

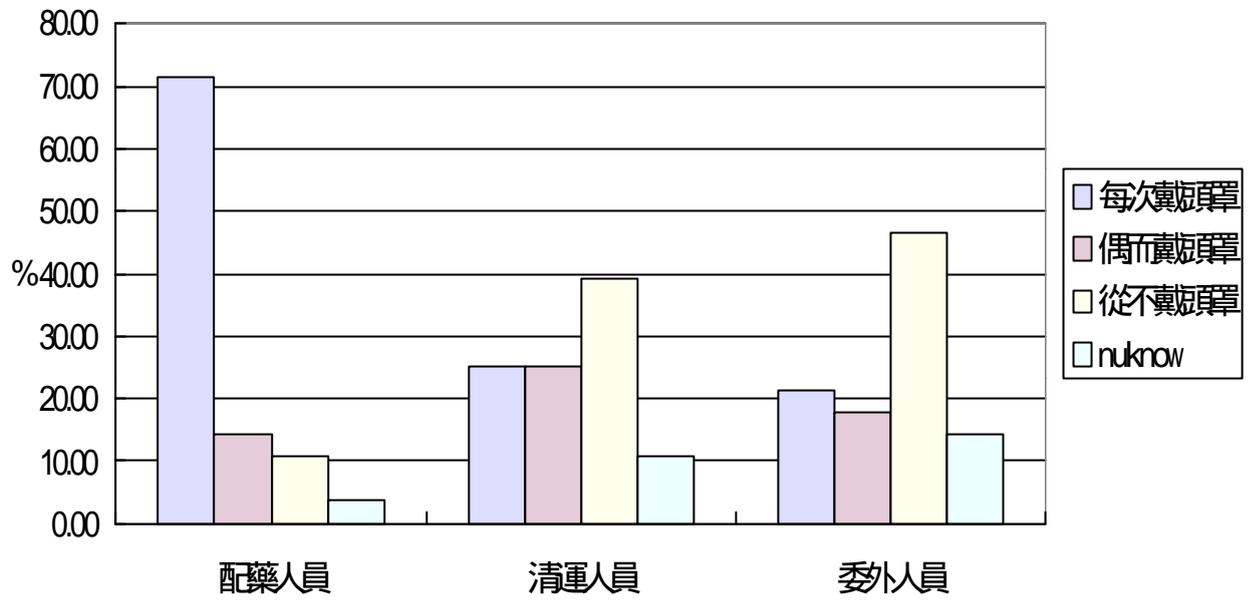


圖 4-8 5-FU 在不同升溫速率時(1、3、5 K)之質量殘餘率(M)與熱裂解溫度(T)之關係

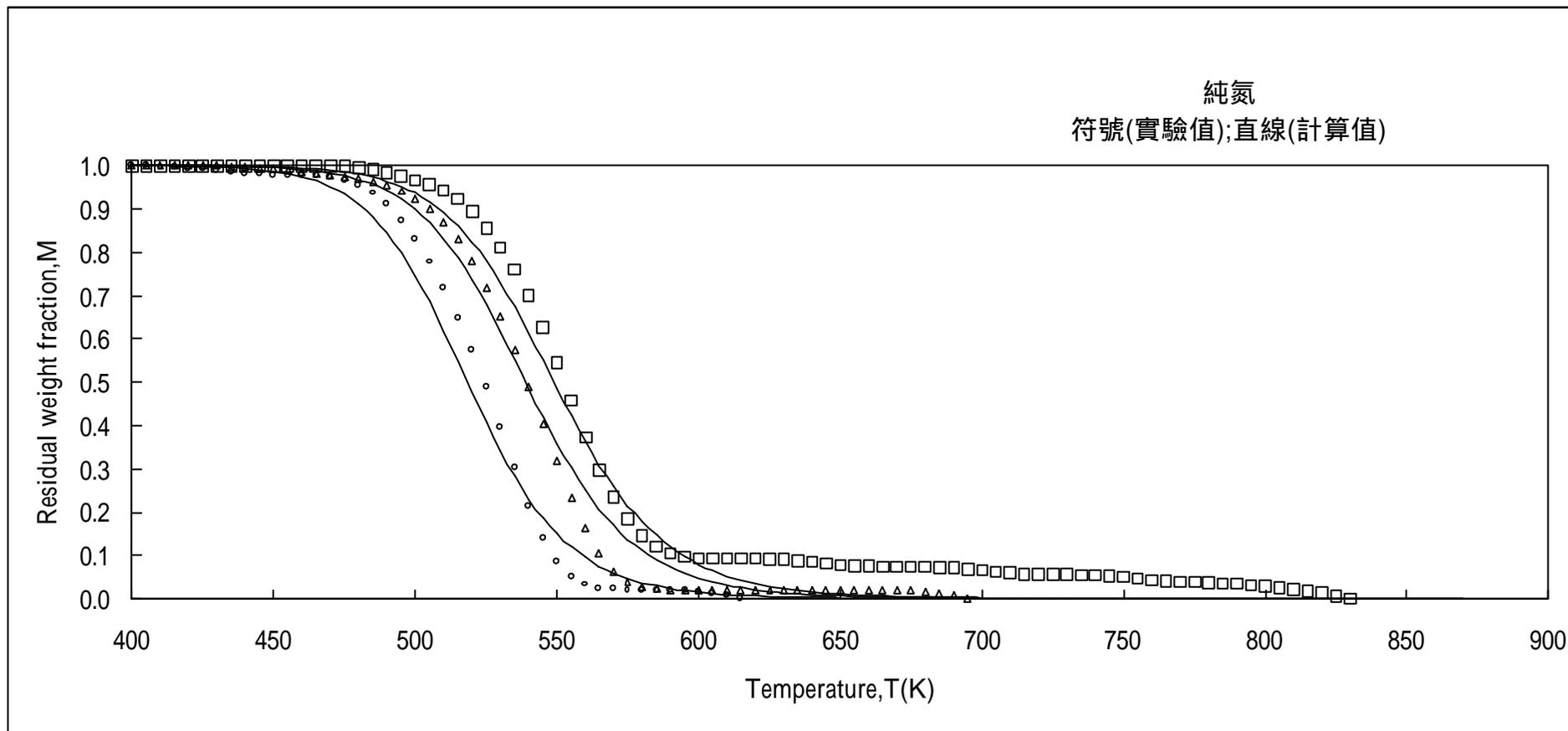


圖 4-9 5-FU 在不同升溫速率時(1、3、5 K)之反應速率

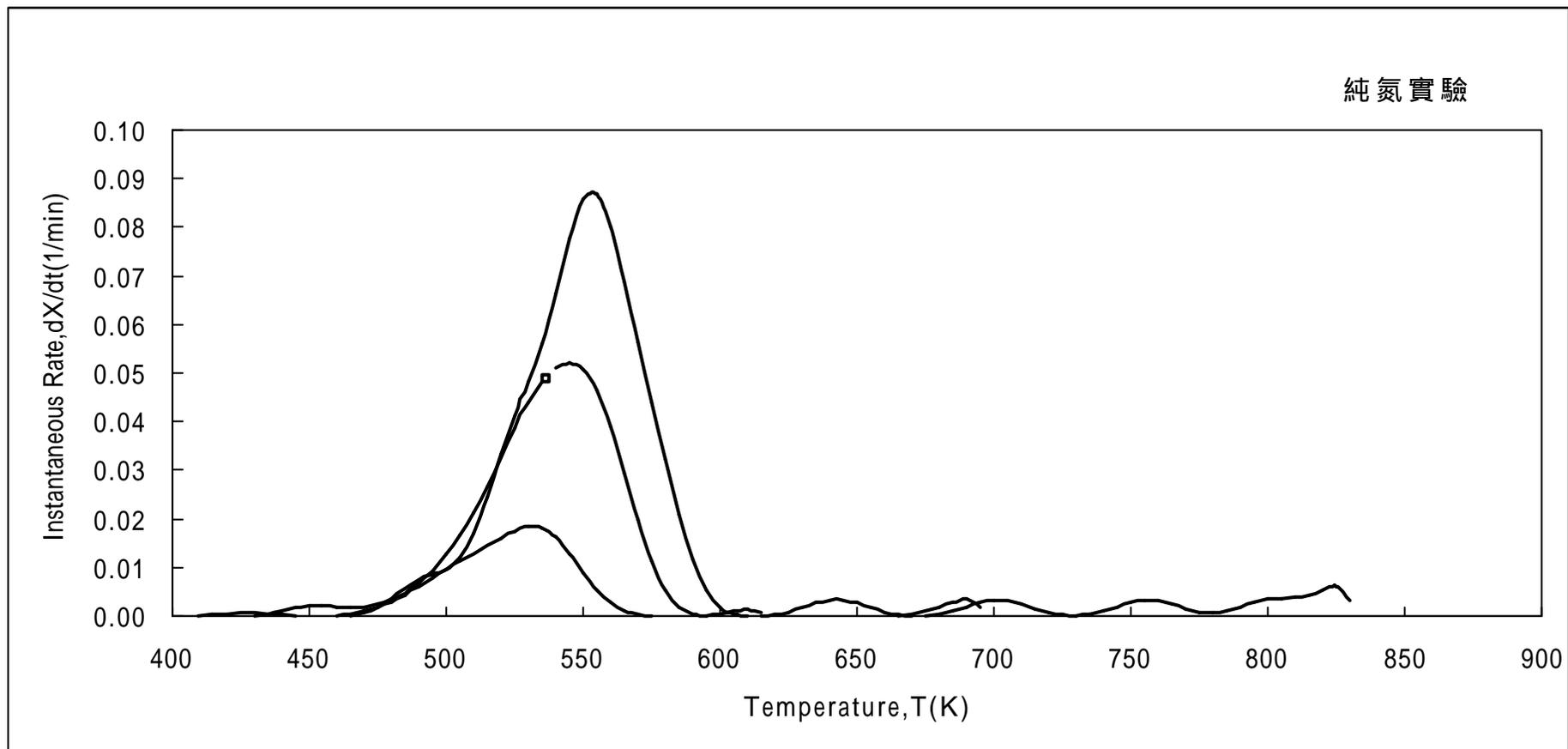


圖 4-10 5-FU 在不同升溫速率時(1、3、5 K)之活化能平均值

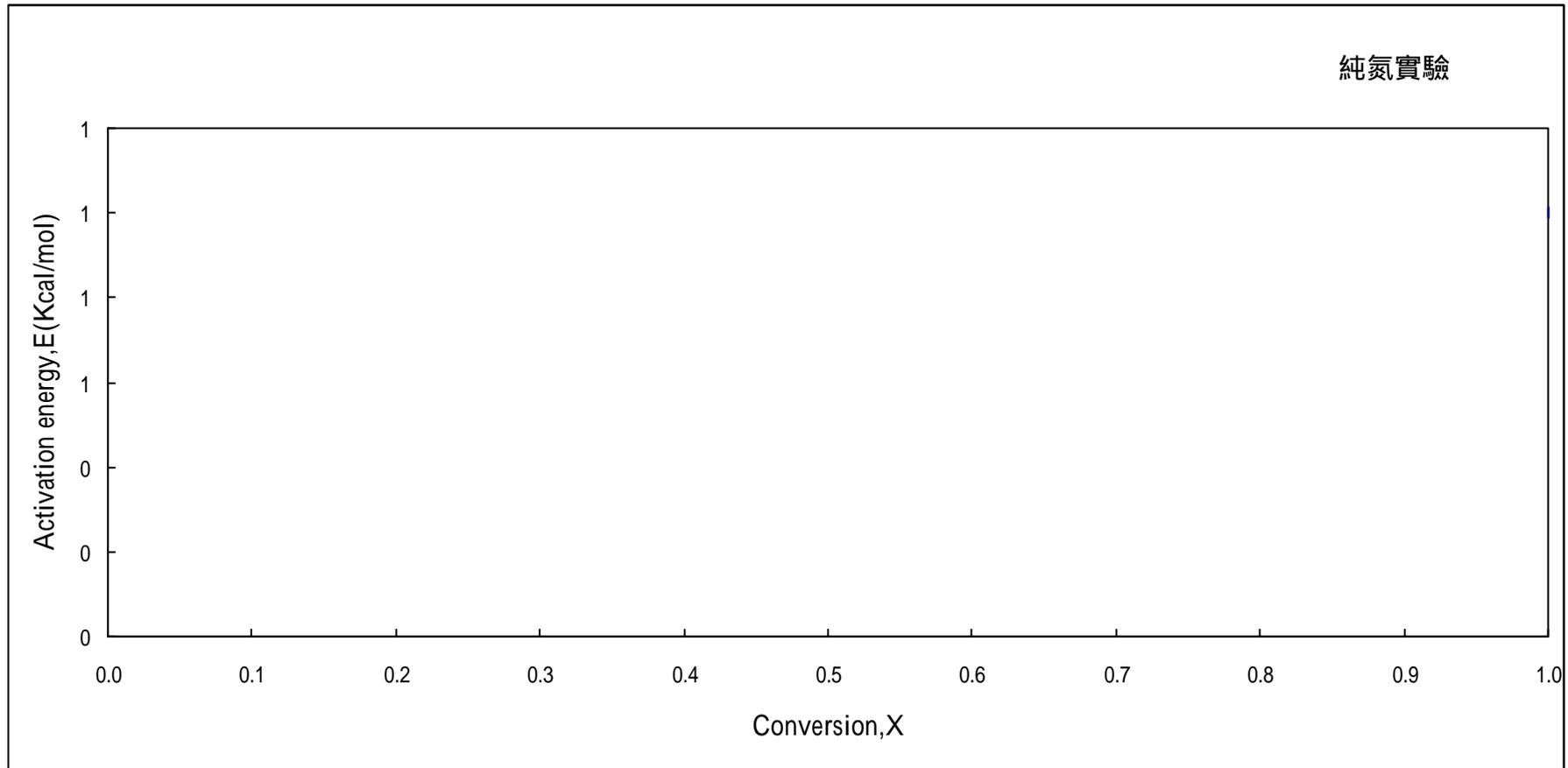


圖 4-11 5-FU 在不同升溫速率時 (1、3、5 K)之反應級數(斜率)與頻率因子(截距)

