

ガラモ場周辺の流れの観測と幼胚着底数密度分布の予測

| | |
|-------|---------------------------|
| 誌名 | 日本水産學會誌 |
| ISSN | 00215392 |
| 著者 | 杜, 多哲 飯倉, 敏弘 北村, 章二 |
| 巻/号 | 55巻7号 |
| 掲載ページ | p. 1173-1181 |
| 発行年月 | 1989年7月 |

ガラモ場周辺の流れの観測と幼胚着底数密度分布の予測

杜多 哲, 飯倉敏弘, 北村章二

(1989年1月12日受付)

Current Measurement and Prediction of the Distribution of Settled *Sargassum* Propagules

Satoru Toda,* Toshihiro Iikura,* and Shoji Kitamura*

In order to predict the distribution of *Sargassum* propagules settled on sea bottom, we made field observations of water movement around the *Sargassum* forest in Gokasyo Bay, Mie Prefecture, Japan.

Average vertical eddy diffusion coefficient (K_z) calculated from vertical velocity was $1.3 \text{ cm}^2/\text{s}$ in near shore *Sargassum* forest and $2.4 \text{ cm}^2/\text{s}$ in offshore region. Using these values and sinking velocity of the propagules, we solved the vertical transport equation and estimated vertical flux of propagules at sea bottom as a function of time after release.

The variance (σ^2) of horizontal displacement calculated from measured velocity showed good agreement with the power law $\sigma^2 = at^m$. Combining the vertical flux and horizontal diffusion, we proposed a model that predicts the distribution of *Sargassum* propagules settled on sea bottom. The predicted distribution agreed well with actually measured distribution of propagules of *S. horneri* in offshore region.

藻場造成の手法の1つとして既存の藻場の周辺にブロック等の付着基盤を投入して藻場の拡大を図る方法が広く用いられている。この場合に放出された幼胚がどの程度まで拡散するか、また着生数密度はどの程度かということが問題となる。藻場周辺の物理環境¹⁻³⁾ 海藻幼胚の特性に関する知見⁴⁾ は徐々に増えつつあり、また幼胚の広がりに関する観察^{5,6)} もいくつかみられるが、物理環境と海藻幼胚の着生数の分布とを直接に対応させるという研究はなされていない。前報⁷⁾ において筆者らは実験用付着基盤を海底に設置することによって、三重県五ヶ所湾内のガラモ場におけるアカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh 幼胚の着生数の分布を調べ、その中で一定の底深(平均水面から測った海底までの水深)を境としてそれより深い所では、得られた着生数の分布は海水流動による拡散および着底を反映していると考えられることを報告した。本報告では、同じ海域において流れを測定した結果から幼胚の広がりを予測し、それを幼胚着生数のデータと比較することによって、予測手法の検討を行う。

拡散係数の算出方法としては、染料あるいは浮標群を追跡する手法が多く用いられているが、この方法は長期のデータ取得が難しく、また海藻の存在のために浮標の

動きが妨げられること、濃度測定のための船の移動が困難なこと等の難点がある。そこで本研究では、固定点における流速測定から拡散を推測することとした。

幼胚の広がりに関する海水流動については、鉛直方向と水平方向とに分けて考え、鉛直方向の乱れは幼胚の海水中での滞留時間を変化させるという観点で鉛直拡散係数を求め、それから滞留時間の変化の予測を行う。次いで、この滞留時間に対応した水平拡散について、観測結果から幼胚の移動範囲を統計的に予測する。最後に、滞留時間と水平拡散とを組み合わせることで幼胚着生数の分布の予測を行い、前報で報告した現地での幼胚の広がりとのデータと比較する。

方 法

観測は、すべて三重県五ヶ所湾の中津浜浦にある養殖研究所研究水面で行った。観測海域および測点図を Fig. 1 に示す。藻場周辺の流れを測定するために、以下の観測を行った (Table 1)。

CASE 1: 幼胚が母藻から離れて、海底面上の基盤に到達するまでの海水中での滞留時間は、幼胚の大きさ・形状・比重等で決まる沈降速度と、海水中の鉛直方向の乱れで決まってくる。そこで、1985年4月30日と5

* 水産庁養殖研究所 (National Research Institute of Aquaculture, Tamaki, Mie 519-04, Japan).

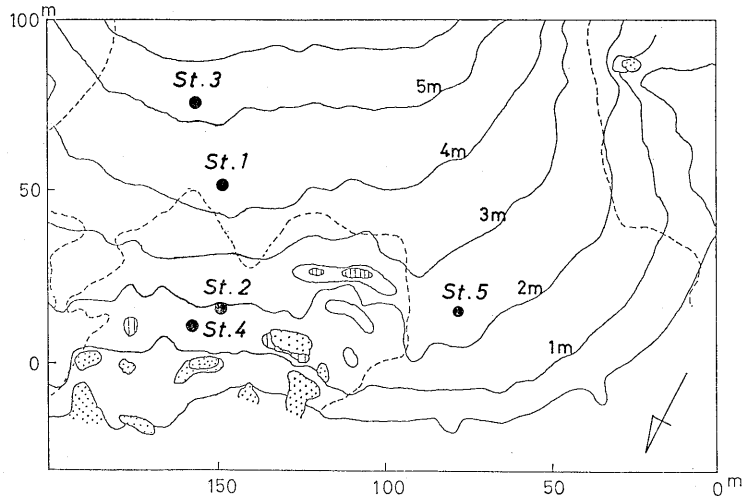


Fig. 1. Location where currents were measured. Broken lines indicate the rock or gravel region.

