

## 醫院廢棄物之性質與焚化爐設計

張榮興、洪美雲、方偉光

### 摘要

本研究針對各種不同類型醫院、診所及檢驗院所之各種病房、門診單位、行政支援單位、醫療及檢驗單位進行系統化的廢棄物採樣、分析工作，建立完整的醫院廢棄物物理組成及化學組成資料庫。並更進一步設計完成「醫院廢棄物特性評估軟體」，可自動建立各種不同地域醫院、病房結構、及操作模式時之廢棄物產量及物理化學特性。本文詳述此「醫院廢棄物特性評估軟體」之原始數據取得方式，可信度；並詳述利用此數據資料庫評估結果進行焚化爐設計規劃之作法，並探討廢棄物特性對焚化爐設計及操作之影響。

### 一 前言

台灣地區目前共有醫院913所，診所11,305所，醫事檢驗所535所，共計有病床九萬多床。遍佈全台灣地區的醫療網，對國民的健康維護確實提供了莫大的貢獻。但走訪各醫院，卻總是令人很遺憾地發現各醫療事業單位所產生的廢棄物多未作妥善的處理與處置。台灣地區因醫療廢棄物不當處理與處置所造成人員傷害之報導亦時有所聞。

根據行政院環保署於78年5月8日公告之「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」，醫療廢棄物應分類貯存、收集、清運，並以焚化或高溫滅菌處理。其分類、收集、清除及處理方法，如表一及表二所示。為配合此項標準，各醫療事業機構目前正在行政院衛生署及工業技術研究院能源與資源研究所的協助下，積極推動廢棄物之管理與處理工作。目前，已有部份醫療院所完成焚化爐之建設，部份正待進行試燒工作；這些工作

的成功與否，均需仰賴大量的分析數據。而由於感染性事業廢棄物由於法規定義不明確，檢驗項目仍未公告，且感染性事業廢棄物可能具有潛在的危害性，分析工作較為困難；因此，民間代檢驗業多表示不願承接檢驗工作，使得各醫院及工程單位正面臨檢驗單位遍尋無著之苦。

工研院能資所於發展成功醫院焚化技術後，承行政院衛生署資助，自78年度起進行一序列的研發及輔導工作。期間由於預見將來採樣分析工作恐成困擾，因此，曾針對各種不同類型醫院、診所及檢驗院所之各種病房、門診單位、行政支援單位、醫療及檢驗單位進行系統化的廢棄物採樣、分析工作。由於此分析工作所得數據龐大，使用不易，因此，更進一步設計完成「醫院廢棄物特性評估軟體」，公開提供各界使用。

本文將詳述此「醫院廢棄物特性評估軟體」之原始數據取得方式，可信度，及其利用。並詳述利用此數據資料庫評估結果，進行焚化爐設計規劃之作法。最後並探討廢棄物特性對焚化爐設計及操作之影響。

## 二 醫院廢棄物產源與採樣分析

一般醫療機構所產生的廢棄物主要來自：

- 1). 病房病人所產生：報紙、雜誌、包裝物、花果、免洗餐具、飲料瓶、衛生紙、砂布...等。
- 2). 日常醫療所產生：注射器材、點滴瓶、橡膠手套、口罩、藥劑瓶、臟器、截肢...等。
- 3). 行政單位所產生：電腦報表、塑膠袋、廢紙、及一般廢棄物。

若依據行政院環保署於78年5月8日公告之「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」，則醫院廢棄物之分類、貯存、收集、清運及處理可依表一方式執行；醫院廢棄物之產

源與分類如表二所示。

廢棄物採樣分析以基隆及新竹兩地區之省立醫院各病房、門診及各診所為樣本空間。採樣時間計一星期，每日分別就各別單位採集樣品。採樣後先混合均勻，測單位容積重，然後進行物理組成分類。物理組成計分紙類、纖維、木竹、廚餘、塑膠、橡膠、金屬、玻璃、陶瓷、石沙、水份、及其它等十二類。其分類方法悉依衛生署公告之垃圾採樣分析方法執行。

物理組成分類結果發現，各單位所產生之廢棄物物理組成偏異度極大；且同一單位逐日所產生之廢棄物物理組成最大偏異亦可達百分之五十。因此，於規劃設計焚化處理設施時，若只信耐少量採樣結果進行設計，則極有可能造成困擾。

