

魚群探知機による西部太平洋マグロ漁場
における漁場調査について—I.
超音波散乱層とマグロ魚群の記録について*

依 悟・桜井五郎・藤石昭生・大村千之

Echo-Survey of Tuna Fishing Ground in the Western Pacific Ocean—I.
Analysis of Echo-Sounder Records of the D.S.L., S.L.
and Tuna Traces*

By

Satoru TAWARA, Goro SAKURAI, Akio FUJISHI and Kazuyuki OMURA

The survey referred in the present report was made during the period between October and December, 1966 in the Western Pacific Ocean by Koyo Maru training ship. This investigation was made with a 24KC fish-finder and carried out as a part of the survey in the tuna fishing-grounds. The results of the investigation are as follows.

1. Widely known periodical diurnal change of D.S.L. could be observed in plate 1 and was classified into 4 types. The reflection loss of D.S.L. in the noon was 52-64 db. Ascending and descending speeds at the sunrise or the sunset were 4-10m/min.
2. The occurrence rate of S.L. was studied in relation to the vertical gradient of water temperature, salinity and dissolved oxygen, but the correlation between the occurrence rate of S.L. and the vertical gradients of those factors was not found.
3. In the day time, the tuna shoals were detected in the depth layer between 150m and 200m at 24KC.

1966年10月から12月の間、農林省水産大学校練習船耕洋丸によって、東経130度の子午線に沿って北緯31度から北緯20度までのCSKの観測、西南部太平洋のマグロ漁場の試験操業が実施された。

今回魚群探知機B4型(24KC)を使用してD.S.L.とマグロの漁場調査を実施した。ここではこれらの調査によってえられた2,3の知見を報告する。本文にさきだち、魚群探知機の装備、使用方法など

*水産大学校研究業績 第525号, 1967年12月27日 受理。
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 525.
Received Dec. 27, 1967.

につき終始ご指導下さり、また原稿のご校閲を戴いた漁船研究室西村実技官に対し深甚の謝意を表す。また本研究にご協力下さった耕洋丸乗組員各位に厚くお礼を申し上げる。

調 査 方 法

(1) 魚 探 能 力

使用魚探の測深、魚探能力を算定するために停船中標準反射体ガラス玉(92φmm 反射損失 33 db)を吊り上げ、その反響余裕値を測定し、また海底の反響余裕値を測定して、Fig. 1 に示す結果をえた。図からわかるように停船中の測深能力は海底(底質砂)で5,000 m、魚探能力はマグロ(反射損失 20 db)で700 m である。

以降の測定はこの Fig. 1 が基準となって行なわれた。

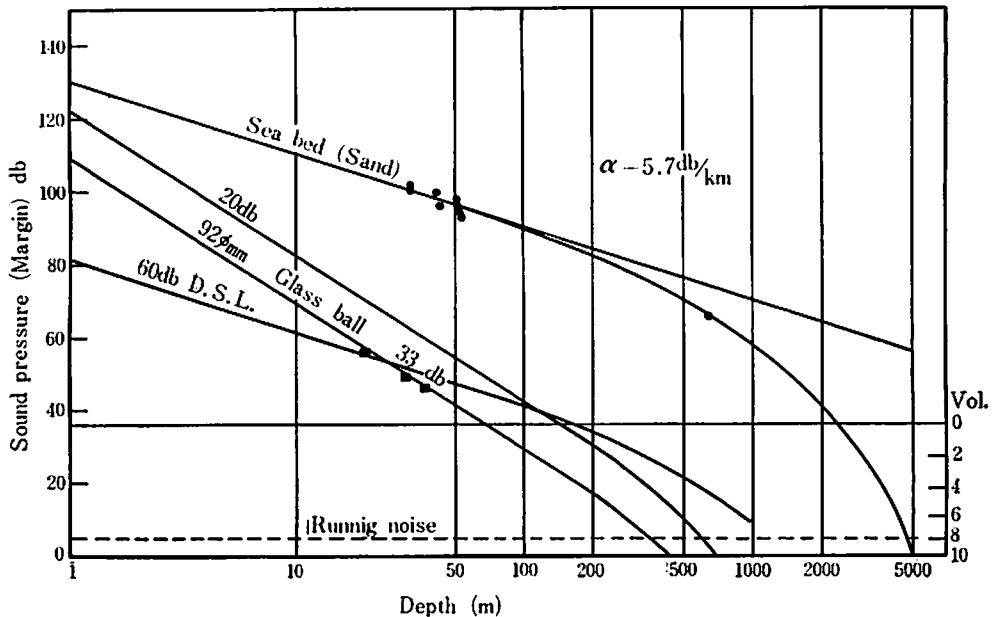


Fig. 1. Acoustic measurement for tunas and D. S. L. by 24KC echo-sounder of Koyo Maru.

