
Tome 1

Février 1964

Numéro 2

う み

La mer

昭和39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 岩下光男 (東海大学) 丸茂隆三 (東京大学) 永田 正 (東京水産大学) 西村 実 (水産庁) 大柴五八郎 (理化学研究所) 佐々木忠義 (東京水産大学) 高野健三 (東京大学)

投 稿 規 定

1. 報文の投稿者は原則として本会会員に限る。
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。原稿は、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なうことがある。
4. 論文には必ず和文 (または仏文) の要約をつけること。
5. 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、論文の図および表には必ず英文の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行なう。
7. 報文には一編につき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) を徴収する。

Rédacteur en chef Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries)

Comité de rédaction Mitsuo IWASHITA (Tokai University) Ryuzo MARUMO (University of Tokyo) Tadashi NAGATA (Tokyo University of Fisheries) Minoru NISHIMURA (Fisheries Agency) Gohachiro OSHIBA (Institute of Physical and Chemical Research) Tadayoshi SASAKI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (University of Tokyo)

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être, en principe, des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie. Néanmoins, les notes des savants étrangers à la Société seront acceptées, si elles sont présentées par un Membre.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits, 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.
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.

Variation annuelle de la circulation générale dans les océans*

Kenzo TAKANO**

Résumé : On se propose de construire une solution du problème de la circulation générale, périodique en temps, établie par une distribution de la force d'entraînement du vent et une distribution non uniforme de la densité de l'eau, données *a priori* à la surface d'un océan. Un calcul numérique est fait dans le cas où la période est un an. La période d'un an est suffisamment longue pour l'établissement du courant entraîné par la force du vent mais trop courte pour celui du courant convectif (courant établi par la densité non uniformément distribuée à la surface). D'ailleurs, le déphasage entre la variation du vent et celle du courant entraîné par la force du vent est beaucoup plus petit que le déphasage entre la variation de la densité à la surface et celle du courant convectif. La variation annuelle du courant est alors très faible, comme l'amplitude de la variation du courant convectif n'est pas sensible et la partie principale du courant permanent se représente par le courant convectif permanent. Cependant, la variation du transport de masse peut être mesurable par les observations hydrographiques.

INTRODUCTION

Bien que la théorie de la circulation générale et les méthodes des mesures des courants aient fait de grands progrès depuis une quinzaine d'années, notre connaissance en reste toujours pauvre à cause de la difficulté de l'analyse théorique et de l'insuffisance des mesures hydrographiques, notamment des mesures directes des courants dans des couches profondes.

L'analyse mathématique étant déjà très difficile même dans un océan en forme simplifiée, on est tout loin de tenir compte de l'effet de la forme complexe des côtes et de celui du relief du fond de l'océan.

Nous sommes à l'état encore plus rudimentaire de la recherche de la circulation non permanente. Lorsqu'on aborde le problème de la variation du courant marin, on suppose habituellement que l'océan se compose de deux couches, l'une sur l'autre, chacune caractérisée par l'eau homogène et que la force d'entraînement du vent détermine exclusivement le régime du courant aussi bien que la

profondeur de l'interface (thermocline). Je pense alors que cette dernière hypothèse fondamentale est difficile à justifier lors de l'application du résultat théorique ainsi obtenu à la nature. Elle n'est valable que si la stratification en deux couches est principalement due à la force d'entraînement du vent. Des notes précédentes (TAKANO, 1962 a, b, c) permettent d'avoir l'impression que la stratification permanente en densité s'établira principalement par la variation spatiale du flux de chaleur que reçoit effectivement la surface de l'océan et que cette dernière suffira aussi d'établir de majeures caractéristiques de la circulation générale superficielle et profonde.

La présente note a donc pour objet de développer la méthode utilisée dans les notes précitées à l'état non permanent, périodique en temps, induit non seulement par la force d'entraînement du vent mais par la variation spatiale du flux de chaleur.

Au départ, je reprends presque les mêmes hypothèses:

- 1° La profondeur de l'océan est constante.
- 2° Le frottement est nul au fond.
- 3° Les termes non linéaires sont négligeables dans les équations du mouvement.

* Manuscrit reçu le 18 Janvier 1964

** Institut de Géophysique, Université de Tokyo

- 4° Les coefficients de turbulence sont constants partout.
- 5° La pression est considérée comme égale à la pression hydrostatique.
- 6° Dans l'équation de densité, le gradient vertical de densité multiplié par la composante verticale de vitesse est remplacé par une constante, stabilité verticale moyenne, *a priori* donnée et les autres termes non linéaires sont négligeables.

La superposition de deux couches n'est pas supposée. Aucune interactions, directes ou indirectes, n'existent entre le courant convectif et le courant entraîné par la force du vent. En réalité, si la stratification s'établit par la convection, les coefficients de turbulence varient brusquement à la thermocline, ce qui exercera une influence considérable sur le courant entraîné par la force du vent. Les hypothèses 3°, 4° et 6° expulsent décidément cet effet. Cela n'est probablement admis que dans le cadre de la première approximation.

L'existence de deux couches étant supposée, on n'a souvent tenu compte que de la force d'entraînement du vent, laissant de côté le problème de chercher la cause de la stratification. On aurait dû tenir compte en même temps de la variation horizontale de la densité, si on envisage la comparaison avec le phénomène dans la nature. On peut dire donc qu'aucune recherche théorique n'a porté sur le problème de la circulation générale, sauf la circulation du transport de masse. Quant à la variation annuelle du transport de masse, elle a été étudiée par ICHIYE (1951) et puis VERONIS et MORGAN (1955). Leurs résultats ne se coïncident curieusement pas l'un avec l'autre. Je reviendrai à ce point plus tard. A part les hypothèses ci-dessus, le frottement turbulent est supposé proportionnel à la vitesse elle-même en faveur de la simplicité du calcul numérique. Cela n'a pas d'ennui grave au moins dans l'état permanent (TAKANO, 1962c).

Le chapitre 1^{er} est en quelque sorte un préliminaire. L'effet des frontières nord et sud est évalué dans l'état permanent.

Le chapitre 2 montre une solution dans un océan zonal. Indépendante de la longitude, elle n'est naturellement pas de sens très im-

portant vis-à-vis du phénomène naturel. Cependant, comme dans une note précédente (TAKANO, 1962a) sur l'état permanent, une telle solution permettra d'avoir une idée des propriétés d'une solution tridimensionnelle à chercher plus tard. Les termes introduits dans les équations en cas tridimensionnel ajouteront de nouveaux termes complémentaires à la solution bidimensionnelle à façon d'annuler la vitesse normale aux frontières méridiennes.

Le chapitre 3 est consacré au problème dans un océan en forme de parallépipède rectangle. Il n'y a pratiquement pas de frontières nord et sud. Comme cela étant montré dans le chapitre 1^{er}, tant qu'il s'agit du transport de masse permanent, leur effet est borné dans une région relativement limitée près des frontières, pourvu que s'annule le flux net à travers la frontière (intégrale de la composante du transport de masse normale à la frontière depuis l'extrémité ouest jusqu'à l'extrémité est). C'est justement le cas de la présente analyse. On pourrait probablement omettre les frontières nord et sud dans l'état non permanent aussi.

Le "courant convectif" est entendu ici par le courant que produit la variation horizontale de densité en surface, bien que le courant proprement convectif doive être le courant produit par la variation horizontale du flux de chaleur reçu à la surface de l'océan. Cela peut être justifié, étant donné que la distribution de la densité en surface sera déterminée, en première approximation, par celle du flux de chaleur.

Enfin, il est signalé qu'à cause du manque de l'espace, le présent fragment ne contient que le chapitre 1^{er} et le chapitre 2.

CHAPITRE 1^{er}

Effet des frontières nord et sud

Nature du problème

La solution du transport de masse permanent, construite jusqu'à présent par un certain nombre d'auteurs, dans un océan en forme de parallépipède rectangle est généralement incapable de satisfaire aux conditions dynamiques à la frontière nord et à la frontière

sud. La rotation de la force d'entraînement du vent doit y être nulle pour que s'annule la composante du transport de masse normale à la frontière et la dérivée de celle-là dans le sens méridien doit y être nulle pour que s'annule la composante de celle-ci tangentielle à la frontière. Même la première, plus essentielle que la deuxième, n'est pas satisfaite par la solution classique, si la force d'entraînement du vent est arbitrairement donnée.

Je me propose donc de construire une solution plus générale satisfaisant à deux conditions, normale et tangentielle aux frontières nord et sud.

Equations et solution

En négligeant tous les termes non linéaires dans les équations du mouvement et en supposant que le frottement et la composante verticale de vitesse sont nuls au fond, on a :

$$B\Delta^2\Psi - \beta_0 \frac{\partial\Psi}{\partial x} = -\frac{\partial T_x}{\partial y} + \frac{\partial T_y}{\partial x},$$

où les axes OX et OY sont orientés vers l'est et le nord, Ψ est la fonction définissant les deux composantes du transport de masse par

$$\frac{\partial\Psi}{\partial y} = M_x \quad \text{et} \quad -\frac{\partial\Psi}{\partial x} = M_y,$$

B le coefficient de frottement, T_x et T_y les deux composantes de la force d'entraînement du vent, β_0 la dérivée du paramètre de Coriolis

par rapport à y et $\Delta^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)^2$.

Le problème s'aboutit alors, sans perdre la généralité, à chercher une solution de l'équation :

$$B\Delta^2\Psi - \beta_0 \frac{\partial\Psi}{\partial x} = 0,$$

sous les conditions aux limites données.

La solution classique prend la forme :

$$\Psi_c = \sum_n \sin \alpha' y \{K_1 e^{\delta_1 x} + K_2 e^{\delta_2 x} + K_3 e^{\delta_3 x} + K_4 e^{\delta_4 x}\}$$

$$+ \sum_n \cos \alpha' y \{J_1 e^{\delta_1 x} + J_2 e^{\delta_2 x} + J_3 e^{\delta_3 x} + J_4 e^{\delta_4 x}\}, \quad (1)$$

où J_i et K_i ($i=1, 2, 3$ et 4) sont des fonctions du rang n à déterminer par les conditions aux frontières est et ouest, $\alpha' = n\pi/l$ ou $2n\pi/l$, ($n=1, 2, \dots, \infty$; l : la distance entre les frontières nord et sud) et δ_i s'écrivent :

$$\delta_1 = \alpha'^4 \frac{\beta_0}{B}, \quad \delta_2 = \left(\frac{\beta_0}{B}\right)^{\frac{1}{3}}, \quad \delta_3 = \left(\frac{\beta_0}{B}\right)^{\frac{1}{3}} - 1 + i\sqrt{3},$$

$$\delta_4 = \left(\frac{\beta_0}{B}\right)^{\frac{1}{3}} - 1 - i\sqrt{3},$$

lorsque α' n'est pas très grand.

Une solution plus générale s'écrira :

$$\Psi = \Psi_c + C_1 e^{\delta_1 x} + C_2 e^{\delta_2 x} + C_3 e^{\delta_3 x} + E_1 y^3 + E_2 y^2 + E_3 y$$

$$+ \sum_n \varphi_1(y) \cos \alpha x + \sum_n \varphi_2(y) \sin \alpha x. \quad (2)$$

Ici, Ψ_c est donnée par (1), C_i et E_i ($i=1, 2$ et 3) sont des constantes, $\alpha = n\pi/L$ ou $2n\pi/L$ ($n=1, 2, \dots, \infty$; L la distance entre les frontières est et ouest) et φ_1 et φ_2 s'écrivent :

$$\varphi_1(y) = e^{p(y-l)} \{a_1 \cos q(y-l) + a_2 \sin q(y-l)\}$$

$$+ e^{-py} \{a_3 \cos qy + a_4 \sin qy\}$$

$$+ e^{p'(y-l)} \{b_1 \cos q'(y-l) + b_2 \sin q'(y-l)\}$$

$$+ e^{-py} \{b_3 \cos qy + b_4 \sin qy\},$$

$$\varphi_2(y) = e^{p(y-l)} \{a_2 \cos q(y-l) - a_1 \sin q(y-l)\} \quad (3)$$

$$- e^{-py} \{a_4 \cos qy - a_3 \sin qy\}$$

$$- e^{p'(y-l)} \{b_2 \cos q'(y-l) - b_1 \sin q'(y-l)\}$$

$$+ e^{-py} \{b_4 \cos qy - b_3 \sin qy\},$$

où a_i , b_i , p , p' , q et q' sont des fonctions du rang n ; a_i et b_i ($i=1, 2, 3$ et 4) sont déterminées par les conditions aux frontières nord et sud et p , p' , q et q' sont données par :

$$p = \left\{ \frac{\alpha^2 + \sqrt{\frac{\alpha\beta_0}{2B}} + \sqrt{\left(\alpha^2 + \sqrt{\frac{\alpha\beta_0}{2B}}\right)^2 + \frac{\alpha\beta_0}{2B}}}{2} \right\}^{\frac{1}{2}},$$

$$q = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{\alpha\beta_0}{2B}},$$

$$p' = \left\{ \frac{\alpha^2 - \sqrt{\frac{\alpha\beta_0}{2B}} + \sqrt{\left(\alpha^2 - \sqrt{\frac{\alpha\beta_0}{2B}}\right)^2 + \frac{\alpha\beta_0}{2B}}}{2} \right\}^{\frac{1}{2}},$$

$$q' = \frac{1}{2p'} \sqrt{\frac{\alpha\beta_0}{2B}}.$$

La solution (2) pourra satisfaire à n'importe quelles conditions aux limites, données en forme appropriée. On voit déjà que δ_3 et δ_4 dans la relation (1) représentent l'étendue de la région soumise à l'effet de la frontière ouest. Elle est d'autant plus large que leur valeur absolue est plus petite. Les constantes δ_1 et δ_2 représentent l'effet de la frontière est. L'étendue de la région soumise à l'effet de la frontière nord ou sud est caractérisée par p et p' variables avec le rang n . Quand le rang n n'est pas très élevé, $\sqrt{\alpha\beta_0/2B}$ est plus grand que α^2 . On a alors :

$$p \# \left(\frac{\alpha\beta_0}{2B}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{\sqrt{2}+1}{2}}, \quad p' \# \left(\frac{\alpha\beta_0}{2B}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{\sqrt{2}-1}{2}}.$$

Les données numériques : $\alpha = 0,5 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$, $\beta_0 = 2 \times 10^{-13} \text{ cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ et $B = 10^7 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ donnent : $p = 0,861 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$, $p' = 0,357 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$

et $\frac{1}{2} \left(\frac{\beta_0}{B}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,25 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$.

Il est à remarquer que δ_3 et δ_4 ne sont pas variables avec α' tandis que p et p' augmentent proportionnellement à $\alpha^{\frac{1}{4}}$, lorsque n n'est pas très grand. Compte tenu du résultat de l'évaluation numérique ci-dessus, la région soumise à l'effet des frontières nord et sud est un peu plus étendue que celle soumise à l'effet de la frontière ouest, si a_i et b_i n'augmentent pas trop avec n , c'est-à-dire, la convergence des deux séries $\sum \varphi_1 \cos \alpha x$ et $\sum \varphi_2 \times \sin \alpha x$ n'est pas trop lente.

Calcul numérique

A titre d'indication, deux exemples se montreront ci-dessous. La solution (2) est, toutefois, de la forme complexe. Je me permets donc de remplacer les termes du frottement turbulent par $-kM_x$ et $-kM_y$ avec une con-

stante k . Cela n'empêchera pas de voir l'aspect général de l'effet des frontières.

Il vient alors au lieu de la relation (1) :

$$\Psi_c = \sum_n \sin \alpha' y \{ R_n e^{\xi_n x - L} + S_n e^{\eta_n x} \} + \sum_n \cos \alpha' y \{ R'_n e^{\xi_n(x-L)} + S'_n e^{\eta_n x} \}, \quad (1')$$

et au lieu de la relation (2) :

$$\Psi = \Psi_c + E_1 y + E_2 e^{-\frac{\beta_0}{k} x} + \sum_n \varphi_1(y) \cos \alpha x + \sum_n \varphi_2(y) \sin \alpha x, \quad (2')$$

où

$$\xi_n = -\frac{1}{2} \left(-\frac{\beta_0}{k} + \sqrt{\frac{\beta_0^2}{k^2} + 4\alpha'^2} \right),$$

$$\eta_n = \frac{1}{2} \left(-\frac{\beta_0}{k} - \sqrt{\frac{\beta_0^2}{k^2} + 4\alpha'^2} \right),$$

$$\varphi_1(y) = e^{p(y-L)} \{ a_1 \cos q(y-L) + a_2 \sin q(y-L) \} + e^{-py} \{ a_3 \cos qy + a_4 \sin qy \},$$

$$\varphi_2(y) = e^{p'(y-L)} \{ a_2 \cos q(y-L) - a_1 \sin q(y-L) \} - e^{-p'y} \{ a_4 \cos qy - a_3 \sin qy \},$$

$$p = \sqrt{\frac{\alpha^2 + \alpha \sqrt{\alpha^2 + \beta_0^2/k^2}}{2}},$$

$$q = \frac{\alpha\beta_0}{2pk}.$$

Dans le cas où n n'est pas grand, on a $p \# \sqrt{\alpha\beta_0/2k}$. Il vient $p = 2,26 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$ et $\eta_n = 2 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$ pour $\alpha = 0,5 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$, $\beta_0 = 2 \times 10^{-13} \text{ cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ et $k = 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$. Sans la simplification des termes du frottement, on aurait $p = 0,861 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$ et $p' = 0,357 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$ à la place de $p = 2,26 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$ et $\Re(\delta_3) = \Re(\delta_4) = 1,25 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$ à la place de $\eta_n = 2 \times 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$. L'effet des frontières nord et sud sera donc un peu surestimé par le choix de $k = 10^{-6}$ correspondant à $B = 10^7$. La solution (2') est évidemment incapable d'annuler la composante du transport de masse tangentielle aux frontières.

On suppose :

$$\Psi = \begin{cases} G(x) & \text{à } 0 \leq x \leq L, \quad y=0, \\ F(x) & \text{à } 0 \leq x \leq L, \quad y=l, \\ 0 & \text{à } x=0, \quad L, \end{cases}$$

$$G(0)=F(0), \quad G(L)=F(L).$$

Il vient alors :

$$R'_n=0,$$

$$S'_n=0,$$

$$\alpha' = \frac{n\pi}{l},$$

$$E_1 = \frac{1}{Ll} \int_0^L \{F(x) - G(x)\} dx,$$

$$E_2 = -\frac{\beta}{k} \int_0^L G(x) dx \left(e^{-\frac{\beta}{k}L} - 1 \right),$$

$$a_1 = \frac{2}{L} \int_0^L F(x) \cos \frac{n\pi}{L} x dx,$$

$$a_2 = \frac{2}{L} \int_0^L F(x) \sin \frac{n\pi}{L} x dx,$$

$$a_3 = \frac{2}{L} \int_0^L G(x) \cos \frac{n\pi}{L} x dx,$$

$$a_4 = -\frac{2}{L} \int_0^L G(x) \sin \frac{n\pi}{L} x dx,$$

$$R_n e^{-\xi_n L} + S_n = \frac{2}{l} \left[- \int_0^L \{E_1 y + E_2 - G(0)\} \sin \alpha' y dy \right. \\ \left. - \sum \int_0^L \left(e^{\beta(y-l)} \{a_1 \cos q(y-l) + a_2 \sin q(y-l)\} \right. \right. \\ \left. \left. + e^{-\beta y} \{a_3 \cos qy + a_4 \sin qy\} \right) \sin \alpha' y dy \right],$$

$$R_n + S_n e^{\eta_n L} = -\frac{2}{l} \left[\int_0^L \{E_1 y + E_2 e^{-\frac{\beta}{k}L} \right. \\ \left. - G(L)\} \sin \alpha' y dy \right. \\ \left. + \sum \int_0^L \left(e^{\beta(y-l)} \{a_1 \cos q(y-l) + a_2 \sin q(y-l)\} \right. \right. \\ \left. \left. + e^{-\beta y} \{a_3 \cos qy + a_4 \sin qy\} \right) \cos \alpha L \sin \alpha' y dy \right].$$

Exemple 1.

Dans le cas où $F(x)=G(x)=F_0 \cos \frac{\pi}{L} x$, on

a :

$$a_1 = a_3 = F_0 \quad (n=1),$$

$$a_1 = a_3 = 0 \quad (n=2, 3, \dots, \infty),$$

$$a_2 = a_4 = 0 \quad (n=1, 2, \dots, \infty),$$

$$S_n = -R_n (1 + e^{-\xi_n L}) / (1 + e^{\eta_n L}),$$

$$R_n = -2F_0 \{1 - (-1)^n \left(\frac{\pi}{L} \right)^2 \cdot$$

$$\frac{\frac{n\pi}{l^2} + \frac{1}{n\pi} \left(\frac{\pi^2}{L^2} + \frac{\beta_0}{k^2} \right)}{\left\{ \left(\frac{\pi}{L} \right)^2 + \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2 \right\}^2 + \left(\frac{\pi}{L} \right)^2 \frac{\beta_0^2}{k^2}}.$$

Lorsque $n \rightarrow \infty$, R_n devient proportionnel à $\frac{1}{n^3}$

et ξ_n et η_n à n . La série converge donc absolument et uniformément. Un courant fort s'établit le long de la frontière ouest et un courant moins fort se dirige vers l'ouest près de la frontière sud et un autre courant se dirige vers l'est près de la frontière nord. Il n'y a pas de mouvement sensible sauf dans ces régions frontalières. La figure 1 illustre le profil de M_y aux frontières nord et sud et la distribution de la fonction Ψ obtenue dans le cas où $L=3\pi \times 10^8$ cm, $l=4\pi \times 10^8$ cm, $\beta_0=2 \times 10^{-13}$ cm⁻¹ sec⁻¹, $k=10^{-6}$ sec⁻¹, $F_0=1$ et on s'arrête à $n=15$.

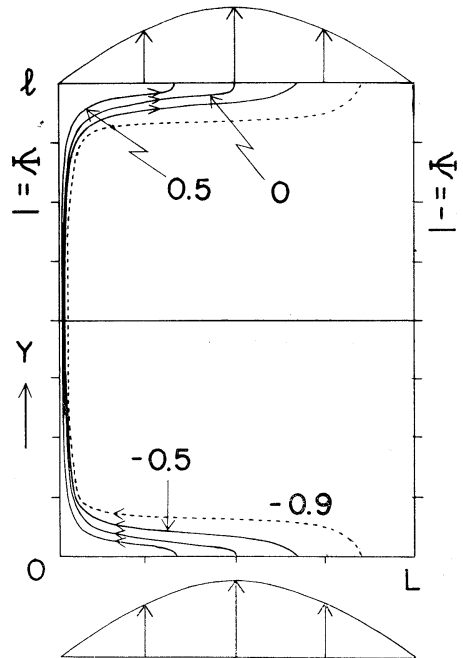


Fig. 1. Distribution de M_y aux frontières nord et sud et celle de la fonction Ψ (exemple 1)

Exemple 2.

On suppose :

$$\psi = \begin{cases} F_0 & \text{à } \begin{cases} x=0, L; & 0 \leq y \leq l, \\ 0 \leq x \leq L, & y=l, \end{cases} \\ F_0 \cos \frac{2\pi}{L} y & \text{à } y=0. \end{cases}$$

La solution s'écrit :

$$\psi = F_0 \left\{ e^{-\nu y} \cos \left(\frac{2\pi}{L} x - qy \right) + \frac{y}{l} \right\} + \sum_n a_n \sin \frac{n\pi}{l} y \{ e^{\xi_n(x-L)} + (1 - e^{-\xi_n L}) e^{\nu n x} \},$$

où

$$a_n = \frac{2F_0}{l} \left[\frac{l}{n\pi} + \frac{\frac{n\pi}{l} p^2 - q^3}{\left(p^2 + \frac{2n\pi q}{l} \right)^2 - \left\{ q^2 + \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2 \right\}} \right].$$

La figure 2 représente le profil de M_y à la frontière sud et la distribution de la fonction

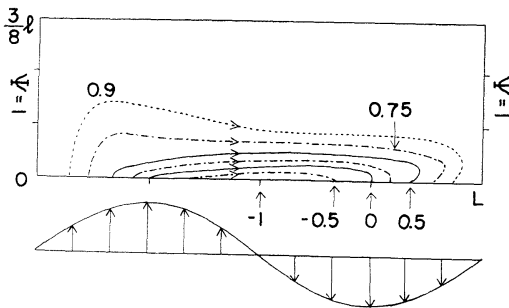


Fig. 2: Distribution de M_y à la frontière sud et celle de la fonction ψ (exemple 2).

ψ à $y \leq 3l/8$ obtenue dans le cas où $L=3\pi \times 10^8$ cm, $l=4\pi \times 10^8$ cm, $\beta_0=2 \times 10^{-13}$ cm $^{-1}$ sec $^{-1}$, $k=10^{-6}$ sec $^{-1}$, $F_0=1$ et on s'arrête à $n=15$. Le mouvement n'est pas très sensible au delà de quelques centaines de kilomètres de la frontière sud.

Lorsque le flux au travers de la frontière orientée dans le sens est-ouest est nul ($\int_0^L M_y dx = 0$), il n'est pas nécessaire de tenir compte de l'existence de la frontière, s'il ne s'agit pas

du courant tout près de la frontière. Cela justifie de n'imposer aucunes conditions aux frontières nord et sud dans l'état permanent. Cependant, si le flux n'est pas nul, un courant considérable se produit tout le long de la frontière ouest. D'ailleurs, il est possible qu'un courant du type défini par (3) s'établisse dans la réalité dans le voisinage immédiat des frontières.

CHAPITRE 2**Solution dans un océan zonal****Mise en équations du problème**

Lorsque les axes de coordonnées OX, OY et OZ sont orientés vers l'est, l'ouest et le bas, les équations du mouvement, l'équation de continuité et l'équation de densité s'écrivent :

$$A \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - ku + fv = \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (1)$$

$$A \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - kv - fu = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial t}, \quad (2)$$

$$g = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + w\beta = A' \frac{\partial^2 \rho}{\partial z^2}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (5)$$

où u , v et w désignent les trois composantes de la vitesse, p la pression, t le temps, A et k les coefficients de frottement, ρ la densité, g l'accélération de la pesanteur, A' le coefficient de diffusion et β la stabilité verticale moyenne remplaçant $\partial \rho / \partial z$. Rigoureusement parler, β est variable avec le temps mais on peut le considérer, en première approximation, comme une constante indépendante de t , exactement comme on le fait indépendant de x et de y .

La relation (5) permet d'introduire la fonction Ψ définissant v et w par les relations :

$$\frac{\partial \Psi}{\partial z} = v, \quad -\frac{\partial \Psi}{\partial y} = w.$$

Les conditions aux limites s'écrivent :

$$\left. \begin{aligned} A \frac{\partial u}{\partial z} &= -\tau_x e^{i\omega t} \cos \alpha y, \\ A \frac{\partial v}{\partial z} &= -\tau_y e^{i\omega t} \cos \alpha y, \\ w &= \frac{\partial \zeta}{\partial t}, \\ \rho &= \Delta \rho e^{i\omega t} \sin \alpha y \end{aligned} \right\} \text{ à } z=0 \text{ (surface)}$$

$$A \frac{\partial u}{\partial z} = A \frac{\partial v}{\partial z} = w = \rho = 0 \quad \text{à } z=H \text{ (fond),}$$

où ω est la pulsation, τ_x , τ_y , $\Delta \rho$ et α des constantes données et ζ la dénivellation de la surface.

On verra dans le chapitre 3 que la composante verticale de vitesse due à la variation de la cote de la surface en temps est négligeable, tant qu'il s'agit de la variation annuelle. Cela permet de remplacer $w = \frac{\partial \zeta}{\partial t}$ par $w=0$ à $z=0$.

Solution

En supposant f constant, on a :

$$\Psi = e^{i\omega t} \cos \alpha y \{ a_1 e^{\delta_1 z} + a_1' e^{-\delta_1 z} + a_2 e^{\delta_2(z-H)} + a_2' e^{-\delta_2 z} + a_3 e^{\delta_3(z-H)} + a_3' e^{-\delta_3 z} + a_4 e^{\delta_4(z-H)} + a_4' e^{-\delta_4 z} \},$$

$$u = -f e^{i\omega t} \cos \alpha y \left[\frac{\delta_1 (a_1 e^{\delta_1 z} - a_1' e^{-\delta_1 z})}{A \delta_1^2 - k - i\omega} + \frac{\delta_2 \{ a_2 e^{\delta_2(z-H)} - a_2' e^{-\delta_2 z} \}}{A \delta_2^2 - k - i\omega} + \frac{\delta_3 \{ a_3 e^{\delta_3(z-H)} - a_3' e^{-\delta_3 z} \}}{A \delta_3^2 - k - i\omega} + \frac{\delta_4 \{ a_4 e^{\delta_4(z-H)} - a_4' e^{-\delta_4 z} \}}{A \delta_4^2 - k - i\omega} \right],$$

$$\rho = \alpha \beta e^{i\omega t} \sin \alpha y \left\{ \frac{a_1 e^{\delta_1 z} + a_1' e^{-\delta_1 z}}{A' \delta_1^2 - i\omega} + \frac{a_2 e^{\delta_2(z-H)} + a_2' e^{-\delta_2 z}}{A' \delta_2^2 - i\omega} + \frac{a_3 e^{\delta_3(z-H)} + a_3' e^{-\delta_3 z}}{A' \delta_3^2 - i\omega} + \frac{a_4 e^{\delta_4(z-H)} + a_4' e^{-\delta_4 z}}{A' \delta_4^2 - i\omega} \right\},$$

où, satisfaisant à la relation :

$$\begin{aligned} &A^2 A' \delta_j^8 - A \delta_j^6 \{ 2A' k + i\omega(A + 2A') \} \\ &+ \delta_j^4 \{ A' f^2 - 2A\omega^2 + A'(k^2 - \omega^2) + 2i\omega k(A + A') \} \\ &- \delta_j^2 [g\alpha^2 \beta A + i\omega \{ f^2 + (k + i\omega)^2 \}] \\ &+ g\alpha^2 \beta (k + i\omega) = 0, \end{aligned}$$

les constantes δ_j ($j=1, 2, 3$ et 4) s'écrivent :

$$\begin{aligned} \delta_1 &\# \frac{\alpha}{f} \sqrt{\frac{g\beta}{\omega} (\omega - ki)} \\ &\# \frac{\alpha}{f} \sqrt{\frac{g\beta k}{2\omega}} \left\{ -\left(1 + \frac{\omega}{2k}\right) + \left(1 - \frac{\omega}{2k}\right) i \right\}, \\ \delta_2 &\# \sqrt{\frac{\omega}{2A'}} (1 + i), \\ \delta_3 &\# \sqrt{\frac{f}{2A}} (1 + i), \\ \delta_4 &\# \sqrt{\frac{f}{2A}} (1 - i). \end{aligned}$$

La solution se compose donc de diverses ondes, progressives en apparence, se propageant vers le fond ou vers la surface, à l'amplitude croissante ou décroissante. La longueur d'onde est donnée par $2\pi \left/ \left\{ \frac{\alpha}{f} \sqrt{\frac{g\beta k}{2\omega}} \left(1 - \frac{\omega}{2k}\right) \right\} \right.$, $2\pi \left/ \sqrt{\frac{\omega}{2A'}} \right.$ $2\pi \left/ \sqrt{\frac{f}{2A}} \right.$. Mais on ne sait lesquelles de ces ondes existent en fait sans déterminer les coefficients a_i et a_i' .

Les conditions aux limites donnent :

$$a_1 = \frac{e^{-\delta_1 H}}{e^{-\delta_1 H} - e^{\delta_1 H}} \left\{ -\frac{\tau_x}{f} + (A' \delta_2^2 - i\omega) \frac{k + i\omega}{k + i\omega(1 - A/A')} \left(\frac{\tau_y}{f^2} - \frac{\Delta \rho}{\alpha \beta} \right) \right\},$$

$$a_2 = a_3 = a_4 = 0,$$

$$a_1' = \frac{-e^{\delta_1 H}}{e^{-\delta_1 H} - e^{\delta_1 H}} \left\{ -\frac{\tau_x}{f} + \frac{A' \delta_2^2 - i\omega}{k + i\omega(1 - A/A')} (k + i\omega) \left(\frac{\tau_y}{f^2} - \frac{\Delta \rho}{\alpha \beta} \right) \right\},$$

$$a_2' = (A' \delta_2^2 - i\omega) \left\{ -\frac{1}{f^2} \left(\frac{f}{i\omega} \tau_x + \tau_y \right) + \frac{\Delta \rho}{\alpha \beta} \right\},$$

$$a_3' - a_4' = \frac{i}{f} \tau_y$$

$$-(A' \delta_2^2 - i\omega) \left\{ i \frac{\tau_x}{\omega^2} \frac{k + i\omega}{k + i\omega(1 - A/A')} + \frac{A}{A'} \frac{\omega}{f} \frac{\Delta \rho}{\alpha \beta} \right\},$$

$$a_3' + a_4' = \frac{\tau_x}{f} - \frac{A' \delta_2^2 - i\omega}{k + i\omega(1 - A/A')} i\omega \frac{A}{A'} \left(\frac{\tau_y}{f^2} - \frac{\Delta \rho}{\alpha \beta} \right),$$

où

$$A'\delta_2^2 - i\omega = \frac{g\alpha^2\beta}{f^2} \left\{ (A - A') + A' \frac{k}{\omega} i \right\}.$$

On met: $g = 980 \text{ cm sec}^{-2}$, $\omega = 1,994 \times 10^{-7} \text{ sec}^{-1}$,
 $f = 0,7 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$, $H = 4 \times 10^5 \text{ cm}$, $\alpha = 0,5 \times 10^{-8}$
 cm^{-1} , $\beta = 0,75 \times 10^{-8} \text{ gr cm}^{-4}$, $A = A' = 50 \text{ cm}^2$
 sec^{-1} et $k = 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$.

