

rates of euphausiid fecal pellets. *Limnol and Oceanogr.*, **17**, 293-296.

代田昭彦 (1977) Energy flow の概念に関する考察. 漁業資源の有効利用に関するシンポジウム, 漁業資源研究会議報, **19**, 29-49.

質 疑 応 答

質問: 河川水プルームの海面との接触層での濁度 (ここでは flocc 度の指標) は河口から遠くなるほど低濃度になるといわれたが, flocc 化の速度, 堆積速度はどの程度ですか。(杉本, 東大海洋研)

答: 堆積速度は意外に早いと思われれます。detritus の

中でも先にお話したように糞粒では1日最大860 m くらい沈降します。鞭毛状の物質では潮汐の停溜時には3~7 m くらいです。flocc 化の反応の方は瞬時に起きています。

質問: clay のアクティブなリサイクルを想定されたが, 動物に喰われた clay は糞となった場合, すでに有機物を吸着飽和しているのではないのでしょうか。はたして機能的なリサイクルはあるのでしょうか。(坂本, 三重大水産)

答: バクテリアなどを通じてリサイクルが考えられるということで, まだ想定の域を脱していません。

4. 漁業生産力を支える生物集積分布の形成要因と形成速度

川 合 英 夫 (京都大学農学部)

1. 漁業生産力と海洋生物の集積

「生産力」という言葉は, 「生産性」(productivity) 或は「生産速度」(production rate) と混同される紛らわしい言葉であるが (川那部・原田, 1964; 沼田真, 1974; 岩波書店, 1977), 本シンポジウムの基調テーマである『日本近海漁業資源の生産力評価』においては, 「生産力」は時空間あたり生産量の潜在能力 (productive power) として, 受けとめてよいであろう。海洋生物の生産力把握に関する調査(科学技術庁資源調査所, 1980) においても, そのような意味に用いられている。

魚類生産にしろ漁業生産にしろ, 分析の基本となる要素は, ある特定階層の個体群であるといわれている。しかし, 複数の漁法であっても, ある階層の個体群が分布する全時空間を走査できないし, また, 一つの漁法であっても, 複数の種の個体群を漁獲対象とする。したがって, 漁業生産においては, 一つの個体群の生産速度という捉え方だけではなく, たとえば山口県日本海沿岸漁場(小川, 1980) というように海域を限定して, そこにおける各種階層の個体群の移出入を考慮に入れた漁業生産速度, という捉え方が必要になる。

漁業生産力は, 初めにも述べたように潜在能力であって, 現実の生産速度ではない。それは, 現状とは変化した条件の下における, 特定の場合についての漁業生産速度のポテンシャルである。ここで変化する条件としては, 自然的なものと同人的なものがある。それらの変化と漁業生産力の変化との係わりあいを, 図1に模式化

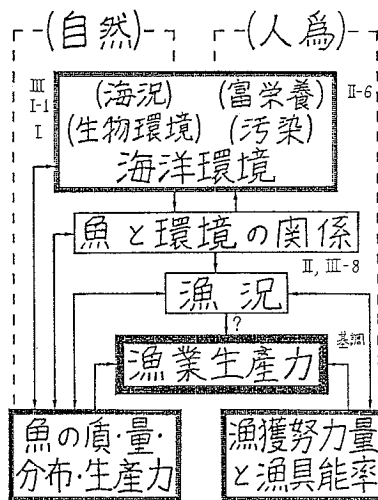


図1 漁業生産力の変化と自然と人為の諸条件の変化との関連

して示した。また, 本シンポジウムのテーマの位置を仮に示してみた。

日常的で親しみ易い漁海況論に比べて, 生産力論はとりつき難い感じをうける。漁海況論は現実を基盤とし, またはせいぜいその延長線上にあって, synoptic な手法が効果的であろう。これに対し生産力論は仮想的であり, または設定条件の誘導線上にあって, おそらく climatologic な手法を, 一つの拠り所にするようになる

のではないかと考えられる。時空間スケールの点では、前者より後者は相対的に粗い網目にかかる現象を扱うことになる。しかし、生産力論においては、細かいスケールの現象をすべて無視してよいことにはならない。細かいスケールの海洋構造や生物の群構造が、基礎生産から高次までの魚類生産および漁業生産にとって、臨界的意味をもつ場合があるからである。生産力論においてパラメータ包括化を行うときに、そのような細かいスケールの構造に起因する量を、いかに盛りこむかが今後の課題である。そして、両論はそれぞれの死角を相補う性格をもつのであろう。

本報では、大きなスケールで単純平均すれば、消去されてしまう海洋生物の集積分布の形成要因、変位集積係数(または倍增時間)と、そのスケール依存性などについて考察する。海洋生物の集積分布パターンが、各種の生産過程において臨界的影響を与える例は、数多く見出されている。プランクトンを例にとると、各種魚介類の

