

## 大型鯷鮪圍網網具之設計研究

劉燈城

A study on designing of tuna purse seine

Don Chung Liu

This paper is fully dealt with designing of tuna purse seine of R/V HAI FU (300 噸, 1100 ps). Use of available model testing results and together with field operation experiences, a purse seine of corkline length 1083.6m is made. The net is 20 tons in air, and its remain buoyancy ratio (B/A) is 2.36. Details of net construction and material specifications are listed in Figure 3, Table 3 separately. A brief operation method of tuna purse seine is also introduced.

### 前 言

圍網為捕撈大群且密集的表中層性魚類，諸如鯷、鯖、鰹、鮪、鯉等最具效率的漁具。本省圍網漁業之發展迄今已有卅年之歷史<sup>1)</sup>，發展初期多利用鏢漁船、釣船加以改裝，以捕捉烏魚、皮刀、鯖、鯉為主，為近海重要漁業之一，作業船隻以10~20噸及20~50噸所佔比率最高。根據調查<sup>2)</sup>指出，此噸級之經營其投資報酬率偏低，為提高生產量及有效開發經濟水域內之鯷、鯖資源，作業船隻勢必大型化。為此政府於民國66年獎勵民間籌建大型圍網船團四組，為本省圍網漁業之發展立下一新的里程。事實證明，大型圍網技術之引進對近海鯷、鯖資源之開發工作，一直擔任著重要的角色。

過去數十年來，圍網漁業不斷地急速成長，經由圍網所捕撈之漁獲量約為全世界總漁獲量之半。在秘魯圍網用於捕撈鯷魚，在挪威、冰島圍網用於捕撈鯷、Capelin 及鯖魚，在美國圍網則用於捕撈鯉、鮪等大型魚類。本省東部黑潮流域富有鯉、鮪等魚類，又距離南方海域之鯷鮪漁場不遠，具有發展美式鯷鮪圍網漁業之先天條件。日本於民國60年首度引進美式圍網技術之後，將此種省人省力的漁業投入日本近海三陸沖及南方海域之鯉、鮪漁場資源的開發，作業成績斐然。

本所早在60年代初期即已積極籌劃發展美式圍網的工作，並於68年建造完成海富號試驗船以執行此項任務。本報告即針對海富船所使用之美式圍網網具之設計理論，做一概略的敘述，並說明美式圍網作業的方式，為期對本省未來發展此項漁業有所裨益。

### 試驗船及漁撈設備

海富號試驗船（300噸，1100PS），其主要尺寸及機器設備如表 1，圍網作業之漁撈機械概略配置如圖 1，漁撈機械規格如表 2。另作業艇（Skiff boat）一艘，高張力鋼製，6.50m×2.90m×1.40m，使用YAMAHA ME 590，90HP主機。工作艇（Working boat）一艘，FRP製，4.45m×1.52m×0.68m，使用YAMAHA 15AK 15HP船外機一部。

Table 1. Main dimensions and equipments of R.V. HAI FU.

總長度 (LOA)	37.80M
垂標間長度 (LPP)	32.10M
型寬 (Bmld)	8.10M
型深 (Dmld)	3.80M
營運速率	11.5Knots
最大速率	12.5Knots

人員	22P
主機 省燃料"MATSUI"MS245 Etsc 1100ps	1Set
CPP KAMOME CPC-53	1Set
柴油發電機組 CAT3304 112.5KVA	2Sets
空氣壓縮機 SMC-5 5HP	1Set
漁群探測器 KAIJO S-33AK-22H	1Set
KAIJO W-33HR	1Set
聲納 360°全圓周瞬間顯示式 KAIJO LSS-30PET	1Set
網位測定計 KAIJO NF-30B	1Set
網口測定計 KAIJO G-10	1Set

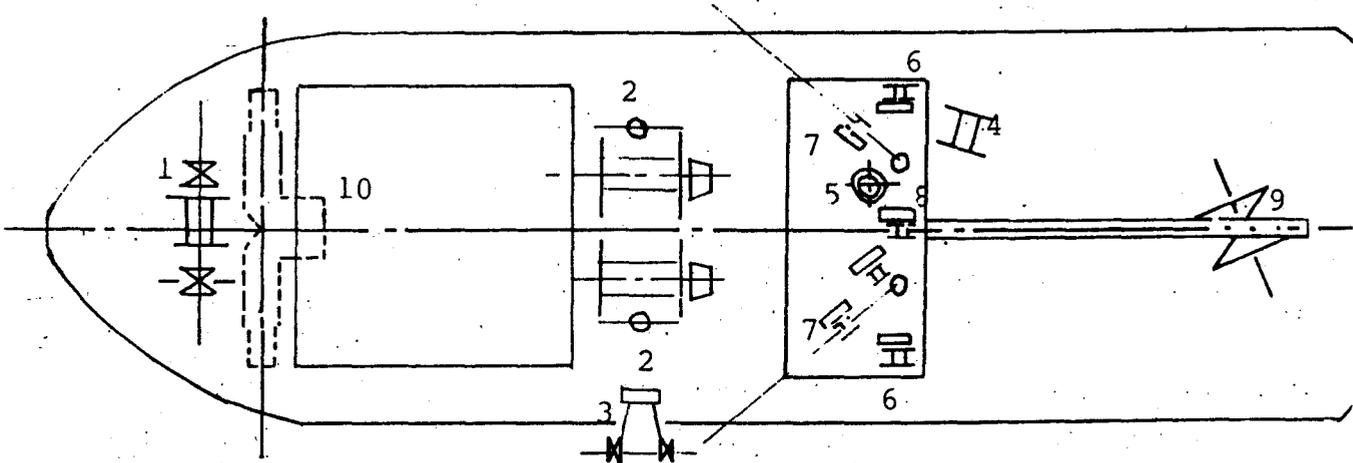


Fig.1 General arrangements of fishing mechanical equipments.

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. Windlass            | 6. Vang winch      |
| 2. Purse & trawl winch | 7. Cargo winch     |
| 3. Seine davit         | 8. Topping winch   |
| 4. Corkline winch      | 9. Powerblock      |
| 5. Fishing winch       | 10. Hydro thruster |

Table 2. Specifications of fishing mechanical equipments.

