

吳世宏¹，謝日豐²，王敏昌¹

¹ 台灣省水產試驗所 海洋漁業系

² 台灣省水產試驗所 水產資訊系

(1992年9月2日接受)



利用魚探器輔助人工魚礁精確定位可行性之研究

摘要

為研究由魚探器來輔助人工魚礁精確定位，於民國78年3月至12月間在望海巷人工魚礁區，利用直徑分別為14、18、30 cm之拖網用合成浮球，組合成底浮標，投放於人工魚礁附近，再以安裝於竹筏舷側之魚探器（HE-301型），加以探測及解析，並獲得如下之結果：

一、拖網用浮球愈大，則其標物反射強度愈大並且愈接近理想化全反射球體之理論計算值；二、魚探器對底浮標之水平探知能力可精確到10~20 m範圍內，亦即對人工魚礁之定位而言，是目前可應用的簡便方法中較為精確者。而且不管任何廠牌或型號之魚探器，只要性能正常，對底浮標之垂直探知能力均有效；三、本次試驗設計之底浮標，半年來經過兩次颱風吹襲之惡劣天氣下，仍安然無恙地存在，顯示抓著力非常強勁；唯尼龍繩容易斷裂無法持久地繫留住底浮標，而鐵鍊則無是項缺失。

關鍵字：魚探器，底浮標，標物反射強度

人工魚礁是將人造或天然物質投放於海中，企求改良海洋成優良環境，使生活於海洋中之動植物有良好之棲息場所，達到培育資源增加魚產之目的^(1,2)。我國自民國六十二年，即已開始投放人工魚礁，迄今為止從未間斷，但在投放時，往往因投放人員之技術不熟練且不諳潮流方向，致使其偏離原標定之投放地點，其投放之深度差有達10 m以上者，礁體間之相鄰距離也相去甚遠，導致魚礁無法密集，大大影響其集聚魚之效果。此外，雖然每年於投放前後，台灣省水產試驗所均派遣試驗船作定點勘察及疊標定位，並設置浮標做為日後找尋之依據，但時常因能見度不佳，無法看見岸上疊標；以及浮標被天然或人為破壞而不見蹤影，故效果調查試驗倍感艱辛，影響人工魚礁效益評估甚鉅^(3,4)。另據歷年調查之資料顯示，最理想之礁區位置是遠隔天然礁有一段距離且具有平坦開闊的地形；而最理想之投放方式是以五或六個堆集，並以此為中心向其四周再散以若干單獨而相鄰之礁體十餘個，再每相隔50 m處堆積成另一堆礁，如此將有助於吸引各種體長大小及習性不同之魚類來聚集^(3,5)。因此不管是投放前，投放中或投放後，其精

確定位均十分重要。雖然目前已有雷達及衛星導航等高精度電子定位系統被開發應用，但對於某些小型船舶或竹筏，其本身沒有購置是項設備，抑或該等電子系統發生故障時，必會對人工魚礁之探索及定位作業上產生極大之困擾，因此本研究乃利用普通商用魚探器對標物 (Target) 之反射特性，以開發一低成本且永久性之定位方式，期使人工魚礁之效益調查更趨完美，並真正達到增加魚產之目的。

材料與方法

本試驗係於民國78年3月至12月間，在望海巷人工魚礁區進行的，其使用之材料及方法如下：

浮球標物反射強度之測定：選定直徑分別為14、18、30 cm之拖網用合成 (Polyethylene) 浮球，於國立海洋大學漁業研究所音響水槽室之水槽 (3×1.5×2 m) 內，利用魚探器 (HONDA, HE-301, 200 KHz；Table 1)，進行其標物反射強度 (Target strength，簡稱 TS 值) 之測定⁽⁶⁾，另外再與利用下式所求得之理想化全反射球體 (Idealized perfectly reflecting sphere) 標物反射強度的理論值做比對分析^(8,9)。

$$TS = 10 \log a^2/4 \text{ (dB)} \quad (1)$$

其中 a 表示球體之半徑 (以公尺為單位)

底浮標之組成及投放：將測定過之浮球按大小由下而上，如 (Fig. 1) 所示，垂直繫於當作錨具之立方體及半球體之水泥塊上，其中浮球間以直徑約 1 cm，長度約 2 m 之尼龍繩繫住，使之垂直浮上，而浮球與水泥塊或水泥塊與水泥塊間，則繫以長 3 m 以上之鐵鏈，使增加抗磨力及抓著力 (Holding power)⁽⁷⁾。將此種構成體投放於人工魚礁附近，使成爲一個由魚探器記錄跡中易於辨識之標識體 (Fig. 1)，簡稱爲底浮標 (Bottom buoy)。

