

ITRI

Industrial Technology
Research Institute

高效節能廢水處理技術、資源 循環及低碳轉型之應用

材料與化工研究所

水科技組

謝欣如 經理

2026/09/10



創新水科技研發服務網

<http://www.itriwater.org.tw/>

[ITRI Material and Chemical Research
Laboratories Highlight Technologies](#)



四、115年度園區水電宣導說明會(9月10日)

日期：115年9月10日【星期四】

時間：下午13:20～17:00

地點：臺南市新市區南科三路 22 號【201會議室】

會議	時間	主題	主講人
115年度 園 區 水 電 宣 導 說明會	13：20～13：40	入場簽到	
	13：40～13：45	開場致詞	科管局水電交通科 張義欣 技正
	13：50～14：40 (50分鐘)	高效節能廢水處理技術、資源 循環及低碳轉型之應用	工研院材化所 謝欣如 經理
	14：40～14：50	Session 1 Q&A	
	14：50～15：40 (50分鐘)	數位水務-從自動化、智慧化到 自主化	工研院材化所 羅英維 技術經理
	15：40～15：50	Session 2 Q&A	
	15：50～16：40 (50分鐘)	產業廢液資源化與水藥自給之 應用	工研院材化所 黃馨儀 研究員
	16：40～16：50	Session 3 Q&A	
	17：00	賦歸	



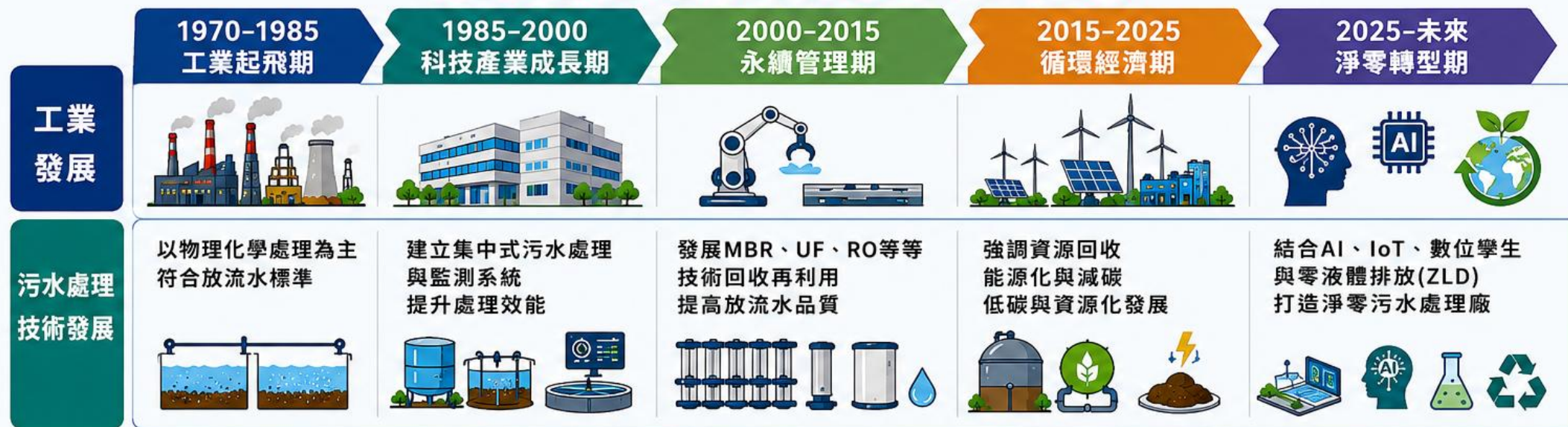
大綱

- 產業廢水處理發展趨勢
- 高效節能廢水處理技術
- 資源循環及低碳轉型之應用
- 案例分享
- 結論

一、產業廢水處理發展趨勢

台灣工業發展與污水處理技術發展趨勢

從污染防治邁向資源循環與淨零碳排



技術發展趨勢



整體發展主軸



未來發展重點 (2030年前)

- 再生水普及
- 淨零排放
- AI智慧水務
- 創新與綠色技術
- 跨域整合

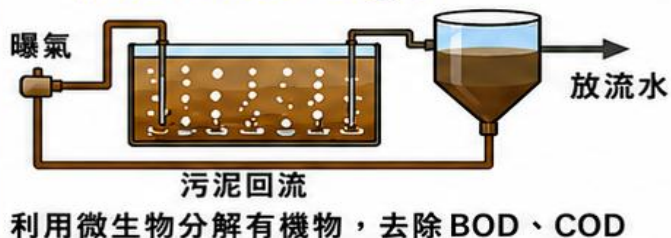
產業升級 × 技術創新 × 政策推動 = 永續水環境與淨零未來

第一階段技術發展：生物處理技術奠基（1970s-1990s）

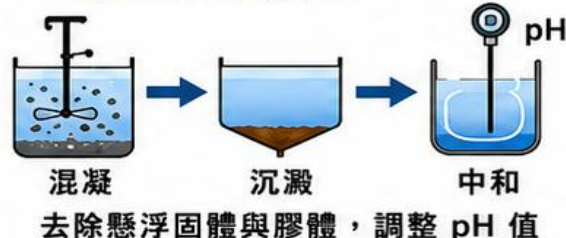
因應工業快速發展及水污染防治需求，污水處理技術以污染物去除與符合法規排放為主要目標，逐步建立完整的生物處理理論與工程技術基礎。

關鍵技術

1. 活性污泥法 (Activated Sludge)



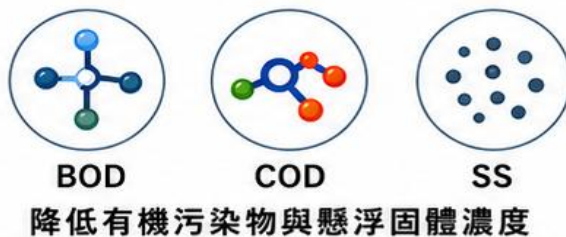
2. 沉澱、混凝、中和等 物理化學處理



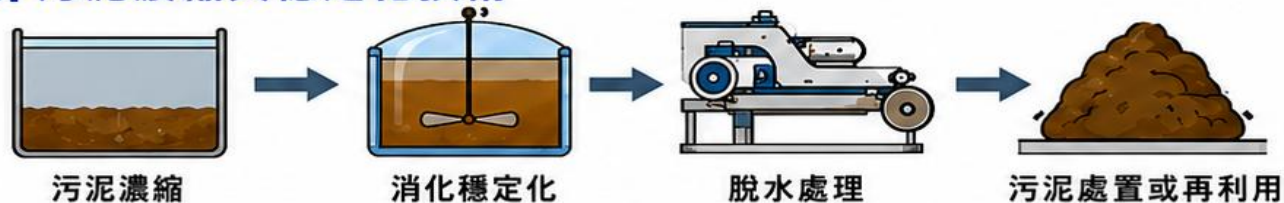
3. 初期厭氧消化 (Anaerobic Digestion)



4. BOD、COD、SS 去除技術



5. 污泥濃縮與穩定化技術



發展特色



污染防治為主要目標

以去除污染物、降低環境衝擊，確保公共水體水質安全。



建立生物處理工程基礎

建立生物處理理論、設計、操作與維護等工程技術基礎。



符合排放標準與法規要求

確保放流水符合國家排放標準，落實環保法規要求。



奠定後續高效率與資源循環 技術發展基礎

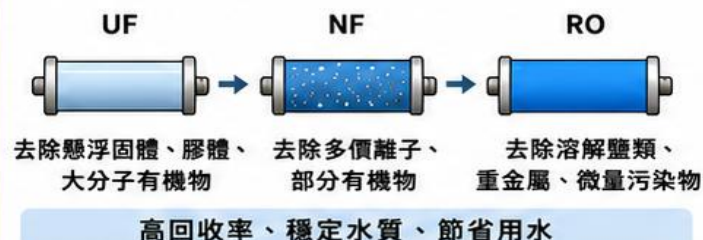
為後續先進處理、能源回收與資源循環技術發展奠定堅實基礎。

第二階段技術發展：先進物理化學技術（1990s–2010s）

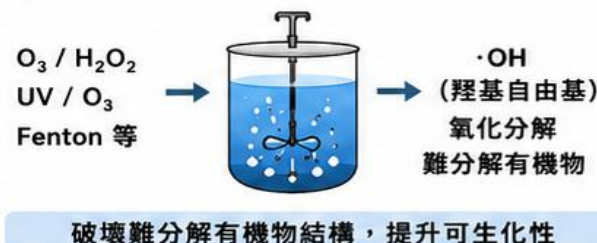
隨著產業升級與水質要求提升，導入先進物理化學處理技術，有效去除難分解污染物與微量污染物，並實現水資源回收與高品質再利用。

關鍵技術

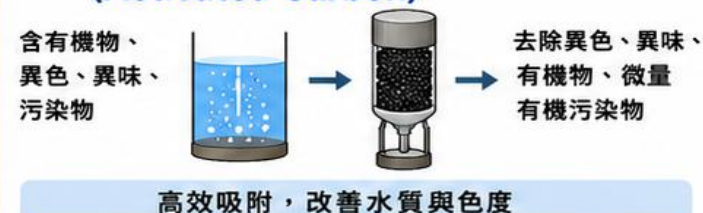
1 膜分離技術 (UF、NF、RO)



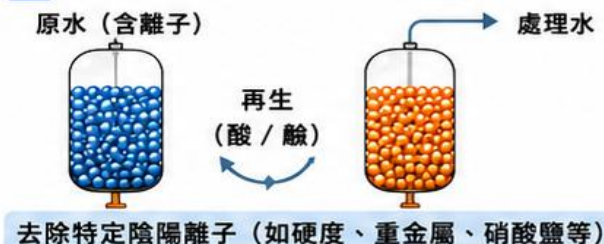
2 高級氧化程序 (AOP)



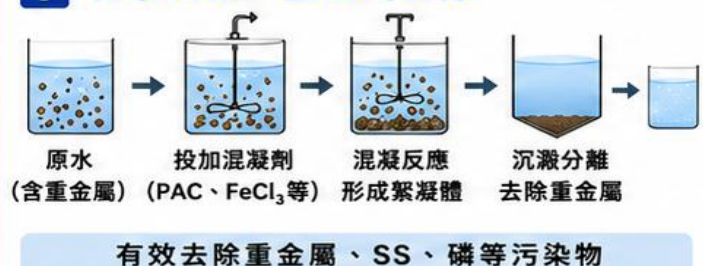
3 活性碳吸附 (Activated Carbon)



4 離子交換 (Ion Exchange)



5 化學混凝／重金屬去除



6 再生水回收與超純水技術



發展特色



提升放流水品質與穩定性

有效去除各類污染物，確保水質穩定，符合更嚴格的排放標準。



去除難分解有機物及微量污染物

透過AOP、活性碳等技術，分解或吸附難生物分解有機物與微量有害物質。



發展高純度工業用水回收

結合膜分離、離子交換及高級處理，實現再生水與超純水高效回收利用。



支援高科技產業用水需求

提供高品質、高穩定性製程用水，滿足半導體、光電及電子等產業需求。



奠定水資源循環利用技術基礎

建立高效處理與回收技術，支撐水資源循環經濟與永續發展。

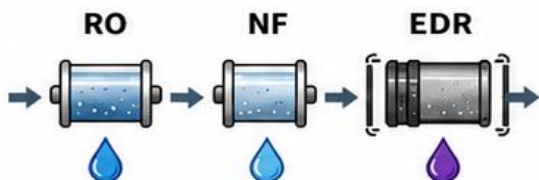
第三階段技術發展：高效脫鹽、污泥減量（2010s-2025）

因應水資源短缺、循環經濟及淨零碳排趨勢，污水處理技術朝向高效回收、資源循環與節能減碳發展，以提升再生水品質與回收率，降低污泥產生並回收能源與資源，邁向近零排放與永續發展。

淨零排放與永續發展。

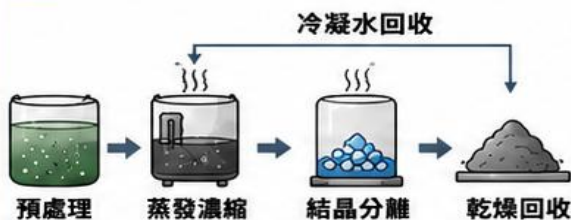
關鍵技術

1 高效脫鹽 (RO、NF、EDR)



