
Tome 2

Novembre 1964

Numéro 1

う み

La mer

昭和39年11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 (suite et fin)*

Kenzo TAKANO**

Résumé: Dans le présent fragment se montre une solution de la circulation générale, périodique en temps, établie par une distribution de la force d'entraînement du vent et par une distribution non uniforme de la densité de l'eau, données à la surface dans un océan en forme de parallélépipède rectangle. Un calcul numérique est effectué pour la période d'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. La variation annuelle de la vitesse du courant est si faible qu'elle n'est pas mesurable par les observations hydrologiques.

CHAPITRE III Solution dans un océan en forme de parallélépipède rectangle

Nature du problème

On se propose de construire une solution de la circulation générale, périodique en temps, en faisant les hypothèses suivantes:

- 1° L'océan est en forme de parallélépipède rectangle.
- 2° Le frottement est nul au fond.
- 3° Les termes non linéaires sont négligeables dans les équations du mouvement.
- 4° Les coefficients de frottement et de diffusion sont constants partout.
- 5° Dans l'équation de densité, le gradient vertical de densité multiplié par la composante verticale de vitesse est remplacé par une constante et les autres termes non linéaires sont négligeables.

Il n'est pas facile de justifier toutes ces hypothèses. Le relief du fond dont l'effet n'a pas été bien étudié jusqu'à présent peut jouer un rôle capital dans le mouvement de l'eau dans quelques régions. Le courant entraîné par la force du vent et le courant convectif se dépendent certainement l'un de l'autre par l'intermédiaire de l'équation de densité et de la variation verticale du coefficient de frottement ou du coefficient de diffusion. Si une interaction très forte se trouve entre les courants de

ces deux types, il n'a pas de sens de les superposer et il est impossible de définir proprement le courant entraîné par la force du vent et le courant convectif. L'hypothèse 5° n'est valable que si la densité n'est pas très éloignée d'une distribution linéaire de la profondeur. Compte tenu de l'existence de la thermocline, cela n'est pas toujours le cas de la réalité. Le problème étant ainsi extrêmement simplifié, la solution basée sur ces hypothèses ne sera pas immédiatement applicable à la nature, mais servira tout de même à avoir une idée grossière de la variation de la circulation générale.

Il n'y a pratiquement pas de frontières nord et sud. Cela n'altèrera pas le résultat, car elles n'auront pas d'effet important, comme étant montré dans le Chapitre 1^{er} (TAKANO, 1964).

Mise en équation du problème

On suppose que le fluide est au repos en état fondamental. La densité ρ_f et la pression p_f s'y écrivent:

$$\rho_f = \beta z, \quad p_f = \int g \rho_f dz,$$

où g désigne l'accélération de la pesanteur et β une constante.

Avec les mêmes notations que dans les Chapitres précédents, les équations du mouvement, l'équation de continuité et l'équation de densité en état perturbé s'écrivent:

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

* Manuscrit reçu le 4 février 1964

** Institut de Géophysique, Université de Tokyo

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

$$0 = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g, \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + w\beta = A' \frac{\partial^2 \rho}{\partial z^2}. \quad (5)$$

Les conditions aux limites s'écrivent:

$$\left. \begin{aligned} A \frac{\partial u}{\partial z} &= -T_x \\ A \frac{\partial v}{\partial z} &= -T_y \\ w &= \frac{\partial \zeta}{\partial t} \\ \rho &= \rho_0 \end{aligned} \right\} \text{à } z=0,$$

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

$$u=0 \quad \text{à } x=0, L,$$

où ζ est la dénivellation de la surface, T_x , T_y et ρ_0 sont des fonctions des variables x , y et t et enfin L la largeur de l'océan.

On suppose les développements:

$$u = u_0 + \sum_{s=1}^{\infty} u_s \cos \frac{s\pi}{H} z,$$

$$v = v_0 + \sum_{s=1}^{\infty} v_s \cos \frac{s\pi}{H} z,$$

$$w = \sum_{s=1}^{\infty} w_s \sin \frac{s\pi}{H} z,$$

$$\rho = \sum_{s=1}^{\infty} \rho_s \sin \frac{s\pi}{H} z,$$

$$p = p_0 + \sum_{s=1}^{\infty} p_s \cos \frac{s\pi}{H} z,$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = u_0'' + \sum_{s=1}^{\infty} u_s'' \cos \frac{s\pi}{H} z,$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = v_0'' + \sum_{s=1}^{\infty} v_s'' \cos \frac{s\pi}{H} z,$$

$$\frac{\partial w}{\partial z} = w_0' + \sum_{s=1}^{\infty} w_s' \cos \frac{s\pi}{H} z,$$

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial z^2} = \sum_{s=1}^{\infty} \rho_s'' \sin \frac{s\pi}{H} z,$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \sum_{s=1}^{\infty} p_s' \sin \frac{s\pi}{H} z.$$

Les conditions à la surface et au fond donnent:

$$u_0'' = \frac{T_x}{AH},$$

$$u_s'' = \frac{2T_x}{AH} - \lambda^2 u_s,$$

$$v_0'' = \frac{T_y}{AH},$$

$$v_s'' = \frac{2T_y}{AH} - \lambda^2 v_s,$$

$$w_0' = -\frac{1}{H} \frac{\partial \zeta}{\partial t},$$

$$w_s' = -\frac{2}{H} \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \lambda w_s,$$

$$\rho_s'' = \frac{2}{H} \rho_0 \lambda - \lambda^2 \rho_s,$$

$$p_s' = -\lambda p_s,$$

où

$$\lambda = \frac{s\pi}{H}.$$

Les équations (1) à (5) se divisent ainsi en deux systèmes d'équations, l'un par rapport aux quatre inconnues u_0 , v_0 , ρ_0 et p_0 , l'autre par rapport aux cinq inconnues u_s , v_s , w_s , ρ_s et p_s .

On a alors:

$$\frac{T_x}{H} - ku_0 + fv_0 = \frac{\partial p_0}{\partial x} + \frac{\partial u_0}{\partial t}, \quad (6)$$

$$\frac{T_y}{H} - kv_0 - fu_0 = \frac{\partial p_0}{\partial y} + \frac{\partial v_0}{\partial t}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial u_0}{\partial x} + \frac{\partial v_0}{\partial y} = \frac{1}{H} \frac{\partial \zeta}{\partial t}, \quad (8)$$

$$\frac{2T_x}{H} - A\lambda^2 u_s - ku_s + fv_s = \frac{\partial p_s}{\partial x} + \frac{\partial u_s}{\partial t}, \quad (9)$$

$$\frac{2T_y}{H} - A\lambda^2 v_s - kv_s - fu_s = \frac{\partial p_s}{\partial y} + \frac{\partial v_s}{\partial t}, \quad (10)$$

$$p_s = -\frac{g}{\lambda} \rho_s, \quad (11)$$

$$\frac{\partial u_s}{\partial x} + \frac{\partial v_s}{\partial y} = \frac{2}{H} \frac{\partial \zeta}{\partial t} - \lambda w_s, \quad (12)$$

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial t} + \beta w_s = A' \left(\frac{2\lambda \rho_0}{H} - \lambda^2 \rho_s \right). \quad (13)$$

Composantes invariables avec la profondeur

Afin d'évaluer l'importance du terme $\frac{\partial \zeta}{\partial t}$ qui se trouve dans les équations (8) et (12), on se propose de construire une solution du système d'équations (6) à (8) et une solution approchée avec l'équation de continuité $\frac{\partial u_0}{\partial x} + \frac{\partial v_0}{\partial y} = 0$ en supposant $\frac{\partial \zeta}{\partial t} = 0$.

Lorsqu'on met d'abord $\frac{\partial u_0}{\partial x} + \frac{\partial v_0}{\partial y} = 0$, une fonction φ est introduite de telle façon que u_0 et v_0 soient données par les relations:

$$u_0 = \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad v_0 = -\frac{\partial \varphi}{\partial x},$$

ce qui permet d'obtenir:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial}{\partial t} + k \right) \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \varphi + \beta_0 \frac{\partial \varphi}{\partial x} \\ & = \frac{1}{H} \left(\frac{\partial T_x}{\partial y} - \frac{\partial T_y}{\partial x} \right), \end{aligned}$$

où

$$\beta_0 = \frac{df}{dy}.$$

Une équation similaire, mais par rapport au transport de masse, a été résolue par ICHIYE (1951). Je me permets, malgré tout, de répéter une analyse pareille à la sienne pour la commodité de comparaison avec une solution plus exacte à chercher plus tard par l'emploi de la relation (8).

Si on suppose:

$$T_x = \tau_x \cos \alpha y \cdot e^{i\omega t}, \quad T_y = 0,$$

on obtient:

$$\begin{aligned} \varphi = \sin \alpha y \cdot e^{i\omega t} \frac{\tau_x}{H\alpha} \frac{k-i\omega}{k^2+\omega^2} & [1 - (1 - e^{-\delta_2 L}) e^{\delta_1 x} \\ & - e^{\delta_2(x-L)}], \end{aligned} \quad (14)$$

Ici, δ_1 et δ_2 , racines de l'équation:

$$(k+i\omega)\delta^2 + \beta_0\delta - \alpha^2(k+i\omega) = 0$$

s'écrivent:

$$\delta_1 = \frac{k-i\omega}{2(k^2+\omega^2)} [-\beta_0 + \sqrt{\beta_0^2 + 4\alpha^2(k^2-\omega^2) + 8\alpha^2 k\omega i}],$$

$$\delta_2 = \frac{k-i\omega}{2(k^2+\omega^2)} [-\beta_0 - \sqrt{\beta_0^2 + 4\alpha^2(k^2-\omega^2) - 8\alpha^2 k\omega i}].$$

Comme β_0^2 est très grand par rapport à $4\alpha^2 \times (k^2 - \omega^2)$ et à $8\alpha^2 k\omega$, on a:

$$\delta_1 = -\beta_0 \frac{k-i\omega}{k^2+\omega^2} \left[1 + \frac{\alpha^2}{\beta_0^2} (k^2 - \omega^2 - \frac{\alpha^2}{\beta_0^2} \{ (k^2 - \omega^2)^2 - 4k^2\omega^2 \}) + \frac{2\alpha^2 k\omega}{\beta_0^2} i \left\{ 1 - \frac{2\alpha^2(k^2 - \omega^2)}{\beta_0^2} \right\} \right],$$

$$\delta_2 = \frac{\alpha^2}{\beta_0} \cdot \frac{k-i\omega}{k^2+\omega^2} \left[(k^2 - \omega^2) \left\{ 1 - \frac{\alpha^2}{\beta_0^2} (k^2 - \omega^2) \right\} + 4k^2\omega^2 \frac{\alpha^2}{\beta_0^2} + 2k\omega i \left\{ 1 - \frac{2\alpha^2(k^2 - \omega^2)}{\beta_0^2} \right\} \right].$$

Les valeurs numériques: $H = 4 \times 10^5$ cm, $k = 10^{-6}$ sec $^{-1}$, $\omega = 1,994 \times 10^{-7}$ sec $^{-1}$, $f = 0,7 \times 10^{-4}$ sec $^{-1}$, $\alpha = 0,5 \times 10^{-8}$ cm $^{-1}$, $L = 10^9$ cm et $\beta_0 = 2 \times 10^{-13}$ cm $^{-1}$ sec $^{-1}$ donnent:

$$\begin{aligned} \varphi = \tau_x \sin \alpha y e^{i\omega t} 10^8 & [4,904 e^{-0,1994ix} \\ & - 0,5871 e^{-1,925X + (-0,0150 + 0,3832X)i} \\ & - 4,904 e^{10^{-3} \cdot 1,249(X-100)} + \{-0,1994 + 10^{-3} \cdot \\ & 0,2488(X-100)\}i], \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v = \tau_x \sin \alpha y e^{i\omega t} & [-11,52 e^{-1,925X + (-0,2116 \\ & + 0,3832X)i} + 0,06246 e^{[1,249 + i \cdot 0,2487](X-100)10^{-3}}], \end{aligned}$$

où

$$X = 10^7 x.$$

En état permanent, φ et v s'écrivent:

$$\varphi = \tau_x \sin \alpha y 10^8 \{ 5,000 - 0,5872 e^{-2,001X} - 5,000 e^{1,249 \times 10^{-3}(X-100)} \},$$

$$v = \tau_x \sin \alpha y \{ -11,75 e^{-2,001X} + 0,06246 e^{1,249 \times 10^{-3}(X-100)} \}.$$

Pour obtenir une solution du système d'équations (6) à (8), il faut les équations complémentaires:

$$\frac{\partial p_0}{\partial x} = -g\rho \frac{\partial \zeta}{\partial x}, \quad \frac{\partial p_0}{\partial y} = -g\rho \frac{\partial \zeta}{\partial y}.$$

Après avoir éliminé ζ et p_0 , on a:

$$\begin{aligned} & \left\{ -\left(k + \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial}{\partial t} + gH \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right\} u_0 + \left\{ f \frac{\partial}{\partial t} \right. \\ & \left. + gH \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \right\} v_0 = -\frac{1}{H} \frac{\partial T_x}{\partial t}, \end{aligned}$$

$$-\left\{f \frac{\partial}{\partial t} - gH \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}\right\} u_0 + \left\{-\left(k + \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial}{\partial t} + gH \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right\} v_0 = -\frac{1}{H} \frac{\partial T_y}{\partial t},$$

qui deviennent;

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\partial^3}{\partial t^3} + 2k \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \left\{f^2 + k^2 - gH \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \right\} \frac{\partial}{\partial t} \right. \\ & \left. - gH \left\{ \beta_0 \frac{\partial}{\partial x} + k \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \right\} \right] v_0 \\ & = -\frac{1}{H} \left[\left(f \frac{\partial}{\partial t} - gH \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \right) T_x \right. \\ & \left. + \left\{ -\left(k + \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial}{\partial t} + gH \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right\} T_y \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

En supposant que le paramètre de Coriolis est constant dans les premier et second membres, on obtient :

$$\begin{aligned} u_0 = \cos \alpha y e^{i\omega t} & \left[-i \frac{\tau_x}{H} + fV_0 \right. \\ & \left. -fi\omega \left\{ \frac{a_1 e^{\delta_1 x}}{gH\delta_1^2 + \omega^2 - ki\omega} + \frac{a_2 e^{\delta_2(x-L)}}{gH\delta_2^2 + \omega^2 - ki\omega} \right\} \right. \\ & \left. -gH\alpha \left\{ \frac{b_1 \delta_1 e^{\delta_1 x}}{gH\delta_1^2 + \omega^2 - ki\omega} + \frac{b_2 \delta_2 e^{\delta_2(x-L)}}{gH\delta_2^2 + \omega^2 - ki\omega} \right\} \right] \\ & + \sin \alpha y e^{i\omega t} \left[gH\alpha \left\{ \frac{a_1 \delta_1 e^{\delta_1 x}}{gH\delta_1^2 + \omega^2 - ki\omega} \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{a_2 \delta_2 e^{\delta_2(x-L)}}{gH\delta_2^2 + \omega^2 - ki\omega} \right\} -fi\omega \left\{ \frac{b_1 e^{\delta_1 x}}{gH\delta_1^2 + \omega^2 - ki\omega} \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{b_2 e^{\delta_2(x-L)}}{gH\delta_2^2 + \omega^2 - ki\omega} \right\} \right], \end{aligned} \quad (16)$$

$$v_0 = \cos \alpha y e^{i\omega t} \{V_0 + a_1 e^{\delta_1 x} + a_2 e^{\delta_2(x-L)}\} + \sin \alpha y e^{i\omega t} \{b_1 e^{\delta_1 x} + b_2 e^{\delta_2(x-L)}\}. \quad (16')$$

Les constantes a_i, b_i ($i=1, 2$) sont déterminées par les conditions aux limites latérales et δ_1, δ_2 satisfont à la relation :

$$\begin{aligned} & -gH(k+i\omega)\delta^2 - gH\beta_0\delta + \{(gH\alpha^2 - 2\omega^2)k \\ & + i\omega(-\omega^2 + f^2 + k^2 - gH\alpha^2)\} = 0, \\ & \delta_1 = \frac{k-i\omega}{2(k^2 + \omega^2)} \left\{ -\beta + \frac{1}{gH} \sqrt{M+Ni} \right\}, \\ & \delta_2 = \frac{k-i\omega}{2(k^2 + \omega^2)} \left\{ -\beta - \frac{1}{gH} \sqrt{M+Ni} \right\}, \end{aligned} \quad (17)$$

où

$$M = gH[gH\{\beta_0^2 + 4\alpha^2(k^2 - \omega^2)\} - 4\omega^2(3k^2 - \omega^2 + f^2)],$$

$$N = -4gHk\omega\{3\omega^2 - 2gH\alpha^2 - (f^2 + k^2)\}.$$

Le deuxième terme entre les parenthèses de la relation (17) se transforme en :

$$\begin{aligned} & -\beta_0 \pm \frac{1}{gH} \sqrt{M+Ni} \\ & = -\beta_0 \pm \beta_0 \pm \frac{2}{\beta_0} \left\{ \alpha^2(k^2 - \omega^2) - \frac{\omega^2}{gH}(3k^2 - \omega^2 + f^2) \right\} \\ & \times \left[1 - \frac{2}{\beta_0^2} \left\{ \alpha^2(k^2 - \omega^2) - \frac{\omega^2}{gH}(3k^2 - \omega^2 + f^2) \right\} \right] \\ & \pm \frac{1}{8gH} \cdot \frac{N^2}{M\sqrt{M}} \pm \frac{i}{2gH} \frac{N}{\sqrt{M}} \left(1 + \frac{N^2}{8M^2} \right). \end{aligned}$$

D'ailleurs, on a :

$$V_0 = \frac{-\frac{f}{H} \tau_x \omega i}{k(gH\alpha^2 - 2\omega^2) + i\omega(-\omega^2 + f^2 + k^2 + gH\alpha^2)},$$

Laissant de côté les petits termes, on obtient :

$$\begin{aligned} a_1 & = -\frac{f\omega}{\omega - ki} \cdot \frac{\left(\frac{\tau_x}{H} + fV_0\right)(1 - e^{-\delta_2 L})}{f^2\omega^2 - (gH\alpha\delta_1)^2} \\ & \quad \times (gH\delta_1^2 + \omega^2 - ki\omega), \\ b_1 & = \frac{gH\alpha\delta_1 i}{\omega - ki} \cdot \frac{\left(\frac{\tau_x}{H} + fV_0\right)(1 - e^{-\delta_2 L})}{f^2\omega^2 - (gH\alpha\delta_1)^2} \\ & \quad \times (gH\delta_1^2 + \omega^2 - ki\omega), \\ a_2 & = -\frac{f\omega}{\omega - ki} \cdot \frac{\frac{\tau_x}{H} + fV_0}{f^2\omega^2 - (gH\alpha\delta_2)^2} (gH\delta_2^2 + \omega^2 - ki\omega), \\ b_2 & = \frac{gH\alpha\delta_2 i}{\omega - ki} \cdot \frac{\frac{\tau_x}{H} + fV_0}{f^2\omega^2 - (gH\alpha\delta_2)^2} (gH\delta_2^2 + \omega^2 - ki\omega). \end{aligned}$$

Il est à noter que s'annule toujours et partout le terme multiplié par $\sin \alpha y$ dans la solution (16).

Les mêmes valeurs numériques donnent :

$$\begin{aligned} u_0 & = \tau_x \cos \alpha y e^{i\omega t} \{2,394 e^{-0,2906i} \\ & \quad - 0,2934 e^{-0,0179i + (-1,925 + 0,3832i)X} \\ & \quad - 2,394 e^{-0,2905i + 10^{-3}(X-100)(1,250 + 0,3732i)}\}, \\ v_0 & = \tau_x \sin \alpha y e^{i\omega t} \\ & \quad \times \{-11,528 e^{-0,215i + (-1,925 + 0,3832i)X} \\ & \quad + 0,06195 e^{-0,0307i + 10^{-3}(X-100)} \\ & \quad \times (1,250 + 0,3732i)\}. \end{aligned}$$

Le premier terme de la relation (16') est omis, puisque :

$$V_0 = -10^{-2} \tau_x (0,9776 + 3,268 i),$$

$$a_1 = 10^{-3} \tau_x (0,00782 + 0,4182 i),$$

$$a_2 = 10^{-3} \tau_x (1,067 + 3,209 i).$$

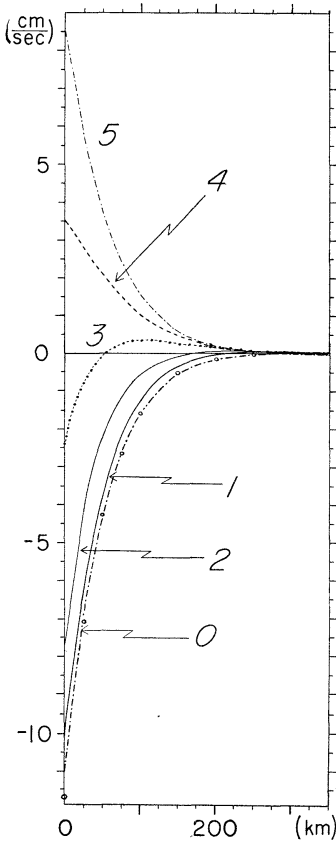


Fig. 1. Composante v_0 en fonction de x et de t près de la frontière ouest dans le cas où $\sin \alpha y = 1$ et $\tau_x = 1$.

Courbe 0 à $\omega t = 0$, 1 à $\omega t = \frac{\pi}{6}$, 2 à $\omega t = \frac{2}{6}\pi$, 3 à $\omega t = \frac{3}{6}\pi$, 4 à $\omega t = \frac{4}{6}\pi$ et 5 à $\omega t = \frac{5}{6}\pi$. Les cercles indiquent le résultat obtenu dans le cas permanent.

La figure 1 représente la variation de v_0 en fonction de x près de la frontière ouest, dans le cas où $\sin \alpha y = 1$ et $\tau_x = 1$ dyne cm^{-2} . Les chiffres 0 à 5 représentent $\omega t = 0, \frac{\pi}{6}, \frac{2}{6}\pi, \frac{3}{6}\pi,$

$\frac{4}{6}\pi$ et $\frac{5}{6}\pi$. Les cercles indiquent le résultat obtenu dans le cas permanent. Il est à remarquer que la largeur du courant fort est variable avec le temps, si on l'entend par l'abscisse du point $v_0 = 0$. Cela est compatible avec le résultat d'ICHIYE (1951) mais incompatible avec celui de Veronis et Morgan (1955). Il est difficile d'attribuer la divergence entre ce dernier et le mien à l'hypothèse que l'on a faite pour la relation (14): paramètre de Coriolis constant. Une note prochaine montrera comment leur analyse partant de presque les mêmes équations aboutit à un résultat si différent. La largeur du courant fort est la plus petite à $\omega t = \frac{3}{6}\pi$. Il paraît que l'intensité de v_0 ne dépend pas de la largeur.

Si τ_x est à peu près $0,2$ dyne cm^{-2} dans la réalité, le maximum de sa valeur absolue n'est que 2 cm sec^{-1} environ même sur la frontière elle-même.

On vient ainsi de calculer le courant dans les trois cas; le premier pour le régime permanent, le second pour le régime périodique à la vitesse verticale nulle en surface et le dernier pour le régime périodique à la vitesse verticale non nulle en surface. Il en résulte :

- 1° Aucune différence importante de la valeur absolue de la vitesse ne se trouve entre les régimes permanent et périodiques.
 - 2° Le résultat obtenu dans le second cas est pratiquement égal à celui obtenu dans le dernier cas. La composante verticale de vitesse en surface, due à l'oscillation de la surface, n'a pas de sens essentiel.
 - 3° En état périodique, le déphasage entre la force d'entraînement du vent et les composantes u_0 et v_0 augmente vers l'ouest. Il change très peu en fonction de x sauf près de la frontière ouest. Le régime juste au large de la région de l'intensification ouest ($x \geq 200 \text{ km}$) ne suit le régime tout près de la frontière est qu'en retard de 20 jours environ, tandis que le même retard de 20 jours environ se trouve à l'intervalle de 100 km dans la région de l'intensification ouest.
- Donc, la variation de la force d'entraînement du vent à la période d'un an est suffisamment

lente pour le développement des composantes u_0 et v_0 , ou le développement du transport de masse, exactement comme dans un océan zonal. Le mouvement étant invariable avec la profondeur, il n'y a évidemment aucun déphasage dans le sens vertical.

Composantes variables avec la profondeur

Le système d'équations (9) à (13) se réduit à

$$\begin{aligned} & \left[-\left(\frac{1}{A'\lambda^2} \frac{\partial}{\partial t} + 1\right) \left(A\lambda^2 + k + \frac{\partial}{\partial t}\right) + \frac{g\beta}{A'\lambda^4} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right] u_s \\ & + \left[\left(\frac{1}{A'\lambda^2} \frac{\partial}{\partial t} + 1\right) f + \frac{g\beta}{A'\lambda^4} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \right] v_s \\ & = -\frac{2}{H} \left[\frac{g}{\lambda^2} \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho_0 - \frac{\beta}{A'\lambda^2} \frac{\partial \zeta}{\partial t}\right) \right. \\ & \left. + \left(\frac{1}{A'\lambda^2} \frac{\partial}{\partial t} + 1\right) T_x \right], \quad (18) \\ & \left[-\left(\frac{1}{A'\lambda^2} \frac{\partial}{\partial t} + 1\right) f + \frac{g\beta}{A'\lambda^4} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \right] u_s \\ & + \left[-\left(\frac{1}{A'\lambda^2} \frac{\partial}{\partial t} + 1\right) \left(A\lambda^2 + k + \frac{\partial}{\partial t}\right) \right. \\ & \left. + \frac{g\beta}{A'\lambda^4} \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] v_s \\ & = -\frac{2}{H} \left[\frac{g}{\lambda^2} \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho_0 - \frac{\beta}{A'\lambda^2} \frac{\partial \zeta}{\partial t}\right) \right. \\ & \left. + \left(\frac{1}{A'\lambda^2} \frac{\partial}{\partial t} + 1\right) T_y \right], \end{aligned}$$

d'où il vient, après l'élimination de u_s :

$$\begin{aligned} & \left[f^2 \left(A'\lambda^2 + \frac{\partial}{\partial t}\right) - \frac{g\beta^2 \rho_0}{\lambda^2} \frac{\partial}{\partial x} + \left(A'\lambda^2 + \frac{\partial}{\partial t}\right) \right. \\ & \times \left(A\lambda^2 + k + \frac{\partial}{\partial t}\right) - \frac{g\beta}{\lambda^2} \left(A\lambda^2 + k + \frac{\partial}{\partial t}\right) \\ & \times \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right) \left. \right] v_s = \frac{2}{H} \left[\frac{g\beta}{\lambda^2} \left\{ f \frac{\partial}{\partial x} \right. \right. \\ & - \left(A\lambda^2 + k + \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial}{\partial y} \left. \right\} \left(\frac{\partial \zeta}{\partial t} - \frac{\lambda^2}{\beta} \rho_0 A'\right) \\ & - \left\{ f \left(A'\lambda^2 + \frac{\partial}{\partial t}\right) - \frac{g\beta}{\lambda^2} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \right\} T_x \\ & - \left\{ -\left(A'\lambda^2 + \frac{\partial}{\partial t}\right) \left(A\lambda^2 + k + \frac{\partial}{\partial t}\right) \right. \\ & \left. + \frac{g\beta}{\lambda^2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right\} T_y \right]. \quad (20) \end{aligned}$$

Les relations (6) et (7) permettent de calculer $\frac{\partial \zeta}{\partial t}$ par l'intermédiaire de $\frac{\partial p_0}{\partial x}$ et de $\frac{\partial p_0}{\partial y}$. L'im-

portance relative de $\frac{\partial \zeta}{\partial t}$ à côté de la densité ρ_0

en surface est grossièrement évaluée par le rapport $R = \left| \frac{\partial \zeta}{\partial t} \right| / \left| \frac{\lambda^2}{\beta} A' |\rho_0| \right|$. On a $R = 2,4 \times 10^{-5}$

$\times \left| \frac{\zeta_0}{\rho_0} \right| \frac{1}{s^2 A'}$ ($s=1, 2, \dots, \infty$), si $\frac{\partial}{\partial t} = 2 \times 10^{-7} \text{sec}^{-1}$,

$\beta = 0,75 \times 10^{-8} \text{g cm}^{-4}$ et $H = 4 \times 10^5 \text{cm}$. Donc,

$R = \frac{4,8 \times 10^{-2}}{s^2}$ dans le cas où $|\zeta_0| = 10 \text{cm}$, $|\rho_0|$

$= 0,5 \times 10^{-3} \text{g cm}^{-3}$ et $A' = 10$. L'effet de $\frac{\partial \zeta}{\partial t}$ est

alors de quelque 5% de ρ_0 à $s=1$. Il diminue très rapidement à mesure de l'augmentation de

s . Il est donc justifié de négliger $\frac{\partial \zeta}{\partial t}$ par rap-

port à $\frac{\lambda^2}{\beta} \rho_0 A'$ dans les seconds membres des

équations (18) à (20), au moins en première

approximation. On voit aisément que $\frac{\partial \zeta}{\partial t}$ est

également négligeable devant T_x et T_y .

On suppose:

$$\rho_0 = -\Delta \rho \cos \omega t \cos \alpha y,$$

$$T_x = \tau_x \cos \omega t \sin \alpha y,$$

$$T_y = 0.$$

L'origine du temps étant choisie au mois de février ou de mars, une distribution de densité plus voisine de la réalité s'écrirait:

$$\rho_0 = -\Delta \rho_1 \cos \alpha y - \Delta \rho_2 \sin \frac{\alpha}{2} y - \Delta \rho \cos \omega t \sin \alpha y.$$

En première approximation, $\Delta \rho_1 = 2,4 \times 10^{-3}$, $\Delta \rho_2 = 0,7 \times 10^{-3}$ (TAKANO, 1962a) et $\Delta \rho = 0,5 \times 10^{-3}$.

L'amplitude de la partie variable est donc à peu près de 20% de la partie permanente. On

laisse de côté les deux premiers termes permanents, car la solution permanente est déjà

obtenue (TAKANO, 1962 a, b, c). De la même raison, je ne prends que la partie variable de la

force d'entraînement du vent. Il paraît qu'elle est aussi de 20% environ de la partie permanente.

La distribution (21) prendra une forme plus générale, si on remplace αy par $\alpha y - \frac{\pi}{2}$

pour transformer $\sin \alpha y$ en $\cos \alpha y$.

En supposant le paramètre de Coriolis constant, on obtient:

$$u_s = \sin \alpha y \left[\cos \omega t \left\{ u_1 + f(c_1 e^{\beta_1(x-L)} + c_2 e^{\beta_2(x-L)}) \right\} \right]$$

$$\begin{aligned}
& + c_3 e^{\delta_3 x} + c_4 e^{\delta_4 x} - \frac{g\alpha\beta}{\lambda^4} (\delta_1 b_1' e^{\delta_1(x-L)} \\
& + \delta_2 b_2' e^{\delta_2(x-L)} + \delta_3 b_3' e^{\delta_3 x} + \delta_4 b_4' e^{\delta_4 x}) \Big\} \\
& + \sin \omega t \left\{ u_2 + f(d_1 e^{\delta_1(x-L)} + d_2 e^{\delta_2(x-L)} \right. \\
& + d_3 e^{\delta_3 x} + d_4 e^{\delta_4 x}) - \frac{g\alpha\beta}{\lambda^4} (\delta_1 q_1' e^{\delta_1(x-L)} \\
& + \delta_2 q_2' e^{\delta_2(x-L)} + \delta_3 q_3' e^{\delta_3 x} + \delta_4 q_4' e^{\delta_4 x}) \Big\} \\
& + \cos \alpha y \left[\cos \omega t \left\{ \frac{g\alpha\beta}{\lambda^4} (\delta_1 p_1 e^{\delta_1(x-L)} \right. \right. \\
& + \delta_2 p_2 e^{\delta_2(x-L)} + \delta_3 p_3 e^{\delta_3 x} + \delta_4 p_4 e^{\delta_4 x}) \\
& + f(c_1' e^{\delta_1(x-L)} + c_2' e^{\delta_2(x-L)} + c_3' e^{\delta_3 x} \\
& + c_4' e^{\delta_4 x}) + \sin \omega t \left\{ \frac{g\alpha\beta}{\lambda^4} (\delta_1 q_1 e^{\delta_1(x-L)} \right. \\
& + \delta_2 q_2 e^{\delta_2(x-L)} + \delta_3 q_3 e^{\delta_3 x} + \delta_4 q_4 e^{\delta_4 x}) \\
& + f(d_1' e^{\delta_1(x-L)} + d_2' e^{\delta_2(x-L)} + d_3' e^{\delta_3 x} \\
& + d_4' e^{\delta_4 x}) \Big\} \Big], \\
v_s = & \sin \alpha y [\cos \omega t \{ V_1^0 + a_1 e^{\delta_1(x-L)} + a_2 e^{\delta_2(x-L)} \\
& + a_3 e^{\delta_3 x} + a_4 e^{\delta_4 x} \} + \sin \omega t \{ V_2^0 + b_1 e^{\delta_1(x-L)} \\
& + b_2 e^{\delta_2(x-L)} + b_3 e^{\delta_3 x} + b_4 e^{\delta_4 x} \} \\
& + \cos \alpha y [\cos \omega t \{ a_1' e^{\delta_1(x-L)} + a_2' e^{\delta_2(x-L)} \\
& + a_3' e^{\delta_3 x} + a_4' e^{\delta_4 x} \} + \sin \omega t \{ b_1' e^{\delta_1(x-L)} \\
& + b_2' e^{\delta_2(x-L)} + b_3' e^{\delta_3 x} + b_4' e^{\delta_4 x} \}].
\end{aligned}$$

On fait la partie réelle de δ_1 et de δ_2 positive et celle de δ_3 et de δ_4 négative. δ_i sont les racines de l'équation:

$$\begin{aligned}
& \left(\frac{g\beta}{A'\lambda^4} \right)^2 \{ (A\lambda^2 + k)^2 + \omega^2 \} \delta_i^4 \\
& + 2 \left(\frac{g\beta}{A'\lambda^4} \right)^2 \beta_0 (A\lambda^2 + k) \delta_i^3 + \left[\left(\frac{g\beta\beta_0}{A'\lambda^4} \right)^2 \right. \\
& - 2 \frac{g\beta}{A'\lambda^4} (A\lambda^2 + k) \left\{ f^2 + (A\lambda^2 + k)^2 \right. \\
& + \frac{g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} (A\lambda^2 + k) \Big\} + 2 \frac{g\beta}{A'\lambda^4} \omega^2 \\
& \times \left\{ \frac{\omega^2 - f^2 + (A\lambda^2 + k)^2}{A'\lambda^2} - (A\lambda^2 + k) - \frac{g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} \right\} \Big] \delta_i^2 \\
& - 2 \left[f^2 + (A\lambda^2 + k)^2 + \frac{g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} (A\lambda^2 + k) \right. \\
& \left. - \omega^2 \right\} \left[\frac{2(A\lambda^2 + k)}{A'\lambda^2} + 1 \right] \frac{g\beta\beta_0}{A'\lambda^4} \delta_i + A_0 = 0,
\end{aligned}$$

où

$$\begin{aligned}
A_0 = & \left\{ f^2 + (A\lambda^2 + k)^2 + \frac{g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} (A\lambda^2 + k) \right\}^2 \\
& + \omega^2 \left[\left\{ \frac{(A\lambda^2 + k)^2 + f^2}{A'\lambda^2} \right\}^2 + \left(\frac{g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} \right)^2 \right. \\
& - 2 \{ f^2 - (A\lambda^2 + k)^2 \} + \frac{2g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} \{ (A\lambda^2 + k) \\
& + \frac{f^2 - (A\lambda^2 + k)^2}{A'\lambda^2} \} \Big] + \omega^4 \left[1 - \frac{2}{A'\lambda^2} \right. \\
& \times \left\{ \frac{f^2 - (A\lambda^2 + k)^2}{A'\lambda^2} + \frac{g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} \right\} \Big] + \omega^6 \left(\frac{1}{A'\lambda^2} \right)^2.
\end{aligned}$$

Les autres constantes s'écrivent:

$$\begin{aligned}
V_1^0 = & \frac{T_2}{A_0} \left[-f^2 - (A\lambda^2 + k)^2 - \frac{g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} (A\lambda^2 + k) \right. \\
& + \omega^2 \left\{ \left(\frac{A\lambda^2 + k}{A'\lambda^2} - 1 \right) \right. \\
& + \frac{1}{A\lambda^2 + k} \left(\frac{-f^2 + \omega^2}{A'\lambda^2} - \frac{g\alpha^2\beta}{A'\lambda^4} \right) \Big\} \Big], \\
V_2^0 = & \frac{T_2}{A_0} \omega \left[-(A\lambda^2 + k) \right. \\
& + \frac{f^2 - \omega^2}{A\lambda^2 + k} - \frac{f^2 + \omega^2 + (A\lambda^2 + k)^2}{A'\lambda^2} \Big], \\
T_2 = & -\frac{2}{H} \left(g\alpha\Delta\rho \frac{A\lambda^2 + k}{\lambda^2} - f\tau_x \right) \\
& \frac{fV_1^0(A\lambda^2 + k) - f\omega V_2^0 + \frac{2}{H} \tau_x (A\lambda^2 + k)}{(A\lambda^2 + k)^2 + \omega^2}, \\
u_1 = & \frac{fV_1^0\omega + fV_2^0(A\lambda^2 + k) + \frac{2}{H} \tau_x}{(A\lambda^2 + k)^2 + \omega^2}.
\end{aligned}$$

D'ailleurs, il y a les relations:

$$\begin{aligned}
& b_j = ia_j \\
& d_j = ia_j = a_j \left[\{ \omega + (A\lambda^2 + k)i \} \right. \\
& \quad \times \left\{ 1 + \left(\frac{\omega}{A'\lambda^2} \right)^2 \right\} + \frac{g\beta}{A'\lambda^4} \delta_j^2 \\
& \quad \times \left(\frac{\omega}{A'\lambda^2} - i \right) \Big], \\
& q_j = ip_j = a_j \left[\{ -\omega i + (A\lambda^2 + k) \} \right. \\
& \quad \times \left\{ \frac{\omega}{A'\lambda^2} + i \right\} - \frac{g\beta}{A'\lambda^4} i\delta_j^2 \Big], \\
& b_j = -ia_j, \\
& d_j = -ic_j = a_j \left[\{ \omega - (A\lambda^2 + k)i \} \right. \\
& \quad \times \left\{ 1 + \left(\frac{\omega}{A'\lambda^2} \right)^2 \right\} + \frac{g\beta}{A'\lambda^4} \delta_j^2 \\
& \quad \times \left(\frac{\omega}{A'\lambda^2} + i \right) \Big],
\end{aligned}$$

} pour $j=1, 4$

} pour $j=2, 3$

$$q_j = -ip_j = a_j \left[\left(\frac{\omega}{A'\lambda^2} - i \right) \times \{ \omega i + (A\lambda^2 + k) \} + \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} i \delta_j^2 \right]$$

Le nombre des inconnues se réduit donc à 8 à chaque rang *s*. Elles sont déterminées par les conditions aux limites latérales. Quand on écrit: $\delta_1 = \xi_1 + \eta_1 i$, $\delta_2 = \xi_1 - \eta_1 i$, $\delta_3 = -\xi_3 - \eta_3 i$, $\delta_4 = -\xi_3 + \eta_3 i$ ($\xi_j, \eta_j > 0$) $c_j = \{R(c_j) + iJ(c_j)\} a_j$, $p_j = \{R(p_j) + iJ(p_j)\} a_j$, etc., et qu'on néglige les termes multipliés par $e^{-\varepsilon_1 L}$ ou $e^{-\varepsilon_3 L}$, on obtient deux systèmes d'équations, l'un par rapport aux quatre inconnues, $a_1 + a_2$, $a_1' + a_2'$, $a_1 - a_2$ et $a_1' - a_2'$, l'autre par rapport à quatre inconnues $a_3 + a_4$, $a_3' + a_4'$, $a_3 - a_4$ et $a_3' - a_4'$:

$$\left. \begin{aligned} & (a_1 + a_2) fR(c_1) + i(a_1 - a_2) fJ(c_1) \\ & - (a_1' + a_2') \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \xi_1 R(p_1') - \eta_1 J(p_1') \} \\ & - i(a_1' - a_2') \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \eta_1 R(p_1') + \xi_1 J(p_1') \} \\ & = -u_1, \\ & - (a_1 + a_2) fJ(c_1) + i(a_1 - a_2) fR(c_1) \\ & + (a_1' + a_2') \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \eta_1 R(p_1') + \xi_1 J(p_1') \} \\ & - i(a_1' - a_2') \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \xi_1 R(p_1') - \eta_1 J(p_1') \} \\ & = -u_2, \\ & (a_1 + a_2) \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \xi_1 R(p_1') - \eta_1 J(p_1') \} \\ & + i(a_1 - a_2) \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \eta_1 R(p_1') + \xi_1 J(p_1') \} \\ & (a_1' + a_2') fR(c_1) + i(a_1' - a_2') fJ(c_1) = 0, \\ & - (a_1 + a_2) \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \eta_1 R(p_1') + \xi_1 J(p_1') \} \\ & + i(a_1 - a_2) \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \xi_1 R(p_1') - \eta_1 J(p_1') \} \\ & - (a_1' + a_2') fJ(c_1) + i(a_1' - a_2') fR(c_1) = 0, \\ & (a_3 + a_4) fR(c_3) + i(a_3 - a_4) fJ(c_3) \\ & - (a_3' + a_4') \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ -\xi_3 R(p_3') + \eta_3 J(p_3') \} \\ & + i(a_3' - a_4') \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \eta_3 R(p_3') + \xi_3 J(p_3') \} \\ & = -u_1, \\ & (a_3 + a_4) fJ(c_3) - i(a_3 - a_4) fR(c_3) \\ & + (a_3' + a_4') \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \eta_3 R(p_3') + \xi_3 J(p_3') \} \\ & + i(a_3' - a_4') \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ -\xi_3 R(p_3') \\ & + \eta_3 J(p_3') \} = -u_2, \end{aligned} \right\} (21)$$

$$\left. \begin{aligned} & - (a_3 + a_4) \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \xi_3 R(p_3') - \eta_3 J(p_3') \} \\ & - i(a_3 - a_4) \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \eta_3 R(p_3') + \xi_3 J(p_3') \} \\ & + (a_3' + a_4') fR(c_3) + i(a_3' - a_4') fJ(c_3) = 0, \\ & - (a_3 + a_4) \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \eta_3 R(p_3') + \xi_3 J(p_3') \} \\ & + i(a_3 - a_4) \frac{g\alpha\beta}{A'\lambda^4} \{ \xi_3 R(p_3') - \eta_3 J(p_3') \} \\ & + (a_3' + a_4') fJ(c_3) - i(a_3' - a_4') fR(c_3) = 0. \end{aligned} \right\}$$

La composante v_s s'écrit alors:

$$\begin{aligned} v_s = & \sin \alpha y [V_1^0 \cos \omega t + V_2^0 \sin \omega t \\ & + \cos \omega t e^{-\varepsilon_1(L-x)} \{ (a_1 + a_2) \cos \eta_1(L-x) \\ & - i(a_1 - a_2) \sin \eta_1(L-x) \} \\ & + \cos \omega t e^{-\varepsilon_3 x} \{ (a_3 + a_4) \cos \eta_3 x - i(a_3 - a_4) \\ & \times \sin \eta_3 x \} + \sin \omega t e^{-\varepsilon_1(L-x)} \{ i(a_1 - a_2) \\ & \times \cos \eta_1(L-x) + (a_1 + a_2) \sin \eta_1(L-x) \} \\ & - \sin \omega t e^{-\varepsilon_3 x} \{ i(a_3 - a_4) \cos \eta_3 x + (a_3 + a_4) \\ & \times \sin \eta_3 x \} \\ & + \cos \alpha y [\cos \omega t e^{-\varepsilon_1(L-x)} \{ (a_1' + a_2') \\ & \times \cos \eta_1(L-x) - i(a_1' - a_2') \sin \eta_1(L-x) \} \\ & + \cos \omega t e^{-\varepsilon_3 x} \{ (a_3' + a_4') \cos \eta_3 x \\ & - i(a_3' - a_4') \sin \eta_3 x \} \\ & - \sin \omega t e^{-\varepsilon_1(L-x)} \{ i(a_1' - a_2') \cos \eta_1(L-x) \\ & + (a_1' + a_2') \sin \eta_1(L-x) \} \\ & - \sin \omega t e^{-\varepsilon_3 x} \{ i(a_3' - a_4') \cos \eta_3 x \\ & + (a_3' + a_4') \sin \eta_3 x \}] \\ = & \sin \alpha y \sqrt{(V_1^0)^2 + (V_2^0)^2} \cos(\omega t - \theta_1) \\ & + \sin \alpha y [\sqrt{(a_1 + a_2)^2 + \{i(a_1 - a_2)\}^2} e^{-\varepsilon_1(L-x)} \\ & \times \cos\{\omega t - \eta_1(L-x) - \theta_2\} \\ & + \sqrt{(a_3 + a_4)^2 + \{i(a_3 - a_4)\}^2} e^{-\varepsilon_3 x} \\ & \times \cos\{\omega t + \eta_3 x + \theta_3\} \\ & + \cos \alpha y [\sqrt{(a_1' + a_2')^2 + \{i(a_1' - a_2')\}^2} \\ & \times e^{-\varepsilon_1(L-x)} \cos\{\omega t - \eta_1(L-x) - \theta_2'\} \\ & + \sqrt{(a_3' + a_4')^2 + \{i(a_3' - a_4')\}^2} e^{-\varepsilon_3 x} \\ & \times \cos\{\omega t + \eta_3 x + \theta_3'\}]. \end{aligned} \quad (23)$$

Les angles θ_1 , θ_2 , θ_3 , γ_2 et γ_3 sont déterminés par les relations:

$$\begin{aligned} \cos \theta_1 &= V_1^0 / \sqrt{(V_1^0)^2 + (V_2^0)^2}, \\ \sin \theta_1 &= V_2^0 / \sqrt{(V_1^0)^2 + (V_2^0)^2}, \\ \cos \theta_2 &= (a_1 + a_2) / \sqrt{(a_1 + a_2)^2 + \{i(a_1 - a_2)\}^2}, \\ \sin \theta_2 &= i(a_1 - a_2) / \sqrt{(a_1 + a_2)^2 + \{i(a_1 - a_2)\}^2}, \\ \cos \theta_3 &= (a_3 + a_4) / \sqrt{(a_3 + a_4)^2 + \{i(a_3 - a_4)\}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sin \theta_3 &= i(a_3 - a_4) / \sqrt{(a_3 + a_4)^2 + \{i(a_3 - a_4)\}^2} \\ \cos \theta_2' &= (a_1' + a_2') / \sqrt{(a_1' + a_2')^2 + \{i(a_1' - a_2')\}^2}, \\ \sin \theta_2' &= i(a_1' - a_2') / \sqrt{(a_1' + a_2')^2 + \{i(a_1' - a_2')\}^2}, \\ \cos \theta_3' &= (a_3' + a_4') / \sqrt{(a_3' + a_4')^2 + \{i(a_3' - a_4')\}^2}, \\ \sin \theta_3' &= i(a_3' - a_4') / \sqrt{(a_3' + a_4')^2 + \{i(a_3' - a_4')\}^2}.\end{aligned}$$

A l'exclusion de V_1^0 et de V_2^0 , la solution (23) se compose d'ondes progressives se propageant vers l'ouest; les unes à la vitesse $\frac{\omega}{\eta_1}$, à l'amplitude décroissante vers l'ouest, qui caractérisent le courant est ou le courant central, et les autres à la vitesse $\frac{\omega}{\eta_3}$ à l'amplitude croissante vers l'ouest, qui caractérisent le courant ouest. Lorsque λ devient très grand, il vient: $V_1^0 \propto \lambda^{-4} \tau_x$, $\lambda^{-4} \Delta \rho$; $V_2^0 \propto \lambda^{-6} \tau_x$, $\lambda^{-6} \Delta \rho$; $u_1 \propto \lambda^{-2} \tau_x$, $\lambda^{-6} \Delta \rho$; $u_2 \propto \lambda^{-4} \tau_x$, $\lambda^{-8} \Delta \rho$. L'ordre de grandeur des constantes $a_{j \pm} a_{j+1}$, $a_j' \pm a_{j+1}'$ ($j=1,3$) n'est pas facilement évalué par un calcul simple. Cependant, la convergence absolue et uniforme des séries infinies est évidente au moins dans le domaine défini par $0 \leq x \leq L - \varepsilon_2 < L$ avec les nombres positifs quelconques ε_1 et ε_2 . Cela justifie toutes les opérations mathématiques qu'on y a faites pour obtenir la solution formelle.

