

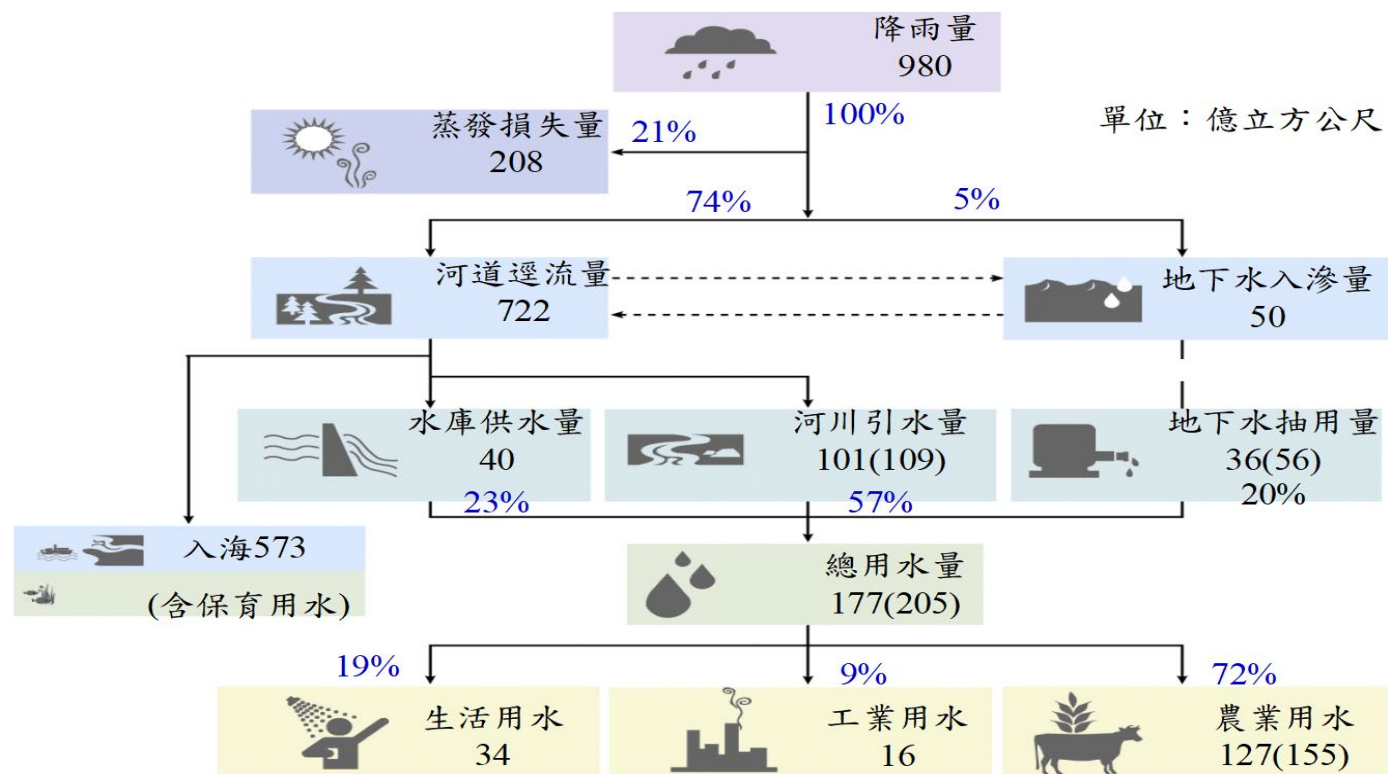
# 廢（污）水處理技術現況與 未來發展

在職訓練教材



# 臺灣水資源概述

臺灣地區降雨量雖豐沛，在每年可利用水資源量約177億立方公尺中，**蓄水設施（水庫）**可調節提供水量約總用水量的23%、40億立方公尺，另20%來自地下水外，其餘約57%，全賴自河川直接引水。因河川陡峭，降雨流失極快，無法維持一定的流量，以提供地面水，在旱季就有缺水問題，尤其中南部乾旱期長達8個月，其水資源供應更不穩定。



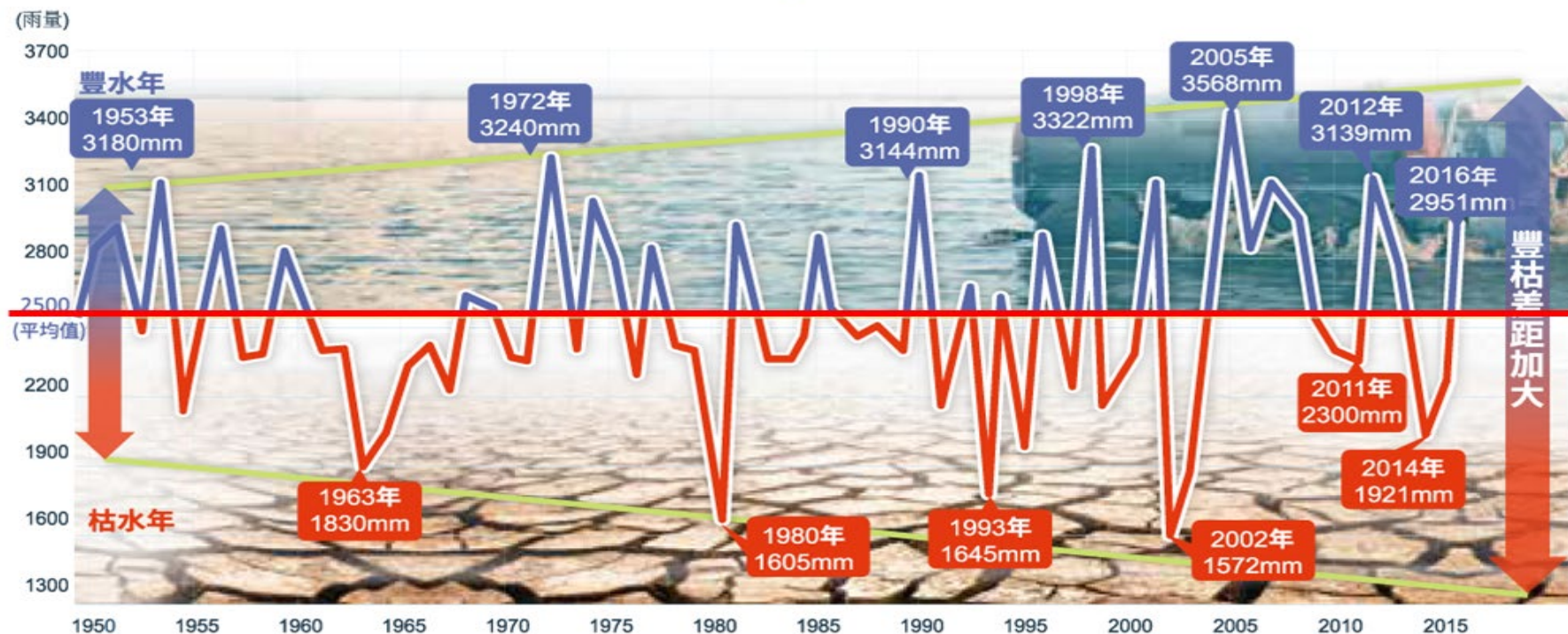
註：( )為含非水利會及非台糖農場灌區用水

# 水危機 Water Crises

連續7年被World Economic Forum (WEF) 列入全球前五大危機

"Water Crises: A significant decline in the available quality and quantity of fresh water, resulting in harmful effects on human health and/or economic activity." WEF Global Risks Report 2018

乾旱及氣候變遷已為地球帶來警訊，因應經濟發展，用水需求會持續增加。水資源短缺將成為全球下一個危機，因此**如何有效利用水資源**將成為當前政府與企業最重要之課題。



- 豐枯差異越趨明顯
- 乾旱週期變短

臺灣年平均降雨量旱澇加遽趨勢（經濟部水利署）

# 臺灣水資源困境

## 臺灣

全球先進國家中年雨量第一



全球排名第19名的缺水國家

平均年降雨：

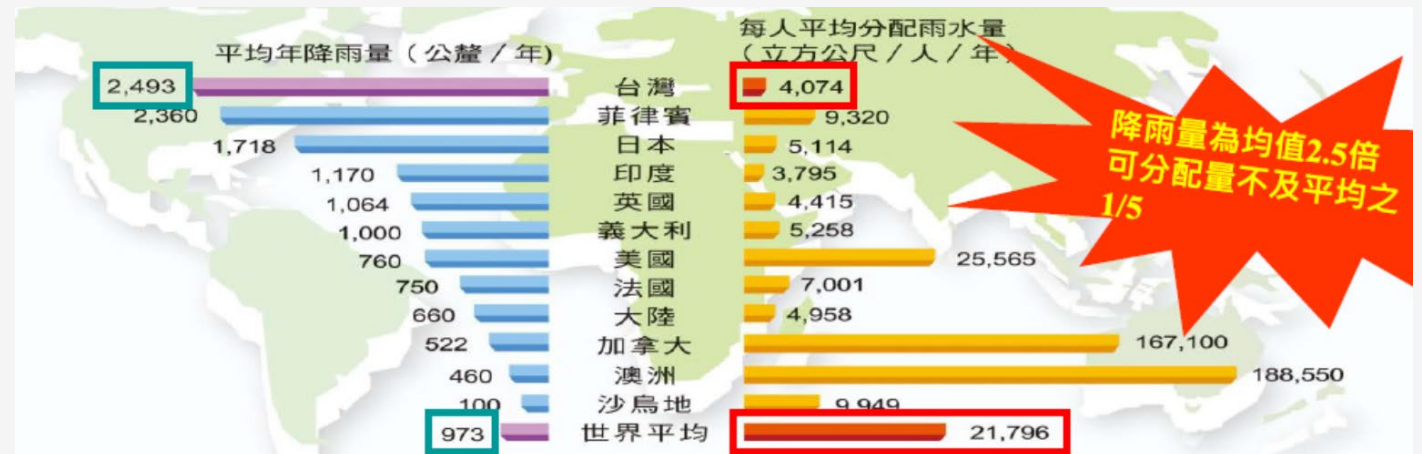
全球陸地：900毫米

臺灣：2,500毫米 (全球平均的2.8倍)

平均人年水分配使用率：

全球：22,628立方公尺/人年

臺灣：4,595立方公尺/人年 (全球平均的1/7)



聯合國制定2030年永續發展議程，推出17項永續發展指標 (SDGs)，其中多需高度仰賴資源使用效率的提升，呼籲將經濟成長與自然資源耗用及環境衝擊脫鉤，循環經濟將是落實SDGs的槓桿與關鍵策略。

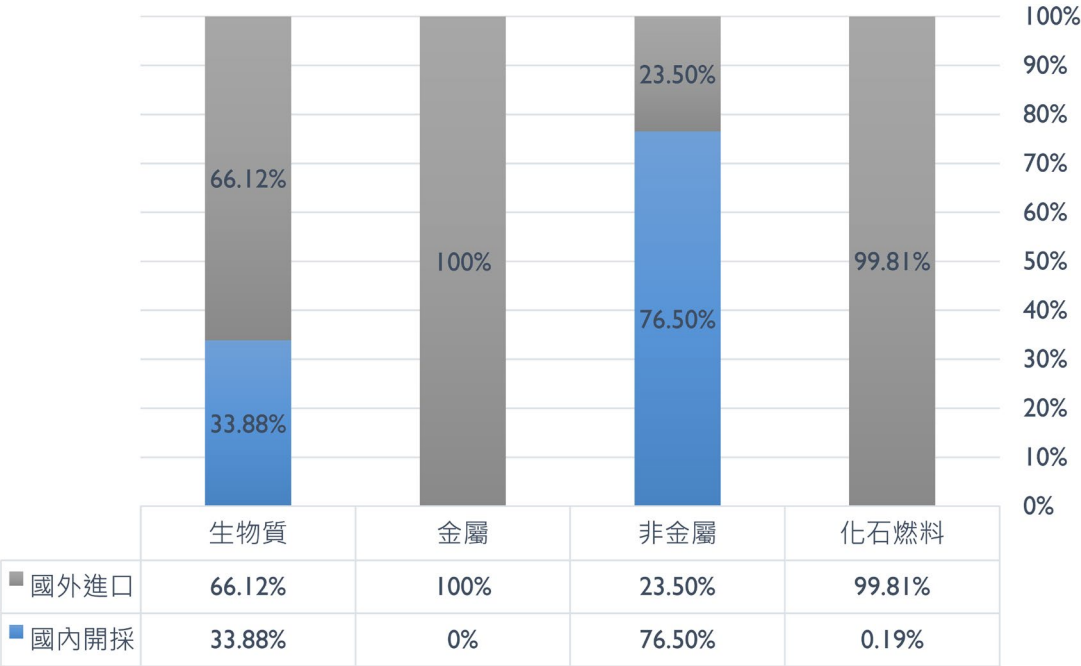


# 臺灣資源短缺

對國際原物料進口依存度高

臺灣本島礦產資源缺乏，9成以上原料資源仰賴進口，且居民環境永續意識逐年升高與深化，產業發展面臨水、電、土地與能資源取得成本日益升高與國際競爭加劇之瓶頸

- 金銀等22種礦產資源將於未來50年內耗盡
- 鐵、銅、石油、天然氣等將在50-100年內耗盡



每年使用約3.3億噸，扣除加工再出口物質  
國內實際消費量2.6億噸，平均每人每年消耗11公噸

# 水資源循環再利用 vs. 循環經濟

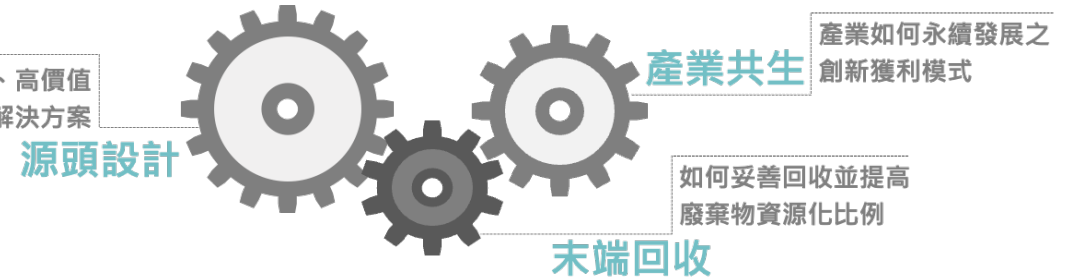
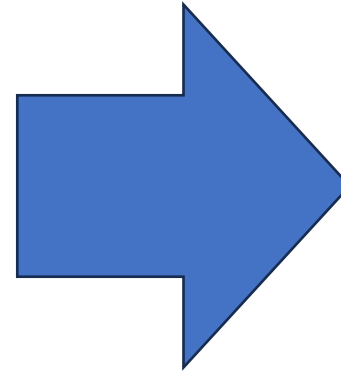
以零污染、零廢棄之訴求形成之新經濟模式