Il vient alors :

$$\begin{aligned} A'\delta_2^2 - i\omega &= 94,03 \times 10^{-13} i, \\ \delta_1 &= 10^{-7}(-3,373 + 2,760i), \\ \delta_2 &= 4,465 \times 10^{-5}(1+i), \\ \delta_3 &= 0,8367 \times 10^{-3}(1+i), \\ \delta_4 &= 0,8367 \times 10^{-3}(1-i). \end{aligned}$$

Laisant de côté les petits termes, on a :

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{e^{-\delta_1 H}}{e^{-\delta_1 H} - e^{\delta_1 H}} \left\{ -\frac{\tau_x}{f} \right. \\ &\quad \left. - \frac{k+i\omega}{k+i\omega(1-A/A')} (A'\delta_2^2 - i\omega) \frac{\Delta\rho}{\alpha\beta} \right\}, \\ a_1' &= \frac{e^{\delta_1 H}}{e^{-\delta_1 H} - e^{\delta_1 H}} \left\{ \frac{\tau_x}{f} \right. \\ &\quad \left. + \frac{k+i\omega}{k+i\omega(1-A/A')} (A'\delta_2^2 - i\omega) \frac{\Delta\rho}{\alpha\beta} \right\}, \\ a_3' - a_4' &= \frac{i}{f} \tau_y - \frac{\omega}{f} \cdot \frac{A}{A'} \cdot \frac{\Delta\rho}{\alpha\beta} (A'\delta_2^2 - i\omega), \\ a_3' + a_4' &= \frac{\tau_x}{f} + \frac{i\omega A/A'}{k+i\omega(1-A/A')} \cdot \frac{\Delta\rho}{\alpha\beta} (A'\delta_2^2 - i\omega). \end{aligned}$$

La solution se divise en trois parties selon sa variation verticale: la première caractérisée par $e^{\pm\delta_1 z}$ représente la variation la plus faible, la deuxième par $e^{-\delta_2 z}$, dont l'effet s'étend jusqu'à 1000 m de profondeur environ et la dernière par $e^{-\delta_3 z}$ dont l'effet se borne dans une couche superficielle de quelques dizaines de mètres d'épaisseur. Cette dernière représente deux spirales, spirale d'Ekman et spirale convective.

Finalement, u et v s'écrivent :

$$\begin{aligned} u &= e^{i\omega t} \cos \alpha y \left[\delta_1 \frac{\cosh \delta_1(z-H)}{\sinh \delta_1 H} \right. \\ &\quad \left. - \frac{\tau_x - \Delta\rho \left(1 - \frac{k}{\omega} i\right) \frac{gA'\alpha}{f}}{k+i\omega} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ \frac{g\alpha^2\beta}{f} \frac{A'}{\omega} \delta_2 e^{-\delta_2 z} \left(\frac{\tau_x}{f\omega} - \frac{\Delta\rho}{\alpha\beta} i \right) \\ &- \frac{1}{\sqrt{2A}f} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}} z} \left\{ -(\tau_x + \tau_y) \cos \sqrt{\frac{f}{2A}} z \right. \\ &\quad \left. + (\tau_x - \tau_y) \sin \sqrt{\frac{f}{2A}} z \right\} \\ &- \frac{g\alpha}{f} \sqrt{\frac{A}{f}} \Delta\rho e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}} z} \cos \left(\sqrt{\frac{f}{2A}} z + \frac{\pi}{4} \right), \\ v &= e^{i\omega t} \cos \alpha y \left[\delta_1 \frac{\cosh \delta_1(z-H)}{\sinh \delta_1 H} \left\{ \frac{\tau_x}{f} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \Delta\rho \frac{g\alpha A'}{f^2} \left(1 - \frac{k}{\omega} i\right) \right\} \right. \\ &\quad \left. - \delta_2 e^{-\delta_2 z} \frac{g\alpha^2\beta}{f^2} (A - A' + A' \frac{k}{\omega} i) \left(\frac{\Delta\rho}{\alpha\beta} + \frac{\tau_x}{f\omega} i \right) \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{\sqrt{2A}f} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}} z} \left\{ (\tau_x - \tau_y) \cos \sqrt{\frac{f}{2A}} z \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + (\tau_x + \tau_y) \sin \sqrt{\frac{f}{2A}} z \right\} \right. \\ &\quad \left. - i \Delta\rho \frac{g\alpha}{f} \sqrt{\frac{A}{f}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}} z} \cos \left(\sqrt{\frac{f}{2A}} z - \frac{\pi}{4} \right) \right]. \end{aligned} \quad (6)$$

Quant à la composante $u(\tau)$ due à la force d'entraînement du vent dans u , le deuxième terme est très petit à côté du premier et du troisième. Le troisième représentant la spirale d'Ekman est le plus important dans une couche superficielle. Le premier terme surmonte le troisième dans une couche plus profonde. Il est à noter que la spirale suit sans aucun retard la variation du vent quelle que soit la profondeur et que le premier représente deux ondes progressives, l'une vers la surface, l'autre vers le fond. Cependant, la longueur d'onde étant $2,28 \times 10^7 \text{ cm}$, beaucoup plus longue que la profondeur de l'océan, le premier terme suit, sans déphasage, lui aussi, la variation du vent.

Quant à la composante $v(\tau)$ dans v , le deuxième terme est toujours négligeable. A côté du premier, le troisième devient plus important qu'il ne l'est dans u . La variation de $v(\tau)$ en fonction de la profondeur et du temps est de la même nature que $u(\tau)$. Par suite

de l'atténuation du premier terme, elle n'est plus sensible dans une couche profonde.

D'un autre côté, dans la composante $u(\Delta\rho)$ due au courant convectif, le premier terme est négligeable et le deuxième est plus important que le troisième représentant la spirale convective, même dans une couche superficielle, bien que ce dernier n'y soit pas complètement négligeable. Le deuxième terme représente une onde se propageant vers le fond à l'amplitude décroissante, qui est à peine sensible à 1000 m de profondeur. La longueur d'onde est 14,07 m et la vitesse est 0,446 cm/sec ou 3,84 m/jour. Il faudrait donc 130 jours environ pour se propager jusqu'à 500 m de profondeur. Dans la composante $v(\Delta\rho)$, le quatrième est plus important que le deuxième dans une couche superficielle. Elle n'est sensible que dans une couche superficielle.

Solution en état permanent

A titre de comparaison, la solution de l'état permanent se présente:

$$\begin{aligned} \Psi &= \cos \alpha y [b_1 e^{\delta_1(z-H)} + b_1' e^{-\delta_1 z} + b_2 e^{\delta_2(z-H)} \\ &\quad + b_2' e^{-\delta_2 z} + b_3 e^{\delta_3(z-H)} + b_3' e^{-\delta_3 z} + b_4 e^{\delta_4(z-H)} \\ &\quad + b_4' e^{-\delta_4 z}], \\ u &= -f \cos \alpha y \left[\frac{\delta_1}{A\delta_1^2 - k} \{b_1 e^{\delta_1(z-H)} - b_1' e^{-\delta_1 z}\} \right. \\ &\quad + \frac{\delta_2}{A\delta_2^2 - k} \{b_2 e^{\delta_2(z-H)} - b_2' e^{-\delta_2 z}\} \\ &\quad + \frac{\delta_3}{A\delta_3^2 - k} \{b_3 e^{\delta_3(z-H)} - b_3' e^{-\delta_3 z}\} \\ &\quad \left. + \frac{\delta_4}{A\delta_4^2 - k} \{b_4 e^{\delta_4(z-H)} - b_4' e^{-\delta_4 z}\} \right], \\ \rho &= \frac{\alpha\beta}{A'} \sin \alpha y \left[\frac{b_1 e^{\delta_1(z-H)} + b_1' e^{-\delta_1 z}}{\delta_1^2} \right. \\ &\quad + \frac{b_2 e^{\delta_2(z-H)} + b_2' e^{-\delta_2 z}}{\delta_2^2} + \frac{b_3 e^{\delta_3(z-H)} + b_3' e^{-\delta_3 z}}{\delta_3^2} \\ &\quad \left. + \frac{b_4 e^{\delta_4(z-H)} + b_4' e^{-\delta_4 z}}{\delta_4^2} \right], \end{aligned}$$

où

$$\begin{aligned} \delta_1 &= (1+i)\sqrt{\frac{f}{2A}}, \quad \delta_2 = (1-i)\sqrt{\frac{f}{2A}}, \\ \delta_3 &= (1+i)\sqrt{\frac{\alpha}{2f}\sqrt{\frac{g\beta k}{A'}}}, \quad \delta_4 = (1-i)\sqrt{\frac{\alpha}{2f}\sqrt{\frac{g\beta k}{A'}}}. \end{aligned}$$

Les conditions aux limites donnent:

$$\begin{aligned} b_1 &= b_2 = 0, \\ b_1' &= \frac{1}{2f} \left\{ \tau_x + i\tau_y - AA'R^2 \frac{\Delta\rho}{\alpha\beta} \left(i + \frac{f}{k} \right) \right\}, \\ b_2' &= \frac{1}{2f} \left\{ \tau_x - i\tau_y + AA'R^2 \frac{\Delta\rho}{\alpha\beta} \left(i - \frac{f}{k} \right) \right\}, \\ b_3 &= \frac{1}{2(e^{\delta_3 H} - e^{-\delta_3 H})} \left\{ \tau_x - Ri \left(\frac{A'\Delta\rho}{\alpha\beta} - \frac{A\tau_y}{f^2} \right) \right\}, \\ b_3' &= \frac{-e^{\delta_3 H}}{2(e^{\delta_3 H} - e^{-\delta_3 H})} \left\{ \tau_x - Ri \left(\frac{A'\Delta\rho}{\alpha\beta} - \frac{A\tau_y}{f^2} \right) \right\}, \\ b_4 &= \frac{1}{2(e^{\delta_4 H} - e^{-\delta_4 H})} \left\{ \tau_x + Ri \left(\frac{A'\Delta\rho}{\alpha\beta} - \frac{A\tau_y}{f^2} \right) \right\}, \\ b_4' &= \frac{e^{\delta_4 H}}{2(e^{\delta_4 H} - e^{-\delta_4 H})} \left\{ \tau_x + Ri \left(\frac{A'\Delta\rho}{\alpha\beta} - \frac{A\tau_y}{f^2} \right) \right\}, \end{aligned}$$

où

$$R = \frac{\alpha}{f} \sqrt{\frac{g\beta k}{A'}}.$$

Spirale convective et spirale d'Ekman

Lorsque k est beaucoup plus petit que f , la spirale s'écrit:

$$\begin{aligned} u &= -\frac{\partial\rho_0}{\partial y} \cdot \frac{g}{f} \sqrt{\frac{A}{f}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}}z} \cos\left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z + \frac{\pi}{4}\right) \\ &\quad + \frac{1}{f} \sqrt{\frac{f}{A}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}}z} \left\{ T_x \cos\left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z + \frac{\pi}{4}\right) \right. \\ &\quad \left. + T_y \cos\left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z - \frac{\pi}{4}\right) \right\}, \\ v &= \frac{\partial\rho_0}{\partial y} \cdot \frac{g}{f} \sqrt{\frac{A}{f}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}}z} \cos\left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z - \frac{\pi}{4}\right) \\ &\quad + \frac{1}{f} \sqrt{\frac{f}{A}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}}z} \left\{ -T_x \cos\left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z - \frac{\pi}{4}\right) \right. \\ &\quad \left. + T_y \cos\left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z + \frac{\pi}{4}\right) \right\}. \end{aligned}$$

où ρ_0 désigne la densité en surface, T_x et T_y les deux composantes de la force d'entraînement du vent.

Dans le cas où ρ_0 augmente avec y , l'angle que fait le vecteur de la vitesse due à la spirale convective avec l'axe OX est $\frac{3}{4}\pi$ -

$\sqrt{\frac{f}{2A}}z$. Diminuant avec la profondeur, il s'annule à $z = \frac{3}{4}\pi / \sqrt{\frac{f}{2A}}$ où le vecteur est orienté exactement vers l'est. Il est à remarquer que la spirale établie soit par la convection, soit par la force d'entraînement du vent, ne dépend ni des coefficients A' et k , ni de la stabilité moyenne β . Toutefois, la spirale convective est négligeable par rapport à celle d'Ekman. Lorsque $A = 50 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ et $f = 0,7 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$, on a $u = 16,95 (T_x + T_y) - 836,3 \times 10^7 \times \frac{\partial \rho_0}{\partial y}$. Si on suppose $\frac{\partial \rho_0}{\partial y} = 10^{-11}$ et $T_x + T_y = 1$, l'importance de la spirale convective n'est que $\frac{1}{13}$ environ de celle de la spirale d'Ekman.

Dans l'état périodique, la spirale s'écrit :

$$u = \frac{1}{\sqrt{Af}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}}z} \left\{ T_x \cos \left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z + \frac{\pi}{4} \right) + T_y \cos \left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z - \frac{\pi}{4} \right) \right\} - \frac{\partial \rho_0}{\partial y} \frac{g}{f} \sqrt{\frac{A}{f}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}}z} \cos \left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z + \frac{\pi}{4} \right),$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{Af}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}}z} \left\{ -T_x \cos \left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z - \frac{\pi}{4} \right) + T_y \cos \left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z + \frac{\pi}{4} \right) \right\} + \frac{\partial \rho_0}{\partial y} \frac{g}{f} \sqrt{\frac{A}{f}} e^{-\sqrt{\frac{f}{2A}}z} e^{-\frac{5}{2}\pi i} \times \cos \left(\sqrt{\frac{f}{2A}}z - \frac{\pi}{4} \right),$$

où T_x , T_y et $\frac{\partial \rho_0}{\partial y}$ sont des fonctions du temps ayant le facteur $e^{i\omega t}$. On voit immédiatement que la spirale prend la même forme sauf le deuxième terme de v , majoré par $e^{-\frac{5}{2}\pi i}$, qui montre le déphasage de 9 mois.

Calcul numérique

Par les données numériques: $g = 980 \text{ cm sec}^{-2}$, $f = 0,7 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$, $H = 4 \times 10^5 \text{ cm}$, $\alpha = 0,5 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$, $\beta = 0,75 \times 10^{-8} \text{ gr cm}^{-4}$, $A = 50 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ et $k = 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$, un calcul numérique des solutions (6) et (7) est effectué pour les quatre cas: $\omega = 1,994 \times 10^{-7}$ et $A' = 50$ dans le cas 1a; $\omega = 1,994 \times 10^{-7}$ et $A' = 5$ dans le cas 2a; $\omega = 0$ et $A' = 50$ dans le cas 1b; $\omega = 0$ et $A' = 5$ dans le cas 2b. On obtient ainsi en surface:

dans le cas 1a

$$u = e^{i\omega t} \cos \alpha y \{ 740,7 e^{-1,827i} \Delta \rho + 14,37 e^{-0,03429i} \tau_x + 11,95 \tau_y \},$$

$$v = e^{i\omega t} \cos \alpha y \{ 53,95 e^{-0,1970i} \Delta \rho - 11,95 \tau_x + 11,95 \tau_y \};$$

dans le cas 1b

$$u = \cos \alpha y \{ 7963 \Delta \rho + 15,27 \tau_x + 11,95 \tau_y \},$$

$$v = \cos \alpha y \{ 155,5 \Delta \rho - 11,95 \tau_x + 11,95 \tau_y \};$$

dans le cas 2a

$$u = e^{i\omega t} \cos \alpha y \{ 318,9 e^{-0,869i} \Delta \rho + 14,37 e^{-0,03429i} \tau_x + 11,95 \tau_y \},$$

$$v = e^{i\omega t} \cos \alpha y \{ 40,26 e^{-0,2481i} \Delta \rho - 11,95 \tau_x + 11,95 \tau_y \};$$

dans le cas 2b

$$u = \cos \alpha y \{ 5258 \Delta \rho + 18,31 \tau_x + 11,95 \tau_y \},$$

$$v = \cos \alpha y \{ 116,3 \Delta \rho - 11,95 \tau_x + 11,95 \tau_y \}.$$

En surface, le courant entraîné par la force du vent suit sans déphasage la variation du vent alors que le courant convectif est en retard de trois mois environ dans la composante u et de deux semaines dans la composante v , et que l'amplitude de la vitesse du courant convectif périodique est très inférieure à la valeur absolue du courant convectif permanent tandis qu'il n'y a pas de différence sensible entre les états permanent et non permanent dans le courant entraîné par la force du vent. Il s'ensuit donc que la période d'un an est suffisamment longue pour l'établissement du courant entraîné par la force du vent mais trop courte pour l'établissement du courant convectif.

(à suivre)

Bibliographie

- ICHIYE, Takashi (1951): On the variation of oceanic circulation (I). *Oceanogr. Mag.*, **3**, 79-82.
- TAKANO, Kenzo (1962a): Circulation générale permanente dans un océan. *Rec. Oceanogr. Works in Japan*, **6**, 59-155.
- TAKANO, Kenzo (1962b): Circulation générale permanente dans les océans — un calcul numérique complémentaire —. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **18**, 59-68.
- TAKANO, Kenzo (1962c): Circulation générale permanente dans les océans — un calcul numérique complémentaire — (suite et fin). *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, 20th Anniv. Vol., 200-212.
- VERONIS, George et G. W. MORGAN (1955): A study of time dependent wind-driven ocean circulation in a homogeneous rectangular ocean. *Tellus*, **7**, 232-242.

Ecological Aspects of the Research of Bottom Animals of the Deep Sea with Reference to the Collections of JEDS-6*

Eiji HARADA** and Tetsuya NARITA***

Résumé: Le développement récent de la recherche sur le benthos abyssal nous permet d'avoir des connaissances de plus en plus étendues des animaux et végétaux au fond de la mer profonde et d'avoir la possibilité de les traiter au point de vue écologique. Il faudrait faire des recherches basées sur la conception de l'évolution pour mieux comprendre les particularités du benthos abyssal. A cet égard, on montre le benthos abyssal prélevé à la sixième expédition japonaise de la mer profonde (JEDS-6).

1. Introduction

As is generally known, since the time of the distinguished "*Challenger*" Expedition, the accumulations of materials and knowledge on the deep-sea animals have been achieved by British, Danish, Russian or American parties of scientists almost all over the world. It is, however, to be deeply regretted that our country, which spreads out along the series of outstanding deep trenches of Kurile-Kamchatka, Japan and Izu, and admits herself as one of the most seafaring countries, has contributed little to the deep-sea biology.

Only recently, nearly two decades after the "*Sōyō-maru*" Expedition, whose biological survey was concentrated to the continental shelf around Japan, the researches on the deep sea have been taken up in Japan under the auspices of the Deep-Sea Research Committee of the Japan Society for the Promotion of Science. Last year, in June 1963, we have made the short 6th cruise of JEDS to the northern part of the Japan Trench, obtaining three samples of bottom animals from various depths and localities. General accounts have already been

published by SUYEHIRO and others (1960) and SUYEHIRO and others (1962) on the bottom animals collected on the previous cruises. HORIKOSHI (1962) has made extensive review on the history of research of benthos in Japan in all its aspects. Comparing with these, materials caught in 1963 themselves would not give much striking knowledge. Nevertheless, this is an important step of steady growth of deep-sea research which could eventually lead to understanding of deep-sea organisms on broad basis; phylogeny, ecology or so.

2. Ecological problems of deep-sea biology

We are now well informed that every section of the depth of the oceans is exploited by the groups of animals (BELYAEV, VINOGRADOVA and FILATOWA, 1960). Mere efforts of finding the limit of depth for life in the ocean have lost entirely its scientific significance. Biological interests we are confronting concerning the deep-sea fauna have turned out to be those delving directly into the structure and function of animal community as we do in shallow waters or elsewhere easily accessible by man.

There is an increasing number of newly found members of deep-sea form. Much more will be added in composition and in distribution. It is claimed recently that the ocean bottom supports far greater number of animals than has been supposed. Still, comparing to the

* Received Jan. 9, 1964

JEDS Contribution No. 55

** Biological Laboratory of Yoshida College, University of Kyoto

*** Department of Zoology, Faculty of Science, University of Kyoto

whole body of animals on the earth, the deep-sea fauna comprises only a small fraction of it. As is pointed out by THORSON (1955), the fauna on the ocean bottom is rather uniform and apparent parallelism is noticed in its composition between different localities. The salient features, if there are, of deep-sea fauna may lie in what is the characteristic of this parallelism and uniformity found there and in ecological background of the phenomenon. Detailed observations and collections are essential, for which desperately needed world-wide cooperation on a scale much larger than hitherto.

Of the present-day interests, one which is growing in importance is the bio-economical or bio-geochemical aspect of the animal community of the deep sea, its dependence on and independence from the upper layers of the ocean. NIELSEN and JENSEN (1957) have worked out on the primary production in upper layers of the open seas round the world, yet little is known of the production of higher levels and circulation of material in the deep sea. Bio-economical relation between the upper and the deeper layers is principally one-directional—energy or materials flowing solely from the former into the latter. Localization of the abundant deep fauna below the highly productive upper water is general and theoretical truth, however, how far does the fertile surface water moving rather fast influence the existence and distribution of deep-sea inhabitants is not clarified.

Irrespective of intense grazing in and near the photosynthetic layer, sinking down to deeper water of plants is taking place in important quantity—0.5% of the standing crop of the surface water at 1,000m depth (NIELSEN and JENSEN, 1957). Decay from bacterial activity and consumption by animals occur on these plants and animals. Most of deep-water fishes are noted to be first-rank carnivores (MARSHALL, 1954), and these fishes may in turn be eaten by gregarious crustaceans or echinoderms after death. Rate of decrease and ways of transmission of organic matter as it goes down have to wait to be accounted for by further investigation. Deep-sea food relations as a whole, in absence of incessant

supply of fresh organic matter by plants, seem to be characterized by the cycles of preying upon and feeding back among animals more than elsewhere.

Human attempt of utilizing directly the deep-water production has never been done because of its practical inefficiency and difficulty. But, this does not mean that the depth of the ocean is the space of no much effect on human life. Deep-sea food chain has a particular bearing on such problems of modern importance as to use deep ocean basin or trenches as a dump for radioactive waste. The presence of a single species of animal having unusual migratory habit would eventually produce a food chain directly contacting with the upper layers and with man. Supposed effect of this is undoubtedly by far great and rapid than the deep-sea current would do. If so, any trial of this sort has to be disposed of.

The problems concerned involve the elusiveness of life history of deep-sea inhabitants. Under such stable condition like the depth of the ocean, occasional occurrence of successful population of predators influences remarkably population fluctuation of preys and might be expected to wipe out all species of prey animals (THORSON, 1955), but these changes may be accidental and “fluctuations in the populations and the composition of the local faunas probably take place only over relatively long periods” (MADSEN, 1961).

These aspects are altogether related to the origin and differentiation of deep-sea fauna both in zoogeographical and in evolutionary sense. According to MADSEN (1961) or CLARKE (1962), the recent abyssal fauna is supposed to be younger than the bathyal or littoral faunas, as it comprises phylogenetically younger elements. Invaders to the deep sea are therefore those successfully adapted for deep-sea life from shallower waters. These forms must have widened their range of distribution in the course, yet most of them have disappeared from the original habitat, resulting apparently “specialized” forms in deeper area. Thus, it should not be neglected that the biological nature in the depth of the ocean is characterized by specialization. Full consideration of

all these aspects must await further accumulation of information on deep-sea animals.

3. Materials collected on the JEDS-6 cruise

The following will be a brief account of the benthic animals collected on the JEDS-6 cruise in connexion with the results of the previous survey. The collections comprise various groups of animals and it is impossible to identify all of them to the species at present. Detailed discussion must remain until the examination by specialists of each group.

On the JEDS-6 cruise, the collections were made nearly on a line of about 40° 30' N across the northern part of the Japan Trench. Depths were recorded from echo-soundings (figures shown are uncorrected readings). The gear used is a sledge trawl with opening beams of 2 metres long, to which attached is a nylon bag with a mesh of 2 cm having an inside bag of finer mesh of about 0.5 cm. Some details of the collecting stations and operation are as follows:

JEDS-6 St. G203

Position: 40°22.0'N, 143°44.0'E to
40°24.0'N, 143°41.5'E.

Depth: 2,970 m to 2,775 m.

Date and hour of trawling: 2358 hr., 8 June, to 0210 hr., 9 June, 1963,

Bottom: nearly flat, slightly deepening eastward.

JEDS-6 St. G206

Position: 40°51.5'N, 145°59.1'E to
40°54.5'N, 145°58.5'E.

Depth: 5,320 m to 5,340 m.

Date and hour of trawling: 1915 hr. to
2310 hr., 13 June, 1963.

Bottom: flat.

JEDS-6 St. G207

Position: 40°30.5'N, 148°54.0'E to
40°30.0'N, 148°59.0'E.

Depth: 5,520 m to 5,515 m.

Date and hour of trawling: 1713 hr. to
1910 hr., 17 June, 1963.

Table 1. Composition of bottom animals collected by a deep-sea trawl during JEDS-6 cruise. Numbers of species are shown and compared.

Animal	Total	Station		
		G203	G206	G207
Porifera	1	0	0	1
Coelenterata	10	6	3	3
Bryozoa	1	1	0	0
Polychaeta	7	4	5	2
Sipunculoidea	1	1	1	1
Crustacea	6	5	0	1
Asteroidea	5	2	1	5
Ophiuroidea	6	4	2	2
Echinoidea	1	0	0	1
Holothurioida	9	5	5	2
Polyplacophola	1	1	0	0
Gastropoda	23	15	1	7
Bivalvia	8	3	4	5
Scaphopoda	1	1	0	0
Ascidacea	2	2	0	0

Table 2. Animals occurring common to two stations.

G 203 and G206	G206 and G 207	G203 and G207
? <i>Calibelemnon</i> sp.	? <i>Umbellula huxleyi</i>	<i>Sipunculoidea gen. sp.</i>
? <i>Eunicidae gen. sp.</i>	<i>Polychaeta gen. sp.</i>	<i>Eremicaster sp.</i>
<i>Sipunculoidea gen. sp.</i>	<i>Polychaeta gen. sp.</i>	<i>Ophiuroidea gen. sp.</i>
<i>Eremicaster sp.</i>	<i>Sipunculoidea gen. sp.</i>	
<i>Ophiuroidea gen. sp.</i>	<i>Eremicaster sp.</i>	
<i>Molpadia sp.</i>	? <i>Cucumaria</i> sp.	
? <i>Oneirophanta</i> sp.	<i>Malletia sp.</i>	
	<i>Neilonella sp.</i>	
	<i>Neilonella sp.</i>	
	<i>Spinula oceanica</i>	

Bottom: flat.

Distance covered during each trawling was approximately two miles.

At least 82 species have been recognized. Results of collection are summarized by group in Table 1. In general, many of constituent species of the collection are found to be common to those of the previous ones, but almost none of them, though not yet exactly certain, are found among the inhabitants of the continental shelf. Differences in composition are larger between St. G203 and other two than between the latter two (Table 2). These variations of bottom fauna appear to be related largely to the difference in depth.

Analysis of interrelations and habits of these inhabitants should await further quantitative examination of food, growth or breeding on specimens collected, or of larval life on that in plankton samples. For the last purpose, recent development in research of micro-benthos, though not yet practically undertaken in Japan, will afford encouraging knowledge.

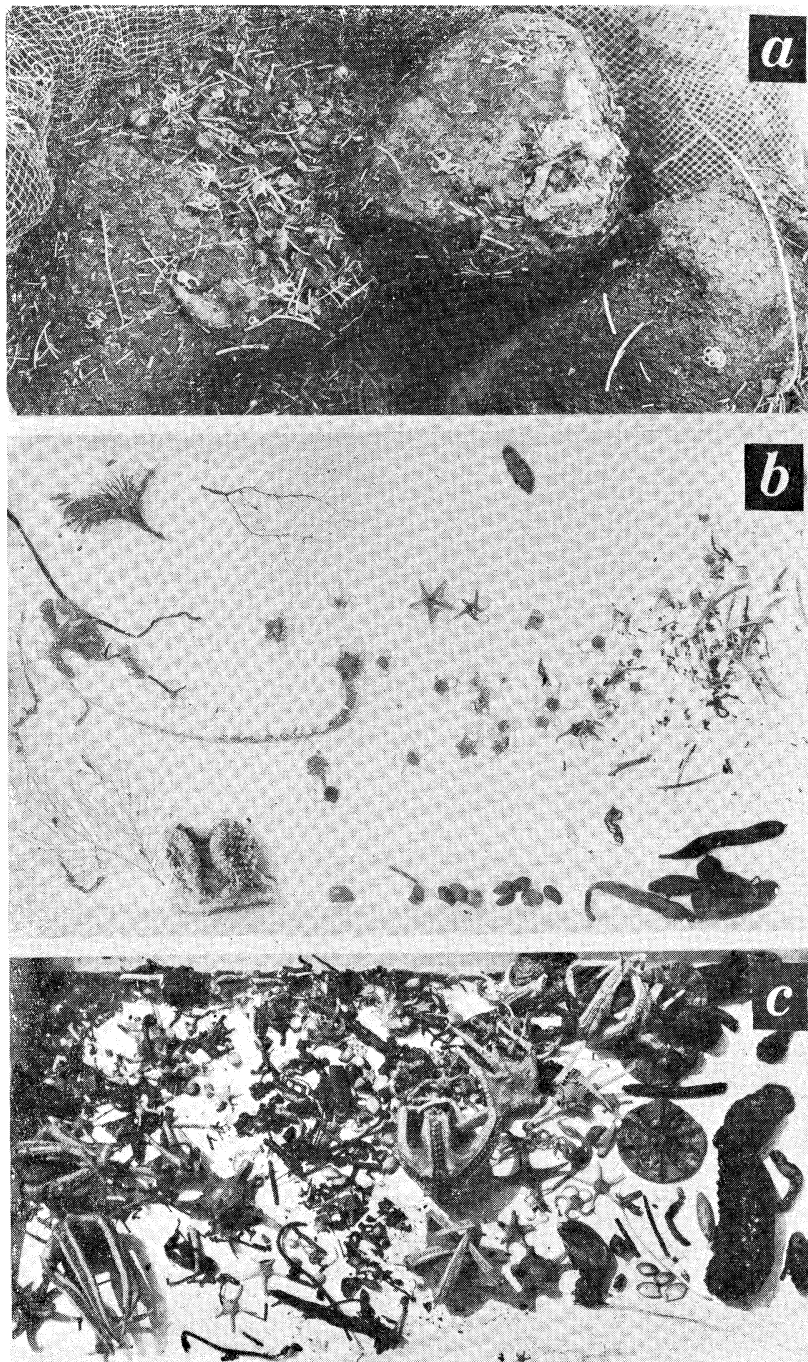
Acknowledgements

Our thanks are due to Prof. D. MIYADI and Dr. M. HORIKOSHI for their helpful suggestions, and to Prof. H. UTINOMI, Dr. T. TOKIOKA and Dr. R. TSUCHI in connexion with taxonomy of animals collected. Dr. R. TSUCHI, who also offered help on board the ship, is responsible for the identification of the molluscs, and this group of materials will be treated and discussed in further detail by him. We are also indebted to the officers and crew of the R. V. "Ryôfû-maru" for their cooperation on the sea. The senior author is particularly grateful for Prof. T. SASAKI for providing him an opportunity to speak of a

part of the present discussion on the Symposium on Deep-Sea Research held by the Rikagaku-kenkyusho on December 3rd, 1963, in Tokyo.

References

- BELYAEV, G. M., N. G. VINOGRADOVA and Z. A. FILATOWA (1960): Investigation of the bottom fauna in the deep-water trenches of the southern Pacific. Trud. Inst. Okean. AN-SSSR, **41**, 106-122.
- CLARKE, A. H. Jr. (1962): On the composition, zoogeography, origin and age of the deep-sea mollusk fauna. Deep-Sea Res., **9**, 291-306.
- HORIKOSHI, M. (1962): Bird's eye view of the studies of the benthos in Japan, Jour. Oceanogr. Soc. Japan, 20th Anniversary Vol., 707-723.
- MADSEN, F. J. (1961): On the zoogeography and origin of the abyssal fauna in view of the knowledge of the Porcellanasteridae. Galathea Report, **4**, 177-218.
- MARSHALL, N. B. (1954): Aspects of Deep Sea Biology. Hutchinson, London. 380.
- NIELSEN, E. S. and E. A. JENSEN (1957): Primary oceanic production. The autotrophic production of organic matter in the oceans. Galathea Report, **1**, 49-136.
- SUYEHIRO, Y., E. IWAI, M. ISHINO and M. HORIKOSHI (1960): Notes on the sampling gears and the animals collected on the second cruise of the Japanese Expedition of Deep-Sea (JEDS-2). Benthic animals. Oceanogr. Mag., **11**, 188-191.
- SUYEHIRO, Y., Y. OKADA, M. HORIKOSHI and E. IWAI (1962): Preliminary report of the Japanese Expedition of Deep-Sea, the fourth cruise, 1961 (JEDS-4). VI. A brief note on the benthic animals on the fourth cruise of the Japanese Expedition of Deep-Sea (JEDS-4). Oceanogr. Mag., **13**, 149-153.
- THORSON, G. (1955): Modern aspects of marine level-bottom animal communities. Sears Found. Jour. Mar. Res., **14**, 387-397.



Explanation of Plate.

- a*: The catch of the trawl taken up on board from the depth of about 2,800 m at St. G203.
b: Representative bottom animals from St. G203.
c: Representative bottom animals from St. G207.

寄稿

フランスの論文紹介・学会だより*

西村 実**

A propos de publications scientifiques en France

(1) CCOEC (海洋と沿岸中央委員会)が1962年12月20日、GOUGENHEIM 議長の下で開かれ、次の各項について発表討議が行なわれた。

1) J. BOURCART : Les sédiments profonds de la Méditerranée occidentale.

(西部地中海における深海堆積について)

2) P. NIAUSSAT : Conception nouvelle du rôle de la biologie marine dans les attributions de recherche appliquée du Service de Santé des Armées.

(軍衛生局の応用研究における海洋生物学の新しい役割について)

3) A. GUILCHER : Sédimentologie sous-marine de la partie orientale de la rade de Brest.

(Brest 湾東部の海底堆積について)

4) H. LACOMBE : Présentation d'une bouée pour l'étude des échanges d'énergie air-mer. Quelques échos de la 2^{ème} réunion de la commission océanographique inter-gouvernementale de l'UNESCO.

