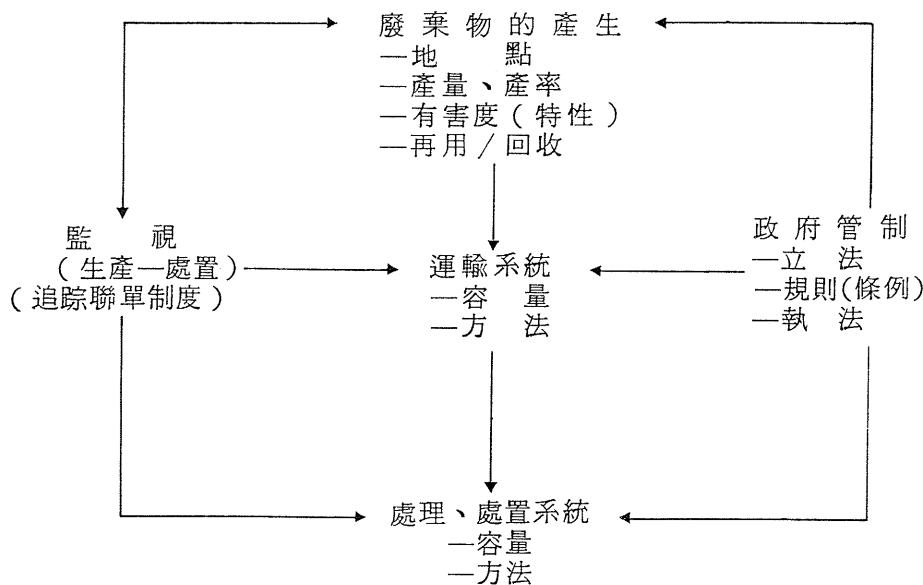


# 有害廢棄物管理計劃之探討

江康鈺 \*

## 一、前 言

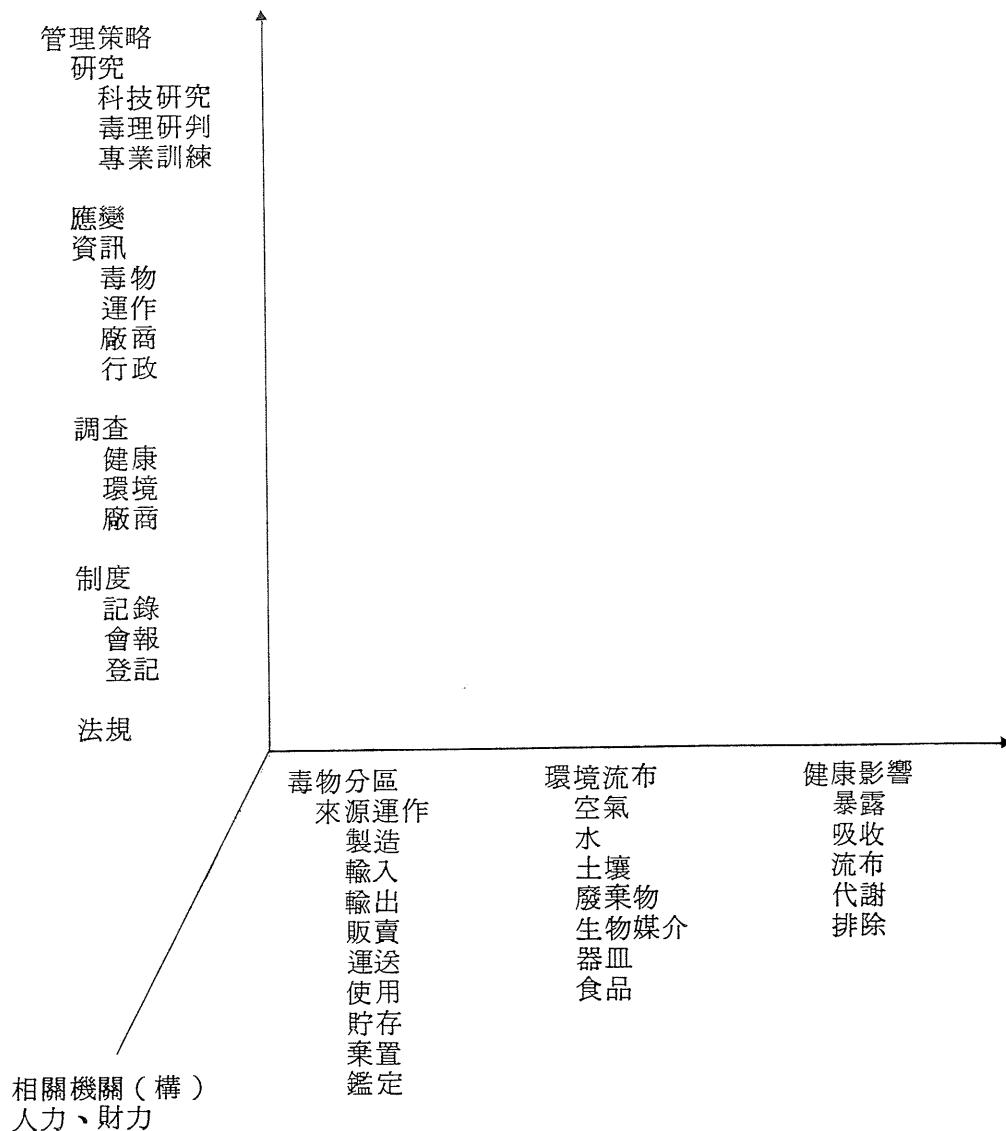
由於經濟繁榮、工商業的急速發展，使得連帶伴隨產生的事業廢棄物量急遽增加，依前行政院衛生署環保局七十四及七十五年調查結果推估，台灣地區事業廢棄物每年產生量約三千萬噸，其中有害事業廢棄物每年產生量約二百九十萬噸，而且其中大約72%未經處理，即分別暫時貯存或以廢水、廢氣或併家庭垃圾，被掩埋於垃圾場或任意丟棄，嚴重地污染環境，影響人類之健康及生活之品質。因此，有效地控制有害廢棄物是目前吾人當務之急的工作，而有害廢棄物管理更是從有害廢棄物產生、貯存、運輸、處理或處置的各項運作過程中，作有效的管制，以使對人類及環境的傷害減至最低。試以圖一來說明有害廢棄物管理系統的



圖一 廢棄物管理系統模式

\*逢甲大學土木水利工程研究所環工組研究生

模式，這套管理系統模式的基本理念，即是所謂「由搖籃到墳貯」( cradle to grave )的觀念，在此管理系統中，追蹤聯單制度之建立，政府主管機關的立法，執法的管制以及監視系統的建立，均是使系統更加完善。另外，有害、有毒物質的管理系統，亦可以整合在三維座標系統裡，而所謂三維座標是代表三種不同的指標，分別為代表毒性定位、運作方向以及管理組織（如圖二）。本文所要探討的有害廢棄物管理問題，主要是包括有害廢棄物的認定標準、負有追蹤、監督責任的追蹤聯單制度、相關的法令條文之考量以及決定模式之案例。



圖二 毒性化學物質管理之三維座標系統

## 二、有害廢棄物之認定標準

要能有效掌握有害廢棄物管理系統，首先就應了解其定義及認定標準，以下敘述是有關之整理內容：

(一)有害廢棄物廣義之定義：

泛指有傷害人類、植物、動物以及生態體系之物質，有害物質因其藥劑量與效期延續，會損壞或改變生命體組織或功能。

(二)我國現行“廢棄物清理法”中之規定：

由事業機構所產生具有毒性、危險性，其濃度或數量足以影響人體健康或污染環境之廢棄物，稱之。

(三)西德“聯邦廢棄物處理法”之規定：

基於目前處理技術上之考慮，凡是企業界產生之廢棄物由於其化學或物理特性、數量等因素，而不能與家庭垃圾或類似家庭垃圾之企業廢棄物一同處理者，簡言之，由於企業廢棄物本身含有累積性、急毒性污染物質，未妥善處理或與家庭垃圾混合處理，將危害人類健康及生活環境者皆屬之。

(四)美國資源保護及回收法(RCRA)之定義：

單一固體廢棄物或二種以上固體廢棄物的混合物，由於其數量、濃度、物理性、化學性或傳染性等之特性，而導致死亡率或罹病率之明顯增加或是因不適當地貯存、運輸、處理、處置或其他管理失當，以致對人體健康或環境生態造成明顯的傷害或具有潛在性的威脅者，稱之。現亦加以修正包括液體及裝在容器內之氣體。