過去產業廢棄物主要回收方式



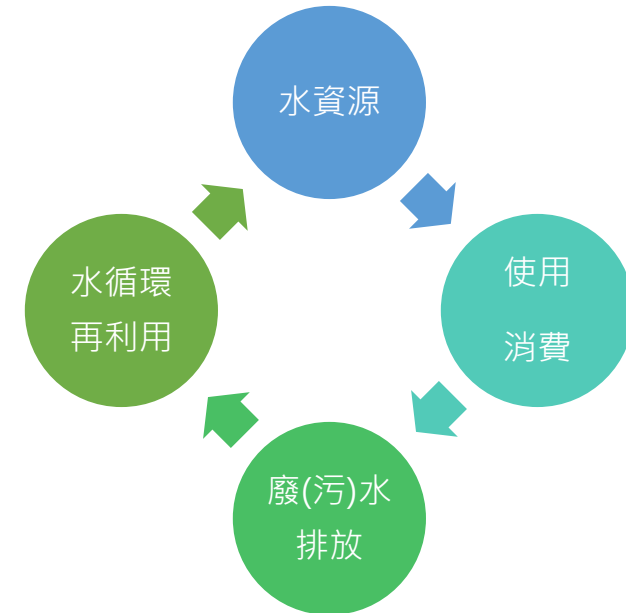
單向流動的線性經濟



採用低耗能、高價值之資源再生解決方案

產業如何永續發展之創新獲利模式

如何妥善回收並提高廢棄物資源化比例

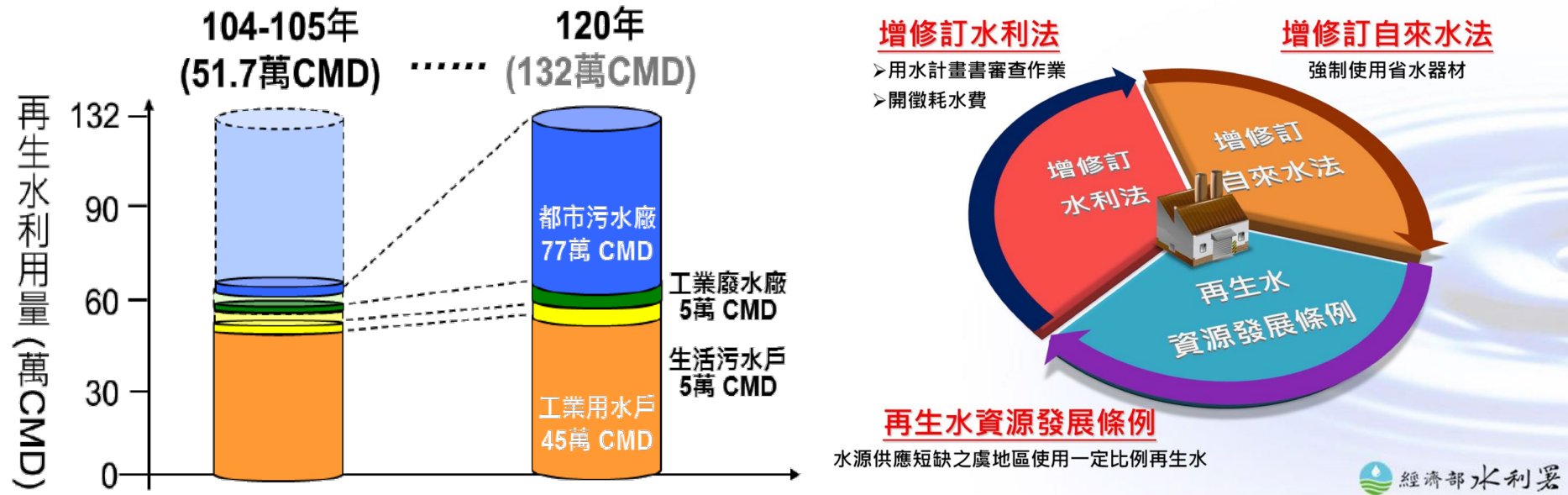


循環經濟

氣候變遷加劇之下，潛在風險持續升高

政府政策及水再生發展條例推動下

120年再生水利用量預計達132萬噸

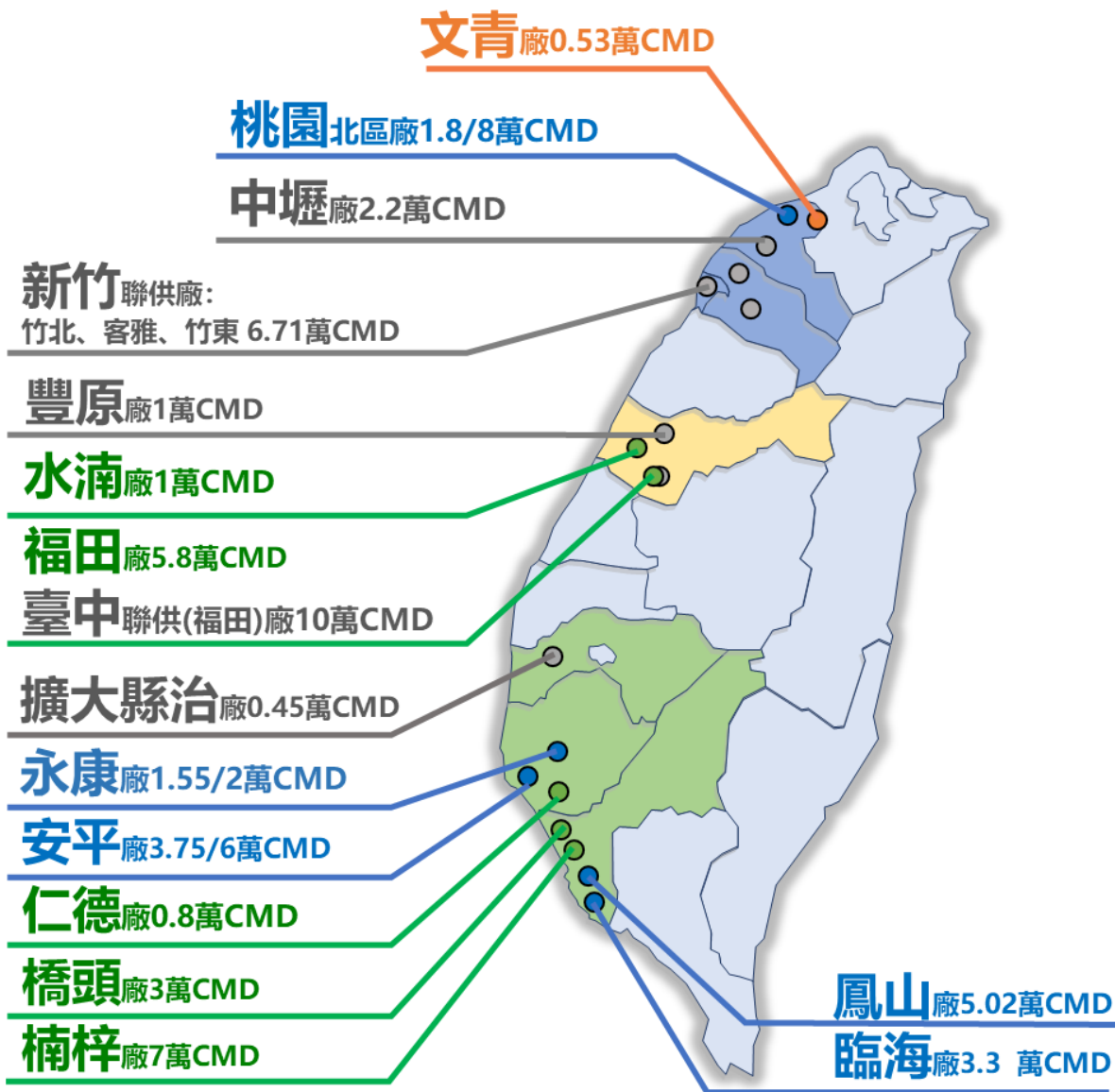


如何補足用水缺口？水資源回收再利用

來源：經濟部水利署

# 系統再生水現況-行政院核定16案再生水廠

統計至113年11月



## 5案規劃中

中壢、新竹、豐原、福田、嘉義

## 1案待發包

文青

## 5案興建中

福田、水湳、仁德、橋頭、楠梓

## 5案已供水

鳳山、臨海、永康、安平、桃北

目前每日供應

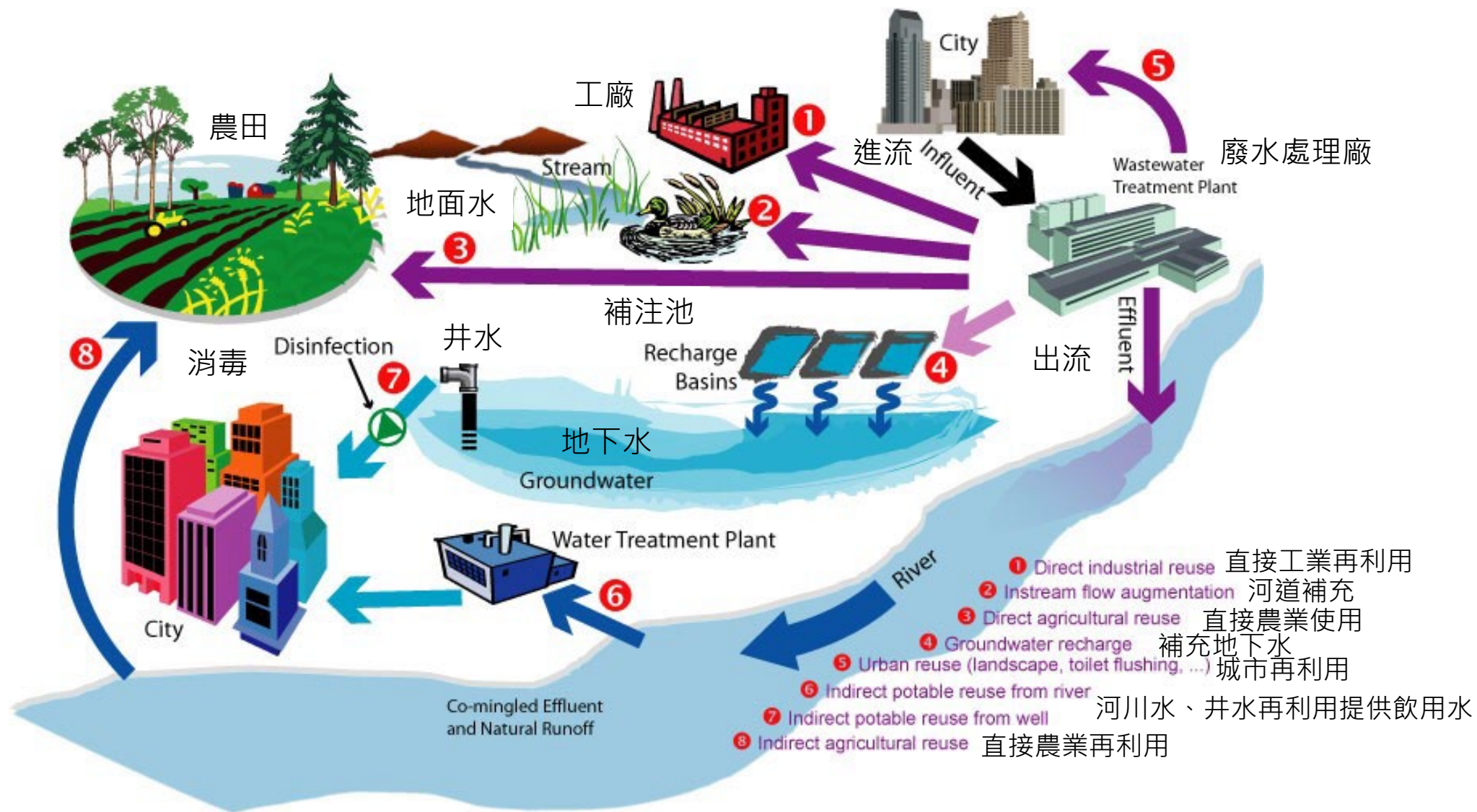
15.42 萬噸

62.81 萬噸

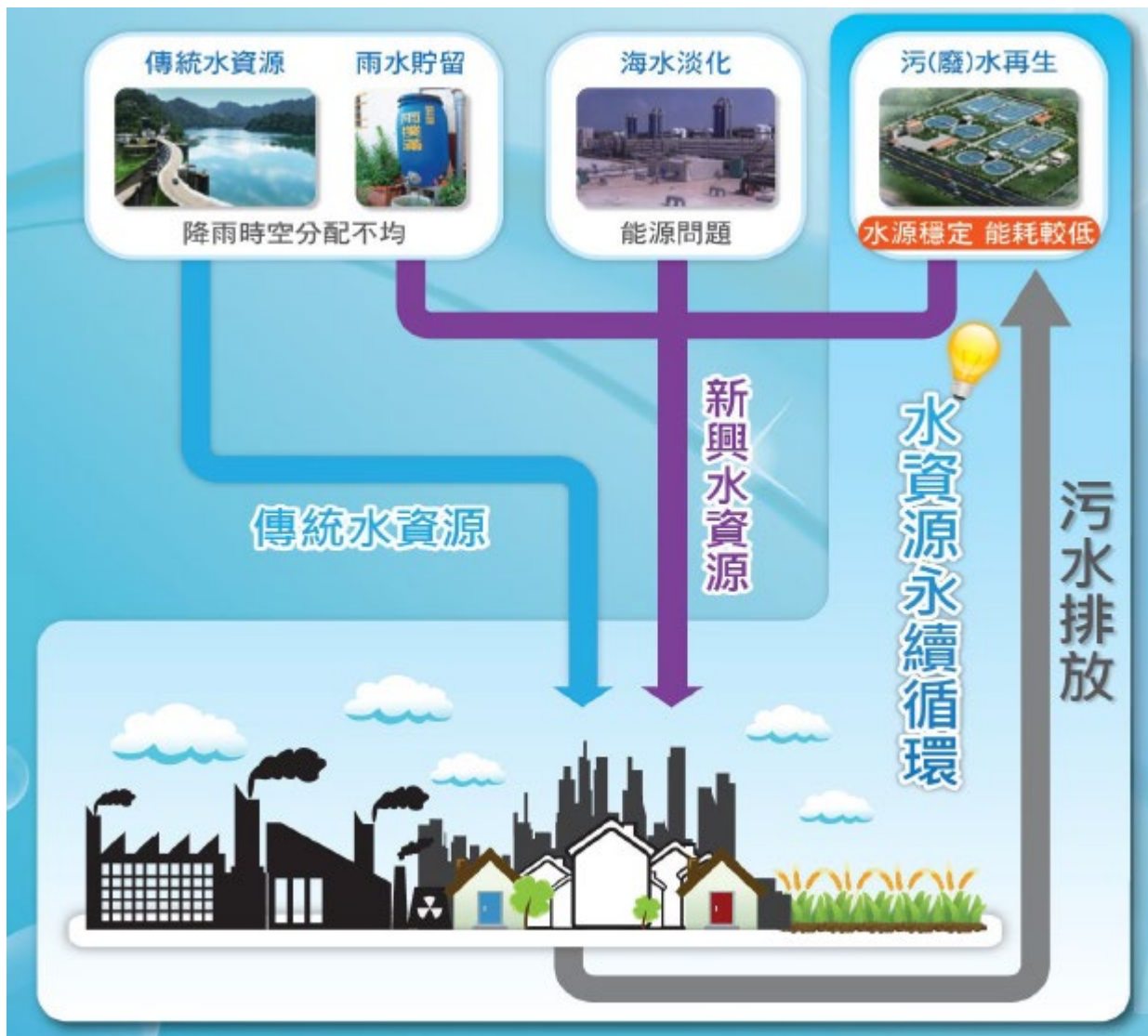
全期完成每日供水

來源：經濟部水利署

# 再生水循環利用



# 開發再生水有其必要性



## 開發優勢

- 能耗較海淡低
- 產業用水穩定不受枯旱影響
- 提高區域供水穩定性

## 開發限制

- 用途具特定性
- 供水採客製化或專管專用（原則：以需定供）
- 不適合作為區域水資源調度



# 再生水資源發展條例

- 再生水：指廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水；依其處理水源不同，分為系統再生水及非系統再生水。
- 系統再生水：指取自下水道系統之廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水。
- 非系統再生水：指取自未排入下水道系統之廢（污）水或放流水，經處理後可再利用之水。
- 再生水經營業：指依本條例許可興辦系統再生水開發案，提供系統再生水予他人使用者。

# 你知道什麼是再生水嗎？

在水回收再利用系統中，完成經廢污水收集、淨化處理，且輸送於用水端，並完成再利用之水。



# ● 再生水的優點？

再生水最大的優點在於供應穩定，暫停供水帶來的損失，再生水來自民生與工業廢水，可以說是源源不絕。再生水也較不受天候影響，處理之電力需求低於海水淡化，以及工業廢水含有稀有貴重礦物，回收再利用還能發電，產生的價值可超過處理費用。

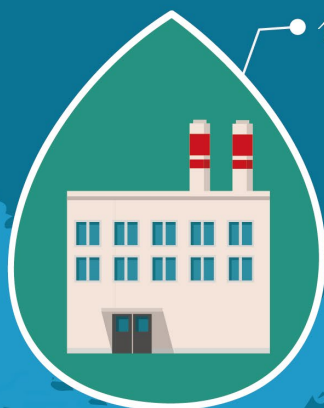


處理之電力需求低於海水淡化

較不受天候影響



供應穩定



工業廢水含稀有貴重礦物，  
回收再利用還能發電，  
產生的價值可超過處理費用



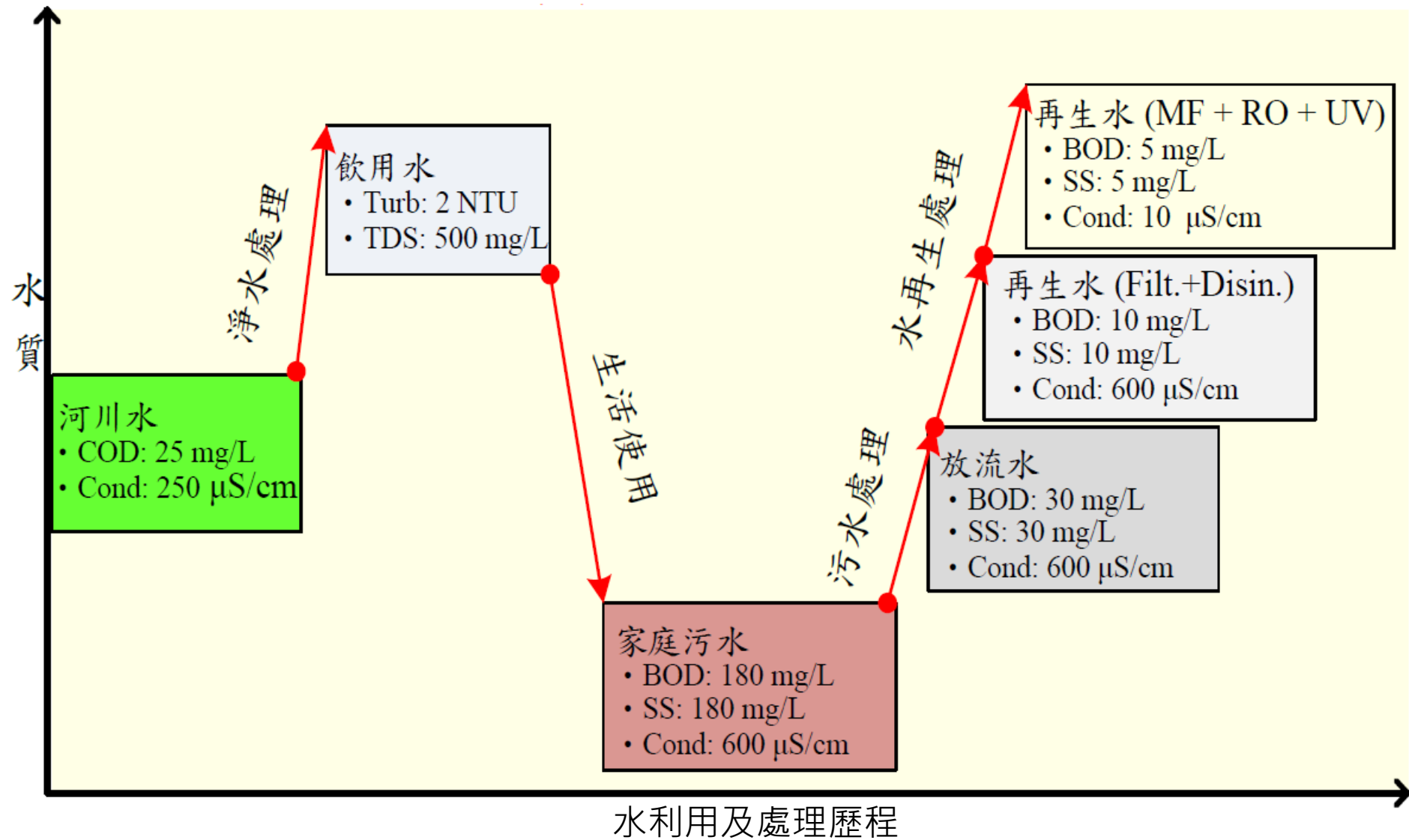
來源：經濟部水利署

# 回收用途及處理原則

| 回收水用途         | 處理方式                      |
|---------------|---------------------------|
| 景觀用水          | 二級處理+過濾+消毒                |
| 非製程洗滌水        | 二級處理+過濾+消毒                |
| 冷卻水塔補充水（低電導度） | 二級處理+高級處理+過濾+離子交換樹脂/薄膜+消毒 |
| 冷卻水塔補充水（高電導度） | 二級處理+高級處理+過濾+薄膜/電透析+消毒    |
| 製程冷卻及洗滌水      | 二級處理+高級處理+過濾/薄膜+消毒        |
| 製程用水          | 二級處理+高級處理+過濾+活性碳+薄膜+消毒    |
| 其他（消防用水）      | 過濾（雨水）                    |

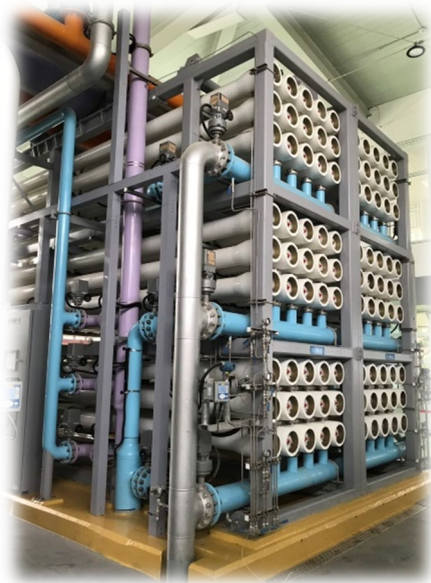
二級處理+過濾=水質等同MBR

# 水質 VS 使用標的



# 首座萬噸級再生水廠-鳳山

- 108年8月全期完工供水每日4.5萬噸
- 雙水源系統（再生水及自來水），有效降低缺水風險
- 快濾+UF+RO之處理程序

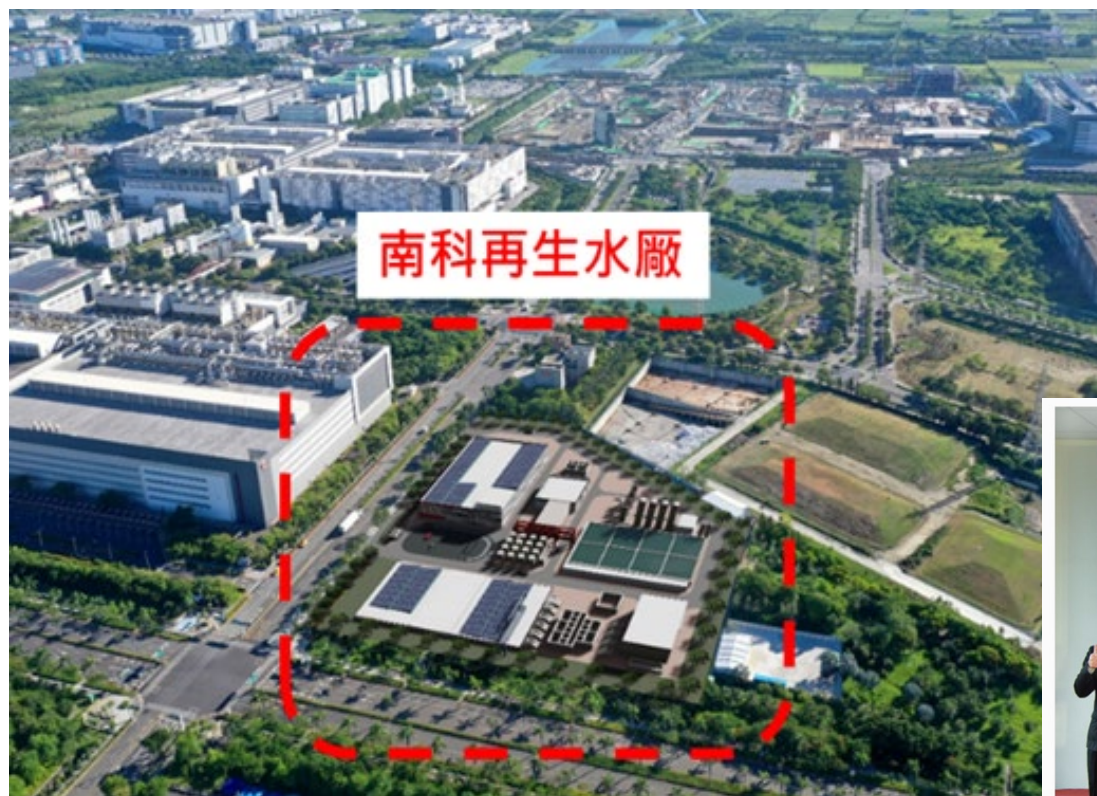


# 再生水發展條例—用水契約之簽訂



# 台積電南科再生水廠通水 為再生水用於半導體製程創舉

2022-09-19 14:23 聯合報／記者簡永祥／台北即時報導



本案由台積電、工研院及中鼎公司合作，陸續從實驗室測試、系統整合及工程建造，完成臺灣首例民營再生水廠，並於2022年9月19日完成通水典禮，最終將產出每日20,000 m<sup>3</sup>的再生水。



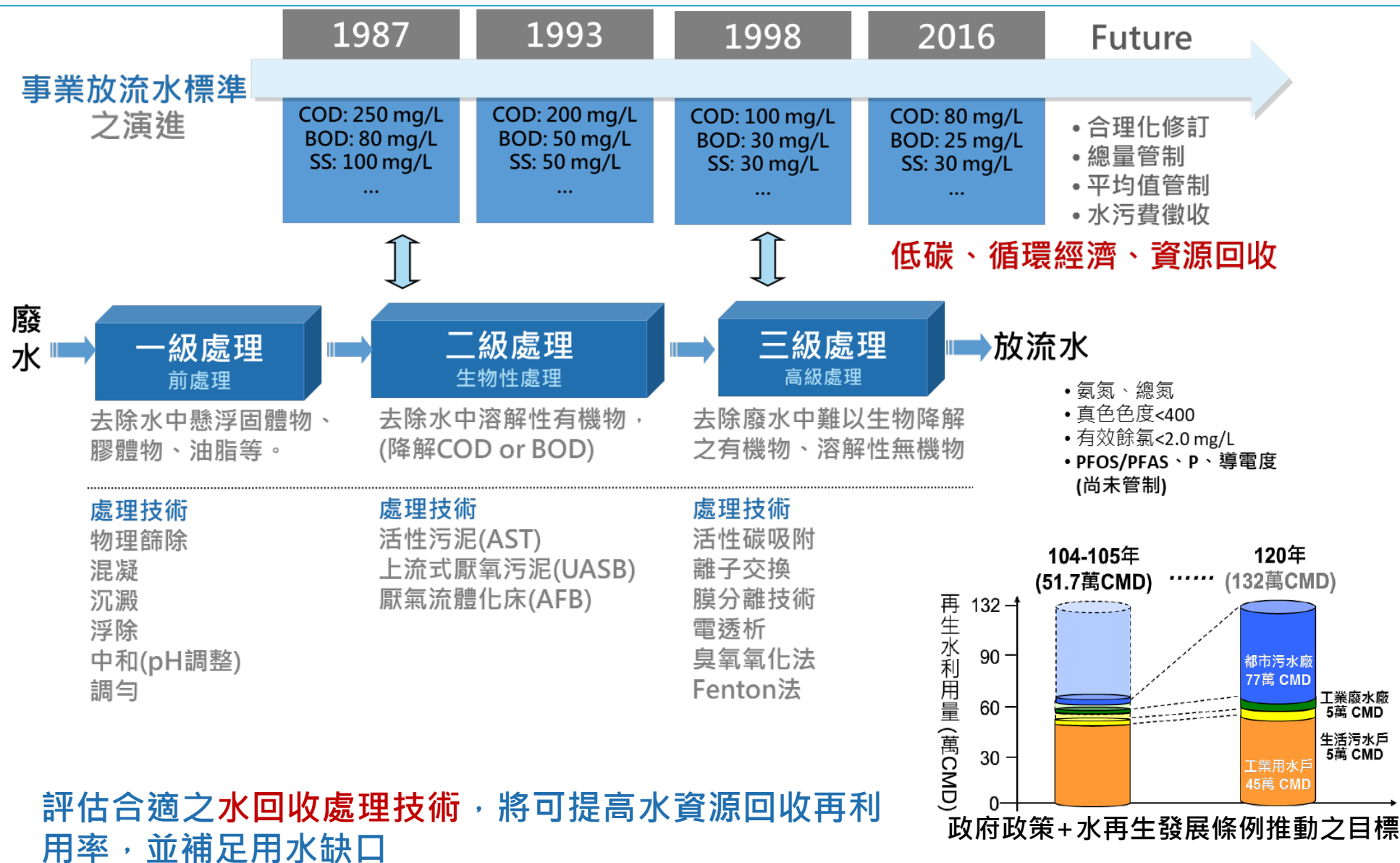
台積電南科再生水廠通水，左至右為：中鼎總經理陳裕仁、水利署副署長黃宏甫、營建署署長吳欣修、台南市長黃偉哲、中鼎集團總裁余俊彥、台積電營運／廠務副總經理莊子壽、南科管理局局長蘇振綱、工研院材料及化工所所長李宗銘。



# 常見之工業廢水處理技術

活性炭吸附、離子交換、膜分離技術、電透析、生物處理、高級氧化處理技術

# 事業放流水標準之演進及相關廢水處理技術



# 活性炭吸附

- 活性炭 (Activated Carbon, AC) 是一種**多孔性具有極大表面積**的材料，當空氣或水中的微量有機污染物接觸活性炭時，會被活性炭所吸引，進而停留在碳表面，達到去除污染的目的。
- **應用**：用於廢水中餘氯、色度、染料、揮發性及半揮發性有機物、農藥、清潔劑及重金屬等之去除。若處理一般放流水更換頻率較高，建議用於純水系統

| 種類                                        | 尺寸/特色                   | 應用                                                                     |
|-------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 粉狀活性炭<br>(Powdered Activated Carbon, PAC) | <200 mesh<br>(0.075 mm) | 可添加於 <b>快混池或活性污泥曝氣池</b> 中，對於水中生物難分解或對微生物有害的物質可以加以吸附，以增加生物處理的效率及污泥沉澱速率。 |
| 粒狀活性炭<br>(Granular Activated Carbon, GAC) | 目前使用最廣<br>>0.1 mm       | 常用於廢水處理中的管柱吸附，或厭氧生物流體化床中作為 <b>微生物生長及支撐微生物</b> 的介質。                     |
| 活性炭纖維<br>(Activated Carbon Fiber, ACF)    | 以人造纖維作為活性炭的原料、成本高、品質均勻  | 成品作成布料的形式，具有良好的吸附效果及低壓降的特性，通常用於 <b>空氣污染控制設備</b> 或價值較高之溶劑回收設備。          |



# 離子交換

- 目的：係藉由具有離子交換特性之材料或交換樹脂，將水溶液中之離子進行可逆之交換反應，而將溶液中之帶電荷離子去除（除鹽）。
- 應用：處理水質TDS不宜超過500 mg/L（需頻繁再生）、可單獨搭配活性碳槽應用、或設於RO後段處理RO出水以獲更低電導度之純水
- 分類：(1)陽離子交換樹脂—去除正電荷離子進行水質軟化  
(2)陰離子交換樹脂—去除帶負電之無機鹽類

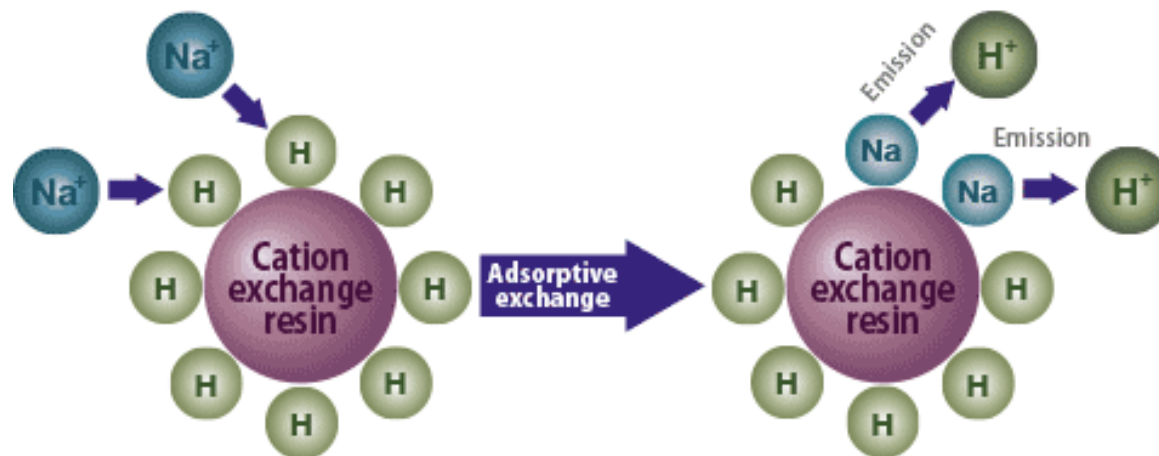


Figure 2 Ion exchange resins

以陽離子交換樹脂為例



Premium Quality Resins For Potable Water



Strong Acid Cation Exchange Resin



Strong Base Anion Exchange Resin



Mixed Bed Resin Ready To Use



Weak Acid Cation Exchange Resin



Weak Base Anion Exchange Resin



Special Resins



# 薄膜過濾程序

## Membrane Filtration

MF/UF/NF/RO

有別於傳統過濾，過濾顆粒包括溶解性物質  
過濾顆粒粒徑範圍一般在0.0001至1.0  $\mu\text{m}$ 間

## 薄膜孔徑可依大小區分為MF、UF、NF與RO。

通常以分子截留量 (Molecular Weight Cut-Off, MWCO) 作為界定孔徑之單位 (Da)

