

# 生物污泥之土地施用及處置技術

張祖恩\* 呂明和\*\*

## 摘要

由於工商發達帶動人類生活水準之提昇，伴隨產生之廢(污)水對生態環境及生活品質之威脅日增，因此在都會及工業發展地區均廣泛規劃設置廢(污)水處理設施，以減少污染物之排放於環境中。然而，在廢(污)水處理過程中，污泥之處理處置係為整體環境管理上不容忽視之重要課題。近年來環境意識的覺醒及永續發展觀念的推動，廢棄物資源化或資源回收/再利用措施，已普遍地獲得世界的重視，生物(下水)污泥在管理上已趨向以有效利用為主，歐美日等國家對於生物污泥的利用已有相當多年的努力及豐富的經驗。國內廢(污)水廠之生物污泥目前仍多委託清運至掩埋廠或有部份遭任意棄置，亟需確實予以檢討其問題點、研擬妥善管理對策，儘速規劃相關技術規範、管理方案及落實措施，並設置必要設施，俾據以落實資源化利用及妥善處理處置。

### 【關鍵字】

- 1.生物污泥(biosolid)
- 2.土地施用(land application)
- 3.資源化(resource recovery)
- 4.管理規範(management regulation)

---

\*國立成功大學環境工程系教授

\*\*私立崑山技術學院環境工程技術系副教授

## 一、前　　言

我國近年來隨著工業迅速發展及國民生活水準提昇，都市生活污水及工廠所產生之廢水，已嚴重影響生態環境及生活品質。政府雖積極規劃設置廢(污)水處理設施，或在工業區設置污水處理廠以集中管理工廠之廢水。然而，在廢(污)水處理過程中產生之污泥，迄今多未經妥善的中間處理即行傾棄或掩埋，以致衍生土壤污染及地下水污染之二次公害問題。依據經濟部1989年對各項產業之調查統計資料推估<sup>(1)</sup>，包括食品業、皮革業、染整業、造紙業、電鍍業、印刷電路版業等六種工業，每年產生之乾污泥量約達45萬噸。另依工業技術研究院1989年進行南部20個工業區（約兩千多家工廠）調查所得之生物污泥<sup>(2)</sup>，即約為5萬公噸／年。另外，台灣地區之污水下水道建設正加速進行中，預估六年國建完成後，整體下水道普及率可達14%<sup>(3)</sup>，而根據江舟峰等之統計<sup>(4)</sup>，台灣地區廢(污)水處理所產生之下水污泥在公元2000年將達181,913噸／年。

然而，環境意識的覺醒及永續發展觀念的推動，廢棄物資源化或資源回收/再利用措施，已普遍地獲得世界的重視。由於廢(污)水處理之生物污泥含有機質、氮、磷……等肥效成分，具有豐富養分之有價性，因此，近年來廣受關切，而以生物固體物(biosolid)稱之<sup>(5, 6)</sup>，歐美國家對於生物污泥的利用已有近20年以上的豐富經驗。日本近年對於生物泥資源化之發展及應用亦相當重視<sup>(7)</sup>，如濃縮污泥、脫水泥餅及經焚化之灰燼，以消化、乾燥、醣酵、造粒／燒成、熔融化等處理程序，可分別用於發電、肥料、燃料、土壤改良劑、骨材、陶瓷材料、園藝土壤等等方面。

本文謹就生物污泥之特性、相關處理／處置技術概況及污泥土地施用及處置之技術規範等重點進行討論，除供各界先進思考污泥問題之急迫性外，更期能積極規劃相關管理措施，推動生物污泥以土地施用的方式回歸大地中，以落實資源化之應用。

## 二、生物污泥之特性

生物污泥的特性受污水處理廠進流污水性質、廢(污)水處理設施及污泥穩定化方式等之影響而有不同。典型的生物污泥之物化組成特性如表1，整體而言，生物

污泥含多量之揮發性固體物及豐富之氮、磷、鉀、鹼度成分，可用以替代化學肥料施用於綠農地。生物污泥與傳統化學肥料營養物質之含量如表2，因生物污泥氮／磷比高於傳統化學肥料，所以生物污泥施用於農地充當土壤肥料時，應考慮土壤及植物對氮之涵容能力，而控制其施用量或藉物化反應技術控制氮之溶出，避免影響作物生長及改變土壤特性。此外，生物污泥常含致病菌及微量重金屬，進行土地處置／再利用時，應一併予以檢討。

