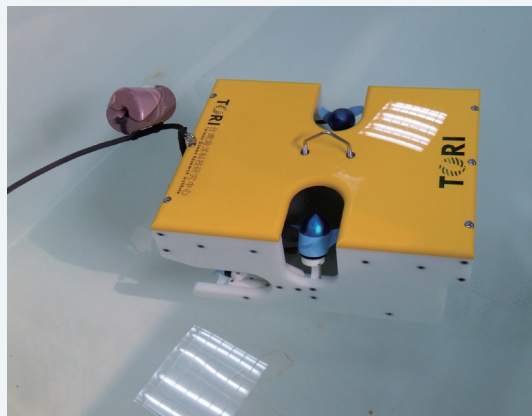


探索內太空—— 深海探索

李芳承、陳柏棋、張旭光、張家溥、穆凌吉、宋雨霖、蕭毓宏

探索深海可協助人類解析地球與生命的演化過程，或發現新的生物物種，了解生物族群在極度險惡環境中的生存之道，甚至在面臨能源浩劫的今日，新能源的探測與開採也需仰賴足夠的深海探測能力。

幅員廣闊的海洋平均深度約為 3,700 公尺，但水深 100 公尺以下就幾乎無光，而且每下降 10 公尺水壓會再增加 1 個大氣壓，如此幽暗且高壓的環境形成了人類探訪深海最大的阻礙，因此得到了「內太空」的稱號。然而，人類對深海探索的渴望促進了近年來水下科技的蓬勃發展。深海探測起源於 1960 年代，當時 2 名美國科學家乘坐深海載具 Trieste（以 85,000 公升的汽油當作浮力材）首次抵達地球上最深的馬尼亞納海溝的所謂「挑戰者深淵（the Challenger Deep）」，其深度達 10,911 公尺，這紀錄是世界首創。



遙控載具主體

1985 年美國伍茲霍爾海洋研究所（Woods Hole Oceanographic Institution，簡稱 WHOI）利用拖曳式載具 Argo 傳回的影像確定鐵達尼號船骸位置後，隔年便利用深海載人載具 HOV Alvin 與 ROV Jason 到達 3,800 公尺深的沉船位置探測，並帶回許多珍貴的影像資料。

2012 年底知名的美國導演詹姆士卡麥隆也率領團隊打造更先進的深海挑戰者號（DeepSea Challenger），成功闖入了 10,907 公尺深的挑戰者深淵進行觀測與採樣工作。時至今日，全世界仍有許許多多的海洋研究單位正陸續進行著各式各樣的海底研究、深海探勘等工作，企圖揭開深海的神祕面紗。



海洋平均深度約為 3,700 公尺，幽暗且高壓的環境是人類探訪深海最大的阻礙。（圖片來源：種子發）

海洋占地球總面積約 70%，世界上的物種有 94% 生活在海洋中，然而人類對於海洋的了解卻很少。由於海洋蘊含著豐富的天然資源與地球的歷史資訊，探索深海可協助人類解析地球與生命的演化過程，或發現新的生物物種，了解生物族群在極度險惡環境中的生存之道，甚至在面臨能源浩劫的今日，新能源的探測與開採也需仰賴足夠的深海探測能力。

基於上述原因，海洋中心身為台灣重要的海洋研究機構，將陪同大家一起探索這個未知的「新大陸」。這個過程肯定會改變許多人們傳統的觀點，從視覺感官到觸覺感官，更進一步到海底地震的議題。

自製觀察型遙控載具

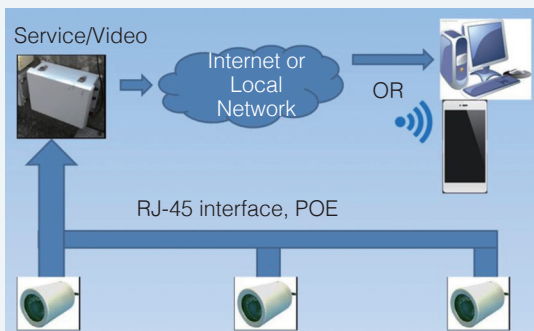
經累積數年的設計經驗後，海洋中心關鍵技術團隊終於開發成功 100 ~ 200 公尺深的近岸水下觀察型遙控載具（remotely operated underwater vehicle，以下簡稱 ROV）。其主要部件包含 ROV 本體、銅軸電纜線及控制主機，ROV 本體尺寸約為 40