Calcul numérique

En outre des données numériques ci-dessus, je mets $A=50 \text{ g cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ $A'=50 \text{ g cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ dans le cas 1 et $A=50 \text{ g cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ et $A'=5 \text{ g cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ dans le cas 2.

Les tableaux 1 à 3 représentent ξ_j et η_j ($j=1, 3$), u_j et V_j^0 ($j=1, 2$), $a_j + a_{j+1}$, $a_j' + a_{j+1}'$, $i(a_j - a_{j+1})$ et $i(a_j' - a_{j+1}')$ ($j=1, 3$) dans le cas 1. Les tableaux 4 à 6 représentent les mêmes quantités dans le cas 2. A titre de comparaison, j'y ajoute les deux nombres caractéristiques δ_1' et δ_2' qui apparaissent en forme de $e^{\delta_1' x}$ et $e^{\delta_2' (x-L)}$ dans la solution en état permanent (TAKANO, 1962 *a, b, c*), obtenues par les mêmes données numériques sauf ω .

L'étendue de l'effet de la frontière est évaluée par la grandeur de ξ_1 et de δ_2' , et celle de la frontière ouest par la grandeur de ξ_3 et de δ_1' . A tous les rangs, notamment quand le rang n'est pas très élevé, ξ_1 est plus grand que δ_2' et ξ_3 est plus grand que $|\delta_1'|$. L'effet de la frontière est donc borné dans une région beaucoup moins étendue en état non permanent qu'en état permanent. Rappelons qu'en état permanent, une région toute voisine de la frontière ouest est encore soumise à l'effet de la frontière est ($\delta_2' = 0,007568 \times 10^{-7}$ à $s=1$ dans le cas 1). Au contraire, en état non permanent, l'effet de la frontière est ne se trouve plus dans

Tableau 1
Caractéristiques de l'effet des frontières dans le cas 1.

s	$\omega = 1,994 \times 10^{-7} \text{ sec}^{-1}$				$\omega = 0$	
	$\xi_1 (10^{-7} \text{ cm}^{-1})$	$\eta_1 (10^{-7} \text{ cm}^{-1})$	$\xi_3 (10^{-7} \text{ cm}^{-1})$	$\eta_3 (10^{-7} \text{ cm}^{-1})$	$\delta_1' (10^{-7} \text{ cm}^{-1})$	$\delta_2' (10^{-7} \text{ cm}^{-1})$
1	0,08710	0,3907	2,0016195	0,000590634	-2,0015	0,007568
2	0,6111	1,0597	2,513	0,6849	-2,074	0,09791
3	1,330	1,591	3,206	1,226	-2,369	0,4231
4	2,149	1,997	3,988	1,648	-2,955	1,049
5	3,074	2,280	4,870	1,947	-3,798	1,941
6	4,123	2,449	5,868	2,136	-4,851	3,050
7	5,311	2,519	6,997	2,228	-6,085	4,374
8	6,643	2,511	8,268	2,243	-7,476	5,805
9	8,120	2,442	9,680	2,192	-9,000	7,400
10	9,724	2,347	11,217	2,122	-10,64	9,113
11	11,443	2,222	12,869	2,018	-12,38	10,92
12	13,26	2,087	14,62	1,898	-14,21	12,83
13	15,16	1,948	16,46	1,782	-16,11	14,79

Tableau 2
Composantes invariables avec x dans le cas 1 (Unités C.G.S.)

s	V_1^0		V_2^0		u_1		u_2	
	$10^{-3}\tau_x$	$10^{-3}\Delta\rho$	$10^{-6}\tau_x$	$10^{-3}\Delta\rho$	$10^{-3}\tau_x$	$\Delta\rho$	$10^{-3}\tau_x$	$\Delta\rho$
1	-71,364804	272,9	211,51726	1251,2	1,367	1,616	15,035082	87,64
2	-71,44	328,1	48,34	1248,7	1,347	5,470	3,608	87,44
3	-71,44	421,7	17,76	1229,9	1,357	12,018	1,473	86,10
4	-71,40	542,3	6,717	1181,3	1,366	20,46	0,7076	82,69
5	-71,40	671,4	1,312	1090,2	1,372	29,50	0,3392	76,31
6	-71,40	782,9	-1,841	957,2	1,368	37,31	0,12946	67,02
7	-71,40	853,9	-3,869	796,5	1,367	42,26	0,0015	55,75
8	-71,44	876,9	-5,243	633,6	1,374	43,87	-0,07768	44,34
9	-71,44	861,5	-6,216	488,1	1,391	42,79	-0,1261	34,16
10	-71,40	821,2	-6,955	369,5	1,421	39,99	-0,1554	25,86
11	-71,37	770,6	-7,574	278,4	1,465	36,44	-0,1732	19,48
12	-71,40	718,4	-8,134	210,5	1,543	32,79	-0,1812	14,73
13	-71,40	668,2	-8,670	160,0	1,588	29,28	-0,1907	11,20

le voisinage de la frontière ouest ($\xi_1=0,08710 \times 10^{-7}$ à $s=1$ dans le cas 2). Il existera donc une région centrale, indépendante de l'effet des frontières est et ouest, où se trouvera valable la solution obtenue dans un océan zonal (TAKANO, 1964). D'ailleurs, le courant fort près de la frontière ouest est un peu moins large en état non permanent qu'en état permanent.

Le calcul s'arrête à $s=13$ dans le cas 1 et à $s=12$ dans le cas 2. La convergence des termes représentant le courant entraîné par la force du vent n'étant pas rapide, il faudrait calculer beaucoup de termes de rang supérieur pour l'obtenir même approximativement. Par contre, les termes calculés paraissent suffisamment nombreux pour obtenir le courant convectif près des frontières est et ouest, car près des frontières, la partie variable avec x , dont la convergence est rapide, est beaucoup plus importante que la partie invariable avec x représentée par les séries $\sum V_1^0 \cos \lambda z$ et $\sum V_2^0 \times \cos \lambda z$ dont la convergence est très lente.

Le courant convectif est très variable avec le coefficient A' , alors que ξ_j , η_j et les termes représentant le courant entraîné par la force du vent ne sont pas très sensibles à sa change. Celui-là devient très faible dans le cas 2.

En raison de la forme trop complexe de la

solution, il semble impossible d'explicitement le courant entraîné par la force du vent, en remplaçant la somme de la série infinie par une intégrale définie, comme cela étant fait dans des notes précédentes (TAKANO, 1962 *a, b, c*). Il est tout de même probable que la somme de la série représentant $v(\tau)$ due à la force d'entraînement du vent soit pratiquement nulle sauf dans une couche superficielle peu profonde (couche d'Ekman), que dans l'océan central, elle s'approche de la composante méridienne du courant obtenue dans un océan zonal, et que près des frontières elle soit déviée de celle-ci à façon de s'annuler sur les frontières. La région où se manifeste cette déviation est bornée tout près de la frontière à l'ouest mais s'étend jusqu'au centre à l'est.

La comparaison de ξ_1 avec δ_2' et de ξ_3 avec δ_1' montre que l'effet de ω est accentué dans les termes de rang inférieur, en particulier sur ξ_1 .

Courant convectif

En raison de la lenteur de la convergence, on met de côté un instant le courant entraîné par la force du vent.

Les tableaux 7 et 8 représentent l'amplitude $\sqrt{(V_1^0)^2 + (V_2^0)^2}$ et le déphasage θ_1 . Les tableaux

Tableau 3
Coefficients $a_j \pm a_{j+1}$ et $a'_j \pm a'_{j+1}$ dans le cas 1 (Unités C.G.S.)

s	a_1+a_2	$i(a_1-a_2)$	$a'_1+a'_2$	$i(a'_1-a'_2)$	a_3+a_4	$i(a_3-a_4)$	$a'_3+a'_4$	$i(a'_3-a'_4)$
	$10^{-8}\tau_x$							
1	53,55	1,1436	-89,20	-20,45	71,51	5,357	55,39	-61,01
2	50,35	1,894	-57,68	-31,42	78,57	16,57	113,68	-191,6
3	48,87	-1,558	-41,21	-23,92	96,94	21,45	105,73	-120,21
4	50,95	-4,933	-34,41	-18,04	109,90	6,887	78,92	-94,31
5	54,27	-6,198	-29,97	-14,48	104,95	-5,409	56,38	-67,23
6	56,96	-5,906	-25,92	-11,686	97,27	-8,519	43,98	-45,26
7	59,23	-5,219	-22,37	-9,420	91,40	-7,829	35,78	-30,11
8	60,88	-4,200	-19,35	-7,274	87,43	-6,337	29,43	-20,04
9	62,29	-3,263	-16,46	-5,619	84,39	-5,046	24,06	-13,48
10	63,46	-2,599	-14,09	-4,302	82,03	-3,672	19,73	-9,092
11	64,55	-2,012	-12,09	-3,306	80,15	-2,725	16,19	-6,268
12	65,50	-1,549	-10,488	-2,628	78,71	-2,050	13,56	-4,529
13	66,23	-1,209	-8,912	-1,987	77,50	-1,580	11,131	-3,176
	$10\Delta\rho$							
1	29,13	8,336	-50,98	-12,616	41,65	0,11093	6,494	-355,7
2	108,34	37,40	-104,77	-106,52	182,0	-15,88	120,78	-492,2
3	178,2	115,22	-87,93	-187,2	398,9	-163,0	80,18	-690,3
4	206,7	194,0	-50,65	-209,1	430,1	-432,1	-104,14	-672,9
5	209,7	236,7	-30,94	-190,2	322,9	-515,7	-131,5	-490,3
6	208,3	243,3	-28,21	-156,2	268,4	-474,4	-69,10	-345,4
7	204,6	225,2	-30,87	-120,31	251,1	-396,7	-11,906	-239,0
8	198,3	196,5	-33,36	-87,56	240,8	-316,0	20,23	-160,1
9	185,1	159,7	-31,34	-60,55	225,2	-243,2	31,54	-103,40
10	169,5	126,7	-27,36	-40,74	204,3	-182,0	31,88	-64,99
11	151,6	98,75	-22,50	-26,96	179,8	-134,6	27,18	-40,34
12	133,3	76,12	-17,70	-17,68	155,1	-100,57	22,56	-18,20
13	115,96	58,41	-13,64	-11,587	133,0	-73,54	16,40	-15,68

9 à 12 représentent les amplitudes dues à $\Delta\rho$

$$\sqrt{(a_1+a_2)^2 + \{i(a_1-a_2)\}^2} (=R_1),$$

$$\sqrt{(a'_1+a'_2)^2 + \{i(a'_1-a'_2)\}^2} (=R'_1),$$

$$\sqrt{(a_3+a_4)^2 + \{i(a_3-a_4)\}^2} (=R_2) \text{ et}$$

$$\sqrt{(a'_3+a'_4)^2 + \{i(a'_3-a'_4)\}^2} (=R'_2)$$

les déphasages $\theta_2, \theta_3, \theta'_2$ et θ'_3 , les longueurs d'onde $2\pi/\eta_1$ et $2\pi/\eta_3$ et les vitesses ω/η_1 et ω/η_3 .

Dans les cas 1 et 2, l'amplitude et la vitesse deviennent infiniment petites, lorsque $s \rightarrow \infty$.

Si la largeur de la région soumise à l'effet de la frontière est à peu près $1,5 \times 10^8$ cm, il

faut un an pour que l'onde à $s=1$ traverse cette distance avec la vitesse de 5 cm/sec. D'un autre côté, à l'ouest où un courant fort méridien s'étend jusqu'à 100 km au large de la frontière, il faut quatre mois pour que l'onde à $s=4$ traverse ces 100 km avec la vitesse de 1 cm/sec. Une des différences remarquables entre le courant convectif et le courant entraîné par la force du vent se trouve donc dans le temps qu'il faut pour suivre la variation de la densité en surface ou celle de la force d'entraînement du vent. Une autre différence qui n'est pas

Tableau 4
Caractéristiques de l'effet des frontières dans le cas 2.

s	$\omega=1,994 \times 10^{-7} \text{ sec}^{-1}$				$\omega=0$	
	$\xi_1(10^{-7}\text{cm}^{-1})$	$\eta_1(10^{-7}\text{cm}^{-1})$	$\xi_3(10^{-7}\text{cm}^{-1})$	$\eta_3(10^{-7}\text{cm}^{-1})$	$\delta_1'(10^{-7}\text{cm}^{-1})$	$\delta_2'(10^{-7}\text{cm}^{-1})$
1	0,08222	0,3926	2,0002794	0,01135817	-1,996	0,001886
2	0,5736	1,0934	2,476	0,7178	-1,988	0,01134
3	1,2109	1,708	3,086	1,344	-1,997	0,05132
4	1,872	2,269	3,711	1,920	-2,058	0,1516
5	2,533	2,787	4,329	2,454	-2,194	0,3369
6	3,184	3,265	4,928	2,952	-2,414	0,6139
7	3,824	3,703	5,510	3,411	-2,713	0,9757
8	4,450	4,100	6,075	3,830	-3,080	1,409
9	5,061	4,456	6,622	4,207	-3,502	1,902
10	5,660	4,772	7,154	4,544	-3,972	2,443
11	6,247	5,044	7,673	4,837	-4,478	3,022
12	6,820	5,274	8,179	5,086	-5,016	3,631

Tableau 5
Composantes invariables avec x dans le cas 2 (Unité C.G.S.).

s	V_1^0		V_2^0		u_1		u_2	
	$10^{-3}\tau_x$	$10^{-3}\Delta\rho$	$10^{-6}\tau_x$	$10^{-3}\Delta\rho$	$10^{-4}\tau_x$	$\Delta\rho$	$10^{-4}\tau_x$	$\Delta\rho$
1	-71,3699	25,56	212,326	125,6	10,91624	0,03968	150,342	8,775
2	-71,40	25,87	49,14	126,75	10,59	0,06038	36,07	8,780
3	-71,40	26,83	18,82	128,46	10,73	0,1258	14,90	8,774
4	-71,40	28,25	8,096	130,82	10,94	0,2178	7,484	8,768
5	-71,40	30,17	3,037	133,84	11,22	0,3389	4,052	8,761
6	-71,40	32,64	0,1734	137,45	11,58	0,4864	2,187	8,750
7	-71,40	35,73	-1,671	141,6	11,98	0,6610	1,0593	8,723
8	-71,40	39,44	-2,989	146,2	12,45	0,8586	0,3260	8,691
9	-71,40	43,94	-4,020	151,2	12,98	1,0822	-0,1810	8,423
10	-71,38	49,15	-4,886	156,4	13,56	1,323	-0,5461	8,567
11	-71,40	55,20	-5,653	161,6	14,22	1,584	-0,8157	8,464
12	-71,44	62,23	-6,377	167,2	14,96	1,862	-1,0254	8,363

moins remarquable, c'est l'amplitude de la vitesse en état non permanent vis-à-vis de celle en état permanent. A la force d'entraînement du vent, la partie variable avec le temps est à peu près 20% de la partie permanente. Il se trouve donc une variation de 20% au transport de masse et certainement au courant entraîné par la force du vent lui-même. Ce n'est toutefois pas le cas du courant

convectif. Le tableau 13 montre les maximums des constantes R_j et R_j' et les rangs s où ont lieu ces maximums dans les cas 1 et 2 de la présente note, et a_1 , a_1' , $a_2 e^{\delta_2 L}$ et $a_2' e^{\delta_2 L}$ dans les cas 2 et 3 d'une note précédente (TAKANO, 1962 a). Rappelons qu'on emploie les mêmes données numériques sauf ω dans le cas 1 de la présente note et le cas 2 de la note précitée, d'une part, et dans le cas 2 de celle-là et le

Tableau 6
Coefficients $a_j \pm a_{j+1}$ et $a'_j \pm a'_{j+1}$ dans le cas 2 (Unités C.G.S.).

s	a_1+a_2	$i(a_1-a_2)$	$a'_1+a'_2$	$i(a'_1-a'_2)$	a_3+a_4	$i(a_3-a_4)$	$a'_3+a'_4$	$i(a'_3-a'_4)$
	$10^{-8}\tau_x$							
1	53,43	1,665	-88,99	-21,44	0,7046	4,707	0,05004	-60,13
2	49,69	2,980	-56,32	-33,54	77,35	15,57	101,59	-191,9
3	46,63	-0,1506	-38,22	-26,14	94,66	22,39	94,72	-122,95
4	47,05	-4,529	-31,24	-19,97	111,97	7,896	67,74	-105,08
5	49,82	-7,556	-27,63	-16,89	107,29	-9,441	41,10	-81,64
6	53,04	-8,811	-24,69	-15,23	97,60	-14,24	29,19	-60,35
7	55,78	-8,969	-22,04	-14,02	91,01	-13,98	23,83	-46,05
8	58,03	-8,563	-19,69	-12,93	86,93	-12,664	20,67	-36,38
9	59,80	-7,990	-17,66	-11,861	84,30	-11,139	18,51	-29,59
10	61,19	-7,289	-15,90	-10,837	82,29	-9,723	16,77	-24,40
11	62,30	-6,566	-14,38	-9,864	80,90	-8,539	15,34	-20,50
12	63,36	-5,955	-13,10	-8,952	79,98	-7,456	14,11	-17,36
	$10A\rho$							
1	3,095	0,3078	-5,082	-1,596	0,04117	-0,004869	0,03560	-3,511
2	10,967	3,862	-10,493	-11,150	18,37	-1,474	10,484	-49,61
3	18,31	12,703	-7,820	-20,70	43,21	-17,14	3,462	-74,09
4	20,64	23,50	-1,373	-24,49	47,57	-57,03	-30,17	-77,03
5	18,91	31,85	3,871	-23,48	23,20	-75,68	-44,26	-50,54
6	15,82	36,72	6,592	-20,54	7,126	-73,00	-38,37	-31,84
7	13,05	38,97	7,447	-17,48	0,7643	-66,97	-30,22	-22,56
8	11,017	39,63	7,281	-14,83	-1,2327	-61,59	-23,51	-17,55
9	9,637	39,45	6,397	-12,358	-0,9756	-55,62	-17,85	-14,23
10	9,033	38,31	5,733	-10,874	-0,2456	-52,93	-14,28	-12,400
11	8,734	36,85	4,808	-9,381	1,1118	-49,19	-11,109	-10,775
12	8,797	35,28	3,934	-8,165	2,646	-45,82	-8,595	-9,458

cas 3 de celle-ci, d'autre part. Ces constantes peuvent caractériser, bien qu'approximativement, l'intensité du courant établi le long de la frontière est ou de la frontière ouest. Le tableau 12 n'empêche donc pas d'évaluer grossièrement celle du courant convectif en états permanent et non permanent. Près de la frontière ouest, la valeur absolue en état non permanent est inférieure à 1/10 de celle obtenue en état permanent, alors qu'elle n'est pas si diminuée près de la frontière est. Il en résulte que l'introduction de ω affaiblit le courant convectif, surtout près de la frontière ouest et que la différence du régime entre le voisinage

de la frontière est et celui de la frontière ouest n'est plus si nette qu'en état permanent. En fin de compte, la période d'un an est trop courte pour le développement du courant convectif. Par suite, l'importance relative de la force d'entraînement du vent augmente en état non permanent.

Un autre point à noter, c'est que la valeur de A' a un effet plus considérable en état non permanent.

Les figures 2 à 13 illustrent la variation de $v(\rho_0)$ due au courant convectif en fonction du temps près des frontières est et ouest. On néglige la partie indépendante de x , $\sum V_1^0 \cos$

Tableau 7
Amplitude $\sqrt{(V_1^0)^2+(V_2^0)^2}$ et déphasage θ_1
dans le cas 1.

s	$\sqrt{(V_1^0)^2+(V_2^0)^2}$ ($\Delta\rho$)	θ_1
1	1,281	1,356
2	1,291	1,314
3	1,300	1,241
4	1,300	1,140
5	1,280	1,019
6	1,237	0,8854
7	1,168	0,7507
8	1,082	0,6257
9	0,9902	0,5155
10	0,9005	0,4228
11	0,8193	0,3467
12	0,7486	0,2850
13	0,6871	0,2350

Tableau 8
Amplitude $\sqrt{(V_1^0)^2+(V_2^0)^2}$ et déphasage θ_1
dans le cas 2.

s	$\sqrt{(V_1^0)^2+(V_2^0)^2}$ ($\Delta\rho$)	θ_1
1	0,1282	1,370
2	0,1294	1,369
3	0,1307	1,365
4	0,1338	1,358
5	0,1372	1,349
6	0,1413	1,338
7	0,1460	1,324
8	0,1514	1,307
9	0,1574	1,288
10	0,1640	1,266
11	0,1708	1,242
12	0,1784	1,215

Tableau 9
Amplitudes et angles dans le cas 1.

s	R_2 ($10^3\Delta\rho$)	θ_2	R_2' ($10^3\Delta\rho$)	θ_2'	R_3 ($10^3\Delta\rho$)	θ_3	R_3' ($10^3\Delta\rho$)	θ_3'
1	0,3030	0,2788	0,5251	-2,899	0,4310	0,00266	3,558	-1,552
2	1,1461	0,3324	1,495	-2,348	1,827	-0,08703	5,069	-1,330
3	2,122	0,5740	2,068	-2,010	4,309	-0,3879	6,949	-1,455
4	2,835	0,7538	2,152	-1,809	6,097	-0,7878	6,810	-1,724
5	3,162	0,8459	1,927	-1,732	6,084	-1,011	5,076	-1,833
6	3,203	0,8627	1,587	-1,749	5,451	-1,056	3,523	-1,768
7	3,043	0,8333	1,242	-1,822	4,696	-1,007	2,392	-1,619
8	2,792	0,7808	0,9370	-1,935	3,972	-0,9196	1,614	-1,445
9	2,445	0,7119	0,6818	-2,048	3,315	-0,8238	1,0811	-1,275
10	2,116	0,6419	0,4908	-2,162	2,736	-0,7277	0,7239	-1,115
11	1,809	0,5774	0,3512	-2,266	2,246	-0,6426	0,4864	-0,9780
12	1,535	0,5188	0,2502	-2,357	1,849	-0,5753	0,2899	-0,6788
13	1,298	0,4666	0,1790	-2,437	1,520	-0,5050	0,2269	-0,7630

λz et $\sum V_2^0 \sin \lambda z$, puisque V_1^0 et V_2^0 sont relativement petites près des frontières et en raison de la convergence lente des séries infinies, il faudrait calculer beaucoup plus de termes de rang supérieur pour déterminer précisément la contribution de ces termes. Cela altèrera probablement un peu le résultat dans une couche superficielle de quelques dizaines de mètres de

profondeur.

La figure 2 montre $v(\rho_0)$ à $\omega t=0$, $\frac{\pi}{6}$, $\frac{2}{6}\pi$, $\frac{3}{6}\pi$, $\frac{4}{6}\pi$ et $\frac{5}{6}\pi$ en fonction de x en surface près de la frontière ouest pour $\Delta\rho=10^{-3}\text{g/cm}^3$ dans le cas 1. Introduits à façon d'écrire $v(\rho_0)=C \cos \alpha y+S \sin \alpha y$, C et S désignent les coef-

Tableau 10
Vitesses et longueurs d'onde dans le cas 1.

s	$\omega/\gamma_1 \left(\frac{\text{cm}}{\text{sec}} \right)$	$\omega/\gamma_3 \left(\frac{\text{cm}}{\text{sec}} \right)$	$2\pi/\gamma_1$ (100 km)	$2\pi/\gamma_3$ (100 km)
1	5,105	3376,	16,08	10637,
2	1,881	2,911	5,927	9,173
3	1,253	1,627	3,948	5,127
4	0,9986	1,2100	3,147	3,813
5	0,8746	1,0241	2,756	3,227
6	0,8142	0,9336	2,566	2,942
7	0,7916	0,8949	2,494	2,820
8	0,7940	0,8889	2,502	2,801
9	0,8165	0,9097	2,573	2,866
10	0,8496	0,9398	2,677	2,961
11	0,8973	0,9880	2,827	3,113
12	0,9555	1,0506	3,011	3,310
13	1,0235	1,1190	3,225	3,526

Tableau 11
Amplitudes et angles dans le cas 2.

s	R_2 ($10\Delta\rho$)	θ_2	R_2' ($10\Delta\rho$)	θ_2'	R_3 ($10\Delta\rho$)	θ_3	R_3' ($10\Delta\rho$)	θ_3'
1	3,110	0,09913	5,327	-2,837	0,04146	-0,1177	3,511	-1,561
2	11,628	0,3386	15,31	-2,326	18,43	-0,08007	50,71	-1,363
3	22,23	0,6066	22,13	-1,932	46,49	-0,3777	74,17	-1,524
4	31,28	0,8501	24,53	-1,627	74,26	-0,8756	82,73	-1,944
5	37,04	1,035	23,80	-1,407	79,15	-1,273	67,18	-2,290
6	39,97	1,164	21,57	-1,260	73,35	-1,474	49,86	-2,449
7	41,10	1,248	19,00	-1,168	66,98	-1,559	37,71	-2,500
8	41,13	1,300	16,52	-1,114	61,60	-1,591	29,34	-2,500
9	40,61	1,331	13,91	-1,093	55,63	-1,588	22,83	-2,469
10	39,37	1,339	12,30	-1,086	52,93	-1,576	18,91	-2,427
11	37,89	1,342	10,541	-1,097	49,20	-1,548	15,48	-2,372
12	36,36	1,326	9,064	-1,122	45,89	-1,513	12,78	-2,308

ficients de $\cos \alpha y$ et de $\sin \alpha y$.

Bien que la valeur sur la frontière elle-même ne soit pas précise, à cause de l'insuffisance du nombre des termes calculés, on la présente, à titre d'indication :

$$C = \begin{cases} 18,79 & \text{pour } \omega t = \pi/6, \\ 32,14 & \text{pour } \omega t = 2\pi/6, \\ 36,88 (= -\Sigma i(a_3' - a_4')) & \text{pour } \omega t = 3\pi/6, \\ 31,74 & \text{pour } \omega t = 4\pi/6, \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 30,33 (= \Sigma(a_3 + a_4)) & \text{pour } \omega t = 0, \\ 41,51 & \text{pour } \omega t = \pi/6, \\ 41,57 & \text{pour } \omega t = 2\pi/6, \\ 30,48 (= -\Sigma i(a_3 - a_4)) & \text{pour } \omega t = 3\pi/6. \end{cases}$$

Etant donné que $\Delta\rho$ est à peu près $0,5 \times 10^{-3}$ g/cm³ dans la réalité, la vitesse est quelques centimètres à second dans le voisinage immédiat de la frontière. Très faible par rapport à la vitesse en état permanent, elle est tout de mêm-

Tableau 12
Vitesses et longueurs d'ondes dans le cas 2.

s	$\omega/\gamma_1 \left(\frac{\text{cm}}{\text{sec}} \right)$	$\omega/\gamma_3 \left(\frac{\text{cm}}{\text{sec}} \right)$	$2\pi/\gamma_1$ (100 km)	$2\pi/\gamma_3$ (100 km)
1	5,079	175,6	16,00	553,3
2	1,825	2,778	5,751	8,753
3	1,167	1,495	3,677	4,711
4	0,8788	1,048	2,769	3,302
5	0,7154	0,8126	2,254	2,561
6	0,6108	0,6756	1,925	2,129
7	0,5386	0,5846	1,697	1,842
8	0,4863	0,5206	1,532	1,640
9	0,4475	0,4740	1,410	1,494
10	0,4179	0,4389	1,317	1,383
11	0,3954	0,4122	1,246	1,299
12	0,3781	0,3920	1,191	1,235

Tableau 13

Comparaison des résultats obtenus dans les cas permanent et non permanent.

	ouest		est	
	maximum	s	maximum	s
cas 1 ($\omega \neq 0$)	$6,949 \times 10^3 \Delta \rho$	3	$3,203 \times 10^3 \Delta \rho$	6
	($\omega = 0$) $86,37 \times 10^3 \Delta \rho$	1	$4,348 \times 10^3 \Delta \rho$	5
cas 2 ($\omega \neq 0$)	$0,8273 \times 10^3 \Delta \rho$	4	$0,4113 \times 10^3 \Delta \rho$	8
	($\omega = 0$) $33,62 \times 10^3 \Delta \rho$	2	$1,299 \times 10^3 \Delta \rho$	9

me supérieure à la vitesse réalisée par la force d'entraînement du vent, lorsque l'amplitude de celle-ci est prise $0,2 \text{ dyne/cm}^2$. La largeur du courant établi le long de la frontière varie avec le temps, si on l'entend par l'abscisse du point de $v(\rho_0)=0$. Cependant, l'intensité du courant semble indépendante de la largeur. La figure 3 illustre la variation près de la frontière est. Sur la frontière on a :

$$C = \begin{cases} -10,73 & \text{pour } \omega t = \pi/6, \\ -13,28 & \text{pour } \omega t = 2\pi/6, \\ -12,27 (= \Sigma i(a_1' - a_2')) & \text{pour } \omega t = 3\pi/6, \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 20,99 (= \Sigma(a_1 + a_2)) & \text{pour } \omega t = 0, \\ 27,06 & \text{pour } \omega t = \pi/6, \\ 25,88 & \text{pour } \omega t = 2\pi/6, \\ 17,76 (= \Sigma i(a_1 - a_2)) & \text{pour } \omega t = 3\pi/6, \\ -9,30 & \text{pour } \omega t = 5\pi/6. \end{cases}$$

Ces valeurs ne sont pas précises comme sur la frontière ouest.

Les figures 4 et 5 représentent les coefficients de $\cos ay$ et de $\sin ay$ en fonction du temps et de la profondeur à $x=50 \text{ km}$ et les figures 6 et 7 à $L-x=100 \text{ km}$ dans le cas 1. Rappelons que dans le cas permanent, le mouvement est considérable jusqu'au fond près de la frontière ouest et peu sensible dans des couches profondes près de la frontière est. C'est justement le cas contraire de l'état non permanent. Près de la frontière est, le mouvement est considérable jusqu'au fond, tandis qu'il disparaît à $z=2000 \text{ m} \sim 2500 \text{ m}$ près de la frontière ouest.

Les figures 8 à 13 illustrent les résultats obtenus dans le cas 2.

On obtient sur la frontière ouest :

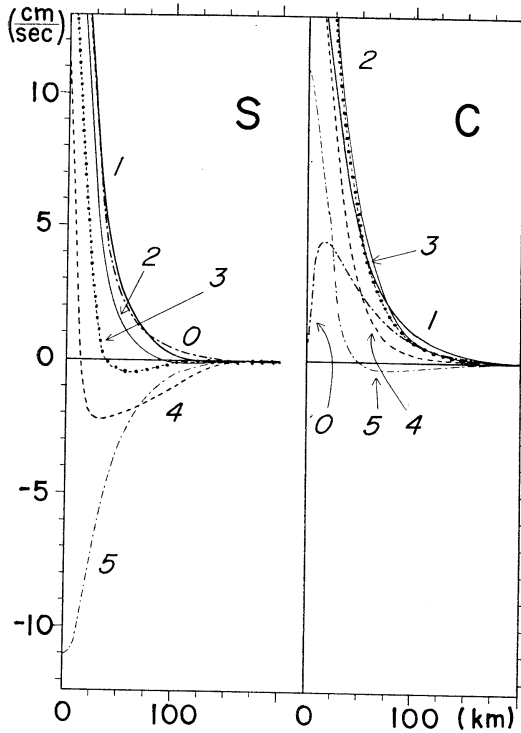


Fig. 2. Variation annuelle de $v(\rho_0)$ due à la convection en fonction de x à la surface près de la frontière ouest pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 1. C: coefficient de $\cos \alpha y$, S: coefficient de $\sin \alpha y$.

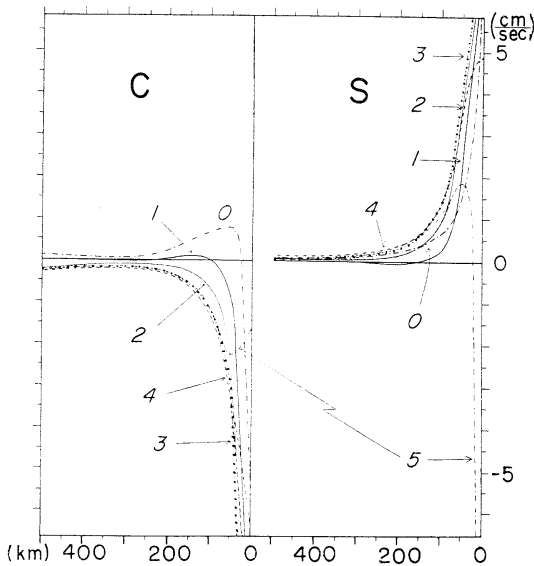


Fig. 3. Variation annuelle de $v(\rho_0)$ due à la convection en fonction de x à la surface près de la frontière est pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 1. C: coefficient de $\cos \alpha y$, S: coefficient de $\sin \alpha y$.

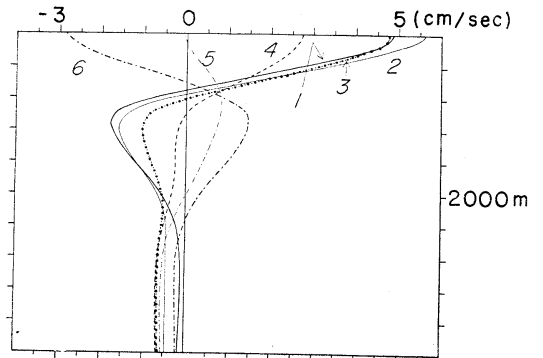


Fig. 4. Variation annuelle du coefficient de $\cos \alpha y$ en $v(\rho_0)$ due à la convection à $x=50$ km pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 1.

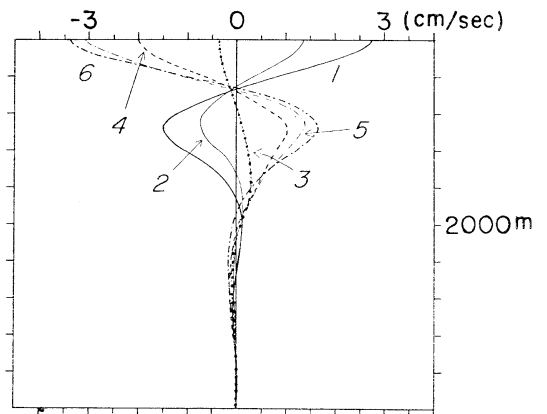


Fig. 5. Variation annuelle du coefficient de $\sin \alpha y$ en $v(\rho_0)$ due à la convection à $x=50$ km pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 1.

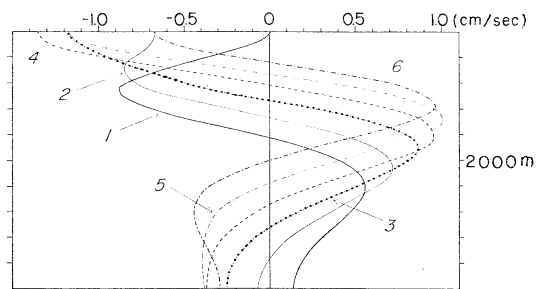


Fig. 6. Variation annuelle du coefficient de $\cos \alpha y$ en $v(\rho_0)$ due à la convection à $L-x=100$ km pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 1.

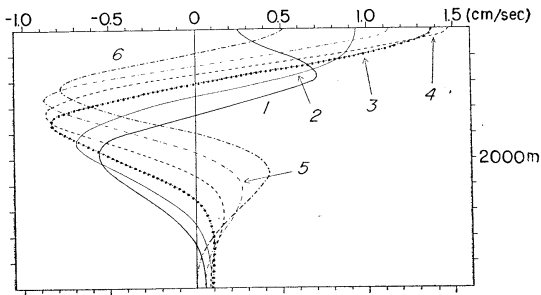


Fig. 7. Variation annuelle du coefficient de $\sin \alpha y$ en $v(\rho_0)$ due à la convection à $L-x=100\text{km}$ pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 1.

$$C = \begin{cases} -2,04 (= \Sigma(a_3' + a_4')) & \text{pour } \omega t = 0, \\ 2,21 & \text{pour } \omega t = 2\pi/6, \\ 3,74 (= -\Sigma i(a_3' - a_4')) & \text{pour } \omega t = 3\pi/6, \\ 4,26 & \text{pour } \omega t = 4\pi/6, \\ 3,64 & \text{pour } \omega t = 5\pi/6, \end{cases}$$

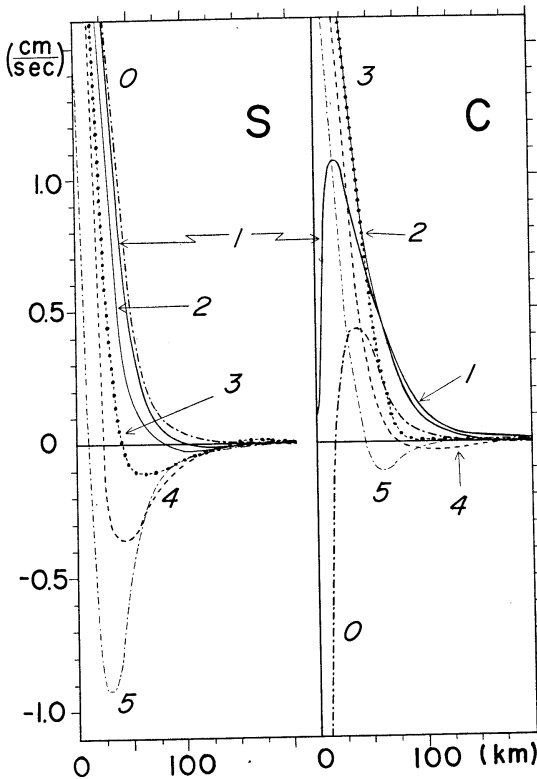


Fig. 8. Variation annuelle de $v(\rho_0)$ due à la convection en fonction de x à la surface près de la frontière ouest pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 2. C: coefficient de $\cos \alpha y$, S: coefficient de $\sin \alpha y$.

$$S = \begin{cases} 4,01 & \text{pour } \omega t = \pi/6, \\ 5,53 & \text{pour } \omega t = 2\pi/6, \\ 5,56 (= -\Sigma i(a_3 - a_4)) & \text{pour } \omega t = 3\pi/6, \\ 4,11 & \text{pour } \omega t = 4\pi/6, \end{cases}$$

et sur la frontière est:

$$C = \begin{cases} -0,69 & \text{pour } \omega t = \pi/6, \\ -1,40 & \text{pour } \omega t = 2\pi/6, \\ -1,75 (= \Sigma i(a_1' - a_2')) & \text{pour } \omega t = 3\pi/6, \\ -1,62 & \text{pour } \omega t = 4\pi/6, \\ -1,06 & \text{pour } \omega t = 5\pi/6, \end{cases}$$

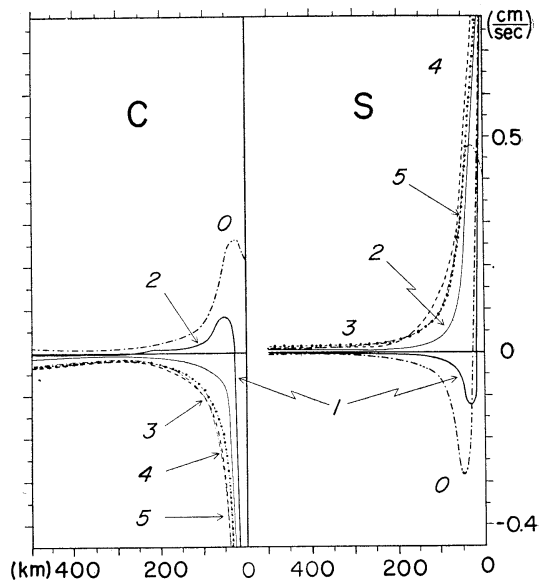


Fig. 9. Variation annuelle de $v(\rho_0)$ due à la convection en fonction de x à la surface près de la frontière est pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 2. C: coefficient de $\cos \alpha y$, S: coefficient de $\sin \alpha y$.

