

La mer

うみ

昭和 56 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	富永政英 (鹿児島大学)		
委員	有賀祐勝 (東京水産大学)	半沢正男 (舞鶴海洋气象台)	井上 実 (東京水産大学)
	神田献二 (東京水産大学)	増田辰良 (東京水産大学)	森田良美 (東京水産大学)
	西村 実 (東海大学)	杉浦吉雄 (鹿児島大学)	高木和徳 (東京水産大学)
	高野健三 (筑波大学)	宇野 寛 (東京水産大学)	柳川三郎 (東京水産大学)

投 稿 規 定

1. 報文の投稿者は本会会員に限る。
2. 原稿は簡潔にわかりやすく書き、図表を含めて印刷ページで10ページ以内を原則とする。原稿(正1通, 副1通)は、(〒101) 東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館内 日仏海洋学会編集委員会宛に送ること。
3. 編集委員会は、事情により原稿の字句の加除訂正を行うことがある。
4. 論文(欧文, 和文とも)には必ず約200語の欧文(原則として仏語)の要旨をつけること。欧文論文には欧文の要旨のほかに必ず約500字の和文の要旨をつけること。
5. 図及び表は必要なもののみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図及び表には必ず英文(又は仏文)の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行う。
7. 報文には1編につき50部の別刷を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては、実費(送料を含む)を著者が負担する。

Rédacteur en chef	Masahide TOMINAGA (Kagoshima University)
Comité de rédaction	Yusho ARUGA (Tokyo University of Fisheries) Masao HANZAWA (Maizuru Marine Observatory) Makoto INOUE (Tokyo University of Fisheries) Kenji KANDA (Tokyo University of Fisheries) Tatsuyoshi MASUDA (Tokyo University of Fisheries) Yoshimi MORITA (Tokyo University of Fisheries) Minoru NISHIMURA (Tokai University) Yoshio SUGIURA (Kagoshima University) Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (University of Tsukuba) Yutaka UNO (Tokyo University of Fisheries) Saburo YANAGAWA (Tokyo University of Fisheries)

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être des membres de la Société franco-japonaise d'océanographie.
2. Les notes ne peuvent dépasser dix pages. Les manuscrits à deux exemplaires, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3, Kanda Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 Japon.
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.

楕円弧海岸における長周期線型波とその安定性*

中 村 重 久**

Ondes linéaires et leur instabilité dans le voisinage de la côte de forme elliptique*

Shigehisa NAKAMURA**

Résumé: Par suite d'une note précédente sur des ondes linéaires le long d'une côte de forme circulaire et d'une côte curviligne approchée par un arc circulaire, la présente note est consacrée à des ondes linéaires le long d'une côte de forme curviligne approchée par un arc elliptique. Deux solutions sont obtenues, l'une périodique en temps et en espace mais l'autre unstable.

1. 緒 言

海岸線が彎曲している場合、これを円弧と近似して幾何学的に表わすことが多い。さきに、中村(1979)は円弧状海岸の波について解析し、線型波の波高分布をもとめ、海岸線の彎曲の効果、海底こう配の効果、地球自転の効果について検討した。彎曲した海岸線を円弧とみるかぎり、海岸線に沿ってみられる波は理論的に2つの独立な周期解によって与えられる。ところが、海岸線の彎曲を楕円弧の一部とみなすと、線型波は周期解で与えられる場合と非周期解で与えられる場合とがみられる。非周期解は変動が不安定なことを示すものと考えられる。ここでは、海底こう配が一定であるような楕円弧状海岸における線型波について検討した。

2. 基礎方程式

平均海面を xy 平面とし、 z 軸を鉛直上方にとり、 $0-xyz$ 直交座標を考える。擾乱による海面の変位は水深に比べて微小であり、 ζ で表わされるものとする。このとき、線型の基礎方程式

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

を出発点にえらぶ。ここに、 u および v は流速の x および y 方向成分、 h は水深、 g は重力加速度、 f はコリオリ因子で $f=2\Omega \sin \varphi$ である。 Ω は地球自転角速度、 φ は着目する水域の緯度、そして、重力以外の外力の作用の効果は p_a である。

ここで、

$$\int_{-h}^{\zeta} u dz = U, \quad \int_{-h}^{\zeta} v dz = V \quad (2)$$

なる表記法を用い、さらに、自由波のみを考えることにすると、 $P_a=0$ と考えてよいから、(1)はつぎのように書きかえられる。

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

ここで、水深 h は座標 (x, y) の関数で、 h の時

* 1980年5月16日受理 Manuscript reçu le 16 Mai 1980

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

間の変化はないものとする。(3)の第1, 2式を cross-differentiate して, 第3式を利用すると,

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) - \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} \right] - \left[f^2 \frac{\partial \zeta}{\partial t} + fg \left(\frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) \right] = 0 \quad (4)$$

とくに, 水位変動が時間的に周期的で, その周波数が ω で与えられたとき,

$$\zeta = \zeta_0 e^{i\omega t} \quad (5)$$

これを(4)に代入した後, ζ_0 のサフィクスをとり去ると,

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) + \omega^2 \zeta \right] - \left[f^2 \zeta - \frac{fgi}{\omega} \left(\frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) \right] = 0 \quad (6)$$

あるいは,

$$\left[gh \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} \right) + (\omega^2 - f^2) \zeta \right] + \frac{fgi}{\omega} \left(\frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \right) = 0 \quad (7)$$

したがって, とくに $\partial h / \partial x \sim 0$, $\partial h / \partial y \sim 0$ のときには, (7)は水深一定の場合の波動方程式と同型となる。

3. 楕円筒座標による式の表示

いま, 楕円筒座標 (ξ, η, z) を導入し, 直交座標 (x, y, z) とおきかえることにする。楕円筒の2焦点間の距離を $2c$ とすると,

$$\left. \begin{aligned} x &= c \cosh \xi \cos \eta \\ y &= c \sinh \xi \sin \eta \\ z &= Z \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

この楕円筒座標で(6)を書きかえると,

$$\left[\frac{1}{Y_0} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{gh}{Y_0} \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} \right) + \frac{1}{Y_0} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{gh}{Y_0} \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \right) + (\omega^2 - f^2) \zeta \right] + \left[\frac{fgi}{\omega Y_0^2} \right]$$

$$\times \left(\frac{\partial h}{\partial \eta} \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} - \frac{\partial h}{\partial \xi} \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \right) = 0. \quad (9)$$

ただし,

$$Y_0 = c (\cosh^2 \xi - \cos^2 \eta)^{1/2} \quad (10)$$

あるいは,

$$\begin{aligned} & \frac{gh}{c^2 (\cosh^2 \xi - \cos^2 \eta)^2} \left[\frac{\partial^2 \zeta}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \eta^2} \right] \\ & + (\omega^2 - f^2) \zeta + \frac{g}{c^2 (\cosh^2 \xi - \cos^2 \eta)} \\ & \times \left[\frac{fi}{\omega} \left(\frac{\partial h}{\partial \eta} \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} - \frac{\partial h}{\partial \xi} \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \right) \right. \\ & \left. + \left(\frac{\partial h}{\partial \xi} \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} + \frac{\partial h}{\partial \eta} \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} \right) \right] = 0 \quad (11) \end{aligned}$$

となる。

とくに, 楕円弧海岸で, 海岸線が沖に向かって凸な場合には, 一定の海底こう配の海浜は

$$h = \alpha(\xi - \xi_0) + \beta$$

で表わされることになり, このときは

$$\frac{\partial h}{\partial \eta} = 0, \quad \frac{\partial h}{\partial \xi} = \alpha. \quad (\alpha > 0)$$

海岸線が凹な場合には

$$h = -\alpha(\xi_0 - \xi) + \beta \quad (\alpha > 0)$$

で表わされ, このときには, やはり

$$\frac{\partial h}{\partial \eta} = 0, \quad \frac{\partial h}{\partial \xi} = \alpha$$

また, 双曲線弧海岸では, 凸の場合,

$$h = \alpha(\eta - \eta_0) + \beta$$

に対して

$$\frac{\partial h}{\partial \eta} = \alpha, \quad \frac{\partial h}{\partial \xi} = 0 \quad (\alpha > 0)$$

そして, 凹の場合,

$$h = -\alpha(\eta_0 - \eta) + \beta$$

に対して同じく

$$\frac{\partial h}{\partial \eta} = \alpha, \quad \frac{\partial h}{\partial \xi} = 0 \quad (\alpha > 0)$$

である。

ここで, (11) の ζ が

$$\zeta = E(\xi) \cdot Y(\eta) \quad (12)$$

のように変数分離形に書けるものとする, 関数 $E(\xi)$ および $Y(\eta)$ はそれぞれ次式を満さなくてはならない。

$$\left. \begin{aligned} -\frac{d^2 E}{d\xi^2} - \frac{1}{h} \left(\frac{fi}{\omega} \frac{\partial h}{\partial \eta} + \frac{\partial h}{\partial \xi} \right) \frac{dE}{d\xi} \\ + \left(\lambda - \frac{\omega^2 - f^2}{gh} c^2 \cosh^2 \xi \right) E = 0 \\ \frac{d^2 Y}{d\eta^2} + \frac{1}{h} \left(-\frac{fi}{\omega} \frac{\partial h}{\partial \xi} + \frac{\partial h}{\partial \eta} \right) \frac{dY}{d\eta} \\ + \left(\lambda - \frac{\omega^2 - f^2}{gh} c^2 \cos^2 \eta \right) Y = 0 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

海岸線が円弧とみなせる場合には, (13) で $c=0$ となるから, 関数 $E(\xi)$ および $Y(\eta)$ はそれぞれ互に独立な2つの周期解をもつことになることが明らかである。

楕円弧状海岸で, 海岸線が凸であっても凹であっても, 海底こう配が一定の場合には, (13) は同じ型となる。とくに,

$$\beta \gg 1, \quad \alpha \ll 1$$

ならば,

$$\left. \begin{aligned} -\frac{d^2 E}{d\xi^2} - \frac{\alpha}{\beta} \frac{dE}{d\xi} \\ + \left(\lambda - \frac{\omega^2 - f^2}{gh} c^2 \cosh^2 \xi \right) E = 0 \\ \frac{d^2 Y}{d\eta^2} - \frac{fi}{\omega} \frac{\alpha}{\beta} \frac{dY}{d\eta} \\ + \frac{\omega^2 - f^2}{gh} c^2 \cos^2 \eta Y = 0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

さらに,

$$\beta \rightarrow \infty, \quad \text{あるいは,} \quad \alpha \rightarrow 0$$

のとき, (14) は形式的に水深一定の場合の式と同型となる。すなわち,

$$\left. \begin{aligned} -\frac{d^2 E}{d\xi^2} + \left(\lambda - \frac{\omega^2 - f^2}{gh} c^2 \cosh^2 \xi \right) E = 0 \\ \frac{d^2 Y}{d\eta^2} + \left(\lambda - \frac{\omega^2 - f^2}{gh} c^2 \cos^2 \eta \right) Y = 0 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

ここに, (15) の第2式は Mathieu 微分方程式であり, 第1式は変形 Mathieu 微分方程式である。

双曲線弧海岸で, (14) に対応する式として, E に関する式で (α/β) のかわりに $(fi/\omega) \cdot (\alpha/\beta)$ としたものと, Y に関する式で $(fi/\omega) \cdot (\alpha/\beta)$ のかわりに (α/β) としたものが得られる。

4. 周期解, 非周期解とその安定性

ここで

$$\theta^2 = \frac{f^2 c^2}{2gh} \left(\frac{\omega^2}{f^2} - 1 \right) \quad (16)$$

とおくと, (15) の第2式は Mathieu 微分方程式の標準型として,

$$\frac{d^2 Y}{d\eta^2} + (\lambda' - 2\theta^2 \cos 2\eta) Y = 0 \quad (17)$$

そして, (15) の第1式は変形 Mathieu 微分方程式の標準型

$$-\frac{d^2 E}{d\xi^2} + (\lambda' - 2\theta^2 \cosh 2\xi) E = 0 \quad (18)$$

が導びかれる。ここで, $\eta = (\xi/i)$ とおくと (17) は (18) と同型となる。

$h \neq 0$ のとき, (17) の λ' のある固有値に対して独立な周期解はただひとつしか存在しない。しかし, $h \rightarrow 0$ のときは, $\lambda' = n^2$ に対して2つの独立な周期解が存在する。また, これに対応して (18) の解も存在する。

周期解 $ce_n(\eta; \theta^2)$ あるいは $se_n(\eta; \theta^2)$ が得られた場合, それに対応する非周期解は $fe_n(\eta; \theta^2)$ あるいは $ge_n(\eta; \theta^2)$ である(寺沢 1960)。この非周期解は ERDÉLYI *et al.* (1955) のいう第2種 Mathieu 関数に相当するものと考えられる。また, $ce_n(\eta; \theta^2)$ あるいは $se_n(\eta; \theta^2)$ に対応した第1種変形 Mathieu 関数は

$$Ce_n(\xi; \theta^2) = ce_n(\xi i; \theta^2)$$

$$Se_n(\xi; \theta^2) = -se_n(\xi i; \theta^2)$$

さらに, 第2種変形 Mathieu 関数は $Fey_m(\xi; \theta^2)$ および $Gey_m(\xi; \theta^2)$ であるから, これらの関数を用いて, (11) の一般解は

$$\zeta = A_c [c e_n(\eta; \theta^2) + A'_c f e_n(\eta; \theta^2)] \cdot [C e_n(\xi; \theta^2) + B_c F e y_n(\xi; \theta^2)] \quad (19)$$

あるいは

$$\zeta = A_s [s e_n(\eta; \theta^2) + A'_s g e_n(\eta; \theta^2)] \cdot [S e_n(\xi; \theta^2) + B_s G e y_n(\xi; \theta^2)] \quad (20)$$

とくに、周期解のみを考えた例としては、これまでに楢円湖の自由振動の研究がある (JEFFREYS 1924, SHIBAOKA and IIDA 1965)。この場合、(19) あるいは (20) の定数のうち A_c' と B_c あるいは A_s' と B_s をそれぞれゼロとした解を考えたことになる。

大洋中の島で観測された台風高潮で異常な水位上昇がみられたり、本州南岸で異常潮位が観測されたりする例について、これまでもいろいろの面から検討されてきたが、これらの現象を波動とみる立場からみると、 $f e_n$, $g e_n$ や $F e y_n$ や $G e y_n$ の役割が重要なのではないかと考えられる。

条件によっては $M e_n^{(j)}(\xi; \theta^2)$ あるいは $N e_n^{(j)}(\xi; \theta^2)$ で記述される第3種変形 Mathieu 関数を用いるのが便利と考えられる。ここに、 $j=1, 2$ 。そして、

$$\begin{aligned} M e_{2m}^{(1)}(\xi; \theta^2) &= C e_{2m}(\xi; \theta^2) \\ &+ i F e y_{2m}(\xi; \theta^2) = -2i F e k_{2m}(\xi; \theta^2) \\ M e_{2m+1}^{(1)}(\xi; \theta^2) &= C e_{2m+1}(\xi; \theta^2) \\ &+ i F e y_{2m+1}(\xi; \theta^2) = -2F e k_{2m+1}(\xi; \theta^2) \\ N e_{2m+1}^{(1)}(\xi; \theta^2) &= S e_{2m+1}(\xi; \theta^2) \\ &+ i G e y_{2m+1}(\xi; \theta^2) = -2G e k_{2m+1}(\xi; \theta^2) \\ N e_{2m+2}^{(1)}(\xi; \theta^2) &= S e_{2m+2}(\xi; \theta^2) \\ &+ i G e y_{2m+2}(\xi; \theta^2) = -2i G e k_{2m+2}(\xi; \theta^2) \end{aligned}$$

このようにみえてくると、楢円弧海岸での波を考える場合、(17) の周期解だけでなく、 $-\infty < \eta < +\infty$ において (17) が有界な解をもつような λ' の範囲を知ることは興味深い。このような λ' の区域を安定域とよぶことにし、 $-\infty < \eta < +\infty$ で 0 以外に有界な解のないような区域を不安定域とよぶことにする。

(λ', θ^2) を直交座標とする平面上で、安定域と不安定域との境界は周期解に対する $\lambda'(\theta^2)$ の曲線

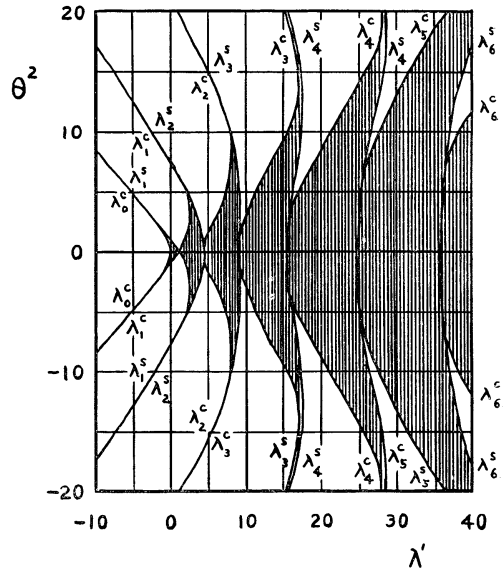


Fig. 1. Abaque représentant la solution de l'équation de Mathieu par des zones hachées. Les notations λ_i^s et λ_i^c sont des valeurs propres pour les solutions $s e_i(\eta; \theta^2)$ et $c e_i(\eta; \theta^2)$ (d'après Terazawa 1960).

である。 $\theta^2=0$ のときには $\lambda' > 0$ がすべて安定域であることに注意すれば、Fig. 1 のように、斜線部が安定域ということになる。したがって、たとえば、楢円弧海岸での水位変動が有界であるかどうかは、着目する (λ', θ^2) が Fig. 1 のどこに位置するかによって判断されることになる。点 (λ', θ^2) が Fig. 1 の曲線 λ_n^c ($n=0, 1, 2, \dots$) 上にあれば (19) の周期解がもとむる解であり、曲線 λ_n^s ($n=0, 1, 2, \dots$) 上にあれば (20) の周期解がもとむる解ということになる。

とくに、 $\theta \rightarrow 0$ の場合には

$$\lim_{\theta \rightarrow 0} \lambda_n^c(\theta^2) = \lim_{\theta \rightarrow 0} \lambda_n^s(\theta^2) = n^2, \quad n=0, 1, 2, \dots$$

であり、(17) は $\lambda' = n^2$ に対して 2つの独立な周期解 $\cos n\eta$, $\sin n\eta$ が存在する。

θ は (16) によって c , ω , f および h と関連づけられているから、 $\theta \rightarrow 0$ の条件を満すのは

- (1) $c \rightarrow 0$ の場合、すなわち、楢円弧海岸が円弧状海岸に近づく場合、
- (2) $\omega \rightarrow f$ の場合、すなわち、水位変動の周期

が $(2\pi/f)$ に近い場合,

- (3) $h \rightarrow \infty$ の場合, すなわち, 水深が無限に深いとみなされる場合

のいずれかすくなくともひとつ以上の条件が満たされた場合である。

楕円湖内の水の運動を周期性のみに着目して検討した例は, JEFFREYS (1924), HIDAKA (1931), 日高 (1937), SHIBAOKA and IIDA (1965) などがあるが, 非周期解の力学的意義を検討することによって, 従来説明されないままになっていた現象が明らかになるものと考えられる。

ここでは, 海底こう配が一定であるような楕円弧状海岸における線型波について検討した。この場合, 周期解のほかに非周期解があらわれることに注目すべきである。単なる円弧状海岸においては, 周期解のみしかあらわれなかった。

文 献

- ERDÉLYI, A., W. MAGNUS, F. OBERHETTINGER and F. G. TRICOMI (1955): Higher Transcendental Functions, Vol. III. McGraw Hill, N. Y., p. 91-133.
- HIDAKA, K. (1931): The oscillations of water in spindle shaped and elliptic basins as well as the associate problems (Problems of water oscillations in various types of basins and canals, Part I). Mem. Kobe Marine Obs., 4, 99-219.
- 日高孝次 (1937): 任意形状の周辺を有する湖水の静振の取扱い方に関する一試案. 海と空, 17, 130-132.
- JEFFREYS, H. (1924): The free oscillations of water in an elliptical lake. Proc. Lond. Math. Soc., 23, 455-476.
- 中村重久 (1979): 円弧状海岸の線型波について. La mer, 17, 28-32.
- SHIBAOKA, Y. and F. IIDA (1965): On the free oscillation of water in a lake of elliptic boundary. J. Oceanogr. Soc. Japan, 21, 103-108.
- 寺沢寛一編 (1960): 自然科学者のための数学概論, 応用編. 岩波書店, 東京, p. 1-714.

