



# 依養殖條件設置合適之光電設施 及 如何應用智慧監測於養殖設施

嘉義大學 水生生物科學系  
專案副研究員 陳哲俊

# 主題



水產養殖產業發展  
與未來發展契機

養殖條件設置合適  
之光電設施



如何應用智慧監測  
於養殖設施



# 水產養殖產業之重要性

水產資源  
需求

人工養殖產業  
發展

養殖結合  
綠能設施

# 水產養殖優勢

水產品需求：

- 水產品優質蛋白質供應
- 消費需求隨人口持續增長增加
- 海洋資源枯竭

人工養殖意義

- 水產品人工養殖
- 供給大眾需求





[Environmental Management](#)

February 2019, Volume 63, [Issue 2](#), pp 159–172 | [Cite as](#)

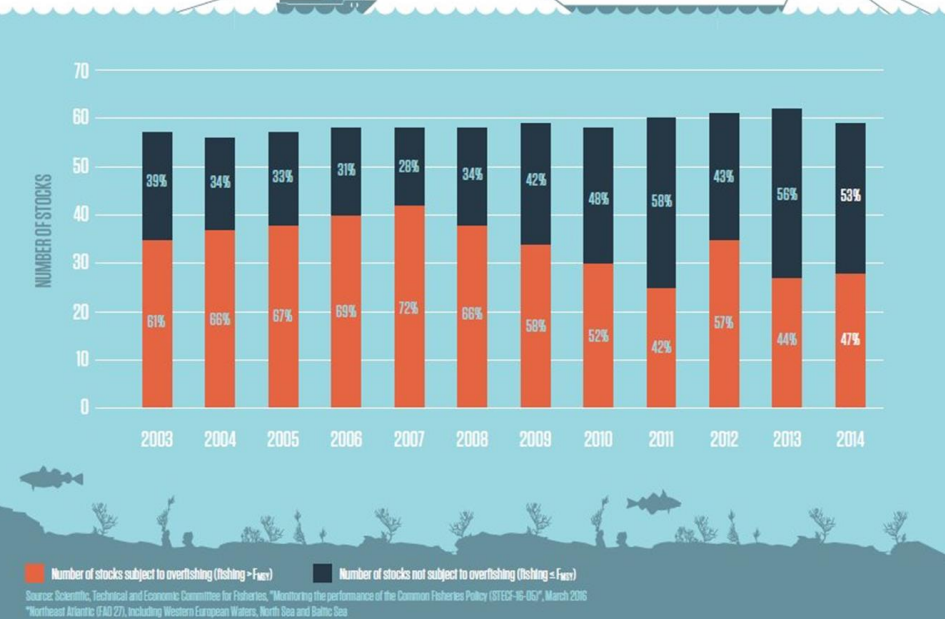
## Global Aquaculture Productivity, Environmental Sustainability, and Climate Change Adaptability

- 為了滿足不斷增長的全球人口對糧食的需求，隨著捕撈漁業停滯不前，水產養殖產量面臨巨大壓力。然而，水產養殖引起了一系列環境問題，水產養殖生產的進一步增加將面臨廣泛的環境挑戰。
- 氣候變化的影響將對全球水產養殖生產構成進一步威脅。水產養殖經常受到氣候變量的影響，包括氣旋，乾旱，洪水，全球變暖，海洋酸化，降雨變化，鹽度和海平面上升。
- 為使水產養殖增長可持續，其環境影響必須大幅減少。還需要適應氣候變化來生產更多沒有環境影響的魚類。
  - 一些適應戰略，包括綜合水產養殖，再循環水產養殖系統（RAS）海養洋養殖的擴大，可以提高水產養殖生產力，環境可持續性和氣候變化適應性。

# 海洋過漁現象



## OVERFISHING IN THE EUROPEAN UNION\* 2016 UPDATE



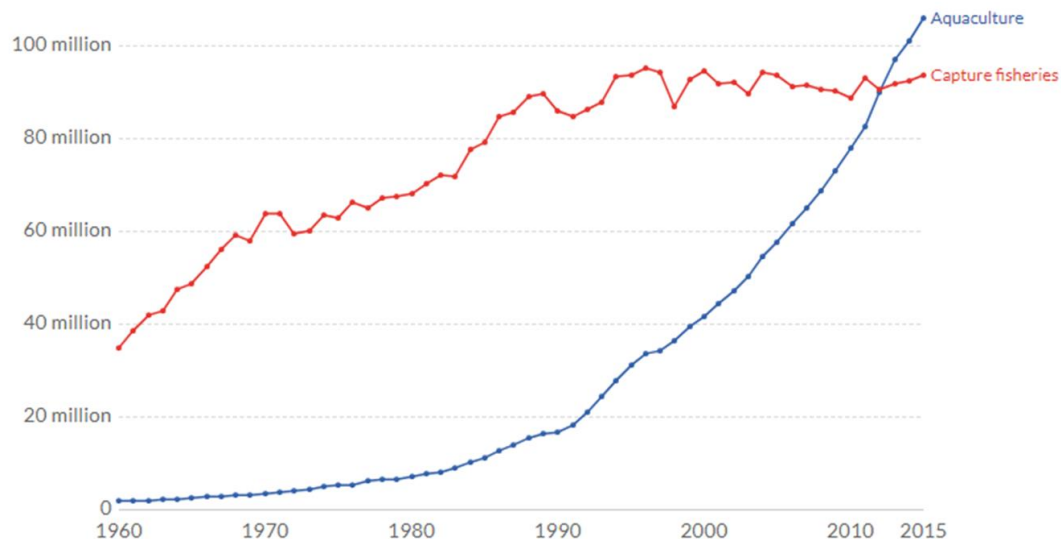


# 水產養殖資源需求

## Capture fisheries vs. aquaculture (farmed fish) production, World

Annual production of seafood from wild-catch fisheries and aquaculture (farmed seafood) practices, measured in metric tonnes per year. Data is inclusive of all aquatic species, including aquatic animals and plants.

Our World  
in Data

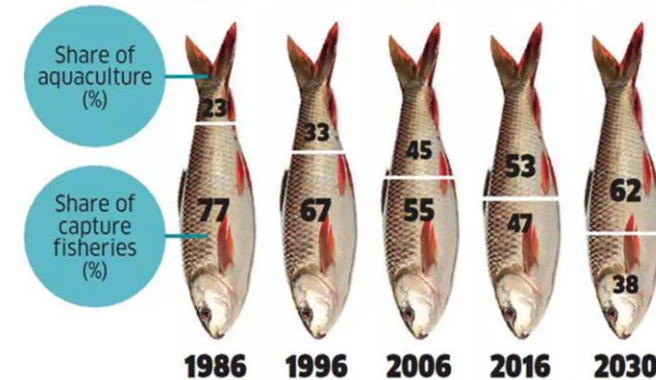


Source: World Bank- World Development Indicators

CC BY

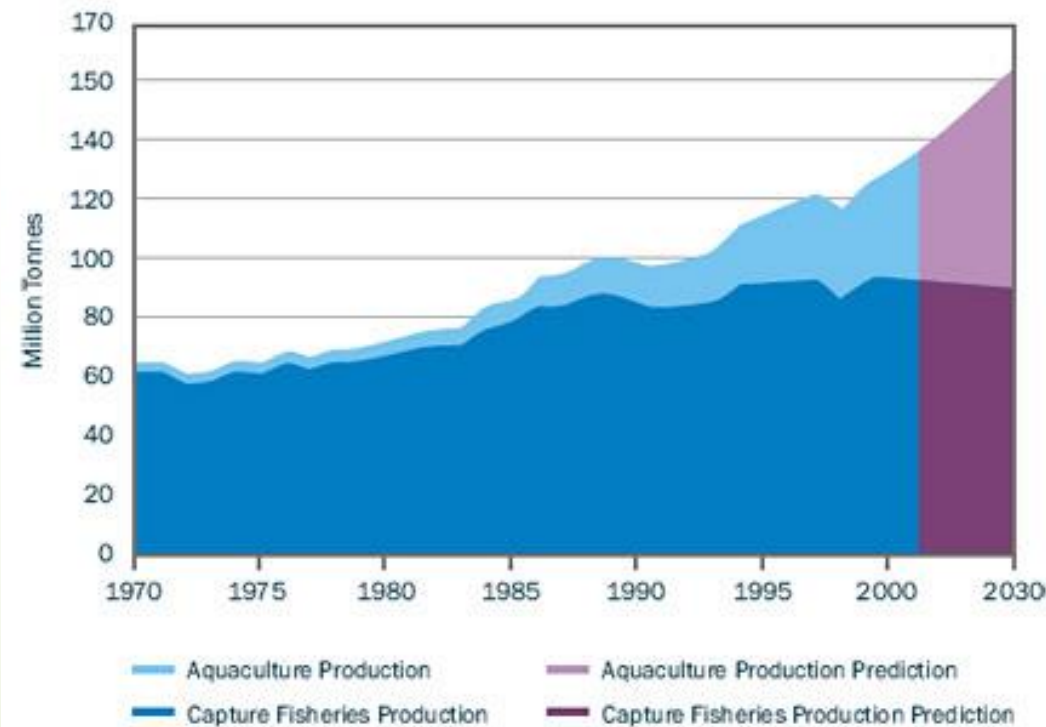
► 1960 2015

## Aquaculture's Share in India's Fish Production has Grown from a Third to Half in 20 Years



Note: Capture fisheries mean catching naturally occurring fish from seas and inland water bodies  
Source: FAO

