

龍蝦底刺網漁具物理特性及其漁獲性能之研究

林俊辰

Studies on the Characteristics of Lobster Bottom Gill Net and its Fishing Efficiency

Jiun-Chern Lin

The spiny lobster is the most valuable and the largest in all kinds of shrimp. Due to overfishing by divers, the resource of spiny lobster in shallow water is gradually decreasing. Therefore we selected the sea areas where are deeper than thirty metres as the fishing grounds to survey the distribution of spiny lobster in the northern sea of Taiwan. At the same time, five different kinds of shrinking nets were designed to study the fishing efficiency for the spiny lobster and their mechanical characteristics underwater.

The results obtained were stated as follows:

1. The relationship between the tidal current speed (V) and the net height (H) is as follows:

$H = 1.9900 - 1.6027 V$ (the net of shrinking 45% shot parallel to water current)

$H = 1.9279 - 2.3088 V$ (the net of shrinking 40% shot parallel to water current)

$H = 1.5858 - 1.4421 V$ (the net of shrinking 40% shot across water current)

$H = 3.7211 - 4.4290 V$ (the net of shrinking 55% shot across water current)

2. The effect of hanging on catching spiny lobster:

Total shooting number is 137.

The highest C. P. U. E. is the net of shrinking 40%, 3.06 kg/strip, and that of the lowest is the net of shrinking 55%, 0.66 kg/strip.

3. The relationships between body length (B. L.), total length (T. L.), carapace length (C. L.), carapace width (C. W.) and body weight (B. W.) are:

$T. L. = 1.4952 B. L.^{0.9495}$

$B. W. = 5.3 \times 10^{-4} T. L.^{2.8078}$

$B. L. = 5.1428 C. L.^{0.9560}$

$B. L. = 1.0874 C. W.^{0.7728}$

4. The catch of spiny lobster at more than thirty metres was not affected by the phase of moon. There appeared one peak in the catch of spiny lobster during full moon.
5. The spiny lobster can be caught within water depth of 30-90 metres. Near the sea bed where the lobsters were caught there existed such animals as *Dendronephthya (D.) aurea*, *Dendronephthya (D.) nipponica*, *Melithaea flabellifera* and *Ophiopholis aculcate*. When the surface water temperature was between 21.2°C and 26°C, spiny lobsters were caught. When the bottom water temperature was 17.6°C, there were not any catches.
6. The maximum catch of spiny lobster was observed at the 4th mesh which is 43.68-45.60 cm high above the sea bed.

前 言

龍蝦，*Panulirus japonicus* (Von Siebold)，英名 Japanese spiny lobster，俗稱紅腳蝦¹⁾，棲息於水深 1~90 m 之岩礁地帶，日間穴居於岩隙中，夜間即出來索餌，其長於體長的強大第二觸角不僅作為感覺器，亦作為攻擊用之武器。龍蝦 (Spiny lobster) 約有 12 種²⁾，而本省產之龍蝦計有二屬九種³⁾，除日本龍蝦外，尚有五色龍蝦 *P. versicolor* (Latreille) 為本省產量最多之種類³⁾，龍蝦 (Spiny lobster) 幾乎遍佈於全世界之熱帶及亞熱帶海域²⁾，如分佈於黑潮流域，日本之太平洋沿岸至台灣、澎湖群島均有生產，在台灣以基隆、福隆、蘇澳、台東、恆春、枋山、東港及澎湖群島產量最多。龍蝦為蝦類中體型最大且最具經濟價值者，就目前 (至 1981 年 6 月 30 日止) 業者出售予魚販之價格而言，於冬季 1 台斤達新台幣 900 元 (1 公斤 1,500 元) 以上，春、夏季由於潛水捕撈業者增加，漁獲倍增，而其價格即降低，然其價格亦在 1 台斤 550 元以上。龍蝦肉質不僅美味可口，為一般所嗜食，並為喜慶宴客必備之高級料理，因其外觀雄偉、色彩美麗，常被剝製為標本以供欣賞。

本省龍蝦漁業係屬沿岸漁業，據漁業年報⁴⁾之統計，自民國 52 年之龍蝦總產量 66 公噸起，每年有逐漸增產之現象，至 66 年之總產量達 289 公噸，創下歷年來最高紀錄，而自 67 年以後，即有減產現象，於 69 年龍蝦總產量為 130.6 公噸，價值達新台幣 66,930,000 元以上，本省歷年之龍蝦產量如 Fig. 1 所示。漁民經常利用春、夏之際，潛水捕撈龍蝦，而其所能潛達之最深處概為水深 30 m 以淺的海域，而 30 m 以深之漁場，潛水捕撈業者即無法捕獲，又由於業者不論龍蝦之大小，凡潛水所及之處，即大小全抓，以致淺水域龍蝦資源將有面臨枯竭之慮，為尋找龍蝦新漁場，筆者乃針對深水龍蝦漁場，以底刺網展開調查，又民間業者亦有使用底刺網具捕撈龍蝦，其概以縮結 5 成之網具為主，為研究以纏絡龍蝦為主之底刺網應使用縮結多少較為適宜，特以目大 5.2 寸 (15.6 cm) 之網地編製成五種縮結不同之漁具，對其物理特性及其對龍蝦之漁獲性能加以研究，並將結果提供漁民作業之最佳參考。

材 料 與 方 法

一、試驗材料：

1 船隻：漁船福豐榮二號，總噸位 16.77 噸，主機馬力 70 匹馬力。

2 試驗儀器：

水中照度計	一部	RIGOSHA, 0 - 5000 Lux。
水深計	二部	YANAGI, 自動紀錄水深。
流速計	一部	CM-2 型電氣流速計。
魚群探知器	一部	200 kHz, 測深範圍 0 - 315 m。
抗張力試驗儀	一組	T 5002 型, 測定網綫抗張力, 最大抗張力為 5000 Newtons。

3 漁 具：

龍蝦底刺網之構造如 Fig. 2 所示，網地以 Nylon 210 D/12，目大 15.6 cm (5.2 寸) 所構成，浮子材料為軟性耐壓塑膠，空中重 14.6 g，浮力 8 g，每 15 個網目結付 1 個浮子於浮子網，沉子材料為鉛，空中重 19.25 g (5 錢)，每 5 個網目結付 1 個沉子於沉子網，浮子網材料為 PE 380 D/150，右撚及 PE 380 D/180，左撚各一條所組成；沉子網材料為 PE 380 D/120，右撚及 PE 380 D/150，左撚各一條組成，網長 510 目，網深 12 目，以縱目編成橫目使用，編製 5 種縮結不同之網具，縮結各為 40%，45%，50%，55%，60%。

