
Tome 14

Février

1976

Numéro 1

う み

La mer

昭和 51 年 2 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長 今村 豊 (東京水産大学)
委員 星野通平 (東海大学) 井上 実 (東京水産大学) 森田良美 (東京水産大学) 永田 正 (東京水産大学) 西村 実 (東海大学) 大柴五八郎 (昭和薬科大学) 杉浦吉雄 (気象研究所) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 富永政英 (鹿児島大学) 宇野 寛 (東京水産大学) 渡辺精一 山路 勇 (東京水産大学)

投 稿 規 定

1. 報文の投稿者は本会会員に限る。
2. 原稿は簡潔にわかりやすく書き、図表を含めて印刷ページで12ページ以内を原則とする。原稿 (正1通, 副1通)は、(〒101)東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館内 日仏海洋学会編集委員会宛に送ること。
3. 編集委員会は、事情により原稿の字句の加除訂正を行うことがある。
4. 論文 (欧文, 和文とも)には必ず約200語の英文 (または仏文)の Abstract (Résumé)をつけること。欧文論文には英文 (又は仏文)の Abstract (Résumé)のほかに必ず約500字の和文の要旨をつけること。
5. 図及び表は必要なもののみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図及び表には必ず英文 (又は仏文)の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行う。
7. 報文には1編につき50部の別刷を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては、実費 (送料を含む)を著者が負担する。

Rédacteur en chef Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries)
Comité de rédaction Michihei HOSHINO (Tokai University) Makoto INOUE (Tokyo University of Fisheries) Yoshimi MORITA (Tokyo University of Fisheries) Tadashi NAGATA (Tokyo University of Fisheries) Minoru NISHIMURA (Tokai University) Gohachiro OSHIBA (Showa College of Pharmaceutical Sciences) Yoshio SUGIURA (Meteorological Research Institute) Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (Institute of Physical and Chemical Research) Masahide TOMINAGA (Kagoshima University) Yutaka UNO (Tokyo University of Fisheries) Seiichi WATANABE Isamu YAMAZI (Tokyo University of Fisheries)

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits à deux exemplaires, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3 Kanda, Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 Japan.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

線型解としてみたエッジ波*

中 村 重 久**

Edge Waves as Linear Solutions

Shigehisa NAKAMURA

Abstract: Edge waves are studied as linear solutions of simple models with a straight coast line and a semi-infinite ocean. At first, reviewal remarks are given for edge waves along the coast line in a semi-infinite ocean of a constant depth. After that, a linear differential equation for edge waves in a sloped bottom ocean is derived to solve in form of Bessel function. When a certain water depth is at the coast line and the water depth increases with the distance from the coast line linearly, edge waves are characterized by confluent P functions or their asymptotic expansions.

1. 緒 言

直線状の海岸線が半無限海に面している場合、そこでのエッジ波について、線型解を求め、その特性を検討した。

まず、はじめに、一定水深の半無限海に対してエッジ波を求め、従来の基礎的研究を振り返る。次に、一定こう配の海浜でのエッジ波に関する微分方程式を導き、Bessel 関数で解ける例をあげる。

海岸線で水深があり、しかも、一定こう配の海底が沖へ延びている場合のエッジ波の問題は合流型 P 関数を解とするような微分方程式として与えられる。

2. 基礎方程式

直線状の海岸線が半無限海に面している場合を考える。海面を xy 平面とし、海岸線に沿って y 軸、海岸線に直角沖向きに x 軸、そして、 z 軸を鉛直上向きにとる。海面は、はじめ静止しているものとし、擾乱による海面の変位は微小であり、

ζ で表わされるものとする。このとき、線型表示された基礎式として、次式を考える¹⁾。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} - fv &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + fv &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial t} &= -(\zeta + h) \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここに、 u および v は流速の x および y 成分、 h は水深、 g は重力の加速度であり、 f はコリオリの効果に関するもので $f = 2\Omega \sin \varphi$ である。ただし、 Ω は地球自転の角速度、 φ は着目する水域の緯度である。

流速を水深方向に積分して、上の(1)を書きかえる。水深条件として $\zeta \ll h$ ならば、

$$U = uh, \quad V = vh \quad (2)$$

が近似的な表示として与えられる。従って、基礎式は

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} - fV &= -gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ \frac{\partial V}{\partial t} + fV &= -gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ \frac{\partial \zeta}{\partial t} &= - \left[\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

* 1975年11月26日受理

** 京都大学防災研究所, 宇治市五ヶ庄
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto
University, Gokasho, Uji, Kyoto, 611 Japan

ここで, (3) の解として

$$\left. \begin{aligned} V &= X(x) \exp [i(ky + \sigma t)] \\ V &= Y(y) \exp [i(ky + \sigma t)] \\ \zeta &= Z(z) \exp [i(ky + \sigma t)] \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

が得られるものとする。(4) を (3) に代入して,

$$\left. \begin{aligned} i\sigma X - fY + ghZ' &= 0 \\ fX + i\sigma Y + ghikZ' &= 0 \\ X' + ikY + i\sigma Z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ただし, ダッシュは変数 x に関する微分を表す。(5) より

$$Y = \frac{gh(f+k\sigma)}{f^2-\sigma^2} Z \quad (6)$$

$$X = \frac{ghi}{f^2-\sigma^2} (\sigma Z' + kfZ) \quad (7)$$

もし, h が x の関数でなくて定数であれば, $f^2 - \sigma^2 \neq 0$ のとき

$$Z'' + \frac{kf}{\sigma} Z' + \left[\frac{k(f+k\sigma)}{\sigma} + \frac{f^2-\sigma^2}{gh} \right] Z = 0 \quad (8)$$

HILL の The Sea¹⁾ においては, この式に対応するものは

$$Z'' + \frac{kf}{\sigma} Z' + \left[k^2 + \frac{f^2-\sigma^2}{gh} \right] Z = 0 \quad (9)$$

と表わされている。海岸線のごく近傍のみを考える場合には, $f \rightarrow 0$ と考えてよい。このとき, (8) は

$$Z'' + \left[k^2 - \frac{\sigma^2}{gh} \right] Z = 0 \quad (10)$$

この (10) の解は Z の係数の正負に応じて単調関数型あるいは指数関数型となる²⁾。すなわち, x 軸方向の波の特性を決定するのは, そこでみられる波の波数 k , 周波数 σ のほかに水深 h がある。

3. 一定こう配の海底をもつ海浜におけるエッジ波

ここでは, 汀線を海岸線としてとり, 前節と同じように座標系を選ぶ。一定こう配の海底に対しては, 水深は

$$h = ax \quad a: \text{定数} \quad (11)$$

と書ける。基礎式から (8) を導いたと同様にして, $[ag\sigma/(f^2-\sigma^2)] \neq 0$ の条件のもとで

$$xZ'' + \left(1 + \frac{kf}{\sigma} x \right) Z' + \left[\frac{kf}{\sigma} + \frac{kx(f+k\sigma)}{\sigma} + \frac{(f^2-\sigma^2)}{ag} \right] Z = 0 \quad (12)$$

なる微分方程式が得られる。この場合については, GREENSPAN の研究における例が対応するようである。(12) を解くために, GREENSPAN³⁾ は Laguerre の多項式を用いた。

問題をごく海岸線の近くに限る場合には, $f \rightarrow 0$ と考えることができ, このとき, (12) は

$$xZ'' + Z' + \left[k^2 x - \frac{\sigma^2}{ag} \right] Z = 0 \quad (13)$$

となる。この (13) は Bessel 関数で解ける微分方程式であって, その解は (付録参照)

$$Z = Z_{\pm\nu}(\pm kx, c) \quad (14)$$

で与えられる⁴⁾。ただし,

$$\nu^2 = \frac{\sigma^2}{ag} \quad (15)$$

4. 海岸線の水深と海底こう配

海岸線に直立した壁があり, 海岸線での水深が b であるとする。水深は海岸線から沖へ向かって線形的に増すものとし,

$$h = ax + b \quad (16)$$

と表わされるものとする。前節までと同様にして, 関数 $X(x)$ および $Y(x)$ はそれぞれ $Z(x)$ によって表わされる。そこで, $Z(x)$ を求める式として得られるものは

$$\frac{g(ax+b)\sigma}{f^2-\sigma} Z'' + \frac{g}{f^2-\sigma} [a\sigma + kf(ax+b)] Z' + \left[\frac{agkf}{f^2-\sigma^2} + \frac{kg(f+k\sigma)(ax+b)}{f^2-\sigma^2} + \sigma \right] Z = 0 \quad (17)$$

特に, 海岸線は近傍のみの小規模の現象のみに着目する場合には, $f \rightarrow 0$ として

$$Z'' + \frac{a}{ax+b} Z' + \left[-\frac{\sigma^2}{g} \frac{1}{ax+b} + k^2 \right] Z = 0 \quad (18)$$

を考えればよい。ここで、

$$ax+b=\xi \quad (19)$$

とおくことにすると (18) は (13) と同形になってしまう。

5. 漸近展開

これまで、水深が一定でない場合でも、特に $f \rightarrow 0$ と考えてもよい場合には、解として Bessel 関数を考えるとよい例があることをみてきた。しかし、一般的な検討をしようとするれば、前節の (17) を忠実に解かなくてはならない。ここで、(19) を用いて (17) を少し簡単な式に書き換える。すなわち、

$$\xi Z'' + \left[1 + \frac{kf}{a\sigma} \xi \right] Z' + \left[\frac{kf}{a\sigma} + \frac{k(f+k\sigma)}{a^2\sigma} \xi + \frac{1}{a\phi_1} \right] Z = 0 \quad (20)$$

ただし、

$$\phi_1 = \frac{ag}{f^2 - \sigma^2} \quad (21)$$

この (20) は微分方程式としては (12) と同形であり、(12) は (20) の特殊な場合であるとみることもできる。

式の特長をとらえやすくするために

$$A = \frac{kf}{a\sigma}, \quad B = \frac{k^2}{a^2}, \quad A_1 = A + \frac{1}{a\phi_1} \quad (22)$$

と書くことにすると (20) は次のようになる。すなわち、

$$\xi Z'' + [1 + A\xi] Z' + \left[A_1 + \left(\frac{A}{a} + B \right) \xi \right] Z = 0 \quad (23)$$

この微分方程式は合流型 P 関数あるいは福原の P 関数とよばれるものを解としてもち、その基本解は二つ存在する⁵⁾。

いま、(23) の中の係数について

$$\left. \begin{aligned} A &= -\rho^{(1)} - \rho^{(2)} \\ \frac{A}{a} + B &= \rho^{(1)}\rho^{(2)} \\ 1 &= 1 - \sigma^{(1)} - \sigma^{(2)} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

$$\left. \begin{aligned} 0 &= \sigma^{(1)}\sigma^{(2)} \\ A_1 &= (2\rho^{(i)} + A)\kappa^{(i)} - \rho^{(i)}, \quad i=1, 2 \\ \kappa^{(1)} + \kappa^{(2)} + \sigma^{(1)} + \sigma^{(2)} &= 1 \end{aligned} \right\}$$

なる関係を満足するような $\rho^{(1)}, \rho^{(2)}, \sigma^{(1)}, \sigma^{(2)}, \kappa^{(1)}, \kappa^{(2)}$ を用いると、(23) の一般解は、 ξ の関数 Z として、福原の合流形 P 関数を用いて

$$Z(\xi) = \widetilde{P} \left\{ \begin{array}{ccc} \infty & 0 & \\ \rho^{(1)} & \kappa^{(1)} & \sigma^{(1)} \\ \rho^{(2)} & \kappa^{(2)} & \sigma^{(2)} \end{array} \right. Z \quad (25)$$

とあらわされることになる。更に、(24) より、

$$\left. \begin{aligned} \rho^{(1)} &= \frac{1}{2} \left[-A + \sqrt{A^2 - 4 \left(\frac{A}{a} + B \right)} \right] \\ \rho^{(2)} &= \frac{1}{2} \left[-A - \sqrt{A^2 - 4 \left(\frac{A}{a} + B \right)} \right] \\ \sigma^{(1)} &= 0 \\ \sigma^{(2)} &= 0 \\ \kappa^{(1)} &= \frac{A_1 + \rho^{(1)}}{\rho^{(1)} - \rho^{(2)}} \\ \kappa^{(2)} &= \frac{-A_1 - \rho^{(2)}}{\rho^{(1)} - \rho^{(2)}} \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

なる関係が得られる。解を (25) のように表すと簡潔ではあるが、その特長をとらえたり、数値的に検討するには、少し不便を感じる。ここで、(23) が $\xi=0$ なる確定特異点と、 $\xi=\infty$ なる不確定特異点をもつことに着目する。このとき、(23) の確定特異点の回りの解および不確定特異点の回りの漸近展開は

$$Z^{(i)}(\xi) \sim e^{-\rho^{(i)}\xi} \cdot \xi^{-\kappa^{(i)}} \sum_{k=0}^{\infty} c_k^{(i)} \cdot \xi^{-k} \quad (i=1, 2) \quad (27)$$

ただし、

$$c_{k+1} = \frac{(\kappa^{(i)} + k)^2}{(2\rho^{(i)} + A)(\kappa^{(i)} + k + 1) - (\rho^{(i)} + A_1)} c_k \quad (28)$$

そして、

$$\{(2\rho^{(i)} + A)\kappa^{(i)} - (\rho^{(i)} + A_1)\} c_0 = 0 \quad (29)$$

この場合、 $c_0 \neq 0$ である。更に、(24) を考慮すると

$$c_{k+1} = \frac{(\kappa^{(i)} + k)^2}{[2\rho^{(i)} - (\rho^{(1)} + \rho^{(2)})] \cdot (k+1)} c_k \quad (30)$$

この漸近展開は Poinearé の漸近展開とよばれ、収束する級数展開の場合と違って、 ξ が有限のところでは収束しない。従って、ここで必要な関数 $Z^{(i)}(\xi)$ に完全に等しい展開式を与えるわけではないけれど、十分大きな $|\xi|$ に対して $Z^{(i)}(\xi)$ との誤差が $|\xi|^{-n-1}$ よりも小さくなる。

特に、 $f \rightarrow 0$ の場合、(26) は

$$\left. \begin{aligned} \rho^{(1)} &= \frac{ki}{a} \\ \rho^{(2)} &= -\frac{ki}{a} \\ \sigma^{(1)} &= 0 \\ \sigma^{(2)} &= 0 \\ \kappa^{(1)} &= \frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{\sigma^2}{ag} \right) \frac{i}{k} \right] \\ \kappa^{(2)} &= \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{\sigma^2}{ag} \right) \frac{i}{k} \right] \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

となり、Fuchs-福原の関係

$$\sigma^{(1)} + \sigma^{(2)} + \kappa^{(1)} + \kappa^{(2)} = 1 \quad (32)$$

が成り立っていることがわかる。

従って、

$$\xi^{-\kappa^{(i)}} = e^\eta \quad (33)$$

とすると

$$\eta = -\kappa^{(i)} \ln \xi \quad (34)$$

であるから、(27) および (31) より

$$\begin{aligned} Z^{(1)}(ax+b) &\sim \exp\left[-\frac{ki}{a}(ax+b)\right] \cdot \\ &\exp\left[-\frac{1}{2}\left\{1 + \left(\frac{\sigma^2}{ag}\right)\frac{i}{k}\right\}\ln(ax+b)\right] \cdot \\ &\sum_{k'=0}^{\infty} c_{k'}^{(1)}(ax+b)^{-k'} \end{aligned} \quad (35)$$

および

$$\begin{aligned} Z^{(2)}(ax+b) &\sim \exp\left[\frac{ki}{a}(ax+b)\right] \cdot \\ &\exp\left[-\frac{1}{2}\left\{1 - \left(\frac{\sigma^2}{ag}\right)\frac{i}{k}\right\}\ln(ax+b)\right] \cdot \\ &\sum_{k'=0}^{\infty} c_{k'}^{(2)}(ax+b)^{-k'} \end{aligned} \quad (36)$$

ただし、(35) および (36) の $c_{k'}^{(i)}$ は (28), (29) で与えられ、そのなかの因子 $\rho^{(i)}$ および $\kappa^{(i)}$ は (31) によって、また、 A, A_1 は (22) によって与えられる。

いまの場合、(31) の関係があるから、これを考慮すれば、(30) は

$$c_{k'+1} = \frac{(\kappa^{(i)} + k')^2}{2\rho^{(i)}(k'+1)} c_{k'} \quad (37)$$

と書ける。ここで、 k' を1つづつ下げていくと、結局、 $c_{k'+1}$ は $c_0, \kappa^{(i)}, k'$ および $\rho^{(i)}$ によって表わすことができることになる。すなわち、

$$\begin{aligned} c_{k'+1} &= c_0 \frac{(\kappa^{(i)} + k')^2 (\kappa^{(i)} + k' - 1)^2 \dots (\kappa^{(i)} + 1)^2 (\kappa^{(i)})^2}{[2\rho^{(i)}]^{k'+1} \cdot (k+1)k'(k'-1)\dots\cdot 2 \cdot 1} \\ &= c_0 \frac{\left[\prod_{n=0}^{k'} (\kappa^{(i)} + n) \right]^2}{[2\rho^{(i)}]^{k'+1} \cdot (k'+1)!} \end{aligned} \quad (38)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \Gamma(z_1 + n + 1) &= (z_1 + n)(z_1 + n - 1) \dots \\ &(z_1 + 1)z_1 \Gamma(z_1) \end{aligned} \quad (39)$$

なる関係を利用すると、(38) より

$$c_{k'} = \frac{c_0}{[2\rho^{(i)}]^{k'} \cdot \Gamma(k'+1)} \cdot \left[\frac{\Gamma(\kappa^{(i)} + k')}{\Gamma(\kappa^{(i)})} \right]^2 \quad (40)$$

が得られる。

この (38) あるいは (40) を用いると、(35) および (36) は次のようになる。すなわち、

$$\begin{aligned} Z^{(i)}(ax+b) &\sim \exp\left[-\frac{ki}{a}(ax+b)\right] \cdot \\ &\exp\left[-\frac{1}{2}\left\{1 + \left(\frac{\sigma^2}{ag}\right)\frac{i}{k}\right\}\ln(ax+b)\right] \cdot \\ &c_0 \sum_{k'=0}^{\infty} \frac{\left[\prod_{n=0}^{k'} (\kappa^{(i)} + n) \right]^2}{[2\rho^{(i)}]^{k'+1} \cdot (k'+1)!} (ax+b)^{-k'} \end{aligned} \quad (41)$$

あるいは

$$\begin{aligned} Z^{(i)}(ax+b) &\sim \exp\left[\frac{ki}{a}(ax+b)\right] \cdot \\ &\exp\left[-\frac{1}{2}\left\{1 - \left(\frac{\sigma^2}{ag}\right)\frac{i}{k}\right\}\ln(ax+b)\right] \cdot \\ &c_0 \sum_{k'=0}^{\infty} \frac{c_0(ax+b)^{-k'}}{[2\rho^{(i)}]^{k'} \cdot \Gamma(k'+1)} \left[\frac{\Gamma(\kappa^{(i)} + k')}{\Gamma(\kappa^{(i)})} \right]^2 \end{aligned} \quad (42)$$

広義の超幾何関数の表示法にならって、 $(a_m)_k = (a_m+k-1)(a_m+k-2)\cdots(a_m+1)a_m$ を用い、

$${}_mF_n\Gamma(a_1, a_2, \dots, a_m; \Gamma(b_0); b_1, b_2, \dots, b_n; z) \\ = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(a_1)_k (a_2)_k (a_3)_k \cdots (a_m)_k}{k! (b_1)_k (b_2)_k \cdots (b_n)_k \cdot \Gamma(b_0)} Z^k \quad (43)$$

と書くことにすれば、(41) の Σ は

$$\sum_{k'=0}^{\infty} \frac{(\kappa^{(i)}+k'-1)^2 (\kappa^{(i)}+k'-2)^2 \cdots (\kappa+1)^2 \kappa^2}{k'!} \cdot \\ \left[\frac{1}{2\rho^{(i)}(ax+b)} \right]^{k'} \\ = {}_2F_0\Gamma\left(\kappa^{(i)}, \kappa^{(i)}; 1; \frac{1}{2\rho^{(i)}(ax+b)}\right) \quad (44)$$

従って、(42) は

$$Z^{(i)}(ax+b) \sim c_0 \exp\left[-\frac{ki}{a}(ax+b)\right] \cdot \\ \exp\left[-\frac{1}{2}\left\{1+\left(\frac{\sigma^2}{ag}\right)\frac{i}{k}\right\}\ln(ax+b)\right] \cdot \\ {}_2F_0\Gamma\left(\kappa^{(i)}, \kappa^{(i)}; 1; \frac{1}{2\rho^{(i)}(ax+b)}\right) \quad (45)$$

ところで、(45) は指数部が複素数であって関数の特長をつかみにくい。いま、

$$e^z = 1 + z + \frac{z^2}{2!} + \cdots \quad (z \neq \infty) \quad (46)$$

において、 $z=(a/b)x$ とすれば近似的に

$$\ln(a+b) \sim \left(\ln b + \frac{a}{b}x\right). \quad (47)$$

この近似が成り立つ範囲について (45) は

$$Z^{(i)}(ax+b) \sim c_0 \exp\left[-i\left\{\left(k+\frac{\sigma^2}{2gbk}\right)x\right.\right. \\ \left.\left.+\left(\frac{kb}{a}+\frac{\sigma^2}{ag}\ln b\right)\right\}\right] \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\ln b + \frac{a}{b}x\right)\right] \cdot \\ {}_2F_0\Gamma\left(\kappa^{(i)}, \kappa^{(i)}; 1; \frac{1}{2\rho^{(i)}(ax+b)}\right) \quad (48)$$

6. エッジ波のパターン

既にみたように、直線状の海岸線が水深一定の半無限海に面している場合、 $f \rightarrow 0$ ならば、海岸線に平行に伝わる波として可能なものは、二つの種

類が考えられる。それは、海岸線に直角方向に沖へ向かって、波高が指数関数的に減少する場合と単調関数的に変化する場合とである。

海岸線での水深が $h=b$ であり、海岸線から沖の方へと水深が線型的に増すような場合には、前節までに得られた結果に基づいてエッジ波のパターンをとらえなくてはならない。

特に、 $f \rightarrow 0$ の場合には、 b の値が 0 であってもなくても、エッジ波のパターンは Bessel 関数によって与えられることになる。そして、 $f \neq 0$ の場合についても考慮した場合には、エッジ波のパターンは合流型 P 関数で表わされることになり、その漸近展開を求めると特長をとらえることができる。この漸近展開の後 $f \rightarrow 0$ とした場合は、前節の (45) あるいは (48) のように表わされることになる。原理的には、これは漸近展開する前に $f \rightarrow 0$ として得た Bessel 関数に一致するはずである。

簡単のため、(48) に基づいて、海岸線に直角方向に、海岸線から沖へ向かって、波高がどのように変化しているかを検討してみる。(48) のうち、

$$\exp\left[-i\left\{\left(k+\frac{\sigma^2}{2gbk}\right)x+\left(\frac{kb}{a}+\frac{\sigma^2}{ag}\ln b\right)\right\}\right] \quad (49)$$

は x 軸方向の単調関数的変化を与えるものとみることができる。更に、

$$\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\ln b + \frac{a}{b}x\right)\right] \quad (50)$$

は x 軸方向の指数関数的変化を与えているとみてよい。この (50) で表わされる項が変化しないためには、 $b=1$ かつ $a=0$ 、すなわち、水深が一定であればよい。海岸線が水深一定の半無限海に面している場合には、はじめにみたように、指数関数または単調関数のパターンのいずれかが可能であったが、(48) では両者が同時に含まれており、更に加うるに、

$${}_2F_0\Gamma\left(\kappa^{(i)}, \kappa^{(i)}; 1; \frac{1}{2\rho^{(i)}(ax+b)}\right) \quad (51)$$

なる変化もある。この (51) は $\kappa^{(i)}$ および $\rho^{(i)}$ を

含んでいるが、これらは (31) によって与えられる。(51) で表わされる関数は実数部も虚数部も変数 x の増大に対して逆関数的に変化するという特長をもっている。この逆関数的な変化は、(51) で表わされるような指数関数的な変化に比べると更に急速なものである。特に、(51) で b の値が十分に大きいときには、 ${}_2F_0$ は海岸線のごく近傍のみで意味をもっと考えてもよさそうである。

従って、水深が海岸線から沖へ向かって線型的に深くなる場合には、エッジ波のパターンは指数関数でなくて、Bessel 関数あるいは合流型 P 関数で与えられることになり、水深一定の半無限海の場合よりも急速な波高減少がみられても不思議ではないことになる。

この Bessel 関数および合流型 P 関数とその漸近展開によって、著者²⁾ の簡単な水槽実験で得られた結果の示す特長をほとんどといってよいくらいにうまく説明できるようである。ただし、本文では海岸線 (y 軸) に沿って伝わる波の波形を単調関数とし、線型的な問題として取り扱ったが、著者の実験では、非線型的な波形の例もみられたことを注意しておく必要がある。

付 録

ここでは、Bessel の微分方程式の一般解を⁴⁾

$$Z = Z_{\pm}(z, c) \text{ あるいは } Z = Z_{\nu}(z, c) \quad (A_1)$$

と書く。ここに、 c は任意の定数であり、

$$Z_{\nu}(z, c) = T_{\nu}(z) + cY_{\nu}(z). \quad (A_2)$$

そして、 $c=0, \infty, i$ および $-i$ のそれぞれに対して (A₂) は第1種 Bessel 関数(第1種円筒関数)、第2種 Bessel 関数 (Neumann 関数)、第1種 Hankel 関数および第2種 Hankel 関数と名づけられている。

文 献

- 1) GROEN, P. and G.W. GROVES (1962): Surges, Chapter 17 in "The Sea", 1, ed. M.N. HILL. Intersci. Rub., N.Y., 611-646.
- 2) NAKAMURA, S. (1975): Nonlinear lateral oscillation in a harbour model. Proc. Symposium on Modeling Techniques, ASCE, Sanfrancisco, Calif., 2, 836-853.
- 3) GREENSPAN, H.P. (1956): The generation of edge waves by moving pressure distributions. J. Fluid Mech., 1, Pt. 6, 574-592.
- 4) KORN, G.A. and T.M. KORN (1961): Mathematical Handbook for Scientists and Engineers. McGraw Hill Inc., N.Y., 1-943.
- 5) 犬井鉄郎 (1962): 特殊関数. 岩波全書, No. 252, 岩波書店, 東京, 1-376.

