

桃園縣大學校院產業環保技術服務團講習會

# 廢水二級生物處理廠操作 常見問題與對策

台北科技大學水環境研究中心

萬能科技大學環境工程系

兼任助理教授：翁煥廷

(E-mail: tyng @ ms14.hinet.net)

101年8月1日

# 報告內容

- 一、廢水處理概要
- 二、廢水生物處理程序
- 三、實廠生物處理系統操作控制
- 四、廢水二級處理廠常見問題對策
- 五、結語

# 一、廢水處理概要

# 一、廢水處理概要

- 廢水處理系統由土木設施、機器、電機、儀控及配管等設備所組合而成，具有系統化之設施，必須依據原設計之理念有效的操作維護，始能發揮廢水處理的功能。
- 廢水處理廠之生產原料為廢污水，性質甚不穩定，其水質與量隨著工廠製程與工商活動型態不斷變動，甚至可能含有有害物質，但是廢水處理設施設計定案即為固定，操作處理過程隨著廢污水水質與量之變化而變動。
- 因此廢水處理廠之日常操作模式，應能克服進流水質與水量變動問題維持正常操作的功能，更重要的能提升到彌補設計或施工上的缺陷之餘，達到更佳放流水水質，為永續污水處理操作之理念。

# 一、廢水處理概要-處理方法

➤ 依廢污水特性可區分兩種：

1.無機廢水:主要含**酸鹼廢液及重金屬**等污染物

2.有機廢水:主要含有**有機污染物**之廢水

➤ 因應不同之處理方法亦可分兩大類：

1.物理化學處理:主要用於去除**無機物**或具**沉降性、漂浮性**或可**吸附性**之有機物

2.生物處理:主要利用**微生物**分解去除**溶解性有機物**污染物，一般綜合考量承受水體水資源利用、水質標準、涵容能力、廢水流量與水質等算出處理程度，就可初步決定採用之處理方式。

**採用生物處理程序之特點：**

✓，藉由肉眼看不到特定的族群微生物，將欲去除之有機物代謝分解，經由生物細胞合成轉換成**無害化有機污泥**。

✓預期最終產品則是排出穩定生物性乾淨的放流水與含高熱值有機性生物污泥，很適合**水資源回收程序**與**污泥資源化**(沼氣發電與綠美化堆肥)。

✓相較於物化處理增生無機性化學污泥，生物處理僅產出有機物轉化之生物污泥，更符合**污泥減量化**的環保處理程序。

# 一、廢水處理概要-完整的廢水處理系統

- 完整的廢水處理系統依處理程度，分為初級、二級、三級處理設施，另化學藥劑、營養劑之填加單元，以及廢水固液分離之污泥處理單元等，歸類分成以下主要處理設施子系統：

- 1.前處理及初級處理設施子系統：主要為攔污、計量、沉砂、除油、調整、中和、初沉、浮除等物化程序。
- 2.二級處理設施子系統-一般亦指生物處理，包括各種活性污泥法、生物膜法及生物去氮除磷程序。
- 3.三級處理設施子系統-消毒、砂濾、薄膜過濾、活性碳吸附、離子交換、高級氧化等屬之

# 一、廢水處理概要-完整的廢水處理系統

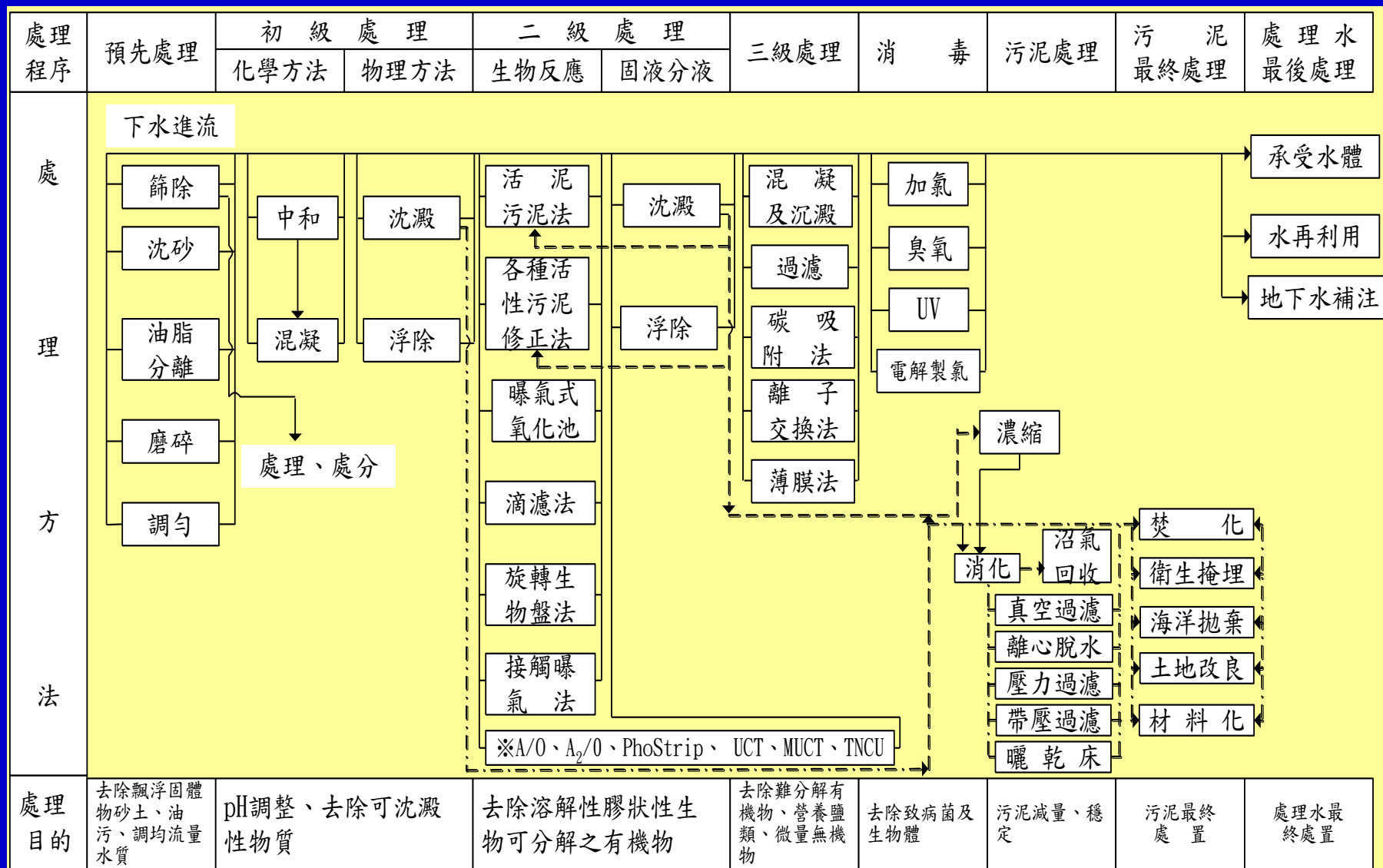
4. 污泥處理設施子系統-通常包含濃縮單元、消化單元、脫水單元

5. 加藥設施子系統-通常包含酸鹼藥劑、氮磷營養鹽、混凝/膠凝劑、污泥脫水助凝劑等添加單元

6. 其他尚有各種輔助設施如：VOC (volatile organic compounds) 處理單元或厭氧生物處理單元產生的沼氣處理系統等。

(依據所需處理之廢水水質/水量，及要求處理之水質等級標準之不同等狀況，須選用不同設施組合之子系統合併成一個完整的污水處理系統)

# 完整廢水處理系統圖



※A/O、A<sub>2</sub>/O、Phostrrip、UCT、MUCT、TNCU等方式為兼具二級和三級處理功能之生物處理方法



# 一、廢水處理概要-完整的廢水處理系統

## 歸納-

- 上述各子系統亦因不同水質水量特性（例如：粒狀物或油脂含量之高低等）、處理目標（例如：處理水直接排放或回收使用等）、場址可用面積，或是廢棄污泥後續處置方式之不同（例如：焚化或直接掩埋等）等，須於各子系統中選擇合適之處理單元及各單元所需採用之設備型式。（如表）
- 有鑑於工廠不同製程廢水含有特異性有害物質，初級處理單元必須加設重要的化學程序，不同於一般生活污水可經簡易前處理及初級沉澱後，直接進入生物處理程序。本次講習接下來課程特安排有關化學處理專題報告，以下報告內容就以生物處理程序為主。

# 常見處理單元可去除污染物質種類及去除機制

處理單元	去除理論機制	污染物質
沉澱/浮除	重力/浮力	固體—有機物/無機物
混凝沉澱	顆粒聚合、重力	固體—有機物/無機物 膠體—有機物/無機物
	化學鍵	膠體—無機物
生物處理	顆粒聚合、生物分解、重力	固體—有機物/無機物 膠體—有機物/無機物 生物可分解之溶解性有機物
過濾	截除	固體—有機物/無機物
	顆粒聚合、吸附	膠體—有機物/無機物
碳吸附	吸附	溶解質—可吸附之有機物/無機物
	截除	固體—有機物/無機物
	顆粒聚合、吸附	膠體—有機物/無機物

## 二、廢水生物處理程序

## 二、廢水生物處理程序-功能

### ➤ 生物處理原理

源自於自然的處理程序，藉由自然界水體中之微生物可有效分解有機物質之特性，以工程改良方式利用微生物的代謝作用來去除廢(污)水中溶解性與膠體有機物質，被去除之有機物質轉換為生物體(biomass)，藉由沉澱分離及排泥而去除。

### ➤ 生物處理基本功能

1. 去除水中的有機物(BOD、COD)，並使不易沉降的膠體顆粒(nonsettleable colloidal solids)凝聚並沉澱，以獲得澄清的放流水。
2. 去除微量的有毒物質。
3. 去除氮、磷等營養鹽類。
4. 盡量減少產生的污泥量。
5. 使水與污泥能作有效的資源利用。

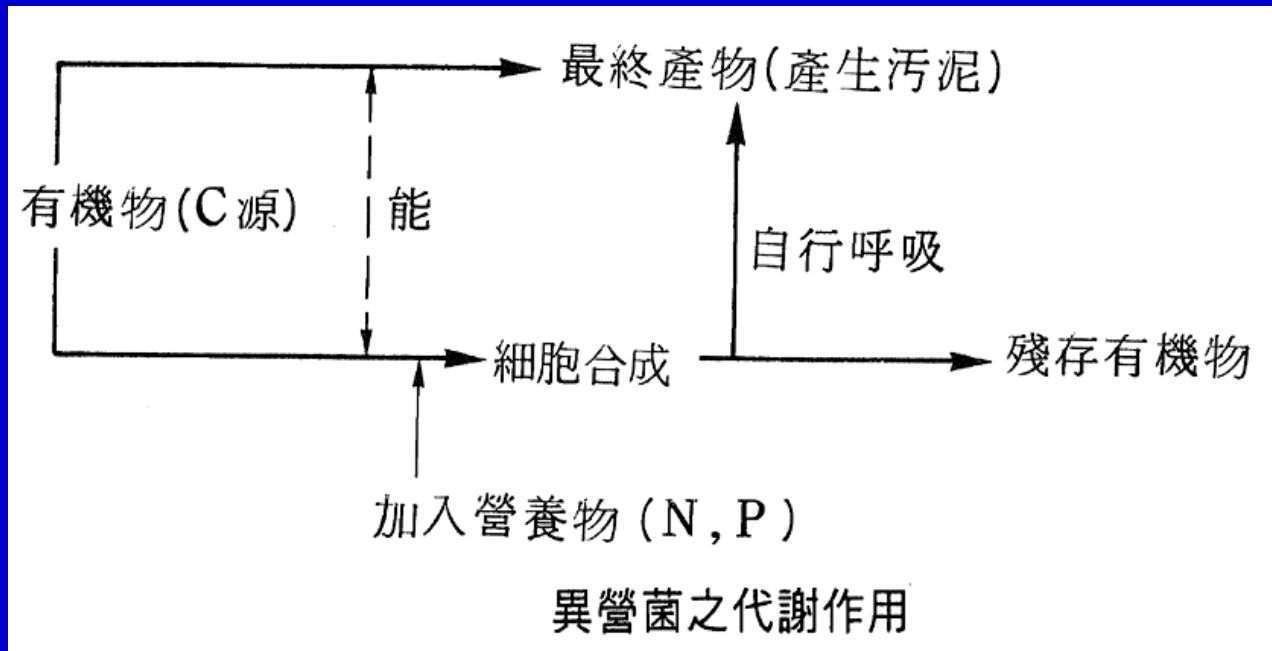
## 二、廢水生物處理程序-處理機制

### ➤ 細菌之代謝作用

✓ 細菌為從有機物獲得能源，而以有機物(BOD)為細胞中碳之來源。

✓ 依所處的生存環境，又可分為：

1. 好氧性分解
2. 厭氧性分解
3. 兼氣性分解



## 二、廢水生物處理程序-方法分類

### ➤ 生物處理方法依微生物之種類四種分類：

#### 1. 依功能分類

自營菌(以無機炭為能量來源)

異營菌(以有機炭為能量來源)

#### 2. 依需氧與否分類

好氧菌(需提供氧氣 $O_2$ )

厭氧菌(不需提供氧氣 $O_2$ )

兼氣菌(可適應有氧及無氧環境)

#### 3. 依微生物生長型態分類

懸浮生物處理法(以活性污泥法為代表)

固定生物膜法(以旋轉生物盤法)

#### 4. 依適溫範圍分類

低溫菌(最佳生長溫度為  $0 \sim 20^{\circ}C$ )

中溫菌(最佳生長溫度為  $25 \sim 40^{\circ}C$ )