表1 典型生物污泥物化特性<sup>(8)</sup>

項 目	活性污泥 (Metcalf, 1991)	初沉污泥	廢棄活性污泥 (Qasim, 1994)	消化污泥
TS(%)	0.83~1.16	3~8	0.5~1.0	5.0~10.0
VS(%)	59~88	60~90	60~80	30~60
Protein(% of TS)	32~41	20~30	32~41	15~20
Nitrogen(% of TS)	2.4~5.0	1.5~4.0	2.5~7.0	1.6~6.0
Phosphorus (P,% of TS)	61~240	0.8~2.8	1.0~7.0	1.4~4.0
Potassium (K,% of TS)	0.21~0.29	0.1~1.0	0.2~0.5	0.1~3.0
pH	6.5~8.0	5.0~6.5	6.5~7.5	6.5~7.5
Alkalinity (mg/Las CaCO <sub>3</sub> )	580~1100	500~1500	200~500	2500~3500
Organic acids (mg/L)	1100~1700	—	—	—
Energy content (kj/kg)	18592~23241	15000~14000	12000~16000	6000~14000
Cd (mg/g)	10	16	—	76
Cr (mg/g)	500	110	—	160
Cu (mg/g)	800	200	—	340
Pb (mg/g)	500	500	—	—
Ni (mg/g)	80	46	—	63
Zn (mg/g)	700	620	—	930

表2 生物污泥與商業肥料肥分之比較<sup>(8)</sup>

項 目	N(%)	P(%)	K(%)
商業肥料(Metcalf, 1991)	5	10	10
典型廢水污泥(Metcalf, 1991)	3.3	2.3	0.3
下水污泥(Lecil, 1992)	5.2	0.5	—

### 三、生物污泥之處理／處置與再利用

#### 3.1 國外對生物(下水)污泥之處理／處置概況<sup>(5, 6, 7)</sup>

##### 3.1.1 美國

以美國EPA 1990年資料所示，主要的污泥處理方式包括土地施用(land application, 41.9%)、共同處理(co-disposal, 20.2%)、焚化(incineration, 13.6%)、地面棄置(surface disposal, 9.2%)、市場分銷(distribution marketing, 5.8%)、海洋棄置(ocean disposal, 4.8%)等，其中以具有資源再利用觀念之相關處置方式(土地施用及共同處置)則佔60%以上，而焚化處理僅佔13.6%。由此可知，生物污泥中之有機物的應用，已漸趨受到重視，而廣泛的被利用於回歸土地中。

##### 3.1.2 日本

按1995年統計資料顯示，日本下水污泥產生量約230萬噸/年，其中經前處理形成脫水污泥餅(75%)、燃燒灰渣(13%)、乾燥汙泥(4%)及消化濃縮污泥(8%)等，再予以後續處置包括：陸上掩埋(44%)、海上掩埋(19%)、資源化利用(25%)及其他(12%)。雖然尚以掩埋處置為主，但資源化利用方式則有持續成長之趨向。

##### 3.1.3 歐洲

表3所示為歐洲14國近年之下水污泥處置概況，其中以德國(約250萬噸/年)及英國(約102萬噸/年)為污泥處置量較多者，其次者為法國(85萬噸/年)及義大利(80萬噸/年)。若以處置方式而言，以農地利用方式處置污泥超過60%者，如盧森堡(80%)、荷蘭(64%)、西班牙(62%)、及瑞典(60%)等，另以掩埋方式處置為較多者，依序為希臘(100%)、德國(56%)、法國(53%)、義大利(55%)及比利時(52%)等，其他亦另有採用焚化處理及海洋棄置者。

#### 3.2 生物(下水)污泥之處理及資源化概述<sup>(9)</sup>

依照污泥成分之危害性，可將其分為有害性污泥與一般性污泥兩大類，而污泥處理之目的須以減量化、安定化、無害化及資源化為一般原則，因此生物污泥若屬一般事業廢棄物時，傳統式生物污泥之處理方法包括：濃縮、消化、脫水、調理、

