

# 自來水淨水場脫水污泥資源再利用之可行性研究

鄭宏德

總經理

晶淨科技股份有限公司

## 摘要

淨水場產生之脫水污泥性質單純，可再利用之用途十分廣泛，包括：(1)堆肥使用、(2)植栽培養土、(3)替代黏土作為製磚原料、(4)替代部份水泥生料、(5)輕質骨材利用及(6)管溝回填用土(CLSM 材料)等。然而各項資源化用途均有其適用範圍及其限制，且在執行上受到法規面、經濟面及市場通路面等各因素之影響，故本研究即針對前述六項資源再利用方式進行初步之可行性評估，並提出執行上之建議。

本研究首先藉由再利用機構之現勘訪察，以瞭解其實際運作現況及問題，並在資源再利用方案評估上，提出其評估因子之建議，包括法規面、技術面、經濟面及市場行銷面之評估，並考量各方案對於社會環境之影響、民眾接受度及危害風險評估等項之影響，在各層面之初步評估後，提出最適之資源再利用建議，作為未來淨水場脫水污泥資源化工作規劃之參考。

由於篇幅限制，本文對於法規及市場層面之說明較多著墨，無法對各項因子之評估內容及結果均做完整之詳述，敬請見諒。

## 前言

自來水淨水場脫水污泥為淨水場取用河川或水庫等水源，經淨化、沉澱、消毒等過程所產生之污泥，經脫水處理後生成

之污泥餅，此脫水污泥絕大部份是天然物質，雖含混膠凝劑含鋁物質，對生物並無明顯毒性。

目前自來水淨水場脫水污泥被環保署列為一般事業廢棄物，受到廢棄物清理法及其相關子法之規範，需自行或委託廢棄物清除機構清運至合法之營廢棄物衛生掩埋場處置，由於各地方掩埋場容量已趨近於飽和，且進場處理費用節節高昇，因此淨水場產生之污泥經中間處理後，如何以資源化再利用方式處置，實為迫切需要之課題。

由於水質淨化所產生之脫水污泥性質單純，可再利用之用途十分廣泛，然各種資源化用途均有其適用範圍及其限制，且資源化再利用在執行上須同時注重其法規面、經濟面及市場通路面等因素，如未能針對各種資源再利用方式進行可行性評估而貿然進行，恐易造成處理廠（或設備）之不當投資或閒置，甚而因資源化產品無法流通而影響其資源化之成效。

## 現況概述

### 一、脫水污泥之性質

淨水場脫水污泥來源為自來水淨水過程中所產生之脫水污泥(或稱污泥餅)。各自來水給水廠淨水過程及脫水污泥產生之製程一般來說十分相似，淨水場添加之混凝劑，國內常用為多元氯化鋁(PAC)，不像國外部份淨水場會使用氯化鐵系之混凝

劑，故我國淨水場產生之脫水污泥一般而言含鋁量偏高。另外，國內各淨水場之污泥脫水程序多是經由乾燥床脫水，部份則是使用脫水機脫水(如板新給水廠)，污泥之含水率一般多在 35~50% 左右。

根據國內調查報告顯示淨水場污泥餅之化學特性，淨水場之污泥餅 pH 值約為 7 左右，可知淨水污泥餅約為中性，在此範圍內，污泥中之重金屬物質不會溶出，其有機物含量約為 10%，屬無機性污泥。

淨水污泥餅中主要化學組成為  $\text{SiO}_2$  及  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，其  $\text{SiO}_2$  佔污泥比例最高，達 50%，主要因為地面水夾帶大量沙土礦物所造成。另外， $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量亦很高，在於淨水場淨水過程多採用鋁系混凝劑之緣故，其餘化學組成包括少量之  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$  等。

淨水污泥中所含之重金屬並不多，由直潭及豐原淨水場污泥餅之重金屬與溶出試驗(TCLP)之結果(如表 1 所示)，顯示淨水污泥餅中可溶出之毒性物質濃度皆符合法規規範。

## 二、脫水污泥之產生與分布

目前自來水事業單位共有兩處，一為台北自來水事業處，一為台灣自來水公司；台北自來水事業處有直潭、長興、公館、陽明、雙溪等五座淨水場，除直潭淨水場有污泥處理設施，其他四座淨水場目前無污泥處理設施，濕污泥委託清運至直潭淨水場。台北自來水事業處 89 年度污泥平均產生量如表 2 所示。直潭淨水場產量為 265,566 $\text{m}^3$ /年，約佔台北自來水事業處總產量的 77%，其次為長興淨水場佔 13.6%，而公館淨水場亦佔 8.9%，而以污泥餅 40% 之含水率換算，脫水污泥之產生量約為 14,919 公噸/年；台灣自來水公司則在全台分有一、三、四、五、六、七及十二區管理處，89 年度各區之淨水場產生之脫水污泥量如表 3 所示。以第十二區板新淨水場(台北縣)產量最多，其次為第七區

澄清湖淨水場(高雄市)，而總體而言，污泥餅之年產量約為 145,424 公噸/年。

故國內之淨水場脫水污泥之年總產生量約在 16 萬公噸左右，且分佈上以北部為最多、南部居次。

## 研究方法

本研究之執行流程規劃如圖 1 所示。茲分述如下：

### 一、國內淨水場脫水污泥清理及再利用現況調查

針對淨水場脫水污泥之清運機構、處理機構、資源化工廠及資源產品使用廠商進行調查或參訪，以實際瞭解現有清理及再利用之現況及問題，並進一步評估該資源化方式之市場性與經濟性。

### 二、研擬淨水場脫水污泥再利用之可行方案

就現有相關資料評估各種污泥再利用用途並選出較為可行之方案，包括(一)堆肥使用(二)製磚利用(三)作為植栽培養土(四)摻配為水泥生料(五)人造骨材利用(六)管線工程回填用土等六種再利用方案。

