



智慧箱網養殖運用技術在非洲的發展

講者: 冉繁華 特聘教授
國立台灣海洋大學水產養殖學系
fhnan@mail.ntou.edu.tw

非洲水產養殖簡介

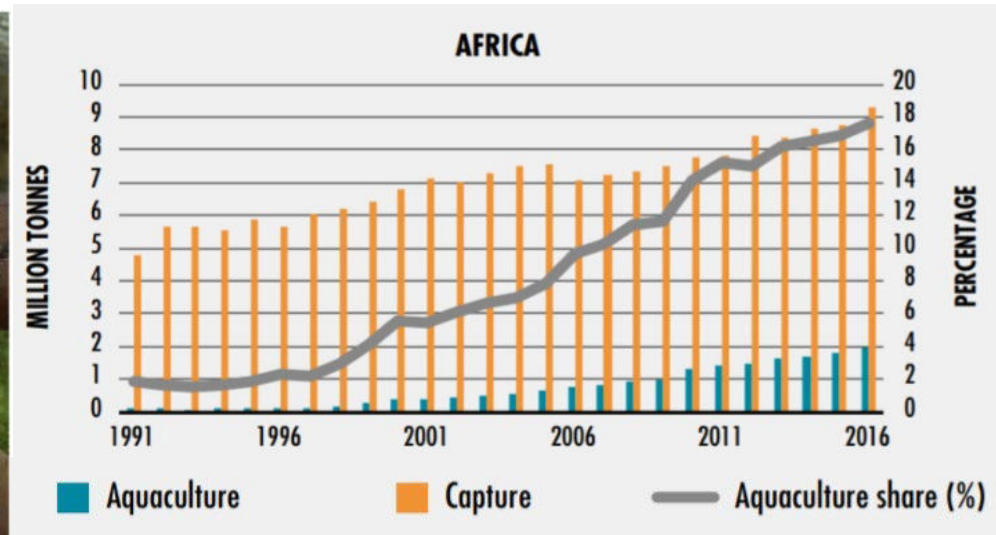
- 1995 至 2018 年非洲整體的水產養殖總產量從每年 110,200 噸增加至 2,196,000 噸，增長了 20 倍，複合年均增長率 (Compound annual growth rate, CAGR) 為 15.55%。(FAO 2016; Halwart 2020)
- 非洲主要水產養殖生產國包含埃及(尼羅河)、奈及利亞、烏干達、加納、突尼西亞、肯亞、尚比亞、馬達加斯加、馬拉威和南非。(Satia 2011; Satia 2017)
- 非洲水產養殖生產量約99%來自內陸水域，養殖物種以吳郭魚和非洲鯰魚為主，海水養殖僅佔總產量的 1%。(FAO, 2018)
- 埃及水產養殖被認為已達飽和發展，撒哈拉沙漠以南各國之內陸湖泊及河流區近年水產養殖產量有明顯增長並且仍具有相當的發展空間。(FAO, 2016)



資料來源:FAO

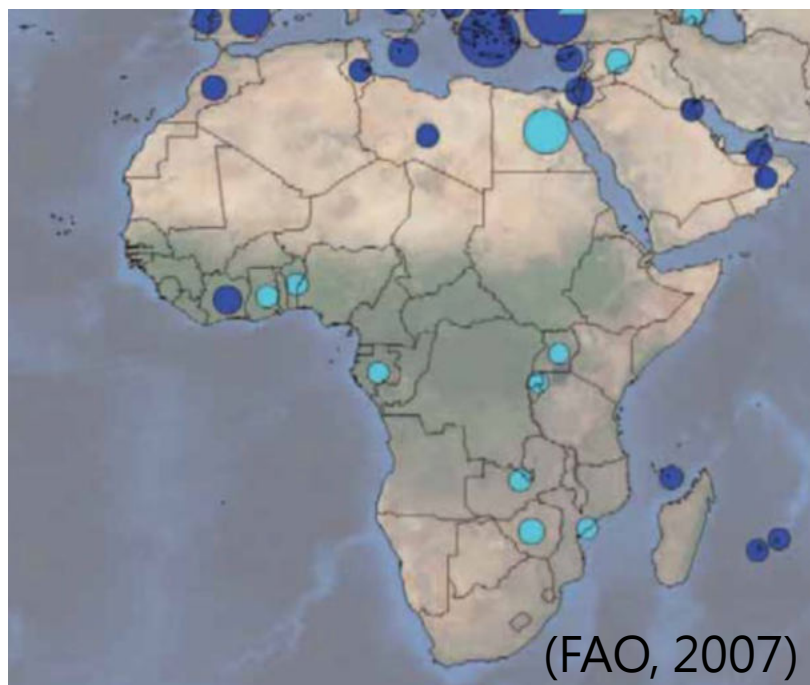


資料來源:FAO



資料來源:FAO, 2018

非洲的箱網養殖



● : 淡水箱網養殖

● : 半鹹水或海水箱網養殖

- 箱網類型: 半軟式漂浮及硬式圓形浮框式
- 箱網養殖地點: 內陸湖泊及河川為主
- 商業化養殖: 2006至2020年撒哈拉沙漠以南區域已發展出10間大型養殖公司從事規模化生產，平均每間公司每年產能可達1~1.5萬噸。(Dan Gibson 2021, undercurrentnews)
- 規模最大的公司名為FirstWave Group(荷蘭投資)，是Yalelo尚比亞和Yalelo烏干達水產公司的母公司，年產能1.5-2萬噸。

(Dan Gibson 2021, undercurrentnews)

非洲的箱網養殖

- 烏干達研究調查發現撒哈拉沙漠以南共有 18 個陸上水域有網箱養殖活動，箱網總數超過 20,000 只，分布於非洲的 8 個國家，依佔比排序分別為：加納(36.1%)、烏干達(17.9%)、肯亞(16.4%)、坦尚尼亞(13.3%)、盧安達(8%)、辛巴威(3.8%)、尚比亞(3%) 和馬拉威(1.5%)。

(Musinguzi *et al.*, 2019)

- Lake Victoria, Lake Kariba, Lake Volta及River Volta擁有非洲內陸水域82.9%的箱網設施。

(Musinguzi *et al.*, 2019)

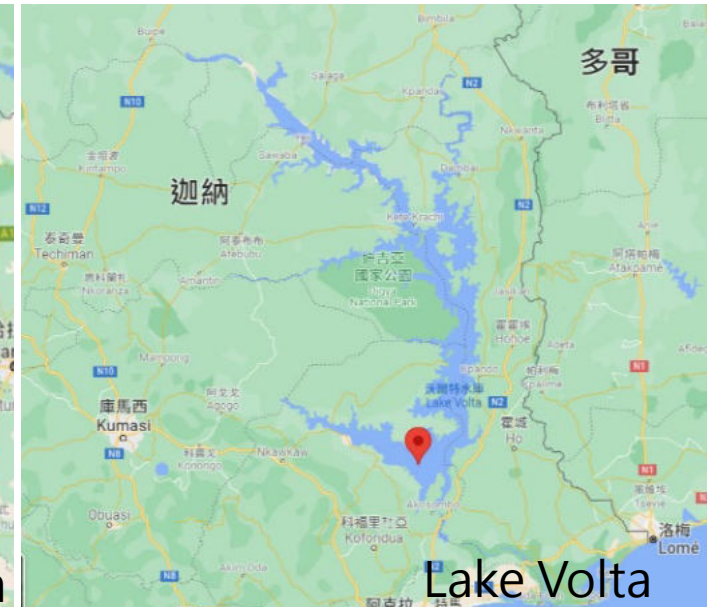
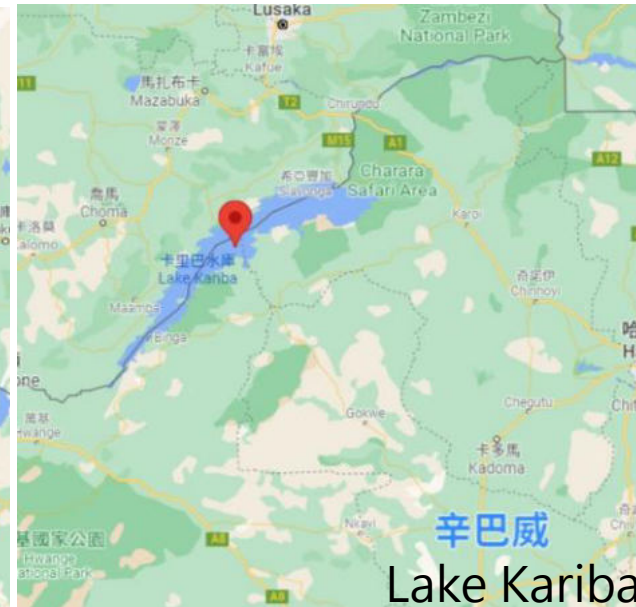
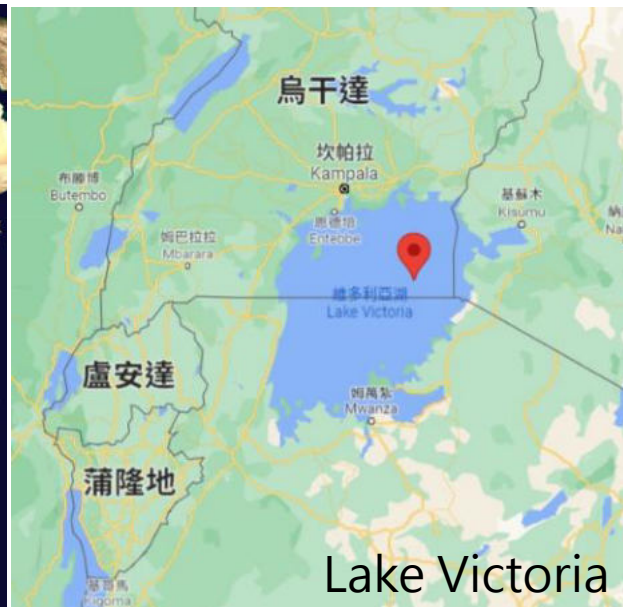


