

計畫編號：DOH89-TD-1100



RRPG89100480(10A.P)



行政院衛生署八十九年度委託研究計畫

現有感染性醫院廢棄物焚化爐操作模式之建立及指導

研究成果報告

執行機構：私立中國醫藥學院

計畫主持人：蔡清讚

協同主持人：郭春寶

研究人員：趙佩玉、張娣安、鄭大千

執行期限：88年7月1日至89年6月30日

\*\*本研究報告僅供參考用，不代表本署意見\*\*

## 摘 要

目前通過試燒之感染性醫院廢棄物焚化爐約有 32 家，本人曾應環保署之委託對這 32 家焚化爐請專家逐一訪視，針對焚化爐操作維護人員舉辦實務講習觀摩，但在研擬操作模式中需對下列資訊包括 (1) 醫院焚化爐爐體資料(2)廢棄物組成分析(3)燃氣成分分析(4)燃油等添加原料資料(5)焚化爐體內的燃燒特性分析等進一步作分析探討，才能建立操作模式。作為各醫院操作技術層面之參考，故本研究選擇 A 醫院廢棄物焚化爐為一範例，進行操作模式之建立，對其評估方法作全面性建置，並以醫院廢棄物焚化裂解作數值模擬，瞭解裂解比、過剩空氣量與生成物分子量大小，對焚化爐中溫度曲線，HCL 及 Sox 生成濃度之關係。建立有害廢氣排出量評估方法，並提出降低燃油及減少有害廢氣排出之建議方案。

## Abstract

Thirty-two incinerators current legally operated for the transmissive hospital wastes. During the past, I visited those process site, according an appointment by Environmental Protection Agency, to interview the employe as well as to give the training courses and workshops. During the imitation of a prototype of the incinerators as the references for the operators of incinerators, we must collect the following information: (1) information regarding to the incinerator self, such as capacity; (2) possible composition of the hospital wastes; (3) the composition of the exhaust gases; (4)the components in the combustion fuel; (5) characteristics of combustion process inside of incinerator. In this study, we chose an incinerator in Hospital A as a model to establish an incinerator operation standard. The degrading coefficients for hospital waste will be served to understand the down-grading ratio, the variation of the sizes of products, the curve of temperature inside of incinerator and the concentrations of HCl and SO<sub>x</sub> upon the amount of excess air. This information will be the bases to establish the process for evaluation the amount of toxic exhaust gas and low the combustion fuel and reduce the toxic exhaust gases.

## 總目錄

### 第一章 研究緣起

1-1 研究目的	(1)
----------	-----

### 第二章 文獻回顧

2-1 醫院感染性廢棄物定義與分類	(2)
2-1-1 感染性廢棄物定義	(2)
2-1-2 感染性廢棄物分類	(3)
2-2 感染性醫療廢棄物微生物分析	(5)
2-3 醫療性廢棄物分類、產量及組成分析	(6)
2-3-1 台灣地區大型醫院廢棄物質量調查	(9)
2-3-2 台灣地區中型醫院廢棄物質量調查	(10)
2-3-3 台灣地區中型醫院廢棄物質量調查	(11)
2-3-4 以消耗性醫療器材供應量推估每床每日廢棄物量	(11)
2-4 感染性廢棄物危害	(13)
2-4-1 環境危害	(13)
2-4-2 院內危害	(13)
2-5 感染性廢棄物的處理技術探討	(14)
2-6 感染性廢棄物焚化處理系統簡介	(15)
2-7 台灣目前醫療廢棄物產量分析	(16)
2-8 台灣目前感染性廢棄物處理現況分析	(17)
2-8-1 可燃感染性廢棄物有效處理率推估	(17)
2-8-2 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	(18)
2-8-3 醫療廢棄物焚化爐核准處理量與實際處理量之相關性	(19)

### 第三章 研究方法

3-1 研究對象	(40)
3-2 現場指導	(40)
3-3 現場操作模式之建立	(40)
3-3-1 醫院焚化爐之選定	(40)
3-3-2 收集醫療廢棄物中進料成份的特性及進料率	(41)
3-3-3 記錄空氣進入焚化爐的流量、溫度及空氣進入速度值	(41)
3-3-4 焚化爐出口的熱特性與生成氣體組成量測值	(41)
3-3-5 煙囪出口處的氣體量測值分析	(42)
3-3-6 依據建立的操作與處理技術提出建議	(42)

#### 第四章 結果與討論

4-1 醫療廢棄物燃燒模式之建立	(43)
4-1-1 主要構造及操作模式研擬所需資料示意圖	(43)
4-2 所需提供資料之特性曲線	(44)
4-2-1 廢棄物之進料	(44)
4-2-2 第一燃燒室	(45)
4-2-3 燃料油供給質流率	(46)
4-2-4 第二燃燒室	(47)
4-2-5 廢氣處理設施	(49)
4-2-6 廢氣處理設施後(到煙囪前)出口處	(49)
4-2-7 灰爐等固體之主要成份	(50)
4-3 醫療廢棄物燃燒模式之操作日報表分析	(52)
4-3-1 廢棄物之進料及進料組成	(52)
4-3-2 第一燃燒室	(53)
4-3-3 燃料油供給質流率	(54)
4-3-4 第二燃燒室	(54)
4-3-5 廢氣處理設施	(55)

4-3-6 廢氣處理設施後(到煙囪前)出口處	(55)
4-3-7 灰渣等固體之主要成份	(56)
4-3-8. 煙囪排氣組成	(56)
4-4 操作評析與建議	(56)
4-5 焚化率及裂解率模式參數之推估與研擬	(57)
4-5-1 模廠試驗之理論與實測資料	(57)
4-5-1-1 醫療性廢棄物燃燒處理模式	(59)
4-5-2 小型模廠分析之結果與討論	(63)
4-6 操作範例題目:降低有害污染物操作模式及降低燃油量	(64)
4-6-1 燃油量熱值與廢棄物熱執比	(64)
4-6-2 燃氣分析模式推估	(64)
4-6-2-1 而燃油產生Sox 濃度,可依下列公式估算	(64)
4-6-2-2 O <sub>2</sub> 及CO <sub>2</sub> 含量分析	(65)
4-6-3 模式推估之建議	(66)

## 第五章 結論

## 第六章 建議

參考文獻	(91)
------	------

# 表目錄

## 第一章 前言及研究動機

## 第二章 文獻回顧

表2-1 我國衛生署美國環保署(USEPA)及日本厚生省對感染性廢棄物分類	(20)
表2-2 感染性醫療廢棄物微生物分析相關文獻	(21)
表2-3 G醫聯廢棄物中相關的致病微生物	(22)
表2-4 國內醫療機構廢棄物依其回收性質及可燃性成分分類	(23)
表2-5 國內醫療機構廢棄物儲存容器表, 標籤及主要產源作分類	(24)
表2-6 國內外醫院平均每床每日廢棄物產量	(25)
表2-7 台北市立教學醫院, 全院醫療廢棄物組成分析	(26)
表2-8 A醫院及B醫院感染性廢棄物物理組成比	(27)
表2-9 A醫院及B醫院醫療廢棄物元素組成比	(28)
表2-10 省立醫院C,D,E醫院廢棄物質量調查表	(28)
表2-11 G醫院以消耗性醫療器材供應量推估匪器物量	(29)
表2-12 G醫院各類消耗性醫療器材元素成分及熱值	(29)
表2-13 該G醫院支援速成分及熱值	(30)

## 第三章 研究方法

#### 第四章 結果與討論

表4-3-1 A醫院焚化爐操作日表	(67)
表4-3-2 焚化爐各單元平均溫度及平均負壓統計表	(68)
表4-3-3 A醫院廢棄物平均處理量及每單位處理量所消耗知能源及驗計量	(69)
表4-3-4 煙囪平均排器量及各監測氣體知平均濃度	(70)
表4-5-1 裂解比與過剩空氣比對溫度,二氧化留級氯化氫產生量之關係表	(71)
表4-5-2 裂解分子量大小與過剩空氣比對溫度,二氧化留級氯化氫產生量之 關係比	(72)



# 圖目錄

## 第一章 前言及研究動機

## 第二章 文獻探討

- 圖2-1 G醫院感染性廢棄物量比值----- (31)
- 圖2-2 H區域小型醫院感染性廢棄物分類比例圖----- (32)
- 圖2-3 廢棄物產生量與病床數之關係----- (33)
- 圖2-4 廢棄物產生量與實際病床數之關係----- (34)
- 圖2-5 醫院廢棄物焚化爐核准處理量與感染性該醫院可燃廢棄物產生量之  
關係圖----- (35)
- 圖2-6(a) 醫院廢棄物焚化爐核准處理量與感染性該醫院可燃廢棄物實際  
處理量之關係圖----- (36)
- 圖2-6(b) 醫院廢棄物焚化爐核准處理量與感染性該醫院可燃廢棄物實際  
處理量之關係圖(設計處理量,500kg/hr)----- (36)

## 第三章 研究方法

## 第四章 結果與討論

- 圖4-3-1 下燃燒室爐溫分布範圍----- (71)
- 圖4-3-2 下燃燒室負壓範圍----- (72)
- 圖4-3-3 A醫院廢棄物焚化爐處理量與燃油消耗量及瓦斯消耗量之頻率分析  
圖----- (73)
- 圖4-3-4 A醫院廢棄物焚化爐處理量與軟水消耗量及NaOH使用量分析圖-- (74)
- 圖4-3-5 上燃燒室爐溫範圍----- (75)
- 圖4-3-6 鍋爐出入口溫度及煙囪廢棄溫度範圍----- (76)
- 圖4-3-7 煙囪廢棄流量----- (77)
- 圖4-3-8 O<sub>2</sub>與CO<sub>2</sub>含量範圍----- (78)

圖4-3-9 煙囪粒狀物濃度	(79)
圖4-3-10 煙囪CO含量	(80)
圖4-3-11 煙囪Sox含量	(81)
圖4-3-12 號油量與煙囪出口Sox含量相關分析表	(82)
	(83)
	(84)

## 第一章 研究緣起

醫院為疾病診斷、治療及病人之住院場所，其作業對象為身體有疾病患者，在醫療過程中將產生大量感染性廢棄物，若未經處理與處置，除了會造成院內感染，且將對環境產生莫大衝擊，造成疾病大流行。台灣地區大型醫院不斷設立，其中病床數在 100 床以上者約 170 多家，且多半集中於大都市內，因此環保署及衛生署大力推動醫院須對其感染性廢棄物焚化處理。目前通過試燒之感染性醫院廢棄物焚化爐約有 32 家，本人曾應環保署之委託對這 32 家焚化爐請專家逐一訪視，針對焚化爐操作維護人員舉辦實務講習觀摩，但在研擬操作模式中需對下列資訊包括 (1) 醫院焚化爐爐體資料(2)廢棄物組成分析(3)燃氣成分分析(4)燃油等添加原料資料(5)焚化爐體內的燃燒特性分析等進一步作分析探討，才能建立操作模式。作為各醫院操作技術層面之參考，故本研究擬在具完善監測設施之醫院焚化爐，依其上述資料進行操作模式之探討，以提供該廠建立操作模式之可行性建議。並對其他醫院進行現場指導以利焚化爐之操作。本研究之目的：

- 1、針對現有爐體操作處理特性進行分析及建立焚化爐操作模式。
- 2、對增加並改善處理效能提供可行技術之建議。
- 3、對有害空氣污染物之減量作可行性之建議。

## 第二章 文獻回顧

### 2-1 醫院感染性廢棄物定義與分類

#### 2-1-1 感染性廢棄物定義

依據美國環保署(USEPA)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(Infectious waste)

醫療廢棄物中可傳播感染性疾病的廢棄物(例如微生物性廢棄物及抽血針頭等尖銳用品)。

依據我國衛生署 76.5.12 有害事業廢棄物認定標準：係指醫療機構，醫事檢驗所，醫學研究單位及生物科技等相關事

業機構，於醫療、檢驗、研究或製造過程中，所產生含有病毒、細菌、寄生蟲等微生物廢棄品。

"感染性廢棄物"就字面上而言，它是廢棄物，而且具有感染性。而更明確的定義可能應該是可使人或動物致病的廢棄物。要具有感染性並使人或動物致病，就醫學觀點而言，則必須具備以下條件：

- 有病原體的存在
- 有可接受該病原體的寄生體
- 有暴露或使病原體侵入的途徑
- 有足夠數量的病原體

## 2-1-2 感染性廢棄物分類

1983年世界衛生組織(WHO)，1985年美國疾病管制中心(CDC)。1986年美國環保署(USEPA)，1990年日本厚生省(2)，我國環保署及衛生署對感染性廢棄物皆有明確分類。其中我國衛生署，美國環保署(USEPA)及日本厚生省對感染性廢棄物分類整理如表 2-1。

我國感染性廢棄物之分類係根據衛生署 81.10.21 感染性廢棄物認定標準草案為準。係指事業機構，於醫療、檢驗、研

究製造過程中產生之下列廢棄物：

1. 廢棄物之感染性培養物，菌株及相關製品

係指醫學及病理學實驗室廢棄之培養物，研究單位及工業實驗室感染性培養品及菌株，生物製品之製造過程產生之廢棄物，及其他之活性疫苗，培養皿及相關用具。

2. 病理性廢棄物

係指手術及驗屍取出之組織，器官、殘肢等。

3. 廢棄之血液及血液製品

包括血漿、血清及其他血液組成。

4. 廢棄之尖銳器具

於醫學、工業等實驗室中曾與感染性物質接觸或用於醫護行為而廢棄之尖銳器具。

5. 污染之動物屍體、殘肢、用具

於研究、生物製造、藥品實驗等過程接觸感染性物質或用經檢疫廢棄及因病死亡之動物屍體、殘肢及用具。

6. 手術及驗屍廢棄物

係指因手術及驗屍所產生之非病理學之廢棄物。

7. 實驗室廢棄物

係指醫學、病理學、藥學、商學、工業檢疫及其他研究實驗

室中與感染性物質接觸之廢棄物。

#### 8. 透析廢棄物

係指進行血液透析時與病人血液接觸之廢棄物。

#### 9. 隔離廢棄物

係指罹患傳染性疾病須隔離之病人或動物之血液、排泄物及分泌物之廢棄物。

#### 10. 其他廢棄物

其他經會同目的事業主管機關認定對人體或環境具危害者。

### 2-2 感染性醫療廢棄物微生物分析

在 1983 年 KALNOWSKI 選擇醫院醫療部門可能被微生物污染之廢棄物為檢體，做微生物定性、定量評估，發現此類廢棄物含有院內感染常見致病菌(如 Pseudomonas aeruginosa , Klebsiella species , Enterobactor species , Proteus species , Group-D-Streptococcus) ，另 Schuammeck 等人也曾對醫療廢棄物 (護理站、開刀房)做微生物鑑定分析，其結果和 Kaluowski 類似。隨後 Althaus 分析 264 個醫院廢棄物樣本，瞭解各類醫療廢棄物受微生物污染情形，結果顯示被微生物污染是同樣一些檢體，特別是些針筒棉花棒單一類樣品，且有

21 種致病性細菌及黴菌被發現。

1989 年 Jagar 等對大型醫院(1300 床)小型醫院(250 床)做醫院廢棄物分析，以便觀察大、小型醫院廢棄物受微生物污染程度是否有差異，結果顯示並無顯著差異。感染性醫療廢棄物微生物分析相關文獻如表 2-2。

1990 年篠田純男認為醫療廢棄物中可能含有危險高致病菌，其所建議與醫療廢棄物中相關的致病性微生物結果顯示如表 2-3。

### 2-3 醫療性廢棄物分類、產量及組成分析

#### A. 分類：

國內醫療機構所產生的廢棄物主要來自於病房所產生之報紙、雜誌、包裝物、花果、免洗餐具、飲料瓶、衛生紙、紗布等，及醫療行為所產生之注射器材、點滴瓶、塑膠、手套、口罩、藥劑瓶、臟器、截肢等，並且在行政單位亦會產生一般廢棄物如電腦報表、塑膠袋、廢紙等。依其回收性質及可燃性成份如表 2-4。依儲存容器、標籤及主要產源等作為分類標準如表 2-5。



## B. 產量：

醫療廢棄物產量隨著醫學研究及醫療檢驗技術進步，呈現大幅度成長，醫療廢棄物產量通常是以平均每病床每日產生量來表示，藉由國內外醫院平均每床每日廢棄物產生量調查報告，如表 2-6 所示。在國內不分醫院規模平均每日每床廢棄物產生量可達 2-3 公斤，而日本及歐美國家平均每日每床廢棄物產生量更達 3-5 公斤。

## C. 組成分析：

1989 年，林宜長教授等，謝永旭教授等，分別對台北某教學醫院及台灣省大、中型醫院做醫療廢棄物組成分析，調查結果顯示感染性廢棄物佔 8.73~12.4%。

1993 年，台北市環保局為規劃台北市醫療廢棄物焚化處理中心，再對台北都會區公私立醫院做醫療廢棄物組成調查，結果發現感染性廢棄物佔 13.84%。

國外對感染性廢棄物調查依 Rutala 於 1989 年對美國 441 家醫院做醫療廢棄物組成調查，感染性廢棄物在小於 100 床醫院佔 13.3%，100 ~ 299 床醫院佔 15.0%，300~499 床醫院佔 14.9%，大於 500 床醫院佔 14.9%。

依據 1989 年林宜長教授等，對台北某市立教學醫院做全院醫療廢棄物組成分析，調查結果如表 2-7，顯示一般事業可燃性廢棄物佔 48.39 %，一般事業不可燃性廢棄物佔 4.58% ，感染事業可燃性廢棄物佔 7.39 %，感染事業不可燃性廢棄物佔 0.69%，針頭、針筒佔 1.27%。

另外依據 1993 年李芝珊教授等對台大醫院及台北榮總做醫療廢棄物組成分析，調查結果如表 2-8，在台大醫院中可燃性醫療廢棄物佔 99.02%，不可燃性醫療廢棄物僅佔 0.97%，而在台北榮總可燃性醫療廢棄物佔 87.76%，不可燃性醫療廢棄物則佔 12.24 %。李芝珊教授等並針對醫療廢棄物，分析其元素組成及熱值如表 2-9，台大醫院醫療廢棄物熱值為 3957(KCal/Kg)，台北榮總醫療廢棄物熱值為 3863(KCal/Kg)。

依田中勝感染性廢棄物組成調查為紙類佔 6.5%，塑膠類佔 42.6%，纖維類佔 22.1%，皮革類佔 2.0%，玻璃類佔 24.4%，金屬類 1.4%，廚餘佔 0.4%，其他佔 9%。

依許國敏等人對醫院廢棄物焚化處理體系之營運管理研究，廢棄物種類及數量分析指出豐原醫院廢棄物之組成成份主要是塑膠，包含塑膠類、空針類及透析用具，共佔 74%。並收集

豐原地區其他醫院做廢棄物種類及數量分析，發現仍是以塑膠居多，包含塑膠類、空針類及透析用具，共佔 90%。另外豐原地區診所亦有做廢棄物種類及數量分析，看出診所部份明顯以空針類居多佔 74%，其塑膠成份，包含塑膠類、空針類及透析用具共佔 92%，由以上廢棄物產量及組成，可做為衛生、環保機關、醫院對感染性廢棄物共同處理之參考依據。

### 2-3-1 台灣地區大型醫院廢棄物質量調查

根據李芝珊及鄭福田教授的研究指出 1000 床以上之大型醫院(A 醫院)每日廢棄物產生量為 4600Kg/day，包括 4100Kg 非感染性廢棄物，340Kg 感染性廢棄物，70Kg 廚餘，50Kg 病理組織廢棄物及 40Kg 塑膠空針。可燃性廢棄物與非可燃性廢棄物百分比分別是 99.02% 及 0.97%，其調查結果顯示於表 2-8，表 2-8 顯示可燃性廢棄物中紙類佔 16.17%，組織類 9.77%，木類 1.12%，廚餘 21.51%，塑膠類佔 50.45%。不可燃性廢棄物中金屬類佔 0.4%，玻璃類佔 0.57%。對於廢棄物濕基組成，包括水分 38%，灰份 4%，固體則佔有 58%，平均熱值為 3400Kcal/Kg。A 醫院每日每床廢棄物產生量為 4.6Kg，其中 4.1Kg 為非感染性垃圾，0.34Kg 為感染性垃圾，0.07Kg

廚餘，0.05Kg 病理組織及 0.04Kg 塑膠空針。

他們亦對另一家 1000 床以上之大型醫院(B 醫院)進行廢棄物質量調查，其調查結果亦顯示於表 2-8，表 2-8 顯示可燃性廢棄物與不可燃性廢棄物百分比分別為 87.76% 及 12.24%，可燃性廢棄物中紙類佔 34.22%，組織類佔 14.18%，木材類佔 1.03%，廚餘 16.61% 及塑膠類佔 20.78%，尚有 0.94% 歸為其他類。不可燃廢棄物中金屬類佔 1.36%，玻璃類 10.88%。

A 醫院廢棄物元素分析顯示於表 2-9，表 2-9 顯示碳佔 33.54%，氫 5.11%，氮 0.82%，氧 14.96%，硫 0.03%，氯 2.71%，碳/氮比為 41.70%，高位發熱量 3957Kcal/Kg，低位發熱量 3449Kcal/Kg。

B 醫院廢棄物元素分析顯示於表 2-9，表 2-9 顯示碳佔 23.87%，氫 4.45%，氮 0.66%，氧 23.20%，硫 0.37%，氯 0.08%，碳/氮比 39.95%。高位發熱量為 3863.27Kcal/Kg，低位發熱量為 3370.07Kcal/Kg。

### 2-3-2 台灣地區中型醫院廢棄物質量調查

依據郭憲文及孫淑蓉等對 100-300 床之省立醫院進行廢棄

物質量調查。其結果顯示於表 2-10。C 醫院廢棄物塑膠類佔 5% ，紗布紙類佔 5% ，空針類佔 2% ，透析用具 88% ，臟器 0% 。D 醫院廢棄物中塑膠類佔 23% ，紗布紙木類佔 32% ，空針類佔 18% ，透析用具類 27% ，臟器 1% 。

### 2-3-3 台灣地區中型醫院廢棄物質量調查

依據郭憲文及孫淑蓉等對 50-100 床之省立醫院進行廢棄物質量調查。其結果顯示於表 2-10。E 醫院廢棄物中塑膠類佔 5% ，紗布紙木類 36% ，空針類 1% ，透析用具 58% ，臟器 0% 。

### 2-3-4 以消耗性醫療器材供應量推估每床每日廢棄物量及其物理組成並元素分析

蔡清讚、朱正先等曾對 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，二年每月(共 24 個月)依每床每日廢棄物量對 G 醫院以消耗性醫療器材供應量推估廢棄物量作統計分析。其結果如表 2-11。由圖 2-1 可看出感染性醫療廢棄物之物理組成，圖 2-2 可看出區域醫院之醫療廢棄物組成。二者有相關性在 0.5 以上

。並對 G 醫院消耗性醫療器材加以分類後，針對該類醫院消耗性醫療器材使用量最多最具代表性(將相同類型合併後)之細項器材進行元素分析及熱值推估。再將所得之結果與該細項月消耗總重相乘，以求得該月該細項元素成份及熱值，將同類之細項合併求其平均而得著該類之元素成份及熱值。其消耗性醫療器材推估廢棄物量之相關係數<sup>®</sup>及回歸公式如表 2-11。各類消耗性醫療器材元素成份及熱值如表 2-12，得知：