起錨機 Hydro & Auto Tension 4t×12m/min	1Set
艙側推進器 Hydro Jet "SUMIYOSHI" HT-40	1Set
美式圍網兼拖網起網機 Hydro 5t/4t×60/80m/min SUMIYOSHI	1Set
起網機 Hydro 36t×43m/min SUMIYOSHI	1Set
起倒式吊架	1Set
頂吊絞機 Hydro 2t×20m/min	2Sets
吊貨絞機 Hydro 2t×35m/min SUMIYOSHI	1Set
捕魚絞機 Hydro 3t×30m/min SUMIYOSHI	1Set

## 網具設計

圍網網具在基本上的構成是一致的，在一片長方形的網地上，上端結上浮子綱，下端結上沈子綱，沈子綱上又結附鋼環，締括綱即由此環通過，圍網具便告完成。事實上在網具設計上所需考慮之因素極其複雜，同時這些因素到目前為止並無可資遵循之理論依據。這些因素包括了網具規模、網深、縮結，目大小及沈子、浮子量之決定等。

圍網網具在作業上是機動而且迅速，捕撈之對象大都又係中表層洄游速度較快的魚種。因此在網具設計之先決條件上就必須考慮魚群行動的趨勢，並在合理的情況下，增加網具的沈降速度。原則上<sup>4)</sup>

，魚群行動所需考慮之要素有

一、魚群必須包圍在一水平面。二、魚群必須被包圍至其不可能游入的水深。三、當締括時，網具之垂直深度必須超越魚群被包圍時所能逃逸之最深處。而要素一即與網具之長度有關，要素二即為決定網深的關鍵，要素三則與網具之縮結成數有密切關係。換句話說，除了網具沈降速度快慢之因素而外，一頂圍網能否順利地捕撈魚類，完全決定在網具長度，深度及縮結的設計上。

一、網具規模：

圍網規模的大小（用浮子綱長表示），以漁撈魚種、生態、魚群規模，作業方法以及船規模的不同而異，而適正網具規模的決定，並無理論之依據<sup>5)</sup>。一般而言，大都以船規模決定後才考慮網具規模。根據OSAWA之調查<sup>6)</sup>，一艘式鯷船大小與浮子綱長度有如圖 2之關係。本網具所採之浮子綱長度為1548公尺（未縮結），最大包圍半徑約 246公尺。

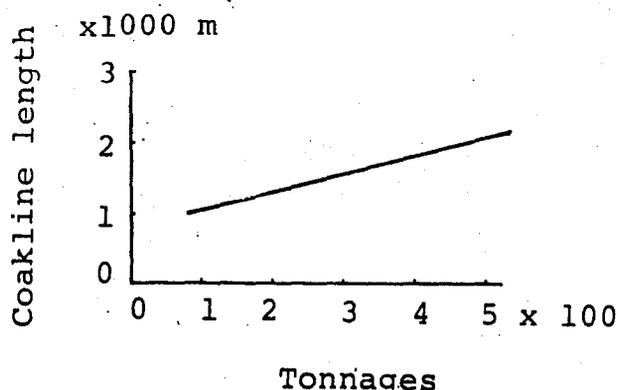


Fig.2 Relationship between corkline lengths and the size of tuna boats.

二、網深：

圍網網具之深度因作業海域之海況條件，魚群狀態等而異，根據長棟<sup>7)</sup>的研究結果，網深對網長的比例以8~17%的範圍定之，在操作上最適宜。另根據模型試驗結果<sup>8)</sup>，圍網網具中央部較深將使締括時有較大的圍捕空間，網具由中央部向兩端斜剪並不影響其工作深度，又可節省網地材料及空間<sup>9)</sup>。因此本網具所採之網深中央部為 218m，其對網長的比例約為 14%，網具兩端之網深較淺，左側為 152m，右側為 138.4m。

三、縮結：

縮結大小在網具之設計上佔有重要之地位，網漁具若不加以縮結，則網具無從展開也就無法發揮其效能。網地縮結多少最為適宜，亦欠缺合理之理論依據。就圍網具縮結不同之情況下，其沈降速度的比較，小長谷氏<sup>10)</sup>有如下之試驗及結果，他以縮結 0.1 ( $kn=0.9$ )，0.2 ( $kn=0.8$ ) 及 0.3 ( $kn=0.7$ ) 三種網具模型作沈降速度的比較，設沈降速度為V，沈子的總沈降力為wt，沈降速度以V

$=a\sqrt{wt}$ 表示之，利用最小自乘法求出結果，當縮結 0.1時， $V=1.813\sqrt{wt}$ ，0.2時 $V=1.911\sqrt{wt}$ ，0.3時 $V=1.913\sqrt{wt}$ 。由此結果顯示出，縮結大之網具其沈降度亦大，亦即包圍效率較佳。

但網地若施予過多縮結時，網地將有多餘的鬆懈，尤其圍網作業時使用起網機，更易造成作業上網地相互纏絞的障礙。通常圍網在浮子網施予 20—30%的縮結數，沈子網為10~20%居大多數<sup>11)</sup>。Ben-Yami<sup>12)</sup>建議，在浮子網採 30%之縮結，將使圍網成最大之包容面積的時間持久，原因是沈子網將能更深達較深水層，而不致使浮子網受力。Baranov<sup>8)</sup>強調在沈子網採用 0.1~0.13間的縮結，當締括時沈子網不易上揚，使魚群往下逃逸之機會降低。又根據模型試驗<sup>4)</sup>結果顯示，浮子網長度與沈子網長度之比大於等於 1時，其沈降速度較慢。

本網具在浮子網及沈子網所採之縮結大小分別為 30%及 20%，即浮子網總長 1083.6m，沈子網總長為 1238m。

#### 四、網目大小：

網目大小的決定，依長棟<sup>7)</sup>之標準為( )網目的一脚斷裂尚可以防止魚類逃脫( )身網部的目寸比之魚類的體周長略為小( )網襠部份的目寸，因環網締括時網地將集於一起之故，該部份的網目寸得比上部份網地擴大 2—3倍。