Da為1個原子質量單位Dalton之簡寫，1 Da=1個碳12原子核質量之1/12，約等於 $1.661 \times 10^{-27}$  kg

污水處理

# MF

0.1 - 3 bar

0.1 - 5  $\mu\text{m}$

通常  $> 0.01 \mu\text{m}$

對分子大小篩除 (篩分) 之方式進行過濾

都市飲用水  
廢水再利用  
RO前處理

# UF

2 - 10 bar

20 nm - 0.1  $\mu\text{m}$

MWCO: 1,000-300,000 Da

對分子大小篩除 (篩分) 之方式進行過濾

軟化  
有毒物質去除

# NF

5 - 30 bar

$\gg 1 \text{ nm}$

MWCO  $< 500$  Da

電性排除+篩分，去除水中二價離子

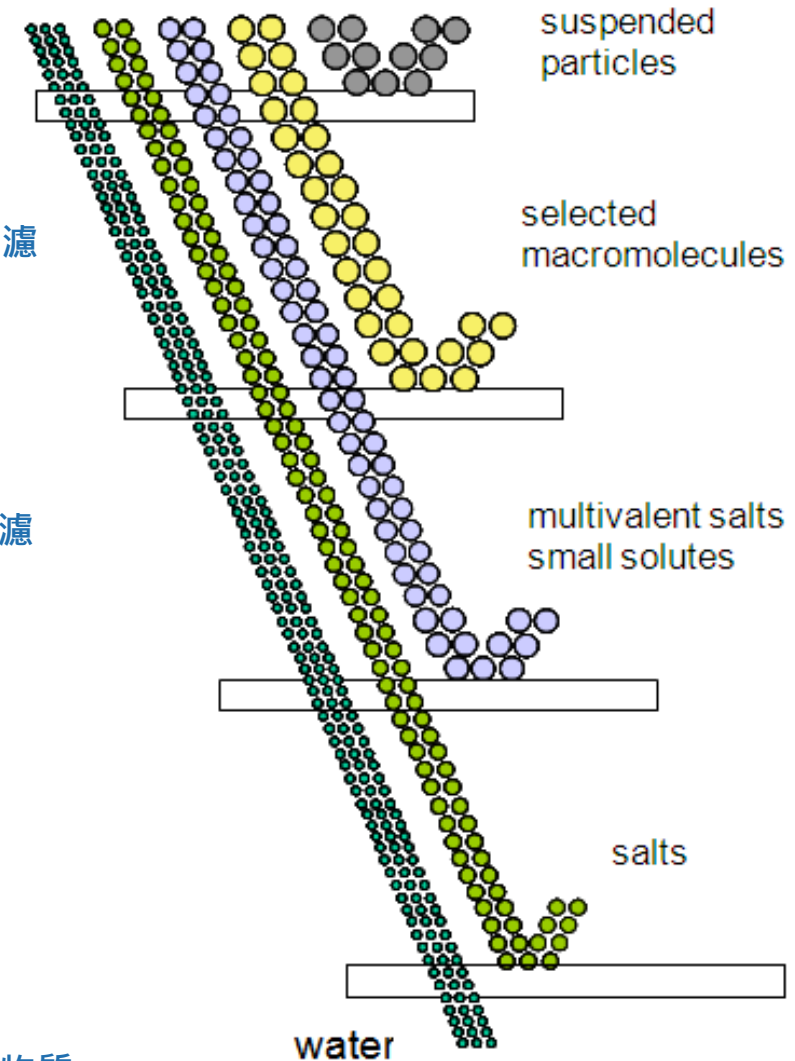
超純水  
海淡  
先進水處理

# RO

10 - 100 bar

0.1 - 1 nm (close)

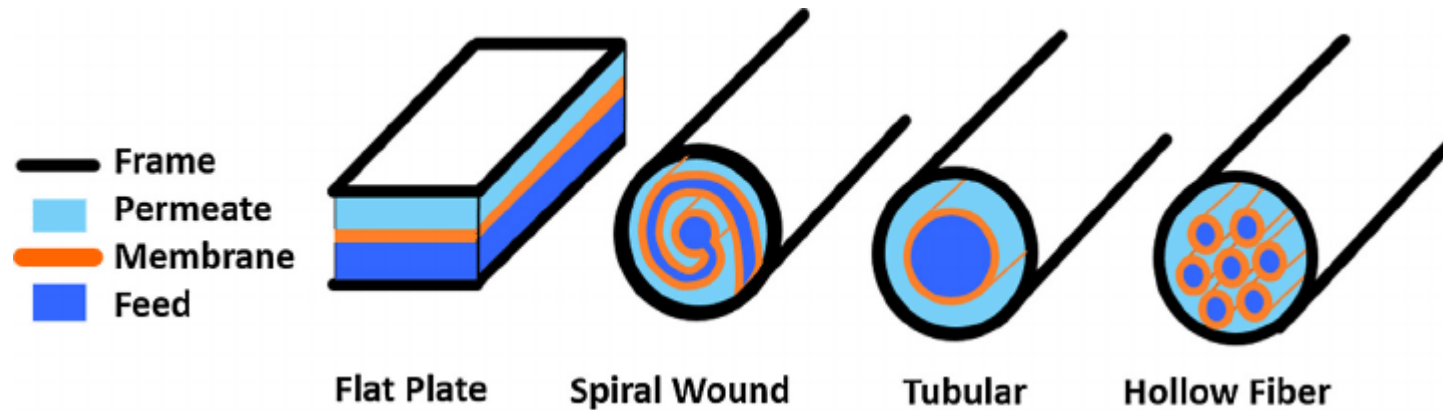
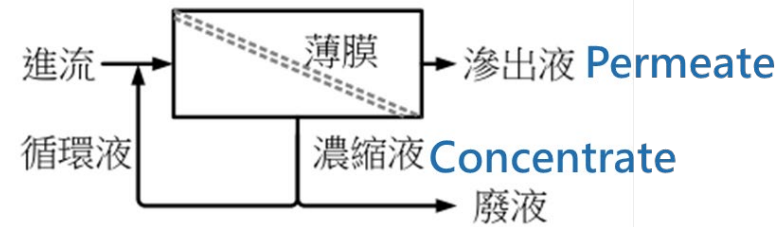
視為無孔洞薄膜，可截流水分子以外之物質



# 薄膜型態\*4

- ① 平板式薄膜 (Flat Plate)
- ② 螺旋捲式薄膜 (Spiral Wound)
- ③ 管式薄膜 (Tubular)
- ④ 中空纖維式薄膜 (Hollow Fiber)

單位時間、單位面積通過薄膜的滲出量則稱為**通量 (Flux)**，常見單位為 $L/m^2 \cdot h$  (LMH)



# MF/UF/NF/RO之應用

---

## MF/UF (Micro-Filtration/Ultra-Filtration)

- 可於RO之前處理，去除水中懸浮固體物，避免顆粒物質阻塞RO
- 於半導體業中，UF可置於RO之前，去除水中溶解性及懸浮態的二氧化矽 ( $\text{SiO}_2$ )，以延長後續RO使用期限

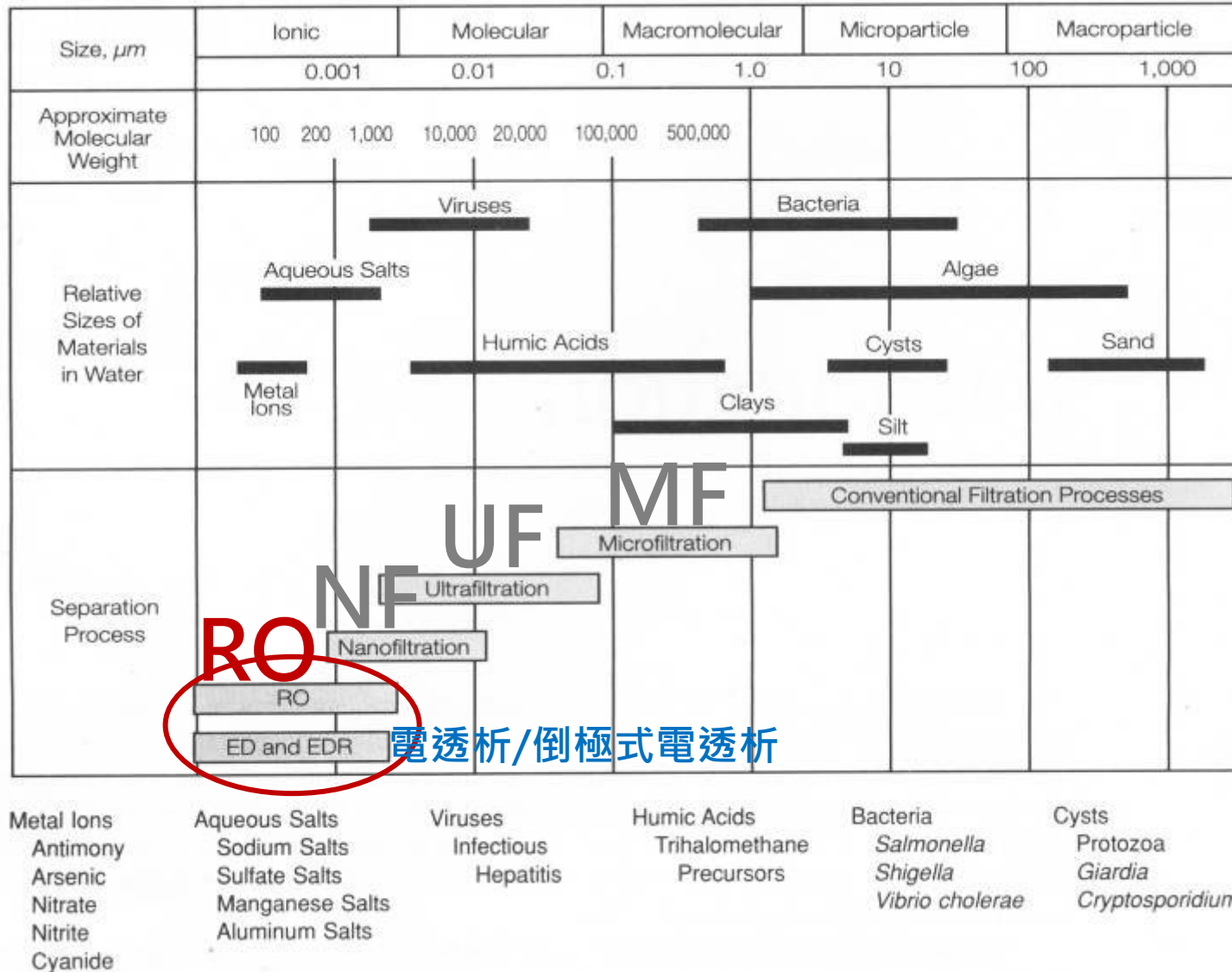
## NF (Nano-Filtration)

- 可去除水中二價離子，如硬度離子（鈣、鎂）以達水質軟化之要求
- 經MF前處理後進入NF膜，再加以消毒，出流水可進行再利用。

## RO (Reverse Osmosis)

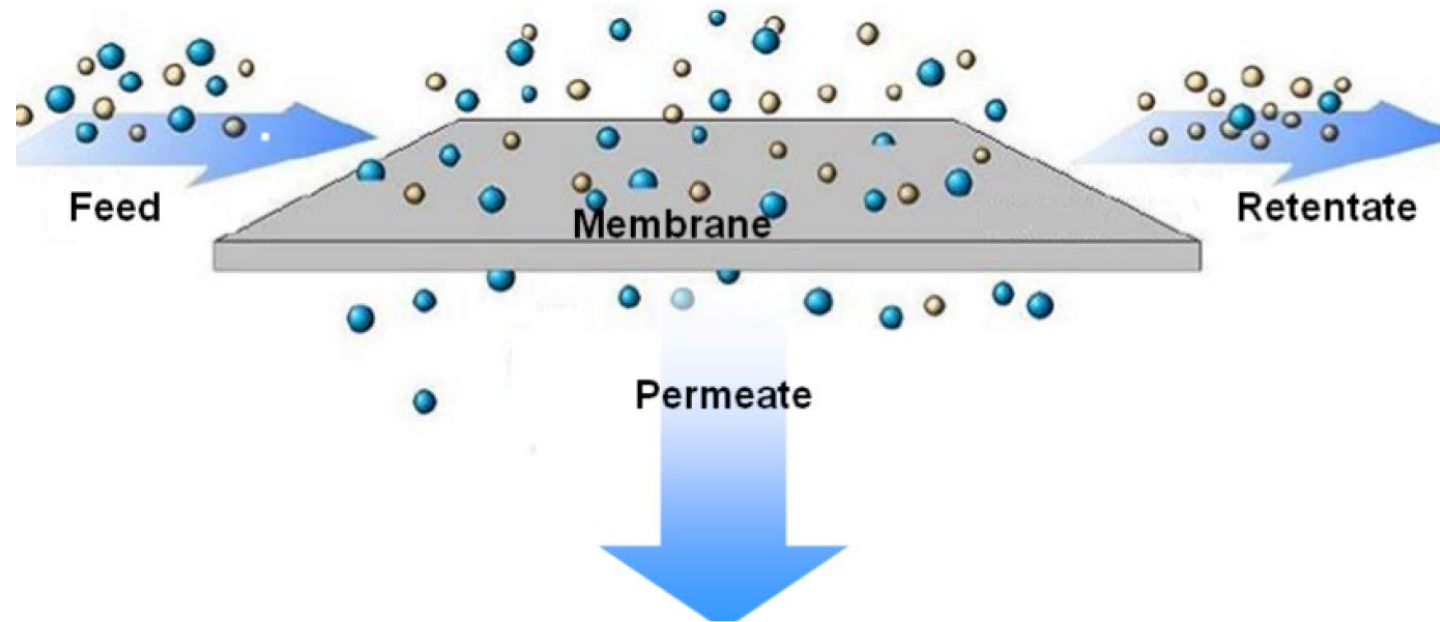
- RO之離子去除率：
  - 單價離子 (Monovalent Ions) : 90-98%
  - 雙價離子 (Divalent Ions) : 95-99% ( 可防止分子 > 200 Da 物質通過 )
- 工業廢水：二級處理之後及高科技產業之廢水回收再利用
- 飲用水處理/海水淡化

# 分離技術之比較



| 分離程序 | 應用範圍 (um)   |
|------|-------------|
| 重力沉降 | 0.1-1,000   |
| MF   | 0.03-15     |
| UF   | 0.002-10    |
| RO   | 0.0004-0.06 |
| ED   | 0.0004-0.1  |

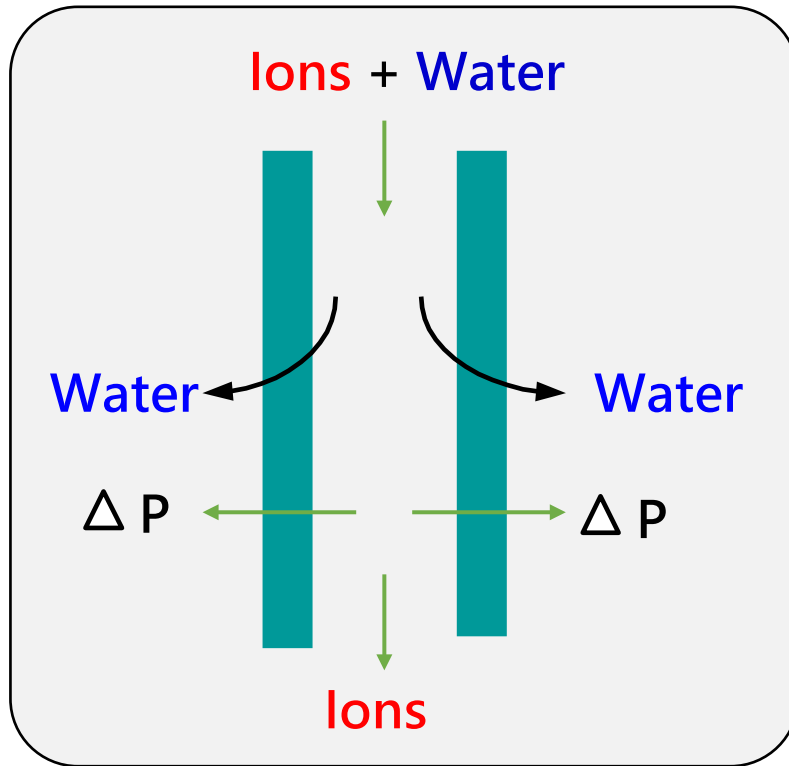
# 薄膜分離技術



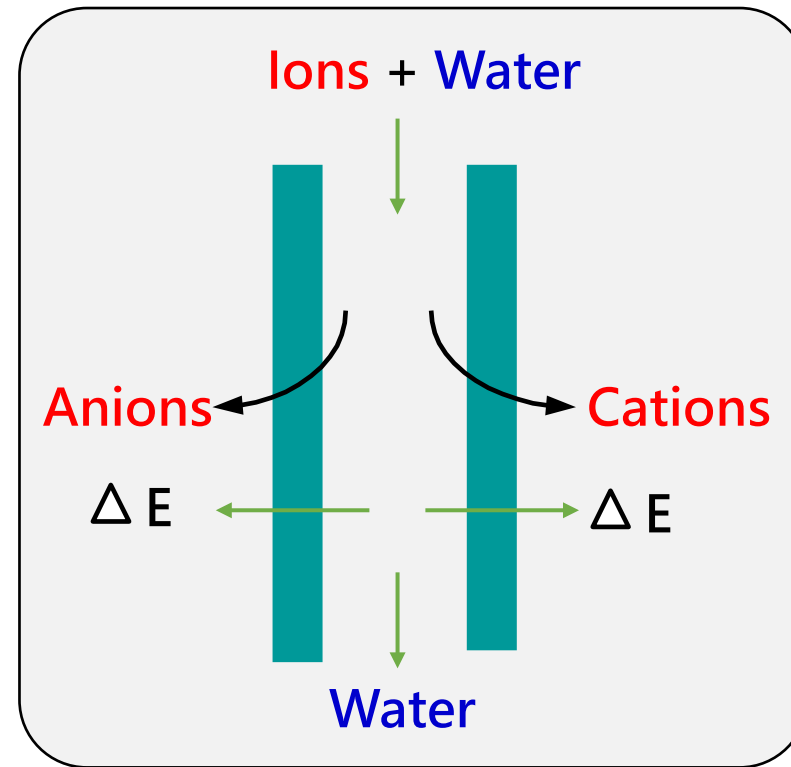
| 驅動力 | 分離技術        |
|-----|-------------|
| 壓力差 | RO、NF、UF、MF |
| 電位差 | EDR         |
| 濃度差 | FO          |
| 溫度差 | MD          |

# 逆滲透與電透析脫鹽機制比較

## Reverse Osmosis



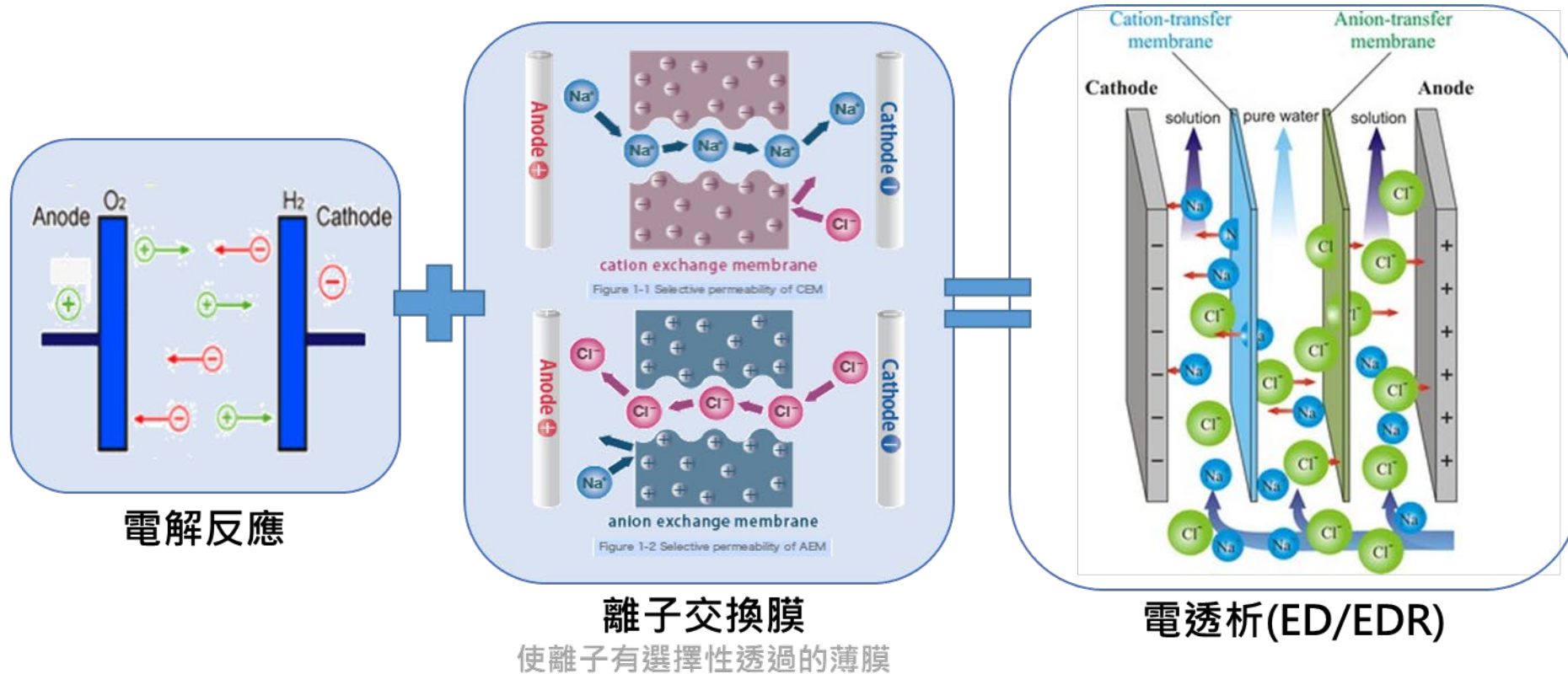
## Electrodialysis



# 電透析原理

## 電透析 (Electrodialysis, ED)

一系統於外部施加直流電，使水溶液中離子往相反電荷的電極移動，並藉由**離子交換膜**控制離子行為的程序



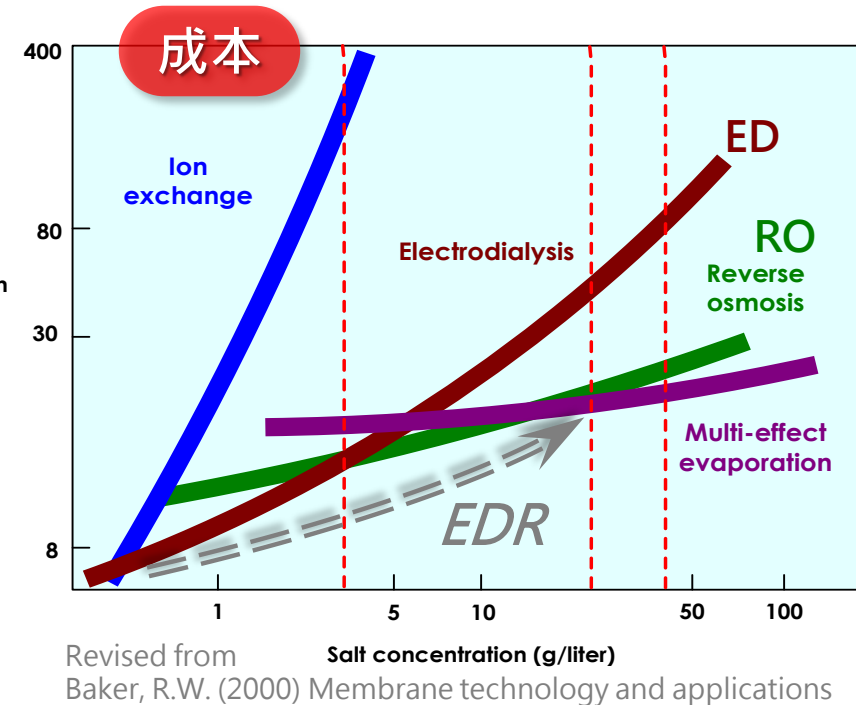
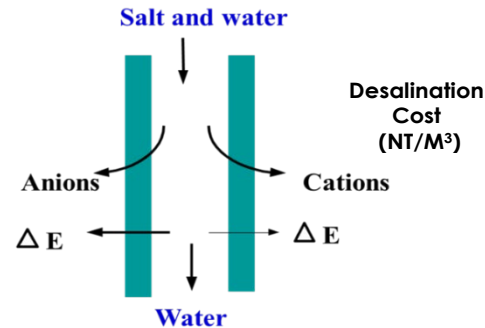
## 倒極式電透析 (Electrodialysis Reversal, EDR)

藉由電極交換電流的實施，作為**延長膜材使用壽命**的改良技術

# 為何選擇EDR

## 技術特徵

- 1 所有反應皆為液相中的行為
- 2 目標物為能解離(導電)之離子
- 3 經濟效益在稀薄鹽水顯著
- 4 電能為驅動力
- 5 水回收的有效工具



## 優勢

- 常壓操作
- 透過倒極切換控制，大幅減緩薄膜結垢以延長壽命
- 可同時去除多種無機鹽類，有效降低TDS及總硬度
- 進水水質要求較低 (e.g.,  $SDI_5$ : EDR<15 ; RO<5)
- 膜片耐化學性強，利於大量脫鹽、提濃與藥洗的極端酸鹼環境

# EDR應用實績

## ■ EDR脫鹽技術用於工業廢水回收再生



地下水利用EDR  
脫鹽回收做為沖  
洗水  
(50 m<sup>3</sup>/day)



電子廠RO濃  
縮水利用EDR  
脫鹽回收至工  
業水槽  
(300 m<sup>3</sup>/day)



螺絲製造廢水利用  
EDR脫鹽回收做為  
清洗水  
(450 m<sup>3</sup>/day)



PCB廠製程清洗  
廢水利用EDR脫  
鹽回收做為冷卻  
水塔補充水  
(1200 m<sup>3</sup>/day)



含氟廢水利用EDR  
脫鹽回收做為洗滌  
塔補充水  
(1200 m<sup>3</sup>/day)