餌料生物として有用な場合と、赤潮生物として有害な場合と2通りあるが、いずれの場合においても、総量一定のプランクトン種であっても、それが集中分布をするか否かによって、海の魚類生産や漁業生産に与える影響が、いちじるしく異なってくる(LASKER, 1975: 小林, 1973)。また、総量一定の魚種であっても、それが集中分布をするか否かによって、漁業資源としての価値が全く異なってしまうことは、よく知られている。とくに、一過性の魚類については、好漁場が形成されるためには、魚群の滞留が必要条件となるから、変位集積が漁業生産力にとって重要問題となってくる。

## 2. 海洋生物の集積分布の形成要因

STAVN (1971) は、自然界の生物分布パターンを形成する主要因を確定する目的をもって、HUTCHINSON (1953)の提唱した5種類のパターン(vectorial, coactive, reproductive, social, stochastic)を吟味して、それに多少の改変を加えた。HAURY *et al.*(1978) は、基本的に

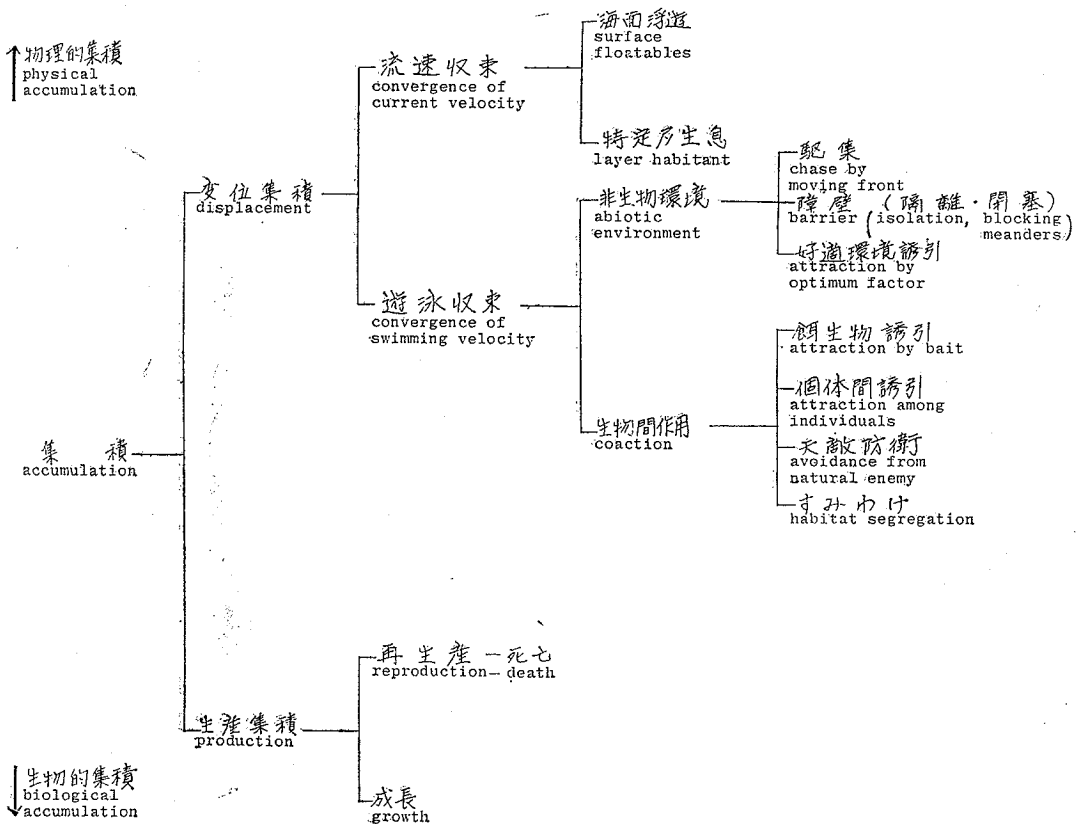


図2 海洋生物の集積分布の形成要因

は HUTCHINSON (1953) が編成した分類にしたがったが、stochastic な要素が他の4つのいずれの要因にも含まれていると考えた。4つのうち vectorial だけが物理的要因で、あとの3つは生物的要因であった。

本報では、上述の諸報告とは異なった独自の視点にたつて、海洋生物の集積分布の形成要因を図2のように類別しなおした。ここに集積とは、生物であれ無生物であれ、海水中に漂う特定種の粒状物の質量濃度（密度と略称する）の増大を意味する。後述する生物密度の集積係数に関する方程式(4)および(5)にも示されているように、この場合の粒状物の質量の増大を考える基準空間としては、いくらかのメンバーの変更はあるにしても、ほぼ同一一塊の粒状物を包含して移動する同一容積の空間に関する場合と、或る固定海域に関する場合の2通りが考えられる。なお、本報では水平方向の分布や移動だけを問題としているので、上述の基準空間としては、移動または静止している或る一定面積の海面を考えればよい。

