

行政院環境保護署環境保護人員訓練所  
「廢(污)水處理專責人員訓練教材」

# 特殊性有機製程廢(污)水處理概論

112/04/30

## 學習目標

---

級別	甲
時數	6
學習目標	知道且能夠陳述各種特殊性有機製程廢水的處理概念與原則

# 內容

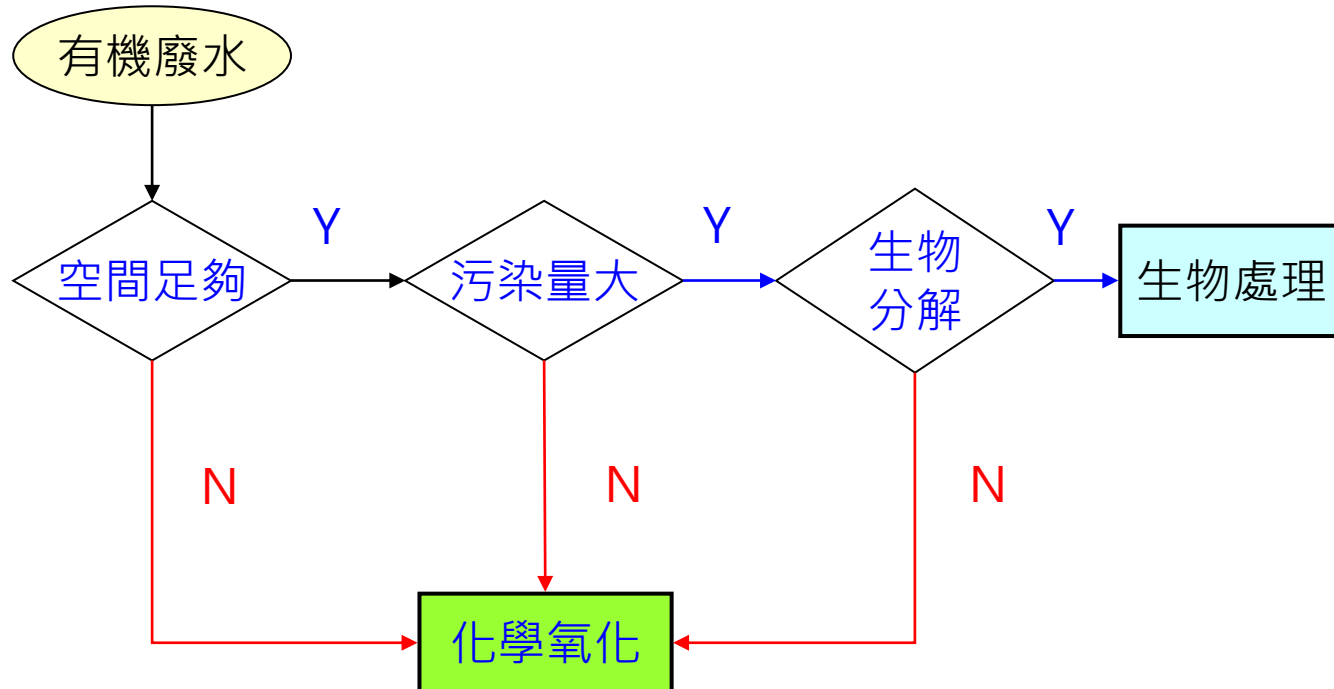
---

- 一、前言
- 二、高濃度有機製程廢水
- 三、難分解有機製程廢水
- 四、具毒性有機製程廢水
- 五、揮發性有機製程廢水
- 六、感染性有機製程廢水
- 七、總結

# 一、前言 (1/9)

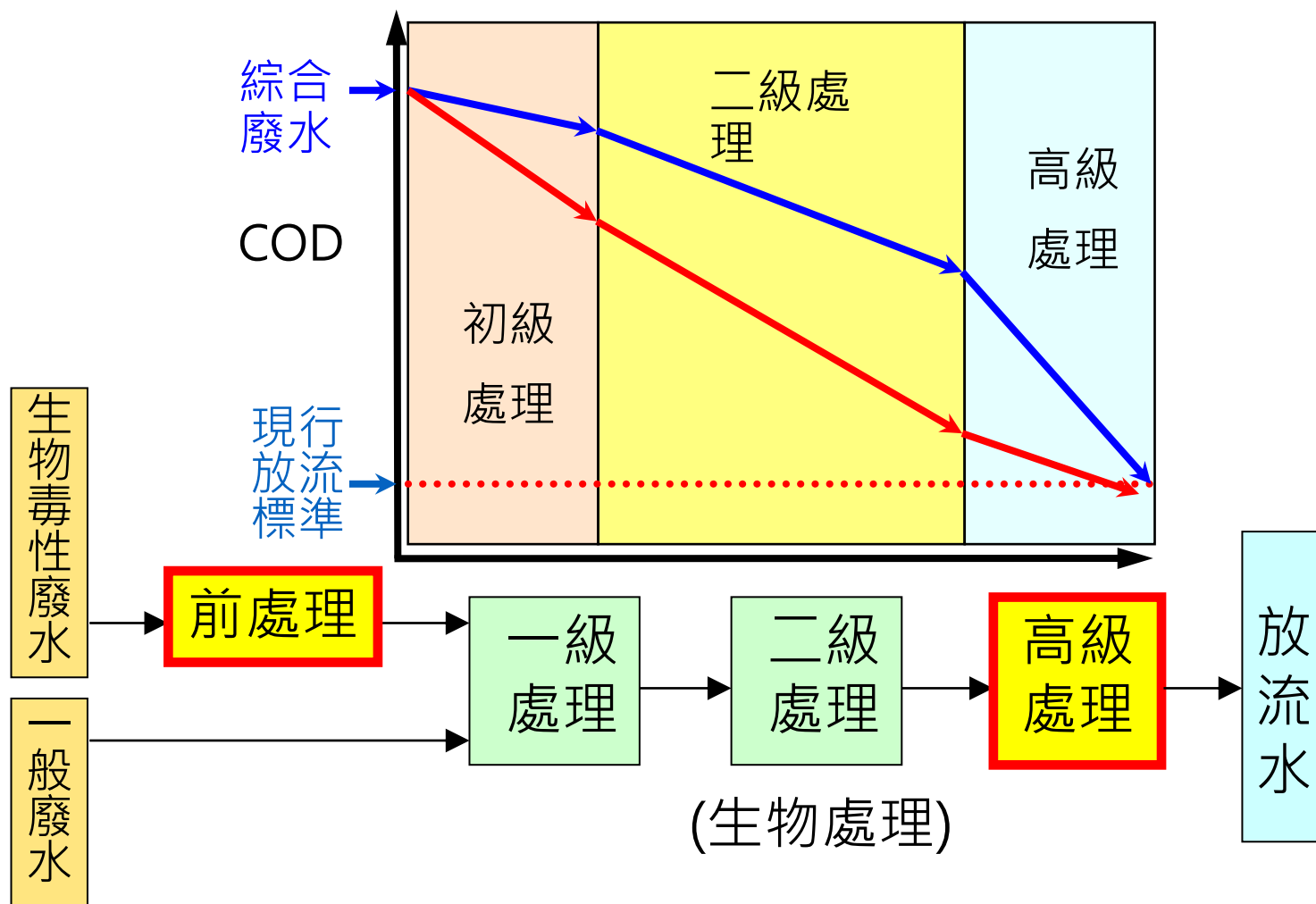
## ● 有機廢水處理規劃原則

- 有機廢水處理：若生物處理方法可行，應是相對經濟的方法
- 廢水量大且含高濃度BOD廢水：優先考慮厭氧加好氧的生物處理程序
- 廢水中有機物主要為生物難分解者：優先考慮化學氧化處理單元
- 廢水處理後預計回收使用時：可採用薄膜生物反應單元 (MBR)，以取代傳統沉澱池、過濾池及消毒池，可當作RO逆滲透單元之前的預過濾單元，如微濾膜 (Microfiltration, MF) 及超濾膜 (Ultrafiltration, UF) 等



## 一、前言 (2/9)

### ● 有機廢水處理可能解決方案



## 一、前言 (3/9)

---

- 以生物處理技術而言，廢水之水質特性主要可分為：

- 高濃度有機製程廢水
- 難分解有機製程廢水
- 具毒性有機製程廢水
- 揮發性有機製程廢水
- 感染性有機製程廢水

在生物處理系統設計上

- 必須根據各廠水質，去規劃符合該廠特性之生物處理系統
- 必須透過有系統的程序評估，以取得適用之設計參數

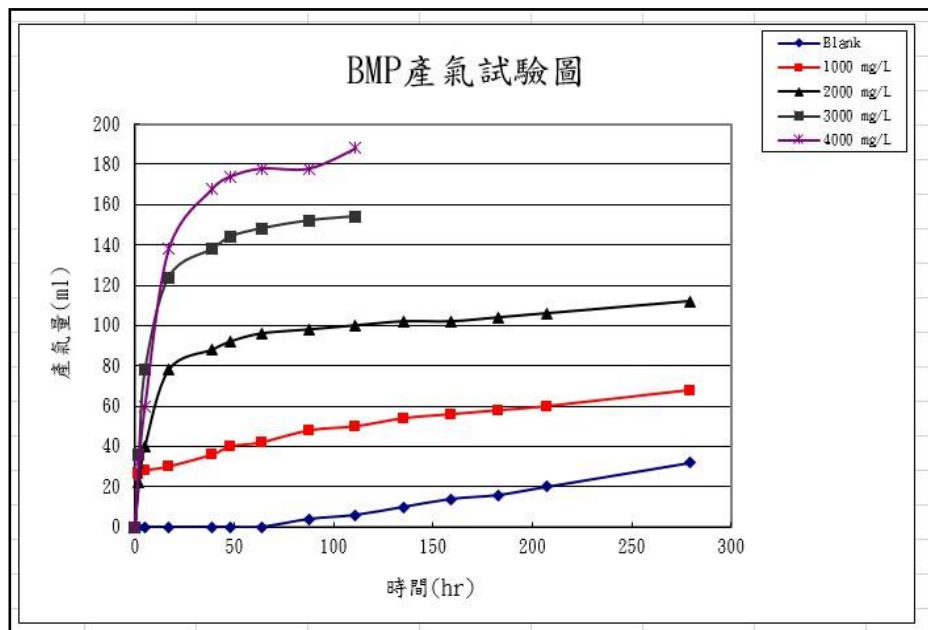
## 一、前言 (4/9)

---

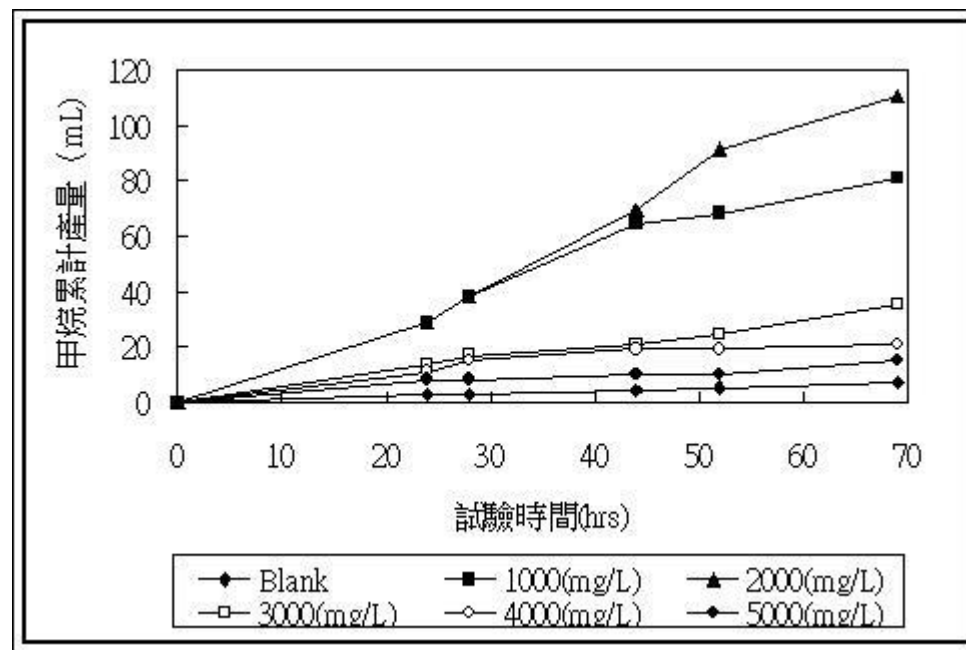
- **生物處理程序評估**：主要著重於生物處理之可行性與適用（穩定）性
- **生物處理技術**：分為厭氧、好氧與兼氧生物處理技術
- **厭氧處理**可行性評估方法：
  - 生化甲烷產能實驗（**BMP**）
  - 厭氧毒性實驗（**ATA**）
- **好氧處理**可行性評估方法：
  - 攝氧率實驗（**OUR**）
  - 比攝氧率實驗（**SOUR**）
  - 生物分解性實驗
- **生物處理適用（穩定）試驗**：以連續式實驗評估生物處理系統之操作穩定性

# 一、前言 (5/9)

## BMP 試驗結果分析



甲烷累積產氣量隨COD濃度增加而增加，  
代表此廢水對厭氧微生物不具抑制性

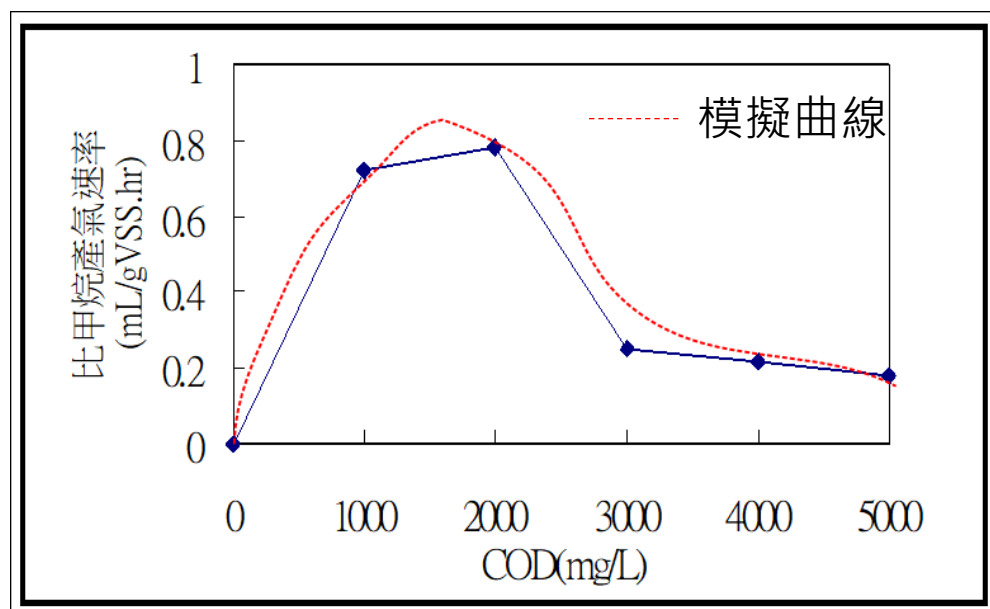


甲烷累積產氣量在COD濃度大於3,000 mg/L  
之後，COD濃度越高，累積產氣量越低，代  
表此廢水對厭氧微生物具抑制性



## 一、前言 (6/9)

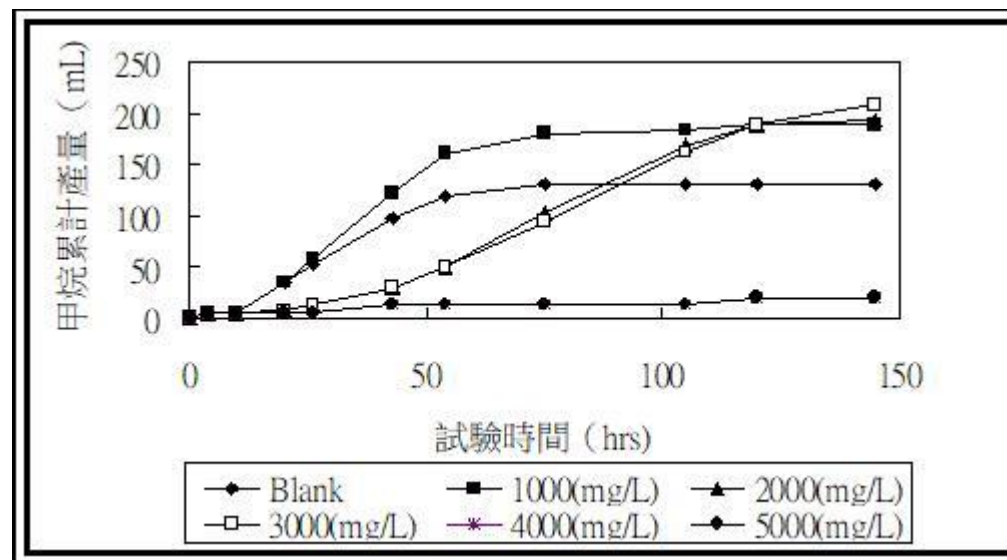
### BMP 試驗結果分析



比甲烷產氣速率(SMPR)曲線

- 將BMP試驗反應初期 (直線段) 之累積產氣量，除以試驗所用之污泥量 (VSS)及時間，可得比甲烷產氣速率 (Specific methane production rate, SMPR)
- 發現在不同反應濃度下，厭氧微生物顯現出不同的活性
  - SMPR曲線在COD 2,000 mg/L 附近厭氧微生物的活性最高
  - 因此厭氧處理槽進流點之COD 濃度應維持在2,000 mg/L以下，才能保持操作彈性與穩定性。