二、方 法：

1 於海圖上選取底質為岩石且水深大於 30 m 之沿岸海域作為預定作業區。

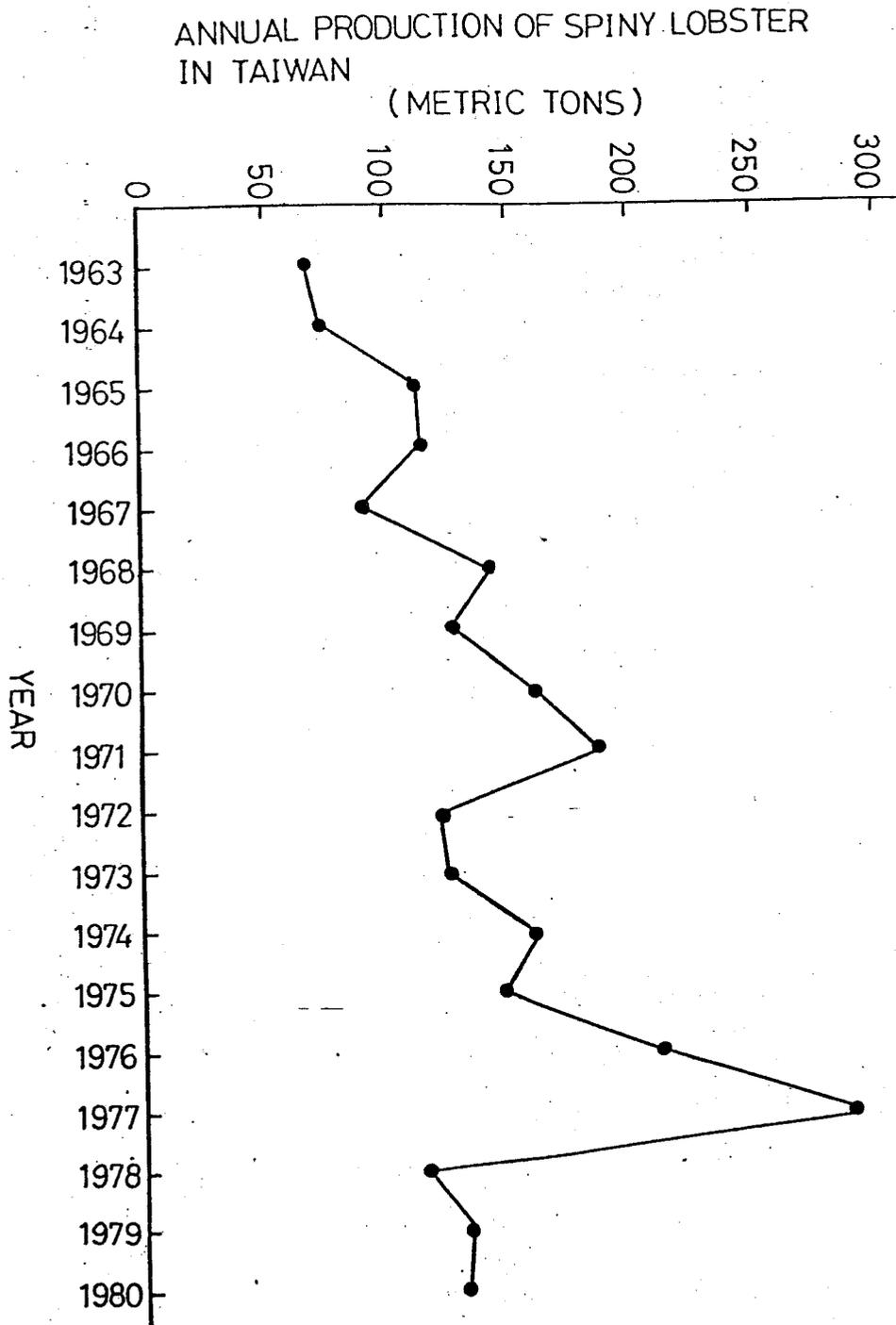


Fig. 1. The annual production of spiny lobster in Taiwan from 1963 to 1980.

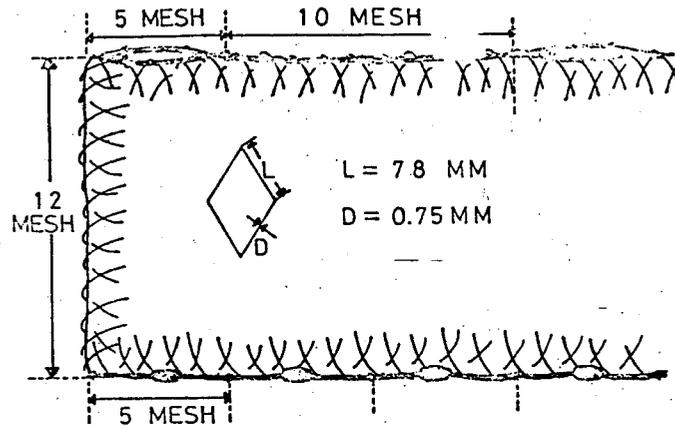


Fig. 2 Structure of the bottom gill net used in the experiment.

- 2 以魚探機測定水深及分析底質種類，並以採泥器採取底質作為驗證。
- 3 選取略為等深且有岩石之海域，測潮流流向，然後將縮結不同之網具依 40%，45%，50%，55% 及 60% 之順序各連結 1 領，如 Fig. 3 所示，於下午潮流較小時，順流投網，每次共投 2 組，每組各有 15 領。

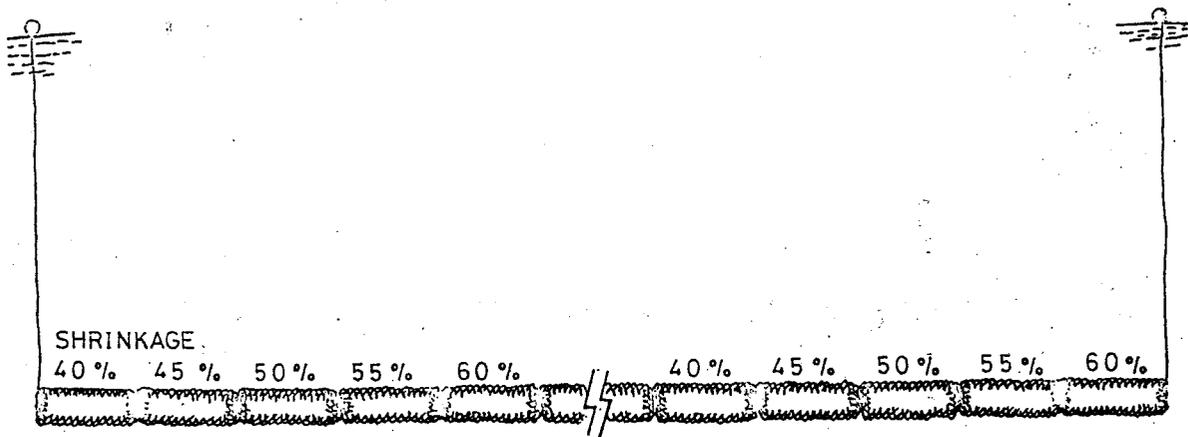


Fig. 3 The arrangement of nets five different shrinkage (40,45,50,55,60%) in the experiment.

- 4 以南森瓶裝置顛倒溫度計，測取漁場底層水溫，並測量表面水溫，以分析水溫對漁獲龍蝦之影響。
- 5 於翌日最早之小潮時揚網如 Plate 1 所示，小心以左手握住龍蝦頭胸甲，右手將網地由龍蝦尾扇向第一觸角方向卸下，但應避免將頭胸甲與腹節脫離，並紀錄漁獲龍蝦之網具種類及自沉子網方向數起第幾網目漁獲龍蝦，且量取龍蝦之體長、全長、頭胸甲長、頭胸甲寬及體重等各項資料，以分析縮結不同網具之漁獲性能。

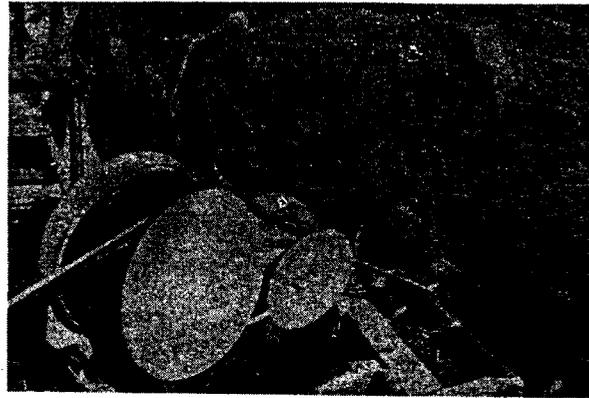


Plate 1. The lobster bottom gill net hauled with electrical net hauler.

6. 另選擇底質為沙地之水域，進行網具高度與潮流流速之關係試驗，每次各選出一種網具三領，於中間之網具各在浮子網及沉子網結付 1 個自記式水深計，分順流及橫流投網，之後，船下錨於投網位置之附近海域，以 CM-2 電氣流速計測取流速，每 5 分鐘紀錄一次流速，以測定流速不同，網具高度之變化情形。

網具設計理論

本試驗之網具設計乃依據角田⁵⁾之理論加以研討應用，茲將底刺網之設計理論列述於后：

隨潮流之流動，底刺網於海底之流動形狀，其側視圖如 Fig. 4 所示，圖中 v 為漁場之潮流流速， v' 為網具隨潮流移動之速度， V 為網具對潮流之相對速度，又網具長度為 S ，離海底之網具高度為 h ，浮子之浮力為 C_s ，浮子隨潮流之流力為 F_1 ，其與潮流之流向呈 θ_1 角度，沉子之水中重量為 W ，沉子隨潮流之流動力量 F_2 ，其與海底水平方向呈 θ_2 角度，至於網地，網綫的直徑為 D ，網腳長度為 L ，網腳間之夾角為 2φ 。

首先要求出單位長度網地的力學方程式，而網地受潮流流動所受之外力，須依據網地對水的速度求出。

$$V = v - v' \dots\dots\dots(1)$$

沉子之抵抗 R 為 $(W - F_2 \cdot \sin \theta_2)$ 與 μ (沉子與海底之摩擦係數) 之乘積。

$$R = \mu (W - F_2 \cdot \sin \theta_2) \dots\dots\dots(2)$$

網地受潮流流動之水平分力為

$$F_2 (\theta_1 - \theta_2) = S \cdot K_2 \cdot \sin \theta_1 \dots\dots\dots(3)$$