乾燥、熱處理等，最終處置方法則以衛生掩埋／海拋為主，而僅有少部份應用於土地施用、農業堆肥與製造土壤改良劑。茲分別簡述如后：

表3 西歐各國對於下水污泥之處理／處置概況

國名	污泥處理 (千噸／年)	農地利用 (%)	掩埋 (%)	焚化 (%)	海洋投棄(%)	調查年分(年)
比利時	29	27	52	21	0	1,984
德國	2,500	30	56	14	0	1,991
丹麥	131	43	30	27	0	1,987
法國	850	27	53	20	0	1,984
希臘	15	0	100	0	0	1,984
愛爾蘭	23	31	17	0	52	1,984
義大利	800	34	55	11	0	1,984
盧森堡	15	80	20	0	0	1,984
荷蘭	199	64	27	3	6	1,984
西班牙	280	62	10	0	28	1,984
英國	1,018	45	21	3	31	1,984
瑞典	180	60	30	0	0	1,988
瑞士	250	45	32	23	0	1,987
奧地利	200	30	33	37	0	1,986

### 3.2.1 污泥之處理

由污水廠初級及二級沉澱池排出之有機性污泥，可經由不同方式之處理程序，包括：濃縮(如重力、離心、及浮除等)、消化、脫水(如壓帶過濾、加壓過濾、真空過濾及離心等)、乾燥(如機械式及日曬式)、焚化(如流動床、多段式爐床及回轉乾燥焚化爐等)及熔融(集碳、迴轉及表面熔爐等)等處理方法。污泥經前述方法處理後則可分別形成濃縮污泥、消化污泥、脫水泥餅、乾燥污泥、堆肥污泥、燃燒灰渣及熔渣等不同型式，繼而亦可分別應用於農綠地利用、建設資材利用及熱利用等資源化利用。

### 3.2.2 污泥之資源化利用

如表4所示，污泥經由脫水、乾燥、造粒及堆肥醣酵等處理後，可成為肥料、土壤改良劑及園藝土壤，並施用於農綠地。另外，污泥經由焚化及熔融處理後，即形成灰渣及溶渣，再經造粒、燒製、壓胚及成型，可製成土壤改良劑添加物、級配料、混凝土骨材、水泥原料、回收土、輕骨材、磚瓦、透水磚、黏土管、人行道磚、級配粗料'瓦、裝飾品等建材製品。此外，濃縮/脫水污泥經消化可製成氣態或固態燃料，用於燃燒、加熱、鼓風機動力及發電等熱能利用。

表4 廢(污)水污泥之資源化利用

類 別	污 泥 型 態	處 理 方 法	用 途
1.綠農地利用	脫水污泥 焚化灰渣	乾燥 堆肥 醣酵 造粒	肥料 肥料 肥料，土壤改良劑 園藝土
2.熱利用	濃縮污泥 脫水污泥	厭氣消化／甲烷  蒸發／固體燃料 乾燥／乾燥污泥 焚化／熔融/發熱	發電 燃料 鼓風機動力 燃料 燃料 容調 發電
3.建材	焚化灰渣 熔渣	造粒／燒製 熔融／燒製  壓胚／燒製 壓胚／燒製  成型	土壤改良劑添加物 級配料 混凝土骨材 水泥原料 回收土 輕骨材 磚瓦 透水磚 黏土管 人行道磚 級配粗料 瓦 裝飾品

### 3.2.3 生物污泥之處理／處置及再利用技術<sup>(10)</sup>

近年來生物污泥在管理上已趨向以有效利用為主，例如土地施用、充當土壤改良劑、人造土壤的製造等，因此，予以進一步說明如下：

#### 1. 土地施用(land application)

此法是生物固體物應用最廣泛之利用方式，目前美國廢(污)水處理所產生之生物固體物，大半用於農地、森林、掩埋場及市區草地及園藝植栽之維護。廢水污泥經好氧或厭氧消化、堆肥、加熱或風乾、石灰或鹼劑穩定化程序處理成為“生物固體物”，以供土地施用。此生物固體物可作為土壤調理／改良劑，提高土壤保水容量，並提供植物生長養分。