純氮實驗

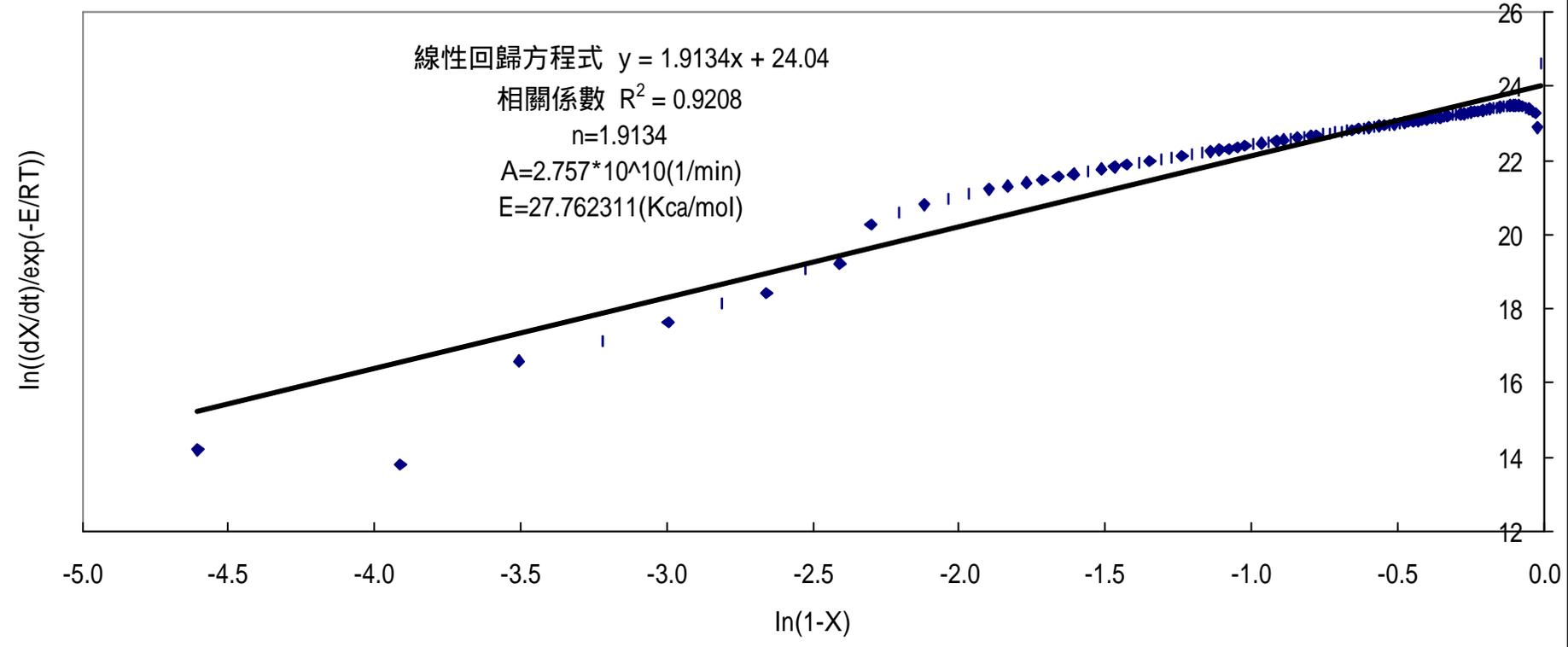


圖 4-12 5-Fu 燃燒壓力、溫度與莫耳數之曲線

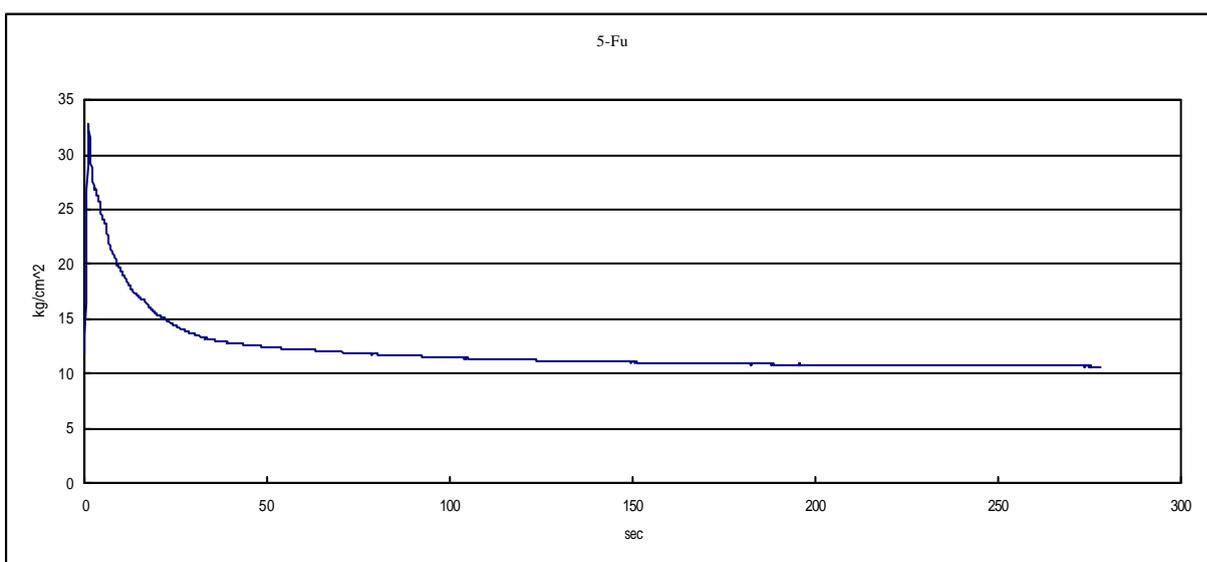
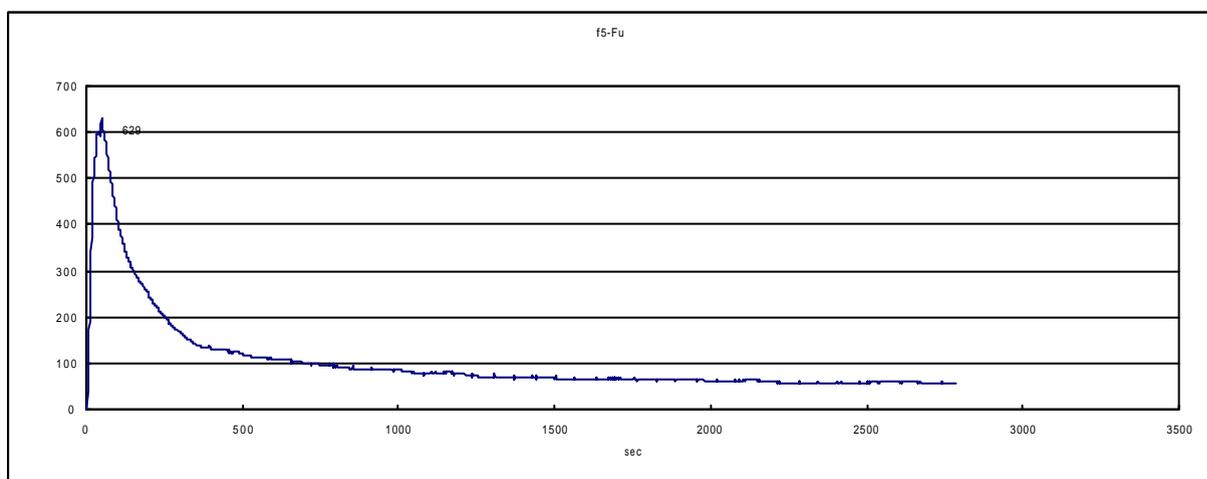