Table 1

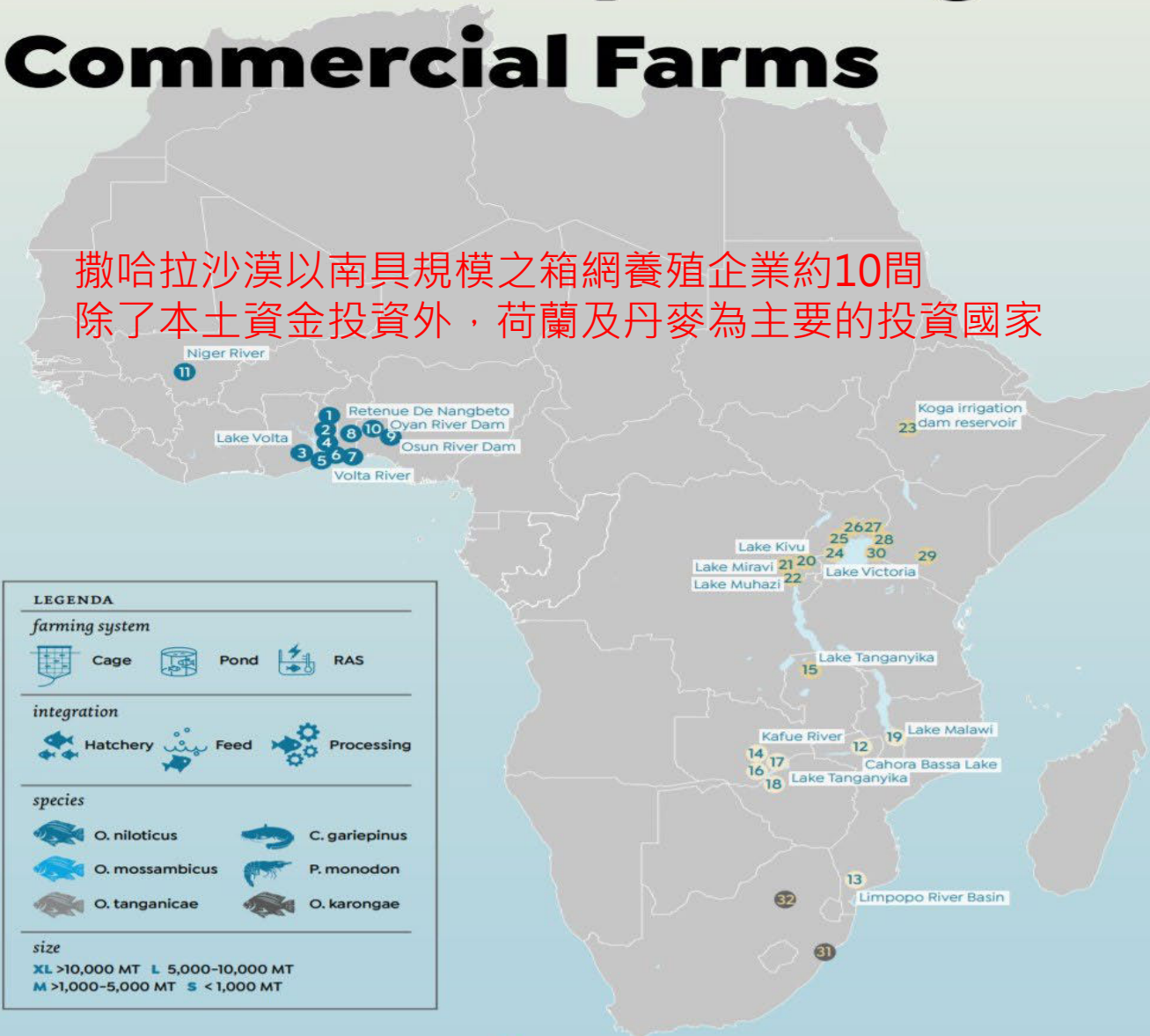
Cage aquaculture installations and estimated number of cages on African inland water bodies. The range and average (mean \pm SD) for the number of cages are provided. Number of cages are available only for water bodies that had installations confirmed within Google Earth Engine (GEE).

Water body	Number of cage aquaculture installations	Percentage of the total number of cages	Country(ies) of installations (number & percentage given for more than one country)	Estimated total number of cages	Range	Mean \pm SD
Lake Victoria	105	39.9	Kenya (43(40.95%)), Tanzania (33(31.43%)), Uganda (29 (27.62%))	12,086	1–3141	115.1 \pm 394.8
Lake Volta	55	20.9	Ghana	3817	2–700	69.4 \pm 122.8
River Volta	40	15.2	Ghana	3184	2–540	79.6 \pm 138.8
Lake Kariba	18	6.8	Zambia (8(44%)), Zimbabwe (10 (56%))	254	3–29	14.1 \pm 7.1
Lake Kivu	12	4.6	Rwanda	208	1–38	17.3 \pm 11.2
Lake Muhazi	9	3.4	Rwanda	199	4–50	22.1 \pm 13.7
River Nile	8	3.0	Uganda	135	4–60	16.9 \pm 17.8
Lake Malawi	4	1.5	Malawi	53	4–32	13.3 \pm 16.2
Lake Albert	2	0.8	Uganda			
Lake Kyoga	2	0.76	Uganda	102	39–63	51 \pm 17.0
Kazinga channel (river)	1	0.4	Uganda	10	10	10 \pm 0
Lake George	1	0.4	Uganda	10	10	10 \pm 0
Lake Kawi	1	0.4	Uganda	3	3	3 \pm 0
Lake Kumba	1	0.4	Tanzania	40	40	40 \pm 0
Lake Mugogo	1	0.4	Uganda			
Lake Pallisa	1	0.4	Uganda	4	4	4 \pm 0
Lake Tanganyika	1	0.38	Tanzania			
Reservoir	1	0.38	Uganda	10	10	10 \pm 0
Total	263	100		20,114		

(資料來源: Musinguzi *et al.*, 2019)

Overview of Well-Known and Upcoming Commercial Farms

撒哈拉沙漠以南具規模之箱網養殖企業約10間
除了本土資金投資外，荷蘭及丹麥為主要的投資國家



LEGENDA

farming system

- Cage
- Pond
- RAS

integration

- Hatchery
- Feed
- Processing

species

- O. niloticus
- O. mossambicus
- O. tanganicae
- C. gariepinus
- P. monodon
- O. karongae

size

- XL >10,000 MT
- L 5,000-10,000 MT
- M >1,000-5,000 MT
- S < 1,000 MT

	Farm Name	Part of Group	Size	Farming System	Species	Integration
1	Delta Fisheries		S			
2	Triton Ghana	加納 Triton Aquaculture Africa	M			
3	West African Fish	丹麥 Royal Danish Fish	M			
4	Tropo Farms		L			
5	Fish n Feeds Ghana	丹麥 DanMarin (Kangamut Group)	S			
6	Flozell		M			
7	Maleka Farms		S			
8	Lofty Farm		M			
9	Triton	加納 Triton Aquaculture Africa	M			
10	Premium Aquaculture	奈及利亞 Stallion	M			
11	Complex Baragnouma		M			
12	Chicoa Fish Farm		M			
13	Papa Pesca		S			
14	Kafue Fisheries		M			
15	Mpende Fisheries		S			
16	Kariba Harvest	荷蘭 Lake Harvest Group	M			
17	Yalelo Zambia	荷蘭 FirstWave Group	XL			
18	Lake Harvest Aquaculture	荷蘭 Lake Harvest Group	M			
19	Maldeco Fisheries	馬拉威 Press Corporation Limited	M			
20	Lake Kivu Tilapia		M			
21	Lakeside Fish Farm		S			
22	Frefish		S			
23	Africa Sustainable Aquaculture		S			
24	Yalelo Uganda	荷蘭 FirstWave Group	M			
25	Perch of the Nile		S			
26	IG invest		M			
27	Source of the Nile (SON)	荷蘭 Lake Harvest Group	M			
28	Victory Farms		L			
29	Kamuthanga Farm		S			
30	Dominion Farms	美國 Dominion Group	M			
31	Zini Fish Farms		S			
32	David Fyncham Aquaculture		S			

(資料來源: Dan Gibson 2021, undercurrentnews)

2012 2009 2007 1997 2014 2013 2009 2010 2016 2016 2014 2015 2013 1981 2012 2012 2011 1997 2004 2015 2010 2016 2015 2015 2015 2012 1990 2014

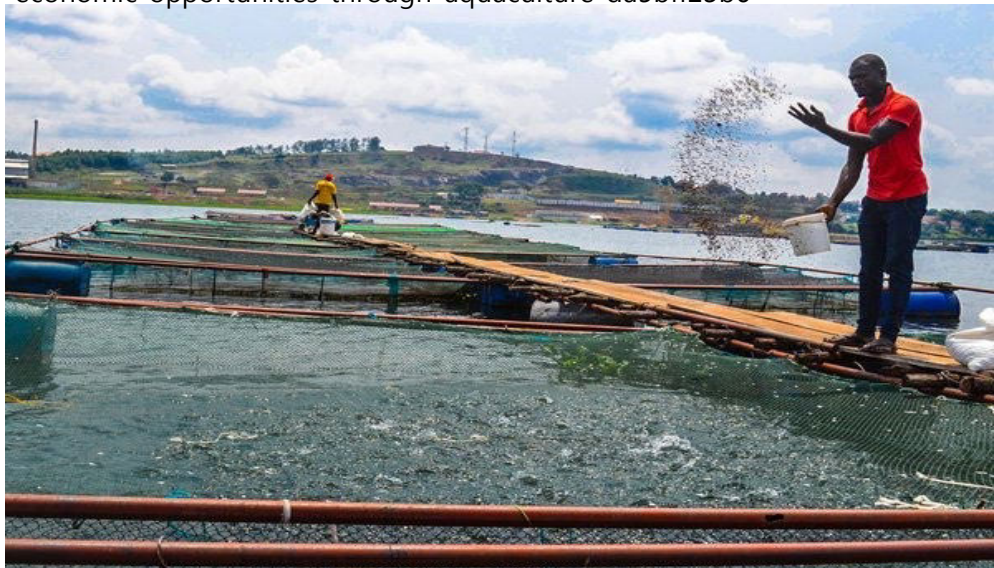
箱網養殖- Lake Victoria



資料來源: <https://medium.com/@groundbreakers/rio-fish-creating-economic-opportunities-through-aquaculture-da5bff23b6>



Photo by LAVICORD Project/Maseno University.



圖片來源: <https://africasustainabilitymatters.com/fish-farmers-accused-of-polluting-l-victoria/>



圖片來源: <https://www.standardmedia.co.ke/>

箱網養殖- Lake Kariba



圖片來源: <https://yalelo.com/>



圖片來源: <https://www.fao.org/fishery/photolibary/photo/detail/en/c/267218/>



圖片來源: <https://aquadocs.org/handle/1834/36615>



圖片來源: <https://yalelo.com/>

箱網養殖-Lake Volta



資料來源: <https://thefishsite.com/articles/fears-over-lake-volta-tilapia-mortalities>



資料來源: <https://www.fishconsult.org>



資料來源: <https://www.fishconsult.org>



資料來源: <https://www.fishconsult.org>

箱網養殖-River Volta



資料來源: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cage-fish-farming-in-the-Volta-lake-and-the-lower-%3A-Asmah-Karikari/4cbc1766847b478c40bd6dc594a33b05c1e82c03>



資料來源: <https://www.flyingfourchette.com/2013/12/17/wli-waterfalls/>

箱網養殖: River Nile尼羅河水域

埃及



資料來源: <https://fishconsult.org/?p=3049>

埃及



資料來源: <https://www.feednavigator.com/Article/2021/12/20/Egypt-sees-investment-expansion-in-aqua-feed-production>

非洲箱網養殖現有之自動化或智能運用

- 肯亞箱網利用IoT技術，監控及回報湖區水溫變化，根據水溫溫差風險調整飼料投餵策略，避免水溫波動及不當投餵進一步造成疾病產生損失。(Brandon Moss, 2019 agrifocusafrica)
- 埃及部分箱網配置自動投耳機。

肯亞



資料來源: <https://agrifocusafrica.com/2019/09/23/using-internet-technology-to-improve-cage-fish-farming/>

埃及



資料來源: <https://fishconsult.org/?p=3049>

非洲箱網養殖自動化與智能化之挑戰

- 農漁村電力供應問題

具商業規模之企業紛紛投資自建太陽能發電系統，有了電力才能進一步進行現場監控同時維持及燈、冰箱等電器正常運轉。

- 農漁村4G基礎建設涵蓋率低，不利智能化應用發展。

- 人工便宜，促進就業，自動化需求尚不明顯

AfDB「非洲經濟展望」(African Economic Outlook 2020)報告預估，非洲大陸約1/3人口(約4億2,500萬人)生活在貧窮線下(日均收入<1.9美元)。

- 極端氣候挑戰，部分內陸湖水位下降，影響養殖活動。

- 箱網保全問題(偷竊問題)。



陸上水產養殖自動化與智能化科技

- 固定式水質檢測設備及連網監控平台
- 節能與自動化增氧系統(水車or鼓風機)
- 自動化排換水系統
- 自動投餌設備
- 水下影像監控系統
- 手持式水質檢測與連網監控平台
- 養殖環境監測與智能生產決策系統



海上箱網養殖自動化與智能化科技

- 水質感測監控與預警系統
- 水下聲納及立體影像魚隻分析技術
- 智能投餌管理系統
- 智能水下洗網機與掃描監控系統
- 智能吸魚分魚機
- VR介面之智能養殖雲端系統