- a. 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。
- b. 紗布紙木類中以碳含量最高佔 42.6% ，其次為氧 7.1% ，氮佔 6.1% ，%氮 3.6% ，硫 0.8% ，氧 7.1% ，氯更少僅佔 0.03% 。4981 Kcal/Kg。
- c. 空針類以碳含量最高佔 76.5% ，其次為氮 12.1% ，氫 10.7% ，硫 1.3% ，氧 1.2% ，氯僅佔 0.03% 。9740.8 Kcal/Kg。
- d. 透析類以碳含量最高佔 48.6% ，其中氮之含量高達 14.1% 而氫佔 5.9% ，4.9% ，硫 0.9% ，氧 9.6% 。5960.3 Kcal/Kg。

各類消耗性醫療器材元素成份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份及熱值。該醫院之元素成份及熱值顯示如表 2-13，故其推估之廢棄物不含水之乾基元素分析組成為碳含量佔 56.5%、氮含量佔 7.65%、氫含量 8.16%、硫含量 0.94%、氧含量 6.29%、氯之含量為 5.30%，熱值為 6854.77 Kcal/Kg。與各醫院設計時之廢棄物元素分析成份比較碳 28.14%、氮 4.06%、氧 15.57%、氫 0.68%，而氯 0.81%，硫 0.15% 有很大的差異，故再進行帶處理時，應注意廢棄物之成份的改變。透析類含率量很高可能是含氯量高的主因。

## 2-4 感染性廢棄物危害

### 2-4-1 環境危害

1988 年 7 月於美國新澤西洲，Beyonne 海岸拾獲血液瓶竟然發現後天免疫症候群抗體，且在 New York 長島海灘之沙丘內，陸續發現其中針頭內含 AIDS 病毒。

同時在日本，於 1987 年時，三重大學兩年輕醫師感染肝炎去世，1991 年證實兩青年醫師死因為 B 型肝炎變異株而此變異株可能為抗癌藥物隨意丟棄引起。

### 2-4-2 院內危害

醫療保健服務業之衛生安全中，具『感染性』特性之生物性危害因素是造成職業危害最重要的一環，這些微生物、其媒介物、傳染途徑及可能被感染人員如附表一。

Dr. Pike 曾於 1978 年調查當時世界各國曾發生過與實驗室有關之感染(laboratory associated infection) 發現各種不同之致病原(agents)中，以病毒(viruses)、細菌(bacteria)、寄生蟲(parasites)及黴菌(fungi)為主。因此感染性廢棄物若未經妥善清除、儲存，對醫院內工作人員及病患之健康皆有莫大之威脅。

## 2-5 感染性廢棄物的處理技術探討

處理感染性廢棄物的目的是要破壞其中所含的病毒或感染性物質，以降低或去除致病的可能性。感染性廢棄物的處理技術，依據美國環保署(USEPA) 所建議基本上有下列方法：

1. 高溫高壓蒸氣滅菌法
2. 焚化法
3. 熱處理去活性化
4. 化學氣體／蒸氣殺菌
5. 化學法去感染性



## 6. 紫外線殺菌／輻射殺菌

## 7. 微波法

### 2-6 感染性廢棄物焚化處理系統簡介

醫院事業廢棄物焚化系統可區分成四個主要次系統：(1)廢棄物備料及進料系統；(2)燃燒室(一般分為第一燃燒室及第二燃燒室)；(3)空氣污染防治設施；(4)殘渣／灰燼處理系統。各單元的適當組合，則視所要焚化的廢棄物物理及化學性質而異。

廢棄物備料及進料系統為一廢棄物焚化前的前處理系統，其中廢棄物備料包含廢棄物的篩選，加熱(如汙泥脫水)摻混及包裝。廢棄物進料系統依設計進料方式區分為推送式、重力式、及螺旋式等三種。

一般而言，事業廢棄物焚化爐依其外型及設計結構分為四種型式即(1)液體噴注式(2)旋轉窯(3)固定爐床(4)流體化床。而應用在醫院廢棄物焚化爐則以旋轉窯和固定爐床式應用最廣。事業廢棄物焚化爐燃燒室的設計除液體噴注式及流體化床之外，通常都將燃燒室分成兩部份。靠近進料端的為一次燃燒室

(或稱主燃燒室)，其後緊接的是二次燃燒室(或稱後燃燒室)。一次燃燒室的功能在破壞廢棄物使其熱解成氣體，變成揮發性碳氫化合物、一氧化碳、及其他燃燒產物。由於廢棄物熱解後的燃燒產物中會含有些燃燒不完全的中間產物如夫喃等屬有害物質。因此其後須設計有二次燃燒室使有害氣體能繼續在二次燃燒室的高溫環境下被完全燃燒破壞。

從二次燃燒室出來的煙道氣通常為高溫氣體可作廢熱回收，同時會攜出塵粒並含有 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、及 HCl 等酸氣，因此其後須接一組空氣污染防治設施。設施基本上須包括除酸設備、除塵設備、以及除熱(或熱回收)設備。

感染性廢棄物焚化後的殘渣通常以掩埋法處理。灰燼在掩埋之前須確定不含有害物質並以適當的容器裝置後才能送到掩埋場掩埋。

## 2-7 台灣目前醫療廢棄物產量分析

感染性可燃廢棄物產生量與病床數之間的關係如圖 2-3。31 座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( $r = 0.83$ )如圖 2-3，並醫

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 0.08kg/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，可能因廢棄物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關係如圖 2-4。相關性( $r = 0.83$ )，其可燃性感染性廢棄物產生量為 0.56kg/床日。

## 2-8 台灣目前感染性廢棄物處理現況分析

依據本研究調查統計 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%。

### 2-8-1 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：

0.37kg/床日×120,194 床× 100%=44,443kg/日(以 100%佔床率估算)

0.56kg/床日×120,194 床× 64.8%=43,600kg/日(以實際佔床率估算)

)

0.51kg/床日×120,194 床× 60%=36,766kg/日(以環保署方式計算)

實際處理量 = 32,279kg/日

### 感染性廢棄物總量及有效處理率之推估

	以100%佔床率估算	以實際佔床率估算	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(%)	72.62	74.03	87.79

(a),(b):26家醫院每床可燃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<sup>(13,14,15,16)</sup>

(d)感染性廢棄物在醫療廢棄物中所佔比率<sup>(13,14,15,16)</sup>

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)×佔床率(%)×全省總病床數(床)

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

### 2-8-2 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

由圖 2-5 可看出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。

### 2-8-3 醫療廢棄物焚化爐核准處理量與實際處理量之相關性

由圖 2-6 可看出核准處理量與實際處理量之相關性，圖中顯示核准處理量遠大於實際處理量，其原因(1)焚化爐設計時，其進料熱值設計過低，故單位批次進料量無法加大，否則一次燃燒室之平均溫度高於計值，致使每日處理量無法達到設計值。(2)只焚燒該醫院之廢棄物，而該醫院廢棄物產生量遠低於設計量。(3)有申請第二類代處理業者，面臨市場競爭，實際可焚化之廢棄物仍低於焚化爐之設計處理量。(4)因為公立醫院無專責編制人員，預算編算無法應付實發狀況，操作維護較為困難，故實際處理量低於核准處理量。

### 2-9 醫療廢棄物減廢及資源回收在利用評估

依據工研院 89 年之研究報告建議，每日每床醫院廢棄物量應修正為 3.56 公斤，感染性廢棄物的比例 14.5%，PVC 製品佔醫療廢棄物量 9.2%，建議衛生署要求各醫院於採購規範中禁用或將 PVC 製品消耗性醫療器材分開處理，以利將感染性廢棄物經高溫高壓滅菌後，併為一般都市垃圾焚化處理。而感染性廢棄物經高溫高壓滅菌應建立規範。

表 2-1 我國衛生者、美國環保者 (USEPA) 及日本厚生省對感  
染性廢棄物分類

我 國 (8) ( 衛 生 署 )	美 國 (7) ( 環 保 署 )	日 本 (2) ( 厚 生 省 )
<p>共分十類</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 廢棄物之感染性培養物、菌株及相關製品。</li> <li>2. 病理性廢棄物。</li> <li>3. 廢棄血液及血液製品。</li> <li>4. 廢棄尖銳器具</li> <li>5. 污染之動物屍體、殘肢、用具。</li> <li>6. 手術及驗屍廢棄物。</li> <li>7. 實驗室廢棄物。</li> <li>8. 透析廢棄物。</li> <li>9. 隔離廢棄物、裙、實驗衣。</li> <li>10. 其他廢棄物。</li> </ol>	<p>共分十一類</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 廢液體。</li> <li>2. 病理性廢棄物。</li> <li>3. 受感染之動物屍體、殘肢、動物箱床。</li> <li>4. 生物廢棄物及受傳染病隔離之病人或動物之血液、排泄物、滲出液或分泌液污染之廢棄材料</li> <li>5. 人類廢血及其製品。</li> <li>6. 與病人血液接觸過之透析用具、包括受污染之器具、軟管過濾器、被單、毛巾、手套、圍裙、實驗衣。</li> <li>7. 外科及解剖過程與傳染原接觸之廢棄物。</li> <li>8. 醫療實驗過程所產生之尖銳的針頭、注射針筒、滴管、碎玻璃刀片等。</li> <li>9. 實驗室中與病原接觸之廢棄物、包括載玻片、蓋玻片、手套、實驗衣、圍裙等。</li> <li>10. 曾與傳染原接觸之廢棄物之醫療器械及零件。</li> <li>11. 其他於醫療行為中所產生可能對人體健康或環境有影響之廢棄物。</li> </ol>	<p>共分五類</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 手術所排出病理性廢棄物、包括殘器、組織。</li> <li>2. 供做有關病原微生物實驗檢查之用的實驗器具。</li> <li>3. 透析用具、例如軟管、過濾器。</li> <li>4. 血液及血液製品、例如血液、血清、血漿、體液 (精液、組織液等) 血液製劑 (全血製劑血液成份製劑)。</li> <li>5. 附着血之銳利物、例如注射針、手術刀、注射筒、玻璃屑、試管。</li> </ol>

表 2-2 感染性醫療廢棄物微生物分析相關文獻

Authors	Group of Bacteria	Operating Unit	Outpatient Surgery	Intensive Care Unit	Surgical Ward	Internal Medicine	OB/GYN	Laborator
Althaus et al. 1983	Aerobic bacteria	I* $1.1 \times 10^6$	$13.1 \times 10^4$	$15.7 \times 10^5$	$13.3 \times 10^7$	II $2.6 \times 10^6$	$14.3 \times 10^4$	$11.7 \times 10^4$
		II $3.3 \times 10^5$	II $2.2 \times 10^4$		II $2.8 \times 10^7$	III $2.0 \times 10^6$	II $1.0 \times 10^5$	II $5.3 \times 10^4$
	Coliform bacteria	I $5.3 \times 10^5$	$15.7 \times 10^3$	$13.7 \times 10^5$	$14.2 \times 10^7$	II $9.4 \times 10^4$	$15.6 \times 10^3$	$15.2 \times 10^4$
		II $1.1 \times 10^5$	II $3.1 \times 10^4$		II $1.9 \times 10^7$	III $1.2 \times 10^5$	II $1.5 \times 10^5$	II $1.2 \times 10^4$
	<i>E. coli</i>	I $3.3 \times 10^5$	$11.5 \times 10^4$	$13.5 \times 10^4$	$18.0 \times 10^7$	II $5.6 \times 10^4$	$13.7 \times 10^3$	$15.6 \times 10^4$
		II $1.2 \times 10^4$	II $1.3 \times 10^3$		II $2.4 \times 10^7$	III $6.9 \times 10^4$	II $3.1 \times 10^5$	II $1.5 \times 10^4$
Kainowski et al. 1983	Aerobic bacteria	$2.3 \times 10^4$	ND*	$2.2 \times 10^6$	$3.4 \times 10^7$	ND	ND	ND
	Gram-negative bacteria	$5.5 \times 10^3$	ND	$7.2 \times 10^4$	$2.8 \times 10^7$	ND	ND	ND
	Streptococci Group D	0	ND	$2.9 \times 10^5$	$1.2 \times 10^6$	ND	ND	ND
	Facultative anaerobes	$1.7 \times 10^3$	ND	$2.1 \times 10^6$	$2.5 \times 10^7$	ND	ND	ND
Jager et al. 1989	Total bacteria	IV* $2.0 \times 10^6$	ND	IV $3.5 \times 10^5$ (S)**	IV $1.1 \times 10^7$	IV $2.5 \times 10^6$	ND	ND
		V $5.0 \times 10^5$		IV $7.1 \times 10^5$ (M)	V $1.1 \times 10^7$	V $7.9 \times 10^6$	ND	ND
	Streptococci group D	IV $4.0 \times 10^3$	ND	IV $2.0 \times 10^3$ (S)	IV $5.3 \times 10^5$	IV $2.0 \times 10^5$	ND	ND
		V $3.0 \times 10^3$		IV $4.0 \times 10^4$ (M)	V $1.0 \times 10^6$	V $7.9 \times 10^4$		
Gram-negative rods	IV $5.2 \times 10^3$	ND	IV $2.0 \times 10^5$ (S)	IV $2.0 \times 10^6$	IV $1.2 \times 10^6$	ND	ND	
	V $2.5 \times 10^3$		IV $5.0 \times 10^4$ (M)	V $1.3 \times 10^6$	V $1.3 \times 10^5$			
Obligate facultative anaerobes	IV $4.0 \times 10^3$	ND	V $6.2 \times 10^2$ (S)	IV $1.6 \times 10^7$	IV $2.5 \times 10^6$	ND	ND	
	V $1.0 \times 10^3$		IV $5.0 \times 10^2$ (M)	V $4.0 \times 10^7$	V $4.0 \times 10^5$			
			V $1.6 \times 10^3$ (S)					

\* I, II, III - different hospitals.  
 \* No data.  
 \* IV\* - large hospital (1200 beds); V\* - small hospital (250 beds).  
 \*\* S - surgical; M - medical.

表 2-3 醫療廢棄物中相關的致病性微生物

各類廢棄物	感染性微生物	備註
一、血液、體液、精液 濃汁附著物品	細菌 金黃色葡萄球菌、綠膿桿菌 其他引起化膿敗血症細菌、梅毒螺旋體...等 性行為感染有關細菌 病毒 B型肝炎病毒、 非A非B肝炎病毒 HTLV	脫脂棉、紗布 注射器、手術衣
病理組織、手術摘出物	同上	廢器
培養基、培養器材	所有培養中致病微生物	
尿液、嘔吐物	大腸桿菌...等食物中毒細菌 赤痢桿菌...等消化道傳染病原菌 肺炎桿菌 A型肝炎病毒	
實驗動物	感染實驗用病原菌 人畜共通病原菌、鼠咬熱	
院內空氣 懸浮微粒	肺炎球菌 黃色葡萄球菌 結核桿菌	
注射針 尖銳器具	刺傷後之破傷風桿菌感染	



表 2-4 國內醫療機構廢棄物依其回收性質及可燃性成份分<sup>(42)</sup>類

一般事業廢棄物	不具有回收性	可燃	紙張、保麗龍、紙盒、塑膠、印刷品、花草枝葉。	
		不可燃	玻璃、金屬製品等。	
	具有回收性	廚餘 廚芥	剩飯、菜、水果、果皮。	
醫療事業廢棄物	不具有回收性	一般性	可燃	掛號單、擦手紙、處方簽、布類等。
			不可燃	玻璃、金屬製品等。
		感染性	可燃	換藥治療用之紗布、繃帶、棉花、點滴管、引流管及感染性病患所用之一切物品和病理標本、手術肢體、血餅、動物屍體等。
			不可燃	玻璃、金屬製品等。
廢棄物	具有回收性	一般性	紙箱	書報雜誌、水果禮盒、點滴紙箱等。
			玻璃瓶	點滴瓶、小玻璃藥瓶。
		感染性	針頭筒	靜脈留置針、頭皮針、一般注射用針頭針筒。

表 2-5 國內醫療機構廢棄物依儲存容器、標籤及主要產源  
作分類 (43)

廢棄物代碼	貯存容器	廢棄物標籤	典型的廢棄物	主要產源
A0 可燃性一般事業廢棄物	紅色	—	廢塑膠類製品、廢紙類、印刷品、紙箱、廢木材、傢俱、纖維類、布製品、食品、油脂	病房、門診、檢驗、藥局、行政單位、治療單位、手術房、工作間、護理站、配膳室、支援單位
A1 不可燃性一般事業廢棄物	藍色	—	建築廢料(土石及水泥建材等)、玻璃製品(藥瓶及其他玻璃製品)、廢金屬製品(飲料罐、廢機械、儀器等)、陶瓷製品、廚餘	工務部門、行政部門、治療單位、藥局、配藥間、開刀房、產房、血液透析、支援單位
BO 可燃感性廢棄物	紅色	感 染 性 廢 棄 物	生化、病理學廢棄物、截肢、臟器、動物屍體、胎盤、培養基、廢血、體液、排泄物、引流液、過濾紙、手術手套鞋套、棉花、紗布、布類、木質壓舌片、透析用具、塑膠製品	隔離病房、手術室、產房、檢驗室、實驗室、病房、治療室、血液透析、血庫、解剖室
B1 不可燃感性廢棄物	黃色	感 染 性 廢 棄 物	空針、針頭、點滴注射器、培養皿、試管、試玻片、手術刀、縫合針等	隔離病房、手術室、產房、檢驗室、實驗室、病房、治療室、血液透析、血庫、解剖室
Ct 毒性廢棄物	特定容器	廢棄物標籤及危害性標籤	生化、醫學檢驗廢液、水銀廢液、重金屬廢液、有機溶劑、洗片廢液、廢藥	檢驗室、實驗室、製劑室、手術室、解剖室、洗片室、牙科、藥局
Cc 腐蝕性廢棄物	特定容器	廢棄物標籤及危害性標籤	強酸 (pH<2.0) 強鹼 (pH>12)	檢驗室、實驗室
D 放射性廢棄物	特定容器	廢棄物標籤及危害性標籤	核子醫學放射性廢棄物	核子醫學

表 2-6 國內外醫院平均每床每日廢棄物產生量 (13,14,15,16)

醫院種類		平均每床每日產生量 kg/bed. day	資料年份
國內 文獻	台北市公私立醫院	2.50	1986
	台北某教學醫院	2.55	1989
	大型醫院	5.47	1989
	中型醫院	1.60	1989
	台灣地區各型醫院	2.05	1992
	台北市公私立醫院	2.83	1993
	台北都會區公私立醫院	2.48	
國外 文獻	日本	2.7	1987
	荷蘭	2.3	1987
	挪威	3.9	1987
	瑞典	4.4	1987
	英國	3.3	1987
	美國	7.7~10.5	1988

表 2-7 台北某市立教學醫院，全院醫療廢棄物組成分析 (14,16)

文 獻 別 組成百分比 (%) 廢棄物類別	台北某教 學醫院	台灣省醫院		台北市公 私立醫院	台北都會區 公私立醫院
		大 型	中 型		
可燃性感染廢棄物	7.39	6.93	7.75	10.43	10.88
不可燃性感染廢棄物	1.96	1.80	4.65	2.65	2.96
污 泥	-	-	-	0.22	0.76
灰 渣	-	-	-	0.05	0.08
化學性醫療廢棄物	-	0.54	-	1.38	2.05
廢棄醫療器材及設施	11.47	8.73	18.60	7.53	7.45
可燃性一般事業廢棄物	65.15	82.00	89.00	66.61	65.28
不可燃性一般事業廢棄物	14.09			11.13	10.51
合 計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
感染性廢棄物 (1)+(2)	9.35	8.73	12.4	13.08	13.84
可燃性一般及感染性廢棄物 (7)+(10)	74.5	-	-	79.69	79.12
一般及感染性廢棄物 (9)-[(3)+(4)+(5)]	100.00	99.46	100.00	98.35	97.11

表 2-8 A 醫院及 B 醫院感染性廢棄物物理組成比例

物理組成	A 醫院	B 醫院
可燃性：		
紙	16.17	34.22
組織	9.77	14.18
木材及樹葉	1.12	1.03
廚餘	21.51	16.61
塑膠	50	20.78
其他	--	0.94
總量	99.02	87.76
不可燃性：		
金屬	0.4	1.36
玻璃	0.75	10.88
總量	0.97	12.24

表 2-9 A醫院及 B醫院醫療廢棄物元素組成及熱值

元素分析	A 醫院	B 醫院
碳(%)	33.54	23.87
氫(%)	5.11	4.45
氮(%)	0.82	0.66
氧(%)	14.96	23.2
硫(%)	0.03	0.37
氯(%)	2.71	0.08
碳/氮比	41.70	39.95
高位發熱量 (Kcal/Kg)	3957	3863
低位發熱量 (Kcal/Kg)	3449	3370

表 2-10 省立C、D、E醫院廢棄物質量調查表物

醫院別	塑膠類	紗布紙木	空針類	透析用具	組織類
	%	%	%	%	%
C	5	5	2	88	0
D	23	32	18	27	1
E	5	36	1	58	0

表 2-11 G醫院 以消耗性醫療器材供應量推估廢棄物量(每床每日)

廢棄物分類	回歸線公式	相關係數 ®
塑膠類	$Y=0.47X+0.021$	0.58
紗布紙木類	$Y=1.42X+0.005$	0.53
空針類	$Y=1.18X+0.008$	0.60
透析類	$Y=1.13X+0.028$	0.65
總廢棄物量	$Y=1.26X+0.029$	0.66

表 2-12 G醫院各類消耗性醫療器材元素成分及熱值

元素及熱值	塑膠類	棉布類	透析類	空針類
平均碳%	67.9	42.6	48.6	76.5
平均氫%	7.9	6.1	5.9	12.1
平均氮%	18.8	3.6	4.9	10.7
平均硫%	0.8	0.8	0.9	1.3
平均氧%	4.6	7.1	9.6	1.2
平均氯%	0.5	0.03	14.1	0.03
平均熱值 *	7731.4	4981	5960.3	9740.8

\*單位=Kcal/Kg

表 2-13 該G醫院之元素成分及熱值

元素分析	G 醫院
碳(%)	56.5
氫(%)	7.65
氮(%)	8.16
硫(%)	0.94
氧(%)	6.29
氯(%)	5.30
平均熱值 (Kcal/Kg)	6854.77



