



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	D. S. L.の研究－II : オコツク海のD. S. L.について
Author(s)	前田, 辰昭; MAEDA, Tatsuaki; 上野, 元一 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 16(4), 241-250
Issue Date	1966-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23263
Type	departmental bulletin paper
File Information	16(4)_P241-250.pdf



D. L. S. の 研 究-II
オコツク海の D.S.L. について
前田辰昭・上野元一・今尾昇

Studies on the Deep Scattering Layer-II
On the D.S.L. in the Okhotsk Sea*

Tatsuaki MAEDA**, Motokazu UENO** and Noboru IMAO**

Abstract

An observation was made on the phenomena of D.S.L. in the Okhotsk Sea, during the cruise of the training ship "Hokusei Maru" of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, in July-August 1959.

The results obtained were as follows:

(1) Phenomena of the D.S.L. are caused by the thermocline of sea water temperature, the halocline of salinity and the presence of plankton aggregation.

(2) In most cases, the depth of the D.S.L. was found in the layer of sea water below 10-30 meters where both the thermocline and halocline grew, and the plankton were thick.

(3) From the results of research on the D.S.L., it was found that zoo-plankton (mostly consisting of *Calanus plumchrus*) rise to the upper layer before sunset and then sink down toward a deep layer about sunrise. Further it was seen that the deepest level of sinking depended on the minimum level of the dichothermal layer.

(4) Zoo-plankton in the Okhotsk Sea appeared in a 50-75 meter layer in the northern region where the dichothermal layer is shallow, while the 90-100 meter layer was in the southern region at the depth of the dichothermal layer.

ま え が き

音響測深儀(魚群探知機)に現われる D.S.L. (Deep Scattering Layer) についてはこれまで多くの研究が行われ、熊凝¹⁾、斎藤²⁾、鈴木^{3,4)}、橋本⁵⁾、石田⁶⁾等は現象面からこれをとらえ、また橋本⁷⁾、石田^{8,9)}等は更にその原因について実験的に解析している。

著者等も D.S.L. の成因および漁業との関連について研究を続け、さきにカムチャッカ西海岸沖合における D.S.L. とサケ・マス魚群との関係¹⁰⁾について述べた。その後、1959年7月から8月にかけて本学部練習船北星丸の北洋航海に際してこの問題を追求し、二三の知見を得たので茲に報告する。

本論に入るに先立ち、本研究の実施に際して洋上で種々御協力を頂いた本学部練習船北星丸船長三島清吉助教授(現在北洋水産研究施設勤務)はじめ乗組員各位に対し感謝するとともに、資料の整理に

* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第8号 (Contribution No. 8, from the North Pacific Fisheries Research Unit, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 北海道大学水産学部遠洋漁業学教室

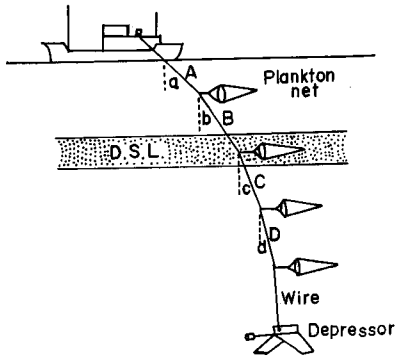


Fig. 1. Plankton sampling made above, within and below the D.S.L.