Table 1. List of current measurements around *Sargassum* forests. Location of study site is shown in Fig. 1

| Name | St. | Depth (m) | Sensor height (m) | Sampling interval | Length of one record and duration of measurement | | |
|----------|-------|-----------|-------------------|-------------------|--|---------------|-------------|
| CASE 1-1 | St. 1 | 5.0 | 0.4-2.8 | 0.317 s | 3 min | Apr. 30, 1985 | 13:00-15:00 |
| CASE 1-2 | St. 2 | 3.0 | 0.3-3.0 | 0.317 s | 3 min | May 2, 1985 | 12:30-16:00 |
| CASE 2-1 | St. 3 | 6.2 | 2 | 1 min | 1 day | Mar. 9, 1987 | 11:00- |
| CASE 2-2 | St. 3 | 6.2 | 2 | 10 min | 19 day | Apr. 14, 1987 | 0:00- |
| CASE 3 | St. 4 | 2.5 | 1 | 5 s | 1 day | Apr. 23, 1986 | 10:00- |

月 2 日に、藻場の沖側 (St. 1) および藻場内 (St. 2) において、電磁流速計によって乱れの鉛直分布を測定した。流速の 3 方向成分を同時に測定するために電磁流速計 2 台 (計測技研 VM 201 型) を用い、水深ごとに約 3 分間の測定を行った。測定結果はデータレコーダーに記録し、0.317 秒間隔でデジタル化して解析した。

CASE 2: 対象海域には岸沿いの底深が約 3 m 以浅の藻場と、離岸距離が 50 m 以上で底深が 5 m 以深の藻場の 2 つのタイプが存在する。前報において、多数の付着基盤を設置して得られた幼胚の分布から、岸側では波による振動流のため幼胚の着生数は少ないが、沖側ではその影響はわずかで、幼胚の広がりには拡散を反映しているという考えを述べた。そこで沖側の藻場周辺の流れによる水平拡散を知るために、Fig. 1 の ST. 3 に磁気記録式の電磁流速計 (鶴見精機 MTCM 6) を設置して測定を行った。第 1 回目の測定 (CASE 2-1) は 1987 年の 3 月 9 日から 1 分間隔で 1 日間行った。このときのデータは、流速計の特性から 2.5 秒間隔の測定データを 24 個平均したものである。第 2 回目 (CASE 2-2) は、1987 年 4 月 14 日から 5 月 3 日まで 10 分間隔で測定した。

このデータは、5 秒間隔のデータを 120 個平均したものである。

CASE 3: 岸側の藻場においては実験用付着板への着生数が少ないことが明らかとなっているが、これは前報で示したように実験に用いた付着板が面積 50 cm² と小さい平坦な平面であり、この上へ落下した幼胚が、仮根が付着板に着生する前に波による振動流によって動かされ、付着板から落下したことが大きな原因であると考えられる。幼胚の広がりについては沖側と同じ機構と考えて比較のために超音波流速計 (海上電気 FC-310D) を藻場の中心部の St. 4 に 1 日間設置して測定を行った。測定データはデジタルデータレコーダーに 5 秒間隔で記録した。

結 果

CASE 1: 電磁流速計による測流結果の一例 (Fig. 2) によれば、水平流速には波の影響と考えられる振動流がみられる。約 3 分間の時間長に対する平均流はきわめて微弱で (北向流成分 0.15 cm/s, 東向流成分 0.55 cm/s), 系統的な変化は見いだせず、標準偏差の方が大きい傾向

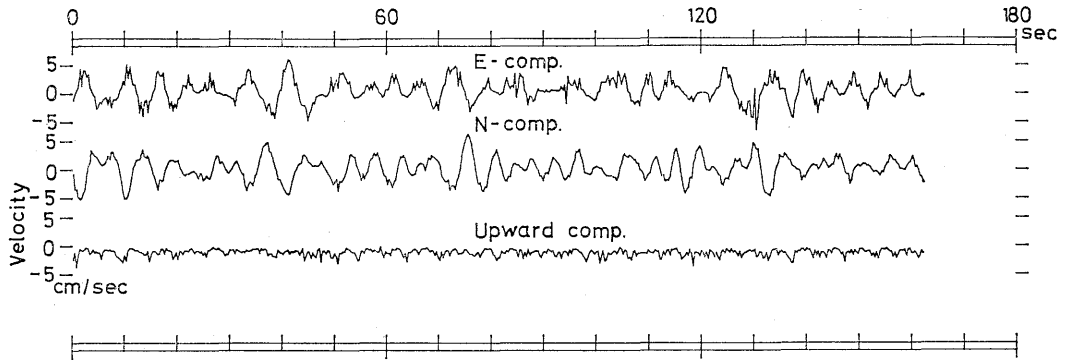


Fig. 2. Examples of measured velocity at St. 2 on 2 May 1985 (CASE 1-2). Sensor height was 30 cm above the sea bottom.

