

中層人工浮魚礁區魚群 單體反射強度之研究

吳龍靜、蘇偉成、林俊辰、吳春基

水產試驗所沿近海資源研究中心

人工浮魚礁的技術在 1970 年代的早期即傳入美國，在美國的各海域如 Florida、South Carolina、Gulf Coasts、Virgin Islands 等做研究，1980 年代亦在夏威夷海域進行人工浮魚礁 (FAD) 的試驗 (Dewitt, 1985)。本所自 1981 年起亦陸續於台灣的周邊水域進行人工浮魚礁的聚魚效果試驗 (蘇, 1992、1994；蘇等, 1994、1996)。早期的研究重點在於浮魚礁的聚魚效果試驗，在獲得良好的聚魚效益後，進一步研究耐久性浮魚礁的設計及製作，至今已確立各項技術。自 1996 年起在琉球嶼附近海域陸續投放人工浮魚礁，聚魚的成果相當良好，為我國沿近海漁業開創了良好的作業漁場，今後更應積極地推動浮魚礁的合理利用，以促進我沿近海漁業的永續發展。

本研究的目的，在於利用聲探技術計測中層人工浮魚礁周圍的魚群單體反射強度值 (Target strength value, TS 值)

之分布情形，以瞭解魚群在中層人工浮魚礁的群聚特性及日夜變化。

單體反射強度計測及魚種判別

利用本所水試一號試驗船上的科學魚探設備 (SIMRAD EK-500, 38kHz)，在中層人工浮魚礁區半徑 0.3 哩的海域內採米字型航線進行探測，以 2—3 節的航速每隔 3 小時進行一次計測，持續探測 24 小時以上，以收集魚群的日夜現場 (*In situ*) 單體反射強度值。此外，並收集超音波計測時正在中層人工浮魚礁區作業的曳繩釣漁船的漁獲資料，以取得聚集的魚種別及其體長、體重資料。

超音波計測期間，曳繩釣漁船在中層人工浮魚礁區漁獲的主要魚種為黃鰹鮪 (*Thunnus albacares*)，佔總漁獲量的 75% 以上，其次為正鰹 (*Katsuwonus pelamis*) (圖 1)，此外沒有其他魚種的漁獲紀錄。因此，本實驗以黃鰹鮪為單體



反射強度值分析時之對象魚種。而兩次實驗所釣獲的黃鰭鮪中，第二航次 (December, 2002) 所釣獲黃鰭鮪的平均體長顯著小於第一航次 ($p < 0.05$)，但兩次實驗所漁獲的正鰹在平均體長上則無顯著差異。

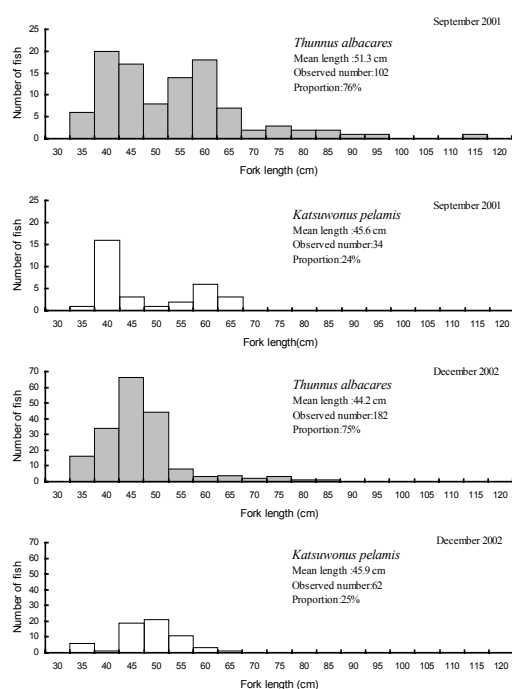


圖 1 Size composition of *Thunnus albacares* (solid bar) and *Katsuwonus pelamis* (blank bar) observed from trolling boats around sub-surface FAD in (a) September 2001 and (b) December 2002

現場單體反射強度值與體長分析

現場單體反射強度值的頻度分布資料及其體長組成之頻度分布資料，分別利用常態分布模式，區分出不同的區間後，求取各平均單體反射強度值所對應的平均體長值，再將體長值取對數後與