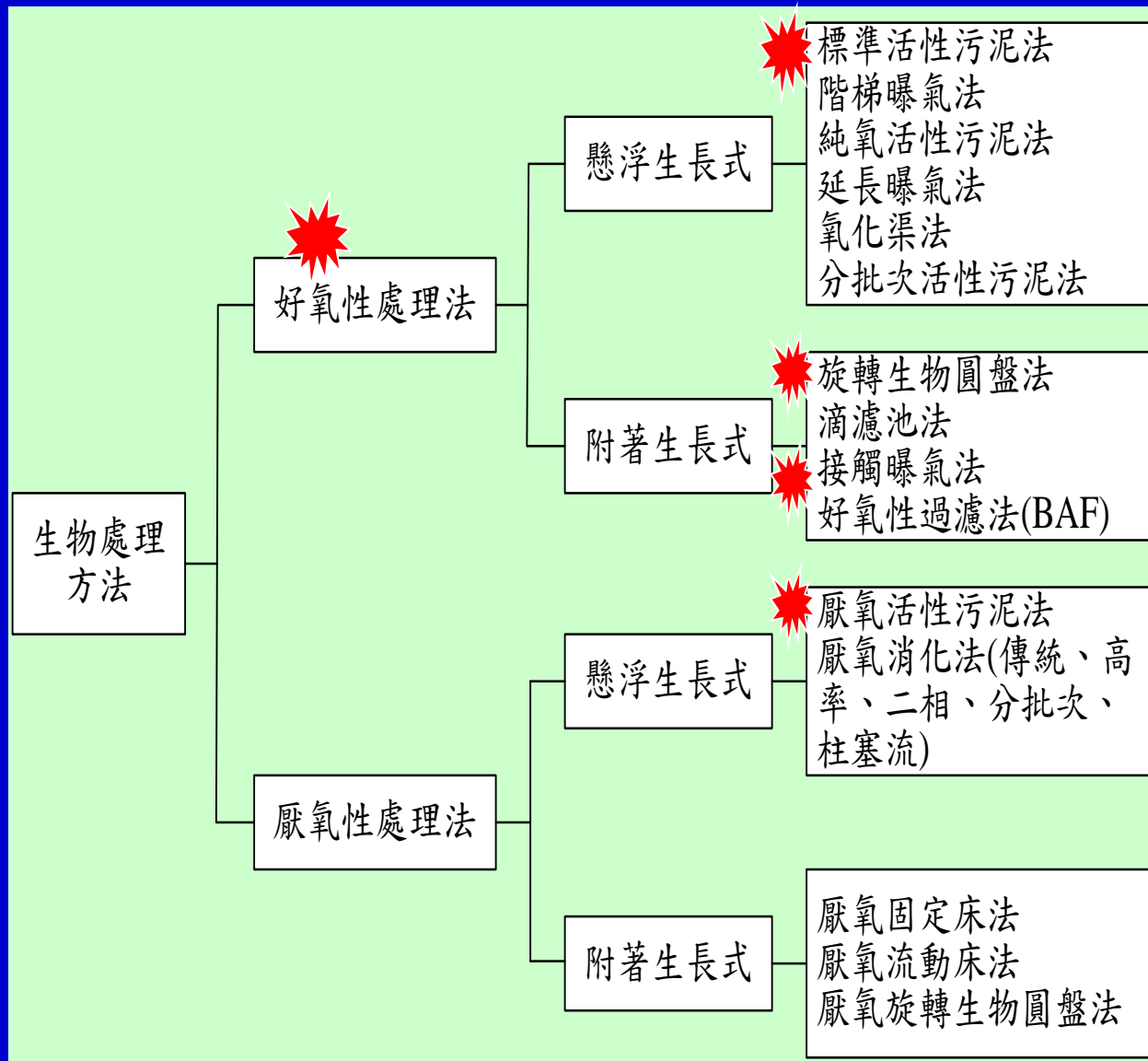
高溫菌(最佳生長溫度為  $50 \sim 60^{\circ}C$ )

# 二、廢水生物處理程序-方法分類

## ➤ 歸納如下：

可大略分成好氧或厭氧處理法兩大類，每一類再依微生物生長方式，分為：

1. 懸浮生長式-例如活性污泥法
2. 附著生長式或固定膜式--例如滴濾池、旋轉生物圓盤法、接觸曝氣法(兼具以上兩者)

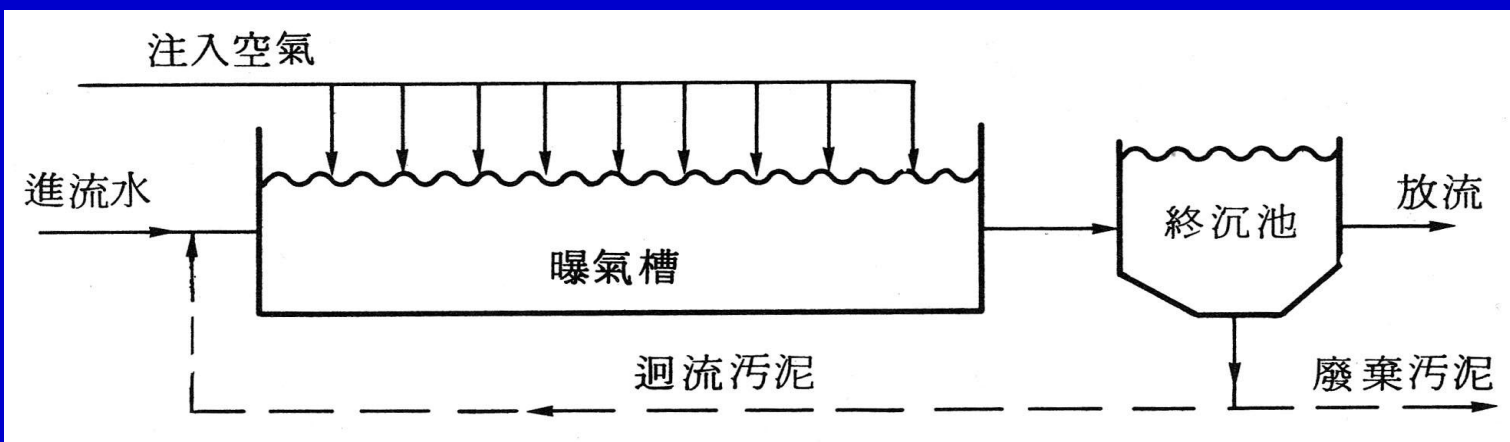




## 二、廢水生物處理程序-活性污泥法

標準活性污泥法為活性污泥處理法中之代表：

- 於正常處理操作時係將**廢污水與活性污泥**於曝氣槽入口注入**混合**，並以去除有機物所需的一定範圍時間與溶氧濃度進行**曝氣者**。
- 主要處理設施，係由**曝氣槽**、**散氣設備**、**迴流污泥泵**及**消泡設備**及**最終沉澱池**等所組成。(如下圖)
- 日常處理之操作程序，必須將**曝氣槽與終沉池一體連動運作**，隨時根據曝氣槽入口廢污水濃度，控制與迴流終沉污泥量一定混合比，以**維持曝氣槽內最適當有機BOD之污泥負荷**，曝氣槽內形成活化混合污泥。





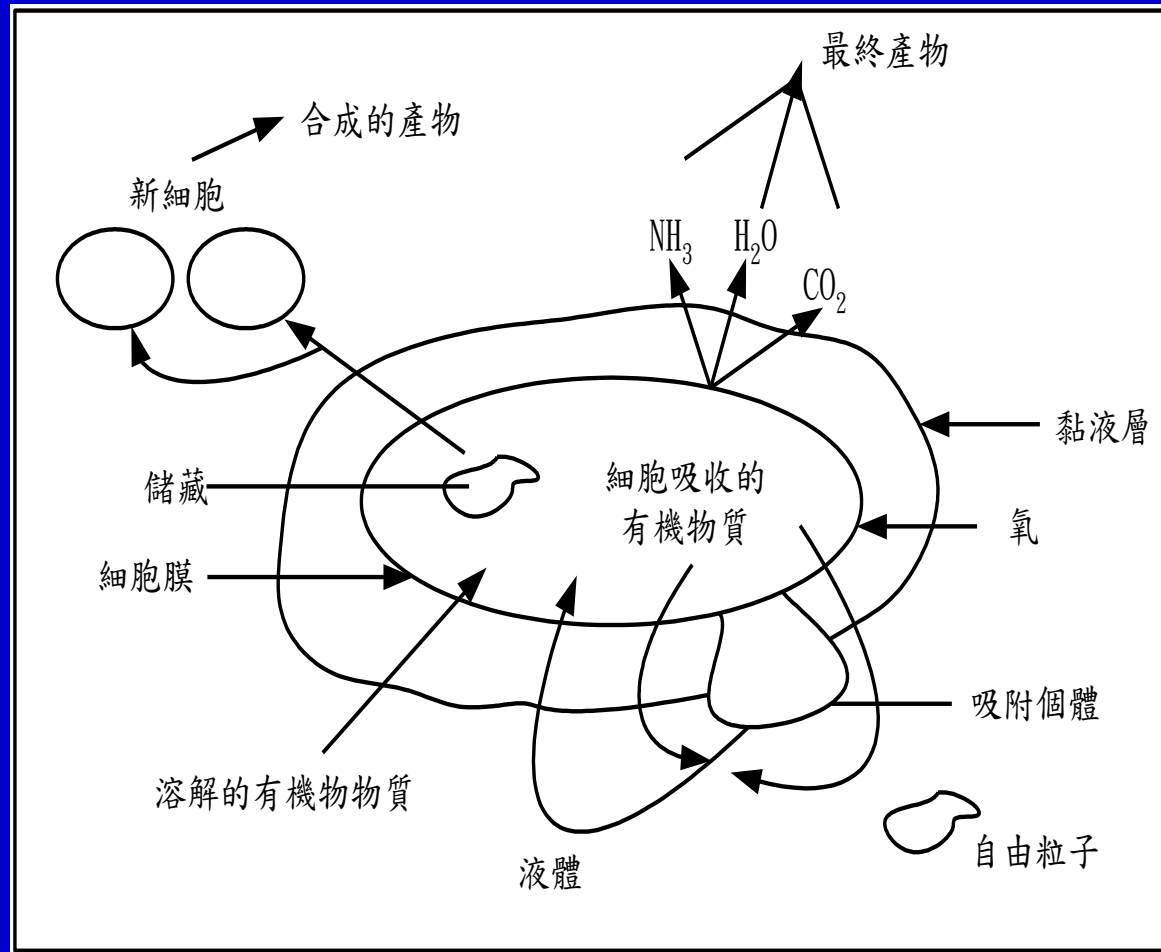
## 二、廢水生物處理程序-活性污泥法

### ➤ 活性污泥法處理機制如下：

➤ 活性污泥法及其修正法之原理係利用由種種的**好氧性細菌、原生動物等微生物、溶解性有機物、被吸附的懸浮物質**的所形成**好氧活性污泥**(a **suspended aerobic microbial culture**)。

➤ 具有**吸附、氧化廢水中的有機物**，使達到安定化的機能

➤ 經由**強制曝氣提高廢水中之溶氧使微生物被活化**(activated)稱為**活性污泥法**(Activated Sludge Process)



## 二、廢水生物處理程序-活性污泥法

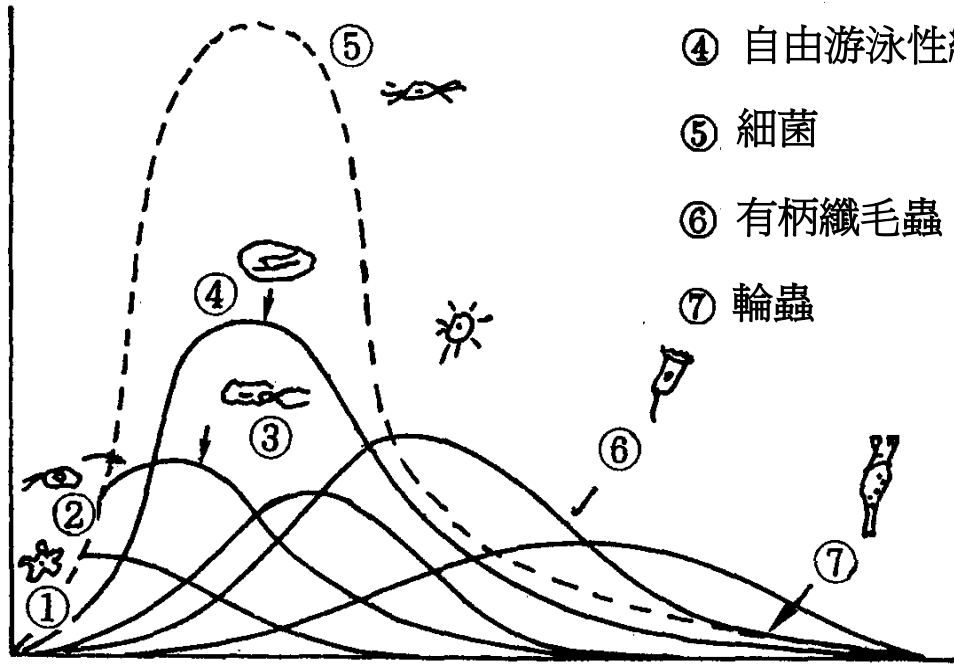
### ➤ 活性污泥法微生物食物鏈變化

- ✓ 活性污泥法為由 (1) 細菌類 (2) 真菌類 (3) 原生動物 (4) 後生動物等異種個體群微生物所構成之混合培養體(a mixed-culture)。
- ✓ 在處理上**最初擔任重要角色**的為**異營性細菌與真菌類**，分別對水中有機物污染物及液狀死物進行分解(異化作用)，同時藉由細胞合成(同化作用)大量增生，此為**最低之營養階段**。
- ✓ **其次**被活性營養性之**原生動物所捕食**，再則被輪蟲及圓蟲類之**後生動物之二次捕食者**所捕食，而達到淨化