應用技術



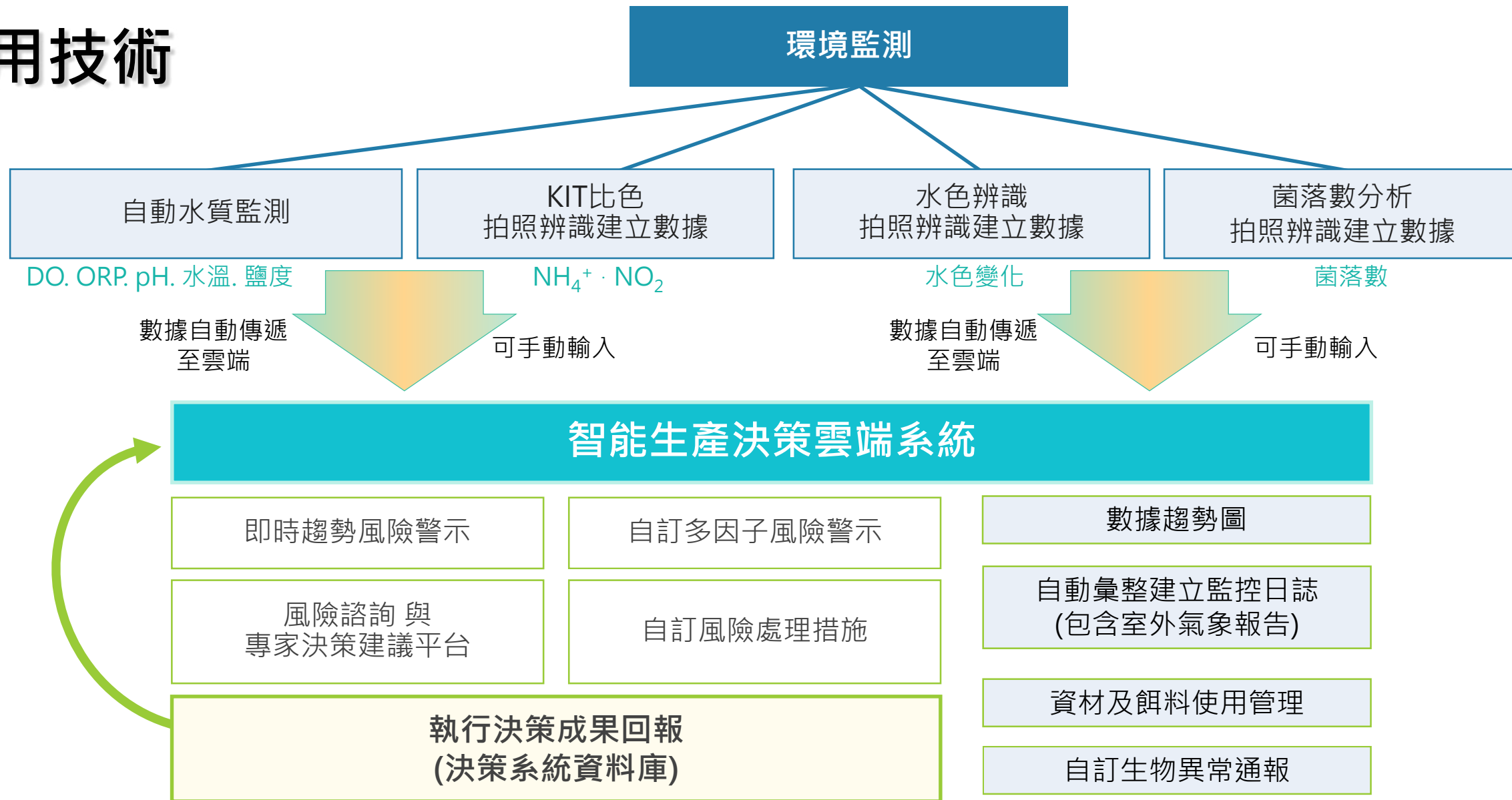
軟體

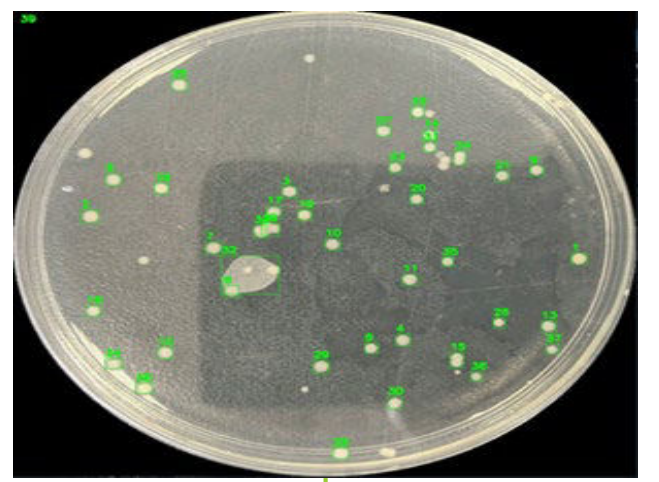
- 雲端資料庫，異地查詢即時數據、歷史資料
- 支援APP與網頁操作介面，顯示即時數據與控制現場設備
- 網頁版智能生產專家決策系統線上諮詢
- AI水色、菌落、水質影像辨識技術