岸上監控系統控制箱

公分長、30 公分寬、30 公分高，重量約為 10 公斤，本體包含了高解析攝影機與高功率 LED 照明裝置，動力由銅軸纜線接到岸上的 110 伏特交流電源提供。

岸上監控箱內整合顯示面板與搖桿手把，做為主要控制 ROV 動力的控制介面，並具備 USB 儲存影像的功能，本體也可透過纜線把水中影像、水溫、壓力即時顯像於主機螢幕。這 ROV 適用於水下管線探勘、惡劣液體環境探勘（如放射性輻射燃料池）、船底檢查、海洋生態調查等多項應用。



新型水下攝影機架構



水下觀察蝦子的大小與活動力以及池底狀況

新型水下攝影機

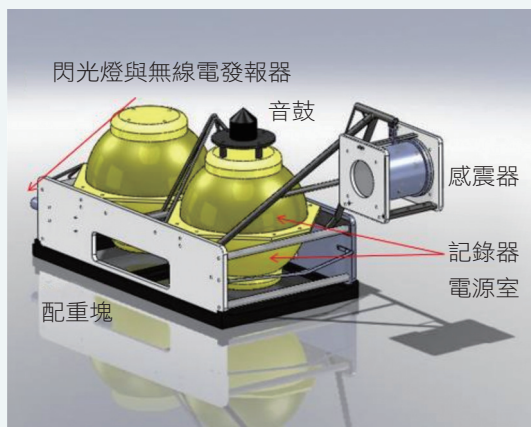
除了上述的觀察型 ROV 外，海洋中心也與中山大學團隊共同研發水下攝影機。這種新型水下攝影機擁有可雲端調校、1080P 高解析度、高穿透度紅外線與長時間防水 4 大優點，其最務實的應用是可幫助養殖業的監測。

南台灣的高雄、屏東、台南等地是國內重要的養殖地區，漁民們經常會問：「是否有簡單的方法可以告訴我們蝦子健康嗎？餵的飼料夠嗎？又該如何清除魚蝦的排泄物？」等問題。運用這高解析度的即時水下攝影技術，就可以了解蝦子的進食狀況，進而調整餵食量及餵食頻率，避免了過多的殘餌，除可降低成本外，也免除了水質污染的困擾。

清晰的影像也可檢查池底的狀況，減少因為糞便顆粒及過多的有機物質腐爛造成病原體濃度增加，影響蝦子的生長與健康。這技術在混濁的水中也可觀察蝦子的體型及行為，後者可以做為水質的指標，並了解蝦子是否受到病原體的感染，提供養殖戶事先預防的機會，避免因為感染的擴大造成巨大的損失。



在夜視功能下觀察蝦子活動的情況



海底地震儀的設計



可透過高解析度的即時水下攝影技術了解漁民養殖的蝦子狀況（圖片來源：種子發）

海底地震儀

海底地震儀是一種把地震感測器放置在海底的地震觀測系統，它可以監測並記錄地震資料，提升地震震源位置的定位精準度，並了解海底地層剖面的構造。因此海洋中心結合中央研究院地球科學研究所及中山大學海下科技研究所組成海底地震儀研發團隊，合作進行海底地震儀核心元件與關鍵技術的開發與整合。

整組海底地震儀的重心設計須兼顧儀器本體前後重心的設置，使其能保持平穩的狀態，且需能在水裡下沉過程中保持稍微向後仰的姿態與海床接觸。經過多次改良後，現已完成作業深度可達 5,000 公尺的



