
Tome 4

Février 1966

Numéro 1

う み

La mer

昭和 41 年 2 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長 今村 豊 (東京水産大学)

委員 岩下光男 (東海大学) 岩田憲幸 (国立防災科学技術センター) 川原田 裕 (気象庁) 丸茂隆三 (東京大学) 永田 正 (東京水産大学) 奈須紀幸 (東京大学) 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) 杉浦吉雄 (気象研究所) 高木和徳 (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. 論文には必ず約500字の和文の要約をつけること。
5. 図および表は必要なものみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図および表には必ず英文 (または仏文) の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行なう。
7. 報文には1編につき50部の別刷を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては、実費 (送料を含む) を徴収する。

Rédacteur en chef Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries)
Comité de rédaction Mitsuo IWASHITA (Tokai University) Noriyuki IWATA (National Research Center for Disaster Prevention) Yutaka KAWARADA (Meteorological Agency) Ryuzo MARUMO (University of Tokyo) Tadashi NAGATA (Tokyo University of Fisheries) Noriyuki NASU (Tokyo University) Minoru NISHIMURA (Fisheries Agency) Gohachiro OSHIBA (Institute of Physical and Chemical Research) Tadayoshi SASAKI (Tokyo University of Fisheries) Yoshio SUGIURA (Meteorological Research Institute) Kazunori TAKAGI (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.

Sur le développement des ondes internes par l'action des perturbations atmosphériques*

Masahide TOMINAGA**

Résumé : Nous avons traité théoriquement le problème des ondes internes pour trouver s'il y a des ondes internes instables qui sont provoquées sur l'interface de deux couches dans la mer par l'action périodique de la pression atmosphérique qui se déplace. Si la fréquence de cette perturbation est haute, il y a des ondes instables dans le cas où la vitesse de perturbation est égale à celle de groupe des ondes. Si la fréquence de perturbation est basse, ou qu'une région où le gradient de pression atmosphérique est grand se déplace, des ondes à période de quelques heures sont produites devant cette région.

Le critère d'instabilité d'ondes dépend du rapport de l'épaisseur à la différence de densités de deux couches.

1. Introduction

Il y a un grand nombre d'observations des ondes internes faites au moyen d'appareils et on peut aussi trouver même les spectres d'ondes internes couvrant une gamme très étendue de fréquence (USHO TR-26, 1955). B. HAUR-TWITZ et d'autre (1958) ont trouvé la variation périodique (période d'environ 2 heures) de la température d'eau à la profondeur de 500 m au large de Bermuda. C. R. UFFORD (1947) a trouvé les ondes internes avec la période d'environ 10 minutes par les observations simultanées à trois stations fixes. Dans le "Department of Physical Oceanography, Woods Hole Oceanographic Institution" (1963), on a fait les observations de la température d'eau dans le thermocline qui s'étend à la profondeur de 80 m, et donné les spectres spatiaux couvrant une gamme de la longueur de 100 m à 10 km. Sur la bouée laboratoire qui est mouillée dans la Méditerranée (42°47'N et 7°29'E, la profondeur étant 2680 m), H. LACOMBE et J. GONELLA ont observé (1964) les ondes internes à la période d'inertie et aussi celles à périodes plus courtes (de quelques heures, irrégulière mais parfois avec une amplitude remarquable) surtout pendant que le vent fort souffre. Néanmoins, on ne connaît pas précisément le mécanisme de leur

formation: par exemple, la pression atmosphérique qui agit sur la mer produirait peut-être les ondes internes de haute fréquence: les mouvements d'inertie dans la mer ont aussi une liaison avec les ondes internes qui ont la période d'inertie.

Nous traiterons dans ce document une théorie de développement des ondes internes par l'action périodique de la pression atmosphérique qui se déplace à une vitesse uniforme. Cependant, les observations simultanées des ondes internes et de la variation de la pression atmosphérique qui se déplace à une vitesse uniforme seront très importantes pour vérifier notre théorie mais jusqu'à présent il en manque.

2. Equations d'ondes internes dans un milieu à deux couches

Nous prenons l'origine O de coordonnées sur l'interface horizontale de deux couches dont les densités et les épaisseurs sont ρ_1, h_1 pour la couche supérieure ρ_2, h_2 pour la couche inférieure respectivement.

Prenons Ox et Oy horizontaux vers l'est et le nord, Oz vertical orienté vers le haut. Les équations d'ondes internes des petits mouvements s'écrivent sous la forme non-linéaire, si l'on donne la vitesse uniforme $-U$ à l'eau et si la composante verticale du vecteur de rotation intervient seule:

$$u_t - Uu_x - \lambda v = -\frac{p_x}{\rho} \quad (1)$$

* Manuscrit reçu le novembre 1965.

** Division of Astronomy and Earth Science, Tokyo Gakugei University.

$$v_t - Uv_x + \lambda u = -\frac{p_y}{\rho} \quad (2)$$

$$w_t - Uw_x = -\frac{p_z}{\rho} \quad (3)$$

$$u_x + v_y + w_z = 0 \quad (4)$$

où u , v , w , p sont les trois petites composantes de vitesses et la pressions du fluide provoquées par le mouvement d'ondes, et λ est l'accélération de Coriolis ($\lambda = 2\Omega \sin \phi$), Ω et ϕ désignant la vitesse angulaire de rotation de la Terre et la latitude respectivement.

Sur la surface, on peut faire l'approximation $w=0$ parce qu'on suppose que l'amplitude d'ondes internes diminue vers la surface. Sur la frontière des deux couches les composantes verticales du fluide doivent être continues, donc on a :

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - U\frac{\partial}{\partial x}\right)(w_1 - w_2) = 0. \quad (5)$$

On tient compte des perturbations atmosphériques (la pression p_a) qui agissent sur la surface et par la suite sur la frontière, s'il n'y a pas de dissipation d'énergie* sur la surface ou dans la première couche. Une autre condition à la frontière est donnée par :

$$\begin{aligned} &\left(\frac{\partial}{\partial t} - U\frac{\partial}{\partial x}\right)(p_1 - p_2) + w_1 g(\rho_2 - \rho_1) \\ &= \left(\frac{\partial}{\partial t} - U\frac{\partial}{\partial x}\right)p_a, \quad (z=0) \end{aligned} \quad (6)$$

où g est l'accélération de la pesanteur.

La condition au fond s'écrit :

$$w_2 = 0 \quad (z = -h_2). \quad (7)$$

On donne directement à la frontière une perturbation de pression atmosphérique p_a déplaçant. On peut résoudre de (1) à (4) pour le temps ayant passé assez longtemps après le déclenchement de l'agitation atmosphérique.

En faisant $\frac{D}{Dt} \times (1) + \lambda \times (2)$ et $\frac{D}{Dt} \times (4)$ où $\frac{D}{Dt}$ désigne $\frac{\partial}{\partial t} - U\frac{\partial}{\partial x}$, on a :

* Par exemple, le développement des ondes longues superficielles provoque une diminution de l'énergie des perturbations. Cet affaiblissement d'énergie sera assez grand s'il y a une résonance entre la perturbation et des ondes longues superficielles.

$$\left(\frac{D^2}{Dt^2} + \lambda^2\right)u = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{Dp_x}{Dt} + \lambda p_y\right), \quad (8)$$

et

$$\frac{Dw_z}{Dt} + \frac{Du_x}{Dt} + \frac{1}{\lambda}\left(\frac{D^2u_y}{Dt^2} + \frac{1}{\rho}\frac{Dp_{xy}}{Dt}\right) = 0. \quad (9)$$

Éliminant w entre les équation (3) et (9), on a :

$$\frac{D^2u_z}{Dt^2} + \frac{1}{\rho}\frac{Dp_{xy}}{Dt} + \lambda\left(\frac{Du_x}{Dt} - \frac{p_{zz}}{\rho}\right) = 0. \quad (10)$$

En supposant que les mouvements ne dépendent que de x , on donne au lieu de (8) et (10) :

$$\left(\frac{D^2}{Dt^2} + \lambda^2\right)u = -\frac{1}{\rho}\frac{Dp_x}{Dt}, \quad (11)$$

et

$$\frac{Du_x}{Dt} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial^2 p}{\partial z^2}. \quad (12)$$

En éliminant u entre (11) et (12) on obtient :

$$\left(\frac{D^2}{Dt^2} + \lambda^2\right)p_{zz} = -\frac{D^2}{Dt^2}p_{xx}, \quad (13)$$

d'où on a :

$$\left(\frac{D^2}{Dt^2} + \lambda^2\right)\bar{p}_{zz} = s^2\frac{D^2\bar{p}}{Dt^2}, \quad (14)$$

où $\bar{p}(s)$ et $p(x)$ désignent la transformation de Fourier et sa réciproque définies par les formules suivantes :

$$\left. \begin{aligned} \bar{p}(s) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} p(x)e^{-isx} dx, \\ p(x) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{p}(s)e^{isx} dx, \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial^n \bar{p}}{\partial x^n} e^{-isx} dx &= (is)^n \bar{p}(s). \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

On suppose que la pression atmosphérique p_a soit représentée par l'expression

$$p_a = 2\pi p_0 \delta(x) e^{i\omega t}, \quad (16)$$

ω désignant la pulsation de fluctuation de la pression, $\delta(x)$ étant la fonction de Dirac, p_0 étant une constante. En supposant que \bar{p} soit proportionnelle à $e^{i\omega t}$, on obtient de l'équation (14) :

$$[(\omega - sU)^2 - \lambda^2] \bar{p}_{zz} = s^2 (\omega - sU)^2 \bar{p}, \quad (17)$$

dont les solutions sont représentées par

$$\bar{p} \propto e^{*1sz}$$

où

$$\gamma^2 = \frac{(\omega - sU)}{(\omega - sU)^2 - \lambda^2} \quad (18)$$

En tenant compte de la relation

$$\frac{Dz w_1}{Dt} = -\frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p_1}{\partial z}$$

et opérant $\frac{D}{Dt}$ sur l'équation (6), on peut obtenir

$$\frac{D^2}{Dt^2} (p_1 - p_2) - g\alpha \frac{\partial p_1}{\partial z} = \frac{D^2 p_a}{Dt^2}, \quad (19)$$

α désignant $\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} = \frac{A\rho}{\rho}$ où $\rho_1 \doteq \rho_2 \doteq \rho$.

En appliquant la transformation de Fourier à l'équation (19), on obtient:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial}{\partial t} - isU \right)^2 \bar{p}_1 - g\alpha \frac{\partial \bar{p}_1}{\partial z} - \left(\frac{\partial}{\partial t} - isU \right)^2 \bar{p}_2 \\ = \left(\frac{\partial}{\partial t} - isU \right)^2 \bar{p}_a. \end{aligned} \quad (20)$$

En tenant compte des conditions:

$$\left[\left(1 + \frac{\tanh \gamma s h_1}{\tanh \gamma s h_2} \right) \left(\frac{\partial}{\partial t} - isU \right)^2 + g\alpha \gamma s \tanh \gamma s h_1 \right] \bar{p}_1 = \left(\frac{\partial}{\partial t} - isU \right)^2 \bar{p}_a. \quad (23)$$

Dans le cas où p_a est donnée par l'équation (16), une solution particulière de l'équation aux dérivés partielles (20) est donnée par

$$\bar{p}_1 = -\frac{\sqrt{2\pi} p_0 (\omega - zU)^2 \cosh h_1 s \cdot e^{i\omega t}}{(\omega - sU)^2 - g\alpha \gamma s \frac{\tanh \gamma h_1 s \cdot \tanh \gamma h_2 s}{\tanh \gamma h_1 s + \tanh \gamma h_2 s}}, \quad (z=0) \quad (24)$$

et on peut obtenir par la réciproque l'expression suivante:

$$p_1 = -p_0 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(\omega - sU)^2 \cosh h_1 s \cdot e^{i(sx + \omega t)}}{(\omega - sU)^2 - g\alpha \gamma s \frac{\tanh \gamma h_1 s \cdot \tanh \gamma h_2 s}{\tanh \gamma h_1 s + \tanh \gamma h_2 s}} ds, \quad (z=0) \quad (25)$$

La valeur de cette intégrale est représentée par le résidu sur le point s_0 qui est le point singulier de la fonction sous le signe d'intégrale, où s_0 est une racine de l'équation suivante:

$$(\omega - sU)^2 - g\alpha \gamma s \frac{\tanh \gamma h_1 s \cdot \tanh \gamma h_2 s}{\tanh \gamma h_1 s + \tanh \gamma h_2 s} = 0. \quad (26)$$

Enfin, on peut écrire p_1 sous la forme

$$p_1 = A(s_0) e^{i(s_0 x + \omega t)}, \quad (z=0) \quad (27)$$

c'est-à-dire l'équation (27) représente les ondes internes qui avancent vers x positif à la vitesse

* Cette équation est trop compliquée pour obtenir les racines parce que γ contient s aussi.

$$-\frac{1}{\rho_1} \frac{\partial \bar{p}_1}{\partial z} = \frac{\partial \bar{w}_1}{\partial t} \rightarrow 0$$

à la surface,

$$\text{et} \quad -\frac{1}{\rho_2} \frac{\partial \bar{p}_2}{\partial t} = \frac{\partial \bar{w}_2}{\partial t} = 0$$

au fond,

\bar{p}_1 , et \bar{p}_2 doivent être proportionnelles à $\cosh \gamma s(z - h_1)$ et $\cosh \gamma s(z + h_2)$. Il y a une autre relation qui existe entre \bar{p}_1 et \bar{p}_2 :

$$\frac{1}{\rho_1} \frac{\partial \bar{p}_1}{\partial z} = \frac{1}{\rho_2} \frac{\partial \bar{p}_2}{\partial z} \quad (z=0) \quad (21)$$

qu'on peut déduire des équations (3) et (5), c'est-à-dire on a

$$\bar{p}_2 = -\frac{\rho_2}{\rho_1} \bar{p}_1 \frac{\tanh \gamma s h_1}{\tanh \gamma s h_2}. \quad (z=0) \quad (22)$$

En mettant \bar{p}_2 dans l'équation (20) et supposant $\rho \approx \rho_2$, on a

$$-\frac{\omega}{s_0} + U. \quad **$$

Dans le cas où la perturbation atmosphérique à la pulsation ω ne se déplace pas, c'est-à-dire que $U=0$, la vitesse de propagation d'ondes internes à la même pulsation que la pression atmosphérique y provoque est donné par:

$$c = \frac{\omega}{s_0} = \pm \sqrt{\frac{g\alpha \gamma}{s_0} \frac{\tanh \gamma h_1 s_0 \cdot \tanh \gamma h_2 s_0}{\tanh \gamma h_1 s_0 + \tanh \gamma h_2 s_0}} \quad (28)$$

en mettant $U=0$ dans l'équation (26).

** On change le système de coordonnées de façon que l'eau soit en repos et que la perturbation atmosphérique avance vers x positif avec la vitesse U .

L'équation (26) a les racines simples lorsqu'on y met $U=0$, donc la valeur d'intégration (25) est finie et il n'y a pas d'accroissement du mouvement d'ondes. Si la longueur d'ondes est assez grande en comparaison des profondeurs des deux couches h_1 et h_2 et $\omega > \lambda$, la vitesse est donnée par

$$c = \pm \sqrt{g \frac{\Delta \rho}{\rho} \frac{h_1 h_2}{h_1 + h_2} \frac{1}{1 - (\lambda/\omega)^2}} \quad (29)$$

mettant $\gamma \approx 1$.

3. La condition de l'accroissement de l'amplitude d'ondes

Dans le cas où l'équation (26) a une racine double, la valeur de l'intégration (25) s'accroît infiniment, autrement dit, il y a l'accroissement de l'amplitude* des ondes internes à la pulsation ω_1 , provoquées par l'action de la pression atmosphérique se déplaçant à la pulsation ω .

Sous la forme sans dimension on peut écrire l'équation (28) comme suit

$$(s^* - a)^2 = \frac{\gamma s^*}{F^2} \frac{\tanh \gamma s^* \cdot \tanh \gamma \frac{h_2}{h_1} s^*}{\tanh \gamma s^* + \tanh \gamma \frac{h_2}{h_1} s^*} \quad (30)$$

où on utilise les expressions suivantes:

$$s^* = s h_1, \quad F^2 = \frac{U^2}{g \frac{\Delta \rho}{\rho} h_1},$$

$$a = \frac{h_1 \omega}{U}, \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\lambda/\omega_1)^2}}$$

et $\omega_1 = \omega - sU$ désignant la pulsation d'ondes internes.

On peut trouver facilement que les racines doubles de l'équation (30) sont toujours négatives, donc au lieu de cette équation on peut mettre la suivante:

$$(s^* + a)^2 = \frac{\gamma s^*}{F^2} \frac{\tanh \gamma s^* \cdot \tanh \gamma \frac{h_2}{h_1} s^*}{\tanh \gamma s^* + \tanh \gamma \frac{h_2}{h_1} s^*} \quad (31)$$

où $\omega_1 = \omega + sU$ et $s^* > 0$.

Si ω_1 est plus grand que λ , γ est en général

* La dénivellation ζ est donnée par les expressions $\frac{D\zeta}{Dt} = \omega_1$ et $\frac{D\omega_1}{Dt} = -\frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p_1}{\partial z}$, p_1 étant donné par l'équation (25).

presque égal à 1. Dans ce cas, on peut trouver facilement la relation entre h_1 , h_2 , ω , U et $\frac{\Delta \rho}{\rho}$ nécessaire pour que l'équation suivante ait la racine double:

$$(s^* + a)^2 = \frac{s^*}{F^2} \frac{\tanh s^* \cdot \tanh \frac{h_2}{h_1} s^*}{\tanh s^* + \tanh \frac{h_2}{h_1} s^*} \quad (32)$$

Dans le cas où ω_1 prend une valeur presque égale à λ , γ n'est pas encore égal à 1, mais si γs et $\gamma \frac{h_2}{h_1}$ sont tellement petits qu'on peut écrire $\tanh \gamma s \approx \gamma s$ et $\tanh \gamma \frac{h_2}{h_1} s \approx \gamma \frac{h_2}{h_1} s$; l'équation (31) se réduit à la forme suivante:

$$(s^* + a)^2 = \frac{\gamma^2}{F^2} \frac{h_2}{h_1 + h_2} s^{*2} \quad (33)$$

Cette équation a une racine double sous la condition représentée par l'expression suivante:

$$(1 - \beta^2)(1 - R^2) = 1, \quad (34)$$

où $\beta = \frac{\lambda}{\omega}$, $R^2 = g \frac{\Delta \rho}{\rho} \frac{U^2}{U^2} \frac{h_1 + h_2}{h_1 h_2}$ et β est plus grand que 1, c'est-à-dire la période de la pression qui agit sur la frontière de deux couches d'eau est plus grande que celle d'inertie.

Il s'agit de la condition mathématique nécessaire pour que l'équation suivante

$$(s^* + a)^2 = f(s^*) \quad (35)$$

ait une racine double; on peut faire l'interprétation physique pour cela comme suit: La condition mathématique susdite est obtenue par l'élimination de s^* entre l'équation (35) et celle qu'on déduit par la différentiation de l'équation (35) par rapport à s^* . En différentiation de l'équation (35) par rapport à s^* on obtient:

$$2(s^* + a) = f'(s^*). \quad (36)$$

La vitesse de groupe d'ondes internes qui avancent vers x positif est donnée par

$$c_g = \frac{d\omega_1}{ds} = \frac{d}{ds}(\omega + sU) = \frac{d\omega}{ds} + U$$

quand la perturbation atmosphérique se déplace vers x positif à la vitesse uniforme U . Cependant, on peut écrire

$$\frac{d\omega}{ds} = U \frac{da}{ds^*}$$

et

$$2(s^* + a) \left(1 + \frac{da}{ds^*} \right) = f'(s^*) = 2(s^* + a),$$

en différentiant l'équation (35) où a dépend de s^* , et en tenant compte de l'équation (36). Puis on a

$$\frac{da}{ds^*} = \frac{1}{U} \frac{d\omega}{ds} = 0 \text{ ou } c_\theta = U. \quad (37)$$

On peut déduire de cette dernière expression que les ondes internes obtiennent l'énergie* sans interruption de la perturbation atmosphérique se déplaçant et qu'elles s'accroissent infiniment en amplitude. On peut voir quelques résultats numériques dans les Fig. 1, Fig. 2 et le tableau annexe.

4. Conclusion

En résumé, les conditions nécessaires pour l'accroissement des ondes internes par l'action de la perturbation atmosphérique sont les suivantes:

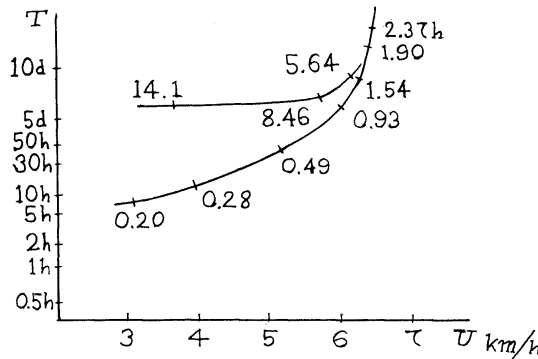


Fig. 1. Courbes de perturbations atmosphériques qui provoquent les ondes internes sur la frontière de deux couches dans la mer s'accroissant infiniment.

En abscisses: La vitesse de déplacement de perturbation atmosphérique.

En ordonnées: La période de perturbation atmosphérique.

Les figures à côté des courbes désignent les périodes d'ondes internes s'accroissant infiniment.

$$g \frac{\Delta\rho}{\rho} = 0,02 \text{ m/sec}^2, \quad h_1 = 200 \text{ m}, \\ h_2 = 1.000 \text{ m}, \quad \phi = 45^\circ.$$

* La vitesse de la groupe d'ondes n'est pas autre chose que celle de la propagation de l'énergie d'ondes.

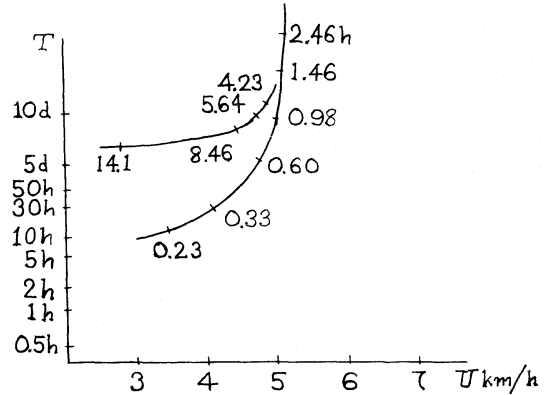


Fig. 2. Courbes de perturbations atmosphériques qui provoquent les ondes internes sur la frontière de deux couches dans la mer s'accroissant infiniment.

En abscisses: La vitesse de déplacement de perturbation atmosphérique.

En ordonnées: La période de perturbation atmosphérique.

Les figures à côté des courbes désignent les périodes d'ondes internes s'accroissant infiniment.

$$g \frac{\Delta\rho}{\rho} = 0,02 \text{ m/sec}^2, \quad h_1 = 200 \text{ m}, \\ h_2 = 200 \text{ m}, \quad \phi = 45^\circ.$$

Tableau: La période et la longueur d'ondes internes s'accroissant infiniment provoquées par la perturbation atmosphérique qui se déplace à la vitesse U .

T heure	U km/heure	T^* heure	L km
0,77	3,11	0,20	1,26
1,04	3,58	0,24	1,57
1,61	4,19	0,31	2,09
5,30	5,17	0,49	3,14
6,81	5,39	0,62	4,19
17,4	6,01	0,93	6,28
41,5	6,30	1,54	10,47
118,8	6,42	1,90	12,57
186,4	6,46	2,37	15,71
67,7	6,36	4,23	28,7
50,8	6,20	5,64	39,3
33,8	5,69	8,46	64,3
20,3	3,63	14,1	167,8

T : La période de la variation de pression atmosphérique.

U : La vitesse du déplacement du système de pression atmosphérique.

T^* : La période des ondes internes s'accroissant infiniment.

L : La longueur d'ondes.

$$g \frac{\Delta\rho}{\rho} = 0,02 \text{ m/sec}^2 \\ h_1 = 200 \text{ m}$$

$$h_2 = 1.000 \text{ m}$$

$$\text{latitude } \phi = 45^\circ$$

(1) Dans le cas où la période de perturbation est relativement courte, les ondes instables sont produites si la perturbation se déplace lentement. Par exemple, lorsqu'une perturbation atmosphérique à la période d'oscillation de 1 heure se déplace à la vitesse d'environ 4 km/heure, il y a des ondes internes infiniment accrues à la période d'environ 20 minutes et la longueur d'ondes d'environ 2 km (où $\frac{h_2}{h_1} = 5$, $h_1 = 200$ m, $g \frac{\Delta \rho}{\rho} = 0,02$).

(2) Dans le cas où la période de perturbation atmosphérique devient plus longue et sa vitesse de déplacement se rapproche d'une certaine valeur, il y a des ondes internes instables à la période d'une ou deux heures. Par exemple, lorsque les hautes pressions ou basses pressions se développant ou s'affaiblissant se décalent, il y aura des ondes internes instables ayant une période de quelques heures avant la lisière de pression où il y a un fort gradient de pression.*

(3) Si p_a est donnée par l'expression $p_0 \sin k(x-Ut)$, c'est-à-dire si les ondes internes au nombre d'ondes k et à vitesse U dans l'atmosphère se propagent, \bar{p}_a est représentée par $p_0 \delta(s-k)$, donc au lieu de l'intégrale (25) on a celle qui s'efface sauf dans le cas où s est égal à k , on a :

$$p_1 = -p_0 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\omega^2 \cosh h_1 s \cdot \delta(s-k) e^{i(sx+\omega t)}}{\omega^2 - g\alpha\gamma s \frac{\tanh \gamma h_1 s \cdot \tanh \gamma h_2 s}{\tanh \gamma h_1 s + \tanh \gamma h_2 s}} ds, \quad (z=0) \quad (38)$$

$$\text{où } \omega = kU \text{ et } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\lambda^2}{\omega^2}}}.$$

Par conséquent on a :

$$p_1 = -p_0 \frac{\omega^2 \cosh h_1 k \cdot e^{i(kx+\omega t)}}{\omega^2 - g\alpha\gamma k \frac{\tanh \gamma h_1 k \cdot \tanh \gamma h_2 k}{\tanh \gamma h_1 k + \tanh \gamma h_2 k}}, \quad (39)$$

parce que la valeur de la fonction sous le signe d'intégrale est toujours nulle sauf lorsque s est égal à k . Donc, p_1 est infiniment grand lorsque

$$\frac{\omega}{k} = \sqrt{g\alpha\gamma \frac{\tanh \gamma h_1 k \cdot \tanh \gamma h_2 k}{\tanh \gamma h_1 k + \tanh \gamma h_2 k}}. \quad (40)$$

La relation (40) donne la vitesse d'ondes internes égale à celle des ondes internes dans l'atmosphère: c'est le mécanisme de résonance.

J'exprime mes grands remerciements à Monsieur le Professeur H. LACOMBE, Laboratoire d'Océanographie Physique, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, pour ses encouragements et à Monsieur le sous-directeur B. SAINT-GUILLY pour son conseil critique et généreux. Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance à Monsieur M. CREPON pour m'avoir corrigé le manuscrit de ce travail.

Bibliographie

- CREASE, J. (1962): Internal Waves. Underwater Acoustics (New York, Plenum Press Inc.).
- HAURWITZ, B., STOMMEL, H., MUNK, W. H. (1958): On the thermal unrest in the ocean. ROSSBY Memorial Volume 74-94.
- RATTRAY, M. (1960): On the generation of internal tides. *Tellus*, **12**, 54-62.
- UFFORD, C. R. (1947): Internal waves measured at three stations. *Trans. Amer. Geophys. Union*, **28**, 1.
- USHO, TR-26 (1955): Power spectrum analysis of internal waves from operation standstill.

* Parfois on peut observer les ondes internes de relativement haute fréquence (la période de moins de quelques heures) devant le front froid remarquable.

大気の圧力変化と共鳴する内部波発達の可能性について

富 永 政 英

要 旨： 二層の界面に発生する海の内部波の余り周期の長くないものが風が吹き初めたり、低気圧や不連続線などが通過するときかなり振幅が発達することがあるが、今海面に働く気圧系が一定速度で進行しつつ気圧の値が周期的に変化するときどのような周期の内部波が充分発達するかを理論的に考察してみた。共鳴を起すための条件として気圧系の移動速度、気圧変動の周期（大へん長周期のときは変動の時間的变化）、二層の厚さ、二層の密度差などに一つの関係が存在することが第1図、第2図の例で見られる。内部波と気圧系の同時観測が見つからないので実測との比較は後日に譲る。

鉄板腐蝕減量による海水の流動の簡易測定法*

松平近義** 浜田篤信***

Méthode simple pour mesurer le mouvement de l'eau par la corrosion de la tôle immergée

Résumé: Le mouvement de l'eau intervient dans le milieu de la pisciculture comme transporteur de la nourriture pour les végétaux et les poissons et coquillages et sert à accélérer la productibilité en balayant la couche limite polluée qui est formée par le métabolisme autours de l'être vivant et en facilitant l'absorption de la nourriture. Toutefois, on n'a pas encore disposé d'appareils simples et convenables qui permettent de mesurer le mouvement de l'eau par rapport à l'être vivant. La présente note a donc pour objet d'examiner la relation entre le mouvement de l'eau et la diminution du poids de la tôle immergée due à la corrosion aussi bien que les facteurs influençant sur cette relation. Il est précisé par des exemples d'application que l'intégrale diurne du mouvement de l'eau est bien mesurable par la diminution du poids de la tôle.

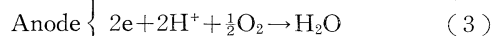
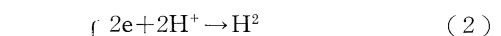
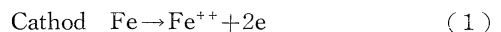
1. はじめに

近年、沿岸および内湾は養殖漁場として、益々高度に利用されるようになってきた。しかし、浅海のごく一部を占める漁場適地は無計画な漁場管理のために生産は不安定で、年々下降線をたどる漁場も多く、何らかの対策が望まれている。浅海の生産を支配する要因のうちで、海水の流動はきわめて重要である。植物に対しては栄養塩、魚介類に対しては餌料の運搬者としての意義があり、また生物体周辺に形成される境界層を除去し、栄養物質の摂取、すなわち生産を促すという役割をもはたしている。海水の流動の重要性は経験的には十分認められているにもかかわらず、複雑でその評価が容易でないため、生産との関係は究明されていない。従来、海水の流動は色素や放射性物質などを流し、それが拡散していく様子を観察したり、各種の潮流計などによって測定されてきた。しかし、これらの方法は連続的にしかも同時に多数の接近した地点の観測が要求される浅海養

殖場には適用できない。更に、浅海養殖場の合理的な管理、設計を行なうに当って、養殖者が各自の漁場の水の流動状態を十分認識していることが必要で、測定法は安価でとり扱いが容易であることが望ましいのである。このような観点から、海水中で鉄が酸化されて腐蝕減量していくことに着目し、それが海水の流動と関係あること¹⁾から海水の流動の簡易測定法を研究した。現在はこの原理に基づいて精密な電気的流動測定方法にまで発展しているが、ここでは海水中における鉄板腐蝕におよぼす環境諸要因と実用的な面の研究結果のみを報告する。

2. 実験方法

電解質溶液中における金属の腐蝕は電気化学的に起こることが分っている。金属表面に電位分布の不均一によって多数の短絡局部電池が形成され、cathode で金属がイオン化し、anode との反応に応じて電気化学的に等価な量だけ溶解していく。その基本的な反応は鉄の場合つぎのようであると考えられる。



* 1965年12月14日受理

** Chikayoshi MATSUDAIRA 東北大学農学部 Agriculture Tohoku University

*** Atsunobu HAMADA 茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所 Kasumiga-ura and Kitaura Fisheries Station Ibaragi Prefecture

すなわち、(1)の反応は陰極反応の(2)または(3)に支配されるが、(2)は中性付近またはアルカリ性ではほとんど起らないから、弱アルカリ性の海水中では腐蝕は複極反応である。(3)に、すなわち酸素供給速度によって支配されるものと考えられる。このようにして生じた水酸化第一鉄は(4)の通りに更に酸素と結合して水酸化第二鉄の「赤さび」を生成する。この「赤さび」は腐蝕点よりわずかに離れたところに形成され、鉄板面より容易に取り除くことができる。鉄板面への酸素供給は静止状態では分子拡散によるが、現場では主として流れに伴って生じる鉄板面付近の酸素の濃度勾配の増加と、乱流の拡散作用によって行なわれる。従って腐蝕減量は拡散による酸素供給量に比例すると考えられる。ゆえに腐蝕減量は生物体表面への酸素の供給量に及ぼす海水の流動の度合を示すと考えてもよい。

鉄板は厚さ 0.8 mm の冷延鋼板 (JIS, G3310) を測定誤差や持ち運びを考慮し、5×10 cm 約 40 g に切り出し、両端中央部に直径 3 mm の穴をあけ糸で現場の海水中に垂下して使用した。使用にあたってはエメリーペーパーで研磨し、0.1 mg 感度天秤で秤量した。鉄は水分が存在しなければ常温では腐蝕しないから、垂下直前までデシケーター中に保った。回収時に「さび」を十分おとし、水分をふきとり、再びデシケーターに入れ、実験室内で秤量し垂下時中の鉄板減量を求めた。一方基本的な実験としては腐蝕減量の経時変化を測定したり、減量の小さい短時間の腐蝕減量を求める必要があるため、この場合にはあらかじめ酸素消費量と減量との関係を実験的に求めておき、酸素消費量から鉄板腐蝕減量を計算により求め(鉄2原子の減量に対し酸素3原子を消費する)。なお、酸素量は Winkler 法に従った。

3. 実験結果

1) 測定誤差の検討

鉄板の腐蝕はその質や研磨方法、空気との接触時間などによって影響を受けるといわれており、とり扱い方の差異によって減量に差が生じるものと考えられる。500 ml のガラス製容器に海水と鉄

Table 1. Corrosion of iron plates in sea water determined by oxygen consumption.

Oxygen consumption of iron plates in sea water*		
Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
O ₂ ml/100 cm ² /hr.	O ₂ ml/100 cm ² /hr.	O ₂ ml/100cm ² /hr.
0.300	0.290	0.282
0.277	0.287	0.288
0.266	0.287	0.267
0.281	0.331	0.278
0.286	0.286	0.275
0.268	0.282	0.282
0.302	0.300	0.273
0.317	0.277	0.275
0.298	0.330	0.277
0.262	0.277	0.275
Mean 0.286	0.295	0.277

* Initial dissolved oxygen: Exp. 1 6.33 O₂ml/l
Exp. 2 6.52
Exp. 3 6.22

Water temperature: 20°C

板を入れて密閉し、4時間の容器の酸素減少を調べた結果が Table 1 で、この結果から鉄板自体によって生じる差はきわめて小さく、標準偏差 2.98% で 95% 信頼区間は ±6% であることが分る。しかし実際は腐蝕は重量の減少として測定するものであって、腐蝕生成物質の除去や秤量までかなりの時間を要するために腐蝕が引き続き進行することによって誤差が生じる危険性がある。現場で同一流動条件下に多数の鉄板を垂下することは容易でなく、誤差の検討を十分行なうことができなかったが、ここでは簡単に次のような方法をとった。

松島湾の一部(雄島中)の表層付近に鉄板 30 枚を垂下し、24 時間後に回収し、上述した方法で 4 時間後に秤量して減量を求めた。この実験結果によれば測定値の標準偏差は 4.4% 程度であることが分った。従って腐蝕物や水分の除去に注意すればきわめて精度の高い測定法であることが分った。

2) 腐蝕の進行

静止水中における腐蝕は鉄板全面にわたり、回

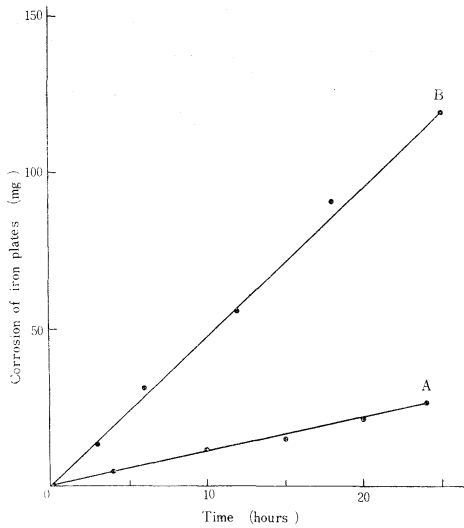


Fig. 1. Corrosion rate of iron plates in sea water.
A: static condition B: moving condition

取時にも「さび」は容易に取り除くことができ、鉄板は研磨直後に近い光沢を維持している。BORG-MAN (1937)²⁾によれば腐蝕減量は96時間以内であれば直線的に増加すると報告している。Fig. 1は屋外実験水槽の排水溝で行なった実験結果で図のAは、静止水中で、Bは5~10cm程度の流速である場合の5×10cmの鉄板の腐蝕の進行を示す。静止および流動状態いずれの場合にも少なくとも24時間の腐蝕減量は時間の経過に比例して増加することが分った。

3) 腐蝕減量に及ぼす海水の溶存酸素量、水温および塩素量の影響

SKAPERDASら (1942)³⁾は腐蝕率が水中の溶存酸素量に比例して増加することを報告している。500 ml ガラス瓶に海水と鉄板(5×10 cm)とを封入して、種々の温度で時間経過にともなう溶存酸素量の減少を調べた。いま鉄板の腐食が海水の溶存酸素量に比例すると単位時間の溶在酸素量(C)の変化 $\frac{dc}{dt}$ は溶存酸素量に比例するはずである。

すなわち、
$$-\frac{dc}{dt} = kc \dots \dots \dots (1)$$

で表わされる。kは腐食の速度恒数でtは時間である。実験の始めの海水の酸素量を C_0 ml/l, t時間後の酸素量を C_t ml/l とすると(1)式より次

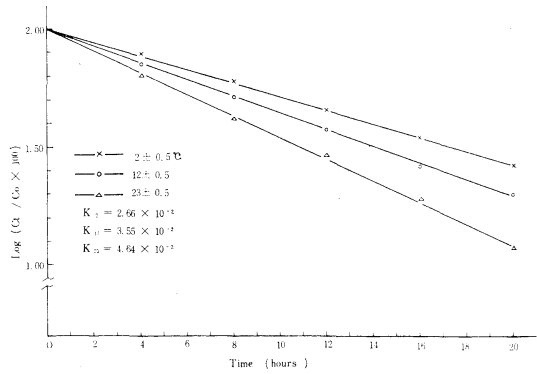


Fig. 2. Change with time of oxygen consumption of iron plates in sea water at different temperatures.

式が得られる。

$$\log_{10} \frac{C_0}{C_t} = 0.4343kt \dots \dots \dots (2)$$

(2)式より明らかなごとく鉄板の腐蝕が海水の溶存酸素量に比例するならば、この実験の溶存酸素量の測定値の対数と経過時間とは直線関係を示さなければならない。Fig. 2は実験結果であるが、両者がよく上述の直線関係を示しているため鉄板の腐蝕は海水の溶存酸素量に比例するといえることができる。

現場における鉄板腐蝕減量による流動の測定では、海の普通の状態では腐蝕減量に及ぼす流動の影響が溶存酸素量の変動に基づく影響よりはるかに大きいので、後者をほとんど無視することができるが、溶存酸素量の地域差が甚だしく大きい場合、あるいは流動測定の正確を期するためには、溶在酸素量の実測を同時に行なって一定溶存酸素量における腐蝕減量に換算して比較すべきである。

水温の腐蝕減量に及ぼす影響は、前述の腐蝕速度恒数kの温度変化によって知ることができる。実験結果(Fig. 2)によると2°Cのkの値は温度の上昇につれてほぼ直線的に増加し、20°C付近で約2倍に増加した。一方、塩素量は別の実験でCl 1%以上では腐蝕減量にまったく影響しないことがわかった。従って実際に現場で流動を鉄板腐蝕減量で測定する場合には水温、塩素量にそれほどの大きな変化が見られないので、特別の場合

を除き補正の必要はないと考えられる。なお、これらの要素の補正のための精密な補正式は電気的方法によってすでに得られているがここでは省略する。

4. 現場への応用

1) 流速と鉄板腐蝕減量との関係

海水中の鉄板の腐蝕は理論的には海水の流動に支配される。この関係を精密に求めるためには大規模な実験装置を必要とするので、ここでは大体の傾向を求める目的で松島湾とその近辺で流速を異にする数地点を選び、おおよその流速最強時に鉄板(5×10 cm)を垂下して、24時間後の鉄板減量と垂下時の測定流速との関係を求めた。Fig. 3はその結果を示す。流速は潮時によって周期変動

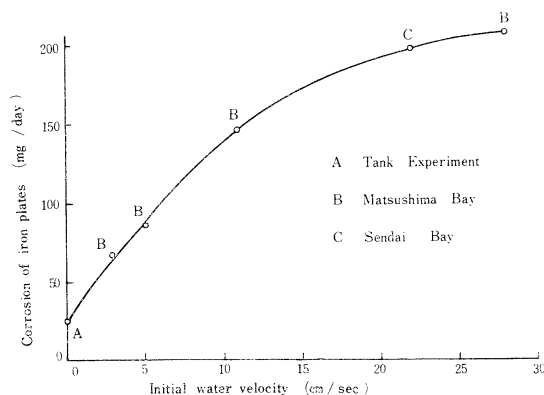


Fig. 3. Relation between water velocity and corrosion of iron plates obtained by survey.

するので得られた結果は両者の相対関係であって、恒常流の場合にはここに示した流速と同じであっても当然減量は遙かに増大するものと考えられる。

Fig. 3で明らかなように、鉄板腐蝕減量と流速との関係は対数曲線を描く。すなわち、現場の最大流速 10 cm/sec 程度までの場所の鉄板減量は急激に増し、それ以上の場所では減量の増加する割合は小さくなり、20 cm/sec で 200 mg/day となり、30 cm/sec 程度で 210 mg/day でほぼ上限に近くなる。いままで現場で得られた最高は 270 mg/day (流速 50 cm/sec 以上の場所) であるので、

この付近が上限と考えられ測定範囲は自ら限定をうける。

一方渦動の生じやすい流水管内の実験では 10 cm/sec~15 cm/sec ですでに上限に近い値が得られ、また海水中に空気を吸い込んだり、強く振盪することによっても得られる。自然状態の流れは厳密な意味では乱流であり、必ず渦動をとめない、また実験室内で完全な層流を作ることも甚だ困難であったので、鉄板減量と流速との関係は以上述べた程度の大体の目安を得られるに止まった。結局流速の増大にともなう鉄板の腐蝕減量の増加は直接流速によって支配されているものではなく、流速の増加に伴う海水中の酸素の渦動拡散の程度に支配されているといえる。従って鉄板腐蝕減量は海水の拡散の程度を示すものと考えられる。これはつぎに述べる流動垂直分布でも明らかになった。

2) 流動の垂直分布

女川湾内の3地点(Fig. 4)でカキ棚に綿糸で数珠状に連ねた鉄板(5×10 cm)を垂下し、末端を錘で動かないように固定して流動垂直分布を観測した。その結果を Fig. 5 に示す。図中 A と B は深度 5 m 内外の場所(St. 1 および St. 2)の観測結果で、A は微風時、B は強風時の値で表層は風または波浪による海水の擾乱の影響が良くとらえられた。C は湾のやや中央部よりの水深の深い地点(St. 3)の観測例で 2 m 以深の鉄板の減量は 80~90 mg/day 程度までほとんど変化がなかった。女川湾は水深 20 m 前後でくさび状に湾口

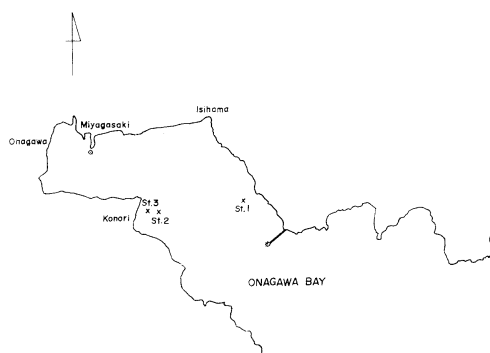


Fig. 4. Survey stations in Onagawa Bay.

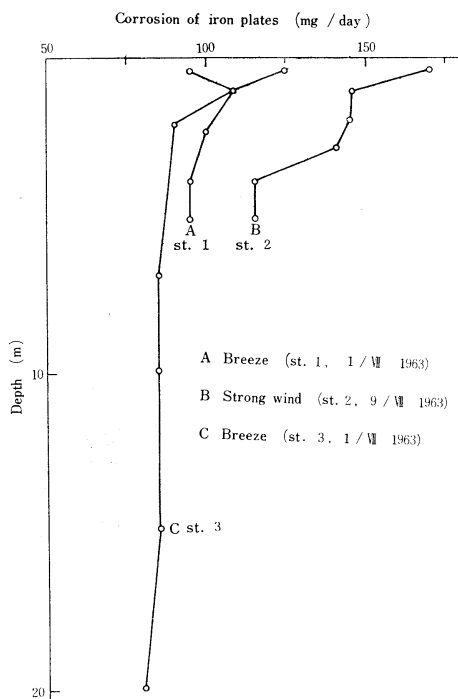


Fig. 5. Vertical distribution of water movement determined by corrosion of iron plates observed in Onagawa Bay.

へと広がっているのので、潮流は一般に弱く、強い時でも5~15 cm/secの範囲内であるので潮流よりも風と波浪による流動が大きい。このことはこの観測からも推定できるが、海水の流動が潮汐風力および波浪などによってどのように影響されるかを更に詳しく調べるために、女川水産実験所前のカキ棚で大潮より小潮に至る約15日間毎日鉄板を各層に垂下し、毎日の鉄板減量を測定し、潮位、風力および波浪の観測結果と対比した。結果はFig. 6に示すごとくである。その結果によると鉄板腐蝕減量に対して潮位の変化(潮流)はほとんど無関係で、風力とウネりすなわち波浪による流動との相関が見られた。この結果は、松島湾やその他で得られたごとく潮流が鉄板腐蝕に主として影響する例と著しく異っていた。

3) 流動の水平分布

Fig. 7, Fig. 8はそれぞれ万石浦と松川浦におけるノリ養殖の適地調査を目的とした鉄板腐蝕減量により測定した流動水平分布図である。測定の方法は2枚の鉄板(5×10 cm)を約20 cmの間隔に針金で天秤状に吊し、これを各観測地点の支持棒に固定し、24時間後に取り上げて腐蝕減量を秤量し、2枚の平均値をもってその地点の鉄板表面積100 cm² 当り1日の鉄板腐蝕減量とした。Table 3は松川浦における観測資料で鉄板腐蝕減量に及ぼす水温、塩素量および溶存酸素量の影響を補正する資料としてそれらの観測結果を掲げた。

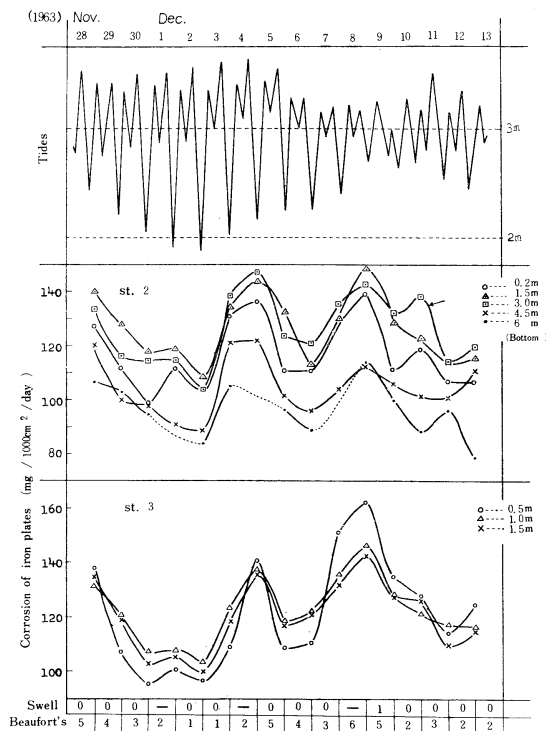


Fig. 6. Change of water movement in Onagawa Bay determined by corrosion of iron plates during tidal interval.

Table 2. Oxygen consumption of iron plates in sea water at different temperatures.

