

文蛤自動收穫系統之研發與測試

何雲達*

行政院農業委員會水產試驗所 海水繁養殖研究中心台西試驗場

摘 要

本研究旨在研發一人即可操作的文蛤自動收穫系統，以減少勞力負擔和成本。該系統由動力行走載具及自動收穫機具組成，兩者皆已經過三次以上的改良。動力行走載具係將簡易之單一鐵桿輪驅動筏，改裝成可搭載人員之雙鐵桿輪驅動筏，採農用搬運車之變速箱，以左右剎車方式轉向，確立水中行走方式。自動收穫機具則由傳統之集蛤網具搭接輸送機組成，該輸送機之動力可獨立於行走載具，或由行走載具提供。為縮短系統架構之長度，另研製搭載輸送機之高架式水中驅動車，兩者共用動力，而收穫泵浦動力則單獨使用，為提高收穫效率使用較傳統馬力數高約二倍之引擎，然重量亦隨之倍增，故需由浮筒乘載，作業時以驅動車在後推移拖曳引擎泵浦架座與驅動車間之集蛤網具。初步試驗結果，動力行走載具及自動收穫機具已能順利上下魚池，並有效地收穫文蛤。

關鍵詞：自動、收穫系統、文蛤

前 言

文蛤養殖雖為區域性產業，但因種苗與管理成本低，利潤相對較高，近幾年養殖面積與生產量均緩慢持續增加中（漁業署，2000, 2001, 2002 2003）。在養殖過程中文蛤除偶因意外暴斃難以防範外（丁與何，1995），對業者最大的困擾在於收穫作業太辛苦，甚至因而產生職業病，導致年輕人不願投入，老師傅退休後，收穫效率日漸低落，因此自動收穫系統之研發有其迫切性。由於文蛤以池塘養殖為主（Chen, 1984），養殖池面積之大小懸殊，池水深度淺，池底不是純沙質，以自國外引進之船體或車體為載具或類似之收穫機具，在作業時，均有難以克服之問題點。因此針對現有傳統載具與機具之不斷進行改良與測試，期能充分發揮預定之收穫功能與效率，但其功能與效率之穩定性及作業前與作業中操作之複雜性，以及各元件是否可耐高鹽份腐蝕，均為需要持續改良之缺點。

國外的蛤類或類似的貝類收穫機具有多種型式，如日本有蜆收穫船（陳等，1991）、法國有蛤類收穫機（江，1992）、美國有牡蠣收穫機（Collier *et al.*, 1987）以及大陸有吸螺蜆機等。由於國內之養殖場環境條件與國外者相差懸殊，以致國外類似之收穫系統無法直接應用於國內，而國外大多以湖泊、河川、海灘等天然環境為養殖場，面積寬廣，水較深者可利用船為載具，水淺底質緊密者則可用車輛為載具，載具不需經常離開養殖場，可不具機動性，因此載具無載重量限制，而有足夠空間配置較大之動力傳動系統，以提供予所附掛之收穫機，其收穫方式有利用拖刮、旋轉刷、動力梳、或真空吸取等將貝類自潛棲之沙土中取出，再以吊桿、螺旋鑽、輸送帶、或真空方式移出水面並送入載具。但國內之養殖場為個別之魚池，魚池水淺且大小懸殊，即使 3 ~ 5 ha 之大魚池也不超過十天必可完成收穫，平均三至五天需更換魚池收穫，則收穫機具必須具備機動性，以便於上下池堤及池間移動。因此國外之大型重機械式收穫系統不符合國內之需求，即使其收穫原理也未必完全應用得上，不得不就國內現有傳統機具之收穫原理，進行收穫效率無法完全發揮之檢討。

*通訊作者 / 雲林縣台西鄉 636 中央路 271 號, TEL: (05) 698-2921; FAX: (05) 698-3158; E-mail: hoyundar@ms58.url.com.tw



Fig. 1 Traditional harvesting device equipped with a diesel engine and a water pump on a raft.



Fig. 2 Traditional collection device consisting of a water ejection tube, a wire-mesh bucket, and a long open-ended net.

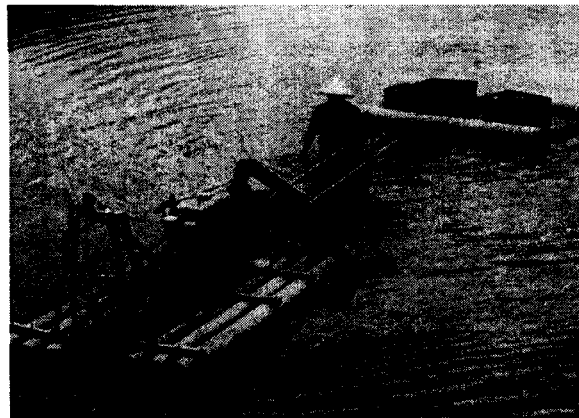


Fig. 3 Single-wheeled raft used to tow a traditional harvesting device underwater.