而網地受潮流流動之垂直分力為

$$F_2 - F_1 = S \cdot K_1 \cdot \cos \theta_1 \dots\dots\dots(4)$$

浮子與海底之垂直距離為 h

$$h = S \frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\theta_1 - \theta_2} \dots\dots\dots(5)$$

關於浮子之力學關係為

$$F_1^2 = C_s^2 + (k \cdot V^2) \dots\dots\dots(6)$$

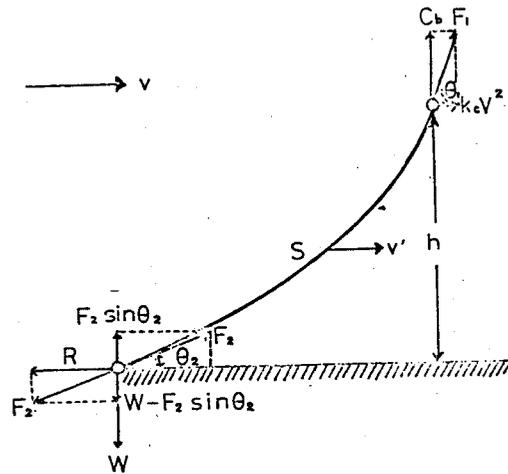


Fig. 4 Vertical section of the bottom gill net in action in a uniform current.

而以 $\tan \theta_1$ 表示時，則為

$$\tan \theta_1 = \frac{C_b}{k_c \cdot V^2} \dots\dots\dots(7)$$

又 R 係與 F_2 及 θ_2 有關，其關係為

$$R = F_2 \cos \theta_2 \dots\dots\dots(8)$$

於(3)式中的 K_n 及(4)式中的 K_t 為網地流力的垂直分力 (K_n) 與水平分力 (K_t)。

$$K_n = \frac{C_D}{2} \left(\frac{D}{L} \right) \frac{V^2}{\sin \phi \cdot \cos \phi} = k_n \cdot V^2 \dots\dots\dots(9)$$

$$K_t = \frac{C_D}{2} \left(\frac{D}{L} \right) \tan \phi \cdot V^2 = k_n \cdot \sin^2 \phi \cdot V^2 \dots\dots\dots(10)$$

由(3)式

$$\frac{S \cdot K_n}{F_1} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\sin \theta_1}$$

$$\frac{S \cdot K_n}{k_c \cdot V^2} = \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \frac{\theta_1 - \theta_2}{\sin \theta_1}$$

代入(9)式得

$$\frac{k_n \cdot S}{k_c} = \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \frac{\theta_1 - \theta_2}{\sin \theta_1} \dots\dots\dots(11)$$

由(4)式及(10)式得

$$\frac{F_2}{k_c \cdot V^2} - \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} = \frac{S \cdot k_n \cdot \sin^2 \phi \cdot V^2}{k_c \cdot V^2} \cos \theta_1$$

代入(1)式，得

$$\frac{F_2}{k_c \cdot V^2} = \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} + \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \sin \phi (\theta_1 - \theta_2) \cot \theta_1$$

簡化得

$$\frac{F_2}{k_c \cdot V^2} = \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \{ 1 + \sin^2 \phi (\theta_1 - \theta_2) \cdot \cot \theta_1 \} \dots\dots(12)$$

由(5)式得

$$\frac{h}{S} = \frac{\cos \theta_2 - \cos \theta_1}{\theta_1 - \theta_2} \dots\dots\dots(13)$$

由(8)式得

$$\left(\frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \right)^2 = \left(\frac{C_b}{k_c \cdot V^2} \right)^2 + 1 \dots\dots\dots(14)$$

而(7)式爲

$$\tan \theta_1 = \frac{C_b}{k_c \cdot V^2} \dots\dots\dots(15)$$

由(2)式及(8)式得

$$F_2 \cdot \cos \theta_2 = \mu (W - F_2 \cdot \sin \theta_2)$$

$$\frac{F_2}{k_c \cdot V^2} \cos \theta_2 = \mu \left(\frac{W}{k_c \cdot V^2} - \frac{F_2}{k_c \cdot V^2} \sin \theta_2 \right) \dots\dots\dots(16)$$

在上列各式中參與之因素爲，

$$\frac{k_n}{k_c} \cdot S: \text{係網具的結構(材料, 構成)而定。}$$

$$\frac{C_b}{k_c \cdot V^2} \cdot \frac{W}{k_c \cdot V^2}: \text{與網具的結構及作業}(V)\text{相關。}$$

ϕ : 依網具的結構(縮結)而定。

μ : 沉子與海底摩擦係數，其與作業條件(漁場的底質及 v')有關。

依本試驗所採用之漁具材料，可求得

$$C_b = 0.0679 \text{ g/cm}, \quad W = 0.245 \text{ g/cm}, \quad S = 167.18 \text{ cm},$$

$$\sin^2 \phi = 0.7975$$

據角田⁵⁾以砂作底質，得一實驗式：

$$\mu = 0.178 V^{0.467}$$

於 $V = 38 \text{ cm/sec}$ ($v = 55 \text{ cm/sec}$, $v' = 17 \text{ cm/sec}$) 時

得 $\mu = 0.973$

結果與角田之試驗結果 ($\mu = 0.5 \sim 1.1$) 甚爲符合。

結 果

一、潮流流速與網具高度關係：

沿岸潮流於開始漲退潮之時，表層水域之流速較大，而底層水域之流速則較小，其流速(V)與水深(D)之關係為 $\bar{V}=0.63-0.0059 D$ ，如Fig 5所示。於平潮時，則有相反之現象，即表層水域之流速較小，隨著水深之增大，潮流流速亦隨之增強。

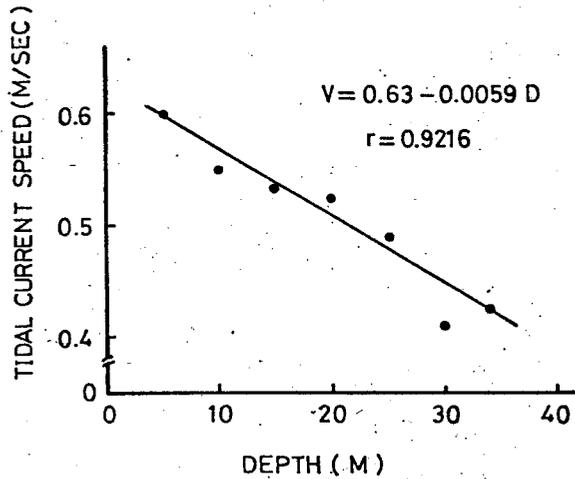


Fig. 5 Relationship between tidal current speed (V) and water depth (D) when tidal current is beginning.

底層水域流速(V)增加時，網具高度(H)即減少，於縮結 4.5 成之網具順流投放時，結果於流速為 0.1 m/sec，網高則為 1.8 m，隨著流速之增強，網高亦逐漸降低；於流速為 0.4 m/sec，網高則為 1.5 m；流速為 0.55 m/sec，網高降為 1.0 m，其關係為 $H = 1.99 - 1.6027 V$ ，如Fig. 6 所示；而於順流投放縮結 4 成之網具，則流速相同時，其網具高度較縮結 4.5 成的為低，流速為 0.3 m/sec 時，網高則為 1.2 m；流速為 0.4 m/sec，網高為 1.0 m，其關係為 $H = 1.9279 - 2.3088 V$ ，如Fig. 7 所示。

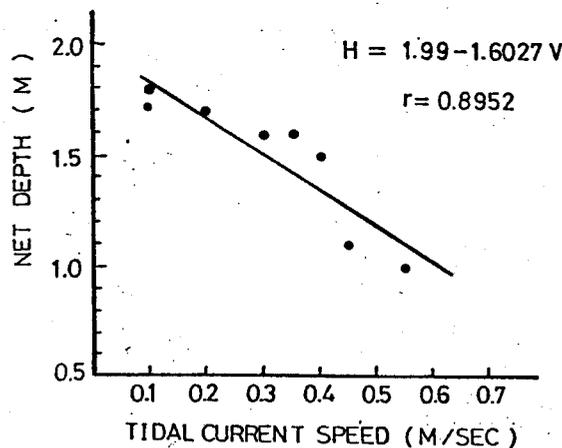


Fig. 6 Relationship between net depth (H) and tidal current (V) when shooting the net of shrinking 45 percent parallel to tidal current.