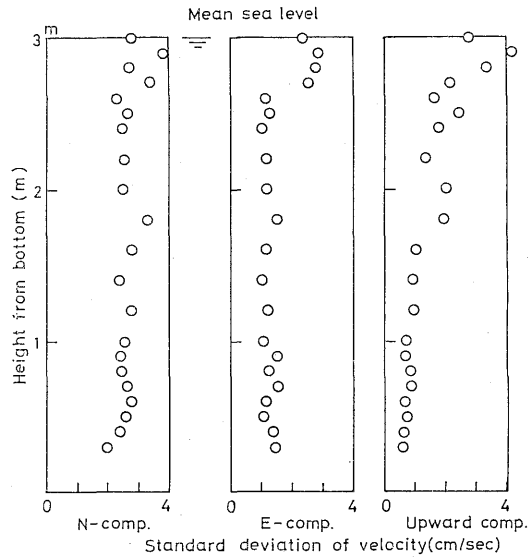


Fig. 3. Profiles of standard deviation of velocity at St. 2 on 2 May 1985 (CASE 1-2).

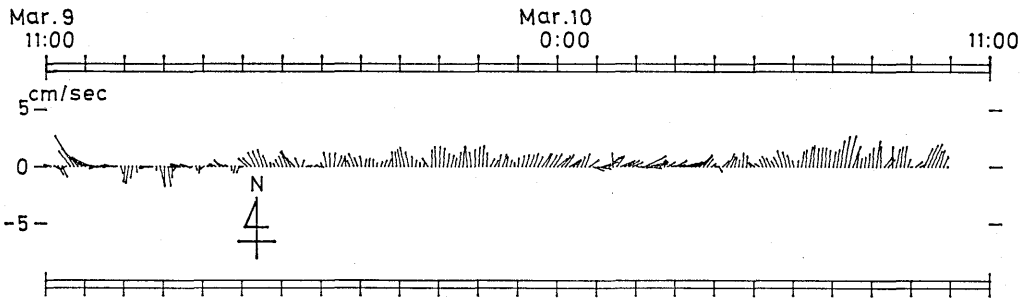


Fig. 4. Stick vector diagram of velocity at St. 3 from 9 to 10 March 1987 (CASE 2-1).

がみられた。標準偏差の鉛直分布を Fig. 3 に示す。藻場内での流速の標準偏差は上方ほど大きく、波による振動流成分が流速変動の主要部分を占めていることを示している。

CASE 2: 測定結果を Fig. 4, Fig. 5 に示す。いずれも 12 データの平均値をプロットした。Fig. 5 では、4 月 22 日頃に 5 cm/s 以上の流速がみられるが、その他の期間では 1 cm/s 程度の流速となっている。また全般的

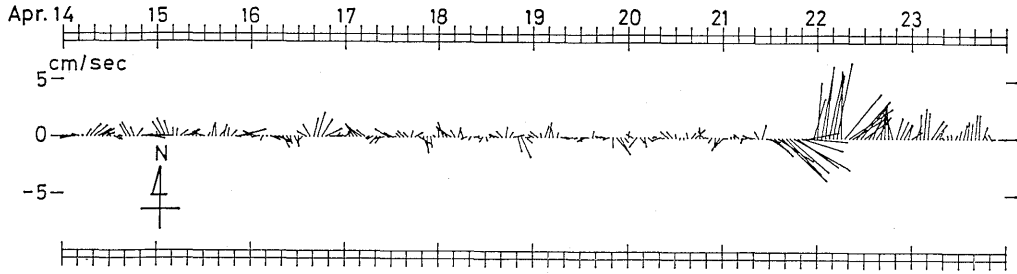


Fig. 5. Stick vector diagram of velocity at St. 3 from 14 to 23 April 1987 (CASE 2-2).

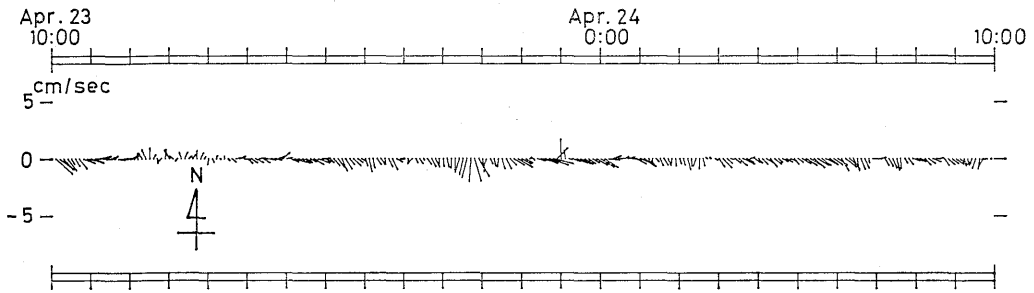


Fig. 6. Stick vector diagram of velocity at St. 4 from 23 to 24 April 1986 (CASE 3).

