

水中RFID技術於水產種 原庫種魚監測管理 之研發與應用

撰文/林志遠

前言

無線射頻辨識系統 (Radio Frequency Identification, 簡稱 RFID) 自從在二次世界大戰被推出來之後, 其應用也越來越廣泛, 其特點為精度高、適應環境能力強、抗干擾、操作快捷、可同時識別多個電子標籤及高速運動的電子標籤等。RFID 技術之原理為利用無線射頻方式在閱讀器和射頻卡之間進行非接觸雙向數據傳輸, 以達到目標識別和數據交換的目的。與傳統的條型碼、磁卡及 IC 卡相較, 射頻卡又具有非接觸、閱讀速度快、無磨損、不受環境影響、壽命長、便於使用的特點和具有防衝突功能, 能同時處理多張卡片。目前在國內外, 射頻識別技術已被廣泛應用於產業自動化、商業自動化、交通運輸控制管理等眾多領域。

最基本的 RFID 系統由 4 部份組成: (1) 標籤 (Tag, 即射頻卡): 由耦合元件及晶片組成, 標籤含有內建天線, 用於和射頻天線間進行通訊。(2) 讀寫器: 讀取及寫入標籤資訊的設備。(3) 天線: 在標籤和讀取器間傳遞射頻訊號。(4) 應用程式資料庫電腦系統: 透過閱讀器的 RS232 或 RS485 介面與外部電腦連接, 進行數據交換及應用。

96 年行政院第 3024 次會議核定之中華民國科

學技術白皮書 (民國 96 年至 99 年) 附錄中, 行政院 2005 年產業科技策略會議選定「軟性電子產品」、「無線射頻辨識系統」以及「奈米科技」作為主要議題。其中無線射頻辨識系統方面, 被認為可應用在安全 (國土保安、居家、人身安全…)、產品履歷 (食品、藥品履歷…) 及供應鏈管理 (物流追蹤…) 等各方面, 具有物品獨一辨識性、即時資訊傳遞性及可讀寫資訊等功能, 未來將規劃促成我國無線射頻辨識系統產值規模達到 700 億元, 締造全球產值之 10% 的預期效益, 商機十分龐大。

RFID 系統的工作原理分為近場和遠場兩種不同情況, 近場一般是指電子標籤和讀寫器之間的距離遠小於通訊載波的一個波長。對於一般應用領域而言, 水及金屬均為 RFID 應用之主要障礙, 但利用低頻頻段、近場原理 (Flores *et al.*, 2005)、讀寫器 DSP 整合 (Engel, 2002) 及水中天線之特殊改良設計, RFID 技術將可運用於水中環境。

水中低頻 RFID 的應用已有多年, 國外研究人員曾經使用於野生魚類監測。例如 Wipfli 等 (2003) 應用於鮭魚的淡水河川中生態及成長率的監測, 而 Budy 等 (2003) 亦曾應用於鱒魚相對於棲地環境下之族群估計及成長特性等監測。此外, 也曾應用於

魚塭養殖魚類的標籤植入與識別 (Mahapatra *et. al.*, 2001)、以及沿岸養殖鯊魚的飼育生態 (Feldheim *et. al.*, 2002) 等監測。

本所為保育重要水產生物的遺傳資源、維護遺傳歧異度，以利發展水產高科技產業、強化我國漁業及相關產業的國際競爭力，於 2000 年奉行政院核定籌建國家水產生物種原庫，並列入政府中長程公共建設計畫，2001 年度起正式編列預算實施。於 2005 年完成國家水產生物種原庫鹿港、澎湖兩支庫，並於 2007 年起接續建置東港主庫及台東支庫。為提升本所國家水產種原庫種魚管理營運作業上的效率及精準性，本所於農委會「建構 RFID 與二維條碼於農產品安全追溯管理之策略研究及應用」之 E 化領域重點優先執行之科技計畫支持下，規劃利用非接觸性無線電波傳送識別資料特性，研發種魚之 RFID 監測管理系統，以自動化辨識及資訊化的作業流程，結合 RFID 通信設備及資料庫管理軟體，建立種魚養殖生態習性觀測系統，以利研究者記錄及查詢使用，並逐步擴大推廣於民間種魚場及活魚產銷供應鏈之中。

