

美國有害廢棄物土地處置限制之管理制度

黃世欣* 蔡振球* 許順珠* 黃文輝*

摘要

基於廢棄物對環境所造成的污染日趨嚴重，美國國會於1976年通過“資源保育暨回收法案(Resource Conservation and Recovery Act;RCRA)”，並授權美國環保署針對其境內所產生的廢棄物(包括一般及有害)進行有效的管理管制。但由於有害廢棄物危害到環境及人體的事件屢次發生，故美國環保署針對有害廢棄物的管理，於1984年進一步制定「有害及固體廢棄物修正法案」(Hazardous and Solid Waste Amendment Act;HSWA)，開始對有害廢棄物進行階段式中間處理及最終處置上的限制。依此而產生「最佳可行處理示範技術」(Best Demonstrated Available Technology;BDAT)管制計畫及“土地處置限制”(Land Disposal Restrictions;LDR)計畫的執行，並要求有害廢棄物必須使用特定的處理技術或將污染物質處理至規定標準值以下時，才可進行土地處置。

土地處置限制計畫的執行，共歷經六年階段式的公布管制。目前於該法案管制下的有害廢棄物類別，超過450種以上。該法案制定有二個主要目的：1.要求產生者必須有效的處理有害事業廢棄物，以削減其危害性，並進一步防止此有害廢棄物不當最終處置而繼續製造污染場址。2.希望藉由有效的中間處理，以達有害廢棄物減量的目的，並降低二次污染的危險性。

本文除了針對「土地處置限制」計畫實際執行背景做一介紹外，並將敘述該計畫分五階段執行而於六年中完成公告的情形及工業界因應措施。希望藉由簡單的介紹，喚起國內有害事業廢棄物產生者，能開始正視自己有害事業廢棄物的處理處置情形，並提供環保主管單位於未來有害事業廢棄物管理管制上之參考。

一、前言

美國對於有害廢棄物(hazardous waste)的管理，乃從1976年的“資源保育暨回收法案”通過後才開始建立比較完善的制度，並於1984年的“有害及固體廢棄物修正法案

*工研院化工所事業廢棄物減量及處理研究室副工程師

”才制定出實際的執行措施。其所執行之相關計畫包括毒性特性標準 (toxicity characteristic rule ;TC Rule) 、表列排除程序 (delisting program) 、最佳可行處理示範技術 (BDATs) 及土地處置限制計畫 (LDR) 等。這些執行計畫彼此之間皆具有關連性，包括從有害廢棄物的認定準則開始，如何確認有害廢棄物 (表列及特性) ？如何從認定中的有害廢棄物中除名？不同類別之有害廢棄物的最佳可行中間處理方式為何？處理後應達到的處理標準，包括處理後總濃度標準及處理後萃取濃度標準等。經處理後的有害廢棄物最終勢必進行處置，目前美國對「土地處置」 (land disposal) 的定義，包括有掩埋場 (landfill) 、表面處置法 (surface impoundment) 、深井注入法 (deep injection well) 、鹽坑處置法 (salt dome formation) 、地下礦坑處置法 (underground mine) 、廢棄物堆 (waste pile) 及土壤處理 (land treatment) 等。美國環保署基於避免政府或民間須花費龐大的經費，以清理因有害廢棄物的不當最終處置，而產生的受污染場址，制定出“土地處置限制”計畫，並依有害廢棄物類別的不同而階段式實施，使工業界依列管的先後做處理處置上的準備。

美國環保署在“土地處置限制”計畫的執行上，並不是在列管生效日才開始管制列管廢棄物的處理處置，而是在法規列管生效日前使用舊標準管理，而於階段列管過程中，使用新法規並更加嚴格管制有害廢棄物。在“土地處置限制”計畫執行上，共分五個階段，依有害廢棄物的產量及危害性大小，依次於六年中予以列管。列管的項目主要可分為：1. 廢溶劑及含戴奧辛廢棄物 (solvent wastes & dioxin-containing wastes) 。2. 加州表列廢棄物 (California list wastes) 。3. 第一階段列管廢棄物 (first-third wastes) 。4. 第二階段列管廢棄物 (second-third wastes) 。5. 第三階段列管廢棄物 (third-third wastes) 。詳細階段性列管實施流程可見圖 1。根據美國環保署的統計顯示，此項計畫將會影響到 110 家的有害廢棄物代處理廠，及約 1,700 個有害廢棄物產生者的最終處置將發生問題，以及每年 2,500 萬噸廢棄物的土地處置將遭到列管。

美國環保署於 1990 年 5 月 8 日將最後一階段“土地處置限制”列管有害廢棄物的名單公告後，已經完成國會所賦予之任務，該標準刊登於 1990 年 6 月 1 日的聯邦法規 (Federal Register) 中。故評估美國有害廢棄物整個管理體系，發現其於近 10 年中才進行系統化的階段式管理管制，從立法到公告實施皆為計畫性日趨嚴格的管制，此一管理制度值得國內環保單位未來執行有害事業廢棄物管理上之參考。