Time (hours)	Relative concentration					
	0	4	8	12	16	20
Temperature (°C)	%	%	%	%	%	%
2±0.5	100.0	77.8	59.4	45.6	34.8	26.8
12±0.5	100.0	70.7	51.3	37.2	26.4	20.0
23±0.5	100.0	63.1	41.3	28.9	19.1	11.8

方法は2枚の鉄板(5×10 cm)を約20 cmの間隔に針金で天秤状に吊し、これを各観測地点の支持棒に固定し、24時間後に取り上げて腐蝕減量を秤量し、2枚の平均値をもってその地点の鉄板表面積100 cm² 当り1日の鉄板腐蝕減量とした。Table 3は松川浦における観測資料で鉄板腐蝕減量に及ぼす水温、塩素量および溶存酸素量の影響を補正する資料としてそれらの観測結果を掲げた。

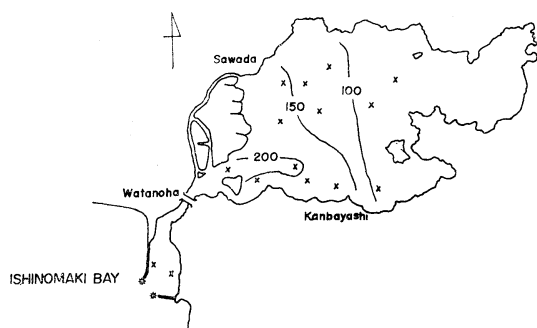


Fig. 7. Horizontal distribution of water movement determined by corrosion of iron plates in Man-goku Ura. (mg/100 cm²/day, water temperature : 3.2°C, 4/XII, 1963)



Fig. 8. Horizontal distribution of water movement determined by corrosion of iron plates in Matsu-kawa Ura. (mg/100 cm²/day, 21/XI, 1965)

Table 3. Horizontal distribution of water movement determined by corrosion of iron plates at cultural grounds of laver in Matsukawa Ura. (21/XI, 1965)

Station	Water temperature °C	Chlorinity ‰	Dissolved oxygen ml/l	Corrosion of iron plates mg/100 cm ² /day
1	12.2	13.93	—	60.6
2	12.0	15.18	—	122.5
3	11.5	15.51	—	140.8
4	11.6	16.18	—	144.9
5	12.0	17.07	—	208.6
6	13.2	17.88	—	215.5
7	12.2	15.80	—	66.4
8	12.3	16.19	—	86.0
9	13.0	16.52	—	78.6
10	13.2	17.26	—	104.9
11	12.7	17.06	6.56	153.0
12	13.1	17.64	—	192.1
13	14.0	18.28	6.89	249.2
14	14.3	18.23	6.47	210.6
15	14.4	18.34	6.69	181.8
16	14.0	18.33	—	226.3
17	13.9	18.33	6.28	84.1
18	14.2	17.84	6.17	20.5
19	14.4	18.23	6.56	222.6
20	14.4	18.31	6.62	187.0
21	14.4	18.32	6.60	232.8
22	14.4	18.36	7.00	189.8
23	14.2	18.38	—	—

観測結果によると万石浦、松川浦いずれの湾でも鉄板腐蝕減量が 80 mg/100 cm²/day 以下の場所ではノリの養殖不能海域であることが確かめられたので、鉄板による本簡易流動測定法がノリその他の内湾養殖場の適否判定に十分役立ち得ることがわかった。

5. むすび

鉄板腐蝕減量と海水の流動、水温、酸素量および塩素量との関係について実験し、鉄板腐蝕減量が海水の流動を表わすことを知り、現場の応用が十分可能であることを二、三の例をあげて示した。しかし、海中で鉄板腐食に影響する原因がそれ以外にあるかも知れないし、腐蝕減量と拡散との関係を精密に求めて置くことも必要であろう。しかし、この簡易流動測定法の目的とするところは流速や拡散を正確に知るのではなくて、浅海養殖場における養殖生物の生産と関連づけて、日々の相対的な流動の積算効果を簡易に知り、これを利用して漁場管理を合理化していくことであり、こうした意味で本法は十分応用性のあるものと考えられる。

文 献

- (1) 佐々木忠義ら(1963): 日本海洋学会誌 19, 19-26.
- (2) BORGMAN, C. W. (1937): Ind. Eng. Chem., 29, 814-821.
- (3) SKAPERDAS, G. T. and H. H. UHLIG (1942): Ind. Eng. Chem. 34, 748-754.

寄 稿

内部波の角振動数 (周期) を与へて波数 (波長) を求める図表*

高野 健三** 岡田 春子**

Abaque de la relation entre la période et la longueur d'onde

En profitant du programme construit pour aborder le problème de la génération des ondes internes, nous montrons, à titre d'indication, un abaque de la relation entre la période et la longueur d'onde par les notations suivantes: h, ρ désignant l'épaisseur et la densité de l'eau à la couche supérieure, h', ρ' l'épaisseur et la densité de l'eau à la couche inférieure, toutes supposées constantes, g l'accélération de la pesanteur, ω la pulsation, k le nombre d'onde, $E=h/h', D=\rho/\rho', x=kh'$ et $W=\omega\sqrt{h'/g}$.

密度が異なる二層の境界に生ずる内部波についての仕事を進める上で、角振動数 (又は周期) を与へて波数 (波長) を求める必要があつたので、ついでにいろいろな場合について波数を計算した。

上層の厚さ、流体の密度を h', ρ' ,

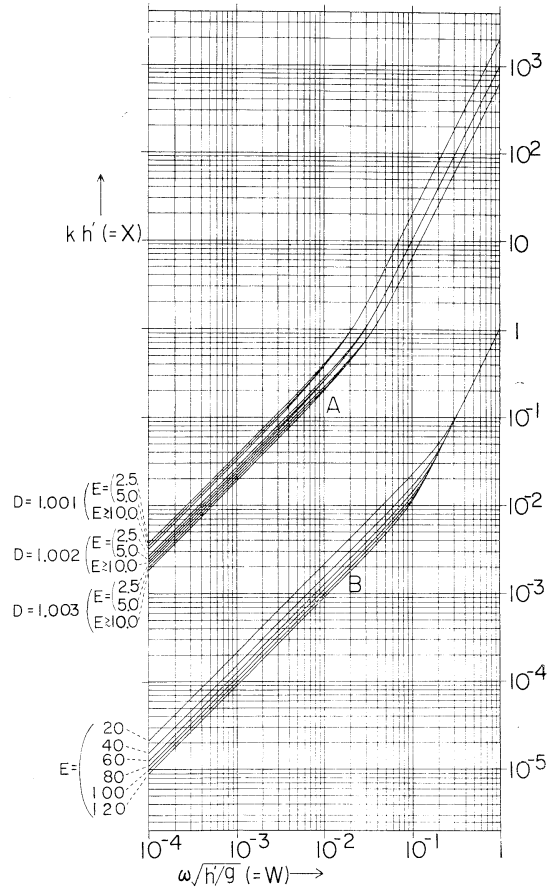
下層の厚さ、流体の密度を h, ρ ,

重力の加速度を g , 角振動数を ω (周期を T), 波数を k (波長を λ) とし、更に $\omega^2=W^2 \frac{g}{h'}$, $\frac{\rho}{\rho'}=D$, $\frac{h}{h'}=E$, $kh'=x$ ($T=\frac{2\pi}{W} \frac{h'}{g}$, $\lambda=\frac{2\pi h'}{x}$) とおけば、地球の自転を考へなくてもよい場合には、 $W^4(D \coth Ex \cdot \coth x + 1) - W^2 D(\coth Ex + \coth x)x - (D-1)x^2=0$ となる。

$D=1.001, 1.002, 1.003$ について、いろいろな E の値に対して W と x の関係を図示する。ある W を与へると x は 2 個求まるが、小さい方の x (曲線 B, 表面に生ずる波) は、この範囲での D の値には無関係で、 $D=1.0$ とした場合の x に等しい。

大きい方の x (曲線 A) は $E \geq 10$ なら、 E の値が変わつても殆ど変わらず、この程度の精度の図では書きわかれぬ。

小さい W に対しては、 $k=\sqrt{\frac{\rho}{\rho-\rho'} \cdot \frac{h+h'}{hh'g}} \cdot \omega$, と $k=\frac{\omega}{\sqrt{g(h+h')}}$; 大きい W に対しては $k=\frac{\omega^2}{g} \frac{\rho+\rho'}{\rho-\rho'}$, と $k=\frac{\omega^2}{g}$ だから、対数グラフの上では、曲線は直線となる。



* 1966年1月10日受理

** Kenzo TAKANO, Haruko OKADA 東京大学海洋研究所

資 料

プレコンチナン III の実験について

PRECONTINENT III

ジャック・イヴ・クストー*

佐々木 忠 義 訳**

本文は、モナコ海洋博物館長ジャック・イヴ・クストー氏が1965年8月19日にモナコで行なった“プレコンチナン III”の実験についての講演資料である。特に日仏海洋学会誌に転載を許されたもので、ここに記してクストー氏の御好意に対して深く感謝の意を表します。(佐々木忠義)

Cet article est la traduction du texte de la conférence que le Commandant Jacques-Yves Cousteau, Directeur du Musée Océanographique de Monaco, a faite à Monaco sur le Précontinent III le 19 Août 1965. Je tiens à exprimer ma gratitude au Commandant Cousteau qui a bien voulu autoriser de le présenter au Bulletin de la Société franco-japonaise d'océanographie.

(Tadayoshi SASAKI)

クストーおよびその研究班によって、この8月末に行なわれる予定の実験は、海面下における人間生活の諸条件に関する研究を意図した一連の長期プログラムの第三段階の実験である。

第1の実験、プレコンチナン I が1962年9月14日から21日にかけてマルセーユの近くで行なわれたことを思いおこして見よう。

ディオジュニス (Diogène) と名づけられた海底基地は、水平軸を備えた 25 m³ の円筒の部屋で 30 トンを越すバラスト用鉄塊で海底に繫留された。ディオジュニス は内部に直径 1 m の出入口を持ち 10.5 m の深さで水圧と平衡を保たれた。その上端には、2 人用の簡易居住区があり、舷窓を備えている。またその下端は、“湿度”の調節室として、あるいは、潜水のためや保全器材庫として使われた。

多数の電線やパイプが、この円筒室と 200 m 離れたポメーグ (Pomègue) 島の司令室とを結び、そこからこの線とパイプとによって、冷・温二種の真水、電気およ

び圧縮空気が供給された。

相互連絡は、インターホン、電話、マイクロホンによって行なわれ、一台のテレビカメラで 2 人を連続的に監視することができるようになっていた。特に、内部の 2 人は、1 台のテレビ受像機によって R・T・F (フランス [ラジオ・テレビ] 放送協会) の放送を自由に聴視することができた。

実験“プレコンチナン II”は、一その全期間を通じて撮影された映画が“太陽のどかぬ世界”である一次ような目的をもっていた。

1) 10 m の深度において数人もの潜水者からなるグループを 4 週間生活せしめること。その間に潜水者たちを、25 m の深度へ長期間潜水させ、深度 50 m までの探検をかねた多様な作業に従事させること。

2) 2 人の潜水者を、25 m の深度において 1 週間、前回の実験“プレコンチナン I”と全く同じ酸素分圧条件”と密度条件を再現した合成空気の中で生活させること。この 2 人の潜水者は、長期にわたって、少くとも深度 50 m において作業ができ、70 m ないしそれ以上の深さにまで容易に探検ができること。

この二つの実験を同時に行なったことがもろもろの保安条件を改良した。

3) 実際的な条件においてこのような作業の兵站

* Jacques-Yves COUSTEAU モナコ海洋博物館長、モナコ海洋研究所長

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

学をつぎの二つの実験を通して完成すること。

a) このような作業を、浮遊かつ自給自足的な海底基地から出発して、たいした資源のない地域において実践することによって。

b) 潜水円盤スクーター、テレビジョン、無線電話(超音波)、水中写真技術、水中映画技術、[圧搾]空気工具など海中装備を最大限に活用することによって。紅海を選んだのは、紅海がフランスの基地からきわめて遠距離にあり、生活条件を大きく変えられるという理由からである。とりわけ、紅海の暖かい水とディオジェーヌを設置した深さのかなり冷たい水との深度差は、潜水者の疲労の主要な原因となる冷・温の問題を除去するためのさまざまな貴重な示唆をわれわれに与えてくれるからである。

“プレコンチナン III”の研究目標は、数人のオセアノート(Océanute: 海洋探検士あるいは海底の住人)が定住する深海の基地の準自立的機能を完璧な保安条件において確保する方法を立証することである。

とりわけ重要な目的は、深度 100 m において合成空気の中で生活する人間は、各種の海中器材を確実に設置し、操作し、調整するという肉体的なそして知的な作業に、どのような条件で、日々従事することができるかを実証することである。

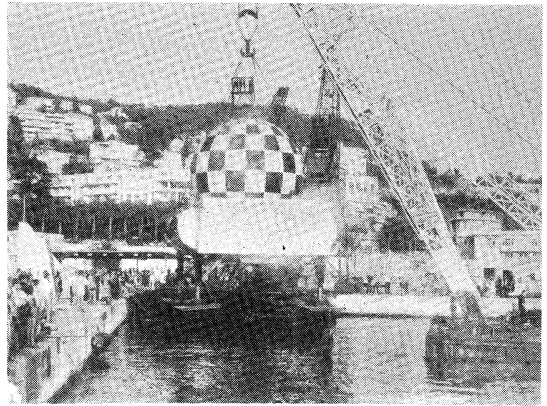
実際問題として、ある種の産業的な作業は、一定以上の深度をこえると、海上からの手配や潜水者による人為的な手段をもってしては解決できない技術的な困難に当面するのである。

こうして、産業というものの主要な眼目をなす経済的条件を考慮に入れて、「海底の家」という方法による人為的手段の最大限の拡大を探求する必要が生じてくるのである。

クスターは、大陸棚は「海底の家」で生活する潜水者が実際に往来できる距離にあるとずっと考えていた。この「海底の家」からこそ、潜水者たちは、減圧制限をうけずに作業に出発し、作業を終って最大限の安楽と休息条件を与えるように研究された住居に帰ることができる。

“プレコンチナン III”の作業場のある 100~130 m という深さは、将来特に重要性を帯びるに違いない海底開発地帯の深さとちょうど一致するのだ。なぜなら、この地帯は大陸棚の中位の深さを代表するからである。この地層の資源は余りにもよく知られているので、いちいち枚挙するまでもないが、その一部をあげるなら、石油、鉱物資源、水中栽培物などである。

“プレコンチナン III”の“海底の家”は、直径 5.7 m、100 m³の球体で、円筒形のバラストをつけたプラットフォームにのっている。これは、自動的に高さを調節できる 4本の足の上に置かれている。全重量は、130 ton でそのうち 70 ton はバラストである。船殻は 20 kg/cm²を越す水圧に耐えるように設計されているが、これは、200 m を越える深度にたえうるということである。



第1図 設置される「海底の家」

操作はすべて内部から可能であり、その内部設備は、オセアノートたちのために安全、安楽、休養の諸条件を満たすように考案されている。

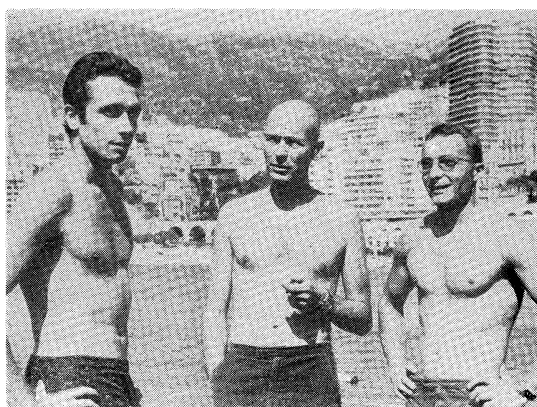
海面下 100 m においては殆んどまっ暗で、また呼吸に適した空気は完全に自給されなければならない。

空気の調整や呼吸する空気の組成についての分析は、室内の装置によってオセアノート自身がやらなければならない。空気の分析については、いくつもの方法が用いられる。それは、質量分光器法やクロマトグラフィ法その他の方法である。

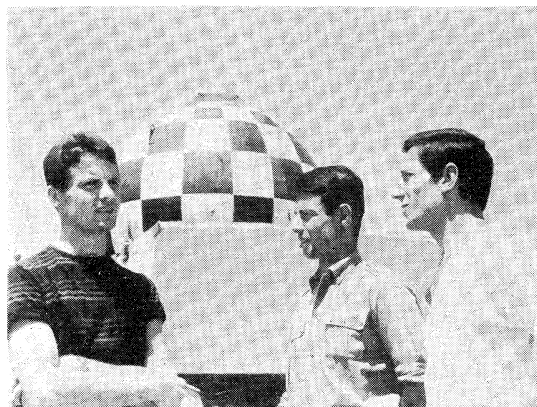
また、塵埃や細菌類の含有度も、オセアノートたちによってなされる検査の対象となる。

宇宙空間における、近年のソビエトとアメリカの実験によれば、宇宙飛行士は、例外的な肉体的素質の持主である必要はなく、ただ幾分かの生理的な努力を支えることができさえすれば良いことを証明している。同様のことは、“プレコンチナン III”に居住する 6人のオセアノートについても言えるのである。彼らは潜水能力のあることと、研究班に予定された作業プログラムにしたがって、次のようにさまざまな分野での専門職能に応えうるといことからえらばれたのである。

O・F・R・S (フランス海洋開発委員会)の委員長であるアンドレ・ラバンが全指揮を、海洋博物館の物理学



第2図 左からフィリップ・クスター、アンドレ・ラバン、ジャック・ロレ



第3図 「海底の家」と3人の海底技術者、左からイヴ・オメール、クリスチャン・ボニチ、レイモン・コル

者ジャック・ロレは科学的潜水の組織を担当し、研究班長クスターの息子、フィリップ・クスターは映画およびテレビの撮影、クリスチャン・ボニチと2人の海底技術者レイモン・コルとイヴ・オメールは石油器材の操作ならびに「海底の家」とその装備の機構維持を担当する。

なんらかの理由によって海上に帰らねばならないという不慮のできごとにそなえて各人に対してあらかじめ各1名の交代者が準備されている。

「海底の家」においてオセアノートたちが経験するであろう生活条件は、マルセーユにあるO・F・R・Sの高圧研究室における一連の研究対象となっていた。

圧力下の生命に対するいくつかの実験が、まずメリノ綿羊および山羊について人間と同じように行なわれた。呼吸器とか圧力下の挙動についての実験がそれである。200mの深度においてのヘリウムによる生活環境が空気

潜函によって再現された。そしてこの連続実験を終えるに当たって、マルセーユ大学理学部のシュトール教授と海洋博物館のアカドク医師とが深度130mに相当する空気潜函に数日滞在した。アリナに指導された技術者グループは多くの化学分析および生理的分析を実施した。また他面、気圧とヘリウムとが結びついておきる影響で人間に生ずる言語のひずみ現象は、セルジュ・ベルティノの音声学の研究対象であった。この研究は、ひずみのために、理解することが困難になった音の結合に代わりうる理解可能な音の結合を完成するためのものである。

世界で初めての試みとして「海底の家」は、I・B・Mの特別な配慮によりデータ処理装置1620とともに設置された計算センターと連絡されることになる。

ヘルツ波による特殊送信技術がこの実験のために研究された。

この連絡とデータの伝達組織のきわだった特徴は次のようなものである。

——一端が計測の中央化をつかさどり、パンチ・テープを作成するフレクソライターをそなえたアナログ・ディジタルコンバーターにむすばれ、他端が無線電話にむすばれた遠隔処理装置。

——フェラ岬(Cap Ferrat)での送・受信(それから深度100mの「海底の家」との連絡)とモノコ海洋博物館での送受信。

伝達されたすべてのデータは自動的にカードにパンチされる。

データ処理装置の役割は、2年間にも及ぶ研究の内容を処理することである。その役割は二つある。一つは、海底施設の機能状況の即時的な看視をつかさどることであり、他の一つは、実験期間を通じて、そこから教訓と結論を引き出すためにありとあらゆる科学的データを記録することである。

即時的・看視的という領域においては、データ処理装置は四六時中働きつづけ、呼吸可能気を組成する諸ガスの混合状態について実在的確な示唆を与える。これによって、いささかの変異も摘発され、自動的調節あるいはオセアノートの直接調整を可能にするはずである。

固定された海底施設の周囲で、さまざまな作業に専心する潜水者は、彼らの呼吸リズムをたえず監視することのできるある装置につながれることにもまた注目すべきであろう。

こうしていかなる異常もただちに指摘され若し必要と判断されるなら、実験時間は短縮されるであろう。

最後にデータ処理装置のもう一つのきわめて重要な役割

についていえば精神工学テスト、医学テストの確立並びに「海底の家」内部のガス分析に必要なくべからざる情報を与えるであろうということである。

とはいうものの、実験の安全性は「海底の家」と計算センターとの連絡にはなく、「海底の家」から最短距離にあり、必要な場合はいつでも救助の手をさしのべられるところでグループが見まもっていることにある。監視は電話とテレビジョンとによって確保される。

このような実験に固有の施設に加えて、モナコ海洋博物館に実験海域に据えられたカメラと連絡したテレビ受像機を設置して、「海底の家」から送られる映像を直接伝達して、一般大衆に便宜を与えることが予定されている。



第4図 モナコ海洋博物館内に設けられた、プレコンチナンⅢの実験計算センター（フィリップ・クスター撮影）

このように“プレコンチナンⅢ”の実験はそれによって、最大限の知識を確実に取得するための多様な科学的なプログラムのほかに、できるだけ直接的な接触と観察の可能性を提供するように構想されたのである。

この配慮は、海底生活という領域で実現されたいろいろな進歩を最も客観的な方法で大衆に訴えたいというわれわれの欲求によるのである。

プレコンチナンⅢで使用するヘリウムについて

1947年以來、エール・リキッド（液体空気）協会は、海中世界の征服に興味をよせてきた。当初からクスター隊長との密接な協力が行なわれてきた。

当時、クスターは、エール・リキッドの技師ガニャンと共同で、アクアラングを完成したばかりであった。このアクアラングによって、現在、人間は、海上からの導管によって空気を呼吸するという制約なしに海中を探

検できるわけである。

この発明を發展させ、更にこの発明のもたらす新たな可能性を活用するために、エール・リキッドは、新会社スピロテクニク〔呼吸工学〕会社を創設した。これは現在、外国とりわけ合衆国と日本にいくつかの支社をもっている。

数年の間、スピロテクニクは、その活動を主としてスポーツの分野に向けていたが、次第に海中世界の実に多彩な領域、科学的、産業的、やがては農業さえもの領域に関心を抱くにいたった。

この新たな可能性は、やがてクスターとそのグループによって、金銭的目的を持たない組織であるフランス“海洋開発委員会”（O・F・R・S）を発足させるに至った。この組織は、エール・リキッドから援助の恩恵に浴した。O・F・R・Sはクスターの強力な指導力によって急速に發展した。その顕著な成果のうち、特にとりあげねばならないのは“潜水円盤”であり、そのもっとも新しいプロトタイプである、深度1200mにまで潜水できるS. P. 1200は、すでにアメリカのある有力団体によって購入された。アメリカでの試運転が8月末に行なわれる。

エール・リキッドとスピロテクニクは“プレコンチナンⅢ”の実験に必要な大部分の器材と潜水装備の完成に協力した。エール・リキッドは、実験に必要な人工空気、とりわけヘリウムの調達を引き受けている。最近までこのガスは、戦略物資と見なされていたアメリカから例外的に供給されていたのである。しかし、エール・リキッドは、この依存性を脱却してフランスでも、生産ができるようにしたところである。その最初の恩恵に浴したのはO・F・R・Sで“プレコンチナンⅢ”の実験にあたってこのガスの相当量の供給を受けるという特典を得たのである。

船殻内での炭酸ガスの除去について

1901年の創立以來、エール・リキッド協会は、ポール・ドゥッロルムとともに創設者であるジョルジュ・クロードの処理方法を利用しつつ極低温の諸問題を専攻してきた。絶対温度4°Kでの空気と気体との分離、液体酸素に対しては-183°C、ヘリウムに対しては-269°Cなどの問題である。

これらの問題を追求するために、エール・リキッドは、グルノーブル（Grenoble）近郊のサスナージュ（Sassenage）に低温研究所（Centre d'Etudes Cryogéniques）を創設した。

クスターの諸実験が、エール・リキッドとその支社であるエール・リキッド/フィリップスにさまざまな問題を提起したことは当然である。

“海底の家”で生活する2週間の間、潜水者たちは、呼吸上の必要からヘリウムと酸素との人工空気を利用するであろう。高純度酸素の供給は困難な問題ではない、なぜなら、それは細心の注意をもって純化された酸素をつめた壺から供給されるからである。しかしながら、呼吸することによって、潜水者は炭酸ガスをはき出す。炭酸ガス除去の問題は、湿度やガス性廃棄物の除去問題と同様に今日に至るまで、長期にわたって船殻にとちこもるのに完全に満足しうる解決を見い出していないのである。

O・F・R・Sの要請により「エール・リキッド/フィリップス低温機器会社」は、現在船殻内に設置されている循環冷却装置を製作した。フィリップス冷却機に拠るこの装置は、1日数回も船殻内の空気全体を -160°C まで冷却する。この冷却期間中、全ての凝縮物質、とりわけ水分と炭酸ガスは -80°C から -160°C という十分な低温で冷却壁に固体状に凝結される。

呼吸できる空気を調整することが問題である。なぜなら、この空気は：

—物理学的に浄化されているからである：

呼吸できる空気は、水蒸気と炭酸ガス、さらには“プレコンチナンIII”の空气中に偶発的に生じた不純物、たとえば、アンモニア水、重い有機物分子などを除去したものなのである。

—調整：併設備によって気温と湿度とが調節されているからである。

—とりわけ、実験期間中、空气中に発生する微生物の少くとも一部が、さまざまな氷結ガス(とりわけ炭酸ガス)上への吸着によってその発生を阻止されるか否かが検証されるであろう。

他面、この装置の冷却力は、遠征期間を通じて食糧保存に有効である。食糧は、 -40°C において冷凍された料理形態で調達され、遠征出発前に、特殊な冷却による料理方法と船殻内の気圧とを計算に入れて特に研究された冷蔵庫に貯蔵される。事実、市販の冷蔵庫は、12気圧にたえうようには設計されていないのだ。

同じ回線によって電力を供給されるもう一つの冷蔵庫によって、—これは本物の家庭用冷蔵庫であるが—新鮮な飲料を $+2^{\circ}\text{C}$ に保存し、また -40°C の冷蔵庫に入れられた食糧を本格的に料理する前にまず温め返すという操作ができる。

上記の特殊冷蔵庫は、O・F・R・S、エール・リキッド/フィリップス低温機器会社並びにエール・リキッドの機器製造販売部の技術提携による密接にして信頼にみちた共同研究の成果で生れたものである。この慎重にしまつた独創的な解決は、オランダ・フィリップス協会によって近年完成された“冷却器”のいちじるしい諸特性のおかげをこうむって可能となったものである。

室温と -200°C との間のあらゆる気温における冷却源としてのこの装置は、このような低温度を使う必要のある化学、物理学、冶金学、生物学など実にさまざまな分野での研究あるいは産業上の数々の問題に新たな解決を事実上もたらしたのである。

プレコンチナンIII—110 m の深海において6名の研究者がIBM データ処理装置とともに作業

クスターが企てたような科学的な実験は、二つの計算上の問題を提起する。一つは直接的なもので、海中の研究者の医学的な看視および生活条件に関するものである。他は、潜水者たちによって伝達され、もたらされる巨大な情報の活用ということによって提起される問題である。

IBM 1620は、この二つの問題を解決するであろうが、ここで興味深いのはこの第1の問題から第3の問題がみちびき出されるということである。それは、近代技術ではこれ以上は小さくできないというこの微小なデータ処理装置が、6名の人間が3週間生活し仕事をしなければならぬ直径5.7 mの船殻内に据えつけることができないということである。この最後の問題に対する解答は、遠隔データ処理装置によって与えられた。この遠隔データ処理装置によって「海底の家」の住人たちと、地上あるいは母船上で実験を指導し看視している仲間たちと、電話あるいは無線電信によって、話すことができるようにしたのである。

かくて遠隔データ処理装置のターミナルポストが船殻内に設置された。これによって6人の潜水者たちは、タイプライターのキーを打つことによって、彼らに要求されたあらゆる情報、あるいは彼らが提出し受けとらねばならぬあらゆる質問——これは一枚の紙に明確に印刷されている——またこれらの質問に対する答えあるいは彼らに要求された情報の文書を伝送することができるのである。

質問と答えといったが、ここにおいて問題となるのは、かって電線や(電話機の)ハンドセットが解決した単なる会話ではなく、しばしばきわめて複雑な数学的問題や

ぼう大な統計書類の諮問が問題となるのである。これらはすべて“実際の時間”つまりそれらが受けとられた瞬間に解決されなければならないのである。

とりわけ問題となるのは、以下の諸点である。

a) 3週間もの間、非日常的生活条件の下におかれる潜水者各人の医学的記録を継続的に作ること。

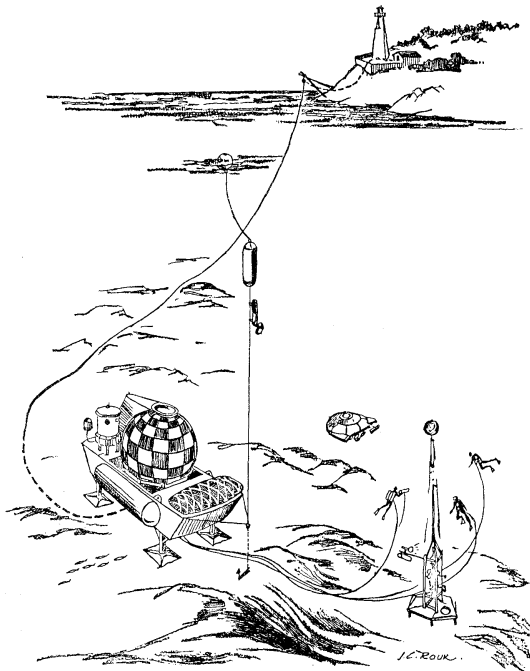
b) 生理的变化の状況と関係してくる彼らの外出(下船)体制をととのえること。

c) 気温、気圧、合成空気の組成の状況など船殻内の物理的变化の管理。

d) 四六時中6名の潜水者について行なわれる精神工学テストの伝送、管理、分析。

プレコンチナン III の実験を機会に世界で始めて、遠隔データ処理装置が海底で使用される

6名の研究者の医学的安全を確保するために、クストーは、彼らに遠隔データ処理装置のターミナル・ポストを託し、また自分の司令所の近くに超計算機：データ処理装置 1620 を据えた。



第5図 実験の見取図

遠隔データ処理装置という用語は、データ処理装置という用語に次いで、すでにその歩を進めており、またその歴史をもっている。それは最初、データ処理装置が

科学界に示めた異常な重要性から生まれたものである。その科学界においては、毎秒1,000,000におよぶ演算ができ、30億以上の数字を記憶することのできるこの超計算機に、質問、仮説、基礎計算などを委ねることによって、研究者の仕事をはやめ、また確実なものとするのでなければ、一つのプロトタイプを完成することも、原子力発電所を創ることも、あるいは人工衛星をとばすこともできないのである。

この超計算機の完成は、研究の場の極度のひろがりを実験方法の可動性によって促進された。もし、いたるところに自由に使えるデータ処理装置が存在し得なかったならば、データ処理相当者は、どうして[デンワ]の時報の親時計のように、電話によって問い合わせることができるであろうか。

この装置は、試練にかけられる機会が幾たびもあった。まず大陸上における実験であり、次いで大西洋横断の、さらに1961年以後では人工衛星テルスターにより、またごく最近では人工衛星アーリーバードによる実験である。

遠隔データ処理装置は、今や実務的に使用されている。ある保険会社では、フランス全土に散在する支社の保険加入と災害に対する決済のありとあらゆる問題をとりあつかうために日常使用しているし、またある国際的な会社は、この伝達手段をもって、研究室の技師によって決定されたもっとも軽微な技術的修正も、それが作業に及ぼすいろいろな結果とともにただちに工場現場の技師に通告されるように、会社の全研究室と全工場とを結んでいる。また、ある織物工場では、この装置を、倉庫の在庫状況を、刻々本社の管理職に知らせるために使っているのである。

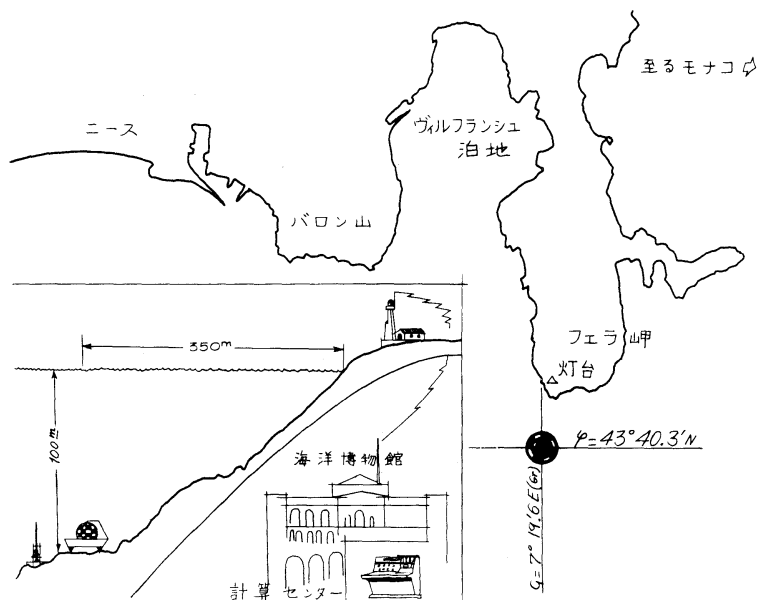
「海底の家」—カリブソー海洋博物館を結ぶ関係は、この領域での新たな開拓で、それは技術的には、次のように設置される。

- 1) 船殻において：ターミナルポストは、質問をタイプしたり、データを伝達したりすることのできるタイプライターのキーと印刷機構、すなわち答えを打ちつけるタイプライターのモビルヘッドから成り立っている。

この全体が、電話ケーブルで母船とつながれているわけである。

- 2) 母船カリブソ上には：情報を受け入れ、また変一復調器とともに、無線電信によってデータ処理装置に向けて情報を伝達する制御部。

- 3) モナコ海洋博物館には：



第 6 図 状 況 図

a) 伝達された情報を受け入れる制御部。すなわちこれは、船殻内に置かれたものと類似のターミナル・ユニットであり、船殻内のユニットや受けとったデータをデータ処理装置によってただちに利用できる略号に変えるカードや紙テープのさん孔機と対話するために使われるものである。

b) 1620 タイプのデータ処理装置そのもの。この機械は、科学的計算のために特に設計されたもので、数多くの大学、高等専門学校、あるいは研究所で使われているものであって、10 マイクロ秒ベースの操作速度でありとあらゆる算術的演算を行なうことができるものである。

データ処理装置は、あらかじめ立てられ、また中央記憶装置に登録された計算プログラムの指令にしたがって働く。データ処理装置は次のものから成り立っている。

- 司令座、そこからオペレーターは、作業を開始し、司令ボタン、電光掲示板、タイプライターの助けをかりて、その展開を見まもる。
- 40,000 の数字をほぼ即時的にこなす中央記憶装置。
- 2,000,000 の数字に対する取はずしのできるディスクによる記憶装置。これは、これ以上の数字も可能である。なぜなら、この記憶をつかさどる 6 個のディスクのバイルは、そのなすべき仕事と諮問すべきデータにしたがって交換できるからである。
- カードさん孔機読取機

- 紙テープさん孔機読取機
- 印刷装置

監視、制御部の装置

1) フェラ岬

- テレビジョン受信機 4, 音響増幅器 1, ポーラロイド写真装置つきオシロスコープ 2, 8 回路記録機つきベックマン・ダイノグラフ 1, モナコとの同時送受信用ブラウンボベリ無線電話 (デジタル情報伝送用) 1, ベックマン・デクスティール・アナログーデジタル・コンバーター 1, フライデン・フレクソライター 1, さん孔テープ読取機つき IBM・1050 機 1, タリ-高速テープさん孔機つきベックマン周波計 1, 携帯無線電話機 1, ケーブル 700 メートル (動力, デジタル情報, テレビジョン用)

2) モナコ海洋博物館の計算センター

- 40K [IBM] 1620 データ処理装置 1, 高速印刷装置 1, ディスクユニット 1, カードさん孔機読取機 1, テープさん孔機読取機 1, 1620 連結カルコン曲線トレーサー 1, カード読取機およびさん孔機つき IBM 1050 遠隔処理装置 1, フライデン・フレクソライター 1, デジタル情報伝送用対フェラ岬同時送受信 50 ワットブラウン・ボベリ無線電話 1, 対エスパドン 50 ワット単体ブラウン・ボベリ無線電話 1, 実験開始時に「海底の家」のそれと同期化したイサトム水晶時計 1, 毎時 10,000 フリゴリー空気調整装置 1, テレビジョン受信機 2

禁 転 載

プレコンチナン III の実験結果

RÉSULTAT DU PRECONTINENT III

ジャック-イヴ・クストー*

佐々木 忠 義 訳**

本文は、モナコ海洋博物館長ジャック-イヴ・クストー氏が1965年10月21日にパリで行なった“プレコンチナン III”の実験の結果についての講演資料である。特に日仏海洋学会誌に転載を許されたもので、ここに記してクストー氏の御好意に対して深く感謝の意を表します。(佐々木忠義)

Cet article est la traduction du texte de la conférence que le Commandant Jacques-Yves Cousteau, Directeur du Musée Océanographique de Monaco, a faite à Paris sur des résultats du Précontinent III le 21 Octobre 1965. Je tiens à exprimer ma gratitude au Commandant Cousteau qui a bien voulu autoriser de le présenter au Bulletin de la Société franco-japonaise d'océanographie. (Tadayoshi SASAKI)

“プレコンチナン III”の実験は終わった。6人のオセアノートは11気圧の下で、1カ月生活したのである。彼らは、海底での正味23日の滞在期間中、100~120mの深度でさまざまな潜水作業をなしとげた。

この事業の成功は、O・F・R・S (フランス海洋開発委員会)、フランス海洋作戦 (Campagnes Océanographiques Françaises) 並びに海洋研究所 (Institut Océanographique) の共同の努力に負うところが多い。経済的には、エール・リキッド、石油開発局、政府、アメリカ国立地理学会、O・R・T・F ならびに R・A・I の支援を受けた。アメリカ海軍研究局と I・B・M 協会とは貴重な機材の援助をしてくれた。

技師30名を含むおよそ150名が6カ月間の計画の準備と実行のために働いた。海員、潜水者、電気、機械などの技師、生物学者ならびに医師が、宇宙征服とならび称さるべきこの重要な企画を達成するために貢献したのである。

“プレコンチナン”のプログラムは、1962年に“ディオジュース”の実験をもって始まり、アフリカよりもっと広大な“大陸棚”の人間による征服を目的としている。“プレコンチナン III”はこの征服に課せられたす

べての問題を実際的に解決することを可能にしたのである。この決定的な実験は、単にマルセーユにおける“プレコンチナン I”，紅海における“プレコンチナン II”のみならず、マルセーユにある O・F・R・S の潜函を使っての動物を始め人間による数多くの実験研究を経て行なわれた。

“プレコンチナン III”は、112mの海中に据えられた石油きゅうたつの上での困難な仕事の期間中、オセアノートたちは肉体的および頭脳の活動を有効に維持できることを証明した。フェラ岬灯台にがんばる観測者たちはテレビジョンの画面によって、研究班全メンバーの作業に対する明晰さと熱意とをうかがうことができた。この明晰さのいくつかの例をあげるなら、オセアノートたちの“直接記憶”テストは、モナコ海洋博物館の電子頭脳によって、85点満点で75点というすぐれた平均点が記録されたし、また精巧な科学機器、テレビカメラ、コンプレッサーはオセアノートたちによって即座に修理されたのである。

“やりとげる”とか“記録をつくる”とかいったような概念は、O・F・R・Sの研究班を勇気づけた科学的征服の精神とはおよそあいられないものである。予め選定された期間、深度、ガス混合などの作業はすべて予定通りに進んだのである。

しかし、“プレコンチナン III”は、今日数多く企てられている他のもろもろの実験からきわ立った独自の性格をもっており、それは強調されなければならない：

* Jacques-Yves COUSTEAU モナコ海洋博物館長，モナコ海洋研究所長

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

a) 海上に母船をおかないこと このことで作業は悪天候の影響・束縛からほとんど無関係となった。

b) 糧秣, ガス, 救援配備の自統性 100mという深度は, 身を守るために海上の潜水者をあてにすることはできない。

c) 呼吸する合成空気のおセアノート自身による選択と統御 これによつてはじめて, その巨大な気圧にもかかわらず, いかなる行動誤差も起きなかった。

d) 最新の潜水装備 すべり弁つき圧力調整器, 13°C の水という寒さに耐えられる穴のあいたガラスでできた耐細菌胴着など。

この実験の総計算はいま分析中である。われわれにすでにいえることは, 産業的作業プログラムは100% 完遂されたこと, 生理学的実験の100% 成功, 科学的作業プログラムはおよそ50% の成果をあげたということである。科学的実験のプログラムは, この滞在期間にはたすにはあまりにももり沢山であったからである。

世界のいづくにおいても, また大陸棚の広がり全体にわたって, 海は, こんごわれわれ人間のものとなろう。

“プレコンチナン III” の期間中に行なわれた諸実験

I. 科学的実験

- 1) モナコ科学センターのトムレ担当による¹⁴Cの方法を使つてのさまざまな地層についての年代推定研究のために, 円筒形の沈澱物, 土あるいは岩を採取すること。
- 2) I.A.E.A. のジョセフ博士の協力により, 微海流や海水の攪乱などの研究。つまり格子状の受器に目盛りつきのビー玉を放し格子状受器の座標上での分布状態の統計学的研究)。
- 3) ブルアルデル教授の指導による人工的光合成の実験。つまり, 人工光と自然光とによる藻類の発育差の観察。

これらの実験は, J. ロレによつて首尾よく進められた。観測値と資料の検討は, それぞれの研究室で現在続けられている。

II. 産業的実験

「海底の家」近くに沈められた石油採くつ台の上で, 清掃および修理上の水門をあけるために, 水力によつて開口部のプラグ操作を行なう基礎的な実験。これは, 200kg の重量を持った閘室つきチューブをもち上げる必要が生ずるので, ここではロープとフロートの力をかりて上げられた。ウインチ操作その他もまた要求される。

潜水者の仕事は, 海上におけるよりも容易である。なぜなら彼らは, 15m の高さをもつ採くつ台にそつて移動することができ, なんら不便を感ずることなくあらゆる位置で働くことができるからである。

この作業は何回となくくり返され, ついには, 継続して1時間弱もの時間つづけられた。これは, 海上の採油きやたつの上でかかる時間とほぼ同じである。

「海底の家」の特徴

「海底の家」は, 一個の球殻によつて成り立ち, 四脚によつて海底に固定されたベースの上に置かれている。

いろいろな特徴は下記の通りである。

全 長	14 m
全 重 量	130 ton
底 部	30 ton
全 高	8 m
球 殻 直 径	5.70 m
球 殻 体 積	100 m ³
バラスト	70 ton
バラスト体積	40 m ³
足 板 面 積	4 m ²

居住区は球殻自体の中にあり, 二つの階に分れている。

- 1) 1 階
 出入閘室
 小形ベット6床を有する寝室
 洗面所, シャワー, 潜水服乾燥室, その他。
- 2) 2 階
 台所, 仕事場, 実験室, 送信などのいろいろのコーナーを備えた居間
 上部扉

「海底の家」には9m³の場で150個分のヘリウムが満たされている。なお, 「海底の家」に貯蔵されたヘリウムの量は, 9m³の場で30個分である。

「海底の家」の装備

「海底の家」は二つの部分から成り立っている。

I. 内 部

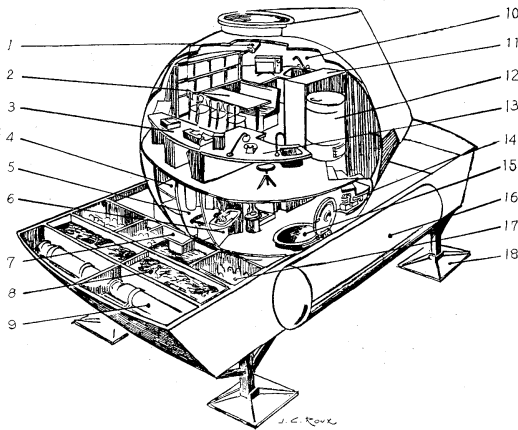
1 階

1) 寝 室

6 床

個人用戸棚

薬品戸棚



第1図 「海底の家」の断面図

1. テレビジョン・カメラ
 2. 居 間
 3. 計器および無線通信装置
 4. 寝 室
 5. W. C.
 6. 洗面所
 7. 投棄できるバラスト
 8. 固定脚荷バラスト
 9. 圧縮空気壘
 10. 台 所
 11. 特殊低温冷蔵庫
 12. 冷凍機
 13. 研 究 室
 14. 圧縮機および減圧機
 15. 出入間室
 16. バラスト
 17. ヘリウムおよび酸素貯蔵壘
 18. 調節可能脚
- 2) 洗面所
洗面台
シャワー
W. C.
- 3) 踊り場
潜水服乾燥室
圧 縮 機
減 圧 機
潜水ポンベかけ
苛性石灰浄化器
T. V. カメラ
- 2 階
- 1) 居 間
整理および図書用棚
6人用テーブル

- 3人用の長い腰掛
椅子 3, 床几 2
- 2) 台所コーナー
流 し
赤外線オーブン
電気コンロ
料理用具と貯蔵具
- 3) 実験コーナー
配 電 盤
I.B.M. 1050 1台
分 光 器
クロマトグラフ
水晶時計
引き出し付整理棚
I.B.M. 1001 1台
精神工学テスト函
ベックマン 25 回路自動交換機
T. V. カメラ
- 4) 仕 事 場
写真および映画用器材置場
写真および映画研究室
科学的潜水準備のための研究室
- 5) 低温冷却装置
特殊低温冷蔵庫
食糧保存のための -40°C 冷凍器
苛性石灰浄化器

II. 外 部

- 1) ガリアッチィ・タレット 2基
- 2) 6名収容の誘導路あるいは避難室
- 3) 脱 出 口
- 4) 可動バラストでできた昇降機
- 5) 80kW 変圧器

通常器具

- 電 極
T. V. カメラ
シチュー鍋

予備実験

1. 動物実験
第1実験—1965年4月
メリノ綿羊 2頭
気 圧 $10\text{kg}/\text{cm}^2$
実験期間 95時間
減圧期間 54時間

第2実験—1965年5月

メリノ綿羊 2頭

気 圧 20kg/cm²

実験期間 14日間(327時間)

減圧期間 56時間

第3実験—1965年7月中旬

牝山羊 2頭

気 圧 20kg/cm²

実験期間 13日(319時間)

減圧期間 70時間

2. 人体実験

2人の医師、マルセーユ大学理工学部のジャック・シュトール教授ならびにモノコ海洋博物館のシャルル・F・アカドロ博士は、1965年8月中旬、マルセーユにおいて、O・F・R・Sの実験潜函内で5日間、13kg/cm²の気圧下で生活した。

医学検査

オセアノートたちは、厳密に医学的な立場からみて必要な一切の検査とその分析とを精密に受けた。そのプログラムは次のような方法でたてられた。つまり、実験前(AおよびB班)と実験後(A班)との完璧な医学的な対照表並びに実験中の正確な質問書によって。

実験の前後

完全な生物学的分析

新陳代謝

血 液

尿

一般的臨床診察

—心 電 図

—脳 波 図

—聴力曲線による ORL

—肺と通風検査

—肺と頭蓋骨の X 線写真

—歯 の 検 査

—一連の諸腔窩の細菌検査

実験中、符号化された55のテーマについて、いくつもの答えができるようになっている質問書に、オセアノートは各人が毎日書込んだ。このように符号化されたメッセージは、I.B.M. 1050の遠隔処理装置のおかげで、オセアノートたちによって伝送された。これらすべてのデータは、データ処理装置のディスクに記録された。

毎晩、下記のものが医師たちの手もとにとどけられた。

—その日のオセアノート全員の検査票

—各オセアノートに対するその日の要約

—各項目に対するその日の要約

精神工学および心理学テスト

1) 即時記憶テスト

同一順序で3, 4, …10の数字を再現すること、ついで逆方向に3, 4, …8という数字を再現すること。EP. 3内の1052機での解読; 計算センターへのカードの投入; EP. 3内の1001機による解答; 計算センターでのさん孔作業。

時間: 8分。データ処理装置によって“答えのスペクトル”(1+正確な数字)と評点 ×/85が得られる。

2) 理性テスト

偶数の和であるか奇数の和であるかを言うこと。前のテスト方法と同一の操作方法。

時間: 2分。データ処理装置によって成績が得られる。

3) セコンドの拍子とり

テスト函の押しボタンを、秒のリズムで押すこと。

時間は、ベックマン電子計算機ではかられる。データ処理装置によって全体および秒ごとについての偏差曲線が得られる。

4) 反射(神経)

テスト函につく。できるだけ早く押しボタンを押すこと。時間は、ベックマン周波計ではかられ、テープが自動的にさん孔される。データ処理装置で成績がわかる。

5) 電流計テスト

1本の針が電流計内でためらう方向を変える。電位差計によって、その針をゼロに導き、そこにとどめておこうとすること。ベックマン電位差の計測とテープさん孔作業。曲線の形状とデータ処理装置によって与えられた表で成績がわかる。

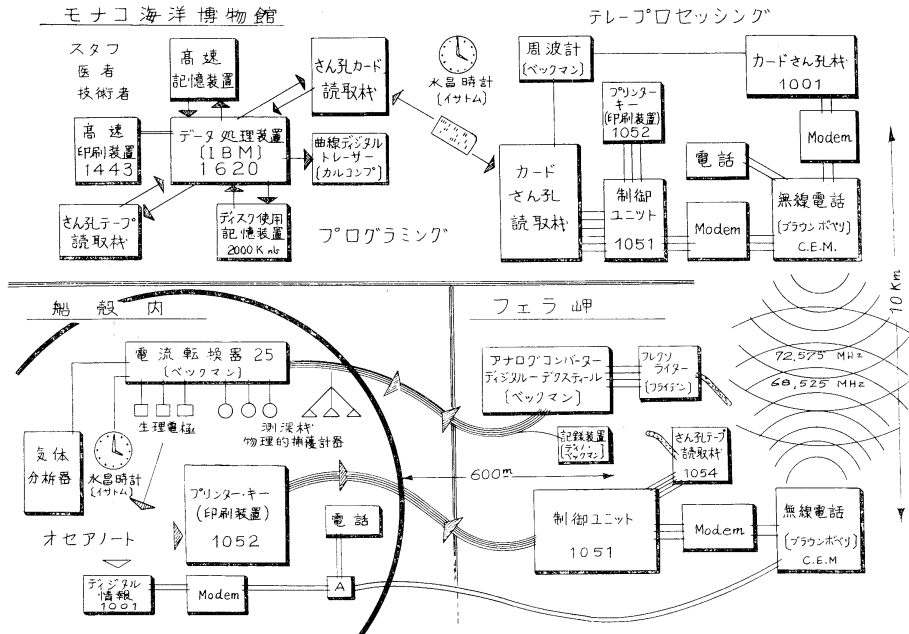
6) 知性テスト

時間を問題にして、比較できる高度の水準のテストとして、スケール2個を使って行なうカッテル(Cattell)の古典的なテスト。このテストは海底に滞在する前と滞在期間中に行なわれた。テストの結果についての解決は専門医によってなされた。

7) 個性テスト

これはフランス向に標準を合わせたM.M.P.I.である。これは海底に滞在する前と滞在期間中に行なわれた。格子の剝取は、さまざまな段階の評点を直接的に

E.P. 3 データの伝達と処理



第 2 図

表わすデータ処理装置によって行なわれた。テストの結果についての解釈は専門医によってなされた。

これまでのプレコンチナンの一連の実験

プレコンチナン I

1962年9月14日から21日まで

マルセーユポメーグ島

深さ 10, 50 m

オセアノート

アルベール・ファルコ

クロード・ヴェスリー

プレコンチナン II

シャールミーー紅海

(スーダン)

1) 深さ 11 m

1963年6月16日から7月13日まで

オセアノート

レイモン・ヴェシエール教授

クリスチャン・ポニチ

アンドレ・ファルコ

クロード・ヴェスリー

ピエール・ギルベール

ピエール・ヴァノニ

2) 深さ 25 m

1963年7月2日から11日まで

オセアノート

アンドレ・ポルトラティース

レイモン・キャンツイ

プレコンチナン III

船殻進水 1965年8月3日午後6時

ニースからモナコへの曳船

ニース発 1965年8月19日午前1時

モナコ着 1965年8月19日午前7時

[予備実験]

オセアノート入設 1965年8月28日午後4時

潜水 25 m 1965年8月29日午前4時

オセアノート

アンドレ・ラバン

ジャック・ロレ

フィリップ・クストー

イヴ・ブスケ

ジャン・クロード・デュマ

ジャン・ピエール・バルジアレリ

オセアノート退出 1965年9月2日午前10時50分

[実 験]

オセアノート

アンドレ・ラバン 団 長
 ジャック・ロレ 物理学者
 フィリップ・クストー 写真家兼映画監督
 クリスチャン・ボニチ
 レイモン・コル 潜水技師
 イヴ・オメール
 オセアノート入殻 1965年9月17日
 午前11時30分
 加圧開始 1965年9月18日正午
 曳船作業
 モナコ発 1965年9月19日午前2時30分
 モナコ着 1965年9月19日午後5時
 モナコ発 1965年9月21日午前1時30分
 「海底の家」掲付

フェラにて 1965年9月22日午前0時15分
 「海底の家」浮上
 フェラにて 1965年10月13日午後5時30分
 曳 船
 フェラ発 1965年10月14日午前2時45分
 モナコ着 1965年10月14日午前9時10分
 減圧開始 1965年10月14日午前10時
 オセアノート退出
 1965年10月17日午後10時50分
 これを要するに：
 11 kg/cm² の気圧下に
 26日と10時間50分滞在
 深度 100 m において
 20日と16時間40分滞在

2人乗超小型潜水艇 SUMI-2 号について*

塩見文作**

Petit sous-marin à deux places allemand SUMI-2

Bunsaku SHIOMI

Résumé: Nous présentons les caractéristiques générales, les objectifs, l'architecture, les caractéristiques techniques et les appareils de navigation du petit sous-marin à deux places allemand SUMI-2 construit par E. W. MYLIUS à Hambourg à l'occasion de sa réparation à notre usine.

