

# 利用計量魚探器評估北太平洋表層流刺網漁場價值 可行性之研究

吳世宏 · 廖學耕

## Studies on the Feasibility of Estimating the Value of Drift Gillnet Fishing Ground Using the Quantitative Echo Sounder Technique

Sew-Horng Wu and Shyue-Geng Liaw

A study was made to assess the value of drift gillnet fishing ground using the quantitative echo sounder technique. The block located in 38°-44°N latitude, 170°E-170°W longitude (North Pacific Ocean), was surveyed by R/V. Hai-Kung of the Taiwan Fisheries Research Institute during August 1-16, 1986. Fishing experiments were conducted at 11 stations using the surface driftnet method.

Sounding experiment was performed on the vessel with a trackline parallel to the gillnet. This was done continuously using a KFC-200 quantitative echo sounder. The average backscattering strength ( $\overline{SV}$ ) was analyzed and compared with the catch and results made using oceanographic observation. This study showed the following :

1. The major species caught in the survey region were *Katsuwonus pelemis* (Skipjack tuna), *Ommastrephes Bartrami* (Flying squid) and *Brama japonica* (Pacific pomfret).
2. The Subarctic Front Zone, the Subarctic, and the Subtropic Waters were divided by oceanographic characteristic in the survey region. Vertical structures of temperature and salinity were most anomalous in the Subarctic Front Zone.
3. The maximum value of  $\overline{SV}$  measured by echo sounder was found in waters with depths shallower than 10 m. in the Subarctic Front Zone and deeper than 10 m. in other areas.
4. Based on the comparisons and analyses made using the sounding, oceanographic observations and fishing experiments, the drift gillnet method was the most favorable method of

operation in the survey region, except in the Subtropic Waters. Obviously, sounding experiment was superior to other methods of assessing the value of drift gillnet fishing ground quickly and directly because it employs less time and measures directly the values.

## 前 言

在北太平洋亞熱帶溫水循環系統 ( Warm anticyclonic Subtropic gyre system ) 與亞寒帶冷水循環系統 ( Cold cyclonic gyre system ) 之間, 存有一溫度及鹽度均呈不連續性之海洋前線 ( Oceanic Front ), 其位置約在  $40^{\circ} \text{N} \sim 45^{\circ} \text{N}$  間變動, 並由日本外海向東延伸, 與緯度線大致平行且略呈弧狀之狹長水域, Defant ( 1929 ) 首先將之命名為海洋極前線 ( Oceanic Polar Front )<sup>(1)</sup>; 其後 Dodimead 等 ( 1963 ) 稱之為亞極潮境 ( Subarctic Boundary )<sup>(2)</sup>; Roden ( 1977 ) 又稱之為亞極前線 ( Subarctic Front )<sup>(3)</sup>。該水域因具有(1)容易產生渦動及局部湧升, 使下層營養鹽可持續加入有光層 ( Euphotic layer ), 提高基礎生產力; (2)水塊之收斂, 使動植物性浮游生物群集等之海洋特性, 故形成表層性魚類之良好漁場<sup>(4)</sup>。過去有關亞極前線之海洋特徵, 生物群集之研究甚多<sup>(5) - (7)</sup>, 但迄今為止, 應用計量魚探器來探討該水域及其鄰近水域間漁場特性相關之研究仍然沒有。本試驗乃利用裝設於海功號試驗船上之 KFC-200 型計量魚探器, 實時間 ( Realtime ) 計測平均後方散亂反射強度 ( dB, Average backscattering strength )<sup>(8) - (10)</sup>, 配合海況觀測及漁獲等之資料, 企求究明其相關性, 以做為評估表層流刺網漁場價值之基礎依據。

## 材料與方法

本試驗是海功號執行 75 年度北太平洋赤魷 ( Flying squid ) 漁場資源調查計畫中的一部份, 如圖 1 所示, 其中點狀部份所圍成的長方形水域是調查水域<sup>(11)</sup>, 其使用之材料及方法如次:

計量魚探系統 是由魚群探測部、積分校正部、列表機及磁帶收錄音機等所構成<sup>(12)</sup>。魚群探測部是普通魚探測器加上超音波衰減校正功能的 T.V.G. 所構成 ( 表 1 )。積分校正部是對超音波之音壓施以平方及校準因子校正後, 實時間 ( Realtime ) 的求取後方散亂反射強度。

表 1 KFC-200 型計量魚探器之簡要規格暨探測時設定之條件\*

Table 1 Specifications of quantitative echo sounder and control setting during the survey\* (Type : KFC-200 )

Parameter	Symbol	Low frequency	High frequency
Transmitting frequency	f	28.5 kHz *	96.2 kHz
Band width	BW	4.6 kHz *	5 kHz
Equivalent beam	$\theta$	0.0629 sr.* (8.118 deg.)	0.01584 sr. (4.069 deg.)
Source level	SL	219 dB* (0 dB = 1 $\mu\text{Pa}$ )	227 dB (0 dB = 1 $\mu\text{Pa}$ )
Pulse length		0.5, 1, 2* ms	0.5, 1, 2 ms
Transmitting power	W	894 *W	1772 W
Time varied gain (T.V.G.)			
40 Log	GT	-18 dB -25 dB	-18 dB -25 dB
20 *Log	GT	- 8 dB -10 dB	-2.3 dB -4.3 dB
Transmitting range	m	25, 50, 100, 200*, 400	
Transmitting period	ms	152, 218.7, 352, 618.*7, 1152	