平均單體反射強度值進行回歸分析，以探討現場單體反射強度值與體長之間的關係。

人工浮魚礁周圍所測得的單體反射強度值之分布情形，套用常態分布模式進行劃分及作 chi-square 檢定結果，可顯著的區分成不同的分布區間 ($p < 0.05$)；而釣獲的黃鰭鮪體長組成分布，同樣可劃分成不同的體長區間 ($p < 0.05$)。對應單體反射強度值與體長分布的峰值後 (表 1)，利用回歸分析結果，現場平均單體反射強度值與體長之間的關係式為：

$$TS = 35.4 \log(L) - 95.1 \quad (r = 0.92)$$

此回歸關係經變方分析 (analysis of variance) 檢定結果具顯著意義 ($p < 0.05$)，顯示現場計測的平均 TS 值與黃鰭鮪之體長有顯著的線性相關。

表 1 Analysis of normal curve of in situ TS measured in December 2002. Three modes of normal distribution were significantly separated

Class	Observed No.	Estimated No.		
		Mode 1	Mode 2	Mode 3
-42	24	24	0	0
-40	151	117	0	0
-38	218	214	1	0
-36	122	145	10	0
-34	71	35	43	0
-32	63	3	64	0
-30	32	0	35	2
-28	29	0	7	8
-26	13	0	0	14
-24	8	0	0	9
-22	2	0	0	2
-20	3	0	0	0
Mean TS		-38.2	-32.1	-25.8

Observed No. = 736

Estimated No. = 733

現場單體反射強度值之分布

由表層至水深 150 m 每 25 m 設定一個水層，利用 SIMRAD EP500 軟體擷取每個水層的單體反射強度值，再以 Duncan's multiple range tests 分析不同時段間各水層的單體反射強度值之變化情形。

在兩航次的單體反射強度值計測中，於中層人工浮魚礁周邊海域共測得 748 尾單體魚反射信號（圖 2、表 2），利用 Duncan's multiple range test 檢定結果，2001 年 9 月白天中每趟計測所測得的平均單體反射強度值之間並沒有顯著差異（表 3），而夜間所測得的平均單體反射強度值之間則有顯著差異存在（ $p < 0.05$ ）。至於 2002 年 12 月的計測結果

（表 4）也有同樣的情形，其中第 1、7、8、9、15 趟為白天時所測得的數據，經檢定結果顯示其平均單體反射強度值沒有顯著差異（Duncan group A），但日夜之間所測得的平均單體反射強度值則有顯著差異（ $p < 0.05$ ）。由於日夜間的平均單體反射強度值有顯著差異存在，因此，在探討中層人工浮魚礁周邊海域黃鰭鮪的單體反射強度值分布情形時，需分別加以探討。

在單體反射強度值的垂直分布分析上，從表層至 150 m 每 25 m 設定一個水層的分析結果，顯示白天時不同深度層之間的平均單體反射強度值有顯著差異存在（表 5），整體而言，在 25–50 m 的淺水域，其平均單體反射強度值較低（-34 to -37 dB），而平均單體反射強度值

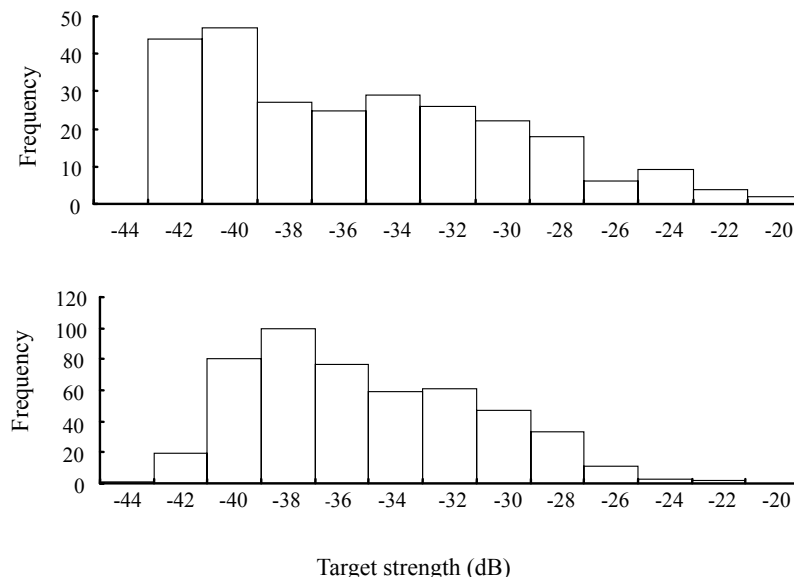


圖 2 Histograms of in situ TS data from tuna measured around the sub-surface FAD in (a) September 2001 (n = 259) and (b) December 2002 (n = 492)



較高的水層 (-30 to -33 dB) 主要位於水深 100–125 m。至於夜間的單體反射強度值分布情形，檢定結果顯示平均單體反射強度值較高的水層主要仍位於水