魚探器探測及解析：當投放底浮標後，立刻以試驗船上之雷達及衛星導航定位系統，精確定出水泥塊錨

具投下之位置，再以安裝於船筏舷側之 HE-301 型魚探器 (Table 1) 進行探測，其探測路徑如 Fig. 1 右上附圖所示，分爲 A、B、C、D 等四種方式，A 是直接通過底浮標錨具之正上方；B 是離底浮標錨具正上方 5 m 半徑範圍內通過；C 是在半徑 5 至 10 m 範圍內通過；D 是半徑 10 m 以外水域通過，以解析對投放之底浮標的水平探知能力。並將反射回來之音波情報記錄於乾式記錄紙中。然後再按季出海調查，以驗證是否會受惡劣天候或其他因素之影響而破壞。同時並蒐集我國近年業者較常使用之各廠牌型號之魚探器，採用下式方法來解析其對投放之底浮標的垂直探知能力^(8,9)。

$$EL = SL + TS - 40 \log R - 2\alpha R - NL \quad (2)$$

Table 1. Specifications of Echo Sounder used in current.

Company	Model	Frequency (KHZ)	Output power (rms. Watt.)	Source level (dB/μPal.)	beam angle (Degree)	Monitor
Hondex	HE-301	200	60	211.7	10	Dry paper
Kaijo	Z-183	200	75	212.6	10	Dry paper
Kaijo	KMC-600	50	225	220.1	6×9	Color video
Kaijo	S-33AR	200	200	227.4	3×3	Dry paper
Kaijo	3-33H	50	200	219.6	6×9	Dry paper
J.R.C.	JFE-620	200	375	222.7	7	Wet paper
J.R.C.	JFE-620	50	550	216.7	17	Wet paper
J.R.C.	JFV-100	200	275	221.4	7	Clor video
J.R.C.	JFV-100	50	275	212.6	11×34	Clor video
Furuno	FMV-602	200	150	215.7	10	Clor video
Furuno	FE-4000	200	50	212.4	8.4	Dry paper
Furuno	FE-400	200	100	214.2	9.6	Dry paper
Furuno	FE-502	50	300	214.5	12×22	Dry paper
Furuno	FE-502-II	200	300	224.1	5.4	Dry paper
Furuno	LE-4000	50	50	201.4	30	L.C.D.
Furuno	LE-6000	200	100	213.9	10	L.C.D.
Furuno	FCV-500	200	500	220.9	10	Color video
Simrad	EY-200	70	125	213.3	12	Color video
Simrad	EY-M	70	75	211.8	11	Dry paper

*: Used in this experiment.