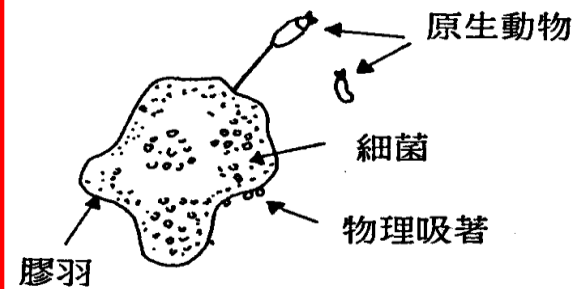
# 二、廢水生物處理程序-活性污泥法

## ➤ 活性污泥之微生物變化

微生物量



- ① 根足蟲類
- ② 液性營養性纖毛蟲類
- ③ 活性營養性纖毛蟲類
- ④ 自由游泳性纖毛蟲類
- ⑤ 細菌
- ⑥ 有柄纖毛蟲
- ⑦ 輪蟲



細菌群  $10^7 \sim 10^8$  個/ml

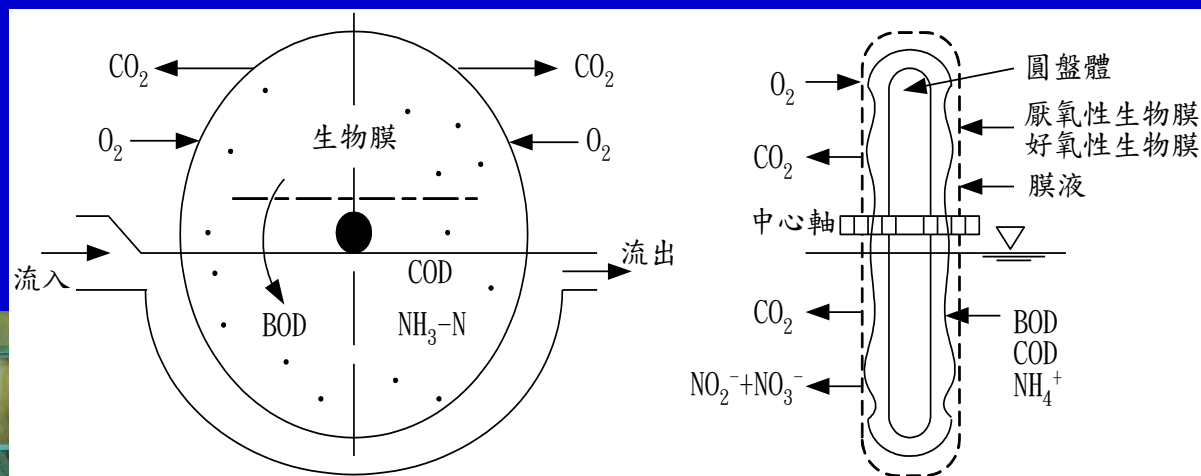
15~30類

無生物 膠羽部份為粘著性有機物

原生動物  $10^3$  個/ml

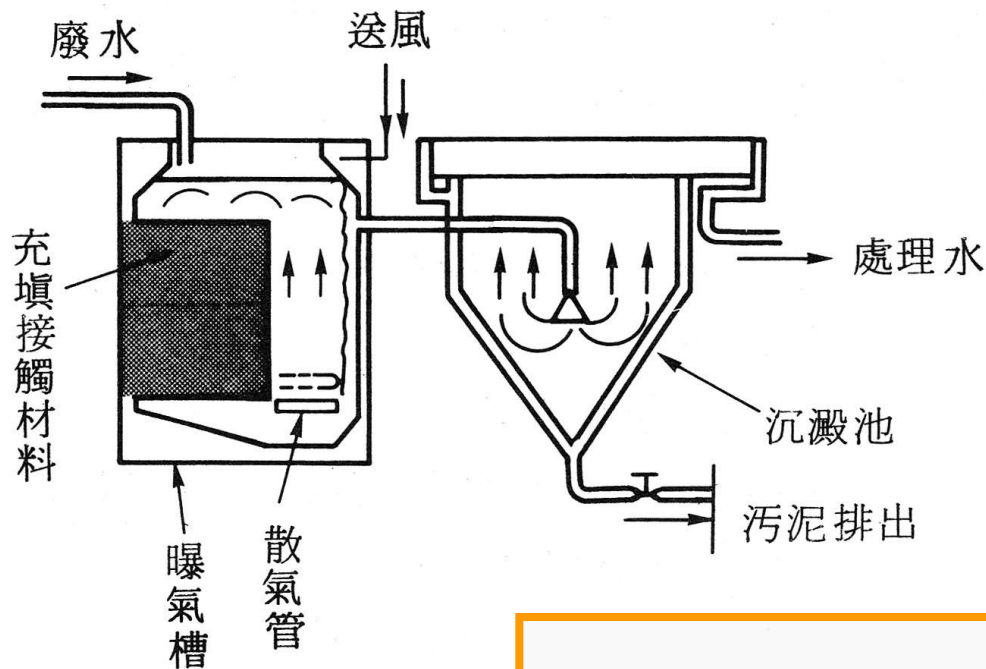
## 二、廢水生物處理程序-生物膜法

➤ **一般生物膜法**即附著生長式或固定膜式。其原理為利用於濾材或圓盤等具有高比表面積介質 (medium) 之表面，增殖固定生物群，藉由氧化、分解廢水中之有機性污染物質的處理方法。



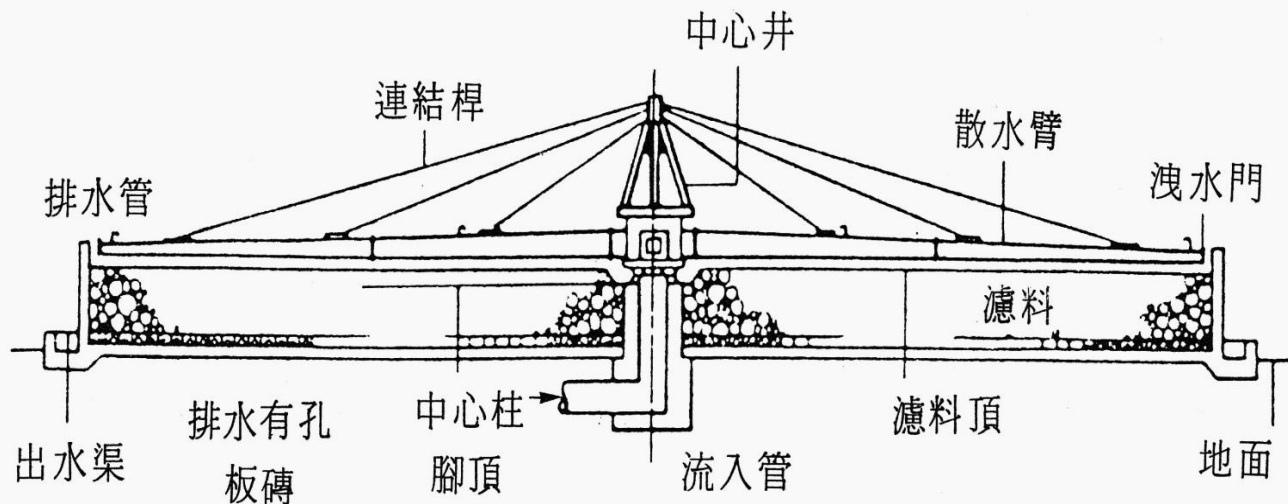
旋轉生物圓盤法(RBC)圖

# 二、廢水生物處理程序-生物膜法



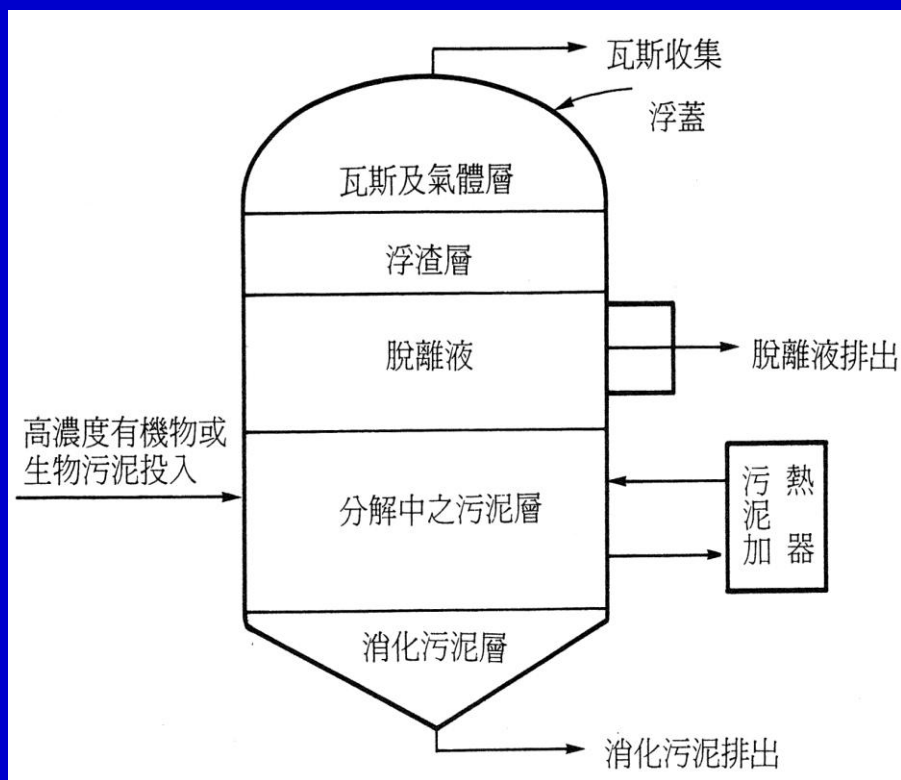
滴濾池示意圖

接觸曝氣法示意圖

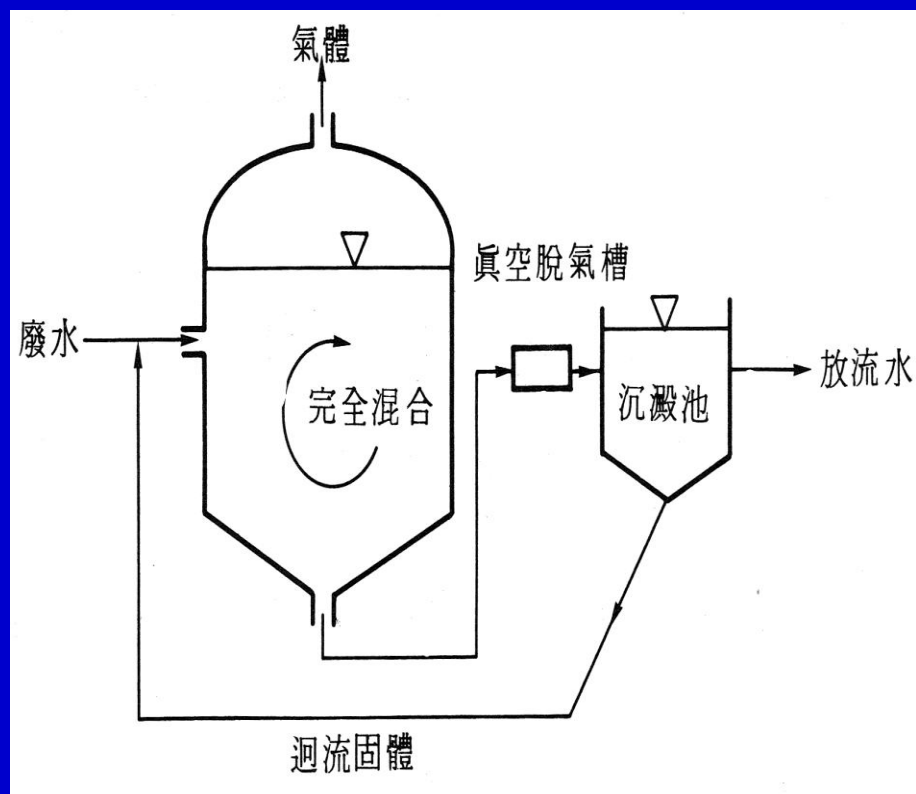


## 二、廢水生物處理程序-厭氧性生物處理法

➤ 厭氧性生物處理法在傳統上是做為污泥或水肥處理之用，幾乎很少做為廢水的處理。惟近年來為節省廢水處理之動力費，減少污泥的產生量、同時去除氮和磷，而為小規模處理設施所重視採用。例如：厭氧消化法、厭氧接觸法