### 三、再利用方案法規面之可行性探討

依前述方案，評估其相關資源化法令、產品規範及使用限制等法令層面之可行性。

### 四、再利用方案技術面之可行性探討

依前述方案，評估其技術成熟度、操作維護難易度、土地使用大小、技術取得難易度等有關技術層面之可行性。

### 五、再利用方案經濟面之可行性探討

依前列方案，評估其建廠設備購置成本、操作營運成本、產品收益、投資報酬等經濟層面之可行性。

六、再利用方案市場行銷面之可行性探討  
依前述方案，評估其市場供需現況、市場規模、銷售通路，以及行銷策略拓展市場之難易度等市場行銷層面之可行性。

#### 七、再利用方案綜合評析與建議

綜合考量各層面之影響程度，並參酌其他如社會影響、民眾接受程度及環保危害風險評估等輔助評估因子後，依其不同權重取得總體評量等級，以提出最適用之淨水場污泥資源再利用方案。

### 結果與討論

#### 一、國內淨水場脫水污泥清理及再利用現況調查

目前國內淨水廠污泥委託清理及再利用現況，有下列幾種再利用方式：

- (一)將污泥與有機肥料以特定比例拌合調成園藝植栽培土之用。
- (二)將污泥與有機調整材經腐熟作用製成堆肥作為有機肥料或土壤改良劑。
- (三)污泥經高溫乾燥或與黏土混合後製成紅磚。
- (四)污泥經造粒後高溫燒結成輕質骨材。
- (五)污泥替代水泥原料中之黏土材料燒製成水泥。
- (六)送交垃圾掩埋場作為覆土或最終處置

有關前述各項淨水廠污泥清理及再利用廠商資料如表 4 所示。其中部份為環保機關核准合格之清除處理業者，另已有數家為已取得經濟部工業局許可之再利用機構，其餘則為其製程可添加淨水污泥作為原料之資源化工廠。

#### 二、各項再利用方案介紹及法令規範

淨水污泥餅資源化技術大體上可分為兩大類，包括工程利用類如再利用製磚、燒結製作為輕質骨材、水泥原料與高溫熔融處理作為土木建築骨材等方式，以及應用於農業用途如堆肥、土壤改良及植栽培土等方式。本研究經參酌國內外實際運用現況及相關技術文獻，研提以下六個可行方案建議：

#### (一)堆肥

堆肥法係以好氧通氣方式，利用微生物來分解有機質，使其安定化的資源化成熟技術。自來水淨水污泥因受限於污泥本身肥份甚底，使用上多半做為堆肥時的基質或底材，以調整肥料成品中所含之適當養分。典型的堆肥法之處理流程如圖 2 所示。

國內目前有一般堆肥、蛋雞糞堆肥、樹皮堆肥、垃圾堆肥、混合有機質肥料及雜項有機質肥料之相關標準，其中利用自來水淨水污泥堆肥較偏屬於一般堆肥，而自來水淨水污泥與其他有機廢棄物混合所製成之堆肥應屬雜項有機肥料，其相關標準如表 5 所示。

另外，環保署曾於 85 年間公布堆肥產品之環保標章規格標準，對於自來水淨水污泥資源化成品銷售管道之暢通將有極大助益。

#### (二)植栽培土

淨水場污泥可藉由下列二種方式應用於農業利用上：

- 1.乾燥污泥：將污泥乾燥及粉碎後，直接施用於農地，先決條件為污泥之成分需符合農委會垃圾堆肥品目的要求，且需通過作物毒害試驗。
- 2.栽培土：將乾燥且粉碎之污泥與無機介質（如珍珠石、沸石、蛭石）或有機介質（如泥炭、堆肥）以特定比例調配成園藝

用之栽培土。一般應用於園藝用土之處理流程如圖 3 所示。

日本大阪地區之淨水污泥已被全量使用為公共綠地之植栽培養土，國內目前通過的再利用許可案例則被要求污泥仍需添加有機質肥料才可出售，污泥作為栽培土用於底層當作基材時，有機質肥料與污泥的摻配比例可以較低；施用於表層時，由於植物需要較高的養分，則需將有機質肥料的摻配比例調高。

### (三)製磚

製磚過程之主要原料為黏土，並添加一定比例之無機污泥作為副原料，經研磨、混合及加入一定比例之水份後，再經成型、疊杯、乾燥、燒成等步驟，使黏土與污泥燒結成磚。一般製磚流程如圖 4 所示。

污泥餅應用於製磚方面之主要試驗項目為抗壓強度、吸水率及體積收縮率。一般而言，污泥添加量愈大，其抗壓強度愈低，吸水率及體積收縮率愈高。表 6 是國家規範 CNS 對建築用普通磚所規定之規範值。

以往事業廢棄物中污泥常被作為製磚原料，技術上亦證實可行，但由於添加比例有其上限，以及部份業者不依規定進行資源利用，曾有發生污泥不法棄置行為發生，故如何作好管制防範為污泥製磚之重要考量因素。

### (四)人造輕質骨材

將淨水污泥應用於輕質骨材時，其資源化技術有冷結型、燒結型及發泡型三種，而其製得的產品及用途亦有所差別。三種製作流程十分相近，茲以燒結型為例說明之。

以造粒法將粉末狀污泥結合成圓形粒團，經高溫 800~1000°C 燒結成緻密具有

強度的顆粒。其製作流程如圖 5 所示。

輕質骨材除了單位重量較傳統骨材可減少許多外(可藉此降低結構物自重)，其抗壓強度亦被作嚴格要求。輕質骨材製造過程中，單位重及抗壓強度均隨污泥添加量之增加而降低。表 7 是 CNS 國家規範對結構用輕質骨材所訂定之相關規定。

