

前往英國亞伯丁海洋研究所研習 『深海漁場調查暨漁具漁法改進試驗』心得

海洋漁業系 李嘉林

亞伯丁海洋研究所位於蘇格蘭的東北方（北緯57度10分，西經 2度 4分），係於1954年成立，隸屬於蘇格蘭公署農漁部，其下分為四個研究部門：

(一)漁業資源部門：研究項目包括底棲性、表層洄游性魚類及甲殼類之生物學研究、資源評估方法及生物統計之推論解析、浮游動植物採樣法之改進試驗、鮭魚標識放流調查以及利用聲學評估魚類資源等。

(二)魚類行為學部門：研究項目包括漁具漁法與魚類行為間關係之探討以及漁具漁法改進試驗研究等。

(三)漁場環境部門：研究項目包括海洋污染物質種類調查、石油工業（因北海生產石油）及污染物質對海洋環境所造成之影響評估、污泥處理、海洋基礎物理學研究、浮游動植物種類鑑定以及底棲魚類生物相調查等。

(四)魚類養殖、病理及生化部門：研究項目包括鮭魚及野生魚種之病理與生理，魚類繁養殖效益評估研究等。

筆者獲得國科會第三十屆科學與技術人員國、內外研究計畫項下經費補助，於民國81年7月4日，啟程前往該研究所。7月6日上午前往該所會見筆者之指導教授華德博士（Dr. Clement S. Wardle）。華德博士為世界知名之魚類行為學與漁具漁法學專家且早在數十年前就開始參與該國深海漁場之調查計畫。華德博士首先介紹該所之工作環境及未來六個月之概略工作方向，並安排參與7月20日至29日該所轄下之試驗船古魯比亞號（FRV Clupea）於北海可濱賽漁區（Copinsay area）之航次調查。茲將此行所獲之心得分項扼述如后：

一、魚類行為部門三年來執行之計畫概況

(一)不同光照強度下魚類對於拖網網具之反應比較試驗：

過去三、四十年來，有關魚類之反應行為研究，已先後使用直接潛水（Free diving）、水下拖曳觀測紀錄儀（Diver-operated towed underwater vehicles）及水下遙控拖曳監錄攝影系統（Remotely operated towed underwater vehicles）等進行觀察試驗，以適用於不同的漁具及魚種。試驗時以手提複式光電管測光儀（Portable photomultiplier tubelight meter）計測水下之光照強度並配合使用遙控水下拖曳監錄電視系統（RCTV）及螢幕顯示型攝影機（TV camera），每隔20分鐘自動拍照1次。試驗結果顯示，當海面光照強度大於1 lux時，魚羣隨著網具之移動而成羣向前游動；光照強度小於 10^{-6} lux時，魚羣消失並朝各方向分散；光照強度大於 10^{-3} lux時，魚羣則又開始行羣聚反應。由此可見，魚類對於拖網網具之反應行為與光照強度有著密切的關係。

(二)魚類穿過網目行為之研究：

本研究亦是於橢圓形之水櫃中進行。主要之目的在探討當魚羣游過網目大小不同之漏斗形長廊時，施予誘因，觀察魚羣的反應行為。試驗用之魚種包括鯖魚（Mackerel, *Scomber scombrus*）及黑絨鱈（Haddock, *Melanogrammus aeglefinus*）。結果發現，當其通過漏斗形長廊時，魚羣羣聚游過中間開口並與網牆保持相當距離。此一自發性反應行為同時發生在這兩種魚身上。第二階段是在無漏斗形長廊之條件下，對魚羣施以閃光趨集獎賞訓練後，再進行通過長廊試驗，結果發現，有些魚會穿過網目以取得獎賞，但大部份則繞過長廊後再回頭取得獎賞。藉由視覺刺激反應以建立一套魚類對