(空・海エネルギー交換調査用ブイの紹介, UNESCO IOC 第2回会議における反響について)

(C. O. 1963, No. 2)

(2) OTAN (北大西洋機構)の協議会はヨーロッパにおける国際科学技術研究機関設立のために1960年末に設けられ、Working group の報告書を発表した。

この報告書は西欧における政治経済的な共同体の側面的な援助をするために、科学技術の共同開発機関を設立する必要がある事を力説している。またこのような機関の設立は西欧における科学技術水準を高め、教育を一層

高度なものにするためにも価値があることを述べている。この報告書では次の五部門を設けるよう勧告している。すなわち(1)応用数学と理論物理学部門(2)技術理論と方式部門(3)材料研究部門(4)地球科学部門(5)生活科学部門である。この他に上級研究所を設け Post-universitaire (大学講座より上級の)の研究を行ない、更に独自の学位を授与するというものである。

組織は1,000人の学生、400人の教授並びに1,000人の補助職員から構成されている。(なお地球科学部門では45人の教授、150人の学生並びに150人の職員である)総予算は5,000万ドルと予定されている。(C. O. No. 2)

(3) 1961年1月18, 21日の両日、Toulon 沖で FNRS III号の二回にわたる、1,920mおよび1,430mの潜水において、下降時および上昇時に超音波の音速が測定された。この時に用いた装置は C.N.R.S (Centre National de la Recherche Scientifique)の高圧研究室の C. MAGNIEN の開発したもので、測定誤差は、装置の感度に基づくもの0.47m/sec, 音波の伝播距離と所要時間の測定に関係するものがそれぞれ0.75m/sec, 0.94m/secであった。

測定結果によれば、表面から400mの範囲内では、水温の異常分布のため音速は急激な変化をするが、400m以深では変化する割合は一定している。潜水球の下降上昇によって0.5mの差があったが、これは潜水球が空中で熱せられ、潜水しても徐々にしか冷却されないためにおこる現象であると考えられている。

C. MAGNIEN はこれらの測定データを、Wilson の音速表、Albers の式および桑原—Mackenzie の式と比べ最大0.24%の音速測定値の差があったと述べている。しかし採水による塩分、気体含有量、ブランクトン量などの検定が必要で、これらのデータについては目下分析中である。(C. O. No. 2)

* 1964年2月1日受理

** Minoru NISHIMURA 水産庁漁船研究室 Fishing Boat Laboratory, Fisheries Agency

(4) COI 第2回会議 (1962年9月20日~28日, パリ) の報告書が1962年12月に発表された。特にその I, V と VI のレポートは海洋学の仕事に関係が深い。

報告 I では22の結論が示され、特に次の問題に対する回答が注目されている。(a)海洋研究の共同計画 (b)インド洋観測における協力 (c)南緯 20° 以北の太平洋・大西洋における国際協力研究 (d)熱帯大西洋における国際共同研究 (e)海図 (f)検潮儀 (marégraphe) の設置と管理……等である。

報告 V では1962年8月, UNESCO で行なわれた固定海洋観測ステーションに関する Working group の報告の詳細が述べられている。(C. O. No. 3)

(5) CNFGG (フランス国立測地・地球物理委員会) の海洋物理部会は1963年1月17日, J. ROUCHE 海軍大佐議長の下で開催された。議題は年度内においてこの海洋物理部会がフランスの海洋調査研究機関と協力して行なった調査活動についての報告が行なわれた。

(6) 調査船 “Amalthée” 号について—— S. E. G. A. N. S (サハラ天然ガス輸送, 実用化研究委員会) は海洋調査船 “Amalthée” 号を建造した。本船はサハラの天然ガスを欧州にひくために海底に輸送パイプを埋設する作業に関係する調査を行なうものである。

本船は500t, $L \times B \times D = 45^m \times 9.3^m \times 4.9^m$, 990 P. S. 巡航速度11.5ktである。

装備の主なものあげれば次の如くである。

- 1) ウィンチ: 10t 2基, 観測用2基, 電気ケーブル用特殊ウィンチ1基等
- 2) 電波測位: Loran 受信器, Radar
- 3) 音響測深機: Edo (12kc), Elac Arcturus (30kc, 20m 測深用映像式併用, 聴音および録音可能) Castor Elac (50kc), Atlas Elac (80kcボート用)。その他に

EDGERTON の “pinger (12kc)” も海底に沈めた機器の探知用に用いられている。

4) 地質探査用スパーカー 1組

5) 海底地質調査用としてドレッジの他に, Kullenberg 型のコアサンプラー, 吸上げ式のサンプラーも装備している。

船の吃水線下には, 海中を撮影し, 且つ第一段階の分析を行なえる研究室がある。一般の海洋観測は舷側で行なえるようになっている。

6) 海流計はブイによる Mecabolier と Segans が用いられている。

7) 海底観測用として GALEAZZI の潜水球と, テレビジョンを取り付けた水中ソリ “Troika” が用いられ, 前者で写真と映画を撮り, 後者ではテレビ画像がとれる。

8) 本船には 80kc 測深機を装備した2隻のボートが積み込まれている。本船に乗船できる研究員は6人, 技術者は7人(乗組員は含まず)である。(C. O. No. 4)

(7) フランス海軍の “Commandant Robert Giraud” 号は1962年7月3日から10月19日までの間, 印度洋観測の第4次航海で, 印度洋西部 Djibouti から Lourenço-Marqués の間の観測を行なった。

しかし今回は季節風が強く特に南緯8°では激しかった。従って南緯8°から6°までの間の観測はほとんど行なわれなかった。

しかし115の観測点で観測を行ない, 各海面で海底付近までの水温・塩分の観測を行なった。また2,250回の採水を行ない, 目下 Nosy-Bé の海洋漁業研究所で分析中である。113回の bathy thermogramme がとられ, 航路に沿って測深が行なわれた。表面流のベクトル解析のため G. E. K によって60回の測定が行なわれた。

Mozambique 海峡の海流測定のため南緯6°~25°の間で16,400本の漂流ピンを投入した。(C. O. No. 5)

行 事

深海研究に関するシンポジウム

日時・昭和38年12月3日 場所・学士会館（東京・神田）

1. 深海水懸濁粒子の光学的研究

佐々木忠義・岡見 登

Recherche optique sur les particules suspendues dans les eaux des mers profondes

Tadayoshi SASAKI* et Noboru OKAMI**

Résumé : La recherche optique sur les particules suspendues dans les eaux de la mer profonde a vu le jour par N. G. Jerlov à l'Expédition suédoise de la mer profonde (1947—1948). Par le moyen d'un mètre de Tyndall à bord le navire hydrographique "Albatros", il a étudié de la distribution microscopique des particules suspendues jusqu'à 8,000 m de profondeur en Mer méditerranéenne, à l'Océan pacifique, à l'Océan atlantique et à l'Océan indien. En 1958, A. Ivanoff a mesuré le coefficient de dispersion β et la polarisation p à 90° d'angle de dispersion dans les eaux méditerranéennes prélevées à plusieurs couches au-dessus de 1,400 m de profondeur et essayé l'analyse de la masse d'eau par les caractéristiques p - β . En 1955, W. V. Burt a mesuré, par un spectromètre, la densité optique des eaux de la Baie de Chesapeake et déterminé la granulométrie et la concentration des particules suspendues. D'un autre côté, nous avons mesuré la distribution angulaire de l'intensité de la lumière dispersée dans les eaux prélevée par le bathyscaphe F. N. R. S. 3 et évalué, nous aussi, la granulométrie et la concentration des particules suspendues. En outre, en faisant usage d'un photomètre, nous avons obtenu la distribution de la turbidité des eaux profondes à bord le navire hydrographique "Ryofu-maru" à la troisième expédition japonaise de la mer profonde (JEDS-3) en 1960 et la distribution angulaire de l'intensité de la lumière dispersée dans les eaux prélevées à plusieurs couches au-dessus de 6,000 m de profondeur à la sixième expédition japonaise de la mer profonde en 1963.

海洋のどの深さから海水を採取してみてもその中にはいろいろな形態の懸濁物が発見される。これらの懸濁物の内容は極めて雑多でプランクトン、ミクロプランクトン、バクテリアなどの生物はもちろんのこと、これら動植物の死骸とその分解物、地質起源の無機、有機物、陸源の鉱物質、火山灰、宇宙塵などいろいろの物質が含まれている。海洋の上層水に含まれるこれらの懸濁物につ

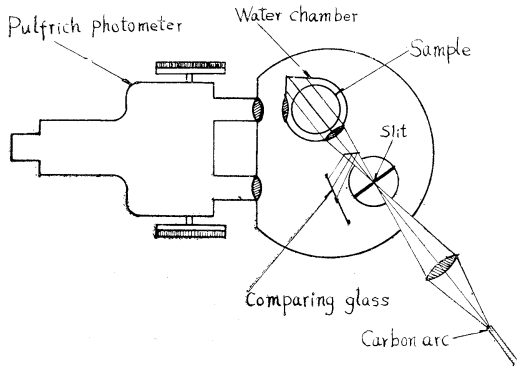
いては、沕過法、遠心分離法などの力学的方法あるいは光学的方法を用いた数多くの研究がすでに報告されており、また海洋における懸濁物の性状、懸濁物と他の海洋諸要素との関連などについてもこれらの報告によって詳細に知ることができるようになった。しかし深海の懸濁物についてのわれわれの知識は乏しい。深海水中の懸濁物は上層の懸濁物と同様に深層海水の流動、水塊区分の指標として重要な役割をはたすものであり、また深海底に接する海水中の懸濁粒子の分布は深海底層流の流動を推定するのに役立つばかりでなく深海堆積物中の微細粒子と大いに関連性がある。

深層水中の懸濁粒子を光学的方法によって調べる研究

* 東京水産大学, 理化学研究所 Tokyo University of Fisheries, The Institute of Physical and Chemical Research

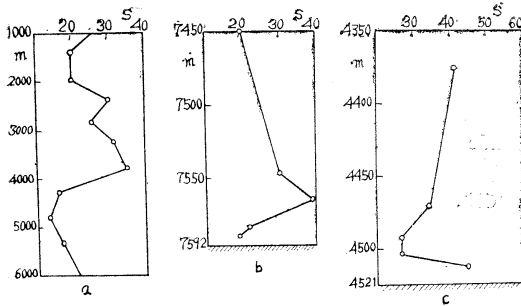
** 理化学研究所 The Institute of Physical and Chemical Research

は 1947年～1948 年に実施されたスウェーデンの深海探検 (Swedish deep-sea expedition) において N.G. JERLOV によって開始された¹⁾。JERLOV は観測船アルバトロス号に設置した散乱光度計 (Tyndall meter) によって地中海、大西洋、太平洋、印度洋の各海域において深さ 8,000 m 近くまでの懸濁粒子の分布と深海底付近の底層水中の懸濁粒子の分布の微細構造の研究を行なっている。第1図は JERLOV の使用した散乱光度計で、光源には炭素アーク



第1図 JERLOV の使用した散乱光度計。

ク燈を使用し、内容積 60 ml のフラスコに満した試水に平行光束を投射して散乱角 45° の散乱光の強さをプルフリッヒ光度計 (Pulfrich Photometer) で測定して光度計の読から懸濁粒子による散乱係数を求めている。第2図は測定結果の数例を示したもので横軸の S は懸濁粒子



第2図 深層水と底層水中の懸濁粒子の分布。

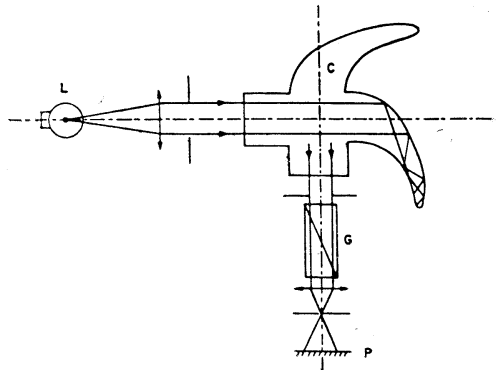
による散乱係数で単位は Km^{-1} である。

図 a は大西洋のロマンシュ海淵 (Romanch Deep) での測定結果で、4,000 m 以深に現われている小さい S の値はこの層に新しい水塊が存在していることを示すものである。この層での最小値は大体 7 km^{-1} である。これは JERLOV が散乱光度計を較正する時に使用した海水自身の散乱係数 3 km^{-1} と比較するときこの水塊は非常に

透明な水であることがわかる。

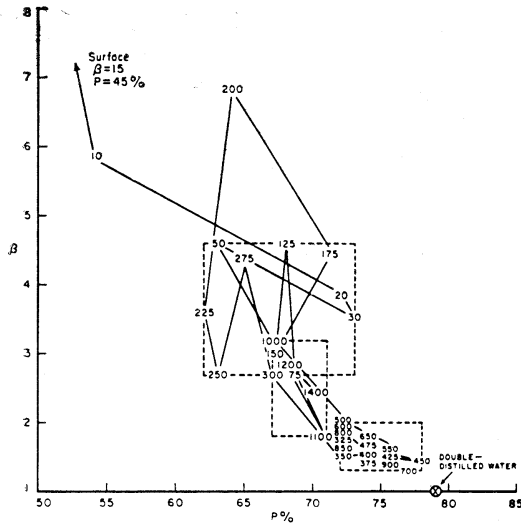
深海底直上の底層水中では JERLOV が懸濁粒子の雲 (Suspension cloud) と呼んでいる、幅の狭い濁った水の存在を示す懸濁粒子の分布にしばしば遭遇している。第2図の b はその一例で大西洋の東方海盆で測定されたものである。これは近くの海底からまき上げられた雲が流れによって横に分布していることを示すものであると彼は考えている。また図 C のように海底のごく近くには懸濁粒子の微成層があることがわかった。このような懸濁粒子の分布はとくに海底上数十 m のところにしばしば認められた。彼は懸濁粒子がこのように高度に成層化して分布していることはこの場所の底層流に乱れが非常に少ないことを示すものであるとしている。JERLOV はこのように海底に非常に接近した場所の懸濁粒子の分布を数多く測定して底層流の流動状態を推定している。

1958年フランスの A. IVANOFF は地中海で採取した海水について散乱角 90° における散乱係数と偏光度を船上で測定して水塊分析を試みている²⁾。第3図は測定に使用した装置で散乱角 90° の散乱係数 β と偏光度 p は偏光



第3図 IVANOFF の使用した散乱光度計。

プリズム G を回転することによって光電子増倍管 P で測定される。第4図はその測定結果で図中の数字は採取した海水の深さで、最深 1,400 m までの測定を行なっている。図の β の値は二回蒸溜した水の散乱係数を 1 としたときの相対値で偏光度は % で示している。懸濁粒子の少ない透明な水ほど β の値は小さく p の値は大きくなる。図中の ⊗ 印は二回蒸溜した水の値を示すものでこの水の偏光度は 79% である。IVANOFF はこの p - β Diagram からこの海域では四角の点線の枠で示した三つの水塊を考えている。すなわち 30~300 m, 325~900 m, および 1,000~1,400 m の水塊である。それによると中層が上、下両層に比べて透明で、最も透明な水は 700 m 付近の深さに現われている。



第4図 1958年5月6日地中海で測定した結果得られた p - β Diagram.

前記二例からわかるように懸濁粒子による散乱係数や偏光度の測定結果は深海水の水塊区分の指標として役立つことができるばかりでなく、懸濁粒子の集積している深さを知ることができる。

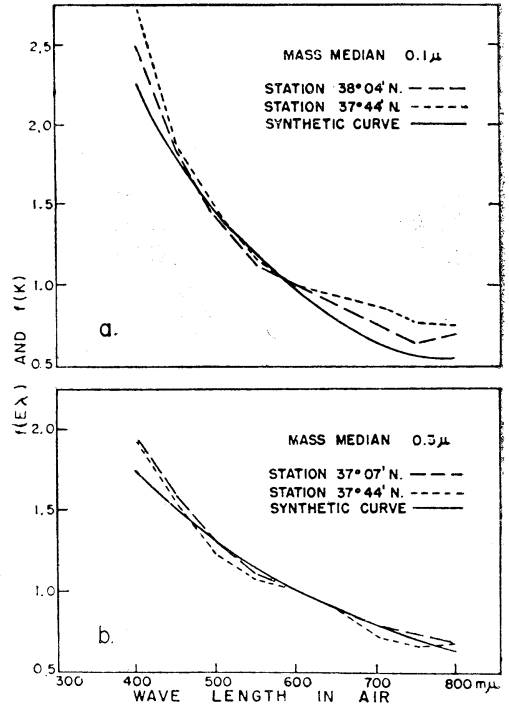
海水中の懸濁粒子に関する研究として懸濁粒子の大きさや単位体積中の量に関する知識も是非知っておきたい事柄の一つである。このために光学的方法を用いたものに Jerlov と B. KULLENBERG の行なった方法がある³⁾。かれらは、海水 1 l 中の懸濁粒子の重量を決定することを可能にするために、濃度のわかった粒径が均一の鉱物質懸濁液 (Minerogenic suspension) についてのチンダル効果を前記の散乱光度計によって測定した。

1954年 W. V. BURT⁴⁾ は、非常に小さな粒径から半径 6μ の粒径までの範囲について、均一粒径の球形粒子が 1 mg/l の濃度で分散している懸濁液からの理論的散乱を決定するために Mie の散乱理論を適用し、そしてその結果が前記の Jerlov と KULLENBERG の行なった実験結果とかなりよく一致することを確かめた。

引続いて1955年、BURT はベクマン分光光度計を使用して Chesapeake Bay で採取した海水の $400 \text{ m}\mu$ から $800 \text{ m}\mu$ までの各波長に対する吸光度 (Optical density) を測定し、測定結果と懸濁粒子による散乱に Mie theory を適用して理論的に求めた吸光度曲線とを対比して懸濁粒子の大きさと濃度を推定した⁵⁾。理論の適用に際しては、Chesapeake Bay の海水中に懸濁する粒子の海水に対する相対屈折率は1.15であるとし、粒子は吸収の無い等方性の球形粒子で、その粒径分布は対数正規分

布 (logarithmic normal distribution) であると仮定している。

第5図の実線は粒径分布曲線の中央値が 0.1μ と 0.3μ



第5図 対数正規分布をしている懸濁粒子の散乱に Mie theory を適用して計算して得た吸光度曲線と Chesapeake Bay の水について測定して得た吸光度曲線との比較。

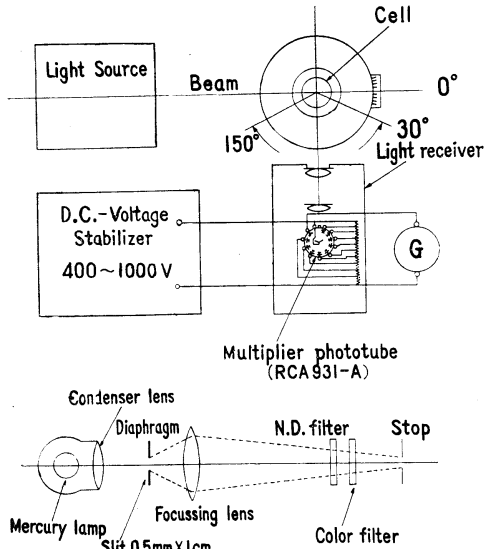
の場合の Mie theory から計算される吸光度曲線で点線は実測による吸光度曲線である。図において短波長部における実測曲線の理論曲線からのはずれは海水中に溶存する少量の着色物質 (Yellow substance) の存在のためであり、また長波長部における両曲線のずれはプランクトンの様な大形の粒子の存在のために生じたものであると考えている。このようにして BURT は Chesapeake Bay の海水中の懸濁粒子の粒径分布は平均半径が 0.6μ より小さい値をもつ小粒の方に非常にかたむいた分布曲線をもっており、その濃度は 1 ppm より小さい値から大体 60 ppm の範囲であると推定している。

前述したように、採取した海水中の懸濁粒子の大きさや量を顕微鏡などを用いた直接的な手段でなく、間接的な光学的方法を用いて調べるには二種類の方法が考えられる。一つは試水の一定の長さを透過する平行光束の消滅を測定する方法であり、他の一つは試水に平行光束を

投射したとき散乱する散乱光の強さを測定する方法である。われわれは前者を透過法、後者を散乱法と呼んでいる。いずれの方法を使用する場合も試水中に懸濁する粒子の大きさや量と透過光あるいは散乱光との関係を知るためには JERLOV と KULLENBERG の行なったような実験的方法か、あるいは BURT の行なったような理論的方法によらなければならない。

深層水中の懸濁粒子を対象としてこれを実験的に行なう場合には懸濁粒子を採集して、これを海水中に既知量を浮遊させることなど数多くの困難な問題に遭遇する。従って、BURT の方法は深層水中の懸濁粒子の研究には適した方法と思われる。しかし BURT の方法は透過法であるから透明な深海水では光路を長くする必要があり、従って多量の試水を必要とするであろう。深層海水の大量採水は表層のそれと比べてかなり時間と手間を要する仕事である。そこで、少量の試水でも投射光の強さを強くすれば散乱法で測定可能であるので、その結果に MIE の散乱理論を適用して懸濁粒子の大きさと濃度を求める方法が考えられる。

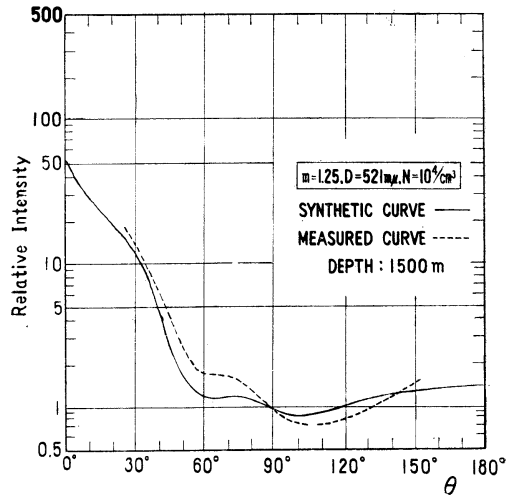
われわれは、1958年フランス海軍のパチスカーフ FN RS-3 号が日本海溝調査の際に採取した深層海水を実験室に持ちかえり、試水に一定波長 (546 mμ) の光を投射して深海水による散乱光の角度分布を測定した⁶⁾。第6図に使用した散乱光度計の概要と投射光学係を示す。



第6図 散乱光度計の概略図と投射光学系、受光部の測定範囲は30°から150°まで。

試水を満したセルはガラス製円錐形のものでその容積は約50mlである。測定によって得られた角度分布曲線と海

水中の懸濁粒子による散乱に Mie theory を適用して理論的に求めた角度分布曲線とを対比して深層海水中に懸濁する粒子の大きさと単位体積中の数を推定した。(第7図) Mie theory の適用に際しては、懸濁粒子は等方性の吸収のない球形粒子で、単位体積中に同質、同径の粒子が希薄に分散していると仮定した。また理論曲線は



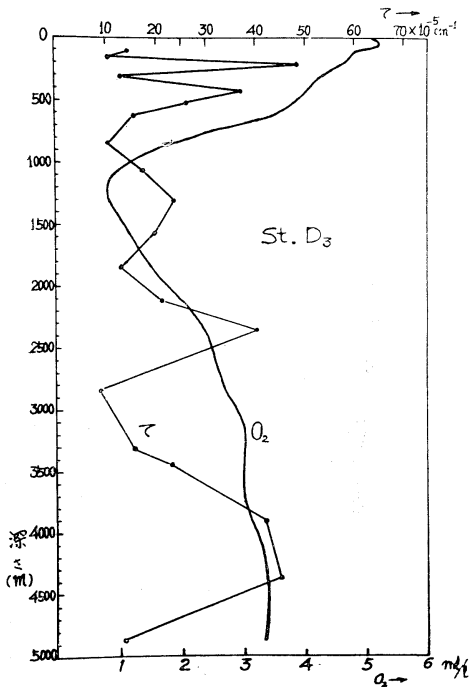
第7図 Mie theory を懸濁粒子の散乱に適用して理論的に計算して得た角度分布曲線と日本海溝の深さ 1,500 m から採取した海水について測定した角度分布曲線との比較。

懸濁粒子の海水に対する相対屈折率 $m=1.20$, $m=1.25$ および $m=1.33$ のそれぞれについて作製した。このようにして推定した日本海溝の深層海水中の懸濁粒子は、いずれの深さについても平均直径は 1μ より小さく、 1 ml 中の粒子数は $10^4 \sim 10^5$ 個であることがわかった。また懸濁粒子の海水に対する相対屈折率は、3,000 m の試水についての $m=1.20$ を除けば他はすべて $m=1.25$ のものとよく対応した。このことから、われわれは日本海溝深層水中の懸濁粒子は鉱物質を主体とする微細粒子ではないかと考えた。これらの結果の一部は顕微鏡によって裏付けられた。

1960年に実施した JEDS-3 においては観測船凌風丸の船内に光散乱光度計を設置して 100 m 以深の各層から採取した海水に波長 $546\text{ m}\mu$ の光を投射したとき、試水の単位体積中の懸濁粒子が散乱する単位立体角についての散乱強度を散乱角 90° , 45° および 35° の三つの角度について測定した。これらの値に Mie theory を適用して懸濁粒子の平均直径と 1 ml 中の粒子数を推定し、懸濁粒子による濁度を求めた。理論の適用に際しては粒子の直

径は 1μ より小さく海水との相対的屈折率が $m=1.05$, $m=1.15$, $m=1.20$, $m=1.25$ のいずれかの値をもつ同質、同径の吸収のない球形粒子が単位体積中に希薄に分散していると仮定した。計算から得られた各層の懸濁粒子の平均直径は、深さによって多少の差はあるが、約 0.8μ , 1 ml 中の粒子数は $10^4 \sim 10^5$ 個の値であった。実際に適用された相対屈折率は $m=1.05$ と $m=1.15$ で前者は上層、後者は底層の懸濁粒子にあてはまった。濁度の深さによる分布は、底層までの間に幾段にも成層している懸濁物は特定の深さに集積していることが認められた。

(第8図)

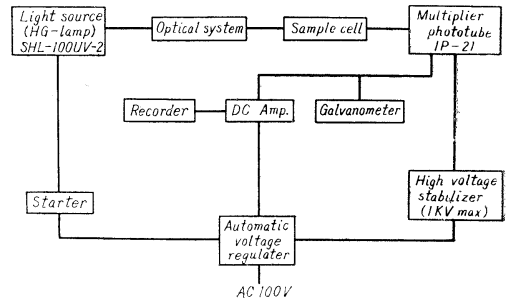


第8図 日本海溝の深さ 5,000 m までの濁度分布と溶在酸素の分布。

第8図に示したように 900 m と 1,500 m の間の濁度の成層は酸素極小層の少し下方に現われている。この酸素極小層の下部に現われる濁度の成層は JERLOV がスウェーデンの深海探検において散乱光度計を使用して深層水中の懸濁粒子の分布を観測したとき認めた傾向と同一であった。

前記1960年の JEDS-3 の際使用した散乱光度計の受光部からの出力は 10^{-10} A の感度をもつ反射型検流計を使用して読取ったが、このような高感度の検流計は海が荒れている場合船の動揺によって指示のフラツキが多く正確な読取を行なうことができない。そこで船上測定を

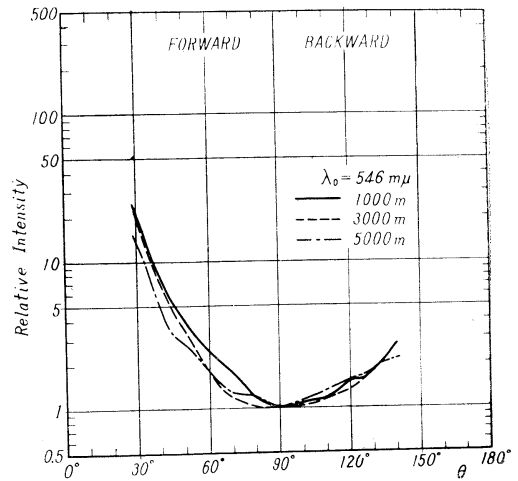
主眼とした記録式散乱光度計を製作した。第9図にこの装置の系統図を示す。受光部からの出力は並列ブリッジ



第9図 記録式散乱光度計の系統図。

型の直流増幅器をへて電子管自動平衡型記録計で記録される。またこの装置はスイッチの切替によって受光部からの出力を直接検流計によって読みとることもできるようになっている。試水を満すセルはガラス製の円筒形で入射部と射出部は平行平面に仕上げてあり内容積は約 70 ml である。

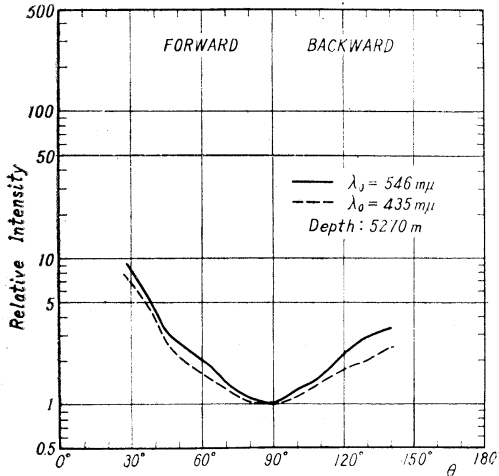
この装置を使用して1963年に実施された JEDS-6で採取した深層海水を実験室に持ちかえり散乱光の角度分布を測定し海水中の懸濁粒子について考察を試みた。第10図は 1,000 m, 3,000 m および 5,000 m の深さから採取した試水に $546\text{ m}\mu$ の光を投射して得られた角度分布曲線



第10図 日本海溝の深さ 1,000 m, 3,000 m, 5,000 m から採取した海水について測定した角度分布曲線。

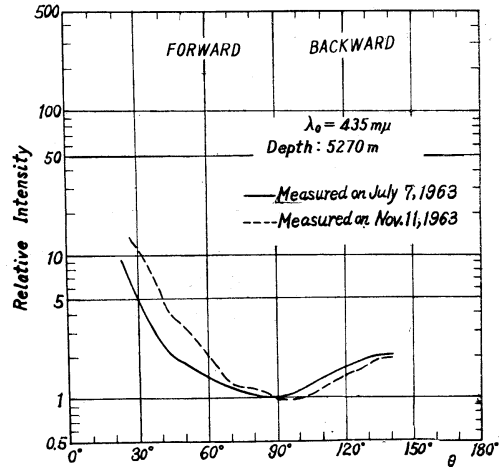
である。図からわかるようにいずれの深さについても散乱光の強さの最小値の現われる角度は散乱角 90° で、前方散乱は深くなるにしたがって小さくなっているが後方

散乱はいづれの深さについてもあまり変っていない。これらの試水はいづれも1回の操作で200l採取できる大型採水器によって採水した。第11図の深さ5,270mの試水はJEDS-6で実施された四脚式深海底層流測定装置に付



第11図 日本海溝の深さ5,700mから採取した底層水について測定した角度分布曲線。

属しているエクマン型でんとう採水器で採取したもので、これは海底上1.5m付近の海水である。図は投射光が546m μ と435m μ の二つの波長について測定した結果を示したものである。一般に今回測定した各層の試水の角度分布曲線はいずれも後方散乱が大きく、特に第11図の底層水の後方散乱は他の深さの試水に比べて非常に大きい。これらの角度分布曲線を前に記した懸濁粒子の散乱に、Mie theoryを適用して理論的に得られる数多くの角度分布曲線と対比してみたが後方散乱の大きいことなどの理由で似た形のものが得られなかった。その理由として考えられることは海水中の懸濁粒子は均一分散系のもではなく不均一分散系のものであり、この分散系は異質の分散系の集合体であるかもしれないし、また粒子の形も必ずしも球形とはかぎらないことである。今回測定した海水中の懸濁粒子は前記のような同質の均一分散系の球形粒子と仮定してMie theoryを適用するには十分な条件をもたない粒子が多く含まれていたためではないかと考えられる。特に後方散乱の大きいことから考えてかなり大形の粒子の混入が考えられる。冷暗所に保存していた深さ5,270mの試水を約4か月後に測定したところ第12図に示すように前方散乱は増加し後方散乱が減少していることがわかった。また後方散乱の減少は他の深さから採取した試水についても同じような傾向が認めら



第12図 深さ5,270mから採取した底層水を約4か月間冷暗所に保存した後測定した角度分布曲線と保存前に測定した角度分布曲線との比較。

れた。これらのことは試水を長時間貯蔵したためにならから原因で懸濁粒子が質的にもまたその粒度分布も変化したためではなからうか。

深層海水中の懸濁粒子の光散乱にMieの散乱理論を適用するにはまだいくつかの問題が残されている。すなわち粒子の屈折率と粒度分布などを知ることである。前者は懸濁粒子の種類にも関係する問題であり、懸濁粒子が異質の粒子の集合体の場合は粒度分布も同質の粒子のそれぞれについて知る必要がある。これらの問題を究明するためには、大量の深海水から濃縮した懸濁粒子を顕微鏡や電子顕微鏡で調べたり、あるいは物理化学的方法を用いて調べて行くべきであろう。従って、深層海水中の懸濁粒子について光学的研究を進めて行くためには上記のごとき研究とともに実験と理論の両面から更に進展させて行かなければならない。

文 献

- 1) JERLOV, N. G. (1953) : Particle distribution in the ocean. Reports of the Swedish Deep-Sea Expedition, Vol. III, Physics and Chemistry, No. 3.
- 2) IVANOFF, A. (1959) : Optical method of investigation of the ocean; the p - β diagram. Jour. Opt. Soc. Amer., 49, 103-104.
- 3) JERLOV, N. G. and B. KULLENBERG (1953) : The

- Tyndall effect of uniform minerogenic suspension. *Tellus*, **5**, 306-307.
- 4) BURT, W. V. (1954) : Specific scattering by uniform minerogenic suspension. *Tellus*, **6**, 229-231.
- 5) BURT, W. V. (1955) : Interpretation of spectrophotometer readings on Chesapeake Bay water. *Jour. Marine Res.*, **14**, 33-46.
- 6) SASAKI, T., N. OKAMI, G. OSHIBA and S. WATANABE (1962) : Studies on suspended particles in deep sea water. *Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res.*, **56**, 77-83.

2. 深層での水の流れ

高野 健三

Courants profonds dans les océans

Kenzo TAKANO*

Résumé : On jette un coup d'œil sur les méthodes de mesure des courants profonds, les résultats obtenus par les mesures directes et les observations hydrographiques à l'aide de la relation géostrophique (mesure indirecte) ainsi que les théories ou les théories hypothétiques de la circulation abyssale. Il paraît que plusieurs mesures directes confirment, au moins dans le voisinage du Cap Hatteras, un courant profond se dirigeant vers le sud le long de la côte est de l'Amérique, théoriquement prévu. On montre qu'il reste tout de même beaucoup de problèmes à résoudre.

Il est possible que le relief du fond intervienne non seulement dans la circulation abyssale mais encore dans la circulation superficielle et que le flux de chaleur terrestre joue un rôle considérable dans l'abyss. Bref, les mesures directes et indirectes des courants profonds sont trop peu nombreuses pour permettre d'en avoir des connaissances étendues, la théorie de la circulation générale profonde est encore embryonnaire et en raison de la dépendance mutuelle entre les circulations superficielle et profonde, celle de la circulation générale superficielle reste toujours à l'état rudimentaire.

