

丹麥有害事業廢棄物清運及處理系統

傅孟台*

一、前　　言

丹麥位處北歐由四個大島及數個小島所組成，全國僅有一座有害事業廢棄物集中處理廠，但由於收集及清運系統規劃的相當完善，因此對於事業廢棄物之管理及處理頗值得我們借鏡，筆者有機會至丹麥接受有害事業廢棄物管理訓練，並參觀該國之清運及處理系統，深覺以丹麥對有害事業廢棄物之管理系統，或可應用於寸土寸金之國內。

二、有害事業廢棄物分類系統

在丹麥大約有80,000家工廠產生約 152種有害事業廢棄物，為了方便運輸簡化為52類，但在實際上為了配合每日之清運工作，更簡化為下列八大類〔根據kommunekemi(kk)分類系統，kk為丹麥有害事業廢棄物集中處理廠之簡稱〕。

A類：油類廢棄物(oil waste)。

B類：含鹵化物廢棄物(waste containing halogens)、其它含鹵素及硫之有機化學廢棄物(other halogen and sulphur containing organic-chemical waste)。

C類：不含鹵素及硫之廢溶劑(waste solvents without halogens and sulphur)(<1%)。

H類：不含鹵素及硫之有機化學廢棄物(organic chemical waste without halogens and sulphur)。

T類：農藥廢棄物(pesticide waste)。

X類：無機廢棄物(inorganic waste)。

K類：含汞廢棄物(mercury containning waste)。

Z類：其它雜項廢棄物(miscellaneous)。

*工業技術研究院能源與資源研究所工程師

三、有害事業廢棄物收集及清運系統

有害事業廢棄物分別由全國275處收集站 (collection point,如相片1) 運至21處轉運站 (transfer station,如相片2) 再轉運至集中處理廠 (Kommunekemi a/s,如相片3) 集中處理，收集站設置原則為每一行政區設置一處，而轉運站之設置以距離收集站及事業廢棄物主要產生源 (工業界、藥房等) 不超過40哩為原則，在廢棄物收集站，工作人員必須進行廢棄物分類並分開儲存 (如相片4)，而收集站與轉運站間訂有廢棄物分類錯誤之罰則，以確保集中處理廠設備之使用壽命。

主要廢棄物產生源至轉運站間的運輸以公路運輸為主，在運輸過程中必須準備廢棄物之詳細文件 (每種廢棄物均需準備二份) 及可移動式無線電 (萬一發生意外聯絡消防隊等單位) 以確保安全，廢棄物運輸車輛之司機必須擁有 "運送有害事業廢棄物之駕駛執照"，這項執照可經過相關單位為期二週的 "有害事業廢棄物運送訓練課程" 而取得。運輸人員必須確保運送間之安全，包括廢棄物文件的保管，廢棄物的包裝及識別牌的顏色的標定 (以丹麥為例識別牌尺寸為30cm×40cm，顏色為橘紅色並註明廢棄物類別)。

廢棄物運送到轉運站時，轉運站工作人員必須以目測判定下列項目：

1. 查看標記是否正確 (廢棄物文件代號及其他安全標記等)。
2. 查看廢棄物容器之物理性質 (作為後續運送之參考)。
3. 查看廢棄物文件是否正確填寫。
4. 查看廢棄物容器代號與廢棄物文件代號是否相符。

然後正確的廢棄物資料將經由電腦傳送至廢棄物集中處理廠，廠內有相關工作人員24小時接收並處理此資訊。

此外，在廢棄物轉運站還設有初步廢油及廢水處理設備 (如相片5)，以處理油水分離及洗車廢水 (載運廢油之車輛出轉運站前必須以高壓水清洗，如相片6)，所有的廢棄物經過抽樣檢驗後分類存放 (如相片7)，然後經由轉運站內之專用火車送往集中處理廠 (如相片8)。