(2) 調 査 方 法

魚探による調査は Fig. 2 に示す航跡に沿って往航時に D. S. L., S. L. の調査、復航時に漁場調査の二つに大別して実施した。

2.1 D. S. L., S. L. の調査

往航時、下関から Sydney までは記録深度を 0~500 m とし、D. S. L. の調査を主目的とし、また S. L. の調査は C S K の観測中記録深度を 0~250 m に拡大して実施した。

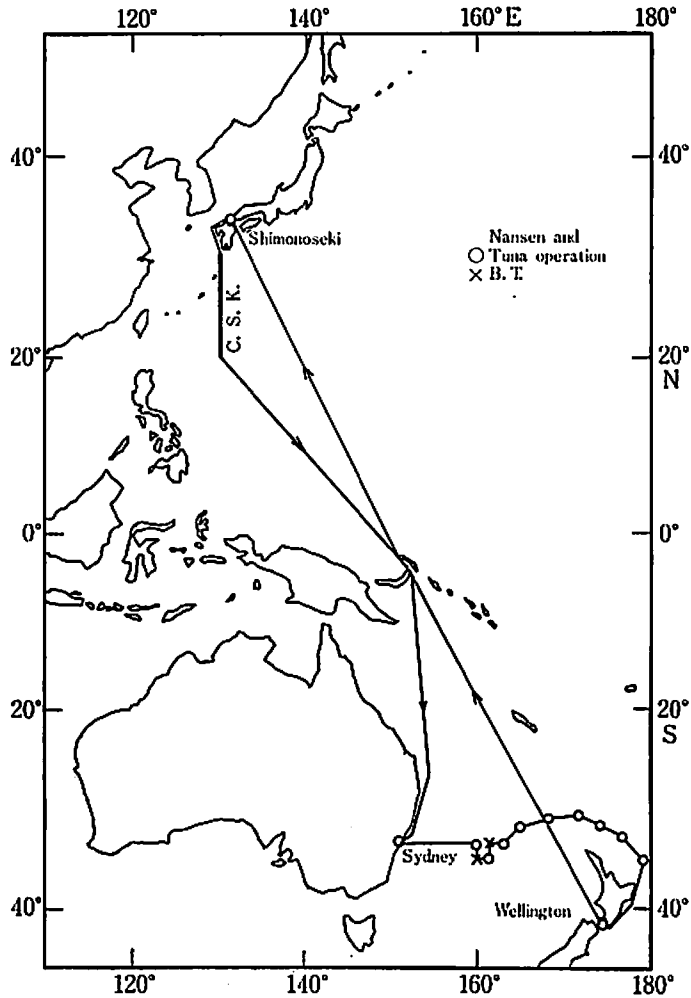


Fig. 2. Track chart of Koyo Maru cruise in the winter of 1966.

2.2 漁場調査

帰航時, Sydney から Wellington を経て下関まで記録深度を0~250 m とし, 深度250 m 以浅の魚群の調査を主目的とした。

結 果

(1) D.S.L. の調査結果

1.1 D.S.L. の日周運動

柴田(1963)はD.S.L.の構成生物について微小 plankton のみでなく「エビ」類や「神アミ」類など

の甲殻類を主体とし、それに「ハグカイワシ」類「クラゲ」類などの megaloplankton が混在しているものであろうと推定している。筆者らは D. S. L. の構成生物について柴田と同様な仮定を行ない、また D. S. L. の構成生物の組成は海域によって異なっているという仮定のもとに D. S. L. の日周運動状態を分析し次の四つの型に分類することができた。

a) A 型

日出(没)時頃明瞭な2層に分離して下降(上昇), しその速度も比較的大きい D. S. L. (Plate I-A)。

b) B 型

日出没時頃層の分離が不明瞭で, しかも反射損失は大きい D. S. L. (Plate I-B)。

c) C 型

日出没時頃3層以上にはっきりと分離し, またそれぞれの層の巾が狭い D. S. L. (Plate I-C)。

d) D 型

日出没時頃一旦分散し, その後漸次集合する D. S. L. (Plate I-D)。

以上四つの型の水平分布を模式的に Fig. 4 に示し, それぞれの型の上昇, 下降の速度を Table 1 に示した。D. S. L. の上昇, 下降の速度は 4~10 m/min の範囲にあり, 海域によって速度は異なっている。

Table 1. Ascending speed and descending speed of 4 types of D. S. L.

Type	At sunrise			At sunset		
	Beginning of descending movement (Time before sunrise) (min.)	Completion of descending movement (Time after sunrise) (min.)	Mean speed (m/min)	Beginning of ascending movement (Time before sunset) (min.)	Completion of ascending movement (Time after sunset) (min.)	Mean speed (m/min)
A	25	30	4.0	50	30	6.0
	40	10	10.0	10	50	9.0
B	45	10	5.5	50	40	4.0
C	15	5	5.0	40	25	5.0
	25	5	6.0	20	50	4.0
	30	5	8.0	5	50	4.0
D	50	40	5.0	40	30	5.0

Mean ascending speed mean speed during 10 minutes about sunset.

Mean descending speed mean speed during 10 minutes about sunrise.