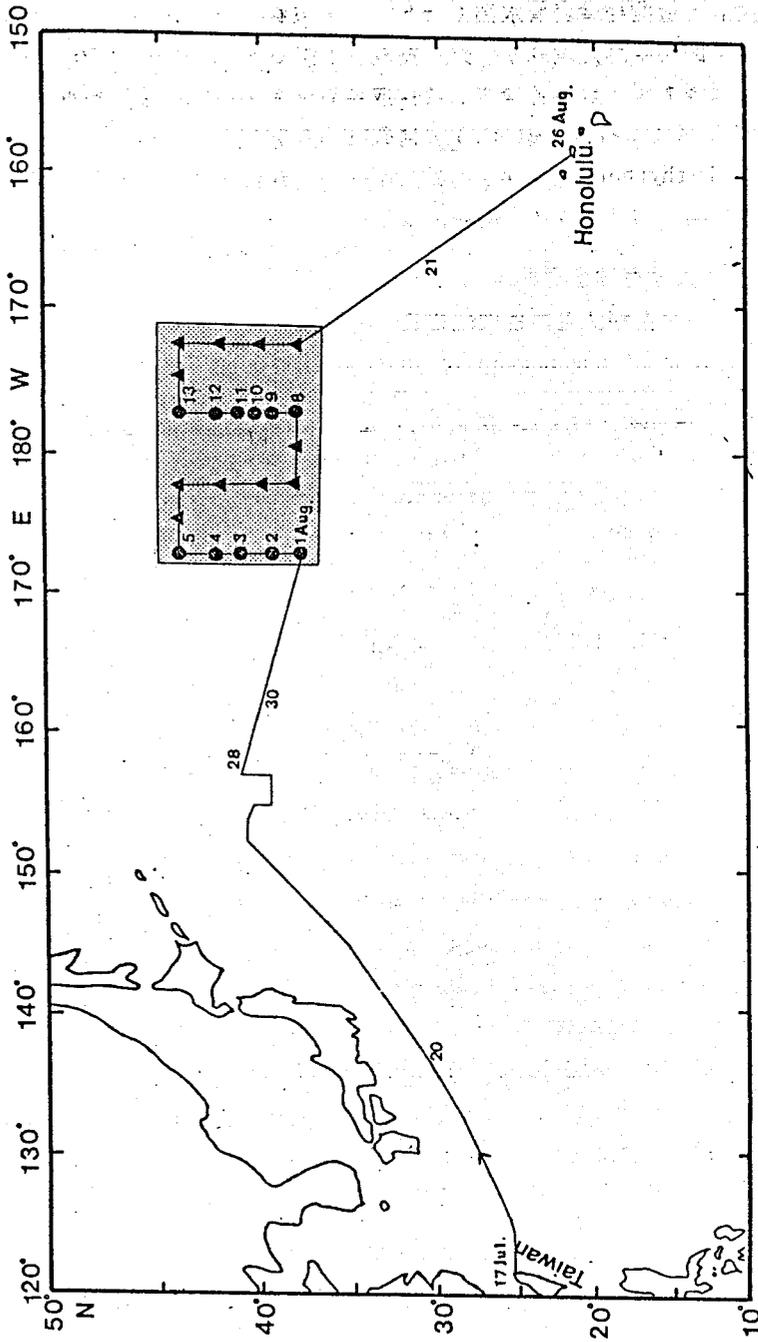


圖 1 海功號試驗船執行北太平洋赤魷漁場資源調查之航跡圖

Fig. 1 Trackline of Hai-Kung from 17 July to 26 August 1986.

- ▨ : Survey region.
- : Stations of gillnet operation, sounding survey and oceanographic observation.
- ▲ : Stations of oceanographic observation only.

尼龍單絲流刺網 緊伸目大 ( Stretched mesh size ) 分別為 6、8、11、13.5 公分，共約 300 領網片<sup>(1)</sup>，其理論水深 ( Net theoretical depth ) 介於 9 至 10 m 間。

海況資料獲取方法 本試驗之海況觀測是以測溫、鹽度之水平及垂直結構為主，計測儀器的簡要規格如表 2 所示。首先用裝設於海功號船底之自記式表層水溫計，沿探測路徑連續計測表水溫，並且每小時再以汲水筒及標準水銀溫度計，量測標準表層水溫 ( SST )，來修正自記式表層水溫計之誤差。其次於各觀測站中，將配備有顛倒溫度計之南森瓶，分別投放於水深 0、10、20、30、50、75、100、200、250、300 公尺等水層，實測各層水溫及採取各層海水，並利用業經標準海水 ( 鹽度為 35.002 ‰ ) 校正過之鹽度測定儀 ( Salinometer )，精確計測各層海水之鹽度。另外又以數位式水層水溫計 ( DBT, Digital bathythermograph )，投放至水深 300 公尺處，求取垂直水溫結構，並將所得之資料再與表層標準水溫 ( SST ) 及各層顛倒溫度計之實測值加以比較及修正，以獲得各水層之實際水溫。

表 2 海況觀測儀器簡要規格表

Table 2 Specifications of oceanographic instruments used in this survey.

Name:	Type:	Manufacturer:	Accuracy:
Reversing thermometer	protected	Watanabe Keiki	± 0.01 °C
Nansen reversing bottle	1.2 liter	Tsurumi seiki	
Digital bathythermograph	MOX - BT 2 R	Metocean	± 0.01 °C (Temp.) ± 1 m (Depth)
Salinometer	E-2	Tsurumi seiki	± 0.01 ‰
Thermograph	881 A	Koden Keiki	± 0.1 °C

計量魚探器調查及解析方法 如圖 2 所示，於流刺網投放完畢後，海功號以三節之船速，與網具保持 50 公尺的距離，平行做往復探測，探測時魚探之設定條件如表 1\* 所示。因魚探系統收發波器採船底裝置法，又海功號之吃水為三公尺，加上航行衰減之影響，五公尺以淺水層之計量有失真之慮，故積分層之設定，如圖 2 所示，在五公尺以深之水層，以水平航行每 100 秒 ( 150 公尺 )，垂直水深厚度一公尺之區間，音束角所覆蓋之體積為單位積分層，實時間 ( Realtime ) 的測取  $\overline{SV}$  值，並印於列表機上。解析時首先將屬於浮游生物等背景雜音之後方散亂反射強度予以扣除，求得魚群之後方散亂反射強度  $\overline{SV}_{(fish)}$ <sup>(1) (2)</sup>。然後將同一測站上，投揚網間，往復探測次數所得，同一深度層各個單位積分層上，魚群之後方散亂反射強度加以平均，其方法如下式所示：

$$\overline{SV}_{(fish)} = 10 \text{ Log} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left( \frac{\overline{SV}_{(fish) \ i \ j}}{10} \right)}{n \cdot m} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

其中，n：表示往復探測之次數

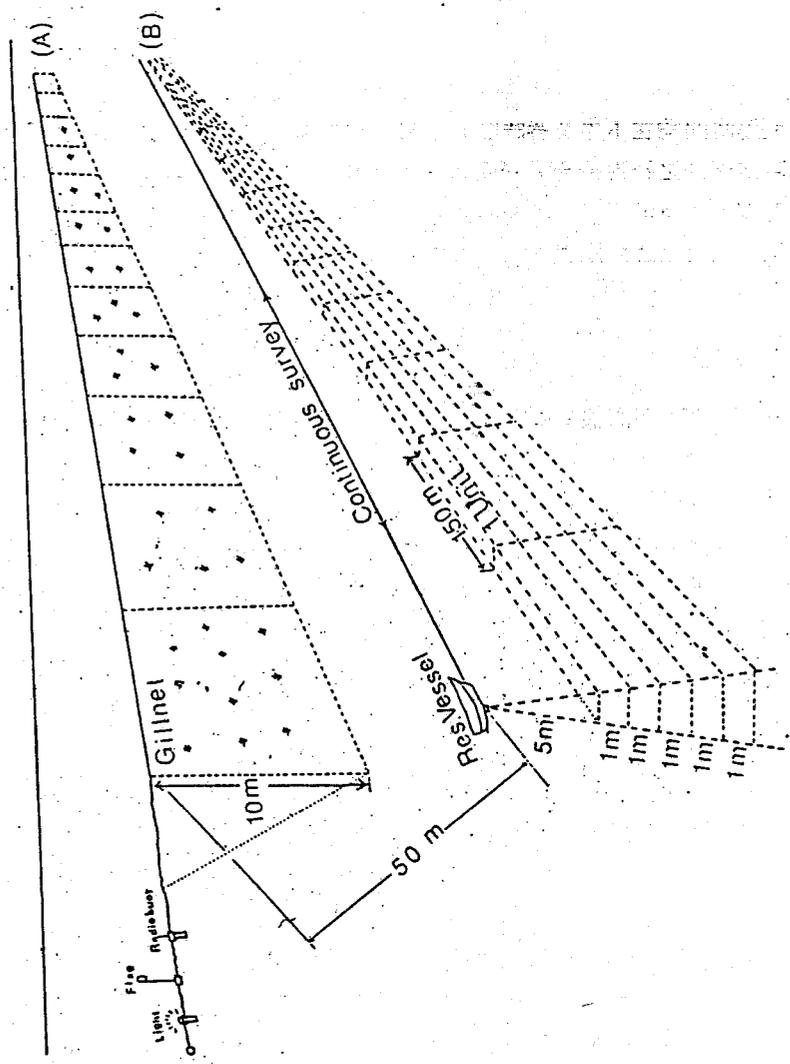


圖 2 表層流刺網漁獲量與平均後方散亂反射強度相關性之試驗配置圖  
 Fig. 2 Scheme showing the arrangement for catch and sounding experiments.  
 (A) : Gillnet.  
 (B) : Continuous survey with quantitative echo sounder.