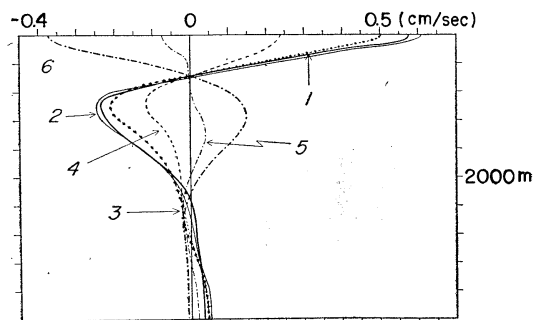


Fig. 10. Variation annuelle du coefficient de $\cos \alpha y$ en $v(\rho_0)$ due à la convection à $x=50\text{km}$ pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 2.

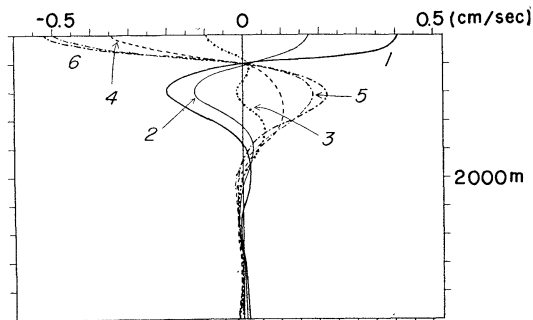


Fig. 11. Variation annuelle du coefficient de $\sin \alpha y$ en $v(\rho_0)$ due à la convection à $x=50\text{km}$ pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 2.

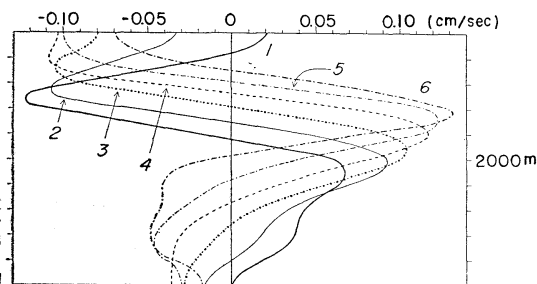


Fig. 12. Variation annuelle du coefficient de $\cos \alpha y$ en $v(\rho_0)$ due à la convection à $L-x=100\text{km}$ pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 2.

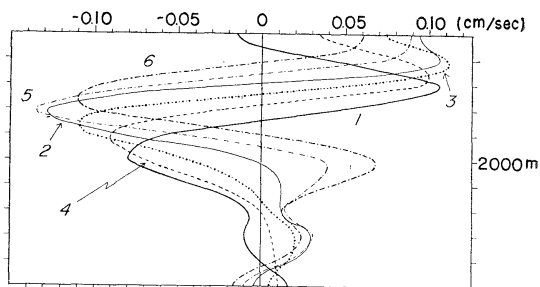


Fig. 13. Variation annuelle du coefficient de $\sin \alpha y$ en $v(\rho_0)$ due à la convection à $L-x=100\text{km}$ pour $\Delta\rho=10^{-3}$ dans le cas 2.

$$S = \begin{cases} 1,48 (= \Sigma(a_1 + a_2)) & \text{pour } \omega t = 0, \\ 2,97 & \text{pour } \omega t = \pi/6, \\ 3,37 (= \Sigma i(a_1 - a_2)) & \text{pour } \omega t = 3\pi/6, \\ 2,18 & \text{pour } \omega t = 4\pi/6. \end{cases}$$

Ces valeurs ne sont toujours pas précises à cause de la convergence lente. L'aspect général qualitatif de toutes les figures est similaire à celui du cas 1. Il semble que A' ne soit pas essentiel dans la variation verticale, alors que la vitesse diminue beaucoup par suite de la diminution de la valeur de A' .

Il n'est pas facile de déterminer le déphasage en fonction de la profondeur. On comprend

Tableau 14

Amplitudes et déphasages en fonction de la profondeur à $x=0,5 \times 10^7\text{cm}$ et à $x=99 \times 10^7\text{cm}$ dans le cas 1.

profondeur (m)	$x=0,5 \times 10^7\text{cm}$				$x=99 \times 10^7\text{cm}$			
	$\frac{C_1 \sqrt{C_1^2 + S_1^2}}{ C_1 }$	θ_1	$\frac{C_2 \sqrt{C_2^2 + S_2^2}}{ C_2 }$	θ_2	$\frac{C_1 \sqrt{C_1^2 + S_1^2}}{ C_1 }$	θ_1	$\frac{C_2 \sqrt{C_2^2 + S_2^2}}{ C_2 }$	θ_2
	$(10\Delta\rho)$		$(10\Delta\rho)$		$(10\Delta\rho)$		$(10\Delta\rho)$	
0	341,3	6,172	557,4	1,032	-145,6	5,068	135,7	5,242
400	106,8	6,095	131,3	1,167	97,74	1,527	104,0	4,880
800	-141,4	6,271	-90,15	0,195	75,08	0,1183	-85,35	0,628
1200	-120,0	6,087	-175,6	0,642	86,77	5,449	-98,79	6,013
1600	-42,63	5,536	-126,9	0,735	-77,69	1,559	-95,00	5,327
2000	13,04	0,8187	-68,23	1,050	-60,37	0,915	80,99	1,569
2400	13,70	5,624	59,20	4,825	-40,85	0,352	62,20	0,9725
2800	1,690	4,824	70,58	5,038	-24,64	6,097	47,72	0,3603
3200	-6,545	1,123	74,18	5,049	-14,34	5,509	40,93	6,080
3600	-2,191	0,100	71,74	5,036	-9,985	4,890	39,47	5,704
4000	-1,576	4,937	70,08	5,035	9,263	1,492	39,61	5,575

Tableau 15

Amplitudes et déphasages en fonction de la profondeur à $x=0,5 \times 10^7$ cm et à $x=99 \times 10^7$ cm dans le cas 2.

profondeur (m)	$x=0,5 \times 10^7$ cm				$x=99 \times 10^7$ cm			
	$\frac{C_1}{ C_1 } \sqrt{C_1^2 + S_1^2}$ (10 $\Delta\rho$)	θ_1	$\frac{C_2}{ C_2 } \sqrt{C_2^2 + S_2^2}$ (10 $\Delta\rho$)	θ_2	$\frac{C_1}{ C_1 } \sqrt{C_1^2 + S_1^2}$ (10 $\Delta\rho$)	θ_1	$\frac{C_2}{ C_2 } \sqrt{C_2^2 + S_2^2}$ (10 $\Delta\rho$)	θ_2
0	53,42	0,1831	62,13	0,9200	-9,503	5,400	10,53	5,432
400	3,168	0,4302	21,88	1,014	-11,25	4,901	10,90	5,119
800	-22,09	0,07944	-19,73	1,048	10,67	0,5200	-10,63	5,305
1200	-13,47	5,903	-23,72	0,908	13,55	5,587	-13,05	6,213
1600	-4,210	5,044	-13,64	0,817	10,37	4,716	-11,87	5,387
2000	2,251	6,221	-5,036	1,103	-8,044	0,5800	10,02	1,439
2400	1,913	5,365	2,639	5,212	-4,130	0,236	6,880	0,9350
2800	1,684	4,965	1,863	6,044	-1,140	5,851	4,405	0,3106
3200	0,7617	5,673	2,567	1,086	-3,128	5,588	4,800	6,131
3600	1,300	0,1456	4,723	1,382	-1,847	5,262	3,966	5,733
4000	2,037	6,137	5,632	1,382	1,689	0,2754	3,307	5,257

ici le "déphasage" par les angles θ_1 et θ_2 qui permettent d'écrire la composante $v(\rho_0)$:

$$\begin{aligned}
 v(\rho_0) &= \sin \alpha y (C_1 \cos \omega t + S_1 \sin \omega t) \\
 &\quad + \cos \alpha y (C_2 \cos \omega t + S_2 \sin \omega t), \\
 &= \sin \alpha y \frac{C_1}{|C_1|} \sqrt{C_1^2 + S_1^2} \cos(\omega t - \theta_1) \\
 &\quad + \cos \alpha y \frac{C_2}{|C_2|} \sqrt{C_2^2 + S_2^2} \cos(\omega t - \theta_2),
 \end{aligned}$$

où C_i et S_i ($i=1$ et 2) sont des fonctions de x et de z . Les tableaux 14 et 15 représentent les amplitudes $C_j \sqrt{C_j^2 + S_j^2} / |C_j|$ et les angles θ_j ($j=1$ et 2) à $x=0,5 \times 10^7$ cm et à $x=99 \times 10^7$ cm en fonction de la profondeur dans les cas 1 et 2. Compte tenu de la continuité du déphasage, on pourrait déterminer une valeur unique en additionnant un angle arbitraire $2n\pi$ ($n=1, 2, \dots, \infty$). Cependant, en pratique cela n'est pas facile. Il paraît tout de même qu'il faudra plusieurs années près des frontières pour que la variation en surface atteigne le fond. Ce déphasage dans le sens vertical dépend naturellement de x . Dans l'océan central, il deviendra plus petit, en s'approchant de celui obtenu dans le Chapitre II pour l'océan zonal.

Remarque

L'amplitude de la variation annuelle de la composante v produite par la force d'entraîne-

ment du vent et le flux de chaleur donnés à la surface est quelques centimètres à second, trop faible pour la mettre en évidence par des mesures directes ou indirectes. L'intégrale du courant convectif depuis la surface jusqu'au fond s'annule toujours et partout, tandis que celle du courant entraîné par la force du vent, variable avec le temps, est de 20% environ de celle du courant entraîné par la force du vent, invariable avec le temps. Il est possible de mesurer une variation annuelle de l'ordre de 20% qui se trouve dans le transport de masse, si les observations hydrologiques sont bien faites.

J'ai l'impression, toutefois, que la recherche théorique de l'état non permanent peut être encore un peu prématurée, puisqu'il y a trop de choses inconnues, peu connues, pour construire des théories convaincantes de l'état permanent et qu'elles sont encore plus nombreuses dans l'état non permanent. Dans l'état permanent, on ne connaît presque pas de l'effet du relief du fond et de celui de la géométrie des limites latérales. La forme complexe des côtes ou du fond peut être essentielle dans la circulation générale, soit superficielle, soit abyssale. Par exemple, l'intégrale du courant convectif depuis la surface jusqu'au fond ne s'annule que si plusieurs conditions restrictives sont satisfaites au fond. En supposant que le

mouvement obéit à la relation géostrophique sauf dans une couche superficielle peu profonde (couche d'Ekman) et que le frottement est nul au fond ($z=H$), on obtient, en général:

$$M_y = \frac{1}{\beta_0} (\text{rot } T + fw_H),$$

où T est la force d'entraînement du vent et

$$M_y = \int_0^H v dz, \quad w_H = [u]_H \frac{\partial H}{\partial x} + [v]_H \frac{\partial H}{\partial y}.$$

La composante verticale de vitesse au fond w_H est nulle, si le fond est horizontale, ou s'il s'établit toujours la relation $\frac{[v]_H}{[u]_H} = -\frac{\partial H}{\partial x} / \frac{\partial H}{\partial y}$ ou si $[u]_H = [v]_H = 0$. Dans le cas où $\text{rot } T = 10^{-9}$ dyne cm^{-3} , $[u]_H = [v]_H = 1 \text{ cm sec}^{-1}$, $\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial H}{\partial y} = 10^{-4}$ et $f = 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$, fw_H devient essentielle devant $\text{rot } T$. Etant donné que w_H est due au courant entraîné par la force du vent et au courant convectif, M_y est une fonction non seulement de la force d'entraînement du vent mais du flux de chaleur donné à la surface. Si l'intégrale du courant convectif ne

s'annule pas, tout ce qu'on a obtenu jusqu'à présent pourra être considérablement modifiées.

Le présent essai est la première étape à la recherche théorique de la variation périodique de la circulation générale dans un océan en forme de parallélepède rectangle.

Bibliographie

- ICHIYE, T. (1951): On the variation of oceanic circulation (I). *Oceanogr. Mag.*, **3**, 79-82.
- TAKANO, K. (1962a): Circulation générale permanente dans un océan. *Rec. Oceanogr. Works in Japan*, **6**, 59-155.
- TAKANO, K. (1962b): Circulation générale permanente dans les océans—un calcul numérique complémentaire—. *Journ. Oceanogr. Soc. Japan*, **18**, 59-68.
- TAKANO, K. (1962c): Circulation générale permanente dans les océans—un calcul numérique complémentaire—(suite et fin). *Journ. Oceanogr. Soc. Japan*. 20th Anniv. Vol., 200-212.
- TAKANO, K. (1964): Variation annuelle de la circulation générale dans les océans. *La mer*, **1**, 51-61.
- VERONIS, G. et G. W. Morgan (1955): A study of time dependent wind-driven ocean circulation in a homogeneous, rectangular ocean. *Tellus*, **7**, 232-242.

Onde de l'eau se propageant sur un écoulement à gradient vertical*

Masahide TOMINAGA**

Résumé: Nous avons étudié de quelle manière l'écoulement de l'eau dont la vitesse change verticalement, a un effet sur les propriétés de l'onde qui se propage sur la surface. Si U_0 et $(dU/dy)_0$ désignent la vitesse de l'écoulement et son gradient vertical à la surface respectivement, l'amplitude de l'onde augmente du rapport:

$$\frac{\omega^2}{g^2} \cdot \frac{K(G)}{2G \sqrt{K(G)-1}},$$

où

$$K(G) = \frac{2\left(1 - \frac{\delta}{G}\right)}{1 - 2G + \delta + \sqrt{1 - 4G + 2\delta}}, \quad \delta = \frac{U_0 U_0'}{g}, \quad G = \frac{2\pi U_0}{gT},$$

et g est l'accélération de la pesanteur, $T = \frac{2\pi}{\omega}$ la période d'onde.

1. Introduction

Dans une note précédente (TOMINAGA, 1962) M. TOMINAGA a développé une discussion concernant les propriétés de l'onde de l'eau qui se propage vers l'aval ou l'amont dans l'écoulement dont la vitesse est uniforme par rapport à la profondeur, et montré que dans ce cas-là, l'amplitude d'onde est plus grande ou petite que dans le cas où l'onde se propage dans l'eau stagnante, selon que l'onde se propage vers l'amont ou l'aval.

J. N. HUNT (1955) a obtenu le résultat que la vitesse de phase d'onde se propageant sur l'écoulement à gradient vertical, diffère de celle se propageant sur l'eau stagnante.

Dans la présente étude nous exposerons l'effet du gradient vertical de l'écoulement sur l'amplitude de l'onde se propageant sur cet écoulement. Afin d'analyser ce problème plus rigoureusement, nous adopterons une méthode mathématique plus précise. Si on commence à donner une pression périodique dans une ceinture infiniment étroite sur la surface de l'écoulement, l'onde stationnaire s'établira après long-

lemps au loin de la ceinture sujette à la pression. Les propriétés de l'écoulement (par exemple, la distribution verticale de la vitesse de l'écoulement) doivent avoir un effet sur l'amplitude d'onde.

2. Mise en équation du problème.

Lorsque les axes Ox et Oy sont orientés vers l'aval et le haut respectivement avec l'origine O sur la surface de l'eau, les équations d'Euler linéarisées sont:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + U \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{dU}{dy} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} + U \frac{\partial v}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}, \end{aligned} \right\} (1)$$

où u et v sont les composantes de la vitesse, $U(y)$ la vitesse de l'écoulement, ρ la densité de l'eau et p la pression.

Posons maintenant la fonction de courant ψ à façon d'écrire $\psi_x = -v$, $\psi_y = u$. En éliminant p dans les deux expressions de (1), on obtient:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + U \frac{\partial}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \right) - \frac{d^2 U}{dy^2} \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0. \quad (2)$$

Si on donne la pression périodique sur la

* Manuscrit reçu le 22 Octobre 1964

** Université de GAKUGEI, Tokio

surface de l'eau en forme de:

$$p_a = p_0(x) e^{i\omega t}, \quad (3)$$

où $2\pi/\omega$ est la période de la pression, p satisfait la formule suivante sur la surface:

$$\left[\frac{\partial p}{\partial t} + U \frac{\partial p}{\partial x} - \rho g v \right]_{y=0} = \frac{\partial p_a}{\partial t}. \quad (4)$$

En dérivant les deux membres de l'égalité (4) par rapport à x et en portant la première des formules (1) dans le premier membre de l'égalité (4), on obtient:

$$\begin{aligned} \psi_{yut} + 2U\psi_{xyt} - \psi_{xt}U' + U^2\psi_{xy} \\ - (g + UU')\psi_{xx} = \dot{p}_{axt}, \end{aligned} \quad (5)$$

($y=0$).

La transformation de Fourier* de cette formule est donnée par

$$\begin{aligned} \bar{\psi}_{yut} + 2isU_0\bar{\psi}_{yt} - isU_0'\bar{\psi}_t - s^2U_0^2\bar{\psi}_y \\ + (g + U_0U_0')s^2\bar{\psi} = is \frac{\partial \bar{p}_a}{\partial t}, \end{aligned} \quad (6)$$

($y=0$).

Mettons:

$$\bar{\psi} = e^{s|y} H(y) T(t),$$

où $T(t)$ est la solution de l'équation suivante:

$$\begin{aligned} \{ |s|H(0) + H'(0) \} \frac{d^2T}{dt^2} + [2isU_0 \{ |s|H(0) + H'(0) \} \\ - isU_0'H(0)] \frac{dT}{dt} - [s^2U_0^2 \{ |s|H(0) + H'(0) \} \\ - (g + U_0U_0')s^2H(0)] T = is \frac{\partial \bar{p}_a}{\partial t}. \end{aligned} \quad (7)$$

La transformation de Fourier à la formule (2) donne:

$$\bar{\psi}_{yut} - s^2\bar{\psi}_t + iU(s\bar{\psi}_{yy} - s^3\bar{\psi}) - isU''\bar{\psi} = 0. \quad (8)$$

* Soit $\bar{f}(s)$ la transformation de Fourier d'une fonction $f(x)$, on peut déduire:

$$\bar{f}(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-isx} dx$$

et

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{f}(s) e^{isx} ds.$$

** $p_a = \frac{p_0}{\sqrt{2\pi}} e^{i\omega t} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) e^{-i\delta x} dx = \frac{p_0}{\sqrt{2\pi}} e^{i\omega t}$,

La relation (8) et $\bar{\psi}$ donnée plus haut permettent d'obtenir:

$$\frac{d^2H}{dy^2} + 2s \frac{dH}{dy} - \frac{s \frac{d^2U}{dy^2}}{v + sU} H = 0, \quad (9)$$

d'où:

$$\begin{aligned} H(y) = 1 - \frac{sU_0''}{2\left(U_0 + \frac{v}{s}\right)} y^2 + \dots, \\ H(0) = 1., \quad H'(0) = 0. \end{aligned}$$

Donc l'équation (7) deviendra:

$$\begin{aligned} \frac{d^2T}{dt^2} + \left(2isU_0 - i \frac{s}{|s|} U_0' \right) \frac{dT}{dt} \\ - \{ s^2U_0^2 - (g + U_0U_0')|s| \} T \\ = i \frac{s}{|s|} \frac{\partial \bar{p}_a}{\partial t}. \end{aligned} \quad (10)$$

Si on donne la pression périodique concentrée p_a dans la ceinture infiniment étroite de la surface de l'eau, en forme de:

$$p_a = p_0 \delta(x) e^{i\omega t},$$

où $\delta(x)$ est la fonction de Dirac, on aura la solution de (10)**:

$$\begin{aligned} T = C_1 e^{\nu_1 t} + C_2 e^{\nu_2 t} \\ + \frac{p_0}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{s}{|s|} \cdot \frac{e^{i\omega t}}{(\omega - \nu_1)(\omega - \nu_2)}, \end{aligned} \quad (11)$$

où

$$\nu_{1,2} = -isU_0 + \frac{iU_0'}{2} \frac{s}{|s|} \pm i\sqrt{g|s| + \frac{U_0'^2}{4}}. \quad (12)$$

Par conséquent, il vient:

$$\begin{aligned} \bar{\psi} = e^{s|y} H(y) \left\{ C_1 e^{\nu_1 t} + C_2 e^{\nu_2 t} \right. \\ \left. + \frac{p_0}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{s|s| e^{i\omega t}}{(\omega - \nu_1)(\omega - \nu_2)} \right\}, \end{aligned} \quad (13)$$

où C_1 et C_2 sont des constantes arbitraires.

L'élévation de la surface libre de l'onde sur le niveau moyen de l'eau est donnée par η qui doit satisfaire la condition cinématique:

$$\left[\frac{\partial \eta}{\partial t} + U_0 \frac{\partial \eta}{\partial x} \right]_{y=0} = -[\psi_x]_{y=0}. \quad (14)$$

La transformation de Fourier à (14) permet d'obtenir la relation :

$$\bar{\eta}_t + isU_0\bar{\eta} = -is\bar{\phi}_{y=0},$$

dont la solution est :

$$\bar{\eta} = ise^{-isU_0t} \int_0^t \bar{\phi}_{y=0} e^{isU_0t} dt.$$

En remplaçant $\bar{\phi}$ par (13), on aura :

$$\bar{\eta} = -is \left[\frac{C_1 e^{\nu_1 t}}{\nu_1 + isU_0} + \frac{C_2 e^{\nu_2 t}}{\nu_2 + isU_0} + \frac{\dot{p}_0}{\sqrt{2\pi}} \frac{s|s|e^{i\omega t}}{(\omega - \nu_1)(\omega - \nu_2)} \right]. \tag{15}$$

Afin de déterminer des constantes arbitraires, nous supposons l'eau en repos au début :

$$\bar{\eta} = 0, \bar{\eta}_t = 0 \text{ pour } t=0.$$

Par conséquent, la formule (15) deviendra :

$$\bar{\eta} = \frac{i\dot{p}_0}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{se^{\nu_1 t}}{(i\omega - \nu_1)(\nu_2 - \nu_1)} - \frac{se^{\nu_2 t}}{(i\omega - \nu_2)(\nu_2 - \nu_1)} - \frac{|s|e^{i\omega t}}{(i\omega - \nu_1)(i\omega - \nu_2)} \right]. \tag{16}$$

3. Calcul de l'amplitude de l'onde.

La transformation inverse de Fourier permet d'obtenir :

$$\begin{aligned} \eta(x, t) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\eta}(s) e^{isx} ds \\ &= \frac{i\dot{p}_0}{\sqrt{2\pi}} (J_1 - J_2 - I), \end{aligned} \tag{17}$$

où

$$J_1 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{se^{isx + \nu_1 t}}{2\sqrt{g|s| + \frac{U_0'^2}{4}} \cdot f_1(s)} ds,$$

$$J_2 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{se^{isx + \nu_2 t}}{2\sqrt{g|s| + \frac{U_0'^2}{4}} \cdot f_2(s)} ds,$$

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|s|}{f_1(s)f_2(s)} e^{i(sx + \omega t)} ds,$$

et

$$f_{1,2}(s) = \omega + sU_0 - \frac{U_0'}{2} \frac{s}{|s|} \mp \sqrt{g|s| + \frac{U_0'^2}{4}}.$$

Lorsque $1 - 4G + 2\delta + \delta^2 > 0$, l'équation $f_1(s) = 0$ a deux racines positives :

$$s_{1,2} = \frac{\omega^2}{g} \frac{1 - 2G + \delta \pm \sqrt{1 - 4G + 2\delta + \delta^2}}{2G^2},$$

et deux racines négatives :

$$s_{3,4} = -\frac{\omega^2}{g} \frac{1 + 2G + \delta \mp \sqrt{1 + 4G + 2\delta + \delta^2}}{2G^2}.$$

L'équation $f_2(s) = 0$ a seulement deux racines négatives s_3 et s_4 . Parmi ces quatre racines, il faudrait abandonner s_1 et s_3 qui augmentent vers l'infini à mesure que U_0 s'approche du zéro.

Les intégrales J_1 , J_2 et I n'ont pas d'autres points singuliers sur l'axe réel que ceux décrits plus haut.

(1) L'évaluation de I

D'après le théorème de Cauchy on obtient :

$$\int_c \frac{|s|}{f_1(s)f_2(s)} e^{i(sx + \omega t)} ds = 0,$$

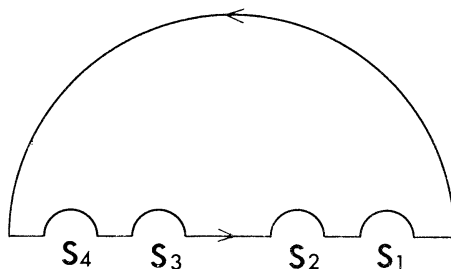


Fig. 1. Le chemin de l'intégrale I.

dont le chemin de l'intégrale est le contour illustré dans la Fig. 1. La valeur de l'intégrale tend vers le zéro sur le grand demi-cercle, tandis que les valeurs sur les petits demi-cercles deviennent :

$$-\frac{\pi i s_k e^{i(s_k x + \omega t)}}{f_1'(s_k) f_2(s_k)}, \tag{k=1, 2}.$$

et

$$-\frac{\pi i s_j e^{i(s_j x + \omega t)}}{f_1(s_j) f_2'(s_j)}, \tag{j=3, 4}.$$

dont nous ne tenons compte que des termes pour $k=2$ et $j=3$, représentant les ondes se propageant vers x négatif et positif respectivement. Il vient donc :

$$I = \frac{\pi i s_2 e^{i(s_2 x + \omega t)}}{f_1'(s_2) f_2(s_2)} \tag{18}$$

(onde se propageant vers x négatif),

et

$$I = \frac{\pi i s_3 e^{i(s_3 x + \omega t)}}{f_2(s_3) f_1'(s_3)} \quad (19)$$

(onde se propageant vers x positif),

(2) L'évaluation de J_1 et J_2 .

On pourra évaluer J_1 et J_2 d'après la méthode de Kelvin pour un grand t . Les valeurs des intégrales J_1 et J_2 sont représentées asymptotiquement par celles en points stationnaires sur l'axe réel obtenus par les équations suivantes:

$$\frac{d}{ds} N_{1,2}(s) \equiv \frac{d}{ds} \left(\frac{x}{t} s + \frac{\nu_{1,2}}{i} \right) = 0. \quad (20)$$

Donc, on aura:

$$J_{1,2} \propto \sqrt{\frac{2\pi}{t |N_{1,2}'(s_{1,2})|}} \rightarrow O\left(\frac{1}{\sqrt{t}}\right), \quad (t \rightarrow \infty), \quad (21)$$

où $s_{1,2}$ sont les racines des équations (20). Il faut éviter des singularités contenues dans J_1 et J_2 , grâce aux demi-cercles autour de s_k ($k = 1, 2, 3, 4$), dont les rayons sont ε . On aura:

$$J_1 \propto e^{i s_2 x + \nu_1 t} \propto \exp \varepsilon \left[-x + \left(U_0 - \frac{g}{2\sqrt{g s_2 + \frac{U_0'^2}{4}}} \right) t \right] \sin \theta, \quad (0 < \theta < \pi).$$

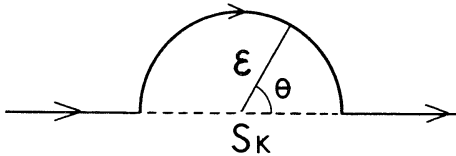


Fig. 2. Le petit demi-cercle autour de s_k , $s = s_k + \varepsilon e^{i\theta}$.

D'ailleurs, on vérifie aisément:

$$U_0 - \frac{g}{2\sqrt{g s_2 + \frac{U_0'^2}{4}}} < 0.$$

Nous verrons donc que J_1 s'annule pour $t \rightarrow \infty$. J_2 s'annule de la même manière que J_1 .

Enfin, nous obtenons:

$$\eta = \sqrt{\frac{\pi}{2}} p_0 \frac{s_2}{f_2(s_2) f_1'(s_2)} e^{i(s_2 x + \omega t)}, \quad (22)$$

pour l'onde se propageant vers x négatif, c'est-à-dire vers l'amont. En portant la valeur de

s_2 dans la formule (22), on voit que l'amplitude de l'onde est proportionnelle à

$$\frac{s_2}{f_2(s_2) f_1'(s_2)} = \frac{s_2}{2U_0 \sqrt{g s_2 + \frac{U_0'^2}{4}} - g} \quad (23)$$

$$\approx \frac{\omega^2}{g^2} \frac{K(G)}{2G \sqrt{K(G)-1}},$$

où

$$K(G) \approx \frac{2\left(1 - \frac{\delta}{G}\right)}{1 - 2G + \delta + \sqrt{1 - 4G + 2\delta}},$$

le terme δ^2 étant négligé.

La longueur d'onde est représentée par

$$\lambda = \frac{2\pi}{s_2} = \frac{2\pi g}{\omega^2} \cdot \frac{1}{K(G)}. \quad (24)$$

Lorsque l'onde de la même période se propage sur l'écoulement dont la vitesse est uniforme par rapport à la profondeur, on met $\delta = 0$ dans les formules obtenues ci-dessus. L'amplitude de l'onde est alors proportionnelle à

$$\frac{\omega^2}{g^2} \frac{2}{1 - 4G + (1 - 2G) \sqrt{1 - 4G}} \quad (25)$$

et la longueur d'onde est

$$\lambda = \frac{\pi g}{\omega^2} \frac{1}{1 - 2G + \sqrt{1 - 4G}}. \quad (26)$$

On voit aisément que

$$K(G) \geq \frac{2}{1 - 2G + \sqrt{1 - 4G}},$$

selon que δ est positif ou négatif. Donc, l'amplitude deviendra plus grande dans le cas où l'onde se propage vers l'amont dans l'écoulement à vitesse diminuant vers le fond, et plus petite dans le cas où l'onde se propage vers l'aval dans l'écoulement à vitesse augmentant vers le fond, que dans le cas où l'onde remonte vers l'amont dans l'écoulement uniforme.

En ce qui concerne la longueur d'onde, les résultats sont contraires. Quant à l'onde se propageant vers l'aval, les formules (23) et (24) sont toujours utilisables, pourvu que G soit remplacé par $-G$ et δ par $-\delta$.

On représente dans les figures suivantes le rapport a/a_0 de l'amplitude de l'onde se pro-

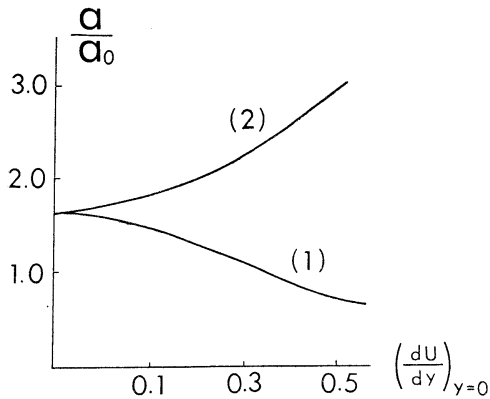


Fig. 3 (a). Le rapport a/a_0 dans le cas où l'onde se propage vers l'amont dans l'écoulement dont la vitesse diminue vers le fond (1), ou augmente vers le fond (2) et où la vitesse de l'écoulement à la surface U_0 est 1 m/s et la période T est 2π sec.

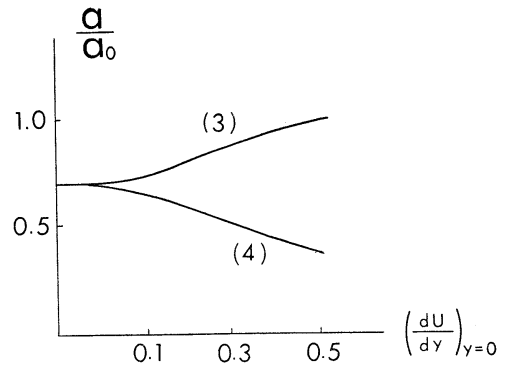


Fig. 3 (b). Le rapport a/a_0 dans le cas où l'onde se propage vers l'aval dans l'écoulement dont la vitesse diminue vers le fond (3) et augmente vers le fond (4). $U_0=1$ m/s, $T=2\pi$ sec.

pageant vers l'aval ou l'amont dans l'écoulement à gradient vertical, à celle de l'onde se propageant sur l'eau stagnante.

Bibliographie

HUNT, J. N., 1955: Gravity waves in flowing water.

Proc. of the Roy. Soc. London, Series A **231**, 496-504.

TOMINAGA, M., 1964: Resonance and sheltering mechanism of wind generated waves on a steady uniform current. Bulletin of Tokyo GAKUGEI University, **15**, 113-121.

インド洋南東海域における海況*

奈 須 敬 二**

Conditions hydrologiques dans la région sud-est de l'océan Indien

Keiji NASU

Résumé : Par suite de l'Expédition Internationale de l'océan Indien, de nombreuses études ont porté sur les conditions hydrologiques dans la région sud-est de l'océan Indien (ROCHFORD, 1961, 1962 et 1964 ; TCHERNIA et LJZERAY, 1960 ; WYRTKI, 1961). L'analyse des données obtenues en décembre et janvier par l'Umitaka-Marui qui a été chargé d'y faire les observations océanographiques en 1963-64 montre :

- 1) Une masse de l'eau moins chaude que 25°C et plus saline que 39‰ monte vers le nord le long de la côte ouest de l'Australie. La ligne de 25°C se trouve dans le voisinage de 20°S, alors qu'elle s'est trouvée, selon les données de Rochford (1962), dans le voisinage 16°S, à la période août-octobre.
- 2) C'est probablement par la montée vers le nord des eaux originaires d'océan Antarctique que la montée vers le nord de la masse de l'eau décrite plus haut se montre un peu plus considérable à 50m de profondeur.
- 3) Les isothermes sont presque horizontales dans toutes les coupes verticales méridiennes. La thermocline se trouve à peu près à 100m de profondeur.
- 4) Les diagrammes T-S permettent de constater que toute la région au-dessus de 800m est occupée par des eaux uniformes et qu'au-dessous de 800m les eaux se divisent en 7 masses suivantes :
 - (I) masse de l'eau se situant tout contre Sumatra, originaire de contrecourant équatorial,
 - (II) masse de l'eau s'établissant au centre de la région étudiée, où la salinité change peu depuis la surface jusqu'à la couche profonde,
 - (III) masse de l'eau dans la région sud s'étendant vers l'Australie, où la salinité est relativement haute,
 - (IV) masse de l'eau s'établissant au large nord-ouest de l'Australie qui est considéré comme région d'eaux remontées vers le haut d'après les données de Rochford (1962),
 - (V) masse de l'eau, probablement originaire de mer de Timor, où la salinité devient le maximum entre 50m et 100m de profondeur,
 - (VI) masse de l'eau distribuée le long de la côte javanaise, où la salinité change peu depuis la surface jusqu'à la couche profonde et où se trouvent des eaux remontées, comme cela étant indiqué par WYRTKI (1962),
 - (VII) masse de l'eau, probablement établie par le mélange, dont le détail reste inconnu.