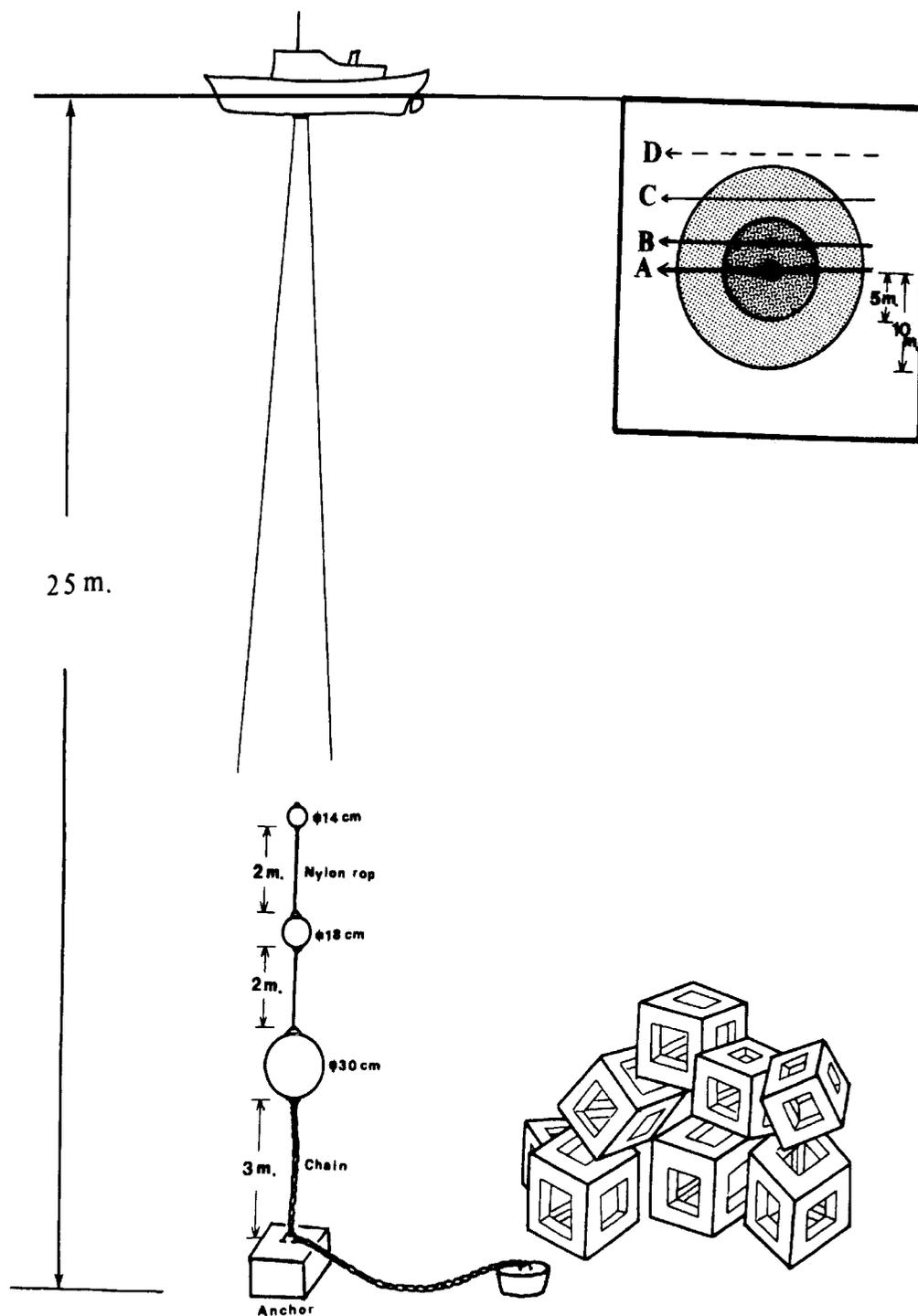


Fig. 1. Scheme showing the arrangement of shooting unit and sounding experiments. (Right top) : Sounding ways through bottom buoy unit (●).

其中 EL：表示反射音波強度 (dB)
 SL：表示發射音波強度 (dB)
 TS：表示標物反射強度 (dB)
 R：表示浮球之水深 (m)
 α ：表示超音波吸收衰減係數 (dB/Km)
 NL：表示背景雜音強度 (dB)

當 (1) 式之 EL 值大於零時，即足以被魚探器所探知，並將該回跡信號顯示於記錄紙或彩色、黑白等螢光幕上。又上式之 SL (dB/ μ Pal) 值可由下式來求得：

$$SL = 170.8 + 10 \log (\eta Pe) + 10 \log (4 \pi / a \times b) \quad (3)$$

其中 η 表示收發波器功率轉換系數 (Transducer efficiency) (%)；Pe 表示收發波器平均輸出功率 (Watt)；a、b 表示收發波器音束角兩方位角度 (Radians)。

結果

一、浮球標物反射強度測定之結果

Table 2 是本次試驗所使用，直徑 14、18 及 30 cm

拖網浮球，經室內水槽所測定之音波特性，Fig. 2 則是浮球直徑與標物反射強度 (TS) 間之相關性，其結果顯示浮球之直徑愈大，則其 TS 值及其浮力亦相對增大。同時亦發現實測所得之 TS 值均比同直徑而由 (1) 式所求得之理想化全反射球體的理論值來得低；並且若浮球球體愈大，則其實測之 TS 值愈接近該同直徑之理論值 (Table 2、Fig. 2 虛線)。

二、魚探器對底浮標的水平探知能力

Fig. 3 是在選定之人工魚礁區投放底浮標後，立刻按 Fig. 1 右上所示之探測路徑進行探測之情形，由圖可知，當探測船直接通過底浮標之正上方時，則可測得最濃厚的魚探回跡 (Fig. 3-A)；而 5 或 10 m 半徑範圍內通過時可測得次濃度之回跡 (Fig. 3-B, C)；又當在 10 m 半徑範圍外通過時，則回跡較不明顯，且會受探測船隨著波浪搖擺而呈現間斷之回跡現象 (Fig. 3-D)，因此，如果在實際探測時，魚探器之計錄回跡十分明顯且持續不斷時，即可判知探測船正位於底浮標錨具正上方 10 m 之半徑範圍內，若再將高度僅 7 m 之底浮標 (Fig. 1) 受海潮流等影響之傾斜度計算在內的話，也應不超過 20 m 之半徑範圍，因此可確認人工魚礁必在附近而能迅速尋得及定位。

Table 2. Characters of polyethylene floator.

Diameter	Floating force	TS (max)	TS (min)	TS (mean)	TS (ideal)	Air content
14 cm	0.9 kg	-33.29 dB	-34.98 db	-34.27 dB	29.12 dB	91.4%
18 cm	2.5 kg	-30.31 dB	-31.60 db	-30.85 dB	26.94 dB	93.5%
30 cm	12.5 kg	-24.82 dB	-26.73 db	-25.64 dB	-22.49 dB	96.1%

Ts (max): The maximum value of Target strength by sounding experiment.

Ts (min): The minmum value of Target strength by sounding experiment.

Ts (mean): The mean value of Target strength by sounding experiment.

Ts (ideal): The idealized Target strength of Spheres.