1.2 D. S. L. の現われる深度

D. S. L. は前述のような日周運動を行なうので, 時間によってその出現深度は異なる。ここでは日出時, 正中時, 日没時に D. S. L. の深度を測定し, D. S. L. の出現深度と出現頻度との関係を Fig. 3 に示した。

D. S. L. の出現深度は北緯 20 度付近では日出没時 220~240 m, 正中時 430~500 m, また南緯 20 度付近でも日出没時 180~250 m, 正中時 450~460 m と海域による差は見られなかった。Fig. 3 に示されているように, 日出没時には深度 200~300 m に, 正中時には深度 440~500 m に最も多く出現した。

1.3 D. S. L. の濃さ

D. S. L. の反射強度は使用魚探の周波数, D. S. L. の出現深度により異なるので, 魚探記録から D.

S.L. の biomass を推定することは困難であるが、同一深度における biomass 分布の比較は容易に行なうことができる。本調査では正中時 D.S.L. の深度は Fig. 3 に示したように 440~500 m に最も多く出現

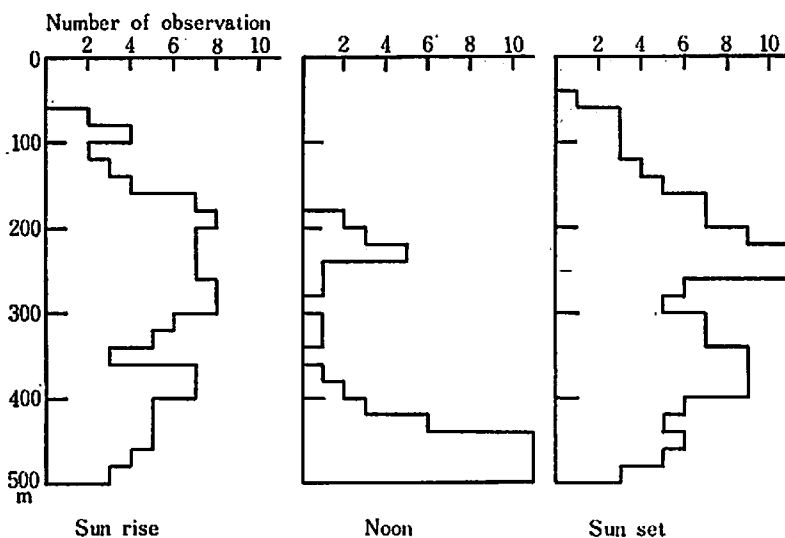


Fig. 3. Vertical distribution of D. S. L. observed in the Western Pacific Ocean during the period from 28, Oct. to 9, Nov. 1966.

Table 2. Results of the occurrence of S.L. for each range of the vertical gradient of temperature, salinity, and dissolved oxygen.

Vertical gradient		Occurrence of S. L.	
		Number	Percentage
temperature	0.00 ~ 0.05 ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)	11	28.3
	0.06 ~ 0.10	19	48.7
	0.11 ~ 0.15	7	17.9
	0.16 ~ 0.20	2	5.1
salinity	0.000 ~ 0.0025 ($\text{‰}/\text{m}$)	8	50.0
	0.0026 ~ 0.0050	4	25.0
	0.0051 ~ 0.0075	1	6.2
	0.0076 ~ 0.0100	3	18.8
dissolved oxygen	0.0000 ~ 0.0025 ($\text{ml}/\text{L}/\text{m}$)	7	36.8
	0.0026 ~ 0.0050	4	21.2
	0.0051 ~ 0.0075	1	5.3
	0.0076 ~ 0.0090	2	10.5
	0.0091 and over	5	26.2

した。これらの深度における D.S.L. の反射損失をマージンテスト法²⁾によって測定した。その結果 D.S.L. の反射損失は 52 db から 64 db であった。D.S.L. の濃さの分布を模式的に Fig. 4 に示した。

使用魚探の周波数によって、D. S. L. の反射損失の値は多少異なるものと思われるが、北緯 5 度から南緯 3 度にわたる海域は反射損失が 60 db 以上であり、D. S. L. の biomass 分布は比較的小さい傾向が認められた。この事は山中・黒駄・森田²⁾の調査結果でも報告されている。