## WORLD FISH PRODUCTION



# 優質水產養殖

意義：

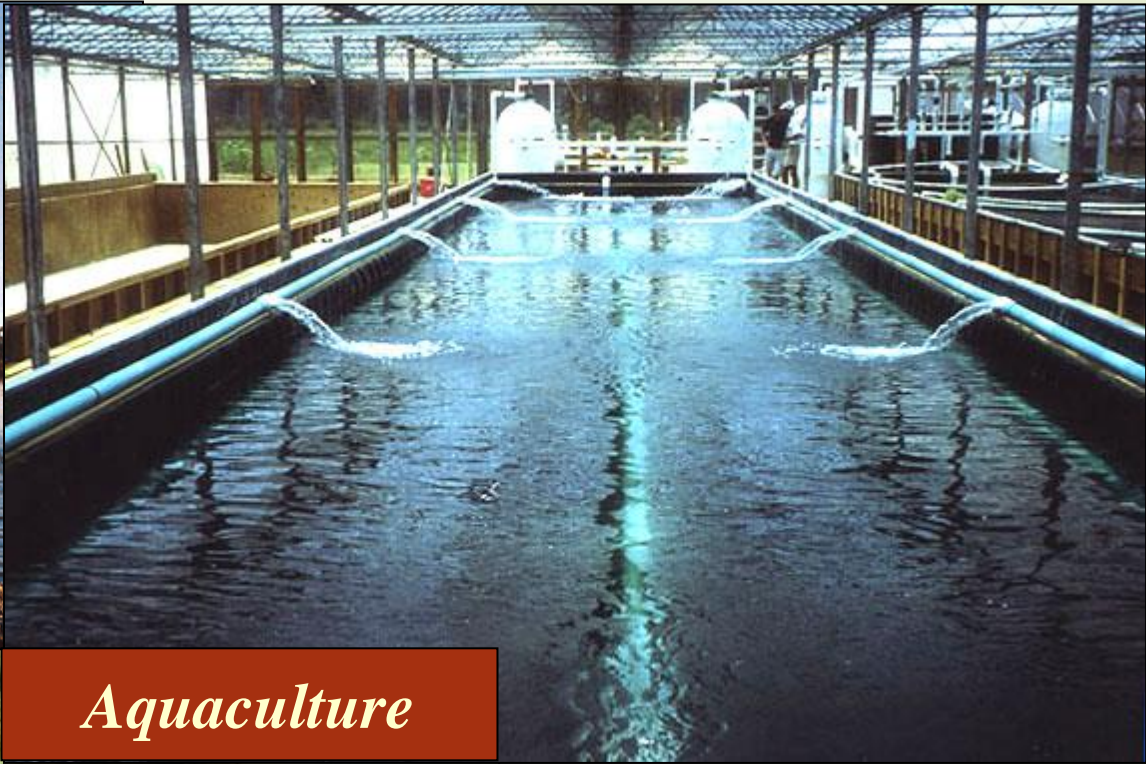
避免海洋資源過度利用

水產生物資源保育

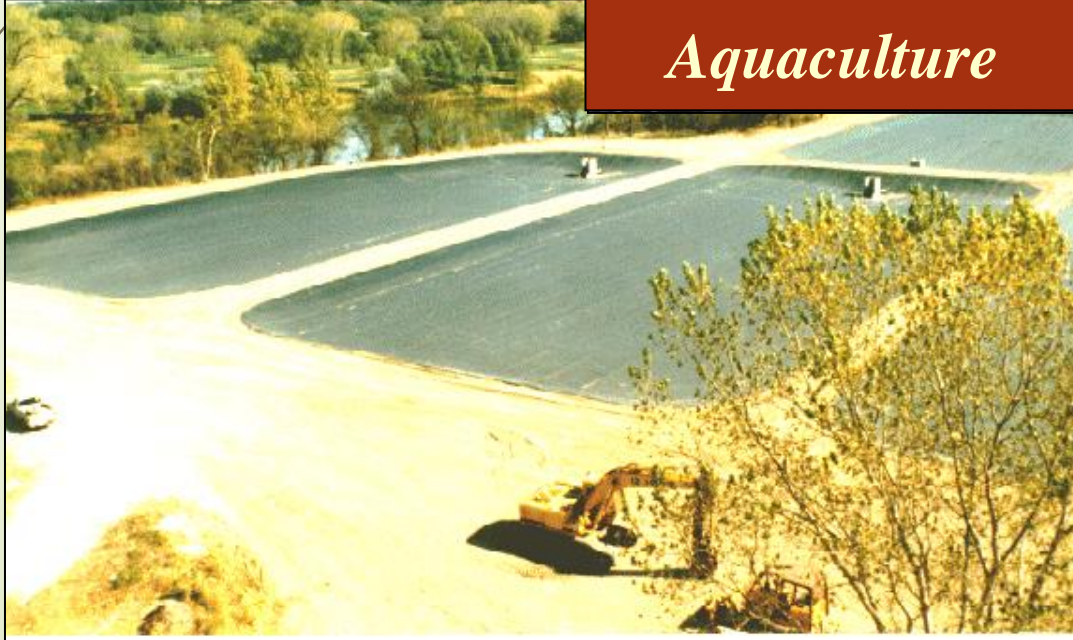
提升水產品供給

水生生物永續生存





## *Aquaculture*







養殖條件設置合適之光電設施

# 水源

## ■ 供應

■ 水源足

■ 水質良好

■ 鹽度

■ 無汙染風險

■ 工商、農業、生活

## ■ 周圍

■ 水源交互汙染

■ 排水汙染

■ 病源傳播

■ 廢棄物、空氣汙染

# 選址 Site Selection

## ➤ 種類

➤ 土塘

➤ 硬池

## ➤ 特點

➤ 4~5尺水深

➤ 無野生雜漁（盡可能）

➤ 最好沒有水生植物

## ➤ 交通

➤ 原料運輸

➤ 產品輸出

## ➤ 加工物流

➤ 冷凍

➤ 倉儲

➤ 物流





# 水產業 規劃方向



定位

市場

物種

方式

# 養殖業者目標

增加產量

- 增加產量
- 計畫生產

供給鮮活  
優質產品

- 品質
- 規格
- 季節

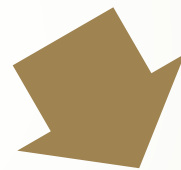
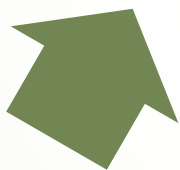


# 提升品質

水質  
養殖  
優質  
化

料質  
餌量  
優質  
化

環境  
養殖  
優質  
化



# 養殖環水質優質化

水源

潔淨水源

汙染避免

溶氧

增氧措施

避免過度  
耗氧

殘餌排泄  
物淨化

物理移除

生物淨化

化學淨化

# 循環水Recirculating Systems

## ▶ 組成

- ▶ 電源設備
- ▶ 3 相電源
- ▶ 飼料儲存區
- ▶ 供氧設備
- ▶ 結構建物

## ▶ 循環水系統元件

- ▶ 氧氣供應
- ▶ 生物過濾
- ▶ 緩衝系統
- ▶ 加熱/冷卻系統
- ▶ 照明設備
- ▶ 養殖槽
- ▶ 生產效益

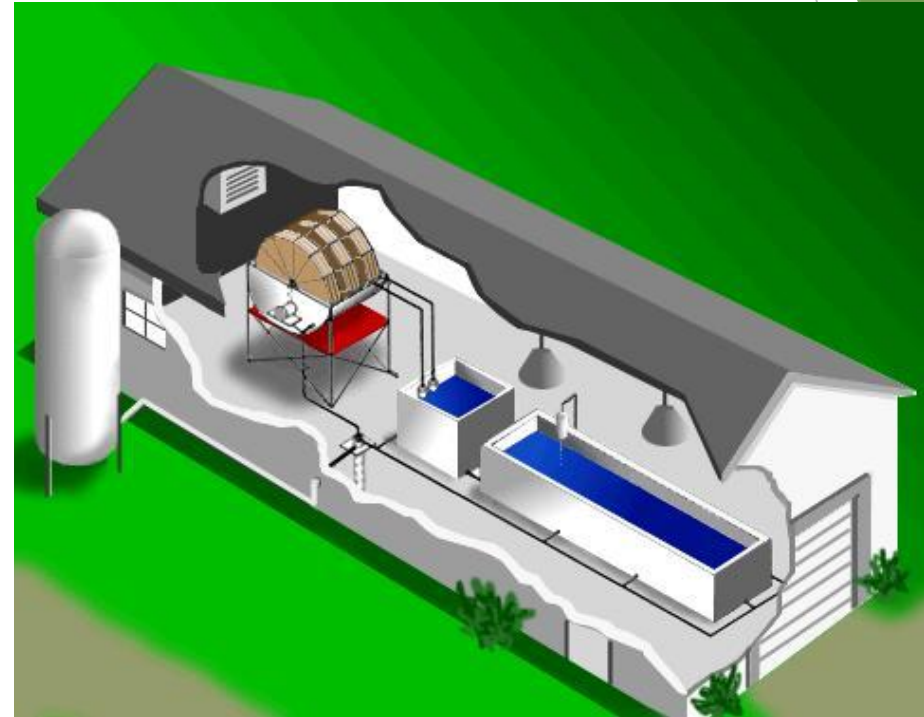
# 系統組成 System Components

## ► Primary 初級需求

- 生物過濾
- 物理過濾
- 養殖槽
- pump
- 緩衝系統

## ► Secondary 次級需求

- 氧氣
- 幫浦
- 加熱/冷卻系統
- 照明



# 設施養殖系統

## 優點

- ➡ 對環境波動耐受性高
- ➡ 節約土地
- ➡ 水資源有效利用
- ➡ 對環境物染小
- ➡ 單位產能高
- ➡ 疾病防疫效益高



## 缺點

- ➡ 投資成本高
- ➡ 維運耗能高
- ➡ 養殖技術性較高
- ➡ 對能源使用量高
- ➡ 瞬間失誤損失高



# 水產養殖水質適當範圍

- 為了讓養殖生物擁有好成長環境
- 系統化養殖須致力水質優化
- 設施養殖系統規畫達成目標如下  
(依物種有差異)

溫度 24~28°C (鰻魚)

pH 6~9.5

Do >6 ppm

CO<sub>2</sub> <20 ppm

alkalinity 鹼度 >20 ppm

NO<sub>3</sub> - <100 ppm

NO<sub>2</sub> - 0.2~5ppm

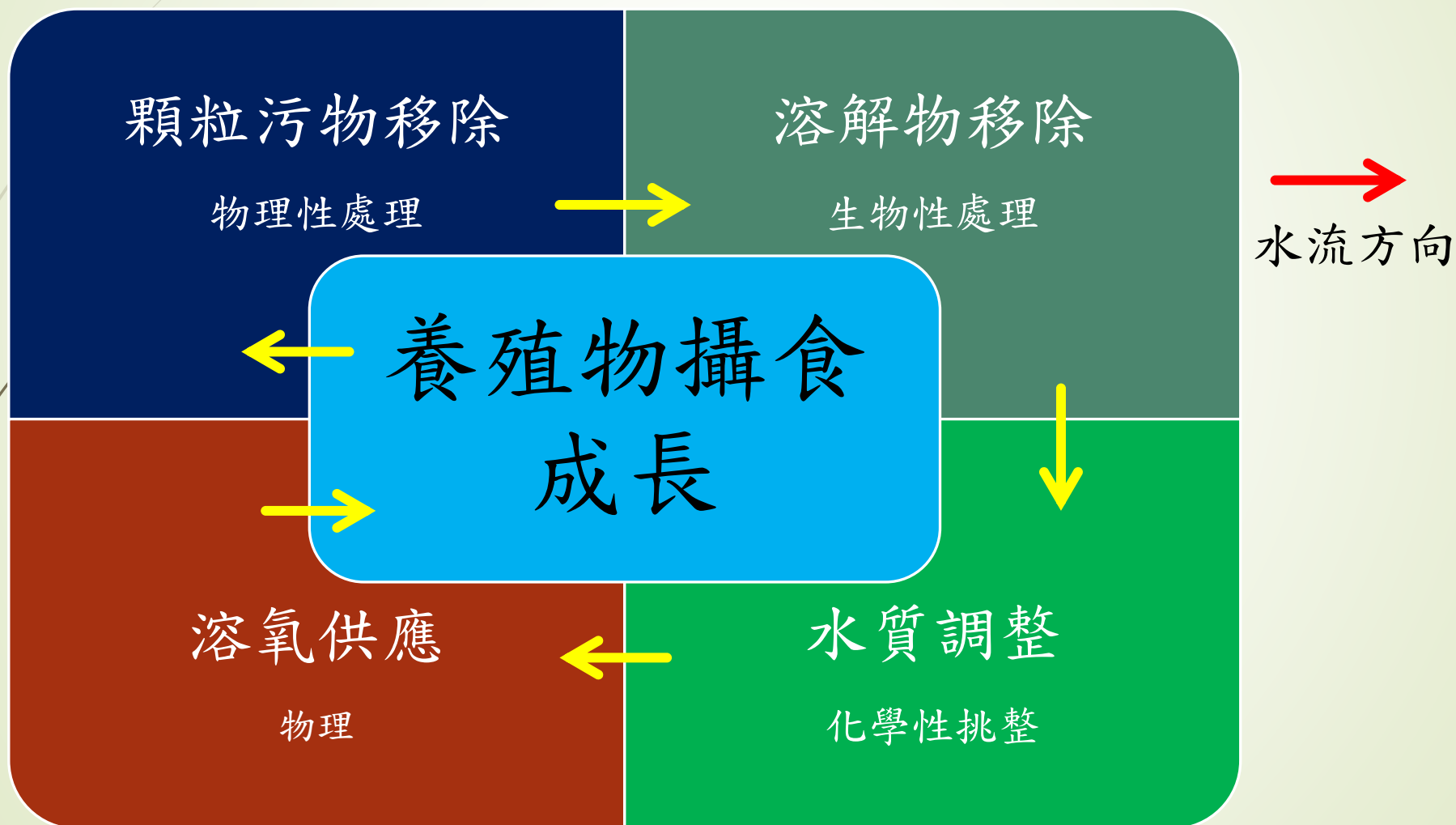
TAN 0.015~5ppm

# 水產養殖飼料養殖物轉化

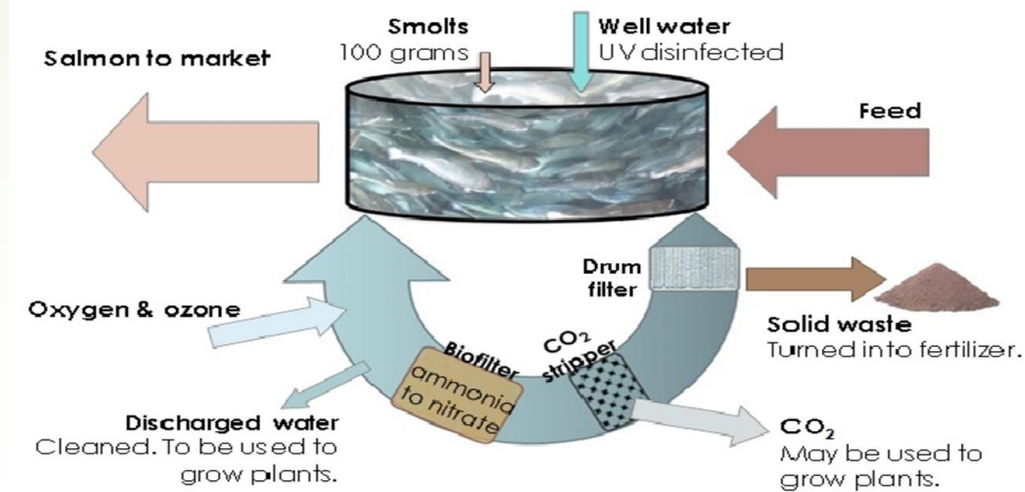
- 由於養殖生物攝食排泄都在水中進行
- 養殖池水質變化明顯受到投餌影響劇烈
- 相關數據如下，既是循環水系統最主要課

輸入	輸出
1Kg 飼料	0.25~1Kg CO <sub>2</sub>
0.25~1Kg 氧氣	0.02~0.04 含氮產物
0.18~0.4Kg Alkalinity	0.01Kg 磷
	0.25~0.5Kg 固行排泄物