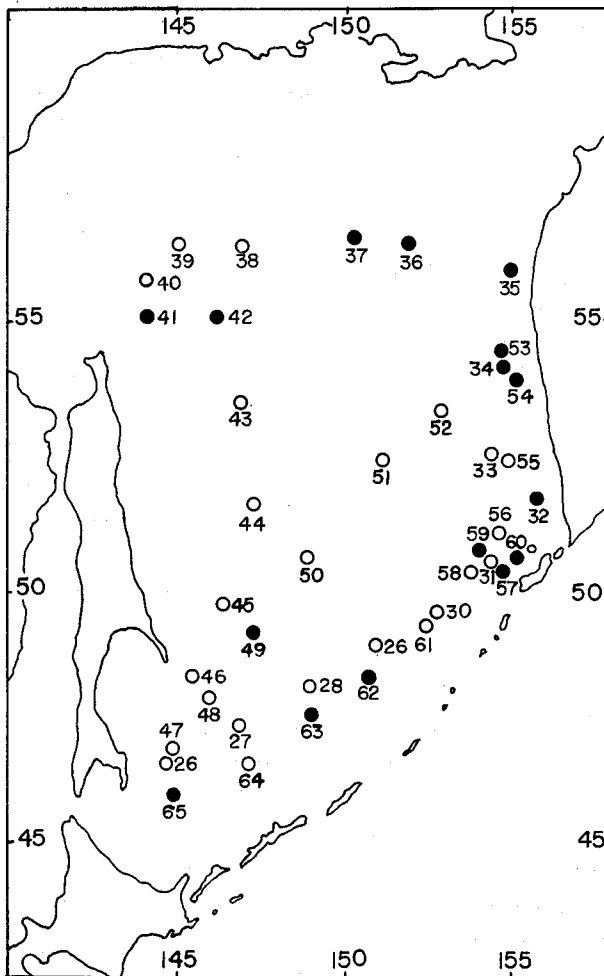


Fig. 2. Location of the D.S.L. station and the hydrographic station
●: D.S.L. and hydrographic stations
○: Hydrographic station

あたって御協力を頂いた本学部浮游生物学講座元田茂教授ならびに同海洋学・象気学講座秋葉芳雄講師に対し深甚の謝意を表する次第です。

資料および方法

音響測深儀にあらわれる D.S.L. の現象は水温躍層および塩分躍層、潮目付近にみられる気泡、プランクトンの密集などによるものであることがこれまでの研究で明らかになっているが、本研究はオコック海における D.S.L. の観測と同時にこれと温度・塩分・プランクトンとの関係を求めた。温度に関する原因を確める為に B.T. を用いて水温の垂直分布を連続的に記録し、塩分については各層別採水をして塩分検定したものである。またプランクトンについては音響測深儀にあらわれた D.S.L. の水深とその上層および下層を口径 35 cm, 長さ 100 cm, ミューラーガーゼ G.G. 54 のプランクトンネットで Fig. 1 の様に層別採集を行った。即ち海洋観測用ワイヤーの末端にデプレッサーを取付け、このワイヤーにプランクトンネットを 2~4 個結び付けてワイヤーの角度と長さによって意図する水深に達する様に調整した。この様にして各層別のプランクトンを採集して持帰り、Wet weight を測定して層別プランクトンの分布量を比較した。尚、D.S.L. の観測を行うのに使用した音響測深儀は海上電気株式会社製の 200 k.c. 底曳用魚探で、記録紙は半乾式のものを用いた。Fig. 2 は D.S.L. の観測点で他に 25 点の一般海洋観測を行った。

結果および考察

D.S.L. の観測については航海中或いは海洋観測中に音響測深儀を作動させ D.S.L. をとらえる一方、日変化について確かめ、更に海域別による D.S.L. の出現水深の差異を知ることに努めた。こうした観測の結果を考察し、D.S.L. の成因、日周変動、地域別の出現水深などについて検討してみた。

1. D.S.L. の成因について

D.S.L. は Fig. 2 に示してある総ての観測地点で認められたが、このうち図に示してある 16 の地点でその成因について観測した。それによると水温、塩分、プランクトンの三つの要素に分けてみた場合、Table 1 に示すような結果になる。即ち単純に水温の躍層にのみ起因するもの 2 例、塩分躍層によるものではなく、プランクトンの群集によるもの 8 例となっており、他の 10 例は三要素の二つ或は三つの組合せによって生じているものと考えられ、その内訳は水温躍層と塩分躍層によるもの 2 例、温度躍層とプランクトンの群集によるもの 2 例、塩分躍層とプランクトンの群集によるもの 1 例、温度、塩分躍層およびプランクトン群集の三要素の組合せによるもの 5 例となっている。D.S.L. の観測点 16 に対し、成因より分けた場合に 20 例となっているのは北星丸の観測点番号 Ho 37, 54, 57, 60 で上下二層に D.S.L. がみられこれを各々 1 例としたためである。