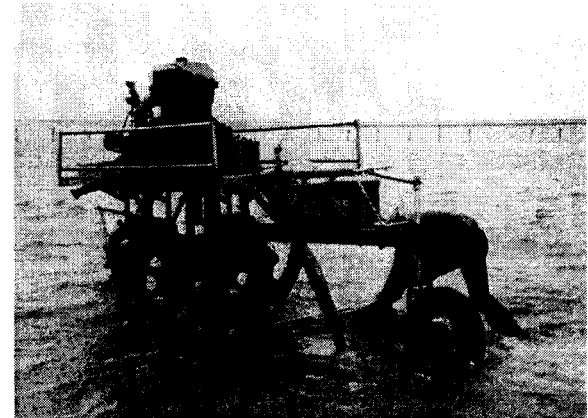


Fig. 4 Elevated vehicle used to harvest short-necked clams.

國內一般文蛤收穫機具為噴水管與金屬集蛤網之組成 (許, 1979)，以柴油引擎為動力傳動抽水幫浦，抽水幫浦出水口與噴水管間由可彎曲之耐高壓導管以懸空方式連通，引擎及抽水幫浦由膠筏所乘載，如 Fig. 1 所示。在膠筏外之噴水管由一管徑 76.2 mm 之主管與管徑 25.4 mm 之支管焊成後呈「D」形，噴水管之主噴管噴孔間距較密且可向下噴水，以鬆動底土一定深度，使文蛤與沙土懸浮，主噴管並具有向後之噴孔，間距為向下噴孔之 2 倍。而管徑 25.4 mm 之支管僅有後方噴孔，可使水流向後，使懸浮之文蛤被水流帶入金屬集蛤網內，而沙土通過網之間隙，文蛤因慣性及水流作用通過金屬網槽，再進入末端所連結之尼龍軟網，如 Fig. 2 所示。當文蛤進入網內一定量後，作業人員需提盪抖動軟網，清洗去除沙土並使文蛤集中於軟網末端後，再提高拋入置於

膠筏上之膠簍內，抽拉使文蛤通過軟網末端開口裝入簍中，人員在水中操作相當辛苦。而花蓮之蜆養殖業者使用可由單人操作之收穫機具，以單一鐵桿輪取代倒行拖曳人員，所需動力與抽水幫浦共用同一部柴油引擎，其作業方式為每拖曳一段距離需停止拖曳，抖盪提起進入軟網一定量之蜆裝入膠簍內，雖可減少一人工，但工作上一樣麻煩與辛苦，如 Fig. 3 所示。其單位時間之收穫量必然低於以人力拖曳之連續收穫，所需工資也較低，但單位收穫量所需支付之工資未必較低。另外在彰化漢寶沿海淺海養殖花蛤，則以高架式三輪車替代膠筏裝載引擎及抽水幫浦等組件，如 Fig. 4 所示。雖可連續收穫，但車體行走無人員在車上隨意操控，而以固定方向桿之方式任由車體自行繞大圓圈行走，因重疊收穫而降低單位時間之收穫量，且車體也僅適合在底質較緊密之沙灘

上行走，若在緊密鬆軟不同之魚池內行走，則有陷住打滑而動彈不得之情形。因此現有單人作業之收穫機具並未完全以機械取代人力，而無法提高收穫效率，必須研製取代人力之機械架構。

材料與方法

一、文蛤自動收穫雛型系統之研製

經規劃設計組裝兩類型式之文蛤自動收穫雛型系統，第一類型為高架車體採收頭前置式，其架構如 Fig. 5 所示，車體架構類似四輪乘坐式插秧機，乘載收穫機具在鬆軟沙土池中行走，進行是否具收穫功能之測試。高架車可乘坐作業人員，車架上配置有二部汽油引擎，一部提供行走與輸送機之動力，另一部為與抽水泵浦結合一體之引擎，輸送機在車架中央部位，入料口在車架前端底部銜接集蛤器，向後上方傾斜，出料口導槽延伸出車架外，可由另一部運輸筏承接。鬆土之噴水管向車架前端延伸，噴水管後方接集蛤器，末端有活動關節與輸送機銜接，輸送機傾角不變，集蛤器與噴水管由簡易式絞鋼索懸吊以控制與池底之接觸狀況。

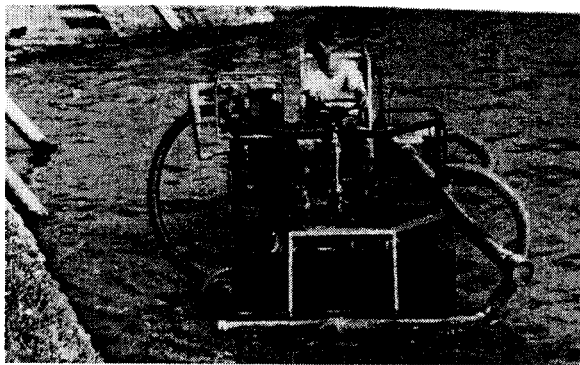


Fig. 5 Prototype amphibious vehicle.