要 約

国際インド洋観測が実施されて以来、インド洋南東海域における海洋学的研究結果は、すでに多くの報告がなされているが (ROCHFORD, 1961,

1962, 1964 ; TCHERNIA and LJZERAY, 1960 ; WYRTKI, 1961), 1963/64年度, 上記海域を担当した海鷹丸の12月~1月における観測資料に基づき解析した結果, 若干の知見が得られた。

1) 表面における 25°C以下, 35.00‰以上の低温高鹹なる水塊は, オーストラリア大陸西方を北

* 1964年10月28日受理

** 鯨類研究所 THE WHALES RESEARCH INSTITUTE.

上している。なお今回の観測時における 25°C 線は 20°S に分布していたが、ROCHFORD (1962) の資料によれば、8~10月には 16°S 付近にみられている。

2) 水深50m層における 1) に述べた水塊の北上を示す状態は、やや顕著となっているが、それは南極系水塊の北上に起因しているものと考えられる。

3) 南北方向における各観測線に沿った水温の断面分布は、概して各等値線が表層から深層までいずれも平行して、特に変化はみられない。また、躍層も等温線分布と同様、浅深の変化なく、各観測線において約 100m 深に存在している。

4) T-S Diagram により水塊分析を行なった結果、800m 以深では、全海域均一な水塊と考えられ、800m 以浅では概して次に述べる七つの水塊に分類される。

I : スマトラ寄りに存在していて、赤道反流域の水塊と考えられる。

II : 本上記海域の中央にあって、南赤道流域に相当し、概して表層から深層に至り塩分の変化が少ない。

III : 本調査海域では比較的南からオーストラリヤ大陸寄りにあり、概して高鹹水塊からなっている。

IV : オーストラリヤ北西岸沖合にあり、ROCHFORD (1962) の資料より検討し、湧昇域と考えられる。

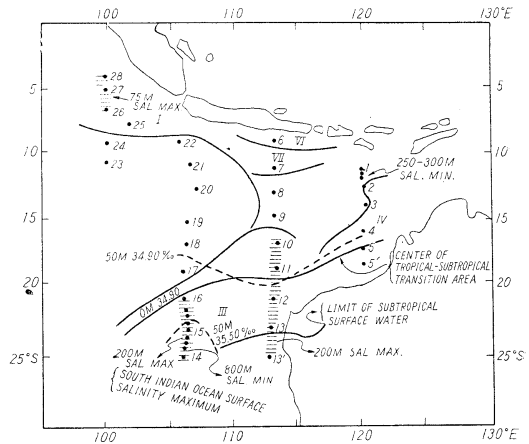
V : 50~100m 深に Salinity maximum が存在し、チモール海系の水塊と考えられる。

VI : ジャワ沿岸寄りに存在し、塩分は表面から深層まで変化少なく、WYRTKI (1962) によって指摘された湧昇域に相当する。

VII : 混合域と推定されるが、詳細不明。

表面における水温および塩分量の分布

1) 水温 : Fig. 2 に示されているように、20°S 以南のオーストラリヤ西岸には、約 25°C 以下の比較的低温な水塊が、概して舌状形となって北上しているが (A-A₁)、この水塊は後述するように、塩分量約 35.00‰ 以上の比較的高鹹な水塊とその



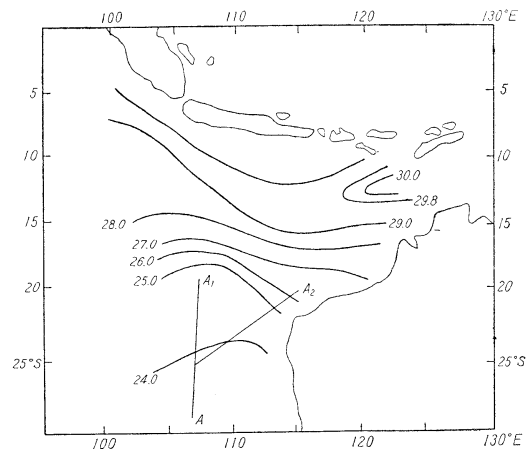
第1図 1963, '64 年度、海鷹丸により実施された観測点および水塊分布 (ROCHFORD (1962) の図を参考に)

分布が一致しており、その北上傾向は、夏期に、特に顕著に現われている。

なお、8~10月における 25.0°C 線は、約 16°S 付近にあって (ROCHFORD 1962)、舌状形を呈せず、概して東西方向に緯度線に並行して分布している。

Temperature maximum 域は、12°S, 120°E 付近を、西南西に向かって舌状形に (観測された最高値 : 30.0°C 以上) 張り出しているが、これはチモール海付近にその origin があるものと考えられる。

スンダ列島寄りには、ほぼ同列島に平行して



第2図 表面における水温分布

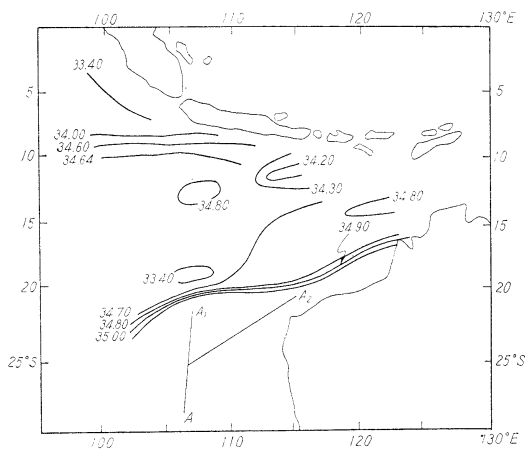
29.0°C 線が、北西から南東方向に走っているが、これは南赤道海流の影響を受けたものであろう。(Fig. 2 参照)

2) 塩分量：本調査において得られた 35.00 ‰ 以上の、もっとも塩分量の高い水塊は、21°S, 106°E を経て 20°S, 113°E を結ぶ線から南にあり、その分布域から以東では、オーストラリア大陸にはほぼ平行して分布し (A-A₂)、その等塩分量線は北上した形状を呈している。

スマトラからジャワ周辺海域には、34.00 ‰ 以下の比較的低鹹な水塊が分布しているが、更に低鹹な 33.00 ‰ 以下の水塊が、本調査では得られなかったがスンダ海峽南に分布しており、その水塊を ROCHFORD (1962) はジャワ海の水塊と同系統と解釈している。

13°S, 113°E 付近には、34.30 ‰ (以下観測した最低値 34.10 ‰) の低鹹水域が分布しているが、その周辺海域の詳細な観測がなされていないため、孤立しているものかどうか不明である。

19°S, 106°E 付近に分布している 33.40 ‰ 以下の低鹹水域は、極く表面に限られたもので、upwelling に起因したものでないことは明らかである。なお、21°S, 106°E 付近には、南北方向に塩分傾度の顕著な水域が存在している (Fig. 3 参照)。



第3図 表面における塩分量の分布

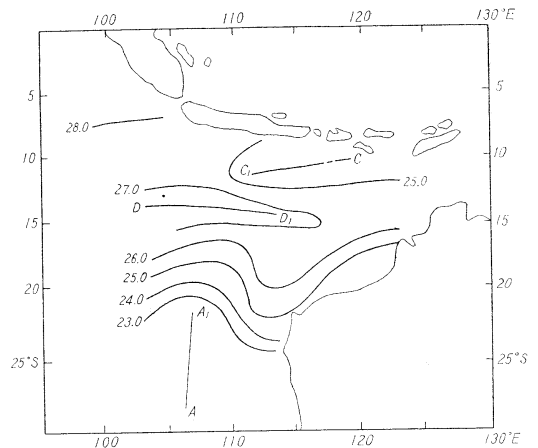
50m層における水温・塩分量の分布

オーストラリア西岸の 23.0°C 以下を示す低温

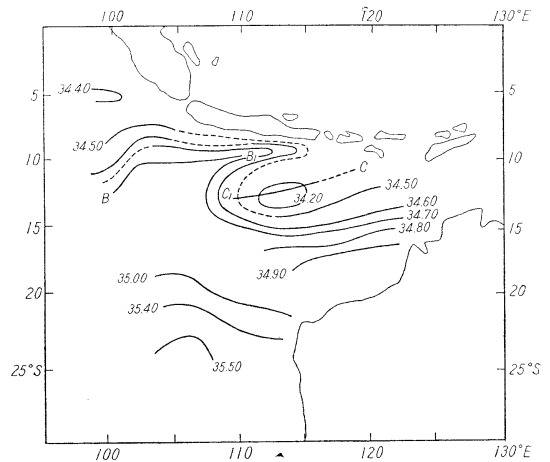
水域は、オーストラリア北西岸周辺にはみられず、西方海域を舌状形をなして (A-A₁) 北上している。

本調査海域におけるほぼ中央域には、西から東に向う (D-D₁) 27.0°C 以上の高鹹温水域が帯状に分布し、この水塊は ROCHFORD (1962) によって示された、50m層のやや低鹹な水塊とほぼ同様な分布をなしており、今回の調査結果から推定して、この水塊は高温低鹹なる性質で特徴づけられるものと考えられる。

ジャワ中央の南から東には、25°C 以下の比較的低温な水塊が (C-C₁)、50m層の塩分量 34.50 ‰ 以下の低鹹水塊とほぼ同様な分布をなしておりチモール海系水塊の特徴であろう。(Figs. 4,5参照)



第4図 50m層における水温の分布



第5図 50m層における塩分量の分布

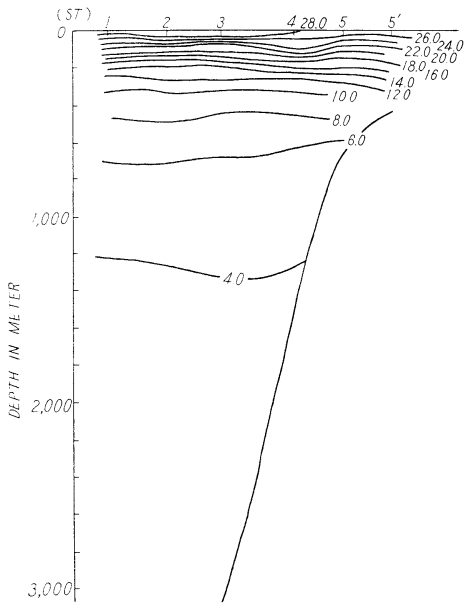
観測線に沿った水温・塩分量の断面分布

1) 第1線 (Sts. 1-5')

各等温線は、ほとんど平行に分布していて、特に顕著な変化はみられない。温度躍層は約 100m 付近に分布している。

一方、塩分量は St. 1 付近に 34.60‰以下の低鹹水が 800m 付近にまで分布し (St. 1 以北では更に深層まで分布しているものと推定される), St. 3 には 34.62‰線が顕著に浮上しているが、800m 深付近まではほぼ均一な層となっている。なお、1,000m 以深では 34.64‰, 34.68‰線が浮上している。

34.60‰以下の Salinity minimum は北の方 (St. 1 以北と推定される) から、250~300m 層付近に分布していて、St. 2 付近まで伸びている。(Figs. 6, 7 参照)

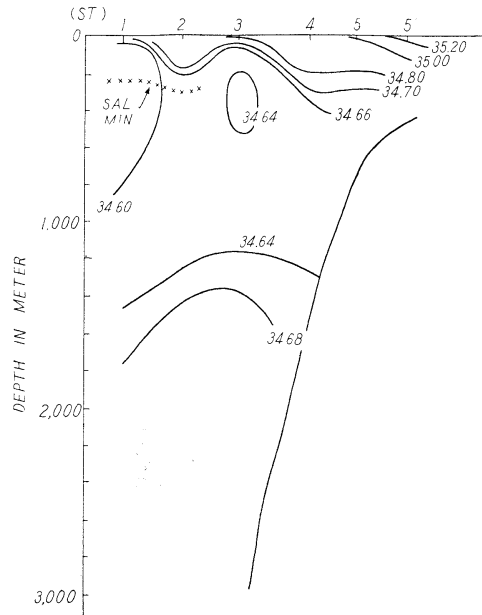


第6図 第1線に沿った水温の断面分布図

2) 第2線 (Sts. 6-13')

この観測線の断面における塩分量の分布は、かなり複雑な様相を呈している。すなわち、St. 8 と St. 9 の間の約 16°S 付近に、顕著な不連続面が存在し、その北側が低鹹域、南側が高鹹域となっており、その不連続面が赤道反流域と南赤道流の境界面と考えられる。

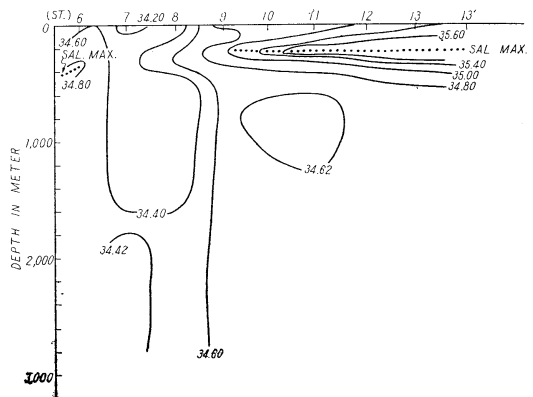
南側の南赤道流域には、200m層付近に35.00‰



第7図 第1線に沿った塩分量の断面図

以上の Salinity maximum が、オーストラリア大陸近くまで、ほぼ同一深度に分布しており、また St. 10 から St. 11 にわたり 600m から 1,200m 深付近に、34.62‰以下の比較的低鹹な水塊が存在している。

北側の赤道反流域には、Salinity maximumは存在せず、概して均一な層を形成しており、僅かに St. 6 の 400m 層に、小規模な 34.80‰以上の比較的高鹹な水塊がみられる程度である。(Fig. 8 参照)



第8図 第2線に沿った塩分量の断面分布図

3) 第3線 (Sts. 14-22)

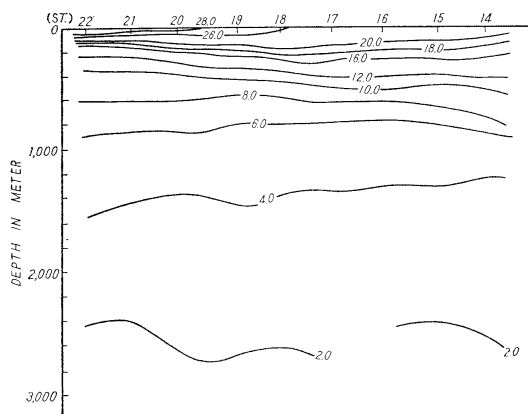
温度は、第1, 2線と同様各等温線がほぼ平行

に分布していて、特に変化はみられず、また温度躍層も同様 100m 層付近に存在している。

塩分量では、第 2 線でみられた 35.00‰ 以上の Salinity maximum が、第 2 線と同様約 200m 層に分布しているが、第 2 線において約 15°S に存在していた Salinity maximum の北限が、第 3 線では約 20°S にあって、この層における Salinity maximum は南から北上分布しているものと考えられる。

なお、St. 17 の約 20°S 付近には、34.60‰ 線が 1,800m 付近まで沈降していて、南北方向における塩分量分布の不連続面を形成しており、北側には 34.60‰ 線が深層より 1,300m 層付近まで浮上している。

St. 20 の約 13°S 付近の、水深約 800m を中心とする 35.00‰ 以上の高鹹水塊が存在しているが、この水塊が、第 2 線の St. 6 にみられた小規模な高鹹水塊と、どのような関連性をもっているかは不明である。(Figs. 9, 10 参照)

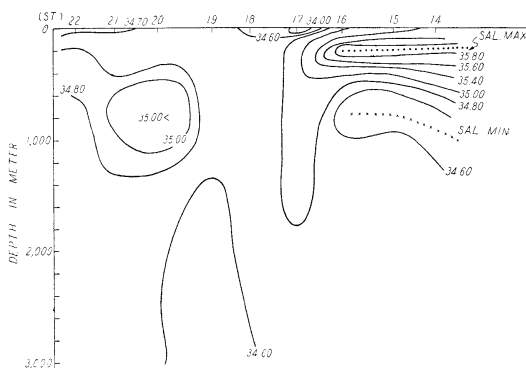


第 9 図 第 3 線に沿った水温の断面分布図

4) 第 4 線 (Sts. 23-28)

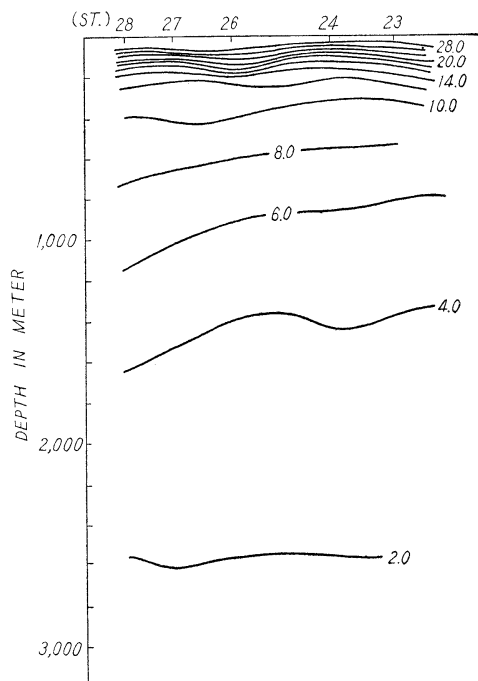
温度の分布は、前述した各観測と同様な分布を示し、また躍層も同様 100m 層付近に存在している。

塩分量は、St. 24 の約 9°S 以南における極く表層の 50m 付近に、34.60‰ 以下の Salinity minimum が存在し、また St. 26 の約 7°S 以北には 100~200m 層にかけて、35.00‰ 以上の Salinity maximum が存在している。200m 以深の深層に



第 10 図 第 3 線に沿った塩分量の断面分布図

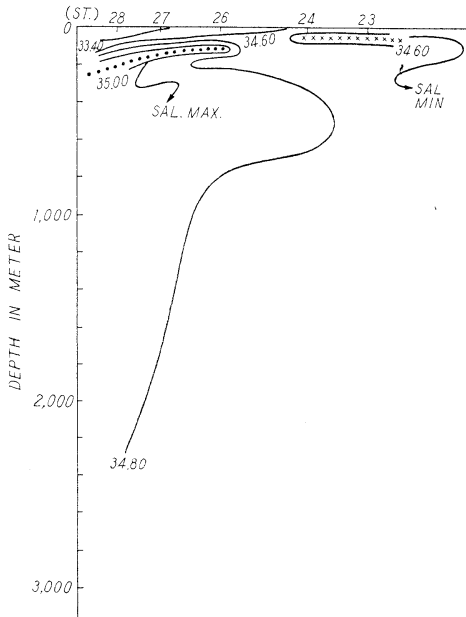
における 34.80‰ 線の分布をみると、500m 付近では南に張り出し、800m 以深では逆に北に張り出しており、北側に高鹹水、南側に低鹹水が分布している。(Figs. 11, 12 参照)



第 11 図 第 4 線に沿った水温の断面分布図

T-S Diagram による水塊分析

第 13 図に示した全観測点から得られた T-S Diagram から、インド洋南東海域 (本調査海域内において) では、800m 以深の深層にほぼ均一の水塊が形成されているが、それ以上ではほぼ七つの水塊に大別出来る。



第12図 第4線に沿った塩分量の断面図

それらの水塊に便宜上 I, II, III……の名称を付し、それぞれの特徴は次の通りである。

I: スマトラ寄りの赤道反流域内において、極く表層の 75m 以浅に高温低鹹な水塊を有し、100m 以深では塩分量約 34.80% から 35.00% 以内において、深層までその変化が少ない。

II: 本調査海域のほぼ中央において、南赤道流域に相当し、概して表層から深層まで塩分量の変化が少ない。ただ、St. 20 の 1,000m 付近に、また St. 21 の 800m 付近に、それぞれ 35.60% 以上の Salinity maximum が存在している。

III: 本調査海域では南に当り、概して高鹹水からなり、特に 200m 付近に 35.50% 以上 35.90% 程度の高鹹水塊があり、その水塊は ROCHFORD (1962) によって示されている、South-East Indian Ocean Surface Salinity Maximum (100°E 西方では 36.00% 以上) と同系統の水塊と考えられる。

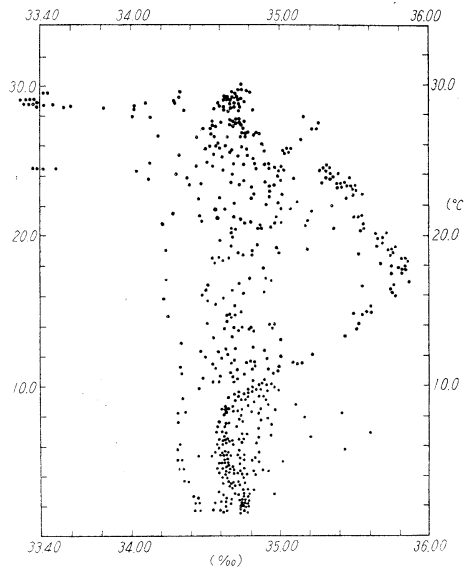
IV: この海域では、ROCHFORD (1962) によれば、表面における Phosphate P は 0.10 から 0.30 $\mu\text{g-atom/l}$ に増加し、また O_2 は 4.50 ml/l に減少しており、North west Upwelling Region としている。

V: 50~100m に Salinity maximum が存在し、

200m 以深での塩分量はほぼ 34.60~34.90% の範囲にあって、チモール海系の水塊と考えられる。

VI: ジャワ沿岸周辺に分布する水塊で、塩分量は表層から深層まで変化少なく、この水域は WYRTKI (1962) の指摘している Upwelling Region に相当している。

VII: 前記の水塊 VI の南側に存在していて、概して各層にわたり低鹹となっているが、詳細については不明である。(Fig. 1 参照)



第13図 T-S ダイアグラム

参考文献

- ROCHFORD, D. J. (1961): Hydrology of the Indian Ocean. I. The Water masses in intermediate depths of the south-east Indian Ocean. Aust. Journ. Mar. Freshw. Res., 12.
- ROCHFORD, D. J. (1962): Hydrology of the Indian Ocean. II. The surface waters of the south-east Indian Ocean and Arafura Sea in the spring and summer. Aust. Jour. Mar. Freshw. Res., 13.
- ROCHFORD, D. J. (1964): Hydrology of the Indian Ocean. III. Water masses of the upper 500 metres of the south-east Indian ocean.
- TCHERNIA, D and J. C. LIZÉRAY (1960): Océan Indien. Observations relatives à l'hydrologie du Bassin Nord-Australien, Cah. Océanogr. C. O. E. C. 12(6).
- WYRTKI, K. (1961): The physical Oceanography of Southeast Asian Waters. (Los Angeles Univ. of California Press)

資 料

禁 転 載

私たちの“潜水円盤”は 未知の“生命帯”を発見した

100~200mのあいだ海底は砂漠だったが
それから急に生物の数が多くなった

ジャック-イヴ・クストー*

佐々木 忠 義 訳**

本文は、パリマッチの745号(1963年7月20日)に発表されたもので、モナコ海洋博物館長ジャック-イヴ・クストー氏の御好意によって特に本学会誌に転載を許されたものである。ここに記して、クストー氏とその関係者に深く感謝の意を表します。(佐々木忠義)

Cet article est la traduction du texte publié dans le numéro 745 du Paris-Match qui a paru le 20 juillet 1963. Le Commandant Jacques-Yves Cousteau, Directeur du Musée Océanographique de Monaco, a bien voulu permettre de traduire pour le Journal de notre Société. Je tiens à exprimer ma gratitude au Commandant Jacques-Yves Cousteau et à ses associés. (Tadayoshi SASAKI)

潜水円盤「ドゥニーズ」号は紅海で考案された。

1952年、アクアラングをつけ潜水服を着て Shab Suleim 暗礁に沿って潜水をしている時、わたしは、潜水者とはほとんど同じくらいに動き廻られる軽便な探険用の小形潜水艦の必要を感じた。海底 65m くらいのところで、わたしは不思議な断崖を見たことがあった。しかし、私たちはその時、口がしびれ、若干の幻覚があらわれ、心の統制を乱すこともある深海の陶醉状態に入っていた。

浮上しながら、わたしはこの奇妙な断崖を探険することができる機械を造るためにすべてを尽そうと心に誓った。この誓をわたしはまもった。1959年、7年間の研究の結果、潜水円盤「ドゥニーズ」号がはじめてポルト・リコに「解き放たれ」たのである。それいらい、「ドゥニーズ」号は95回も深海潜航を行なったが、そのうち25回はこの春に紅海で、スーダン政府の許可のおかげで実現された。

朝の2時、当直士官アンリ・ブレがわたしを起した。夜の暑気(40度)にお構いなしに、わたしは潜水服にとびこんで、首のまわりにスポンジ・タオルをまきつけた。机の引き出しから役に立つことがあるかもしれないようないくつかのもの、すなわち、眼鏡、小型ポケット・ランプ、ナイフ、セロテープなどをとり出した。

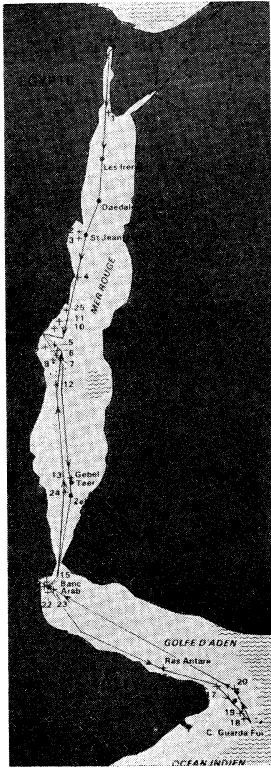
まぶしいほどに照明された艦では、めいめいが忙しそうに円盤のまわりで働いていた。

わたしは、ファルコにつづいて円盤によじのぼり、へすべりこんだ。ファルコが継目を確めながら、ていねいにハッチを閉じた。彼は横になり、酸素の流量を調節し、ジャイロスコープが「カリプソ」号の羅針儀と同じ方向を向いているかどうかをさいごに確認し、ルウに電話をかけた。「準備よし! 出発OK!」。押しあげられる感じがして、甲板に宙ぶらりんになる。丸窓越しに同僚たちの緊張した顔をさいごに見る。それから、綱ずれの音をたてて、円盤は自分の生活圏に入っていった。

わたしの頭上では金属のカチカチという音がしている。潜水者のボンニッチが円盤の吊索や電話を外しているのだ。私たちは沈んでいった。夜の水は黒く、私たちの航行前照燈の光の剣だけがつきささっていた。2匹のサメがそこで私たちを迎えていた。

* モナコ海洋博物館 Musée Océanographique de Monaco

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



グービルとわたしとは、奴らをよく知っており、奴らは私たちの潜水のたびにやってきた。別々にいる時か、小さい群をつくっている時は、奴らは臆病者のようにふるまう。しかし大勢いる時には、奴らは一段と危険である。狼みたいだ。私たちはきのうあったことを思い出した。グービルはサメにとりかこまれた円盤の撮影をした。フラッシュ・ランプをもった3人の潜水者が彼に同伴していた。

彼らはいざという時ケーブルで海にぶら下がっている金属製の檻にはいれるので、安全は保証されていた。

突如として「カリブソ」号の甲板では緊急上昇の合図をうけた。50匹ほどのヒステリックなサメどもが檻をとりかこんだのだ。

この檻には3人しか入れない。彼らは4人だった。グービルはそのうちの1人を中に入れた。彼のなかまと彼は檻の屋根にとどまって、背中合せになって、アルミニウム製の *debordoir* (単独のサメにはいたって効果的な武器) でたたいたり、カメラでたたいたりさえしてサメどもを相手に驚くほど奮闘した。1人だけだったらまちがいなく食い殺される場所であった。さいわいなことには、グービルは檻の外に3人残るように要求したのであった。グービルはトマシとまた降りてきたが、こんどは檻に入ってやってきた。25メートルのところ、わたしは、円盤の丸窓越しに、彼らが変な手まねをしてあきれほどばたばたやっているのを見た。檻のまわりには、無数の白い点々が光線のなかを渦をまき、それはまさに、夏の夜、蚊が庭のランプのまわりにむらがっているといった光景であった。

グービルとトマシは文字どおり海底の蚊に食われてしまった。潜水服で保護されていなかった彼らのくるぶ

しは、これらの肉眼では見えない蚊 (Piranhas) のために血の出るまでかまれた。

だが、きょうは、私たちは円盤の中に避難している。わたしが音響測深機を操作すると、グラフはきのうはまだ神秘的な存在だった層が、はっきりと記録紙の上に書き出された。この深海の超音波散乱層は、はっきりした音の反響を返してくるが、これと海底とを混同しないようにしなければならない。この層は—私たちはこのことを円盤のおかげで確認したのだが—視界をせばめているきわめて小さな粒子の懸濁物で構成されている。夜は、この層は水表面に近づくから、私たちは簡単にこれを通過するが、日中は数百メートルも深く沈んでいる。この広大な日周期性の移動は数十億トンのプランクトンに関係し、大洋の生命の周期を条件づけている。このように、海のリズム、“いぶき”は鳥のさえずりのような太陽光によって動かされているのである。

この巨大なそして毎日の垂直移動、この大規模な生命の潮、これが私たちの潜水で明らかにされたのである。これらの生命群の後には、これを食って生きている彼らより大きな動物群がたいていくつついている。夜、潜水すると私たちは、日中は手のとどかないような深いところにいる魚たちに出くわすのである。

ぼんやりとしたかすかな光から海底が間近に迫っていることを示している。私たちの円盤は、砂とジャリの段におりようとしていた。が、ファルコが手ぶりをして、レバーをまわした。25 kg の銃鉄塊は音もなくはなれていった。私たちの下降はゆっくりになった。いま、私たちは、ほとんど水平に進んでいる。

「まだ10 kgばかり重すぎるよ」とファルコがいった。彼は電気バラスト・ポンプをまわした。1分たった。「ドゥニーズ」号は体を少しぐらぐらさせ、出発体制をとる。10リットルの液体バラストが海に放出されたのだ。ファルコは再び起動する。

60m。私たちは傾斜地層の突端にいる。ここが、ほかならぬ1952年にわたしがちらっとみた断崖である。この断崖の端を見過した途端、ファルコはレバーを前にたおした。3秒後、75 kgの水銀が最先端のタンクに流れこみ、円盤は下方に35度傾斜した。これでは十分とはいいかねる。だから、私たちは、珊瑚の壁に沿ってジグザグに降りていった。

100m。私たちは、水平で、縁がぎざぎざになっているかたい板石の上をとぶ。数m先きは神秘的な真の暗、これこそ円盤がなかったら紅海にこんなものがあるとは想像することもできない第3の断崖である。

私たちは、未知なるものにむかって急降下する。まったく垂直な恐るべき岩壁をたどってゆく。目がまわらんばかりだ！ この道具立は、いやおうなしに、高い山にさかさまになってよじ登ってゆくような気分させる。

突如、円盤は下降を停止した。アルキメデスの原理で浮力を増すもっと冷く、もっと濃密な水の層に入ったのだ。私たちは、バラストに数リットルの補充水を入れてこの障害を突破した。

150 m。私たちはオルガンのパイプに似た巨大な柱列をたどっている。これに導かれていけば150 mよりもっと深く降りられるだろう。

240 m。円盤は、私たちがこれまでにみてきたすべてのものと根本的に異った、かなり密度の高い生命帯に入った。銀メッキをしたような大きな魚が、私たちの照明灯にとびかかってくる。赤い色や黒い色をした、器管が肉をすかしてみえる透明な魚、のこぎりの歯のようにほっそりしたリボン魚などが上、下にゆらゆらと泳いでいる。海底には、巨大な触角を変てこな具合につけた3色の小エビが、岩の下には、尾で砂をけちらしながら穴を掘っている巨大なあごをした赤やバラ色のでっかい魚がいる。ほとんどいたるところで、小さいヤリイカが、頭で砂をつついたり、こうもりがさのような触手をふりまわしたりして、言葉ではいい表しようのないダンスを照明灯のまえに踊りくる。

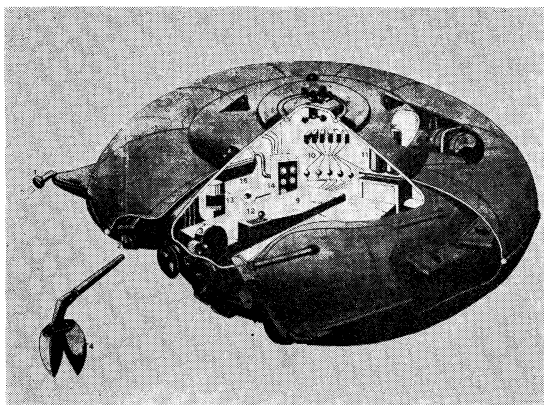
私たちの主要な発見のひとつは、深海動物の豊富なことを示したことであった。海面に近いところでは、暗礁の雑色魚や巾の広い肉食虫などがごちゃまぜに住んでい

る。100mから200mのあいだでは、サメが1匹すーととおったり、プランクトンの層が上昇したりすることでわずかに活気のある砂漠に入る。なんの変化もなしに240 mに入ると、ふたたび生命にあふれている。巨大なサメどもや、怪物や、カニの会議や、植物の繁茂にでくわすのである。ここはまだ春である。海にも四季があるからだ。海では陸上の野原のように花が咲く。いたるところに春と秋がある。しかも毎週、私たちは海中の生存闘争の突撃の波、という新しい種類の侵略にでくわすのである。

300 m。水はいぜんとして透明である。照明灯は、夜でも、前方少くとも30mははっきりと見せてくれる。

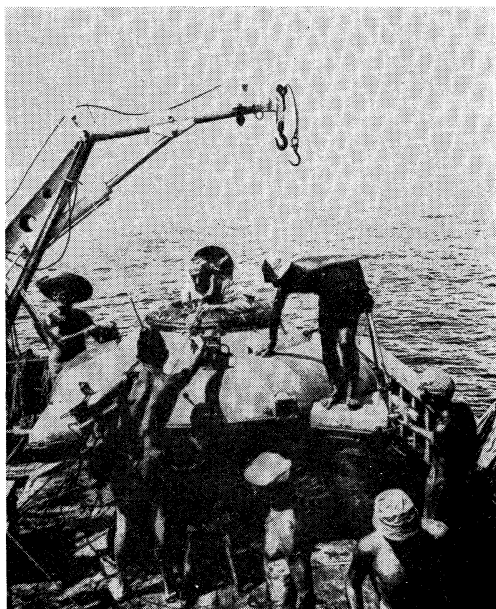
はじめて日中に潜水したとき、300 mの深海でも、太陽光線がまだそうとう強く透過してきているので、照明灯を消して、しかも、ものがはっきり見えるということを確認してびっくりした。

いま、紅海では朝の4時である。私たちは注意事項をテープレコーダーに記録し、見本を採取し、映画を撮影し、写真をとっている。たぶん、3時間後に浮上したときには、私たちは海の知識を十億分の一進歩させるかもしれない。課題の大きいことが私たちをおびえさせはしない。それが広大なことが、私たちの関心の動機そのものなのだから。「それがたとえ解決すべき問題にはどんなものがあるかということを理解させるためにしかないとしても、海底の出来事を見にこなくちゃならん」とわたしはファルコにむかっていう。外では1匹のバラ色に反射した銀色の大きな魚が照明灯にとびこんできた。



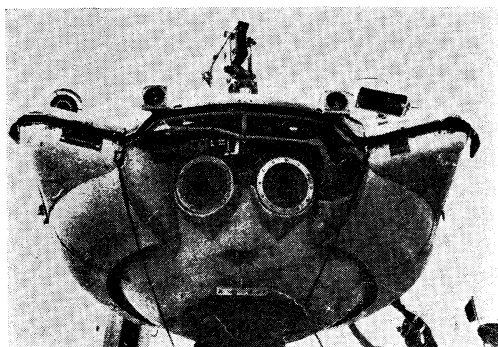
円盤の半径はわずか1 m 40 cm。装備全部で原型は約1億5千万円。小型にすれば約1億円以下になるだろう。

1. 噴射口 2. カメラ 3. 映画用カメラ 4. 挟む道具
5. 2.5 kw の投光器 6. 航行用のヘッドライト 7. 電動ポンプ
8. 蓄電池 9. 簡易ベッド 10. 継電器
11. 酸素ボンベ 12. 傾斜用桿 13. ジャイロスコープ
14. 操縦盤 15. 安定用水銀

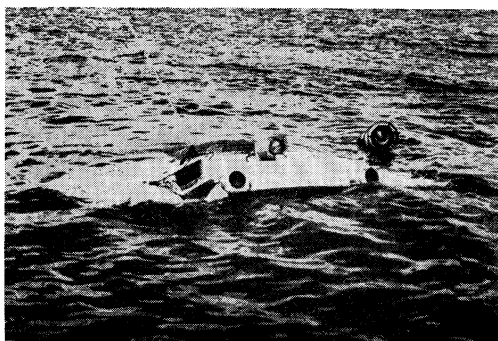


円盤のハッチを閉めて、出発するまえに、わたしは海中の印象を記録するテープレコーダーを受取った。

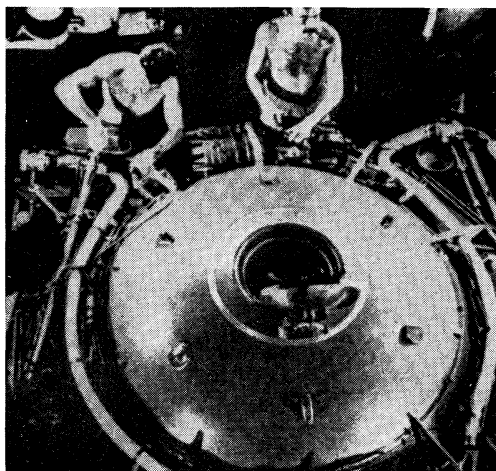
わたしの主だった協力者たちが、わたしをとりまいている。左から、「カリプソ」号の船長マリターノ、技師マルセルランとルウ、潜水者コル、オペレーターのグウピル、医者ブルド。



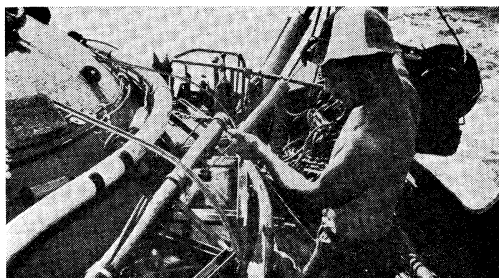
「カリプソ」号甲板上の「ドゥニーズ」号



潜水する「ドゥニーズ」号



円盤のプラスチック物質の機体が、とりはずされ、2本の推進用噴射口と、その動力を供給する電動ポンプが見える。



技師のジャック・ルウが、推進に必要なエネルギーを円盤に供給する6個の蓄電池槽に、中性の絶縁用油を注入し、照明、計器類を点検する。蓄電池、排気コーン、ポンプは鋼鉄船体の外側にあり、水中で働く。ここに、この円盤の主な独創性がある。適当な蓄電池の研究が私たちの主要な困難の一つであった。

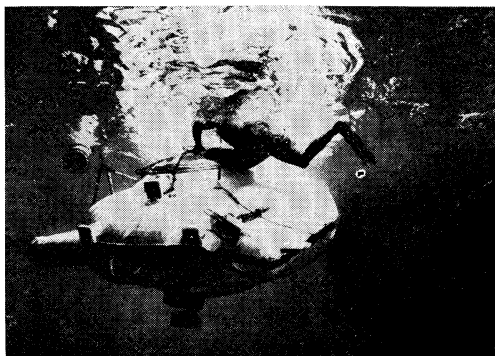


円盤は24時間自動運転が可能である。しかし、安全性を考慮して、自動運転の時間は240分を絶対にこえさせなかった。

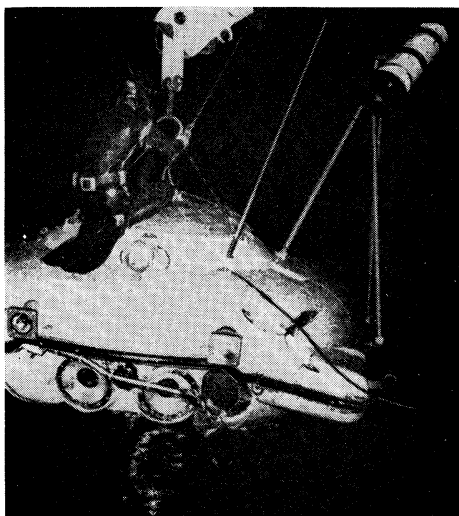
わたしは円盤内に降りた。パイロットのアルベール・ファルゴが、中からわたしを写した。数秒後に潜水開始。

私たちは水面下に4時間以上いたことは一度もない。しかし、やれば24時間“がんばる”ことができる。出発

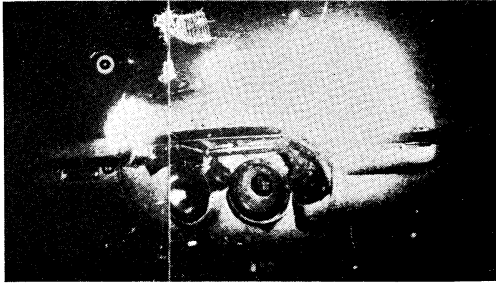
のとき、私たちは円盤内にたまっている「全能の神の空気」を吸った。少しずつそれに酸素を補ってゆく。ソーダ石灰のこまかい粒が炭酸ガスを吸収する。



ボニッチィが全身の重みを円盤にかけて潜水を助ける。円盤は、その下方にみられる25kgの2個の銃鉄塊の重みで沈んでゆく。私たちは水平に移動できるように、このうちの1個を投下し、上昇するためにもう1個を投下する。

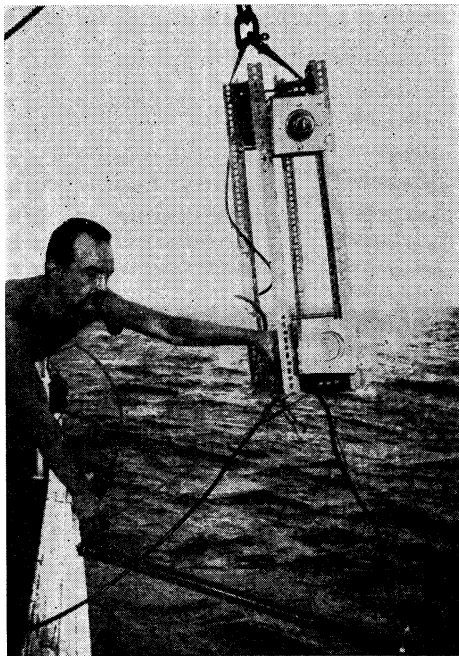


深遠なすべてのものに無遠慮なカメラの眼。若い潜水者ボニッチィが、起重機の主鉤から3脚吊索をはずす。右側にみられるステンレス製の円筒の中には、映画用カメラがあり、円盤の乗組員によって遠隔操作される。このカメラは、円盤の左翼側や底部をも撮影することができる。

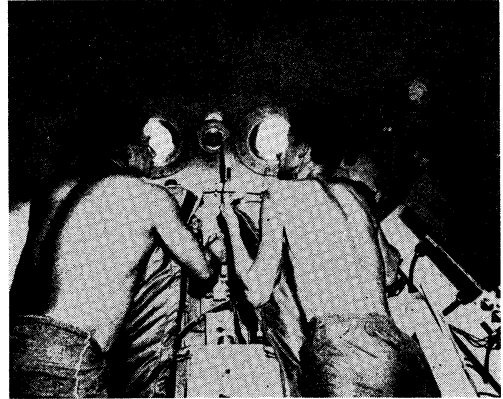


潜水 15m。ファルコが丸窓から眺めている。2.5 kwの航行用のヘッドライトと投光器がついている。

円盤をとりまいて、輝やいている点々は、かつて、潜水者たちの脚を血ぬらした珍らしい“水中蚊”とでもいふべきものである。

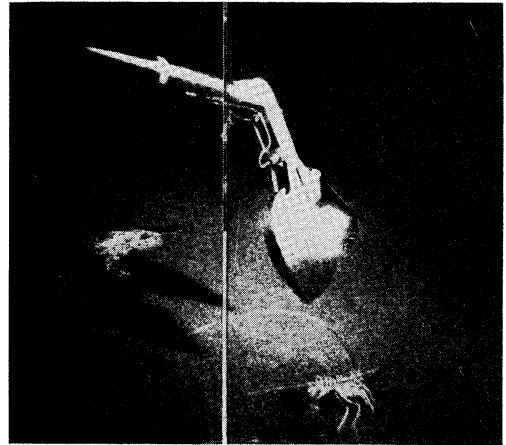


マルセルランが自分で発明した、深さ100 mまで使用できる器械を手にしてしている。この器械は、黒い円筒の水聴音機（図の下方）で、海中音を船上で聴くことができる。一方では、カメラとフラッシュとが発音体の動物たちを自動的に撮影するのである。

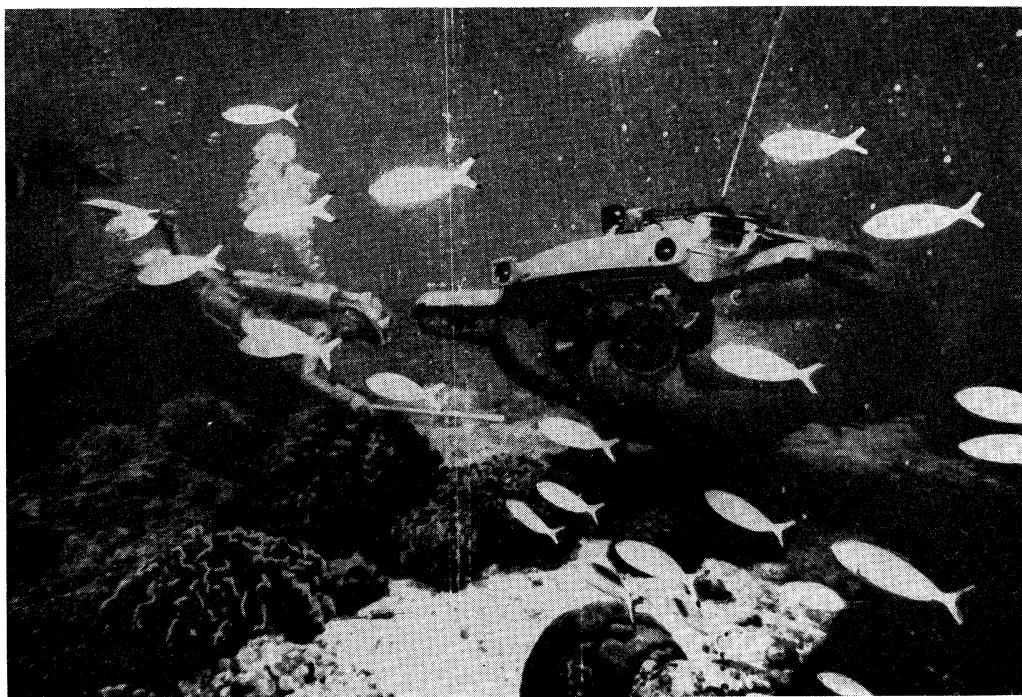


“乗組員”は、簡易ベッドに横になっている。丸い観測窓のあいだに見えるのは、海底確認用のカメラのレンズである。

この写真では、円盤はいま甲板にあるので、室内は熱気がものすごい。海面におろされ、40 mも潜水すると、乗組員はまた服を着なければならぬ。ひどく寒いからである。



ラス・アンタラ (Ras Antara)。300 m。水圧によって動くはさみ (La pince hydraulique) が、カモンカの角をもっている1匹のイセエビをおびやかしている。これを動かしているのはパイロットである。彼はこれと同時に円盤を前へやったり後へやったりする。



いまでは、海の不思議な世界は、私たちのものである。

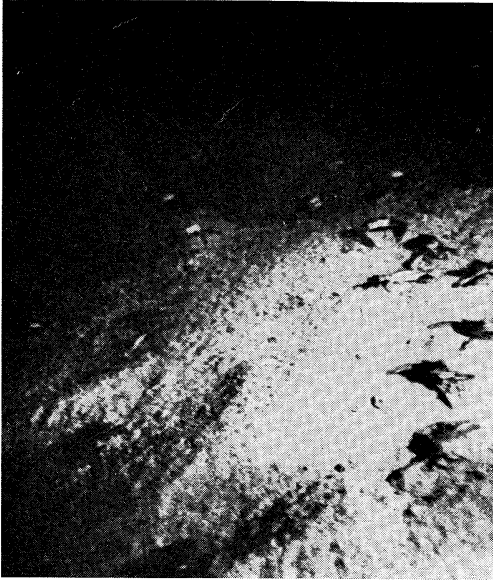


290 m。ぶどうのしぼりかすの色をした、でっかい深海魚が小エビに関心をもっている。なんという魚だかまだわかっていない。私たちはこれと似たような光景を百枚ばかり写した。海洋博物館の生物学者たちが、あとで

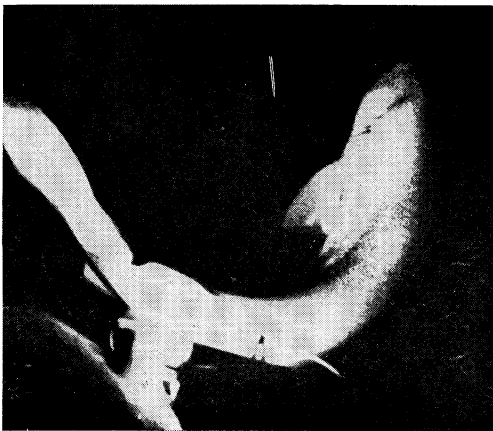
これらを熱心に表に書きこんでくれるだろう。この写真は夜間、フラッシュをたいてとった。しかし、私たちは、太陽の光が300 mの深さにまで及んでいることを知ってびっくりした。それは冬の日の陽光のように、もの悲しげな光であった。