#### 2. 土地改良(land reclamation)

土地改良係指在不毛貧瘠地或荒蕪地之上建立一適合植物生長的覆層，減少地表沖刷及逕流量、補注地下水量，並可復育自然棲息地，保護地面水之水質。生物固體物可應用於裸露礦物區、砂礫場、有害廢棄物場址、封閉使用掩埋場、都市更新地區、營造施工場地、乾旱地及浚渫污泥處置場等之土地改良。

#### 3. 堆肥利用(composting)

堆肥係傳統的有機廢污處理方式之一，近十餘年來由於固體廢棄物掩埋處置成本逐年增高，堆肥化處理又漸受重視，目前全美國約至少 130 座以上之堆肥化廠在操作運轉。污水污泥經厭氧消化、脫水、乾燥後即可作為農地施用，部份經乾燥之污泥則可再經野地堆肥作為園藝植栽之用。

#### 4. 加熱乾燥(heat drying)

加熱乾燥係由下水污泥產製生物固體物之一種方法。經加熱處理可殺滅致病菌、降低含水避免孳生病媒，其含水率降至 60% 甚至 2% 以下。污泥經加熱乾燥後，便於造粒成型、燒製骨材等。

#### 5. 人造土壤(artificial soil)

下水污泥經脫水後添加石灰等鹼劑，進行穩定化處理，製成人造土壤，成為土壤替代物或改良劑。常用之鹼性劑包生石灰、消石灰、水泥與石灰窯灰、飛灰、流體化床灰、硫酸鈣及波特蘭水泥等。經鹼劑處理之污泥，具有殺死致病菌、降低病媒孳生、控制臭味、減少菌體再生長潛能、固定金屬類及稀釋金屬濃度並提高固體濃度等優點。

#### 6. 灰渣利用(ash use)

焚化法亦為下水污泥的主要處理方式之一，向來污泥焚化後灰渣大多與都市垃圾共同掩埋處置。基於資源回收再利用之共識及掩埋用地之短缺，灰渣利用計畫廣受注目，諸如作為金屬熔煉造渣劑、回收金、銀貴重金屬，製造磚塊、骨材及作為土壤改良劑等。

## 四、污泥土地施用與處置技術之相關規定

### 4.1 國外對污泥處置之相關管理準則<sup>(7, 9, 11)</sup>

#### 4.1.1 日本

日本對於「下水污泥堆肥」於土地施用之參考品質基準包括：

##### 1.共通品質基準

(1)按「肥料取締法中對指定之特殊肥料等」之規定其限值為 As 50ppm、Cd 5ppm、Hg 2ppm。

a. 對於植物應不致造成異常生長現象，並且以植物幼苗試驗，進行檢定其異常生長現象之可能性。

b. 乾基污泥之Cu及Zn含量限值，分別為600ppm及1800ppm以下。

(2)下水污泥堆肥之品質基準如下：

基準項目	基準值(乾基)
有機物	35%以上
C/N比	20以下
總氮	1.5%以上
總磷( $P_2O_5$ )	2%以上
鹼量	25%以下

#### 4.1.2 歐盟

歐盟對農地利用之下水污泥及土壤中重金屬濃度之限值如表5所示。

#### 4.1.3 英國

英國對下水污泥施用於一般土壤及牧草地土壤之重金屬(包括：Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Mo, Se, As, 及氟化物)最大容許濃度之限值，分別如表6及表7所示。

表5 歐盟農地利用下水污泥及土壤的重金屬濃度

重金屬	土壤中的濃度(mg/kgDS)		污泥中的濃度 (mg/kgDS)	土壤之投入最大量 (KgDS/ha/yr)
	土壤pH6~7	土壤pH>7		
Cd	1~3		20~40	0.15
Pb	50~300		750~1200	15
Hg	1~1.5		16~25	0.1
Cu	50~140	50~210	1000~1750	12
Ni	30~75	30~112.5	300~400	3
Zn	150~300	150~450	2500~4000	30

表6 英國下水污泥施用土壤之重金屬最大容許濃度及年間最大投入量

(地表下20cm深)