G.E.K. コード曳航中の水抵抗—I*

佐藤 孫七**

Water Resistance of G.E.K. Cord during Towing

Magoshichi SATO

Abstract: The measurement of sea current was performed by G.E.K. (Geomagnetic Electro-Kinetograph) by towing a cord with an electrode on board. Water resistance of the cord was one of the most important conditions observed while towing and winding up the cord. In this report, the author has described the outline, the measured value of towing-resistance and the technique of towing a cord.

1. 緒言

G.E.K. で海流の測定を行う場合には、船尾より電極を装備したコードを曳航する。

このコードに生ずる水抵抗を知ることは、コードの強度、材質の検討、コードを引き上げるとき的人力、または巻揚機の馬力の推定、および四極式 G.E.K. を扱う場合に必要のブーム、これを支える諸索の強度を計算する場合に必要である (Fig. 1-A, 1-B)。

2. G.E.K. コードの水抵抗

G.E.K. コードの水抵抗は、おもにコードの直径の大小、重さ、水中の長さ、コードの表面の粗滑の度合、および船の曳航速度によって決まるが、そのほか、海況によるピッチングなどの船体諸運動、推進器の排水流による影響などが考えられる。また、特殊の場合として海藻などの浮遊物や、同時に曳航されているスパーカー、プロトンなどの諸観測器が絡む場合はさらに大きい影響を受ける。

本報告での G.E.K. コードは直径 11 mm、電極の外側はほぼ流線型をした木枠で包まれ、水中コードの長さは 100 m、その重さは 5.9 kg、船尾から水面までの間隔は約 30 m である。測定は風力

3、波浪 2 以下の比較的平穏な海況で実施した。その実測値を Table 1 の (A) および Fig. 2 に示す。

通常、我が国の観測船の速力 9~12 kt では、G.E.K. コードの曳航中の抵抗は 16~25 kg であり、その増減はおおむね 10% 内外である。

ただし、G.E.K. コードを引き上げるときのように加速度が加わる場合、海況が上記より悪い場合

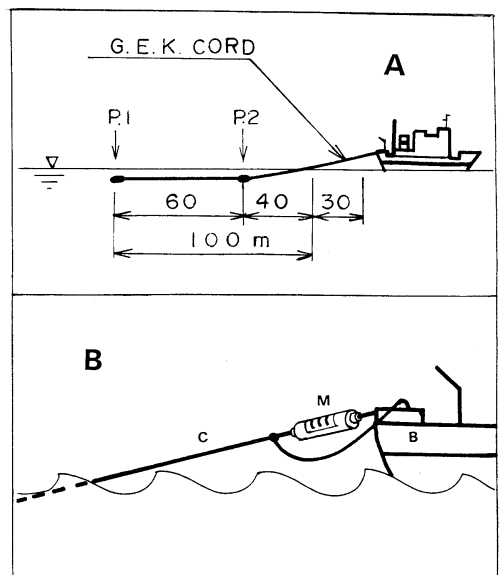


Fig. 1. Towing G.E.K. cord (A) and the measurement of resistance of G.E.K. cord in water (B). P. 1, P. 2: Electrode, C: G.E.K. cord, M: Tension meter, B: Ship's bulwark.

* 1975年12月1日受理

** 東海大学海洋学部、静岡県清水市折戸 College of Marine Science and Technology, Tokai University, Orido, Shimizu-shi, Shizuoka-ken, 424 Japan

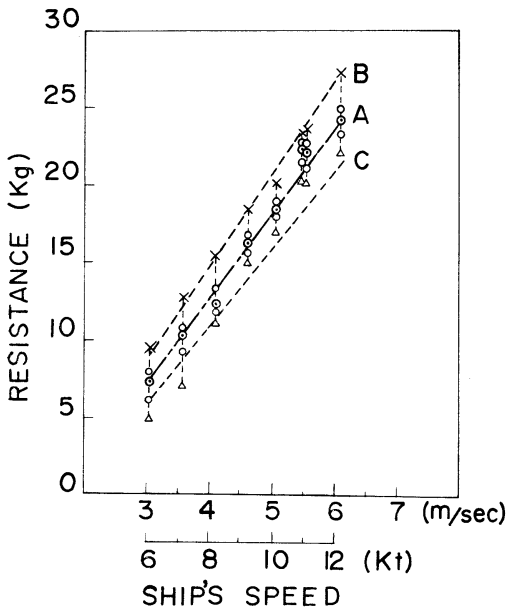


Fig. 2. Measured values of towing-resistance.

Table 1. Measured values of resistance of G.E.K. cord in water

Ship's speed		Resistance of cord (A) kg	Resistance of cord (B) kg	Coefficient
kt	m/sec			
12	6.168	24.5	22.1	0.00178
11	5.654	21.4	19.3	0.00185
10	5.140	18.4	16.6	0.00193
9	4.626	15.5	14.0	0.00201
8	4.112	12.7	11.4	0.00202
7	3.598	10.0	9.0	0.00202
6	3.089	7.5	6.4	0.00202

Diameter of G.E.K. cord: 11 mm.

Length of G.E.K. cord in water: (A), 100 m;
(B), 90 m.

Sea conditions: Wind force, 3; wave class, 2.

にはさらに抵抗は増大する。これらについては次の機会に報告する。

Fig. 2 に記入した ●, ○, ×, △ 印などの記号は, 次に示すように張力計で観測された抵抗値の傾向を示したものである。

3. 抵抗の測定法

Fig. 1-B に示すように, 張力計 (円筒型, バネ式) の一端を船尾の後端のブルワーク・レール (舷橋上) に結び, その他端に G.E.K. コードを結び

止め, かつ, 張力計の伸縮方向 (バネの伸びる方向) と, G.E.K. コードの抵抗方向とが一直線上にあるようにし, 摩擦などの影響で測定誤差が生じないように特に注意した。測定中の船速は 6~12 kt の間の各速力で, かつ, 船橋の測程儀 (速力計) の指度が各速力に対して一定になってから張力計の数値を読み取った。

なお, その指示が比較的静止していて指示度の多いときの標準数値の記号を○印とし, 最も安定し, かつ最多指示を●印, 最高を×印, 最低を△印として抵抗値を記録した。

この計測に使用した張力計の測定上の目盛の範囲は 0~100 kg である。このほかに, 円板型バネ式張力計で測定範囲 0~80 kg のものも併用し, 零点の修正などをチェックした。

4. G.E.K. コードの抵抗係数

抵抗係数は Fig. 2 の A の実験値より, 次式により計算した。

$$R_w = C_d \rho A V^2 / g \quad (1)$$

ここに,

R_w : 水抵抗 (kg), C_d : 抵抗係数, ρ : 海水密度 (1025 kg/m³), A : G.E.K. コード表面積 (m²), V : 船の速力 (m/sec), g : 重力加速度 (9.8 m/sec²)

船速と抵抗係数 C_d との関係を Table 1 および Fig. 3 に示す。

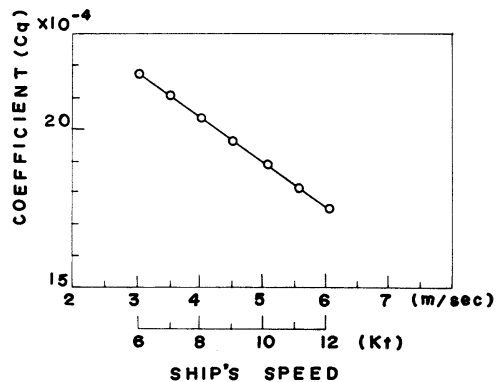


Fig. 3. Relation between ship's speed and drag coefficient.

Length of cord in water: 100 m

Table 2. Relation between weight of cord in water (W) and placed at right angle to stream (R_w')

Ship's speed kt	Resistance of cord R_w' (kg)	Weight of cord W (kg)	Ratio $W: R_w'$	Angle of cord θ	Depth of cord m
12	2626	5.9	1: 445	$0^\circ-07'.7$	0.225
11	2207	5.0	1: 374	$0^\circ-09'.2$	0.267
10	1824	5.9	1: 309	$0^\circ-11'.1$	0.324
9	1477	5.9	1: 250	$0^\circ-13'.7$	0.399
8	1167	5.9	1: 198	$0^\circ-17'.4$	0.505
7	894	5.9	1: 151	$0^\circ-22'.7$	0.660
6	657	5.9	1: 111	$0^\circ-30'.9$	0.900

Diameter of G.E.K. cord: 11 mm

Length of G.E.K. cord in water: 100 m

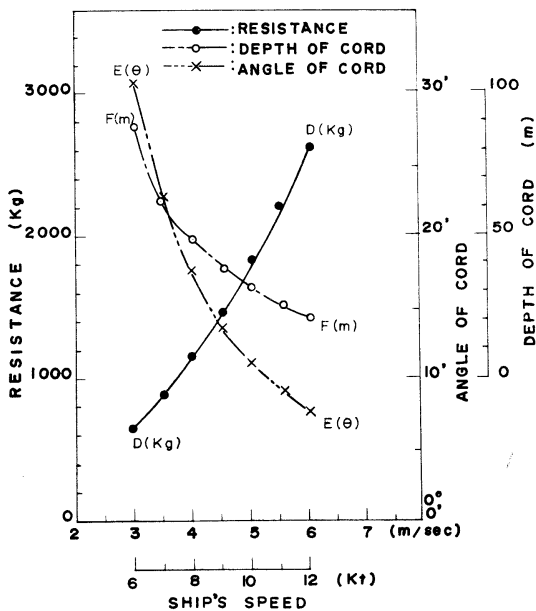


Fig. 4. Relation between ship's speed and configuration of cords.

この抵抗係数を用いれば、同種のもの、もしくは、類似型のコードなどを曳航するときの抵抗値 R_w を計算によって求めることができる。

なお、Fig. 2 の A に示す抵抗値には、長さ 100 m の G.E.K. コードの水中重量 5.9 kg の影響が含まれているが、このコードに対して直角に各船速と等しい水流を当てた場合の抵抗 R_w' は Fig. 4 の D、および Table 2 に示すように、極めて大きい値となり、従って、自重 W 、流圧抵抗 R_w' との比、 W/R_w' は、速力 10~12 kt では Table 2 に示すように 1/300~1/450 程度となるので、前記のように抵抗係数 C_d の計算には、水中自重

W の影響を無視した。

なお、G.E.K. コードに直角に水流が当たった場合の抵抗 R_w' は次式により計算した。

$$R_w' = 1/2 C_x \rho A' V^2 / g \quad (2)$$

ここに、

R_w' : 抵抗 (kg), C_x : 抵抗係数 (1.2), A' : コードの投影面積 (m^2)

5. G.E.K. コードの水中傾斜角

コードの水中傾斜角は、 $\tan \theta = W/R_w'$ と考え、 θ の値を Fig. 4 の E および Table 2 に示す。

このコードの傾斜角は、現在 G.E.K. 測流観測の際の droop の補正を行うときの測定実験から求めた補正值より逆算すれば、 θ が小さすぎる感がある。これは、(2) 式の抵抗係数 C_x の値が実際には 1.2 よりも小さいことが考えられる。また、P. 1~P. 2 の両電極間が直線でないことも考えられるであろう。今後さらに droop の正確な補正数値について研究する必要がある。

Fig. 4 の F は 100 m のコードの先端の深さを、同図 E の θ から推算した値である。

G.E.K. による海流を測定するに当たり、P. 1~P. 2 の二極間の沈降差が正確に判明すれば、地球磁場中の水平磁力分布から、より正確な droop の補正が可能になり、よりよい高精度の海流測定が期待される。

6. 結 語

1) G.E.K. コードの水中の長さ 100 m で平穏な海況では、一定の速力で曳航中のその抵抗値は次のようである。

整定速力	10 kt	18 kg
,,	11 ,,	21 ,,
,,	12 ,,	25 ,,

2) 上記 1) の抵抗値の増減は約 10 % 程度である。

3) コードを引き上げる時などのように加速度が加わる時、海況が荒い時、特に急激な張力がかかる場合は、50 kg 内外の抵抗増加が認められる。このことについては別の機会に報告する。

謝 辞

本報告に当たり、御助言を頂いた東海大学竹内教授、宮崎教授、東京水産大学宮崎芳夫教授並び

に、実際の測定に御協力頂いた海上保安庁水路部測量船“明洋”、東海大学調査実習船“東海大学丸二世”の乗組員諸氏と、本報告の作成に御助力頂いた大学院尾谷章夫君に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 宮崎芳夫 (1964): 網地の流体抵抗に関する基礎的研究 (I)~XII). 東京水産大学研究報告, 50, (2).
- 2) 土木学会編 (1951): 機械工学便覧. 分冊 No. 4, 768-1007.
- 3) 土木学会編 (1957): 水理公式集. 293-294.
- 4) 海上保安庁水路部 (1967): G.E.K. 電磁海流計の取扱.

Studies on the Formation of Demersal Fishing Ground

3. Recurrent Group Analysis of Demersal Fish in the Eastern Bering Sea*

Kohei KIHARA**

Abstract: The recurrent groups of demersal fish in the eastern Bering Sea were analyzed with data of the bottom trawl fishing investigations which had been made in summer from 1966 to 1971 and in 1974.

On the continental shelf, *Limanda aspera*, *Theragra chalcogramma*, *Lepidopsetta bilineata*, *Gadus macrocephalus* and Cottidae showed significant affinities each other and were leading species which constituted main recurrent groups every year.

On the contrary, *Eleginus gracilis*, *Osmerus eperlanus mordax*, Liparidae, *Reinhardtius hippoglossoides* and shrimps showed little significant affinities with other species.

At the depths of 150 m, 200 m, 300 m and 400 m on the continental slope, *Atheresthes stomias*, Cottidae, *Theragra chalcogramma* and *Hippoglossoides elassodon* showed significant affinities each other and were leading species which constituted main recurrent groups at each depth in summer of 1969.

1. Introduction

The composition and the amount of the community of the marine organisms are considered to be related closely to their abiotic and biotic environment of habitat and to be affected by these environmental factors.

Many studies have been made on the relationship between the marine environmental factors and each species in the community. The author also reported that there were rather close mutual relationship between the distribution of demersal fishes and marine environmental complex combined water temperature and salinity in the eastern Bering Sea. (KIHARA and UDA, 1969; KIHARA, 1971)

It is considered that the marine organism inhabits jointly with only the same species or with other species, and that these inhabiting patterns of marine organisms changed in time and in space with biological condition of the species and the marine environment.

Then, the author tried to analyze the affinity of the demersal fish on the continental shelf

and slope of the eastern Bering Sea and their recurrent groups objectively in order to elucidate the pattern of inhabitation and the composition of the community.

The index of affinity and recurrent group analysis were developed by COLE (1949) and FAGER (1957). FAGER and MCGOWAN (1963) described the zooplankton species groups in the North Pacific. The recurrent group analysis of species assemblages of demersal fish in the Gulf of Guinea was studied by FAGER and LONGHURST (1968). STAIGER (1970) studied the distribution of the benthic fishes in the Strait of Florida.

2. Material and methods

The data available for this study were collected at the continental shelf of the eastern Bering Sea with the bottom otter trawlers during the biological researches on ground fish which had been organized by the Japanese Far Seas Fisheries Research Laboratory in summer from 1966 to 1971 and in 1974 (Figs. 1-8). (TAKAHASHI, 1971; CHIKUNI, 1975; YAMAGUCHI, 1972; WAKABAYASHI, 1972; CHIKUNI, 1971; WAKABAYASHI, 1972; YAMAGUCHI, 1975)

The data of the continental slope were

* Received December 11, 1975

** Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

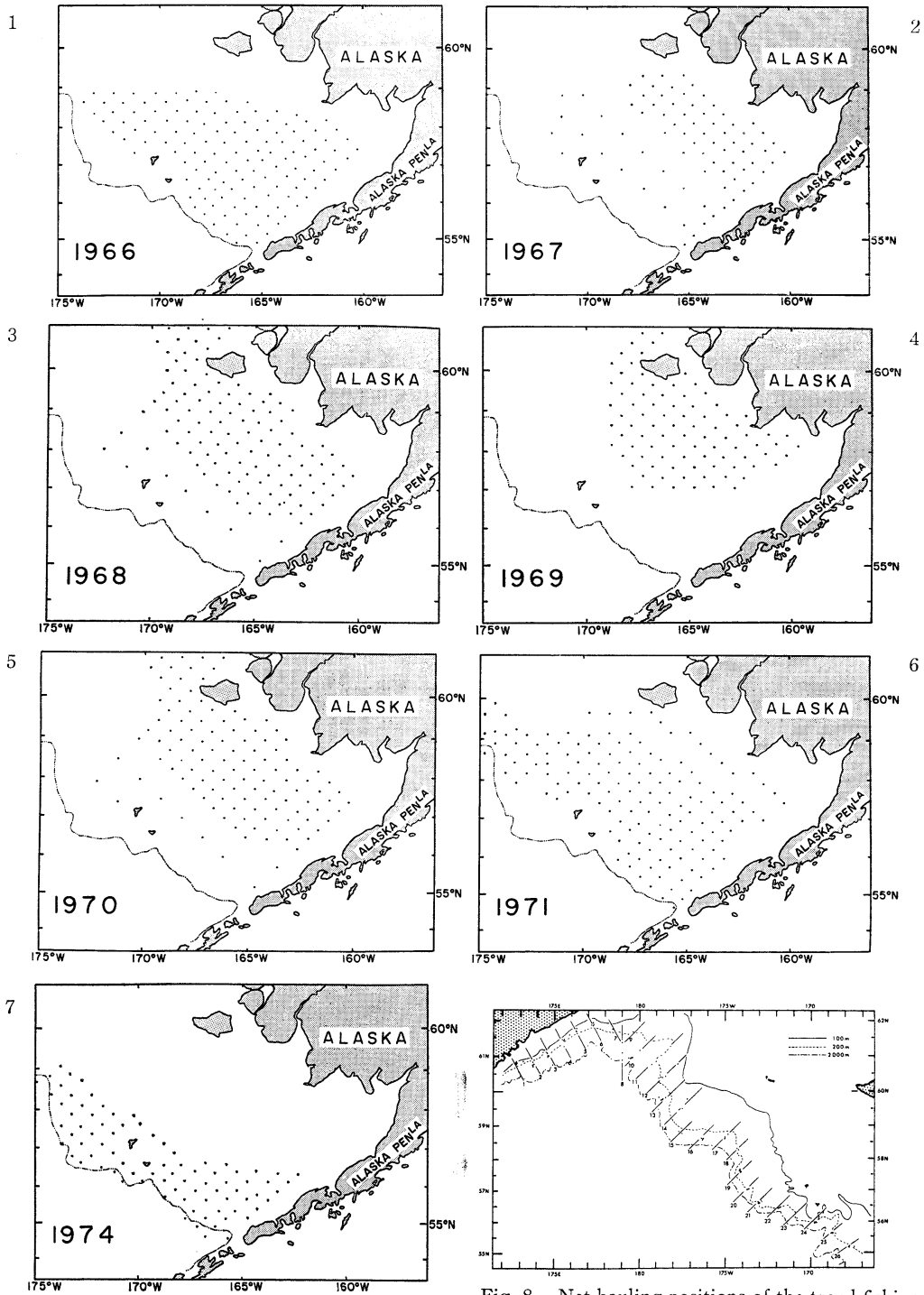


Fig. 1-7. Net hauling positions of the trawl fishing survey on the continental shelf in the eastern Bering Sea (1966-1971, 1974).

Fig. 8. Net hauling positions of the trawl fishing survey on the continental slope in the eastern Bering Sea (according to K. WAKABAYASHI, 1969).

obtained at the depths of 150 m, 200 m, 300 m and 400 m from the northern waters of the Unimak Island to off the Cape of Olyutorskii during the biological researches on ground fish in summer of 1969 by the Japanese Far Seas Fisheries Research Laboratory. (WAKA-BAYASHI, 1972)

The size of the trawl nets, towing hours of the net and the stations of observations varied each year.

The analysis were made on the eighteen species which inhabited on the continental shelf. They are *Limanda aspera*, *Atheresthes stomias*, *Lepidopsetta bilineata*, *Hippoglossus stenolepis*, *Hippoglossoides elassodon*, *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Reinhardtius hippoglossoides*, *Gadus macrocephalus*, *Theragra chalcogramma*, *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii*, *Osmerus eperlanus mordax*, Cottidae, Agonidae, Lycodidae, Liparidae, Rajidae and shrimps (include *Pandalus borealis*). Twenty-one species, namely, *Sebastes alutus*, *Sebastes alacanus*, *Anoplopoma fimbria* and the same species mentioned above at the continental slope were also analyzed.

The index of affinity was calculated by the method described by FAGER and MCGOWAN (1963). The index of affinity is expressed as follows:

$$[J/(N_A N_B)^{1/2}] - 1/2(N_B)^{1/2}$$

In the index, J is the number of joint occurrences. In this study J is the numbers of stations where joint occurrences were observed independently on the amount and the size of species.

N_A and N_B are total numbers of stations where the species A and B were observed independently on the amount and the size of species. N_A and N_B are assigned to the letters so that $N_A \leq N_B$.

In this study, pairs of species for which this expression was equal to or greater than 0.5 were considered to show an affinity. The index of affinity was counted fractions of 5 and over as a unit and disregard the rest at hundredth's place.

The method which was used to determine the recurrent groups of these species has been

described by FAGER (1957).

The procedure of grouping is first to put the species in descending order in terms of the number of species with which they have affinity. Then groups will represent the largest, most frequent, separate units within which all the species formed a nearly constant part of each other's biological environment. (FAGER, 1957)

The interrelations among these recurrent groups are showed by fractions which are the ratio of the number of observed species pair connections between groups to the maximum number of possible connections. (FAGER and LONGHURST, 1968)

The recurrent group analysis of species on the continental slope were performed with the same methods as mentioned above. The depths were classified to 150 m, 200 m, 300 m and 400 m.

3. Results and discussions

The affinity and the recurrent group of demersal fishes on the continental shelf were as follows (Table 1, Figs. 1-19):

All of the eighteen species had significant affinities with some species. Especially following pairs had significant affinity each other every year: *Limanda aspera* and *Lepidopsetta bilineata*, *Hippoglossoides elassodon* and *Limanda aspera*, *Pleuronectes quadrituberculatus* and *Limanda aspera*, *Gadus macrocephalus* and *Limanda aspera*, *Theragra chalcogramma* and *Limanda aspera*, *Limanda aspera* and Cottidae, Agonidae and *Limanda aspera*, *Lepidopsetta bilineata* and *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Hippoglossus stenolepis* and *Lepidopsetta bilineata*, *Gadus macrocephalus* and *Lepidopsetta bilineata*, *Theragra chalcogramma* and *Lepidopsetta bilineata*, Cottidae and *Lepidopsetta bilineata*, Agonidae and *Lepidopsetta bilineata*, *Hippoglossoides elassodon* and *Gadus macrocephalus*, *Theragra chalcogramma* and *Hippoglossoides elassodon*, Cottidae and *Hippoglossoides elassodon*, Lycodidae and *Hippoglossoides elassodon*, *Pleuronectes quadrituberculatus* and *Theragra chalcogramma*, *Pleuronectes quadrituberculatus* and Cottidae, Agonidae and *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Hippoglossus stenolepis* and *Gadus macrocephalus*, *Theragra*

chalcogramma and *Hippoglossus stenolepis*, *Hippoglossus stenolepis* and Cottidae, *Gadus macrocephalus* and *Theragra chalcogramma*, Cottidae and *Gadus macrocephalus*, *Theragra chalcogramma* and Cottidae, Lycodidae and *Theragra chalcogramma*, Cottidae and Agonidae.

The number of species with which each species had significant affinity every year were as follows (Table 1): *Theragra chalcogramma* and Cottidae were eight, *Limanda aspera* and *Lepidopsetta bilineata* were seven, *Gadus macrocephalus* was six, *Hippoglossoides elasso-*

don and *Pleuronectes quadrituberculatus* were five and Agonidae was four.