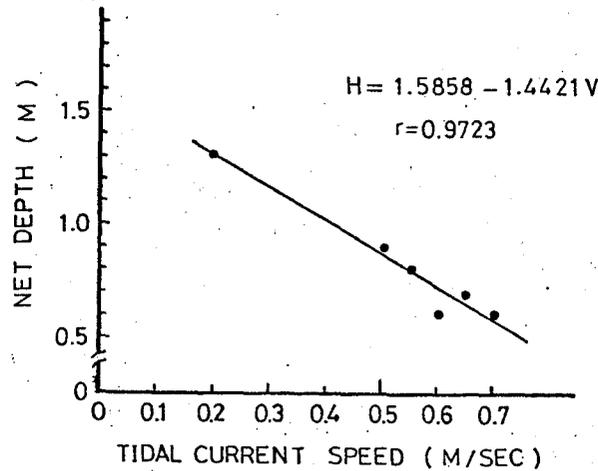


Fig. 7 Relationship between net depth (H) and tidal current (V) when shooting the net of shrinking 40 percent parallel to tidal current.

今網具相同，而投網之方向不同，則其網具高度亦迥異，如均同為縮結 4 成之網具，橫切潮流投網，其流速為 0.5 m/sec 時，網高為 0.9 m；流速為 0.6 m/sec，網高則為 0.6 m，其關係式為 $H = 1.5858 - 1.4421 V$ ，如 Fig. 8 所示；而改以順流投網時，於流速為 0.5 m/sec，網高為 0.7 m，流速為 0.6 m/sec，網高則為 0.54 m，即網具相同時，則以橫流投網之網具高度較順流投網的為高。

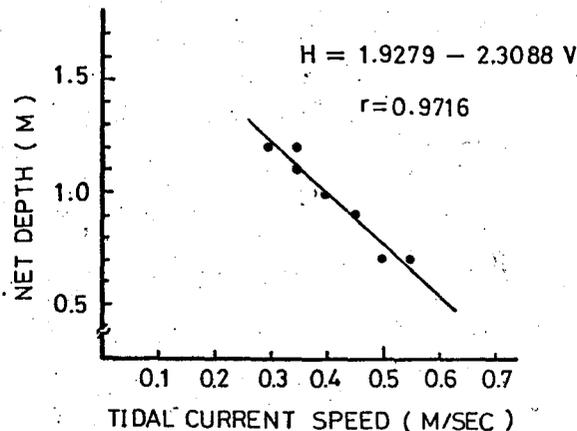


Fig. 8 Relationship between net depth (H) and tidal current (V) when shooting the net of shrinking 40 percent across tidal current.

於同為橫流投網，而縮結不同之網具，則於流速相同時，以縮結較多之網高比縮結較少者為大，例如縮結 5.5 成之網具橫流投網，流速為 0.55 m/sec，則網具高度為 1.3 m，而縮結 4 成的網高為 0.8 m；流速為 0.65 m/sec 時，縮結 5.5 成之網高為 1.3 m，而縮結 4 成者則為 0.7 m。縮結 5.5 成之網具，其網具高度與潮流速度之關係為 $H = 3.7221 - 4.4290 V$ ，如 Fig. 9 所示。

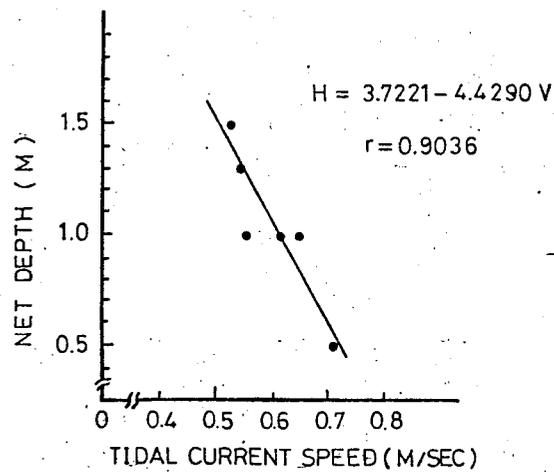


Fig. 9 Relationship between net depth (H) and tidal current (V) when shooting the net of hrinking 55 percent across tidal current.

二、網線破斷力與伸長度關係：

龍蝦底刺網之網線破斷力平均約為 159 Newtons，而一個網目之破斷力平均約為 178 Newtons，其均與伸長度成正比之關係，隨著網綫的伸長，其破斷力亦隨之累進增大，如 Fig. 10。

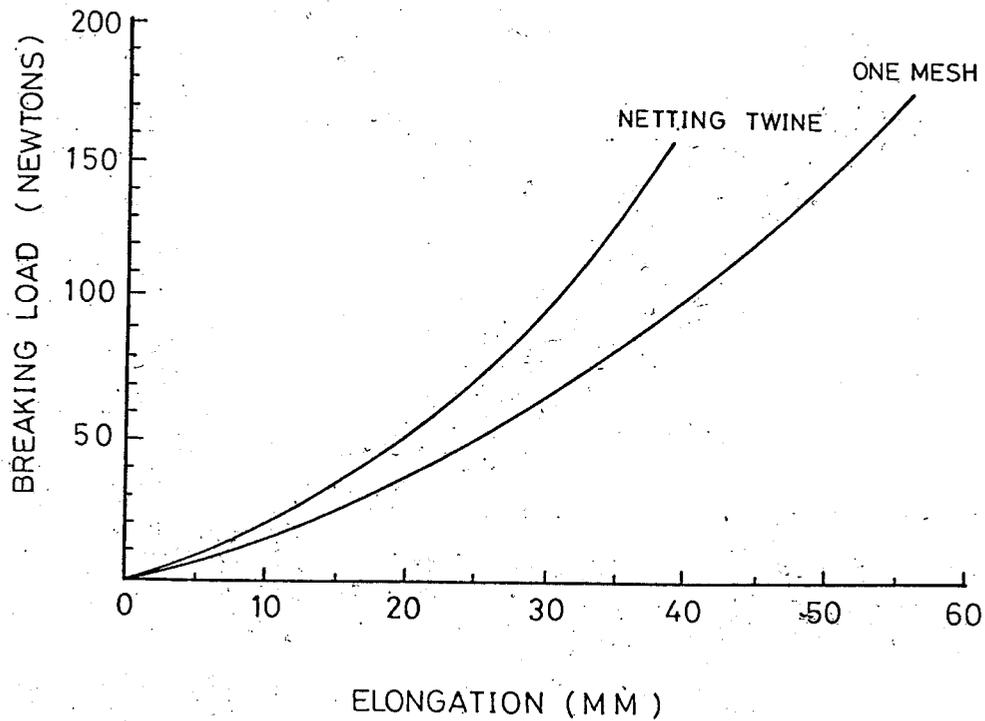


Fig. 10 Relationship between breaking load and elongation of the bottom gill net.

三、縮結對龍蝦漁獲之影響：

當底刺網之網目大小不變，使用之漁具材料亦相同時，網具深度將隨縮結之增大而加深，設 s 為縮結係數， N 為網深目數， $2L$ 為目大 (in stretched mesh)，則網具深度 (D) 為 $2NL\sqrt{2s-s^2}$ ，即

$$D = 2NL\sqrt{2s-s^2} \dots\dots\dots(17)$$

由此可知，縮結係數增大時，則網深亦隨之加深。

又縮結係數增大時，縮結後之網具長度則隨之減短，如縮結 4 成，其網長為 48.04 m；而縮結 4.5 成，則為 44.04 m；縮結 5 成時，網長則為 40.04 m；縮結 5.5 成，則為 36.04 m；縮結 6 成，網長即減短至 32.04 m，呈算術級數逐漸減小之現象。本試驗中之五種縮結不同之網具，以縮結 4 成之網長為最長。

於投網時，每種縮結不同之網具均有相同之漁獲機會，共投放 137 網次，結果以縮結 4 成者其單位努力漁獲量 (C.P.U.E.) 最高，為 3.06 kg/strip，其次為縮結 4.5 成與 5 成之網具，其分別為 2.58 kg/strip 及 2.52 kg/strip，再其次則為 6 成之網具，為 1.68 kg/strip，C.P.U.E. 最低則為縮結 5.5 成之網具，為 0.66 kg/strip，如 Table 1 所示，由此可知，對於以纏絡為主之龍蝦，縮結增大，並無法增加漁獲率，反而以縮結 4 成之網具較其他縮結大之網具之漁獲率為高，且較長，更可增加漁獲龍蝦之機會。

Table 1. Catch per unit effort in various nets of shrinkage.