本文將從美國有害廢棄物“土地處置限制”計畫發展的立法背景介紹開始，進而敘述不同有害廢棄物階段式列管的日期及處理標準、處理容量等，以及該計畫之其它相關規定。

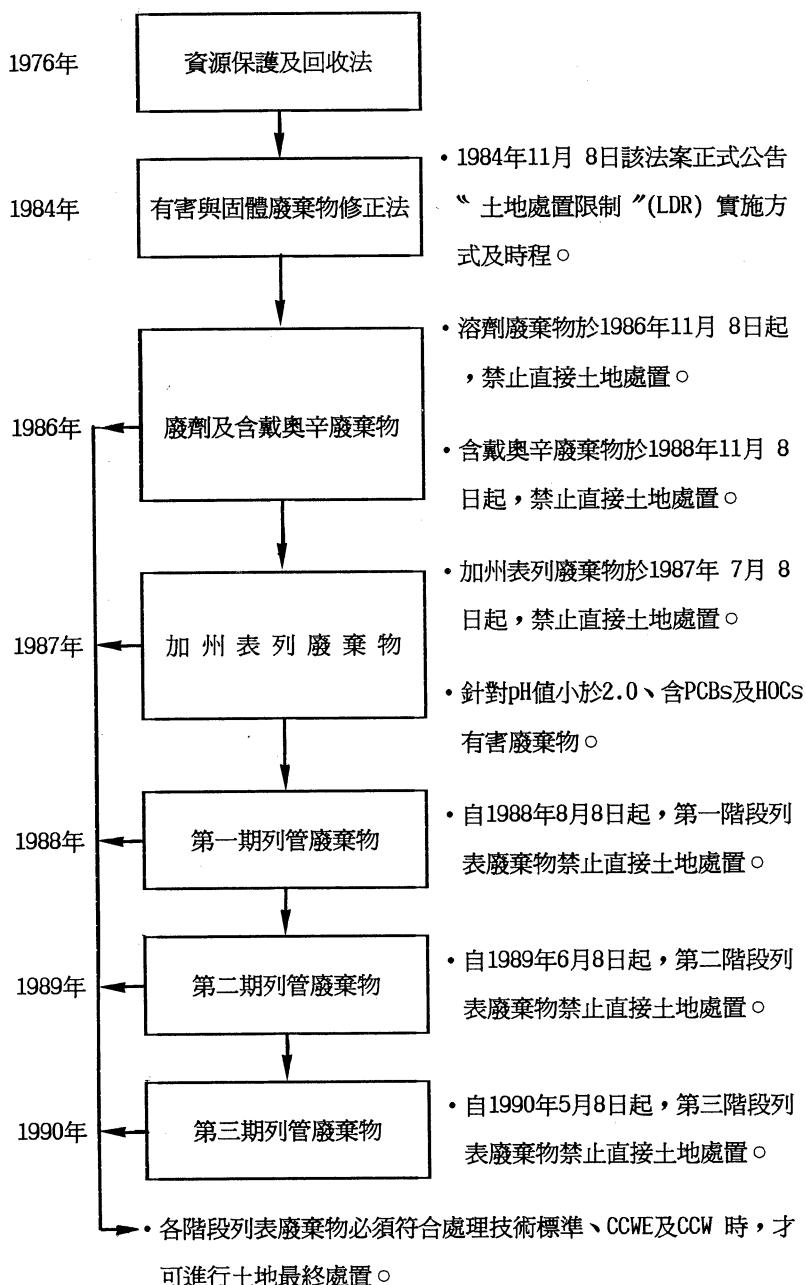


圖1 美國土地處置限制執行過程及流程圖⁽⁸⁾

二、立法背景與制定架構

「土地處置限制計畫」為美國有害廢棄物管制上極重要的一環，早在1984年的「有害與固體廢棄物修正案」生效後，美國環保署為防止各工廠於有害廢棄物不當處置後，進而產生更多的受污染場址，而又須花費更多的錢進行受污染場址整治的矛盾措施，故依據國會之授權開始著手有害廢棄物的管理制度整體規劃和公告實施，即為「土地處置限制計畫」，又常稱之為「土地處置禁止計畫」(Land Disposal Ban)。

事實上美國環保署依據「有害與固體廢棄物修正案」之法令程序來公告，除限制有害廢棄物直接最終處置的法規外，並逐步的建立有害廢棄物的中間處理標準，由於有害廢棄物的種類繁多，不同種類的有害廢棄物皆有其不同的特性，故亦應有個別的中間處理方式及中間處理標準。因此，美國環保署另成立專門計畫進行有害廢棄物的「最佳可行處理示範技術」的評估研究，並依調查、評估及研究的結果，制定出各種有害廢棄物的最佳可行處理技術及處理標準，以配合「土地處置限制」計畫的實施。

在「有害與固體廢棄物修正案」中，於有害廢棄物的管制上，為讓業界有足夠時間來做準備及適應，其於列管時程上劃分為三大類：

1. 廢溶劑及含戴奧辛廢棄物。由於廢溶劑及含戴奧辛廢棄物具有高危害性及毒性，且污染擴散快，故為最先列管之廢棄物。
2. 加州表列廢棄物，此類廢棄物主要乃針對特殊廢棄物的危害特性而制定，包括有腐蝕性廢棄物、含鹵素有機化合物廢棄物及含氯化物、重金屬及多氯聯苯類廢棄物等。
3. 階段式列管廢棄物，即為其他未列管之所有有害廢棄物。常稱之為階段性列管廢棄物(scheduled wastes)，此類列管廢棄物又分三期公告，分別為第一階段列管廢棄物(first-third wastes)、第二階段列管廢棄物(second-third Wastes) 及第三階段列管廢棄物(third-third wastes)。