まえがき

西独逸ハンブルグ市の E. W. MYLIUS 氏と親しくなる機会を得ると共に、同氏の建造になる2人乗超小型潜水艇(原名デルフィン)2隻が日本国内において、素人の手で破損されたものを日本海洋産業研究所において原形に復し、かつ新しく追加設計をしたので、その構造機能の概要を記述して参考に供したい。

基本要目:

- 長さ: 4.8 m; 幅: 1.2 m;
高さ: 1.5 m; 重量: 約 1.5 ton;
バラスト容積: 0.16 m³;
観測窓兼出入口蓋: プレキシガラス製;
外部照明: フラッドライト 2個
行動能力:
(1) 航続距離 40 km
(2) 空気(艇内)常圧1気圧, ソーダライムと酸素ボンベにて6時間
(3) 圧縮空気(浮上用) 30ℓ, 150 kg/cm², 1回の補気にて約5回潜航
蓄電池: 鉛酸電池 5.3 KW.H. 12V 110AH×4
Ag-Zn 電池の場合は約8倍の容量となる。
乗組員: 1名操縦, 1名同乗, 計2名
限界深度: 独ロイド社の保証深度 75 m (内圧 4.5 kg 試験より) 現在自動深度制限装置を 30 m に調整
速力: 水上, 全速 12 km/h, 半速 7 km/h
水中, 全速 10 km/h, 半速 6 km/h

* 1965年12月9日受理

** 日本海洋産業研究所 Japan Oceano-Industrial Laboratory

速力制御: 前進2段, 後進2段(電源電圧制御)
推進方式: Z型プロパルジョン(コルト・ノズル付)
本艇は主として約40m以内の深度の海中にハンギングまたは海底に沈座あるいは海底付近を游泳して、観察、撮影することを目的として設計製造されたもので、他に1隻同型があり、約10隻のプロトタイプがある。

SUMI-2号艇は次の三つの部面の役目を果すことができる。

1) 科学的な面

40m線までの海中、海底は魚類が好んで棲む世界であり、この領域の魚類の棲息状態の観察に対しては、広角プレキシガラス製円蓋(クッペル)を透して完全に行なうことができる。またワイドアングルの写真撮影(艇内カメラ)をももちろん可能にしたものである。

2人乗であることと、長時間(アクアラングの可潜時間に比し10数倍)潜航可能であるため、観察、撮影専門の要員を長時間潜水せしむることができ、学術的、工業的観察を十分になし得る。すなわち魚類の移動、生殖、成長、下等動物の繁殖状況等を観察、映画撮影(光学的記録)をなし得るため、海底牧場開拓上には大いに有効であろう。

また水中音伝播測定、水流観察、音響的水中雲の確認には必須条件を具備している。

2) 厚生的な面

近く海中公園が開園されると思うが、アクアラング使用観光者の安全保障とともに、無軌道な行動(魚類の乱獲、自然物の破損)の看視のための海中パトロール艇として最も適当なものと考えられる。またフカ等の襲来を逸早く知らしむることができるとともに、特殊水中音に

よりこれらの有害なる魚類を追い払うことができるもので、水上パトロール艇とともに、海中公園のみならず、海水浴場等にも利用の途がある。

3) 遊覧的な面

同乗者1名のため乗艇料による一般海底遊覧観光事業は採算上面白くないことは明白であるが、独特の行動を採り得る本艇は潜水艇に対する一般観光客の興味を刺激し、観光客の誘致に利用価値があり、特にいるかと本艇との協同演技は観光客の興味をひくことになる。

本艇の技術的特長は次の3点にある。

- 1) 超小型艇でありながら複殻式である。
- 2) 出入孔蓋が観測窓になるプレキシグラス製である。
- 3) Z式推進方式の採用。

一般に小型潜水艇は過去においては単殻式で建造されて来た。単殻式は単一の耐圧殻のみから成り立ち、その対圧殻内につくられたバラストタンクに海水を導入し、艇の自重を増して潜航し、浮上する場合にはそのタンク内の海水を水ポンプで艇外に排水して、艇の自重を軽減して浮上をなす方式の艇である。

本艇はいわゆる“豆潜”にもかかわらず複殻式構造を有し、大型潜水艦と同様に耐圧殻外に浮力タンクを有している。このため、潜航、浮上が急速にできること、単殻式のように潜航または浮上の際に耳に疫病を感じることはないこと、そしてまたダイナミック・ダイビングができる等の特性を有している。

艇の出入孔蓋は球形のプレキシグラス製で、これが観測用および航行用窓を兼用している。この蓋は光学的に滑らかで硬質等質であるためこれを透視した場合物像の歪を起すことが少い。また立体角的視界が大きいため一般の観測用潜水艇の平面小丸窓の持つ視界に比し航行、観測に大変便利である。具体的には270°C程度の大きな立体視角を持っていて、静止写真は勿論35mm映画のワイドアングル撮影を可能にする。

また推進方式がZ型(舷外機のような形)であるので方向舵の必要がないばかりか、旋回半径が非常に小さく、好ましきバンクをとることができ、水中で曲芸的行動をなすことができる。

次に各系統について記述する。

1) 平衡系統

耐圧殻の両側にメインタンクを各1個宛、前後に各1

個宛のトリムタンク計4個の浮力タンクを有している。重量およびトリム平衡を保つように作られている。

各タンクには海水導入管があり、この海水導入管にキングストンバルブが挿入してあり、直接タンクには取付けられていない。

高圧空気はブローバルブを経由して放出されタンク内に充填された水をタンク外部に排出する。

浮力タンクおよびトリムタンクへの注水の際、タンク内の空気を艇外に放出する流出孔へのパイプの途中にベント弁が取り付けられている。

これらのキングストン弁、ブロー弁およびベント弁類は、全部直接手動式であるため、その作動が適確である。すなわち作動不確実な電磁リレー的装置、あるいはまたサーボモーター式装置等その動力源の不安定が直接艇の機能を左右するがごとき方法を採用していない。すなわち乗員が健在(心臓まひで死んだ例もある)であれば必ず作動するよう艇の安全を期しているため、艇の操縦上からの原因の事故は絶無を期し得る。

2) 調整タンク系

本艇には特別にこの種の調整専用のタンクを分離して装備していないで、前後のタンクの容積を大きくとり、これを調整用に兼用しているのが特長である。この前後タンクの調整用として準備している容積は0.24 m³であり、乗員が1人の場合でも容易に補償することができるので、別に1人分の重量の艇内バラスト(水または鉛バラスト)を艇内に搬入して艇のデッドウエイト(死重)を増さないですむので、それだけ余剰浮力を多く採ることができる。

3) 推進系統

動力源としては鉛-酸蓄電池12ボルト、110アンペア時4個を艇のキール付近に具備しており、各2個を併列に接続し、2群の12ボルト220アンペア時電源となし、この2群の電池群をさらに直列あるいは併列に結合して12ボルトおよび24ボルトの2電圧を得、この電圧を、独ボッシュ社製RQL型直流直捲可逆モーター(24V、2000W、1800R.P.M.)に注入して2種類の艇速(半速および全速)が得られ、またモーターの逆転用端子にこの電圧を加えれば後進となる。

上記電動機にユニバーサル、ジョイントで結合されたZ型推進機構を経由してプロペラを回転する。

電動機入力電力は独ボッシュ社製強電流用ブランジャーリレー(接点電流5sec、500A、連続120A)を用い

てあるため、通電遮断両作用は確実になされる。

特に電動機は独ボッシュ社独特の自動空冷式複フィールド巻線可逆シリーズモーターで小型強力である。

Z型推進機構は舷外機の機構と同一で、この方式の特長は、プロペラーのエフト方向軸が艇の走行軸より下方に偏せしめられ、左に方向を換えようとして舵をとる。すなわちプロペラーの回転軸を後方から左方向に変えると、艇は左舷を低く右舷を高くバンクをとる。この現象はZ型推進機構の効果の重要な要素で、本艇の水中運動を特異なものにする因子となる。またこの方式の今一つの特長は、旋回半径を艇長の半分にすることができることである。

なお、本方式を採用した結果、コルトーノズルを付して操舵性を良くしている。

4) 外界照明

本艇は暗い海上または海底においても、プレキシグラス製円蓋(出入口蓋)の内部にフラッドライトを準備し、任意の方向の外界を強く明るく照明することができる。ただし、潜航時水そのものの不透明または混濁による暗黒は、フラッドライトによる照明効果のないことはもちろんである。また必要があれば艇外部に固定灯を点灯することもできる。

5) 内部照明

昼間潜航中には艇内照明は不必要で、自然光の上方プレキシグラス製円蓋からの入射光で艇操縦は充分行なうことができる。夜間浮上航行を考慮し、室内灯を装備しており、また海上照明のためには前記フラッドライトまたは外部照明器を使用する。

6) 圧縮空気系統

7l 高压空気ポンペ 4 本を艇内後方に装備し、各 2 本を一对として使用する。150 kg/cm² の圧力で充気すると、少くとも 5 回の潜航を繰り返すことができる。この圧縮空気は使い方を上手にすれば潜航は 10 数回行なうことができる。

上記高压ポンペの充気は岸壁または母船の高压空気槽または大容量ポンペから、充気用パイプにより艇に装備された充気孔より充気することができる。充気所要時間は、パイプ接合時間を入れて約 3 分で行なうことができる。止むを得ざる場合はポンペを取りはずし、別の充満ポンペに取り替え装着することも可能であるが、この方法は高压用バックギンシートに良く注意して漏気しない

ように心掛けるべきである。

7) 艇内空気清掃系統

艇内の空気だけだと乗員 1 人の場合約 30 分は呼吸可能である。本艇には湿気吸着と炭酸ガス消去のため特殊の空気清浄器 2 基を装備するとともに酸素補給用減圧弁付酸素ポンペを有している。この清浄器および酸素の使用法は普通の空気清浄法と同じで、湿気吸着用のものは、焼いて水分を放出して再び使用することができるが、炭酸ガス消去用のソーダライムは 13 人/時で交換する必要がある、酸素の補給量は普通にすれば良い。水素ガスに関しては充電終末期の発生ガスをでき得る限り艇外に放出するよう必ず円蓋を開いておくことが肝要である。

また高压配管等の洩れのため艇内圧が上昇した際、これを放出する放気用バルブを設置してある。

8) 操縦系統

艇内懸吊椅子に前方を向いて座ると前面に制御盤があり、その下に 8 個のバルブ類(プローおよびベント)が並んでいる。

制御盤は主として電気関係で、前進後進制御用レバースイッチ、全速半速制御用レバースイッチ、パイロットランプ類、室内灯等があり、他に艇内圧力計、時計、減圧空気圧力計等があり、艇の壁面には前後傾斜計、深度計が取り付けられている。

座席中央前方には、操舵桿輪があり桿は潜航用で前後に可動で、輪は右に回して右旋回、左に回わして左旋回ができる。

他に電動機制御用導線がフロントパネルから後部リレー群、蓄電池群および電動機の間を手際良く絶縁配線されている。

電磁リレー群は後部同乗者席の後方ラックに整列して装備され、その下部に充電用レセプタクルが取り付けられている。

キングストンバルブ類はタンクに直接取り付けられないで、導水管途中に、艇の下方両側に 2 個宛取り付けられている。各々、独特の方式でレバー制御方式であるため、その作動は軽快確実である。

蓄電池室の上部は鉄板の蓋がボルト締めになされていて、蓄電池室が球形断面を保持するようになっていて、蓄電池の交換を容易にしてある。これは艇の耐圧船殻の耐圧強度を増すための努力の一端でもある。

電動機は艇の後方蓄電池室の上部に設置されていて、発生雑音は小さい。

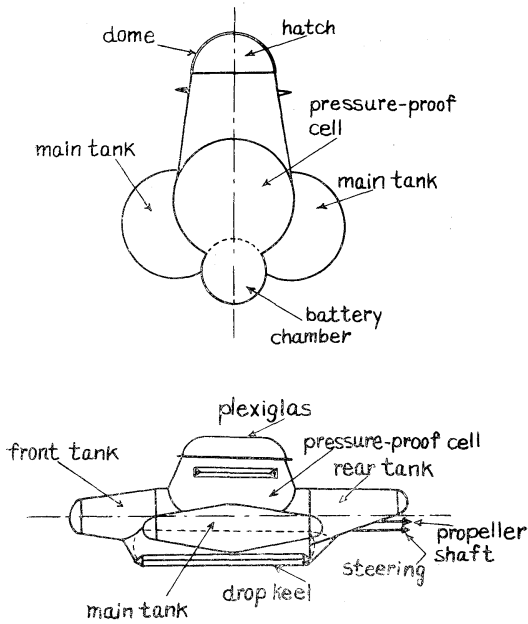


Fig. 1. Brief structure of SUMI-2.

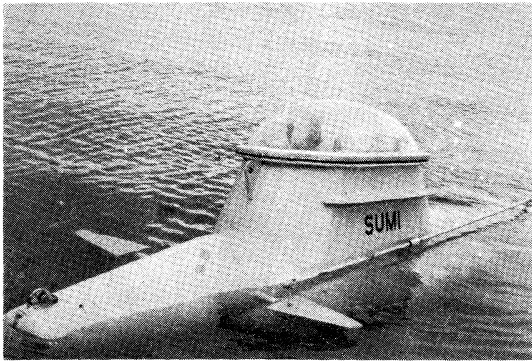


Fig. 2. Buoyant state of SUMI-2.

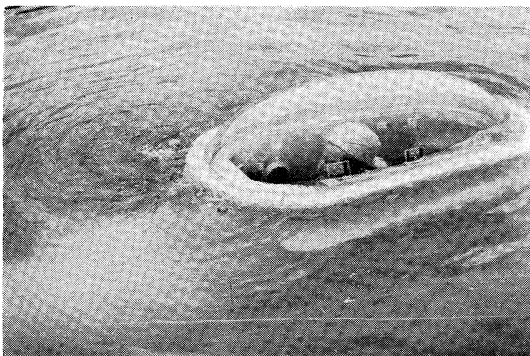


Fig. 3. Vertical diving. Buoyancy: +50 kg.

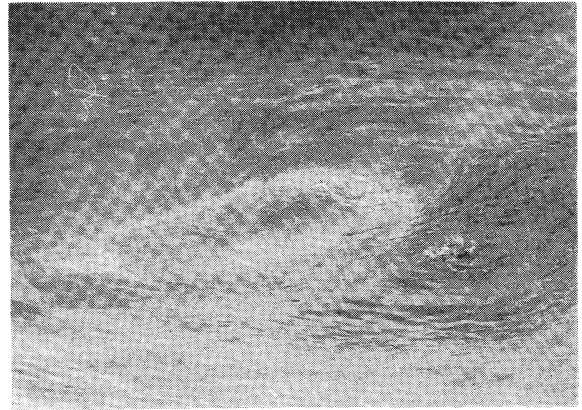


Fig. 4. Vertical diving. Buoyancy: -5 kg.

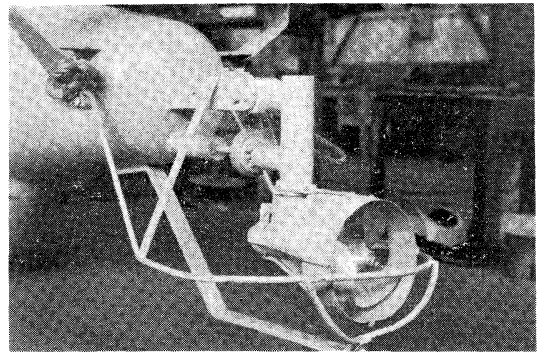


Fig. 5. Propelling mechanism.

9) 安全装置系統

艇体の構造の概要を示せば Fig. 1 のごとくである。Fig. 2 に示すように耐圧殻は中心部が円錐状で、その下部の一部が円錐状の蓄電池室を形成し、上部は出入口が取付けられ、出入口付近は特別に補強されていて、特に内部の要所は 2 本の鋼丸棒で支えられ(着脱自由)、艇本体の両端部は円錐形で先端は球面をなしている。また出入口はプレキシグラス製の円蓋で耐圧水密式になっている。この構造で約 130 m の深度の耐圧耐水性がある。すなわち深度 50 m で潜航した場合の安全係数は 2.6 になり、深度 30 m の場合は 4.3 になる。本艇のごとき構造の艇では安全係数が 2 あれば充分で、特に深度制限装置を具備する場合はこれ程の必要はない。

プレキシグラス製円蓋の水密構造は圧力が増せば、増す程水密は良くなる構造になっている。

プロペラシャフト、ステアリングシャフト、ドロップキール離脱用シャフト等の水密は 130 m を保証したものを使用してある。

またこの艇は耐圧船殻貫通部の直径が小さいため、耐圧的弱点が、一般の貫通部の直径の大きい艇よりも少ない。

ベント弁は艇外水圧面からの圧力が作用した時、その気密性が増すよう取り付けられてあるため、外圧の増加に伴うリークは皆無で海水の逆流は起らない。

本艇は約 130 kg のドロップキールを艇の下側最下部に懸吊させてあり、高圧空気の欠乏等のため浮上できない危急の場合これを艇内から操作して落脱することにより、容易に浮上することができるよう設計されている。

本艇はまた沈座作業中何らかの原因で、たとえば岩の間に挟まれて、ドロップキールの落下等でなんの効果のない時に遭遇した時を考慮し艇外へ脱出するため、海水を艇内に導入し、内圧を外部水圧と同じにして、円蓋を明けることが可能になるよう艇内海水導入用キングストンバルブを具備している。

また本艇で海底付近を速い速度で遊泳する場合（実際にはこんなことは岩の多い海底では危険でできないが）は浮力を正浮力 5kg 程度にしたダイナミックダイビングを行えば、艇速が小さくなるか艇が前進を停止した場合、潜舵効力を失ない必然的に浮上する。

潜航から浮上に移る場合に、浮上予定海面に船舶その他の浮遊物が存在する場合、本艇は上部がプレキシグラスでできているため、直ちにその影を認めることができその危険浮上海面を容易に避けることができる。

また自動深度制限装置を有しているため、誤ってその制限深度以上に潜航した場合は、高圧空気が自動的に左右メインタンクの海水をブローして、浮上するようにな

っている。したがって、高圧空気が残っている場合はあやまって深海底に沈下して行くことはあり得ない。

本艇の具体的な用途は次の通りである。

1. 水中撮影（ドライ撮影、ワイドアングル）
2. 水中観察
3. 軽量で陸運が容易なため、任意の海面付近の地点に陸送して、容易に観察、映画撮影ができる。
4. 海中公園アクアラング観光者安全保障のためのパトロール艇として最適である。
5. アクアラング教育指導用艇としても良き教官用乗艇たり得る。
6. ぬれないで漁礁、大網等の敷設状況の長時間観察に最適である。
7. 港湾の施設等の観察視察
8. 水中音水平伝播研究用に最適である。
9. 約 40 m 線内魚類棲息状態調査
10. 海底施設予定地の岩床調査撮影
11. 魚類棲息分布調査（沿岸魚）

後記：この艇の復原に際し、当研究所に対して次の諸氏が有形無形のご協力をされたことを明かにし、その好意に深く感謝致します。

静岡県伊東水産試験場・石川島播磨重工業株式会社技術研究所・水産庁調査研究部・日仏海洋学会・エリッヒ・ウオルター・ミリュース氏（ハンブルグ）・独逸国領事ヘルムート・ウェグナー氏（神戸）・日本自然保護協会（順序不同）

今年中に開催される海洋関係の主な国際会議*

Congrès internationaux sur l'océanographie prévus pour l'année 1966

佐々木忠義**

1月20日から23日まで KONA KAI CLUB (Shelter Island, San Diego, California) で First symposium on navigation of manned deep submergence vehicles が開催された。発表論文の題目や講演者は次の通りである。

Thursday, January 20, 1966

Morning Session: 9:00 to 11:30 AM

Welcome and Prologue: "The Requirements for Precise Deep Submersible Navigation"

K. V. Mackenzie

Chairman, Session A: Dr. T. J. Keary, U. S. Navy Electronics Laboratory

"Limitations Associated with Precision Radar Navigation Systems"—Robert H. Stokes, Defense Research Laboratory, The University of Texas, Austin, Texas.

"OMEGA—Applications to On-Station Positioning"—Loman Tibbals, U.S. Navy Electronics Laboratory.

"A Review of Radiolocation Parameters"—M. H. Curlin, Seismograph Service Corp.

"Hi-Fix Southern California for Off-Shore Positioning of Support Ships"—Major John A. La Montia, USAR Ret., General Precision Decca Systems, Inc.

"Application of Inertial Navigation to Deep Submergence Operations"—D. T. Friest, Autonetics.

Afternoon Session: 2:00 PM

Chairman, Session B: C. L. Buchanan, Sonar Systems, U. S. Navy Research Laboratory, Washington, D. C.

"Raytheon Acoustic Doppler Navigator"—E. E.

Turner, O. H. Jackson and B. J. Thompson, Raytheon Company.

"An Acoustic-Ray Ship Positioning and Tracking System"—K. R. Stewart, R. L. Mills, H. N. Van Ness, Operations Research Inc.

"SUBLORAN: A Sonic Long Range Aid to Navigation Employing Cross Correlation of FMCW Signals"—Serge Wisotsky and Joseph A. Dolan, Raytheon Company.

"Acoustic Navigation and Navigation Error Studies Employing the Snap-7E Beacon"—R. L. Martin, S. F. Niedzwecki, and R. J. Nielsen, U. S. Navy Underwater Sound Laboratory.

"Sonar Doppler Navigation and its Application to the USS DOLPHIN"—A. J. Hopkins and C. B. Allen, Navy Electronics Laboratory.

"Acoustic Navigation: Surface and Subsurface"—Jack B. Cline, Bendix Corporation.

Friday, January 21, 1966

Morning Session: 9:00 to 11:30 AM

Chairman, Session C: Dr. David J. Klein, Autonetics
"Electronic Positioning for Nearshore Bottom Investigations with the Cousteau Soucoupe Sous-Marine"—Edwin C. Buffington, U. S. Navy Electronics Laboratory.

"A Remote Navigation System for the Deep Diving Research Vessel ALVIN"—A. Donn Cobb, U. S. Navy Underwater Sound Laboratory.

* 1966年1月27日受理

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

“Underwater Navigation Systems”—Dimitri Rebikoff, Rebikoff Oceanics, Inc.

“A Proposed System for Local Navigation of a Deep Survey Vessel”—Quick Carlson and Roger Merrifield, U. S. Naval Oceanographic Office.

“Seafloor Navigation for Deep Submergence Vehicles”—William E. Hart and Roswell F. Busby, U. S. Naval Oceanographic Office.

Afternoon Session: 2:00 PM

Chairman, Session D: K. V. Mackenize, U. S. Navy Electronics Laboratory

“Method for Undersea Navigation and Orientation Determination Using a Phase Compensated Line Hydrophone Array”—James A. Peugh, U. S. Navy Electronics Laboratory.

“Computations for Transponder Navigation”—Carl D. Lowenstein, Scripps Institution of Oceanography.

“An Acoustic Navigation System and Operating

Techniques”—Michael D. Pearlmen, Ocean Research Equipment, Inc.

“An Acoustic Transponder Navigation System”—F. N. Spiess, Michael S. Loughridge and Maurice S. McGehee, Scripps Institution of Oceanography.

“Transponder Spacing”—C. D. Lowenstein and J. D. Mudie, Scripps Institution of Oceanography.

Staturday, January 22, 1966

Morning Session: 9:00 to 12 Noon

Conducted Tour of U. S. Naval Electronics Laboratory.

Conducted Tour of General Dynamics' Marine Technology Center; including: STAR I—Deep Submersible ASHERAH—Deep Submeasible (600 feet) SKIP I—Ground Effects Machine

Conducted Tour of Westinghouse

DS-4000 DEEPSTAR Deep Submersible (4000 feet)

2月24日から26日まで、Sheraton Hotel (Philadelphia, Pennsylvania) で Symposium on Interdisciplinary Aspects of Radiative Energy Transfer が開催される。発表論文の題目や講演者は次の通りである。

Thursday, February 24

Opening Remarks—8:15 a.m.

Co-Chairman

Dr. Sinclair M. Scala
General Electric Company
Missile and Space Division
Space Sciences Laboratory
Philadelphia, Pennsylvania

Dr. Richard N. Thomas
Joint Institute for Laboratory
Astrophysics of the University of
Colorado and the National Bureau of Standards,
Boulder Colorado

SESSION 1—SPACE AND ATMOSPHERIC
PHYSICS

(8:30 a.m.)

Dr. J. I. F. King, Session Chairman
Director, Physics Laboratory

Geophysical Corporation of America
Grand Ballroom West

Radiative Transfer in Planetary Atmospheres
Jean I. F. King
Director, Physics Laboratory
Geophysical Corporation of America,
Bedford, Massachusetts

Radiative Transfer and the Scattering Problem
Zdenek Sekera
Head of Meteorology Department
University of California at Los Angeles

Refreshments
Grand Ballroom East

Transfer of Ultraviolet Radiation through the Earth's
Molecular Atmosphere

J. V. Dave
National Center for Atmospheric Research
Laboratory of Atmospheric Science, Boulder, Colorado

Implications of the Scattering of Sunlight into
Planetary Shadow Cones

R. C. Moore and G. E. Schilling

The Rand Corporation

Santa Monica, California

The Reflectivity of Optically Thick Clouds of Dust,
Rain and Ice in the Visible and Microwave Regions

Charlotte Decker Bartky

Applied Research Laboratories

Philco Aeronutronics, Newport Beach, California

Determination of Atmospheric Temperatures and Water
Vapor Distribution by Microwave Radiometry

G. A. LaRocca, E. J. Thompson and J. R. Radbill

North American Aviation Space Sciences Laboratory

Downey, California

Clouds and the Inversion Problem

Frederick B. House

Staff Scientist, Meteorology Department

GCA Technology Division, Bedford, Massachusetts

SESSION 2—AEROSPACE APPLICATION

(1:30 p.m.)

Professor Robert Goulard, Session Chairman

Purdue University, School of Aeronautical

Engineering Sciences

Grand Ballroom West

Current Research on Infrared Radiation from
Rocket Exhausts

Robert Huffaker

NASA Marshall Space Flight Center,

Huntsville, Alabama

Infrared Radiation as a Diagnostic Tool in
Re-entry Physics

Lee A. Young

Avco Everett Research Laboratory,

Everett, Massachusetts

Refreshments

Grand Ballroom East

Radiation and Absorbing Steady Flow Over
Symmetric Bodies

K. C. Wang, Research Department

The Martin Company, Baltimore, Maryland

Two-Dimensional High Speed Flow of Radiating Gas

Prem K. Khosla

Polytechnical Institute of Brooklyn,

Farmingdale, New York

Time-Resolved Spectra for Some Simple Laboratory
Simulated Re-entry Models

M. Steinberg and I. Liu

GM Defense Research Laboratories,

Santa Barbara, California

Spectroscopic Study of the Gas Cap Radiation Inten-
sity of Simulated Martian Atmospheric Probes

Warren Winovich and Paul A. Groce

NASA Ames Research Center, Moffett Field, Cali-
fornia

SESSION 3—STELLAR AERODYNAMICS

(8:30 a.m.)

Professor John T. Jefferies, Session Chairman

Hawaii Institute of Geophysics, University of Hawaii

Grand Ballroom West

Summary—Introduction to Radiation Transfer
Problems in Stellar Atmospheres

David G. Hummer

University College Physics Department

London, England

Transfer of Line Radiation by Multilevel Atoms

Eugene Avrett

Smithsonian Astrophysical Observatory

Cambridge, Massachusetts

Comments on Multilevel Atom Radiation Problems

George Finn

Hawaii Institute of Geophysics

University of Hawaii, Honolulu, Hawaii

Refreshments

Grand Ballroom East

Some Problems of Radiation Transfer in the
Atmospheres of Hot Stars

Katherine Gebbie

University College Physics Department

London, England

Line Formation in a Differentially Moving

Non-LTE Atmosphere

John L. Kulander

G. E. Space Science Laboratory

Valley Forge, Pennsylvania

Predicted UV Spectra from Stellar Chromospheres

Ludwig Oster and N. Paul Patterson

Yale University

New Haven, Connecticut

Some Problems of Radiative Transfer in an Atmosphere Having a Stellar Wind

Philippe Delache

Observatoire de Paris, Section d'Astrophysique

Meudon (Seine et Oise), France

SESSION 4—OCEANOGRAPHY

(1:30 p.m.)

Dr. Rudolph Preisendorfer, Session Chairman

Grand Ballroom West

A Survey of Theoretical Hydrologic Optics

Rudolph W. Preisendorfer

Scripps Institution of Oceanography

University of California, La Jolla, California

A Survey of Experimental Hydrologic Optics

John E. Tyler

Scripps Institution of Oceanography

University of California, La Jolla, California

Asymptotic Radiation in a Scattering and

Absorbing Medium

Mlle. J. Lenoble and M. Herman

Faculté des Sciences de Lille

Lille, France

Refreshments

Grand Ballroom East

SESSION 5—SOLID TRANSPARENT MEDIA

(4:30 p.m.)

Professor Edward U. Condon, Session Chairman

Grand Ballroom West

Radiative Transport Processes in Molten Glass

Professor Edward U. Condon

Joint Institute for Laboratory Astrophysics and the

University of Colorado, Boulder, Colorado

4月13日から15日までニューヨークで Second Symposium on Marine Bio-Acoustics が開催される。会議の内容の概略は次の通りである。

(1) 海洋生物音響全般, 音の分析方法, 音の漁具への応用 (魚群探知機を含む)

(2) 生物の出す音, イルカ・クジラなど哺乳類の音, 生物の聴覚

4月17日, 18日に亘ってニューヨークで Lateral Line Conference が開催される。

5月30日から6月9日まで Moscow で Second International Oceanographic Congress が開催される。会議の概略は次の通りである。

a. Ocean and atmosphere

Interaction between ocean and atmosphere—energy exchange between ocean and atmosphere, long-term weather forecasting and variations of climate (2 lectures).

The general circulation of the oceans—problems of the dynamics of the general ocean circulation. Meridional heat transfer. Exchange between sub-surface and deeper waters (2 lectures).

The sea surface—studies of surface waves and prediction, the study of ship motion in relation

to waves (2 lectures).

b. Ocean and life

Productivity and fertility of the ocean—factors which make some parts of the ocean more fertile than others and which lead to concentration of plankton and fish (2 lectures).

Distribution of marine animals—factors which promote concentration of particular species or sub-species in different parts of the ocean, the effect of different factors on development and

survival of larval or adult marine animals, the limits of species number (3 lectures).

Biochemistry of the oceans-distribution of nutrients, nutrient cycles, fractionation of isotopes, distribution and rôle of deuterium in the sea (2 lectures).

c. Marine geology and mineral resources of the ocean

The rocks below the ocean-acoustic, seismic, magnetic and gravity measurements. Significance of the work on the international upper mantle project (2 lectures).

Topography of the ocean floor-studies of abyssal plains, seamounts, mid-ocean ridges, ocean channels and rift valleys (1 lecture).

Ocean sediments-distribution and stratification, laws of sedimentation biogeochemistry of ocean floor deposits, distribution of mineral resources

and the possibility of their use (2 lectures).

Nearshore processes-changes in waves as they approach a beach, on and off-shore movements, problems of beach reinforcements, sedimentation in the coastal and shelf zones, laws of the concentration of mineral and chemical components (1 lecture).

d. Oceanography of the Indian Ocean and the Antarctic

Recent advances in the study of the Indian Ocean in connection with the International Indian Ocean Expedition (2 lectures).

Antarctic oceanography (2 lectures).

Symposia: Biological uses of underwater sound
Biology of upwelling areas
Oceanographic instruments, tools and appliances, and carriers
Biogeochemistry

6月27日から29日まで Sheraton Park Hotel (Washington, D. C.) で Ocean Science and Ocean Engineering Conference が開催される。

8月22日から9月10日まで東京で第11回太平洋学術会議 (The Eleventh Pacific Science Congress) が開催される。これについては、その概略がすでに日本海洋学会誌 (第20巻, 第1号-1964, 第21巻, 第5号-1965 など) に発表されたのでここでは省略する。

9月5日から8日まで京都で第10回海岸工学国際会議 (10th Conference on Coastal Engineering) が開催される。(連絡先: 第10回海岸工学国際会議組織委員会委員長 本間 仁: 東京都文京区 東京大学工学部土木教室内)

9月5日から9日までの西独のミュンヘンで Third International Conference on Water Pollution Research が開催される。会議は次の3部会にわけて進められる。

- (1) 淡水河川の自浄作用と汚濁の漁業に及ぼす影響
- (2) 下水および産業排水の処理
- (3) 汚濁の海洋環境に及ぼす影響

9月19日から22日まで University of Southampton で Conference on "Electronic Engineering in Oceanography" が開催される。会議で取り上げられる問題の概略は次の通りである。

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Physical Properties and Conditions of Seawater <ol style="list-style-type: none"> (a) Laboratory measurements: <ul style="list-style-type: none"> Conductivity, Density, Refractive index, Oxygen, Velocity of sound. (b) In situ measurements: <ul style="list-style-type: none"> The above properties and in addition Temperature and Pressure. | <ol style="list-style-type: none"> 2. Unattended Oceanographic Stations <ol style="list-style-type: none"> (a) Sensors (see 1b) (b) Recording (c) Telemetry (radio) (d) Mounting platforms 3. Wave Measurements <ol style="list-style-type: none"> (a) Deep sea (b) Coastal |
|---|---|

- | | |
|---|--|
| <p>4. Ocean Current Measurement</p> <p>5. Navigation Problems (survey and position fixing)
(V.L.F.; Fixed acoustic beacons; Inertial; D. R.-logs; Loran C, etc.; Satellite).</p> <p>6. Automatic Recording and Analysis of Data on Ships.</p> <p>7. Geophysical Sensors :</p> | <p>Magnetometers, Gravimeters, Seismographs.</p> <p>8. Acoustic Devices</p> <p>(a) For Biological Research</p> <p>(b) // Geological and Geophysical Research</p> <p>(c) // Telemetry</p> <p>(d) Other applications (<i>e.g.</i> acoustic log).</p> |
|---|--|

9月19日から24日まで京都で地球物理学的应用面を含んだ境界層と乱流に関する国際会議が開催される。

(昭和41年1月26日記)

シンポジウム

第5回深海研究に関するシンポジウム V^e symposium sur la mer profonde

日時： 昭和40年12月6日 13時～20時

場所： 気象庁講座

理化学研究所海洋物理研究室・日本海洋学会・日仏海洋学会・日本学術振興会深海研究委員会・東海大学海洋学部 共催

- 開会の辞.....和達清夫
1. 深層流の測定について.....赤松英雄
 2. 深海底層流の測定について.....佐々木忠義・渡辺精一
 3. 太平洋深海底質コア中の珪藻遺骸群集について.....金谷太郎
 4. 海洋におけるヨウ素に関する諸問題.....三宅泰雄・角皆静男
 5. 北太平洋の深海における毛類動物の分布について.....鬼頭正隆
- 閉会の辞.....佐々木忠義

開会の辞 和達清夫

本日、第5回深海研究のシンポジウムが開かれるに当りまして、私は深海研究委員会の委員長という役目をおおせつかっている関係上ご挨拶申し上げます。申すまでもなくわが国の深海研究は年をおって発展してまいりまして、その間報告も出しましたし、外国においても段々その成果が認められてきたことは、まことにご同慶のいたりであります。

私は先日黒潮の調整グループ会議というのがパリでありまして、それに出席いたしました。ちょうどそれはIOCの会議と同時にこなわれている関係上、IOCの方も日本代表という名前で出席いたしました。IOCに関するご報告はいずれ主席代表で行かれた菅原さんからご報告があると思います。私ごいっしょに出ておりまして特に深海について議論されませんでした。深海に近い問題としては海の底でtideを測る問題が出ておりました。その他 IOC においては今度の会議では、海洋と大気間の相互作用という問題、これは小規模から大規模までありますが、どちらかといえば大気の大循環と海洋の大

循環、それらの相互作用で、大気の方の長期予報にも、また海洋の方の長期予報にも重要であるという観点で論じられていたようであります。

それともう一つ variability という問題でありまして、これには特別のシンポジウムがありまして私はこれにはできませんでしたが、カナダの人でしたがスチュワートの講義がありました。私はあまりよく理解したとは申せませんが、海洋におきましてもやはり気象が前からやっているように平均的海洋の状態、気象で言えば、気候学から日々の気象、あるいは高低気圧の渡来とか一つの気圧のパターンあるいはその年のくせ、そういうようなことが海洋の方でもだんだん観測も進み研究も進むからそういう方へ出てゆく一歩であろうと感じられたのです。

その他海洋の汚染の問題でもありました。現実的には表面の問題が多いのでありますが、やはり深海にもつながる問題でありますので、ここでそういう話が出たことを申し上げます。なお IOC の会議ではインド洋とか黒潮とか津波警報とかいろいろありました。それらもそれぞれの部分では深海と関係していますが、直接深海研究との関係は私のきがつくかぎりありませんでした。しかしもちろん言うまでもなく、海洋において最も未知な部分である深海に対する研究は世界で最も注目し重要視している所です。わが国でこの研究が盛んになることは言うまでもなく大切なことでもあります。こうやってシンポジウムが行なわれ、この学問が盛んになることはどなたも願うことでありまして、私あまり知識がありませんが、お役に立つならこういうことを推進する所で尽力させていただきたいと思っております。

1. 深層流の測定について

赤松 英雄*

Mesures des courants profonds

Hideo AKAMATSU

Résumé: Onze séries de mesures des courants profonds au moyen du flotteur à flottabilité nulle ont été effectuées, depuis 1960 jusqu'à présent, à bord du Ryofu-Maru par la "Marine division, Meteorological Agency" et le "Meteorological Research Institute". Les flotteurs ont été tracés au environs du Japon entre 1.000 et 3.000 m d'immersion. L'amélioration apportée aux appareils et à la méthode de mesure en 1963 nous a permis d'obtenir des données très précises et de constater que le mouvement giratoire des flotteurs a été une résultante d'une oscillation d'inertie et d'un courant permanent. A titre d'indication, nous montrons quelques-unes de ces données obtenues et la méthode de mesure effectuée à bord de l'Atlantis II de la "Woods Hole Oceanographic Institution" et précisons des problèmes à résoudre à l'avenir.

1. 緒言

1955年以降急激に、各国がその重要性を認め、着々とその成果をあげつつある深層水循環の研究として、また、原子力平和利用にともなう放射性廃棄物の海中投棄に関連して、深層水の流れの実態をつかむことが重要な課題となってきた。従来の数多くの測流方法は、パラシュート・ドラッグによる方法とか自己流速計等によるもので、それらは殆んど1,000 m以浅に関するものが多く錨定した船から数千mの深層の流れを測定することは極めて困難である。またパラシュート・ドラッグを除けばすべて1点に着目したオイラー流の測定法である。これらに対して J. C. SWALLOW の釣合浮子による測流法はその流跡を追跡する、いわゆるラグランジュ流の測定方法である。これは1955年5~6月以降 Discovery II号によって大西洋の数点において3,000 m層近くまでの測流に成功して以来、各国の研究者はこの測流方法に注目しはじめ、1958年にはアメリカのスクリップス海洋研究所が太平洋において、またウッツホール海洋研究所は大西洋のアメリカ近海においてこれによる深層流の測定を行なった。わが国においては、1959年気象研究所の竹内、南日らが主体となって測定の計画、装置の研究を始め、1960年以降現在にいたるまで気象庁海洋気象部との協同で実測を行ってきた。筆者はこれらの実測に従事

し、後述する位置基準点となるアンカード・ブイ設置には度々の失敗を重ねながらも一応観測を続け、測器の一部改造などを行なって1963年以降の観測は極めて精度の高い実測値を得ることに成功している。以下この J. C. SWALLOW タイプの釣合浮子による測定法並びに測定結果および1965年9月にウッツホール海洋研究所の Atlantis II号に乗船し、深層流測定に従事したのでその経験から強流帯域での測定法の概要を述べ、大方の参考に供したい。

2. 測定原理および測定法

約4秒に1回づつ14kcの無指向性のパルス発振をする超音波発振器をアルミニウム容器に入れ、これに適当な付加重量を入れて海中に投入すると、沈降していきながら周囲の海水の密度とバランスして中立状態となってその深さの海水の流れの方向に移動していく。これからの信号を船首と船尾にある2個のハイドロホンにより受信しながら発振器の直上海面位置を適当な時間間隔で決定してゆけば、その径路からその深さの平均流速、流向を算出することができる。

浮子が中立となる深度は投入前にその海域の統計的な資料、あるいは測定予定深度の海水の塩分濃度と水温の実測値から計算した現場の海水密度と浮子自体の容積および付加すべき重量から決定する。

測定にあたっては、まず正確な船位を決定しなければならない。このために予想される観測層の流速が数

* 気象庁 Japan Meteorological Agency

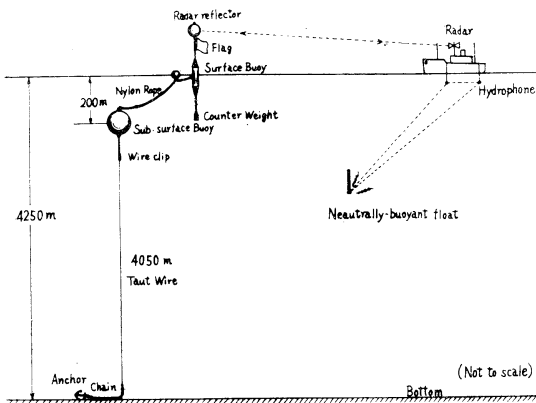


Fig. 1. Schematic figure of observation.

10 cm/sec 以下であるような場合には Fig. 1 のようなレーダーレフレクターをつけたアンカード・ブイを設置する。ロラン A では昼夜でその精度が異ると共にブイ基準方式に比較するとはなはだしく精度が悪い。このアンカード・ブイは船の位置の基準点となり、船位はレーダーで決定する。このレーダーレフレクター・ブイは海潮流、波浪、風および船のレーダーの分解能（距離 $\pm 2\%$ 以下，方向 1° 以下）により船位に多少の誤差を生ぜしめるが、これらを総合しての精度は常に ± 0.2 マイル以内である。

このアンカード・ブイは 80 kg のアンカーとグランド・タックルとして 155 kg のチェーンを直径 3 mm，破断力 880 kg のワイヤーで接続し，現在までの観測では水深 4,000~5,500 m の海域に設置することに成功している。このアンカー方式は Taut-Wire System をとり，海の表面から 200~300 m 下に直径約 100 cm の鉄製球形ブイ（浮力 270 kg）でワイヤー自重をささえ，このブイより約 400 m のナイロン・クロス・ロープ（直径 12 mm，破断力 1,200 kg）を結び，回収に便ならしめるために直径約 50 cm の小型鉄製ブイと約 20 m はなした所にレーダー・レフレクター（海面上 3 m）付の基準ブイ（直径 70 cm，長さ 100 cm の鉄製円筒，カウンターウェイトは 50 kg）に接続される。このレーダー・レフレクターは凌風丸では約 8 マイル以内の海域では充分その目的を達した。

浮子からのシグナルを受信するために舷側から 2 個のハイドロホンを吊り下し（その間隔は 30 m または 50 m），これからの出力を増幅器，濾波器を経て指示器（オシロスコープ）に導き，これにより一つのパルスの到達時間差を船首方位と同時に読み，円形グラフに作図する。各船首方位に対する到達時間差をグラフの中心を船

位として順次作図してゆくと一つの集合点が現われてくる。この集合点とグラフの中心とを結ぶ線が船からみた浮子の方位となる。すなわちこれが 1 本の位置線となる。

船から釣合浮子の直上海面までの大体の距離 L は

$$\frac{\Delta t_m}{\Delta t_0} = \cos \theta, \quad L = D \cos \theta$$

ここで

Δt_m : 図の中心と時間差線の集合点との長さ (ms)

Δt_0 : ハイドロホン間隔 (ms)

D : フロートの予定深度

で算出されるので，この推定される釣合浮子の直上海面位置を目標として，これから数百 m はなれた所に船を移動させ，ふたたび各船首方位に対するシグナルの到達時間差を読みとり作図により位置線を決定する。このような測定を 2 回ないし 3 回行なってそれらの位置線の交点より浮子位置を決定する。通常これらの測定は 30 分以内に行なわれ，位置線の交叉は一辺 0.05 マイルないし 0.1 マイル程度の微小三角形となり極めて精度が高い。1963 年以降の観測はすべてこの方法によったもので，浮子位置はすべての誤差を総合しても ± 0.3 マイル以上にはならない。この受信に使用される計器はすべて国産品を使用し，大体次のような構成になっている。それぞれのハイドロホンからの音圧出力をブリアンプを経て，この出力のノイズをカットするために濾波器を通したのち両者を混合して主増幅器にいれ，この出力をオシロスコープに入れてある。船首，船尾のハイドロホンのいずれが先に音波を受信しているかはブリアンプの出力回路にいった 6 db のパルス到達順判別ボタン（固定抵抗減衰器）により決定される。オシロスコープは船首，船尾いずれのシグナルでも先行するパルスによりスweep のトリガとなるように設計してある。したがって後続するパルスの波高の変化（2 倍となる）によって到着順序を判別する。

3. 観測結果

Table 1 に現在まで行なった観測結果を示してある。海域としては三陸沖 2 点，近畿沖 2 点，伊豆海嶺東側 2 点，西側 1 点となっている。観測の精度は 1963 年以降のものを除いては船位をロラン A により求めたものであり，あまり良くない。これらの結果から日本周辺の深層流の状態をうんぬんすることはあまりにも少ない観測点数しかないので差しひかえたい。ただ，1963 年以降は伊豆海嶺付近を重点的に行なっている (Fig. 2) ので，こ

Table 1. Results of the deep current measurements.

Period	Location		Mean direction (°)	Mean velocity (cm./sec)	Depth (m)
Sept. 1960	39-33N	145-07E	1,500	11	124
Sept. 1960	39-34N	145-08E	2,500	7	130
May 1961	37-57N	144-29E	1,000	40	215
May 1961	37-55N	144-24E	1,000	55	223
May 1961	38-03N	144-34E	3,000	1	219
Nov. 1961	32-47N	135-38E	2,000	3	?
Nov. 1962	32-50N	138-20E	1,000	17.5	240
July 1963	29-47N	141-41E	1,000	3	244
July 1964	31-37.5N	143-08.5E	1,000	4.7	265
July 1964	31-37.5N	143-37.5E	2,000	2.7	168
May 1965	28-03.9N	138-02.5E	1,000	2.5~7.0	115~95

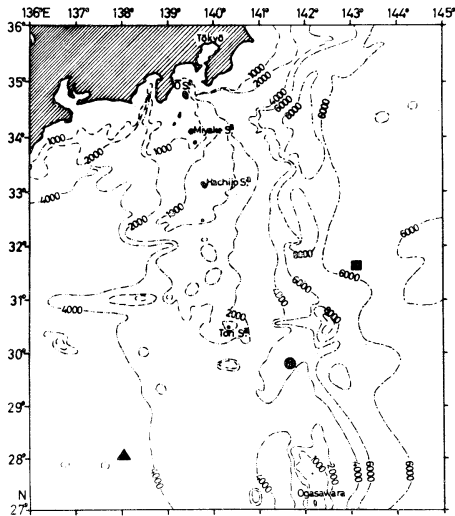


Fig. 2. Locality chart.