Table 2. Statistics for current measurements

| | CASE 2-1 | | CASE 2-2 | | CASE 3 | |
|-------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | E-comp. | N-comp. | E-comp. | N-comp. | E-comp. | N-comp. |
| mean (cm/s) | 0.13 | 0.68 | 0.37 | 0.30 | 0.42 | -0.35 |
| s.d. (cm/s) | 0.80 | 1.00 | 1.39 | 1.67 | 0.56 | 0.83 |
| max. (cm/s) | 3.30 | 5.60 | 12.70 | 8.90 | 2.75 | 3.04 |
| min. (cm/s) | -2.60 | -3.30 | -6.20 | -11.80 | -2.46 | -4.83 |
| <i>a</i> | 1.54 | 2.56 | 15.37 | 6.45 | 1.09 | 3.42 |
| <i>m</i> | 1.78 | 1.78 | 1.66 | 1.80 | 1.72 | 1.60 |
| <i>a'</i> | 2.62 | 2.59 | — | — | 1.08 | 6.60 |
| <i>m'</i> | 1.52 | 1.66 | — | — | 1.62 | 1.38 |

$\sigma^2 = at^m$: Regression based on raw data.

$\sigma^2 = a't^m'$: Regression based on the data obtained by subtracting the 20 minutes running mean from the measured velocity.

には北向流が卓越し、それに上げ潮の流入 (N-NE) と下げ潮の流出 (S-SE) の潮汐流が重なったパターンを示している。

CASE 3: CASE 2 と比較するために、得られた 5 秒間隔のデータから 1 分間の平均を求め Fig. 6 に示す。流速の絶対値は CASE 2 よりさらに小さく、南向流が卓越していた。CASE 2 および CASE 3 の測流結果から、流速の範囲・平均・標準偏差を Table 2 に示す。

考 察

すでに述べたように、本研究では Lagrange 的な観測は行わず、固定点における測流を行った。この両者の関係については数多くの研究がなされているが、決定的な

結論を得るには至っていない。⁸⁾ 本論文では両者が近似的に等しいとみなして以下の考察を行った。

藻場内外の鉛直拡散係数 鉛直拡散係数は水柱の安定度や Richardson 数に強く依存しているので、それらのパラメーターとの組み合わせにおいて考えるべきであるが、幼胚が放出される 4-5 月においては夏にみられるような顕著な密度躍層はみられないこと、また本研究では幼胚の滞留時間の大きかな特徴の把握を目的としていることから定数と考え、その平均的な値を求めることとした。

アカモク幼胚の沈降の時間スケールの 1 つの目安としては、奥田*によって得られている沈降速度 (5 mm/s) から底深約 3-5 m では 600-1,000 秒程度の値が考えられ

* 奥田武男: 近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究, 昭和 57 年度 I-6 課題研究成績報告書, 101-110, (1982).

る。波運動による水粒子の軌跡は、微小振幅波理論の第1近似では閉曲線を描くから、この時間スケールでは鉛直拡散に影響しないと考えて、CASE 1 の測定で得られた鉛直流速成分を 21 個 (約 6.6 秒間) 移動平均を行い、波運動の影響を除いたのち次式にしたがって鉛直渦動粘性係数 (K_z) を求めた。

$$K_z = \langle w'^2 \rangle T_* \quad (1)$$

$$T_* = \int_0^\infty r_w(\tau) d\tau \quad (2)$$

ここに w' は波を除いた鉛直流速の変動成分であり、 $\langle \rangle$ は平均を表す。

積分時間スケール (T_*) を求めるうえで必要となる自己相関係数 $r_w(\tau)$ の 1 例を Fig. 7 に示す。定義では T_* を求める積分上限は無窮大であるが、自己相関係数が 0 となる時間で代用した。

求めた K_z の値は沖側で平均 $2.4 \pm 1.8 \text{ cm}^2/\text{s}$ 、藻場内で

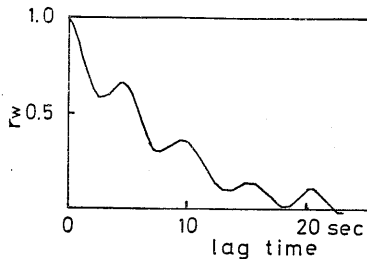


Fig. 7. An example of auto-correlation coefficient at St. 2 on 2 May 1985 (CASE 1-2). Sensor height was 30 cm above the sea bottom.

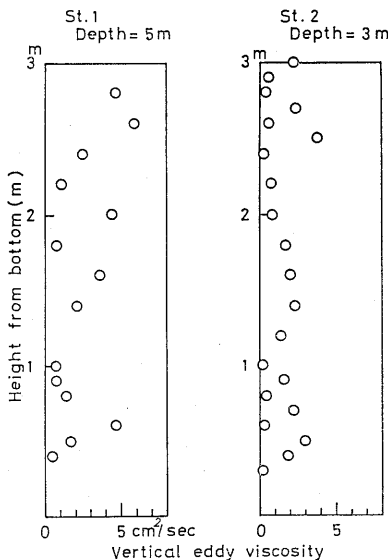


Fig. 8. Profiles of vertical eddy viscosity at St. 1 on 30 April (CASE 1-1) and at St. 2 on 2 May (CASE 1-2), 1985.