先期概念驗證

經濟部為推動我國 RFID 產業之發展，於 2006 年成立「無線射頻辨識系統推動辦公室」，協助公領域相關單位規劃無線射頻辨識系統應用及研擬各相關計畫關鍵績效指標，及跨部會整合工作。2006 起每年度均由承辦單位資策會及工研院共同選定數項公領域，包括居家與公眾安全、貿易通道安全、航空旅運應用、食品流通履歷追蹤及健康與醫療應用，成立整合型計畫，作為推動先導示範作用。2007 年工研院另額外追加一項與本所合作案，以協助本所於正式研究計畫啟動前之先期概念驗證，以便確認其可行性。

驗測合作案係由本所企劃資訊組、淡水繁養殖研究中心及該辦公室執行團隊之一「工研院辨識與安全科技中心（原名工研院 RFID 辨識中心）」共同

合作進行「水中 RFID 頻率選擇」、「靜態讀取距離測試」、「環形水道魚體標籤讀取性能測試」及「魚池天線配置及動態讀取性能測試」等項目，分述如下。

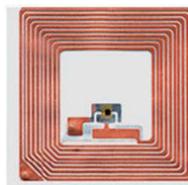
(一) 水中 RFID 頻率選擇

RFID 常用的頻率有低頻 LF, 25KHz、134.2KHz，標籤(圖一)、高頻 HF, 13.56MHz、433MHz，標籤(圖二)及超高頻 UHF, 860-960MHz-2.4GHz，標籤(圖三)等，不同頻率的應用範圍與情境各不相同，在水下的效能也有很大的差異性。為瞭解不同頻段 RFID 設備及標籤在水中的讀取性能，利用一 35 cm 長 × 16 cm 寬 × 20 cm 高之玻璃水缸進行測試(圖四)，將 RFID 讀取天線架設在水缸左側緊貼玻璃表面，將標籤放置在水槽中，正對讀取天線正中心，量測標籤之可讀取最大距離，可得表一讀取結果。



(長8-23mm、直徑2-4mm，封裝材質：玻璃圓管)

圖一 LF 標籤外型



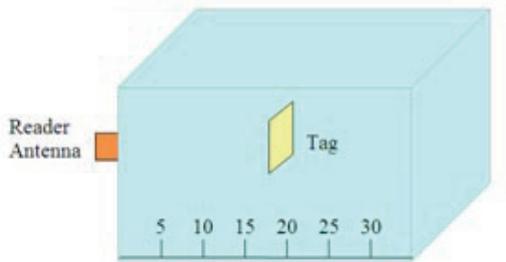
(3cm 正方 ~ 7x5cm，貼附材質：紙或 PVC 等)

圖二 HF 標籤外型



(尺寸：7cmx2cm 以下，貼附材質：以紙為主)

圖三 UHF 標籤外型



(3cm正方~7x5cm，貼附材質：紙或PVC等)

圖四 不同RFID頻段水中讀取距離測試示意圖

其中，UHF 頻段易受水與金屬的影響，在水中以固定式讀取器及可攜式讀取器均無法讀取；HF 系統在水中之讀取距離，由大氣中之 10 cm 縮小為 6.5 cm，受水的影響很大；LF 標籤在水中的讀取距離大於測試水槽的 35 cm，受水的影響最小。就以上的分析與實際測試之結果，決定採用 LF 的系統作為水下魚類監測之 RFID 系統。

(二) 低頻(LF)系統靜態讀取距離測試

為確認水中天線計算設定之電容值可獲得最佳的通訊效果，以量測天線調頻模組在不同的電容值狀態下，標籤可被讀取的最遠距離，製作一刻度工作台，左側放置感應天線，標籤 (TI RI-TRP-WRHP-20) 則放置在天線的中心點，延法線方向向外移動，至標籤無法被正常讀取，並記錄下標籤可被讀取的最遠距離。經篩選配對選擇不同讀取器及電子標籤組合，以進行最大讀取距離測試，其結果如表二。由測試結果得知，以 TI (德州儀器) 之讀取器及電子標籤組合之讀取距離最大。

(三) 環形水道魚體標籤讀取性能測試

本項測試先設計製作一壓克力之橢圓型環形水道測試平台。平台長邊一側中央設一插槽，可將製作好的長方框型低頻 LF 讀取天線固定。同時使用吳郭魚為測試魚種，當魚體通過天線時，觀察魚體內的標籤是否被讀取 (圖五)。另為瞭解標籤注射