高導電度河川水  
利用EDR脫鹽回  
收做為製程用水  
(2400 m<sup>3</sup>/day)



食品業RO濃縮  
水利用EDR脫  
鹽回收再利用  
(300 m<sup>3</sup>/day)



電子廠冷卻水以  
EDR脫鹽回收  
(550 m<sup>3</sup>/day)



精密螺絲製造業  
廢水以EDR脫鹽  
回收再利用  
(350 m<sup>3</sup>/day)



熱軋單元直接排  
放冷卻水以EDR  
脫鹽回收再利用  
(550 m<sup>3</sup>/day)



化工廠廢水以  
EDR脫鹽回收  
做為冷卻水塔  
補充水  
(800 m<sup>3</sup>/day)



鍍鋅製程廢水以  
EDR脫鹽回收做  
為清洗水  
(700 m<sup>3</sup>/day)



尼龍纖維製造廠  
廢水以EDR脫鹽  
回收做為冷卻水  
塔補充水  
(800 m<sup>3</sup>/day)

# 奇美啟用全台最大EDR再生水系統 日產3000噸水度水情危機

2021-03-30 16:22 聯合報 / 記者周宗禎／台南即時報導



Industrial Wastewater  
Reclamation-EDR  
Process

奇美啟用全台最大再生水系統 日產3000噸水。記者周宗禎／翻攝

讚 196 分享 分享



奇美實業下午表示，在仁德廠區建置再生水系統「EDR水資源中心」，「是台灣石化業第一套、全台最大規模EDR工業廢水系統」，已穩定運轉，每日可產出3000噸再生水，導入製程再利用，幫助奇美降低企業水源短缺風險。



# 生物處理程序

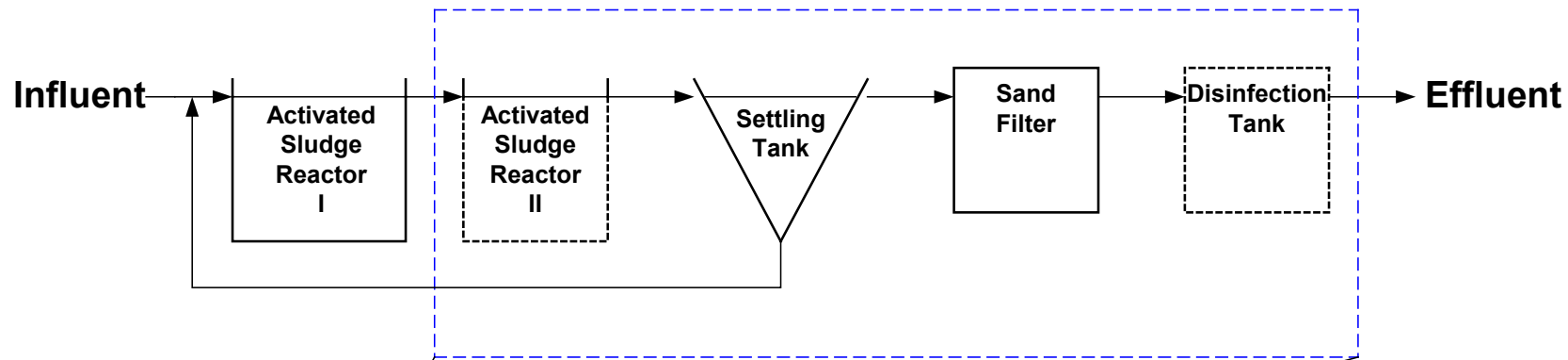
活性污泥濾膜法MBR，生物網膜BioNET®

# 活性污泥濾膜法 (MBR)

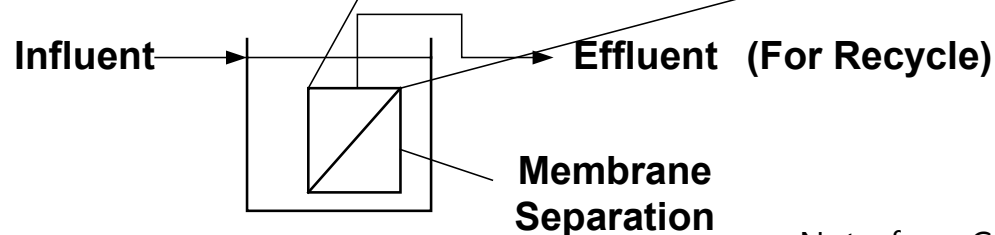
## MBR: Membrane Bio-Reactor ( 活性污泥膜濾法、薄膜生物工法 )

將薄膜置於活性污泥系統中，作為分離污泥和水的介質，因膜的孔徑微細，不但污泥無法通過，細菌也被攔阻；更因為廢水的固液分離不再倚賴生物污泥的沉降性，操作變得很可靠，且透過膜的精密過濾，產水水質優異，使回收再利用之價值提高。

### Activated Sludge Process



### Membrane Bioreactor Process



MBR膜材常用的孔徑約在 $0.4-0.03\ \mu\text{m}$ ，約略在MF和UF的範圍。

# 常見之MBR產品

Less Space Requirement and Low Cost

## Hollow Fiber

USFilter Memjet



Mitsubishi



Asahi



Koch / Puron



GE

Zenon Zeeweed

## Flat Plate



KUBOTA



ITRI/NMFI

## Tubular



Koch



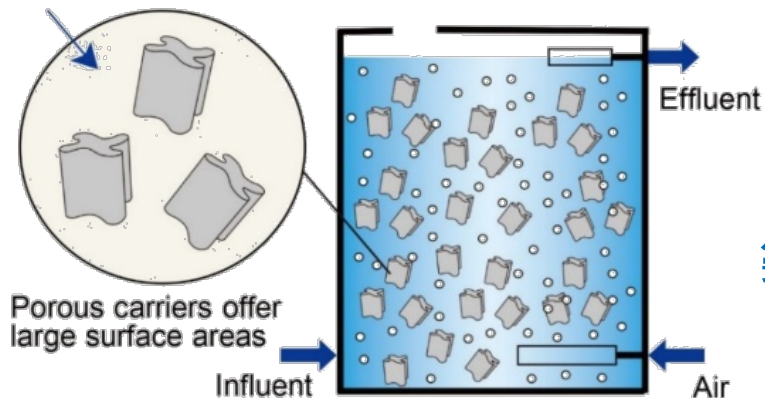
Dynatec / NORIT

# BioNET®處理技術

生物網膜 (BioNET®) 技術是國內所開發高效率生物處理技術，可廣泛應用於各種低負荷之COD處理、氨氮硝化與有效攔截SS。



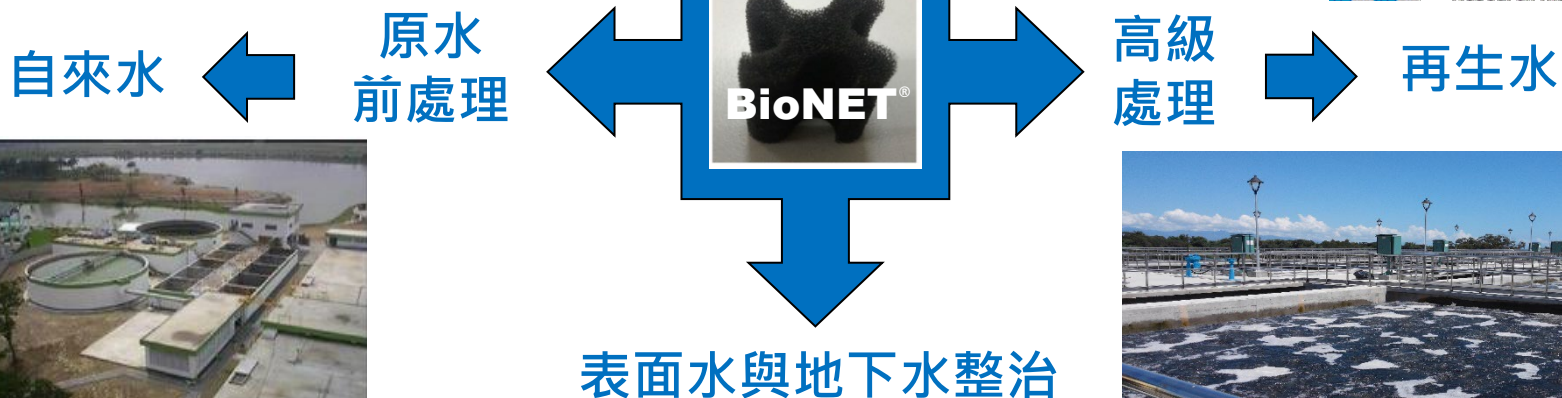
Large amount of microorganisms retained in the net structure



Copyright © 2018 Industrial Technology Research Institute.

## BioNET®技術特點

- 比表面積大：可累積大量微生物
- 半浮動床設計：可兼具過濾功能
- 可擠壓：反洗簡單有效
- 開放孔洞：水流質傳效果佳



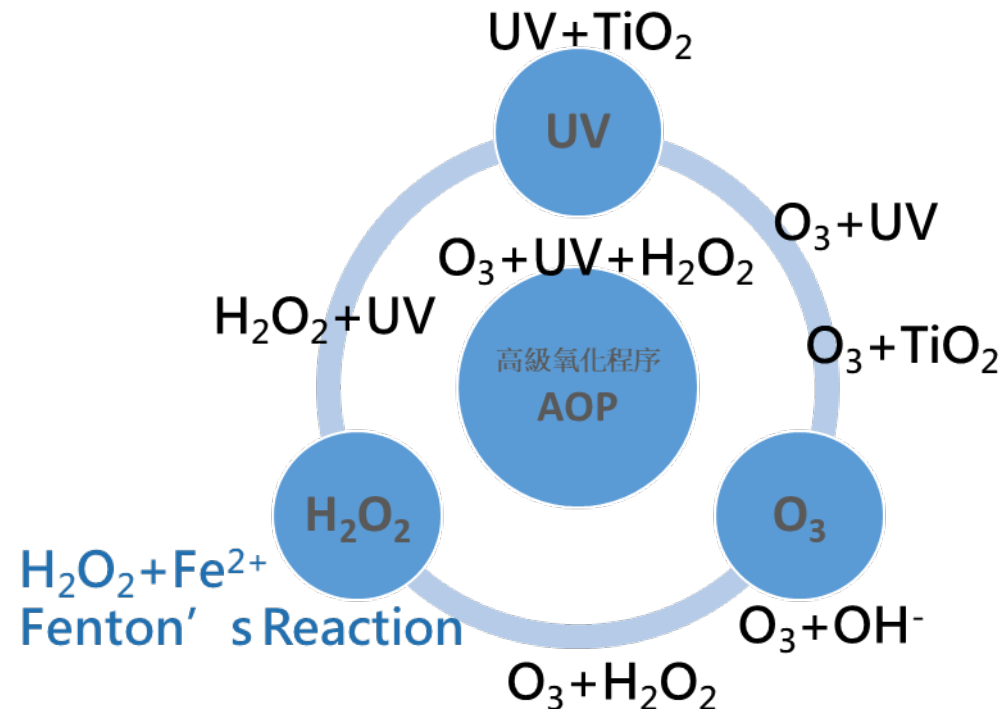


# 高級氧化處理程序

AOP, 芬頓 (Fenton)

# 高級氧化程序 (Advanced Oxidation Processes, AOP)

- 高級氧化程序即利用具高氧化能力的**氫氧自由基 (Hydroxyl Radicals)** 氧化水中微量有機物 ( $<10 \text{ mg/L}$ ) 或有毒物質 (如EDCs,  $0.001 \text{ mg/L}$ 等級)。
- 應用: 最後階段之拋光 (Polishing) 或做薄膜前處理 (有機物堵塞↓)



# Fenton處理程序

- Fenton試劑價位較為低廉、不具毒性，且鐵鹽於自然界含量甚多，較容易傳輸與控制，因此Fenton反應被發展為許多型態
- 主要為 $\text{H}_2\text{O}_2$ 與鐵鹽反應，產生大量具強氧化力之氫氧自由基 ( $\text{OH}\cdot$ )，進而與大部分之有機物反應使其礦化



$\text{H}_2\text{O}_2$ 與 $\text{Fe}^{2+}$ 酸性環境下進行反應

二價鐵離子被氧化成三價鐵離子，同時產生氫氧自由基





# 氨氮廢水處理技術

來源、法規、處理技術

AO/A2O，活性污泥濾膜法MBR，生物網膜BioNET®  
Anammox、流體化結晶

# 氨氮來源

氨氮廢水之處理急切性

全球每年約製造兩千億公斤氨氮（透過Haber-Bosch Process將分子氫與氮氣合成氨）

- 80%氨被利用在農業肥料中
- 剩下約20%被利用在工業製程或爆炸用途

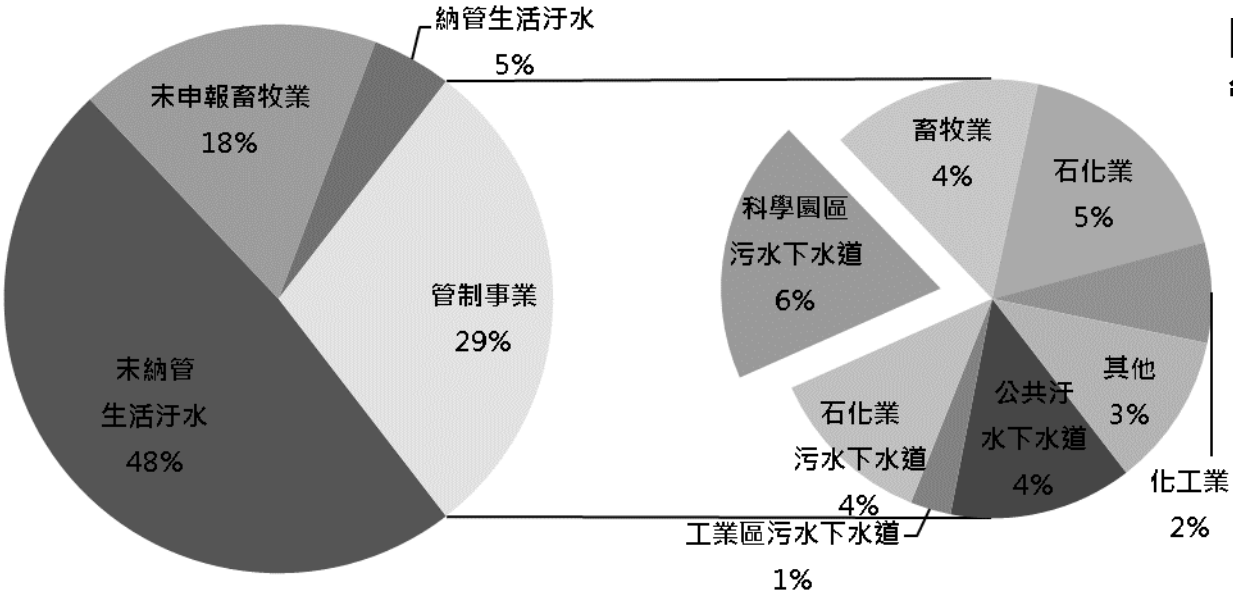
根據環保署資料顯示臺灣整體事業氨氮排放總量約70,063 kg/day

- 事業放流水氨氮排放總量以石油化學業、化工業、科學工業園區專用下水道系統和畜牧業等，為主要大宗貢獻來源

## 高科技產業氨氮廢水來源

- 針對放流水氨氮排放現況顯示，**高科技產業**因使用大量含氮化學藥品，其氨氮排放量約占全國總量之34%
- 環境部發布「晶圓製造及半導體製造業放流水標準」、「光電材料及元件製造業放流水標準」與「科學工業園區污水下水道系統放流水標準」等，皆已將氨氮納為科技業之管制項目

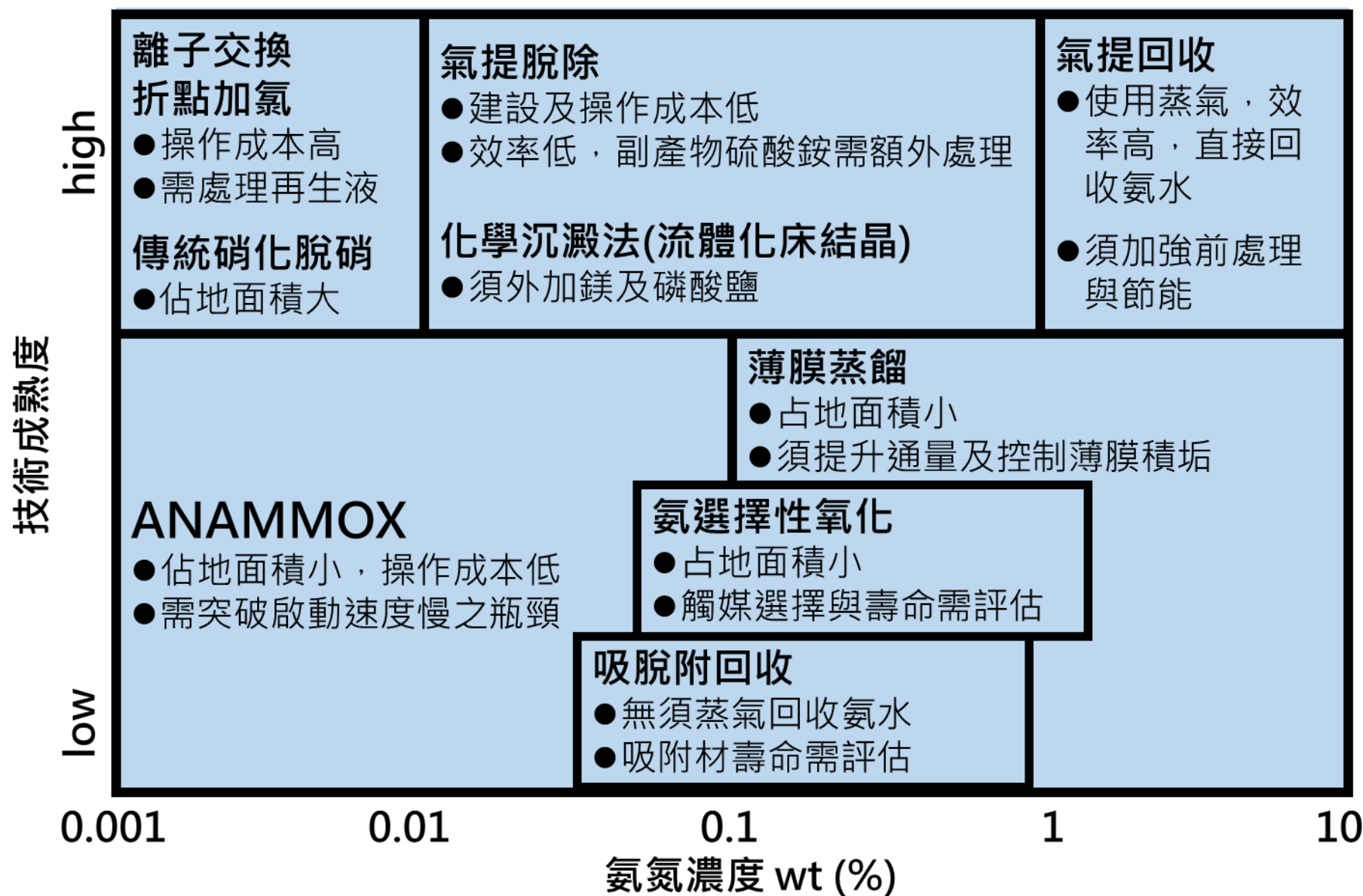
# 國內產業氨氮廢水來源



資料來源：TW EPA, 2013

| 產業別        | 常見氨氮來源                                                            |
|------------|-------------------------------------------------------------------|
| 光電<br>半導體業 | 清洗液：氨水、雙氧水、界面活性劑<br>顯影劑：氫氧化四甲基銨 (TMAH)<br>蝕刻液：氫氟酸、氟化銨<br>去光阻劑：MEA |
| LED業       | 氨氣經洗滌塔處理後轉為高氨氮廢水                                                  |
| 石化業        | 三氟化氮、己內醯胺、ABS樹脂、硫酸銨等                                              |
| 化工業        | 肥料、偶氮染料、煉焦、硫酸銨等                                                   |

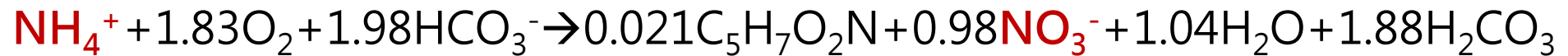
# 氨氮處理技術分析



# 傳統生物除氮—A/O(MLE)/A2O

利用微生物於好氧與缺氧組合程序，除可分解水中含碳物質，亦可將含氮物質分解為無害之氮氣

- 好氧槽將進流之氨氮及有機氮氨化之氨氮通過生物硝化作用轉化成硝酸鹽  
溫度20-35°C，溶氧>2 mg/L，有利硝化菌（好氧菌）生長（低碳氮比下有利其生長）



- 在缺氧段脫硝菌利用厭氧槽進流之碳源，將硝酸鹽進行脫硝作用產生氮氣，以達除氮  
溫度15-35°C，溶氧<0.5 mg/L，有利脫硝菌（無（缺）氧/兼氧菌）生長（高碳氮比下有利其生長）



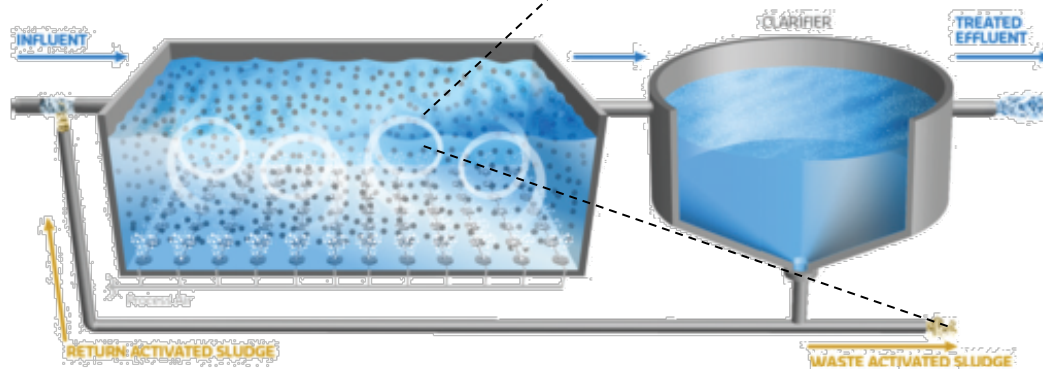
# 移動床生物膜反應器 (MBBR)

## MBBR (Moving-Bed Bio-Reactor)

利用塑膠等材料作為載體，提供微生物附著生長，以提高系統污泥濃度，並透過載體流力及密度等設計，使載體伴隨水流與攪拌滾動，提高生物處理效能。

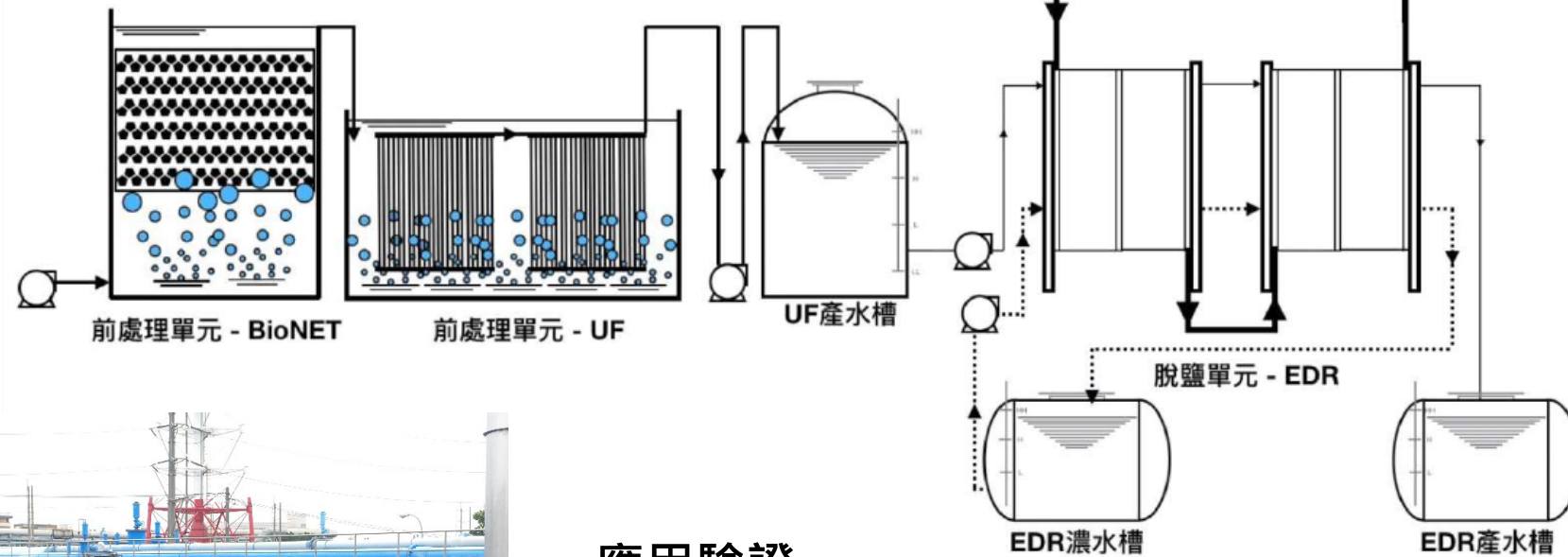
### MBBR技術特點

- 比表面積較活性污泥法高
- 載體隨水流滾動，質傳佳
- 可避免污泥膨化問題
- 可適應水質變異



# 廢污水處理之應用

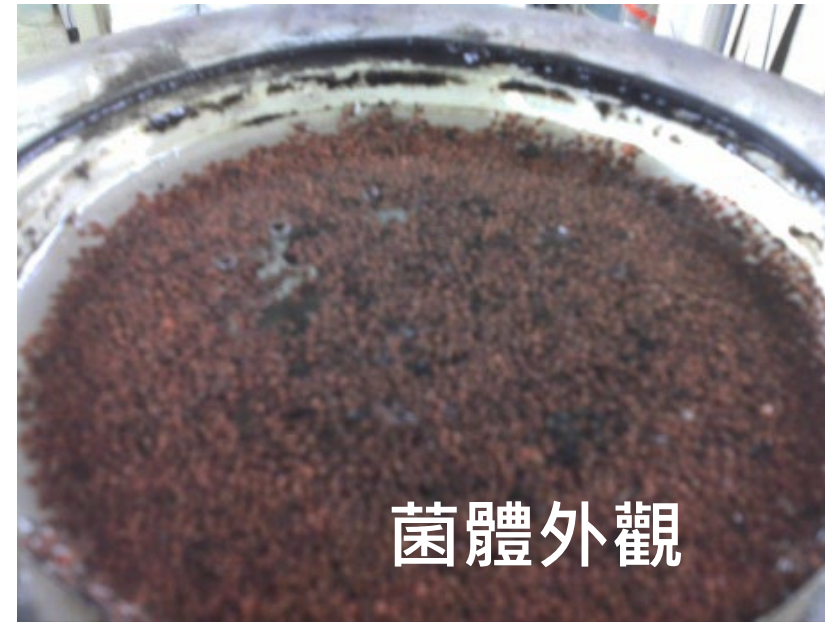
- 高級生物處理，氧化去除微量有機物質、氨氮
- 生物濾床，可濾除水中懸浮固體物