伊勢湾底質中の重金属分布に影響を及ぼす因子 (I)*

竹松 伸**, 岸野 元彰**, 小川 務***

Factors Affecting the Distribution of Heavy Metals in the Sediments of Ise Bay (I)*

Noburu TAKEMATSU**, Motoaki KISHINO** and Tsutomu OGAWA***

Abstract: The result of factor analysis of the horizontal distribution of heavy metals (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn and Pb) and ignition loss in the sediments of Ise Bay is interpreted on the basis of their sorptive and thermodynamic data and field evidence for their behavior.

Five factors account for 92% of the variance of the data. Factor 1, with high positive loadings of Cu and Pb, and significant positive loading of Ni, is a sedimentation factor of the metals non-remobilized in the sediment. Factor 2 with high negative loadings of Mn and Ni represents the distribution of the metals which are remobilized by diagenesis and precipitated as oxides or with oxides in more oxidizing environments. The loading of Ni on both factor 1 and factor 2 indicates that Ni is less remobilized than Mn and more remobilized than Cu and Pb. Factor 3 with high positive loading of Zn is an apparent factor because of the differences in pollution sources of Zn. If the sources of Zn are the same as those of the other metals, Zn will be included in factor 1. The isolation of ignition loss is controlled by specific factors such as primary production in the overlying water and decomposition of organic matter in the sediment.

1. はじめに

重金属による海洋の汚染の歴史と現状を把握するために、内湾堆積物中の重金属の水平・鉛直分布が調査され、報告されている(城ら 1974, 西村・熊谷 1974, 松本・横田 1977, 1978)。HIRAZUMI *et al.* (1978) は堆積物中の汚染に起因する重金属濃度と汚染面積の間に指数関係があることを見出し、堆積物中における汚染物質の水平分布は海水中における汚染粒子の分散様式に類似していると結論している。しかし、内湾の堆積物中における重金属の分布を支配する化学的因子を無視しているため、伊勢湾などにおける重金属元素の

分布を説明することはできない。

TUREKIAN and IMBRIE (1966) は大西洋の堆積物中における重金属の水平分布に因子解析を適用し、元素間の相関からその分布を支配する因子を考察した。その後、黒海の海水中の重金属の鉛直分布を支配する因子やカナダのフィヨルドの堆積物中の重金属の水平分布を支配する因子を究明するために因子解析が用いられている (SPENCER *et al.* 1972, LORING 1976)。

本研究では、伊勢湾堆積物中の重金属の水平分布に因子解析を適用し、重金属の収着特性、熱力学的性質およびフィールドで観測されているこれらの元素の挙動を考慮して、内湾堆積物中における重金属の分布を支配する因子を考察する。

2. 解析の方法

伊勢湾、渥美湾および遠州灘の堆積物試料 523 個について重金属濃度 (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn,

* 1980年5月30日受理 Received May 30, 1980

** 理化学研究所, 〒351 埼玉県和光市広沢 2-1
The Institute of Physical and Chemical Research,
Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351 Japan

*** 知多保健所, 〒478 愛知県知多市八幡町字荒古88-2
Chita Public Health Center, Yahata, Chita-shi,
Aichi, 478 Japan

As, Pb) が小川ら (1977) によって測定されている。このうち、ここで解析の対象としたのは、試料採取が密に行なわれている伊勢湾湾央から湾奥にかけての 215 試料, 変数は Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb および強熱減量の 7 個である。なお, 重金属は堆積物を硝酸と過酸化水素で処理して抽出されているので, 測定された重金属濃度は全量ではないがそれに近い値と考えられる。

因子解析は MASON and IMBRIE (1964) のプログラムに従って, R モード (変数間の相関) および Q モード (試料間の相関) について行なったが, Q モードについては続報で述べる。

3. 結果

Table 1 に因子を 5 個にした場合の R モードの varimax factor matrix を示す。この場合データの分散の 92% を説明できる (communality 92%)。因子 1 に属する主な元素は Cu および Pb であり, 次に Ni, 僅かではあるが Zn もこの因子に関与している。因子 2 には Mn と Ni が属する。因子 3 には Zn と僅かではあるが Pb が属する。Fe は因子 4 に属するが Mn もこの因子に僅かに関与する。因子 5 は IL の分布を支配する因子で, この因子には Mn と僅かに Pb が属する。次に, これらの各因子が何を意味しているかについて, 各元素の収着特性, 熱力学的データおよびフィールドで観測されている事実に基づいて考察する。

4. 考察

堆積物中の重金属の分布を考察する場合, 元素を岩石起源 (lithogenous) と水起源 (hydrogenous) に分けて考える必要がある。ここでは, ケイ酸塩鉱物の格子に含まれる元素を岩石起源とし, それ以外の状態で存在するものはすべて水起源とする。したがって, 汚染に起因する部分は水起源となる。これは, 重金属による汚染が粒状 (固体) でなされたとしても, その物質は海洋環境では不安定で溶解する可能性があることを意味する。

堆積物中の元素の岩石起源と水起源の割合は, 沿岸と外洋では異なり, また元素によっても異なる。一般的に, 堆積物中の重金属の水起源の割合は沿岸より外洋において高い。また, Fe の大部分は沿岸堆積物においても外洋堆積においても岩石起源である (CHESTER and MESSIHA-HANNA 1970, DUINKER *et al.* 1974, TAKEMATSU 1978)。ここで議論する内湾のような汚染された海域では, 流域の産業および生活排水中の各重金属濃度に応じて堆積物中の元素の水起源の割合はその海域特有の値を示す場合もあろう。しかし, 平均的に見れば, 重金属による汚染の度合は, 天然からの供給を基準にして, $Pb \gg Zn > Cu \gg Ni \gg Co > Mn > Fe$ である (LANTZY and MACKENZIE 1979)。すなわち, Pb, Zn および Cu は汚染の影響の最も顕れ易い元素であり, Fe は汚染の影響の最も顕れ難い元素である。

河川あるいは汚染源から運び込まれた溶存状および懸濁状重金属は, 海水の流動場に応じて拡散あるいは沈積する。溶存状重金属は海水中で新た

Table 1. Varimax factor matrix of six element concentrations and ignition loss (IL) in the sediments of Ise Bay.

		Factor number					
		1	2	3	4	5	
Sum squares down columns		2.069	1.268	1.026	1.033	1.053	
Variable No.	Name	Communality 5 factors					
1	IL	0.970	0.130	-0.214	0.086	0.037	0.948
2	Fe	0.982	0.078	-0.087	0.070	0.981	0.041
3	Mn	0.865	-0.142	-0.825	-0.011	0.210	0.347
4	Ni	0.867	0.570	-0.729	0.003	-0.101	-0.006
5	Cu	0.906	0.950	-0.049	0.014	0.035	0.011
6	Zn	0.996	0.140	0.008	0.983	0.070	0.077
7	Pb	0.862	0.883	-0.019	0.218	0.093	0.161

Table 2. The distribution coefficients of transition metals for manganese oxides, hydrated ferric oxide, Na-montmorillonite and red clay treated with an acid-reducing reagent solution (ml g^{-1}) (TAKEMATSU 1979a).

	Mn	Co	Ni	Cu	Zn
Manganese oxides					
γ -MnOOH	3×10^4	5×10^4	1×10^4	8×10^6	2×10^4
7 Å manganite	3×10^6	8×10^5	4×10^4	7×10^6	2×10^5
δ -MnO ₂	5×10^7	2×10^6	3×10^5	1×10^7	8×10^5
Hydrated ferric oxide	2×10^4	5×10^4	1×10^5	7×10^6	5×10^5
Na-montmorillonite	4×10^1	3×10^2	5×10^2	5×10^4	2×10^3
Red clay treated with an acid-reducing reagent solution	6×10^1	6×10^2	3×10^2	3×10^4	2×10^3

に生成した鉄およびマンガン酸化物あるいはプランクトンの分解残渣など懸濁有機物に収着されて沈積する。海底に沈積した重金属のうち岩石起源(ケイ酸塩鉱物)の部分は続成作用の影響を受けないが、水起源の部分は有機物の分解に伴う続成作用の影響を受ける。有機物の分解は、有機物に伴って沈積した重金属を間隙水中へ放出するばかりでなく、Eh および pH, 特に Eh を低下させ、重金属の酸化物を不安定にし、溶解化させる。溶解した重金属は間隙水を通して堆積物—海水境界層へ移動する。移動した元素は、元素にもよるが、一部はより酸化的な堆積物—海水境界面で再び固相に移行し、一部は底層水中に漏出する。更に有機物の分解が進むと硫酸イオンが硫化物に変化し、重金属は硫化物として再び固相に移行する。したがって、堆積物中における重金属の水平・鉛直分布は、酸化還元電位 (Eh) の変化に伴う重金属の熱力学的性質によっても支配される。

また、堆積物中における元素の移動は、堆積物構成成分に対する元素の収着特性によっても支配される。堆積物中における元素の見掛けの拡散係数と収着分布係数との間には次のような関係がある (DUURSMAN and BOSCH 1970):

$$D_{Aj} = D_{Acl} / (1 + Kdj)$$

ここで、 D_{Aj} および D_{Acl} はそれぞれ間隙水中の元素 (j) および塩素イオンの見掛けの拡散係数 (cm^2/sec) であり、 Kdj は元素 (j) の収着分布

係数である。したがって、収着分布係数の大きい元素程拡散し難い。

Table 2 に重金属のマンガン酸化物、水和酸化第二鉄、モンモリロナイトおよび処理した赤粘土に対する収着分布係数を示す (TAKEMATSU 1979a)。これより、Cu および Zn はいずれの堆積物構成成分にもよく収着されること、Mn, Co および Ni はケイ酸塩鉱物には余り収着されず、マンガン酸化物および水和鉄酸化物、特に二酸化マンガンによく収着されることが明らかである。したがって、マンガン酸化物や水和酸化第二鉄が不安定であるような還元的堆積物中においては、Mn, Co および Ni は Cu および Zn より堆積物中を移動し易い。

4.1. Fe および Mn

Fig. 1 に Eh と Fe の濃度との関係を示す。計算に用いたモデルでは、Eh と $[S^{2-}]$ との関係* は硫酸塩の還元反応によって支配され、硫酸塩と全硫化物の濃度の和は $2.9 \times 10^{-2} \text{M/l}$ とした (MOREL *et al.* 1975):



25°C, pH=8.1 ではこの反応の酸化還元電位

* S^{2-}/S^0 rhombic の平衡が働いている場合に相当する Eh と $[S^{2-}]$ の関係:

$$Eh = -0.485 - 0.0295 \log [S^{2-}]$$

も報告されている (BERNER 1963)。

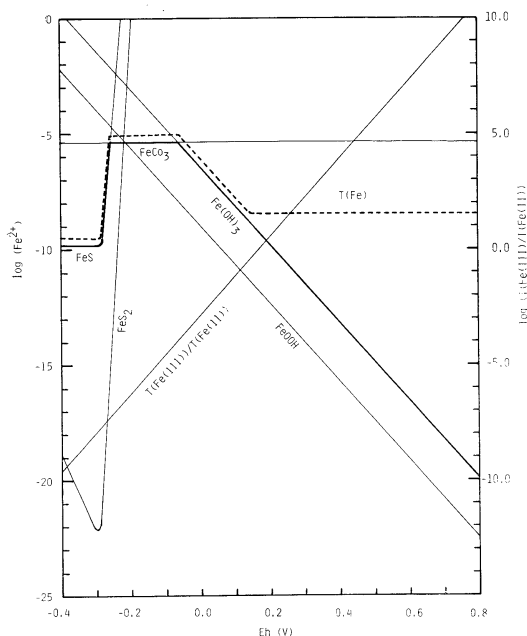


Fig. 1. Log molar concentration of Fe^{2+} in equilibrium and $\log (T(\text{Fe(III)})/T(\text{Fe(II)}))$ as a function of Eh at a pH of 8.1. Dashed line shows the total concentration of Fe including the complexes (T(Fe)).

(Eh) は

$$\text{Eh} = -0.326 + 0.0074 \log \frac{[\text{SO}_4^{2-}]/[\text{S}^{2-}]}{[\text{SO}_4^{2-}] + \sum \text{H}_2\text{S}} = 2.9 \times 10^{-2} \quad (1)$$

である。硫化物の第1および第2解離定数を、それぞれ、 $pK_1' = 6.85$ および $pK_2' = 13.46$ (NISSENBAUM *et al.* 1972) および硫化物イオンの活動度定数を $\gamma_{\text{S}^{2-}} = 0.05$ とした (MURRAY *et al.* 1978)。

炭酸塩系に関しては、全炭酸濃度を $C_T = 2.35 \times 10^{-3} \text{ M}$ (海水中の濃度)、炭酸塩の第1および第2解離定数を、それぞれ、 $pK_{11}' = 6.0$ および $pK_{21}' = 9.1$ および炭酸イオンの活動度定数を $\gamma_{\text{CO}_3^{2-}} = 0.021$ とした (BERNER 1965)。

熱力学的に最も安定な固相は Fe_2O_3 (hematite) であるが、深海堆積物中では goethite ($\alpha\text{-FeOOH}$) が見出されているので (HEATH and DYMOND 1977), 酸化的海洋環境において安定な固相は FeOOH とし、準安定な相を無定形水酸

化第二鉄とした。還元環境では FeS より FeS_2 (pyrite) がより安定である。したがって、 FeS_2 (pyrite)— FeOOH (goethite) が安定な組合せとなるが、 FeS — FeCO_3 — Fe(OH)_3 の準安定な組合せの方が沿岸の堆積環境により合致するであろう。Fig. 1 には、Fe(III) の全錯体と Fe(II) のその比 ($T(\text{Fe(III)})/T(\text{Fe(II)})$) およびそれぞれの固相と平衡にある Fe の錯体を含めた全濃度 (T(Fe)) も合せて示してある。Fe の化合物および錯体の安定度定数*は CRERAR and BARNES (1974) から引用した。

Fig. 2 に Eh と Mn の濃度との関係を示す。還元的環境では MnCO_3 より MnS が安定のように図示されているが、沿岸堆積物の間隙水中では炭酸塩濃度が海水中のそれより一桁以上高くなるから (NISSENBAUM *et al.* 1972, MURRAY *et al.* 1978), MnS より MnCO_3 が安定となるであろう。バルト海やファイン湾 (Loch Fyne, Scotland) には、Mn の炭酸塩固溶体が多量に存在し

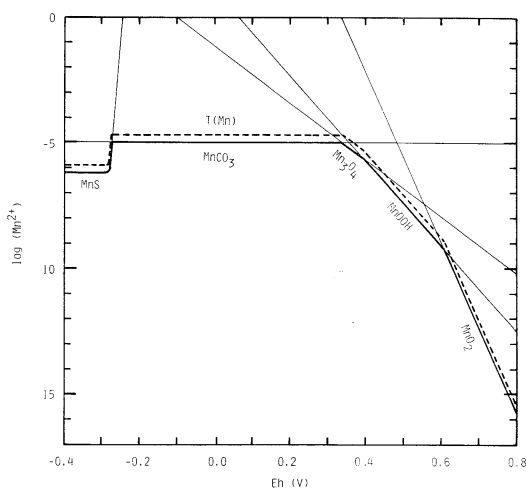


Fig. 2. Log molar concentration of Mn^{2+} in equilibrium as a function of Eh at a pH of 8.1. Dashed line shows total concentration of Mn (T(Mn)).

* 錯体の安定度定数の選択はかなりの任意性を伴う。KESTER *et al.* (1975) が選んだ値を用いると $T(\text{Fe(III)})/T(\text{Fe(II)})$ および $T(\text{Fe(II)})/T(\text{Fe(II)})$ は CRERAR and BARNES (1974) のそれより大きくなる。また DAVISON (1979) の値を用いると $T(\text{Fe(II)})/T(\text{Fe(II)})$ は小さい値となる。

ている (MANHEIM 1961, CALVERT and PRICE 1970)。

Fig. 1 と Fig. 2 を重ねると (Fig. 3), Fe と Mn の沿岸の堆積環境における挙動の差異を推定できる。硫化物が存在するような還元的环境では Fe は硫化物として, Mn は炭酸塩としてそれぞれ存在し得るが, その溶解度は数桁異なる。硫化物が存在しない $Eh = -0.1V$ 前後では Fe の安定固相は炭酸塩となり, その溶解度は Mn のそれに匹敵するぐらい高くなる。Fe の溶解度は水酸化第二鉄の生成に伴って減少し, Fe(III) が安定となる $Eh = 0.2V$ から $0.2\mu g/l$ 程度の一定値を示す。一方, Mn の溶解度は $Eh = 0.3$ 以上まで一定値を保ち, マンガン酸化物の生成 ($Mn_3O_4 \rightarrow \gamma - MnOOH \rightarrow \delta - MnO_2$) に伴って減少し $Eh = 0.6V$ 程度で Fe のそれと交差する。したがって, Mn はかなり広い Eh 範囲に渡って高い溶解度を示すが, Fe が高い溶解度を示すのは $FeCO_3$ が安定な Eh 範囲に限られる。この範囲では, Fe の濃度は 0.5 ppm 程度, Mn のそれは 5 ppm 程度と計算される。実際, 沿岸堆積物の間隙水中では, Mn の濃度は 10 ppm にも達し, Fe のそれはその数分の 1 程度である (DUCHART *et al.* 1973, MURRAY *et al.* 1978, ELDERFIELD *et al.* 1979)。サーニッチ入江の堆積物中では, Mn の濃度は $MnCO_3$ に

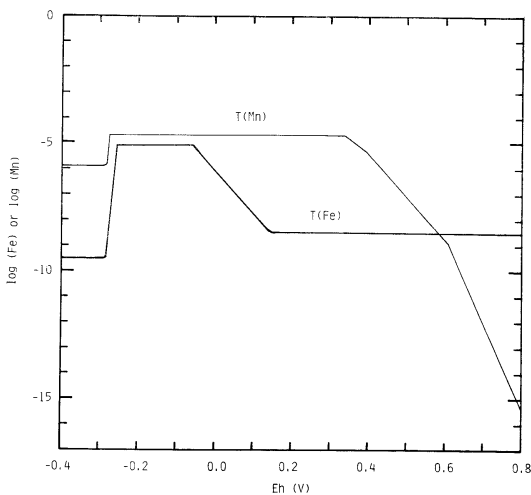


Fig. 3. Log (Fe) and log (Mn) as a function of Eh at a pH of 8.1.