Though *Lepidopsetta bilineata*, *Hippoglossoides elassodon*, *Pleuronectes quadrituberculatus* and Agonidae had significant affinities with many species, there were great differences among the number of which these species had significant affinity between all species concerned through seven years. It seems possible that these species are inclined to coexist with specific species. *Limanda aspera*, *Gadus macrocephalus*, *Theragra chalcogramma* and Cottidae which have some significant affinities

Table 1. The number of species with which each species had significant affinities during seven years from 1966 to 1971 and 1974. Each letter shows following species:

A. <i>Limanda aspera</i>	G. <i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	M. Cottidae
B. <i>Atheresthes stomias</i>	H. <i>Gadus macrocephalus</i>	N. Agonidae
C. <i>Lepidopsetta bilineata</i>	I. <i>Theragra chalcogramma</i>	O. Lycodidae
D. <i>Hippoglossoides elassodon</i>	J. <i>Eleginus gracilis</i>	P. Liparidae
E. <i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	K. <i>Clupea pallasii</i>	Q. Rajidae
F. <i>Hippoglossus stenolepis</i>	L. <i>Osmerus eperlanus mordax</i>	R. Shrimps

Species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
A	\	1	7	7	7	6	2	7	7	2	6	4	7	7	4	0	1	2
B	1	\	1	4	1	1	1	3	3	0	0	0	2	1	4	0	2	0
C	7	1	\	6	7	7	2	7	7	2	6	3	7	7	3	1	1	2
D	7	4	6	\	6	5	3	7	7	0	1	1	7	5	7	1	3	2
E	7	1	7	6	\	6	2	6	7	2	6	3	7	7	1	0	1	1
F	6	1	7	5	6	\	2	7	7	2	5	3	7	5	3	1	2	1
G	2	1	2	3	2	2	\	3	3	0	1	0	2	1	6	2	1	1
H	7	3	7	7	6	7	3	\	7	2	5	4	7	6	5	2	4	2
I	7	3	7	7	7	7	3	7	\	2	6	4	7	6	7	2	4	2
J	2	0	2	0	2	2	0	2	2	\	2	2	2	2	0	0	0	0
K	6	0	6	1	6	5	1	5	6	2	\	3	6	6	2	1	0	0
L	4	0	3	1	3	3	0	4	4	2	3	\	4	3	0	0	0	1
M	7	2	7	7	7	7	2	7	7	2	6	4	\	7	5	2	2	2
N	7	1	7	5	7	5	1	6	6	2	6	3	7	\	1	1	1	0
O	4	4	3	7	1	3	6	5	7	0	2	0	5	1	\	1	2	2
P	0	0	1	1	0	1	2	2	2	0	1	0	2	1	1	\	0	1
Q	1	2	1	3	1	2	1	4	4	0	0	0	2	1	2	0	\	1
R	2	0	2	2	1	1	1	2	2	0	0	1	2	0	2	1	1	\

with all species are considered to be inclined to coexist with many species.

On the other hand, species pairs which had not any significant affinity through seven years were as follows: Pair of *Limanda asperas* and Liparidae, pairs of *Atheresthes stomias* and *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii*, *Osmerus eperlanus mordax*, Liparidae and shrimps, pair of *Reinhardtius hippoglossoides elassodon* and *Eleginus gracilis*, pair of *Pleuronectes quadrituberculatus* and Liparidae, pairs of *Eleginus gracilis* and Lycodidae, Liparidae, Rajidae and shrimps, pairs of *Clupea pallasii* and Rajidae and shrimps, pairs of *Osmerus eperlanus mordax* and Lycodidae, Liparidae, Rajidae and shrimps, pair of Agonidae and shrimps, and pair of Liparidae and Rajidae (Table 1). Some species of these pairs had not any significant affinity with many species through seven years: e.g. *Eleginus gracilis* had not any significant affinity with seven species through whole years concerned. The number of species with which species concerned had not any significant affinity were as follows: Liparidae was six, *Atheresthes stomias* was five, Rajidae and shrimps were four, *Clupea pallasii* was three, and *Reinhardtius hippoglossoides* and Lycodidae were two. Even the joint occurrence had not been observed in some of these pairs. Those pairs and the number of years when the joint occurrence had not been observed were as follows: pair of *Eleginus gracilis* and *Reinhardtius hippoglossoides* was three, pair of Liparidae and *Eleginus gracilis* was also three, pair of *Atheresthes stomias* and *Eleginus gracilis* was two, pair of *Osmerus eperlanus mordax* and *Reinhardtius hippoglossoides* was two and pair of Liparidae and *Osmerus eperlanus mordax* was also two.

Consequently, it is supposed that *Eleginus gracilis*, Liparidae, *Atheresthes stomias* and Rajidae are the species which hard to coexist with other species.

The patterns of recurrent groups on the continental shelf were as follows (Figs. 8-14): the main groups had been constituted by *Limanda aspera*, *Theragra chalcogramma*, *Lepidopsetta bilineata*, *Gadus macrocephalus*, Cottidae and other species every year. There-

fore these five species can be considered to be leading species of the main recurrent groups.

Pleuronectes quadrituberculatus except for 1974 and Agonidae except for 1966 were also species constituted the main recurrent groups. *Eleginus gracilis* which had little significant affinity was also a member of the main recurrent groups in 1969 and 1970.

There were some other recurrent groups which were constituted with a small number of species every year. They were a group of Lycodidae, *Lepidopsetta bilineata*, Rajidae and group of *Clupea pallasii* and Agonidae in 1966, a group of *Hippoglossus stenolepis*, *Clupea pallasii* and a group of Lycodidae and *Reinhardtius hippoglossoides* in 1967, a group of *Hippoglossoides elassodon* and Lycodidae in 1968, 1969 and 1970, a group of shrimps, Lycodidae and *Reinhardtius hippoglossoides* in 1971, a group of *Clupea pallasii*, *Pleuronectes quadrituberculatus*, a group of Rajidae, *Atheresthes stomias* and a group of shrimps, *Hippoglossus stenolepis* and Liparidae in 1974.

Liparidae from 1966 to 1970, shrimps from 1966 to 1968, *Eleginus gracilis* and *Osmerus eperlanus mordax* from 1967 to 1968 did not have any significant affinity with all species. It is considered that these species inhabited independently in these years.

Meanwhile, the patterns of recurrent groups and their interrelations of the species on the continental slope in 1969 were as follows: *Atheresthes stomias*, Cottidae, *Theragra chalcogramma*, *Reinhardtius hippoglossoides*, *Hippoglossus stenolepis*, *Sebastes alutus*, *Gadus macrocephalus* and Rajidae formed a group on the slope from 150 m depth through 400 m depth and *Hippoglossus stenolepis*, *Anoplopoma fimbria* and Liparidae were associate species of this group (Fig. 16).

Atheresthes stomias, Cottidae, *Theragra chalcogramma* and *Hippoglossoides elassodon* had significant affinities each other, and they were members of the main groups at the depths of 150 m, 200 m, 300 m and 400 m (Figs. 17-20).

Lycodidae which had significant affinities with other species and constituted the groups on the continental shelf not only had no affinities with other species on the continental slope,

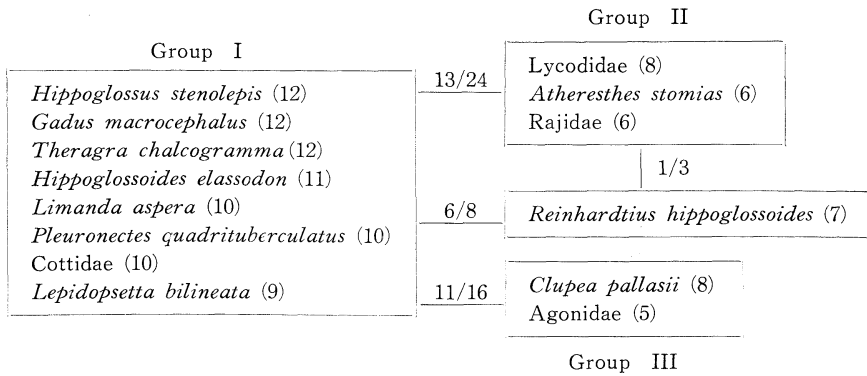


Fig. 9. The composition of demersal species groups and their interrelations on the continental shelf of the eastern Bering Sea (1966).

Line connecting the groups indicate intergroup affinities; where fractions are the ratios of the number of observed species-pair connections between groups to maximum number of possible connections. Parenthesized figures are the number of species which have significant affinity with the species concerned.

Liparidae and shrimps had not any significant affinity and *Osmerus eperlanus mordax* and *Eleginus gracilis* was not caught.

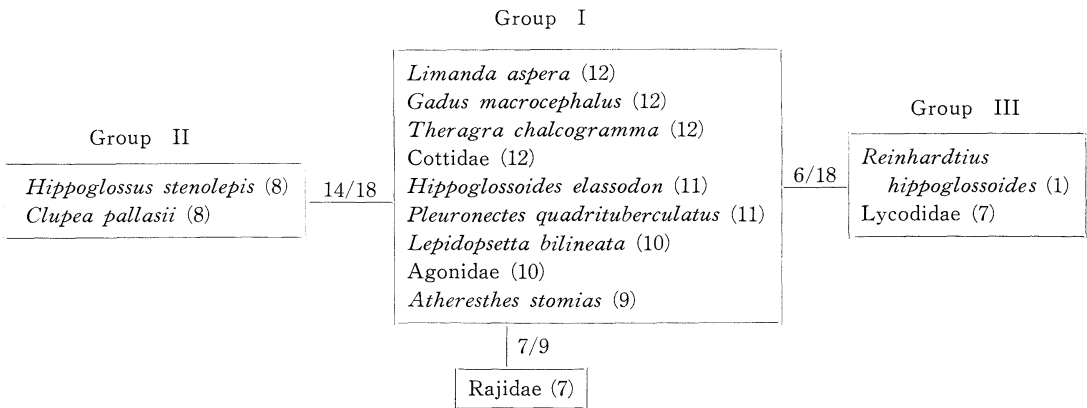


Fig. 10. The composition of demersal species groups and their interrelations on the continental shelf of the eastern Bering Sea (1967). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Eleginus gracilis, *Osmerus eperlanus mordax*, Liparidae and shrimps had not any significant affinity.

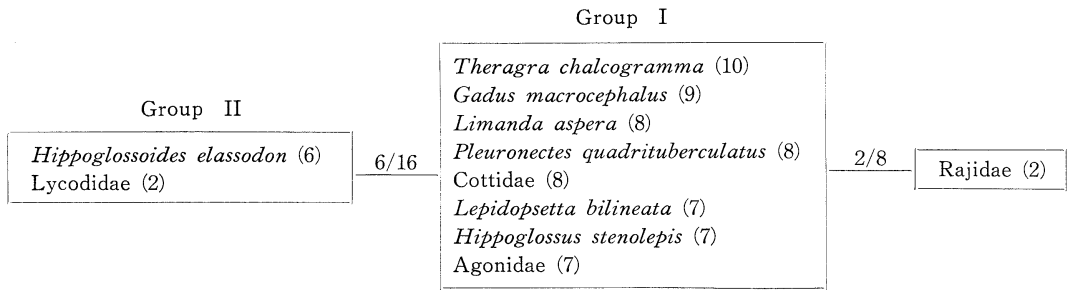


Fig. 11. The composition of demersal species groups and their interrelations on the continental shelf of the eastern Bering Sea (1968). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Atheresthes stomias, shrimps, *Reinhardtius quadrituberculatus*, Liparidae, *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii* and *Osmerus eperlanus mordax* had not any significant affinity.

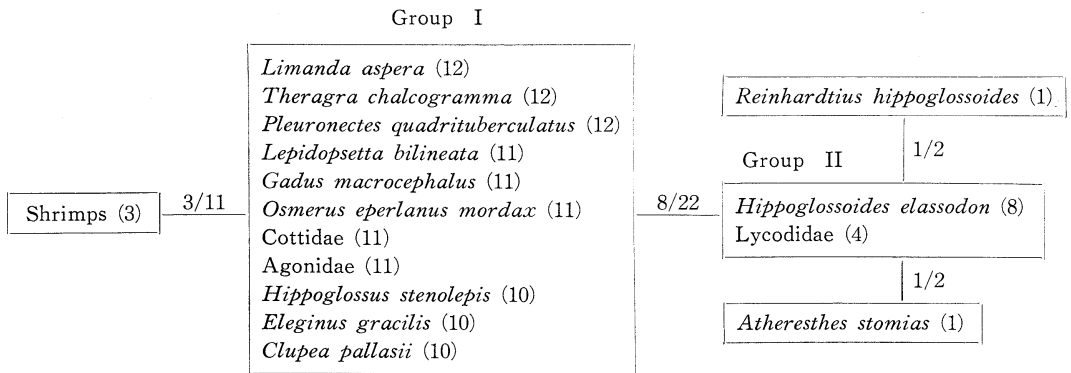


Fig. 12. The composition of demersal species groups and their interrelations on the continental shelf of the eastern Bering Sea (1969). Line connecting the groups indicate intergroup affinities. Liparidae and Rajidae had not any significant affinity.

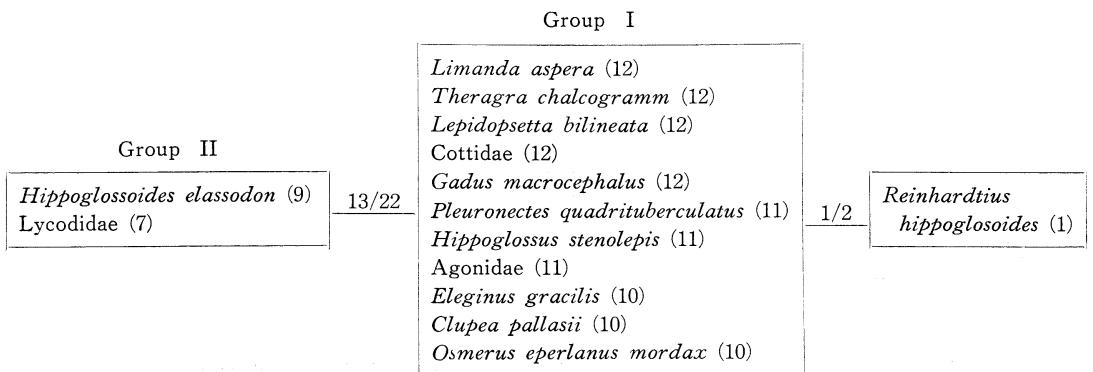


Fig. 13. The composition of demersal species groups and their interrelations on the continental shelf of the eastern Bering Sea (1970). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Atheresthes stomias, Liparidae and Rajidae had not any significant affinity and shrimps was not caught.

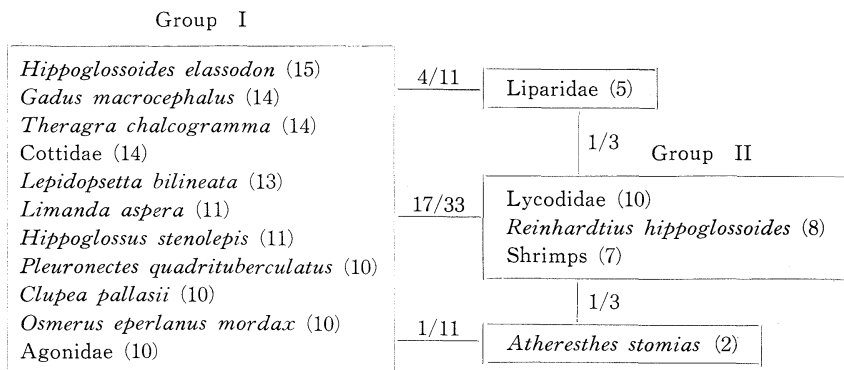


Fig. 14. The composition of demersal species groups and their interrelations on the continental shelf of the eastern Bering Sea (1971). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Rajidae had not any significant affinity and *Eleginus gracilis* was not caught.

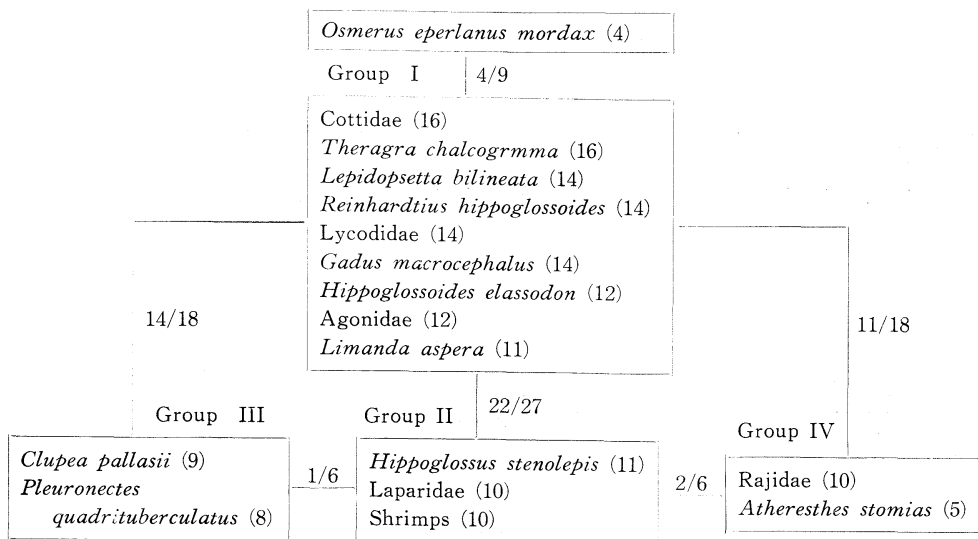


Fig. 15. The composition of demersal species groups and their interrelations on the continental shelf of the eastern Bering Sea (1974). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Eleginus gracilis was not caught.

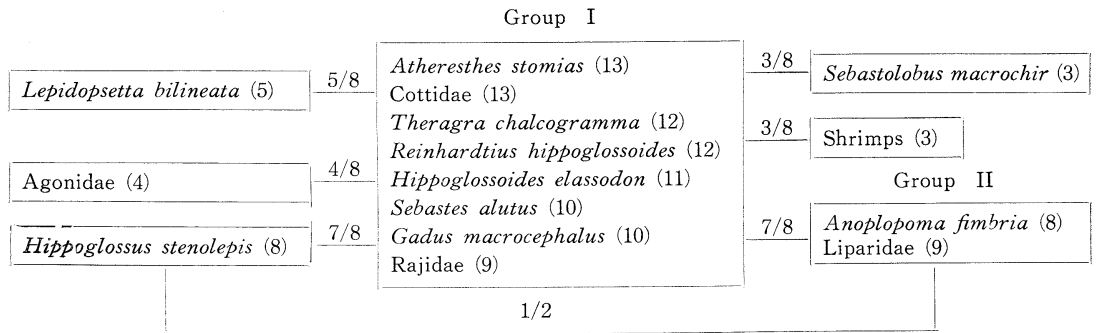


Fig. 16. The composition of demersal species groups and their interrelations from 150 m through 400 m depth of the continental slope of the eastern Bering Sea (1969). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Lycodidae had not any significant affinity and *Limanda aspera*, *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii* and *Osmerus eperlanus mordax* were not caught.

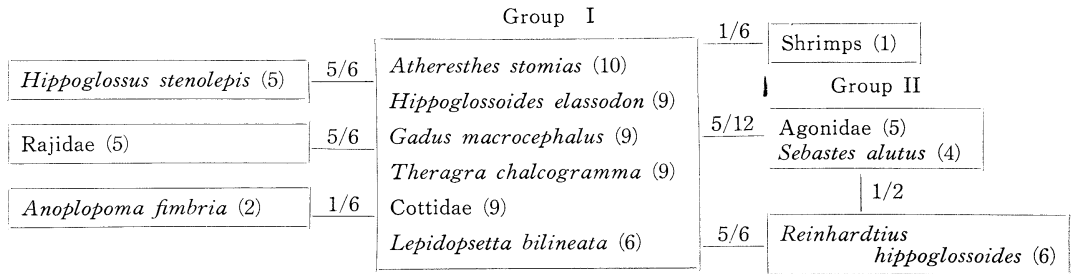


Fig. 17. The composition of demersal species groups and their interrelations on 150 m depth of the continental slope of the eastern Bering Sea (1969). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Limanda aspera, *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii* and *Osmerus eperlanus mordax* were not caught and *Lycodidae*, *Liparidae* and *Sebastolobus alascanus* had not any significant affinity.

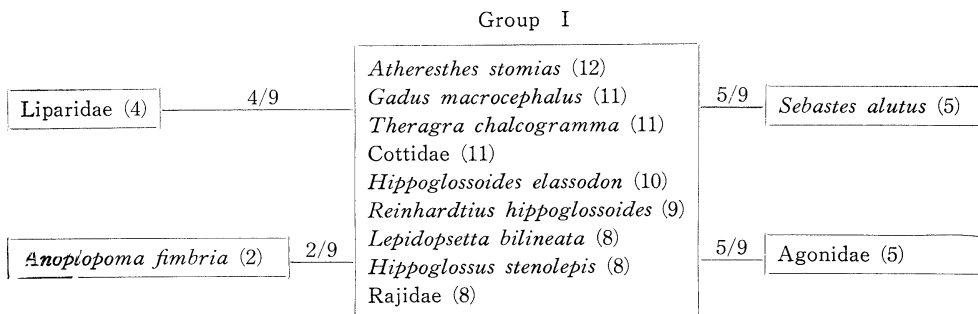


Fig. 18. The composition of demersal species groups and their interrelations on 200 m depth of the continental slope of the eastern Bering Sea (1969). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Limanda aspera, *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii*, *Sebastolobus alascanus* and *Lycodidae* were not caught and shrimps had not any significant affinity.

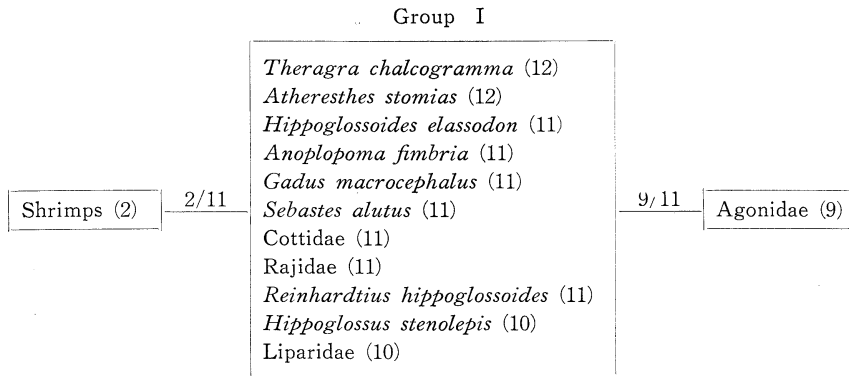


Fig. 19. The composition of demersal species groups and their interrelations on 300 m depth of the continental slope of the eastern Bering Sea (1969). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Lepidopsetta bilineata, *Sebastolobus alascanus* and Lycodidae had not any significant affinity and *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii* and *Osmerus eperlanus mordax* were not caught.

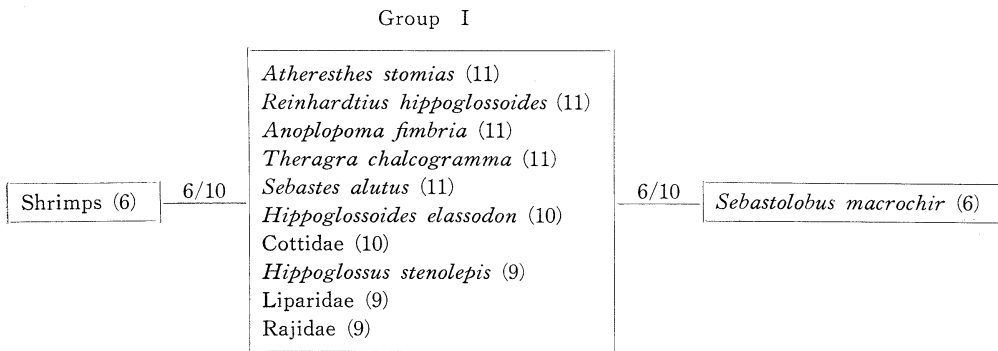


Fig. 20. The composition of demersal species groups and their interrelations on 400 m depth of the continental slope of the eastern Bering Sea (1969). Line connecting the groups indicate intergroup affinities.

Gadus macrocephalus, Agonidae and Lycodidae had not any significant affinity and *Limanda aspera*, *Lepidopsetta bilineata*, *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii* and *Osmerus eperlanus mordax* were not caught.

but also was not found at 200 m depth.

Gadus macrocephalus was a member of the main groups at the depths from 150 m to 300 m, but had not any significant affinity with other species at 400 m depth. *Sebastes alutus* which constituted a group with Agonidae at 150 m depth was an associate species of the main group at 200 m depth and was a member of main group at the depth of 300 m and 400 m. *Reinhardtius hippoglossoides*, Rajidae and *Hippoglossus stenolepis* were members of the main groups at the depths of 200 m, 300 m and 400 m.

Lepidopsetta bilineata which was a member of the main groups at the depths of 150 m and 200 m had not any significant affinity with other species at 300 m depth and was not found at 400 m depth.

On the contrary, Liparidae which had not any significant affinity at 150 m depth was an associate species of main group at 200 m depth and was a member of main group at the depths of 300 m and 400 m.

Anoplopoma fimbria was an associate species of the main groups at the depths of 150 m and 200 m, but was a member of the groups at the depths of 300 m and 400 m. *Sebastolobus alascanus* had not any significant affinity with other species at shallow regions, but had a fairly close interrelation with the main group at 400 m depth.

Limanda aspera, *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Eleginus gracilis*, *Clupea pallasii* and *Osmerus eperlanus mordax* were not found on the continental slope.

It was found out that *Theragra chalcogramma* and Cottidae were always members of main recurrent groups on the continental shelf and slope and coexisted with many species, and that the number of recurrent groups decreased as the depth increased on the slope.

In this paper, the affinity and the recurrent groups of benthic species had been analyzed without any consideration of their size, age and amount. It seems to be necessary, however, to investigate with these factors in order to elucidate the community in more detail.

Though the pattern of the recurrent group are considered to vary according to the value

of significance level, 0.5 was chosen in this study. The reasons are following: because if the level is less than 0.5, the characteristics of patterns of recurrent groups turn into indistinct due to decreasing of the group and analyzing of their relations between marine environment get difficult. And another reason is, as FAGER and MCGOWAN (1963) described, that species should be found together in somewhat more than "half" their recorded occurrences if they are to be grouped together. According to the investigation at the Strait of Florida by STAIGER (1970), the 0.3 level was most closely approximating the subjectively derived picture of the relationships among benthic fishes. (STAIGER, 1970)

The choice of significance level and relationships between the recurrent groups and marine environment are the subjects for my future studies.

Acknowledgments

The author would like to thank Prof. Dr. Michitaka UDA, the Tokai University, and Prof. Dr. Tokimi TSUJITA, the Hokkaido University, for their helpful suggestions and critical review of the manuscript.

The author is also indebted to Dr. E. L. VERNICH of the Scripps Institution of Oceanography, the University of California, for his helpful advices.