1. 題目の意味

1000mないし1500m位の深さから海底にいたるまでの層を漠然と『深層』と呼ぶ。もっと浅い部分は浅層である。低、中緯度では、水温の鉛直勾配がかなり急に小さくなる深さが、その境目と考へられるがもともとこの二つの層は、物理学的にはっきりと分けられるものではないので、深層水の運動のみを、又は浅層水の運動のみを、それぞれ他と切りはなして論ずる事には多少無理がある。ここでの『深層水』は、水塊分析で、中層水とか、深層水とか云ふ場合の深層水とは、当然全く別である。

『流れ』も、潮汐や津波による運動は含めないといふ

程度の、あいまいな意味しか持っていない。海流——これも定義が難しいが¹⁾——と呼ばれる運動とは少し違ふやうである。

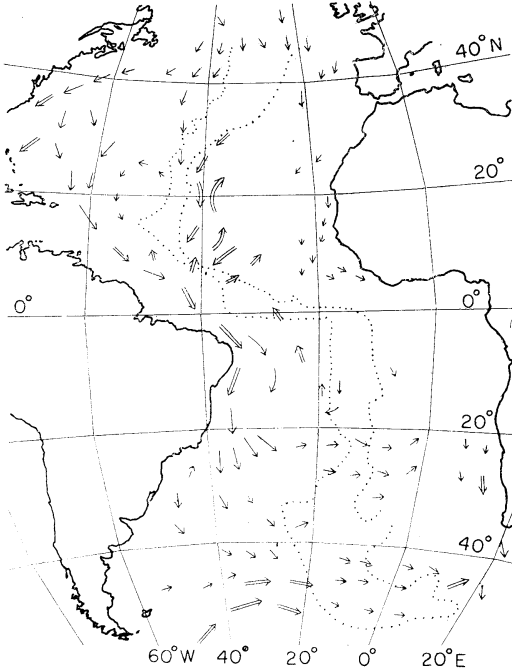
2. 流速を、海水の密度の分布から求める事

普通の海洋観測を行って、密度の分布を知り、基準面の深さを仮定するか、又は何らかの方法で見積って、力学計算をすれば、——流れが地衡流であるとすれば——流速の水平成分の鉛直分布を求める事が出来る。あとで述べるやうに、漸く流速を直接に測れるやうになったので、ある深さで、流速を測っておけば、基準面の深さを知らなくても、ある種の仮定を設けると流速の鉛直分布を計算出来る事になった。

1941年に、DEFANT²⁾は流速の水平成分が零になる深さをきめる方法を考案し、大西洋の2000mまでの深さの流

* 東京大学理学部地球物理学教室 Geophysical Institute, University of Tokyo

れを計算した(第1図)。この方法が、どの程度に正しいのかまだよく分らないが、深層で、アメリカ大陸に沿って、北緯40°位から、南緯20°位まで10cm/sec程の南



第1図 2000mの深さでの流れ(DEFANT²⁾による)。点線は中央大西洋海嶺を示す。

向きの流れが現れてゐる事と、中央大西洋海嶺の真上よりやや東側に、同じく10cm/sec程の強い南北方向の流れが現れてゐる事が注目される。前者は STOMMEL³⁾が、ずっとのちに、実験や理論から推測したものと完全に一致して居り、後者は、海底地形の影響の強さを暗示してゐるやうである。

速度の水平成分を海面から海底まで積分して得られる『質量輸送』といふ量を使って大循環を扱ふ理論¹⁰⁾⁻¹⁴⁾が1948年から次々と発表され、計算で求めた流量を、黒潮や Gulf Stream のそれと比べて、よく一致するとか、一致しないとかいふ議論があった。観測資料から得られる、これらの流量は、海面から1500mか、せいぜい2000mの深さまでの積分であり、一方、理論から計算される量は、海底までの積分であるから、この二つの量をすぐ比べて、一致、不一致を論じても何の意味もなかったわけである。当時、何故、DEFANT の解析が引用されなかったのか理解出来ないが、もし、これが読まれるべくして読まれてゐたら、理論の結果には、別の解釈があった

事と思はれる。例へば、Gulf Stream の流量を M_G 、その下を Gulf Stream と逆の向きに流れる量を M_C 、理論から求められた流量を M_T とすれば、—もし、理論が現実の現象に十分使へるなら— $M_C = M_G - M_T$ となる筈で、深層の反流の強さを知る事が出来る。

Wüst¹⁵⁾⁻¹⁸⁾は、DEFANT が求めた無流面の深さを使って、大西洋の北緯20°以南の2500mから海底までの層の流れを計算した。南アメリカ大陸の西側の海底に沿って、数 cm/sec から15cm/sec の北向きの流れが見られる。

最近、須藤¹⁹⁾は、塩分と熱の保存の式と、運動方程式とを併用した新しい方法を考へ、大西洋の深層の流れを求めた。直接測定の結果(大変数は少いが)とは、ほぼ一致するが、他の方法—例へば DEFANT や STOMMEL²⁰⁾の—よりはるかに有効であると断定するのも、まだ早すぎるやうである。

基準面の深さを仮定して観測資料を解析したもの²¹⁾⁻²⁵⁾、酸素等の分布から深層の流れを論じたもの^{29),30)}もあるが、大切な処に仮定が入るので、あいまいな点が残るのも止むを得ない。

3. 流速をぢかに測る事

流速(の水平成分)をぢかに測る器械として

- (I) うき(釣り合ひうき³¹⁾⁻³³⁾、パラシュートうき^{33*)-37)}
- (II) ビンボン玉その他の動きを利用する器械³⁵⁾⁻⁴⁰⁾
- (III) その他の流速計³⁹⁾⁻⁴⁰⁾がある。

(I)は、数週間にわたって、うきを追跡する事も出来るので、比較的長い時間内の流速が得られるといふ利点がある。(II)は、ビンボン玉、その他の物が流れに押されて位置を變へる状況を写真又は他の手段で捉へ流速を求めるわけであるが、(I)が、任意の深さの流速を長時間測定出来るのに反し、(II)では海底(正確には海底から数10cm上)での値しか求められない。しかし、海底附近の事柄についての私達の知識は甚だ貧弱なので、もし非常に長いフィルムを使って、かなり長い期間にわたって測定が出来るやうになれば貴重な資料が得られるかも知れない。(III)には、漸く実用の段階に入ったらしい Richardson の流速計^{39),39*)}といふのがある。海面には気象測器をのせうきをおき海底には錨を下し、ワイヤーの長さ500m毎に流速計や、ワイヤーの傾斜を測るための傾斜計等を取りつける。各々の計器は記録計を内蔵して、数ヶ月の連続観測を行った後、引き上げられる。Savonius rotor を使った流速計は、0.01ノットで始動し、5°の精度で流れの向きを記録する。この種の器械は、魚に喰はれてしまったり、人や波や流れに持ち去られて

しまふおそれが常に伴ふが、いろいろの量の鉛直分布を一挙に、大量に自動的に取れるといふ点でこれまでの測定方法とは全く違ったものであり、大きな期待がかけられる。1960年12月から1963年4月までの記録の解析が最近発表された^{40*)}。尚、海面の傾斜又は水中での水平方向の圧力勾配をぢかに測らうとする試み^{40**),40***)}もあり、特に WELANDER と ODÉN が試作した器械は注目に値する。

4. 測定の結果

前節の方法で深層の流速を求めた結果⁴¹⁾⁻⁵⁶⁾のうち主なものを第1表に掲げる。

SWALLOW と HAMON⁵¹⁾は、ポルトガル沖の測定で、2、3週間の周期が卓越してある事、数10マイルはなれば流れの向きや早さが全く変る事を明かにした。つまり定常的な意味で、流れを知るためには、少くとも数週間の長さでうきを追跡しなければならない海域もある事を示してある。

今日まで最もひんばんに観測が行はれたGulf Stream流域の深層については、Blake Plateau 沖の大陸棚の斜面ではGulf Stream とは逆の向き(ほぼ南向き)、その沖Gulf Stream の真下では、Gulf Stream と同じ向きに流れてゐると云へさうである。Cape Cod の南でも、

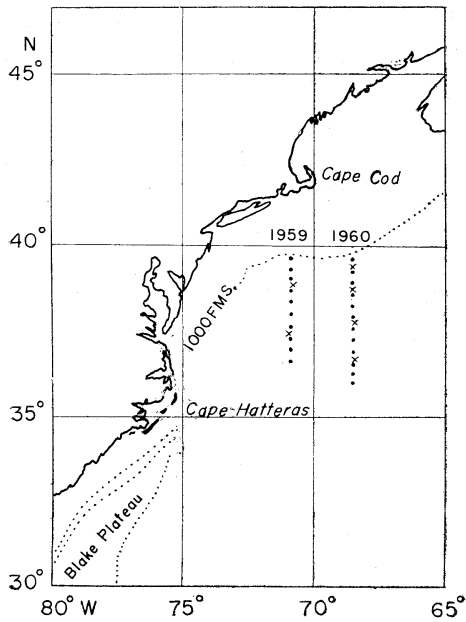
Gulf Stream の真下の北側ではGulf Stream と逆向きに流れてゐるが、真下の様子は明かではない(第2図、第3図)。アメリカ大陸に沿ふ、この南向きの流れが、DEFANT や WÜST, 又は STOMMEL らが言ふやうに、果して更に南半球にまで達してゐるのかどうか、南方では直接測定が行はれてゐないので分らない。

5. 流れについての仮説、理論

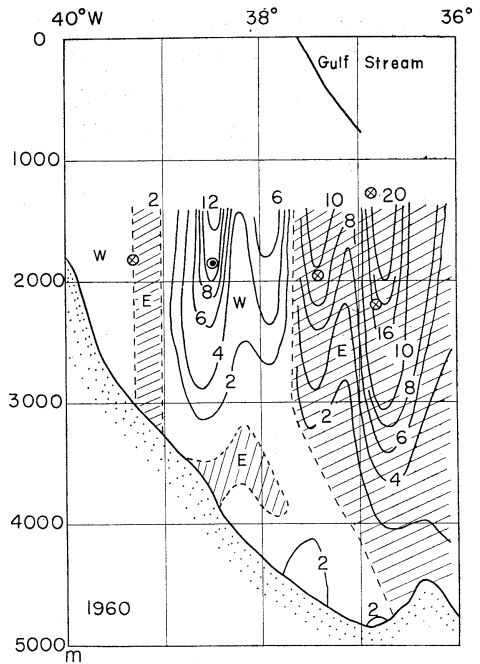
深層の、又は、一般に浅層を含めて、海水の流れは主として、(イ) 太陽と(ロ) 地球内部からの熱とで惹きおこされる。(イ)は、風の応力と、海が輻射、蒸発、伝導、等によって実質的に獲得する熱とに分けられる。ただし前者による流れを風成流、海面が(厳密には、海面近くの薄い層)が得る熱量が場所によってそれぞれ違ふために生ずる流れを対流と云ふ風に分けて呼ぶ事が出来るのは、現象が線型の場合のみである事を忘れてはならない。この場合には、この2つを重ね合はせたものが実際の流れになる。もし現象が非線型である——つまり、線型だったとしたら、対流、風成流と呼ばれたであらうものが、この度は、非常に密接な相互作用で結びついてゐるため、もはや重ね合はせが出来ない——なら、1つの原因に1つの結果を対応させる(風に風成流を、熱に対流を)事は出来ない。

第1表 流速の直接測定

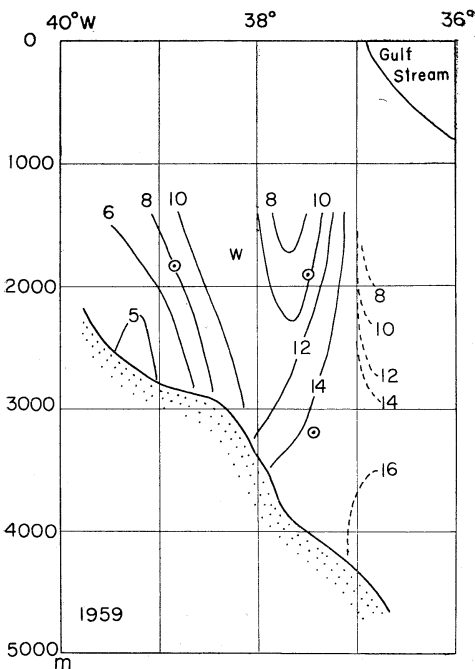
論文の著者	使った測器の種類	時期	場所	深さ	早さ	測定(追跡)の期間
SWALLOW ⁵⁰⁾	I	(1955年秋 1956年春)	(アフリカ沖 ポルトガル沖 イングランド沖)	340~2900m	0.8~2.2cm/sec	2, 3日間
SWALLOW WORTHINGTON ⁵²⁾⁵³⁾	I, II	1957年春	Blake Plateau の沖	~2800m	9.7~17.4 cm/sec	1~4日間
SWALLOW, HAMON ⁵¹⁾	I	1958年夏	ポルトガル沖	1500~3120m	数 cm/sec	2, 3週間 から7週間
LACOMBE ⁴²⁾	I	1958年夏	ポルトガル沖	1000m	数 cm/sec	2日間
VOLKMANN ⁵⁶⁾	I	1959年夏 1960年夏	Cape Cod の南	~3200m ~2460m	(第3図参照)	1~5日 1~4日
STEELE, BARRETT, WORTHINGTON ⁴⁹⁾	I	1960年秋	アイスランドの南	1300m 1800m	23cm/sec 2~8cm/sec	9時間
竹内, 安井, 南日 ^{54),55)}	I	1961年春	三陸沖東方	3000m	1.4cm/sec	2日半
PRATT ⁴⁶⁾	II	1961年夏	Blake Plateau	~約850m	0~45cm/sec	
南日, 渡辺, 赤松, 中井 ⁴⁵⁾	I	1962年秋	遠州灘	990m	17.5cm/sec	29時間
CARRUTHERS ³⁵⁾	II	1962年夏	イングランドの沖	1700~4000m	数 cm/sec	



第2図 Blake Plateau と VOLKMANN による
2本の測線。
×印は流速の直接測定を示す。



第3図 (B) 1960年7月の等流速線図。単位は
cm/sec。斜線部は東向き。⊙印と⊗
印は直接測定が行はれた位置
(VOLKMANN⁵⁶⁾による)。



第3図 (A) 1959年7月の等流速線図。単位は
cm/sec。Wは西向き、⊙印は直接
測定が行はれた位置 (VOLKMANN⁵⁶⁾に
よる)。

密度が海面から海底に向ってほぼ一様に大きくなる場合に表面での風の力や、熱の分布が惹き起こす運動を理論的に扱った論文^{57),58)}は、1955年に初めて現れた。以来、今日迄、深層の流れや、関連のある問題についての仮説や、理論や、実験の数は少くない⁵⁹⁾⁻⁷²⁾。

STOMMELらによれば、深層での海水の運動は非線型で風の力が本質的に重要であり、速度の鉛直成分はいたる処で上向きであり、したがって浅層水が深層に沈降する海域は、ごく狭い範囲で、南極附近と大西洋北部である。

かうして、世界中の深層での流れを推察したが、実際の流れにどの位近いのかまだよく分ってゐない。尚、正確には、これらの研究は深層での質量輸送についてであって、流れそのものについてではないので、ある深さでは流速がどっちを向いてゐるのか分らない。前に述べた質量輸送を使った大循環論では、流速の鉛直分布については何も知る事が出来ないのと丁度同じである。

筆者は、流れは線型で、風成流と対流(海面が受ける熱の代りに、近似的に海水の表面温度を使ってゐるが)の和であるとして解を求め、対流が一般に風成流よりも強く、Gulf Streamや黒潮も主として対流によるものである事、深層では、海の西の境界に沿って強い流れが

あるのみならず、東の境界に沿っても比較的強い流れがある事、等を示した。しかし、海の形が直方体で非常に単純である上に、水の密度が、深さと共にほぼ一様に大きくなると仮定してゐる点に疑問が残る。

何が原因で、流れがどうなつてゐるかといふ問題を解くのは非常に難しい。先づ、風の応力と云つても、風の速さと応力との関係とか、風のエネルギーが波と流れとにどう分配されてゐるのか、はっきり分つてゐないからであり、又、海面が受け取る熱量を測定するのは大変難しい事だからである。その上、大気の運動(風)と海水の運動とは、おそらく非常に複雑な関係で固く結ばれてゐるに違ひない。この殆ど未知の関係^{73),74)}は、将来の重要な研究課題となるだろう。

6. 海底からの熱

フィリピン海溝やブーゲンビル海溝での計算⁷⁵⁾では、海底を通して地球内部から伝へられる熱のために、流速の鉛直成分は 10^{-4} cm/sec位になる。この 10^{-4} といふ数字は、海の表面に与へられた原因(風、熱)によって深層に生ずるだらうと考へられてゐる鉛直成分の値とほぼ同じ大きさである。そこで、もし海底からの熱のために、この程度の値が深層の広い範囲に生じてゐるなら、海底から与へられる僅かな熱量——測定がまだ少いものではっきり分つてゐないが⁷⁶⁾⁻⁷⁸⁾——も決して無視出来ないだらう。BOLIN と STOMMEL⁵⁹⁾も深層の海水の運動を論ずる際に、この熱の効果を省略出来ないらしい事を述べてゐる。

7. 海底の地形

STOMMEL らや筆者の計算では、低、中緯度の深層で、西の境界に沿って南向きの流れがある事になって居り(筆者の計算では、深層の上部では南向き、下部では北向きになる事もあり得るが)大西洋西部の観測結果と一応合致してゐるかに見えるが、計算では、Gulf Streamの流軸の真下で、南向きの流れが最も強くなる筈なのに、観測では前に述べたやうに、かなり西側又は北側にずれて居り、流軸の真下では、寧ろ、浅層と同じ向きに流れてゐるかのやうにも見える。この位のずれは、海底の地形によって説明出来るのか、どうか、分らない。海底地形が海水の運動に及ぼす影響についての研究⁷⁹⁾⁻⁸⁵⁾はまだ不十分である。

第1図や須藤の解析が示すやうに、中央大西洋海嶺は深層の流れに大きな影響を与へ、大西洋の深層はいはば、東半分と西半分とに分けられてゐると云へるかも知れない。又、伊豆小笠原海嶺は、おそらく日本列島沿ひに存在するだらうと思はれる強い深層流を断ち切る位置にあ

るので、これも太平洋西部の流れ全体に、かなり大きな役割を果してゐる筈である。

これまで行はれて来た流速の直接測定では、海底附近で毎秒1cmから数cm位の値が得られた場合が多い。測点は、大陸や大きな島の附近に選ばれてゐるので、流れが比較的早いところばかりで測つた事になってゐるのかも知れないが、もし、この位の値が、広い範囲にわたつて存在するなら、海底の境界層も海面の境界層と共に、重要な問題になってくる。

海底の勾配の影が強く現れる1つの例を挙げよう。表面を含む薄い層(Ekman層)を除けば運動は地衡流であるとし、海面に風の応力 τ が働き、海底では摩擦がないと仮定すれば、北向きの質量輸送(速度の北向きの成分を海面から海底まで積分し、密度を掛けて得られる量)Myは次の式で表はされる。

$$(1) \quad My = \frac{1}{\beta} (\text{curl}\tau + fW_H)$$

fはコリオリのパラメーター、 β はその緯度方向の微係数、 W_H は、海底が傾斜してゐるために生ずる流速の鉛直成分で、下向きを正としてある。 V を海底での速度ベクトル、 H を海底の深さとすれば、 $W_H = V \cdot \rho H$ となる。長さのスケールが数100kmである場合に、 $|V|$ を1cm/sec、 f を 10^{-4} sec $^{-1}$ 海底の勾配 ρH を 10^{-4} とすれば fW_H は 10^{-8} cm/sec 2 となる。 $\text{curl}\tau$ は 10^{-9} cm/sec 2 位であるから、見かけ上は風の力より海底の凸凹の影響が強くなるのである。見かけ上といふのは、海底での流速そのものに既に風の力が利いて居り、 W_H は、本当は、風の力と、海面で出入する熱量とに、かなり大きく支配されてゐる筈だからである。したがつて「Myは風の力だけできまり、対流は質量輸送に関係がない」と云ふのは、一般的には誤りである。

最近、WARREN⁸⁴⁾は、この W_H を使って、大陸沿ひに北上して来るGulf StreamがCape Hattersの近くで東の方へ向きを変へる事と、向きを変へてからの蛇行とを理論的に説明した。これまで、この二つの事柄は、海底の存在を考へないで全く別の角度から説明しようと試みられ⁸⁶⁾⁻⁹²⁾、あまりよい結果を取つてゐなかつただけに、WARRENの研究は、当然大きな反響を呼んだわけである。

式(1)はHが十分大きい場合にはHが海底の深さではなく、途中の深さであっても成り立つ。勿論Myは、海底までの積分ではなく、深さHまでの積分である。したがつて、赤道附近を除けば、Myが大きい場合には、深さHでの流速の鉛直成分 W_H も又大きくなる事が多いかも

知れないと云ってよささうである。事実、須藤¹⁹⁾によれば、 H を海底近くにとる時 My と W_H との間の相関は、明かに My と $curl\tau$ との間の相関より強い。

8. 海底の振動

深い海底に屢々見られる砂紋 (ripple mark) は海底での流れによって生ずるといふ説があるが、確かな証拠はないやうである。OULIANOFF⁹³⁾⁻⁹⁵⁾ は、砂紋は海底そのものの振動によって生ずる事、振動の性質にしたがって対称砂紋も非対称砂紋も出来る事を示した。又、大洋底で明らかに陸から運ばれたと思はれる大きな、重い堆積物は、海底の傾斜がゆるい場合でも、もし海底が振動してゐれば、重力の作用で海岸から、遠く大洋底にまで移動し得ると考へてゐる。更に、堆積物の含水量が次第に減って固くなっていく事、海底のごく近くでは懸濁物が多い事も海底の振動で説明した。又、縦振動と横振動を適当に組み合わせれば、堆積層の粒度について任意の鉛直分布(縦振動のみなら、粒度は上から下へ向って次第に大きくなり、横振動のみなら、上から下へ次第に小さくなる)を作り得るのである。面白い考へであるが、まだ室内実験の域を出てゐないので、実際に海底で、そのやうな事がおこつてゐるのかどうかを論ずるためには、海底の振動の振幅とか、周期などを知らなければならぬ。最近、地震計を海底に据えて海底の振動を測れるやうになった⁹⁹⁾⁻¹⁰¹⁾ ので、OULIANOFF の説も近い将来にもう少し詳しく検討出来るやうになるだらう。海底の振動を測る事は、脈動の研究にも有力な手がかりになる筈で、すでに、海底の振動と、海上の大気の擾乱との間には殆ど相関がなかったといふ報告¹⁰¹⁾がある。

9. むすび

海面から僅か 300m 位の深さにある赤道潜流の存在が明らかになったのは、つい数年前であるにしても、表層で大規模な流れがどっちを向いてゐるかといふ種類の定常的、定性的な事柄については、多くの観測に基いた私達の知識はかなり豊かである。浅層の、どこかに、未知の大海流が発見されるといふ事は有り得ないだらう。しかし、それでも、Gulf Stream や黒潮が、どのやうな機構で生ずるのかまだよく分つてゐない。まして、深層についての観測は空間的にもずっと貧弱であり、一部を除いては流れの大局すら不明といふ有様だから、理論も確固とした理論にならず、仮説や半仮説が混沌として入りみだれてゐるのである。そして、それが又、浅層の流れの理論すら、やや混迷の域をさまよつてゐるかに見える理由の1つとなる。

さし当っては深層、——特に太平洋西部の——での観

測を数多く行ふ事が必要であらうし、流れが主として密度分布できまり、密度は温度によって大きく左右される事を考へれば、大洋の中及びその周辺をも含めて熱がどう交換され、輸送されてゐるかといふ問題にもっと注目してもよいと思はれる。定常状態について確かな知識を持つやうになれば、そして何らかの理論が確立されれば、非定常状態、例へば年変化等を論ずるのもさして難しくはないだらう。深層についての、分らない事が多過ぎるのである。

参考文献

- 1) 星野通平 (1961) : 海流についての 2, 3 の疑問, 地球科学, 第55号, 29—33.
- 2) DEFANT, A. (1941) : Die absolute Topographie des physikalischen Meeresniveaus und der Druckflächen, sowie die Wasserbewegungen im Atlantischen Ozean. Deutsch. Atlant. Exp. Meteor, 1925—27, Wiss. Erg. 6 (2), 191—260.
- 3) ROBINSON, A. and H. STOMMEL (1959) : The oceanic thermocline and the associated thermohaline circulation. Tellus, 11, 295—308.
- 4) STOMMEL, H. (1957) : A survey of ocean current theory. Deep-Sea Res., 4, 149—184.
- 5) STOMMEL, H. (1958) : The Gulf Stream. University of California Press.
- 6) STOMMEL, H. (1958) : The abyssal circulation. Deep-Sea Res., 5, 80—82.
- 7) STOMMEL, H. and A. B. ARON (1960) : On the abyssal circulation of the world ocean—I, Stationary planetary flow pattern on a sphere. Deep-Sea Res., 6, 140—154.
- 8) STOMMEL, H. and A. B. ARON (1960) : On the abyssal circulation of the world ocean—II, An idealized model of the circulation pattern and amplitude in oceanic basins. Deep-Sea Res., 6, 217—233.
- 9) STOMMEL, H., A. B. ARON and A. J. FALLER (1958) : Some examples of stationary flow pattern in oceanic basins. Tellus, 10, 179—187.
- 10) HIDAKA, K. (1951) : Drift currents in an enclosed ocean. Part 3. Geophys. Notes, 4 (3), 1—19.
- 11) MUNK, W. H. (1950) : On the wind-driven ocean circulation. Jour. Meteor. 7, 79—93.
- 12) MUNK, W. H. and G. F. CARRIER (1950) : On the wind-driven circulation in ocean basins of various shapes. Tellus, 2, 158—167.
- 13) Saint-GUILY, B. (1956) : Sur la théorie des courants marins induits par le vent. Ann. Inst. Océanogr., Manaco, 33 (1), 1—64.
- 14) STOMMEL, H. (1948) : The westward intensifica-

- tion of wind-driven ocean currents. *Trans. Amer. Geophys. Un.*, **29**, 202—206.
- 15) WÜST, G. (1955) : Stromgeschwindigkeiten im Tiefen und Bodenwasser des Atlantischen Ozeans auf Grund dynamischer Berechnung der Meteor Profile der Deutschen Atlantischen Expedition. *Pap. Mar. Biol. Oceanogr. Suppl. Vol.3, Deep-Sea Res.*, 373—397.
- 16) WÜST, G. (1957) : The Meteor profiles in the Atlantic. *Chr. Union Géodes. Géophys. Intern.*, (2), 81—83.
- 17) WÜST, G. (1957) : Stromgeschwindigkeiten und Strommengen in der Tiefen des Atlantischen Ozeans. *Wissen. Ergeb. Deutsch. Atlant. Exped. Meteor*, **6** (2), 261—420.
- 18) STOMMEL, H. (1958) : Review of G. Wüst's Meteor Report (1957). *Trans. Amer. Geophys. Union*, **39**, 1169—1170.
- 19) SUDO, H. (1963) : An analysis on the deep current of the ocean; with its application to the circulation of the Atlantic Ocean. 準備中。
- 20) STOMMEL, H. (1955) : On the determination of the depth of no meridional motion. *Deep-Sea Res.*, **3**, 273—278.
- 20*) BURKOV, V. A. et M. N. KOSILJAKOV (1959) : Sur le bilan dynamique dans le champ de courants de fond du Pacifique. (露文) *Dokl. Akad. Nauk, S. S. R.*, **127**, 70—73.
- 21) FUKUOKA, J. (1962) : Abyssal circulation in the Atlantic near the pole and abyssal circulation in the Pacific and other oceans in relation to the former. *Jour. Oceanogr. Soc., Japan*, **18**, 5—12.
- 22) MASUZAWA, J. (1960) : Western boundary currents and vertical motions in the Subarctic North Pacific Ocean. *Jour. Oceanogr. Soc., Japan*, **16**, 67—73.
- 23) MASUZAWA, J. (1961) : Preliminary report of the Japanese Expedition of Deep-Sea, the 3d Cruise (JEDS-3). *Oceanogr. Mag.*, **12**, 207—218.
- 24) MASUZAWA, J. and H. AKAMATSU. (1962) : Preliminary report of the Japanese Expedition of Deep-Sea, the Forth Cruise, 1961 (JEDS-4). I Hydrographic Observations during the JEDS-4. *Oceanogr. Mag.*, **13**, 119—130.
- 25) MASUZAWA, J. (1962) : The deep water in the western boundary of the North Pacific. *Jour. Oceanogr. Soc.*, 20th Anniv. Vol., 279—285.
- 26) MASUZAWA, J. M. YASUI and H. AKAMATSU (1960) : A hydrographic section across the Kurile Trench. *Oceanogr. Mag.*, **11**, 165—171.
- 27) NITANI, H. (1963) : On the analysis of deep sea in the region of the Kurile-Kamchatka, Japanese and Izu-Bonin Trench. *Jour. Oceanogr. Soc., Japan*, **19**, 82—92.
- 28) NITANI, H. and [B. IMAYOSHI (1963) : On the analysis of the deep sea observations in the Kurile-Kamchatka Trench. *Jour. Oceanogr. Soc., Japan*, **19**, 75—81.
- 29) WOOSTER, W. S. and G. H. VOLKMANN (1960) : Indication of deep circulation from the distribution of properties at five kilometers. *Jour. Geophys. Res.*, **65**, 1239—1250.
- 30) WYRTKI, K. (1962) : The oxygen minima in relation to ocean circulation. *Deep-Sea Res.*, **9**, 11—24.
- 31) POCHAPSKY, T. E. (1961) : Some measurements with instrumented neutral floats. *Deep-Sea Res.*, **8**, 269—275.
- 32) 佐々木忠義, 渡辺精一, 大柴五八郎, 岡見登 (1961) : 深層流測定用釣合うきの研究, 試作. 理化学研究所報告, **37**, 94—100.
- 33) SWALLOW, J. C. (1955) : A neutral-buoyancy float for measuring deep currents. *Deep-Sea Res.*, **3**, 74—81.
- 33*) FILIPPOV, D. M., S. T. MIKHAJLOV et V. G. KRIVOSHEJA (1961) : Essai d'emploi de parachutes d'aviateurs pour la mesure des courants profonds dans la mer. (露文) *Meteorol. Gidrol., S. S. S. R.*, (5), 42—43.
- 34) VOLKMANN, G. H., J. A. KNAUSS and A. C. VINE (1956) : The use of parachute drogues in measurement of subsurface currents. *Trans. Amer. Geophys. Union*, **37**, 573—577.
- 35) CARRUTHERS, J. N. (1962) : Measurement of ocean bed currents. A new cheap method and a suggested plan. *Nature*, **195**, 976—981.
- 36) 佐々木忠義, 渡辺精一, 大柴五八郎, 梶原昌弘, 岡見登, 高橋正 (1962) : 深海底層流に関する研究 (第1報), 日本海洋学会誌, 創立20周年記念論文集, 213—222.
- 37) THORNDIKE, E. M. (1963) : A suspended-drop current meter. *Deep-Sea Res.*, **10**, 263—268.
- 38) McALLISTER, R. F. (1962) : Deep current measurements near Bermuda. *Mar. Sc. Instrumentation*, **1**, 210—222.
- 39) RICHARDSON, W. S. (1962) : Current measurements from moored buoys. *Mar. Sc. Instrumentation*, **1**, 205—209.
- 39*) RICHARDSON W. S., P. B. STIMSON and C. H. WILKINS (1963) : Current measurements from moored buoys. *Deep-Sea Res.*, **10**, 369—388.
- 40) SHIREY, V. A. (1961) : Methods of observations on currents by buoy installation. (露文) *Meteorol. Gidrol., S. S. S. R.* (9), 40—50.
- 40*) WEBSTER, F. (1963) : A preliminary analysis of some Richardson current meter records. *Deep-Sea Res.*, **10**, 389—396.