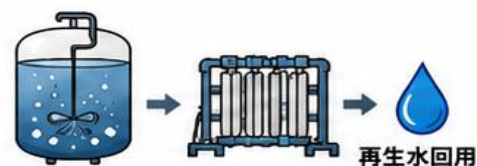
- 移除溶解性鹽類、硬度與微量污染物
- 產出高品質再生水，滿足產業用水需求

2 零液體排放 (ZLD)



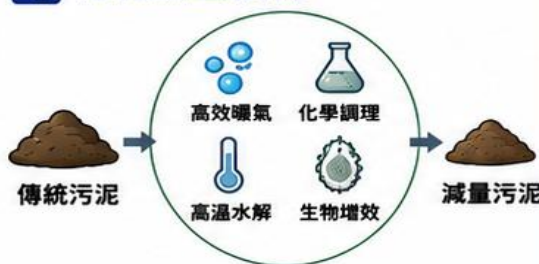
- 最大化水回收率，廢水近零排放
- 回收鹽類資源，減少環境負荷

3 高鹽廢水處理



- 耐鹽菌種與高效生物處理技術
- 回定膜濃縮處理，提升處理效能

4 污泥減量技術



- 提升污泥可生化性與去水性
- 減少污泥產量與處理處置成本

5 厭氧消化與沼氣發電



- 穩定處理高濃度有機廢水與污泥
- 產生沼氣發電，達成能源自給

6 磷、氮及碳資源回收



- 回收磷肥 (鳥糞石)
- 回收營養鹽與碳資源，創造循環價值
- 降低排放並促進資源再利用

色



提高再生水回收率與供水韌性

提升再生水品質與回收率，強化產業用水平衡與供水韌性。



降低污泥產量與處理成本

運用減量技術，減少污泥產生量，降低處理處置成本與環境負擔。



發展能源自給與資源循環

透過沼氣發電與資源回收，實現能源自給與資源循環利用。



推動近零排放 (Net Zero Emission)

結合高效處理與資源化技術，達成近零排放與環境永續。



建立淨零排放與永續發展及循環型污水處理系統，整合多元技術與智慧化管理，打造低碳、高效率、循環型的永續水環境。

技術整合目標



高效處理



資源回收



能源利用



近零排放



永續發展

打造資源回收中心，邁向淨零與循環經濟！

第四階段技術發展：低碳與能源回收技術、AI與智慧監控技術（2025-未來）

污水處理技術邁向低碳、能源化、數位化與智慧化，整合水、能、碳及資源循環，建構智慧淨零水資源循環中心，實現能源自給、資源回收與近零排放，支援淨零碳排與永續發展目標。

關鍵技術

淨零排放

發展特色

1 厭氧消化與生物甲烷 (Biomethane)



- 高效厭氧消化，提升有機物去除
- 產生生物甲烷 (Biomethane)
- 減少污泥量與碳排放

2 沼氣發電與能源回收



- 沼氣發電，實現能源自給
- 熱能回收利用，提高整體能效

3 綠氫、生質甲醇及碳資源化



- 利用生物甲烷製綠氫與生質甲醇
- 碳捕捉與再利用，創造循環價值

4 AI智慧控制與決策系統



- AI演算法即時分析數據
- 智慧決策與最佳化控制
- 提升處理效率與穩定性

5 IoT線上監測與預警



- 多元感測器即時監測
- 異常預警，確保系統穩定運行

6 Digital Twin (數位孿生)



- 建立數位孿生模型
- 模擬預測，優化操作
- 降低風險，學生模型

7 大數據分析與預測維運



- 大數據分析，挖掘關鍵因子
- 預測性維運，降低停機與維修成本

8 零液體排放 (ZLD) 與近零排放 (Near-Zero)



- 實現近零排放，減少環境負荷
- 回收水與鹽資源，達成循環利用淨零排放



推動低碳淨零與能源自給
發展低碳技術與能源回收，
實現淨零排放與能源自給。



建立智慧化、自動化
水處理系統

整合AI、IoT與自動化技術，
提升系統智慧化與可靠性。



即時監測、預測控制
與最佳化操作

即時監測與預警，結合AI預測
與最佳化，提升操作效率。



整合水、能、碳及
資源循環利用

整合水資源、能源與碳資源，
實現全方位資源循環。



打造智慧、韌性、永續的
淨零水資源循環中心

建構安全、韌性、永續的水資源
循環中心，支援未來產業發展。

智慧淨零水資源 循環中心願景



高效處理
水資源回收



能源回收
能源自給



碳資源化
減碳增匯



智慧管理
AI + 數據



循環經濟
永續發展



- ✓ 高效率
- ✓ 低碳排
- ✓ 高韌性
- ✓ 永續發展



水資源與污水處理相關政策發展與法規並進

永續水資源 × 資源循環 × 淨零排放 × 法規並進



政策發展歷程



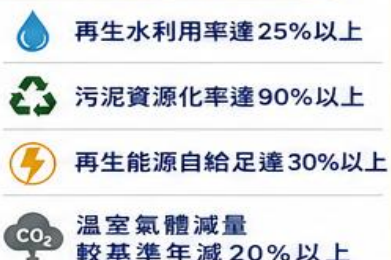
主要政策推動主軸



法規並進與精進



政策目標 (2030)



推動策略與行動



法規引導 × 政策推動 × 技術創新 × 公私協力 = 永續水環境與淨零未來





廢污水能資源化無害化推動計畫

補助政策與法規調適發展

計畫願景與目標

願景

推動廢污水能資源化與無害化，
創造環境永續、資源循環、
淨零碳排的綠色產業價值。



目標 (2030年前)



水資源再利用率
達 25% 以上



廢污水資源化率
達 90% 以上



能資源回收自給率
達 30% 以上



溫室氣體減量
較基準年減 20% 以上

推動主軸



法規調適與發展

法規面向

調適與發展重點



放流水標準

- 分級分流管理，鼓勵高效處理與資源化
- 納管標準彈性化，促進資源回收再利用



再生水管理

- 推動再生水用途擴大與分級管理
- 簡化審查流程，提升再生水供應誘因



能資源回收

- 明確廢污水產生物(沼氣、熱能等)之能源屬性
- 接軌再生能源(沼氣發電、氫能)相關法規



資源回收產品

- 建立再生產品品質標準與驗證制度
- 促進碳、氮、磷等資源產品化與市場化



申請與管理機制

- 整合跨部會申請窗口，簡化行政流程
- 導入成效管理與資訊公開機制

補助政策重點

補助對象



- 依法設立之事業
- 污水下水道系統
- 產業園區管理單位
- 農業、畜牧業相關業者
- 其他經主管機關認定者

補助類型與項目

污水處理設施升級



- 高效處理技術
- 厭氧處理設施
- 智慧監測系統

能資源回收設備



- 沼氣回收與發電
- 熱能回收利用
- 甲烷轉化與氫能

資源回收再利用



- 再生水設施
- 碳、氮、磷回收
- 污泥資源化

無害化與減碳技術



- 高級氣化技術
- 重金屬 / 毒性去除
- 減碳與碳捕捉利用

補助原則



- 以績效為導向
- 鼓勵技術創新與示範
- 帶動產業升級轉型
- 兼顧環境效益與經濟效益

補助額度與比例 (參考)

個案補助

最高補助工程經費
30%~50%

示範計畫補助

最高補助工程經費
50%~70%

研發與技術驗證

最高補助研發經費
70% 以內

申請與審查流程



公告受理
申請



資格審查



計畫審查
(技術/財務/效益)



核定與簽約



執行與查核
(績效追蹤)



結案與成效
評估

計畫推動效益



提升水資源
供應韌性



創造資源
循環價值



降低能耗與
增加綠能



減碳淨零
永續環境



帶動綠色產業
與就業

跨部會協作機制



環境部
(主辦)



經濟部



內政部



農業部



財政部



地方政府

政策協調 · 資源整合 · 法規同步 · 成效共享

推動藍圖與里程碑

準備階段 (2024)



- 法規盤點與調適規劃
- 補助機制設計與試行
- 示範場域遴選

啟動階段 (2025~2026)



- 擴大補助推動
- 法規修訂與技術標準發布
- 建立成效追蹤機制

擴展階段 (2027~2028)



- 產業與園區全面導入
- 再生水與能資源市場化
- 國際合作與技術輸出

深化階段 (2029~2030+)



- 法制完善與國際接軌
- 建構循環經濟與淨零體系
- 創造永續競爭力



政策引導 × 補助支持 × 法規調適 × 技術創新 × 跨域協作 = 廢污水能資源化無害化 · 永續發展新未來

國際推動厭氧消化與有機廢棄物能源化之政策比較



美國

「聯邦能源／燃料政策 + 州政策」

1 聯邦法：

以「放流水標準」與「污泥再利用」間接驅動

- 環保署 (US EPA)
40 CFR Part 503
Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge
- 下水污泥 (Sewage Sludge) 與生物固體 (Biosolids) 處理與再利用標準



2 州政府與跨部會：

以「限入掩埋令」與「能源法案」強制轉型

- 多數州立法限制污泥掩埋
- 推動污泥資源化、能源回收與再利用
- 結合再生能源政策與溫室氣體減量目標



歐盟

城市廢水與掩埋指令
「歐洲偏「能源市場 + 減碳誘因」

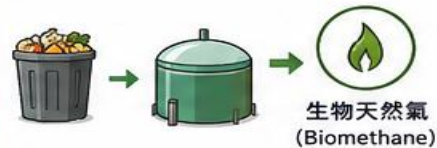
1 廢水污泥端：

指令要求大型都市污水處理廠 (通常 > 5 萬或 10 萬人口當量) 在處理廢水污泥時，必須優先採用厭氧消化進行減量與綠能回收。



2 禁令端：

《掩埋指令》要求各成員國立法「禁止可生物降解的有機廢棄物進入掩埋場」。結讓廚餘和污泥在法律上唯一的去處，轉化為進行厭氧消化以產出生物天然氣 (Biomethane)。

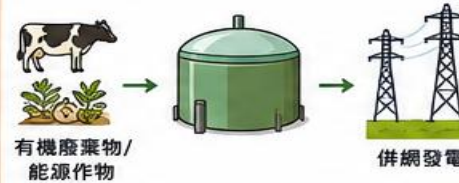


德國

生質能發電電網饋入法
「再生能源 + 有機廢棄物管理」

1 法規內核：

德國於《EEG》中創立了「再購費率 (Feed-in Tariffs, FiT)」



國家法律保障給予 20 年的高額固定收購電價

2 最新趨勢：

結合歐洲氣候法修正案的減排目標，德國進一步立法限制農田直接傾倒未經處理的生鮮畜糞，實質強制農業廢棄物必須先經厭氧發酵並回收沼渣後才能作為肥料 (稱為生質肥還田)。



韓國

沼氣法：
有機性廢資源之沼氣生產與利用促進
「法定生產目標 + 績效管理」

「不是強制設置某種厭氧設備，而是強制達成沼氣能源化績效。」

法定生產目標 (2025年)

公共義務生產者
(政府、公營機構等)
50%

民間義務生產者
(民間事業)
10%

推動機制：

- 中央政府設定沼氣生產目標
- 義務生產者需達成目標或繳納代金
- 以績效為導向，鼓勵沼氣能源化
- 擴大廚餘、污泥、畜牧糞尿等有機資源利用



日本

生質資源活用促進基本法

1 食品循環資源再生利用促進法 (食品回收法)

- 要求食品相關業者回收與再利用食品廢棄物
- 推動食品廢棄物資源化，可作為厭氧消化料源



2 循環型社會形成推進基本法

- 以建立循環型社會為目標
- 促進資源循環利用與減量
- 將有機廢棄物視為可利用資源



3 廢棄物處理法

- 規範廢棄物處理責任、處理標準與設施管理
- 鼓勵優先選擇再生利用與能源回收
- 減少最終處置 (掩埋) 依賴



共同趨勢



限制掩埋
推動資源化



以能源化與減碳
為核心目標



結合法規、經濟誘因
與績效管理



促進厭氧消化
與沼氣利用



提升有機廢棄物
循環利用價值

核心價值

將有機廢棄物轉化為綠能
實現減碳、能源自主與循環經濟

Korea 《Act on Promotion of Production and Use of Biogas from Organic Waste Resources》 (有機廢棄資源沼氣生產與利用促進法) ~ 有機廢棄物能源化、推動循環經濟及達成碳中和目標 (2023)