經訪查國內已有一家利用添加污泥為輕質骨材原料之廠商，並已進行再利用許可之申請中。

### (五)水泥生料

水泥廠生產水泥所需之原料包括石灰石、黏土、矽砂、鐵渣及石膏，其中石灰石、黏土、矽砂及鐵渣係送入至旋窯製成熟料之生料，石膏則是熟料送入水泥磨時所需添加之摻料。水泥製造之過程如圖 6 所示。脫水污泥則可於水泥生料中添加以取代部份之黏土。

國內常見之水泥種類，以波特蘭水泥為主，另有應用於水泥壩料的砌壩水泥。其皆有其相關 CNS 之國家標準及規範。

目前國內已有水泥廠被核准再利用使用淨水污泥作為生料之添加，但由於水泥窯對於水份及氯鹽有其限制，故在原料之品質上要進行管制。

### (六)管線工程回填用土

類似於前述之再利用於替代水泥混凝土骨材，淨水污泥亦可再利用於高性能低強度材料 (Controlled Low Strength Materials, CLSM)。CLSM 是由一般混凝土之基本材料及添加劑所組成之混凝土回填材料，其製造流程如圖 7 所示。

CLSM 特性為低強度及高流動性，主要用於管線工程回填以取代傳統之回填級配料，依據台北市政府工務局養護工程處「高性能低強度材料管溝回填材料會議資

料」得知，其品質規格要求如表 8 所示，淨水污泥經適當之改質後應可達到此規範之要求。

### 三、各項再利用方案市場需求評析

依前述有關淨水污泥產出數量與分布中得知，各個淨水場的年產量總和約為 16 萬公噸/年。經彙整各產業報告所蒐集資料整理如下：

#### (一)有機質肥料

根據八十三年台灣省農業年報調查資料，全省耕地面積共計約 874,535 公頃，其中高經濟作物面積共 462,560 公頃，約佔全省耕地面積 53%，以中南部所佔比較高。若施用有機質肥料，依農政單位建議施用量為每年每公頃 10 公噸來估算，全省每年有機質肥料需求量約 874 萬公噸。

而在有機質肥料供給量方面，根據八十二年農林廳畜牧科之估算，台灣地區豬、牛、雞其所排泄之禽畜糞每年約 512 萬餘公噸，太空包廢料約 5.3 萬餘公噸，蔗渣廢料等約有 417 萬餘公噸，稻穀、米糠約 41.3 萬公噸，以上農產廢棄物合計約 976 萬餘公噸。若將可取得之畜產廢棄物與農產廢棄物混合醱酵製成有機質肥料（可取得原料製成有機質肥料為原料量之 1/3），則每年可供給有機質肥料約 325 萬餘公噸。

但真正收集作成堆肥產品之數量並不多，根據統計，每年公民營堆肥場約可生產 75 萬公噸有機質肥料，故有機肥料之市場性仍相當龐大，極具市場潛力。

當然，堆肥的使用應不僅限於農作方面，以日本為例；污泥堆肥其應用於高爾夫球場、園藝、公共綠地亦佔相當比例，而美國污泥堆肥應用於表土混合、園藝、苗圃、高爾夫球場、甚至掩埋場多於農場。而用於綠地、園藝、甚至掩埋場品質要求就不似農作般嚴格，其雖對重金屬仍有含

量限制，但在水分、有機質、氮、磷、砷等就無成分限定。

#### (二)植栽培養土部分

國內植栽培養土之需求數量目前並無具體統計資料，依據「台北縣統計要覽」之統計資料顯示，僅就台北縣之公共綠化工程，其植栽培養土之需求量，可依都市計畫區道路長度及公園綠地面積概算之。截至 88 年底都市計畫區道路長度為 1,069,046 公尺，面積為 14,073,333 平方公尺，其中 88 年度共完成新闢及拓寬路面 82,446.74 平方公尺。以 5% 及覆土深 50cm 估算其綠化植栽覆土量，約需植栽培養土約 2,061 立方公尺（ $82,446.74\text{m}^2 \times 5\% \times 0.5\text{m}$ ）。另截至 88 年度已完成公園綠地面積為 1,929,581 平方公尺，其中 88 年新增公園綠地 5 處，面積 30,747 平方公尺，以 80% 及覆土深度 50cm 估算其綠化植栽覆土量，約需植栽培養土 12,929 立方公尺（ $30,747\text{m}^2 \times 80\% \times 0.5\text{m}$ ）兩者合計初估即有每年 14,360 立方公尺之需求量。

另外，依據台北縣政府刻正進行之大漢溪兩岸五年分段綠化整治計畫資料，目前已完成約三成之綠化工作，進用之植栽土已逾 80 萬立方公尺，在後續之綠化工作仍有很多之植栽土培養需求量。

根據上述統計，植栽培養土之市場需求仍相當龐大，對於自來水淨水場脫水污泥極具開發價值。

#### (三)製磚

以目前有再利用實績之紅磚製造為例，紅磚製造之主要原料為黏土，在添加無機污泥作為副原料後會降低其強度，故均有其一定比例之限值，一般而言約在 20~25%（一般混合成型前泥漿之含水率在 18~20%），故可藉由紅磚產量推估其對於自來水淨水污泥之可耗用量。

表 9 為歷年紅磚之生產及銷售統計情

形，可看出其市場需求在衰減中，以九十年計，其年產量為 91,800 萬塊，若以一塊標準紅磚之重量為 0.84 公斤計，則紅磚年產量為 771,120 公噸，在不改變製磚品質之情況下，添加比例以 20% 計，在考量其燒製過程粗胚之含水量全移除之情況下，其每年可處理之淨水污泥量為 192,780 公噸。

#### (四)輕質骨材

國內用於建築物及道路的骨材都採自河川砂石，由於經濟發展迅速、捷運、道路及橋樑大量興建的結果，砂石的供應已漸感缺乏，並導致砂石之價格高漲。國內每年的採砂石量已達 12 億噸，其中合法開採的部分僅佔 30%，而未來預拌混凝土之年成長量為 15~20%，顯見天然砂石骨材的供應將更形枯竭。