- 1963 July
- 1964 July
- ▲ 1965 May

の測流結果と他の海洋物理要素とを総合してみると大体 32°N 以南の海嶺東側の約 1,500 m 以浅の海水は北東方より南西方に流れ、それ以深の海水は日本海溝に沿って南下していることが解った。しかし、三陸沖の資料との関連については資料不足のため未だ解らない。海嶺の西側の資料によれば、海嶺を東方より西方に越してきた 1,000 m 以浅の海水はふたたび海嶺の西側を南下するのであろうことがうかがわれる。

また、これらの観測結果は全部一般流に慣性運動が加わった流路を示している。このもっとも顕著な例は 1963 年 7 月と 1964 年 7 月の 1,000 m のものである。以下これについて詳述しよう。まず Fig. 3 は 1963 年 7 月 11

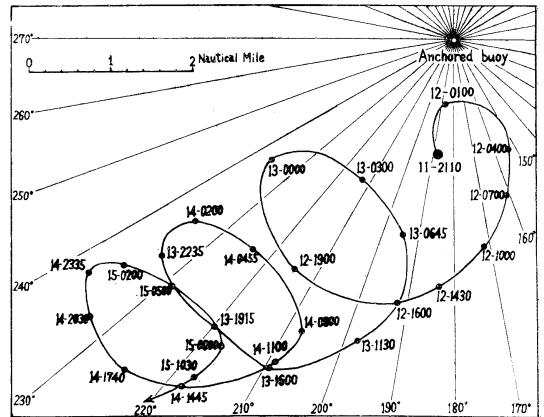


Fig. 3. Track of float in 1,000 m depth, each dot represents a three-bearing "fix" whose circle of error is generally less than 100 m, the date and time of each fix is indicated.

日から 15 日まで鳥島の南東方約 140 km の地点で、約 85 時間の追跡結果である。この測流地点の水深は 4,200 m であった。この結果を解析してみると一般流は 3 cm/sec、方位は 244° で海嶺の方向 (Deep gap の方向) に向っていた。この計算は最少自乗法によった。

Fig. 4 は流跡曲線から一般流を取り去ったもので、これによれば時計方向に回転し、その速度は 12.0~17.5 cm/sec で、周期は約 24 時間である。これを調和分解した結果は、

$$N\text{-Component} = 0.877 \cos(\sigma_t - 14^\circ)$$

$$E\text{-Component} = 0.977 \cos(\sigma_t - 133^\circ) \text{ (マイル)}$$

となる。この長軸の長さは 2.3 マイル、短軸は 1.3 マイルで平均流速は 12 cm/sec である。

この流跡の平均緯度は 29°44'N であり、その半振子日は 24.2 時間となる。円運動の直径は 1.8 マイルで、

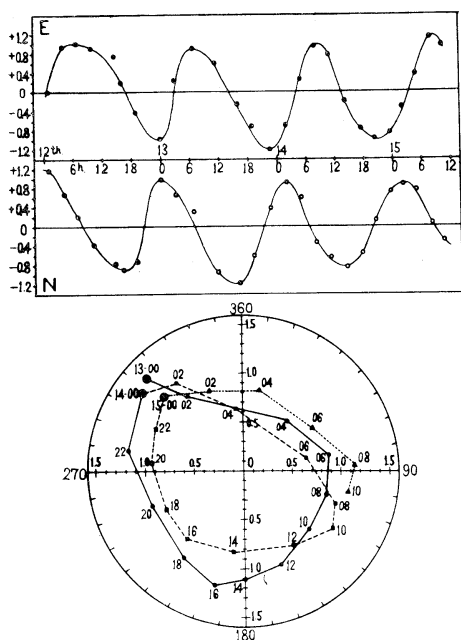


Fig. 4. Upper: East-West and North-South components of movements plotted against time. The unit of the ordinate axis is nautical mile; time is plotted along the abscissa. Lower: Orbital motion of float. The units of co-ordinates is nautical mile.

速度は 11.7 cm/sec となり、実測値と計算値がきわめて良く合致している。ところで、過去の鳥島の潮汐観測資料を解析してみると、この付近は 12 時間 50 分の半日周期が卓越していなければならない。

したがってこれらのループ状の流跡は潮流の影響は少なく、一般流と慣性運動との合成によって生じられたものであることが解った。

次に他の例を示そう。Fig. 5 は 1964 年 7 月 21 日から 24 日にかけて鳥島北東方約 300 km の地点で 74 時間の追跡結果を示してある。この一般流は 4.7 cm/sec, 265° であった。この地点は日本海溝に近く、水深 5,500 m であった。前記と同様の方法で解析した結果作図で求めた慣性運動の周期は約 23 時間、長軸は 0.8 マイル、短軸は 0.4 マイル、平均速度 6.6 cm/sec であった。一方平均緯度を 31°38'N として求めた半振子日は 22 時間 44 分であり、平均速度から求めた円運動の直径は約 0.5 マイルであった。

4. 浮子の深さ

2 本ないし 3 本の位置線の交点で求めた位置と、各々

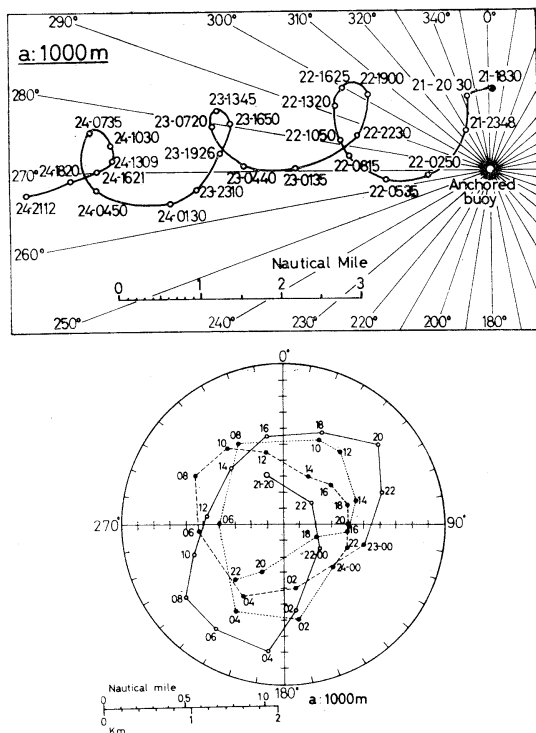


Fig. 5. Track of float in 1,000 m and orbital motion of float.

の 1 本だけの位置線から得られる推定位置とのズレは主として浮子の深度が常に予定深度にないために起るものと考えられる。今までの結果では 1,000 m では、±200 m, 2,000 m では ±300 m の上下運動をしている事が解った。

この上下運動は減衰振動をしていないので、これらが何によるものか? 明瞭な説明を与えるほど十分な資料がない。また統計的資料と現場での実測資料から求めた浮子深度の差は、海域にもよるがせいぜい数十 m である。

5. Atlantis II 号で行なっている測定法

我々が行ってきた方法は比較的表面流速が小さい海域で、測定中は停船して船首方位を除々にかえて使用せられ極めて精度の高い方法であるに反し、Atlantis II 号で行なっている方法は精度は少々おちるが、黒潮主流直下とかガルフストリームの主流直下などの表面流速が大きくアンカード・ブイの設置が困難な海域で航行中 (2~3 ノット) のままで中層流を測定する場合に適しているものである。

すなわち、両舷から 2 本のハイドロホン、ケーブルを曳航し、それぞれのケーブルには 30 m 間隔でハイドロ

ホンを取り付けてあり、合計4個のハイドロホンを使用する。この測定方式はブロック・ダイアグラムに示すとおり、例えば今、Dハイドロホンの出力を増幅器を経て Precision Graphic Recorder に接続しておく。この Recorder のフェリックス回転は浮子のパルス発振とは同期していないので、船が浮子に近づいていけばシグナルは自記紙の右側から左側の方向に記録される。つまり P.G.R. を音響測深儀に見たてると次第に水深が浅くなっていく方向に画く。次に A, C のハイドロホンの出力を2現象オッシロスコープに接続する。例えば (A) 図のような場合には C の方が A の方より早くシグナルを受信していることになる。この場合には船首方向を適当に左に変針して (B) 図のように A と C とが全く同時にシグナルを受信する船首方位とする。しかるのち (C) 図のように A をそのままにして C を B に交換してオッシロスコープに接続しなおし、両者がほとんど同一シグナルを受信できる位置が浮子の直上位置であり、P.G.R. の記録は海山を記録したかのように凸状となる。この位置

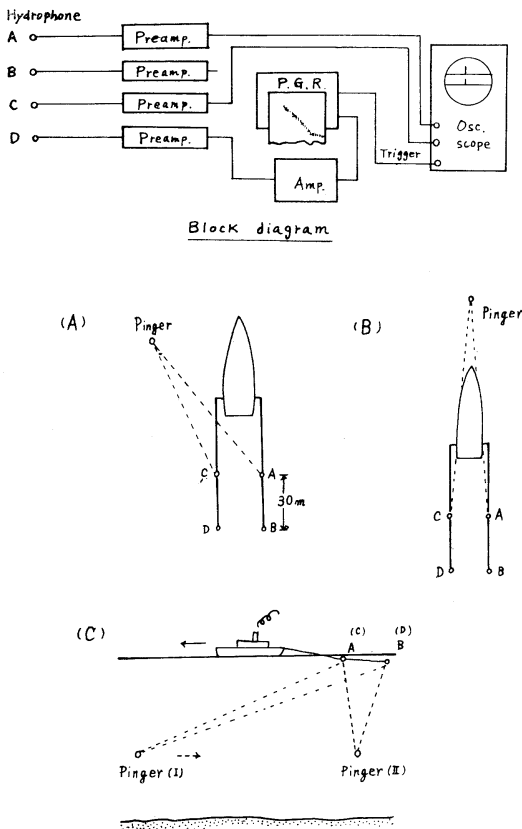


Fig. 6. Block diagram and schematic figure of observation, Atlantis II.

をロラン A, ロラン C およびサテライト等により測定して図上にプロットして行く。(Fig. 6)

この方法はシグナルが混信しない範囲内で数層の浮子を同時期に追跡する事が可能である。しかし、日本近海ではロラン A, C とともに精度が悪く、あまり良い結果は得られないようであった。日本近海の測定結果については追って発表されるであろう。

この測定に使用した浮子は周波数 4 kc, パルスは 2 秒に 1 回の割合で、その寿命は 4~5 日間で比較的短いものであった。この発振器を入れる容器は直径約 30 cm の球形の硬質ガラスで出来ており、丁度真中から二つに割れ、その接着面は充分スリ合はせもしてあり、シリコン・グリスを薄くぬるだけで良いという極めてハンディで精巧なものであった。

6. 今後の問題

前述したように未だ測定地点が少なく、日本近海の深層水の循環を論ずるには至っていないので今後も測定を続けて行かねばならないことは申すまでもない。また、三陸沖の黒潮直下の状況を知ることも大きな課題の一つである。できるだけ早い機会にこれらを測定したいと念願している。このためには自動ロラン A の設置や、測器の改良もして行かねばならない。また現在まで行なわれた資料はすべて 3 日間程度の追跡であるが、今後はこれをさらに数日延長することと、観測値の代表性をチェックするために、繰り返し同じ深さの追跡を行なうことが必要と考えられる。大方の御協力をお願いしたい。

文 献

- SWALLOW, J. C. (1955): A Neutral-buoyancy float for measuring deep currents. *Deep-Sea Res.*, **3**, 74-81.
- SWALLOW, J. C. (1957): Some further deep current measurements using neutrally-buoyant float, *Deep-Sea Res.*, **4**, 93-104.
- DEFANT, A. (1961): *Physical Oceanography*. Vol. 1. Pergamon Press.
- KNAUSS, J. A. (1962): Observation of internal waves of tidal period made with neutrally buoyant float. *Jour. Mar. Res.*, **20**, 111-118.
- NAN'NITI, T. (1960): Long-period fluctuations in the Kuroshio. *Pap. Met. Geophys.*, **11**, 339-347.
- NAN'NITI, T. (1962): A study of the temperature of the surface layer in the Pacific Ocean near Japan. *Pap. Mer. Geophys.*, **13**, 196-205.
- NAN'NITI, T., A. WATANABE, H. AKAMATSU and T. NAKAI (1963): Deep current measurements in

- the cold water mass and vicinity, the Enshu-Nada Sea. Oceanogr. Mag., **14**, 135-139.
- REID, J. I. Jr. (1962): Observations of inertial rotation and internal waves. Deep-Sea Res., **9**, 283.
- NAN-NITI, T., H. AKAMATSU, T. NAKAI and K. FUJI-I (1964): An observation of a deep current in the southern east sea of Torishima. Oceanogr. Mag., **15**, 113-122.
- TAKENOUTI, Y., T. NAN-NITI and M. YASUI (1962): The deep-current in the sea east of Japan. Oceanogr. Mag., **13**, 89-101.
- NAN-NITI, T., H. AKAMATSU and T. NAKAI (1964): A further observation of a deep current in the east-north-east sea of Torishima. Oceanogr. Mag., **16**, 11-19.
- NAN-NITI, T., H. AKAMATSU and T. NAKAI (1965): A Deep Current Measurement in the Honshu Nankai, the sea south of Honshu, Japan. Oceanogr. Mag., **17**.

討 論

討論者 寺本俊彦 (東大海洋研)

ただ今赤松さんが、主につり合いうきを使った深層流測定について具体的なことを述べられたわけですが、深層流測定がどうして大切であるかは今ここで申し述べなくてもよい位よく知られていると思う。すなわち浅い所の流れについては観測もかなり沢山ある。直接測流もあり、又流れの力学的な推算も行なわれている。そこで少なくとも大循環の時間平均的な状態については定性的にわかっているといってもよいが、深層の流れについての観測はほとんどなかった。一方その理論は大きな仮定を含むのでその結果が正しいかどうかかわからない。最近、特につり合いうきを使った、測流の結果をみると深層流速は0ではないらしく底まで積分されたその流量はかなり大きくなり浅層の流量に対して、決して無視できない。従って海洋の大循環を考える場合、深層の流れを無視して論ずることはできない。しかし、深層流については実測がほとんどないため、定性的なことがわかっていないのが現状である。さて、赤松さんのなさった測定、研究はおそらく国産の装置を使って行なわれたと思うが、その装置には技術的に不十分なことが多いはずである。事前に具体的なことをうかがってはいないのでよくわからないが多分そうであろうと私は想像している。まだ名人芸的な技術を必要とする所もあると思う。それをを用い、最近、数日にわたる測定を行なっておられるわけで、そのことに対し敬意を表すると共にこれが数少ない深層流測定の中の一つに加えられ、将来引用されることを期待する。ただし今回の測定期間が数日であるのでそれが平均流の測定に対して充分かどうかは疑問であると思う。それは過去におこなわれた他の測定を見ると、2~3週間の長い周期(周期とってよいかどうかかわからな)を持った時間的変化が深層流の速度の速さとか方向について測定されているからである。さて、今赤松さん

の御発表になったことについて幾つか分らない点がある。又私は私なりに深層流測定につき考えを持っている。そこで私は討論者として講演者に質問させていただ共に深層流測定についての考えを述べさせていただく。くとまず深層流の測定についてであるが、方法としてはラグランジェ的な、たとえばつり合いうきを使うような方法と、オイラー的な方法、たとえばブイをアンカーして(あるいは船をアンカーして)流速計を取り付けて測る方法の二とおりの大きな方法に分けることができると思う。赤松さんのお話しになったのは前者の中の特につり合いうきによる方法だが、それについての私の疑点と考えを述べる。まず、つり合いうきであるが、それは静水圧下での圧縮率が水のそれより小さく作られているから、海表面近くの水中で適当な負の浮力をもたせておけばある深さまで沈下すればそれは止むはずであると思う。そのあと圧縮率が0ならば等密度面にそって運動するはずだと思うが、0ではない、すなわちリッドではないのでそのようには運動しない。一方又圧縮率が水のそれに等しくないので等圧面に沿って運動はしない。さき程赤松さんがうきの振動うんぬんといわれたが、どういう面に沿って運動しているのだろうか? 海水がたとえ等圧面にそって流れているとしてもはたしてうきそのものがそのまわりの水と共に運動するかどうか。要するにうきの運動は海中の密度分布と密接に関係しているものと思われるが、その関係についての詳細がよくわからないと申し上げたい。先程 ±100 m とかもっと大きな値をとって振動しているのはどういうわけかわからないとお話したが、他の測定では±数百mという振動も見られる。それらの理由が私にはよくわからない。深層流の測定については深層流が定常的であるかどうかまだわかっていないので実際にチェックしてみる必要がある。同じ深さの層へ、ある時間間隔で次々にブイを落して行って追跡をする、もちろん1隻でできるとは限らないが、この測定はやってみる必要があると思う。先ほどアトランチス

IIの場合には数層について同時観測を行なっているとお話したが、周波数を変えたり、装置を改良したりするならば赤松さんのとられてきた方法でも数層の同時観測が行なえるのではないかと考える。それはぜひやってみる必要があると思う。それから今までの海洋観測すなわち採水と温度の測定からジェオストロフィックな流速を計算した結果を、その観測と同時又はそれとあまり違わない時期に行なわれた或幾つかの層でのうきによる流速の直接測定値にリィフターさせる試みが幾つかなされている。その場合ある特定な深さの流れにリィフターさせると他の深さの直探測定値はその深さにおけるジェオストロフィックな値と方向、大きさとも一致しない場合が多く、一致しないばかりかたとえば方向が90度違ったり大きさもかなりちがう場合がある。そういう所をもっとしっかりチェックする必要がある。今まで述べたように深層流の鉛直方向の変化についての研究は大切であるが、水平方向の変化の研究もまた大切である。すなわち水平方向と僅か十数マイルあるいはよりすこし離れているだけでも流れの方向がまるで違い大きさも違う場合が観測されているから、そういうことについても、もっとチェックする必要がある。それが海底の地形の影響があまり考えられない所におこっていることに問題があると思う。つり合いうきによる測流の技術そのものを色々な面で改良すべきことは今まで述べたことと関係のある重要なことである。すなわち、ハイドロホンの感度を上げることを始め幾つかのことが考えられる。日本の場合でもハイドロホンの感度は赤松さんがお使いになっているもののそれより10倍近くよいのができつつある。それを使えば測定もだいぶ楽になるだろうと思う。ブラウン管上で信号を目で追いかけるのも結構だが自動的に時間差を測ることを考える必要があると思う。周波数を変えることによりいくつかのブイを追跡できるようにする必要もある。日本で使っているブイはスワローのと同じ特殊アルミニウムの管であって、かなり長い12フィートとか8フィートのものを二本まとめたもので、扱いにくいものであるが、アトランチスIIが持っていたガラス球は手軽であった。将来その面も考えなくてはならない。ただウェブスターの話ではあのガラス球は名人芸でまだ売物ではないとのことである。外国でできるなら日本でもできる。材料の問題があるにしてもできるだろうと思う。操船の問題も重要である。特にブイからの信号を受けるとき受信の8字特性を利用するため自由に回転しうるようではなくてはならないので、バラスラクターのついている船は非常に有効と考える。測定の場合船

位を決める問題も大切である。日本近海では普通ロランAが使われているがオートロランを使えば誤差は1/10くらいによくなる。従ってうまくいけば±数十mで位置を決められる。ただし夜間は空間波をつかうために精度はおちると思うが、そうなれば動きながら信号を受信することも可能になる。スワローとハーモンの研究によると深層流ではフリクションの項とラグランジュ的な加速度の項が他のコリオリの項や圧力傾度の項に比べて二ケタか三ケタも小さい結果がでているが、それがでているのは大西洋での測定結果だから別な場所でもそうかどうかは分らない。特に海底の凸凹がひどいことなどのため流れのシヤの大きい所ではわからない。前に述べたのは流速1cm/sとか1.5cm/sのオーダーの場合であるが、海底の近くにおいても流速が10cm/sのオーダーに達することがあるかも知れないので、そういう所では調べて見る必要がある。さてラグランジュ的方法のほかに流速測定にはオイラー的方法がある。この中で特にムアードブイに流速計を取り付けて測る方法は深層流を測る場合も非常に有効であると思う。たぶんこの方法にも不確かさがないわけではないと考えられる。それはブイ自体が振動することである。もちろんこれを小さくはできると思うが。一方ラグランジュ的方法にも別な不確かさがあると思う。すなわち、ラグランジュ的方法ではブイの軌跡が直線にならないばかりか、慣性円等のノイズを除いた後の軌跡が複雑な形になることが多い。この複雑な軌道から平均流を求めるような場合には、どのくらいの期間にわたりどのくらいの空間的規模の中で平均をとったらいのかという難題がある。オイラー的方法の方が、その結果を時間的変化の面から解釈する場合やりやすいと思う。ラグランジュ的方法では、うき等が水の粒子と共に運動している場合にはその面から測定結果を解釈できるが、そうでない場合には時間的変化の面からも空間的変化の面からも解釈することが一般にむずかしいと思う。これからの測定には金のかかる大規模なものが多くなると思われる。今まで行なわれてきたラグランジュ的方法を更に発展させると共に、オイラー的方法についても国家的見地に立って多くの海洋学者が一致協力して研究をすすめて行くべきであると思う。

一般討論 座長 佐々木忠義 (東水大, 理研)

宇田 (東水大) 赤松さんに聞きたい。始めにうきの上下運動についてであるがこれは原因が不明であるか? かなり量が大きい、200~300mある。これは水中における密度の変化、それが内部波とか何かそれに該当する

ものがあるか？ 内部波では半日週期が卓越しているが、鉛直分布の場合こういった半日週期がみられるか？ つり合いの動きについて、慣性運動というもので、緯度の項を入れて計算された周期とさっきの 24 時間、23 時間とどの程度一致するか？ もう一つ 1,000m、2,000m の深さにおいて地衡流にどの程度の差があると解釈できるか？ こういう動きがこれと比較した結果をうかがいたい。

寺本さんに、最近超音波流速計を考案、試験されているが、今までのオイラー法やラグランジュ法について新しい結果が得られているかうかがいたい。

赤松（気象庁） 上下運動については明確にわかっていない。週期をみると、どの週期が卓越しているか出ていない。慣性運動による週期の計算との差は数十分で、たとえば、24 時間に対して 24 時間 12~13 分、又 23 時間に対し 22 時間 44 分ぐらいである。次にこういう観測を行なった場合、平均流向に対して直角並びに同方に 4 点の各層観測を海底まで行なう。地衡流を計算するのは流層を仮定して行なうのでどうにでもなる。求められた結果を地衡流のデータの中にリッファーして表面までもってくるとあう場合もあり、あわない場合もある。結局リッファーさせるとき無流層がどこにあるか、あるかないのかが問題になる。

南日（気象研） 200~300 m は深さに対して 1 割程度であるから、いくぶんの鉛直変動があるかもしれないが、測定の問題がある。水平より鉛直の方が小さい。5,000 m に対して、1,000 m 程度なので入射角が少し変わると大きく変わる。こういう誤差が入ってくると思う。地衡流については大きな原因は力学計算を適応する場合、いろいろ仮定がある。こまかいところまで観測ができるようになり、くい違いができたのである。平均としてはよい。測定値より計算すると各断面の地衡流の鉛直分布が一致してくれない。その原因はよくわからないが、観測してみるとやはり慣性運動が卓越している。こういうことから成り立つところと成り立たない所がある。

寺本（海洋研） 超音波流速計を作った理由は、一番

良いからでなく、大循環その他の機構をみるためにブイを縦横方向に分布させ、時間的にも長い時間とることがよい。ラグランジュ的方法是先ほどのもので確立されているが、オイラー的方法是確かなものがない。そういうことから試作した。これを用いて流れの早い所、おそい所のテストの結果、船を止めることができれば、メーターが水中で横ゆれしたりすることを注意すれば使える。波による影響はデータ処理の時フィルターできる。位置を正確に知る必要があるが、オートロランを組み合わせで使用することを考えている。状況により数十mの精度で決められる。船のウインチの関係上、深さは 1,000 m までであるが、もっと深くても測定できる。

日高（海洋研） 上下振動についてであるが、1,000 m 以上の深さになると密度の鉛直変化が少なくなるので、安定度が小さくなる。そうすると、安定度の平方根に比例して週期が長くなりダンピングも少なくなる。始め 2,000 m にすると 500~600 m ぐらい深く沈んでまた上り、なかなかおちつかない。深い所で安定度が小さいので振動するのであろう。

宮崎（防衛大） 観測点は鳥島付近だが観測点を選んだ理由は？

赤松 伊豆海淵付近の鳥島と小笠原との間がギャップになり、等深線が東から西に入っている。はたしてあそこの水が深い所へ行くかどうか確かめたかった。測定しやすいからだけではなく、生物の方から西から東へという話があったし、かつて遠州灘沖の冷水塊があった時に東から西にということもあり確かめたかった。6~7 月は気象的に安定であるので測定しやすい。また、深さの限度が 5,000 m でそれより深い所は困難である。また、表面の流速が 2 ノット以下でないといふむずかしい。もう一つ鳥島近海で行なった理由は一番最初に三陸沖で観測しており、2,000 m では南に向っていた。日本海溝に沿って流れている。その南側で測定し、まん中でも測定する積りでいる。

宮崎 観測値は等密度面に沿っているか？

赤松 平行している。

2. 深海底層流の測定について (II)

佐々木忠義・渡辺精一

Mesures des courants au fond (II)

Tadayoshi SASAKI et Seiichi WATANABE

Résumé: Après avoir essayé à plusieurs reprises en pleine mer, nous avons perfectionné un courantomètre de fond dont le déplacement du pendule sphérique dû à un mouvement de l'eau et enregistré par un appareil de photo permet d'obtenir la vitesse de l'eau près du fond et mis au point une méthode de son installation sur le fond profond. Les mesures faites jusqu'à présent montrent que la vitesse de l'eau change sans cesse même au-dessous de 4.000 m de profondeur et qu'il peut exister un mouvement dans la couche profonde tout différent de celui dans la couche superficielle ou intermédiaire.

Quand il s'agit à la seconde étape de la mesure continue à long terme, l'installation, l'entretien et la récupération de l'appareil deviennent un problème essentiel. A cet égard, nous passons en revue la possibilité de l'application de notre bouée sous-marine remplie de l'essence et utilisée pour une autre recherche à la recherche des courants de fond ainsi que le système de bouées de Richardson utilisé dans la région du Gulf Stream. Nous expliquons enfin de quelques courantomètres utilisables pour les courants profonds.

1. 球形振子流速計による最近の測定結果

われわれが研究試作した底層流測定装置には三脚式と四脚式の二つがある。いずれも、海水の流動によるピンポンボール振子の偏位を水中写真法によって記録し、実験式から流速を求める方式である。三脚式はピンポンボール振子、水中カメラ、ストロボ、方位計、傾斜計など測流に必要な最小限の装置を備えたもので、主として相模湾の 1,300 m 以浅で測流を行ってきた。四脚式は上記の諸装置の他にソーナーピンガー、水温計、採水器、圧力スイッチなどがあり、最大使用深度は約 10,000 m である。これは装置が複雑であるだけに試作してから 2~3 年は所期の成果が得られなかったが、機会あるごとに臨海実験をくり返えしつつ改造を加え、JEDS-8 において水深 1,770 m の地点において始めて底層流の測定に成功し、JEDS-10 においては水深がそれぞれ 1,910, 4,060, 4,255 m の 3 地点において何れも測流結果を得ることができた。

1) 三脚式測定装置による毎時間観測

本装置の記録用水中カメラは約 100 コマのフィルムが収納されているので、20 秒間隔で約 33 分間連続記録す

ることができる。この間、観測船のドリフトの影響が着底している装置に及ばないようにすることは困難であるから、ロープを繰り出しながら 3~5 分 (9~15 コマ) 記録して直ちに装置を吊り上げるようにしている。

測定を行なったのは静岡県伊東の東北東 7 km、水深 310 m の地点で 11~16 時の間、1 時間ごとに 6 回の測定を行なった。底層流の測定終了直後に漂流板による表層流の測定も行なった。Fig. 1 において、底層流は太線で、表層流は細線で流向を示してあり、それぞれの同一番号はおおよそ同時刻の両測定を表わしたものである。No. 3, 4 の底層流測定は装置が大きく傾斜して着底したため、ピンポンボールが水中カメラの視野からはずれて測流は失敗した。測定はいずれも漲潮時に行なわれた。表層流は概して北西方向をとり、沖より岸側に向っているのに対して、底層流は北東に向っている。測定点付近の海底は等深線からわかるように南東より北西に向って浅くなり、平均 10° の急斜面をなしている。底層流はこの斜面につき当って等深線に沿って右に向きを変えたものと推測される。同時刻における表層流と底層流を比較してみると、底層流の流速は表層流の流速に対応していないし、両者の流向のなす角と流速との関連も見出すこ

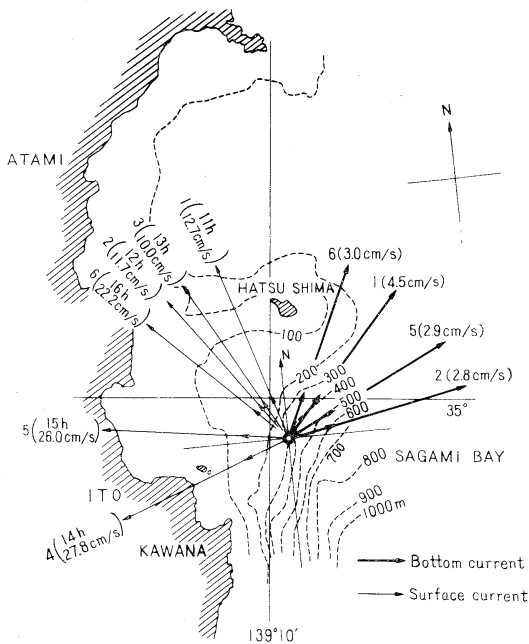


Fig. 1. Measurements of surface and floor currents every one hour, depth 310 m, Sagami Bay. Heavy arrows show floor currents and fine arrows surface currents.

とはできない。これは No. 3, 4 の底層流測定が装置の大きな傾斜のために失敗したことからわかるように、ほぼ同一の地点においても局部的な地形の起伏により全体としての流速・流向と異なった局部的な複雑な流れを呈するためであろう。

2) 四脚式測定装置による底層流測定

前に述べたように、この装置では 1964 年の JEDS-8 において始めて測流に成功した。試作当時とくらべて大きく改造された点は装置の安定性に関する部分である。Fig. 2 は改造された四脚式測定装置の外観である。角型の枠の高さを 40 cm 縮小し、短い辺の両側に斜めに延びる補助脚を取りつけた。これらの改造により枠の高さは 160 cm となり、長辺の長さは変わらないが短辺側における補助脚の間隔は 225 cm となった。ソーナールピンの電源部、発振部、発振制御部の 3 本の円筒型耐圧容器は、当初は鉛直に取り付けたが、これらを送波器と同じ平面上に水平に取り付けて装置の重心を下げる事ができた。次に枠の上部の 4 本の吊り手を鋼索の代りにナイロンロープとし、観測船のテーパードワイヤとの間に長さ 25 m のナイロンロープを接続し、着底の際重量の大きなテーパードワイヤの横方向の力が直接装置にかかりにくいようにした。その結果、前に述べたように

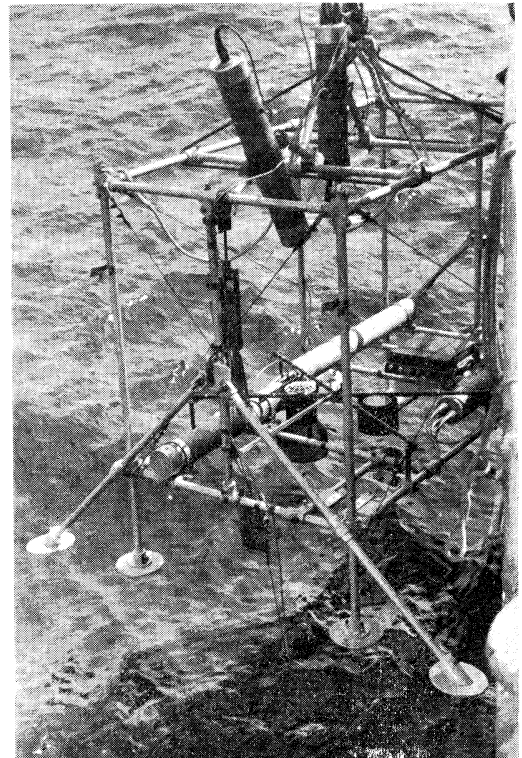


Fig. 2. The tetrapod type instrument for measuring sea floor current before lowering.

4 回の測定はいずれも成功した。次にそれらの測定結果の概要を述べる。

JEDS-8 における底層流の測定は北海道襟裳崎東方 90 km, St. H_{13B} (42°03'N, 144°39'E, 水深 1,770 m) において行なわれ、20 秒間隔で連続 8 コマの記録が得られた。流速は始めの 1 コマの記録は 16.5 cm/sec であったが、その後は 8.4~10.4 cm/sec を示し、流向は 67° 方向から順次 51° 方向に向かって変化している。

JEDS-10 においては Sts. I₅, I₆, I₂₃ の 3 地点で測定を行なった。St. I₅ (30°36'N, 139°11.5'E, 水深 1,910 m) における底層流は 1.3~5.6 cm/sec の流速を有し、流向は方位計の故障の為に不明であった。ほぼ同一地点の GEK による表層流の測定値は、底層流測定の前 3 時には 104° 3 cm/sec, 9 時間後の 24 時には 46° 3 cm/sec であった。St. I₆ (30°18'N, 137°59'E, 水深 4,060 m) における底層流は 284° 2.2~2.8 cm/sec, 表層流は 12 時間前の 4 時には 243° 4 cm/sec, 2 時間後の 18 時 15 分には 185° 2.5 cm/sec であった。St. I₂₃ (28°00'N, 138°00'E, 水深 4,255 m) における底層流は 331° 1.2 cm/sec, 表層流は 18 時間前の 1 時には 201°

2.5 cm/sec, つり合いうきによる 1,000 m 層の流れは 64 時間余の追跡の結果 $138^{\circ} 3.8$ cm/sec であった。なお表層流と中層流の測定は気象庁が行なったものである。

2. 連続観測用底層流測定装置の考案

われわれが研究・試作した底層流測定装置は、測定中観測船と海底の装置とがロープでつながっているの、前に述べた理由により 10 分以上の連続した測流データを得ることは困難である。従って同一地点で更に長時間の連続観測をしたり、流動の深度分布を得るためにはそれに適した測定装置が必要である。しかし、そのような装置を必要な時間或いは期間中安全に設置し、無事に回収する方法に大きな問題がある。そこでわれわれは前記のものと同じの測定原理に基づく装置、錨着したブイによって数日間海底に設置して連続観測できるような新たな装置を考案した。

Fig. 3 は測定装置の見取図である。各部について概略の説明を次に列記する。

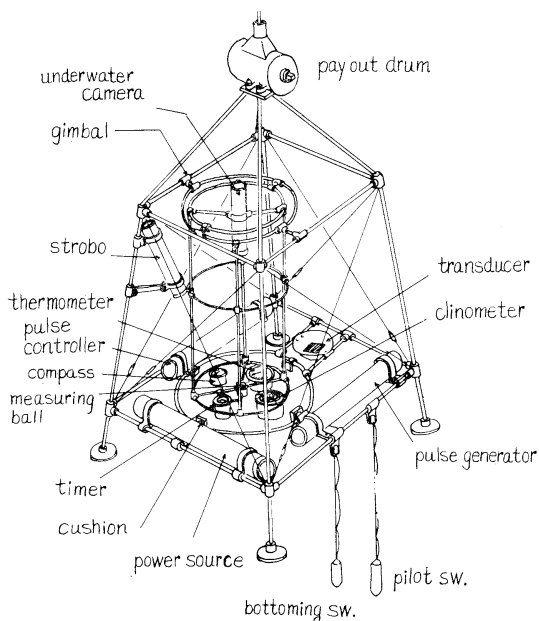


Fig. 3. A plan of the current meter for continuous observation.

外枠：装置の各部分を取りつけるアルミニウム合金管製の枠で、上部に吊り下げ用スイブル、ロープ繰り出し装置を持っている。

可動枠：外枠の上部からジンバルによって吊り下げられている円筒状の枠で、記録用水中カメラ、測定ボール、

ボール保持器、方位計、傾斜計、水温計、時計など測定に必要な諸装置が取り付けられている。海底が傾斜面であっても可動枠はジンバルによって鉛直方向を保持する。

水中カメラ：耐圧容器内に納められた自動カメラで、1 時間毎に数コマの記録を 2 日余に亘って連続できるようにする。コマ数或は休止時間をあらかじめ変えることにより連続記録時間を変更し得る。

ストロボ：水中カメラからの電気信号で 100 WS キセノン放電管が発光して被写体を照明する。

時計：乾電池を電源とするモーター時計で、ダイヤルおよび指針は水中カメラで記録しやすいようにする。あらかじめ設定した間隔、継続時間で水中カメラの動作を制御する。

方位計：測定ボールの偏位方向を知るための磁石方位計で、ダイヤルは水中カメラで記録しやすいように簡潔太線とする。

傾斜計：測流関係の諸装置はすべて可動枠に取りつけられているので外枠が傾斜して着底しても鉛直方向を保持する筈であるが、その監視用としておもり式傾斜計を備える。

測定ボールおよびボール保持器：測定ボールは小穴をあけて内外の圧力がバランスするピンポンボールで、約 70 cm のテグスで水中カメラの窓の中心から吊り下げられている。このボールは測定装置が海底に到達するまでボール保持器に納められ、着底スイッチの作動によってボールは解放される。

着底スイッチ：耐圧容器内に納められた水銀スイッチで、着底して横位置になるとスイッチが閉じてロープ繰り出し装置のかけがねはずし、測定ボールの解放、水中カメラの作動が開始される。

パイロットスイッチ：着底スイッチと同じ構造のスイッチである。測定装置を海底に設置する際にまずパイロットスイッチが着底し、後述のピンガーのパルスが変化してパイロットスイッチの着底を船上の操縦者に知らせる。これによって錨、おもり、装置本体の着底を予知し、確実なロープの繰り出し、ブイの取り付けなどの操作が行なえるようにする。

ピンガー：装置を安全に海底に着定せしめるため、あるいは装置の完全な動作を船上において知るために必要な超音波信号装置である。ピンガーは大別して発振器、送波器、電源および船に設けられるハイドロホン、受信器よりなる。パイロットスイッチが着底すればパルス信号が変化して船上に知らせ、着底スイッチが着底すれば更にパルス信号が変化する。

ロープ繰り出し装置：数十mのロープを巻いたドラム、かけがね、かけがねはずし装置などで構成され、外枠の最上部に取りつけられている。本体が着底すればかけがねがはずれてロープ巻きドラムは自由となる。流動の変化によって設置用ロープの傾斜が変化したり、おもりがずり動くようなことがあっても、ロープはドラムから自由に繰り出されて装置の外枠の移動、転倒を防止する。

測定装置本体を海底に設置するにあたっては繫留ロープに及ぼす抵抗力によって移動したり転倒したりしないように、おもりや錨の固定具、ロープと接続金具、ブイなどが必要である。後に述べるようなガソリンを入れた水中ブイが長期間の繫留によく耐えることが実証されたので、それを利用した繫留装置の一案を Fig. 4 に示す。

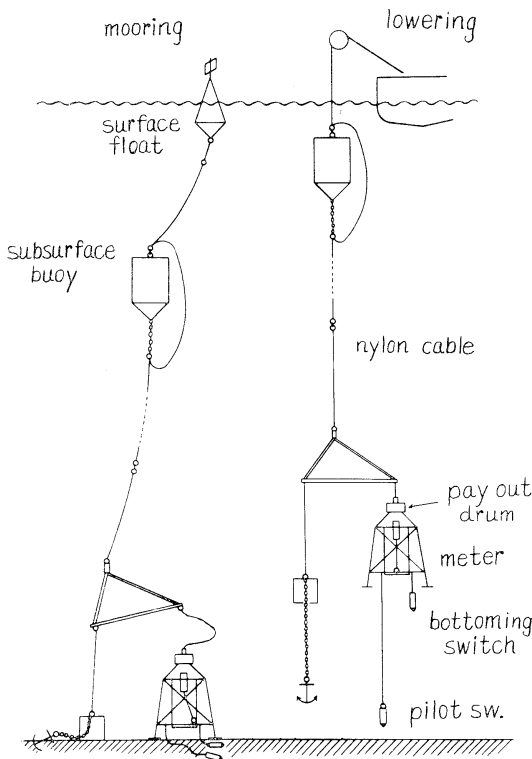


Fig. 4. Lowering and mooring of the current meter.

ロープの下端の吊り下げ腕に測定機本体、おもり、鎖が吊り下げられる。水深に応じて順次ロープを接続して下降させ、海底に接近するに従ってピンガー信号に十分注意してゆるやかに下降させる。パイロットスイッチが着底すれば信号音に変化するから直ちにロープを数十m巻き上げ、水中ブイを接続して下降を続ける。再びパイロットスイッチの着底により信号音は変化し、更に下降さ

せれば錨、鎖、おもり次いで装置本体の順に着底する。この時着底スイッチが閉じて再び信号音に変化し、測定ボールの解放、記録、ロープ繰り出し装置のかけがねの解放が行なわれる。水中ブイは装置本体の着底と同時に下降を停止し、流れが特に強くなければ予定の位置にとどまる。更にロープは繰り出され、十分な余裕をとって水面ブイに接続され、設置を終了する。

水中ブイは水面下数十mに位置しているので風浪の影響が殆んど無く、船舶の航行、人為的の妨害にも安全である。ブイは内外の圧力が平均しているため流動によって更に深い位置に引きこまれても水圧によって破壊されることがない。水面ブイには標識、レーダー反射板を備えて回収を便ならしめているが、設置場所を沿岸の目標によって決定できる場合には水面ブイは不要であり、この場合の回収方法については後に述べる。

3. ガソリンを封入した水中ブイ

ナイロン（比重 1.09~1.14）、ポリプロピレン（比重 0.9~0.91）など水中において重量が殆んど問題にならないロープで海底の設置物を繫留する場合に、ガソリンを満たした水中ブイが有用であることが実証された。

Fig. 5 はわれわれが製作したブイ及び繫留状態を示す概略図である。ブイは 1.6 mm 鉄板製の 200 l ドラム缶を 2 個縦につなぎ合わせたもので、一端にガソリン注入口とコック、他端にコック閉閉ハンドルがあり、閉閉軸はブイをつらぬいた管の中を通っている。ブイの容積は約 450 l で約 62 kg の浮力を有する。この程度の浮力ではロープ及びブイに及ぼす抵抗力の垂直分力のため更に深い位置に沈降するので、一定方向に強大な流れのある海域では使用困難であるが、一般海域では設置した深度に位置している場合が多い。沈降によって抵抗力を減殺するので設置物、海底固定装置の重量が小さくてすむのも特長の一つである。

われわれが実際に行なった方式は、海底の設置物の重量約 140 kg、錨は 60 kg のもの 1 個、ロープは直径 12 mm のナイロン製で、相模湾伊東沖の水深 650, 900, 1,100 m の 3 地点に設置し、2 か月~1 年の間水面下 25~60 m の変動の範囲で異状なく設置されたことを確認している。位置の決定は見通しのきく島や山を利用し、音響探知機で入念に探査することによって行なわれるが、それが不可能な海岸より遠い地点では波浪に対して特に留意して製作した海面ブイを更に取り付ける必要がある。

回収の際は音響探知機で水中ブイの位置を確認してそ

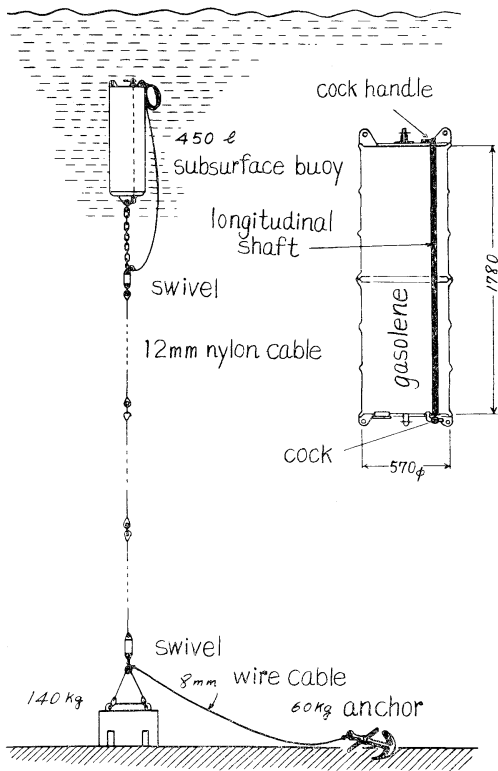


Fig. 5. The subsurface buoy having been moored safely for one year or more.

の付近に標識を浮かせ、これをはさんで数百mの4mmワイヤロープを中央部が水中ブイより十分深く沈むように張り、移動して水中ブイをひっかけて水面まで引き上げる。ブイの上部の回収用ナイロンロープをウインチに取り設置と逆の順序で設置物を回収する。

4. 海面ブイで繫留した RICHARDSON 他 の測流方式

中層・底層を含む流速の深度分布を測定する場合には、抵抗力の垂直分布で深く沈降する水中ブイや、垂直分力を小さくする目的で水深よりはるかに長いロープで繫留する海面ブイの方法は、中間に取りつけた測定機の深度が海水の流動変化に伴って大きく変動するので採用することはできない。ロープをなるべく短くした、従って大きな垂直分力に十分耐えるような大きな浮力を持った海面ブイや重量の大きな海底固定装置で構成された繫留方法が採用されなければならない。この場合ブイ、錨、おもり、ロープなどが受ける抵抗力は複雑で分析はむずかしい。従って計算や設計には多くの仮定条件が組み合わされることになる。航路標識など浅海に設置されたブイ

から得た経験などから推定して仮定はできるだけ正当なものとしなくてはならない。W. S. RICHARDSON らが Gulf Stream を横断して延々 1,150 km に亘って 106 の station を設けて流れの深度分布を測定した方式は、測流はもちろんその他の連続観測方法に関して大きな示唆を与えるものである。Fig. 6 はこの方式の基本的な型を示す略図である。

ロープは始め 14 mm のポリプロピレン (切断荷重 2.3 トン) が用いられ、500 m 長さのものを水深に応じてつぎ足す方法が採られた。このケーブルは切断荷重近くまでひっぱられると 40% も伸びる。この性質は非常に有用で、ブイの動揺によるロープへの衝動を吸収し、流動により張力が変動してもロープ中間の諸計器をおよそ一定の深さに保つ作用もする。然しながら規格強度近くまでひっぱられるとプラスチック変形をして張力が弱まっても元の長さに戻らなかったり、撚りのためロープや計器が回転する難点があった。それで、次には同じく

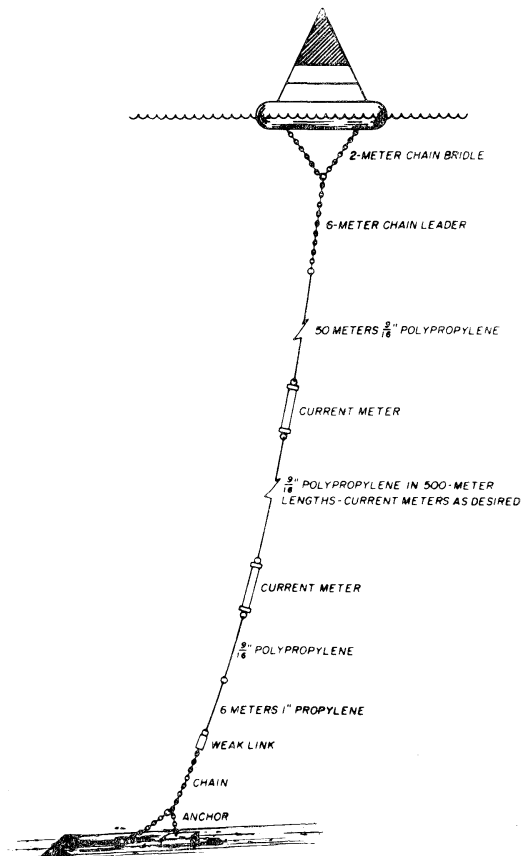


Fig. 6. A buoy station designed by RICHARDSON and others.

14 mm の編組ナイロンロープ (切断荷重 3.8 トン) が使用された。

ブイはその安定度, 重量, 大きさ, 強度, 抵抗力などについて十分検討されて製作したものである。繊維ガラス製, 直径 244 cm, 内径 91 cm のドーナツ型, 重量 270 kg, 浮力 2.7 トン, 全体が蛍光性のオレンジ色で塗られている。塔は 7.6 cm アルミニウムチャンネル製, 高さ 305 cm の三脚型で, その上の座には標識灯と風速風向計, 無線機, アンテナ, キーがついている。無線機は全トランジスタ方式で 2W 2,398 kc/s, 信号は 320 km まで認められ, 160 km の範囲で方向探知できる。レーダー反射板もついているが曇りのときはよい標的になるが荒天時には余り役に立たないようである。

測流記録は流速計の内部で行なわれるのでロープと計器は是非とも回収されなければならない。早期に設置された繫留装置は錨も回収される方式だったが, 固定装置の重量が回収作業を困難にする場合が多いので, 後には

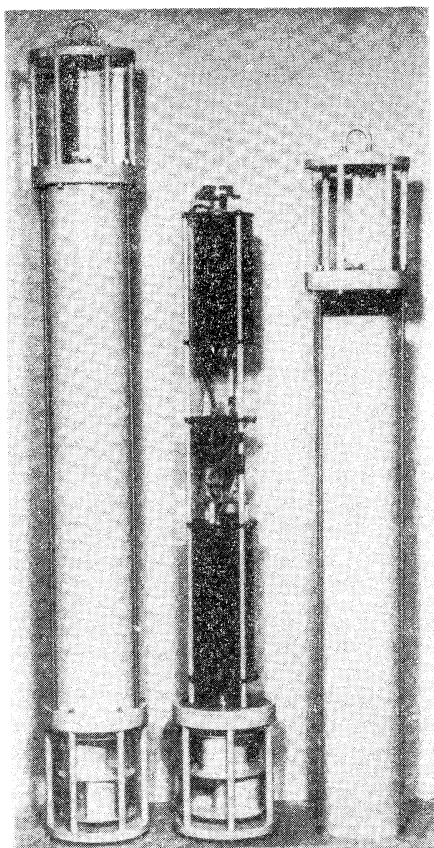


Fig. 7. The RICHARDSON current meter in its normal vertical position. At the top is the vane, the bottom the rotor.