(五)美國環境保護署(EPA)之規定：

任何廢棄物具有下列之特性，即稱為有害廢棄物。

1.易燃性(Ignitability)：

- (1)無論狀態其閃火點(flash point)低於60°C(140°F)者。
- (2)非屬液體狀，在常溫常壓下會自然發生且持續引爆者(spontaneous and sustained combustion)。
- (3)液體廢棄物含有低於24%體積之醇類，其燃點在60°C以下者。
- (4)在交通部(DOT)法規所規定的易燃之壓縮氣體。
- (5)在交通部法規所規定的氧化劑(oxidizer)。

2.腐蝕性(Corrosivity)：

- (1)pH≤2.0或pH≥12.5者。
- (2)在55°C下，每年腐蝕鋼鐵率(rate of corrodes steel)超過0.635公分(0.25英寸)者。

3.反應性(Reactivity)：

- (1)物質不穩定，在常溫常壓下，不經外界影響極易產生強烈之物理或化學性質改變者。
- (2)與水反應非常劇烈者。
- (3)與水會形成爆炸性的混合物 ( explosive mixture ) 者 ( 或產生爆炸潛能者 ) 。
- (4)與水混合會發生毒氣、蒸氣或煙氣，足以對人類及周圍環境產生危害者。
- (5)含有氟化物或硫化物，且與強酸或強鹼作用，會產生有毒氣體、蒸氣或煙氣者。
- (6)在密閉狀況下或強烈火源加熱下或碰撞狀況下，具有爆炸性者。
- (7)在標準的溫度及壓力下，具爆炸性者。
- (8)在交通部法規下，公告之 A 類或 B 類爆炸性物質。

4. 萃取法毒性 ( extraction procedure toxicity, EP Toxicity ) :

依美國RCRA “萃取法毒性”試驗所訂定之毒性物質最高容許濃度(如表一)，若超過表一所列的標準，則此廢棄物即為有害廢棄物。

表一 毒性物質最高容許濃度(依“萃取法毒性”訂定)

有毒成分	最高容許濃度 * (mg/e)
<b>重金屬</b>	
砷 (As)	5.0
銀 (Ba)	100.0
鎘 (Cd)	1.0
鉻 (Cr)	5.0
鉛 (Pb)	5.0
汞 (Hg)	0.2
硒 (Se)	1.0
銀 (Ag)	5.0
<b>農 藥</b>	
Endrin	0.02
Lindane	0.4
Methoxychlor	10.0
Toxaphene	0.5
2,4-D **	10.0
2,4,5-TP Silvex ***	1.0

\* : 為飲水標準的 100 倍

\*\* : 2,4-dichlorophenoxyacetic acid

\*\*\* : 2,4,5-trichlorophenoxypropionic acid

(六)其他相關之特性規定：

1. 感染性 ( infectious )：帶有微生物或寄生蟲，能致人體或動物發病之廢棄物。
2. 生物累積性 ( bioaccumulation )：指污染因子能隨時間在生物組織體內累積，增加濃度而引發疾病者。
3. 致突變性、致癌性或致畸胎性 ( mutagenicity, carcinogenicity, teratogenicity )：帶MCT特性之廢棄物，能造成生物在遺傳學上的、病理學上的或後代生理學上的各種不良影響。
4. 其他由主管機關所頒佈之特性：依科技之發展，發現新的有害特性，而加以頒佈者，如多氯聯苯廢棄物。

(七)目前我國研訂之有害事業廢棄物之認定標準：

1. 毒性事業廢棄物：如表二所列相關事業機構所產生之廢棄物，其有毒化學物質含量或溶出試驗標準超過表三之規定者。
2. 腐蝕性事業廢棄物：係指事業機構所產生之廢棄物，其氫離子濃度指數大於或等於 12.5 或小於或等於 2.0 。
3. 感染性事業廢棄物：係指醫療機構、醫事檢驗所、醫學研究單位及生物科技相關事業機構，於醫療、檢驗、研究或製造過程中，所產生含有病毒、細菌、寄生蟲等微生物之廢棄物。
4. 多氯聯苯事業廢棄物：係指事業機構所產生之廢多氯聯苯電容器、變壓器及受多氯聯苯污染之廢棄物。其溶出試驗標準超過  $0.003 \text{ mg/l}$  者。
5. 其他經中央主管機關公告之有害事業廢棄物。

表二 產生有害廢棄物之事業機構

- 
- 一、金屬冶煉工業：以礦石、礦砂、礦渣為原料之金屬冶煉工業，如煉銅、鋅、鎘、鋁、鎳、鉛、鋼鐵等工業。
  - 二、煉油工業：以原油為原料煉製各種油氣類、潤滑油、脂、劑等工業。
  - 三、石油化學工業：以石油為原料製造石化基本原料，或以石化基本原料製造中下游產品之工業。
  - 四、染顏料及其中間體製造工業：包括染料、顏料及其中間體之合成工業。
  - 五、鈦白粉製造工業：以鈦礦為原料之鈦白粉製造工業。
  - 六、石棉及其製品工業。
  - 七、煉焦工業：以煤為原料煉製焦炭之工業。
  - 八、金屬表面處理工業：包括噴砂、酸洗、鹼洗、電解脫脂、噴塗等金屬表面處理、陽極處理、金屬與非金屬電鍍工業、半導體工業及以有機溶劑為洗滌作業之電子、印刷電路板工業。
  - 九、紡織染整工業：包括洗染工廠，但無染整作業之紡織成品加工廠不在此限。
  - 十、皮革工業：以生、熟皮及鹽漬皮為原料，經鞣革作業之皮革加工業。
  - 十一、廢料回收工業：以廢料或下腳品為原料之製造工業，如廢油、廢溶劑加工煉油業、廢金屬氧化物之加工煉製業、廢酸、廢鹼之處理業。
  - 十二、鎳、鎘、鉛及水銀電池工業：使用鎳、鎘、鉛及水銀為電池原料之工業。
  - 十三、酸鹼工業：從事製造各種酸及鹼之工業。
  - 十四、農藥、環境衛生用藥製造業。
-

表三 廢棄物之危害性及處理性質分類標準

判定之標準(濃度以 mg/ l )	* <sup>1</sup> A 類	法規判定之 有害廢棄物 B 類	* <sup>2</sup> 易燃及強反 應性廢棄物 C 類	* <sup>3</sup> 其他一般 性廢棄物
有機汞化物	不得檢出	A- 1	有機鹵素 含量 > 1%	
汞及其化合物(總汞)	0.25			
鉛及其化合物(總鉛)	5.0			
鎘及其化合物(總鎘)	0.5			
鉻及其化合物(總鉻)	10.0			
六價鉻化合物	2.5			
銅及其化合物(總銅)	15.0 ←	A- 2	重金屬及 砷、氟化物合 量超過標準	
鋅及其化合物(總鋅)	25.0			
砷及其化合物(總砷)	2.5			
氯化物	5.0			
農藥			農藥	
1. 有機磷劑	2.5 ←	A- 3	成份超過 標準	
2. 氨基甲酸鹽	2.5			
3. 有機氮劑	0.5			
2. 3. 7. 8.—四氯戴奧辛	不得檢出			
石 棉	15 % (含量)			
有機氯廢溶劑	1 % (含量)			
pH 值 ≥ 12.5 或 ≤ 2.0	←		腐蝕性廢棄 物	
含病毒、細菌、寄 生蟲等微生物	←	A- 5	感染性廢棄 物	
PCB 含量 > 0.003 ppm	→	A- 6	含多氯聯苯	
閃火點 < 60 °C	←		B- 1 易燃性有 機溶劑	
含強氧化劑或遇水會 產生可燃氣體者	←		B- 2 強反應性 廢棄物	
				其他 一般性廢棄 物