平均 $1.3 \pm 1.0 \text{ cm}^2/\text{s}$ であった (Fig. 8)。 K_z は鉛直渦動粘性係数であり、本来は拡散係数とは異なったものであるが近似的に等しいと見なした。

得られた鉛直拡散係数は、海が静穏なときの測流によるものであり、時化のときには大きくなることが考えられる。しかし、対象海域は外海からのうねりが入らない地形であり、対岸との距離が 2 km ほどで吹送距離が短く風波も発達しにくい。アカモク幼胚の放出は、6 日程度の間隔で数回に分けて行われるから、⁴⁾ 海が静穏な状態で放出される場合が多いと考えて、ここで求めた値を以下の解析で用いた。

また幼胚の着生数の多かった沖側藻場域は底深 5 m 以深に広がっていたが、ここで求めた St. 1 における値は、沖側藻場周辺の鉛直拡散係数を代表できると考えた。

幼胚の滞留時間 鉛直方向の乱れが、幼胚の海中における滞留時間に及ぼす影響について検討するために、次の鉛直 1 次元輸送方程式を用いた。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + w \frac{\partial C}{\partial z} = K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (3)$$

ここに C : 幼胚の単位鉛直長あたりの個体数密度

t : 幼胚放出後の経過時間

z : 海底を 0 とした鉛直上向き座標

w : 幼胚の沈降速度で z にかかわらず一定の負の値と考える。

無限水深中で海底上の一定の高さ (z_0) から、幼胚が δ 関数的に放出された場合の個体数密度および底面におけるその Flux は、海底では吸着条件 ($C=0$) を仮定して (3) 式を解き、

$$C = \frac{Q}{2(\pi K_z t)^{1/2}} \left[\exp\left\{-\frac{(z-z_0)^2}{4K_z t}\right\} - \exp\left\{-\frac{(z+z_0)^2}{4K_z t}\right\} \right] \exp\left\{\frac{w(z-z_0)}{2K_z} - \frac{w^2 t}{4K_z}\right\} \quad (4)$$

$$F(t) = \left[wC + K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right]_{z=0} = \frac{Q}{2(\pi K_z t)^{1/2}} \frac{z_0}{t} \exp\left\{-\frac{(z_0+wt)^2}{4K_z t}\right\} \quad (5)$$

と表される。先にも述べたように沖側の藻場は底深 5 m 以深の海域に広がっていることから、幼胚の放出の高さを 5 m と仮定して (5) 式から求めた底面での Flux の経時変化を Fig. 9 に示す。放出幼胚の総個体数 Q は便宜的に 10^4 とし、 K_z が 1, 10, 100 cm^2/s である場合の計算結果を示した。この図はまた $t=0$ で $z=z_0$ にあった幼胚が、時間 t で海底に到達する確率を相対的に示したものとみることができる。この図より、 K_z が大きくなるにしたがって、到達時刻のピークは早くなるが、長時間経過してもなお着底する個体数があることがわかる。

水平拡散 母藻から放出された卵は、生殖器具の表面

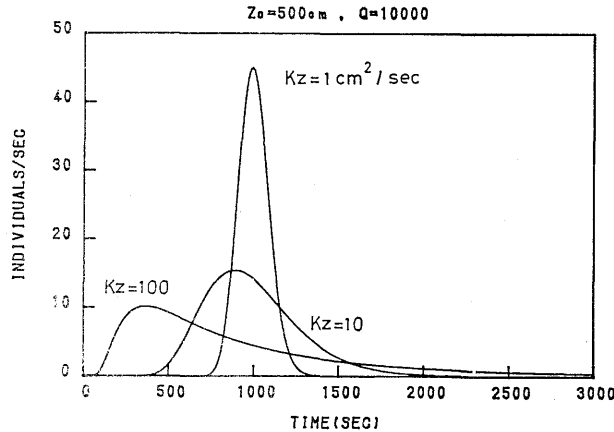


Fig. 9. Vertical flux of *Sargassum* propagules at the sea bottom estimated by Eq. (5) for $z_0=500$ cm, $Q=10000$ and three values of K_z .

に付着した状態で受精し幼胚となる。将来仮根となるべき細胞が基部に突起として盛りあがる段階で膠質柄が解離し幼胚は生殖器床から離れる。奥田⁴⁾は福岡市外の津屋崎における観察から、生殖器床上への卵の放出は6日間隔で行われる例が多く、1個体内の生殖器床では同時性が強いこと、また卵放出後、生殖器床から離れるまでの日数は、3日の場合が最も多いことを述べている。しかし幼胚放出源として藻場全体を考えた場合、平均的には一様に近く放出が行われるのか、あるいは集中的に幼胚放出が行われるのかは明らかでない。

一様放出の場合には、放出源の近くではすべてのスケールの乱れが拡散に寄与するが、放出源から離れるにしたがって大きな渦による拡散への寄与が卓越し、小さな渦による寄与は無視しうようになる。一方、集中放出の場合には、多数の幼胚の相対的な広がり問題となり、拡散にはその幼胚間隔のスケール以下の渦が有効に働く。⁹⁾そこで、この2つの場合に分けて水平拡散を測流結果を用いて定量化する。

