

污染防治技術

處理技術

丹麥有害廢棄物集中處理系統的介紹

馬文松*

有害廢棄物是目前世界各國做環保工作中最受矚目，也最為棘手的問題，美國為徹底解決有害廢棄物的問題，在1976年頒佈的資源回收再利用法案，做為廢棄物的全程（由搖籃到墳墓）管制，其中特別對廢棄物的處理嚴格管制。

臺灣地小人稠，又加工業形態特殊，中小工業佔90%以上，廢棄物之各別處理無論就經濟、技術均有困難，集中處理乃成為重要的選擇。

當此我國緊鑼密鼓籌措廢棄物集中處理之際，茲將在歐洲執行最久，成效最著的丹麥廢棄物集中處理的運作管理體系，以及處理方法介紹於後，以供大家參考。

丹麥的面積與臺灣相近，較臺灣約大了約25%（四萬四千平方公里），但人口卻只有臺灣的1/4（五百一十萬）。全國分為275個縣市（Municipalities），對全國的廢棄物管理，丹麥環保署的法令規定：

- (1)各縣市必須建立一個收集家庭廢棄物（化學性）的系統。
- (2)各事業（包括工業及農業）機構，除已擁有自行處理之許可者外，均必須將其廢棄物送交有許可證的處理機構，如公共化學廢棄物公司，而後者不能對任何一種廢棄物拒收。
- (3)各縣市可以設置廢棄物收集站來滿足第一點之要求，廢棄物再由收集站運至轉運站，集中分類，然後運至集中處理中心處理。

收集站：各縣市均設一收集站，目前丹麥全國計有275個以上之收集站（Collection Station）。收集站收集各種家庭用之化學藥品，舉凡過期維他命、廢油、電池、農藥、殺蟲劑、空罐等等應有盡有。廢棄物由市民自行送達，然後照各收集桶之標籤，將廢棄物歸類。

轉運站：丹麥全國共設21個轉運站（Central Transfer Station）。轉運站接受收集站送來的廢棄物，工業及農業機構必須直接送到轉運站。所有的廢棄物都在轉運站分類集中，然後再運至集中處理場。例如廢油：大都先在這裏作初步分離，廢油收進來後在這裏經過沈降，將油、水及渣分離後，上清的油層經過濾後加熱，驅去揮發部分，然後回收，水及渣則分別裝在油罐車或桶中後送到「公共廢物處理場」處理。又例如電鍍廢液的氰系、鉻系濃厚廢液亦均在此驗明正身

*工研院化學工業研究所污染防治組組長

後歸在塑膠桶中，桶外再加木桶以爲保護以免破裂，再送 Kommunekemi 中處理。

毒性化學物質在轉運站中均加鎖儲存，轉運站通常以火車將廢棄物送至集中處理場。工業亦可要求轉運站直接去其公司收取廢棄物，但這種服務須另收費。轉運站的位置平均遍佈全國各地，任一工廠距轉運站之距離，大約均不超過 50 公里。我們所參觀之轉運站是 Hillerd Transfer Station, 1985 年該轉運站所收取之 Waste 如下：

廢棄物	Ton
廢油	2500
化學廢料	4100
計	6600
水 (從油分離出者)	1300
(送往處理場之全部廢料)	5300
Cutting Oil (送回收廠)	600
全年總計 (所收之廢棄物)	7200
(6,600+600)	

1985 年 Hillerd 轉運站之操作費用如下：

(包括轉送廢棄物至 Kommunekeni 處理場)

項 目	U. S.	U.S./ton	所佔%
1. 運費 (至轉運站)	68,000	9.43	8
2. 運作管理費	71,000	9.92	8.5
3. 處理費 (油及化學品)	705,000	97.9	83
4. 運費 (送往處理場估)	53,000	7.32	
運輸以外之費用 (估計)	652,000	90.5	
總計 (1+2+3)		117.25	100
100 US=806.05 DKK			

處理場：Kommunekei 處理場位於 Nyborg 城，其地理位置恰在丹麥全國之中心。我們從哥本哈根先坐火車，然後整輛 (數節) 火車再上渡輪，再到達 Nyborg。旅程十分有趣，火車十分舒適，有會議室，我們利用乘車時間討論。輪船更是龐然大物，全程共兩小時半旅程，十分有趣，亦可謂見所未見，大開眼界了。