第二類型為筏體拖曳採收頭式，筏體載具以膠管為浮體，在筏體上配置汽油引擎泵浦及發電機，輸送機在筏體側邊，如 Fig. 6 所示。集蛤網具在筏體底下，以連桿連接於筏體，可由操作者提起轉向或放下採收，集蛤網後方連接橫向輸送管，以噴管後噴之水流在輸送管內帶動文蛤進入

輸送機之入料口。兩類型所使用之採收頭均參照傳統以噴管噴水鬆土，並以水流帶動物料進入集蛤器之方式，集蛤器內之文蛤再以噴管水流帶入輸送機之入料口，輸送機分別固定於車體或筏體上，測試是否具有收穫功能並作局部改良。

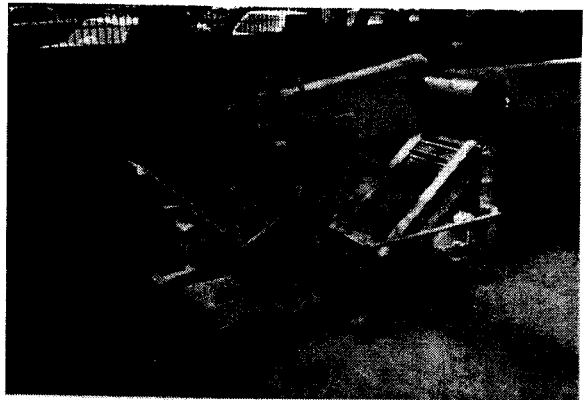


Fig. 6 Prototype harvester.

二、浮筏式動力行走載具與拖曳式水中輸送機之研製

研製之浮筏式動力行走載具可乘坐人員，柴油引擎提供行走動力及噴水鬆土用抽水泵浦所需動力，浮筏兩側有擺臂式鐵桿輪，以減速機與變速箱傳動控制行走速度及轉向，抽水泵浦出水口高壓管與噴管之架構仍參照傳統方式。經由前項兩雛形系統測試結果顯示，自動收穫之整體系統架構有重新檢討規劃之必要。因此將較笨重之動力載具與較為輕巧之收穫頭與輸送機分離，而動力載具有行走功能且可乘坐人員，輸送機則有接地輪，入料口銜接收獲集蛤網，比照傳統收穫機具，由前方之動力載具所拖曳，而載具採用船筏方式，類似蜆之收穫機具，但需以兩輪各別剎車之方式控制行走路徑與轉向。筏體上配置有 18 hp 之柴油引擎與搬運車用變速箱及 127 mm 出口之抽水泵浦，動力輪以旋轉軸擺臂方式裝設於筏之兩側，長臂輪架近端重量由筏體承受呈懸吊狀，在水中僅有動力輪與長臂輪架遠端之重量壓觸池底，動力輪類似收穫蜆之鐵桿輪，可將壓破文蛤之機率降至最低，但離開水面前需更換插秧機之包膠片狀輪，且長臂輪架需固定住避免旋擺以支撐筏體重量，筏體前端另有兩個惰輪在上陸前需

先裝上，在陸地上以四輪式行走。當將前項第二類型筏體拖曳採收頭式之集蛤器雛型系統中之集蛤網具連結輸送機之架構拆下，則成為獨立機組件，但必須裝設接觸地面之惰輪及浮筒以減輕在水中之重量，亦即減輕載具所需之拖曳力，如 Fig. 7 所示；測試在魚池坡道與路面短距離空車行走，及在池水中收穫作業操作所遭遇的問題。

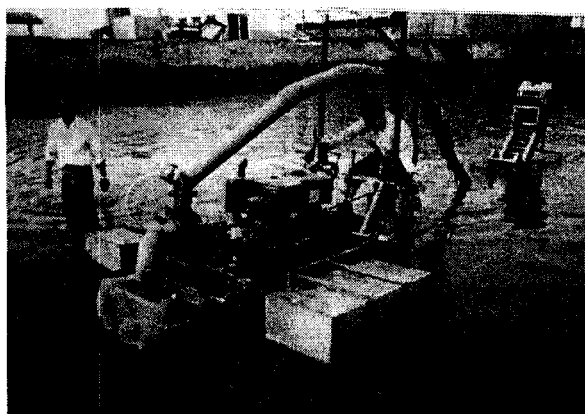


Fig. 7 Testing of the driving raft towing a conveyor in a pond.

三、採收頭架構之改良

傳統採收機具之收穫頭主要架構分噴管組與不鏽鋼集蛤網組，噴管組呈「D」形，主噴管管徑 76.2 mm，長 91 cm，噴孔孔徑 3.5 mm，分向下噴可鬆動底土及向後噴可產生水流使沙土及文蛤懸浮並在集蛤網內移動，下噴孔間距 15 mm，後噴孔間距 30 mm。次噴管管徑 25.4 mm 僅有間距 30 mm 孔徑 3.5 mm 之後噴孔，以加強水流使文蛤與沙土可通過金屬網而進入軟網袋內，如 Fig. 2 所示。金屬網前緣為銳利之刮板，前端兩側有螺絲孔溝，可變換調動螺絲固定位置，固定點位於次噴管兩端彎曲處，視池底底質軟硬程度不同可上下調整後固定在不同位置，噴管與刮板之上下間距影響拖曳之費力程度與收穫效率。應用傳統收穫機具之噴管組與集蛤網具聯結方式，改良為可自動調整刮土深度，以提高噴管集蛤網具之收穫功能，同時改良抽水泵浦之配置架構並作不同型式抽水泵浦之噴水效率測試，使用較大馬力數之引擎，測試提高收穫效率之可能限制條件。