- \* 1. A類：為法規判定之有害廢棄物。係依據行政院環境保護署所公告之「有害事業廢棄物認定標準」，將其所列舉之有害廢棄物列為A類，再依其性質或可能處理方式之差異區分為A 1至A 6。
- \* 2. B類：為易燃及強反應性之廢棄物。對於閃火點(Flash point)低於60°C之物質(B1)，及含強氧化劑或遇水會產生可燃氣體之物質(B2)，由於其貯存、處理及處置均有特殊安全上之顧慮，因此將其歸併為B類。
- \* 3. C類：為其他一般性廢棄物。依現有知識判斷，不致於造成人體和環境危害且在處置上不需特殊安全防護措施之廢棄物，則併入C類。

### 三、追蹤聯單制度 (Manifest system)

美國資源保護及回收法(RCRA)發展一套追蹤聯單制度來管理與規範有害廢棄物的產生，運輸以及處理、處置的業者和設備，而美國環境保護署(EPA)亦在一九七八年將有害廢棄物的產生者(generator)、運輸者(transporter)、製造者(processor)、貯存設備操作者(storage facility operator)以及處置者(disposer)的管理規範，以追蹤聯單制度來制定法令條文。表四即是此相關的責任與資格。美國各州對於有害廢棄物的管理計畫是非常地嚴格執行，而且受聯邦政府的管理與控制，就如California, Illinois, Indiana, Kentucky以及Texas等州之化學廢棄物處理公司，在管理有害廢棄物策略上，即是在聯邦立法之前，以追蹤聯單制度來作為執行的準則。

一般而言，私立和公立的處理工廠對於追蹤聯單的形式、內容、架構以及使用上，可能會有所不同，但是其中應包括以下的資料：

1. 聯單編號。
2. 產生者姓名、通訊處、電話號碼和主管機關鑑定號碼。
3. 每一運輸者之姓名和主管機關鑑定號碼。
4. 指定處理設施或後補處理設施者之姓名、地址和主管機關鑑定號碼。
5. 廢棄物特性說明。
6. 每一廢棄物總量(重量或體積)和容器之種類、數量。
7. 廢棄物來源說明。
8. 廢棄物組成成分說明。

表四 追蹤聯單制度相關的資格和責任(RCRA, PL 94-580)

證明(identification)和目錄(listing)——

(一) 發展與公佈標準有：

1. 確認有害廢棄物的特性。

2.有害廢棄物的目錄。

(二)公佈的法令條文有：

1.確認有害廢棄物的特性。

2.特殊有害廢棄物的目錄。

產生者之標準——

EPA應用在有害廢棄物產生之設立標準及公佈之法令條文。

1.記錄保存之實施：對於正確地確認有害廢棄物產生的數量（quantity）、組成以及關於對人體健康、環境的潛在傷害。

2.標示（label）之實施：對於任何用於貯存、運輸、處置的容器以及確認種類的有害廢棄物施以標示管理。

3.選用適當的容器來貯存固定的有害廢棄物。

4.提供運輸、處理、貯存或處置業者，有關廢棄物的化學組成資料。

5.使用追蹤聯單制度，可以確定所有有害廢棄物是由何項過程中所產生。

6.委託報告書需要有以下的說明陳述：

——記載某特定時段內，產生有害廢棄物的確認或是載明產生數量。

——所有有害廢棄物的性質報告。

運輸者之標準——

EPA應用於運輸有害廢棄物之設立標準，所公佈之法令條文包括：

1.關於運輸之來源以及輸送點之記錄保存。

2.運送有害廢棄物要在有適當的標記下進行。

3.依追蹤聯單制度。

4.針對處理、貯存或處置設備，載運者應依追蹤聯單型式來確認（designate）有害廢棄物的運輸。

EPA制定了有害廢棄物運輸條例（Hazardous Materials Transportation Regulations）(DOT)\*

處理、貯存以及處置設備標準——

EPA應用於有害廢棄物處理、貯存或處置設備之所有者及操作者之設立行為標準，

所公佈之法令條文包括：

1.所有有害廢棄物的處理、貯存或處置資料之保存。

2.依照追蹤聯單制度做好記錄、偵測以及檢查等工作。

3.設備之位置（location）、設計（design）以及構造（construction）。

4.對於任何有害廢棄物的處理、貯存或處置的非預期傷害，需有應變計劃以便有效減低傷害。

5.依照符合EPA之操作方法、技術以及實際應用方面，來選擇接受廢棄物之處理、貯存或處置設備。

- 6.關於設備的維持所有權、操作持續權、人員的訓練以及財政上的責任能力，需要以附加的許可執照來加以確認。
- 7.依照許可證來設置處理、貯存或處置設備。

---

\* DOT：交通部 ( Department of Transportation )

廢棄物的產生者有責任將廢棄物的組成、特性、事故報告 ( accident information ) 、包裝與描述，提報交通部 ( DOT ) 作為參考資料，若此提報資料需要佈告 ( placard )，則需將有害廢棄物送達之目的地說明清楚，這亦說明了運輸業者是無法依其自由判斷來決定目的地為何。另外，在決定追蹤聯單的使用處理法上，有關小體積的廢棄物產生者，應有以下幾點考慮意見：

- 1.依潛在毒性的等級來區分特定的廢棄物，並視其在追蹤聯單制度之允許偶發事件狀況下，解除對廢棄物的頻率 ( frequency ) 、體積 ( Volume ) 以及型式 ( type ) 之調查。
- 2.假若已知的廢棄物體積不在取締的要求範圍下，則可不需要追蹤聯單制度。
- 3.代理商 ( agency ) 可能需要一適當型式的簡單報告，以便追蹤產生率以及確認特定廢棄物的適當處置。

追蹤聯單中記錄廢棄物組成和特性，並使用許多檢查目錄和規則，這些都將提供以下的目的：

- 1.廢棄物型式來源化。
- 2.廢棄物型式特性化 ( 如液態、腐蝕性、易燃性等 ) 。
- 3.廢棄物型式組成化。

以上記載的目錄表格不必過於冗長，強調的重點應直接針對廢棄物的組成，而非其來源。至於報告廢棄物的正確組成配置 ( Configuration ) 或是徹底地經濟分析，均較為不可能，但是，對大多數的應用來說，提供廢棄物的特性範圍是較為適當的 ( adequate ) 。

有害廢棄物設備操作者是有責任將追蹤聯單完成，關於時期廢棄物 ( date waste ) 的接受與否，將受到廢棄物的最終性質及其廢棄物所佔百分比 ( 如經由焚化 Incineration ) 、處理 ( treatment ) 、回收 ( recovery ) 、掩埋處置 ( land disposal ) 等方式處理後所佔之百分比 ) 的影響，且其可在不同的程序或階段中詳加討論與驗證，至於對設備人員之要求是在廢棄物最終接受之前，將追蹤聯單填寫完成。產生者、運輸者以及設備操作者應遵循政府主管機關或其核准之代理商所提出之報告需求內容，並且支持既有的登記制度，上述相關業者都可直接向可信賴的指定代理商報告執行成果以及提供適當的執行策略資料，至於提出報告的頻率，對每一業者、機構而言將有所不同，但是其報告之需求內容，將依下列各項因素作為考慮之依據。

- 1.代理商的人力以及分析資訊的能力。
- 2.所有廢棄物的體積和型式。

3.代理商之經濟來源( financial resource )。

4.報告的費用負擔。

理想的處置場址之選擇，首先應從環境的觀點來探討，其次是場址要接近主要廢棄物的來源以及等量( commensurate)減少在運輸過程中的危險性。在運輸過程危險性最高的是由火( fire )、爆裂物( explosion )或是釋放出的有毒性氣體所造成的傷害或財產損失。另外，經濟因素亦是其主要控制因子。從經濟的觀點來選擇最佳場址的考量基礎，是建立以場址處理( onsite treatment )和集中處理設備( centralized treatment facility )兩者間的交易協定( trade-off )。而此經濟的決定圖( decision map )是假設廢棄物來源平均分佈在區域內的方格內( grid )，至於經濟交易協定則是以中心處理廠能夠經濟地操作面積來計算，一般應用此型式的區域，大都屬於產生場址聚集在主要城市的區域範圍內( metropolitan area )，處理方式將就每一城市的廢棄物來源以及決定有害廢棄物的經濟場外( off-site )處理之最大可接受距離作考慮。