厭氧消化法示意圖



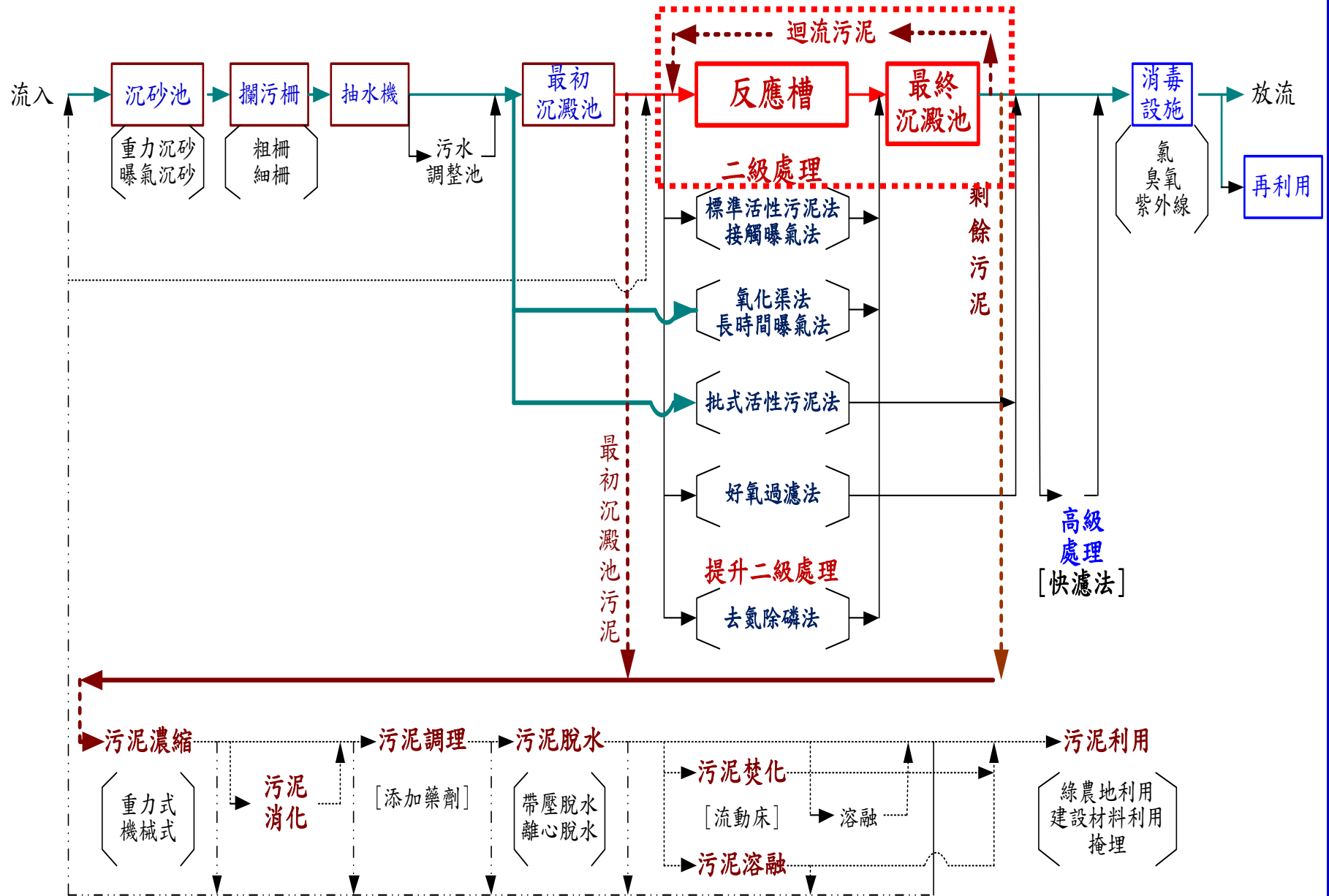
厭氧接觸法示意圖<sub>22</sub>



## 二、廢水生物處理程序-實務應用

- 廢水二級處理系統即生物處理程序。主要為運用各種生物處理程序發展而成，常見的包括：各種活性污泥法、生物膜法及生物去氮除磷程序。(如典型廢水二級處理流程)
- 其中活性污泥法被廣泛應用在都市污水及有機性工業廢水之處理，而成為現今廢水生物處理方法的主流。活性污泥修正法，係以標準法為基準，依處理目的不同採用各種不同操作變化處理方式與操作參數(如表)

# 典型廢水二級處理系統流程





# 活性污泥法及其修正法處理程序操作標準

處理法之種類	平均細胞停留時間 $\theta_c$ (day)	食微比 (kg BOD <sub>5</sub> / kg MLSS - d)	體積負荷 (kg BOD <sub>5</sub> / m <sup>2</sup> - d)	曝氣槽內水力停留時間 (hr)	迴流污泥比	BOD <sub>5</sub> 去除率 (%)	空氣需氧量 (m <sup>3</sup> / kg BOD <sub>5</sub> )	SVI (ml/g)	MLSS (mg / ℓ)
遞減曝氣法	5-15	0.2-0.4	0.3-0.5	4-8	0.25-0.5	85-95	45-90	50-150	1500-3000
標準活性污泥法	4-15	0.2-0.4	0.3-0.5	4-8	0.25-0.5	85-95	45-90	50-150	1500-3000
階梯曝氣法	4-15	0.2-0.4	0.6-1.0	3-5	0.25-0.75	85-95	45-90	50-160	2000-3500
接穩定觸法	曝氣法 穩定槽	0.2-0.6	0.8-1.4	0.5-1.0	0.5-1.0	80-90	90-180	50-100	1000-3000
			-	4-6					4000-10000
高率曝氣法	4-15	0.4-1.5	1.6-16	0.5-2.0	1.0-5.0	75-90	25-45	50-100	4000-10000
純氧曝氣法	8-20	0.2-1.0	1.6-4	1-3	0.25-0.5	85-95	-	30-50	6000-8000
延長曝氣法	20-30	0.05-0.15	0.16-0.4	18-24	0.75-1.5	75-90	90-125	50-100	3000-6000

註：(1) 體積負荷 =  $\frac{Q \times \text{BOD}_5}{V} \times 10^{-3}$

式中  $Q$  = 進入曝氣槽中的流量 (m<sup>3</sup> / day) = 初沉池放流量  $Q'$  + 迴流污泥量  $Q_R$

$\text{BOD}_5$  = 進入曝氣槽中的  $\text{BOD}_5$ (mg / ℓ)

$V$  = 曝氣槽的體積 (m<sup>3</sup>)

(2) 曝氣槽內水力停留時間 (hr) =  $\frac{V}{Q} \times 24$

(3) 迴流污泥比  $\gamma = \frac{Q_R}{Q'} = \frac{\text{MLSS} - x_1}{x_R - \text{MLSS}}$

式中  $\text{MLSS}$  = 曝氣槽混合液懸浮固體濃度 (mg / ℓ)

$x_1$  = 初沉池放流水的 SS 濃度

$x_R$  = 迴流污泥管中的 SS 濃度 (mg / ℓ)

## 二、廢水生物處理程序-實務應用

- 由於氮、磷已證實造成河川水庫等承受水體優養化之主要因子，因應水質水質保護特殊需求，以及符合新修訂之水源保育辦法規定之排放標準；導致管制區內既有廢水生物處理設施(目標去除BOD為主)，勢必提升為可一併“去氮除磷程序”。
- 隨著國內推動廢水處理廠水資源回收政策，已日漸成為一般非水源地區發展水資源開發保育措施重要課題
- 將一般“活性污泥處理程序”發展為兼具“去氮除磷程序”之操作方式。

# 生物去氮除磷程序之應用

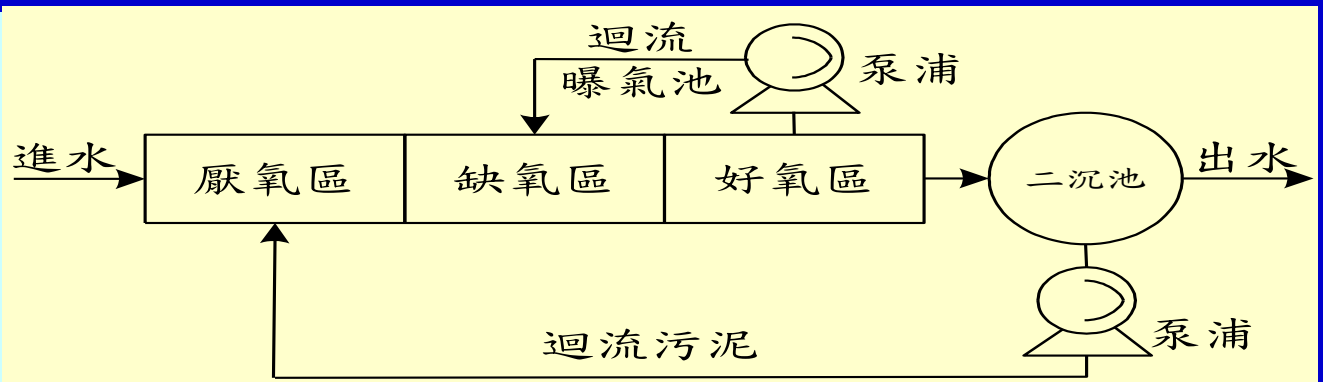
➤ 生物去氮除磷程序-採用厭氧、缺氧及好氧之生物處理原理，藉此生物反應可有效地去除污水中的BOD、磷及氮等污染物。

1. 在厭氧-好氧程序中，可藉由微生物作用去除污水中之磷；

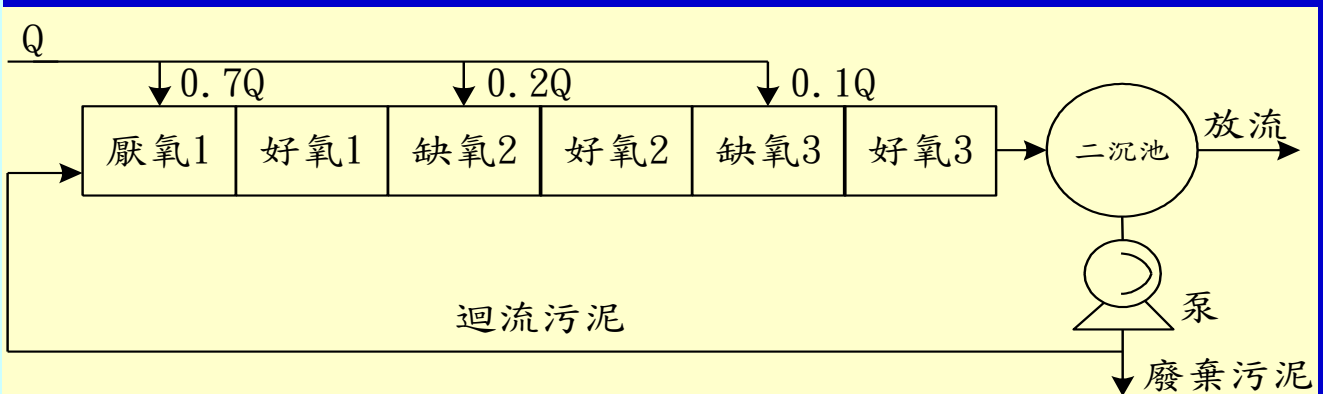
2. 在好氧-厭(缺)氧程序中，亦藉由微生物作用去除污水中的氮含量

➤ 生物去氮除磷程序與操作如下：(國內外代表為A2O、TNCU等)

1. 國外以美國開發的A2O程序



2. 國內以中央大學所開發的TNCU程序



# 生物去氮除磷處理程序之操作參數：

設計參數		單位	處理程序			
			A <sub>2</sub> O	Modified Bardenpho法	Modified UCT法	TNCU
食微比		kgBOD/kg MLSS.d	0.15~0.25	0.1~0.2	0.1~0.2	0.1~0.2
固體停留時間		天	4~27	10~40	5~10	5~15
MLSS		mg/L	3000~5000	2000~4000	1500~3000	2000~4000
水力停留時間 (hr)	厭氧區		0.5~1.5	1~2	1~2	1.0~1.5厭氧-1 3.0~3.5好氧-1 1.5~2.0缺氧-1 1.5~2.0好氧-2 1.5~2.0缺氧-2 0.5~1.0好氧-2
	無氧區-1		0.5~1.0	2~4	2~4	
	好氧區-1		3.5~6.0	4~12	2.5~4	
	無氧區-2			2~4		
	好氧區-2			0.5~1.		
迴流污泥		%	20~50	50~100	50~100	25~50
內循環水		%	100~300	400	200~400	0

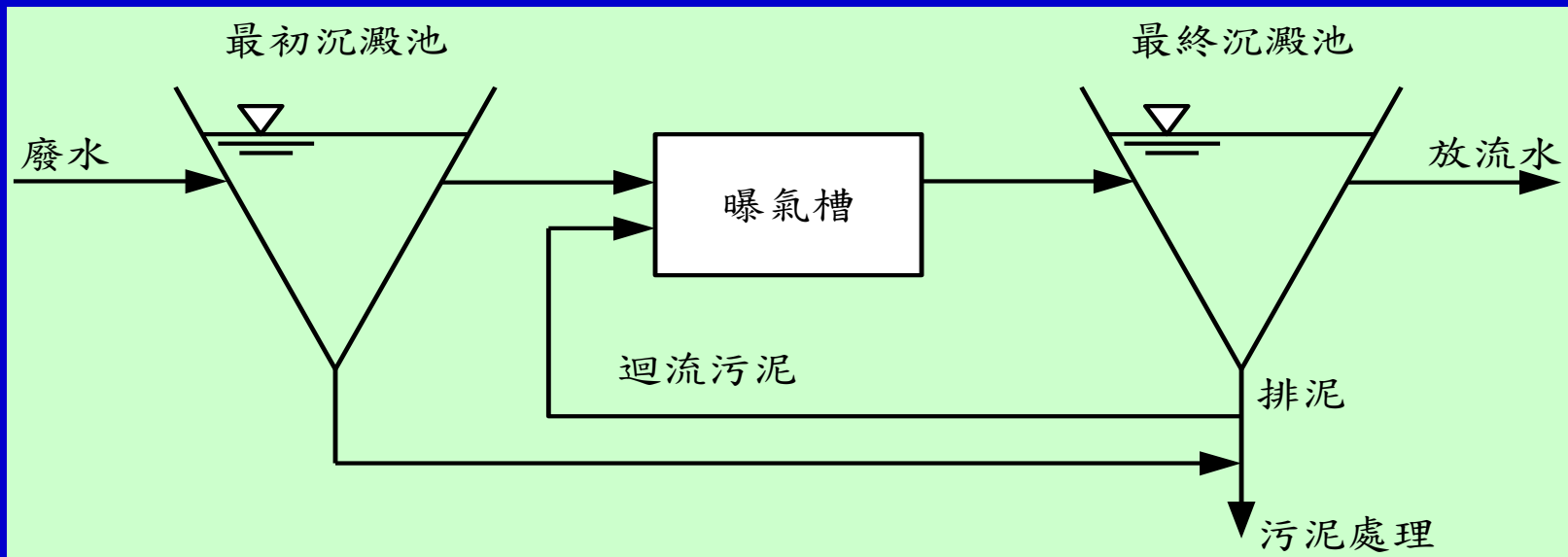
# 三、實廠生物處理系統 操作控制

# 三、實廠生物處理系統操作控制

以標準活性污泥法應用於廢水生物處理系統實廠案例

➤ 標準活性污泥法生物處理程序，實廠單元設計係由**曝氣池+終沉池**組成，建置**活性污泥四大操作系統**，根據日常檢測水質參數或達成操作效能指標監測數據，藉由**分散式儀控設備自動積算調整各項操作參數**。