表一 RFID各頻段(UHF、HF、LF)之水中讀取距離測試

頻段	RFID讀取器型號	RFID標籤型號	空氣中讀取距離 (cm)	水中讀取距離 (cm)
UHF	MC9090	ALN-9540	840	X
UHF	XR480	ALN-9540	205	X
HF	EV-100	15693	10	6.5
LF	LF-2000	WRHP-20	40.2	35+

表二 各廠牌RFID電子標籤讀取距離測試結果

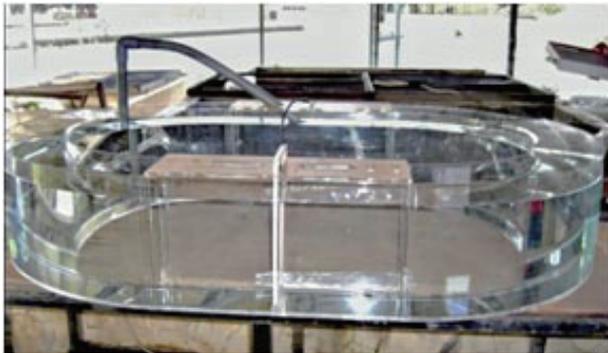
讀取器廠牌	電子標籤廠牌	電子標籤ID	最大讀取距離 (mm)
TI	TI	7579 0165	402
	Watron 18.5mm	0000 0026	75
Watron	Watron 12mm	0900 0230 4201 0864	63
	Biomark	865857	97

植入魚體中之部位對水中實際讀取性能之影響，將四種不同廠牌型號的 LF 電子標籤以與魚體平行方向分別植入魚體的三個不同部位如圖六所示。

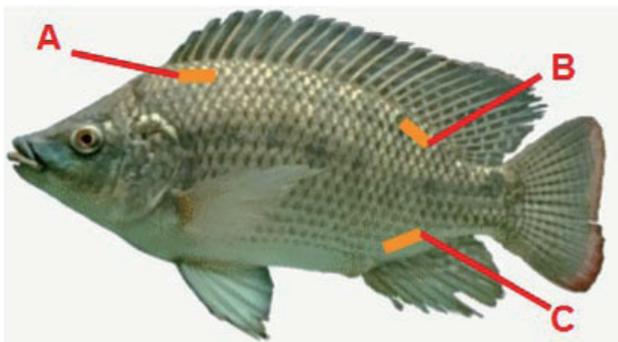
測試時分別將植入不同廠牌標籤與不同位置的魚隻放入測試平台，並將讀取天線與適當之讀取器連結，每次組合使魚隻通過讀取天線十次，其結果可知不論 TI、Watron 或 Biomark 之 RFID 標籤，其植入位置對於讀取效果並無影響，且標籤在植入魚體後，在魚隻的正常活動狀態下，均可被 100% 成功讀取。

(四) 魚池天線配置及動態讀取性能測試

本項測試係於小型養殖池 (約長 2m × 寬 4m) 內配置 RFID 天線兩支於長邊兩側。由於 TI 讀取器只能於同一時間讀取一個標籤，所以魚池內只放置一尾在背鰭附近植入 TI 電子標籤的吳郭魚。測試時



圖五 環形水道動態讀取測試平台（左圖）及吳郭魚活體通過水中感應線圈之情形（右圖）



（A：前背鰭下方，B：後背鰭下方，C：臀鰭上方）

圖六 魚體標籤植入位置示意圖

使用兩組 TI 讀取器及天線之內部連續讀取功能，以連線電腦針對同一時間所讀取之兩組資料進行紀錄及儲存。由所記錄的資料切換的時間差，可得知魚體的移動速度。數天試驗期間總共記錄數萬筆資料。在近半小時期間，魚體在兩支天線感應範圍內之移動時間差，可小至數秒或大至數分鐘。由水中天線原始感應數據可分析因諸多環境狀況而影響魚體攝餌期間、悠游期間或日夜間等習性差異，建置 RFID 監測系統後，可進一步分析水產生物活動範圍與活動力是否良好，以作為水產繁養殖選種或配種之參考。