生物の集積は、生産集積と変位集積の2つに大別される。生産集積は、再生産および成長による生物質量の増大による集積である。もちろん、死亡による減少は差しひかれねばならない。

変位集積は、生物個体間の相互間隔がせばまるような相対変位による集積であり、それを起こす要因は、場の流速の水平収束と、生物の海水に対する遊泳速度の水平収束とに分けられる。場の流速の水平収束は、地形渦・対流渦・内部波などによって起こされる。そして、海面浮遊生物に対しては海面における流れの水平収束が、特定層に生息する生物に対しては特定層内の流れの水平収束が、集積作用を及ぼす。遊泳収束を起こす要因は、非生物環境構造によるものと、生物間作用によるものとに分けられ、それらは図2のように細区分される。

赤潮生物の集積を、生物集積と物理集積とに区分する場合がある。岡市 (1980) は、遊泳集積をもって生物集積とみなした。川合 (1980) は、すべての変位集積をもって物理集積とみなした。これは裏を返せば、生物集積を生産集積だけに限定したことになる。以上の例などを参考にして図2を眺めると、生物集積としては

- (i) 生産集積
- (ii) 生物間作用遊泳集積
- (iii) 遊泳集積
- (iv) 生産集積+生物間作用遊泳集積
- (v) 生産集積+遊泳集積

が考えられるが、そのいずれをとるべきかは、なかなか

難しいことである。ちなみに、図2においては、上方に物理集積を、下方に生物集積を配列したが、細かい順位にはあまり意味がない。実際には、いくつかの要因が複合して作用していることは、いうまでもない。

なお、遊泳集積とは遊泳速度の収束による集積をさす。集積については、すでに説明した通りであるが、収束とは速度ベクトルの勾配に関する量の一つである。しかし、離散ベクトルの収束を定義するには、次節に述べるように一工夫を必要とする。

### 3. 海洋生物の集積係数

本報においては、海洋生物の水平2次元分布を論ずる。したがって、生物密度を海面素片の面積あたりの値として扱う。分布と移動について或る程度の共通性をもった同一生物種の特定の集合（たとえば、集群または要素個体群など）を考え、海面素片の面積あたりの該当生物の質量濃度を  $S$ （以後、生物密度と略称する）と表わせば、

$$S = \sum m_i / \Delta A \quad (1)$$

となる。ここに、 $i$  は生物個体の番号を、 $m_i$  は各個体の質量を、 $\Delta A$  は海面素片の面積を、 $\sum$  は  $\Delta A$  を上底面とする鉛直水柱内の該当生物個体すべてについての総和を、それぞれ表わす。また、該当生物群素片の対地相速度  $V$ 、同対水相速度  $R$ 、生物群素片をとり囲む環境水素片の対地相速度  $W$  を、それぞれ

$$\left. \begin{aligned} V &= \sum m_i V_i / \sum m_i \\ R &= \sum m_i R_i / \sum m_i \\ W &= \sum M_i W_i / \sum M_i \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

と定義する。ここに、 $V_i$  および  $R_i$  は、それぞれ生物個体の対地および対水速度を表す。また  $W_i$  は生物個体の質量の一定( $p$ )倍の大きさの質量  $M_i$  をもつ ( $M_i = p m_i$ )、生物個体をとり囲む環境水の対地相速度を表す。これらの速度はすべて水平速度であり、鉛直成分は考慮されない。また  $\sum$  の範囲は、式(1)の場合と同じである。該当する生物個体よりは充分に大きく、対象海域の面積よりは充分に小さい、一定の形と大きさをもつ海面素片の枠を、対象海域の海面で連続移動させ、それぞれの海面素片の中心位置に、 $S$ 、 $V$ 、 $R$ 、 $W$  などの値があるものとすれば、離散分布を連続分布として扱うことができる(川合, 1976)。当然ではあるが、

$$V_i = R_i + W_i$$

であるから、上式の定義より次式を得る。

$$V = R + W \quad (3)$$

生物密度の変化速度を生物密度で割ったものを、生物密度集積係数と呼ぶ。これには以下の2種類が考えられる。

(i) 移動群についての集積係数

$$\begin{aligned} \frac{1}{S} \frac{DS}{D_{st}} &= \frac{1}{S} \left( \frac{\partial S}{\partial t} + \nabla \cdot \nabla S \right) \\ &= B - \nabla \cdot \nabla - \frac{\nabla \cdot \nabla' \nabla'}{S} \end{aligned} \quad (4)$$

ⓑ      ⓒ      ⓓ

(ii) 固定海域における集積係数

$$\frac{1}{S} \frac{\partial S}{\partial t} = B - \frac{1}{S} \nabla \cdot \nabla S - \frac{\nabla \cdot \nabla' \nabla'}{S} \quad (5)$$