四、高架式水中驅動車之研製

在高架車體採收頭前置式自動收穫雛型系統之研製、測試與改良基礎上，設計高架式水中驅動車時，即特別加強傳動元件之強度，乃為避免動力輪陷入鬆軟土質，抓地力足夠未發生打滑現象時，引擎在熄火前傳動機組件強度不足先斷裂。且鑑於浮筏式動力行走載具離水面時重心明顯偏移於轉向惰輪上方，以致驅動輪承受重量不足而容易打滑，且惰輪被推移未滾動以致轉向困難。因而將車體設計成前輪驅動後輪轉向，以配合重心在車體前端，排除前述行走不順暢現象。另輸送機則裝設成以車體前下方為起點，水平入料順向刮板式，在車體後上端出料，以動力傳動軸為支點，可前後改變不同傾角，輸送機之入料口使用可伸縮之軟式金屬網，與收穫頭之噴管集蛤網後端噴管相連接。

高架式水中驅動車與刮板式水中輸送機結合成一體，車體驅動輪由原來之插秧機包膠片狀輪，更換為具有浮力之鼓狀浮桶輪，可在路面短程行走。在水中另加裝鐵桿輪，避免鬆軟底質打滑，車架底部加裝浮管與否，進行操作靈活度，行走定位穩定度之測試。車體前端組裝收穫頭動力架座及集蛤網具與懸吊架後，以平衡桿與操控桿測試操作控制是否靈敏，網具之摩擦力對收穫功能之發揮，需在不同池底狀況進行調整測試。

結 果

一、文蛤收穫雛型系統之研製

(一) 高架車體採收頭前置式雛型系統

車體為四輪式，後輪驅動，前輪可轉向，車輪以插秧機之包膠片狀輪在排乾水池中測試，有陷住打滑現象。改使用自行研製之寬幅未包膠之鐵材葉片輪，在淺水池中測試時，可順利行走。但因集蛤器與噴水管之接觸池底狀況控制靈活度不夠，且連體式汽油引擎泵浦之流量與壓力均不足，以水柱鬆動底土之深度有限，無法讓文蛤懸浮進入集蛤器，另將文蛤置入集蛤器前端，因向後噴所形成之水流強度不足，且集蛤器前後高低略微傾斜，文蛤進入輸送機入料口相當不順暢。

再進行傾斜角與懸吊操控之改良，增加與池底之接觸面，可收穫之文蛤遠少於傳統集蛤器，且驅動輪很容易陷住打滑，在既有架構上難以再作改良。

(二) 筏體拖曳採收頭式雛型系統

本試驗系統之集蛤網由筏體拖曳可有效接觸池底，並順應池底之起伏自行調整，但筏體無行走動力，由操作者推移行走，類似傳統機具之操作方式。在養殖池測試結果顯示，文蛤可經輸送機移出水面，不定量自出料口排出，但集蛤網具之傾斜角度與噴水強度影響出料量多寡，但當集蛤網具刮土深度增加時，雖可相對提高收穫量，但因增加刮土深度而必須降低拖移速度，刮土深度增加，拖移阻力亦相對增加，以致人力難以負荷。另因集蛤網具末端銜接彎曲之輸送導管，當水流強度不足夠則文蛤與沙土在管內堆積阻塞，測試時以人力推移筏體上下斜坡道，以及收穫前後之組裝與拆卸，需要較傳統機具多些人力與時間是難以避免的。

經由文蛤自動收穫雛型系統之研製與測試及局部改良結果得知，收穫之噴管集蛤網具採用拖曳方式較前置推移方式更能靈活適應池底地形而增加文蛤入網量。如此證明將集蛤網具與輸送機入料口互相銜接之方式，使文蛤移出水面是可行的，但需有足夠的水流力量以引導帶動文蛤進入輸送機之入料口，且載具在水中如船筏般漂浮，亦可免除重力壓破文蛤之顧慮，較能為業者所接受，但因筏體無動力而外加動力困難，且收穫前後各元件組裝與拆卸費時，放棄局部改良。

二、浮筏式動力行走載具與拖曳式水中輸送機之研製

(一) 浮筏式動力行走載具之研製

在陸地上及水中測試結果發現，因引擎與抽水機位於筏體前端，筏體重心在惰輪上，而惰輪輪幅寬度不夠，離開水體浮力不足夠時，容易陷入軟土中，轉向時輪面刮土無法滾動，驅動輪容易打滑挖土，從路面經斜坡道下魚池時，因重心偏離，具煞車功能之驅動輪難以煞住。在水中未拖曳輸送機與收穫集蛤網具行走時可靈活操控，

但具拖曳負荷時，容易產生剎車失靈及行走路徑偏移現象。另較嚴重之問題在於引擎馬力數不足夠傳動抽水泵浦噴水鬆土，明顯影響收穫效果，與抽水泵浦改裝為反向傳動軸及出水口導管太長不無關係，在筏體上之架構如 Fig. 7 所示，此一架構較傳統機具更不利於收穫功能之提高。