台灣為島國地形，建地有限，建築物逐漸朝高層化發展，建材的輕量化則成為必然之趨勢，估計未來輕質骨材的年需求量約 30 萬噸，市場價值約有 5~10 億。

#### (五)水泥原料部分

國內目前生產普通水泥之水泥廠計有 12 家工廠，分別隸屬於 9 家水泥公司，其中分佈以南部 (5 家)、北部及東北部 (5 家) 較多，而東部 (2 家) 最少。至於產能則以東部宜蘭之水泥廠最大約佔總產能之 76%，其主要因素為西部礦區停採，水泥業因應政策東移，同時設立產能較大之旋窯。有關國內各水泥廠產能統計如圖 8 所示。

淨水場脫水污泥係以取代粘土之方式應用於水泥原料，將國內各水泥廠各原料耗用量繪製如圖 9，由圖中得知，單位水泥之粘土耗用量介於 56~380 公斤/公噸，取其中位數為 167 公斤/公噸，由此可推算粘土之年需求量約為 336.5 萬噸/年，遠大於淨水場污泥產量。在水泥製程中，雖然污泥的摻配比例不能太高，但水泥每年需求量相當高，故對自來水淨水污

泥再利用仍具有相當的市場價值。

#### (六)管溝回填用土

目前已有台北市政府、台電、捷運局、中華電信、台灣自來水公司之道路管線挖埋回填使用 CLSM 材料。因 CLSM 強度要求較低，故淨水污泥餅有其應用之可能性。但是未來廠商在實際使用污泥餅於 CLSM 時，須要考量到污泥餅供應量是否穩定且充足等問題，以利整體製程及市場供應之運作。若能將台北自來水事業處及台灣自來水公司產生之污泥應用於自身管溝的回填土工程，不僅可以降低工程購買回填土的施工成本，同時可以解決淨水污泥的處理、處置問題。

#### 四、再利用方案綜合評析與建議

有關前述各項淨水廠脫水污泥再利用之可行性評估如表 10 所示。

綜觀前述內容，自來水淨水污泥用於各項資源化方法之評估如下：

1. 淨水污泥應用於農業方面無環境污染之問題，且植栽培養土的市場需求量甚大，因屬較低價值之使用途徑，故加工易、成本低，可作為淨水污泥資源化短、中程發展方向的優先考慮。
2. 污泥再利用於管溝工程回填用土，國內外已有成熟技術經驗，許多工程發包單位已於施工規範中同意使用，其用量相當可觀。但淨水污泥須改良處理後方利於管溝工程回填用土，其於經濟、技術及市場上之可行性均高，可列為短、中程發展方向的考慮。
3. 自來水淨水污泥應用於輕質骨材，因其價值甚高，在成熟的技術及完善的產品規範尚未完備下，可評估為長期發展的資源化產品。
4. 製磚之技術成熟，但以往事業廢棄物污

泥應用於紅磚製造上曾發生問題，故在防止不法之管制作業上應予以加強，且對於紅磚市場之萎縮亦應有所因應。

5. 污泥應用於水泥窯中為一簡單之資源化用途，市場需求量大且不需任何加工作業，但須對於水份及氯鹽含量做好管制措施，其於經濟、技術及市場上之可行性均高，可列為短、中程發展方向的考慮。

### 結論與建議

1. 淨水污泥產出數量約為 16 萬公噸/年，依各項資源化方案所需之污泥量多遠大於此數量，就市場性可完全處理之，但因污泥為重物，其運輸成本將為經濟面上之重要考量，故再利用廠商與污泥產源間之距離將是決定其是否選擇為資源化途徑之重大因素。

2. 自來水淨水污泥尚未被公告為再利用之類別，故再利用行為仍需做個案審查許可，未來可能朝向公告再利用一途，如此對於符合污泥清理之廠商資格勢必放寬。故主管機關及事業單位對於再利用廠商之管制稽查將更為重要。

### 誌謝

感謝台灣自來水公司提供本研究資料收集及行政上之協助，期間並得該公司蘇經理及洪組長兩位實務經驗豐富之主管大力指導，使本研究得以順利推展進行，特以誌謝。

### 參考文獻

1. 孫國鼎，“水庫淤泥及淨水污泥再利用製磚之研究”，國立交通大學環境工程研究所碩士學位論文，2001
2. 台北市政府工務局養護工程處，「高性

能低強度材料(Controlled Low Strength Materials)管溝回填材料會議資料」，2001

3. 台北市自來水事業處，「淨水污泥餅再利用技術調查及應用於臺北自來水事業處淨水場可行性評估(期末報告)」，2001
4. 經濟部工業局，「2001 產業環保工程實務技術研討會論文集」。2001。
5. 國科會工程科技推展中心，「廢棄物資源再生技術研究成果發表會論文集」，2000
6. 經濟部工業局，「有機污泥資源化回收再利用成果報告」，1993
7. 工業污染防治，「污泥資源化回收再利用技術與成本效益分析」，1993

表 1 淨水污泥餅 TCLP 溶出值

	檢驗項目	檢驗值(mg/L)	法規限值(mg/L)
豐原給水廠第一、二淨水場	總鉻	N.D.( $<0.019$ )	5.0
	總鋅	0.48	--
	總鎘	N.D.( $<0.004$ )	1.0
	總鉛	N.D.( $<0.061$ )	5.0
	總銅	N.D.( $<0.0014$ )	15.0
	總砷	0.016	5.0
	總汞	$<0.0005$	0.2
	六價鉻	N.D.( $<0.006$ )	2.5
直潭給水廠	總鉻	0.01	5.0
	總鎘	N.D.( $<0.0090$ )	1.0
	總鉛	0.029	5.0
	總銅	0.03	15.0
	總汞	N.D.( $<0.0007$ )	0.2