由廢棄物轉運站至集中處理廠之運輸有公路及鐵路二種，但考慮安全性以鐵路運輸佔大部分。

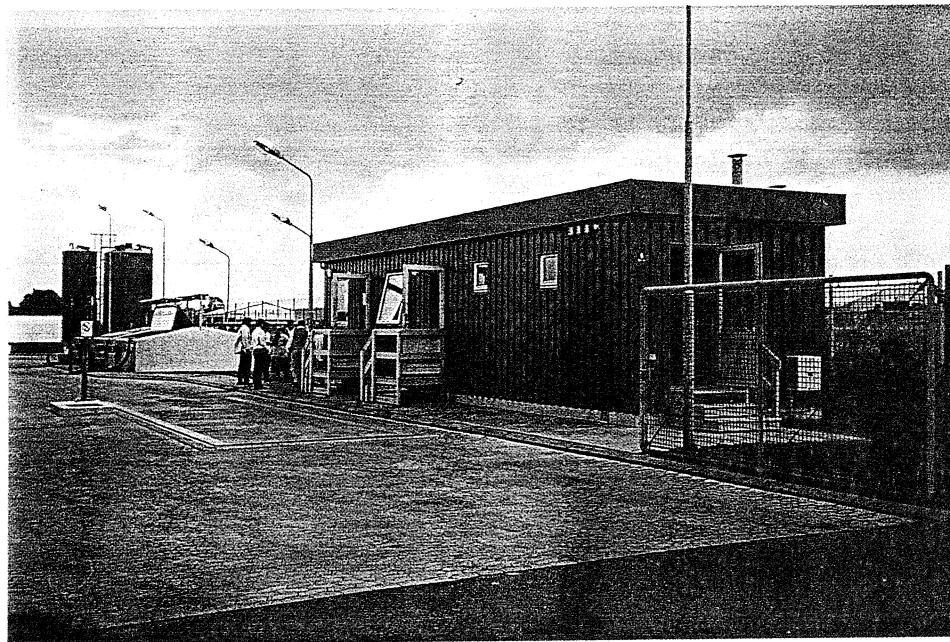
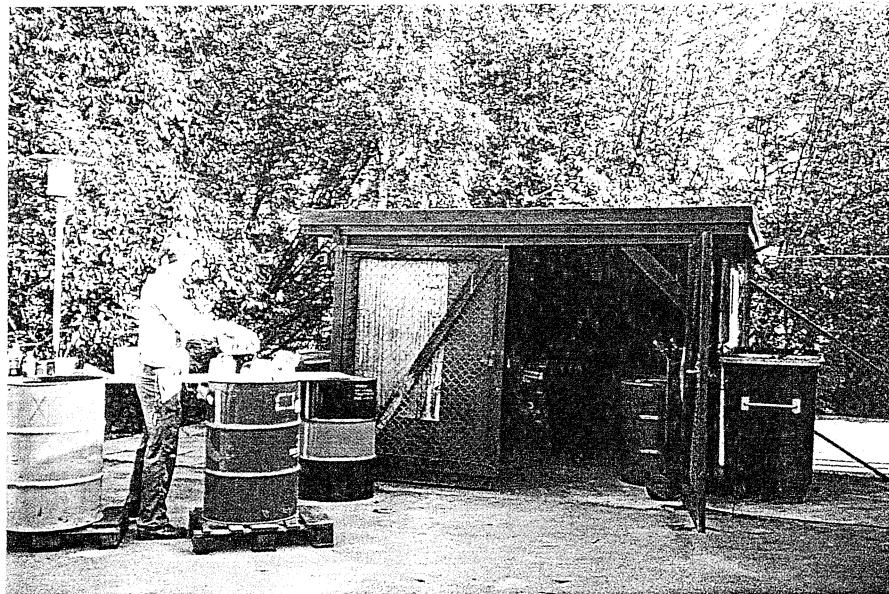
四、有害事業廢棄物集中處理廠

Kommunekemi a/s 是全國僅有的一座有害事業廢棄物集中處理廠，位於丹麥地理位
置中心 Odense 島上，距離丹麥首都歌本哈根150公里處的海邊。

Kommunekemi成立於1975年，而所接受的有害事業廢棄物由1975年的每年18,000噸，成長至1989年的每年105,000噸，其中以A類的油類廢棄物及H類的有機化學廢棄物佔大部分。廠內的主要設備共計有：