網具之視覺解說模式，將有助於改善網具之設計。

(三)隨試驗船古魯比亞號出海調查：

古魯比亞號 (FRV *Clupea*) 是隸屬於亞伯丁海洋研究所的試驗船之一，於1967年建造完成，總噸位 214.54 噸，船長 95.6 英尺，寬 26.05 英尺，吃水12.5英尺。本航次的試驗漁場位於法攝浦漁港 (Fraserburgh Fishing Harbor) 北方80海哩之歐克尼羣島 (Orkney Islands) 附近海域，主要在探討魚類對拖網速度及魚體在袋網中之反應行為。用以觀察的儀器是一套包括一具16厘米攝影機、錄影機、電視機，閃光照像機及一具十字型推動器的水下遙控監錄攝影系統 (照片 1)。操作方法是將電纜長度施放至水深的五倍後，再利用船上之操控器及電視螢幕 (照片 2) 進行調查。本航次係於 7月20日由亞伯丁北方40英里處之法攝浦漁港啓程至29日返港，前後共計10天。

二、魚類行為學與漁具漁法間的關係

魚類之行為反應在漁獲過程中佔了相當重要之角色。因此，若能先行進行魚類對單一及多重非生物性刺激之反應行為之綜合性探討，將可作為未來漁具設計時之參考。根據過去所進行之各項魚類行為對於移動性網地之研究可歸納結果如后：

- (一) 夜晚，深海及相當混濁之水域，拖網曳網對魚類行為可能沒有很大的影響。
- (二) 增加拖網速度以減少魚類於網口附近之迴避行為比增加網具之展開度為佳，同時，應嚐試求得拖網速度與魚類平均游泳速度的適當比率，以獲得最佳之漁獲。
- (三) 特定條件之下，對某些魚類進行視覺刺激反應試驗，其結果將有助於網具的設計。
- (四) 拖網網具之袖網部分使用較大網目時，可減少網具阻力，增加漁獲效率。
- (五) 鯷魚於白天受拖網曳網之影響較大，夜間則顯著降低。此一結果被認為是受視覺刺激反應的結果。

三、深海魚類之特性

海洋深度由表層向海底延伸時，陽光因受海水的吸收而使得穿透能力逐漸減弱，150英尺以深已達昏暗區。大多數掠食性魚類，包括多種鯊魚，在此區均可發現。當深度達 1,800

英尺時，則屬於完全黑暗區，水溫極低，棲息在此一海域之魚類，通常都具有適應低照度和強大水壓之特殊結構。此一環境中，食物十分缺乏，大部份生物演化出一些特殊組織結構來獵取食物。視覺於深海環境中已無作用，因此，大多數生物之眼睛均已退化甚至消失，取而代之的是一些觸覺組織來感測周圍水壓以獵取食物。

(一)適應性：

深海魚類能夠漂浮並游泳於水中主要是由於體內儲存大量脂肪及少量之蛋白質。硬骨魚類藉由骨化作用成為骨骼，而軟骨魚類則藉由體內肝臟濃縮之輕油球 (比重為0.8)。大多數深海魚類具有發光構造，其主要功能為同種間之性認同 (Sex recognition) 及誘引獵物 (Lures for prey)。由於深海生物量原本就很稀少，加上昏暗的環境，因此，生殖對深海魚類而言要比淺海的困難許多；以無脊椎動物為例，其方法就是演化成為較大的卵黃。中深層及深層之甲殼類及橈腳類其雌雄性比率為雌性多於雄性，其原因可能為：(1)食物取得不易，(2)增加抱卵數，(3)增加存活率。

(二)垂直分布情形：

深海魚類雖廣泛分布於世界各海域，但各魚種自出生至死亡之各階段大致棲息於某一特定之水層，例如，琵琶魚 (Angler fish) 主要棲息於表層至水深 1千公尺之水域，成熟之燈籠魚 (Latern fish) 則棲息於水深 2千公尺處。但對大多數之深海生物而言，主要還是棲息於水深500~1,500 m間之水域。某些生物隨著日照之不同進行垂直性洄游，例如，日落時，深海魚類垂直洄游至表層，日出時，又洄游至原來棲息深度。