一、立法目的

-  提升有機廢棄資源利用率
-  擴大沼氣及生質甲烷 (Biomethane) 生產
-  降低溫室氣體排放
-  建立循環經濟體系
-  降低對化石燃料依賴

二、適用有機廢棄資源

主要包括：



三、強制生產制度 (Mandatory Biogas Production)

適用對象包括：

-  地方政府污水處理廠
-  公營污泥處理設施
-  大型食品加工廠
-  大型畜牧場
-  大型有機廢棄物產生者



四、沼氣生產目標

政府依設施類型逐年提高法定生產比例。

公共部門
2025 年
約 **50%** → 2045 年
提高至 **80%**

民間部門
2026 年
約 **10%** → 2050 年
提高至 **80%**

五、沼氣利用方式

韓國鼓勵沼氣多元利用，包括：



六、數位管理制度

所有義務生產者需建立資訊管理系統，
申報與管理：

-  有機廢棄物產生量
-  沼氣產量
-  沼氣利用率
-  設施操作資料
-  生產績效



七、政策誘因

政府提供：



韓國國家發展目標

韓國提出國家沼氣策略，希望：

 年處理約
557 萬噸
有機廢棄資源

 年生產約
5 億 Nm³
沼氣/生質甲烷

 每年減少約
100 萬噸
CO₂e

 提升能源自主
並替代部分
LNG 使用



Act on the Promotion of Biogas Production and Use Using Organic Waste Resources

政策核心 | 將污泥、糞尿、畜禽糞便、廚餘等有機性廢資源由「廢棄物處理」轉向「沼氣生產 + 能源利用 + 循環資源管理」

01

適用資源

Organic Waste Resource

下水污泥／糞尿
畜禽糞便／廚餘
動植物性殘渣等

多元料源整合

02

強制生產目標

Mandatory Targets

2026年：公共 50%
2026年：民間 10%
長期朝 80% 提升

公共2025
民間2026啟動

03

整合處理

Integrated Facilities

新設或汰換設施時
原則優先評估
2種以上有機資源共處理

促進共消化與規模經濟

04

能源與循環利用

Energy & Circular Use

沼氣發電／熱利用
生質甲烷升級
能源替代與資源循環

Waste-to-Energy

生產目標推動路徑

公共部門：2025 起 50% → 2045 起 80% | 民間部門：2026 起 10% → 2050 起 80%

政策意義：以法定生產目標帶動有機廢資源集中 / 共消化、沼氣設施投資與生質能源市場化。

- 百分比依各類有機廢資源發生量 × 回收 / 生產係數 × 生產目標率計算應達成的沼氣生產量 → 「績效導向的能源化義務」
- 「料源責任」 + 「能源生產責任」 + 「績效認列」三者結合的管理制度。
- 「補助多少設備、處理多少噸廢棄物」，轉變成「實際能源化多少COD/VS、產生多少甲烷、替代多少化石能源、減少多少碳排」的績效制度
- 總效益 = 廢棄物處理費節省 + 能源收益 + 化石燃料替代 + 減碳價值 + 資源產品價值 - 收運 - 前處理 - CAPEX - O&M

韓國沼氣法 | 有機性廢資源之沼氣生產與利用促進---四個關鍵項目

$\text{有機廢資源發生量} \times \text{回收} / \text{生產係數} \times \text{生產目標率}$

- 2026年7月27日施行的國立環境科學院告示，正是針對**發生量具體計算方法**以及不同有機性廢資源的**回收係數、沼氣生產係數**加以規範；其**附表1規定發生量計算方法**，**附表2規定回收及生產係數**。

項目	意義	管理目的	說明
① 有機性廢資源發生量	實際產生 / 處理多少有機資源	確認能源化的「料源基礎」	依義務生產者類型，以相關有機性廢資源的 排出量或處理量 為基礎，再依國立環境科學院公告方法計算。
② 回收係數	產生的資源中，有多少具有可回收、可進入能源化系統的合理比例	排除實際上難以收集或能源化部分	實際具有能源化潛力的可回收量，不會不切實際地要求所有產生的有機資源都100%進入沼氣系統。
③ 沼氣生產係數	單位有機資源理論 / 標準條件下可產生多少沼氣	將不同料源轉換成共同的「產氣潛力」尺度	TS、VS、COD、脂肪 / 蛋白質 / 碳水化合物比例，以及可生物分解性不同，因此沼氣潛勢也不同。 「標準化沼氣生產潛力」
④ 生產目標率	政府要求當年度至少實現多少比例的產氣潛力	建立逐年提高的政策義務	計算邏輯的假設值，不是韓國法規實際係數

城市 / 企業「合理可以產多少沼氣」 × 年度生產目標率 = 該年度依法應達成的沼氣生產量

技術潛力 × 政策目標 → 法定績效 ≠ 廢棄物產生量 × 固定處理比例 → 法定處理量

A料源：50,000 ton/yr
回收係數 = 0.8
沼氣生產係數 = 50 Nm³/ton
則：50,000 × 0.8 × 50 = 2,000,000 Nm³-biogas/yr

B料源：20,000 ton/yr
回收係數 = 0.9
沼氣生產係數 = 100 Nm³/ton
則：20,000 × 0.9 × 100 = 1,800,000 Nm³-biogas/yr

合計基準潛力：
3,800,000 Nm³-biogas/yr
假設政策目標率為50%，則年度義務目標概念上為：
3,800,000 × 50% = 1,900,000 Nm³-biogas/yr



工業技術研究院
Industrial Technology Research Institute

生質能資源化處理中心設置現況

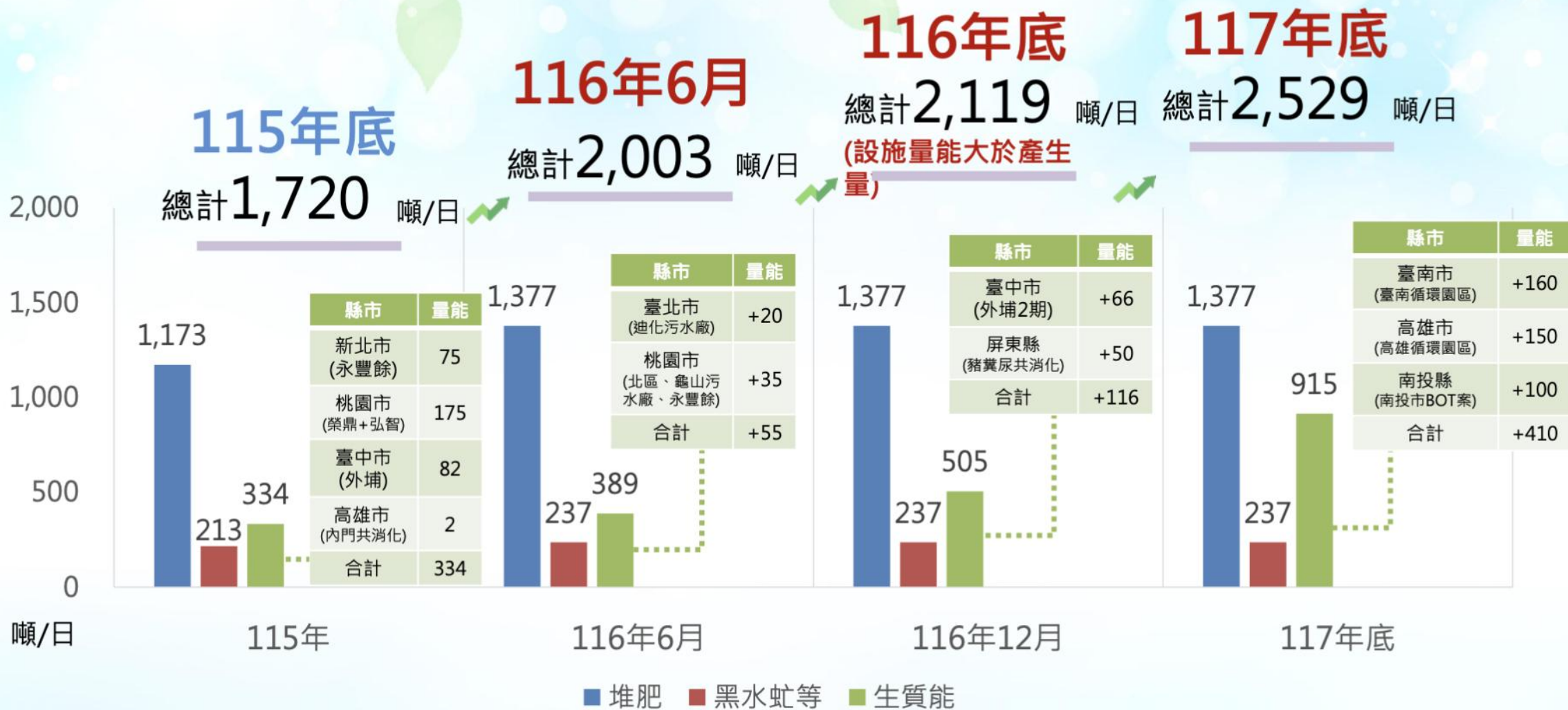
圖例 ■ 大場代小場
■ 集中處理場
■ 計畫審查中





環境部
Ministry of Environment

提升全國廚餘處理設施量能規劃及期程



Industrial Technology
Research Institute

研研究院



沼氣生質能推動旗艦計畫（草案）推動緣起

「2050淨零排放」：生質能源轉型的戰略布局

現況挑戰



- 高有機廢水與廢棄物污染環境
- 去化困難
- 處理耗電且排碳

整合旗艦計畫

將「管末污染削減」轉型
「資源永續全循環」



整合各部門

關鍵科技與應用



- 運用負碳綠色科技
- 產生生質能綠電
- 負碳效益

戰略佈局成果

2050淨零排放



- 符合「2050淨零排放路徑」
- 達成環境與農業部門責任



沼氣生質能推動旗艦計畫：兩階段架構

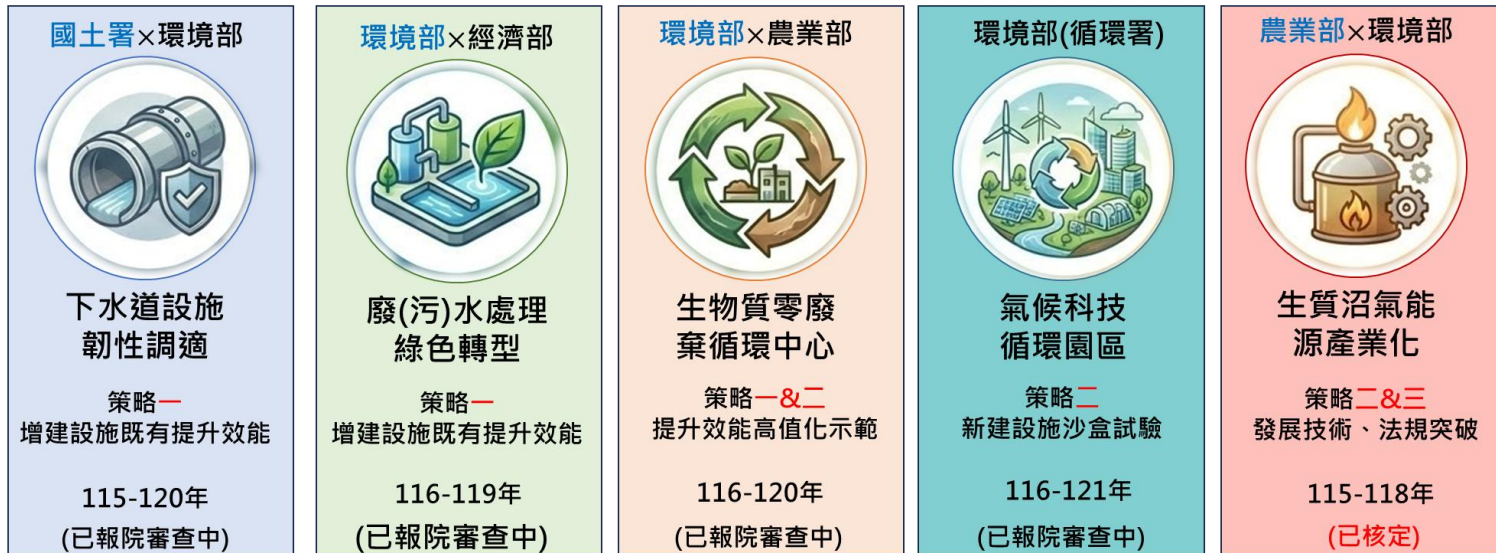
第一階段 115年~121年

已申請計畫經費**188億元**
尚待核定



第二階段 119年~139年

20年編列**300億元**



- BTO (新設施之「建設 - 移轉 - 代操作」)
- ROT (既有設施之「改建 - 代操作 - 轉移」)
- BOO (民間自行新建設施, 「建設 - 自行擁有 - 代操作」)
- 有償PPP (民間機構以既有設施收料, 有償提供公共服務)