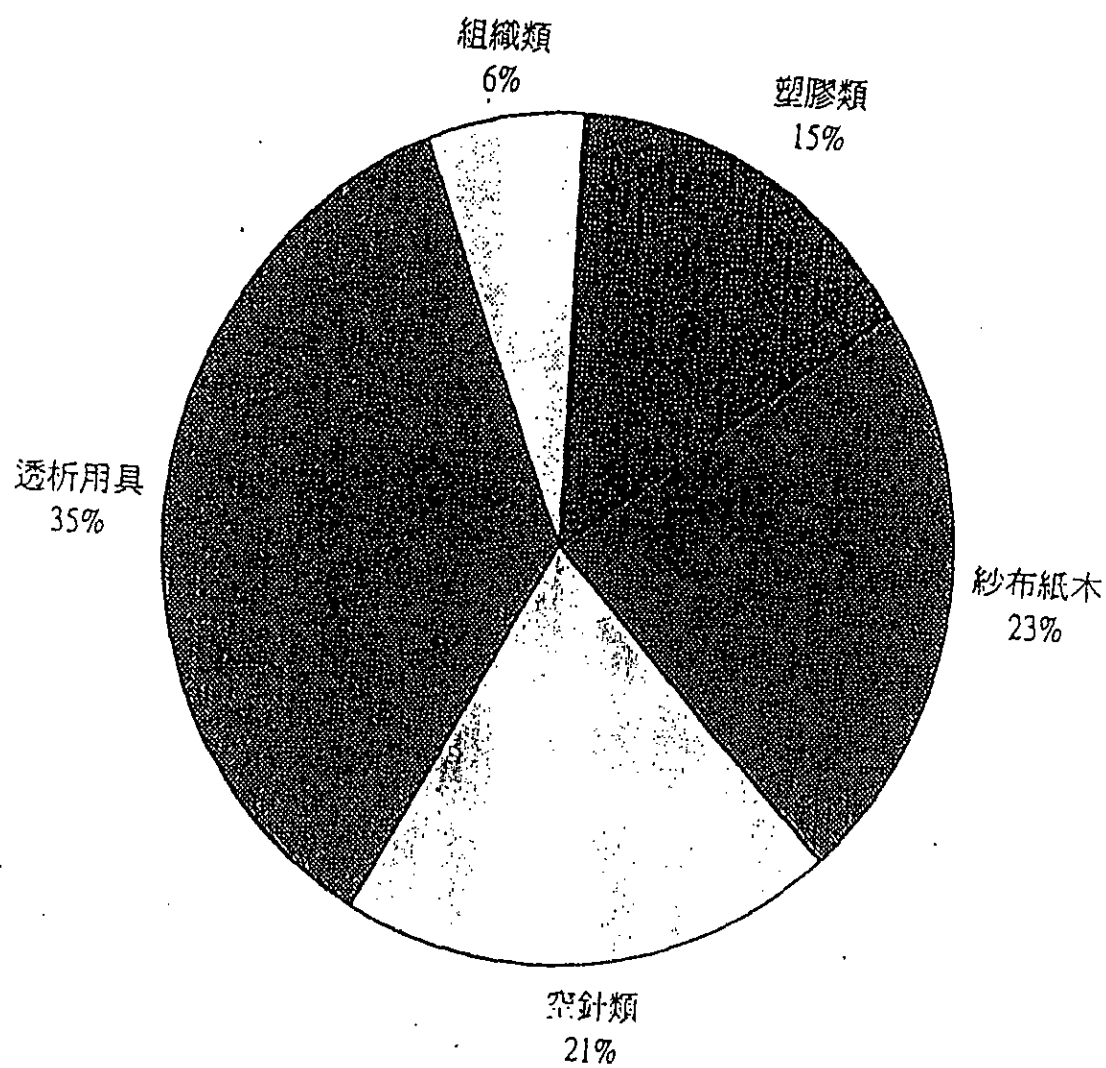


圖 2-1 G醫院感染性廢棄物量比值

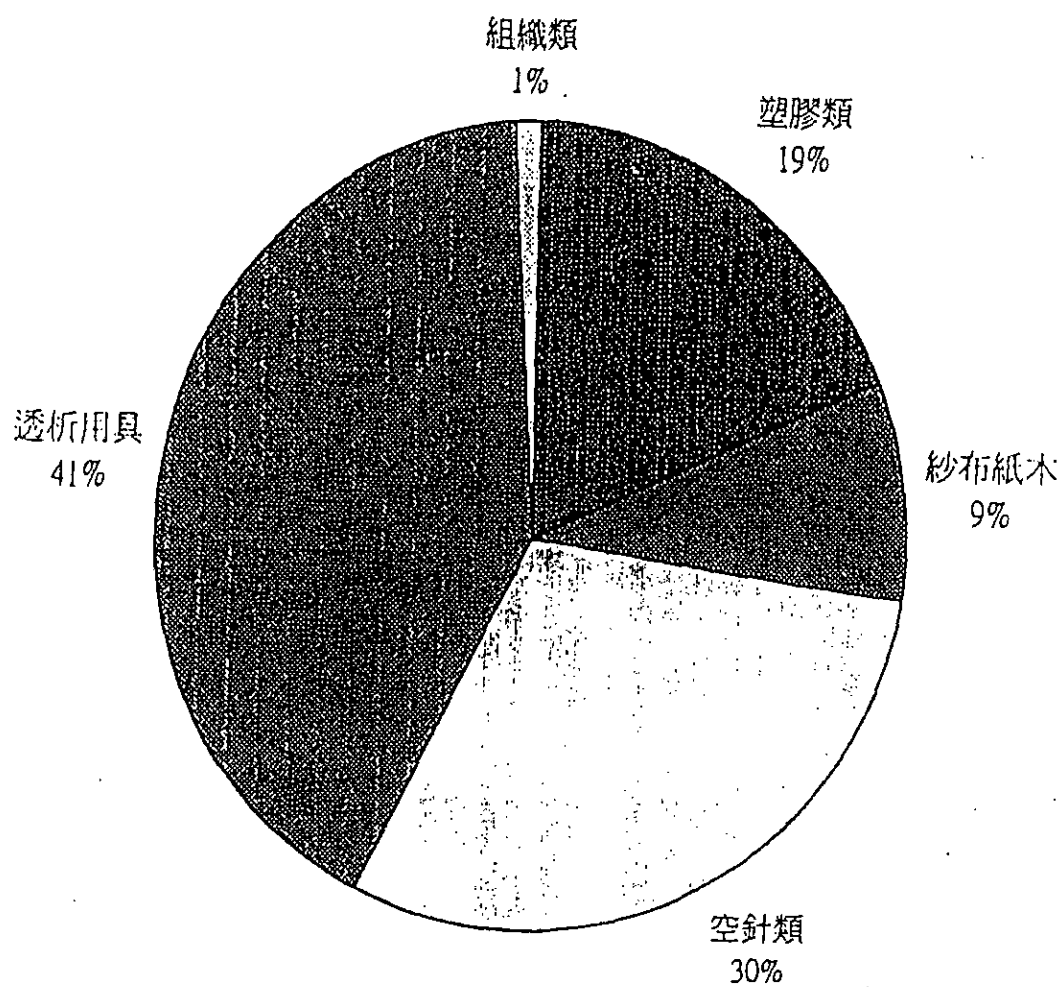


圖 2-2 H區域小型 醫院感染性廢棄物分類比例圖

圖 2-3 廢棄物產生量與病床數之關係

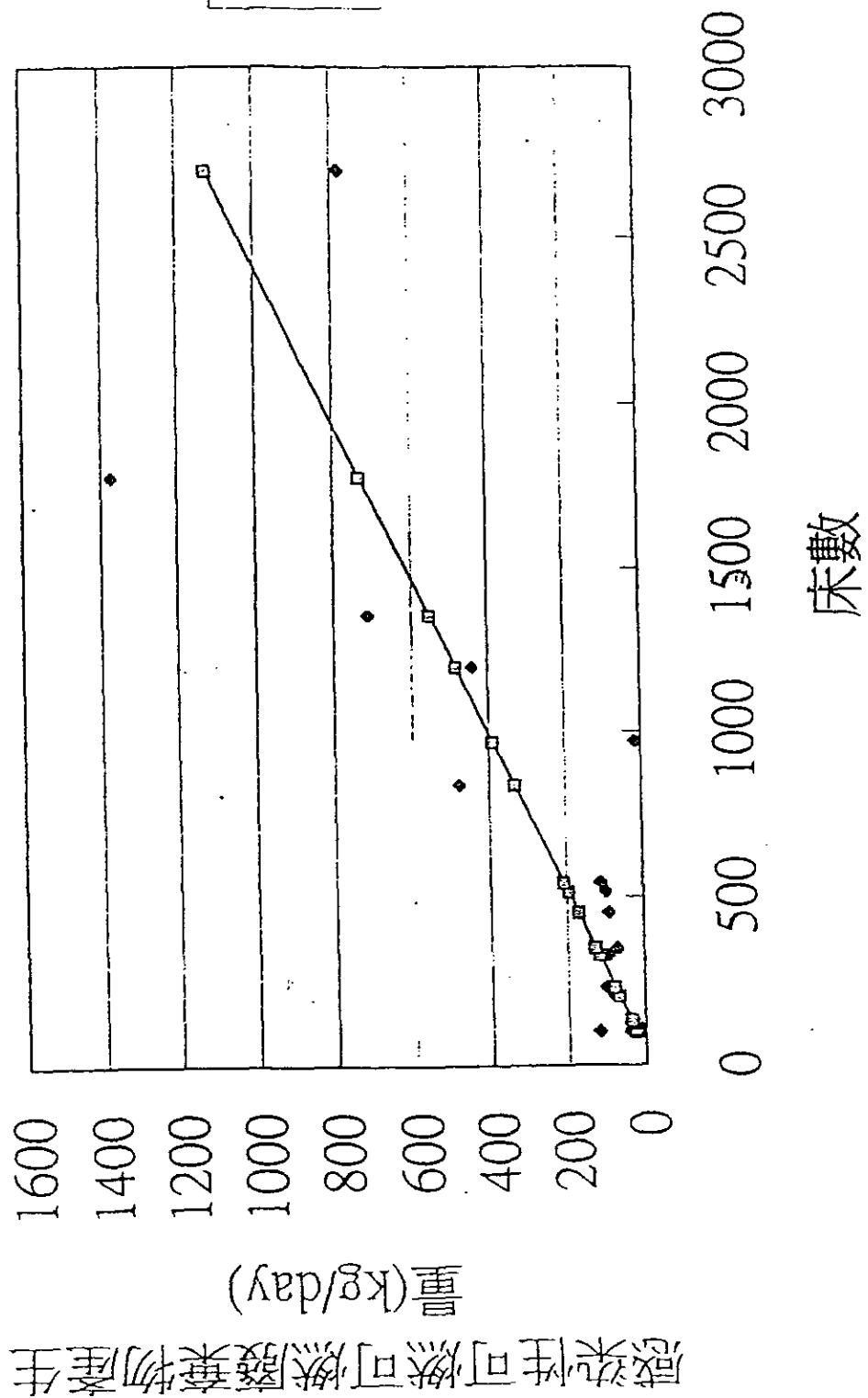


圖2-4 廢棄物產生量與實際病床數之關係

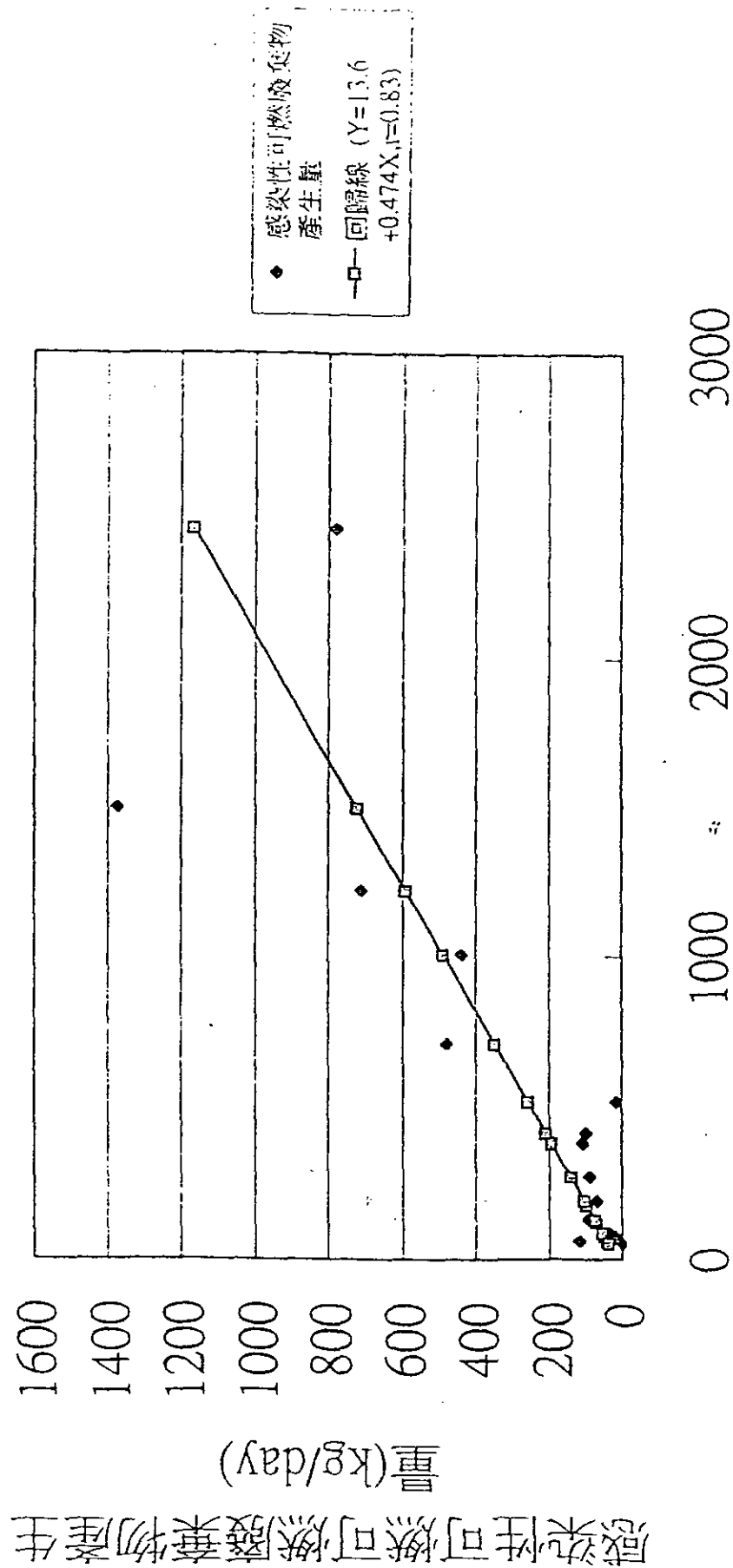
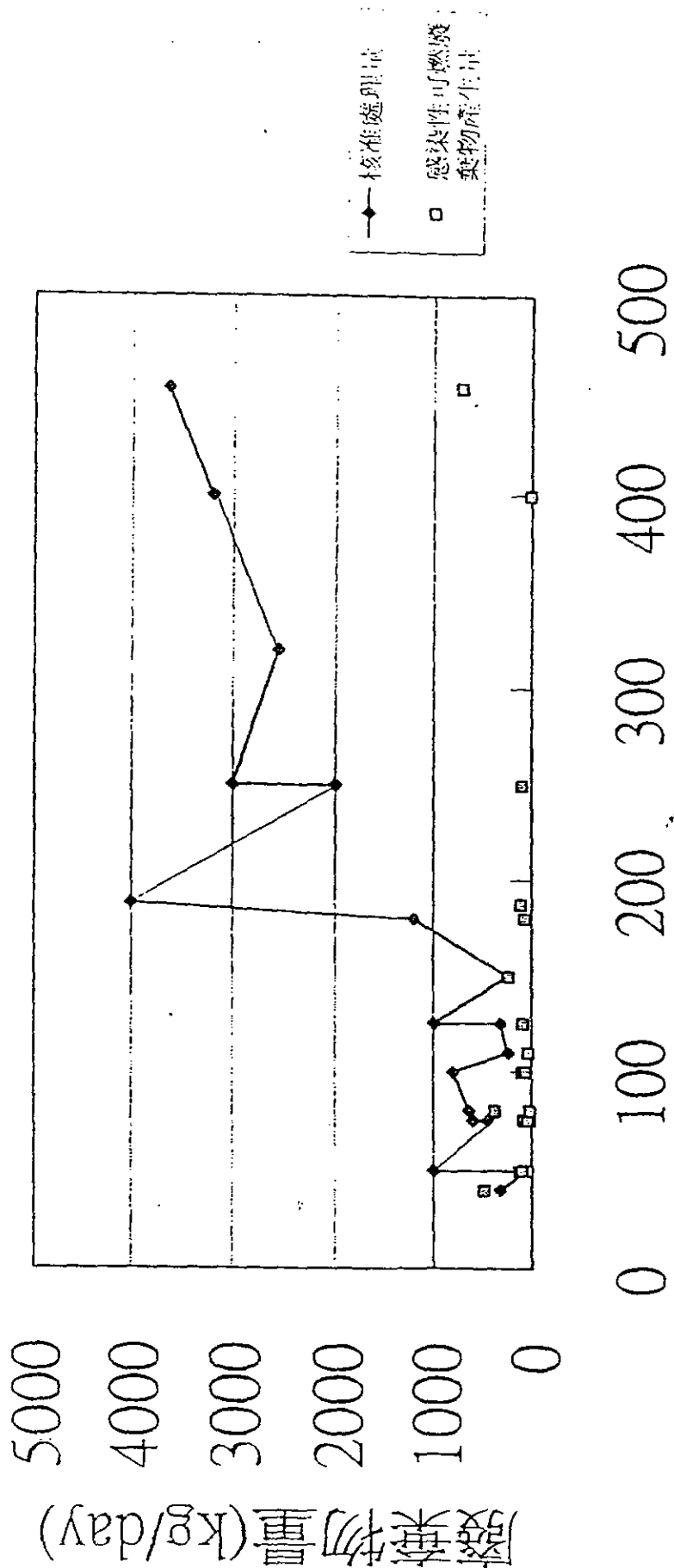


圖 2-5 醫院廢棄物焚化爐核准處理量與感染性該  
醫院可燃廢棄物產生量之關係圖



設計處理量(kg/hr)

圖2-6(a)醫院廢棄物焚化爐核准處理量與感染性該醫院可燃廢棄物實際處理量之關係圖

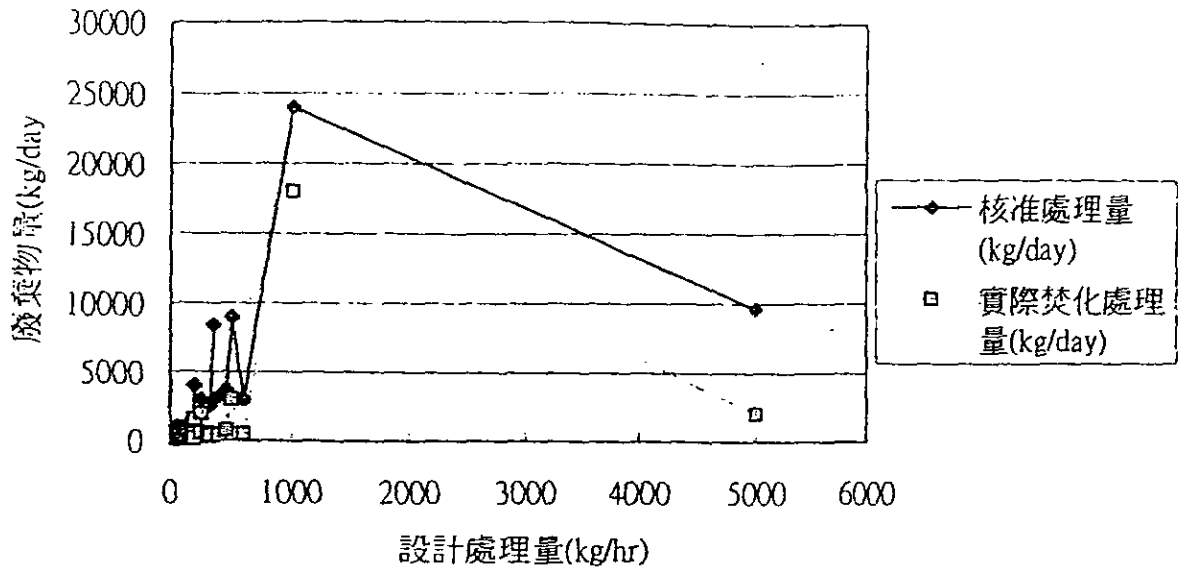
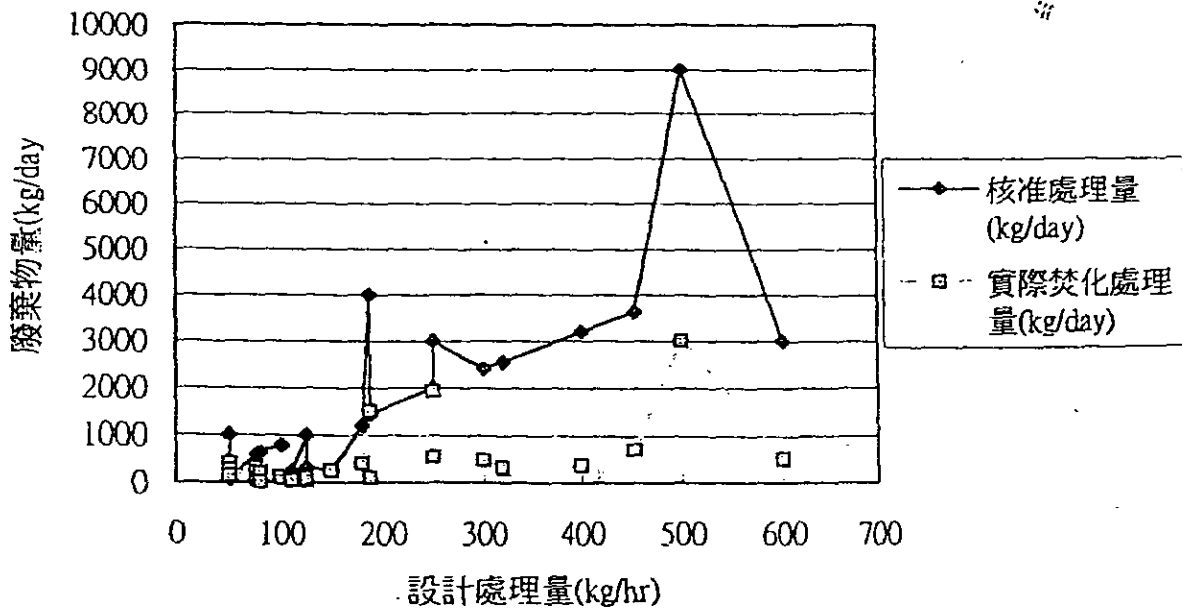


圖2-6(b) 醫院廢棄物焚化爐核准處理量與感染性該醫院可燃廢棄物實際處理量之關係圖(設計處理量<500kg/hr)



附表一 醫療保健服務業中生物性危害因素及其健康影響 (\* 表人畜傳染)