監控設備

- 無線聯網型固定式與手持式水質監測設備
- 無線聯網型繼電器
- 固定式模組化設計，系統可依預算與需求彈性組合
- 支援pH、ORP、鹽度、水溫、溶氧量測

應用技術





管理資訊可上傳產銷履歷資訊系統



投餵紀錄
環境改良劑紀錄
成長紀錄
收成紀錄

風險警示通報
異常問題諮詢
取得決策建議
實施成效回報



← 場務管理

← 通報異常

← 風險決策建議

← 異常矯正追蹤

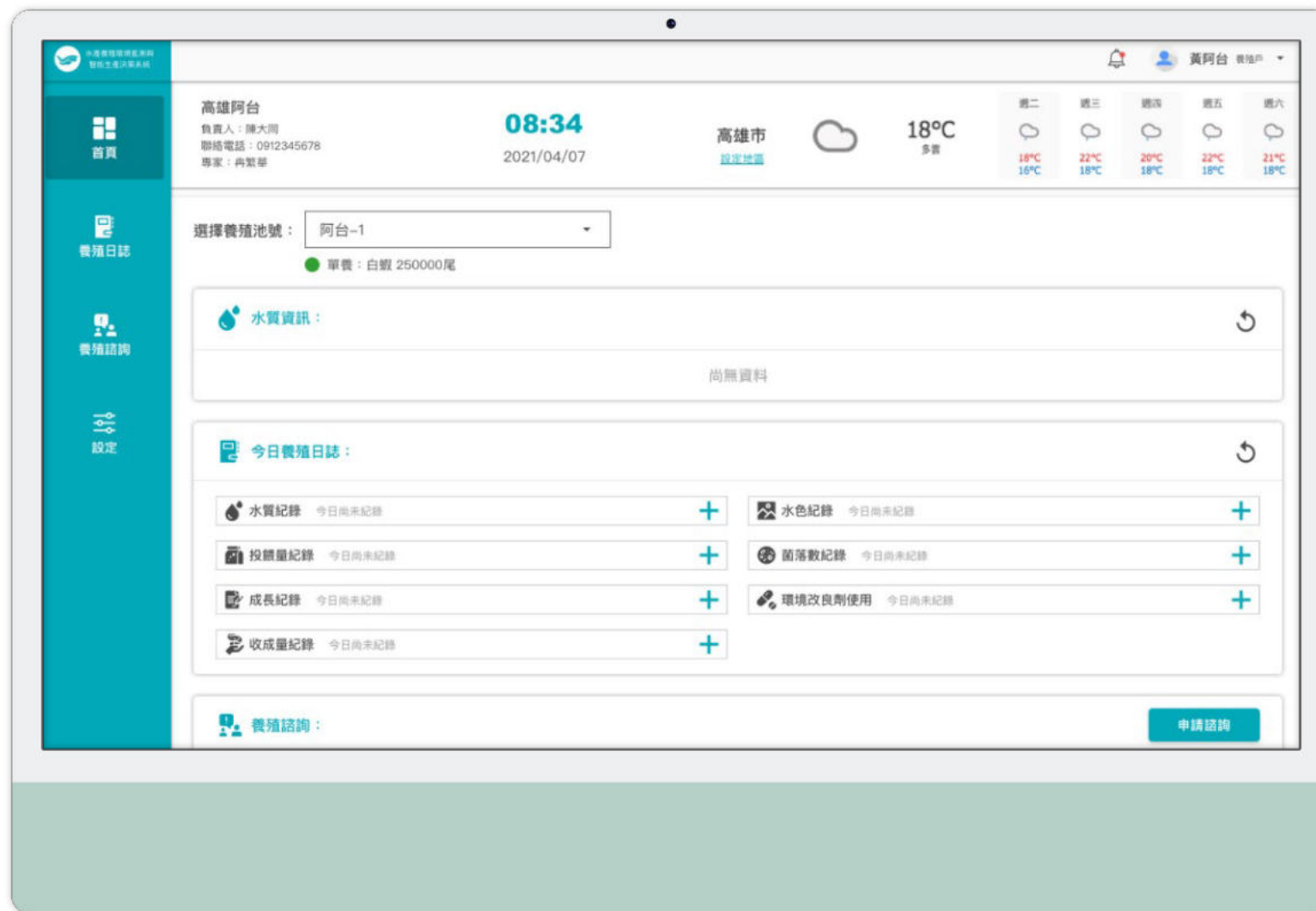
← 事件結案歸檔



運用科學與智能加速建立與累積養殖風險應對經驗

決策系統

養殖戶



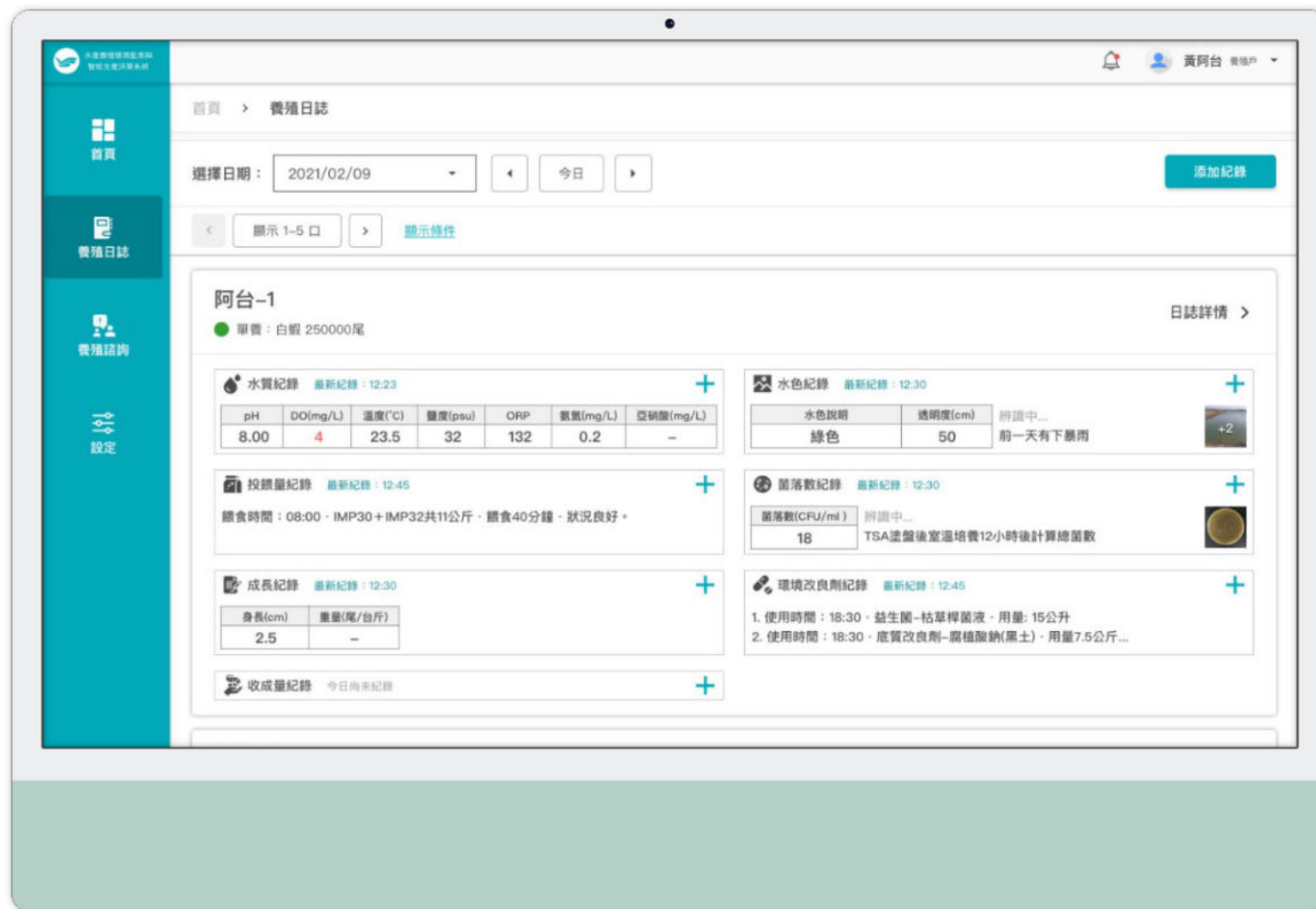
- 養殖場資訊(包含室外氣象預報)
- 養殖池號與放養資訊

- 最新水質資訊
- 今日養殖日誌
 - ◆ 水質紀錄
 - ◆ 水色紀錄
 - ◆ 菌落數
 - ◆ 投餵紀錄
 - ◆ 環境改良劑使用紀錄
 - ◆ 成長及收成紀錄

- 養殖諮詢

決策系統

養殖戶



- 選擇顯示日誌日期
- 養殖池號與放養資訊
- 最近一筆養殖日誌
 - ◆ 水質紀錄
 - ◆ 水色紀錄
 - ◆ 菌落數
 - ◆ 投餵紀錄
 - ◆ 環境改良劑使用紀錄
 - ◆ 成長及收成紀錄

決策系統

養殖戶

異常症狀搜尋：

診斷數	事件內容	養殖池號	事件狀態	更新時間	重要程度
1	白蝦養殖池放養前池裡長滿像絲藻的大型藻類，請問有處理方法嗎？ 事件編號12 <input type="button" value="絲藻"/>	阿台-003	未處理	今日 23:34	★
1	25萬尾蝦苗，放養第40天，覺得蝦子長的慢好像不快，請問要如何才能判斷蝦食是否足夠，... 事件編號10 <input type="button" value="成長"/> <input type="button" value="蝦食"/>	阿台-1	未處理	2021/04/03 16:30	★★★★
2	觀察到白蝦吃料時間變久比平常多半小時，池中可以發現不少白色糞便跟平常顏色不一樣，可... 事件編號09 <input type="button" value="蝦食"/> <input type="button" value="白便"/> <input type="button" value="疾病"/>	阿台-2	結案	2021/04/01 21:07	★★★★★
1	放養第50天，下午水質檢測發現pH 8.55 及溶氧10 mg/L 有警示，其餘水質參數正常，蝦子活... 事件編號08 <input type="button" value="水質"/> <input type="button" value="pH"/> <input type="button" value="水色"/>	阿台-2	處理中	2021/03/28 17:55	★★★★
1	放養第73天，水質檢測發現氨氮1ppm而亞硝酸達到0.5ppm，該如何降低？ 事件編號06 <input type="button" value="水質"/> <input type="button" value="氨氮"/> <input type="button" value="亞硝酸"/>	阿台-1	複診	2021/03/21 23:30	★★★★
2	水質都還在正常範圍，但水色由青綠色轉墨綠色是否有異常？該如何處理？ 事件編號05 <input type="button" value="水色"/> <input type="button" value="藻相"/>	阿台-2	結案	2021/03/11 08:12	★★

- 諮詢事件處理進度
- 異常症狀關鍵字搜尋
- 異常諮詢事件列表
 - ◆ 養殖池號
 - ◆ 事件內容
 - ◆ 事件狀態
 - ◆ 更新時間
 - ◆ 重要程度
 - ◆ 診斷數

決策系統

養殖戶

- 養殖池號與放養資訊
- 異常事件問題
- 日誌日期選擇
- 事件診斷及回報
醫病式互動視窗



轉為文件下載

結案後
可將諮詢事件存入電腦
經驗建立與傳承資訊化

決策系統

專家

- 系統通報異常養殖池口數
- 諮詢事件處理進度
- 異常症狀關鍵字搜尋
- 異常諮詢事件列表
 - ◆ 養殖場名、池號
 - ◆ 事件內容
 - ◆ 事件狀態
 - ◆ 更新時間
 - ◆ 重要程度
 - ◆ 診斷數

決策系統

專家



- 轄內養殖場一覽

- ◆ 池號名稱
- ◆ 池域現況
- ◆ 池域資訊

- 依地區篩選轄內養殖場

決策系統

專家

水產動物學研究所
智慧水產資訊系統

首頁 > 養殖場管理 > 養殖池詳情

宜蘭東區白蝦實驗大場區...
負責人：陳大同
聯絡電話：+886 911123123
專家：冉繁華

19:34
2021/02/09

TAIPEI CITY
設定地區

18°C
多雲

週二 18°C
週三 22°C
週四 20°C
週五 22°C
週六 21°C

選擇日期： 2021/02/09 今日

紀錄類型	日誌內容							建立時間
水質	pH	DO(mg/L)	溫度(°C)	鹽度(psu)	ORP	氨氮(mg/L)	亞硝酸(mg/L)	23:30
	8.00	-	21.3	-	132	-	-	
備註：水車打上來呈現淺綠色。 GPS：24°26'22.9"N 121°48'09.1"E 2021/01/03 18:20								
水色	水色說明	水色透明度(cm)	湖藍色。 備註：放苗前7天，進水20公分左右，光合細菌加入紅糖（2公斤/畝）加入適量的池塘水，一起浸泡2~3小時，全池均勻潑灑，泡塘2~3天。					22:45
	土色	20						
餵食	餵食時間：20:00，X牌+Y牌，1.4kg，餵食時間10分鐘，狀況差；剩餘0.1公斤。 備註：攝食意願及食量都會逐漸下降。							21:00
菌落數	數量10CFU							17:23
成長	5.5公分，40尾/台斤 外型飽滿，頭胸節處緊密不脫落。							14:06

版本：1.1.1

- 轄內養殖場資訊
(包含室外氣象預報)
- 養殖池號與放養資訊
- 選擇日誌日期
- 日誌顯示
 - ◆ 水質紀錄
 - ◆ 水色紀錄
 - ◆ 菌落數
 - ◆ 投餵紀錄
 - ◆ 環境改良劑使用紀錄
 - ◆ 成長及收成紀錄

決策系統

專家

首頁 > 事件編號31

阿台-003
● 做水

結束 諮詢建立時間：2021/04/07 23:34

白蝦養殖池放養前池裡長滿像絲藻的大型藻類，請問有處理方法嗎？

日誌 提供事件當天前後兩天資訊

2020/04/05 2020/04/06 事件當日 2020/04/08 2020/04/09

診斷及回報 (4) 轉為文件下載

結束

2021/04/09 21:08 冉繁華 結束

★★★★

開始注水後，水放至腳30公分左右可使用發酵豆粉或發酵豆粕液體產品提供天然氮源營造水色，水色建立後再開始注水至1米左右，期間每週使用發酵豆粉產品穩定水色，至透明度約40cm