## 一、前言 (7/9)



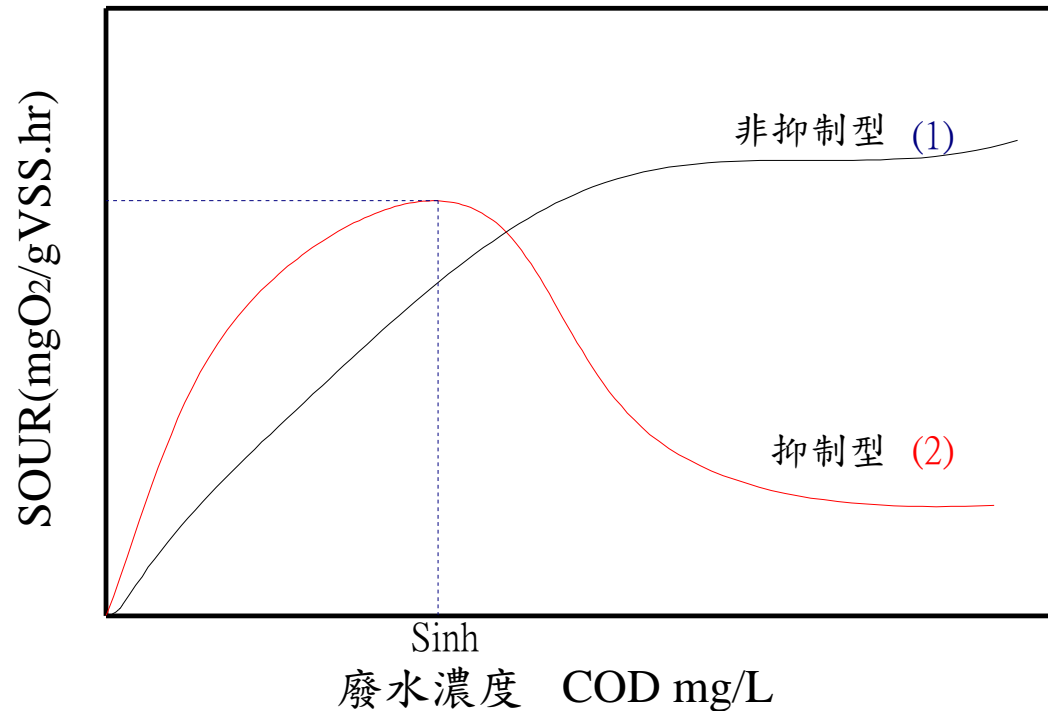
在**ATA試驗**以2,000 mg/L之醋酸 (HAc) 為外加基質，在148 hrs試驗期間，發現經較長時間遲滯期後

- COD濃度3,000 mg/L以下，適當環境條件下反應仍能持續緩慢進行
- COD濃度在4,000 mg/L以上，縱然環境條件適當甲烷菌活性亦被完全抑制。

## 一、前言 (8/9)

### SOUR 試驗之應用

- SOUR試驗時，測試不同之COD濃度，即可取得在不同COD濃度下，所測得SOUR數據
- 以COD為橫座標，以SOUR為縱座標，即可繪製出此廢水好氧生物分解之反應動力曲線
- 從反應動力曲線，可判斷此廢水對好氧微生物是否具有抑制(毒性) 性

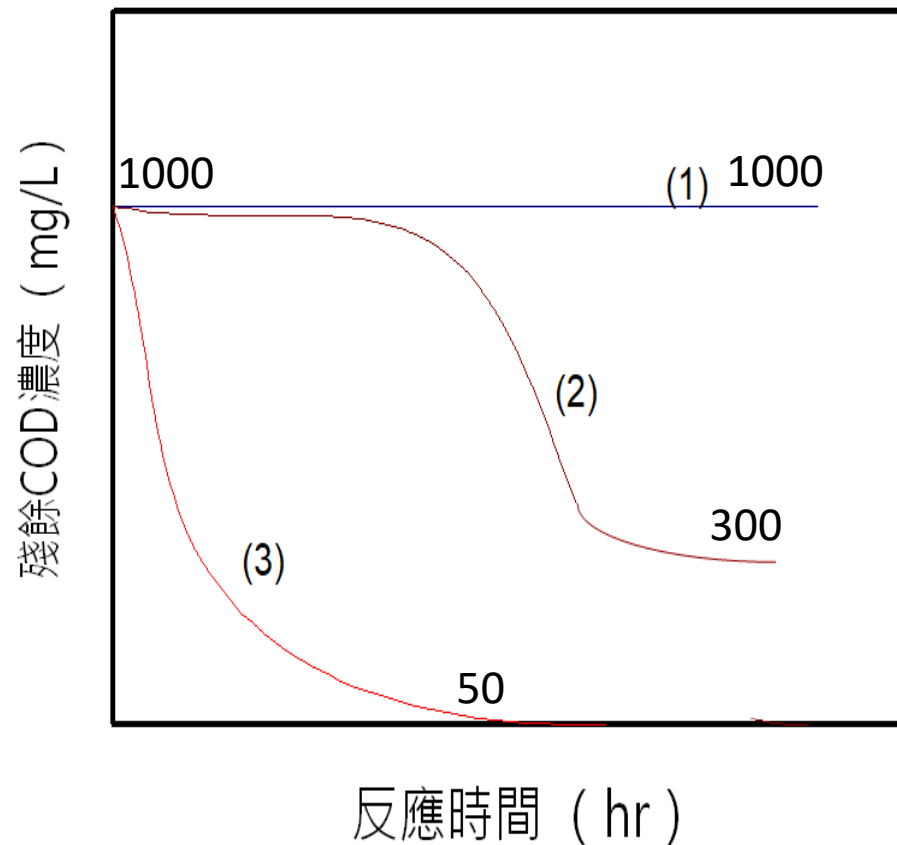


## 一、前言 (9/9)

### 分解性試驗之應用

好氧批次式生物分解性結果分析 (3種不同廢水)

- A. 曲線(1)代表不會分解
- B. 曲線(2)代表可以分解，分解效率70%
- C. 曲線(3)代表幾近全分解



## 二、高濃度有機製程廢水

### 1.高濃度有機製程廢水污染源/(1)各行業高濃度有機廢水分類

- 半導體/光電業：去光阻劑、顯影劑、異丙醇
- 電鍍/PCB業：清洗劑、膨鬆劑、剝膜顯影液
- 釀造業：蒸餾廢液
- 化工業：苯、甲苯、丙酮、含氯有機物等溶劑或蒸餾廢液，樹脂、染料、顏料、高分子溶液等
- 生質能資源化處理中心：發酵沼液
- 再生紙業：散漿廢水
- 合成樹脂/塑膠業：酚、醛廢液

## 二、高濃度有機製程廢水

### 1.高濃度有機製程廢水污染源/(2)難以生物處理符合放流水標準之行業

- 某些石化業
- 某些化工業
- 人纖、紡織業
- 染料、顏料業
- 某些合成樹脂業
- 某些生質能資源化處理中心

## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(1)厭氧技術選用原則

- 高濃度有機廢水處理原則：

- 若厭氧處理可行，優先選用厭氧處理搭配好氧處理，以達節省用地空間之目標。

- 厭氧處理技術選用：上流式污泥床UASB、厭氧流體化床AFB、厭氧濾床AF

- 考慮因素決定：

- a. 污染物有毒性但可分解 (含酚、醛)，需要較高內循環以調節進流毒性物質濃度，則優先選用厭氧流體化床。
- b. 廢水中含有會與碳酸鹽形成結晶物質，除先預處理降低濃度結晶前驅物之外，避免選用厭氧濾床(避免濾床阻塞)。
- c. 厭氧可分解總污染量較大時，優先選用上流式污泥床。
- d. 有機物與硝酸共存廢水，優先選用厭氧流體化床。

## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(2)好氧技術選用原則

常態性廢水：選用懸浮生長的活性污泥法

- A. 含一價陽 ( $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ ) 離子之高鹽廢水：優先選用固長式好氧系統或MBR處理系統。
- B. 含二價陽 ( $\text{Ca}^+$ 、 $\text{Mg}^+$ ) 離子之高鹽廢水：除應先前處理外，優先選用懸浮式好氧系統。
- C. 易膨化廢水 (食品、造紙等..)：優先選用選種池搭配懸浮式好氧系統。



## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(3)好氧微生物膨化 (1/4)

#### ● 絲狀菌與球狀菌之特性

- a. 反應槽中基質 (COD、DO..) **濃度低**時，**絲狀菌**占優勢
- b. 反應槽中基質 (COD、DO..) **濃度高**時，**球狀菌**占優勢

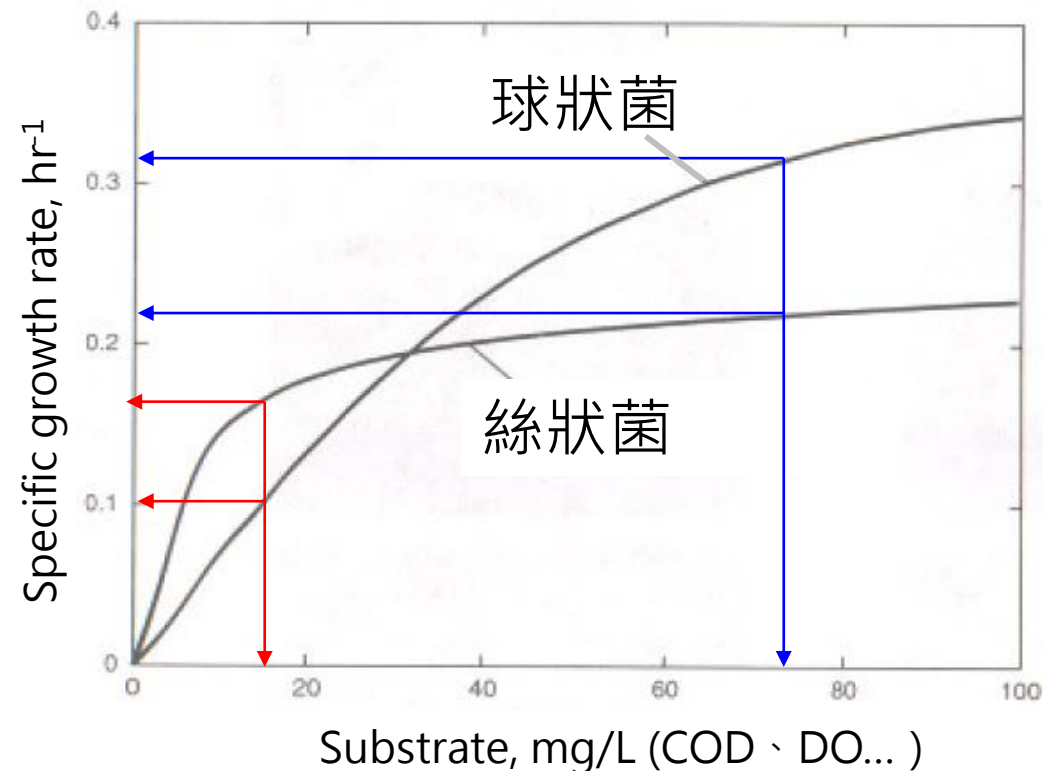
項目	球狀菌	絲狀菌
基質親和力	低 ( $K_s$ 高)	高 ( $K_s$ 低)
最大比生長速率 ( $\mu_{max}$ )	高	低
抗飢餓能力	低	高
低DO對活性之影響	高	低
無氧或厭氧對活性之影響	低	高

## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(3)好氧微生物膨化 (2/4)

#### ● 絲狀菌與球狀菌反應速率之比較

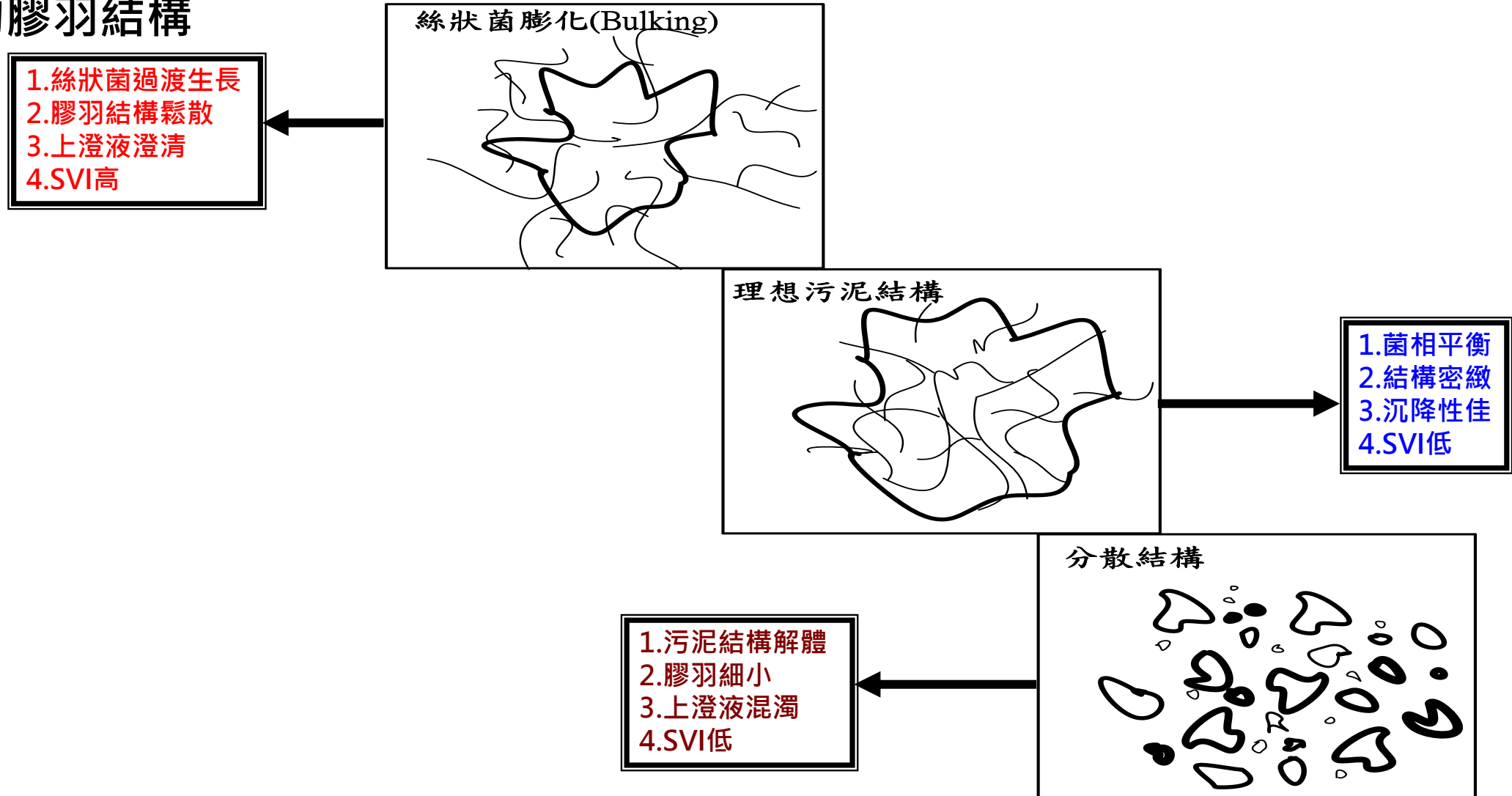
- A. 反應槽內有機物濃度高低為影響膨化之主要因子。
- B. 在較低的基質濃度環境下：
  - 絲狀菌對基質具有較高之親和力(即低 $K_s$ 值)，故較占生長優勢。
- C. 為符合法規要求，活性污泥系統放流水濃度低，因此曝氣槽自然成為絲狀菌生長極佳之環境。



## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(3)好氧微生物膨化 (3/4)

#### 微生物膠羽結構



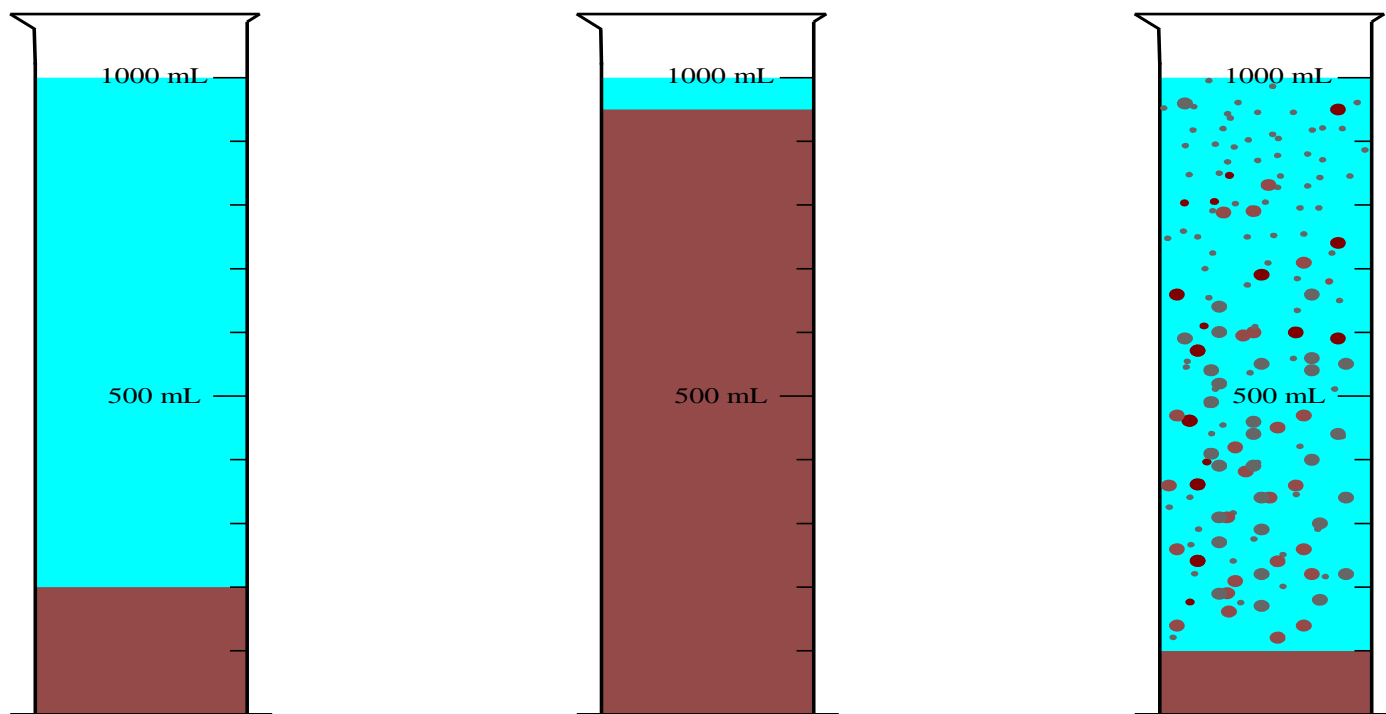
## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(3)好氧微生物膨化 (4/4)