References

- CHIKUNI, S. (1971): Report on the biological research of ground fish in the Bering Sea and the northeastern Pacific by Inase Maru in 1970. Far Seas Fish. Res. Lab.
- CHIKUNI, S. (1975): Report on the biological research of ground fish in the Bering Sea by Nisshin Maru No. 51 in 1967. Far Seas Fish. Res. Lab.
- COLE, LaMont C. (1949): The measurement of interspecific association. *Ecology*, **30**(4), 411-424.
- FAGER, Edward W. (1957): Determination and analysis of recurrent groups. *Ecology*, **38**(4), 586-595.
- FAGER, Edward W. and J. A. MCGOWAN (1963): Zooplankton species groups in the North Pacific. *Science*, **140**(3566), 453-460.
- FAGER, Edward W. and Alan R. LONGHURST (1968):

- Recurrent group analysis of species assemblages of demersal fish in the Gulf of Guinea. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 25(7), 1405-1421.
- KIHARA, K. and M. UDA (1969): Analytical studies on the mechanism concerning the formation of demersal fishing grounds in relation to the bottom water masses in the eastern Bering Sea. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 55(2), 83-90.
- KIHARA, K. (1971): Analytical studies on the effect of the wind on the spreading of water masses in the eastern Bering Sea. *La mer*, 9(1), 12-22.
- STAIGER, Jon Crawford (1970): The distribution of the benthic fishes found below two hundred meters in the Strait of Florida. Dissertation, The Univ. of Miami.
- TAKAHASHI, Y. (1971): Report on the biological research of ground fish in the Bering Sea by Kawachi Maru in 1966. *Far Seas Fish. Res. Lab.*
- WAKABAYASHI, K. (1972): Report on the biological research of ground fish in the Bering Sea by Yoko Maru in 1969. *Far Seas Fish. Res. Lab.*
- WAKABAYASHI, K. (1972): Report on the biological research of ground fish in the Bering Sea and the northeastern Pacific by Tanshu Maru in 1971. *Far Seas Fish. Res. Lab.*
- YAMAGUCHI, H. (1972): Report on the biological research of ground fish in the Bering Sea by Chosui Maru in 1968. *Far Seas Fish. Res. Lab.*
- YAMAGUCHI, H. (1975): Report on the biological research of ground fish in the Bering Sea and the Gulf of Alaska by Shunyo Maru in 1974. *Far Seas Fish. Res. Lab.*

底魚漁場形成機構に関する研究

3. 東部ベーリング海底棲魚の Recurrent Group 解析について

木 原 興 平

要旨: 東部ベーリング海底棲魚群組成解明のため、1966年から1971年までと1974年の各年夏期における底棲魚相互の類縁関係を調べ、それに基づいて Recurrent Group 解析を行った。その結果、陸棚部ではマダラ、スケトウダラ、カジカ類、アサバガレイ、コガネガレイは多魚種と有意な類縁関係をもち、コマイ、クサウオ類、エイ類は類縁関係の少ない魚種であることが分った。また、コガネガレイ、スケトウダラ、アサバガレイ、マダラ、カジカ類は毎年相互に有意な類縁関係をもち、各年の主群の主要構成種となっている。斜面部では、アブラガレイ、カジカ類、スケトウダラ、シロガレイが 150, 200, 300 及び 400 m 深の各斜面で相互に有意な類縁関係をもち、主群の主要構成種となっていることが解析された。

Combined Effect of Temperature and Salinity of the Hatching Rate, Hatching Time and Total Body Length of the Newly Hatched Larvae of the Japanese Red Sea Bream *Pagrus Major**

Joannes S. APOSTOLOPOULOS**

Abstract: Eggs of the Japanese red sea bream *Pagrus major* were incubated under 48 different salinity-temperature combinations within the range of 11.03-34.80 ‰ for salinity and 8°-33°C for temperature. At all salinities within this range hatching was observed but at temperatures lower than 15°C and higher than 31°C no hatching occurred at any level of salinity. A hatching rate higher than 70 % was observed at salinities higher than 27.03 ‰ and at temperatures between 19° and 29°C. The hatching time ranged from 18.5 hrs (31°C, 34.80 ‰ salinity) to 72 hrs (15°C, 11.03 ‰ salinity), decreasing with increases in either salinity or temperature. Optimum conditions for the larval survival appeared to be associated with salinities higher than 27.03 ‰ and temperatures between 19° and 25°C, while total larval length at hatching was observed to be greater at high salinities and low temperatures.

1. Introduction

Pagrus major, being a commercially important species, has been under intense study for the past few years in Japan. It spawns during the three months period from April to June and its eggs are considered to be pelagic, tending to float or near the surface.

There have been some studies made of the embryonic development of the species, especially the effect of temperature on the rate of development of the eggs. However, there has not been much work done on the effect on embryonic development of variations in both salinity and temperature. Hence, the present study was designed to determine the combined effects of salinity and temperature on the hatching rate, hatching time, as well as, the total body length and the activity of the newly hatched larvae.

Similar work has been carried out for some other species, such as *Clupea harengus* (BLAXTER, 1956), *Cyprinodon macularius* (KINNE and

KINNE, 1962; KINNE, 1964), *Clupea harengus*, *Giadus callarias*, *Pleuronectes platessa* (HOLLIDAY, 1965) and for a few others. However, only limited experimental information on this subject is available.

2. Materials and method

The present work was carried out from May 8th until June 6th, 1975 at the Ecological Laboratory of the Tokyo University of Fisheries. The newly spawned eggs of *Pagrus major*, used for the experiment, were collected from the water surface of a pond, 2,800 m² in area, with about 100 parent-fishes 9-11 years old in it, at the Fisheries Institute of Kanagawa Prefecture, and were transported to the laboratory of the University. The water temperature of the pond at the time of spawning was between 18.0° and 21.1°C and that of the transportation container at the time of arrival at the laboratory was between 19.0° and 22.0°C.

The diameter of 50 eggs was measured and was found to be 0.871 ± 0.016 mm, while the fertilization ratio of an egg-sample (1,003 eggs) was as high as 100 %. The embryos were at the 32-64 cell-stage.

The eggs were incubated under 48 different

* Received December 25, 1975

** Ecological Laboratory, Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan
Present address: Institute of Oceanographic and Fishing Research, Agios Kosmas Ellinikon, Athens, Greece

Table 1. Hatching rate of *Pagrus major* eggs at various combinations of salinity and temperature

Salinity (%)		34.80		27.03		19.02		11.03		
Water temperature (°C)	m	s.d.	N		Hr (%)		N		Hr (%)	
			N	Hr (%)	N	Hr (%)	N	Hr (%)	N	Hr (%)
8.07	1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.79	0.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.01	0.24	1	2	0	0	34	68	9	18	
16.96	0.21	19	38	42	84	45	90	46	92	
19.05	0.40	45	90	47	94	46	92	3	6	
21.15	0.25	50	100	49	98	2	4	2	4	
23.18	0.25	50	100	50	100	6	12	1	2	
25.16	0.31	50	100	49	98	0	0	0	0	
27.15	0.23	45	90	49	98	0	0	0	0	
29.15	0.13	44	88	36	72	0	0	0	0	
31.06	0.11	21	42	0	0	0	0	0	0	
33.07	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	

m: mean, s.d.: standard deviation, N: number of larvae, Hr: hatching rate.

combinations of salinity and temperature as shown in Table 1. The salinity ranged from 11.03‰ to 34.80‰ with intervals of 8‰ (11.03, 19.02, 27.03 and 34.80‰). The sea water used was obtained from the ageing water-tank of the University which had a salinity of 34.80‰. Lower salinities were obtained by dilution with fresh tap water filtered through active charcoal. The water temperature ranged from 8° to 33°C with intervals of 2°C. In total, 12 different temperatures were tested (for mean temperatures and standard deviation see Table 1). Constant temperature was provided by constant temperature water baths, using heaters and thermostats, or by means of constant-temperature room.

Fifty fertilized eggs were put into 500 ml beakers with 400 ml water. A set of four beakers with the four different salinities was placed in each test temperature, between 2 and 4 hrs after spawning. Before putting the eggs in temperatures higher than 25°C and lower than 17°C they were acclimatized for about 30 min to 1 hr in every test temperature higher or lower than 25°C and 17°C. During incubation no aeration was used.

During the experiment the combined effects of salinity and temperature on the hatching rate,

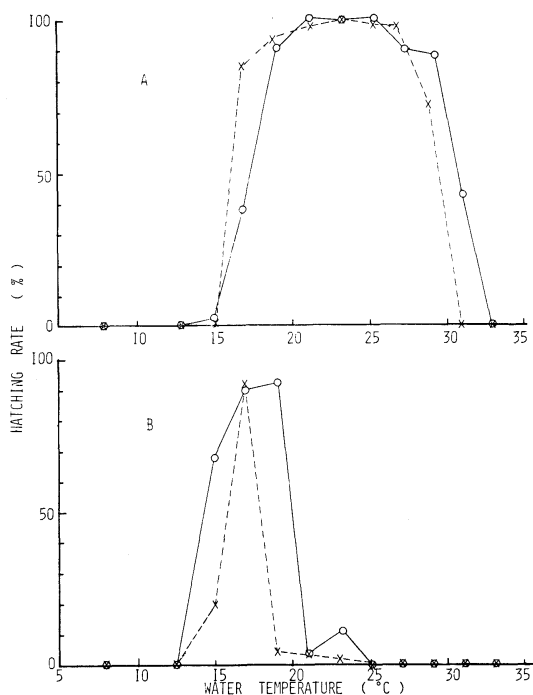


Fig. 1. Relationship between hatching rate and water temperature at different salinities.

A: —○—, at 34.80‰ salinity;
—×—, at 27.03‰ salinity.
B: —○—, at 19.02‰ salinity;
—×—, at 11.03‰ salinity.

hatching time, as well as on the body length and the activity of the newly hatched larvae were investigated. The body length of the larvae was measured within 2 hrs after hatching.

3. Results

1. Hatching rate

The experimental results for the number of hatched larvae and hatching time are given in Table 1.

The effect of salinity on the temperature-hatching rate relationship (Fig. 1) demonstrates that the temperature range, in which hatching was observed, became wider as the salinity increased. It ranged from 15° to 23°, 15° to 23°, 17° to 29° and 15° to 31°C under 11.03, 19.02, 27.03 and 34.80‰ salinity, respectively. The temperatures at which hatching rate higher than 70% was observed, were 17°C under 11.03‰ salinity and in the ranges of temperature from

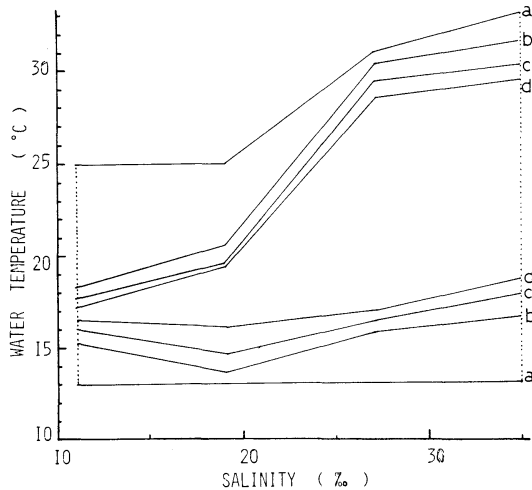


Fig. 2. Relationship between salinity and temperature and hatching percentage. Isopleths are shown at 80% (d), 60% (c), 30% (b) and 0% (a) total hatch.

17° to 19°, 17° to 29°C under 19.02, 27.03 and 34.80‰ salinity, respectively. The response surface for percentage total hatch is illustrated in Fig. 2 where the isopleths are shown at 80% (d), 60% (c) and 30% (b), while the isopleth (a) is the lethal one.

As it can be seen, the upper lethal temperature varied with the salinity and was highest at the salinity of 34.80‰ while the lower lethal temperature was constant.

Taking into consideration the above results, it can be concluded that water temperatures from 19° to 29°C combined with salinities higher than 27.03‰ are the most effective for the incubation of the eggs of *Pagrus major* since they produce the highest hatching rate.

2. Activity of the larvae

The newly hatched larvae were carefully observed at every temperature and salinity and the way of swimming (normal or abnormal), the swimming layer in the beaker (top, middle or bottom) and the reaction to external stimulus (approaching with a needle) were examined.

The observations, given in Table 2, show that at every temperature and at low salinities (11.03‰, 19.02‰) the larvae which did hatch were very inactive and died within (maximum) 3 hrs. It should be noted that under these conditions the mortality of the eggs at the time of

hatching was also very high. At high salinities (27.03‰, 34.80‰) abnormalities were observed at temperatures higher than 27°C and lower than 17°C, while at 31° and 15°C the larvae died almost immediately after hatching.

From the above observations, water temperatures from 19° to 25°C, combined with high salinities (27.03‰, 34.80‰), seem to be the most suitable for the normal development of the larvae.

3. Hatching time

According to the results shown in Table 3, the hatching time depends strongly on the temperature and salinity. The effect of salinity on the temperature-hatching time relationship indicates that the higher the salinity the shorter the hatching time, while at constant salinity with increases in temperatures the hatching time decreases. The hatching time ranged from 68.5 hrs to 18.5 hrs with a salinity of 34.80‰ at temperatures between 15° and 31°C, from 58.0 to 18.7 hrs with 27.03‰ at temperatures between 15° and 29°C, from 68.5 to 29.0 hrs with 19.02‰ at temperatures between 15° and

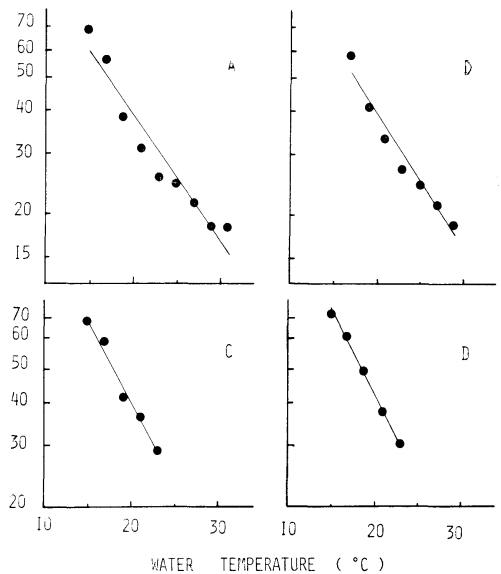


Fig. 3. Relationship between hatching time ($\log T$) and water temperature (θ) at different salinities. A: at 34.80‰ salinity; $\log T = 2.3056 - 0.0358 \theta$
 B: at 27.03‰ salinity; $\log T = 2.3553 - 0.0381 \theta$
 C: at 19.02‰ salinity; $\log T = 2.5550 - 0.0474 \theta$
 D: at 11.03‰ salinity; $\log T = 2.5820 - 0.0472 \theta$

Table 2. Physical conditions and activity of the newly hatched larvae of *Pagrus major* at different salinities and water temperatures

Water temperature* (°C)	Salinity (‰)			
	34.80	27.03	19.02	11.03
15.01±0.21	It died almost immediately after hatching.	—	Lying on the bottom. Spasmodic movement. No reaction. They died within 3 hrs.	Lying on the bottom. Spasmodic movement. No reaction. They died within 1 hr.
16.96±0.21	About 50% swimming in the middle abnormally. Weak reaction in stimulus.	Almost all swimming in the middle abnormally. Very weak reaction in stimulus.	Lying on the bottom. Spasmodic movement. No reaction. They died within 3 hrs.	Lying on the bottom. Spasmodic movement. No reaction. They died within 1 hr.
19.05±0.40	All swimming normally on the surface. Very active. Immediate and strong reaction in stimulus.	Swimming normally on the surface. Very active. Strong reaction in stimulus.	Lying on the bottom. Spasmodic movement. No reaction. They died within 1 hr.	Lying on the bottom. Spasmodic movement. No reaction. They died within 1/2 hr.
21.15±0.25	The same physical conditions as in previous temperature.	The same physical conditions as in previous temperature.	They died within 1/2 hr.	They died almost immediately after hatching.
23.18±0.25	The same physical conditions as at 19°C.	The same physical conditions as at 19°C.	They died within 1/2 hr.	They died almost immediately after hatching.
25.16±0.31	The same conditions as at 19°C.	The same conditions as at 19°C.	—	—
27.17±0.23	The most swimming normally on the surface. Few in the middle abnormally. Weak reaction in stimulus.	The most swimming normally on the surface. Few in the middle abnormally. Weak reaction in stimulus.	—	—
29.15±0.13	The most of them swimming abnormally in the middle. Very weak reaction in stimulus.	The most of them lying on the bottom. No reaction in stimulus.	—	—
21.06±0.11	They died almost immediately after hatching.	—	—	—

* They mean water temperatures and standard deviations are those of the incubation period.

Table 3. Hatching time of the eggs of *Pagrus major* under various combinations of temperature and salinity

Water temperature* (°C)	Salinity (‰)									
			34.80		27.03		19.02		11.03	
	m	s.d.	T	log T	T	log T	T	log T	T	log T
15.01	0.24	68.5	1.8357	—	—	68.5	1.8357	72.0	1.8573	
16.96	0.21	56.0	1.7482	58.0	1.7634	60.5	1.7818	62.5	1.7959	
19.05	0.40	38.0	1.5798	41.0	1.6128	41.5	1.6181	49.5	1.6946	
21.15	0.25	31.0	1.4914	33.0	1.5185	36.0	1.5563	37.5	1.9740	
23.18	0.25	25.5	1.4065	27.0	1.4314	29.0	1.4624	30.5	1.4843	
25.16	0.31	24.5	1.3892	24.5	1.3892	—	—	—	—	
27.15	0.23	21.5	1.3324	21.5	1.3324	—	—	—	—	
29.15	0.13	18.5	1.2672	18.7	1.2730	—	—	—	—	
31.06	0.11	18.5	1.2672	—	—	—	—	—	—	

* At temperatures lower than 15°C and higher than 31°C no hatching occurred.

m: mean, s.d.: standard deviation, T: hatching time in hrs.

23°C, and from 72.0 to 30.5 hrs with 11.03‰ at temperatures between 15° and 23°C.

The relationship between water temperature (θ) and hatching time (T , in hrs) can be expressed by the formula $Te^{a\theta} = c$ i.e. $\log T = \log c - a(\log e)\theta$ (HIGURASHI and TAUTI, 1925), where a and b are constants which depend on salinity.

The values of the parameters $\log c$ and $a(\log e)$, at every salinity, are given in Table 4 and the relationships are demonstrated diagrammatically in Fig. 3.

Now, if Q_{10} is the ratio of the velocities of an interval of 10°, calculated from the formula $\log Q_{10} = 10 a(\log e)$ (HIGURASHI and TAUTI, 1925), the relationship between Q_{10} (values in Table 4) and salinity (S) is expressed by the formula $Q_{10} = 3.4239 - 0.0334 S$. The regression, presented in Fig. 4, shows that the ratio of the velocities of an interval of 10° decreases as the salinity increases.

Table 4. Values of the parameters $\log c$, $a(\log e)$ and the ratio of the velocities of an interval of 10° (Q_{10}) at different salinities

Salinity ‰	$\log c$	$a(\log e)$	Q_{10}
34.80	2.3056	0.0358	2.2779
27.03	2.3553	0.0381	2.4047
19.02	2.5550	0.0474	2.9789
11.03	2.5820	0.0472	2.9668

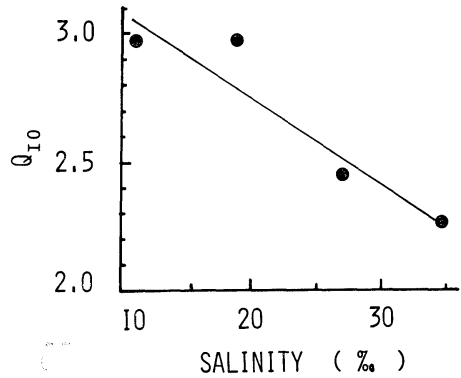


Fig. 4. Relationship between the ratio of velocities of an interval of 10° (Q_{10}) and salinity (S). $Q_{10} = 3.4239 - 0.0334 S$.

4. Size of larvae

The total body length of the larvae was measured within two hours after hatching and the results are shown in Table 5.

The effect of salinity on the temperature-body length relation, presented in Fig. 5, shows that at low salinities the body length is smaller and increases as the salinity increases. At all salinities body length was shortest at the highest temperatures and increased as the temperature decreased. It ranged from 1.611 to 2.157 mm with a salinity of 34.80‰ at temperatures between 31° and 15°C, from 1.600 to 2.130 mm with 27.03‰ at temperatures between 29° and 17°C, from 1.732 to 1.910 mm with 19.02‰ at temperatures between 23° and 15°C and from

Table 5. Total body length of newly hatched larvae of *Pagrus major* at different salinities and water temperatures

Water temperature*(°C)		Salinity (‰)											
		34.80			27.03			19.02			11.03		
m	s.d.	B.L.(mm) m	s.d.	N	B.L.(mm) m	s.d.	N	B.L.(mm) m	s.d.	N	B.L.(mm) m	s.d.	N
15.01	0.24	2.040	—	1	—	—	—	1.890	0.092	25	1.633	0.061	9
16.96	0.21	2.094	0.101	19	2.130	0.161	27	1.910	0.176	25	1.679	0.150	26
19.05	0.40	2.157	0.112	36	2.004	0.081	34	1.837	0.129	34	1.620	0.014	3
21.15	0.25	2.053	0.116	27	1.936	0.155	23	1.790	0.030	2	1.665	0.085	2
23.18	0.25	1.943	0.048	17	1.762	0.106	14	1.732	0.244	4	1.500	—	1
25.16	0.31	1.896	0.035	13	1.706	0.127	13	—	—	—	—	—	—
27.15	0.23	1.768	0.030	11	1.600	0.105	13	—	—	—	—	—	—
29.15	0.13	1.728	0.090	33	1.616	0.081	25	—	—	—	—	—	—
31.06	0.11	1.611	0.090	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* At temperatures lower than 15°C and higher than 31°C no hatching occurred. m: mean, s.d.: standard deviation, B.L.: body length, N: number of sample.

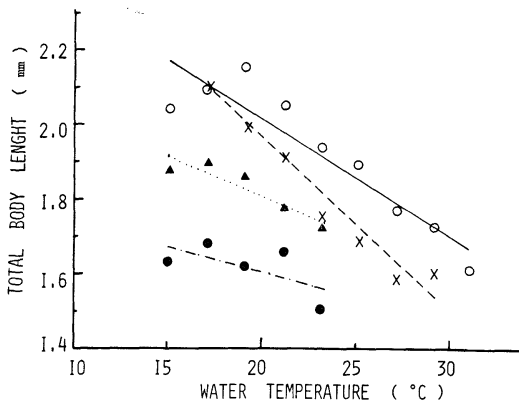


Fig. 5. Relationship between total body length (L) and water temperature (θ) at different salinities.
 —, ○: at 34.80 ‰ salinity; $L=2.6355-0.0309 \theta$
 ---, ×: at 27.03 ‰ salinity; $L=2.8719-0.0454 \theta$
 ····, ▲: at 19.02 ‰ salinity; $L=2.2404-0.0214 \theta$
 -·-·, ●: at 11.03 ‰ salinity; $L=1.8813-0.0137 \theta$

Table 6. Values of the constants a and b of the regression $L=a-b\theta$ (L , total body length; θ , water temperature) at different salinities

Salinity (‰)	a	b
34.80	2.6355	0.0309
27.03	2.8719	0.0454
19.02	2.2404	0.0214
11.03	1.8813	0.0137

1.500 to 1.679 mm with 11.03 ‰ at temperatures between 23° and 15°C. It was noted that the maximum larval length at each level of salinity (except at 34.80 ‰) was observed at 17°C temperature.

The results of Table 5 suggest that a first order linear regression would provide an adequate fit to the data and the relationship can be expressed by the general formula $L=a-b\theta$ where L is the total body length, θ the water temperature and a and b constants which depend on the salinity. (Values in Table 6).

4. Discussion

Salinity and temperature are factors which may have a major influence on development of teleost eggs (KINNE, 1964). Tolerance and responses of the developing eggs and newly hatched larvae towards these factors depend

on the species itself and are often different at these early stages than at later ones.

In the present study on the embryonic development of the *Pagrus major*, hatching was observed at all levels of salinity but the relationship between salinity, temperature and rate of development suggests that low salinities (19.02 and 11.03 ‰) arrest development at temperatures higher than 23°C. In the case of hatched larvae, either normal or abnormal, tolerance to salinity change is greater at low than at high temperatures. In terms of total hatch, *Pagrus major* eggs are tolerant of a wide range of salinities and temperatures. A total hatch of over 70% was observed at all four salinities (34.80, 27.03, 19.02 and 11.03 ‰) and at temperatures ranging from 17° to 29°C, but the tolerance to temperature change is greater at high than at low salinities. According to these results, combinations of temperatures between 19° and 29°C and high salinities (27.03 and 34.80 ‰) are considered to be the most effective for the incubation of the eggs of *Pagrus major*.

As for the larvae, those hatched at high salinities (27.03 and 34.80 ‰) and at temperatures between 19° and 25°C seemed to be normal and in perfect condition. Those hatched at low salinities (19.02 and 11.03 ‰) died very soon, within 1/2 hr at 23°C and 3 hrs at 15°C, which is in accordance with Gordon's consideration (1964) that "tolerance of the larvae to salinity change is greater at low than at high temperatures".

At low salinities, an increase in the mortality of the eggs of *Pagrus major* at the time of hatching was also observed. Many larvae were found dead, partly emerged from the chorions. The same phenomenon has been reported by MCMYNN and HOAR (1953) with the eggs of *Clupea harengus* and *Clupea pallasii*. This according to HOLLIDAY (1965) "may be due to the poorly developed tail musculature in larvae reared at low salinities, or, because the density of these salinities made it more difficult for the larvae to wriggle free of the chorion".