## 應用驗證

- 平鎮工業區污水處理廠
- 林園工業區污水處理廠

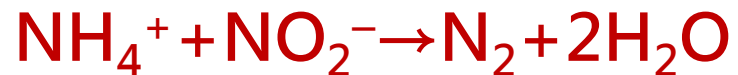
# 厭氧氨氧化 (Anammox) Anaerobic Ammonium Oxidation



厭氧氨氧化 ( ANaerobic AMMonium Oxidation是一種細菌在廢水處理中進行的生化反應，簡寫ANAMMOX )，反應式如下：

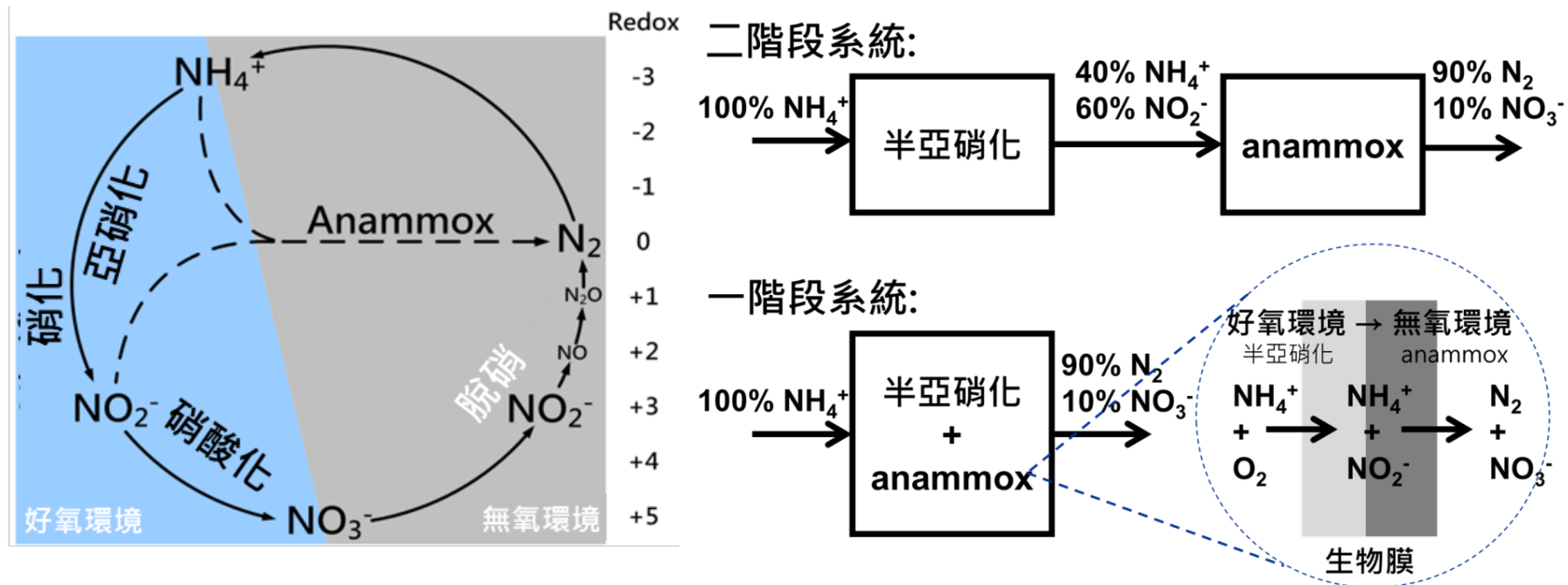
優點:

1. 不需加藥
2. 低耗能 ( 節省25%曝氣量 )
3. 反應體積減少50%，高反應速率

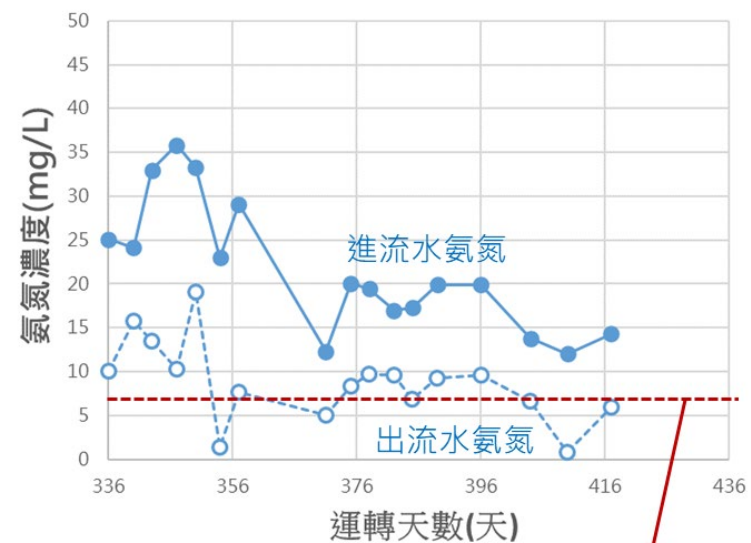
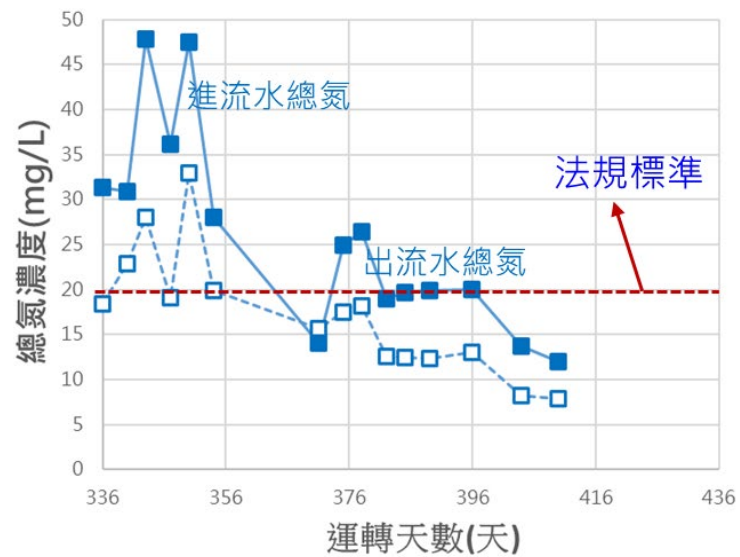


# 厭氧氨氧化 (Anammox) Anaerobic Ammonium Oxidation

- 氨氮經過半硝化反應槽後，轉換為亞硝酸氮
- 亞硝酸氮與氨氮產生厭氧氨氧化反應，產生氮氣，自水中移除



# 厭氧氨氧化 (Anammox) Anoxic Ammonium Oxidation



新制法規：<6 mg/L

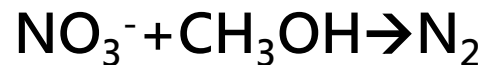
長期連續運轉處理實際廢水成效



百噸級Anammox系統

# 無氧脫氮流體化床技術

## ● 反應原理

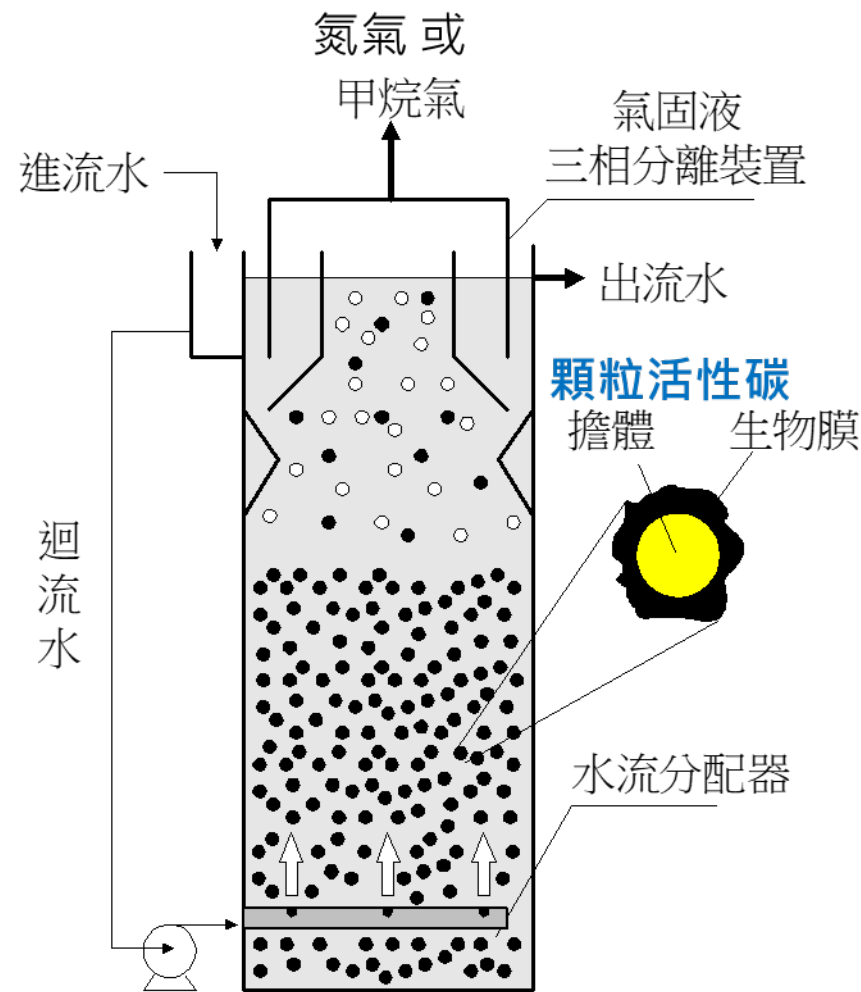


## ● 技術簡介

利用**顆粒活性炭**作為微生物載體，於有機碳源（如甲醇）等之添加過程中，透過微生物生理代謝作用將廢水中之**硝酸鹽氮**轉化為**氮氣**達到去除之目的。

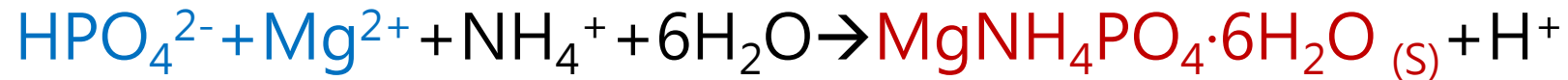
## ● 技術優點

- ① 處理效率高（通常可達80-90%之去除率）
- ② 低用地面積（高塔式反應器節省用地面積）
- ③ 高處理負荷 ( $0.5-3.0 \text{ kg N/m}^3\text{-d}$ )

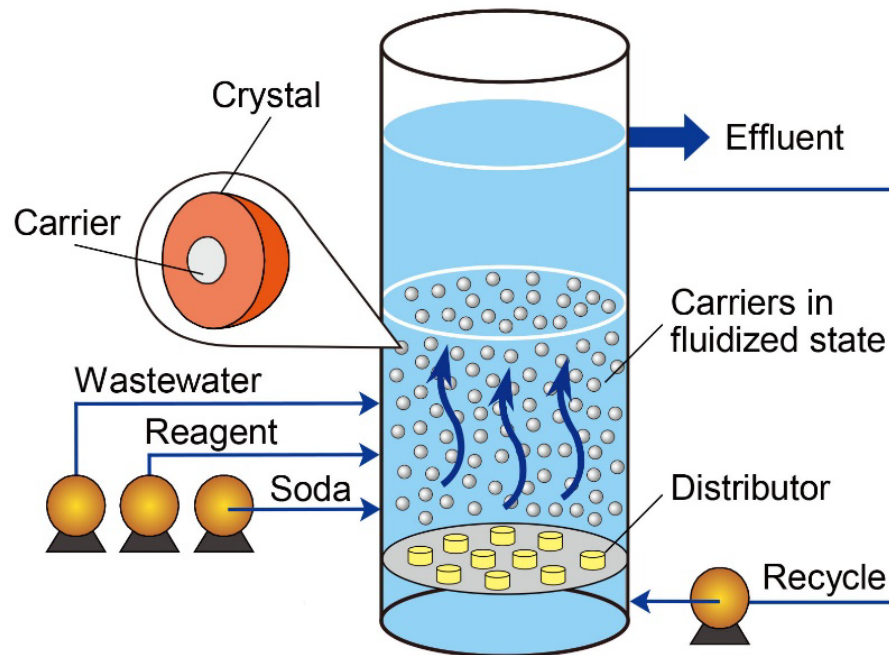


# 流體化結晶—磷酸銨鎂沉澱法

- 藉由添加鎂鹽及磷酸根，與銨離子形成難溶性磷酸銨鎂複合
- 建議添加比例 磷酸：氨：鎂=1.2-1.3：1.0：0.9



最適操作條件：pH=8.5，溫度25°C



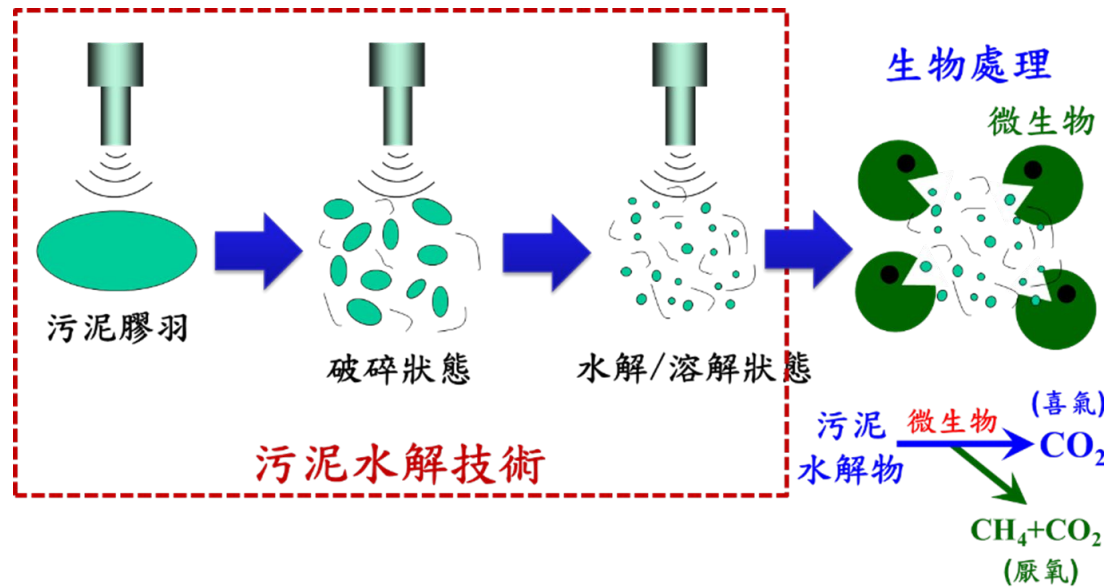


# 污泥減量

超音波污泥水解

# 超音波污泥減量

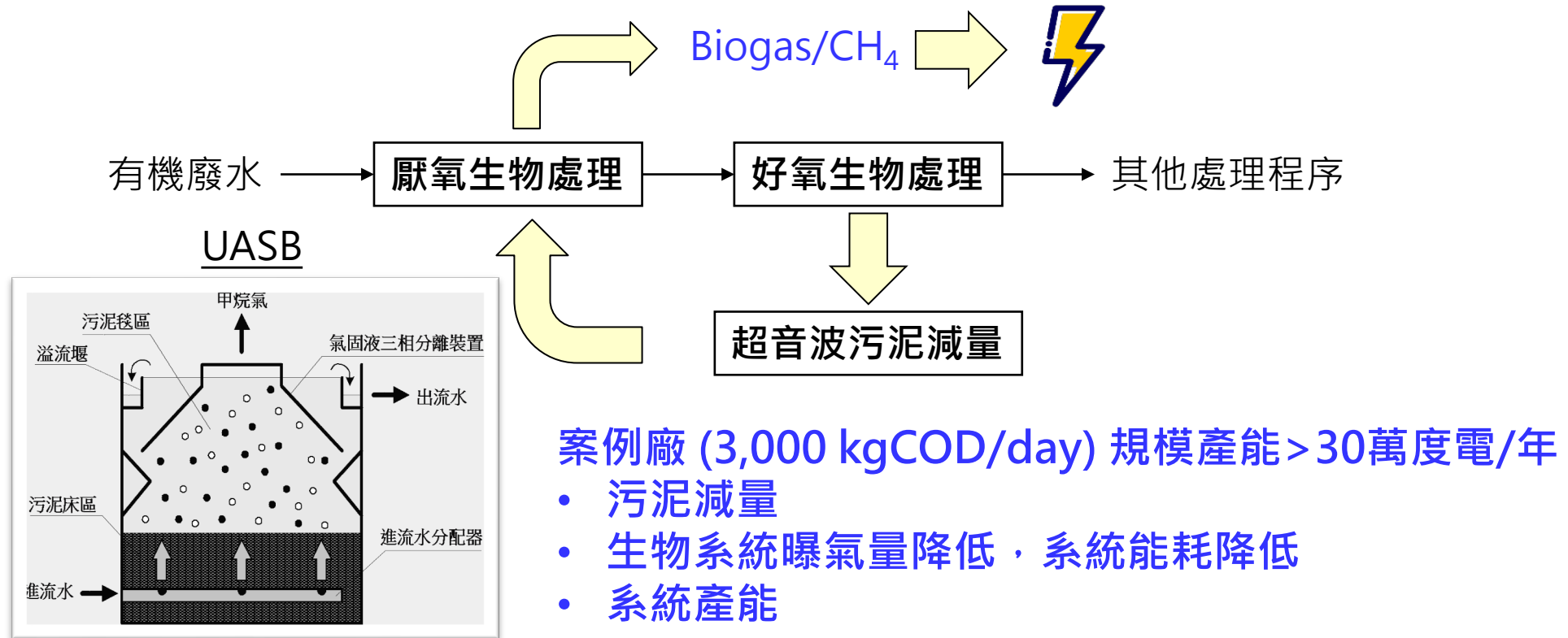
- 利用聲波與水中微小氣泡作用，使其在極短時間發生空穴效應 (Cavitation)。
- 空穴效應會產生強大的衝擊力，可以有效破壞周圍細胞的外部結構，使其產生污泥水解的效果，水解後有機物質些微增加，在生物單元可負荷情況下，將其水解後之有機物迴送至好氧/厭氧生物處理達到污泥減量效果。



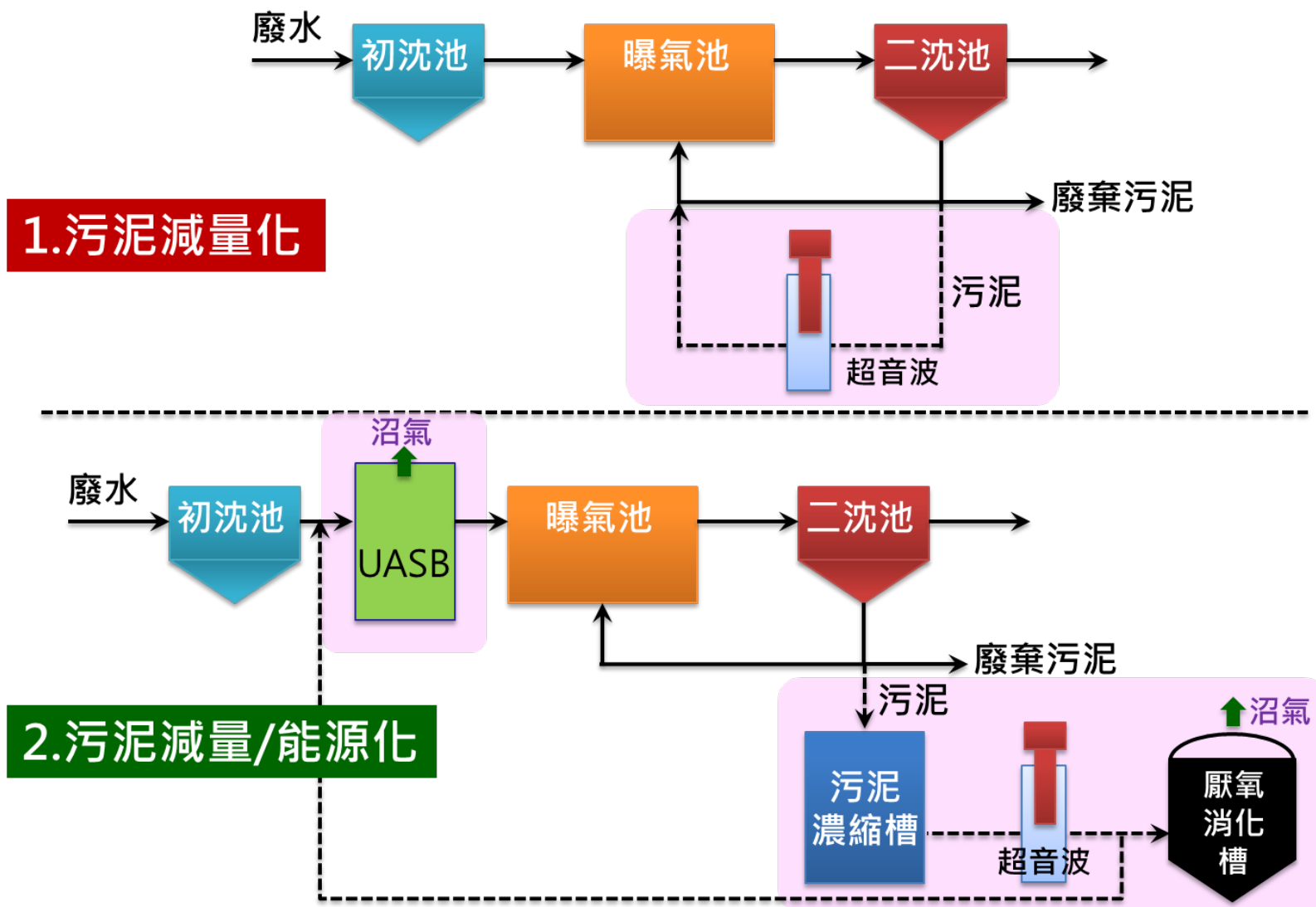
## 系統特色

1. 高污泥減量
2. 高污泥水解能力
3. 改善污泥的生物可分解性
4. 短停留時間
5. 增加沼氣的產量與產率
6. 無需添加任何化學藥劑

# 水處理-污泥減量+碳循環議題



# 污泥水解應用策略





Zero Waste

Circular Economy

Zero Carbon

ZERO Water

## 零排放議題

Zero Liquid Discharge (ZLD)

Zero Waste Disposal (ZWD)

資源循環 (Resource Recovery)

## 國際低碳水議題

低碳水：Low Carbon Water

淨零排放：Net Zero Emission

碳捕集、利用與封存 (CCUS)

(Carbon Capture, Utilization, and Storage)

