

Title	夏季オホーツク海に生ずる音波散乱層のプランクトン
Author(s)	箕田, 嵩; 大沢, 圭介
Citation	 北海道大學水産學部研究彙報, 18(1), 9-19
Issue Date	1967-05
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23297
Туре	bulletin (article)
File Information	18(1)_P9-19.pdf



夏季オホーツク海に生ずる音波散乱層のプランクトン

第 田 嵩 ⋅ 大 沢 圭 介

Plankton in the Sonic Scattering Layer in the Okhotsk Sea, Summer 1963*

Takashi MINODA** and Keisuke OSAWA**

Abstract

Observations on the vertical distribution of zooplankton in connection with the depth of the sonic scattering layer were carried out at 5 stations in the shelf water of the Okhotsk Sea from August 11 to 16, 1963. The sonic scattering layer was usually recorded at the lower part of the thermocline (*i.e.*, at a depth of 20-60 meters), in the daytime, while it was positioned near the surface at night. Plankton was collected by a horizontal tow using three or four open nets, 45 cm in diameter, 180 cm long, with 0.33 mm mesh apertures, so as to collect plankton in the sonic scattering layer, and, at the same time, in the waters above and below that layer.

The largest biomass (wet weight of samples) of mixed zooplankton population of three or four layers, in many cases, existed at the thermocline in daytime and at the surface at night, in other words nearly always at the sonic scattering layer. Analyzing the composition of zooplankton population by species, it was found that the small copepods, such as *Pseudocalanus minutus*. Acartia longiremis and Oithona similis, were concentrated at the thermocline in the daytime, and were possibly responsible for the sonic scattering. Downward migration of these copepods in the daytime was likely prohibited by the existence of the thermoline. Metridia pacifica, however, descended to a layer deeper than the thermocline in daytime and was not distributed in large numbers at the sonic scattering layer. This species joined the group responsible for the sonic scattering at the surface at night.

In such shallow shelf water large plankton animals such as euphausiids do not appear in abundance, and are not responsible for the sonic scattering. The sonic scattering layer caused by small copepods is limited to the area above the thermocline through which the copepods do not migrate down in the daytime.

海底を離れたある深さに記録される音波散乱層が,生物の濃密集群によって生じたものと考えられ る例は頗る多い。本研究は 1963 年 8 月 11~16 日おしょろ丸がオホーツク海南部 5 地点 (Fig. 1) で音波散乱層を観察した際,その層附近よりプランクトン採集を行ない,量ならびに群の種組成を観 察してプランクトンの分布と音波散乱層との関係を対比してみたものである。本研究における音波散

^{*} 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績 No. 18 (Contribution No. 18 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

^{**} 北海道大学水産学部浮游生物学講座

³O ²0 50°N 05 45°N KKAIDO Fig. 1. Location of observations Sta. 1, 47°32′N, 146°37′E, Aug. 11 and 12, 1963 Sta. 2, 51°45′N, 154°22′E, Aug. 13, 1963 Sta. 3, 52°52′N, 155°44′E, Aug. 14-15, 1963 Sta. 4, 52°52′N, 155°54′E, Aug. 15, 1963 Sta. 5, 49°40′N, 151°11′E, Aug. 16, 1963

150°E

145°E

140°F



Horizontal net tow (45 cm dia. mouth, 0.33 mm mesh openings). The net is Fig. 2. attached to the wire cable at the upper and lower parts of the mouth ring without bridles and pendant line either, so as the contamination of samples from other zone than the desired depth during the lowering and raising the net can be considerably eliminated. Figure shows operation at Sta. 2 in the morning of August 13, 1963 SL: Sonic scattering layer

北大水産業報

160°E

55°N

155°E

乱層の資料は、本学部鈴木恒由博士が作 成したもので,本報に引用を許されたこ とに対して深謝する。また本研究とりま とめにあたり,助言を戴いた本学部元田 茂教授に感謝する。

