

行政院及所屬各機關出國報告

出國類別：實習

有害事業廢棄物清理技術

服務機關：台灣電力公司
出國人職稱：一般工程監
姓名：蔡以園
出國地區：澳大利亞
出國日期：91.12.2~91.12.11
報告日期：92.2.9

G3/CO9>00>>6

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：有害事業廢棄物清理技術

頁數 21 含附件：是否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話 台灣電力公司／陳德隆／(02) 2366-7685

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話 蔡以園／台灣電力公司／工安環
保處／一般工程監／
(02) 2366-7207

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：91.12.2~91.12.11 出國地區：澳大利亞

報告日期：92.2.9

分類號／目：G3／電力工程

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

近年來國內環保意識提升，屢屢發生有害事業廢棄物處置不當糾紛。本公司接自原台金公司舊煉銅廠廢煙道之廢棄物，經分析後證實含有砷化物、鉛、銅及其他重金屬，屬於有害事業廢棄物，為能符合法令，業已委請岡聯可寧衛公司妥善處理，並引用可寧衛公司獨特之中間固化技術，為能審慎圓滿處置上述廢煙道之廢棄物，爰就該廢棄物相關背景（含環境影響衝擊、健康風險評估、法規等方面），澳洲可寧衛公司固化技術，作一探討研究，以利未來本公司處理有害事業廢棄物之參效。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

	頁 次
壹、前言	1
貳、資料背景	1
參、澳洲可寧衛 CLEANAWAY 公司廢棄物處理概況	8
肆、原台金公司煙道廢棄物處理方案評析	16
伍、結論	21

壹、前言

本公司主要經營發電、輸電、配電業務，截至 90 年年底裝置容量約為 30,136 千瓩，發電購電量約為 158,058 百萬度，尖峰負載約為 26,290 千瓩，配合本公司內在經濟開發與環保並重觀念，及外在民眾環保意識逐年提升，政府環保法規日益趨於嚴謹，本公司歷年來即積極推動各單位工業減廢及 ISO-14001 環境管理系統活動，以落實環保永續理念，提供國人穩定、廉價與質優之清潔電力。

在本公司經營活動所產生廢棄物，均秉持上述理念完善處理，在煤灰資源化方面，86 年迄今，每年資源利用量維持在 90 萬噸以上，灰利用率維持在 55.7% 以上，舉凡混凝土業、水泥業、建築材料、土木工程，甚至農業方面都可以做非常有效的應用；在多氯聯苯方面，本公司業於 86 年 3 月底前清理 45,600 餘具多氯聯苯電容器、變壓器、重量合計約 2625 公噸，另為配合行政院環境保護署公告之「廢變壓器絕緣油含 PCB 濃度 2ppm 以下，未達 50ppm 者之處理方法」規定，截至 89 年底共計清理 3426 具變壓器，重量約 762 公噸。

另針對原台金公司舊煉銅廠煙道廢棄物，自 90 年 11 月業委請專業顧問公司處理，其中歷經除污、清運、中間、最終等處理步驟，合計清運 1,314.44 公噸廢棄物，並於 91 年 10 月底完成復原作業，圓滿達成清理目的。

為進一步瞭解世界先進國家環保趨勢，及互相探討廢棄物處理技術，爰於 91 年 12 月 2 日～11 日赴澳實習有害事業廢棄物清理技術，並拜會 CLEANAWAY 公司 Kooragang 廢棄物處理場，承蒙熱忱解說，獲益匪淺。