重金屬	土壤中含有重金屬最大容許濃度(mg/KgDS)					年間最大容許投入量 (kg/ha)
	pH>5.0	pH5.0<5.5	pH5.5<6.0	pH6.0~7.0	pH>7.0	
Zn		200(暫定)	250(暫定)	300	450	15
Cu		80(暫定)	100(暫定)	135	200	7.5
Ni		50(暫定)	60(暫定)	75	110	3
Cd	3					0.5
Pb	300					0.1
Hg	1					0.1
Cr	400(暫定)					15(暫定)
Mo	4					0.2
Se	3					0.1
As	50					0.7
氟化物	500					20

#### 4.1.4 美國

美國於40 CFR part503對於污泥土地施用之限制值如表8所示，其管制污染物包括：As、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Mo、Ni、Se及Zn等項重金屬，其濃度限制值包括基準濃度及最大容許濃度，此外土地之污染負荷則包括：累積界限量及年累積量。

表7 英國下水污泥施用牧草地上土壤中重金屬之最大容許濃度

(地表下7.5cm深)

重金屬	土壤中含有重金屬最大容許濃度(mg/kgDS)				
	pH>5.0	pH5.0<5.5	pH5.5<6.0	pH6.0~7.0	pH>7.0
Zn		330	420	500	75
Cu		130	170	225	330
Ni		80	100	125	180
Cd	3~5				
Pb	300				
Hg	1.5				
Cr	600(暫定)				
Mo	4				
Se	5				
As	50				
氟化物	500				

表8 美國40 CFR Part 503生物(污泥)固體物土地施用準則

污染物	限 制 值		污 染 物 負 荷 率	
	基準污染濃度mg/kg	最大容許濃度mg/kg	累積界限量(cplr) kg/ha	年累積量kg/ha. yr
As	41	75	41	2
Cd	39	85	39	1.9
Cr	1,200	3,000	3,000	150
Cu	1,500	4,300	1,500	75
Pb	300	840	300	15
Hg	17	57	17	0.85
Mo	18	75	18	0.9
Ni	420	420	420	21
Se	36	100	100	5
Zn	2,800	7,500	2,800	140

## 4.2 美國對污泥土地施用及處置之相關管理規範<sup>(11, 12)</sup>

美國於1993年2月19日頒佈EPA40CFR part 503規範污泥之土地施用及處置，其中包括污泥施用及處置的一般性、要求污染物之限值(pollutant limits)、管理方法(management practices)及操作性標準(operational standards)，此外並規定了關於污泥施用、處置之監測頻率，紀錄之保存，和報告的細節，任何人若計畫把污泥施用、處置在土地上，污泥撒在地上作為肥料用，均需遵守此法規。美國污泥土地施用及處置之相關規範，茲分別進一步敘述如后：

### 4.2.1 污泥土地施用(land application)之相關規範

污泥土地施用可以分成兩大類，一者為散裝污泥(bulk sludge)之使用，一者為裝袋污泥賣給顧客使用，諸如前段所述，規範內容包括一般性之要求、污染物之極限值、管理方法及操作標準等，茲依序敘述如后：

#### 1. 一般性之要求

污泥土地施用之一般性要求如下：

- (1)任何人如需將污泥施用於地上時，則需符合本法規之要求。污泥之施用需符合污染物限值。
- (2)如果一個農地或土地曾施用過污泥，但沒有作重金屬累積量之記錄，則此土地將不准再應用於污泥施用。
- (3)在開始進行污泥土地施用之前需呈報下列資料，包括施用地點之場址及施用率，及是否以前有申請施用許可證的紀錄。
- (4)若施用之污泥係來自其他地區(州)，則需向當地機構申請許可證，並呈報施用地點及施用率、施用時間日期及過去有否申請許可證之紀錄等等。

#### 2. 污染物之限值

- (1)污泥之土地使用，不管是小型的袋裝式，或大型的散裝式，污泥中的污染物絕對不能超過如表8所示之最大容許濃度(ceiling concentration)，此項濃度以mg/Kg之乾污泥來計算。
- (2)散裝式污泥施用於農用地、森林或公用地或砂石採礦之復原地時，則污泥中之重金屬在土壤裡的累積則應少於如表8所示之數值，其單位是以Kg重金屬／ha土地計算，例如，在過去數年之內某處果園每公頃已經負荷了36公斤的砷(As)，則將來每公頃只能再負荷5公斤的砷，或者，污泥中每一種重金屬濃度