これまた300 mの海底で、私たちはこの物静かな、未知の怪物、体長40 cmのガマに似た魚を捕えた。この魚の後鱗は足の役目をしている。そのおそろしげな小さな尾で後にわずかな移動をするのである。しかしながら、この魚をはさみで捕えるのにひどく長い時間をかけねばならなかった。

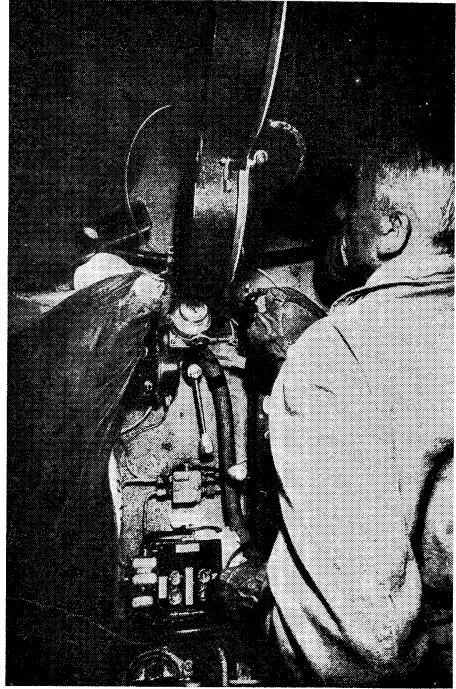


インド洋の入口、ソコ・トーラの海底 300 m。ここで私たちは、これまでより以上に珍しい発見をした。海底が何千万匹というカニに被われていた。文字通りの会議である。これは、交尾期のために何千キロも向うからやってきた泳ぎガニ (crabe nageur) である。「ドゥニーズ」号がなかったら、科学者は藻海のウナギの産卵期に比肩すべきこの光景をついに知らずにすましたであろう。

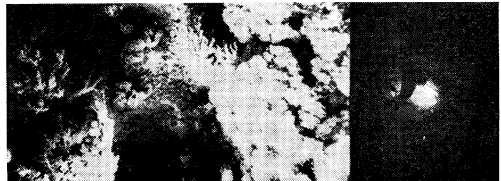


いちばん底で、巨大なサメが私たちに襲った。体長 7~8 m の巨大な深海サメ (体重は凡そ 1 トン半) が、私たちに向かってとびかかってきた。サメの尾は、円

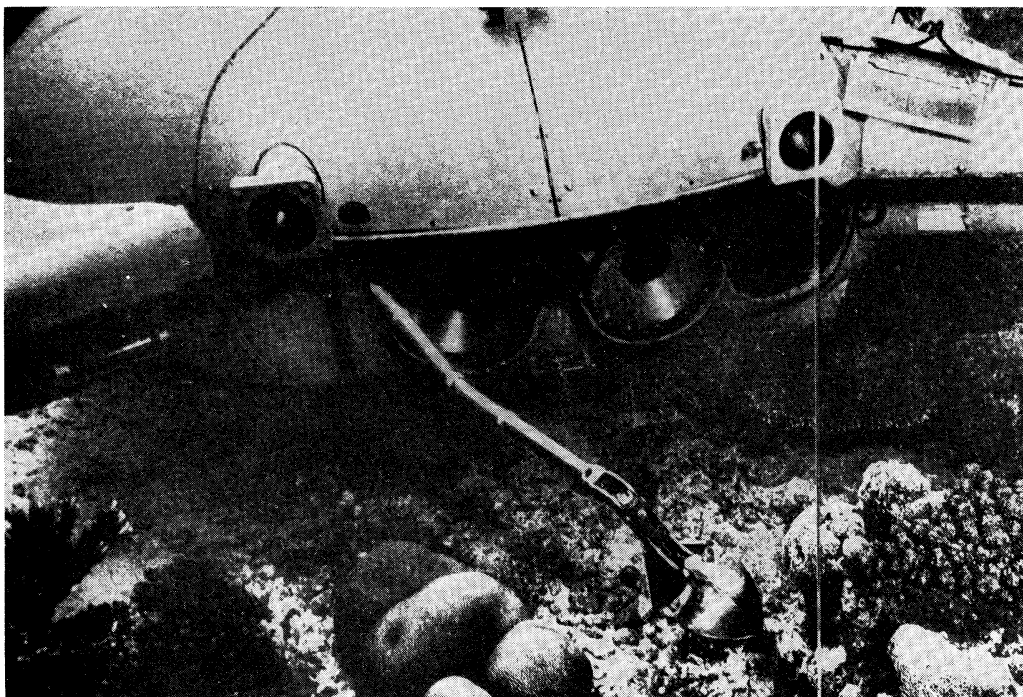
盤 (3 トン半) に荒々しい一撃を加えた。これは私たちの、もっともドラマチックな冒険であった。



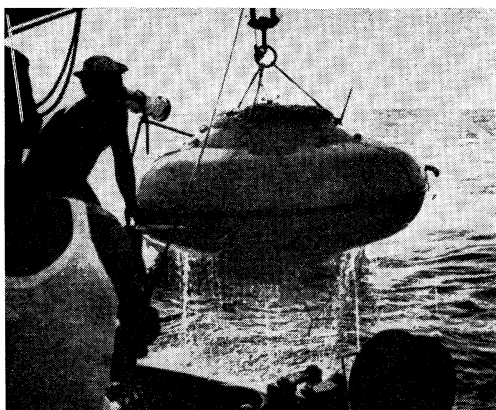
バン・アラブの海底 300 m。わたしの左側には円盤内カメラ、そのすぐ下には酸素流量計があり、この下の方に、銑鉄塊を投下させる握りてこがある。そのまた下には、円盤の浮力を修正する少量の海水を随意に導入してくれる小さなレバーがある。わたしはたくさんの照明のスイッチを動かしている。



この海底写真は、強力なフラッシュ・ランプで同調させて、円盤のカメラでとったものである。円盤内の小さなレンズは、この写真がどれほどの深さでとられたかを示すダイヤルをも同時に撮影している。



潜水のたびに、鋼鉄の腕が海底の生命を30平方cm引き寄せてくる。バン・アラブ (banc Arab) の海底15m。襲撃を開始するまえに、ファルコは捕捉器のはさみの具合を確かめる。円盤の左側の丸窓の傍に「貯蔵籠」(内容積30cm³)があり、この中に、はさみが取ってきた動物や植物や鉱物などの見本を入れる。