# 循環水養殖系統水質優化措施



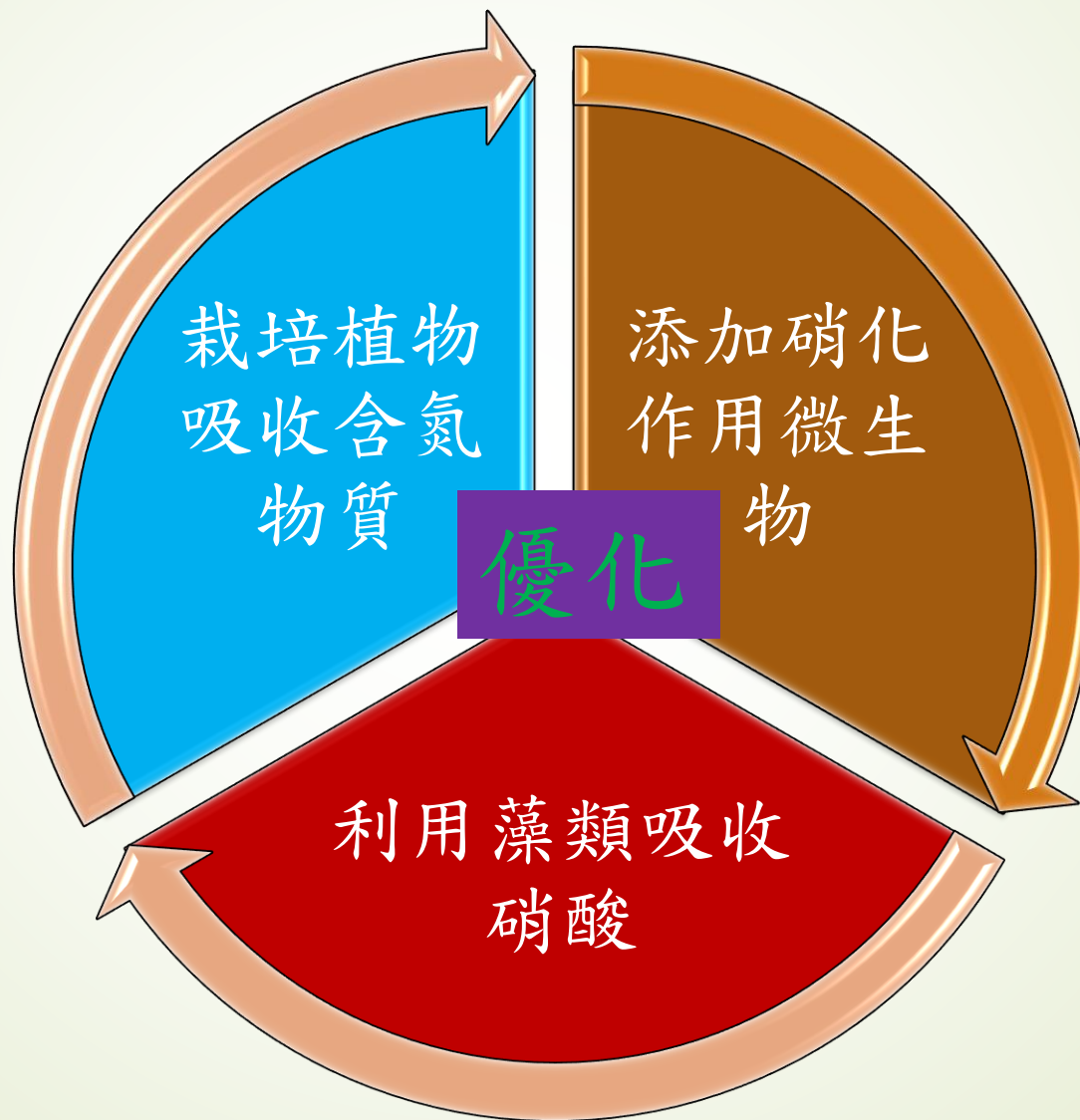
# 循環水養殖系統運用實務



## 循環水養殖系統主要機構(依需求配置)

FRP 魚池	自動投餌機
自動刷網機	微粒子處理機
物理過濾系統	生物濾床
紫外線殺菌燈	蛋白除沫氣
氧氣錐	自動監控系統

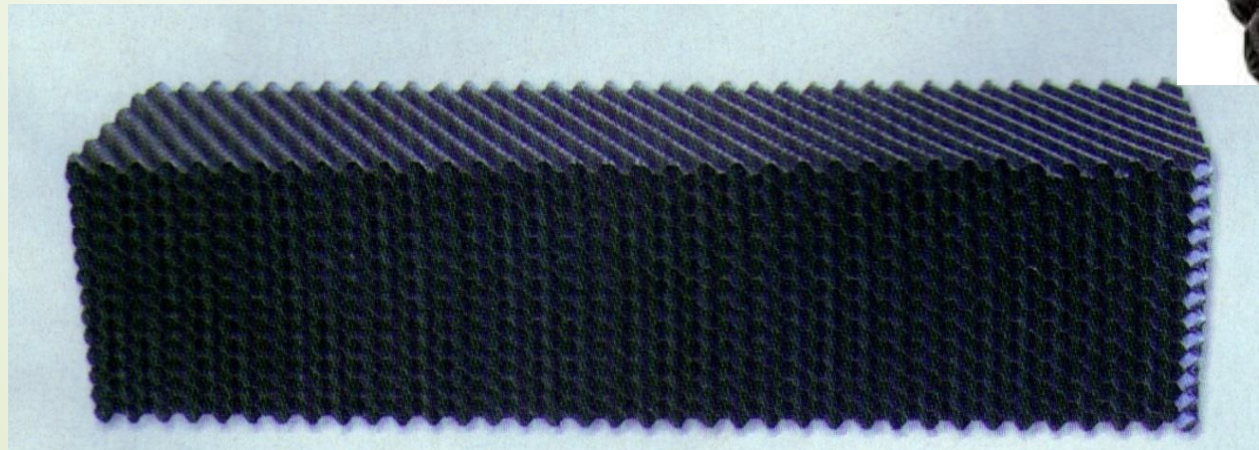
# 養殖系統水溶解態排泄物處理機制





# 生物濾床濾材 Bio strata

- ➡ 提供菌膜生長
- ➡ 保持水交換效益高
- ➡ 脫落菌膜易清理

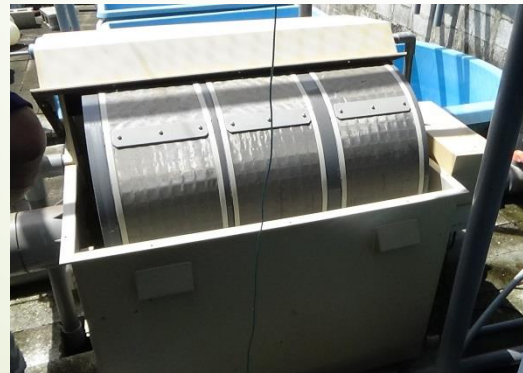


比表面積 **110** ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup>(33.5 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)

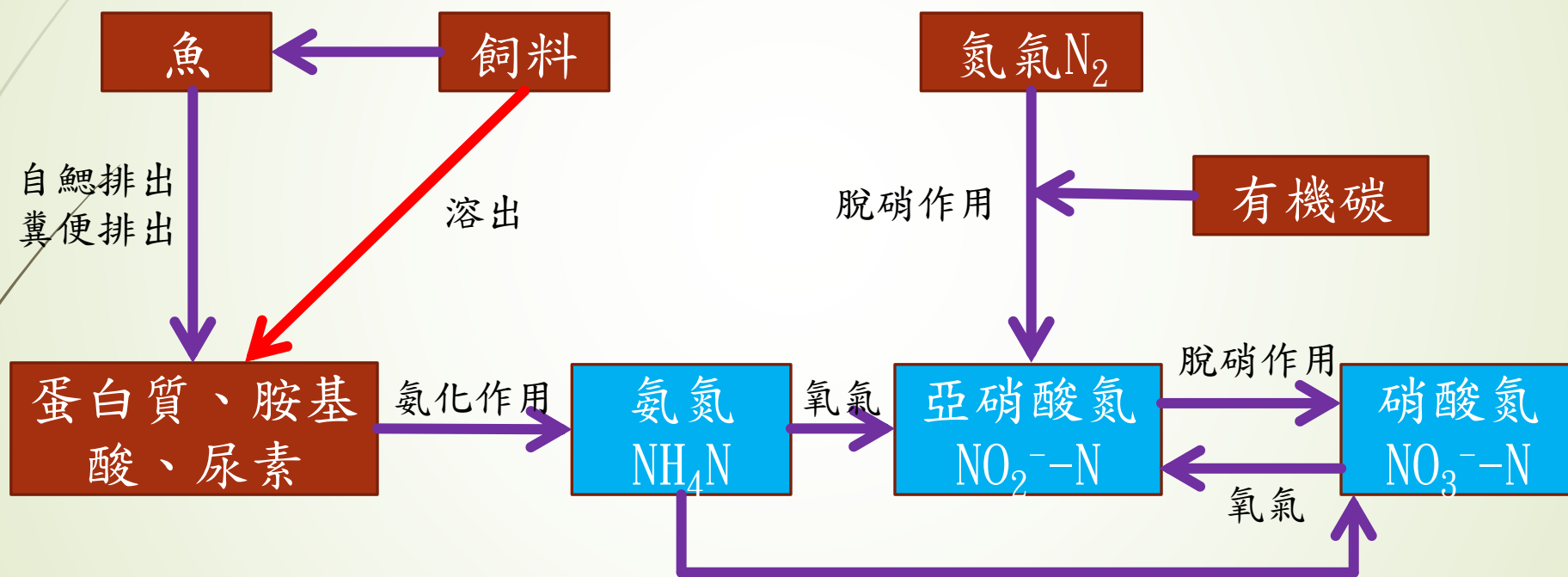
# 強化顆粒性污物移除重點

- ➡ 避免污物顆粒破碎
- ➡ 強化沉澱效益(重力、離心、斜板) \*
- ➡ 物理過濾(沙濾、微粒過濾、不織布過濾) \*
- ➡ 逆向過濾 \*
- ➡ 抽底 ✕