1) 幼胚の放出が一様あるいはランダムな場合 この場合は、Taylor型の絶対拡散となり、数10分ほどの時間スケールでは、風波による振動流成分を除いて、すべてのスケールの渦が拡散に関与すると考えられる。測流結果では南北方向の流速(v)が卓越していたことから、以下この方向の成分について考える。幼胚の南北方向への移動速度が、固定点で測定した流速で近似できると仮定すると、幼胚がある瞬間に放出されてから時間 t を経過した後での南北方向への移動距離 $Y(t)$ は次式で表される。

$$Y(t) = \int_0^t v dt \quad (6)$$

t を1, 5, 10, 15分とした場合の移動距離の頻度分布図をFig. 10に示す。また水平的な広がり範囲の指標

として各時間(t)における移動距離(Y)の統計的分散(σ^2)を求め、プロットしたのがFig. 11である。図より

$$\sigma^2 = at^m \quad (7)$$

と表すことができる。各CASEについて、最小2乗法によって求めた a および m の値をTable 2に示す。

この移動距離の分散 σ^2 と拡散係数 K_y には次の関係がある。

$$K_y = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dt} \quad (8)$$

(7)式を用いるとこの式はさらに

$$K_y = \frac{1}{2} mat^{m-1} = c\sigma^r \quad (9)$$

ここに $r=2(m-1)/m$ で c は定数である。¹⁰⁾

(9)式は拡散係数のスケール依存性を表している。拡散理論によれば、 $m=1$ は K_y が一定の場合、 $m=2$ は拡散速度が一定の場合、 $m=3$ は慣性領域における拡散係数の空間スケールの $4/3$ 乗則を考慮した場合に当たり、分散初期には $m=2$ となることが知られている。Table 2の値は $m=1.7$ で2よりやや小さい値となっている。いずれにしても水平的な広がり尺度である σ は経過時間を与えることにより(7)式から予測できる。

2) 幼胚の放出が集中的に起こる場合 この場合は、いわゆるRichardson型の相対拡散となる。すなわち、放出された幼胚群の広がりには主としてその広がりスケールと同じか、それよりも小さいスケールの渦で決められ、あるスケール以上の渦は幼胚の広がりには関与しない。Fig. 9よりこのスケールに対応する時間の上限を20分程度として、測定データより20分間の移動平均を差し引き長周期成分を除いた時系列について、(1)と同じく時間ごとに移動距離の標準偏差を求めた。これから前と同じように a' と m' を求めた結果をTable 2に示す。いずれの場合についても、 σ^2 は1-数10分程度以上

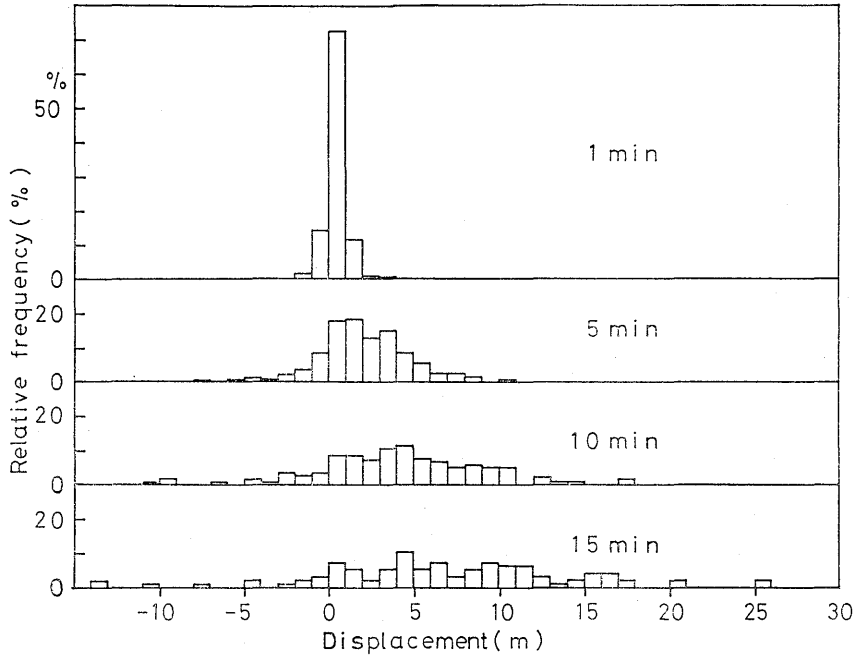


Fig. 10. Histograms of horizontal displacement of propagules calculated by Eq. (6) for $t=1, 5, 10, 15$ minutes (CASE 2-1, N-S component).