網目大小對網具之沈降力之增減有密切的關係。據小長谷<sup>13)</sup>之實驗報告，為增加巾著網具的沈降速度，促進包圍效率的效益，主張網目尺寸在可能範圍內予以增大，而網線直徑宜小。但網線之粗細以漁獲對象的大小、漁撈、海況條件而異，為了減少作業中的流體抵抗宜擇用細小為條件，但亦應考慮作業中網地的張力。因此網線粗細的選擇，應以作業中網線之耐負荷力的界限內決定之。近年來亦有為適應大風浪之海況下作業的鯷鮪圍網，採用較粗的網線，同時將網目擴大(使D/L比值減小)以減少流體抵抗<sup>5)</sup>。

一般而言，本網具所選擇之網目尺寸及網線粗度，都較為保守，即網目小且網線粗。而網目較小之部份亦僅限於 E 的部份共計 15 目，原因係當為增加沈降速度而採用增加沈子網數量時，E 部份將擁有更大的負荷。至於網線較粗一節，當我們發現日本圍網船在西非洲作業之鯷鮪網具<sup>11)</sup>把原來之 210 d/30 的 Nylon 線改為 210d/36，而 210d/36 改為 210d/45，尚且感到不夠滿意的情況下，在設計上把網線略為加粗就顯得有其必要了。

#### 五、沈子、浮子量：

網襠沈降速度的增加，是提高圍網漁獲效率的最佳途徑。但為保持網地在水中的良好形狀，沈子量之增加，勢比導致浮子量之比例增加，結果招致網襠部分的張力擴大，使網地容易疲勞。沈子量使用之範圍，以日本網具為例<sup>9)</sup>，沈子網每公尺之沈子量約在 1.49~1.93kg 左右，平均約 1.71kg。浮子量之使用一般都要比沈子量為多，原因係<sup>14)</sup>(1)當大量漁獲時，能有較多之浮力不致使網地沈入水中(2)當作業海況條件惡劣時，尚有餘裕之浮力存在(3)魚群衝刺網地或潮流強大時，浮子有沈沒之虞。通常浮力比沈降力約多出 1.6~3.6 倍為佳<sup>13,15)</sup>，即  $F=1.6\sim 3.6S$ 。F 為浮力，S 為沈降力，該比例之大小，得以實際的經驗，漁撈海況以及魚類別條件而斟酌之。

飯高<sup>13)</sup>、小長谷<sup>15)</sup>證實沈降力增加 n 倍的話，則其沈降速度約增加  $\sqrt{n}$ 。小長谷<sup>16)</sup>又指出，以增加沈子之沈降力的方法以達到網襠沈降速度增加的效果是正確的，這也是目前鯷鮪圍網以鐵鏈來替代鉛沈子的原因所在。

本網具之沈子網採用鐵鏈，每公尺長之重量約為 2kg，而浮力比沈降力約為 4.2。

### 漁 具

漁具設計圖及網地配置圖如圖 3，網地材料及規格如表 3 所示。



H <sub>4</sub>	"	"	"	"	"	"	"	1×9
H <sub>5</sub>	"	"	"	"	"	"	"	1×8
I <sub>1</sub>	"	210/ 27	9	"	144	"	"	7×1
I <sub>2</sub>	"	"	7.5	"	"	"	"	2×10
J	"	210/ 18	"	"	"	"	"	5×10
K	"	210/ 75	"	"	36	"	"	1×8

一、漁具空中重量：

(一)網地

- A 210D/150×9<sup>cm</sup>×20md×1,548m×1pc=331kg  
 B 210D/90×6<sup>cm</sup>×210md×180m×6pcs=1686kg  
 C<sub>1</sub> 210D/60×7.5<sup>cm</sup>×210md×36m×3.5pcs=132kg  
 C<sub>2</sub> "×"×"×"×4pcs=150kg  
 C<sub>3</sub> "×"×"×"×4.5pcs=169kg  
 C<sub>4</sub> "×"×"×"×9pcs=338kg  
 D<sub>1</sub> 210D/120×10.5×144×9pcs=1350kg  
 D<sub>2</sub> "×"×"×108×2pcs=224kg  
 E "×"×15×1548×1pc=188kg  
 F<sub>1</sub> 210D/45×7.5×200×36×20=570kg  
 F<sub>2</sub> "×"×"×"×11=314kg  
 G<sub>1</sub> 210D/36×9×"×144×16=1440kg  
 G<sub>2</sub> "×"×"×108×3=202kg  
 H<sub>1</sub> 210D/30×7.5×"×36×20=380kg  
 H<sub>2</sub> "×"×"×"×11=209kg  
 H<sub>3</sub> "×"×"×"×12=228kg  
 H<sub>4</sub> "×"×"×"×"×9=171kg  
 H<sub>5</sub> "×"×"×"×8=152kg  
 I<sub>1</sub> 210D/27×9×"×144×7=469kg  
 I<sub>2</sub> "×7.5×"×"×20=1340kg  
 J 210D/18×"×"×110=4840kg  
 K 210D/75×"×"×36×8=376kg

小計15,259kg

- (二)沈子網 2.0kg/m×1238m=2,476kg  
 (三)鋼環 2.5kg/pc×147pcs=367.5kg  
 (四)吊鏈 4.3kg/pc×147pcs=632.1kg  
 (五)浮子 400g/pc×2900pcs=1,160kg

計約19,894.6kg

二、沈降力<sup>3)</sup>(A)：

(一)網地： $15259\text{kg} \times \left(1 - \frac{1}{1.14}\right) = 15259 \times 0.123 = 1876.8\text{kg}$

$$(c) \text{沈子網、鋼環、吊鏈} : 3475.6 \times \left(1 - \frac{1}{7.8}\right) = 3475.6 \times 0.87 = 3030\text{kg}$$

計約4,906.8kg

$$\text{三、浮力(B)} : 4\text{kg/pc} \times 2900\text{pcs} = 11,600\text{kg}$$

$$\text{四、剩餘浮力比B/A} = 11,600\text{kg} / 4,906.8\text{kg} = 2.36$$

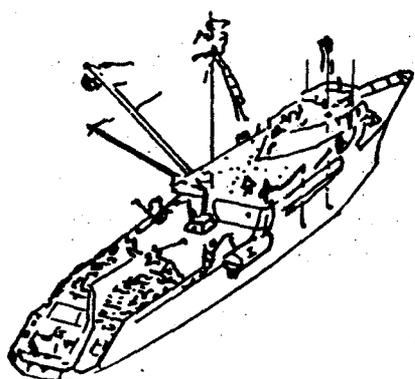


Fig.4 Lay out the working boat.