プランクトン採集は、魚群探知機 (200 kc) で記録された音波散乱層の, 層 外上方,層中,層外下方を水平ひき網す るように努めた。すなわちワイヤの数ケ 所に,口径 45 cmの円錐型ネット(45 cm ×180cm, 網目 0.33 mm) をつけ, 船の 風による漂流を利用して、各層同時水平 ひき網を行なった (Fig.2)。ネットはブ ライドル、ペンダントをつけず、口輪の 上下部を直接ワイヤにかけたから、ネッ トの吊下、引上げの際生ずる他層からの 試料混入は、かなり避けられたものと考 える。採集層は甲板上のワイヤ傾角と, 水面からネットまでのワイヤの長さから 推定した。求める層を通じてひき網する ために, 風力によってワイヤ傾角を予測 して, ワイヤ上のネットのとりつけ位置 を定めたが、予測通りのワイヤ傾角が得 られず、ネットの位置が求むる深度を外 れることもあった。また,濾水計をつけ ず,ひき網速度も風力によって変るから, ネットの濾水量絶対値は求められない。 したがって単位水量当りのプランクトン 現存量は計算せず,各地点毎にプランク トン量の各層間比較値を求めることに止 めた。採集標本は水母を除いてから、湿 重量および排水量を測定し(本報告には 湿重量のみ使用),次いで標本中の大部分 を占めていた Copepoda の優占種 Calanus plumchrus, Pseudocalanus minutus, Metridia longa, M. pacifica, Acartia longiremis および Oithona similis の雌雄, 未成体各ステージに別 けて,個体数算定を行なった(本報告で は諸ステージを合計し各種総個体数のみ