EFFORT (STRIPS)	SHRINKAGE	C.P.U.E. (KG/STRIP)				
		0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
29		3.06	—	—	—	—
23		—	2.58	—	—	—
29		—	—	2.52	—	—
27		—	—	—	0.66	—
29		—	—	—	—	1.68

四、漁獲龍蝦之體長、全長、胸甲長、頭胸甲寬及體重之關係：

龍蝦之頭胸甲長 (Carapace length) 係由眼柄基底起量至頭胸甲之末端，而體長 (Body length) 係由眼柄基底起量至尾扇末端，全長 (Total length) 係由第一觸角基底起量至尾扇末端，本試驗所漁獲之龍蝦，最小體長為 145mm，最大體長為 400mm，其全長 (T.L) 與體長 (B.L) 之關係為 $TL = 1.4952 BL^{0.9495}$ ，如 Fig. 11 所示。而漁獲龍蝦之體重 (B.W)，最大達 1.7 kg，最小為 0.3 kg，其與全長之關係為 $B.W = 5.3 \times 10^{-4} TL^{2.5078}$ ，如 Fig. 12 所示。又頭胸甲長 (C.L) 最小為 50mm，最大為 150mm，其與體長之關係為 $B.L = 5.1428 CL^{0.8580}$ ，如 Fig. 13 所示。頭胸甲寬 (Carapace width) 最大為 125mm，最小為 40mm，其與體長之關係為 $B.L = 1.0874 \times 10 CW^{0.7728}$ ，如 Fig. 14 所示。

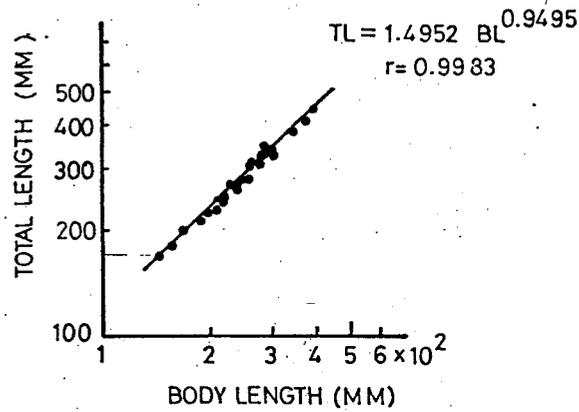


Fig. 11 Relationship between total length (TL) and body length (BL) of spiny lobsters caught.

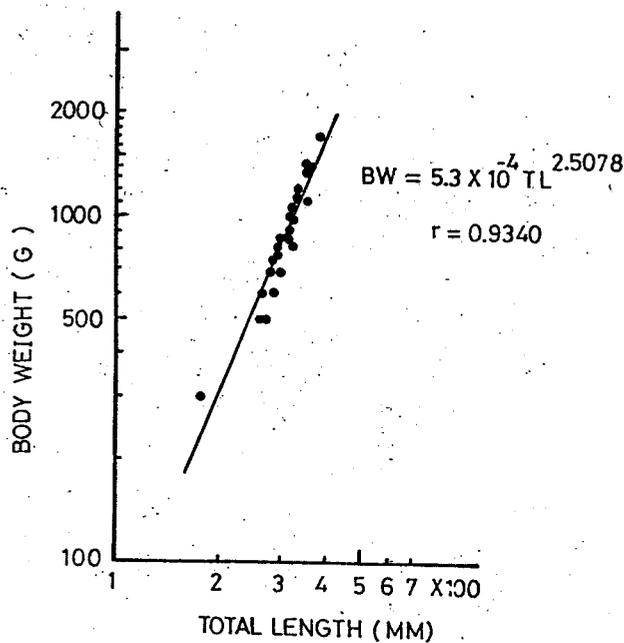


Fig. 12 Relationship between body weight (B.W.) and total length of spiny lobsters caught.

縮結不同之網具，其所漁獲龍蝦之全長分佈，如 Fig. 15 所示，亦相異；於縮結為 4 成與 4.5 成，全長 300~349mm 之比率佔 40% 以上，而於縮結為 5 成、5.5 成及 6 成時，全長 250~299mm 之比率亦達 40% 以上，因此可知，縮結較少之網具，其所漁獲龍蝦之體長比縮結較多者為大。

五、月齡對龍蝦漁獲之影響：

於農曆每月 1 日、15 日左右均為大潮，8 日與 23 日附近為小潮，由試驗結果顯示，於大潮左右，龍蝦漁獲較多，如於 4 日與 27 日，平均每晚可漁獲 6.6 隻，於 15 日與 16 日則可漁獲 6.7 隻，而

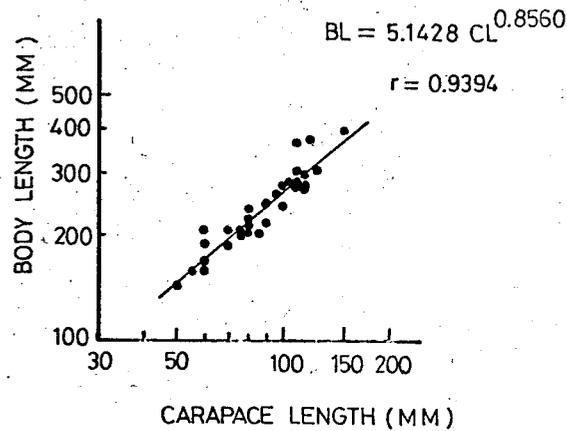


Fig. 13 Relationship between body length (BL) and carapace length (CL) of spiny lobsters caught.

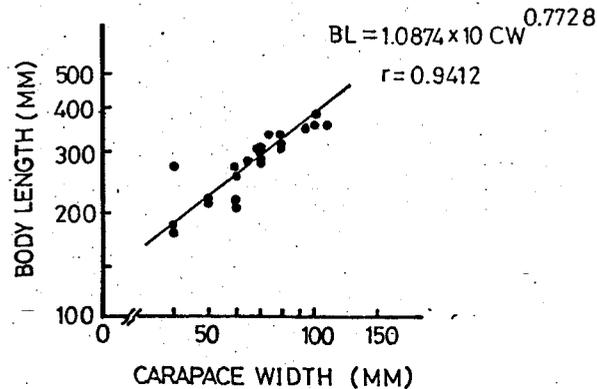


Fig. 14 Relationship between body length (BL) and carapace width (CW) of spiny lobsters caught.

於小潮時，如 8 日與 23 日，平均每晚漁獲 2.5 隻，而本試驗之漁場水深均深於 30m，故於滿月，月圓之日，雖有較強月光之照射，然由 Fig. 16 可知，於滿月，15 日與 16 日之漁獲並不因受月光之照射而減少，反而有漁獲增加之現象。

六、漁獲龍蝦之漁場狀況：

1 漁場水深

以基隆島為中心，在其西南方水深 60—64 m 處，如 Fig. 17 中之 B 漁場，投放 6 領網，計漁獲 11 隻龍蝦，且漁獲之網具部位，大多相離不遠，可知龍蝦有群集行動之習性。

尤其於基隆島北端，如 Fig 17 中之 A 漁場，水深 75 m 之處 1 網次即漁獲 9 隻，又於 80—90 m 之處亦漁獲 9 隻，且多為大型之龍蝦，體長有達 380 mm 之紀錄。

於八斗子尖山外海，水深 56—62 m 之處，如 Fig 17 中之 E 漁場，亦有龍蝦之漁獲，於皇帝殿北方，39—64 m 之處，如 Fig. 17 中之 C 與 D 漁場，亦有龍蝦之分佈。

