土地污染之預防管理策略

報告人：楊致行
共同撰寫人：蔡振球/黃孝信

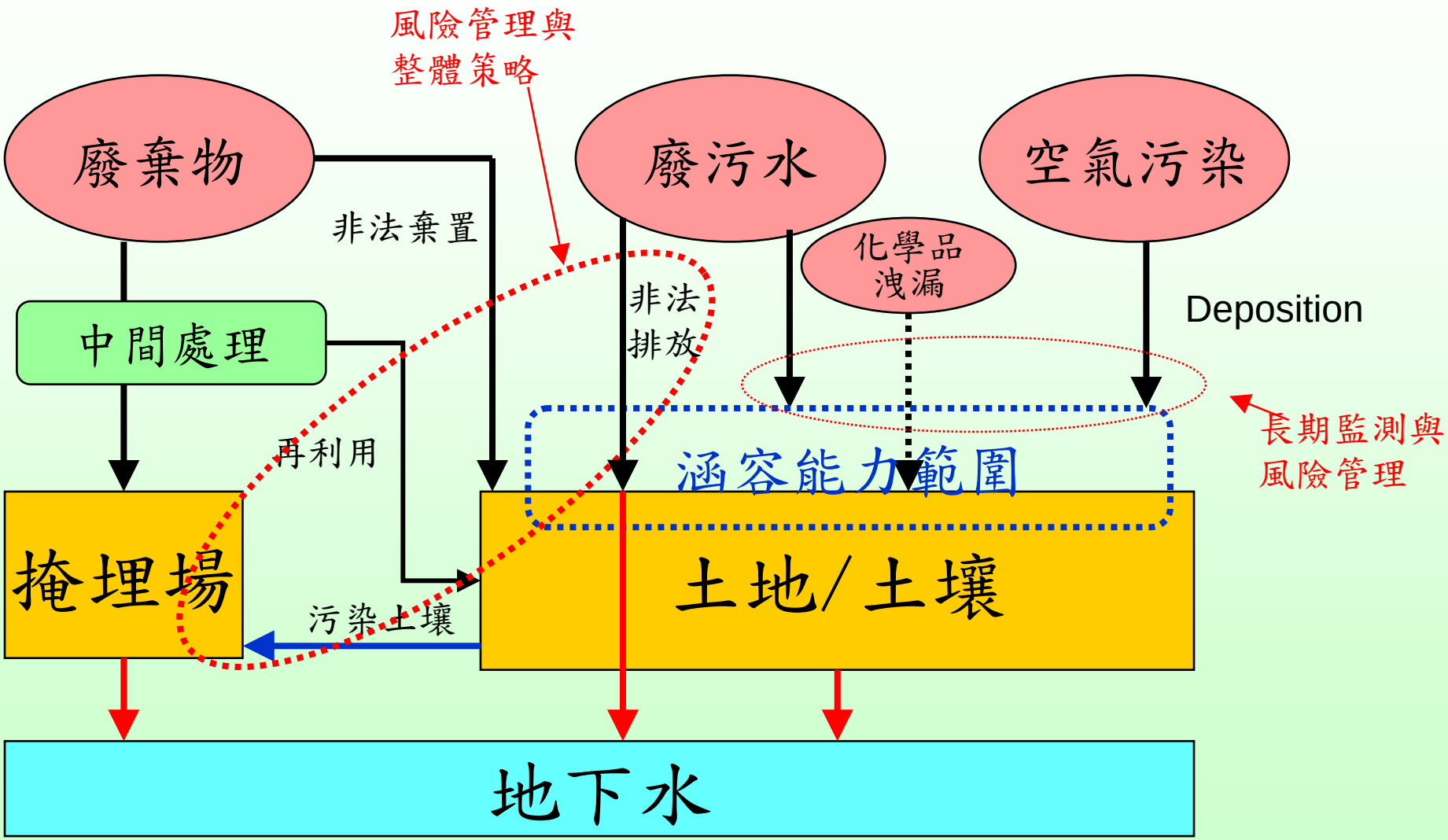
簡報綱要

主題	內容概要
土壤污染來源之背景分析	•各介質與土壤與地下水污染之關係 •國內外土壤污染來源之比對及潛勢 •土壤污染預防管理之考量架構
國內外預防管理制度評析	•國內相關法令分析及管制基準之問題 •廢棄物資源化與土地應用及地下貯槽之管制 •國外相關法令分析及其值得參考制度和做法 •案例討論—問題與方向的考量
管理制度的調和規劃	•管理介面之整合與跨部門的協調 •土壤污染與廢棄物管制配合及標準一致化
結論與建議	

土壤污染來源之背景分析

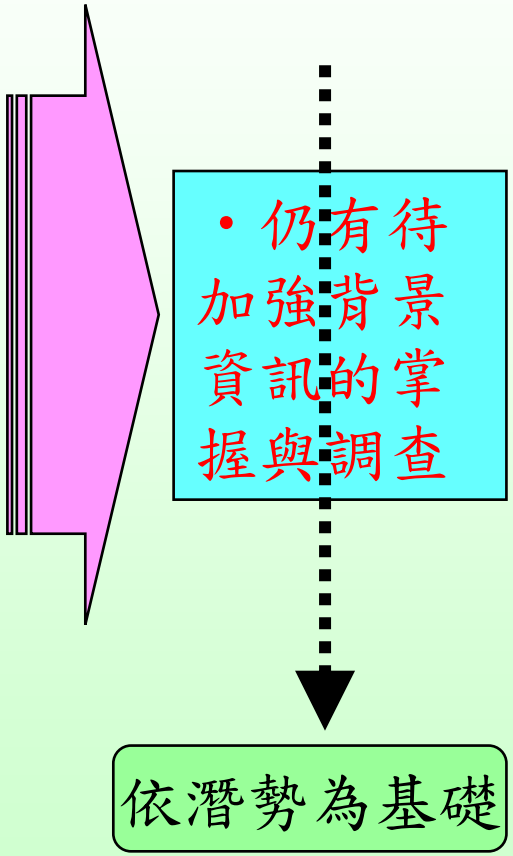
背景分析

各介質與土壤與地下水污染之關係



國內外土壤污染來源之比對

- 國外案例中土壤與地下水受污染之比例相當，但國內遭污染的環境介質則以土壤佔絕大多數
- 國內現有之土壤污染案例，以金屬類為主，出現頻率高達97.4%，與國外案例統計分析相同；但在其他揮發性有機物、半揮發性有機物、及油品類的污染物，國內出現頻率明顯偏低
- 國內場址內之污染物以單一類別為主，但國外場址包含之污染物類別較多
- 國內以農地污染為大宗，約佔97.2%