関して飽和か過飽和, Fe の濃度は FeS に関して過飽和, $FeCO_3$ に関して僅かに未飽和*と計算されている (MURRAY *et al.* 1978)。

間隙水を通して堆積物—海水境界面に移動した Fe は, その酸化還元電位もよるが, 比較的速やかに水酸化物として再び固相に移行するであろう。一方, Mn は酸化還元電位の高い海域まで移動し, その海域の Eh に応じて酸化物として沈殿するであろう。続成作用に伴う諸過程における Fe と Mn の挙動の差異は堆積物中のこれらの元素の鉛直分布に顕著に反映されている。Mn は深層に比べて表層に数倍以上濃縮されている。これに対して Fe の濃度は深さ方向にほぼ一定である (CALVERT and PRICE 1970, BONATTI *et al.* 1971, SKEI and PAUS 1979)。これは Mn の大部分が水起源であるのに対して Fe の大部分が岩石起源であることも一因であるが, 堆積物中において Mn は移動し易く, Fe は相対的に移動し難いことを示している。

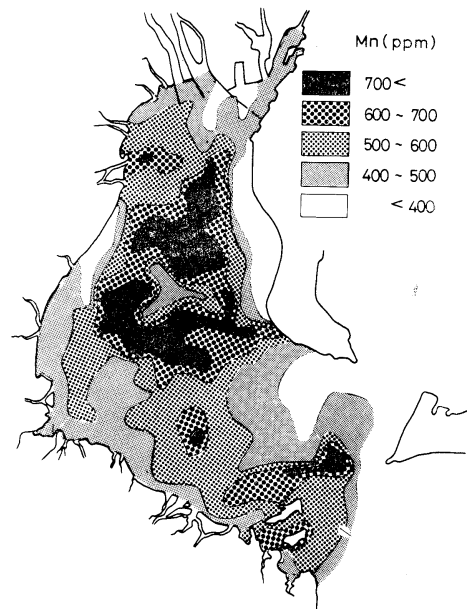


Fig. 4. Horizontal distribution of Mn in the sediments of Ise Bay (OGAWA *et al.* 1977).

* DAVISON (1979) によれば, 彼の選んだ安定度定数を用いれば, $FeCO_3$ に関して飽和である。

伊勢湾の堆積物中においては、Mn は湾中心部においてその濃度が低く、その周辺部において高い水平分布をしている (Fig. 4)。これは、Mn の濃縮している海域においては、少なくとも堆積物表層の Eh が 0.4V 以上であり (Fig. 2)、その他の海域では堆積物の酸化還元電位が低く、Mn が堆積後続成作用により堆積物中から漏出したことを意味している。したがって、Mn の属する因子2 は一旦沈積した重金属が 続成作用によって堆積物中から漏出し、沈殿し易い化学的環境において再沈殿した、すなわち、重金属が沈積後移動した現象を表わす因子である。

Fe の場合にも、Mn の濃度の低い湾中心部において、その濃度が低い (Fig. 5)。これは、Fe も堆積物中から漏出したことを意味する。そうであるならば、湾中心部の堆積物中の Eh は Fe の移動し易い $-0.2V$ 前後であろう。Fe は因子2 に極僅かしか関与していない。これは、すでに述べたように、Fe はその大部分が岩石起源でケイ酸塩鉱物の格子の中に存在し、汚染の影響も受け難い元素であることに起因する。したがって、Fe の属する因子4は河川あるいは大気を通して運び

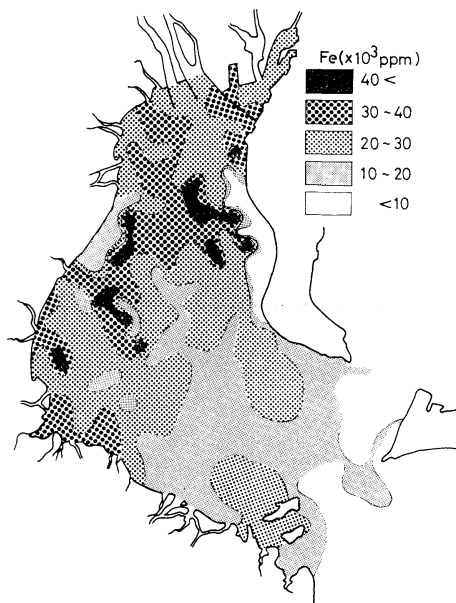


Fig. 5. Horizontal distribution of Fe in the sediments of Ise Bay (OGAWA *et al.* 1977).

込まれたケイ酸塩鉱物の沈積を表わす因子である。

4.2. Ni および Co

伊勢湾の堆積物中の Co の水平分布は調査されていないが、沿岸および深海の堆積環境において両元素は類似の挙動を示すので一括して述べる。

Fe および Mn 以外の重金属は堆積物中において純粋な固相として存在する可能性は少なく、Fe および Mn の化合物、ケイ酸塩鉱物あるいは腐植物質に伴って (固溶体あるいは収着されて) 存在すると考えられているが、これらの元素の熱力学的性質は堆積物中における挙動を理解する一助となるのでここで記述する。

Ni および Co の硫化物の溶解度は Mn のそれと比べて数桁低いが、Eh が $-0.2V$ 以上では Ni および Co の安定固相は、それぞれ、水酸化物および炭酸塩でそれらの溶解度は Mn のそれよりも一桁程度高い。さらに Eh が高くなると両元素の安定固相は、Mn と同様に、酸化物となる。しかし、それらの酸化物の溶解度は Mn のそれより高い (Fig. 6, 7)。

間隙水中の微量重金属濃度の測定例は少ないが、Ni および Co の濃度は、それぞれ、 $10\sim 400$ ppb および $1\sim 40$ ppb と報告されている (PRESLEY *et al.* 1967, MANHEIM 1976, DUCHART *et al.* 1973)。これらの濃度は純粋の固相の溶解度より $1\sim 2$ 桁低い値である。

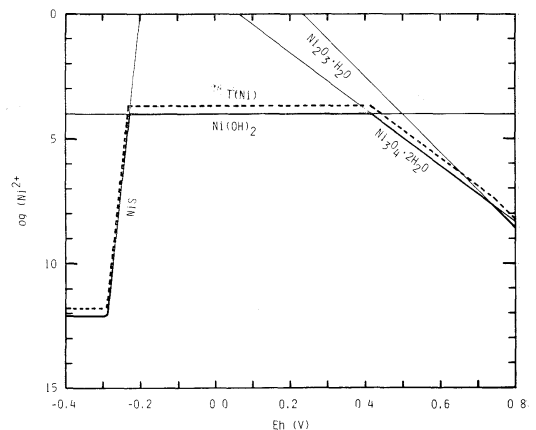


Fig. 6. Log (Ni) — Eh diagram.

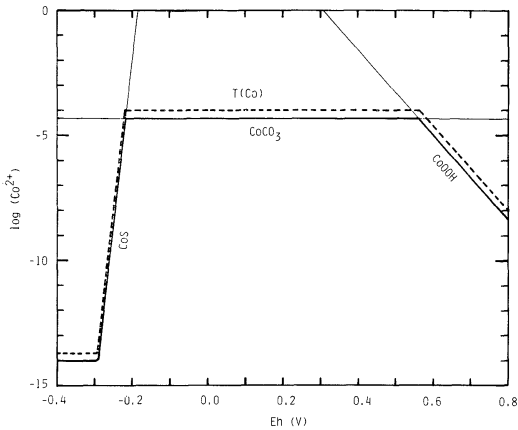


Fig. 7. Log (Co) — Eh diagram.

ガラパゴス島沖の準深海堆積物中においては、Ni および Co は Mn と同様に、堆積物表層に顕著に濃縮されており (BONATTI *et al.* 1971), これらの元素は続成作用に伴って堆積物中を移動し、酸化的な堆積物表面において Mn および Fe の酸化物への移行に伴って酸化物に収着され取り込まれたことを示す。Ni と Co の堆積物構成成分への収着特性は Mn のそれに類似しており、ケイ酸塩鉱物には余り収着されず、Fe および Mn の酸化物、特に二酸化マンガンを顕著に収着されることから理解できる。

深海堆積物およびマンガング瘤中では Mn—Co—Ni の強い相関が見出されている (TUREKIAN and IMBRIE 1966, CALVERT and PRICE 1970)。また、試薬による分別抽出に対して、深海堆積物およびマンガング瘤中の Mn, Co および Ni は類似の溶出挙動を示す (TAKEMATSU 1978, 1979b)。これらの観測事実は酸化的な堆積環境では、Mn, Co および Ni は同じ挙動をすることを示しているが、沿岸の堆積環境においては Ni および Co と Mn の挙動の顕著な類似性は報告されていない。ノルウェーの酸化的なフィヨルドの堆積物では、Mn は深層に比べて表層に数倍濃縮しているにもかかわらず、Ni および Co にはこのような傾向は観測されない (SKEI and PAUS 1979)。沿岸堆積物中では水起源の Ni および Co の割合が低いために、Mn と同じ挙動を示していても検出

できないか、あるいは Eh が低くマンガング酸化物の酸化状態が低いために、Ni および Co が Mn と同じ挙動をしないかのいずれかである。酸化状態の低いマンガング酸化物は Ni および Co を捕捉する能力が二酸化マンガングに比べてかなり低い (Table 2)。

伊勢湾堆積物中における Ni の分布の因子解析では、Ni は Mn の属する因子 2 と Cu および Pb の属する因子 1 の両方に関与している (Table 1, Fig. 8)。Ni は収着特性および熱力学的性質において Mn に類似しているが、Ni は二酸化マンガングを除く堆積物構成成分に対する相互作用において Mn のそれよりも強い (Table 2)。また、Ni は有機物に対する相互作用においても Mn のそれより強い (RASHID 1974)。さらに、硫化ニッケルの溶解度は Mn のそれよりも数桁低い。湾流入時あるいは堆積時の Ni と Mn の存在状態の相異を考慮しなければならないが、上記の Ni の収着特性および熱力学的性質はいずれも Ni が Mn より堆積物中において移動し難いことを示している。したがって、Ni は堆積物中を移動し易い Mn と移動し難い Cu および Pb との中間的性質

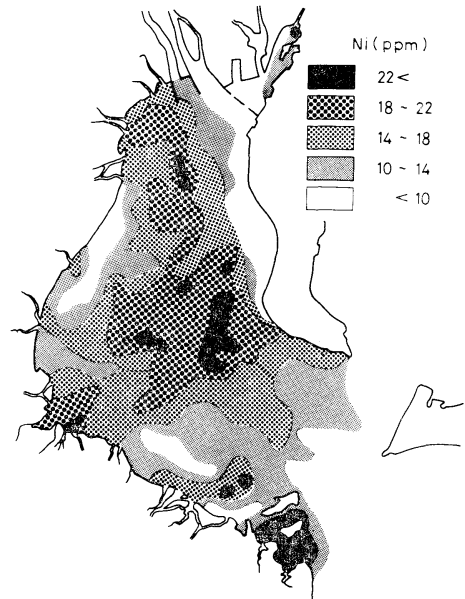


Fig. 8. Horizontal distribution of Ni in the sediments of Ise Bay (OGAWA *et al.* 1977).

を示したものと考えられる。

4.3. Cu および Pb

酸化的な海洋環境において熱力学的に安定な Cu の化合物は、CuO (tenorite), $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ (malachite) および $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ (atacamite) であろう (Fig. 9)。これらの化合物は、その起源は明らかではないが、外洋の懸濁物中において同定されている (JEDWAB 1979)。上記の懸濁物中で同定された Pb の化合物は $\text{Pb}(\text{OH})\text{Cl}$ (laurionite) であるが、熱力学的には PbCO_3 の方がより安定である (Fig. 10)。

Cu および Pb は非常に錯体を形成し易い元素であり、いろいろな研究者により選択されたいく組かの錯体の安定定数が報告されている (ZIRINO and YAMAMOTO 1972, DYRSSEN and WEDBERG 1974, LONG and ANGINO 1977)。ZIRINO and YAMAMOTO (1972) および DYRSSEN and WEDBERG (1974) による Cu と Pb の優勢錯体は、それぞれ、 $\text{Cu}(\text{OH})_2^\circ$ (89%) と PbCO_3° (81%) および $\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl}^\circ$ (65%) と PbCl_2° (42%) で両者は異なるが、全錯体に対する裸のイオンの

割合は、両者は驚くほど一致しており、前者においては $\text{Cu}=0.85\%$ と $\text{Pb}=1.5\%$ 、後者においては $\text{Cu}=0.7\%$ と $\text{Pb}=4.5\%$ である。したがって、酸化的海水中における Cu および Pb の溶解度は $1 \times 10^{-6}\text{M/l}$ 程度となる。沿岸堆積物の間隙水中の炭酸塩濃度が、海水中のそれより一桁以上高くなることを考慮すると、沿岸堆積物中における Cu および Pb の溶解度は上記のそれより一桁近く低くなるはずである。しかし、沿岸堆積物の間隙水中の Cu の濃度は、 $10 \sim 400 \text{ ppb}$ ($0.2 \sim 6 \times 10^{-6}\text{M}$) と報告されており (DUCHART *et al.* 1973)、この高い方の濃度は、Cu の無機化合物に関して明らかに過飽和である。Cu は腐植酸のような溶存有機物と安定な錯体を形成するから (MANTOURA *et al.* 1978)、間隙水中の Cu のかなりの部分が有機錯体として存在することがその原因として考えられる。

Cu は Table 2 から明らかのように堆積物構成成分のいずれにも顕著に収着する。また、Pb は沈殿したての鉄酸化物ゲルに Cu よりよく収着される (KINNIBURGH 1973)。上記のような、熱力

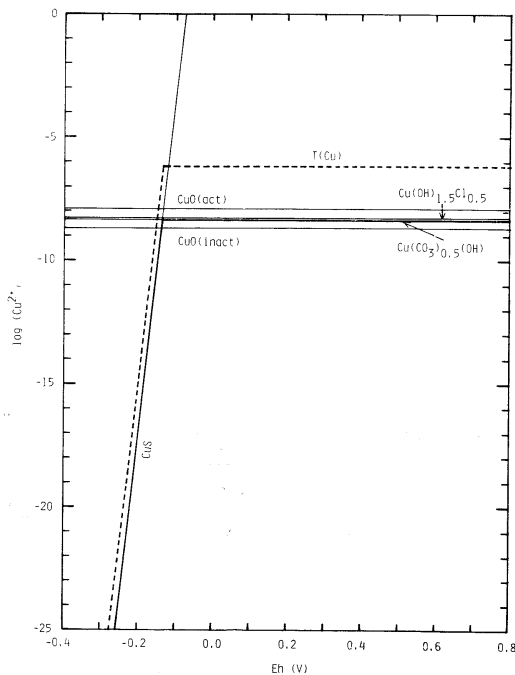


Fig. 9. Log (Cu) — Eh diagram.

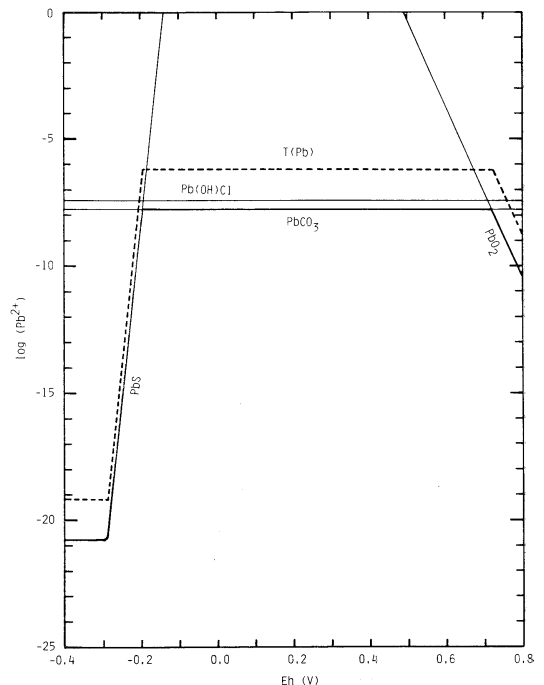


Fig. 10. Log (Pb) — Eh diagram.

学的データおよび収着特性から判断して、Cu および Pb は、続成作用に伴う諸過程において、堆積物中を移動し難い元素であろう。

汚染の影響のほとんどないと考えられるガラパゴス島沖の準深海堆積物においては、Cu の濃度は Fe と同様に鉛直方向に一定で (BONATTI *et al.* 1971), Cu は堆積物中を移動し難いことを示している。一方、汚染を受けている沿岸あるいは内湾の堆積物中においては、Cu および Pb は深層に比べて表層に顕著に濃縮している (ERLENKEUSER *et al.* 1974, 松本・横田 1978, SKEI and PAUS 1979)。この Cu および Pb の表層への濃縮現象は Mn のそれに一見類似しているが両者は全く別の現象に起因している。すなわち、前者は Cu および Pb が堆積物中を移動し難いため汚染の歴史を記録しているものであり、後者はすでに述べたように沈積した Mn が続成作用によって可溶化され、間隙水中を移動し、酸化的な表層で酸化物として再び固相に移行した結果を示している (SKEI and PAUS 1979)。

伊勢湾における Cu および Pb はその濃度が汚染源より沖合に向かって徐々に減少する分布をし

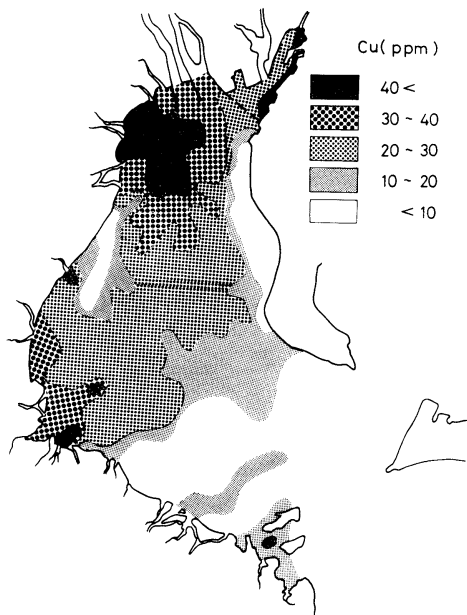


Fig. 11. Horizontal distribution of Cu in the sediments of Ise Bay (OGAWA *et al.* 1977).

ており (Fig. 11), この分布は HIRAIZUMI *et al.* (1978) が議論の対象とした分布であり、標準的な分布といえることができる。したがって、Cu および Pb の属する因子 1 は沈殿後続成作用によって余り移動しなかった元素の沈積を表わす因子といえることができる。

4.4. Zn

外洋の懸濁物中において同定されている Zn の化合物は $ZnCO_3$ (smithsonite) および $Zn(OH)_{1.2}(CO_3)_{0.4}$ (hydrozincite) である (JEDWAB 1979)。これらの化合物の海水中における溶解度は Mn, Co および Ni のそれより低いが、Cu および Pb のそれよりも遥かに高い (Fig. 12)*。

沿岸および外洋堆積物の間隙水中の Zn の濃度

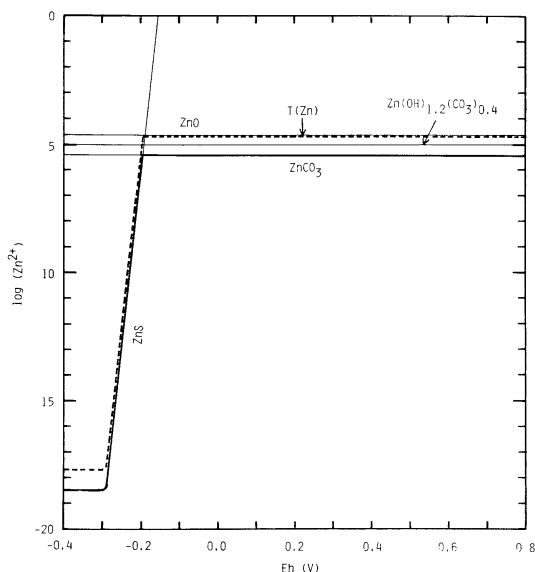


Fig. 12. Log (Zn) — Eh diagram.