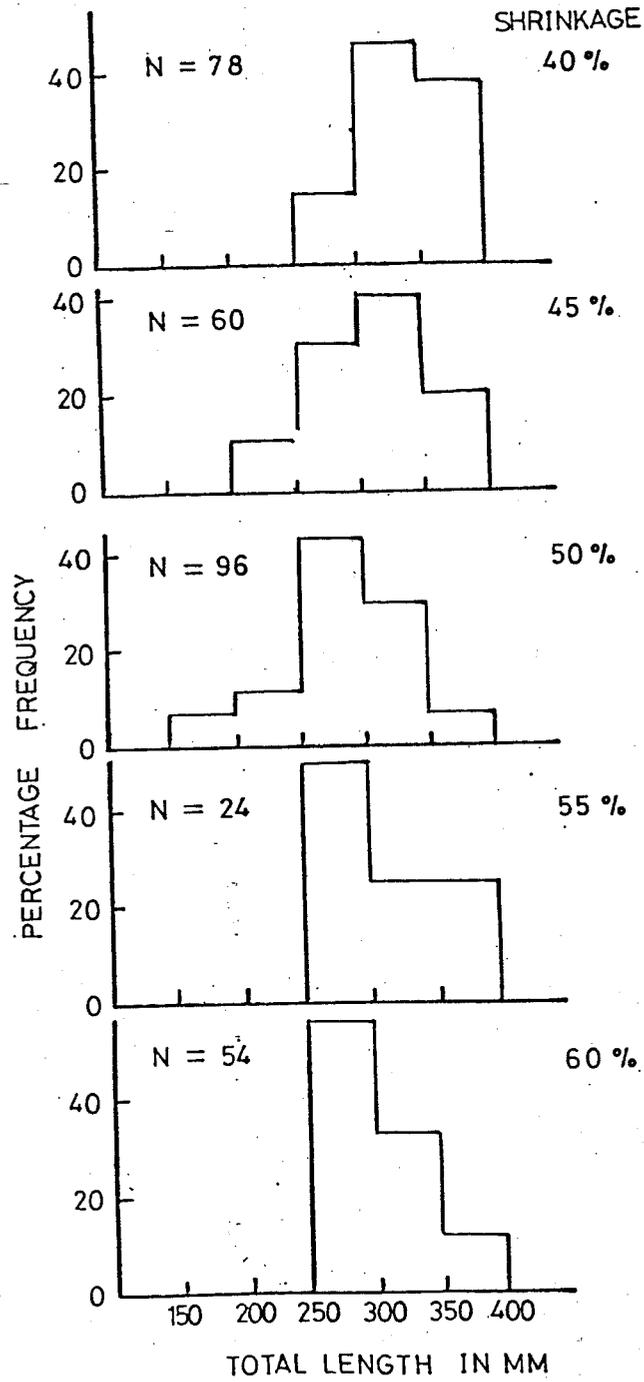


Fig. 15. Length frequency of spiny lobster caught by the nets of the stated shrinkage in the experiment.

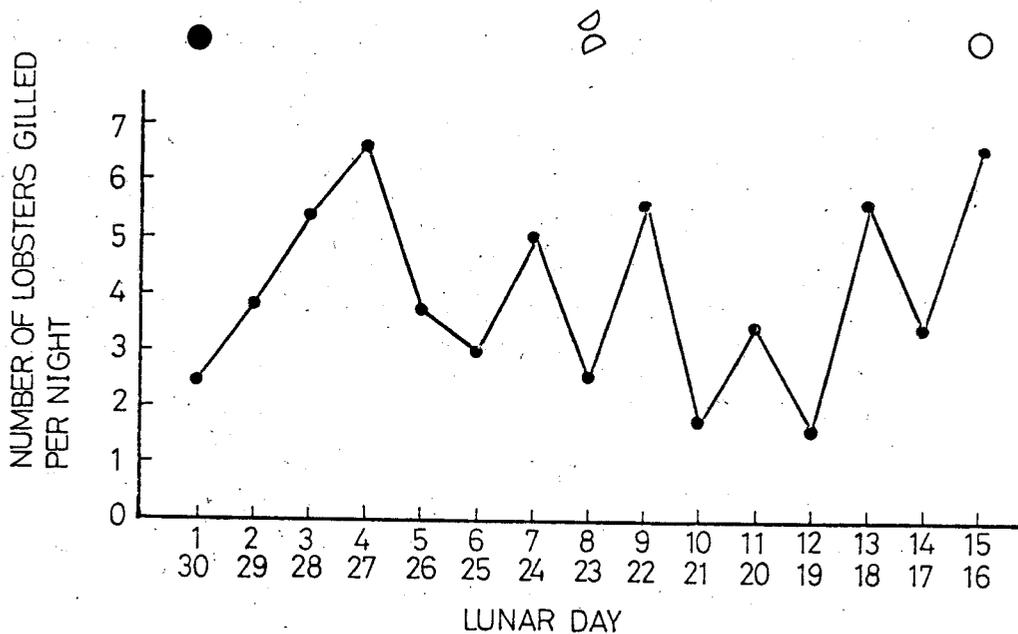


Fig. 16 Relationship between the phase of moon and the number of lobsters gilled.

本試驗中，漁場水深最淺為 30 m（金山發電廠外海），最深為 90 m（基隆島北端）均有龍蝦之漁獲。

2 漁場底質：

於漁獲龍蝦之漁場，由纏絡龍蝦之網具部位附近所揚起之底質可知，龍蝦喜棲於生長著腔腸動物之紅棘海木賊，*Dendronephtya (D) nipponica*（如Plate 2）；黃棘海木賊，*Dendronephtya (D) aurea*（如Plate 3）及海扇珊瑚，*Melithaea flabellifera*；棘皮動物之珠子蜘蛛海星，*Ophiopholis aculeata*（如Plate 4）等之岩石海域，故如能以海底電視調查生長此四種動物之海域，對漁獲龍蝦將更有顯著之助益。而龍蝦棲息之底質，均無垃圾或雜物之存在，可見龍蝦有選擇潔淨之海底環境而棲息之習性。

又於基隆島西南方，水深 60 - 64 m 之海域，其地形為平底岩石地而中間有突出之小山丘，於此處同時漁獲 11 隻龍蝦，可知龍蝦喜於海底有突出部份之岩石底質棲息。

3 漁場水溫：

龍蝦為底棲性，於 12 月份底層水溫為 17.6 °C 左右時即無漁獲，推測其因係水溫低，龍蝦爬行活動少，故漁獲機會較小，而於 3 月份，水溫升高，於水深 60 m 處，其底層水溫為 21.15 °C，則有龍蝦之漁獲，故可知水溫之變化亦影響龍蝦之漁獲情形，而表層水溫為 21.2 ~ 26 °C，則均有龍蝦之漁獲。

七、漁獲龍蝦之網具高度：

依余座等⁹⁾之研究，欲知龍蝦漁獲時之離海底高度，可以 $h = l(n - \frac{1}{2}) \times \sqrt{2s - s^2}$ 求之，式中 h 為漁獲龍蝦之離底高度， l 為網目大小， n 為自沉子網算起第 n 網目漁獲龍蝦， s 為縮結係數，當目大為 15.6 cm，縮結 4 成之網具時，結果得 n 為 2 與 4，即 h 為 18.72 cm 與 43.68 cm；而於縮結為 4.5 成之網具時，得 n 為 4 與 9，則 h 為 45.60 cm 與 110.74 cm；又於縮結 6 成之網具， n 為 6