$m$ ：表示各測站投放之單位網段數

$\overline{SV}(\text{fish})_{ij}$ ：表示第  $i$  次探測，第  $j$  個單位網段，魚群的平均後方散亂反射強度

$\overline{SV}(\text{fish})$ ：表示同一測站  $m$  個網段上，於同一深度層之魚群後方散亂反射強度

其後再求 5 至 10 公尺水層間，各測站魚群之後方散亂反射強度的總平均值  $\{\overline{\overline{SV}}(\text{fish})\}$ ，即

$$\overline{\overline{SV}}(\text{fish}) = 10 \text{ Log} \left\{ \frac{10 \sum_{k=6}^{10} 10 \cdot \left\{ \frac{\overline{SV}(\text{fish})_k}{10} \right\}}{5} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

其中， $k$  表示深度層

漁獲試驗方式 每測站到達時間均在下午黃昏時間 ( LMT 1730 ~ 1830 )，隨即開始投網，網片間的縫合係以縱目縱縫法將兩網地之端邊縫合，構成 36 ~ 39 網段之網具，每一網段之幅長約為 150 公尺，投網後之配置圖如圖 2 所示。翌日曙光時間 ( LMT 0500 ~ 0600 ) 揚網，網具呈水平狀由舷邊陸續絞入，計數各漁獲魚種之羅刺尾數。

## 結 果

### 一、海況調查結果：

圖 3、4 分別是 173° E 及 177° W 測線，垂直水溫、鹽度分佈圖。由圖顯示，全調查水域水溫變化最大處均在 50 公尺以淺之水層，可知夏季期間，全域均因陽光照射量增加之影響，不僅產生季節性溫度躍層，更使上層水域溫暖的海水呈楔狀 ( Cuneiform ) 向北延伸<sup>(4)</sup>，故不易由水溫直接判斷亞極前線所在之水域。另據 Tully 所述，在深度 50 公尺以淺之水層，亞極前線域約介於 33.0‰ 至 33.8‰ 等鹽度線間之水域<sup>(5)</sup>。因此，如圖 3、4 所示，173° E 測線之亞極前線約在 41° N 至 42.5° N 間；而 177° W 測線則約在 39.5° N 至 41° N 間。亞極前線以北，屬於溫、鹽度均較低之亞寒帶水域 ( Subarctic Water )；以南則屬於溫、鹽度均較高之亞熱帶水域 ( Subtropic Water )<sup>(6)</sup>。

圖 5 是 173° E 及 177° W 測線 60 m 以淺之垂直溫、鹽結構圖。由圖顯示，在亞極前線域 10 m 以淺之近表層處，有明顯之潛勢混合層 ( Potential mixed layer ) 存在<sup>(7)</sup>。此外，在該水域之鹽度垂直結構上，亦較鄰接水域複雜得多 ( 圖 7 )，並形成一個過渡性極小值 ( Intermediate salinity minimum )<sup>(8)</sup>，及一個隨深度遞增而鹽度亦明顯增高之鹽度躍層 ( Halocline )<sup>(9)</sup>。

### 二、漁獲試驗之結果：

圖 6 是各測站的漁獲魚種分佈圖，顯示漁獲魚種以赤魷 ( Flying squid )、藍鯧 ( Pacific pomfret ) 及鯷魚 ( Skipjack tuna ) 為多，佔總漁獲量 97 % 以上<sup>(10)</sup>。圖 7 是各測站主要漁獲魚種之體長組成頻度分佈圖，由圖顯示，在兩經度測線上，屬於亞極前線之 41° N 測站，赤魷之漁獲量均較其他測站來得高，藍鯧則以 42.5° N 之測站，表層水溫介於 15° ~ 18° C 間之水域 ( 圖 6 ) 漁獲量較高，並且漁獲之藍鯧均佔該測站漁獲量 97 % 以上，幾乎是單一魚種被大量漁獲。鯷魚則在 41° N 以南之溫暖水域才被漁獲，並以西經 177 度測線上屬於亞極前線域之 40° 及 41° N 測站漁獲較高。若再以兩經度測線之漁獲狀況加以比較，亦發現西經 177 度測線之漁獲比東經 173 度測線高得多 ( 圖 7 )。