Kommunekei 佔地 51,000 平方公尺，其營運費用分兩部分：

- 一、工業付其所產生之廢棄物之處理費。
- 二、縣市則付收集場之廢物處理費。

處理場分下列幾個部分：

(1) 廢棄物進口站 (Receiving Trench) :

凡廢棄物送達 Kommunekemi 者，都必須同時附有一說明清單 (manifest)。該單的內容，要求相當詳盡，並必須附送一份廢棄物的樣品，樣品在進口站經富有經驗之化學工程師詳細鑑定後，選定處理方法。此一選擇，一部份取決於既有資料；一部份則要靠立即送樣品至實驗室檢驗。處理方法決定後，即電腦入帳登記，並分發至一定之儲存區等候處理。

- (2) 儲藏室及毒物儲藏室。
- (3) 溶劑之儲槽 (Tank Farm)。
- (4) 油之儲槽。
- (5) 桶之儲存區 (Drum Storage)。
- (6) 油罐車出料區。
- (7) 無機物處理區。
- (8) 除毒區。
- (9) 辦公室及會議室。
- (10) 實驗室。

其佈置圖如下圖(1)

處理場的操作包括廢油處理，無機物處理及焚化三項。

一、廢油處理：廢油在這裏純化後精製成燃料油再供工業用。

Kommunekemi 之設計為年處理量 18,000公噸。實際上 1986年共處理40,000公噸。廢油從油罐車 (火車) 或從除料站的桶中，用幫浦打進儲存槽 (Receiving Trans)。操作以批式方式進行，每日處理 100公噸，其流程如圖(2)，廢油先加熱至 90°C，其中揮發性物質在此溫度下隨同汽油 (主要成分) 一同揮發，該部份再經冷凝收集後焚化。

二、無機物處理：

無機物分為三類：

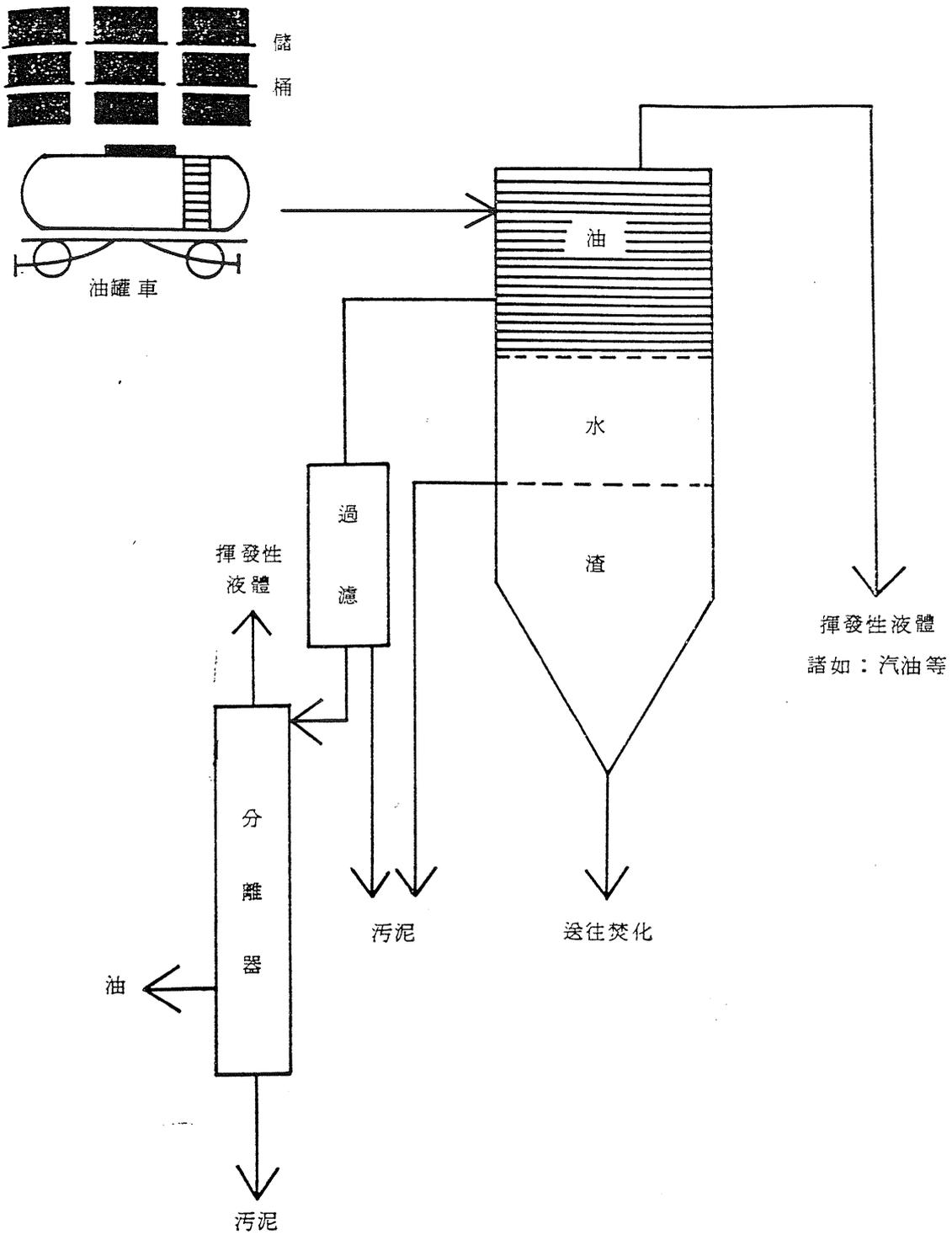
- (1) 含 Fe^{+++} 酸性廢棄物。
- (2) 含鉻酸性廢棄物
- (3) 氟系鹼性廢棄物