將各單位所產生廢棄物的物理組成週平均值依處理設施之特徵分別列表，如表三、四、五所示，其百分之九十五可信度區間平均約為 $\pm 30\%$ 。城鄉型醫院所產生之廢棄物的物性以新竹地區醫院為代表，如表三所示，可作為規劃大都會區以外醫院之自有處理廠之參考，此類醫院由於規模通常較小且人員編制較受限制，因此，較少執行分類工作，使得廢棄物中不可燃物質所佔比例相對地較都會區醫院高。都會區醫院所產生的醫院廢棄物物性以基隆地區醫院為代表，如表四所示，可作為規劃設計都會區內醫院自有處理廠之參考。表五所列之區域集中處理醫院廢棄物物性，是以臺灣地區整體醫療機構之百分組成（如表六所示），依醫院、門診、診所、及醫師數配比求得之平均組成，可作為規劃設計集中處理廠之參考。

由採樣結果統計各醫院每床每日廢棄物產量約 2.5 至 3.5 公斤，建議設置處理設施以每床每日 3.5 公斤為宜。但由表三至五可見，對內科及外科病房而言，每床每日所產生不燃物佔相當大比例，若能略作分類，對處理設施當有助益。此外，醫院每床每日約產廢水處理廠污泥一公斤，為妥善處理，亦應一併列入規劃設計。綜合言之，臺灣地區目前每日約產生醫院廢棄物 300 噸，污泥約 100 噸。

各單位所產生廢棄物的經物理組成分類後，經烘乾混合後，進行元素分析，所得結果如表七所示。典型的醫院廢水處理廠污泥之物化特性亦列於表中。由於都會型醫院所產廢棄物中，塑膠及橡膠含量較高，相對地氯及硫含量亦較高，熱值亦高。

### 三 醫院廢棄物物化特性推估與程式設計

利用表三、四、五、七之資料及處理對象之病房結構，可建立設計醫院廢棄物之必要資料。若考慮病床種類  $i$  所產生之廢棄物，其  $j$  物理組成之重量百分比為  $E(i,j)$ ，而  $j$  物理組成之  $k$  元素百分比為  $C(j,k)$ ，則病床種類  $i$  之元素成份百分比為