資料來源：自來水廠提供

表 2 台北自來水事業處污泥平均產生量

淨水場	直潭	長興	公館	陽明	雙溪	濕污泥合計	污泥餅合計
體積 ( $m^3$ /年)	265,566	46,917	30,780	597	408	344,268	11,476
重量 (公噸/年)	—	—	—	—	—	—	14,919

資料來源：1.台北自來水事業處提供

2.統計年度為 89 年度

3.濕污泥與污泥餅含水率分別為 98%與 30~50%

4.乾污泥比重約為 1.5

表 3 台灣自來水公司各淨水場污泥餅清運調查表

區處別	淨水場名稱	廢水及污泥處理設備名稱	污泥餅量 (公噸)	小計	
一區	新山淨水場	廢水池、污泥濃縮池、機械脫水設備	172	172	
三區	新竹給水廠	廢水池、污泥濃縮池、機械脫水設備	1,460	5,110	
三區	東興給水廠	廢水池、污泥濃縮池、機械脫水設備	3,650		
四區	鯉魚潭給水廠	廢水池、污泥濃縮池、晒泥場	5,409	11,178	
四區	豐原第一廠	廢水池、污泥濃縮池、晒泥場	1,480		
四區	豐原第二廠	廢水池、污泥濃縮池、晒泥場、機械脫水設備	4,289		
五區	公園淨水廠	廢水池、污泥濃縮池、晒泥場	660	3,908	
五區	蘭潭淨水廠	廢水池、污泥濃縮池、晒泥場	220		
五區	土庫淨水廠	廢水池	25		
五區	新港淨水廠	廢水池	576		
五區	大林第一場	廢水池	115		
五區	褒忠淨水場	廢水池	22		
五區	虎尾淨水場	廢水池	200		
五區	平和淨水場	廢水池	206		
五區	觸口淨水廠	廢水池	744		
五區	竹崎淨水場	廢水池	1,140		
六區	烏山頭	廢水池、污泥濃縮池、污泥脫水機、晒乾床	1,339		1,479
六區	潭頂	廢水池、污泥濃縮池、晒乾床	140		
七區	澄清湖淨水場	廢水池、污泥濃縮池、污泥脫水機	16,353	47,769	
七區	拷潭淨水場	廢水池、污泥濃縮池、污泥脫水機	11,939		
七區	鳳山淨水場	廢水池、污泥濃縮池、污泥脫水機	12,986		
七區	坪頂淨水場	廢水池、(污泥脫水機)	4,684		
七區	牡丹淨水場	廢水池、污泥濃縮池、晒泥場	1,807		
十二區	板新淨水場	廢水池、污泥濃縮池、晒泥場	75,809	75,809	
	合計		145,424		

資料來源：1.台灣自來水公司提供  
2.統計年度為 89 年度

表 4 淨水場污泥委託清理及再利用廠商資料

廠商	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
資格	通過再利用申請	第一類乙級清理	第一類乙級清理	再利用申請中	再利用申請中	通過再利用申請	—	第一類乙級清理	—	再利用申請中	通過再利用申請
污泥來源	淨水污泥	工業污泥 淨水污泥	工業污泥 淨水污泥	淨水污泥	淨水污泥	淨水污泥	淨水污泥	工業污泥 淨水污泥	工業污泥 淨水污泥	水庫淤泥 淨水污泥	淨水污泥
清理方式	委託清理	委託清理	委託清理	委託清理	委託清理	自行運送	自行運送	委託清理	委託清理	自行運送	委託清理
再利用方式	園藝栽植 養土	有機肥料 土壤改良劑	有機肥料 土壤改良劑	有機肥料 土壤改良劑	有機肥料 土壤改良劑	作為水泥 生料添加	生產水 泥( 埤料)	燒製紅磚	燒製紅磚	燒製 輕質 骨材	燒製紅磚
污泥耗量	240 噸/日	90 噸/日	—	—	—	150 噸/月	100 噸/月	80 噸/月	70 噸/月	300 噸/月	175 噸/月
資源化 生產說明 程	將乾燥之污泥粉碎，無有機質，或以有機質，特定比例調配成園藝、栽植之用。	將乾燥之污泥粉碎，與有機質，經調整，過腐熟，而製成堆肥，並作為土壤改良劑。	將乾燥之污泥粉碎，與有機質，經調整，經腐熟，而製成堆肥，並作為土壤改良劑。	將乾燥之污泥粉碎，與有機質，經調整，經腐熟，而製成堆肥，並作為土壤改良劑。	將乾燥之污泥粉碎，與有機質，經調整，經腐熟，而製成堆肥，並作為土壤改良劑。	以淨水代料，以泥中之黏土，經乾燥，添加水，製造水泥砂漿。	淨水污泥，經高溫乾燥後，運送至磚廠燒製紅磚。	淨水污泥，與黏土混合後，燒製紅磚。	淨水污泥，經高溫燒結成輕質骨材。	淨水污泥，與黏土混合後，燒製紅磚。	