(三)隔離與新種：

生物新種的產生，隔離作用佔極重要的角色。造成族羣隔離的因素主要有地理性及生殖性兩項。地理性的因素，例如，北大西洋東部產之巨口魚屬 (*Stomias boa*) 被區隔為北及南兩個族羣。水文方面，不同的水溫亦可能隔離同一種族羣；從某些廣泛分布於深海之魚類個體中亦可發現，較寒冷之環境比在較溫暖海域所繁衍之魚類可能有較多之脊椎骨、鰭條及鱗片數等。類似結果亦可在實驗室中將魚類胚胎以熱或冷擊獲得。除了地理因素外，同種類生

物由於不同之行爲及生物特性亦會造成隔離。但有一點必須強調的是當某一種類被隔離後，並不一定就會演化偏離母系的族羣，此種現象稱之爲穩定狀態。反之則稱之爲不穩定狀態。

(四)成長：

不同體型之磷蝦類 (Euphausiids)、糠蝦 (Mysids)、橈腳類 (Copepods) 及毛額動物 (Chaetognaths) 等之深海甲殼類棲息於不同之水層；磷蝦類及糠蝦依其不同漁獲深度測量其體長時發現，深度介於1,000~2,000 m時，具有較大的體型。中深層及底層之毛額類亦較表層之體型大。不同緯度但同一深度所捕獲之種類來分析其成長時亦發現，棲息於高緯度之魚類，其成長似乎較緩慢。一般而言，深海生物比表層生物的生命週期長約 2~ 7倍。深海生物具有較大體型有以下幾項優點：(1)抱卵數少但擁有較大的卵粒及幼生階段，(2)這些較大之幼生動物能嗜食相當廣泛之食物，(3)機動性高速度快，能夠到更遠的地方找尋食物。因此，對深海生物似可定義爲：成長率低、壽命長及體型較大等特性。

四、漁具漁法改進試驗研究

(一)深海離底網板之改進試驗：

舒伯克網板 (Suberkrub otterboard) 主要是用於中深層拖網漁業，亦可用於離底而不被底拖網所捕獲之大型游泳動物。網板的大小取決於網地的尺寸，網板過大時，會造成網地過分展開，減少網地高度，增加網地與海底磨擦，加速網地的損壞及增加油料的消耗。網板過小時，則網地張開不良，無法達到漁撈效果。根據該所斐洛博士 (Dr. Ferro) 的研究，網板之面積 (B) 主要取決於網地大小。因此，網板之面積可由網地總股線之面積 A (單股線之面積=股線之直徑×長度) 求得：

$$\text{網板面積 } B (\text{平方公尺}) = 0.0152 \times A + 1.23$$

上述公式適用於總股線面積介於25~350 m² 之間。

至於網板之重量，計算公式如下：

$$W(\text{公斤}) = 75 \times B^{(3/2)}$$

(二)傳統式拖網漁具之改進試驗：

1、大西洋式拖網

根據日本研究報告顯示，使用四片網拖網網具於大西洋海域進行拖網試驗結果發現，該

型網地要比傳統式二片網之漁獲效率，高出約 150~ 200%。又，根據加拿大之研究報告指出，目前使用之傳統中型拖網，將曳網稍加縮短進行拖曳時，當船速超過五節，網具展開效果良好，該國漁業部門漁具學家偉斯 (Mr. Wes Johnson) 嚐試設計一種新型四片網拖網網地，稱之爲『大西洋西方式拖網』 (The Atlantic Western trawl)，經試驗證實爲一具有高效率之漁具且具備網片縫合簡單，備品少及修復容易等特點。

2、中深層 (浮) 游泳動物採集網

1873年起，開始利用小型網地進行深海拖網試驗。1960年以後，大型深海中層拖網已可拖曳水下2,000~4,000 m。利用大型網地進行深海拖網有以下幾項優點：(1)可以輕易捕獲足夠之大型且行動靈敏之魚類；(2)單位時間內掃海體積較多，因此，深海中稀有種類被捕獲之機率相對增加。網地的使用依海底底質之不同而異。當底質爲軟泥時，使用可漂浮於水中之網地，以防止網地深陷底床。若爲堅硬底質時，則可選用較重之網地。