危害因素 (致病原)	媒介物	傳染途徑	影響 (疾病)	相關之場所及 人員(單位)
1. 細菌性致病原				
• (1) Brucella	動物糞便, 尿, 牛乳 傳染性組織檢體 氣媒(aerosol) 病人呼吸道黏膜排泄物	皮膚、結膜、腸 胃道接觸傳染 air-borne air-borne	Brucellosis (Malta fever) whooping cough	獸醫、動物室 檢驗人員 研究人員 小兒病科 傳染病科 胸院內科 檢驗室、動物室 獸醫、動物室 獸醫、動物室 研究人員 獸醫、動物室 病患之醫護人員
• (2) Burdetella pertussis				
• (3) Campylobacter	stool	fecal-oral	腸炎	
• (4) Coxiella burnetii	infectious dust	air-borne	Q fever	
• (5) Chlamydia psittaci	aerosol 乾燥鳥糞	air-borne	psittacosis	
• (6) Francisella tularensis	病獸, 氣媒, 鹿烟 壁蝨, 美洲兔 aerosol	皮膚接觸 air-borne air-borne	tularemia	
• (7) Legionella pneumophila	mist machine steam turbine condenser 病患之分泌物、排泄物, infectious dust or food, aerosol 病患之飛沫, 鼻咽排泄物	air-borne	Legionnaires' Disease	全院區及人員(含 訪客), 空調系統 保養維修人員 胸院內科 一般內科 檢驗室(室) 空開狹小擁擠處 檢驗室(室) 檢驗室 傳染病科 傳染病科 洗衣房、廚房
• (8) Mycobacterium tuberculosis				
• (9) Neisseria meningitis				
• (10) Salmonella	raw egg, infectious dust, stool, sheet	fecal-oral air-borne person to person	Salmonellosis (Gastroenteritis typhoid fever, septicemia)	
• (11) Salmonella derby Salmonella typhi Salmonella typhimurium)	food, stool hand, fly	fecal-oral	Shigellosis	檢驗科室 傳染病科 廚房
• (12) Salmonella sonnei				

危害因素 (致病原)	媒介物	傳染途徑	影響 (疾病)	相關之場所及 人員(單位)
2. 細菌性致病原				
• (1) <i>Coccidioides immitis</i>	infectious dust aerosol (spore)	air-borne	Coccidioidomycosis (Valley fever, desert rheumatism)	獸醫 檢驗科 動物室
• (2) <i>Histoplasma capsulatum</i>	infectious dust aerosol	air-borne	Histoplasmosis	獸醫 檢驗科 動物室
3. 病毒性致病原				
(1) Adenovirus	aerosol infectious dust various instruments towels urine saliva blood	air-borne G-I tract direct contact	Keratoconjunctivitis pharyngoconjunctival fever	眼科
(2) Cytomegalovirus	urine saliva blood	direct contact	congenital malformation	小兒科 婦產科
• (3) Hantaa virus	aerosol infectious excrete	air-borne	hemorrhagic fever	動物室 研究實驗室
(4) Hepatitis B virus	(urine) blood saliva semen	sharp injuries mucous	hepatitis B	急診室, 開刀房 產房, 加護病房 洗腎室, 生化室 血庫, 牙科 病房, 護理人員 清潔工
(5) Herpes simplex virus	secretion	direct contact	herpes herpetic whitlow gingivostomatitis pharyngitis	小兒科病房(含小兒科加護病房) 牙科, 胸腔內科 皮膚科



附表一(續)

危害因素 (致病原)	媒介物	傳染途徑	影響 (疾病)	相關之場所及 人員(單位)
3. 病毒性致病原				
(6) Human Immunodeficiency virus (HIV)	blood, semen, saliva tears, urine, CSF sharp instruments, amniotic fluid, broken glass, other breast milk, cervical secretions, tissue sharp objects	bloodborne (needles, AIDS)		金院區與血液有 接觸之單位及人 員(含廢棄物清 理者)
(7) Influenza virus	droplet nuclei respiratory secretions	air-borne direct contact	influenza (of morbidity high attack rate) Lassa fever	全院
(8) Lassa virus (Earena virus)		蚊子叮咬 cross-contaminated needles or other instruments	Lassa fever	全院
(9) Measles virus	aerosolized particles	face to face contact, respiratory droplets airborne	Measles	小兒科
Mumps virus	aerosol	airborne	Mumps Males epidymo-orchitis Female oophoritis	小兒科
Rubella virus	aerosol	air-borne	fetal death congenital malformations	金院之女性 員工
(10) Respiratory syncytial virus	aerosol	airborne	LRI	金院區 (小兒科病房)
(11) Slow virus	bold, pathologic specimens, pathologic tissue	direct contact	Creutzfeldt- Jacob diseases	金院區 (小兒科病房) 護理科 檢驗科
(12) Varicella-Zoster virus	aerosol vesicles	airborne direct contact	水痘 帶狀疱疹	小兒科

## 第三章 研究方法

### 3-1 研究對象

本研究擬針對中部地區已通過試燒之醫療廢棄物焚化爐進行現場指導與操作模式之建立，並對其進行現場指導。

### 3-2 現場指導

除本人外擬委請兩位焚化爐專家一起赴現場指導操作人員，藉由現場解說及操作驗證達操作模式建立應用之目的。

### 3-3 現場操作模式之建立

#### 3-3-1 選定選定一家有連續監測之醫院焚化爐，為主要的研究對象

依據醫療廢棄物在焚化爐燃燒處理過程的結果，會因進料率、進料成份之異同，造成焚化燃燒的異常，例如灰儘增加、處理量未達設計標準、煙囪排氣成份之異常。因此選定一重要的焚化爐，針對其爐體在第一、二燃燒室的構造，進行各種燃燒處理技術，以尋找最佳化的操作條件。

本研究方法，依據現用的焚化爐，以不同的一次爐燃燒狀況，含缺氧燃燒技術的建立，以聽加廢棄物的進料量，同時增進混合氣體

的燃燒功能，以減少灰燼的產生，以及在最佳處理的成份組成中燃燒生成氣的組成。

### 3-3-2 收集醫療廢棄物中進料成份的特性及進料率

在醫療廢棄物中，依據進料主要成份的分佈值，在一、二次燃燒爐焚化結果，可以得到進料處理量，與燃燒室的溫度分佈之關係。目前不少醫療廢棄物之焚化爐，由於進料成份的特性未能掌控，以致造成一次爐溫過再，以致無法增加進料率，因此依據進料率與進料特性，進行一次爐的缺氧燃燒操作。其研究方法，建立不同進料成份、進料率，其火焰燃燒擴散的範圍，即其完成燃燒所需之時間。當燃燒室的空間，無法使其燃燒完成，則除非增大燃燒溫度，即降低空氣流量或調整降低進料率，或者增小燃燒的前置燃氣與空氣的混合時。

### 3-3-3 記錄空氣進入焚化爐的流量、溫度及空氣進入速度值

由現有焚化爐的空氣進氣量及其熱力性質值，配合已知廢棄物進料的成份特性值，則可建立各主要成份的焚化處理結果，得到在各種不同的燃燒條件，生成組成的關係。

### 3-3-4 焚化爐出口的热特性與生成氣體組成量測值

燃燒室出口的組成量測及出口處熱性質量測，若能有連續測值為最佳，若設備未裝置，期能設法裝設，以利讀取出口的溫度、流量、及組成分析。當焚化燃燒模式建立後，即可針對各種不同的進料量、進料成份及焚化爐的出口平均溫度值，建立重要生成氣體組成，同時利用氣體量測分析儀，得到重要生成氣體組成的百分比，以利建立最佳化的處理技術用。

### 3-3-5 煙囪出口處的氣體量測值分析

依據廢氣處理設施的廢氣處理量與煙囪出口處的組成量測，做廢氣處理功效的鑑別，以鑑定處理設備的功效，是否有失效，最後由質能不變之原理，得到燃燒室出口的氣體組成與熱特性，是否與處理設施所吸收及煙囪出口組成分佈達到質能不減原理。雖然，現存法規有所規定，但是在處理各種不同的事業廢棄物時，均曾有各種不同的有害氣體產生，其生成量直接影響到空氣的品質，因此由現有處理設施，探討殘餘約有害空氣成份百分比。

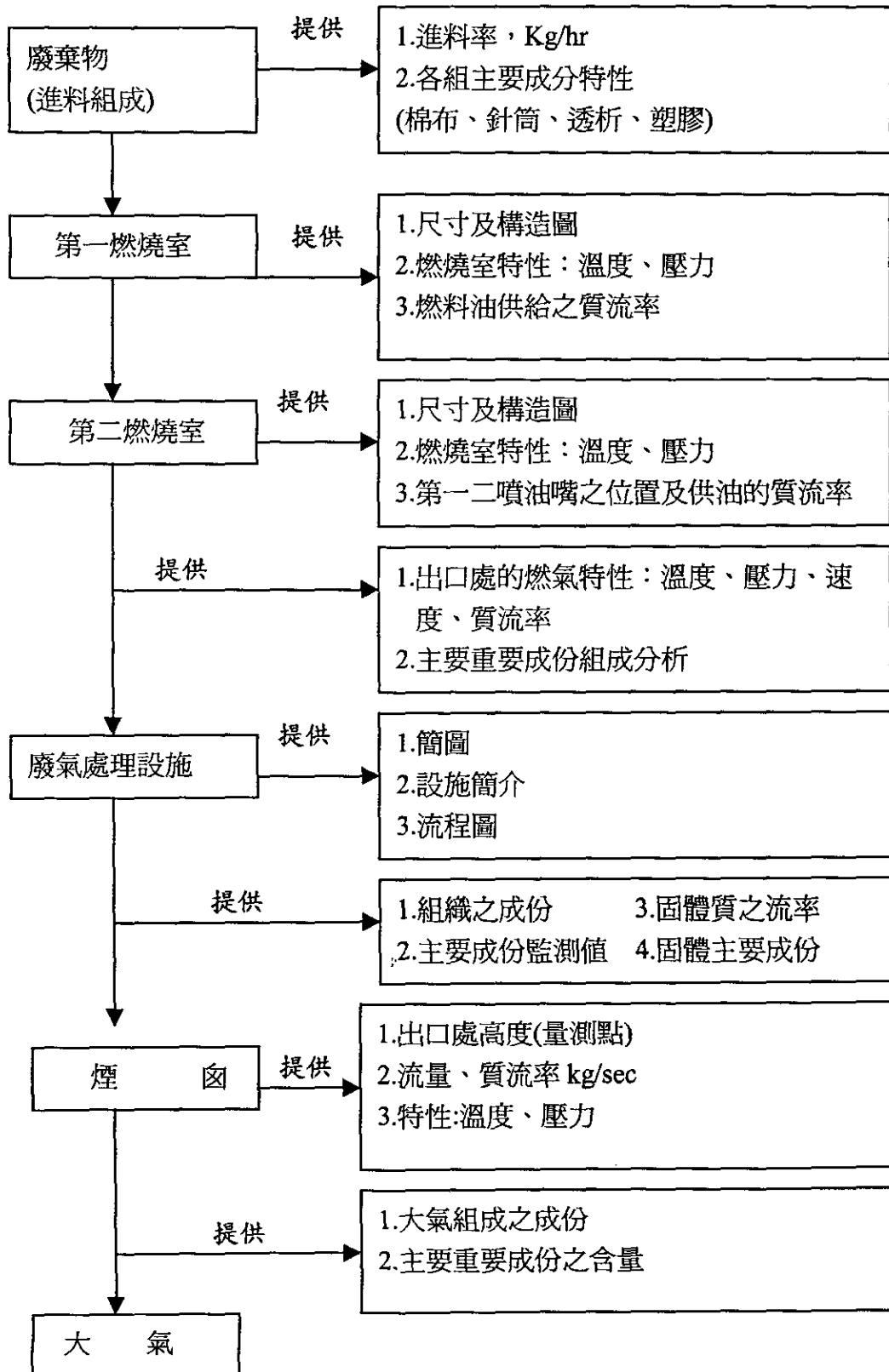
### 3-3-6 依據建立的操作與處理技術提出建議

對該醫院廢棄物焚化爐操作與處理技術提出建議，作為普遍性操作模式建立之參考依據。

# 第四章 結果與討論

## 4-1 醫療廢棄物燃燒模式之建立

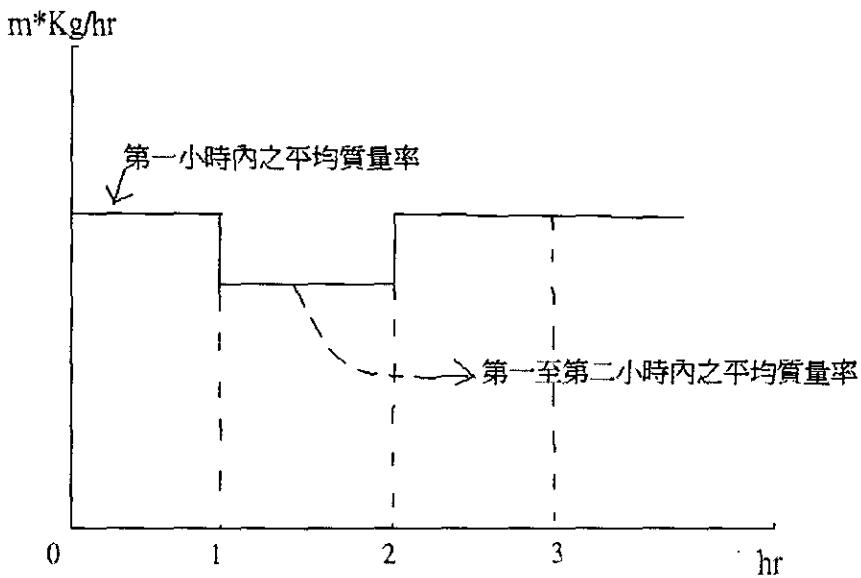
### 4-1-1 主要構造及操作模式研擬所需資料示意圖



## 4-2 所需提供資料之特性曲線

### 4-2-1 廢棄物之進料

#### (1) 進料率， $m$ ，Kg/hr

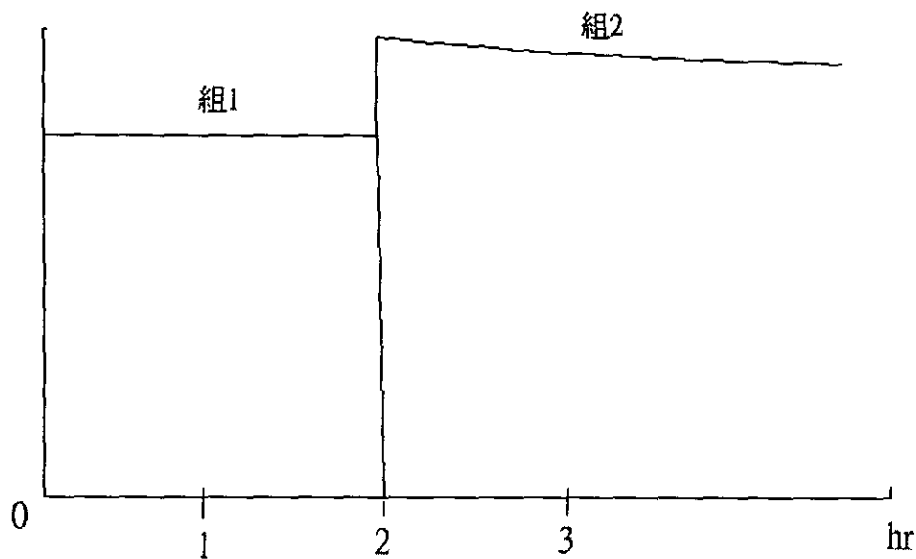


#### (2) 各組主要成份特性

組 1：成份表示

組 2：主要成份表示

組 3：



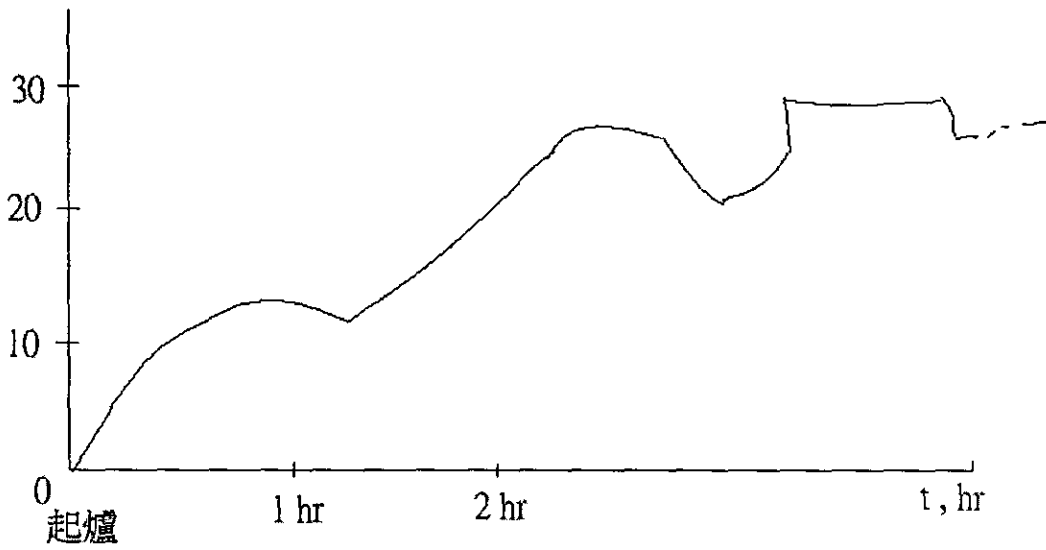
#### 4-2-2 第一燃燒室

(1) 尺寸之構造圖 (以簡圖表示長徑、噴油嘴位置及方向，進料位置)

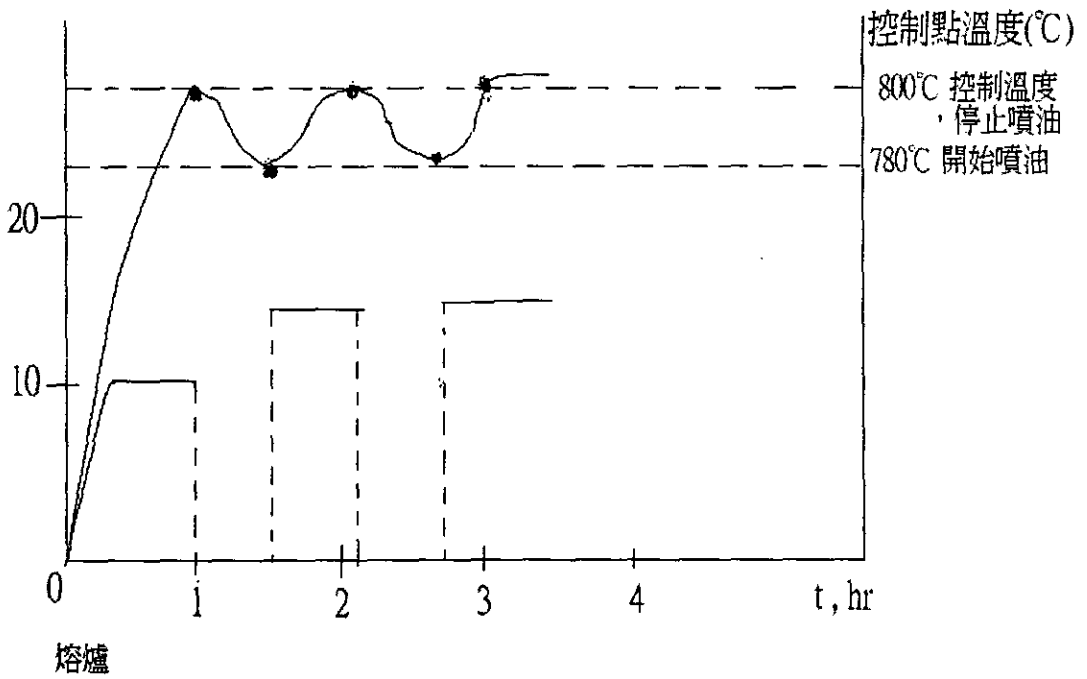
(2) 燃燒室特性

項目	單位	值	備考
燃燒室控制溫度	°C		量測其位置
燃燒室負壓	mm H <sub>2</sub> O		量測其位置
出口處流速	m/sec		平均值

-P, mmH<sub>2</sub>O



#### 4-2-3 燃料油供給質流率





#### 4-2-4 第二燃料室

(1) 尺寸構造圖：同 4-2-2 第 2 項 (1) 所示

(2) 燃燒室特性：同 4-2-2 第 2 項 (2) 所示

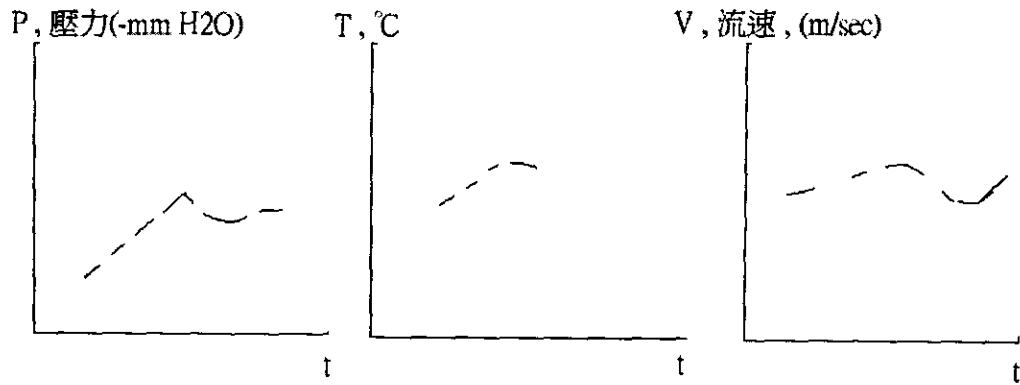
(3) 第一、二噴油質流率：同第 2 項 (3) 所示，並表示其位置

##### 1. 第二燃燒室出口處

(1) 出口處的燃氣特性

項目	單位	值	備考
溫度	°C		位置
壓力	mm H <sub>2</sub> O		位置
流速	m/sec		位置

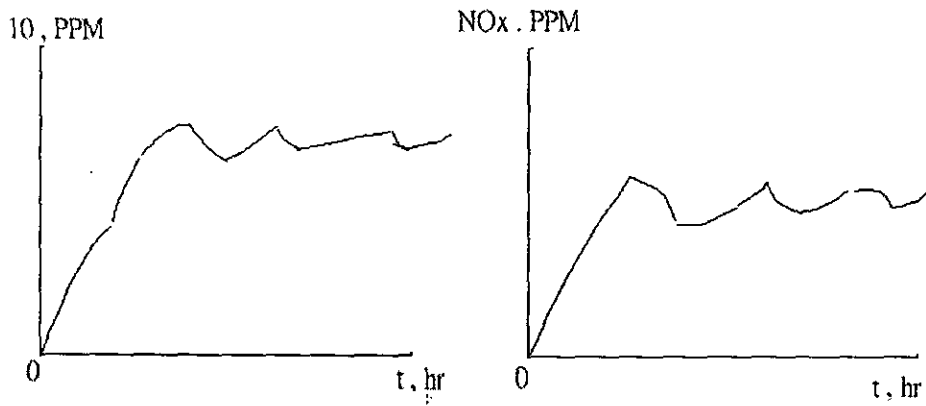
第二燃燒室出口處燃氣性質對時間關係圖



(2) 主要重要成份組成

a. 連續量測(監測)值，含量測點之溫度，及分析之溫度

CO<sub>2</sub>、CO、O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、NO<sub>x</sub>、HCL、SO<sub>x</sub> . . . . .



b. 量測值

在可量測點之位置，量測可測之組成

CO<sub>2</sub>、CO、O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、NO<sub>x</sub>、HCL、SO<sub>x</sub> . . . . .