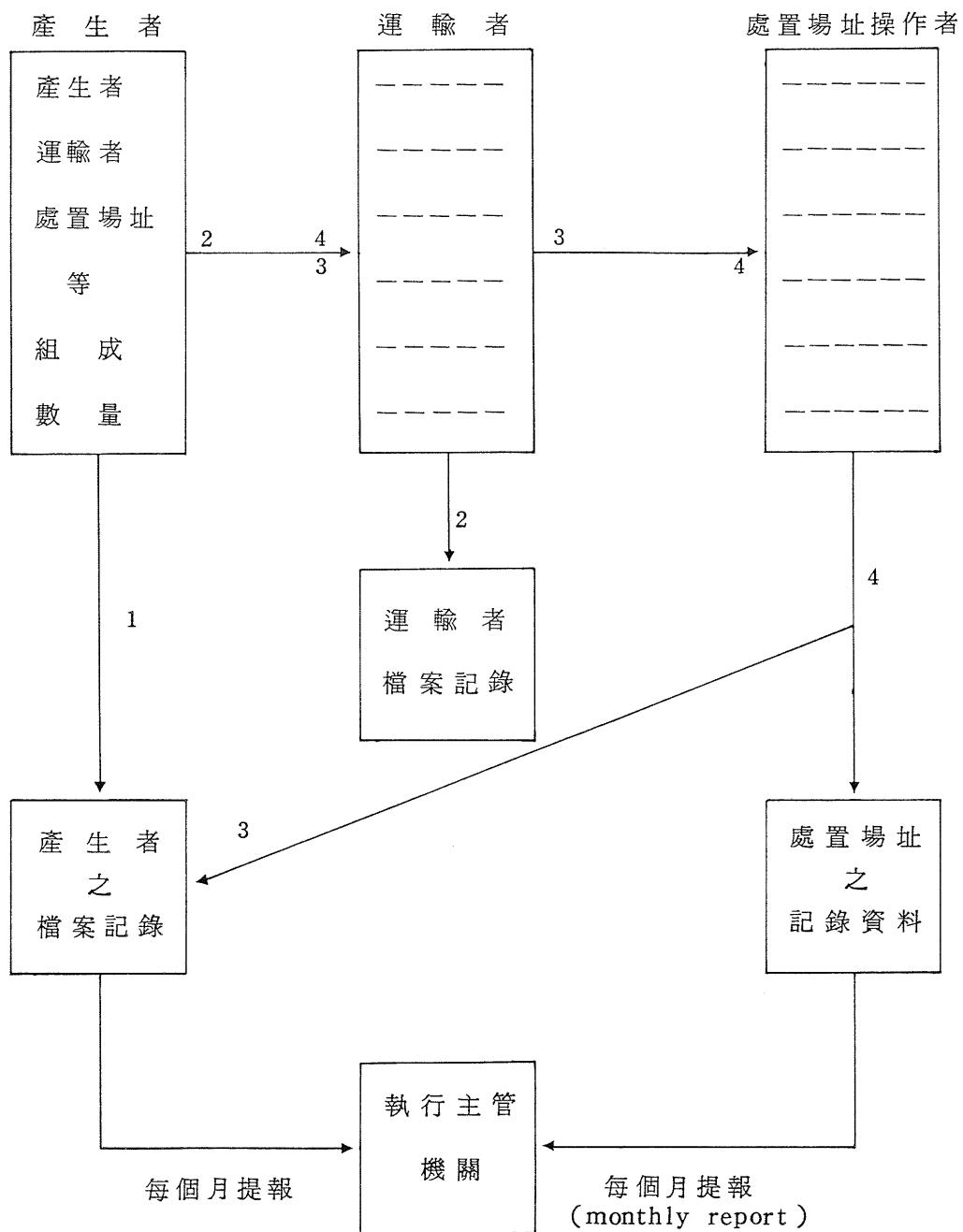
對於大多數有害廢棄物而言，討論的焦點大都集中於產生( generation )以及處置( disposal )方面，經常忽略了運輸的部分，但是在整個有害廢棄物管理系統中，運輸卻是扮演著極為重要的角色，而追蹤聯單制度更是管理系統中最重要的一環。圖三是以方塊圖來說明美國 California 及 Texas 兩州追蹤聯單( 亦稱運送單制度，( trip-ticket system ) )的實施步驟。根據圖一吾人可以發現追蹤聯單共有四聯，當有害廢棄物運送至運輸者時，則將追蹤聯單中之 No. 1 留存於產生者的檔案記錄中，而 No. 2 、 No. 3 、 No. 4 仍留在運輸者手中，以便在運送過程登錄任何的發生狀況，並且對於有害廢棄物的負荷與追蹤聯單要成一對一的相關性。在送抵核可的處置場址時，運輸者要在追蹤單上註記確認運送過程的狀況，以使處置場操作者能夠有所依據來處置，此時運輸者將 No. 3 及 No. 4 移交給處置場操作者，並將 No. 2 留存於檔案記錄中；最後操作者仍須將 No. 3 送回產生者手中，以確定有害廢棄物確實送達目的地。另外，廢棄物產生者以及處理、處置者，必須每個月從檔案記錄中，將有害廢棄物的活動情況及其相關資料作成一覽表，並向執行主管機關提報。

在有害廢棄物管理系統中，依據上述的追蹤聯單制度可以達到下列之四項目的：

- 1.可以作為執法機關管制有害廢棄物行踪和廠外處置之依據。
- 2.可以提供有害廢棄物量的資料，作為規劃處理、處置設施之參考。
- 3.可以利用追蹤聯單提供該有害廢棄物緊急措施所須之資料，以作為在遇到運輸意外事故發生時應變之參考。
- 4.政府可以從追蹤聯單上，得到有關可以回收之廢棄物種類資料，藉之推動或鼓勵廢棄物回收與減量之工業技術。

#### 四、法令條文之考量( Regulatory considerations )

為因應有害廢棄物對環境品質及人類健康之危害，其解決改善之方法包括有(1)管理法規



圖三 有害廢棄物追蹤聯單之程序圖

之制定(2)管理制度之建立(3)處理處置技術之研究(4)執行各項管制之追蹤工作(5)擬定緊急危害應變計劃(6)清理現有有害物之環境污染。其中制定管理法規，更是有害廢棄物管理制度上的要項。以美國New Jersey州曾對有害廢棄物運輸，而制定禁止輸入本州之法規禁令為例，許多學者專家及New Jersey最高法院(Supreme Court)都推翻此項禁令，主要原因在於制定法令條文並不是想像中地那麼單純，可以單從一方面來考量，就如廢棄物的運輸問題，它牽涉到各州間的州際合作事宜，諸如相關的商業交易行為以及某種程度的經濟規模等，因此，從區域管理的觀點來說，在制定法令條文時，就不能單從局限的一州來着眼考量的。再則，有害廢棄物管理的本質，亦會牽涉到高技術性和政治性，所以，適當的有害廢棄物管理是需要發展一強而有力的法令條文來執行管理，若此法令條文具有彈性及通融性時，則將更能幫助與促進有害廢棄物管理之實行。

在美國有害廢棄物的管理單位上，會設有一非官方的諮詢機構作為對管理機關行為的審查以及提供建議與忠告，本質上這是屬於派任的委員會(appointed committee)，其中包括許多不同部門的成員，如處置工廠(disposal industry)、生產工廠(generating industry)以及群眾(public)。此委員會的召開是以覆審建議性法令條例以及對其後的行為，結果作評估建議(recommendation)。一般而言，此評估建議並不會強制要求各單位、部門一定要遵循，而且根據California州的實驗結果顯示，若此委員會沒有主管機關的充分授權，則評估建議甚少被接受，而且其存在價值亦將逐漸損壞喪失。圖四是一個發展強而有力的取締執行程序的簡單邏輯說明，此可提供有害廢棄物在執行分類上一個廣泛而適用的範圍。由圖四中可知，廢棄物首先是以廢棄(exemption)與否，作為評估決定的要項，所謂廢棄是指允許特定的廢棄物在非允許認可的場址處置，換句話說即是廢棄物允許在衛生掩埋場或其他掩埋場處置。若廢棄物有正當的廢棄理由，則可以衛生掩埋來接受處理之；若無正當之理由，則需決定是否允許在選定的有害廢棄物處理場址處置。若是，則直接在指定場址處置，若廢棄物是處理場址無法接受的型態，則必需再進一步的處理(process)。另外，一般廢棄物處置者，仍要考慮廢棄物再循環(recycle)或再利用(reuse)的可行性，若是有回收利用的價值，則以市場銷售與否再作評估。否則，處理後仍保有潛在毒害性的廢棄物或殘留物，將再次受到邏輯程式的管理。