錨碇與主體結合後的吊掛姿態

「準寬頻海底地震儀」，且歷經 28 架次的實海測試，都證實了這系統的穩定度，可擴大台灣地震觀測的範圍。



HOV



AUV



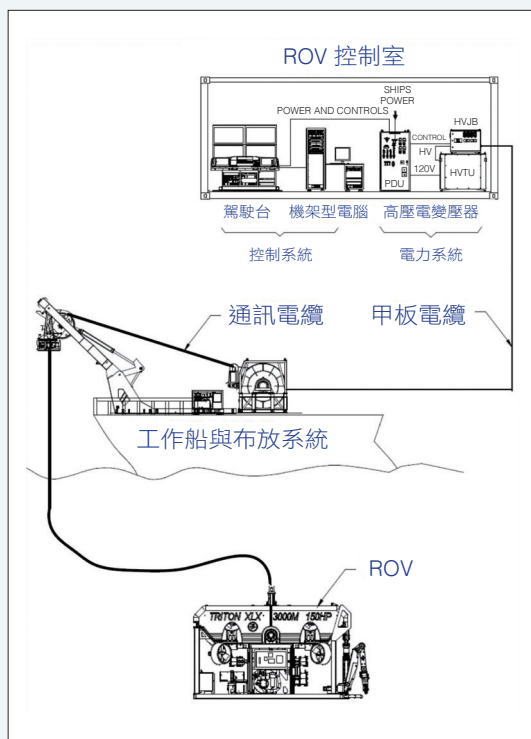
ROV

水下載具的類別（圖片來源：WHOI（左上）、GEOMAR（左下）網站）

水下載具

至今人類已打造許多不同的設備執行深海探測任務，除了可執行路徑腳本檔（Script）自動在深海航行的自主式無人載具 AUV（autonomous underwater vehicle）與可載人前往深海的載人載具 HOV（human operated vehicle）外，最為人所熟識的莫過於深海遙控無人載具（ROV）了。

ROV 是一可遠端控制的水下機器人，一般大型 ROV 都具有主電腦、推進螺槳、攝影機、燈光、機械手臂等基本配備，透過通訊電纜傳輸電力與訊號後，便可由 ROV 駕駛員在船上進行遠端操作，也因為電力是由船上提供，ROV 在水中沒有工作時間的限制。ROV 依尺寸及功能又可分为 5 級，分別是第一級觀察型、第二級可裝載觀察型、第三級工作型、第四級拖曳型與第五級原型。



ROV 系統基本配置



ROV的分類(圖片來源:VideoRay(左上)、SAAB Seaeye(中上)、Forum Energy Technologies(右上與左下)、WHOI(右下)網站)

觀察型 ROV 根據是否提供額外裝載能力又分為兩級，一般主要用來進行港內基礎設施、船隻外殼與水庫內部的檢測，或進行近岸生物觀測、淺水域電纜觀測等較輕型工作。由於觀察型 ROV 屬小型系統，因此一般設計成可方便人力搬運的型式，並把所有的操控介面整合在一收納箱中，可依任務需求快速變更工作位置。

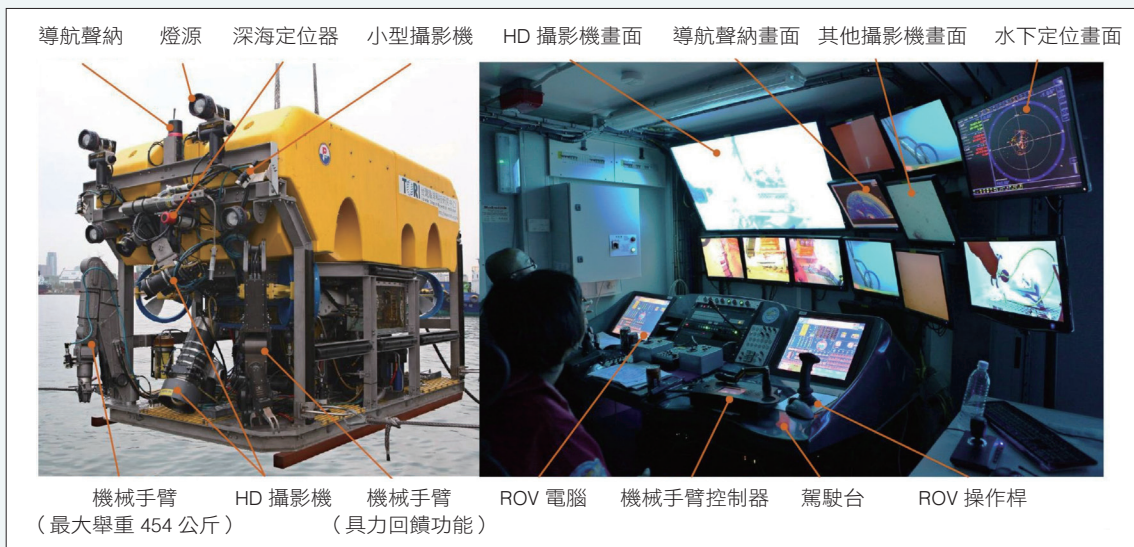
工作型與拖曳型 ROV 由於系統體積龐大，需要有專用的船隻裝載，並以專屬的布放設備協助布放與回收。大部分的工作型 ROV 都具備油壓系統與大型機械手臂，