應少於表8中之數值，在此種情況下，只需符合表中基準污染濃度(pollutant concentration)或累積量之其中一項即可。

- (3)若散裝污泥是撒在家宅的草地或花園則必須符合表8中之污染物濃度限值。
- (4)若污泥是以袋裝出售使用，標準可以選擇符合表8標準中之一項即可。
- (5)污泥的污染物(重金屬)之濃度不得超出表8之污染濃度限值。
- (6)污泥中的重金屬濃度乘上每年施用的污泥量不得超出表中的污染物負荷率，其單位是以每公頃每年施放多少公斤的重金屬來計算。

### 3.管理方法

- (1)散裝污泥不能施用在稀有且易受危害性動植物之保護區。
- (2)散裝污泥不能施用在可能危害水資源之處。
- (3)污泥施用地需要與任何水體保持10m以上之距離。
- (4)以袋裝出售之污泥，其公司需把污泥之性質及合乎標準之施用方法註明於袋子上。

### 4.操作之標準

#### (1)病菌標準

a.散裝污泥施用於農地、森林地或採礦復原地需符合於503.32(a)節中的Class A病菌標準或符合於503.32(b)中之Class B病菌標準。Class A病菌標準如下：

每一公克的乾污泥其大腸菌(fecal coliform)數目不得超過1000MPN，或沙門氏菌(Salmonella)不得超出3MPN，或者污泥在處理時，其溫度值及持續時間以下列公式計算之。

若污泥濃度大於7%時，其公式為：

$$D = 131,700,000 \div (100.14t) \text{ 其中 } D : \text{持續時間，日}$$

t : 處理溫度，°C

若污泥濃度小於7%，則以下列公式計算：

$$D = 50,070,000 \div (100.14t)$$

[關於其他Class A及Class B病菌標準之細節請參閱40CFR part 503.32(a),(b)]

- b.袋裝污泥或散裝性污泥施用於住宅的草坪或花園污泥之性質一定要符合Class A病菌標準，Class A之病菌標準比Class B嚴格些。

## (2)病媒標準

a.散裝污泥施用僅需符合503.33(b)(1)~(10)10中任何一項即可，茲摘述前三項

於後：

- 有機揮發性固體物(volatile solids)需至少減量38%。
- 若無法達到前項38%減量，則可將部份之污泥在實驗室於溫度30~37°C予以厭氧分解40天，若能減量近17%，則屬符合標準。
- 若是無法達到前項38%減量，則可拿出1%的污泥在實驗室內以20°C予以好氧分解(消化)30天，若能減量近15%，則屬符合標準。

b.袋裝污泥或散裝污泥施用於住宅的草坪或花園，只要符合503.33(b)(1)~(8)任何一項就屬合乎標準。

## 5.監測之頻率

在表8中列出的10種重金屬及病菌、病媒都是需要監測的項目，依其一年內施用之污泥量，其採樣或監測之頻率如下：

0~290	噸	1年 1次
291~1,500	噸	1年 4次
1,501~15,000	噸	1年 6次
>15,000	噸	1年12次

## 6.紀錄之保存

(1)負責處理污泥之人士需要記錄下列之資料內容，並保存紀錄五年。

a.表8之10項重金屬之濃度。

b.記載下列之證詞：

『茲證明污泥特性符合Class A 的病菌標準和病媒標準，以上之證詞其決定是由本人負責，本人深知若有任何虛值或假報，會被罰款或坐牢』。

c.敘述符合Class A 之病菌標準情形。

d.敘述符合病媒標準之情形。

e.其他，在不同之情況下，負責人需作不同之紀錄保存。

## 7.報告

污泥產出之污水廠若其設計流量高於或等於3,800噸／日時，或用以處理人口超過1萬人時，則每年需要把紀錄呈報主管機關，此種污水廠稱為class I (1級) 污泥管理廠(class I sludge management facility)。