(二) 水中輸送機之研製

因初次研製之輸送機以承接方式入料，進入集蛤網末端之文蛤不需經由轉向之輸送導管進入輸送機之入料口，如同傳統集蛤網具直線進入輸送機之入料口。而一般輸送機輸送物料需由高處將物料向下置入入料口，在水中則以水流與網槽之導引帶動物料向上漂浮，進入位置較高之入料口，因水流漂浮力極不穩定，常有反射回流現象無法準確進入入料口。但在池中測試時因文蛤在集蛤網內被水流帶動向後上方漂移時，有可能溢出上端開放空間，當集蛤金屬網間隙被阻塞時，水流明顯向上溢出，因此需封住上方開放空間或作其他之改良。因而再研製刮取入料方式之輸送機，物料在水中被水流帶動平移進入同一平面之入料口，再由輸送機之隔板刮入間隙內，則可完全入料。但輸送機與傳統人力拖曳之採收集蛤網銜接時，其與池底接觸之摩擦力難以人力拖曳抵消，及池底不平坦時，機座左右傾斜而影響收穫功能，在轉向時因採收頭與輸送機無法舉昇而形成相當大之阻力，抽水泵浦引擎若未及時減速，噴管在原地鬆土形成凹洞，輸送機之惰輪陷入洞中，更增加移動之困難度。當輸送機與浮筏式動力行走載具之收穫頭搭接時，因引擎馬力數不足夠，以致噴水鬆土深度不足，雖有足夠之拖曳力，仍無法發揮應有之收穫功能。

三、收穫頭架構之改良與測試

(一) 收穫頭噴管集蛤網具組件之改良

改良式收穫頭將噴管組與集蛤網具合併成一體，可分活動之噴水刮管搭接收集金屬網，與固定噴管搭接收集金屬網二元件，因收穫寬度擴增為 182 cm，即橫向主噴管長改為 182 cm，其後另設有三支後噴管，以確保有足夠之水流力量將文蛤帶入網具末端之輸送帶入料口 (何, 1996)。經改良後所

Table 1 Rotation speed (rpm) and pumping capacity (l/s) of three types of pumps at different inner pressures

Pressure (kg/cm ²)	Measurement	Type and size		
		Nine large vanes	Ten small vanes	Ten large vanes
0.6	Mean speed	1300	1350	
	Mean capacity	12.99	12.82	
0.8	Mean speed	1450	1520	
	Mean capacity	14.49	14.49	
1.0	Mean speed	1640	1655	1400
	Mean capacity	15.87	15.63	16.39
1.2	Mean speed	1760	1780	1530
	Mean capacity	17.62	16.67	17.54
1.4	Mean speed			1630
	Mean capacity			18.52
1.6	Mean speed			1730
	Mean capacity			19.61

使用噴管組向下噴之主噴管之噴孔間距為中間部位大於兩端，即正中央之兩孔間距為 20 mm，最外端兩孔間距為 10 mm，由外向內以 0.17 mm 遞增，182 cm 長之主噴管共 120 個噴孔，以不等間距分佈，降低水柱之相互作用所形成鬆土深度不同之缺點。為了緩和三角活動刮管所附金屬直條網傾斜度，減小與地平面間之角度，而將第一支後噴管改為半圓管。改良後之噴管組僅剩兩支後噴管，即原有的第二支後噴管省略，如此可縮短文蛤在集蛤網上之移動距離，更進一步避免積料，同時縮短整體架構之長度，如 Fig. 8 所示。而活動三角刮管仍沿用接近正三角形截面者，為確保收穫功能之發揮，進行下列不同廠牌不同規格之抽水泵浦的不同組裝方式之噴水性能測試。

**Fig. 8** Improved harvesting device with a shorter water ejection tube.

(二) 不同廠牌不同規格之抽水泵浦性能比較測試

為改良抽水泵浦之進水與出水管配置方式，以提高噴水效能，作為收穫頭引擎與抽水泵浦架構改良配置之依據，而進行下列以不同組裝方式之不同型式與廠牌之抽水泵浦的噴水效率測試。由於文蛤之收穫原理為使用噴管噴出強力水柱沖鬆底土，並以強大水流帶動沙土與文蛤入網內且分離之，因此引擎能以較低之轉速擠壓出壓力高且水量大之水柱，則可導引強大水流提高收穫功能。

1. 比照傳統採收機之離水式架構配置，抽水泵浦裝設於 12.5 hp 引擎之水平架座上，所銜接之噴管組為 106 cm 者，在抽水泵浦之排氣注水孔上裝設以高壓管延伸之壓力表，壓力單位為每平方公分之公斤數。以轉速計測定抽水泵浦之皮帶輪軸心，直接讀取每分鐘之轉速。流量以碼表計算通過噴管組及水表每立方公尺所需秒數，再換算成每秒通過水量之立方公吋數，測定結果如 Table 1。

Table 1 顯示各廠牌不同葉片規格之平均流量隨轉速之增加而增加。其中 A 廠牌之 9 葉片數、大葉片型之性能與 B 廠牌 10 葉片數、小葉片型性能較接近。兩者相較，在任何水壓下，A 廠牌均可以較 B 廠牌較低之轉速，每秒擠壓出較多之水量，但此兩型無法提高至更高之轉速達

Table 2 Rotation speed (rpm) and pumping capacity (l/s) of a nine-large-vane pump with three types of ejecting tubes and engine powers at different inner pressures