貳、背景資料

一、國內法規

目前行政院環境保護署公布之有關廢棄物法規暨廢棄物清理法等計約 242 項法規，其中與本次實習較有關法令規章為

(一) 廢棄物清理法

第二條：定義有害事業廢棄物：由事業所產生具有毒性、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。

第二十八～四十條規定事業廢棄物之清理、再利用作業方式及資料保存。

(二) 有害事業廢棄物認定標準

第二條：判定有害事業廢棄物方式分為列表之有害事業廢棄物、有害特性認定之有害事業廢棄物，其他經中央主管機關公告者。

第三～四條：詳細規定列表之有害事業廢棄物、有害特性認定之有害事業廢棄物。

第五條：有害事業廢棄物改列或認定為一般事業廢棄物條件。

(三) 有害事業廢棄物再利用許可辦法

第三條：有害事業廢棄物再利用，應提出再利用流程、用途及污染防制設施...等相關文件向廢棄物產生地主管機關申請。

第七條：事業機構產生之有害事業廢棄物運至該機構外再利用，應依事業廢棄物儲存清除處理方法及設施標準第十九條規定辦理。

第十一條：有害事業廢棄物再利用許可有效期限不得逾五年，必要時，得於期限屆滿日前之三至五個月間申請展延。

(四) 有害事業廢棄物輸入輸出過境轉口管理辦法

第三～十一條：規定有害事業廢棄物輸入方式及文書申報作業

第十二～十九條：規定有害事業廢棄物輸出許可時，須準備之相關文件及遞送單之填送規定。

第二十～二十五條：規定有害事業廢棄物過境或轉口申報作業。

(五) 事業廢棄物儲存清除處理方法及設施標準

第二條：名詞定義（含：儲存、清除、處理、清理、相容性、固化法、穩定法...等 12 項）

第四～十條：規定事業廢棄物之儲存試，有害事業廢棄物盛裝容器需標示日期、數量、成分及區別標誌，容器需防腐蝕、剝蝕，及保持良好情況。

第十一～十六條：規定事業廢棄物之清除需注意事項及文件建檔規定。

第十七～二十四條：規定事業廢棄物之中間處理，其中有害事業廢棄物（含有毒重金屬）需以固化法、穩定法、電解法、薄膜分離法、熱蒸法或熔煉法處理，其設施應符合堅固之基礎結構，需以不透水材料構築，防水、防惡臭等規定。

第二十五～三十五條：事業廢棄物之最終處置應以安定、衛生、封閉、海洋等任一方式為之，有害事業廢棄物封閉掩埋法應依第三十二、三十三條規定辦理，固化法處理後之固化物，採衛生掩埋法處理者，需依第三十五條規定辦理。

二、國外法規

有害事業廢棄物若採國外處理，其牽涉到之國外法規包括巴賽爾公約及國際廢棄物運送法，其相關內容說明如下：

（一）巴賽爾公約

目前國際間約束有害事業廢棄物的跨國轉移行為主要是巴賽爾公約，巴賽爾公約之主要精神為限制並防止有害事業廢棄物以進出口貿易之方式來達成環境保護的目的，使全球的人類健康及生活環境免遭破壞，其和本出國計畫相關之內容如下所示：

- 禁止輸出有害事業廢棄物到已禁止該種廢棄物輸入之國家，當巴賽爾公約締約國禁止該種廢棄物輸入時，必須通知其他締約國。
- 各締約國應禁止輸出有害事業廢棄物至非締約國，也禁止自非締約國輸入有害事業廢棄物。
- 各締約國可和其他締約國或非締約國締結關於有害事業廢棄物或其他廢棄物越境的雙邊、多邊或區域協定、協議，只要此類協定或協議不減損該公

約以環境無害的方式管理有害事業廢棄物和其他廢棄物之要求，且這些協定或協議需特別考慮符合開發中國家的利益，同時對無害於環境方面作出的規範，不應低於該公約的相關規定。

- 有害事業廢棄物的輸出國應對輸入國和經過國做好妥善的「告知後同意」程序。
- 輸入國應對輸入的有害事業廢棄物做完善的環境管理。

(二) 國際廢棄物運送法

有害事業廢棄物送往國外處理，除了要按國內法規辦理申請及接受廢棄物的國家法規管制外，同時要按照國際廢棄物運送法（IMDG）辦理。

(三) 美國廢棄物相關法規

1. 廢棄物分類：依美國環保署（EPA）定義可略分為

(1) 特性廢棄物（characteristic wastes）：分為可燃性廢棄物（閃火點低於 60°C）、腐蝕性廢棄物（ $P^H < 2$ or $P^H > 12.5$ ）、放射性廢棄物、具毒性廢棄物（TCLP 萃取液含重金屬或特定有機物）

(2) 表列廢棄物：美國 EPA 將約 500 種化學危險物質分為四類，任何一種物質將視為有害廢棄物。

2. 相關法規：有害廢棄物需遵從 RCRA (Resource Conservation Recovery Act) 法案規定，且需於美國 EPA 認可之處理設施進行處理，有害廢棄物製造者需有效管理該廢棄物，並需完整標示、隔離，及暫存措施。

3. 廢棄物減量措施

聯邦及各州法規均明確規定大型廢棄物產生者必須履行減廢計畫，以便降低處理成本及所需遵守之法規條文。減廢方法如下：

- (1) 取代：以無害物質取代有害物質。
- (2) 減量：以提昇效率，減少有害物質產生。

(3) 降低儲量：過去四年中，大量有害廢棄物產生是因過期未使用的物質拋棄所致，雖然大量購買有害物質的價格非常便宜，但加上倉儲及廢棄物處理價格，往往超出購買價格數倍，因而適當管控有害物質是必需的。

(四) 環境衝擊考量

由於國內環保意識高漲，因此在選擇廢棄物清理方案時，應以其在清除、處理、處置及復育過程中，對環境衝擊最小，且對環境最有利為主要優先考量因子。各項清理方案對環境可造成之衝擊影響，包括施工作業期間各項清除、運輸、處理、處置作業對環境所產生之衝擊，及清理完成後對當地之社經環境、生態環境及土地利用等之影響。

(五) 健康風險評估

環境保護之首要目標是為維護人體健康，因此健康風險評估是污染整治之核心，其結果均可作為清除標準訂定、整治方案評選及損害鑑定賠償之依據。

風險評估有兩個階段，第一個階段是基線風險評估 (Baseline Risk Assessment)，所謂基線風險評估是依照場址沒有清理，維持現狀可能造成之風險來評估。第二個階段則是就有害毒物的毒性去除、毒性傳送與毒量減少 (Reduction of Toxicity, Mobility and Volume) 以及對人體健康與環境保護的考量。