次に先に挙げた D.S.L. の成因の三つの要素のうち単独で D.S.L. を形成している例について検討してみる。

(1) 水温との関係

水温の変化による D.S.L. は温度傾度が $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 位で音響測深儀にあらわれると云われるが⁹⁾、水温の垂直分布をみた場合、その躍層によって生じたと考えられる D.S.L. の例は Ho 37, 57 である。Fig. 3 は Ho 37 の地点の水温、塩分、プランクトンの垂直分布を示したものであるが、これによると表層の 0~12 m にみられる D.S.L. はプランクトンの濃密群によるものと思われるが、下層 33~37 m の層にあらわれているものは塩分変化が乏しくプランクトンの量も少く、これらが原因をなしているとは考えられず、むしろ水温躍層によるものと推察され、その温度傾度は $1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 以上になっ

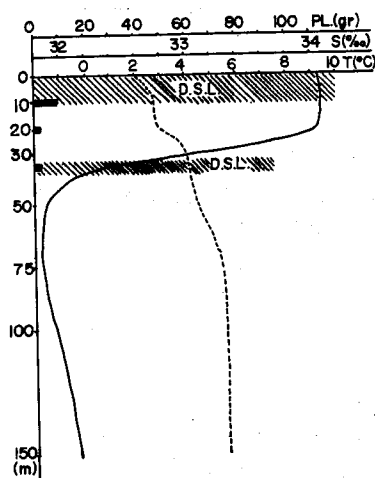


Fig. 3. Relationship between D.S.L. and vertical distribution of water temperature, salinity and plankton at Ho 37

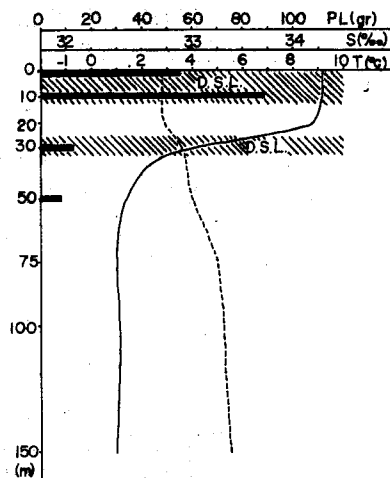


Fig. 4. Relationship between D.S.L. and vertical distribution of water temperature, salinity and plankton at Ho 57

ている。次に Ho 57 において観測したものを Fig. 4 に示したが、表層の 0~13 m にあらわれた D.S.L. は Fig. 3 の場合と同様にプランクトンによるものであるのに対して、深層の 25~32 m のは明かに水温の顕著な躍層がその原因になっているものと考えられる。

(2) 塩分との関係

海水の塩分が急激に変化している境界では塩分の差に起因して海水の圧縮率と密度における差が生ずるため超音波の反射が行われ、塩分 1‰ の変化はほぼ温度の 0.6°C に相当する⁹⁾と云われている。今回の観測では塩分躍層の傾度は最大値で Ho 41 の場合 10 m から 20 m 層において 0.4‰/m 位で水温傾度が大きくかつプランクトン量が多かったなどから塩分躍層のみによる成因とは認められなかった。

(3) プランクトンとの関係

上記の水温・塩分に比して圧倒的に多く D.S.L. の成因についてみた場合に最も重要な要素であることがうかがわれる。

さきに示した Fig. 3, 4 の 0~13 m 層はプランクトンの群集に起因しているものと推測されたが Fig. 3 の場合には *Pseudocalanus minutus* によるものであり、Fig. 4 では *Calanus plumchrus* の濃密群による超音波の反射によって生じたものと思われる。

Fig. 5 は Ho 32 の観測例であるが、これから明らかなように水温の躍層は 60 m 附近にあり、また塩分躍層は全く認められず、この D.S.L. は単にプランクトンの密集によってのみあらわれたものであり、動物性プランクトンの *Pseudocalanus minutus* を主体にし、他に *Calanus plumchrus* などによるものであると

