

## 5 DSLと漁場生物

### 北洋におけるDSL生物とサケ・マスとの関係について

鈴木 恒由 (北海道大学水産学部)

#### 1) は し が き

DSLは1942年Eyring, Christensen, Raitt<sup>1)</sup>によつて発見され、E.C.R.層となづけられた。しかし日本ではすでに1940年橋本<sup>2)</sup>によりN層となづけられていた。この原因について、Johnson(1946)<sup>3)</sup>は生物組成により反射のおこりうることを示唆し、Dietz(1948)<sup>4)</sup>は太平洋の広い範囲において、日中50~150mに存在することを示し、一般に多層で朝二層のDSLが下降するのを観測したと報告している。その後各方面の研究の結果、これが水温、塩分の躍層による物理的な原因によるものと、生物の密集層による生物的原因によるものであらうとされている。

筆者は北洋サケ・マス漁場におけるDSLの実体と、サケ・マスとの結びつきを究明することを目的として、1964年来調査を行なつてゐるので、現在迄の知見について若干の考察を試みる。

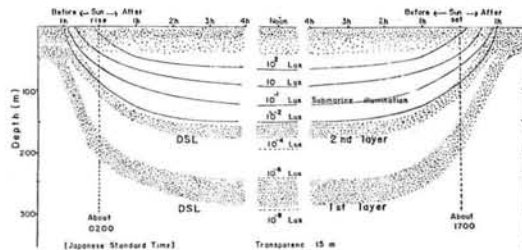
#### 2) 北洋におけるDSLについて

##### (1) DSLの日周期垂直移動及び水中照度について

北西部太平洋水域におけるDSLについてはすでに報告した<sup>5)</sup>が、その概要をのべる。観測は28,200KCの魚群探知機を同時使用し、原則として船をDriftして行なつた。調査期間中(7~8月)どの水域でも垂直移動を行なう一層又は二層のDSLが観測された(下の方から第一層、第二層と呼ぶ)。又30~50mの処に垂直移動を行なわない反射層(第三層と呼ぶ)も認められた。

第一図は調査期間中最も多かつた透明度15m水域におけるDSLの日周期垂直移動と、水中照度の模式図である。この時の平均空照度は、日出1時間前が0.1~1.0 lux, 日出時(4~5)×10<sup>2</sup> lux

正午時(8~10)×10<sup>4</sup> lux, 日没時(4~6)×10<sup>2</sup> lux, 日没後1時間が1~0.1 luxであつた。又図中の水中照度のうち、100m以深、照度0.7 lux以下は機器の性能から測定不能であつたので、上部の照度より換算した値

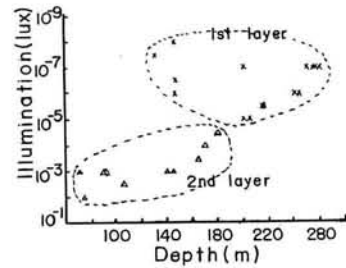


第1図 DSLの日垂期垂直移動模式図  
(透明度 15m)。

である。

DSLの日周期垂直移動は、その時の空中照度、透明度により層の下降開始時刻、下降速度、日中における層の深さ、上昇開始時刻、上昇速度等に差がある。透明度と、層の日中及び日没時における深さが、透明度の低い海域におけるときの方が、浅い傾向が認められたので、各透明度における層の深さと水中照度について検討した。第2図は層の中央における照度と深さの関係を示したものである。

図の如く層の深浅にかかわらずほとんど第一層は $10^{-5} \sim 10^{-7}$  lux、第二層は $10^{-2} \sim 10^{-3}$ の間にあることから、層の深さはその時の水中照度と強い相関があるものと思われ。尚、DSLの上昇、下降の速度は、共に日没時が最も速く $3 \sim 4$  m/minであつた。



## (2) DSLのプランクトン量とその組成

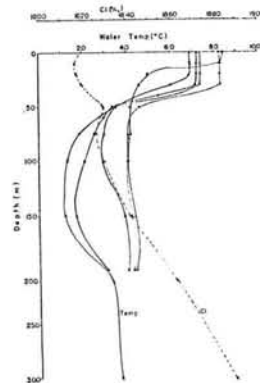
DSLの生物組成については、Johnson (1948)<sup>6)</sup> は2mm以上の動物が上下にくらべて層中に多いことを示し、Lyman (1948)<sup>7)</sup> はSquidが原因であると主張した。Hersey & Moore (1948)<sup>8)</sup> は散乱層と光との関係から、これらがEuphausiidsか又これと同様なものであるとした。Moore (1950)<sup>9)</sup> は太平洋大西洋における散乱層とEuphausiidsとの関係について、そのうち地中海におけるDSLについては、二層構造が出現したときは必ずEuphausia krohnii と Nematoscelis megalops の各密集層が別々に存在すると報告している。