關於有害廢棄物管制上的重要法令條文，吾人試以美國及我國的法令條文中，整理簡單敍述如下：

#### (一)美國

##### 1. 毒性物質管制法(Toxic Substances Control Act, TSCA)：

TSCA之目的為“對特定的化學物質，如多氯聯苯(PCBs)等，依特定試驗和必要限制，管理其交易以確保環境和維護人員健康”。

##### 2. 資源保育暨回收法(Resource Conservation and Recovery Act, RCRA)

RCRA之主要目的是“對於能源和廢棄物資源的回收、廢棄物之安全處置以及有害廢棄物處理方法的管制，提供技術和財務支援，以發展所需管理計劃和設施”。其乃是一個兼具廣

泛性和複雜性的法案，包含了任何有關有害廢棄物之產生、運輸和處置等的各層面。該法案要求訂立合適的管理計劃，以追蹤稽查有害廢棄物從產生到最後處置地點的所有過程。

### 3.全面環境應變、補救和責任歸屬法案 (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, CERCLA) :

CERCLA提供了關於所有從容器、陸地、或是離岸所發生未節制排放有害廢棄物的法律責任，其補償、清理和緊急處置評估。此亦稱作“超級基金法案 (superfund Act)”。法案中包括有三項能力：(1)對於危險性物質或污染物的排放或威脅性排放採取行動。(2)要求責任團體採取適當的措施並監督之。(3)由聯邦政府負責收回經費。

## (二)我國

### 1.廢棄物清理方面：

#### (1)廢棄物清理法：

訂定的目的在於有效清除處理廢棄物，改善環境衛生，維護國民健康。法規主要內容為：①廢棄物的定義。②廢棄物清理主管機關的權責劃分。③廢棄物的清理方法。④廢棄物清除、處理或貯存不合規定者之處罰標準。

#### (2)廢棄物清理法台北市施行細則。

#### (3)廢棄物清理法高雄市施行細則。

#### (4)廢棄物清理法台灣省施行細則。

在施行細則中，主要內容為：①訂定廢棄物的清理方法，含儲存、清運、處理三方面。②違法事件的處理方法。③訂定民營清除處理廢棄物機構之管理方法。

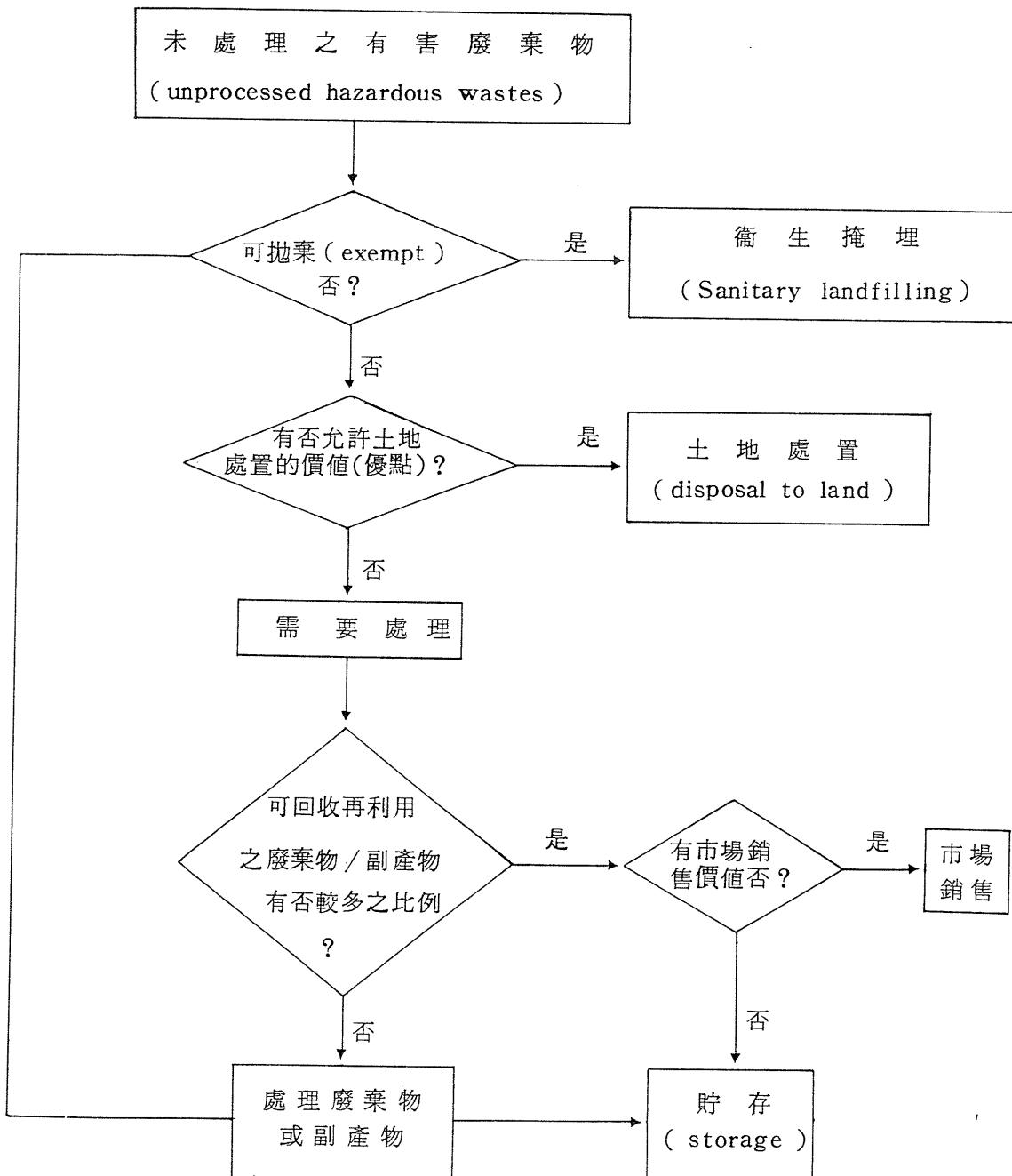
### 2.毒性化學物質管理方面：

#### (1)毒性化學物質管理法：

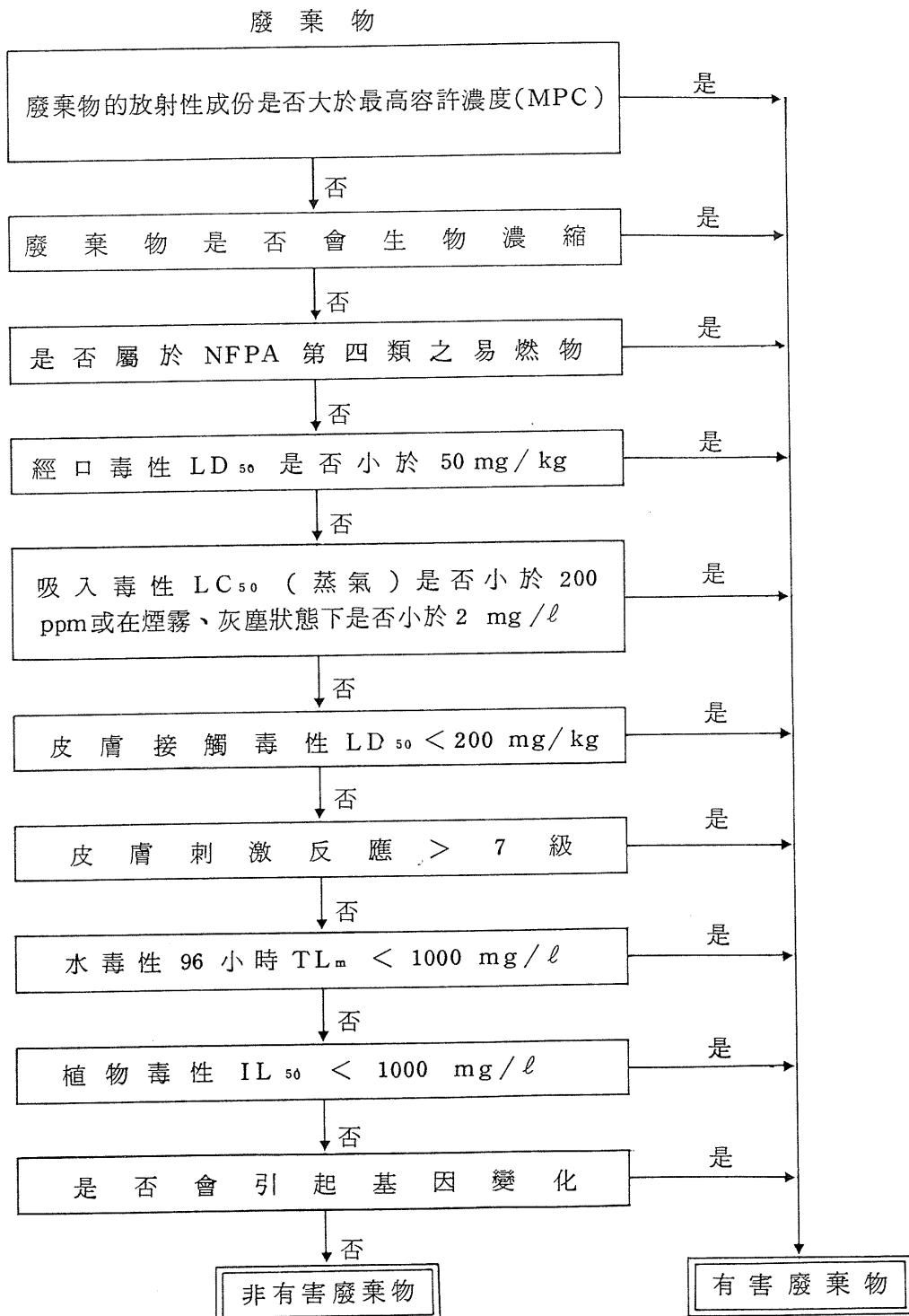
訂定的目的在於為防制毒性化學物質污染環境，危害人體健康。法規主要內容包括為：①毒性化學物質專用名詞的定義。②主管機關的權責劃分。③毒性化學物質的管理方法。④罰則。