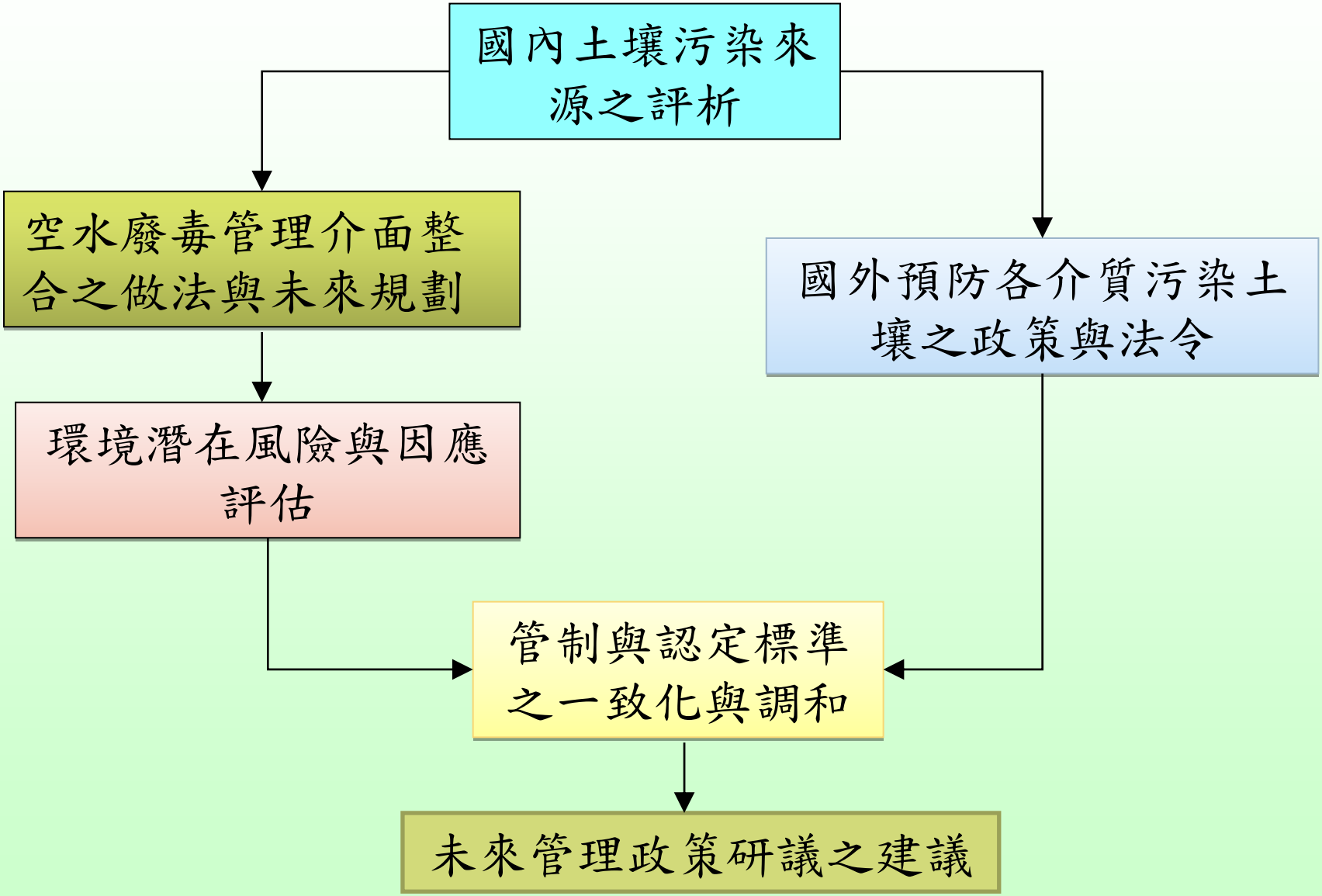


(資料來源：土壤及地下水污染事件應變調查、查證及技術支援工作計畫/94年度)

背景分析

土壤/地下水污染發生之潛勢分析

土壤污染預防管理之考量架構



國內外預防管理制度評析

國內相關法令分析

廢棄物清理法

- 廢棄物再利用行為對於土壤污染之影響評估
- 掩埋場進場管制之未來影響
- 不明廢棄物場址之影響
- 資源回收再利用法

水污染防治法

- 放流水排放和土壤污染管制
- 加油站之管制與監控
- 地下貯槽系統相關監測標準作業程序（含土壤與地下水）

土壤及地下水污染整治法

- 土壤污染之分類管制
- 受污染土壤之整治與未來開發原則
- 其他液體性貯槽之監測與管理

問題焦點

- 廢棄物棄置與再利用的問題之阻絕
- 放流水排放與土壤之關係
- 地下貯槽的管理
- 【受污土壤納入廢棄物管制的可行性】

管理制度評析

國內不同污染介質之管制-重金屬類

污染物種類	土壤污染管制值 (mg/kg)	地下水管制標準值 (mg/l)		放流水標準(mg/l)	溶出試驗標準值 (mg/l)	掩埋場進場標準 (mg/l)*
		第一類	第二類			
汞	20/5(食用作物)	0.002	0.02	0.005	0.2	0.2/0.025
鎘	20/5(食用作物)	0.005	0.05	0.03	1.0	0.11
總鉻	250	0.05	0.5	2.0	5.0	0.6
六價鉻	-	-	-	0.5	2.5	-
鉛	2000/500 (食用作物)	0.05	0.5	1.0	5.0	0.75
砷	60	0.05	0.5	0.5	5.0	5.0
銀	-	-	-	0.5	5.0	0.14
銅	400/200 (食用作物)	1.0	10	3.0	15.0	-
鋅	2000/600 (食用作物)	-	-	5.0	-	11

風險管理之協調

註：美國UTS標準值為國內未來衛生掩埋場進場管制標準之引用基準

國內不同污染介質管制-有機類(部分)

污染物種類	土壤污染管制值(mg/kg)	地下水管制標準值(mg/l)		放流水標準(mg/l)	溶出試驗標準值(mg/l)	掩埋場進場標準(mg/kg)*
		第一類	第二類			
六氯苯	500	-	-	-	0.13	10
氯乙烯	10	0.002	0.02	-	0.2	6.0
苯	5	0.005	0.05	-	0.5	10
1,2-二氯乙烷	8	0.005	0.05	-	0.5	6.0
三氯乙烯	60	0.005	0.05	-	0.5	6.0
1,1-二氯乙烯	-	0.007	0.07	-	0.7	6.0
四氯乙烯	10	0.005	0.05	-	0.7	6.0
五氯酚	200	-	-	-	100	7.4

(~100倍)

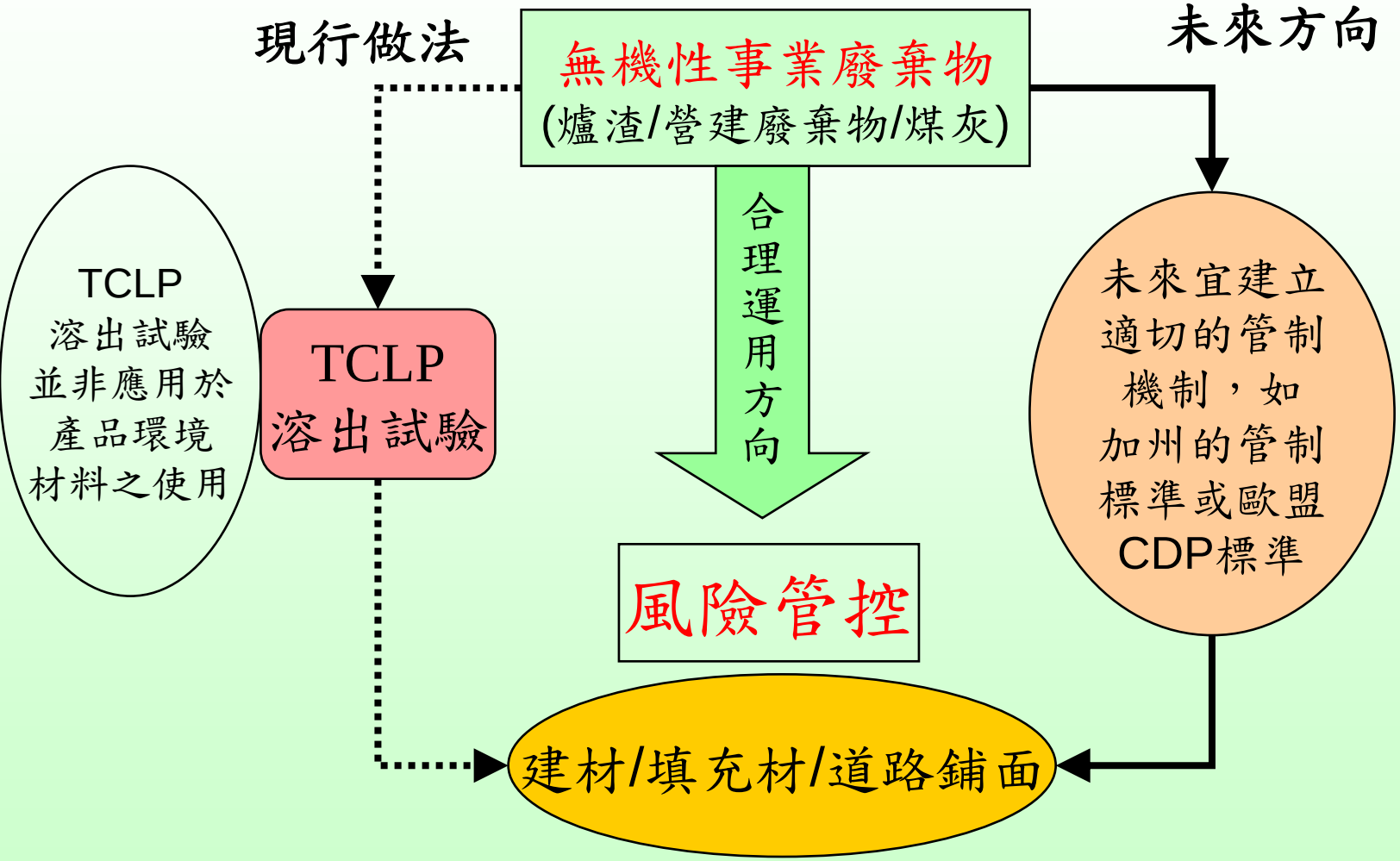
註：美國UTS標準值為國內未來衛生掩埋場進場管制標準之引用基準

管制基準之問題—協調與同步化

- 各標準對管制項目不一致—放流水標準/廢棄物衛生掩埋場進場標準/土壤污染管制標準值/地下水管制標準值等
- 可採單一物質之簡化管制—針對特定管制污染物(如總鉻和六價鉻)可依風險管理與實務運作來進一步檢討或整併
- 本土條件的掌握—有許多污染管制項目，在國內不一定有污染之行為，其整合管制並不須和先進國家一樣納入管制，而衍生之管制成本(如檢測分析/申報/行政手續)