三、魚探器對底浮標之垂直探知能力

Table 1 是我國近年業者較常使用之各廠牌型號魚探器之一般規格，其中收發波器 (Transducer) 的發射音波強度 (Source level, dB/μPa)⁽⁸⁾ 利用 (3) 式求得之理論值。又目前本省沿岸所投放人工魚礁之水深均不超過50公尺^(1,2)；而拖網浮球之標物反射強度 (TS)，經測定結果其最小值是 -34.98 dB (Table 2)，音波衰減係數 $\alpha = 0.025$ dB/m，而背景雜音強度 (NL) 假設在八級風力下，可被測得約為 80 dB/μPa，再將上項之數據代入(2)式中，得 $EL = SL - 184.53$ 。現行我國所使用之魚探器 SL 均大於 200 dB (Table 1)，故 EL 恒大於零。因此不管任何廠牌或型號之魚探器，

只要是功能正常者，對投放於水深50公尺以淺，而標物反射強度大於 -34.98 dB 之拖網浮球，均可測得並呈現明顯之回跡於記錄紙或螢光幕上。

四、底浮標之持久性調查

Figs. 3、4 是投放底浮標半年後，於同一位置再利用魚探器探測之情形，期間歷經兩個中度以上之颱風吹襲，發現底浮標仍明顯地存在，但底浮標之回跡僅剩一或二點，此顯示繫尼龍繩之兩個浮球較容易流失 (Fig. 1)，故可研判尼龍繩在惡劣天氣下，會受持續之應力而斷裂並導致浮球流失，但鐵鍊則無是項缺失 (Fig. 4)。

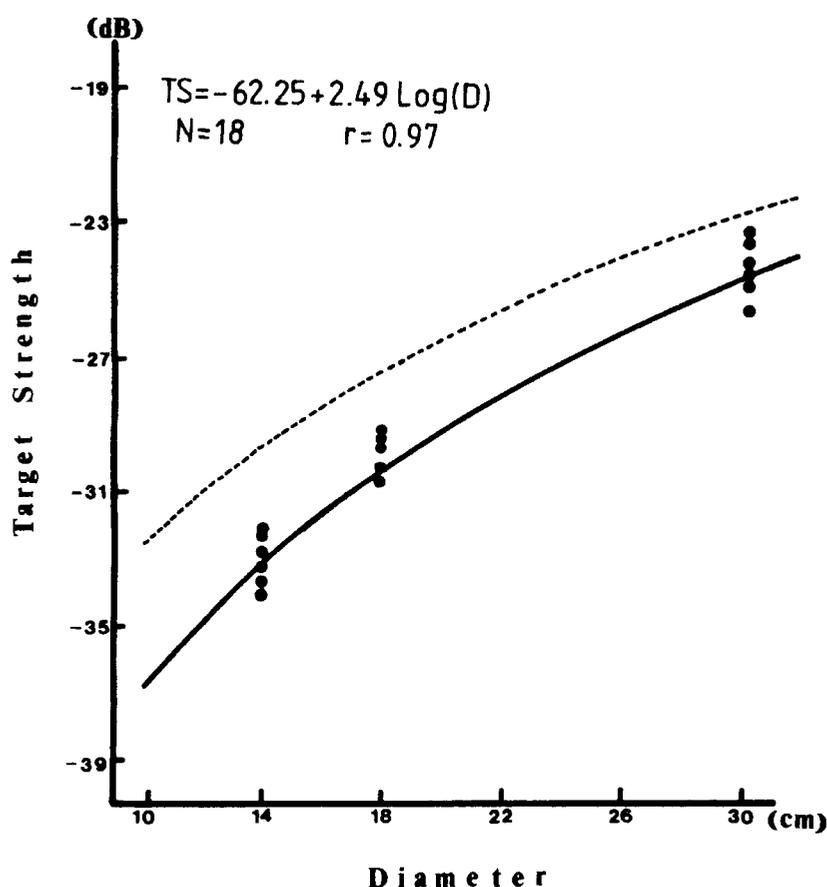


Fig. 2. The relationship between the diameter and target strength of floator. Dash line indicated the idealized perfectly reflecting sphere.