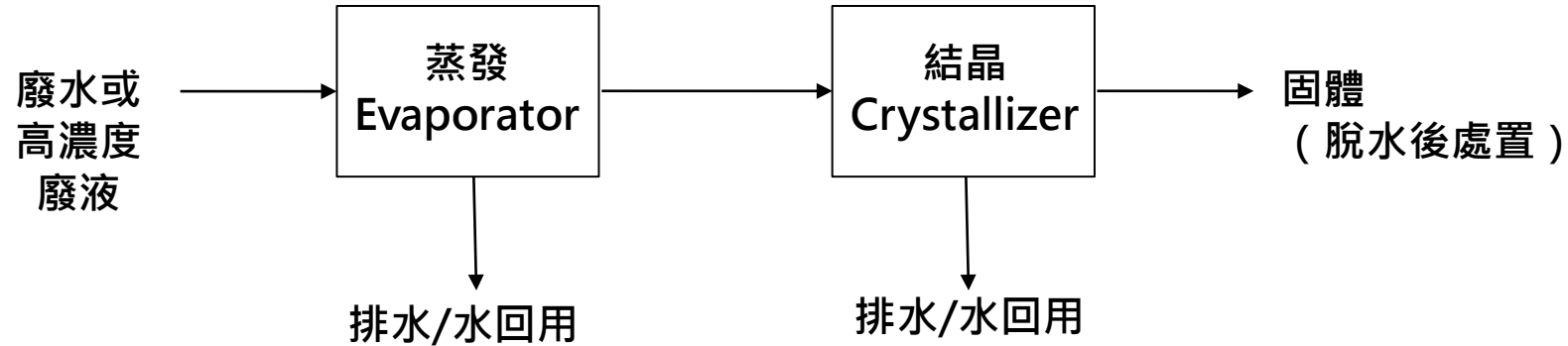


# 全球水危機 Global Water Crisis

人類 隨水源而居

水源 正在枯竭中

# 典型生態排放/零排放ZLD處理流程



- 傳統ZLD主要是應用蒸發及結晶技術
- 蒸發通常可達到90%之水回收率
- 結晶可達到100%之水回收率
- 固體物需脫水及處置
- 部分蒸發熱可回收（特別是MVR）
- 高能量操作需求，且需使用大量化學品及設備需使用昂貴之抗腐蝕材料，操作及設備成本很高
- 僅能處理小水量



# ZLD/ZWD之維運考量

## ISSUE 1. 減低ZLD成本

減少水回收過程中能源/藥劑使用量

- 使用高級生物處理系統針對水中COD及氨氮等有機物進行降解，以減緩後續薄膜積垢現象，並同時提升水回收率
- 使用節能技術以減少ROR水量→減少進入熱系統之水量



## ISSUE 2. 降低ZWD成本

減少固廢（混鹽）之產生（創新技術待突破）

- 開發線上鹽分離資源化系統→廢鹽分離→產酸鹼
- 減少固廢混鹽產生量→減低熱系統負荷



## ISSUE 3. 動態控智優化系統

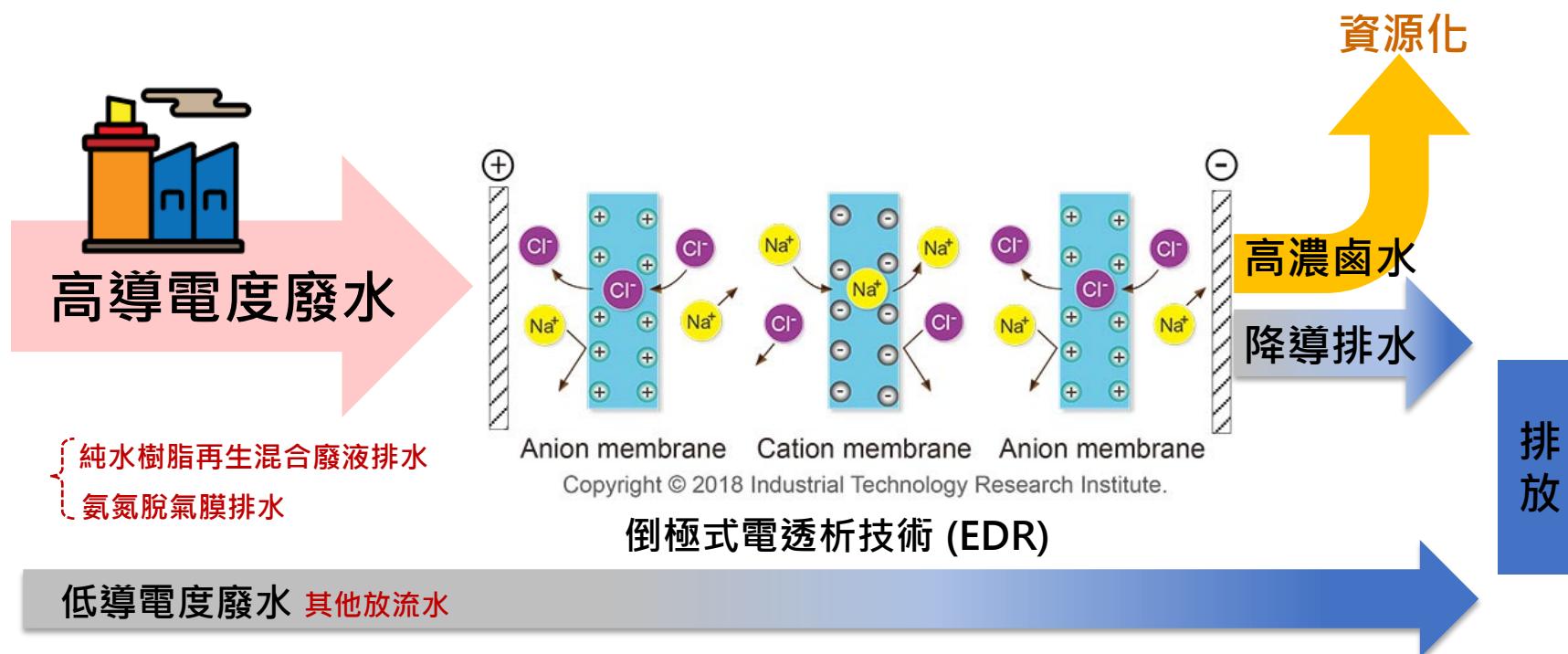
安裝智能監控系統以優化系統效能

- 線上薄膜積垢預警系統
- 自動化加藥系統
- 系統優化



# 高導電度廢水降導與資源化技術

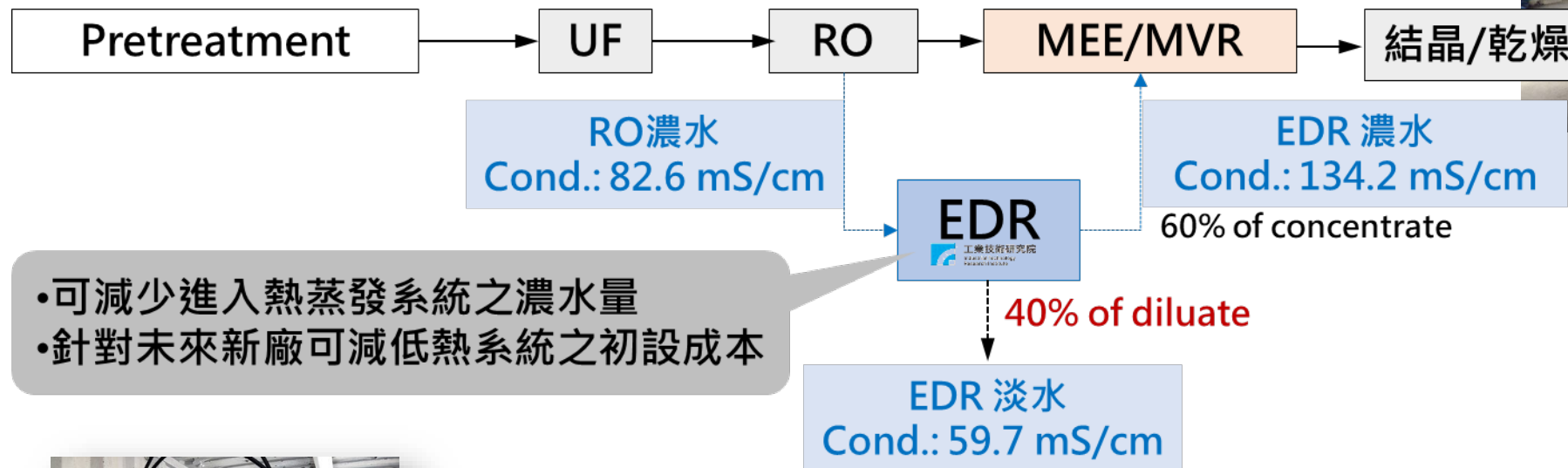
- 綜合廢水排放導電度高於10,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，具生物毒性，對生態環境有極大影響，**純水樹脂再生混合廢液**與**氨氮脫氣膜排水**占整廠排水導電度>40%。
- **電透析技術 (Electrodialysis Reversal, EDR)** 為透過電場及離子交換膜以分離水中陰陽離子，可有效降低放流水之導電度及生物急毒性



# EDR模場試驗結果

## 皮革廢水聯合污水廠零排面臨之急迫問題：

- 既有系統之水回收率低及高能耗
- 熱蒸發系統之高負荷



- 可減少進入熱蒸發系統之濃水量
- 針對未來新廠可減低熱系統之初設成本



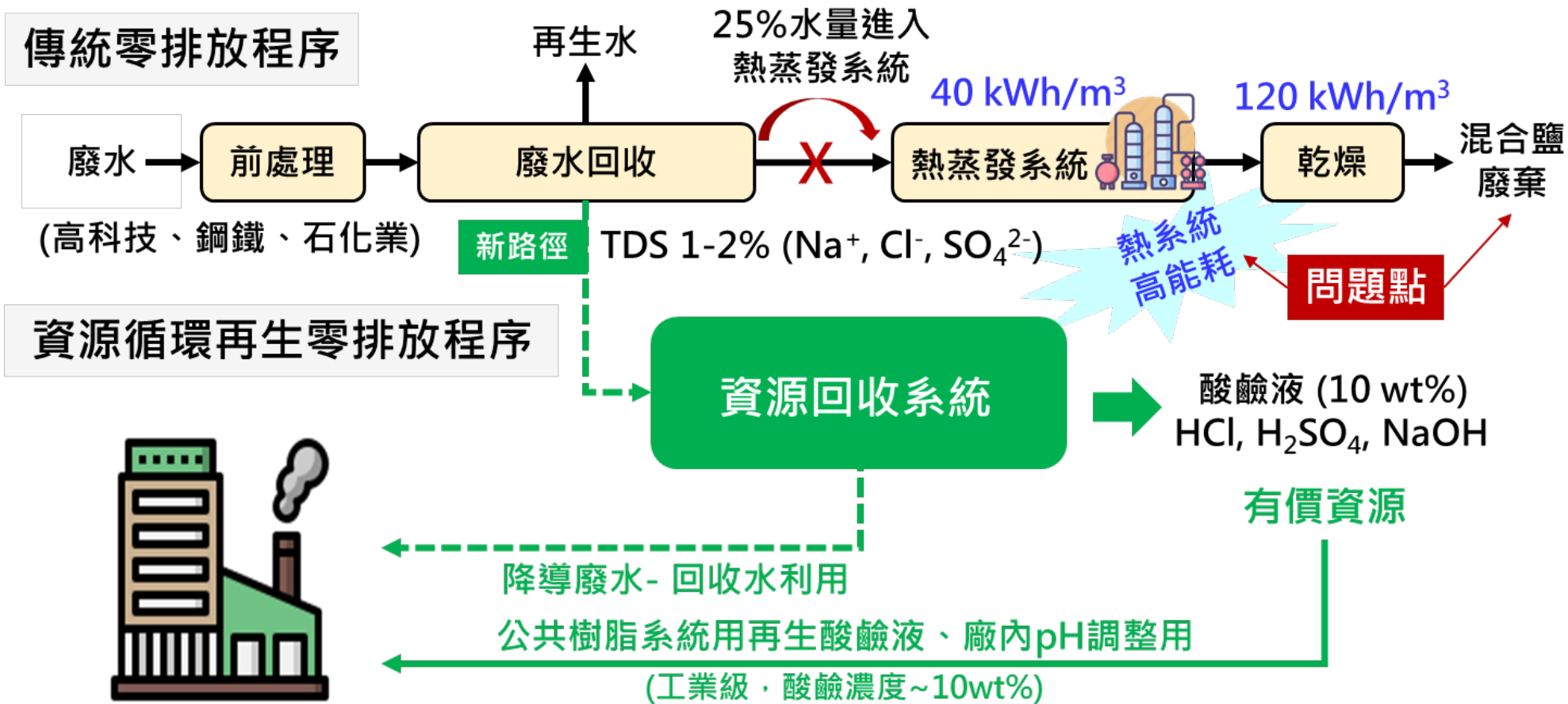
經試驗可減少40%濃水進入熱蒸發系統

- 水回收率 ↑
- 操作成本 ↓ (約120-300 NTD/m<sup>3</sup>)

處理單位ROR所需能耗=22.6 kWh/m<sup>3</sup>

# 以資源回收為導向之零排放系統

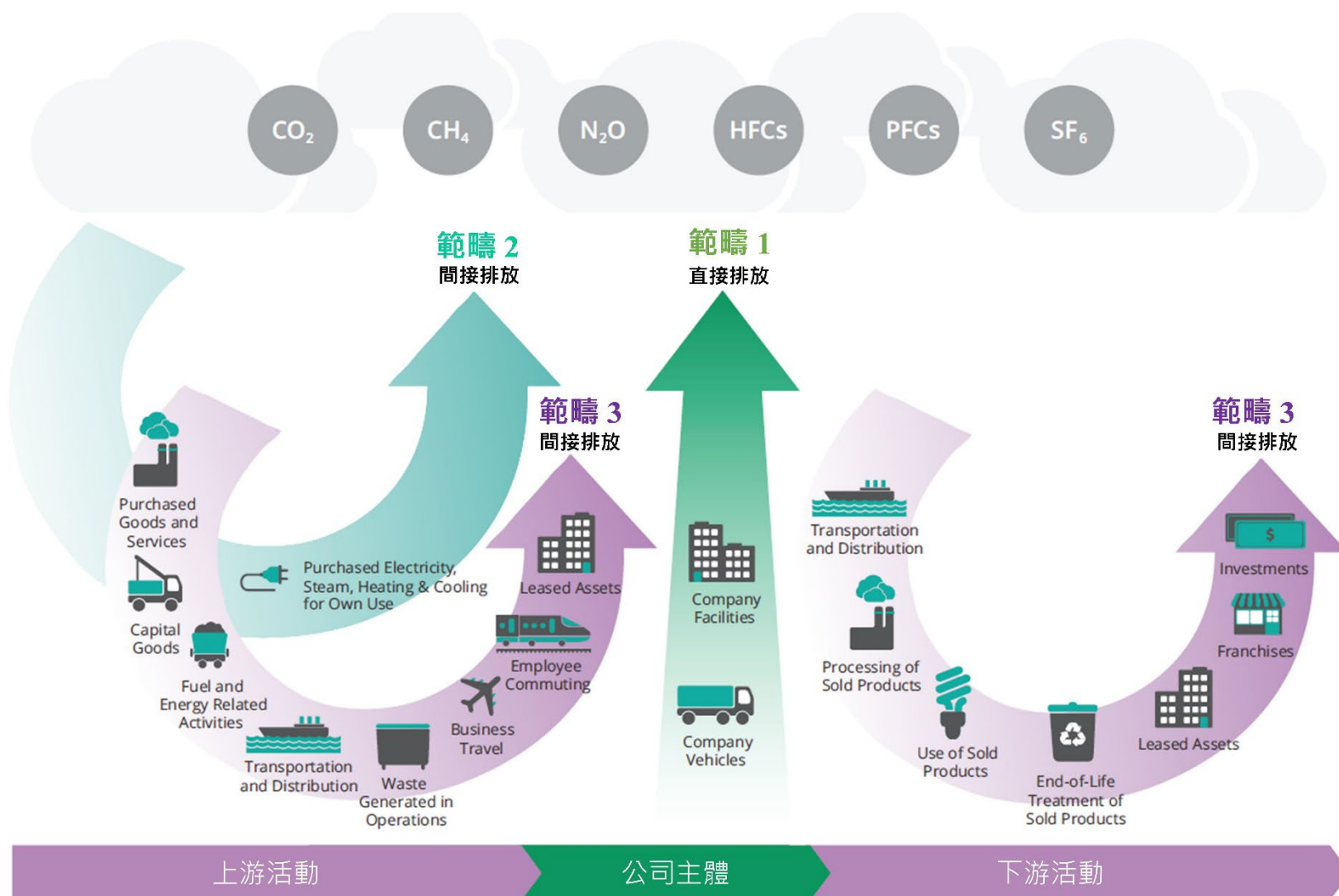
- 高效率低成本資源化系統，使未來零排放程序操作成本降低50% ( 由120元/噸降至60元/噸 )，水中離子資源化轉化應用，無混合廢棄鹽產生，減少固體廢棄物產生量



# 溫室氣體種類及主要來源

| 溫室氣體                   | 主要來源                                |
|------------------------|-------------------------------------|
| 二氧化碳(CO <sub>2</sub> ) | <u>化石燃料燃燒</u><br>土地利用變化(毀壞森林)       |
| 甲烷(CH <sub>4</sub> )   | <u>化石燃料燃燒</u><br>掩埋場<br>飼養反芻動物、農業活動 |
| 氧化亞氮(N <sub>2</sub> O) | <u>化石燃料燃燒</u> 、工業活動<br>使用肥料         |
| 氫氟碳化物(HFCs)            | 製冷劑、冷媒、噴霧器等                         |
| 全氟碳化物(PFCs)            | 工業活動(光電半導體製程)<br>鋁製程                |
| 六氟化硫(SF <sub>6</sub> ) | 工業活動(光電半導體製程)<br>氣體阻斷器              |
| 三氟化氮(NF <sub>3</sub> ) | 工業活動(光電半導體製程)                       |

# 組織型盤查範疇

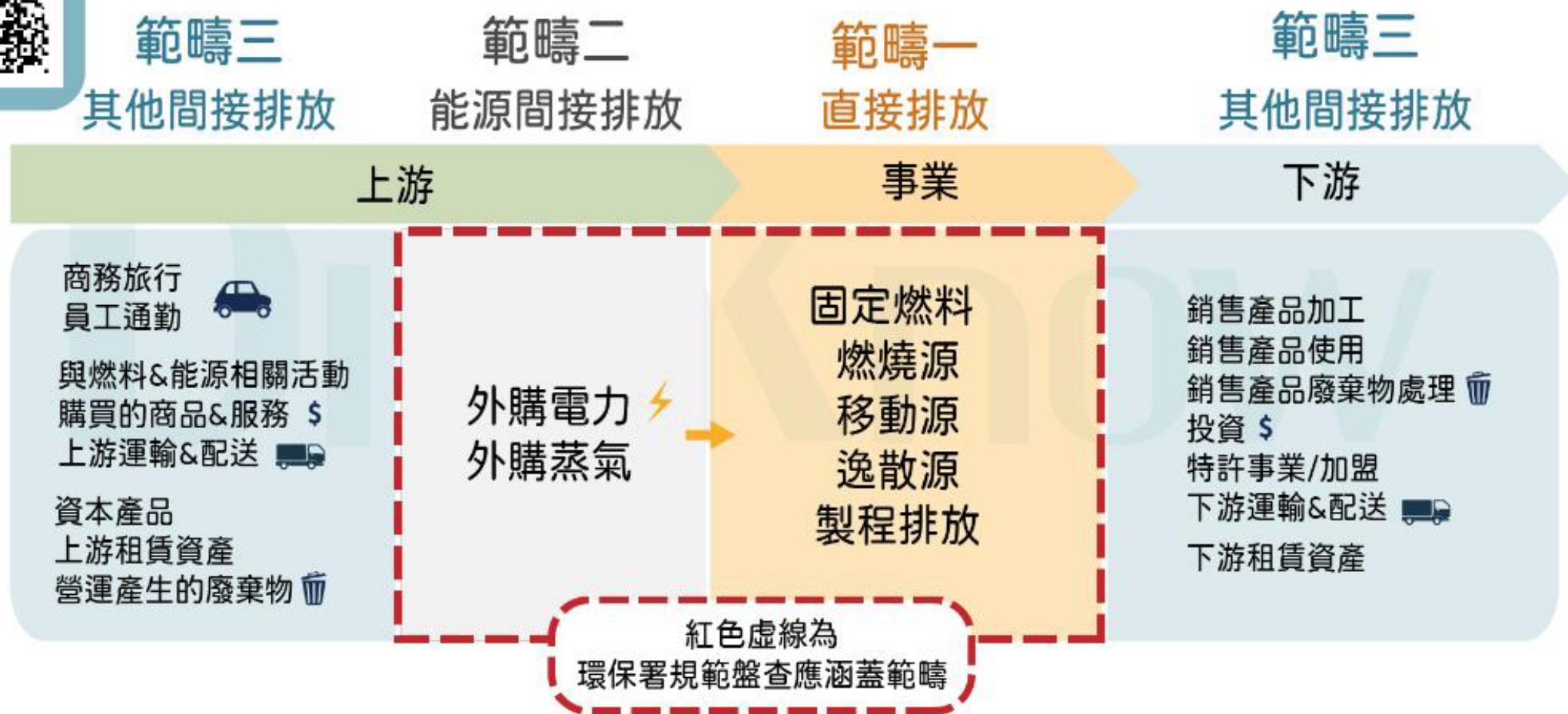


查看全文  
工廠如何節能？



## 溫室氣體盤查的三個範疇

DigiKnow  
【能源管理懶人包】



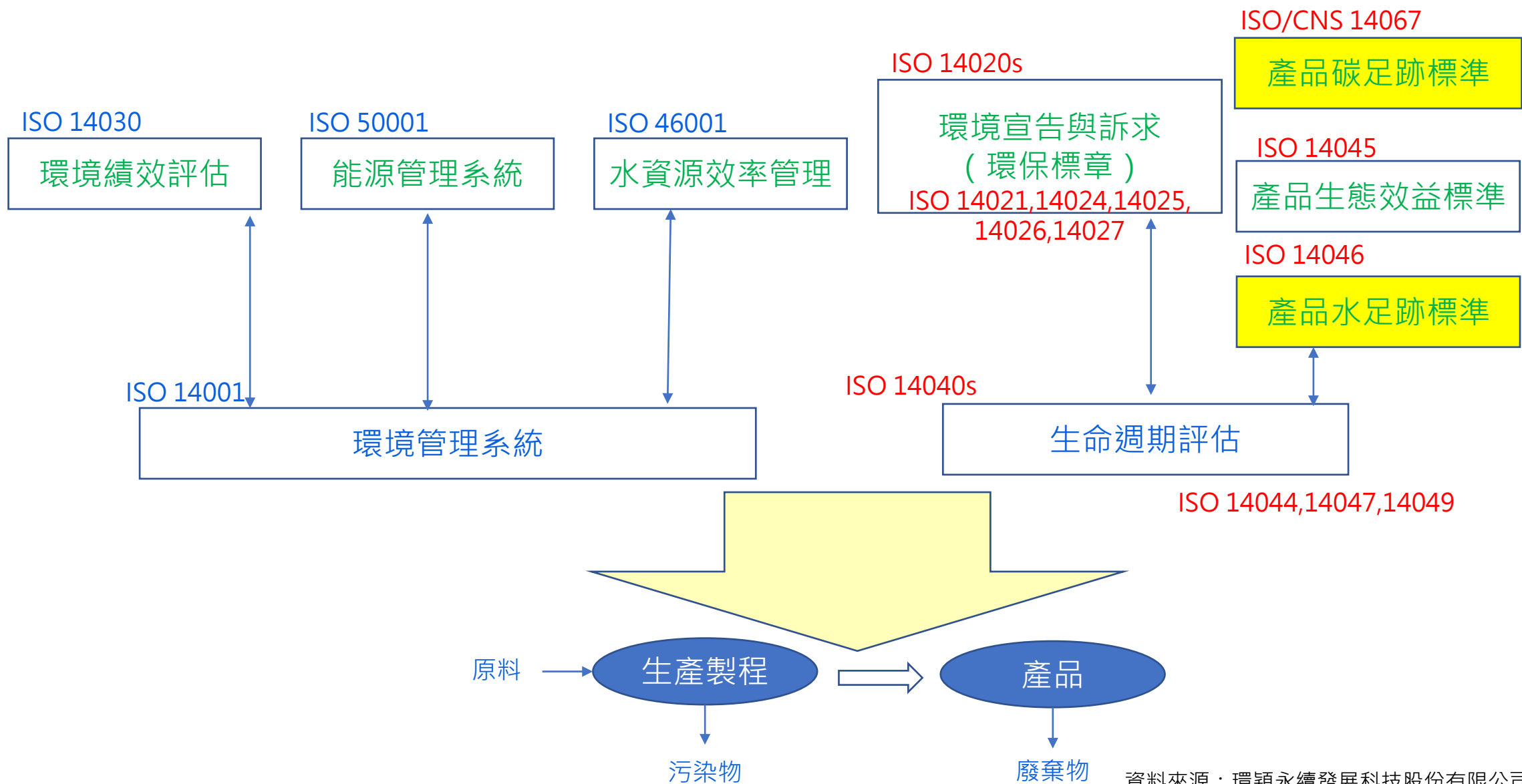
# 國際低碳水議題

- 為減少氣候變遷加劇，各國積極研擬減碳目標，致力於實現淨零排目標 (Net Zero Emission)
- 臺灣人均年碳11.05噸高於世界各國（日本8.7噸、中國7.1噸、美國16.1噸）
- 中國 (2060)、日本及韓國 (2050) 已陸續宣布淨零排目標，臺灣之再生能源願景雖領先日韓各國，但於減碳議題卻尚有施行改善空間
- 廢水處理於碳排分類中屬廢棄物分項（占全球總碳排約3.2%），其中廢水處理所占之年碳排約達4.7億噸，英國於2020年宣布將於2030年達水處理淨零排



