

6 SL・DSL生物とその採集について

大森 信 (東京大学海洋研究所)

SL・DSLに関しては多くの研究があり、最近ではその原因が生物であろうと云うことが一般の説となつてきている。それではどんな生物がSL・DSLを形成するのか、この点に関しての我々の知識は充分とはいえない。ここに今日までのSL・DSL生物に関する研究のあらましと、今後の研究発展の大きな鍵をにぎっていると考えられる採集器具と採集方法について、簡単に述べてみたい。

SLはDSLに較べて出現層が浅いため研究のしやすい対象である。これは普通日周垂直変動のおこらないもので、その原因は温度、塩分などの物理的不連続層の反射、あるいはそこにたまったデトリタスまたは生物の反射によるものと考えられてきたが(Herdman, 1953)、最近の潜水夫による直接観察で、多くの場合、これが thermocline に集積するプランクトン生物の反射によることが、ほぼ明らかになつた (Cushing et al., 1956)。

DSLは普通、水深300m以深にみられるものを云うが、これが何によつて起るかについては数々の報告があるものの末に多くのなぞを残している。

DSLの直接観察はバチスカーフによるものがある (Cousteau, 1954; Piccard and Dietz, 1957)。それによると400-600m層に出現したDSLにプランクトンの集積は全くみられていない。DSLでマリンスノーまたはそれに近い小型の生物が増加したという記録もある (Bernard, 1958)が、何れにしても大型生物は発見されていない。水中カメラを使つて観察した結果、DSLのあつたところでは常に(100%)魚が撮影されており、DSLのないところでは魚は皆無であつた (Johnson et al., 1956)。しかし撮影されていた魚は、普通、群を作つてDSLを形成するとは考えられない種類である。TVカメラによる観察 (Backus and Barnes, 1957)でもDSLと魚の相関関係は高かつたがDSLと Copepod とはあまり関係がなかつたという結果が得られている。

DSLの生物を実際に採集してその正体をみきわめることは多くの研究者によつて試みられてきた。この種の研究としては Boden 等による米国西海岸における一連の観察が著名であるが、彼等はDSLが二層みられる場合、普通上層は Euphausiid 下層は Fish によつて構成されており、海洋における食物連鎖関係を示していると述べている (Kampa and Boden, 1954等)。Berham (1957) は Monterey 湾での観察でDSLの動きが季節により異なること、またDSLは単一の種類によつて形成されるものではなく、上層のDSLは Euphausia pacifica と Diaphus theta、下層は Sergestes similis と Lampanyctus leucopsarus が主要な部分を占めることを報告している。このようにDSLがイカやサルバヤクダクラゲ説もある (Lyman, 1948; Berham, 1963)。しかし、一方にはこ

これらの考えを否定する説もある。もしDSLが魚や Euphausiidのような生物で形成されるとすれば、反射映像が出るのはそれらが群を作つた時であり、その群の大きさはせいぜい数100 mの幅(直径)しかない筈である。それなのに実際のDSLは何キロメートルも連続して見られることが多い (Tchernia, 1950)。

SLがデイトライタス及びプランクトン生物の集積によつて起されるのであれば、当然DSLの原因もプランクトン生物によるものと考えられる。しかしこれまで述べたようにDSLとプランクトンとの間にはまだはつきりした関係がみつかつていない。ある場合には魚や Euphausiidの垂直移動がDSLの主因となつても、常にそうであるとは云えない。群を作る時期や場所は生物の種類によつて異なり、同じ種類でも群を形成する時期としない時期がある。どのような状態にあるときDSLが現われるか、DSLの解明にあつて、我々は生物自体の生態学的特性についてもつと詳細に知らねばならない。バチスカーフや水中カメラによるDSLの観察結果は、「DSL生物原因説」と矛盾していることが多い。このような装置や、それからの照明が水中で大型生物をにがしてしまうことは容易に考えられるから、その使い方は大いに考慮する必要がある。また魚探や音響測深器の種類、周波数の大小によつて同じ水域で反射映像の深さや形が異つて現われることはよく経験される。DSLの研究は生物の採集や観察と、音響研究の両面がもつと密接な形で連絡しながら進められなければならない。

さて、DSLの正体が今日まだはつきりしていない原因の最も大きなものは生物採集器具、採集方法の不完全さにあることは云うまでもない。現在我々が目的としているのは確実な定性採集であつて、まだ定量採集の段階ではない。今日、まず必要なのは正確な定性採集データのつかさねである。次にDSL生物採集のための器具や方法について、定性採集に重点をおいて検討してみたい。

DSL生物がハダカイワシや Euphausiidのような、いわゆるマイクロネクトンに属するものであれば採集器具は生物による網口逃避の起らないものでなければならない。小さな桝脚類でも瞬間的にはかなりの速さで網口から横に逃げるができるため、網の形や曳網速度が採集量に大きく影響するという事実が最近多くの研究者によつて確められているが (ref. Fleminger and Clutter, 1965)、網口逃避の影響をできるだけ小さくするためには、網口の大きい、しかもかなりの速度で曳網できる採集器具が必要であり、さらに網口の前方にブライドルなどの障害物のないものが望ましい。曳網の速度は Euphausiid を対象にした場合、高速採集器のような小型のものでは6ノット以上 (Aron, 1962) のスピードが必要とされるが、網口の大きいORIネットやアイザックキット型中層トロール (IKMT) の場合には4~5ノット程度でよいのではないかと考えられる。