ⓑ      ⓒ      ⓓ

ここに、 $D/D_{st}$  は実質微分的一种である。また、プライムはランダムな乱れを、バーは素片平均量を表わし、その平均範囲は式(1)および(2)の $\Sigma$ の場合と同じであり、プライムのない所では省略されている。さらに式(4)の各項は、移動群の直上をおおい、それとともに移動する海面についての、また式(5)の各項は、固定海面についての、それぞれ一定面積あたりの平均値を表す。

式(4)と(5)の右辺の3つの項は、それぞれⓑ生物純生産係数、ⓒ生物密度フラックスの水平収束、ⓓ拡散を表わしている。とくに、該当生物が海面に浮遊し、そこから殆んど離れないとき、また該当生物が特定層に生息し、その層の海水が水平収束して、生息層の厚みが増大するとともに、単位海面あたりの生物密度が増加するときには、式(3)より

$$\text{ⓒ} = \text{ⓓ} + \text{ⓑ}$$

となる。ここに、ⓓは海面または生息層における海水流動の水平収束を、ⓒは生物密度の対水(遊泳)フラックスの水平収束(ⓓにも依存)を表わす。

一般に ⓒ < ⓓ であり、また後述するような限界スケールより或る程度小さいスケールでは、ⓑの寄与が小さいから、式(4)より

$$\frac{1}{S} \frac{DS}{D_{st}} - \frac{1}{S} \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{1}{S} \nabla \cdot \nabla S \sim \nabla \cdot \nabla$$

を得る。よって、式(4)および(5)に対して

$$\frac{1}{S} \frac{DS}{D_{st}} \sim \frac{1}{S} \frac{\partial S}{\partial t} \sim \frac{1}{S} \nabla \cdot \nabla S \sim \nabla \cdot \nabla \quad (6)$$

を得る。式(6)は、図3に示す変位集積による生物密度倍増時間の大きさの程度を見積るためのものである。

4. 海洋生物の変位集積係数とスケールとの関連を調べるために用いた資料

式(6)の右辺は、移動または固定海面あたりの海洋生物の変位集積係数にほぼ等しく、これを  $K$  で表せば、

$$K \approx \frac{1}{S} \frac{dS}{dt} = \frac{d}{dt} \ln S = \frac{\ln(S_2/S_1)}{\Delta t} \quad (7)$$

となる。後述するように、限界スケールより或る程度小さいスケールでは、変位集積係数が生産集積係数を大幅に上回ることにより、式(7)では後者が無視されている訳である。ここに  $S_1$  と  $S_2$  とは、それぞれ  $t_1$  と  $t_2 = t_1 + \Delta t$  の2時点における、移動または固定海面あたりの生物密度指数を示す。この2時点としては、最大密度の半分になるころの値を選んだ。これは、logistic な密度増大曲線をとるときには、 $dS/dt$  の最大値の時に当たる。本報では、 $K$  の大きさの程度のみを問題にするのであるから、 $K$  の変動があっても構わないが、一応の基準を上記述べた訳である。 $K$  と生物密度の倍増時間  $T$  との関係

$$K = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0.693}{T}$$

および式(7)から次式を得る。

$$T = \frac{0.693}{K} = \frac{0.693 \Delta t}{\ln(S_2/S_1)} \quad (8)$$

図3の右下の部分には、海洋生物密度の倍増時間  $T$  と滞留漁場または海洋生物群の幅  $L$  との関係を示す。両者とも常用対数で目盛ってある。

カツオ・サンマ・ビンナガマグロの魚群密度の倍増時間は、最盛期において滞留した主漁場の一定海面あたり資源量指数(一定海面あたりでは資源密度指数に等しい)の経時変化の値を用いて、式(8)によって算出された。これらの指数の基になる漁獲量と漁獲努力量は、カツオとビンナガマグロについては、経緯度1度区画で旬別に、サンマについては30分区画で半月別に集計されたものである。

カツオについては、北上回遊期に黒潮前線南側に主漁場が滞留した下記の3カ年の資料を用いた。すなわち、1954、1956、1962年には6月上旬~7月中旬ころに、経度145°~150°E、緯度幅3度で南北に多少変位する海域に主漁場が滞留したが、この海域における体長40~50cmの2年魚の資源量尾数指数(安楽・川崎、1966)の3旬移動平均値を用いた。漁場幅は約300kmで、倍増時は3カ年とも、ほぼ  $1.3 \times 10^6$  sec の値となったので、