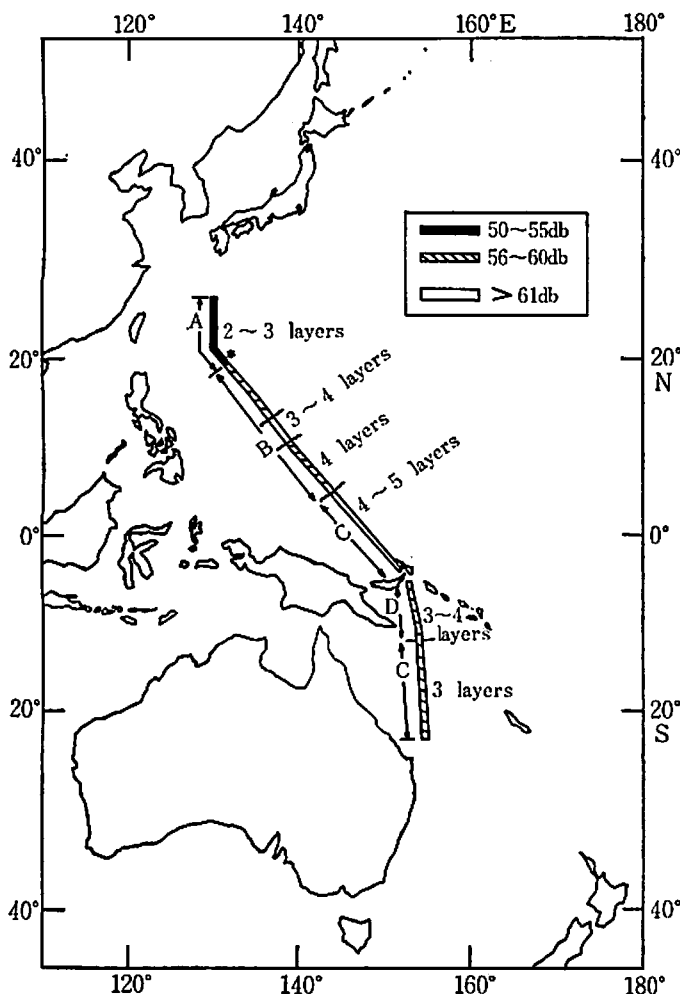


Fig. 4. Schematic representation of the distribution of reflection loss of D. S. L. in the noon and number of layers of D. S. L. in descending and ascending migration.

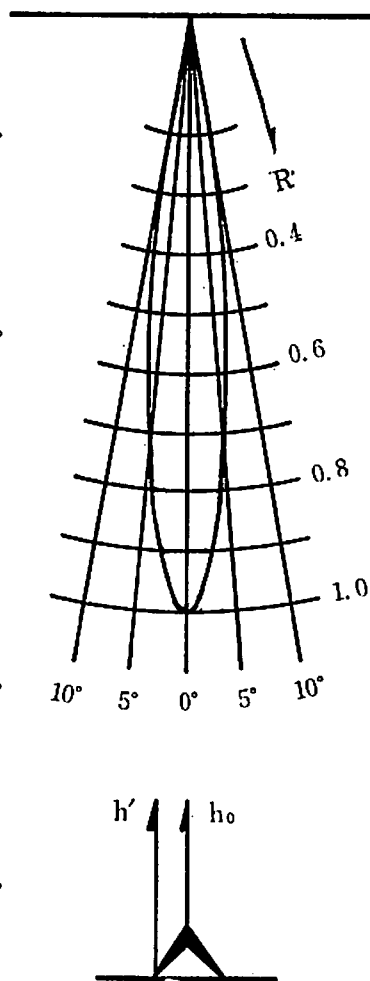


Fig. 5. Detectable range and echo trace of tuna.

1.4 特異な D. S. L.

北緯 20 度から北緯 27 度の海域において、2 例であるが上昇の途中深度 400 m 付近に分離して残存する D. S. L. が認められた。また Plate II-B に示したように、日没前 D. S. L. の上昇中強烈なスコールに遭遇したが、このスコールの間 D. S. L. の上昇速度が変化した。この現象はスコールによって水中照度を変化したために、D. S. L. が水中照度に対応する D. S. L. の上昇速度が変化したのではないと思われる。

(2) S. L. の調査結果

本報告で扱う S. L. とは、その深さが時間的にあまり変化せず(日周運動を行なわない)、厚さも 10~20 m 程度の層のことをいう。ここでは C S K 観測中、マグロ操業地点の海洋観測に際して S. L. の現われた深度における S. L. の出現回数と水温、塩分、溶存酸素の深さ 1 m 当たりの変化率との関係を調査し、これらの結果を Table 2 に示した。資料が少ないので断言できないが、今回の調査ではこれらの物理的要因と S. L. の出現回数との相関性ははっきりと認められなかった。

(3) 魚群および漁場調査

本調査に使用した魚探の送受波器は輻射面が 320×265 mm の長方形であり、船首尾方向の指向性函数 R を Fig. 5 に示した。

マグロの個体の記録像逆ヅイ (A) 型から西村・柴田の方法により魚探の記録紙上に記録された個体魚

Table 3. Records of tuna trace.