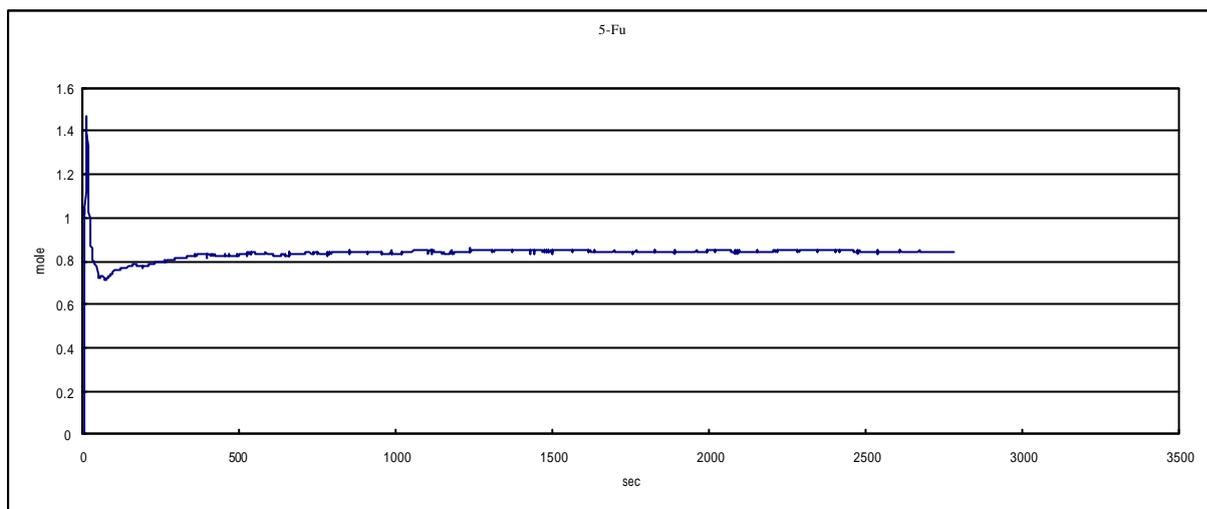


圖 4-13 Cisplatin 燃燒壓力、溫度與莫耳數之曲線

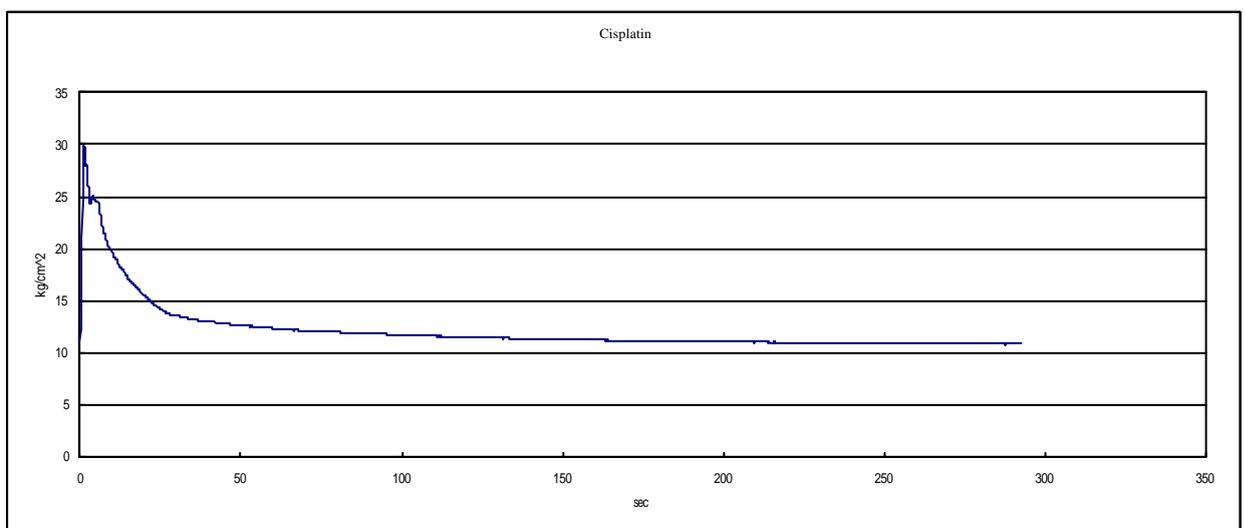
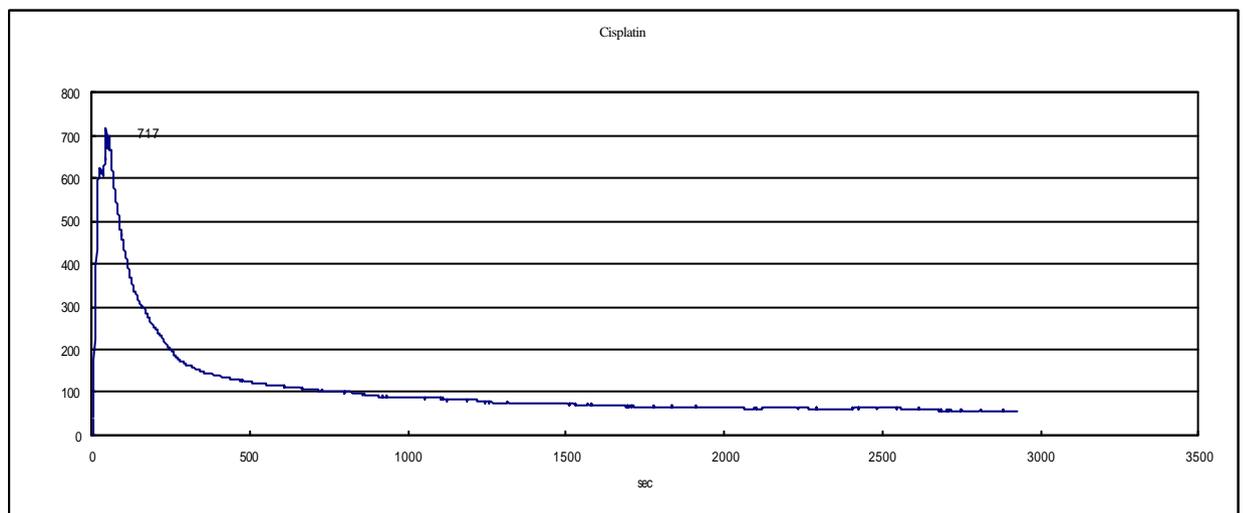
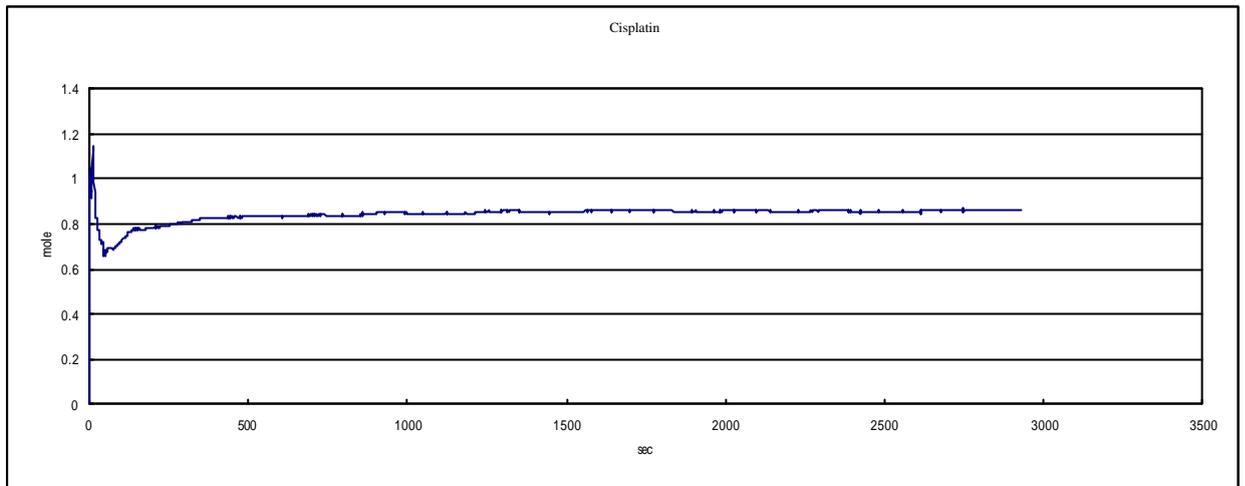