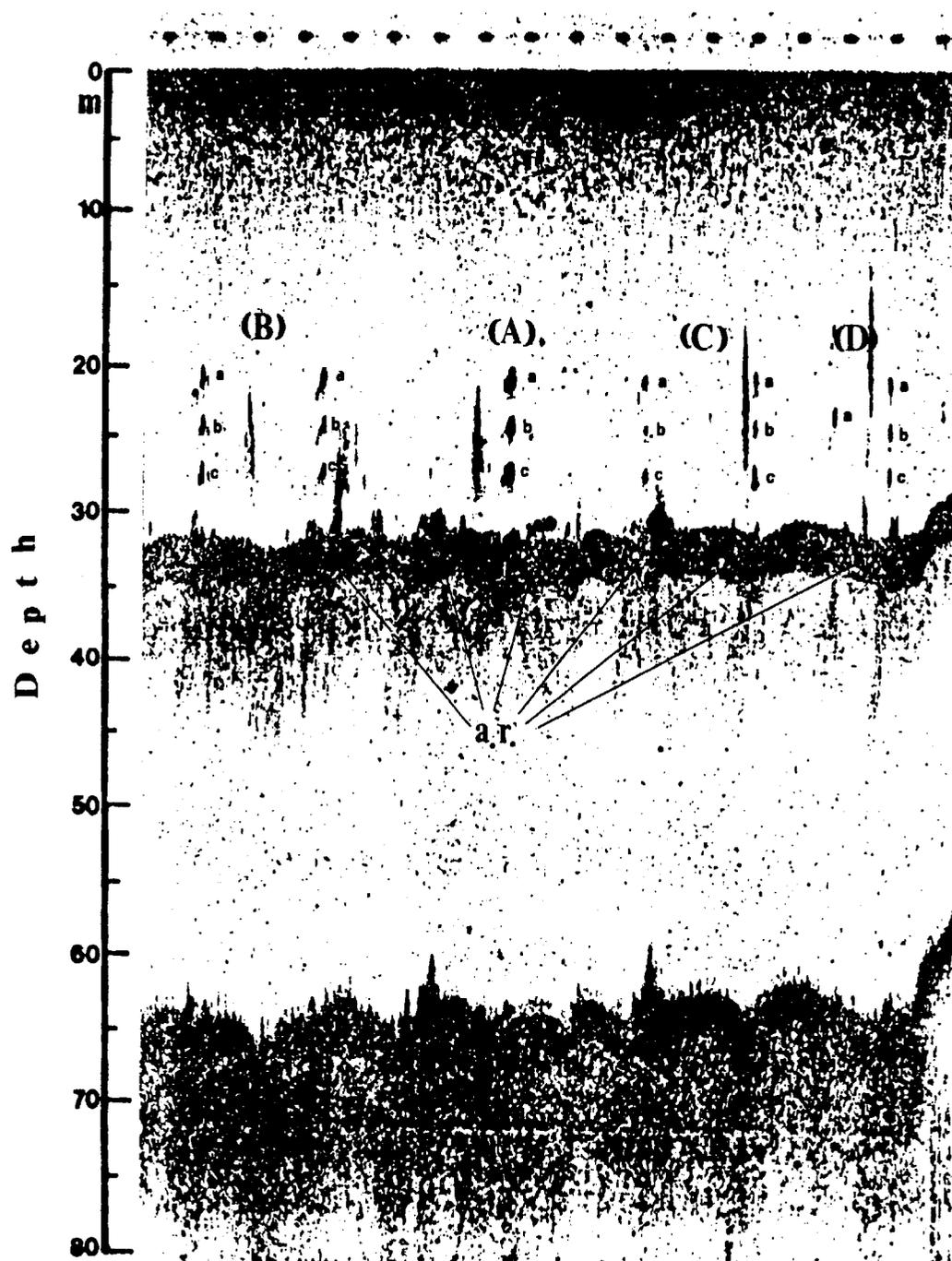


Fig. 3. Echogram of different sounding ways after shooting the bottom buoy unit taken in March 1989.

a. r. : artificial reef; (A) 、(B) 、(C) 、(D): Sounding ways.
 a: Echographes of 14 cm floator , b: 18 cm, c: 30 cm.