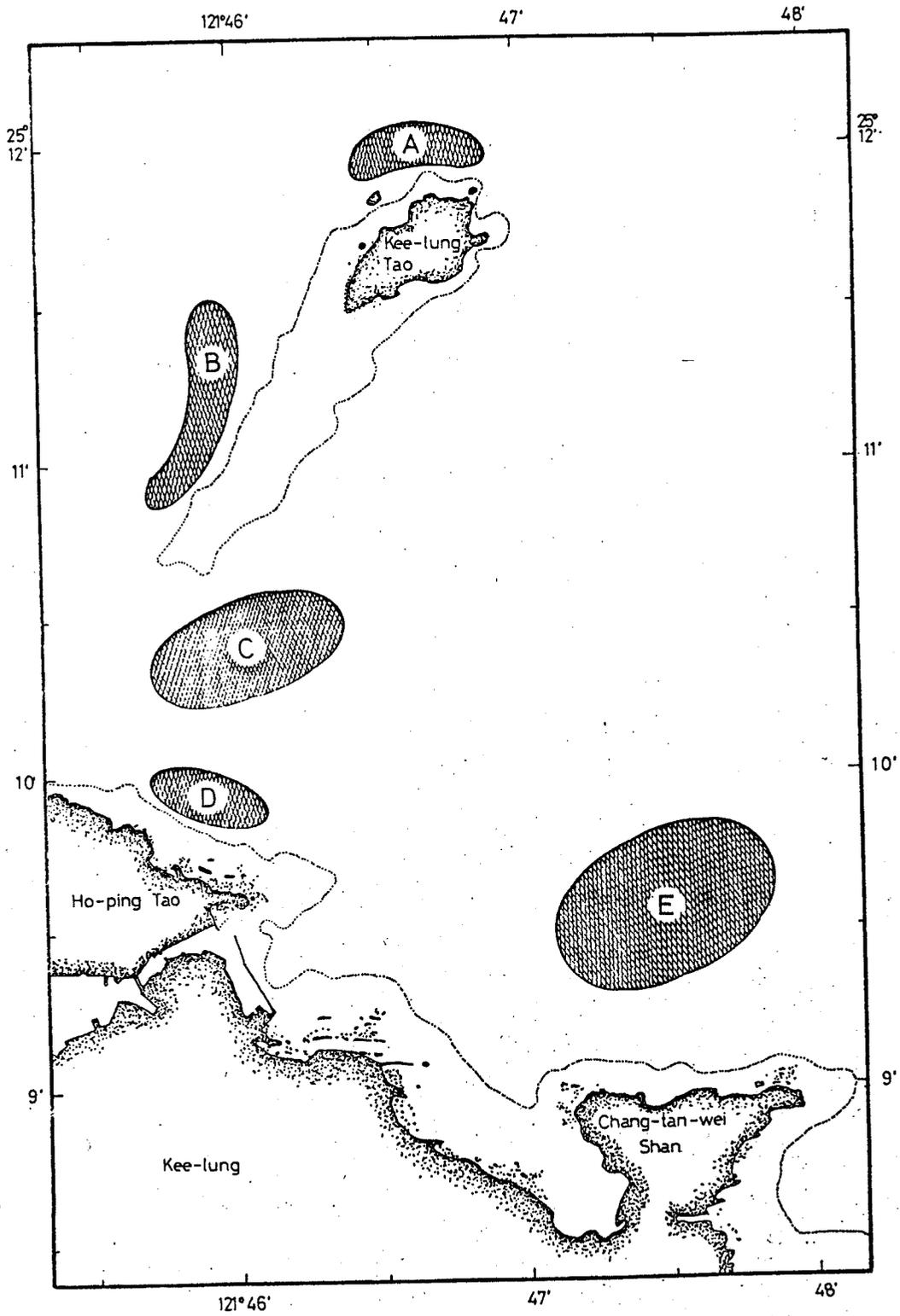


Fig. 17 Fishing grounds of lobster investigated in the northern Taiwan.



Plate 2. *Dendronephthya (Dendronephthya) nipponica* Utinomi.



Plate 3. *Dendronephthya (Dendronephthya) aurea* Utinomi.



Plate 4. *Ophiopholis aculeata* var. *japonica* (Lyman)

，即h為78.64 cm，由上可知，龍蝦漁獲時之離底高度為18.72～110.74 cm，而以43.68～45.60 cm之高度較多。

八、龍蝦之形態：

漁獲之龍蝦，如其胸腳有斷離之情況，於飼養時較易死亡，又如頭胸甲與背甲有鬆離之現象，揚網後不久即會死亡。判斷龍蝦之性別，據揚⁹⁾研究指出，雌蝦於第五胸腳具有擬鉗（如Plate 5），而雄蝦無；雄性成蝦之第一觸角柄及第二胸腳均較雌性成蝦為長（如Plate 6），又據鄧⁷⁾稱，雌蝦為了抱卵，其四對游泳肢均較雄蝦的為大，且雌性成蝦之體長較雄性成蝦為小。



Plate 5. Female spiny lobster.

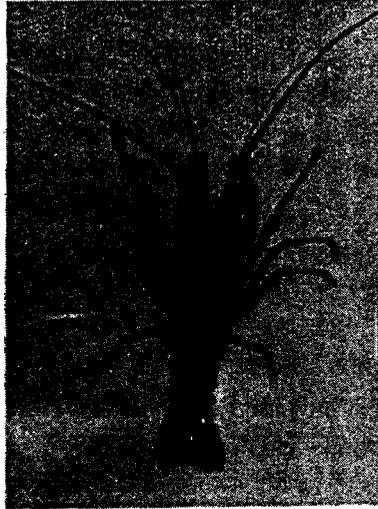


Plate 6. Male spiny lobster.

於漁獲試驗中，自4月1日起即有捕獲抱卵之雌蝦，此時漁場之底層水溫為23℃，據鄧⁹表示，抱卵蝦在五～九月間均可見到，故於本省北部海域，龍蝦產卵期約於每年4月至9月間。

討 論

- 一、據宮本⁹稱，刺網一般比其他網具縮結較多，以罹刺網目為主之刺網，其縮結為3—4成，而以纏絡網地為目的者，其縮結則為3.5—6成。本試驗採用4～6成共5種（4，4.5，5，5.5，6成）縮結不同之網具作漁獲性能比較試驗，而結果以縮結4成網具之C.P.U.E.最大，目前基隆地區漁民係使用縮結5成之網具，本結果將可提供漁民作為改進網具之參考，縮結4成之網具非但漁獲效率較強，且因每領網具，目大皆相同時，其網長亦較縮結5成者長4m，若一次投放30領網，即增長120m之網長，因而增進漁獲龍蝦之機會。
- 二、依鄧⁹報告指出，龍蝦之最小成熟頭胸甲長約為4cm，而滿二年級群者為頭胸甲長大於5.1cm以上，而本試驗所漁獲之龍蝦，其頭胸甲長均大於5.1cm，故均為滿二年級群之成熟龍蝦，目前潛水業者捕撈龍蝦，常大小全抓，甚至連頭胸甲長小於3.2cm（滿一年級群）之小型龍蝦亦無法倖免，據投放龍蝦底刺網業者稱，去年（69年）7月的漁獲成績較今年為佳。由於漁民不斷濫獲（Overfishing）結果，龍蝦資源已有漸趨減少現象，據Bardach¹⁰等表示，*Panulirus interruptus* 蓄養至27cm之最小法定體長（Legal minimum size）至少需時7～9年，而*P. argus* 亦需三年之久，故可知龍蝦（Spiny lobster）之成長慢，繁殖不易。因此為了維護龍蝦之最大持續生產量（M.S.Y.），至少應於產卵期（4—9月）禁止捕撈，並應同時禁止捕抓頭胸甲長小於4公分以下之龍蝦。
- 三、據余座等⁹之研究，於水深數公尺至十公尺左右之漁場以底刺網具（Nylon 210D/6×3，目大7.9cm，網長150m，網深13目，浮子浮力2.5g，沉子重18.8g，縮結77%）作漁獲試驗，結果以新月（New moon）左右之漁獲量最高，其次為弦月（Half moon），最低則為滿月（Full moon）左右，依余座推測係由於龍蝦在滿月左右的夜間，游泳活動較少；但在本試驗中，於滿月時，龍蝦漁獲尾數最多，根據水中照度測試結果，於70年5月9日下午三時左右（有陽光照射），測量水中照度，於水深20m時，照度即近於0 Lux，而本試驗係實施於水深

30 公尺以深之漁場，晝間之水中照度已很低，且又於滿月時，其照度值更低，故因而可推知深水漁場之龍蝦於夜間索餌活動並不受滿月之強烈月光照射影響。

四、據石井¹¹⁾稱，龍蝦棲息場所之水深較淺，約 1 m 深，又據三宅¹²⁾表示，龍蝦棲息於水深 10 - 30 m 之岩礁地帶，而本試驗所投網之海域均深於水深 30 m，且於水深 90 m 之處亦有漁獲，故龍蝦之棲息水深為 1 ~ 90 m，亦可能深於 90 m，有待繼續調查研究，依石井¹¹⁾云，全世界均有蝦類之分佈，於水深 700 ~ 800 m 之深海，亦有漁獲，但實際上，美味可口的蝦類却無法於此種深海捕獲，而大多在水深 100 m 以淺之水域漁獲的，而本試驗之漁場水深均在 100 m 以內。

每於惡劣天氣來臨之前，出海投網，俟天氣變好之後再揚網，結果均有良好之漁獲，例如於 70 年 4 月 1 日投網於基隆島北端，於 4 月 4 日揚網，即漁獲 9 隻龍蝦，共計 6.15 kg。推測其因可能係龍蝦於惡劣天氣來臨之前，常有群體爬行索餌之現象。

五、依余座等⁹⁾研究，龍蝦之漁獲高度多為離海底 19 cm，約佔 40% 之漁獲，而本試驗之漁獲高度多為 43.68 ~ 45.60 cm，推測其因有二：(一)於有岩礁、底質起伏不平之漁場，網具可能落在岩石最低窪之處，而龍蝦爬行於較高之岩石，如此即可能被纏絡於離沉子網較高之網目，如第九網目。(二)於底層流較強之際，網具低傾呈曲綫形狀^{13~15)}，網高降低，即網高無法依 $h = l(n - \frac{1}{2}) \times \sqrt{2s - s}$ 之式求得，因而亦可能於離沉子網較高之網目漁獲龍蝦。