\* 循環水系統  
✕ 生物絮團



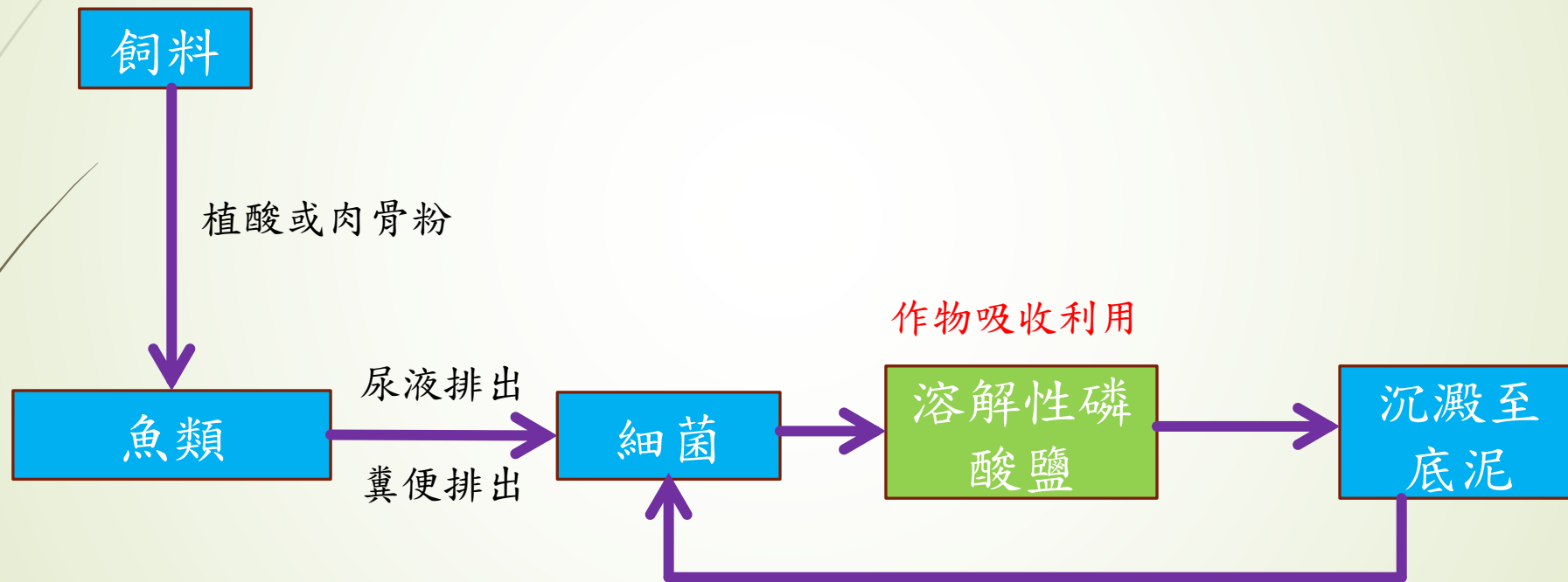
# 養殖系統優化氮循環

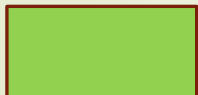


 藻類、微生物及植物可吸收利用部分



# 養殖系統優化磷循環



 藻類、微生物及植物可吸收利用部分

# 溶解態有機物移除

## 生物過濾處理

- ➡ 強化濾床面積
- ➡ 維持水流順暢
- ➡ 補強分解微生物
- ➡ 改善水質C、N、P組成

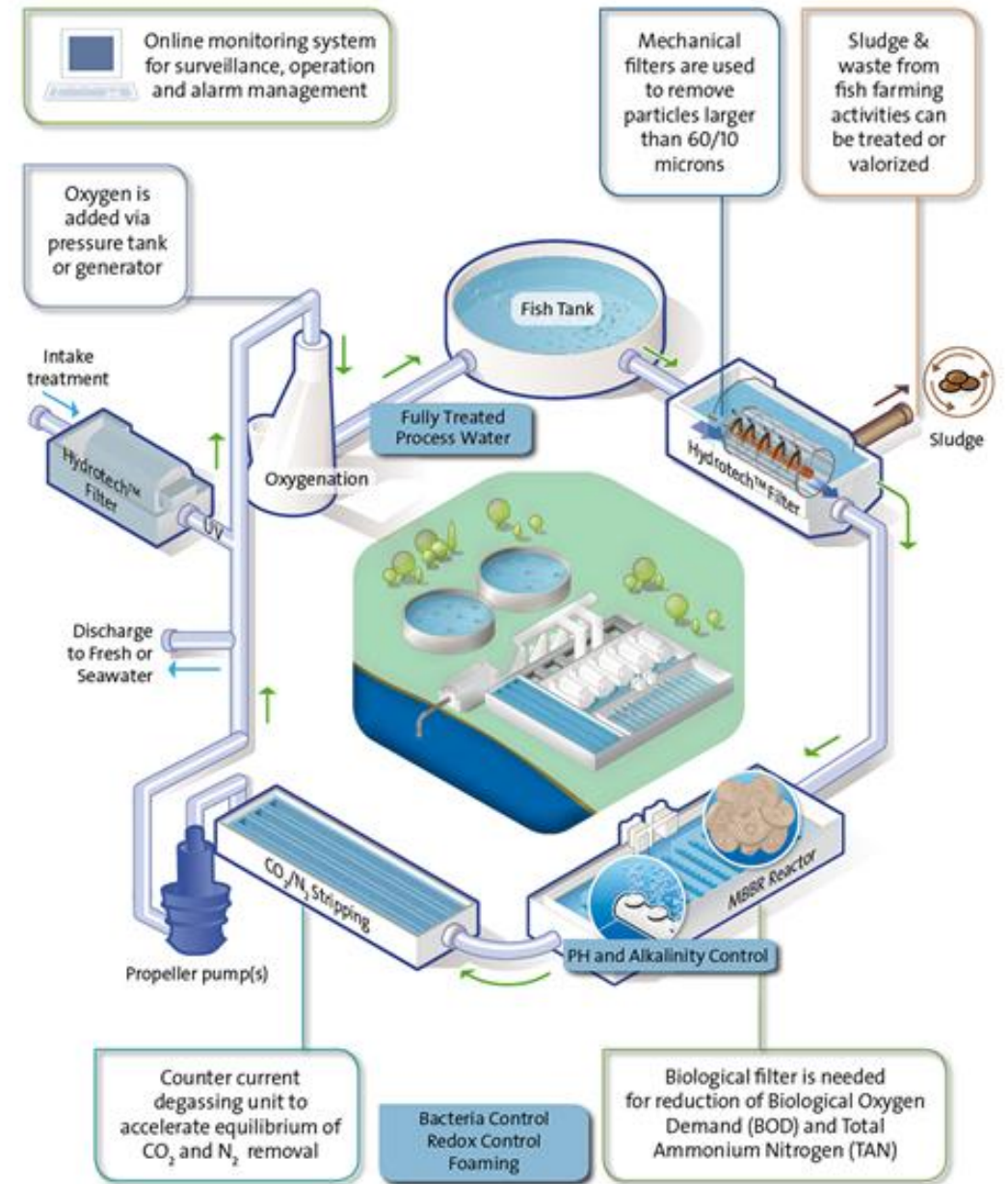
## 生物絮團

- ➡ 導入優質菌群
- ➡ 加強供氧
- ➡ 調整C:N比





# 循環水養殖系統中的陸 基水產養殖





# 養殖與太陽能組合

室內養殖型



立柱式



水面型



跨越式



# 農業綠能推動情形

- 已公告漁電共生面積20,982公頃，已掌握案場(含申設中)約1,920公頃，約占9%。
- 公告不利農業經營區面積2,162公頃，已掌握案場(含申設中)約694公頃，約占32%。

項目		類型	面積(公頃)		
			已掌握案場 (含已併網、施工及申請中)	已公告 區位範圍	尚可使用 區位範圍
容許使用	屋頂	畜禽舍	1,860	-	-
		農糧製儲銷等設施	540	-	-
		漁業相關設施	區內	20,982	19,062
			區外		
			小計		
	地面	漁電共生	區內		
			區外		
			小計		
		埤塘、圳路及水庫	336	-	-
		不利農業經營地區	694	2,162	1,468
農地變更	地面	本部列管農地變更專案	212	-	-
		經濟部(含台糖列管及未達2公頃案件等) 及財政部列管農地變更專案	1,498	-	-
		總計	7,637	23,144	20,530



## 漁電共生(1/3)

### 室內水產養殖設施

延伸光電畜禽舍成功經驗，推動室內循環水養殖設施屋頂結合光電，並導入智慧化養殖模組，引導產業升級。

### 地面型漁電共生

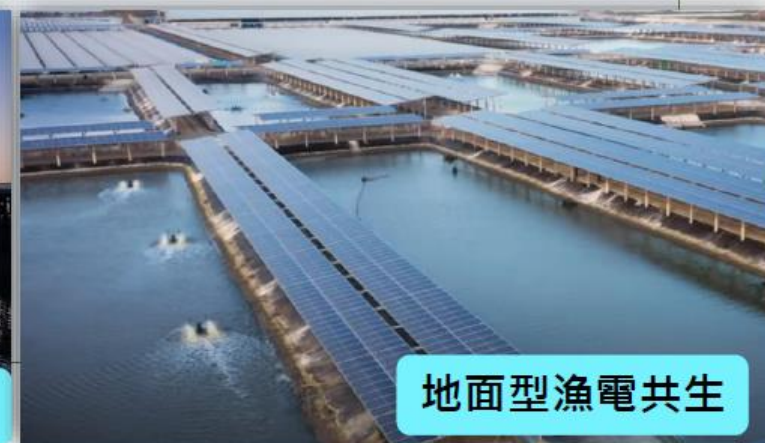
依據「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」第29條，申請專案計畫或劃設可優先推動之區位範圍，擁有「夏季遮烈日，冬季擋寒流」之優勢。



室內型漁電共生



地面型漁電共生



地面型漁電共生

## 漁電共生(2/3)

- ▼ 公告漁電共生區位範圍由中央及地方整合及民眾溝通，整體考量生態、社會、經濟等因素並篩選，**地面型漁電共生限公告範圍內推動**。





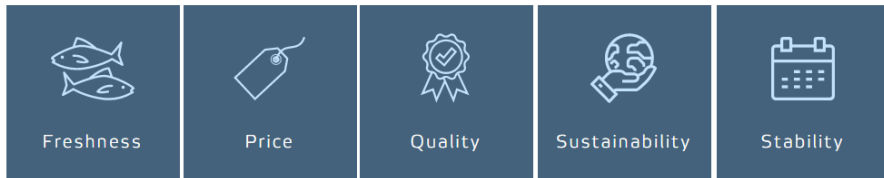
# 漁電共生策略

總共分為兩個部份

- 一. 養殖場太陽能光電系統之建構。
- 二. 養殖場太陽能光電系統養殖環境分析及以漁電優化養殖之技術建構。

# 國外室內養殖附屬綠能

## Aquatech Fisheries



建立並經營著以色列最大且唯一成功的大型工業內陸漁業，在以色列各地養殖和銷售尖吻鱸 *Lates calcarifer*。



使用 RAS 技術啟動和建立養魚場的知識和經驗的公司之一。Aquatech 的養魚場允許在遠離主要水源的地區以低成本開發健康的魚類。



<https://www.aquatech-fisheries.com/>

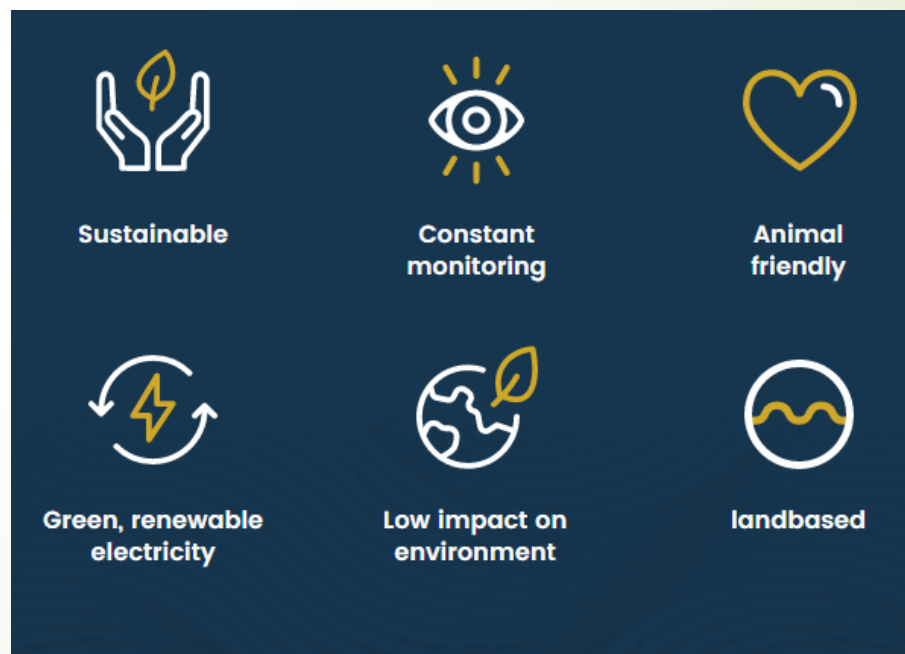


# 國外室內養殖附屬綠能

Kingfish Zeeland



黃尾鰺（學名：*Seriola lalandi*）





# 國外室內養殖附屬綠能

## Kingfish Zeeland

室內循環水產養殖

➤ 100% 使用再生能源



<https://www.kingfish-zeeland.com/innovation>



國內

## 漁電共生模式

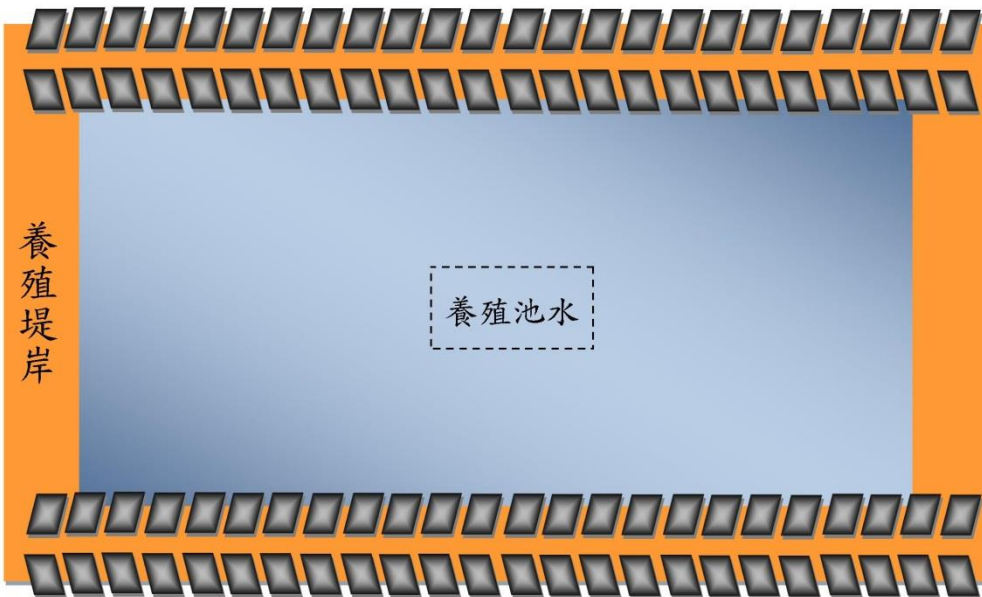
- 室內型
  - 循環水養殖模式
  - 生物絮團養殖模式
- 式外型
  - 地面型
  - 浮筏式