In the case of the incubation period, salinity in some cases causes acceleration and in others retardation. In *Pagrus major* an increase in salinity produces an acceleration of development

with the hatching time being shorter at high salinities. The difference in the hatching time is more obvious at temperatures lower than 23°C while at temperatures higher than 23°C there is very little one (at these temperatures hatching was observed only at salinities of 34.80 and 27.03 ‰). In similar studies in *Clupea harengus* (HOLLIDAY and BLAXTER, 1960) reported the same effect, while an increase in salinity produces progressive retardation of development in *Cyprinodon macularius* (KINNE, 1964).

The effect of temperature on the incubation period is similar to that of salinity but much stronger. For example, the eggs of *Pagrus major* have a hatching time of 68.5 hrs at 15°C and 18.5 hrs at 31°C with a salinity of 34.80 ‰. A similar effect also occurs at lower salinities. The same acceleration of hatching with increases in temperatures has been also reported in the cases of *Sardinops caerulea* (LASKER, 1964), *Cyprinodon macularius* (KINNE and KINNE, 1962) and in others.

Referring to the size of the larvae of *Pagrus major*, they tend to have a smaller body length as temperatures increase and salinity levels decrease. These results, as in the case of temperature, are in accordance with reports concerning other species such as *Clupea harengus* (BLAXTER, 1956) and *Salmo trutta* (WOOD, 1932; MERRIMAN, 1935). But in the case of salinity, they are in contradiction to the opinion generally held today that larvae hatched from eggs incubated at low levels of salinity are longer and heavier than those hatched at high levels of salinity (HOLLIDAY and BLAXTER, 1960; SWEET and KINNE, 1964; HOLLIDAY, 1965).

5. Summary

Eggs of the Japanese red sea bream *Pagrus major* were incubated in the laboratory at twelve different temperatures, from 8° to 33°C, and at four different salinities, from 11.03 to 34.80 ‰, and the combined effects of temperature and salinity on the hatching rate, hatching time and body length of the larvae were investigated. The results are summarized as follows.

1. Temperatures from 19° to 29°C combined with high salinities (27.03 and 34.80 ‰) seem

to be the most suitable for the incubation of the eggs giving a hatching rate higher than 70 %.

2. The temperatures suitable for the normal development of the larvae were found to range from 19° to 25°C combined with 27.03 and 34.80 ‰, salinity levels. At salinities lower than 27.03 ‰ all the larvae died very soon at every temperature.

3. The hatching time was found to decrease with increases in either salinity or temperature and the relationship between temperature and hatching time can be expressed by the formula $T e^{a\theta} = c$ i.e. $\log T = \log c - a(\log e)\theta$. In the relation between salinity and the ratio of velocities of an interval of 10° (Q_{10}) there exists a linear regression which is expressed by the equation $Q_{10} = 3.4239 - 0.0334 S$.

4. The total body length of the larvae at hatching was greater at high salinities and low temperatures. In the relation between temperature (θ) and total body length (L) a first linear regression ($L = a - b\theta$) provides an adequate fit to the data.

Acknowledgements

The author is deeply indebted to Dr. Yutaka UNO, Professor of Marine Ecology at Tokyo University of Fisheries, and to Dr. Naonori ISHIWATA, Associate professor at the same University, for their kind guidance and assistance during this work. The author also wishes to express his very sincere thanks to the members of the Fisheries Institute of Kanagawa Prefecture for presenting the eggs. At the same time the author also wishes to express his appreciation to Mr. Kiyoharu KOBAYASHI, post-graduate student at Tokyo University of Fisheries, for his assistance and to Mr. Juan J. WALFORD, research student at the same University, for correcting the English text.

References

- BLAXTER, J.H.S. (1956): Herring rearing. II. The effects of temperature and other factors on development. *Mar. Res.*, 5, 1-19.
- GORDON, M.S. (1964): Animals in aquatic environment: Fishes and amphibians. In D.B. DILL, E.

- F. ADOLPHAND and C.G. WILBER (Eds.), Handbook of Physiology. Section 4. Adaptation to the environment. American Physiology Society-Washington, D.C., 697-713.
- HIGURASHI, T. and M. TAUTI (1925): On the relation temperature and the rate of development of fish eggs. J. Imp. Inst., **21**(1), 22-28.
- HOLLIDAY, F.G.T. (1965): Osmoregulation in marine teleost eggs and larvae. Rep. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest., **1**, 89-95.
- HOLLIDAY, F.G.T. and J.H.S. BLAXTER (1960): The effect of salinity on the developing eggs and larvae of the herring (*Clupea harengus*). J. Mar. Biol. Ass. U.K., **39**, 591-603.
- KINNE, O. and E.M. KINNE (1962): Rates of development of a cyprinodon fish exposed to different temperature-salinity-oxygen combinations. Can. J. Zool., **40**, 231-253.
- KINNE, O. (1964): The effect of temperature and salinity on marine and brackish water animals. II. Salinity and temperature-salinity combinations. Ocean. Mar. Biol. Rev., **2**, 281-339.
- LASKER, R. (1964): An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development and growth of Pacific sardine embryos and larvae. Copeia, 1964(2), 399-405.
- MCMYNN, E.R. and W.S. HOAR (1953): Effects of the salinity on the development of Pacific herring. Can. J. Zool., **31**, 417-432.
- MERRIMAN, D. (1935): The effect of temperature on the development of the eggs and larvae of the cut-throat trout (*Salmo clarkii* Rich.). J. Exp. Biol., **12**, 297-305.
- SWEET, J.G. and O. KINNE (1964): The effect of various salinity-temperature combinations on the body form of newly hatched *Cyprinodon macularius* (Teleostei). Heligoländer Wiss. Meeresunters., **II**, 49-69.
- WOOD, A.H. (1932): The effect of temperature on the growth and respiration of fish embryos (*Salmo fario*). Br. J. Exp. Biol., **9**, 271-276.

マダイの卵発生に及ぼす温度—塩分濃度の組み合わせの影響

Joannes S. APOSTOLOPOULOS

要旨: 塩分濃度 11.03~34.80 ‰, 温度 8°~33°C の間で 48 の塩分濃度—温度の組み合わせをつくり, マダイ卵のふ化率, ふ化に要する時間, ふ化幼生の全長について調査した。80% 以上のふ化率を示すのは, 温度 19°~25°C, 塩分濃度 17~35 ‰ の範囲で組み合わせた場合である。ふ化に要する時間 (T) と温度 (θ) および温度とふ化幼生の全長 (L) の関係はそれぞれ $Te^{a\theta} = c$, $L = a - b\theta$ によくあてはまる。 Q_{10} と塩分濃度 (S) は, $Q_{10} = 3.4239 - 0.0334S$ で表わすことができる。

総 説

漁 法 学 (II)*

今 村 豊**

Fishing Methodology (II)

Yutaka IMAMURA

II. 漁法各論

1. 探魚法

探魚のねらいは広義には漁場の価値を最終的に判定する漁の手段であり、狭義には漁場内の魚の有無、並びに魚の量を直接に確認するための手段である。探魚は漁場内の魚の動静、生息層などの実体を漁業者が可及的に詳細、確実に把握する漁の初期手段である。探魚の方法は漁場の判定と操業の具体的手段を決める二つの段階から構成されている。

1. 探魚の第1段階

漁において、漁場の選定の良否は直ちに漁の成果を大きく左右するものである。漁場の選定は古くから漁業者の常に苦心する点であった。漁場の選定に当たって漁業者は主として過去の経験的な実績によって判断していた。現今、魚類の基礎研究が各方面の関係分野で進み、漁業者はこの成果に期待しながら探魚の手段を組み立てている。魚の生体構造、魚の生理生態、魚の器官機能などが逐次に解明されるにしたがって魚の生活の実相、魚の各種行動の様式、魚の季節・時間的な変化に必ず占位空間の変動なども解明され、漁の実行をより合理的、適切にすることにこの研究は効果を挙げている。魚の各種行動、魚の生息環境の選択は生物学的な要因のほか物理・化学的な自然要因に支配されている。探魚の第1段階の組み立てはおおむね次の内容によって示される。すなわち、魚の生物学的な研究、物理・化学的な研究を支柱とし、生物学、魚類学、生態学、魚群行動学、海洋学、気象学、漁場学などの各方面の研究の成果を基にし、こ

れを漁業者の数多くの経験的な知見と対照しながら最終的に漁場の条件を吟味して漁場を推定する。まず、探魚の第1段階は目的魚の生息する可能性を各種の条件に照して検討する。漁業者は古くから漁場の選定を主として自分の漁経験とその実績を基にして主観的に判定してきたが、これは客観性に乏しいものであった。この結果として、漁が投機的なものとして長い年月にわたって位置付けられることにもなっていた。

1) 生物学的な探魚の指針

(1)魚の体型などによる判定：魚種により魚は固有の体形を示し、それぞれの体形から魚の運動の様式並びに運動の敏活度、量の大小が判定される。この条項に照して生息水域の条件を知ることもある程度可能である。例えば、運動の敏速、運動量の大きい魚はこれに比例して水中の溶存酸素の摂取量は多くなり、従ってこれらの魚は流速の強い水域、酸素量の多い表層に主として生息するという結論がでる。魚の運動の大小は紡錘型の魚（カツオなど）>側扁型の魚（タイなど）>縦扁型の魚（コチなど）>細長型の魚（ウナギなど）>球型の魚（フグなど）の順で示される。魚は運動量にしたがって生息する水域が決まってくる。すなわち、紡錘型の魚種は海洋性、側扁型の魚種は沿岸性または底魚、縦扁型の運動の鈍い魚種はほとんどが底魚に限られている。細長い型の魚種は水底の泥砂内に潜り、多くは夜行性である。これらは、昼間の行動は濁りの水域内を選んで行う。球状型の魚種は流れの少ない静水域内を好んで遊泳する。以上のように魚はそれぞれの体形に応じて生息する水域をみずから選んでいる。このことは魚の体形を通して生息の可能性の大きい水域をおおむね推定できることを意味している。

(2)魚体の色彩からの探魚指針：おおむね魚の体色から

* 1975年11月7日受理

** 東京水産大学、東京都港区港南4丁目 Toyo University of Fisheries, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

この魚がどのくらいの深さに生息しているかを、推知することができる。これは魚の体色を水中に透過する太陽の直射光の光量と強さに関連して導いた指針である。魚体の背面が青～緑で腹部が白色を呈した魚種（イワシ、アジなど）は沿岸の浅い水域にまた表層を遊泳するものに多く認められている。魚の背面が青～緑、腹部の色が灰白色～黒の縞模様になるにしたがってその魚は表層性で沖合性を帯びてくるようになる（カツオ、サワラなど）。魚体色が赤～黄～黒と変わってくるとその魚はほとんどが底魚に含まれる。すなわち、体色が青～緑～黄～橙～赤～灰～黒の順に魚の遊泳深度は深くなるのが普通である。魚の型、魚の体色の2点から魚の生息深度を推定することはすでに一般の常識となっている。このことは魚が自然界で自己の生理的な各種の条件に見合う水域を選び生息している、反面、魚は生息している水域に時間を経て順応しやすい生体構造並びに器官機能を備えていることを示すものである。魚に関する研究が進むにしたがって、この種の探魚の指針はより多く適格なものとなってゆくことが考えられる。然し、以上の2点は探魚の絶対の決め手とはなり難いのが現状である。魚の生活の基本は個体・種族の維持である。すなわち、生活の原点は索餌・生殖・産卵を対象とした行動である。魚の生活様式は水界で複雑ないろいろの相互関係で規律され、食物鎖環、寄生関係、同類関係、競合関係、協同関係などが多く認められている。これらの相互関係を細かく解析することで探魚の指針はより具体的になり、効果的な手段が生れている。これまで、漁で漁場の選定は過去の少ない経験と実績を唯一の拠点に船頭らの主観によって行われてきた。これら漁場の決定は上記の分野の研究に因る客観的な方法に切り換えることが望まれてくる。生物学の分野と漁業分野との相互交流は過去においてほとんど認められていなかった。しかし、漁の研究が組織的になり、両者の交流が密になるにしたがって生物学関係分野の成果が漁の分野に積極的に取り入れられ、漁の面目は改められつつある。

2) 物理・化学的な探魚指針

この項は主として海洋、漁場学の分野から多く誘導されている。

(1)水温: これまで漁場の探索は水温の追求を唯一の手段としていた。これは魚の生活に見合う至適水温を多くの魚類は持っていることに因るものである。すなわち、魚の体温は生息している水域の水温よりおおむね $1^{\circ}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 高く示されている。従って、魚は常に自己の至適水温を追って遊泳し、適温外の水域では正常な活動ができ

ないということからきている。普通、魚の至適水温はある幅が認められている。この水温の幅は回遊性の魚は狭く、根付きの魚は広がっている。魚の至適水温の幅は多くは $2^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{C}$ くらいである。この水温の幅が 2°C 以上もあれば水域の広がりには平面的にも立体的にも大きくなり、必ずしも探魚の有効な手段にはなり得ない。従って、水温調査は漁場決定の粗放的な指針である。

(2)塩分: 魚の生息場は水質により淡水、汽水、海水に大別されている。魚は塩分の有無、濃度に応じて自己に適した水域を自由に選んで生息している。海洋性の魚は自己に適した塩分量の水域で正常な生活を営み、至適塩分量以外の水域では正常な活動が不能になり、至適塩分の水域を求めて他に移動している。魚種により塩分濃度に大きい適応性を有するものと小さいものが認められている。一般に、沿岸性の魚種は塩分に対する適応が大きく、外洋性、冷水性、暖水性の魚種は小さいといわれている。

(3)海水の酸素量: pHの値が高い水域は溶存酸素量が多く、従ってこの水域には運動の活発な魚種並びに群性の魚種が必然的に現われやすい。また、河などの流心には紡錘型のハヤ、アユなどが生息している。これらのことから、魚種の運動度からその魚の生息水域の推定もある程度可能である。

(4)水中の明度: 魚には昼間に活動するものと夜間に活動するものがある。昼行性の魚では水中に透過する太陽の照射量、海の透明度などの影響の下で生息の場を自由に選ぶ。夜行性の魚は昼間の濁り、天候、時刻の変化、地形などがそれぞれに影響して生息の場が異なって示されている。

(5)化学物質の含有度: 海水の中には本来各種の化学物質が自然に含まれ、これに見合って魚は適水を求めて生息し、順応している。この自然の調和が何らかの原因で破られた場合は魚の分布が変わってくる。今日の各種の汚染の様相にしたがって魚は生息場を変えている。これらの物理・化学的な指標は魚の生態面の知見が高まるにしたがって効果もさらに適確になるであろう。

3) 漁の資料による探魚の指針

長い漁の歴史の内から得られた各地の漁業資料を整理していくと、そこにある種の魚の法則性が発見されてくる。魚の浮沈、魚の群成度、魚の回遊は季節の変化、天候、海況、潮汐流、時刻などの変化に伴って規則的に変化していることがわかってくる。さらに、魚の生理的な条件、餌の豊凶、などによっても魚の行動は大きな影響を受けている。これらの点を第1～9表に例示する。表

第 1 表 魚の浮沈一季節による変化

魚 種	現 象	地 方 名
イ ワ シ	<ul style="list-style-type: none"> ○春は群で深い層にいる。夏は水面に浮上する。 ○夏は浮上する。それ以外は水面下において発見し難い。 ○冬は水面下 15~25 m にいるが、春から夏に浅い層に浮く。 ○冬期に浮上し、5月ころに沈下する。 ○冬~春~秋にわたって遊泳層は深い。 ○冬は沈み、暖くなると浮いてくる。暖期には接岸する。 ○秋は水面下 4~10 m を北進し、春夏に水面を遊泳南下する。 ○夏は上層に浮き、冬には沈下する。 ○夏は浅く、冬は深く沈下する。 ○冬はウルメ深く姿を見せず、夏秋に表層近くにいる。 ○4月は8mぐらいの深さ、5月は上層に浮き4mぐらいにいる。 ○9月ころ海底にいるが、他は上層を普通遊泳する。 ○大羽は夏に浮上する。小羽は夏に浮き、冬は沈下する。 ○2月までは中層にいる。3~6月に浮上し、7月になると沈下する。 ○旧12月は45m~60mの深層にいて、水温の上昇とともに表層に浮いてくる。旧4月は水面下15m~30mを泳ぐ。 	橘町 小松 田辺, 大津, 気仙沼 平月, 静浦, 仙崎 小名浜, 新潟 湊 久慈浜 十五浜, 尾鷲, 牛深, 野辺地 木本 尾鷲 新潟 福良 牛深 名護 串木野
黒 マ グ ロ	<ul style="list-style-type: none"> ○寒い時は浮上しない。 ○初期(11月)は20~30m, 水温の上昇にしたがって浅くなる。 ○夏は上層を遊泳している。 ○南から北に行くときは浮き, 北から南下するときは沈む。 	三陸 塩釜 木本, 尾鷲 平磯
サ バ	<ul style="list-style-type: none"> ○5~6月は水面近く, 9~10月は深く遊泳する。 ○6~7月は30~45m, 8~11月は90~120mの水域にいる。 ○5~6月は上層に浮上する。 ○冬期は上層(水面下20~45m)に浮上する。 ○冬期は沈下している。 ○旧2~3月はヌクミのために底にいる。 ○春は深く, 夏は浅く, 秋は深く, 冬は海底にいる。 ○春は深く, 夏は中層, 秋は上層にいる。 ○3~4月は餌を求めて100~120mの深さにいる。6月はアゴを追って上昇する。 	岩船 出雲崎 新潟 牛深 山川 牛深 田辺 浜田 小串
サ ン マ	<ul style="list-style-type: none"> ○11月ころは群れて浮き, 鳥付となる。 ○12月~1月によく浮上する。 ○11月~12月は水面下1~2m, 1~3月は水面下30cmぐらいにいる。 ○季節に関係なし。 	十五浜 勝浦 木本 平磯
サ ワ ラ	<ul style="list-style-type: none"> ○1~3月にわたって深い。 ○秋は春に比べ3mぐらい深くなる。 ○春は深く, 秋は浅くなる。 	木本 簗島, 床次浦 浜町
ア ジ	<ul style="list-style-type: none"> ○暖くなると水面近くまで浮上する。 ○おおむね水面下2~3mの所にいる。 ○7~12月は沈み, 2~5月は浮く。 ○関係なく, 変らない。 ○10月末までは昼は中層以下にいて, 集魚燈で10時ぐらいまでは浮上してこない。 	木本 川尻 山川 尾鷲 名護
カ ツ オ	<ul style="list-style-type: none"> ○季節による変化なし。 ○3~4月は上層を遊泳し, 鳥が付く。 ○春夏は浮上し, 秋~冬は沈降する。 ○海の冷い時は一般に沈む。暖い時は一般に浮く。 	気仙沼 勝浦 尾鷲 日和佐

第2表 魚の浮沈—産卵による変化

魚種	現象	地方名
イワシ	<ul style="list-style-type: none"> ○産卵期前に沿岸に押しよせる。水面に浮いている。 ○産卵期にも変りなし。 ○産卵後に多く浮上する。 ○産卵期は燈に付かない。浮遊しない。 ○抱卵中は比較的沈む。 ○産卵期は3月で、下層にいる。 ○産卵のため接岸する。 ○産卵は7月で水面下1~2mの層で産卵する。 ○産卵は春で表層にいる。 ○産卵は3~4月、変化なし。 ○産卵は4~5月、変化なし。 ○産卵は2月、変りなし。 ○産卵は冬、浮上産卵する。 ○4月、カタクチが産卵のため水面に見える。 	杵郡 名護、野辺地 牛深 " 仙崎 仙崎、九島 釜石 青森 尾鷲 木本、久慈浜 大津 平磯 平月 橋町
サバ	<ul style="list-style-type: none"> ○産卵は5~6月、水面近く回遊する。 ○産卵期に沈下する。 ○産卵期は5~6月、瀬の付近、沿岸の浅瀬に群来する。 ○産卵期は9~10月、抱卵魚は目が見えない。 ○産卵期は早春の3月ごろ、150m線の水域に浮上する。 ○産卵期には接岸する。産卵期前は姿を見せない。 	岩船 八戸 山川 三保 田辺 釜石
サンマ	<ul style="list-style-type: none"> ○産卵は12~2月、浮遊している。群成していない。 ○抱卵中の魚は下層にいる。 ○南の沖で1月に産卵して姿を見せない。 ○比較的に上層にいる。 	十五浜 木本 銚子 勝浦
サワラ	<ul style="list-style-type: none"> ○産卵期には沈んでいる。 	木本、浜町
アジ	<ul style="list-style-type: none"> ○不明 ○産卵は5月、6月には2~3cmのアジが大量に捕れる。 	木本 川尻

第3表 魚の浮沈—天候による変化

魚種	現象	地方名
イワシ	<ul style="list-style-type: none"> ○曇天は水面近くに浮上する。 ○風の日に浮く。 ○晴曇に關係なく風の日に浮く。 ○晴れた日は沈み、雨天の時は浮上する。 ○晴天時は一般に浮き、曇天時は沈む。 ○天候の変わり目に姿を見せる。曇~雨の時水面に現れ、晴天の時は沈む。 ○時化の前によく浮く。 ○晴天の日は沈む。 ○雨、荒天の波のある時は深く沈む。 ○霧の日は沈む。 ○天気の良い日に浮く。風の強い時は沈む。 ○西風の時は表面に浮き、東風の時は沈む。 ○西風の時、日和の変わり目に多く浮く。 ○風の曇天時には上層、晴天、荒天時は深層にいる。 ○風の時に浮き、時化の時に沈む。 ○時化の直前によく浮く。時化の直後は深層にいる。 ○風の時はよく跳ねる。 	気仙沼、十五浜、九島、 橋町、大津、尾鷲、木本 小松島、尾鷲 青森、勝浦 平月、尾鷲、九島 小名浜 久慈浜 静浦、牛深 十五浜、九島 木本、新潟、牛深、佐敷、名護 八戸 八戸、新潟、床次浦、 牛深、名護 仙崎 御前崎 釜島 牛深、佐敷 串木野 青森

黒 マ グ ロ	<ul style="list-style-type: none"> ○荒天の時に浮き, 好天の時は沈む。 ○波のある時は上層にくる。 ○曇天, または時化模様の時に水面に浮ぶ。 ○曇天, 南風の強い日によく浮上する。 ○寒冷の時に下層に沈む。 ○風浪のある時は上層を遊泳する。 ○荒天の前に浮上する。荒天の時は沈む。 ○海の風いだ日によく跳ねる。 ○荒天の前に跳ねる。 	平磯 木本 八戸 鮫 稲取 銚子 油津 保戸島 八戸, 気仙沼
サ バ	<ul style="list-style-type: none"> ○時化の時は沈む。 ○時化の時は上層に浮ぶ。 ○荒天, 時化の時は沈む。 ○天候の悪化の前は 150 m 水深線の近くで浮く。 ○晴天の時, 浮きが悪い。 ○寒気の折, 時化の時沈む。 	名護 牛深 山川 田辺 " 釜山
サ ン マ	<ul style="list-style-type: none"> ○晴天時は上層に, 荒天時は下層にいる。 ○好天の日に浮き, 時化の日は沈む。 ○風の吹く時によく跳ねる。 ○風に弱く, 落される。 	木本, 平磯 銚子 勝浦 稲取
サ ワ ラ	<ul style="list-style-type: none"> ○雨天, 時化の日は平日より深層に沈む。 ○暖い時はよく浮く。 ○風の強い時は沈み, 好天時に浮く。 ○好天の日, 波立のある日によく浮く。 	簗島 浜町 床次浦 木本
シ イ ラ	<ul style="list-style-type: none"> ○夜間は沈む。 ○時化の後にシイラ漬によく付く。 ○晴天の日は餌付がよい。 ○波浪のある時餌付がよくなる。 	出雲崎 小串 牛深 小串
ア ジ	<ul style="list-style-type: none"> ○水温の高い時, 日没のころによく浮く。 ○海の濁った時, 定置網の入網がよくなる。 ○波のある日, 定置網への入網は悪く, 風の日に良好になる。 	浜町 形棟 尾鷲
カ ツ オ	<ul style="list-style-type: none"> ○荒天時に沈む。 ○晴天に群を多く見る。 ○荒天には沈下する。 ○曇りの時は 3~4 月も水面下 3~4 m にいる。 ○雷鳴, 電光をきららう。 	気仙沼 十五浜 尾鷲 勝浦 田子

第 4 表 魚の浮沈—時刻による変化

魚 種	現 象	地 方 名
イ ワ シ	<ul style="list-style-type: none"> ○夜半より明方に浮く。 ○早晩に浮上し, 夜もまた浮沈あり。 ○朝夕に来遊する。 ○ウルメは朝方よく浮く。夕方の浮上は少ない。 ○月夜の浮上は少ない。曇天の夜によく浮上する。 ○朝夕に浮き昼は沈む。 ○昼から夕方によく浮く。 ○春は夜, 月夜にも浮く。秋は朝方に浮き夜は沈む。 ○日出, 日没によく燈に集まる。 ○夜間は沈み, 早朝に浮上する。 ○朝の内は姿を見せず, 夕方 4~5 時ころに姿を見せる。 ○日中は上層に, 夜は下層にいる。 ○朝夕に浮上する。昼, 夜間は沈む。 	山川, 牛深, 尾鷲 名護 名護, 蒲原 牛深 " 牛深, 仙崎, 九島, 尾鷲, 網代 簗島 " 九島 新潟 青森 新潟 野辺地, 田辺