* Zn についてもいく組かの錯体の安定定数が報告されている (ZIRINO and YAMAMOTO 1972, DYRSSEN and WEDBORG 1974, MANTOURA *et al.* 1978)。ZIRINO and YAMAMOTO (1972) および DYRSSEN and WEDBORG (1974) による優勢種は、それぞれ、 $Zn(OH)_2^{\circ}$ (63%) および $ZnCl^+$ (44%) と異なるが、全錯体に対する裸のイオンの割合は、それぞれ、15% および 16.1% でよく一致している。しかし、MANTOURA *et al.* (1978) によれば、優勢種は $ZnCl^+$ (18%) と $ZnSO_4$ (18%) で、裸のイオンの割合は 45% である。Fig. 12 では、この割合を 15% として図示してある。

は 10~600 ppb と報告されている (DUCHART *et al.* 1973, 小田 1980)。熱力学的計算から, 小田 (1980) は, 生物起源の物質が多く, 続成作用が活発で, 過剰の溶存炭酸塩を含んでいる外洋堆積物においては, 間隙水中の Zn の濃度は炭酸亜鉛の溶解度によって支配されている可能性があるとして述べている。

収着特性から見ると, Zn は Cu に類似している。すなわち, Zn の収着分布係数は Cu のそれよりは低いが, Zn は堆積物構成成分のいずれにも比較的良好に収着される (Table 2)。

フィールドにおける観測においても, Zn は Cu および Pb と類似の挙動を示す。ロスアンゼルス市の下水処理施設から沿岸に放出される排水中では, Zn は Cu および Pb と同様に 90% 以上が粒子状で存在し, これらの 3 元素は海底堆積物中において全く同じ水平・鉛直分布を示す。Zn および Pb と Cu の水平分布の相関係数は 0.90 以上である。一方, 排水中の Mn, Co および Ni は, 30~65% が溶液状で放出され, 海底堆積物中の水平分布における Mn, Co および Ni と Cu の相関係数は, それぞれ, 0.10~0.66, -0.12~0.43 および 0.26~0.82 である (MOREL *et al.* 1974, GALLOWAY 1979)。もっとも, Mn および Co において相関係数が低いのは, 排水の懸濁物質中のこれらの元素濃度が沿岸堆積物中のそれと余り変わらないことにも起因する。MOREL *et al.* (1974) は, Fe, Zn, Ag, Cr, Cu, Pb, Cd および Hg は還元的な堆積物中において余り移動しないとして, これらの元素に対して“非移動仮説” (non-mobilization hypothesis) を提出している。

伊勢湾堆積物中における Zn の水平分布は, Cu および Pb と同様に, その濃度が汚染源から沖合に向かって徐々に減少する分布をしている (Fig. 13)。Zn の分布の因子解析では Zn の分布は独立の因子によって支配されていることになっているが, それは Zn の汚染源が Cu および Pb と異なっているためである。もし汚染源が同じであれば, Zn は Cu および Pb と同じ因子 1 に属するであろう。Zn が因子 1 に僅かではあるが関与し

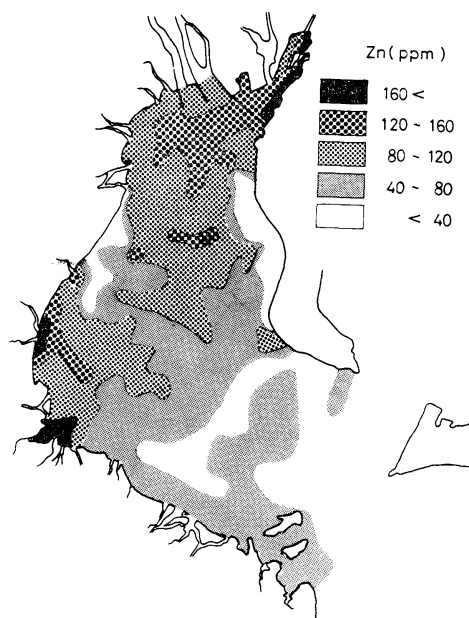


Fig. 13. Horizontal distribution of Zn in the sediments of Ise Bay (OGAWA *et al.* 1977).

ていることおよび Pb が Zn の属する因子 3 に関与していることはそのことを示唆する。したがって, Zn の属する因子 3 は全く見かけの因子である。

4.5. 強熱減量 (IL)

強熱減量 (IL) は堆積物中の有機物含量の指標であるが, その有機物の起源は河川から流入する懸濁有機物ばかりでなく, 海産のプランクトン起源のものかなりの割合を占めるであろう。そうであるならば, IL の分布は, それぞれの海域におけるプランクトンの生産量, その沈積を支配するその海域の流動場および堆積後の分解速度などの影響を受ける。したがって, 伊勢湾堆積物中の IL の因子解析においては, IL は独立因子になっている。

5. 結 論

海底堆積物中の重金属の分布は, その海域の流動場の影響を受けるが, その濃度が汚染源から沖合に向かって減少する分布が一般的である (松本・横田 1977, 1978, HIRAIZUMI *et al.* 1978)。しかし, 堆積物が硫化物を含まず Fe および Mn の酸化物が不安定な程度の低い酸化還元電位 (Eh)

を示す場合には、ある種の元素はこの標準的な分布からずれる。すなわち、Mn, Co および Ni は炭酸塩あるいは水酸化物の溶解度が高いためおよびケイ酸塩鉱物あるいは腐植物質に対する吸着分布係数が比較的小さいため、一旦海底に沈積したこれらの元素は有機物の分解に起因する続成作用によって間隙水中に溶出し、間隙水中を拡散し、底層水中に漏出する。Fe も、その Eh 範囲が上記の元素より狭いが、堆積物から漏出する。底層水中に漏出した Mn および Fe はより酸化的环境下において酸化物として沈殿する。Co および Ni は生成した Mn および Fe の酸化物に吸着されて堆積物中に取込まれる。

このような重金属の沈積後の移動は堆積物の沈積時の各元素の存在状態と有機物濃度、特に有機物濃度によって支配されるものと考えられる。有機物濃度が高過ぎると重金属 (Mn を除く) は硫化物として存在し移動しないであろうし、有機物濃度が低過ぎると続成作用が起らず (Eh の変化が起らず)、重金属は堆積物沈積時の状態を維持しやはり移動しないであろう。

この点、伊勢湾は各重金属の堆積環境における挙動を究明するのに好都合な海域である。本研究ではかなり粗い推定を行なったが、堆積物中の重金属の存在状態、岩石起源と水起源の割合、間隙水中の重金属濃度、Eh, pH, 炭酸塩濃度などを調べ、これらの元素の沿岸の堆積環境における挙動を解明する必要がある。

文 献

- BERNER, R. A. (1963): Electrode studies of hydrogen sulfide in marine sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **27**, 563-575.
- BERNER, R. A. (1965): Activity coefficients of bicarbonate, carbonate and calcium ions in sea water. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **29**, 947-965.
- BONATTI, E., D. E. FISHER, O. JOENSUU and H. S. RYDELL (1971): Postdepositional mobility of some transition elements, phosphorus, uranium and thorium in deep sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **35**, 189-201.
- CALVEST, S. E. and N. B. PRICE (1970): Composition of manganese nodules and manganese carbonates from Loch Fyne, Scotland. *Contr. Mineral. Petrog.*, **29**, 215-233.
- CHESTER, R. and R. G. MESSIHA-HANNA (1970): Trace element partition patterns in North Atlantic deep-sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **34**, 1121-1128.
- CRERAR, D. A. and H. L. BARNES (1974): Deposition of deep-sea manganese nodules. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **38**, 279-300.
- DAVISON, W. (1979): Soluble inorganic ferrous complexes in natural waters. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **43**, 1693-1696.
- DUCHART, P., S. E. CALVERT and N. B. PRICE (1973): Distribution of trace metals in the pore waters of shallow water marine sediments. *Limnol. Oceanogr.*, **18**, 605-610.
- DUINKER, J. C., G. T. M. VAN ECK and R. F. NOLTING (1974): On the behaviour of copper, zinc, iron and manganese, and evidence for mobilization processes in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.*, **8**, 214-239.
- DUURSMA, E. K. and C. J. BOSCH (1970): Theoretical, experimental and field studies concerning diffusion of radioisotopes in sediments and suspended particles of the sea. Part B: Methods and experiments. *Neth. J. Sea Res.*, **4**, 395-469.
- DYRSSEN, D. and M. WEDBERG (1974): Equilibrium calculations of the speciation of elements in seawater. *In* E. GOLDBERG (ed.) *The Sea*, Vol. 5, John Wiley & Sons Inc., New York. pp. 181-195.
- ELDERFIELD, H., A. HEPWORTH, P. N. EDWARDS and L. M. HOLLIDAY (1979): Zinc in the Conway River and estuary. *Estuarine and Coastal Mar. Sci.*, **9**, 403-422.
- ERLENKEUSER, H., E. SUESS and H. WILLKOMM (1974): Industrialization affects heavy metal and carbon isotope concentrations in recent Baltic Sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **38**, 823-842.
- GALLOWAY, J. N. (1979): Alteration of trace metal geochemical cycles due to the marine discharge of wastewater. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **43**, 207-218.
- HEATH, G. R. and J. DYMOND (1977): Genesis and transformation of metalliferous sediments from the East Pacific Rise, Bauer Deep, and Central Basin, northwest Nazca plate. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **88**, 723-733.
- HIRAIZUMI, Y., T. MANABE and H. NISHIMURA (1978): Some regular patterns in the distribution of sediment contamination in the coastal waters along Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **34**, 222-232.
- JEDWAB, J. (1979): Copper, zinc and lead minerals

- suspended in ocean waters. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **43**, 101-110.
- 城 久, 矢持 進, 安部恒之 (1974): 大阪湾における重金属汚染の現況. 大阪水試研報, No. 5, 41 pp.
- KESTER, D. R., R. H. BYRNE, Jr., and Y. -J. LIANG (1975): Redox reactions and solution complexes of iron in marine systems. *In* T. M. CHURCH (ed.) *Marine Chemistry in the Coastal Environment*. Amer. Chem. Soc., Washington, D. C. pp. 56-79.
- KINNIBURGH, D. G. (1973): Cation sorption by hydrous metal oxides. Ph. D. Thesis, Univ. of Wisconsin, Madison, Wisc. (unpublished).
- LANTZY, R. J. and F. T. MACKENZIE (1979): Atmospheric trace metals: global cycles and assessment of man's impact. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **43**, 511-525.
- LONG, D. T. and E. E. ANGINO (1977): Chemical speciation of Cd, Cu, Pb, and Zn in mixed fresh water, seawater, and brine solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **41**, 1183-1191.
- LORING, D. H. (1976): The distribution and partition of zinc, copper, and lead in the sediments of the Saguenay fjord. *Can. J. Earth Sci.*, **13**, 960-971.
- MANHEIM, F. T. (1961): A geochemical profile in the Baltic Sea. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **25**, 52-70.
- MANHEIM, F. T. (1976): Interstitial waters of marine sediments. *In* J. P. RILEY and R. CHESTER (ed.), *Chemical Oceanography*, 2nd ed., Vol. 6. Academic Press, London. pp. 115-186.
- MANTOURA, R. F. C., A. DICKSON and J. P. RILEY (1978): The complexation of metals with humic materials in natural waters. *Estuarine and Coastal Mar. Sci.*, **6**, 387-408.
- MASON, V. and J. IMBRIE (1964): Fortran program for factor and vector analysis of geologic data using an IBM 7090 or 7094/1401 computer system. *Kans. Geol. Survey Computer Contr.* No. 13, 47pp.
- 松本英二, 横田節哉 (1977): 底泥からみた東京湾の汚染の歴史. *地球化学*, **11**, 51-57.
- 松本英二, 横田節哉 (1978): 大阪湾底泥の堆積速度と重金属汚染. *日本海洋学会誌*, **34**, 108-115.
- MOREL, F. M. M., J. C. WESTALL, C. R. O'MELIA and J. J. MORGAN (1975): Fate of trace metals in Los Angeles Country wastewater discharge. *Environ. Sci. Technol.*, **9**, 756-761.
- MURRAY, J. W., V. GRUNDMANIS and W. M. SMETHIE, Jr. (1978): Interstitial water chemistry in the sediments of Saanich Inlet. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **42**, 1011-1026.
- 西村 肇, 熊谷幹郎 (1974): 瀬戸内海の汚染 — 重金属による汚染 —. *科学*, **44**, 103-109.
- NISSENBAUM, A., B. J. PRESLEY and I. R. KAPLAN (1972): Early diagenesis in a reducing fjord, Saanich Inlet, British Columbia-I. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **36**, 1007-1029.
- 小田秀夫 (1980): 遠洋性堆積物の間隙水中の亜鉛の生成作用に関する研究. *東海大学紀要*, 第13号, 29-97.
- 小川 務, 児玉剛則, 江場弘樹, 高井義治 (1977): 伊勢湾および渥美湾の底質中金属元素について (その1). *愛知県公害調査センター所報*, 第5号, 164-191.
- PRESLEY, B. J., R. R. BROOKS and I. R. KAPLAN (1967): Manganese and related elements in the interstitial water of marine sediments. *Science*, **158**, 906-910.
- RASHID, M. A. (1974): Absorption of metals on sedimentary and peat humic acids. *Chem. Geol.*, **13**, 115-123.
- SKEI, J. and P. E. PAUS (1979): Surface metal enrichment and partitioning of metals in a dated sediment core from a Norwegian fjord. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **43**, 239-246.
- SPENCER, D. W., P. G. BREWER and P. L. SACKS (1972): Aspects of the distribution and trace element composition of suspended matter in the Black Sea. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **36**, 71-86.
- TAKEMATSU, N. (1978): The chemical forms of transition elements in marine sediments. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **34**, 242-249.
- TAKEMATSU, N. (1979a): Sorption of transition metals on manganese and iron oxides, and silicate minerals. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **35**, 36-42.
- TAKEMATSU, N. (1979b): The incorporation of minor transition metals into marine manganese nodules. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **35**, 191-198.
- TUREKIAN, K. K. and J. IMBRIE (1966): The distribution of trace elements in deep-sea sediments of the Atlantic Ocean. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **1**, 161-168.
- ZIRINO, A. and S. YAMAMOTO (1972): A pH-dependent model for the chemical speciation of copper, cadmium, and lead in seawater. *Limnol. Oceanogr.*, **17**, 661-671.

Eutintinnus haslae n. sp., a New Ciliated Protozoa from the Tropical Pacific and Indian Oceans*

Akira TANIGUCHI** and Yoshine HADA***

Résumé: Trente deux individus d'un nouveau Cilié Tintinnide ont été trouvés dans les échantillons planctoniques collectés dans les eaux tropicales des Océans Pacifique et Indien. Après une analyse détaillée, on a identifié cette espèce d'après celle que Dr. G. R. HASLE a exposé en 1960 comme une espèce inconnue du genre *Eutintinnus*. On peut ainsi donner le nom de *Eutintinnus haslae* à cette nouvelle espèce.

1. Introduction

During the studies on microzooplankton communities in the eastern Indian Ocean, many loricae of an unclassified tintinnid species were found in the water samples collected in 1976. A few loricae of this species have been also found in the samples collected from the Philippine Sea in 1972. Close photomicroscopic examination of these loricae indicates that these are of the same species with *Eutintinnus* sp. reported from the tropical Pacific Ocean by HASLE (1960), while her specimen seems to be at an extreme of intraspecific variation of this species.

In this paper, we report this species as a new species *Eutintinnus haslae*, which is named for Dr. G. R. HASLE of the University of Oslo, with some relevant data on the distribution.

2. Materials

On two Cruises KH-72-1 and KH-76-5 of the R. V. Hakuho Maru of the Ocean Research Institute, University of Tokyo, one-liter water samples were collected at 10 depth layers in the upper 300 m at 9 stations located in the Philippine Sea and Celebes Sea in 1972 and at 9 stations in the eastern Indian Ocean in 1976 (Fig. 1). These samples, 180 in total, were preserved just after samplings by adding 10 ml of the neutralized formalin solution and brought

back to the land laboratory. Microzooplankton samples were concentrated to about 10-15 ml of water and then examined under a Nikon MSDR inverted microscope.

Data on environmental parameters were cited from MARUMO (1975) and TAGA and NEMOTO (unpublished).

3. Description of the New Species

Family Tintinnidae CLAPARÉDE and LACHMANN, 1858

Subfamily Salpingellinae KOFOID and CAMPBELL, 1939

Genus *Eutintinnus* KOFOID and CAMPBELL, 1939

Eutintinnus KOFOID and CAMPBELL, 1939, pp. 358-375.

Tintinnus SCHRANK, 1803, p. 317 (part) (*vide* KOFOID and CAMPBELL, 1929); JÖRGENSEN, 1924, pp. 9-13 (part); KOFOID and CAMPBELL, 1929, pp. 328-342 (part) (*Non Tintinnus*: KOFOID and CAMPBELL, 1939).

Remarks to the genus: Generic name of *Eutintinnus* was introduced by KOFOID and CAMPBELL (1939) as a new name for the large and dominant but very confused genus *Tintinnus*; the latter which had been established by SCHRANK (1803) was splitted into many genera and emended by JÖRGENSEN (1924) and by themselves (KOFOID and CAMPBELL, 1929). Then, *Tintinnus* was replaced to a small genus represented by the type species *T. inquilinus* (MÜLLER, 1776) designated by APSTEIN (1915) (cited from KOFOID and CAMPBELL, 1939).

* Received June 23, 1980

** Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai, 980 Japan

*** Kairoen 3-5-22, Itsukaichi, Hiroshima, 738 Japan

Before this replacement this species had been transferred from genus *Tintinnus* to genus *Tintinnidium* by FAURÉ-FREMIET (1908). Since synonymical history of these and the other related genera are quite complicated, one must consult reviews by KOFOID and CAMPBELL

(1939) and BALECH (1959) to get better comprehension.

Characteristics of the genus: Loricae of genus *Eutintinnus* are narrow, cylindrical or nearly so in shape and equally open at both ends sometimes with oral and aboral flaring. Wall of the loricae is hyaline and usually structureless.

Eutintinnus haslae n. sp.

(Fig. 2a-i)

Eutintinnus sp., HASLE, 1960, p. 44, fig. 44.

Description: One of smallest species of *Eutintinnus*. Lorica very small and short tapering truncated cone with a low but broad median bulge. Oral region well developing into a wide funnel-like suboral flaring. Below the bulge, slope of a contour gradually decreasing or posterior end often terminating into a narrow aboral cylinder; length of the cylinder variable.

Wall hyaline, uniform in thickness or sometimes very slightly thicker at a throat.

An animalcule usually fills some 80% of lorica volume after preservation with formalin.