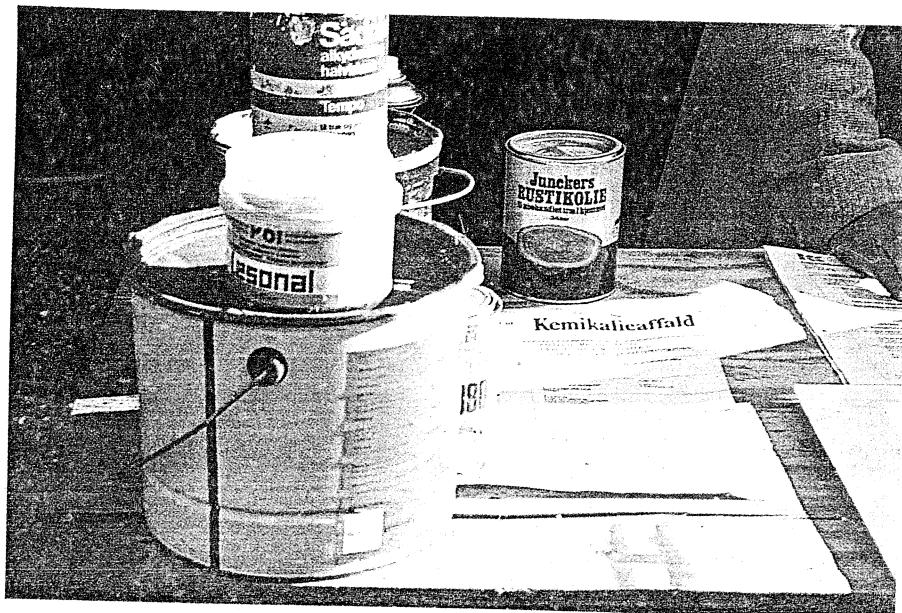
相片 1 有害事業廢棄物收集站 (上)

相片 2 有害事業廢棄物轉運站 (下)



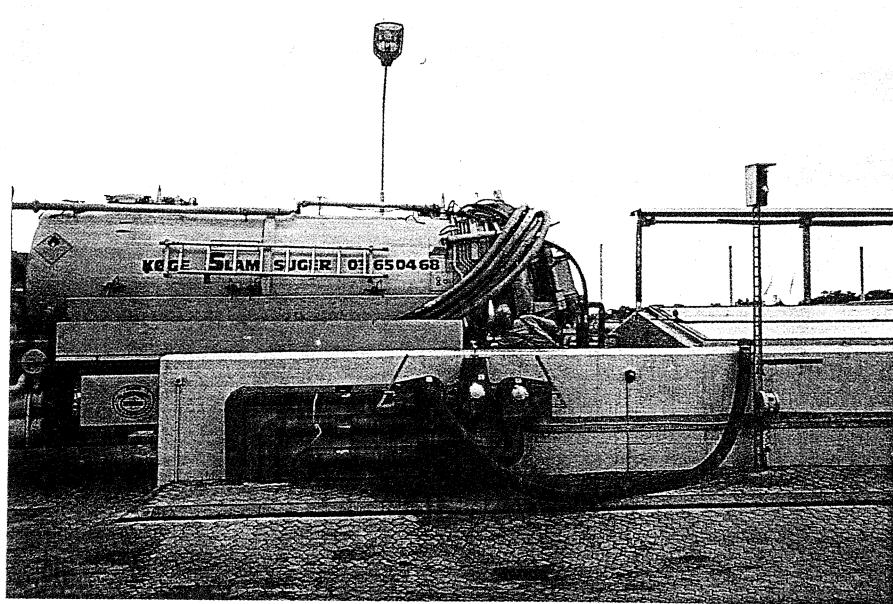
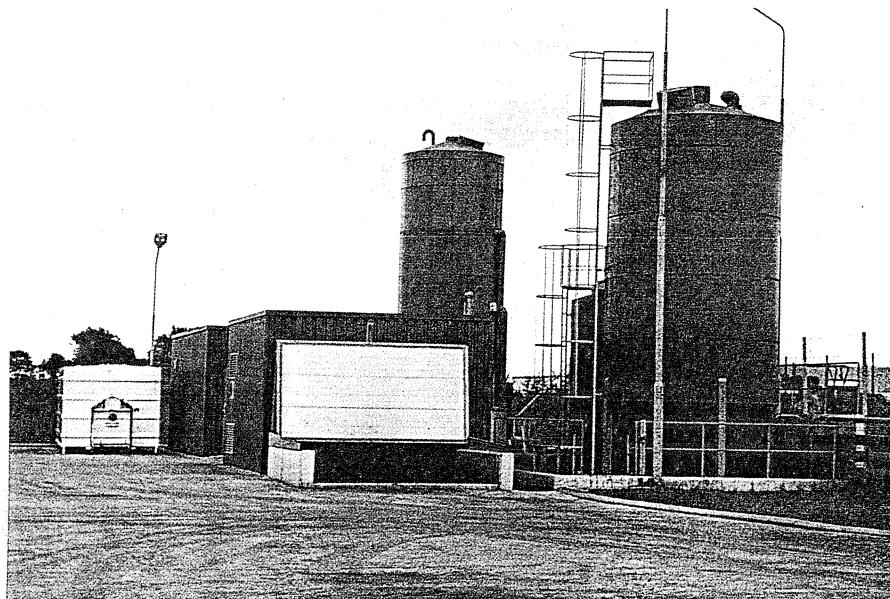
相片3 有害事業廢棄物集中處理廠（上）