圖 4-14 MTX 燃燒壓力、溫度與莫耳數之曲線

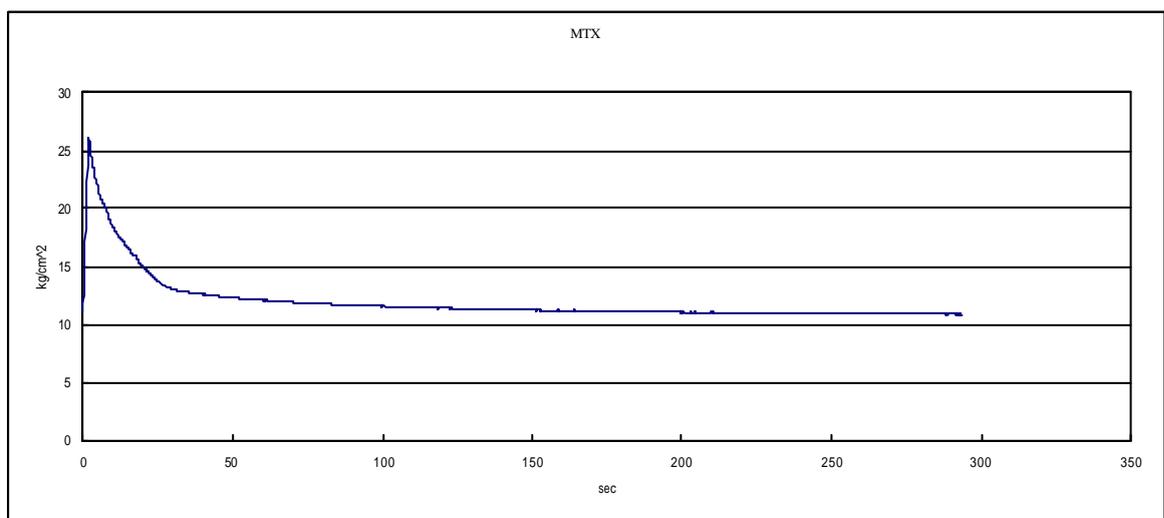
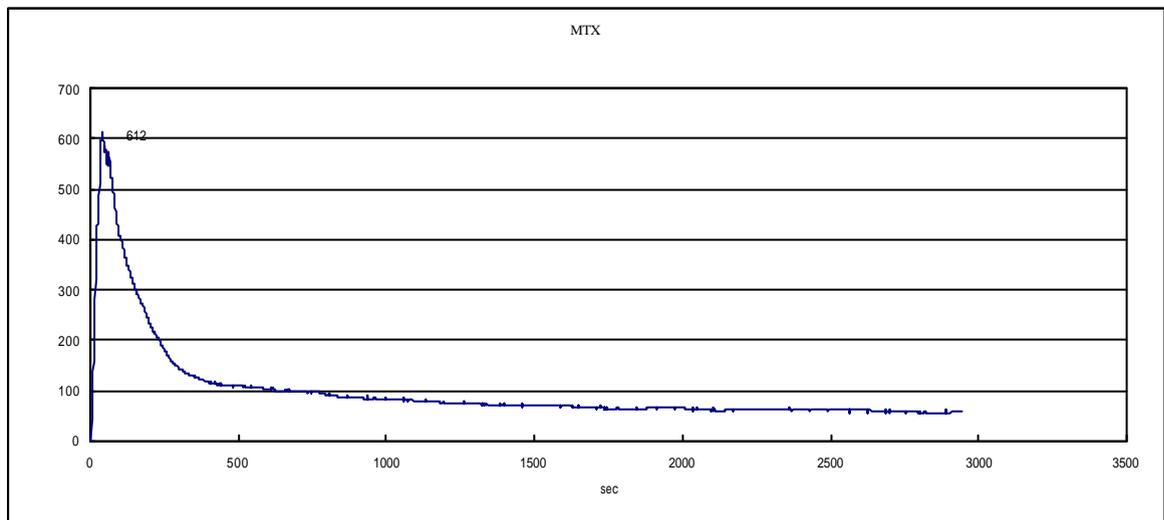
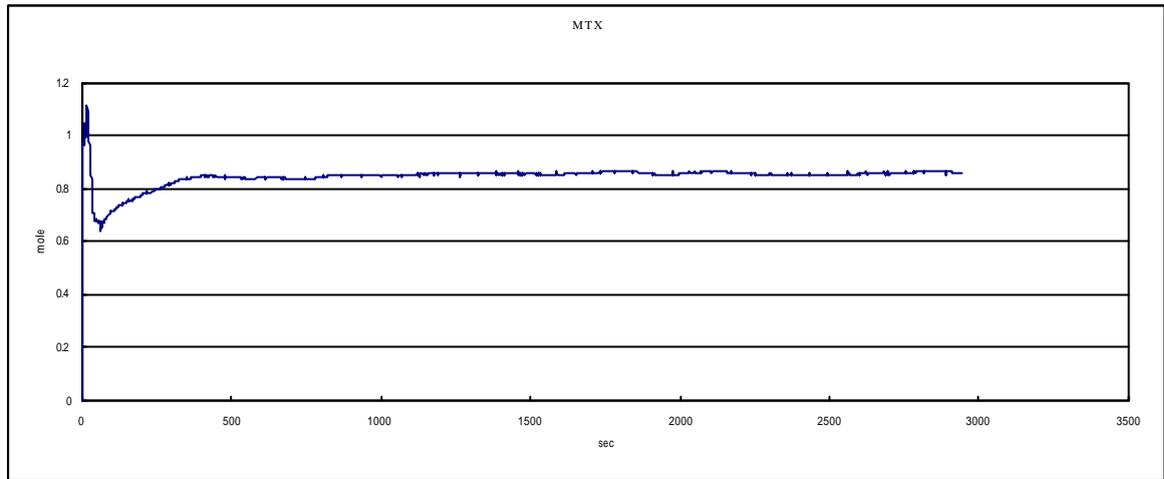


圖 4-15 5-Fu 之燃氣分析圖(200 )