### 三、計量魚探器結果之分析：

圖 8 是第二測站同一夜晚以計量魚探器數次探測之結果，顯示  $SV$  值均隨著深度呈一致之變化

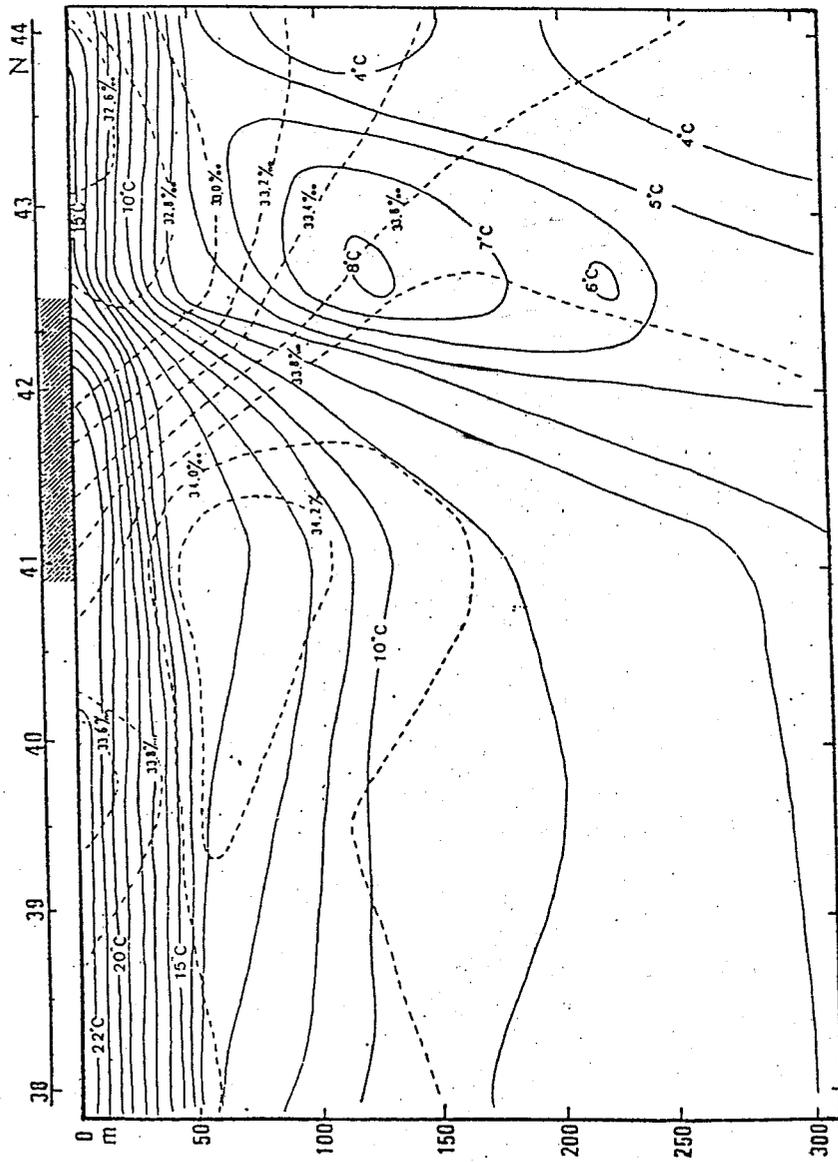


圖3 東經173度測線垂直水溫、鹽度分佈圖

Fig. 3 Vertical structures of temperature and salinity between

38° ~ 44° N, 173° E.

—: isotherms ; - - - - - : isohalines ;

▨: Subarctic Front Zone.

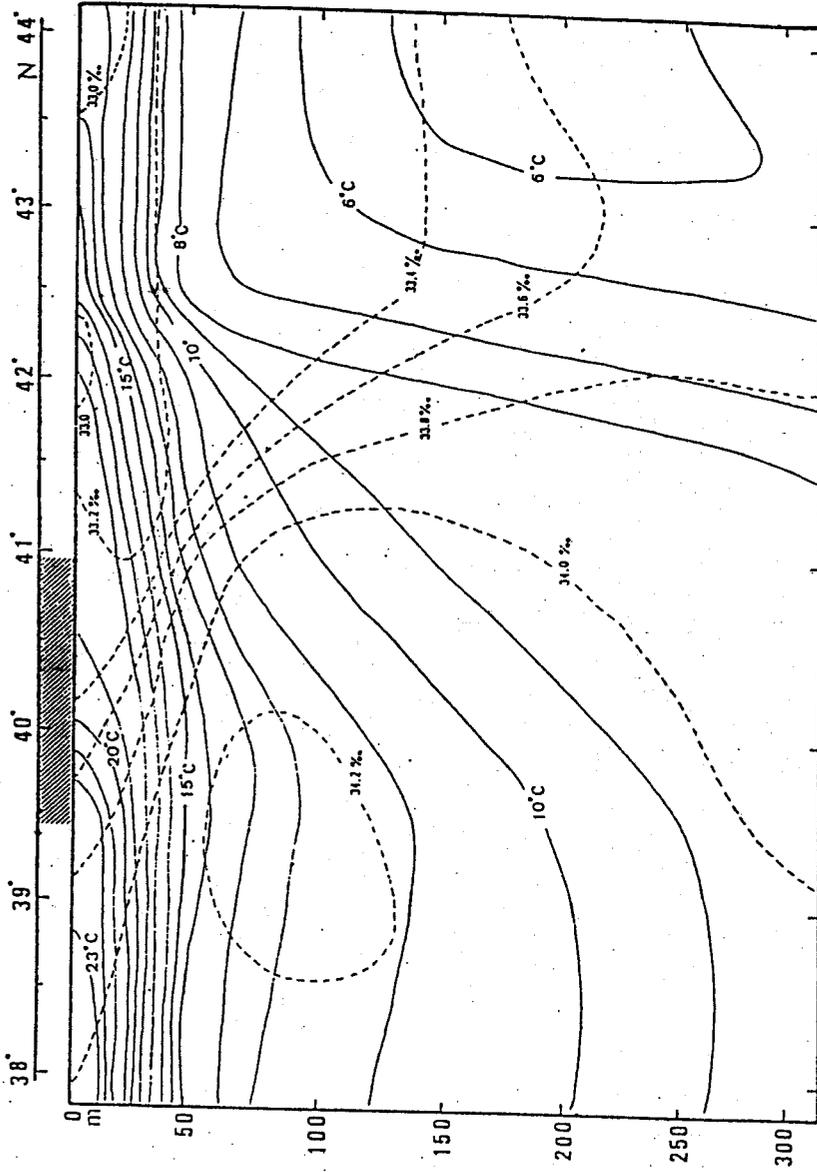


圖 4 西經 177 度測線垂直水溫、鹽度分佈圖

Fig. 4 Vertical structures of temperature and salinity between

38° ~ 44° N, 177° W.

- : isotherms ;
- - - - : isohalines ;
- ▨ : Subarctic Front Zone.