- 40**) von Arx, W. S. (1961) : The levels of sea level at sea. *Oceanus*, **8** (2), 2—10.
- 40**) WELANDER, P. and S. ODÉN (1963) : On an instrument for measurement of small horizontal pressure gradients in the sea. *Deep-Sea Res.*, **10**, 463—470.
- 41) CREASE, J. (1962) : Velocity measurements in the deep water of the Western North Atlantic. *Journ. Geophys. Res.*, **67**, 3173—3176.
- 42) LACOMBE, H. (1961) : Mesures de courants à 1000m de profondeur à l'ouest de la côte espagnole (Cap Finisterre). *Cahiers Océanogr.* 8e année, 9—13.
- 43) LAFOND, E. C. (1962) : Deep current measurements with the bathyscaph Trieste. *Deep-Sea Res.*, **9**, 115—116.
- 44) NAN'NITI, T. (1962) : Deep-sea current measurements. *Jour. Oceanogr. Soc., Japan*, **18**, 73—77.
- 45) NAN'NITI, T., A. WATANABE, H. AKAMATSU and T. NAKAI (1963) : Deep current measurements in the cold water mass and vicinity, the Enshu Nada Sea. *Oceanogr. Mag.*, **14**, 135—140.
- 46) PRATT, R. M. (1963) : Bottom currents on the Blake Plateau. *Deep-Sea Res.*, **10**, 245—249.
- 47) ROMANOVSKY, V. et J. Le FLOCH (1960) : Mesures de courants au voisinage du fond. *C. R. A. S.*, **251**, 2059—2060.
- 48) RYJKOV, J. G. et N. N. KARNAVSCHENKO (1961) : Mesure des courants profonds dans la Mer Noire à l'aide d'une bouée à ultra-sons de flottabilité neutre. (露文) *Dokl. Akad. Nauk, S. S. S. R.*, **4**, 74—76.
- 49) STEELE, J. H., J. R. BARRETT and L. V. WORTHINGTON (1962) : Deep currents south of Iceland. *Deep-Sea Res.*, **9**, 465—474.
- 50) SWALLOW, J. C. (1957) : Some further deep current measurements using neutrally-buoyant floats. *Deep-Sea Res.*, **4**, 93—104.
- 51) SWALLOW, J. C. and B. V. HAMON (1960) : Some measurements of deep currents in the Eastern Atlantic. *Deep-Sea Res.*, **6**, 155—168.
- 52) SWALLOW, J. C. and L. V. WORTHINGTON (1957) : Measurements of deep currents in the western North Atlantic. *Nature*, **179**, 1183—1184.
- 53) SWALLOW, J. C. and L. V. WORTHINGTON (1961) : An observation of a deep counter-current in the western North Atlantic. *Deep-Sea Res.*, **8**, 1—19.
- 54) TAKENOCHI, Y., T. NAN'NITI and M. YASUI (1962) : The deep-current in the sea east of Japan. *Oceanogr. Mag.*, **13**, 89—107.
- 55) YASUI, M. and T. NAN'NITI (1962) : Deep-sea current measurement during JEDS-4. *Oceanogr. Mag.*, **13**, 133—136.
- 56) VOLKMANN, G. H. (1962) : Deep current observations in the Western North Atlantic. *Deep-Sea Res.*, **9**, 493—500.
- 57) LINEJKIN, P. S. (1955) : Détermination de l'épaisseur de la couche barocline de la mer. (露文). *Dokl. Akad. Nauk, S. S. S. R.*, **101**, 461—464.
- 58) TAKANO, K. (1955) : An example of thermal convective current. *Rec. Oceanogr. Works in Japan*, **2**, 76—79.
- 59) BOLIN, B. and H. STOMMEL (1961) : On the abyssal circulation of the world ocean—IV. Origin and rate of circulation of deep ocean water as determined with the aid of tracers. *Deep-Sea Res.*, **8**, 95—110.
- 60) FALLER, A. J. (1960) : Further examples of stationary planetary flow patterns in bounded basin. *Tellus*, **12**, 159—171.
- 61) LINEJKIN, P. S. (1962) : Le zéro de la surface et les courants de profondeur de la partie nord de l'Océan Atlantique. (露文) *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geofiz.*, 776—794
- 62) ROBINSON, A. R. (1962) : The instability of a thermal ocean circulation. *Jour. Mar. Res.*, **20**, 189—200.
- 63) ROBINSON, A. R. and P. WELANDER (1963) : Thermal circulation on a rotating sphere; with application to the oceanic thermocline. *Jour. Mar. Res.*, **21**, 25—38.
- 64) STOMMEL, H. (1961) : Thermohaline convection with two stable regimes of flow. *Tellus*, **13**, 224—230.
- 65) STOMMEL, H. (1962) : On the cause of the temperature-salinity curve in the ocean. *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **48**, 764—766.
- 66) STOLMEL, H. (1962) : On the smallness of sinking regions in the ocean. *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **48**, 766—772.
- 67) TAKANO, K. (1961) : Circulation générale permanente dans les océans. *Jour. Oceanogr. Soc., Japan*, **17**, 121—131, 132—140, 179—187.
- 68) TAKANO, K. (1962) : Circulation générale permanente dans un océan. *Rec. Oceanogr. Works in Japan*, **6**, 59—155.
- 69) TAKANO, K. (1962) : Circulation générale permanente dans les océans—un calcul numérique complémentaire—. *Jour. Oceanogr. Soc., Japan*, **18**, 59—68.
- 70) TAKANO, K. (1962) : Circulation générale permanente dans les Océans—un calcul numérique complémentaire—(suite et fin). *Jour. Oceanogr. Soc., Japan*, 20th Anniv. Vol., 200—212.
- 71) WELANDER, P. (1959) : An advective model of the ocean thermocline. *Tellus*, **11**, 309—318.
- 72) WYRTKI, K. (1961) : The thermohaline circula-

- tion in relation to the general circulation in the oceans. *Deep-Sea Res.*, **8**, 39—64.
- 73) HANZAWA, M. (1962) : Studies on the inter-relationship between the sea and the atmosphere (Part 5)—Sea surface temperature anomalies in convection with the incoming incident radiation anomalies. *Oceanogr. Mag.*, **14**, 1—14.
- 74) OLEVINSKAYA, S. K. (1961) : Contribution to the theory of thermal interactions between sea, atmosphere and continent. (露文) *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geofiz.* 609—612.
- 75) TARIYEV, B. A. (1960) : Contribution to a theory of convectional circulation in oceanic deeps. (露文) *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geofiz.*, 1022—1029.
- 76) GERARD, R., M. G. LANGSETH, Jr. and M. EWING (1962) : Thermal gradient measurements in the water and bottom sediment of the Western Atlantic. *Journ. Geophys. Res.*, **67**, 785—804.
- 77) 宝来昂一 (1962) : 海洋底の地殻熱流量測定 (附, 海域における磁気測量), 地震, 第2輯, **15**, 298—324.
- 78) LEF, W. H. K. (1963) : Heat flow data analysis. *Rev. Geophysics*, **1**, 449—479.
- 79) BOWDEN, K. F. (1960) : The dynamics of flow on a submarine ridge. *Tellus*, **12**, 418—426.
- 80) KAMENKOVITCH, V. (1960) : L'influence. du relief du fond sur le courant antarctique circumpolaire. (露文) *Dokl. Akad. Nauk, S. S. S. R.*, **134**, 1076—1078.
- 80*) KOSHLJAKOV, M. N. (1961) : Etude de la structure dynamique et cinématique des courants de fond méridiens sur l'ex. de la partie Nord-Est de l'Océan Pacifique. (露文) *Trudy Inst. Okeanol.*, **S. S. S. R.**, **52**, 133—154.
- 81) NEUMANN, G. (1960) : On the effect of bottom topography on ocean currents. *Dtsch. Hydrogr. Z.*, **13**, 132—141.
- 82) RYZKHOV, Y. G. and L. A. KOVESCHNIKOV (1963) : Generation of convergence and divergence zone above sharp changes in the slope of the ocean floor. (露文) *Izv. Akad. Nauk*, 953—959.
- 83) ROBINSON, A. and H. STOMMEL (1958) : Amplification of transient response of the ocean to storms by the effect of bottom topography. *Deep-Sea Res.*, **5**, 312—314.
- 83*) SHULJAK, B. A. (1960) : Sur les paramètres des structures du fond déformable et un courant onduloire. (露文) *Dokl. Akad. Nauk, S. S. S. R.*, **131**, 275—278.
- 84) WARREN, B. A. (1963) : Topographic influences on the path of the Gulf Stream. *Tellus*, **15**, 167—183.
- 85) POSTNOVA, I. D. (1962) : A theoretical calculation of a stable drifting circulation in a basin with an indented bottom profile. (露文) *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geofiz.*, 1663—1670.
- 86) CARRIER, G. F. and A. R. ROBINSON (1962) : On the theory of the wind-driven ocean circulation. *Jour. Fluid Mech.*, **12**, 49—80.
- 87) IWATA, N. (1961) : Über die Instabilität der Meeresströmung im geschichteten Meer. *Contrib. Mar. Res Lab., Hydrogr. Office of Japan*, **2**, 135—170.
- 88) HAURWITZ, B. and H. A. PANOFKY (1950) : Stability and meandering of the Gulf Stream. *Trans. Amer. Geophys. Union*, **3**, 723—731.
- 88*) MAMAYEV, O. I. (1959) : Formation des méandres des courants et cyclogenèse océanique. (露文) *Vest. moskov. Univ., Ser. Biol. Pochvov. Geol. Geogr.*, **14**, 207—216.
- 89) PEBLOSKY, J. (1963) : Baroclinic instability in two layer systems. *Tellus*, **15**, 20—25.
- 90) STERN, M. E. (1961) : The stability of thermoclinic jets. *Tellus*, **13**, 503—508.
- 91) STOMMEL, H. (1963) : Examples of the possible role of inertia and stratification in the dynamics of the Gulf Stream. *Journ. Mar. Res.*, **12**, 184—195.
- 92) VERONIS, G. (1963) : On inertially-controlled flow patterns in a β -plane ocean. *Tellus*, **15**, 59—66.
- 93) OULIANOFF, N. (1958) : Sédimentologie et géophysique. *C. R. A. S.*, **247**, 313—315.
- 94) OULIANOFF, N. (1958) : Effet de vibrations expérimentales sur la sédimentation. *C. R. A. S.*, **247**, 2404—2407.
- 95) OULIANOFF, N. (1960) : Transport des matériaux meubles sur les fonds océaniques. *C. R. A. S.*, **250**, 4410—4412.
- 96) OULIANOFF, N. (1960) : Compaction, déplacement et granoclasement des sédiments. *Rep. Intern. Geol. Congress, Norden, Part 10*, 54—58.
- 97) OULIANOFF, N. (1961) : Rides (ripple marks) sur les fonds océaniques et courants sous-marins. *C. R. A. S.*, **253**, 507—509.
- 98) OULIANOFF, N. (1962) : Ripple marks croisées (rhomboides) et le problème général de fossilisation des rides. *C. R. A. S.*, **254**, 148—150.
- 99) EWING, J. and M. EWING (1961) : A telemetering ocean bottom seismograph. *Jour. Geophys. Res.*, **66**, 3863—3878.
- 100) MONAKHOV, F. I. (1962) : Microseisms at the bottom of the Baltic Sea and in the northern part of the Atlantic Ocean. (露文) *Izv. Ak. Nauk, Ser. Geofiz.*, 895—907.
- 101) PRETISS, D. D. and J. I. EWING (1963) : The seismic motion of the deep ocean floor. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **53**, 765—781.

3. 海 溝*

— その発見の歴史 —

星 野 通 平

Fosses océaniques—histoire de la découverte

Michihei HOSHINO **

Résumé : L'auteur expose sommairement l'histoire de sondages océaniques et de découvertes des fosses océaniques : sondage fait par MAGELLAN au cours de son voyage autour du monde, expéditions de J. COOK, expéditions modernes, anglaises, américaines, russes, allemande et danoise, méthodes anciennes et modernes de sondage, et particulièrement histoire de sondage au Japon. Il propose une nouvelle définition de la "fosse océanique" et suggère l'importance des fosses océaniques dans les sciences de la mer et du globe.

1. 青海原のその底

茫々としてひろがる海の底にはなにがあるのであろうか。その深さはどれほどなのであろうか。一番深いところはどこなのであろうか。

このような疑問は、昔も今もかわらぬ、おおくの人の疑問であろう。H. ペッターソンの書いたものを見ると（西へ西へ、古今書院）、宗教がすべてを支配した中世のヨーロッパにおいては、海の深さは測りしることのできぬもので、それを測ろうなどは、神のみ心にそむくことだ、とさえいわれていたということである。また、われわれ日本人の先祖は、竜宮城のおとぎばなしに、海底への思いをたくしていたのである。すべての学問と同じように、海の学問も、ルネッサンスの時代から若々しい、新しい息ぶきがはじまった。記録にのこっている一番古い深海測深は、マジェランの世界一周航海（1515～1521）のときのものだといわれている。このとき、彼は、南太平洋のマルケサス群島の近くで、普通の測深索を3本つないでも（約700m）、なお底にとどかない深い海があることを知って、これこそ世界最深のところである、と思ったということである。そのあたりは、いま測ってみると、5,000mもの深海なのである。

18世紀・19世紀の海でもっとも活躍したのは、イギリス人であった。18世紀の後半に、太平洋、とくに、南半

部のくわしい探検を行なったキャプテン クックは、また、水路測量の権威でもあり、南太平洋各地の測深を行なった。私は、いまから3年ほどまえ、ハワイ島西岸にある、クック終えんの地を訪れた。案内をしてくれた、そこの二世の高校教師は、いまもクックの碑のある一画はイギリスの領土になっていて、彼の命日には、ホノルル駐在のイギリス領事が礼拝にきたり、また、イギリスの練習艦隊がしばしばこの地を訪れる、という話をしてくれた。サンフランシスコ条約で、白瀬中尉らが南極にのこした輝しい権益を、すべて放てきしてしまった日本のことを考え、海洋国イギリスの伝統の根ずよさを、つくづく思いしらされたのである。

19世紀の半ば近く、いまも南極大陸にその名をとどめているイギリスの探検家ロスは、南大西洋で4,000mをこえる深海測量にはじめて成功した。

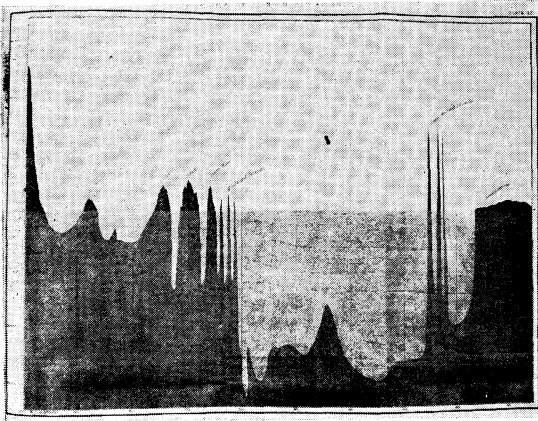
2. 海底電線と深海測量

深海測量に一大進歩をもたらしたのは、海底電線敷設にまつわる海底調査である。海溝発見の歴史の第1ページは、そのときにはじまるともいえよう。

海底電線は1847年には、英仏海峡に敷設されたが、その10年ほど後（1855年）には、大西洋横断の海底電線が完成した。ちょうどそのころ（1855年）出版された、海洋学の古典、アメリカ水路部のモーリの“Physical Geography of the Sea”を見ると、当時の海底地形・底質に関する知識が、いかに、海底電線工事に密接な関係にあったかがわかる。この本には、北太平洋の海底地形

* 東海大学海洋学部業績 No.6

** 東海大学海洋学部 Faculty of Oceanography, Tokai University



第1図 モーリの大西洋横断海底地形。
いまから100年もまえのこの図にすでに、ペルトリ
コ海溝があらわれている（図の中央左側）（1858）。

図と、大西洋中央部の海底地形の断面図とがえがかれて
いるが、その断面図には、すでに、現在のペルトリコ海
溝にあたるものがえがかれている（第1図）。

このように、学問が産業（技術）にむすびつくと、空
想的なお話ではすまされなくなって、精密に海の深さを
はかる方法が、いろいろと考えられた。

昔の人が考えた、測深法のいくつかを紹介してみよう。

かなり古い時代のことであるが、昔の人が考えた測深
法の一つに、測深球がある。おもりをつけた気球を海に
沈め、海底に着くとフックがはずれて、おもりと離れた
気球は海面に浮上してくる。その所要時間によって、海
の深さを知ろうとしたものである。

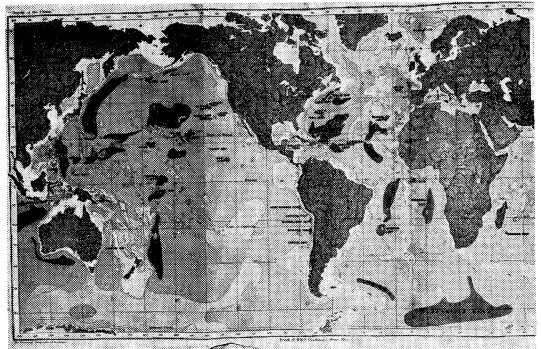
また、海底についたら、火薬に点火したり、鐘がなっ
たりして、音がでるようにしたところみもあった。音が
聞こえてくるまでの時間によって、海の深さを知ろうと
したのである。100 フォームごとに、水圧によって電気
の回路を開閉して水深を記録したり、水中において行く
のにつれてまわる、歯車の回転を目もりにとって、水深
を知ろうとするところみもあった。しかし、これらは、
いずれも実用のものにはならなかった。

このようなとき、アメリカ海軍のブルークが考案した、
採泥器をかねた測深用のおもりは、大変便利なもので、
その後長いあいだ各国で用いられた。実は、ロシアのペ
ートル大帝（1672～1725年）は、氷屋が使う氷ばさみの
ようなものでおもりをはさみ、底に着くと重いおもりが
はずれて、索だけが上ってくるようなものを使って、カ
スピ海の深さを測っていた。モーリは、ペートル大帝こ
そ、深海測定の元祖だ、といっている。ブルークが考案
したものも、アイデアは同じようなものであった。これ

は、採泥器をとりまくおもりをつけたフックが、着底と
同時にはずれて、採泥管だけが上ってくるもので、これ
は、現在でもときには使われている。重いおもりをつけ
ないと、いつ海底に着いたのかわからないし、一方、重
いおもりを引き上げるのは、大変な労力を要すること
であるから、ブルークの考案は時宜にかなった貴重なも
のであった。

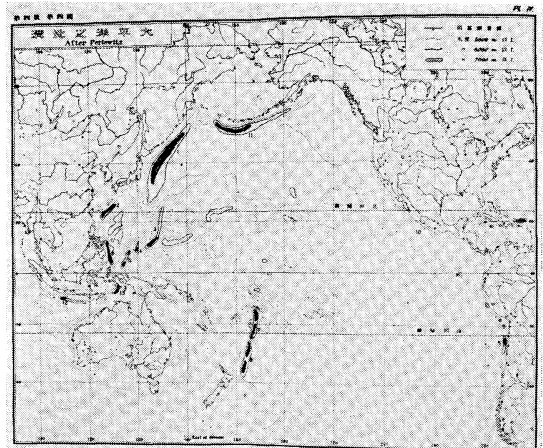
おもりの方は解決したが、索の方はどうであったであ
らうか。

有名なチャレンジャー号（1872～1876年）の探検航海
には、先細りのロープが使われたが、ケルビン卿によっ



第2図 チャレンジャー号の測量による世界各地の
深海部（MURRAY and HJORT, 1912）。

てはじめて用いられたピアノ線は、チャレンジャー号と
同時代に北太平洋の探検を行なった、アメリカのタスカ
ローラ号によって、はじめて本格的に使用された。



第3図 小藤の太平洋海溝分布図。
PERLEWITZ によるとあるこの図は、現在と同じよう
な海溝の分布をみせている（1909）。

1870年から1900年のあいだ、すなわち、明治のはじめから日清・日露両戦争のあいだまでの時期に、太平洋の海底地形についての知識は飛躍的に向上した。

これは、チャレンジャー号、タスカローラ号、アルバトロス号(米)、ビーチャシ号(初代)などの探検船や、ネロ号、エヂ号などの海底電線敷設調査船の活躍のためのものである。タスカローラ号は、1874年に千島の沖合で、8,515mの深さを測って、太平洋における海溝測量の先鞭をつけ、ネロ号は、19世紀最後の年、1899年に、マリアナ海溝で9,636mの世界最大の深さを測量した。アメリカからグアムを経て、フィリピンにいたる太平洋横断の海底電線が完成したのは、1902年のことである。

このようにして、今世紀初頭には、現在の海溝分布図と大差のない程度に、海溝の分布がわかってきて、1909年(明治42年)の小藤文次郎の論文では、地球収縮説によって海溝の成因を説明するまでになっている。

3. エムデン海淵からビーチャシ海淵まで

1912年、プラネット号(独)によって9,788mの世界最大水深が発見されたフィリピン海溝で、10,000mをこえる深所が、ドイツの巡洋艦エムデン号によって発見されたのは、1927年のことである。この測量は、第1次大戦以降開発が進められていた、音響測深器によって行なわれた。10,830mのエムデン海淵の名は、その後、久しく世人に知られたものであるが、このときの測量は、反射音をレーダーで聞く原始的な音響測深器によって行なわれたもので、キャッチした反射音は、ま下の海溝からかえってきたものではなく、かなりはなれた海溝の側壁からかえってきたものであろう、といわれていて、今では、その値は信用されていない。今、フィリピン海溝の一番深いところは、デンマークのガラテア号が測った10,625mということになっている。

第2次世界大戦が終わってしばらくたった1951年10月、イギリスのチャレンジャー8号は、マリアナ海溝の11°16'N, 142°15'Eのところ、10,863mの世界最深のところを発見した。チャレンジャー8号は、その後、1952年の早春にわが国をおとずれて、敗戦のいた手から立ちあがろうとするわが国の海洋学界に多くの刺激をあたえた。

チャレンジャー8号の記録もながくはつづかなかった。1957年8月18日、ビーチャシ号は、11°20.9'N, 142°11.5'Eのところ、世界最深のところを発見し、その直後の9月下旬には大阪港に入港した。私たちが、大阪港のビーチャシ号を見学したとき、海洋地質学者のウーゲンツェフやペチョーリンらが見せてくれた記録は、

10,600mの生のままのものであった。その場所で行なった10,200mまでの海洋観測の結果にもとずいて、水中音波の垂直伝播速度を平均1,559m/secとし、これによって補正された水深は11,034m、と発表されたのは2年ほどたってからであった。

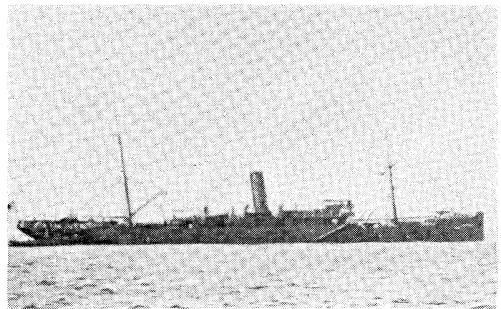
最近の新聞ニュースによると、ビーチャシ号は、フィリピン海溝で、マリアナ海溝のビーチャシ海淵よりさらに深いところを発見した、ということである。いずれ、詳しい報告があるものと思われる。

4. わが国の深海測量

さて、西太平洋の海溝にふちどられて位置するわが国は、どのような海洋測量の歴史をもっているのであろうか。

荒川秀俊の異国漂流記集をみると、ずっと昔の元禄5年、大正崎の沖合で、強い西風にふかれて遭難した船の記事がのっている。『神様! どうか船が流れるのをとめて下さい』と祈りながら、船頭たちはいかりをおろした。80ひろほどのいかり綱を2すじも結びあわせておろしたのであるが、いかりは海底にとどかなかった。船はどんどん流されてしまった。いま考えれば、そこは、2,000mをこすような深海であったのであろう。

このようにして、私たちの先祖は、無意識のうちに、海の深さの大きいことを思い知らされることはあっても、意識して深海の深さを知らうとしたのは、ずっと後のことであった。



第4図 工作艦 関東。

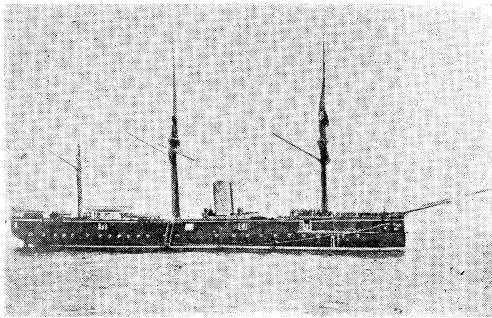
1,100 t, 11.8kt. 1900年(明治33年)デンマークでつくられた旧ロシア汽船「マンチュウリア」、明治38年2月14日、工作艦関東となる。南海沖にて、わが国はじめての深海測量を行なう。大正13年、若狭湾にて坐礁破壊。

明治の初めに創立された水路部も、明治のおわりころまでは、もっぱら沿岸の測量に明け暮れて、深海測量がはじまったのは、大正になってからである。

1914年(大正3年)、工作艦「関東」(第4図)は、宮

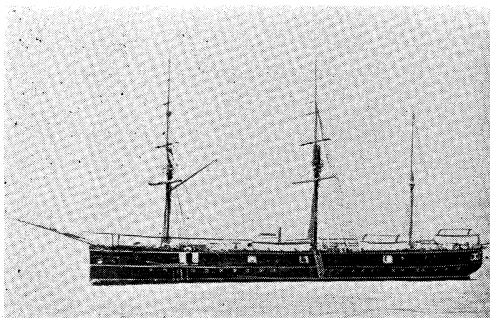
古から鳥羽までの航海のあいだに、四国沖の測量を実施した。このとき足摺岬沖で発見した 5,736m が、私の提唱した西南日本海溝の一ばん深いところになっている。ただ、この航海の直前の宮古島の沿岸測量のとき、台風のために、先任測量技師が、のちのちまで語りつがれるような壮烈な殉職をとげたのが原因であるのか、あるいは、最初の深海測量であったために記録方法が確立していなかったのが原因となっているのか、関東の測深記録はまったく残っていない。そのために、関東が、どのような測器とワイヤーを用いたのかかわからないが、今世紀はじめに、沖繩丸が小笠原—東京間の海底電線敷設調査をやっているから、同じようなルーカス測深器とピアノ線が使用されたのであろう。

いまあげた 5,000m をはじめ、海図にのこっている、いづれも 5,000m をこす関東の測定値は、いまではその正しさが疑われている。1963 年のはじめ、測量船拓洋がそこを測量した結果によると、最大水深は 5,000m ちょ



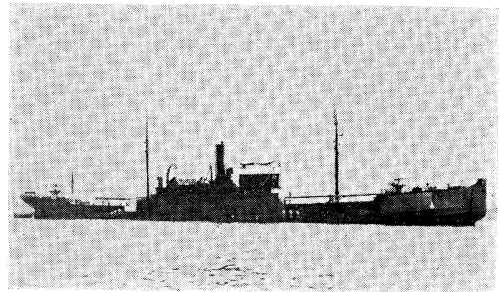
第5図 測量艦 大和。

1,330 t, 13kt. 鉄骨木皮の船で、1887年(明治20年)神戸で建造され、巡洋艦として日清戦争に参加、のち測量船として日本海の大和堆に名をとどめている。



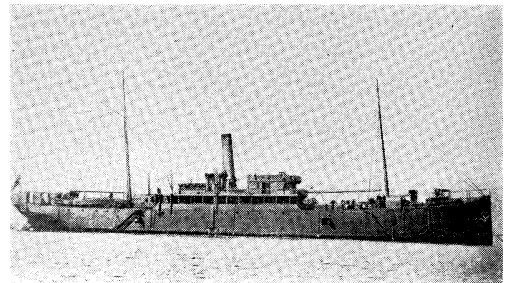
第6図 測量船 武蔵。

1,502 t, 13kt. 1888年(明治21年)横須賀にて竣工。日清戦争当時の巡洋艦。大正11年測量艦となる。北海道西方沖の武蔵堆に名をとどめている。



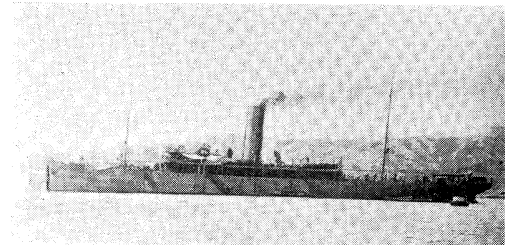
第7図 測量艦 膠州。

2,080 t, 10.3kt. 1904年(明治37年)、ドイツで建造され、第一次大戦ドイツからの戦利船。原名「ミハエルエブセン」。わが国初期の深海調査に従事し、膠州堆(紀南礁)などを発見。



第8図 測量艦 松江。

2,550 t, 11kt. 英国で1898年(明治31年)に建造された、旧ロシア義勇艦隊汽船「ズンガリヤ」。明治37年仁川にて収容。測量艦として西太平洋の広範な海洋観測に従事した。

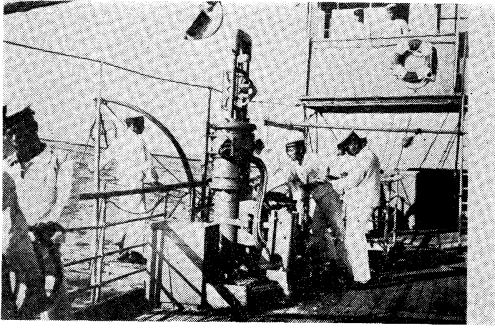


第9図 測量艦 満州。

3,510 t. 1901年(明治34年)トリエステ(当時オーストリア)にて建造。旧ロシア義勇艦隊汽船「マンチュリア」。壮麗な客室と高速のために、明治38年3月にわが国の軍艦となってからは、特命検閲使や視艦式の供奉艦として用いられたという。日本海溝マリアナ海溝、琉球海溝などの深海測量を行なった。

うどであった。ウーゼンツェフも、同じような値を発表している。

日本の深海測量が飛躍的に向上したのは、大正の末期



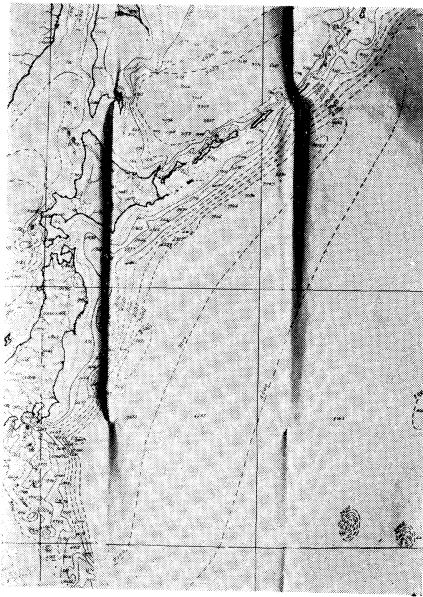
第10図 測量艦満州の測深儀。
1926年(大正15年)南洋群島周縁の深海測量実施中の状況。

以降であるが、その契機となったものが三つあると思う。

その一つは、関東大地震にまつわる相模湾の測量であろう。

大正6年に、日本全領土の沿岸測量を終り、膠州堆(紀南礁)(大正6年)や大和堆(大正9年)の発見などを通じて、海洋測量の比重を増していった水路部は、大正11年には6台のシグスビー測深器を購入して、深海測量にそなえた。

ちょうどその時、相模湾底に震源をもつ関東大地震がおこったのである。



第11図 日本近海水深図の一部。
小倉伸吉が、はじめて編さんした水深図の一部で、日本海溝の6,000m, 7,000m深線が、はるか東方にはりだしている(1923年)。

水路部では、9月下旬に、大和・武蔵の両測量艦によって予察調査を行ない、10月から翌1月までのあいだに、沿岸測量班を4班と、松江・武蔵・膠州・大和の4測量艦をもって相模湾の測量を行なった。その結果は、大正13年2月1日に、大震災後相模灘付近水深変化調査図として発表された。この図は、多少、物議の種を伴ったが、このときの測量によって、水路部の海洋測量技術が確立したものと思われる。

その後、地震学者は海底地形について関心をもち、水路要報に発表された重松大佐の「日本海溝の形」が、創立当初の地震研究所の報告に転載されている(昭和3年)。

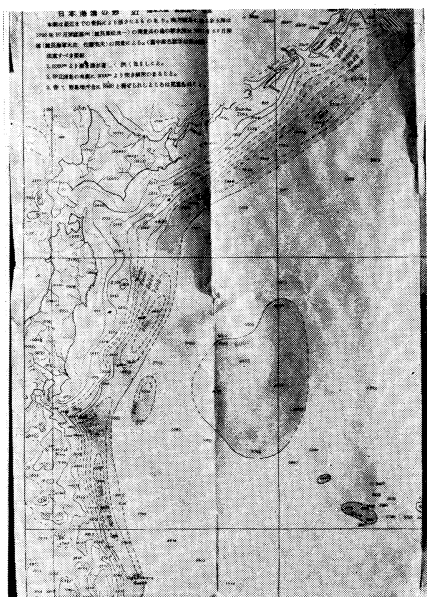
海洋測量を発達させた偶然的な契機として、小倉伸吉がまとめた日本近海水深図(大正14年)がある。小倉は、



第12図 小倉伸吉。
水路部勅任技師として、わが国初期の海洋学界の中心人物の一人。はじめて、日本近海水深図を編さん。



第13図 重松良一。
測量艦満州の艦長などを歴任し、西太平洋各地の深海測量を行ない、1941年(昭和16年)5月病没。遺言により、遺骨の一部は、かつて大佐が測量された伊豆大島風早崎東方10マイルの海底にじずめられた。



第14図 日本海溝の形。

重松大佐が、1927年11月に編さんしたもの。日本海溝の幅は、小倉の図にくらべて、ずっとせまくなっている。

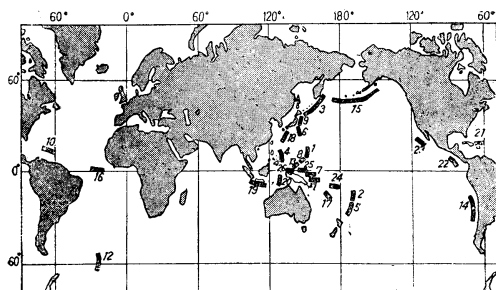
大正12年(1923年)に、オーストラリアで開かれた、第2回汎太平洋会議に出席したが、その会議で、各国の海洋調査につい刺激をうけたようである。そして、従来の水深資料を図にまとめ、それについての解説論文を発表したのである。このことは、1926年に東京で開かれることになっていた、第3回太平洋学術会議の準備だったようにも思われる。1926年(大正15年)には、この水深図の改訂版が発行されている。

大正のおわりに、深海測量を飛躍的に向上させた、もう一つの、そして、もっと根本的な原因は、沿岸測量を一通り終えた水路部が、わが海軍と商船の発達に呼応して、太平洋地域の水深を必要としてきた、ということであろう。

昭和4年10月に、満州がはかった8,412mは、いまでも日本海溝の最大水深になっているし、昭和5年に、音響測深器が測量艦にとりつけられるようになってからのおびたしい資料は、昭和19年までの資料をもとにしてつくられた、日本近海深淺図に、表現されているわけである。

5. 海溝の調査

第2次大戦後の、米ソをはじめとする世界各国の深海調査は、われわれの記憶に新たなところである。これらの調査をもとにして、ウージェンツェフは、別図のよう



第15図 ウージェンツェフの海溝分布図。

1. マリアナ海溝, 2. トンガ, 3. 千島カムチャッカ, 4. フィリピン, 5. ケルマディック, 6. 伊豆一小笠原, 7. ブーゲンビル, 8. ヤップ, 9. 日本, 10. ベルトリコ, 11. ニューブリテン, 12. 南サンドウィッチ, 13. パラオ, 14. アタカマ,
15. アリューシャン, 16. ロマンシェ, 17. ニューヘブライ, 18. 琉球, 19. ジャバ, 20. バンダ,
21. カイマン, 22. ガテマラ, 23. ツェドロス
24. 東メラネシア, 25. 西メラネシア, 26. ニューギニア

な26の海溝をあげている。私は、海溝の定義を従来のような、『深海底の細くて長い凹地』というようなことだけでなく、はっきりと、『島孤にそう』ということばをつけ加えたほうがよいと思う。こうすると、中部大西洋海底山脈を胴切る『ロマンシェ海溝』は海溝でなくなるであろう。西南日本海溝をふくめて26ある海溝のうち、大西洋に三つ、インド洋に一つ、他は太平洋に分布し、しかも、大多数は西太平洋に集中して分布している。

このようにして、世界最大の海——太平洋——にまつわる、もっとも大きな海洋学的な課題の一つは海溝の問題であり、それは、とくに、西太平洋の問題であるともいえよう。海溝の問題は、西太平洋最大の海洋国日本の海洋学者、海洋観測者に課せられた、もっとも重要なテーマの一つであろう。

最近、凌風丸や拓洋などによって、千島——カムチャッカ海溝や日本海溝の部分的な調査がはじまったが、近代測器を駆使しての全面的な海溝の調査は行なわれていない。西南日本海溝の最大水深は、1914年以来的のものであるし、琉球海溝のそれは1925年、日本海溝は1929年の満州の測量のままになっている。1日も早く、海溝の組織的な調査を行ないたいものである。

海溝は、純学問上の重要問題であるばかりでなく、地震や津波などの災害と密接な関連をもつ問題であり、さらに、放射性廃棄物の捨て場所といったような、近代的な問題点を伴っていることは、よく知られたことであろう。

4. 深海底層流の測定について

佐々木忠義・渡辺精一

Mesures des courants au fond

Tadayoshi SASAKI* et Seiichi WATANABE**

Résumé : Etant donné que les appareils de mesure des courants profonds doivent être sensibles à une vitesse très faible et qu'il n'est pas facile de les récupérer après l'enregistrement, aucuns appareils impeccables ne sont, à l'heure actuelle, à notre disposition. Au moyen du moulinet, un des auteurs (T. SASAKI) a fait une mesure au fond de 3,000 m à la Fosse du Japon au bord le bathyscaphe français, T. NAN'NITI à la Baie de Suruga et R. M. PRATT au Plateau de Blake. Cependant, les appareils de ce type ne sont pas sensibles à une vitesse inférieure à 3 cm/sec. C'est par le courantomètre à gouttes suspendues que E. M. THORNDIKE se propose de déterminer la vitesse du courant par la vitesse de déplacement des gouttes liquides colorées à flottabilité neutre. J. N. CARRUTHERS a essayé de profiter de l'inclinaison d'un cylindre due au courant. N. EWING a employé, avec le photographe du fond, un courantomètre muni d'un pendule sphérique dont le déplacement donne la vitesse du courant. A ce genre, on compte encore le courantomètre à ball de ping-pong que Pratt a employé avec le courantomètre à moulinet, et le courantomètre à ball de ping-pong, à trois pieds ou à quatre pieds, que les auteurs ont construit et essayé à 18 points dans la Baie de Sagami. La vitesse y mesurée a été 3 cm/sec~10 cm/sec. La fluctuation turbulente est illustrée.