一般而言，健康風險評估的作業流程如圖 2.5-1 所示，包括了下述四個步驟：

1. 危害鑑定：由實驗室試驗及現地觀察所得資料，決定某一特定物質對人體健康效應的因果關係。
2. 劑量效應評估：由動物實驗資料或由高低劑量外推至人體，以決定暴露劑量與從屬效應的相關關係。

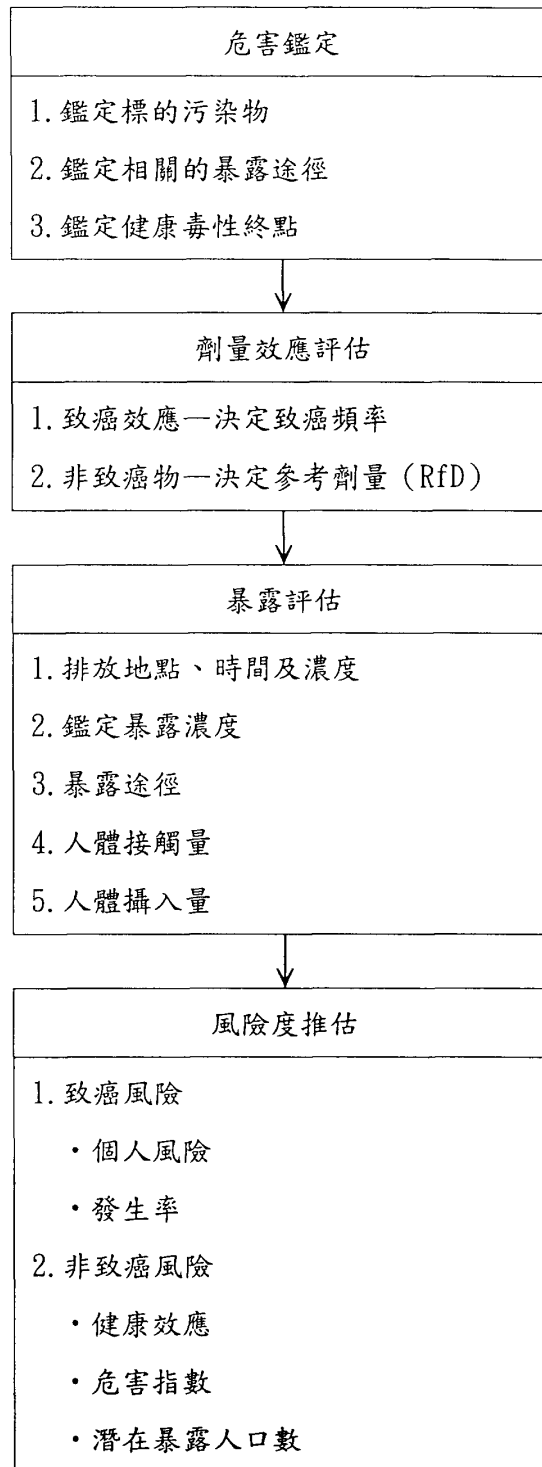


圖 2.5-1 風險評估架構

3. 暴露評估：現地量測或預估人體承受有毒物質之強度、頻率及時間，或不同條件下之暴露程度多寡及影響。
4. 風險評估：運用上述三項步驟所得資訊，做一綜合性評估以評估標的污染物對暴露族群所可能遭受健康危害的風險。

健康風險評估廣泛的應用風險評估方法，比較各種環境污染問題及暴露途徑，以決定其風險順位。健康風險排序架構如圖 2.5-2 所示，以致癌風險排序及非致癌風險排序並加以整合後，訂出健康風險排序。