可執行重型水下工程施作，工作型 ROV 也可裝載較多的探測儀器與採集樣品。拖曳型 ROV 主要負責海底管線與電纜的鋪設工作。由各單位自行研發製造的 ROV 則屬於原型，如美國 WHOI 的 ROV Jason II、ROV Nereus 等，根據不同的任務需求而設計專有的規格與功能。

海洋中心工作型 ROV 系統

海洋中心目前擁有一套工作型 ROV 系統，最大水下工作深度是 3,000 公尺，可符合

海洋中心擁有一套工作型 ROV 系統，最大水下工作深度是 3,000 公尺，可符合台灣周遭大部分海域的探測需求。



海洋中心 ROV 本體（左圖）與 ROV 駕駛台配置（右圖）。

台灣周遭大部分海域的探測需求。而 ROV 的油壓系統可輸出 150 匹馬力，提供推進螺槳與機械手臂使用，另外與下掛式工具籃整合後，可再擴充 250 公斤的探測設備或放置科學樣品，基本上可滿足多功能工作型 ROV 運作的需求。

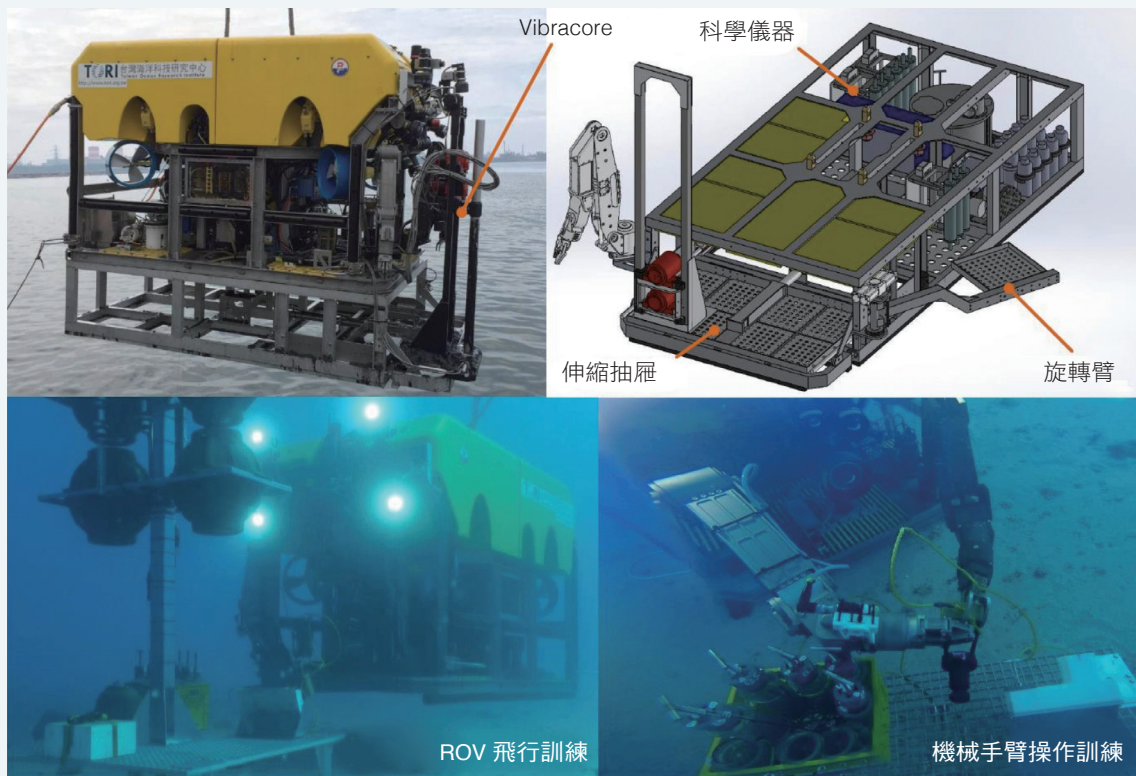
海洋中心 ROV 共配備 9 組攝影機提供不同角度的影像即時回傳，其中包含 2 組 HD 高畫質攝影機可支援高畫質的影像攝錄工作，透過 ROV 燈光的照射可使幽暗的深海恢復原有的顏色。另外導航聲納可協助駕駛員在能見度不佳的水域判別前方的障礙物，水下定位發報器與深海定位器則分別以聲波傳遞的方式執行工作船與 ROV 間的定位，以及 ROV 與水下目標物間的定位等工作。