第2図 DSLの深さと水中照度との関係

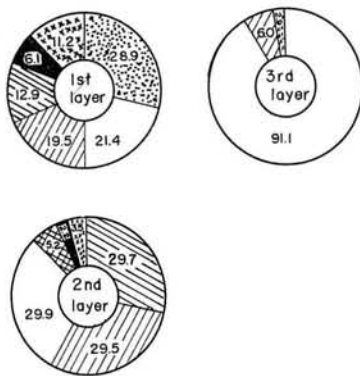
Boden (1950)<sup>10)</sup> は、San Diego沖のDSLについて、その組成はEuphausiids (Euphausia pacifica, Thysanoessa gregaria), Amphipods (Parathemisto sp.)と大型のCopepodsが多いと報告している。

北洋水域におけるDSLの生物組成をみるため、DSL中及び上下層を、口径60cm、側長2m、カネライトSXX40の網を用いて水平曳を行なつた。(曳網速度約1.5節)。何れも層の上下に比べて層中のプランクトン量が多く、しかも垂直移動を行なわない第三層以外は、水温塩分の垂直傾度(第3図)と関係のないことから、生物の密集層と推察される。DSLで採集されたプランクトンの優占種は、Calanus cristatus, Calanus plumchrusのCopepodsが多く、Euphausiids, Themisto sp.が次いでいた。このことからDSLを形成している生物は、これらのプランクトンが主体であると推察される。しかし超音波の反射に寄与するものは、その層の密度変化であるので、プランクトンの様に、その種類により個体に大小のある場合、優占種が必ずしもその層の密度変化に一番寄与しているとは限らない。そこで第4図の如くDSLで採集された資料について、種類別に湿重量の百分率を求めた。これによると第一層はEupha-








-siids と Copepodsの混合した層であり、第二層はCopepodsを主とするものである。又第三層もCopepods特に Calanus cristatus が主であると推察される。目でみる様に各層に Calanus cristatus が混入しており、特に第三層については、水温の垂直分布（第3図）からみて、躍層の上部に垂直移動を行わないものが、停滞していると推察されるが、同一種類で垂直移動を行なうものと行わないものについては、それ自身の生長段階の差によるものと思われるが、今後これらの点について検討を加えたい。



第3図 アツギ島南方域における水温、塩分の垂直分布（1964.7）。



第4図 D S L各層の種類別湿重量百分率。

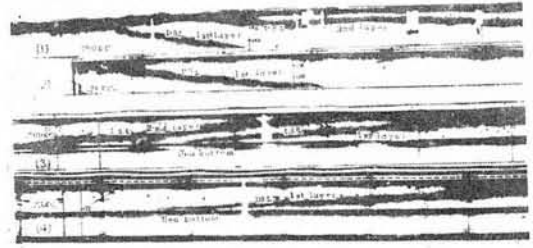
 Euphausiids,  Calanus cristatus  
 Calanus plumchrus  Saggita  
 Themisto sp.  Pteropods  
 Others

(3) D S L生物の反射損失について北洋水域において28, 200 Kcの魚探機を同時に作動していると、第5図の如く200 Kcでは第一層、第二層共に記録されるが、28 Kcでは深い方の第一層しか記録されない。この原因は各層を形成するプランクトンの種類に差があるため、これらの反射損失に差があるものと推察し、採集されたプランクトン資料の夫々について、実験水槽で置換法<sup>1)</sup>に

より反射損失を測定した（反射損失とは、反射体に入射する音圧を  $P_0$  反射して音源方向に単位距離だけ伝播した音圧を  $P$  とすると、 $20 \log_{10} \frac{P_0}{P}$  db なる値である）。

用いた資料は Euphausia pacifica (100尾の平均体長19.4mm), Calanus cristatus (同8.7mm), Calanus plumchrus (同4.6mm) 及び Themisto sp. (同4.4mm) で、第6図はその結果を示す。これによると、Euphausia pacifica に対する200 Kcと28 Kcの反射損失の差は5db前後であるが、C. cristatus その他小型のものは、その差が10db前後あつた。しかもこれらプランクトンの各個体密度は何れも1.05~1.07（比重既知の飽塩水をつかつて、採集直後の資料について、浮沈により比重をきめた）でほとんど差はない。