在 200 時所收集之氣體

Sample ID: 5

Acquired on 17-Apr-2

Y5FU-2

Scan E

0.110

TIC

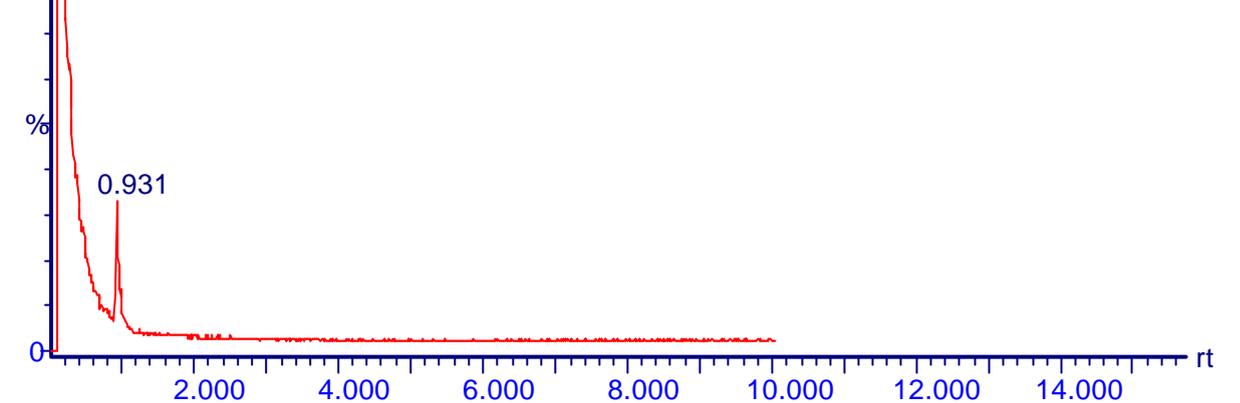
100

8.16

%

RT

0



Y5FU-2 44 (0.461)

Scan I

100

1.54

%

0

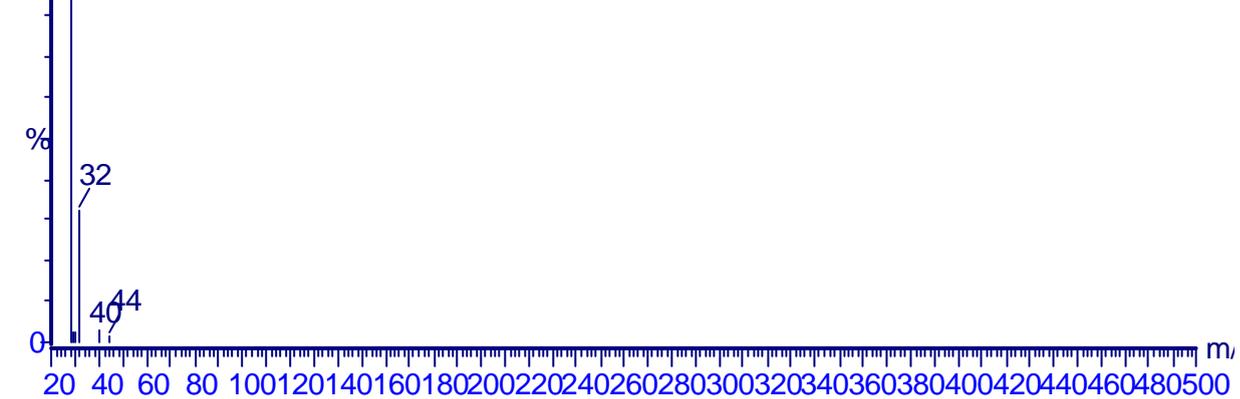
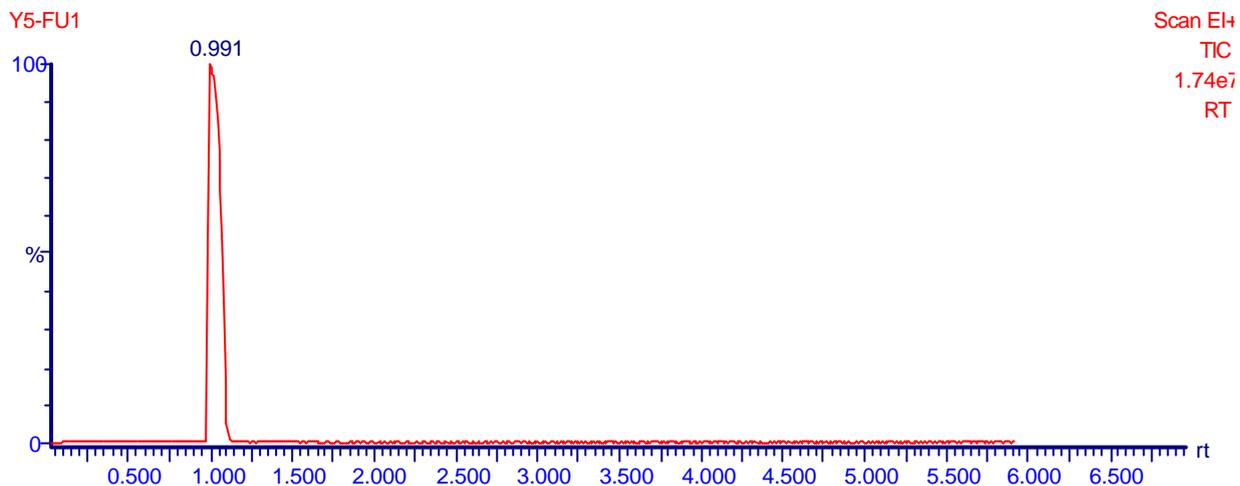


圖 4-16 5-Fu 之燃氣分析圖(400 )

在 400 時所收集之氣體

Sample ID: Y5-FU1

Acquired on 20-Apr-200



Y5-FU1 103 (1.051)

Scan I

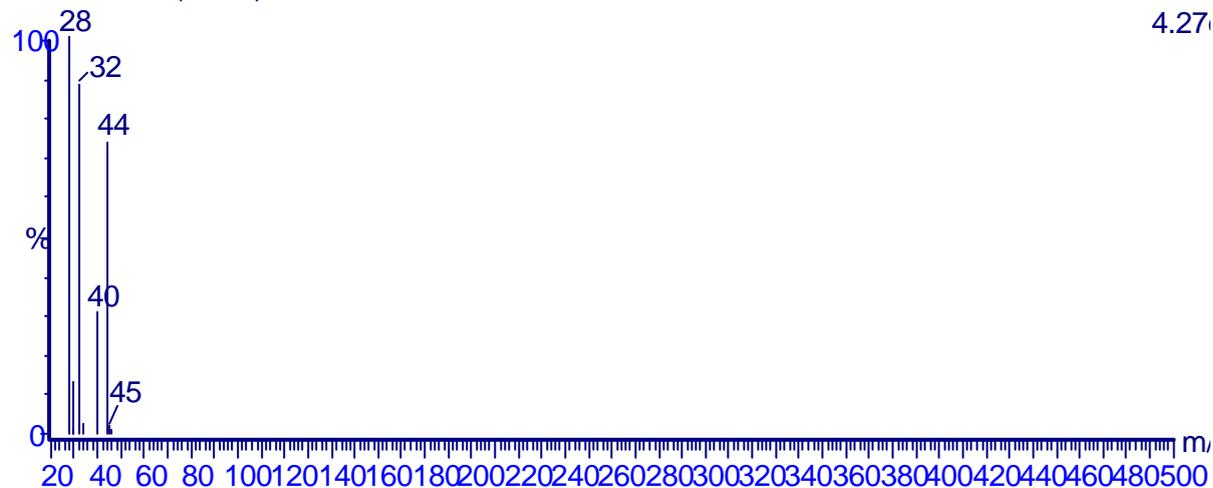
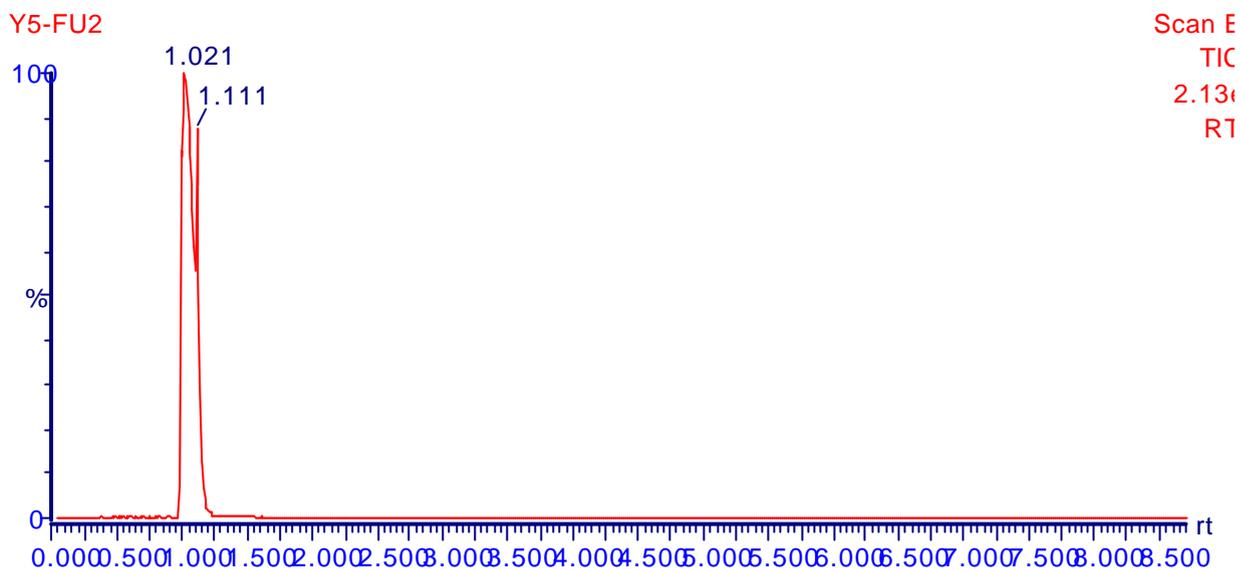