推動模式：促參推動機制

環境部已啟動促參推動機制，分期擴大沼氣處理量能，善用民間資金技術



推動策略

百億基金撬動民間兆元綠色投資藍圖

中央投入
300億元



- ◆ 促參 + 建設補助 + 營運補貼機制
- ◆ 推動大場帶小場、集中處理
- ◆ 建立規模化沼氣處理與發電體系

創造超過300億
民間綠色投資



政策預期



建立產業投資信心



形成區域型集中處理模式

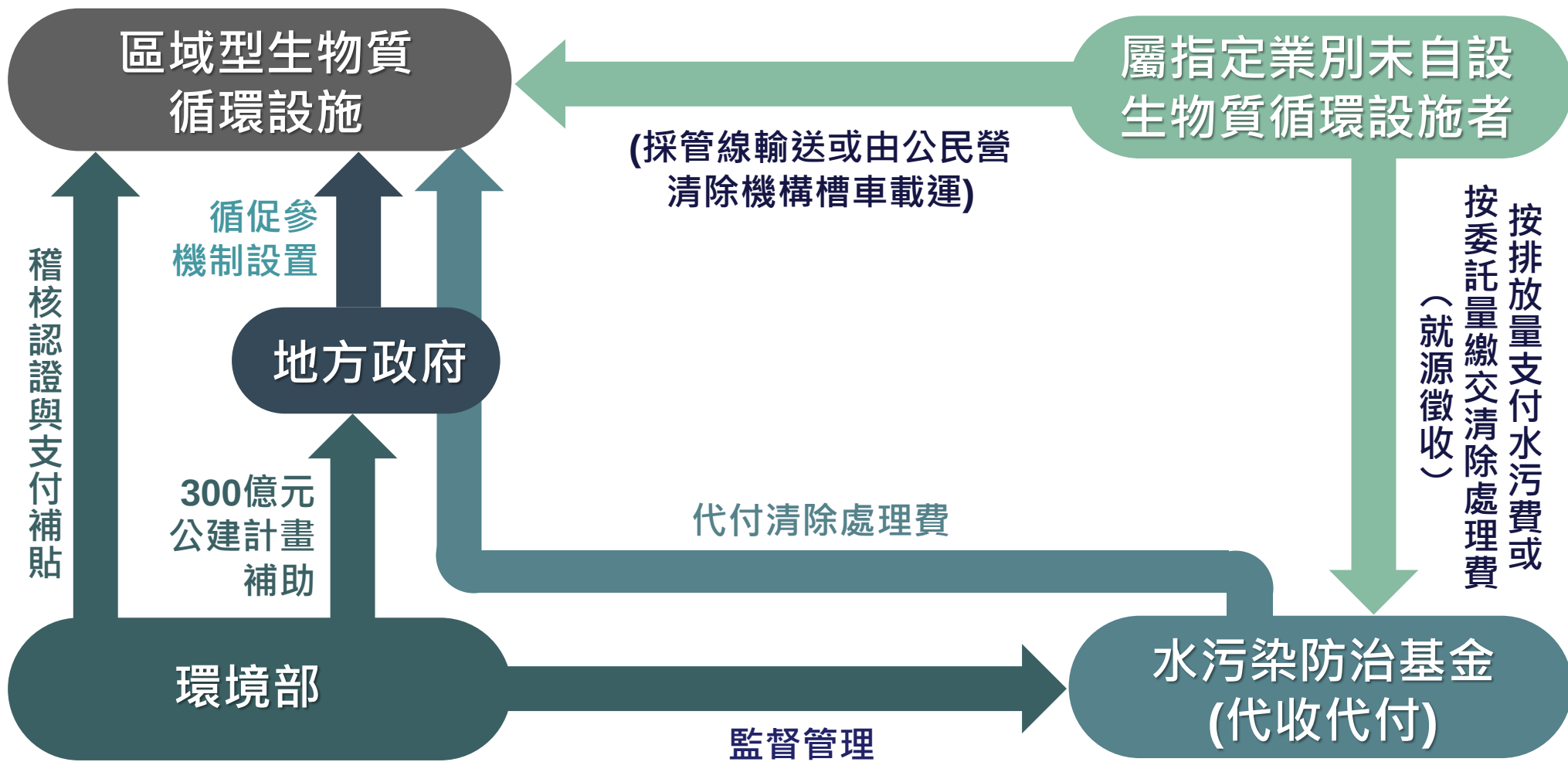


帶動沼氣能源化與減碳效益

逐步建立全國性沼氣處理與能源化體系



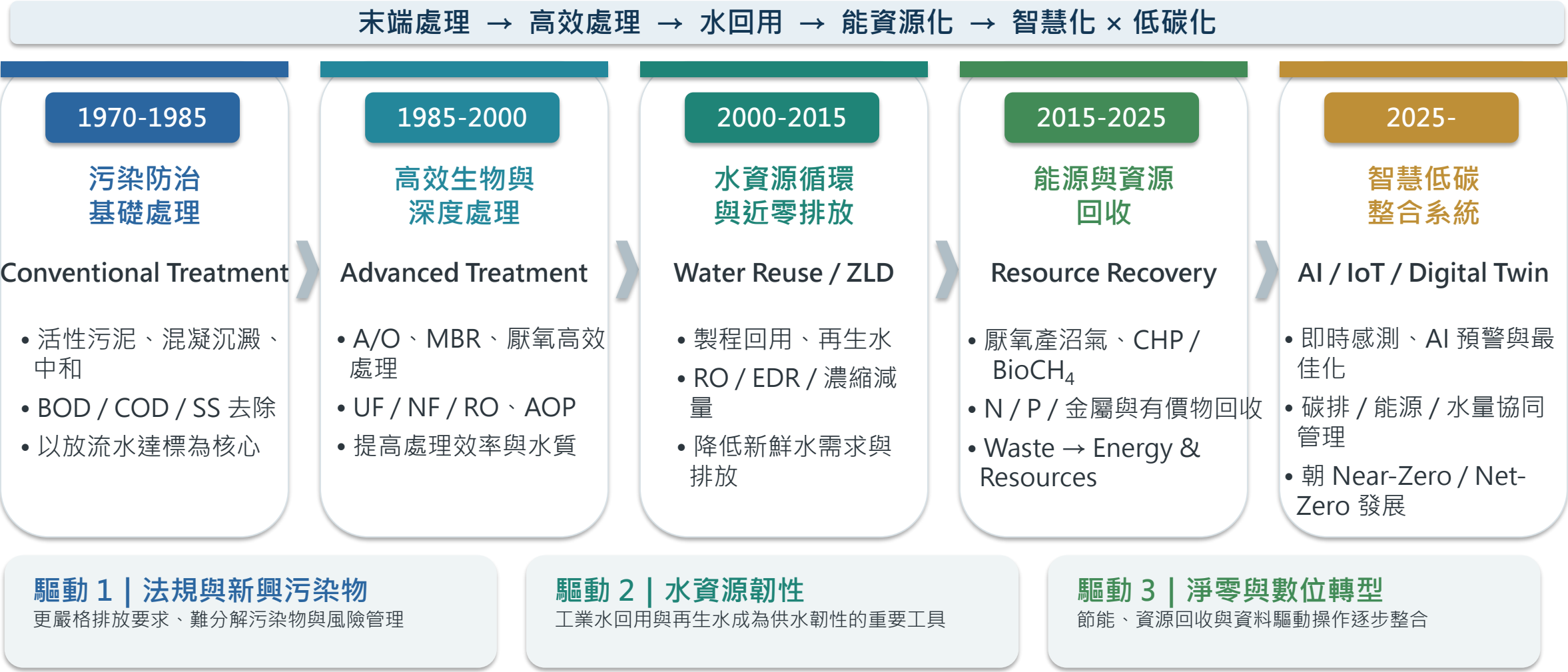
長期目標：建立生產者責任延伸(EPR)體系



二、高效節能廢水處理技術

產業廢水處理技術歷史沿革

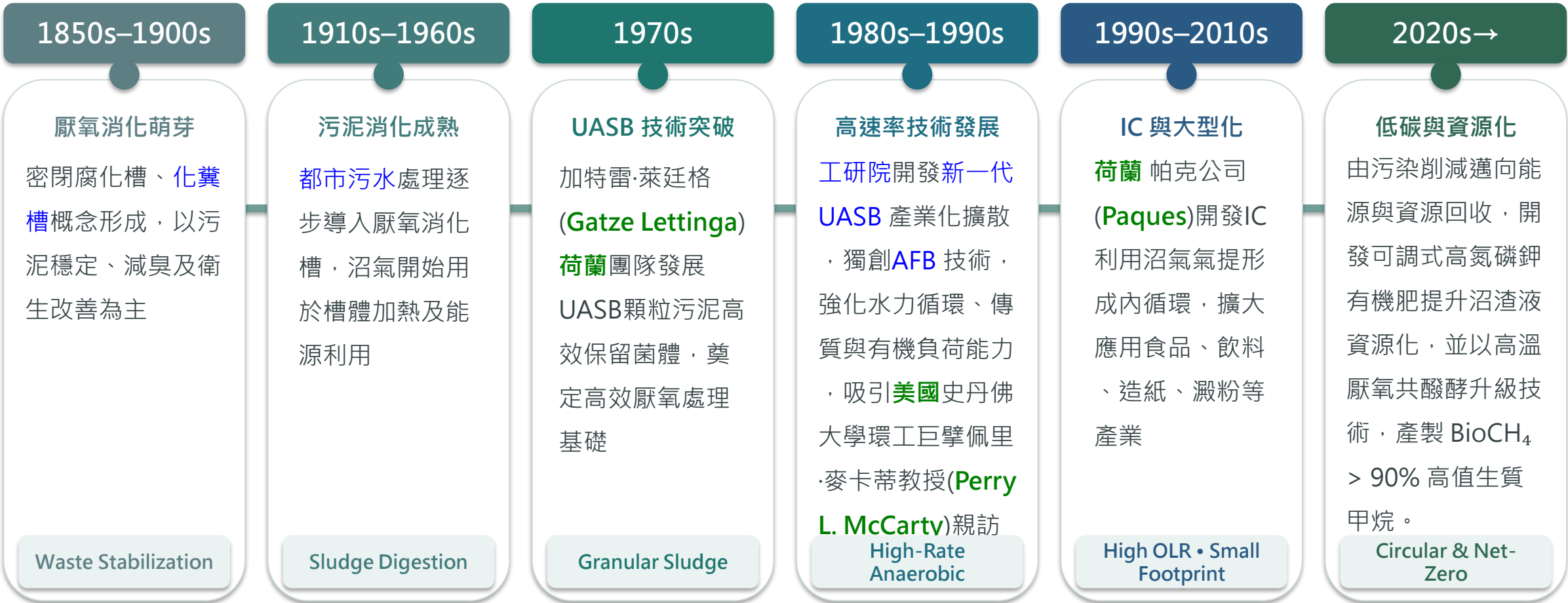
由污染防治與放流水達標，走向水資源循環、能資源回收與 AI 智慧低碳



核心趨勢：Treatment → Reuse → Recovery → Intelligence → Decarbonization

廢水厭氧處理技術緣起與發展歷史

從污泥穩定化→高效率有機廢水處理→能源回收→資源循環與智慧低碳處理



技術演進主軸 | 污泥穩定化 → 顆粒污泥與高速率反應器 → 高負荷 / 小占地 → 沼氣能源化 → 智慧化與淨零資源循環

UASB、IC、AFB 優點與限制比較

項目	UASB 上流式厭氧污泥床	IC 內循環厭氧反應器	AFB 厭氧流體化床
英文	Upflow Anaerobic Sludge Blanket	Internal Circulation Reactor	Anaerobic Fluidized Bed
生物量型態	顆粒污泥 / 污泥床	顆粒污泥	載體附著生物膜
強化機制	上升流 + 污泥床	氣提 + 內循環	載體流體化 + 外部回流
常見OLR*	約 2–10	約 10–30+	約 5–20 kg-COD/m ³ ·d
傳質能力	中	高	很高
占地	中	很小	小
能耗	低	低 ~ 中	中 ~ 較高
操作複雜度	低 ~ 中	高	中 ~ 高
適用重點	一般中高濃度有機廢水	高COD、高負荷、大型場域	高傳質、短HRT、生物膜系統