Date	Time (L.M.T.)	Position	Swimming depth (m)	Number of tuna	Number of tuna per mile
Oct. 31, 1966	1723~1733	16°34' N 134°20' E	160~240	16	8
Nov. 2	0637~0652	10°36' N 138°25' E	0~100	30	10
21	1457~1505	34°40' S 161°30' E	130~210	30	20
	1525~1530	34°40' S 161°35' E	180~220	a shoal & 10	10 & a shoal
	1710~1713	34°40' S 160°50' E	190~220	15	21
22	0545~0551	34°02' S 162°46' E	110~130	15	14
	1810~1842	33°40' S 163°25' E	80~140	a shoal	a shoal
	1915~1925	33°41' S 163°11' E	110~200	a shoal	a shoal
24	1650~1655	31°18' S 167°32' E	130~150	21	21
27	1045~1107	33°15' S 176°30' E	140~230	25	15
	1545~1554	33°37' S 176°28' E	125~205	a shoal	a shoal
28	1227~1301	35°11' S 179°15' E	175~225	20	10
Dec. 7	0720~0730	34°26' S 171°49' E	230~250	33	16
	1100~1122	33°46' S 171°24' E	175~240	30	7
	1430~1450	33°16' S 171°01' E	130~200	20 ind & a shoal	5 & a shoal
8	1029~1044	29°30' S 168°01' E	50~70	a shoal	a shoal
12	0751~0754	11°38' S 157°03' E	150~210	6	8
	1702~1730	09°45' S 155°50' E	140~250	12	2
13	0832~0935	06°55' S 154°04' E	140~185	20	33
	1305~1308	05°58' S 153°22' E	160~250	10	17
15	0705~0825	00°50' N 147°35' E	70~85	35	9
	1321~1328	02°04' N 146°45' E	130~230	25	17
16	0900~0935	05°05' N 145°02' E	20~110	3 shoals	a shoal
18	0737~0742	14°16' N 140°26' E	65~115	15	15

の反射損失を求めた。すなわち、 R_N , R_R を送受波器の指向性函数とすると $R = R_N = R_R$ となり、個体

魚が魚探の主軸上にある場合のマージンを M_{ho} とすると、

$$M_{ho} = -40 \log_{10} (h_0/h') - 40 \log_{10} R$$

$$\begin{cases} h_0 : \text{魚探の主軸上の深さ} \\ h' : \text{個体魚の記録され始めの深さ} \end{cases}$$

で示される。

記録紙上 (Plate II 参照) で (A) 型の個体から上式によりマージン M_{ho} を求め、この値を Fig. 1 のマージンカーブにプロットして個体魚の反射損失 L_p を求め、その値が 25 db より小さいものを一応マグロと推定して集計し Fig. 6 に記載した。群体の場合には魚群の遊泳深度、濃さ、記録紙上の型から西村⁵⁾、柴田⁶⁾、山中・黒眩・森田⁷⁾らの記録例と比較してマグロと推定されるものを集計し Fig. 6 に記載した。

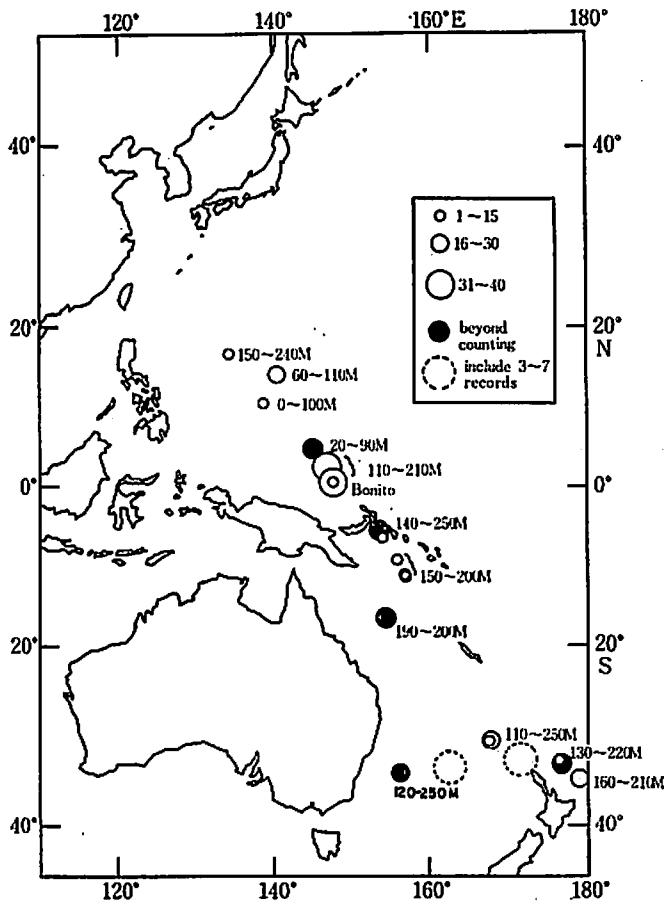


Fig. 6. Schematic representation of the distribution of counted number of echo-sounder records of tuna per 1 mile and range of swimming layer.