在「土地處置限制計畫」下，美國環保署除公告階段式列管名單外，亦必須實際驗證有效的減低有害廢棄物毒性或污染成份的處理方法，及可達到的處理程序，並對不同處理設施的操作方式進行評估。因管制下的有害廢棄物必須符合處理標準才可進行土地處置，故美國環保署本身必須進一步驗證處理技術的可行性，通常使用“最佳可行處理示範技術”(BDATs) 做為基礎，表1為幾種有害廢棄物與其BDAT處理技術及處理標準之案例，提供做為參考。由於“最佳可行處理示範技術”(BDATs) 為美國環保署執行之另一個相關計畫，故本文不做詳細介紹。

表 1 美國有害廢棄物特性與其最佳可行處理示範技術對照例⁽¹⁾

有害廢棄物特性及代碼	細分類	有害廢棄物名稱或製程產物	最佳可行中間處理示範技術	處理標準值(CCW或CCWE)
1.易燃性廢棄物(D001)	A.易燃性液體[261.2(a)(1)]	• 廢溶劑、廢油漆、汚油及各種有機碳氫化合物	• 焚化法 • 替代燃料法 • 回收處理法 (禁止稀釋)	—
	B.易燃性反應物[261.21(a)(2)]	• 無機性固體(如Na、K)及碳化鈣爐渣	• 去活性法 (禁止穩定化)	—
	C.易燃性壓縮氣體[261.21(a)(3)]	• 廢棄桶裝壓縮氣體	• 焚化法 • 回收再利用	—
	D.氧化劑	• 廢棄無機過氧化物、過氯酸及過錳酸	• 去活性法	—
2.腐蝕性廢棄物(D002)	A.廢酸[261.22(a)(1)]	• 廢酸、酸性廢水(液)、氣提或清洗裝置產生的廢酸	• 中和法 • 回收再利用	—
	B.廢鹼[261.22(a)(1)]	• 廢鹼、鹼性廢水(液)、氣提或清洗裝置產生的廢鹼	• 中和法 • 回收再利用	—
	C.其他腐蝕性廢棄物(非溶液態的有機或無機物)[261.22(a)(2)]	• 廢棄氯化鐵、苯磺醯氯、三氯甲苯、氯化乙醯、甲酸、氫氟酸、觸媒、樹脂、金屬清潔劑及蝕刻劑	• 去活性法 (處理至對SAE 1020型鋼的腐蝕速率 < 6.34mm每年)	—
3.毒性重金屬(D004)~(D011)	A.砷(As) (D004)	• 甲基砷酸鈉(MSMA)產物、藥劑、砷酸、氧化砷、二氯代苯砷及二甲砷酸	• 鹼性沉澱法 (石灰-硫酸錳鐵)	• 廢水(液) 5.0 mg/l • 非廢水(液)
		• 有機砷化合物廢水(液)	• 化學氧化法	5.0 mg/l
	B.鋇(Ba) (D005)	• 氯化鋇廢棄物	• 酸化法 (用水萃取) • 沉澱法 (硫酸鹽或碳酸鹽)	• 廢水(液) 100 mg/l • 非廢水(液) 100 mg/l

表1 美國有害廢棄物特性與其最佳可行處理示範技術對照例⁽¹⁾(續)

有害廢棄物特性及代碼	細分類	有害廢棄物名稱或製程產物	最佳可行中間處理示範技術	處理標準值(CCW或CCWE)
3.毒性重金屬 (D004)~(D011)	F.汞(Hg) (D009)	• 廢水或汚泥(鹼氯廠產生) 丶雷酸汞、乙酸苯汞	• 化學沉澱法	• 廢水(液) 0.2 mg/l
		• 非廢水(液) 汞含量> 260 mg/kg(如洗滌塔汚泥或集塵灰)	• 熱回收法 • 焚化、蒸餾及回收	• 非廢水(液) 0.2 mg/l
		• 非廢水(液) 汞含量< 260mg/kg	• 酸萃取液 • 穩定化法	
		• 受汞污染之油	• 焚化法	
		• 有機汞廢棄物	• 焚化、蒸餾	
	G.硒(Se) (D010)	• 硒化鉈、硒酸及二硫化硒	• 同砷	• 廢水(液) 1.0 mg/l
				• 非廢水(液) 5.7 mg/l
	H.銀(Ag) (D011)	• 廢水(液)	• 化學沉澱法	• 廢水(液) 5.0 mg/l
		• 非廢水(液)	• 穩定化法	• 非廢水(液) 5.0 mg/l
4.毒性殺蟲劑	A.安特靈(Endrin) (D012)	• 焚化法	• 0.13 mg/l	
	B.靈丹(Lindane) (D013)	• 焚化法	• 0.066 mg/l	
	C.甲氧基-DDT(Methoxychlor) (D014)	• 焚化法	• 0.18 mg/l	
	D.毒殺芬(Toxaphene) (D015)	• 焚化法	• 1.3 mg/l	
	E.2,4-二氯酚(2,4-D) (D016)	• 焚化法	• 10.0 mg/l	
	F.2-(2,4,5-三氯苯氧基)-丙酸(D017)	• 焚化法	• 7.9 mg/l	

由於法案經公佈後即對列管的有害廢棄物進行管制，但並非每一個行業的廢棄物皆能符合管制的標準，亦非所有的案例皆符合法規之要求，故根據 RCRA Section 3004(h)(2)之規定，美國環保署可因應實際上之需求，或在無充足的替代處理技術、回收或處理容量來處理廢棄物時，可允許該類廢棄物於土地處置限制的管制上，在法規規定公告生效日後最多可將再延展兩年。亦因如此，於最後一階段應列管(1990.5.8)之有害廢