*為工程概念參考範圍，實際設計需依廢水特性、溫度、COD可生物分解性、SS、污泥 / 生物膜活性與設備設計確認。

- 技術成熟、低能耗優先 → **UASB**
- 土地有限 → **IC**
- 高菌體濃度、短HRT或顆粒化不易 → **AFB**

共同限制：高SS、高油脂、高纖維與毒性物質可能影響高速率厭氧系統，前處理與均化是決定實場成功的重要環節

厭氧廢水處理技術 | UASB、IC 與 AFB 優點與限制

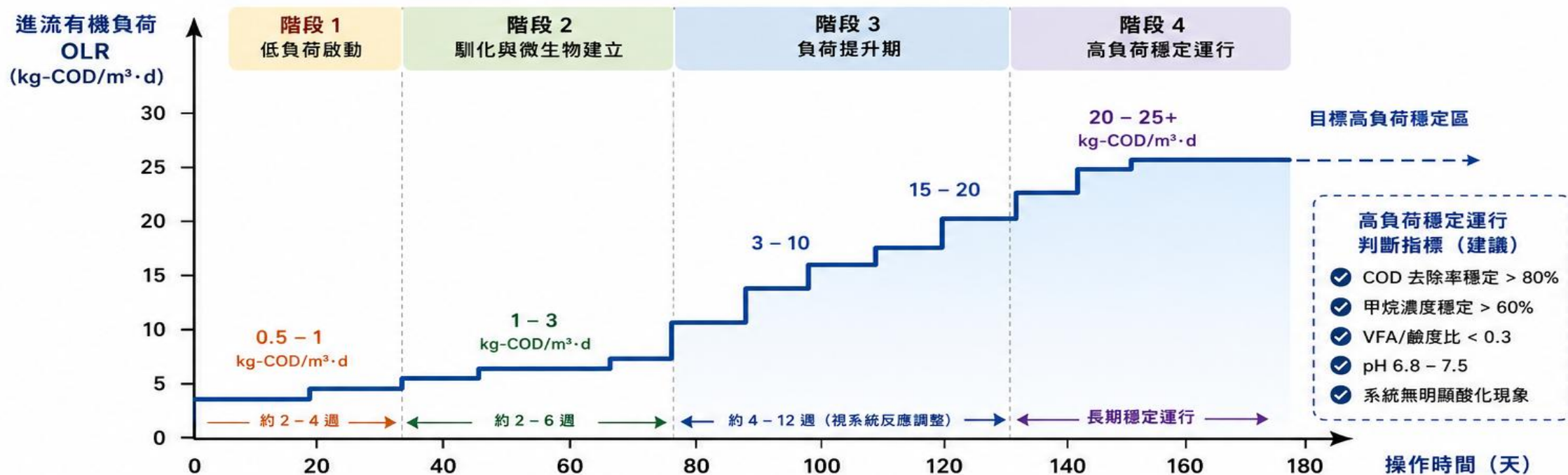
比較項目	技術特性 / 優點	主要限制 / 注意事項
UASB 上流式厭氧污泥床	• 顆粒污泥床 + 三相分離，技術成熟 • 結構簡單、能耗低、操作維護容易 • 高 SRT、低污泥產量，可回收沼氣	• 顆粒污泥形成與啟動時間較長 • OLR與傳質能力通常低於 EGSB / IC • 高 SS、油脂、纖維易累積或造成浮泥
IC 內循環厭氧反應器	• 利用沼氣氣提形成高倍率內循環 • 可承受高 OLR，反應器高塔化、占地小 • 回流液可稀釋高 COD / VFA，適合大型高負荷場域	• 內部結構與氣液固分離較複雜 • CAPEX與操作技術要求較高 • 低負荷時產氣降低，內循環效果可能下降
AFB 厭氧流體化床	• 載體附著生物膜 + 高循環使載體流體化 • 高菌體濃度、高比表面積與高傳質效率 • 可採短 HRT、高 OLR，且不完全依賴顆粒化	• 高循環可能增加泵浦能耗 • 需控制載體粒徑、密度、膨脹率與流體化速度 • 載體磨耗 / 流失及高 SS 干擾需注意
生物量型態	UASB / EGSB / IC：以厭氧顆粒污泥為核心 AFB：以載體附著生物膜為核心	顆粒污泥系統重視沉降性與污泥保持；AFB 重視掛膜與載體流體化穩定性
常見 OLR 工程參考	UASB：約 2–10 EGSB：約 5–25 IC：約 10–30+ AFB：約 5–20 kg-COD/m ³ ·d	非固定設計上限；應依 COD 可生物分解性、溫度、毒性、SS、污泥活性及水力條件校核
適用場域	UASB：成熟穩健型 EGSB：高循環高傳質型 IC：高負荷小占地型 AFB：高菌體高傳質型	高 SS、高油脂、高纖維或毒性廢水，四種系統均應優先強化前處理與均化
選型重點	COD 型態 + SS + 總 COD 負荷 + OLR + 占地 + 能耗 + 維運能力	不是單純以 COD 濃度決定；需同步評估 HRT / SRT、產氣、污泥 / 生物膜保持及經濟性

技術演進重點：菌體保持 ↑ → 傳質效率 ↑ → OLR ↑ → 占地 ↓ → 沼氣能源回收 ↑

厭氧處理啟動與負荷提升曲線

— 隨操作時間增加 OLR (進流有機負荷) —

原則：循序漸進提升 OLR，讓微生物適應環境並建立穩定的甲烷生成系統，確保反應器長期穩定運行。



階段 1：低負荷啟動

- 接種高活性厭氧污泥
- 維持低 OLR 促進微生物附著與增殖
- 重點：建立穩定的水解、酸化與產甲烷系統
- 避免酸化，維持 pH 與鹼度穩定

階段 2：馴化與微生物建立

- 逐步增加 OLR (每次增加 0.5~1 倍)
- 觀察系統反應 7~14 天後再調整
- 重點：提升微生物濃度與活性，建立顆粒污泥 (如 UASB/EGSB)
- 若 VFA 上升或 pH 下降，則降低負荷

階段 3：負荷提升期

- 以階梯式增加 OLR (每次增加 2~5 kg-COD/m³·d)
- 每階段穩定至少 2~4 週
- 重點：提升系統處理能力與傳質效率
- 監測指標：COD、VFA、鹼度、pH、甲烷濃度、氣體產量

階段 4：高負荷穩定運行

- 達到目標 OLR 後長期穩定運行
- 持續監測與優化操作條件 (溫度、回流、攪拌、營養鹽)
- 重點：維持高去除率與高產氣量，最佳化能源回收效益

影響 OLR 提升速度的因素

- 進流水水質與可生物分解性
- 溫度 (中溫/高溫)
- 毒性物質、鹽分、油脂
- 營養鹽 (N、P) 供應
- 污泥性狀與接種污泥活性
- 反應器型式與水力條件

注意事項：

1. 增加負荷時，務必以系統反應為依據，切勿過快提升，以免酸化或崩槽。
2. 建議透過線上監測與定期檢測，掌握系統狀態並調整操作策略。
3. 實際啟動時間會因廢水性質、溫度、污泥來源與反應器型式而異。

常見反應器目標 OLR 範圍 (作為最終運行區間參考)

CSTR

1 – 6

UASB

2 – 10

AFB (厭氧流體化床)

5 – 20

EGSB

5 – 25

IC Reactor

10 – 30+

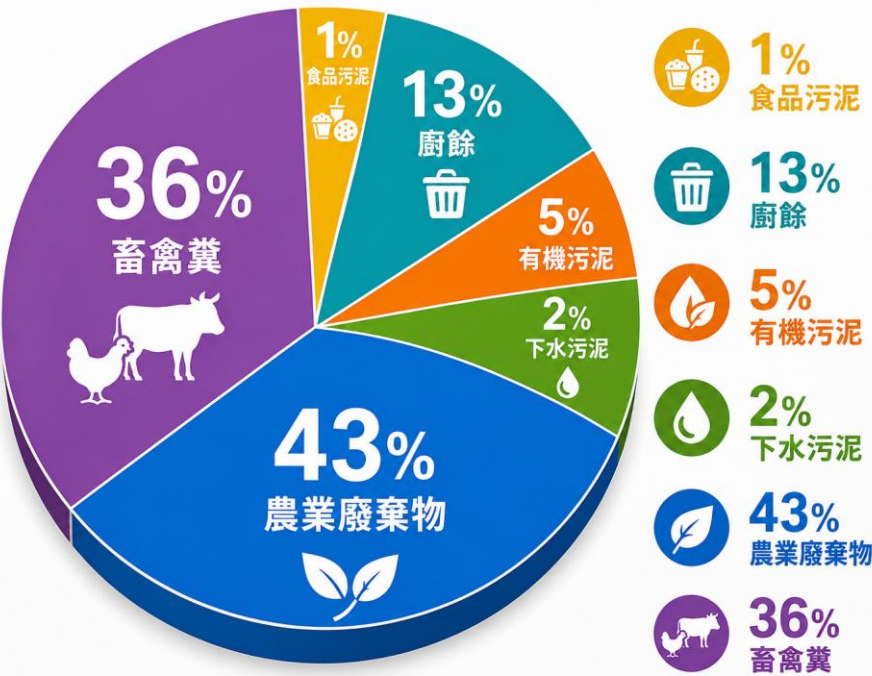
單位：

kg-COD/m³·d

三、資源循環及低碳轉型之應用

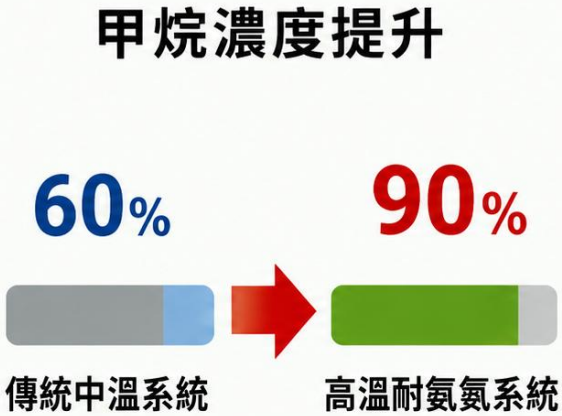
有機生質物高值能源化產業發展潛力

- 620萬噸/年有機生質資源具高度能源化潛力。
- 傳統堆置易造成甲烷逸散，加劇溫室氣體排放。
- 高溫耐氨氮厭氧發酵可將甲烷濃度由60%提升至90%，沼氣產量提升約20%。
- 每年可生產約6.6億 Nm³沼氣及39萬噸生質甲烷，推動再生能源、低碳燃料與循環經濟發展。



資料來源:重點事業廢棄物-一般污泥之處理方式，廢棄物管理處(2020年);綠色國民所得帳農業固體廢棄物歷年表(109年)

高溫耐氨氮厭氧發酵技術效益



*以甲烷 (CH₄) 全球暖化潛勢 (GWP) = 28 計算：
390,115 ton CH₄ × 28 = 10,922, --- ton CO₂e/年 (約 1.18 百萬 ton CO₂e/年)

有機生物質高值能源化關鍵痛點

- Technical Challenges : 高COD、高氨氮、高鹽分抑制甲烷化效能
- Energy Challenges: CH_4 濃度偏低 (約60%)、能源效率不足、沼氣利用率有限
- Circular Economy Challenges: 生質甲烷利用不足



廢水厭氧處理

VS.

生質物厭氧消化

比較項目	廢水厭氧處理	生質物厭氧消化
主要目的	COD 去除 + 沼氣回收	有機物穩定化 + 最大化沼氣/甲烷產量
主要料源	食品、飲料、釀造、化工等高有機廢水	畜禽糞尿、廚餘、污泥、農業與食品有機廢棄物
料源型態	液態、可溶性 COD 比例較高	漿狀、半固態或高固體
主要設計基準	COD 、 OLR 、 HRT 、 SRT 、上升流速	TS 、 VS 、 VS Loading 、 HRT/SRT 、 C/N
典型反應器	UASB 、 EGSB 、 IC 、 AFB (厭氧流體化床	CSTR 、 Plug Flow 、 Dry AD
菌體保持	顆粒污泥、生物膜或載體，高 SRT	菌體與消化液混合存在槽內
HRT 特性	可做到較短 HRT	通常需要較長消化時間
有機負荷能力	高速率反應器可承受較高容積 COD 負荷	受水解、混合、氨氮與固體傳質限制
主要產品	處理水 + 沼氣	沼氣 + 消化液 + 消化殘渣
後處理重點	放流水 COD 、 SS 、 N 、 P 進一步處理	消化液脫水、氮磷管理及沼渣利用
能源化潛力	○ ~ ◎，取決於 COD 負荷與水量	◎，料源 VS 高時能源潛力較大
占地	高速率系統通常較小	因 HRT 較長，槽體通常較大

廢水厭氧處理

VS.