錨の離脱装置が考えられ, 試験された。又 12 mm 径のフーズロープが最下部に接続されている。錨を入れるときは一般には垂直分力が無視できる程の長尺のロープを使うわけであるが, この場合にはロープが短かいので鎖のおもりをつけ, それから錨の導索が伸びるようにしている。試験の際 230 kg の鎖, 30 kg の錨が数マイルもひきずられてしまったので, 測定に際しては Gulf Stream には 360 kg のおもり 2 個, その他には 1 個のおもりがつけられ, 錨は 41 kg とした。観測の後期には P. B. STIMSON により新しく設計された錨が使用されたが, その重量が最深部 (約 6,000 m) 用として 680 kg, Gulf Stream 用として 1,360 kg, 海岸用として 360 kg もあるのは, 初期の station の故障は海底固定力の不足が主な原因であったのであろう。

この観測に用いられた流速計 (Fig. 7) には数々の特徴がある。流速・流向の記録機その他を収納する容器はたて形円筒で, 繫留ロープの接続部として使用することができ, その許容引張力は 3.2 トンもある。容器の下部には Savanius rotor があり, その回転軸に直角の平面上の流動に対しては無指向性である。Fig. 8 からわかるように毎秒 0.3 余回転のローターが静水中で停止するまでに 4 分を要するという非常に小さな摩擦の軸うけでローターは支えられている。0.5 cm/sec (0.01 kt) から 250 cm/sec (5 kt) の流速に追従するが直線的な特性は

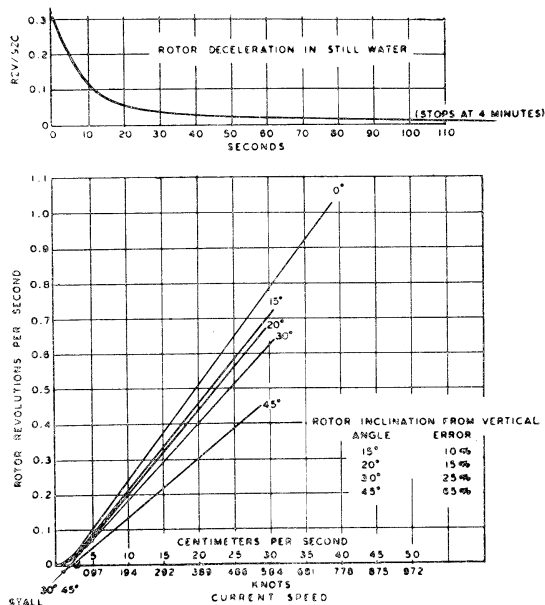


Fig. 8. Rotor calibration curve of RICHARDSON current meter.

2.5 cm/sec (0.05 kt) から上のようなのである。精度は 0.01 kt±100%, 0.3 kt±3%, 3 kt±3%, 又、計器が傾斜した場合の誤差は 5°-3%, 10°-6%, 20°-12%, 30°-20% でこの点においても 繫留ロープは水深よりあまり長くすることはできないわけである。

方位は計器上部の羽根と内部のコンパスで測定され、誤差は流速 0.01 kt のとき 10% 以内、0.03 kt のとき 2% 以内である。羽根と水密容器との位相角および容器とコンパスとの位相角をそれぞれ信号円板の 7 チャンネルの光の組合わせに変換し、オプチカルファイバーでカメラに導いて 16 mm フィルム上に記録する。流速も光のパルスに変換し、同様にしてフィルム上に記録する。フィルムを現像後、流速はパルス間隔から、流向は 2 組の 7 チャンネルの光の組合わせからわかる。

この観測結果の第 1 報には、流向のデータはふらつきが多くて詳細な分析には用いられず、流速の大きさの

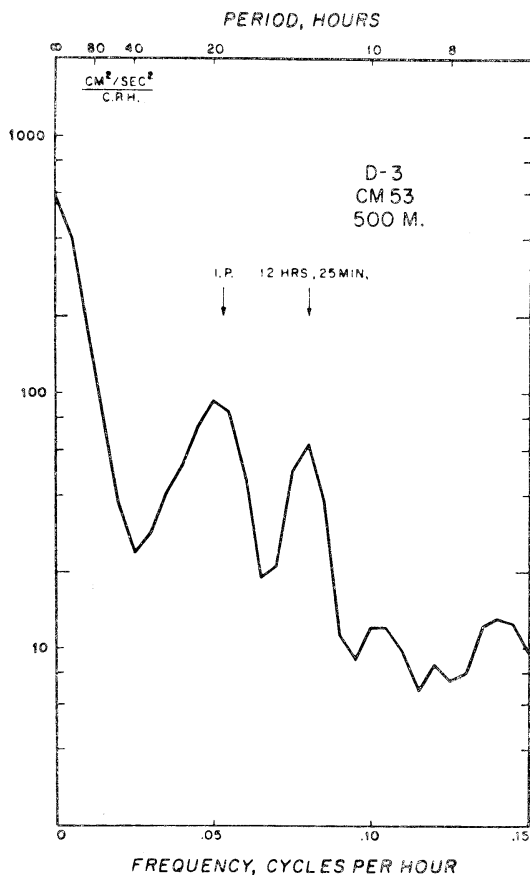


Fig. 9. Power spectrum of current speed, St. D-3.

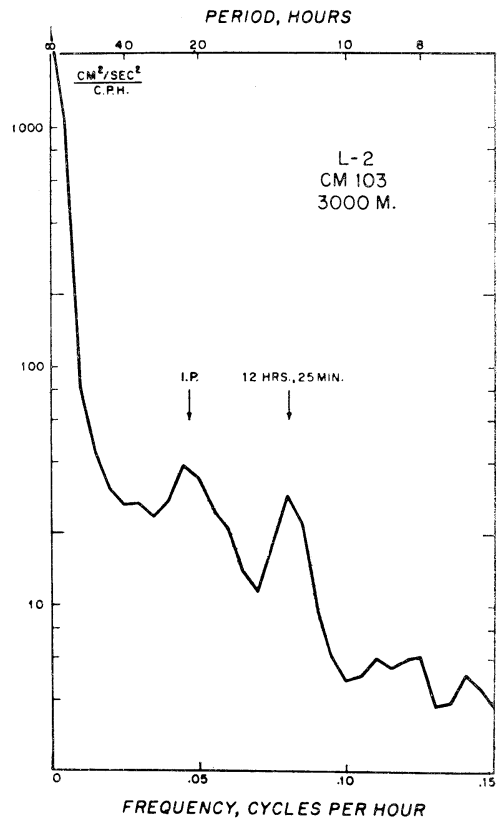


Fig. 10. Power spectrum of current speed St. L-2.

energy spectra のみ検討されている。Fig. 9, 10 は約 5° の緯度の差がある二つの観測点の流速の Power spectrum である。いずれにも約 12 時間半の周期を持つ半日周潮流と 2, 3 日以上長い周期及び St. D-3 には約 20 時間、St. L-2 には 21½ 時間の慣性流の周期がピークとなって現われている。又値は明記されていないが非常に短い周期あるいは長い周期も観測されている。流向のデータにふらつきが多かったのはロープの撓りと引張力の変化に起因する計器の回転振動のためで、後に計器にひれをつけることによって回転がおさえられることがわかった。そしてこの観測にひきついて大西洋の赤道付近に観測点が展開されたのであるが、その詳細な報告はまた参考となるであろう。

5. 新しい球形振子方式 (逆振子方式) の流速計

底層流の測定に使用される流速計については第 3 回の深海研究に関するシンポジウム (1963 年 12 月 3 日) においていくつかを原理別に詳しく述べた。毎秒数 cm 以

下の低速用としては suspended drop や球形振子の偏位を水中カメラで記録する方法が最も適しているようで、われわれの流速計もその一つである。振子の偏位や方位計の指示を記録するために深海用水中カメラや照明装置を使用することは確かにやっかいな事で、何かこれにかわるものが考えられてもよさそうである。次に述べる流速計はいずれも球形振子を用いている点では変りはないが、球体の偏位の記録方法に特徴がある。しかしその記録方式のために球体自身は大形にならざるを得ない。

Fig. 11 は原子力研究所の福田氏発表の流速計で、15 ~ 30 日間の連続観測を目標としている。直径 45 cm のプラスチック球の内部に半球形コンパス、8 mm カメラ、照明装置を取納し、ロープで海底に設置して用いる。半球形コンパスは常に一定の方向を維持しているのので、流動によって球体が傾斜するとカメラの視野の中心線は低緯度の方角に移動して流速を指示し、流向は経度の変化として記録される。記録用としてカメラを用いながら、いわゆる水中カメラの構造でない点が興味深い。現在使用している水深は 10 m ていどで、中空のプラスチック球体で耐圧は十分であるが、これを更に深い場所で底層流の測定に使用するためには、補強用ステーあるいは強力材料による重量増加に伴って記録装置の軽量化も考えなければならないし、球体の圧縮に伴う浮力の変化などの問題もあって深海用としては技術的に困難が多いと思われる。

同じく球体振子の偏位の量で流動を測定する流速計にフランスの ERDELY の考案がある (Fig. 12)。球体の支え棒はジンバルで支えられ、支え棒の延長には釣合おもりがあって流動のない場合には支え棒は直立し、流速計の感度はおもりの位置で調節される。装置の枠が既知の方向に設置された場合はジンバルの二つの軸の回転の成分は流れの速さと方向を示す。しかし一般には枠の方向は不明であるからブロックゲイヤグラムに示すようにジンバルの二つの成分を指示する発振コイルの他にコンパスに連動してフォトトランジスタへの光の量を変化させ、トランジスタの抵抗変化で周波数を変化させる第3の発振コイルを備えている。これらの周波数

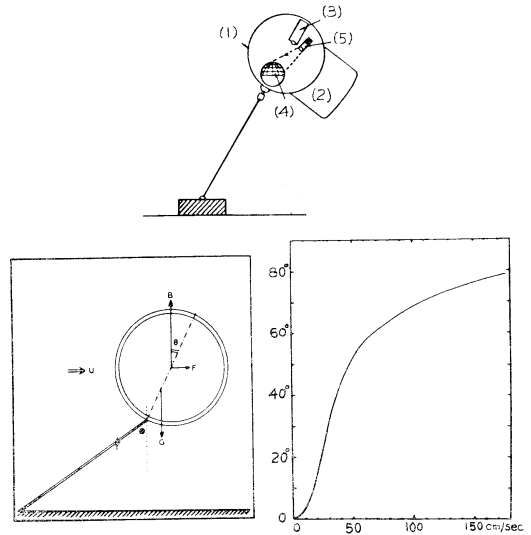


Fig. 11. M. FUKUDA's current meter, its schematic figure of balance, relationship between the inclination of the meter and the current speed. (1) Plastical case, (2) Vertical fin, (3) 8 mm cinecamera, (4) Spherical compass, (5) Lamp.

の電流は混合されて海面上又は装置に取りつけた増幅器と記録器に導かれる。水密容器に収納された記録装置と一体に組立てられたこの流速計はブイに設置して長期間の底層流観測に用いられるばかりでなく、ロープの中間に取りつけて中層流の測定にも使用できる。

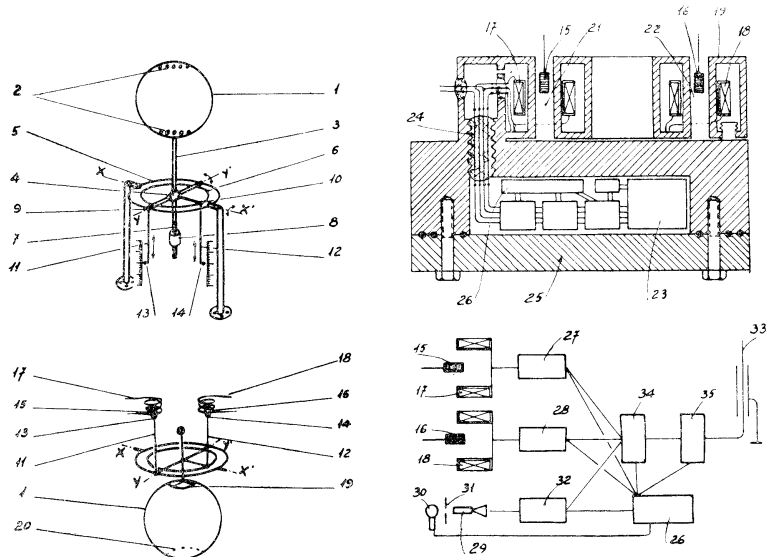


Fig. 12. A current meter invented by L. ERDELY, its schematic diagrams of pendulum, transducer and amplifier. French pat. No. 1,249,999

次に、連続観測はできないが船上から吊り下げて海底に短時間設置し、底層流測定を容易に実施できるような流速計 (Fig. 13) を考案したので概要を述べる。流動によって偏位する球形振子、大型のコンパスに取りつけられた半球おう面状のすず塗り記録板、着底スイッチにより振子をゆるやかに上下させる電動クランクがおもな構

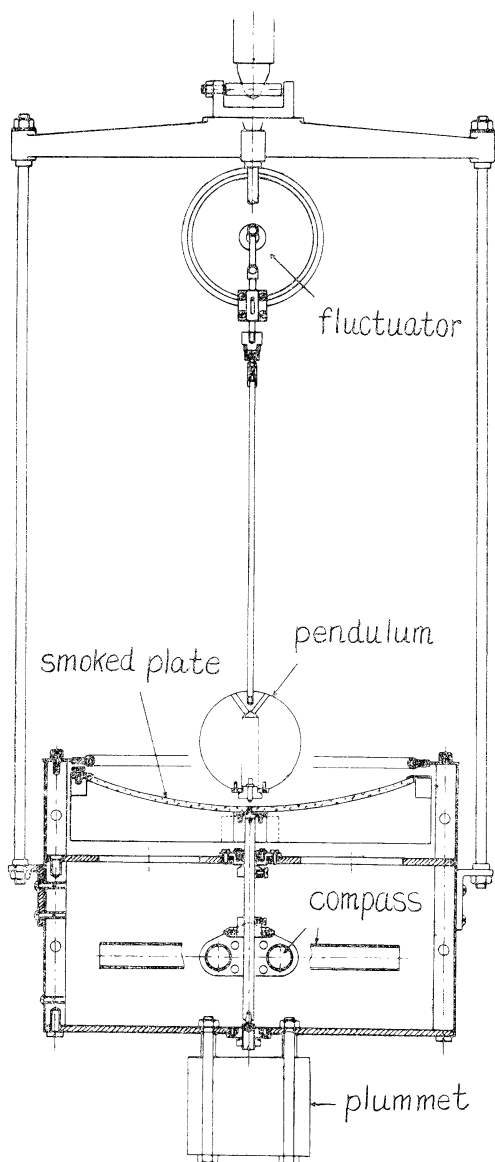


Fig. 13. A simple current meter planned by the authors. The point below fluctuating pendulum makes dotted records of measurement on a smoked bowl shaped plastics fitted with a magnetic compass.

成部品である。着底スイッチが閉じれば振子はゆるやかに上下して球体の下端にある突起によって振子の偏位を記録板上に打点記録する。記録板はコンパスにのっているから打点位置は直接流向を指示し、流速は打点の記録板中心からの偏位によって求め得るがいずれも測定時間中のすべての変動を記録してしまう。一回の測定ごとに船上に上げて記録板を交換する必要がある。直径 5 cm, 長さ 19 cm, 水中重量 2 g のポリプロピレン円筒形の振子は 10 cm/sec の速さでは渦による左右振動が大きいので、ひれをつけた流線形振子か球形振子がよいと思われる。

6. むすび

われわれが研究試作した底層流測定装置を連続観測ができるまでに進展せしめるために、現在の測定装置をそれに応じられるように改造したり、ブイステーションを設置する計画に関連して既の実施した測定例、水中ブイ、RICHARDSON の方式などについて述べた。この他、ソ連で実施された30日ていどの期間水深 5,000 m までの大洋中に設置するブイステーションもプラスチック製ブイをナイロンロープで繫留しており、その性能は RICHARDSON のものと大同小異である。レーダー反射板、無線機、夜間の標識用フラッシュランプ、ロープの緩衝器、錨などの付属品を含めてすべてが貴重な測定計器とデータの回収に関連しているから、観測船がつきそってられない長期のブイステーション設置には先例のステーションを参考にして緻密な検討が加えられなければならない。

文 献

- 1) EWING, A. VINE and J. L. WORZEL (1946): Photography of the ocean bottom. *Jour. Opt. Soc. Amer.*, **36** (6), 307-321.
- 2) 佐々木忠義ら (1962): 深海底層流に関する研究 (第1報). 日本海洋学会創立 20 周年記念論文集, 213-222.
- 3) SASAKI, T., WATANABE, S., OSHIBA, G.: New current meters for great depths. *Deep-Sea Res.* in press.
- 4) RICHARDSON, W. S., P. B. STIMSON and C. H. WILKINS (1963): Current measurements from moored buoys. *Deep-Sea Res.*, **10**, 369-388.
- 5) VINOGRADOV, V. V. (1962): Experience gained from moored buoy stations in the ocean. *Okeanologiya*, **2** (2), 346-352.
- 6) 佐々木忠義, 渡辺精一 (1964): 深海底層流の測定について, 「うみ」, 第1巻第2号, 90-96.

7) FUKUDA, M. (1965): The spherical current meter. Jour. Oceanogr. Soc. Japan. 21, 109-111.

8) ERDELY, L.: 流動測定装置, 特許公報, 特許出願公告 昭 40-23320.

討 論

討論者 高野健三 (東大海洋研)

この 10 年ぐらゐの間に深層流のデータは、さきほどもお話があった中立ちきという有効な測器ができたおかげでかなり多くなった。しかし底層流に関してはデータはそれほど多くなく日本とアメリカに少しあるだけである。それは、底層流はおそらく非常に弱くて、海底である程度のエネルギーが失われているはずであるにしても、その量は小さくて、海全体のエネルギー収支を考えると、あまり問題にならないだろうと考えられていることと、中立ちきほどの良い測器がないことのためではないかと思う。これまでアメリカや日本で行なわれた底層流の測定はピンポン球のふれとか、海水と同じ密度をもった液体のつぶの動きをカメラでうつす方式であって、20 分とか 30 分以上の長い間にわたっての測定は行なわれていない。底層流の変動についてはほとんどわからないが、少なくとも潮流はかなりあると思う。大陸がなく、海の深さが一様ならば、潮流の速さは毎秒約 3 cm か 4 cm であるが、現実の海では海底の地形や大陸の形の影響を受けるのでどうなるかよくわからない。たとえばソ連が B.P.V. という流速計で太平洋の 2,000 m の深さで潮流として毎秒 30 cm を観測している。この時は潮流を除いた流速成分はわずか毎秒 10 cm であった。そうすると 20 分とか 30 分の間の流速のデータがどういう意味をもっているのかははっきりしない。

船を止めておいて長い間観測するのも一つの方法であるが、潮流を求めるためには少なくとも数日間ないし 2 週間、またはそれ以上船を止めておかななくてはならない。しかし、1,000 m 以深で船を 1 点に止めておくことは相当むずかしいことで、これまでの例をみると、4,500 m の深さで船をけい留した場合にはせいぜい 2 週間ぐらゐが限度であり、メテオールが 5,500 m の深さで錨をおろして 2 日間留っていたというのが深さと日数の点で世界記録である。それで今までのように船と海底または海中の機械がケーブルやワイヤーでつながっている形では、10 日間とか 2 週間観測を続けることはむずかしい。中立ちきでは、3~4 週間以上追跡をつづけた例もある。もっとも底層流にも小さな時間規模の変動があるはずだから、それをとらえるということであれば 20 分あるい

は 30 分間の観測でも十分だろうと思う。しかしその場合にも流速計の時定数が問題となるし、その形があまり大きくなると本来の変動が乱されてしまうおそれもある。結局、船を止めての観測は前途多難ということになる。一方、1938 年ごろすでにアメリカのユーイングが海底地震計にブイを使う方式を考えている。そのころからアメリカでは主として地震計を海底に設置して、長時間観測する方法を研究していたようである。現在でも海底に機器を設置することの技術的問題については、海洋地震学の方が多くの経験を積んでいるのではないかと思う。この点では、日本でも、これまでは、海洋学の研究者よりもむしろ地震学の研究者の方が熱心であるかのようにみうけられる。深さ 80 m とか 100 m とかに別のブイをつけて、ある時間経過してから浮き上らせるか、そのブイから別の小ブイを打ち出して船が回収する水中ブイの方式は、底層流の測定の場合には、二つの異なる材質からできている 1 本のロープでおきかえることができるのではないかと思う。つまりロープの下半分には水よりやや軽いポリエチレンかポリプロピレンのロープを使い、上半分には水よりやや重いロープ、たとえばナイロンロープを使うとちょうどそのつぎ目あたりがたるむ。そのたるみが水中ブイの働きをするわけで、費用ははるかに安く、その上破損する危険が少い。このようなロープは、水平方向の漂流距離が非常に大きくなって、海面ではだいたい深さと同じぐらゐの長さを半径とする円を描くことができるほどである。それで、位置を正確に定めておかななくてはならない観測にはむかないが、底層流の測定はもともと機器は海底にあり、途中にぶらさがっているわけではないので、水中ブイを使わなくとも、この種のロープでその目的を達することができると思う。リチャードソンの流速計では、海底のいかりと海面のブイの間にいろいろな計器がぶらさがっている。これは当然一つの振動系を作るわけであるが、海流や潮流や風の力が加わるとどのような振動をするかその振動特性がわかっていない。そのため、確かな結論としては、今のところ、水の動きには慣性振動が卓越していることが得られただけである。

そういうわけで、ブイを使う方式では、流速らしいものが記録されたとしても、それが本当の流速を示しているのか、流速計自身の動きを示しているものなのか明らか

かではない。リチャードソンの流速計では、あらかじめ、ロープに張力計を付けてどのくらいの張力が働くか試験しているが、さらにいろいろな種類の傾斜計や加速度計を付けて、ロープに加わる力や、ロープの運動を測ることが、まず一番大切なことだと思う。ロープがサメに食べられてしまったり、海面ブイが漁師に持ち去られた例もすくなくない。たとえばスクリップスで数年前に2,000~3,000 m の深さで試験したブイのうち15個が切られてしまったが、波や流れによると思われるものはわずか2個で、ほかの13個は人為的に持っていかれてしまったとのことである。さらに計器に生物が付着する問題、水の中に僅かに含まれている酸素のため、ある種の金属は数カ月あるいは1年ぐらいで著しく損耗する問題なども解決しなければならないが、ブイによる観測は、観測される対象の種類によっては、将来は、費用とデータの質の点で、船を主とする観測にまさることになると思う。

一般討論 座長 南日俊夫 (気象研)

南日 (気象研) 底層流を測定したいちばん深い所は？

渡辺 (理研) 約4,200 m である。JEDS-10 で約13分ぐらいの短時間だが平均2.5 cm/sec 最小1.2 cm/sec ぐらいを測定した。

南日 こまかな変動があるがその原因は。

渡辺 流向の変化の記録にはピンポンボールの振動がはいっており、それはタンクテストの結果を考慮して取り去ることができる。もちろん乱流などもあるだろう。取り去った残りでも数十度の範囲で短い時間内に変化している。

南日 速度の変動は。

渡辺 20秒おきの記録だが1.5~4.5 cm/sec ぐらい変動していることもある。

南日 角度の変動はしょっちゅうあるか。

渡辺 測定ごとに必ず変動が見られる。

南日 中層流にはみられないが。

渡辺 我々の測定は底から30 cm ぐらいの所である。流速・流向ともに変動しているので一つの瞬間値しか得られない測器ではまずいと思う。経過時間に対する流れの変動を記録できるものか、平均値を示すようなものならよいが。

塩見 (日本海洋産業研) 海中ブイの場合、回収する方法は？

渡辺 700 m ぐらいの所に設置したときの事例では音探でブイをみつけてそこに表面ブイをうち、2隻の船で4 mm ワイヤを1,000 m ぐらい伸ばし、ブイより深くワイヤがなびいたことを確認してから静かに移動してブイをひっかけ、クレーン船で巻き上げる。

3. 太平洋深海底質コア中の珪藻遺骸群集

金谷 太郎*

Groupe de squelettes de diatomées dans des carottes au fond profond du Pacifique

Taro KANAYA

Résumé: En analysant les squelettes de diatomées contenus dans des couches supérieures de 130 carottes relevées du fond abyssal du Pacifique, nous avons choisi des espèces et des groupes reflétant la distribution de la température superficielle ou celle de la masse d'eau superficielle. Il a été constaté que les groupes récurrents de diatomées déterminés par la corrélation de l'apparition de l'espèce sont convenables pour caractériser la composition du groupe et que le dépôt superficiel au fond abyssal du Pacifique se compose de six groupes, groupe subarctique, groupe marginal du nord-ouest, groupe subarctique-central, groupe transitionnel du nord-est, groupe central et groupe équatorial. Ce résultat et des résultats précédents sur la distribution des planctons diatomés nous ont permis de déterminer les espèces d'eau chaude et les espèces d'eau froide.

Il se trouve une relation entre des groupes de diatomées définis par les groupes récurrents et la valeur de l'indice $T_d = X_w / (X_c + X_w) \times 100$ basé sur le rapport de l'espèce d'eau chaude à l'espèce d'eau froide. En tenant compte de ces résultats, nous avons analysé la variation de la composition des squelettes de diatomées contenus dans la carotte V 20-130 (36°57'N, 152°36'E; profondeur, 6.457 m; longueur, 1.015 cm) et évalué la fluctuation de la température superficielle quaternaire.

太平洋の深海堆積物に含まれる珪藻遺骸の研究は、近年、A. P. Jousé を主とするソヴィエトの研究者のソヴィエト極東海及び北西太平洋の研究により、かなりの資料の蓄積を得た。著者は、深海底質コアに記録を残す地質学的過去の地史を解釈するのに有効な準拠を得る事を目的に、太平洋底質表層の珪藻遺骸の種組成、分布、特徴の研究**を続けて来たが、ここにその概要を述べる。本稿は深海研究シンポジウムにおける講演の要旨であり、詳細にわたっては KANAYA and KOIZUMI (1966)¹⁾を参照されたい。

太平洋深海底質表層に含まれる珪藻遺骸堆積物の種組成を調べ、深海底に保存される珪藻種の地理的分布を求

めるための対象としてとり扱った底質サンプルは、北緯 55° 南緯 55° 間を代表する約 130 点からのコアより得た。その内、約 90 点は Scripps 海洋研究所の調査船により採取されたもの、約 35 点はソ連科学アカデミーの Institute of Oceanology の調査船により採取されたものであり、交換により Scripps 海洋研究所の所蔵に加えられ本研究に利用された。各サンプルは、コアの最上部から取られ、地質学的現在の堆積物を代表する。コア採取点の水深は過半数が 4,500 m 以深であり、3,000 m 以浅のコアは数点にすぎない。これ等対象としたサンプルの珪藻遺骸の含有量は堆積物 1 g 中 40×10^8 殻から 36×10^8 殻に及ぶ。

サンプル中に含まれる珪藻全種を鑑定した結果、約 220 の種及び変種が識別された。その内の殆んどが、海棲浮遊性種であるが、海棲底性種、汽水性種もわずかながら含まれる。これ等珪藻種の底質表層中の地理的分布を (1) 各種ごとの地理的分布を調べること及び (2) 各々の種の堆積物中の共存関係の解析に recurrent group

* 東北大学理学部地質学古生物学教室
Institute of Geology and Paleontology, Tohoku University.

** 本稿に述べる太平洋深海底質表層の遺骸群集の研究の大部分は、米國 National Science Foundation の援助 (Grant No. NSF-G7388) により Scripps 海洋研究所において行なわれた。

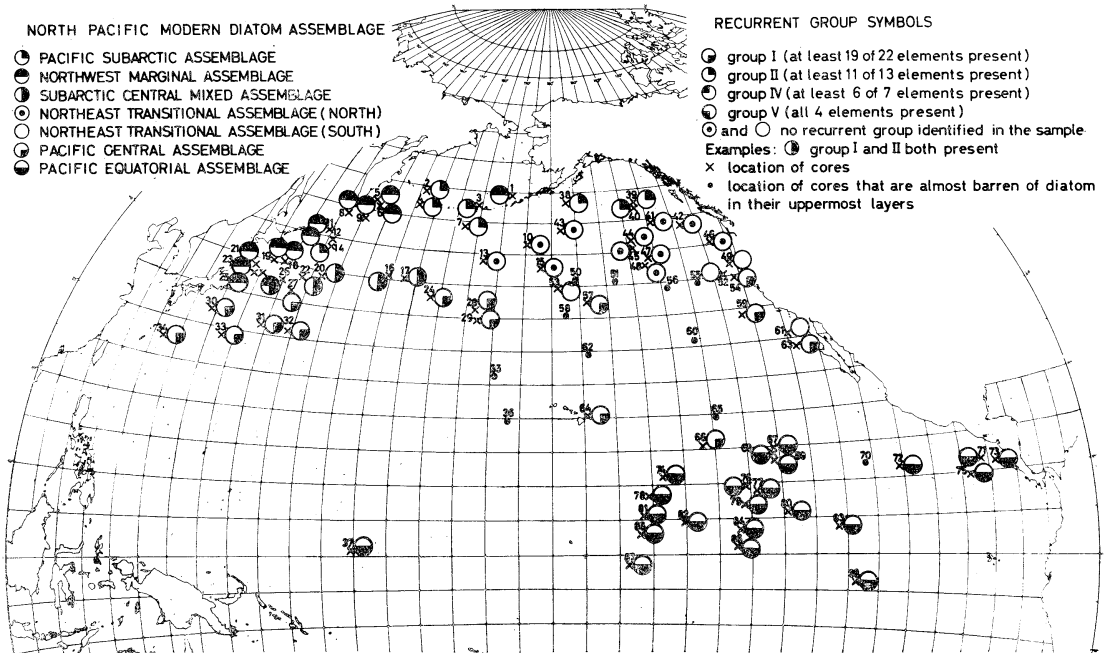


Fig. 1. Distribution of recurrent groups in the surface layer of deep-sea cores from the North Pacific, and of the North Pacific modern diatom assemblages defined. The characteristic species composition of each assemblage is definable in terms of recurrent groups of diatoms.

analysis (FAGER and MCGROWN, 1963)²⁾ を適用する事により検討した。その結果、北太平洋深海底質表層の珪藻遺骸の集合を、それぞれ固有の種組成と地理的分布をもつ次の7つの群集 (North Pacific modern diatom assemblages) に分類出来ることが判明した。(Fig. 1)。すなわち、Subarctic assemblage, Northwest Marginal assemblage, Subarctic-Central Mixed assemblage, Northeast Transitional assemblage (North), Northeast Transitional assemblage (South), Central assemblage, 及び Equatorial assemblage である。

これ等の assemblage の種組成は、北太平洋に認められた四つの recurrent group, すなわち group I (22 種), group II (13 種), group IV (7 種), group V (4 種) の組み合わせにより、明確に規定される。このように規定された北太平洋の底質中の modern assemblage の地理的分布及び構成種の地理的分布を検討してみると、これ等の modern assemblage が、現在の太平洋の表層流及び上層水塊 (upper water masses, SVERDRUP *et al.*, 1942)³⁾ の分布を反映していることは明瞭である。従って、若しこれら modern assemblages と同じ種組成の群集が、深海コアの下部層の代表する地質学的過去の珪藻遺骸の集合に見出されれば、深海コアの層序を解釈

する上の一つの準拠になる。

ソヴィエトの研究者によるソヴィエト極東海及び、北西太平洋の珪藻の研究により、北太平洋亜極帯 (Pacific Subarctic) 海域の浮遊性珪藻の地理的分布はかなり判明した。ソヴィエトの研究では、プランクトンに見出される全球藻種の鑑定がなされているため、生物学者によく研究されて来た *Chaetocerus* 属 *Rhizosolenia* 属以外で従来知識の乏しかった底質に保存され易い浮遊性種の地理的分布に関し、かなり詳しい知識を提供した。赤道海域の資料としては、R. W. KOLBE の Swedish Deep-sea Expedition が採集した深海コアの珪藻の研究が参照するに足る。これ等既存の資料と、筆者の調査によって判明した各珪藻種の底質表層の地理的分布を基礎として、北太平洋の cold water taxa (species and varieties) 20 と warm water taxa (species and varieties) 22 を選別した。前者は北太平洋亜極帯水域 (Subarctic area) に home area を持つ事が明らかな種及び亜種、後者は、Pacific Central watermass 及び Pacific Equatorial watermass によって上層を占められる亜熱帯及び熱帯水域 (subtropical and equatorial area) に home area を持つ事が明らかな種、亜種である。これ等は何れも recurrent group の構成員であり、極端に局地的な分布をする種は

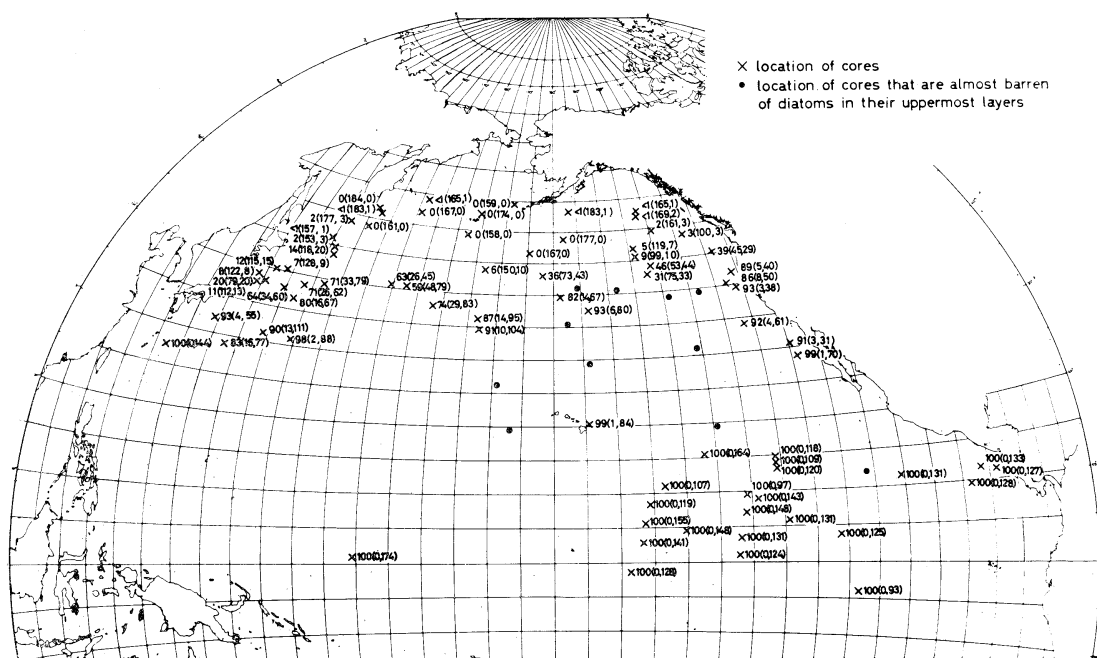


Fig. 2. Distribution of the values of T_a obtained for diatom thanatocoenoses in the surface layer of deep-sea cores from the North Pacific. $T_a = (X_w/X_c + X_w) \times 100$, where X_c is the frequency of cold water forms and X_w is the frequency of warm water forms in a count of 200 specimens made for a sample. The two numbers given in parenthesis indicate the values of X_c and X_w .

含まれていない。

このようにして選ばれた指標種の相対頻度（各サンプルごとに珪藻殻 200 個体を任意抽出して推定）の地理的分布を検討した結果 $T_a = (X_w/X_c + X_w) \times 100$ の値が現在の北太平洋の表面水温の等温線の分布を反映することが判明した (Fig. 2)。ここに X_w は任意抽出 200 個体中の warm water taxa の個体数、 X_c は同じく cold water taxa の個体数である。更に、底質表層の堆積物で求められた T_a の値と、その地点の現在の海面表層水温の関係をグラフに求めると、 T_a 値から表層水温値の範囲がある程度推定出来ることが判る (Fig. 3)。従って若し深海コアの表層以下の層準での T_a 値が得られれば地質学的過去の海面表層古水温 (paleo temperature) を推定する準拠となりうる。

以上、海況の変化によって影響される二つのパラメーター（珪藻群集の type; と T_a 値）を底質表層の堆積物の珪藻組成から見出した上で、これ等が、深海コアの解析にどう利用出来るかを、Lamont 地質学研究所採集のコア、V20-130 (36°59'N, 152°36'E, depth 6,457 m; length, 1,015 cm) の層序を例に検討した。

Core V20-130 の含珪藻堆積物は、含まれる珪藻種が

ら、洪積統 (Pleistocene) 及び現世 (Holocene) 堆積物と判断される。コア中に鑑定された珪藻種は、明らかに二次的混入の第三紀種をのぞいて、全長にわたり絶滅種を含まない。又、コアに出現する珪藻種は、*Coscinodiscus wailesii* をのぞいて、すべて北太平洋底質層の遺骸群集中に見出される。従って、現生種から選んだ cold 又は warm water の指標種以外の、未知の重要な cold 又は warm water 種がコア V20-130 の洪積統の遺骸群集の構成に貢献していないと判断する充分の根拠がある。

V20-130 の 85 層準 (trigger core 全長 35 cm, 5 cm 間隔; piston core 上部 6 m は 10 cm 間隔, 下部 4.3 m は 20 cm 間隔) の T_a 値をプロットして得た Diatom temperature curve は core V20-130 に採集された第四紀堆積物堆積中のこの地点の海面表層水温の fluctuation を示すと仮定した。core V20-130 の層序における T_a 値の最大値は $T_a = 80$ 、最少値は $T_a = 26$ であった。

過去の T_a 値が古水温を反映する裏づけとして、 T_a 値が寒期 (cold stage) 及び暖期 (warm stage) を暗示する層準の珪藻群集の type を、底質表層の遺骸群集の分類と同じ基準で判定して、 T_a 値の変化と比較した。

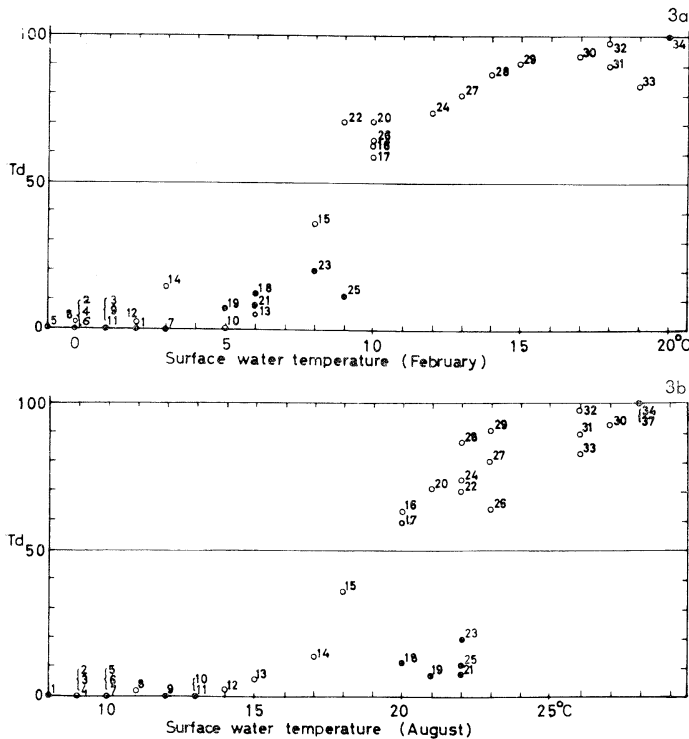


Fig. 3. Graphs showing the relationship between the values of T_d in the surface layer of the deep-sea cores from the western half of the North Pacific and surface water temperature of the oceanic water at the core location. Approximate surface water temperatures at the core stations are read from Chart II (February) and III (August) in SVERDRUP *et al.* (1942). The numbers given for plottings refer to the station numbers given in Fig. 1. The plottings in solid circles in Fig. 3b are considered anomalous from the general trend; the plottings for the same five stations are also indicated by solid circles in Fig. 3a.

これ等の検討を通じて、次の事が判明した。

(1) コア V20-130 から得られた Diatom temperature curve の垂直変化には周期性が認められ、寒期及び暖期を代表する T_d 値の minima (5回) 及び maxima (4回、現在を含む) はほぼ同じ値に達する。すなわち寒期 minima, $T_d=30\sim35$; 暖期 maxima 及び V20-130 の表層, $T_d=70\sim80$ である。

(2) T_d 値の暖期 maxima から寒期 (*vis versa*) の変化は diatom assemblage の変化を伴う。V20-130 の最上部では T_d 値が 80 で Central assemblage が現在を代表するが、コアの下部の層準の寒期では現在の亜極海域 (subarctic) の底質を代表する Subarctic assemblage と同じ種組成となる。

(3) 然しながら、群集 (assemblage) の type と T_d

値のこのような対応にはある層準を境として変化が認められ、層準 655~656 cm 以下の層準では、地質学的現在にみられる両者の関係が必ずしも成立するとは限らない。層準 655~656 cm 以上では両者の関係は現在と同じと判断される。

(4) コア全長を通じて、フローラの構成種に顕著な変遷が認められない事実から判断して、二つのパラメーターの関係の変化は、コア中の thanatocoenoses をもたらした biocoenoses に、種組成以外の属性の変化が、層準 655~656 cm 堆積時と前後して起きたものと考えられる。変化した属性には、ある特定の種組成をもつ biocoenose の地理的分布、biocoenose 内の種間の relative population density 等が考えられる。

(5) 655~656 cm 層準を境にする biocoenose の構造の変化には、*Coscinodiscus wailesii* がほぼこの層準を境にして上部層に出現しない等、珪藻組成の他の面からの傍証がある。

以上から、地質学的現在を代表する底質層の珪藻遺骸群集から得たパラメーターが、深海コアセクションに代表される第四系堆積時の古水温の推定の準拠として有効であり、又北太平洋第四紀の海棲珪藻フローラの変遷を生層位学的に把握する上に有用であると結論した。

石灰質殻を有する有孔虫の保存が悪く有孔虫微生物学的解析及び Oxygen-isotopic analysis の適用が困難な北太平洋中緯度及び高緯度地域の深海コアの解析には、珪藻の微生物学が古水温変化の推定に積極的材料を提供しようとする。

参考文献

- 1) KANAYA, T. and I. KOIZUMI (1966): Interpretation of diatom thanatocoenose from the North Pacific applied to a study of core V20-130 (Studies of a deep-sea core V20-130. Part IV). Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd set. (Geol.), Vol. 37, No. 2, 89-130.
- 2) FAGER, E. W. and J. A. MCGOWAN (1963): Zooplankton species group in the North Pacific. Sci., Vol. 140, No. 3,566, p. 453-460.

- 3) SVERDRUP, H. U., M. W. JOHNSON, and R. H. FLEMING (1942): The Oceans, their Physics,

Chemistry and General Biology. 1087 P. Prentice-Hall, New York.

討 論

討論者 新野 弘 (東水大)

ただいま東北大学助教授金谷太郎博士の長年にわたる深海堆積物中の珪藻遺骸についての分類、堆積などに関する広汎かつ詳細なご研究をうかがって、この研究が海洋地質学の将来に大きな貢献をすることと感銘した。

深海堆積物中には各種の微生物遺骸が含まれているが殻を構成する物質を大別すると石灰質の有孔虫、翼足類、藍藻などがあり、珪酸質のものには放射虫、鞭藻類、珪藻など、また、キチン質をもつ介形類などがある。

深海堆積物中の微生物遺骸の研究は有孔虫に関するものが多く、特に柱状採泥標本について多くの論文が発表されていて、その分類生態上の特徴から堆積環境に関することが取り上げられ堆積時の環境特に水温塩分濃度などをも推察する材料の一つになっている。柱状採泥器の取り扱い上、最初は低緯度地域の静かな海域の材料が多く、従って研究範囲も限られておりかつ深度も自ら狭い範囲に限定されていた。現時では深度も大きく、また、地理的に見ても地球海面上の至る処の深海から柱状採泥器による長い試料を得ることができる。

石灰質の殻を持つ微小生物は深度がきわめて深い処では海水に依る溶解作用の影響を受けるため、保存が悪くあるいは消滅する機会があるので有孔虫の研究だけでは誠に不十分の感をまぬがれない。また他の石灰質殻をもつものについても同じことが言える。この点では金谷博士の専攻せられる珪藻は深度緯度などについての特別な制約を受けることの少ない種類の一つであるから堆積についての研究に適したものである。

珪藻は海面近くで海水中の無機物を光合成により有機体に変え繁殖し海水の流動に従って分布、死滅したものは長い時間を要して海底に堆積してゆくものであるから相当長い絶対年代を基準に置いて、過去の海洋の地質、海況などを考察しようとする者にとって誠に貴重なデータが得られる。ただ珪藻の分類を外形、殻上の彫刻などで区分することが困難ではあるが、光学機械の発達はその困難を著しく狭めてきている。金谷博士は各種類についての分類を行なった上に植物群として幾つかに区分し、これを主観察対照コーアに当てはめて論議を行なったのである。現棲の珪藻の植物群の基準分けが海底表層

堆積物中の珪藻群と地理的にどのように現われてくるか、これを更に海底の柱状堆積物中のどの位置に現われてくるか「群」の区分取り扱いについては素人であるものにとっては理解をこえていて論議はできるはずがないが、金谷博士が図表写真で示された結果は誠に明瞭な画期的なものである。

オホーツク海および付近の動物遺骸(主として有孔虫)の研究からの観察結果と金谷博士のなされた珪藻による結果とはかなりのくい違いを示している。これは両生物群の特性に基づくものであるかも知れないが海洋地質学上解決せねばならぬ重大な意味を持っている。すなわちこのことは古生物学、古地理学、層位学にまで大きな影響を持つ問題である。

金谷博士はもと第三紀層の研究に従事されていてその間に化石珪藻を研究されていたが、従来有孔虫の研究によって分類されていた層位学上の取り扱いと異った点が多かったので改めてスクリプス海洋研究所において研究を積まれてその解決に志されたと伝え聞く。この研究には地球化学者による年代決定もまた有効な側面的な立証のもの一つとなっていると聞いている。

深海堆積物は各研究分野から進められているがここに金谷博士の新しい成果のご発表を得て謝意を表すると共にご研究のご発展を祈り、またこのご研究に対し各々が、違った角度より検討されることもきわめて有意義なことと考える。

一般討論 座長 星野通平 (東海大)

宇田 (東水大) 金谷さんに。アレニウスやフレーガーの研究を見ますと、上層のプランクトンと底質中の遺骸の関係によって、海況が昔の状態がクロノロジカルにわかるという興味ある成果が得られた。その後の発展を教えていただいで大変興味がある。特に最後の図面で珪藻の変化のフェーズがみとめられるというお話があったが、変わった時期が何年前に相当するか、このようなインフォーメーションが得られたとき、温度の精度や時代がクロノロジカルにどの程度までわかり、識別できるか教えていただきたい。

一つ疑問に思っていることは、赤道反流とか赤道潜流がある場合、長い間西から東へ行く時、それに生物が死んで沈降しながら海流で東へ流されて行く、そういうず

れが実際にどの程度まで考えられているか？ 沈降速度と流れの関係によると思うが、分布を考える時あまり問題にならないのか？

金谷(東北大) もう一言つけ加えさせていただく。最後の図の V20-130 のステーションは、だいたい 36°N , 152°E のいわゆるミックスゾーンよりちよつと南にずれた所のコアで長さ 10 m である。フェイズの時期についてのご質問に答えるにはコアの時代をどう考えるかということが問題となる。珪藻では、新第三紀(鮮新世, 中新世)の珪藻の研究がかなり進んでいるが、このコアでは最下部においても第三紀の元素はみとめられない。したがって、第三紀の最上部の鮮新世のものは考えられない。そこでこのコアは鮮新世の堆積物にとどいておらず、第四紀の洪積世の層序を示していると考え。古いフェイズと新しいフェイズの境が何年前かはお答えできない。ただソ連のデータと比べてみると、洪積続の真中ぐらいの所ではないかと感じる。このことについての検討は今小泉柊君とまとめているので待っていたきたい。

温度の精度のことだが、たとえばエメリアニは $\text{O}^{15}/\text{O}^{16}$ 比を使って深海コアの洪積続の温度変化の値を出している。その結果、氷期と間氷期の表層水温の差は大西洋や地中海の低緯度地帯で $7^{\circ}\sim 8^{\circ}\text{C}$ から 10°C ぐらいというのがだいたいの目安になっている。エメリアニの古水温推定のカーブと有孔虫の古生物学的研究から推定された古水温変遷のカーブとを比べてみると、有孔虫によるカーブのピークが揃うところは、酸素同位元素比のカーブのピークも揃うことがみとめられる。つまり古生物学的方法は大体 10°C 位の温度変化の範囲の中で、水温の相対的变化をあらわしていることになる。個々のカーブの感度の程度は、カーブの導き方の統計学的基礎にかかっており、いちがいいにはいえない。ただし、酸素同位

元素法の値そのものにもいろいろ問題があり、絶対視するわけにもいかない。

さて、どのぐらいの時間間隔が決まるかという問題は、結局信頼できる古水温変化のカーブが作られ、そのカーブの代表する時間間隔がはっきり決められるという前提に立つ。 ^{14}C 法の適用範囲は大体 25,000 年 BP までであり、それ以前は、最後の氷期の始まりが大体 65,000 年 BP であるという以外確証はない。65,000 年 BP より 100 万年 BP の間は、いまだ有効な絶対年代測定法が確立されていない。アレニウスが例の有名な Swedish Deep-sea Exped. の仕事をした時、鮮新統との境界から上の第四系の深海コアのセクションに 18 の温度の fluctuation を認めた。これは奇数偶数両方入れた数であり、暖期 9 回寒期 9 回ということになる。第四紀の下底を 100 万年 BP におくかどうかにも異論があるが、この位が温度カーブの分解能の限界であろう。Deep-sea core のセクションからは陸上の第四紀のセクションでみとめられるよりも多くの fluctuation が出てくることは一般的傾向である。

さて赤道反流や潜流による運搬の問題は、珪藻遺骸の結果からは申しあげようがない。ただ赤道付近に東西に帯状の分布をする特定の群集があることは南北方向の水の混合には、あまり影響されていないということであろう。カルフォルニア海流の末端の部分赤道に近づいている部分で、表層の珪藻プランクトンがここに示した赤道性の種組成をもつ北限がつかめる。この境界は、底質中の遺骸群集でもつかめ、両者は地理的にほとんどへだたらない。このことから考えても、珪藻は、死後無制限に運搬されて行くものではなく、何等かの沈積機構で比較的棲息地に近い海底にとどくとか考えようがない。この機構が考えられるかどうか生物学や海洋物理学の方々に教えていただきたいと思っている。

4. 海洋水中のヨウ素について

三宅泰雄*・角皆静男*

Problème de l'iode dans les océans

Yasuo MIYAKE et Shizuo TSUNOGAI

Résumé: L'analyse des eaux relevées au Pacifique du Nord-Ouest montre que la teneur en iode, de $50 \mu\text{g/l}$ en eau superficielle, augmente avec la profondeur et atteint $55\sim 60 \mu\text{g/l}$ en eau profonde, que la teneur en iode ionisé (I^-) est à peu près $10 \mu\text{g/l}$ en eau superficielle, diminue considérablement avec la profondeur jusqu'à $3 \mu\text{g/l}$ en moyenne au-dessous de 1.000 m de profondeur, alors que la teneur en IO_3^- , stable thermodynamiquement, augmente avec la profondeur et enfin que la plupart des iodures existent en forme de IO_3^- dans les couches profondes. Il s'en suit que l'iode ionisé se produit par la réduction de IO_3^- due à l'activité biologique en surface. Un calcul basé sur l'expérience de la culture de diatomées faite par SUGAWARA et TERADA (1962) donne 1/7 au rapport I^-/IO_3^- en état équilibré de l'activité biologique, ce qui peut être considéré comme une vérification de la production de I^- . L'oxydation de I^- réagit de 18%/an en eaux intermédiaires, si l'on calcule à partir de la courbe de sa distribution verticale. Compte tenu de la valeur $3,2 \times 10^{14}$ g/an obtenue pour les océans entiers, la valeur 18%/an est sensiblement grande et l'indice de l'activité biologique β proposé par MIYAKE devient 450, supérieur à ceux de N, P et Si.