棄物中，在實際執行評估業界的處理容量及處理技術後，實在無法符合管制標準的情況下，美國環保署於法案的授權下，同意某些類別有害廢棄物列管日期可延後，包括有：煉油業產生之有害廢棄物(K048～K052)，可延後6個月進行列管；放射性有害廢棄物則可延後兩年再行列管；經有害廢棄物焚化爐、汞熱解回收爐、玻璃化處理設施及濕式氧化處理設備等處理後產生之殘渣或土壤，可延後兩年進行列管；其他特殊廢棄物如D009、K106、P065、P092、F039、D008、P087、D004、K031、K084、K101～K102、P010～P012、P036、P038及U136等有害廢棄物，因其不同個別因素，可延後列管日期兩年。

此外，若有下列三種情況，亦可向環保署申請延期施行或豁免排除：

1. 無滲漏豁免 (no-migration exemptions)。
2. 個案申請暫緩 (case-by-case extensions)。
3. 處理性差異 (treatability variances)。

在「土地處置限制」計畫法規生效前，所處置之有害廢棄物並不需要加以移動或再挖掘，以進行處理。不過若法規規定生效日後，在掩埋場內挖出或運出之列管廢棄物，則亦必須受此法規所管轄。目前法規列管管制之適用對象為每月產生有害廢棄量大於1,000公斤者，以及小量廢棄物產生者（每月產生100～1,000kg或急毒性有害廢棄物每月1kg以上）。

三、階段性土地處置限制列管

以下將針對美國「土地處置限制」計畫中，三個類別(五個階段)分別介紹其不同列管情形：

3.1 廢溶劑與含戴奧辛廢棄物的列管

這兩類有害廢棄物乃為美國環保署首先列管之項目，公告列管的日期為1986年11月7日，即為1984年11月8日「有害與固體廢棄物修正案」法案規定之24個月內公告(51 FR 40572)。符合法規規定於兩年內管制之基本要求。由於第一階段列管之有害廢棄物，為兩大不同特性的廢棄物，以下依其不同的特性分開介紹：

3.1.1 廢溶劑廢棄物

列管之廢溶劑廢棄物於美國有害事業廢棄物認定標準中，主要乃指F001～F005之有害廢棄物，包括有四氯乙烯、三氯乙烯、二氯甲烷、1,1,1-三氯乙烷、四氯化碳等具有高毒性之廢溶劑，或這些廢溶劑處理後之殘渣，表2為第一階段中列管廢溶劑之相關資料。詳細情形可參考40 CFR 268各節。

美國環保署為制定合理的管制措施，故對廢溶劑處理容量進行分析，剛開始分析的資料，乃依據RIA的郵寄調查資料，該資料顯示出廢水處理廠與焚化處理廠的處理容量上有所不足。故允許CERCLA(Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act; CERCLA)法案產生之廢棄物與“資源保育暨回收法案”補救行動產

表 2 美國土地處置限制列管廢溶劑廢棄物⁽⁸⁾

美國代碼編號	廢棄物名稱	列表依據	備註
F001	<ul style="list-style-type: none"> 廢棄之除脂用鹵化溶劑，包括四氯乙烯、三氯乙烯、二氯甲烷、1,1,1—三氯乙烷、四氯化碳、氯化性氟碳化合物。 所有在使用前含10%以上(總體積含量)前述鹵化溶劑或第2、4、5項所列溶劑之除脂用廢棄溶劑混合物。 前述溶劑及其混合物回收後底部殘留物。 	T	<ul style="list-style-type: none"> F001~F005若屬下列情況，則於1988.11.8起生效。 <ol style="list-style-type: none"> 每月有害廢棄物量產生為100~1000kg之少量生產者。 此類廢棄物之產生，因CERCLA或RCRA修正下而產生者，但對於受污染之土壤、土塊不包括在內。 開始之廢棄物為溶劑水混合物，含溶劑之污泥、固體、或含條列在40 CFR268.41 表CCWE中 F001-F005 總溶劑成分小於1%之受溶劑污染之土壤。(非屬CERCLA或RCRA修正案行動中所包含) 處理上述廢棄物所產生之殘留物，或由處理非上述廢棄物而產生之殘留物但其屬3.中之可處理性群。 F001-F005 之溶劑廢棄物若為由對CERCLA或RCRA修正而產生之受污染之土壤，則生效日期為1990.11.8而於1988.11.8至1990.11.8間，只要處置單元符合 *268.5(b)(2)之規定，此類廢棄物可允許處置在這些單元內。 (b)(2)之規定，此類廢棄物可允許處置在這些單元內。
F002	<ul style="list-style-type: none"> 廢棄之鹵化溶劑，包括四氯乙烯、二氯甲烷、三氯乙烯、1,1,1—三氯乙烷、氯苯、1,1,2-三氯-1,2,2—三氟乙烷、鄰二氯苯、三氯氟甲烷、1,1,2-三氯乙烷。 所有在使用前含10%以上(總體積含量)前述鹵化溶劑或第1、4、5項所列溶劑之廢棄溶劑混合物。 前述溶劑及其混合物回收後底部殘留物。 	T	<ul style="list-style-type: none"> 開始之廢棄物為溶劑水混合物，含溶劑之污泥、固體、或含條列在40 CFR268.41 表CCWE中 F001-F005 總溶劑成分小於1%之受溶劑污染之土壤。(非屬CERCLA或RCRA修正案行動中所包含) 處理上述廢棄物所產生之殘留物，或由處理非上述廢棄物而產生之殘留物但其屬3.中之可處理性群。 F001-F005 之溶劑廢棄物若為由對CERCLA或RCRA修正而產生之受污染之土壤，則生效日期為1990.11.8而於1988.11.8至1990.11.8間，只要處置單元符合 *268.5(b)(2)之規定，此類廢棄物可允許處置在這些單元內。 (b)(2)之規定，此類廢棄物可允許處置在這些單元內。
F003	<ul style="list-style-type: none"> 廢棄之非鹵化溶劑，包括二甲苯、丙酮、醋酸乙酯、乙苯、乙醚甲基異丙酮、正丁醇、環己酮、甲醇。 所有在使用前僅含前述非鹵化溶劑之廢溶劑混合物。 所有在使用前含一種或多種前述非鹵化溶劑，且第1、2、4、5項所列等一種或多種溶劑之總體積含量在10%以上之廢溶劑混合物。 前述溶劑及其混合物回收後底部殘留物。 	I, T	<ul style="list-style-type: none"> F001-F005 之溶劑廢棄物若為由對CERCLA或RCRA修正而產生之受污染之土壤，則生效日期為1990.11.8而於1988.11.8至1990.11.8間，只要處置單元符合 *268.5(b)(2)之規定，此類廢棄物可允許處置在這些單元內。 (b)(2)之規定，此類廢棄物可允許處置在這些單元內。
F004	<ul style="list-style-type: none"> 廢棄之非鹵化溶劑，包括甲酚、硝基苯。 所有在使用前含10%以上(總體積含量)前述一種或多種非鹵化溶劑或第1、2、5項，所列溶劑之廢溶劑混合物。 前述溶劑及其混合物回收後之底部殘留物。 	T	
F005	<ul style="list-style-type: none"> 廢棄之非鹵化溶劑，包括甲苯、丁酮、二硫化碳、異丁醇吡啶、苯、二乙氧乙醇、2-硝基丙烷。 所有在使用前含10%(總體積含量)前述一種或多種非鹵化溶劑或第1、2、4項所列溶劑之廢溶劑混合物。 前述溶劑及其混合物回收後之底部殘留物。 	I, T	