六、於龍蝦漁場通常不僅漁獲龍蝦而已，有時亦可漁獲底棲性魚類，如嘉臘、石斑、花軟唇及沙魚等，然投網幾日再揚網，漁獲之魚類即死亡而有腐臭之現象，但同時漁獲之龍蝦仍依然活著，此可能係龍蝦有甲殼保護體內，不易受傷而死亡，但如網線緊繫於頭胸甲與背甲之連接皮膜部份，則亦會死亡，而魚類則可能罹刺網具後掙扎，致使鱗片掉落，而受傷感染細菌，經過一夜後即死亡。

七、據潛水人員觀察龍蝦對底刺網具之反應行動，龍蝦於夜晚自岩礁隙縫爬出索餌，先緩緩而行，爬行至底刺網前，以強大又長的第二觸角碰觸到網具後，即停止前進，而於原地不動，約過幾分鐘之後，再以胸脚往上抓，一左一右，以致其對胸脚即全部纏絡於網具上，由於龍蝦之頭胸甲有大棘與小棘，第二觸角有甚密之小棘，背甲接近腹部之兩端各有鉤狀物，故龍蝦以胸脚抓上網具後，即無法逃脫，又龍蝦遇有強烈刺激，如以鐵鉤去碰它，即往後反跳，潛水人員即利用龍蝦此種習性而捕獲之。

八、本試驗之初，錨係用鐵製之有桿錨，然於農曆初一、十五日左右潮流最強之時，於錨附近之網具，均與錨捲成一團，後來改用磚塊，即無此現象，其因鐵錨重，沉降力大，如 Plate 7 所示，於網地尚未沉到海底，錨已先沉至海底，網地再沉下而與鐵錨絞成一團，故於岩礁海域投放底刺網，錨以使用磚塊較為適宜。

九、於基隆島北端，水深 70 - 90 m 之龍蝦漁場（如 Fig. 17 中之 A 漁場），經本所調查開發之後，引導沿岸漁船（如基隆和平島之永慶三號漁船及見得號漁船等）前往作業，均有良好之漁獲。

摘 要

龍蝦為蝦類中體型最大且最具經濟價值者，由於漁民之過份潛水濫捕，致淺水域之龍蝦資源將有枯竭之危，故特選定潛水人員無法潛達之較深水域漁場作底刺網試驗，設計五種縮結不同之網具，研究其水中物理特性，並比較其對龍蝦之漁獲性能，茲將試驗結果摘述於后：

1. 潮流流速與網具高度關係：

縮結為 4.5 成之網具，順流投網時，其流速(V)與網具高度(H)之關係為 $H = 1.99 - 1.6027V$ ，而縮結 4 成之網具則為 $H = 1.9279 - 2.3088V$ ；於橫流投網時，縮結 4 成之網具為 $H = 1.5858 -$

$1.4421V$ ，而縮結 5.5 成的網具則為 $H = 3.7221 - 4.4290V$ 。

2. 縮結對龍蝦漁獲之影響：

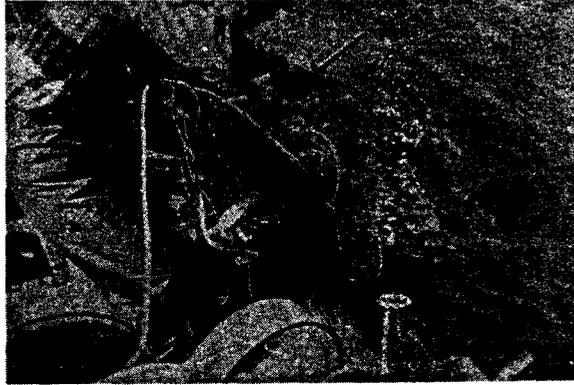


Plate 7. Net and anchor made of iron twisted together during the new moon and full moon, this never happened when anchor made of brick was used.

共投放 137 網次，結果以縮結 4 成網具之 C.P.U.E 最高，3.06 kg/strip，其次為縮結 4.5 成與 5 成之網具，分別為 2.58 kg/strip 及 2.52 kg/strip，再其次為縮結 6 成之網具，為 1.68 kg/strip，最低則為縮結 5.5 成之網具，為 0.66 kg/strip，故縮結小之網具，其 C.P.U.E 反而比縮結大的為高。

3. 漁獲龍蝦之體長、全長、頭胸甲長、頭胸甲寬及體重之關係：

漁獲龍蝦之全長 (T.L) 與體長 (B.L) 之關係為 $T.L = 1.4952 B.L^{0.9495}$ ，而體重 (B.W) 與全長之關係為 $B.W = 5.3 \times 10^{-4} T.L^{2.5078}$ ，體長與頭胸甲長 (C.L) 之關係為 $B.L = 5.1428 C.L^{0.8560}$ ，體長與頭胸甲寬 (C.W) 之關係為 $B.L = 1.0874 \times 10 C.W^{0.7728}$ 。

4. 月齡對龍蝦漁獲之影響：

於滿月之日漁獲率最高，故棲息於深水漁場之龍蝦，其夜間之索餌行動較不受滿月時月光照射之影響。

5. 漁獲龍蝦之漁場狀況：

於水深 30 m 至 90 m 之漁場，均有龍蝦之漁獲，而可漁獲到龍蝦之漁場底質，多生長著紅棘海木賊、黃棘海木賊、海扇珊瑚及珠子蜘蛛海星等動物，而無垃圾或雜質之存在。於表層水溫為 21.2 ~ 26 °C 均有龍蝦之漁獲，然於底層水溫為 17.6 °C 時則無漁獲。

6. 龍蝦漁獲之網具高度：

漁獲龍蝦時，離海底高度為 18.72 ~ 110.74 cm，而其中以第 4 網目 (43.68 ~ 45.60 cm) 之網具高度漁獲較多。

謝 辭

本報告承蒙恩師 李所長燦然博士殷切指導及提供許多珍貴資料，謹致由衷之謝忱；海洋漁業系蘇主任偉成於試驗設計上多方面提供寶貴意見與指正；福豐榮二號漁船船主何瑞福先生與該船全體同仁之大力支援；永慶三號漁船船主方阿祥先生之熱心提供漁獲資料；本系同仁陳守仁之協助船上試驗工作；同仁謝日豐之惠予協助繪圖及資料統計，方能順利完成，并此致謝。

參 考 文 獻

- 1 何雲達·游詳平 (1978)：台灣省龍蝦學名、中文名、俗名對照及其屬、種之檢索，中國水產，

- 第 308 期, P. 3 ~ 4。
2. Taylor Herle (1975) : The lobster : its life cycle , Sterling publishing Co., Inc., New York, PP. 80.
 3. 楊鴻嘉 (1971) : 台灣重要食用魚介圖說, 中國農村復興聯合委員會漁業會刊第十號, P. 86.
 4. 中華民國台灣地區漁業年報 (1963 ~ 1980) : 台灣省農村廳漁業局。
 5. 角田俊平 (1970) : 底流網によるキスの生態とその資源に関する研究, 宏島大學水畜産學部 紀要, 第 9 卷, 第 1 號, P. 1 ~ 55.
 6. 余座和征・野村浩三・宮本秀明 (1977) : 底刺網への羅網状態から見たイセエビとサザエの生態について, 日本水産學會誌, 43 (11), P. 1269 - 1272.
 7. 鄧火土 (1975) : 龍蝦, 經濟蝦類養殖, 漁牧科學雜誌社, P. 145 ~ 148.
 8. 鄧火土 (1963) : 龍蝦之生態, 中國水產, 第 126 期, P. 2.
 9. 宮本秀明 (1956) : 漁具漁法學 (網漁具篇), 金原出版株式會社, 東京, P. 97 ~ 121.
 10. Bardach John E. et al., (1972) : Lobster culture in aquaculture , The farming and husbandry of freshwater and marine organisms, John Wiley & Sone, Inc., Canada, P. 633 - 650.
 11. 石井 金之助 (1975) : エビのすべて, 國際商業出版株式會社, 東京, PP. 199.
 12. 三宅貞祥 (1975) : 水生動物, 學研中高生圖鑑, Vol. 9 , 株式會社學習研究社, P. 198.
 13. 川上太左英 (1979) : 底流網の円弧近似による解析, 私人講義, 未發表。
 14. Matuda Ko and Sannomya Nobuo (1977) : Theory and design of bottom drift net-
I, I, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 43 (6) . P. 669 ~ 687.
 15. Matuda Ko and Sannomya Nobuo (1978) : Theory and design of bottom drift net-
II, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 44 (1), P. 7 ~ 13.