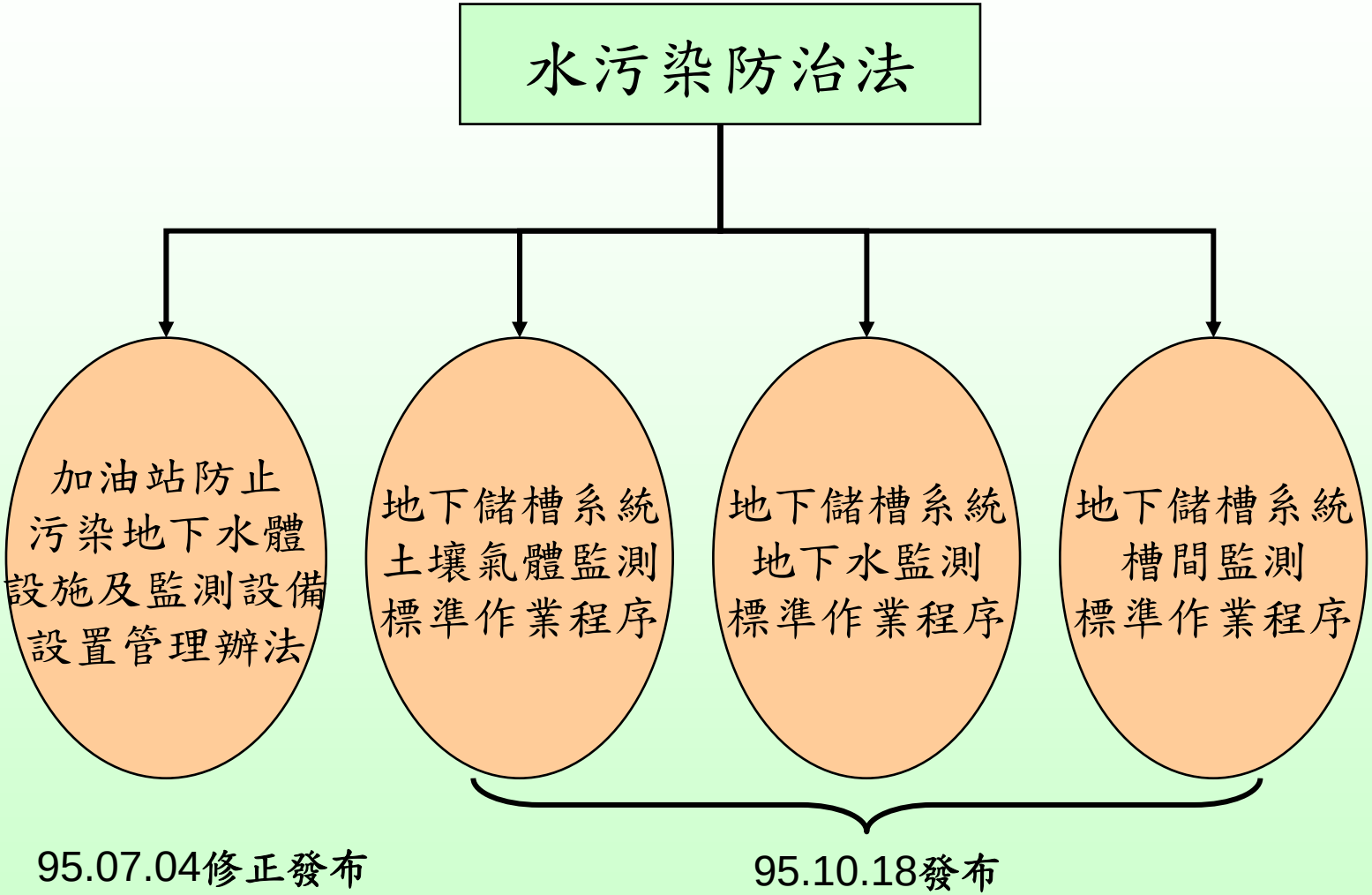
管理制度評析

廢棄物資源化與土地應用之管制



管理制度評析

水污染防治法對於地下貯槽之管理



地下貯槽管理之方向

- 相關執行法令已於95年10月發布，管制已趨完整；惟須進一步調查和確認國內舊有貯槽之使用現況和新設貯槽未來之符合性，並整合土壤與地下水污染預防之方案
- 檢測工作為管制的關鍵，宜區分三個層次
  - 主管機關之抽測：了解業者之地下貯槽危害風險，並達防止之目的
  - 業者之自我抽測或監測：宜要求業者定期進行抽測或監測，並將數據或檢測報告申報
  - 訂立相關的管理規範與作業手冊，以利系統性的運作和管制的一致性

國外相關法令分析

美國

- Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA)
- Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA)
- Land Disposal Restrictions (LDR) Program

日本

- 土壤污染対策法(含施行令與規則)
- 水質汚濁防止法(地下水之監測與預防管制)
- 廃棄物の処理及び清掃に関する法律(廢棄物的產出與管控)

歐盟國家

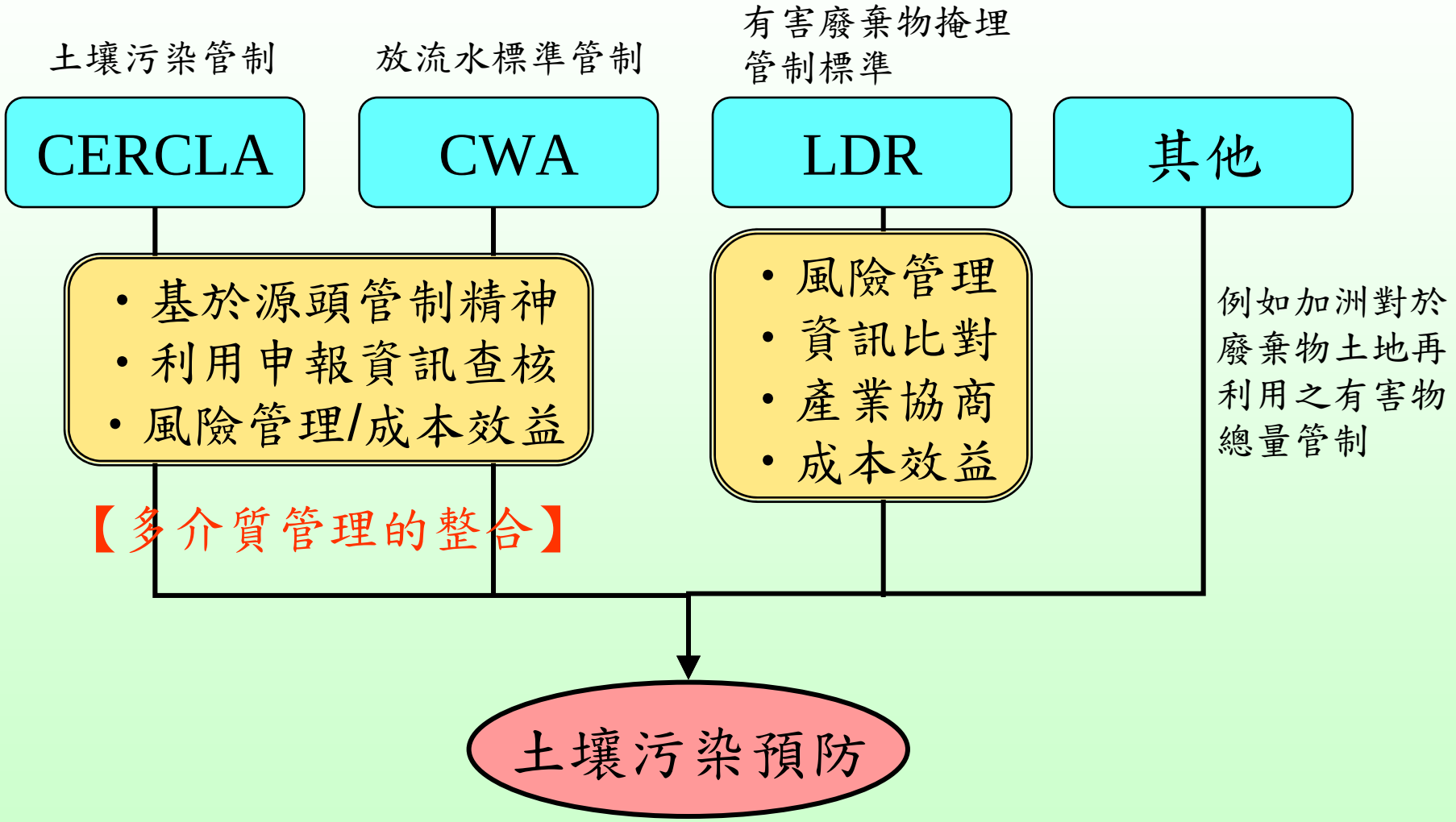
- EEA Report - Integration of environment into EU agriculture policy
- European soil monitoring and assessment framework
- Down to earth: Soil degradation and sustainable development in Europe