$$Z(i,k) = \sum_j E(i,j) C(j,k)$$

若某一處理設施之處理對象之病房  $i$  計有  $W(i)$  病床，則該處理設施之設計廢棄物元素  $k$  之百分組成  $B(k)$  可用下式表示：

$$B(k) = \left[ \sum_i W(i) Z(i,k) \right] / \left[ \sum_i W(i) \right]$$

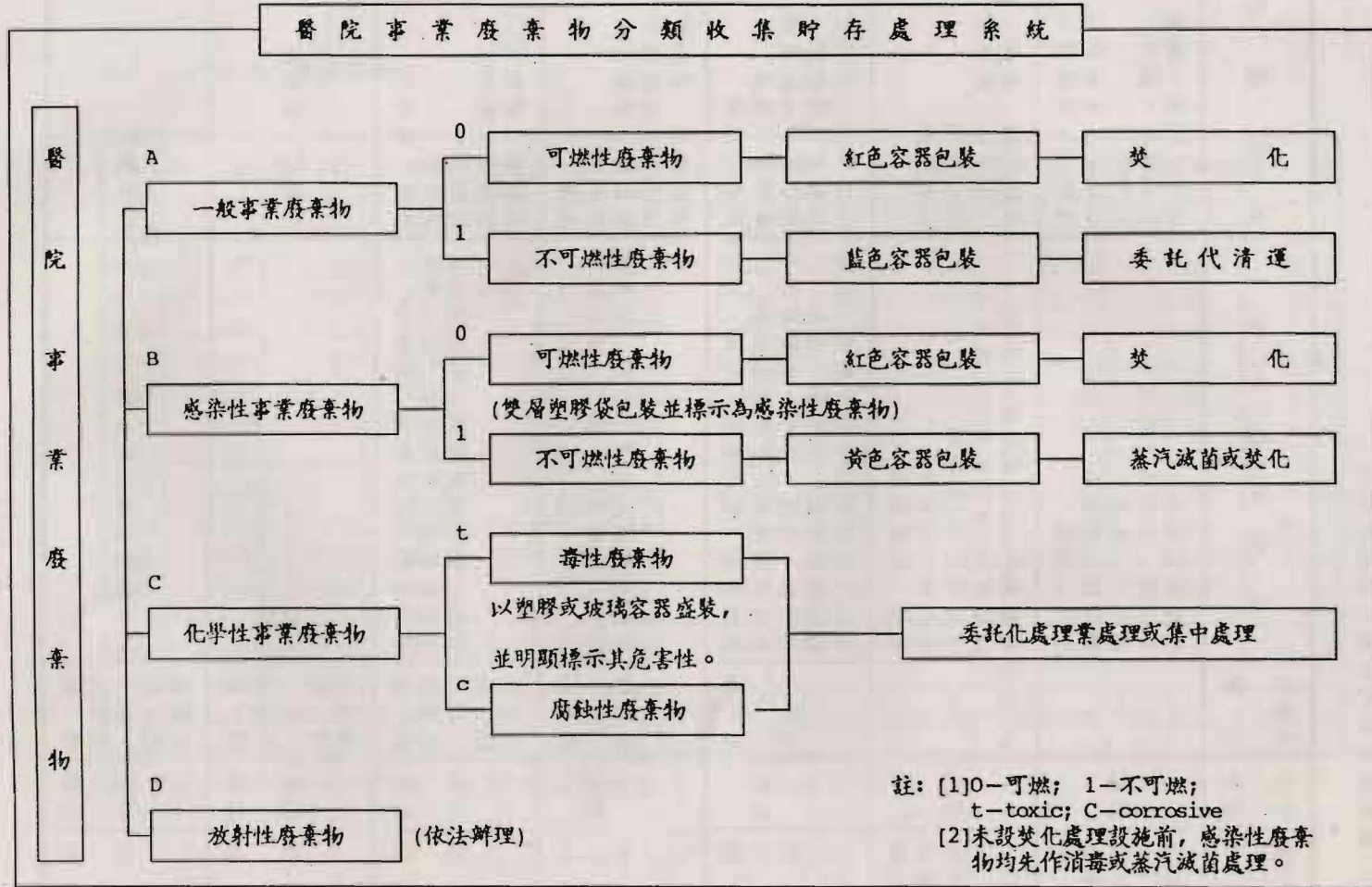
程式設計時分成四個模組，(1) 資料庫模組，(2) 病房結構模組，(3) 產量與成份推估模組，及(4) 輸出入模組。其中資料庫模組可隨時進行資料更新。

### 四 醫院廢棄物物化特性與焚化爐設計

醫院廢棄物焚化爐通常採用多燃燒室型焚化爐並配備空氣污染防治設施。一次燃燒室常使用缺氧 (Starved Air) 熱解燃燒，再利用第二燃燒室作完全燃燒與破壞。

在正常操作狀況下，一次燃燒室之操作溫度通常為  $650 \sim 750^\circ\text{C}$ ，第二燃燒室之操作溫度則為  $1000 \sim 1200^\circ\text{C}$ 。在後燃室之氣體滯留時間一般皆大於  $1 \text{ sec}$ ，以符合環保署對於處理感染性廢棄物之法規要求。焚化爐之後常使用濕式滌氣空氣污染防治系統，空氣污染防治系統包括：