### 漁 法

- 一、尋找魚群：當船抵達魚場後，使用魚探機、聲納或用目視法找尋流木等搜索魚群大小，判斷洄游方向，游泳速度及其水深。
- 二、全速接近魚群，放下工作艇（Working boat）（圖 4）
- 三、投網準備：
  - 利用漁撈絞機（Fishing winch）將作業艇（Skiff）放下，由本船鵜鵝鉤（Pelican hook）把鋼索連接在作業艇的止栓上，鋼索經由漁撈絞機往外鬆。又投網側之浮子網、締括網也繫在作業艇的艏止栓上。（圖 5）

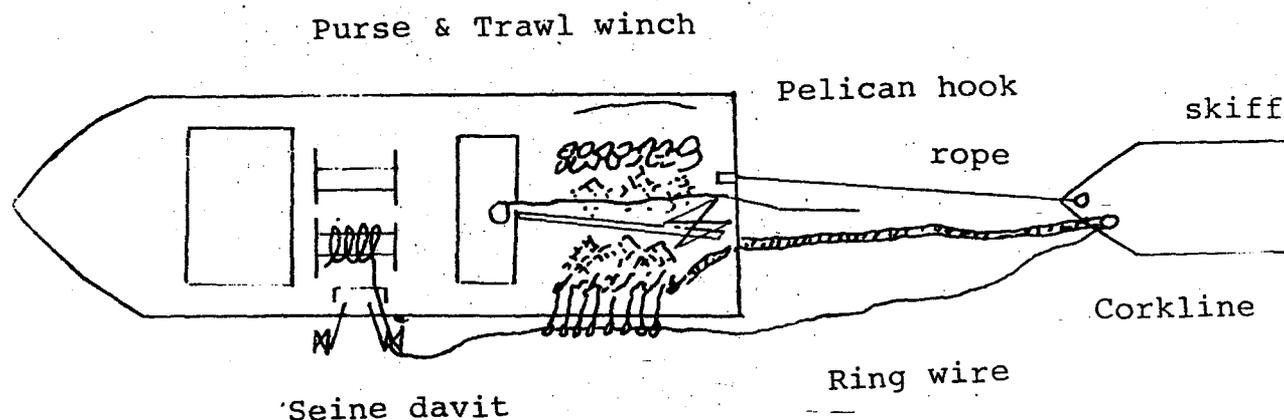


Fig.5 Stand by for setting net.

### 四、投網

本船與作業艇間的繩索依漁撈長的指令放開，作業艇留在原地點，本船則以全速向左舷方向旋回投網（圖 6、圖 7），完成投網工作後（圖 8），將作業艇右舷在投網前所繫之浮子網接付在起錨機（Windlass）的捲筒（Drum），以便捲揚；締括網（Purse line）由吊架（Davit）的滑車穿過，經由右舷側之拖網魚籠圍網用絞機的捲筒以便捲揚；艏部的浮子網由浮子網絞機捲揚。（圖 9）

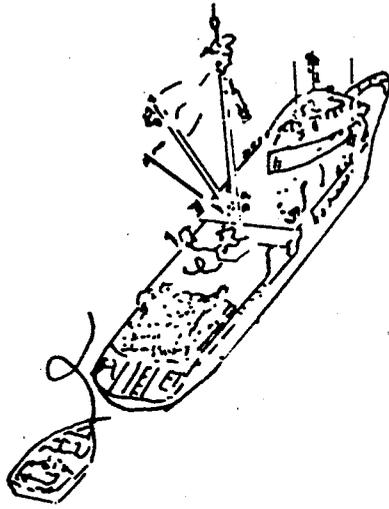


Fig.6 Setting net-I.

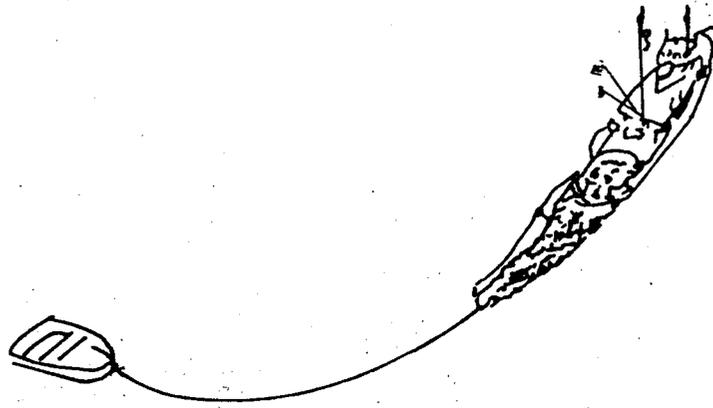


Fig.7 Setting net-II.