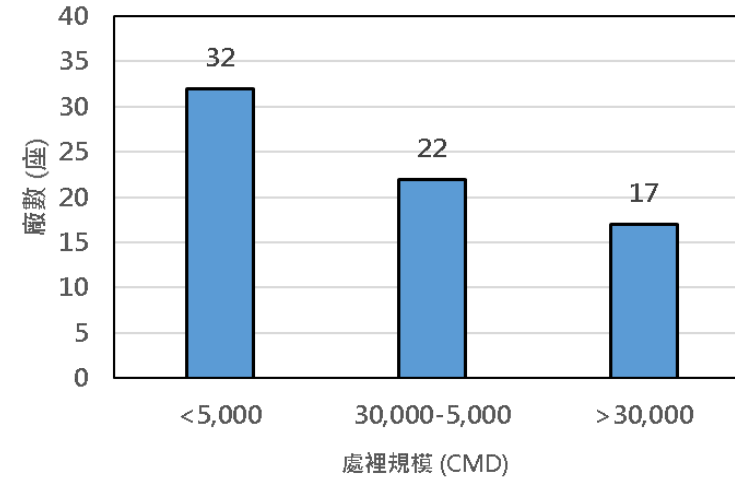
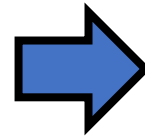
- ◆ 創新技術開發/設備改善
- ◆ 使用清淨能源（風力、太陽能、生質能、水力）
- ◆ 減少最終處置環境成本/降低環境衝擊
- ◆ 產氫技術（甲烷、氨氮）
- ◆ 程序自發電（熱能、鹽差）
- ◆ 分散式水廠（非飲用水系統）

# ISO環境管理標準系列



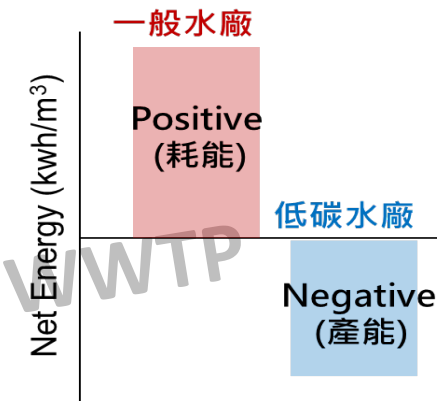
# 都市污水/再生水減碳應用

- 110年起放流水氨氮及總氮管制 $6 \text{ mg L}^{-1}$ 及 $20 \text{ mg L}^{-1}$ ，導致全國都市污水廠「能耗及處理成本暴增」，急需低碳水處理技術解決問題。



目前已納管實際總處理水量約3,144,996 CMD

都市污水或產業廢水中所包含之有機固體物以及溶解性有機物等皆具有**能源潛勢**，可作為新一代廢（污）水處理廠減碳與固碳之基礎。



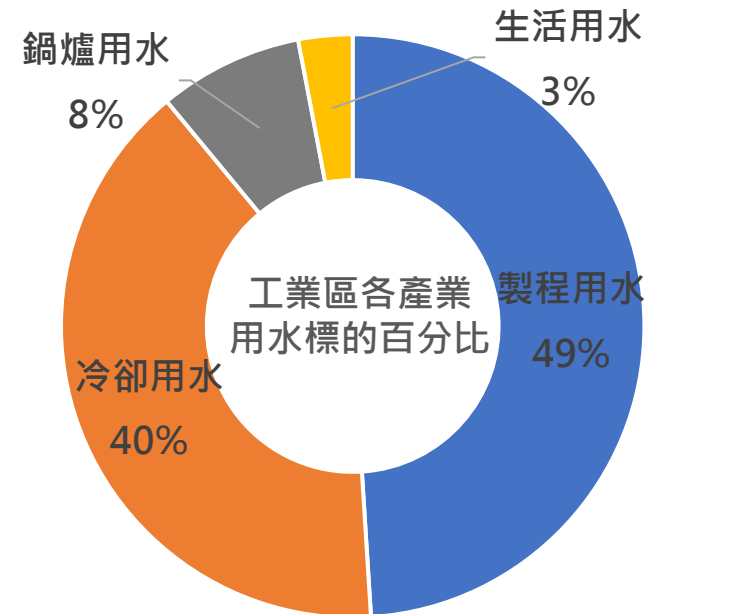


# 產業節水/用水效能提升

# 工業用水現況

## 工業用水集中於六大高耗水產業

| 行業別   | 占工業總用水量比例 |               |               |
|-------|-----------|---------------|---------------|
|       | 合計        | >1,000<br>CMD | >2,500<br>CMD |
| 化材業   | 30.8%     | 29.5%         | 27.9%         |
| 電子業   | 22.5%     | 16.5%         | 11.3%         |
| 造紙業   | 12.2%     | 11.9%         | 11.4%         |
| 基本金屬業 | 8.4%      | 7.6%          | 7.0%          |
| 紡織業   | 6.2%      | 4.5%          | 3.2%          |
| 石油業   | 4.9%      | 4.8%          | 4.8%          |
| 小計    | 85%       | 74.8%         | 65.6%         |



冷卻、成品與桶槽清洗，蒸氣加熱

各階段製程加工成品清洗、空調、淨水系統

冷卻、各階段製程加工成品清洗

冷卻、合成反應、成品清洗，蒸氣加熱

# 產業用水效能提升—節水輔導

## 面臨挑戰

氣候變遷  
缺水風險增加

因應經濟發展，用水需求不斷增加

工業區用水回收率需提高

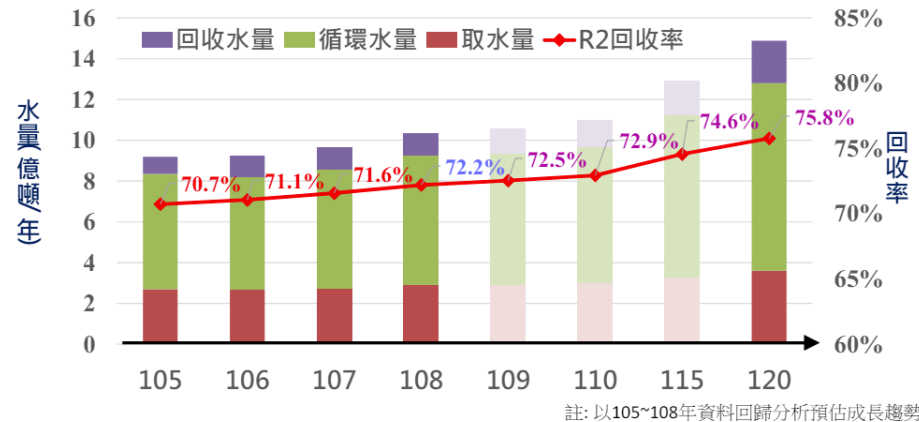
民國120年工業區用水回收率需提高至75%

## 政策依據

「產業穩定供水策略行動方案」

開源 節流 調度 備援

工業用水循環再利用

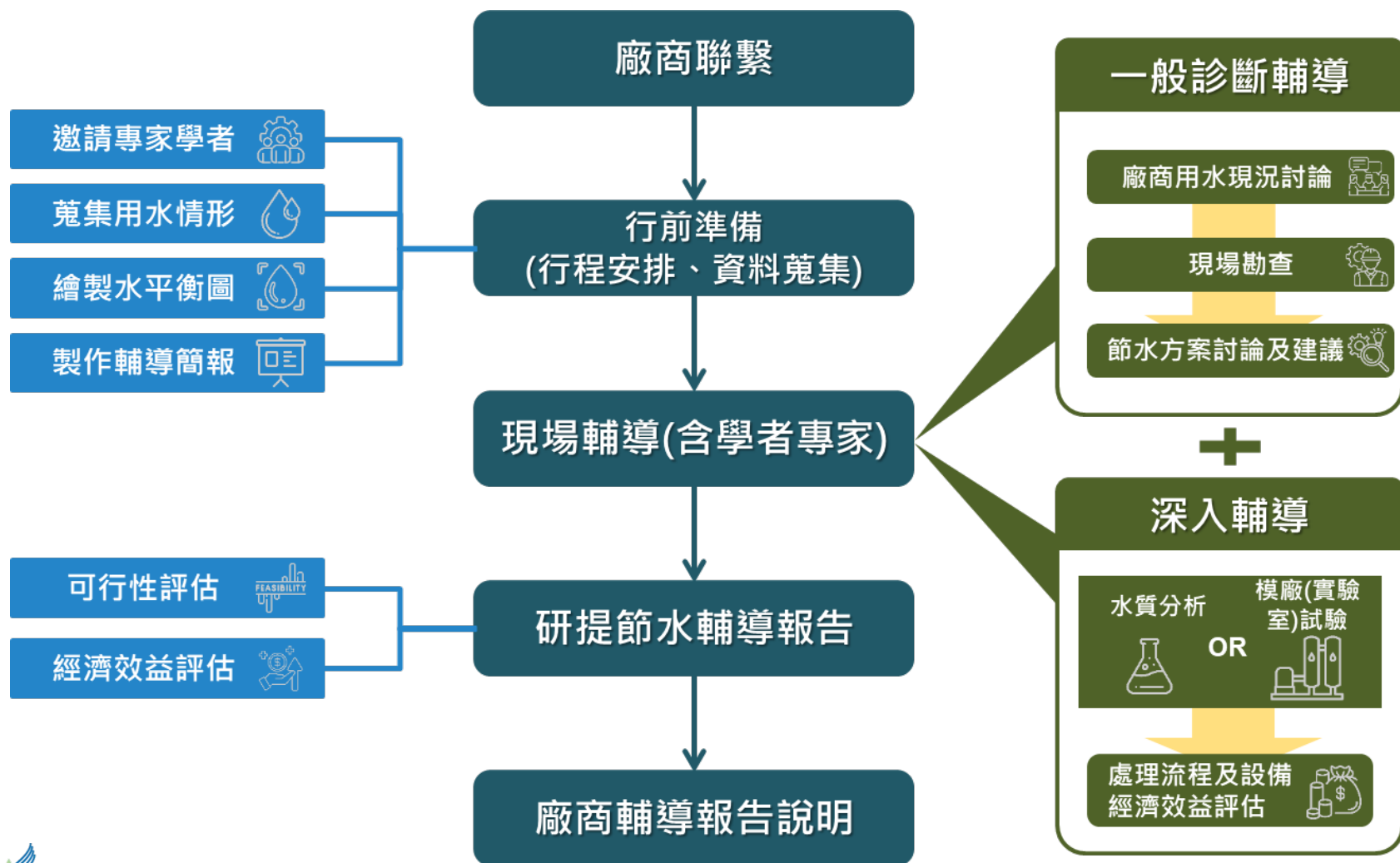


## 具體做法

推動節水輔導 提升用水效率

透過輔導計畫推動，加強產業用水再利用之輔導及策略研擬，營造節水環境及提升廠商回收率

# 產業節水輔導與水資源永續推動



# 節水輔導報告

## 報告呈現

1. 廠商概況與用水基線清查
2. 節水改善建議與效益分析
3. 結論
4. 附錄 (現場照片、專家建議單)

## 廠商概況與用水基線清查



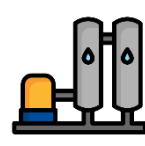
廠商  
基本資料



製程  
流程



用水量  
分析



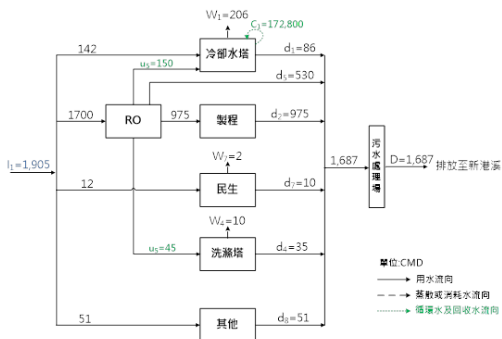
廢水處理  
流程與水  
質分析



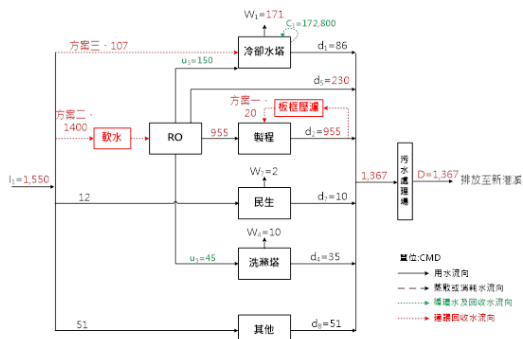
改善前水  
平衡圖

## 節水改善建議與效益分析

### 改善前後變化用水平衡圖



(輔導前)



(輔導後)

### 設備費用及節省成本分析

| 項目  | 方案內容                 | 投資成本 (CMD) | 總建設成本 (元) | 單位產水成本 (元/噸) | 單位產水 (元/噸) | 年節水成本 (元/年) | 年節水 (元/年) |
|-----|----------------------|------------|-----------|--------------|------------|-------------|-----------|
| 方案一 | 雨水貯留預處理後供冷卻水塔片水使用    | 20         | 45,000    | 41.1         | 1.0        | 42.1        | 7,300     |
| 方案二 | 冷卻水塔放流水經過濾後供冷卻水塔片水使用 | 80         | 2,000,000 | 5.7          | 12.5       | 18.2        | 365,000   |

註：1. 設備建設成本以設備採購(方案一)1年、(方案二)2年。  
2. 每月：約九折30天計算。  
3. 雨水貯留以每噸10元計算，15,000元(CMD)，營運成本以1.0元/噸。  
4. 11月：設備採購及營運成本20,000元(CMD)，營運成本以1.0元/噸。  
5. 詳細數據請參閱工程公司投資評估及工程設計。

| 項目    | 方案實施前    |          | 方案實施後    |          | 節省費用    |           |
|-------|----------|----------|----------|----------|---------|-----------|
|       | 水量 (噸/月) | 費用 (元/月) | 水量 (噸/月) | 費用 (元/月) | (元/月)   | (元/年)     |
| 自來水費  | 15,000   | 187,500  | 12,600   | 157,500  | 30,000  | 360,000   |
| 地下水費  | 6,000    | 15,000   | 6,000    | 15,000   | -       | -         |
| 污水費   | -        | 36,000   | -        | 25,200   | 10,800  | 64,800    |
| 淨水處理費 | 16,500   | 132,000  | 14,100   | 112,800  | 19,200  | 230,400   |
| 所管費   | 16,500   | 297,466  | 14,100   | 254,198  | 43,268  | 519,216   |
| 合計    |          | 667,966  |          | 564,698  | 103,268 | 1,174,416 |

註：1. 淨水處理費以1.0元/噸計算，每月在30天內。  
2. 自來水費以1.25元/噸計算，每月在30天內。  
3. 污水費以0.6元/噸計算，每月在30天內。  
4. 淨水處理費以0.8元/噸計算，每月在30天內。  
5. 所管費以0.5元/噸計算，每月在30天內。  
6. 設備採購及營運成本以1.0元/噸計算，每月在30天內。  
7. 設備採購及營運成本以1.0元/噸計算，每月在30天內。  
8. 設備採購及營運成本以1.0元/噸計算，每月在30天內。  
9. 設備採購及營運成本以1.0元/噸計算，每月在30天內。  
10. 設備採購及營運成本以1.0元/噸計算，每月在30天內。

# 優良案例介紹

## 鍋爐蒸氣/冷凝水回收

某紡織業製程絞紗烘乾機及鍋爐設備之蒸氣冷凝回收，供深染製程使用，總回收水量約**150 CMD**。



## RO濃排水回收/提升產水率

某科技業者「純水系統RO及UF濃縮水回收」，每年總節水量**91.4萬噸**，等同於366個奧運標準游泳池。



## 管末廢水回收

某石化業者建置「超濾膜 (UF) 與二段式RO設備」，回收管末廢水作為廠內原水源使用，增加回收水量達**375 CMD**。



某石化業者建置「重合製程廢水回收系統 (HBF-C)，水平流式生物濾床」，解決廢水因聚乙烯醇（難以回收的窘境），總回收水達量**780 CMD**。



# 優良案例介紹

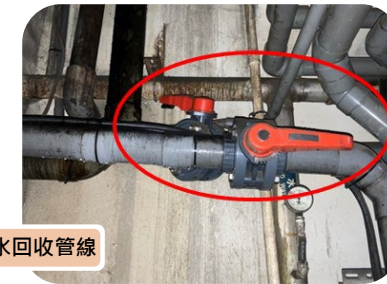
## 冷卻水塔/洗滌塔節水

某紡織業冷卻水塔增設防飛濺擋板及冷卻水塔排放水供洗滌塔補充使用，總回收水量約**2,700 CMD**。

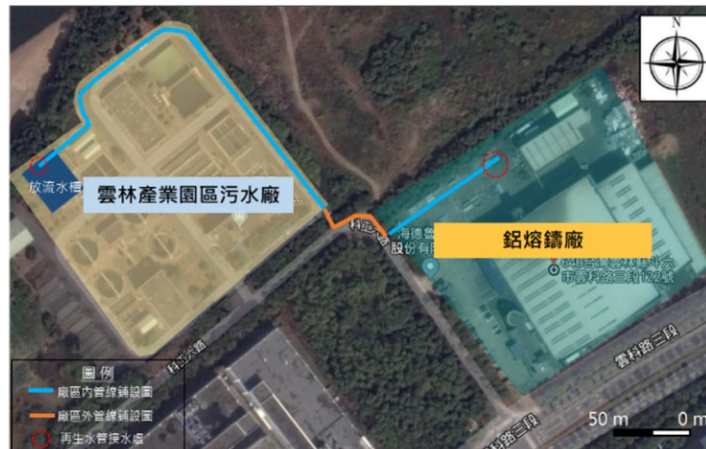


## 雨水/冷凝水回收

某電子零組件業評估屋頂回收雨水及冷凝水作為製程用水補充使用，總回收水量約**10 CMD**。



## 區域水資源整合



雲林產業園區污水廠提供放流水予鄰近鋁熔鑄廠作為製程冷卻用水補充約**50 CMD**。

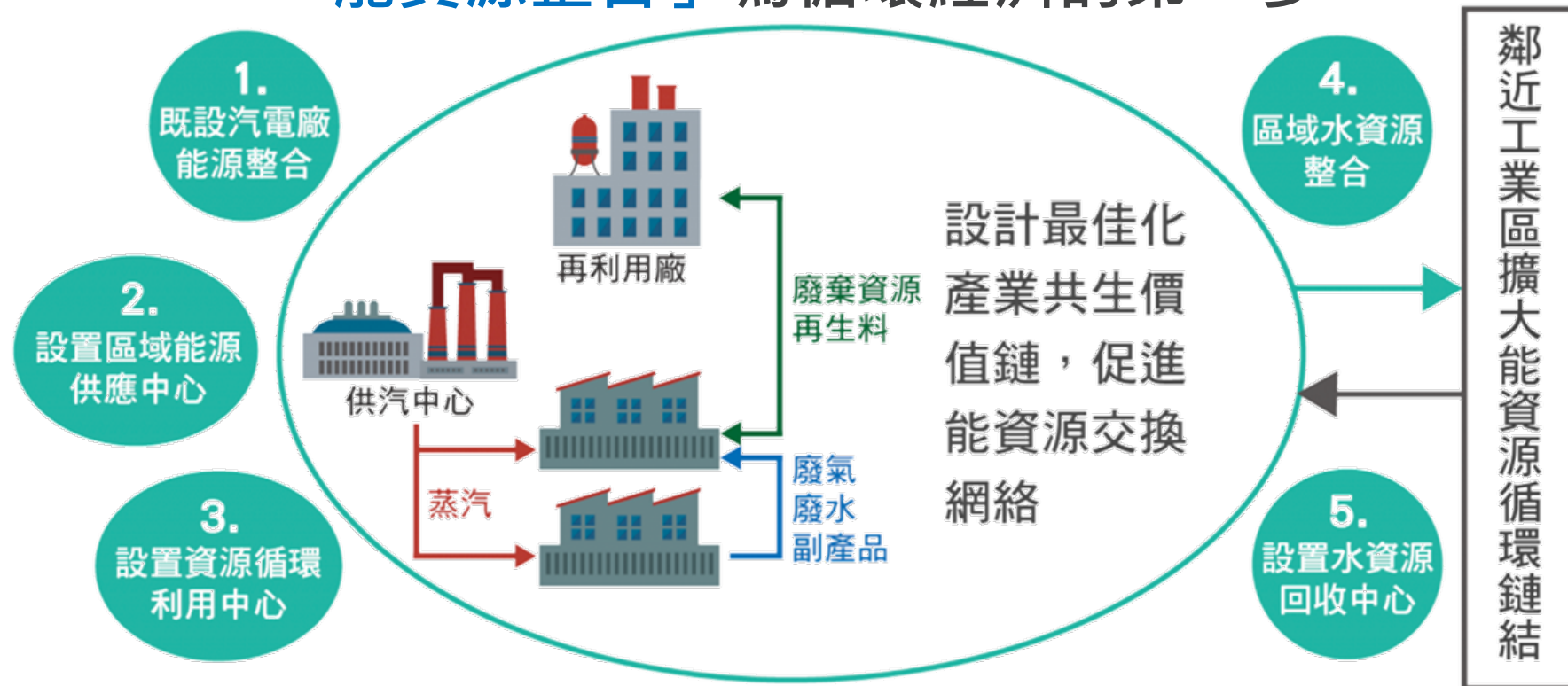


官田產業園區污水廠提供放流水予塑膠容器再生處理廠作為製程清洗用水約**300 CMD**。

# 能資源循環最佳化模式

工業局除持續推動既設工業區能資源循環利用外，未來國內新設工業區前，將以循環經濟之思維模式發展**循環經濟園區**，透過系統性的規劃設計，將工業生產過程排放的能源、資源、廢棄物及廢水，妥善收集、再生及循環利用，兼顧產業發展與環境保護。