さらに重要なことは採集器が水中で確実に作動する開閉装置の働きにより目的層の生物を採集できる性能を有することである。如何に採集能力が優れていても水中で開閉できない採集器による採集ではDSL生物を解明する決め手にならない。しかしながら今日未だに open net を使つてDSL生物を推定しようという試みがなされている。この方法は例えば、ある層でDSL

のある時とない時とに採集したものを比較したり、DSL層とその上部とを別々に曳網して採集物を較べたり、ある層の生物の時間的変動をしらべたりするものであるが、これではいつまでたつてもDSLに関して現在我々がつている知識以上のものを得ることは困難であろう。

マイクロネクトン採集に適していると考えられる採集器は大別すると三つに分けられる。1は従来から広く使われている大型のリングネット、2は高速採集器、3はIKMTのようなトロールネットである。海洋研究所で使っているORIネットは口径160cm、長さ750cmのリングネットで6ノット位までの速さで横曳き或いは傾斜曳きができ、ナンゼン式開閉採集が可能である。(Omori, 1965)。しかし、網口前方にブライドルなどの障害物があるため採集能力がIKMTに較べやや落ちることと、ナンゼン式開閉のため深層では一水平面のみを採集することができないという欠点がある。

高速採集器は8~15ノットでの曳航ができ、入水孔の部分で開閉が完全にできるものもあるが、その機構上どうしても入水孔の面積を小さくする必要があり、最も大きいもの〔Gulf III (Gehring, 1952)〕でも口径41cmにすぎないからその採集量は大きくない。最近、Clarke (1964)が開発したジェットネットは入水孔から入った水の速力を器内で弱めてプランクトン生物を良い状態で採集できるように設計されており、これに開閉装置をつけて層別区分採集ができるようにする試みが各国で行なわれている。

IKMTはマイクロネクトンを採集するために設計された採集器具としてよく知られ、広く使用されている。その操作や性能については既に詳細な報告があり、4~8.5ノットで安定した傾斜曳き又は横曳きができる (Aron, 1962)。しかしこれにはリングネットのように簡単な開閉装置がつけられない。Aron等(1964)はアーマードケーブルを用いて電氣的にネットの後端にとりつけられたバケットの開閉ができる装置を実用化した。これはネットの軌跡を船上で知り、そこでネットの開閉ができるという点で、DSL生物の定性採集にはほぼ満足すべきものと考えられる。さらに連続的に生物の垂直分布の変化を知る目的でネットの後部にHardy式の巻取り器をつけたLonghurst等(1966)の採集器も比較的小型のDSL生物の採集に適している。巻取りは器内に内蔵されたバッテリーによりモーターで行なわれるので普通のワイヤーで曳網でき、既に興味のある結果が得られている。

ところで今日までのDSL生物の採集の範囲はほとんど400m以浅に限られている。深層で如何に生物を能率よく採集するかという問題は非常に重要である。採集器を深層に潜水させる方法は今のところ重錘による方法とダイブレッサーによる方法しかないが、今、仮に100kgの重錘を使つて船速2ノットでORIネットを水深1000mにおろして水平に曳網しようとした場合、少なくとも2000mのワイヤーを繰り出さねばならない。もつと深い層での採集や、より高速の採集のためには、さらに重い重錘を用いるか、多くのワイヤーを繰り出す必要があり、前者の場合は船上での作業に危険すらともなうし、後者の場合はワイヤーの繰り出し、捲き込みだけに長時間を費やすということになる。重錘のこのような欠点をおぎなうために今日まで種々のダイブレッサーが試作された。しかしスピードに対する安定性、潜水力など

に関してまだ充分なものはなく、実際に使用されているものはIKMTのディプレッサー以外ほとんどない。IKMTのそれは安定性で優れたものであるが潜水力は弱く、6ノット曳きでの曳網深度はせいぜいワイヤー繰り出し長の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ 程度であるから(Aron, 1962)、これも1000m以深層の採集にはむかないと云える。製作しやすく、潜水力と安定性のあるディプレッサーの開発もDSL生物研究の発展に必要なものである。