1. 緒言

深海研究の一分野である深海底層流の研究は、各国において大いに注目されている問題である。その実体は、各種の測定装置が開発されるにしたがって次第に明らかになりつつあるが、いまだ関連する各方面の期待を満足するまでにはいたっていない。原子力の平和利用が進むにつれて放射性廃棄物の海洋投棄量も増大し、安全な投棄用容器が要望されている。一方では、万一容器が破壊したり内容物が透水と拡散によって海中に流出した場合の対策として底層流を考慮しなければならない。また海流の理論計算には多くの仮定が含まれているが、各層の流速流向分布の実測値が得られるようになれば新しい成果が生ずるようになるに違いない。

底層流測定は漂流する観測船から操作するにしても、ブイをつけて一定時間放置するにしても、装置は深海の海底に定着されていなければならないので、一定時間後

装置を無事回収するまでの一連の操作がこの仕事を困難にさせている大きな理由である。したがって、比較的簡単に操作できる測定装置の出現が大きく望まれている。そこで、底層流の測定に関する装置と測定結果についてのこれまでの研究の中から興味あるものをいくつか取り上げ原理別に紹介し、底層流の測定に関する資料にしたいと思う。

2. インペラー型流速計

この方式は、エクマン・メルツ流速計の如く水流によってインペラーが回転する方式の流速計を三脚その他の方法で海底に定着させて測流を行なうものである。1958年、佐々木はフランス海軍のパチスカーフ F N R S-3 に搭乗して、金華山沖の日本海溝付近で 3,100 m の深海底に潜水した際、艇外に取り付けた最低 3 cm/sec の流速を測定し得るインペラー型流速計を用いて測流を試みた。しかし、この海底においては流速計は作動せず、10 cm の観測窓の前を浮遊するマリンスノーの移動によって 2 cm/sec の底層流を測定した。この事実は、極めて低速の底層流に対するインペラー型流速計の不利と、3項に述べる suspended-drop 型などの如く海中に浮遊する物体の移動速度により流速を求める方法の有利性を

* 東京水産大学, 理化学研究所 Tokyo University of Fisheries, The Institute of Physical and Chemical Research

** 理化学研究所 The Institute of Physical and Chemical Research

実証している。

1960年、南日俊夫は駿河湾の水深 600mの海底に四脚枠に取り付けたインペラー型 T・S 流速計（測定範囲は 4～100 cm/sec）をブイをつけて設置し、約 4.5 時間の連続測定を行なった。流速はおおむね 5～16 cm/sec (0.1～0.3 kt) を示したが突然 32 cm/sec という異状の流速がこの流速計で測定できない 4 cm/sec 以下の流速に転ずる直前に起っている。

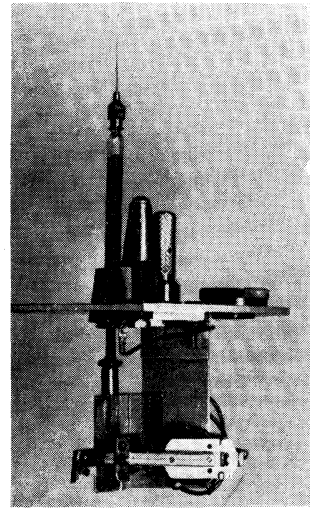
1961年、R. M. PRATT はメキシコ湾流海域の Blake Plateau において、後に述べるピンポンボール流速計の監視用として装置の一部にインペラー型流速計を取り付けた。水中写真による記録に必ずるようにインペラーの回転数は回転計の数字で表わされる。12測定点の内、2点を除いてはすべて 5 cm/sec 以上の流速を示しており、インペラー型流速計でも充分測定が可能であった。なおピンポンボール流速計よりも結果がよかったと報告している。

3. 浮遊する物体を利用した測流法

1960年、北極海において HUNKINS らは、かきまぜて起した海底堆積物の雲の流れを水中写真で記録して測定したが、これは前記のパチスカーフの観測窓からマリンスノーの移動を測定したものと同様に自然に存在する浮遊物を利用した測流法である。

周囲の海水とほとんど同一の密度を持ち、写真その他の方法で記録し得る浮遊物を人工的に作って測流することは他の何れの方法よりも微速流の測定に適したものである。LAUGHTON は注射器から押し出されるアニンを用い、SWALLOW と WORTHINGTON も同様な方法を用いた。京都大学の中村重久は、金属テルリウム塊を負電極として海水中に電析された黒煙状の微粉末純テルリウムが、水流と平行になるように置かれた円管内を通過する速さを光電的方法によって追跡して測流を試みた。これらは、いずれも次に述べる THORNDIKE の suspended-drop 型流速計と同じ基本原理に依るものである。

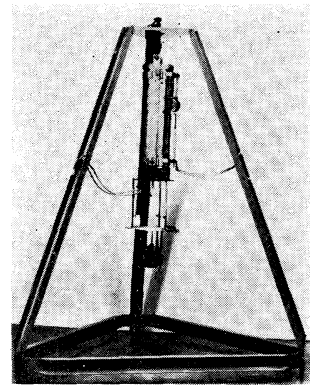
M. THORNDIKE は、識別し得る浮遊物体として皮下用注射器から押し出される 0.001cm^3 の液体 (ethyl benzoate と n-heptyl alcohol との混合液を Sudan 3 で染色したもので、水にごく僅か溶け、氷点は 0°C 以下) を用いた。電磁石と鉄片によってラチェット車を回転させ、これが注射器のプランジャーを動かす。液体が針の内面に固着しないように、使用前に針先を加熱するとよい。第1図は注射器とそれに関連する機構を示したもので、実際には海水から保護され、内外の圧力が平均するように油が一杯はいった可撓性のネオプレンキャップ内に



第1図 suspended-drop 射出用注射器。

収められている。針先から少量の液体の滴を作る別の方法として、電磁石のコイル内に発生する熱で液体を膨脹させて押し出し、電磁石と鉄片で押し出されている液体を止める案がある。第2案は機構が簡単であり発展せしめるべきであろうと述べている。

流速計は、第2図の如く三脚枠の上部からつり下げられている。上部の円筒は、1959年 THORNDIKE が設計し



第2図 E. M. THORNDIKE の suspended-drop 形流速計全体図。

た深海用カメラの耐圧容器で、カメラには焦点距離 35 mm の Leitz Summaron レンズが付属し、パーフォーレーションのない 35 mm 幅フィルムが 25 フィート約 240 カット分収められている。つり下げた装置から船に送っている音波シグナルは、装置の着底と同時に停止し、装置の着底を知らせる。フィルムは 1/2 秒 1 コマの割合で連続的に動かされ、フィルムに連動したカムとスイッチで

小型のストロボが発光して滴の移動を撮影記録する。着底後カメラは45秒間の停止と15秒間の記録とを繰り返す。カメラの停止は、装置のつり下げによる海水の擾乱をさけるためである。

カメラの視野内にはカメラの垂直軸を検するための3個の重い振子と3個のアルミ板(1"×2"×0.02")がつり下げられており、アルミ板は水流によって偏位し、前の3個の振子との相対偏位によって約0.02~0.5 ktの流速を測定することができる。流向は磁針方位計を同時に記録して得られる。

この装置で測定可能な最大流速はカメラの視野の半分の長さとして撮影記録間隔の時間から決まり、それは10 cm/0.5 sec (0.4kt)である。また最小流速は1つの滴の持続し得る時間と測定し得る最小移動距離で決まり、15秒間(約30カット)の記録とその間1 mmの移動を判別できるとして 7×10^{-3} cm/sec (1.4×10^{-4} kt)が得られる。しかしながら、滴が次々に射出されることや、多少の上下動もさげられないので最小流速は前の値よりやや大きく、測定範囲は $5 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-1}$ ktであると考えられる。

1961年には、New Jersey 沖の水深30 mにおいて試験を行ない0.005~0.2 ktの流速を測定した。また1962年には、1,300~1,550 mにおいて4回の測定に成功し0.04~0.1 ktを測流、さらに4,400 mにおいても0.15 ktの流速を測定しこの流速計が底層流の測定に有用であることを示した。

4. 円筒の傾斜を利用した測流

J. N. CARRUTHERS は1957年、浮力を持った自由円筒が水流によって傾斜した角度を熱いゼラチン溶液の冷却固定によって知る方法で底層流の測定を試みたが、1962年には同じく円筒の傾斜角と傾斜した方向を、円筒内部に鉛直につり下げた磁石を固着することによって知る方法を考案して測定を行ない、フランス西海域において水深約1,450 m (950ヒロ)で5 cm/sec NNW, 2,100 m (1,400ヒロ)で4 cm/sec SSWの値を得た。

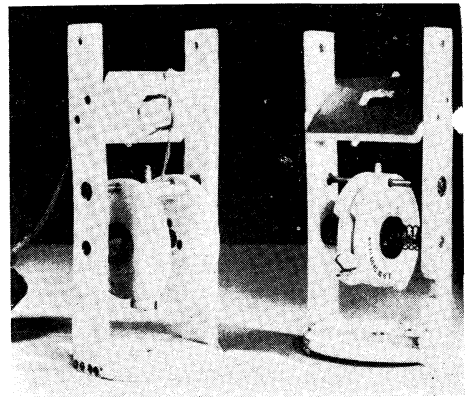
海底から適当な高さまでつり下げたおもりのついた、hydro wire を案内にして装置を落下させると、おもりから海底までは装置に収納されているナイロンロープを繰り出しつつ装置は落下すること、円筒を結びつけた鉄製の組み立て枠が錨となり浮力を持った円筒は水流によって傾斜すること、水流によって傾斜する円筒がまったく平衡状態となってから鉛直につり下げられている方位計用磁石を押さえるようにする時間おくれを得るために角砂糖の溶解を利用していることなどこの測定装置には

興味ある考案が多く含まれている。

第3図は hydro wire の下端まで落下したときの状態を示す装置全体の写真で、実際には装置はおもり用の鎖の上部にかぶせた円錐形キャップを通り抜け、上部の



第3図 J. N. CARRUTHERS の流速計—hydro wire のおもりまで下降した状態、実際にはおもりを通過し角型の箱からナイロンロープを繰り出して海底まで落下する。



第4図 円筒の内部に取り付ける directional inclinometer. 左は両円板を開きはさみ棒と角砂糖をセットした状態、右は角砂糖が溶けはさみ棒ははずれ両円板が磁石振子を固定した状態を示す。

角形の箱からナイロンロープを繰り出しつつ落下する。もちろんロープの先端のシャックルはキャップを通過することはできない。円筒は直径4"長さ40"壁厚1/4"の polythene 管で、管の上部内側には第4図に示す direc

tional inclinometer がはめこまれている。管の上部はゴムバンドでしばったゴムシートで覆われ、inclinometer は石油に浸されている。装置が落下してキャップを通過するとき、ゴムシートははずされて石油は海水と入れかわり、角砂糖は徐々に溶解し始める。角砂糖についてあらかじめ耐圧試験、溶解試験を行なったところ、700 kg/cm² の水圧に充分耐えることができ、0°~13°C の海水に約12~6分の範囲で溶解した。角砂糖が溶けると、はさみ棒がはずれて2枚の円板がばねの力で鉛直につり下がっている磁石の振子をはさむ。円板のふちに目盛っている傾斜角と磁石の方向はそのまま円筒を回収したときまで保たれているので現場の流速と流向がわかる。

CARRUTHERS は hydro wire のいらない簡単な流速計を数多く作り、船から投下された円筒は海底に永くとどまって一つの記録をとり、おもりを結んだ線が腐食すると浮上して漂流し、これをひろった者が所要事項を記入して観測者に送り返して来る。あたかも従来の海流瓶による海流調査の如き方法にまで進展せしめ得るであろうと述べている。

5. 球体の偏位を利用した測流

1946年、M. EWING らは自動海底カメラによる海底写真撮影の際に付加装置として三角形の枠に重さの異なる白球を数個糸でつり下げ、磁石方位計を同時に撮影して流速流向の測定を試みた。また染料の流れも水中写真法による底層流測定に利用できることを指摘している。

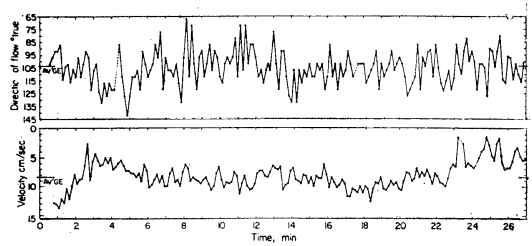
1961年、PRATT は前に述べたように Blake Plateau においてインペラー型流速計とピンポンボールの偏位を利用する流速計を一体とした装置を用いて底層流測定を行なった。

アルミニウム管の枠にカメラ・ストロボ、4個のピンポンボール振子をつけた透明プラスチック板など記録と指示装置が取り付けられ、海水中で中立浮力の Poly-

第1表 Blake Plateau における PRATT の底層流測定結果。

Lowg. No.	Date	Position	Depth fm	Aver. Current cm/sec	Knots	Aver. Direct. of flow True	Remarks
1	12/6	32° 10'N 79° 19'W	12	8.37	0.16	283.2	On the Shelf
2	12/6	31° 59'N 79° 15.5'W	55	No good			Film exposed prematurely
3	13/6	30° 53.5'N 79° 00'W	430	19.29	0.37	No good	
4	14/6	30° 58.5'N 78° 10.5'W	443	30.42	0.59	55.5	East-West Feature
5	15/6	30° 59.5'N 78° 10.5'W	450	41.13	0.80	92.7	
6	16/6	30° 45.5'N 77° 53'W	465	16.38	0.32	122.2	
7	17/6	30° 58.5'N 78° 13.5'W	443	24.93	0.49	92.4	
8	19/6	30° 55'N 78° 52.8'W	435	5.0	0.10	43.7	Gulf Stream, strong surface drift
9	21/6	31° 24'N 78° 45'W	270	7.23	0.14	87.0	
10	21/6	31° 47.5'N 79° 07'W	285	0.37	0.01		
11	21/6	31° 42.2'N 79° 17'W	88	14.90	0.29	53.9	
12	23/6	34° 02'N 75° 58'W	374	0	0		North end of Blake Plateau

propylene のロープでつり下げられる。4個のピンポンボールの内2個は重い鉛がはいっているので水流中においても鉛直につり下がり、他の2個には0~10個の散弾を入れて重さを調整して流速の強さに適合するようにし両者の相対偏位が流速を表わすようにあらかじめ較正されている。第1表は12地点の測流結果を示したものであるが、No. 10の0.01 kt や No. 12の0 ktの値はピンポンボール流速計に依るものと思われる。第5図は測定の一例外を図示したもので、流速流向共に刻々変化している。

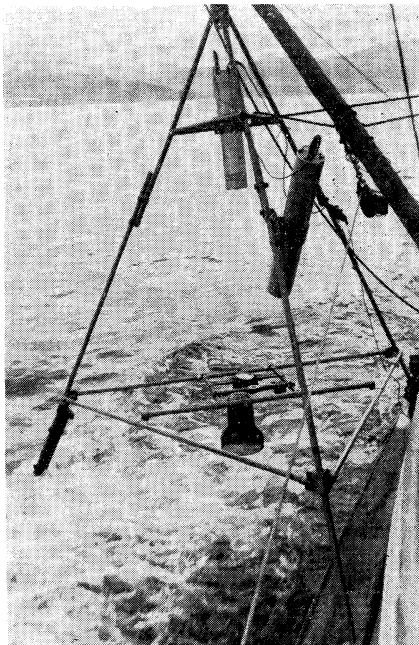


第5図 M. PRATT の流速計の読みから得た流向、流速の典型的变化の一例。

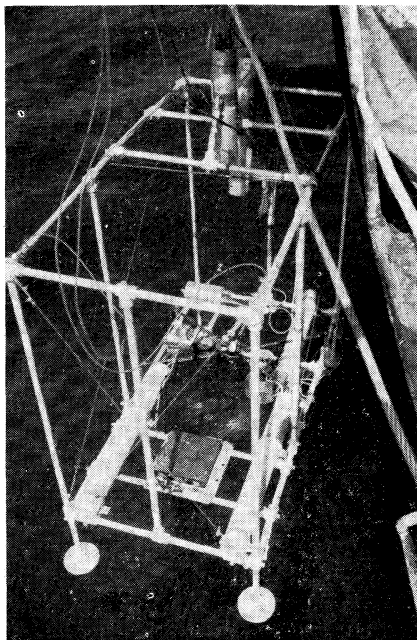
我々は、球体の偏位を利用する方法を完成させる目的で、1960年に偏位と流速との関係について基礎実験を始め、その結果に基づいて三脚式および四脚式の底層流測定装置を研究・試作した。装置の概要と測定結果について述べる。

海水の流れに平衡している糸でつり下げた球体の振子について、糸のたるみを無視すれば力の釣り合いから、 $F = Mg \tan \theta$ および $F = \frac{1}{2} \cdot \rho AC_D v^2$ の両式が成り立つ。ここにFは海中における振子の抵抗力、M、A、C_Dはそれぞれ振子の水中重量、断面積、抵抗係数を示し、g、ρ、vは重力の加速度、海水の比重および流速である。またFを球体の抵抗力fと糸の抵抗力dfに別けて考えると $F = f + df = \frac{1}{2} \cdot \rho \alpha_1 C_S v^2 + k \rho \alpha_2 v^2$ を得る。ここにα₁は球体の断面積、C_Sは球体の抵抗係数、α₂は流向に直交する糸の断面積、kは未知の常数である。したがって振れの角度θと流速との関係は $v = \sqrt{\frac{Mg}{\frac{1}{2} \cdot \rho \alpha_1 C_S + k \rho \alpha_2} \tan \theta}$ となる。実験水槽を用いてそれぞれの速度における振子の振れの角度θを測定し、球体の抵抗係数C_S=0.4として、係数Kを算出すると平均値として3.4が得られた。

第6、7図は三脚式および四脚式底層流測定装置の外観である。三脚枠の上部には記録用水中カメラが下向きに取り付けられ、その耐圧容器(400 kg/cm²)の窓の前面からテグスでつり下げられたピンポンボールがある。ボールの偏位方向を知るための方位計、三脚枠が海底に



第6図 三脚式底層流測定装置。
上部は水中カメラとストロボ、下部に方位計、傾斜計、ピンポンボールホルダーがある。



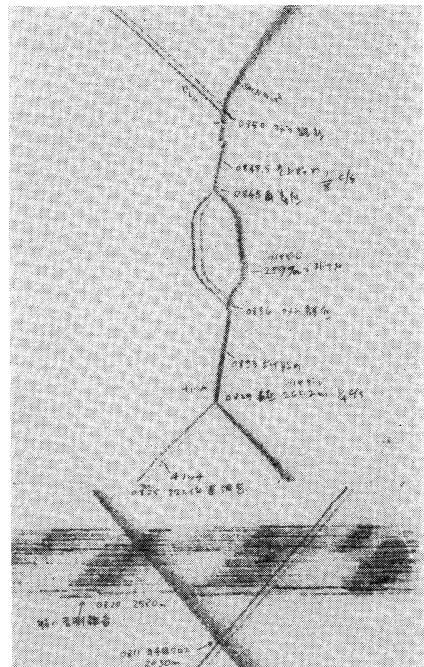
第7図 四脚式底層流測定装置。
上部は水中カメラとストロボ、下部の円筒はピンガー、四角形はピンガーの送波器、×型は目盛棒でその交点にピンポンボールが2個見えるその左は方位計、右は傾斜計。

傾斜して定着したばあいにピンポンボールの偏位を補正するための傾斜計が下部に取り付けられている。海底に到達すると着底スイッチが閉じ、約 38 mm/20 sec の速度でフィルムが送られると同時に脚に取り付けられたストロボが閃光する。着底スイッチが閉ざされている間フィルム送りは継続し、20秒毎に上記の流速測定用器具と約 0.8 m × 1.2 m の範囲の海底の状況を撮影記録する。

本装置は直径 8 mm 長さ 1,500 m のナイロンロープで操縦されるが、巻き上げの際はロープを強く緊張しない状態でドラムに巻き取ることができるようガソリンエンジン付きキャプスタンを用いて巻き上げる。

四脚式装置は三脚式における測定用基本器具の外にソーナー・ピンガー装置、採水测温装置、圧力スイッチが付属しており、使用最大深度を 10,000 m としたため重量は 240 kg に達する。ピンガーの船上装置としてハイドロホン、受信機、記録機、電動機制御用発振機などが付属している。

ピンガーは測定装置の現在の深度を船上において逐次知ることができるようにした超音波信号装置である。第8図は装置が 2,580 m の海底に 2 回着底したときの記録を示すもので、左下から右上に傾斜している線は下降しつつある装置からの直接音波、右下から左上に傾斜して



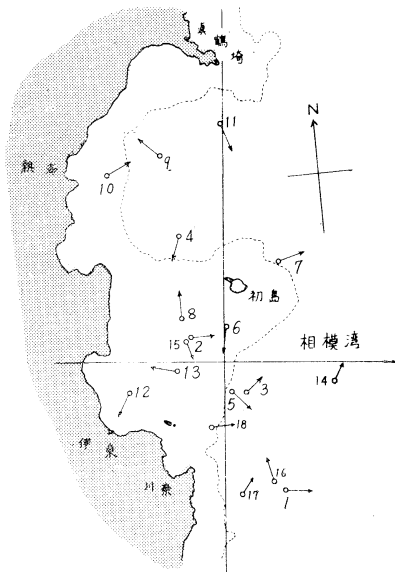
第8図 水深2,580 m (凌風丸測深機による)の海底に四脚式底層流測定装置を2回定着させたときのピンガー記録。

いる線は海底からの反射音波である。装置が 600 m 下降するごとに両線は交差するが、あらかじめ音響測深機で水深を知っておけば両線の着底直前の接近と中間の交差前の接近とを区別することができる。着底直前の両線の間隔距離を 0.5 mm まで判別できるとすれば、記録ペン速度が 133 mm/0.8 sec であるからその時間差は 3 ms となり、装置と海底との間隔距離は 2.25 m となる。この精度はペン速度を変えなければ 10,000 m の海底に着底するばあいでも同じである。

1963年 J E D S-6 の際、凌風丸のテーバードワイヤーを使用して前記の水深 2,580 m の他に 1,735 m, 5,270 m においても測定を試みたが、その間 6 回の着底の内 2,580 m における 2 回目の着底時のみ正常位置で着底し、他は装置が横転したことがピンガーの着底信号（つり下げ中は 4 秒 1 回、正常着底すれば 8 秒 1 回のパルスとなる）により判明した。現在その対策を検討中である。第 9 図および第 2 表は三脚式装置による相模湾伊東沖に

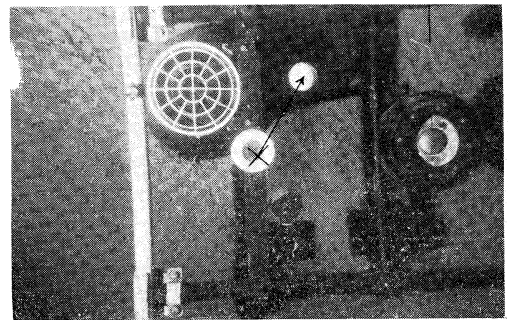
第 2 表 相模湾伊東近海 18 測定点の底層流測定結果。

No	流 速 cm/sec	流 向	深度 m
1	4.0±1.5	95°	800
2	6.5±1.5	88°	115
3	4.5±1.5	50°	330
4	5.2±2.5	202°	362
5	8.1±2.0	138°	204
6	10.1±2.0	193°	131
7	8.0±2.5	75°	210
8	10.4±2.5	0°	105
9	7.1±2.0	314°	228
10	8.5±2.0	65°	102
11	3.8±2.0	160°	405
12	7.0±2.0	212°	65
13	6.9±3.3	284°	115
14	10.4±2.9	31°	1,280
15	6.6±2.7	164°	126
16	5.1±2.6	348°	920
17	8.4±2.8	38°	444
18	3.1±3.0	87°	145



第 9 図 相模湾伊東近海の底層流測定点、矢印は流向を示す。流速は第 2 表参照。

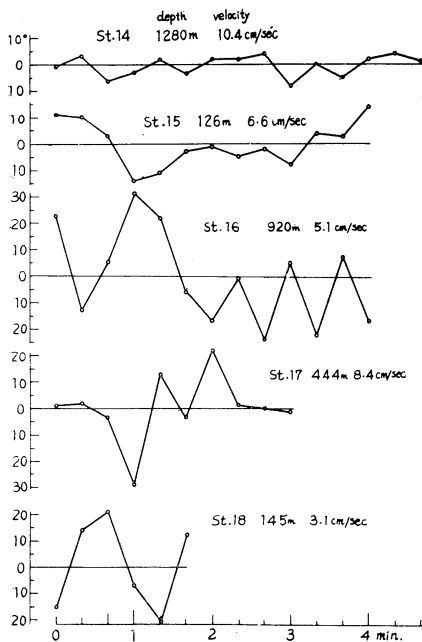
における測定点と測定結果である。最深測定点は St. 14 の 1,280 m, 20 秒間隔で 15 回記録し最強 11.7 cm/sec, 最弱 8.1 cm/sec の値を得た。第 10 図は記録写真の一例で、白円中の×印は傾斜計の指示 0.7° より求めた振子の鉛直下の位置、方位計の黒線は N (0°) 方向、したがってピンポンボールは 29° 方向の流れによって偏位していることを示している。St. 15 は水深 126 m の浅海であるため昼光によって周期約 5 秒のピンポンボールの振動軌跡を



第 10 図 St. 14 (水深 1,280 m) における一連の記録の内最小流速を示す記録。

記録することができた。この振動は流速の変化とカルマン渦および流向変化による振動の合成であるが、流向とフィルム送り方向からみて振動記録は主として流速の変化ということができ、その値は約 8.1~4.9 cm/sec である。いずれの測定も潮流や海流との関連性の検討および同一地点の繰り返し測定を行っていないが、この海域においては毎秒 3 cm (0.06 kt) から 10 cm (0.2 kt) 程度の底層流が存在することがわかった。

また一連の記録フィルムを見ると流向も刻々に変化している。第 11 図は St. 14~18 における流向の平均方位からの偏位を約 20 秒ごとにプロットしたものであり、最大



第11図 St. 14~18における各記録の流向変化。

偏位は 30° に達する。St. 11 においては最大偏位が 100° にも達する記録が得られた。

6. 結言

以上作動原理の異なった各種の底層流測定装置について述べたが、結局我々の求めるものは機構、操作がなるべく簡単でしかも精確な測定値の得られる流速計である。流速流向が刻々に変化することからみて一回の操作で連続あるいは一定時間ごとの一連の記録が得られることが

望ましいこと、また操作に困難を伴い長時間を費やすこの種の測定は歩どまりの良い測定機を必要とすることなども含めて充分検討されなければならない。

文 献

- 1) EWING, N, A. VINE and J. L. WORZEL (1946) : Photography of the ocean bottom. *Jour. Opt. Soc. Amer.*, **36** (6), 307—321.
- 2) 佐々木忠義 (1958) : パチスカーフによる深海研究. *科学*, **28**, 363—364.
- 3) HUNKINS, K. I., *et al.* (1960) : Biological observation on the first photographs of the Arctic Ocean deep-floor. *Limnol. Oceanogr.*, **5**, 154—161.
- 4) SWALLOW, J. C. and L. V. WORTHINGTON (1961) : An observation of a deep counter-current in the Western North Atlantic. *Deep-Sea Res.*, **8**, 1—19.
- 5) NAN'NITI, T. (1962) : Deep-Sea current measurements. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **18** (2), 73—77.
- 6) 佐々木忠義, 渡辺精一, 大柴五八郎, 梶原昌弘, 岡見 登, 高橋 正 (1962) : 深海底層流に関する研究 (第1報). *日本海洋学会創立20周年記念論文集*, 213—222.
- 7) CARRUTHERS, J. N. (1962) : Measurement of ocean bed currents. *Nature*, **195**, No. 4845, 976—981.
- 8) PRATT, R. M. (1963) : Bottom currents on the Blake Plateau. *Deep-Sea Res.*, **10**, 245—249.
- 9) THORNDIKE, E. M. (1963) : A suspended-drop current meter. *Deep-Sea Res.*, **10**, 263—267.
- 10) 中村重久 (1963) : 潮流流用微流速計の基礎的研究. *土木学会第8回水理講演会講演集*, 31—36.

5. 深海の底生生物

原 田 英 司

Benthos abyssal

Eiji HARADA*

Résumé : Si E. FORBES (1843) qui a refusé l'existence des êtres vivants au-dessous de 550 m de profondeur est appelé le précurseur de la recherche du benthos littoral, W. THOMSON (1873) qui a nié l'opinion de FORBES peut être appelé le précurseur de la recherche du benthos abyssal. Depuis l'expédition du *Challenger*, on s'est intéressé à préciser jusqu'à quelle profondeur vivent tels et tels êtres organisés. Grâce au développement de la biologie en mer profonde, accéléré par des expéditions récentes : expédition de l'*Albatros* dirigée par H. PETTERSSON et B. KULLENBERG (1947—1948), expédition de la *Galatée* dirigée par A. F. BRUUN (1950—1952), expédition du *Vitiaz* (1953—1957), on a confirmé que les êtres vivants existent quelle que soit la profondeur, même dans les fosses les plus profondes.

Nous avons prélevé le benthos abyssal à plusieurs expéditions japonaises de la mer profonde (JEDS). Le tableau ci-dessous montre le benthos prélevé à la sixième expédition (JEDS-6). Il paraît que le nombre des espèces et la quantité en diminuent avec la profondeur, comme cela étant connu depuis l'expédition du *Challenger*.

海底550m以深を生物の生息しない世界“azoic zone”とみなした Edward FORBES (1843) が、浅海の底生生物の組織的な研究の草分けとすれば、その説を否定した Wyvill THOMSON (1873) は、深海生物学の開拓者と言えよう。彼の統いた“*Challenger*”号による海洋生物調査 (1872—1876) によって世界中の海から底生生物が採集されてから、海洋の底生生物研究の興味の一つの焦点は、どんな深さまでどんな生物が分布しているかを探り出すことに移された。これに刺激されて先進の各国が競って行なった海洋生物調査は、次々と貴重な資料を蓄積し底生生物についての知識を増したが、さらに、最近の H. PETTERSSON と B. KULLENBERG の“*Albatros*”号 (1947—1948), A. F. BRUUN の“*Galathea*”号 (1950—1952, “ВИТЯЗЬ”号 (1953—1957) 等による tapered cable の採用によって、研究は飛躍的に発展した。現在では、ВЕЛЯЕВ ら (1960) がまとめて示しているように、海洋の最深部に至るまでいかなる深さにも生物が生息することが実証されている。しかも、たいいていの動物群は深さ5000mぐらまでの深海底に分布していることが明らかにされている。

わが国でも、最近になって深海研究が組織化され、数

度の航海で日本海溝を中心に深海の底生生物の採集がなされて来ている。1963年6月のJEDS—6航海においてビーム・トロール (間口2m) を曳網した地点と、そこで採集された底生生物を、まとめて表に示した。“*Challenger*”号による調査以来言われているように、深さが増すほど底生生物の種類数・量は減少する傾向を示している。このような傾向は、“ВИТЯЗЬ”号による底生生物の採集結果を検討した ФИЛАТОВА および ЛЕБЕШИТЕЙН (1961) によっても、北太平洋全域に対して示されている。採集された底生生物の中で個体数の点で優占していたものは、St. G203 ではウミエラ類の ?*Calibelemon sp.*, 多毛類, 星虫類, ヒトデ類の *Eremicaster sp.*, クモヒトデ類, ナマコ類の *Molpadia spp.*, 二枚貝の *Neilonella sp.*, St. G206 ではウミエラ類の ?*Umbellula huxleyi*, 多毛類, 星虫類, また St. G 207 では多毛類, クモヒトデ類, であった。場所によって種類組成に明らかな差が見られるが、深さの違いの影響が最も顕著で、似かよった深さでは共通種が多い。

深海の生物の研究の多くは依然として種類組成や分布を記載し論じているとしても、研究の進展と共にその生態学的な局面——深海の生態系の構造と機能——も解明されるべき課題として重要性を増している。すでに、MADSEN (1962) は深海のような一様で安定した環境条

* 京都大学教養部生物学教室 Biological Laboratory of Yoshida College, University of Kyoto

第1表 JEDS-6 航海においてビーム・トロールにより底生生物を採集した地点。

JEDS-6 St. G203

位置 : 40°22.0'N, 143°44.0'E—40°24.0'N, 143°41.5'E
 深 さ : 2970m—2775m
 曳網時間 : 1963年6月8日23時58分—9日02時10分
 海底の状態 : ほぼ平坦, 東方に傾斜

JEDS-6 St. G206

位置 : 40°51.5'N, 145°59.1'E—40°54.5'N, 145°58.5'E
 深 さ : 5320m—5340m
 曳網時間 : 1963年6月13日19時15分—23時10分
 海底の状態 : 平坦

JEDS-6 St. G207

位置 : 40°30.5'N, 148°54.0'E—40°30.0'N, 148°59.0'E
 深 さ : 5520m—5515m
 曳網時間 : 1963年6月17日17時13分—19時10分
 海底の状態 : 平坦

第2表 動物群別に見た各地点で採集された底生生物の種類数。

動物群	計	地 点		
		G203	G206	G207
Porifera	1	0	0	1
Coelenterata	10	6	3	3
Bryozoa	1	1	0	0
Polychaeta	7	4	5	2
Sipunculoidea	1	1	1	1
Crustacea	6	5	1	5
Asteroidea	5	2	1	5
Ophiuroidea	6	4	2	2
Echinoidea	1	0	0	1
Holothurioidea	9	5	5	2
Polyplacophala*	1	1	0	0
Gastropoda*	23	15	1	7
Bivalvia*	8	3	4	5
Scaphopoda*	1	1	0	0
Ascidacea	2	2	0	0

* 貝類は土 隆一氏 (静岡大) により同定された。

件の下では互に著しい対照を示すような底生生物群集というものは認めがたく、そういう差があってもそれは優占種個体群や捕食者群の一時的偶発的な変動によってい

ることが多いと言っている。採集された底生生物の組成を見ても明らかのように、デトライタス食や捕食的な動物群が非常に多く、底生生物の生活史の全過程——特に幼生の定着期から成長期——を通じての食物関係 (食物競争や捕食被食関係) が、深海生物の個体群維持のきわ立ってきびしい圧力となっているであろう。代表的な深海の底生生物である Porcellanasteridae——今回のわれわれの採集物中に見出された *Eremicaster* や *Styracaster* はこれに属するものである——は、浅海のアトデ群に比して比較的新しく分化した群であると言う。こうした深海での個体群の変動・相互関係・生物生産関係が持つ、たとえば特化した生活史が関係し合って生まれるような、特殊性は、上層の光合成層での諸関係との関連や深海生物の進化的な分析を待って始めて明らかになるものであろう。

第3表 2地点に共通に出現する種類。

St. G203—St. G206	St. G206—St. G207
? <i>Calibelemon</i> sp.	? <i>Umbellula huxleyi</i>
? Eunicidae gen. sp.	Polychaeta gen. sp.
Sipunculoidea gen. sp.	Polychaeta gen. sp.
<i>Eremicaster</i> sp.	Sipunculoidea gen. sp.
Ophiuroidea gen. sp.	<i>Eremicaster</i> sp.
<i>Molpadia</i> sp.	? <i>Cucumaria</i> sp.
? <i>Oneirophanta</i> sp.	<i>Malletia</i> sp.
	<i>Neilonella</i> sp.
	<i>Neilonella</i> sp.
	<i>Spinula oceanica</i>
St. G203—St. G207	
Sipunculoidea gen. sa.	
<i>Eremicaster</i> sp.	
Ophiuroidea gen. sp.	