甲板に引揚げられる「ドゥニーズ」号

~~~~~

海底探検用の潜水円盤「ドゥニーズ」号は、ジャック・イヴ・クストーの最近の発明の一つである。円盤は、紅海での25回の潜水をすませて、文字通り「海底の村」の設置の準備を終った。ユニバーサル・マッチ誌は、紅海でのクストーのミッション、すなわち“人間による海の平和的侵略”にかんするルポルタージュの独占発表権をもっている。

## 禁 転 載

# 海 底 の 家

クストーの乗組員と共に過ごした30日間

ジャック・イヴ・クストー\*

佐々木 忠 義 訳\*\*

本文は、パリ・マッチの750号(1963年8月24日)に発表されたもので、モナコ海洋博物館長ジャック・イヴ・クストー氏の御好意によって特に本学会誌に転載を許されたものである。ここに記してクストー氏とその関係者に深く感謝の意を表します。(佐々木忠義)

Cet article est la traduction du texte publié dans le numéro 750 du Paris-Match qui a paru le 24 août 1963. Le Commandant Jacques-Yves Cousteau, Directeur du Musée Océanographique de Monaco, a bien voulu permettre de le traduire pour le Journal de notre Société. Je tiens à exprimer ma gratitude au Commandant Jacques-Yves Cousteau et à ses associés. (Tadayoshi SASAKI)

1964年5月～1964年8月。これははじめての海底への「拓植」の経験である。ユニバーサル・マッチ誌はその745号で、その第1部、潜水円盤「ドゥニーズ」号の冒険について掲載した。今回は海底の村「プレコンチナンⅡ」号の話を贈る。

7月12日、12名の健康で、すっかりくつろいだ幸運な男たちが、紅海の Shab-Rummi 岩礁に投錨している海洋調査船「ラ・カリプソ」号の前に浮上した。かれらは水面下10m、壁面の厚さ4mmの星形をした家(次頁の写真並びに図)の中で1カ月、さらに、風船のようにひもの先にぶらさがったロケット型の家の中で水面下25mで5日間をすごしてきたところである。クストー司令官の「プレコンチナンⅡ」号の実験は、完全に成功したのである。「ラ・カリプソ」号は、今日はマルセイユにあり、海底の家からとりはずされた部品の荷降しをやっている。だが、以下の頁では、はじめて海洋学者たちが水面下10mで送った生活の模様をお話しよう。

「プレコンチナンⅡ」号には明確な目的があった。それは、アジアのような大大陸、海底大陸台地(

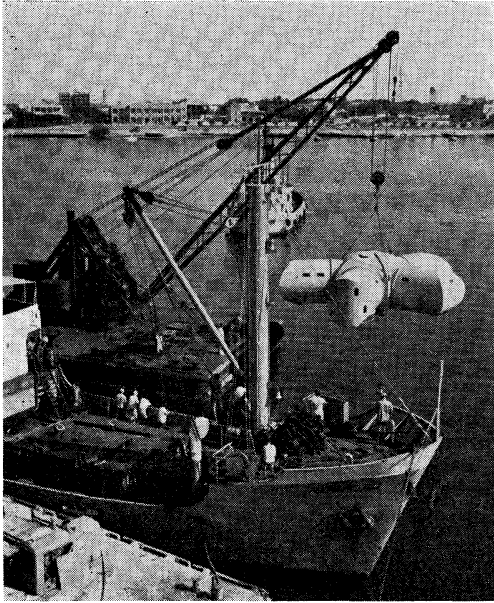
plateau sous-marin continental)に植民する手段を人間にあたえることである。つまり、人間が水面下で生活し、地上とほとんど同じ条件でそこに働くことができるようにするということである。いままでは、体力の「回復」のために水中で体を動かさずにじっとしていなければならない時間をとらなければならないために、スーツを着たアクアラング潜水者は、1日に2時間半くらい(潜水時間6時間のうち、3時間半はそういう時間につかう)しか働けなかった。また、どんなにばあいでも、「深海での陶醉状態」のために90m以上は潜水することができなかった。大きい家の住人(「プレコンチナンⅡ」号の住人)たちは、水中で確実に1日6時間働くことができたし、小さい家(ロケット型の潜水船)の住人たちは安心して100mまで降りることができた。こういうことは、潜水史上はじめてのことである。この経験は、これからは世界のどこにでも潜水基地をつくることのできるということを証明した。

将来、フランスでは、クストーの技術者たちはさらに深いところへ(大きい家では25mに、小さい家では100m以上に)潜水できるよう努力するであろう。大きい家(水面下10m)のなかでは、空気はまるで神様ほどの貴いものだが、気圧は地上で私たちが吸っている空気の2倍以上も大きいものであった。小さい家のなかでは空気とヘリウムの混合物が使われた。

\* モナコ海洋博物館 Musée Océanographique de Monaco

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





設置される海底の家 (クストー氏提供)

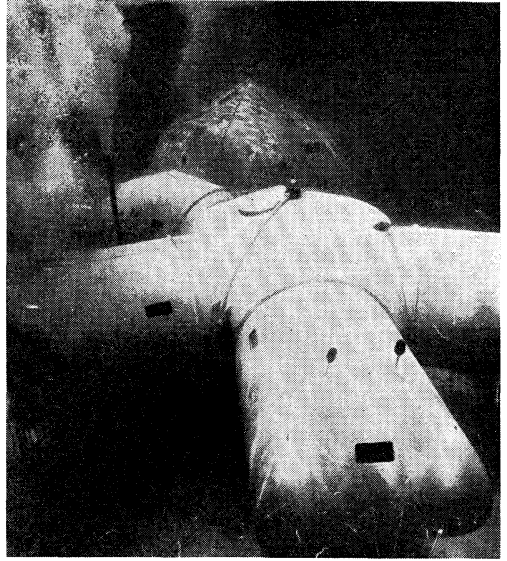
海の男の日記

6月15日。猛烈な内心のよろこびで、ものがいえないくらいだ。圧力が高いにもかかわらず、最上の出来の空気がある。家はきわめて居心地がよく、家庭的な設備のよさは、内気な女性でさえ羨望することであろう。壁や床はバステル・カラーの毛の短いモケット張りで、すべすべしている。万事が、私たちをふんわりととらえる、しっとりとした居心地よさをあたえてくれる。難点は暑気と湿度である。あちこちで、電気のショートがパチパチやっているのが、私たちに涼気と呼んだ。22時頃眠る。

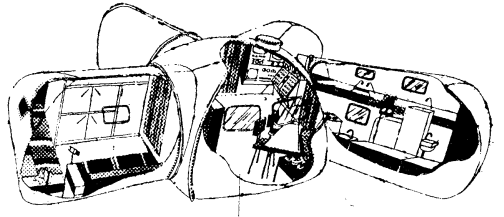
6月16日。きょうの午後、海底から15m くらいのところを *platie* に沿って小航行をする。でっかいカマスとすれちがう。家庭的な夕食のあと、とりはずし式前照燈で外を照らす。サロンは暗がりにしてあって、感動的な光景である。若干の魚が光束を横切り、私たちは解剖書を開いて見ているように彼らの体の構造を見る。

6月17日。仕事は19時頃終了、ブールド医師が私たちと一緒に夕食。就寝前にちょっとした回診。習慣に忠実なアンドレ・ファルコは、手紙を読みなおして返事を書いている。私たちの中にあっては、彼の行動はひかえめで、その親切さについてはすごく評判がいい。ユーモアを常に欠かすことなく、彼はわたしにとっては共同生活の処世術の標本みたいな男である。

6月18日。ぐっすり眠った。ゆっくりと眠りから覚め



設置された海底の家



「海星」号、5部屋、難攻不落の観、この中で紅海のパイオニアたちが暮した。

- 1 と 6 は 寝 室      2 は サ ロ ン
- 3 は 操 縦 盤      4 は キ ッ チ ン
- 5 は 研 究 室      7 は 入 口 と 浴 室

て、9時頃、しばらく体をならしたのちに浮上する。気軽な務めをあしらった休息の1日だった。私たちは生活になれはじめてきた。ルウは私たちに紫外線をあてる。日光浴は日常事になるだろう。午後、ギルベールとヴェシュールとが、魚どもに、ねり餌をくれる。輪遊びや小娘はいないが、リュクサンブール公園にでもいるつもりなんだろう！ 21時に郵便物の到着したことを知る。それを取りに船橋の下まで出る。郵便物の入った容器が沈んでいる。みんなで読む。おねんねしたのは真夜中頃。

6月19日。ルウと一緒に小さい家(ロケット型の家)の方に電線を設置しに行く。小さい家の入口の円筒の中の水位が、12時間に15ないし20cm 上昇している。このような水位の変化は空気漏れによってしか説明がつかな

い。一見したところ、それらしいところはどこにもない。空気は、したがって、海面に通じている電線から逃げているのだ。小さい家の中の空気は良好だ。でもやはり、いささかねばねばしている。ここでうんと空気を吸う。

6月20日。泡状ゴム・クッションが灰緑色になりはじめる。ラジャがぬれ手拭の感じがしてうまくない。エアークンディショナーがつけられるのを静かに待つ。

6月21日。クロードをのぞいて、誰も彼も多少とも耳が痛む。痛みは聴覚管にあるようである。一晩中、顔に扇風機をかけていたのではないかと疑われる。医者はこの説明には懐疑的である。

6月22日。小さい家が夜のあいだにいくぶんか沈んだ。みんなびっくり仰天して、志気がふるわぬ。数時間後に、司令官が災難は小難ですんだと告げる。25m潜水の実験は中止されないで遅らされた。

6月24日。わたしにとっては灰色で陰気な日だった。耳は痛むだけの用しかならず、痛いのは耳だけときている。痛みは鈍く、散慢で、しつこい。水中に浮遊している微生物のせいである。発汗のことも話題にのぼる。大勢の訪問者たちが最近のフランスのニュースを聞かせてくれる。

6月25日。白夜、薄暗い日。耳はふたつしかないんだと云って聞かせて自らを慰める。

6月28日。きょうの午後は真青な水中にすばらしい潜水。教授はすでにこわれていた4本ポンペをもってでかけたが、ガソリン欠乏によるエンジン停止で早速降りてくる。ウェスリイは彼に自分の口あてを差出す。

6月30日。今夜、わたしは実験的に、ここではさけるべき飲み物であるビールを口に、この実験を厳格に続けようと心に誓う。わたしは科学的錯誤と思われるものの鼻をあかしてやるつもりである。

7月1日。家にブランをかける。いつもながらのありふれた方法でやる。夕食に司令官を招く。彼は手ぶらで

はこないから、シャンペンをいただく。2気圧の圧力下ではシャンペンは威勢よくポンとはいわぬが、味が格別であることには変りはない。

7月5日。きょう、とうとう、カノエとポルトラチーヌが海底の住居に降りてくる。彼らは私たちと一緒に昼食をとったが健啖である。彼らの志気はすばらしく、二人のユーモアは食事をにぎやかにする。

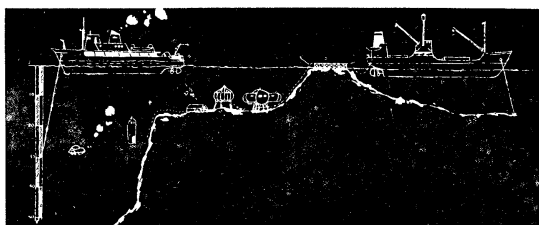
7月6日。温度と湿度が矢のように上昇する。夜、わたしははっきりと疲労を感じたが、そのちょう候はきのうからあったものだ。寝たり、しゃがんだりした姿勢から立ち上る時に、ごく軽いめまいにおそわれる。夕食後、2時間横になり——わたしとしては珍しいことだ——さっぱりした気分でもた起きる。おくれればせの午睡が長い不眠症をのぞいてくれた。

7月7日。小さい家を訪れる。私たちの声が気圧の特殊な構成のために変化して、奇妙に高調子になり、耳に異様にひびく。大口をあけてげらげら笑っても、ここでは、ヒステリックで鋭くて、ひっひつという冷笑的な冷笑になってしまう。

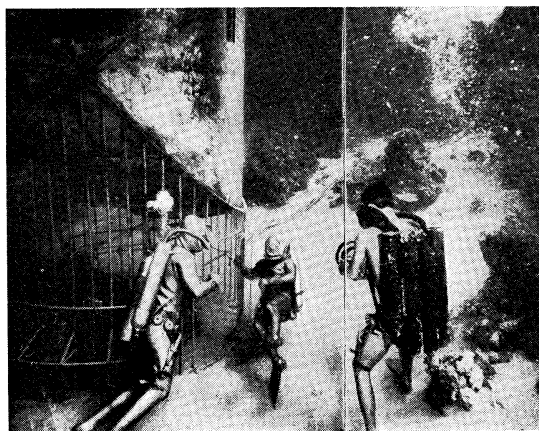
7月9日。私たちの滞在も終りに近づいた。正直にいうと、私たちは、私たちの浮上を慰安だとは思わないだろう。予定された制限を越えて、私たちのデモンストレーションを続けることはやさしいことだが、余計なことで、証明されることが望まれたと思われること以外のなものをも証明しないであろう。14時に、クストー夫人が入口に現われた。

7月10日。海面上にいる友人たちにもっと必要であった特典を、私たちは独り占めにして悪いような気がする。私たちは血色もよく、肥って、なにもしないのに、ちやほやされている。ところが、彼らときたら、だんだんちやせてきた。

7月11日 私たちの活動にはノスタルジアの気配が生まれてきている。すてきな冒険は明日で終るのだ。



右から、「海星」号、水中円盤のガレージ、ハンガーならびに25mの位置にぶらさがった家。



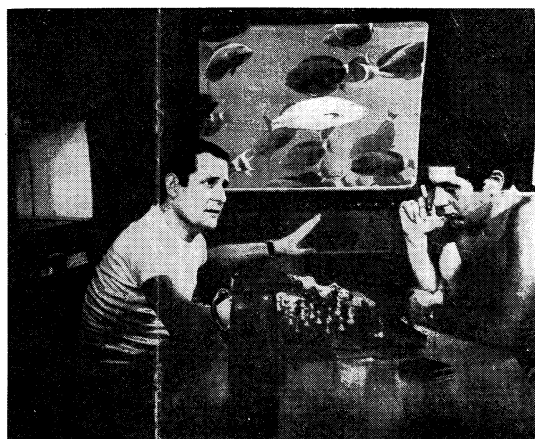
(右側) 私たちは、銀の甲冑という特別な服装をしている。私たちは「階段の檻」の前で、海面からきた潜水者を迎えている。この檻はまた、サメから私たちをまもったり、物資の1部を積んでおくのに役に立つ。

ここは海面下10m、私たちの家には  
ドアがついていない!

コップをさかさまにして水中に垂直に沈めると、コップには水が入ってこない。私たちの家は、このさかさまにしたコップとおなじである。家の中へ入るには、下側からもぐり込んで中空の円筒に入りこむだけでよい。そうすれば、円筒の真中に水からぽっかりと顔を出すのである。この時、直接に最初の部屋に入るわけである。ここで潜水服を脱いで淡水のシャワーを浴びる。毎日、訪問者があった。たとえ10m上の海面に出る権利を奪われていても、私たちは、会いたい人を私たちの家に迎えることができたのである。私たちは海の囚人ではなくて、

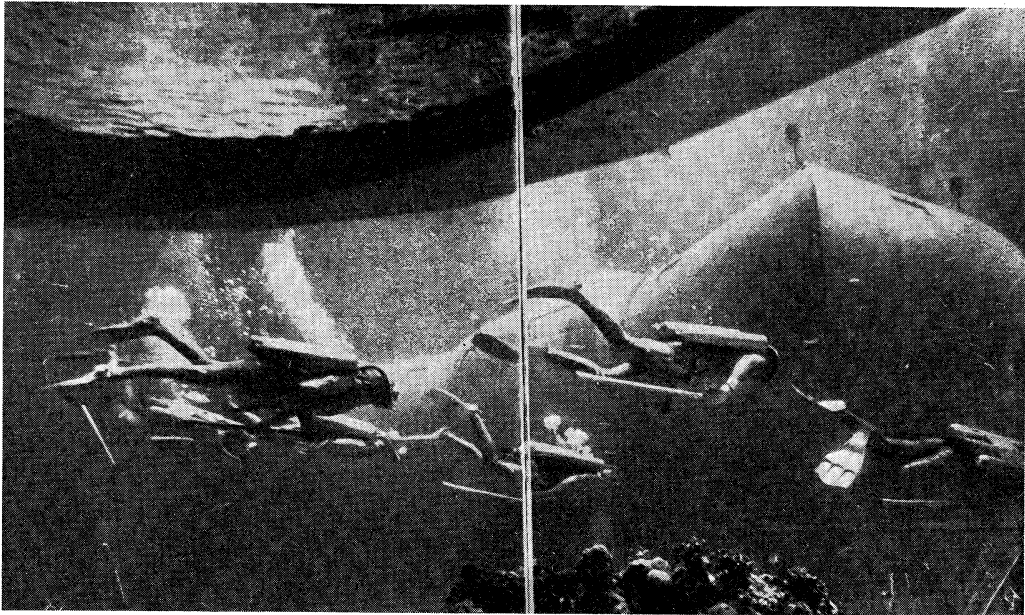


潜水者が出入りする度に、私たちの計器板に電燈信号が点滅した。これは「海星」号の「呼鈴」であった。

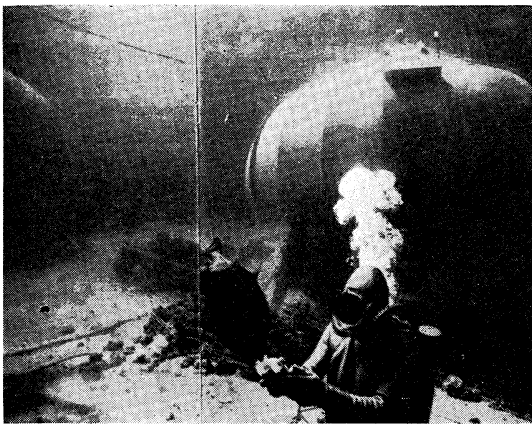


1カ月間、遅刻も退屈もしなかった。

サロンでは、ヴァノニ(右)とヴェンチュール教授とが、しばしばチェスを楽んだ。私たちは、タバコを吸うことができたし、モーツァルトやヴィヴァルディ、はてはジャック・ルシエーの「プレイ・パッサ」など、たくさんの音楽を聴いた。しかしながら、私たちのお気に入りの気晴らしは、魚やそのお喋りの異様なパレーの風景であった。

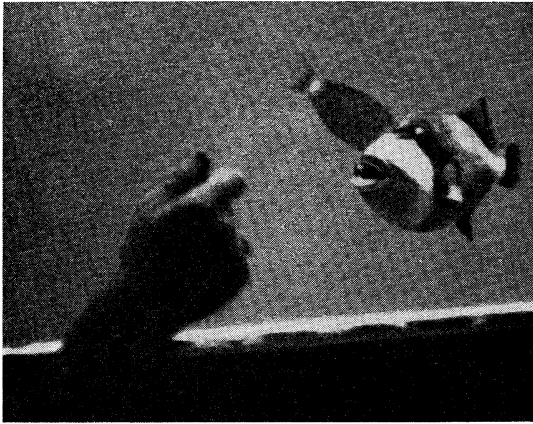


私たちの使命は、毎日6時間、水面下で探検をすることだった。  
 私たちの有難くないおつきあいは、病気や気分の悪い時に、ブルード医師から命令された「治療の刑罰」、つまり外出禁止であった。ギルベールはこいつを3日くらったものだ。  
 写真左上の光っているのは、円盤格納庫の中の水の反射である。

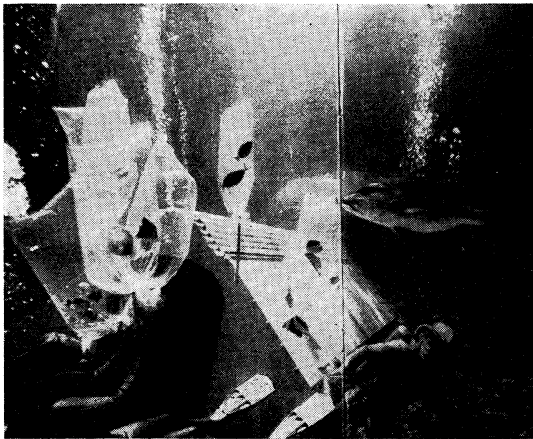


正午、それは私たちの友達 **baliste** の昼食時間である。  
 私たちが甲板にいる時読んだ科学書によれば、  
 「**baliste**」は憶病で、餌は食わない。だから、この魚

を研究するには、爆薬や毒物を使用しなければならない、とある。しかしながら、私たちは、この魚たちをジャコ貝で毎日餌をくれているうちに、そのうちの1匹と仲良しになった。紅海の魚たちは、どれもこれも、このように無害だというわけではない。潜水者たちの電気係長である「プチ・ルイ」は、死んだと思っていた1匹のカマス（カマスの類：*barracuda*）にかまれたし、カメラマンのグビルは、腿を「先生」に切解してもらった。この出来事で中毒し、ガックリきたグビルは「カリプソ」号の甲板にある、圧力タンクの中で24時間過ごさねばならなかった。写真（右側）奥に見えるのが「玉ネギ」もしくは円盤の格納庫。



1日に数回、balisteは自分が夢をみているのではないことを確認するために、ガラス越しに私たちを眺めにやってきた。私たちが彼に合図をすると、彼はガラスに飛びかかるという形で答えたものである。

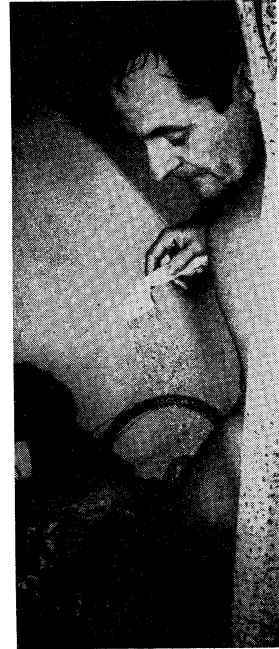


私たちの、プラスチック製のやな（魚梁）は、魚を傷つけない。

柔軟なプラスチック製の袋のおかげで、私たちは魚を傷つけないで捕え、魚たちの真中で、近くから彼らを観察することができた。

私たちは、また、硬質のプラスチック製の養魚槽や箱を準備していった。夜、色彩投光器を使って、私たちは

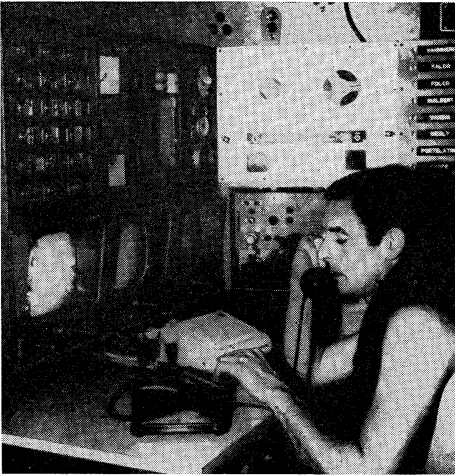
色彩にたいする魚たちの反応を研究した。なかでも赤紫色は彼らに催眠術をかける力がある。



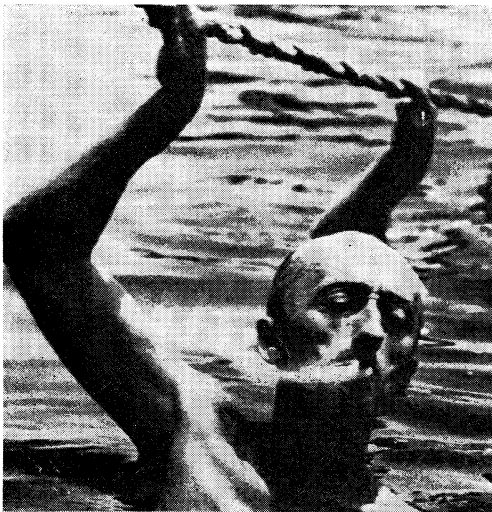
ヴェンチュール教授。38才。妻帯、子供1人。今回のミッションのチーフ。モナコ海洋学博物館副館長、生物課。



ピエール・ヴァノニ。31才、妻帯、子供1人。彼は船中日記を書いた。肉体的に一番苦しんだのは彼である。



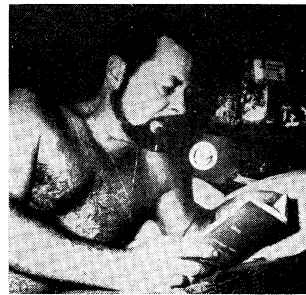
アンドレ・ファルコ。23才。妻帯、子供1人。民間の工業デザイナー。彼の前には大きい家のテレビが3台あって、1. 「カリブソ」号の甲板, 2. 家のまわり, 3. 小さい家の中, での事態の経過を映し出している。上の方には、警報器, 湿度計, 酸素連続検査器がある。左側には、船からの指令をすべて記録するテープ・レコーダーと、潜水者の退出を指示する標示灯がある。



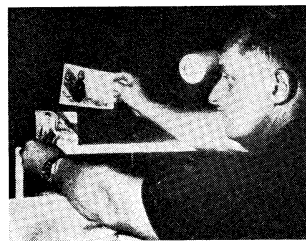
日がたつにつれて私たちの訪問者たちはやせ細り、眼のまわりにくまができてくるのがわかった。海面上の生活条件はすさまじいものだった。甲板にいと、水夫たちは気が遠くなった。休養をとるために、探検隊の紅一点であるシモーヌ・クストーはさいごの4日間を私たちのとこへやってきて過ごした。クストー司令官(写真)は10キロ減った。



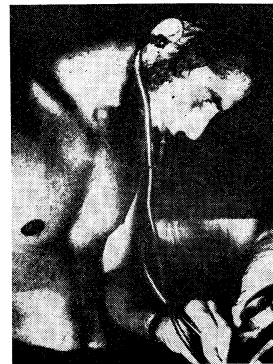
一ばん辛かったのは「上にいる」人たちだった。写真はシモーヌ・クストー。



ピエール・ギルベール。43才、妻帯子供2人。探検隊員の料理人。彼は7名の隊員と彼らが招待した人たちの食事をつくったコックとはいえ、彼はなかなかのインテリである。



クロード・ウエスリイ。33才、妻帯、子供1人。潜水隊長。探検が始まるとすぐ彼の母親が亡くなった。彼がそのしらせを受けたのはこの家の中である。



ブルード。医師23才。彼は毎日私たちを訪問した。

# 海洋における光学的現象と漁業に関するシンポジウム

Symposium sur les phénomènes optiques et les pêches maritimes

(日本水産学会主催)

日 時・昭和39年4月5日

場 所・東京水産大学

海洋における光の散乱, 吸収, 反射, 偏光などの光学的諸現象と, 広義の海洋生物の生産力との関係について討議し, 漁業に対するこの面からの科学的な裏づけを明らかにして, 今後における漁業の飛躍的發展に資することを目的として本シンポジウムを行なった。(企画責任者 佐々木忠義)

座 長: 佐々木忠義 (東 水 大)

- 1) 海洋における光学的現象と漁業……………総合報告: 佐々木忠義 (東 水 大)
- 2) 光学的現象と基礎生産……………話題提供者: 市村 俊英 (教育大, 理)
- 3) 光学的現象とプランクトン……………話題提供者: 上野 福三 (三重県大, 水)
- 4) 光学的現象と魚類の行動……………話題提供者: 草下 孝也 (東大, 海洋研)
- 5) 総合討論……………座 長: 黒木 敏郎 (北 大, 水)

## 講 演 要 旨

### 1) 海洋における光学的現象と漁業

Phénomènes optiques et pêches maritimes

佐々木忠義

Tadayoshi SASAKI

海面における光の反射 POWELL と CLARKE (1936) の実測結果によると, 晴天で平滑な海面のときの反射率は太陽高度が  $30^\circ$  より大きいときは  $9\%$  を越えることがなかった。また, 曇天の時は平均値として  $8\%$  の値が得られた。SVERDRUP (1942) は SCHMIDT (1915) および POWELL らの値から計算によって海面が平滑な場合の太陽高度とその反射率の関係を彼の著書 "The Oceans" に示している。NEIBURGER (1948) は曇天の場合, 空からの拡散光の海面での反射率を測定し, 平均値として  $10.5\%$  の値を得ている。BURT (1953) は SCHMIDT の計算した曇った空からの拡散光の反射率  $17\%$  の値は計算に誤りがあることを指摘し, 計算による正確な値は  $6.6\%$  であることを示した。また彼は Chesapeake Bay で曇天の時の拡散光の反射率の測定を行ない平均値  $9.4\%$  の値を得た。COX と MUNK (1955) は海面の荒れた状態で, 太

陽直射光と空からの拡散光との海面での反射を波面の傾斜の確率分布の測定結果から理論計算を行なった。その結果, 荒れた海面での太陽直射光の反射率は平滑な海面に比して太陽高度の高いときはわずかに増加し, 低いときはかなり減少することがわかった。このことから彼らは北氷洋に透入する太陽エネルギーは今までに推定されていた量よりさらに多いであろうと考えた。また空からの拡散光に対する平滑な海面の反射率は拡散光の分布の状態によって  $5$  から  $10\%$  まで変化し, Beaufort 4 の風によって荒らされた海面の反射率は平滑な海面の反射率より約  $20\%$  小さいことを示した。COX と MUNK の荒れた海面での太陽直射光の反射率の結果を示す図には太陽高度の減少とともに反射率は増加するが太陽高度  $10^\circ$  付近から反射率は減少する傾向のあることを示している。海面に波がある場合, 太陽高度の低いところで太陽直射



光による反射率にピークがあるとすれば、日の出後海面照度がしだいに増加しても海中照度の増加の傾向はある時刻の間に変化を起こすことが考えられる。この現象によるものと思われる現象が SASAKI ら (1956) が行なった日の出、日没時における海中照度の観測結果に現われている。

**昼光の海中における消散と照度** 海中の明るさの問題は海中の生物または植物の光合成に及ぼす影響が大きいことや、プランクトンの垂直移動およびそれに伴う魚類の移動、魚類の遊泳層などに関連する (HELA and LAEVASTU, 1961)。また最近では DSL の日週移動がその周囲の明るさの変化と関連性があることが報告されている (KAMPA, 1955; CLARKE and BACKUS, 1956; 鈴木恒由, 1963)。

海水による昼光の消散に関する研究は数多くの研究者によって行なわれているが、代表的な研究としては JERLOV が大西洋、太平洋、地中海、印度洋で行なった測定がある。この測定結果から彼は  $300\text{ m}\mu\sim 700\text{ m}\mu$  の波長範囲で深さ  $1\text{ m}$  についての透過率曲線を作った。この曲線によると最も濁っている沿岸の最大透過率は  $580\text{ m}\mu$  で  $60\%$  あり、最も透明な外洋水の最大透過率は  $475\text{ m}\mu$  で  $98.2\%$  となっている。JERLOV はまた上記の各波長における透過率と海面で測定した昼光のスペクトルエネルギー分布曲線から海中の各層に透入する全エネルギーを計算している。SASAKI ら (1958) は紀伊半島沖で可視域の五つの波長について測定した垂直の消散係数をもとにして深さ  $100\text{ m}$  までの海中の各層に透入する全エネルギーを計算した。CLARKE と WERTHEIM (1956) は高感度の中照度計 ( $10^{-7}\mu\text{W}/\text{cm}^2$  の照度まで測定可能) を使用してマイアミ沖とニューヨーク沖で約  $600\text{ m}$  までの照度を日中と暗夜で測定を行なった。この測定によると日中では深さ  $400\text{ m}$  付近から発光生物による発光が認められ、 $600\text{ m}$  以深では昼光よりも発光生物からの照度の方が大きくなると推定した。暗夜では  $300\text{ m}$  付近から発光生物による照度が次第に増加して  $600\text{ m}$  付近では日中に測定した照度と同程度の値を示した。

**海水の濁りと水中視程** 海洋の上層の濁りを最も簡単に測定するにはセッキ板が使用されている。透明度に関する理論的研究は SHOULEJKIN (1923)、竹内 (1952) らが行なっている。水中照度計で測定した消散係数の値も濁りの判定に用いられる。海水の最も透過率の大きい青色光に対する消散係数  $k$  と透明度  $D$  との間には  $kD=1.7$  の関係が成立する (POOLE and ATKINS, 1929; CLARKE, 1941) しかし、竹内 (1925) はこの関係は比較

的透明な海水に対して成立するが濁った海水に対して適用できないことを指摘している。また花岡ら (1956) も人工的に濁りを変えた水槽での測定から、沿岸のようないろいろの水塊が入り乱れている所では適用できないと報告している。

採取した海水または現場の各層の海水について、人工光源からの平行光束の海中における消散を測定して濁りを調べる研究は数多くの研究者により行なわれている。わが国においては菱田 (1953, '62)、SASAKI *et al*、NISHIZAWA and INOUE (1958) らによって海洋漁場における水塊の特徴あるいは海洋生産力との関連性などの観点から濁りの研究が行なわれている。また、花岡ら (1956, '60) はセッキ板による透明度と照度の測定から「懸濁質係数」を求めて沿岸漁場の生産力の特性の判定に応用している。濁りが水中視程に関係することは当然である。佐々木ら (1953) は指向光束に照された物体からの水中視程に関する研究を行なった。井上ら (1958) は水中にポスターカラーを懸濁させて人工的に濁りを変えた水槽中で、緑色光による網糸の水中視程を測定している。

漁網の色に関する研究としては神田ら (1958) によって魚群の行動と関連して研究されている。

**海中における昼光の角度分布** CLARKE (1939) は深海における昼光の角度分布の問題は趨光性をもった生物の垂直移動の問題に関係があると報告している。この角度分布に関する研究は JERLOV (1938)、PETTERSSON (1939) TAKENOUCHI (1940) らによって着手された。彼らの測定結果によると海面に近い層では最強の光の方向は太陽方向であるが、深さを増すにしたがって次第に天頂の方向に移動し、かなり深い層まで指向性が保たれることがわかった。WHITNEY (1941) はさらに詳細に知るために種々の条件のもとで測定を行なった結果、深くなると角度分布の形は鉛直軸に関して対称な天頂方向にのびた楕円形となり、この分布の形は散乱係数と吸収係数の関数であろうと推定した。この角度分布の究極の形を、Characteristic diffuse light と名付けた。POOLE (1945) も深い海での角度分布の形は鉛直軸に関する回転楕円体であると理論的に推定し、その形は散乱と吸収との相互関係によって支配されると考えた。WHITNEY の名付けた Characteristic diffuse light の名は最近では Asymptotic radiance distribution と呼ばれている。PREISENDORFER (1959) は光学的に均一な海について radiative transfer の理論を用いて深海での Asymptotic radiance distribution の存在を数学的に解明した。そしてこの究極の形は海面における明るさの状態



に無関係に海水固有の光学的性質すなわち体積散乱係数と吸収係数によってのみ決定されることを示した。

SASAKI ら (1955, '57, '58a '58b '60) は 1955年より昼光の角度分布に関する研究を行っており、海洋の上層では水平面内の角度分布の形は太陽高度、濁りなどによってさまざまに変化することを確かめた。また、相模湾の晴れた空の状態で水平面内の角度分布を測定した結果鉛直軸に対して均一分布、すなわち円になる深さは約 130 m であると推定した。JERLOV (1951) は水平面内の角度分布が円になる深さは最も透明な外洋水では約 300 m であると推定している。

海面に近いごく表層の角度分布については曇天の場合は TYLER (1958)、晴天の場合は JERLOV and FUKUDA (1960) の測定がある。この深さでの角度分布の特徴は、 $\pm 48.6^\circ$  を頂角とする視野の範囲での形は非常に狭くなっていること、 $\pm 90^\circ$  の視方向付近にピークが現われていることである。JERLOV らは前者は空からの光が Snell の法則によって  $\pm 48.6^\circ$  を頂角とする視野範囲に圧縮されてしまうためであり、後者は海面に向かって上向きに進む散乱光のうち海面において全反射される散乱光があるためであると理論的に解明している。そしてこのピークは深くなると消滅する。

**昼光の海中における偏光** 陸上動物たとえば蜜蜂などが偏光を感知して行動することはよく知られている現象である。海中においてもある種の甲殻類も海中の偏光を感知して行動しているようである。

WATERMAN (1950) の研究によるカブトガニの複眼は直線偏光の偏光面を感知することがわかった。海洋生物と偏光の関係は海洋生物学的に興味深い問題である。

海中の偏光の研究は WATERMAN (1954) によって始められた。海洋の上層の散乱光は直線偏光であることを確認し、視方向による偏光面の傾きの違いを認めた。引き続き 1955 年には写真撮影により深さ 200 m までの偏光の測定を行ない、深さを増しても偏光は直線偏光で、偏光面の傾きは太陽高度によって変化することがわかった。また 1956 年には沿岸水について偏光度の測定を行ない、太陽屈折光線の方向性と偏光面の傾きに相互関係があることと懸濁粒子が多くなると偏光度が減少することを報告している。IVANOFF (1956, '57, '58) は WATERMAN と協力して海中偏光の測定を行ない次の結果を得た。(1) 海水と懸濁粒子による散乱が海中偏光の主因であり、水平面の上半球のうち  $2 \times 48.6^\circ$  の円錐内では空光の偏光も海中偏光に役割をはたす。(2) 晴天時の偏光度は最大輝度に大体直角の方向の視路で最大である。

(3) 偏光面は太陽を含む鉛直面内では水平で、太陽を含む鉛直面に直交する鉛直面内ではある傾きをなし、水平視路については傾斜角は海面における太陽光線の屈折角に等しい。(4) 偏光度は太陽、天空からの光の方向性が顕著なとき最大になる。

IVANOFF と WATERMAN (1958) は臨界角をわずかに離れた角度で楕円偏光を観測した。

SASAKI ら (1959) は潜水探測機「くろしお」の内部から水平視路の偏光度の測定を行なった。また写真撮影により水平視路の偏光面の傾きの測定を行なった。その結果(1) 水平方向からくる光は総べて直線偏光で、太陽方向が偏光度最小で太陽方位から  $90^\circ$  はなれた方位が最大である。(2) 偏光面の傾きは太陽方位とその反対方位で水平で、太陽方位から  $90^\circ$  離れた方位が傾斜が最大である。(3) 太陽方位に向って右側と左側とでは偏光面の傾きは反対になることがわかった。

前記の各研究者の測定結果からわかるように海中偏光の偏光度と偏光面の傾きは太陽方位や屈折光線の方向と密接な関係があるから、海中で偏光の状態から太陽の位置が決定できる。したがって偏光を感知することのできる海洋生物にとって、海中偏光の状態が彼らの行動のためにコンパスの役割を果たすことになる。

近時、鳥類の渡りについての研究が急速に発展し、その渡りの方向判定 (orientation) と航法 (navigation) についての太陽方位説が多く学者によって認められつつあり、それによると内的時計 (internal clock) で方向角の変化を認知するという説明も行なわれている。

鳥類の渡りの研究に刺激されて、魚類の行動と太陽とを結びつけて考えようとする試みは当然考え得ることである。太陽による魚類の方向判定と回帰性 (回遊魚) についての研究が、鳥類の渡りの研究と同様の手段で進められ、1部の興味ある成果が挙げられている (HASLER ら 1958, '60)。やがてさらに多く成果が出てくることであろう。

一般に、海洋における光学的現象と海洋生物の関係を論ずる場合、水中中のある点での光学的環境を考えた場合空気中と異なり、明るさ・散乱・偏光などが複合しているため、基本的にはどの現象が主たる役割を果たしているかを決定するのに困難を伴う場合が多い。

## 文 献

- 1) POWELL, W. M. and G. L. CLARKE (1963) : Jour. Opt. Soc. Amer., 26, 111~120.

- 2) SCHMIDT, W. (1915) : *Ann. Hydro.*, **43**, 169~178.
- 3) SVERDRUP, H. U., J. W. MARTIN and R. H. FLEMING (1942) : *The Oceans*. New York.
- 4) NEIBURGER, M. (1948) : *Trans. Amer. Geophys. Union*, **5**, 647~6525.
- 5) BURT, W. V. (1953) : *Trans. Amer. Geophys. Union*, **34**, 199~200.
- 6) COX, C. and W. H. MUNK (1955) : *Jour. Mar. Res.*, **14**, 63~78.
- 7) SASAKI, T., S. WATANABE, G. OSHIBA and N. OKAMI (1956) : *Jour. Tokyo Univ. Fisheries*, **42**, 161~164.
- 8) HELA, I. and T. LAEVASTU (1961) : *Fisheries hydrography*. Fishing News (Books) Ltd., London, 36~40.
- 9) KAMPA, E. M. (1955) : *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **41**, 938~839.
- 10) CLARKE, G. L. and R. H. BACKUS (1956) : *Deep-Sea Res*, **4**, 1~14.
- 11) 鈴木恒由 (1963) : 日本水産学会誌, **29**, 1000-1004.
- 12) JERLOV, N. G. (1951) : *Rep. Swedish Deep-Sea Exped.*, **3**, 1~59.
- 13) SASAKI, T. *et al.* (1958) : *Rec. Oceanogr. Wks. Japan*, Spec. No. 2, 120~127.
- 14) CLARKE, G. L. and G. K. WERTHEIM (1956) : *Deep-Sea Res.*, **3**, 189~205.
- 15) SHOULEJKIN, W. (1923) : *Phys. Rev.*, **23**, 85~100
- 16) 竹内能忠 (1952) : 研究時報, **4**, 268-324.
- 17) POOLE, H. H. and W. R. G. ATKINS. (1929) : *Jour. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **16**, 297~324.
- 18) CLAKE, G. L. (1941) : *Jour. Mar. Res.*, **4**, 221~230.
- 19) 花岡資・古川厚・野上和彦 (1956) : 日本水産学会誌 **22**, 213-219.
- 20) 菱田耕造 (1953) : 日本海洋学会誌, **9**, 143-180.
- 21) HISHIDA, K. (1962) : *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **18**, 79~84.
- 22) SASAKI, T. *et al.* (1957) : *Rec. Oceanogr. Wks. Japan*, **3**, 92~103.
- 23) NISHIZAWA, S. and N. INOUE (1958) : *Rec. Oceanogr. Wks. Japan*, Spec. No. 2, 101~115.
- 24) 花岡資・古川厚・野上和彦 (1960) : 日本水産学会誌, **26**, 469-471.
- 52) 佐々木忠義・渡辺精一・大柴五八郎・田中久一郎 岡見登 (1953) : 日本水産学会誌, **19**, 219-222.
- 26) 井上直一・西沢敏・田向康三郎・工藤孝雄 (1958) : 日本水産学会誌, **24**, 501-506.
- 27) 神田献二・小池 篤 (1958) : 日本水産学会誌, **23**, 612-616.
- 28) 神田献二・小池 篤 (1958) : 日本水産学会誌, **23**, 617-620.
- 29) 神田献二・小池 篤・小倉通男 (1958) : 日本水産学会誌, **23**, 621-624.
- 30) 神田献二・小池 篤 (1958) : 日本水産学会誌, **23**, 680-683.
- 31) CLAKE, G. L. (1939) : *Ecology*, **20**, 529~543.
- 32) JERLOV, N. G. and G. LILJEQUIST (1938) : *Svenska Hydrogr. Biol. Komm. Skr. Hydrogr.*, **14**, 3~15.
- 33) PETTERSSON, H. (1939) : *Rapp. et Proc. Verb. Reun.*, **108**, 9~12.
- 34) TAKENOUCHI, Y. (1940) : *Bull. Japan Soc. Fish.*, 213~219.
- 35) WHITNEY, L. V. (1941) : *Jour. Mar. Res.*, **4**, 122~131.
- 36) POOLE, H. H. (1945) : *Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.*, **24**, 29~42.
- 37) PREISENDORFER, R. W. (1959) : *Jour. Mar. Res.*, **18**, 1~9.
- 38) SASAKI, T. *et al.* (1955) : *Jour. Sci. Res. Inst.*, **49**, 103~106.
- 39) SASAKI, T. *et al.* (1957) : *Rec. Oceanogr. Wks. Japan*, Spec. No., 42~45.
- 40) SASAKI, T. *et al.* (1958a) : *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **14**, 47~52.
- 41) SASAKI, T. *et al.* (1958b) : *Jour. Sci. Res. Inst.*, **52**, 71~77.
- 42) SASAKI, T. *et al.* (1960) : *Rec. Oceanogr. Wks. Japan*, Spec. No. 4, 197~205.
- 43) TYLER, J. E. (1958) : *Jour. Mar. Res.*, **16**, 96~99.
- 44) JERLOV, N. G. and M. FUKUDA (1960) : *Tellus*, **12**, 348~355.
- 45) WATERMAN, T. H. (1950) : *Science*, **111**, 252~254.
- 46) WATERMAN, T. H. (1954) : *Science*, **120**, 927~932.
- 47) WATERMAN, T. H. (1955) : *Deep-Sea Res.*, **3** (Suppl.), 426~434.
- 48) WATERMAN, T. H. and W. E. WESTELL (1956) : *Jour. Mar. Res.*, **15**, 149~169.
- 49) IVANOFF, A. (1956) : *Jour. Opt. Soc. Amer.*, **46**, 362.
- 50) IVANOFF, A. (1957) : *Ann. Géophys.*, **13**, 1~32.
- 51) IVANOFF, A. and T. H. WATERMAN (1958). *Jour. Mar. Res.*, **16**, 283~307.

- 52) IVANOFF A. and T. H. WATERMAN (1958) : Jour. Mar. Res., 16, 255~282.  
 53) SASAKI, T. *et al.* (1959) : Rec. Oceanogr. Wks. Japan, 5, 91~97.

- 54) HASLER, A. D. (1960) : Ergebniss der Biologie, 23, 94.  
 55) HASLER, A. D. *et al.* (1958) : Limnology and Oceanography, 3, (4).

## 2) 海洋における光学的現象と基礎生産

### Phénomènes optiques et production primaire en mer

市 村 俊 英

Shunei ICHIMURA

生産の概念は研究分野によってそれぞれ異なっているが、ここでは基礎生産は緑色植物による無機物からの有機物生産を意味し、さらに生産の行なわれる機構、過程、およびその結果(生長)まですべてを含むと規定し論議を進めたい。

基礎生産は生態系内の物質循環、エネルギー移動の基礎として極めて重要であり生態系の物質経済を解明する場合最初にとり上げられるべきものである。

水界の基礎生産は水生高等植物、着生微小藻類、植物プランクトン、海藻などによって行なわれるが、海洋では、浅い水域をのぞき植物プランクトンが主要な生産者となっている。それゆえ植物プランクトンを中心に問題を提起する。

基礎生産はその基本的生理作用である光合成と呼吸の両作用因子に分け、生産と消費と相反するこの二つの作用因子は生長という形で捉えられねばならない。今問題とする光と基礎生産の関係も、物理的環境要因としての光因子と生理作用因子である光合成との対比によって始めて理解されよう。

最近10年間、基礎生産の研究は目ざましいものがあり、多くの知識が集積されつつある。

これらの研究はその対象と方法により、1) 基礎生産量測定と地理的生産力の把握 2) 生態系の構造と機能の解析 に整理される。この二つは基礎生産の研究に必要であり、相伴って進められねばならない。光因子は(2)において特に多くの知識を必要とするので、ここでは問題を主に(2)にしぼり検討したい。

**水中照度測定の問題** 水中の光環境については、海洋光学的立場からすでに多くの研究があり、測定については他の講演者によって論議される予定なので、生物学的立場から2, 3この問題にふれてみたい。

周知の如く、水中に透入した光は、量、質ともに著しい変化を受け、それぞれの深さの光環境は、生物の生活作用に全く異なった影響を与えるであろう。基礎生産の研究では、光は物理的環境要因としてではなく、主体である植物プランクトンの生活作用、すなわち光合成成分として捉えられなければならない。物理的量から生物的量への変換のためには、西条(1963)がすでに指摘しているように光に対する植物プランクトンの生理反応を十分考慮しなければならない。このため、光の測定に、最近 BULA *et al.* (1953,) STEPHANSON *et al.* (1962) らによって試みられた光合成の作用スペクトルに近い感度を持つフィルターを利用するのが最も望ましい。しかし生物自体、種類、生理状態のちがいがそれぞれ異なった作用スペクトルを示すので実用的なものを得るにはほど遠いようである。現在の状態では比較的安価で作用スペクトルに近い感度を持つ色フィルター付きのセレンウム光電池を使用したもので、大体さしつかえないと思う。この光電池は視感度に比してやや緑色部の感度が大きい点に留意せねばならぬ。

**光と自然植物プランクトンの光合成** 基礎生産の機構解析、また実測においても、まず自然プランクトンの光合成特性を明らかにする必要がある。光合成は植物生理学の中心課題として膨大な研究の結果、現在ではその機構はほぼ解明されている。しかし基礎生産の研究で必要な光合成の知識は機構そのものでなく、単位生産に関するものであり、自然植物プランクトンの光合成と環境諸要因との量的相互関係である。種類や生理状態によって、どのような光合成特性を示すかが問題である。光合成特性については最近 Steemann NIELSEN, RYTER, TALLING などによって研究が進められているが、まだ十分な知識を得るまでに至っていない。光合成特性のうち、光に関

係する 2, 3 について述べる。

機構からみれば光は光合成反応回路においてスイッチの役をする水の光分解に関与するだけであるが、光合成量を規定する量的側面では主要要因の一つになる。光と光合成量の関係は光—光合成曲線が最もよくその特性を示す。光—光合成曲線の特徴から光合成は陽生型、陰生型に分けられ、前者は高い光補償点と光飽和点を持ち、後者は低い光補償点と光飽和点を持つ。一般に表層プランクトンは陽生型、深層のものは陰生型を示すが、季節的には夏季は陽生、冬季は陰生型である。このように光合成型は種類に特有の性質ではなく、環境要因の変化によって容易に可逆的に変化し、それに要する時間は8~24時間位である。垂直分布の違いから生ずる光合成型の分化は光が主要要因であり、季節的分化は水温および栄養塩類によるものであることも明らかにされている。RYTHER (1959) は光合成型の分化と基礎生産との関係を論じ、深度による光合成型の違いは十分考慮されねばならぬと述べている。光と光合成で注目すべき他の特性は強光阻害現象である。一般に光合成は強光下でかなり低下することが知られているが、生育環境によって阻害の程度が異なり、その結果特に表層部において基礎生産量に影響を与える。

**水中の光条件と合成** シンポジウム主催者の講演者に与えたテーマの意図は、水中の光条件と光合成—基礎生産—の論議にあったと思う。しかし先にもふれたように、基礎生産機構の解析にはこの分野の研究が特に要望されているにもかかわらず、その困難さからもまだみるべき結果がない。1961年ハワイにおける太平洋学術会議にこの問題が取り上げられ議題「Biological and Physiological Aspects of Light in the Sea」によって境界領域についてシンポジウムが行なわれた。しかし基礎生産については期待したような結果が得られなかった。植物生理学では、光合成色素の吸収スペクトルと作用スペクトル、量子収量と光の波長との関係、色素分子間のエネルギー伝達など詳しい研究が行なわれている。それにもかかわらず海洋光学にこれらの結果を導入し、水中の光条件と光合成の関係を解明するには技術的にまだ困難が多い。SOROKIN の方法はこの困難をさけた点で一応賢明といえよう。彼は同じ光合成能力を持つ植物プランクトンをそれぞれの深さに一定時間吊し、水中の光条件を生物自体の反応光合成量のちがいで測定しようとした。たしかにこの方法は選択吸収による波長組成の問題を一応解決したかに見えるが基礎生産の測定という点になると他の困難がやはりつきまといっている。TALLING

(1957) は各深度に達する光を波長別にエネルギーとして測定し、これによって光—光合成曲線を作った場合、現場法とタンク法がよく一致すると報告している。この場合にも問題が残る。今要求光量子を10とすると赤色部の光合成効率は約27.3%、青色部では15.5%である。光合成量は波長のちがいでよってかならずしもエネルギー量と比例しないことは後の JENKIN の例でも明らかである。未解決の問題が水中照度と光合成には残されているが、基礎生産の実測という点では、現在行なわれている相対照度と表面照度、あるいは光エネルギーの測定から各深度の光条件を求める方法でもことたりるのである。

水中の光条件と光合成に関する研究としてよく知られた例に JENKIN (1937) がある。珪藻を使ったこの実験では、光合成は強い光を受ける表層で阻害され、水面のすこし下の部分で極大となり、光飽和は  $0.03\sim 0.06 \text{ g Cal/cm}^2\cdot\text{min}$  で起こる。これ以下では深くなるほど弱まり、その弱まりかたは光の減少に比例的である。補償深度では光エネルギーは  $0.002 \text{ g Cal/cm}^2\cdot\text{min}$  である。このような深さによる光合成の相異は、その後の研究者たちによってもたしかめられている。

水中の光条件と光合成の関係は植物プランクトンの垂直的な分布のしかたを十分に説明する。TALLING (1958)、佐伯 (1959) らは光合成の垂直的な変化を生長量にまで発展させ、植物プランクトンの分布の成層構造への発達をたくみに解析した。

**水中照度と基礎生産** 海洋の基礎生産測定法については西条 (1963) によって要領よくまとめられている。現在使用されている主要な方法は、現場法、擬似現場法、Sorokin 法、タンク法などがある。現場法をのぞき他の方法はいずれも水中照度、および光条件と光合成の関係についての植物生理学の知識が必要である。前にもふれたように未解決の問題が残っているので、多少精度が低くなるのはやむを得ない。一方 RYTHER (1959) や TALLING (1961) RILEY (1956) などによって、基礎生産量を数理的手段によって間接に求める方法が試みられている。この方法では水中照度と光合成の関係が解析されると同時に基礎生産量が求められるので今後の発展が期待される。間接法で光条件と光合成とをどのようにとり扱うか、また光の変化にしたがって生産量がどうかかわるかをクロロフィル法によって述べたい。クロロフィル法では消散係数、水中のクロロフィル量、光—光合成曲線などから基礎生産量を求めるのだが、RYTHER (1956) によれば現場法とよい一致がみられるという。

## 3) 海洋における光学的現象とプランクトン

## Phénomènes optiques et planctons en mer

上 野 福 三

Fukuzo UENO

プランクトンの海洋の光学現象に対する問題のうち、植物プランクトンによる基礎生産力との関係については別に解説されるので、ここでは動物プランクトンの日周鉛直移動について述べる。この問題は単に動物学ないしは海洋生物学的興味以外に水産学的にも海洋学的にも動物プランクトンの水塊に対する指標性を考える場合、採集時刻の差が採集された動物プランクトンの量や組成に影響を及ぼし、解析を非常に困難としているので、これが MOORE [(1954, '56)] が試みた光の要素を加味することによって補正できるならば有意義なものとなる。また海洋の基礎生産を行なう植物プランクトンにとって栄養塩の補給は深層であるが、この深層からの光合成層への栄養塩の運搬は湧昇のほかこの動物プランクトンの日周鉛直移動が大きく関与しているといわれる。これらの点から今後この問題の解析はますます重要となると思われる。

そもそもこの問題は 1872~75年の有名な Challenger Expedition を整理していた BRADY により気付かれ、その後他の海洋生物学諸部門の発展と同様に expedition によって進展した。1911年に E.L. MICHAEL がはじめてこの原因を種ごとに個有な optimal light intensity を維持しようとすることによっておこると述べたことから、光との関係に対する解析、実験が大発展してくる。ここで方向は field と laboratory の2方向に分れる。前者は ESTERLY (1912) より発し、RUSSELL (1925-34)、CLARKE (1933-34) などによって精細に調査せられ optimal light intensity の概念についての基礎付けが行なわれた。これらが主として Copepoda を対象としたのに対し、その後 MOORE (1949-50) によって主として D. S. L. に着目して Euphausia を対象として光のみならず水温の概念をこれに加えることによって進展し水塊の指標との関連まで発展した。彼もまた水温その他の要因に影響されない場合、zooplankton は一定の照度の所を維持するよう migrate することを D.S.L. の移動と等照度線の変化から見ている。また月の影響を考え、北半球では太陽と月の入射角の差から、深層のある点では月の光の方が太陽の光より強くなる所が考えられ、深層に棲む plankton と浅層に棲むものとは異なった反

応をおこすと考え月との関係を調べた。しかしながらこの問題については光の測定についてもっとよい道具ができるまで待たねばならぬとしている。彼はこの isolumenes と D. S. L. との関係が水温の影響を受けることに気付き、光と水温との双方を関係付けて“survival index”というものを作った。これは縦軸に表面水温を、横軸に夏の正午の表面光の  $10^{-12}$  値になる層の水温をとり、この図に各種ごとの出現を plot することによって種ごとの出現特性を示したものである。したがって水温と光の資料から Euphausia の量が算出し得るとし、この  $T_s$ ,  $T_{1-12}$  が Euphausia の分布を相対的に決める主要因であるとしている。この後海洋光学の発展と共に水中照度の測定はその精度を著しく上げ、CLARKE および WERTHEIM (1956) は深海の発光生物の光まで測定しているが、プランクトン自体の解析にその方法上の困難性が大きいことと共に前述の月の影響の問題と共に  $10^{-12}$  の order の光を常時測定するというにもなお問題があろう。MOORE はさらに 1956年には4種の管クラゲについて水温、光、水圧の3要素からそれらの鉛直分布を理論的に解析し、それぞれの要素の与える刺激を比較し、上層では光が主であるが、下層では水温にかかわることを見ている。このほか水温以外にも考慮すべき要因が当然考えられるはずであり、これらに関する報文も多く現われた。例えば HARDY らの phytoplankton との関連からの animal exclusion の問題、また HANSEN (1951) らの thermocline や halocline との関係、さらに NICHOLLS (1933)、RUSSELL (1933) らの対象動物の性、発育段階などの差が光への反応に及ぼす差なども研究された。

一方研究の方向をたどったものは、1890年有名な Jacque LOEB によって唱え出された phototropism, geotropism の概念を基盤として進展した。ここで興味あることはこれらの実験のほとんどが field の observation と並行して行なわれてきたことである。ESTERLY (1901)、ROSE (1925)、などがこの方面の先駆者である。彼らは前述の MICHAEL (1911) の optimal light intensity より出発するのであるが、これに他の要因の影響を考え、この光以外の要因との関連について発展してく

る。元田 (1953) はこれを要因別にまとめているのでこれを紹介すると、I. phototropism の転換要因については①水温、②化学物質、③食物があり、II. geotropism の変化に①光、②水温、③深さがある。field の観察に主体をおいた group が光を主因と考えて、他の要因をこれに組み合わせることに重点をおいたのに対し、実験 group は光の性質を多く取り上げている。まず FRIEDLICH (1938) は側面からの光を、また SPOONER (1933) は光の方向性を問題にしている。この考えは水中の光が散光であることから、geotropism の sign が逆転するのは単に明るさが問題になるのではないという菊池(1938)に発展したが、geotropism (種によっては phototropism) の sign の転換をおこす要因は種によって異なり、あるものは明るさであり、他のものは水温であるといった結果が生じ統一されなかった。次に現われたのが HARDY and PATON (1947) の plastic tube を用いた外洋での実験である。これにより浅い層におかれた場合ほど下降するものの percentage が高いことが分り、さらに HARDY and BAINBRIDGE (1954) による plankton wheel の実験に発展した。これは種々の光の条件下で上昇、下降を半無限的に記録するもので各種の plankton の上下する速度が測定されたのみならず、その行動が明らかにされた。しかしながら鉛直移動と光との関係については相変わらず一般的概念は得られず、単に明るい光から逃れる傾向、すなわち昼間の下降の原因は共通であることが確められ、上昇については昼間の突然の暗黒化では限られたものしかおこさず、geotaxis よりはむしろ弱い光への phototaxis ではないかという想像がなされているのみである。このことは MOORE (1950 '52) が最後には月光を問題にしていることよりしても、弱光での動物の行動が大きな問題として取り上げられなければならないと想像される。この場合従来の考え方で当然問題をおこすであろうと想像されることがある。それはほとんどの研究者、これは field, laboratory の双方であるが、光度の測定にセレン光電池を用いており、その測定 order が kilo-lux であることである。種によって光に対する反応に大きな差が生じているということは、現在まで使用されて来た光電池で測定される order の光を規準に考えると、種によってある者はその optimum に近いので正の phototaxis か負の geotaxis が働くが、他の種にとってはこの逆であるということが考えられる。この点については元田 (1953) の記述「散光下の geotropic reaction は種によって異なる。また geotropism の程度、正か負かも種によって同じでない。これ

は湖水中の鉛直分布の差と関係する。散光下で強い負の geotropism を示すものは、散光下で弱い負の geotropism を示すものより浅い層に分布する。浅層では phototropic reaction もまた散光下の geotropism と関係して鉛直分布決定に働く」によって裏付けられる。すなわち平均の鉛直分布の浅いものは比較的強い光に optimum があり、深いものは弱いところに optimum があるのではないが、したがって NICHOLLS (1933) のいう如く、一定の光度の下で異種または異性、発育段階の異なるものを同一に論ずることは困難で、まず種、性、発育段階ごとに optimal intensity を求めてから反応を解析すべきではないかと想像される。このような観点に立つと、結局光の測定が現在より一層の精度を上げ、また簡便なものにならなければ進展を見ないであろうことが想像される。今日海洋光学の分野でも光電子増倍管が一般化して来ているので、これが一般海洋観測に少なくとも化学成分やプランクトンと同列に一般的観測項目として取り上げられるなら大きな進展が見られるのではないと思われる。

次に研究の主流からは多少離れているかの如く見える付随的研究のなかで将来当然重要な問題として取り上げられるべき問題と考えられるものを 2, 3 紹介したい。

まずその最も大きな問題は散光として従来片付けられた問題である。これは古くからいわれ、多くの研究があるが海中光の angular distribution まで考えを進展させたのは SCHALLER (1942-43) だけで、これも一方から来る光の他方向から来る光に対する比が問題になることが実験的に確められたのみで、海中光の角度分布の測定の困難性から進展を見ないままになっている。元田、菊池の指摘する如く浅層性の plankton は phototropism が geotropism より強く現われることよりしても、浅層性の plankton にはこの角度分布が大きく関係するのではないかと考えられる。

次に field observation の方では BOGOLOV (1946) の極地の場合で、これも冬季については全く記載がなく、vertical migration には光が最も大きく関係するということが明らかになっている以上、さらに多くの観測が積み重ねられるべきだと考える。特にこの問題については HARDY and BAINBRIDGE (1954) の実験で昼間の突然の暗黒化が必ずしも plankton の上昇運動をおこさないという結果と考えると、動物の日周期性が当然関係すると予測され、この点の解明に寄与するところが大きいのではないかと想像される。

このほか動物の行動に対する日周期性、各種光度に対