HF 酸另以 PE 桶，另外儲存。

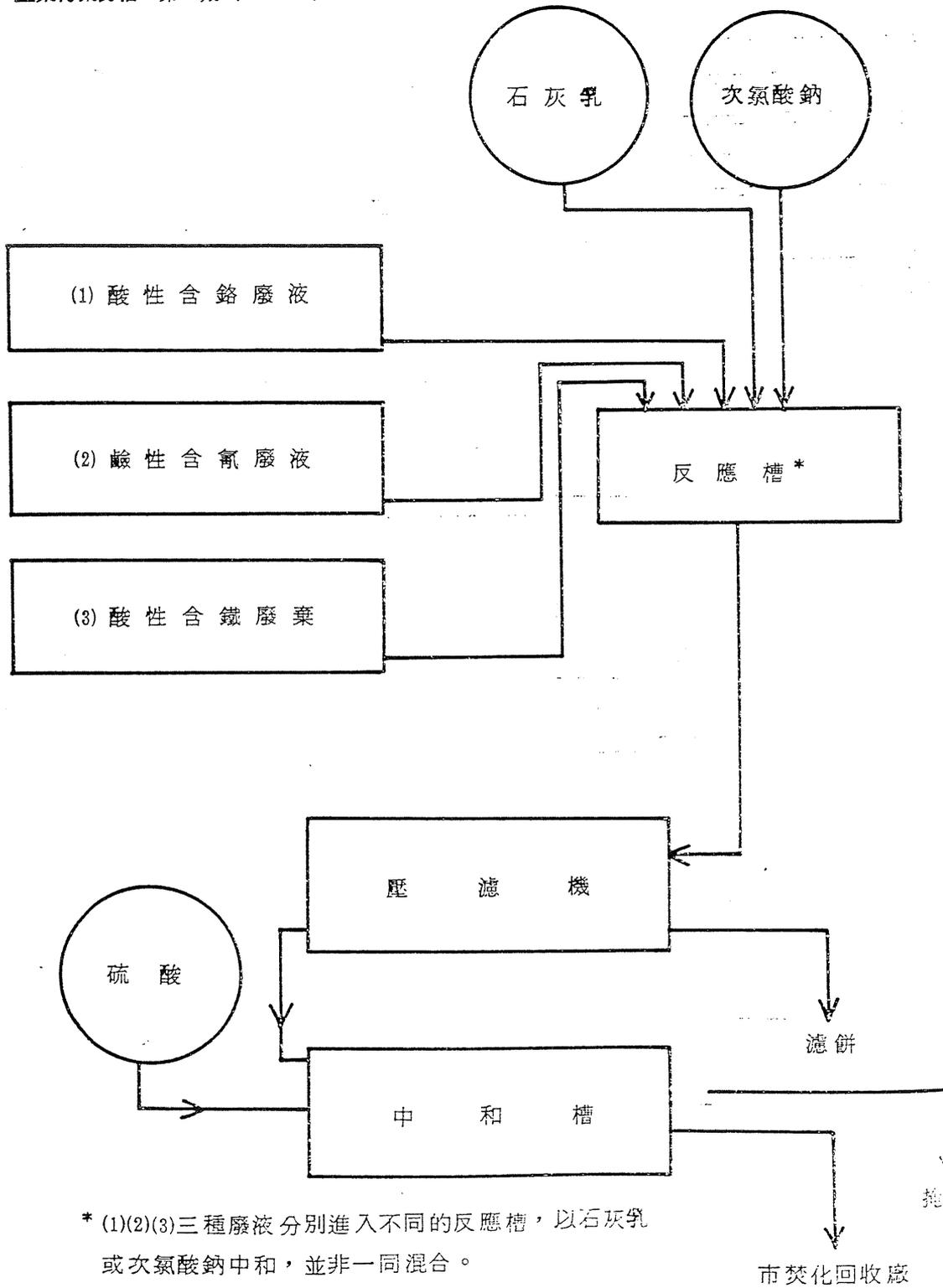
無機物均用傳統方法處理，氟系是用次氯酸氧化法，鉻系則以亞鐵還原後，再以石灰水中和處理，其流程如圖(3)。