附註：列表依據中 T 代表溶出毒性、 I 代表易燃性。

生的廢棄物及小量廢棄物產生者，以及所有F001-F005有害廢棄物中溶劑成份總含量小於1%者，有兩年的緩衝期延緩列管。不過後來經TSDR (EPA's National Survey of Hazardous Waste Treatment, Storage, Disposal, and Recycling Facilities) 的調查資料分析後，美國環保署發現有足夠的處理容量處理該類廢溶劑。

3.1.2 含戴奧辛廢棄物

有害廢棄物中含有戴奧辛之有害廢棄物，主要乃指F020~F023及F026~F028之有害廢棄物，包括有三氯苯酚、四氯苯酚、三氯苯、四氯苯及六氯苯等毒性化學物質或農藥，於化學反應中產生之中間產物之廢棄物，或焚化處理這些廢棄物後產生之殘渣或殘留物。因其具有高毒性及危害性，故於第一階段中予以列管。表3為第一階段中列管之含戴奧辛廢棄物及其特性。詳細資料可參考40 CFR 268之相關章節。

對含戴奧辛廢棄物的處理容量分析，經調查證實並沒有足夠的焚化處理設施可有效的處理這些廢棄物，因此允許其生效日期，於1984年公告後展延兩年再予以列管，即1986年11月8日起開始列管。

廢溶劑及含戴奧辛廢棄物必須經過中間處理，其處理後殘渣或廢液必須符合萃取濃度標準(CCWE) (constituent concentrations for waste extracts ; CCWE) 及總污染物濃度標準(CCW) (constituent concentrations in wastes ; CCW)後，才可進行土地處置，否則這兩類廢棄物禁止直接進行土地最終處置。

3.2 加州表列廢棄物

加州表列廢棄物主要根據廢棄物的危害特性而定，非屬F,K,P,U類之表列廢棄物。所包含的廢棄物主要包括有：

1. pH值小於或等於2.0的液體性有害廢棄物(酸性或腐蝕性廢棄物)。
2. 含游離氯、有毒金屬或多氯聯苯廢棄物，其濃度大於或等於「有害與固體廢棄物修正案」中所規定者。如多氯聯苯濃度大於或等於50 ppm之有害廢棄物。
3. 含鹵素有機化合物(HOCs)之有害廢棄物(液體、污泥或固體)其含量大於或等於規定者
○如鹵素有機化合物總含量介於1,000~1,0000mg/l之有害廢棄物。

美國環保署於1987年7月8日(52 FR 25760)中公告加州表列廢棄物的處理標準，對於含鹵素之有機化合物，美國環保署指明必須使用焚化處理方式，但並未設定處理後之濃度限制，對於含多氯聯苯廢棄物，美國環保署亦依據40 CFR 761.60的處理標準，指定必須使用熱處理方式處理；對於酸性腐蝕性廢棄物，廢棄物pH值小於或等於2.0則禁止使用土地處置，不過並未指定處理標準；對於含有毒金屬或鹵化物廢棄物的處理標準因未完全建立，所以禁止其直接進行土地處置。

3.3 三階段中第一期列管廢棄物

該階段列管之有害廢棄物，乃為上述介紹之廢溶劑、含戴奧辛廢棄物及加州表列廢棄物以外之有害廢棄物中，再依不同有害廢棄物的毒性及產量的大小，評估其有效的處理容量，才決定出該階段列管之名單。根據「有害與固體廢棄物修正案」中之規定，美國環保署必須於法規公佈後之45個月內進行列管，即於1988年8月8日起生效。