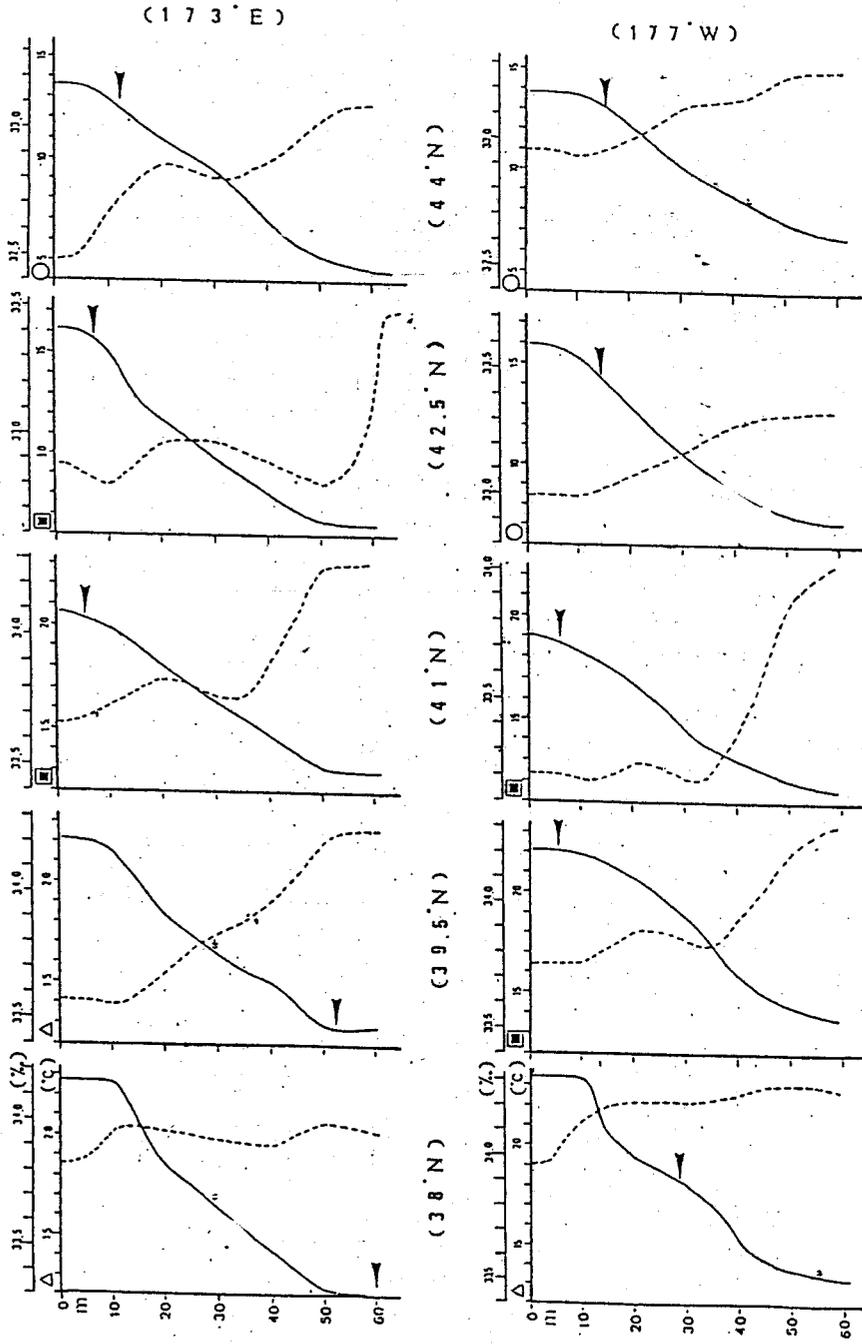


圖 5 各觀測站 60 m 以垂直水溫、鹽度結構圖

Fig. 5 Vertical structures of temperature and salinity less than 60 m in depth of each observing station.

- : temperature ; - - - - - : salinity ;
- △ : Subtropical Water ; □ : Subarctic Front Zone ;
- : Subarctic Water ; ◄ : Maximum SV ; ← : Second maximum SV.

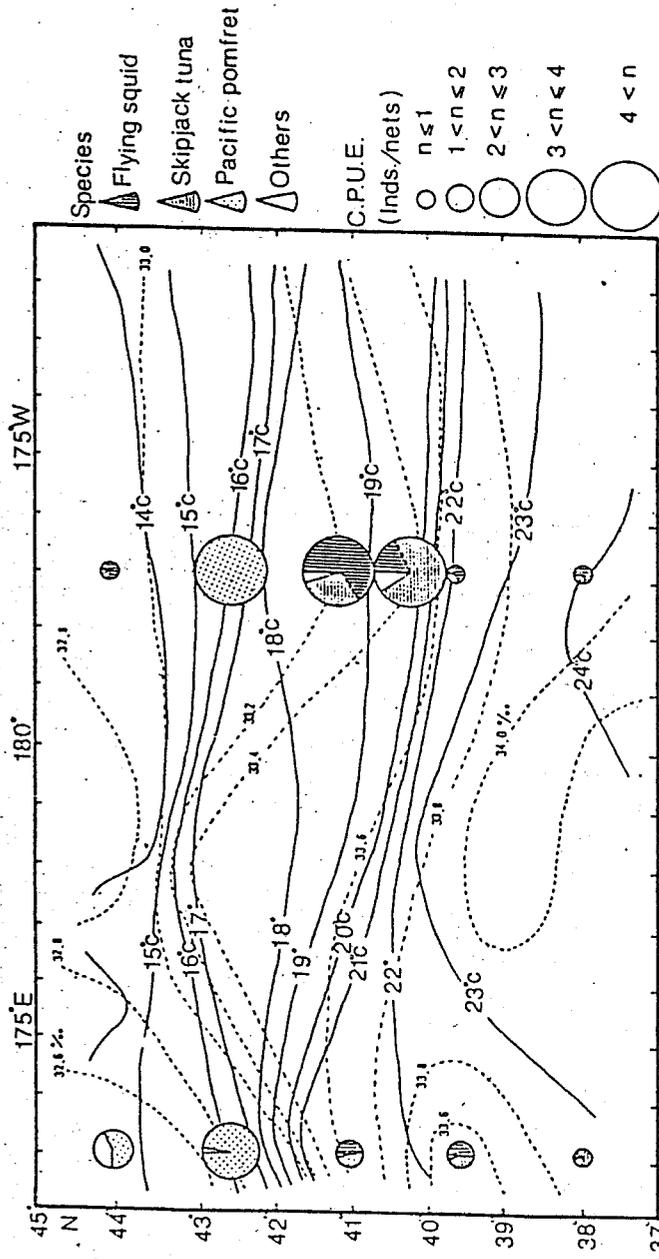


圖 6 各測站魚種別之漁獲比率圖

Fig. 6 Catch ratio of different species for each gillnet operating station.

—— : isotherms ; - - - - - : isohalines.