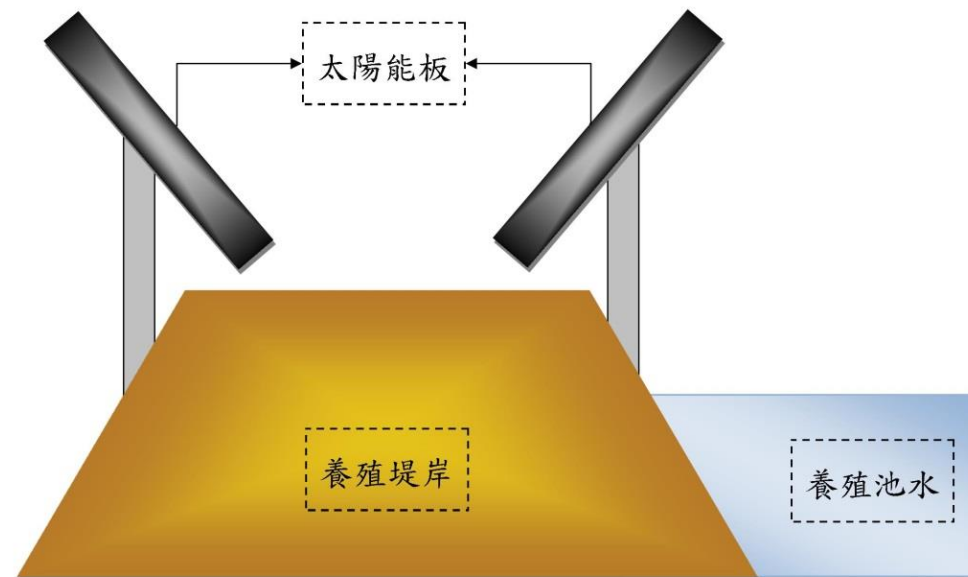


## 堤岸式示意圖

堤岸式太陽能板架構 俯視圖



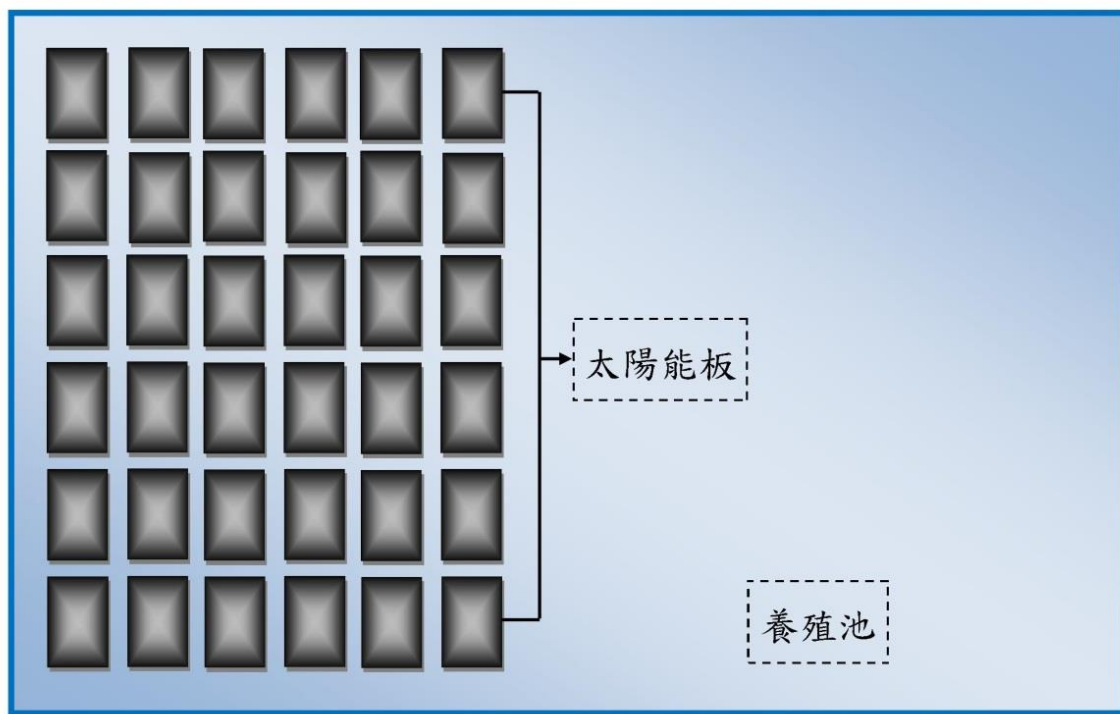
堤岸式太陽能板架構側視圖



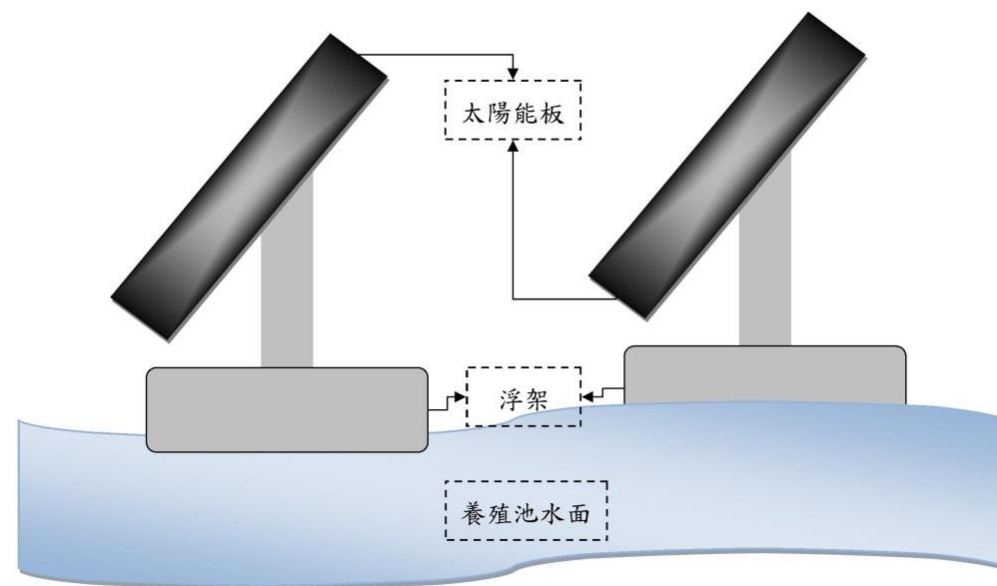
■ 註；以柱體為基礎，  
設計簡易溫棚。

# 浮筏式示意圖

浮板式太陽能板架構 俯視圖

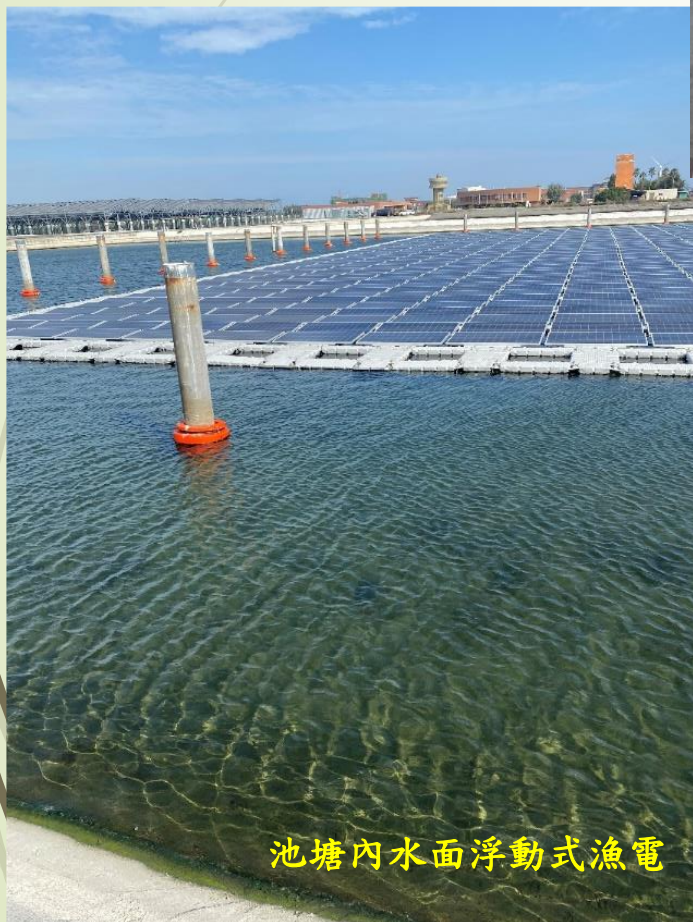


浮板式太陽能板架構 側視圖



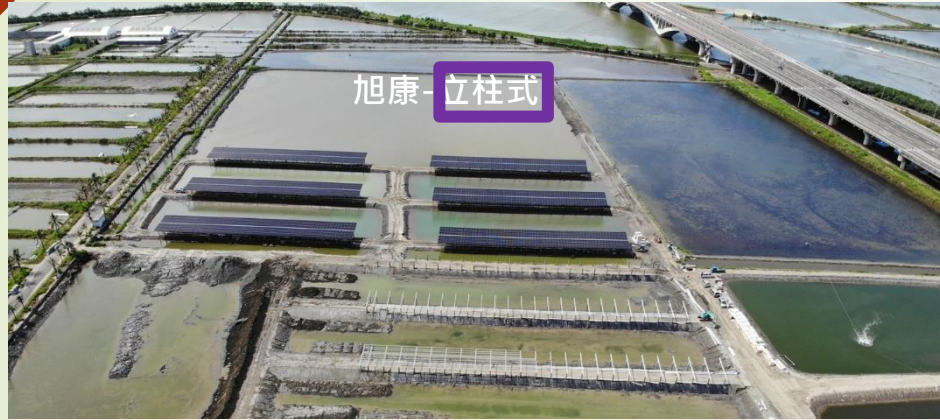


# 水試所 育成基地





# 七股育成基地 光電設施興建狀況



元-浮動式漁電

堤岸立柱型漁電



## 江蘇寶應發展養魚、太陽能發電



2020 年 11 月 5 日拍攝的航拍照片顯示了中國東部江蘇省寶應縣射陽湖鄉的光伏太陽能電池板。寶應縣大力發展生態農業，將養魚與太陽能發電相結合，助力鄉村振興。該縣現在擁有超過 60,000 畝（4,000 公頃）的光伏太陽能電池板。（新華社/李波）



# 業者案例

## 室內漁電養殖場(I)

- 鋼骨解構
- 水泥養殖池
- 太陽能板作為屋頂
- 烤漆鋼板作為隔熱材料

- 循環水養殖系統
- 建構成本較高



屋頂型 PV



室內水泥漁電



# 優勢

## ➤ 夏季

- 隔熱效益高、水溫穩定
- 水氣降低養殖場域溫度
- 養殖魚成長較快

## ➤ 冬季

- 減少熱量損失
- 電源轉換器熱量提高場域水溫

## ➤ Derived benefits

- 減輕氣候波動的影響
- 實現SPF養殖系統
- 增加養殖密度縮短養殖時間
- 部會發收冬天停止生長裝況
- 生產季節可調

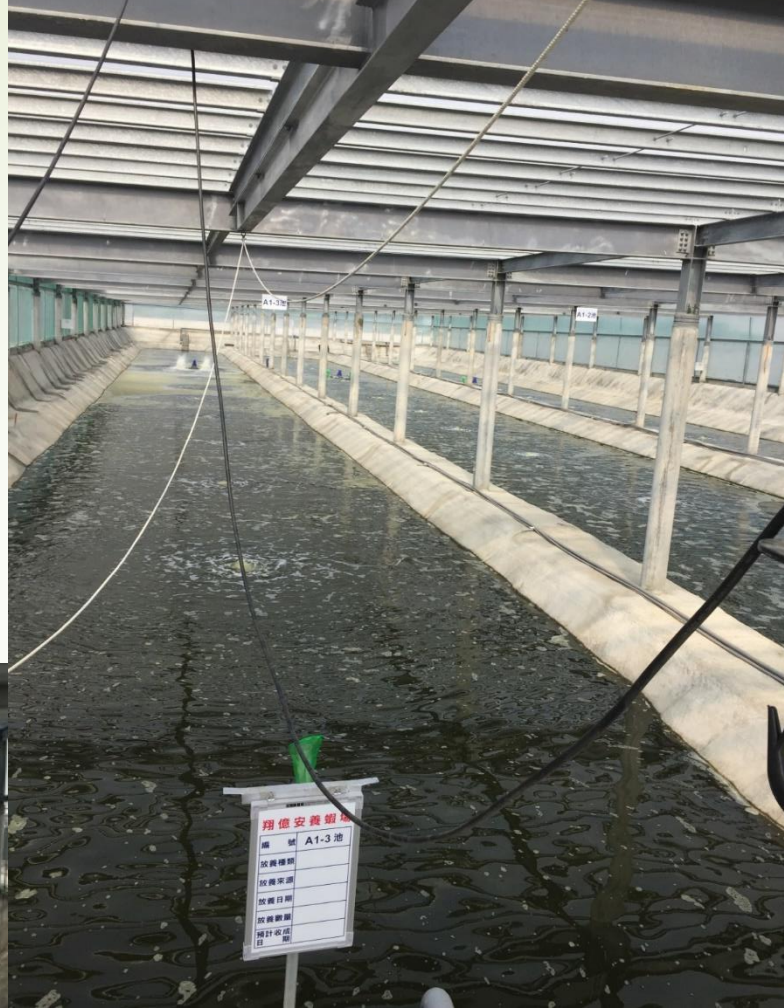


筍殼魚Marble goby  
*Oxyeleotris marmorata*

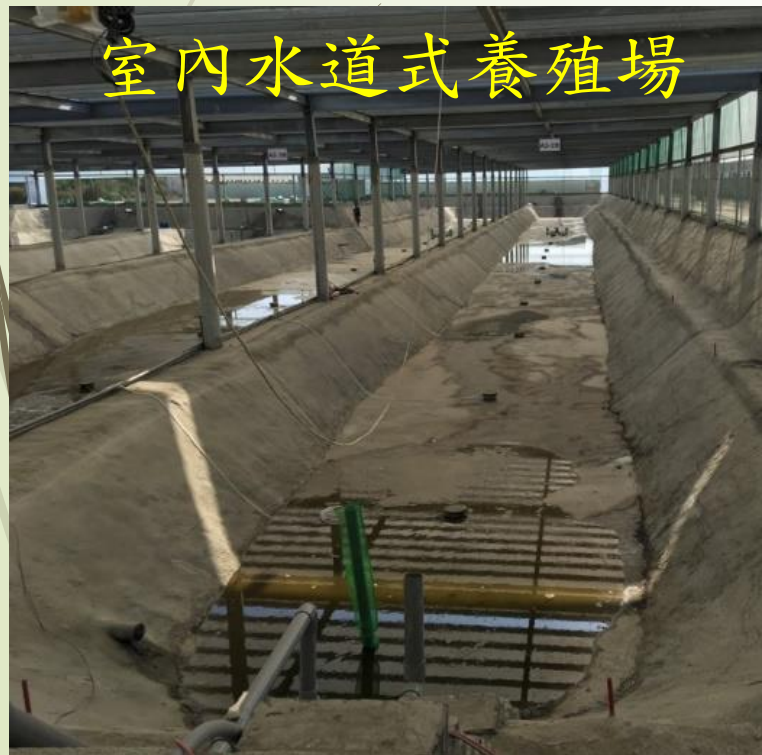




# 翔XX養殖場



翔信安養殖場  
場址 A1-3池  
池長(公尺)  
池寬(公尺)  
池深(公尺)  
池底面積(平方公尺)  
預計產量(公斤/日)