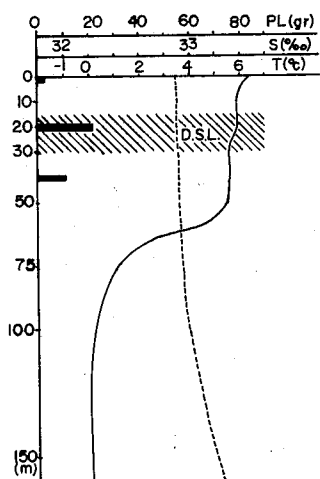


Fig. 5. Relationship between D.S.L. and vertical distribution of water temperature, salinity and plankton at Ho 32

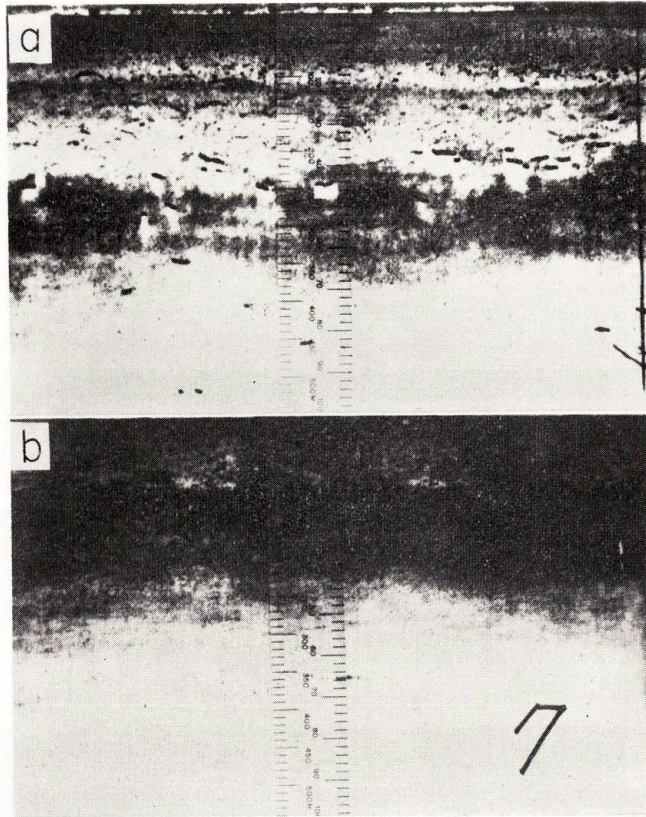


Fig. 6. Echo-image of the D.S.L. at Ho 34
a: 1825-1830 b: 1850-1900

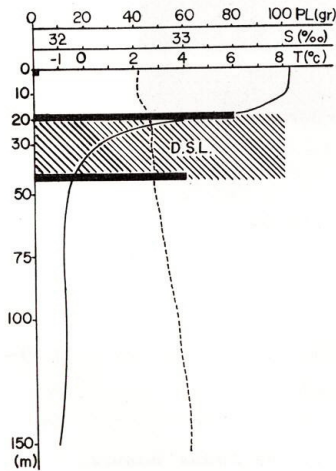


Fig. 7. Relationship between D.S.L. and vertical distribution of water temperature, salinity and plankton at Ho 34

推察される。

以上 D.S.L. の成因について三つの要素に分けて考察してきたが、その結果、成因は主として温度躍層と動物プランクトンの濃密群による場合が多いことがわかった。しかしこれらの大半は二つ或は三つが組合わされて生ずる事が多くそうなることによって一層顕著な D.S.L. が形成されている。

2. D.S.L. の日周変動

D.S.L. は一日のうち日没前に深層から表層に向って浮上を始め、夜間は浮上して表層に停滞し、日出前には表層から深層に向って下降を始め、日中には深層に停滞していることが知られているが⁴⁾、この原因としては物理的要因即ち温度および塩分躍層が日出没を境にして急速に変動するというのではなく、この変動を支配するものは生物的要因特に動物性プランクトンによるものであると考えられる。

Fig. 6-a, b は Ho 34 で得られた D.S.L. の記録である。Fig. 6-a は 18²⁵~18³⁰ までの記録で D.S.L. は 45~65 m 層