複診

黃阿台 申請複診 回報 2 次 2021/04/09 11:17

已放乾池水且使用農具完全移除絲藻並曬乾池子撒石灰，將重新安排做水。

- 養殖場及養殖池號
放養資訊
- 諮詢議題
- 選擇日誌日期
- 事件診斷及回報
醫病式互動視窗



轉為文件下載

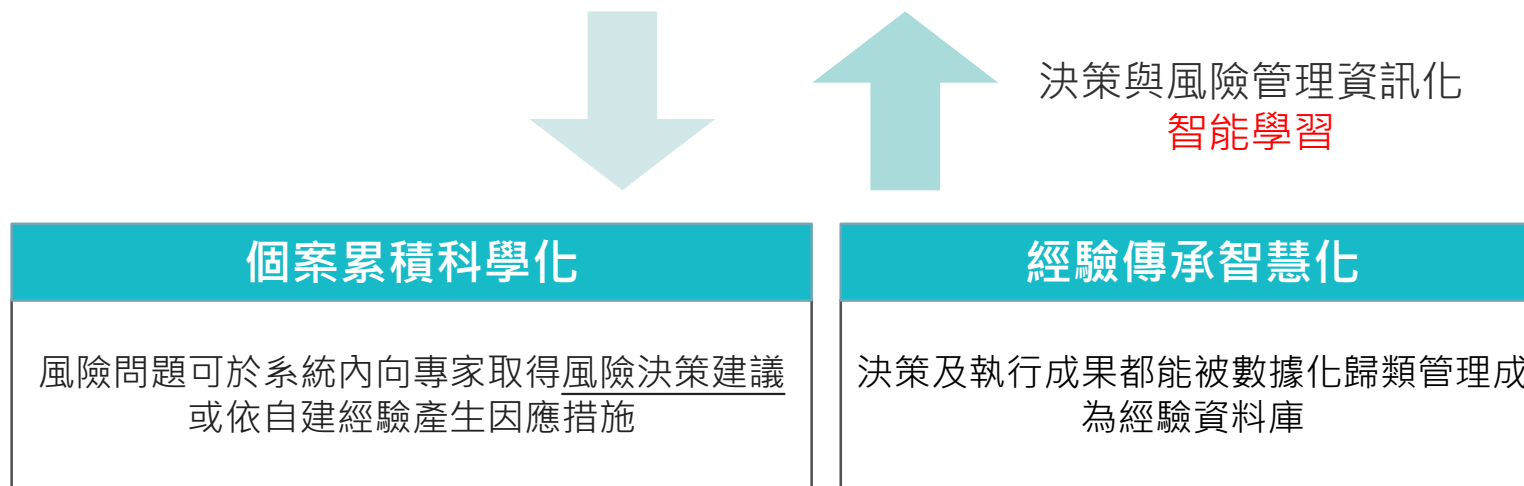
結案後
可將諮詢事件存入電腦
經驗建立與傳承資訊化

決策系統

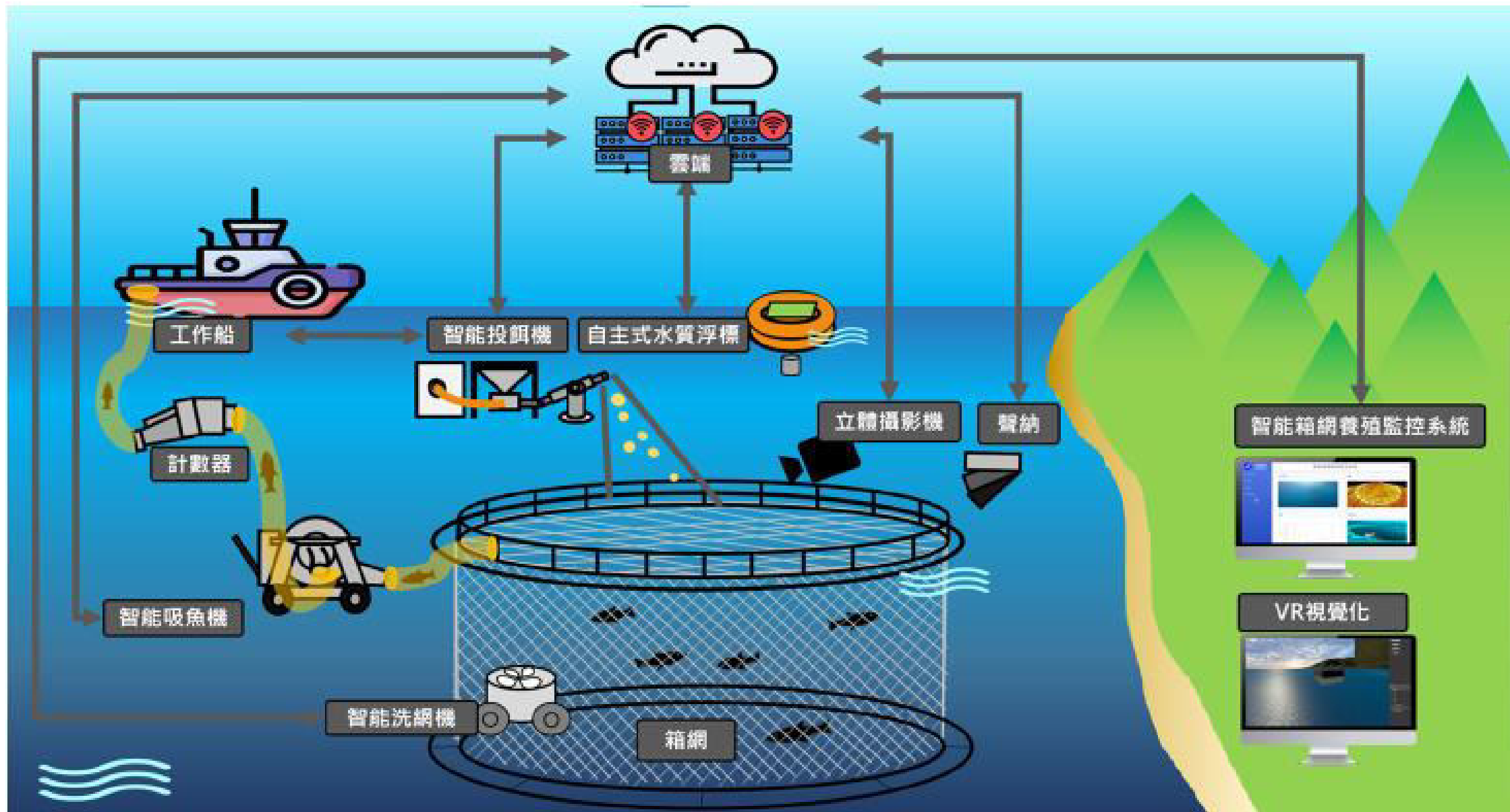
建立養殖決策管理數位分身



環境監測與智能生產決策系統



智能箱網養殖平台



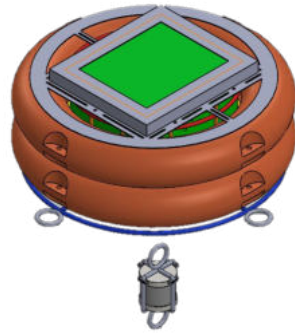
水質感測監控與預警系統



自主式安全監控

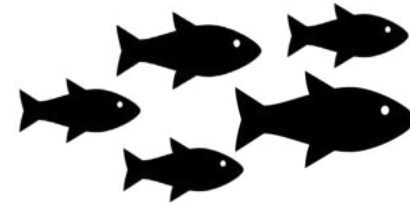


自主式水質浮標系統



- (1) 水質大數據分析
- (2) 水質變化預警

聲納與影像辨識技術
魚隻行為分析

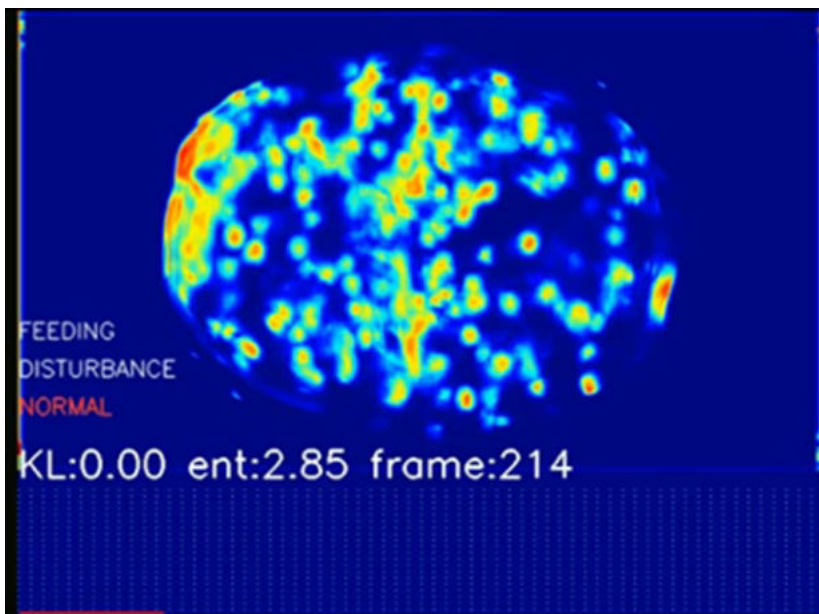


水質變化追蹤模型

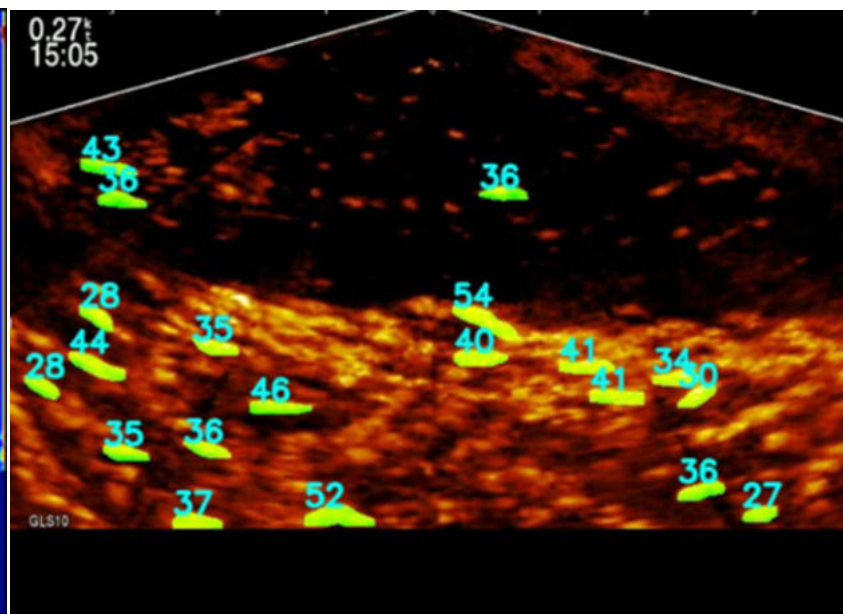


水下聲納及立體影像魚隻分析技術

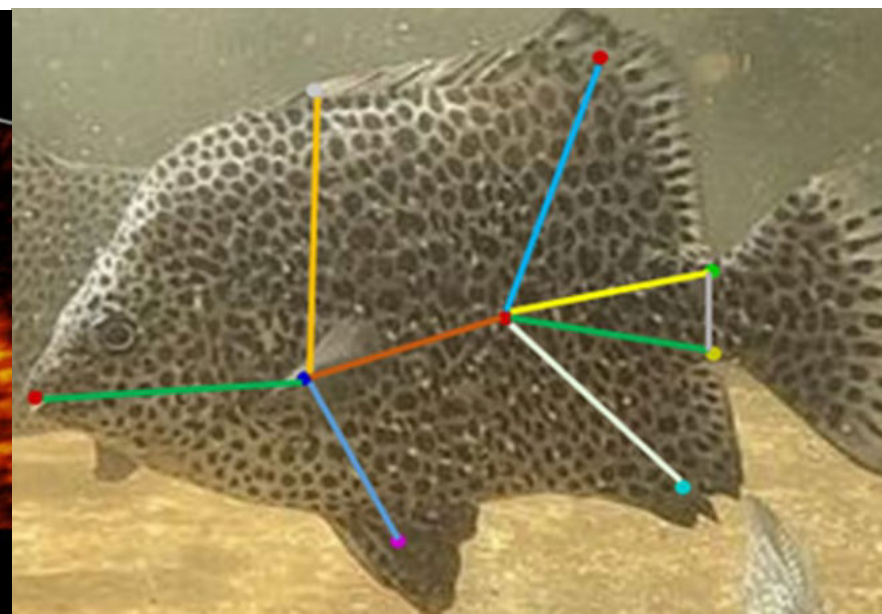
- 使用多聲納來監測整個養殖場域。藉由maskR-CNN辨識出聲納中的魚隻，計算出魚隻的體長，並疊合多聲納視角的密度圖，**計算魚隻總數與分析魚群行為**。
- 使用基於multi-stage架構，藉由骨架的變形得知魚隻的游動狀態，藉由不同姿態回推魚隻的**體長、體高及體重**。



密度圖



聲納偵測結果



魚隻骨架偵測結果

智能投餌管理系統

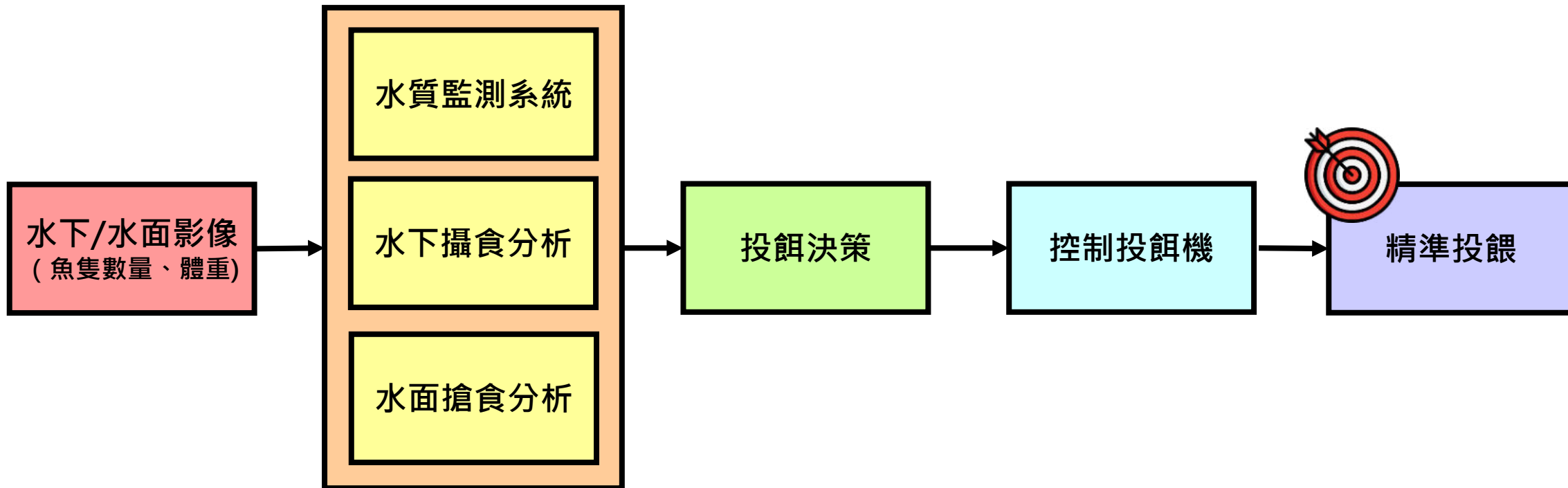
- 結合水質監測及影像辨識技術進行大數據分析，制定**最佳投餌模式**。
- 雲端管理平台**遠端傳送預測投餌量**至投餌機。
- 依據水文狀況、魚隻搶食程度及飼料落點，**判斷實際投餌量與落點**。
- **雲台投料控制系統噴料於指定位置**，達到精準投餌。