除此之外，ROV 本體還提供許多備用電力與訊號輸出通道，因此可依任務需求掛載各式水下感測器與科學儀器。為提供足夠的推進效能，ROV 的 8 組推進螺槳（水平 4 組、垂直 4 組）以油壓驅動，同樣以

油壓驅動的還有兩組機械手臂，其中鈦合金機械手臂可提供 454 公斤的舉重能力。另外一組則具備力回饋功能，當舉重過重時，手臂控制器的搖桿便會以震動告知駕駛員已達工作極限，相同的油壓系統也預留 16 組備用油壓迴路供未來系統擴充使用。

除了上述的功能外，海洋中心更自行設計了一個下掛式的工具籃，可與 ROV 整合，提供額外的儀器安裝空間，以及在工具籃上方的伸縮式抽屜與旋轉臂，可協助安全收納採集樣品。為提升台灣自主深海探測能量，海洋中心近日才剛完成 ROV、工具籃與科學探測設備「震盪式岩心採集器」的整合測試，以及駕駛員實海訓練工作。

ROV 須由兩位駕駛員在船上的控制室中操作，控制室中的駕駛台是操作 ROV 的核心，舉凡 ROV 的所有動作、攝影機與燈光的控制、機械手臂的操作、各項附屬功能的控制與系統狀態的監控都可在駕駛台



ROV、下掛式工具籃與 Vibracore 整合測試（左上）、下掛式工具籃設計圖（右上）、駕駛員實海訓練工作（下圖）。

進行。駕駛員也透過控制室內部的電視牆，觀看即時由 ROV 回傳的深海影像，電子海圖、水下定位系統與聲納系統的顯示畫面也整合在電視牆中，可提供駕駛員足夠的導航資訊。

ROV 與控制室中間連接的則是通訊電纜與布放系統，通訊電纜負責高壓電與訊號傳輸。由於 ROV 需即時透過通訊電纜內部的光纖把大量的資料送回船上。布放設備包含研究船上 ROV 專用 A 架與吊掛夾爪與絞機。由於 ROV 本體重達 5 噸，須透過布放設備的協助才能安全地布放與回收。

闖盪「內太空」或許不是一蹴可幾的，但隨著科技的進步，人們也逐漸揭開深海的真實樣貌。事實上大海是個資源富饒的

天然教室，有太多的資源與訊息等著我們發現，身為島國的台灣更應該深入了解它。當前台灣海洋科學界與產業界對於海洋工程與深海科技等領域都已累積了一定的實力，在各方的共同努力下，水下探測技術成熟之時指日可待，潛入深海將不再是夢想。

李芳承、陳柏棋、張旭光、張家溥
穆凌吉、宋雨霖、蕭毓宏
國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心