このことからこれらの原因は、超音波の波長に対する反射体の長さにもとづく反射損失の差が、200 Kc では二層記録されるが、28 Kc では大型の *Euphausiids* が存在する第一層のみ記録され、小型の *Copepod* が主体の第二層は記録されないものと推察される。



第5図 200 Kc, 28 Kc の魚群探知機同時使用による D S L の記録(1), (2)……アツツ島南方水域、(3), (4)……西カムチャツカ沿岸水域、何れも 200 Kc は二層記録されるが、28 Kc では200 Kc の深い方の第一層しか記録されない。

### 3) D S L 生物とサケ、マス餌料及び昼夜間の遊泳層について

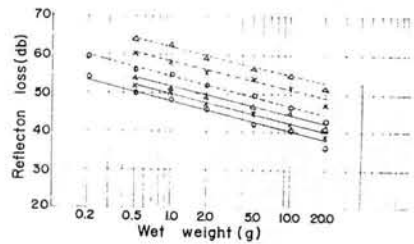
漁場における生物の生態は、その餌料生物と関係が深いことはよく知られている。すでに東海・黄海における底棲魚類について最首(1960)<sup>12)</sup>は垂直移動を行なうものは主に Plankton feeder であり、行なわないものは benthos eater であることを明かにしている。

サケ・マスの昼夜間の遊泳層の変化と、D S L との関係を知るためには、

サケ・マスの摂餌機構、特に1日における周期を明かにする必要がある。しかしながらこれらのことは系統群により、又同一魚種でもその生長段階、性比、海域等により異なることが予想されるので、現在迄に得られたアツツ島南方水域のベニサケ未成魚についての知見をのべる。

#### (1) 海洋生活期におけるサケ、マスの餌料について

北洋におけるサケ・マスの餌料については、母船資料による伊藤(1964)<sup>13)</sup> アラスカ湾における Lebrasseur (1966)<sup>14)</sup> 等がある。伊藤によると、魚種、時期、年度により多少異なるが、マスノスケ、ギンザケは魚類、イカ類等の大型餌料を、カラフトマス、ベニザケは魚類、イカ類のほかオキアミ類、端脚類、橈脚類の小型餌料を捕食し、シロザケは翼足類、クラゲなどを餌料としておるとし、Lebrasseur のも大体同じ傾向である。しかしこれだけでは1日における摂餌の機構を知ることは出来ないで、同一



第6図 フランクトンの種類別反射損失。  
— 200kc .....28kc  
○... *Euphausia pacifica*  
×... *Calanus cristatus*  
△... *Themisto sp.*

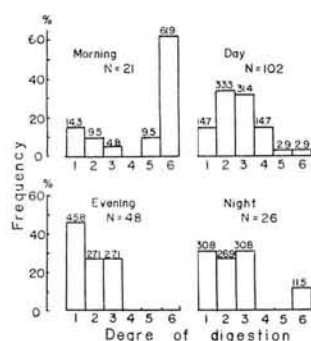
地点で表層流し網（5.5, 7.2, 9.3, 1.2 1mmの目合の網各5反）を用いて、日出前1

時間（morning） 正中時（day） 正子時（night）を含み各1時間、日没後1時間（evening）の各滞水時間に漁獲された漁獲物について調査した。

第1表はその時の操業回数と漁獲量である。

第1表から昼の漁獲量が多いことが注目される。

得られた資料について昼夜等各時刻別に年令組成、性比、生殖腺重量について検討したが、時刻別の漁獲物には、特に差を見出すことは出来ず、体長モードは4.6~5.3cmと3.5~3.9cm、年令は5<sub>3</sub>（6.28%）、4<sub>3</sub>（19.2%）、4<sub>2</sub>（12.8%）の



第七図 ベニザケ時刻別胃内容物消化度出現頻度。

ベニザケ未成魚であつた。このことは夜表層で漁獲される魚と同じものが条件によつては昼にも浮上していることを示唆するものと思う。（この外シロザケも少々漁獲されたが資料が少ないので省略した）

第1表 時刻別表層流し網操業回数と漁獲量

Time	Morning	Day	Evening	Night	Sunset-Sunrise
Number of operations	4	5	4	4	4
Sockeye	22	135	45	26	95
Catch					
Chum	4	24	12	21	93

### イ) 時刻別胃内容物の消化状態

胃内容物の消化度を知ることは、摂餌活動の目安ともなる。第7図はその結果である。消化度は肉眼観察で1~6段階（1は摂餌直後の殆んど未消化、5は完全消化、6は空胃）に分けた。これで判る様に、朝は空胃が約60%を占め、昼は消化度2及び3のものが約65%を占め、夕方は摂餌直後と思われる消化度1が46%で、5・6は皆無、又夜も夕方に似て1・2・3で90%を占めている。