核心理念

- 多介質管理與資訊的整合性(含成本效益分析)
- 土地用途及環境涵容能力的風險管制

管理制度評析

美國之土壤污染預防相關法規



加州對於可再利用物質之管制原則

- 美國加州法令(California Code of Regulations) 針對廢棄物或可再利用物質之再利用管制上；再利用物質含有毒性或危險性物質，須符合「加州健康安全法令」(California Health and Safety Code)規定
- 加州對於可再利用物質之管制，除應符合美國聯邦政府之40CFR261(有害廢棄物判定標準)或40CFR268(處理標準)的規定外，亦制定出有害物質之可溶性閥值濃度標準(STLC; Soluble Threshold Limit Concentration)和總閥值濃度標準(TTLC; Total Threshold Limit Concentration)，可再利用物質須符合前述規定才可進行再利用程序

依環境風險管理與涵容條件，在總量相對於溶出的管制比例上，重金屬大致為100倍，有機物為10倍

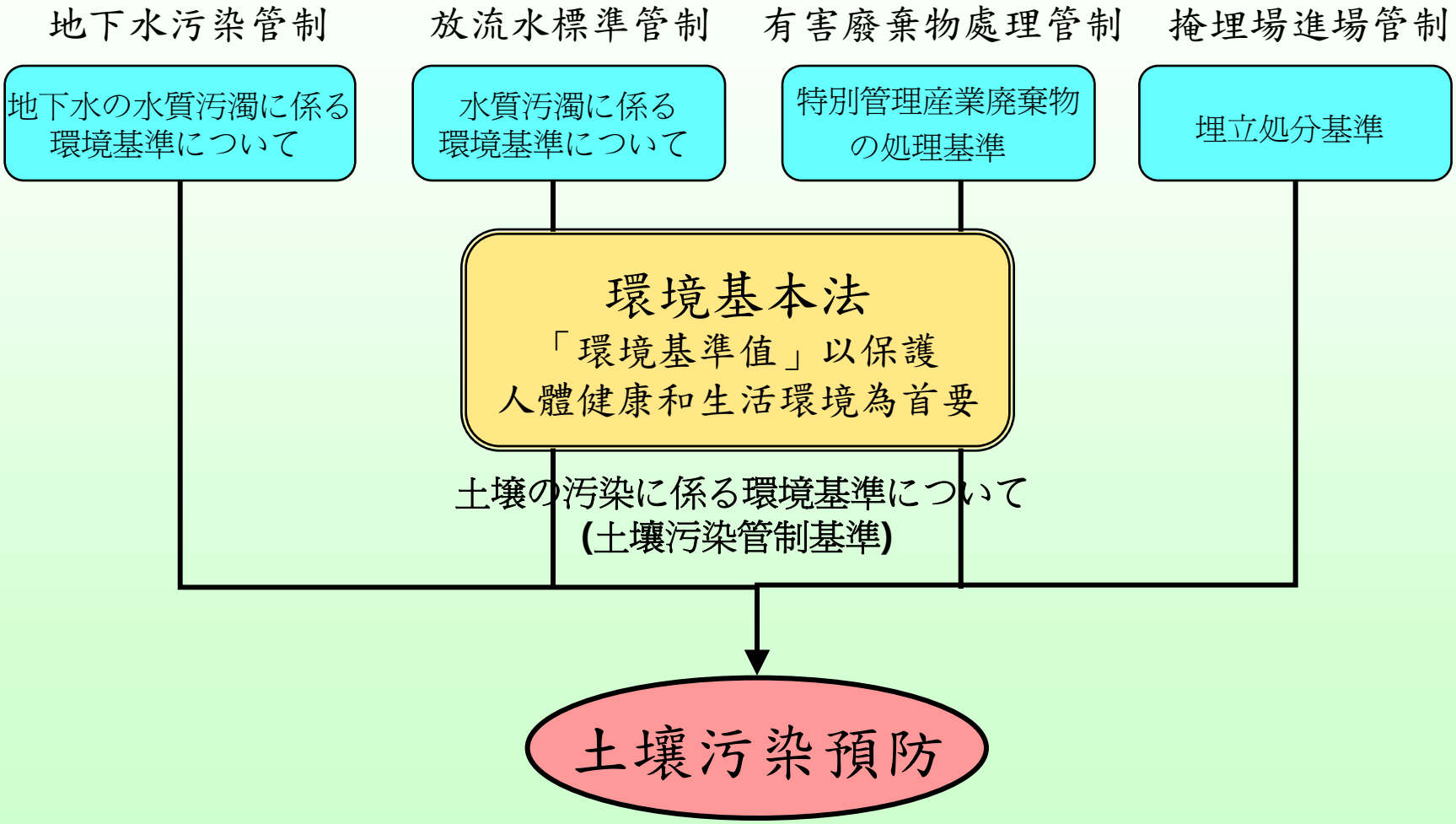
管理制度評析

加州可再利用物質用於土地許可條件

- 非屬RCRA列管之有害廢棄物；且組成不超過特殊認定
- 除非有許可執照，可再利用物質不可應用於工業燃燒爐
- 如使用在工業產品之原料應用時，其溶出試驗值(STLCs)不可超過標準，如製造成產品時，則須依製成產品之稀釋比率，反算其是否符合原STLC之規定
- 使用在商業產品製造時，其危害物質的含量不得超過現行商業化產品之要求，或不超過對人體健康或環境的毒性閾值
- 須由加州州政府認可之獨立工程師或技師簽證，使用時亦須符合該產品之基本產品規範，如ASTM等

源頭管制，降低風險(含後續管理的作業)

日本之土壤污染預防相關法規



日本環境基準管制之有害物項目

環境基準管制項目

重金屬與無機污染物	有機污染物
鎘	四氯化碳
總氰化物	苯
鉛	1,1-二氯乙烯
六價鉻	對-1,2-二氯乙烷
砷	1,2-二氯乙烷
總汞	二氯甲烷
有機汞	多氯聯苯
硒	1,1,1-三氯乙烷
銅	1,1,2-三氯乙烷
氟化合物	三氯乙烯
硼化合物	四氯乙烯
	1,3-二氯丙烷
	チウラム (農藥)
	西馬林(農藥)
	有機磷化物