水中RFID技術元件設計與軟硬體開發

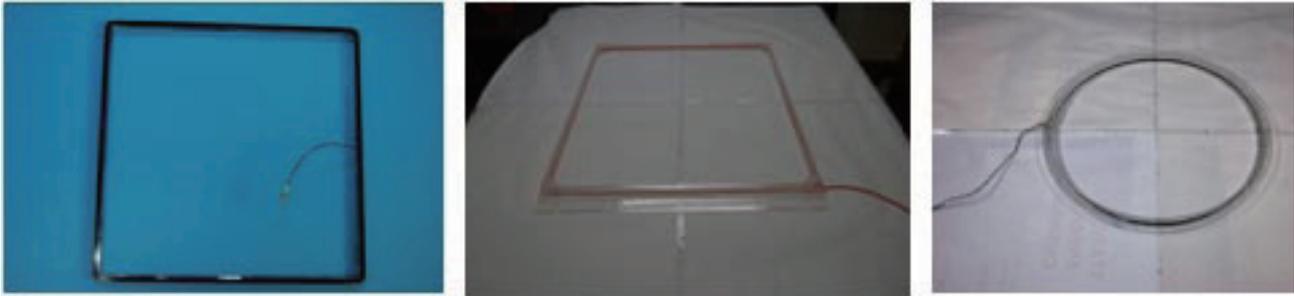
前述第一年之先期概念驗證合作案已順利並成功完成「水中 RFID 頻率選擇」、「靜態讀取距離測

試」、「環形水道魚體標籤讀取性能測試」及「魚池天線配置及動態讀取性能測試」等驗測項目，並已確認 RFID 技術證明實際可應用於水中活體魚類之動態監測。為繼續深度驗測低頻 RFID 應用於水中魚類監測之各項軟硬體或元件模組之規格、配置及適用性，第二年(2008年)於農委會E化領域計畫「潛水型 RFID 在國家水產種原庫種魚監測管理上之應用」下，進行 RFID 應用系統之軟硬體設計開發。各項重點工作結果分述如下：

（一）水中低頻RFID感應天線設計

依照測試之需求分別製作三款天線如圖七，各部尺寸、名稱及材質之物化電磁規格如表三。小型及大型水池式天線為水中直立式天線，此天線於測試時需直立於水池中，當魚通過此天線時，即可被讀取，其作用為測試魚在水中時之活動範圍與活動能力。小型水池式天線將先行於本所竹北試驗場模擬測試，而應用於鹿港種原庫之大型天線，因考慮易於維修與方便將天線由魚池中移出、放入，需配合其 3 米魚池大小設計為水中掛載式。另一款為圓形天線，因其磁場內之磁力線輸出較平均，適合製作低頻 RFID 天線，但若使用在實際應用上，會有較多的讀取死角，也較不易設計其架設方式。

天線設計首重 Q 值（天線品質係數）計算，Q 值越高天線的靈敏度越好，讀取距離越長，但越容易受到外界環境與外界訊號的干擾；Q 值越低天線



左至右：小型水池式、大型水池式、圓形式。

圖七 各款水中低頻RFID讀取器天線設計

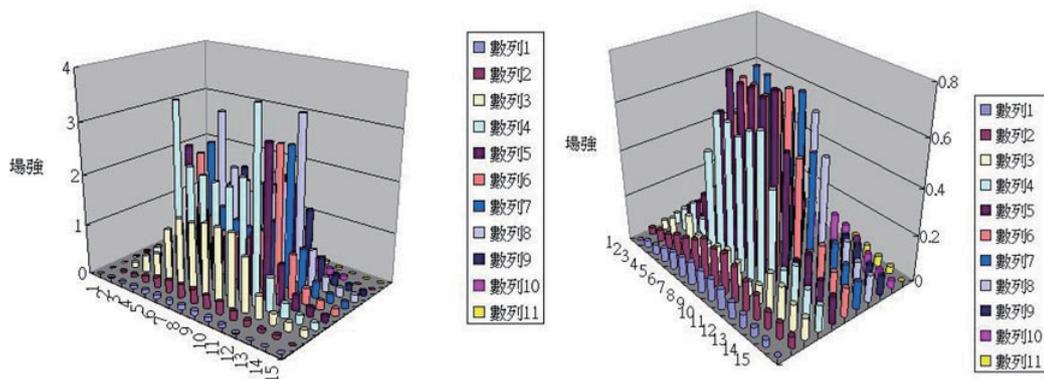
表三 各款RFID讀取器天線各部尺寸、名稱及材質之物化規格表

	水池天線(大)	水池天線(小)	圓形天線
天線尺寸	800*600mm	300*300mm	直徑500mm
使用接頭	PLT-162	杜邦接頭	杜邦接頭
線圈圈數	3圈	4圈	5圈
輸入功率	4W	4W	1W~4W
天線感值	28.263uH	37.854uH	27.253uH
繞線材質	多心傳輸線 (銅鍍錫)	多心傳輸線 (銅鍍銀)	多心傳輸線 (銅鍍銀)
防水封膠	矽膠(軟)	矽膠(硬)	矽膠(硬)
支架材質	壓克力	壓克力	壓克力