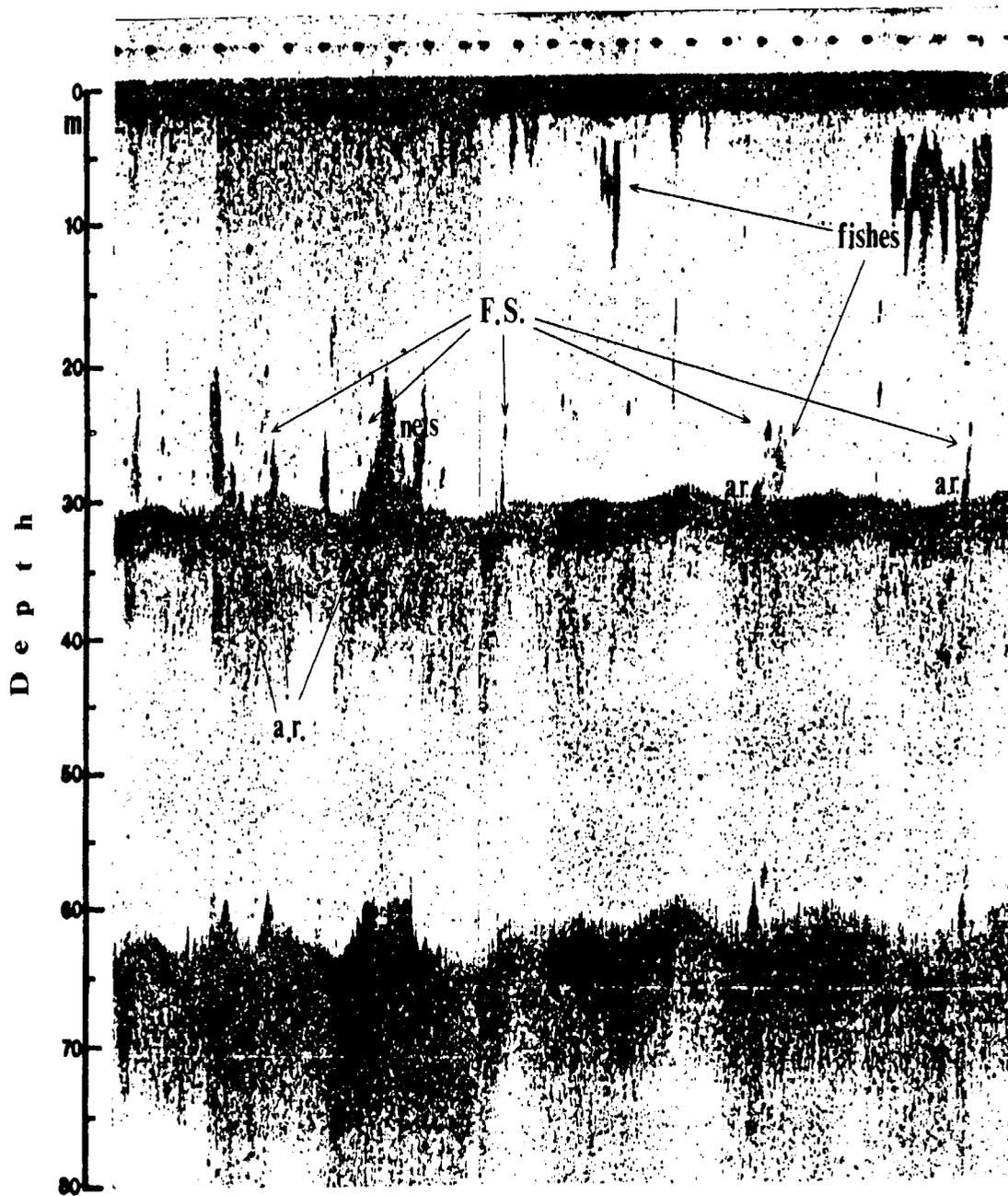


Fig. 4. Echogram of fish schools, bottom buoy unit and artificial reef taken in 11 December 1989.

F.S. : Bottom buoy unit;

a.r.: Artificial reef.