プランクトン或いはマイクロネクトンがどの位集れば反射映像として現われるのであろうか。Smith(1951, 1954)は Palaemonid shrimp の場合1 yard³ (0.765m³) 当り13-216個体でDSLが形成されると計算している。California 沖で採集により得られた資料から算出された Euphausia pacifica (前述のエビとほぼ同じ体長を有する)の分布密度は1m³ 当り3-4尾が普通で、最大は150~0m層で100個体(実際の垂直分布幅を50m位とすると300個体)である(Boden, 1962)が、筆者の採集では同じくDSLを形成すると考えられる駿河湾のサクラエビの最大分布密度はこれよりかなり低く1m³ 当り2.8尾である。DSL生物の定量採集は定性採集以上の複雑さと困難さともなうが、現在みられる採集器具には何れも一長一短あつて定量採集には不完全である。今後、他の科学の分野でそうであるように、プランクトン、マイクロネクトンの採集、観察の分野にも、もつと種々の電子工学などの進んだ技術を取り入れ、さらに進んだ採集器具により確実な採集ができるようにすることがDSLの解明に最も役立つのではないかと考えられる。

参 考 文 献

- Aron, W. 1962. Some aspects of sampling the macroplankton. Rapp. Proc. -Verp. Reunions, Cons. Perm. Intern. Explo. Mer, 153, 29-38.
- Aron, W., N. Raxter, R. Noel, and W. Andrews. 1964. A description of a discrete depth plankton sampler with some notes on the towing behavior of a 6-foot Isaacs-Kidd Mid-water Trawl and a one-meter ring net. Limnol. and Oceanogr., 9 (3), 324-333
- Backus, R. H. and H. Barnes. 1957. Television-echo sounder observation of mid-water sound scatters. Deep-Sea Res., 4, 116-119.
- Berham, E. G. 1957. The ecology of sonic scattering Layers in the Monterey Bay area. Hopkins Mar. Stat., Stanford Univ. Tech. Rep., 1.
- Berham, E. G. 196a. Siphonophores and the deep scattering eg h

- Layer. *Science*, 140, 826-828
- Bernard, F. 1958. Problèmes de fertilité dans les couches moyennes (200 à 1000m). *Rappt. Cons. Explor. Mer*, 144, 293-295.
- Boden, B. P. 1962. Plankton and sonic scattering. *Rapp. Proc. - Verb. Reunions, Cons. Perm. Intern. Explo. Mer*, 153, 171-176
- Clarke, W. D. 1964. The Jet Net, new high speed plankton sampler. *J. Mar. Res.*, 22, 284-287.
- Cousteau, J. -Y. 1954. To the depths of the sea by bathyscaphe. *Nat. Geog. Mag.*, 106, 67-79.
- Cushing, D. H. and I. D. Richardson. 1956. Echo traces associated with thermoclines. *J. Mar. Res.*, 15, 1-13.
- Fleminger, A. and R. I. Clutter. 1965. Avoidance of towed nets by zooplankton. *Limnol. and Oceanogr.*, 10 (1), 96-104.
- Gehringer, J. W. 1952. An all-metal plankton sampler (model Gulf III). *U. S. Fish, Wildlife Serv. Spec. Sci. Rept., Fisheries*, 88, 7-12.
- Herdman, H. F. P. 1953. The deep-scattering layer in the sea: association with density layering. *Nature Lond.*, 172 (4372), 275-276.
- Johnson, H. R., R. H. Backus, J. B. Hersey, and D. M. Owen. 1956. Suspended echo-sounder and camera studies of mid-water sound scatters. *Deep-Sea Res.*, 3, 266-272
- Kampa, E. M. and B. P. Boden. 1954. Submarine illumination and the twilight movements of a sonic scattering layer. *Nature Lond.*, 174, 869.
- Longhurst, A. R., A. D. Reith, R. E. Bower, and D. L. R. Seibert. 1966. A new system for the collection of multiple serial plankton samples. *Deep-Sea., Res.*, 13, 213-222.
- Lyman, J. 1948. The sea's phantom bottom. *Sci. Mon. N. Y.*, 66 (1), 87-88.
- Marshall, N. B. 1951. Bathypelagic fishes as sound scatterers in the ocean. *J. Mar. Res.*, 10, 1-17.
- Moore, H. B. 1950. The relation between the scattering layer and the Euphausiacea. *Biol. Bull. Woods Hole*, 599(2), 181-212.

- Omori, M. 1965. A 160-cm opening-closing plankton net. 1.
Description of the gear. J. Oceanogr. Soc. Japan, 21 (5)
212-220.
- Piccard, J. and R. S. Dietz. 1957. Oceanographic observations
by the bathyscaph 'Trieste' (1953-1956). Deep-Sea Res.
4, 221-229.
- Smith, P. F. 1951. Measurements of the sound scattering pro-
perties of several forms of marine life. W. H. O. I.,
Ref. No. 51-68 Unpubl. MS.
- Smith, P. F. 1954. Further measurements of the sound scatter-
ing properties of several marine organisms. Deep-
Sea Res, 2, 71-79
- Tchernia, M. P. 1950. Observations sur la D. S. L. faites a'
bord du 'Commandant Charcot' (campagne 1948-49).
Comite d'Océanographie et d'Etude des Côtes (C. O. E. C.)
Service Hydrogr. Marine, Paris, 7-20
- Tucker, G. H. 1951. Relation of fishes and other organisms
to the scattering of underwater sound. J. Mar. Res.,
10, 215-238.