1. 曝氣池系統
2. 終沉池系統
3. 迴流污泥系統
4. 廢棄污泥系統



### 三、實廠生物處理系統操作控制

- 操作活性污泥系統必須具備下列條件：
  - ✓ 曝氣槽內有機之BOD污泥負荷要維持一定食微比(F/M) (BOD-MLSS負荷  $0.2 \sim 0.4 \text{ kg-BOD/kg-MLSS} \cdot \text{d}$ )
  - ✓ 一定曝氣時間，維持一定值以上的溶氧量(曝氣時間 $6 \sim 8$ 小時；DO約 $2 \text{ mg/L}$ )
  - ✓ 最終沉澱池分離出之污泥應濃縮至比曝氣槽活性污泥濃度高(提供迴流污泥濃度 $1\%$ 約 $10000 \text{ mg/L}$ )。
  - ✓ 為維持曝氣槽內污泥濃度一定，應連續迴流污泥至曝氣槽 (MLSS= $1,500 \sim 2,000 \text{ mg/L}$ ；迴流率 $20 \sim 30\%$ )。
  - ✓ 除了SS、分解BOD所增殖之微生物，為維持一定污泥齡，應予以排出處理 (SRT約 $5 \sim 15$ 日)。



# 三、實廠生物處理系統操作控制

- 活性污泥法操作控制要項如下：
- 日常檢測曝氣槽與終沉池操作水質參數指標
- 達成兩個重要操作控制效能指標：
  1. 食微比(F/M)
  2. 污泥停留時間(SRT)或平均細胞停留時間(MCRT)
- 活性污泥之馴養三原則
- 污泥形成(植種Seeding)方法兩種
- 其他現場異常對策之操作控制



# 活性污泥法操作控制

## ➤曝氣槽之水質指標

- (1)水溫：一般曝氣槽溫度以 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 為理想。
- (2)pH：以 $6.0\sim 8.5$ 之範圍為宜，最適pH值 $7.2\sim 7.4$
- (3)MLDO：表示活性污泥淨化作用所需之氧量 是否充分之測定， $2\sim 3\text{mg/L}$ 為宜
- (4)MLSS：為檢討BOD-SS負荷、污泥齡(SRT)等，標準活性污泥法及階梯曝氣法之MLSS大都在 $1,500\sim 3,000\text{mg/L}$ 之範圍。
- (5)MLVSS：以推測活性污泥中之微生物量為目的之測定。  
MLVSS與MLSS之比率通常為 $55\sim 80\%$
- (6) $\text{SV}_{30}$ ：標準活性污泥法階梯式曝氣法之 $\text{SV}_{30}$ 維持為 $15\sim 20\%$ 。
- (7)活性污泥微生物：正常的活性污泥以原生動物為多，而以纖毛蟲類和根足蟲類較佔優勢
- (8)迴流污泥之SV：為檢討迴流污泥量及最終沉澱池之排泥量所需之檢驗項目。迴流污泥之SV，以調節至 $90\%$ 左右為宜。

# 活性污泥法操作控制

## ➤ 最終沉澱池操作

- ✓ 最終沉澱池為使**混合液沉澱分離**
- ✓ 最終沉澱池的**沉澱效果**，受活性污泥之性質所影響。
  - 凝聚性
  - 沉降性及壓密性
  - 操作條件（停留時間、水面積負荷及溢流堰負荷）
  - 水理條件（密度流或短流）
- ✓ 最終沉澱池上澄水之水質有時即為放流水，應注意污泥之上浮或溢流狀態
- ✓ 水質檢驗結果加以綜合判斷，進行適當的操作控制。
- ✓ 最終沉澱池水質管理上必要之檢驗項目如下介紹。

# 活性污泥法操作控制

## ➤ 最終沉澱池操作水質指標

- (1) **pH**：應為6.8~7.2。
- (2) **透視度**：通常在30cm以上。
- (3) **SS**：多在20mg/L以下
- (4) **BOD**：一般在20mg/L以下較多又水溫高或污泥齡(SRT)長時，由於硝化導致BOD升上。
- (5) **COD**：放流水之水質標準，目前工業區多以COD為指標。
- (6) **DO**：MLDO在正常（2~3mg/L）值。
- (7) **大腸菌群數**：正常活性污泥操作下，處理水中之大腸菌群數大多在1,000個/mL以下

# 活性污泥法操作控制

## ➤ 水質檢驗結果之判斷

根據每日操作所監測之基本水質檢驗數據加以判斷，由曝氣槽DO(即MLDO)及放流水水質BOD(COD)檢測值是否正常，可作為了解實廠活性污泥之操作狀態，舉例如下：

1. 建立污泥膨化及MLDO偏低或偏高時可能原因之推測途徑圖。
2. SVI偏高或偏低，推測操作不正常之原因及活性污泥之現象
3. 處理水BOD(COD)偏高，推測操作不正常之途徑

# 活性污泥法操作控制

## ➤曝氣槽操作控制(續)

□依據水質檢驗結果，調整曝氣槽操作控制條件，以維持正常運轉，其控制指標包括：SVI、食微比 (F/M)、污泥停留時間及迴流污泥量等。

(1)SVI (Sludge volume index) 污泥容積指標(單位 ml/g)

– SVI為由MLSS及SV<sub>30</sub>，依下式計算之：

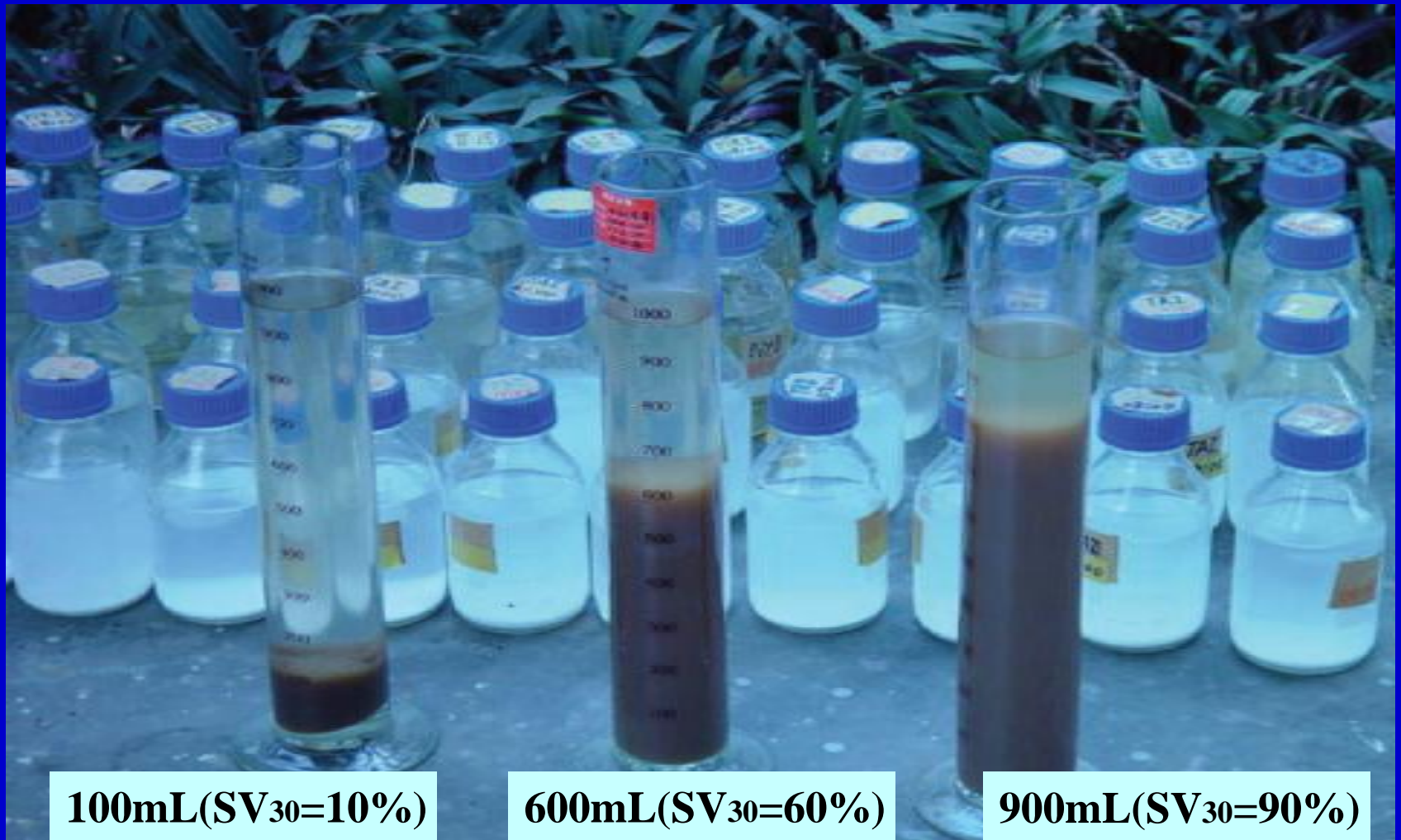
$$SVI = \frac{SV(\%) \times 10^4}{MLSS(\text{mg/L})}$$

• 例如SV<sub>30</sub> 20%，MLSS 2,000mg/L時

$$SVI = \frac{20 \times 10^4}{2,000} = 100 \text{ ml/g}$$

- SVI愈大，活性污泥之沉降性及濃縮性愈低。
- 標準活性污泥法之SVI介於50~150，表示污泥沉降性良好

# 三十分鐘沉降性觀測及SVI 計算



若已知MLSS=2000mg/L，其SVI分別為50；300；450mL/g



# 曝氣槽與終沉池操作控制

## ➤ 曝氣槽操作控制 (續)

題目：因應進流水質異常，決定迴流污泥量(Return Sludge, RS)

計算：為維持曝氣槽內污泥濃度一定，曝氣槽內混合液濃度 $C_A$  (=MLSS)和迴流污泥之濃度 $C_R$ 間之關係可以下式表之：

$$C_A = C_R \times \frac{r}{1+r}$$

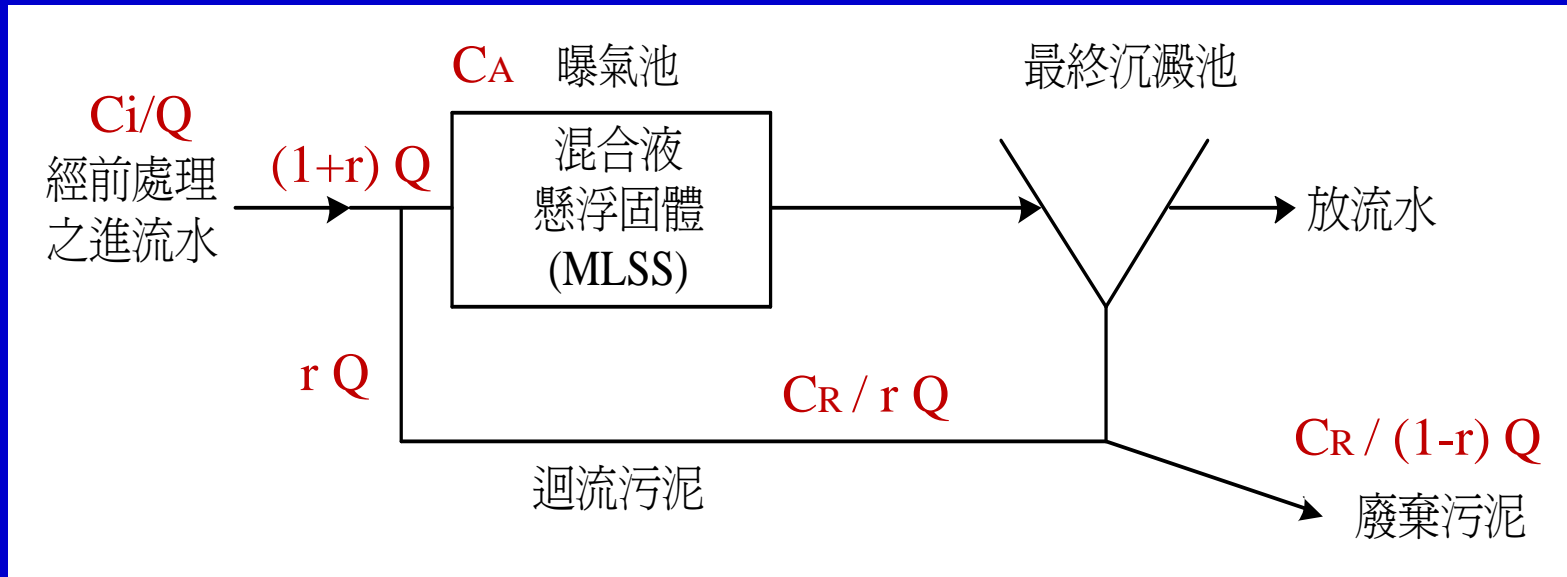
➤ 又因  $C_R \leq \frac{10^6}{SVI}$  ※假設迴流污泥 $SV_{30}=100\%$ ，

(參考曝氣槽  $SVI \leq \frac{SV(\%) \times 10^4}{MLSS(\text{mg/L})}$  )，代入上式得

➤ 公式：
$$C_A \leq \frac{10^6}{SVI} \times \frac{r}{1+r}$$

➤ 若知道污泥沉降性， ※迴流污泥量就可決定之※

➤ 污泥迴流比 $r$ 、 $SVI$ 和 $MLSS (=C_A)$ 之關係(如下圖)



以質量平衡觀念推導曝氣槽內混合液濃度  $C_A$  (=MLSS) 和迴流污泥之濃度  $C_R$  間之關係式如下：

1. 以曝氣槽為質量平衡控制體積，得關係式：

$$(1+r)Q * C_A = Q * C_i + rQ * C_R$$

2. 已知經前處理進流水濃度  $C_i \ll C_A$ ，(可將  $C_i$  忽略)

關係式化簡為： $(1+r)Q * C_A = rQ * C_R$

3. 經移項整理的關係式：

$$C_A = C_R \times \frac{r}{1+r}$$



# 污泥迴流比、SVI和MLSS關係圖

例題：

已知SVI=100,  
MLSS= 2,000mg/L

求污泥迴流比r=?