圖 4-17 5-Fu 之燃氣分析圖(600 )

在 600 時所收集之氣體

Sample ID: 'Y5-FU2

Acquired on 20-Apr-2



Y5-FU2 100 (1.021)

Scan 5.50

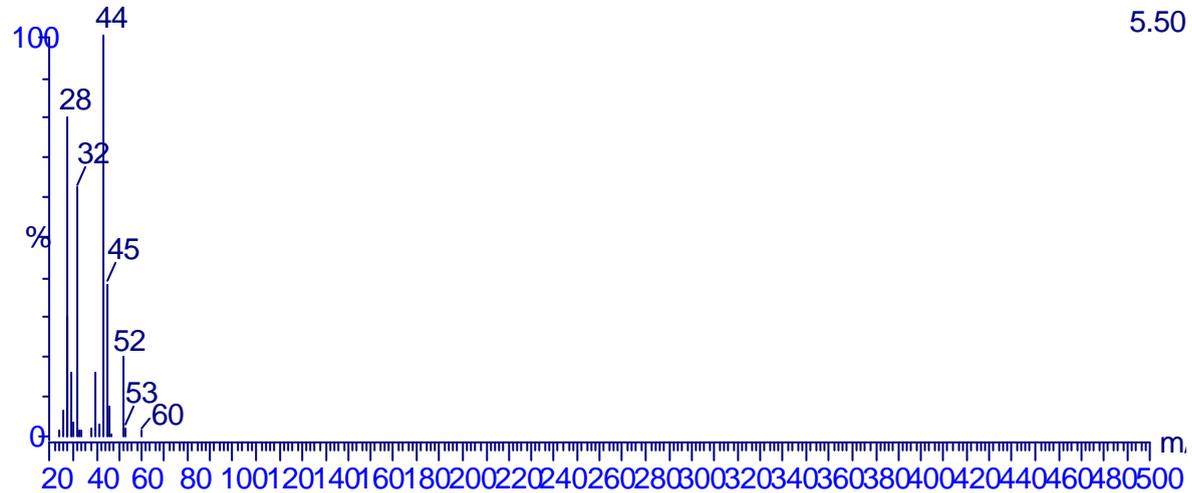


圖 4-18 MTX 之燃氣分析圖(200 )

在 200 時所收集之氣體

Sample ID: Y-M

Acquired on 20-Apr-200

Y-MTX2

Scan E1

1.201

TIC

100

1.76e

%

RT

0

2.000 4.000 6.000 8.000 10.000 12.000 14.000 16.000 18.000 20.000 22.000 24.000 26.000

rt

Y-MTX2 119 (1.211)

Scan E

100

5.56e

%

0

20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500

m/

圖 4-19 MTX 之燃氣分析圖(400 )

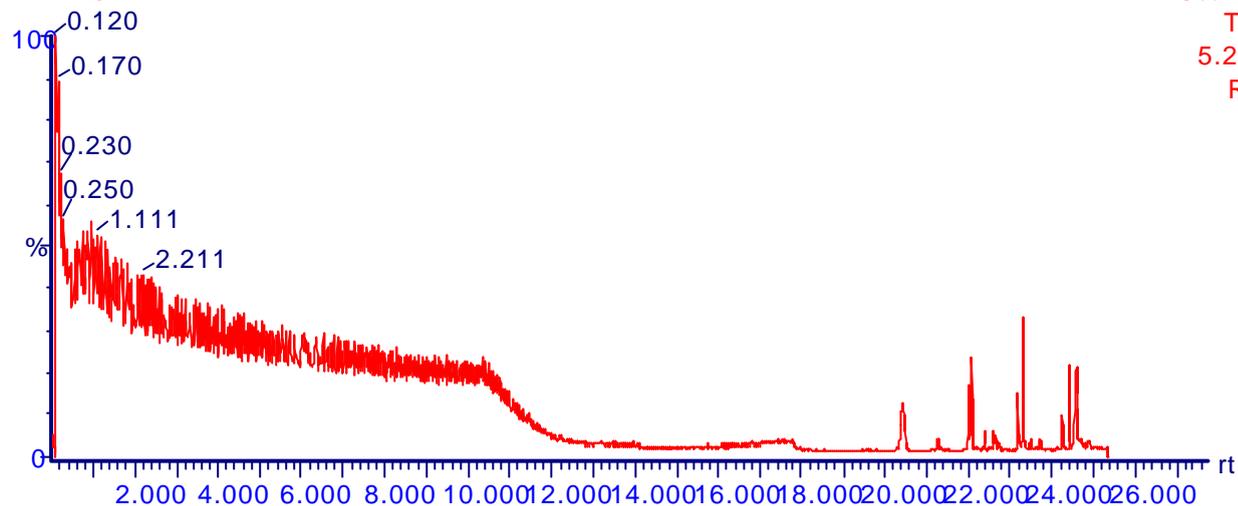
在 400 時所收集之氣體

Sample ID: Y-N

Acquired on 20-Apr-200

Y-MTX8

Scan E



Y-MTX8 2044 (20.463)

Scan

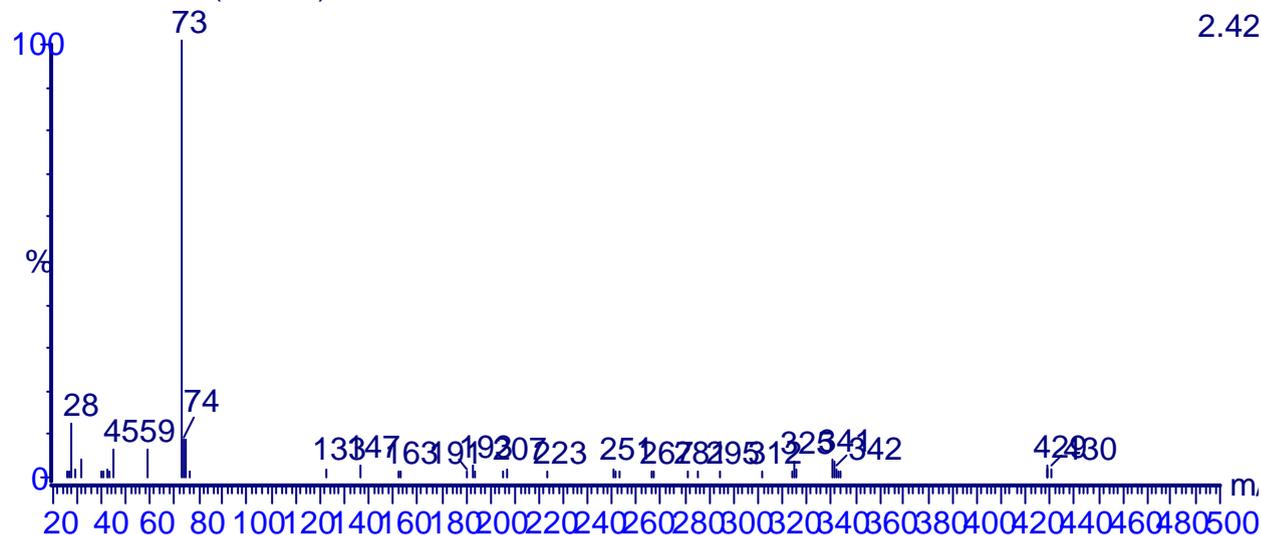


圖 4-20 MTX 之燃氣分析圖(600 )