### ロ) 時刻別胃内容量と内容物の種類

第8図は、各時刻における胃内容物の種類別出現頻度である。第7図で示した様に朝方は空胃が多く測定個体も少ないので、朝以外について第9図の如く各時20尾について、種類別の湿重量比率を求めた。これによると昼はキタノホツケ、ヨコスジカシカ等の稚魚を71.7%も捕食しているのに対し、夕方は *Themisto* sp. が44.2% Copepods が23.5%、夜も夕方に似て *Themisto* sp. 37.8%、Copepods 26.4%で、何れもその摂餌量は平均1個体5~7尾である。ここで注目されることは、昼間の餌料と、夕、夜の餌料が全く異なることである。

(1)、(2)の結果からみて、ベニザケ未成魚の摂餌活動は、朝と昼の間に稚魚を捕食するピークと、夕方から夜にかけて、Themisto sp.等プランクトンを捕食するピークがあるのではないかと推察される。

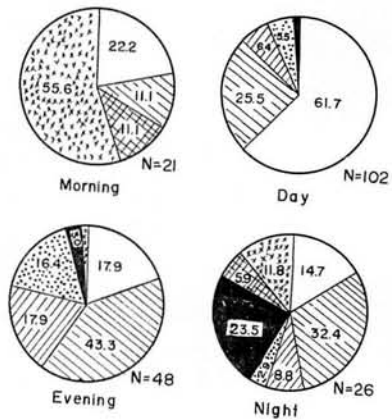
(2) サケ、マスの昼夜間の遊泳層について  
沖合におけるサケ・マス漁業は、サケ・マスは昼間中層に遊泳し、夜間表層に浮上し、又視覚の点で夜はみえにくい等と云うところから、経験的に夜間表層流し網により漁業が行なわれている。

サケ・マスの遊泳層に関する知見は少なく、代表的なものはアラスカ湾における中層流し網によるManzer (1964) 15)、北西部太平洋水域における中層流し網、立延縄による待鳥(1966) 16) 伊藤(1967) 17) 等である。5～8月にとられたこれらの資料によれば、サケ・マス類の昼夜における遊泳層の差は比較的小さく、何れの場合も50m以深を主遊泳層としている様である。

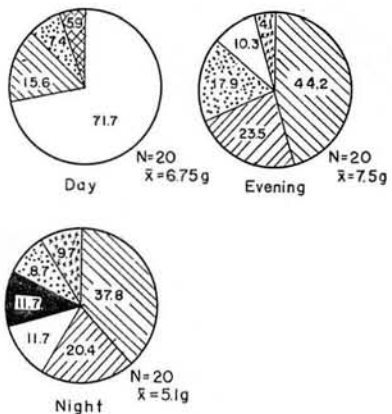
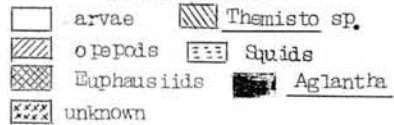
#### 4) 結び

北洋サケ・マス漁場におけるDSLからみた餌料プランクトンの日周期垂直移動と、ベニザケ未成魚の摂餌周期、その餌料及びサケ・マス類の昼夜における遊泳層についての知見をのべた。これを一応とりまとめ、今後の問題点にふれ結びとする。

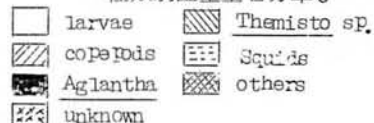
サケ・マスの遊泳層について今迄の知見によれば、昼夜共50m以深を主遊泳層とする云う論拠が見出せないところから、DSLで探知され昼間100～300mの深さに降下する第一層、第二層のプランクトン群は、昼間におけるサケ・マスの摂餌とは関係ない