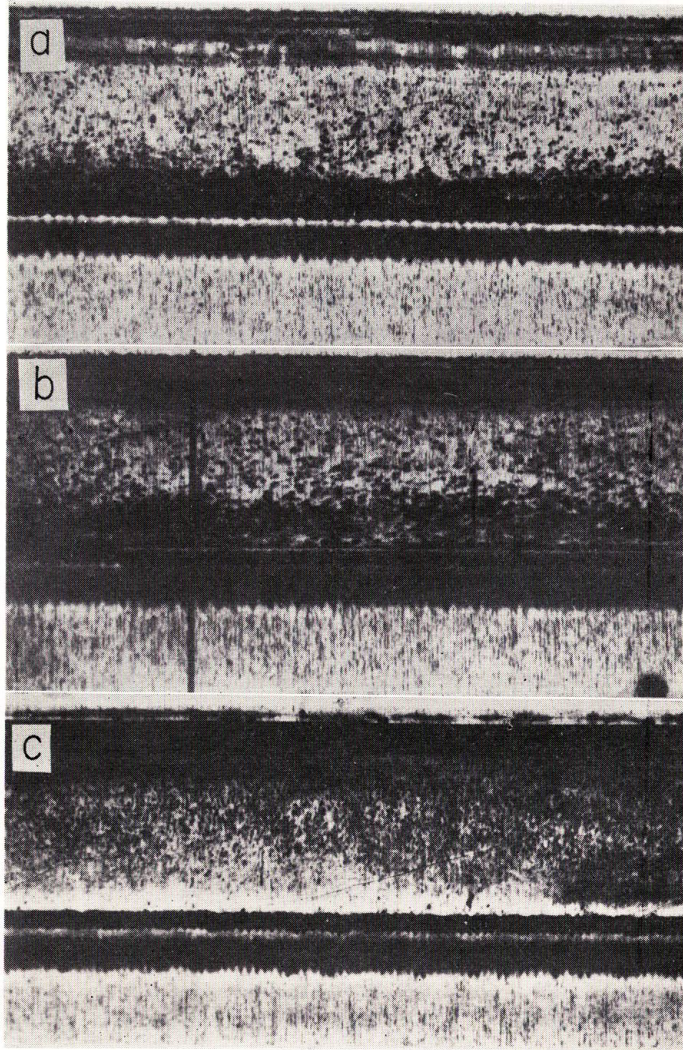


Fig. 8. Echo-image of the D.S.L. at Ho 54

a: 1500
b: 1515
c: 1600

に存在していることがわかる。その後この D.S.L. は急速に表層に向って浮上を始め、18⁴⁵には 30~50 m になり、Fig. 6-b でも明らかなように 18⁵⁰~19⁰⁰には 20~45 m 層に浮上した。この浮上してきた D.S.L. を捕えるためにプランクトンネットを曳くと共に水温、塩分を調べたところ、Fig. 7 に示すような結果が得られ、D.S.L. の最も濃厚な 20 m 層では *Pseudocalanus minutus* および *Calanus plumchrus* を主体とした動物性プランクトン 60.2 gr. (Wet weight) を採集し、D.S.L. の出方が稀薄になっている下層部の 43 m 層では *Calanus plumchrus* が主体で 40, 7 gr. を得た。これを温度および塩分と対比してみた場合、温度躍層は 20 m にあり、この層の D.S.L. はプランク

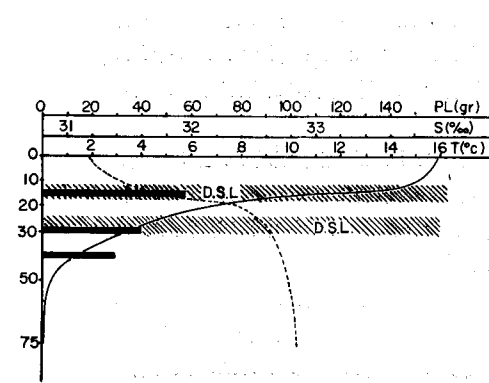


Fig. 9. Relationship between D.S.L. and vertical distribution of water temperature, salinity and plankton at Ho 54