#### ● 活性污泥固液分離指標 - 污泥容積指數

- 污泥容積指數 (Sludge Volume Index簡稱SVI) 乃曝氣槽內之混合液靜置30分鐘後，1 g污泥所占容積 (mL)。
- 操作正常活性污泥之SVI為50~150 mL/g。

MLSS維持在  
2,500~3,500 mg/L  
之間



## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(4)污泥選種槽 (selector) (1/5)

- **選種槽**：於1973年由Chudoba 等學者提出
- **選種槽目的**：是指裝設在活性污泥主曝氣池之前，以調整污泥菌相為主要目的的反應槽，目前已成為克制污泥膨化的利器
- **選種槽主要原理**：是利用黏液球菌在動力學與基質攝取與貯存方面的優勢，達到選種的目的
- **依操作條件分為**：好氧 (Aerobic)、厭氧 (Anaerobic) 與無氧 (Anoxic) 選種槽3種

## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(4)污泥選種槽 (selector) (2/5)

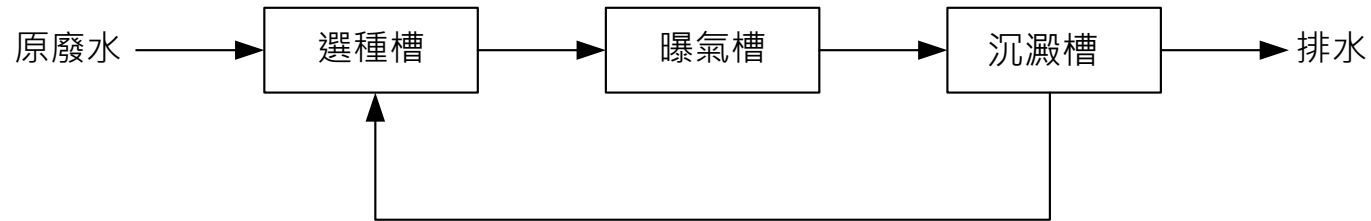
微生物分別以不同途徑，進行基質攝取貯存所需要的能量

- **好氧選種槽**：利用動力學的差異，是好氧選種槽主要的作用原理，高基質與高溶氧濃度是好氧選種槽必要的條件
- **厭氧選種槽**：攝取貯存是厭氧選種槽主要的作用機制，在沒有**硝酸鹽氮與亞硝酸鹽氮**條件下，微生物無法自外界取得能量，只能水解自身細胞內聚磷酸鹽，以取得能量，厭氧選種槽就是從生物除磷程序演化而來
- **無氧選種槽**：無氧選種槽必須控制在沒有溶氧、但有足夠的**硝酸鹽氮與亞硝酸鹽氮**條件下，選種槽需有足夠時間進行脫硝以取得能量，以進行能量的攝取與貯存，脫氮菌以球菌居多

## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(4)污泥選種槽 (selector) (3/5)

#### 好氧處理系統



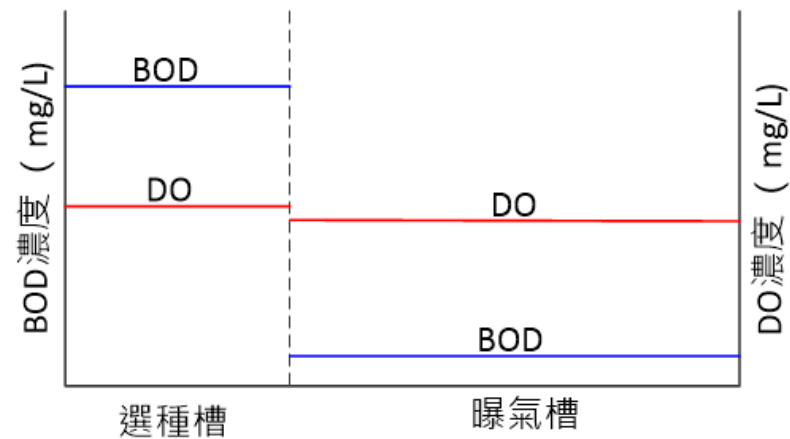
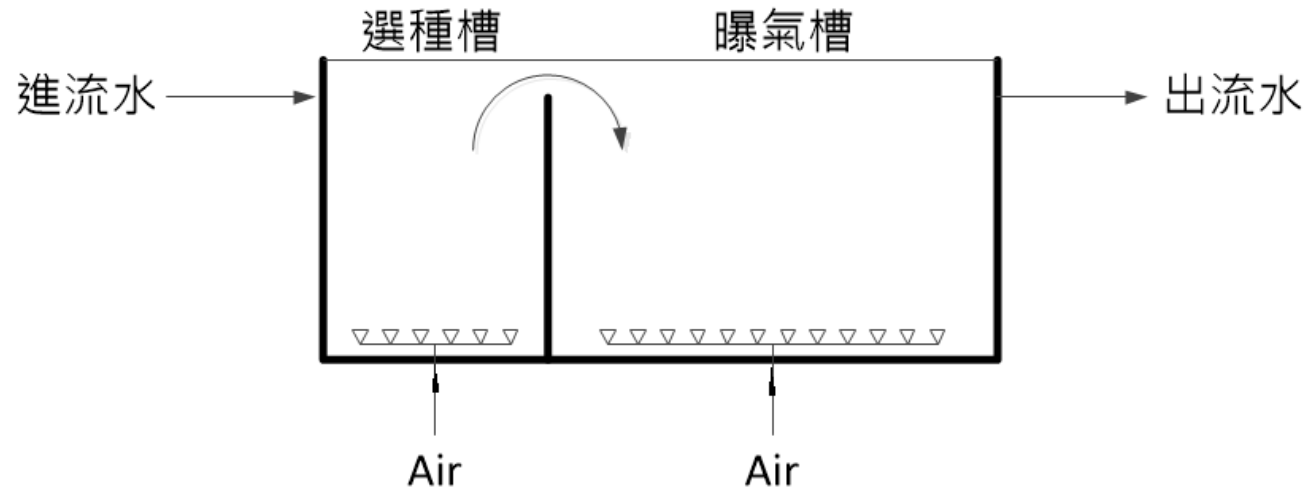
選種槽：

- 1.好氧選種槽
- 2.厭氧選種槽
- 3.無氧選種槽

工業廢水處理除非廢水中還有很高濃度之氮化物；或磷酸鹽，微生物選種系統主要以好氧選種槽為主

## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(4)污泥選種槽 (selector) (4/5)



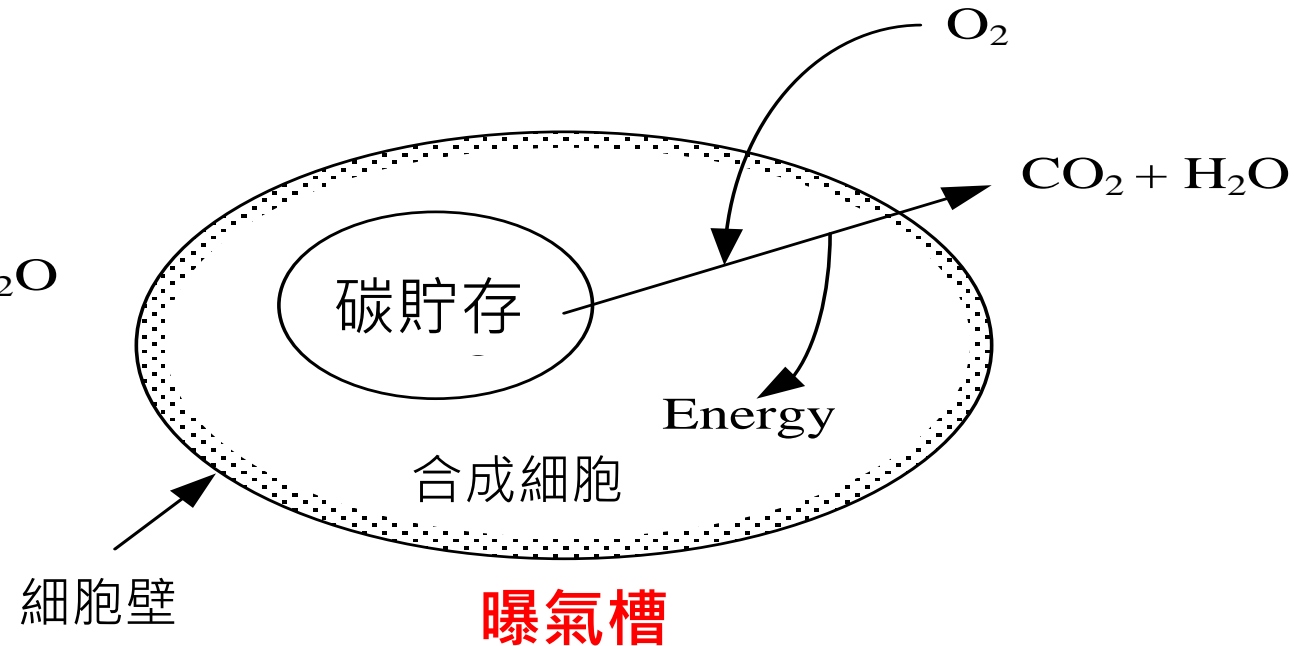
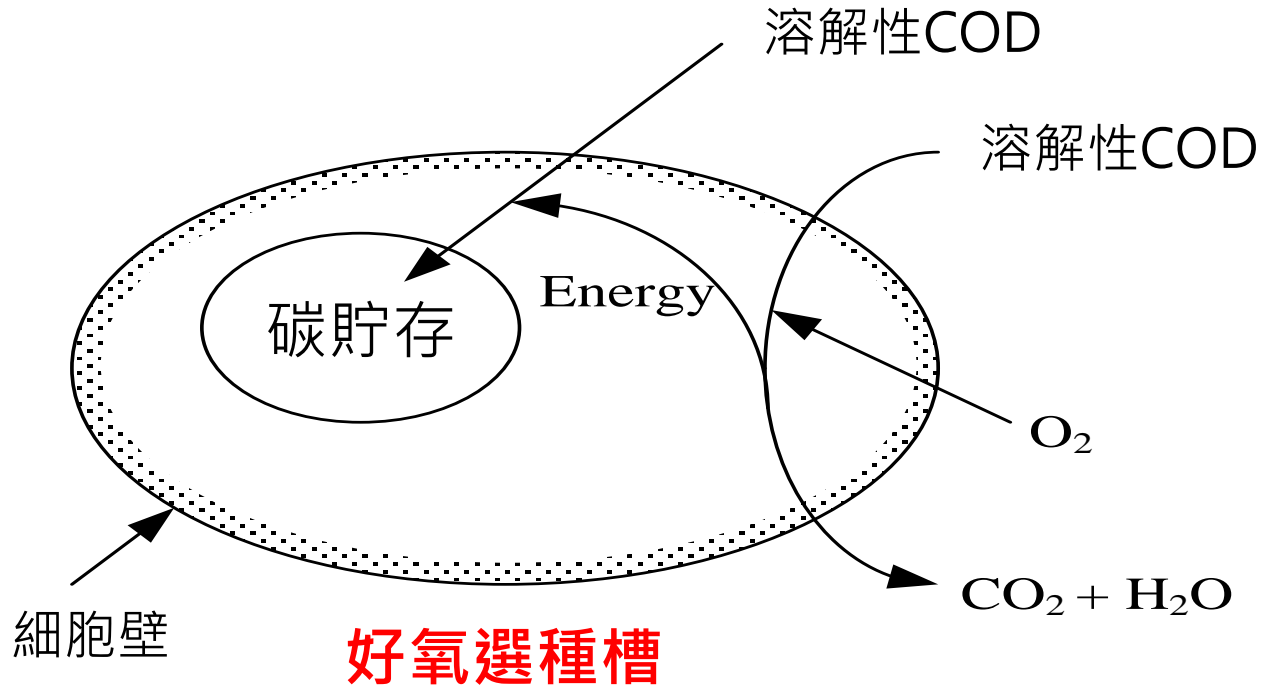
兩者都是完全混合型反應槽



## 二、高濃度有機製程廢水

### 2.高濃度有機製程廢水之處理/(4)污泥選種槽 (selector)(5/5)

好氧選種槽球狀菌有機物之攝取機制



## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(1)釀造製程蒸餾廢水處理 (1/6)

#### ● 傳統做法：

- 廢水中之細顆粒固體物，因會影響後續廢水處理功能，故添加高分子凝集劑，以離心機配合浮除系統予以去除，造成大量無法再利用之固體廢棄物。
- 蒸餾廢液因含有高濃度之N、P、Mg，在廢水處理之厭氣單元，容易生成磷酸銨鎂結晶，造成厭氣處理單元操作控制之困擾。

#### ● 本案作法：

- ✓ 採用高溫 (85°C以上) 重力沉降細顆粒固體物，回收再利用。
- ✓ 前處理去除鎂結晶前驅物。

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(1)釀造製程蒸餾廢水處理 (2/6)

廢水來源	廢水量	懸浮固體物	溶解固體物	COD	溫度	pH
米酒蒸餾廢液	300 m <sup>3</sup> /day	5%	3%	1%~7.5%	85°C	3.6
低濃度廢液	1,000 m <sup>3</sup> /day	500 mg/L	-	1,000 mg/L	30°C	10

蓬萊米之組成分中Mg和P之含量各為150、2,600 mg/kg  
米酒蒸餾廢液中P、Mg之來源可能來自原料米  
另外蓬萊米中各含110、42 ppm之Ca和Fe。

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(1)釀造製程蒸餾廢水處理 (3/6)

- 設計基準

#### 進流水水量、水質

A.高濃度廢液：pH: 3~4、CODs<40,000 mg/L、SS<50,000 mg/L、  
水溫=95~100°C

B.低濃度廢水：pH: 7~10、COD<1,000 mg/L、SS<500 mg/L、水溫<30°C

#### 處理後放流水水量、水質

A.設計最大放流水水量：1,130 CMD

B.放流水質：pH: 6~9、COD<150 mg/L、BOD<50 mg/L、SS<50 mg/L、  
水溫<35°C

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(1)釀造製程蒸餾廢水處理 (4/6)

主要處理功能設計:

根據BMP試驗此廢水適合厭氧處理，好氧處理系統業主指定生物固定膜法  
經好氧評估發現生物處理後COD無法達標，必須串接高級氧化處理

#### A.上流式厭氣污泥床處理槽 (UASB)

直徑14 m×高9.15 m、有效高8.55 m、有效體積1,316m<sup>3</sup>、水力停留時間 (HRT): 24小時、體積負荷: 10 kg COD/m<sup>3</sup>-day、COD去除率: 90%、出流水COD<1,000 mg/L

#### B.喜氣固定膜處理槽 (FBR)

長26.4 m×寬21.5 m×高4.5 m、有效高4.1 m、有效體積2,327m<sup>3</sup>、水力停留時間 (HRT): 42小時  
體積負荷: 0.56 kg COD/m<sup>3</sup>-day、濾材體積: 1,152 m<sup>3</sup> (占49%)、COD去除率: 70%，出流水  
COD<300 mg/L

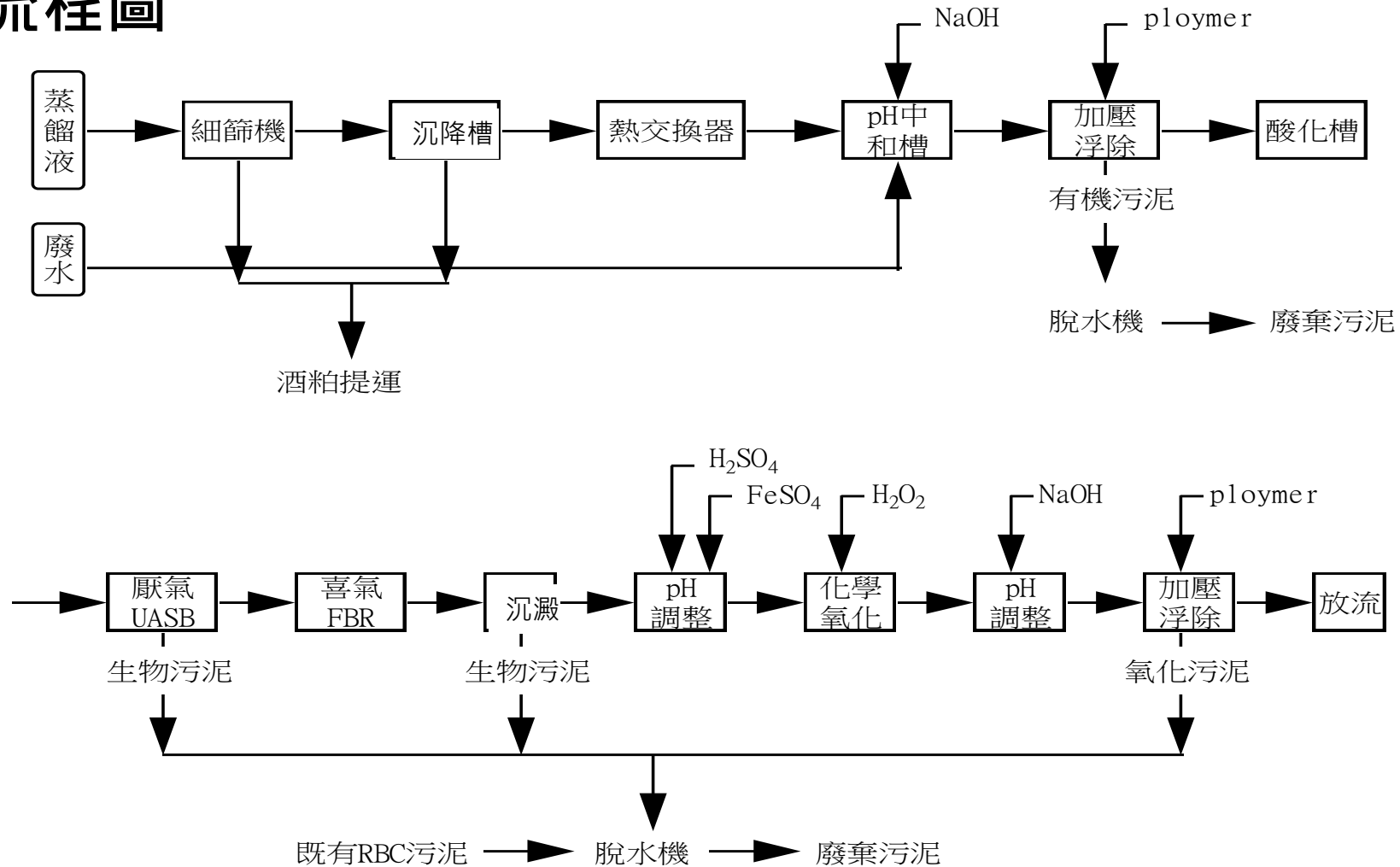
#### C.化學氧化法 (Fenton)