## 五、有害廢棄物決定模式之案例

有害廢棄物的決定模式是以適應純化合物來設計，而且決定的方法是趨近於物質之方法論 (objective methodology)，維持以使用比較忍受限值 (comparative threshold level) 來作為標準，而判定的基本標準是擴展至毒性型式的全部範圍，並儘可能以可獲得的廢棄流 (waste stream) 資料，來說明解釋決定之模式，建立模式與廢棄物間的相互關係。選擇決定模式之程序，類似於審查的操作程序 (screening procedure)，在審查的程序中，所有的廢棄物都將列入有害的候選名單考慮中，而且考慮過程是與廢棄物的產生量沒有關係。如圖五之邏輯圖中顯示，對於候選的廢棄物檢驗，只要對於任何標準或審查有確定的



圖四 有害廢棄物處理執行分類之邏輯程序



圖五 有害廢棄物決定模式的邏輯說明圖

有毒反應，則可評定此廢棄物是有害廢棄物。

主觀的 ( subjective ) 處理能力評價是避免以廢棄流來當作處理廠能力的判斷評估，因為假若適當的場內處理程序能夠減少廢棄流之性質，而達到設定的限值以下，則此排出的廢棄物量將可視為無害的；但在另一方面而言，場內處理中的污泥或其濃縮物，卻是十分危險的，因此將分類視為有害的。由此可知，廢棄物及其副產物的認定工作是相當重要的一環。另外，在觀念的培養上，要能隨著新產生的技術、修正的處理系統以及新廢棄物產生的變化，而能不斷地更新補充最新有關廢棄物的資料以及修正現有的法令條文。

有關決定模式中的各項參數之意義，敘述如下：

(一)生物濃縮作用 ( Bioconcentration ) :

生物濃縮 ( bioconcentration ) 、生物累積 ( bioaccumulation ) 以及生物放大 ( biomagnification ) 作用等名詞，經常交換使用在描述微生物濃縮某元素或化合物超過其周遭環境標準的現象。生物濃縮作用被認為是微生物或是相同營養源的許多微生物族群，濃縮水溶液系統中物質的能力。

(二)生物累積作用 ( Bioaccumulation ) :

此名詞是與微生物濃縮能力有關，以濃度因子而言，在其活性代謝的生命期間是連續性的濃度，亦即在計算濃度時，是有延續累積 ( 增加 ) 的現象。

(三)生物放大作用 ( Biomagnification ) :

此名詞是使用於當物質存在於連續高濃度中，且生態系統食物鏈中營養 ( trophic ) 等級的增加。濃度因子在此定義成微生物對環境中感興趣物質的濃度比例，且在食物鏈中居於重要的環節地位。

應用此定義，並藉由審查的程序來確定 ( identify ) 和選定 ( designate ) 廢棄物之濃度因子，在較高級的有機體中是否構成有害。其中較高級的有機體包括有哺乳動物 ( mammal ) 、魚、鳥、軟體動物 ( mollusk ) 、大甲殼類 ( macrocrustacea ) 、爬蟲動物 ( reptile ) 、兩棲動物 ( amphibians ) 等。這審查工作是無關於物質的累積效應或已建立之物質本身的營養需求。一般而言，生物濃縮物質是定義成不存在 ( nonexistent ) 或極低 ( extremely slow ) 的去毒一排泄 ( detoxification-excretion ) 機制。

生物濃縮的物質能夠依停留機制 ( retention mechanism ) 來分類成兩個目錄，首先是包括重金屬如汞和鉛，這些物質具有強的親和力特性，並以 sulfhydryl groups 和二硫化物 ( disulfide ) 僊鍵來結合，而且能夠使酵素和蛋白質失去活性和改變本性，因此，妨礙了正常的代謝途徑，干擾了控制的機制以及減低了細胞原有的能力。其次是陳述不能持續分解的有機物質，如 DDT 和 PCBs , 這些物質是經由非極性溶液之親和力以及水中低溶解度而濃縮，此污染物可迅速地移動至脂肪組織或細胞脂質部分，而引起肝臟之疾病 ( 肝臟機能失調 ) 。

評估生物濃縮作用的資料數據是一件非常困難的事情，主要原因是因為沒有標準的生物分析試驗或是已經適用於評估物質的生物濃縮作用潛能之試驗程序。目前美國在評估試

驗上是以 EPA DOHM (Division of Oil and Hazardous Materials) 所建議的選擇程序來確定有害物質，這些判定的標準以及標準試驗法之調查報告書，將由 EPA 來制定，並且在應用過程中仍需與相關的政府工作互相協調。

#### (四)易燃性 ( Flammability ) :

易燃物質在美國國家消防協會 ( National Fire Protection Association, NFPA ) 歸類是屬於有害廢棄物。在 NFPA 第四類易燃物質的核定等級包括有非常易燃的氣體 ( flammability gases ) 、非常易揮發的易燃性液體 ( Volatile flammable liquids ) 以及擴散於空氣中易爆裂的混合物 [ 常以灰塵 ( dust ) 或霧 ( mist ) 的型態存在 ]，至於核定等級的純化合物包括有正丁烷 ( n-butane ) 以及 methyl ethyl ether，這些物質若不適當的處理，將會構成公共的毒害。

在 NFPA 第四類之歸類，若具有以下特性，則可視為易燃性物質：

1. 易燃氣體。
2. 易燃液體，其沸點在 100 °F 以下以及蒸氣密度 1.1 ( vapor density ) 、( 密度的測定是以蒸氣體積的重量對在同狀況下，相同體積的乾空氣比 )。
3. 易燃液體，其閃火點在 100 °F 以下以及蒸氣一空氣密度比 1.1 。
4. 在空氣中可自燃 ( spontaneous combustible ) 。

#### (五)反應性 ( Reactivity ) :

在 NFPA 第四類中物質的反應能力等級是包括在常溫常壓下，能夠爆炸 ( detonation ) 或發生爆炸性分解或反應。要判斷複合廢棄物的反應性危險毒害等級，是一件十分困難的事情，一般而言，若包括下列各項特性，則可核定成反應性廢棄物。