資料來源：台灣自來水公司及相關廠商提供。

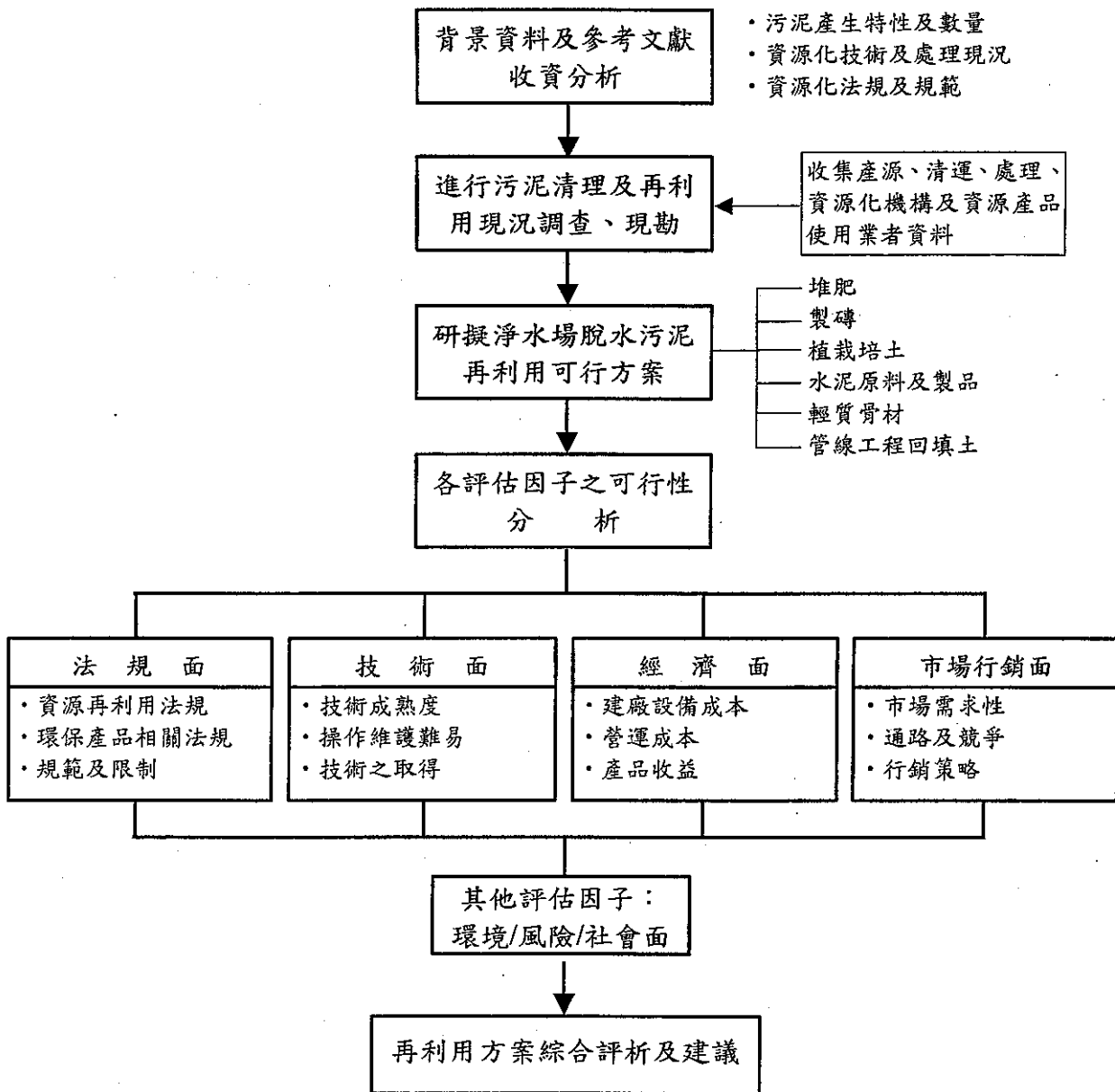


圖 1 本研究之整體流程

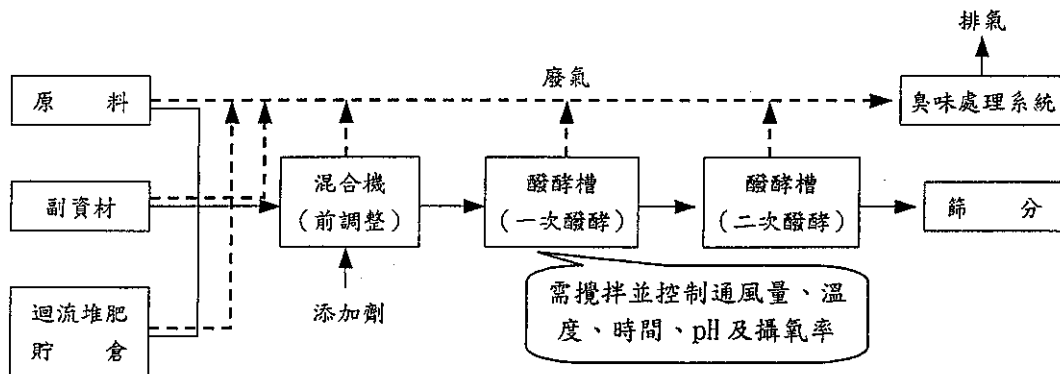


圖 2 典型堆肥處理流程

表 5 堆肥品質標準

肥料種類	適用範圍	保證成分低限 (%以上)	有害成分高限 (%以下)	其他規定
一般堆肥 (暫訂)		(1)有機質(乾基):60% (2)全氮:0.6% (3)全磷酐:0.3% (4)全氧化鉀:0.3%	Cu:0.01% Zn:0.08%	(1)利用有機質材料,經過發酵腐熟,而未加入化學肥料、礦物者,若加化學肥料等,則以「雜項有機質肥料」登記。 (2)水分:35%以下,蔗渣製成者40%以下。
雜項堆肥	本品目適用於禽畜糞堆肥及垃圾堆肥以外之堆肥,且未混入化學肥料或礦物所製成者。	(1)有機質:50% (2)全氮:0.6% (3)全磷酐:0.3% (4)全氧化鉀:0.3%	水分:40%以下 碳氮比:20%以下	