Pressure (kg/cm ²)	Measurement	Connection		
		182-cm tube and 12.5-hp engine	182-cm tube and 23-hp engine	106-cm tube and 12.5-hp engine
0.6	Mean speed	1490	1525	1300
	Mean capacity	20.83	20.83	12.99
0.8	Mean speed	1620	1650	1450
	Mean capacity	22.73	22.22	14.49
1.0	Mean speed	1810		1640
	Mean capacity	25.64		15.87
1.2	Mean speed			1760
	Mean capacity			17.62

到每平方公分 1.4 公斤之水壓，同時顯示水壓不超過每平方公分 1.2 公斤時，A 廠牌以較少葉片數之大葉片型可以較低之轉速維持各定值水壓，而 B 廠牌多一葉片數，但葉片較小，則欲維持相同水壓需較高之轉數。另外，B 廠牌 10 葉片數、大葉片型之平均轉速在 1400 rpm 即可達到每方公分 1.0 公斤之水壓，在該水壓下，每秒所擠壓出之水量較高於前兩型，在維持每平方公分 1.2 公斤之水壓所需之轉速較前兩型低，在相同水壓下每秒鐘擠壓出之水量未明顯低於前兩型，水壓高達每平方公分 1.6 公斤時，其壓力與轉速尚能維持相當穩定。因此，B 廠牌 10 葉片數之大葉片型最有利使用於提高收穫機構之噴水效能。

- 將 A 廠牌 9 葉片數之大葉片型泵浦銜接 182 cm 較大型噴管組，分別以 12.5 hp 及 23 hp 引擎帶動，再與銜接 106 cm 之傳統式噴管組，由 12.5 hp 引擎帶動時，三者間均以離水式架構配置進行前項測試之結果如 Table 2。

Table 2 顯示所銜接之噴管組較大型其噴孔較多以相同之馬力數帶動抽水浦必須以較高之轉速才能維持銜接較小噴管組相同之水壓，而高轉速下平均流量必然較大。但同樣銜接大型噴管組以較大馬力數之引擎帶動，反而需要較高之轉速才能維持與小馬力數帶動相同之壓力，而所擠壓出之水量未必較大，當大馬力數引擎轉速

較小馬力數引擎高，其出水量卻較少，又未必較省油，則十分不合理。

- 再重複第 1 項之測試，比較三種型式之抽水泵浦，改使用 23 hp 引擎帶動，並改銜接 182 cm 較大型之噴管組，得結果如 Table 3。

Table 3 之結果與 Table1 互作比較，顯示提高帶動引擎之馬力數與銜接較大型之噴管組，仍以 B 廠牌 10 葉片數之大葉片型最有利應用於提高收穫機構之噴水效能。

- 將 A 廠牌 9 葉片數之大葉片型抽水浦銜接 182 cm 較大型噴管組，以 23 hp 引擎帶動，分離水式組裝，沈水式組裝且泵浦入水口開放，沈水式組裝泵浦之入水口套接 90 度角彎頭，進行前述之測試，得結果如 Table 4。

Table 4 之結果顯示在低水壓之情況下，離水式組裝與沈水式入口開放組裝之平均轉速無顯著差異可維持相同壓力，但以離水式組裝所擠壓出之每秒平均水量大於沈水式入口開放組裝。而水壓略升高時，沈水式需以較高之轉速才能維持與離水式組裝相同之水壓，而水量可相對提高，但離水式組裝所能提高之水壓低於沈水式，因此由高架式水中驅動車所推移之收穫頭噴管集蛤網具所使用之抽水浦為沈水式組裝。沈水式組裝之泵浦入水口開放與套接 90 度角彎頭之比較得知，在維持相同水壓之條件下，入水口開放所需之平均轉速低於入水口套彎頭者，而在某一定

Table 3 Rotation speed (rpm) and pumping capacity (l/s) of three types of vanes using a 23-hp diesel engine and a 182-cm ejection tube at different inner pressures

Pressure (kg/cm ²)	Measurement	Type and size		
		Nine large vanes	Ten small vanes	Ten large vanes
0.6	Mean speed	1525	1503	1310
	Mean capacity	20.83	20.20	20.83
0.8	Mean speed	1650	1635	1397
	Mean capacity	22.22	21.92	22.22
1.0	Mean speed		1850	1565
	Mean capacity		24.39	24.39
1.2	Mean speed		1915	1650
	Mean capacity		25.64	25.04
1.4	Mean speed			1747
	Mean capacity			27.08
1.6	Mean speed			1813
	Mean capacity			28.17

Table 4 Rotation speed (rpm) and pumping capacity (l/s) of a nine-large-vane pump with three types of ejecting tubes and engine powers at different inner pressures

Pressure (kg/cm ²)	Measurement	Install type		
		Installed above the water	Immersed in water, joint free	Immersed in water, joining bent joint
0.6	Mean speed	1525	1510	1585
	Mean capacity	25.83	20.41	20.94
0.8	Mean speed	1650	1705	1755
	Mean capacity	22.22	23.26	22.73
1.0	Mean speed		1835	1997
	Mean capacity		24.59	25.00
1.2	Mean speed		1955	
	Mean capacity		26.32	

壓力條件下，開放之入水口可以較低之平均轉速，擠壓出較套接彎頭大（每秒平均值）之水流量，因此證明沈水式組裝抽水泵浦之入水口開放時，較有利應用於提高收穫機構之噴水效能。