因美國有害廢棄物的認定可區分為表列式認定及特性認定兩種，前者屬於特定污染源或特定毒性化學物質的認定方式，故可依工廠的製程或使用的原料來判定有害廢棄物的特性，後者則依廢棄物產生的性質進行溶出試驗分析，若超過標準值則屬於有害廢棄物。由於表列式認定的有害廢棄物，因認定原則明確，管理上較為容易，故該階段列管的有害廢棄物則皆屬此類廢棄物。目前於1988年8月8日生效列管的有害廢棄物共有40種，皆屬於美國有害廢棄物認定之特定污染源廢棄物(即K類廢棄物)。詳細的列管項目及相關措施可參考1990年40CFR268.33。

3.4 三階段中第二期列管廢棄物

該階段列管之有害廢棄物的生效日期為1989年6月8日開始，事實上美國環保署亦於法規規定的55個月內完成公告程序。目前該階段列管的廢棄物包括有F類廢棄物7種、K類廢棄物24種及P類廢棄物34種等。因考慮特性認定式有害廢棄物其判定不易，故所有特性有害廢棄物(即D類)並不於本階段中列管。詳細列管廢棄物的名稱、種類，可參考40 CFR 268.34。

3.5 三階段中第三期列管廢棄物

未於前面四階段列管之法定有害廢棄物，皆包括在最後這一階段中進行列管，此階段法定的列管生效日為公告後66個月內為準，即以1990年5月8日為限。事實上美國環保署亦於期限截止前完成公告，但有少許的廢棄物因評估處理容量未能完全處理，或處理標準未能及時訂出，故同意將列管期限延後。包括有煉油業產生之有害廢棄物，延後6個月列管，即1990年11月8日才開始列管；放射性有害廢棄物、焚化爐、汞熱解爐、濕式氧化設施及玻璃化處理設施等，產生之殘渣或土壤亦可延長兩年再進行列管，即1992年5月8日起生效。此外，仍有其他某些特殊廢棄物經個別申請後原因充足，美國環保署亦同意予以延緩列管。詳細情形可參考1990年40 CFR 268.35。事實上1992年的最後期限乃是「有害與固體廢棄物修正案」中國會賦予美國環保署執行權力中規定，若第三期列管廢棄物未能於66個月內完成處理容量評估及列管公告時，可依需要最多延緩兩年。若屆時業界無法再達到處理標準，則除非修改法令，否則業界還是得設法達到法規管制標準。

表3 美國土地處置限制列管之含戴奧辛廢棄物⁽⁸⁾

美國代碼編號	廢棄物名稱	列表依據	備註
F020	三氯苯酚或四氯苯酚或其農藥衍生物之中間產物產生或製造(做為反應劑、化學中間產物、或配方成份)之廢棄物，不包括廢水及氯化氫純化產生之廢碳，亦不包括自高純度2、4、5-三氯苯酚製造六氯苯酚產生之廢棄物。	H	<ul style="list-style-type: none"> 含戴奧辛F020-F023及F026-F028廢棄物，若為CERCLA或RCRA修正下因而產生之受污染的土壤及土塊，則生效日為 1990.11.8 1988.11.8 至 1990.11.8間，上述廢棄物，僅在處理單元符合 * 268.5(h)(2) 及 Part 264、Part 265 中指定之規定下，方可處置在這些單元內。
F021	五氯苯酚或其農藥衍生物之中間產物生產或製造(做為反應劑、化學中間產物、或配方成份)之廢棄物，不包括廢水及氯化氫純化產生之廢碳。	H	
F022	在鹼性狀態下使用四氯苯、五氯苯、六氯苯做為反應劑、化學中間產物或配方成份之製程所產生之廢棄物，不包括氯化氫純化產生之廢碳及廢水。	H	
F023	利用生產三氯苯酚、四氯苯酚或以其為反應劑、化學中間產物或配方成份之製程所用之設備製造其他物質產生之廢棄物，不包括氯化氫純化產生之廢碳及廢水，亦不包括僅用於生產或使用自高純度2、4、5-三氯苯酚製造六氯酚之設備產生之廢棄物。	H	
F026	在鹼性狀態下利用以四氯苯、五氯苯、六氯苯為反應劑、中間產物、或配方成分之製程所用之設備製造其他物質產生之廢棄物。不包括氯化氫純化產生之廢碳及廢水。	H	
F027	廢棄之含二氯苯酚、四氯苯酚、五氯苯酚及其衍生物之化學配方。僅含以純化之2,4,5-三氯苯酚合成之六氯酚者則不在此列。	H	
F028	第15至20項所受污染土壤之焚化或其他熱處理產生的殘留物。	T	

* 附註：表列依據中 T 代表溶出毒性、H 代表急毒性。

四、土地處置限制的相關規定

4.1 處理標準的建立

雖然美國環保署制定出嚴格的“土地處置限制”管制準則，而所有的有害廢棄物雖經有效的處理而達到減量的效果，但並非所有的處理設施皆可將有害廢棄物處理至零廢棄物的排放。尤其某些有害廢棄物經適當的破壞去除其污染物後，即非屬有害廢棄物。故對於有害廢棄物的處理制定標準值，以判定其處理效果。在這個前提之下，美國環保署因應不同的有害廢棄物，制定出有害廢棄物處理效果的三種判定基準。這三種判定標準的關係圖可見圖2。以下將分別介紹這三種判定標準：