長1.85 m×寬2.5 m×高3.15 m、有效體積14.6 m<sup>3</sup>、水力停留時間: 16分、COD去除率: 50%，出  
流水COD<150 mg/L

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(1)釀造製程蒸餾廢水處理 (5/6)

#### ● 處理流程圖



## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(1)釀造製程蒸餾廢水處理 (6/6)

#### ● 功能檢測數據

日 期 月 / 日	廢 水 總 量 CMD	pH	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	溫 度	透 視 度
			mg/l	mg/l	mg/l	°C	cm
12/13	676	7.38	122	35.1	24	29	21
12/14	981	7.15	100	29.9	21	29	26
12/15	944	7.72	52	16.5	35	30	20
12/16	924	7.51	60	19.3	25	32	16
12/17	1011	7.52	62	18.4	31	31	22
12/18	1113	7.24	33	8.3	23	31	25
12/19	1138	7.44	39	9.9	26	30	20
12/20	1167	7.59	36	9.3	46	30	21
12/21	1173	7.95	33	8.3	12	30	21
12/22	1205	7.65	33	8.6	45	31	17
12/23		7.56	34	8.8	41	31	21

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(2)聚酯纖維製程廢水處理 (1/4)

#### ● 聚酯纖維(PET)製程廢水水量與水質

廢水性質	酯化廢水	綜合廢水
水量 (CMD)	150	850
COD (mg/L)	35,000~45,000	< 1,000
BOD (mg/L)	15,000	-
SS (mg/L)	< 5	50~100
pH	3.2~3.5	6~8
溫度 (°C)	80	< 30
組成 (mg/L)		
乙二醇(EG)	6,200 (EG回收)	-
甲醛	0.8	-
乙醛	19,000	-
丁醛	0.3	-



## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(2)聚酯纖維製程廢水處理 (2/4)

---

#### ● 功能設計

- 水質/水量設計基準：

- a) 酯化廢水：150 CMD，COD：35,000 ~ 45,000 mg/L

- b) 綜合廢水：850 CMD，COD<1,000 mg/L

- c) 進流水濃度：COD<6,000 mg/L

- 厭氧處理目標：

- COD<500 mg/L

- SS<150 mg/L

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(2)聚酯纖維製程廢水處理 (3/4)

---

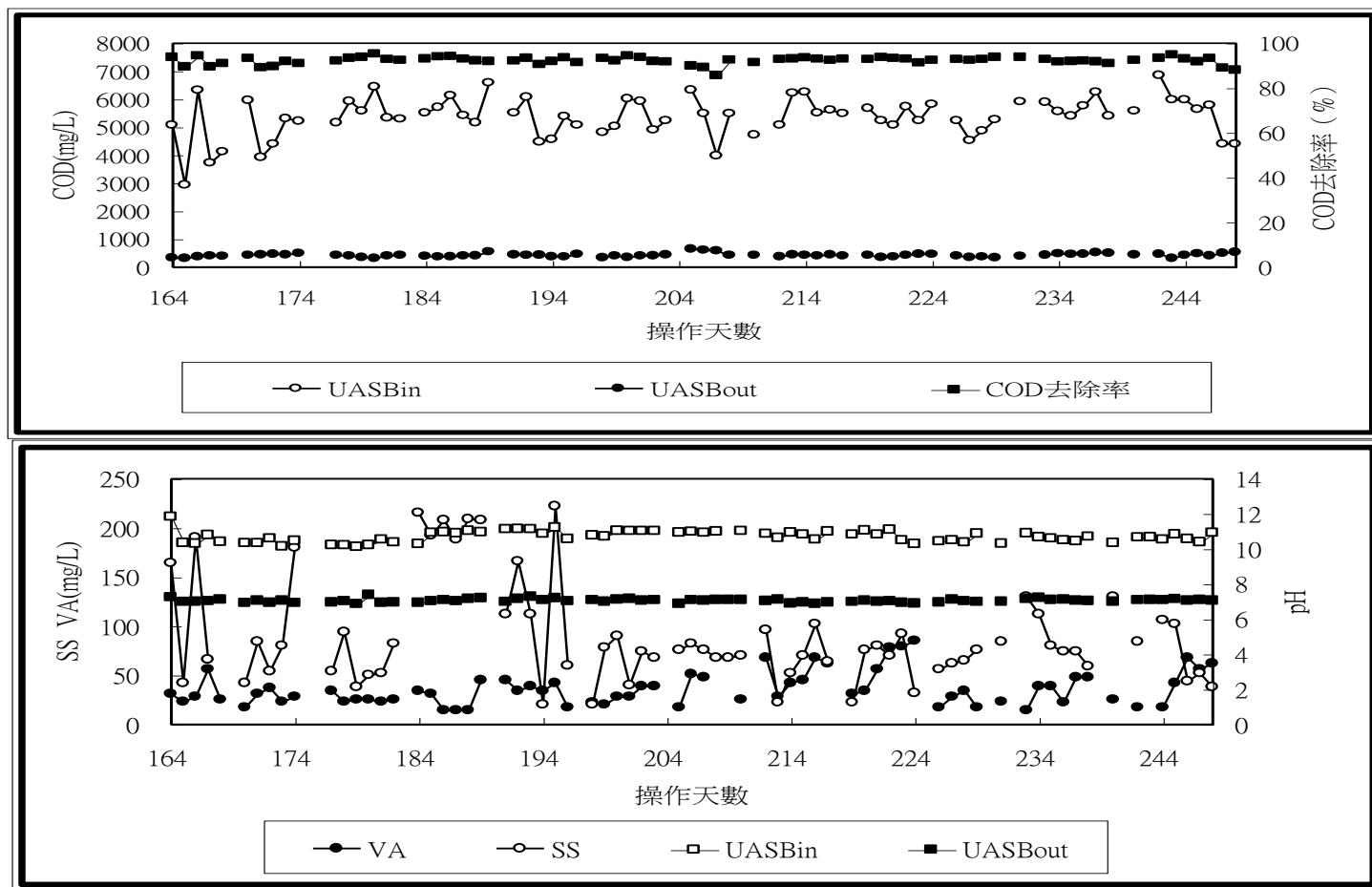
#### ● 主要設計參數：

- 既有好氧生物處理系統，因應產能增加，需要擴增處理功能
- 根據BMP試驗此廢水適合厭氧處理，經長期穩定性試驗結論，可使用UASB處理技術
- UASB體積負荷5 kg COD/m<sup>3</sup>-day
- UASB有效體積為600 m<sup>3</sup>×2座 (9.5 m(L) × 7.7 m(W) × 9.0 m(H))

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(2)聚酯纖維製程廢水處理 (4/4)

#### ● UASB功能檢測



## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(3)聚酯製程廢水選種槽應用測試

- 聚酯廢水採用傳統活性污泥法操作，常會發生污泥膨化問題。
- 本案例場體積負荷 $1.0 \text{ kg COD/m}^3\text{-day}$ 、 $F/M: 0.37 \text{ kg COD/kg VSS}$ ，SVI常高於 $300 \text{ mL/g SS}$ 。
- 採用好氧/厭氧選種槽進行 $2 \text{ m}^3$ 級模場試驗。
- 採用好氧選種槽：
  - ✓體積負荷 $2.0 \text{ kg COD/m}^3\text{-day}$ 、 $F/M: 0.5 \text{ kg COD/kg VSS}$
  - ✓SVI可控制在 $135 \text{ mL/g SS}$ 以下。
- 採用厭氧選種槽：
  - ✓體積負荷 $1.0 \text{ kg COD/m}^3\text{-day}$ 、 $F/M: 0.34 \text{ kg COD/kg VSS}$
  - ✓SVI可控制在 $220 \text{ mL/g SS}$ 以下
  - ✓當體積負荷提升至 $1.33 \text{ kg COD/m}^3\text{-day}$ ，污泥很快就膨化，SVI上升至 $260 \text{ mL/g SS}$ 以上。

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(4)含硝酸氮製程廢水處理 (1/3)

- 廢水水量與水質 (硝化纖維棉製程)

pH	Concentration		Flow rate (m <sup>3</sup> /day)	Loading		COD/N ratio COD/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N
	COD (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)		COD (kg/day)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (kg/day)	
1.22~1.92	468 (107~1,268)	817 (219~1,321)	2,170	1,016	1,773	0.57

- COD/NO<sub>3</sub>-N : 0.57屬於碳源不足特性
- 以甲醇為補充碳源

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(4)含硝酸氮製程廢水處理 (2/3)

- 長期穩定性測試結果：
- 使用程序：流體化床(AFB)搭配好氧生物固定膜(Aerobic fixed film,AF)系統
- 模場測試結果

Item	Influent	AFB		AF	
		Effluent	Removal (%)	Effluent	Removal (%)
pH	1.8~2.1	7.0~8.8	-	7.6~8.6	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)	702 (580~755)	21 (10~68)	97	7 (1~31)	67
COD (mg/L)	1864 (1,321~2,095)	95 (59~204)	95	37 (30~52)	61
Operation conditions	HRT (hr)	3		6	
	F/V <sup>1</sup>	5.63 (4.64~6.04)		-	
	F/V <sup>2</sup>	14.92 (10.57~16.76)		0.53(0.23~0.82)	
	COD/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	2.70 (2.53~2.87)		-	

<sup>1</sup>F/V: (kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/m<sup>3</sup>.d) , <sup>2</sup> F/V: (kg COD/m<sup>3</sup>.d)

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(4)含硝酸氮製程廢水處理 (3/3)

#### ● 實廠設計：

流體化床：直徑3.5 m × 高度20 m@2座

好氧生物固定膜：有效體積664 m<sup>3</sup>

填充材：蜂巢式浪版

填充率：60%

#### ● 實廠功能檢測結果：

Item	Influent wastewater	ANFB <sub>1</sub> effluent	ANFB <sub>2</sub> effluent	AF effluent
pH	1.9~3.0	7.5~8.5	7.4~8.3	8.0~8.6
COD (mg/L)	1,500~3,500	430~1,100	450~1,190	66~150
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	450~910	65~170	85~185	22~89

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(5)積體電路製造業顯影製程廢水處理 (1/6)

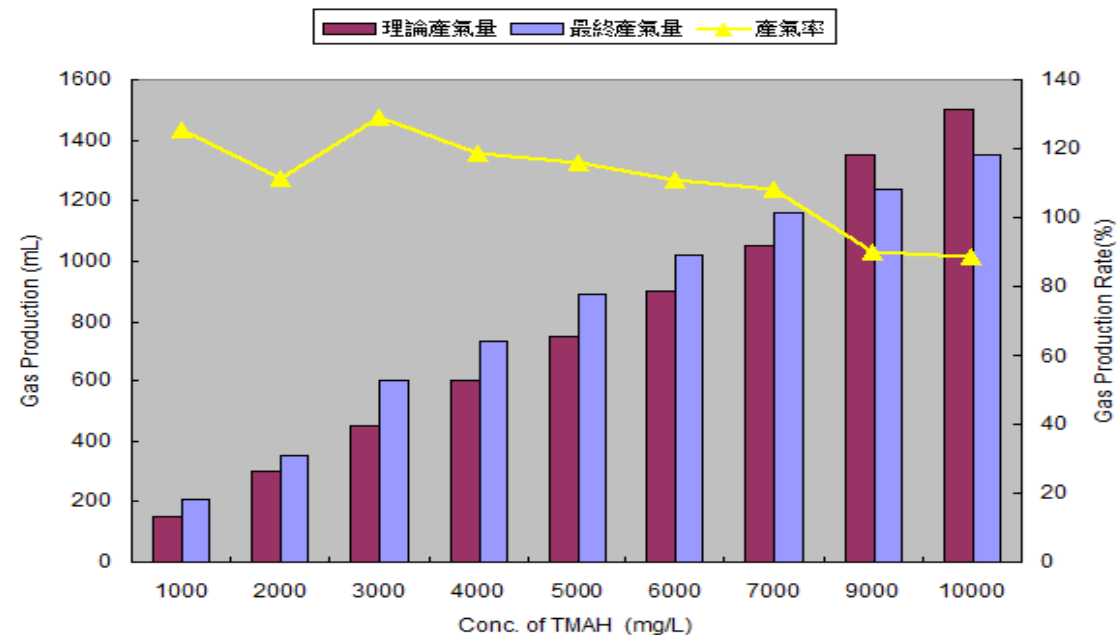
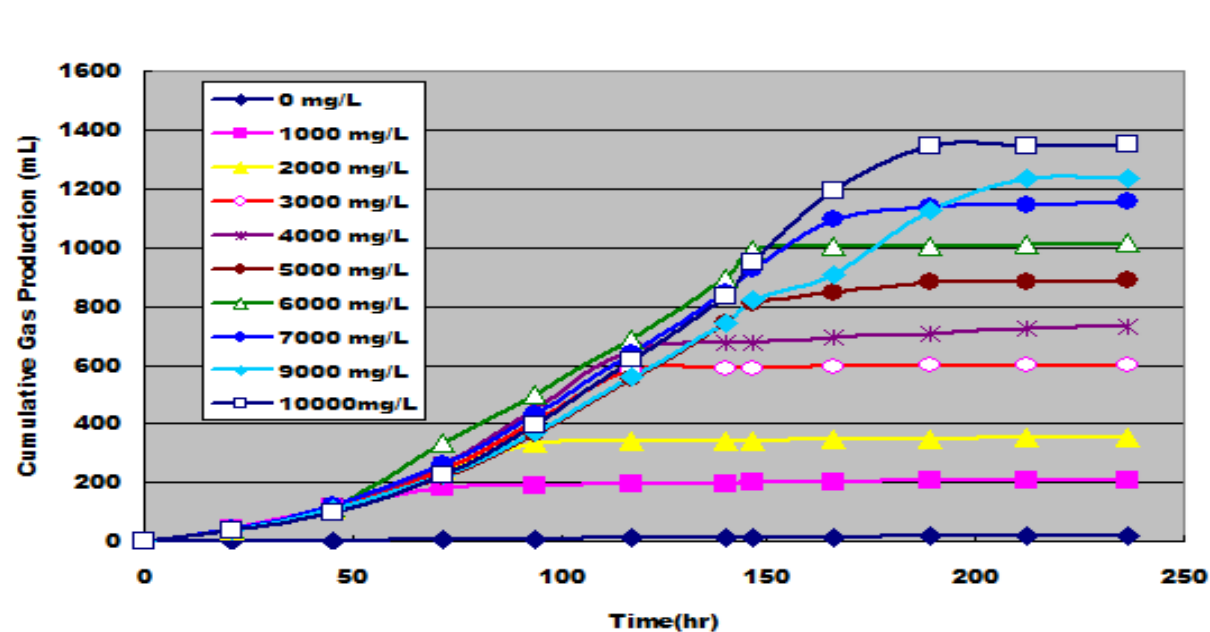
- 高科技廠生產製程常使用**氫氧化四甲基銨 (TMAH)** 為顯影劑
- 氫氧化四甲基銨  $[(CH_3)_4N^+ \bullet OH^-]$  是一個**有機氮**化合物，其結構類似氨水
- 有機物含量無法用化學需氧量分析法檢測，必須用總有機碳進行分析，TMAH則使用離子層析法定量
- TMAH分解後主要產物之一為**氨氮**，產生氨氮濃度約為TMAH分解濃度之**15%**



## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(5)積體電路製造業顯影製程廢水處理 (2/6)