Dimensions: Oral diameter (D_o), aboral diameter (D_a), total length (L_t), ratio of oral dia-

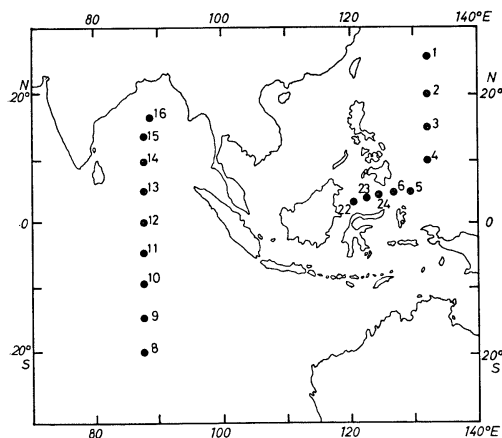


Fig. 1. Location of stations from which water samples were collected. Stns. 1-6 and 22-24 were occupied on the Cruise KH-72-1, and Stns. 8-16 on the Cruise KH-76-5 of the R. V. Hakuho Maru.

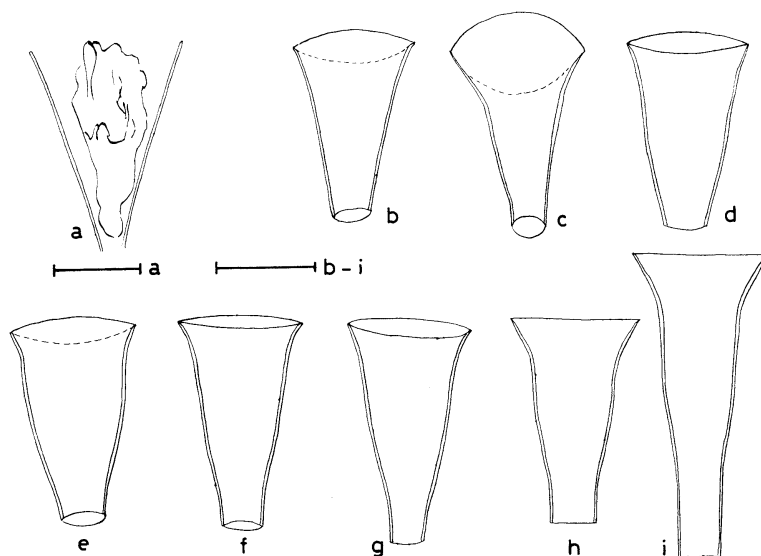


Fig. 2. *Eutintinnus haslae* n. sp. a, Pacific specimen redrawn from Fig. 44 of HASLE (1960). b-i, Indian Ocean specimens; b, collected at 49 m at Stn. 9: c, 98 m at Stn. 9: d, 75 m at Stn. 12: e, 102 m at Stn. 10: f, 49 m at Stn. 12: g, 98 m at Stn. 9: h, 153 m at Stn. 13: i, 100 m at Stn. 16. Scale = 20 μ m.

meter to aboral diameter (Do/Da), and ratio of total length to oral diameter (Lt/Do) are usually used to describe the dimension of *Eutintinnus* loricae. Those of the tropical Pacific specimen reported by HASLE (1960) were measured on her figure by the present authors as follows; Do 35 μm , Da 6 μm , Lt 46 μm , Do/Da 5.8 and Lt/Do 1.3.

Dimensions of the present 3 loricae collected from the Philippine Sea were Do 27-30 μm , Lt 40-43 μm and Lt/Do 1.3-1.5 (Da was not measured).

Size of 29 loricae from the Indian Ocean were measured as Do 25-33 μm , Da 8-12 μm , Lt 33-

62 μm , Do/Da 2.3-3.4 and Lt/Do 1.1-2.2 (Table 1). Lorica volume calculated from the mean values of these dimensions (Table 1) is about 12,700 μm^3 and consequently body volume of an animalcule, 80% of the lorica volume, is calculated as about 10,200 μm^3 .

Iconotype: Fig. 2h.

Type locality: Station 13, equatorial area of the eastern Indian Ocean.

Remarks: This species is likely to have the closest affinity with *Eutintinnus pacificus* (KOFOID and CAMPBELL, 1929). Loricae of the present species are very similar to those, especially to smaller and shorter ones, of the

Table 1. Size and condition of loricae of *Eutintinnus haslae* n. sp. collected from the eastern Indian Ocean.

Station No.	Depth (m)	No. of loricae collected (No./l)	Size of loricae (μm)			Condition of loricae		
			Oral diam. (Do)	Aboral diam. (Da)	Total length (Lt)			
9	50	2	28	8	37	Empty		
			30	-	-	Empty		
	100	3	27	10	47	Empty		
			32	10	40	Empty		
10	50	1	25	10	33	Empty		
			100	2	25	10	42	With an animalcule
					30	-	40	With an animalcule
11	30	2	26	10	43	With an animalcule		
			32	12	47	Empty		
	75	1	32	10	50	With an animalcule		
			100	1	27	10	35	With an animalcule
			150	1	27	10	47	With an animalcule
12	50	1	27	8	47	Empty		
			75	1	25	8	42	Empty
	100	2	27	10	37	Empty		
			27	10	37	With an animalcule		
13	100	2	30	10	33	Wounded		
			32	10	40	With an animalcule		
	150	1	27	10	47	Empty		
14	0	1	27	12	43	With an animalcule		
			50	1	28	-	Empty	
	75	3	27	10	35	Empty		
			27	10	37	Empty		
			27	10	47	Empty		
150	1	-	-	-	Heavily wounded			
15	75	1	-	-	-	Heavily wounded		
16	75	1	25	10	43	Empty		
			100	1	28	10	62	Empty
Mean			28 \pm 2	10 \pm 1	42 \pm 7			

latter species being also stout and furnished with an oral flaring and a high median bulge. However, *E. pacificus* has a less developed suboral funnel and smaller Do/Da ratio (1.5-2.1) (after KOFOID and CAMPBELL, 1939).

Some small loricae of *E. apertus* (KOFOID and CAMPBELL, 1929) are also similar to this species, but are distinguishable from the latter in having an abrupt contraction in the aboral region, very slight oral flaring and no median bulge.

The contour of the largest lorica of this species (Fig. 2i) shows some resemblances to loricae of *E. stramentus* (KOFOID and CAMPBELL, 1929), but the latter is quite different in having very large Lt/Do ratio (4.4-7.4) (after HADA, 1938; KOFOID and CAMPBELL, 1939) and no median bulge.

Distribution: This species was originally reported as *Eutintinnus* sp. by HASLE (1960) from the equatorial area (0-2° N, 145° W) of the eastern Pacific. We found 3 specimens at 2 stations in the Philippine Sea; 2 at 96 m depth at Stn. 2, and 1 at 65 m depth at Stn. 5. Temperature of 22.2-27.1°C, salinity of 34.80-35.19‰ and chlorophyll *a* concentration of 0.28-0.46 µg/l were recorded there (cf. TANIGUCHI, 1977).

In the eastern Indian Ocean this species was widely distributed throughout the subsurface chlorophyll maximum layers together with other tintinnids (TANIGUCHI, unpublished) (Table 1). The loricae were collected from midlayers between 30 and 150 m depth, where temperature, salinity and chlorophyll *a* concentration varied in the range of 15.9-28.4°C, 33.77-35.67‰ and 0.02-0.31 µg/l, respectively, with an exception of the surface water at Stn. 14 (27.1°C, 33.64‰, 0.06 µg/l). In the low salinity surface water at Stns. 15 and 16 in the Bay of Bengal

(less than 33.50 down to 31.50‰), probably diluted with land drainages, no loricae of this species occurred. These facts indicate that *Eutintinnus haslae* is primarily a tropical oceanic species and prefers shade conditions.

Acknowledgements

We thank the staff and crew of the R. V. Hakuho Maru for their kind help in collecting the materials on her cruises in 1972 and 1976.

Literature

- BALECH, E. (1959): Tintinnoinea del Mediterraneo. Trab. del Inst. Español de Oceanogr., No. 28, 1-88, 22 pls.
- FAURÉ-FREMIET, E. (1908): Le *Tintinnidium inquilinum*. Arch. Protistenk., **11**, 225-251, 1 pl.
- HADA, Y. (1938): Studies on the Tintinnoinea from the western tropical Pacific. J. Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ., Ser. 4 (Zool.), **6**, 87-190.
- HASLE, G. R. (1960): Phytoplankton and ciliate species from the tropical Pacific. Skr. Norske Vidensk.-Akad. I. Mat.-Nat. Kl. 1960, **1**, 1-50, 8 pls.
- JÖRGENSEN, E. (1924): Mediterranean Tintinnidae. Rep. Danish Oceanogr. Exped. 1908-10 to Medit., **2** (Biol.), 1-110.
- KOFOID, C. A. and A. S. CAMPBELL (1929): A conspectus of the marine and fresh-water Ciliata belonging to the suborder Tintinnoinea, with descriptions of new species principally from the Agassiz Expedition to the eastern tropical Pacific, 1904-1905. Univ. Calif. Publ. Zool., **34**, 1-403.
- KOFOID, C. A. and A. S. CAMPBELL (1939): The Ciliata: the Tintinnoinea. Bull. Mus. Comp. Zool., Harvard Coll., **84**, 1-473, 36 pls.
- MARUMO, R. (ed.) (1975): Preliminary Report of Hakuho Maru Cruise KH-72-1 (CSK, IBP). Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo, Tokyo. 62 pp.
- TANIGUCHI, A. (1977): Distribution of microzooplankton in the Philippine Sea and the Celebes Sea in Summer, 1972. J. Oceanogr. Soc. Japan, **33**, 82-89.

太平洋およびインド洋の熱帯域で採集された
絨毛虫の1新種 *Eutintinnus haslae*

谷口 旭, 羽田 良 禾

要旨: 太平洋 およびインド洋の熱帯海域で採集した微小動物プランクトン研究用海水標本中に, 新しい有鐘絨毛虫が32個体発見された。精査の結果, この種は HASLE 博士が1960年に太平洋熱帯域から *Eutintinnus* sp. として報告した種と同一であることが明らかになったので, これを *Eutintinnus haslae* と名付け, 新種として報告する。

Mass Production of the Young Banana Prawn *Penaeus merguensis* DE MAN*

Makoto TERAZAKI**

Abstract: Mass production of the young banana prawn *Penaeus merguensis* was carried out in four rectangular concrete tanks in 1974. The survival rate of nauplius, zoea, mysis and postlarvae stages was 19.9-96.1, 64.0-89.5, 55.9-100 and 16.1-85.7 %, respectively. The postlarvae grown to the stages of P₁₉₋₂₃ were harvested and the survival rate from nauplius stage to the shrimp fry ranged from 9.4 to 28.5 %. High production was recorded in two tanks and the number of the shrimp fry per ton of water exceeded ten thousands. The formulated food was excellent in the feed efficiency and the mean FQ value was 2.7 %.

1. Introduction

In most countries, modern shrimp culture is non-existent, or at best, in the experimental stages, but some species have been cultivated in southeast Asia for five centuries or more (BARDACH *et al.* 1972). The methods in use are crude, often consisting of no more than trapping and confinement of young shrimp in brackish water ponds for several months before harvesting. In most southeast Asian countries, the production of shrimp has long been incidental to the culture of brackish water fish, but monoculture of shrimp, with concurrent technological advances, is emerging in a number of countries.

HUDINAGA (1942) reported success in rearing Kuruma shrimp *Penaeus japonicus* from egg throughout beyond metamorphosis. This work has established the technical basis for the recently developed shrimp culture in Japan and other countries. It gave an enormous impetus to the artificial propagation of many other penaeid species.

A preliminary study of the artificial propagation of banana prawn *Penaeus merguensis* was started in Thailand in 1969, and NAKAYAMA *et al.* (1971) succeeded in breeding of this species from egg to postlarva. Then, the mass production of young banana prawn had been tried in

large concrete tanks, but a number of trials and errors were repeated again and again for the betterment of technical processes during those four years. Finally, more than one million of shrimp fry were produced for a year in 1974, and the production reached ten thousand individuals per ton of tank water at the harvest time, which is a standard number of *P. japonicus* in Japan. In this paper, the author intends to summarize the mass production of young banana prawn in Thailand.

2. Materials and methods

The present experiments were carried out from August to October 1974. Four rectangular concrete tanks, with a depth of 1.6 m, holding capacities of 15 m³ (Tank Nos. 1 and 2) and 30 m³ (Tank Nos. 3 and 4) at the Rayong Marine Fisheries Station were used. These tanks were covered with a transparent roof and equipped with apparatus for supplying seawater and aeration. The root-blower installed in another room was adopted for this purpose. The machine sent out compressed air which was led through a polyvinyl chloride pipe to the tanks. From the pipe a number of small tubes were branched out into the tanks, each tube ending in an air-diffuser which was weighted by a sinker. The air-diffusers were scattered on the tank bottom, one for every 1.5 m² of bottom area.

The live shrimp were collected from the off-

* Received June 27, 1980

** Otsuchi Marine Research Center, Ocean Research Institute, University of Tokyo, Akahama, Otsuchi, Kamihei, Iwate, 028-11 Japan

shore water of Klong Yai area in the Gulf of Thailand during the daytime on August 31 — September 4, 1974, by the operation of the trammel type of gill nets. They were landed on Klong Yai port and immediately put into the containers made of the stainless steel with aerated installation and controlled water temperature at 25–26°C. These containers were then loaded on the truck and taken to the Rayong Marine Fisheries Station. Upon arrival of the live shrimp, the breeding tank was filled with seawater to a depth of 0.6 m after filtered through a plankton net of 0.119 or 0.165 mm in mesh opening. For the selection of gravid females, the shrimp were examined one by one whether the ovary is thick, dark green in color and clear in contour — the indication of maturation all visible through a translucent body. Total 81 individuals of the gravid females were placed in the breeding tank. The average body size was 40 g in weight.

The females were kept in the tank for two nights, because the actual spawning took place during the night and lasted for several minutes. All the shrimp were taken out of the tank by a scoop net early in the morning of the third day. Dead shrimp were taken out of the tank immediately.

When the nauplii were confirmed swimming in the water, fertilizers were applied to accelerate growth of diatoms on which zoea larvae depended. The chemical fertilizers applied are potassium nitrate (KNO_3), potassium phosphate (K_2HPO_4), sodium silicate (Na_2SiO_3) and Clewat 32 in the concentrations of 10–20, 1–3, 1–3 and 0.2–0.3 ppm, respectively (dissolved in the total volume of tank water). Clewat 32 contains iron, manganese, zinc, copper, molybdenum, boron, cobalt and EDTA. For the proper population growth of diatoms the application of the chemicals is made every morning until the larvae grew to the stage of P_{10} (postlarvae 10 days old).

Estimation of the number of larvae in the breeding tank was done by counting the larvae in one liter of water sampled from six locations in the tank. The larvae were then returned to the tank. The counting was conducted routinely every morning until the stage of P_3 was

reached. After this stage, the counting was ceased, because it was difficult to scoop up the larvae by a beaker.

Diatoms in the breeding tank were identified upto the species and the cell number per ml of water was counted under a microscope, everyday. Upon the appearance of mysis larvae, new seawater was added daily to the tank so that the depth of the water rose to 1.6 m by the time of the appearance of P_3 . Therefore, water level in the tank rose at a rate of about 15 cm a day.

For feeding postlarvae which succeed mysis, the brine shrimp (*Artemia salina*) nauplii were applied to the water on the day of the final stage of mysis. The hatching of brine shrimp eggs was made in a small container and kept under strong aeration. The nauplii hatched out completely in 48 hr under these conditions. The brine shrimp nauplii were given, as a rule, everyday until the shrimp larvae reached the stage of P_{10} . The hatching rate of the brine shrimp eggs used in this experiment was about 70% and the nauplii hatched from 3–5 g of eggs were applied to one ton of tank water.

When the banana prawn larvae reached the P_3 stage, the feeding was shifted to the formulated food which was developed by Kagoshima Prefecture Fisheries Research Station, Japan (DESHIMARU and SHIGUENO 1972). The formulated food was applied to the water four times a day, and the amount was adjusted on the basis of the population of the larvae. The ration was increased according to the growth of the larvae. The tank water refreshed by new water, daily additions amounting to 20–40% of the tank water. The adding was started about the same time as the formulated food feeding. The draining of tank water was done with a siphon, the end of which was inserted into a strainer made of a square frame backed by synthetic cloth of 60–80 mesh and hung on the inner wall of the tank. The strainer prevented the larvae from being sucked up by the siphon. With growth of the postlarvae the adding of water was practiced continuously during the daytime, so that the tank water was kept flowing slowly.

The postlarvae grown to the stage of P_{19-23}

were harvested. Prior to the harvest, the water in the tank was drained out by a siphon attached to strainer to a depth of about 0.5m. Then, a plankton net with coarse meshes was tied to the outlet pipe of the tank which was opened in the collecting pool. The larvae coming out from the net opening were received by a water-filled bucket held by man. At the harvest time, the counting was made by putting the larvae one by one into a bucket containing seawater. The bucket holding 2,000 larvae was used as an indicator for estimating the number of larvae, i.e. a sample of 2,000 larvae. The larvae were then moved from the stock into bucket after bucket, each bucket being compared to the sample bucket as to the density of the larvae. The error due to this method was at most 5%. At the same time, the mean body weight of the postlarvae in each tanks was obtained by using 100 samples.

The value of food consumed was expressed by FQ , a reciprocal of the conversion rate indicating the amount of food required for a

unit of growth, which was obtained with the following equation;

$$FQ = \frac{F}{W - W_0}$$

where W_0 is the initial body weight in average in grams, W is the final body weight in average in grams, and F is the total amount of feed in grams.

During the experiments, the daily changes of environmental factors such as water temperature, salinity and pH in the breeding tank were measured.

3. Results and discussion

The mean body weight of the gravid females used in the experiment was 40g, and *P. merguensis* of 40g normally produce an average of 300,000 eggs, (HUTASINGHA *et al.*, unpublished data). The gravid females had fully matured ovaries but the hatching rate of nauplii was 12.5—32.2% (Table 1). Usually, the hatching rate of *P. japonicus* was 50—60% (HUDINAGA and KITAKA 1967, SHIGUENO 1975).

Table 1. Hatching rate of the nauplii of *Penaeus merguensis*.

Tank No.	Number of gravid females	Estimated number of eggs	Estimated number of nauplii	Hatching rate (%)
1	13	3,900,000	495,000	12.7
2	16	4,800,000	600,000	12.5
3	27	8,100,000	1,730,000	21.4
4	25	7,500,000	2,413,000	32.2

Table 2. Records for survival of shrimp larvae bred in tanks traced by stages.

Gravid females stocked			Tank		Estimated number of larvae ($\times 10^3$)				Harvest stage	Number of shrimp fry
Year	Date	Number	No.	Capacity (m ³)	N ₁	Z ₁	M ₁	P ₁ *		
1974	Aug. 31	13	1	15	495	98	84	84	P ₂₃	72,000
1974	Sept. 2	16	2	15	600	600	537	300	P ₂₀	171,000
1974	Sept. 3	27	3	30	1,730	1,663	1,448	1,008	P ₂₀	321,000
1974	Sept. 4	25	4	30	2,413	1,731	1,344	1,000	P ₁₉	162,000

* Postlarvae on the first day of the stage

Table 3. Survival rate (%) of the larvae in various stages.