表一、醫院廢棄物之分類收集貯存處理系統



表二、醫院廢棄物之貯存、分類與標誌

廢棄物代碼	貯存容器	廢棄物標識	典型的廢棄物	主要產源
AO 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, 家具 纖維類, 布製品 食品, 油脂	病房、門診、檢驗 行政單位、藥局 工作間 配膳室、支援單位 護理站、治療單位
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) 玻璃製造(藥品及其它玻璃製品) 廢金屬製品(飲料罐、 廢機械、儀器等) 廚餘、陶瓷製品	工務部門、藥局 治療單位、配藥間 行政部門 支援單位
B0 可燃性 感染性 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 排泄物、體液、紗布、木質壓舌片 引流液過濾紙、手術手套鞋套 透析用具、塑膠製品、布類、棉花	隔離病房、手術室 檢驗室、實驗室 治療室、血液透析 解剖室、產房 病房、血庫
B1 不可燃性 不感染性 廢棄物	黃色	感染性 廢棄物	穿針, 針頭, 點滴注射器, 培養皿等 試管, 試玻片, 手術刀, 縫合針等	隔離病房、手術室 治療室、血液透析 檢驗室、實驗室 解剖室 產房
Ct 毒性 廢棄物	特定 容器	廢棄物 標識 及 危害性 標識	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 有機溶劑, 洗片廢液, 廢藥品	檢驗室、實驗室 手術室、解剖室 製劑室 洗片室 牙科、藥局
Cc 腐蝕性 廢棄物	特定 容器	廢棄物 標識 及 危害性 標識	強酸 (PH<2.0) 強鹼 (PH>12.5)	檢驗室、實驗室
D 放射性 廢棄物	特定 容器	廢棄物 標識 及 危害性 標識	核子醫學放射性廢棄物	核子醫學

表三、城鄉型醫院廢棄物物性：

Eij	外科	內科	小兒科	婦產科	牙科	耳鼻喉科	眼科	皮膚泌尿科	復健科	神經精神科	骨科
紙類	5.70	6.82	7.68	30.83	38.97	18.82	25.00	28.16	34.73	23.14	9.05
纖維	0.67	0.23	2.40	2.96	0.19	4.12	15.00	0.04	10.42	1.89	3.69
木竹	0.27	0.05	0.00	0.79	0.00	5.88	0.00	0.88	5.21	0.00	0.12
廚餘	1.01	0.59	2.32	2.37	5.76	18.84	5.00	4.03	0.00	16.53	0.00
塑膠	13.81	12.42	6.08	11.07	2.83	0.00	10.00	5.95	5.21	3.31	23.81
橡膠	4.22	0.55	4.64	4.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.96	2.38
其它	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.64	0.00	0.00	6.93	4.92	2.86
金屬	0.94	1.18	8.16	7.32	3.20	8.23	7.50	2.08	0.00	0.00	0.95
玻璃	57.83	61.44	49.60	8.89	0.00	5.88	0.00	0.53	0.00	0.00	20.83
陶瓷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
石沙	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.05
水份	15.55	16.54	19.12	31.42	49.05	20.59	37.50	58.33	37.50	45.25	17.26
熱值	1908.91	1455.13	1469.00	2867.40	2101.00	4720.93	2752.65	2121.55	2618.54	3013.51	2792.82

註：熱值為高熱值 (kCal/kg)；成份以乾基表示法。

表四、都會區醫院醫院廢棄物物性：

Eij	外科	內科	小兒科	婦產科	牙科	耳鼻喉科	眼科	皮膚泌尿科	復健科	神經精神科	骨科
紙類	3.65	7.62	7.68	29.42	38.97	18.82	25.00	28.16	34.73	67.50	9.05
纖維	1.39	0.84	2.40	1.46	0.19	4.12	15.00	0.03	10.42	0.00	3.69
木竹	1.13	0.34	0.00	0.59	0.00	5.88	0.00	0.88	5.21	0.00	0.12
廚餘	3.65	3.85	2.32	0.29	5.76	18.84	5.00	4.04	0.00	0.00	0.00
塑膠	44.52	58.88	6.08	36.04	2.83	0.00	10.00	5.95	5.21	7.50	23.81
橡膠	0.18	0.17	4.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.38
其它	0.61	0.25	0.00	0.00	0.00	17.64	0.00	0.00	6.94	0.00	2.86
金屬	0.26	0.75	8.16	0.29	3.20	8.23	7.50	2.08	0.00	0.00	0.95
玻璃	5.30	2.51	49.60	3.07	0.00	5.88	0.00	0.53	0.00	0.00	20.88
陶瓷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
石沙	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00
水份	39.13	24.79	19.12	28.84	49.05	20.59	37.50	58.33	37.49	25.00	17.26
熱值	4601.14	3167.02	1909.28	3733.88	2955.93	4380.80	4433.45	4126.41	6716.92	7537.50	2209.90