文 献

ВЕЛЯЕВ, Г. М., ВИНОГРАДОВА, Н. Г. и ФИЛАТОВА З. А. (1960) : Исследование донной Фауны глубоководных впадин южной части Тихого океана. Труды Ин-та Океанол. АН-СССР, т. 41, 106—122.
 ФИЛАТОВА, З. А. и ЛЕБЕНЦТЕЙН, Р. Я. (1961) : Количественное распределение глубоководной донной Фауны северо-восточной части Тихого океана. Труды Ин-та Океанол. АН-СССР, т. 45, 190—213.
 MADSEN, F. J. (1961) : On the zoogeography and origin of the abyssal fauna, in view of the knowledge of the Porcellanasteridae. Galathea Report, 4, 177—218.

文 献 紹 介

Cahiers Océanographiques (1962年第14巻)

No. 10, Décembre

Notes techniques

M. T. MURRAY : Tide prediction with an Electronic Digital Computer

M. LEGAN et. H. ROTSCHI : Bilan des recherches océanographiques en mer du Corail.

(サンゴ海海洋調査総合報告)

G. R. BERRIT : Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golf de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation. 2eme Partie : Etude régionale (Suite et fin).

(ギニア湾の季節的変動に関する報告。航路に沿った表面観測—第2部：地域的研究(続編と終編))

Résultats d'observations

Stations hydrologiques du navire météorologique stationnaire "France I".

(気象定点観測船 "France I 号" による観測)

Flotteurs témoins de courant, vingt et unième liste de flotteurs récupérés.

(漂流ビン回収結果第21表)

Observations du niveau marin à Dakar (Direction du Port).

(ダカールの潮位の観測)

Cahiers Océanographiques (1963年第15巻)

No. 1, Janvier

Notes techniques

L. BERTHOIS : Contribution à l'étude de la sédimentation dans l'estuaire du fleuve Konkouré (en période d'étiage) — République de Guinée.

(Konkoure 河口の堆積に関する研究 —最低水準の時期, ギニア共和国)

A. CLOS-ARCEDEC : Etude simultanée des seiches et de l'alluvionnement.

(定常波と沖積土の転位についての同時研究)

Résultats d'observations

Stations hydrologiques de l'escorteur "Aventure" (campagne 1960).

("Aventure" 号による海洋観測)

Observations du niveau marin à Nouméa (Nouvelle Calédonie).

(Nouméa の潮位観測)

No. 2 Février

Notes techniques

P. BERNARD : Effets microsismiques de la tempête du 1er décembre 1959.

(1959年12月1日の台風における脈動作用)

J. LACAZE : Les microsismes d'origine océanique VII — L'établissement des ondes de Rayleigh en tant que phénomène transitoire.

(海洋を起源とする脈動について (VII) —過渡現象としての Rayleigh 波の発生)

L. LECLAIRE : Etudes littorales en baie d'Alger—Zone de Fort-de-l'eau—Ben Mered. (avec Centre de géologie marine et de sédimentologie)

(アルジェリア湾沿岸の研究)

Résultats d'observations

Observations hydrologiques effectuées par le croiseur-école "Jeanne d'Arc" au cours de sa croisière 1961—1962.

(1961—1962年度における練習船 "Jeanne d'Arc" 号の海洋調査)

Observations du niveau marin à Matavai (Tahiti).

(Matavai—Tahiti—における潮位の観測)

No. 3 Mars

Notes techniques

R. GELCI, P. CHAVY et E. DEVILLAZ : Traitement numérique de l'état de la mer.

(海況の数値的取扱いについて)

F. OTTMANN et P. Nobrega COUTINHO : Etudes sédimentologiques dans le port de Récife (Brésil).

(Récife 港における堆積の研究)

J. P. TROADEC : Mesures directes de courant au large de Saint-Tropez (Var).

(Saint-Tropez 沖海流の測定)

Résultat d'Observations

Observations hydrologiques du bâtiment hydrographique "Amiral Mouchez".

(海洋調査船 "Amiral Mouchez" 号による観測)

Flotteurs témoins de courant, vingt-deuxième liste de flotteurs récupérés.

(漂流ビンの回収結果, 第22表)

Observations du niveau marin à Nosy-Bé (Madagascar).

(Nosy-Bé における潮位の観測)

No. 4 Avril

Notes techniques

P. BERNARD : L'érosion de la plage de Coutainville et le problème de sa reconstitution.

(Coutainville 海岸の侵蝕とその対策)

M. MENACHE : Première campagne océanographique du "Commandant Robert Giraud" en canal de Mozambique (11 octobre—28 novembre 1957).

(Mozambique 海峡における “Commandant Robert Giraud” 号の第一回海洋観測)

N. IWATA : Sur les ondes internes dans la mer en rapport avec le détroit de Gibraltar.

(Gibraltar 海峡に關係する海の内部波について)

Résultats d'observations

Première campagne du “Commandant Robert Giraud” :

1) Stations hydrologiques

2) Observations de surface

(“C.R.G” 号の第1回海洋観測)

Hauteurs du niveau moyen à Brest pour l'année 1962.

(1962年度の Brest における潮位の測定)

No. 5 Mai

Notes techniques

X. Le PICHON : La couche superficielle de la Méditerranée au large des côtes provençales durant les mois d'été (1ère et 2ème parties).

(夏季の地中海フランス沿海の浅海流調査)

V. ROMANOVSKY et J. Le FLOCH : Hydrologie et courantométrie dans le détroit de Gibraltar.

(Gibraltar 海峡の水力と海流調査)

P. HOMMERIL et C. LARSONNEUR : Les effets des tempêtes du premier semestre 1962 sur les côtes bas-normandes.

(1962年1月より6月までの間、ノルマンディ地方海岸地帯に与えた暴風の影響)

Résultat d'observations

Mesures de courant et stations hydrologiques du “Passeur du Printemps” dans le détroit de Gibraltar.

(Gibraltar 海峡における “P.P” 号の海流調査と海洋観測)

Observations hydrologiques du bâtiment hydrographique “Lapérouse”.

(海洋調査船 “Lapérouse” 号による海洋観測)

Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes (1963年第27巻)

No. 2 Juin

J. FURNESTIN : Teneur en oxygène des eaux de la Méditerranée algéro-tunisienne (supplément à l'étude hydrologique de février 1960, campagne du “Président-Théodore-Tissier”).

(アルジェリア、チュニジア沿岸地中海海水の酸素含有量について—P.T.T号による1960年2月観測研究の補足研究)

Ch. ALLAIN : Topographie dynamique et courants généraux dans le bassin occidental de la Méditer-

ranée au nord du 42^e parallèle (supplément à l'étude hydrologique de septembre-octobre 1958).

(42°線北方の地中海西岸における地形学と一般海流—1958年9, 10月—の補足研究)

M. L. FURNESTIN et F. GIRON : Copépodes de la Mer catalane.

(カタロニア—スペイン—海のコペポダ)

M. L. FURNESTIN : Les Chaetognathes atlantiques en Méditerranée.

(地中海の Chaetognathes について)

R. RAIMBAULT : Notes sur certaines espèces ichthyologiques capturées au cours des campagnes de l'Institut des Pêches en Méditerranée.

(地中海漁業研究所の調査で採捕した魚種について)

Cl. MAURIN : Nouvelles captures de Salmonidés en Méditerranée occidentale, leur interprétation sur le plan biologique.

(地中海西部で新たに採捕した Salmonide および生物学上における解釈)

M. BONNET : Premiers résultats sur la biométrie et la biologie du maquereau du golfe du Lion (*Scomber scombrus* L.).

(Lion 湾のサバの測定並びに生物学について)

J. Y. LEE : Notes biométriques sur le Sprat du golfe du Lion (*Clupea sprattus* Linné).

(Lion 湾の Sprat の生物測定について)

J. Y. LEE : Les Argentines du golfe du Lion, *Argentina sphyraena* L., *Argentina leioglossa* Val.

(Lion 湾の銀魚について)

P. ARNAUD et R. RAIMBAULT : Note préliminaire sur la Plourde (*Tapes decussatus* L.) de l'étang de Thau.

(Thau 池におけるトリガイ類について)

J. Le DANTEC : L'ostréiculture dans le bassin d'Arcachon et ses rapports avec les variations du milieu.

(Arcachon 河口におけるカキの養殖と環境の変化との関係)

F. SOUDAN, J. R. CREPEY et M. DUBOST : Essai de conservation du poisson de chalut dans la glace à l'auroéomycine.

(オーレオマイシンを入れた氷を用いての底曳捕獲魚の保蔵について)

J. M. GASTAUD : Contribution à l'étude biochimique des stéroïdes tissulaires chez *Scylliorhynchus canaliculus* (Linné).

(*Scylliorhynchus* におけるステロイド結合の生化学的研究)

J. MORRE et J. BARRET : Dosage du potassium dans divers produits de pêcheries en vue de la mesure de la radioactivité de ces aliments.

(餌料のアイソトープ調査によって得た水産物のポタシウム形成について)

(西村 実)

録 事

1. 昭和38年12月3日、東京・神田の学士会館において理化学研究所海洋物理研究室、日本學術振興会深海研究委員会、日本海洋学会、日仏海洋学会、東海大学海洋学部共催で「深海研究に関するシンポジウム」が開催された。話題および話題提供者は次のとおりである。(1)深海水懸濁粒子の光学的研究—佐々木忠義・岡見 登(理研)(2)深層での水の流れ—高野健三(東大、理)(3)海溝—その発見の歴史—星野通平(水路部)(4)深海底層流について—佐々木忠義・渡辺精一(理研)(5)深海の底生生物—原田英司(京大、教養)。(内容は行事欄に記載)

2. 昭和38年12月10日午後4時30分より、日仏会館において第四回総会が開かれた。会務並びに会計報告(佐々木会長、大柴常任幹事)、学会誌「うみ」第1巻第1号の発行経過報告(今村編集委員長)が行なわれた。なお、12月10日現在の会員数は、名誉会員5名、正会員225名(外国人11名を含む)および賛助会員50社である。

本総会において、山田寿二氏(三信船舶電具株式会社社長)が評議員会で顧問に推せんされた旨報告があった。新たに下記の諸氏が評議員に選出された。

岩田憲幸(科学技術庁) 小野公平(水路部) 梶浦欣二郎(東大、地震研) 国司秀明(京大、理) 近藤 仁(東水大) 齊藤泰一(東水大) 庄司大太郎(水路部) 富永政英(東京学芸大) 平野敏行(東海区水研) 星野通平(東海大) 依田啓二(東水大) 一五十音順一

今後の事業計画としては、「うみ」第2号を来年2月に発行する予定である。なお、フランスの情報をできるだけ早く会員に知らせるようにすることなどである。

総会終了後、引き続き懇親会が開かれ午後8時30分盛會裏に終わった。

3. 佐々木会長がフランス文化相アンドレ・マルロー氏宛に「うみ」第1巻第2号の発行にあたり、同氏のメッセージを依頼したところ下記のような返事がよせられた。

1264年1月17日

拝啓 アンドレ・マルロー氏は1月8日付の貴翰を確かに拝見いたしました。貴会機関誌「うみ」第2号発行の際それにメッセージを書いて欲しいということでしたが。

ご承知のようにマルロー氏は貴国のことならすべてのことに深い大きな関心をを持っておりますが、次のようなどうしても避けられない理由のためにご期待に副えないことを非常に残念がっております。おわかり頂きたいと存じます。その理由というのは、実は同氏は閣僚の一

員としてフランスのものであれ外国のものであれ、一さの出版物、新聞、雑誌、機関誌に論文、メッセージ、インタビューのようなものを発表することを固く禁じられているのです。

同氏は、フランスでは完全な閣僚として、あるいは外国ではドゴール將軍のスポークスマンとして話すことも、書くこともできないのです。

現状ではいたし方なく、同氏は心からお詫び申し上げます。

敬 具

日仏海洋学会会長

マルセル・ブランダン

佐々木忠義様

(国務省、内閣官房長官)

4. 日仏理工科会より佐々木会長宛に通信 No. 2 (1964年1月) が送られた。その内容は下記の通りである。

○ Marc Dupuis 氏 (理論物理学) は日仏会館 *Pen-sionnaire* として本年1月来日、向う1年間滞在の予定。

○ André Authier 氏 (コレージュ・ド・フランス教授、理論物理学) は来る4月初め来日、3か月間滞在の予定。

○ Jean Dieudonné 氏 (パリ大学教授、数学) は来る4月17日来日、1か月間滞在、各地で講演される予定(東京、大阪、京都、名古屋、福岡など)。

○ 江上不二夫氏 (東京大学教授、化学) は4月6日～9日に開かれるフランス生化学会 (*Société de Chimie Biologique*) 50年祭に出席のため渡仏の予定。

○ 昭和33年度フランス政府給費留学生募集中、文部省にて2月1日～17日の間、願書を受け付ける。

5. 昭和39年1月13日、日仏学生柔道協会の私人留学生歓迎会が開かれた。今回フランスから第2回目の柔道家学徒として、ヴァロー・ジャン・クロードとベルジェ・ダニエルの2人が招へいされた。

ダニエル氏はドゥー県のブザンソン大学の理学部を卒業し、生物学の学士で、滞在中、柔道のほかに海洋生物学の研究を希望している。

クロード氏はボワチエ大学理学部を卒業し、電子工学を専攻され *Conservatoire national des arts et métiers* および *Lycée technique d'Etat* において電子工学、電機機械学の免許状を獲得し、日本では英語、日本語のほかに電子工学の研究を希望している。

6. フランス政府と読売新聞社との間に結ばれた日仏両国文化交流協定にもとづく第3年度の日仏交換科学者の実施細目を定めるため、日仏科学者交換学術委員会(委

員長：山田三良学士院長)が昭和39年3月13日に読売会館貴賓室で開かれた。出席者は、副委員長：長谷川秀治(日仏生物学会長、群馬大学長)常任委員：朝永振一郎(日本学術会議会長、東京教育大学教授)委員：植村琢(日仏理工科会長、東京工業大学名誉教授)三浦岱栄(日仏医科会長、慶応大学教授)平塚英吉(日仏農学会長、蚕糸科学研究所長)安西正夫(日仏工業技術会長、昭和電工社長)松平齋光(日仏社会学協会会長、明治大学教授)鈴木竹雄(日仏法学会、東京大学教授)佐々木忠義(日仏海洋学会長、東京水産大学教授)岩生成一(日仏歴史学会長、日本大学教授)坪井誠太郎(日本学士院第二部長)オブザーバー：ジャン・デルサルト(日仏会館フランス学長)ムリヒ(駐日フランス大使館文化担当官)および橋本道淳(本委員会事務局長、読売新聞社取締役)の諸氏であった。

委員会は長谷川副委員長が議長となって行なわれた。公募規定については、大学教授または助教授、あるいはそれと同等以上の研究歴があること、専門研究に十分なフランス語ができること。募集人員を5、6人とすることなど従来通りの条件を決めたほか、今回から新たに滞在中の研究に関する報告文を交換学者から同委員会あてに提出してもらい、これまでの交換学者の分といっしょに「日仏交換学者論文集」を日仏両国語で刊行することになった。また、公募開始は3月末で、4月末に締め切り、6月初めまでに派遣学者を決定する予定で、詳細は3月末に読売新聞紙上の社告のほか各関係学会、大学あてに通知される予定である。

なお、この協定により過去2回にわたり日本の科学者10人がフランスへ、フランスの科学者8人が日本へそれぞれ留学して成功をおさめた。そのため日仏両国の学界、政府から日仏親善、科学交流の上で大きな期待が寄せられている。また、オブザーバーとして出席した日仏会館学長のジャン・デルサルト氏は「この協定によって来日した物理学者の1人は、日本が忘れられず、自ら願って近く駐日フランス大使館科学担当官として赴任することがきまった」との発言があった。

7. 昭和38年12月に日本魚学振興会より日仏海洋学会へ交換図書として魚類学雑誌(第10巻第2/6号)1部を寄贈された。

8. 日仏海洋学会役員

名誉会長 ジャン・デルサルト

顧問 ルネ・カピタン ユベール・プロシエ
山田寿二

会長 佐々木忠義

常任幹事 村上 脩 大柴五八郎 永田 正
幹 事 今村 豊 岩下光男 川口守一 神田猷二
菊地真一 曾根 徹 高野健三 高木和徳
西村 実 松尾邦之助 丸茂隆三 溝口哲夫
山中鷹之助(五十音順)

監 事 三宅泰雄 高山重嶺

評 議 員(五十音順)

池松政人(東海大)井上直一(北大)今村 豊(東水大)岩崎秀人(協和商工)岩下光男(東海大)岩田憲幸(防災センター)宇田道隆(東水大)宇野 寛(東水大)江上不二夫(東大)大島泰雄(東大)大柴五八郎(理研)岡田弥一郎(東海大)小沢敬次郎(東水大)小野公平(水路部)梶浦欣二郎(東大、震研)川上太左英(京大)川口守一(フランス物産)神田猷二(東水大)菊地真一(東大)木村喜之助(東北大)国司秀明(京大)黒木敏郎(北大)久保伊津男(東水大)小牧勇藏(東大)近藤 仁(東水大)斎藤泰一(東水大)斎藤行正(大阪市立大)佐々木忠義(東水大)佐々木幸康(東水大)猿橋勝子(気象研)庄司大太郎(水路部)末広恭雄(東大)菅原 健(名大)杉浦吉雄(気象研)関根 隆(東水大)曾根 徹(漁業協同組合整備基金)高野健三(東大)高橋淳雄(鹿児島大)高山重嶺(東海区水研)高木和徳(東水大)田畑忠司(北大)辻田時美(東北区水研)冨永政英(東京学芸大)中井甚二郎(東海大)奈須敬二(鯨研)奈須紀幸(東大)永田 正(東水大)永野泰一(東大)新野 弘(東水大)西村 実(水産庁)野村 正(東北大)花岡 資(水産庁)速水頌一郎(京大)半沢正男(気象庁)菱田耕造(気象研)松山義夫(東大)日高孝次(東大)平野敏行(東海区水研)福富孝治(北大)淵 秀隆(気象庁)藤田亀太郎(極東鋼弦コンクリート)星野通平(東海大)松江吉行(東大)松尾邦之助(バリ日本館事務局長)丸茂隆三(東大)松平近義(東北大)松平康男(広島大)三宅泰雄(教育大)溝口哲夫(東京工材)村上 脩(関東レース)元田 茂(北大)安井正(舞鶴海洋気象台)山中鷹之助(日本アクアラング)依田啓二(東水大)渡辺精一(理研)渡辺信雄(東海大)

オーギュスト・アングレス(東京日仏学院) モーリス・アンコントル(関西日仏学館) マルセル・ジュクラリウス(フランス新聞協会) ピエール・ルイ・ブラン(フランス大使館)ロジエ・ベリカ(在日フランス商工会議所) アンドレ・エービー(印度支那銀行東京支店) ピエール・サン・ルー(帝国酸素)

日 仏 海 洋 学 会 会 員 名 簿

(昭和39年3月31日現在)

名 譽 会 員

岡 田 要	東京都台東区上野公園 国立科学博物館	須 田 暁 次	東京都渋谷区代々木富ヶ谷 1431 東海大学海洋学部
坂 口 謹一郎	東京都目黒区三谷町 119	長谷川 秀 治	前橋市岩神町 280 群馬大学
鈴 木 章 之	東京都豊島区池袋 3-1431		

正 会 員

あ		岩 本 康 三	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学
相 川 吉 徳	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学	印 出 忠 信	東京都江東区深川越中島町 2 丁目 東京商船大学
赤 松 英 雄	東京都千代田区大手町 気象庁海洋課	う	
秋 山 勉	同 上	上 野 武 夫	東京都千代田区大手町 気象庁海洋課
安 達 六 郎	津市大谷町 三重県立大学水産学部	上 野 福 三	津市大谷町 三重県立大学水産学部
阿 部 友三郎	東京都杉並区馬橋4-499 気象研究所	宇 田 道 隆	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学
阿 部 宗 明	東京都中央区月島西河岸通り 12-2 東海区水産研究所	内 田 至	同 上
天 野 宏	小田原市 小田原城内高等学校	宇 野 寛	同 上
新 崎 盛 敏	東京都文京区弥生町 東京大学農学部	え	
い		江 上 不 二 夫	東京都文京区本富士町 東京大学理学部
池 松 政 人	東京都渋谷区代々木富ヶ谷 1431 東海大学海洋学部	江 口 嘉 彦	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学自治寮
池 田 弥 生	東京都杉並区永福町 346	お	
石 井 一 美	津市大谷町 三重県立大学水産学部	大 内 正 夫	東都市伏見区深草藤森町 1 京都学芸大学地学研究室
石 野 誠	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学	大 久 保 勲	北海道亀田郡亀田町函館海洋気象台
石 山 幸 男	釧路市ヌサマイ町 12 釧路公民館	小 倉 通 男	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学
市 村 俊 英	東京都文京区大塚窪町 東京教育大学理学部	大 島 泰 雄	東京都文京区弥生町 東京大学農学部
伊 藤 隆	津市大谷町 三重県立大学水産学部	大 柴 五 八 郎	東京都文京区駒込上富士前町 理学化学研究所
井 上 直 一	函館市港町 北海道大学水産学部	太 田 通 靖	東京都大田区馬込東 1-1214
井 上 実	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学	大 津 皓 三	東京都渋谷区代々木富ヶ谷 1431 東海大学海洋学部
今 村 豊	同 上	大 村 秀 雄	東京都中央区月島西河岸通り 12-4 鯨類研究所
入 江 春 彦	長崎市大橋町 200 長崎大学水産学部	大 山 桂	東京都新宿区市ヶ谷河田町 8 工業技術院地質調査所
岩 崎 秀 人	東京都豊島区椎名町 1-1804 協和商工株式会社	岡 崎 守 良	東京都文京区駒込上富士前町 理学化学研究所
岩 下 光 男	東京都渋谷区代々木富ヶ谷 1431 東海大学海洋学部	岡 崎 由 夫	釧路市城山町 139 北海道学芸大学釧路分校
岩 田 賢 一	青森県むつ市大湊町西ノ平 海上自衛隊官舎 3 号		
岩 田 憲 幸	東京都武蔵市緑町 都営アパート 17-19		

岡田 弥一郎 静岡市宮前町45 東京大学水産研究所
 岡見 登 東京都文京区駒込上富士前町 理化学研究所
 岡本 敬 大津市石山平津 滋賀大学学芸学部
 荻野 珍吉 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学
 小沢 敬次郎 同上
 小野 弘平 東京都中央区築地 5-1 海上保安庁水路部

か

柿沼 忠男 京都市伏見区横大路東ノ口 京都大学防災研究所
 柏田 研一 鹿児島市下荒田町 鹿児島大学水産学部
 梶浦 欣二郎 東京都文京区本富士町 東京大学地震研究所
 梶原 昌弘 函館市港町 北海道大学水産学部
 金沢 昭夫 鹿児島市下荒田町 鹿児島大学水産学部
 金森 悟 名古屋市千種区不老町 名古屋大学理学部
 金成 誠一 京都市左京区北白川追分町 京都大学理学部
 鎌谷 明善 仙台市北六番丁 東北大学農学部
 亀田 和久 茨城県東海村 日本原子力研究所
 川合 英夫 塩釜市東塩釜杉入表 東北海区水産研究所
 川上 太左英 舞鶴市長浜京都大学農学部水産学科
 川口 守一 東京都千代田区神田錦町 1-6 教文館内 フランス物産株式会社
 川田 三郎 北海道余市町 北海道区水産研究所
 川村 文三郎 東京都中央区築地 5-1 海上保安庁水路部
 川本 信之 東京都世田谷区下馬3-49 日本大学農獣医学部水産学科
 神田 猷二 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学

き

菊地 真一 東京都港区麻布新電土町10 東京大学生産技術研究所
 岸野 元彰 東京都文京区駒込上富士前町 理化学研究所
 北野 康 名古屋市千種区不老町 名古屋大学理学部
 北野 清光 北海道余市町 北海道区水産研究所
 北村 弘行 神戸市生田区中山手通り7丁目 神戸海洋气象台
 橘高 重義 東京都新宿区神楽坂 東京理科大学
 木村 喜之助 仙台市北六番丁 東北大学農学部

く

草下 孝也 東京都文京区弥生町 東京大学海洋研究所
 楠 宏 札幌市北11条西7 北海道大学低温科学研究所
 国司 秀明 京都市左京区北白川追分町 京都大学理学部
 久保 伊津男 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学
 久保田 穰 同上
 黒木 敏郎 函館市港町 北海道大学水産学部
 黒田 隆哉 塩釜市東塩釜杉入表 東北海区水産研究所
 黒沼 勝造 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学

こ

小池 篤 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学
 小泉 政美 長崎市南山手町5 長崎海洋气象台
 小林 勝 北海道勇払郡鶴川町字鶴川 鶴川中学校
 小林 博 下関市吉見町 水産大学校
 小久保 清治 大宮市吉敷町4-114
 駒木 成 北海道余市町 北海道区水産研究所
 小牧 勇藏 東京都文京区弥生町 東京大学農学部
 小長 俊二 神戸市生田区中山手通り7丁目 神戸海洋气象台
 小長谷 史郎 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学
 今野 健二郎 同上
 近藤 仁 同上
 近藤 正人 長崎市国分町 西海区水産研究所

さ

西条 八束 名古屋市千種区不老町 名古屋大学理学部
 斎藤 泰一 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学
 斎藤 行正 大阪市住吉区杉本町 大阪市立大学理学部
 坂本市太郎 津市大谷町 三重県立大学水産学部
 佐々保 雄 札幌市北9条西7 北海道大学理学部
 佐々木 忠義 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学
 佐々木 幸康 同上
 猿橋 勝子 東京都杉並区馬橋4-499 気象研究所

し

椎野 季雄 津市大谷町 三重県立大学水産学部
 下総 忠敬 東京都港区新橋1-30 新幸ビル 皖東電子株式会社
 下村 敏正 長崎市国分町 西海区水産研究所

庄 司 大太郎	東京都中央区築地 5-1 海上保安庁水路部	辻 正 明	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学自治寮
白 鳥 昌	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学	土 田 武 雄	長崎市南山手町 5 長崎海洋气象台
す			
末 広 恭 雄	東京都文京区弥生町 東京大学農学部	寺 田 一 彦	在ローマ FAO, Biology Branch
菅 原 健	東京都大田区田園調布 7-9	と	
杉 浦 吉 雄	東京都杉並区馬橋 4-499 気象研究所	徳 田 正 幸	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学自治寮
須 藤 英 雄	東京都文京区弥生町 東京大学理学部	富 永 政 美	東京都北多摩郡国分寺町国分寺 2546
せ			
関 重 雄	横浜市港北区篠原町 2201	鳥 居 鉄 也	東京都新宿区西大久保 2-290
関 根 隆	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学	な	
そ			
曾 根 徹	東京都中野区江古田 1-2302	中 井 甚二郎	東京都渋谷区代々木富ヶ谷 1431 東海大学海洋学部
た			
高 木 和 徳	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学	永 田 正	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学
高 野 健 三	東京都文京区弥生町 東京大学理学部	長 野 泰 一	東京都港区芝白金台町 東京大学伝染病研究所
高 野 秀 昭	東京都中央区月島西河岸通り 12-2 東海区水産研究所	中 野 猿 人	神戸市生田区中山手通り 7 丁目 神戸海洋气象台
高 橋 淳 雄	鹿児島市下荒田町 鹿児島大学水産学部	中 村 重 久	京都市伏見区横大路東ノ口 京都大学防災研究所
高 山 重 嶺	東京都中央区月島西河岸通り 12-2 東海区水産研究所	奈 須 敬 二	東京都中央区月島西河岸通り 12-4 鯨類研究所
多 賀 信 夫	東京都文京区弥生町 東京大学海洋研究所	奈 須 紀 幸	東京都文京区弥生町 東京大学海洋研究所
竹 内 正 一	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学	南 日 俊 夫	東京都杉並区馬橋 4-499 気象研究所
竹 内 能 忠	在パリ UNESCO 事務局	に	
竹 田 正 彦	高知県南国市物部 高知大学農学部	新 野 弘	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学
多 田 利 義	仙台市鉄砲町 1 仙台管区气象台予報課	西 沢 敏	函館市港町 北海道大学水産学部
辰 喜 恭五郎	和歌山県串本町 南海区水産研究所串本支所	西 村 実	東京都中央区月島西河岸通り 12-2 水産庁漁船研究室
田 中 久一郎	金沢市上野本町 金沢大学工学部	二 谷 穎 男	東京都中央区築地 5-1 海上保安庁水路部
田 中 清 隆	東京都渋谷区代々木富ヶ谷 1431 東海大学海洋学部	新 田 忠 雄	東京都中央区月島西河岸通り 12-2 東海区水産研究所
田 畑 忠 司	札幌市北 11 条西 7 北海道大学低温科学研究所	仁 瓶 康 三	神戸市生田区東川崎町 2-14 川崎重工業株式会社造船事業部潜水艦設計部
田 村 正	函館市港町 北海道大学水産学部	ぬ	
田 村 保	愛知県安城市 名古屋大学農学部水産学教室	布 垣 寛 一	大阪府枚方市香里ヶ丘 3-15 B 18-201
丹 葉 節 郎	釧路市ヌサマイ町 12 釧路公民館	の	
ち			
千 葉 卓 夫	下関市吉見町 水産大学校	野 村 正	仙台市北六番丁 東北大学農学部
茶 円 正 明	鹿児島市下荒田町 鹿児島大学水産学部	野 村 稔	東京都港区芝海岸通り 6 丁目 東京水産大学
つ			
辻 田 時 美	塩釜市東塩釜杉入表 東北海区水産研究所	は	
		花 岡 資	東京都千代田区霞ヶ関合同庁舎 水産庁調査研究部
		浜 島 謙太郎	長崎市松ヶ枝町 長崎県水産試験場
		速 水 頌一郎	京都市左京区北白川追分町 京都大学理学部

林 小 八 仙台市北六番丁 東北大学農学部
半 沢 正 男 東京都千代田区大手町 気象庁海上
気象課
半 谷 高 久 東京都世田谷区深沢 東京都立大学
理学部

ひ

樋 口 明 生 京都市伏見区横大路東ノ口 京都大
学防災研究所
樋 口 誉 広 東京都中野区橋場町16 伊藤広方
菱 田 耕 造 東京都杉並区馬橋4-499 気象研究所
日 高 孝 次 東京都文京区弥生町 東京大学海洋
研究所
日比谷 京 東京都文京区弥生町 東京大学農学部
桧 山 義 夫 同 上
平 野 敏 行 東京都中央区月島西河岸通り12-2
東海区水産研究所
平 野 敏 行 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京
水産大学

ふ

深 沢 文 雄 下関市吉見町 水産大学校
福 尾 義 昭 京都市左京区吉田本町 京都大学防
災研究所
福 島 久 雄 札幌市北12条西8 北海道大学工学部
福 田 雅 明 茨城県東海村 日本原子力研究所
福 富 孝 治 札幌市北8条西5 北海道大学理学部
藤 井 武 治 函館市港町 北海道大学水産学部
藤 田 亀太郎 東京都中央区銀座西合同ビル極東鋼
弦コンクリート振興株式会社
淵 秀 隆 東京都千代田区大手町気象庁海洋課
古 川 三 郎 釧路市城山町 139 北海道学芸大学
釧路分校
古 橋 賢 造 東京都千代田区大手町気象庁海洋課
降 旗 常 雄 東京都杉並区馬橋4-499 気象研究所

ほ

星 野 暹 岡山市内山下 岡山県水産課
星 野 通 平 東京都渋谷区代々木富ヶ谷1431
東海大学海洋学部

ま

前 田 明 夫 東京都文京区弥生町 東京大学理学部
前 地 道 義 東京都渋谷区代々木富ヶ谷4-499
東海大学海洋学部
増 沢 譲太郎 東京都千代田区大手町気象庁海洋課
松 江 吉 行 東京都文京区弥生町 東京大学海洋
研究所
松 尾 邦之助 東京都大田区桐里町131
松 崎 卓 一 東京都中央区築地5-1 海上保安庁
水路部
松 平 近 義 仙台市北六番丁 東北大学農学部

松 平 康 男 広島県深安郡深安町 広島大学水畜
産学部
松 村 卓 月 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京
水産大学自治寮
間 庭 愛 信 東京都中央区月島西河岸通り12-2
水産庁漁船研究室
丸 茂 隆 三 東京都文京区弥生町 東京大学海洋
研究所

み

三 浦 昭 雄 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京
水産大学
水 沼 栄 三 宮崎市船塚町 100 宮崎大学農学部
溝 口 哲 夫 東京都中央区築地4-2 築三ビル
東京工材株式会社
溝 口 裕 横須賀市小原台 防衛大学校
三 宅 泰 雄 東京都文京区大塚窪町 東京教育大
学理学部
三 宅 与志雄 岡山県玉島市乙島岡山県水産試験場
向 井 正 幸 東京都世田谷区世田谷4-461 東京
農業大学
宮 崎 千 博 東京都中央区月島西河岸通り12-2
東海区水産研究所
宮 崎 道 夫 横須賀市小原台 防衛大学校
宮 山 平八郎 東京都千代田区霞ヶ関 文部省科学
官室