Tank No.	Nauplius	Zoea	Mysis	Postlarvae	Fry to nauplius
1	19.9	64.0	100	85.7	14.5
2	100	89.5	55.9	57.0	28.5
3	96.1	87.1	69.6	16.1	9.4
4	71.7	77.6	74.4	32.1	13.3

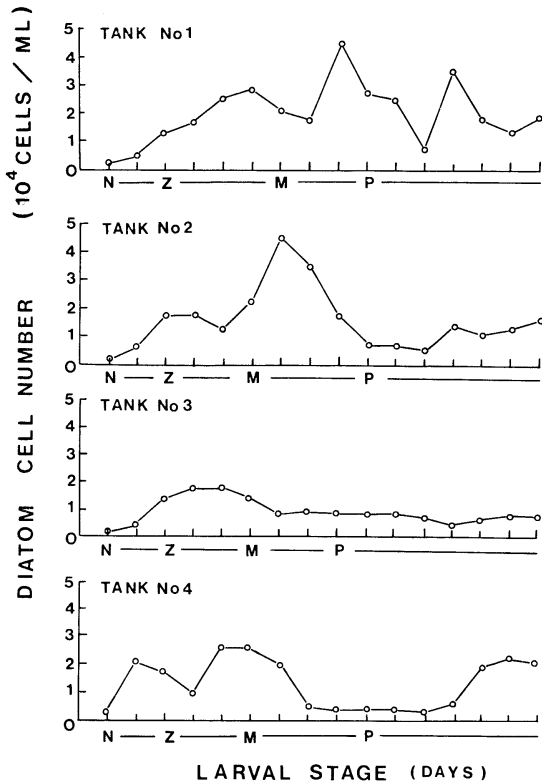


Fig. 1. Daily changes in the cell number of diatoms in breeding tanks. N, nauplius stage; Z, zoea stage; M, mysis stage; P, postlarva stage.

The time required for the transportation of the gravid females was about 5 hr. Therefore, the low hatching rate might have been caused by lowering the vital power after a long distance transportation.

The estimated number and survival rate of the shrimp larvae at various stages are shown in Tables 2 and 3. The mass mortality caused by the occurrence of deformed individuals was observed in tank No. 1 during the nauplius stage, and the survival rate of this stage was only 19.9%. These deformed nauplii lost the swimming ability, because very many diatoms and other solid particles attached to the body, and then they died out. The mass mortality of the nauplii resulted in the low production of the shrimp fry, although the high survival rate was obtained during other stages.

In the afternoon of the second day of applic-

ation of fertilizers, the tank water began to acquire a brownish color due to the growth of diatoms, and the density of diatoms in each breeding tanks exceeded 10,000 cells per ml of water (Fig. 1). The pH value of the tank water read higher during the earlier half of the breeding when diatoms multiplied intensively, but declined toward normal after the appearance of the postlarvae and the adding of fresh seawater (Fig. 2). More than 10 species of diatoms appeared in the breeding tanks; *Nitzschia closterium*, *N. longissima*, *Chaetoceros didymus*, *C. affinis* and *C. pseudocurvisetus* were dominant species. Except these species, *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira condensata* were abundant in tank No. 4 and tank No. 3, respectively. *Coscinodiscus asteromphalus*, *Rhizosolenia* spp. and *Pleurosigma* spp. were also identified from the breeding tanks. These species except *N. closterium* belong to the small-sized diatom (less than 100 μ in maximum cell length) and have no long and thick setae, which hinder the feeding of the zoea larvae. Therefore, these diatoms become utilizable as food by the zoea and mysis stages of the shrimp larvae. Generally, the blooming condition of diatoms in the 15 m³ tank was better than that in the 30 m³ tank. The survival rate during the zoea and mysis stages was 64.0—89.5 and 55.9—100%, respectively (Table 3). According to LIAO and HUANG (1973), the survival rate at the zoea stage of *Penaeus monodon*, *P. semisulcatus*, *Metapenaeus monoceros* and *M. joyneri* was 5.8—92.8, 5.5—76.7, 33.5—36.2 and 65.9%, respectively. It is clear that the high survival rate during the zoea and mysis stages was obtained by the good blooming of afore-said diatoms in the breeding tanks. For example in tank No. 3 the density of diatoms was 10,000—15,000 cells/ml during mysis stage and it was the lowest among the four tanks, but the food density per mysis larva was above 70,000 cells.

The records of water temperature and salinity in tank No. 1 during the experiment was shown in Fig. 3. The daily changes of both factors were small, and the range was 28.3—31.3°C in water temperature and 29.4—32.5‰ in salinity. Especially, the variation during the

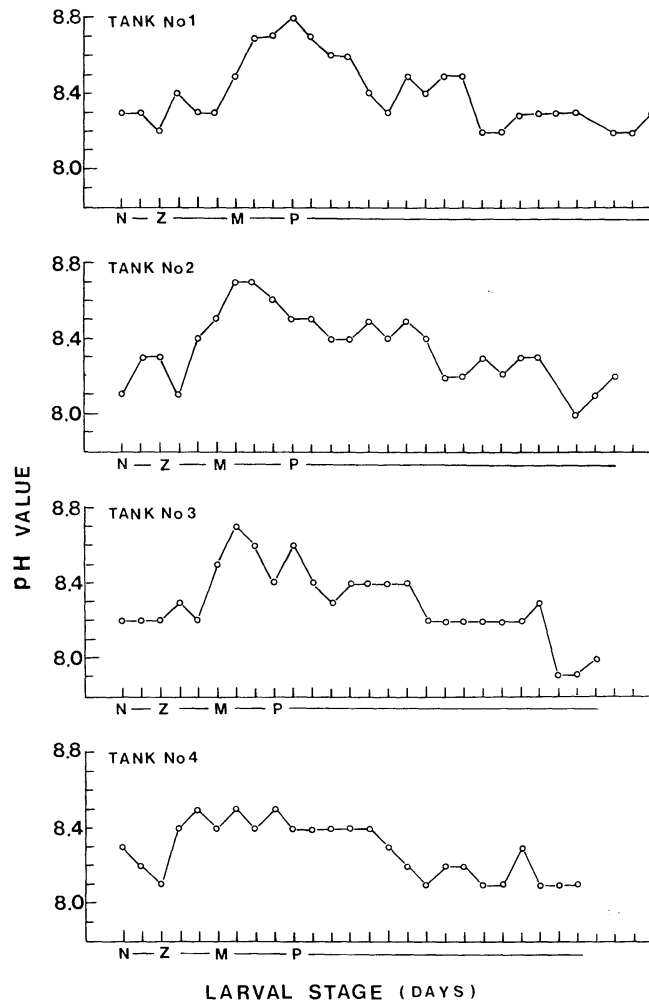


Fig. 2. Daily changes in pH value in breeding tanks.

zoea and mysis stages was 2°C and 1.5‰ , respectively. In addition to the good blooming of diatoms, it is conceivable that the stability in these environmental factors contributed to the high survival rate of the zoea and mysis larvae.

The survival rate of the postlarvae was very low compared to the other stages (see Table 3). The estimated number of larvae at P_1 stage was 5,600 inds./ton in tank No. 1, 20,000 in tank No. 2, 33,600 in tank No. 3 and 33,000 in tank No. 4. But the survival rate was inverse to the larval density.

The FQ value was 1.01—6.53 (Table 4). When the minced clam meat was supplied, the

value was always more than 5 (TERAZAKI, unpublished data). Therefore, the formulated food is far better than the clam meat in the feed efficiency. At the harvest time, the fair amount of the residual food was deposited at the bottom of tanks No. 3 and No. 4, and the several parts of the bottom were blackened by the production of the hydrogen sulfide. It may be concluded that the water pollution by the residual food caused mass mortality of the postlarvae that were bred under a high density. In the case of *P. japonicus*, the postlarvae had the high survival rate compared to the other stages (HUDINAGA and KITAKA 1967, SHIGUENO 1975). High water temperature in the tropics

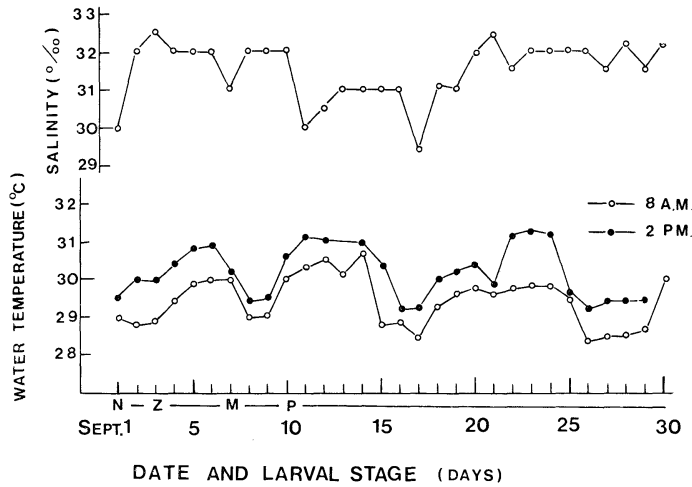


Fig. 3. Daily changes in water temperature and salinity in tank No. 1.

Table 4. Amount of food during the postlarvae stage and the FQ value.

Tank No.	Period of postlarvae (days)	Average body weight (g)		Total weight (g)		Amount of food (g)	FQ
		Initial	Final	Initial	Final		
1	23	0.001	0.013	84	936	864	1.01
2	20	0.001	0.013	300	2,223	2,703	1.41
3	20	0.001	0.012	1,008	1,944	6,110	6.53
4	19	0.001	0.012	1,000	3,852	5,220	1.83

Table 5. Some records on the production of penaeid shrimps in Asia.

Species	Year of experiment	Capacity of tank (m ³)	Harvest stage	Number of fry per ton	References
<i>P. japonicus</i>	1964	200	P ₂₇	1,045	HUDINAGA and KITTAKA (1967)
	1964	200	P ₂₈	3,550	„
	1964	200	P ₃₀	5,005	„
	1969	62	P ₁₈	21,774	SHIGUENO (1975)
	1969	62	P ₂₀	13,548	„
	1969	62	P ₂₂	9,853	„
	1969	62	P ₂₅	9,823	„
<i>P. semisulcatus</i>	1970	1	P ₁₄	3,907	LIAO and HUANG (1973)
	1970	1	P ₁₆	3,738	„
	1970	1	P ₂₅	5,781	„
<i>P. merguensis</i>	1972	37	P ₈	2,414	RUANGPANIT and CHAIYAKUM (1973)
	1972	37	P ₁₀	1,299	„
	1974	30	P ₁₉	10,700	Present study
	1974	15	P ₂₀	11,400	„
	1974	30	P ₂₀	5,400	„
	1974	15	P ₂₃	4,800	„

often prevents to keep constant quality of tank water when the food is supplied, because the decomposition proceeds rapidly.

A large difference was not recognized in the production of the shrimp fry between 15 m³ tank and 30 m³ tank. The survival rate from the nauplius stage to the shrimp fry ranged from 9.4 to 28.5% (see Table 3). The production of the shrimp fry in tanks No. 2 and No. 4 amounted 11,400 and 10,700/ton, respectively. These values definitely surpass the previous reports in the southeast Asia (LIAO and HUANG 1973, RUANGPANIT and CHAIYAKUM 1973), and stand comparison with the records of *P. japonicus* (Table 5).

The present study proved the possibility of mass production of the young banana prawn in the southeast Asia. Advancement of the hatching rate of the nauplii and the operation technique during the postlarvae stage become serious problems to obtain a high production. Both items are the subject for a future study.

Acknowledgements

The author would like to acknowledge the useful suggestion and valuable support of Mr. Yashima NAKAYAMA, National Federation of Fisheries Cooperatives, Dr. Kunihiro SHIGUENO, Kagoshima Prefecture Fisheries Research Station, and Mr. Sanan RUAMRAGSA, Thai Government Cold Storage Organization. The author wish to thank Prof. E. Alison KAY, University of Hawaii, for a critical reading of the manuscript. Thanks are also due to Messrs. Yoshibumi

YASHIRO and Yoshitami YANOHARA, and the staff of the Rayong Marine Fisheries Station for their help.

References

- BARDACH, J. E., J. H. RYTHER and W. O. MC-LARNEY (1972): Aquaculture. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., New York. 868 pp.
- DESHIMARU, O. and K. SHIGUENO (1972): Introduction to the artificial diet for prawn *Penaeus japonicus*. Aquaculture, **1**, 115-133.
- HUDINAGA, M. (1942): Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. Jap. Jour. Zool., **10**, 305-393.
- HUDINAGA, M. and J. KITTAKA (1967): The large scale production of the young Kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate. Inf. Bull. Planktol. Japan, Commemoration Number of Dr. Y. MATSUE, 35-46.
- LIAO, I. C. and T. L. HUANG (1973): Experiments on the propagation and culture of prawn in Taiwan. p. 328-354. In T. V. R. PILLAY (ed.): Coastal Aquaculture in the Indo-Pacific Region. Fishing News Books Ltd., London.
- NAKAYAMA, Y., N. RUANGPANIT and K. CHAIYAKUM (1971): A preliminary study on the artificial propagation of *Penaeus merguensis* de Man. Cont. 3, Songkhla Mar. Fish. Sta., Thailand. 30 pp.
- RUANGPANIT, N. and K. CHAIYAKUM (1973): Experiment on propagation of banana prawn, *Penaeus merguensis* de Man. Thai Fish. Gazette, **26**, 63-73.
- SHIGUENO, K. (1975): Shrimp Culture in Japan. Assoc. Intern. Technical Promotion, Tokyo. 153 pp.

バナナエビ (*Penaeus merguensis*) の大量生産

寺 崎 誠

要旨: 1974年, 4つのコンクリート製角型水槽 (容量, 15 m³ および 30 m³) を用いて東南アジアの沿岸に多く生息するバナナエビの種苗生産を試みた。全 81 個体のバナナエビの成熟した雌個体を 4つの水槽に収容して放卵させ、孵化した幼生が postlarva に変態して 19~23 日経過するまで飼育した。飼育期間中の歩留りは nauplius 期で 19.9-96.1%, zoea 期で 64.0-89.5%, mysis 期で 55.9-100%, postlarvae 期で 16.1-85.7% であり、nauplius 期から取揚げまでの通算歩留りは 9.4-28.5% であった。特に 4 水槽のうち 2 水槽ではトン当たり 1 万尾以上の稚えびが生産された。

数値実験からみた 1977 スンバワ津波*

中 村 重 久**

1977 Sumbawa Tsunami in a Scope of Numerical Experiment*

Shigehisa NAKAMURA**

Abstract: A possibility for reproduction of 1977 Sumbawa Tsunami was studied on the basis of a numerical model by using a finite difference method for long waves in coastal zone. With some combination of the selected factors characterizing the tsunami source, numerical computation gave a result to estimate what combination was more reasonable to help an understanding of the data reported by the Institute of Meteorology and Geophysics in Indonesia. Time-stepped propagation of the leading wave was studied, and the computed crest height and arrival time of the leading wave at a station were characterized in terms of the factors.

1. 緒 言

1977年8月19日、スンバワ島沖の地震による津波は、インドネシアのスンバワ島をはじめとして、インドネシアの島々の海岸をおそい、かなりの被害をもたらした（以下、この津波を1977年スンバワ津波とよぶ）。これについてはすでにインドネシアの政府機関 Pusat Meterrologi dan Geofisika (1977) によって調査報告書がとりまとめられており、また、その概要は NAKAMURA (1979) によっても紹介されている。しかし、この調査報告書には、地震および津波についての記録は示されていない。ただ、記述的表現にとどまっている。さらに詳細について知ることができれば、その実態をふまえて、今後の対策を計画するにあたって、有効適切な対処が可能になるものと考えられる。

津波に関しても、近年、大型電子計算機を利用した数値実験が多数例みられるようになってきた。この数値実験について適確な判断が下せれば、この手法を援用して、当時の津波の実態のうち報

告書にもりこまれていないものがある程度推定できると考えられる。津波の数値実験例は、わが国以外にも、アメリカ合衆国、ソ連、カナダなど世界各国でみられる。最近の例としては、たとえば BERNARD (1976) や相田 (1978) をあげることができる。

ここでは、1977 スンバワ津波を数値実験によってどの程度検討できるかを考える。LOOMIS (1972) の長波の計算プログラムを改変し、適当に仮定したパラメータによって与えられた津波の波源に対して数値計算をし、インドネシアの海岸域で観測されると予想される津波を与えるのに必要な波源のパラメータの組合せを考えた。また、この数値計算を通して、津波の第1波の峯高、到達時刻などについても検討を加えた。

2. 対象領域

ここでは、対象領域として Fig. 1 に示すような範囲 (115° — $120^{\circ}30'E$, 8° — $12^{\circ}S$) をとった。図中の黒丸 S は、1977 スンバワ津波の原因となった地震の震央 ($118.6^{\circ}E$, $11.8^{\circ}S$) である。図中の破線は等深線である。この対象領域内の水深分布や海岸線は非常に複雑であるが、数値実験の便宜上、20

* 1980年7月11日受理 Received July 11, 1980

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

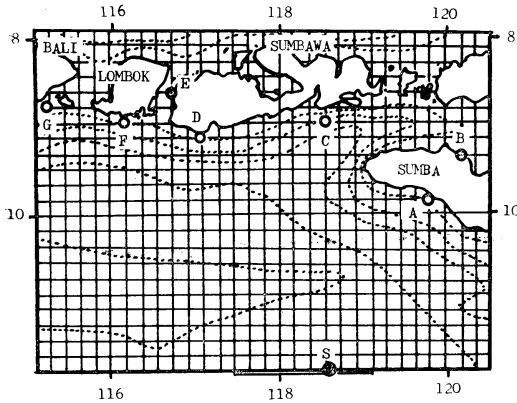


Fig. 1. Area for numerical computation of Sumbawa Tsunami.