	<ul style="list-style-type: none"> ○朝夕のまづめ時に浮き, 日中には沈む。 ○海のほとりの時は浮く。群集する。 ○朝夕は水面に浮く。特に夕方によく浮く。 ○朝夕によく浮く。夕方は明るい西方によく浮く。 ○春夏は朝, 冬は夕方よく浮く。 ○昼より夜に多く浮く。 ○朝夕の浮上が多い。夏は日中でも浮く。 	十五浜, 気仙沼, 平月 静浦 久慈浜 大津 小名浜 勝浦 小松島
黒マダロ	<ul style="list-style-type: none"> ○夜明に浮上し, 夕方は沈下している。 ○夜は上層にくる。昼は200mぐらいの深さにいる。 ○小群で泳ぎ, 昼間は深層に夜間は上層にくる。 ○夜間はよく浮く。日中は余り浮かない。 ○夜間, 特に雨天時によく浮く。 ○暗夜は上層を遊泳し, 月夜の遊泳層は深い。 	油津 八戸 気仙沼 平磯 " 銚子
サバ	<ul style="list-style-type: none"> ○朝夕の薄明時によく浮く。 ○時刻に関係なく浮く。 ○夜は水面下6~8mまで浮上する。日中は沈む。 ○月夜は中層に, 暗夜は表層にいる。 	山川, 八戸, 田辺, 浜田 牛深 川尻 浜田
サンマ	<ul style="list-style-type: none"> ○朝夕に浮き, 日中は沈下している。 ○昼間によく浮く。 ○日出, 日没時によく運動する。 	木本 銚子, 勝浦 十五浜
サワラ	<ul style="list-style-type: none"> ○昼間によく浮く。 ○朝夕のまづめ時に上層を遊泳する。 ○夜間に浮上する。 ○春は夜(月夜にも)に浮き, 秋は朝に浮き, 夜は沈む。 	木本 釜島 " 床次浦
シイラ	<ul style="list-style-type: none"> ○夜間は沈降する。 ○朝夕の1~2時間によく浮く。 ○夜間は全く餌付しない。 ○風向に作用され, 北風の時, 好漁がある時は次の日の北風の時は不漁となる。 	出雲崎 小串 牛深 " 小串
アジ	<ul style="list-style-type: none"> ○日暮時は上層にいる。日中, 夜間は沈む。 ○夜間に定置への入網が多い。 ○日出前は定置網への入網が多い。 	木本 川尻 尾鷲
カツオ	<ul style="list-style-type: none"> ○日中は上層を遊泳する。 ○午前中は浮上し上層にいる。午後はやや沈む。 ○朝夕は特によく上層に浮く。 ○3~5月は朝に漁が多い。6~8月は日中, 9月以降は夕方に漁がよい。 ○朝, 夕に餌付が良好である。 	気仙沼 尾鷲 勝浦 焼津 十五浜

第5表 魚の浮沈一潮流, 潮汐による変化

魚種	現象	地方名
イワシ	<ul style="list-style-type: none"> ○潮が差しはじめる時に浮く。 ○満ち潮の時に浮上し, 引き潮の時は沈む。 ○潮流の緩かな時によく浮く。 ○潮流に関係なし。 ○潮汐に関係なし。 ○潮流の速い時は水面下2~3mの水域に浮上する。遅い時は水面に浮上する。 ○潮流の遅いほどよく浮く。風の日によく浮く。 ○潮がたるむと浮く。潮が速いと沈む。潮汐の変わり目によく浮く。 ○上り潮(南から北へ)の時は沈む。 	橋町 久慈浜 尾鷲 木本, 新潟, 牛深, 佐敷 尾鷲, 新潟, 牛深, 佐敷 青森 福良 釜島 牛深

	<ul style="list-style-type: none"> ○潮が速い時は浮かず、海流と沿岸流との水境の二重潮のところによく集まる。 ○午前中の干潮時に浮くと、午後の満潮には浮かぬ場合が多い。 ○干満により、午前中に浮く場合と午後に浮く場合がある。 ○潮の返しに浮上することもある。 	牛深 名護 " 御幸町
黒 マ グ ロ	<ul style="list-style-type: none"> ○潮流で移動する。浮沈に関係なし。 ○魚は潮流の速い水域には侵入していない。 ○潮流の緩かな時は遊泳層は浅く、速い時は深い。 ○暖流の内によく浮き、寒流中の魚は浮かぬ。 ○流速が遅い時は上層に浮く。 	油津 八戸 油津 塩釜、平磯 木本
サ バ	<ul style="list-style-type: none"> ○潮に関係ない。潮汐の変わり目に来遊する。 ○魚の上下移動は上層流と下層流の流速が異なったり、流向が反対などの場合に見られる。 ○潮の満潮で停止する時によく浮く。 	三保 山川 仙崎
サ ン マ	<ul style="list-style-type: none"> ○潮流には弱い。 ○潮流の速い時は沈下し、緩かな時に浮く。 ○潮流に関係ない。 	銚子、稲取 木本 勝浦、平磯
サ ワ ラ	<ul style="list-style-type: none"> ○上げ潮の時に浮く。 ○潮のたるみに浮く。速い時は沈む。 ○小潮の時、好漁がある。 ○潮流の速い時は沈む。 ○潮流、風向に左右されやすい。 	木本 床次浦 御前崎 出雲崎 小串

第 6 表 魚の浮沈一害敵、餌による変化

魚 種	現 象	地 方 名
イ ワ シ	<ul style="list-style-type: none"> ○付近にドベ(クラゲ)がいて浮上している水域には集まらない。 ○鯨、イルカが来ると浮上する。 ○アジが浮くとこれにつれて浮上する。 ○害敵に会うと浮いて逃げる。 ○稲妻(カミナリ)には散逸する。 ○プランクトンの多い時は上層に浮く。 ○害敵によって沸き立つ。 ○餌の多い時は日中に浮き、夜は浮かない。 ○害敵に会うと直ちに沈む。 ○スズキに襲われると飛び跳ね、シイラの場合は沈む。 ○害敵に会うと一箇にかたまる。 ○害敵に会うとはほとんど浮上する。 ○害敵に上方から襲われると沈み、下方から襲われると浮く。 ○イルカの通るときは沈み、通過後は水面に密集する。この時はタモですくうことができる。 ○害敵としては、ブリ、サバ、イルカ、シイラ、カツオ、マグロである。 ○餌料はトリムシ、ゴマメ、プランクトンなどである。 	山川 名護 " 牛深、御幸町、尾鷲 牛深 箕島 " 仙崎 新潟、久慈浜 野辺地 木本 静浦 十五浜、湊 大津
黒 マ グ ロ	<ul style="list-style-type: none"> ○追われると深く沈む。 ○シャチがいる水域では上層にいる。 ○シャチに追われている時は餌付がよい。 ○餌を追って浮く。 ○餌を追って接岸する。 ○餌はイカ、イワシ、サバ、サンマ、トビウオ、小魚などである。 	平磯 木本 尾鷲 平磯 油津
サ バ	<ul style="list-style-type: none"> ○サメに追われると餌付なく、群は乱れ沈む。 ○害敵に追われると沈降する。 ○カジキに追われた時、密集して浮上する。 	山川 佐敷 田辺

	○餌を追って浮く。油カスを好んで食べる。 ○イワシを追って浮く。	八戸 田辺
サ ン マ	○マグロ、カツオに追われて沈む。 ○カジキ、シビに追われると浮く。 ○餌はアミ、コマセ、小エビ、クラゲ、稚魚類、プランクトンである。	木本 勝浦、銚子
シ イ ラ	○害敵に会うと深く沈む。 ○餌を追って水面に跳ねる。 ○餌を撒布すると背鰭を水面に出して食べる。 ○餌はイカ、サバ、アナゴ、イワシ、コワシラである。 ○カジキ、シャチに会うと群は散逸する。 ○害敵に追われて沈む。 ○外物に驚きやすい。 ○音に鋭敏で、水中に潜る。 ○マルが餌付よく、ヒラは劣る。 ○カタクチイワシ、ヒラゴ、サバの子、そのほかに稚魚類を食っている。	出雲崎 " 小串 " 十五浜 尾鷲 御前崎 静浦 十五浜

第 7 表 魚 の 群 否

魚 種	群 成	地 方 名
イ ワ シ	○ウルメは群れ方が小さい。タレ、ヒラクチは群れ方が大きい。 ○冬に群集し、春は比較的に離散する。 ○春より秋に群れは大きい。 ○6月に大群をなす。 ○春はヒラゴは群れが小さく、ウルメは年間変りなし。 ○群集して根に付く。 ○秋～冬に大群をなす。夏は群は広くうすい。 ○曇天の日はよく大群をつくる。 ○曇天の風の日、雨の時に群をなす。 ○風の吹く時群集する。 ○魚の集散は水温による。 ○朝夕に密集する。 ○夜間は広く分散している。 ○時刻による群否の差はない。 ○夕方に群集する。 ○朝夕に群集する。夕方は大群をなし移動が速い。 ○8～9月には朝夕に群をなし、水面を遊泳する。 ○抱卵時の魚の群はうすい。 ○産卵期の魚は植物プランクトンの多い水域に集る。 ○産卵期は群が小さく分れる。 ○産卵期は群をなし、産卵の後は散る。 ○秋によく群れる。 ○潮流、潮汐は魚の群否に関係ない。 ○満潮時に群成する。 ○上げ潮の時に群れよく、下げ潮の時にうすい。 ○害敵に追われた時よく密集し、索餌の時群れは粗になる。 ○魚体の大きいものがよく群れをなす。小さいものは群も小さい。	牛深 箕島 仙崎 青森、八戸 尾鷲 木本 小名浜 " 尾鷲 箕島 蒲原 仙崎 " 野辺地 尾鷲 久慈浜 橘町 久慈浜 長崎 青森 野辺地 尾鷲 " 仙崎 久慈浜 木本 尾鷲
黒 マ グ ロ	○寒い時は群を作らない。 ○天候、季節に関係なし。 ○一般に群成しない。5～6月に大群を作ることがある。 ○春～夏に群遊する。冬期は群泳しない。 ○6～7月によく群をなす。 ○シャチに追われた時、餌を認めた時に群をなす。 ○朝のうちは群集している。	尾鷲 八戸 塩釜 尾鷲 木本 尾鷲 木本

	<ul style="list-style-type: none"> ○群を作らない。餌に集まり群集する。 ○小型の魚は群をなす。大型魚は単独で泳ぐ。 	川尻 十五浜, 八戸
サ バ	<ul style="list-style-type: none"> ○常に群れている。 ○9月に最も大群を成す。 ○時化の時に群を成す。 ○天候の変わり目に群を作る。 ○曇天, 星夜は群を作る。 ○朝夕に大群, 昼夜間は小群である。 ○朝夕のまずめ時によく群をなす。 ○静かな時群を作る。 ○満潮の時に群れる。 ○産卵期に群成する。 ○大型の魚体は群れが粗である。 ○潮流によって群を作らない。 	新潟, 名護, 八戸 浜田 牛深 仙崎 浜田 隠岐 " " 佐敷 八戸 " 牛深
サ マ	<ul style="list-style-type: none"> ○12月に大きく群れる。朝は群れ大きく, 夕方は小さい。 ○群れは広く粗である。 ○少し風のある時, 群れが多く見られる。 ○昼間によく群れる。月夜は群れは粗である。 ○イルカに追われて群をなす。餌を求めて群れる。 ○成漁期はよく大群をなす。初, 終漁期の群れは小さい。 	木本 平磯 勝浦 " " 尾鷲
サ ラ	<ul style="list-style-type: none"> ○大群は作らない。 ○群泳する。 ○2月によく群集する。 ○5月に内湾に群集する。 ○天候の悪化するにしたがって群をなす。 ○秋の暴風前によく群集する。 ○昼間によく群集する。 ○害敵に追われ, 餌を追って群をなす。 	鏡島 浜町, 御前崎 木本 浜町 木本 床次浦 木本 "
シ ラ	<ul style="list-style-type: none"> ○しばしば群れてイワシ, コワシラを追う。 ○大群で遊泳する。 ○表層を泳ぎ群を作る。 	小串 出雲崎, 牛深 筒村
ア ジ	<ul style="list-style-type: none"> ○多く群遊する。 ○悪天候の時に群集する。 ○朝はよく群れ, 夜は散る。 ○餌を追って群れる。 ○7月, 小アジは潮上の瀬に群れて集まる。 	浜町 木本 " " 伊東

第 8 表 魚 の 運 動 その 1

魚 種	運 動	地 方 名
イ ワ シ	<ul style="list-style-type: none"> ○日本海より来遊する。一部は太平洋から来る。 ○産卵期は接岸する。悪天候の時は沖に去る。 ○潮流に対して上る。 ○秋～冬は北から南へ, 春～夏は北上する。 ○潮流による移動は少なく, 季節, 水温によって大きく移動する。 ○秋に大きく移動する。 ○外海から来遊する。 ○夏は魚脚が速い。入梅時に著しい。 ○6月ころに来遊する。朝方に沖より来て, 夕方に北に向う。 ○盛漁期は大群で回遊している。 ○夏は沖に出て, 冬は接岸する。 ○6～7月に来遊し, 一旦外に出て, 11月に再び来遊する。 	野辺地 久慈浜 久慈浜, 仙崎 尾鷲, 大津, 八戸 橋町 鏡島 名護 小名浜 八戸 新潟 九島 福良

	<ul style="list-style-type: none"> ○産卵期に接岸する。 ○2月ころ抱卵し、北上する。 ○西風の時は移動が速い。雨が無いと沖に出る。雨が降ると接岸する。 ○害敵に追われて内湾に入る。 ○潮流の緩かな時は動かない。 ○潮の悪い時は魚は動かない。落ち着くと移動し始める。 ○移動は潮流に向って行ろ。しかし浮いた魚は潮に関係なく動く。 ○潮流の速い時に来遊する。 ○潮によって瀬戸内より来遊するものと、南方面から来遊する2系がある。沖合は産卵場である。 	久慈浜 尾鷲 九島 福良 御幸町 山川 名護 蒲原 九島
黒 マ グ ロ	<ul style="list-style-type: none"> ○夏に北上する。暖水域を求めて泳ぐ。 ○暖流に乗って来遊する。北から南に秋移る。 ○暖流に乗って来遊する。八十八夜ころに北上し、秋の彼岸に南に去る。 ○朝夕によく移動する。 ○小魚を追って移る。 	尾鷲 塩釜 鮫 八戸 川尻, 八戸
サ バ	<ul style="list-style-type: none"> ○太陽に向って集まる。向日性がある。 ○礁、根の周辺に群泳する。 ○4~5月は海岸近くまで来遊する。 ○小魚を追って移動する。 ○潮下より潮上に向って移動する。 ○水温を追って移る。 	隠岐 八戸 川尻 八戸 新潟 八戸
サ ン マ	<ul style="list-style-type: none"> ○一般に南下する。 ○南下速度は3哩ぐらい。 ○9月に寒流に乗ってくる。 ○風の吹く時よく移動する。 ○潮に落される。風に逆って移動する。 	木本, 稲取, 網代 銚子 平磯 勝浦 "
サ ワ ラ	<ul style="list-style-type: none"> ○2月ころによく移動する。 ○餌を追って移動する。 ○西風が吹くと漁期が早く終る。 ○群成度は弱い。ばらばらに移動する。 	木本 木本, 三谷, 簗島 明石 佐敷

第9表 魚の運動 その2

魚 種	運 動	地 方 名
イ ワ シ	<ul style="list-style-type: none"> ○群成して潮を上る。多く右回りに運動する。 ○大群の時、群は上下に運動する。 ○群泳する。上層を遊ぶ時は水面上に周期的にせり上る。 ○冬期、瀬についた魚はなかなか動かない。 ○潮に向って泳ぐ。 ○上層を泳ぐ時はよく跳ね、沸きを見る。 ○小泡が多く浮く時、魚は底を泳いでいる。 ○音響によって底にかたまる。 	牛深 " 十五浜 九島 名護 浜島 " 野辺地
黒 マ グ ロ	<ul style="list-style-type: none"> ○夜明に敏活に泳ぐ。 ○暖流域で尾柄を海面に出して泳ぐ。 ○潮に向って泳ぐ。風に影響されて泳ぐ。 ○風のある時風下に向って泳ぐ。 ○水面を敏速に泳ぐ。餌に付くと跳ねる。 ○15~30 m 層を遊泳する。 ○刺網などの網に対して鈍く、無反応である。 	油津 鮫 銚子 平磯 八戸 十五浜 八戸, 塩釜
サ ン マ	<ul style="list-style-type: none"> ○上層の魚は下層のものに比べ脚が速い。 ○上層を泳ぐ。旋網などを入れると上方に跳ねる。 ○刺網に対し、日中は付近を泳いで掛らない。 	木本 尾鷲 十五浜

	○刺網に衝突すると、浮子方に沿って逃げる。	銚子
	○1尾が網に刺さると次々に掛る。	勝浦
	○網の屈曲部にはよく掛る。	〃
サワラ	○春は背鰭を出して泳ぐ。秋はよく跳ねる。	簗島
	○索餌の時は上層に、普通は下層にいる。	木本
	○針に掛ると大きくあばれる。	佐敷
	○水面下7~8mを遊泳する。	出雲崎
	○表層を泳ぐ。	小串
	○網に対して無反応である。	〃

の中で、地方によっては魚の行動が相反したものも相当に見られている。この点は地方による各種の条件の相違による現象であろう。

2. 探魚の第2段階

前述の第1段階は既知の知見によって魚の生息に必要な条件にかなう水域を追求して行うもので、これは端的に魚の生息している確率を追求する手段である。しかし、漁場の条件が100%魚の生息に適合していても必ずしもこの水域に目的とする魚が生息しているという保証はないのが常である。従って、操業の是非を判断し漁の時間と労力の空費を防ぎ、併せて漁の性能を高めるためには漁場内の魚の有無並びに魚の生息量を何らかの方法で把握することが必要になってくる。この実行手段が探魚の第2段階である。この手段には直認と器械による方法とがある。

1) 直認の方法(兆候による方法)

この方法は漁業者が漁を通して経験的に知得したものと云える。魚種によって遊泳行動にそれぞれ特性が認められている。従って、探魚の手段はこの特性を手掛りとするものが多い。次に二、三の例を示す。

サワラ、カジキ、イルカなどのごとく、魚種によって背鰭、魚体を水面に一部露出して遊泳するものがある。イワシ、アジなどのように群泳する魚はその所在を示す兆候が多く認められている。すなわち、水深に応じて水色の変化などがある。例えば、イワシの場合は次の兆候などがある。「シラバミ」—水面下を群泳する魚群の呼び名で、10~15mぐらゐまで透視できる。「気泡」—水面下を群泳する魚が水面に多数の気泡を発散しながら行動する場合、気泡の状態から魚の量、魚群の遊泳方向、速度などがわかる。「色」—水面下を群泳する魚の濃淡に応じて水面の色が多様に変化している状態で、赤味などがある。「ザラギ」—水面近くを泳ぐ魚群によって水面に小波(魚紋)を生ずる現象である。カツオの遊泳はよく漁業者によって研究されている。すなわち、「付もの」—クジラ付、サメ付、木付、イワシ付などが知られ

ている。「餌床」—イワシ付の現象で、カツオ群がイワシ群を包囲、摂餌する型である。「トロミ」—カツオが餌床を作り、団塊状を示す姿である。「銀流し」—飽食したカツオ群が水面近くを時々身体を横にして遊ぎ回る姿で、魚鱗が光線で銀色に輝く現象である。

一般に、表層を泳ぐ魚には水面に跳ねる現象(自由に餌を追って水面に飛び出る姿)がある。夜間はヒキ(魚の遊泳の場合、夜光虫が光る)の現象がある。主として、ブリ、マグロなど表層を活発に泳ぐ魚に著明に現われる光跡を言う。「海鳥群の動静」—漁場で初め海鳥群の発見に努め、間接的に魚群を知る法は昔から広く行われてきた。カツオ漁で鳥が中空を静かに舞う時は魚群は中層を泳ぎ、鳥が水面に静止している時は魚は深層に、また水面を乱れ飛ぶ時は魚は表層を泳ぐと言う。「鳥付ナムラ」といって魚群と鳥との関係は深く知られている。「水面透視法」—古く定置漁場などで山の頂きなどに魚見台を設け魚群の入網を見る、船のマストに登って水面を透視して魚群を探る、航空機などによるカツオ、マグロの広範な探索法、などがある。

2) 試験操業

兆候発見による探魚の方法は時刻、天候、海況によって常に大きく影響されやすい。魚を量的に確認し、常時可能な探魚の手段として試験操業の方法があり次にその一部を示す。「引縄による漁獲試験」—カツオ漁場でシヤブリ化を用いて魚の食いを調べる、航海中に引縄を流し魚の掛りから魚の量を求める。「延縄による法」—予定漁場で漁場価値を知るためにまず少量の延縄を入れて漁獲の様相を数量的に知る。「刺網による法」—北洋のサケ、マスなどで母船に先行して試験船を予定漁場で操業させる方法である。「曳網試験」—予定漁場で短時間に限って曳網し、入網の状態を試めず方法である。

3) 機器による方法

探魚の方法は各種の兆候による推定と直認、さらに試験操業と逐次効果的に改変されてきた。しかし、これらは完全に漁業者を納得させ得るものではない。また、こ

これらの方法の判定は常に主観的で個人差も大きく、その信頼度は様々である。探魚法を根本的に変革したものに魚群探知機がある。超音波を用いた魚群探知機の出現は多くの漁業の操業を大きく変改し、合理化するに至った。魚群探知機は探魚方法が経験を主とした古いものから脱し、常に客観的に行き、かつ全天候用として用いられる点に大きな期待が持たれている。魚探機は当初の垂直方向のものから 4π の水平面を含む新機器の出現によって漁業の革新に拍車をかけた。探知機は魚の量、位置、進行方向、魚群の形状、海底の状態、魚種の判定などがおおむね可能になった。これまで漁業者が長い年月にわたって組み立ててきた探魚の思想を発展させるに当たって、魚群探知機で実証していくことは、今後より効果の高い合理的な探魚の手段を導くことになるであろう。

2. 集魚法

漁場で各種の探魚の結果、目的魚の生息が判明した場合、漁業者は漁具の性能、操業方式に応じてより効果のある漁を営むための方法・手段を考える。広い水域に分散する魚を追いかけて捕えるよりも、これらを集めて集団として捕えることは賢明な方法である。集魚法は漁の性能をより高めるものである。漁で対象とする魚族をあらかじめ決めた限定水域内に希望する状態で集めること、より多くの魚を長い時間にわたって集めておくことは漁業者が常に念ずる点である。魚をある水域内に集め魚の密度を高めようとするには魚の行動を人為的に制御し、またはある種の運動を誘発することからはじまる。集魚法は人為的に魚の嗜好性を増長する刺激を与え、または自然環境を人工的に変革し、魚を本能的にまたは強制的に(魚は意識的、無意識のいずれか)集魚の状態を現出しようとするものである。

1. 漁における集魚の意義

広い水域に広く分散遊泳している魚をそれぞれに追い探して漁することよりも、これらの魚を漁しやすい水域内にあらかじめ集め、密度の高い魚群を対象に漁することは漁獲性能を高めるための賢明な方法である。あらかじめ希望した水域内に魚を集めることは漁における時間の浪費を防ぎ、作業の能率化、省力化を促進し併せて漁具資材の節減などに通じ合うものである。集魚の最終形態によって適切な漁具の設計、ひいては漁具の簡素化、操業の合理化などへの道が開かれてゆくことになる。漁業者が魚のそれぞれに対応する集魚の手段、方法を有することが漁には絶対に必要である。集魚法を大別すると、集魚は特定的水域内に極めて短い時間に限って集魚を期待するものと、ある決められた水域内に比較的長期にわ

たって集魚の状態を予期するものがある。集魚法の研究はこれからの漁業を論ずるに当たって不可欠の課題である。この研究の成果のいかんによってその漁の運命が左右されるともいえるであろう。集魚は漁の前提であって、集魚がそのまま漁獲を意味するものではない。集魚法は漁法上においては誘導、駆逐漁法の一部として認められている。従って、本項においては集魚法の概括を述べ、詳細は漁法の各項で記述する。

2. 集魚法

漁における集魚法のねらいは漁を効果的に行うための手段であり、また自然界の魚の各種運動に対し漁具が効果的に行使できるように魚の運動を部分的に規正し、あるいは助長し、その結果に期待して行うものである。魚を集める手段、方法は漁業者が自然における魚の生活、行動の様々な形態を観察し、その根源を考え、各種の集魚の方式を試行錯誤的に繰り返し、その内から形成工夫されてきたものである。集魚法に関する漁業者の発想の内、その幾つかを研究者が理論的に体系付け、これに沿って漁業者と研究者の協力の下に、今日の優れた集魚法の幾つかが育成されてきた。集魚法の多くは誘導漁法の一部で、その成果が最終的に集魚という形で示されたものである。集魚法には即効的なものと、遅効的なものとに区別されている。集魚法の対象魚は成群性の強いものが一般に多く選ばれている。

1) 環境利用の集魚法

この集魚法は遅効性の集魚法であって、魚に対して好ましい環境条件を部分的に造成して魚にこの水域部分の好ましさを学習させ、結果的にこの水域に集魚の状態を現出させようとするものである。この造成物を一般に漁撈装置(Fishing-device)と呼んでいる。この装置の規模は大小様々のものがあり、これは漁法、漁具の効率をより向上させる目的で造成されたものである。この装置の発想は太古の昔、魚族が豊富に生息していた当時の漁場環境を予察しながら、今日の魚の生態的、生理的な優れた知見を踏まえて漁場環境を人工的に部分的に変革し、魚に好ましい環境を現出しながら魚族を集め、停滞させる目的で造成される。この装置は漁場の復古運動の現れとみてもよいであろう。この装置による集魚は単に魚を集め滞留させるだけのもので、集まってきた魚の行動については何らの規正力もないのが普通である。この装置は造成後、時間の経過に伴って逐次集魚の効果を高めようとする趣向のもので、最終的には装置を拠点とした魚の生活圏の確立を期待したものである。この装置の造成は沿岸漁場の荒廃を防止改良し、可及的に太古の自然の