在 600 時所收集之氣體

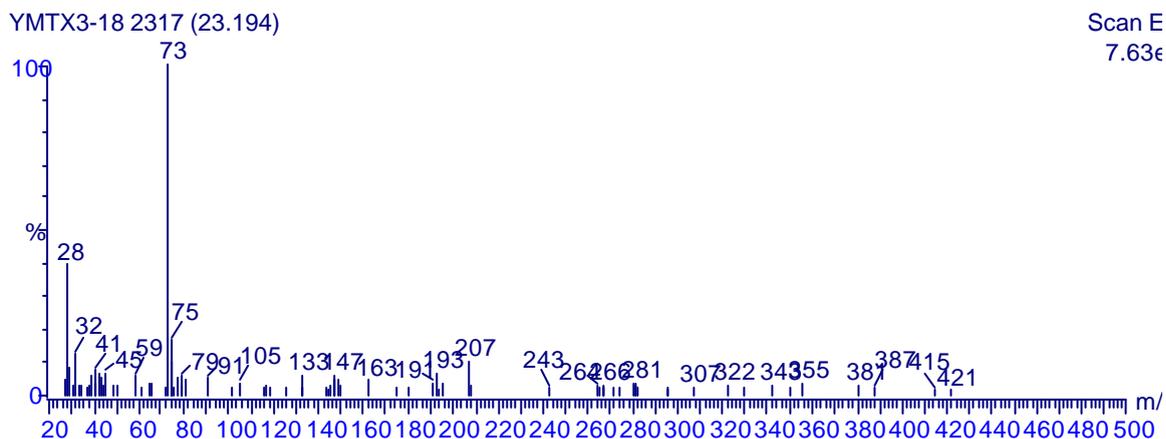
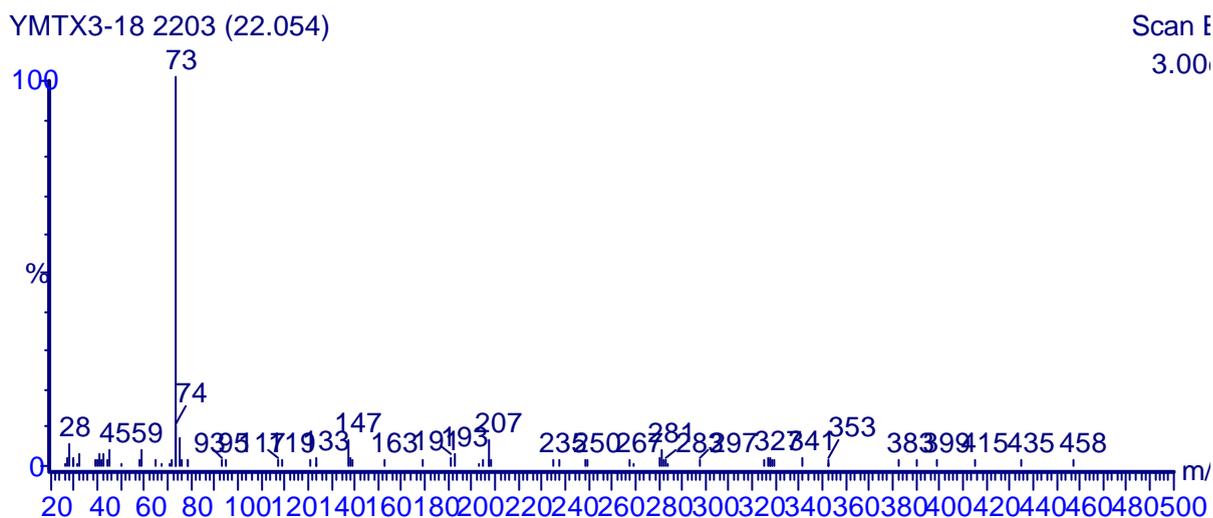
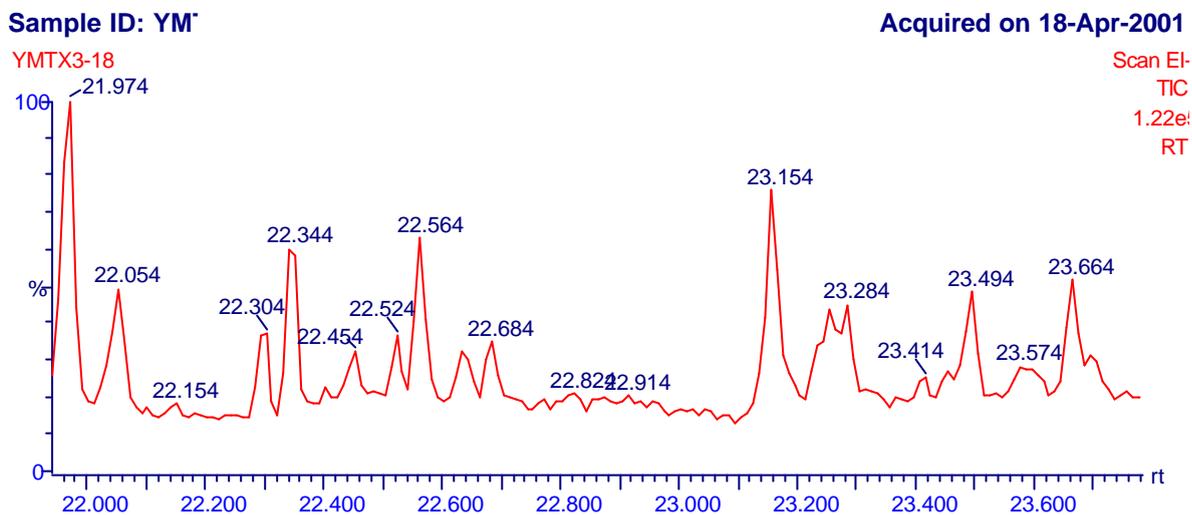


圖 4-21 Cisplatin 之燃氣分析圖(200 )

在 200 時所收集之氣體

Sample ID: 5-I

Acquired on 16-Apr-200

Y-5-FU-8

Scan E1

0.951

TIC

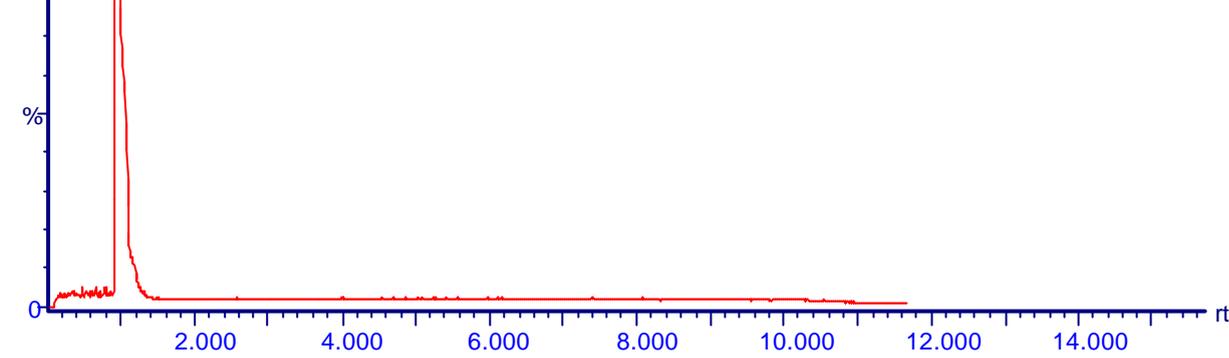
100

2.11e

%

RT

0



Y-5-FU-8 118 (1.201)

Scan E

28

1.04



圖 4-22 Cisplatin 之燃氣分析圖(400 )