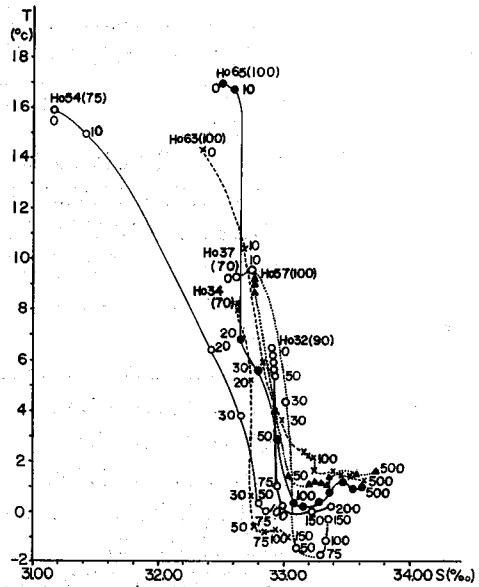


Fig. 10. T-S diagram and the maximum depth of the D.S.L. in Okhotsk Sea

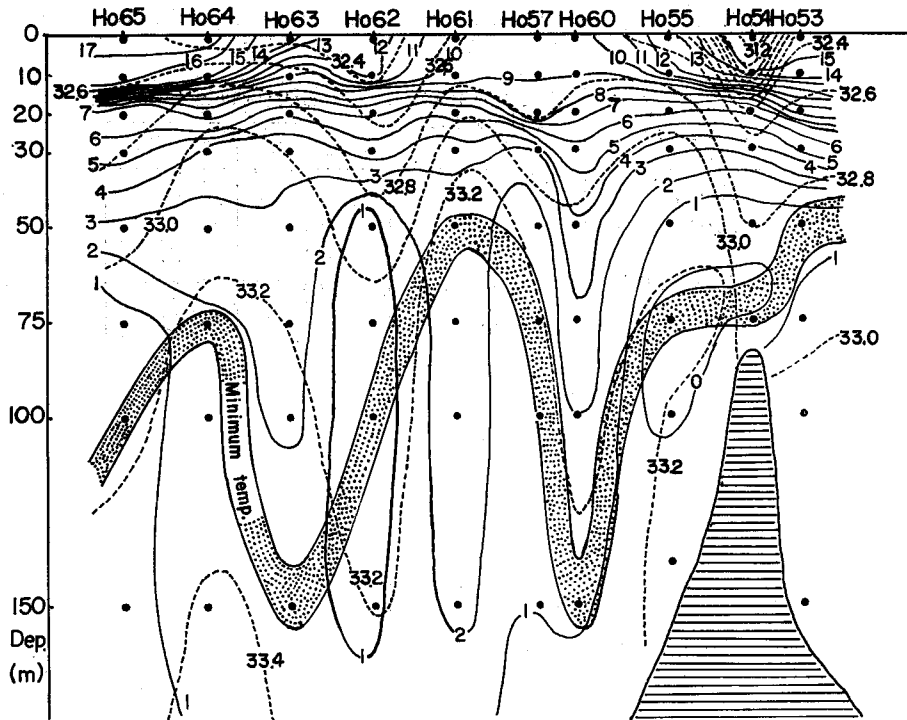


Fig. 11. Vertical section of water temperature and salinity from the northern region of Hokkaido to off the coast of Kamchatka Peninsula

トンのほかこの躍層に影響されていることが明らかであるが、45 m 層では水温、塩分躍層とも認められない。従って18⁰⁰頃に45~65 m 層にみられたD.S.L. は *Calanus plumchrus* や *Pseudocalanus minutus* が日没の接近に伴う照度の低下によって深層より表層に向って浮上し、これがD.S.L. としてあらわれたと推察される。

また Ho 54 では15⁰⁰に海底とそれより10 m 上層にD.S.L. が認められたが (Fig. 8-a), 僅か15分後には (Fig. 8-b) 海底から離れ始め海底から15 m 層にまで浮上し、16⁰⁰ (Fig. 8-c) には全く海底から離れてしまった。そして水温、塩分、プランクトンなどの測定を行った19⁰⁰~20⁰⁰ には12~16 m と24~30 m の二層に分れて停滞した。