原則上，有害事業廢棄物的清理應以永久性減量、去毒的技術為上選。但在沒有合適的處理技術情形下，暫時維持現狀也值得考量。

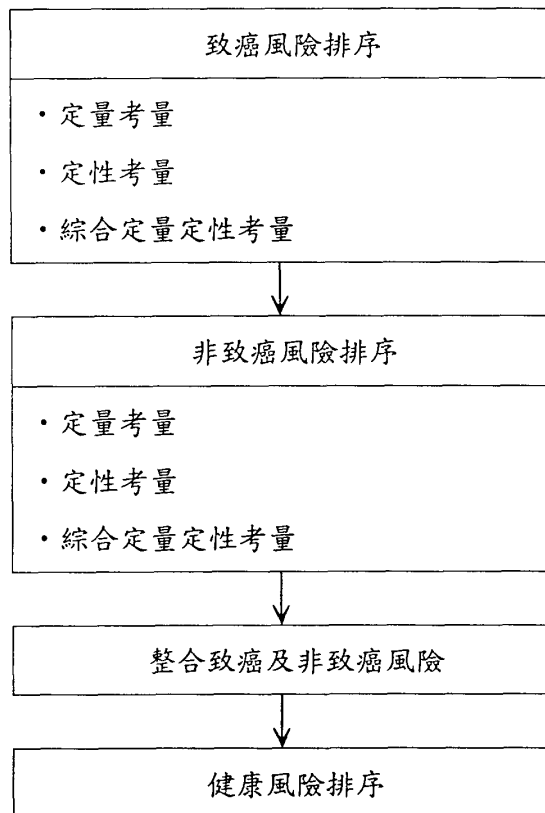


圖 2.5-2 健康風險排序架構

參、澳洲可寧衛 CLEANAWAY 公司廢棄物處理概況

一、澳洲可寧衛 CLEANAWAY 公司約有 2000 名員工，700 台專用車輛以輸運全澳各大城市，甚或紐西蘭所產生部分廢棄物。

可寧衛公司處理廢棄物來源大致分（一）工商業界廢棄物，現今大約處理 36000 名客戶，56000 個場所的廢棄物（二）家庭民生廢棄物，現有約 70 個場所，處理各類廢棄物、回收品。

可寧衛公司每週約處理 2 百萬車次廢棄物。

可寧衛公司能提供下列廢棄物處理技術，且能符合各式政府及相關法令要求：

- 現場廢棄物處理技術
- 有機廢棄物回收使用
- 緊急狀況處置
- 家用廢棄物收集系統
- 污染現場復原處置
- 工業廢棄物分類
- 生化處置技術

可寧衛公司考量有害廢棄物處理時，需同步考量以下各項因素：

- 廢棄物分類與評估
- 廢棄物回收方案
- 廢棄物相關資料諮詢方式
- 廢棄物輸運方式
- 廢棄物處理方式評估
- 掩埋管理方式

- 緊急事故處理方式
- 完整處理計畫管理方式

二、可寧衛公司 Kooragang 處理場簡介

(一) 油水處理系統

本系統係大量處理工業含油或油脂、或懸浮固體之廢水，本系統首先分離含油廢水之固體物，再以批次處理方式，添加化學藥劑混凝、膠化、過濾，排出之過濾水將符合環保友善性之要求。

(二) 捕油脂器之廢油脂處理系統

廢油脂處理工廠將來自食品工廠之有機液體，先以初級分離製程，分離固體、液體及油脂，固體加工處理製成高品質肥料，油脂回收純化後作為工業用油脂、液體經二級廢水處理後排放。

(三) 微波消毒系統

診所醫療後之廢棄物，經蒐集後送至此系統處理，此廢棄物經由微波熱處理後，產生一種無毒之物體，該物體可充當為填海造地材質。生理毒化物及解剖之廢棄物先貯存於冷凍櫃中，隨後移往焚化爐焚化。

(四) 移動式處理站

移動式處理站是一所化學處理設施，並裝置機具能處理各種形式包裝之廢棄物，這種移動式處理站能大量蒐集有害液體並移送至後續多層次處理之化學處理廠，妥善處理。以下是以此移動式處理站處理之一些樣本：

- 圓鼓狀蒐集之化學廢棄物
- 圓鼓狀蒐集之液體
- 處理實驗室廢藥品及廢棄物
- 保密產品銷毀

- 化學儲槽清洗及處理
- 農藥槽清洗及處理
- 廢油脂處理
- 廢焦油處理
- 廢油漆處理
- 油濾網處理
- PCB 管理及處理
- 到期化學品管理及處置

(五) 化學固定及固化場

若固體廢棄物被視為有害品，需以化學固定及固化 (chemical fixation and solidification CFS) 處理。CFS 原理係於有害固體中添加化學藥劑，使其成為環境安定穩固固體，再作為填地材料，以下係以 CFS 處理之樣本：

- 受污染之土壤
- 含重金屬沈泥
- 含重金屬鹽
- 銅鉻砷酸 (Copper Chrome Arsenate CCA) 廢棄物
- 農藥污染之土壤／黏土／滑石
- 砷污染之物質器材
- 廢電池
- 氟化物之沈泥

(六) Dolocrete™ Technology 簡介

可寧衛公司對於一系列含鉛、砷、鎘、鉻、汞、鋅等重金屬有害物質、PCB、

農藥、化學製程廢棄物，工業固體廢棄物等，有效使用 Dolocrete 方法，以達到環保法規需求。

Dolocrete 基本上是一含氧化鎂水泥，係以含高鎂碳酸、白雲石或鎂氧化物等混合物，以專利方法製程。Dolocrete 先與廢棄物碾壓，再經特殊焙燒，焙燒期間，需視廢棄物本質，添加一系列特殊配方，及控制焙燒溫度，焙燒後所形成灰色粉碳物，Dolocrete 將自發進行微匣限化安定作用，將廢棄物包含於微匣限中，呈現穩定。