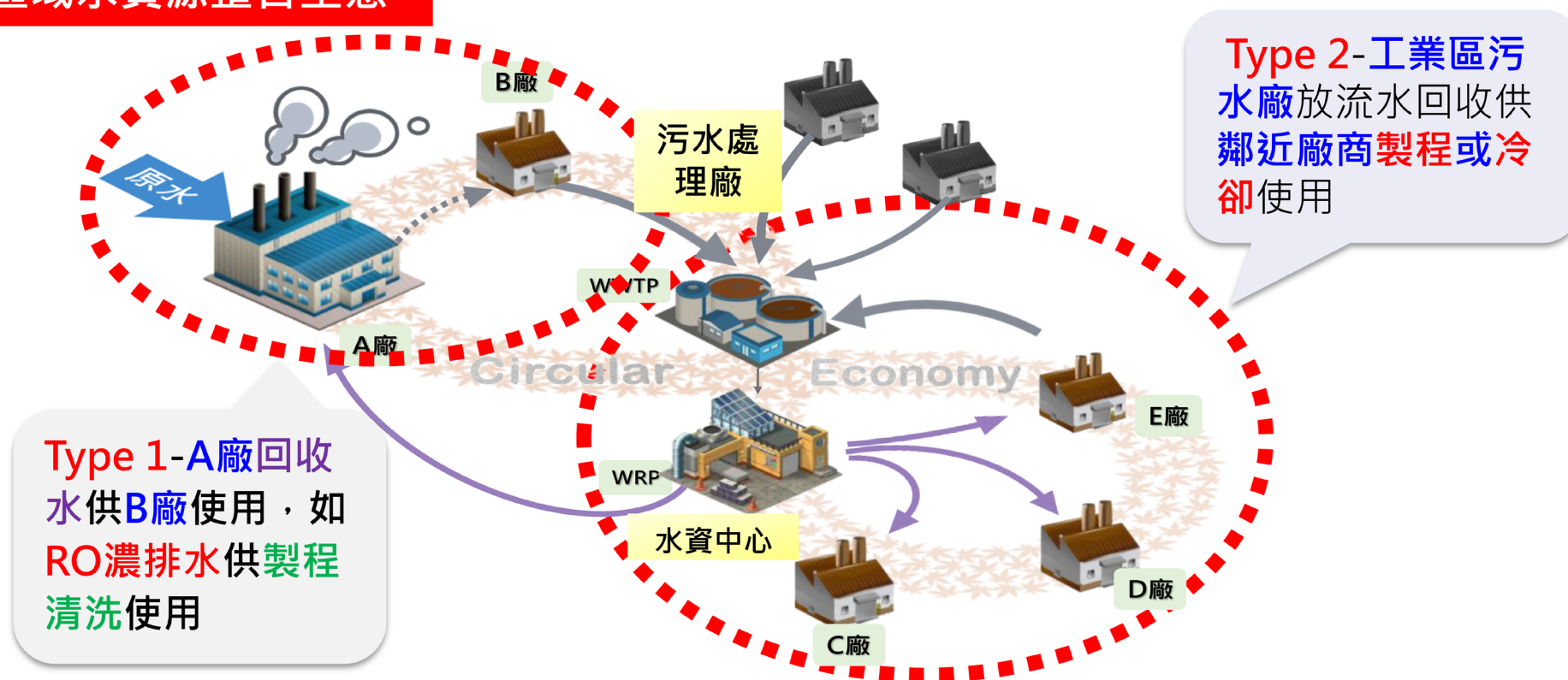
## 「能資源整合」為循環經濟的第一步



# 工業用水回收循環作法

- 廠商節水回收：廠內水資源循環再利用
- 使用新興水源：高雄臨海工業區使用鳳山溪及臨海再生水達7.8萬噸/天
- 區域水資源整合：產業園區廠水資源供需媒合

## 區域水資源整合型態



# 耗水費政策推動

耗水費是基於水資源的重要性，由中央主管機關（經濟部）依據水利法第84條之1所徵收的特別公課

## 收費對象

- 同一用水地點，枯水期單月總用水量**超過9,000噸**

## 激勵節水及使用替代水源

### 可減徵或抵減

- 水資源開發或節水設備投資
- 使用再生水、海淡水
- 水污費

## 同行相互激勵節水

- 原則費率3元
- 與同行業用水回收率相比，回收率較高者，可享有比其他同行更優惠費率



## 以照顧企業為出發點

- 112-114年6月30日減半收取
- 連續2年度淨利為負，經簽證會計師查核報告，得申請分期

# 鼓勵企業投入節水



費率原則3元

自來水  
地面水



超過9,000 m<sup>3</sup>部分

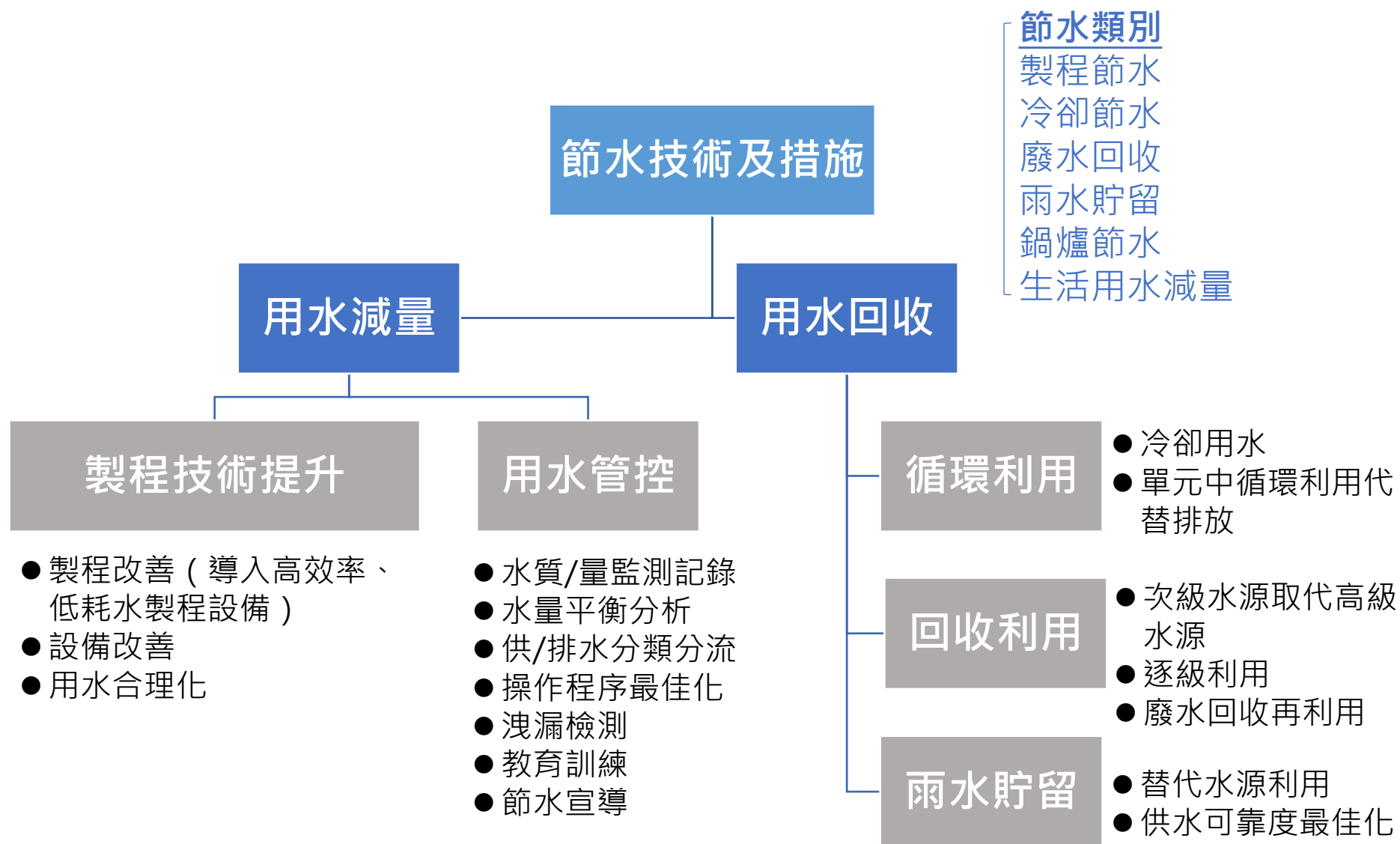
回收率

地下水

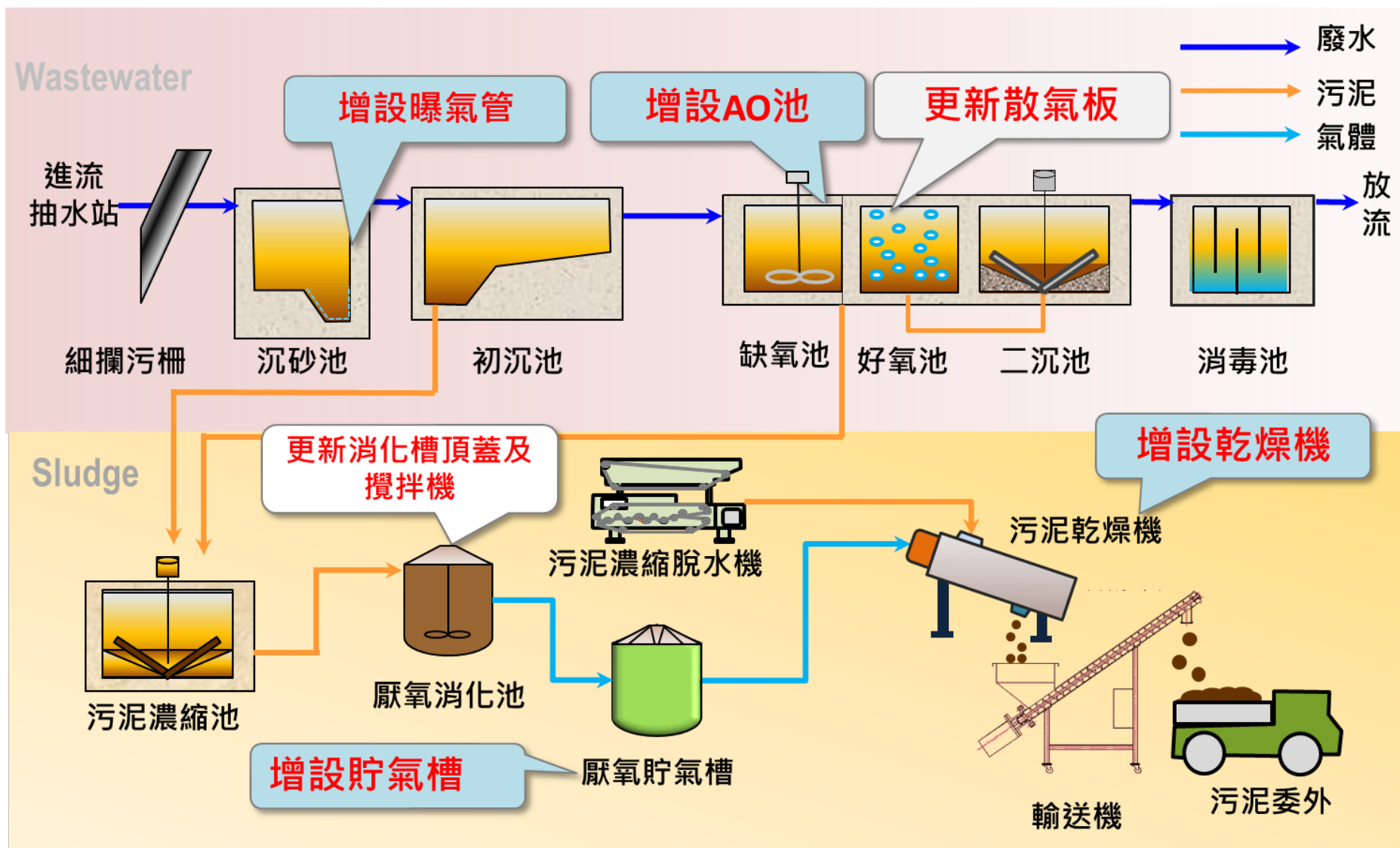


取用地下水總水量



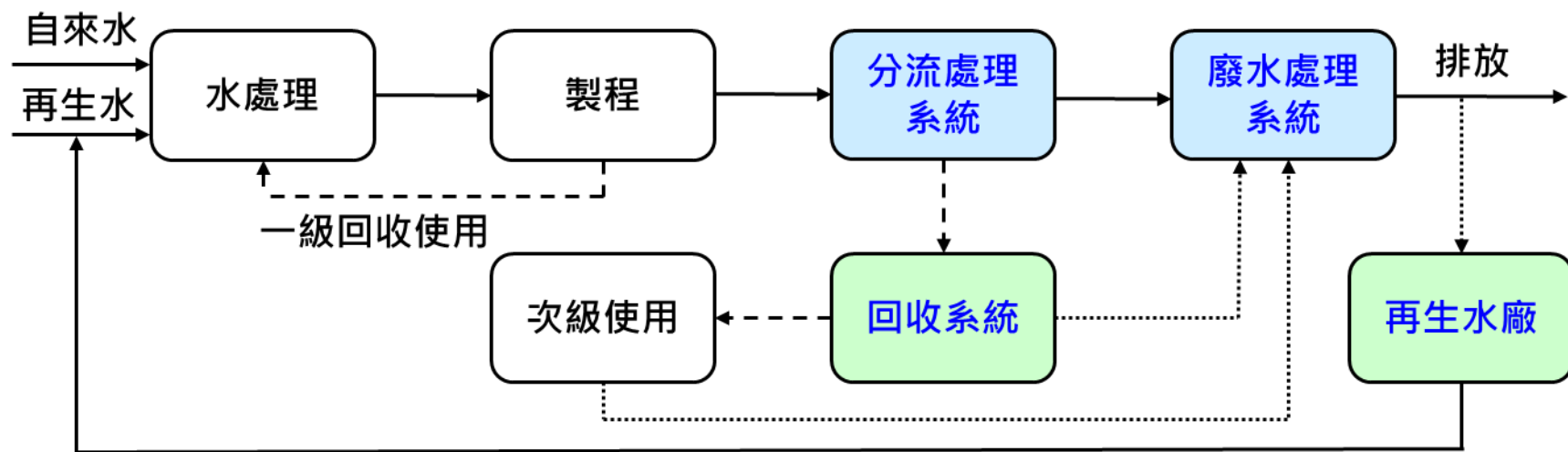


# 污水廠優化工程



# 半導體廠水資源整體解決方案

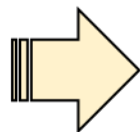
- 藉由廢水再生最適化設計，提供高品質再生水，且排放水符合納管標準。
- 內部強化用水效率，外部增加多元供水方案，減少自然資源的耗用。
- 改變水資源處理思維，由廢水處理轉為資源循環再生回收。



□ 廢液及廢棄物回收

□ 廢水處理效能改善

□ 放流水再生利用

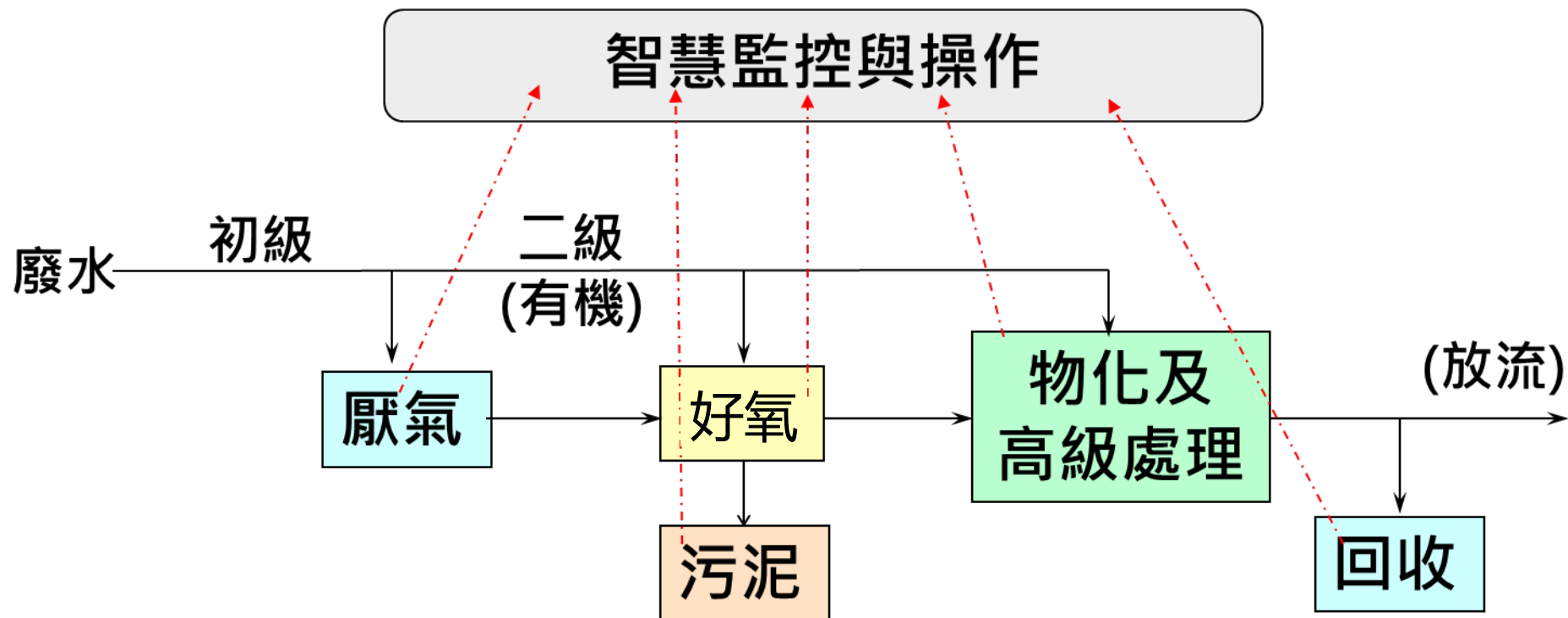


□ 資源循環利用

□ 污染物減排/生態排放

□ 提升水資源利用效率

# 廢水處理與回收技術



- 廢水處理：化工、食品、石化、發電、高科技.....
- 廢水回收：鋼鐵、食品、化工、生活污水.....
- 智慧監控：自來水廠、高科技廠、科學園區.....
- 材料開發：NF、EDR膜材、二級處理生物擔體.....

# 產業永續發展之困境與機會



## 資源短缺

以電子垃圾為例，其每年以500%速率增加，但進入循環利用的僅有20%  
金銀銅鎢等稀有金屬將在50年內開採殆盡

## 環境衝擊

電子廢棄物占垃圾總量之2%，卻在垃圾掩埋場中之有毒（有害）物質中占比高達70%

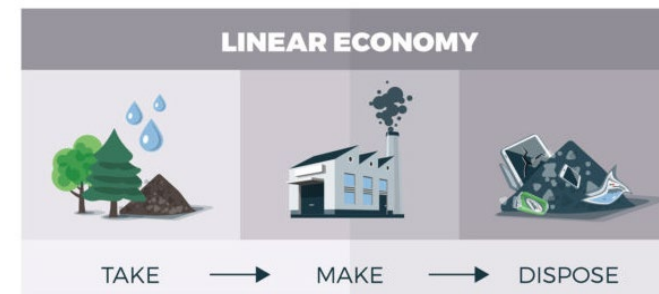


## 人口增長

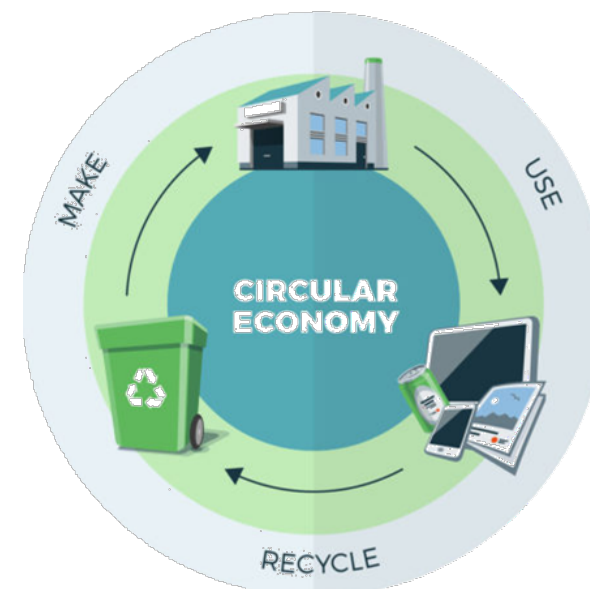
開發中國家（印度、衣索比亞、印尼等）人口快速成長，預計於2050年全球人口將達97億

經濟？  
環保？

## 機會：解決方案



線性經濟轉換為循環經濟之新思維

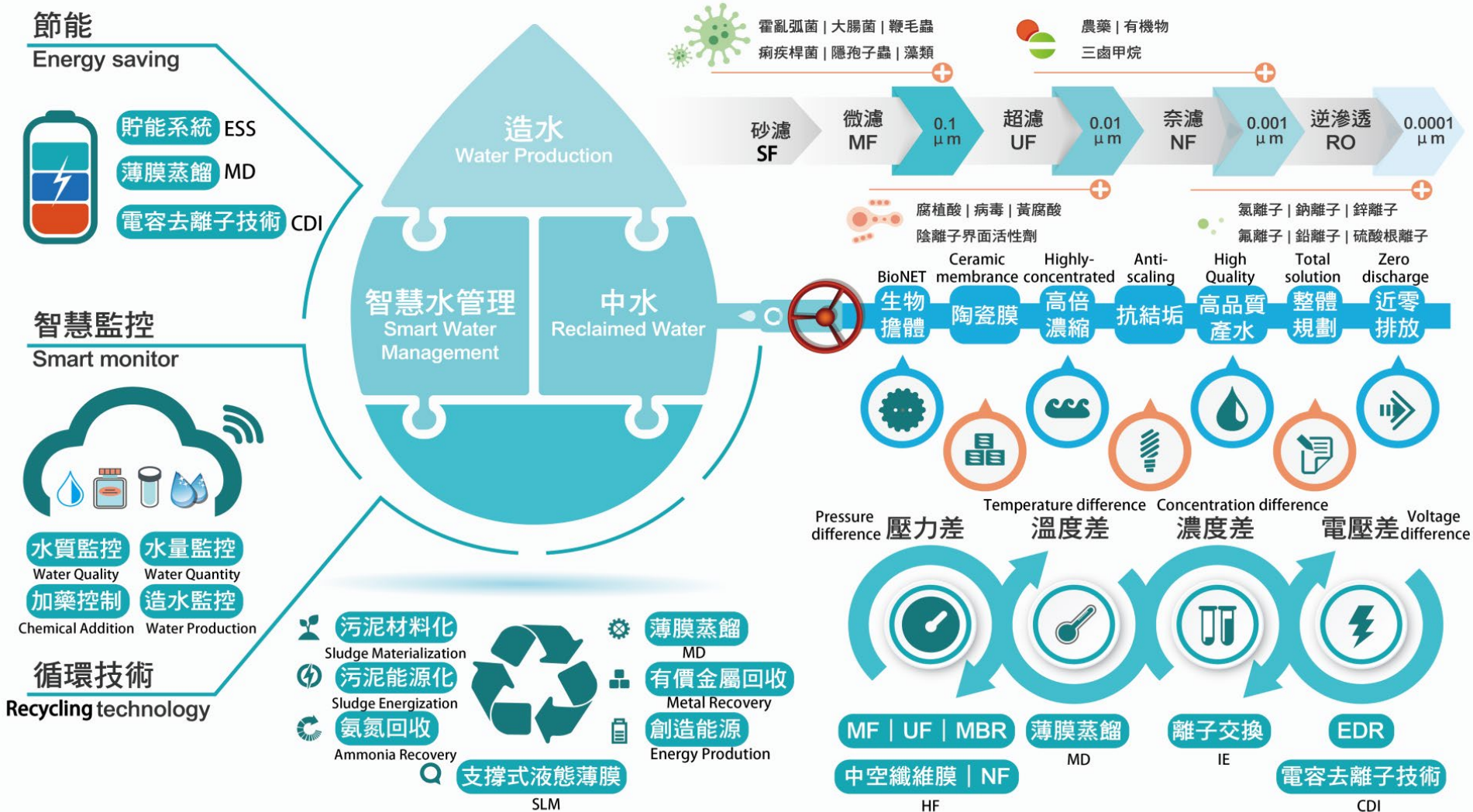


搖籃到搖籃之循環經濟概念

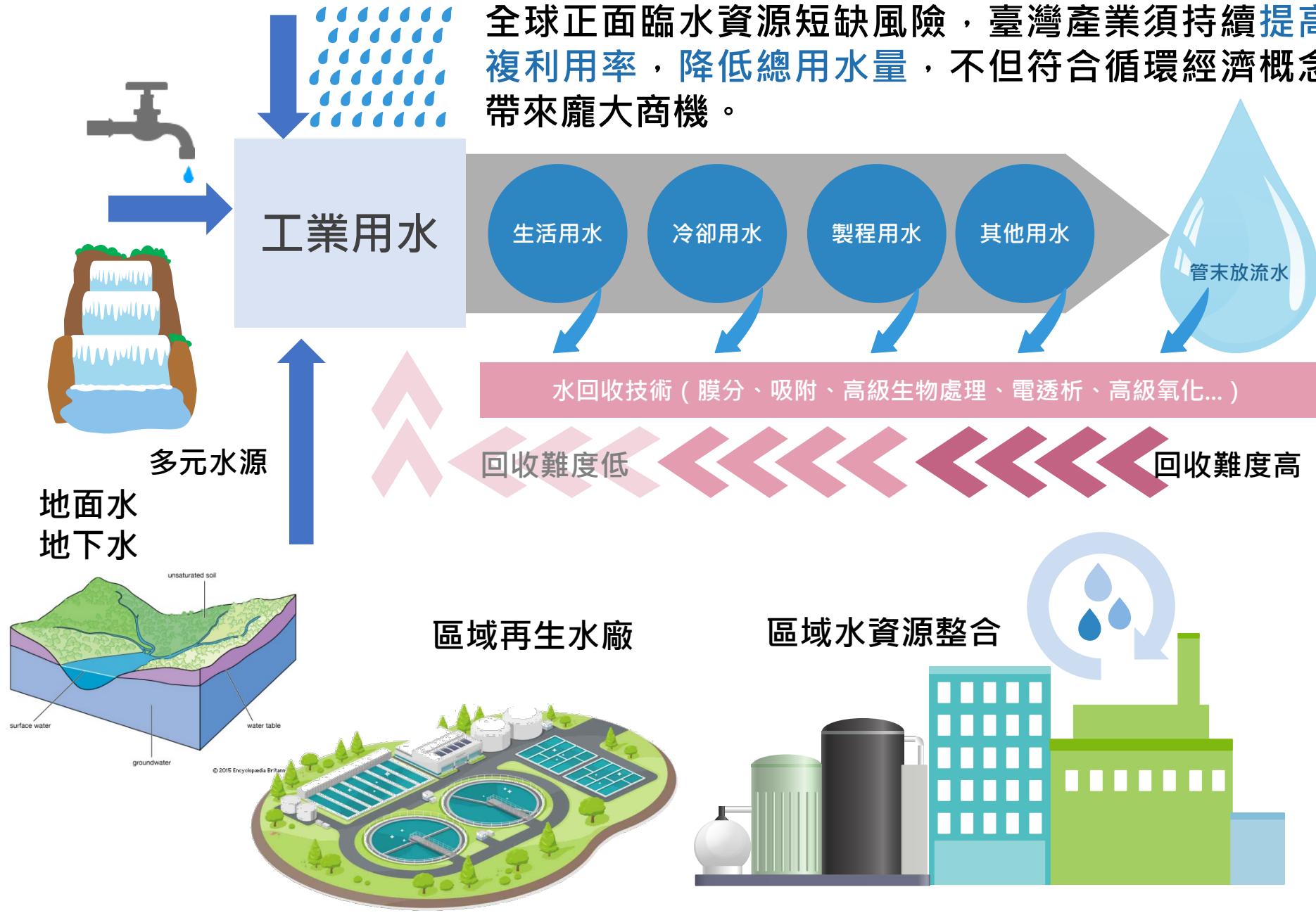
企業導入循環減廢與資源再生概念，不僅符合循環經濟，更將帶來龐大商機

# 全球水務樞紐標準化

水資源解決方案 | 適合全產業應用



全球正面臨水資源短缺風險，臺灣產業須持續提高用水重複利用率，降低總用水量，不但符合循環經濟概念，更將帶來龐大商機。





敬請指教

Thank You