Fig. 9 は Ho 54 の海底から表層に浮上した状態における観測結果であるが、12~16 m 層にみられたD.S.L. は海底から浮上してきた *Calanus plumchrus* がきわめて顕著な水温および塩分躍層が存在していた為、この層に集約されたものと考えられる。24~30 m のD.S.L. は上層の様に顕著なものは認められずDiatom の中に浮上して来た大型の *Calanus plumchrus* が分布していた為と思われる。この他に Ho 63, 65 にも日没前の18⁰⁰に90~100 m 層にみられ、19⁰⁰ には0~20 層と20~30 m 層にまで浮上した。これらは何れも動物性プランクトンの *Calanus plumchrus* の運動によるものである。次にこうした動物性プランクトンの日周運動がどの様な範囲で垂直的に変化するかをD.S.L. の出現状態から検討してみる。

Fig. 10 はD.S.L. を観測した7地点のT-Sダイアグラムである。Ho 番号は北星丸による観測番号を示し、カッコ内の数字はD.S.L. が沈降している際に確認したその最大水深を示したものである。

Table 1. Depth of the D.S.L. and the relationship between D.S.L. and water temperature, salinity, plankton

No. of station	Depth of scattering layer observed by echo-sounder (m)	Maximum depth of the D.S.L. (m)	Relationship to the D.S.L.		
			Temperature	Salinity	Plankton
Ho 32	15~30	90			○
Ho 34	20~34	70	○		○
Ho 35	20~30		○	○	○
Ho 36	23		○	○	
Ho 37	0~10 33~37	70	○	○	○
Ho 41	10		○	○	○
Ho 42	18~24				○
Ho 49	20~40		○	○	
Ho 53	0~40		○	○	○
Ho 54	12~16 24~30	75	○	○	○ ○
Ho 57	0~13 25~32	110	○		○
Ho 59	7~12				○
Ho 60	20~30 35~43	90			○ ○
Ho 62	5~35		○		○
Ho 63	0~20	100	○	○	○
Ho 65	20~30	110			○

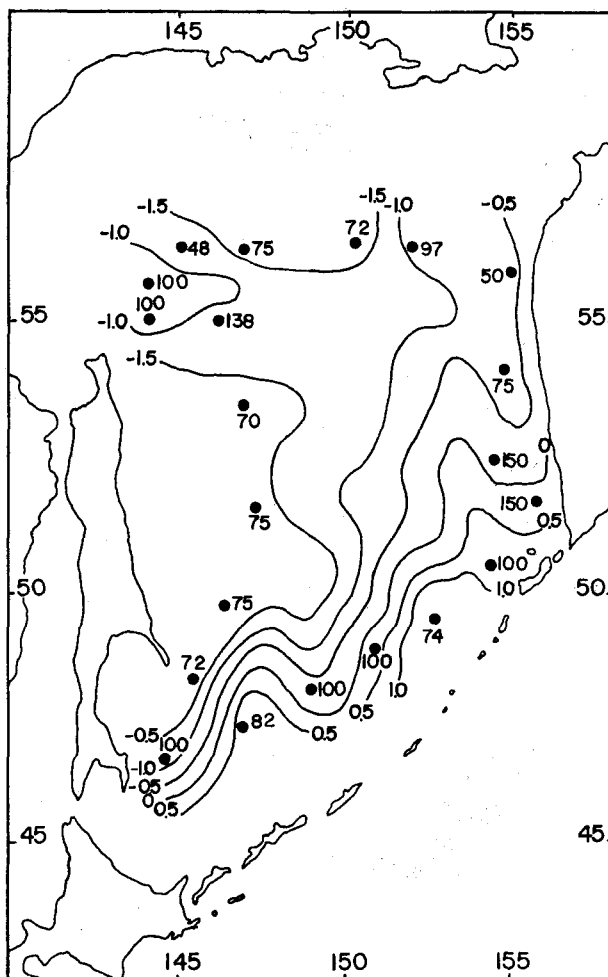


Fig. 12. Horizontal distribution of minimum temperature, and its depth in the Okhotsk Sea at July 1959