視廢棄物本質特性，Dolocrete 與廢棄物重量比約為 1：2~1：6 間（一般水泥固化比為 1：0.25），遠較現行固化方式為佳，處理後廢棄物移至適當容器內靜置約 14 天，進行膠囊化處理，完成膠囊化處理後廢棄物能滿足毒性萃取程序 TCLP 標準及環保處理安全承载力之要求，Dolocrete 與其他現行固化方法最大不同之處在於 Dolocrete 能利用廢棄物中所含水分，因此減少潔淨水供給及要求先將液體廢棄物分離，再個別處理的步驟；另 Dolocrete 也證明可降低其他與重金屬或有機物共存的物質，其溶出能力也大幅減少。

另外一項 Dolocrete Technology 好處是可進行現場現地處理，如此可減少有害廢棄物輸運工作，避免輸運困難，現地處理程序並無需燃料能量注入，且僅需低成本設備機器、一般商用混合器、或特殊用途移動式處理車輛，皆可用於 Dolocrete 與廢棄物、水之混合，一般工業用混合器具僅稍作修改即可符合職業場所安全與健康（Occupation Health & Safety）法規所規定之毒性物質處理條件。

有害廢棄物之管理著重低有害物質的溶出，Dolocrete 處理程序經由：

1. TCLP-USEPA 方法 1311
2. Extraction Procedure Toxicity Test Method-USEPA method 1310A
3. Multiple Extraction Procedure (MEP) -USEPA Method 1320

等方法測試，其溶出物皆低於最大容許值。

遵照澳洲 EPA 指示，減少填地廢棄物的量，目前業有不少研究探討 Dolocrete 處理物再利用計畫。

廢棄物中重金屬物質於 Dolocrete 處理後將陷於基質內，有機物質將吸附於 Dolocrete 中之鎂元素旁，這種結合形式類似礦物質 (pseudo mineral)，如此可有效降低因潮溼而減少之物理或化學阻礙性，防止污染物逸散，以下為一些污染物質經 Dolocrete 處理後，均呈穩定固化狀態，且通過 USEPA1311 測試

工業	廢棄物狀況	TCLP 固化前 (mg/L)	TCLP 固化後 (mg/L)
礦業	三氧化砷 As ₂ O ₃	12,800	3.5
製程處理	鉛 Pb	7,208	<5
煉鋅爐	汞 Hg	11.6	<0.01