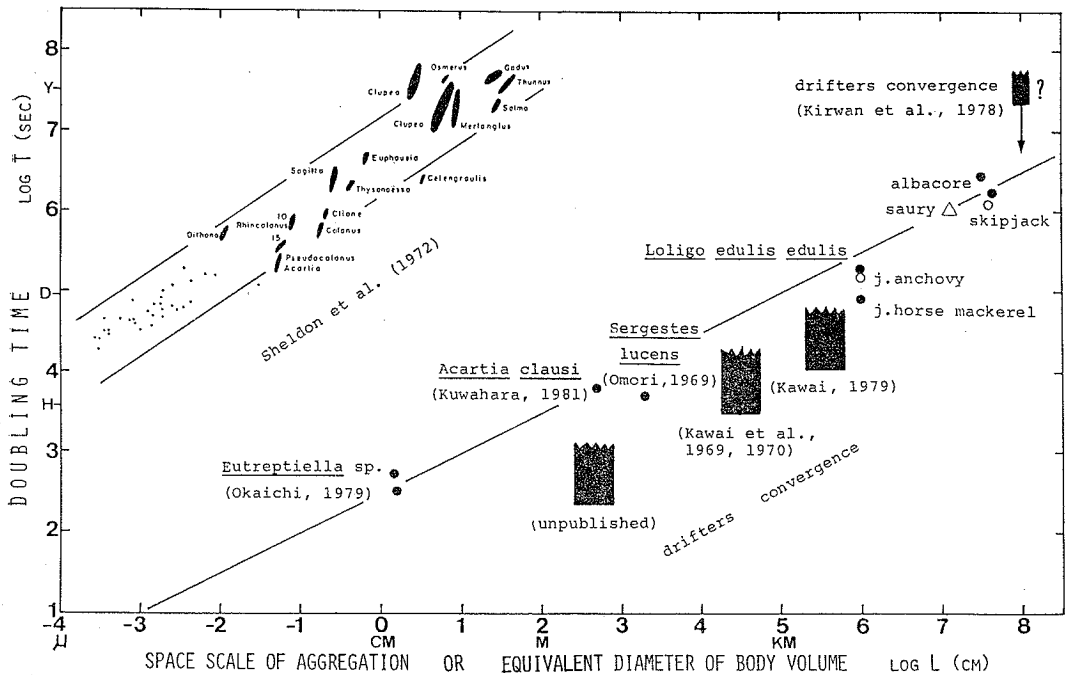


図3 変位集積による海洋生物密度の倍增時間  $T$  と滞留漁場または海洋生物群の幅  $L$  との関係。長方形は人工漂流物体による水平収束の値から得られた海面浮遊物の密度倍增時間を示す。左上: 海洋生物の体重倍增時間 = 生産集積による密度倍增時間  $T$  と生物个体容積の相当直径  $L$  との関係 (SHELDON et al., 1972)

図3ではこれらを1点で示した。

サンマについては、南下回遊期に親潮前線がほぼ東西方向に発達して主漁場が滞留した、1954年10月上旬前半と後半の  $40^{\circ}\sim 41^{\circ}\text{N}$ ,  $146.5^{\circ}\sim 148^{\circ}\text{E}$  の主漁場における漁獲統計値 (東北水研, 1960) を用いた。

ビンナガマグロについては、1977年4月の  $34^{\circ}\sim 37^{\circ}\text{N}$ ,  $145^{\circ}\sim 151^{\circ}\text{E}$  付近の高気圧性環流域内の滞留漁場における漁獲統計値 (水産庁研究部, 1979) を用いた。この主漁場は5月中旬ころまで滞留し、衛星追跡漂流ブイがちょうど主漁場を囲んで時計回りに循環していた (川合, 1981)。図3の右上の2つの黒丸は、旬と漁場区画が異なる2つの場合に対応している。

ケンサキカ・マアジ幼魚・カタクチイワシシラスについては、山口県日本海沿岸漁場において、幼魚期または産卵期に接岸し集積されると考えられる場合のものだけを選んだ。これらの漁海況については、小川 (1980) を参照されたい。また、魚群幅  $L$  としては、小川・中原 (1978) の要素個体群のスケールである5海里を採用した。

川尻ケンサキカ一本釣漁場は、5~6月の産卵期に接岸して形成される。1979年においては、出漁船数が72~88隻とあまり変化しなかったにもかかわらず、漁獲量が漸増した最盛期の5月21~23日の日別漁獲量を用いた。

マアジの幼魚 (トウマゴ, 当才魚, 体長モード6cm) については、湊を根拠地とする棒受網漁の最盛期において、出漁船数が32~35隻とほぼ一定であったにもかかわらず、漁獲量が漸増した1964年5月30日~6月1日の日別漁獲量を用いた。

カタクチイワシシラス (秋生まれ, 体長約2cm) については、油谷湾における船曳網漁の最盛期であった1978年10月19~20日の日別1統あたり漁獲量を用いた。

*Acartia clausi* (体長0.9~1.2mm) については、舞鶴湾において1975年6月17日に観測された資料 (桑原, 1981) を用いた。本種は日没後に上昇し、水温躍層により阻止されて、その付近に集積分布を生ずるものである。

*Sergestes lucens* (サクラエビ, 体長3~4cm) につ

いては、駿河湾において1967年3月10日に観測された資料 (OMORI, 1969) を用いた。本種は正午ころ200m 深付近にあったものが、4時間後に60~80m深にまで上昇し、密度も5.4倍ほどに集積された。以上2例は、水平集積よりも鉛直集積に関するもので、適切ではないが、他によい資料が入手できなかったので止むを得なかった。