深 100–125 m，但水深 25–50 m 淺水域的平均單體反射強度值在此時則顯著高於水深 50–100 m 的水層。

表 2 Species composition of tuna catches around the sub-surface FAD

Date	Species	<i>Thunnus albacares</i>	<i>Katsuwonus pelamis</i>
29/09/02-30/09/02	Number (%) of fish	182 (75%)	62 (25%)
	Minimum length (cm)	30.5	31.5
	Maximum length (cm)	83.0	60.8
	Mean length (cm)	44.2	45.9
13/12/03-15/12/03	Number (%) of fish	102 (76%)	34 (24%)
	Minimum length (cm)	32.0	34.0
	Maximum length (cm)	111.7	62.2
	Mean length (cm)	51.3	45.6

表 3 Mean TS measurements during surveys around sub-surface FAD

Date	Time	Survey	Vessel speed (knots)	Range (m)	Number of observations	Mean TS (dB)
29/09/01	21 h 10-23 h 10	1	2-3	550	58	-33.1
30/09/01	00 h 00-02 h 10	2	2-3	550	80	-37.2
30/09/01	03 h 00-04 h 50	3	2-3	550	25	-37.9
30/09/01	05 h 00-07 h 10	4	2-3	550	38	-33.8
30/09/01	09 h 00-10 h 10	5	2-3	550	34	-35.4
30/09/01	12 h 00-13 h 50	6	2-3	550	18	-34.8
30/09/01	15 h 30-17 h 40	7	2-3	550	6	-34.6
13/12/02	13 h 30-15 h 30	1	2-3	550	16	-35.9
13/12/02	17 h 00-18 h 30	2	2-3	550	29	-37.3
13/12/02	19 h 30-20 h 40	3	2-3	550	42	-36.1
13/12/02	21 h 30-22 h 40	4	2-3	550	1	-39.3
14/12/02	00 h 00-01 h 50	5	2-3	550	0	—
14/12/02	03 h 00-04 h 50	6	2-3	550	0	—
14/12/02	06 h 00-08 h 00	7	2-3	550	47	-35.8
14/12/02	09 h 00-11 h 00	8	2-3	550	85	-34.9
14/12/02	12 h 00-14 h 00	9	2-3	550	110	-34.1
14/12/02	16 h 30-18 h 00	10	2-3	550	114	-36.7
14/12/02	18 h 30-20 h 30	11	2-3	550	33	-35.4
14/12/02	21 h 00-23 h 00	12	2-3	550	2	-35.6
15/12/02	00 h 00-02 h 00	13	2-3	550	1	-33.3
15/12/02	03 h 00-05 h 00	14	2-3	550	2	-33.8
15/12/02	07 h 00-09 h 00	15	2-3	550	20	-35.9



表 4 Results of Duncan's multiple range tests for the surveys in September 2001. Mean TS with the same letter in the column of Duncan grouping were not significantly different ($p > 0.05$) for each cruise

Survey	Mean TS (dB)	Number of obs.	Duncan grouping
1	-33.1	56	A
4	-33.6	38	A
6*	-34.8	18	A B
5*	-35.4	34	A B
2	-37.6	80	B
3	-37.9	25	B

*Carried out in the daytime

表 5 Mean TS measurements in relation to depth strata around the sub-surface FAD in the daytime

Cruise	Depth stratum (m)	Fish number of observation	Mean depth (m)	Mean TS (dB)
September 2001	0-25	5	21.1	-32.4
	25-50	11	38.5	-33.8
	50-75	20	65.8	-35.6
	75-100	43	87.6	-36.8
	100-125	13	110.3	-30.3
	125-150	4	131.7	-32.8
December 2002	0-25	8	19.5	-37.7
	25-50	63	39.2	-34.9
	50-75	106	64.1	-36.3
	75-100	174	88.0	-35.8
	100-125	53	106.6	-32.5
	125-150	7	132.1	-33.1

結語

綜合而言，在同一航次的單體反射強度值計測中，白天時每趟計測所測得的平均 TS 值並沒有顯著差異，但不同航次間的平均 TS 值則有明顯的差異 (表 3)。Josse and Bertrand (2000) 指出大目鰺 (*Thunnus obesus*) 也有相同的情形，不過，入夜後，大目鰺會離開浮體數海浬遠，甚至離開浮魚礁區，但本實

驗所測得的黃鰭鮪在夜間則仍有滯留在浮魚礁周圍的情形。在垂直分布上，白天以水深 100—125 m 水層的平均 TS 值最高 (-33 to -30 dB)。

本實驗在中層人工浮魚礁區所測得的魚群現場單體反射強度，未來將可作為聚集魚群量評估時的校準因子。此外，聚集魚群的單體反射強度分布資料將來可做為研究魚群行為及魚群對船隻的躲避行為之基礎資料。