的靈敏度越差，讀取距離越短，但讀取頻寬越寬，越不容易受到外界環境干擾，因此讀取器之規格表規定 Q 值需在 30 到 250 之間。上述三款天線經儀器檢測，其 Q 值均符合品質要求。

在天線場強實際測試方面，以水池式天線（大）場型測試為例，標籤與天線平面垂直時最佳，因此 800mm*600mm 天線之場強量測與讀取範圍平貼天線平面且標籤擺放方式為垂直，離開天線平面 10cm 高度亦同。圖八為其場強分佈實測結果，均顯示天線線圈周邊及範圍內之磁場強度較高。

在天線距離與讀取率測試方面，將一 RFID 標籤置入可讀取範圍內之最強場與最弱場中，使用單步讀取功能讀取標籤 20 次，分別記錄其測試數據可得標籤在讀取區範圍內之讀取率將近 100%。標



左圖：標籤0cm高度，右圖：標籤10cm高度。

圖八 標籤垂直讀取器大型水池式天線天線平面之實測場強分佈圖

籤植入魚體並不影響標籤之讀取。其他標籤植入位置，若天線越大且魚通過場強在較弱的地方時，其讀取率最低仍有 95%，因此標籤在植入或外掛魚體時，需盡量以垂直天線平面的方式，也就是平行魚體之方式，則當魚穿過讀取天線時，其讀取率才可達到最高。

另外，天線水中、離水之辨識距離與辨識率比較如表四。在相同讀取器、相同環境與相同天線架材料之情況下，讀取距離與天線所繞圈數與圍繞面積有關。天線圍繞面積越大，讀取距離越遠，但當大到某一程度時，因為讀取器輸出功率有限，將因天線太大而造成線圈中央有讀取空洞，亦即當能量傳輸至線圈中央部分時開始衰減。而當天線擺放至水中時，因為水的介電常數與空氣不同，在加上水體離子會吸收、折射電磁波，因此會造成在水中磁場與電場之顯示效果較離水差。

(二) 水中RFID 系統驗測及紀錄分析軟體開發

本軟體支援 Windows XP 或 Vista 作業系統。使用 Visual Studio 2005 中之 C# 編譯版物件導向程式開發，並具備 ODBC 資料庫存取介面，可即時或歷史查詢魚體 RFID 動態監測及驗證。以 MySQL 資料庫後設資料 (MetaData) 方式記錄個別魚體 RFID 標籤之讀取時間、讀取器編號、代表位置、標籤 ID、移動速度，以標籤 ID 關連魚體編號、魚種資訊及履歷示範紀錄等。在進行即時水中魚體 RFID 監控時，讀取後將有音效警示，並可即時更

新及顯示讀取時間、讀取器編號、代表位置、標籤 ID、上次位置、移動速度、魚體編號、魚種資訊及履歷示範紀錄等文字資訊及圖形化畫面。歷史資料查詢除可顯示即時監控各項資料外，依 ID、時間範圍、讀取器位置範圍等之查詢條件設定，可顯示魚體於各位置之出現頻度、計算各時段平均移動速度統計值及游動路徑繪圖。

即時資料頁面如圖九 A 所示，包含即時天線位置配置圖、魚體即時活動力曲線圖、魚體相關資訊顯示與「單步讀取」、「連續讀取」按鈕。單步讀取可以選擇欲使用之讀取器上的天線，來單次讀取標籤，可確定單隻天線之功能。查尋歷史資料頁面如圖九 B 所示，包含查尋條件頁面、查尋結果頁面與歷史游動圖頁面。「查尋資料庫」按鈕可查尋資料庫內的各項資料。按下「查尋資料庫」按鈕後立即跳往查尋結果頁面顯示符合查尋條件的資料，而其中可查尋的條件有：時間範圍、讀取器範圍、天線 ID 範圍、魚體編號範圍、標籤 ID 範圍、魚速度範圍等。圖九 C 為被選擇之查詢條件所查詢到的資料顯示畫面。