室內水道式養殖場





# 旭X水產



## 室內水泥圓形養殖場



相片取自林嫩鳳臉書

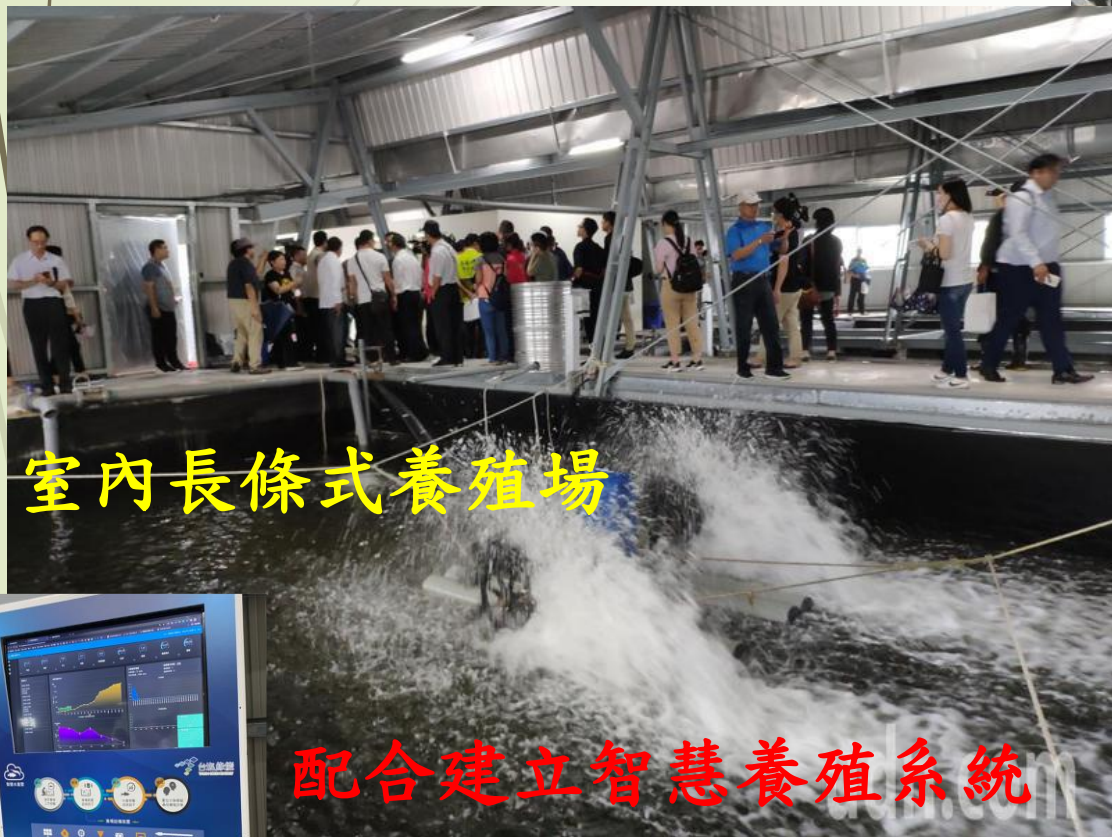


# 案例

室內型漁電(III、VI)

台南 三寮灣

嘉義 義竹



室內長條式養殖場

配合建立智慧養殖系統



HDPE 生物絮團養殖 智慧系統  
室內筒槽式養殖場

屋頂型 PV





## 案例

# 室內型土池



台南 篤加



屋頂型 PV 土池 虱目魚 養殖

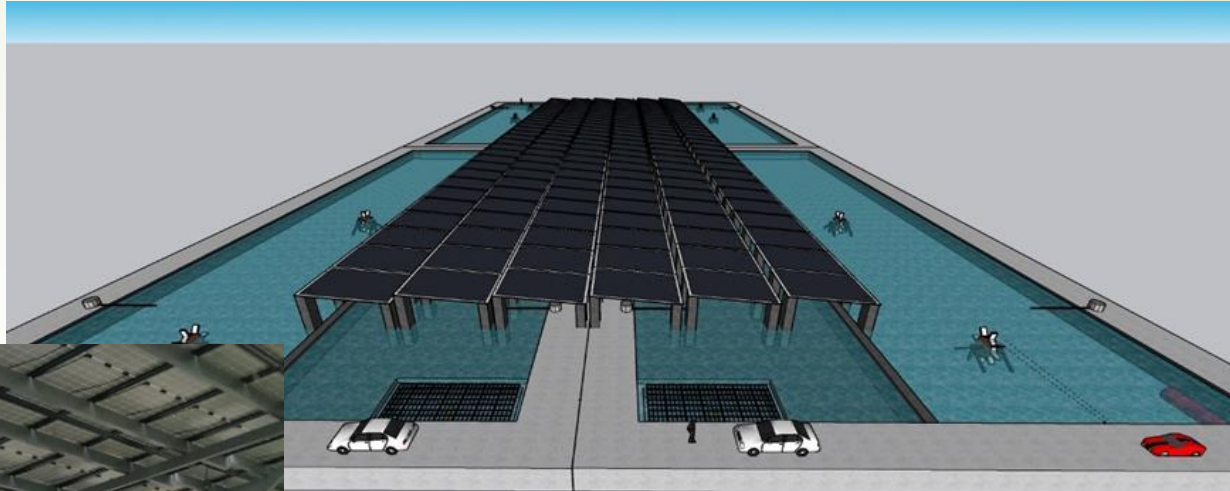


## 地面型漁電場(III)

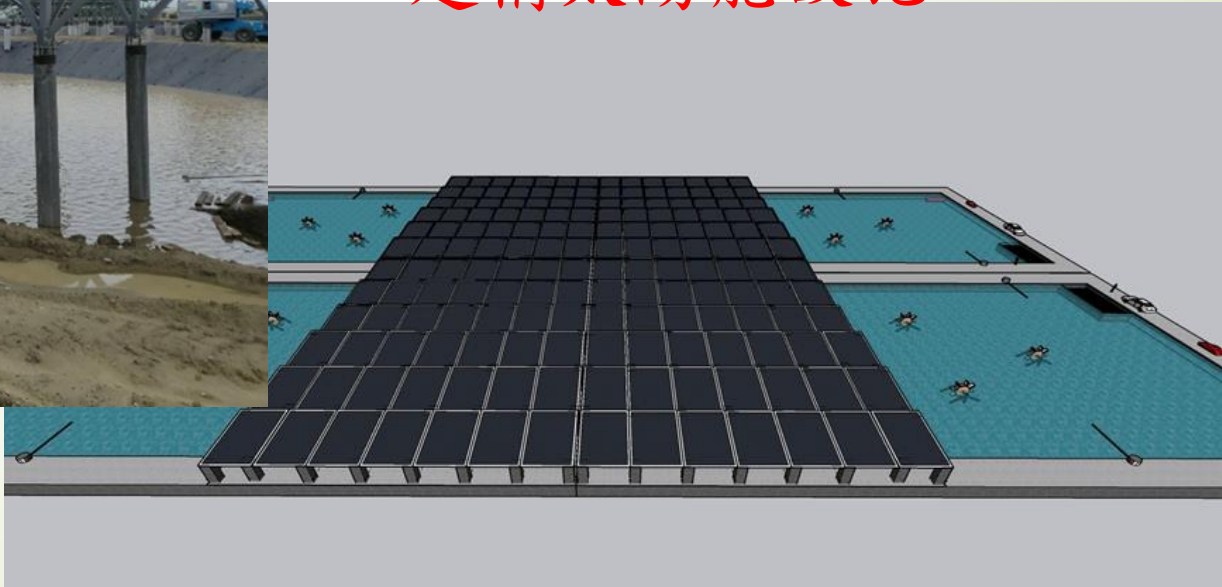
40% 遮蔽率  
範圍建構太陽能設施



地面型PV



土地40% 分離式  
建構太陽能設施





# 三股漁電場



集魚槽



走道建設



# 池內立柱漁電 養殖場



資料來源 [TEIA網頁](#)

台泥解釋，立柱型的漁電共生是蓄水池而非養殖池。孫文臨攝



## 過往不佳設計



# 養殖條件設置合適

## 水源

### ■ 供應

- 水源足(淡水or海水)
- 水質良好(可淨化作業)
- 鹽度(與農耕明顯差異)
- 無汙染風險
  - 工商、農業、生活

## 土地

### ■ 地點

- 地勢(不易淹水)(工程改善)
- 排水(排水系統卷全)
- 交通(大型貨車可通)(工程改善)

## 環境

### ■ 周圍

- 水源交互汙染(養殖場間汙水)
- 排水汙染
- 病源傳播(養殖場間傳染)
- 廢棄物、空氣汙染(工業汙染)

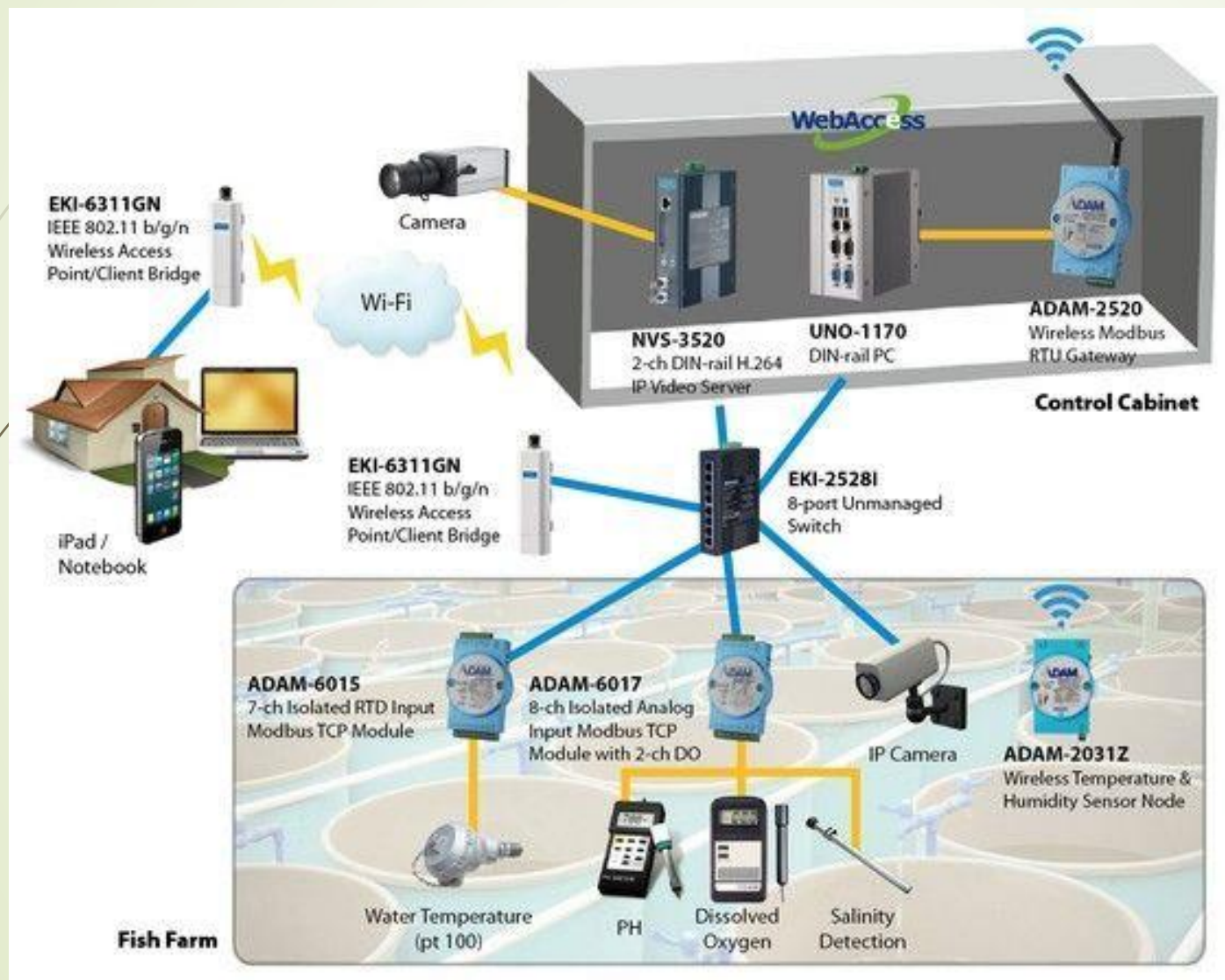




# 如何應用智慧監測於養殖設施



# 智慧 4.0 VS 養殖



# 智慧水產養殖科技

- 1. 監測技術和數據收集：**包括感測器、監測設備和無人機等，用於收集養殖環境中的數據，如水質、溫度、氧氣含量等。這些數據可用於監測和評估魚類的生長狀態、環境條件以及潛在的健康風險。
- 2. 機械化和遠端操作：**包括自動餵養系統、水質控制系統和智能控制系統等，用於自動化養殖操作，提高生產效率和節省人力成本。同時，遠端監控和操作系統也使養殖業者能夠遠端監控和管理養殖場，提供即時的監測和控制。
- 3. 數據分析和預測模型：**利用大數據分析和機器學習演算法來處理養殖場收集到的數據，並產成具價值的洞察和預測。這些模型可用於優化餵養策略、預測魚類生長和疾病風險等，從而提高養殖效率和經濟效益。(?)
- 4. 健康管理和疾病預防：**包括疾病監測系統、疫苗和生物安全措施等，用於監測魚類的健康狀態、預防疾病爆發和減少疫情風險，有助於提前檢測和處理潛在的健康問題，減少損失並提高養殖場的生產穩定性。(?)