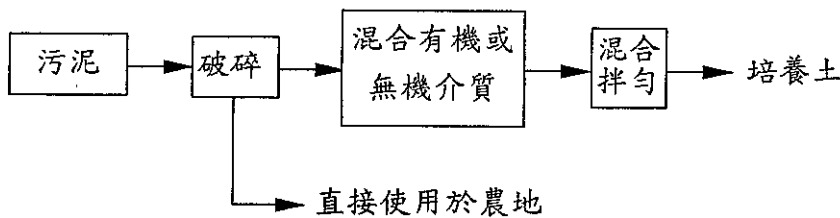


圖 3 一般園藝用土之處理流程

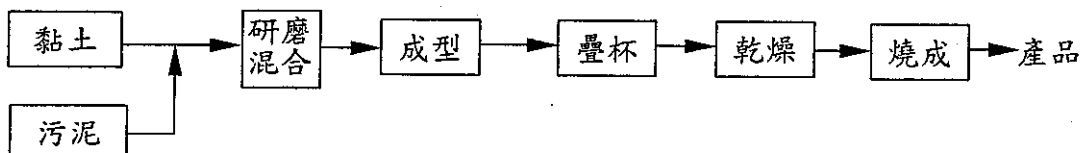


圖 4 典型製磚流程

表 6 國內建築用磚 CNS 標準規範

種類	吸水率	抗壓強度	尺寸許可差
一級磚	<15%	>150 kg/cm <sup>2</sup>	15%
二級磚	<19%	>100 kg/cm <sup>2</sup>	20%
三級磚	<23%	>75 kg/cm <sup>2</sup>	30%

註：建築用普通磚之尺寸應為 長 230 mm 、寬 110 mm 及高 60 mm

資料來源：CNS 382 R2002，民國 67 年。

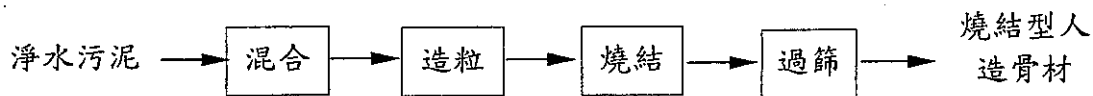


圖 5 燒結型輕質骨材製作流程

表 7 國內結構混凝土用之輕質粒料 CNS 標準規範

最大平均 28 天風乾單位重 (kg/m <sup>3</sup> )	最小平均 28 天分裂抗張強 度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	最小平均 28 天抗壓強 度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
全部為輕質粒料		
1,760	22.4	280
1,680	21	210
1,600	20.3	175
砂與輕質粒料混合		
1,840	23.1	280
1,760	21.7	210
1,680	21	175

參考資料：CNS 3691 A2046，民國 87 年。

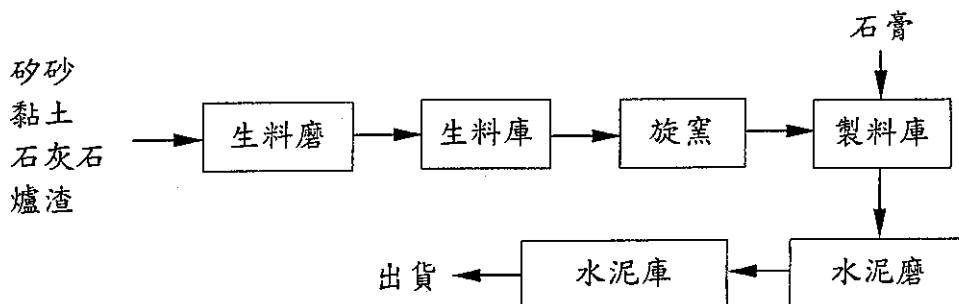


圖 6 水泥製作流程

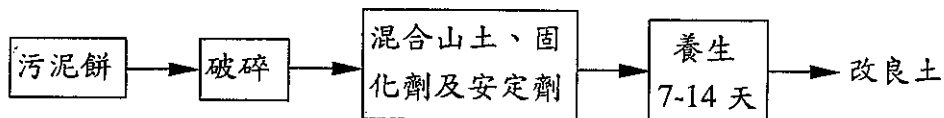


圖 7 CLSM 製作流程圖

表 8 CLSM 材料規格摘要

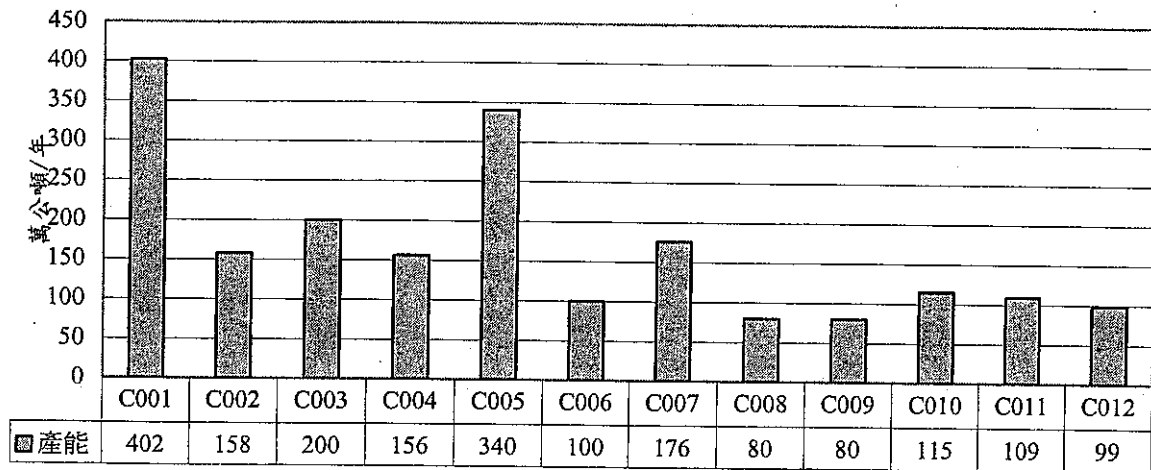
檢驗項目	規定值	依據之試驗規範
28 天期齡抗壓強度	$< 90 \text{ kg/cm}^2$	CNS 1232
12 小時期齡抗壓強度	$> 7 \text{ kg/cm}^2$	
坍流度 (Slump flow)	15 公分以上，以不超過 20 公分 且表面無泌水為最佳	ASTM D6013
初凝時間 (Initial set)	$< 3.5$ 小時	ASTM C403
粗骨材用量	不得超過 $400 \text{ kg/cm}^3$	—