姿に漁場を部分的に復元し、沿岸の各種漁業を育成することを目標に造成されている。次に漁撈装置として二、三の例を示す。

(1)人工魚礁: 魚礁, 築磯, 石室, 石塚など

(2)漬類: ある期間, 物体を水中に付設したもの。シイラ漬, イカ漬, イカ柴粗朶漬(そだ漬)など

(3)魚付林: 昔から沿岸に樹木を繁茂させ, ①昆虫類など魚の餌料物, 有機物を自然に水中に供給する。②水中での plankton 類の発生を促進し, 併せて水中に適当な陰影を与え魚の休息の場を構成する。③雨水の流量を調節して水の濁りを調整する。などによってこの水域が魚に好ましい水域として学習させ, 集魚の機能を発揮する趣向のものである。魚付林は断層海岸のように海が深く, 海底は岩礁で, 海藻が自然によく繁っている所などがよい条件とされている。例えば, 東北の太平洋岸, 紀州, 四国の太平洋岸などの一部は魚付林の効果が強く期待される好適な所である。魚付林に適した岸の斜面は一般に 33° 以上の傾斜角のある所で, 水深 15 m 以上の岸深の所がよいといわれている。

以上の各種の装置類は人工的に魚の嗜好する生息の場を極端的に造成することで魚を長期にわたって滞めておく趣向で, もっぱら魚の各般の習性を利用して集魚の状態を現出しようとするものである。

2) 餌料による集魚法

これは魚の本能的食性利用の集魚法であって, 昔から誘集の方法として広く用いられてきた。集魚用の餌は撒餌と沈め餌の用法がある。餌の種類, 材料は動物性, 植物性のものである。餌の効果は微粒状のものが連続して流出し, その臭並びに水の濁りなどの相乗効果で魚を集める趣向のものである。この例を次に示す。

(1)タイの飼付: 夏から秋にわたって魚道をやくしてサナギ粉, ホシイワシ, 米ヌカなどを赤土, 小石などに混ぜて米俵に詰め, 20~30俵を互に連結して海底に沈めておく数日にしてタイなどが次第に集ってくる。これを業者が漁する。

(2)ブリの飼付: 水深 50~100 m で, 海底はある広さを有する平坦な岩盤の所を選び, 潮流は弱く, 方向性のある所が好ましい。しかも, ブリの魚道に当たっている漁場水域を選び, あらかじめアジ, サバ, サンマなどの塩物を俵に詰め, これを毎日連続してある期間 2~5 俵ぐらいを投下する。その結果, ブリはこの水域には常に餌のある所ということ学習する。逐にはこの水域内にブリを常駐させることになる。このブリを対象に秋~冬にわたって釣獲する趣向である。

3) 感覚刺激による集魚法

魚の視覚, 嗅覚, 味覚, 聴覚, 触覚のいわゆる五感を刺激し, 魚がそれに反応し行動する型を期待して集魚目的を果す集魚法である。刺激の方法には物理的なものと化学的なものがある。刺激に対する反応行動は刺激に対する正負の反応で示される。物理・化学的刺激の反応は大部分が即効的なものが期待されている。この方法には次のものがある。(1) 燈火による集魚法, (2) 音響による集魚法, (3) 臭による集魚法, (4) 濁りによる集魚法, (5) オトリ魚による集魚法, などがある。これらの詳細は後で述べる。燈火利用の集魚法については拙著論文「漁業における火光の集魚効果とその操法の研究 I~IV」を参照されたい。(本誌第 6 巻第 1~4 号)

3. 刺激に関する知見

魚に物理・化学的な各種の刺激を加え, その反応行動を期待して集魚を試みる場合, 加える刺激の効果はおおむね次のような刺激の法則にしたがうものようである。

1) Bunsen-Roscoe's Law

この法則は, 生物がある種の刺激を受けて, 反応が現われるのにはある程度以上の刺激の強さ(量)が必要である。その範囲内においては, 生物が反応を示すまでの刺激の量は一定である。すなわち, 強い刺激を与えた場合は生物の反応を示すまでの時間は短く, 弱い刺激の場合の時間は長くなる。刺激の強さを V, V' , 生物の反応するまでの時間をそれぞれ T, T' とすると, 両者の関係は $V/V' = T'/T$ で示される。

2) Tablot's Law

生物に連続して刺激を加えると, 1) の法則にしたがって反応が示される。しかし, 刺激を生物に断続的に加えたとき, 断続の時間で, 刺激を断つ時間を適当に(生物に対する刺激感が完全に消失しない程度)長すぎないようにすると, 加えられた刺激はその都度加量され, 総和がある量に達すると生物はその刺激に反応する。

3) Weber-Fechner's Law

生物に加えられる刺激の量が増加, 減少する場合, 生物の反応する度合の増加, 減少は刺激量の差と増加, 減少前の刺激量との比で示され, その値は一定である。

4) Verwon's Theory

ある物性が生物に対し刺激として作用する場合には, まず環境条件を変革することが必要である。(刺激とは外界の生物に対する生活条件を変革する要因である。) 生物に対して加えられる一つの刺激もこれが長い時間にわたって持続された場合, この刺激はすでに生物に対して

刺激の要因とはなり得ない。

これらのほか、生物に対する刺激と刺激に反応する生物との関係は複雑にして簡単に割り切って論ずることは容易でない。生物は刺激に対して経験の度数が加わるにしたがって慣れる。学習することなどで生物の感応度は逐次低減するのが普通である。生物に対する刺激は初期の効果は大きく示されるが、生物が刺激を経験するにしたがって効果は低減してゆく。従って、同じ効果を期待するためにはさらに強力な刺激を必要とするようになる。

4. 強制集魚法

魚が広い範囲に分散し、これを集めるための適当な手段が見いだせない場合などに、魚を威嚇し駆り立ててある水域内に追い込み、結果として魚を集める方法がある。これは一般に駆集法と呼ばれるもので、魚種によっては効果的なものである。この方法については駆逐漁法の項で詳述する。

3. 遮断漁法

漁場で魚の生息がある程度量的に認められた場合、これらの魚を漁の対象とするに当たって、まず魚の運動、行動を何らかの方法で制御し、漁具に適合した状態に転換させる必要がある。この制御の手段には遮断の方法がある。この方法は漁の基本が魚の運動力を零にする。すなわち、このことは魚の運動を停止させることに尽きる点から漁の根幹をなすものである。遮断漁法は魚の行動の自由を奪う効果的な漁の有力な手段である。

1. 遮断漁法の発想

漁の手段はおおむね魚のある種の運動、行動を利用して手掛りを得るのが普通である。一般に、魚の各種の運動、行動を解明してみると、魚にはその運動、行動を必要とする各種の要因があることがわかる。普通、魚の行動は生理的に、または外部的にある種の目的に沿って行われている。漁における遮断のねらいは魚の運動、行動の方向性を他動的に、または自主的に転換、停止、消滅させることである。これによって誘発、現出される魚の次の運動、状態を漁の手段として活用することをねらって遮断漁法が工夫されている。一般的に魚の各種の行動には必ずこれを必要とする魚自身の内面的な、または外部からくる目的がある。これら目的要因の主なものには魚自らの保身の手段行動であり、種族維持のための直接、間接の行動に因るものである。普通、これらの行動を本能に因る行動と呼んでいる。本能に基づく各種の行動にはある種の pattern が認められている。すなわち、これは保目的の行動と言える。遮断漁法のねらいは魚の保目

的性行動に対してこれを誘発する各種の条件並びに要因を撤去し、またはこの行動を妨害することで魚の保目的の行動を一時的にあるいはある期間にわたって不可能とし、結果的に展開される魚の二次行動を予測し期待するものである。従って、遮断漁法では魚の運動、行動の特性を正しく把握し、魚の運動、行動の誘発要因、目的を正しく判断することがまず前提となってくる。

2. 遮断漁法の沿革

漁の基本は魚の行動の自由の制限であり、その手段化されたものが遮断の各種の方法である。この漁法の初めは地形、地物の漁への利用であった。従って、この漁法は河川、湖沼を中心に小さい規模で始められている。昔の人々が格別の漁具を持たなかった折、人々は河幅の狭い、水深の浅い所を求めて漁を行ってきた。この場合、漁は河を遡上、降下の単純な方向性しか認められない魚を対象にする利点があった。漁の初期、遮断の方法は築堤、簀立などによる水域を部分的に間仕切りする方法が採られた。間仕切りの方法は河川の特長から地形、地物の利用が容易である点に注目して行われていた。遮断の方法には多くの場合、他の漁法と組み合わせて効果を挙げるものが多くなっている。遮断漁法は魚の進行方向を変え、魚を特定の水域内に滞留させ、魚の密度を高める趣向のものであった。初めに創意された築堤法(石を積み重ねる)、板で水中を仕切る方法などは水深、水の流圧、規模の拡大などの点で難点があるが、この方法は流れを止める完全遮断の方法であった。次に考えられた方法は魚だけを遮断し水は自然に流す方式のもので、魚と水の分離、遮断の規模、場所の拡大、容易に付設、撤去ができることを条件に竹の簀を杭で張り立てる簀立方式のものであった。簀は取扱いが容易で、水の抵抗は築堤方式より少なく、従って漁場の条件なども若干緩和されていた。簀による遮断方式が沿岸にまで拡大されたものに簀立漁、立切網、囲網などがある。網が広く漁用に使われるに応じて、この漁法は逐次より効果的になってきた。粗繊維の網は専ら遮断用に用いられ、魚の視覚、聴覚に刺激を加え、網の所在を明らかにすることで魚の停止、方向変換をねらった。材料にはクズ、シナノキ、イチビ、ツナソ並びにワラなどであった。これらの網はほとんどが静置方式で使用された。麻、綿などの強い上質の網材料の出現によって、静置方式の遮断漁法は機動性をもった駆り立て方式に改変されたものもある。遮断用の網は地形、地物を利用し、水域内で幕(Curtain)の役を果たすため、網の展開は杭などに取り付ける方法で行われていた。次で、浮子、沈子による水中での自立が可

能になった網は操業水域をある程度潮流などを考慮に入れながら自由に選ぶことができるようになった。遮断方式は初めの内はほとんどのものは魚の進行を立体的に遮断することを主としていた。次いで、水平遮断の方式も考えられ、すなわち敷網の操業方式などが現れた。遮断漁法の対象は魚の運動の方向性、遊泳深度、遊泳の形態がおおむね一定して予測できるものが望ましい。さらに、潮汐流、水温、水中の明暗などの自然現象に対応して示される魚のそれぞれの行動が予察されることなども重要なことである。河川の落アユを捕るヤナ漁、海辺の地形と潮汐の干満を利用した立切網（満潮に竹簀、漁網などで適当な水域を部分的に仕切り、干潮で沖合に去ろうとする魚の逃げ道を遮断し、残された魚を捨い捕る）、簀立方式で沿岸の魚を漁獲する趣向のものから始まっている。今日の網漁具の大部分のものは操業過程のいずれの部分かで遮断の役割を果すように設計されている。定置網の垣網、刺網、まき網、敷網などは皆この趣向に沿って作成し操作されている。網漁具を含め普通、遮断の効果はおおよそ漁具の大きさ、使用される量に比例して示される。魚における遮断の方法は水域を完全に外部との連絡をささげる方式と、魚だけを完全に物理的に100%遮断する方式（水の流通を計りながら）がある。さらに、魚に警戒、恐怖感を与え感覚的に通過不能の状態に陥れながら、先の物理的な完全遮断と同じ効果を期待する方式がある。漁業として規模の大きい建切（立切）網は網の幅を水深と同じくした帯状の長い網で魚群を外水界より断ち切り魚の行動圏を狭め、その内で敷網、刺網、投網を用いて漁獲する。カツオ、マグロの建切網は古く駿河湾、紀州沿岸、内房などで用いられていた。例えば、駿河湾に来遊したカツオ群は西浦、内浦の湾に進入する魚道が判然としていて、来遊した魚は尾びれを露出して泳ぐ。これを山上の魚見が見て魚群を湾内に閉じ込めるように網で湾口を遮断し、これを刺網、敷網などを用いて捕える。ボラの建切網は瀬戸内を中心に九州方面で用いられ、来遊した魚をある水域内に進入させ、魚の退路を遮断する方式で行われていた。一般に、水面から水底までの間を物理的に遮断することは特殊な場合を除いて余り行われていない。これは技術的にも困難なためである。遮断漁法の多くは水深の一部に限って行う（浮刺網、底刺網など）部分的な遮断の方法である。遮断漁法はいつでも、どこでも、どの魚にも可能な方法を考え、すなわち魚の特性を究め、魚に感覚的に網と同じ遮断効果を期待する物理的、化学的な各種刺激の方法により新しい展開が期待されている。

3. 遮断漁法の趣向

魚の生息する水界で魚の行動を遮断できるものは水面、水底、陸岸である。多くの漁業は操業に当たって水面、水底、陸岸の完全な遮断効果を活用し、これらを拠点にそれぞれ行われている。このことは、魚種の区別なく魚の日常生活圏が例外なく水面、水底、陸岸のいずれかに偏して営まれてる点に注目したものである。これは漁業者が長い年月にわたって知得した生活の知恵でもある。沿革の項で述べた如く漁が河川、湖沼でまず始まったこともこの点から説明される。その後、漁は順次に水面、水底、陸岸の物理的な絶対遮断効果に準ずる趣向の物、方法を人為的に造成工夫し、任意の水域内にこれを現出しながら魚の行動を制御するという思考が生れた。魚において遮断の対象になる魚についてのねらいはおおむね次の点である。(1) 方向性を有する魚の行動を任意の方向に転換させる。(2) 魚の遊泳速度を鈍らせ、魚を混乱状態に導き、ある水域内に停滞、高密度させる。(3) 不安定な行動をする魚に対して遮断によって魚の行動に方向性を与える。先に述べたように、陸岸、水面、水底は自然の遮断具であり、魚がこの点を考え操作されることは当然のことである。また、自然界には各種の現象があり、冷水塊によるカツオ群の回遊路の遮断現象、三陸の沖合の親潮、黒潮の消長に因る魚の回遊路の変動などは自然の遮断の例と言える。これら自然界の各種の現象を解析し、漁の手段としてこの現象を極小水域に現出する思考もあり得る。魚は魚種ごとに水圧に対する対応度も様々である。すなわち、表層魚、中層魚、深海魚など生理的に区分された生活圏が決まっている。海の深さ、すなわち水圧は魚に対し垂直方向に対する遮断具の役割を果している。海水の質、塩分量、酸素量、化学物質の混入度などある種の魚にとっては自然の遮断の効果も果している。これを漁業者は知っている。水流、風向、風力などもある種の魚にとってこれらが遮断と同じ効果を持つこともわかっている。自然界のこれらの現象は常に巨視的で広い範囲にわたって展開され、直接この現象を漁の手段化することはまず困難視される。しかし、自然界のこれらの現象を手掛りにこの現象を漁の手段化する研究もこれから逐次進められるであろう。今日、漁業の分野では魚の感覚器官並びに機能に関する優れた各種の研究が行われ、これらの成果を踏えて、これを漁の手段化しようとする努力も行われている。魚にある種の刺激を加えた場合、魚は多くの場合正負いずれかの反応を示す。漁業者は刺激に対する魚の負の反応行動を遮断用の手段として考えるようになった。魚に加える刺激は

物理的、化学的並びに生物的なものと、その方法が考えられている。また、これらの刺激には魚の視覚、聴覚、味覚、嗅覚、触覚を対象にこれら魚の感覚器官を単一に、また複数として刺激を加え、刺激の効果をより高める手段も試みられている。視覚刺激の場合には形状、大きさ、色彩、動き、量などが刺激物の条件になる。聴覚刺激には音質、音量、音の拡散範囲、継続時間などが条件になっている。嗅覚刺激の場合は臭の質、強さ、拡散度などが検討の対象になるであろう。網糸に臭を帯びさせる臭網などの発想も試みられている。遮断漁法はこれらの各種の刺激源に対する魚の反応を魚に期待して行うものである。各種の刺激に対する魚の反応の現れ方は複雑で必ずしも単純ではない。普通の場合、刺激の魚に対する初期効果は大きく示されるが、刺激が連続して加えられると、魚はこれに慣れて次第に反応を示さなくなる。北欧、カナダの大西洋岸において、産卵ニシンが沿岸に來襲した折、湾口を気泡幕 (air-curtain) で閉鎖して漁獲する方法がある。著者らの実験では、気泡幕の遮断効果は初めの短い間だけで、時間の経過とともに魚は自由に気泡幕を通過するようになることを認めている。この遮断漁法が成立するためには、まず魚のある種の運動、行動が前提になっている。すなわち、静止している魚、不規則な行動をする魚は一応この漁法の対象から除かれている。この漁法はおおむねある水域を排他的にある時間または長期的に占拠して行われる。このために、この方法は常に他の漁業との調整が必要になっている。

4. 遮断漁法の展開

漁に用いる網具は多く物理的に魚の通過を許さない完全な遮断用に用いられている。この場合は網目は魚の通過を許さないように小さくなる。このことは網地が受ける水中の抵抗は大きくなり、従って網の材料は強靱で且つ大量必要になる。このことは、水中での操業を困難なものにしている。そこで、次に魚の通過が自由にできる網目の網でも魚は感覚的にこれを通過不能の障害物として網を認める。すなわち、網に対して魚は恐怖、警戒の念に駆られ、結果として網が遮断の役割を持つことを期待する方法での網の使用が考えられている。魚に対して網、障害物の所在を何らかの方法で感知させ、魚が自発的にこれを避けるようにすることが遮断漁法の大方のねらいである。視覚刺激の魚に対する条件は客観的には水

中の明るさ、すなわち天候、時刻、海の透明度、水深などが条件になっている。今日の漁では、物理的な完全遮断が期待される場合を除いて、多くは魚に対する感覚的な遮断法が主体的に採用されている。しかし、この感覚的な遮断法の効果は常に 100% を保証したものではない。この方法は魚の経験による慣れ、学習などで遮断の効果は多くの場合低減する。

遮断を目的に採用される物理的な刺激の手段は音響、光、電気 (流) などがあり、化学的な手段には臭、味などが考えられている。また、海洋学的な諸条件、すなわち海水の物理的、化学的な条件を人為的に限定水域内にて変革することの可能性なども考えられる。一般に、感覚刺激に対しては魚種ごとに正負のいずれかの反応、または無反応の形態が示されるが、遮断用は負の反応の効果のみを期待したものである。音は集魚目的での使用法と威嚇目的での使用法とがある。すなわち、音質 (波)、音量、発声手段、使用方法、持続時間など検討すべき点はまだ多く残されている。臭については魚の天敵の体臭、生理的にきらう臭などを調べ、これを漁の手段にする研究も必要になってくる。例として、魚のきらいな臭を網に吹き付け、魚の網への接近を妨害するなど養殖業などでは考えられている。

遮断漁法の採用のねらいは多くの場合、遮断具が魚に対して恐怖、警戒の念を与えることで接近を妨げる効果をねらうものである。

漁法には常に夢があると言える。この夢を具体化するためには魚のそれぞれの運動、行動が誘発される要因、目的を正しく解明することがまず必要となってくる。次いで、魚の行動を誘発する要因を消去し、または魚の行動目的を妨害するような手段方法がすなわち遮断漁法である。この漁法を効果的に行うに当たって、遮断具の用法は線、または面で魚にある時間にわたって対応することが肝要であるが、点としての効果は余り認められていない。

魚に加える刺激の効果は複雑に示され、すなわち魚種により、魚の生長の程度、漁場の条件などによって反応はその都度変って示されてくる。従って、遮断の効果は常に画一的には示されないのが普通で、それだけ複雑なものと言える。

学会記事

- 昭和50年12月8日と12月26日に、東京水産大学において、第1回および第2回日仏海洋学会賞受賞候補者推薦委員会が開かれ、審議の結果、昭和51年度受賞候補者として、阿部友三郎氏を推薦することとし、この旨宇野委員長から会長に報告した。
- 昭和51年2月6日、東京水産大学において編集委員会が開かれ、第13巻第4号の編集が行われた。
- 下記の諸氏が入会された。

正会員

氏名	所 属	紹介者
小網 汪世	焼津海洋情報センター	堀越 増興
筑井 正義	㈱オーシャン・エイジ社	佐々木忠義
佐藤 孫七	東海大学海洋学部	"
糸刈 長敬	東京水産大学漁場環境講座	"
平良 恵仁	琉球大学図書館	"
桑 守彦	中川防蝕工業㈱	龍野 幸夫
平泉 泰	東京大学工学部化学工学科	関 文威

- 交換および寄贈図書
 - 鯨研通信, 289~292号.
 - 英国産業ニュース, 11~2月号.
 - 海洋産業研究資料, 6(9, 10).
 - 研究実用化報告, 24(11, 12), 25(1).
 - 海洋機器開発, 7(11, 12), 8(1).
 - なつしま, No. 16~20. (海洋科技センター)
 - 港湾技研資料, No. 224~228.
 - 港湾技術研究所報告, 14(3).
 - 港湾技術研究所年報, 昭和50年度版.
 - 東京大学海洋研究所要覧, 1975年.
 - 国立科学博物館専報, 8号.
 - 広島大学水畜産学部紀要, 14(2).
 - 日本航海学会論文集, 54号.
 - JODC ニュース, No. 11.
 - 日本プランクトン学会報, 22(1-2).
 - Ocean Age, No. 12 1, 2.
 - CSK Newsletter, No. 47.
 - Science et Pêche, N° 247~249.
 - Preliminary Report of the Hakuho-maru Cruise, KH-73-1.
 - Bulletin of the National Science Museum, Ser. A(Zoology), 1(4).

- Bulletin d' Information, N° 81, 82.
- La ga Gazette de la Presse de Langue Française, N° 11.

日仏海洋学会役員

顧問 ユベール・ブロッシェ ジャン・デルサル
 ジャック・ロベール アレクシス・ドラン
 ール ベルナル・フランク

名誉会長 ミシェル・ルサージェ

会長 佐々木忠義

常任幹事 永田 正, 大柴五八郎

幹事 阿部友三郎, 有賀祐勝, 石野 誠, 井上 実, 今村 豊, 岩下光男, 宇野 寛, 川原田 裕, 神田 献二, 菊地真一, 草下孝也, 齋藤泰一, 佐々木幸康, 杉浦吉雄, 高木和徳, 高野健三, 辻田時美, 奈須敬二, 根本敬久, 半沢正男, 松生 治, 丸茂隆三, 森田良美, 山中鷹之助 (五十音順)

監事 久保田 讓, 岩崎秀人

評議員 赤松秀雄, 秋山 勉, 阿部宗明, 阿部友三郎, 新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠, 石渡直典, 市村俊英, 井上直一, 井上 実, 今村 豊, 入江春彦, 岩崎秀人, 岩下光男, 岩田憲幸, 宇田道隆, 宇野 寛, 大内正夫, 大柴五八郎, 大村秀雄, 岡部史郎, 梶浦欣二郎, 金谷太郎, 川合英夫, 川上太左英, 川村輝良, 川原田 裕, 神田 献二, 菊地真一, 草下孝也, 楠 宏, 国司秀明, 久保田 讓, 黒木敏郎, 小林 博, 小牧勇蔵, 西条八束, 齋藤泰一, 齋藤行正, 佐伯和昭, 坂本市太郎, 佐々木忠義, 佐々木幸康, 猿橋勝子, 椎野秀雄, 柴田恵司, 下村敏正, 庄司大太郎, 杉浦吉雄, 関 文威, 多賀信夫, 高木和徳, 高野健三, 高橋淳雄, 高橋 正, 田畑忠司, 田村 保, 千葉卓夫, 辻田時美, 寺本俊彦, 富永政英, 鳥居鉄也, 中井甚二郎, 中野猿人, 永田 正, 永田 豊, 奈須敬二, 奈須紀幸, 新田忠雄, 根本敬久, 野村 正, 花岡 資, 半沢正男, 半谷高久, 菱田耕造, 日比谷 京, 平野敏行, 深沢文雄, 福島久雄, 淵 秀隆, 星野通平, 増沢讓太郎, 増田辰良, 松井 魁, 松生 治, 松崎卓一, 松平康男, 丸茂隆三, 三浦昭雄, 三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎正衛, 元田 茂, 森川吉郎, 森田良美, 森安茂雄, 安井 正, 柳川三郎, 矢部 博, 山路 勇, 山中鷹之助, 山中 一, 依田啓二, 渡辺貫太郎, 渡辺精一

(五十音順)