設定頁面包含即時顯示設定頁面、天線位置設定頁面、讀取器連線設定頁面、資料庫連線設定頁面與自動啟動系統設定頁面等。天線位置設定頁面中左半部橘色文字的天線設定可設定相對於右半部橘色文字的天線位置。另天線距離設定需輸入各個天線之間的距離，可供程式計算魚速度。

本所鹿港淡水種原庫RFID示範系統之建置

建置地點為本所淡水繁養殖中心(鹿港種原庫)之保種溫室 C 室，使用直徑 3 米、深度 1 米之 FRP 養殖槽。可監測魚體的活動力、移動速度、游動路徑以及魚體在投餌或其他因素影響時所呈現的反應。經天線配置分析，共使用了 12 支 600mm*800mm 大小之讀取天線(圖十)。在設備架設上採用掛載式的，在掛載前先將中央圓柱放置於中央，且其角度需在天線架上之後，避開進水孔與

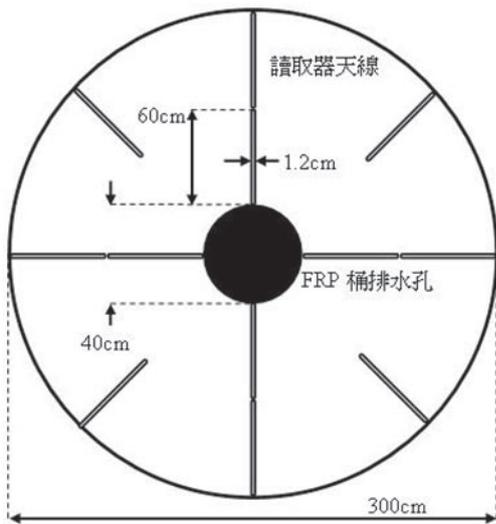
表四 各款RFID天線水中、離水之辨識距離與辨識率

天線形式	水中可讀取距離 (cm)	離水可讀取距離 (cm)	最遠讀取距離之讀取率
水池天線(小)	35	46	97%
水池天線(大)	36	50	97%
圓形天線	39	48	100%

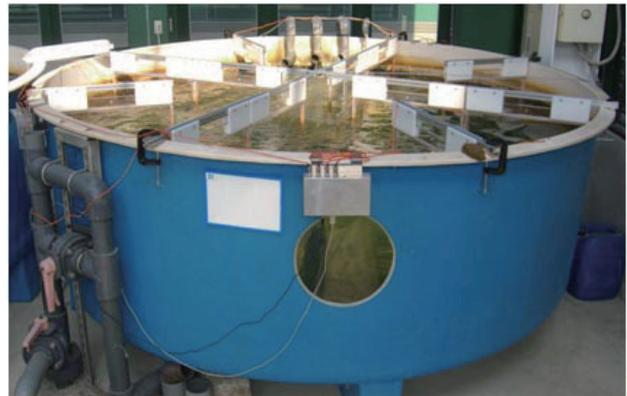


(A) 即時頁面；(B) 歷史搜尋設定頁面；(C) 資料庫查尋結果

圖九 水中RFID 系統驗測及紀錄分析軟體畫面。



圖十 水試所鹿港種原庫3米直徑FRP魚池中RFID 讀取器天線架設示意圖



圖十一 水試所鹿港種原庫配置完成之水中RFID 種魚監測系統

排水孔，而後放置掛載天線的鋁架。之後在兩片掛載片中間放入加強固定橫桿與天線需掛載的部份，即可將天線放置於天線架上，實際配置完成實體照片如圖十一所示。FRP 池中共放入 3 魚種共 10 條魚體，含鰻魚、淡水石斑與台灣鯛（吳郭魚），每一魚體分別以外掛或植入之方式。其 RFID 碼、魚種、雌雄與外掛（植入）方式如表四所示。

魚體即時監測以 2 週時間約可紀錄 170 萬筆資料。圖十二為 RFID 魚體標識即時動態測試之驗測

及紀錄分析軟體主畫面。電子標籤外掛與植入在種魚池內的空間讀取差異性不大，但植入式標籤較不易有掉落之情況，而外掛式標籤脫落位置若靠近天線，則將影響讀取。因此將來除非是產銷活魚才建議使用外掛方式，種魚方面應用仍以植入方式為主。