生質物厭氧消化

共消化／能源化整合



廢水厭氧處理

以高效率去除COD為核心

主要目的	高效率去除COD，降低污染負荷，回收沼氣能源
主要料源	食品、飲料、釀造、化工、造紙等 高有機工業廢水
料源型態	液態，可溶性COD比例高、SS較低
設計重點	COD、OLR、HRT、SRT、上升流速
典型反應器	UASB、EGSB、IC、AFB (厭氣流體化床)
HRT / SRT 特性	可做較短HRT (數小時~數日) 高SRT (顆粒污泥／生物膜保持)
有機負荷能力	容積負荷高，處理效率高
主要產品	處理水 (需後續處理) + 沼氣
後處理重點	放流水COD、SS、N、P再處理
能源化潛力	○~◎ 取決於COD負荷與水量
占地需求	高速率系統體積小，占地較少

優勢

- ✓ 反應器體積小、COD容積負荷高
- ✓ 無需大量曝氣，能耗低
- ✓ 剩餘污泥產生量少
- ✓ COD可直接轉化為甲烷能源

限制與挑戰

- 高SS、油脂、顆粒性有機物易造成堵塞、浮泥或流失
- 低溫、毒性物質、負荷劇烈變化影響甲烷菌
- 需嚴格控制pH、鹼度、VFA及FOS/TAC

適用情境

水量大、COD高且可溶性有機物比例高之工業廢水
追求小體積、高效率之處理與能源回收

共消化／能源化整合

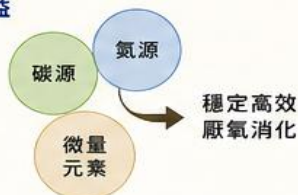
整合多元有機資源，提升能源與環境效益

多元料源整合

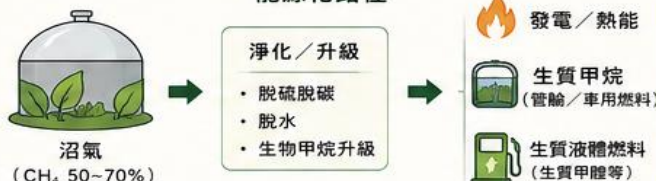


共消化 (Co-digestion) 效益

- ✓ 互補營養 (C/N、微量元素)
- ✓ 改善有機負荷與可消化性
- ✓ 提升沼氣產量與甲烷濃度
- ✓ 降低臭味、病原與環境衝擊
- ✓ 促進碳/氮/磷資源整合循環



能源化路徑



資源循環利用



整合價值

提升能源自給率，降低碳排，減少廢棄物，促進循環經濟，創造綠色收益



生質物厭氧消化

以有機物穩定化與沼氣產能最大化為核心

主要目的	有機物穩定化、減量化，最大化沼氣／ 甲烷產量，產出可利用之消化液與消化渣
主要料源	畜禽糞尿、廚餘、污泥、農業與食品 有機廢棄物
料源型態	漿狀、半固態或高固體 (TS 高)
設計重點	TS、VS、VS Loading、HRT/SRT、C/N
典型反應器	CSTR、Plug Flow、乾式厭氧消化 (Dry AD)
HRT / SRT 特性	通常需要較長HRT (10~30天以上) SRT與HRT接近
有機負荷能力	受水解、混合、氮與固體傳質限制
主要產品	沼氣 + 消化液 + 消化固渣
後處理重點	消化液脫水／脫氮除磷、沼渣脫水再利用
能源化潛力	◎ 料源VS高時能源潛力大
占地需求	因消化時間長，槽體通常較大

優勢

- 可處理高固體有機物與多元料源
- 共消化提升產氣量與穩定性
- 產出之消化渣／液可資源化利用
- 適合建立區域型生質能源中心

限制與挑戰

- 水解速度與混合、傳質受限
- 高固體下擴散變差，能耗與成本較高
- 氨氮、硫化氫、重金屬等抑制因子
- 占地需求較大，建置成本較高

適用情境

高固體或混合型有機廢棄物
追求有機物穩定化與最大化能源產出之場域

註：實際操作需依料源特性、法規要求、氣候條件與經濟評估進行設計與調整。

OLR：有機負荷率 (kg-COD/m³·d)