1. はしがき

海洋水中のヨウ素は多くの研究者によって測定され、平均値は $50 \mu\text{g/l}$ 程度であるとされている。

WINKLER (1916) によって海水中のヨウ素はヨウ素イオン (I^-) およびヨウ素酸イオン (IO_3^-) の形で存在することが報告されてから海水中のヨウ素の化学形およびその変化の機構はヨウ素含量の正確な測定とともに興味ある問題となった。

菅原と寺田 (1957) は比色法による分析の結果、西部北太平洋の表面水には約 $40 \mu\text{g/l}$ のヨウ素が含まれ、ヨウ素イオンのほかに高い酸化状態のヨウ素が存在することを報告し、後者をヨウ素酸イオンであろうとした。

SHAW and COOPER (1957) はヨウ素 (I_2) またはヨウ素イオンのヨウ素酸イオンへの酸化は困難であるから、高い酸化状態のヨウ素は次亜ヨウ素酸 (HIO) であろうと主張した。この考えは菅原と寺田 (1958), JOHANNESSON (1958) によって反駁された。

BARKLEY and THOMPSON (1960) は電位差滴定法によってヨウ素酸イオンを直接定量した。その結果、全ヨウ素含量は $60 \mu\text{g/l}$ で、そのうちほぼ半分がヨウ素酸イオンであると報告した。これらの研究により、海水中のヨウ素は大部分ヨウ素イオンおよびヨウ素酸イオンの形で存在しているものと考えられる。

しかし、菅原らは I^-/IO_3^- 比は場所、深さ等に対し一定の傾向をもたず、0~100% の範囲内で大きく変動していると述べている。BARKLEY らは全ヨウ素の 32~65% がヨウ素酸イオンであったとした。

2. 海水中の I^-/IO_3^- の比について

次式によって熱力学的平衡状態における I^-/IO_3^- 比を計算することができる。



LATIMER (1952) によれば

$$\Delta F = 150.17 \text{ kcal/mole}$$

海水の水素イオン濃度および酸化還元電位

$$\text{pH} = 8.2 \quad \text{pE} = 12.5$$

を入れて計算すれば

$$\text{I}^-/\text{IO}_3^- = 10^{-24.1}$$

* 東京教育大学理学部化学教室

Department of Chemistry, Faculty of Science,
Tokyo Kyoiku University

となる。このことは海水中におけるヨウ素イオンが熱力学的に不安定であることを示す。しかし、実際には海水中にヨウ素イオンが存在している。これがどのようにして生成したかは興味ある問題である。

著者らは、さきに降水中のヨウ素について研究し、海洋表面水のヨウ素イオンが太陽光線で酸化され、遊離のヨウ素となり、その一部が大気中に蒸発することを報告した(1963)。遊離のヨウ素の一部は蒸発するが他はヨウ素酸イオンまで酸化することが考えられる。それゆえ、海水中のヨウ素イオンの存在を保つためには常にヨウ素イオンが補なわれなければならない。

これを知るために、海洋におけるヨウ素イオンおよびヨウ素酸イオンの鉛直分布、表層水における両イオンの時間変化を調べ、それらを支配している因子を考察した。

3. 海洋におけるヨウ素含量の分布と時間的变化

1) 海水の試料

海水試料の採水箇所は Fig. 1 に示す。採水は気象庁、凌風丸船上において行なわれた。JEDS-5 (1965 年 5 月) の航海における 2 点, JEDS-6 (1963 年 5 月) の 2 点から、それぞれ 5,000~6,000 m までの 20 数個の各層水の試料を得た。また Ryofu 62-08 (1962 年 8 月) 航海の 10 点で表面より 300 m と 1,500 m までの各層水の試料を得た。試水はポリエチレンビンに貯え、実験室に持ち帰って分析した。なお、気象研究所、杉村行勇博士

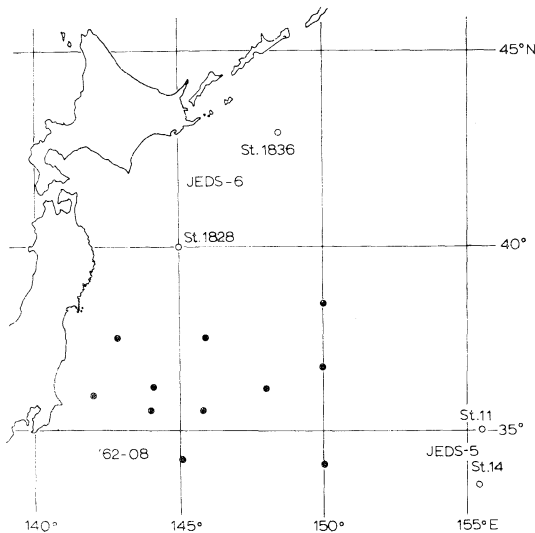


Fig. 1. Sampling sites of sea water samples in the western North Pacific on the cruises of JEDS-5 (May, 1962), JEDS-6 (May, 1963) and Ryofu 62-08 (Aug., 1962).

より提供された南極海 Drake Passage の海水試料も分析した。

2) 分析法

ヨウ素の分析法は菅原、小山、寺田 (1955) の方法によった。ヨウ素イオンをヨウ化銀として分離し、臭素によってヨウ素酸イオンに酸化した後、デンプンによる青色を比色定量した。ヨウ素酸イオンはヨウ素イオンに還元し、同様の操作により定量した。分析にあたっては次の諸点に注意した。

i) ヨウ化銀、塩化銀およびヨウ素酸銀の溶解度積はそれぞれ 1.74×10^{-17} (15°C), 7.0×10^{-11} (15°C) および 9.2×10^{-9} (9.4°C) である。従って、わずかな塩化銀とともに微量のヨウ化銀は完全に共沈するはずである。しかし、海水中には塩素イオンが多量に存在するためにヨウ化銀の沈澱が不完全になる場合がある。またヨウ素酸銀が塩化銀とともに共沈する可能性もある。ヨウ化銀の共沈を完全にし、一方、ヨウ素酸銀を沈澱させないために、マグネチックスターラーで激しく攪拌しながら海水に硝酸銀溶液を加え、数時間攪拌を続けた。

ii) 亜硫酸ナトリウムによるヨウ素酸イオンの還元を十分に行なわせるために、試薬は新に調製したものか、あるいは固体試薬を用いた。

iii) 発色させる前に臭素を完全に除かなければならないが、除去に十分時間をかけないとしばしば臭素が残ることがある。また、次に述べるように臭素とともにヨウ素が逃散することもある。そこで、水浴で 5~10 ml になるまでおだやかに熱した。

iv) 蒸発濃縮あるいは臭素を除去する際に pH 2.8 以下で長い間熱するとヨウ素が逃げる傾向がある。特に乾固する時にこの傾向が著しい。pH が 2.8 以下にならぬよう、溶液の量が 5 ml 以下にならぬように注意した。

v) pH が発色におよぼす影響が大きいため、発色時の pH を 2.8 とした。

以上の注意を払った結果、かなり再現性のよい分析結果が得られるようになった。海水試料の場合には $\pm 1 \mu\text{g I/l}$ 程度の測定誤差で分析が行なわれることがわかった。

3) 海洋におけるヨウ素含量と Γ/IO_3^- の鉛直分布

Table 1 に分析結果を示す。そのうちのいくつかの鉛直分布図を Figs. 2~5 に示す。

一般的にいて、われわれの求めた海水のヨウ素含量は菅原、寺田 (1957) の結果に比して観測点毎の変動が小さい。

全ヨウ素含量は表面水で $50 \mu\text{g/l}$ であったが、深さと

Table 1. Iodine content in sea water samples of the western North Pacific and the Drake Passage.
 Units: Depth, m; temp., °C; O₂, ml/l; Cl, ‰; I⁻, μg/l; IO₃⁻, μg I/l; Total I μg I/l; P, μg at/l.

JEDS-5 (1962), St. 1687, May 18, 1820, 35-03N, 156-24E, Air temp. 16.5°C, Depth 5339 m.								JEDS-5 (1962), St. 1688, May 19, 1215, 33-28N, 156-17E, Air temp. 18.8°C, Depth 5560 m.							
Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	P	Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	P
0	16.1	5.69	19.13	7.3	42.3	49.6	0.35	0	18.5	5.43	19.265	7.2	45.1	52.3	0.27
219	8.30	5.73	18.875	7.4	47.6	55.0	1.37	199	16.77	5.11	19.275	5.1	46.8	51.9	0.43
558	4.22	1.78	18.905	5.2	46.4	51.6	3.18	507	12.98	3.94	19.205	4.9	46.2	51.1	1.28
908	3.04	1.00	19.03	4.2	55.4	59.6	3.52	983	3.91	1.33	18.94	5.9	—	—	3.00
1145	2.64	0.94	19.07	2.8	57.2	60.0	3.34	949	4.12	1.58	18.925	4.0	53.6	57.6	3.15
1630	2.13	1.33	19.11	1.6	57.5	59.1	3.24	1148	3.45	1.26	19.005	3.0	54.7	57.7	3.08
1837	1.92	1.56	19.15	6.2	55.2	61.4	3.16	1344	2.86	1.02	19.06	0.7	59.3	60.0	3.12
2045	1.82	1.90	19.16	5.1	52.4	57.5	2.95	1546	2.48	1.02	19.095	1.0	58.8	59.8	3.12
2257	1.71	2.18	19.17	1.3	56.6	57.9	3.07	1746	2.26	1.21	19.120	2.7	54.5	57.2	3.08
2477	1.63	2.44	19.17	5.8	57.5	63.3	3.07	1947	2.08	1.40	19.135	2.8	56.4	59.2	3.34
2694	1.56	2.64	19.175	7.7	53.8	61.5	3.07	2149	1.92	1.68	19.15	5.9	54.0	59.9	3.01
2914	1.58	2.90	19.185	4.8	56.0	60.8	3.18	2355	1.86	—	19.165	1.0	57.8	58.8	2.94
3144	1.49	2.79	19.10?	7.8	51.4	59.2	2.87	2566	1.69	2.24	19.17	3.3	53.6	56.9	2.86
3372	1.45	3.04	19.19	3.6	53.9	57.5	2.81	2782	1.63	2.47	19.17	2.9	55.4	58.3	2.86
3602	1.44	3.05	19.19	1.0	57.2	58.2	3.07	3001	1.58	2.72	19.17	1.6	56.6	58.2	2.90
3751	1.43	2.70	19.15?	4.6	57.5	62.1	2.77	3209	1.53	2.84	19.17	4.2	55.2	59.4	2.40
4060	1.44	3.14	19.175	1.5	57.1	58.6	2.77	3422	1.53	3.02	19.19	10.3	47.5	57.8	2.52
4291	1.46	3.23	19.175	5.0	53.3	58.3	2.99	3642	1.50	2.98	19.18	0.6	60.6	61.2	2.57
4518	1.47	3.54	19.20	6.2	53.9	60.1	2.87	3867	1.48	3.26	19.19	1.7	57.4	59.1	2.69
4745	1.47	3.58	19.19	4.0	54.1	58.1	2.87	4088	1.48	3.32	19.19	5.4	—	—	2.64
4978	1.50	3.67	19.19	3.8	55.4	59.2	3.07	4316	1.49	3.37	19.19	4.4	53.7	58.1	2.74
								4540	1.52	3.42	19.19	3.2	58.1	61.3	2.65
								4781	1.53	3.37	19.19	4.3	56.4	60.7	2.57

Table 1. (Continued).

Units: Depth, m; temp., °C; O₂, ml/l; Cl, ‰; I⁻, μg/l; IO₃⁻, μg l/l; Total I μg l/l; P, μg at/l.

JESD-6 (1963), St. 1828, May 10, 0430, 39-59N, 144-51E, Air temp. 9.9°C, Depth 5865 m.								JEDS-6 (1963), St. 1836, May 22, 0210, 42-95N, 148-26E, Air temp. 8.1°C, Depth 8200 m.							
Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	P	Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	P
0	9.5	6.92	18.685	3.4	46.6	50.0	1.25	0	6.5	7.48	18.253	4.9	43.0	47.9	
55	6.61	6.48	18.702	5.8	48.5	54.3	1.82	43	3.18	7.59	18.304	9.3	45.6	54.9	
109	5.82	6.36	18.679	8.1	48.7	56.8	1.83	86	2.80	6.01	18.454	7.2	47.2	54.4	
163	3.81	4.65	18.628	4.2	51.2	55.4	2.43	128	2.31	4.40	18.534	3.3	49.4	52.7	
216	3.92	3.85	18.682	1.1	52.1	53.2	2.77	171	2.46	3.18	18.618	4.3	52.0	56.3	
294	4.00	2.80	18.769	0.8	52.9	53.7	2.97	250	2.81	1.98	18.723	1.4	56.7	58.1	
393	3.45	1.88	18.813	0.4	56.8	57.2	3.24	329	2.91	1.22	18.822	4.9	55.6	60.5	
493	3.27	1.23	18.774	0.0	59.2	59.2	3.35	412	3.10	1.07	18.884	0.0	59.7	59.7	
597	3.15	1.13	18.917	0.2	59.3	59.5	3.48	501	3.19	1.07	18.941	0.2	59.2	59.4	
817	2.94	0.98	18.998	0.3	59.1	59.4	3.31	700	3.02	1.06	19.011	0.3	59.9	60.2	
1043	2.65	0.97	19.057	1.1	59.2	60.3	3.49	914	2.82	1.04	19.055	1.0	59.4	60.4	
1236	2.45	1.08	19.094	1.0	60.9	61.9	3.51	1200	2.54	1.07	19.077	1.4	59.2	60.6	
1526	2.16	1.33	19.126	0.7	60.7	61.4	3.41	1479	2.25	1.26	19.102	7.4	53.1	60.5	
1818	1.96	1.74	19.142	0.0	61.2	61.2	3.46	1761	2.03	1.53	19.128	2.5	58.4	60.9	
2111	1.79	2.14	19.157	0.2	61.6	61.8	3.21	2045	1.90	1.90	19.150	0.7	58.5	59.2	
2650	1.61	2.79	19.174	0.0	59.7	59.7	3.06	2617	1.63	2.55	19.175	0.6	58.4	59.0	
3193	1.54	3.25	19.186	0.0	60.1	60.1	3.03	3194	1.56	2.96	19.187	1.1	58.9	60.0	
3022	1.55	3.02	19.188	6.8	56.5	63.3	2.97	3145	1.56	2.92	19.191	27.4	24.3	51.7	3.09
3462	1.47	3.33	19.194	4.1	58.6	62.7	3.00	3576	1.53	3.28	19.196	2.5	55.1	57.6	2.95
4005	1.50	3.64	19.197	0.6	60.9	61.5	2.85	3792	1.53	3.39	19.198	1.6	56.4	58.0	2.80
4245	1.50	3.63	19.200	3.9	58.7	62.6	2.98	4013	1.52	3.50	19.199	0.4	57.6	58.0	2.85
4485	1.48	3.66	19.201	1.1	58.1	59.2	2.91	4234	1.49	3.59	19.201	52.8	8.1	60.9	2.77
4723	1.52	3.80	19.202	1.6	58.1	59.7	2.84	4456	1.51	3.61	19.201	11.0	47.5	58.5	3.15
4962	1.52	3.78	19.203	1.7	58.6	60.3	2.85	4678	1.51	3.71	19.203	0.6	60.4	61.0	2.84
5202	1.57	3.76	19.203	0.6	59.0	59.6	2.70	4901	1.54	3.69	19.203	1.3	52.3	53.6	2.88
								5353	1.57	3.76	19.206	9.7	45.8	55.5	2.74
								5818	1.61	3.74	19.206	0.1	53.8	53.9	2.77
								6288	1.70	3.87	19.206	0.0	59.1	59.1	3.00

Table 1. (Continued).

Units: Depth, m; temp., °C; O₂, ml/l; Cl, ‰; I⁻, μg/l; IO₃⁻, μg I/l; Total I μg I/l; P, μg at/l.

Oceanographic observations, east of Honshu, Ryofu Maru. (1962) St. 1698, Aug. 6, 1865, 35- 54N, 142-00E, Air temp. 26.6°C, Depth 3080 m.							St. 1713, Aug. 10, 1220, 35-34N, 145-52E, Air temp. 27.6°C, Depth 5830 m.						
Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I
0	26.3	4.61	18.98	12.5	33.7	46.2	0	26.6	4.60	19.02	13.0	36.8	49.8
9	26.13	4.67	18.96	18.1	34.8	52.9	10	26.49	4.66	19.02	16.1	36.2	52.3
18	26.08	4.71	18.94	18.4	35.0	53.4	19	26.49	4.58	19.02	15.3	36.0	51.3
26	25.70	4.72	19.04	21.7	35.6	57.3	29	24.68	4.99	19.08	9.5	35.4	44.9
43	24.78	4.72	19.10	20.6	41.9	62.5	46	22.64	4.95	19.23	9.0	39.3	48.3
64	22.52	4.82	19.00	13.8	38.4	52.2	68	20.97	4.92	19.30	7.4	41.6	49.0
83	21.22	4.36	19.18	15.2	43.0	58.2	88	19.90	4.89	19.28	7.7	42.4	50.1
120	19.48	4.23	19.24	10.4	43.6	54.0	126	19.21	4.54	19.29	4.3	—	—
155	18.35	4.28	19.29	9.7	44.2	53.9	162	18.30	4.94	19.28	4.9	44.7	49.6
185	17.04	4.22	19.23	11.4	46.0	57.4	200	17.79	4.86	19.30	8.0	43.6	51.6
212	15.95	4.12	19.18	5.7	47.3	53.0	241	17.41	4.92	19.30	3.4	44.0	47.4
St. 1701, Aug. 7, 1218, 37-36N, 142-52E, Air temp. 23.0°C, Depth 2530 m.							St. 1716, Aug. 11, 0620, 37-37N, 145-56E, Air temp. 23.7°C, Depth 5310 m.						
Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I
0	21.7	5.23	18.51	6.4	37.0	43.4	0	22.6	4.79	18.82	10.1	41.6	51.7
10	20.01	5.40	18.56	10.3	37.3	47.6	10	22.46	5.14	18.81	9.0	42.5	51.5
19	18.26	5.86	18.59	13.9	41.2	55.1	20	21.54	4.96	18.84	9.4	44.3	53.7
29	12.49	6.97	18.46	8.4	39.9	48.3	30	17.18	5.88	18.84	4.9	45.2	50.1
48	9.60	6.25	18.70	8.8	41.7	50.5	50	13.25	5.71	19.00	5.1	43.8	48.9
70	8.50	5.60	18.72	11.1	41.5	52.6	75	11.12	5.05	18.97	5.9	46.2	52.1
93	7.22	5.44	18.72	11.9	45.9	57.8	100	10.16	5.06	18.92	3.2	—	—
137	5.85	5.81	18.66	6.5	45.7	52.2	150	8.32	5.37	18.84	5.6	43.9	49.5
185	3.75	5.89	18.56	7.2	46.9	54.1	200	6.70	5.48	18.75	4.5	44.0	48.5
234	4.11	4.28	18.67	4.7	49.7	54.4	250	5.69	4.96	18.72	1.7	42.8	44.5
283	4.60	3.32	18.76	4.5	50.0	54.5	300	5.64	3.66	18.78	6.5	52.4	58.9
St. 1710, Aug. 9, 1820, 34-07N, 145-15E, Air temp. 27.3°C, Depth 5810 m.							St. 1725, Aug. 13, 1216, 34-01N, 150-00E, Air temp. 27.8°C, Depth 6015 m.						
Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I
0	26.6	4.52	19.04	13.3	38.2	51.5	0	28.4	4.43	19.20	9.5	37.3	46.8
10	26.53	4.59	19.04	14.4	36.3	50.7	10	27.01	4.53	19.20	12.5	37.1	49.6
20	25.91	4.71	19.06	9.5	38.7	48.2	20	26.91	4.54	19.36	9.5	38.4	47.9
30	23.24	5.02	19.14	12.6	34.4	47.0	30	23.88	5.12	19.23	8.1	38.5	46.6
49	21.97	5.11	19.22	10.1	37.3	47.4	50	20.80	5.51	19.32	4.6	—	—
72	19.88	5.00	19.28	9.8	37.3	47.1	74	18.60	5.36	19.30	10.3	36.5	46.8
93	19.36	4.63	19.30	9.2	36.7	45.9	99	17.88	5.19	19.30	9.7	35.3	45.0
133	18.62	4.76	19.30	9.9	44.6	54.5	149	17.26	4.70	19.28	5.7	35.2	40.9
175	18.19	4.69	19.30	7.4	42.3	49.7	199	16.85	4.87	19.26	5.9	41.3	47.2
222	17.74	4.78	19.30	7.5	44.5	52.0	248	16.77	4.91	19.28	6.4	40.1	46.5
273	17.38	4.90	19.30	8.4	44.2	52.6	298	16.18	4.74	19.26	3.3	44.1	47.4

Table 1. (Continued).

Units: Depth, m; temp., °C; O₂, ml/l; Cl, ‰; I⁻, μg/l; IO₃⁻, μg I/l; Total I μg I/l; P, μg at/l.

St. 1704, Aug. 8, 0620, 36-15N, 144-06E, Air temp. 26.0°C, Depth 5320 m.							The Drake Passage, St. 20, 58-52.8S, 62-44.0W.						
Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I
0	26.5	4.57	19.03	16.7	41.2	57.9	0			18.745	23.5	17.7	41.2
11	26.44	4.61	18.99	16.2	35.5	51.7	11			18.75	12.8	45.6	58.4
22	26.46	4.57	18.99	19.4	37.8	57.2	21			18.79	6.3	50.0	56.3
33	26.44	4.60	18.99	14.0	37.3	51.3	30			18.775	11.1	49.2	60.3
55	22.42	4.87	19.25	11.8	41.9	53.7	50			18.895	7.5	53.9	61.4
82	20.69	4.55	19.32	10.3	42.7	53.0	70			18.85	14.8	47.1	61.9
109	19.66	4.62	19.32	12.6	41.3	53.9	100			18.88	7.2	52.7	59.9
171	18.29	4.49	19.28	5.4	44.3	49.7	140			19.03	5.7	58.3	64.0
227	17.40	4.45	19.28	4.8	48.5	53.3	188			19.085	7.1	53.1	60.2
335	14.92	4.04	19.16	5.6	46.8	52.4	347			19.065	5.4	51.6	57.0
441	12.44	3.91	19.08	5.1	48.0	53.1	560			19.175	3.6	59.8	63.4
545	9.54	3.68	18.98	2.3	47.6	49.9	1005			19.20	4.9	57.9	62.8
646	7.92	2.91	18.96	1.7	52.8	54.5	1420			19.18	5.5	57.0	62.5
842	4.60	1.92	18.90	1.5	48.9	50.5	The Drake Passage, St. 21, 62-35.8S, 62-19.2W.						
1037	3.52	1.08	18.99	0.0	49.4	49.4	Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I
1232	2.94	1.09	19.08	2.4	53.3	55.7	0			18.675	11.1	45.4	56.5
1538	2.41	1.07	19.12	2.2	52.7	54.9	25			18.655	7.1	49.2	56.3
St. 1720, Aug. 12, 0620. 36-10N, 148-00E, Air temp. 22.6°C, Depth 5755 m.							50			18.68	9.2	48.0	57.2
Depth	Temp.	O ₂	Cl	I ⁻	IO ₃ ⁻	Total I	75			18.775	2.9	53.2	56.1
0	23.5	4.91	18.76	11.4	37.0	48.4	100			18.95	7.7	48.3	56.0
10	23.40	4.92	18.76	10.1	39.2	49.3	150			18.065	32.8	30.0	62.8
20	18.87	5.72	18.78	—	40.2	—	200			18.12	9.0	47.5	56.5
30	15.30	6.40	18.84	6.8	39.3	48.1	300			18.17	7.2	48.1	55.3
50	12.18	6.15	18.94	7.1	42.9	50.0	400			18.19	10.0	48.0	58.0
75	10.54	4.71	18.94	8.3	39.6	47.9							
100	8.94	4.38	18.86	8.8	—	—							
150	6.15	5.06	18.72	10.0	42.1	52.1							
200	4.88	4.31	18.70	9.2	43.4	52.6							
300	3.90	3.20	18.74	8.5	42.4	50.9							
399	4.14	2.09	18.84	6.8	43.7	50.5							
499	3.98	1.48	18.92	5.9	44.0	49.9							
599	3.61	1.16	18.97	6.1	44.5	50.6							
792	3.11	1.00	19.02	7.7	45.7	53.4							
987	2.72	0.93	19.06	7.4	47.6	55.0							
1186	2.43	1.00	19.10	8.1	47.6	55.7							
1490	2.14	1.38	19.13	6.7	48.8	55.5							

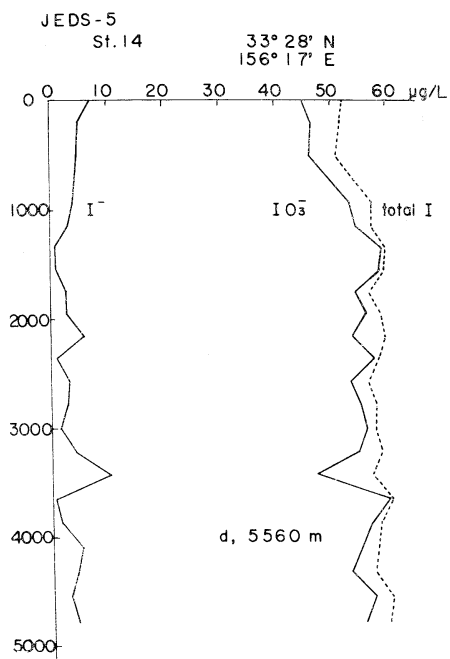


Fig. 2. Vertical distribution of total I, I^- and IO_3^- in sea water samples of JEDS-5, St. 1688 (14), 1962.

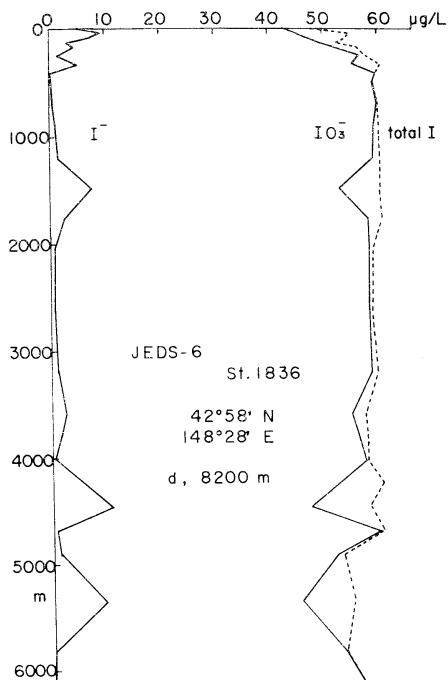


Fig. 4. Vertical distribution of total I, I^- and IO_3^- in sea water samples of Ryofu 62-08, St. 1704, 1962.

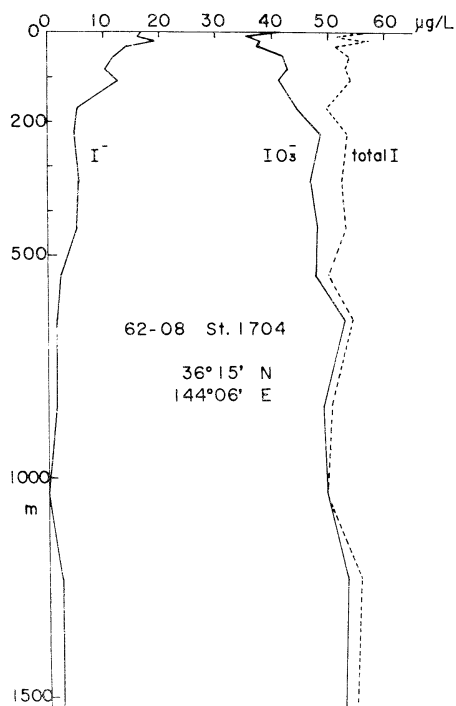


Fig. 3. Vertical distribution of total I, I^- and IO_3^- in sea water samples of JEDS-6, St. 1836, 1963.

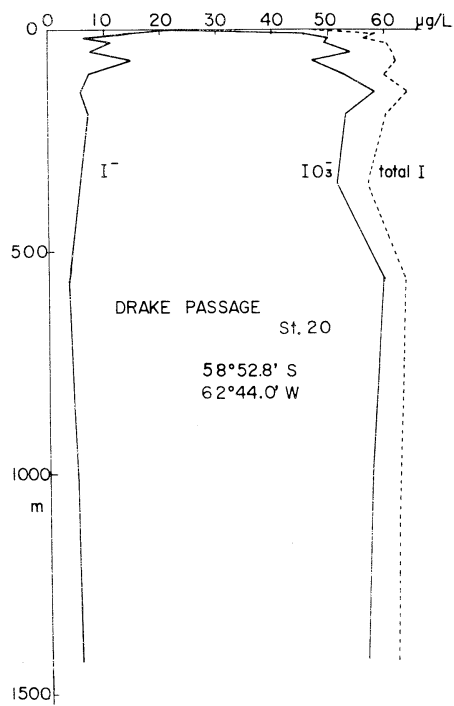


Fig. 5. Vertical distribution of total I, I^- and IO_3^- in sea water samples of Drake Passage, St. 20, 1963.

共に徐々に増加し、深層水では、 $60 \mu\text{g/l}$ であった。この傾向は今回ヨウ素の測定を行なった西部北太平洋におけるすべての観測点について共通である。

ヨウ素酸イオンの含量も深さと共に増加し、表面水では平均 $40 \mu\text{g/l}$ であったが深層水では $55\sim 60 \mu\text{g/l}$ となった。いいかえれば、深層水ではヨウ素の大部分がヨウ素酸イオンの形で存在する。

一方、われわれの得たヨウ素イオン含量は菅原ら、BARKLEY らの結果に比べて小さい。その濃度は表面付近の海水で最大で、ほぼ $10 \mu\text{g/l}$ であった。ヨウ素イオン含量は深さと共に減り、酸素極小層以深では非常に小さい値を示した。ただ、時々深層にも不規則にヨウ素イオン濃度の高い層がみられた。しかし、その場合には反対にヨウ素酸イオンが減り、全ヨウ素含量にはそれほどの変化はなかった。この不規則の原因が試料採取後の変化によるものか、実際にこのようになっているのかは、まだ明らかでない。これらの少数の例外を除けば、ヨウ素イオンの供給源は主として表層水中にあると考えてよい。

Table 2. Average content of iodine in the western North Pacific.

Depth (m)	No. of samples	I ⁻ ($\mu\text{g l/l}$)	IO ₃ ⁻ ($\mu\text{g l/l}$)	Total I ($\mu\text{g l/l}$)
0	13	9.7 ± 3.7	40.0 ± 3.7	49.7 ± 2.8
100	12	8.2 ± 2.6	44.3 ± 2.7	52.5 ± 2.6
300	8	5.2 ± 2.7	48.6 ± 5.0	53.7 ± 4.0
1000	6	3.0 ± 2.6	54.0 ± 4.8	57.0 ± 2.8

Error limits are standard deviations.

Table 2 に全ヨウ素、ヨウ素イオン、ヨウ素酸イオンの平均濃度を示した。各数値には標準誤差 (1σ) を付した。Table 1 に示すように Drake Passage の海水の分析結果も、ほぼ Table 2 と同様であるから、上に述べた傾向はかならずしも西部北太平洋に特異なものではなからう。

4) 海水中のヨウ素含量の時間的变化

菅原らの研究結果によれば、海水中のヨウ素イオンの分布は鉛直的にも水平的にも大きく変動している。もしこれが正しければ、同一地点でヨウ素を測定したときに時間とともにヨウ素含量および I⁻/IO₃⁻ の比はかなり大幅に変化することが考えられる。これを確かめるために船を1か所 (38.5°N , 150.0°E) に停めて時間毎に 0, 20, 50, 100 m の深さの海水を採取し、ヨウ素イオンおよびヨウ素酸イオン濃度を測定した。

結果を Table 3 に示した。なお Figs. 6~8 にイソプ

レットを示した。この図から、各化学形のヨウ素の時間変化は小さいことがわかった。これは、すでに述べたように、この海域におけるヨウ素イオンの鉛直分布がほぼ等しいことから予想されることである。わずかな時間的变化はヨウ素の化学形の変化と考えるより水塊の交替によると考える方が妥当と思われる。

Table 3. Variation of iodine content with time in sea water samples of the western North Pacific at 38.5°N , 150.0°E on 15-16 Aug., 1962.

Time	Depth m	Temp. °C	I ⁻ $\mu\text{g l/l}$	IO ₃ ⁻ $\mu\text{g l/l}$	Total I $\mu\text{g l/l}$
Aug. 15, 1962					
0913	0	22.4	8.6	41.5	50.1
	20	20.9	10.0	40.0	50.0
	50	15.8	7.5	41.9	49.4
	100	11.8	7.6	44.8	52.4
1300	0	22.8	8.4	41.3	48.7
	19	21.4	10.8	40.4	51.2
	47	15.0	7.9	41.8	49.7
	94	11.2	7.9	43.3	51.2
1700	0	22.5	8.1	40.5	48.6
	19	21.4	10.8	39.1	49.9
	48	13.9	7.6	44.1	51.7
	97	10.6	6.2	45.0	51.2
	2100	0	24.0	9.9	38.6
2100	20	21.9	11.8	40.5	52.3
	49	16.3	7.2	44.2	51.4
	98	12.1	5.8	45.6	51.6
	Aug. 16, 1962				
0100	0	23.7	12.8	36.4	49.2
	20	22.0	10.9	38.5	49.4
	49	15.9	7.7	41.7	49.1
	99	11.5	3.4	46.2	49.6
	0700	0	23.1	11.3	38.5
20		20.6	10.5	39.2	49.7
50		17.3	6.8	42.8	49.6
100		13.4	4.1	45.7	49.8
1100	0	23.6	11.7	37.1	48.8
	20	21.2	10.9	40.0	50.9
	50	17.6	6.9	42.2	49.1
	100	13.5	4.0	45.6	49.6
1400	0	23.5	10.0	40.6	50.6
	19	21.8	8.4	41.2	49.6
	48	18.2	6.2	44.6	50.8
	97	12.4	5.7	44.4	50.1

この結果から、海水中のヨウ素の化学形の変化は時間 (hour) を単位として測られるような速いものではない

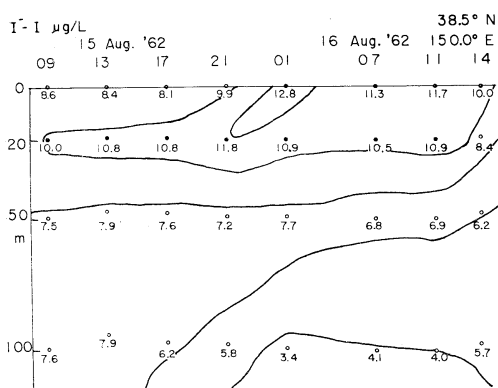


Fig. 6. Variation of I⁻ content with time in sea water samples obtained at 38.5°N, 150.0°E on 15-16 Aug., 1962.

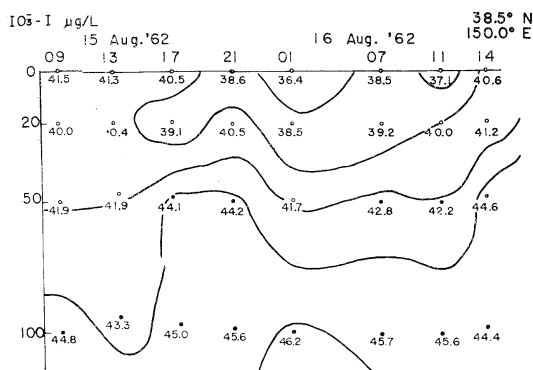


Fig. 7. Variation of IO₃⁻ content with time in the same sea water samples as in Fig. 6.

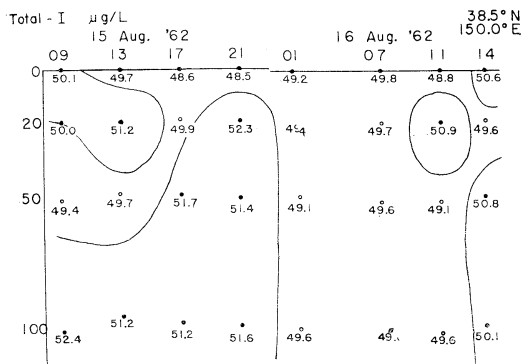


Fig. 8. Variation of total I content with time in the same sea water samples as in Figs. 6 and 7.

ことがわかる。一方ヨウ素イオンが深さとともに減少していることは、ヨウ素イオンは表面付近で生まれ、中層以深では酸化によって消滅していることを示している。

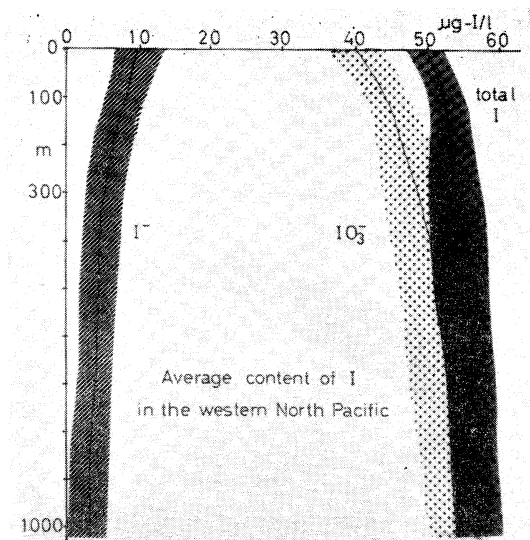


Fig. 9. Average content of iodine in the western North Pacific.

4. ヨウ素イオンの供給源

Table 2 に掲げたヨウ素含量の平均値を Fig. 9 に示す。ヨウ素イオンの濃度の極大は表面付近にあり、深さとともに減少している。このような鉛直分布が常に保たれるためには表面付近にヨウ素イオンを供給するものがなければならない。すでに述べたように海の表面付近におけるヨウ素の無機化学的变化は、すべてヨウ素イオンから安定なヨウ素酸イオンの生成の方向に向っている。それゆえ、ヨウ素イオンの生成には生物の活動があざかっていると考えざるを得ない。

菅原と寺田 (1962) は珪藻 (Navicula sp.) の培養実験に放射性ヨウ素を用いて、海水中のヨウ素の化学形の変化を研究した。その結果、海水中のヨウ素イオンは生物にとられ、ヨウ素酸イオンとして排出されることがわかった。一方、ヨウ素酸イオンは珪藻にとられることなく、濃度の高いときには、むしろ珪藻の成長を阻害した。しかし、菅原・寺田の実験結果をよく検討してみると、Table 4 にみるように、ヨウ素酸イオンの摂取と、ヨウ素イオンの排出もけっして無視はできないようである。

そこで、次のような計算により、ヨウ素イオンとヨウ素酸イオンの珪藻による摂取と排出の速度定数を求めた。ただし、溶液中の濃度に比例して、ヨウ素は珪藻に摂取され、排出の際には珪藻体の中にあるヨウ素の量に比例して排出されると仮定した。この場合には比放射能を考慮する必要はない。それゆえ、溶液中のヨウ素酸イオン

Table 4. Assimilation of iodine by *Navicula* sp. By SUGAWARA and TERADA (1962).

Exp. 1					
T (days)	0	12	19	26	33
Corrected T (days)		0	7	14	21
Total activity in solution (%)	100	77.6	66.7	58.2	51.2
IO ₃ ⁻ -I ¹³¹ activity in solution (N ₁) (%)	0.36	1.7	5.3	10.8	18.9
Total activity in <i>Navicula</i> (N ₃) (%)	0	22.4	33.3	41.8	48.8
Si content in <i>Navicula</i> (μg/5 ml)	0	81	104	128	166
Exp. 2					
T (days)	0	12	19	26	33
Corrected T (days)		0	5	10	15
Total activity in solution (%)	100	97.2	92.7	87.4	80.4
IO ₃ ⁻ -I ¹³¹ activity in solution (N ₁) (%)	95.2	91.8	86.7	84.3	76.0
Total activity in <i>Navicula</i> (N ₃) (%)	0	2.8	7.3	12.6	19.4
Si content in <i>Navicula</i> (μg/5 ml)	0	68	82	99	122

(N₁), ヨウ素イオン (N₂) の量および珪藻体中のヨウ素の量 (N₃) の時間的変化は次の方程式によって表わすことができる。

$$\frac{dN_1}{dt} = c_1 N_3 - a N_1$$

$$\frac{dN_2}{dt} = c_2 N_3 - b N_2$$

$$\frac{dN_3}{dt} = (aN_1 + bN_2) - (c_1 + c_2)N_3$$

$$N_1 + N_2 + N_3 = N (\text{const.})$$

ここで、 a, b はヨウ素酸イオンおよびヨウ素イオンが珪藻に摂取されるとき速度定数である。 c_1, c_2 は珪藻体からヨウ素酸イオン、ヨウ素イオンが排出されるとき速度定数である。

この方程式は解くことができ、実験値に最もよく適合する a, b, c_1, c_2 を求めることができる。 N_1, N_2, N_3 の和を 1 とした時、これらの速度定数は次のようになった。

$$a = 0.013/\text{day} \quad b = 0.045/\text{day}$$

$$c_1 = 0.024/\text{day} \quad c_2 = 0.012/\text{day}$$

菅原・寺田が述べているように、珪藻はヨウ素イオンを摂取し、ヨウ素酸イオンを排出する。しかし、その逆の過程、すなわち、ヨウ素酸イオンの摂取とヨウ素イオンの排出の過程も無視できないことがわかった。

平衡状態では

$$aN_1 - c_1 N_3 = 0, \quad bN_2 - c_2 N_3 = 0$$

であるから、

$$N_3/N_1 = ac_2/bc_1 = 1/7 \quad \text{となる。}$$

すなわち、平衡状態では、ヨウ素イオンおよびヨウ素酸イオンの原子比は 1/7 に近い値をとることが期待され

る。

実際の海洋においては、ヨウ素は生体からの非出によって供給されるだけでなく、有機物の分解によっても供給される。この実験では分解過程で供給されるヨウ素の寄与の割合はわからない。また、ヨウ素の化学形の変化が実際に珪藻の作用によるのか、バクテリアの作用によるのかもわからない。

このような不明なファクターもあるが、表面海水における I⁻/IO₃⁻ 比の 1/3~1/8 がこの実験で得られた 1/7 にきわめて近いことは注目すべきことである。培養実験で得られた 1/7 の値にもファクター 2 くらいの誤差が伴なうと考えられ、実験条件、生物の種類等によってもこの値は異なると思われるが、実際の海水中の値と、実験から得られた値の一致は、表面付近の海水の I⁻/IO₃⁻ 比が生物活動に大きく依存していることを示すものと考えられる。

5. 生物によるヨウ素酸イオン還元機構

海洋におけるヨウ素酸イオンの鉛直分布は硝酸イオン等の栄養塩類の分布に類似している。これはヨウ素酸イオンが、表層では生物によって摂取され、中・深層では生物体の分解によって再溶出しているためであろう。

現在のところ、成長のために特にヨウ素酸イオンを必要とする生物は発見されてはいない。また、菅原・寺田の培養実験によると、海水に多量のヨウ素酸イオン (25 μg I/l) を加えたとき、珪藻の増殖はみられなかった。かれららばむしろヨウ素酸イオンは生物の成長を阻害するらしいと云っている。

これらの事実からヨウ素酸イオンが硝酸イオンとともに生化学的に還元される可能性も考えられる。実際に、

同じハロゲン元素の塩素酸塩の場合、それが硝酸還元酵素により還元されることが知られている（例えば、佐藤ら、1952）。

この問題を明らかにするために、さらに室内実験と海洋における観測とを行なうことが必要である。

6. 大気海洋を通してのヨウ素の循環と化学形の変化

Fig. 9 に示すように、ヨウ素イオンの濃度は表面から深さとともに指数関数的に減少し、一方、ヨウ素酸イオンは逆に増加する。これらの分布から化学形を異にするヨウ素間の変化を考察しよう。

いま、海洋を次の3層に分ける。(1) 表面から 50 m までの表層、ここではヨウ素イオンの濃度が、最大で、ヨウ素イオンが常に生成されている。(2) 深さ 50~1000 m までの中層、ここではヨウ素イオンの濃度が指数関数的に減少している。(3) 1000 m 以深の深層、ここではヨウ素イオンの濃度の変化がみられない。

中層におけるヨウ素イオンの変化は、表面からのヨウ素イオンの拡散による供給と、酸化による消滅とによってあらわすことができる。消滅の速さがヨウ素イオンの濃度に比例するものとすれば

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - \lambda c$$

ここで、 c はヨウ素イオンの濃度、 D は渦動拡散係数、 z は水深、 λ はヨウ素イオンの消滅速度定数、 t は時間である。

定常状態では $\partial c / \partial t = 0$ であるから

$$c_z = c_0 \exp(-\sqrt{\lambda/D} \cdot z)$$

となる。

$$c_0 = 10 \mu\text{g/l}, \quad c_{1000} = 3 \mu\text{g/l}$$

を代入し、

$$D = 40 \text{ cm}^2/\text{sec} \text{ とすれば、} \lambda = 0.18/\text{yr}$$

$$D = 200 \text{ cm}^2/\text{sec} \text{ とすれば、} \lambda = 0.90/\text{yr}$$

を得る。

中層水における渦動拡散係数 D の実測値は少ないが、ここでは $D = 40 \text{ cm}^2/\text{sec}$ の場合について計算を行なってみた。計算の結果は、中層水におけるヨウ素イオンの平均寿命は約 6 年となる。海洋の 50~1000 m 層では一年間に $3.2 \times 10^{14} \text{ g}$ のヨウ素イオンが酸化されてヨウ素酸イオンになる。

ヨウ素酸イオンの濃度は表面では平均 $40 \mu\text{g/l}$ 、1000 m 層で $54 \mu\text{g/l}$ であり、ヨウ素イオンの減少とは逆の指数関数的な増加を示している。中層におけるヨウ素酸イオンの増加量を、ヨウ素イオンの消滅量の場合と同様にし

て計算した結果、 $6.4 \times 10^{14} \text{ g I/yr}$ が得られた。すなわち、中層におけるヨウ素酸イオンの生成量は、そこでのヨウ素イオンの消滅量の 2 倍にあたる。このことはヨウ素イオンの酸化でできたヨウ素酸イオンの量に等しいヨウ素酸イオンが、他の過程を通して供給されていることを示している。この過程は生物の遺体が中層まで沈降したのち分解によってヨウ素酸イオンを生成する過程である。

これらの値にもとずいて大気海洋を通してのヨウ素の循環の図をつくることのできる (Fig. 10)。

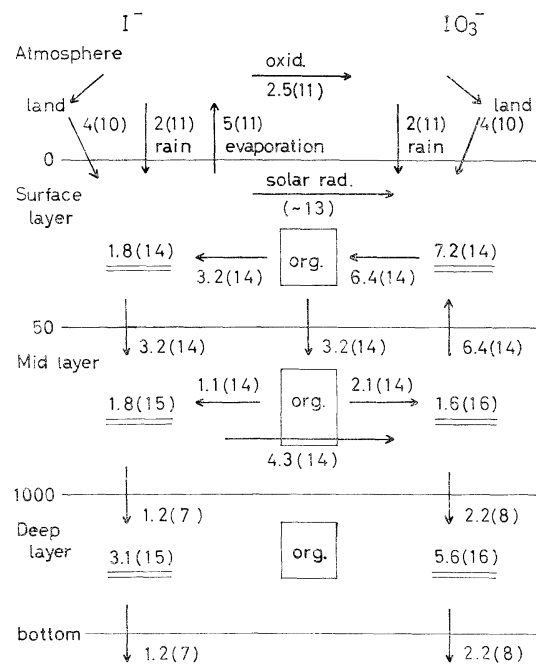


Fig. 10. Circulation of iodine through the atmosphere and the hydrosphere.

Unit;

annual rate, e.g. 3.2(14) means $3.2 \times 10^{14} \text{ g/yr}$.

abundance, e.g. 1.8(14) means $1.8 \times 10^{14} \text{ g}$.