特別管理產業廢棄物判定基準

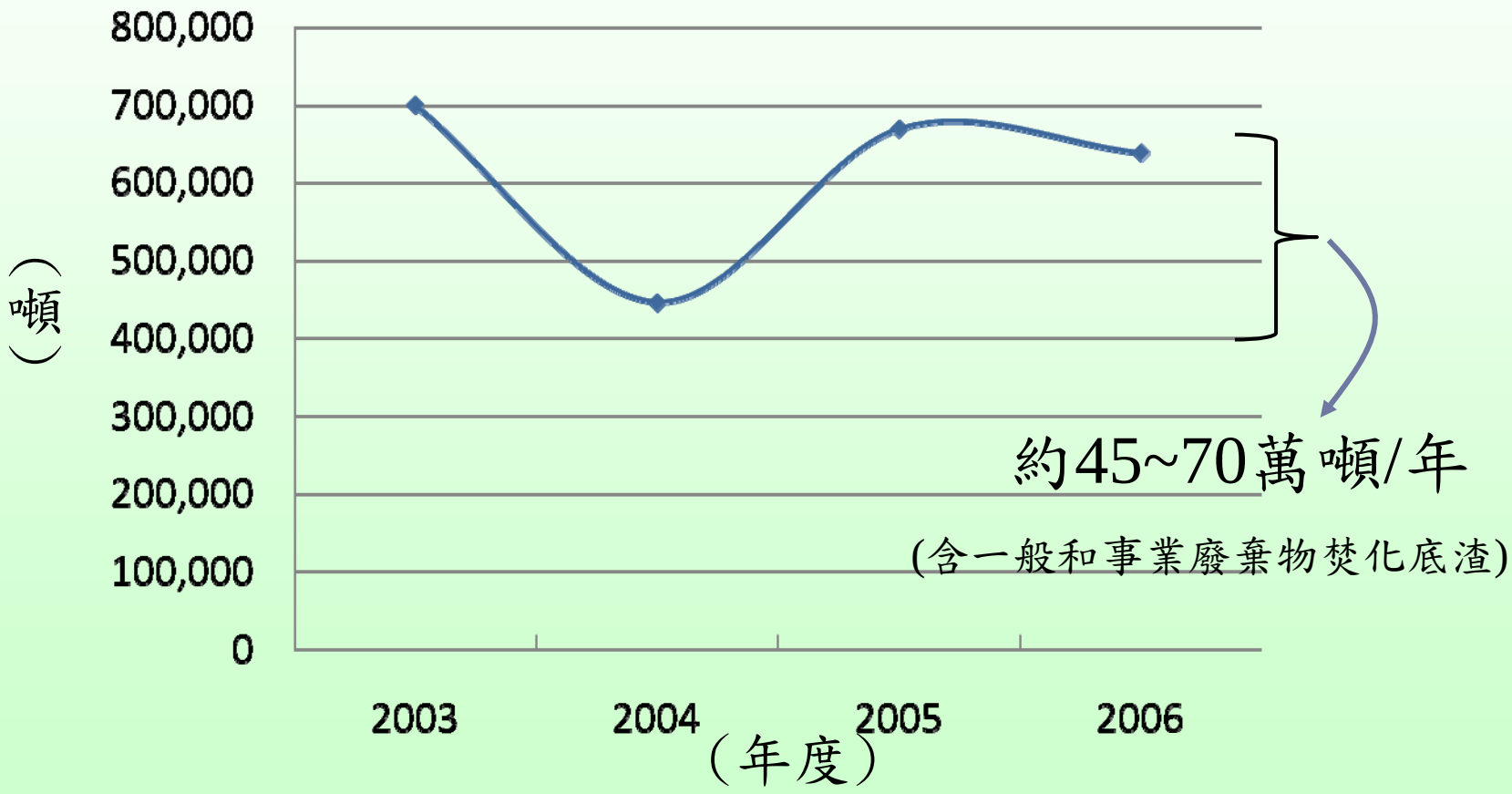
放流水管制環境基準值

土壤污染管制環境基準值

地下水水質管制環境基準值

案例討論：焚化底渣再利用
—(1)來源與需求

台灣一般性焚化底渣之產生量



案例討論：焚化底渣再利用
—(2)現況

路基材料之使用

水泥原料摻配替代

案例討論：焚化底渣再利用—(3)管制項目

重金屬種類	總含量 (mg/kg)	TCLP 溶出情形
Ag	8.5 ~ 10.7	
As	209 ~ 227	
Ba	1,104 ~ 1,166	
Cd	6.8 ~ 7.8	* 曾有溶出超過標準
Cr	323 ~ 439	
Cu	4,139 ~ 4,474	
Pb	2,471 ~ 2,807	* 曾有溶出超過標準
Se	230 ~265	
Zn	4,261 ~ 4,535	
Dioxin	0.7 ~ 1,903 (ng/kg)	* 小型爐曾有超過總量標準

資料來源：廢棄物焚化灰渣材料化技術研究-第二年/EPA-93-U1H1-02-101
垃圾焚化廠焚化灰渣中重金屬及戴奧辛成分分析計畫
(EPA-93-H101-02-242)

案例討論：焚化底渣再利用
—(4)問題與可解決方向

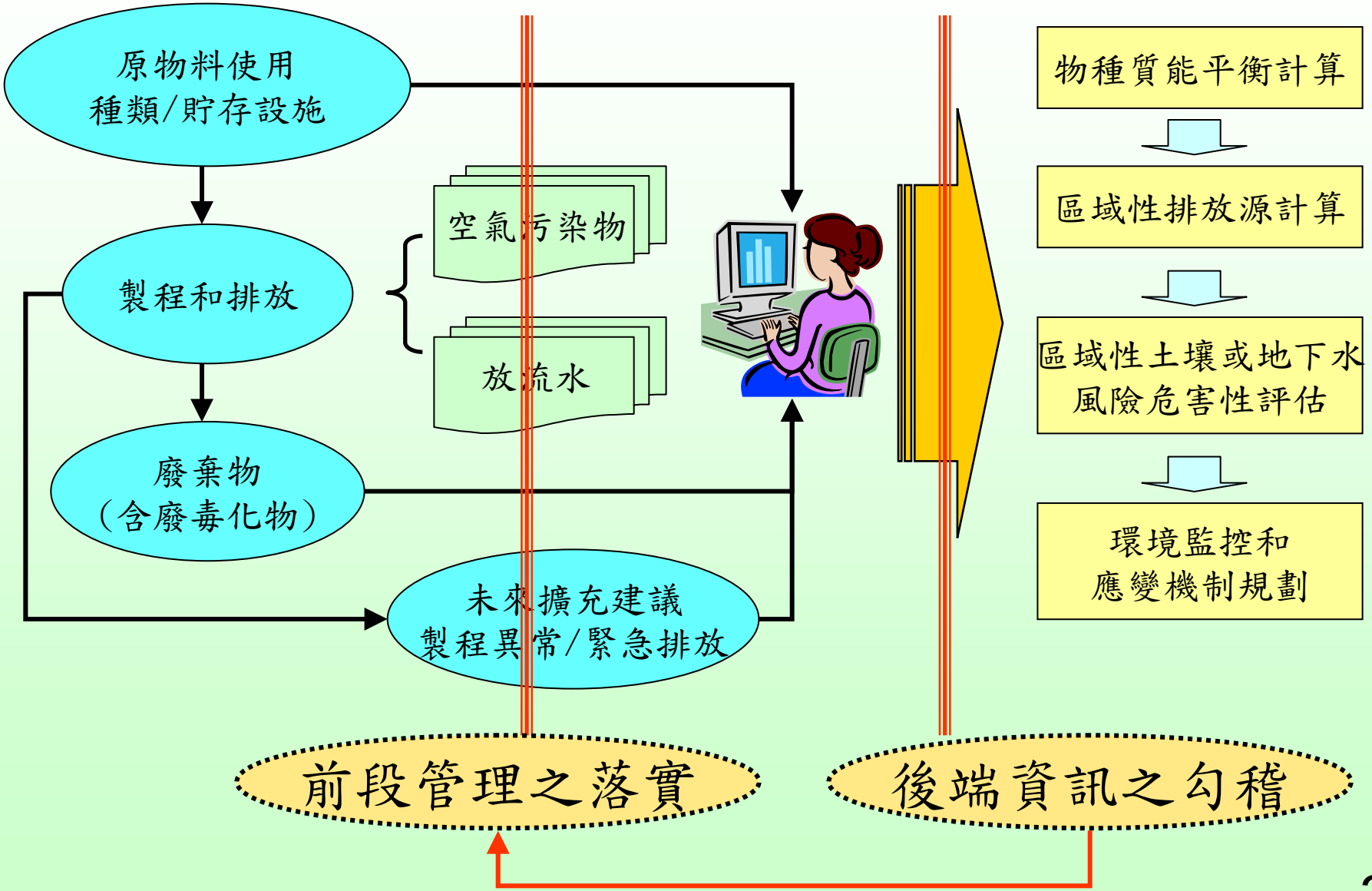
- 面臨問題與環境風險
  - 因廢棄物特性和來源之不同，致使成份複雜且變動性大
  - 目前以TCLP做為再利用判定基準，衍生之環境風險性高
  - 國內焚化底渣之含鉛量高(如某焚化爐達2,471 ~ 2,807 mg/kg)，已超過土壤污染管制基準(1,000 mg/kg)，未來資源化與土壤污染管制之間，宜建立合宜的解決方式