在 400 時所收集之氣體

Sample ID: 5-F

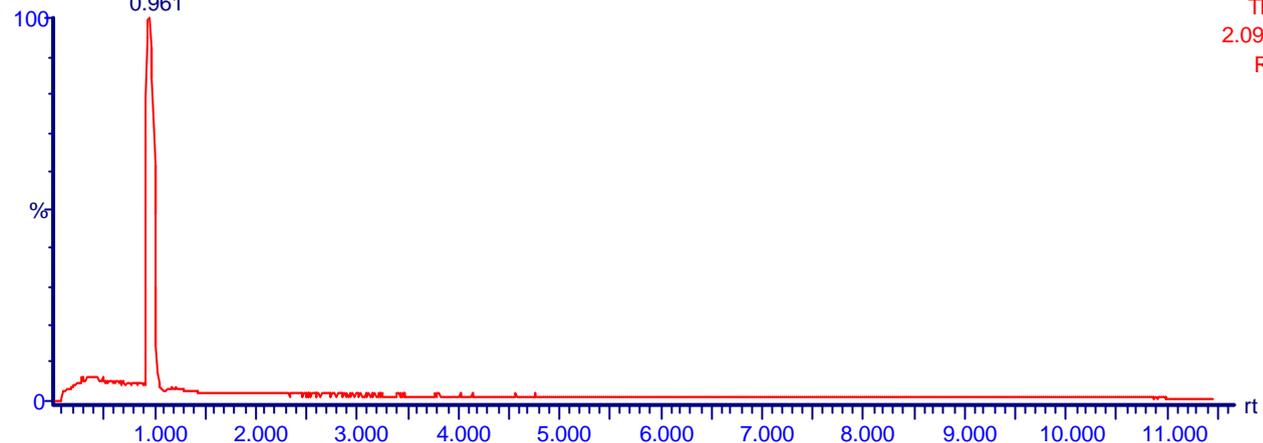
Acquired on 16-Apr-2001

Y-5-FU-6

Scan EI+

0.961

TIC

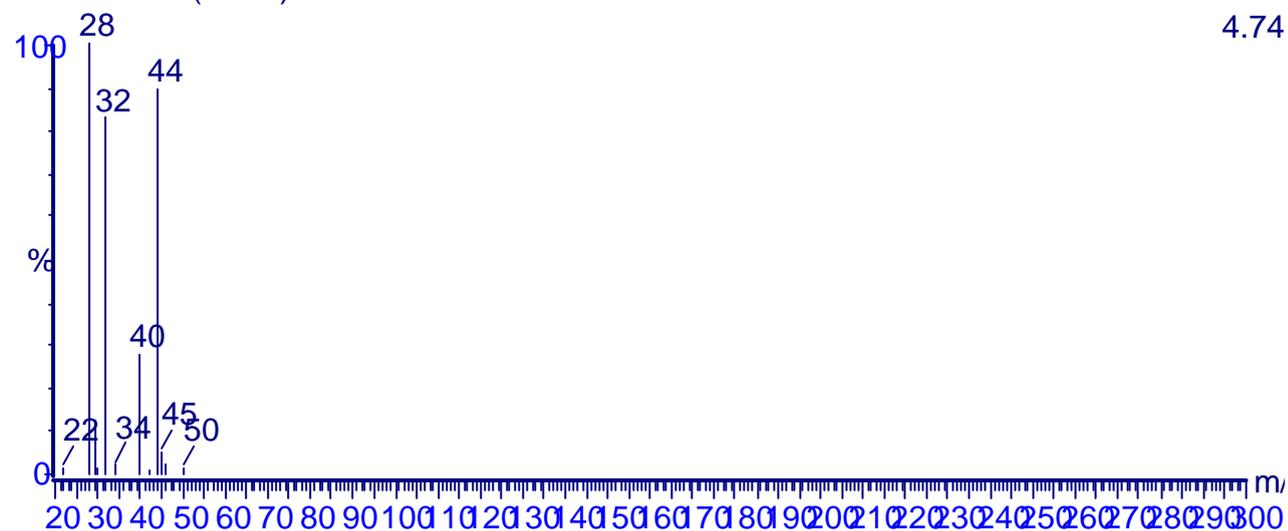


2.09e7

RT

Y-5-FU-6 97 (0.991)

Scan |



4.74

圖 4-23 Cisplatin 之燃氣分析圖(600 )

在 600 時所收集之氣體

Sample ID: 5-Fu

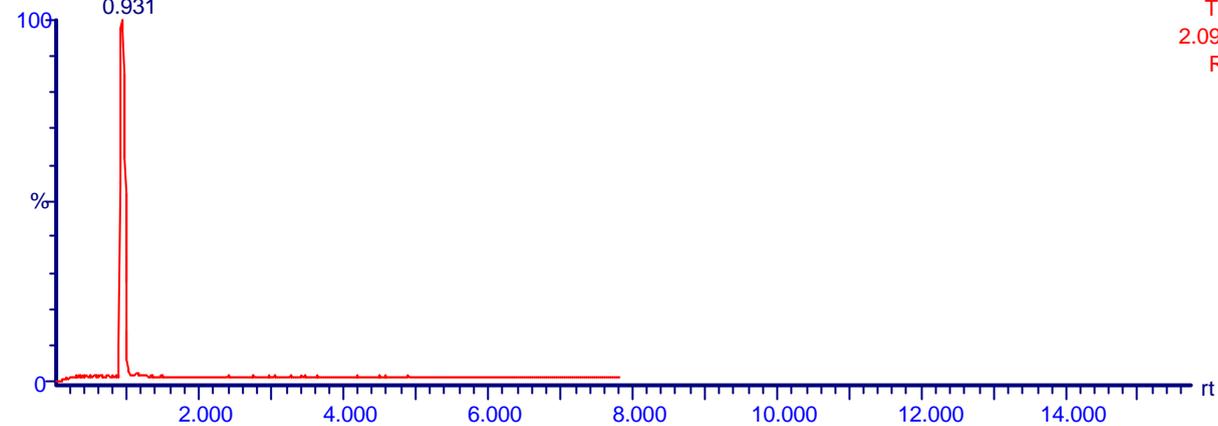
Acquired on 16-Apr-2001 8

Y-5-FU-9

Scan EI+

0.931

TIC



2.09e7

RT

Y-5-FU-9 103 (1.051)

Scan I

28

2.79e6

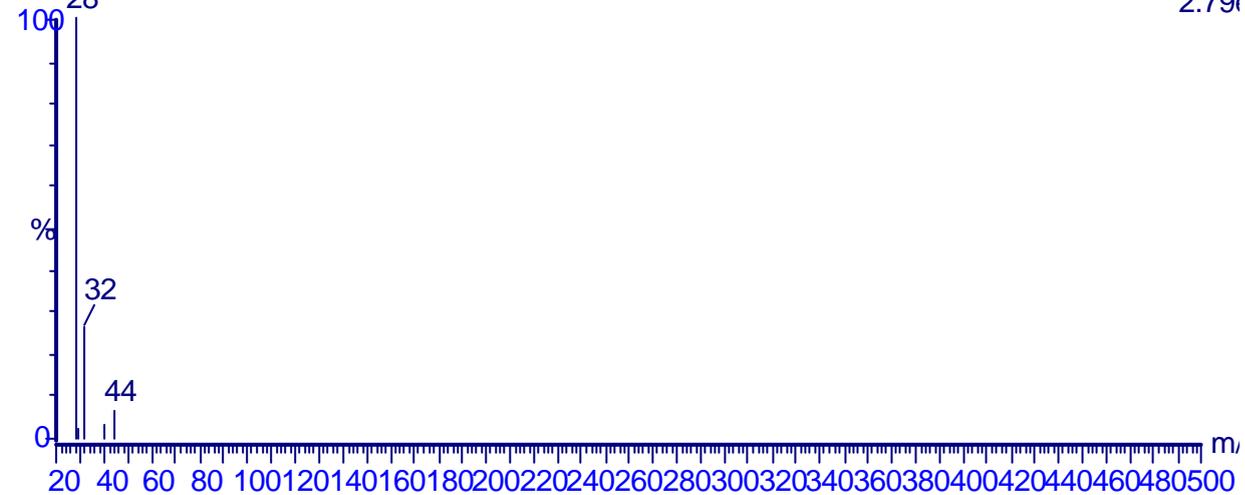


圖 4-24 5-Fu 化療藥物升溫到 550 之變化

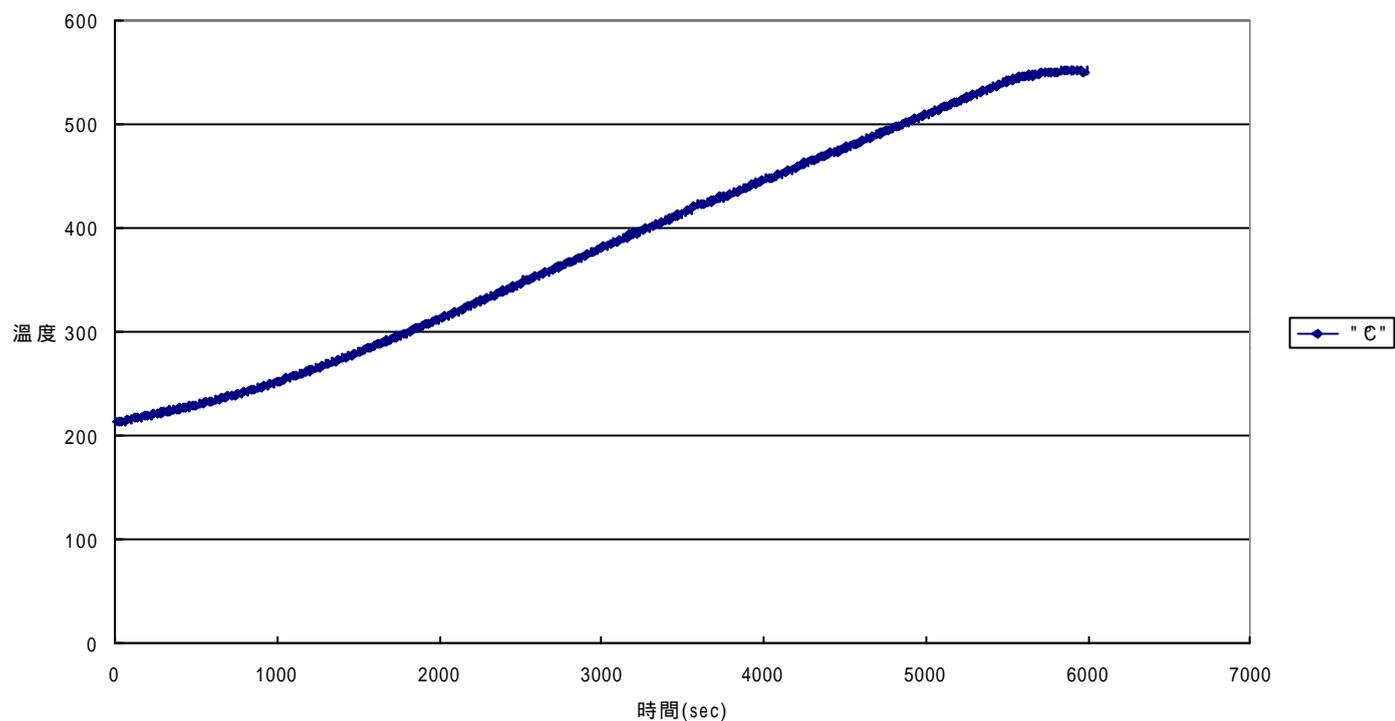


圖 4-25 5-Fu 之紅外線光譜掃描圖