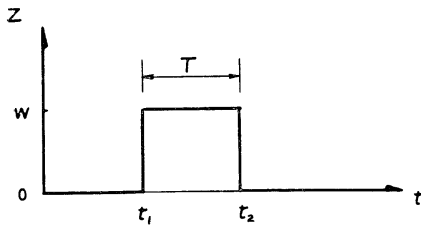


Fig. 2. Notation and definition of parameters characterizing tsunami source.

km 間隔の格子網によって区切ることとした。また、この領域の最大水深は、4,000 m ととった。

インドネシアの調査報告書では地震の詳細について知ることができないので、ここでは、118°Sの緯度円に沿って 117°30′—119° の範囲を波源域と考えることにし、その波源域では、Fig. 2 のような水位変動が生じるものと考えた。すなわち、静かな水面が時刻 t_1 に W の高さだけでもちあげられ、その後 T 時間その状態が続き、時刻 $t_2 (=t_1+T)$ にもとの水面にもどるものとする。この W と T の値によって、数値計算で得られるインドネシア海岸付近の津波の波形はいろいろ異なったものとなるであろうと考えられる。ここでは、インドネシア海岸付近に、Fig. 1 に示したように、A—G の7点をえらび、そこでの津波の波形を波源のパラメータ W および T と関連づけて検討することにする。

これまでの津波の数値実験では、たとえば相田(1978)が示したように、推測された波源域に対して、地震に関するパラメータを考慮にいれて、波源域の水面擾乱を与え、その擾乱がどのように伝播していくかを数値的に調べる例が多い。もし、海岸域で津波の記録があれば、あるいは津波の到達時刻が推定できる程度の記録か資料があれば、

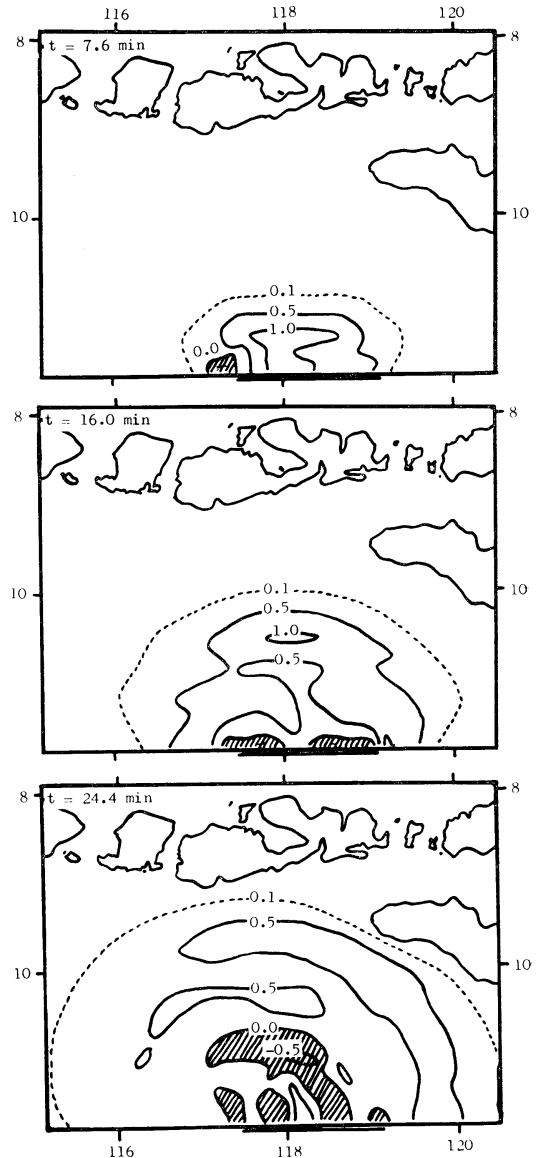
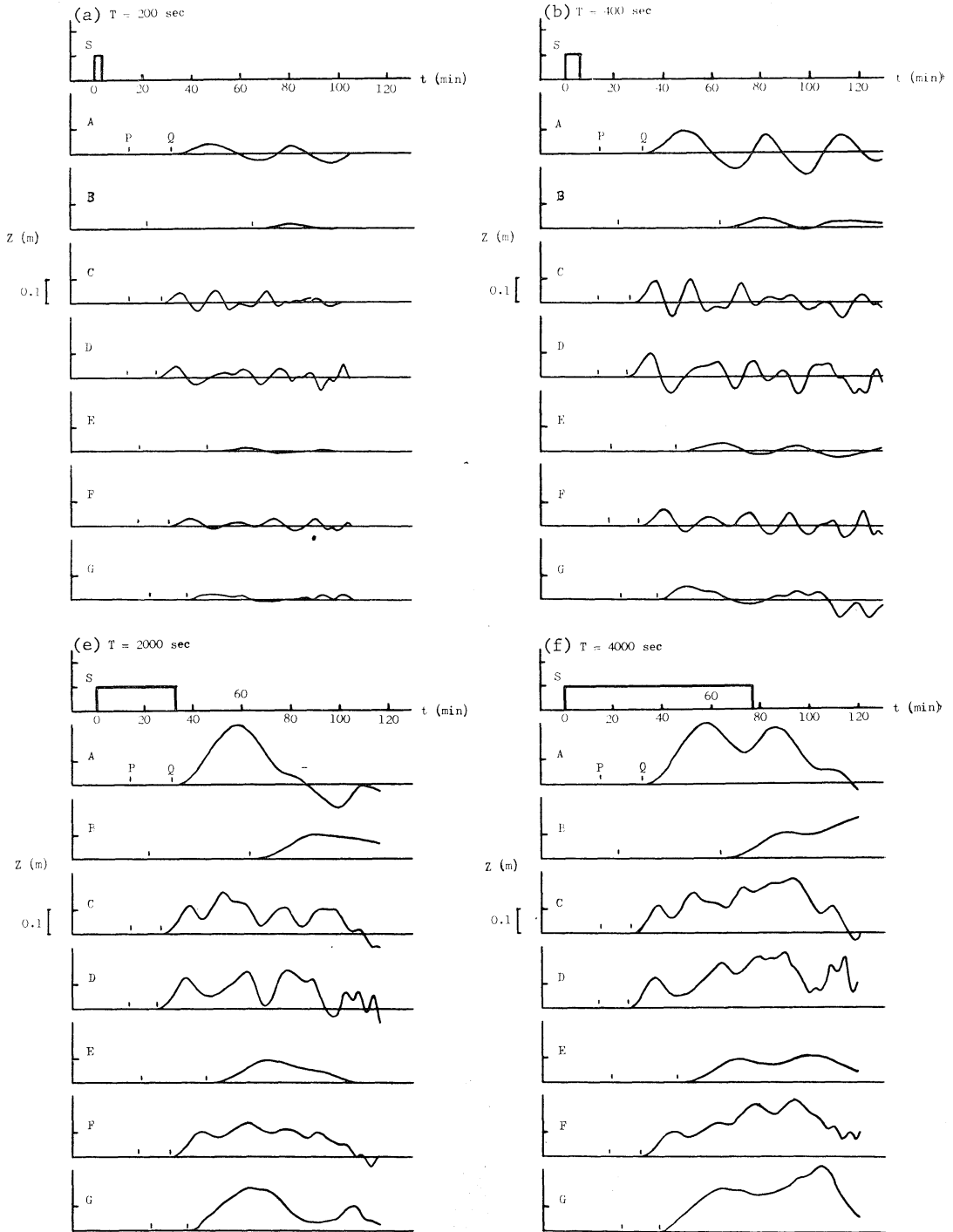
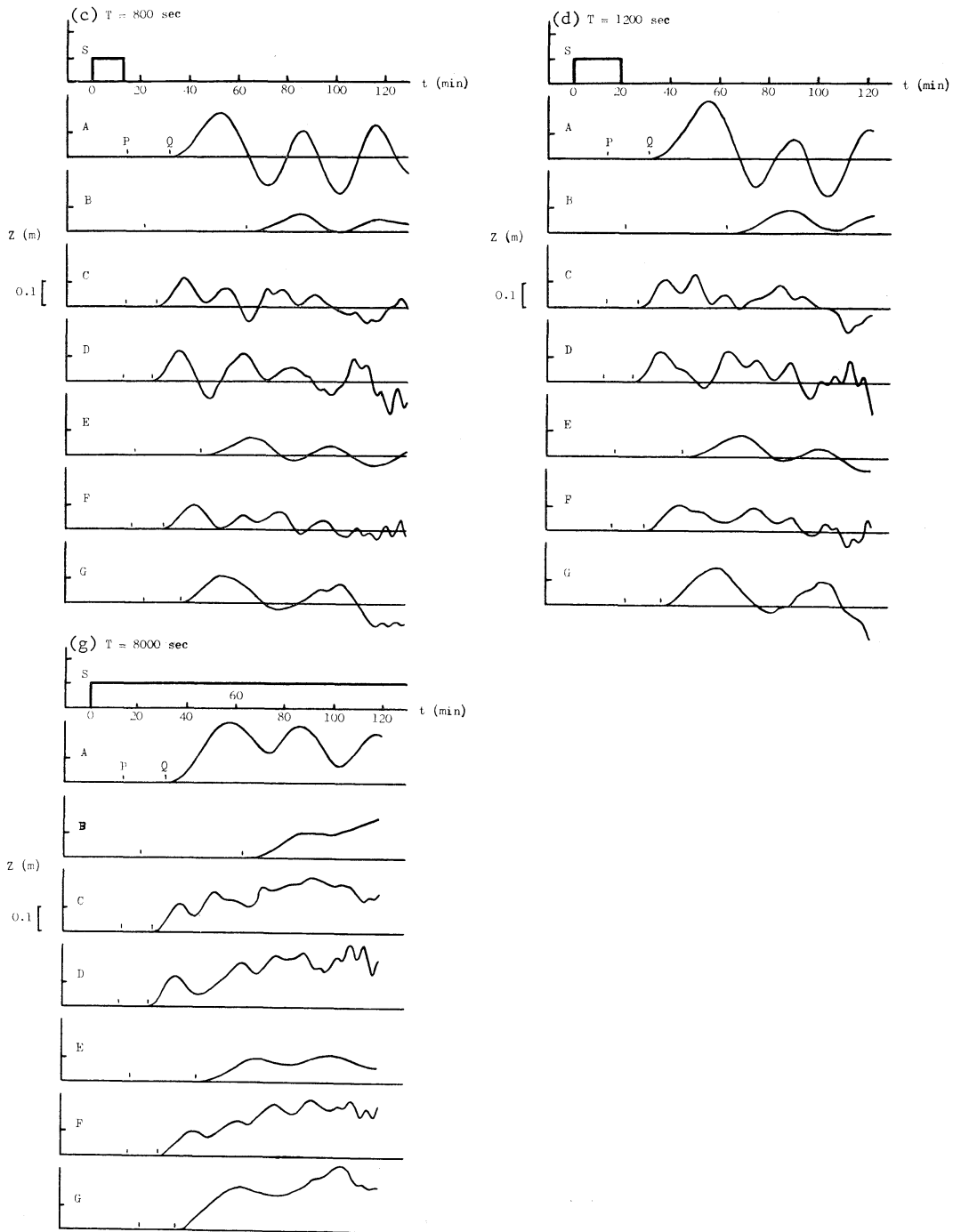


Fig. 3. Patterns of leading wave of Sumbawa Tsunami.



[Fig. 4. Calculated mareograms of Sumbawa Tsunami on Indonesian coast. (a) $T=200$ sec,



(b) $T=400 \text{ sec}$, (c) $T=800 \text{ sec}$, (d) $T=1,200 \text{ sec}$, (e) $T=2,000 \text{ sec}$, (f) $T=4,000 \text{ sec}$, (g) $T=8,000 \text{ sec}$.

波源域の推定もかなり妥当なものとなるかもしれない。この波源域の推定には、たとえば羽鳥(1975)の研究をあげることができる。1977 スンバワ津波については、十分な資料があるとも考え難いので、波源域について試行錯誤的な方法にたよらざるを得ない。

3. 基礎方程式

まず、ここで、非線型浅水長波の運動方程式を考える。O-xyz 直交座標を、xy 平面が静水面に一致するようにとり、z 軸は静水面から上向きに正となるようにとる。ここで、流速の x, y 成分をそれぞれ u, v とすると、運動方程式は

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - fu|u| \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - fv|v|, \end{aligned}$$

また、連続の方程式は

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial(hu)}{\partial x} - \frac{\partial(hv)}{\partial y}$$

となる。ここに、 ζ は静水面からはかった水面の高さ、 $h=h(x, y)$ は静水面下の水深、 g は重力加速度、 f は底面まさつ係数であり、ここでは $f=2 \times 10^{-3}$ ととった。

この式を LOOMIS (1972) にしたがって差分表示し、数値計算に用いる。ここでは、 $\Delta x=20$ km, $\Delta t=50.51$ min ととった。数値計算には、京都大学大型計算機センターの FACOM M-200 を利用した。

4. 波源からの津波のひろがり

波源域で与えられた擾乱は時の経過とともに周囲の水域へとひろがっていく、数値計算の結果にもとづいてその例を Fig. 3 に示した。この Fig. 3 では、 $W=1$ m, $T=400$ sec ととった。波源域で水面が上昇した後の経過時間が 7.6 min, 16.0 min, 24.4 min の場合のそれぞれについて、水位の等高線を図示した。図中の破線は水位で 0.1 m だけ上昇していることを示し、破線と波源域とが囲む水域が擾乱域である。この擾乱域のうち斜線部は静

水面より低い部分を示す。

ここでは、波源域の擾乱として、ごく単純な範囲で、ごく単純化したものをとったけれども、そこからの津波の伝播の様子はかなり妥当なものと考えられる。さらに時間が経過した場合、海岸線での津波の反射や海底地形などによる津波の変形が顕著となり、水位の等高線はさらに複雑なものとなる。

ここで考えた $T=400$ sec が実際現象として可能かどうか、あるいは、これが他のパラメータにおきかえられるとすれば、どのような対応条件を考えなくてはならないかを、別に検討する必要がある。

5. 海岸付近の津波

いま、数値計算の便宜から、 $W=0.1$ m ととることにし、 T に対していろいろの値を与えた場合、スンバワ海岸付近の津波はどのように計算されるであろうか。Fig. 1 の点 A-G に対して、それぞれ津波の波形をもとめると Fig. 4 のようになる。この Fig. 4 において、a から g まで、 $T=200, 400, 800, 1,200, 2,000, 4,000, 8,000$ sec の条件に対して、それぞれ図示した。すなわち、Fig. 4(a) は、 $T=200$ sec の例で、波源域での水位変動は S に示されるように階段的に変化するものと考え、その持続時間を 200 sec ととっている。このような擾乱が、計算点 A-G では、それぞれ異なった波形の波としてとらえられている。たとえば、点 A では、計算は時刻 P に始まるが、変位が 1 mm となるのは、それからかなり時間が経過した時刻 Q である。その後、変位は顕著となり、津波の第 1 波の特徴があらわれるにいたる。点 B はスンバ島の北側(内海側)に位置するため、スンバ島の外海に面した点 A より津波の到達時刻も遅く、また、津波の波高もそれほど大きくはない。このようにみていくと、計算結果は一応もっともらしくみえる。

T が十分小さい場合、波の特長は Cauchy-Poisson 波に近いものとみられ、 T が十分大きい場合は、段波に近いものになると考えられる。実際の津波はこの中間的な特徴をもつものとするのが

妥当であろう。また、 T が1時間以上のように長い場合は、数値計算としては可能であっても、力学的にみて現象として考えられるかどうか疑わしい。

インドネシアの報告書 (Pusat Meteorologi dan Geofisika 1977) で、津波の到達した最高水位の特徴をみると、点Aに対応する Leterna (Sumba) で5—5.5 m, 点Bの Waingapu で3 m, そのほか, Lunyuk Besar (Sumbawa) で5—8 m, Awang (Lombok) で4 m, Nusa Dua (Bali) で2.5 mがあった。数値計算の結果のうち、第1波の峯高がこれに対応するものと考え、Fig. 4(b)の $T=400$ sec の例が、実際の津波の相対的特徴を示すもののようにみえる。

6. 津波の第1波

津波の第1波は、津波の予警報に関連して注目される対象であると同時に、災害の予測や対策の面からみても検討してみるだけのことはあるであろう。

数値計算で得られた結果にもとづき、スンバ島南海岸の点Aにおける津波の第1波に着目し、次のような特徴があることを示すことができる。

津波の波源のパラメータとして、ここでは W と T を考える。波源域での W が 0.1 m であるとき、 T によって、点Aで観測される津波の第1波は Fig. 5 上のようなになる。計算は時刻 P で始まり、その時刻は波源域の擾乱が生じてから 14.3 min 後である。数値的には、その後徐々に水位が上昇し、点Aでの水位が 1 mm の変位に達するのは波源域の擾乱が生じてから 31.9 min 後である。この2つの時刻は、 T の値の如何にかかわらず、 W が一定であれば、数値的に変わらない。その後、さらに点Aの水位は上昇し、第1波の峯があらわれる。この第1波の峯高は、 T の値に応じて高くなるが、計算結果からみると、 T が 2,000 sec 以上となると峯高は一定になってしまう。峯高のあらわれる時刻は、 T が大きくなるとともに遅くなり、 T が 2,000 sec 以上になるとその時刻も一定となる。

ところで、 T を一定にした場合、 W は点Aにお

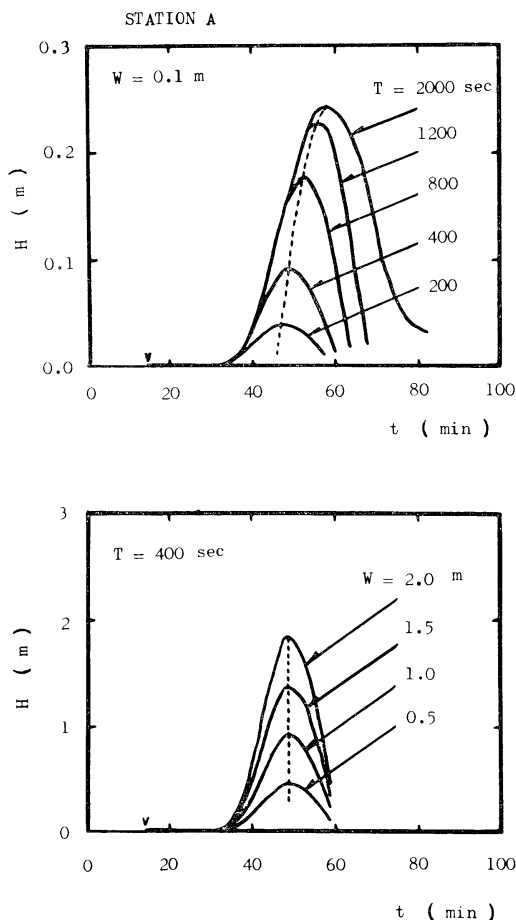


Fig. 5. Calculated leading wave of Sumbawa Tsunami with parameters characterizing tsunami source (at Station A).

ける津波の第1波にどのような効果を示すであろうか。その特徴は Fig. 5 下に図示したとおりである。 W が 0~2 m の範囲では、計算の始まる時刻 P および変位が 1 mm をこえる時刻 Q はそれぞれ同じであり、ここでの計算の場合、Fig. 5 の上と下とで時刻 P および Q は同じであった。ところで、 T が一定の場合、点Aにおける津波の第1波の峯高は、 W の大きさに応じて高くなる。しかも、この第1波の峯のあらわれる時刻は W の値に関係しない。

Fig. 6 には、 $W=0.1$ m とした場合の T と点Aの第1波の峯高との関係を示した。ここに示された関係は、一見したところ、水槽内で造波装置に

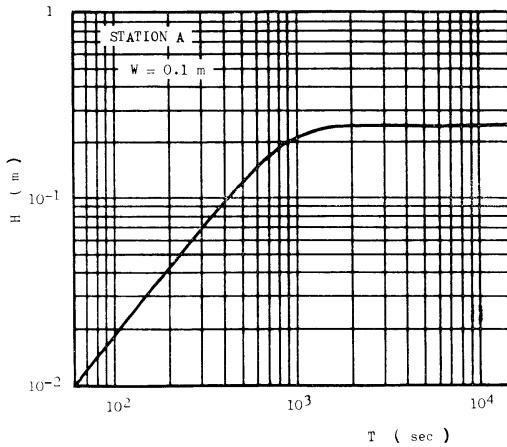


Fig. 6. Relation between calculated crest of leading wave and parameters characterizing tsunami source (at Station A).