# 水產養殖 & 人工智慧

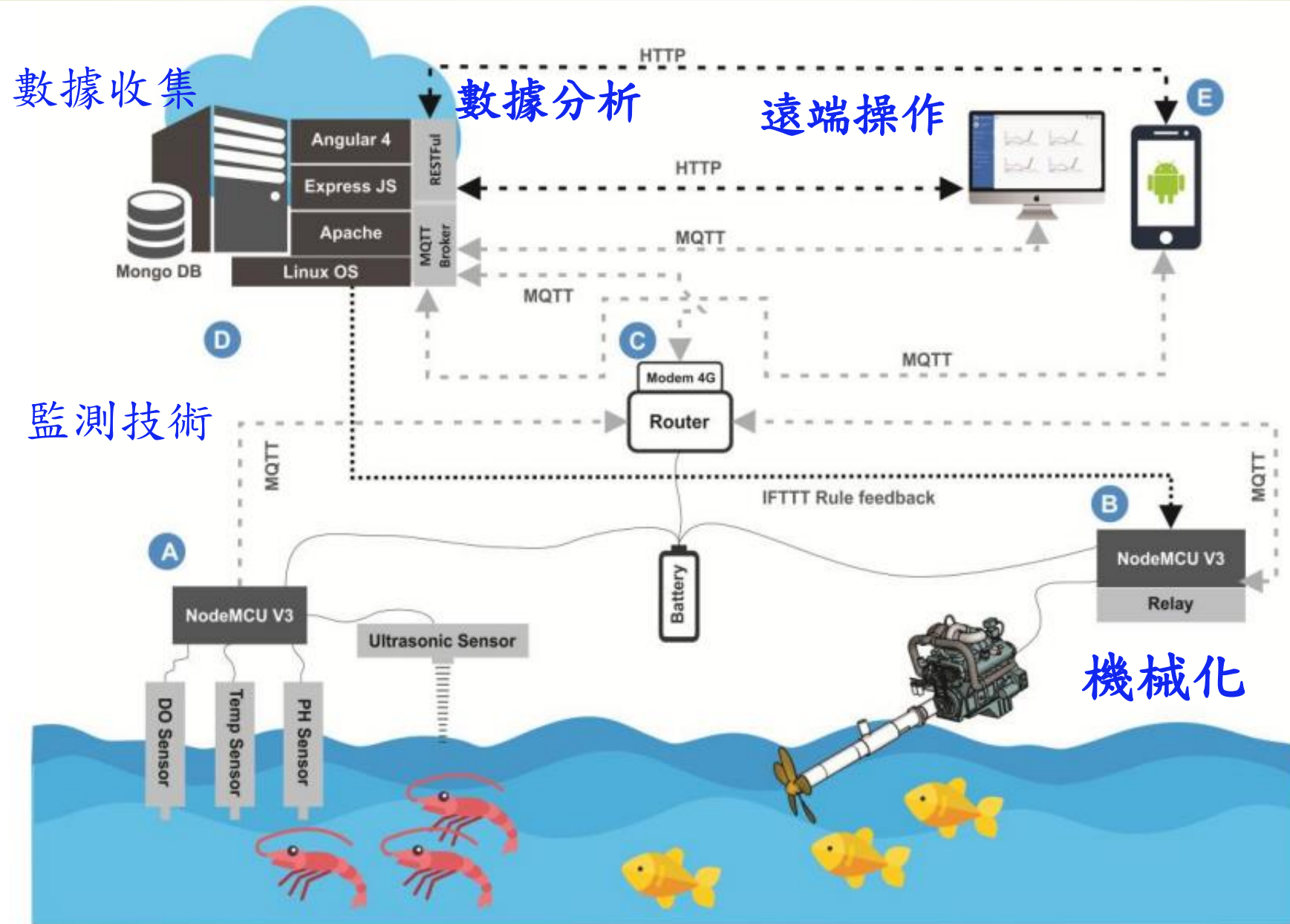
- 水產產業可以透過人工智慧系統和相關器材與設備結合，
  - 可自動化控制實現水質監控、增氧、投餌等養殖監控與作業。
  - 機械及電力系統遠端行動裝置監測及即時措施自動啟動
  - 即時的動物健康、餵飼狀況、環境衛生、定位追蹤等資訊。

# 投飼機





# 智慧養殖系統



# 智慧養殖

智慧海水養殖系統主要包含水質監控系統、智慧餵食系統、生長監測系統、淨水及回收系統及綠能管理系統。其系統化設施可分為硬體系統與網路平台、軟體系統、周邊服務三大面向。

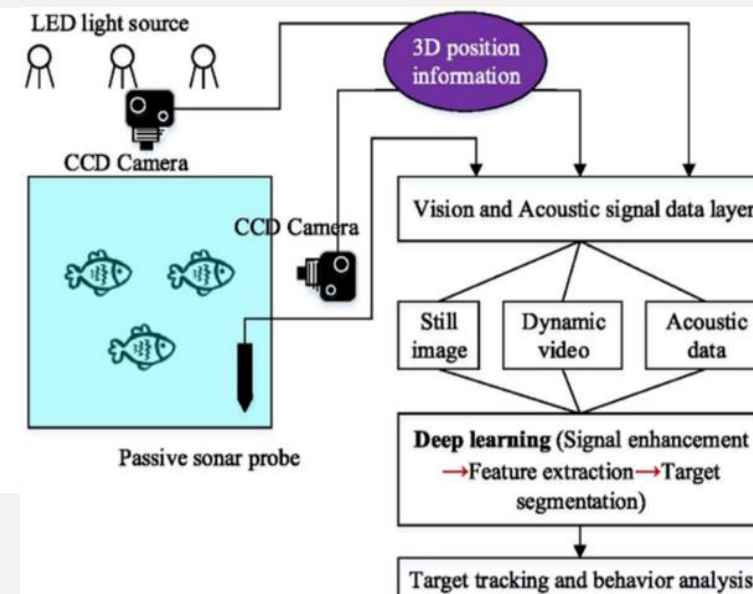
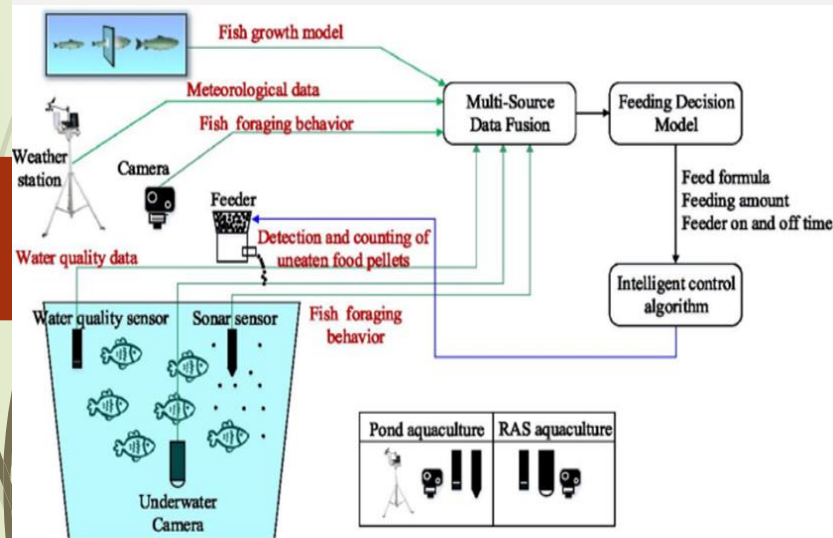
硬體與網路平台

+

IOT周邊服務

+

AI軟體系統(?)





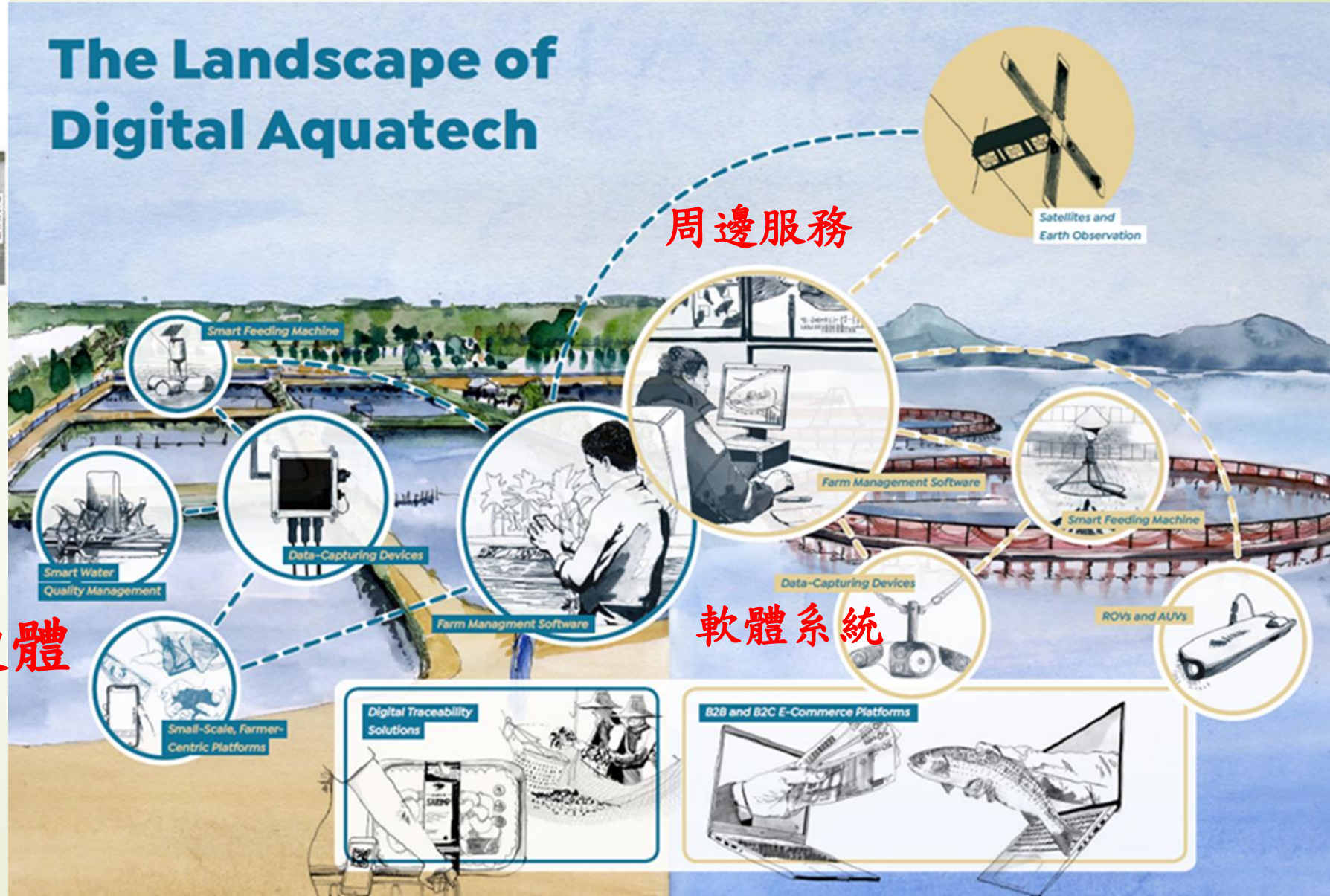
# 傳統養殖 VS 智能養殖

- 傳統養殖的做法
  - 預防風險的經驗值較難傳授
  - 處理風險的反應時間不夠
- 智能養殖整合機制產生
  - 物聯網系統各個環節技術已更成熟
  - 預警機制使處理風險時間相對充裕
  - 營運效能有效提升
  - 來自消費端的壓力

# 物聯網中水產養殖管理的應用



養殖硬體



軟體系統



# 智慧化系統 配置構成

## 1、資料採集系統：

溫度感測器、光照強度感測器、水體溶解氧、PH值、**氨氮含量**、**亞硝酸鹽含量**、水溫探頭

- 用途：用於監測水域影響魚類生長的各類信息參數，及時消除不利因數。

## 2、無線傳輸系統：

線載模式、無線網路、區域網路

- 用途：**遠程無線傳輸**數據採集

- **雲端資料庫**

# 水產養殖智能監測系統

- 採用具有自識別功能的監測感測器，
  - 對水質、水環境信息（溫度、光照、餘氯、PH值、溶解氧、濁度、鹽度、氨氮含量等）進行即時採集，
  - 及時監測養殖環境信息，（投餌、魚體狀態、數量）
  - 預警異常情況
  - 及時採取措施，  
提高養殖效益、降低損失。



# 智能化控制系統

➤ 傳統的水產養殖大量使用人工，浪費人力，增加成本。或者因為信息採集不及時和殘缺，導致能源使用的浪費。

➤ 而物聯網智能系統能更好的規避這些問題：

- 1、根據水質，自動開啟、關閉水口電磁閥進行換水；
- 2、自動檢測養殖區含氧量，無需24小時增氧，當氧量不足時，系統會自動打開增氧泵；
- 3、養殖區溫度過高時，天窗自動開啟散熱。