魚群の分布密度の指標として、個体魚の場合には1マイル航走(12 knotで5分間航走)の間における記録尾数に換算した。群の場合には分布密度の計算は行なわなかった。これらの結果を Table 3 に示した。

水平分布については、赤道付近(赤道から北緯5度まで)と南緯31度から35度までのマグロ延縄試験操

業を行なった海域に多く魚像が記録された。

遊泳深度について考えて見ると、カツオ群、ビンナガを除いて最も多く記録されたマグロの遊泳深度は150~200 mであり、山中・黒弦・森田⁹⁾の同海域の魚探調査結果と比較して深かった。最深の遊泳深度は250~270 mであった。魚群の記録結果は模式的に Fig. 6 に示した。

考 察

海洋において海底を離れたある深度に記録される超音波散乱層は魚類、大型プランクトンの密集群であるとししばしば報告されているが^{1) 2)}、四筆者らは柴田³⁾と同様な仮定を行ない、D. S. L. について魚探にあらわれた記録を観察し、前述のような4つの型に分類することができ、海域によってそれぞれ異なる形態を示した。これだけの資料では断言できないが、D. S. L. の構成生物は水塊と何らかの関係があるのではないかと考えられるので、今後生物採集を併用してさらに研究を続けて行きたい。

S. L. については、西村⁴⁾によれば S. L. は温度躍層とかなり密接な関連性があると報告している。一方柴田³⁾、BARY⁵⁾は S. L. と溶存酸素との間にかなり密接な関連性を認めている。筆者らの調査結果では S. L. の出現回数と水温、塩分、溶存酸素の垂直変化率との相関性ははっきりと認められなかった。山中・黒弦・森田⁹⁾によれば水温の鉛直傾度の大きい時はむしろ S. L. の出現回数は少なかったと報告しており、筆者らの調査結果と同様な傾向を示しており、この点さらに検討する必要があると思う。

D. S. L., S. L. とマグロ漁場、D. S. L. の構成生物はマグロにとって、小型魚、大型魚とフードチェーンにおける2次的の餌料であると考えれば D. S. L. の biomass がマグロの生産力に何らかの関係をもつものと推定される。Plate II—A, Plate III—A に示したように D. S. L. の下降とともに魚群が下降しているもの、S. L. 付近にマグロの個体が密集している例が見られた。このような記録は山中・黒弦・森田⁹⁾、加藤・谷口⁶⁾および西村⁴⁾の報告にも見られる。今回の試験操業では直接 D. S. L. とマグロとの関連を求めることはできなかったが、今後 D. S. L. のパターンを細かく観察して、マグロ延縄の漁獲量の指標としてこれを研究しようと考えている。

要 約

1. 魚群探知機は漁場調査に充分応用することができ、きわめて有効であった。
2. D. S. L. の日周運動のパターンは海域によって異なる。しかしながら正中時には深度 440~500 m に最も多く出現し、D. S. L. の分布深度は海域によって差は認められなかった。
3. D. S. L. の正中時における反射損失は 52~64 db であった。
4. 魚群はかなり深い層に存在し、昼間の記録では、深度 150~200 m に最も多く現われた。

文 献

- 1) 柴田恵司, 1963: 魚群探知機に現われた記録解析の試み—IV. D. S. L. とマグロ類の食物環境について (1). 長大水研報, 15, 59—81.
- 2) 実吉純一・菊地高亮・能本乙彦, 1965: 超音波技術便覧, 629. 日刊工業新聞社.
- 3) 山中 一・黒弦善雄・森田 三郎, 1966: 魚群探知機による西南太平洋の調査の概要. 南海区水研報, 24, 115—127.
- 4) NISHIMURA, M. and K. SHIBATA, 1966: Echo-Survey of Tuna Fishing Ground. *La mer*, 4 (3), 155—168.

- 5) 西村 実, 1961: New Zealand 北東海域におけるマグロ魚群探知機の実験. 漁研報, 15, 91—109.
- 6) 柴田恵司, 1965: 魚群探知機に現われた記録解析の試み—Ⅵ. 生物調査の応用について. 長大水研報 19, 37—46.
- 7) BARY, B. M., 1966: Back scattering at 12 kc/s in relation to biomass and numbers of zooplanktonic organisms in Saanich Inlet, British Columbia. *Deep Sea Res.*, 13 (4), 655—666.
- 8) —————, 1966: Qualitative observations of scattering of 12 kc/s sound in Saanich Inlet, British Columbia. *Deep Sea Res.*, 13 (4), 667—677.
- 9) 西村 実, 1966: S.L. 調査結果について. マグロ資源研究協議会報告, 48—64.
- 10) 柴田恵司, 1966: 長崎丸における魚探利用によるマグロ漁場調査. マグロ資源研究協議会報告, 29—47.
- 11) 加藤増夫, 谷口広一, 1966: 南方漁場における二, 三の魚探記録について. マグロ資源研究協議会報告, 119—120.
- 12) 鈴木恒由, 伊藤 準, 1967: 北西部太平洋水域における D.S.L. について (I). 垂直移動・水中照度およびプランクトン量などについて. 日水誌, 33(4), 325—337.

P L A T E S

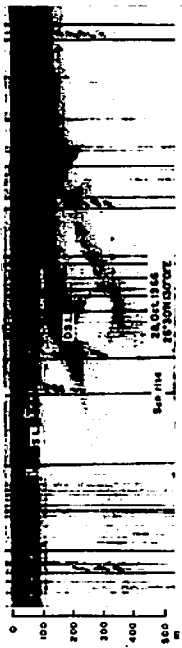
PLATE I

PLATE I

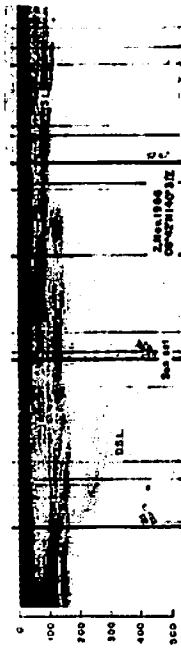
Echo sounder records of the diurnal migration of 4 types of D. S. L.