する適応の問題、運動性の問題など解析すべき多くの重要問題がある。先ず、HARRIS (1953) は運動性の見地から HARDY 等 (1953) の実験に異論を示した。彼は tropism の語の不明確さをつき、当然 orthokinesis (変速無定位運動性) と telotaxis (目標走性) とに分けて考えるべきだとした。これは WELSCH (1932) が mussel crab: *Pinnotheres maculatas* の幼生の運動速度が光度の対数に比例するという実験結果に基づくもので、彼 (HARRIS, 1956) は *Daphnia magna* を用い、実験室内に再現した外洋水と類似の光条件下で眼の動きと体位および運動に関する観察を行なうと共に、日周鉛直移動の再現を試みた。この結果 *Daphnia* は自然状態では水平に体位して円運動を画きつつ上下し、しかもその上下運動の速度が変化する orthokinesis により移動するとしている。この上昇運動は 40 lux で開始され、day depth に相当する中層にとどまる時の明るさは 5,000 lux で、これは外洋水の 100~200m の深度に相当するとしている。これによって一応日周鉛直移動の機構に対する説明がつかないかに見えるが、彼はさらに大きな適応現象のあることを見ている。また光の方向性については側面および下方からの光でも上昇運動のおこることを見ている。次に偏光については、偏光軸に直角方向に定位することを見ている。これらの結果から彼は日周鉛直移動は photokinesis で正と負が交互におこって上下を繰り返して上昇又は下降し、下降は決して単なる沈降ではないとしている。ここで問題となるべきことは、WELSCH (1953) の場合も HARRIS (1956) の場合も、対象とした動物が複眼を持つものであって、狭い wheel に実験動物を閉じ込めることによって動物に十分な定位の場を与えていない HARDY 等 (1953) の実験に問題はあるとはいえ、単眼生物の行動も photokinesis によるものであるかどうかということには問題があろう。HARRIS はこのほか ULLYOTT (1930) の波長に対する運動の差に着目し、将来の発展方向と考えている。これも現在主要動物プランクトンの光の波長に対する感受特性も十分に明らかにされていないので今後の大きな課題の一つである。

次に散光として従来かたづけられて来た問題である。海中の光が散光であることは古くより知られているが、実際に海中光の角度分布と動物プランクトンの日周鉛直移動と関係付けたのは SCHALLEK (1942, '43) のみである。彼は一方から来る光の他方向から来る光に対する比が問題になることを実験的に確め、一方向の光が強い場合には *Acartia tonsa* は正の phototaxis を示すが、散光になると負となることを観察している。これは海中光

の角度分布の海洋光学的測定の困難性から外洋での観察が行なわれていないが、将来海洋光学の発展に伴い、大いに研究さるべき分野と考えられる。元田 (1953)、菊池 (1938) の指摘する如く浅層性のプランクトンは、phototropism が geotropism より強く現われることより考えても、浅層性のプランクトンにはこの海中光の角度分布が大きく関係するのではないかと考えられる。なお、SCHALLEK (1943) は実験の副産物として *Acartia tonsa* の行動の周期性を認めている。これは HARDY 等 (1953) の plankton wheel の実験でも認められ、種々の実験をしているにもかかわらず、午前中の実験動物には下降が多く、午後のものには上昇が多いことを述べている。これは明らかに実験動物の周期性に起因するもので、将来の重大な研究課題であろう。BOGOLOV (1946) は極地における季節による大きな日照時間の差と動物プランクトンの鉛直移動との関係を調べ、白夜の夏にはほとんど光によって vertical migration が認められないのに対し、春秋には正常な運動を見ている。彼は白夜の運動につき潮汐と関連させて考えているが、冬季の観測を加えることにより日周期性と光との関連が調べられるべきと考えられる。

結論として将来発展すべき方向と思われる諸点を述べてみると、先ず 1. field では弱光の測定とこれと動物プランクトンの性別、发育段階別の関係の解明、2. 海中光の角度分布との関係の解明、3. 極地での観測による自然状態での動物の日周期性と光との関係の解明等が考えられ、実験室的には、1. phototaxis と photokinesis の区別、特に単眼生物での行動の解明、2. 水中光の角度分布と geotaxis との関係および photokinesis との関連性、3. 動物の internal rhythm と vertical migration の関係の実験的解明および適応との関連、4. 主要動物プランクトンの光の波長変化に対する反応などが考えられる。

## 文 献

○Review としては

CUSHING, D.H. (1951): The vertical migration of planktonic crustacea. Biol. Rev., 26, 158~192.

MOTODA, S. (1953): Observations on diurnal migration of plankton crustaceans in lakes Shikotsu and Tsugarujuni, Aomori and some experiments on photo-and geotropism. Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., 1. 56.

○*Calanus finmarchicus* については

MARSHALL, S. M. and A. P. ORR (1955): Biology

of a marine copepod. London.

○Euphausia については

MOORE, H. B. (1958): Marine Ecology, New York.

○HRADY の plankton wheel については

HARDY, A. C. and R. BAINBRIDGE (1954) Experimental observations on the vertical migrations of plankton animals. Jour. Mar. Biol. Assoc., 33, 409~448.

○その他

BOGOLOV, B. G. (1946): Peculiarities of diurnal vertical migrations of zooplankton in polar seas. Jour. Mar. Res., 1, 25~32.

HARRIS, J. E. (1953): Physical factors involved in the vertical migration of plankton. Q. Jour. Micr. Soc. 94, 537~550.

HARRIS J. E. and U. K. WOLFE, (1956): A laboratory study of vertical migration. Proc. Roy. Soc. London, Ser. B, 144, 329~354.

SCHALLEK, W. (1942): The vertical migration of the copepod *Acartia tonsa* under controlled illumination. Biol. Bull., 82, 112~126.

SCHALLEK, W. (1943): The reaction of certain crustacea to direct and to diffuse light. *Ibid.*, 84, 98~105.

#### 4) 海洋における光学的現象と魚類の行動

##### Phénomènes optiques et mouvement des poisson

草 下 孝 也

Takaya KUSAKA

**海洋における自然光の作用** 海中に分布する光は太陽光線が透射するものであり、その光の存在のもとに生活する水中生物は、時間的に変化する明るさに影響され、それにしたがって生活様式が生まれ、習性がつくられてきていると考える。時間の経過によって生物が生存するという根本原理は、それに伴う明るさの時間的変化が、生物に生活を与える主体であって、明るさ、すなわち、光線の照射が直接、生物体の生育に関与する面と、光の存在が水温の昇降など水の性状を変化させ、二次的に生物に作用する面とが考えられる。生物、特に魚類などの水中生物にとっては、光の照射、水温などの条件は直接のものであり、一方、二次的にさまざまな環境が形成されるのであるが、その源は光の存在とその変化であると考えてよいであろう。

環境条件としては、物理的には水の動き、化学的には組成などの主要素があるが、これらについても条件の変化は時間的に光の変化に付随する面がいろいろと考えられる。

**自然光と魚類の行動** 光の変化は当然、日周期と年周期の規則的な変化と、気象に伴う不規則な変化である。

日変化は日々の魚類の行動を規制し、それらの積重ねと年変化が、魚類の生長繁殖の生活様式をつくりあげている。陸上では日照の長短が直接開花を促がしているという現象が明らかにされているが、魚類の場合では日照

に伴った二次的な水温の変化が強く生活を左右しているのではないかと考える。この点について、野村氏<sup>(27)</sup>がニジマスの人工採卵を光周期変化により促進させる研究を発表しているのは興味深い。

魚類の日周期行動には習性上、昼行性、夜行性がみられることや成群行動の日周期変化に関連した多くの現象があり、実際面の漁業では、総べてが魚類の季節的、日周期的行動の変化を追っているといつて過言でなからう。したがって、漁業の漁獲性能を時間的に解析することは例えば小池氏<sup>(24)</sup>の如き研究が多くの学究によって進められている。

著者<sup>(10)</sup>は基礎的な面を追究し自然環境を時刻、水温、天候の三要素に別けて、実験的に魚類の行動の変化を観察、分析してみた。この場合、時刻はそのほとんどが明るさの要素と考えられ、天候の要素も明るさが主体のものと思われるが、要素相互間の関連性を分析すると必ずしも、時刻の要素、すなわち、明るさではなく、明暗とは別に時刻の絶対的な経過にしたがって、行動が変化する傾向がみられる。

これは日周期変化が習性となって、明るさに関係なく、現われるものとみられ、宇野寛氏らが考究している生活リズムの考え方を裏書きするといえる。

魚類の行動の変化に対し、その最も漁獲しやすい状態において漁業がなされるのであるが、中でも、朝まづめ、



夕まぜめの漁獲はまぜめの現象として重視されるもので、環境が、特に明るさが急激に変化する時期に魚類の行動が顕著に変化するのであって、佐々木忠義氏が中心に現在、物理的、生物的に考究を進めている問題点である。

魚類の昼間の行動については<sup>(12)</sup>、昼間の行動に対し全く異なった行動をとっていることが観察されている。昼間における明るさは魚類にとって、感覚的に明るすぎる状態と考えてみるとすれば、照度の多少の変化は直接行動に影響したといえる。しかし、天候が晴天から曇天、雨天へと変わることは魚群の濃淡、遊泳層などに影響しているのであろう。

魚類が群をつくる要素の一つとして、互いによりそって明るさを避けるように位置を保つという行動があると見られる。一般の遊泳性魚群においても、特別な種類に限らず、光に対しての行動がかなりの要素になっていると考える。

大島氏<sup>(4)</sup>の白い背景をもつ黒い部分への魚の行動、宮本氏<sup>(14)</sup>の罾網に入る魚群の袋の選択などの考究はいずれも環境の明るさに相対的なある事物への魚類の行動を追究しているものである。流木や流れ藻につく魚群や魚付林の効果も光に対する魚類の行動で、他の要因も考えられるが、直接要因として光があげられる。漁業としてのシラ漬漁法はその実際的なもので、児島氏<sup>(23)</sup>の一連の報告がある。

**人工光の海中照射と波長の効果** 光源となる集魚灯の物理的な性能については佐々木氏<sup>(7,8,13)</sup> 草下<sup>(22)</sup>が報告しているが、ここでは生物的な面をみとめる。

光に対する魚類の行動については、岡<sup>(9)</sup>、川本、小西<sup>(9)</sup>前田<sup>(15)</sup>ら諸氏の研究があり、光の明るさと波長による魚類行動の相違が主題であり、これらは生理学的な究明<sup>(1,2,3,25)</sup>があわせて必要がある。

灯光の誘致効果に対して、灯光を魚類が嫌忌する効果、すなわち、光の断続、光束の移動による効果を黒木氏<sup>(11)</sup>は研究しているが、注目すべきである。

海上での灯光の集魚状態の観察については宮崎氏<sup>(6)</sup>の報告があり、漁業の実際面から、今村氏<sup>(25)</sup>は灯光利用漁業の研究を行ない、伊佐<sup>(26)</sup>、井上<sup>(29)</sup>、前田<sup>(30)</sup>ら諸氏は灯光と漁獲量の関係について考究している。

著者の見解では、対象魚種として代表的なイワシ、アジ、サバにとって好適な明るさはせいぜい 1 Lux 以下の低照度とみている。色光については、波長の短い青緑色光では魚類は活発に群泳し、波長の長い赤色光では濃密に集まって、動きが鈍くなることを確認している。

灯光は集魚灯としてばかりでなく、すでに、蛍光灯を

漁船の活魚槽にとり付けることにより、イワシの活付を容易にし、落ちを少なくすることに成功している。また真珠貝の養殖で、色光の利用により、核挿入後の経過や真珠層の形成に良好な効果のあることが着目されている。

**色彩に関する問題** 漁網や擬餌の色彩に対する魚類の行動について、実際の漁網を用いて、その明暗、色彩と漁獲の関係を大倉氏ら<sup>(16)</sup>が報告し、基礎的考究では、神田氏ら<sup>(20)</sup>は漁網の色彩効果、松山氏ら<sup>(17)</sup>は垣網状仕切の色彩の魚群阻止効果、草下<sup>(18,24)</sup>は駆集する網の色彩、その濃さについて実験している。

著者の知見では漁具が垣網のように動かぬ場合と引網のように動かされる場合では色彩効果が全く異なり、前者では水中透過のよい色彩が阻止効果大で、後者ではより鮮明な色彩が駆集効果にすぐれている。

同様に、環境全体をある光がおおおう場合と明るい環境の一部に別な光が出現した場合、例えば、赤色光におおわれる環境では生理的に行動性が鈍くなるということが生物全般について言えるのではないかと考える。赤が刺激的な色と見られているのは、環境の一部に赤が現われる場合であって、相対的な赤は刺激となり、全体的な赤は活動を低下させると考える。

自然光や集魚灯の点灯は魚類の環境としての効果で、威嚇用の漁具<sup>(19)</sup>や擬餌の効果は相対的的刺激作用をなすものである。漁網で、その一部分に配置された色彩に入ってくる垣網や投網中の巻網の効果は後者の相対的作用で、定置網の罾網の中やすでに巻網で囲みおわった場合は、魚群に対して環境としての色彩効果となると考える。

## 文 献

- 1) 川本信之 (1935) 魚類の生理. 実験生物学集成, 4, 養賢堂.
- 2) 松山義夫 (1947): 魚類実験生態編, 鳳文書林.
- 3) 末広恭雄 (1947): 魚類生理学の実際. 竹内書房.
- 4) 大島泰雄 (1948): 白い背景をもつ黒い部分に対する魚の行動について. 日水誌, 13 (4).
- 5) 岡 正雄 (1950): 魚群の光に対する行動について. 日水誌, 16 (6).
- 6) 宮崎千博 (1959): 灯火に集まる魚群について. 日水誌, 16 (6).
- 7) SAKAKI, Tadayoshi (1950): Fishing apparatus equipped with a fish attraction lamp system. 日水誌, 16 (7).
- 8) SASAKI, Tadayoshi (1950): On the color of the fish attracting lamp system. 日水誌, 16 (7).

- 9) KAWAMOTO, N. Y. and J. KONISHI, (1952): The correlation between wave length and radiant energy affecting phototaxis. 三重県立大学水産学部報告, **1** (2).
- 10) KUSAKA, Takaya (1952): A consideration on the causes of change of locomotion activity of fish by aquarium experiment. 日本海区水産研究所創立三周年記念論文集.
- 11) 黒木敏郎 (1952): 漁業用嫌忌灯光の研究—I, 振廻し光束について. 日水誌, **18** (10).
- 12) 井伊・井上・拓植・小川・内橋 (1953): 魚類の夜間行動に関する研究Ⅱ. 日水誌, **19** (4).
- 13) 佐々木忠義 (1953): 集魚灯—その理論と実際. イデア書院.
- 14) 宮本秀明 (1953): 罾網にはいる魚は囊の位置, 網の種類をどのように選択するか I, II & III. 日水誌, **19** (4, 10, 11).
- 15) 前田 弘 (1955): 水槽中の魚の分布に対する諸種の光の影響の統計的解析. 日水誌, **21** (3).
- 16) 大倉・菊池・野村・三次・神田・小池 (1955): 漁網の明暗および色彩が漁獲に及ぼす影響に関する研究, 水産研究会, 研資 101.
- 17) 松山義夫・草下孝也・近藤圭吉 (1955): 彩色した沈垣網の効果について. 日水誌, **22** (10).
- 18) 草下孝也 (1957): 中央駆集法および一端駆集法による漁網の色彩の効果. 日水誌 **22**-(11).
- 19) 今村 豊・小倉通男 (1957): 振縄 (桂縄)の駆集効果について. 日水誌, **23** (3).
- 20) 神田献二・小池 篤・小倉通男 (1957): 漁網の色に関する研究, I~IV. 日水誌, **23** (10, 11).
- 21) 草下孝也 (1958): 駆集網の色彩の濃さの効果について. 日水誌, **23** (12).
- 22) 草下孝也 (1958): 白熱灯および蛍光水銀灯の集魚効果と水中照度. 日水誌, **25** (1).
- 23) 児島俊平 (1960): 日本海西部におけるシイラ漁況の研究—IV. 濱木つき魚群の生態について. 日水誌 **26** (4).
- 24) 小池 篤 (1961): サケ, マス流網の投揚網時刻と魚群の羅網との関係. 日水誌, **27** (5).
- 25) 今村 豊 (1961): 灯火漁業の研究, I~IV. 日水誌, **27** (5).
- 26) 伊佐良信 (1961): 二つの集魚灯の効力についての一考察. 日水誌, **27** (6).
- 27) 野村 稔 (1962): ニジマスの人工採卵に関する基礎研究—III. 光周期の変化による採卵の早期化. 日水誌, **28** (11).
- 28) 田村 保 (1963): 魚の眼の機能の研究. 日水誌, **29** (1).
- 29) 井上 実 (1963): 八そう張網操業中に観察される集魚灯による魚群の誘引. 日水誌, **29** (10).
- 30) 前田 弘・中田 裕 (1963): 灯光においてイカが釣れる様式, 特に漁獲量との関係. 日水誌, **29**(12).

## 5) 総 合 討 論

### Discussion générale

座 長 黒 木 敏 郎

Toshiro KUROKI

羽 生 (名大・水) 佐々木先生にお尋ねします。海の中で偏光とそうでない光の intensity 割合はどうなっていますか。

佐々木 (東水大・理研) パーセンテージですか。測定するときには自然光と偏光が一緒に入る。直線偏光しているので Phase があうと通過したときは, 自然光と偏光とで光の intensity は maximum になり直角になると自然光だけで, 偏光が cut されるから minimum になる。

偏光度 P は式で示せば

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} (\%)$$

である。P のパーセンテージはさっきお目にかけて通りである。

黒 木 (北大, 水) 太陽高度によって絶対量が違うことはおわかりですね。

坂 本 (三重大, 水) 濁りとの関係はどうか。

佐々木 濁りの場合は懸濁物質によって散乱されることにより偏光をおこすことが主因であって, 濁っていると偏光度は減少する。

坂本 波長にも関係してくることですね。

黒木 海中での光の波長の問題はむずかしい。波長は $\frac{3}{4}$ へるが、へった量が吸収されているか散乱されているか物理眼でとり出すとどうはかれるか。われわれの肉眼でみたらどうなるか、減衰のしかたに問題があるのではないかと思う。

偏光の話がでてきたが田村さんどうですか。

田村(名大, 水) 黒木先生に伺ったことだが、魚が偏光を感知できるとすると、何んで感知するかという魚では網膜であろう。網膜に方向性があればよい。写真で網膜の中の微細な構造をみると、Twin cone (Double cone) の中に Single cone が入っている。敷石形の規則正しい構造が魚の網膜に特有にみられる。偏光を感じずるとすると方向性をもったものについてであろう。キンギョなんか非常に近い。キンギョの網膜の中の cone の並び方ははっきりしていないのだが、淡水研にお願いして調べている。ブルーピルをアメリカからもってきて使ってやればあるいは面白い結果がでるかもしれない。ミツバチは青空の偏光をみれば太陽がどこにあるかすぐわかる。水の中で魚が偏光を感知すると偏光面の方向がわかり、それで太陽の位置を知り、いわゆるハスラーの sun compass orientation に一致するかもしれない。

佐々木 形態学的に海洋生物で偏光を感じずるものにはどんなものがあるか。

田村 ミジンコがある。カブトガニではウォーターマンの研究がある。陸上ではミツバチ、ドロソフィラ、アリなどが偏光を感じずるということを書物で読んだことがある。タコにもあると言われている。イカにもあるかもしれない。イカがあるとすれば小形の増殖イカを水槽で飼って、群れをなして泳いでいる場面につつかれば偏光板で偏光をあてて行動が変わるかどうかが調べてみると面白いのではないか。

黒木 小林さんの論文の別刷を拝見したら Twin cone の Twin 間隔が約 $5\mu$ である。そうすると $300m\mu$ から $700m\mu$ の可視波長の約13倍から8倍までの範囲になる。若し Twin cone が偏光を感じずるとすれば、そういった魚を使ってやらせるときの偏光の角度の精度は $7^\circ$ ,  $8^\circ$ から $10^\circ$ 内外、それ以下では感じないのでないかと仮設がとんでしまうが、そういった精度でやっていただけるとありがたいのだが。

黒木 偏光でなくても orientation, そのほか実際の漁業に関して何か質問はないか。草下さんの提供した話題についてはどうか。漁具漁法とか。

井上(北大, 水) 草下先生にお尋ねします。実際の海でどうなるかはむずかしいので、大部分はタンクで実験を行なっている。相似則でタンクをどの位にしたらよいか。たとえば濁った水の中では遠くまで見えないので小さくても封鎖された影響がない。澄んだ水では大きなタンクで小さな魚をつかえばよいと思う。実験のスケールと魚の感覚について考えながら実験をやられたことと思うがどうか。

草下(東大, 海洋研) 室内実験から海にあてはめるときには海中で網で囲いを作っていけすで実験をやることを考えている。室内の場合は長方形の場合は長さ150 cm, 幅30 cm, 深さ10 cm のもの、小さいものは長さ50 cm, 幅50 cm, 深さ30 cm である。この場合装置の網の水中での肉眼で見える距離は15~20 cm であった。1 m 位いでもよいと思う。魚の行動が色でどう変わるかみるために両側に色の違う網を置いてどちらに逃げるか両方から追ったこともある。

井上 水を濁らせてやったことはないか。

草下 まだ行っていない。色の濃さをみる場合の実験として網の代りに細いガラス管にインクを入れて行なったことがある。

黒木 両壁に鏡をおいたらどうか。

田村 自分の像に引きつけられることがあると思う。特に視覚によって群を作るような魚は自分の像によって引きつけられるから壁の影響がかかって大きくなる。

佐々木 細長い水槽のときは boundary condition が始めから与えられている。断面を正方形にして円形の網を用いたら魚がどの方向にも行くから boundary condition がなくなると思う。

黒木 確率現象を空間的に flat にしようということですね。

草下 魚の行動自身がそれ以前に問題があるのではないかと思う。魚の行動そのものに重視した方がよいと思う。

小林(水大校) 草下先生にお尋ねするが色の問題は色の飽和度に関係があるのではないか。たとえば赤だったら赤に白がどのくらいまざっているか、白のまざり具合によって変わるのではないか。

草下 確かに御指摘の通りだが、そこまで考えていない。その点考慮したい。光の問題はむずかしいことを感じる。

黒木 小林さんの質問は空間的に色の飽和の意味ですね。

小林 空間的にという意味です。

駒木(北水研) 草下先生におたずねします。一連の研究の中で魚の産卵期と摂餌期の時、魚と色の関係で魚の生活状態についてはどう考えておられるか。

黒木 色の感覚が摂餌期とか産卵期などでちがうかという意味ですね。

草下 生態的な問題に関しては深く研究をしてないのでお答えにくいのだがどんな色がよいか一般的にいえない。

黒木 その件についてどなたか?

平尾(東海水研) 小林さんの視感度曲線を見て、目のことは知らないが魚の皮について行なったが、スペクトルの形が同じようである。私は目の方も機会を見て行なってみたい。

黒木 小林さん、マクニコールの吸収帯の谷が三つでいましたね。

小林 マクニコールの吸収帯との関連については私は行っていない。今の平尾氏のものに関連してのことだが私の視感度曲線を博多で発表したとき、そのあとで内田氏が魚の pupil とこの曲線と関係があるのではないかと言われた。内田氏は魚の pupil が魚の種類によって違うといわれている。

黒木 マクニコールの文献の中でたしか紫の視紅と黄色の視紅とで  $500m\mu$  と  $600m\mu$ 、その外に  $650m\mu$  のところに最大吸収帯があるように記憶しているのだが。

小林 私の言う pupil とは紅彩の色のことです。

田村 visual purples のことは暗順応したときの視感度曲線のものではないかと思う。明順応のときは小林さんのいわれた方法又は学習法によらなければならないと思う。

黒木 それはあとで抽出できないか。

田村 抽出できない。こわれてしまう。

黒木 プランクトンと光、生産力と光の問題に関しては何かないか。

田村 光の測定するときエネルギーとか強さについてルクス等をつかうがどうなのか、この機会に教えて載きたい。スペクトルに分けた光、単色光のエネルギーをそろえるにはどうすればよいか。熱に変えたらよいか。私はホトトランジスターでカタログの精度を信用して測っているがどうか。私は物理の方の方にお尋ねしたい。

佐々木 かなり面倒な問題である。エネルギーに統一し換算ができるような必要最小限度のデータを付けておくことである。

黒木 佐々木先生の出された海洋光学の単位などの表

によって色、波長、エネルギー等共通のものにしたい。坂本 光の生産力について問題になるのは光の量であるか、強さか、市村先生にお尋ねしたい。

市村(教育大, 理) 問題になるのは立場が二つある。生産と生物社会の群落のものとして現象解析の手段とするときはまずく、生長解析としなくてはならなく、光合成はエネルギーでなくてもよい。

坂本 植物の場合、時間的積算は光の弱い場合と強い場合とでどの位違うか。

黒木 今の質問は植物の受ける方か、受けたあとの方のものか。

坂本 両方です。

黒木 optimal な光量ははずれてくるのではないかという疑問をもっているのではないか。

坂本 積算量としてあらわしてよいものであろうか、そうでないものか。

市村 フラッシュ効果を含めて積算されたエネルギーが同じなら同じになる。

田村 フラッシュを強くしたらエネルギーは単なる掛算でないと思う。

黒木 上野先生の話で Tropism とか Taxis と言う言葉は、なぜそうなるのかという機構をきめないときにかたずける言葉のように思われるが。

上野(三重大, 水) 従来やっているのは狭いが限られた範囲でやっているから動物自身の行動ができない。現場でどういう行動をとっているかをみた場合にエレベータ式に上下しているのではなく、でたために上がり下がりしているものがある。これは動物生理学的に問題になると思うが、vertical migration を扱っている人はどちらかという機械的に考える生理学の方のグループの人に別れてしまうので。

黒木 もう少し何か生物学的な目的でできているという考えの方はないか。

佐々木 発光生物が多いので水中でのフラッシュは非常に多く Photometer とか写真乾板で測定しても daylight によるものか、発光生物のフラッシュかの区別がなかなかむずかしい。

上野 ハリスの実験では記録が人間では見えないのでフラッシュで写真をとるのだが、フラッシュをかけても上下移動をおこしている。

小山(広大, 水) 現場でも室内の実験でもクロロフィルの生産量は日周期をもつことがある。光度と積算という意味で表わしたエネルギーが光合成量に関係するという問題をもう少し細かにレベルをきって論じな

いといけないと思うが。

駒 木 市村さんにお尋ねします。水中照度と光合成の中で珪藻土で私の前にやったりチャードトムソンの実験で 400~700 m $\mu$  までの間で 570~600 m $\mu$  あたりに minimum になる。その光線は光合成に不必要な光線と考えてよいか。

市 村 種類によって違う。

坂 本 生産力の測定するとき Bottle は暗いものと明るいものとを吊すが、過去の積算がきいてくるとすると Dark bottle の方にもきいてくるのではないか。

黒 木 私の理解していることは単細胞でそういうことが行なわれたことはわからないが、光合成に関する田宮さんの出した論文の中で、刺激値を縦軸にとって横軸には刺激の時間をとったときの双曲線の下のクロナキシーのあたりを境にしてそれより小さいところは何か動物的に良い感度、大きいところは刺激量として働くと言っている。こういうことをもう少し計算のせて行けばどれくらいが効くとか効かないかがわかってくるのではないか。ただどれだけの光を与えてどのような時間でやったとき同じクロロフィルが出来るとか出来ないとかはカーブがまだ作られていないと

私は理解している。それでそういうようなメカニズムがわかってくれば自然に解決されるように思う。

井 上 上野さんにお尋ねします。vertical migration に関してこういう考え方はどうか。海中にもぐった場合、上と下で明るさが大分違う。月夜の場合でも 100 m 位いまで上下の違いは少くとも垂直に関してははっきりわかる。そういった意味で、プランクトンが垂直の orientation をもっていてそれが migration の一つの原因になっていることが考えられる。然しなぜ昼間さがり夜あがるのかはわからないが、optimum ということについての基礎的な問題についてはどう考えているか。

上 野 でたために近づくものは複眼をもっている。複眼をもっているものについては眼玉の方向で異なる。複眼をもっているものについては Kinesis の考えが成り立つ。単眼の場合はわからない。

後 記：この記録はテープレコーダーにより収録したものであるが、聞きとりにくい箇所は省略した。また、まちがって記録されているところもあると思われるのでこの点ご了承願いたい。

## 寄稿

### 海の大化学者\*

宇田道隆\*\*

#### Grands chimistes de la mer

Thomas Gordon Thompson 博士 (1888—1961) はワシントン大学教授で海洋学部をつくったとともに、米国の海洋化学の鼻祖であり、北東太平洋の海洋研究を興した功労者でもある。私は1953年マニラと東京で、1959年シヤトルでお目にかかっただけであるが、紅梅の咲く夕お宅に招かれ、御一しょに Brown Bear 号に乗って御自分の所有の McCornell Island に航海を共にし、Thommy とよばれたそのチャーミングな御人柄にふれることのできた数日は私の生涯の幸福の一つに数えるべきことであった。博士の70歳記念海洋学論文集は Journal of Marine Research 1958年11月号 (第17巻) 581頁の大冊として献呈されており、偉大な海洋学者にふさわしい贈り物であった。トミーはニューヨークのスターテン島、ローズバンクに1888年11月28日生れた。ブルックリンに生長し、1906年同地の商業高校を卒業してアメリカ真鍮会社の実験所の助手になり、分析化学への第一歩をふみ出した。クラーク大学に入り学士号を獲たのは1914年で、後年彼が“神の国”といったピューゼット湾に来てワシントン大学に学び、1915年修士号を得、1918年化学で博士になり、1919年化学の助教授、1923年準教授、1929年正教授になった。大学の分析化学主任として定性分析、定量分析を確立し、何百という有為な学生をその峻厳な化学実験教育できちんと厳密精確な学風できたえ上げた。彼の研究の興味はしだいに海の化学に向って行った。ロックフェラー財団から35万ドル建物の寄付を得てシヤトルにつくった海洋研究所の所長になったのは1930年で、それから20年間所長をつづけ、フライディハーバーにも付属臨海研究所を設立し、海洋化学、物理、生物学の研究を盛んにした。彼は色々な国内、国際委員会 (国際海洋物理学会の海洋化学研究基本単位方法委員会など) をつとめ、幾度となく米国学士院の海洋学代表として国際測地地球物理連合学会に出た。1948年独創的

な海洋学の業績がみとめられ学士院からアレキサンダー・アガッシー金牌を授賞された (もっとも、この賞金も愛するマッコネル島の水道や発電の施設に化けたそうである)。

その論文125篇のうち80篇は海洋化学関係のものだった。最初のは分析化学、無機化学だった。1915年ユニオン湖にワシントン湖運河を通して流入する塩水に興味をもって研究をはじめた。1927年ごろからは海水のイオン比や大洋の複雑な化学の問題にとり組んだ。トミーは最高の精密度で特定海水成分の定量分析法を改良し、開発し、海上作業向きにして自然界の分布の実態をしらべるようにした。海水組成の比較的不变性 (主要イオン比の精密決定) の立証と共に微量元素 (痕跡的な) におこる変化を化学的に説明し、これが海洋生物の栄養上重要な役割をしていることを示した。鉄、ケイ素、マンガン、アルミニウム、リチウム、ニッケル、ホウ素、フッ素化合物、リン酸塩、溶在ガスなどについて、さらに海水の放射能やアイソトープなどについて、また海水の電気伝導度についても基礎的な仕事をした。トミー先生は化学者を実によく訓育した。海洋学者だけでなく、彼の育てた人々は広く学界に産業界に重要な地位に立って活動したが、皆にいつまでもトミー先生の人からへの思い出といっしょに海洋学へのノスタルジア、フライディハーバーやシヤトルの研究所生活の思い出を残していた。ペンションになった研究生なども一度先生にあうと忽ち活を入れられて元気になった。

トミー先生は大へんな切手収集家だった。私もお宅でそのすばらしいコレクションの一端を拝見したが、天皇大礼皇太子 (今の天皇御成婚記念) とか珍しい日本の切手の私どもみたこともないようなものまで先生ホクホク顔でみせられた。少年時代からの収集で世界にわたるものだった。化学戦担当官として再度の世界大戦に奉仕した。海洋観測船 “Catalyst” (触媒) 号 (75フィート長、ディゼル) は浮べる実験室であった。その“提督”たるトミーは揺れ動く荒天の船上でも勇敢で、率先して立ち働いた。私がピューゼット湾観測に伴ったときは先生は

\* 1964年4月21日受理

\*\* Michitaka Uda 東京水産大学 Tokyo University of Fisheries

漁師のきる雨合羽で身を固められて、若い人たちの雨中の観測活動をデッキで見守られていた。

サンジュアン群島中の風光美しい松島である無人のマコーネル島が大へん気に入って買い求め吾が家として家族がかりで島内を開発経営された。ロビンソンクルソー一家のように流木を集めて家を建てると人手をかりなかった。「隠者の庵」はしかし世界中から毎年何百人という訪客でにぎわった。それは海洋学者に限らず、トミー先生に親愛の思いをもち風光の自然美を愛する人たちもふくめていた。

トミー先生は1959年8月ニューヨークの国際海洋学会大会に出席されたが、猛暑に中風を発生し、しだいに病が進んでついに2年後に長逝された。カナダのタリー博士も現所長のフレーミング教授、パーンス教授たちも皆先生の弟子である。私もワシントン大学で先生のお声がかかりもあって1カ月講義した記念に、70周年のお祝いのときニコニコ笑ってワイシャツのまま気軽にフレーミング教授の言葉を受けている大型写真を頂いたのが、今私の書斎の額縁に納まっている。そのころ頂いた先生の別刷数篇のうちに「海洋化学小史」(1958, 化学教育誌35巻)から少しつけ足してみたい。

### 1. 海の塩とサラリーの語源

塩は昔は貴重で交易の貨幣代りにも用いられた。ローマ人の兵隊に時に塩(Salt)で給料を支払ったのがサラリー(Salary)の語源である。イタリアがエチオピアを征服したとき、そこでこの古代の遺習、塩による報酬が、なお現代にも存在することを発見した。イタリアのリラ紙幣を受けとることを拒んだ労働者たちは一握の塩を与えるなら喜んで集った。ジュリアス・シーザーによれば、英国の古代の人々の製塩法は、木炭の火で海水を注いで蒸発させ、消炭についた塩の粒結晶を得たという。

英国で wich のついた地名(Norwich, Sandwich, Harwich)は塩を掘ったり、塩の得られた湾といった製塩の行なわれた場所に当る北欧にも wich のついた地名が方々にあり、前史時代にスカンデナビヤの人々が海水を凍結させて氷をのぞき残った塩水を木炭の火にかけて塩の結晶を得る製塩法を行なったのだという。

dibromindigo 染料をつくる化学工業も海中から発

し、腹足動物(アメフランのような)から抽出したとき、古代のクレタ島からはじまり、フェニキヤ人が大成し、衣服を染める「ティレの紫」(Tyrian purple)となった。

### 2. ロバート・ボイル (Robert Boyle)

近世海洋化学の父といわれるこの人はボイルの法則でよく知られている。1670年にボイル“海水の塩辛らさ(Saltness)についての観察と実験”という有名な論文を発表した。彼は海水の情報とサンプルをたくさん航海者や潜水夫から得て実験を重ねた。硝酸銀を試水に加えて塩分をはかる化学的試験法を案出したのは彼である。白い重い沈澱ができたからである。ロンドンの井戸水や英国の河川、湖沼の淡水を集めてきて試すと微かな白い雲のようなニゴリが出て来たので淡水でも痕跡程度の塩類を含有することを知った。海水の塩辛らさの原因が陸土から浸出した塩のとけた水に起源するのではないかと考えた。秤皿にのせた一定容積の海水を測ってから蒸発させて、再び秤量した。しかし仲々思うような結果が得られなかったので、彼はこの方法は海水塩分を測る方法としては望ましくないと結論し、たくさん比重測定を行ない、この方法が海水塩分決定に一番よいとした。彼の海の友から塩辛さは方々の海の場所で異なることを知り、ワインを冷やすのに海中に酒瓶をつるしおろしたところ水圧でコルクがびん内におしこめられた経験談をきいて、水圧を各深度で測る方法を案出した。深さと共に水温下降、塩分増加を見出した。

ボイルの助手にロバート・フック (Robert Hooke, フックの法則で有名) がいて、深海から採水する器具、測深機、底質採泥器をも発明した。

### 3. チャレンジャー号探検のデイトマー

デイトマー (W. DITTMAR) はエジンバラ大学にいたスコットランドの化学者であるが、有名なチャレンジャー号探検で集められた世界の海からの77本の試水の全分析を行なって不朽の名を残した。海水の主要成分の比が稀釈されている程度はちがっても各海洋ほとんど一定という法則の発見者である。

## フランスの学会・研究だより\*

西村 実\*\*

## A propos de sociétés scientifiques et recherches en France

## 1. 学会, 会議

## ◦ 測地学並びに地球物理学国立委員会

1963年6月21日表記委員会の海洋物理部会が開催された。次の発表並びに討議が行なわれた。

P. Bernard : 遠洋における Seismography

J. Valembos : Chatou の国立水力学研究所で実施した, 15年間にわたるウネリ記録計の使用結果について

R. Bonne-fille : フランス電力会社の潮汐発電研究の海洋学的意義

M. Ménache : インド洋第5次調査における “Commandant Robert Giraud” 号の調査

H. Lacombe : 西地中海において毎年形成される深海水の stock の評価 (C. O. No. 8, '63)

## ◦ 海洋研究所の公開講演

海洋学の高度の研修のため1963年10月4日第1回講座が開かれ, 週2回行なわれることになっている。講師並びに演題は次の通りである。

1) M. Fontaine 教授 : 海中生物の生理学

2) P. Drach 教授 : 海洋生物学——ベントスの生活

3) Y. Le Grand : 海洋物理学——海水の物理化学

(C. O. No. 10, '63)

## ◦ CCOECの委員会

Comité Central d'Océanographie et d'Etude des Côtesは1963年12月10日パリで会合を開き Gougenheim 氏座長の下で次の発表, 討論を行なった。

P. Tchernia : インド洋観測事業の進捗状況

A. Guilcher : 仏領ポリネシアにおけるサンゴ礁調査図について

H. Lacombe : OTAN の海洋委員会主催で行なったチレニア海の調査結果 (C. O. No. 2, '64)

## ◦ 海洋データの交換についての会合

海洋観測データの交換に関する問題を研究するため IOC の working group が UNESCO のきもいりで, 1964年1月27日から30日の間パリで開かれた。この会合は UNESCO の海洋部長が組織したもので, 20か国の専門家と, 国際データセンターの部員が参加した。

この会議において海洋データの交換の重要性が再確認され, 次のような方法によって情報を交換すべきだという主張がなされた。

(1) 各国における観測業務計画の公表

(2) 観測が実施されたら, なるべく早い機会に観測地点, その内容, 調査担当者および, できれば観測結果の概要を広く周知せしめること。

(3) 観測結果あるいは観測の内容梗概をデータセンターに送付すること。

(4) 観測結果の科学的報告の交換

この working group のメンバーは長い時間をかけて測定結果のとり扱い方法に関し熱心な討議を行ない, 各国の国立研究所, 更には国立のデータセンターがこれら集積されたデータを検討するのに適しているという結論が得られた。そこでこの working group は各国に中央データセンターを設けることを勧告し, 更に既存のあるいは計画中のデータセンターについてその実情を調査することにした。

この working group は更にデータの表示方法についての基準を置くこと並びにこれらのデータを二つの世界海洋データセンター (Aは Washington, Bは Moscow), 世界気象データセンター (Aは Washington, Bは Moscow), 特別センター (Liverpool の潮位事務局, Monaco の IHB) あるいは管区センター (Copenhagen の国際海洋開発会議) に送付することについて検討を加えた。

現在の海洋観測データは次の様に観測条件が異っているためその表示方式も様々である。すなわち, 従来の観測方法を用いているか, その反対に未だ普及していない実験段階の観測装置を用いるかによって異なるわけである。

\* 1964年11月7日受理

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



この working group の意見は1964年6月に開催予定の IOC の会合において承認を求めため提出される筈になっている。(C. O. No. 4, '64)

#### 。インド洋国際観測関係委員会

インド洋国際観測の事務局である IOC 事務局は、1964年1月22日より24日まで、UNESCO において、国際協力で問題となる二、三の点に関し小委員会を招集し、討議を行なった。この小委員会は次のメンバーで構成されている。各国の協力研究員、調査団長、SCOR の委員長、2か所の WDC-A, B (World Dater Center, A. B) の所長、WMO の代表 Indian Meteorological Center および Indian Ocean Biological Center の所長である。

この小委員会ではまず、既に行なわれた調査に関し、SCOR より任命された専門家から簡単な報告をきいた後、IIOE の計画の出発点を示すため、印度洋観測は1959年9月1日を開始の時期とし、また1965年12月31日を終了時期にすることを決定した。

この期間中にインド洋で行なわれたすべての観測は IIOE に通報するようとり決められた。IOC 事務局は、IIOE で集めたデータを最大もろさず Information paper に掲載するよう努力する。また IIOE の "Collected Reprint" を発行し、更に WDC より得られた観測結果を印刷するよう努力することを決定した。

観測の数値的結果は、約束より6か月ほど遅れて WDC に送られているのが現状のようである。その理由は、科学者の大部分があらかじめデータを検討するからである。しかしながら1963年末までに得た結果は1964年末以前に通報され、今後得られるデータは1966年以前に通報されるべきであると要求されている。

最後に、印度洋の基本的性質と季節的变化を要約するようなチャートの作成が考慮された。

印度洋観測は1965年に終了するが、これらの観測結果は研究の第一歩を踏み出すに過ぎず、新たな目標を決定し、研究計画を立案するのに役立つだろう。

ソ連の海洋学者たちはこの問題についてすでに意見を述べている。(C. O. No. 5, '64)

#### 。海水汚濁に関する会合

バクテリアと石油に基づく海洋汚濁シンポジウムが3月31日から4月4日、地中海科学開発国際委員会の主催で行なわれた。この会合では、海水汚濁に対する一般の関心をひくためと、これと闘うために必要な観測を更に活発にするために次のような勧告を行なった。

#### 1) 炭化水素と石油製品による汚濁委員会

この委員会は汚濁が次の様な点で増加したことを確認する。

a) 水質が悪くなり、時には海岸がよごれる。b) 海産資源が減少し、その開発を危くしている。c) 公衆衛生に害を及ぼしている。

またその汚濁の主な原因としては次のものが考えられている。

a) 船舶(タンカーと石油の利用船) b) 沿岸の精製所 c) 他の原因——家庭排水、小船等

このシンポジウムはこの汚濁に対してなされている予防対策——特に1962年ロンドンで開かれた会議の席上で認められた「石油による海水汚濁防止」に関する国際協約を結んだという努力を認めている。

このシンポジウムはこの協約加盟国に対し協約の条項の実施を更に推進するよう勧告した。また非加盟国に対しても、この協約に加盟し必要な措置をとることを強力に勧告する。

精油所については、このシンポジウムは地方的な規則を十分適用する事によって石油会社が工場排水の放出とが漏れを減少させたという事を承知しているから、今後この様な努力を、汚濁の源泉を持っているような新工場の建設の時ばかりでなく旧式工場の装置の取換えを行なうときに行なえば、汚濁を防止するのに十分効果があると信じている。

更にこのシンポジウムは、公衆衛生当局が、炭化水素の利用者(小工場、ガレージなど)に対し、その廃棄物を直接海や下水に流してはいけないという規則を厳重に守らせるよう強く要望している。

また海底石油鉱脈の開発が海水の汚濁には影響を与えていないことを示すための定期的の調査を行なうべきであることを指摘している。

#### 2) バクテリアによる汚濁並びに貝類の衛生に関するシンポジウム

海中における自動浄化の過程を調べることは重要であるとともに、貝類の棲息地域周辺への廃棄物の投入が、食用貝類に危害を及ぼしていることが議論の主題となった。

そしてこれらの廃棄物の中に含まれている病原の微生物の量を、公衆衛生の許容量以下に保つような処置を講ずべきであることを強く要望した。

(C. O. No. 6, '64)

#### 。GEBCO 委員会

GEBCO 委員会がモナコの国際水路局で Gougenheim

議長の下に1964年5月4日より9日まで開催された。この会議の出席者は F. M. Edvalson (米), H. Ermel (独), A. Guilcher (仏), H. F. P. Herdman (英), L. N. Pascoe (英), A. G. Segre, A. Viglieri (IHB) : 書記 A. F. Moore.

この他に IHB の Pierce 中将, GEBCO の起草事務担当の M. A. Antognini 氏も参加した。

委員会は8つの会議を持ち, 全員が参加した。他に二, 三の問題について二つの副委員会が開催され (術語部会と地図製法部会) それぞれ討議を行なった。

今回の委員会の主な目的は大洋の海底のおうとつの形態を詳細に分類することに関して設けられたものである。この点に関しては, 未だ十分意見の一致をみなかった以前の会合 (1957年 IAOP 術語委員会, 1960, 1961年の地理学術語部会) の結果をも参照した。

またこの委員会では実用しうる用語を詳細に決定することに専念した。勿論今日では余り使用されていない術語については省略した。更に用語を容易に実用しうるようにするため, 百科全書的な性格を与えるようにした。この場合用語の定義には厳正にとらわれず, 学校など一般に用いられ, 参考書に記載されているようなものも収録し, また略図を付したようなものを用いることにした。これらの作業をするため Dr. Herdman 委員長の下で MM. Edvalson, Heezen, Segre, Udintsev, Menard が副委員会の委員になった。

この副委員会は用語を公表するという立場から作業を行ない, 更にこの用語に対する仕事の内容を紹介するような本を編集することになっている。

また現在, 各国の海図上にはいろいろ異った用語を使っているが, これらの用語を世界共通にするため, GEBCO が次に編集する本の中で採用するが, その地理学用の学術語を統一するための副委員会を設けた。

この委員長には松崎氏が依頼され, MM. Guilcher, Pascoe, Stewart, Udintsev, Viglieri 氏が委員に任命された。

GEBCO 委員会はまた水面の curve (level curve) についての問題を永い間研究して来た。一つの点は100万分の1の尺度の測量原図に関する問題である。この原因の作成についてはすでに国際水路局より各国の水路部に問い合わせるよう勧告した。すなわち水路測量方法に従って, 測深で決定した level curve を示す calque (透写) を IHB に送付してもらおうというものである。

他の点は, 1,000万分の1の GEBCO 作成の海図についてである。

1959年3月に開かれた GEBCO の第1回委員会で, その設立が認められた "Editorial Board" にその仕事に依託されることになった。更にこの Bureau の中には GEBCO の海図の作成を引き受ける機関の委員長も加わることが決定した。

終りに, GEBCO 委員会は IHB に次の勧告を行なった。すなわち海図作成を一層科学的にするため, これに関係する測量方法とか修正法に関して, すべての情報を各国の水路部から IHB に報告してもらおうよう勧告した。(Gougenheim 委員長報告) (C. O. No. 7, '64)

## 2. 観測ブイ, 調査船の建造

### ・浮き研究室の竣工

科学技術並びに天文宇宙問題担当の M. G. Palewski 国務大臣は, 5月31日, Ville-franche 港において, 海洋開発委員会所属の浮き研究室 (buoy laboratory) の竣工式に出席した。このブイは Cousteau 大佐の企画で建設され, 1962年12月に Nice で進水し, 儀装のために投錨していた。

このブイは250トンで浮島とよばれる程の大きさである。60mの長シリンダ状の形をなしており, 50mは海中に没し, 水面上10mの範囲に高さ4.5mの「頭部」がある。

「頭部」は四つの部分からなっている。最下部は25kwの二つの発電機群のための機械室である。この上の階は諸観測値を記録するための装置をおさめた研究室がある。この研究室の上には四つの個室と, 操縦盤を備え, 観測の制御をする室を含め, 居住区になっている。「頭部」の最上部にはヘリコプターが発着できるような60m<sup>2</sup>のプラットフォームがあり, Palewski 大臣もこのヘリポートに着陸した次第である。

ブイの本体は, 垂直なチューブである。細い所の直径は2mであるが, 水面下8mから23mの範囲では3mに拡げている。この部分は5段階の研究用の居住区である。生物学者が海中生物の生態を観察するために約20個の直径4cmの小窓が開けてあり, 海水の採水孔もとり付けてある。

研究室の下には静水タンクと, 圧縮空気のタンクがある, また外側はバラスト用タンクと8トンの油タンクがある。最下部には115トンのバラスト用砂のうがってブイを安定できるようにしている。「頭部」と下部の研究室の間は長さ35mのエレベーターがあり連絡できるようにしている。

観測用の器具や投光器が, ブイの外側やプラットフォーム

ムにとりつけられるようになっており、これらは海洋、気象あるいは地球物理学的な調査に使用される。特に海中騒音を聴音するための聴音器も装備されている。

長とその補佐を含む常設の管理班が、このブイの一般的管理、機械の運用、無線通信並びに定期的の科学観測を行なっている。各分野の二、三人の研究者が特殊な研究のために乗船することができる。彼等はその研究に必要な装置を持参してこの船に装備して観測を行なうことができる。これらの研究者のグループは原則的には二週間の研究期間で交代することになっている。

このブイは通常固定海洋観測 station にナイロンケーブル、45 mm径のポリプロピレンケーブルと補助の鋼索で繫留される。このブイは1964年7、8月頃 Nice と Calvi の間の水深2,000 m よりちょっと深い所に、設置されるだろう。(C. O. No. 7, '63)

#### ○ Coriolis 号の進水、就航

Dieppe 市の Manche 造船所で海洋調査船 Coriolis 号が1963年10月31日に進水した。この建造費は科学技術振興費でまかなわれ、メラネシアおよびポリネシア地区での海洋調査に従事し、海外科学技術研究局に所属する。

本船の主要目は、345トン、 $L \times B \times D = 37.6^M \times 8^M \times 3.8^M$ , 350P.S. のエンジン2基、巡航速度で7,000哩の航続距離がある。

第1次航海は、大洋開発委員会 (Comexo) の計画に沿って漁業のための海洋調査を行ない、更に、80m長、排水量2,000トンの軍艦とともに全世界の海洋の一般的な観測を行なう。

Coriolis 号の装備は次の通りである。

1) 研究室：生物学と物理化学研究室55m<sup>2</sup>

2) ウインチ：プランクトンネット用ワイヤー (6.3 mm径、長さ8,000m) 巻取ウインチ——1基、水質水温調査用ワイヤー (径4 mm、長さ3,000m) 巻取ウインチ——1基、トロール用ワイヤー (径21 mm、長さ3,000m) 巻取ウインチ——1基、BT用ウインチ——1基、延縄用ラインホルダー——1基。

3) 測深機、魚群探知機：測深能力12,000mのAtlas-Werkeの測深機1台、同1,000m1台、500mのケーブル付のネットゾンデ1基。

4) その他、レーダー、ジャイロコンパス、GEK、水中聴音器および諸観測器具。(C.O.No. 3, '64)

#### ○ 遠洋海洋調査船の建造

かねてより海洋開発研究委員会で計画され研究されていた遠洋海洋調査船の建造が開始された。

本船の設計は Augustin-Normand 造船所で研究され、

Graville 造船所で建造中である。その主要目は次の通りである。トン数2,000トン、全長74.5m、船巾14.1m、最大吃水5 m。最大積載量627トン、自航日数60日、最大速度15ノット。推進機関、Diesel electric——1,120 P.S. Diesel 機関運転の主発電機3基による連動、207kw × 2の発電機および375kw交流発電機1基 (甲板電気機器用)。スクリュー回転用の電動機2基 (Twin screw)。

本船には air conditioning をした400m<sup>2</sup> の研究室があり、地球上のどの地域でも、海洋学、物理学、化学、地理学および生物学の研究が行なえるようになっている。乗組員33人、20人の研究員を収容できる。

本船の竣工は1965年1月の予定である。

(C. O. No. 3, '64)

#### ○ 海洋開発委員会所属浮き研究室の投錨

J. Y. Cousteau 大佐の企画によって建造されていた海洋開発委員会の浮き研究室 (buoy-laboratory) は1964年1月21日仮投錨所を離れ、海洋調査船 Calypso に曳航されて Nice 南方の計画位置にむけ出航した。

海軍の Marcel le Bihan 号に護送されたこの船団は、Ferrat 岬の子午線と Calvi 町の緯度線のほぼ交点に位置する水深2,500m以深の投錨予定地点に達するまで、逆潮の影響のため速度は1.5ノット以下であったため、現地に達するまで4日もかかった。このブイは海洋調査のためにこの投錨地に設置されるが、その期間はかなり長いことになるだろう。(C. O. No. 3, '64)

### 3. 海洋調査

#### ○ “Commandant Robert Giraud” 号の印度洋観測

M. Ménache 氏を科学調査団長として行なった Giraud 号による印度洋国際観測は、印度洋、紅海、地中海で行なわれた。

今回の調査の主目的は冬期の Aden 湾と紅海の精密な海洋観測である。(訳者註：航跡図、観測位置、Aden 湾と紅海の表面水温の等温線など図上に掲載されている。)

Giraud 号の今回の調査航海は1957年以来第5回目のものである。第1次航海は IGY の調査範囲と Mozambique 海峽で1957年に、第2次航海と第4次航海は1960年と1962年に Aden 湾と南緯32°の間の印度洋西部海域で季節風の中で強行され、第3次航海は1961年4月から6月の間、アラビア海とペルシャ湾で行なわれた。

5回にわたる調査で、延航海日数262日、延航程は57,000マイル、516の観測点で調査を行なった。

(C. O. No. 8, '63)

### ◦ Archimède 号の次期潜水予定

Archimède 号は、1964年5月より7月の間、プエルトリコ海溝の5,000mから8,500mの深海で約20回の潜水を計画している。この計画はフランスの海軍および Centre National de la Recherche Scientifique と米国の Lamont Observatory, Office of Naval Research との共同事業として行ない、調査は生物学、物理、化学、地球物理学および地質学の分野について行なわれる。

Archimède 号に装置された計器は、採泥器、カメラ、照明器具、流速計、pHメーター、水温計、採水ビンその他に、それぞれの潜水において必要な計器、たとえば重力計、マグネットメーター、聴音器、テレビ、プランクトンネットなどである。

それぞれの潜水においては、パイロット1名、科学機械の操縦技師1名並びに、専門分野を担当する研究員が乗船することになっている。(C.O.No. 5, '64)