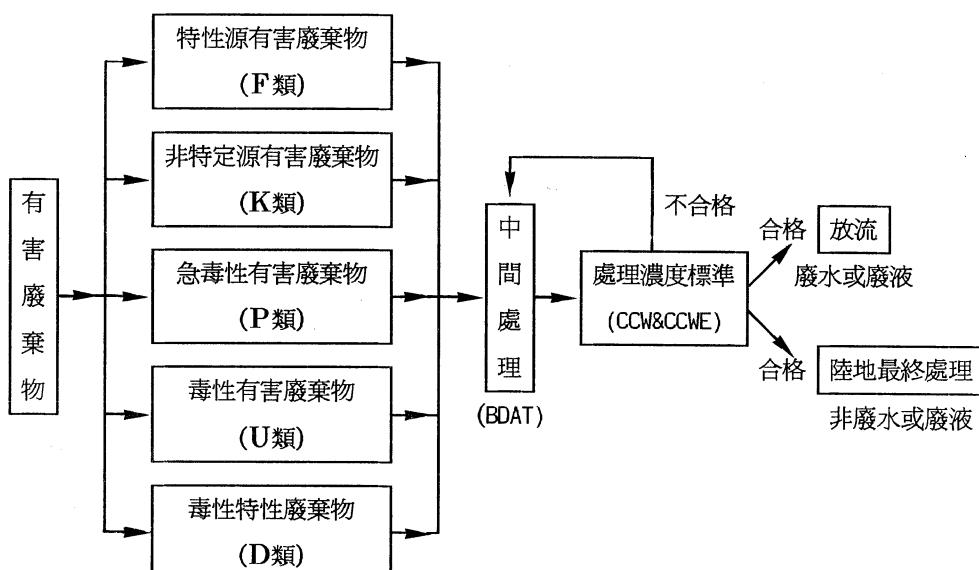


圖2 美國有害廢棄物處理程序及最終處置規定

4.1.1 處理技術標準 (technology-based standards)

在美國的有害廢棄物認定原則中，某些屬於特性認定之有害廢棄物，當其危害特性經有效中間處理後而消失時，即不屬於有害廢棄物。基於此原則下產生處理技術標準，該標準中管制之各類型有害廢棄物，皆有其不同的中間處理方式，業者若能依照法規之規定，處理後之廢棄物即可進行土地處置。例如易燃性有害廢棄物(D001)可使用焚化法、去活性法、或回收法處理，該型廢棄物僅有處理技術標準無處理後標準。

4.1.2 廢棄物污染物萃取濃度標準(CCWE)

廢棄物污染物萃取濃度標準則決定於“最佳可行處理示範技術”之操作狀況而定，雖然美國環保署對某類廢棄物(或廢液)訂有最佳可行中間處理技術，不過經由美國環保署認可之其他中間處理技術若可處理至此濃度標準值以下，則該處理技術亦可使用。該標準值主要針對某些有害廢棄物經中間處理後的殘渣、灰渣、土壤或固化／安定化處理後的固化物，這些經處理後的殘留物基本上可能仍具有少許的危害特性，在進行土地最終處置前，為防止其因酸雨或其他酸性物質危害，造成再溶出的二次污染，故訂定了廢棄物的溶出試驗標準值，做為進入土地處置作業之參考。

4.1.3 廢棄物污染物濃度標準 (CCW)

廢棄物污染物濃度標準亦決定於“最佳可行處理示範技術”的操作成效，制定該濃度標準的主要理由有二：

1. 某些有害廢棄物經中間處理後將產生液體性廢棄物(廢液)，這些欲進行排放的廢液必須達處理標準值，才可進行排放。故制定污染物濃度標準值予以規範。
2. 某些固體性廢棄物於中間處理後，雖符合廢棄物污染物萃取濃度標準值(CCWE)，但廢棄物中仍含有大量的危害性物質，故必須增加總量標準值予以管制。例如重金屬污泥經固化／安定化中間處理後之固化物，在某些情形下雖可符合“廢棄物污染物萃取濃度標準”，但其重金屬污染物濃度仍須低於此標準下，才可進行土地最終處置作業，以防止二次污染的發生。

事實上此三種有害廢棄物處理判定標準並非獨立而互不相關的，某些有害廢棄物必須符合三種處理標準，或雙重標準(CCW)和(CCWE)才可進行最終的土地處置。

4.2 處理能力(容量)的分析

為評估對某類有害廢棄物適合處理容量及是否有其他替代性處理方式，美國環保署首先將需要做類似中間處理或操作的列管有害廢棄物，將之歸類為“可處理群”(treatability groups)，例如將所有需焚化且特性相同的污泥置於相同的處理群中，再進行處理容量的分析。若處理上發生問題時，環保署亦可將多種技術組合成“處理系列”(treatment trains)，並使用連續操作方式來評估。

事實上美國環保署對於每一有害廢棄物處理群，所產生的處理技術或處理系列皆經過多項評估因素的考慮，包括處理後產生殘留物的問題皆已經做適當的計算。此外，亦考慮有：

1. 現場設施是否為廢棄物產生者所使用，且無其他廢棄物產生者所使用。
2. 所有商業化可用容量是否考慮由所有產生者所充分利用。

對於欲列管的廢棄物，美國環保署使用“有效處理容量”來計算，對於最終土地處置方式，則先考慮現行所有地表處置的有害廢棄物，然後再考慮現行使用地下注入法處置的廢棄物，再其次考慮土壤與碎屑。以此評估有害廢棄物經中間處理後的最終土地處

置容量，是否有足夠的容量處置殘渣。美國環保署對於此列管的優先順序考量因素，認定為地表處置方式對人之健康及環境的危害比地下注入法為大，此乃因美國對於使用地下注入法處置有害事業廢棄物，訂有非常嚴格的管制措施，在地點的選定、地層的考量及設施規範等層層的管制下，才允許使用該項處置技術。