相片4 有害事業廢棄物分類情形（下）



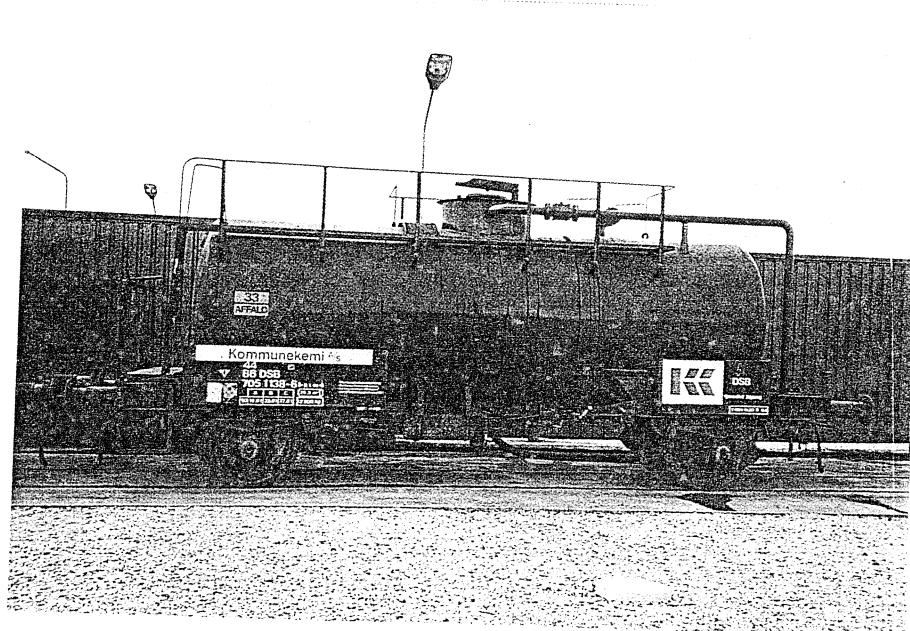
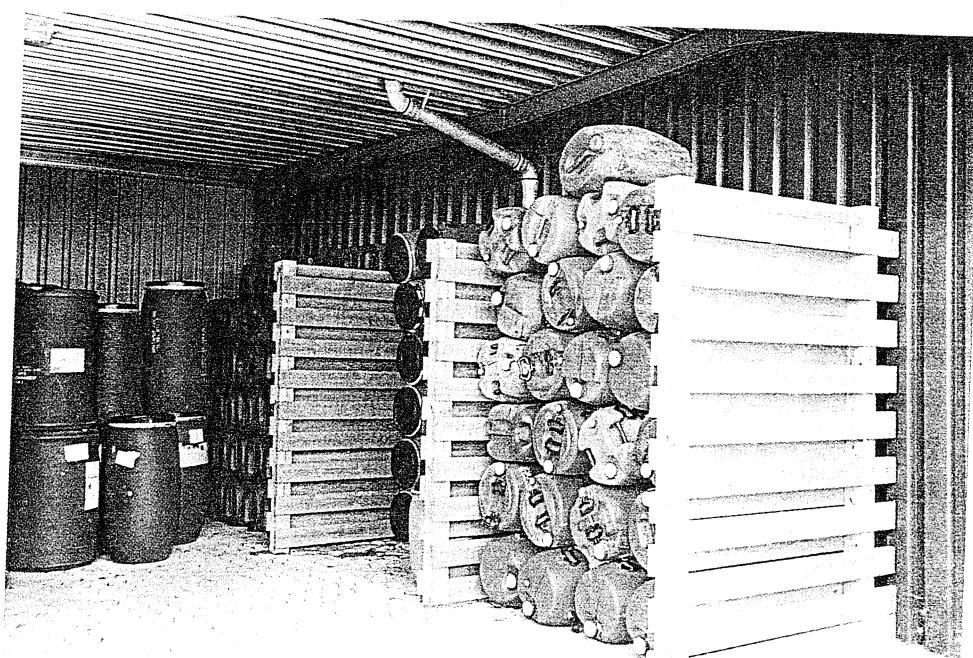
相片 5 廢油水處理設備 (上)