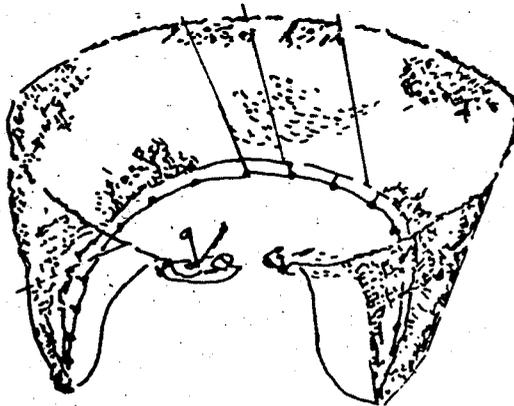


Fig.8 Setting net-III

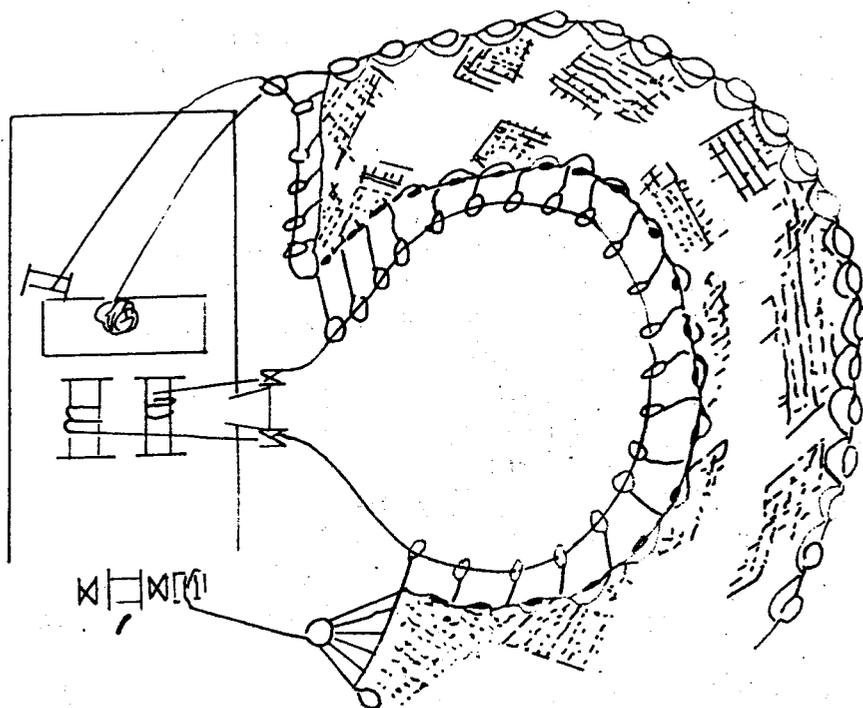


Fig.9 Stand by for hauling net.

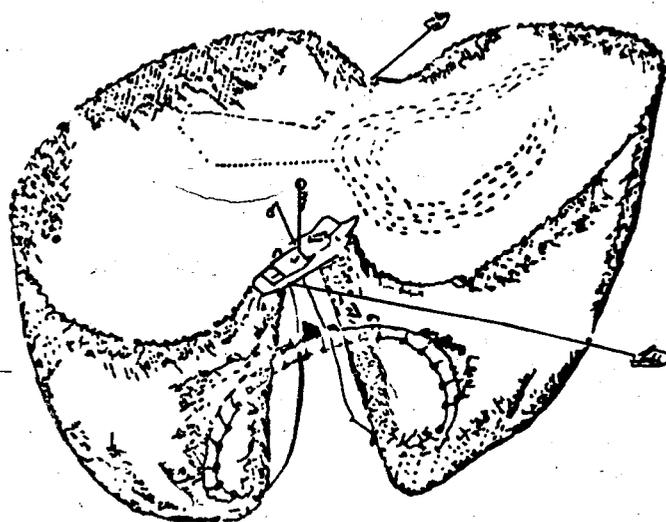


Fig.10 Start of hauling net.

#### 五、捲揚開始：

完成揚網工作準備之後，依漁撈長之指令開始各校機的揚網作業。利用油壓側推器 (Hydro-thruster) 防止船往網的方向移動，或當網受潮流之影響使網口展開不佳時，調整用。(圖10)

#### 六、鐵環柱 (Ring stripper) 之使用方法：(圖11)

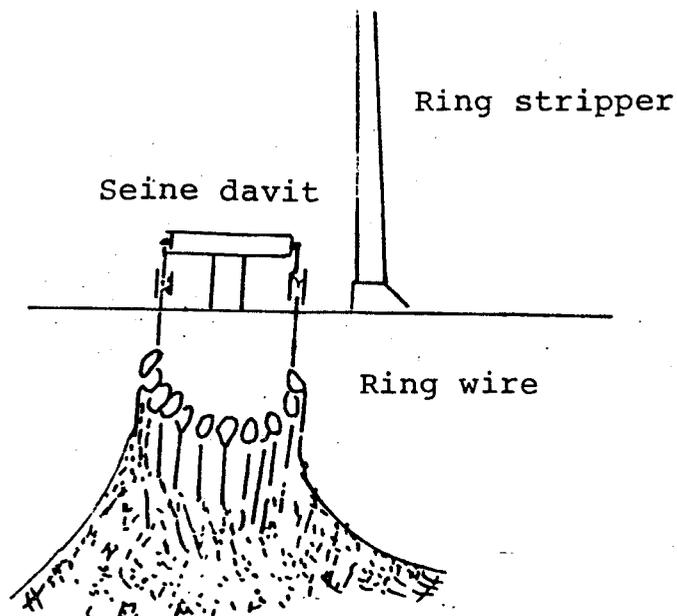


Fig.11 Net hauling with ring stripper-I.

以鋼索夾緊器 (Wire clip) 將締括網固定，然後將鐵環柱升高至10°左右。締括網向吊桿方向移動，船艙之締括網通過鐵環柱的溝槽，經過導引滑輪而繫在拖圍兩用絞機。然後拉緊船締括網，將鐵環柱升高，使網索夾緊器不受力，並鬆開之。(圖12)