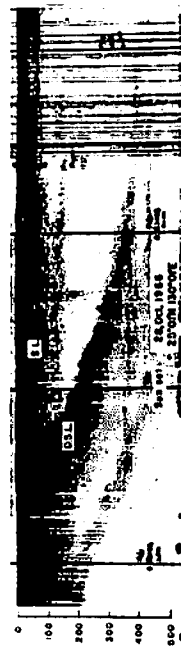
A



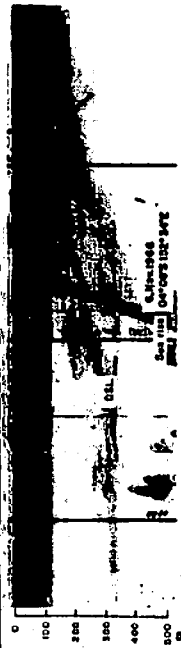
B



C



D



E



F

PLATE II

Echo sounder records of D. S. L. and tuna.

- A. Downward migration of tuna corresponding to that of D. S. L.
- B. Upward migration of D. S. L. in the squall weather.
- C. Echo sounder record of S. L. corresponding to the temperature, salinity and dissolved oxygen.

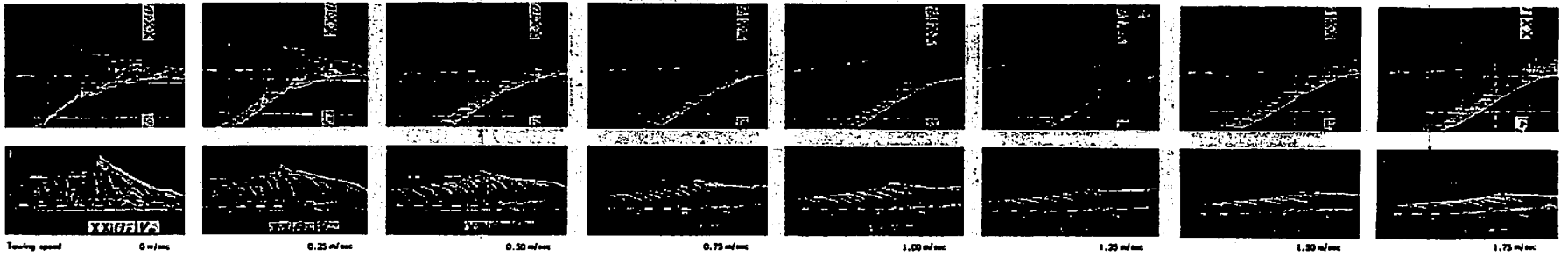
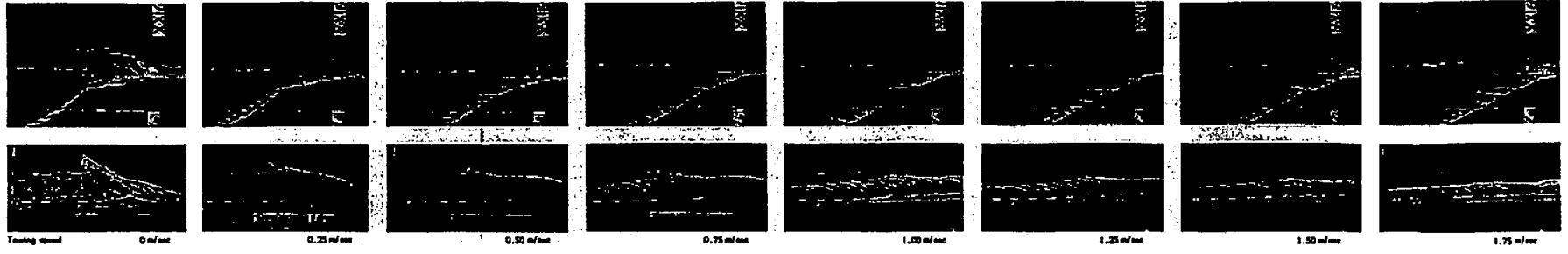