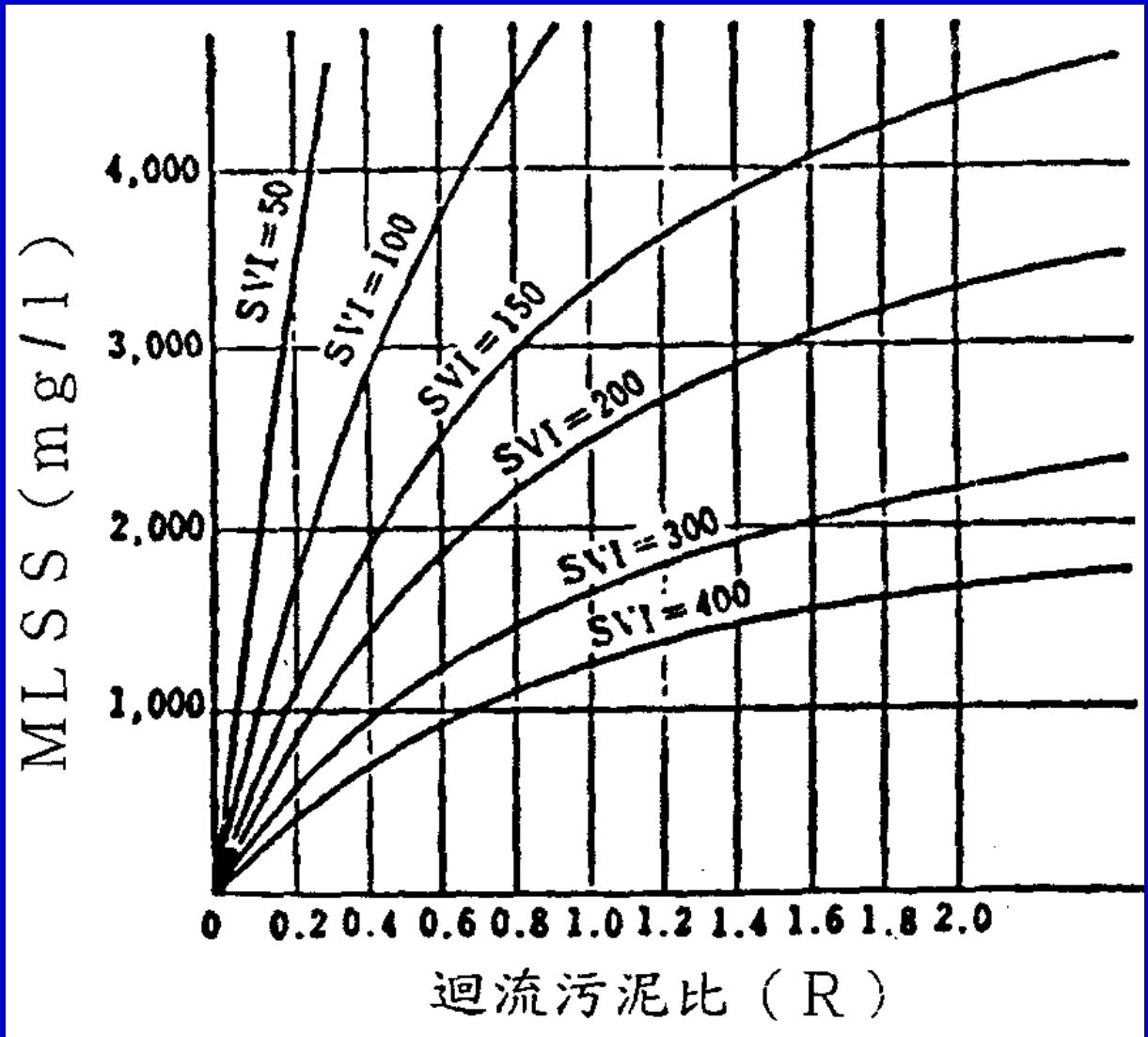
解(一)：查圖法  
得r=0.25

解(二)：公式計算

$$CA \leq \frac{10^6}{SVI} \times \frac{r}{1+r}$$

$$2000(1+r) = 10000r$$

得r=0.25



# 活性污泥法操作控制

## ➤ 活性污泥的馴養(三原則)

- (1) 活性污泥之形成，其馴養先在BOD負荷 $0.2 \text{ kg/m}^3$ 以下之條件進行，俟MLSS達到 $500-1,000 \text{ mg/L}$ 時，再依設計值漸次提高。
- (2) 迴流污泥量在活性污泥馴養完成前，迴流量應大於設計量(迴流污泥量通常為全量迴流，使活性污泥在曝氣池與終沉池中累積，不排出系統外)，俟污泥形成後再以設計量操作。
- (3) 測定 $SV_{30}$ 及MLSS，設定適當負荷量及操作方法，依污泥沉降狀態，維持DO在 $1 \text{ mg/L}$ 以上操作之。

# 活性污泥法操作控制

➤ 污泥之形成方法(植種) 有兩種：

**第一種：**

每日分批引入定量的廢水，連續流入並予曝氣，自然形成污泥。

**第二種：**

為取自相近似水質的處理廠之污泥或添加植種物質，使其形成適合處理水水質的污泥。

(大規模的處理廠可採用前述第一種方法馴養污泥，小規模處理廠則以後者速度較快)

# 活性污泥法操作控制

## ➤其他異常對策操控方式

### 1.控制固體物流失的應變方式

- (1)進流水及迴流污泥加氯處理:加氯量10~20mg/L，可加在迴流污泥，計量公式 $Cl=SVI * F * W * [Cl] * 10^3$
- (2)調整空氣供給量，增加曝氣槽之空氣供給量
- (3)使系統逐漸減少曝氣槽之空氣供給量
- (4)於終沉池或曝氣槽混合液或迴流污泥，填加化學藥劑(混凝劑-硫酸鋁或氯化鐵)
- (5)增加排棄污泥量-雖無法控制污泥膨化，但可減少固體物流失

# 活性污泥法操作控制

## ➤其他異常對策操控方式(續)

### 2.長期控制方法

假若設備允許，可使用下列任一方法或並用多種方法，作為經常性操作控制的依據：

- a.檢查廢水性質找出污泥膨化的原因，然後用正確的控制方法。
- b.用顯微鏡檢查，以便正確的判斷絲狀微生物的型態和存在狀況
- c.控制進流量並使負荷均勻。
- d.使用變速的迴流污泥泵和沉澱池，以作為在高SVI下之操作調整方法，若沉澱池容量足夠，則可得較佳之放流水質。
- e.處理程序改為污泥再曝氣式，為達此一操作方式，可將消化槽上澄液加入再曝氣槽以協助控制F/M，同時由於處理系統中無機物質的蓄積，而增加污泥重量，有利於沉澱。

# 活性污泥法操作控制

## 3. 休假日的對策

活性污泥之操作，以穩定流量和水質，故維持負荷平衡為不可或缺的要素，但實際上一般工廠廢水或學校、遊樂區常有因週日、假日而減少排水(低濃度BOD)甚至停止排水的現象，因此必須於假日提前採取因應措施，例如：正確計算調勻池功能，無調勻池者可關閉部份並聯備用池槽或調低迴流污泥比，維持曝氣槽BOD-MLSS負荷(食微比)，或是影響情況投入應急生物添加劑等。

### ➤ 休假日所造成的影響

- (1) 負荷量低，過份曝氣致污泥解體。
- (2) 含氮量高之廢水呈硝化作用，曝氣槽發泡、沉澱池污泥上浮。
- (3) 曝氣槽混合液pH值降低。
- (4) 沉澱池上澄液透視度差，COD高。

# 活性污泥法操作控制

## 4. 日常的操作管理

### ➤ 建立最適操作範圍:

1. 每一類型程序在F/M與時間上，均有一定的操作範圍，若超過此範圍，則操作處理效果降低。
2. 最佳的F/M值: 標準法0.2~0.4(與進流水質有關)；長時間曝氣法以0.02~0.1為宜。分別探討“兩極端”操作條件，慎選F/M

### ➤ 影響F/M選定之因素:

1. 操作方法
2. 廢水性質和種類
3. 廢水負荷
4. 環境因素(氣溫,水溫與季節變化)
5. BOD負荷



# 活性污泥法操作控制

## 4. 日常的操作管理(續)

### ➤ 每日觀察(操作人員應具備的知識)

1. 翻閱工作日誌

2. 肉眼觀察活性污泥之程序

### ➤ 操作檢查及控制(根據操作維護手冊)

1. 曝氣系統(經常性檢查項目及溶氧控制操作)

2. 最終沉澱池(經常性檢查項目及迴流污泥控制操作)

3. 迴流污泥(RAS)及廢棄污泥(WAS)系統(經常性操作內容及廢棄污泥控制操作)

# 四、廢水二級處理廠 常見問題對策

## 四、廢水二級處理廠常見問題對策

廢水處理廠由進流到出流之間各水處理單元，常見之操作控制缺失包含：

➤ **人為操作缺失**：廢水處理廠操作管理人員應有判斷水質之經驗，具推斷及分析水質異常能力，並須針對水質異常時適度進行操作條件調整，以解決異常情形發生時所造成之衝擊，避免水質變化過大，放流水質異常；

➤ **設備異常所產生的缺失**：設備異常方面則需了解該設備本身狀況，適時保養及簡易維修，使污水廠各單元設備運轉正常。

➤ **因此**，廢水處理廠專責人員對廠內各單元操作**應有基本的檢視及查核，以及早發現及預防水質異常問題發生**，污水廠常見之操作缺失及查核要領介紹如后。

# 四、廢水二級處理廠常見問題對策

## 1. 生物處理系統異常

以標準活性污泥法為主流，就一般活性污泥曝氣槽之操作缺失及查核要領說明如下。

### (1) 常見操作問題：

曝氣槽溶氧量不足導致微生物死亡，生物生長環境條件不良皆會影響微生物生長、代謝、轉換及膠凝，導致生物系統處理成效不彰。

### (2) 採取對策：

- A. 鼓風機運轉是否正常，若發生異常應快速修復。
- B. 檢視槽體內曝氣狀況，是否有曝氣不均之情形，散氣盤是否脫落或破裂，曝氣氣泡是否過大情形。

# 四、廢水二級處理廠常見問題對策

## 1.生物處理系統異常- (2)採取對策(續)

### C.每日檢測水質指標

a. 溶氧值應維持1-3 mg/L。

b. 水溫以20-30°C為理想。

c. pH調整以6-8.5之間為宜。

d. MLSS大多在1500-2000 mg/L之間。

e. SVI應介於50-150 mL/g之間。

f.  $SV_{30}$ 維持在15-20%之間。

g. 檢視生物相應以原生動物為主(纖毛蟲和根足類)。

h. 營養份一般比例 **BOD : N : P : Fe=100 : 5 : 1 : 0.5** 為佳。

D. 檢測曝氣槽 $SV_{30}$ 沈降狀況、鏡檢微生物相及膠羽外觀組成，以判斷及控制水質，參考30分鐘沈降試驗 ( $SV_{30}$ ) 觀察結果及應對(詳圖)，進行微生物相診斷(詳圖)。

E. 活性污泥曝氣槽若為接觸曝氣生長者，應定期反沖洗，避免濾材阻塞。

# 四、廢水二級處理廠常見問題對策

## ➤ 活性污泥狀態之判斷

### 1. $SV_{30}$ 活性污泥現象之判斷

(1) 污泥沉降狀態( $SV_{30}$ )

(2) 色澤膠羽凝性( $SVI=50\sim 150$ )

(3) 上澄液的透視度(透視度高代表沉澱水質良好)