- 10 -

	A	[.8	1	8		1	R
p	Ę.		۹			ĝ.			
	Å		als	pt]g	570	ميه		Sla	85
an,	Ĩ	za za	du	dej	an s	0	σ <u>α</u>	lui	je je
e e ti	ot!	či.	₫.Ĕ	ъ́ч	e e ti	th	cie	d iv	E e
sta lat)el	be	ndibu	er	atin)er	be	in di	ac er
02 \$.8		02	4.8	Че	0 4 4 0	н	02	4.3	ФР
		Pseudocalanus	10720	87.8			Calanus	1730	5.9
Sta. 1 0930–1000 Aug. 11, 1963	15m	Acartia	20	0.2		80m	Pseudocalanus	12380	42.4
		Orthona	1470	12.0			Metridia	13820	47.3
		Calanus	23430	5.5			Orthona	1270	4.4
	35m	Pseudocalanus Metuidia	49090	11.5		10m	Calanus	180	0.1
		Dithong	911900	79 1			Pseudocaianus Motnidia	132010	90.9
		Calamua	1070	10.1			Dithong	190	0.5
	55 m	Pseudocalanus	4770	20 2			Calamue	4540	20 0
	00111	Oithona	17760	75.3	Sta. 2	~~	Pseudocalanus	1390	12.2
		Calanus	1090	1 2	1835-1935	20m	Metridia	5310	46.8
	10m	Pseudocalanus	27260	30.3	Aug. 13.	32m	Oithona	130	1.1
		Metridia	61440	68.5	1963		Calanus	86880	14.2
		Pseudocalanus	59390	27.3			Pseudocalanus	525310	85.8
Sto 1	zəm	Metridia	158320	72.7			Calanus	80	3.9
0000-1000		Calanus	460	9.6		80m	Pseudocalanus	1380	66.7
Δ_{110} 12	40 m	Pseudocalanus	2180	45.1			Metridia	150	7.2
1963		Metridia	2110	44.5			Oithona	460	22.2
1000		Oithona	40	0.8	Sta 3		Calanus	260	1.4
		Calanus	1060	3.3	1823-1838	10m	Pseudocalanus	13180	71.7
	80m	Pseudocalanus	13860	42.6	Aug. 14.		Metridia	4930	26.9
		Metridia	13500	41.4	1963	35m	Pseudocalanus	31860	60.7
		Orthona	4190	12.7			Acartia	20670	39.3
		Calanus	20	1.7			Pseudocalanus	38400	50.9
	15m	Pseudocalanus	300	25.6	Sta. 3	15–5m	Metriaia	20080	0.2
Sta. 2 0415-0515 Aug. 13, 1963		Metridia	150	12.8	1856-1926		Acarita	5890	41.1
	25m	Acurita	100	40.2	Aug. 14, 1963	35 -25m	Pooudomalama	29/70	78 1
		Calanus	1790 19620	0 6.4 0 70.4 0 1			Metridia.	5630	19.1
		Pseudocaianus Metridia					Oithona	700	2.4
		Acartia	6450	23 1			Calanus	36860	3.9
		Calamus	4990	00 0	Sta. 3 2000-0300 Aug. 14-15, 1963	Em	Pseudocalanus	225830	23.8
	45m	Perudocalanye	10820	66 1		эш	Metridia	32770	3.5
		Metridia	30	00.4			Acartia	652960	68.8
		Acartia	1120	6.8		25m	Calanus	143310	0.9
		Calanus	6300	17.3			Pseudocalanus	11586940	72.8
	80m	Pseudocalanus	8430	23.3			Metridia	4195320	26.3
		Metridia Acartia	$17180 \\ 4380$	47.4 12.0			Calanus	2	0.6
							Pseudocaianus	40	12.8
	1	Pseudocalanus	400	31.3	Sta. 4		Acarita	240	10.9
Sta. 2 0838–0938 Aug. 13,	15m	Metridia	40	3.1	1840–1955 Aug. 15, 1963		Dooudoonlamara	2020	16 9
		Acartia	840	65.6		40m 55m	Acartia	14300	71 5
		Pseudocalanus	120	30.8			Oithona	2430	12.2
	25 m	Metridia	2	0.5			Pseudocalanus	1380	14.3
		Acartia	270	68.7			Acartia	8290	85.7
	45m	Calanus	278880	39.0	~	20m	Calanus	24320	6.4
1963		Pseudocalanus	431360	61.0			Pseudocalanus	202880	53.1
-	80m	Calanus	750	6.6			Metridia	3340	0.9
		Pseudocalanus	4200	36.9			Acartia	5120	1.3
		Metridia	4000	35.2	Sta. 5 1845–1945 Aug. 16, 1963		Orthona	146560	38.3
		Acartia	2430	21.3			Calanus	2680	9.3
Sta. 2 1230–1330 Aug. 13, 1963	10m	Calanus	60	0.8			Pseudocalanus	10880	37.6
		Pseudocalanus	380	4.9			Dithona	410U 19190	1.0 15 6
		Oithona	7340	94.3			Calamaa	1/0	-10.0 -0 A
		Pseudocalanus	7940	86.7			Vuunus Pseudocalamus	2310	33 1
	20 m	Oithona	1220	13.3		80m	Metridia	1620	23.2
	40m	Calanus	77170	36.2			Acartia	2060	29.6
		Pseudocalanus	135740	63.8			Oithona	840	12.1

Table 1. Occurrence of Calanus plumchrus, Pseudocalanus, Metridia,Acartia and Oithona in number of individuals and percentagein composite samples at each depth

北大水産彙報

扱った)。当時日出時刻および日没時刻は,全採集地点を通じて日出 0435~0450,日没 1920~1935 (日本標準時)である。Figs. 3~10 に示した時刻はすべて日本標準時である。

観察結果

Sta. 1, 47°32'N; 146°37'E, 0930-1000, August 11, 1963 (Fig. 3)

顕著な温度躍層が 20~27 m あたりに存在していた。音波散乱層は 0800 より 1100 まで継続的に 記録されたが、0850 頃に少し下降した外は、大体 25~48 m 位の間を占めていた。プランクトンの 量的分布(湿重量)は音波散乱層中(35 m)が最大、15 m は皆無に等しく、55 m には少量のみ存在 する。Calanus, Pseudocalanus, Metridia, Oithona の垂直分布最大層(個体数)も同様 35 m 層に