- 將 A 廠牌 9 葉片數之大葉片型抽水泵浦銜接 182 cm 較大型噴管組，以 23 hp 引擎帶動沈水式組裝，比較抽水泵浦入水口處僅套接 90 度角彎頭，以及彎頭另接 80 cm 膠管，彎頭另接 160 cm 膠管，彎頭接 80 cm 膠管再接縮小成 76.2 mm 之接頭等，進行前述之測試所得結果如 Table 5。

由 Table 5 得知，在抽水泵浦入水口處僅套接 90 度角彎頭，欲維持相同之較低固定水壓時，其所需平均轉速均較另外套接膠管或接頭者低，但每秒之平均水流量除較套接縮口管者大外，均小於套接不同長度之膠管。而所套接之膠管較長者，在維持相同之固定水壓時，其平均轉速未必需較高，但每秒之平均水流量較小於套接較短之膠管者。因此顯示沈水式組裝之抽水泵浦之入水口處另套接一定長度之膠管，或膠管末端予以縮小口徑，將降低收穫機構噴水效能。

Table 5 Rotation speed (rpm) and pumping capacity (l/s) of a 23-hp diesel engine with a nine-large- vane pump immersed in water with its suction mouth joining a different bent joint

Pressure (kg/cm ²)	Measurement	Joint type			
		Bent joint	Bent joint and 80-cm pipe	Bent joint and 160-cm pipe	Shrunken bent joint
0.6	Mean speed	1585	1635	1630	1655
	Mean capacity	20.94	21.16	21.05	19.61
0.8	Mean speed	1755	1845	1870	1795
	Mean capacity	22.73	23.26	22.22	21.28
1.0	Mean speed	1997	2015	1983	1985
	Mean capacity	25.00	25.32	24.10	23.26

四、高架式水中驅動車之研製

在未組裝採收頭前，先以空車在池中進行行走測試，在車體兩側可臨時加裝長 380 cm、直徑 30 cm 之浮管，車架底部後端另有空間可加裝兩支 166 cm 同直徑之浮管，以減輕車體在水中之重量。測試時車體由路面進入魚池斜坡道，以及由坡道至池底平面，兩側較長之浮管均有碰觸地面坡道緣及末端頂住坡道與池底之狀況。未組裝採收頭前，使用插秧機之包膠片狀輪為驅動輪，行走操控尚稱自如，無陷住或打滑之現象。但組裝銜接採收頭後，且噴管進行鬆土時，底土明顯鬆軟，驅動輪陷入較深，增加噴管網具接觸池底之摩擦力，因未及時舉昇，車體移動速度減慢或停止，噴水引擎未來得及減速，以致在短距離內形成凹凸不平，而包膠片狀輪經過凹凸區時，行走更困難，因打滑而愈陷愈深。因此研製鼓狀包膠浮桶輪取代片狀輪及浮管之功能，如 Fig. 9 及 Fig. 10 所示，在池中空車行走尚有打滑情況，而組裝採收頭後略微嚴重，經加裝鐵桿輪後可避免打滑，但若遇上池底嚴重凹陷區，車架底部觸地或惰輪陷住仍有打滑之現象。另因加裝鐵桿輪時，車體需舉昇，必須再加裝油壓缸舉昇裝置，除可舉昇加裝鐵桿輪外，亦可舉昇原地轉向，在嚴重凹窪區內陷住時有助於脫困。

由於測試池中有多處凹窪不平區，池水較淺時，浮桶輪露出水面部份體積增加，相對減少浮力而增加車體在水中之重量，在多次舉昇原地轉向後，因浮桶輪內部支撐架強度不足，桶面變形，傳動軸與桶面之接合螺絲亦彎曲。

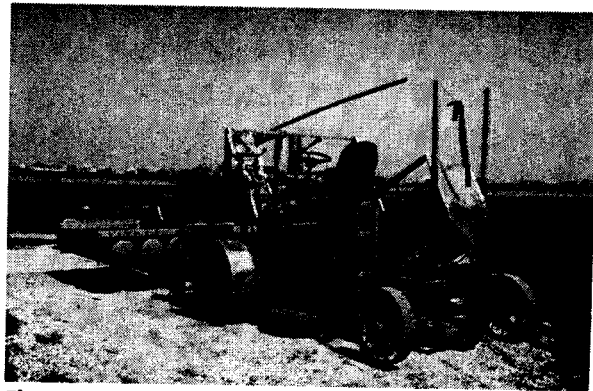


Fig. 9 Amphibious vehicle.

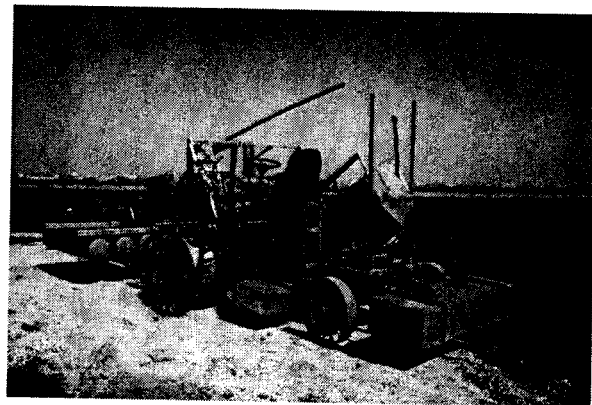


Fig. 10 Floating boxes installed in the middle and at the end of the amphibious vehicle.