- 參考歐盟(esp. 荷蘭)做法
  - 管制進入焚化爐之進料條件，並進行等級區分
  - 訂定底渣穩定化之管制與技術規範
  - 進行各類再利用管道之技術與風險評估
  - 訂立再利用的成本效益計算、查核管理與技術規範手冊
  - 以其他管理和稅制手段(如掩埋稅)進行誘導或強制

管理制度的調和規劃

調和規劃

空/水/廢/毒管理介面之整合



調和規劃

跨部門調和架構規劃

土壤與地下水管制
- 管制標準的檢討
- 區域性監測系統的建立

污染介質管制調和小組

多介質申報與管制資料庫

水污染管制
- 特定放流水排放管制
- 地下貯槽相關的管制與監控

廢棄物管制
- 資源化/再利用後進入土壤的管制標準
- 掩埋場管理機制與標準之檢討

空氣污染制管制
- 排放物之沉降與涵容評估
- 二次污染物的管制

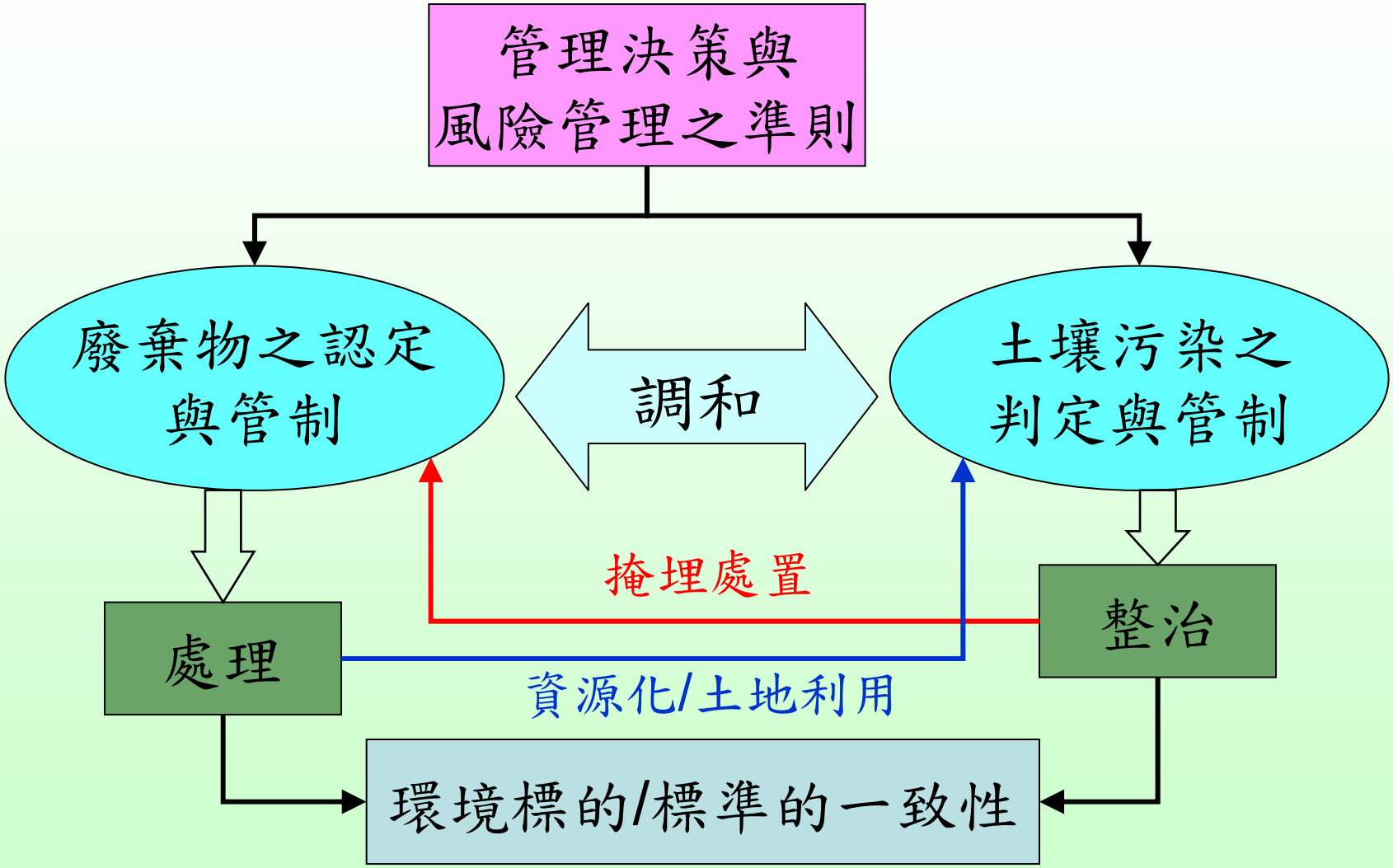
毒化物管制
- 風險管理之準則
- 類別與項目之協調

跨部門調和之重點

- **管制的一致性與調和**
  - 依風險管理、涵容能力及成本效益，溝通協調以建立具一致性與調和性管制標準
- **污染物管制標的之確認**
  - 藉由各介質管理系統的整合，盤查國內各事業使用的特定污染物原物料源、製程衍生物和污染排放源
  - 評估和確認管制標的污染物之數量和影響範圍，並長期累積資料以進行管制之運用
- **執行成效的檢討與未來規劃**
  - 藉由不同環境介質(如廢水/廢棄物/空污沉降)的監控，評估最終受體”土壤”之環境現況
  - 採區域性定期監測和管控土壤或地下水污染狀況，並調整其他介質的管制重點，達到污染預防之目的