#### 4.2.2 污泥土地處置(land disposal)之相關規範

污泥土地處置係指地表上沒有農作物或樹木來吸收污泥殘餘之養分，而且污泥亦非用以改進土壤的性質為目的，可能是僅在地上挖坑洞以掩埋污泥，或其他的掩埋方法。

##### 1.一般性之要求

- (1)任何人以土地處置污泥時，均需符合本法之規定。
- (2)污泥土地處置地點不能安排在下列地點：地質斷層之60m之內（橫向距離）、土壤不穩定易被雨水沖刷之地點、在任何溼地(wet land)。
- (3)現存之不合法地點，則需在本法公佈後之一年內關閉。
- (4)污泥土地處置地點之關閉，需在關閉前半年向核發許可證的主管機關呈報關閉計畫，此計畫內容須包括：
  - a.污泥土地處置地點的底部舖有不透水層及滲出液收集系統時，需說明在系統關閉後三年之內，仍持續進行滲出液收集系統之操作及維護。
  - b.沼氣(methane)分佈監測之執行。在處置地週圍若有建築物，沼氣有可能存在其中。
  - c.處置地關閉後三年之內，應有防止民眾接近之管制措施。

##### 2.污染物之限值

- (1)污泥土地處置時，若處置地底層沒有舖設不透水層及滲出液之收集系統，則處置地本身距處置地產權界限之距離範圍與其污泥所含之污染物應符合標準之相關性如下：

距離(m)	砷 (mg/kg)	鉻 (mg/kg)	鎳 (mg/kg)
0~25	30	200	210
25~50	34	220	240
50~75	39	260	270
75~100	46	300	320
100~125	53	360	390
125~150	62	450	420
> 150	73	600	420

- (2)若污泥處置地的底層舖有不透水層並有滲出液收集系統，則無需符合上列標準，此乃因滲出液收集後，可由後續處理廠處理之。

### 3.管理方法

- (1)汙泥土地處置地不可設置於稀有且易受危害的動植物(endangered species)分佈之保護區。
- (2)汙泥處置地點不能設置於洪水流經路徑。
- (3)若汙泥處置區設立於地震帶上，則須考慮地震之影響，並且能承受地震之橫向加速度(以前有紀錄之最大值)。
- (4)處置地不可設置於土層不穩地帶。
- (5)處置地須經特殊准許之後，才能設置在農地上。
- (6)流過處置地之雨水逕流應予以收集，並依非點源排放之法規排除。
- (7)逕流收集系統之設計需足以收集25年一次的暴雨。
- (8)若處置地設有滲出水收集系統，則該系統須在處置地封閉後三年之內仍予以繼續操作。
- (9)收集之滲出液應予以處理後才能排出。
- (10)若處置地有覆蓋層，則其處置地建築物內之沼氣濃度不能超過低爆點值之25%，在處置地產權界線上，空氣中之沼氣值則需低於爆點值。
- (11)當最後一層覆蓋層舖上後，在前第10項中之沼氣濃度值狀況，仍需要保持至少三年。
- (12)除非負責人有足夠的數據向有關主管機關證明大眾之健康及環境保護都沒有問題，否則汙泥處置地上不可種植作物。
- (13)如第1項情況，除非有足夠的確證，否則處置地上不可讓放牧動物吃草。
- (14)處置地封閉之前三年，應不允許大眾接近該處置地。
- (15)汙泥處置不可有污染地下水之情形。
- (16)負責人需僱用有執照的地質學家進行地下水質監測之工作，以證明汙泥處置工作並未影響地下水質。

### 4.操作標準

- (1)病菌標準  
需符合 class A(A級)之病菌標準或者符合在503.32(b)(2)~(4) 中之任一項  
class B(B級)病菌標準。
- (2)病媒標準

需符合在503.33(b).1~11中之任一項的病媒標準。

#### 5.監測之頻率

- (1)汙泥土地處置之監測項目包括在前述之三種重金屬，砷、鉻、鎳，加上病菌標準及病媒標準中之菌數濃度。
- (2)監測的頻率與前節汙泥土地施用所述監測頻率相同。
- (3)監測兩年以後，核發許可證主管機關可依據其重金屬、病菌、病媒之數據資料，於濃度維持很低之情況時，可檢討減少其監測之頻率，但不能減少至少於每年一次之頻率。
- (4)沼氣的監測，在處置地之沼氣濃度需持續監測至汙泥處置地封閉後三年才停止。