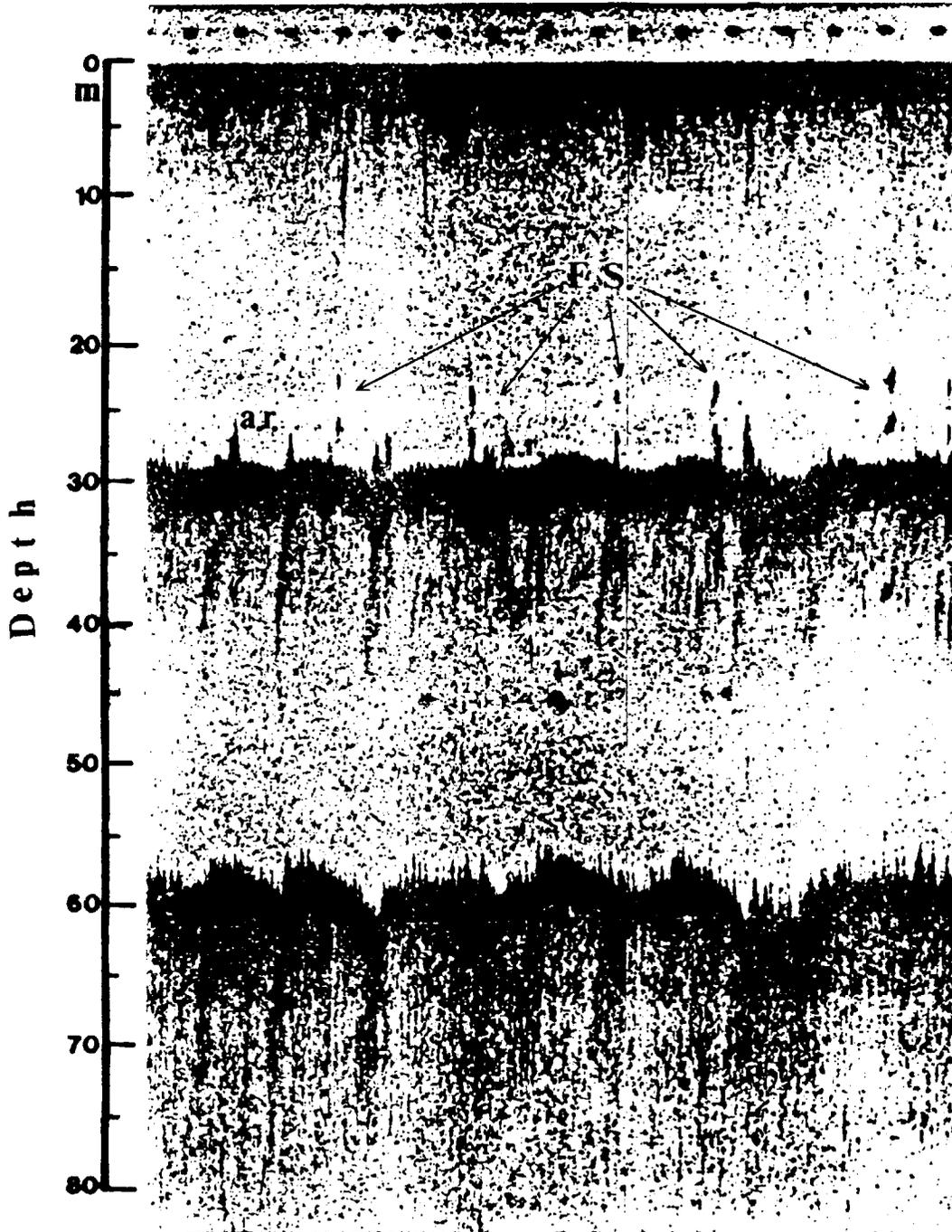


Fig. 5. Echogram of bottom buoy unit taken in 12 December 1989.

F.S. : Bottom buoy unit; a.r.: Artificial reef.

討論

一、由以上結果顯示，利用低成本之底浮標 (Fig. 1)，配合著普通商用魚探器，即可迅捷地探測到人工魚礁投放之位置並加以精確定位，在電子儀器等精密定位系統，無法正常運作之場合中，能適時提供一個較精確之探索及定位方法；但當浮標體經過長時間使用，產生破損或遺失到僅剩一個浮球時，在魚探器之回跡上不易與大型單體魚之回跡區別，而會發生誤判之困擾 (Figs. 4, 5)，如何應用水中超音波對浮球及魚體間不同之反射特性，加以詳細解析來找尋該等回跡之辨別方法，是今後的工作重點。

二、由 Table 2 及 Fig. 2 得悉，合成浮球愈大，則其標物反射強度愈接近同大小之理論值；另由浮球中之空氣占有比率考察之，亦發現具有相同之結果 (Table 2)，亦即空氣所占比率愈大之浮球，其標物反射強度愈接近理論值，此說明了空氣才是形成浮球容易被魚探器探測得到之主因，但空氣愈多則其浮力亦相對增加 (Table 2)，使水泥塊對地之抓著力降低而容易流失。故如何選用適當大小及數量之浮球來組成底浮標單元，期能獲得最理想之固著力，以及魚探器對該等浮球之垂直或水平探知能力的精密計算，亦是今後研究上的一個重要課題。