註：熱值為高熱值 (kCal/kg)；成份以乾基表示法。



表五、區域集中處理醫院廢棄物物性：

Eij	外科	內科	小兒科	婦產科	牙科	耳鼻喉科	眼科	皮膚泌尿科	復健科	神經精神科	骨科
紙類	19.15	21.50	18.77	34.85	28.78	32.25	35.01	39.18	32.24	34.92	31.35
纖維	2.35	0.46	1.67	3.77	1.60	3.73	14.67	2.31	4.20	0.63	8.14
木竹	1.89	4.04	1.41	0.94	0.73	5.91	0.56	2.30	1.74	0.00	0.09
廚餘	7.38	3.24	9.46	5.60	1.88	4.47	1.25	1.79	3.62	8.06	3.71
塑膠	14.64	15.25	29.86	12.33	12.53	17.14	9.64	6.31	14.77	7.92	18.70
橡膠	0.73	0.36	1.28	0.88	1.33	0.46	1.14	1.26	0.00	1.65	0.94
其它	0.10	2.16	0.00	2.05	1.25	0.00	0.83	0.00	2.86	1.65	0.95
金屬	1.16	4.92	3.63	1.91	1.39	2.72	5.09	2.10	0.91	0.00	1.84
玻璃	25.00	18.65	15.16	5.42	6.96	2.26	4.24	5.91	1.33	6.59	6.94
陶瓷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	8.24	0.00
石沙	0.47	2.38	0.00	0.00	5.26	0.78	0.00	1.58	0.00	0.00	6.35
水份	27.13	27.04	18.76	32.25	37.33	30.28	27.57	37.26	38.33	30.34	20.99
熱值	2642.01	2673.32	4049.02	3114.92	2627.32	3471.01	3108.94	2541.34	3141.83	2719.03	3555.58

註：熱值為高熱值 (kCal/kg)；成份以乾基表示法。

表六、全省各區域醫療診所統計：

區 域	公 立 醫 院	私 立 醫 院	公 立 診 所	私 立 診 所	公、私 診 總 醫 師 立 所 數	廢 棄 物 總 產 量
台北縣	4	132	41	1,228	5,440	34,663
台北市	20	85	25	2,117	15,730	46,638
基隆市	3	16	16	211	1,432	6,576
桃園縣	4	40	17	704	5,137	18,690
新竹縣	2	11	16	148	537	3,988
新竹市	2	18	3	221	1,302	5,916
苗栗縣	1	28	22	236	924	4,811
台中縣	2	42	30	610	2,160	7,966
台中市	4	38	15	815	4,448	16,949
南投縣	5	25	16	253	1,185	8,605
彰化縣	2	57	29	566	2,280	11,240
雲林縣	2	22	25	260	1,048	6,902
嘉義縣	3	7	24	125	490	5,617
嘉義市	3	21	4	258	1,211	9,146
台南縣	5	38	44	329	1,617	10,197
台南市	2	30	12	583	1,971	7,422
高雄市	11	88	21	955	5,312	25,911
高雄縣	4	51	34	402	2,364	11,771
屏東縣	5	35	40	365	1,485	10,727
宜蘭縣	5	18	15	150	1,270	9,659
花蓮縣	8	9	21	156	1,367	26,078
台東縣	2	6	81	90	497	2,791
澎湖縣	2	4	8	22	161	1,251
合 計	101	821	559	110,804	59,386	293,514

公私立醫院、診所總合計：12,285  
 \* 註：資料來源：「衛生統計」行政院衛生署、台灣省衛生處、  
 台北市衛生局、高雄市衛生局。

表七、廢棄物組成之元素分析與熱值

Ckj	C	H	O	N	S	CL	ASH	H2O	HHV
紙類	45.86	5.41	43.16	0.34	0.05	0.27	4.91	0	4082
纖維類	47.71	5.75	44.4	0.47	0.07	0.38	1.22	0	4231
木竹類	49.62	5.44	40.25	0.74	0.17	0.18	3.60	0	4314
廚餘類	48.45	5.60	32.54	2.58	0.29	0.29	10.25	0	4410
塑膠類	76.20	9.85	5.91	0.49	0.18	3.97	3.40	0	8770
橡膠類	79.36	9.18	1.49	0.40	0.83	5.37	3.37	0	9018
其它類	51.41	6.48	36.56	0.53	0.13	0.36	4.55	0	4128
金屬類	0	0	0	0	0	0	100	0	0
玻璃類	0	0	0	0	0	0	100	0	0
陶瓷類	0	0	0	0	0	0	100	0	0
石沙類	0	0	0	0	0	0	100	0	0
水份	0	0	0	0	0	0	0	100	0
污泥	32.5	4	4	17.5	1	1	40	80	5800