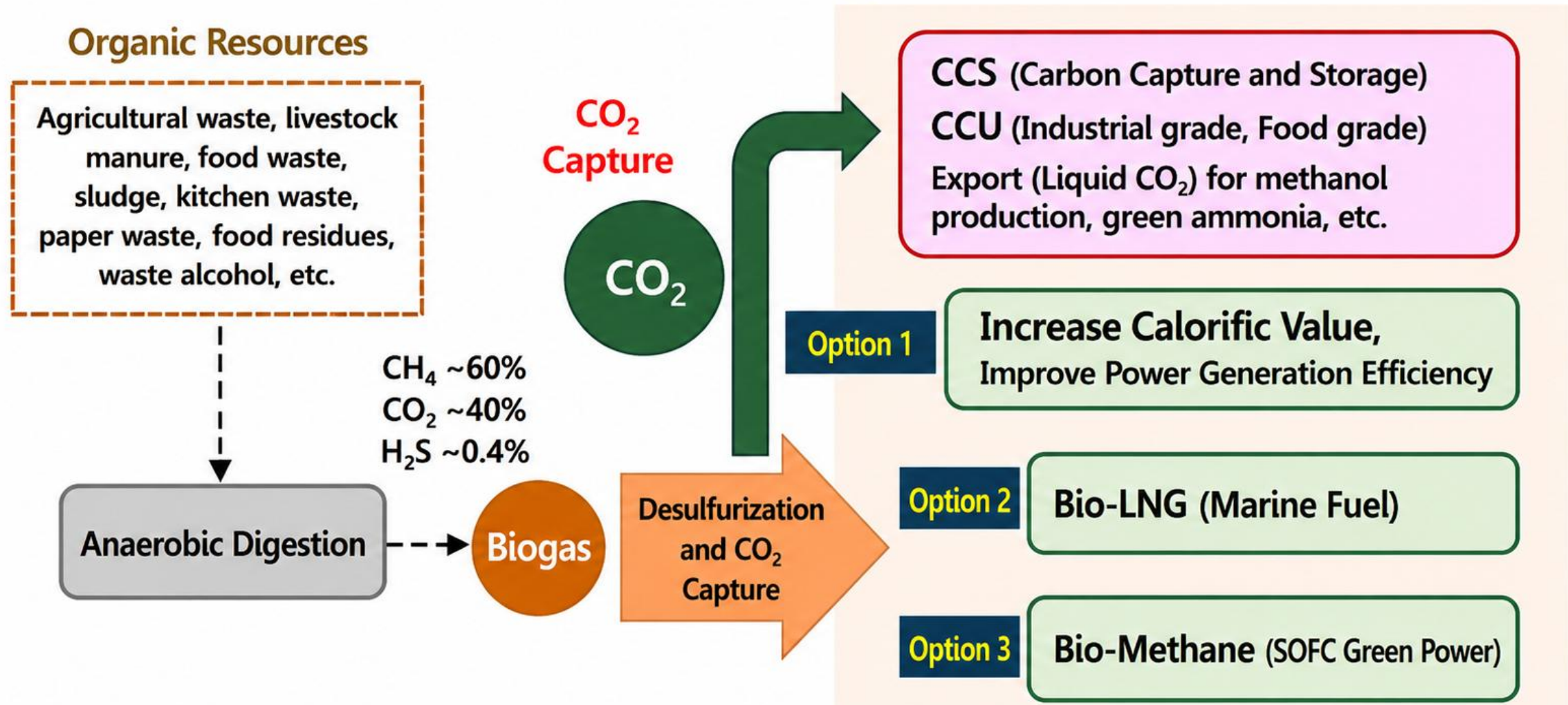
HRT：水力停留時間

SRT：污泥停留時間

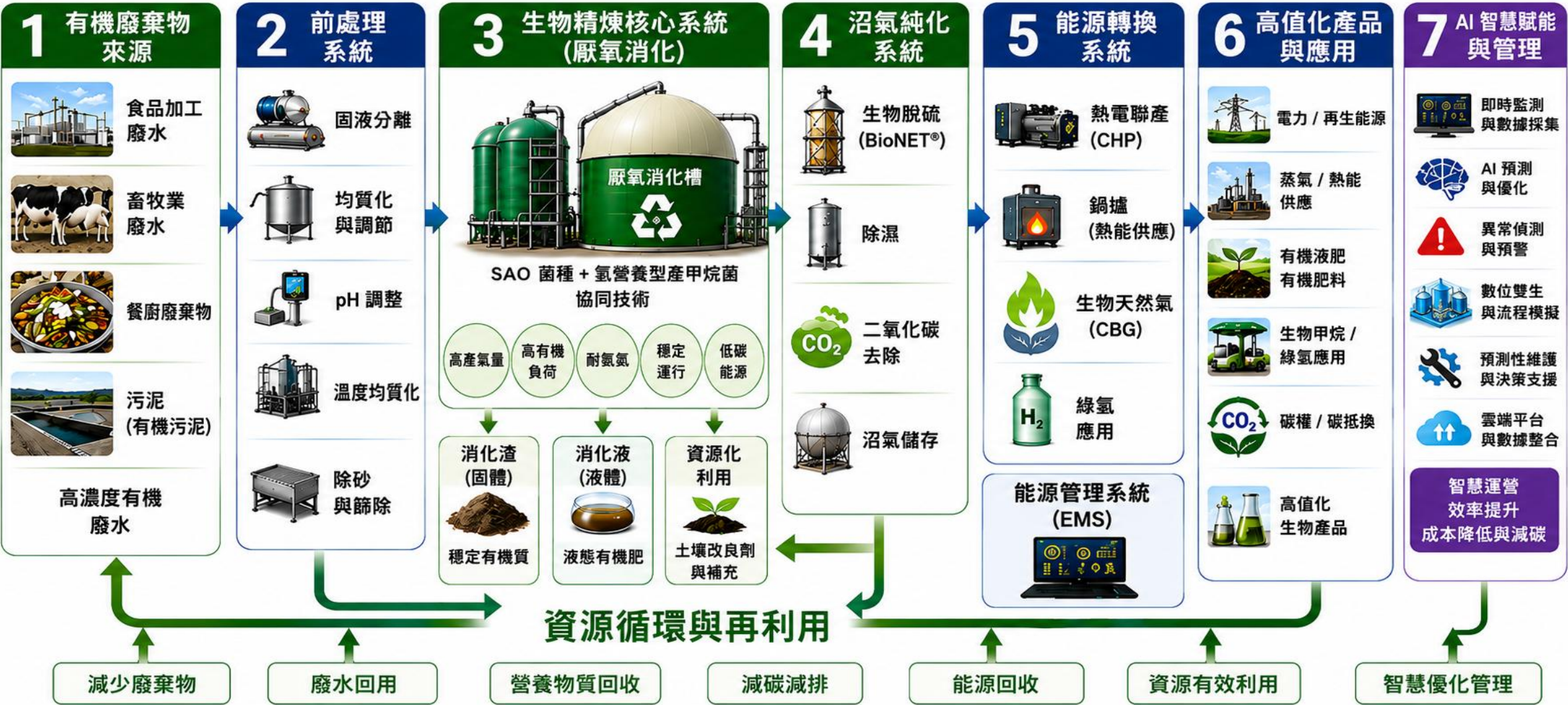
TS：總固體物

VS：揮發性固體

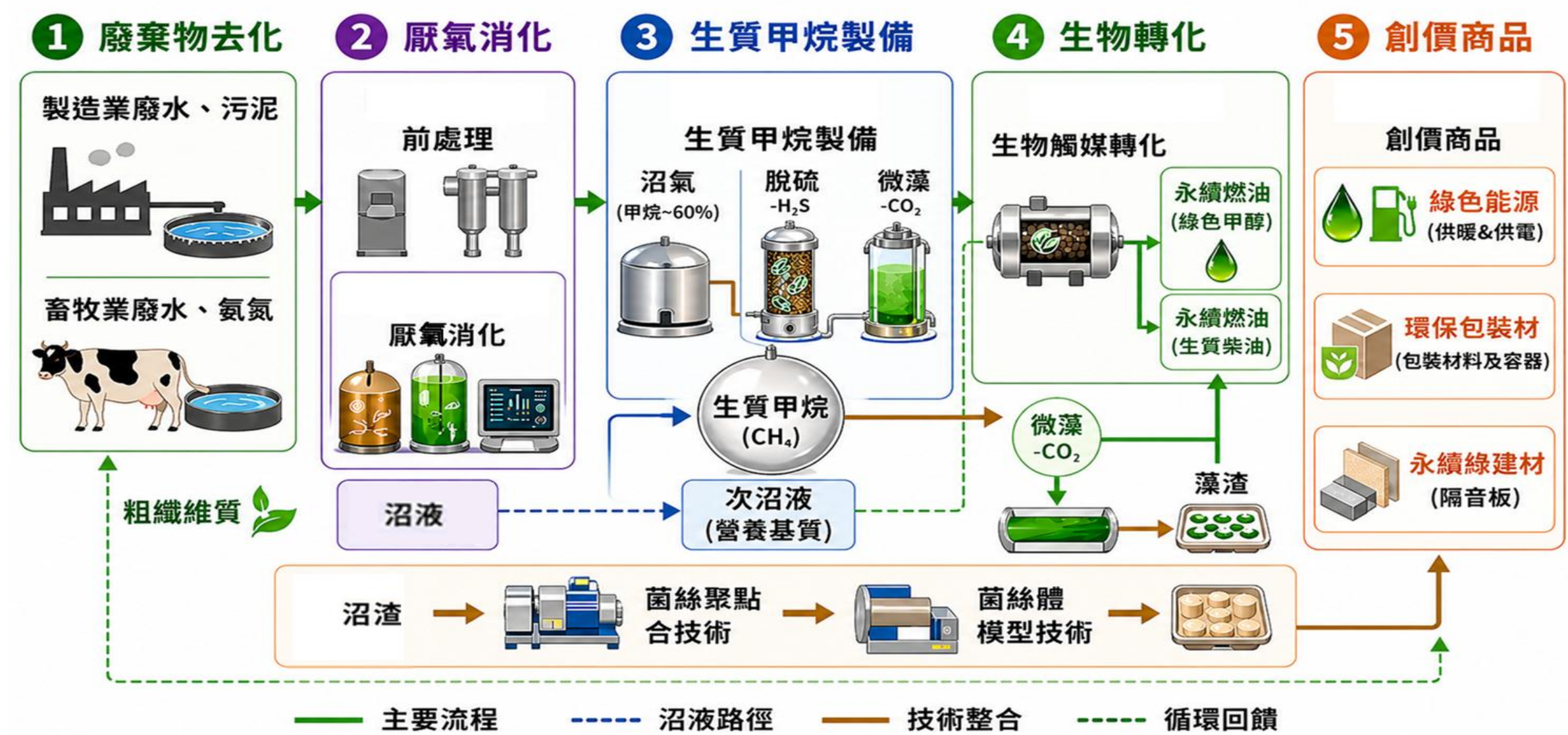
Conversion of Organic Waste from “Traditional Biogas Power Generation” to Multi-value Applications



生物精煉低碳轉化系統有機資源沼氣生產與利用之低碳轉化系統



生物質資源循環與能源化發展方向



超音波污泥水解結合厭氧消化提升能源化效率

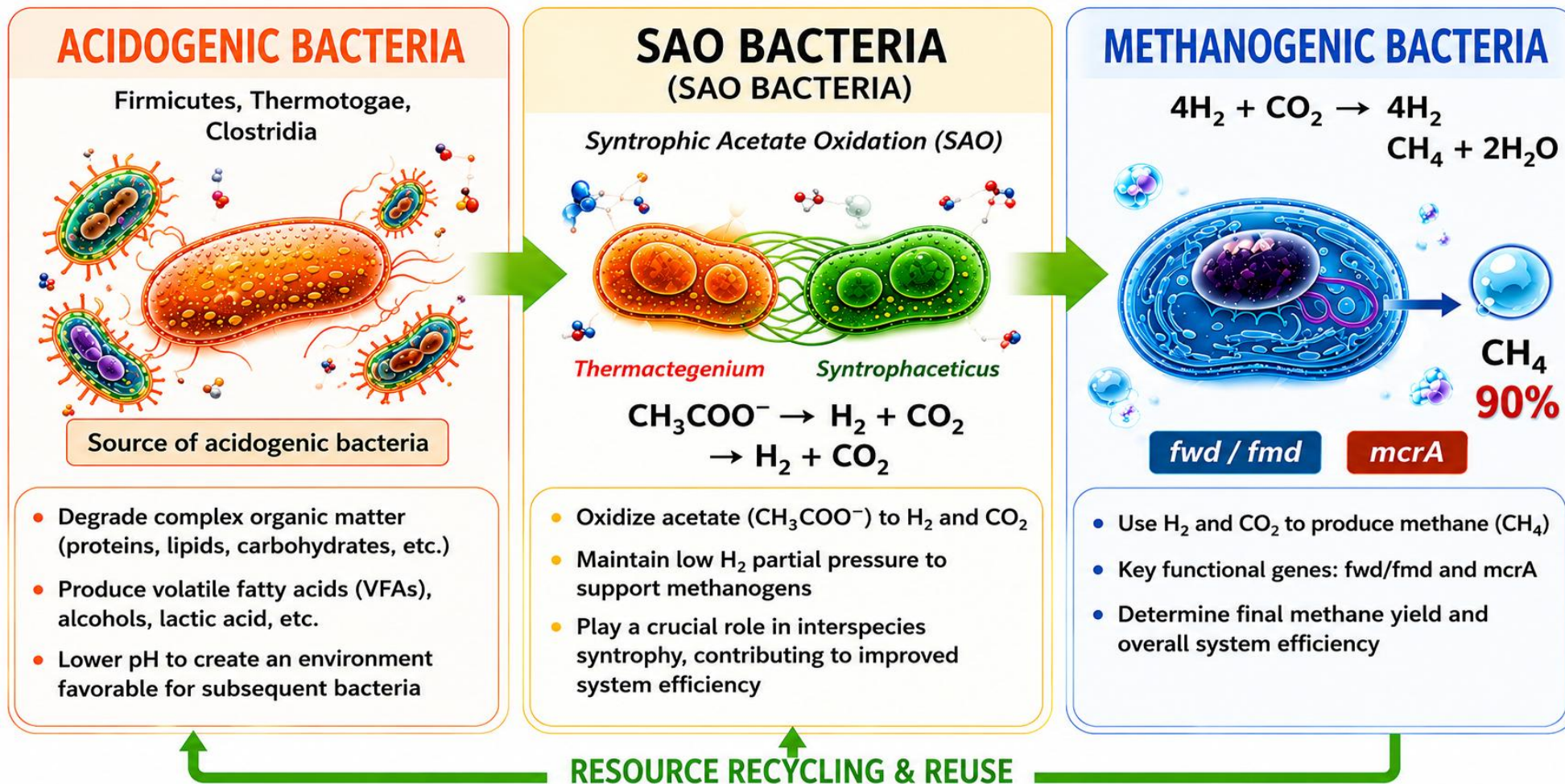
建立超音波污泥水解技術，解決**廢棄污泥清運成本**，**增加沼氣產量**，達到減廢創能

- ◆ 「**日資投入 × 台灣技術 × 亞洲市場**」的合作示範模式：UMI (**日本市場**)、GWTF (**產業化**)、ITRI (**產業鏈發展**)
- ◆ 國內**有機廢棄污泥量為46萬噸/年**，以50%處理量估算，創造**>15億元**超音波設備市場商機；節省**7.8億元/年**污泥清運費；增加**757萬m³/年**沼氣產量、增加**1,136萬度/年**發電量。
- ◆ **專利提案: 有機廢水處理系統及有機廢水處理方法，114116067 (TW)、19/430,679 (US)。**



新穎性共營微生物菌叢產製生質甲烷技術

建立高溫厭氧共醱酵-創新 *in situ* 升級技術，生產生質甲烷做為石化高值化再利用料源



114127317 (TW)
202511207414.6 (CN)
19/430,679 (US)



生物脫硫技術

建立生物脫硫技術，加速沼氣能源化，達到沼氣再利用效率

- ◆ **有機生質物**如有機廢水、生物污泥、廚餘及畜牧廢棄物等是一種資源，可以**轉化成沼氣能源**，達到綠能、資源循環再利用及低碳之效益，符合世界趨勢。
- ◆ 建立生物脫硫技術，將沼氣可作為熱能與發電之能源使用，**解決硫化氫腐蝕發電機設備**的問題。
- ◆ **獲證專利：生物脫硫處理方法以及生物脫硫處理系統**，I799026 (TW)、ZL202123265541.1 (CN)、206600 (MA)。

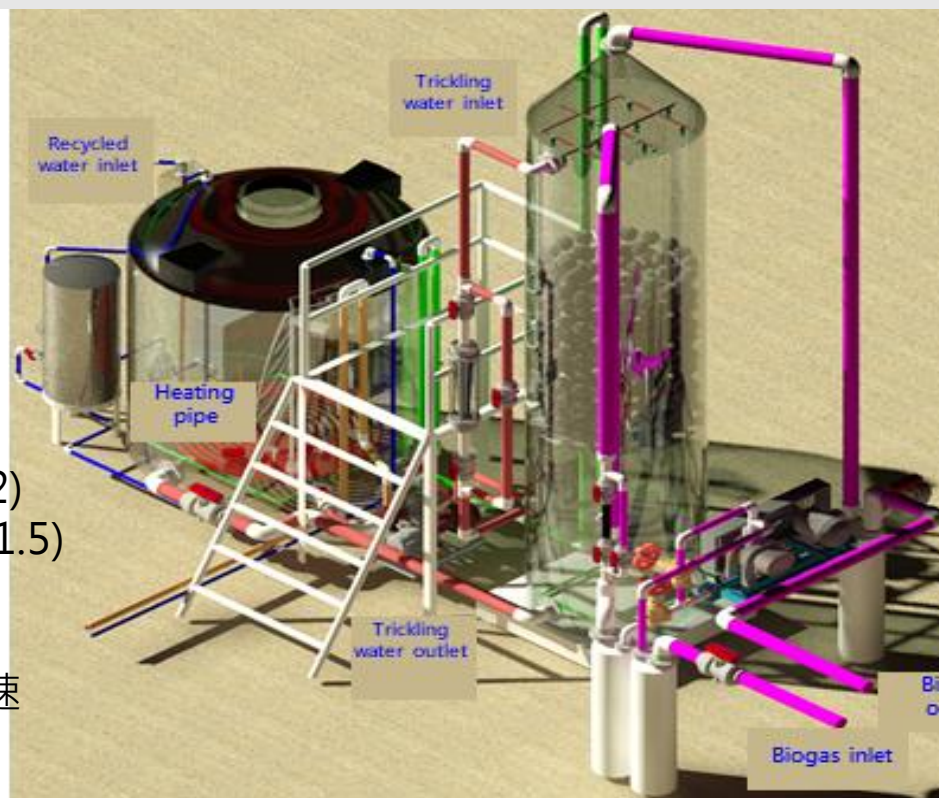


申請三類商標：

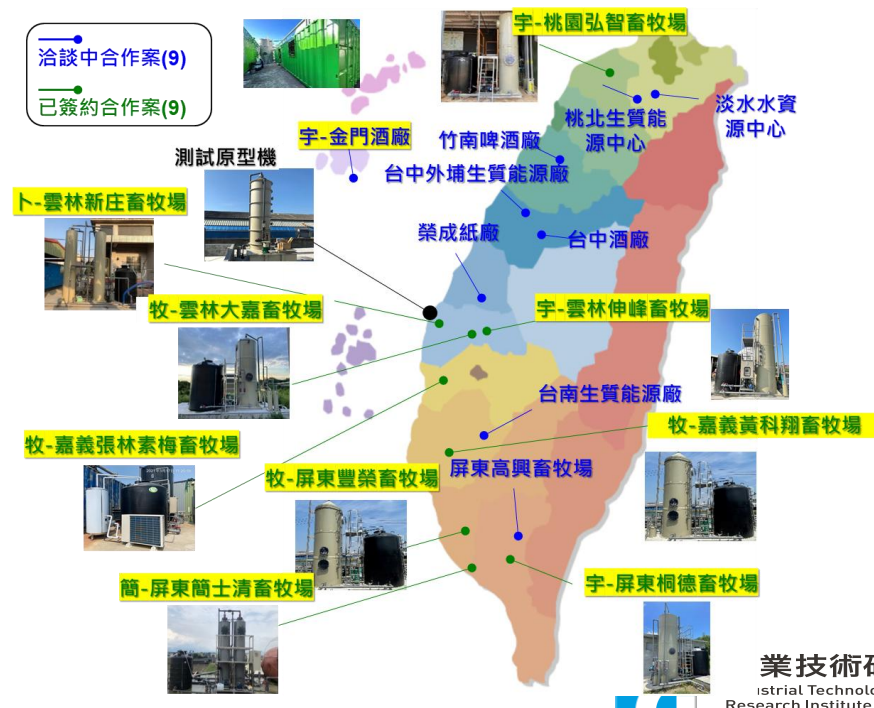
- (1) 11 (廢氣處理裝置)
- (2) 40 (廢氣淨化處理)
- (3) 42 (研究與開發)