當浮桶輪內部支撐架及傳動軸固定輪盤補強後，以浮桶輪在不平坦之路面行走，車體不再有幌動現象，爬斜坡道也完全不再打滑，但在測試池中，因浮桶輪本身重量增加而降低浮力，在凹

窪不平區推移採收頭時，打滑與陷入底土中之機會相對增加。在嚴重之情況下，車體在池中動彈不得，且在大型吊車之吊桿作業範圍外，惟有以舉昇一邊之驅動輪，在鐵桿輪底下墊棧板後，讓驅動輪從泥沼中浮起，再舉昇另一邊之驅動輪，兩輪左右交替以鐵桿輪頂住棧板之方式，逐漸脫離，而棧板也遭受某種程度之損壞。因此進一步之改良為在車架之底部裝設固定式之浮箱，儘可能利用轉向脩輪前方與輸送機下端後方之空間，以減輕車體在水中之重量。當發生陷入泥沼中時，必須避免愈陷愈深，先讓兩部引擎熄火，利用油壓缸之地腳圓盤頂住池底，舉昇車體，並使車體前端傾斜下沉，車體末端翹起，再在車體末端底架插入臨急用浮箱，控制油壓開關，舉起地腳圓盤，則車體末端轉向脩輪浮離池底，僅以驅動輪接觸池底，如此即可脫困，各浮箱裝設前與裝設後之位置，如 Fig. 9 及 Fig. 10 所示。

高架式水中驅動車之前端組裝收穫頭動力架座，再搭配乘載承接文蛤膠囊之運輸筏，即成為完整之文蛤自動收穫系統 (何, 1998)，以「潛沙土貝類收穫機構」為新型名稱，取得國內專利權，專利證書編號為：新型第一二三七九〇號 (何等, 1997)。

參考文獻

- 丁雲源, 何雲達 (1995) 貝類養殖. 台灣農家要覽 (漁業篇). 豐年社, 台北, 245-255.
- 江英智 (1992) 研習歐洲循環水養殖及自動化生產技術出國報告, 行政院農委會.
- 何雲達 (1996) 文蛤收穫機之改良與測試. 潮訊, 39: 4-10.
- 何雲達 (1998) 文蛤收穫處理自動化系統操作手冊, 47 pp.
- 何雲達, 朱元南, 周瑞仁, 林裕迪 (1997) 潛沙土貝類收穫機構. 中華民國專利公報, 302612: 2013-2016.
- 許世人 (1979) 麥寮地區養蜆事業調查. 中國水產, 323: 16-21.
- 陳君如, 徐崇仁, 陳瑤湖, 朱元南, 謝英才 (1991) 研習日本養殖漁業生產自動化報告, 行政院農委會.
- 漁業署 (2000-2003) 臺閩地區漁業統計年報 (民國八十九年至九十一年). 行政院農委會漁業署, 台北.
- Chen, H. C. (1984) Recent innovations in cultivation of edible molluscs in Taiwan, with special reference to the small abalone *Haliotis diversicolor* and the hard clam *Meretrix lusoria*. *Aquaculture*, 39: 11-27.
- Collier, J. A. and D. M. Mc Laughlin (1987) A mechanical oyster harvester for south Carolina estuaries. *Applied Eng. Agricul.*, 3(2): 140-142.

Development and Field Testing of an Automatic Harvesting System for Hard Clams (*Meretrix lusoria*)

Yun-Dar Ho*

Taihsi Station, Mari culture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop an automated harvesting system for hard clams (*Meretrix lusoria*) that can be operated by one person to reduce labor requirements and costs. The automated harvesting system consists of a driving vehicle and an automatic harvesting device, both of which passed through three phases of development. The driving vehicle has a pair of rod wheels so that it can be navigated in the water by a single operator on the vehicle. It was modified from a simple single-wheeled raft which has to be operated by a person who walks behind it. The direction of movement of the driving vehicle is changed by braking with the right or left rod wheel using an agricultural gearbox. The automatic harvesting device is composed of a traditional clam-collecting cage and a conveyor, which can be powered by its own engine or by the diesel engine on the driving vehicle. In order to reduce the total length of the system, an amphibious vehicle was developed which contains a conveyor run by the diesel engine of the vehicle. The water pump of the collection device is run by another diesel engine on a raft in front of the vehicle. The diesel engine has a power rating twice as high as traditional harvesting devices to enhance the pumping energy. Due to the increased weight of the diesel engine, it is loaded on a raft which is pushed by the amphibious vehicle while the collection device is dragged behind the raft. Preliminary tests showed that the amphibious vehicle and the harvesting device can easily be moved up and down the ramp of the pond and can effectively harvest clams.

Key words: automatic, harvesting system, hard clams, *Meretrix lusoria*

*Correspondence: 271 Chung-Yang Rd., Taihsi, Yunlin 636, Taiwan. TEL: (05) 6982921; FAX: (05) 6983158; E-mail: hoyundar@ms58.url.com.tw.