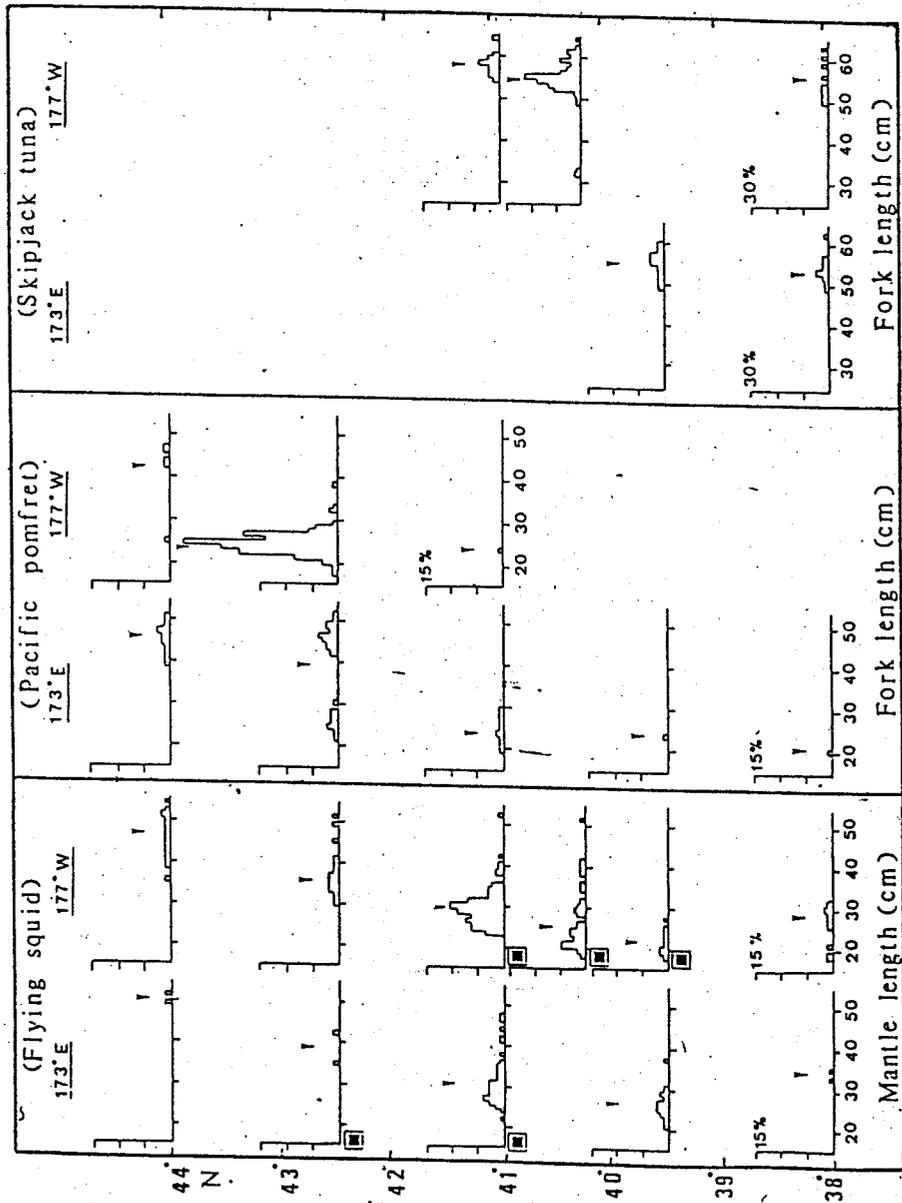


圖 7 調查水域各測站主要漁獲魚種體長組成頻度分佈圖  
 Fig. 7 Length-frequency compositions caught by the drift gillnet method in the survey region.  
 ■ : Subarctic Front Zone ; ▲ : Average length.

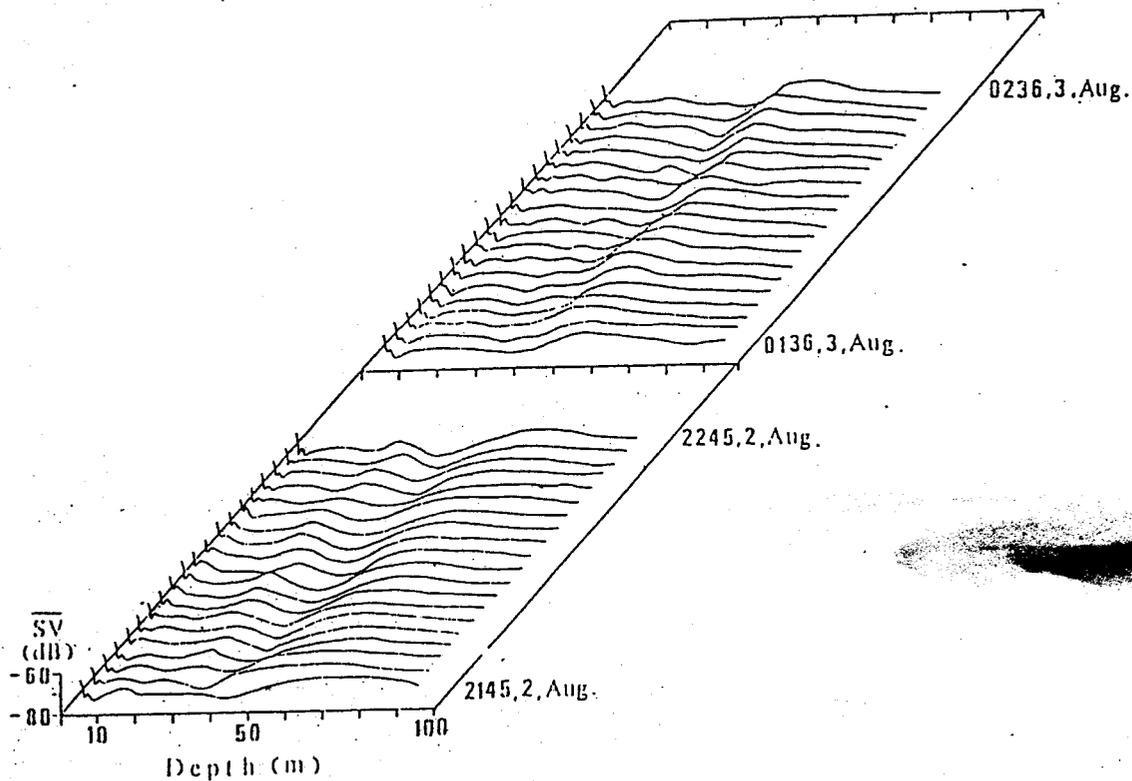


圖 8 第二測站以計量魚探器數次探測之平均後方散亂反射強度時空變化圖  
 Fig. 8 Time and space variations of average backscattering strength during drift gillnet operating period in st 2.

，不因時間遷移而不同。可知，調查水域投、揚網間，棲息於各水層生物之生體量是很穩定，而沒有明顯的垂直變動現象。

圖 9 是調查水域各測站，以計量魚探計測 60 m 以淺的魚群平均後方散亂反射強度之垂直變化圖，由圖顯示，屬於亞極前線域之測站（圖 9 中所示），其 SV 值最高峰出現於 10 m 以淺之表層中，而愈遠離亞極前線域之測站，其最高峰出現之深度，有愈來愈深之現象。

表 3 為調查水域各測站漁獲組成、魚探計測及風力等之資料，顯示 5 至 10 公尺水層間之平均後方散亂反射強度，屬於亞熱帶之測站（表 3 \* 1 表示者）均小於 -67 dB；而其他測站則大於 -67 dB。漁獲方面，除了第 7 及 11 兩測站，因鋒面過境天候不佳，導致網具破損率高影響漁獲外，發現屬於亞熱帶水域之測站（如第 6 站，其全漁獲量只有 55 尾），比另兩水域之測站（如第 8 站，全漁獲量為 1419）少得多。因此可判斷在調查水域中，亞極前線域及亞寒帶水域是比亞熱帶水域更適合表層流刺網作業。另由兩經度測線間相互比較結果，發現屬於相同水域之測站中，在 173° E 測線之平均後方散亂反射強度及漁獲量均比 177° W 測線來得低。例如，同屬於亞極前線之第三測站（41° N 173° E）之 SV 值為 -66.89 dB，全漁獲尾數為 253 尾；而第八測站（41° N 177° W）SV 值為 -64.28 dB，漁獲尾數為 1419 尾（表 3）。因此，利用計量魚探器計測之平均後方散亂反射強度，來直接評估北太平洋表層流刺網漁場與海洋觀測、漁獲試驗之結果有異曲同工之妙。

表3 各測站漁獲組成、魚探計測及風力等資料統計表  
Table 3 Data of catch,  $\overline{SV}$  value, and wind force in each station.