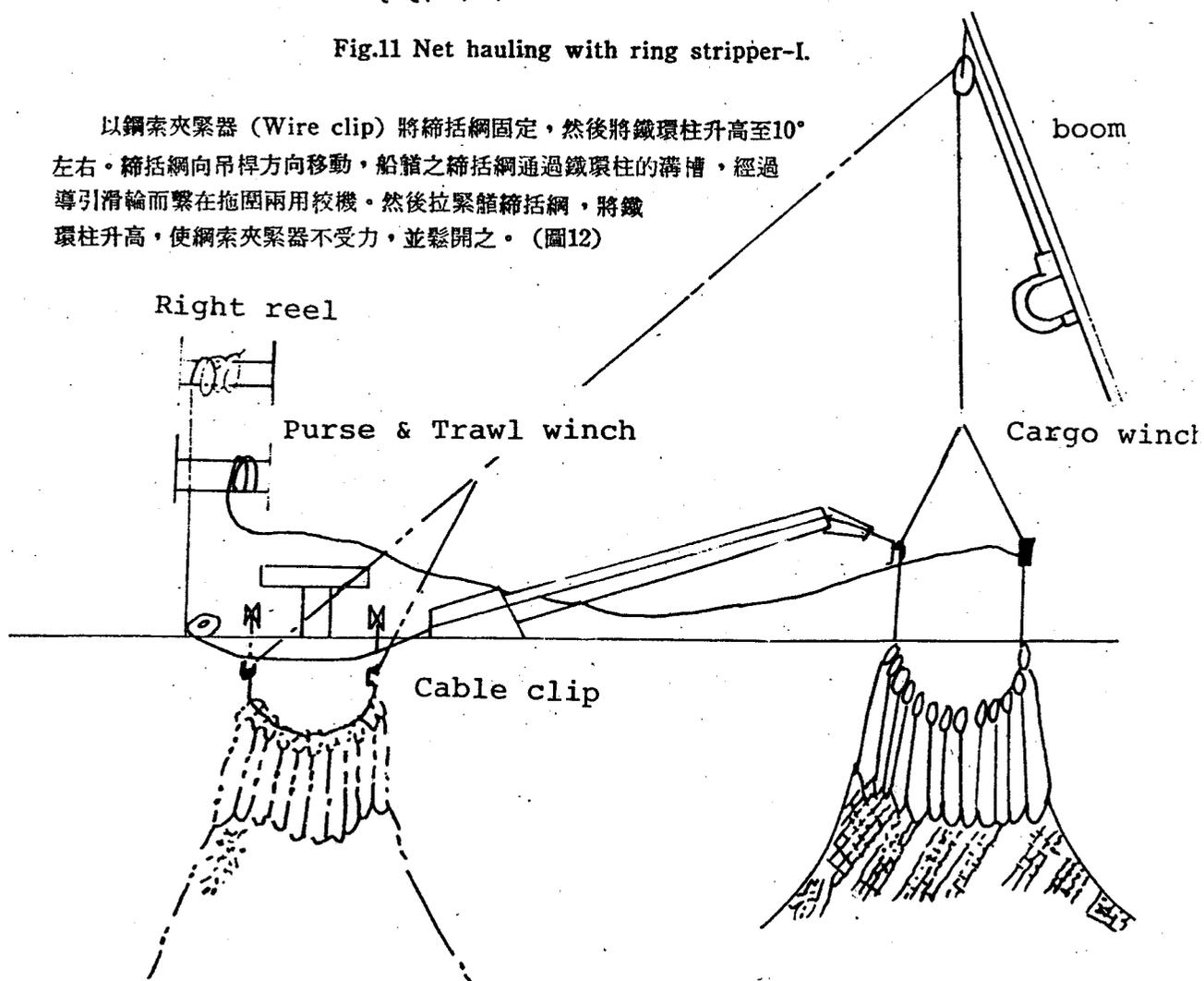


Fig.12 Net hauling with ring stripper-II.

以起貨絞機 (Cargo winch) 捲揚之同時，適當調整鐵環柱之高低，俾鐵環 (Purse ring) 能順利落在鐵環柱上。鐵環全部落在鐵環柱之後，即行除去綱索夾緊器。(圖13)

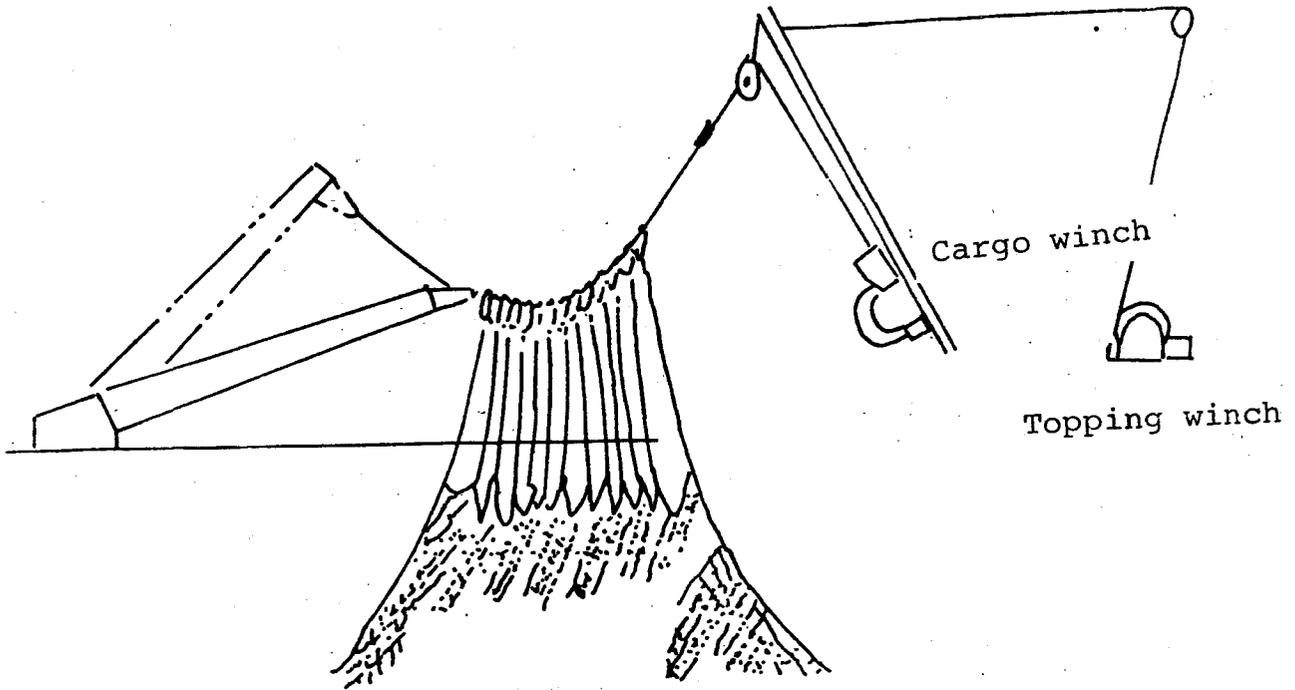


Fig.13 Net hauling with ring stripper-III.