# 養殖硬體及鑑測設施

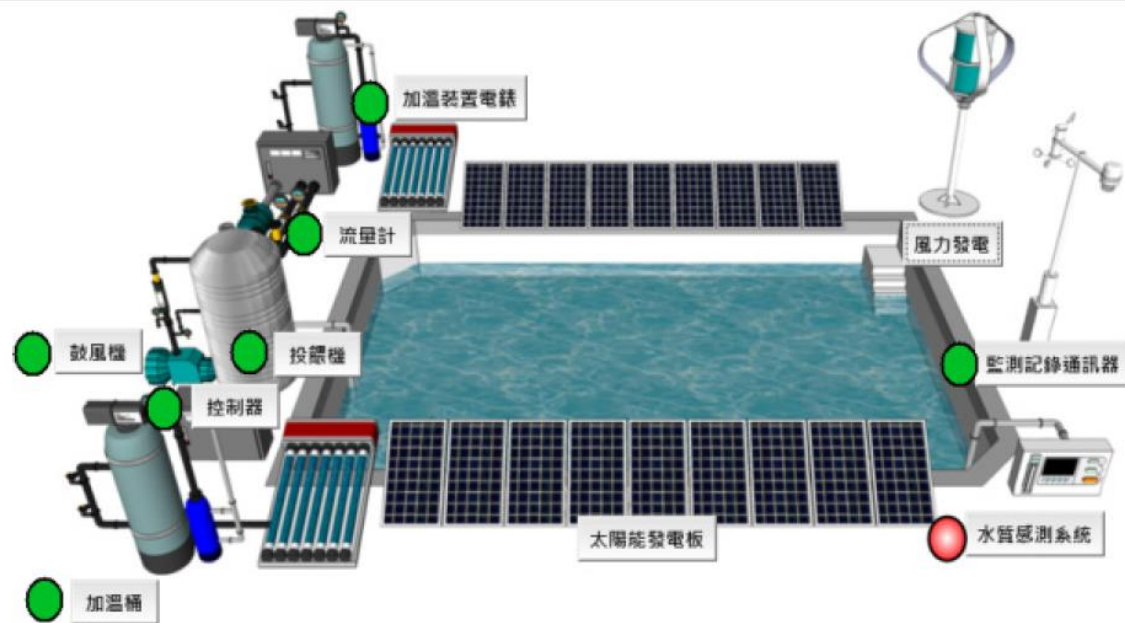
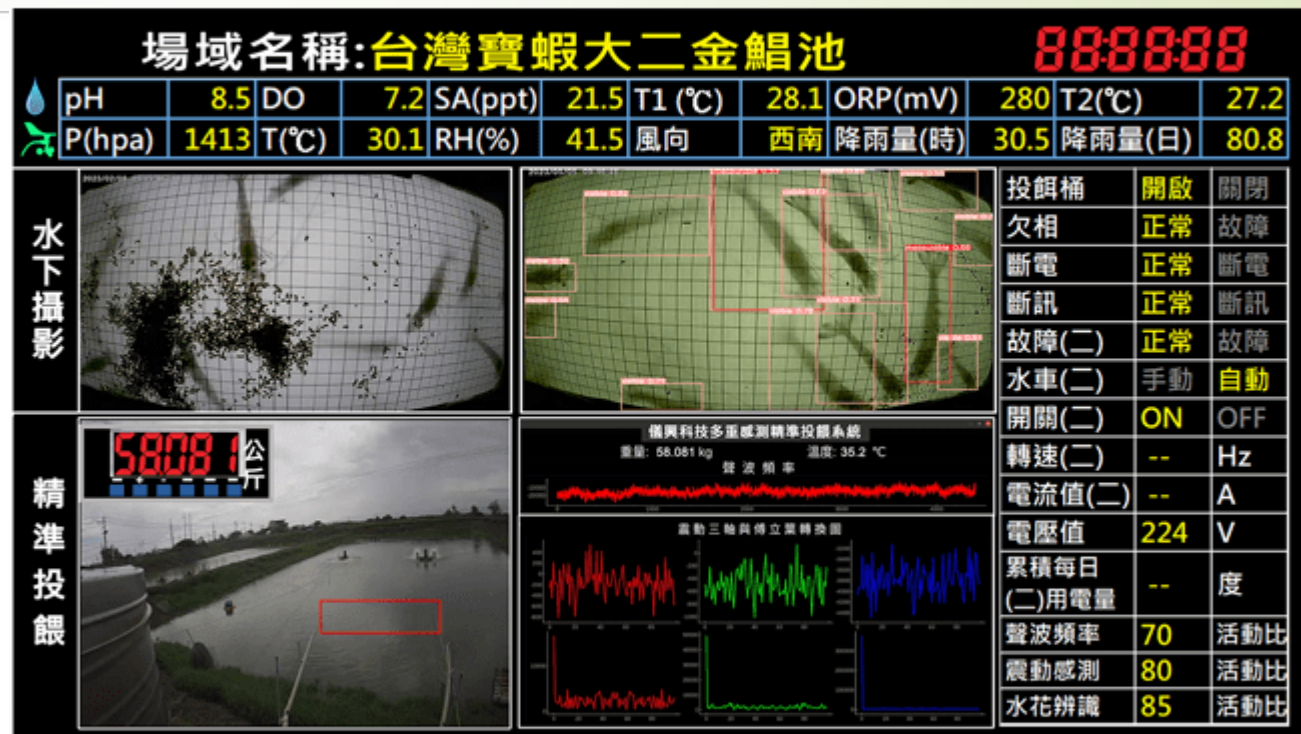


圖 4 綠能智慧節源系統示意圖





# smarTROLL RDO 掌上數據傳輸系統



## 特徵：

- 即時數據
- 自動校準功能
- 使用照片和GPS坐標進行站點標記
- 可更換電池組（iOS）或可充電電源組（Android）
- 可現場更換的傳感器蓋
- 即時數據共享
- NIST校準報告保證準確性



# 智慧化系統 配置構成

人工智慧平台：

遠程數據及時查看功能、自動化控制功能、各類預警功能

- 用途：遠端管理、專家系統、精準預測、養殖期程優化。
- 可有效降低養殖風險，實現更高的養殖效益
  - 打破過去養殖靠經驗、有經驗的農民才能養好的舊思維



# 可移動監設控備

在養殖區域內設置可移動監設控備，可實現：

- 1) 現場環境即時查看；
- 2) 遠程實時監控；
- 3) 視頻信息可回看、傳輸和存儲，
- 4) 移動式巡檢自動設施



即時發現養殖過程的問題，查找分析原因，確保安全生產。

(相關設備價格高，各單元配置一套，不經濟)

# 智能養殖系統

採用具有自動識別功能的監測感測器：

■ 對水質、水環境信息（**溫度**、**光照**、**餘氯**、**PH值**、**溶解氧**、**濁度**、**鹽度**、**氨氮含量**等）進行**即時收集**

■ **遠端**

■ 即時監測養殖**環境信息**

■ **異常警訊發布**

■ **及時措施自動啟動**，降低損失

■ **養殖水質變化預測預警系統**

■ **溶氧**、**日照**、**pH**, , , , ,

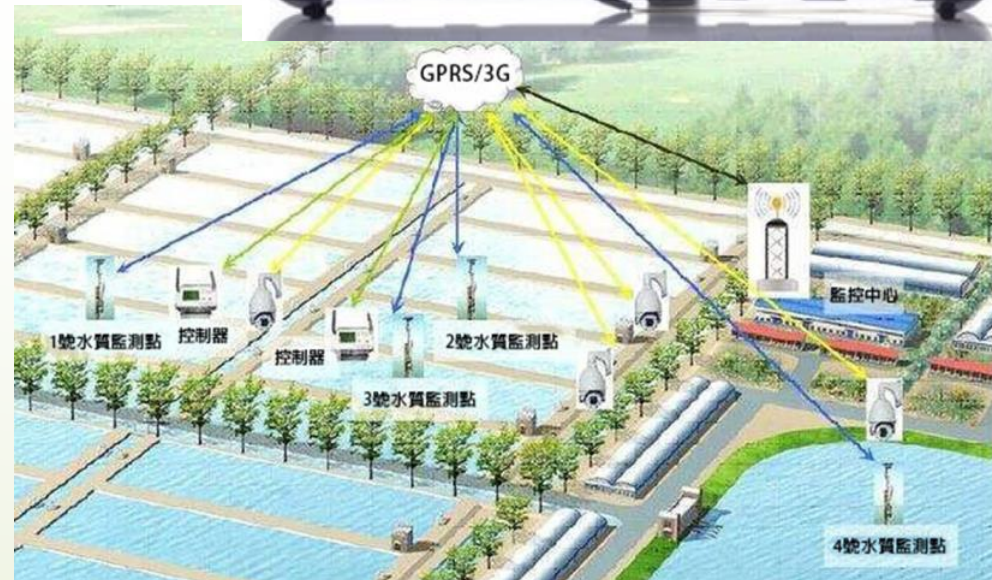


# 可移動監控設備規劃

在養殖區域內設置**固定及可移動監設控備**，可實現：

- 1) 現場環境即時查看
- 2) 遠程及時監控
- 3) 影像可瀏覽、傳輸和存儲

即時發現養殖過程的問題，  
查找分析原因，  
確保安全生產。



# 智能化控制系統 運作機制

- 自動控制可實現根據養殖預設條件：
- 換水、增氧、增溫、投料等設備的運行
- 達成優化的養殖條件要求
- 減少不必要的損失
- 可以節省用電
- 降低生產成本。



# 資料管理平台 優勢

- 相關單位通過資料管理平台：
  - 可數據化、全方位的進行人員部署
  - 分析後提供智能化管理(?)
  - 有效減輕管理人員工作量
  - 提升監管工作：
    - 及時性
    - 準確性
    - 有效性

# 智慧水產養殖 AI管理系統

■ 依據水產生物監測在：

■ 各養殖階段的長度與重量關係

■ 養殖環境因素

■ 餌料養分的吸收能力、攝取量的關係

來建立資料庫，進行分析建立人工智慧資料庫

■ 根據生長過程，分階段針對性的投放飼料

■ 實現精細化養殖管理，降低成本



# 手機(終端機)遠程管理系統(重要趨勢)

- 手機(終端機)控制是農業物聯網控制系統的
  - 一種便捷控制方式，用戶預先在智能手機上下載物聯網系統，
- 通過手機(終端機)上的客戶端，
  - 用戶可以遠程查看設施環境數據和設備運行情況，
  - 還可以分析數據，
  - 方便靈活管理。

謝謝 聆聽

國立嘉義大學

水生生物科學系

陳哲俊



## 推動設施養殖困境(過度狀態)

1. 台灣傳統養殖產業，習慣操作之單一養殖大面積池塘(3000~5000平方公尺)作業模式，若要設施化整體建構規模、成本相當龐大
2. 一般業者對於設施化中，獲利回本效益上還難以預估，因此除了少數種苗場、觀賞魚及試驗單位建構較小型養殖池運用外，鮮少有業者嘗試投入。
3. 現有大筆投資設施養殖，回本效益偏低
4. 室內養殖高經濟物種是否能獲利缺乏普遍實證

# 漁電共生 要注意哪些事

- ✧ 漁電共生整題為複合型產業，透過養殖產業讓出日照空域，建構太陽能發電機能之發揮，應是共存共榮，一地二用之良好結合。
- ✧ 同時也是國內提升能源自給、創造碳匯之重要途徑之一。
- ✧ 在開發漁電場域時必須對於兩方運作需求都要兼顧，不可只偏重考量一方之需求，而導致另一方難以正常運作。
- ✧ 因此開發設計過程中就需要考量兩造之運作需求、生產作業之合理性方案。
- ✧ 養殖技術穩定及持續性養殖人員駐點方式必須詳加規劃。



# 漁電共生 要找怎樣的團隊

- ✧ 原養殖戶（技術上可能需要磨合）
- ✧ 有部分養殖公司有規劃承攬養殖作業（一般是在規劃時就導入，實際成效還不確定，同時若排擠到原養殖戶權益，可能爭議較大，人員流動性也是危險因子。若雇用當地養殖戶，加以導入公司經營管理模式較可行。）
- ✧ 自組養殖管理團隊，（或許另外委託顧問團隊協助經營）
- ✧ 直接委外經營養殖部分，由養殖團隊自負盈虧。
- ✧ 採取與養殖作業群組共同經營，採取分紅（或支付基本工資，經營獲利採取分潤方案。）

## 漁電共生

## 地方政府該怎麼查核

- 依據經營企劃書由地方發證單位進行查核，放養量、收成量、育成率、單位產量(輔助資料放養申報、購苗紀錄、購料紀錄、販售紀錄、用電紀錄。)
- 未來要求養殖戶加入產銷履歷(相關單位可以直接利用現有系統進行資料庫查核，再作部分抽查。政府部門查核人力不足(這是必然問題))
- 加入國際相關具有追蹤追溯之管理系統，相關部門再作部分抽查。



# 漁電共生 具體實踐課題

確實兼顧農地農用原則、實質經濟效益與環境永續發展，之成效未來重點考慮

- (一) 養殖水產品生產：裝置下養殖優質水產品、增加養殖漁業經濟效益、提升衛生安全水產品供應等。
- (二) 對附近水域生態體系之社會責任：特別是對於區域內棲息野生物影響、養殖用水取水及排放管理。
- (三) 須關注太陽能裝置長期安全及效益：設施耐腐蝕、極端氣候之抗性、退場機制之SOP。
- (四) 是否可帶動附近居民產業發展：須考慮太陽能產業VS地方產業、經濟vs社會助益，並引領地方前進之效應。