中層における有機物の分解の際にはヨウ素イオンとヨウ素酸イオンとが同時に生成されるものとし、菅原・寺田の実験をもとにして、その割合は 1:2 とした。先に述べたヨウ素イオンの指数関数的減少の鉛直分布を保つためには、この時できるヨウ素イオンがさらに酸化されなければならない。それゆえ、中層水で酸化されるヨウ素イオンの総量は $4.3 \times 10^{14} \text{ g/yr}$ となる。

表層水で生物に摂取されるヨウ素酸イオンの量は $6.4 \times 10^{14} \text{ g/yr}$ である。このうち、 $3.2 \times 10^{14} \text{ g/yr}$ は表層で

生物を通して還元され、ヨウ素イオンとして排出される。この量は、著者らがすでに報告した海洋から蒸発する遊離のヨウ素の量 5×10^{11} g/yr に比べ 1000 倍くらい大きい。太陽光線によりヨウ素イオンがヨウ素酸イオンにまで酸化される量はこの蒸発量よりは大きいと思われるが、蒸発量の 1000 倍以上になることは考えにくい。それゆえ、表面海水でヨウ素の化学形の割合を決める主要なものは生物の作用であり、それに比べて、ヨウ素イオンからヨウ素酸イオンへの無機化学的な変化の寄与はそれほど大きくはないであろう。

Table 5. Biological Activity Index, β of some nutrients in surface layer of the ocean. Values of β were calculated from following equation.

$$\beta = \frac{\text{Biological decomposition}}{\text{Input from rivers}} \cdot \frac{\text{Content of nutrient}}{\text{Biological uptake}}$$

nutrient	β
K	0.001
C	0.015
Si	12.5
P	100~160
N	300
I	450

表層水におけるヨウ素イオンの平均寿命はわずか7か月であり、中層水においても4.2年である。この大きい生物の作用は三宅によって提唱された biological activity index (BAI) によって明らかに示すことができる。BAI, β は次式で与えられる。

$$\beta = \frac{\text{生物体の分解による供給量}}{\text{大気・陸からの供給量}} \cdot \frac{\text{表層水中の含量}}{\text{生物に摂取される量}}$$

この値は Table 5 に示してある。ヨウ素の BAI は 450 となり、他のいずれの栄養塩の BAI より大きい。Fig. 6 に示したように数十時間の間ではヨウ素の化学形が変わることはみられなかったが、このようにヨウ素に対する生物の作用が大きいことから、海域が変われば

I^-/IO_3^- の比が変わることが予想される。これらの問題については、今後さらに検討を加えたい。

文 献

- BARKLEY, R. A. and T. G. THOMPSON (1960): Determination of chemically combined iodine in sea water by amperometric and catalytic method, *Anal. Chem.*, **32**, 154-158.
- BARKLEY, R. A. and T. G. THOMPSON (1960): The total iodine and iodate iodine content of sea water, *Deep-Sea Res.*, **7**, 24-34.
- JOHANNESSEN, J. K. (1958): Oxidized iodine in sea water, *Nature (London)*, **182**, 251.
- LATIMER, W. M. (1952): "Oxidized potentials", 2nd edition, pp. 392, Prentice-Hall Inc., New York.
- MIYAKE, Y. and S. TSUNOGAI (1963): Evaporation of iodine from the ocean, *Jour. Geophys. Res.*, **68**, 3989-3993.
- SATO, R., M. EBATA and F. EGAMI (1952): Studies on nitrate reductase VI, Acceptor specificity of the enzyme. *Bull. Chem. Soc. Japan*, **25**, 56-60.
- SHAW, T. I. and L. H. N. COOPER (1957): The state of iodine in sea water, *Nature (London)*, **180**, 250.
- SUGAWARA, K., T. KOYAMA and K. TERADA (1955): A new method of spectrophotometric determination of iodine in natural water, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **28**, 494-497.
- SUGAWARA, K. and K. TERADA (1957): Iodine distribution in the western North Pacific Ocean. *Jour. Earth Sci. (Nagoya Univ.)*, **5**, 81-102.
- SUGAWARA, K. and K. TERADA (1958): Oxidized iodine in sea water, *Nature (London)*, **182**, 251-252.
- SUGAWARA, K. and K. TERADA (1962): Assimilation of iodine by diatoms, paper presented at annual meeting of Chemical Society of Japan in Tokyo, Apr., 1962.
- WINKLER, L. W. (1916): Der Jodid- und Jodat-iongehalt des Meerwassers. *Z. Angew. Chem.*, **29**, 205-207.

討 論

討論者 菅原 健 (相模中央化学研)

ただ今のお話で私が感じた点を二、三述べたい。第一は分析の問題である。これは実は私自身やったことがあるが、寺田君が全部やった。あなたのなさったのと寺田君のとは違う。寺田君のやり方に欠陥がないとは言えないが、しかしヨウ素のアイオダイトの沈澱というのが不

完全であったおそれがある。それからロスがあったように言われるが、この全体の値を見るとむしろ全体は少しふえているようだがヨウ素酸の量はあなたの方の結果が大きくてでている。そしてヨウ素イオンの値は寺田君のやったのより全体として小さい。そうするとむしろあなたの方が還元して全体のヨウ素をはかられ、ヨウ素イオンについては硝酸銀でおとした。全体の量が寺田君の方が少いという点について還元操作不十分のためヨウ素酸が

十分還元しきれないで全体が小さくなっている点があるのであるが、硝酸銀のおとし方が不十分で、あるいはその途中でヨウ素イオンの方がにげたのだとすると、寺田君の方が大きくヨウ素イオンがでていっているということでお話と矛盾するように思う。これはぜひ測定方法を皆で検討してみる必要がある。従ってでた結果についてもいろいろなデータの基礎があなたのなさった結果に従って議論されることになる。なるほど表面 100 m ぐらいいはヨウ素イオンがよけいでる。全体も少なくなっている。そういうことはわかるが下の方はとところどころ決して少なくない。表面に比べれば少ないが、かなりでている。表面に対してエクスポネンシャルにへっている。と言うことはツエナーの考えとしてはよいが、ああ下の方で出ていることをどういうふうに解析できるか考えていかななくてはならない。そういうものを合せていろいろ原理を考え、矛盾しないように解析できることが望ましい。もう一つはわれわれの行なった珪藻の培養の実験であるが、こまかいことは忘れたが、海水を使い、海水にヨウ素イオンを加えたり、ヨウ素酸イオンを加えて実験した。従って、ヨウ素イオンもヨウ素酸イオンも海水の含有量だけは含んでいる材料を使った。さっきのお話をうかがうとかた方はヨウ素酸イオンだけが入っていて、かた方はヨウ素イオンだけ入っているということだが、そうではなくて、かた方にはヨウ素酸イオンがよけい入っている、かた方にはヨウ素イオンがよけい入っている。ヨウ素イオンとヨウ素酸イオンの両方を含んでいる。そして珪藻の繁殖の量は海水の現に存在しているヨウ素イオンを使っている。そういう結果であったと思うがその点を考えてほしい。それから実験カーブなどでヨウ素酸イオンはほとんど前のを勘定すると変りないという結果がでている。もう一つ大事なことは私は少くともヨウ素イオンが同化されるということを述べたが、こんどはそのかわりに生物体からはヨウ素イオンがでるといことは言っていない。はたしてこれを同化してだすヨウ素酸の形にしてだすことを考えることはむずかしいことだと思う。ヨウ素イオンとヨウ素酸イオンの関係からいって一番始めの考えは、生物の分解によってヨウ素イオンがでて後に深海などのコンディションによってヨウ素酸の方へ移項すると考えた。ある場合にはヨウ素酸イオンが生物に同化される可能性があるとも考えた。実験によると、ヨウ素酸を入れたものに対しては、珪藻は少しも繁

殖しない。珪藻の目方をはかると非常にきれいで、同化した生物のアクティビティーを測ったのではなく、残った水の中のアクティビティーを加える。あれについての議論はその点をもう一度研究されると良いと思う。その後の問題だが、こういうことを前提として、P, A, B のコンスタントをお決めになったのであるから、これはもし私が、珪藻の同化の実験の結果を述べた点を考慮すればあの式で値が変わってくると思う。計算によると海の中のヨウ素はへっていくようになるが、私が別の所で報告した所によると雨やなんかのヨウ素に対して川から出るヨウ素が少ない。ヨウ素はサイクリックではあるけれど水に蓄積する方向の元素のような結論に感じている。これは非常に重要なことで、なぜ海の中にヨウ素がたくさん入っているのか、歴史的にみれば当然だろうが、ヨウ素が陸から海へ入ったものか、むしろ今陸へ入っているのではないかと、こういう点で全体をみていったらよいと思う。これはもっと時間をかけて勉強しないとこの席ではどうこういえない。

一般討論 座長 森田良美（東水大）

宇田（東水大） 1,000 m ぐらいいまでは図からみてたしかにそう言えるが、それ以深はふえているように見える。私はふえる方が正しいと思う。ケイ酸塩、磷酸塩、硝酸塩が下の方がふえる傾向があるが、ずっと深くなると磷酸塩はマキシマムが出たりする。これは大循環と垂直だけでなく、横の運動を深海では考えなくてはならないと思う。極洋と熱帯の海で差がどのくらいあって、コンブなどの生物活動も非常に異なるので見ていただきたい。また季節的に温帯での蒸発など冬でも非常にちがっている、蒸発は主に冬に起っている。こういう点を追求したらこのメカニズムがはっきりすると思う。この式では $\partial c / \partial t = 0$ 定常状態と垂直だけをとりあげられているのでこの範囲だけ適用できる。一般的にみて、堆積してしまつて蒸発するものがおぎなわれないと $\partial c / \partial t = 0$ にならないので広い意味ではこれがなりたつようにトータルが 0 になるようにしてほしい。下にたまってでいてしまつてはこまるのではないか？

三宅（東教育大） 最後のことで全体として定常にならないということだが、この数字ではそうだがオーダーが小さいのでどこかでコンペーンセートされていて全体としては定常状態と考えてよい。

5. 北太平洋の深海における毛顎動物の分布について

鬼頭正隆*

Distribution de Chaetognatha dans l'abysses du
Pacific du Nord

Masataka KITO

Résumé: On compte une trentaine d'espèces pélagiques de Chaetognatha vivant dans l'Océan Antarctique, dont *Sagitta gazellae*, *S. marri* et *Eukrohnia bathyantartica*, particulières aux eaux antarctiques et *S. planctonics* et *S. serratodentata tasmanica*, particulières aux eaux subantarctiques. Ces dernières espèces ont été relevées à la station F₂₃ au sud de l'extension du Kuroshio au cours d'une série d'observations faites par le Ryōfū-Maru de la Météorologie Nationale. A noter qu'un tel exemple n'a été remarqué que par Bieri. Elles ont été entre 500 et 3.000 m d'immersion, ce qui indique le mouvement des eaux du système de l'Oyashio vers le sud. Nous avons obtenu un certain nombre d'espèces particulières à la couche intermédiaire ou à la couche profonde dont la plus remarquable est *S. neodecipiens* relevée précédemment dans une région équatoriale au large de la côte est de l'Amérique. Une autre espèce à noter est *Heterokrohnia mirabilis* relevée à la station I₂₃. Elle n'a été trouvée jusqu'à ce temps-là que deux fois dans les eaux antarctiques, qu'une fois dans les eaux équatoriales et dans la fosse de Kurile. D'un autre côté, à la Mer du Japon nous n'avons pas vu non seulement des espèces des couches intermédiaire et profonde d'origine du Pacifique mais encore *S. scrippsae*, ce qui constate qu'il n'existe pas d'espèces d'origine de la Mer du Japon et ce qui est expliqué par le fait que tous les trois détroits de la Mer du Japon sont peu profonds.

1. はしがき

海洋には種々様々な形態をしたプランクトンが棲息するが、ここで述べる毛顎動物は体が矢に似ているところから矢虫,あるいは透明に近いことから,がらす虫などと呼ばれるプランクトンである。この動物は体長が5~100mmで,プランクトンとしては大形の部類に入り,量も多いので,採集された試料中でよく目につく種類である。また種類数は動物界では最も少ない門の一つで,世界的に約65種(TOKIOKA, 1965)とみられている。毛顎動物が水塊の指標種として利用しうることを発見したのは, MEEK (1928) である。彼はイングランド北部の Northumbria 沿岸で, *Sagitta setosa* が豊富に現われるときは南部北海水におおわれたときであり, *S. elegans* が多いときは北大西洋系の北部北海水におおわれたときであることを明らかにした。以後この動物と水塊との関連についての研究が盛んになり,太平洋においてもこの種の研究が数多くなされた。代表的な研究としては

THOMSON (1947), BIERI (1959), TOKIOKA (1959), ALVARIÑO (1964) の報告があげられる。また太平洋と直接つながる南極洋についても種々の報告があるが,中でも DAVID (1958) の報告は,南極洋全域に関する季節的,水平的,鉛直的分布および *S. gazellae* の生活史を明確にした点で重要である。日本近海の毛顎動物と表層水塊との関係はよく調査されているが,中層以深に関する調査は至って少なく, TOKIOKA (1939a), TCHIN-DONOVA (1955), MARUMO *et al.* (1958), FURUHASHI (1961) の報告があるにすぎない。

このたび気象庁観測船凌風丸による太平洋側での一連の深海試料および日本海における舞鶴海洋気象台の清風丸,長崎海洋気象台の長風丸の深海試料の調査が終了したので,それらに基づき,深層における毛顎動物の分布について報告すると共に,この機会に太平洋と南極洋の毛顎動物の分布の概観を紹介する。

2. 太平洋と南極洋の毛顎動物

北太平洋から南極洋に至る海域で知られている代表的

* 気象庁 Japan Meteorological Agency

Table 1. Distribution of the representative oceanic species of chaetognaths in the Antarctic and the Pacific Oceans.

	Aa.	S.a.a.	S.t.S.	T.	S.t.N.	S.a.
Epipelagic species	<i>Sagitta hexaptera</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. lyra</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. scrippsae</i>	—	—	—	—	(+)
	<i>S. gazellae</i>	+	+	—	—	—
	<i>S. enflata</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. elegans</i>	—	—	—	—	+
	<i>S. bipunctata</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. ferox</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. robusta</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. ser. pacifica</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. ser. pseudoser.</i>	—	—	—	+	—
	<i>S. ser. tasmanica</i>	—	+	—	—	—
	<i>S. regularis</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. minima</i>	—	—	+	—?	—
	<i>Peterosagitta draco</i>	—	—	+	+	—
Mesopelagic or Bathypelagic species	<i>Krohnitta subtilis</i>	—	—	+	+	—
	<i>K. pacifica</i>	—	—	+	+	—
	<i>Sagitta maxima</i>	+	+	+	+	+
	<i>S. decipiens</i>	—	—	+	+	—
	<i>S. neodecipiens</i>	—	—	—	+	—
	<i>S. zetesios</i>	—	—	+	+	+
	<i>S. planctonis</i>	—	+	—	—	—
	<i>S. marri</i>	+	—	—	—	—
	<i>S. macrocephala</i>	—	+	+	+	+
	<i>Eukrohnia hamata</i> (in low latitudes)	+	+	+	+	+
	<i>E. bathypelagica</i>	—	+	+	+	+
	<i>E. bathyantartica</i>	+	—	—	—	—
<i>E. fowleri</i>	+	+	+	+	+	
<i>Heterokrohnia mirabilis</i>	+	+	+	+	+	
<i>Bathyspadella edentata</i>	—	—	—	—	+	

A.a.: Antarctic waters, S.a.a.: Subantarctic waters, S.t.S.: Subtropical waters in the Southern hemisphere, T.: Tropical waters, S.t.N.: Subtropical waters in the Northern hemisphere, S.a.: Subarctic waters.

な外洋種は約 30 種 (Table 1) ほどあり, 17 種は表層種, 13 種が中層ないし深層種である。このうち南極洋に固有な種類は 3 種で, *S. gazellae* は表層に (Fig. 1), *S. marri* は中層に, そして *Eukrohnia bathyantartica* は深層に分布する。*S. gazellae* は南半球の亜熱帯収束線からは南極洋系水の沈下にともない, 分布深度が表層から 400 m に沈下し, 21°S にまで達する場合があることが認められている (ALVARIÑO, 1964)。また亜南極洋水域に固有な種類に中層種の *S. planctonis*, 表層種の *S. serratodentata tasmanica* がある。これら種類の分布の追跡は南極洋水の動向を指標するものとして重要である。ここで表層種, 中層種, 深層種というのは, その個体群が密集している深さが, おおの 200 m 以浅, 200

~1000 m, 1000 m 以深にある種類について決めたものである。しかし表層種は 200 m 以深にはいないというものではなく, 表層種でも 1000 m 層に達した例がある (THIEL, 1938)。また *S. hexaptera*, *S. lyra*, *S. scrippsae* などは完熟個体はむしろ中層に多い。

北太平洋の亜寒帯水域に固有な種類は少なく, 僅かに表層種の *S. elegans* (Fig. 1) と, この水域の南限付近の表層に生息する *S. scrippsae* がある。共に北太平洋の亜寒帯水のよき指標種となる。亜熱帯から熱帯にかけては多種類の表層性暖海種と中層種の *S. decipiens*, *S. neodecipiens* が分布している。中層あるいは深層種の中には北太平洋から南極洋にかけて普遍的に分布するものがあり, *S. maxima*, *E. hamata*, *E. fowleri*, *Heterok-*

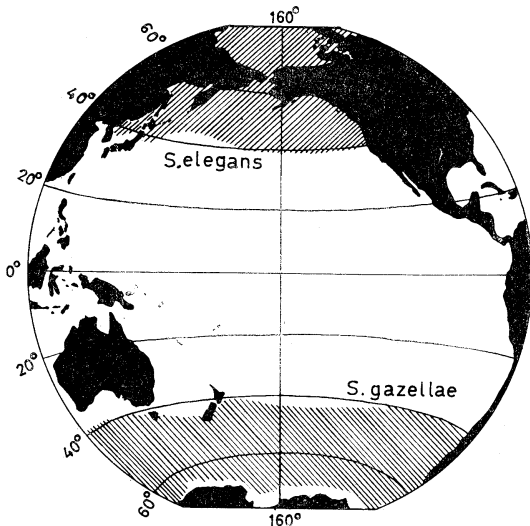


Fig. 1. Distribution of *Sagitta elegans* and *S. gazellae*.

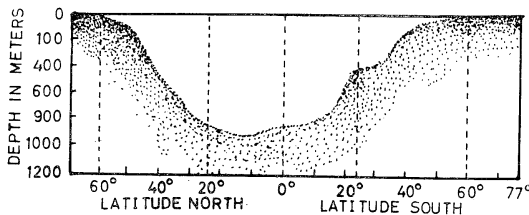


Fig. 2. Distribution in depth of *Eukrohnia hamata* in the Pacific, from the Bering Sea to MacMudo Sound in the Antarctic (after ALVARIÑO).

rohnia mirabilis があげられる。これについて、*S. macrocephala*, *S. zetios*, *E. bathypelagica* があるが、これらは南極洋からはいまだ報告されていない。表層種に普遍種がなく、中層以下の種類に普遍種がみられることは、大洋の深層水は表層水に比べて、水温、塩分量などの環境に変化が少なく、棲息に対する許容度が大きいと解される。ALVARIÑO (1964) は *E. hamata* は両極付近では表層に棲息するが、亜寒帯水域で沈下を始め、熱帯水域では 1000 m の深さに達する分布図 (Fig. 2) を示した。本種がこのような分布をすることは大西洋では早く知られていた (THIEL, 1938)。BIERI (1959) は赤道水域では沈下がある反面、300 m 以浅で本種が普通に採集されることを報告しているが、これは明らかに北赤道海流と赤道反流との間に起る湧昇を示すものであろう。

3. 北太平洋の深海採集結果

Fig. 3 に観測点の位置を示した。北太平洋の中・深層

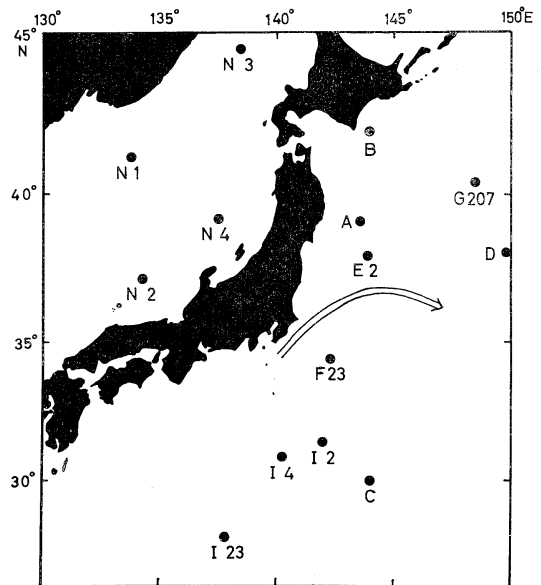


Fig. 3. Approximate location of sampling positions on board the R. V. Ryofu Maru, Chofu Maru and Seifu Maru.

種について過去の資料 (Table 1) と今回の結果 (Table 2) を比較してみると、*S. maxima* と *Bathyspadella edentata* が採集されなかった。後者は世界的に珍しい種類で、時岡 (1939b) が駿河湾の深層採集で一度出現を報じたにすぎない。以下に興味ある種類の分布について述べる。

1) *Sagitta elegans*

唯一の周北極種で、我が国近海では親潮水域、日本海北部の表層で豊富に採集される。TCHINDONOVA (1655) は本種は大体 400 m まで分布するが、密集は 75 m 層にあることを観測した。今回の観測では親潮水域および混合水域 (親潮水と黒潮水の) で共に 500~700 m にまで出現していた (Table 3)。日本海では 1000~2000 m にまで出現していたが (Table 3)、500 m 以深の個体は体に孔があいていたり、頭がとれていたりして、すでに死んでいた個体が沈下の途中にあったものと考えられる。太平洋側では混合水域の St. D で、日本海では St. N4 で、おのおの 250 m 層に沈下しているが、この現象は親潮水が黒潮系水の下層に、あるいはマン寒流系水が対島暖流の下層に潜入していく過程を指標するものとして興味深い。

本種の本州東方海域における表層の分布について、筆者が 1955 年以來調査した結果では、混合水域では出現度は低く、また黒潮統流から南では一度も出現しなかつ

Table 2. Occurrence of chaetognaths in the western North Pacific and the Japan Sea based on the deep-sea plankton samples collected on board the ships, R. V. Ryōfū Maru, Chōfū Maru and Seifū Maru.

	Western North Pacific	Japan Sea	
Epiplanktonic species	<i>Sagitta hexaptera</i>	+	—
	<i>S. lyra</i>	+	—
	<i>S. scrippsae</i>	+	—
	<i>S. enflata</i>	+	+
	<i>S. elegans</i>	+	+
	<i>S. bipunctata</i>	+	—
	<i>S. ferox</i>	+	—
	<i>S. bedoti</i>	+	+
	<i>S. ser. pacifica</i>	+	—
	<i>S. ser. pseudoser.</i>	+	—
	<i>S. regularis</i>	+	+
	<i>S. neglecta</i>	+	+
	<i>S. minima</i>	+	+
	<i>Pterosagitta draco</i>	+	—
	<i>Krohnia subtilis</i>	+	—
<i>K. pacifica</i>	+	+	
Mesoplanktonic or Bathoplanktonic species	<i>Sagitta decipiens</i>	+	—
	<i>S. neodecipiens</i>	+	—
	<i>S. zetesios</i>	+	—
	<i>S. macrocephala</i>	+	—
	<i>Eukrohnia hamata</i> (in low latitudes)	+	—
	<i>E. bathypelagica</i>	+	—
	<i>E. fowleri</i>	+	—
<i>Heterokrohnia mirabilis</i>	+	—	

Table 3. Number of individuals of *Sagitta elegans*.

Hauled distance (m)	0 ~ 500	750 ~ 1000	
St. B	66	2	
St. A	208	6	
Hauled distance (m)	0 ~ 120	250 ~ 500	750
St. D	—	13	4
Hauled distance (m)	0 ~ 50	250 ~ 500	1000 ~ 2000
St. N ₃	1	3	4
St. N ₄	—	18	5

た。しかるに今回の観測では黒潮統流からかなり南に位置する St. F₂₃ で、0~5000 m の試料から 2 個体が発見された。分布していた層はわからないが、次に述べる *S. scrippsae* と同様に決して表層にいたものではなく、かなり深い層に浮遊していたものと考えられる。このような例はかつて BIERI (1959) が 36°35'N, 163°46'E の

200~400 m 層で観測したことがあり、彼は北方から切離されて南下してきた渦流によるものと説明した。最近では丸茂が相模湾、駿河湾の中層にも出現することを海洋学会で発表した(1965)、親潮水の南下現象の究明のため、中層以深の分布状況を精査する必要がある。

2) *Sagitta scrippsae* と *Sagitta lyra*

もう一つの親潮水の指標種となりうる種類に *S. scrippsae* がある。多くの研究者は本種をつい最近までは、暖海性の *S. lyra* と同一種としていたため、*S. lyra* は暖海から寒海にまで広い分布域を有する種類ということになっていた。TOKIOKA (1939a) が相模湾・駿河湾から *S. lyra gazellae* type として発表した種類はおそらく本種の若い個体と考えられる。1962年に ALVARIÑO は神経系の分布状態から寒海性のものを *S. scrippsae* として独立させた。Fig. 4 に彼女によって画かれた北太平洋における *S. scrippsae* と *S. lyra* の分布図を示した。これによると *S. scrippsae* は大体亜寒帯水の南縁に沿って細い水帯に棲息する特有な種類であることがわかる。カリフォルニア海流のよい指標種で、南からくる暖水と接触する海域ではカリフォルニア海流の沈潜にともない、分布深度が沈下し、600 m 層まではその模様が追跡されることである。

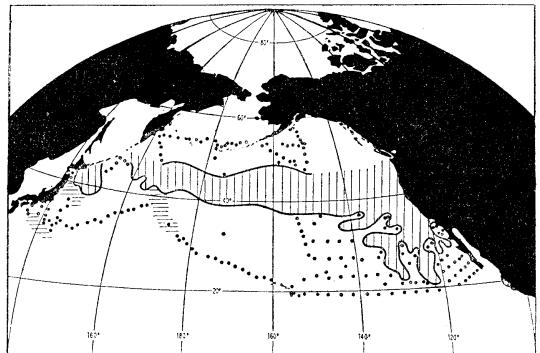


Fig. 4. Distribution of *Sagitta scrippsae* and *S. lyra* (after ALVARIÑO).

本州東方海域の表層の調査 (Fig. 5) では、*S. scrippsae* は親潮水を、*S. lyra* は黒潮水を指標することが明瞭である。しかし表層で採集されるものは若い個体ばかりで、前者は 18 mm 以下後者は 10 mm 以下であった。今回の観測では、*S. scrippsae* は混合水域の Sts. G₂₀₇, E₂, D と黒潮統流の南方に位置する St. F₂₃ に出現し、採集層も深いため 40 mm に達する完熟個体が採集された。分布層は Table 4 に示した如く、混合水域の St. D で 250 m 以深に、黒潮統流以南の St. F₂₃ で 500 m 以深

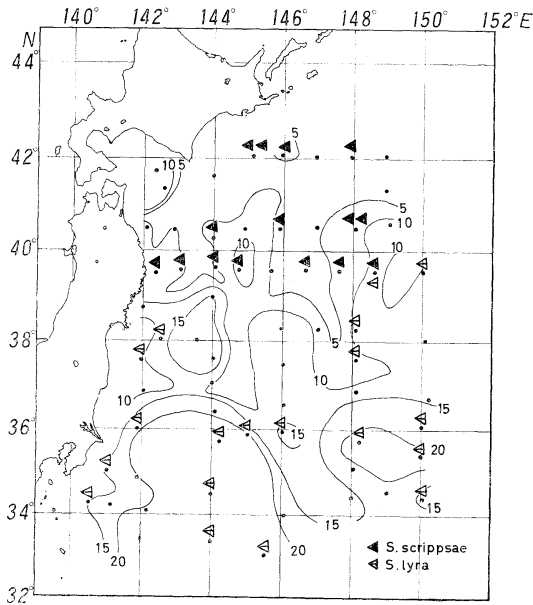


Fig. 5. Distribution of *Sagitta scrippsae* and *S. lyra* in August, 1964 (0~100 m).

Number of symbols in a station indicates the number of animals; below 1.0 animal and 1.1-2.5 animals per cubic metre of water, respectively.

Table 4. Number of individuals of *Sagitta scrippsae* and *Sagitta lyra*.

<i>Sagitta scrippsae</i>				
Hauled distance (m)	0~120	250~500	750~	
St. D	—	—	13	4
Hauled distance (m)	0~500	1000~2000	3000~4000	
St. F ₂₃	—	3	1	2
<i>Sagitta lyra</i>				
Hauled distance (m)	0~500	750~1000		
St. C	—	1	6	
Hauled distance (m)	0~120	250~500	750~	
St. D	2	—	3	—
Hauled distance (m)	0~500	1000~2000	3000~4000	
St. F ₂₃	85	89	—	—
St. I ₂	145	20	12	—
St. I ₄	3	5	5	—
St. I ₂₃	142	4	2	—

にある。 *S. elegans* とともに親潮水の南下を指標するに重要な種類である。一方 *S. lyra* は親潮域の Sts. A, B には出現しなかったが、その他の採集点では 30 mm に達する完熟個体がかかり出現した。Table 4 に示したごとく、混合水域では 500 m 以浅に、黒潮統流以南の水域では 2000 m 層まで分布している。

3) *Sagitta zetesios*

本種は太平洋では主として亜寒帯収束線から南半球の亜熱帯収束線に至る水域の中層に分布する種類で、この観測では Sts. G₂₀₇, E₂, F₂₃, I₂, I₄, I₂₃ で採集された。Table 5 に示したごとく、F₂₃ では 2000~3000 m の深層でも採集されたが、個体は著しくいたんでおり、生存していたとは考えられない状態であった。注意されることは、F₂₃ の試料中に小形で約 25 mm で完熟した個体が 3 匹検出されたことである。それらは分類の基準となる後歯の数、前鰭の先端の腹神経節に対する位置などは亜南極水域の中層に固有な近縁種の *S. planctonis* に似ており、前鰭・後鰭の形は典型的な *S. zetesios* に似ている。成熟に関して、DAVID (1956) は *S. planctonis* と *S. zetesios* の両者の完熟個体は 37 mm 程度で、貯精囊の痕跡は 25 mm 以下の個体にはみられないことを述べている。我々の試料も典型種は 34 mm 以上で完熟しており、混合水域が多かった。従って典型種と小形種が生態学的にどんな関係にあるかを解明することは海洋学的見地から興味ある問題である。これについてはあらためて報告する。

Table 5. Number of individuals of *Sagitta zetesios*.

Hauled distance (m)	0~500	1000	2000	3000	4000
St. F ₂₃	—	12	2	2	—
St. I ₂	6	2	2	—	—
St. I ₄	—	2	—	—	—
St. I ₂₃	3	3	—	—	—

4) *Sagitta neodecipiens*

本種は暖海の中層に生息する *S. decipiens* に近縁な種で、TOKIOKA (1959) により太平洋の東部熱帯水域の中層採集で発見された種類である。本邦周辺では気象庁および海洋気象台が極めて多数にのぼる表層プランクトンネット採集を行ってきたにもかかわらず、いまだ一度も検出されなかった種類の一つであるが、この観測で初めて採集された。出現地点は Sts. G₂₀₇, F₂₃, I₄, I₂₃ で、Table 6 に示したごとく、1000 m 層までの採集に出現

Table 6. Number of individuals of *Sagitta neodecipiens*.

Hauled distance (m)	0~500	1000	2000	3000	4000
St. F ₂₃	17	2	—	—	—
St. I ₄	—	1	—	—	—
St. I ₂₃	6	—	—	—	—

した。今までは太平洋の東側に個有の種類と考えられていたが、今回の観測により、西側においては亜寒帯収束

線まで中層に分布することが明らかにされたことは貴重である。

5) *Heterokrohnia mirabilis*

典型的な深層種であるが、いまだ南極海と太平洋からしか報告されていない珍しい種類である。最初の記録は 1911 年に RITTER-ZAHONY による Gauss 号の採集試料に関するものである。採集された地点は 64°29'S~65°18'S, 80°00'E~85°27'E の南極洋水域で、2000~3423 m 層から 8 個体が採集された。その後長い間出現が報じられなかったため、本種は南極洋の個有種とみられていた。1955 年に至り、TCHINDONOVA は千島-カムチャッカ海溝の 5000 m 層のリングトロールで 2 個体が採集されたことを報告し、*H. mirabilis* を両極種と考えた。また 1958 年には DAVID が南極洋の 57°36'S, 29°54'W で、2000~3000 m 層の試料中から 1 個体を報告した。さらに 1959 年には BIERI が太平洋の赤道海域の 11°02'N, 91°46'W で、0~2300 m 層の試料から本種の出現を報じた。そして彼は *H. mirabilis* は TCHINDONOVA が提唱するように両極種ではなく、深海の普遍種であるとした。われわれの観測では、本種と考えられるものが St. I₂₃ で 1 個体採集されたが、分布層は南極洋にくらべて浅く、1000~2000 m 層からえられた。*H. mirabilis* は個体数が少ないため、採集される可能性が低いという難点があるが、生息深度は深いので採集方法をより効果的になしうれば、南極洋から太平洋にわたる深層水の循環の解明に役立つものと考えられる。

4. 日本海と太平洋北西部の毛顎動物群の比較

Table 2 に今回の深海観測で検出された種類の両海域における出現状況を示した。暖海性表層種についてみると、日本海では出現種が少ないが、これは対島暖流水域での観測地点が僅かに 2 点にすぎないためで、過去の文献 (TOKIOKA 1940, 1951; FURUHASHI 1953; 気象庁, 1964) を参照すると、出現度、個体数は太平洋岸に劣るとしても大部分は検出されている。検出されていないものは、暖海種では *S. hexaptera*, *S. lyra*, *Krohnittia subtilis* の 3 種で、いずれも完熟個体は中層に多い種類である。冷水種では *S. scrippsae* がいない。最も注意される点は 2000 m 層からの鉛直採集にもかかわらず中・深層種の完全な欠除である。日本海における毛顎動物の深層採集は少なく、わずかに TOKIOKA (1951), FURUHASHI (1953) の 500 m 以浅の報告があるにすぎないが、北太平洋の北部では表層に豊富に棲息する *E. hamata* さえ検出されていない。この現象は日本海

の底地形によるものである。すなわち、海水の流入口の対島海峡、間宮海峡付近は浅く、中・深層種の昼夜鉛直移動の上限がそこまで達しないためである。このような例は地中海においても観測されている。今後はさらに東支那海東部の深所およびオホーツク海についても調査する必要がある。

参考文献

- ALVARIÑO, A. (1962): Two new Pacific chaetognaths, their distribution and relationships to allied species. Bull. Scripps Inst. Oceanography, 8(1).
- ALVARIÑO, A. (1964): Bathymetric distribution of chaetognaths. Pacific Science, 18(1).
- BIERI, R. (1959): The distribution of the planktonic Chaetognatha in the Pacific and their relationship to the water masses. Limnology and Oceanography, 4(1).
- DAVID, P. M. (1956): *Sagitta planctonis* and related forms. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Zool., 4(8).
- DAVID, P. M. (1958): The distribution of the Chaetognatha of the southern ocean. Discovery Reports, 29.
- FURUHASHI, K. (1953): On the vertical distribution of animal plankton in the sea of Japan off San'in-district in summer of 1952. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 3(1).
- FURUHASHI, K. (1961): On the distribution of chaetognaths in the waters off the south-eastern coast of Japan (JEDS-3). *ibid.*, 9(1).
- Japan Meteorological Agency (1964): The results of marine meteorological and oceanographical observations. No. 32 and No. 33.
- MARUMO, R., M. KITOU and M. OHWADA (1958): Vertical distribution of plankton at 40°N, 150°E in the Oyashio water. Oceanogr. Mag., 10(2).
- MEEK, A. (1928): On *Sagitta elegans* and *Sagitta setosa* from the Northumbrian plankton, with a note on a trematode parasite. Proc. Zool. Soc. London.
- RITTER-ZAHONY, R. (1911): Revision der Chäetognathen, Deutsch. Südpol.—Exped. 1901-3, 13 Bd., Zool., 5 Bd., Hft. 1.
- TCHINDONOVA, Yu. G. (1955): Chaetognatha of the Kurile—Kamchatka Trench. Trudi Inst. Okeanol., 12 (in Russian).
- THIEL, M. E. (1938): Die Chaetognathen—Bevolkerung des Sudatlantischen Ozeans, Wiss. Ergebn. Deutsch. Atl. Exped. "Meteor". D.A.E. "Meteor" 1925/27, Bd. 8.
- THOMSON, J. M. (1947): The Chaetognatha of south-eastern Australia. Council Sci. Ind. Res. Australia, Bull. No. 222.
- TOKIOKA, T. (1939a): Chaetognaths collected chiefly

from the bays of Sagami and Suruga, with some notes on the shape and structure of the seminal vesicle. *Rec. Oceanogr. Wks. Japan*, **10**(2).

TOKIOKA, T. (1939b): Three new chaetognaths from Japanese waters. *Mem. Imp. Marine Obs.*, **7**(1).

TOKIOKA, T. (1940): The chaetognath fauna of the water of western Japan. *Rec. Oceanogr. Wks. Japan*, **12**(1).

TOKIOKA, T. (1951): Pelagic tunicates and chae-

tognaths collected during the cruises to the New Yamato Bank in the Sea of Japan. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **2**(1).

TOKIOKA, T. (1959): Observations on the taxonomy and distribution of chaetognaths of the north Pacific, *ibid.*, **7**(3).

TOKIOKA, T. (1965): The taxonomical outline of Chaetognatha, *ibid.*, **12**(5).

討 論

討論者 根本敬久 (鯨研)

毛類動物矢虫は動物プランクトンの中でももっとも海洋の浮遊生活に適した動物であり、この研究は単にプランクトンだけではなく海洋生物の研究上非常に大きな意味をもっている。ただ今の講演にあった日本における深海研究ならびに諸外国で行なわれた研究を通して以下の点がまず問題点としてうかんでくる。

一般的には深層性の矢虫の方が表層あるいは中層水種よりも広く分布しているようである。その例として *S. Macrocephala*, *Eukrohnia fowleri*, *Heterokrohnia Mirabilis* の例があげられる。物理化学的環境の変化というものが表層でも水温は 30°C, 塩分は 7‰ 位の範囲で変化しているのに対して、中層以下では変化が少ないということから環境の均一性というものが反映していると解釈される。このような深海の物理あるいは化学的な生物環境の変化というものが、垂直的には非常に大きいが水平的には少なく種の分布とか分化というものに対してきびしい境界にならない。他のプランクトンの例としては、たとえばおきあみ類の深海種の *Bentheuphausia Amblyops* は南極からアリューシアンまで広く発見されている。さきほどもっとも深層の種として南極から千島海溝にまで分布している *Heterokrohnia mirabilis* というような特有な種類の量的分布が検討されるならば深層水の分布、南極から北半球への水の流入の問題に対して、おもしろい見解が得られるかも知れない。

中層種は、さきほどのお話しのように *S. marri* のように南極の中層に限られる種類とか、あるいは *Eukrohnia hamata* のような広く分布している種類がある。*E. hamata* についてはよく南極と北極の生物の連続性の説明に引用される。これに近い分布をしている *S. maxima* については北極では表層に移るが亜南極海では中層にいる。またペルー海流中では 750 から 1,000 m の中層にいる。しかも *S. maxima* の熱帯海域における

分布は *E. hamata* よりも少し深い所においてかつ切れている。このような分布をしていて、*S. maxima* と *E. hamata* が非常に近縁の種であると *E. hamata* に近い。*S. maxima* が分布深度が異なるため地球の暖化の時期に赤道付近でつながりが切れたと考えるとうまく説明がつくと考える人もいる。更に *S. maxima* の北極における個体の大きさと南半球における大きさが若干差がある。これはそれぞれの極に分かれてから分散適応したということと考えられる。おきあみ類においても中層種と考えられる *Nematobracilon* とか *Thysanopoda* など種類について赤道の現在の水塊がバウンダリーとは考えられないという報告があるが、これも過去における地球の寒暖の時代と現在の海の状態との関連より説明されるものがかかりあり、古海洋学的にプランクトンの分布も検討される必要があると思う。

次に水塊と分布との関連性であるが一般に矢虫は水塊の良い指標種であることが明らかにされている。ただ極端の例として、*S. elegans* について北極海から採集した記録だと、普通 35‰ ぐらいにいる *elegans* が 15‰ あるいは 5‰ といった塩分の所にも棲息できるという報告がある。他にもそのような例があるので一体水塊のもつバウンダリーの意味が矢虫の場合何が一番影響しているのか? この場合は塩分は変化してもよいが水温が大事であるということなのか? こういったことも検討する必要があるがでてくる。このような例としてはいそあみの一種の *Lophogaster multispinosus* が赤道のある特定の中層水温 (200 m 層で 21°C 以上) の分布と一致して発見されている例があるし、矢虫のある種は特定の酸素濃度と関係して分布しているという報告もある。次に矢虫について世代の生長のスピードというものがわかるとどの種がいつどこで採れたということによってこまかい解析ができる可能性がある。さきほど北半球の周北極種として挙げられた *S. elegans*, また *S. scrippsae* のような指標種と考えられるものはこのような点がわかれば海流の動向に対して有力な手掛りとなると思う。大西洋から *Petro-*

sagitta draco といった種が地中海に入ってくるが、これとジブラルタル海峡を通る時の海流の強弱のメカニズムとの関連も興味があるろう。

次に日本海の矢虫の問題で *E. hamata* が日本海に分布していないとのことであるが、これは非常におもしろい点であると考えられる。また 40° 線より、transition zone に分布する *S. scrippsae* も出現しない。日本海では、他のたとえば深海の貝類などについても固有種は非常に少ない。これは気候の方はとにかく、昔大陸の内棚であったために地球史的に海になった時間が短いためであるとされるがこういった点も今後検討される課題となると思う。前に東海大の中井教授が放散虫の Challengeriidae の各種につき日本海、北太平洋、オホーツク海のものについて比較して、日本海の中層水種の特異性を話されたことを記憶している。それから *E. hamata* あるいは *S. scrippsae* のグループ以外の太平洋側の中層種と日本海の方の矢虫の出現の状態についても今後更に検討さ

れる必要がある。

最後に生態や形態研究の問題点として次の二点をあげたい。さきほどの *S. maxima* が南極洋では 250 m 以深で 50 m 以浅にはでてこないが、北極洋では表面に分布する。南極洋では *maxima* の上層に *S. gazellae* が出現しているが北半球ではそういった *S. gazellae* にあたる種はなく *maxima* が表層に出現していると考えたくなるが、こういう種間の相互作用が種の分布の分化に影響しているかも知れない。また分類学的に重要な点の内体長に対するひれの長さなどにおいて水平あるいは垂直分布に関連してみられる差異はないだろうか？あるいはまた成長の段階、個体の大きさによって見られる変化はないか？深海種と浅層種との間でもっとも大きな形態変化は何んであってどの形態がそれぞれの近似種の形態より分化していると考えられるか？こういった点が今後分布や棲息する水塊の問題と関連して検討される必要があると考える。

一般討論

座長 丸茂隆三（東大海洋研）

三宅（東教育大） 生物の分布からこの水塊とこの水塊の類似性を論じられたが、量的な時間的な面から推定されたらどうか。

鬼頭（気象庁） 一番むずかしくて、つかみにくいのは外洋性プランクトンのライフサイクルである。今後ライフサイクルがわかれば、分布のみでなく時間的問題が解決されよう。実際的に言って、ライフサイクルがわかっており、それによって水塊の移動に要した時間の解明に利用された外洋性プランクトンの例は知らない。

宇田（東水大） さきほど示した *Eukrohnia hamata* の断面図——赤道の方にむかって極から深くなる図——で等温線とか等塩分線を見ると、赤道直下で上っているが、その動物の分布は 20°~30°N で一番深くなっている。しかしもう少しこまかく採集されたら、0~10°N 程度で浅い所で採集されないか検討してほしい。相模湾、駿河湾などの深層で特にサブアークテックのものがとれている。かなり南の方まで採集しているが、これの深さが緯度 20° ぐらいから 5° ぐらいで浅くなってこ

いか、また、ギオなど海底地形の浅い所で upwelling がないか、浅い層は DSL などの上下運動があるが、こういった *sagitta* にはどれぐらいの垂直移動が考えられるか？

鬼頭 あの図は ALVARIÑO の定性的な分布図だが、こまかい観測では、赤道近くでは *Eukrohnia hamata* が 300 m 以浅に出現することが知られており、赤道湧昇を指標している。昼夜鉛直移動は虫齢によりことなり、あまり明瞭にはされてない。表層種の昼夜鉛直移動はそんなに大きくなく、たとえば *Sagitta elegans* では平均 15 m~20 m ぐらいである。季節の変動は私が実際に観測した例がある。*Eukrohnia hamata* は東北海区においては 5 月をのぞいてはあまり採集されないが、5 月には *Sagitta elegans* よりも多く 100 m 以浅の採集でとれる。

丸茂（東大海洋研） 今までのお話で、深海プランクトンに関して今後の仕事の進め方など暗示されている。日本近海については、親潮中層水のひろがりを求めるという考え方と、深層大循環という所に住んでいるものを主体とした調査の二つがある。前者はわれわれが観測ラインをうまく設定して行くなれば効果があると思う。

閉会の辞 佐々木忠義

ちよつとご挨拶申し上げます。ただ今受付で記帳簿を拝見しますと、約 80 名の多数の方がお書きになっています。書きもらしの方もおりかと思しますので、非常に多数の方がこのシンポジウムにおいで下さったわけです。ご講演やご討論にさいしまして熱心な皆様のご協力を主催者といたしまして、あつくお礼申し上げます。

ふり返ってみますと、第1回の深海研究に関するシンポジウムをいたしましたのはちょうど6年前、昭和38年ごろかと記憶しておりますが、今年は第5回になります。私は第1回の様子を静かに考えてみますと、第1回でありますし、ご関心も少ないし、私どもの努力も足りなかったのでありますが、30名くらいの方がお集まりになったかと思ひます。年と共に集まり下さる数もふ

え、ご関心をもつていただく面も深さも広く深くなってゆきます。あと5年くらいこういうのを続けますと、さぞかし発展し成果深海研究に関するシンポジウムは、を挙げるだろうと考えております。

10年一昔と申しますから、10年くらいやってゆくうちには更にいろいろな問題が出てまいり、あるいはただいま丸茂先生のお話のように、深海とプランクトンだけを取り上げて1日討論するようなことになるわけです。

なんと申しましても皆様のご協力とご厚意がなければできないことでも今後更にご支援をお願い申し上げます。

なお本日はこういう立派な会場をおかりすることができたわけですが、これは気象庁の川瀬海洋部長、杉浦海洋課長始め海洋課の皆様、気象庁の皆様の大変なご協力によりますもので、この席をおかりして厚くお礼申し上げます。

録 事

1. 昭和40年11月18日、東京ヒルトン・ホテルにおいて、来日されたアメリカの E. A. LINK氏の講演会が日仏海洋学会、日本海洋学会共催で開かれた。両学会会長の挨拶に引き続き「海底開発の現状と将来」と題してLINK氏の講演が行なわれた。なお、講演終了後、16ミリ映画が上映された。参加者は120名を越え非常に盛会であった。
2. 昭和40年12月14日、理化学研究所において、第2回学会賞受賞候補者推薦委員会が開かれた。慎重審議の結果、委員会は高野健三氏(東大・海洋研)を受賞候補者として推薦することに決定し、推薦理由を付けて会長に報告した。
3. 学会賞規定第5項に基づき、全評議員(104名)による投票の結果、投票数83票で全員の賛成を得た。したがって、昭和41年度の実賞者は高野健三氏に決定した。
4. 昭和41年1月10日、理化学研究所において編集委員会が開かれ、第4巻第1号の編集を行なった。なお、第4巻より年4冊発行を目標とすることにした。また、今まで行事欄に講演記録を掲載していたが、行事欄を廃止して講演記録は資料欄に入れ、シンポジウムの記録は新たにシンポジウム欄を設けることにした。
5. 新たに下記の諸氏が入会された。

氏名	所属	紹介者
金谷太郎	東北大・理	佐々木忠義
清水信夫	東水大	永田正
乃万俊文	農林省農業木土試験場	佐々木忠義
宮崎正衛	気象庁	高野健三
広瀬秀男	東海大・海洋	佐々木忠義
東海林章	国際アクススポーツ	//
団体	神野潜水工業株式会社	//
賛助会員	芝電気株式会社	佐々木忠義

6. 下記の諸氏が退会された。

岩田賢一、吉原友吉

7. 会員の所属、名称の変更

氏名	新所属、新名称または新住所
楠 宏	東京都台東区上野公園 科学博物館極地部
森安茂雄	長崎市南山手町5 長崎海洋気象台

日本テレコム株式会社 暁東電子株式会社

日長コロンビア株式会社 東京都港区赤坂丹後町17

日仏海洋学会役員

顧問 ルネ・カピタン ユベール・ブロッシェ
山田寿二

会長 佐々木忠義

常任幹事 大柴五八郎 永田正 村上脩

幹事 今村豊 岩下光男 川口守一 神田献二
菊地真一 高野健三 高木和徳 西村実 松尾邦之助
丸茂隆三 溝口哲夫 山中鷹之助

監事 高山重嶺 三宅泰雄

評議員 赤松英雄 阿部宗明 池松政人 石井一美 石野誠 市村俊英 井上直一 今井丈夫 今村豊
入江春彦 岩崎秀人 岩下光男 岩田憲幸 上野福三
宇田道隆 宇野寛 江上不二夫 大内正夫 大島泰雄
大柴五八郎 大村秀雄 小沢敬次郎 小野公平
梶浦欣二郎 川上太左英 川口守一 川原田裕 神田献二
菊地真一 木村喜之助 草下孝也 国司秀明 黒木敏郎
黒沼勝造 久保伊津男 小牧勇蔵 近藤仁 齋藤泰一
齋藤行正 坂本市太郎 佐々木忠義 佐々木幸康
猿橋勝子 下村敏正 庄司大太郎 末広恭雄
杉浦吉雄 関根隆 高野健三 高橋淳雄 高山重嶺
高木和徳 田畑忠司 田村保 辻田時美 富永政英
中井甚二郎 中野猿人 永田正 永田豊 永野泰一
奈須敬二 奈須紀幸 南日俊夫 新野弘 西村実
新田忠雄 野村正 花岡資速 水頌一郎
半沢正男 菱田耕造 檜山義夫 平野敏行 福島久雄
福富孝治 淵秀隆 藤田亀太郎 星野通平 増沢讓太郎
松江吉行 松尾邦之助 松崎卓一 松平近義
松平康男 丸茂隆三 溝口哲夫 三宅泰雄 宮崎千博
向井正幸 村上脩 元田茂 安井正 山路勇
山中鷹之助 依田啓二 渡辺精一 渡辺信雄 (五十音順)