魚隻影像結合投餌機之養殖規劃

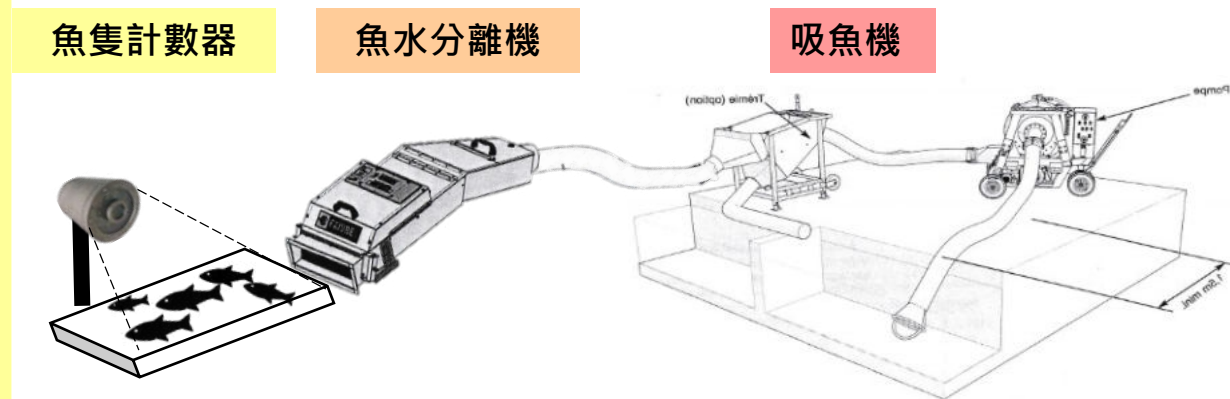
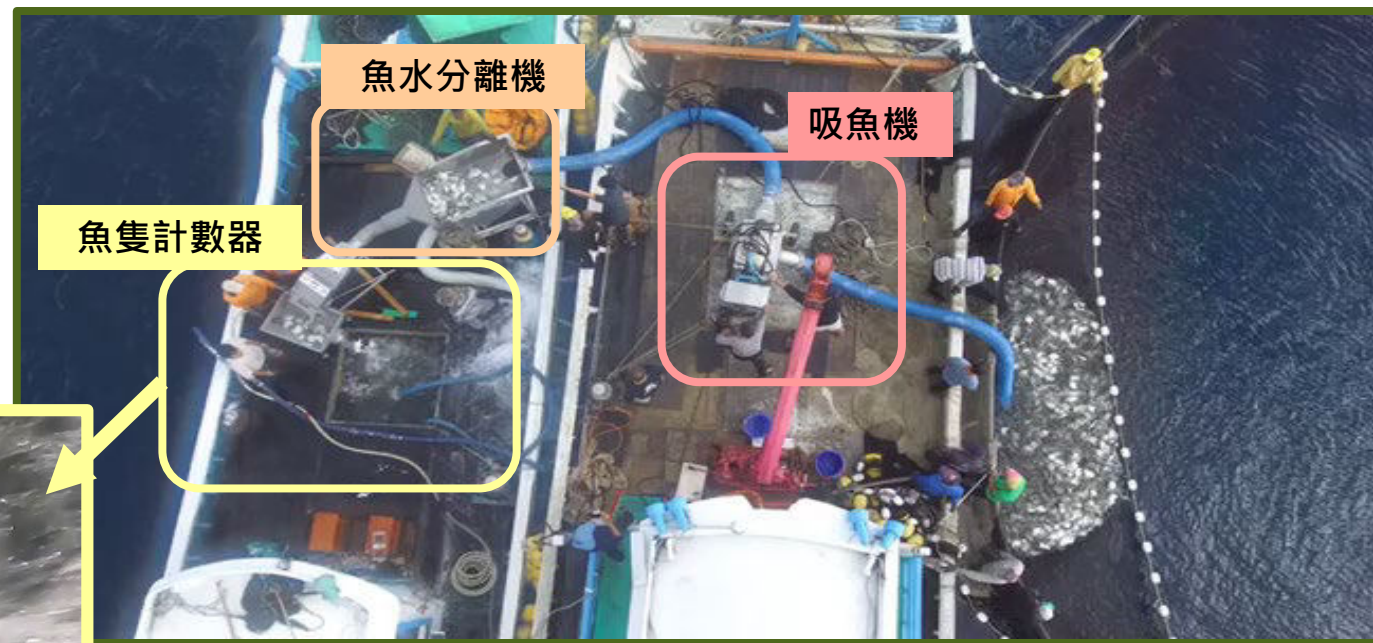
- 智慧雲端平台結合自動投餌機進行飼料量調整，將飼料浪費降至最低。
- 搭配水質監測、魚隻數量及大小，建立智慧養殖日誌。
- 將投餌資訊回傳雲端建立投餵數據庫，改善及優化投餵管理。

智慧投餌機之飼料管理系統



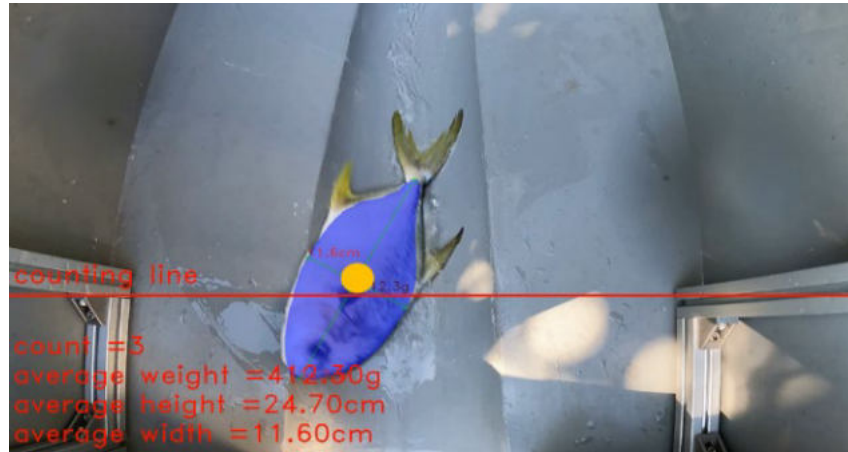
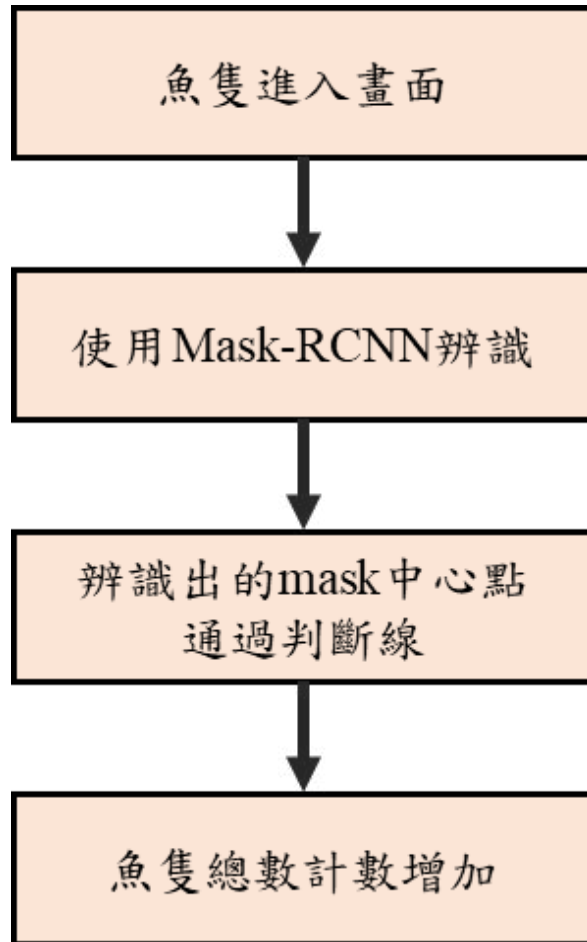
智能化吸魚分魚機

- 大幅**降低**海上操作**勞動力**。
- 保障人員與魚隻**安全**。
- 影像辨識**魚隻體型**回傳資料庫。
- 提升養殖**分級與出貨效率**。
- 優化養殖**管理模式與銷售機制**。

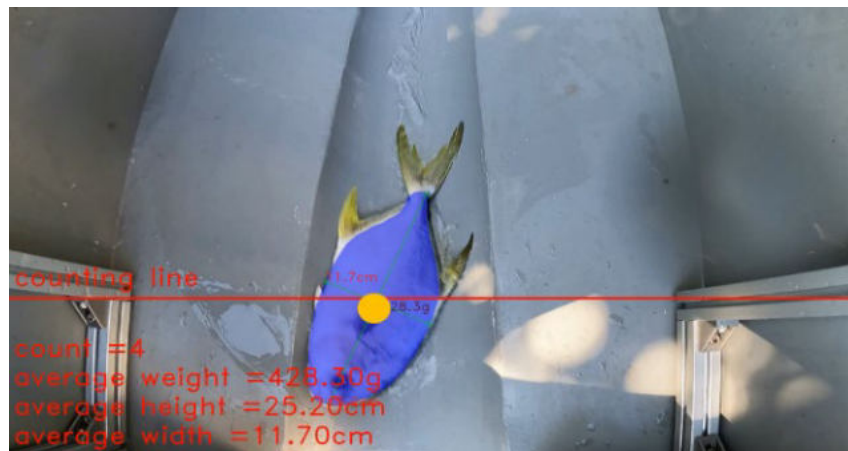


智能化分魚機-魚隻數量估測

分魚機計數



中心點通過前



中心點通過後

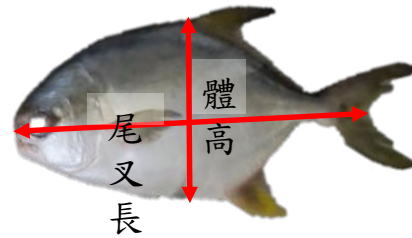
- 改用Mask-RCNN進行魚隻影像辨識精進。
- 降低魚隻旋轉時的體長體高誤差。
- 在影像中設定一判斷線，當魚隻通過判斷線時，進行計數動作。
- 魚隻數量估測準確率達93.75%。

數量準確率	
實際數量	128隻魚
計數結果	120隻魚
誤差	6.25%

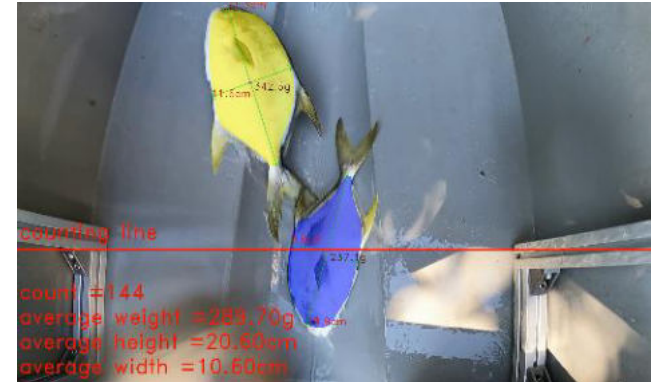
智能化分魚機-體長、體高及體重預測

魚隻體長、體高及體重估算

- 透過魚隻分類模組取得魚隻體長與體高，代入養殖專家提供之回歸曲線來估計魚隻體重。
- 計算魚隻估計均重與實際均重之誤差率。
- 體長準確率達94.9%；體高準確率達91.1%；
- 體重準確率達91.3%。



$$\text{體重} = 10^{(-0.71932 + 1.25589 \times \log_{10} \text{尾叉長} + 1.48947 \times \log_{10} \text{體高})}$$