#### 6.紀錄之保存

除了記錄砷、鉻及鎳3項重金屬之濃度外，此節之紀錄保存內容與前節汙泥土地施用所述的要求相同。

#### 7.報告

與前節中汙泥土地施用相同，1級污泥管理廠(處理水量超過3,800噸／日或處理人口超過1萬人)需要每年一次向主管機關呈報紀錄。

## 五、結語

歐美日等國家對於生物污泥之處理處置與再利用，均已訂定相關之準則或規範，其中對生物污泥於土地施用時，重金屬在土壤中之累積量均有清楚的規定，而且美國EPA於40CFR part503管理規範中，更具體說明污染限值、操作標準、監測、紀錄及報告等管理細節。經由環保先進國多年持續努力，已累積相當豐富的經驗，對國內有關生物污泥土地施用及資源化之推動，極具參考價值。

國內廢(污)水廠之生物污泥目前仍多委託清運至掩埋廠，其他或有部份遭任意棄置，或僅有少部份轉用於農業堆肥。此外，國內有部份工業廢(污)水處理廠之生物污泥具潛在之毒害性，不僅無法直接於土地施用之土地資源化應用，而且可能被歸屬於有害事業廢棄物，因此應慎重檢討工業廢水內重金屬產生源之減量措施，除

嚴格要求設置前處理設施及操作外，並應考慮另予自行申請排放口，避免混入污水下水道系統，而增加後續處理之複雜性及困難度。

鑑於國內掩埋場地有限的狀況及環保永續發展的趨勢，對於生物汙泥處理處置及再利用等問題之檢討及管理對策之研擬，勢已有其急迫性及必要性。因此，首先應積極規劃生物汙泥處理／處置、資源化與再利用之綜合策略及執行計畫，加強推動汙泥資源化之技術開發研究，整合可行性技術以建立示範體系，進而予以全面性擴大推廣。其次則應增訂相關法規，如訂定污染管制項目及限制值等相關管理準則、建立汙泥資源化手冊、製成品相關材料規格基準及流通應用方式等，俾利妥善管理並促進汙泥之資源化利用。並且明確規範汙泥資源化技術互相支援體系，建立汙泥資源化輔導獎勵措施及設置融資制度。

## 參考資料

- 1.台灣地區工廠校正調查報告，經濟部工廠校正聯繫小組，1989。
- 2.工業技術研究院，全國工業區事業廢棄物處理中心綜合規劃，經濟部工業局，1989。
- 3.潘禮門，污水下水道發展方案執行之檢討，下水道工程研討會論文集，pp1-1~1-4，1991。
- 4.江舟峰、孫世勤及劉偉裕，台灣地區事業廢棄物處理處置系統規劃，第八屆廢棄物處理技術研討會論文集，1993。
- 5.The Future Direction of Municipal Sludge (Biosolids) Management: where we are and where we're going., Proceedings of Water Environment Federation, Volume I & II, Portland, Oregon, July 26-30, 1992.
- 6.Document Long-term Experience of Biosolids Land Application Programs, Project 91-ISP-4，Water Environment Research Foundation, 1993。
- 7.有機質資源化推進協會，有機事業廢棄物資源化大事典，社團法人 農山漁村文化協會，pp.128-164，1997。
- 8.工業區污水理廠系統操作最佳化及人員培訓之研究計畫(VIII)，輔導報告，經濟部工業局，pp.1-26，1996。

9. 鹽路勝久，下水污泥綠農地利用之現況與課題，下水道協會誌，vol.32，no.388，pp.4-13，1995。
10. 工業區污水理廠系統操作最佳化及人員培訓之研究計畫(IX)，輔導報告，經濟部工業局，1997。
11. Land Application of Sewage Sludge-A Guide for Land Applier on the Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, 40CFR Part 503, Water Environment Federation, 1995.
12. 國立臺灣大學環境工程研究所，八十六年度工業區污水處理廠"污泥處理及處置訓練班"教材，經濟部工業局，1997。