三、焚化：Kommunekemi 共有兩座焚化爐，F I 及 F II 均為 Rotary Kilns。每小時各可處理 5 公噸化學品及 2 公噸污染水。含氯及硫低的固體及液體 (< 1%) 廢棄物在 F I 焚化。F I 排氣無處理設備，但在如此控制下，煙囪之排放，仍可維持標準 (HCl , 600mg/Nm³, SO_2 , 1000mg/Nm³)。

根據實驗室之分析數據，廢棄物由電腦決定其混合之方法，以便使其熱值能維持某一範圍，便於焚化。液體由 lance-type nozzles 注入焚化爐，固體則以塊狀投入。



圖(2) 廢油處理流程



圖(3) 無機物處理流程

轉窯溫度約 1200°C，爐渣呈流體狀，流體之爐渣在水中冷卻後收集於容器，然後再安全掩埋。

可燃物在第二燃燒室完全分解，其溫度約為 900°C。其有機物分解效率，據測定超過 99.99%。

污水主要為從廢油分離出來者，直接注入第二燃燒室。水中所含的污染物可全破壞，排氣則同時冷卻然後進入鍋爐。20%之蒸氣自用，其他則賣給附近市政府及產生熱氣用。粒狀污染物則在廢氣進入煙囪前由靜電吸塵器收集，然後再送去安掩埋。

F II 焚化爐原理與 F I 相同，但裝有空氣污染處理設備。可以處理鹵素及 SO₂。故對含高量鹵化物或硫化物之廢棄物，則由此焚化爐處理。空氣污染處理是採用式處理設備；就是將石灰乳以霧狀高速噴入（用 High Speed Cotary Atomizer 一柱狀反應器，廢氣中之鹵化物及一氧化硫與石灰接觸時即反應為鹽（CaCl₂、CaHSO₃），水份則蒸發，反應物為粒狀，收集後再予以安全掩埋處理。