2. 沉降試驗(30分鐘):為操作人員評估系統是否正常之第二要素，可藉由 $SVI$ 測定，沉降計量測紀錄

3. 顯微鏡觀察微生物:由優勢之生物種類指標，供操作人員了解曝氣池內活性污泥生長狀況，進而作為判斷操作條件良窳或改變操作條件之明顯佐證依據。

# 四、廢水二級處理廠常見問題對策

## ➤ 活性污泥狀態之判斷-顯微鏡觀察微生物:

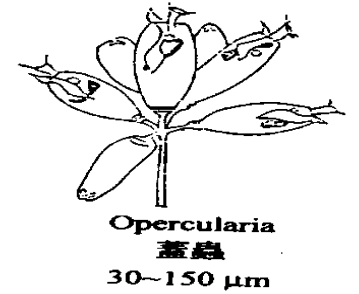
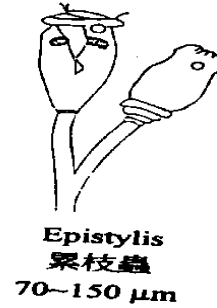
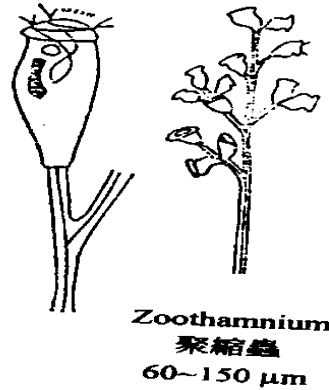
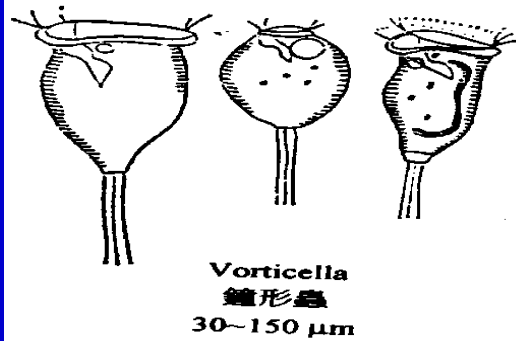
1. 主要觀察原生動物(Protozoa)之優勢種類及輪蟲(Rotifer) 是否出現，判斷操作狀態例如:原生動物作為廢水被分解處理良窳之生物指標;輪蟲作為放流水良好之指標，三種判斷活性污泥生長良窳之原生動物生物相:(1) 變形蟲類(Amoeboids) (2)鞭毛蟲類(Flagellates) (3)纖毛蟲類(Ciliates)
2. 在正常操作狀態，活性污泥生物相的構成，以纖毛蟲類為指標

種類	性質	指標生物類名	指標生物例	量組成(%)
非活性污泥性生物	自由游泳型	非活性污泥性纖毛蟲	<u>Colpidum Dexiptrichides</u> 等	0.14
中間污泥性生物	自由游泳型及匍匐兩性型	中間污泥性纖毛蟲	<u>Lionotus Loxophthalmum Oxytricha</u> 等	16.88
活性污泥性生物	匍匐型著生型	活性污泥性纖毛蟲	<u>Aspidisca Vorticellia Opercularia Epystilis</u> 等	82.98

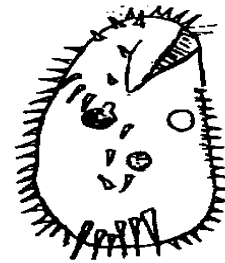
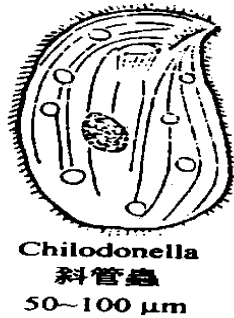


# 顯微鏡觀察微生物:

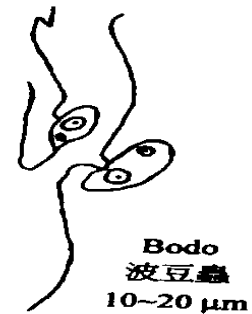
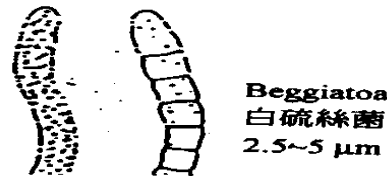
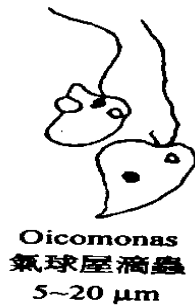
## 活性污泥原生動物例



### (1) 活性污泥性纖毛蟲類



### (2) 中間活性污泥性纖毛蟲類



### (3) 非活性污泥原生動物

圖 7.3.15 活性污泥原生動物例

## 四、廢水二級處理廠常見問題對策

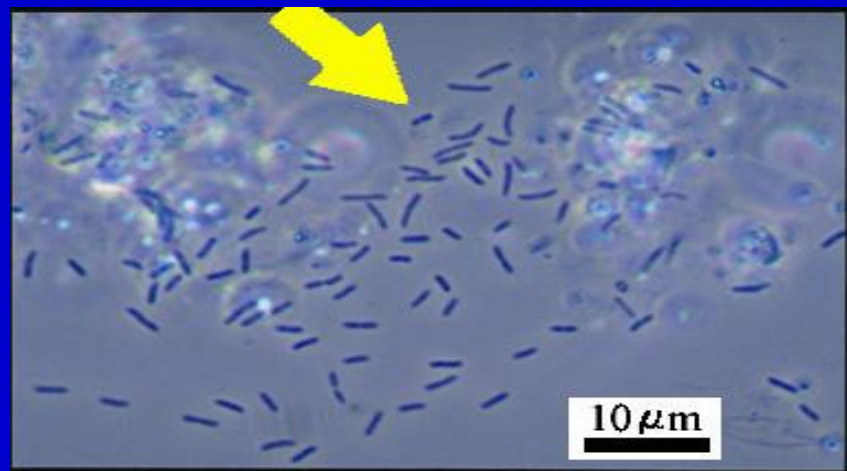
### ➤ 活性污泥狀態之判斷-顯微鏡觀察微生物:

3. 每星期三次建立優勢原生動物之表格，再配合其他操作數據(如30分鐘沉降試驗,F/M,DO,MLSS,污泥迴流比,放流水質等)印證累積經驗後，可直接利用顯微鏡觀察而快速合理判斷活性污泥系統處理功能

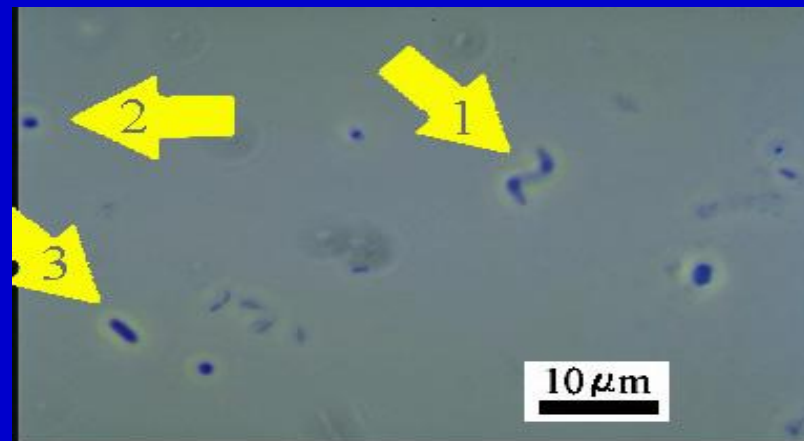
4. 活性污泥異常時出現之生物如下：

- (1) 活性污泥解體時出現生物
- (2) 污泥膨化時出現生物
- (3) 溶氧不足時出現生物
- (4) 有機物濃度不足時出現生物
- (5) 有害或有毒物質流入時出現生物

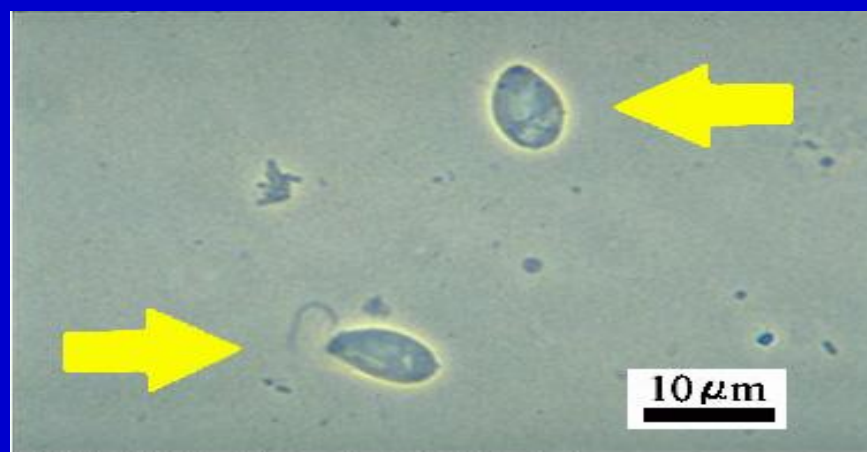
# 高負荷微生物相-細菌、桿菌、弧菌、螺旋菌、 球菌、膜帶蟲、動物性鞭毛蟲 [林正祥,2004]



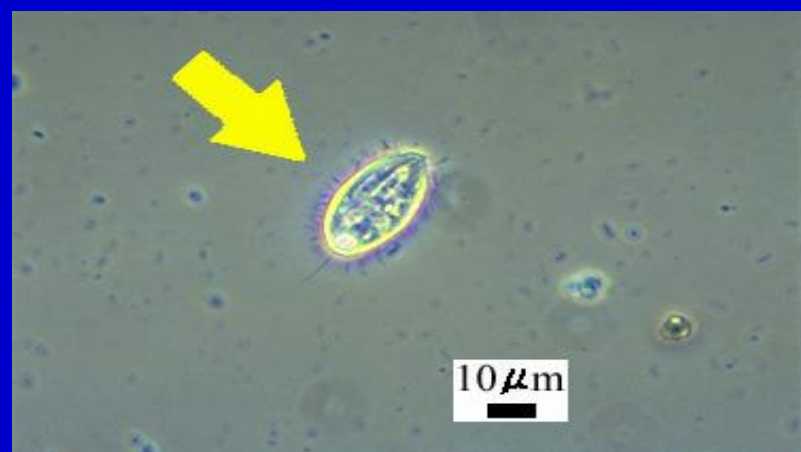
箭頭所指者為細菌 (1000x)



箭頭1為螺旋菌, 箭頭2為球菌, 箭頭3為桿菌 (1000x)

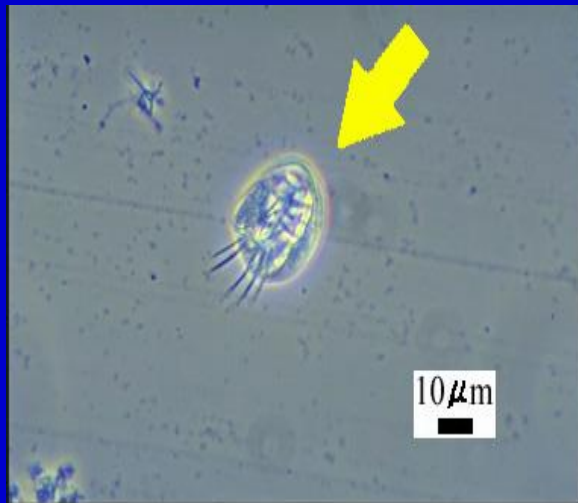


箭頭所指者為 動物性鞭毛蟲 (1000x)

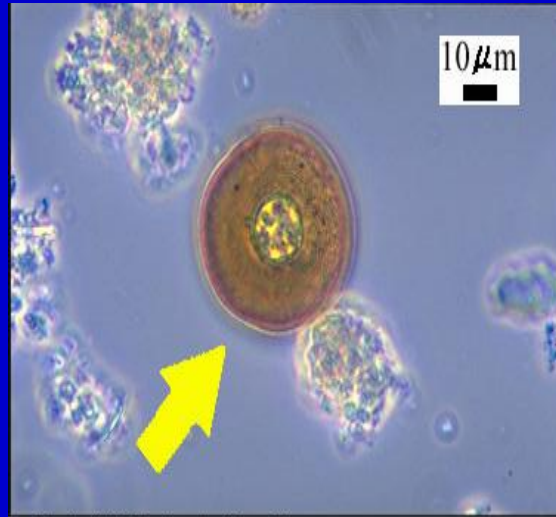


箭頭所指者為膜帶蟲( Cyclidium ) (400x)

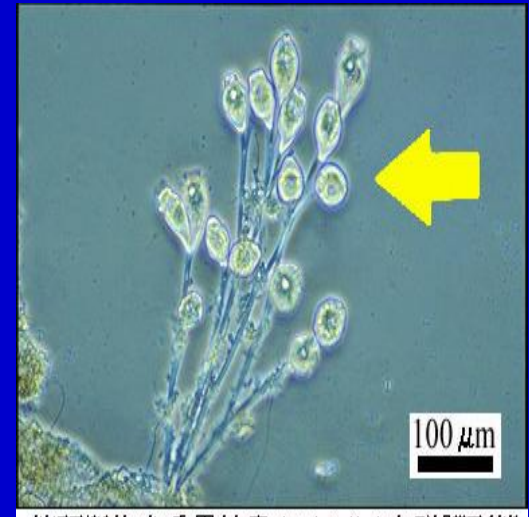
# 標準負荷微生物相-楯纖蟲、葦頂蟲、累枝蟲、鐘形蟲、吸管蟲 [林正祥,2004]



箭頭所指者為楯纖蟲 (*Aspidisca*) (400x)