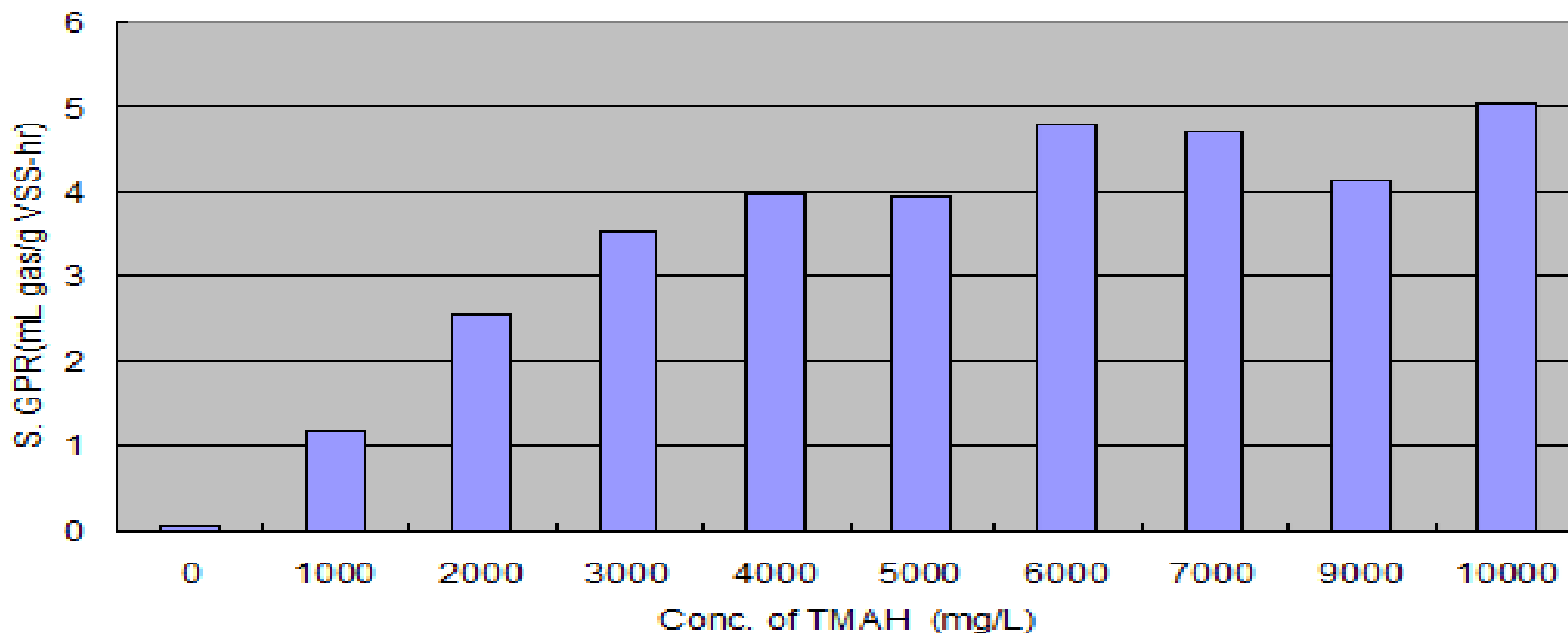
#### ● TMAH之BMP實驗



## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(5)積體電路製造業顯影製程廢水處理 (3/6)

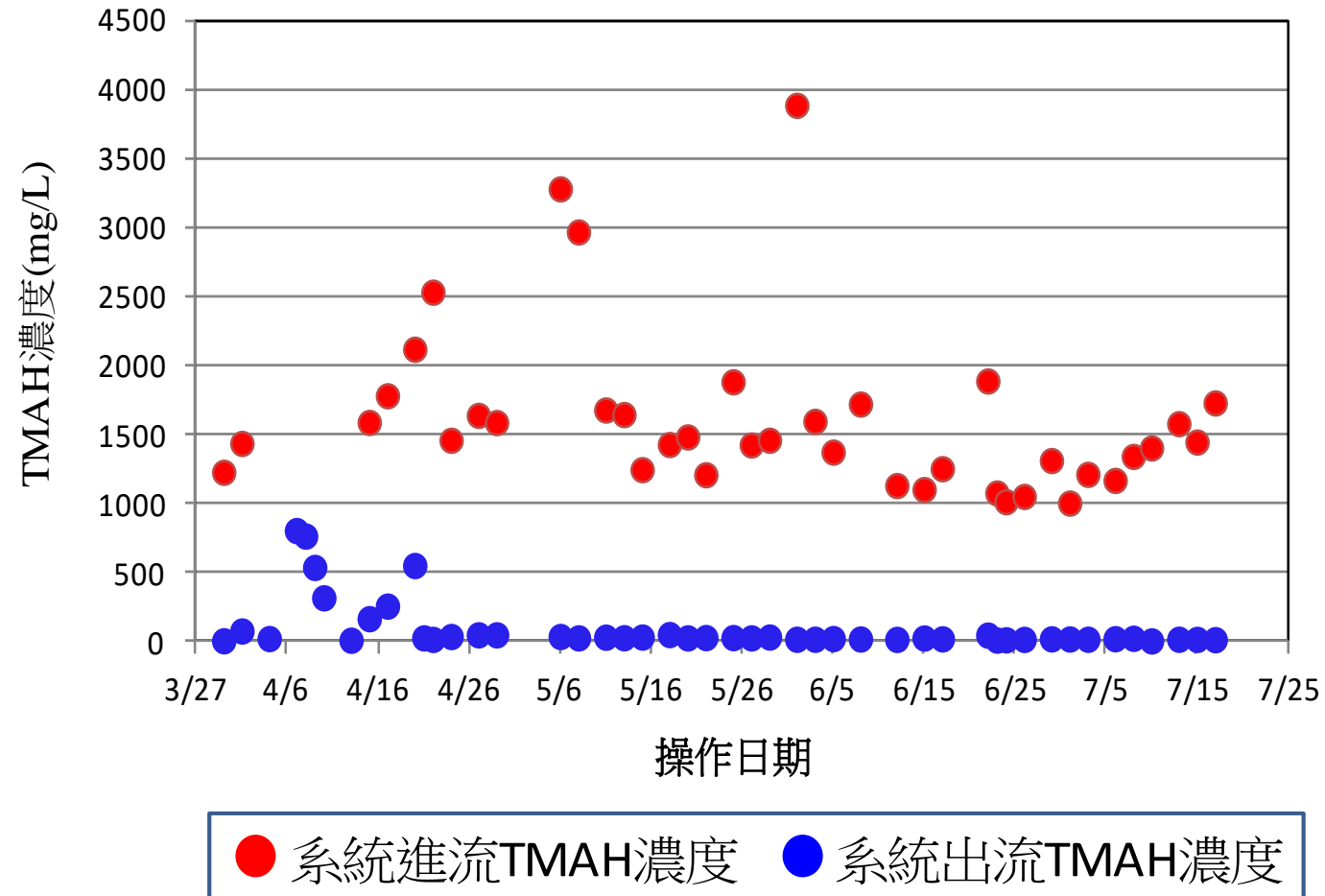
- TMAH之比甲烷產氣速率 (SMPR) 變化：TMAH濃度**無抑制**情形



## 二、高濃度有機製程廢水

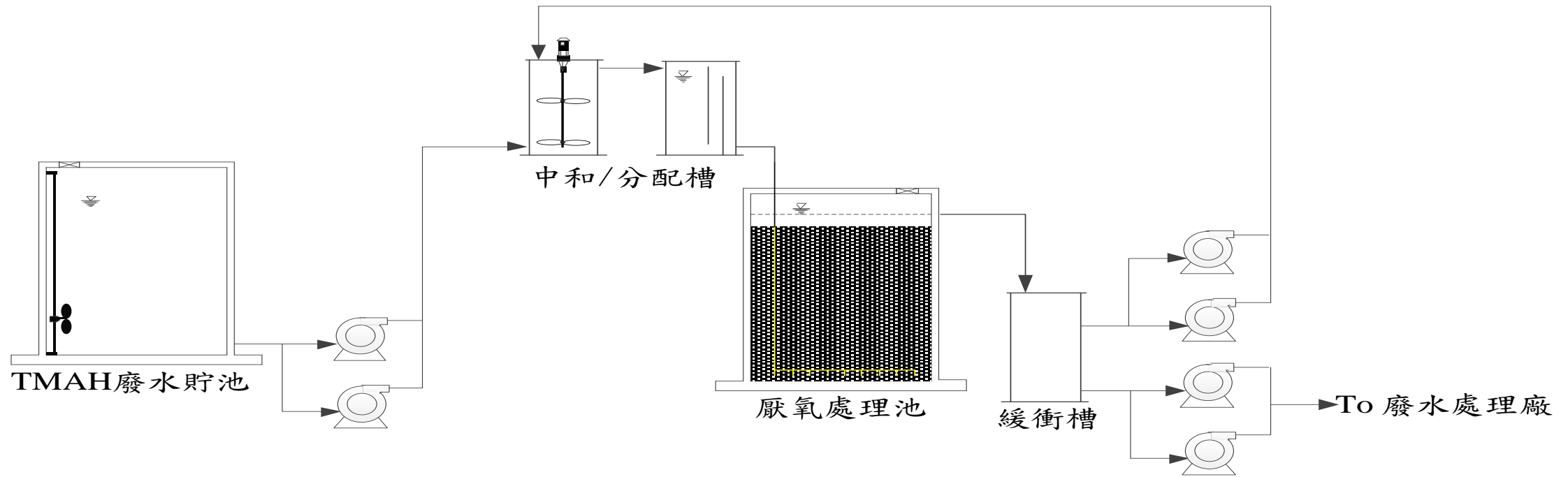
### 3.實際案例/(5)積體電路製造業顯影製程廢水處理 (4/6)

#### ● TMAH厭氧生物處理穩定性模場試驗



## 二、高濃度有機製程廢水

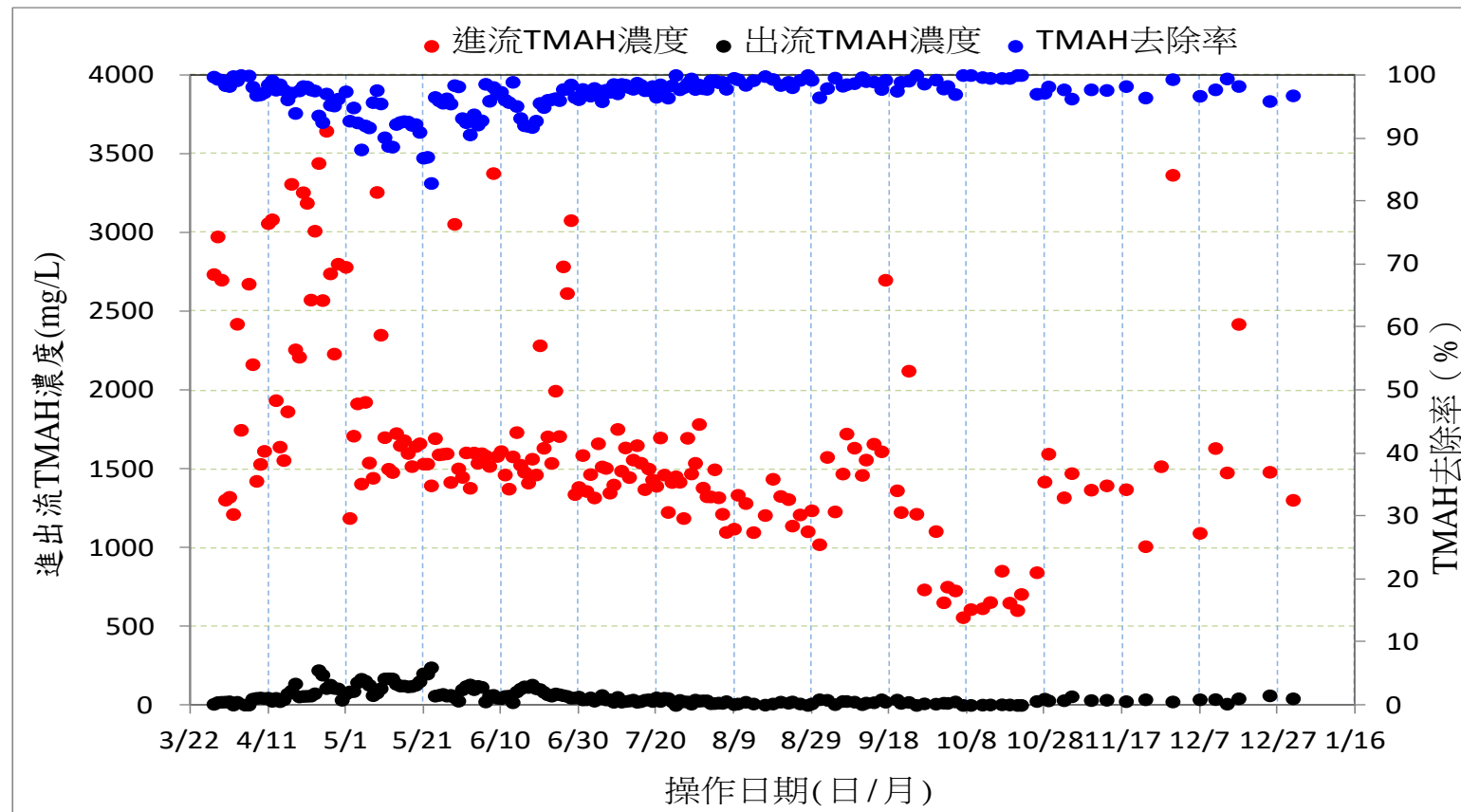
### 3.實際案例/(5)積體電路製造業顯影製程廢水處理 (5/6)



## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(5)積體電路製造業顯影製程廢水處理 (6/6)

- 本案例廠設計TMAH濃度1,200~1,800 mg/L
- 功能試車結果



## 二、高濃度有機製程廢水

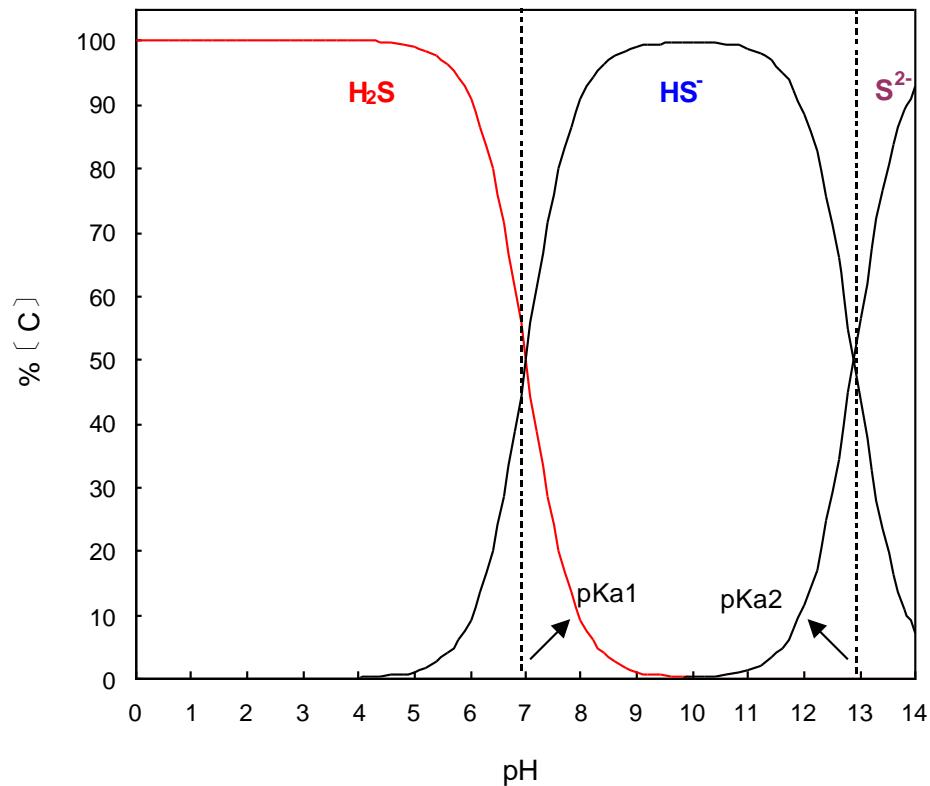
### 3.實際案例/(6)含高硫酸鹽之有機製程廢水處理 (1/4)

- 許多有機廢水含有高濃度硫酸鹽(  $\text{SO}_4^{2-}$  )
- 若此種廢水採用厭氧處理技術，因硫酸鹽在厭氧處理系統中，硫酸鹽因硫酸還原菌之作用，轉化成硫化氫 ( $\text{H}_2\text{S}$ )
- 硫化氫對微生物而言 (尤其是甲烷菌)具有毒性
- 若無適當處理將對厭氧生物處理系統造成毒性

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(6)含高硫酸鹽之有機製程廢水處理 (2/4)

#### ● 硫化氫在不同pH之水相中各物質之占比



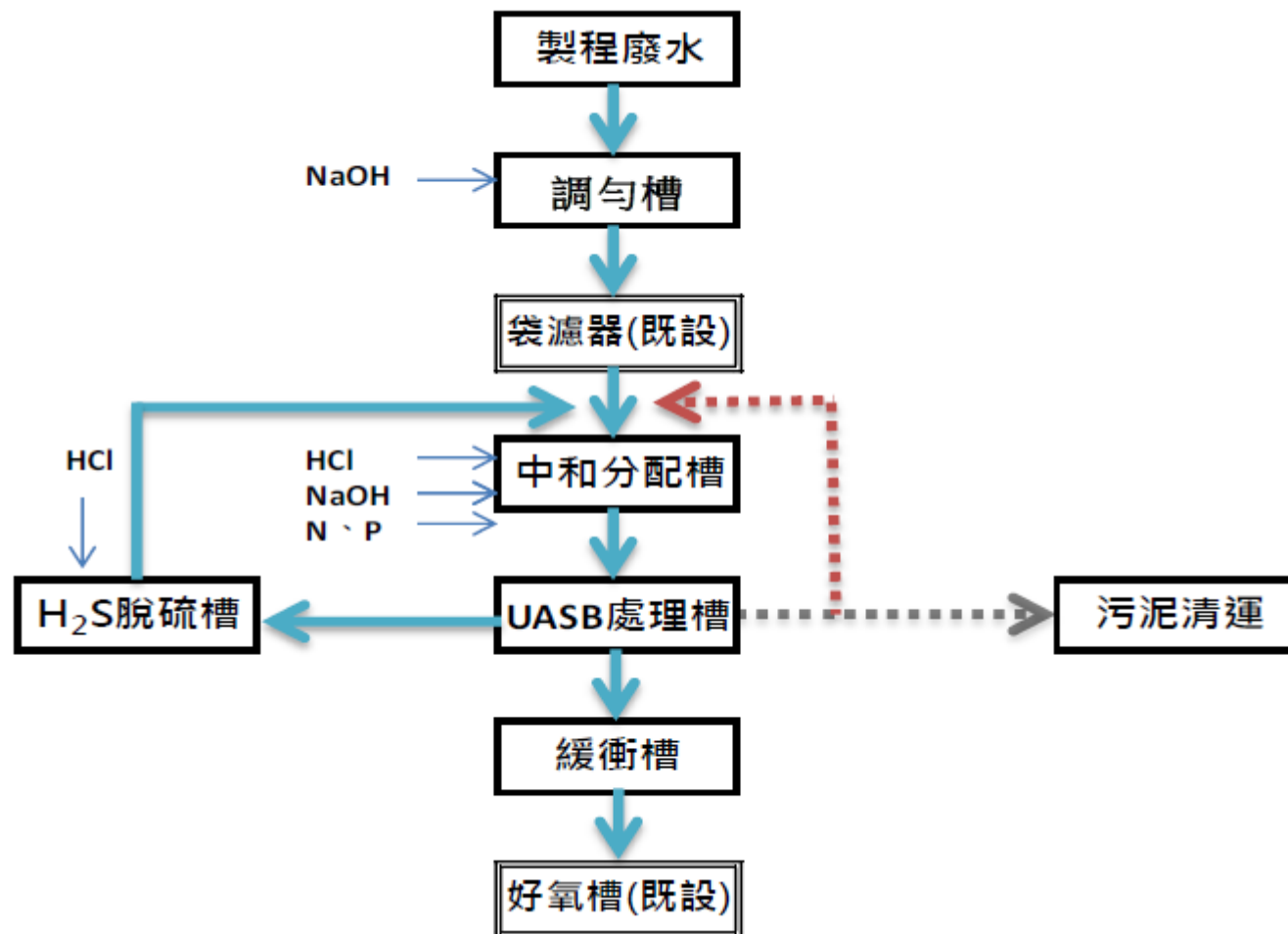
- 當 $COD/SO_4^{-2}$  比值介於1.7~2.7之間時，硫酸還原菌與甲烷菌具很高競爭。
- 硫化物160~200 mg/L：硫酸還原菌具抑制性。
- 硫化物120~140 mg/L：甲烷菌具抑制性。
- 當 $COD/SO_4^{-2}$  比值低於0.7時，甲烷菌將失去競爭力。
- pH應偏向鹼性，以防 $H_2S$ 抑制。