將拖圍兩用絞機之右舷滾筒 (reel) 放鬆，使縮括網全部由左舷捲筒捲入。(圖14)

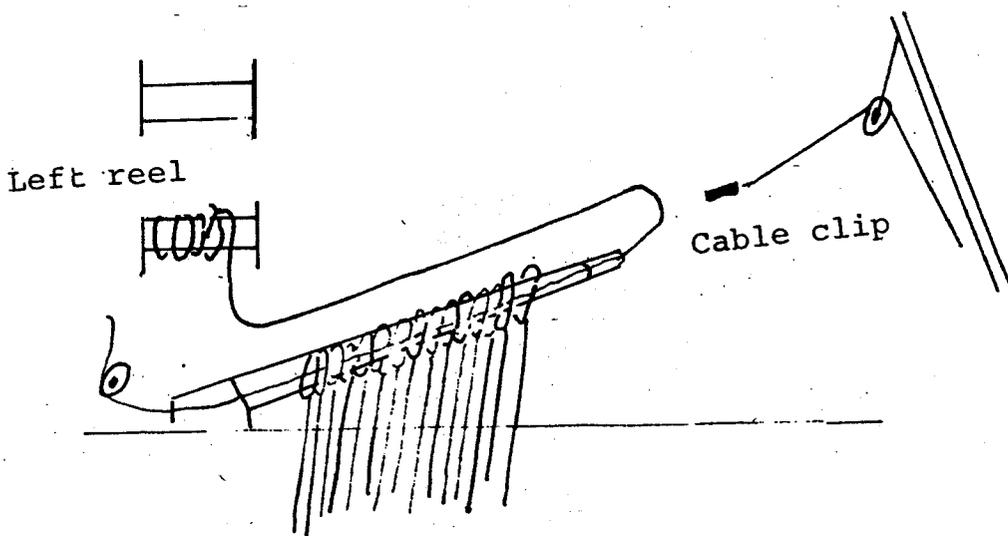


Fig.14 Net hauling with ring stripper-IV.

此時可將起倒式吊架收入。

## 七、揚網

沈子網、浮子網一起通過揚網機 (Power block)，利用頂絞機 (Topping winch)、支索絞機 (Vang winch) 以調整主吊桿之適當位置。(圖15)

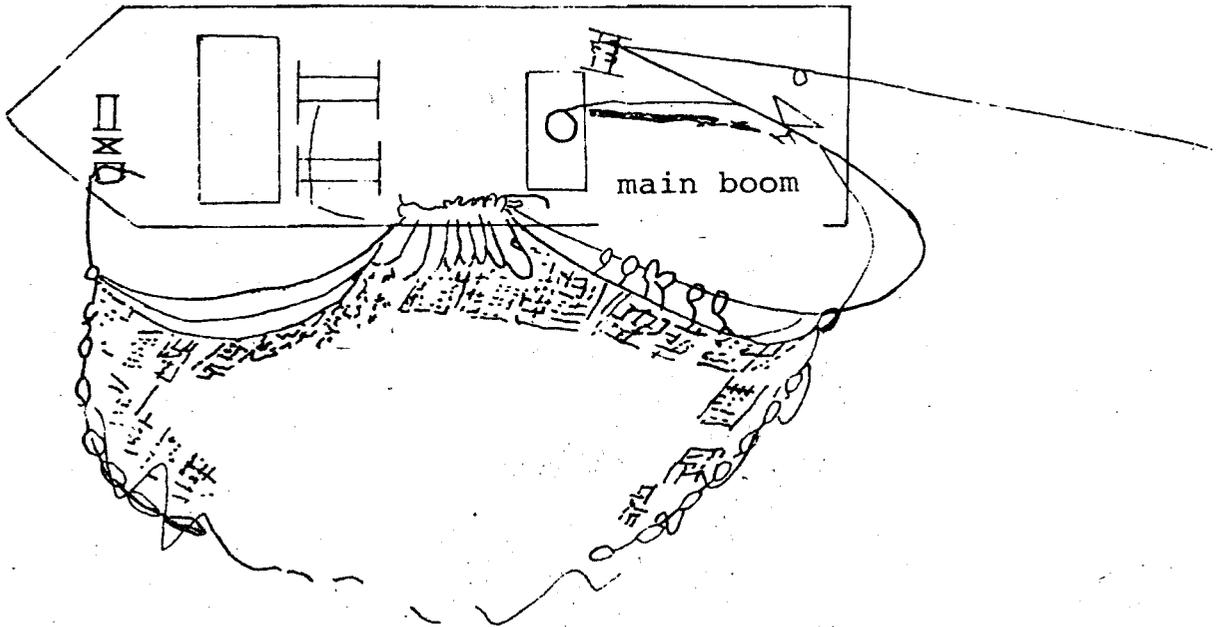


Fig.15 Net hauling with power block-I.

揚網機開始揚網。而收存於鐵環柱內之鐵環，在揚網之同時，依沈子網被揚網機捲入的速度，一個個由鐵環柱上逸出。在無法使用揚網機起網時，可利用拖圍絞機分段將網以繩索吊起。(圖16)

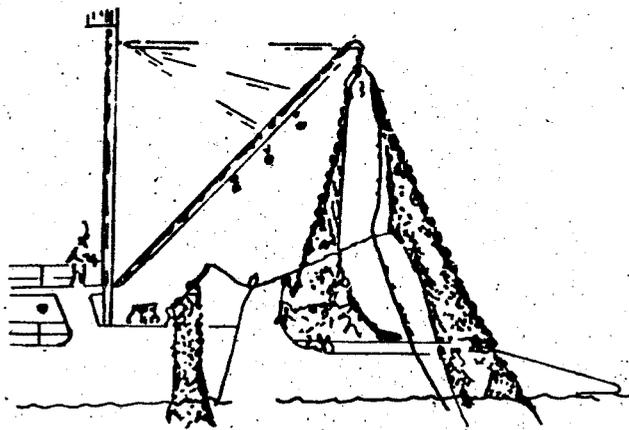


Fig.16 Net hauling with power block-II.