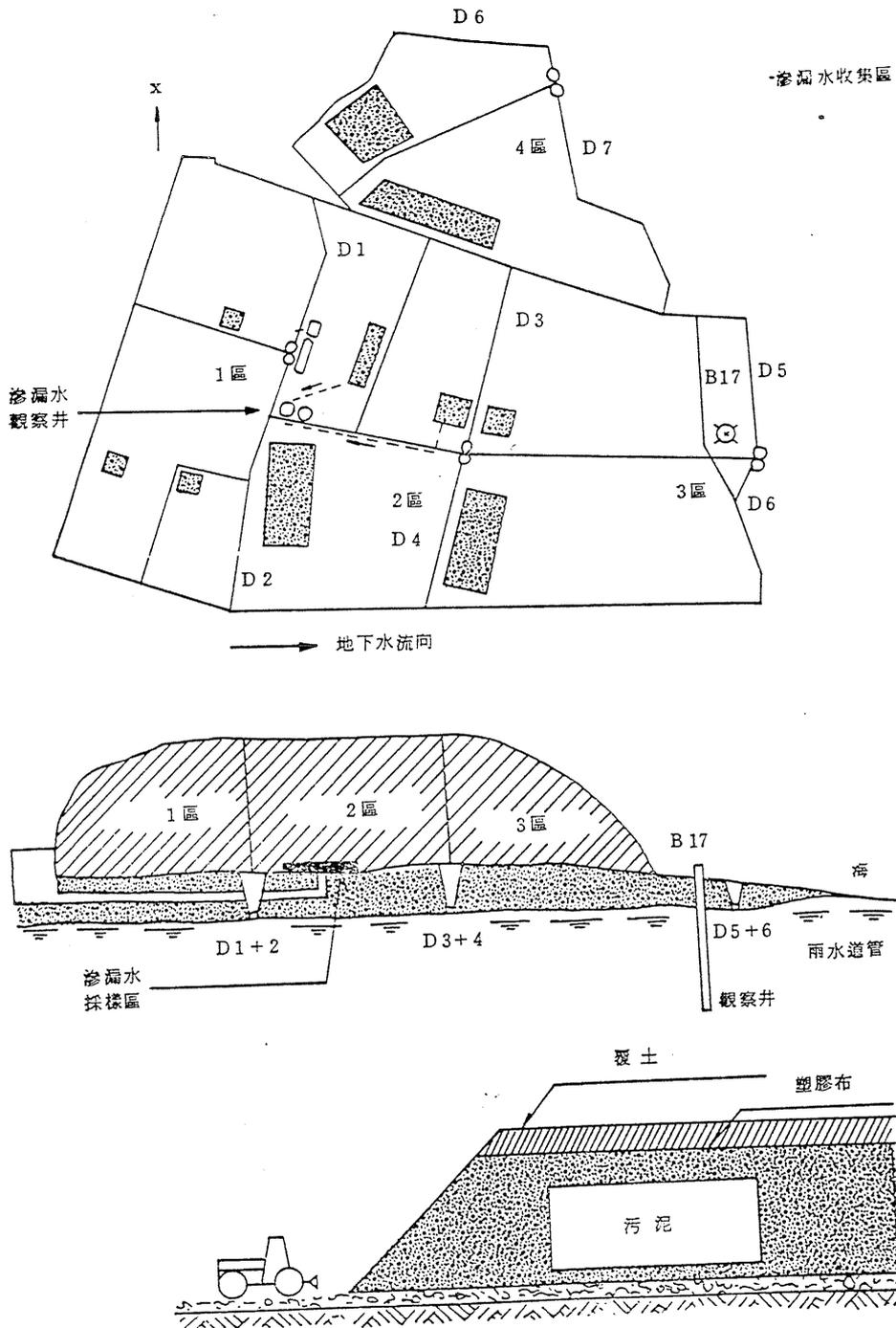
Kommunekemi 之安全掩埋場約距 Nyborg 20公里（在 Klintholm），此地不掩埋 Kommunekemi 焚化後之灰燼，無機物之爐餅，同時亦儲存於此。一部份經處理過，但經實驗證明合於掩埋標準之廢棄物亦直接在這裏掩埋。該掩埋場原一廢棄石灰礦場，故有一層石灰層可作為滲漏水中，重金屬滲透之保護。掩埋之漏水直接流入海裏，但每年採樣三次，以便監視。焚化爐之飛灰，爐渣，無機爐，均埋在不同地點。並做了一張地圖，以便將來如必須取出可容易些。掩埋場的部，並無塑膠布，但在地表上有一層石灰岩（自然的），廢物堆完之後則覆上塑布及土，以便種草。掩埋場設下水道，將滲漏水直接排入海裏。但對滲漏水亦設樣區，每年採樣三次做監視。並設地下水監視井，以便監視掩埋之污染。掩埋場約可用15~20年。如圖四

圖四 將 Kommunekemi 過去十一年來接受之廢棄物作一分析。有趣的是廢油及有機物每年大幅增加。Kommunekemi 在 1975年處理量為 18,000公噸到1986年則為 130,000噸，這達 9 倍的增長，當然不是完全由工業的成長所引起，這便意味著開始的幾年，許多棄物並沒有進入 Kommunekemi。可見廢棄物管理不是易事，也是要經過多年的教育及導，才能逐日走上軌道。