含量測點之位置的溫度，及分析時之溫度

#### 4-2-5 廢氣處理設施

(1) 整體構造流程圖

(2) 主要設施構造流程圖

(3) 處理過程之流程程序圖

#### 4-2-6 廢氣處理設施後(到煙囪前)出口處

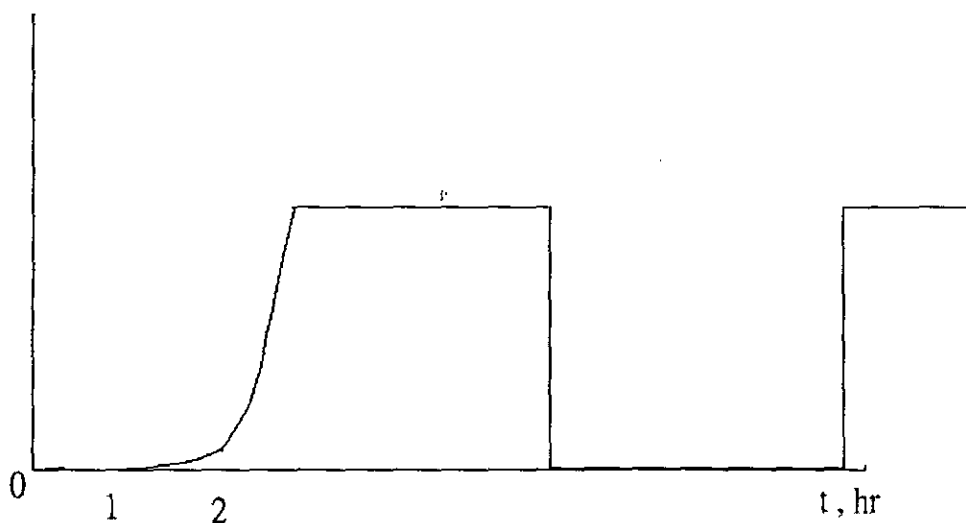
(1) 組成之成份  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{HCL}$ 、 $\text{SO}_x$  . . . . .

(2) 主要成份之監測、量測值

同 4-2-4 項(2)之所示

(3) 固體之質流率

灰燼量, Kg



#### 4-2-7 灰燼等固體之主要成份

如玻璃、灰、金屬、其他非金屬等

#### 4-2-8 煙囪排氣量

##### (1) 煙囪出口處之位置

含高度尺寸

##### (2) 氣體之流速，質流率

##### (3) 量測點之特性

如提供溫度壓力速度

#### 煙囪出口排氣組成

##### (1) 組成成分

量  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$  及其他

##### (2) 主要重要成分

如 HCL、NO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>

### 4-3 醫療廢棄物燃燒模式之操作日報表分析

本研究取得 A 醫院廢棄物焚化爐(半年 89 焚化日、共 1126 焚化時)操作日報表，該表格已建立很完整之操作紀錄，如表 4-3-1，表中很完整的陳述 4-1 節所需之各小時資料，而且也詳述進料量、進料次數、進料間隔及日處理量，及燃油、瓦斯、水及鹼劑消耗量，目前依 4-2 節所需知資料，本節將依次分述如下：

#### 4-3-1 廢棄物之進料及進料組成

(1) 平均進料率 404 Kg/hr，(40kg/次，10 次/hr，間隔 4 分/次)

(2) 各組主要成份特性

目前並未對 A 醫院廢棄物進行組成分析，但依本研究在第二章所收集之資料統計，依一中大型醫院之廢棄物組成，推估該醫院一般中塑膠類佔 23%，紗布紙木類 23%，空針類 21%，透析用具 35%，臟器 6%。而各組成成分隻元素分析應為：

a. 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。

b. 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%，氣更少僅佔 0.03%。4981 Kcal/Kg。

c. 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%，氣僅佔 0.03%。9740.8 Kcal/Kg。

d. 透析類以碳含量最高佔 48.6%，其中氣之含量高達 14.1% 而氫佔 5.9%，4.9%，硫 0.9%，氧 9.6%。5960.3 Kcal/Kg。

但該醫院採混合焚化而非單類乘分焚化，而且混合比例無法得知，故只能依表 2-9 進行推估，其碳佔 33.54%，氫 5.11%，氮 0.82%，氧 14.96%，硫 0.03%，氣 2.71%，碳/氮比為 41.70%，高位發熱量 3957Kcal/Kg，低位發熱量 3449Kcal/Kg。

#### 4-3-2 第一燃燒室

尺寸之構造圖〔以簡圖表示長徑、噴油嘴位置及方向，進料位置〕

本研究有其長寬高基本資料，但尊重院方不宜在此顯示。

#### 燃燒室特性

項目	單位	值	備考
溫度	°C		位置
壓力	mm H <sub>2</sub> O		位置
流速	m/sec		位置

其結果由表 4-3-1 得知，而其半年 89 焚化日、共 1126 焚化時平均

值顯示於表 4-3-2。第一燃燒室平均爐溫 850°C，平均負壓 0.6 inWG。

依次爐溫及爐壓之頻率分析如圖 4-3-1、圖 4-3-2。

### 4-3-3 燃料油供給質流率

由表 4-3-3 可看出每日平均耗油量與瓦斯量為 1267 公升，瓦斯量為 390.6 M<sup>3</sup>，而平均每公斤的醫療廢棄物，消耗 0.325 公升的燃油及 0.1M<sup>3</sup> 的瓦斯，平均每小時的耗油量 108.5L。而廢棄物處理量與燃油然氣量之相關頻率因子如圖 4-3-3 及圖 4-3-4。

### 4-3-4 第二燃料室

(1)尺寸之構造圖〔以簡圖表示長徑、噴油嘴位置及方向，進料位置〕

本研究有其長寬高基本資料，但尊重院方不宜在此顯示，其上燃燒室容積 13M<sup>3</sup>，下燃燒室容積 8.3M<sup>3</sup>。平均每小時的耗油量 108.5L。

## 2. 第二燃燒室出口處

出口處的燃氣特性

項目	單位	值	備考
溫度	°C		位置
壓力	mm H <sub>2</sub> O		位置
流速	m/sec		位置

其結果由表 4-3-1 得知，而其平均值顯示於表 4-3-2。上燃燒室爐溫、鍋爐出入口溫度及煙囪廢棄溫度之頻率分析如圖 4-3-5、圖 4-3-6。

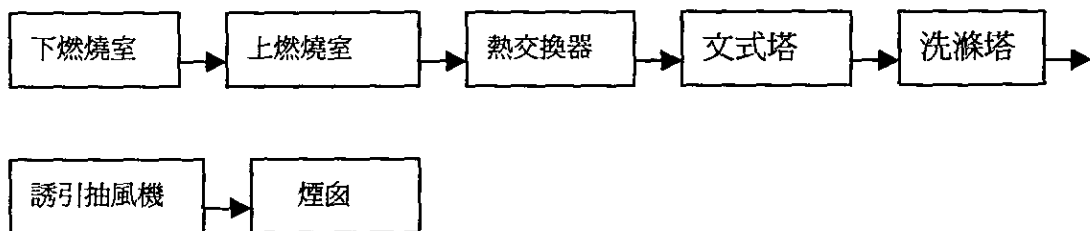


### 3、 第二燃燒室出口處燃氣性質對時間關係圖

本研究限於經費，且該醫院並未提供採樣點，故第二燃燒室出口處燃氣性質並未量測，因而在操作模式分析上，又相當不足。因為本來燃油量與 Sox 產生量應有很大的相關性，但由圖 4-3-12 可看出毫無相關性，因為 Sox 以在文試管或洗滌塔中中和掉了，另 Nox 產生與溫度有關，但 Nox 亦在文試管或洗滌塔中中和掉了，故 Nox 產生量與溫度關係不大，而最重要的是與 Dioxin 最密切的含氯量重要指標 HCL 亦因在二次爐出口無監測值故在評估上實有不足。

### 4-3-5 廢氣處理設施

#### (1) 整體構造流程圖



### 4-3-6 廢氣處理設施後(到煙囪前)出口處

(1) 組成之成份  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{HCL}$ 、 $\text{SO}_x$  . . . . .

(2) 主要成份之監測、量測值

資料中缺乏，但可假設與煙囪出口廢氣濃度相同，參見表 4-3-4，但資料中仍缺乏 HCL 等資料。其排出氣體流量如圖 4-3-7，而

各組成氣體濃度範圍如圖 4-3-8 至圖 4-3-11

#### 4-3-7 灰燼等固體之主要成份

如玻璃、灰、金屬、其他非金屬等，目前無檢測值。

#### 4-3-8. 煙囪排氣組成

##### (1) 氣體之流速，質流率

平均質流率參看 4-3-4，其排出氣體流量如圖 4-3-7

##### (2) 煙囪出口

##### (A)組成成分

量  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$  成分如圖 4-3-8 及圖 4-3-10

##### (B)主要重要成分

如  $\text{SO}_x$  如圖 4-3-11， $\text{HCL}$  無及時監測值。

#### 4-4 操作評析與建議

1. 由測量位置所得到的量測值顯示 A 醫院之爐體處理垃圾的功能極佳均可穩定地達到設計要求。

由耗油量與垃圾處理量，可以得到本焚化爐的熱量約有 40% 由燃油提供，建議增加量測點之量測溫度及組成濃度值，以針對其燃燒的特性，期能使耗由量降低到總熱值的 30% 以下。

由煙囪  $\text{O}_2$  與  $\text{CO}_2$  的含量值顯示，所有吸入爐體的空氣多餘 100% 以

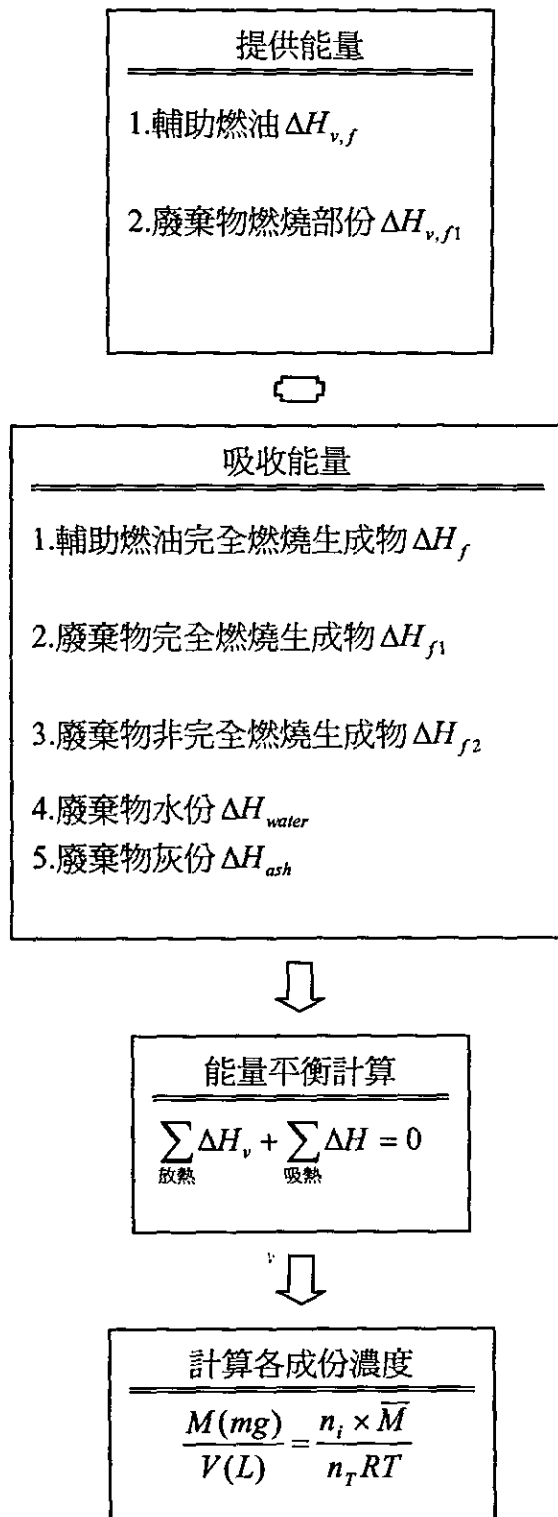
上，建議降低空氣的進入量。

一次爐的溫度超高，表示垃圾在一次爐內，垃圾中可燃部分之燃燒現象大於熱裂解反應。

2. 每小時大約處理 420 至 450Kg 得垃圾量，需要外加燃油耗油量大於每小時 120 公升至 150 公升。由此量測值顯示本焚化處力垃圾所需的熱量大約 60% 由垃圾熱值提供，40% 由外加燃油提供。建議針對依據本燃燒的特性，配合增加量測位置點，及量測數據的應用期能作最佳(或改進現有)燃燒處理，以降低外加燃油耗油量比例到 30% 以下。
3. 由煙囪  $O_2$  與  $CO_2$  的含量顯示，剩餘的供氣量比需要量多一倍以上，此結果表示空氣過多，將影響破壞去除溫度及熱裂解的條件。建議依據量測的數據，作缺氧燃燒模式的操作處理。例如降低一次爐(下燃燒量)空氣的吸入量。
4. 一次爐的溫度大約 820 至 880°C 之間，總現象表示垃圾在一次爐的燃燒量過大，期能增加垃圾處理量，或降低空氣進入量，以增加熱裂解現象的反應。
5. 一次爐的負壓值在 0.5 至 1.5in 間，表示在向後流的速度不高，建議提昇一次爐的擾流效應，以利增加熱傳與熱裂解的反應。

#### 4-5 焚化率裂解率模式參數之推估與研擬

#### 4-5-1 模廠試驗之理論與實測資料

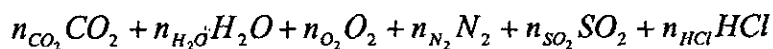
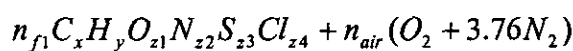


#### 4-5-1-1 醫療性廢棄物燃燒處理模式：

##### 廢棄物部份：

廢棄物的化學成份，大多以碳、氫、氧、氮、硫、氯……等成份為主，因此，在廢棄物的化學式假設上，我們以  $C_xH_yO_{z1}N_{z2}S_{z3}Cl_{z4}$  表示。如以更進一步的方式表示廢棄物的成份，則會把廢棄物以重量百分比的形式，再區分為水份、不可燃成份(灰份)、可燃成份。其中可燃成份才討論其組成之化學成份比例，包括碳、氫、氧、氮、硫、氯之重量百分比。

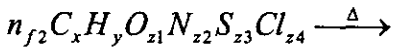
廢棄物的可燃成份經燃燒後，碳、氫成份完全燃燒所產生之產物為  $CO_2$ 、 $H_2O$ ；氮和過量的氧則以  $N_2$ 、 $O_2$  之形式存在；而廢棄物因為還含硫、氯的成份，在完全燃燒的情況下，則會形成比較容易造成污染的  $SO_2$  ( $SO_x$ )、 $HCl$ 。其化學反應式表示如下：



$$\begin{aligned} \Delta H_{v,f1} = & 7831m_{Cl} + 35932\left(m_H - \frac{m_O}{8} - \frac{m_{Cl}}{35.5}\right) \\ & + 2212m_S - 3546m_{C_2} + 1187m_O - 578m_N - 620m_{Cl} \\ & - 583 \times \left[m_{H_2O} + 9\left(m_H - \frac{m_{Cl}}{35.5}\right)\right] \end{aligned}$$

$$\Delta H_{f1} = \sum_P \int_{T_0}^{T_f} n_i \hat{C}_{p,i} dT$$

因為燃燒時不容易達到完全燃燒之結果，因此，我們還要探討不完全燃燒與廢棄物受熱裂解之效應。除上述完全燃燒時所會產生之生成物(生成氣體)，還會有固態C(碳顆粒)，以及CO、H<sub>2</sub>、C<sub>i</sub>H<sub>j</sub>(小分子碳氫氣體)、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、Cl<sub>2</sub>等氣體產物。



$$\Sigma n_{C_iH_j} C_iH_j + n_{CO}CO + n_{H_2}H_2 + \Sigma n_{NO_x}NO_x + \Sigma n_{SO_x}SO_x + n_{Cl_2}Cl_2 + n_cC$$

因成份過於複雜，因此在計算時，會假設幾個參數：一為廢棄物裂解之比例 $\phi_c$ ；二為生成物之平均分子量 $\bar{M}$ ；三則為能量平衡所需要使用的 $\hat{C}_{p,c}$ 。藉由這三個假設值，我們可以計算出 $n_{T,c}$ 和裂解生成物所吸收的能量。

$$M_{f2}(\text{裂解的廢棄物重量}) = \phi_c(\text{廢棄物裂解之比例}) \times M_{f0}(\text{廢棄物之重量})$$

$$n_{T,c} = \frac{M_{f2}}{\bar{M}}$$

$$\Delta H_{f2} = \int_0^T n_{T,c} \hat{C}_{p,c} dT$$

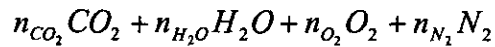
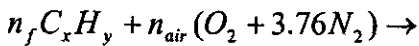
廢棄物含有的不可燃份(灰份)則假設為固體灰燼，純粹進行吸熱反應。廢棄物中的水份則會和其他氣體生成物一樣，吸收熱量，降低整個燃燒後的溫度。

$$\Delta H_{ash} = m_{ash} \bar{C}_{p,ash} \Delta T$$

$$\Delta H_{water} = \int_0^T n_{water} \hat{C}_{p,water} dT$$

### 輔助燃料部份：

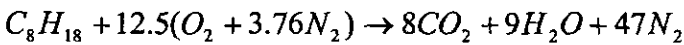
廢棄物在燃燒時，會加以輔助燃料提升廢棄物溫度，進而得以順利進行廢棄物焚化處理作業。一般為降低燃料處理時的成本，會以重油、機油等較劣質之油類來進行此項任務，也有些會以天然氣等較高成本，高純度之碳氫化合物，如： $CH_4$ 、 $C_3H_8$ 。



$$H_v = \sum_P n_i h_{f,i}^0 - \sum_R n_i h_{f,i}^0$$

我們假設以汽油  $C_8H_{18}$  作為輔助燃料，以利進行分析模擬。在此並假設供給足夠的氧讓  $C_8H_{18}$  能完全燃燒，則其化學反應式列舉如下：

下：



$$\Delta H_{v,f} = 5074505(KJ / Kmole) = 44513.20(KJ / Kg) = 10631.8(Kcal / Kg)$$

$$\Delta H_f = \sum_P \int_{T_0}^{T_f} n_i \hat{C}_{p,i} dT$$

## 生成物濃度計算：

$$PV = nRT$$

壓力以 l(atm)計， $R=0.08206(\text{atm}\cdot\text{l}/\text{mole}\cdot\text{K})$ ， $T$ =火焰溫度， $n$ 以總

莫耳數代入，即可求出  $V(1)$ 。

再將要求成份之莫耳數乘上分子量，化成毫克之單位。

## 符號表：流程示意圖：

$\Delta H_{v,f1}$	： 廢棄物燃燒釋放之熱量
$\Delta H_{v,f}$	： 輔助燃料燃燒釋放之熱量
$\Delta H_i$	： 不同部份(燃燒、裂解、灰份、水份)吸收之能量
$m_i$	： 廢棄物各成份之重量百分比
$n_i$	： 各成份莫耳數
$n_T$	： 總莫耳數
$n_{T,c}$	： 裂解氣體之莫耳數
$\hat{C}_{p,i}$	： 各成份之定壓比熱(焦耳/莫耳數)
$\bar{C}_{p,i}$	： 各成份之定壓比熱(焦耳/公斤)
$C_iH_j$	： 各種不同比例之碳氫化合物之焦合
$T_0$	： 室溫(以 25°C 計)
$T_f$	： 火焰溫度(計算得到)
$\bar{M}$	： 廢棄物裂解部份之平均分子量
$M_{f0}$	： 廢棄物之重量
$M_{f1}$	： 廢棄物燃燒部份之重量
$M_{f2}$	： 廢棄物不完全燃燒及裂解部份之重量
$\phi_c$	： 廢棄物裂解之比例( $0 < \phi_c < 1$ )
$W_i$	： 各成份之重量



#### 4-5-2 小型模廠分析之結果與討論

本研究依據表 2-13 之組成分析(硫含量 0.94%，氯含量 5.3%)，進行裂解模擬分析，如表 4-5-1 及 4-5-2，表中可看出醫療廢棄物焚化後不同裂解比與過剩空氣量比，對溫度曲線與產生 HCL 與 Sox 之濃度關係。表中可看出 Sox 產生由廢棄物產生貢獻不多，大多由燃油燃燒產生，但 HCL 產生量甚多，大多由廢棄物燃燒產生。裂解比越大。或生成物氣體分子量越小其 HCL 產生濃度越低。由該表可估算可能產生 HCL 濃度。

#### 4-6 操作範例題目:降低有害污染物操作模式及降低燃油量

##### 4-6-1 燃油量熱值與廢棄物熱值比

由表 4-3-3 可看出，該焚化爐日平均處理量 3925.27kg，而燃油消耗量 1276.37L，依表 2-9 看出廢棄物平均熱值 3957Kcal/kg，而假設燃油熱值 10000kcal/L，可估算熱值比。

$$\text{燃油熱值 } 1267 \times 0.8 = 1020.6 \text{Kg} \times 10000 \text{kcal/kg} = 10208000 \text{kcal}$$

$$\text{廢棄物熱值 } 3925 \times 3957 \text{ kcal/kg} = 15531225 \text{kcal}$$

$$\text{燃油佔熱值比 } 10136000 / (10208000 + 15531225) = 39.6\%$$

##### 4-6-2 燃氣分析模式推估

4-6-2-1 而燃油產生 Sox 濃度，可依下列公式估算

$$\text{Sox 排放量} = \text{燃油量} \times \text{燃油比重} \times \text{燃油含硫量} \times \text{重量比(W)}$$

$$\text{重量比(W)} = \text{SO}_2/\text{S} = 64/32 = 2$$

$$\text{Sox 濃度} = \text{Sox 排放量} / [\text{廢氣流量} \times (273 + T_1 / 273 + T_2)]$$

假設該醫院焚化爐燃油含硫量 1%，燃油比重 0.8，則依表 4-3-3

平均燃油量 1276.37L 及表 4-3-4 煙囪廢氣流量 3.2NM<sup>3</sup>/sec 而

依表 4-3-2 上燃燒室平均溫度為 1015℃，而煙囪廢氣溫度 94℃

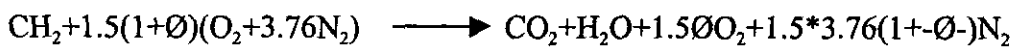
為，Sox 由燃油產生量為 1276 x 0.01 x 0.8 x 2 = 20.4 kg

煙囪排氣體積 3.2 NM<sup>3</sup>/sec x 3600sec/hr x 12 hr = 138240 NM<sup>3</sup>

20.4kg x 1000,000 mg/kg / 138240 NM<sup>3</sup> = 147 mg/ NM<sup>3</sup>。

#### 4-6-2-2 O<sub>2</sub> 及 CO<sub>2</sub> 含量分析

一、 假設完全燃燒量(燃油與垃圾之化學式均為-CH<sub>2</sub>)



因此

$$\text{O}_2\% = \frac{1.5 \cdot 32}{44 + 18 + 1.5\emptyset \cdot 32 + 1.5 \cdot 3.76(1+\emptyset)28}$$

$\emptyset$  為過剩空氣比

$$\text{CO}_2 = \frac{44 \emptyset}{44 + 18 + 1.5\emptyset \cdot 32 + 1.5 \cdot 3.76(1+\emptyset)28}$$