Fig. 3. Temperature gradient, depth and thickness of sonic scattering layer (SL), and percentage vertical distribution of zooplankton biomass (ZB) and of number of five groups of copepods, at Sta. 1 in the morning of August 11, 1963

NT: Duration of net tow; 0930-1000

ある。ただ Acartia のみはこれに反し, 15 m に最大量が分布し, 35 m および 55 m には全然現れ ない。しかしこのときの Acartia の量は極めて少量であって (Table 1), プランクトン群全体からみ れば無視してよい程度である。すなわちこの時の観察において, 音波散乱層とプランクトン群の多量 分布層とはよく一致していた。

Sta. 1, 47°32'N; 146°37'E, 0900-1000, August 12, 1963 (Fig. 4)

11 日と同じ位置で翌日同時刻に観察された音波散乱層は 0800 に 15~40 m 間に拡がり,漸次層 が薄くなって 1100 には 25~35 m の間に限られるようになった。0900~1000 に観察されたプランク トン量分布は,最大層が 25 m にあり,音波散乱層中の 40 m にはほとんど分布していない。各種毎 の分布をみると,いずれも 40 m 層には少量で, Oithona は 80 m に多量存在する。40 m 層は



Fig. 4. Depth and thickness of sonic scattering layer (SL), and percentage vertical distribution of zooplankton biomass (ZB) and of number of four groups of copepods at Sta. 1 in the morning of August 12, 1963
NT: Duration of net tow; 0900-1000



Fig. 5. Temperature gradient, depth and thickness of sonic scattering layer (SL), and percentage vertical distribution of zooplankton biomass (ZB) at Sta. 2 from dawn to night on August 13, 1963

NT: Duration of net tow; 0415-0515, 0838-0938, 1230-1330 and 1835-1935

Pseudocalanus および Metridia が、少量ではあるが群の中では多い。以上のようにこの観察では音 波散乱層とプランクトン大量分布層との一致はみられなかった。

Sta. 2, 51°45′N; 154°22′E, 0415–0515; 0838–0938; 1230–1330; 1835–1935, August 13, 1963 (Figs. 5, 6)

温度躍層は 12~23 m あたりに存在していた。音波散乱層は 0300 より 0400 頃まで 15~35 m と



Fig. 6. Percentage vertical distribution of five groups of copepods at Sta. 2 from dawn to night on August 13, 1963

- 14 -

40~48 m の2層みられたが、0400頃より 2 層は合一して 1 層となり, 日中は 30~ 50 m の間に存在し、1700 を過ぎると少し 上昇し,層が薄くなると同時に,この層と は別に上層 5~15 m に新に一層現われ, また、下層からもう一つの層が上昇してき た。これらの3層は1900以後は合一して 5~45 m の間を占めた。この間4回観察し たプランクトンの分布は,0415~0515には 音波散乱層とその下層に多く、上層には少 ない。0838~0938には音波散乱層の位置と プランクトン最大層とは,よく一致してい た。1230~1330も同様である。1835~1935 にはプランクトンの大部分は音波散乱層 中にあるが、ただ20m層の採集量は非 常に少ない (Fig. 5)。 プランクトン群の うち、音波散乱層に多量分布した種は Calanus と Pseudocalanus である (Table 1), 1835~1935 12 Metridia, Acatia, Oithona が 10 m に多くなったが、全体の 湿重量分布に与える影響はさほど大きくな い。 0838~0938 の 45 m 層, 1230~1330 の40m層, 1835~1935の32mの組成 率をみると Calanus と Pseudocalanus の 重要性が判る (Table 1)。以上により、こ の日の観察結果は Calanus および Pseudocalanus を主要素とするプランクトンの分 布が、音波散乱層と一致していたといえる (Fig. 6)。

Sta. 3, 52°52'N; 155°44'E, 1823-1838; 1856-1926, August 14; 2000-0300, August 14-15, 1963 (Figs. 7, 8)