(七) 原台金公司煙道廢棄物中間處理技術

原台金公司煙道廢棄物固化處理流程如圖 3.7-1 所示，

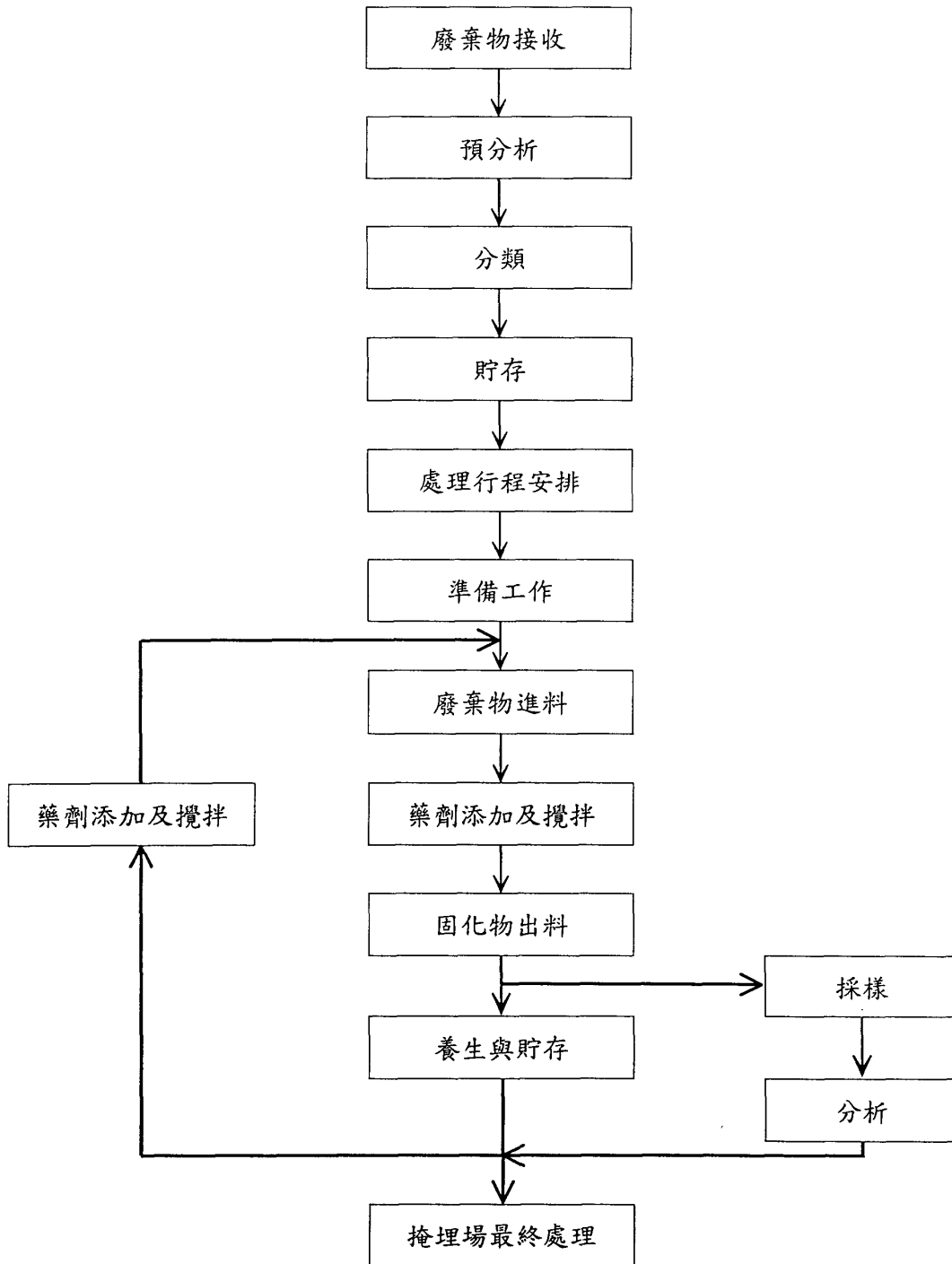


圖 3.7-1 處理流程圖

其中間處理工作係引用可寧衛公司固化技術，詳細說明如下：

1. 本計畫所採用之固化處理技術，是採用經由美國 STLP 公司所開發之 URRICHEM 化學藥劑的固化技術，稱為「URRICHEM 安定化／固定化技術」，有關該 URRICHEM 藥劑之安定化／固定化技術及原理詳細說明如下：

- (1) URRICHEM 安定化／固化程序使用 STLP 公司專有化學藥劑（統稱為 URRICHEM）與固定劑（Fixing Agent）包括波索蘭（Pozzolana）材料，諸如水泥、飛灰、熔礦爐（Blast-furnace）爐渣、水泥窯（Cement-Kiln）塵灰等，將有害或有毒的廢棄物加以安定（Stabilize）與固化（Solidify），使其顆粒直接與固定劑或添加劑形成微匣限（Micro-encapsulation），亦及廢棄物呈微顆粒狀，經安定化後，同時被包匣於固化體內。URRICHEM 安定化程序，能處理液態、固態或泥狀之有機及無機廢棄物。
- (2) 除了使用水作為溶劑外，URRICHEM 藥劑係以二組無毒害的化學藥品調配而成，一組稱為藥劑 A，另一組稱為藥劑 B。
- (3) 如果所欲安定化（Stabilized／Solidified）的廢棄物為液體或泥狀（Slurry）時，首先將 URRICHEM 藥劑及調節水與廢棄物混合併加以攪拌均勻後，在加入固定劑如水泥及固定助劑（如飛灰）混合並加以攪拌使其均勻。
- (4) 如所欲安定化／固化的廢棄物為粒狀固體（Particulate Solid）時，則先將固定劑與廢棄物混合攪拌均勻，再加入 URRICHEM 藥劑與調節水。
- (5) 當固定劑與水接觸後，一連續的水泥化程序（Cementation Processes）便開始進行，首先進行的包括典型的（1）矽酸鈣的分解（2）氧化鈣（CaO）及二氧化矽（SiO₂）的溶解，（3）氫氧化鈣產生及矽酸鈣膠質（Gel）的形成。隨後氫氧化鈣呈飽和，其針狀晶體便在水化的矽酸鈣膠質內產生。然而，如果未添加 URRICHEM 藥劑，波索蘭材料，

如 C-型飛灰，傾向於急速釋出游離矽酸電子，因而加速膠質形成速率，這乃造成所謂的「瞬間凝結」(Flash Setting)，造成固化之不均勻結構，低機械強度與多孔隙現象，此類的固化體無法具有良好的包匣廢棄物之能力。

- (6) URRICHEM 內所含的藥劑 A (Reagent A)，能增加混合物的粘稠度 (Viscosity)，具有效率高的粒子兼潤滑作用，此乃能增加混合物均勻化的速度，同時由粘稠度的增加，將減緩參與水泥化作用的分子之擴散 (Diffusion) 速度，因而降低水化作用的速率，增加的黏稠度使得即使在高度的剪力混合 (Shear Mixing) 下，亦不至於發生空洞化的現象 (Cavitation)。藥劑 A 此類的功效 (Effects)，促成於膠質形成之前，便能均勻地分散與水化作用之各類分子。
- (7) 同時在水化作用過程中，氧化鈣及矽酸鈣的水化，將引發藥劑 A 中化學分子的脫水作用，使得廢棄物顆粒與脫水化的分子間形成交叉連結 (Cross-linkage)。
- (8) 在整個混合物進行水化作用的初期，由於 URRICHEM 中藥劑 A 的作用，使水化反應速度相對地緩慢，隨時間的進行 URRICHEM 中藥劑 B，逐漸參與加速水化反應【註：藥劑 A 屬於抑止劑 (Retarder)；而藥劑 B 則屬於加速劑 (Accelerator)】。廢棄物中的無機物組成 (Inorganic Components)，將被形成的水合膠質與晶體網入而存在於固化體內。部分微細的無機組成顆粒，只被包匣於固化體內的孔隙中，部分則被吸附在固化劑，經由離子交換 (Ion Exchange)、化學取代 (Substitution)、固體溶液 (Solid Solution) 與錯合物 (Complex) 之形成等方式，而融入固化體內的晶體結構 (Crystalline structure) 中。廢棄物中無機組成的被網入 (Entrapped) 與被包匣 (Encapsulated) 於固化體內，則因藥劑 A 分子間及其與廢棄物無機組成顆粒 (Particle) 表面形成網狀連結所造成的籠狀 (Cage-like) 結構而得以增強 (Enhanced)。