相片 6 洗車區清洗情形 (下)



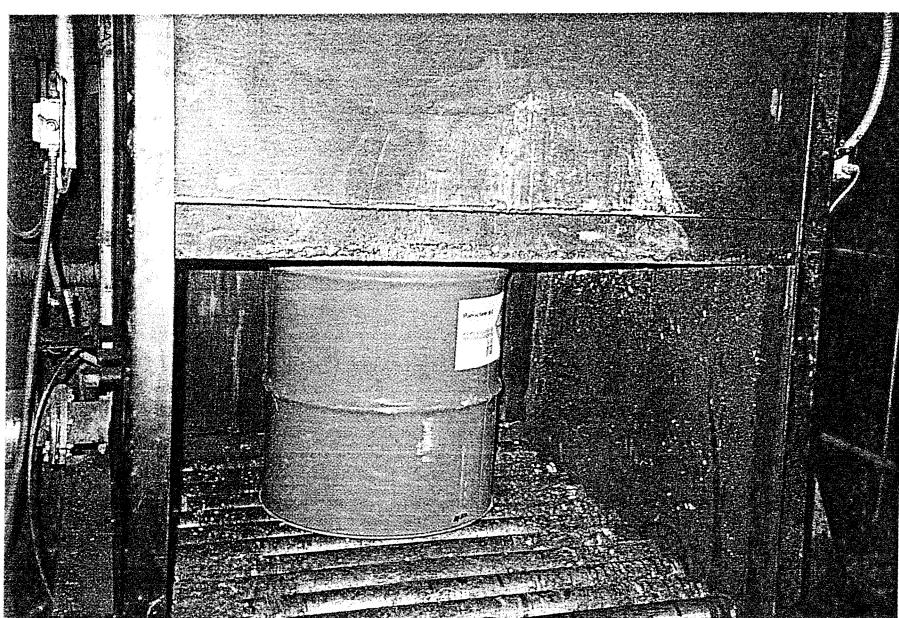
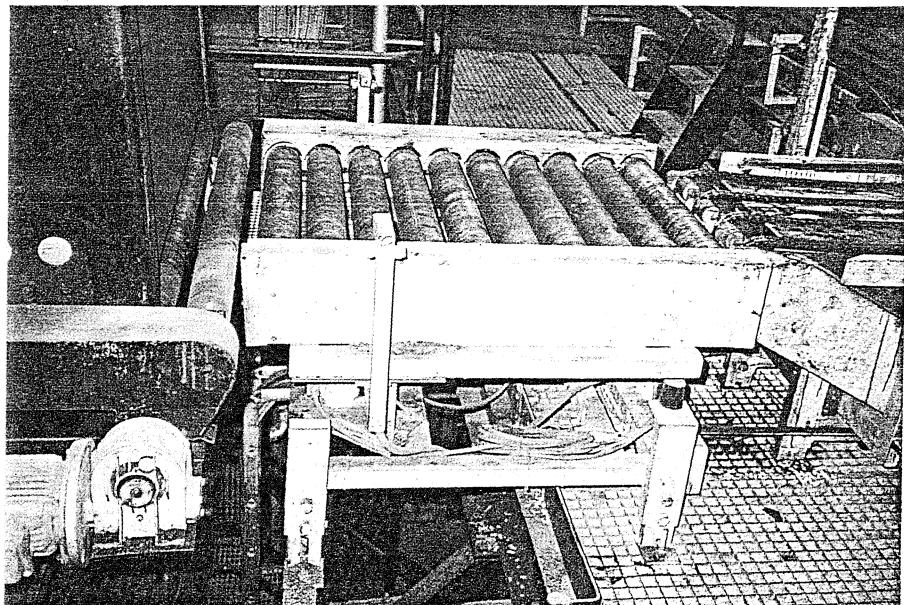
相片 7 轉運站中有害事業廢棄物分類存放 (上)

相片 8 轉運站中廢棄物專用鐵路 (下)