St.	Individual weight of catch					Mean $\overline{SV}$ (5-10m) (dB)	wind force (m/s)
	Flying squid	Skipjack tuna	Pacific pomfret	Others	Total		
1.	2 ( 1.7)	15 ( 39.7)	1 ( 0.2)	7 ( 35.5)	25 ( 77.1)kg.	-67.87 * <sup>1</sup>	5
2.	85 ( 43.8)	77 ( 242.1)	3 ( 1.7)	6 ( 28.5)	171 ( 316.1)kg.	-67.81 * <sup>1</sup>	4
3.	115 ( 97.1)	0	130 ( 47.1)	8 ( 25.4)	253 ( 169.6)kg.	-66.89 * <sup>2</sup>	7
4.	4 ( 4.4)	0	794 (1100.4)	13 ( 25.2)	811 (1130.3)kg.	-66.21 * <sup>2</sup>	2
5.	2 ( 7.1)	0	264 ( 437.1)	230 (172.2)	496 ( 616.1)kg.	-66.93 * <sup>3</sup>	2
6.	31 ( 23.0)	17 ( 51.7)	0	7 ( 56.5)	55 ( 131.2)kg.	-67.34 * <sup>1</sup>	3
7.	41 ( 15.2)	0	0	18 (107.9)	59 ( 123.1)kg.	-65.89 * <sup>2</sup>	14
8.	228 (170.3)	1081 (3520.8)	0	110 (122.7)	1419 (3813.8)kg.	-64.28 * <sup>2</sup>	5
9.	723 (758.3)	282 (1006.9)	3 ( 0.7)	38 ( 92.5)	1046 (1858.4)kg.	-65.80 * <sup>2</sup>	3
10.	73 (102.2)	0	18694 (4424.3)	26 ( 39.3)	18793 (4565.8)kg.	-62.27 * <sup>3</sup>	2
11.	54 (158.7)	0	11 ( 15.0)	13 ( 19.2)	78 ( 192.9)kg.	-65.97 * <sup>3</sup>	10

\* 1 Subtropic waters.

\* 2 Polar front zone.

\* 3 Subarctic waters.

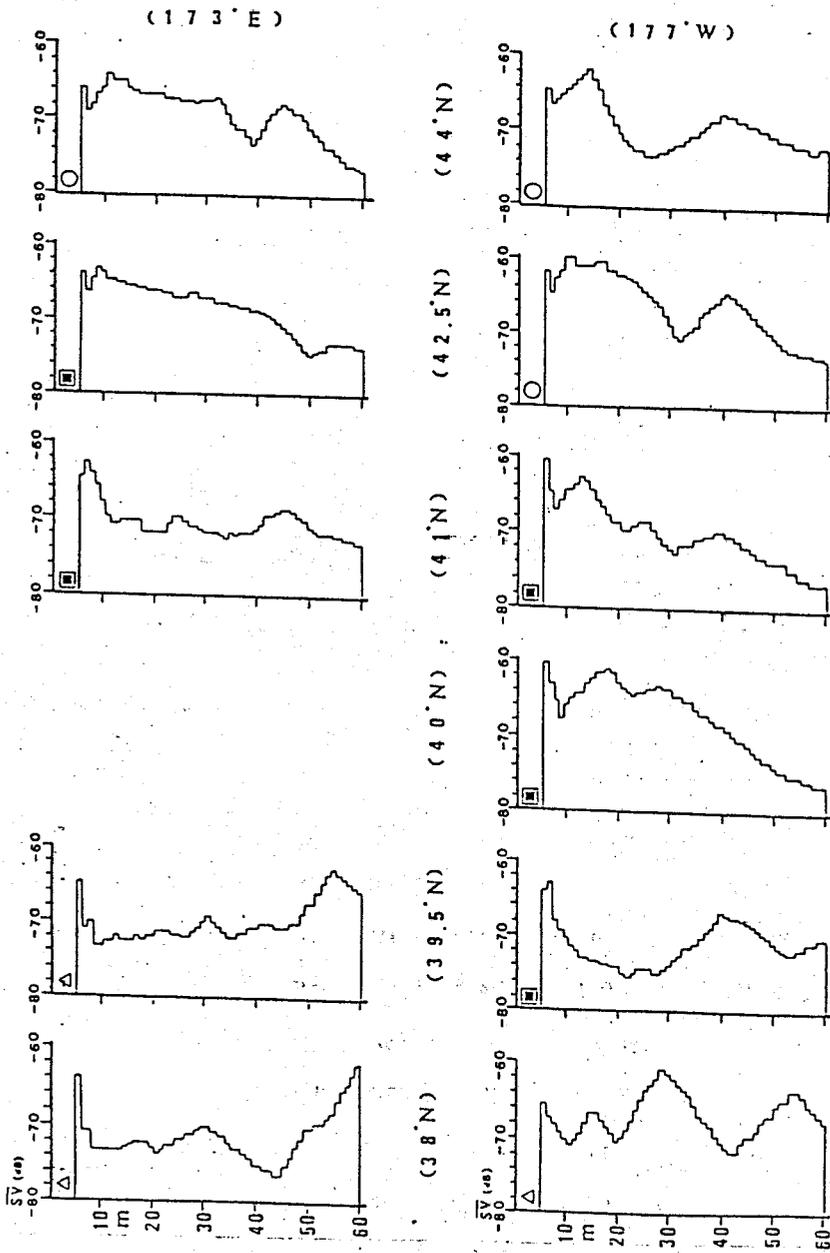


圖 9 各測站 60 m 以淺魚群平均後方散亂反射強度垂直變化圖  
 Fig. 9 Vertical variations of average backscattering strength less than  
 60 m in depth of each gillnet operating station.

$\triangle$  : Subtropical Water ;  $\square$  : Subarctic Front Zone ;  
 $\circ$  : Subarctic Water.

## 結果與討論

- 一由以上之結果顯示，在亞極前線域，最大  $\overline{SV}$  值出現於 10 m 以淺之近表層處，而相鄰兩水域則出現於 10 m 以深之水層（圖 9）。再由各測站溫、鹽垂直結構考察之，如圖 7 所示，更發現在亞熱帶及亞寒帶水域，其最大  $\overline{SV}$  值出現深度所對應之水溫（圖 5 表示），約介於 12° 至 14° C 之間。只有 38° N、177° W 測站之最大  $\overline{SV}$  值出現於 17° 至 19° C 之水層間，但該測站仍有一個次高峰  $\overline{SV}$  值（圖 5 表示），出現於水溫介於 12° 至 14° C 之水層。此外，在亞熱帶水域之各測站中，亦發現一明顯的次高峰  $\overline{SV}$  值，出現於水溫在 17° 至 19° C 間；而亞寒帶水域中，同樣地也發現有一明顯的次高峰  $\overline{SV}$  值，出現於水溫在 7° 至 9° C 間。由於本研究在魚探資料解析時，均已將屬於浮游生物等背景雜音扣除<sup>(1)(3)</sup>，故  $\overline{SV}$  值愈大，雖可代表生物之濃度愈高，但本次試驗作業所採用之漁具是垂直縱深僅十公尺之表層流刺網，無法究明棲息於深層水域之魚種及其分佈特性，故採用如中層拖網或微小浮泳動物採集網，類如 IKMT (Isaacs-Kidd midwater trawl)<sup>(9)</sup> 等標準設備，以做對象生物之驗證，亦是利用計量魚探器推測調查水域現存生體量亟待解決之問題。
- 二由於本次作業航程非常遠，無法將各漁獲魚種體長組成範圍內之標的物反射強度精密地計測，但由本試驗所得之結果顯示，以計量魚探計測之平均後方散亂反射強度的大小，定性地可推測調查水域中適合表層流刺網作業之漁場；尤其是魚種單純時，更可定量地推測表層流刺網之漁獲量，然而對混獲魚種之場合時，其推測方法及精確度均有再加以研究之必要。
- 三以 173° E 及 177° W 測線之亞極前線域加以比較，如圖 3、4 所示，東經之亞極前線域比西經較為偏北，其原因可由表層溫、鹽水平分佈考察之，如圖 9 所示，在調查水域 180° 經度線以西之海域，溫暖的亞熱帶性海水較為強勢之故。另據 McGary<sup>(2)</sup> 及 Kitano<sup>(2)</sup> 所述，亞極前線域自 180 度線以東會較不明顯，並且有南傾之現象，此與調查結果相符。此外，39.5° N、173° E 之測站雖屬於亞熱帶水域，但却有類似亞極前線域之鹽度躍層特性存在（圖 5），再由 173° E 測線垂直溫、鹽結構圖詳細考察之，如圖 3 所示，於 39.5° N 附近形成類似一個較低鹽度之水團，此可能是因渦動現象所衍生的孤立冷水團<sup>(2)</sup>。因此，雖然表層水域中有明顯之鹽度躍層，但可確認並不屬於亞極前線域。雖然本航次之作業顯示，該處以魚探計測之  $\overline{SV}$  值及表層流刺網之漁獲量，均不比鄰近水域來得高，但因只有一個測值而已；據報告，此種孤立水團對漁場價值有實質之影響<sup>(9)</sup>，故有關孤立水團之詳細究明，亦是今後工作重點之一。