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(6)含高硫酸鹽之有機製程廢水處理 (3/4)

#### ● 工程設計基準與處理流程圖

- 處理流量：300 CMD
- $\text{COD} \leq 12,000 \text{ mg/L}$
- $\text{SO}_4^{2-} \leq 3,200 \text{ mg/L}$
- 重金屬  $\leq 3 \text{ mg/L}$
- $\text{COD}$  負荷  $\leq 3,600 \text{ kg/day (Max)}$
- 厭氧槽有效體積：1,270  $\text{m}^3$
- $\text{SO}_4^{2-} > 3,200 \text{ mg/L}$ ， $\text{H}_2\text{S}$ 脫硫槽啟動操作





## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(6)含高硫酸鹽之有機製程廢水處理 (4/4)

#### ● 厭氧槽功能檢測結果

日期	COD			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	進流	出流	出流pH	進流	出流
2/1	22100	2900	7.98		
2/11	25650	3630	8.63		
2/12	20850	3555	8.39		
2/13	21800	3940	8.39	6200	4125
2/14	11770	2820	8.31		
2/15	29200	-	-		
2/18	39700	3635	8.12		
2/19	26550	2925	8.01		
2/20	27900	3760	7.93	6650	3950
2/21	34300	3875	7.72		
2/22	31150	3995	7.84		
2/23	36200	4760	7.93		
2/25	24450	5790	7.85		
2/26	25500	5280	7.47		
2/27	22200	4865	7.52	5480	3900
3/4	19050	4870	7.46		
3/5	20350	4990	7.52		
3/6	20400	4665	7.65	4250	3850
3/7	20700	4545	7.55		

## 二、高濃度有機製程廢水

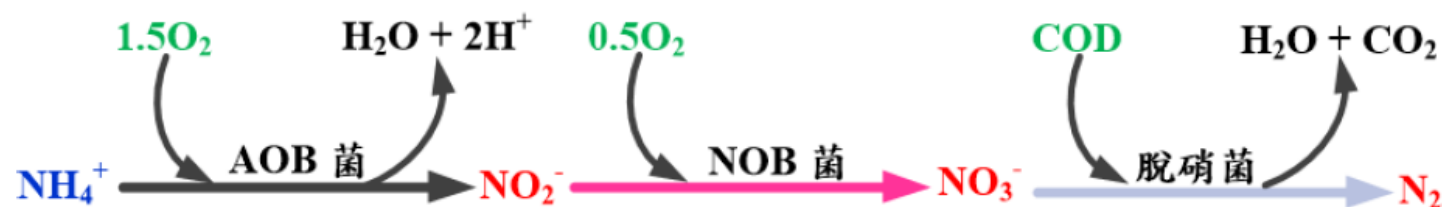
### 3.實際案例/(7)含高氨氮之有機製程廢水處理 (1/7)

- 有機製程廢水中常含有凱式氮污染物 (如氨氮、有機氮)
- 目前法規已管制氨氮項目
- 故在去除有機物過程也需一併考慮氨氮之硝化與脫氮
- 在同時考慮COD去除、氨氮硝化與硝酸氮脫氮之處理系統，需特別注意有機物與硝酸氮比值 (即C/N比)
  - ✓ 廢水中存在高濃度BOD時，會影響氨氮硝化作用
  - ✓ 硝酸氮脫氮需要碳源 (可生物分解之COD, COD<sub>b</sub>)，一般COD<sub>b</sub>/NO<sub>3</sub>-N實廠經驗值為2.7

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3. 實際案例/(7) 含高氨氮之有機製程廢水處理 (2/7)

#### ● 氨氮硝化與硝酸氮脫硝反應



**A**mmonium **O**xidizing **B**acteria (AOB)

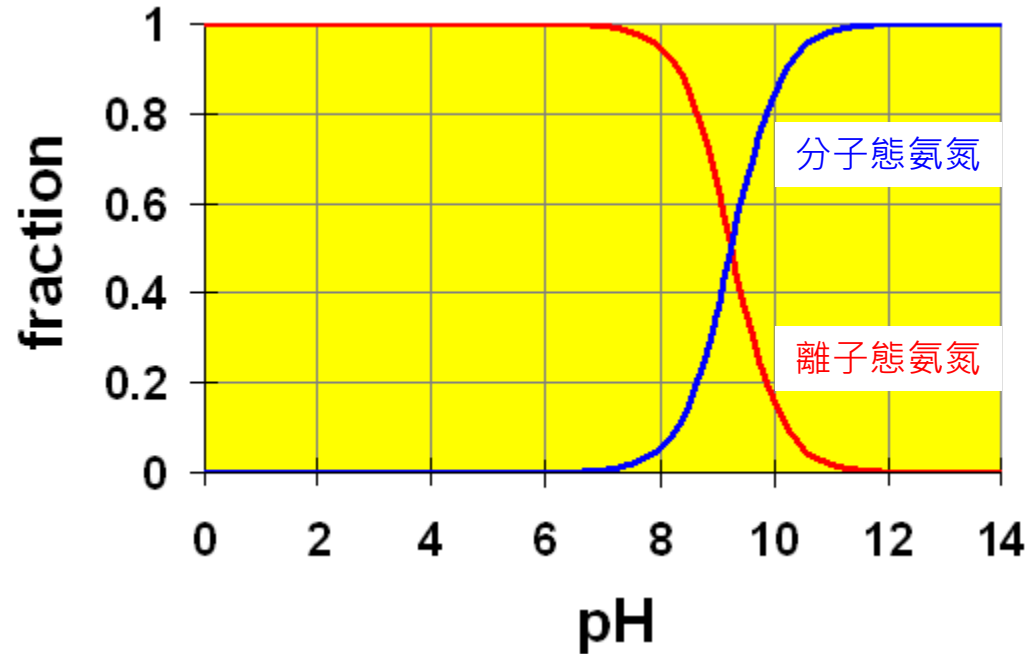
**N**itrite **O**xidizing **B**acteria (NOB)

AOB: 氨氮氧化菌

NOB: 硝酸氧化菌

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3. 實際案例/(7)含高氨氮之有機製程廢水處理 (3/7)



分子態氨氮高濃度：介於10~150 mg/L，會對AOB造成抑制

分子態氨氮低濃度：介於0.1~1.0 mg/L，會對NOB造成抑制。

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(7)含高氨氮之有機製程廢水處理 (4/7)

#### 設計基準

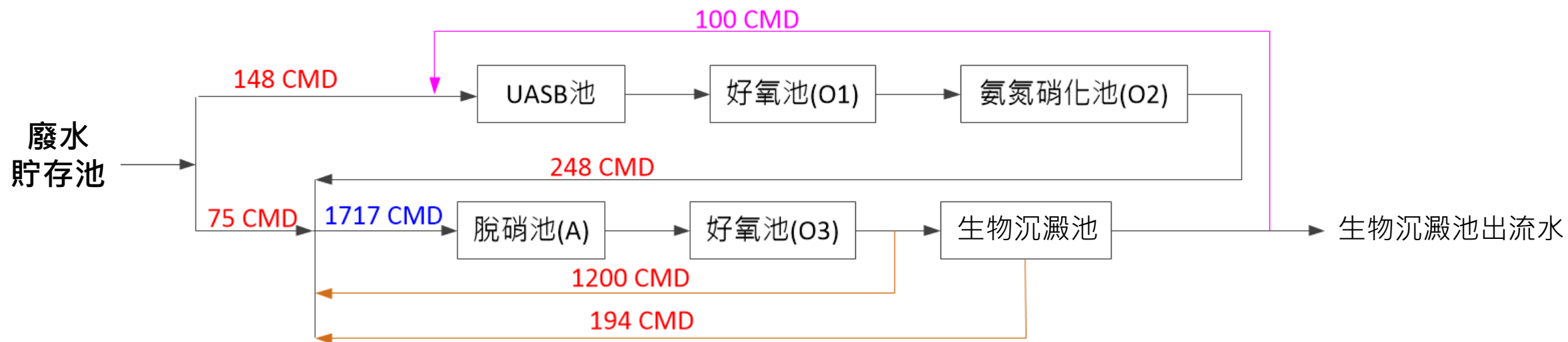
##### ● 案例-1

- 廢水量：223 CMD
- CODs: 17,500 mg/L, BOD: 10,870 mg/L,  $\text{NH}_3\text{-N}$ : 2,000 mg/L
- 因 $\text{BOD}/\text{CODs}=0.62$ , 可假設 $\text{CODb}$ 與 $\text{CODs}$ 數值接近
- $\text{NH}_3\text{-N}$ 全部轉化成 $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\frac{\text{CODb}}{\text{NO}_3\text{-N}} = 8.75 > 2.7$ ，脫氮碳源具過剩特性
- $\text{NH}_3\text{-N}$ 全部轉化成 $\text{NO}_3\text{-N}$ : 2,000 mg/L
- $\frac{\text{CODb}}{\text{NO}_3\text{-N}}$ 工程設計值訂為3，以求能完全脫氮
- 2,000 mg/L之  $\text{NO}_3\text{-N}$ 脫氮需要6,000 mg COD/L
- 過剩COD濃度為 11,500 mg/L (17500-6000)
- UASB與好氧池 (O1) 用於去除過剩CODb

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(7)含高氨氮之有機製程廢水處理 (5/7)

#### 案例-1脫氮碳源過剩系統



## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(7)含高氨氮之有機製程廢水處理 (6/7)

#### 設計基準

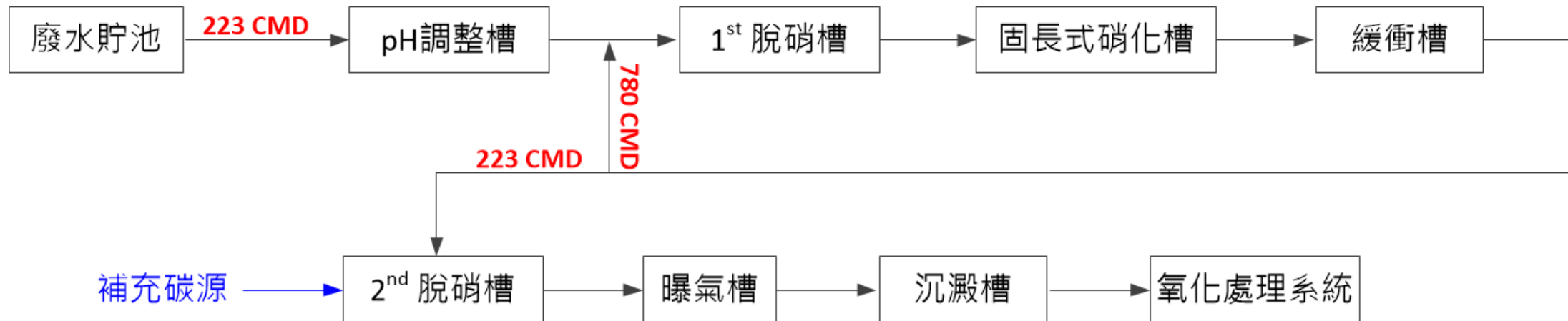
##### ● 案例-2

- 廢水量：223 CMD
- CODs: 5,400 mg/L, BOD: 2,000 mg/L,  $\text{NH}_3\text{-N}$ : 2,000 mg/L
- 因 $\text{BOD}/\text{CODs}=0.37$ , 假設 $\text{BOD}=2\text{CODb}$ , CODb: 4,000 mg/L
- $\text{NH}_3\text{-N}$ 全部轉化成 $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{CODb}/\text{NO}_3\text{-N}=2 < 2.7$ ，屬於碳源不足特性
- 生物不能分解之COD (CODnb) : 1,400 mg/L (5400-4000)，需採用高級氧化處理
- $\text{NH}_3\text{-N}$ 全部轉化成 $\text{NO}_3\text{-N}$ : 2,000 mg/L

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(7)含高氨氮之有機製程廢水處理 (7/7)

- CODb/NO<sub>3</sub>-N工程設計值訂為**3**以求能完全脫氮
- 2,000 mg/L之 NO<sub>3</sub>-N，脫氮需要6,000 mg COD/L
- 不足COD濃度為 2,000 mg/L (6000-4000)需**外加碳源**補充





## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(8)生物處理水無法達標之再處理 (1/3)

- 有些行業例如部分的化工業、造紙業之製程廢水，經二級生物處理後，仍無法達到放流水排放標準，故需在二級生物處理水之後，繼續串接其他處理單元，才能符合法規要求。
- 二級生物處理水之後串接之處理單元，依其各廠水質特性，目前實務上較常使用技術包括：**活性碳吸附、高級氧化處理**（例如臭氧、Fenton）。
- 活性碳吸附與高級氧化處理技術都是屬於較高操作成本的技術，為節省操作成本，其實仍可在活性碳吸附與高級氧化**處理單元之前**，接**(後)生物處理單元**，再利用**(後)生物處理**降解部分有機物，即可降低活性碳吸附或高級氧化處理之操作成本。

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(8)生物處理水無法達標之再處理 (2/3)

- 本案例廠 (後) 生物處理一般有兩個特性：
  - a. 採用**固定生長式**系統
  - b. 設計操作條件與二級生物處理不同
- 一般最簡單方式是控制不同pH
  - ✓ 在固定生長式系統與不同pH生長環境下，可形成**另一個優勢菌種**，再次降解二級生物處理水中殘餘之有機物。

## 二、高濃度有機製程廢水

### 3.實際案例/(8)生物處理水無法達標之再處理 (3/3)

- 案例廠生產乳膠、橡膠產品
- 本案例廠是丙烯-二丁烯橡膠 (NBR) 生產工廠，其二級生物處理水無法達到COD排放標準，原規劃在二級生物處理後串接Fenton高級氧化處理技術，後經過經濟效益評估發現Fenton氧化處理技術操作本過高，最後採用 (後) 生物處理單元搭配Fenton氧化組合處理程序，雖然初設成本較高，但可大幅降低Fenton氧化之操作成本。
- 本案例廠 (後)生物處理單元採用BioNET處理技術，微生物生長之pH控制在5.6~5.8之間，水力停留時間 (HRT) 8.75小時，COD體積負荷0.3~1.0 kg COD/m<sup>3</sup>-day，進流水COD平均濃度190±43 mg/L，出流水COD平均濃度122±33 mg/L，COD去除濃度40~100 mg/L，COD去除率20~50%之間。

### 三、難分解有機製程廢水

#### 1.難分解有機製程廢水之污染源

---

- 水質分析結果  $BOD/COD < 0.2$ ，一般定義為生物難分解廢水
- 經生物適用性評估與可行性評估之後，確定生物無法分解之製程廢水
- 生物無法分解之製程廢水，可能原因
  - a. 有機物分子結構複雜：導致無法生物分解。
  - b. 有機物分子量龐大：微生物短時間無法透過水解等程序，將其裂解成小分子。
  - c. 廢水有機物毒性 (抑制性) 太高：導致生物無法分解。

### 三、難分解有機製程廢水

## 2.難分解有機製程廢水之處理 (1/2)

#### ● 具生物毒性處理：

- ✓經濟原則：若沒有生物毒性，優先將生物可分解有機物，利用生物技術處理
- ✓若因有機物毒性太高導致生物無法分解，可針對該毒性物質進行處理，以降低毒性，例如甲醛，可加入亞硫酸鈉 (Sodium sulfite) 以形成甲醛亞硫酸氫鈉 (Formaldehyde sodium bisulfite)，即可生物分解

#### ● 有機物分子量龐大：

- ✓分子量過於龐大有機物，可嘗試以不同pH、以不同混凝劑，利用混凝 (coagulation)，可去除一部分
- ✓無法利用混凝去除之大分子有機物、或因分子結構關係導致無法生物分解之有機物可嘗試利用活性炭吸附去除
- ✓或利用高級氧化(如O<sub>3</sub>)將有機物裂解成小分子(如下表)

### 三、難分解有機製程廢水

## 2.難分解有機製程廢水之處理 (2/2)

臭氧氧化對於廢水組成物質的改變		對生物分解性的影響
化學結構的改變	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 破壞芳香族結構</li><li>2. 破壞高分子結構</li><li>3. 結合氧原子<ol style="list-style-type: none"><li>a. 形成官能基</li><li>b. 增加極性</li><li>c. 降低 COD/DOC</li></ol></li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 增加微生物的酵素活性，使分解性提升</li><li>2. 破壞複雜的立體結構，使細胞傳輸機制變得較易發生，因而分解性提升</li><li>3a. 增加微生物的酵素活性，特別是基本的酵素傳輸機制與攝取等，使分解性提升</li><li>3b. 同 3a.</li><li>3c. 能量輸出較少，使分解性提升或降低</li></ol>
化學組成的改變	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 破壞毒性物質</li><li>2. 形成毒性代謝產物</li><li>3. 破壞抑制硝化的有機物</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 增加微生物的活性，使分解性提升</li><li>2. 抑制生化過程，使分解性降低</li><li>3. 硝化過程的分解性提升</li></ol>