資料來源：台北市政府工務局養護工程處，民國 90 年。

表 9 歷年紅磚生產及銷售統計一覽表

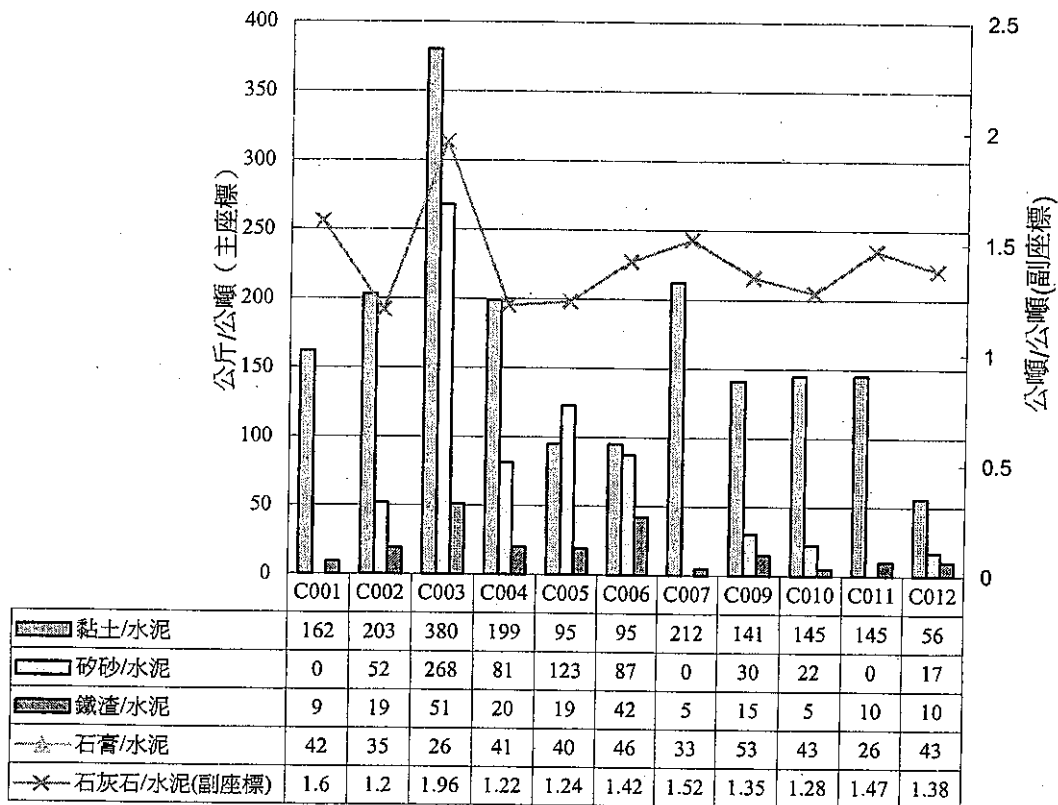
年度	生產量(百萬塊)	銷售量(百萬塊)
80	2,318	2,313
81	3,045	3,045
82	3,835	3,837
83	3,808	3,813
84	3,203	3,213
85	2,366	2,402
86	2,089	2,105
87	2,029	2,017
88	1,741	1,749
89	1,265	1,263
90	918	921

資料來源：經濟部統計處網站



資料來源：台灣產業資訊網相關訊息提供

圖 8 國內水泥廠產能統計



資料來源：台灣產業資訊網相關訊息提供

圖 9 國內水泥廠水泥原料耗用強度

表 10 淨水污泥再利用方案綜合評析

技術名稱	成品及適用範圍	技術成熟度與實績	特點
堆肥	有機肥料及土壤改良劑	1.技術成熟、取得容易 2.國內有實廠運作。	1.國內有機肥料需求量大 2.無廢棄物最終處置之問題 3.處理過程中易引發臭味及環境衛生問題 4.耗用能源少，並可與其他廢棄物合併處理
園藝用土	植栽培養土	1.技術成熟、取得容易 2.國內有實廠運作。	1.國內公共工程需求量大。 2.無廢棄物最終處置之問題 3.直接使用農地時，其成分需通過毒害試驗 4.加工少、成本低 5.佔日本國內資源化用途之最大宗
製磚	取代部分紅磚中黏土原料	1.技術成熟、取得容易 2.國內有實廠運作。	1.國內紅磚市場已逐漸衰退中 2.無廢棄物最終處置之問題 3.有摻配比例限制，以避免降低紅磚強度 4.污泥摻配添加上須加以管制
輕質骨材	作為輕質骨材之原料	1.為高耗能、難度較高技術 2.國內尚屬開發中技術	1.市場有逐漸擴大之趨勢 2.設備成本高，操作維護費用高 3.有空氣污染防制之虞 4.具有高附加經濟價值
水泥原料	添加於水泥生料，取代部分黏土。	1.技術成熟、取得容易 2.國內已有實廠運作	1.污泥添加比例有限，但市場需求高 2.水泥旋窯業者多位於東部地區，清運距離為一大問題 3.技術簡單，成本低 4.水泥業之配合意願甚高
管溝工程回填土	取代部分回填原料及級配料。	1.技術成熟 2.尚未實際運用於工程	1.市場需求量大 2.自來水事業處可用於自身管線工程回填土 3.目前法令在污泥用於回填土上仍有疑慮 4.污泥須加工強化使符合法令規範