温度躍層は 12~18 m の間に顕著に発達 していた。音波散乱層は 1700 には 5~15 m



Fig. 7. Temperature gradient, depth and thickness of sonic scattering layer (SL), and percentage vertical distribution of zooplankton biomass at Sta. 3 from evening to dark night before dawn on August 14-15, 1963
NT: Duration of tow; 1823-1838, 1856-1926 (obliquely from 15 m to 5 m and from 35 m to 25 m), 2000-0300

層と海底近くとに分かれていたが、海底近くの層は急激に上昇して、1840頃には上の層と合一し、 1930 以後 5~20 m の間を占める1層となった。この層は 0100 をすぎると下底が下降しはじめ、 0200 より上層、下層の分離がはじまり、0300 には 5~22 m の層と 45 m~ 海底の層との二つとな った。プランクトン採集は海底の音波散乱層の上昇終了頃第1回(1823~1838)を行ない、続いて第 2 回(1856~1926)を行なったが、第2回目の採集はネットの深さを 30 分間に 10 m ひき上げた傾 斜採集である。第3回は音波散乱層の上昇が終ってまったく安定した 2000 からはじめ、0300 まで 6 時間継続ひき網した。したがって第3回目の採集では、ある時刻におけるプランクトン分布量は観察 されず、Fig. 7 にはその中間の時刻 2330 における分布量として図示した。したがってこの分布図に は、音波散乱層が再び二分した 0200~0300 のときの分布状態も含まれていることとなる。プランク トン量の分布図からみると、夜のはじめ音波散乱層の上昇期と、2 層合一期には、プランクトンも上 昇傾向にあることが認められ、夜間の採集では下降の傾向が認められる。夜のはじめの第1回採集時 のプランクトン量上昇は Calanus, Metridia により、第2回採集時の上昇は Calanus, Pseudocalanus, Acatia が関係し、夜間のプランクトン量下降は Calanus, Pseudocalanus, Acatia が関係し、夜間のプランクトン量下降は Calanus の占める割合は大きい (Table 1)。

Sta. 4, 52°52'N, 155°54'E, 1840-1955, August 15, 1963 (Fig. 9)

温度羅層は 10~18 m あたりにあった。 音波散乱層は 1700 には上層 0~15 m にあったが, 間もなく海底上に1層現われ, 上昇して 1900 には合一し, 0~30 m を占めるようになった。しかしプラ

19677



Fig. 8. Percentage vertical distribution of number of five groups of copepods at Sta. 3 from evening to dark night before dawn on August 14-15, 1963

Temp(°C) Hour 5 10 15 1700 1800 1900 2000 10 Depth in meter 30 20 20 20 78 Sea bottom Calanus Pseudocalanus Acartia Oithona plumchrus 10 ge 20 minutus SD. sop



Fig. 9. Temperature gradient, depth and thickness of sonic scattering layer (SL), and percentage vertical distribution of zooplankton biomass (ZB) and of number of four groups of copepods at Sta. 4 from evening to night on August 15, 1963

ンクトン量は 15 m に少く,40 m,55 m に多い。 ただし Calanus は 15 m にのみ現われている。 しかしこの層で全群中に占める Calanus の割合 は小さく,大部分は Acartia が占めていた (Table 1)。この採集は既に 1900 をすぎて行な われたにもかかわらず,プランクトン群の上昇は 明らかに示されず,最大層は音波散乱層から外れ ている。

Sta. 5, 49°40'N, 151°11'E, 1849-1945, August 16, 1963 (Fig. 10)

この地点は今までの地点とは異なり、温度躍層はみられない。音波散乱層は 10~30 m を占め、プ ランクトン全量ならびに各種ともこの層 (20 m) に多い。組成は 20 m 層では Pseudocalanus, Oithona, 40 m 層も同様, 80 m 層では Pseudocalanus, Metridia, Acartia が主要成分となる。この 観察結果ではプランクトン大量分布が音波散乱層中にあり、Pseudocalanus と Oithona が主要成分 であるということができる。