*Eutreptiella* sp. (青潮より分離した鞭毛藻、体長30~40 $\mu$ ) については、実験室における走光性を利用した集積実験結果 (岡市, 1979) によった。

図3には、人工漂流物体群の同時追跡結果に基づく水平収束の値から算出された、海面浮遊物の密度倍増時間も示されている。これは、一塊の海面浮遊物の変位集積係数が、

$$K = -\nabla \cdot \mathbf{V} = -\frac{1}{A} \frac{dA}{dt}$$

により表されるという考え方に基づいている。ここに、 $A$ は浮遊物を囲んで海面に展開された人工漂流物体群が形作る多角形の面積を示す。図3の3つ並んだ短冊型長方形のうち、左側のは舞鶴湾における3個の塩ビパイプブイ (未発表)、中央のは四国沖の黒潮シアゾーン付近における4個のコーナー反射器つきブイ (川合ら, 1969, 1970)、右側のは丹後海における16個のレンズレフつきブイ (川合, 1979) の追跡結果による。また、右上の小さい長方形は、北東太平洋における20数個の衛星ブイの追跡結果 (KIRWAN *et al.*, 1978; 図5) に基づく概算値による。

#### 5. 海洋生物の変位集積係数のスケール依存性に関する考察

図3の中央付近には、勾配1/2の右上りの実線が引かれてあり、変位集積による海洋生物密度の倍増時間  $T$  と、滞留漁場または生物群の幅  $L$  との間には、

$$T \propto \sqrt{L} \quad (9)$$

の関係が成りたつように見える。変位集積係数  $K$  については、式(8)により

$$K \propto 1/\sqrt{L} \quad (10)$$

の関係となる。これらの関係が成りたつ仕組みについては、稿を改めて論じたい。

図3の3つ並んだ短冊型長方形は、勾配1/2の回帰直線より1目盛近く下側にずれている。これは、この程度の空間スケールにおいては、海面浮遊物の密度倍増時間が、海洋生物群の変位による密度倍増時間の数分の1か

ら1/10の大きさであることを示している。いいかえれば、海面における流速収束(十生息層における流速収束)よりも大きいことを示している。しかし、この大小関係は、図3右上の小さい長方形が示しているように、もっと大きい空間スケールにおいては、逆転するものと考えられる。ただ、この小さい長方形の示す倍増時間は、1カ月という長い時間間隔に対するブイ群の変位図から求められた過大推定値であり、大きい長方形のように、水平収束が最大となるころに対する値を求めれば、1目盛以上、小さくなるであろう。上述のことは、水平発散が(したがって水平収束も)、 $L^{2/3}$ または $L$ に逆比例するという推定 (川合, 1976) とも合致している。図3にも、ほぼこの傾向が現われている。なお、生息層における流速収束は、厚みのある層内で正負うち消しあうために、海面収束よりも、かなり小さくなる。

図3の左上には、微小プランクトンからマグロまでのいろいろな海洋生物の体重倍増時間と、個体容積の相当直径との関係が示されている (SHELDON *et al.*, 1972)。植物プランクトンの倍増時間は、細胞分裂によるもので、図3では小さい点によって示されている。これに対して、動物プランクトンとネクトンの倍増時間は、個体成長によるもので、成長するにつれてその速度が鈍り、倍増時間が長くなるので、点ではなく右上りの紡錘形によって示されている。これらはすべて、生産集積による倍増時間を表すもので、生物群や滞留漁場のスケールとは無関係である。

図3の左上の生産集積による倍増時間と中央付近の変位集積による倍増時間とを、同じような生態区分内にある海洋生物ごとに比較することにより、表1の結果を得た。すなわち、生産集積による倍増時間は、変位集積と比べて数十倍から百倍も大きくなっている。いいかえれば

表1 生産集積と変位集積による海洋生物密度の倍増時間 (sec) の比較 (図3を参照)

	phyto-plankton	zoo-plankton	nekton
production accumulation	$10^4-10^{5.5}$	$10^5-10^{6.5}$	$10^{6.5}-10^8$
displacement accumulation	$10^2-10^3$	$10^{3.5}-10^{4.5}$	$10^{4.5}-10^{6.5}$

変位集積に対する倍増時間は、限界スケールよりある程度小さい空間スケールに対するもので、限界スケールに近づくにつれて、急に長くなり無限大に近づく。生産集積に対する倍増時間は、スケールとは無関係である。