體長準確率	
樣本數	50隻魚
實際平均體長(cm)	22.7
估算平均體長(cm)	23.8
誤差	5.1%

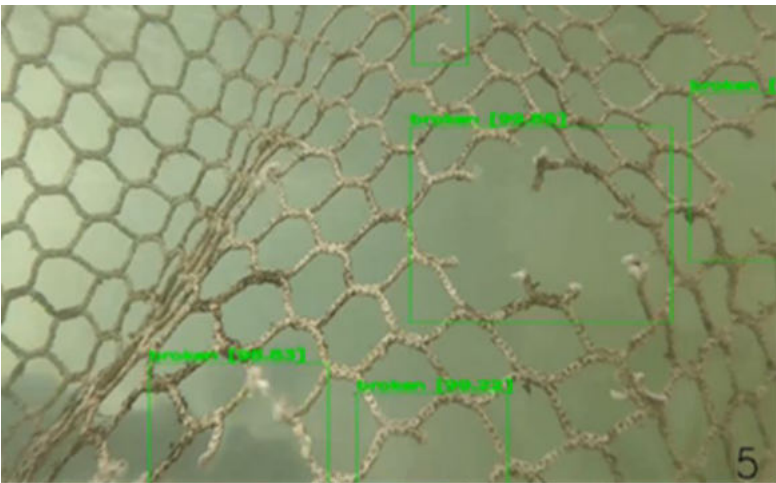
體高準確率	
樣本數	50隻魚
實際平均體高(cm)	12.2
估算平均體高(cm)	11.1
誤差	8.9%

體重準確率	
樣本數	50隻魚
實際平均重量(g)	409.5
估算平均重量(g)	373.8
誤差	8.7%

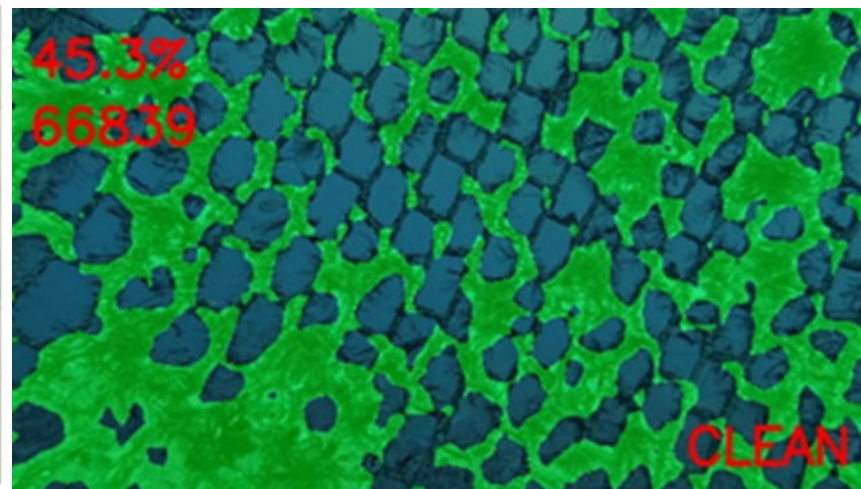
智能水下洗網機

洗網演算預警及破網演算預警

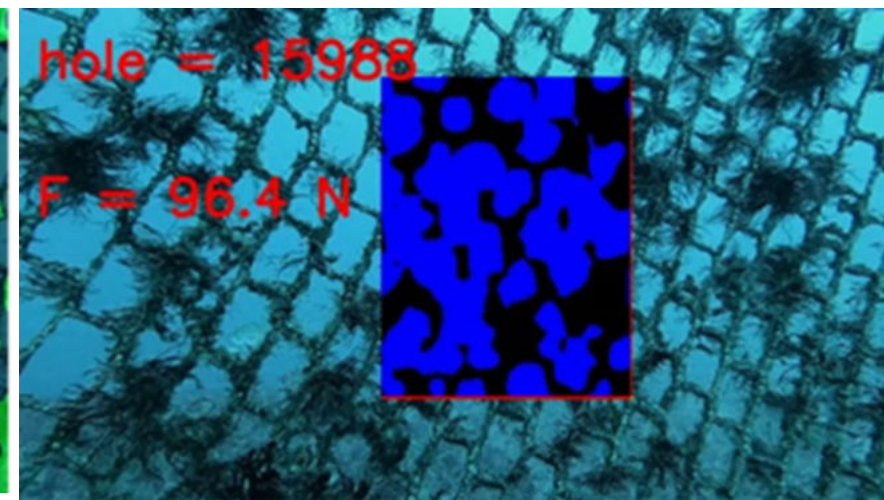
- 水下洗網機搭載攝影機，回傳箱網影像給主機進行分析
- 清理箱網附著物的同時利用水下影像偵測網袋上的**海草密度**與**破網**，並計算網目的受力，進行破網預測分析，防患未然避免損失。



破網偵測結果



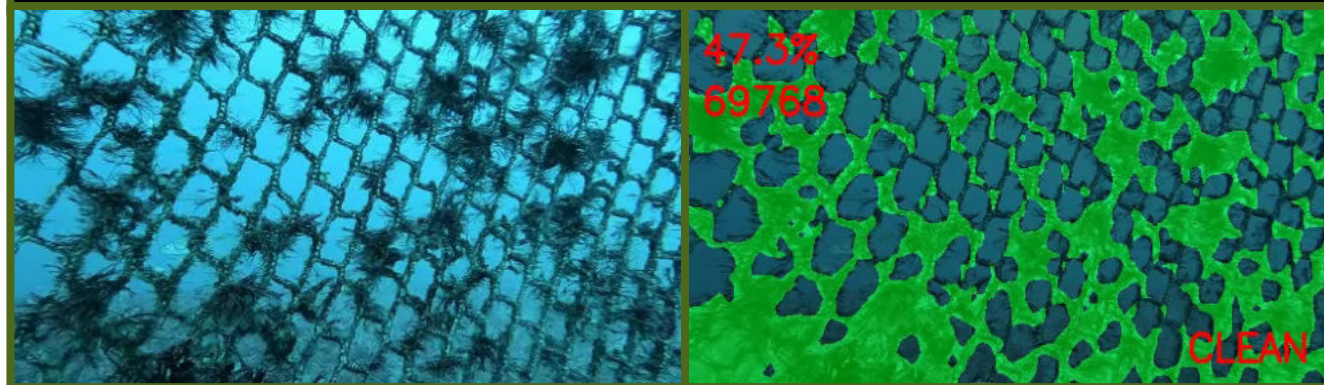
海草密度偵測結果



破網預測結果

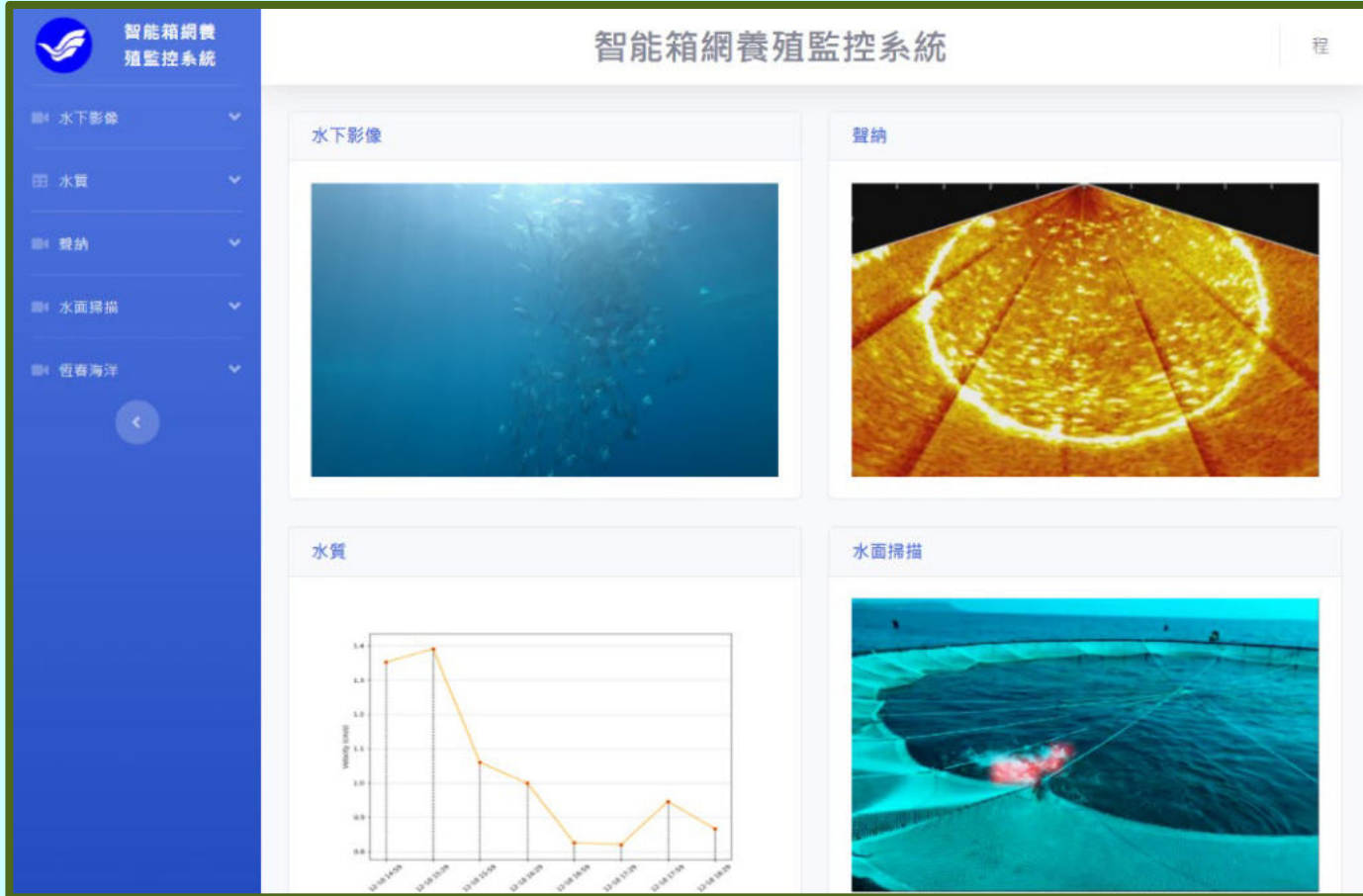
智能水下洗網機

洗網演算預警及破網演算預警



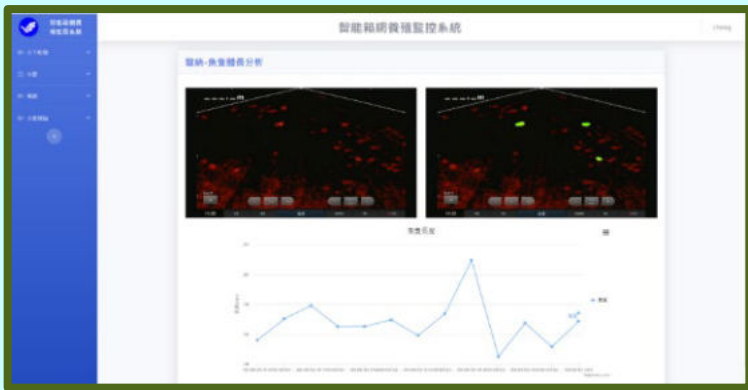
- 省時省工。
- 影像與掃描分析系統整合。
- 偵測箱網附著藻類，自動控制洗網機清洗。
- 針對破網危險發出預警。
- 自動清洗提供魚隻最佳生長環境；破網預警可防止魚隻逃逸，降低養殖風險。