1) 急冷肘管 (Quench Elbow): 將高溫煙道氣從1000°C降至約150°C

2) 旋風分離器 (Cyclone): 其主要作用為收集較大顆粒之粒狀物及水滴。

3) 平板滌氣塔 (Plate Tower Scrubber): 去除酸性氣體。

若未採用缺氧熱解燃燒，則由於粒狀污染物濃度與燃燒氣體流量三次方成正比，因此，粒狀污染物濃度將顯著增加，而必需使用效率較高之滌塵設備。如表八所示，若燃燒條件由過剩空氣比等於零增至100%，相對體積產量將增為2.19倍，粒狀污染物濃度將增為10.5倍。

表八、典型的焚化爐燃燒產物體積百分比

燃燒廢氣	0% EX	50% EX	100% EX	150% EX	200% EX
二氧化碳 CO <sub>2</sub>	12.86 %	9.44 %	7.45 %	6.09 %	5.12 %
水蒸氣 H <sub>2</sub> O	29.25 %	21.45 %	14.46 %	9.85 %	7.09 %
氮氣 N <sub>2</sub>	57.74 %	63.42 %	68.90 %	72.50 %	74.58 %
氧氣 O <sub>2</sub>	0.00 %	5.57 %	9.10 %	11.50 %	13.15 %
鹽酸 HCl	0.12 %	0.09 %	0.05 %	0.03 %	0.02 %
二氧化硫 SO <sub>2</sub>	0.03 %	0.02 %	0.03 %	0.04 %	0.04 %
相對體積產量	1.00	1.36	2.19	3.64	5.79

此外，當過剩空氣增大而仍欲維持適當的燃燒溫度，則需利用燃料提供熱能。若所使用之輔助燃料為燃油，則其使用量愈大將使二氧化硫產生量增大，濃度亦可能增高，如表八所示。

利用以上所述廢棄物物化性質資料執行焚化系統設計時，應注意各成份之可信度。由於C, H, O, N等元素只影響熱質及體積產量，而由表八可之焚化爐燃燒產物中以N<sub>2</sub>佔大部份，因此，其可信度區間對焚化設施之設計影響不大。但硫與氯之濃度對空氣污染防治設施之設計的影響則極為顯著，因此，建議設計時宜因應實際需要取其上限，或加大設計寬裕度，以確保系統之性能。

### 結 論

本研究針對各種不同類型醫院、診所及檢驗院所之各種病房、門診單位、行政支援單位、醫療及檢驗單位進行系統化的廢棄物採樣、分析工作，建立完整的醫院廢棄物物理組成及化學組成資料庫。並更進一步設計完成「醫院廢棄物特性評估軟體」，可自動建立各種不同地域醫院、病房結構、及操作模式時之廢棄物產量及物理化學特性。本文詳述此「醫院廢棄物特性評估軟體」之原始數據取得方式，可信度；並詳述利用此數據資料庫評估結果進行焚化爐設計規劃之作法，並探討廢棄物特性對焚化爐設計及操作之影響。建議利用此數據資料庫評估結果進行焚化爐設計時，宜因應實際需要取其上限，或加大設計寬裕度，以確保系統之性能。

### 誌 謝

本研究承行政院衛生署資助。新竹及基隆地區醫院及診所提供協助並配合採樣工作，能資所工程組及多位同仁協助採樣分析工作。

### 考資料

1. Allen, R. J., G. R. Brenniman and C. Darling, (1986), Air Pollution Emissions from the Incineration of Hospital Waste, J. APCA, Vol. 36,

No. 7, PP. 829-831.

2. Chang, R. H., and K. T. Teseng, (1987), Incineration of Hospital Wastes in Taiwan, Prec. Ist. Symp. on Manag. and Treatment of Infectious Waste, Dec. 1987, Taipei, Taiwan, R.O.C.

3. 工研院能礦所能源與環境論文集, NO: 15, 1989, 5, 26

4. 工研院能礦所能源與環境論文集, NO: 18, 1989, 6.