1. 以電子衝擊所引起之爆炸：物質能夠以靜電量 ( electrostatic charge ) 爆裂。
2. 氧化物質：強氧化劑如氯酸鹽 ( chlorate ) 、過氯酸鹽 ( perchlorate ) 、溴酸鹽 ( bromates ) 、過氧化物 ( peroxides ) 、硝酸 ( nitric acid ) 、硝酸鹽 ( nitrate ) 、亞硝酸鹽 ( nitrite ) 以及過錳酸鹽 ( permanganate )，對於熱 ( heat ) 、摩擦 ( friction ) 以及衝擊 ( impact ) 具有高度之敏感性。氧化混合物以及易燃物質在 NFPA 第四類中列入考慮，其中並包括在國家科學院 ( National Academy of Sciences, NAS ) 等級核定為第四等級 ( Grade 4 ) 的自反應性物質。
3. 聚合作用 ( polymerization )：某些有害廢棄物能夠自行形成聚合作用，所產生副產物的熱 ( heat ) 和壓力 ( pressure )，增加了現有的危險性，因此，當廢棄物具有此項潛能時，則應列入反應性的考量之中。另外，抑制作用 ( inhibitor ) 無法有效減少危險性，因為生物的 ( biological ) 、化學的 ( chemical ) 或是熱能的 ( thermal ) 反應，將使抑制效應無效。這亦包括在 NAS 等級核定為第三等級 ( Grade 3 ) 的自反應性物質。
4. 爆炸物 ( explosiveness )：在任何稀釋濃度，廢棄物均含有原始高爆炸性，則此廢棄物將列入反應性物質。所謂原始高爆炸性是定義成物質在爆炸時，能很快地釋放能量，而

### Routes of Administration (with list abbreviations)

Species (with list designations)	Intravenous (ivn)							
	Parenteral (scu)	Intramuscular (ims)	Subcutaneous (scu)	Ocular (occu)	Intraperitoneal (ipr)	Intradermal (idr)	Intrapleural (ice)	Implant (imp)
Oral (orl)								
Rectal (rec)								
Mouse (mus), Hamster (ham), Frog (frg), Gerbil (grb)	2,500	5,000	1,000	1,400	1,000	5,000	750	1,000
Rat (rat), Squirrel (sql), Mammal, Unspecified (mam)	5,000	10,000	2,000	2,800	2,000	10,000	1,500	2,000
Rabbit (rbt), Guinea Pig (gpg), Chicken (ckn), Pigeon (pgn), Quail (qal), Duck (dck), Turkey (trk), Birk (brd)	10,000	20,000	4,000	2,800	4,000	20,000	3,000	4,000
Dog (dog), Monkey (mky), Cat (cat), Pig (pig), Cattle (ctl), Domestic, Animals: Sheep, Goat, Horse (dom)	10,000	20,000	4,000	5,600	4,000	20,000	3,000	4,000
								10,000

\*Applies to those substances for which acute toxicity characterizes the response of fast-acting substances, irritants, narcotics-producing substances, most drugs. Does not apply to substances whose characteristic response results from prolonged exposure, e.g., silica, lead, benzene, carbon disulfide, carcinogens. Concentrations more appropriately characterizing the toxicity of long- or slow-acting substances are derived from long-term, chronic toxicity studies.

且產生很高的壓力。

工業污染防治 第34期(4.1990)

5.水或空氣反應性：即曝露於水或空氣中，其反應仍很激烈，其中包括NAS等級核定為第四等級(Grade 4)的水反應性(water reactive)。

(六)經口的毒性(Oral Toxicity)：

判斷有害與否，是以LD<sub>50</sub>作為指標，當LD<sub>50</sub>小於或等於50 mg/kg(體重)，則判定為有害廢棄物。其中LD<sub>50</sub>之定義為除呼吸外能使50%試驗生物體死亡的劑量。毒性的試驗資料大都是以微生物作為試驗體，而以人類或其他動物則較少。LD<sub>50</sub>值是以插補法(extrapolated)來估算得之。表五是美國衛生教育福利部(Department of Health, Education and Welfare, HEW)所概括陳述的比較毒性標準。

(七)吸入毒性(Inhalation Toxicity)：

判斷有害與否，是以LC<sub>50</sub>作為指標，當吸入劑量LC<sub>50</sub>在蒸氣狀態下為200 ppm以下或是在灰塵(dust)、煙霧(aerosol)型態下為2 mg/ℓ以下，則可認定為有害廢棄物。其中LC<sub>50</sub>之定義是經呼吸器官在4小時中，能使50%的試驗生物體死亡的計量濃度。另外，美國EPA之油和有害廢棄物質部門(DOEH)建議以忍受限值(threshold)來辨認有害廢棄物，此忍受限制值(Threshold Limit Value, TLV)是以曝露時間—工作天(8小時)為設計試驗時間，而吸入毒性的毒害試驗，在設計上是以曝露時間24小時，且有14天已觀測期，因此，在決定廢棄物是否有害的模式中，仍以LC<sub>50</sub>值為代表值。

(八)皮膚的穿透力(dermal penetration)：

在針對皮膚的接觸毒性而言，若廢棄物具有LC<sub>50</sub>小於或等於200 mg/kg，則可認定是有害廢棄物。其試驗過程是以14天作為觀測期，曝露時間為1小時，而對於毒性穿透的管理途徑，也應詳加考慮。

(九)皮膚的刺激(dermal irritation)：

在食品及藥物管理局(Food and Drug Administration, FDA)皮膚刺激評估中，廢棄物的評定等級在8級以上，則為有害廢棄物。評定等級過程是以五隻兔子分別施以不同劑量的毒性，並曝露24小時以後觀察其變化，發現其中有一隻兔子在樣本劑量為0.01ml〔在水溶液或丙酮或丙烯乙二醇(propylene glycol)〕時，有很激烈的反應。各等級之反應情形如下：

- 1.一級(Grade 1)：表示無刺激。
- 2.六級(Grade )：表示經未稀釋的化學品而產生的壞疽(necrosis)現象。
- 3.八級(Grade 8)：表示經1%的溶液作用而產生的壞疽現象。
- 4.十級(Grade 10)：表示經0.01%的溶液作用而產生的壞疽現象。

(十)水毒性(aquatic toxicity)：

引起水中毒性的原因很多，主要是由於廢棄物掩埋或直接傾棄的滲出水所造成，這不僅影響水中的生物，更對食物鏈產生重大的影響。而判定的方式是以TL<sub>m</sub>值在1000 ppm

以下(曝露96小時)者，稱為有害廢棄物；其中 $TL_m$ 是中數可忍限值(median threshold limit)，定義為在96小時曝露試驗中，使50%測試體致死的物質濃度，此限值1000 ppm是由美國EPA中油及有害物質部(DOHM)所制定，此認定標準是以濃度標準為基礎，且測定的方式是分別於1.3.6小時測定流入槽卡車(tank truck)、槽車(tank car)、槽船(tank barge)的廢棄物數量，並使用一般的擴散模式來計算，當物質的96小時 $TL_m$ 值在1000 ppm(或以下)，則污染濃度可能會持續(persist)較長長的時間，而使水中生物造成重大的損害。

(二)植物毒性(phytotoxicity)：

植物毒性從商業操作(commercial opexation)以及水生植物的損害觀點來看，此毒性型態對食物鏈而言是一重要的環節，若廢棄物之 $IL_m$ 值在1000ppm或以下時，則可認定為有害廢棄物，其中 $IL_m$ 值是中數抑制限值(median inhibiting limit)，定義為在14天中能使測試族群的生物質量(biomass)、細胞數(cell count)或光合活性(photosynthetic activity)，比原來控制族群縮減50%的濃度。此1000ppm的標準選定是與水毒性的選取標準類似。

(三)遺傳的影響(genetic effects)：

對遺傳的影響試驗中，若有確定(positive)的結果產生，則可認定為有害廢棄物。至於影響有下列三種因素：

- 1.癌物質(生癌因子)(carcinogen)：美國國家防癌協會(National Cancer Institute, NCI)對於測試生癌物質的行為標準方法，已經制定並列入檔案目錄中供作參考。
- 2.誘導有機體突變的物質(mutagen)：NCI亦已發展出標準的測試方法，雖然目前微生物和植物族群的突變影響，尚未對人類產生很大的衝擊，但是，突變的影響對任一個環境來說，均有其重要性。因此，在潛在的相關性尚未較明確的定義出時，仍然被視為有害性。
- 3.畸型因子(teratogen)：大致而言，畸型的潛在標準試驗方法是可以接受的，關於程序在NCI中有詳細的敘述。