(9)同時部分溶解的(Dissolved)或被分散(Dispersed)有機組成(Organic components)，或被網入及包匣於固化體內的孔隙中，雙極性交互作用(Dipole-dipole Interaction)，倫敦微力吸引(London Force Attraction)與氫鍵結(Hydrogen Bonding)方式而被吸附(Absorbed)或化學吸附(Chem-absorbed)孔隙表面上，剩餘的廢棄物有機物組成，則經由不同的反應，包括錯合物的形成、化學鍵結、網狀連結的形成，而融入固化體的結構體中。完全可想像的是有機組成之被包匣(Encapsulated)，將因本身與藥劑 A 中的組成分子於固化體內形成網狀連結的過程，經化學與物理性質交互反應增強。其在廢棄物組成中，有些物質將抑制水泥化作用之進行，而 URRICHEM 中之藥劑 B，具有克服此類現象的功能。

(10)藉助於 URRICHEM 安定化／固化所得之廢棄物固化體，傾向於具有較高的密度與機械強度，將有助於抑止或降低廢棄物中所含有害廢棄物質之滲出。此乃因較高的密度，通常會將減低水滲透固化體的能力，而較高的機械強度，將減少固化體內部裂縫(Cracks)之形成，因而減低因裂縫而增加水滲透所需的孔道。

肆、原台金公司煙道廢棄物處理方案評析

一、原台金公司舊煉銅廠煙道內所存積之灰渣，經採樣分析結果含砷量較高，需予處理，本公司爰依廢棄物相關法規，委請岡聯可寧衛公司妥為處理。

本計畫分為五階段分別執行各項工作

- (一)法規計畫書之提送與核准作業
- (二)前置作業
- (三)廢棄物清除處理作業
- (四)復原作業
- (五)全部竣工

各階段執行內容分述如下：

(一) 清理計畫書階段

1. 本計畫於 90 年 8 月 8 日決標後，隨即展開各項工作。
2. 本公司於 90 年 10 月 22 日呈送「事業廢棄物清理計畫書」，並由台電公司深澳發電廠轉呈台北縣政府環境保護局審查。
3. 台北縣政府於 90 年 11 月 16 日函覆台電公司深澳發電廠審查同意「事業廢棄物清理計畫書」。

(二) 前置作業階段

1. 前置作業於 90 年 11 月 22 日正式開工，至 91 年 2 月 6 日完成。

2. 前置作業工作項目

A 場址基本資料調查

- (a) 計畫場址之地形地物測量
- (b) 計畫場址之地質調查
- (c) 邊坡安全分析
- (d) 洗滌塔傾斜量測
- (e) 煙道結構體評估

B 清除處理作業階段準備工作

- (a) 計畫場址安全管制
- (b) 作業區域設置
- (c) 除污區之設置
- (d) 各類告示之設置
- (e) 既有設施之保護作業

(f) 臨時設施之設置

(g) 清理作業前煙道結構體補強

(h) 清理作業前排水系統之設置

(i) 清理作業前環境監測

(三) 廢棄物清除處理作業階段

1. 除污作業自 91 年 2 月 7 日開始執行，於 91 年 8 月 8 日結束，共除污 1,314.44 公噸廢棄物。
2. 清運作業由可寧衛公司自 91 年 4 月 17 日開始清運，至 91 年 8 月 22 日完成，共清除 81 車次，5,974 個 UN 桶，合計 1,314.44 公噸廢棄物。
3. 中間處理作業於岡聯可寧衛公司之中間固化處理廠執行，自 91 年 4 月 24 日開始處理，分 58 批次進行處理，至 91 年 8 月 23 日完成。處理共 5,974 個 UN 桶，合計 1,314.44 公噸廢棄物，並產生 1,696 個，合計 2,380.22 公噸之固化物。
4. 最終處置作業於高聯布萊堡公司之最終處置場執行，自 91 年 5 月 2 日開始作業，至 91 年 9 月 4 日完成，最終處置共 1,696 個固化物，合計 2,380.22 公噸廢棄物。

(四) 復原作業階段

1. 復原作業自各區域各煙道除污作業完成後，依煙道及區域逐步執行各項復原作業，至 91 年 9 月 10 日完成。
2. 復原作業工作項目：
 - A 煙道結構體補強作業
 - B 排水系統作業
 - C 場址復原作業