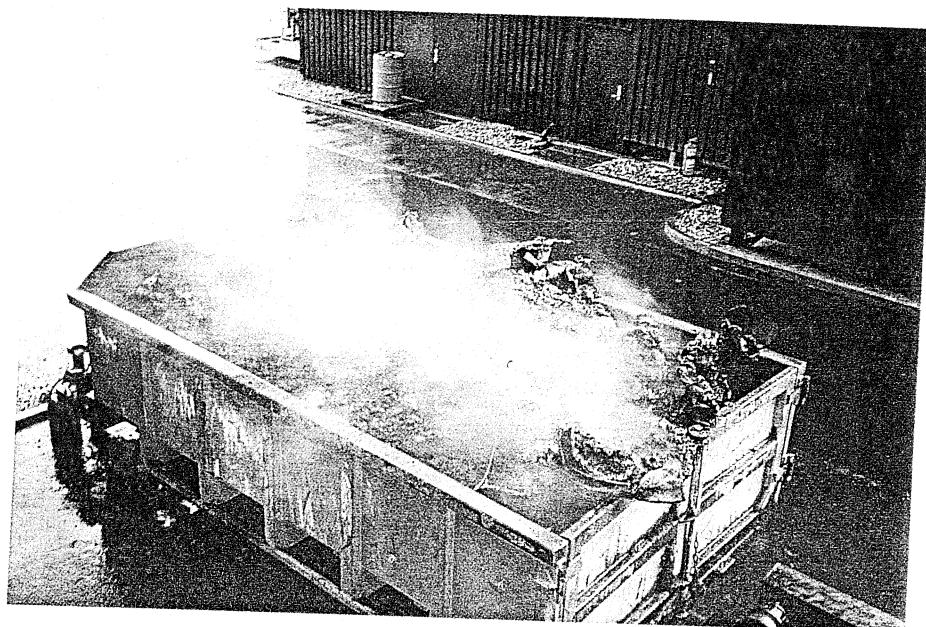
相片 9 廢棄物進焚化爐前之秤重系統（上）

相片 10 旋轉窯進料前處理（下）



相片11 一次燃燒室排出之底灰 (上)

相片12 掩埋場 (下)



廢棄物接收區及前處理區、廢油回收廠、可泵送及不可泵送廢棄物儲存區、物理／化學處理廠(處理無機廢棄物)、高毒性物質管制廠、發電廠(汽電共生設備)、維修工廠及分析實驗室。

筆者在參觀過程中著重於焚化系統，因此針對旋轉窯焚化爐作較詳細之敘述。該廠三座旋轉窯焚化爐操作時數每年平均為 7,000 小時，而共同使用一個廢棄物進料系統，根據廢棄物之不同性質而分別進入不同之焚化系統，三座旋轉窯焚化爐之共同處理量依廢棄物之性質分別為：

表 1 旋轉窯式焚化爐進料特性表

種類	焚化量(噸/年)	熱值(BTU/lb)
1. 可泵送之廢溶劑／污泥(pumpable solvents/sludge)	21,000	6450
2. 高粘度及膏狀污泥(high viscous and paste-like sludge)	3,000	6450
3. 可泵送之高毒性廢棄物(high toxic materials in pumpable form)	100	0
4. 不可泵送廢棄物(non-pumpable waste)。	8,000	6450

表 2 三座旋轉窯焚化爐進料方式與進料量一覽表

進料方式	進料量(kg/hr)
抓斗進料方式	450
輸送帶進料方式(鐵筒)	1,000~1,200
泵進料方式(可泵有機廢棄物)	3,000
特殊進料系統(高濃度廢棄物)	600
單獨管路進料方式(高毒性廢棄物)	100

1. 在廢棄物儲坑(waste bunker)之廢棄物使用抓斗(crane)進料方式進料量：450kg/h。
2. 鐵桶盛裝之廢棄物(每桶約100kg)，利用輸送帶(conveyor belt)進料方式(鐵筒)進料量：1,000~1,200kg/hr。
3. 儲存於特殊儲槽之可泵送有機廢棄物利用幫浦(pump)進料方式(可泵有機廢棄物)進料量：3,000kg/h。
4. 儲存於特殊儲槽之高濃度廢棄物利用特殊進料系統(高濃度廢棄物)進料進料量：600kg/h
5. 高毒性廢棄物利用單獨管路進料方式(高毒性廢棄物)於F-Ⅲ焚化爐進料量：100kg/h
6. 回收之小容器
7. 輔助燃料