如以表 4-3-4 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 平均含量 12.5% 及 7.8%

$$\text{O}_2 12.5\% = \frac{48 \emptyset}{220 + 206 \emptyset} = 0.124 \rightarrow \emptyset = 1.214$$

$$\text{check CO}_2 \quad 7.8\% < \frac{44}{220 + 206 \emptyset} = 0.0935$$

故如以 CO<sub>2</sub> 推估  $\emptyset > 1.214$  過剩空氣比大於 1.214

應用上述模式以及應用 4-5-2 之結果提出下列建議：

1. 由資料顯示垃圾的熱值在 4000kcal/kg 時，有 40% 以上的熱量由外加燃油提共。因此降低一次爐空氣流量是本重點操作。
2. 因一次爐的裂解生成氣體較少故二次爐需添加燃油燃燒。
3. 提昇一次爐熱裂解的現象，建議增加一次爐出口處 C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> 氣體的

總流量(總濃度)。

4. 提昇一次爐迴流現象，頭點是最難的，也是最有用的操作範例。

#### 4-6-3 模式推估之建議

但因每依焚化爐需 Case by Case 驗證才能得到合適的模式。

增加第二燃燒室出口排氣檢測，以利模式平衡推估。

表 4-3-1 A 醫院焚化爐操作日報表

開爐時間 (B):		07 時 00 分		停爐時間:		19 時 00 分		07 時 00 分		鍋爐進口溫度: 1000°C		進料量: 40kg / 次		垃圾處理量: 4155.8 kg		燃油消耗量: 1538L											
開始進料時間:		07 時 30 分		冷卻時間:		12 時 00 分		#1 燃室溫度: 1030°C		蒸氣出口壓力: 7 + 0.5 Kg/cm <sup>2</sup>		進料間隔: 4 分 / 次		瓦斯耗用量: 468.64 M <sup>3</sup>		軟水消耗量: 20 M <sup>3</sup>											
燒光時間:		17 時 00 分		給水壓力: 9 + 0.5 Kg/cm <sup>2</sup>		處理量: 454kg / 時 (3.6 噸 / 日)		#2 燃室溫度: 1015°C		NaOH 用量: 50 L																	
時間	下燃室溫度 °C	下燃室負壓 InWG	第一上格溫度 °C	第二上格溫度 °C	熱爐入口溫度 °C	熱爐出口溫度 °C	抽風機出口壓力 InWG	抽風機入口壓力 InWG	文氏管流量 GPM	文氏管直徑 InWG	填充塔流量 GPM	填充塔液位 Inch	循環水 PH 值	噴水壓力 Kg/cm <sup>2</sup>	噴水溫度 °C	APCB 出口溫度 °C	煙道溫度 °C	煙道流量 Nm <sup>3</sup> /S	煙道壓力 Psi	煙道出口灰份 Mg/hm <sup>2</sup>	煙道灰份不燃率 %	煙道 O2 含量 %	煙道 CO2 含量 %	煙道 CO 含量 PPM	煙道 SOx 含量 PPM	垃圾處理量 Kg	
07:00	839.2	0.30	1029	1011	832.0	210.2	9.0	44	80	32	20	180	43.1	6.6	9/5	2.0	50	88.8	3.4	57	34	6.9	12.6	7.1	22.6	30.4	
08:00	836.4	0.31	1027	1017	862.4	185.7	9.0	44	80	32	20	180	44.1	6.5	9/5	2.0	50	92.9	3.5	57	33	6.5	12.1	7.7	25.2	29.8	381.2
09:00	849.8	0.35	1029	1016	890.4	199.6	9.0	44	80	32	20	180	43.2	6.7	9/5	2.0	50	89.1	3.7	57	30	7.2	12.2	7.9	22.3	31.7	412.8
10:00	844.2	0.30	1032	1011	962.3	215.3	9.0	44	80	32	20	180	43.5	6.6	9/5	2.0	50	92.8	3.6	57	32	6.8	12.3	7.9	25.2	30.2	425.8
11:00	857.6	0.34	1034	1016	953.2	219.3	9.0	44	80	32	20	180	44.0	6.8	9/5	2.0	50	90.5	3.8	57	31	6.6	12.5	8.0	22.3	31.2	430.2
12:00	866.7	0.38	1032	1017	924.8	219.0	9.0	44	80	32	20	180	44.0	6.7	9/5	2.0	50	91.6	3.9	57	34	6.9	12.2	8.2	32.5	31.2	419.2
13:00	870.2	0.30	1037	1012	911.3	220.0	9.0	44	80	32	20	180	44.0	6.6	9/5	2.0	50	93.5	3.4	57	33	7.1	12.2	7.9	30.2	35.8	436.8
14:00	870.0	0.31	1034	1018	972.8	220.0	9.0	44	80	32	20	180	44.1	6.8	9/5	2.0	50	90.9	3.8	57	34	7.1	12.3	8.0	28.1	31.2	440.6
15:00	869.4	0.26	1036	1022	970.4	217.6	9.0	44	80	32	20	180	44.4	6.7	9/5	2.0	50	94.8	3.6	57	32	7.2	12.2	7.8	30.8	30.1	430.2
16:00	875.2	0.39	1034	1013	923.6	220.1	9.0	44	80	32	20	180	44.0	6.8	9/5	2.0	50	93.2	3.6	57	34	7.1	12.4	7.7	35.8	26.6	425.8
17:00	864.3	0.34	1034	1012	968.5	218.7	9.0	44	80	32	20	180	44.2	6.7	9/5	2.0	50	95.9	3.4	57	35	7.2	12.6	7.2	24.6	31.2	350.2
18:00	855.9	0.25	1033	1018	948.4	222.4	9.0	44	80	32	20	180	44.1	6.7	9/5	2.0	50	94.6	3.5	57	35	7.4	12.4	7.1	31.4	33.4	
19:00	856.4	0.32	1039	1015	927.2	218.2	9.0	44	80	32	20	180	43.0	6.7	9/5	2.0	50	97.7	3.4	57	37	7.2	12.3	7.0	29.9	29.5	
20:00																											
21:00																											
22:00																											
23:00																											
24:00																											

表 4-3-2 焚化爐各單元平均溫度及平均負壓統計表

	下燃室溫度 °C	下燃室負壓 InWG	第一上燃室溫度 °C	第二上燃室溫度 °C	鍋爐入口廢氣溫度 °C	鍋爐出口廢氣溫度 °C	煙函廢氣溫度 °C
AVG	850	0.6	1031	1015	934	208	94
STD	18	0.4	3	4	33	16	2
max	880	1.46	1039	1024	989	224	99
min	767	0.15	1022	1010	852	170	89

表4-3-3 A 醫院廢棄物平均處理量及每單位處理量所消耗之能源及鹼劑量

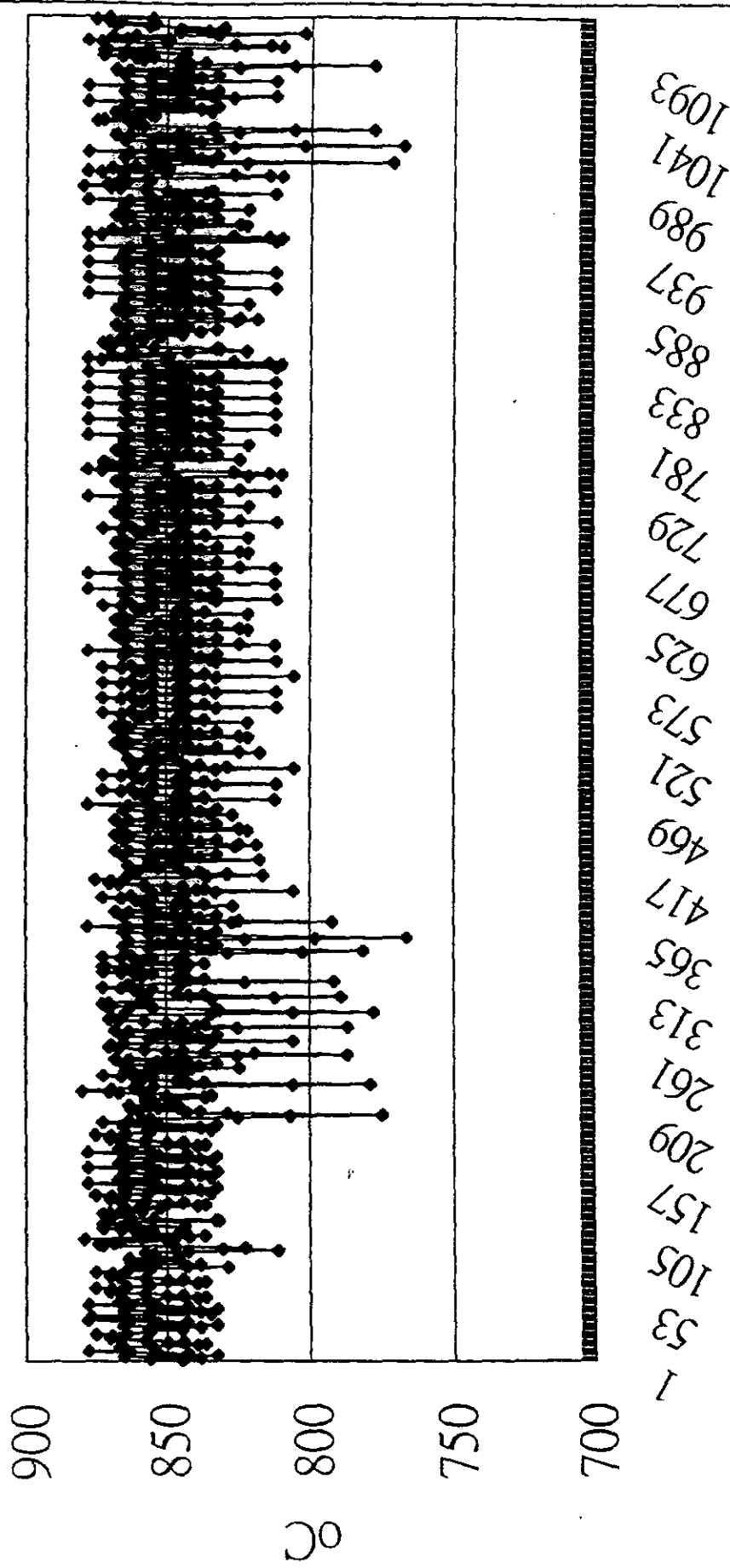
	廢棄物處理量kg	燃油消耗量(L)	瓦斯耗用量(M <sup>3</sup> )	消耗水量(M <sup>3</sup> )	NaOH用量(L)
AVG	3925.27	1276.37	390.62	19.45	46.03
STD	490.56	249.88	242.84	8.92	16.88
焚化每kg 廢棄物需求		0.325	0.100	0.015	0.036

表4-3-4 煙囪平均排氣量及各監測氣體之平均濃度

	煙囪廢氣流量 Nm <sup>2</sup> /S	煙囪O <sub>2</sub> 含量 %	煙囪CO <sub>2</sub> 含量 %	煙囪CO含量 PPM	煙囪SOX含量 PPM
AVG	3.2	12.5	7.8	23.8	30.5
STD	0.8	0.6	0.5	13.5	6.9
max	4	13.8	8.8	314.0	48.2
min	0.4	11.2	6.9	5.9	5.3



圖4-3-1 下燃燒室爐溫分佈範圍



變化第次(hr)