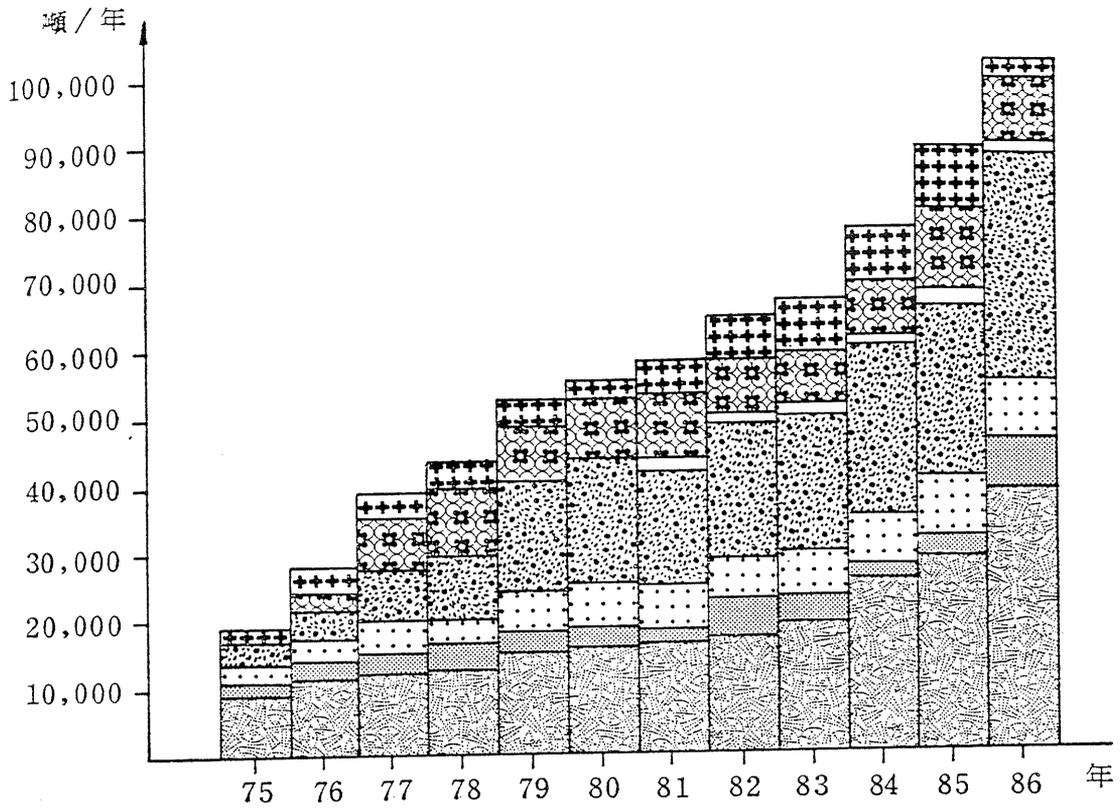
丹麥的系統和美國不同，美國對廢棄物大戶的生產者，有極嚴密的監視系統，但對在處理處理則不多管。而丹麥則並未嚴格監視工廠，但即使小如家庭，其廢棄物亦在管制處之列。丹麥更採自動自發式，但兩國對亂丟的公，私單位則均採嚴格重罰的手段。環顧歐洲國家，無論其管理的方法是嚴是寬，但歐洲各國均在實際「做」卻是事實，即使如共產國的匈牙利也已在建立有害廢棄物的掩埋場，設計十分週嚴，佔地亦極大（未有焚化處理中心）他們要在未能有效處理（焚化）前，最少先好好的儲存，不要造成全國的污染。

回顧我國土地小、人口多，比丹麥人口密度高了約 4.5倍，而我國對廢棄物的處理，至今還未有計畫的全盤策劃，這真是足為我人警惕的事。

LANDFILL-PRINCIPLES AT KOMMUNEKEMI A/S



圖(4) 安全掩埋場



丹麥公共化學公司廢棄物收取量

- | | |
|-------|-------|
| 其他 | 非鹵素溶劑 |
| 無機廢棄物 | 含鹵素溶劑 |
| 農藥 | 油泥廢棄物 |
| 有機廢棄物 | |

圖(5)