4.3 化學品填充物 (lab packs)

此類廢棄物為典型在工業界或學校實驗室中，用來處理分析樣品或實驗時，而產生的小量工業化學品填充物或殘留廢棄物，在土地處置前為尋求該廢棄物的適用處理標準，美國環保署建議對於含有某些特殊廢棄物與表列有害有機廢棄物，則使用焚化做為處理標準，對於某些只含有特定有毒金屬者，則建議採用固化／安定化法。其它有關化學品填充物的相關法規如下：

1. 不管使用什麼方法處理化學品，處理後之餘留物若不符合所有特性有害廢棄物的處理標準，則不可進行土地處置。
2. 如果含有“有機金屬”(organometallic)的化學品填充物，含有毒性金屬列表成份之廢棄物，則焚化殘渣只需符合重金屬管制之特性標準。
3. 產生者可將有機金屬／金屬(organometallic/metallic)的化學品填充物，將其混入其它廢棄物中混合處理。不過這些廢棄物處理後之殘留物，必須符合化學品填充物中所有污染物的處理標準。
4. 若非屬化學品填充物之廢棄物，在處理中或處理前混入該填充物中，則混合廢棄物之處理標準，採用最嚴格者。
5. 若有加州表列之PCBs或含戴奧辛廢棄物(F020～F023,F026～F028)含於化學品填充物中，則適用於焚化處理標準。
6. 化學品填充物可使用纖維材質容器來盛裝。

4.4 多來源滲出液 (multi-source leachate)

多來源滲出液的定義為：超過一種有害廢棄物於貯存、清除及處理處置時，所產生之滲出液。在三階段中第三期列管廢棄物中，即有針對此類廢棄物訂定一個新的法規體系。首先將此類約有200種成份的多來源滲出液編立一個有害廢棄物碼(F039)，該類廢棄物的處理標準則由P類(急毒)與U類(毒性)有害廢棄物處理標準的結合發展而來。

4.5 土壤與碎屑 (soil and debris)

在“土地處置限制”計畫中，於工廠、事業單位或受污染場址中，所產生的受污染土壤與碎屑最不可能符合法規要求的處理標準，在第一與第二期的第三階段列管限制中，美國環保署允許某些 CERCLA 或RCRA規定下，清理後產生的受污染土壤或碎屑，將其列管生效日期延後兩年。不過在最後一階段列管時，並無此打算。由於不易取得代表性

樣品，所以很難判斷土壤或碎屑中污染物的濃度，為此，美國環保署已決定對受污染的土壤及碎屑建立其個別的處理群與處理方法，如此在此處理方法公告後，受污染的土壤及碎屑將與其他有害廢棄物受相同的限制。

此外，放射性廢棄物亦列入土地處置限制之管制中，不過由於國內此類廢棄物並不屬於環保機關所管轄，所以在此並不提及。

五、結語

由以上“美國土地處置限制管理制度”的介紹中發現，美國於近10年中對於有害廢棄物的管理不遺餘力，除國會立法外，美國環保署亦針對不同類別的有害廢棄物，制定出階段性列管期限、中間處理標準及最佳可行中間處理示範技術等。為何要花這麼大的精神及經費執行呢？必定有環境及經濟的考量因素存在。此外，在管理制度的執行技巧上，其創先使用階段式管制方式，經評估有害廢棄物產生量及有效中間處理容量，再制定列管期限，亦為廢棄物管理上創新的措施。反觀國內之事業廢棄物管理上，相關法規如「廢棄物清理法」(77年11月11日修正公布)、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」(78年5月8日公布)及「有害事業廢棄物認定標準」(76年5月12日公布)亦於最近這幾年中，才開始進行事業廢棄物的管制，故針對國內有害事業廢棄物的相關管理措施而言，尚屬於起步階段。如何從有害事業廢棄物產生時，即有效的掌握其動向，在中間處理及最終處置時如何防止其二次污染的發生，這些都是相關單位所應重視的問題。經由美國的土地處置限制管理制度的介紹，希望於未來國內有害廢棄物管理管制上能有所助益。

六、參考資料

- (1)Maung Min, Richard Barbour and Jou Hwang , Land Ban Technologies , Impacts and Implication, Pollution Engineering, PP.62~68 , July 1991.
- (2)Julie C. Becker at.al ,The Least Favored Method-A Primer on the RCRA Land Disposal Regulations, J. Air Waste Manage. Assoc., Volume 41, No. 4, PP. 414~417, 1991.
- (3)Background Document for Third Wastes to Support 40 CFR Part 268 Land Disposal Restrictions, U.S, EPA Office of Solid Waste 401M Street, S.W. Washington, D.C.20460, November 1989.
- (4)Bruce M. Daniel ,Land Disposal Restrictions for Final Scheduled Wastes, Environmental Waste Management Magazine, 40 CFR Part 268,1990.
- (5)Jack Reynolds, Ronald Buchanan, Ph.D. ,New RCRA Land Disposal Restrictions , The Weston Way , fall ,1990.

- (6) John Biedry, Managing Waste to Meet Federal Land Ban Rules , Pollution Engineering, October, 1990.
- (7) Environmental Fact Sheet , United States Environmental Protection Agency, EPA/530-SW-89-045, March, 1990.
- (8) 行政院環保署，有害事業廢棄物中間處理後最終處置及後續監測管理研究－固化中間處理，EPA-80-E3H1-09-23, 民國80年 6月。