第8図 ベニザケ時刻別餌料生物種類別出現頻度。



第9図 ベニザケ時刻別胃内容物種類別湿重量百分率。



様に推察される。しかし昼間でも躍層の上部に停滞すると思われる第三層のプランクトンは、摂餌の対象とはなりうる。しかし昼間とられた資料が表層流し網によるもの(過去の中層網でとられた資料の胃内容物の知見がない)であるので、昼間のサケ・マスの餌料を表示しているかは疑問ではあるが、今回の資料のベニザケ未成魚の胃内容物はほとんどが稚魚であつて、プランクトンではない。この点から第三層のプランクトン群を稚魚が食べに集り、その稚魚をベニザケが捕食するという二次的機構で関係があるのではないかと推察される。しかし昼間における表層近くの稚魚の分布状態は、前記の採集方法では確認出来なかつた。これは夜間 Isaacs-Kidd 中層網で同じ層を曳網した場合(3~4節で10分間曳)、Isaacs-Kidd 中層網にはハダカイワシ(多いときには2~4cmのものが20~30尾)とかイカ類が採集されるが、プランクトンネットでは採集されなかつた。それ故遊泳力、跳躍力のある生物の採集は、今回の方法では不適当と思われる。しかし、この為に前述したDSLの生物組成がプランクトン群ではなくハダカイワシとかイカ類の密集層であるとは推察出来ない。即ち今回測定したプランクトン群の反射損失の値、従来からの魚群記録等を総合すれば、ある程度のハダカイワシとかイカ類の混入は想像されるが、主生物は前記プランクトン群であろうと推察される。

この点からも近い将来に採集方法の解決が必要である。

次に夜間におけるプランクトンの分布相は表層に特に Themisto sp. が多く、稚魚網による採集で Themisto sp. の単一組成もみられた。これは表層以外ではみられなかつた。Euphausiids については、比較的大型のものは表層迄は上昇しない様であり、発育段階別に垂直分布を知る必要がある。胃内容物に Themisto sp. が多いという事も、捕食者の極表層性を示す指標であろう。しかしこれも表層網でとられた魚についてであるので、やはり将来昼夜共、各層において漁獲された資料から、各層毎にその食性を明らかにして、餌料分布相との対応を求める必要がある。何れにしてもプランクトンにしろ、サケ・マスにしろこれらの生活史に関する知見は断片的であるので、これらの基礎資料の積み重ねが必要である。本文中ベニザケの年令査定については、北水研伊藤準氏によるものである。

#### 参考文献

- 1) Eyring, C. F. et al. (1948): Reverberation in the Sea. Acoustical Society of America Journal, vol. 2(4) 462-475
- 2) 橋本富寿(1951), 超音波測深並に魚探の研究. 水産研究会: P 67
- 3) Johnson, M. W. (1946): Stratification of Sound Scatterers in the Ocean, California Univ. Division of War Research Rep. no. M397.
- 4) Dietz, R. S. (1948): Deep Scattering Layer in the Pacific and Antarctic Oceans, Joul. of Marine Res. 7 (3) 430-442.

- 5) 鈴木恒由・伊藤 準(1967):北西部太平洋水域のDSLについて  
-I. 日水誌 33(4), 325-337
- 6) Johnson, M. W. (1948):Sound as a Tool in Marine Ecology, Data on Biological Noises and the Deep Scattering Layer. *Jou. of Marine Res.* 7(3) 443-458
- 7) Lyman, J. (1948):The Sea's Phantom Bottom. *Scientific Monthly* 66(1) 87-88
- 8) Hersey, J. B. and Moore, H. B. (1948):Progress Report on Scattering Layer Observations in the Atlantic Ocean. *American Geophysical Union Transactions*, 29(3) 341-354
- 9) Moore, H. B. (1950):The Relation between the Scattering Layer and Euphausiacea. *Biol. Bull.* 99, 181-212
- 10) Boden B. P. (1950):Plankton Organisms in Deep Scattering Layer. U. S. Navy Electronics Laboratory, Rep 186.299
- 11) 橋本富寿・間庭愛信・茂木和男(1953):魚類の反射損失・漁船研究技報 3  
143-153
- 12) 最首光三・小島喜久雄(1960):東海・黄海における底棲魚類の生態-I 西海区水研報告 19, 1~24
- 13) 伊藤 準(1964):海洋生活期におけるサケ・マス類の餌料と摂餌特性について、北水研研究報告 29, 85-97
- 14) Lebrasseur, R. J. (1966):Stomach Contents of Salmon and Steelhead Trout in the Northeastern Pacific Ocean. *Fish. Res. Board of Canada*, 23(1), 85-100
- 15) Manzer, J. I. (1964):Preliminary Observations on the Vertical Distribution of Pacific Salmon (Genus *Oncorhynchus*) in the Gulf of Alaska. *Jou. Fish. Bd. Canada*, 21(5) 891-903
- 16) 待鳥精治(1966):北西太平洋におけるサケ・マスの垂直分布 I, 北水研研究報告 31, 11-17
- 17) 伊藤 準(1967):立縄によるサケ・マスの垂直分布調査の結果, 水産庁 P12