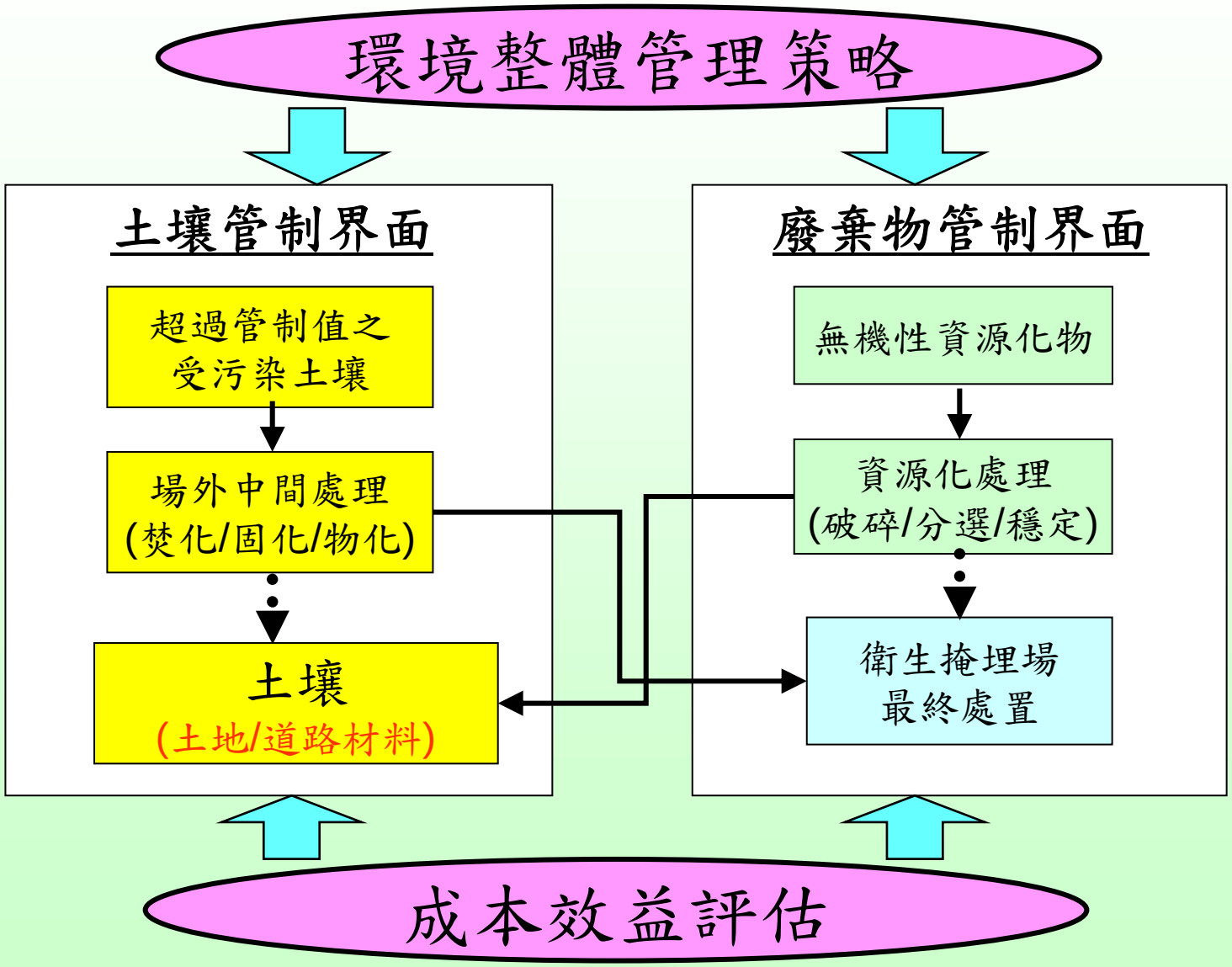
調和規劃

土壤污染與廢棄物之管制配合



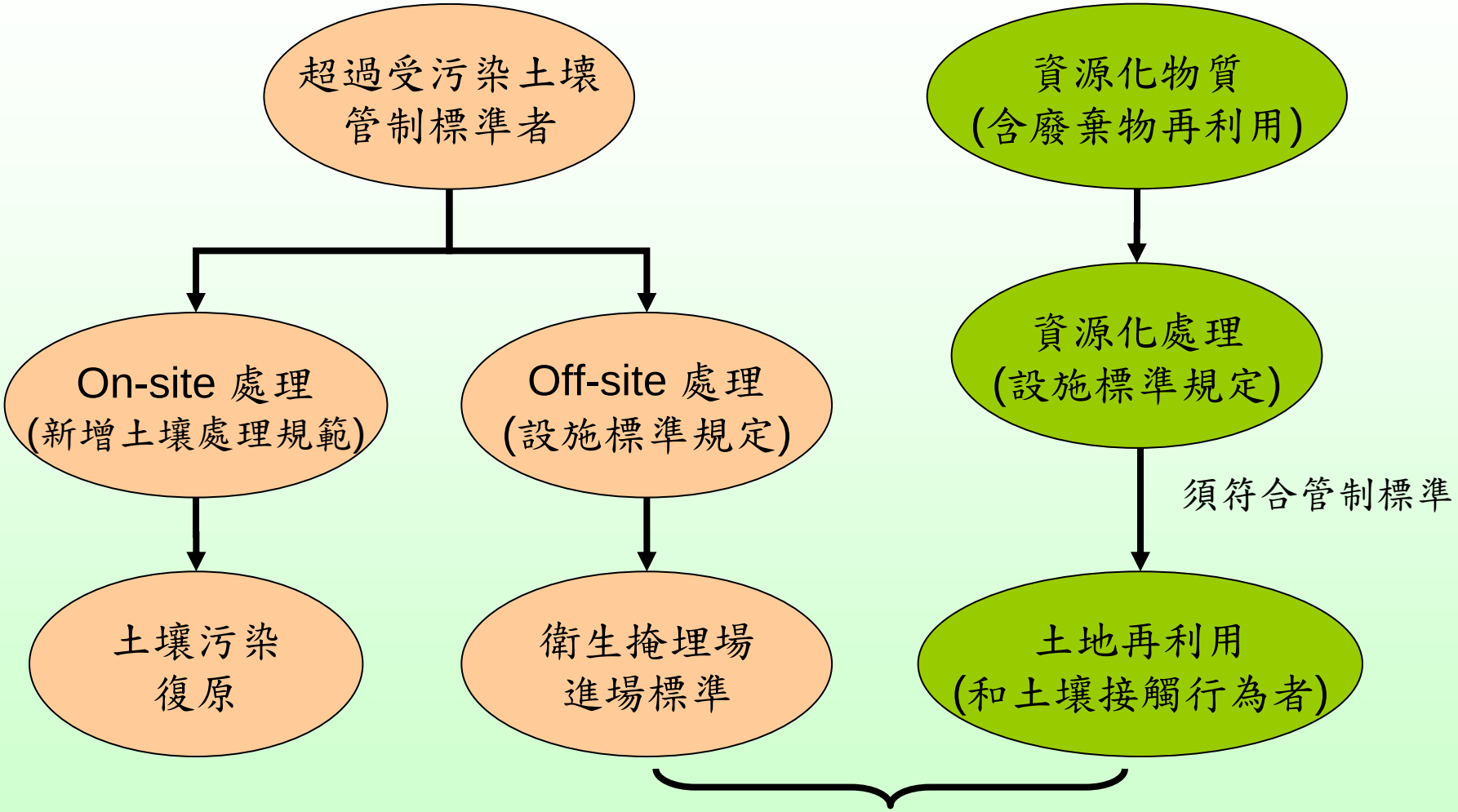
調和規劃

受污染土壤處理/廢棄物管制之整合



調和規劃

處理標準之調和建議(1)



「衛生掩埋場進場標準」應和「土地污染管制標準」於適切風險考量下具關連性

處理標準之調和建議(2)

- 因應無機性廢棄物資源材大量應用於道路材料或其他工程，主管機關應有機制了解應用現況、數量、污染成分總量或再溶出情形等，以利後續對於土壤污染之監控
- 針對受污染土壤之on-site處理上，宜建立處理過程之相關設施或處理標準規範，以利業者遵循
- 受污染土壤之off-site處理，宜遵循現有的廢棄物管理機制，並符合衛生掩埋場之進場規定，主管機關亦應評估未來受染土壤處理後之數量，以評估未來其對掩埋場處理容量之衝擊性
- 衛生掩埋場進場管制標準和受污染土壤管制標準之差異，宜透過國內整體環境風險評估作業後，階段性建立具相關性之管制項目與標準值

調和規劃

處理標準之調和建議:重金屬類

污染物種類	土壤污染管制值 (mg/kg)	溶出試驗標準值 (mg/l)	掩埋場進場標準 (mg/l)*	備註
汞	20/5(食用作物)	0.2	0.2/0.025	- 建立再利用標準(含土地再利用標準值)
鎘	20/5(食用作物)	1.0	0.11	
總鉻	250	5.0	0.6	
鉛	2000/500 (食用作物)	5.0	0.75	
砷	60	5.0	5.0	
銀	-	5.0	0.14	- 建立土壤管制標準-
硒	-	1.0	5.7	
鋅	2000/600 (食用作物)	-	11	
銅	400/200 (食用作物)	15.0	-	- 建立掩埋場進場管制標準
~~六價鉻~~	~~-~~	~~2.5~~	~~-~~	~~併入總鉻管制~~

調和規劃

處理標準之調和建議：有機物類

污染物種類	土壤污染管制值(mg/kg)	溶出試驗標準值(mg/l)	掩埋場進場標準(mg/kg)*	備註
六氯苯	500	0.13	10	-可建立一致化的機制統合土壤污染管制標準值和掩埋場進場管制標準 -藉由風險評估的方法了解其合宜的風險管制值
氯乙烯	10	0.2	6.0	
苯	5	0.5	10	
四氯化碳	5	0.5	6.0	
1,2-二氯乙烷	8	0.5	6.0	
三氯乙烯	60	0.5	6.0	
1,1-二氯乙烯	-	0.7	6.0	
四氯乙烯	10	0.7	6.0	
氯仿	100	6.0	6.0	
2,4,6-三氯酚	40	2.0	7.4	
1,4-二氯苯	-	7.5	6.0	
五氯酚	200	100	7.4	
2,3,5-三氯酚	350	400	7.4	

結論與建議

結論

- 以資訊整合及多介質的勾稽，落實其他介質排放與污染管理，是防止土壤污染的基礎
- 國內現行法令(廢水/空污/廢棄物)在一致性管理上，尚未有合宜的管制標的整合，致使不易執行最終受體的土壤之污染預防
- 雖然資料顯示國內土壤污染以重金屬類為主，但其與國內長期檢測標的物或分析技術有關；應再加強監測並重視有機物的調查
- 國外在多介質管理與資訊的整合、土地用途與環境涵容能力的風險管制、以及對應之技術規範與手冊，均值得國內參考
- 廢棄物和土壤污染物管制之間的連結影響了再利用與處置的互動性，是近期協調的重點