モーリス・アンコントル アンドレ・エービー マルセル・ジュクラリウス ビエール・ルイ・ブラン ロジェ・ペリカ ビエール・サン・ルー

賛 助 会 員 (五十音順)

井 出 利 明	釧路市白金町 11
伊 藤 精 機 株 式 会 社	東京都千代田区神田神保町 1-65 共益ビル
小 樽 舶 用 電 機 株 式 会 社	小樽市色内町 1-20
海 上 電 機 株 式 会 社	東京都千代田区神田錦町 1-19
神 野 潜 水 工 業 株 式 会 社	大阪府泉南郡岬町深日
協 同 低 温 工 業 株 式 会 社	東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
株 式 会 社 協 和 産 業	石巻市門脇九軒町 84
協 和 商 工 株 式 会 社	東京都豊島区目白4丁目 24-1
小 松 川 化 工 機 株 式 会 社	東京都江戸川区西小松川 1-2645
株 式 会 社 産 研	沼津市千本郷林 1907
三 信 船 舶 電 具 株 式 会 社	東京都千代田区神田司町 1-23
三 洋 水 路 測 量 株 式 会 社	東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
芝 電 気 株 式 会 社	東京都千代田区内幸町 2-20 日比谷会館ビル
シュナイダー財団極東駐在事務所	東京都港区芝罘平町 38 日本ガス協会ビル
昭 和 電 装 株 式 会 社	高松市福岡町 467
株 式 会 社 船 舶 電 工 舎	函館市海岸町 120
ソ ニ ー 株 式 会 社	東京都品川区北品川 6-351
大 洋 電 機 株 式 会 社	東京都千代田区神田司町 2-7
株 式 会 社 泰 和 電 器	東京都港区芝茸手町 7
株 式 会 社 鶴 見 精 機 工 作 所	横浜市鶴見区鶴見町 1506
帝 国 酸 素 株 式 会 社	神戸市兵庫区高松町 22-1
東 京 工 材 株 式 会 社	東京都中央区築地 4-2 築三ビル
株 式 会 社 東 京 本 山 商 会	東京都豊島区池袋 5-225
東 芝 機 械 株 式 会 社 研 究 所	沼津市大岡 2068-3
株 式 会 社 東 邦 電 探	東京都杉並区上高井戸 5-327
日 本 ア ク ア ラ ン グ 株 式 会 社	東京都豊島区巢鴨 6-1344 大塚ビル
日 本 海 事 広 報 協 会 海 の 世 界 編 集 部	東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル
日 本 テ ト ラ ポ ッ ド 株 式 会 社	東京都中央区銀座東 7-10 銀友ビル
晚 東 電 子 株 式 会 社	東京都港区芝新橋 1-30 新幸ビル
日 本 無 線 株 式 会 社	東京都港区芝桜川町 25 第五森ビル
舶 用 電 球 株 式 会 社	東京都目黒区下目黒 1-105
有 限 会 社 ハ ラ ダ 電 機 製 作 所	東京都豊島区池袋 8-3292
ヒ エ ン 電 工 株 式 会 社	堺市松屋町 1-3
富 士 真 珠 株 式 会 社	東京都中央区銀座西 5-3
フ ラ ン ス 物 産 株 式 会 社	東京都千代田区神田錦町 1-6 教文館内
古 野 電 気 株 式 会 社	西宮市葺原町 85
陽 明 紙 業 株 式 会 社	東京都千代田区神田司町 1-15
株 式 会 社 吉 田 製 作 所	東京都台東区上野 3-13-9
吉 野 計 器 製 作 所	東京都北区西ヶ原 1-14
理 研 ビ ニ ー ル 工 業 株 式 会 社	東京都中央区日本橋 本市ビル
株 式 会 社 離 合 社	東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル
株 式 会 社 渡 部 計 器 製 作 所	東京都文京区向丘 1-7-17

英仏和, 海洋・水産学用語集 (I~N)

Vocabulaire anglais-français-japonais de l'océanographie et des pêches

番号	英	仏	和
I			
661	ice area	région de glace	氷域
662	ice-edge	lisière de glace	氷縁
663	ice field; field of ice	champ de glace	流水野
664	ice floe; floe	floe	氷盤
665	ice foot	banquette de glace fixe	氷脚
666	ice-shelf	ice-shelf	たな氷
667	ice slush	slush de glace	氷でい
668	ice thickness; thickness of ice	épaisseur de glace	氷厚
669	iceberg	iceberg	氷山
670	illumination; illuminance	illumination	照度
671	immature fish	poisson immature	未成熟魚
672	incident wave	onde incidente	入射波
673	Indian Ocean	océan Indien	インド洋
674	indicator species	espèce indicatrice	指標種
675	industrial waste	égout industriel	工業廃棄物
676	industrial waste effluent	effluent d'égout industriel	工業廃水
677	inertia circle	cercle d'inertie	慣性円
678	inertial oscillation	oscillation d'inertie	慣性振動
679	inertial term	terme d'inertie	慣性項
680	inflow	effluent; influx	流入
681	influx; recruitment	apport	加入量 (水産資源の)
682	Infusoria (L.)	Infusoires	滴虫類
683	injurious plankton	plancton nuisible	有害プランクトン
684	inland sea	mer intérieure saumâtre	内海
685	inlet; cove	anse	入江
686	insular (island) shelf	socle (talus) insulaire	島だな
687	intercooled layer; intermediate cold layer	couche intermédiaire froide	中冷層
688	intercooled water; intermediate cold water	eau intermédiaire froide	中冷水
689	interface; boundary surface	interface; surface limite	境界面
690	intermediate current	courant intermédiaire	中層流
691	intermediate layer	couche intermédiaire	中層
692	intermediate warm layer	couche intermédiaire chaude	中暖層
693	intermediate warm water	eau intermédiaire chaude	中暖水
694	intermediate water	eau intermédiaire	中層水
695	internal friction	frottement interne	内部摩擦
696	internal seiche	seiche interne	内部セイシユ
697	internal wave	onde interne	内部波
698	interstitial water	eau interstitielle	間げき水
699	intertidal	intertidal; intercotidal	潮間帯の
700	internal tides	marée interne	内部潮せき

701	inversion	inversion	逆転(水温, 密度などの)
702	ionic exchange	échange d'ion	イオン交換
703	iron sand	limaille de fer	砂鉄
704	irradiance	irradiance	放射照度
705	isallobar	isallobare	圧力等変化線
706	isallohaline	isallohaline	塩分等変化線
707	isallotherm	isallotherme	温度等変化線
708	island	île	島
709	island (insular) shelf	plateau insulaire	島だな
710	islands	îles	諸島
711	islet	îlot	小島
712	isobar	isobare	等圧線
713	isobaric surface	surface isobarique	等圧面
714	isobath; isobathymetric line	isobathe	等深線
715	isochromatic line (of the sea)	ligne isochromatique	等水色線
716	isohaline	isohaline	等塩分線
717	isolated reef	récif isolé	孤立礁
718	isolated rock	roche isolé	孤立岩
719	isopleth	isoplèthe	等値線
720	Isopoda (L.)	Isopodes	等脚類
721	isopycnal	isopycnal	等密度線
722	isosteric surface	surface isostérique	等比容面
723	isotach	ligne isopycne	等流速線
724	isotherm; isothermal line	isotherme	等温線

J

725	Japan Sea	mer du Japon	日本海
726	juvenile	juvénile	稚魚

K

727	K ₁ component (constituent)	composante K ₁ ; onde luni-solaire declinationnelle diurne	K ₁ 分潮
728	K ₂ component (constituent)	composante K ₂ ; onde luni-solaire declinationnelle semi-diurne	K ₂ 分潮
729	“Kaeri” stage	phase “Kaéri” (des larves de la sardine)	かえり期(幼)
730	Karman constant	constante de Karman	カルマン定数
731	Kelvin wave	onde de Kelvin	ケルビン波
732	keris stage	stade keris	ケリス期(幼)
733	kink	coque (faux pli)	キンク
734	knephoplankton	knephoplancton	微光性プランクトン
735	Kuroshio System	Système de Kuroshio	黒潮系

L

736	lag	déphasage; phase trainant	遅角
737	lagoon	lagune	ラグーン
738	lake ice	glace de lac	湖氷
739	lamina	lame	葉層(たい積物の)

740	laminar boundary layer	couche limite laminaire	層流境界層
741	laminarian zone	zone limite laminaire	こんぶ帯
742	land drainage	zone laminaire	陸水注入量
743	land tied island	presqu'île	陸系島
744	land water	eaux continentales	陸水
745	lane; lead	passage	水路 (海水)
746	larva	larve; juvénile	幼生
747	larval fish	poisson larvaire	子魚
748	larval and juveniles	poisson juvénile	稚魚
749	Larvacea (L.)	Appendiculaires	幼形類
750	larval migration	migration juvénile	稚子期回遊
751	larval net	filet de larve; filet larvaire	稚魚網
752	lateral friction	front latéral	側面摩擦
753	lateral mixing	turbulence horizontale	側面混合
754	law of parallel solenoids	loi du champ du solénoïde parallèle	平行ソレノイド場の法則
755	layer of no motion; motionless layer	couche de mouvement nul	無流層
756	layer of observation	immersion d'observation	観測層
757	lead	lest	おもり
758	leptocephalus	leptocephale	レプトセファルス(幼)
759	level of no motion; motionless layer	niveau de mouvement nul	無流面
760	leveling	nivellement	水準測定
761	life-cycle	cycle vital	生活環
762	life history	histoire de la vie	生活史
763	light budget	bilan de lumière	光収支
764	limiting factor	facteur limitant	限定要因
765	limnobiote	limnobiote; êtres d'eau douce	淡水生物
766	limnoplankton	limnoplankton	淡水プランクトン
767	limulus	limule	リムルス(幼)
768	littoral	littoral	沿岸の(生物地理)
769	local variation	variation locale	地方変異
770	long-crested wave	onde à longues crêtes	峰の長い波
771	long-period component (constituent)	onde à longue période	長周期分潮
772	long period tide	marée à longue période	長周期潮
773	long wave	onde longue	長波
774	longshore drift	sable mouvant	漂砂
775	loop	ventre	腹(振動の)
776	loran	loran	ロラン
777	low water	basse mer	低潮(干潮)
778	lower depth of frictional influence	couche de frottement au fond	海底摩擦層
779	lower high water	pleine mer inférieure	低高潮
780	lower low water	basse mer inférieure	低低潮
781	lowest sea level	niveau de la plus basse mer	最底潮位
782	luminance	brillance	かがやき(輝度)
783	luminescent bacteria	bactérie lumineuse	発光細菌
784	luminous indicator plankton	plancton indicateur lumineux	発光指標性プランクトン
785	luminous plankton	plancton lumineux	発光プランクトン
786	lunar elliptic tide	onde lunaire elliptique	太陰長円潮

787	lunar evectional tide	onde lunaire evectionnelle	太陰出差潮
788	lunar period	révolution sidérale	月令周期
789	lunar tide	onde lunaire	太陰潮
790	luni-solar diurnal tide	onde luni-solaire diurne	日月合成日周潮
791	luni-solar semidiurnal tide	onde luni-solaire semi-diurne	日月合成半日周潮
792	lunitidal interval	intervalle; établissement	月潮間隔

M

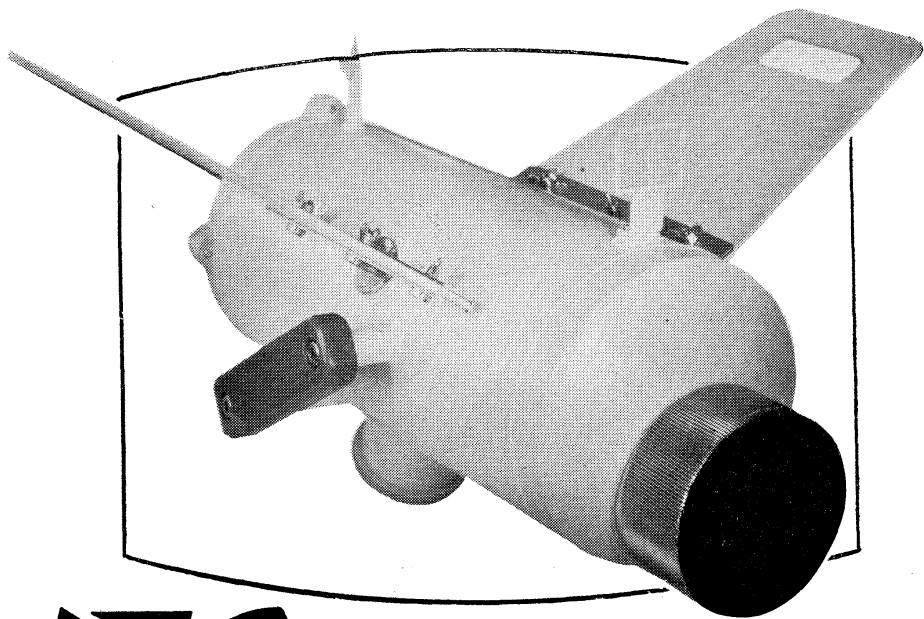
793	M ₂ component (constituent)	composante M ₂ ; onde lunaire principale semi-diurne	M ₂ 分潮
794	macroplankton	macroplancton	大形プランクトン
795	Macrura (L.)	Macroures	えび類
796	main thermocline	thermocline principale	主水温躍層
797	Malacostracea (L.)	Malacostracés	軟甲類
798	Mammalia (L.)	Mammifères	ほ乳類
799	man-made sea water	eau de mer artificielle	人工海水
800	maganese nodule	nodule manganésien	マンガン団塊
801	mareogram	marégramme	潮候曲線
802	marginal sea	mer marginale	縁海
803	marine	marin	海の
804	marine acoustics	acoustique marine	海洋音響学
805	marine alge	algue marine	海藻
806	marine bacteria	bactérie marine	海洋細菌
807	marine biology	biologie marine	海洋生物学
808	marine deposit	dépôt marin	海底沈積物
809	marine ecology	écologie marine	海洋生態学
810	marine geology	géologie marine	海洋地質学
811	marine humus	humus marin	海底腐植
812	marine meteorology	météorologie marine	海洋気象学; 海上気象学
813	marine microbe	microbe marin	海洋微生物
814	marine microbiology	microbiologie marine	海洋微生物学
815	marine optics	optique marine	海洋光学
816	marine organism	organisme marin	海洋生物
817	marine plankton	plancton marin	海洋プランクトン
818	marine radioactivity	radioactivité marine	海洋放射能
819	marine research	recherche océanographique	海洋研究
820	marine resources	ressources marines	海洋資源
821	marine sediment	sédiment marin	海底たい積物
822	marine snow	neige marine	マリンスノー
823	marking experiment	expérience de marquage	標識放流
824	Mastigophora (L.)	Flagelles	ペン毛虫類
825	mature fish	poisson mûr	成熟魚
826	maturity	maturité	成熟度
827	mean establishment; mean high water interval	intervalle moyen de la pleine mer	平均高潮間隔
828	mean high water (level)	pleine mer moyenne	平均高潮面
829	mean high water neaps	pleine mer moyenne de morte eau	小潮平均高潮面
830	mean high water springs	pleine mer moyenne de vive eau	大潮平均高潮面

831	mean low water interval	intervalle moyen de la basse mer	平均低潮間隔
832	mean low water level	niveau de la basse mer	平均低潮面
833	mean low water neaps	niveau de basse mer moyenne de morte eau	小潮平均低潮面
834	mean low water springs	niveau de basse mer moyenne de vive eau	大潮平均低潮面
835	mean range	amplitude moyenne	平均潮差
836	mean sea level	niveau moyen de la mer	平均潮位 (平均海面)
837	mean tide level	niveau moyen de la marée	満干平均海面
838	meander	méandre	まがりくねり
839	medium sand	sable moyen	中砂
840	Mediterranean Sea	Méditerranée; Mer méditerranéenne	地中海
841	megalopa	mégalope	メガローパ (幼)
842	megaplankton; megaloplankton	mégaplankton; mégaloplancton	巨大プランクトン
843	meridional circulation	circulation méridienne	南北循環
844	meroplankton	méroplancton	定期性プランクトン
845	mesobenthos	mésobenthos	中深海底生物
846	mesoneritic	eulittoral	真沿岸帯の
847	mesopelagic	mésopélagique	中層遊離性の
848	mesoplankton	mésoplancton	中層プランクトン
849	mesothermal layer	couch intermédiaire chaude	中暖層
850	mesothermal water	eau intermédiaire chaude	中暖水
851	messenger	messager	メッセンジャー
852	metabolism	métabolisme	代謝
853	metanauplius	métanauplius	メタナウプリウス
854	meteorite	météorite	いん石
855	meteorological tide	marée météorologique	気象潮
856	microoceanography	micro-océanographie	微海洋学
857	microplankton	microplancton	小形プランクトン
858	microseisms	microséisme	脈動
859	migration	migration	回遊
860	mineralization	minéralisation	鉱化作用
861	minimum duration	durée minimum	最小連吹時間
862	minor constituent (component)	composant mineur	微量成分
863	mitraria	mitrarie	ミトラリア (幼)
864	mixed layer; mixing layer	couche mélangée	混合層
865	mixed water	eau mélangée	混合水
866	mixing length	longueur de mélange	混合距離
867	molacanthus	molacanthus	モラカンタス (幼)
868	Mollusca (L.)	Mollusques	軟体動物
869	monoplankton	monoplancton	単一プランクトン
870	monthly mean sea level	moyenne mensuelle du niveau de la mer	月平均海面, 月平均潮位
871	monthly tide	marée mensuelle	月周潮
872	mother-river (parent-stream) theory	théorie de larivière natale	母川説
873	motionless layer	couche de mouvement nul	無流層
874	mud	vase	どろ
875	mud-feeder	boue-alimentateur; boue-mangeur	でい食動物
876	mud flow	courant de boue	でい流

877	muddy	fangeux	でい質の
878	Müller's larva	larve de Müller	ミュラー幼生
879	multinodal seiche	seiche multinodale	多節セイシュ
880	multiple current	courant multiple	マルチプル・カーレント
881	Mysidacea (L.)	Mysidacés	あみ類
882	mysis-stage	stade mysis	あみ期(幼)
883	Myxophyceae (L.)	Myxophycés	粘藻類

N

884	nannoplankton	nannoplancton	ナノプランクトン (微小プランクトン)
885	Nansen bottle	bouteille à renversement du type Nansen	ナンゼン採水器
886	natural enemy	ennemi naturel	天敵
887	natural mortality	taux de mortalité naturelle	自然死亡率
888	nauplius	nauplius	ナウプリウス(幼)
889	neap range	amplitude en morte eau	小潮差
890	neap rise	hauteur de la pleine mer de morte eau	小潮高
891	neap tides	morte-eau	小潮
892	near-shore	côtière	沿岸の
893	near-shore current system	courant de remous côtier	海浜流系
894	neck	passage	地峡
895	nekton	nécton	ネクトン(遊泳動物)
896	Nemathelminthes (L.)	Némathelminthes	線形動物
897	Nemertini (L.)	Némertiens	ひも形動物
898	neritic (coastal) fisheries	pêche côtière; petite pêche	沿岸漁業
899	neritic plankton	plancton néritique	沿岸プランクトン
910	neuston	neuston	ニューストン
911	neutral	neutre	中立(鉛直安定度の)
912	neutrally-buoyant float	bouée à flottabilité neutre	つりあいうき
913	niche	niche	生体的地位
914	nitrate-nitrogen	azote-nitrate	硝酸塩窒素
915	nitrate-reducing bacteria	bactérie reductrice de nitrate	硝酸塩還元細菌
916	nitrification	nitrification	硝化作用
917	nitrite-nitrogen	azote nitrite	亜硝酸塩窒素
918	nitrite-reducing bacteria	bactérie reductrice de nitrites	亜硝酸塩還元細菌
919	nitrogen-fixing bacteria	bactéries fixatrices d'azote	窒素固定細菌
920	nocturnal	nocturne	夜行性の
921	nodal line	ligne nodale	節線
922	nodule	nodule	団塊
923	non-conservative constituent	constituent non conservateur	非保存成分
924	non-harmonic constant	constante non harmonique	非調和定数
925	normal	normale	平年値
926	normal stress	tension normale	法線応力
927	normal water	eau normale	標準海水
928	nourishment	nourriture	栄養分
929	nursing ground	terrain-nourricière	生育場
930	nutrient salts	sels nutritifs	栄養塩(類)
931	nyctiplankton	nyctiplancton	夜来性プランクトン



NEC

水中テレビジョン-51型

すぐれた特長

1. 水中TVカメラには、高性能全トランジスタ化TI-105(V)形1TVカメラを内蔵している。
2. 水中カメラにはハンドルがついており、潜水夫がハンドルをにぎって遊泳してもカメラが振れないように整流ウイングがついている。
3. 水中TVカメラは小型で流体抵抗の少ない形状しているうえに、水中での重量がゼロであるので、取り扱いや移動が楽になっている。またTVケーブルはカメラから簡単にはずせるようになっている。
4. カメラにはリモートコントロールによる焦点距離および絞り調整を行なうための機器がとりつけられてあり、モニターを見ながら調整することができる。
5. 電源は交直いずれもご使用できる。

性能

1. 最大深度 約80m
 2. 被写体距離 約1m～約5m
 3. 画角 水平画角 53°52" 水直画角 41°43"
 4. 所要電源 AC 100V 50/60% DC24V以上 約150VA (AC) 約10AH (DC)
 5. 装置重量 水中TVカメラ 陸上 約9.5kg 水中0kg 操作器 約3kg 電源装置 約3.5kg TVケーブル(100m) 約50kg
- 被写体距離は水の透明度、水中の明るさなどに左右されるが、一般に約1m～約5m程度が適当である。

装置の構成

本装置の構成は下記の通りであります。

- | | |
|-------------------|----|
| 1. 水中TVカメラ | 1台 |
| 2. 操作器 | 1ヶ |
| 3. 電源装置 | 1台 |
| 4. 8吋映像モニター | 1台 |
| 5. TVカメラケーブル 100m | 1本 |
| 6. 同軸コード 3m | 1本 |
| 7. 電源コード 3m | 1本 |
| 8. 収納箱 | 3個 |

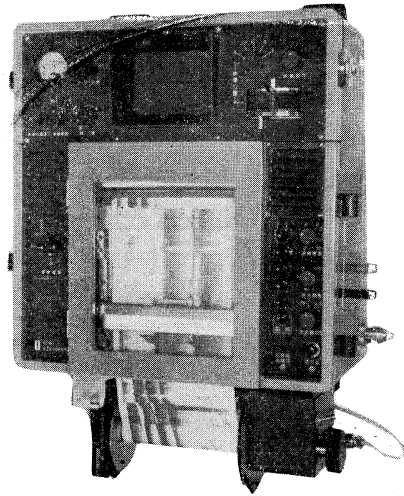
日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番15号
電話 東京 452局1111(大代表)

詳細は電波機器事業部営業部へ 東京都千代田区丸の内1丁目8番地(新住友ビル) 電話東京 211局2311(代)



自動追尾方式ロラン受信機
(日, 英, 仏, 加 特許)



ニュービデオグラフ
トランジスター式, 二周波魚群探知機

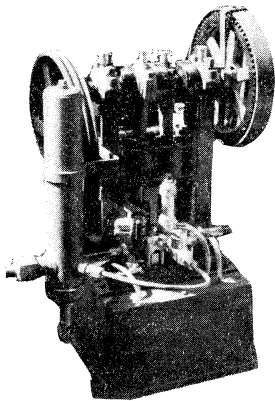


古野電気株式会社

西宮市芦原町 85 電 (3) 1051

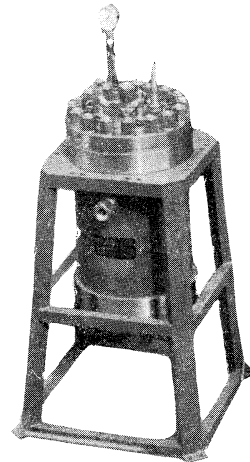
東部支社: 東京都品川区五反田 1 ~ 423 Tel. (447) 2311 代表
西部支社: 長崎市大黒町 2 ~ 1 Tel. (2) 3261 代表

ヨシタの海洋試験機



超高压テストポンプ

- 水 圧 試 験 装 置
- 高 圧 水 圧 ポ ン プ
- 流 水 実 験 装 置
- 恒 温 水 槽
- 回 流 水 槽
- 衝 撃 試 験 機
- 抗 張 力 試 験 機
- 摩 耗 試 験 機



高圧テスト容器

☆その他各種試験機装置設計製作



株式
会社

吉田製作所

東京都台東区上野 3 丁目 13 番 9 号 電話 (832) 4351 ~ 5

TEIKOKU SAN SO 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)



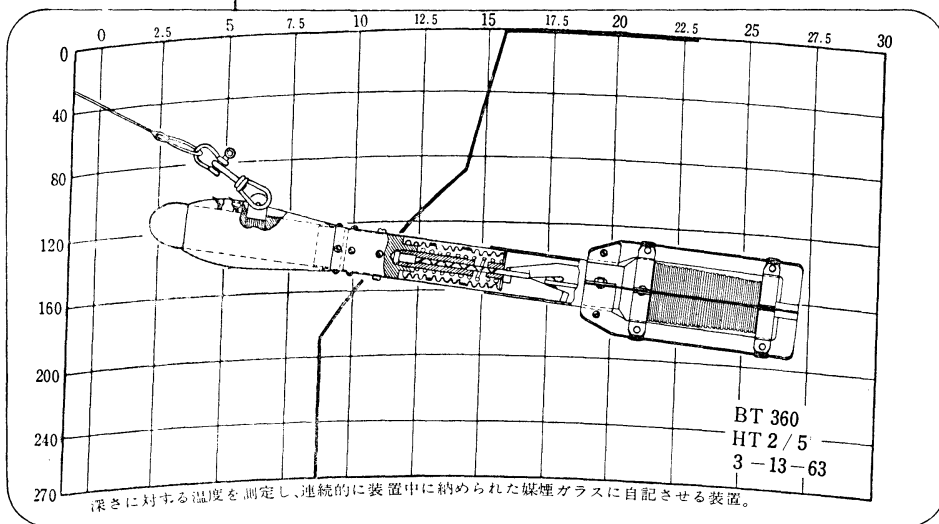
BT BATHYTHERMOGRAPH

NO.2045 **バシマーモグラフ**

(THERMARINE RECORDER)

WALLACE & TIERNAN INC.

NEW JERSEY, U.S.A.



Model	FA-190012	FA-190022	FA-190032
Depth Range	0 ~ 60 m. (0 ~ 200ft.)	0 ~ 135 m. (0 ~ 450ft.)	0 ~ 270 m. (0 ~ 900ft.)
Temp. Range	- 1 ~ + 30°C (28 ~ 90°F)		

海洋観測器械
日本代理店



株式会社 離 合 社

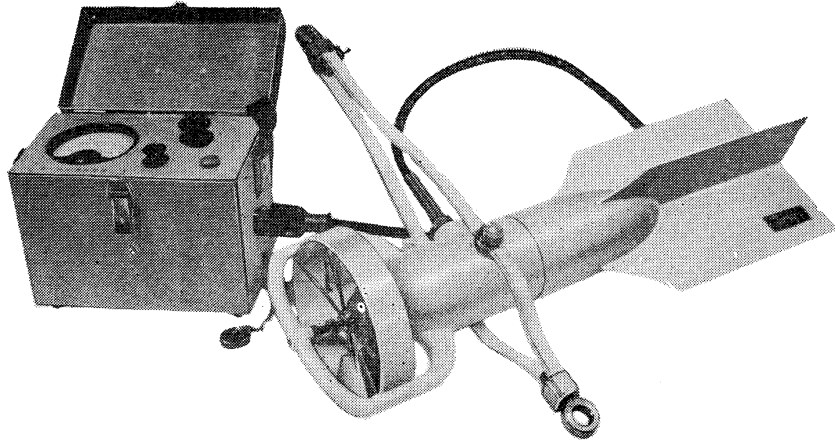
本 社 東京都千代田区神田鍛冶町1の2 丸石ビル
電 話 東 京 (252) 1 5 1 1 (代表)
大阪営業所 大阪市北区北同心町1の15 電話大阪(351)7346-8019
工 場 東 京 浦 和

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 東京都杉並区上高井戸5の327 電話(391) 8402
 営業所 東京都杉並区久我山1の309 電話(334) 3451~3

製造品目

ET-5型	電	気	水	温	計
ECT-5型	塩	分	検	出	計
CM-1S型	微	流	流	速	計
CM-1B型	電	気	流	速	計

REVERSING THERMOMETER



Protected



Unprotected

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

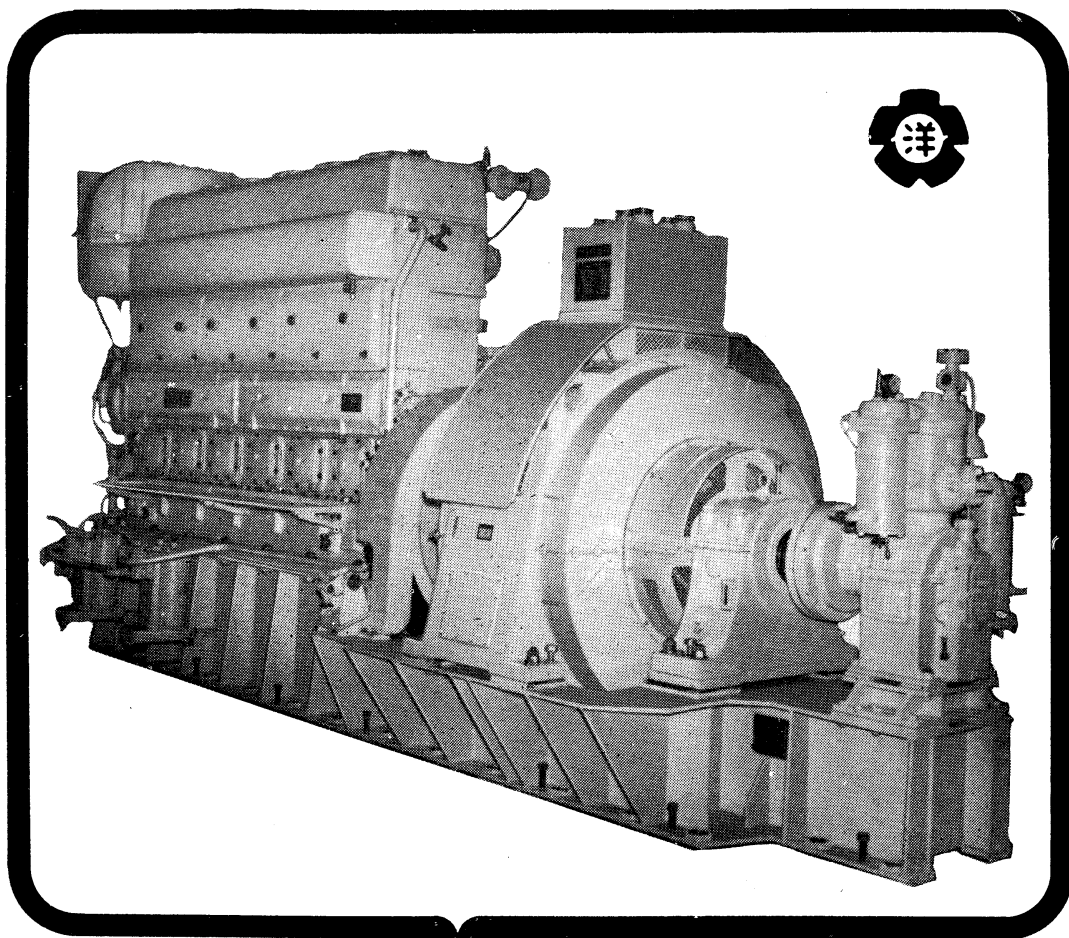
YKS

Yoshino Keiki Co.

1-14, NISHIGAHARA KITA-KU
 TOKYO JAPAN

Standard Thermometer
 Precise Thermometer
 Mercury Barometer
 Hydrometer

ながい経験と最新の技術を誇る！
大洋の船舶用電気機器



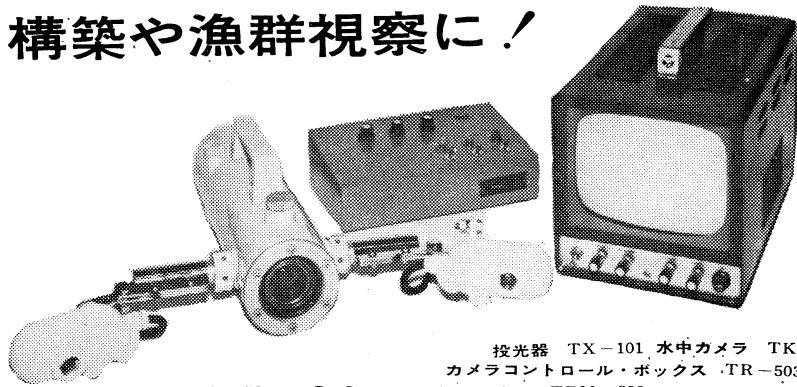
主要生産品目
 自励・他励交流発電機
 直流発電機
 各種電動機及制御装置
 船舶自動化装置
 配電盤

大洋電機株式会社

取締役会長 山田寿二 取締役社長 山田沢三
 本社 東京都千代田区神田司町2の7
 電話 東京 (293) 3 0 6 1 ~ 8
 岐阜工場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18
 電話 笠松 4 1 1 1 ~ 5
 伊勢崎工場 群馬県伊勢崎市八斗島町726
 電話 伊勢崎 1815・1816・1835・816
 下関出張所 下関市竹崎町399
 電話 下関 (22) 2 8 2 0・3 7 0 4
 北海道出張所 札幌市北二条東二丁目 浜建ビル
 電話 札幌 (25) 6347(23)8061・8261

NIPPON COLUMBIA CO., LTD.

水中構築や漁群視察に！



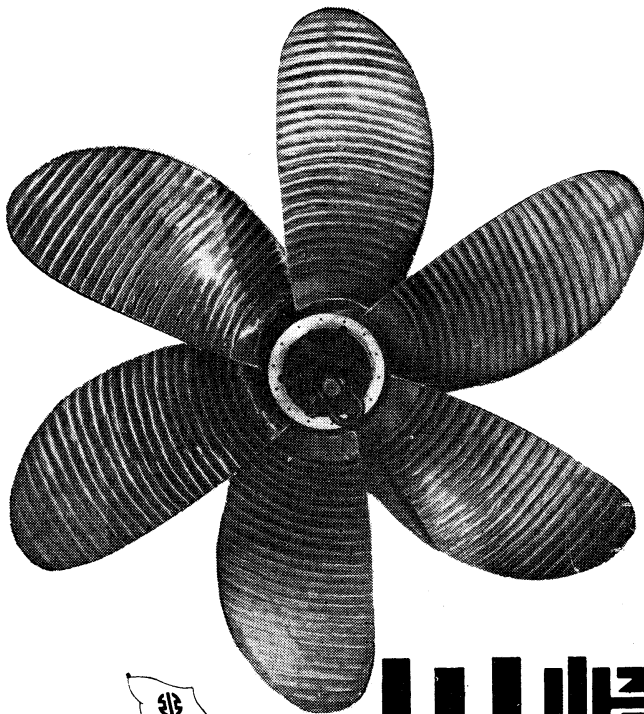
コロムビア水中テレビジョン装置は、水中における構造物や漁群等の視察調査を目的としたもので、取扱いが簡単、小型軽量の可搬形、高感度高解像力等の特長をもって設計されております。特に各種附属装置を併用することによって、他に類のない広範囲な効果を期待できます。

■交流用DHS-2のほか直流用DHS-2Aも製作しております。詳細は最寄りの営業所へお問合せ下さい。



コロンビア水中テレビ

日本コロムビア株式会社 川崎市港町125 電話 川崎(4)2111(大代)



- 新造船 / 修繕船
- 船舶主機械
- 船舶補機類
- 産業用機械
- 鉄骨橋梁 / 水道鋼管



川崎重工

● 本社 神戸市生田区東川崎町 2-14 (67) 5001

● 支店 東京都港区芝田村町 1丁目 1 (503) 1311

T.S.K.

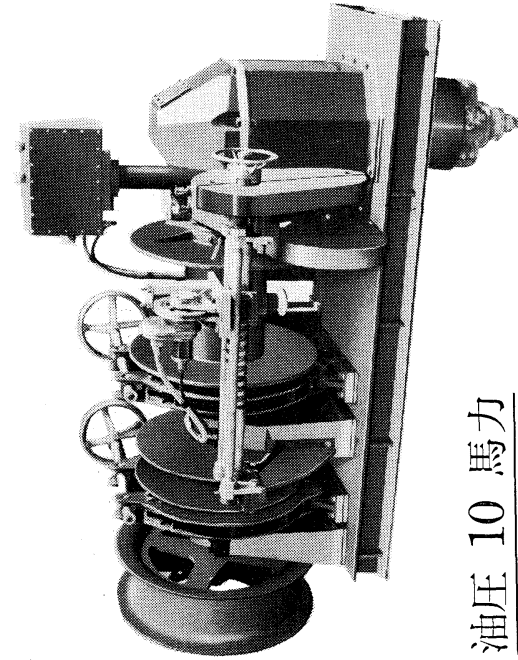
株式会社 鶴見精機工作所

THE TSURUMI SEIKI KOSAKUSHO CO., LTD.

No. 1506 TSURUMI-MACHI, TSURUMI-KU, YOKOHAMA, JAPAN.

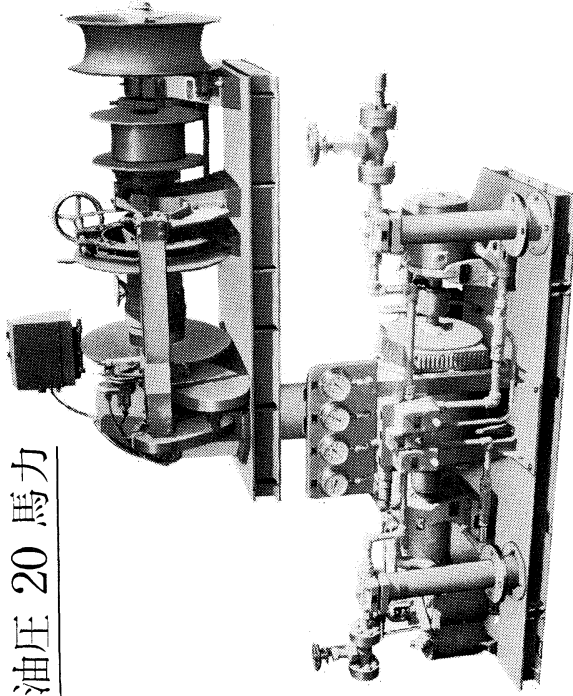
The Synthetic Maker of the Oceanographic Instruments and the Marine Instruments

南極観測船「ふじ」装備の当社製 海洋観測用油圧巻揚機



油圧 10 馬力

- 採水, 採泥用 4^m/_m 5000 m 巻
- 地震観測用 6^m/_m 500 m 巻
- 巻揚荷重最大・採水用 420 kg, 地震観測用 420 kg.
ワーピングドラム 210 kg
- 巻揚速度, ドラム谷径に於て最大約 78 m/min



油圧 20 馬力

- 地震観測用ドラム 自動制御装置
- 採水, 採泥用 4.1^m/_m ~ 6.2^m/_m
スラップワイヤー 6000 m
- 地震観測用 6.2^m/_m 300 巻

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

水路測量と土質調査

Hydrographic Survey and Marine Geological Survey SANYO Hydrographic Survey Co., LTD.

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

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

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

特 色 高性能の精密計測機の整備拡充

元海上保安庁職員をもつて組織する優秀なる我国唯一の技術陣

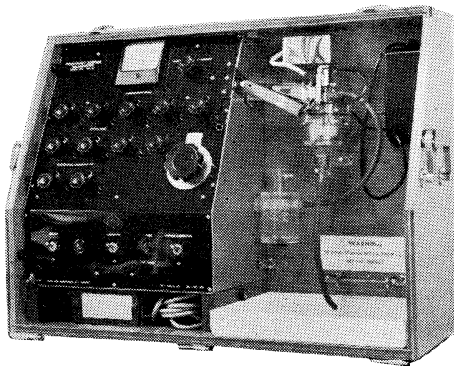
総代理店(連絡先)は全国的組織網を持つ三井物産 K. K の本, 支店出張所

三洋水路測量株式会社

東京都港区芝田村町5丁目7番地

電話 (501) 8972, (581) 6837

AUTO-LAB INDUCTIVE SALINOMETER



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

確 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

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

日本および アジア総代理店



株式会社 **渡部計器製作所**

東京都文京区向丘1の7の17
TEL (811) 5954, 0044 (812) 2360

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

アクアラング

aqua-lung



◎ カタログ 進呈 ◎
潜水服採寸表



フーカ-潜水具

- 最新式アクアラング器具一式
- フーカ-潜水具
沿岸工事, 水中調査, 養魚, 養殖, 漁業, 救難作業等の水中作業に画期的な高能率を示す潜水器具
- ナイロンジャ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
- クアアラング事業部併設
水中作業のご依頼に応じますのでご照会下さい
- アクアラング講習会常設
東京にアクアラング訓練用プールを設置

仏国・スピロテック社 日本総代理店
米国・U.S. ダイバーズ社

日本アクアラング株式会社

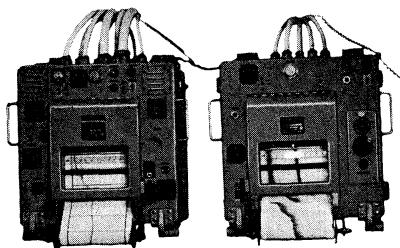
東京営業所 東京都豊島区巢鴨 6の1344 本 社 神戸市兵庫区高松町22の1
(国電大塚駅前大塚ビル一階) (帝國酸素株式会社内)
電話 東京 (981) 8505 (982) 0216 電話 神戸 (67) 5501 (大代表)
(982) 2151

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% 1.5KVA		

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
Second recorder	multiple recording system 0 to 200m (100m step shift)
Sounding Precision	Precision of recording pen speed Better than $\pm 1/5000$
Frequency	10 KC
Recording system	Spiral electrode wire multiple-recording system
Oscillation output	About 2 KW
Amplifier system	Heterodyne amplification system
Recording paper	First recording channel output 5W second recording channel 10W 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	200KC
記録紙	放電破壊記録紙 長さ10m巾150mm
電源	DC 24V 約7.5A

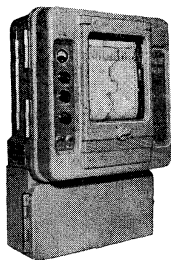
PRECISION ECHO SOUNDER FOR SHALLOW

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

Accurate to 0.1%
Portable and easily removed.

航海用音響測深機

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



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

ECHO SOUNDER FOR NAVIGATION

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

Recording range	0-120(m)	0-720(m)
	100-220(m)	600-1320(m)
	200-320(m)	1200-1920(m)
Frequency	23KC/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)	

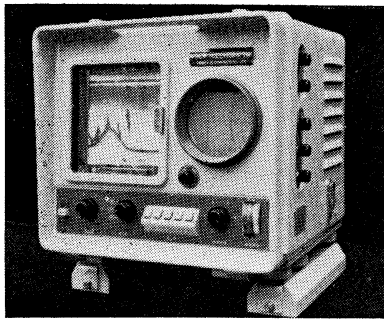
海上電機株式会社

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



サンケンの魚群探知機

- 底曳き用
- カツオ・マグロ用
- 鮭・鱒・サンマ用

2周波デラックス



株式会社 産 研

本社・工場	沼津市千本郷林1907	TEL(沼津)(代表)(3)4411
研究所	産業科学研究所(全所)	
東京営業所	東京都千代田区神田鍛冶町2の2(今川橋ビル内)	TEL(東京)(代表)(256)1871
札幌営業所	札幌市北四条西7丁目(北瀬連ビル内)	TEL(札幌)(24)3236~8
下関出張所	下関市新地町149の3	TEL(下関)(22)0275
長崎出張所	長崎市旭町3丁目3	TEL(長崎)(2)4631
函館連絡所	函館市鶴岡町3番地の7	TEL(函館)(3)4730
釧路連絡所	釧路市末広町2丁目8(橋北ビル内)	TEL(釧路)(2)6142
稚内連絡所	稚内市港町4丁目59	TEL(稚内)3674
福岡連絡所	福岡市大手門町3丁目8-14	TEL(福岡)(75)6960

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

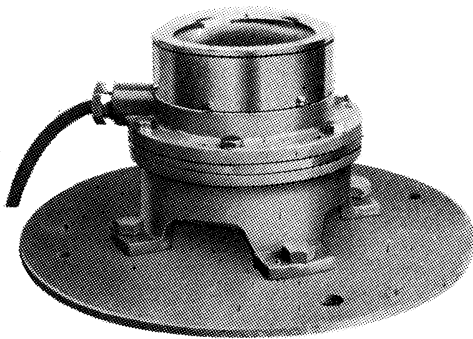
本社 東京都目黒区中目黒3-1163
 電話(711)5201(代表)~4
 出張所 小倉・名古屋

ストレインゲージ型波高計

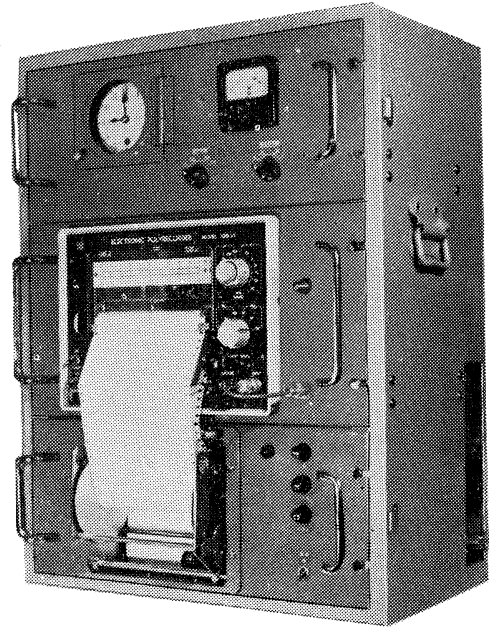
(SGW)

本波高計は海底に設置した受圧部に作用する波の水中圧力変動を電気量に変換する為の素子としてストレインゲージを使用し、4芯鎧装キャプタイヤーケーブルにて陸上記録部に導き自記させるものであります。

- 本器の構成は、①受圧部
②鎧装キャプタイヤーケーブル
③記録部



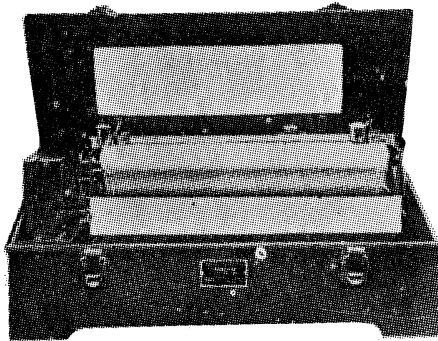
受 圧 部



記 録 部

フース型長期巻自記検潮器

(LFT-Ⅲ)



営 業 品 目

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

協和商工株式会社

東京都豊島区目白4-24-1

TEL (952) 1376代表

Annonce

Fondation du Prix de la Société franco-japonaise d'océanographie

L'Assemblée générale éventuellement convoquée le 12 Novembre 1965 à la Maison franco-japonaise a reconnu à l'unanimité la fondation du Prix de la Société franco-japonaise d'océanographie. Voici l'essentiel des statuts.

Le Prix est décerné à un (des) membre(s) de la Société franco-japonaise d'océanographie pour ses (leurs) travaux sur l'océanographie ou des pêches, publiés, en principe, dans le Bulletin de la Société franco-japonaise d'océanographie. A cette fin, il est créé le "Comité de recommandation de candidats du Prix de la Société", qui se compose de 13 commissaires élus par le Conseil d'Administration. Le Comité recommande un candidat (des candidats s'il s'agit de travaux en collaboration) au président de la Société. Le président en consulte à son tour le Conseil d'Administration. Le(s) candidat(s) est (sont) admis comme lauréat(s) par la votation du Conseil d'Administration. Le Prix (¥ 30.000) lui (leur) est remis à l'Assemblée générale au mois d'Avril.

昭和 41 年 2 月 25 日 印刷
昭和 41 年 2 月 28 日 発行

う み 第 4 卷
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 9 6 5 0 3

印刷者 小 山 康 三

印刷所 英 和 印 刷 社

東京都千代田区神田司町1-19

第4巻 第1号

目次

原 著	大気の圧力変化と共鳴する内部波発達の可能性について……………富永政英	1
	鉄板腐蝕減量による海水の流動の簡易測定法……………松平近義・浜田篤信	8
寄 稿	内部波の角振動数（周期）を与へて 波数（波長）を求める図表……………高野健三・岡田春子	14
資 料	プレコンチナンⅢの実験について……………ジャック-イヴ・クストー 佐々木忠義訳	15
	プレコンチナンⅢの実験結果……………ジャック-イヴ・クストー 佐々木忠義訳	22
	2人乗超小型潜水艇 SUMI-2号について……………塩見文作	28
	今年中に開催される海洋関係の主な国際会議……………佐々木忠義	33
シンポジウム	第5回深海研究に関するシンポジウム……………	45
録 事		87
	英仏和, 海洋・水産学用語集……………	88

Tome 4 N° 1

SOMMAIRE

Notes originales

Sur le développement des ondes internes par l'action des perturbations atmosphériques……………Masahide TOMINAGA	1
Méthode simple pour mesurer le mouvement de l'eau par la corrosion de la tôle immergée ……………Chikayoshi MATSUDAIRA et Atsunobu HAMADA	8

Miscellanées

Abaque de la relation entre la période et la longueur d'onde……………Kenzo TAKANO et Haruko OKADA	14
--	----

Documentations

Précontinent III……………Jacques-Yves COUSTEAU traduit par Tadayoshi SASAKI	15
Résultat du Précontinent III……………Jacques-Yves COUSTEAU traduit par Tadayoshi SASAKI	22
Petit sous-marin à deux places allemand SUMI-2……………Bunsaku SHIOMI	28
Congrès internationaux sur l'océanographie prévus pour l'année 1966……………Tadayoshi SASAKI	33

Symposium

V° symposium sur la mer profonde……………	45
---------------------------------------	----

Procès-Verbaux……………	87
---------------------	----

Vocabulaire anglais-français-japonais de l'océanographie et des pêches……………	88
---	----