ば、変位集積係数は生産集積係数と比べて数十倍から百倍も大きいことになる。

上述の諸関係が成りたつためには、一つの重要な条件が必要である。式(9)および(10)の関係はあくまでも生物群または滞留漁場の幅  $L$  が、限界スケール  $L_m$ 、すなわち該当生物群の全分布域に対応する空間スケールより或る程度小さいときに成りたつものである。 $L$  が  $L_m$  に近づくときには変位集積がなくなり、変位集積による密度倍増時間  $T$  は無限大に近づき、生産による倍増時間  $T_B$  を上回る(図4上)。倍増時間のかかわりに変位集積係数  $K$  を用いれば、 $L=L_m$  では  $K=0$  となるが、生産集積係数  $B$  は、上述のように  $L$  とは無関係に一定であるから、 $L$  が  $L_m$  に近づくところでは、 $B$  が  $K$  を上回ることが起きる(図4下)。

上述の限界スケール  $L_m$  は、生物種、生物群の階層的位置、海洋地形、水塊配置などにより、いろいろと変化するものであるから、図4はあくまで概念図にすぎない。

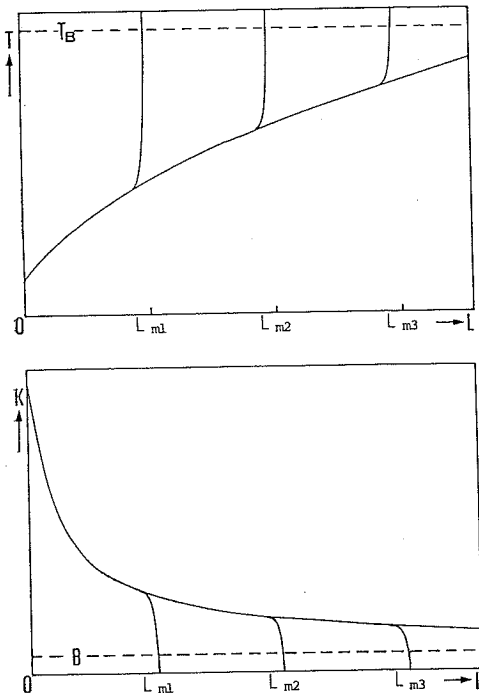


図4 滞留漁場または海洋生物群の幅  $L$  に対する変位集積による海洋生物密度の倍増時間  $T$  (上図) および集積係数  $K$  (下図) の関係。普通では、 $T \propto \sqrt{L}$ 、 $K \propto 1/\sqrt{L}$  であるが、限界スケール  $L_m$  では、 $T = \infty$ 、 $K = 0$  となる。 $B$ : 生産集積係数。 $T_B$ : 生産による倍増時間

## 6. 結論的要約

(1) 漁業生産力を論ずるにあたっては、海洋生物の変位集積の問題を無視できない。とくに、一過性の魚類の漁業生産力にとっては、この問題が重要である。

(2) 海洋生物の集積分布の形成要因を類別しなおし(図2)、海面あたりの生物密度の集積係数に関する方程式を導いた。

(3) 限界スケールに近づかない限り、変位集積係数は生産集積係数を大幅に上回る。

(4) 空間スケールが大きくなると、変位集積係数は小さくなる。それは、ほぼ空間スケールの平方根に逆比例する。

(5) 数十 km 以下の空間スケールでは、海水の流速収束による海面浮遊物集積係数は、生物の遊泳収束による集積係数を上回るが、数千 km 以上の空間スケールでは、大小関係が逆転するものと考えられる。

## 謝 辞

本稿について種々有益な御助言を賜わり、また山口県日本海沿岸に接岸し滞留した各種漁場の漁獲統計資料を、丹念に探して御提供頂いた山口県外海水産試験場小川嘉彦博士に対し、衷心よりお礼を申し上げる。

## 文 献

- 安楽守哉, 川崎 健 (1966) 日本近海におけるカツオ・ビンナガの来遊量とその変動について (第2報). 東北水研報告, 26, 9-33.
- HAURY, L. R., J. A. MCGOWAN and P. H. WIEBE (1978) Patterns and processes in the timespace scales of plankton distributions. *In* Spatial pattern in Plankton Communities, J. H. Steele (ed.). Plenum Press, New York and London, 277-327.
- HUTCHINSON, G. E. (1953) The concept of pattern in ecology. *Proc. Acad. Natur. Sci., Phila.*, 105, 1-12.
- 岩波書店 (1977) 生物学辞典, 第2版, 1954 pp.
- 科学技術庁資源調査所 (1980) 海洋生物の生産力把握に関する調査. 289 pp.
- 川合英夫 (1976) 収束・発散と海の粒々物理学. 海洋学講座2, 東大出版会, 103-155.
- 川合英夫 (1979) 流れの細部構造の実測例と浮遊粒子の集散に及ぼす影響の推測. 水産土木, 16(1), 25-32.
- 川合英夫 (1980) 赤潮生物の物理的集散. 赤潮に関する近年の知見と研究の問題点. 日本水産資源保護協会, 東京, 88-96.
- 川合英夫 (1981) ビンナガ竿釣漁場の分布・移動と黒潮流系の構造との関連. 1981年度日本海洋学会春季大会, 講演要旨集, 日本海洋学会, 4-5.
- 川合英夫, 坂本久雄, 百田方子 (1969) 黒潮表層水の