參考資料：Jochimsen and Jekel, 1997

### 三、難分解有機製程廢水

#### 3.實際案例/(1)製藥業製程廢水 (1/2)

- 本案例廠是一抗生素製造工廠，其中一股廢水之COD約20,000 mg/L，廢水中含有氨氮與氯離子，進行好氧生物分解性試驗96小時，COD去除率22%，因此屬難分解有機製程廢水。
- 經評估：以**電解氧化**方式處理
  - 陽極材料：鈦基二氧化鉍/二氧化釷混合型氧化電極
  - 陰極材料：不鏽鋼
  - 操作方式：循環批次式
  - TOC去除率：89%，氨氮去除率接近100% (折點加氯)
  - 處理水併入廢水處理廠處理

### 三、難分解有機製程廢水

#### 3.實際案例/(1)製藥業製程廢水 (2/2)

● 處理結果：

Time(hr)	COD(mg/L)	NH <sub>3</sub> - N(mg/L)	TOC(mg/L)	pH	COD/TOC
0	17246	3800	5037	10.52	3.42
1	14670	988	3826	8.3	3.83
2	7640	7.3	2319	5.21	3.29
3	1565	0	930	7.22	1.68
4	745	0	648	8.41	1.15
5	619	0	543	9	1.14



### 三、難分解有機製程廢水

#### 3.實際案例/(2)吡啶製程廢水 (1/4)

- Pydine為一雜環含氮之弱鹼性之有機氮化合物。
- 含有Pydine成分之廢水並不容易於傳統活性污泥程序中被生物降解而去除 (Luthy *et al.* 1983; Qian *et al.* 1994)。
- 利用無氧方式降解Pydine廢水已成功於實驗室批次實驗中發現 (Li *et al.* 2001)。此研究發現，經過60小時之反應後，Pydine可以完全被無氧性微生物成功代謝，最高處理濃度可達100 mg/L之Pydine濃度。
- 好氧微生物 *Pseudomonas* sp.可由傳統活性污泥之微生物中成功分離出來。且此菌種對於Pydine成分也可以有效代謝而達到去除之目的 (Mohan *et al.* 2003)。該研究指出約650 mg/L之Pydine可有效的被去除。
- 以上資訊顯示，研究上已證實可生物分解，但在工程實務應用上仍有風險

### 三、難分解有機製程廢水

#### 3.實際案例/(2)吡啶製程廢水 (2/4)

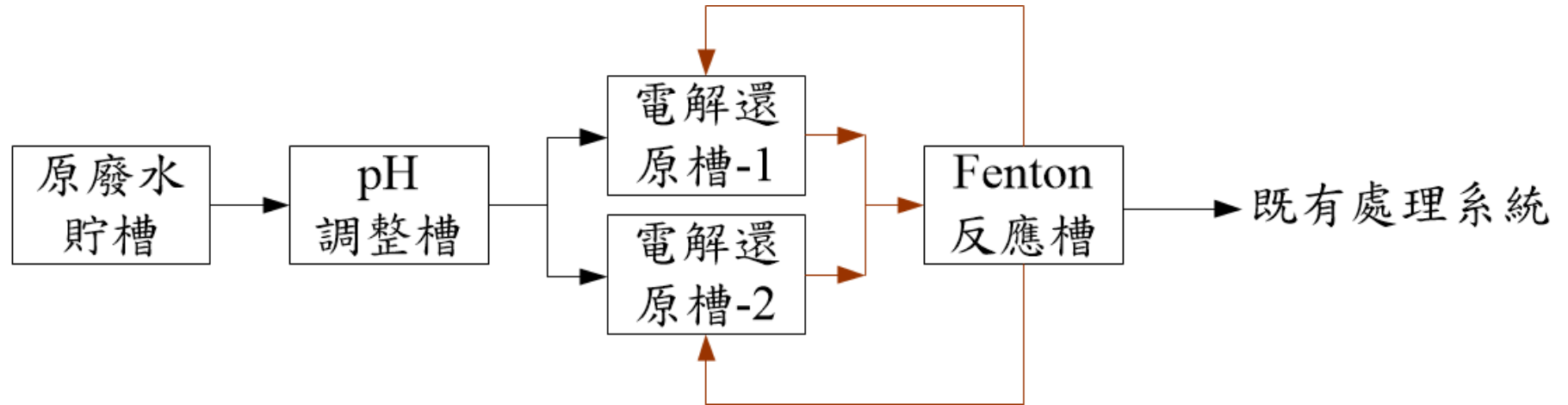
---

- 採用E-Fenton (電解-Fenton)處理吡啶製程廢水
- 設計基準條件：
  - 處理水量：200 CMD
  - 原廢水COD < 3,600 mg/L
  - 處理後水質COD < 1,080 mg/L

### 三、難分解有機製程廢水

#### 3.實際案例/(2)吡啶製程廢水 (3/4)

##### ● 處理流程



##### ● E-Fenton安裝前相片



### 三、難分解有機製程廢水

#### 3.實際案例/(2)吡啶製程廢水 (4/4)

● 處理結果：

Item	原廢水COD (mg/L)	氧化後COD (mg/L)	COD去除量 (mg/L)
# 1	2,562	347	2,215
# 2	1,269	301	968

### 三、難分解有機製程廢水

#### 3.實際案例/(3)含光阻廢水 (1/3)

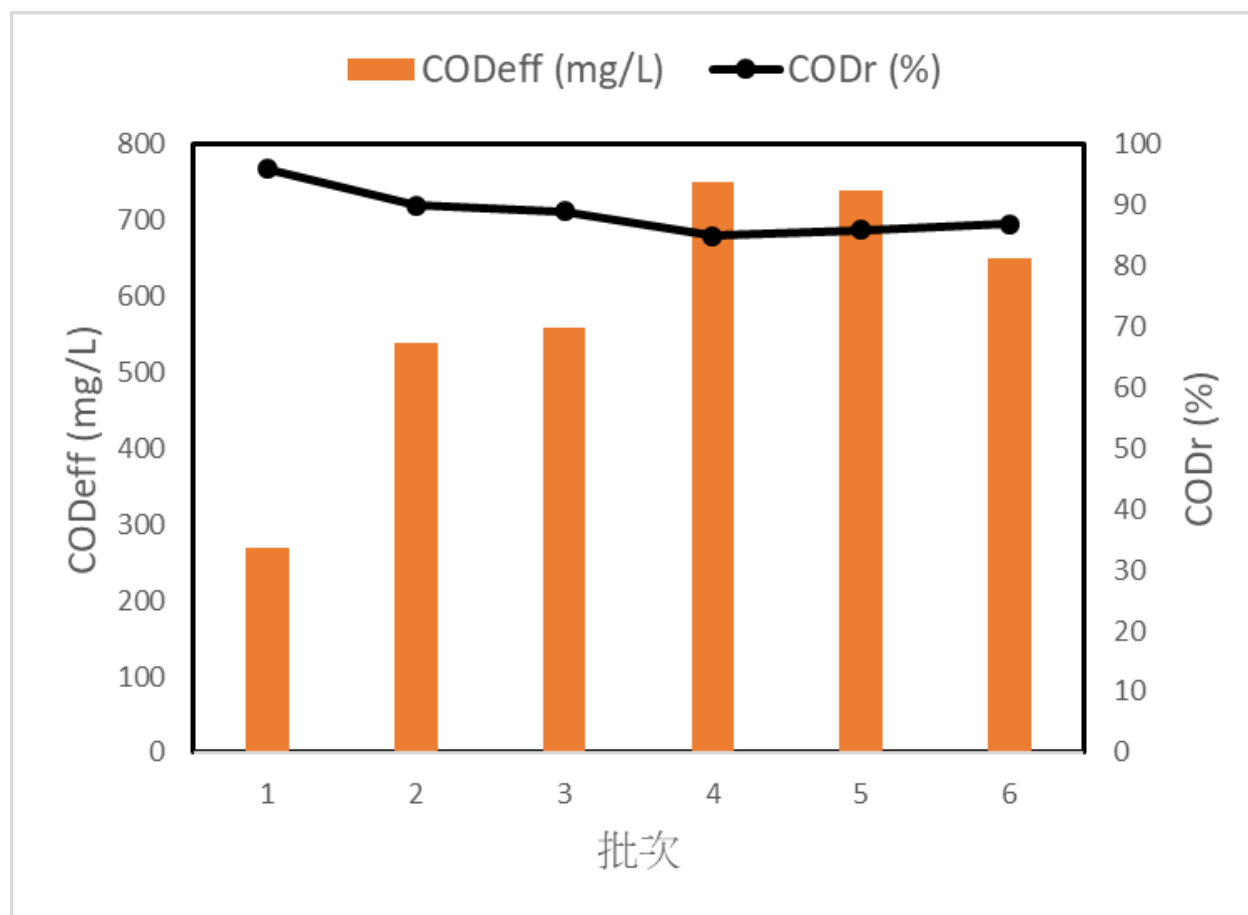
---

- 廢光阻之洗桶廢水
- 案例-A：半導體業 COD 5,000 mg/L
- 案例-B：電子業 COD 1,600 mg/L
- 採用Fered-Fenton處理
  - 陽極：鈦基DSA空心圓棒
  - 陰極：SUS304不鏽鋼圓網
  - 批次式操作
- 電解氧化完成，進行混凝沉澱

### 三、難分解有機製程廢水

#### 3.實際案例/(3)含光阻廢水 (2/3)

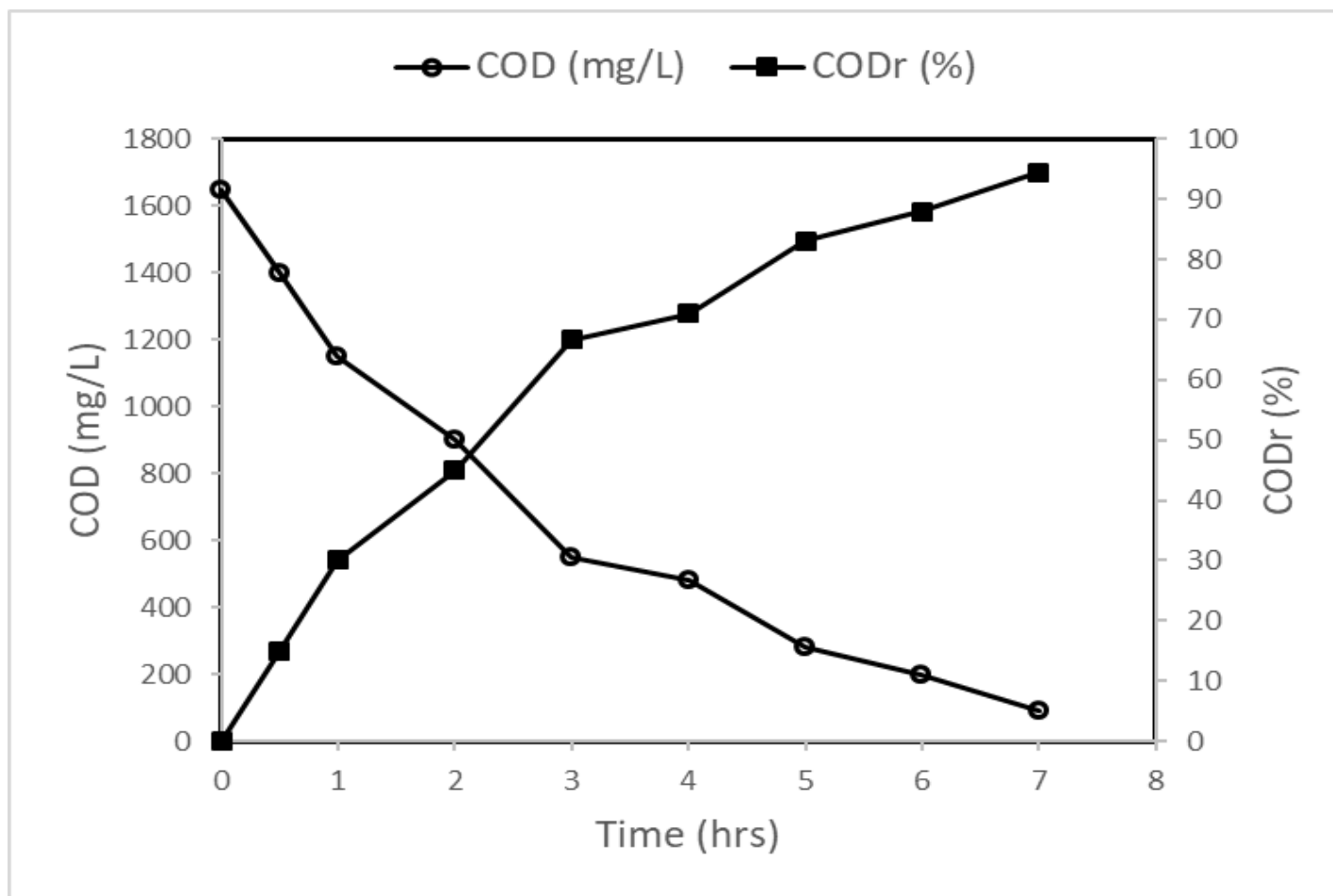
案例-A：半導體業 COD 5,000 mg/L、處理結果：COD去除率達80%



### 三、難分解有機製程廢水

## 3.實際案例/(3)含光阻廢水 (3/3)

案例-B：電子業 COD 1,600 mg/L、COD去除率 > 90%



## 四、具毒性有機製程廢水

- 依「[毒性及關注化學物質管理法](#)」之規定，毒性化學物質共分為4類並已公告列管物質達341種。

種類	定義
第一類： 五氯酚、DDT、汞、三丁錫	化學物質在環境中 <u>不易分解或因生物蓄積、生物濃縮、生物轉化</u> 等作用，致污染環境或危害人體健康者
第二類： 鉻酸、氯乙烯、鎘、鉍	化學物質有 <u>致腫瘤、生育能力受損、畸胎、遺傳因子突變</u> 或其他慢性疾病等作用者
第三類： 氰化氫、鎘、五氯酚、DDT、氯、氟	化學物質經 <u>暴露</u> ，將立即危害人體健康或生物生命者
第四類： 三氯甲烷、四氯乙烷、二氯乙烯	化學物質具有 <u>內分泌干擾素</u> 特性或有污染環境、危害人體健康者



## 四、具毒性有機製程廢水

### 1. 酚及氯酚類化合物污染源

- 酚：為芳香族之羥基 (-OH) 衍生物，羥基直接與苯環相連者
- 氯酚：(包括2-氯酚、3-氯酚、4-氯酚及五氯酚等) 類化合物。
- 一般含酚類化合物的工業廢水種類，包含製程中的蒸餾廢液、冷凝廢水、苛性廢液及其他特殊用途製程廢水。
- 最主要的工業產生來源包括：有機化合物製造業、石油煉製業、鋼鐵及煉焦業、塑膠及合成工業、炸藥製造業、染整業、木材防腐業、飛機修護業及橡膠加工業等。

## 四、具毒性有機製程廢水

### 2. 酚及氯酚類化合物之處理/(1) 溶劑萃取回收

- 利用**液相溶劑萃取回收法**，係基於酚及氯酚化合物在有機溶劑中之溶解度高於在水中，且有機溶劑與水不互溶的特性，自高濃度廢液中萃取回收酚及氯酚化合物。
- 當廢水中酚及氯酚化合物**濃度大於2,000 mg/L且流量高於200 L/min**時，具有回收價值。

## 四、具毒性有機製程廢水

### 2. 酚及氯酚類化合物之處理/(2) 活性碳吸附法

- **活性碳**：由於表面有許多微小的孔隙，具有非常大的比表面積 (約  $400 \sim 1,200 \text{ m}^2/\text{g}$ )，對環狀、非極性之高分子有機物吸附效果良好，常被用來處理含較**低濃度**酚或氯酚化合物的廢水。
- 當活性碳**吸附容量達飽和**後
  - ✓ 使用溶劑回收濃縮的含酚液，
  - ✓ 或是熱再生方式將酚或氯酚化合物破壞去除。

## 四、具毒性有機製程廢水

### 2. 酚及氯酚類化合物之處理/(3) 焚化處理法

- **焚化法**：係在充足之空氣或氧氣情況下，利用高溫燃燒將廢棄物轉變為安定之氣體或物質之處理方法，適合於處理高濃度廢液；一般使用泵浦將廢液注入 (壓力為80 psi) 水平式焚化爐燃燒室中，並添加輔助燃料維持一次燃燒室溫度在850~900°C間。
- 酚的理論燃燒熱值高達13,300 Btu/lb (7,380 kcal/kg)，若廢液含酚濃度達18%以上，可以焚化方式處理之
- 有害事業廢棄物之焚化處理設施，其燃燒室出口中心溫度應保持1,000°C以上，因此進行實際焚化作業時，必須供給額外燃料以輔助燃燒，相對地必須增加廢氣處理設備容量和操作成本。

## 四、具毒性有機製程廢水

### 2. 酚及氯酚類化合物之處理/(4)生物處理法

- 傳統生物處理方式處理酚類廢水，大多由於菌種被毒害以及酚濃度限制，使其處理效果不甚理想，加上懸浮系統中微生物易流失
- 近年來的研究多朝向菌種的馴化及培養，與改善微生物系統使微生物固定化方式來處理廢水，以減少微生物流失，增加分解效率。

## 四、具毒性有機製程廢水

### 2. 酚及氯酚類化合物之處理/(5)光催化處理法

- 光化學反應

- ✓ 一般分為直接光解 (direct photolysis) 與間接光解 (indirect photolysis)
- ✓ 可處理多種污染物
- ✓ 能源取自於天然日光