本示範建置共使用 12 支天線，場強幾乎已涵蓋整個魚池，雖有些許無訊號空間，但經實驗結果其影響極微。經本系統初步應用觀察各魚種之 RFID 感應移動特性為：

1. 鰻魚

有避光的特性，在現場會隨著陽光改變其位置，當到達一位置之後，則一直呆在同一個地點，

表五 水試所鹿港種原庫RFID系統魚體之電子標籤資料

RFID碼	魚種	雌雄	標識位置
010100108092201	吳郭魚(黑色雜交)	雄	鼻部掛載
010100109092202	吳郭魚(黑色雜交)	雌	背部植入
010100109033003	吳郭魚(黑色雜交)	雄	背部植入
010100109033004	吳郭魚(黑色雜交)	雌	背部植入
010100208092201	淡水石斑	雄	背部植入
010100209021502	淡水石斑	雌	背部植入
010100209033003	淡水石斑	雄	背部植入
010100209033004	淡水石斑	雌	背部植入
010100309033001	日本鰻	雄	背部植入
010100309033002	日本鰻	雌	背部植入

直到下次陽光再次照到。另外，鰻魚對有遮蔽效果的物品特別有興趣，所以會鑽到兩隻天線的中間，造成天線在切換讀取時，在速度上會有些許誤差。

2. 台灣鯛

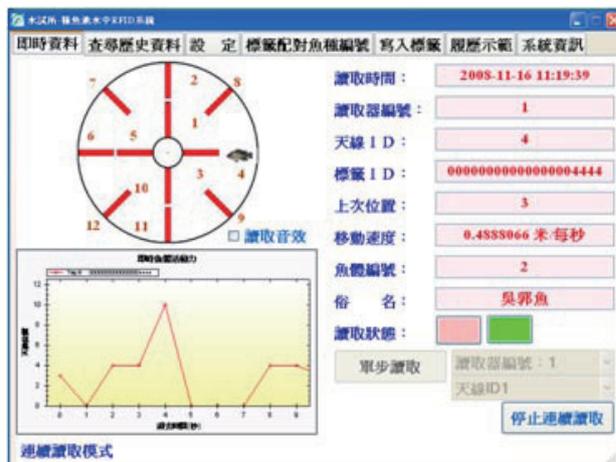
會隨著水流改變其位置，或者當投餌時，有時會靠近，但是卻不是很常時間的會來吃餌，不過若放入之台灣鯛為一公一母時，兩條魚會同時行動，以目前的讀取器來說，因為無多標籤碰撞功能，因此會有些許的時間標籤是讀取不到的。

3. 淡水石斑

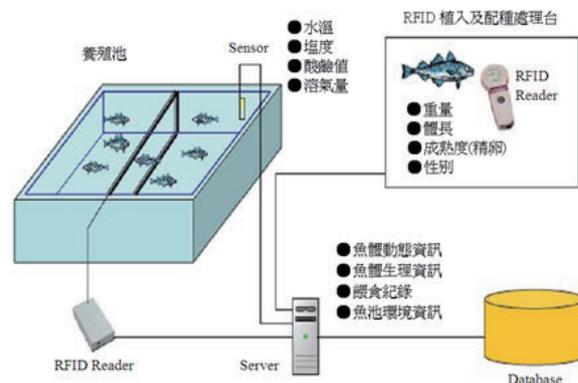
特性同台灣鯛，但其遊動狀態較頻繁。

未來展望

現行魚類養殖與配種作業時，需大量人力配合各種魚類生態與習性進行紀錄，同時為取得正確魚類生態，也必須仔細清點與分辨各種配種或繁殖用親魚，因此影響養殖效率與進度。繁養殖場若導入RFID系統，除可藉此改善傳統管理模式之外，將RFID標籤植入或掛載於種魚體內，可用水中固定



圖十二 RFID魚體標識即時動態測試之驗測及紀錄分析軟體主畫面



圖十三 導入RFID之種魚繁養殖生態即時監測與管理系統示意圖

式天線及讀取器來快速清點魚類數量，並觀察魚類的活動能力，使魚種數量、位置、活動能力等各項種魚相關資訊，均較能正確且快速地被整合於管理系統中，方便專案管理人員隨時掌握魚類資訊，以有效提升水產種原庫的管理及營運效率，並可建立更完善的種魚養殖生態監測與管理系統(圖十三)。