圖4-3-2 下燃燒室負壓範圍

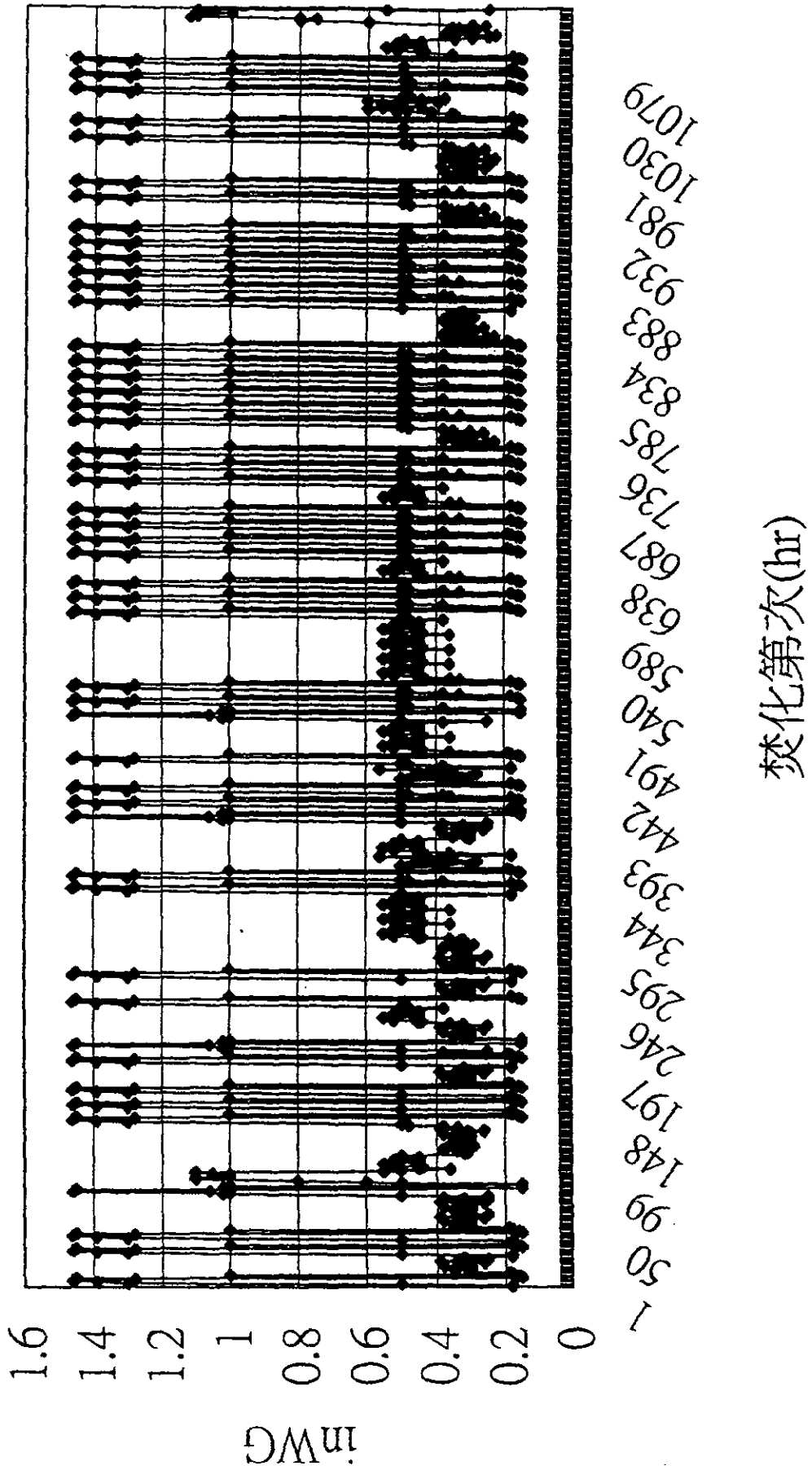


圖4-3-3 A醫院廢棄物焚化爐廢棄物處理量與燃油  
消耗量及瓦斯消耗量之頻率分析圖

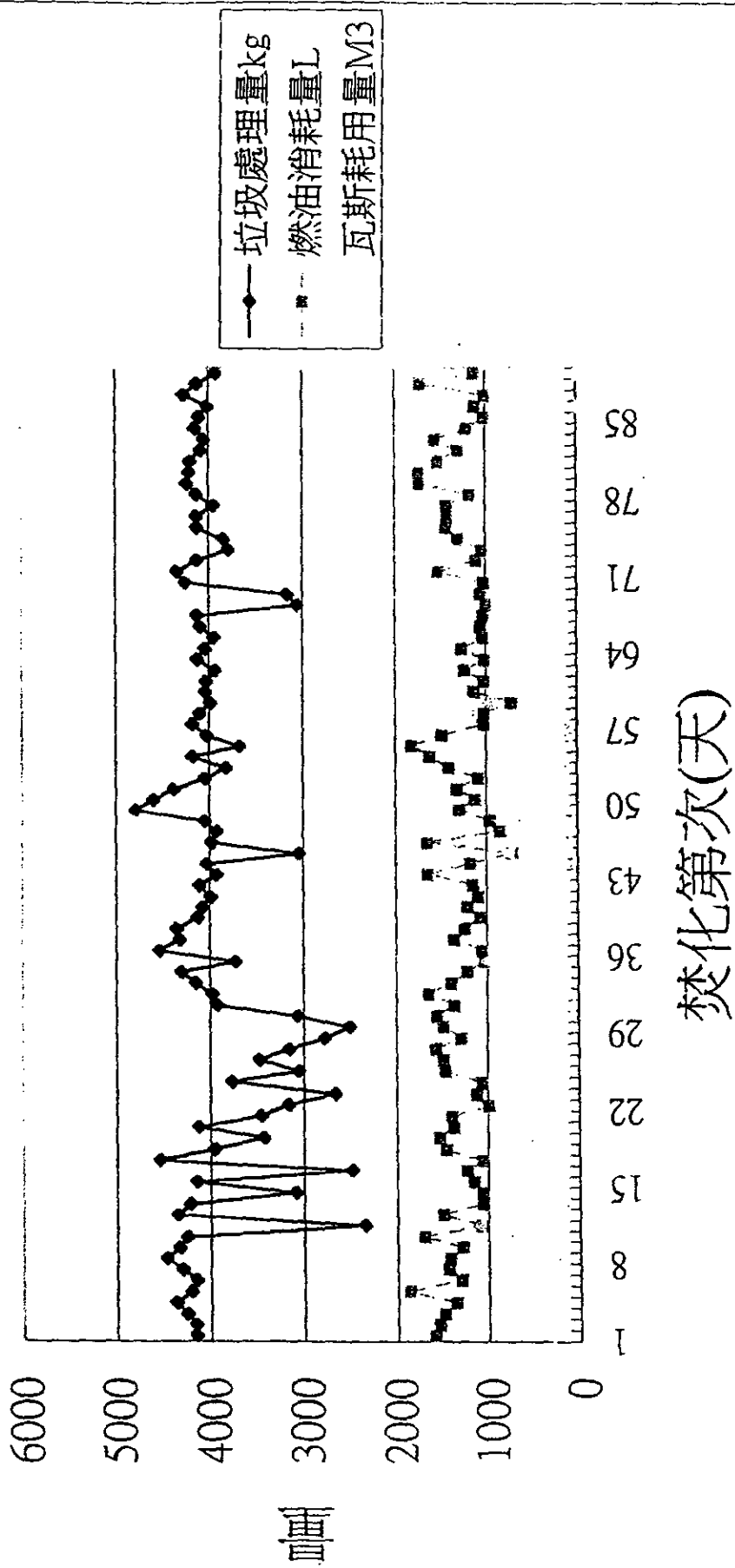


圖4-3-4 A醫院廢棄物焚化爐處理量與軟水消耗量及NaOH  
 使用量分析圖

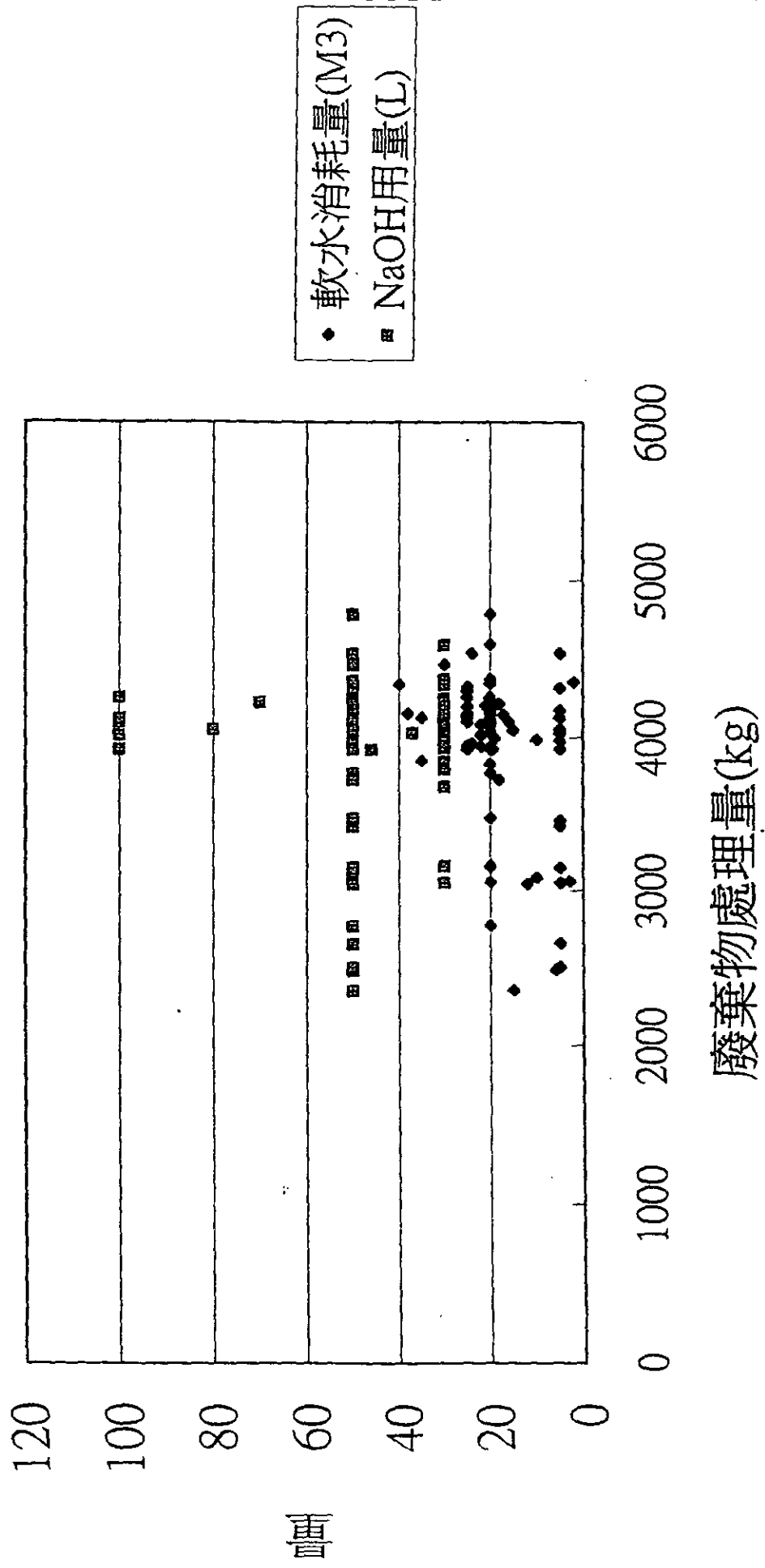


圖4-3-5 上燃燒室爐溫範圍

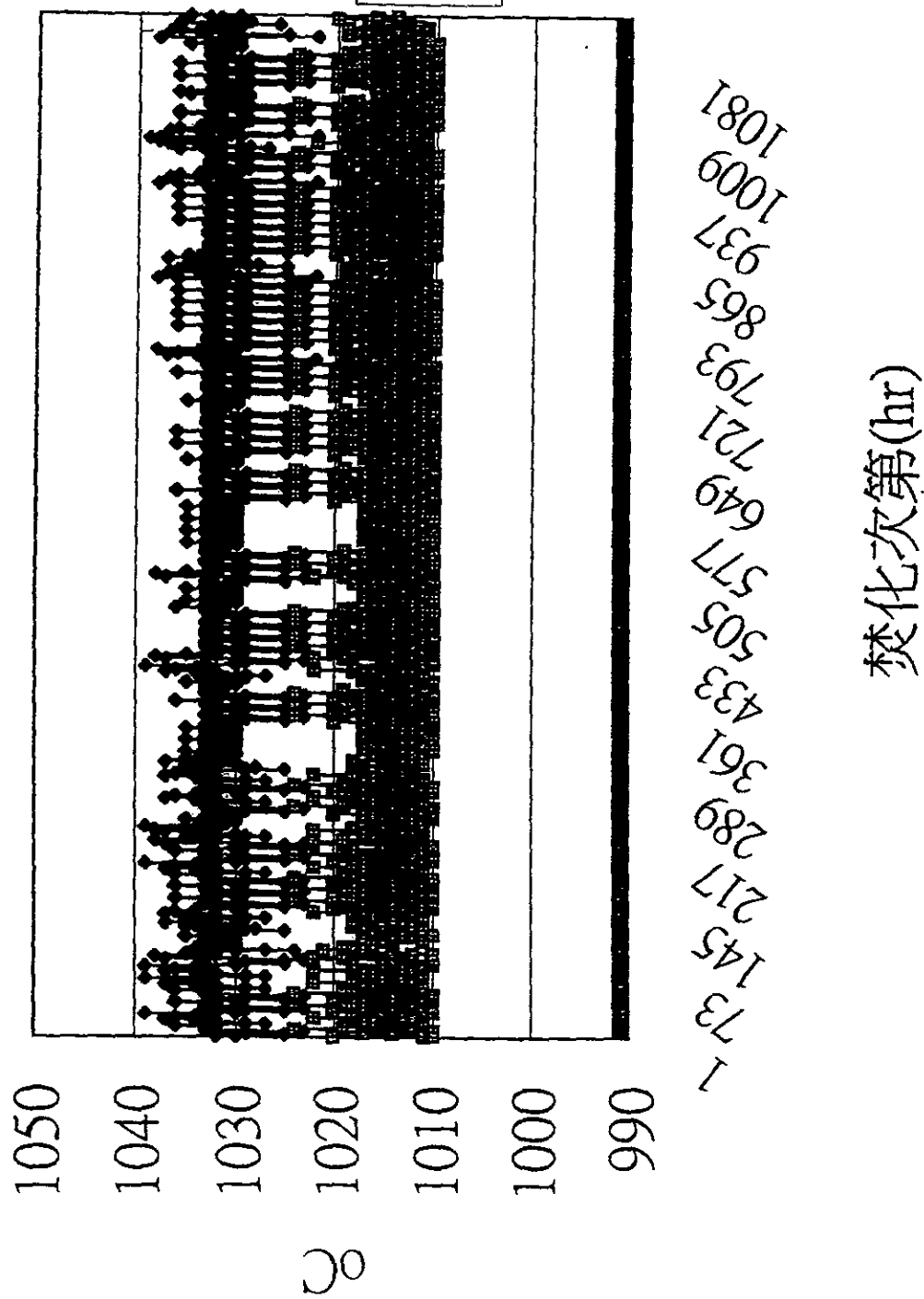


圖4-3-6 鍋爐出入口溫度及煙囪廢棄溫度範圍

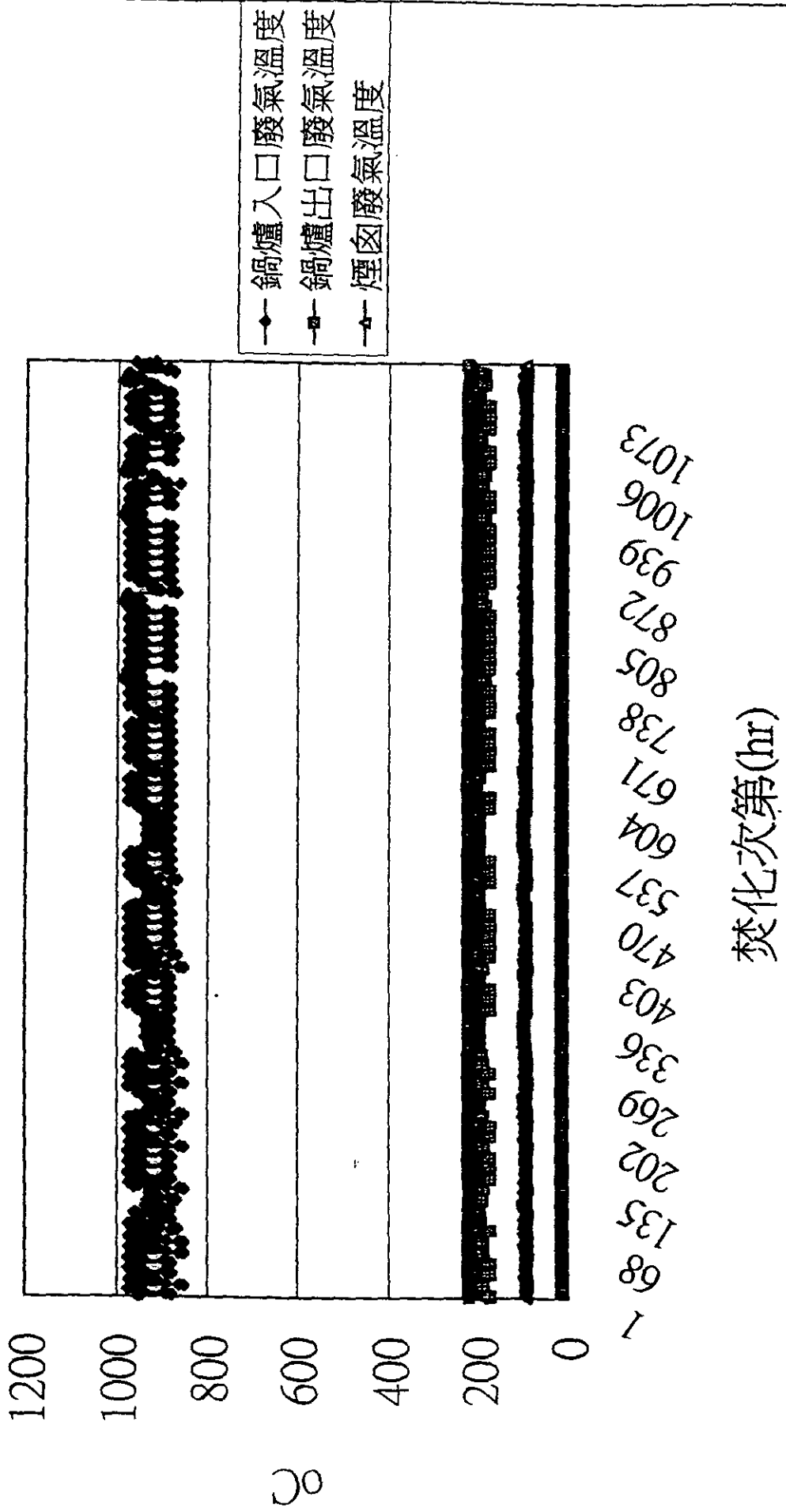


圖4-3-7 煙囪廢氣流量

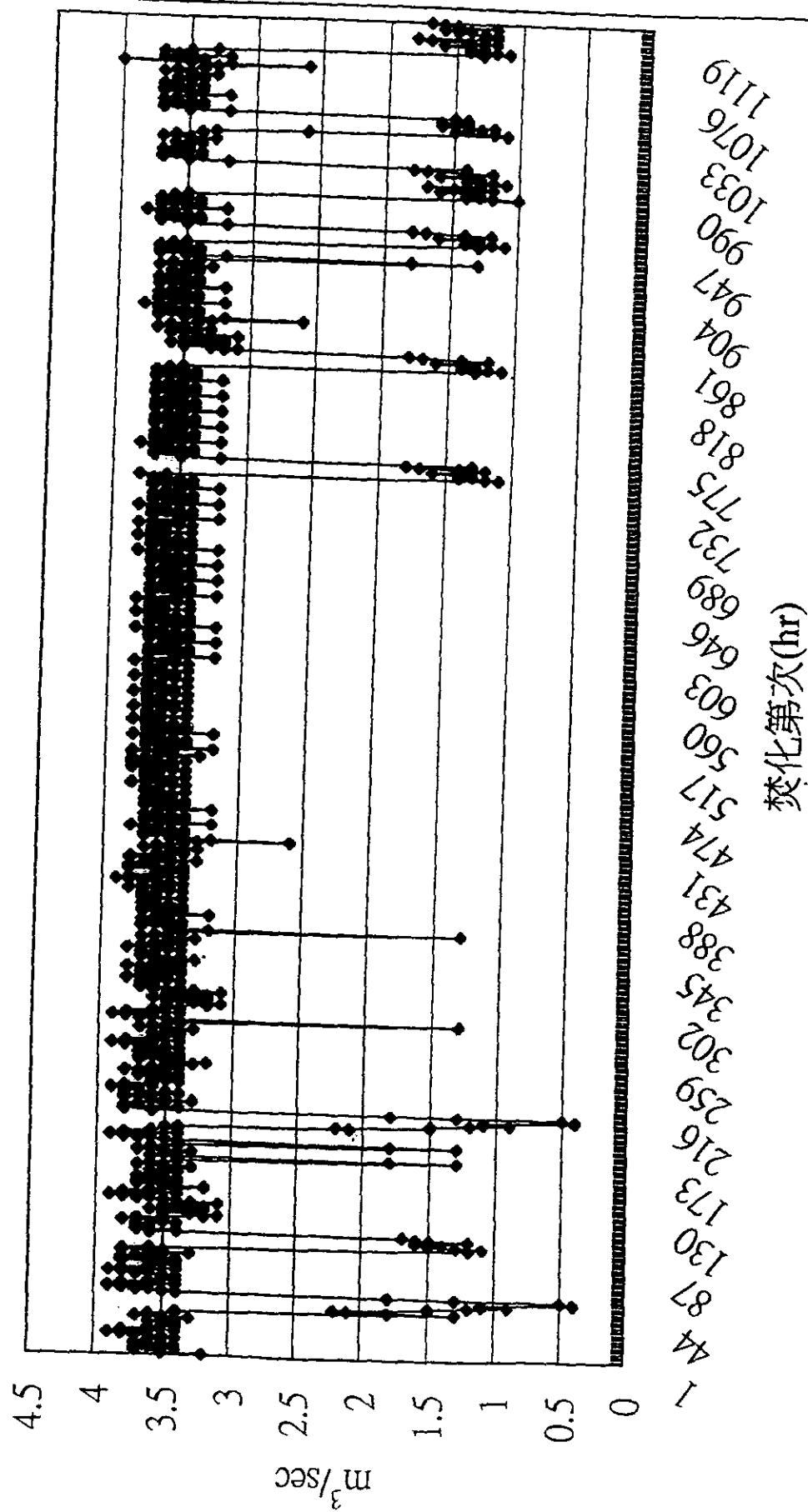


圖4-3-8 O<sub>2</sub>與CO<sub>2</sub>含量範圍

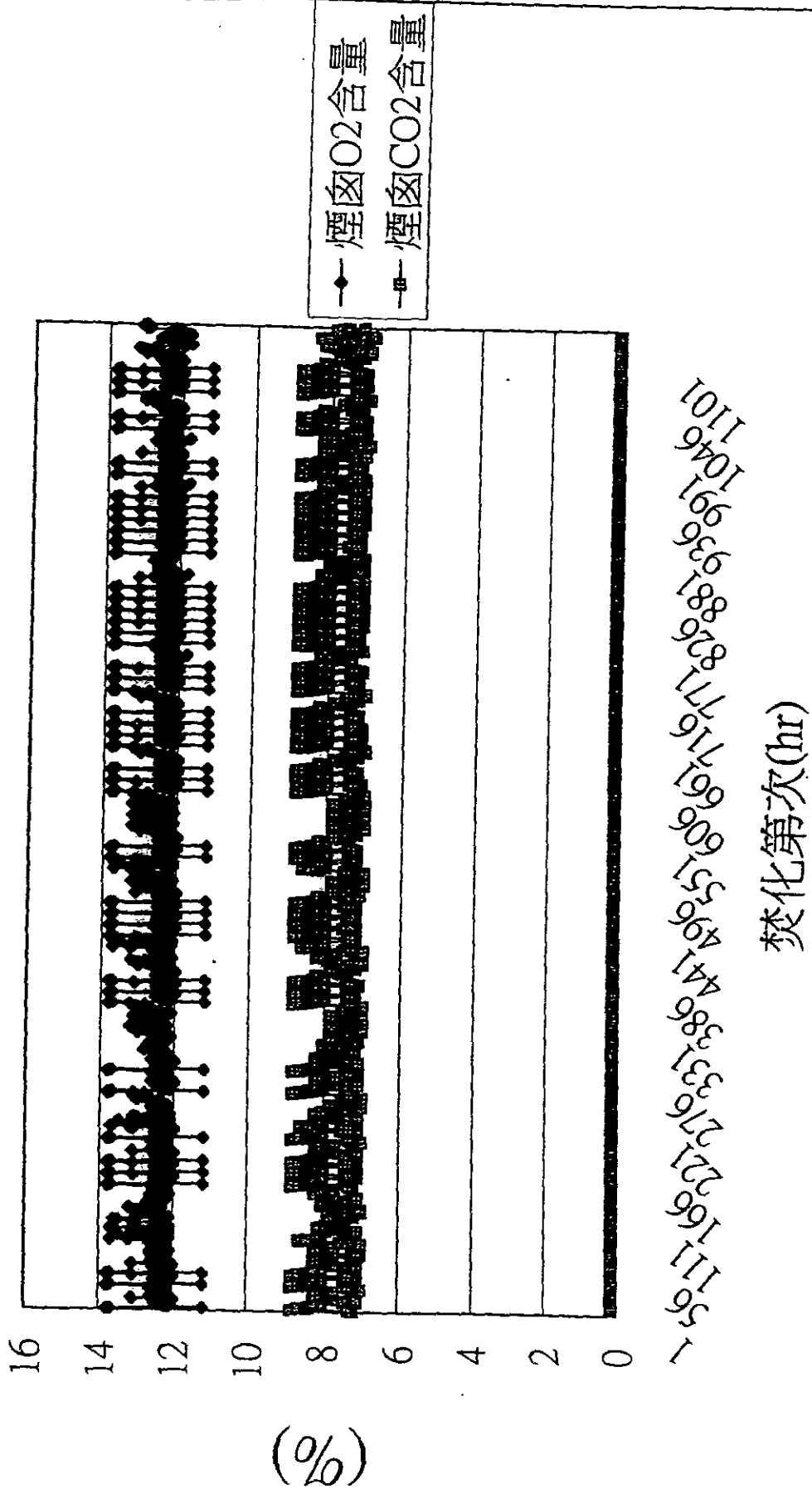




圖4-3-9 煙函粒狀物濃度



圖4-3-10 煙函CO含量

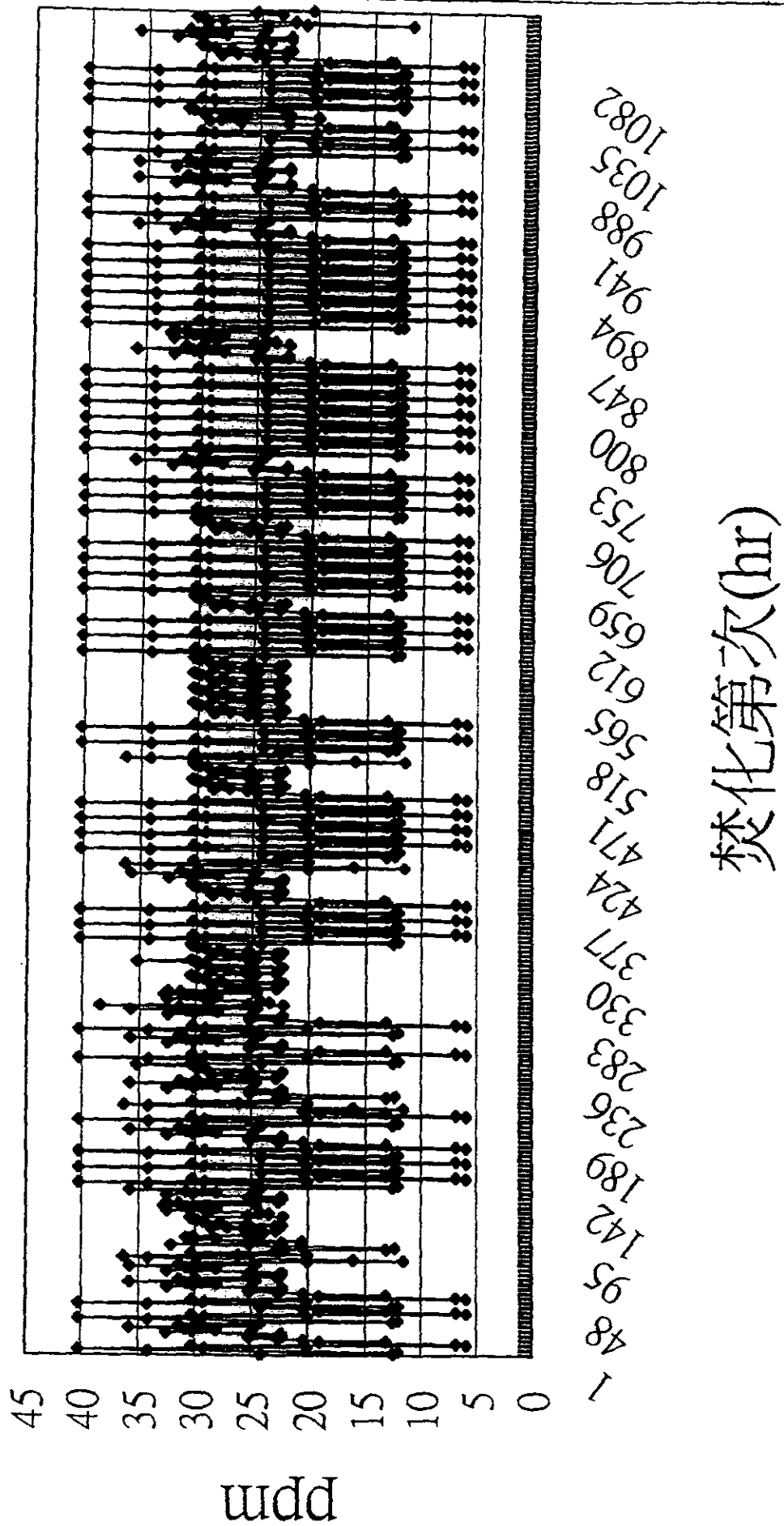


圖4-3-11 煙囪SOX含量

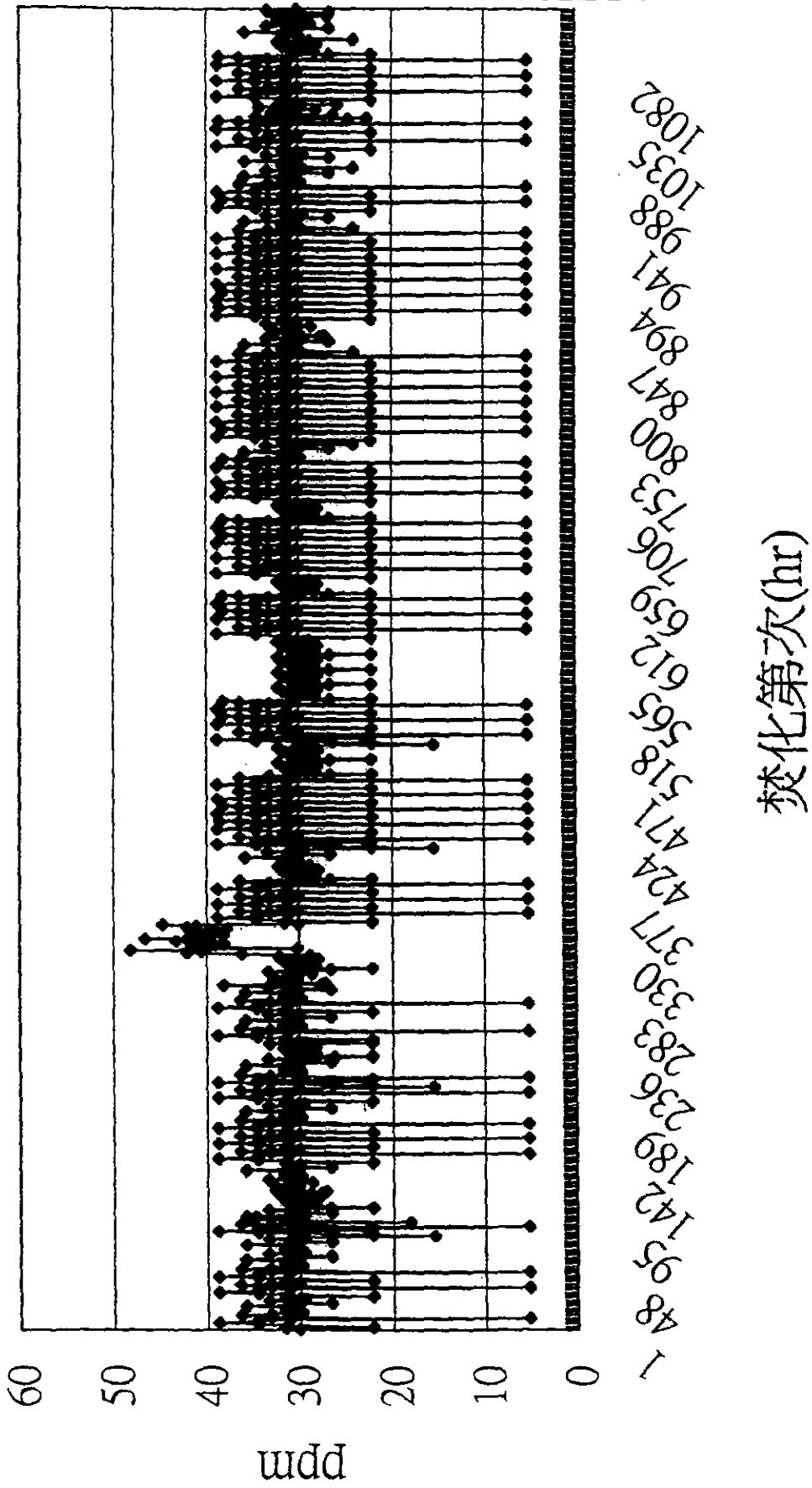


圖4-3-12 耗油量與煙囪出口SOx含量相關分

析表

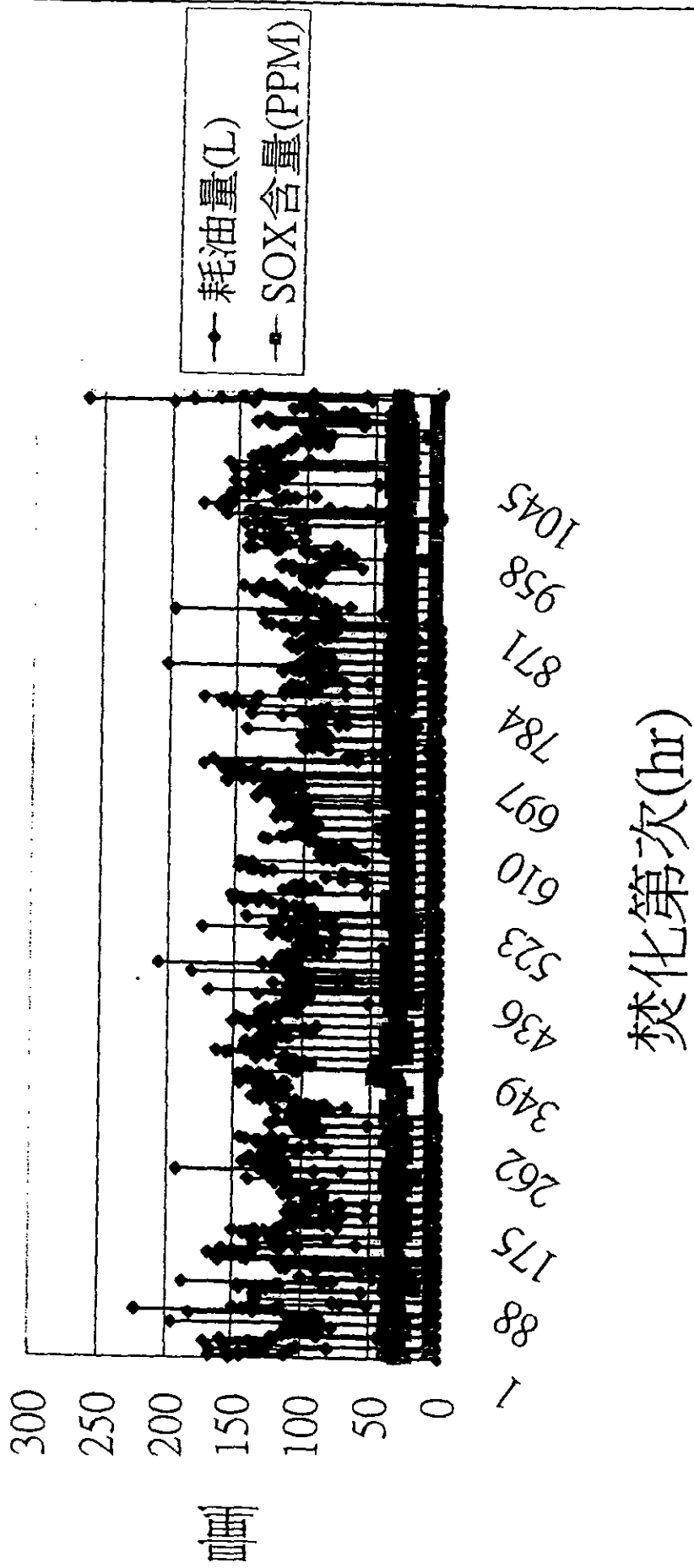


表4-5-1 裂解比與過剩空氣比對溫度, 二氧化硫及氯化氫產生量之關係表

溫度曲線										
過剩空氣比	0%裂解	10%裂解	20%裂解	30%裂解	40%裂解	50%裂解	60%裂解	70%裂解	80%裂解	90%裂解
0	2040.0	1978.9	1908.1	1825.3	1726.9	1608.2	1462.0	1277.5	1037.2	711.6
0.5	1582.3	1543.5	1498.1	1444.2	1379.2	1299.3	1198.6	1067.9	891.2	639.5
1	1318.4	1290.4	1257.4	1217.9	1169.9	1110.2	1033.9	933.2	793.9	589.0
1.5	1145.8	1124.0	1098.2	1067.3	1029.4	981.9	920.8	839.1	724.2	551.5
2	1023.8	1006.0	984.9	959.5	928.3	889.0	838.1	769.4	671.8	522.6
2.5	932.7	917.8	900.0	878.5	851.9	818.5	774.8	715.7	630.9	499.5
3	862.1	849.2	833.8	815.2	792.2	763.0	724.9	672.9	598.0	480.8
3.5	805.7	794.3	780.8	764.3	744.0	718.2	684.4	638.1	571.0	465.2
4	759.5	749.4	737.3	722.6	704.4	681.3	650.9	609.2	548.5	452.1
4.5	721.0	711.9	701.0	687.7	671.3	650.3	622.8	584.8	529.4	440.9
5	688.5	680.2	670.2	658.1	643.1	624.0	598.8	564.0	512.9	431.2
5.5	660.5	652.9	643.8	632.7	618.9	601.3	578.0	545.9	498.7	422.7
HCl濃度曲線 $\text{mg}/\text{M}^3$										
過剩空氣比	0%裂解	10%裂解	20%裂解	30%裂解	40%裂解	50%裂解	60%裂解	70%裂解	80%裂解	90%裂解
0	738.8	730.5	720.7	709.0	694.9	677.1	654.1	622.2	572.9	475.3
0.5	658.8	652.7	645.5	636.7	625.7	611.5	592.4	564.9	520.3	428.1
1	604.3	599.2	593.0	585.4	575.9	563.3	546.2	520.9	478.9	390.4
1.5	562.7	558.1	552.5	545.6	536.8	525.2	509.1	485.1	444.9	359.4
2	528.9	524.5	519.3	512.8	504.5	493.4	478.1	455.0	416.1	333.4
2.5	500.3	496.2	491.2	485.0	477.0	466.4	451.5	429.1	391.3	311.0
3	475.6	471.7	466.8	460.8	453.1	442.7	428.3	406.5	369.6	291.6
3.5	453.9	450.0	445.3	439.5	431.9	421.8	407.7	386.4	350.4	274.6
4	434.5	430.7	426.1	420.4	413.0	403.1	389.3	368.5	333.2	259.5
4.5	417.0	413.3	408.8	403.1	395.9	386.2	372.7	352.2	317.7	246.0
5	401.0	397.4	393.0	387.4	380.3	370.9	357.5	337.5	303.7	233.9
5.5	386.4	382.8	378.5	373.1	366.1	356.8	343.7	324.0	290.9	222.9
Ox濃度曲線 $\text{M}^3/\text{M}^3$										
過剩空氣比	0%裂解	10%裂解	20%裂解	30%裂解	40%裂解	50%裂解	60%裂解	70%裂解	80%裂解	90%裂解
0	15.9	15.7	15.5	15.3	15.0	14.6	14.1	13.4	12.3	10.2
0.5	14.2	14.1	13.9	13.7	13.5	13.2	12.8	12.2	11.2	9.2
1	13.0	12.9	12.8	12.6	12.4	12.1	11.8	11.2	10.3	8.4
1.5	12.1	12.0	11.9	11.7	11.6	11.3	11.0	10.4	9.6	7.7
2	11.4	11.3	11.2	11.0	10.9	10.6	10.3	9.8	9.0	7.2
2.5	10.8	10.7	10.6	10.4	10.3	10.0	9.7	9.2	8.4	6.7
3	10.2	10.2	10.1	9.9	9.8	9.5	9.2	8.8	8.0	6.3
3.5	9.8	9.7	9.6	9.5	9.3	9.1	8.8	8.3	7.5	5.9
4	9.4	9.3	9.2	9.1	8.9	8.7	8.4	7.9	7.2	5.6
4.5	9.0	8.9	8.8	8.7	8.5	8.3	8.0	7.6	6.8	5.3
5	8.6	8.6	8.5	8.3	8.2	8.0	7.7	7.3	6.5	5.0
5.5	8.3	8.2	8.2	8.0	7.9	7.7	7.4	7.0	6.3	4.8

表4-5-2 裂解分子量大小與過剩空氣比對溫度, 二氧化硫及氯化氫產生量之關係表

溫度曲線									
過剩空氣比	M = 30	M = 27	M = 24	M = 21	M = 18	M = 15	M = 12	M = 9	M = 6
0	1930.54	1925.51	1919.26	1911.29	1900.78	1886.28	1864.99	1830.68	1766.15
0.5	1510.6	1507.8	1504.31	1499.86	1493.97	1485.82	1473.78	1454.22	1416.88
1	1265.4	1263.6	1261.36	1258.49	1254.7	1249.43	1241.63	1228.89	1204.37
1.5	1103.88	1102.62	1101.05	1099.04	1096.38	1092.68	1087.19	1078.2	1060.77
2	989.11	988.17	987.01	985.52	983.55	980.8	976.71	970	956.95
2.5	903.19	902.47	901.57	900.42	898.89	896.76	893.6	888.39	878.23
3	836.37	835.79	835.08	834.16	832.94	831.24	828.72	824.56	816.42
3.5	782.87	782.4	781.81	781.07	780.07	778.68	776.62	773.21	766.54
4	739.04	738.65	738.16	737.54	736.71	735.56	733.84	731	725.43
4.5	702.47	702.14	701.73	701.2	700.5	699.52	698.07	695.66	690.94
5	671.48	671.19	670.84	670.39	669.79	668.96	667.71	665.64	661.59
5.5	644.88	644.63	644.33	643.94	643.42	642.69	641.61	639.82	636.3
HCl mg/M <sup>3</sup>									
過剩空氣比	M = 30	M = 27	M = 24	M = 21	M = 18	M = 15	M = 12	M = 9	M = 6
0	724.5	723.7	722.6	721.2	719.4	716.9	713.3	707.4	696.4
0.5	647.8	647.3	646.6	645.8	644.7	643.2	640.9	637.2	630.1
1	594.7	594.3	593.9	593.3	592.5	591.4	589.7	587.1	581.8
1.5	553.8	553.5	553.1	552.7	552.0	551.2	549.9	547.8	543.7
2	520.4	520.1	519.8	519.5	519.0	518.2	517.2	515.4	512.0
2.5	492.1	491.9	491.7	491.3	490.9	490.3	489.4	487.9	485.0
3	467.6	467.5	467.2	467.0	466.6	466.0	465.3	463.9	461.3
3.5	446.0	445.9	445.7	445.4	445.1	444.6	443.9	442.8	440.4
4	426.7	426.6	426.4	426.2	425.9	425.5	424.8	423.8	421.7
4.5	409.3	409.2	409.0	408.8	408.6	408.2	407.6	406.6	404.7
5	393.5	393.4	393.2	393.0	392.8	392.4	391.9	391.0	389.3
5.5	379.0	378.9	378.7	378.6	378.3	378.0	377.5	376.7	375.1
SO <sub>2</sub> mg/M <sup>3</sup>									
剩空氣比	M = 30	M = 27	M = 24	M = 21	M = 18	M = 15	M = 12	M = 9	M = 6
0	15.6	15.6	15.6	15.5	15.5	15.4	15.4	15.2	15.0
0.5	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.8	13.7	13.6
1	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.7	12.7	12.6	12.5
1.5	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7
2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.1	11.1	11.0
2.5	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.5	10.5	10.4
3	10.1	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9
3.5	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.5	9.5
4	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.1	9.1	9.1
4.5	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7
5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.4	8.4	8.4
5.5	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1

## 第五章 結論

- 1、A 醫院焚化爐之操作日報表建立非常完整，可作為其他醫院之參考。
- 2、由測量位置所得到的量測值顯示 A 醫院之爐體處理垃圾的功能極佳均可穩定地達到設計要求。
- 3、A 醫院焚化爐耗油量與垃圾處理量，可以知到本焚化爐的熱量約有 40% 由燃油提供，建議增加量測點之量測溫度及組成濃度值，以針對其燃燒的特性，期能使耗油量降低到總熱值的 30% 以下。
- 4、由煙囪  $O_2$  與  $CO_2$  的含量值顯示，所有吸入爐體的空氣多餘 100% 以上，建議降低空氣的進入量。以利裂解之進行。
- 5、提昇一次爐熱裂解的現象，建議增加一次爐出口處  $CxHy$  氣體的總流量(總濃度)。可降低耗油量及  $Sox$  之排放量。且裂解比大，一次爐相對溫度比較低，可降低有機氯化物之產生。
- 6、本計劃已建立醫療廢棄物焚化爐操作模式之規範，並以 A 醫院作示範廠，由研究成果得知，此規範可適用所有醫療廢棄物焚化爐，各焚化爐可依此規範建立其焚化爐之操作模式。