## 六、不相容(incompatible)廢棄物的控制和處置

某些廢棄物混合於處理設備處理，可能會發生產熱(heat generation)、火(fire)、爆裂(explosion)或是釋放毒性物質，而使得廢棄物產生有害的情況。表六是美國加州公共健康部(California Department of Health)所公布的潛在(potentially)不相容廢棄物的分類概要。

不相容廢棄物的控制和處理方法之準則依據，如下列四項：

- 1.不能混合在相同的運輸或貯存容器中。

- 2.不能將廢棄物和入未清洗的不相容廢棄物之運輸或貯存容器。
- 3.不相容廢棄物不應在相同的池塘( pond )、掩埋場( landfill )混合土質區域( soil-mixing area )、井( well )或掩埋容器( burial container )中相混合，但有一個例外就是控制處置場的酸鹼中和。
- 4.除了殺蟲劑( pesticides )或其他如易燃溶劑( flammable solvents )的毒性物質之控制焚化( controlled incineration )之外，不相容廢棄物不能一起燃燒、焚化。

表六 潛在不相容廢棄物之分類概要<sup>a</sup>


---

<u>Group 1-A<sup>b</sup></u>	<u>Group 1-B</u>
Acetylene sludge	Acid sludge
Alkaline caustic liquids	Acid and water
Alkaline cleaner	Battery acid
Alkaline corrosive liquids	Chemical cleaners
Alkaline corrosive battery fluid	Electrolyte, acid
Caustic wastewater	Etching acid liquid or solvent
Lime sludge and other corrosive alkalies	Liquid cleaning compounds
Lime wastewater	Sludge acid
Lime and water	Spent acid
Spent caustic	Spent mixed acid
	Spent sulfuric acid

Potential consequences: Heat generation, violent reaction

<u>Group 2 - A</u>	<u>Group 2 - B</u>
Asbestos waste and other toxic wastes	Cleaning solvents
Beryllium wastes	Data processing liquid
UnrinSED pesticide containers	Obsolete explosives
Waste pesticides	Petroleum waste
	Refinery waste
	Retrograde explosives
	Solvents
	Waste oil and other flammable and explosive wastes

Potential consequences: Release of toxic substances in case of fire or explosion

Group 3 - A

Aluminum  
Beryllium  
Calcium  
Lithium  
Magnesium  
Potassium  
Sodium  
Zinc powder and other reactive  
metals and metal hydrides

Potential consequences: Fire or explosion: generation of flammable hydrogen  
gas

Group 3 - B

Any waste in Group 1-A or 1-B

Group 4 - A

Alcohols

Group 4 - B

Any concentrated waste in Groups

1-A or 1-B

Calcium  
Lithium  
Metal hydrides  
Potassium  
Sodium

$\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$

Potential consequences: Fire, explosion or heat generation: generation of  
flammable or toxic gases

Group 5 - A

Alcohols  
Aldehydes  
Halogenated hydrocarbons  
Nitrated hydrocarbons and  
other reactive organic com-  
pounds and solvents  
Unsaturated hydrocarbons

Group 5 - B

Concentrated Group 1-A  
or 1-B wastes  
Group 3-A wastes

Potential consequences: Fire, explosion or violent reaction

Group 6-A

Spent cyanide and sulfide  
solutions

Group 6-B

Group 1-B wastes

Potential consequences: Generation of toxic hydrogen cyanide hydrogen  
sulfide gas

Group 7-A

Chlorates and other strong  
oxidizers  
Chlorines  
Chlorites  
Chromic acid  
Hypochlorites  
Nitrates  
Nitric acid, fuming  
Perchlorates  
Permanganates  
Peroxides

Group 7-B

Acetic acid and other  
organic acids  
Concentrated mineral acids  
Group 2-B wastes  
Group 3-A wastes  
Group 5-A wastes and other  
flammable and combustible wastes

Potential consequences: Fire, explosion or violent reaction

<sup>a</sup>Source: "Hazardous Waste Management-Law Regulations and Guidelines for the Handling of Hazardous Waste", California State Department of Health (February 1975).

<sup>b</sup>Mixing a Group A waste with a Group B waste may have the potential consequence as noted.

## 七、結論

針對目前環境污染日益嚴重的情形來看，光是從發展污染防治技術來控制解決，並不是根本解決的辦法，而且污染防治技術往往需要配合許多硬體設備的投資，對各工廠來說，確是一筆相當大的負擔。因此，若從管理上着手，亦即建立一個有效的污染防治體系，再配合適當的污染防治技術雙管齊下，如此，對投資效益而言，不僅花費經濟而且成效顯著。關於有害廢棄物的管理，可歸納結論如下所述：

(一)建立管理的新觀念，使各工商企業在從事污染性事業時，能真正認識瞭解管理在污染防治

- 上的新效用，也惟有適當的管理，才能使工商企業在競爭的社會環境中，取得較為領先的地位。
- (二)建立有效的管理模式，使有害廢棄物產生者，運輸者或處理。處置者與政府主管間，維持一監督與管制的關係。
- (三)政府主管機關需要會同有關單位，共同研擬制定適當的法令條文，使政府在執行、管理與取締上，有良好而充分的能力，以確保有害廢棄物是經過適當的處理。
- (四)有害廢棄物管理工作的落實，尤其是廠內廢棄物的管理，應是一件經常性的工作，除了隨時注意廢棄物的產生與處理過程外，良好的廢棄物清理記錄系統 (House Keeping Program) 亦是管理上不可或缺的一環。
- (五)確實執行追蹤聯單制度，使有害廢棄物在產生、運輸及處理、處置過程中，均有適當的追蹤、管理以及規範。
- (六)有害廢棄物產生工廠必須努力改進每日操作的習慣或是改善製造程序，以減少廢棄物產生量，並儘可能回收可再利用之廢棄物或副產物。
- (七)提供經費給相關研究單位，繼續研究發展更有效的處理技術和方法來控制有害廢棄物。
- (八)消費者需要有共同的體認，以減少有害廢棄物的產生，同時也要有污染者付費的心理準備。

## 八、參考文獻

1. Robert, B.P., "Toxic and Hazardous Waste Disposal-Volume 4", Ann Arbor Science Publishers, 1980.
2. Cheremisinoff, N.P., Perua, A.J., Cheremisinoff, P.N., "Industrial and Hazardous Wastes Impoundment", Anu Arbor Science Publisher, 1979.
3. Dawson, G.W., Mercer, B.W., "Hazardous Waste Management", Jahu Wiley & Sons. Inc., 1986.
4. 蔡嘉一，許整備，“有害廢棄物管理及處理技術”，歐亞書局，民國七十四年八月。
5. 謝錦松，黃正義，“固體廢棄物處理”，淑馨出版社，民國七十七年四月。
6. 行政院環境保護署法規委員會，“環境法令”，環保通訊社，民國七十八年二月。
7. 張訓中，“有害事業廢棄物處理之危害分析評估技術探討”，第一屆廢棄物處理技術研討會，民國七十五年六月。
8. 鄭清宗，何忠賢，曾聰智，“有害廢棄物示範處理中心之規劃”，第三屆廢棄物處理技術研討會，民國七十七年七月。
9. 阮國棟，楊致行，呂明和，廖育英，洪文龍，“有害廢棄物之管理及其處理技術”，化學工業資訊月刊，1986, 12.
10. 揚致行，“踏出工業污染防治的第一步——事業廢棄物的廠內管理”，化學工業資訊月刊

， 1988， 9.

- 11.江康鈺，林秋國，“有害廢棄物管理問題之探討”，第二屆工業廢棄物清理與回收再利用研討會，民國七十七年十一月。
- 12.林聰明，“固體廢棄物管理”，科學發展月刊，第十七卷第九期。
- 13.鞏振成，“談美國危害性廢棄物之管理”，工業污染防治，Vol. 14，民國七十四年四月。
- 14.陳玲慧，“美國有害事業廢棄物處理現況”，工業污染防治，Vol. 30，民國七十八年四月。
- 15.楊義榮，“介紹西德工業特殊廢棄物之管理系統”，工業污染防治，Vol. 12，民國七十三年十月。
- 16.王明揚，“如何由管理上做到污染防治”，工業污染防治技術手冊之五，民國七十六年二月。