- (a) 受擾動區域
- (b) 煙道結構體清除區域
- (c) 洗滌塔
- (d) 臨時設施
- (e) 暫用設施
- (f) 道路修復

D 景觀美化

(五) 全案竣工階段

1. 於 91 年 10 月 22 日進行復原作業之查驗並通過，全案竣工。
2. 本計畫自竣工查驗合格後翌日起保固一年，亦即自 91 年 10 月 23 日起至 92 年 10 月 22 日止保固一年。

二、環境衝擊影響

對環境所可能造成之影響，包括清除作業施工對周圍環境所產生之衝擊影響，及整治後對該區域之生態環境、社經環境及土地利用等之影響。

(一) 空氣污染

在清除處理過程中，對空氣品質之影響主要為煙道結構體之破碎、煙道渣及煙道結構破碎體之清除作業，和土壤挖除及前述廢棄物運送過程等動作所造成之粒狀物飛揚；惟在作業結束後，空氣污染的程度就會大幅減低。

(二) 噪音及振動

在清除處理過程中，以各類施工機具運作、作業車輛行駛及結構體破碎作業所產生的噪音影響最大；在清理作業結束後，噪音及振動的影響亦即消失。

(三) 廢棄物

清除後之污染土壤、煙道渣和煙道結構破碎體等固體廢棄物對環境影響嚴重，因大部分屬有害事業廢棄物，須妥善處理處置，方不致污染環境。

(四) 水質

鄰近本場址之濂洞溪溪水水質，因承受地表逕流及酸礦排水等之排入，而呈重金屬污染情形，且 pH 值過低(呈強酸性)。本場址在清除處理過程中，對水質之影響輕微；但在作業結束後，因部分重金屬污染源已去除，對水質污染具減輕之作用。

(五) 生態環境

受污染土壤移除時，將破壞其上之草本植物生長。但是由於本場址並無特有植被，故可待清除作業完成後，再重新進行植生綠化工作，除增進環境美化，亦可落實水土保持。所以場址整治作業對植物之影響衝擊並不大。另在本場址內並無發現任何稀有生物，故清除處理過程中僅可能輕微破壞原有動物棲息地，尚不致對生態產生嚴重影響。

(六) 社經環境

九份、金瓜石之採礦作業已趨沒落，人口外流情形嚴重，已不復有當年前之繁榮景象。本區域除了因本場址內之三條依山而建之煙道外，又面對著濱海公路旁之濂洞灣，儼然形成一優良之景觀點，深具觀光旅遊據點之潛勢。於適當之處理及規劃後，可增進本區域之觀光價值。故整體而言，場址之清理作業完成後，對本區域之社經環境將帶來正面之影響。

(七) 土地利用

本場址清除處理作業完成後，可增進本區域之土地利用價值。

三、健康風險評估

本案所關切之潛在風險，主要包括清除作業、中間處理及最終處置之施工過程中，有害事業廢棄物之釋出對施工人員、附近居民及遊客所造成之健康危害風險。

砷及三氧化二砷 (As_2O_3) 為已知之致癌物質，食入及吸入均具高度危險性。根據美國聯邦職業安全與健康管理局 (OSHA) 所訂定之標準，雇工曝露的標準是每立方公尺空氣 10 毫克，而每立方公尺 500 毫克以上時，必須戴防毒面具。而美國政府工業衛生協會 (ACGIH) 所訂定之容許量為每立方公尺 0.2 毫克 (砷即可溶性化合物)。在土壤清除作業時，為避免因清除作業造成揚塵影響，應於清除作業前及工作中進行灑水，保持土壤濕潤，防止揚塵產生，如此將可降低工作人員及附近居民和遊客之健康風險。

中間處理採固化法處理，選擇適當的固化劑種類，以防止因重金屬與無機鹽之作用，所引起之碎片 (Spalling) 問題，此現象亦可能造成潛在之健康風險。

伍、結論

- (一) 可寧衛公司參與原台金公司舊煉銅廠廢煙道處理案，並提供技術，順利完成全部清理工作，其在廢棄物處理技術，值得本公司借鏡參考。
- (二) 本次參觀澳洲可寧衛公司 Kooragang 處理場，其場方人員大力推薦之 Dolocrete 處理技術，係針對有害固體廢棄物所研發，且效果良好，值得我國有關單位進一步借鏡參效。
- (三) 未來廢棄物處理方式，除了清理方式，澳洲可寧衛公司所提倡三 R 減廢策略 (Recycling, Reuse, Reduce) 亦值得本公司或相關單位作為策略參效。
- (四) 本公司飛灰可作為固化劑中之固定助劑，若能進一步研發成如 Dolocrete 之固化物，可拓展飛灰利用。
- (五) 未來本公司民營化後，若能開拓廢棄物市場，澳洲可寧衛公司營運方式，及就地清理 (移動式清除設施) 技術值得本公司借鏡。