## 第六章 建議

一、 醫療廢棄物進料組成對於焚化爐之排放氣體有相當之影響性，依我國戴奧辛排放標準(新設焚化爐焚化規模每小時4噸以下者， $0.5\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ )，除非有相當之分類，並盡量採取裂解處理，否則很難達到標準。

### 二、 醫療廢棄物放入一般垃圾焚化爐之可行性分析

1. 醫療廢棄物放入大型焚化爐，是一項解決當前醫療廢棄物問題的方法之一，值得研究，但因醫療廢棄物焚化爐與大型焚化爐之設計條件與功能要求完全不一樣，二者放在一起焚化是否合宜值得深思。

2. 目前大型焚化爐因處理一般垃圾，其Dioxin產生量隨垃圾中含Dioxin生成源之含量而定，目前使用活性碳吸附處理Dioxin之方法，必須在Dioxin含量較低的情況下始可處理，但醫療廢棄物依其組成氯含量佔5%~10%，其透析類廢棄物更高達15%~20%。放入大型廢棄物焚化爐後，依其 $800^{\circ}\text{C}$ ~ $900^{\circ}\text{C}$ 的燃燒條件，確定會產生大量的Dioxin，況且Dioxin是複合的產物，含氯有機物(氯苯或多氯聯苯類)在後段低溫範圍會大量複合產生Dioxin，所以醫療廢棄物焚化通常採二段式焚化，以處理燃燒廢棄物而產生的有害氣體。故如將醫療廢棄物排入大型廢棄物



焚化爐中，因其 Dioxin 生成量較一般焚化爐高得很多，其 Dioxin 恐非活性碳吸附能得以解決，故先進國家目前皆投入大量資金做相關之研究，來解決因焚化產生之 Dioxin 之問題。故如將醫療廢棄物放入大型焚化爐處理，可能會增加有害廢氣的產生量，而需付出相當多的社會醫療成本及後段設施處理成本。

3. 因為醫療廢棄物焚化爐通常用二段式燃燒法，第一段焚化爐通常是在  $800^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$ ，主要用於焚化裂解有害感染性廢棄物，第二段燃燒主要破壞第一段燃燒爐所產生之有害廢氣，大型廢氣物焚化爐，其溫度正好與醫療廢棄物焚化爐第一段燃燒爐之溫度相同，如要處理後段廢氣需增設第二段燃燒爐，但這是不可能且不經濟，然而依質能分析及破壞去除的觀點，預估醫療廢棄物放進大型廢棄物焚化爐一起處理，是不恰當的。

4. 醫療廢棄物有許多廢棄物成分不合適跟許多都市廢棄物混合處理，如：抗腫瘤化學藥物在大型醫院依其特性及含量約為醫療廢棄物之  $1.5\%\sim 2\%$ ，這些藥物的濃度佔  $100\sim 1000\text{PPM}$ ，如放置於大型焚化爐之儲存坑，對工作人員之健康有潛在的威脅。且化療物質不穩定性及活性都很大，在  $300^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$  之間會發生裂解，易與其他有機物質結合，產生未明的新分子，這些分子是否會產生毒性，未能確定，故如在大型焚化爐下是否有毒性

物質之產生，有其相當之可能性，生物科技相關之廢棄物(廢針筒、廢點滴管瓶…等)皆不合適與一般廢棄物相混合處理。

6. 醫療廢棄物與一般廢棄物組成大不相同，故國外很少將二者放在一起焚化，如需以大型焚化爐焚化醫療廢棄物，需要進行研究，以研擬台灣模式，針對其進料、焚化、空污設施之合用性進行探討。
7. 如一定要將感染性醫療廢棄物放入大型焚化爐焚化，應對感染性醫療廢棄物進行分類，將不合適放入大型焚化爐焚化之廢棄物分開另行處理，例如抗癌藥物、PVC、活體殘肢等，故應建立感染性醫療廢棄物分類標準並依其處理方法分類準則。

### 三、 醫療廢棄物焚化處理之未來發展

1. 二段爐之燃燒條件與一次爐之燃燒條件是完全不同的，故二種廢棄物混合是否合宜，值得商榷。故目前全世界先進國家皆將二者分開，以單獨設置焚化爐的方式處理感染性廢棄物。
2. 目前醫療廢棄物焚化爐亦有很多缺點，如何改進使之能符合環保要求(特別是Dioxin等有害廢氣)是一個很值得研究的課題。
3. 本省目前醫療廢棄物焚化爐大多採取二段式焚化(在第一階段即進行焚化燃燒，在第二段再以輔助燃料來提高溫度至1050°C二秒鐘來破壞去除Dioxin等物。)，如此雖可減少Dioxin的產生，

但需要耗費很多的輔助燃料，而且如燃燒溫度不均勻時，或因第一次爐密閉不完全，一次爐的廢氣易散出來時，亦恐有害廢氣溢散之可能。而且廢棄物之熱值較高時，廢棄物之有效處理量會降低，這些都極需要克服。

4. 目前先進國家已有很好的裂解技術，並將其列為發展重點以因應小型焚化爐之需求，目前國內亦有相當成功的裂解處理方法，可針對這些問題加以改進，其方法如下：在一次爐改為裂解爐，將醫療廢棄物進行裂解產生油氣及凝結為燃料油，再將油氣送入二次爐進行燃燒，燃燒之熱量用來裂解一次爐的廢棄物，而因含氣的有機物沸點較高會凝集於油品內，油氣內含氣量較低，故燃燒時可以減少 Dioxin 產生，又可節省輔助燃料，實為一舉兩得的方法。燃料油經脫氯處理後，又可以再當燃料或當其他的能源販售，不但可解決醫療廢棄物問題又可得到資源回收的好處。且裂解不受熱值高低之影響，可有效的增加處理量。
5. 當然這些裂解爐操作技術層次較高，需要加強訓練或執行代操作，並且在維護上需要跟上才能達到預期之目標。

## 參考資料

- (1) 台灣醫院名冊,1991,行政院衛生署.
- (2) 日本厚生省,1989,日本醫療廢棄物處理準則.
- (3) 有害事業廢棄物認定標準,1987,行政院衛生署.
- (4) Leo Uzych(1990)Medical waste management,Journal of environmental health.52:233-235.
- (5) World health Organization-Regional Office for Europe: Management of waste from hospitals and other health care establishments.EURO Reports and Studies 97,1983.
- (6) Gamer JS, Favero MS(1985)Infective waste In Guideline for handwashing and hospital environmental control.centers for Disease control.
- (7) EPA Guide for Intectious Management Office of Solid Waste.US Envirnmntal Protection Agency. Washington Dc,May.1986.Report no.EPA/530.SW-86- 014.
- (8) 感染性廢棄物認定標準草案,1992,衛生署.
- (9) Kalnowski G,Wiegand h,Ruden h(1983)The microbial contamination of hospital waste,Zbl Bakt Mikr hyg I Abt Orig B.178:364-379.
- (10) Althaus h,Sauerwald M,Schrammeck E.(1983)hygienic aspects of waste disposal,Zbl Bakt Mikr hyg I Abt Orig B.178:1-29.

- (11) Jager E, Xander L, Ruden (1989) hospital wastes. 1. communication :microbiological investigations of hospital wastes from various wards of a big and of smaller hospital in comparison to household refuse, Zbl Bakt Mikr hyg I Abt Orig B.188:343- 364.
- (12) 田中勝, 高月紘, 1991, 醫療廢棄物適正處理. 日本
- (13) 台北市醫療廢棄物焚化處理中心規劃評估報告(1993), 台北市政府環境保護局.
- (14) 事業機構廢棄物貯存清除處理設施列管計劃(一)—台灣地區事業廢棄物總量調查推估處理處置規劃及採樣分析, 1991, 行政院環保署.
- (15) 林宜長, 1989「示範性醫院廢棄物處理之規劃」, 第四屆廢棄物處理技術研討會。
- (16) 謝永旭, 呂明芬, 1989「台灣省醫療事業廢棄物現況之調查研究」, 第四屆廢棄物處理技術研討會, 1989。
- (17) Rutala WA, Odette RL, Samsa GP(1989)Management of infectious waste by US hospitals, JAMA.262:1635-1640.
- (18) 田中勝 高月紘, 醫療業務之感染性廢棄物, 1990, 醫療廢棄物處理, PP35-44, 日本.
- (19) Li C-S, Jenq F-T.(1993)Physical and chemical composition of hospital waste. Infect Control Hosp Epidemiol;14:145-150
- (20) 許國敏 醫療廢棄物焚化處理體系之營運管理研究, 1995, 行

政院衛生署

- (21) Darcey, s(1988)States adept tougher laws for infectious waste disposal, J.world Wastes.dec.pp. 43-46.
- (22) collins ch, Kennedy DA(1987)Microbiological hazards of occupational needle stick and sharps injuries, J.Appl.Bact.62:385-402.
- (23) RM(1979)Laboratory associated infections :incidence, fatalities,causes,and prevention, Annual Review of Microbiology. 33:41-66.
- (24) 醫院廢棄物研討會管理法規暨清理研討會,1992,工研院能資所
- (25) US Environmental Protection Agency.Medical Waste Management in the United States:First Interim Report to congress. EPA/530-SW-90-051A;1990.
- (26) Peterson ML,Stutzenberger FJ(1969) Microbiological evaluation of incinerator operations,Appl Microbiol.14:73-78.
- (27) Rutala WA,Stiegel MM,Sarubbi FA(1982)Decontamination of laboratory microbiological waste by steam sterilization,Appl Environ Microbiol.43:1311-1316.
- (28) Sue crow(1993)Steam sterilization :an evolution in designa, Infect control and hospital epidemiology.14:488-490.
- (29) Joslyn LJ(1983) Sterilization by heat.In:Block Sed)

Disinfection ,sterilization,and preservation ,4th edn.Lea & Febiger,Phil-acdelphia.

- (30) Perkins JJ(1969)Principles and methods of sterilization in health sciencies,2nd edn. charles c thomas ,springfield,ch12,pp289-295.
- (31) Gardner JF ,Peel MM(1991)Introduction to steriliation disinfection and infection control,new York.
- (32) Atlanta GA(1985)"CDC Guidelines for the Prevenion and control of nosocomial infectious,Guideline for hand-wash ing and hospital environmental control",center for Disease control.
- (33) Rutala WA(1990)APIC Guideline for selection and use of disinfectants,Am J Infect control.18:99-113.
- (34) Rutala WA(1987)Infectious wasta growing problem for infection control,Asepsis.9:2-6.
- (35) Doyle BW,Drum dA,Lauber JD(1985)The smoldering question of hospital wastes,Pollution Engineering,17:35-39.
- (36) 方偉光,1991,感染性廢棄物焚化處理技術,醫院廢棄物研討會,三軍總醫院
- (37) 工業技術研究院能源與資源研究所,醫療機構汙染防治輔導計畫期末報告,1995,行政院衛生署
- (38) PERKIN ELMER 2400II元素分析儀中文操作手冊
- (39) EUROGLAS (ECS 1600)analytical instruments operating

manual.

- (40) 郭憲文, 台灣省省立醫療機構醫療廢棄物處理模式之研究, 1996, 台灣省衛生處.
- (41) 孫淑蓉碩士論文, 台灣省立醫療機構醫療廢棄物之特性及管理模式研究, 1996, 中國醫藥學院.
- (42) 台灣產業服務基金會, 醫療廢棄物儲存清除處理技術之建立, 1996, 台灣省環境保護處.