生物脫硫技術特色：

- 高活性 H_2S 氧化菌增殖($\text{pH} < 2$)
- 高轉化 SO_4^{2-} 效率($\text{O}_2/\text{H}_2\text{S} > 1.5$)
- 高濃度 H_2S 處理負荷 (填充率 $> 80\%$)
- 高效率 H_2S 去除效率(滴濾流速 $> 40 \text{ m/hr}$ ， $\text{Re} \geq 90\%$)



生物脫硫系統案場實績



四、案例分享



Bioresource to Energy



A食品股份有限公司

- 藉由全廠碳盤查，掌握廢水處理單元碳排放，約佔全廠27%，為全廠主要來源，藉由「釀造產有機質廢轉能處理技術」導入，可有效達成節能及創能目的，使減碳效率達65%

諮詢診斷

- 食品製程廢水，廢水量500 CMD，進流COD 2,000 mg/L。
- SBR好氧單元產生大量曝氣能耗與碳排放量，無法達到有效的低碳處理與創能效益。

建議規劃

- I. 增設厭氧：在既有廢水處理流程中水，增設一座UASB厭氧處理槽。
- II. 沼氣回收：沼氣袋、生物脫硫、化學脫硫。
- III. 發電設備：發電機本體、電力轉換系統。

改善推動



增設厭氧



沼氣回收/純化



沼氣發電



成功推動廢水能源化

場域	厭氧槽體增建 沼氣發電設備產業	發電量 (kWh/年)	改善前 碳排放量 (噸CO ₂ e/年)	改善後 碳排放量 (噸CO ₂ e/年)	減碳量 (噸CO ₂ e/年)	ROI(年)
A食品股份有限公司	宇陽能源科技股份有限公司 (厭氧) 樹鴻環境科技 (脫硫槽體製作、自動控制)	112,840	1,856	650	1,206	2.1

計畫總經費: 67,000 千元
補助款: 24,000 千元
自籌款: 43,000 千元

減碳投資效益:
產業自主: 10.3 萬元/噸CO₂e/年
政府補助: 6.6 萬元/噸 CO₂e/年

回收年限效益:
產業自主: 3.4年
政府補助: 2.1年

B企業股份有限公司

- 為台灣512家碳排大戶之一(387名)，但長年因設備老舊、技術限制，沼氣多半直接排入空氣。透過合作案，成功協助廠區每年能自產自用約138萬度綠電，每年減少超過萬噸碳排，投資2.5年即可回本。

諮詢診斷

- 食品製程廢水，廢水量2,600 CMD，進流COD 3,200 mg/L。
- 厭氧單元產生的沼氣直接排放至大氣，欲評估沼氣可能再利用方法及效益。

建議規劃

- 沼氣回收：沼氣收集設備修繕(厭氧槽頂維修、沼氣收集管路鋪設)。
- 沼氣純化：沼氣袋、生物脫硫、液鹼脫硫。
- 發電設備：發電機本體、電力轉換系統、併網。

改善推動



沼氣收集



沼氣純化



沼氣發電併網

成功推動廢水能源化



場域	沼氣發電設備產業	發電量 (kWh/年)	改善前 碳排量 (噸CO ₂ e/年)	改善後 碳排量 (噸CO ₂ e/年)	減碳量 (噸CO ₂ e/年)	ROI(年)
B企業股份有 限公司	樹鴻環境科技 (槽體製作、自動控制)	1,375,920	11,673	756	10,917	2.5

計畫總經費:79,400 千元
補助款:27,000 千元
自籌款:52,400 千元

減碳投資效益:
產業自主: 0.73 萬元/噸CO₂e/年
政府補助: 0.48 萬元/噸 CO₂e/年

回收年限效益:
產業自主: 3.8年
政府補助: 2.5年

C酒廠實業股份有限公司

- 長年因設備老舊，沼氣以燃燒塔處理後排放，因應**低碳島自治條例**，公布**低碳園區旗艦計畫**，透過合作案以減碳/創能角度給予協助，成功協助廠區每年能躉售台電約138萬度綠電，每年減少超過萬噸碳排，投資4.5年即可回本。

諮詢診斷

- 酒廠製程廢水，沼氣量 $Q=3,000 \text{ CMD}$ ，硫化氫 360 mg/L 。
- 厭氧單元產生的沼氣以燃燒塔處理後排放，欲評估沼氣可能再利用方法及效益。

建議規劃

- I. 沼氣回收：沼氣收集設備修繕(厭氧槽頂沼氣收集管路維修)。
- II. 沼氣純化：沼氣袋、貨櫃型生物脫硫。
- III. 發電設備：發電機暨自動化與雲端監測系統、電力轉換系統、併網。

改善推動



沼氣收集

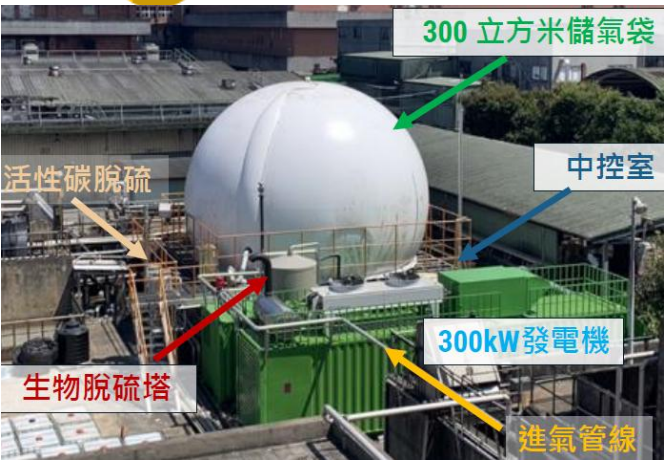


沼氣純化



沼氣發電併網

成功推動廢水能源化



場域	沼氣發電設備產業	發電量 (kWh/年)	改善前 碳排量 (噸CO ₂ e/年)	改善後 碳排量 (噸CO ₂ e/年)	減碳量 (噸CO ₂ e/年)	ROI(年)
B企業股份有 限公司	樹鴻環境科技 (槽體製作、自動控制)	1,375,920	17,085	4,960	12,125	4.5

能源服務公司ESCO:
分潤5%, 躉售8元/kwh
自籌款:36,260 千元

減碳投資效益:
ESCO: 0.33 萬元/噸CO₂e/年

回收年限效益:
產業自主: 4.5年

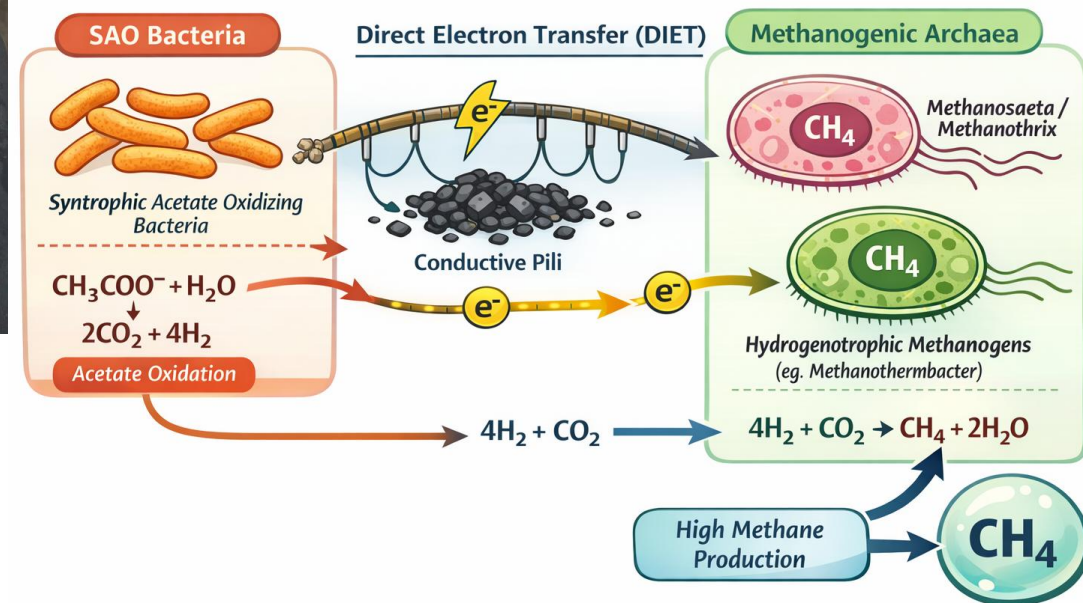
高溫厭氧共醱酵技術 (模場)

項目	條件	
厭氧醱酵系統	酸化槽	甲烷化槽
HRT(day)	5	20
溫度(°C)	高溫 55°C	
總固體物 TS (%)	5~7	
氨氮濃度 (mg-N/L)	3,000 ~ 4,000	

豬糞 (PM)		果菜 (AW)		廚餘 (KW)		養豬廢水		混合料	
TS (%)	體積 (m³)	TS (%)	體積 (m³)	TS (%)	體積 (m³)	TS (%)	體積 (m³)	TS (%)	體積 (m³)
20	1	15	1	2	0.5	1	2.5	7.2	5



High Temperature & High Ammonia $\xleftarrow{NH_3^+ \uparrow}$ $>55^\circ C$



1噸高溫厭氧處理系統

配藥槽

- pH調整

配料槽

- 生廚餘脫水液
- 熟廚餘脫水液
- 糞尿廢水

暫存槽

- 沼渣液



酸化槽

- 梭菌
- 腸桿菌

熱交換器

- 55度

甲烷槽

- 廣古甲烷桿菌
- 甲烷微菌

沼氣袋

- 90% 甲烷



10噸高溫厭氧處理系統

五、結論

結論

- 隨著臺灣工業發展由傳統製造邁向高科技、智慧製造及淨零轉型，污水處理技術已由早期的**污染防治**，逐步發展至**水資源循環、能源回收、智慧管理及低碳淨零**
- 未來污水處理設施不僅肩負污染削減功能，更將成為整合**水、能、碳及資源循環**的重要基礎設施，朝向「**資源循環中心（Resource Recovery Facility）**」及「**智慧淨零水廠（Smart Net-Zero Water Resource Recovery Facility）**」發展

未來發展願景

- 以「**水資源循環、能源自給、智慧管理、淨零永續**」為核心發展方向，整合先進污水處理技術、**AI智慧監控**、能源回收及資源循環策略，建構兼具高效率、低碳排、智慧化及高韌性的**新世代污水處理系統**，**支援產業永續發展**，並協助臺灣邁向2050淨零排放及循環經濟目標。
- **再生水供應**：提升工業用再生水比例，強化半導體等高科技產業供水韌性。
- **能源化**：推廣厭氧消化、沼氣發電及甲烷高值利用。
- **AI智慧水廠**：導入AI控制、線上感測與雲端管理，提高處理效率並降低能耗。
- **新興污染物去除**：加強PFAS、藥物、微塑膠及其他微量污染物處理。
- **淨零碳排**：整合節能、碳管理、資源循環及再生能源，建構「淨零排放（Near-Zero Emission）」污水處理系統。

Contact Us

Teh-Ming Liang Division Director

 +886-3-573-2630

 tehming.liang@itri.org.tw

Shing-Der Chen Deputy Director

 +886-3-573-2651

 sdchen@itri.org.tw

Hsin-Ju Hsieh Manager

 +886-3-573-2873

 betty@itri.org.tw



Further Understanding



[SRDIWT Web](#)

THANK YOU

Innovating for a better world through anaerobic digester and biogas reusing.