- 収束発散に関する研究-I. 南西水研報告, 1, 1-14.  
川合英夫, 坂本久雄 (1970) 黒潮表層水の収束発散に関する研究-II. 南西水研報告, 2, 19-38.  
川那部浩哉, 原田英司 (1964) 生物学的生産に関する諸概念の検討. 生理生態, 12, 300-316.  
KIRWAN, A. D., G. J. McNALLY, E. REYNA and W. J. MERRELL, Jr. (1978) The near-surface circulation of the eastern North Pacific. J. Phys. Oceanogr., 8, 937-945.  
小林 博 (1973) 赤潮現象による魚類死の生理学的考察. 水産土木, 9(1), 37-47.  
桑原昭彦 (1981) プランクトンの集中分布パターンの形成に及ぼす水温躍層の影響. 京都大学学位申請論文. 138 pp.  
LASKER, REUBEN (1975) Field criteria for survival of anchovy larvae: The relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first finding. Fishery Bull., 73(3), 453-462.  
沼田 真 (編) (1974) 生態学辞典. 築地書館, 東京, 469 pp.  
小川嘉彦 (1980) 沿岸域における海況変動と漁業生産. 沿岸海洋研究ノート, 17(2), 131-144.  
小川嘉彦, 中原民男 (1978) 浮魚類の要素個体群の構造とその漁業生物学的意義. 水産海洋研究会報, 33, 15-24.  
岡市友利 (1979) 培養中にみられる鞭毛藻類のパッチ形成について. 海洋科学, 118, 650-654.  
岡市友利 (1980) 赤潮生物の生物的集積. 赤潮に関する近年の知見と研究の問題点. 日本水産資源保護協会, 東京, 81-88.  
OMORI (1969) The biology of a sergestid shrimp *Sergestes lucens* HANSEN. Bull. Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo, 4, 1-83.  
SHELDON, R. W., A. PRAKASH and W. H. SUTCLIFFE, Jr. (1972) The size distribution of particles in the ocean. Limnol. Oceanogr., 17, 327-340.  
STAVN, R. H. (1971) The horizontal-vertical distribution hypothesis: Langmuir circulation and Daphnia distributions. Limnol. Oceanogr., 16, 453-466.  
水産庁研究部 (1979) 昭和52年かつお竿釣漁業場別統計調査結果報告. 333 pp.  
東北区水産研究所 (1960) 東北区水産研究所海洋資源年報, 昭和29年度, サンマ資源篇. 71 pp.

## 質疑応答

- 質問: 遊泳力(群をつくる性質)のある魚の方がドリフターより集積速度が遅いのは何故ですか。また, 遊泳力の小さなプランクトンなどはドリフターと同じレベルになってよいと思いますが。(杉本, 東大海洋研)  
答: プランクトンでも, 例えば植物プランクトンでさえも光によって日周運動するように集積速度としては, かなりの運動をするものと考えられます。魚の集積速度が遅いのはよくわかりませんが突進速度, 回避速度などすべて異なる場合が多く, かなり自律的な運動をするためではないでしょうか。  
質問: いまの話は魚の群自体のスケールではなく漁場とか生息水域全体をみての議論ですね。(平野, 東大海洋研)  
答: その通りです。  
質問: 群をつくるときの運動と群れが動くときの違いについてのデータはないでしょうか。(辻田, 東海大)  
答: 単純に  $V/n$  などのように体長と遊泳速度をとってみただけです。

## 5. まぐる漁場の環境特性とその変動の例

花本 栄二 (神奈川県水産試験場)

全世界的にみて, 主としてまぐる類が集積する所は産卵場, 潮境域, 湧昇流域, 水温躍層の浅い海域, 海底隆起域, といった海域で, このうち, 産卵場を除いて, いずれも餌料生物の多いと思われている海域である。一方, 肉食性魚類の産卵場は栄養源となるべき餌料生物の少ない海域と考えられている(河井・他, 1979)。

この産卵場以外の海域でまぐる類が多く集る原因として, これらの海域はいずれも受光層内で栄養塩が多く, そのため, そこでは光合成による植物プランクトンの高

生産が行われ, したがって, 動物プランクトン, 餌料生物が多く, そして, この餌料生物を求めてまぐる類が集るという食物連鎖論からの説明がなされている。しかし, これらの間には, 必ずしも普遍性があるわけではなく, 魚種, 場所などによる相違, また, 時間による変動もみられている。そこで, 以下これらのことについて述べる。

潮境域 他の魚同様, まぐる類も潮境域に集積するが, 潮境の移動にともない, 漁場も移動している。一般に, 西部熱帯太平洋では南赤道海流と北赤道逆流の潮境