97年度研究計畫已完成水中RFID天線設計、電子標籤於魚體標識的大小、部位、頻率等適用性測試、RFID讀取器與天線在水中環境的操作穩定性及辨識率測試等，並完成RFID感測傳輸及測試

分析系統，但整體而言仍有許多改進空間。例如外掛之標籤目前皆為手動固定之，將來應考慮開發設計一快速且準確之外掛標籤之手持機構。另目前設計之 RFID 讀取天線是使用在淡水環境，然而因為海水與淡水的介電係數不同，其對電磁波之特性也不盡相同，所以需要繼續進行 RFID 系統天線放置於海水中之改良設計。

此外，目前鹿港使用之 RFID 低頻讀取器，無法在同一天線場形範圍內，讀取到兩個（含以上）之標籤，未來除了須增加在同一天線場形內之可讀取多標籤外，也希望可以縮短讀取時間。Anti-Collision 低頻 RFID 讀取器必須可在 1 秒內連續讀取 10 個以上對應的低頻 RFID 電子標籤。亦即，當 10 條魚同時通過或被一支天線感應時，確保其感應資料不會遺失。此技術對於在實際種魚或其他活魚監控時，是為一極重要的關鍵性技術。

現場部分，則除了讀取器之基本功能之外，還需另外設計共振電路、放大器、後端訊號解碼器與匹配器，以及標籤封裝方式改良設計。另有鑑於 RFID 讀取器有一定的價格，且價格不斐，因此需要

一替代機制以節省成本。可製作一支援多組 RFID 天線切換輪詢器，其功能在於可以在一定時間內將一台讀取器之訊號分別由多組天線切換輸出，其速度須達到切換四隻天線需時約 1.5 秒，才可以應付魚體游動之速度，但若再進一步的將之使用於有多標籤碰撞讀取機制之讀取器，需進一步開發一無線控制器與 RFID 讀取器連接，可遠端控制 RFID 讀取器，並可將讀取到的資料快速送往後端電腦伺服器，可應用於大範圍的養殖環境，增加佈建範圍。

目前建置示範系統之水中 RFID 天線已可有效涵蓋，並可初步整合各項前後端軟硬體資訊平台資料，已達預期成果。未來本計畫除進行上述之改良設計及研發重點之外，亦將提高淡水及海水種原庫之 RFID 覆蓋率，並與本所原「台灣水產生物種原資訊網」資料庫系統中之分類生態、養殖管理、繁殖記錄、選種育種記錄等種魚管理資料整合連結，利用 RFID 即時讀取之功能，將各項跨庫跨單元資料紀錄及提供近即時查詢與顯示。

AgBIO

林志遠 行政院農業委員會水產試驗所 副研究員

參考文獻

1. 林樹功 (2004) 射頻識別技術原理分析。電子工程專輯，http://www.eettaiwan.com/ART_8800343555_617739_NT_2c38b089.htm。
2. 行政院國家科學委員會 (2007) 中華民國科學技術白皮書(民國96年至99年)附錄。行政院國家科學委員會，頁208。
3. 寧煥生 (2007) RFID產品研發及生產關鍵技術。電子工業出版社，頁211。
4. Budy, P., A. I. Chokhachy, and G. P. Thiede. (2003) *Bull trout population assessment and life-history characteristics in association with habitat quality and land use in the Walla Walla River Basin: a template for recovery planning*. Annual Progress Report for 2002.
5. Engel, J. (2002) *DSP for RFID*. The 2002 45th Midwest Symposium, vol.2, 11227-11230 .
6. Feldheim, K. A., S. H. Gruber, and M. V. Ashley. (2002) *The breeding biology of lemon sharks at a tropical nursery lagoon*. Proc. R. Soc. Lond. B.
7. Flores, J.L.M. Srikant, S.S. Sareen, B. Vagga, A. (2005) *Performance of RFID tags in near and far field*. 2005 IEEE International Conference, 353- 357.
8. Mahapatra, K. D., B. Gjerde, P. V. G. K. Reddy, M. Sahoo, R. K. Jana, J. N. Saha, and M. Rye. (2001) *Tagging: on the use of passive integrated transponder (PIT) tags for the identification of fish*. Aquaculture Research 32: 47-50.
9. Wipfli, M. S., J. P. Hudson, J. P. Caoette, and D. T. Chaloner. (2003) *Marine subsidies in freshwater ecosystems: salmon carcasses increase growth rates of stream-resident salmonids*. Transactions of the American Fisheries Society 132: 371-381.