これによると D.S.L. の最深部の水深は何れも共通して中冷水のほぼ中心部になっていることがわかる。即ち動物プランクトンが日周運動をして沈降した場合の最大水深は中冷水の最低水温のところで、運動の範囲は対流層に限られていることがわかる。

3. 海域による D.S.L. の出現水深について

D.S.L. が出現している層の深さはプランクトンの日周運動、中冷水の存在等によることはさきに述べたが、更に海域別にみてみよう。

Fig. 11 は 8 月における Ho 53 から Ho 65 までの千島列島沿いからカムチャッカ西海岸に至る海域の水温および塩分の断面図である。点線で示してあるのは中冷水の最小値であるが、南側で深く北側では浅くなっている。これを D.S.L. の出現最大水深 (Table 1) と対応してみた場合に可成りの一致がみられる。即ちオコツク海の中冷水はこれまでの報告によっても知られているように南東海域では概して深く 90~110 m 層で、北部では浅く 50~75 m 層になっている。Fig. 12 は此の度の観測に

よる7月の中冷水の最低水温とその深さを示したものである。樺太北東海区にみられる顕著な渦流存在している^{13,14)} Ho 40, 41, 42 では中冷水が深層に潜入しているがこれ以外では中冷水は北部では浅く南部では深く、これからも同様な結果がうかがわれる。

摘 要

1. オコック海における D.S.L. の成因としてあげられる中に 20~30 m 層に顕著な水温躍層がある。これが超音波を反射させて D.S.L. の現象をおこさせている。
2. 塩分躍層は最も傾度が大きい時で 0.4‰/m で単純にこれに起因する D.S.L. は認められなかった。
3. 動物性プランクトンのうち主として *Calanus plumchrus* および *Pseudocalanus minutus* の濃密群が D.S.L. の原因になる例が最も多い。
4. 顕著な D.S.L. はプランクトンの密集、水温および塩分躍層が同一層に認められた際にあらわれる。
5. D.S.L. の日周変動は動物性プランクトンの *Calanus plumchrus* および *Pseudocalanus minutus* が照度によって日周運動をすることに起因する。
6. 動物性プランクトンの日周運動の範囲は表層から中冷水のほぼ最低水温の層即ち上層の対流層に限られている。
7. オコック海の D.S.L. の出現最大水深は南東海域では 90~110 m と概して深く、北部海域では浅く 50~75 m 層までになっている。

以上の様に D.S.L. が出現する最大水深、即ち動物性プランクトンの日周運動の最大水深は中冷水に影響される事が非常に大きい、これが又、サケ、マス魚群の游泳深度とも関係すると考えられ、今後の研究の方向としてこの面に力を注いで行く必要がある。

文 献

- 1) 熊凝武晴 (1950). 漁船 (52), 248-250.
- 2) 斎藤市郎・三島清吉 (1953). 北大水産彙報 3 (4), 269-272.
- 3) 鈴木恒由・佐野典達 (1960). 同上 11 (3), 132-160.
- 4) Suzuki T. (1963). *Mem. of Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 11 (2), 113-128.
- 5) 橋本富寿・間庭愛信 (1956). 漁船研究技報 8, 131-150.
- 6) 石田正己・鈴木恒由・佐野典達・斎藤市郎・三島清吉 (1960). 北大水産彙報 10 (4), 291-302.
- 7) 橋本富寿・間庭愛信 (1954). 漁船研究技報 5, 167-185.
- 8) 石田正己・佐野典達 (1962). 日本音響学会誌 18 (2), 65-75.
- 9) ———— (1962). 北大水産彙報 12 (4), 279-292.
- 10) 前田辰昭・上野元一・斎藤市郎 (1957). 同上 17 (4), 284-290.
- 11) 北大水産学部 (1960). 海洋調査漁業試験要報 4, 113-221.
- 12) 須田院次 (1937). 水産学雑誌 41, 20-34.
- 13) 梶浦欣二郎 (1949). 海洋学会誌 5 (1), 1-8.
- 14) AKIBA Y. YAMAMOTO S. UENO M. (1959). *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 10 (1), 37-46.