### 八、撈魚：

使用吊桿以抄網 (Scoop net) 將漁獲物揚入船上。(圖17)

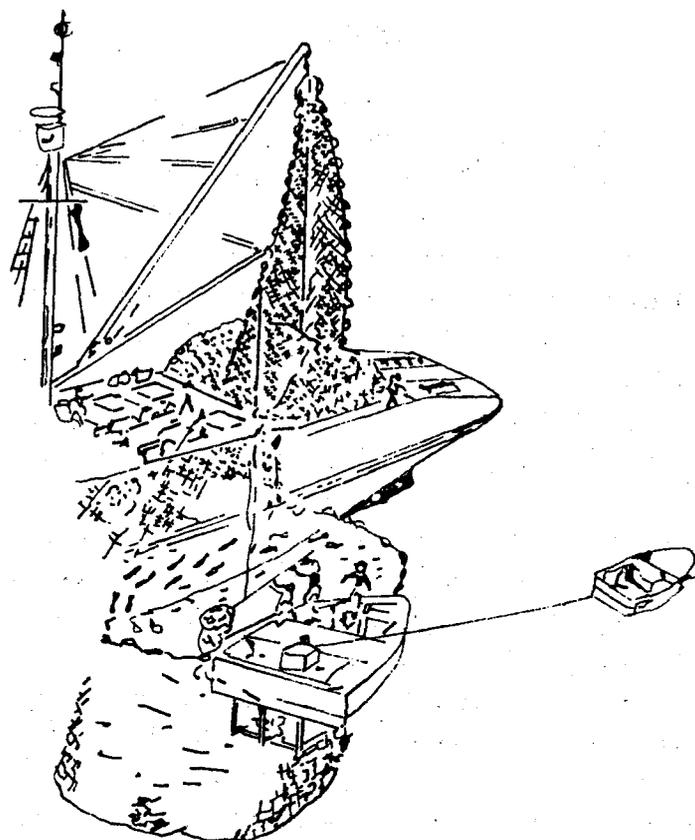


Fig.17 Fish scooping.

### 九、作業終了：

將魚抄入魚艙後，分別把作業艇及工作艇吊上。

### 結 語

美式圍網船的建造、漁撈機械、網具等設備的投資，是所有漁業中最為昂貴者之一。但自從1914年美式圍網首次被用來捕捉鮪類以來，便被公認為世界上用以漁撈鮪類最進步且最高效率的漁法<sup>18)</sup>，當然其利潤也是相當可觀。美國早在1946年起便開始嘗試利用直升機來搜索魚群及指導圍網船之圍網作業，就拿目前來講，尚無法發現有任何一項漁業能做如此大之投資，而還能合理的經營。

就鮪類資源之開發情形而言，根據Bell<sup>19)</sup>估計全世界鮪類之最大持續生產量是 260萬噸，而且要到西元2000年才會達到此生產量。換句話說，目前如何有效發展美式圍網漁業對增加鮪類生產量將扮演極其重要的角色。

美式圍網漁業剛在本省萌芽，我們盼望由於政府的獎助及民間的投資，能使這種高度機動化、技術化、省能源、省人力而又有利可圖的漁業能很快的在本省生長茁壯。

## 謝 辭

本報告承蒙所長李燦然博士不斷的指導及海洋漁業系蘇主任偉成惠予校閱並提供許多寶貴的意見和資料才能完成。也謝謝工讀生林惠馨、王亞英小姐幫忙繪圖打字。

## 參考文獻

1. 李燦然、許君復：台灣之近海漁業，台銀季刊25卷第一期（1974）。
2. 徐育珠、王安陽：台灣市著網漁業大型化之研究，農復會特刊第二十三號（1976）。
3. 森敬四郎、松田三太郎：沖繩の旋網漁業—その現状と問題點，東海區水產研究所業績C集さかな第6號（1970）。
4. M'nakham Ben Yami, Roger E. Green: Designing an improved California tuna purse seine fishery. *Industrial Research* 4 (5) (1968)
5. 周耀雄：市著網具的力學與省力化設計 海洋學院學報第10期（1975）。
6. 大沢要一：市著網漁業の技術的な問題點；水産界・4月份1024號・（1970）。
7. 長棟暉友：最新漁撈學、恒星社厚生閣（1936）。
8. Baranov, F.I.: Theory and design of fishing gear (in Russian). Pish chepromizdat, Moscow (1948)
9. Menakhem Ben-Yami: Design efficiency in purse seines. *World fishing* 3 (1974)
10. Konagaya, F.: Studies on the purse seine—IV *Bull, Jap. Soc. Sci. Fish.* 37 (1) (1971)]
11. S. Sugane, S. Yamamura: Japanese tuna purse seining off west Africa. *Modern fishing gear of the world* 3
12. Ben-Yami, Manakhem: Observations on the distribution and behavior of pelagic fish in the southern Red Sea. Ministry of Agriculture, Department of Fisheries, Haifa, Israel (1966)
13. Konagaya F: Studies on the purse seine—II *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 37 (1) (1971)
14. 大沢要一：沿岸漁業の漁具漁法 日本のイワシサバ市著網漁業について *海洋科學沿岸漁業*/4
15. Itaka, Y: Studies on the mechanical of purse seine in relation to its fishing efficiency. *Memoris of the Fac. of Agri. of Kinki Univ.* 2 (1965)
16. 小長谷庸夫：市著網の設計理論に関する基礎研究 三重縣立水產學部紀要-8 (1969)。
17. 津谷佐人：日本漁船團集・成山堂（1977）。
18. R. E. Green, W. F. Perrin, B.P. Refrich: The American tuna purse seine fishery. *Modern fishing gear of the World* 3.
19. Bell, F.W.: Forecasting demand for tuna to the year 1900. *Comm. Fish. Rev.*, 31 (21) (1965)