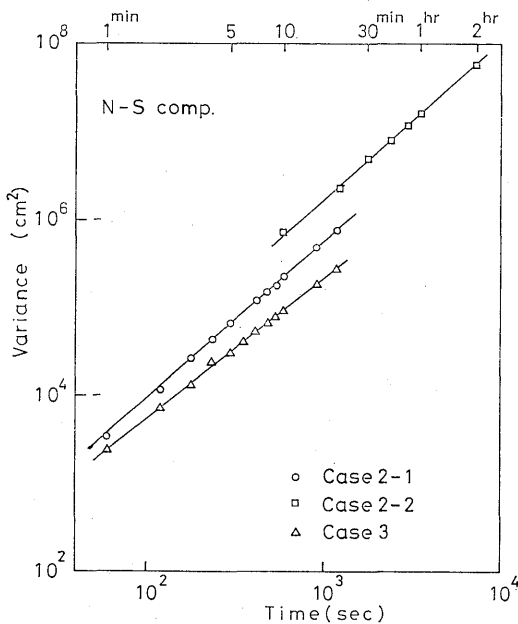


Fig. 11. Regressions of variance (σ^2) of horizontal displacement of propagules vs. time. (O: CASE 2-1, □: CASE 2-2, △: CASE 3)

の時間スケールでは Taylor 型の絶対拡散であると考へた場合よりも小さくなっている。

幼胚の広がりへの予測 幼胚の水平的な移動距離の分布

形が次の Gauss 分布で表されると仮定する。

$$f(x, t) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-u_0t)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (10)$$

ここに u_0 は恒流成分である。

幼胚の着底数密度 $p(x)$ は (5) 式と (10) 式の積を全滞留時間について積分することにより求められる。

$$p(x) = \int_0^\infty F(t)f(x, t)dt \quad (11)$$

(11) 式を差分化して数値的に幼胚着底数密度の分布を求めた一例を Fig. 12 に示す。図中の A の曲線は、沖側藻場の周辺域の代表点である St. 1 での観測 (CASE 1-1) から得られた鉛直拡散係数, St. 3 での観測 (CASE 2-1) から得られた移流成分および t と σ^2 の関係式を用いて計算した。また B の曲線は、岸側藻場周辺の代表点である St. 2 (CASE 1-2) および St. 4 (CASE 3) での測流結果を用いた。

t と σ^2 の関係式については、Richardson 型の相対拡散と考へて求めた場合は、広がり範囲がきわめて小さくなったことから、Taylor 型の絶対拡散と考へて求めた t と σ^2 の関係式を用いた。

次に、前報で得られた付着板 1 枚あたりの幼胚の着生数の分布と、提案したモデルによる分布とを比較した。前報の Fig. 2 の分布のうち、底深 3 m 以深のものについて、岸から沖に向かう各測線上の最大値が得られた点を中心として、中心からの距離と着生数の関係を求めて

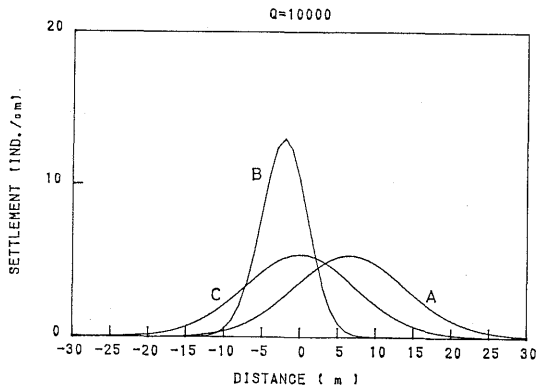


Fig. 12. The number of propagules (cm^{-1}) estimated to settle to the sea bottom by Eq. (11) for $Q=10000$.

A: $Z_0=500$ cm, $K_z=2.4$ cm^2/s , $u_0=0.68$ cm/s , $\sigma^2=2.56 t^{1.78}$

B: $Z_0=300$ cm, $K_z=1.3$ cm^2/s , $u_0=-0.35$ cm/s , $\sigma^2=3.42 t^{1.6}$

C: $Z_0=500$ cm, $K_z=0$ cm^2/s , $u_0=0$ cm/s , $\sigma^2=2.56 t^{1.78}$

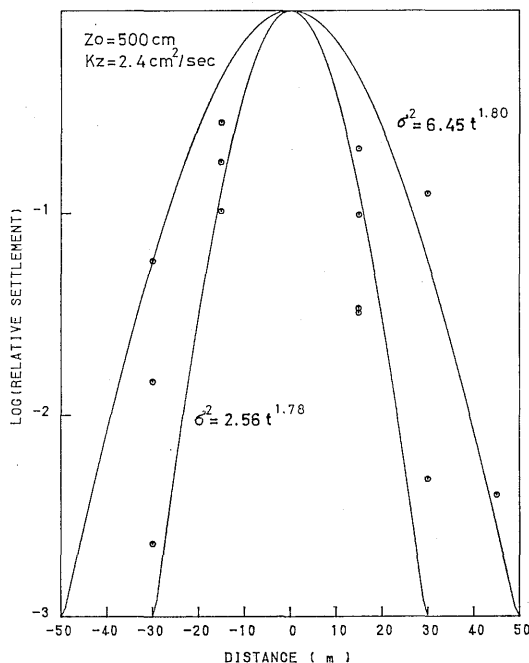


Fig. 13. Comparison of estimated number of propagules settled to sea bottom with observed one (O). Solid lines show the estimated distribution of propagules [by Eq. (11)].