- 16 -



Fig. 10. Temperature gradient, depth and thickness of sonic scattering layer (SL), and percentage vertical distribution of zooplankton biomass (ZB) and of number of five groups of copepods at Sta. 5, from evening to night on August 16, 1963 NT: Duration of net tow, 1845-1945

考 察

魚類および大型プランクトンが,音波散乱層の形成者として屢々報告されているが (Lyman, 1948; Marshall, 1951; Tucker, 1951; Barham, 1957; Frassetto et. al., 1965; Bary, 1966), Johnson (1948) はカリフォルニヤ州ロマ岬沖合において, 音波散乱層から大型群の餌料となる Calanus, Metridia のような体長 2~8 mm の Copepoda が他の層より多く得られ, これらの小型群もまた音 波散乱に関与しているであろうと考えた。Dietz (1948) は音波散乱層の下降および上昇が, 日出およ び日没のそれぞれ1時間前後に行なわれ, その垂直移動の速度は比較的緩慢であることから, 音波散 乱の原因をなすものは, 大型游泳生物よりもむしろ動物プランクトン群ではないかと述べている。

本観察における音波散乱層は日中約 25~60 m に位置し,日没後表層に達し夜明け前から下降を始 めることが認められた。プランクトン量最大分布層と音波散乱層とは 11 例中 3 例を除き完全に一致 していた。そしてプランクトン群の主要組成は Copepoda で, Copepoda の濃密群が音波散乱の原因 をなしていたのであろうと思われた。夏季の北方海域における中冷層の存在は Metridia を除く多く の Copepoda の日周垂直移動を妨げるといわれるが (Vinogradov, 1954),もしそうであれば,昼間 多くの Copepoda の温度躍層滞溜による密群形成を容易ならしめるであろう。 Metridia は Sta. 1 で昼間音波散乱層外上部で大量に得られ,ほかの地点では温度躍層よりも深い層に大量に分布し、夕

1967]

北大水産彙報

方表層へ上昇することが観察された。しかし全地点を通じ優占したPseudocalanus, Acartia, Oithona は比較的浅い層にも多量に存在するが、多くの場合音波散乱層にもっとも濃密な群が存在していた。 音波散乱層の日中の深さが、およそ温度躍層の下部と一致していることは、Pseudocalanus, Acartia, Oithonaの日周垂直移動の下降が温度躍層で抑制され、濃密群を形成することと関係があると思われ る。

前田・上野・斎藤(1957)は 1955 年 7~8 月オホーツク海で,音波散乱層は温度躍層が発達し, プランクトンの多い水域に生することを観察し,さらに前田・上野・今尾(1966)は 1959 年 7~8 月,同じくオホーツク海で,密度躍層にプランクトン群が多く存在する場合に生じた音波散乱層 8 例, 密度躍層に関係なくプランクトン群に関係ありと思われる音波散乱層 8 例,プランクトンは少なく, 密度躍層によってのみおこされた音波散乱層と思われるもの 4 例を観察し,この中音波散乱を生じた プランクトン密集群の組成は, Calanus plumchrus, Pseudocalanus minutus であったと述べてい る。

音波散乱層の日周垂直移動の範囲は地域によりことなり,鈴木・辻崎(1961)は北海道エリモ岬西 方において,音波散乱層が表層から 140 m 以深に日周垂直移動を行なったことを観察し,その音波 散乱層から大量の Euphausia pacifica (ツノナシオキアミ)を採集した。 E. pacifica は夕刻深層 から上層へ垂直移動を行なう習性を有し(小牧・松江,1958),分布深度は北太平洋西部では 700 m におよぶことが知られている(Brinton, 1962)。オキアミが音波散乱層の形成者であると推定した報 告は多く(Moore, 1950; Barham, 1957; Suzuki, 1963),その場合音波散乱層の日周移動の範囲は非 常に大きい。本研究における音波散乱層の日周垂直移動の範囲が小さいことは、温度躍層を越えて中 冷層への移動を行なうやや大型の生物群(オキアミ)などが少なく、主として温度躍層上でのみ日周 垂直移動を行なう小型 Copepoda 浅層種の大量分布によって、音波が散乱されたためと解釈されるで あろう。