以筆者現場參觀所見，廢棄物進廠後在廢棄物接收站(waste reception area)經過分析檢驗人員快速抽樣檢驗，然後經過必須之前處理諸如：脫水(decanting)，調配(

blending) 等就分門別類送至儲存區，當然這些廢棄物資料已鍵入電腦並將信號傳至焚化爐控制室，為了便於焚化爐控制室人員隨時掌握廢棄物進料系統之現況，在進料系統中設有多處電視監視器，在控制室中對進料現況可一目了然。

一次燃燒室採slagging mode方式操作，因此操作溫度高達 $1,100^{\circ}\text{C}$ ，鐵桶裝廢棄物從進料區經輸送帶，升降機，秤重系統(廢棄物重量資料傳送至控制室，如相片9)，前處理(使用double gate利用piston將鐵桶蓋打穿便於焚化如相片10)。

由於一次燃燒室操作溫度高達 $1,100^{\circ}\text{C}$ ，因此在一次燃燒室側設置有紅外線溫度感測器(平均每公尺設一組)，將信號送至控制室，在控制室電腦上便可很清楚看到一次燃燒室表層平均溫度(每米每旋轉60度一組數據)，這些溫度分佈資料及變化情形可作為一次燃燒室耐火材料更換之依據。

一次燃燒室後緊接著便是二次燃燒室及廢熱鍋爐，再經由半乾式滌氣塔及靜電集塵器等空氣污染防治設備，最後經由誘引式抽風機及煙囪排出。

在空氣污染防治方面焚化爐(F-I)採用hydrated lime噴注於廢熱鍋爐爐膛上方中和酸性氣體，再經由靜電集塵器去除粒狀物，焚化爐(F-III)則使用半乾式吸收塔(spray dry absorber)中和酸性氣體，再經由二部靜電集塵器去除粒狀物，焚化爐(F-IV)使用半乾式吸收塔中和酸性氣體，再經由濾袋式集塵器(bag house)去除粒狀物。

旋轉窯焚化爐排出之底灰以及廢熱鍋爐與空氣污染防治設備收集之飛灰經檢驗後送往掩埋廠掩埋(如相片11、12)。

在廢熱回收方面三座焚化爐共用二組蒸汽渦輪機產生 $7\sim 13\text{MW}$ 之電力，其中40%供全廠使用，另外提供Nyborg(地名：距離Kommunekemi約30公里)熱水系統能源供應量之60%(約85,000Gcal)，其餘則賣給當地電力公司，以1989年為例賣給當地電力公司之電力高達30,000Mwh。

在空氣污染物排放濃度方面，由於丹麥環保法規極為嚴格，因此該廠相當重視空氣污染防治設備，以使用袋濾式塵器(bag house)的F-IV焚化爐為例，粒狀物排放濃度為 $17\text{mg/dscm } @ 6\% \text{ O}_2$ ，而其餘二座使用靜電集塵器焚化爐之粒狀排放濃度也都在 $80\text{mg/dscm } @ 6\% \text{ O}_2$ 左右，F-IV焚化爐排放濃度與國內現行環保法規比較則在標準值的20%以下，詳細資料如表3所示。

五、結語

在台灣廢棄物處理廠用地取得之不易，是有目共睹的事實，而在有害事業廢棄物貯存、清運、處理、處置等程序中，類似丹麥對於有害事業廢棄物之管理系統或可作為相關環保業者之參考。

表3 旋轉窯焚化爐之污染物排放值

項 目	焚化爐編號	F I	F III	F IV
	檢測參考值	7% CO ₂	7% CO ₂	7% CO ₂
廢氣排放量	Nm ³	56,700	53,400	60,300
排放廢氣溫度	°C	288	151	131
懸浮微粒濃度	mg/Nm ³	47	57	13
懸浮微粒排放量	kg/h	2.7	3.0	0.7
O ₂	%	13.4	11.2	9.5
CO ₂	%	5.8	7.2	9.1
CO	ppm	50	15	90
NOx	ppm	50	60	100
TOC	ppm	<13	<11	<10
Cl ₂	ppm	0.2	<0.2	<0.2
HCl	mg/Nm ³	670	200	40
HF	mg/Nm ³	1.1	0.13	<0.15
SO ₂	mg/Nm ³	765	360	130
H ₂ S	mg/Nm ³	2	< 2	1.5
Hg(懸浮微粒狀態排出)	μg/Nm ³	0.016	0.018	0.090
Hg(氣狀排出)	μg/Nm ³	70	120	35

資料來源 :KOMMUNEKEMI a/s