マルセル・ジュグラリス, ジャン・アンクティル, ロジェ・ペリカ

賛 助 会 員

- 旭化成工業株式会社
 株式会社内田老鶴園新社 内田悟
 大金久展
 株式会社 オーシャン・エージ社
 株式会社 大林組
 小樽船用電機株式会社
 株式会社 オルガノ
 海上電機株式会社
 株式会社 海洋開発センター
 協同低温工業株式会社
 協和商工株式会社
 小松川化工機株式会社
 小山康三
 三信船舶電具株式会社
 三洋水路測量株式会社
 シュナイダー財団極東駐在事務所
 昭和電装株式会社
 大洋電機株式会社
 株式会社 高瀬鉄工所
 株式会社 鶴見精機
 東亜港灣株式会社
 東京工材株式会社
 株式会社 東京久栄
 東京製網織維ロープ株式会社
 東京レブ株式会社
 株式会社 東邦電探
 中川防蝕工業株式会社
 株式会社 ナック
 日本アクアラング株式会社
 日本海事広報協会海の世界編集部
 日本海洋産業株式会社
 日本テトラポッド株式会社
 日本テレスコム株式会社
 社団法人 日本能率協会
 日本プレスコンクリート株式会社
 日本無線株式会社
 有限会社ハラダ電機製作所
 ヒエン電工株式会社
 深田多満男
 藤田潔
 藤田峯雄
 芙蓉海洋開発株式会社
 フランス物産株式会社
 古野電気株式会社
 丸文株式会社
 三井海洋開発株式会社
 吉野計器製作所
 株式会社 離合社
 株式会社 渡部計器製作所
- 東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル
 東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル
 東京都港区新橋 3-1-10 丸藤ビル 社団法人 海洋産業研究会
 東京都千代田区神田美土代町 11-2 第1東英ビル
 東京都千代田区神田司町 2-3
 小樽市色内町 3-4-3
 東京都文京区本郷 5-5-16
 東京都千代田区神田錦町 1-19
 東京都港区赤坂 1-9-1
 東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
 東京都豊島区目白 4-24-1
 東京都千代田区神田佐久間町 2-7 第6東ビル
 東京都文京区本駒込 6-15-10 英和印刷社
 東京都千代田区神田 1-16-8
 東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
 東京都港区芝罘平町 38 日本ガス協会ビル
 高松市寺井町 1079
 東京都千代田区神田錦町 3-16
 東京都江戸川区松江 1-11-15
 横浜市鶴見区鶴見町 1506
 東京都千代田区四番町 5
 東京都中央区築地 4-7-1 築三ビル
 東京都中央区八重洲 3-3 八重洲口会館
 東京都中央区日本橋室町 2-6 江戸ビル
 東京都豊島区池袋 2-1120 ローズマンション 302号
 東京都杉並区上高井戸宮前 1-8-9
 東京都千代田区神田鍛冶町 2-1 東京建物ビル
 東京都港区西麻布 1-2-7 第17興和ビル
 東京都品川区東品川 4-9-26 南産業ビル
 東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル
 東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル
 東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階
 東京都港区六本木 4-11-10 六本木富士ビル
 東京都港区芝公園 25号地
 東京都中央区日本橋本石町 1-4
 東京都港区芝桜川町 25 第五森ビル
 東京都豊島区池袋 3-35
 堺市松屋町 1-3
 東京都港区芝虎ノ門 8 虎ノ門実業会館 深田サルベージ株式会社
 東京都新宿区四谷 3-9 光明堂ビル 株式会社ビデオプロモーション
 東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所
 東京都千代田区大手町 2-3-6 タイムライフビル
 東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
 東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル
 東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1
 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル 3002号室
 東京都北区西ヶ原 1-14
 東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル
 東京都文京区向丘 1-7-17

お 知 ら せ

波浪の観測・予報と利用に関するセミナー

期 日：昭和51年12月15日(水)～16日(木) 〒100 東京都千代田区丸の内3-2-1 富士ビル
 会 場：土木学会講堂（東京都新宿区四谷1丁目） 418室 電話(03)-211-8601, 214-5071
 会 費：一般 24,000円 学生 18,000円 共 催：海洋気象学会 土木学会 日仏海洋学会
 （下記テキスト代を含む） 日本海洋学会 日本航海学会 日本造船学会
 テキスト：ECOR日本委員会波浪委員会編「海洋波浪の 調査研究に関する現況報告書」 (五十音順)
 （A-4判・384ページ・360図表・頒価12,000円） なお、詳細については、主催の ECOR 日本委員会へ
 主 催：ECOR日本委員会 お問い合わせください。

プ ロ グ ラ ム

<第1日> 昭和51年12月15日(水)

時 間	講 義 題 目	講 師
9:25～9:30	開 会 の 辞	本間 仁 (ECOR 日本委員会会長)
9:30～11:00	海洋波浪の推算と予測	磯崎 一郎 (気象庁気象研究所)
11:00～12:30	沿岸海域における波の変形	岩田 憲幸 (科学技術庁防災科学技術センター) 橋本 宏 (建設省土木研究所)
12:30～13:30	— 昼 休 み —	
13:30～15:00	沖合波浪情報の取得と予報の実際	松本 次男 (気象庁)
15:00～15:20	— 休憩20分間 —	
15:20～16:50	沖合波浪情報の利用	井上 篤次郎 (神戸商船大学) 菅井 和夫 (運輸省船舶技術研究所)

<第2日> 昭和51年12月16日(木)

時 間	講 義 題 目	講 師
9:30～10:15	沿岸波浪情報収集の現状	高橋 智晴 (運輸省港湾技術研究所)
10:15～11:00	官公機関における沿岸波浪情報の取得と提供	小野田 仁 (気象庁)
11:00～11:45	沿岸海洋施設・構築物の設計と波	石川 進六 (大林組)
11:45～12:30	沿岸における工事施工・船舶運航管理と波	棚橋 輝彦 (日本気象協会)
12:30～13:30	— 昼 休 み —	
13:30～14:30	波浪の計測システム	橋本 宏 (建設省土木研究所)
14:30～14:40	— 休憩10分間 —	
14:40～15:40	洋上波浪の観測	降旗 常雄 (気象庁気象研究所)
15:40～15:50	— 休憩10分間 —	
15:50～16:50	沿岸波浪の観測	高橋 智晴 (運輸省港湾技術研究所)
16:50～16:55	閉 会 の 辞	山内 保文 (ECOR 日本委員会波浪委員会委員長)

最高の品質 信頼のブランド

aqua-lung®



France.



Italy.



Australia.



U.S.A.



日本アクアラング株式会社

本社・東京支社：東京都品川区東品川4-9-26(南産業ビル内) 〒140 TEL.(03)472-6123(代)

本社・神戸支社：神戸市兵庫区浜中町2丁目18-6 〒652 TEL.(078)681-3201(代)

九州支社：福岡市中央区港3丁目7-5 〒810 TEL.(092)741-8907・751-0715

横浜営業所：横浜市中区野毛町3-129 〒232 TEL.(045)231-3021

名古屋営業所：名古屋市東区富士塚町3-14 〒461 TEL.(052)951-5016(代)

大阪営業所：大阪市西区九条通1丁目5-3 〒550 TEL.(06)582-5604(代)

四国出張所：高松市福岡町4丁目36-9(高松帝酸内) 〒760 TEL.(0878)51-8853

アクアラングは日本においては当社が専用使用権を有している国際的商標です。
商標登録「aqua-lung」登録番号 第494877号 商標登録「アクアラング」登録番号 第494878号

メルタック

熱溶融型接着剤ですから、溶剤や水を含まないため乾燥の必要がなく、瞬間的に接着します。

ポリエチレン、アルミ箔等にも良く接着します。

ポリロック

含浸、注型、充填用として使用される接着性と作業性の良好なシーリング材です。

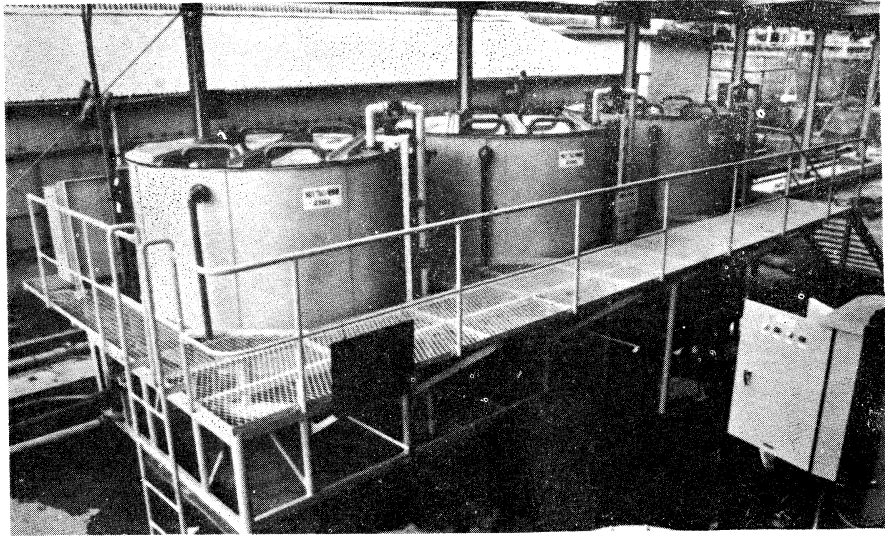
ポリワックス

ワックスを主成分とし、各種ポリマーをブレンドした防湿、密封用のシーリングワックスです。

東京工材株式会社

東京都中央区築地 4-7-1 TEL (542) 3361 (代)

AQUACULTURE



ワムシ培養プラント

(納入先: 瀬戸内海栽培漁業センター 伯方島事業場殿 昭和51年3月)

MODEC は、栽培漁業に関するあらゆる機器、
システムの開発に取り組んでいます。

開発実績: フローティング・ステーション, ユニット型小割イケース(マダイ親魚用), ナーサリバージ(稚魚養成用), 人工干潟(稚魚放流用), 微生物フロック生産プラント, ワムシ培養プラント(種苗用餌料), アジテーター(種苗生産用), クルマエビ養殖システム等

より豊かな海をめざす——MODEC



三井海洋開発株式会社

〒100 東京都千代田区霞が関3-2-5 霞が関ビル30 F 3002 TEL (03) 581-2301 代

MITSUI OCEAN DEVELOPMENT & ENGINEERING CO., LTD.

P.O. BOX 116, KASUMIGASEKI BLDG., 2-5, KASUMIGASEKI 3-CHOME, CHIYODA-KU, TOKYO 100
TEL: TOKYO-581-2301

Exploiting the Ocean by...

T.S.K. OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

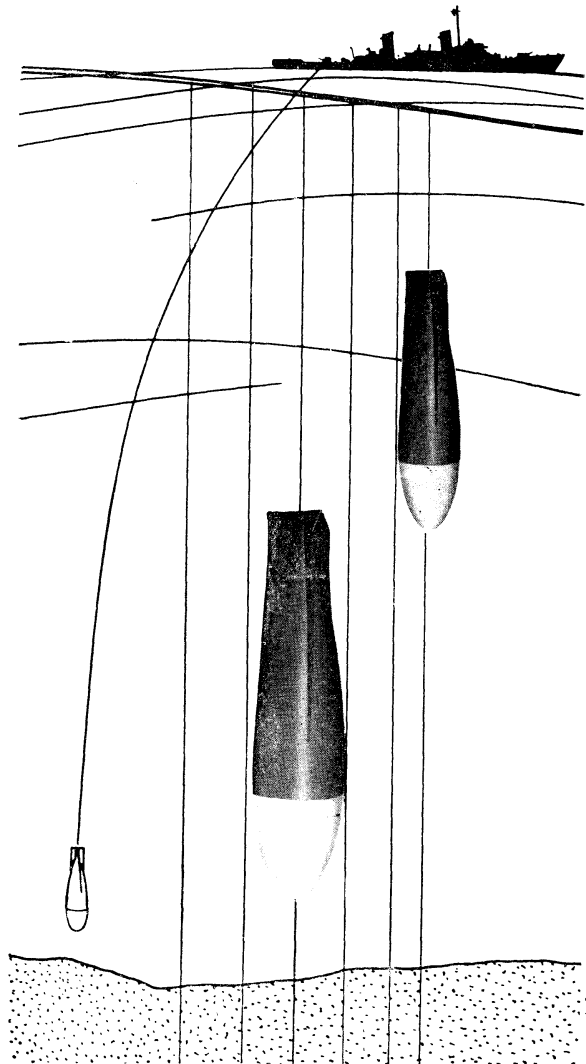
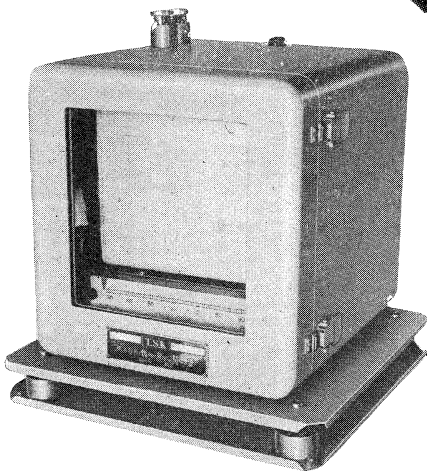
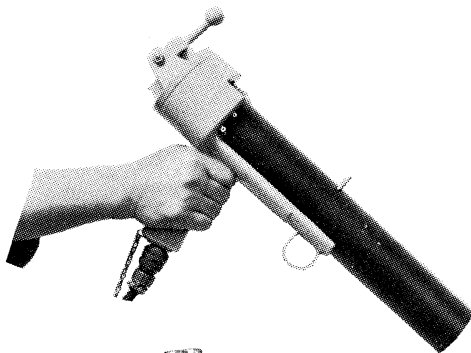
XBT システム (日本特許権専用)

XBT システムは船舶が航行中 (30ノットまで) 誰でも使用出来、また気象・海象の制約を受けることなく、深度 460 m までの水温を正確・迅速に測定できる信頼度の高いユニークな計測器です。従来のメカニカル BT と比較して (1)測定深度 (2)精度 (3)システムとしての信頼度 (4)燃料費、人件費の節約など多くのすぐれた点を有し、加えてリアルタイムでデータが得られますので使用者にとって直ちにその利用が可能であります。現在艦船、観測船、ヘリコプター等においてご使用をいただき好評を得ております。

○是非一度御使用下さい。

深度 460 m 用, 1,830 m 用の 2 種類あります。

米国ではすでに60~70万発も使用されています。



THE TSURUMI SEIKI CO., LTD.

1506 Tsurumi-cho Tsurumi-ku, Yokohama, Japan 〒230

CABLE ADDRESS

TSURUMISEIKI Yokohama

TELEPHONE

045-521-5252~5

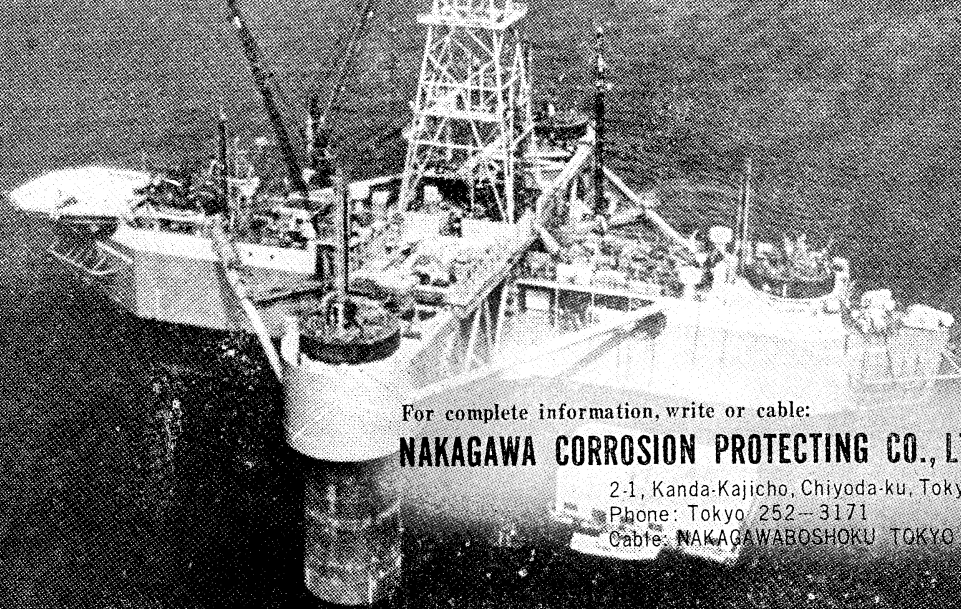
TELEX

3823750 TSKJPN J

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

SAVE YOUR MONEY

thru **NAKAGAWA's** Cathodic Protection
& **ZAPCOAT** (inorganic zinc rich paint)
for valuable marine equipments & offshore structures



For complete information, write or cable:

NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO., LTD.

2-1, Kanda-Kajicho, Chiyoda-ku, Tokyo

Phone: Tokyo 252-3171

Cable: NAKAGAWABOSHOKU TOKYO

水路測量と土質調査

Hydrographic Survey and Marine Geological Survey

SANYO Hydrographic Survey Co., LTD.

業 務 深淺測量, 底質土質調査, 国土保全測量調査, 海洋資源開発測量調査

防災工事測量調査, マイルポストの測量, 航海保安に必要な調査, 海底ケーブル沈設測量調査, 潮汐, 潮流, 海流, 波浪の観測

一般海洋観測調査, その他一般海事関係の観測調査および関係業務の技術, 科学的研究

特 色 高性能の精密計測機の整備拡充

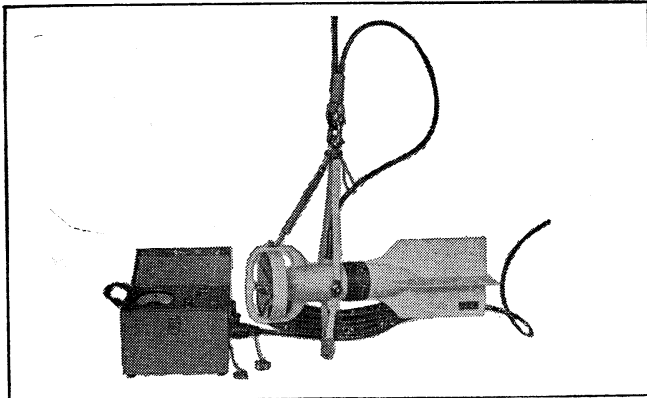
元海上保安庁職員をもつて組織する優秀なる我国唯一の技術陣

総代理店(連絡先)は全国的組織網を持つ三井物産 K. K の本, 支店出張所

三 洋 水 路 測 量 株 式 会 社

東京都港区新橋5丁目23番7号

電話 (432) 2971~4



Direct-Reading Current &
Direction Meter

Model

CM-2

Catalogues are to be sent immediately upon receipt of your order products

Products

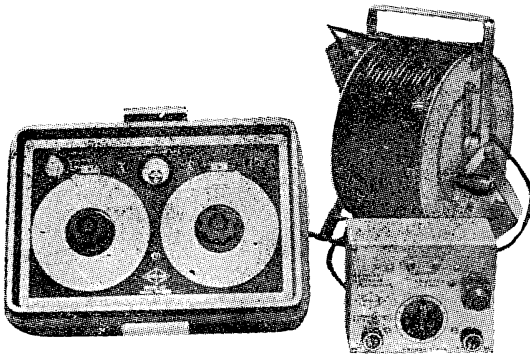
- KM-2: Direct Reading Knot-Meter for Trawl-Boats to Control Adequate Speed
- EI-5: Electric Meter of Water Temperature
- ECT-5: Electric Conduction and Temperature Meter for Chlorine

TOHO DENTAN CO., LTD.

Office: 1-8-9, Miyamae, Suginami-Ku, Tokyo. Tel. Tokyo (03) 334-3451~3

AUTO-LAB PORTABLE S-T BRIDGE

Model 602



オート・ラブ誘導起電式精密塩分計に引続いて、開発された温度と塩分の現場測定用の可搬型海洋測器です。温度、塩分ともダイヤルで直読出来、簡便で堅牢しかも高精度なソリッドステートのユニット結合構造の最新鋭計器です。

- 温度: 0~35°C 1/2 確度 ±0.1°C
- 塩分: Scale 1. 0~32‰S 確度 ±0.1‰S
Scale 2. 32~42‰S 確度 ±0.03‰S
- 電源: 電池 9V, 200時間使用可能

追加付属品

- ステンレス製ケーブルリール
- 半自動式電極プラチナイザー

製造品目

転倒温度計各種
電気式水温計各種
採水器・海洋観測機器
気象用・理化学用温度計
サーモレンジャー
ミグスター 温度調節器

日本およびアジア総代理店



株式会社 渡部計器製作所

東京都文京区向丘1の7の17
TEL (811) 0044 (代表) ☎ 113

(カタログ御希望の方は誌名御記入の上御請求下さい)

Murayama

計 度 濁 中 水
計 度 照 中 水
計 度 導 電

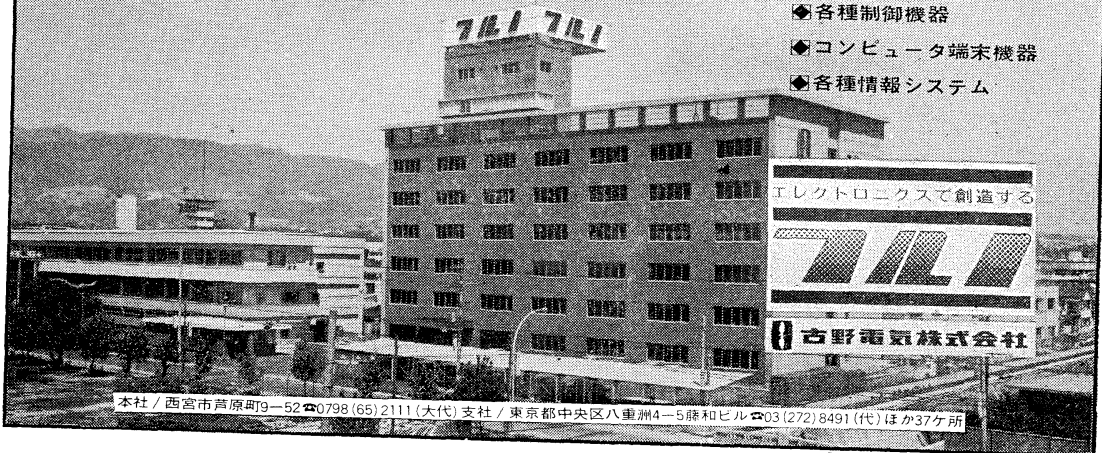


株式 村山電機製作所

本 社 東京都目黒区五本木2-13-1
出張所 名古屋・大阪・北九州

TIL は無限の可能性に挑戦する

- ◆漁撈電子機器
- ◆航海計器
- ◆海洋開発機器
- ◆航空機用電子機器
- ◆各種制御機器
- ◆コンピュータ端末機器
- ◆各種情報システム

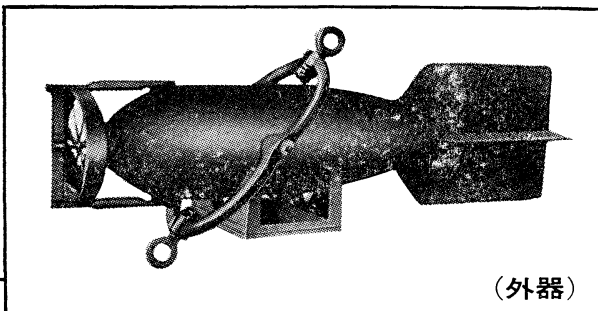


本社 / 西宮市高原町9-52 ☎0798 (65) 2111 (大代) 支社 / 東京都中央区八重洲4-5 藤和ビル ☎03 (272) 8491 (代) ほか37ヶ所

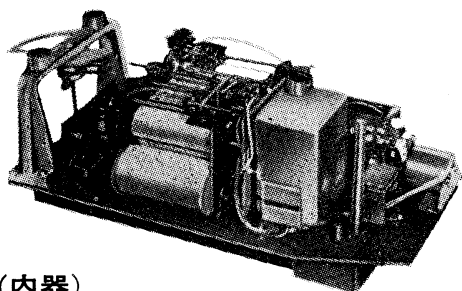
長期捲自記流速計

(NC-II)

本流速計は海中に設置し、内蔵した記録器に流速流向を同時に記録するプロペラ型の流速計で約20日間の記録を取る事が出来ます。但し流速は20分毎に3分間の平均流速を又流向は20分毎に一回、共に棒グラフ状に記録しますから読取が非常に簡単なのが特徴となっております。



(外器)



(内器)

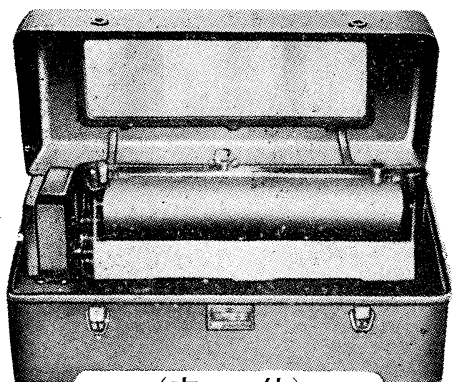
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

A (弱流用).....1m/sec	} 迄で一枚毎に検定 してあります。
B (中流用).....2m/sec	
C (強流用).....3m/sec	

弱流ペラーに依る最低速度は約4cm/secです。

フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



(本 体)

営業品目

階段抵抗式波高計
ケーブル式波高計
フース型検潮器
小野式自記流速計
自記水位計
港施型土圧計
理研式水中カメラ
その他海洋観測諸計器

協和商工株式会社

東京都豊島区目白4丁目24番地1号
TEL (952) 1376代表 〒171

昭和 51 年 2 月 25 日 印刷
昭和 51 年 2 月 29 日 発行

う み 第 14 卷
第 1 号

定価 ￥700

編集者 今 村 豊
発行者 佐々木 忠義
発行所 日仏海洋学会
財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号:101
電話:03(291)1141
振替番号:東京96503

印刷者 小 山 康 三
印刷所 英 和 印 刷 社
東京都文京区本駒込 6-15-10
郵便番号:113
電話:03(941)6500

第 14 卷 第 1 号

目 次

原 著

- 線型解としてみたエッジ波 中村重久 1
- G.E.K. コード曳航中の水抵抗—I 佐藤孫七 7
- 底魚漁場形成機構に関する研究 3. 東部ベーリング海底棲魚の
Recurrent Group 解析について (英文) 木原興平 11
- マダイの卵発生に及ぼす温度—塩分濃度の組み合わせの影響 (英文) Joannes S. APOSTOLOPOULOS 23

総 説

- 漁法学 (II) 今村 豊 31
- 学会記事 47

Tome 14 N° 1

SOMMAIRE

Notes originales

- Edge Waves as Linear Solutions (in Japanese) Shigehisa NAKAMURA 1
- Water Resistance of G.E.K. Cord during Towing (in Japanese) Magoshichi SATO 7
- Studies on the Formation of Demersal Fishing Ground 3. Recurrent Group
Analysis of Demersal Fish in the Eastern Bering Sea Kohei KIHARA 11
- Combined Effect of Temperature and Salinity of the Hatching Rate, Hatching
Time and Total Body Length of the Newly Hatched Larvae of the
Japanese Red Sea Bream *Pagrus Major* Joannes S. APOSTOLOPOULOS 23

Compte rendu

- Fishing Methodology (II) (in Japanese) Yutaka IMAMURA 31

- Procès-Vervaux 47