五、英國西岸深海拖網漁場調查

英國所屬海洋研究機構對於深海拖網場調查，肇始於1970年間，一艘漁船於西格林蘭 (West Greenland) 的巴拿那海堆 (Banana Bank) 及福蘭德海堆 (Forlander Bank)，水深 700 m 海域，每天約可捕撈 100噸之大型深海鱈魚。至1978年，英國漁船已能捕撈深達 650呎 (即 1,200 m) 之深海魚類。1960~1970年間，英國羅威斯托福特 (Lowestoft) 海研所 (Ministry of Agriculture Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research, 簡稱 MAFF) 於大不列顛羣島西岸執行一連串之深海漁場調查。1973~1974年間共計執行六個航次，作業水深 300~ 650呎，試驗研究結果顯示，漁獲率無論是白天、夜晚、黎明或黃昏均無顯著之差異性。

(一)主要漁獲種類計 4大類88種：

- 1、適合市場銷售類 (Marketable)：已經於大不列顛羣島市場上銷售之種類。
- 2、具有市場潛能種類 (Potentially marketable)：在英國以外之地區或已經由試驗船調查發現可供人類食用之種類。

3、鯊魚類 (Sharks)：體長介於60~ 120cm 間之深海小鯊魚。

4、雜魚類 (Trash)：當地漁撈業者所無法接受者。

(二)漁獲率：

漁獲率以每小時漁獲公斤數為單位。根據漁獲統計資料顯示，1973及1974年間其漁獲率介於 424~ 778 (公斤/小時) 之間，平均值為 661 (公斤/小時) 且其最佳之漁獲深度介於 732~1,005m 間。水深 914m處，雜魚類漁獲最多之。又，根據漁場別之漁獲統計資料顯示，最佳漁獲率之漁場位於北緯54度56分至北緯58度45分，西經 8度15分至西經10度22分，水深 732~1,100m 處，其漁獲率值則介於 677~ 1,871 (公斤/小時) 間。最佳之漁獲水溫為7.6~11.5℃。

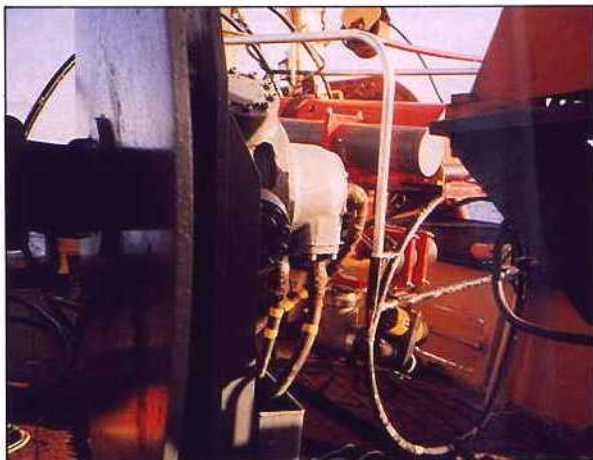
六、主要心得

(一)英國為一海島國，海洋漁業占有舉足輕重

的地位。過去數百年以來，即對海洋科學之研究與開發不遺餘力。深海漁場之調查與研究，更早在三、四十年前便已積極展開。同時，對於相關性之研究，例如：魚類行為與漁具漁法間之關係，海洋表層及中深層生物量之評估，試驗儀器之設計與改良等，無不竭盡所能進行研究，值得借鏡。

(二)深海水溫低，食物來源不易，魚類因而演化為低代謝作用及成長緩慢。未來，我國除了開發深海漁場及改進漁撈技術外，更應同時訂定相關的保護措施，以免造成過漁而破壞深海生態。

(三)深海漁場調查所使用之儀器設備必需具備耐高壓、耐撞擊及高度安全等特性。目前，世界先進國家均已使用無人觀測潛水器具進行探勘，以獲得第一手研究資料。今後，我國似應也朝此方向努力。



照片1 水下遙控式拖曳監錄攝影系統



照片2 試驗船上之操控器及螢幕監視系統