### ◦ フランス水産研究所の海洋調査の業績

海洋水産技術研究所 (Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes) は、1962年の第4・4半期と1963年全期にわたり、漁業調査と並行して、海上においても、陸上の研究室においても、海洋学に関する成果をあげている。

調査船 Thalassa 号 (1,500トン) は、Finisterre 岬と Berlingues 島間の海域並びに同島南部海域の水温調査を行なった。これはアイルランド西部と、スペイン沿岸の間の大陸棚の周辺で操業するトロール漁船のために発行されている漁場図の数値を補うために行なったものである。

“Norwestlant I号” 調査計画において同船は、グリーンランドの沖合で3回の調査を荒天や流氷という悪条件にもかかわらず実施した。本船のこの調査は元来は北北大西洋国際漁業委員会で計画されたもので、Greenlandの周辺におけるタラの産卵の研究を行ない、その産卵と、ラーパーの発育と、生存に対する海洋環境の影響を調べようとするものであった。また同船の地中海における調査においては、既に行なった西部地区北部の調査とあわせて、この地区の調査を完了するため南部においても海洋並びに海流調査を実施し、また遠洋漁業調査を継続するために必要な氷塊の運動についての解釈を引きだそうとした。

一方他の調査船 Roselys 号は、1963年2, 5, 8, の3か月、Gascogne 湾で20mないし50mの等深線にはさまれた海区で系統的な海洋観測を行なった。この目的は季節的に魚の集る海区の中で、漁場を追跡するのが目

的であった。

Pluteus 号と Mysis 号は英仏海峡の Roscoff 湾で海水温の月変化を調べるために海洋観測を行なっている。

Paris の海洋研究所で実施する “Norwestlant I号” 調査計画の準備にあたって、測定精度を向上すると同時に迅速化をはかるための研究が必要になって来ている。そしてすでに行なわれた次の海区の観測に対してこの検討がなされている。

1) 地中海：深層流の形成

2) 北西大西洋：この海区では Nouvelle-Ecosse (New Scotland) 礁と、Maine 湾の間にある傾斜と大陸棚についての海洋観測が1962年の夏に行なわれた。

3) デンマーク海峡：これは “Norwestlant I号” 調査計画で調査した。

4) Gascogne 湾：Roselys 号で異常寒波に基づく厳寒の下で定線観測が行なわれた。

フランスの沿岸全部で認められた異常冷却は、特に海岸近くの海面の水温測定表の上にはっきり表われている。この観測は Boulogne, Roscoff, La Rochelle, La Tremblade, Arcachon と Sète の研究所で観測されたものである。

Boulogne 港の入口における水温表は明らかに1962年から1963年にかけての厳冬の影響が沿岸水にあらわれていることを示している、1963年1月21日には $-1^{\circ}\text{C}$ の水温が記録されているが、1961年1月16日の $5.5^{\circ}\text{C}$ 、1962年2月19日の $2.4^{\circ}\text{C}$ に比べかなり低い値を示していた。Cancale ではこの寒波の影響は著しかった。Roscoff の海岸近くでは水温は $1^{\circ}\text{C}$ 以下に降り、沖では、3月の最低水温は $6.4^{\circ}\text{C}$ 、従来観測値より $2^{\circ}\text{C}$ も低かったし、8月、9月でさえも $14^{\circ}\text{C}$ 以上にならなかった。

大西洋の海岸地方と Gascogne 湾では冷却は著しく、11月および2月における水温の著しい低下によって、沿岸はもちろん、河口にさえ大きい結氷群が認められた。

St. Gille では11月初旬の水温は約 $9^{\circ}\text{C}$ であったが、2月11日までは急激に下降して最低 $1.4^{\circ}\text{C}$ に達した。そして5月中旬の $16^{\circ}\text{C}$ に達するまでは徐々にあるが規則的に上昇した。Tremblade では579回の採水の結果、冬期の間塩分が高く春になって常態に復したことが観測された。

Arcachon では、1962年10月から1963年2月までの低温は、3月から5月までの平均水温と同じ値を示した。つづいての冷夏のために Gascogne 湾の水温は平年並には回復しなかった。

水産研究所では以上の外、地中海でも観測を行ない、

Sète の研究所が Roussillon からイタリア国境に至る間の海洋調査を行なった。57回の航海, 91の観測点, 224回の採水(水温・塩分・酸素含有量測定)が行なわれたが, 1963年1月から3月までの間の水温の変化をみると非常に低い温度が示され, これは1962年の最低水温より低かったが, 4月から8月にかけての温度は上昇し, 表面水温は16°C, 7月31日には最高19°Cに達した。そして9月末には第3回目の低水温の経過が沿岸海域で開始した。

#### 4. 技 術

##### ◦ Nansen 採水器の改良

Arago 研究所の Soyer, Guille の両氏は1962年に転倒式 Nansen 採水器の改良を発表した。これは, 従来の方法では採水器を海底につけた場合に泥の粒子特に懸濁物が器の中に交って来るが, これらのヨゴレが器の中に入る前に採水を行ないかつその温度を計ろうというものである。

海で実験を行なった結果, 50mの水深でこの海底の沈澱物の上方5cmないし1mの範囲の海水をとることができた。このときは, 潜水夫が潜って採水して来たものと同じ様なサンプルが得られた。この二つの方法で得たサンプルの水温, 塩分, 化学成分と溶在酸素の測定値は完全に一致した。従って今述べたような改良を施した Nansen の採水器は100m以浅の海であれば, 最良の状態で海底付近の水をとることができる。

#### 5. 人 事

##### ◦ M. H. Rotshi 氏の受賞

フランスの科学アカデミーは M. H. Rotshi 氏に Tchihatchef 賞を授与した。氏は海外科学技術研究局の海洋学者で, 1953年以来ニューカレドニアの Nouméa にあるフランスのオセアニア研究所の海洋物理部長である。

Tchihatchef 賞はアジア大陸および島しょの未開発地域において, 自然科学, 物理学あるいは数学などその地域でなされた業績に対して授与されるものである。

氏は Nouméa にある海軍の定点観測船, あるいはオセアニア研究所の小型艇で行なった観測のデータを取りまとめ, ニューヘブリデス諸島, ニューカレドニア諸島, ニューギニアおよびオーストラリア間にあるサンゴ海の物理化学および dynamics について研究を行なった。

(C. O. No. 1, '64)

##### ◦ Gougenheim 水路部長の引退

フランスの水路部長兼 Comité Central d'Océano-

graphie et d'Etude des Côtes (海洋並びに沿岸研究中央委員会) 委員長の A. Gougenheim 氏は1964年2月1日に停年退官した。

海洋学会, 海外科学会々員であった氏は, 海洋学の多くの分野に活躍し今日のフランス海洋科学の発展に寄与する所が大きかった。

1944年に水路部の“潮汐と地球物理”課長に任命され, 海洋学の必要性を痛感し, 初期の海洋学の代表的な研究者を集め, かつ研究と調査を海の科学に向けて, 推進できるような業務を担当するような COEC の創立に非常な努力をはらった。本委員会の設立はフランスの海洋学の発展に大きい影響を与え, 今日海洋物理学の分野で活躍する海洋学者のグループあるいは海岸の管理方式の発達あるいはその企画はほとんど本委員会の提案に帰する。発足当時からこの委員会の事務局長だった Gougenheim 氏は1949年に“Bulletin d'Information”を創刊し, 10年後には今日の“Cahiers Océanographiques”として刊行された。本誌は初めにはフランス海洋学者の情報交換に利用されていたが, 今日ではフランスの海洋学を各国に知らせた各国の海洋学をまとめて紹介するのに貢献していると思う。今後も同氏の業績を引き続いて継続し, フランス海洋学の発展に寄与したいと思っている。なお後任には水路部の Guy Chatel 氏が任命された。(Grousson氏の送別の辞より)

(C. O. No. 3, '64)

##### ◦ Louis Fage 教授の死去

学士院会員, 博物館と海洋研究所名誉教授, 元海洋研究所所長の Louis Fage 教授は, 1964年5月28日, 81才の高令で他界された。同教授の名は, 30年来海洋学上忘れ得ない名前である。20世紀の初頭より同教授は, 英仏海峡と地中海における海の動物学と ecology に関心を持ち, 1923年以降博物館の動物研究室において研究を進めていた。しかし教授はその研究活動の範囲を拡げ, 1955年まで, 海洋研究所の海洋生物学の教授になった。

第2次大戦後はフランスの海洋研究の再建に努力されたばかりでなく, 教育分野にも, 浮遊観測法(訳者註: buoy laboratory と思われる)の提唱と実施並びに研究成果の公刊に全力を尽された。

1947年に Comité Océanographique et d'Etude des Côtes の委員となり, 更に1954年以降はかの有名な Calypso 号や Bathyscaphe の事業を企画担当した Comité de Direction du Centre National de la Recherche Scientifique の委員長に任命された。このほかに各委員会でも活躍され, 将来の海洋研究の指標を示さ

れた。晩年はデンマークの艦船“Thor”“Dana”“Galathea”号などによって採集した標本の研究に最後までその研究意慾を燃しておられた。(C. O. No. 7, '64)

## 6. 出版

### 。 “粒度分析技術” の出版

CNRS は地図、地理学文書センターの *Mémoire et Documents* のシリーズの1巻としてこの度 Verger 著 “粒度分析技術” を発刊した。

著者は緒言のなかで *Granulométrie* (粒度分析) とは何か、その目的、方法、その応用分野 (これはすでに地質の研究室ばかりでなく、実験小児科学 < *Pédologie* >、地形学研究室に広く応用されているが) が何であるかを示している。またこれら研究室で採用されている方法は数多いため、得られたデータを比較することが困難であり、その原因は分析法が相違するからであると指摘している。

今回の論文では、従来多くの論文に掲載されている方法をとりまとめ、研究者が使いやすいようにアレンジしてある。

粒度分析の *Fraction* のオーダーが定義されかつ詳細に述べられ、それぞれの分析方法は次の標題を持つ七つの章にわけて述べられている。すなわち、群 (*block*) と礫石の粒度分析、薄い材料より得た標本の準備方法、薄い材料を分析する場合の基礎理論、研磨法、沈澱による不連続分析法、沈澱による連続分析法。

結論として Verger 氏は供与資料に応じて、分析法を多くのカテゴリーによって分類している。

(C. O. No. 8, '63)

### 。 *International marine Science* の出版

UNESCO と FAO は共同で “*International marine Science*” 誌を年4回発行することになった。本誌は海洋科学の分野で国際的価値のある、国際的、地域のおよ

び各国の国内の調査研究の内容を海洋学者のみならず、行政機関並びに各国政府に *information* として流すためのものである。

各号は主に次の八つの *Section* を記載している。

a) 編集者のノート b) 組織 c) 国際海洋関係業務のプログラム d) 国際的計画 e) 会議 f) 海洋学者の編成 g) 各種のニュース h) 国際連合とその他機関の活動

創刊号は、36ページで、1963年4月1日に発行され、2,500部印刷された。

各種の情報は、Paris の UNESCO の海洋部又は FAO の漁業生物局に送付のこと。(C. O. No. 9, '63)

### 。 *海洋物理学書* の出版

Gauthier-Villars 社は近々 H. Lacombe 著 “*Cours d'Océanographie Physique-Théories de la Circulation Général: houle et vagues* (海洋物理学, *General circulation theory*, ウネリと波) を出版することになっている。

本書は1959年に水路部から仮に出版された “*Dynamique des Mers*” に比べ内容、図面ともかなり修正され内容も充実している。本書ではクラシックな方法に従って海洋物理学を論じているから、海洋関係の学徒ばかりでなく、急速な発展をとげるフランスの教科書としても更に外国人にも、また海洋問題に関心を有する工学者、技術者にも推薦できると思う。

その内容としては次の通りである。概論。海水。海洋観測。海流概論；海面に及ぼす力。空気と水とのエネルギー交換。T. S. ダイアグラム。水力学の運動方程式、連続の式、Reynolds の *tension*, *diffusion of turbulence*, *Dynamic method* ; *Diffusion and convection*. 近代海洋学概論。Ekman's theory. ウネリと波；極小ウネリ。有限ウネリ。ウネリの形成；予報沿岸のウネリ。ウネリの測定法。(C. O. No. 1, '64)

# 文 献 紹 介

**Cahiers Océanographiques** (1963年 第15巻)

## N° 7, Juillet-Aout

### Notes techniques

M. Eyries : La marée dans l'anse du Moulinet

(Moulinet湾の潮汐)

J. le Floch : Regimes de courants non Permanents à évolution rapide dans le canal de Corse. Etude de cette évolution pendant une semaine.

(Corse 運河において速い変化をする海流—1週間内の変化の研究)

H. Rotschi : La détermination de l'oxygène dissous par la méthode Winkler : Une évaluation statique de différents sources d'erreurs.

(Winkler法で分析した酸素量の決定—種々な誤差源の統計的な評価)

### Résultats d'observations

Stations hydrologiques de l'escorteur "Aventure"

(ampagne 1961)

(Aventure号による海洋観測)

Flotteurs-témoins de courant, vingt-quatrième liste de flotteurs récupérés

(漂流ビンの回収結果第24表)

Observations du niveau marin à Nouméa (Nelle Caledonie)

(Nouméa の潮位の観測)

## N° 8, Septembre-October

### Notes techniques

P. M. Niaussatet R. Boucart

Importance des courants locaux, au nord de l'embouchure de la Gironde, comme cause éventuelle d'accumulation du phytoplancton.

(Gironde 河口北部で突発的に起こる植物性プランクトンの堆積の原因としての局所流の重要性について)

J. P. Troadec : La couche superficielle de la Méditerranée au large des côtes provençales durant les mois d'été (3 ème partie).

(夏期の地中海フランス沿海の表面流調査)

L. Leclair : Facteurs d'évolution d'une côte sablonneuse rectiligne très ouverte. Etude préliminaire à l'implantation d'un port de pêche et de plaisance.

(長い直線性砂浜の変化の要因について, 漁港と遊覧港の建設についての予備研究)

Mme G. Aliverti : Sur les caractéristiques hydrologiques de la mer Tyrrhénienne.

(チレニア海の海洋特性)

### Résultats d'observations

Observations océanographiques de surface :

1) Station océanographique de Nosy-Bé(Madagascar)

2) Navires météorologiques stationnaires "France I" et "France II"

(海表面の海洋観測 (1) Nosy-Béの観測点 (2) 定点気象観測船 "France I, II" 号)

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

(漂流ビン回収結果第25表)

Observations du niveau marin à Matavaï (Tahiti).

(Matavaï の潮位の観測)

## N° 9, Novembre

### Notes techniques

J. Baczyk : Influence des conditions météorologiques sur les courants marins du golfe de Gdansk

(Gdansk 湾の流れに対する気象条件の影響)

J. P. Caulet : Etude des plages entre Arzew et Port aux Poules (Algérie)

(アルジェリアの Arzew と Port aux Poules 間の海浜の研究)

P. Hommeril et C. Larssonneur : Quelques effets morphologiques du gel intense de l'hiver 1963 sur le littoral bas-normand.

(Normandie 低地沿岸で 1963年冬に現われた大きい結氷の形態学的的作用)

Résultats d'observations

Observations océanographiques de surface effectuées par le croiseur-école "Jeanne d'arc" au cours de sa croisière 1962—1963 et par l'escorteur côtier "le Hardi" en mer d'Irlande.

(1962—1963年度, アイルランド海での練習船 Jeanne d'Arc 号と沿岸警備艇 Hardi 号による海洋観測)

Stations hydrologiques des navires météorologiques stationnaires "France I" et "France II".

(定点気象観測船 France I, II 号による海洋観測)

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

(漂流ビン回収結果)

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

(Nosy-Bé の潮位の観測)

**N° 10, Decembre**Notes techniques

M. T. Murray : Tidal Analysis with an Electronic Digital Computer.

A. Gougenheim : The Tides and Kindred Phenomena in the Solar System (G. H. Darwin) —Compte-rendu bibliographique.

R. Grousson et J. Faroux : Mesure de courants de surface en mer d'Alboran.

(Alboran 海の表層流の測定)

P. M. Niaussat et R. Boucart : Contribution à l'étude de plancton dans les eaux de l'embouchure de la Gironde. Prédominance du Dinoflagellé "Noctula miliaris".

(Gironde 河口流中のプランクトンの研究 "Noctula miliaris" の卓越について)

Résultat d'observations

Stations hydrologiques effectuées par "l'Ombango", navire de recherches du centre d'Océanographie de Pointe-noire (Campagne no 14-Fevrier-mars 1961).

(C. O. P. の海洋調査船 Ombango 号による海洋観測)

Observations du niveau marin à Dakar (Direction du Port)

(Dakar の潮位の観測)

**N° 1, Janvier (1964年 第16巻)**Notes techniques

E. Lisitzin : La pression atmosphérique comme cause primaire des processus dynamiques dans les océans.

(大洋における力学過程の一次原因としての大気圧について)

Résultats d'observations

Campagne internationale d'observations dans le détroit de Gibraltar (15 mai-15 juin 1961)—Mesures de courant, d'hydrologie et de météorologie effectuées à bord de la "Calypso".

(Gibraltar 海峡の国際観測—Calypso 号で行なった海流, 水文, 気象の観測)

**N° 2, Fevrier**Notes techniques

J. Perdriau : Pollution marine par les hydrocarbures cancérigènes-type benzo-3, 4 pyrene. Incidences biologiques (1 ère partie)

発癌性炭化水素 (benzo-3, 4 pyrene) による海水の汚濁, 生物への入射 (第1報)

R. Mayencon : Conditions synoptiques de grosses houles dans les port algériens.

(アルジェリアの港でおきる大きいウネリの概要条件)

Résultats d'observations

Campagnes 12 et 13 de "l'Ombango", navire de recherches du Centre d'océanographie et des Pêches de Pointe-Noire.

(海洋調査船 Ombango 号の第12, 13次航海における観測)

Observations océanographiques de surface des navires météorologiques stationnaires "France I" et "France II".

(定点気象観測船 France I, II 号の表層海洋観測結果)

Observations du niveau marin à Nouméa (Nelle Calédonie)

(Nouméa の潮位の観測)

**N° 3, Mars**Notes techniques

J. R. Donguy et M. Prive : Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et l'Equateur. 1ère Partie : Le climat marin au large d' Abidjan.

(Abidjan と赤道との間の大西洋の海況—第1部 Abidjan 沖の海洋気候)



J. Perdriau : Pollution marine par les hydrocarbures Cancérigènes type benzo-3. 4 pyrène. Incidences biologiques (suite et fin).

発癌性炭化水素(benzo-3. 4 pyrène)による海水の汚濁, 生物への入射 (第II報, 第III報終了)

Résultats d'observations

Stations hydrologiques de l'Opération "Radiale de Pointe-Noire".

(Pointe-Noire より放射状地区内での海洋調査)

Marée à Metensa. Ile Faté (Nelles-Hébrides).

(Metensa の潮汐)

Hauteurs du niveau moyen à Brest pour l'année 1963.

(1963年, Brest における潮位)

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

(Nosy-Bé の潮位の観測)

**N° 4, Avril**

Notes techniques

Mlle E. Lisitzin : Les causes des variations saisonnières de niveau de l'océan Arctique

(北極洋の潮位の季節的変化の原因)

H. Lacombe, P. Tchernia, Mme C. Richez et L. Gamberoni : Deuxième contribution à l'étude du régime de détroit de Gibraltar.

(Gibraltar 海峡の海況に関する研究第2回報告)

Résultats d'observations

Travaux hydrologiques de "l'Espadon" dans le détroit de Gibraltar (1960).

(Gibraltar 海峡における Espadon 号の海洋調査)

Marée à Saint-Louis (Sénégal).

(Saint-Louis の潮汐)

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

(Dakar における潮位の観測)

**N° 5, Mai**

Notes techniques

R. Bonnefille : Note préliminaire sur la réalisation d'un modèle réduit tournant de détroit de Gibraltar.

(Gibraltar 海峡の模型について)

J. Martin : Expérience de G. E. K. vertical dans le détroit de Gibraltar.

(Gibraltar 海峡における垂直 G. E. K. の実験)

J. R. Donguy et M. Prive : Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et Equateur 2 ème Partie : Variations hydrologiques annuelles entre Abidjan et l'Equateur.

(Abidjan と赤道との間における大西洋の海況, 第2部. この海域における海況の年変化について)

Résultats d'Observations

Observations océanographiques de surface :

1) Navires météorologiques stationnaires "France I" et "France II".

2) Aviso-escorteur "Commandant Rivière"

(海表面観測. (1)定点気象観測船 France I, II 号

(2)護送艦 Rivière 提督号)

Marée à Tan-Tan (Maroc)

(Tan-Tan における潮汐)

Observations du niveau marin à Nouméa (Nelle Calédonie).

(Nouméa の潮位の観測)

**N° 6, Juin**

Notes Techniques

J. Greffard et J. C. Braconnot : Etude de la répartition des teneurs en oxygène dissous relevées au cours d'une campagne d'été effectuée dans la partie Nord du bassin occidental méditerranéen-Comparaison avec la répartition des salinités.

(地中海西部沿岸北部の海洋調査で夏期に採水した海水中に溶解している酸素含有量の分布. 塩分の分布との比較)

C. Martin : Note technique sur les périodes de beaux temps dans le Pas-de-Calais.

(Pas de Calais における晴天週期について)

C. Bellevaux : Sur la génération de la houle par le vent.

(風によるウネリの発生について)

Résultats d'observations

Stations hydrologiques :

1) Aviso-escoteur "Commandant Bourdais".

2) Navire météorologique stationnaire "France I".

(定点観測 (1)護送艦 Bourdais 提督号 (2)定点気象観測船 France I 号)

Observations du niveau marin à Matavai (Tahiti).

(Matavai の潮位の観測)

## N° 7, Juillet-Aout

Notes techniques

L. Berthois, R. Battistini et A. Crosnier : Recherches sur le relief et la sédimentologie du plateau continental de l'Extrême-Sud de Madagascar.

(Madagascar 南端の大陸棚の凹凸と堆積について)

J. R. Vanney : Morphologie sous-marine du Mor Bras.

(Mor-Bras の海底地形)

J. Gonella : Contribution à l'étude des échanges entre l'air et la mer en Méditerranée occidentale (Bassin provençal).

(地中海西部の空気と海水とのエネルギー交換に関する研究報告)

J. L. Dulemba : Aperçu sur la chloruration de l'eau de mer dans le golfe de Saint-Florent et de l'eau dans l'estuaire de l'Aliso (Corse).

(Saint-Florent 湾の海水と, Aliso 河口の水の塩素置換に関する考察)

Résultats d'observations

N. Menendez : Résultats hydrologiques obtenus à bord du navire océanographique espagnol "Xauen" dans le détroit de Gibraltar (juin 1961).

(スペインの海洋観測船 "Xauen" 号がGibraltar 海峡で行なった海洋観測)

Observations du niveau marin à Matavai (Tahiti).

(Matavai における潮位の観測)

(西 村 実)

---

お 知 ら せ

振替貯金口座開設

本学会の振替貯金口座を下記の通り開設いたしましたのでお知らせいたします。

記

口座番号：東京 96503

名称：日仏海洋学会

## 録 事

1. 昭和39年4月3日、日仏会館において本学会の懇談会が開かれ、49名の出席者を得て盛会であった。

2. 10月31日には、理化学研究所において編集委員会が開かれ、第2巻第1号の編集について検討した。引き続き幹事会が開かれた。

3. 12月2日、気象庁講堂において、理化学研究所海洋物理研究室、日本海洋学会、日本学術振興会深海研究委員会、東海大学海洋学部および本学会の共催で「第4回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)北太平洋西部深層水の溶在酸素の分布—杉村行勇(気象庁)(2)深海測深について—西村 実(漁船研)(3)わが国の深海潜水調査船について—平野美木(川崎重工)・佐々木忠義(東水大・理研)(4)深層流成層圏大循環の諸問題—宇田道隆(東水大)(5)深海底の鉱物資源—新野 弘(東水大)(6)深海水の電気伝導度に及ぼす炭酸物質の影響—三宅泰雄(教育大・気象研)・杉浦吉雄(気象研)・K. Park(オレゴン大学)。

午後1時より8時まで88名の出席者を得て、各話題に対して活発な討論が行なわれ盛会であった。(その内容については次号に掲載される予定である。)

4. 次の諸氏が入会された。

| 氏名        | 所属         | 紹介者   |
|-----------|------------|-------|
| 原田 英司     | 京大・教養・生物   | 佐々木忠義 |
| 今井 丈夫     | 東北大・農・水産   | 〃     |
| 会田 陽三     | 東水大        | 〃     |
| 内田清一郎     | 東大・海洋研     | 松江 吉行 |
| 柴田 恵司     | 長崎大・水産     | 西村 実  |
| 永田 豊      | 東大・理・地球物理  | 高野 健三 |
| 須藤 英雄     | 〃          | 〃     |
| 松生 治      | 東水大        | 佐々木忠義 |
| 吉田 陽一     | 京大・農・水産    | 〃     |
| フィリップ・タイエ | フランス海底研究協会 | 〃     |

5. 東京大学海洋研究所教授松江吉行博士(本学会評議員)は去る9月10日付で同研究所長に就任された。

6. 本学会評議員員富永政英氏は去る11月25日に日仏科学者交換・第3回フランス派遣科学者として渡仏された。

パリの自然史博物館海洋物理研究室(Laboratoire d'Océanographie Physique du Muséum National d'Histoire Naturelle)の Prof. Lacombe のところに6か月間滞在の予定である。

7. フランス学士院会員、パリ大学海洋研究所名誉教授、元海洋研究所長、パチスカーフ運営委員会委員長の Prof. Louis Fage 氏は去る5月28日に死去された。81才。パチスカーフ F. N. R. S.-3号の来日に尽力され、本学会誌の創刊号にメッセージを寄せられるなど日仏海洋学の発展のために努力された人である。

8. 潜水作業船「よみうり」号(35トン)は去る5月15日進水した。6人乗りで最大潜水深度 300m。目下海洋・水産の研究に活躍中である。

また、750m 潜水可能な深海潜水調査船は、目下国費による建造計画が進行中である。

9. 下記の図書が本学会に送られた。

日仏生物学会誌(No. 26, '64) 日仏理工科会誌(No. 5, '64) 日仏医学(Vol. 9, No. 2-3, '64) 東京大学海洋研究所業績集(昭和37年) 日高孝次教授還暦記念海洋学論文集。

10. 本学会の振替貯金口座を下記のとおり開設した。

|    |    |         |
|----|----|---------|
| 口座 | 番号 | 東京96503 |
|    | 名称 | 日仏海洋学会  |

11. 住所変更

1) 東京大学海洋研究所は文京区弥生町より「中野区栄町通1-28」に移転した。

2) 東海大学海洋学部は東京より「静岡県清水市折戸1000」に移転した。

3) 下記の諸氏の住所が変更になった。(新住所)

岡田弥一郎 清水市折戸1000 東海大学水産研究所

金成 誠一 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所地形土壤災害部門

辰喜恭五郎 高知市棧橋通6-2 南海区水産研究所

星野 暹 岡山県玉島市乙島 岡山県水産試験場

12. 訂正

会員名簿(第1巻第2号)中、向井正幸氏がみの部に入っていますので、むの部に変更訂正します。

T.S.K.

# 株式会社 鶴見精機工作所

THE TSURUMI SEIKI KOSAKUSHO CO., LTD.

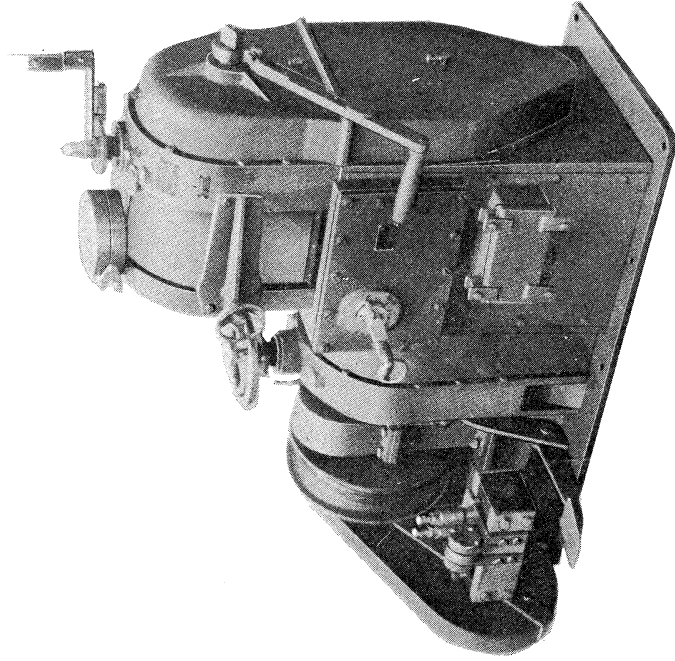
No. 1506 TSURUMIMACHI, TSURUMI-KU, YOKOHAMA, JAPAN.

The Synthetic Maker of the Oceanographic  
Instrument and the Marine Instruments

T. S-W-31型電動測深巻揚機

T. S-W-TYPE.31 ELECTRICMOTOR WINCH.

本機は T. S-O 型 電動巻揚機と 底質採集器機用巻揚機の二  
種兼用に設計され小型強力なり



| ドラム容量                                    | 電動機                            | 巻揚速度                                         | 制御能力               | 速度管制                                                                    | 据付容量                    | 重量        |
|------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------|
| ワイヤー径<br>3φ 500m<br>又は<br>2.1φ<br>1,500m | AC. DC<br>5Ps<br>1800<br>r/min | 巻径最小<br>1.8<br>m/sec<br>巻径最大<br>2.7<br>m/sec | 静荷重に<br>て<br>200kg | 定格荷重<br>にて<br>1.5~1.8<br>m/sec<br>軽負荷に<br>て<br>1.6~2.7<br>m/sec<br>の間5段 | 1,375<br>中              | kg<br>680 |
| ワイヤー径<br>5φ 200m                         |                                | 巻径最小<br>0.5<br>m/sec<br>巻径最大<br>0.9<br>m/sec | 静荷重に<br>て<br>2 ton | 定格荷重<br>にて<br>0.1~0.5<br>m/sec<br>軽負荷に<br>て<br>0.4~0.9<br>m/sec<br>の間5段 | 800<br>奥<br>行<br>高<br>さ | 1,160     |

株式会社 鶴見精機工作所

電話横浜 (52) 5252 (代表) -5

岩宮測器研究所

所長 岩宮政雄

# TEIKOKU SANSO K.K.

(Filiale de L'AIR LIQUIDE, Paris)

Ses 23 Usines, 23 Agences et Bureaux de vente, 22 filiales,  
100 distributeurs produisent et distribuent :

**Gaz Industriels :** Oxygène, Azote, Acétylène dissous, Argon,  
Néon, Hélium, Xénon, Krypton, Propane, Butane.

**Matériels et produits pour la soudure**

**Installations de séparation et de purification de gaz à basse  
température**

Son Département Développement représente au Japon les procédés  
de nombreuses sociétés, entre autres,

## L'AIR LIQUIDE

Société Chimique de la GRANDE PAROISSE

Société d'Electro-chimie, d'Electro-métallurgie et des Aciéries  
électriques d'UGINE

Compagnie de Filage des Métaux et des Joints Curty (CEFILAC)

Compagnie PECHINEY-SAINT-GOBAIN

Compagnie SAINT-GOBAIN NUCLEAIRE

Compagnie de Produits Chimiques et Electro-métallurgiques PECHINEY

Société KLEBER-COLOMBES

Le Méthane Liquide

Société des Très Basses Températures

Société PRAT-DANIEL

Institut Français du Pétrole

Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil

Compagnie des Compteurs

Société POCLAIN

Société HISPANO-SUIZA

Société NADELLA

Société GURY

Société HYDRO-MECA

Société de Forgeage de Rive de Gier

ete. etc. . . .

---

22/1 Takamatsu-cho, Hyogo-ku, Kobe, Japan

P. O. BOX No. 522, KOBE PORT JAPAN

(Siège Légal : Nihon Gas Kyokai Bldg. 38, Kotohira-cho. Shiba,  
Minato-ku, Tokyo, Japan)

## 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.

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

Accuracy: 0.1mmHg

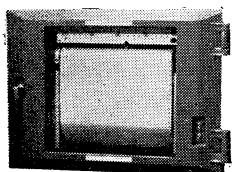
Response speed: ca. 3sec for full range

Chart duration: 33 days with one roll

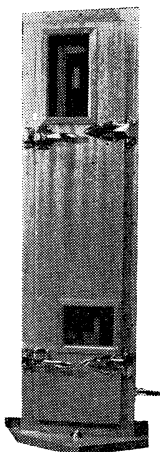
Electric source: A.C. 90~110V, 50 or 60 cycles

Weight: Recorder 22kg

Transmitting barometer ca. 50kg



S-58



## 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

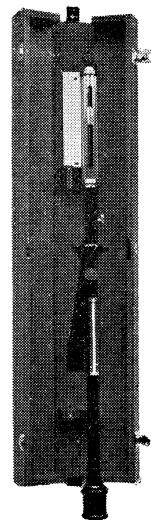
1/10mm

970 to 1090mb

1/10mb

DIMENSIONS Box, 107×11×11 cm

Weight, 7.3kg



M12-B

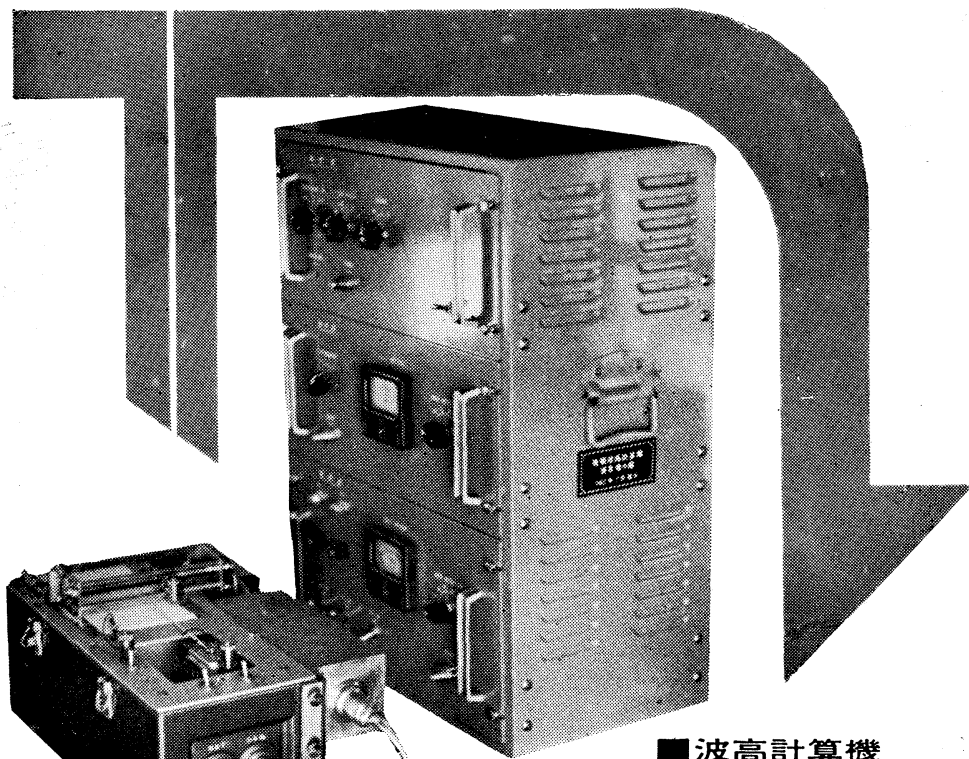
# K.S.F

TOKYO

## TOKYO SUZUKI SEISAKUSHO

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

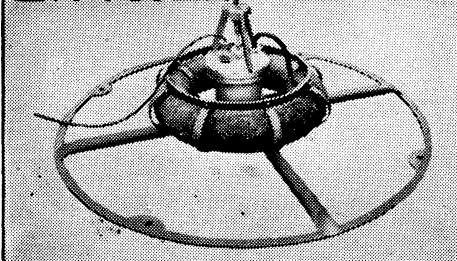
# ケーブル式波高計



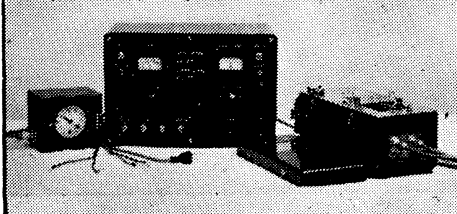
■波高計算機

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



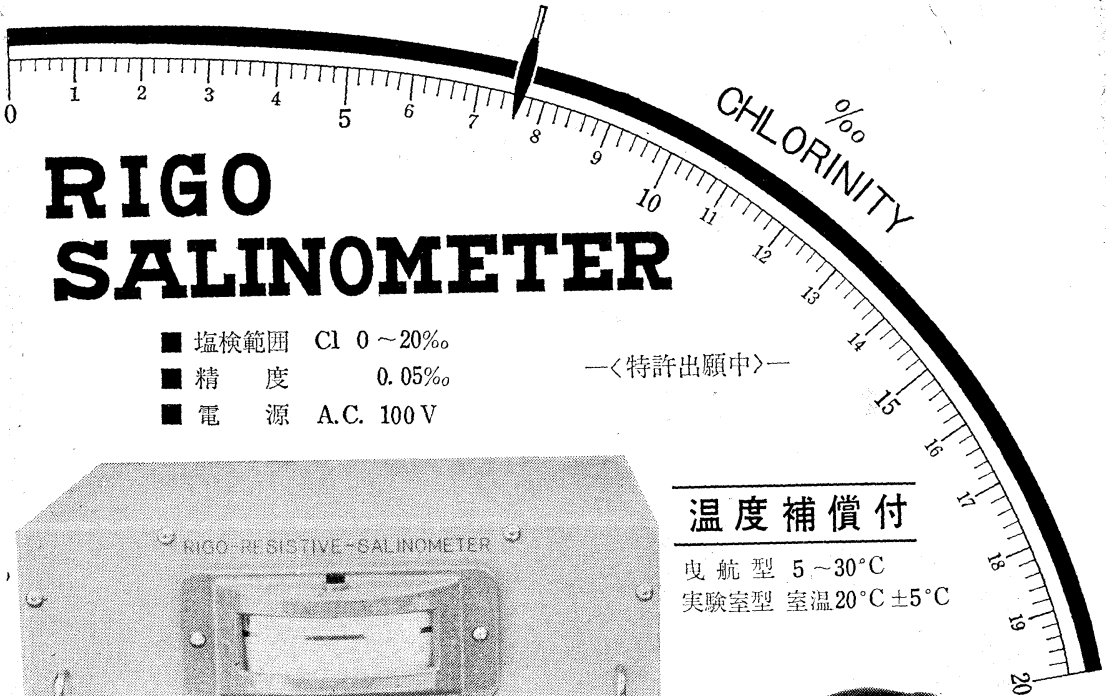
■陸上記録部



東京都豊島区椎名町1-1804 電話(951)1858・8147

**協和商工株式会社**

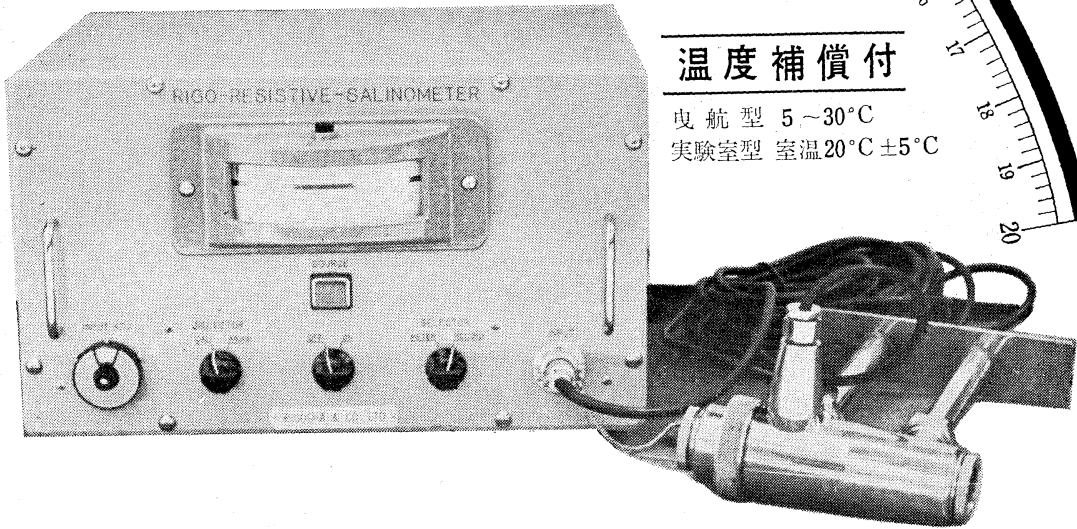
'63《新発売》電気伝導度式塩分計



# 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

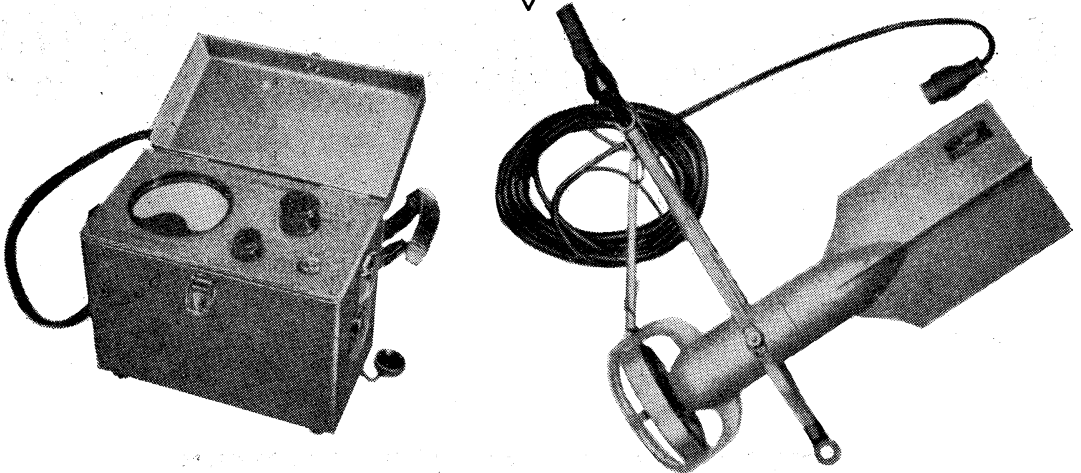


# 直読式・携帯型

Denton

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 | 氣 | 水 | 温 | 計 |
| ECT-5型 | 塩 | 分 | 検 | 出 | 計 |
| CM-1S型 | 微 | 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

**YS** *Yoshino Keiki Co.*

1-14, NISHIGAHARA KITA-KU  
TOKYO JAPAN

[ Standard Thermometer  
Precise Thermometer  
Mercury Barometer  
Hydrometer ]

# 水路測量と土質調査

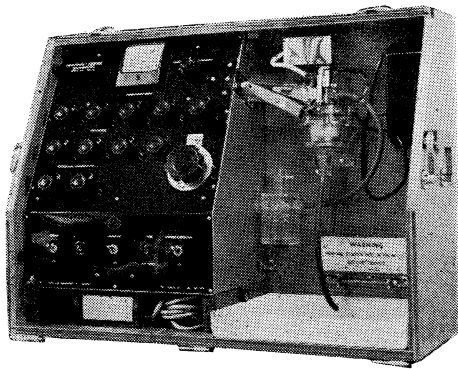
## Hydrographic Survey and Marine Geological Survey SANYO Hydrographic Survey Co., LTD.

- 業務** 深浅測量, 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

## AUTO-LAB INDUCTIVE SALINOMETER



### 製造品目

転倒温度計各種  
標準温度計各種  
水温計各種  
気象用・理化学用温度計

オーストラリア C.S.I.R.O. の BROWN 及び HAMON 両氏によって開発された。ポータブルで恒温槽不用の劃期的精密塩分計。

### 仕様

測定範囲 : 標準品は 27.8~42‰ S  
(御注文により 0~42‰ S 可能)

感度 : 0.0004‰ S

精度 : ±0.003‰ S

所要水量 : 55 cc

消費電力 : 最大 25 W

寸法 : 30×68×50 cm

重量 : 32 kg

日本総代理店



株式会社 渡部計器製作所

東京都文京区東片町114  
TEL (811) 5954, 0044 (812) 2360

# 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・スピロテクニク社 日本総代理店  
米國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  
東京アクアラングセンター

本社

東京都豊島区巣鴨6丁目1344番地  
(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  
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)



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)

# 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 542-3 3 6 1 (代)~5・3 3 6 7

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) 5 0 6 1・7 4 5 8

支店 東京都文京区本郷六丁目五番地

電 話 東 京 (929) 0 0 3 8 番

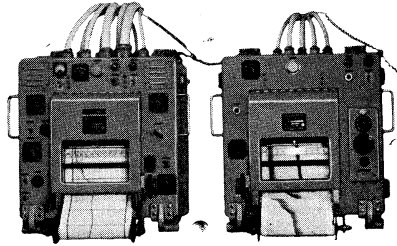
工場 埼 玉 県 上 尾 市

# 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。



### 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  | ヘテロダイン増幅方式   |             |         |
| 記録紙   | 電解式記録紙       | 紙巾 216mm    |         |
|       |              | 有効紙巾 170mm  |         |
| 電源    | AC 100V      | 60%         | 1.5KVVA |

## PRECISION DEPTH RECORDER

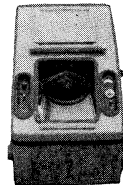
The main recording apparatus with multiple recording system is able to record the depth of 13,000 meters.  
Always keep over 1/5000 of precision because of the crystal controlled recording motor driven by fixed frequency electrical source.

### Sounding range

|                                                           |                             |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|
| First recorder                                            | 0 to 2000m, 0 to 2200m      |
|                                                           | multiple recording system   |
| Second recorder                                           | 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                           |                             |
| First recording channel output                            |                             |
| 5W second recording channel 10W                           |                             |
| 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 長サ10m巾150mm      |
| 電源   | DC 24V 約7.5A             |

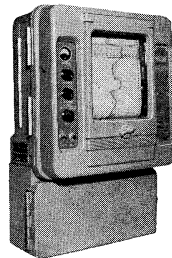
## PRECISION ECHO SUNDER FOR SHALLOW

Ideal for surveying shallow seas, harbors, lakes, dame, 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  | 23KC                          |              |
| 記録紙  | 乾式 長サ 10m 巾 150mm             |              |
| 電源   | AC 100,110,115,200,220,230(V) | 60%          |
|      | DC 100,110,115,200,220,230(V) |              |

## ECHO SUNDER 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) 5201(代表)~4  
出張所 小倉・名古屋

昭和39年11月25日印刷  
昭和39年11月30日発行

うみ 第2巻  
第1号

定価 ¥400

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  
振替番号: 東京96503

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 2 卷 第 1 号

## 目 次

|                          |                          |    |
|--------------------------|--------------------------|----|
| 原 著                      |                          |    |
| 海水の大循環の年変化               | 高野 健 三                   | 1  |
| 速さが鉛直方向に変わる流れの上を伝わる波     | 富永 政 英                   | 22 |
| インド洋南東海域における海況           | 奈須 敬 二                   | 27 |
| 資 料                      |                          |    |
| 私たちの“潜水円盤”は未知の“生命帯”を発見した | ジャック-イヴ・クストー<br>佐々木 忠義 訳 | 33 |
| 海底の家                     | ジャック-イヴ・クストー<br>佐々木 忠義 訳 | 42 |
| 海洋における光学的現象と漁業に関するシンポジウム |                          | 49 |
| 寄 稿                      |                          |    |
| 海の大化学者                   | 宇田 道 隆                   | 64 |
| フランスの学会・研究だより            | 西村 実                     | 66 |
| 文献紹介                     |                          | 73 |
| 録 事                      |                          | 77 |

## Tome 2 N° 1

### SOMMAIRE

#### Notes originales

|                                                                                 |                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----|
| Variation annuelle de la circulation générale dans les océans<br>(suite et fin) | Kenzo TAKANO      | 1  |
| Onde de l'eau se propageant sur un écoulement à gradient<br>vertical            | Masahide TOMINAGA | 22 |
| Conditions hydrologiques dans la région sud-est de l'océan<br>Indien            | Keiji NASU        | 27 |

#### Documentation

|                                                               |                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----|
| Notre soucoupe a découvert une “Zone de vie” inconnue         | Jacques-Yves COUSTEAU<br>traduit par Tadayoshi SASAKI | 33 |
| Les maisons sous les mers                                     | Jacques-Yves COUSTEAU<br>traduit par Tadayoshi SASAKI | 42 |
| Symposium sur les phénomènes optiques et les pêches maritimes |                                                       | 49 |

#### Miscellanées

|                                                               |                  |    |
|---------------------------------------------------------------|------------------|----|
| Grands chimistes de la mer                                    | Michitaka UDA    | 64 |
| A propos de sociétés scientifiques et recherches<br>en France | Minoru NISHIMURA | 66 |

|                |  |    |
|----------------|--|----|
| Informations   |  | 73 |
| Procès-Verbaux |  | 77 |