- **直接光解**：通常利用紫外光線照射污染物質，物質吸收光線能量後到達激發態而進行化學反應，然而由於直接光解破壞效率不佳與實際應用上限制

- **間接光解**：利用催化劑來增加其適用性。

## 四、具毒性有機製程廢水

### 2. 酚及氯酚類化合物之處理/(6)化學氧化處理法 (1/3)

- 化學氧化處理程序包括

- ✓ 溼式氧化法 (Wet air oxidation, WAO)
- ✓ 臭氧氧化
- ✓ Fenton法
- ✓ 此類方法通常對於氯酚化合物具有較好的破壞去除效率。

- 溼式氧化程序：係在高溫 (200~350°C) 及高壓 (1.5~7.0 MPa)、高液相溶氧量，將生物不易分解的有機質或難分解物質直接分解、微生物分解轉化，或快速分解具小分子量的中間產物。

## 四、具毒性有機製程廢水

### 2. 酚及氯酚類化合物之處理/(6)化學氧化處理法 (2/3)

- **臭氧氧化**：臭氧為一種極強之氧化劑，在水中能進行自分解反應，生成氧化能力更高之氫氧自由基，對許多難分解之有機物有很好的效果
- **Fenton氧化**：
  - 主要是利用 $\text{Fe}^{2+}$ 與 $\text{H}_2\text{O}_2$ 反應生成大量之**OH· 自由基**，以對水溶液中之有機物進行氧化及分解，達到廢水處理之目的
  - Fenton氧化程序 **$\text{Fe}^{2+}$ 的來源**：除了以加藥方式外，尚可應用含鐵的陽極溶蝕方式供應，或將二價鐵氧化後形成的三價鐵離子，於陰極還原成二價鐵離子循環重複利用，減少加藥量降低操作成本。



## 四、具毒性有機製程廢水

### 2. 酚及氯酚類化合物之處理/(6)化學氧化處理法 (3/3)

#### ● Fenton氧化程序關鍵操作參數

- pH效應：一般而言，pH操作值應小於4。
- 溫度效應：有文獻指出，Fenton反應較佳的操作溫度為30°C。
- $\text{Fe}^{2+}$ 濃度之影響：去除1 mg/L的COD，約需要3.49 mg的 $\text{Fe}^{2+}$ 。
- $\text{H}_2\text{O}_2$ 濃度之影響：去除1 mg/L的COD，約需要2.13 mg的 $\text{H}_2\text{O}_2$ 。
- 污染物濃度之影響：較低的污染物初始濃度對於Fenton反應而言，是相對有利的。

## 五、揮發性有機製程廢水

### 1.揮發性有機製程廢水污染源

- 半導體等電子業：以製程清洗溶劑為主，如異丙醇、丙酮等。
- 石化業：
  - ✓來自製程廢液、桶槽與容器清洗廢水、空氣污染防制設備排放廢水等。
  - ✓污染物種與工廠使用原物料與製造程序有關，可能有乙腈、丙酮、丁酮、三氯甲烷、苯類 (BTEX)、苯乙烯等
- 製藥業：
  - ✓批次間之桶槽清洗為主要廢水產生源
  - ✓視原料藥有機溶劑含量而定，常見VOCs物種含乙腈、丙酮、三氯甲烷、二氯甲烷、1,2-二氯乙烷及甲苯等。
- 造漆業：廢水主要來自於桶槽清洗廢水及空氣污染防制設備，以常使用之有機溶劑，如丙烯酸腈、丙酮、苯類 (BTEX) 等為主。

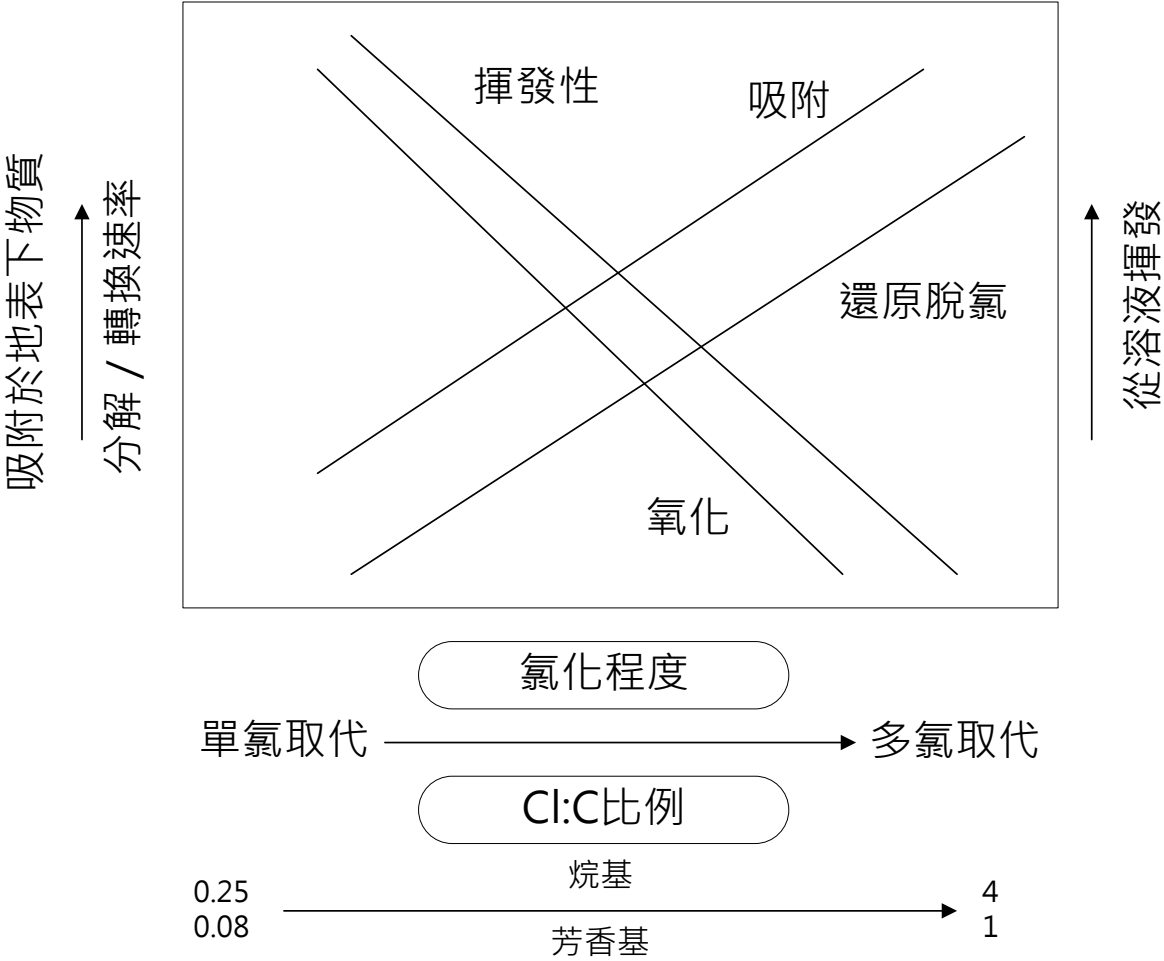
## 五、揮發性有機製程廢水

### 2.揮發性有機製程廢水之處理

- 揮發性廢水最常見的污染物為含氯有機溶劑 (Chlorinated solvents)
  - ✓含氯有機溶劑包括三氯甲烷、四氯化碳、三氯乙烯及四氯乙烯等氯化碳氫化合物，由於其具有低沸點、化學安定性及強溶解力等特性
- 含氯有機溶劑廢水的處理方法
  - ✓與前一節酚及氯酚類化合物處理方式相似
  - ✓包括溶劑萃取回收、活性碳吸附、焚化、生物、光催化及化學氧化。
  - ✓**高濃度廢水或廢液**：適合以溶劑萃取回收、焚化及化學氧化處理
  - ✓**低濃度廢水**：適合以生物、光催化及化學氧化等處理方法。
- 生物處理氯化碳氫化合物
  - 在好氧環境中，可以利用甲烷氧化菌的共代謝作用進行反應
  - 但對於**高氯量**之氯化有機物，仍需在**無氧及厭氧環境**中進行轉換分解。

# 五、揮發性有機製程廢水

## 2.揮發性有機製程廢水之處理/(1)含氯有機溶劑處理 (1/2)



## 五、揮發性有機製程廢水

### 2.揮發性有機製程廢水之處理/(1)含氯有機溶劑處理 (2/2)

含氯有機物	好氧氧化		厭氧還原脫氯	
	直接代謝	共代謝	直接代謝	共代謝
含氯乙烯				
PCE	X	X	●	●
TCE	X	●	●	●
cis-DCE	X	●	●	●
trans-DCE	X	●	●	●
1,1-DCE	X	●	●	●
VC	●	●	●	●
含氯乙烷				
1,1,1-TCA	X	●	X	●
1,2-DCA	●	X	X	●
1,1-DCA	●	X	X	●
CA	X	X	X	X
含氯甲烷				
CT	X	X	X	●
CF	X	●	X	●
MC	●	●	●	●
CM	●	●	X	X

#### 共代謝 (co-metabolism)

有一類物質稱為外生物質或異生物質，是指一些天然條件下並不存在的由人工合成的化學物質，例如殺蟲劑，殺菌劑和除草劑等，其中許多有易被各種細菌或真菌降解(直接代謝)，有些則需添加一些有機物作為初級能源後才能降解，這一現象稱為共代謝。

## 五、揮發性有機製程廢水

### 2.揮發性有機製程廢水之處理/(2)VOCs污染防制 (1/2)

環保署公告之揮發性有機物空氣污染管制及排放標準，規定石化製程之廢水收集系統、廢水處理設施初級處理單元設備、生物曝氣池及污泥處理設施，應維持氣密狀態，且應符合下列規定之一：

- 採用密閉集氣系統或圍封式集氣系統連通至污染防制設備，使削減率達85%、濃度150 ppm以下。
- 合排氣管規格之固定頂蓋，且廢水直接進流活性污泥處理單元處理。

## 五、揮發性有機製程廢水

### 2.揮發性有機製程廢水之處理/(2)VOCs污染防制 (2/2)

自廢水處理單元逸散之VOCs，可以以下方式進行控制：

- 通氣管之加蓋措施：
  - ✓直接加蓋措施可減少大量VOCs排放至空氣，一般有90%以上之效果
  - ✓可直接導入生物處理單元，將一級處理單元之VOCs藉由生物分解達減量目的。
- 進流前氣提及後端控制設備處理：
  - ✓藉由氣提方式，進流單元時集中收集並拉至末端控制設備處理，可減少後續操作改變引起逸散之困擾。
- 空氣、水與廢棄物三相環境媒介聯合管制：
  - ✓減少VOCs排入水中，直接以廢棄物方式處置，使VOCs處理成本及實際管制減量合理化。

## 六、感染性有機製程廢水

### 1. 醫院廢水污染源 (1/2)

---

- 醫院廢水之組成特性與一般家庭污水或工業廢水不同，含有一些潛在有害的成分：
  - 病原菌：包含細菌、病毒及寄生蟲等，在特定傳染病流行時，因治療病人而排放廢水，此時該問題特別重要。
  - 化學物質：在清洗與消毒時，可能會排放一些化學物質至廢水收集系統。
  - 藥物：可能含有抗生素、基因毒性藥物等。



## 六、感染性有機製程廢水

### 1.醫院廢水污染源 (2/2)

#### ● 藥物及個人保健用品 (PPCPs)

- ✓ 包含處方籤用藥、營養食品到個人日常生活用品
- ✓ 臺灣藥物進口最大量為抗生素、抗癌劑、麻醉劑以及荷爾蒙 (或腺素類)
- ✓ 其中，抗生素在排入環境水體後，因可能促使微生物產生抗藥性，影響微生物生態平衡，廢水中若含抗生素也將影響生物處理效能，部分抗生素如磺胺類的磺胺甲噁唑甚至具急毒性。

#### ● 其他PPCPs

- 包括避孕藥、雌性激素、雄性激素等荷爾蒙類藥品
- 則因其結構與人體內天然荷爾蒙結構類似，可能會在人體或生物體內發生假像作用，產生模仿正常荷爾蒙之過程，導致生理反應異常
- 例如：產生惡性腫瘤、對胚胎產生遺傳性病變、影響野生動物生殖能力等。

## 六、感染性有機製程廢水

### 2.醫院廢水處理 (1/6)

- 醫院廢水之組成特性與一般家庭污水或工業廢水不同，因其除一般生活污水所含之污染物外，另含有可能致病之感染性微生物、化學物質或輻射物質。在排放前必須經由一定之處理方法，以達安定化之要求。
- 醫院污水處理場
  - ✓ 一般傳統污水處理方式 (如活性污泥法) 外，特別著重感染性微生物之消毒過程及帶輻射性廢污水之安定化處理要求。
- 好氧生物處理單元
  - ✓ 可選擇接觸氧化、活性污泥和高效能好氧處理技術，如薄膜生物反應器、曝氣生物濾池等。
  - ✓ 採用具有過濾功能的高效能好氧處理技術(MBR)，可以降低懸浮固體濃度，有利於後續消毒。

## 六、感染性有機製程廢水

### 2.醫院廢水處理 (2/6)

- 有效的醫院廢水處理應包括：

- a. 初級處理

- b. 二級處理：一般可從水相移除幾乎所有的寄生蟲、90~95%的細菌及部分病毒，因此二級處理基本上可移除所有寄生蟲，但處理水可能尚含有具感染濃度之細菌與病毒。

- c. 三級處理：二級出流水可能還有20 mg/L的懸浮固體，可通過如**快濾單元**，將懸浮固體降至10 mg/L以下，方可有效進行消毒程序。

- d. 消毒：為將病原體降至天然水體範圍，需進行消毒操作，一般可使用**二氧化氯 (效率最高)**、**次氯酸鈉**、**氯氣**等，另外**紫外光消毒**亦可選擇。

## 六、感染性有機製程廢水

### 2.醫院廢水處理 (3/6)

---

#### e. 污泥處理：

- 廢水處理產生污泥可能含有高濃度寄生蟲及致病菌，因此污泥需要經過厭氧消化，以確保病原體在溫度較高環境下被消除。
- 污泥亦可以乾燥方式脫水，然後併同其他固體廢棄物進行焚燒。

## 六、感染性有機製程廢水

### 2.醫院廢水處理 (4/6)

- 醫院污水處理系統除了包括含菌污水的處理和消毒外，**對其他各種特殊排水**根據需要還應單獨處理，如含有重金屬的廢水、放射性廢水、含油廢水和洗印廢水等。
  - ✓ **重金屬廢水**：來自牙科治療和化驗室，含有汞、鉻等有害污染物，可用化學沉澱法或離子交換法處理。
  - ✓ **放射性廢水**：來自來同位素治療和診斷，低濃度放射性廢水採用衰變池處理，或用化學共沉澱法、離子交換法處理。
  - ✓ **含油廢水**：來自廚房餐廳，一般採用油水分離處理。
  - ✓ **洗印廢水**：來自照片洗印，含有銀、顯影劑、定影劑等有害物質，含銀廢水可採用電解法回收銀，顯影劑可用化學氧化法處理。

## 六、感染性有機製程廢水

### 2.醫院廢水處理 (5/6)

- 環保署曾調查製藥業和都市污水處理廠廢污水之**16種PPCPs**，結果發現多數目標污染物濃度在原廢水與放流水多落於 $10^{-6} \sim 10^{-5}$  mg/L間，僅少數物種檢出濃度數量級達  $10^{-4}$  mg/L，經生物處理濃度變化不大，代表PPCPs濃度極低時，並無法透過生物處理單元發揮充分的分解或吸附功能。
- 若再進一步經由**UF與RO組合之雙膜法**，依物種不同會有50~80%不等的去除效果，一般可使產水中PPCPs濃度低於 $10^{-6}$  mg/L (1 ng/L)，惟相關污染物**轉移至RO濃排水**，並未實質從水中去除。
- 相關物質仍應**盡可能自源頭管制**，透過藥物回收機制，方可避免流入水體。

## 六、感染性有機製程廢水

### 2.醫院廢水處理 (6/6)

---

#### ● 處理水及污泥再利用

- 根據WHO指導方針，如果處理水要應用於灌溉，則水中每公升需少於1個寄生蟲卵及每100毫升需少於1,000糞便大腸菌。
- 污泥利用於農地，則處理後污泥每公斤需少於1個寄生蟲卵及每100公克需少於1,000糞便大腸菌；現地需以翻耕方式進行，並以土壤覆蓋。

## 七、總結 (1/3)

---

- 特殊性有機廢水種類非常多，本科概分成本科概分成：
  - ✓一、高濃度有機製程廢水
  - ✓二、難分解有機製程廢水
  - ✓三、具毒性有機製程廢水
  - ✓四、揮發性有機製程廢水
  - ✓五、感染性有機廢水
- 我國水污染防治法規中，放流水管制項目除特殊有機物之外，將主要管制COD、BOD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 與 $\text{NO}_3\text{-N}$ 等項目，因此在廢水處理工程之主要單元，目標污染物除有機物之外，需要將 $\text{NH}_3\text{-N}$ 與 $\text{NO}_3\text{-N}$ 納入規劃。



## 七、總結 (2/3)

---

- 有機污染物處理採用生物處理技術，是一種較經濟處理方式。
  - ✓ 生物處理技術依處理反應環境條件不同，可分為好氧處理、厭氧處理與無(缺)氧處理。
  - 無(缺)氧處理技術主要用於去除 $\text{NO}_3\text{-N}$ 。
  - 厭氧處理去除有機物時，則需考慮廢水中若含有高濃度硫酸鹽時，需要額外考慮硫酸鹽在厭氧處理系統產生之硫化氫，對系統中微生物產生之抑制作用。

## 七、總結 (3/3)

---

- 以生物技術處理有機污染物，雖是一種較經濟方式，但仍有其缺點：
  - ✓ 需要較大的用地面積，在可用場地限制下，可能需要選擇化學氧化與生物處理的組合方式來應對。
  - ✓ 生物處理系統之設計，縱然產品相同，但因為所使用生產製程不同、生產條件 (如溫度、pH、觸媒...)不同，其產生製程廢水性質，也會有極大差異，很難有一個完全相同之處理流程與設計參數。
- 故在考量採用生物處理系統時，需要進行嚴謹的生物處理可行性與適用性評估。