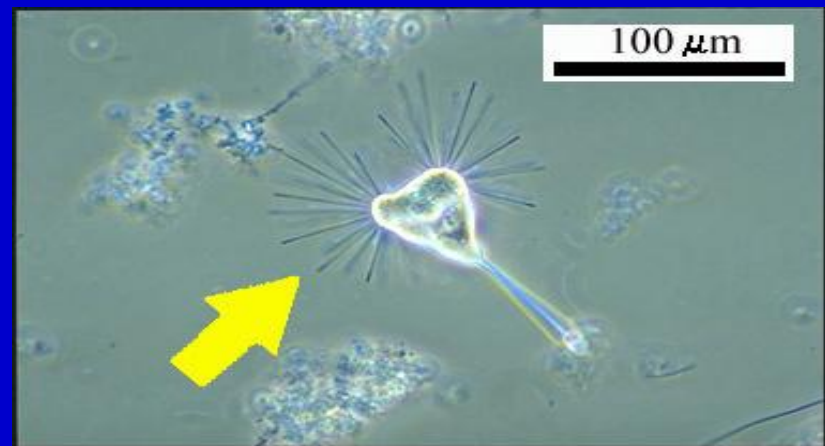
箭頭所指者為葦頂蟲 (*Arcella*) (400x)



箭頭所指者為累枝蟲 (*Epistylis*)之群體形態 (100x)



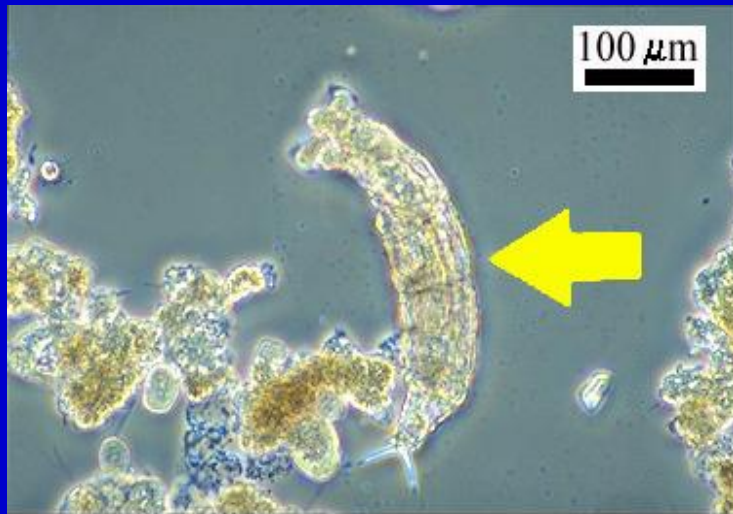
小口鐘蟲 (*Vorticella microstoma*) (400x)



箭頭所指者為吸管蟲之倒錐蟲 (*Acineta*) (200x)



# 低負荷微生物相-輪蟲、水蚤、紅蟲〔林正祥,2004〕



箭頭所指者為旋輪蟲 (Philodina) (100x)



箭頭所指者為球水蚤 (Moina) (100X)



箭頭所指者為紅蟲 (Chironomus yoshimatsui) (40X)

# 生物處理功能顯微診斷-處理對策〔林正祥,2004〕

## 微生物相及處理對策

### 標準負荷活性污泥微生物相

繼續維持現有操作條件。

### 高負荷活性污泥微生物相

增加空氣量及污泥量，或暫時停止進流，另可將迴流污泥再曝氣，提高迴流比。

### 低溶氧微生物相

增加空氣量，提高溶氧。

### 停留時間長且低負荷微生物相

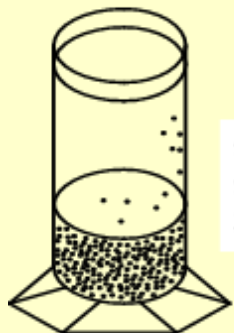
可將曝氣槽容積調為 $1/2 \sim 1/3$ ，提高容積負荷，也可做間歇曝氣操作。

### 超低負荷微生物相

減少送風量降低MLSS，也可間歇曝氣或提高容積負荷。

# 30分鐘沈降試驗觀察結果及應對指示圖(1)

30分鐘沈降



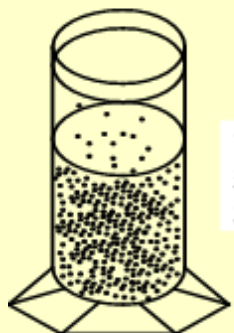
沈降試驗良好但終沈池有膠羽在捲起現象發生

應對動作/改善措施

檢查設備的功能良否/修繕設備

檢查水力負荷/改善進流，出流擋板設施，減低迴流污泥率  
量測終沈池溫度分佈/改善或增設擋板設施

30分鐘沈降



沈降試驗沈降效果差，但上澄液很清澈

使用顯微鏡觀察微生物相

絲狀菌散佈

檢查溶氧

低溶氧/增加曝氣空氣量，使溶氧升至1-2mg/L

溶氧分佈不均勻/調節空氣量分佈，使其均勻分佈

檢查氮、磷、鐵， $BOD:N:P:Fe=100:5:1:0.5$

檢查pH，若 $pH < 6.5$ /提高pH至7.0左右

加氯殺絲狀菌/加氯量控制為 $2-3kgCl_2/1000kgMLVSS/day$

無絲狀菌但膠羽鬆散

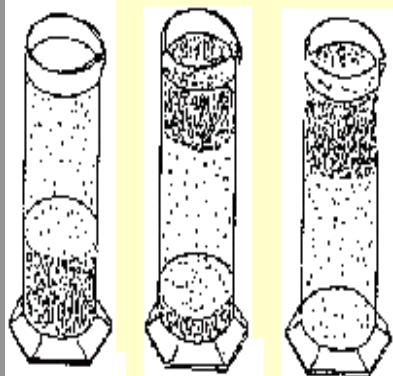
檢查食微比/若較正常值為高，則減少廢棄污泥量

檢查溶氧/若高於 $3.0mg/L$ ，減少曝氣空氣量



# 30分鐘沈降試驗觀察結果及應對指示圖(2)

## 30分鐘沈降試驗



污泥上升

攪拌後  
再靜置

污泥放出氣  
泡後再沉降

污泥將會在終沉  
池發脫氮作用

增加迴流污泥率  
增加廢棄污泥率

原生動物老化，受到毒性物質抑制之機會很大

/中止廢棄污泥，維持曝氣，繼續密切觀察

沉降效果差  
上澄液混濁

使用顯微鏡  
觀察微生物  
生物相

無原  
生動  
物

食微比太高/ 減少廢棄污泥量和增加迴流污泥量

有機負荷過高

食微比較正常為低

低溶氧/ 增加曝氣空氣量

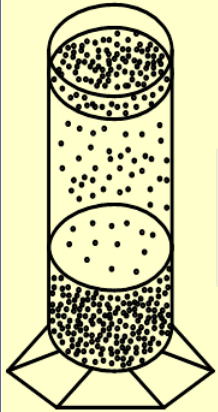
足夠的溶氧/

中止廢棄污泥直至膠羽凝聚現象  
發生，如有可能加入馴養菌種

膠羽鬆散，原生動物活性強，曝氣過量/減少曝氣

# 30分鐘沈降試驗觀察結果及應對指示圖(3)

30分鐘沈降



沈降後表面浮有灰狀之膠羽

攪拌上浮之膠羽再觀察

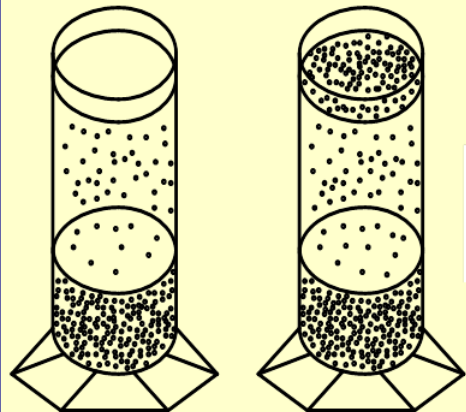
應對動作/改善措施

放出氣泡後再次沈降，表示脫氮開始發生/增加迴流污泥量或增加廢棄污泥

無放出氣泡也不再沈降

可能表示活性污泥含有過多的油脂，分析/改善前處理除油效果

MLVSS含油量是否高於15%



膠羽細小或鬆散而浮於上澄液

應對動作/改善措施

上浮之膠羽呈凝聚狀，曝氣量太大，攪碎污泥所致/可能的話，減少曝氣量

上浮之膠羽，輕且鬆化，食微比太高，有機負荷過高/減少廢棄污泥量

# 四、廢水二級處理廠常見問題對策

## ➤ 污泥鑑別與異常對策

一、活性污泥異常會立即影響處理水質，因之，應急刻探究其原因並採取對策，異常之主要原因：流入水量、水質的變動、處理設施及操作維護不當所致。

二、操作人員先了解鑑別各種污泥生長狀況，以擬定因應對策。

三、活性污泥大致可分為下列十種類型(如下表活性污泥生長狀況鑑別依據)

➤ 異常之原因大都由於流入水質異常、處理設施故障及操作維護不當等為主因，惟仍有甚多不明之原因。最常發生之異常狀況為：1. 膨化 2. 上浮 3. 解體。



曝氣槽散氣盤安裝

曝氣槽泡沫異常現象







終沉池污泥上浮異常現象

曝氣不均翻騰異常現象



2014-03-15 15:13

## ➤ 污泥鑑別與異常對策(續)

污 泥 類 型	鑑 別 依 據
(1)正常污泥(膠羽形成者)	金黃棕色，有霉臭味，上澄液略呈混濁帶淡棕色和金黃色。具有良好的沉降性；SVI = 90 ~ 120，沉降計(SV30)在30 % ~ 40 %。
(2)細小膠羽污泥(多量固體物流出)	上澄液常有細小懸浮污泥顆粒，有兩種情況：
(3)翻騰污泥(固體物沖失)	(1)灰黑色，惰性，低BOD，污泥老化。
(4)厭氧腐敗污泥	(2)和正常污泥相似，淡棕色但有部分不能沉降或上升，高BOD，污泥未成熟。
(5)過量曝氣污泥	正常污泥但不沉降，由於水利超負荷或部分沉澱池間流量分配不平均。(如兩個以上沉澱池)

## ➤ 污泥鑑別與異常對策(續)

污 泥 類 型	鑑 別 依 據
(6)分散性成長的污泥	顏色---白色、棕色、灰色或黑色。不沉降---顆粒經過30分鐘靜置仍然懸浮於水中。此為在混合液中微生物生態系尚未形成，一般在廢水中溶解有機物濃度相當高時會產生此種現象。
(7)失去膠凝作用的污泥	污泥遭受某種異變所致。上澄液極端混濁且不易沉降。為暫時性現象，當異變過後污泥即會形成。
(8)上浮污泥	短暫性，數量少時屬正常現象。此類污泥成纖維狀，有可能是由死的酒杯狀纖毛蟲所組成，亦可能是死的輪蟲或被真菌殺死的線蟲。甚至有可能是土壤絲菌屬(Nocardia)。



# 活性污泥法操作控制

## ➤ 污泥鑑別與異常對策(續)

污 泥 類 型	鑑 別 依 據
(9)上升污泥(脫氮)	在30分鐘以內沉降良好，但由於脫氮所產生的氣體留在裏面，污泥變得比水輕而上浮，大量淡棕色污泥浮在水面。硝化作用常在溫暖的季節中發生，一般是五月到九月，發生硝化時放流水中硝酸鹽濃度高，於實驗室檢驗氮化合物將可幫助操作人員確定上述問題。例如在冬天低溫時，平均硝酸鹽濃度是0.8 ~ 2.5 ppm，夏天增加到10 ~ 15 ppm。硝化時pH降低，需氮量增加。
(10)膨化污泥	有兩種可能現象： (1)具有高SVI和低沉降率之膠羽污泥，膠羽污泥有很大的面積和含有結合水。此種現象通常是氧化不足的污泥，即未成熟的污泥。 (2)絲狀污泥-淡棕色、灰色或白色，有甜味或水果味。沉降緩慢，SVI達180或更大。上澄液頗為乾淨但非常少。污泥顆粒有絲狀。

# 四、廢水二級處理廠常見問題對策

## 2.沉澱處理設備異常

### (1)常見問題：

刮泥機、污泥泵設施無法正常運轉，污泥沉積於沉澱池內，造成短流情形，降低沉降效果；浮渣收集斗無法正常運轉去除浮渣或上浮之污泥。

### (2)採取對策：

A.檢視沉澱池是否有短流現象。

B.檢視刮泥機、浮渣收集斗運轉是否正常。

C.檢視污泥抽泥泵是否正常運作，及抽泥量是否正常。

D.終沉池進流端及出流端直線位置之污泥界面，應低於水深二分之一。

# 沉澱池之缺失

沉澱池溢流處有綠藻生長，且溢流水不平整。



沉澱池發現有浮萍問題，應正常操作定期清除處理。

# 五、結語

## 五、結語-健全操作與管理

- 廢水處理廠之操作管理，首先必須有各種不同專長，適合之專業人才擔任各相關工作，以發揮專業技能，並隨時接受新知，增進智能助益工作。
- 在工作上應以落實 ISO 9001 P-D-C-A (Plan - Do - - Check - Action) 的精神，藉持續改善，以提升效率，包括內部有完善的評鑑及外部評鑑，以強化營運成效。
- 在日常操作管理中，能防患不正常於未然，並能隨時共同改善操作，以提升功能。



## 五、結語-健全操作與管理

- 有完善的操作、管理及維修紀錄，掌握處理水量，降低能源消耗、資源回收利用之經濟效益，同時達到對環境的友善，回收能源和資源之效益。
- 並達到對對周邊環境影響最小，而成為一優質的清水生產園地，進而扮演啟蒙市民進一步認識下水道之功能，共同關心水的問題，發揮宣導效益，將是未來操作管理人員之使命。

報告完畢!!謝謝聆聽!!



魚兒上鉤-93.4.20 下午17:00 拍攝於內湖污水處理廠基隆河放流口