PLATE II

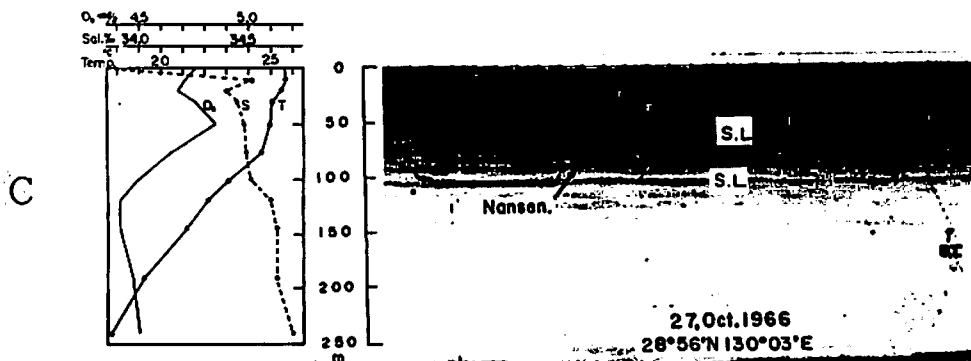
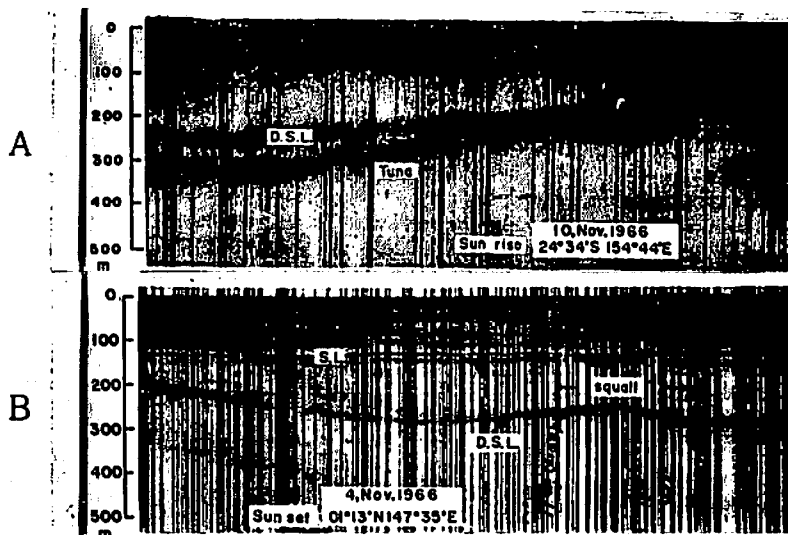


PLATE III

Echo sounder records of tuna.

- A. Echo traces of tuna corresponding to S. L.
- B. Echo traces of tuna in midwater.

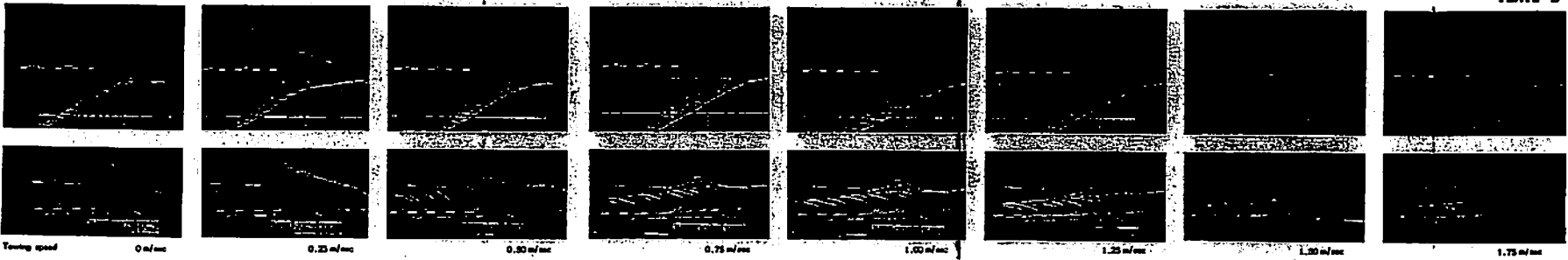
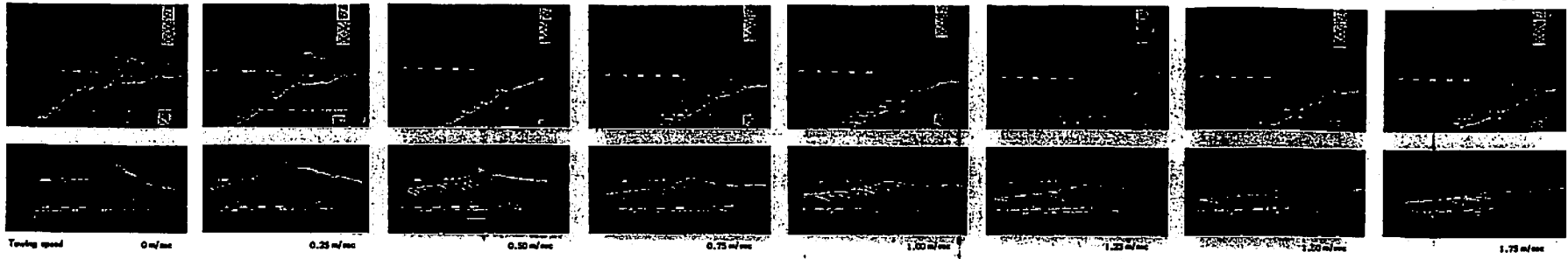


PLATE III