智能箱網養殖監控系統



- 水平整合箱網各項監測數據。
- 結合後端大數據計算。
- 即時處理、分析、預測未來狀態。
- 完整的雲端智能分析監控系統。
- 實現智能化養殖管理。

智能箱網養殖監控系統



水下影像分析

- 體長
- 體重
- 活力
- 數量

聲納影像分析

- 體長
- 體重
- 活力
- 數量



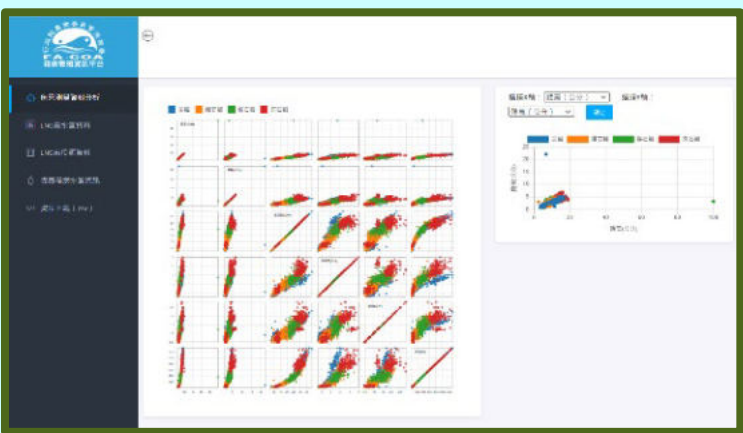
歷史資料

- 水下影像分析歷史資料
- 聲納影像分析歷史資料
- 水質資訊歷史資料
- 報表產生



水質感測監控系統

- 水質資訊
- 氣象資訊
- 水質預測

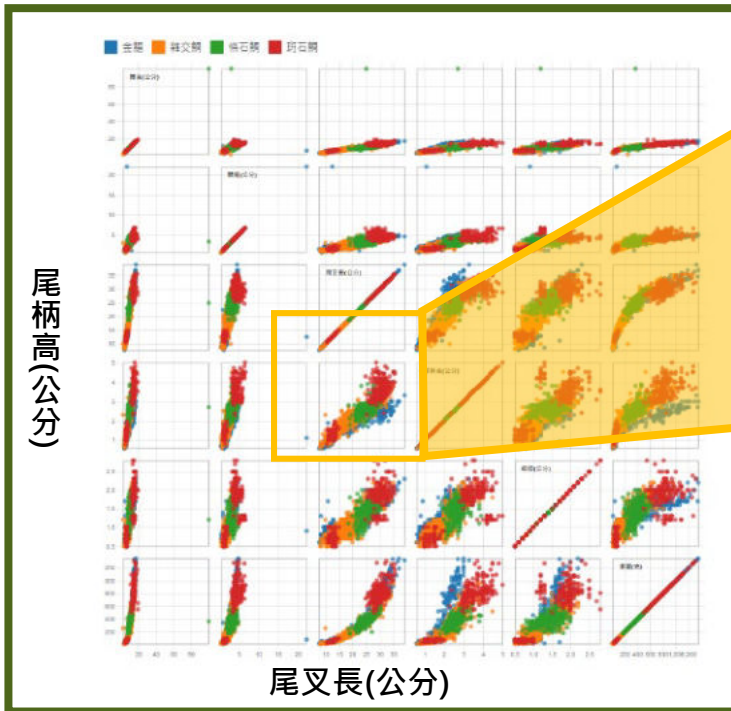


資料視覺化圖表

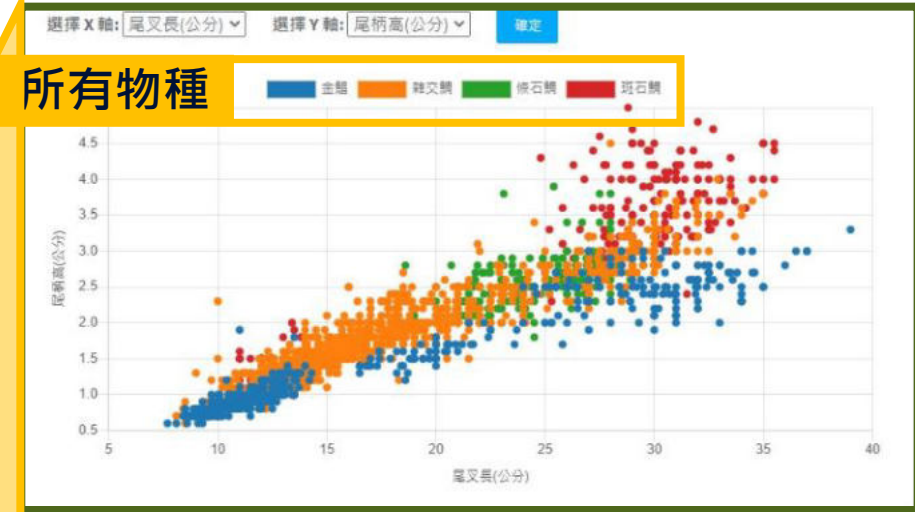
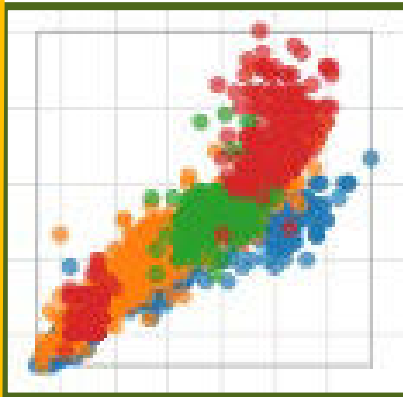
- 魚隻測量資料視覺化
- 水質測量資料視覺化
- 投餌資料視覺化

智能箱網養殖監控系統

- 針對不同資訊特性建立相應圖表。
- 提供快速分析的視覺化工具。
- 資料統整比對，呈現資料相互關聯性。
- 推演不同變因的養殖情況，進而針對不同問題做相對應改善。

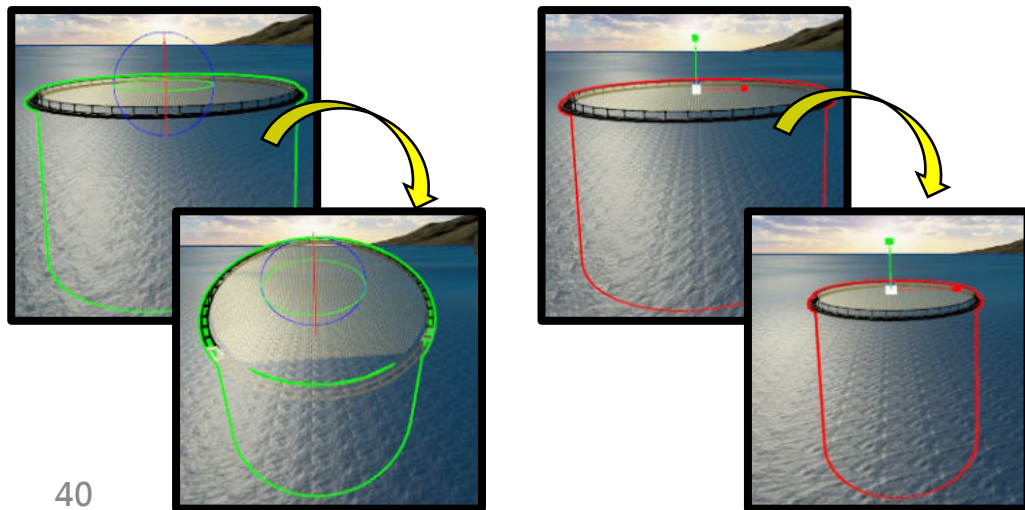


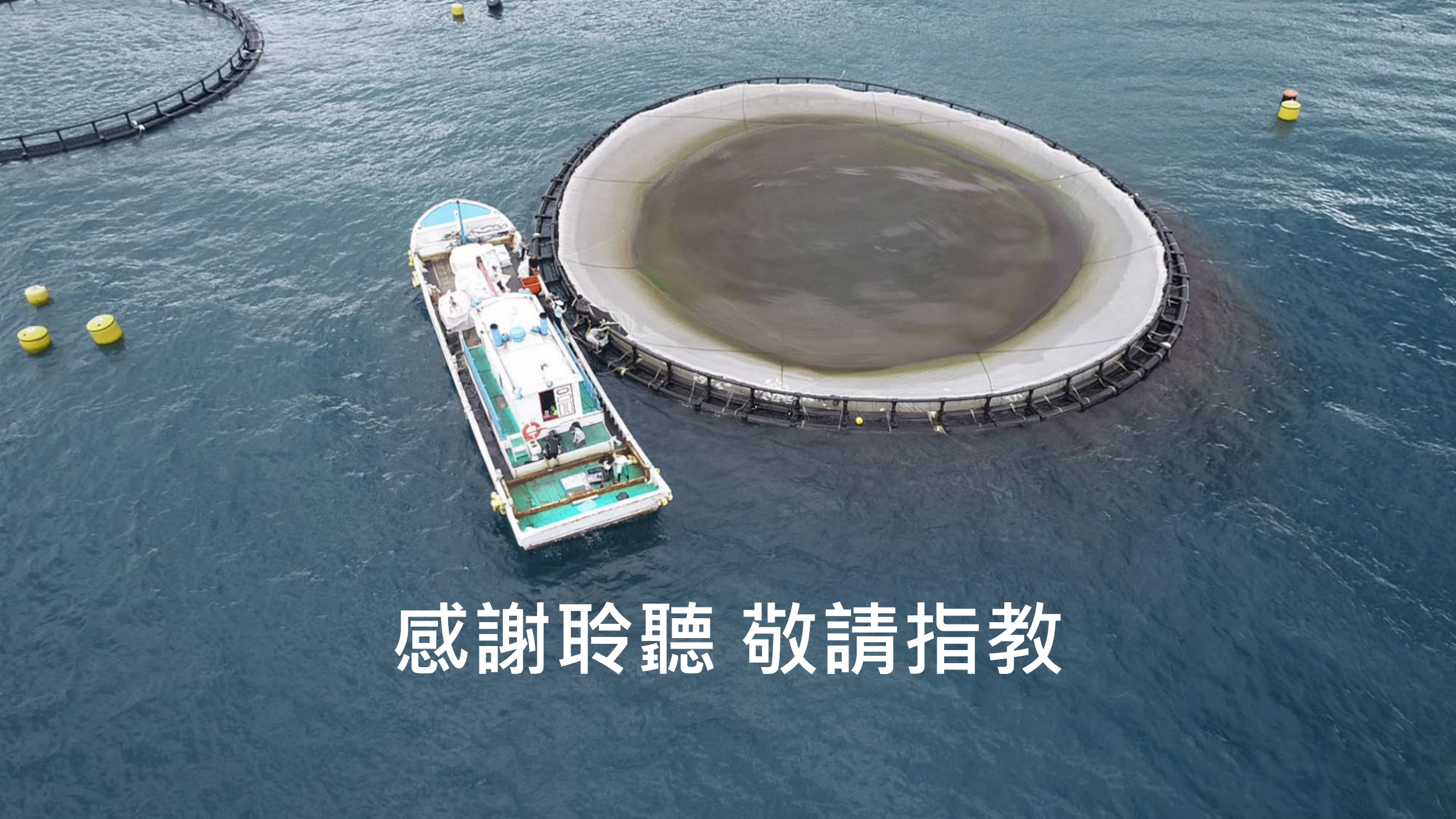
尾柄高(公分)



VR介面之智能養殖雲端系統

- 提供可視化的操作界面。
- 可編輯場域內個別物件功能。
- 在出海前透過事先模擬，編輯硬體設備在空間上的擺放及動線安排。
- 事先演練提前找到出海後現場可能遇到的種種問題，做預防和訓練並處理相關問題。





感謝聆聽 敬請指教