## 摘 要

為研究由計量魚探器之計測值，直接評估北太平洋表層流刺網漁場特性，海功號試驗船於 1986 年 8 月 1 日至 16 日，在北太平洋東西經 170 度，北緯 38 至 44 度間之長方形水域進行本試驗研究，將幅長約 6000 公尺之流刺網具投放於 11 測站中，同時利用 KFC - 200 型計量魚探器沿流刺網進行往復探測，並計測魚群之平均後方散亂反射強度 ( $\overline{SV}$ )，再配合海洋觀測資料，相互比較分析，並獲得如下之結果：

- 一探測海域之漁獲組成，以赤魷、藍鯧及鯉魚為主，佔總漁獲量百分之九十七。
- 二依海況性質之不同，探測之海域可分為亞熱帶、亞寒帶及亞極前線域等三種水域。亞極前線域表水層之溫、鹽度垂直結構比相鄰兩水域複雜得多。
- 三在亞極前線域，魚群  $\overline{SV}$  值最高峰出現於十公尺以淺之近表層處，而相鄰兩水域則出現於十公尺以深。
- 四由魚探計測值、漁獲試驗及海況觀測值之比對分析，均獲得一致之結果，即亞極前線及亞寒帶水域比亞熱帶水域更適合表層流刺網作業，並且顯示利用計量魚探計測之  $\overline{SV}$  值，更可直接且迅速地評

估表層流刺網漁場之價值。

## 謝 辭

本研究報告，承蒙行政院農業委員會之贊助及支持，國立海洋學院漁業研究所李教授國添，在試驗設計及資料解析上之指導及教誨，謹致由衷之謝忱。又實驗期間均在海功號試驗船進行的，在資料收集方面，承領隊徐主任崇仁及海功號全體研究人員、船員之鼎力協助，在此一併致最大之謝意。

## 參考文獻

1. Defant, A. (1929). Dynamische oceanographie. Einfubrung in die geophysik III, Julius Springer in Berlin, 222.
2. Dodimead, A. J., F. Favorite and T. Hirano (1963). Review of oceanography of the Subarctic Pacific region. *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, **13**, 159.
3. Roden, G. I. (1977). Oceanic Subarctic fronts of the Central Pacific; structure of the response to atmospheric forcing. *J. Phys. Oceanogr.*, **7**, 761 - 778.
4. 石野 誠 ( 1975 ) . 漁場環境の基本的な考え方。「海洋生物資源環境」(平野敏行編), 東京大學出版會, 87 - 99.
5. 村上幸一、渡邊安宏、中田淳 ( 1981 ) . 北太平洋におけるアカイカの成長と分布・回游。北大水産, 北洋業績集, 特別號, 161 - 179.
6. 島崎健二、中村悟 ( 1981 ) . シマガツオ (*Brama japonia* Hilgendorf) の生態學的研究, II 季節移動とその生態的意義。北大水産, 北洋業績集, 特別號, 91 ~ 103.
7. 秋葉芳雄、福岡二郎 ( 1976 ) . 海洋の不連続性と生産との関連。日本プランクトン學會報, **23** ( **2** ), 61 - 74.
8. 李國添、李明安、呂學榮 ( 1987 ) . 魚群探測器信號定量化之處理及不同體形魚體對超音波反射強度之比較。台灣水產學會刊, **14** ( **2** ), 53 - 66.
9. 李國添 ( 1985 ) . 音響システムによる海洋生物量のクイックアセスメント技法に関する基礎的研究。東京大學博士學位論文, 262.
10. 李國添、青山恆雄 ( 1987 ) . 魚群個體密度所對應之平均後方散亂反射強度的模擬試驗研究。技術學刊, **2** ( **2** ), 341 - 346.
11. 吳世宏、李國添、廖學耕、李燦然 ( 1987 ) . 利用計量魚探器推定表層流刺網漁獲量可行性之研究—平均後方散亂反射強度與流刺網漁獲量之比較—。台灣水產學會刊, **14** ( **2** ), 67 - 78.
12. 吉澤昌彦 ( 1983 ) . 音響による資源量推定の方式と實用。日本水產海洋研究會報, **40**, 16 - 20.
13. Piper, R. E. and B. G. Bargo (1980). Acoustic measurements of a migrating layer of the mexican lampfish, *Triphoturus Mexicannus*, at 102 KHZ. *Fishery Bulletin*, **77** ( **4** ), 935 - 942.
14. 三島吉清 ( 1981 ) . 夏期亞熱帶性生物の亞寒帶海洋前線の乗り越えについて。北大水産, 北洋業績集, 特別號, 23 - 35.
15. Tully, J. P. and F. G. Barber (1960). An estuarine analogy in the Subarctic Pacific Ocean. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **17**, 91 - 112.
16. 谷口 旭 ( 1981 ) . 太平洋亞寒帶前線海域における低次生産の特性と漁場環境。北大水産, 北洋業績集, 特別號, 23 - 35.

17. Laevastu, T. and I. Hela (1970). Fisheries oceanography. *Fishing news (Books) Ltd.*, 63 - 88.
18. Dietrich, G. (1957). General oceanograph. *Interscience Pub.*, 172 - 201.
19. Clarke, T.A. (1983). Comparison of abundance estimates of small fishes by three towed nets and preliminary results of the use of small purse seines as sampling devices. *Biological Oceanography*, 2 ( 2-4 ) , 311 - 334.
20. McGary, J.W. (1956). Mid-Pacific oceanography. *U.S. Fish Wild serv.*, 180 , 173.
21. Kitano, K. (1966). On the several characteristics of the sea temperature distribution around the North Pacific Polar Front and in the waters of Alaska Current. *Fisheries Agency of Japan*, 15.
22. Kitano, K. (1981). Recent developments of the studies on the North Pacific Polar Frontal Zone. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ., Spe. vol. 1 - 10.*