む

村 上 脩 東京都新宿区西大久保1-433 西大
久保アパート407
村 田 義 男 東京都渋谷区代々木富ヶ谷1431 東
海大学海洋学部
村 山 三 郎 鹿児島市下荒田町 鹿児島大学水産
学部
村 地 四 郎 広島県深安郡深安町 広島大学水畜
産学部

も

元 田 茂 函館市港町 北海道大学水産学部
本 橋 敬之助 千葉県柏市幸町56
森 川 光 郎 大津市石山平津 滋賀大学学芸学部
森 田 良 美 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京
水産大学
森 安 茂 雄 神戸市生田区中山手通り7丁目 神
戸海洋気象台

や

安 井 正 舞鶴市北吸無番地 舞鶴海洋気象台
安 田 秀 明 東京都港区芝海岸通り6丁目 東京
水産大学
柳 川 三 郎 同 上
矢 部 博 東京都千代田区霞ヶ関合同庁舎 水
産庁調査官

山口 生知	東京都大田区田園調布6-17	渡辺 信雄	東京都渋谷区代々木富ヶ谷1431 東海大学海洋学部
山路 勇	東京都台東区上野公園 国立科学博物館研究部	渡部 宏一	同上
山田 秀行	秋田市手形字深田一 北光寮	オーギュスト・アングレス	東京都新宿区市ヶ谷舟河原町15 東京日仏学院
山中 鷹之助	東京都豊島区巢鴨6-1344 大塚ビル 日本アグアラング株式会社	モーリス・アンコントル	京都市左京区吉田泉殿町8 関西日仏学館
山本 堯猷	川崎市港町125 日本コロンビア株式会社内 日本水中理工機株式会社	アンドレ・ユービー	東京都中央区日本橋八重洲2-1 印度支那銀行東京支店
八幡 正雄	東京都渋谷区代々木富ヶ谷1431 東海大学海洋学部	ルネ・カピタン	パリ大学法学部教授
よ		マルセル・ジュクラリウス	東京都杉並区下高井戸1-81
横平 弘	釧路市城山町139 北海道学芸大学釧路分校	ジャン・デルサルト	東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館 日仏会館フランス学長
吉田 耕造	東京都文京区弥生町東京大学理学部	ピエール・ルイ・ブラン	東京都港区麻布富士見町 フランス大使館
吉田 三郎	山形市小白川町214 山形大学教育学部地学教室	ユベール・プロシエ	グルノーブル大学法経学部教授
吉原 友吉	東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学	ロジエ・ペリカ	東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館内 在日フランス商工会議所
依田 啓二	同上	ピエール・サン・ルー	神戸市兵庫区高松町22-1 帝国酸素株式会社
わ		ベルナール・ルグラン	在パリ
若林 清	東京都港区麻布笄町168		
渡辺 貫太郎	北海道亀田郡亀田町函館海洋気象台		
渡辺 精一	東京都文京区駒込上富士前町 理化学研究所		

賛 助 会 員 (五十音順)

井 出 利 明	釧路市白金町11
伊藤 精機株式会社	東京都千代田区神田神保町 1-63 共益ビル
株式会社 榎本組伊東出張所	伊東市新井547
小樽 船用電機株式会社	小樽市色内町1-20
海上 電機株式会社	東京都千代田区神田錦町1-19
九州 マリン株式会社	福岡市上祇園町110
協同低温工業株式会社	東京都千代田区神田佐久間町1-21 山伝ビル
株式会社 協和産業	石巻市門脇九軒町84
協和商工株式会社	東京都豊島区椎名町1-1804
小松川化工機株式会社	東京都江戸川区西小松川1-2645
株式会社 産 研	沼津市千本郷林1907
三信船舶電具株式会社	東京都千代田区神田司町1-23
三洋水路測量株式会社	東京都港区芝田村町5-7 三栄ビル
静岡船用電機株式会社	焼津市中港町618
品川フォート・サービス	東京都港区芝高浜町14
シュナイダー財団極東駐在事務所	東京都港区芝琴平町38 日本ガス協会ビル
昭和電装株式会社	高松市福岡町467
鈴木製作所	東京都千代田区富士見町2-6
セントラルダイビングセンター	神奈川県足柄下郡真鶴町1947

株式会社船舶電工舎	函館市海岸町120
ソニー株式会社	東京都品川区北品川6-351
大洋電機株式会社	東京都千代田区神田司町2-7
有限会社泰和電器	東京都港区芝茸手町7
株式会社千野製作所	東京都豊島区池袋東1-6 伊藤ビル
株式会社鶴見精機工作所	横浜市鶴見区鶴見町1506
帝国酸素株式会社	神戸市兵庫区高松町22-1
帝国理化学器械製作所	東京都中央区日本橋本町3-7
東京工材株式会社	東京都中央区築地4-2 築三ビル
東京ダイビングサービス	東京都港区芝公園13号 日活アパート119
株式会社東京本山商会	東京都豊島区池袋5-225
東芝機械株式会社研究所	沼津市大岡2068-3
株式会社東邦電探	東京都杉並区上高井戸5-327
日本アクアラング株式会社	東京都豊島区巢鴨6-1344 大塚ビル
日本テトラポッド株式会社	東京都中央区銀座東1-10 銀友ビル
日本無線株式会社	東京都港区芝桜川町25 第五森ビル
有限会社白洋電機	高知市北百石町1-72
船舶用電球株式会社	東京都目黒区下目黒1-105
有限会社ハラダ電機製作所	東京都豊島区池袋8-3292
ヒュン電工株式会社	堺市松屋町1-3
富士真珠株式会社	東京都中央区銀座西5-3
フランス物産株式会社	東京都千代田区神田錦町1-6
古野電気株式会社	西宮市葺原町85
株式会社明德印刷出版社	東京都千代田区美土代町6
山下喜弘	伊東市松原206-1
雪印乳業株式会社東京研究所	東京都北区袋町1-1120
陽明紙業株式会社	東京都千代田区神田司町1-15
株式会社吉田製作所	東京都台東区東区東黒門町11
吉田荘	伊東市松原山岸624
吉野計器製作所	東京都北区西ヶ原1-14
理研ビニール工業株式会社	東京都中央区日本橋室町1-1 大栄ビル
株式会社離合社	東京都千代田区神田鍛冶町1-2 丸石ビル
株式会社渡部計器製作所	東京都文京区駒込東片町114

日 仏 海 洋 学 会 会 則

- 第1条 本会は日仏海洋学会と称する。
- 第2条 本会の目的は日仏海洋および水産学者の連絡を密にし、両国のこの分野の科学の協力を促進するものとする。
- 第3条 上記の目的を実現するため本会は次の事業を行なう。
- (1) 講演会の開催
 - (2) 両国の海洋学および水産学に関する著書、論文等の相互の翻訳、出版および普及
 - (3) 両国の海洋、水産機器の技術の導入および普及
 - (4) 日仏海洋、水産学者共同の研究およびその成果の論文、映画などによる発表
 - (5) 両国間の学者の交流促進
 - (6) 日仏海洋、水産学者の相互の親ぼくのために集会を開くこと
 - (7) 会報の発行および出版
 - (8) その他本会の目的を達するために必要な事業
- 第4条 本会には、海洋、水産学の分野に応じて分科会を設けることができる。
分科会は評議員の決議によって作るものとする。
- 第5条 本会の事務所は日仏会館（東京都千代田区神田駿河台2丁目3番地）に置く。
- 第6条 本会に地方支部を置くことができる。
- 第7条 本会会員は本会の目的に賛成し、所定の会費を収めるものとする。
会員は正会員および賛助会員とする。
- 第8条 正会員費は年額700円、賛助会員費は一口年額5,000円とする。
- この会費は総会の決議によって変えることができる。
- 第9条 本会は評議員会によって運営され、評議員は会員総会により選出される。
評議員の任期は2年とする。ただし重任を妨げない。
- 第10条 評議員はその内より次の役員を選ぶ。
- | | | | |
|------|----|-------|-----|
| 会 長 | 1名 | 副 会 長 | 若干名 |
| 常任幹事 | 3名 | 幹 事 | 若干名 |
| 監 事 | 2名 | | |
- 第11条 本会に名誉会長、顧問および名誉会員を置くことができる。名誉会長、顧問および名誉会員は評議員会の決議により会長これを委嘱または推薦する。
日仏会館フランス人学長を本会の名誉会長に推薦する。
- 第12条 会長は会を代表し会員総会および評議員会の議長となる。会長事故あるときは副会長がこれに代わる。
常任幹事は分科会および地方支部間の連絡を保ち、また会長を補佐して分科会、地方支部の活動の調整にあたり、会の財政を運営する。
監事は会の会計を監督する。
- 第13条 年に1回総会を開く。総会では評議員会の報告を聞き、会の重要問題を審議する。会員は委任状または通信によって決議に参加することができる。
会長は必要に応じて評議員の決議を経て臨時総会を招集することができる。
- 第14条 本会則の変更は総会の決議による。

Statuts de la Société franco-japonaise d'océanographie

- Art. 1** Il est formé une Société qui prend le nom de la "Société franco-japonaise d'océanographie".
- Art. 2** La Société franco-japonaise d'océanographie a pour but de resserrer les relations entre océanographes français et japonais ainsi qu'entre spécialistes des produits maritimes.
- Art. 3** A cette fin, la Société se propose :
- a) d'organiser des conférences,
 - b) de diffuser les traductions d'ouvrages concernant les études océanographiques,
 - c) d'introduire dans chacun des deux pays et d'y diffuser les techniques et les matériels océanographiques des deux pays,

- d) de promouvoir les études ou recherches communes parmi les savants des deux pays et d'en publier les résultats par publications écrites et par cinéma,
- e) de promouvoir l'échange réciproque de savants,
- f) d'organiser des réunions amicales entre savants des deux pays, à l'occasion de leurs visites mutuelles,
- g) de publier un bulletin scientifique,
- h) et, généralement, d'exercer toutes activités conformes à son but.
- Art. 4** La Société peut comporter des sections spécialisées dans un domaine particulier.
Ces sections ne peuvent se constituer qu'en vertu d'une décision du Conseil d'Administration.
- Art. 5** Le siège social est fixé à la Maison franco-japonaise, 3, 2-chome, Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo. (tél.: 291-1141~3).
- Art. 6** Des sections locales de la Société peuvent être constituées par décision du Conseil d'Administration.
- Art. 7** Toute personne s'intéressant aux activités de la Société peut s'inscrire comme membre. Tout membre doit acquitter sa cotisation.
Les membres de la Société se composent de membres ordinaires et de membres donateurs.
- Art. 8** Le montant de la cotisation est fixé comme suit :
—membre ordinaire : 700 yens par an.
—membre donateur : 5,000 yens par an, ou un multiple de cette somme.
Ce montant peut être modifié par l'Assemblée générale.
- Art. 9** Le Conseil d'Administration gère les affaires de la Société. Les membres du Conseil d'Administration sont élus pour deux ans par l'Assemblée générale, composée de tous les membres de la Société. Ils sont rééligibles.
- Art. 10** Les membres du Conseil d'Administration élisent parmi eux :
—un président
—des vice-présidents
—trois administrateurs-délégués
—des administrateurs
—deux commissaires aux comptes
- Art. 11** Le Conseil d'Administration peut, avec l'accord du président, désigner certaines personnes comme présidents d'honneur, membres honoraires ou conseillers de la Société.
Le directeur français à la Maison franco-japonaise est désigné comme président d'honneur.
- Art. 12** Le président, représentant de la Société, préside l'Assemblée et le Conseil d'Administration.
Il peut être remplacé à la présidence d'une séance par un vice-président.
Les administrateurs-délégués ont pour fonction d'assurer la liaison et la coordination entre les activités de la Société et celles de ses sections spécialisées ainsi que de ses sections locales et de gérer les finances de la Société.
Les commissaires s'occupent de la comptabilité.
- Art. 13** L'Assemblée générale est convoquée une fois par an pour entendre le rapport du Conseil d'Administration et pour délibérer sur les questions importantes concernant la Société.
Tous les membres peuvent participer aux décisions de l'Assemblée générale en s'y faisant représenter par un autre membre ou en votant par correspondance.
Le président peut éventuellement convoquer l'Assemblée générale pour des sessions supplémentaires, avec la décision du Conseil d'Administration.
- Art. 14** Les présents statuts peuvent être modifiés par l'Assemblée générale.

T.S.K.

株式会社 鶴見精機

THE TSURUMI SEIKI KOSAKUSHO CO., LTD

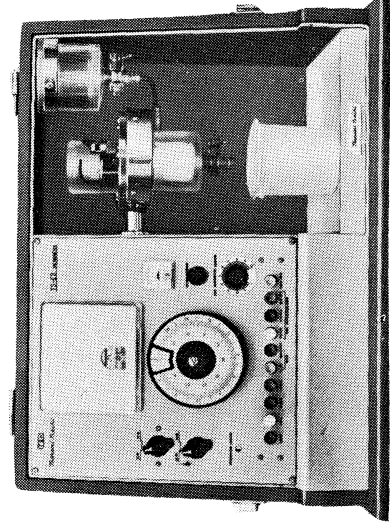
1506 TSURUMIMACHI, TSURUMI-KU, YOKOHAMA, JAPAN.

TEL. YOKOHAMA (52) 5252

T. S-E 2 塩分計 (携帯用)

(全トランジスター、電源内蔵)

- 検出部が試液中に全く露出せず
- サーミスターによる自動的温度補償 (補償範囲 5°~35°C)
- 何時でも何処でも測定1分以内
- 測定に硝酸銀、標準海水等を要せず
- 操作簡単で個人差がない
- 測定範囲 5~21‰Cl
- 精度 ±0.01‰Cl
- 電源 AC 100V. DC 12V. 何れにも使用可



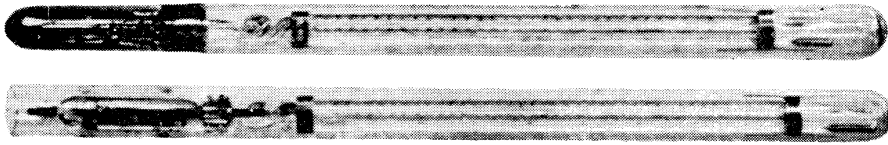
T S-E 2 SALINOMETER

海洋調査観測機製作

株式会社 鶴見精機工作所

横浜市鶴見区鶴見町 1506

Reversing Thermometer



DEPTH 10,000 M

Protected

-1~3°C in 0.02 deg.

Unprotected

25~60°C in 0.1 deg.

pressure coeff. $< 0.07^{\circ}\text{C} / \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$



WATANABE KEIKI MFG. CO., LTD.

114 Higashikata-machi, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

Cable Address: STWKEIKI Tel. Tokyo (811) 5954,0044
(812) 2360

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

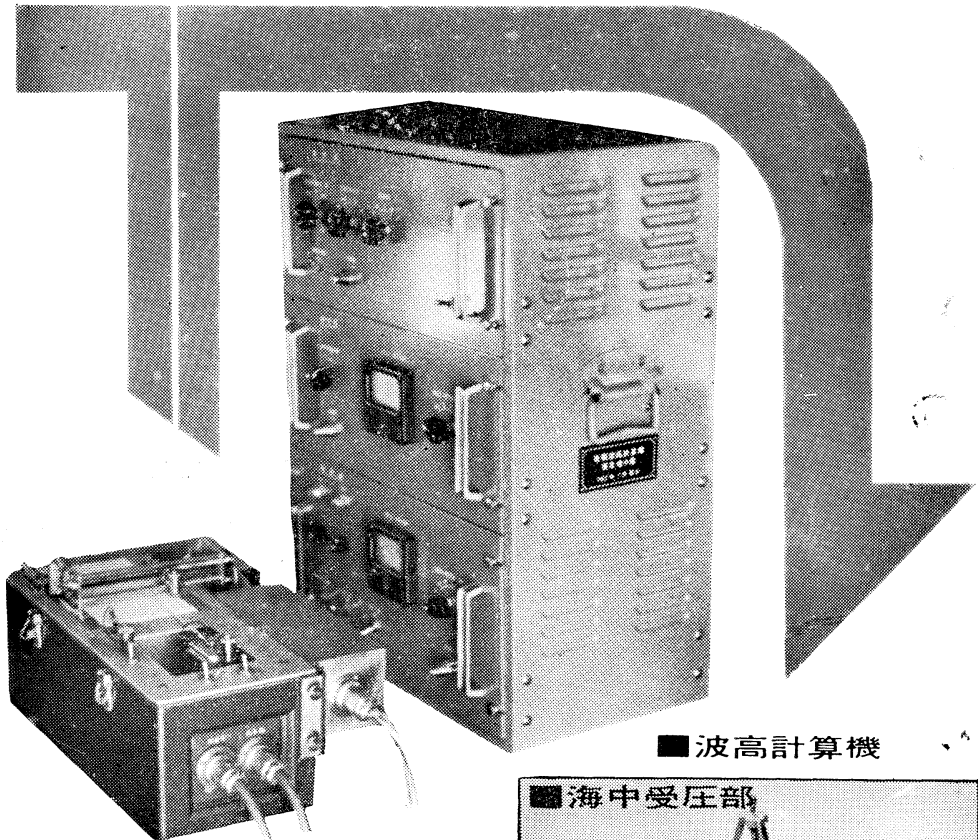
総代理店(連絡先)は全国的組織網を持つ三井物産 K.K の本, 支店出張所

三洋水路測量株式会社

東京都港区芝田村町5丁目7番地

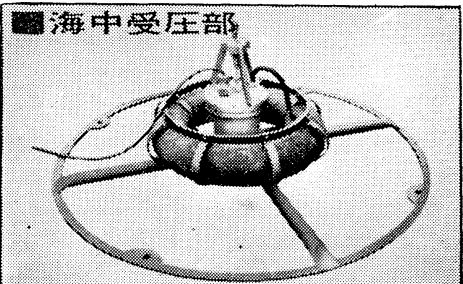
電話 (501) 8972, (581) 6837

ケーブル式波高計

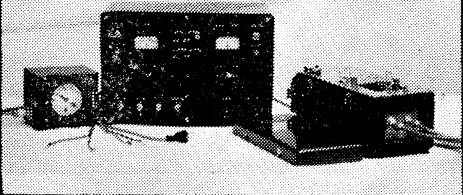


■波高計算機

ケーブル式波高計
 小野式自記流速計
 直結型波高計
 階段抵抗型波高計
 ステレオ式波高計
 波 圧 計
 土 圧 計
 理研式水中カメラ
 その他海洋観測諸計器



■海中受圧部



■陸上記録部

東京都豊島区椎名町1-1804 電話(951)1858・8147

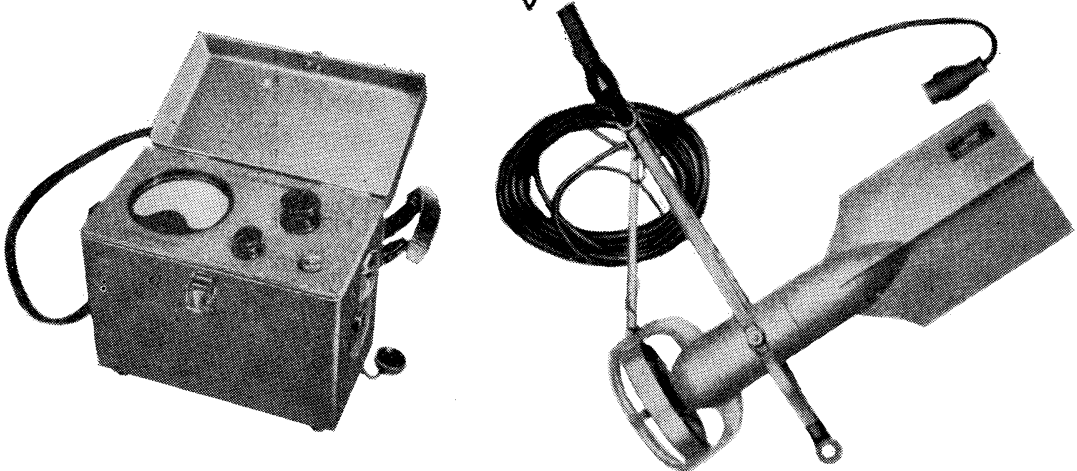
協和商工株式会社

直読式・携帯型

Dentam

流向○流速測定用

CM-2型電気流速計



全国測量機械店にて取扱っております 御一報次第カタログ送呈

株式会社

東邦電探

本社・工場 東京都杉並区上高井戸5の327
電話(391)6924・8402・9846

製造品目

ET-5型	電気	水温	計
ECT-5型	塩分	検出	計
CM-1S型	微流	流速	計
CM-1B型	電氣	流速	計

REVERSING THERMOMETER



Protected



Unprotected

Patented parallax-free back scale, opal glass
back sheath enable precise measurements.
Write for details

YKIS

Yoshino Keiki Co.

1-14, NISHIGAHARA KITA-KU

TOKYO JAPAN

[Standard Thermometer
Precise Thermometer
Mercury Barometer
Hydrometer]

アクアラング

aqua-lung



- 最新式アクアラング器具一式
業務用, スポーツ用
- フーカー潜水具
沿岸工事, 水中調査, 養魚, 養殖, 漁業一般, 救難作
業等の水中作業に最適
- ナイロンジヤージ付スポンジゴム潜水服
軽くて強く………保温性がよく………着心地快適
- アクアラング事業部併設
水中作業, 水中調査, 水中撮影等のご依頼に応じます
のでご照会下さい
- アクアラング潜水講習常時開催
東京にアクアラング訓練用プールを設置
- アクアラング相談所常時開設
お気軽にお出掛け下さい

◎ カタログ, ウェットスーツ寸度表進呈 ◎

仏国ラ・スピロテック社 日本総代理店
米国U. S. ダイバーズ社

アクアラングおよびフーカー潜水具 輸入・製造・卸・販売元
ナイロンジヤージ付スポンジゴム服

日本アクアラング株式会社

東京営業所 東京都豊島区巢鴨6丁目1344番地
東京アクアラングセンター (国電大塚駅前北口, 大塚ビル101号室)
TEL (982) 0 2 1 6 - 2 1 5 1
本社 神戸市兵庫区高松町22番地の1
(帝国酸素株式会社内)
TEL 神戸 (67) 5 5 0 1 (大代表)

東京工材株式会社

専務取締役 溝 口 哲 夫

東京都中央区築地4-2 (築三ビル四階)

電話 542-3361(代)~5・3367

精密化学・医 科 学・光学諸器械
度量計量器 ・ 硝子器械器具
化学薬品・工業薬品・木製器具

設計
製作 帝国理化学器械製作所

代表者 鈴木 哲 夫

東京都中央区日本橋本町三丁目七番地

電話 東京 (241) 5061・7458

支店 東京都文京区本郷六丁目五番地

電話 東京 (929) 0038番

工場 埼玉 県 上 尾 市



YOSHIDA SEISAKUSHO

吉田製作所の海洋試験機

流水実験装置

水圧試験装置

高圧水圧ポンプ

船舶実験室用装置

魚具類物理試験装置

階温飼育水槽	遠心沈澱分離機
振盪機	定温水槽
真空ポンプ圧搾機	蒸留水製造器
落差水槽	回流水槽
引張り、摩耗試験機	衝撃試験機

その他物理化学試験器機一般

吉田製作所

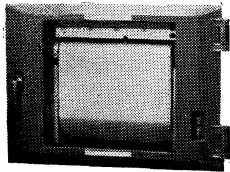
取締役社長 吉田信太郎

東京都台東区東黒門町11番地

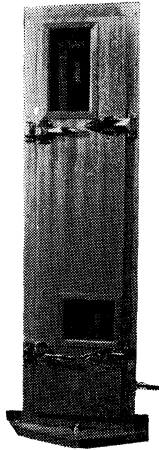
電話 東京 832-4351(代)

Electronic Barograph

The present instrument incorporates a special electric resistance filament within the capillary of a Station-type mercurial barometer, which forms one arm of an electric resistance bridge. The barometric change is transformed into a resistance change which is recorded continuously and automatically on a long-recording chart of an electronic recorder. As the sensitive element is of Station-type and housed within a constant-temperature chamber, a record reduced to that at 0°C is presented, neither any adjustment nor temperature correction being necessary at all. The record is quite exact and accurate owing to the rapid response to barometric fluctuations.



S-58



Scale range: 730~780mmHg or 670~780mmHg
(0~10mV=20mmHg)

Accuracy: 0.1mmHg

Response speed: ca. 3sec for full range

Chart duration: 33 days with one roll

Electric source: A.C. 90~110V, 50 or 60 cycles

Weight: Recorder 22kg

Transmitting barometer ca. 50kg

Marine Barometer

with the certificate issued by Japan Meteorological Agency

For marine use. The supporting arm of the barometer is constructed to keep the instrument free from misreading caused by the oscillation of the ship. The mercury filled tube has a constriction, which helps to stabilize the oscillation of the mercury column.

M. 12

Scale

Venier

650 to 820mm

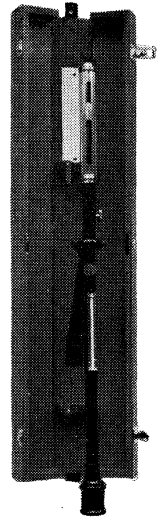
1/10mm

970 to 1090mb

1/10mb

DIMENSIONS Box, 107×11×11 cm

Weight, 7.3kg



M12-B

K. S. F

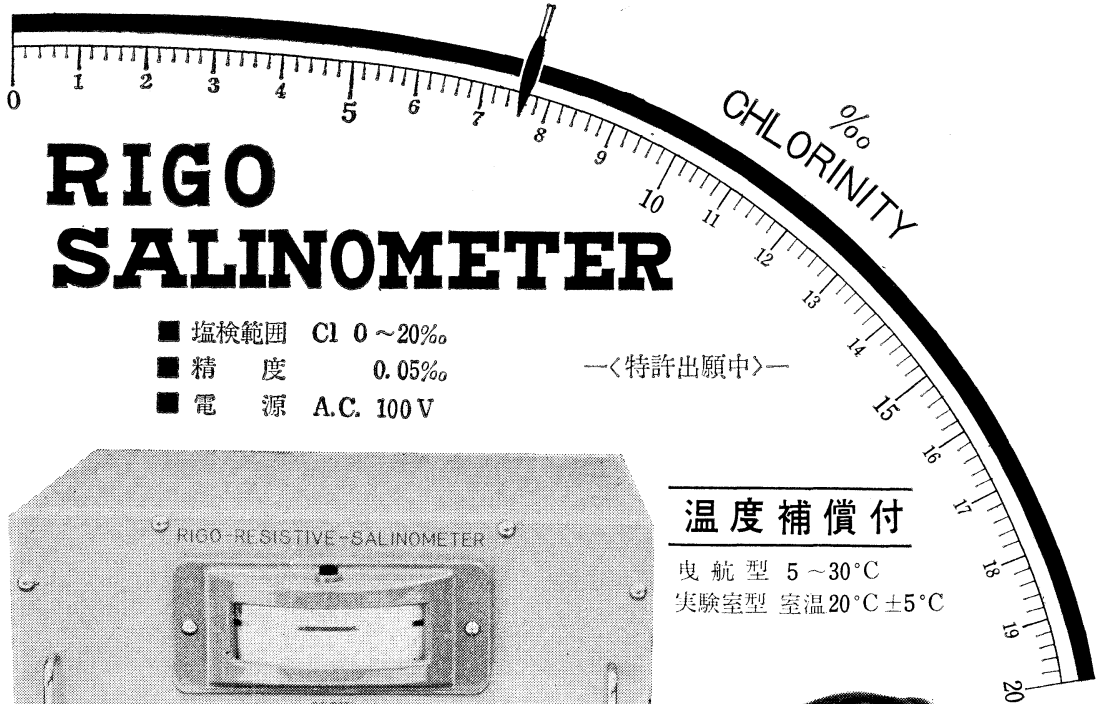
TOKYO

TOKYO SUZUKI SEISAKUSHO

No. 6, 2-chome, Fujimicho, Chiyoda-ku,

Tokyo, Japan

'63《新発売》電気伝導度式塩分計



RIGO SALINOMETER

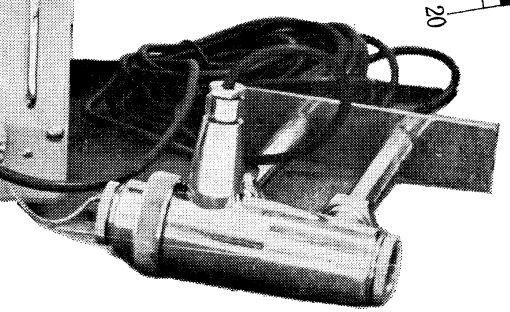
- 塩検範囲 Cl 0 ~ 20‰
- 精 度 0.05‰
- 電 源 A.C. 100 V

—〈特許出願中〉—



温度補償付

曳航型 5 ~ 30°C
実験室型 室温 20°C ± 5°C



NO. 2704 A 曳航型 UNDERWAY	NO. 2704 B 実験室型 RESISTIVE
----------------------------	------------------------------

- 温度補償付である為指示目盛=海水の読み (Cl‰) である。
- 交流を使用している為ばらつきもなく、直ちに指示目盛に達し、高精度を有す。

株式会社 離 合 社

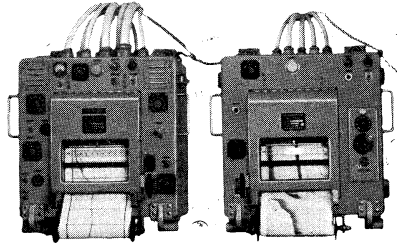
本 社 東京都千代田区神田鍛冶町1の2 丸石ビル
電 話 東 京 (252) 1 5 1 1 (代表)
大阪営業所 大阪市北区北同心町1の15 電話大阪(351)7346・8019
工 場 東 京 浦 和 一

音響測深機

ECHO SOUNDER

精密深海用音響測深機

精密な深海測深を目的として I. G. Y. 等で使用しているもので測深能力は 13,000m, 精度は 1/5000 以上の機能を有しています。



PRECISION DEPTH RECORDER

The main recording apparatus with multiple recording system is able to record the depth of 13,000 meters. Always keep over 1/5000 of precision because of the crystal controlled recording motor driven by fixed frequency electrical source.

記録レンジ

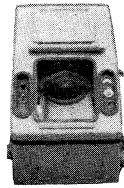
第一記録機	0-2000m	0-2200m	多重記録方式
第二記録機	0-200m	100m ステップシフト	
記録精度	±1/5000		
周波数	10KC		
記録方式	螺旋状電極線多重記録方式		
発振出力	約 2KW		
増幅方式	ヘテロダイナ増幅方式		
記録紙	電解式記録紙 紙巾 216mm 有効紙巾 170mm		
電源	AC 100V 60% 1.5KVA		

Sounding range

First recorder	0 to 2000m, 0 to 2200m
Second recorder	multiple recording system 0 to 200m (100m step shift)
Sounding Precision	Precision of recording pen speed Better than $\pm 1/5000$
Frequency	10 KC
Recording system	Spiral electrode wire multiple-recording system
Oscillation output	About 2 KW
Amplifier system	Heterodyne amplification system
Recording paper	Electrolytic recording paper paper width 216mm Effective recording width 170mm
Power source	AC 100V, 60%

極浅海用精密音響測深機

高性能浅海用測深機で、浅海、湖沼、河川、ダム等の精密測深に最適。



記録目盛	0-10m, 10-20m, ……90-100m
	0-100m ……連続自動記録
精度	±0.1%
周波数	200K%
記録紙	放電破壊記録紙 長さ 10m 巾 150mm
電源	DC 24V 約 7.5A

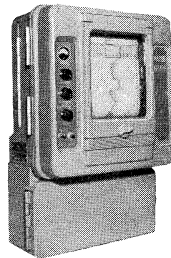
PRECISION ECHO SOUNDER FOR SHALLOW

Ideal for surveying shallow seas, harbors, lakes, dams, rivers.

Accurate to 0.1%
Portable and easily removed.

航海用音響測深機

高性能測深機で、客船、貨物船、油槽船、海洋観測船等いづれの船型にも容易に装備でき、操作も簡単で、感度、精度ともすぐれています。



記録目盛	0-120(m)	0-720(m)
	100-220(m)	600-1320(m)
	200-320(m)	1200-1920(m)
周波数	23 KC	
記録紙	乾式 長さ 10m 巾 150mm	
電源	AC 100, 110, 115, 200, 220, 230(V) 60% DC 100, 110, 115, 200, 220, 230(V)	

ECHO SOUNDER FOR NAVIGATION

MARINE GRAPH is most adaptable to passenger boats cargo boats oceanic observation boats, tankers, etc.

Recording range	0-120(m)	0-720(m)
	100-220(m)	600-1320(m)
	200-320(m)	1200-1920(m)
Frequency	23K C/S	
Recording paper	dry type	length 10m width 150mm
Power source	AC 100, 110, 115, 200, 220, 230(V) DC 100, 110, 115, 200, 220, 230(V)	

海上電機株式会社

東京都千代田区神田錦町1の19
電話 東京 291局2611-3, 8181-3



MARINE INSTRUMENTS CO., LTD.

1-19 KANDA NISHIKI-CHO, CHIYODA-KU, TOKYO
TEL. TOKYO (291) 2611-3, 8181-3
CABLE ADDRESS "MARINEINSTRU" TOKYO

Murayama

水中濁度計

水中照度計

電導度計



株式会社村山電機製作所

本社 東京都目黒区中目黒 3 - 1163
電話 (711) 5 2 0 1 (代表) ~ 4
出張所 小倉・名古屋

昭和 39 年 2 月 15 日 印刷
昭和 39 年 2 月 29 日 発行

う み 第 1 巻
第 2 号

定価 円 350

編集者 今 村 豊

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

印刷者 小 山 康 三

印刷所 株式会社 明德印刷出版社
東京都千代田区神田美土代町 6

第 1 卷 第 2 号

目 次

原 著

- 海水の大循環の年変化……………高野 健 三 1
深海生物研究の生態学的問題……………原 田 英 司・成 田 哲 也 12

寄 稿

- フランスの論文紹介・学会だより……………西 村 実 17

行 事……………19

文 献 紹 介……………49

録 事……………51

会 員 名 簿……………53

Tome 1 N° 2

SOMMAIRE

Notes originales

Variation annuelle de la circulation générale dans les océans
…………… Kenzo TAKANO 1

Aspect écologique de la recherche sur le benthos abyssal en
rapport avec le prélèvement à la JEDS-6…………… Eiji HARADA et Tetsuya NARITA 12

Miscellanées

A propos de publications scientifiques en France
…………… Minoru NISHIMURA 17

Chronique……………19

Documentation……………49

Procès-Verbaux……………51

Liste des membres……………53