要約

1) 1963 年 8月 11~16 日, オホーツク海の 5 地点で, 水平ネットを用い, 音波散乱層およびその上下層に分けてプランクトン採集を行なった。

2) 音波散乱層は日中温度躍層の下辺すなわち 25 m から 60 m に記録され、夜間表層に達する。 そしてプランクトン量の最大垂直分布は多くの場合音波散乱層と一致した。

3) プランクトン中 Copepoda (Calanus plumchrus, Pseudocalanus minutus, Metridia longa, M. pacifica, Acartia longiremis, Oithona similis) が優占し、特に音波散乱層では Pseudocalanus, Acartia および Oithona の量が多かった。

4) 音波散乱層の日周垂直移動は,従来報告された外洋域の状況と比べて上下範囲が小さい。この 理由は上記3種のような日周垂直移動範囲が小さく,日中の下降が温度躍層によって阻止される Copepoda 群によって,音波が散乱されたためと解釈される。

引用文献

 Bary, B. Mck (1966). Back scattering at 12 kc in relation to biomass and numbers of zooplanktonic organisms in Saanich Inlet, British Columbia. Deep Sea Res., 13(4), 655-666.

- 18 -

- Barham, E. G. (1957). The ecology of sonic scattering layer in the Monterey Bay area. Tech. Rep. No. 1, Hopkins Mar. Sta., Stanford Univ., 182 pp. (MS)
- Brinton, E. (1962). The distribution of Pacific euphausiids. Bull. Scripps Inst. Oceanogr., Univ. Calif., 8(2), 51-270.
- Dietz, R. S. (1948). Deep scattering layer in the Pacific and Antarctic. J. Mar. Res., 7(3), 430-442.
- Frassetto, R. & N. Della Croce (1965). Observations of DSL in the Mediterranean. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, 65(1344), 1-16.
- Johnson, M.W. (1948). Sound as a tool in marine ecology, from data on biological noises and the deep scattering layer. J. Mar. Res., 7(3), 443-458.
- 7) 小牧勇蔵・松江吉行(1958).オキアミ類の出現種ならびに重要種の生態.水産庁対馬暖流開発 調査報告書,第2輯,146-159.
- 8) Lyman, J. (1948). The sea's phantom bottom. Sci. Mon., N.Y., 66(1), 87 p.
- 9) 前田辰昭・上野元一・斉藤市郎 (1957). D. S. L. の研究: カムチャッカ西海岸沖の D. S. L. に ついて. 北大水産彙報, 7(4), 284-289.
- 10) 前田辰昭・上野元一・今尾 昇 (1966). D.S.L. の研究--II: オコック海の D.S.L. につい て、同上, 16(4), 241-250.
- Marshall, N. B. (1951). Bathypelagic fishes as sound scatters in the ocean. J. Mar. Res. 10(1), 1-17.
- Moore, H. B. (1950). The relation between the scattering layer and the Euphausiacea. Biol. Bull., 99, 181-212.
- Suzuki, T. (1963). Studies on the relationship between current boundary zone in waters to the southeast of Hokkaido and migration of the squid, Ommastrephes sloani pacificus (STEENSTRUP). Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 11(2), 75-153.
- 14) 鈴木恒由・辻崎久輝 (1961). 襟裳以西海区でみられた DSL について. 北水試月報, 18(8), 24-32.
- Tucker, G. H. (1951). Relation of fishes and other organisms to the scattering of underwater sound. J. Mar. Res., 10(2), 215-238.
- 16) Vinogradov, M. E. (1954). Diurnal vertical migration of zooplankton in the far eastern seas. *Trudy Inst. Okeanol. Acad. Sci.*, USSR, 8, 164-199. (in Russian)