建議

- 成立跨部門之「污染介質管制調和小組」，達成一致化與調和管制標準，以及污染預防之目的，以阻絕可能的土壤污染來源
- 充分利用國外的經驗與資訊，以加速國內土壤污染預防工作的合理性及方案的落實
- 訂立出國內污染最終管制標之土壤的風險管理、涵容能力評估準則與作業機制

附件

衛生掩埋進場管制基準

第一階段管制建議(規劃於2009.01.01)

一、有機污染物：		
分析項目	英文名稱	管制建議值(mg/kg)
(一)、六氯苯	Hexachlorobenzene	10
(二)、氯乙烯	Vinyl chloride	6.0
(三)、苯	Benzene	10
(四)、四氯化碳	Carbon tetrachloride	6.0
(五)、1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	6.0
(六)、三氯乙烯	Trichloroethylene	6.0
(七)、四氯乙烯	Tetrachloroethylene	6.0
(八)、2,4,6-三氯酚	2,4,6-Trichlorophenol	7.4
(九)、氯仿	Chloroform	6.0
(十)、五氯酚	Pentrachlorophenol	7.4
(十一)、2,4,5-三氯酚	2,4,5-Trichlorophenol	7.4
二、有毒重金屬		
分析項目	英文名稱	管制建議值(mg/L TCLP)
(一)、汞及其化合物(總汞)	Mercury	0.20
(二)、鎘及其化合物(總鎘)	Cadmium	0.11
(三)、硒及其化合物(總硒)	Selenium	5.7
(四)、六價鉻化合物	Chromium(VI)	2.5
(五)、鉛及其他合物(總鉛)	Lead	0.75
(六)、鉻及其化合物(總鉻)	Chromium	0.60
(七)、砷及其化合物(總砷)	Arsenic	5.0
(八)、銀及其化合物(總銀)	Silver	0.14
(九)、銅及其化合物(總銅)	Copper	15.0
(十)、鋇及其化合物(總鋇)	Barium	21

衛生掩埋進場管制基準

第二階段管制建議(規劃於2011.01.01)

一、有機污染物：		
分析項目	英文名稱	管制建議值(mg/kg)
(一)、2,4-二硝基甲苯	2,4-Dinitrotoluene	140
(二)、六氯-1,3-丁二烯	Hexachlorobutadiene	5.6
(三)、1,1-二氯乙烯	1,1-Dichloroethylene	6.0
(四)、2-(2,4,5三氯酚丙酸)	2,4,5-TP (Silvex)	7.9
(五)、硝基苯	Nitrobenzene	14
(六)、六氯乙烷	Hexachloroethane	30
(七)、? 啶	Pyridine	16
(八)、1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	6.0
(九)、2,4-二氯苯氧乙酸	2,4-Dichlorphenoxyacetic Acid	10
(十)、氯苯	Chlorobenzene	6.0
(十一)、總甲酚	Cresol	5.6
(十二)、丁酮	Methyl ethyl ketone	36
二、有毒重金屬		
分析項目	英文名稱	管制建議值(mg/L TCLP)
(一)、鎳（Ni）	Nickel	11
(二)、鋅 (Zn)	Zinc	4.3
(三)、銻 (Sb)	Antimony	1.15
(四)、鈹 (Be)	Beryllium	1.22
(五)、鉈（Tl）	Thallium	0.2
(六)、釩（V）	Vanadium	0.16
三、氰化物		
分析項目	英文名稱	管制建議值(mg/kg)
(一)、氰化物（總氰化物）	Cyanides（Total）	590
(二)、氰化物（可氯化處理）	Cyanides（Amenable）	30

美國加州之STLC與TTLC之標準值(1)

substance	Recyclable material STLC (mg/l)	Recyclable material TTLC (mg/kg) (Wet-Weight)
As	5	500
Ag	5	500
Asbests (%)	-	1
Ba	100	10,000
Be	0.75	75
Cd	1	100
Cu	25	2,500
Cr^{+3}	5	2,500
Cr^{+6}	5	500
Co	80	8,000
Fluordie salts	180	18,000
Hg	0.2	20
Mo	350	3,500
Ni	20	2,000
Pb	5	1,000
Sb	15	500
Se	1	100
Ti	7	700
V	24	2,400
Zn	250	5,000

STLC : Soluble Threshold Limit Concentration—以可溶出量表示
TTLC：Total Threshold Limit Concentration —以總量表示

美國加州之STLC與TTLC之標準值(2)

substance	Recyclable material STLC (mg/l)	Recyclable material TTLC (mg/kg) (Wet-Weight)
Aldrin	0.14	1.4
Chlordane	0.25	2.5
DDT,DDE,DDD	0.1	1.0
2,4-Dichlorophenoxyacetic acid	10	100
Dieldrin	0.8	8.0
Dioxin(2,3,7,8-TCDD)	0.001	0.01
Endrin	0.02	0.2
Heptachlor	0.47	4.7
Kepone	2.1	21
Lead compounds, organic	-	13
Lindane	0.4	4.0
Methoxychlor	10	100
Mirex	2.1	21
Pentachlorophenol	1.7	17
PCBs	5.0	50
Toxaphene	0.5	5
Trichloroethylene	204	2,040
2,4,5-Trichloro-Phenoxypropionic acid	1.0	10

STLC : Soluble Threshold Limit Concentration—以可溶出量表示
TTLC：Total Threshold Limit Concentration —以總量表示

日本不同介質管制項目和管制值(1)

污染物種類	人體健康環境基準 (mg/l)	土壤環境基準 (檢測液 mg/l)	特別管理產業廢棄物判定基準
鎘	0.01	0.01 農地土壤<1mg/kg	0.3
總氰化物	不得檢出	不得檢出	1.0
鉛	0.01	0.01	0.3
六價鉻	0.05	0.05	1.5
砷	0.01	0.01 農地土壤<15mg/kg	0.3
總汞	0.0005	0.0005	0.005
有機汞	不得檢出	不得檢出	不得檢出
PCB	不得檢出	不得檢出	0.003
二氯甲烷	0.02	0.02	0.2
四氯化碳	0.002	0.002	0.02
1,2-二氯乙烷	0.004	0.004	0.04
1,1-二氯乙烯	0.02	0.02	0.2
對-1,2-二氯乙烷	0.04	0.04	0.4

日本不同介質管制項目和管制值(2)

污染物種類	人體健康環境基準 (mg/l)	土壤環境基準 (檢測液 mg/l)	特別管理產業廢棄物判定基準 (檢測液 mg/l)
1,1,1-三氯乙烷	1	1	3
1,1,2-三氯乙烷	0.006	0.006	0.06
三氯乙烯	0.03	0.03	0.3
四氯乙烯	0.01	0.01	0.1
1,3-二氯丙烷	0.002	0.002	0.02
チウラム (農藥)	0.006	0.006	0.06
西馬林(農藥)	0.003	0.003	0.03
チオベンカルブ	0.02	0.02	0.2
苯	0.01	0.01	0.1
硒	0.01	0.01	0.3
氟化合物	0.8	0.8	-
硼化合物	1	1	-
有機磷化物	-	不得檢出	-
銅	-	農地土壤<125mg/kg	-

案例討論：棄土再利用

- 來源：公共工程、民營機構於道路施作管線工程及領有建築執照之工程及相關拆除施工所產生剩餘泥、土、砂、石、磚、瓦、混凝土塊；每年約1200萬噸年
- 管理方式
  - ✓ 土石方資源堆置處理場(土資場)：供營建剩餘土石方資源暫屯、堆置、填埋、轉運、破碎、碎解、洗選、篩選、分類、拌合、加工、煆燒、回收、再生利用功能及機具設備之場所。
  - ✓ 土方銀行：配合營建剩餘土石方資訊服務中心調度，並具土石方資源回收再利用，調節、互補供需及改良土資交流使用之場所。
- 問題：由於廢土石來源不一且管理良莠不齊，其經前處理後，大多再用於道路或其他工程，直接和土壤接觸機會大
- 未來執行規劃
  - ✓ 了解國內現行土石方資源堆置處理場(土資場)之運作，和環保署納入管制之情況(含上網申報之現況)
  - ✓ 評估國內有無土資場廢土方石再利用之衍生污染事件