A: $Z_0=500$ cm, $K_z=2.4$ cm^2/s , $u_0=0.68$ cm/s , $\sigma^2=2.56 t^{1.78}$

B: $Z_0=500$ cm, $K_z=2.4$ cm^2/s , $u_0=0.30$ cm/s , $\sigma^2=6.45 t^{1.80}$

Fig. 13 に示す。この図では縦軸は着生数の最大値で無次元化し対数で表してある。着生数は幼胚が付着板上に着底したのち、仮根によって着生しはぼ1カ月を経過したものである。従って、着底の後の剥離、着生後の生き残りの影響をも含んでいるが、前報で述べたように、沖側藻場域では付着板からの剥離は小さいと考えられること、また生き残り率は平均的には一定とみなせることから、相対的な着底数の分布を反映しているものと考えられる。

また同図には、これに対応して Fig. 12 の A の場合、および t と σ^2 の関係として CASE 2-2 の関係式を用いた場合の着底数密度の分布の計算結果を実線で示した。なおこの場合、計算より得られた着底数密度のピークの位置を中心として図に示した。

現実の海においては、母藻の分布・幼胚放出の高さ・放出様式等、不明確な要素も数多いが、測定された幼胚の中心域からの減少の割合は、2つの曲線の間にはぼおさまっており、計算結果は幼胚着底のおよその傾向を再現していると考えられる。

簡易的な予測手法について 先に述べた方法では、鉛直拡散係数・水平移流・分散を現場の海で実測し数値積分を行わなければならない。アカモク幼胚のように沈降速度が大きく、また生育する場所が当海域のように流れが小さく底深の浅いところでは、単純に底深と沈降速度から滞留時間を求め、移流も無視して水平分散のみを考慮することで幼胚の広がり予測できるのではないかと考えられる。この場合は、(10) 式で $u_0=0$ とおき、 t として幼胚放出の海底からの高さを沈降速度で割った値を用い、(7) 式から標準偏差 (σ) を求めれば、幼胚着底数密度の分布を直ちに求めることができる。Fig. 12 の曲線 A に対応する値 ($z_0=5$ m, $w=5$ mm/s) より幼胚の滞留時間を 1000 秒とすると、標準偏差 σ は、 $\sigma^2=2.56 t^{1.78}$ の関係を用いて約 7.5 m となる。この値を用いて幼胚着底数密度の分布を計算し、Fig. 12 の中に曲線 C で示した。分布の形はさきに述べた方法で求めたものとはほぼ一致しており、当海域程度の流動環境下で広がりだけを問題にする場合には、実用的には (7) 式と (10) 式のみで予測を行うことができると考えられる。しかし、滞留時間がより長い場合や、かなり強い恒流がみられる場合については、先に述べた方法で予測を行わなくてはならない。

要 約

三重県五ヶ所湾内のガラモ場周辺の流動を測定し、アカモク幼胚着生数の分布との関連について検討を加えた。

- 1) 鉛直渦動粘性係数は藻場沖側で 2.4 ± 1.8 cm^2/s ,

藻場内で $1.3 \pm 1.0 \text{ cm}^2/\text{s}$ であった。

2) 得られた鉛直拡散係数から幼胚の滞留時間を求めた。

3) 測定データを用い移動距離の分散を求めることで水平方向の拡散を定量化した。

4) 滞留時間と水平拡散を組み合わせるにより幼胚着底数密度の分布を推定し、現地におけるアカモク幼胚の着生数の分布と比較した。この結果、ほぼ満足できる結果が得られた。

謝 辞

本研究は別枠研究 (MRP 58-61, III-6-(2)-①-e) に参加して行った。磁気記録式流速計の使用およびデータ解析に関しては、萩野静也室長をはじめ水産工学研究所水産土木工学部の方々に便宜を計っていただいた。また京都大学教授の川合英夫博士には御校閲をいただいた。ここに記してお礼を申し上げます。

文 献

- 1) T. Komatsu, H. Ariyama, H. Nakahara, and W. Sakamoto: *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **38**, 63-72 (1982).
- 2) 坂本 亘: 藻場における懸濁粒子の捕捉, 「環境科学」研究報告集, B179-S706, 文部省, 東京, 1983, pp. 73-78.
- 3) T. Komatsu and H. Kawai: *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **42**, 447-459 (1987).
- 4) 奥田武男: 海洋科学, **17**(1), 38-44 (1985).
- 5) L. Deysner and T. A. Norton: *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **56**, 179-195 (1982).
- 6) 山本 翠: 山口県内海水産試験場報告, **8**, 136-144 (1981).
- 7) 杜多 哲, 飯倉敏弘, 北村章二: 日水誌, **55**, 1161-1172 (1989).
- 8) T. Ichiye and S. Nakamoto: *La mer*, **23**, 235-248 (1985).
- 9) 日野幹雄: 流体力学, 朝倉書店, 東京, 1974, pp. 235-248.
- 10) K. F. Bowden, D. P. Krauel, and R. E. Lewis: in "Advances in Geophysics" (ed. by H. E. Landsberg and J. Van Miegheem), Vol. 18A, Academic Press, New York, 1974, pp. 315-329.