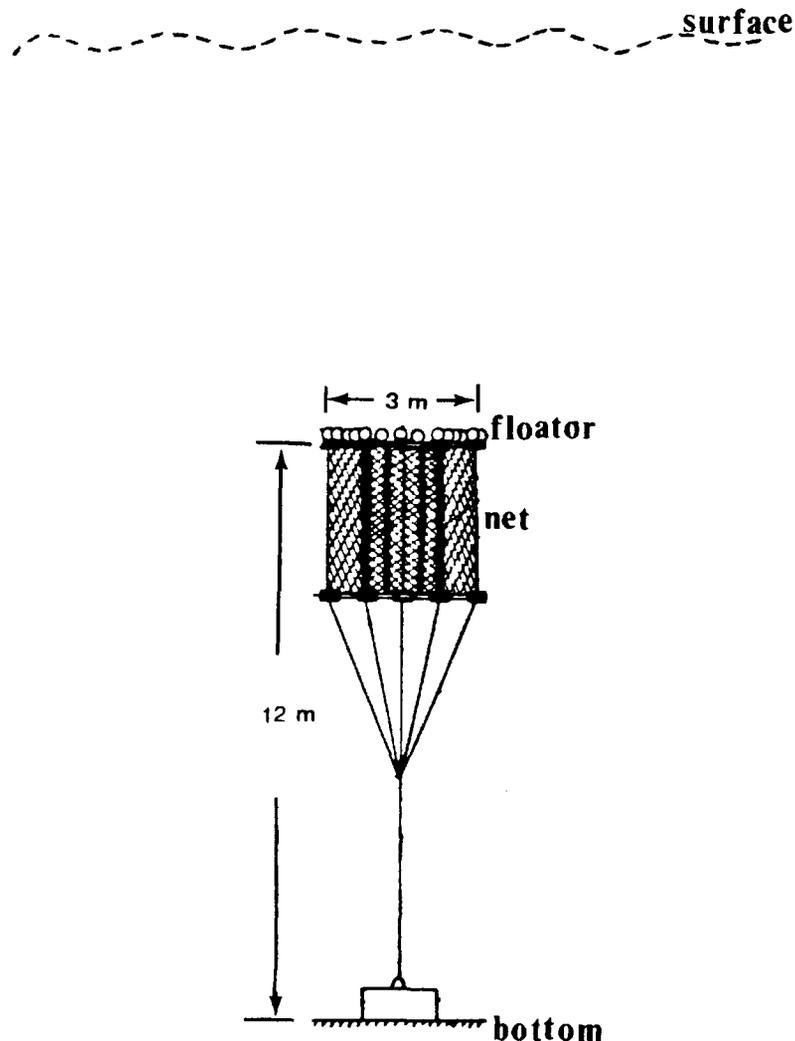


Fig. 6. Construction of bottom artificial floating reef.

三、本次試驗投放之底浮標均超過15 m深，對縱深僅10 m之流刺網作業不會發生困擾，故遭受人為破壞的可能性大為減低；另經試驗結果，底浮標亦經得起颱風等惡劣天氣之天然破壞力之考驗。顯示耐久性高而可長時間利用，故不管是業者或從事試驗調查之研究者均有莫大之助益，值得加以推廣並應用於全省人工魚礁區中，以彌補岸上目標或疊標定位的缺失。此外，對於如何來設計出一種兼具定位及聚魚效果之著底式標識體，類如浮魚礁或如(Fig. 6)所示之底層式浮魚礁等及其相關之材質選擇、固著能力試驗與聚魚效果解析等均頗值得再加以進一步之研討。

謝辭

本研究報告，承行政院農業委員會之贊助及支持，國立海洋大學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，在水槽試驗方面，承漁研所研究生李明安及吳龍靜之鼎力協助；在海上資料收集方面，承海鴻號船長及全體船員之協助，在此一併致最大之謝意。

參考文獻

1. 張昆雄 (1976) 人工魚礁. 中央研究院動物研究所專刊,

1: 1-74.

2. 張昆雄 (1977) 人工魚礁. 中央研究院動物研究所專刊
2: 1-30.

3. 林俊辰, 謝日豐, 王敏昌, 魏樹藩 (1980) 本省人工魚礁效果調查. 水產試驗所試驗研究報告, **32**: 95-125.

4. 林俊辰, 陳守仁, 陳中和 (1980) 本省人工魚礁效果調查. 水產試驗所試驗研究報告, **33**: 109-144.

5. 佐藤 修 (1984) 人工魚礁. 水產 シリ-ズ, **51**: 1-130.

6. 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型魚體對超音波反射強度之比較. 台灣水產學會刊, **14**(2): 53-66.

7. Berteaux, H. O. (1976) Buoy Engineering. John Wiley & Sons Inc., 305 pp.

8. Urick, R. J. (1975) Principles of Underwater Sound. McGraw-Hill Book Company, 384 pp.

9. Johannesson, K. A. and R. B. Mitson (1983) Fisheries acoustic: A practical manual for aquatic biomass estimation. FAO. Fish. Tech. Paper, **240**, 249 pp.

10. Mitson, R. B. (1983) Fisheries Sonar. Fishing News Books Ltd., 278 pp.

11. 沖繩縣水產試驗場 (1983) 中層浮魚礁設置試驗報告書. 沖水試資料, **74**, 48 pp.

12. 陳守仁 (1989) 人工浮魚礁聚魚效果之研究. 台灣水產學會刊, **16**(1): 29-46.

Sew-Horng Wu ¹, Jih-Feng Shieh ² and
Ming-Chang Wang ¹

¹ Department of Marine Fisheries, Taiwan Fisheries Research
Institute, 199 Hou-Ih Rd., Keelung, Taiwan 202

² Department of Fishery Information, Taiwan Fisheries Research
Institute, 199 Hou-Ih Rd., Keelung, Taiwan 202

(Accepted 2 September 1992)



Studies on the Feasibility of Locating Artificial Reef by Means of Echo Sounder

Abstract

A study was made to locate artificial reef accurately using the echo sounder. The bottom buoy unit grouped polyethylene floaters with 14, 18 and 30 cm in diameter, and was shot around the artificial reef area off the shore in Keelung. Sounding experiments were executed using an echo sounder (type: HE-301) from March to December, 1989. This study obtained the following conclusions:

The bigger the floator of bottom bouy was, the stronger and closer to the theoretical value of idealized perfectly reflecting sphere its target strength was; The bottom buoy unit was able to be detected clearly by any normal echo sounder used in current. Furthmore, it was an accurate and simple method for locating artifical reef; Concrete anchors were used to provide enough holding power for maintaining the bottom buoy unit on station. However, nylon rope used for mooring lines was more easily broken than chain in bad weather conditions.

Key words: Echo sounder, Bottom buoy, Target strength