よって発生した周期波の波高にあらわれる特性 (たとえば, URSELL *et al.* 1958) によく似ている。しかし, すでに Fig. 4 でみたように, 第1波の峯をすぎれば, 点Aの波形は不規則である。ここで計算条件は水槽の条件とは異なるから, 波形が部分的に似ているとしても, その部分が力学的に同一のものとして説明できるかどうかは疑わしい。

Fig. 4 のような計算を, 2つのパラメータ W と T との組合せの多数例について試み, その結果をまとめると, 波源の変位の T が一定の場合, 点Aにおける波高 H と波源の変位 W との関係は相互に比例関係にあり, Fig. 7 のように示される。この関係は, 津波の第1波の特徴から波源域のパラメータを推定するのに有用な手がかりを与えるものと考えられる。

なお, ここでは, W が正の場合を考えたが, ここで考えた範囲の値で W が負の場合には, 波形は, たとえば, Fig. 4 の各点における水位 H の正負が逆になるのみであるといつてよい。とくに, T の値が 8,000 sec をこえると, 波源の変位が生じて後約 100 min 以上経過すると水位に 5% 以下の差異があらわれることがある。この差異は, 非線型現象を含む力学的現象として考えるべきか, 差分して数値計算をしたことによるものとみるべ

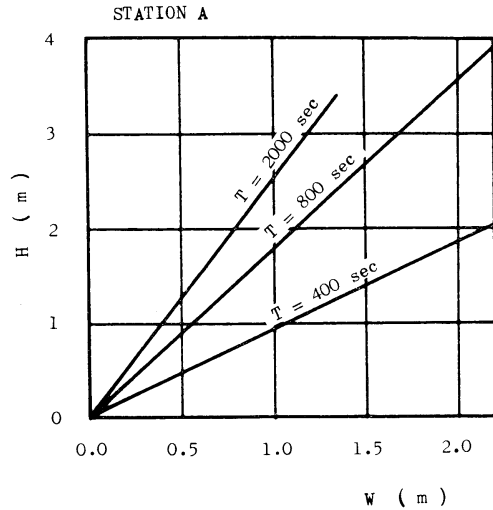


Fig. 7. Diagram of calculated crest of leading wave and parameters characterizing tsunami source (at Station A).

きか, 現在のところはっきりしない。

ここで用いた計算プログラムは, 有限差分法のスキームとしては比較的簡単なものと考えられる。経験的にも, W の値がある程度大きくなると計算を実行できなくなる。これには差分化したための誤差が原因しているものと考えられる。このようなことのために, W の値が大きい場合についての詳細な検討はできなかった。

7. 津波の到達時刻

従来, 津波の到達時刻は波源から観測点まで重力長波の速度で伝わるものとして推定できるものと考えられてきた。これはごく簡単な線型長波の定型波理論から導びかれる。一方, 点波源からの擾乱は, 長波とは異なった伝播のしかたをすることも知られている。

ここで行ったスソバワ津波の数値計算では基礎方程式に非線型項を考慮にいたした。したがって, 計算法が基本的に妥当であれば, 津波の到達時刻についても妥当な結果が得られるはずである。

このような観点にたつて計算結果をみると, 次のようなことに気がつく。ごく当然のことながら, 観測点の場所が異なれば, 津波の到達時刻も津波

の波形も異なる。たとえば、Fig. 4 (a)–(f) のうちのひとつ (a) をみると、点 A で計算が始まったのは図上の時刻 P である。このときの水面の変位は計算値としては 0 ではないが非常に小さい値で、これを検潮記録上で検出することは不可能と考えられる。点 A–G のなかには、計算の始まった時刻 P での変位が 10^{-70} より小さいこともある。そして、点 A–G のいずれの場合も、変位の大小にかかわらず、時刻 P から時刻 Q までは、水位は単調に上昇していくという共通した特徴がみとめられる。

検潮記録から津波の到達時刻を推定するとき、これまでの例をみると、第 1 波のたちあがりを見ることがなされているようである。これは、換言すれば、時刻 P ではなく時刻 Q に対応する時刻を求めていたことになるのではないだろうか。Fig. 4(a) の場合、点 A の津波は、その他の点 B–G とは必ずしも同じではない。たとえば、点 B の津波は点 A のそれに比べて波形も異なり、津波の到達時刻も異なっているのも当然である。図上で、点 A の時刻 P および Q に相当する時刻は、点 B ではまた別のものである。しかも、点 B の時刻 P は t として約 20 min であるが、時刻 Q は 60 min 以上経過しないとあらわれない。これまでの例からみて、津波が点 B に到達するのに時間がかかるのは、水深が浅くなると波の伝わる速さが小さくなるからであるとして説明されるであろう。しかし、数値計算の結果をみるかぎり、点 B でもすでに時刻 P で計算が始まっており、たとえ微小といえども、波源域の擾乱の影響にもとづく水位の変動があるということである。

8. 結 言

● LOOMIS (1972) ● の長波の計算プログラムを基

礎として、1977 スンバワ津波を数値実験によってどの程度検討できるかを調べた。波源域を表わすパラメータとして水面変位とその持続時間を考え、その組合せでいろいろの場合を想定し、そのなかから 1977 スンバワ津波の資料の示す特徴によく対応する結果を与えるものを求めた。ここで考えた波源域に対して持続時間は 400 sec 程度が妥当と考えられる。この数値計算にもとづき、第 1 波の峯高および到達時刻について検討した。従来の津波の到達時刻よりもさらに前に微小ながら波源域の影響があらわれていることが数値計算の結果からも十分考えられる。

文 献

- 相田 勇 (1978): 1978 年伊豆大島近海地震に伴った津波の数値実験. 東京大学地震研究所集報, **53**, 863–873.
- BERNARD, E. N. (1976): A numerical study of the tsunami response of the Hawaiian Islands. NOAA-JTRE-167, HIG-76-6.
- 羽鳥徳太郎 (1975): 三陸沖歴史津波の規模と推定波源域. 東京大学地震研究所集報, **50**, 397–414.
- LOOMIS, H. G. (1972): A package program for time-stepping long waves into coastal regions with application to Haleiwo Harbor, Oahu. NOAA-JORE-79, HIG-72-21, pp. 1–33.
- NAKAMURA, S. (1979): A note on the Indonesian earthquake and tsunami of 19 August 1977. South East Asian Studies, **17**, 157–162.
- Pusat Meteorologi dan Geofisika (1977): Laporan gempa bumi Sumbawa tanggal 19 Agustus 1977. Departemen Perhubungan, Jakarta, pp. 1–99.
- URSELL, F., R. G. DEAN and Y. S. YU (1958): Forced small amplitude water waves; A comparison of theory and experiment. MIT Hydrodynamics Lab. Technical Report No. 29, pp. 1–33.

寄 稿

人工衛星によって追跡されたるうきの軌跡*

高 野 健 三**

Trajectoire d'une bouée dérivante suivie par le système Argos*

Kenzo TAKANO**

Résumé: Une bouée dérivante a été lâchée près d'un lieu prévu pour l'immersion de déchets radioactifs dans l'océan Pacifique du Nord-ouest. Elle est la première bouée japonaise suivie par le système Argos. Les données du vent au-dessus de la bouée suggèrent que sa dérive est due principalement au mouvement de l'eau de mer. La vitesse moyenne dans les 135 premiers jours est 28,6 cm/s.

う き

Argos “位置決定およびデータ収集” システムを使って漂流うきを追跡した一例である。

衛星に電波を送る発信器は Electronics Marcel Dassault (EMD) 社製で、これを全長 319.4 cm, 外径 30.6 cm の円筒状の浮体におさめた。この浮体は硬質ウレタンフォームを芯材としたサンドイッチ構造の FW (Filament winding) パイプで、壁の厚さは 2.8 cm である。Fig. 1 が示すように 4 カ所にふくらみ (フランジ) がある。最上部のは蓋 (斜線部) をしめる ボルトとナットのためのフランジ, 最下部のはおもり (鉛) をのせる台, 残りの 2 つの大きなふくらみは、浮体の動揺や回転を弱めるためのいわば安定板のつもりであるが、その能力は明らかではない。浮体の中には発信器のほかリチウム電池とシリカゲルとがつまこまれている。最下部の円環の下にスイブル, スイブルの下端から直径 6 mm, 長さ 5 m のワイヤロープがのびていて、その下に横 1.8 m, 縦 5 m の抵抗布 (樹脂コーティングの, 厚さ 0.4 mm のビ

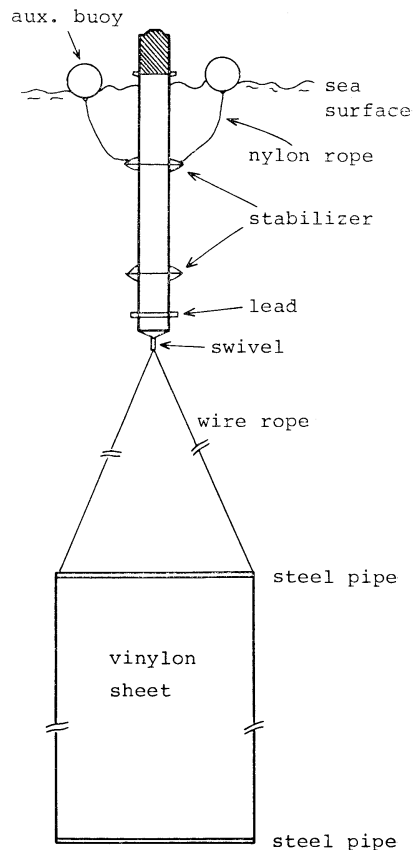


Fig. 1. Vue générale.

* 1980年11月6日受理 Manuscript reçu le 6 Novembre 1980

** 筑波大学生物科学系, 〒305 茨城県新治郡桜村
Institut Biologique, Université de Tsukuba,
Sakura-mura, Ibaraki, 305 Japon

ニロン布を二重に重ねたもの) が吊下げられている。この布の上下の縁には外径 3.4 cm, 内径 2.76 cm の鉄パイプが包みこまれて、布を張るとともにおもりの役もかねている。

数カ月程度の漂流の間に浮体や抵抗布に生物が付着して浮力がしだいに失われてゆくおそれがあるので、直径 30 cm のうき 2 個を図のようにナイロンロープにゆとりをもたせて浮かべた。本体が沈みすぎたらこの 2 個の補助うきの浮力がきいて、浮体の上部 (アンテナ部) を水面上に保つという期待であるが、これもどの程度に有効なのかかわからない。風の力をよけいに受けたり、本体にからんだりしてかえって悪かったかも知れない。

また、東大海洋研究所の瀬川さんと春日さんが、浮体の外壁に水温感知部を埋めこみ、水温データを人工衛星に送った。浮体の設計は瀬川さんらによる。

放 流

1979年11月23日午前5時45分に、30.053°N, 146.763°E にこのうきを放った。自前のうきを使ってこの種のことを試みたのは、日本ではこれが最初である。

特別の理由があってこの海域をえらんだわけではないが、しいてあげればつぎの 2 つである。(1) 私たちはときどきこの海域で仕事をしているの

で、うき放流のための作業時間を捻出しやすい。(2) この海域の海底には低レベル放射性廃棄物を捨てる予定である。投棄作業中に事故があって容器がこわれ、廃棄物が海の表層に流れ出るかも知れない。(大西洋では作業事故がおきたことがある。しかし、さいわい廃棄物は流れ出なかった。) そこで、表層の水の動きを測ることは——期間が数カ月から 1 カ年程度では短かすぎるにしても——何かの役に立つかも知れない。ちなみに、廃棄物投棄の安全性を評価するために行われた調査では、流速計を使って表層海流を 6 時間ごとに 5 回だけ測っている。

結 果

Fig. 2 はうきの軌跡である。Fig. 2 の枠は北西太平洋では Fig. 3 の位置にある。軌跡のわきの数字は日付であって、1980年1月1日が“1”日である。“-38”日 (1979年11月23日、つまり放流日) から“60”日 (1980年2月29日) までのデータは事務上の手ちがいによって失われた。水温データの送信様式が、Argos センターに私が伝えた様式とちがっていたために、データ処理が、位置ぎめも含めて、できなかったそうである。この粗末な手際は 2 月 29 日に是正され、以後のデータはかろうじて救われた。また、“170”日から“180”日にかけて長い線分になっている

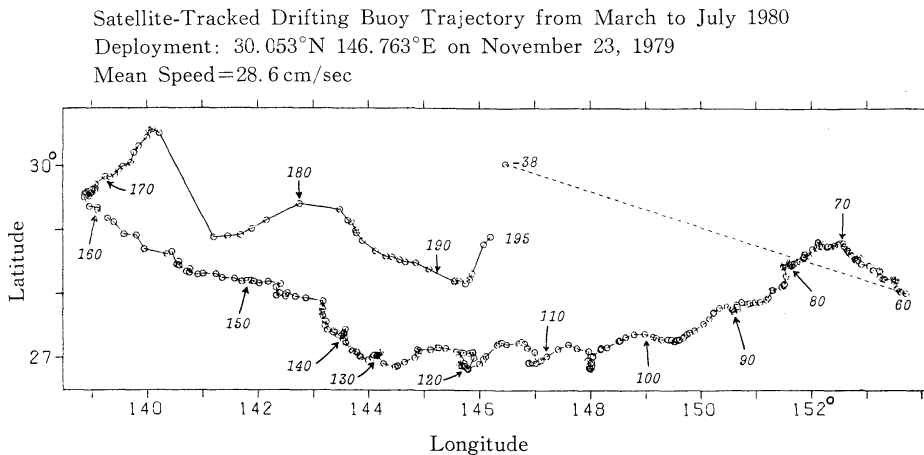


Fig. 2. Trajectoire de la bouée. Les chiffres en italique désignent les jours de l'année 1980.

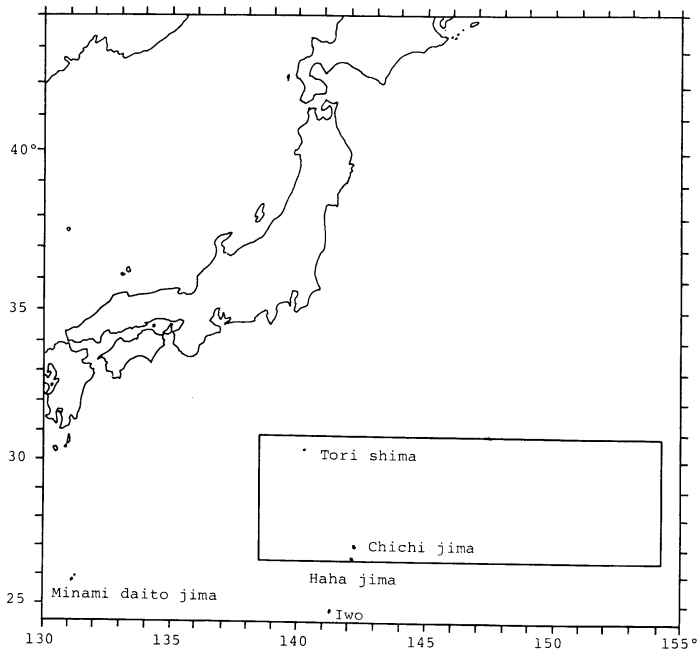


Fig. 3. Position du cadre de la figure 2 dans l'océan Pacifique du Nord-ouest.

部分は、6月23日12時35分から24日18時までアメリカのNOAA（Argosはフランスとアメリカの合作）の計算機が故障してデータが欠けた期間である。

送信は“195”日（7月13日）に絶えた。作動日数は234日であった。このうきは、「放流されてから数日で行方不明になった」とか「今年の6月には完全に死んだ」という話が、不思議なことに、たしかな情報として巻に流れていたが、現実はこちらに記したとおりである。

送信が絶えた理由としては、電池の出力低下、浮体の損傷による沈没または発信器の故障、などが考えられる。

“-38”日から“60”日を除くとうきの平均の速さ（軌跡の長さ、3323 km、を時間、 116.2×15^5 sec、で割った商）は28.6 cm/sとなる。Fig. 4は速さ（speed）、速度の東向き成分と北向き成分の時間変化を示す。3月と4月なかばまでの動きが、以後の動きにくらべて遅い。

水温のデータは得られなかったらしい。

問題点

うきがFig. 2のように流れたのは事実であるが、表層の水も同じように動いたとはいいがたい。うきの運動特性がわかっていないからである。

この形のうきは、すでに10年近く前にEole衛星によって追跡されているし（CRESSWELL, 1974）、日本でもこの手の抵抗布つきのうきを船の方向探知機を使って短期間ではあるが追跡した例はあるが、運動特性はほとんどわかっていない。この抵抗布は、「流れが強いときには上方にまくり上げられるので抵抗を受ける断面積が小さくなる。したがって、うきが海中にひきこまれるおそれがない」という理由で流速測定用に推奨されているが、この理由は明らかにおかしい。

1978年12月1日から1979年11月30日までのFGGE（First GARP Global Experiment, GARPはGlobal Atmospheric Research Programmeの略）では400個近くの漂流うきがArgosの下で働らき、よい成果をおさめたが、これらのうきはその変位から流速を求めるためのものではなく、主として気象観測用であった。その

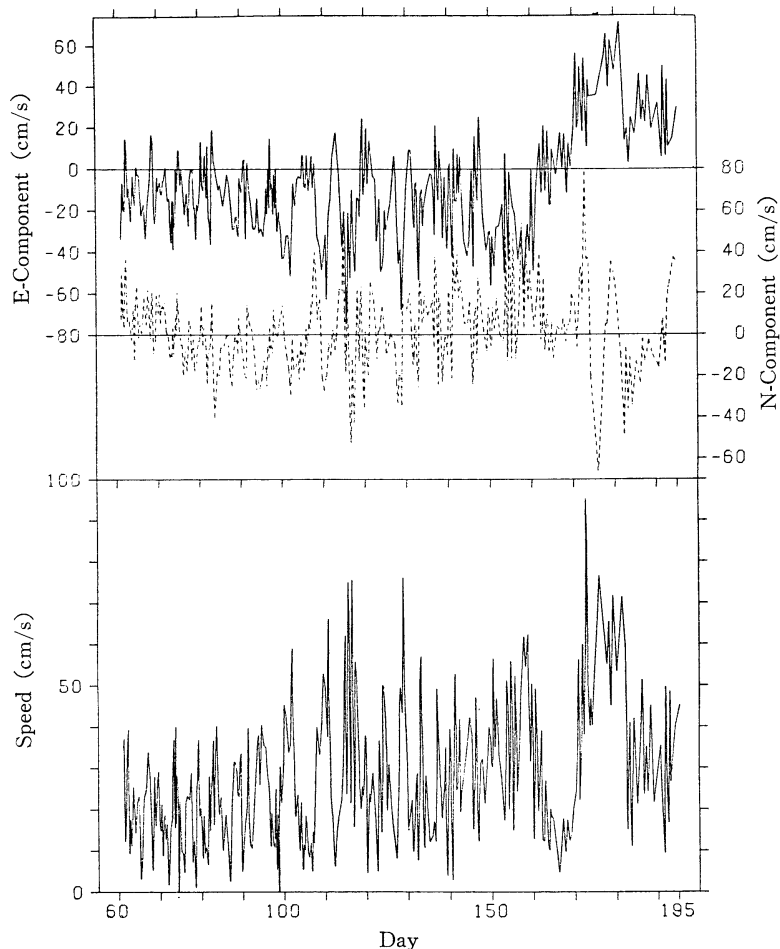


Fig. 4. Vitesse de la bouée.

位置がわかっているにしろ、変位の原因を問わない。

昨年12月にジュネーブで開かれた Joint WMO/IOC Informal Planning Meeting on Drifting Buoy Programmes の Final Report も、

On the other hand, oceanographers are still cautious about the capabilities offered by presently available drifting buoys particularly with respect to current and sea temperature measurement, and felt it was premature to consider any routine operational programme in the near future,

...

と述べ、また、

The response of the buoys to wind waves and ocean current remains an important issue to understand before ocean currents can be inferred from drifting buoy tracks.

とも述べている*。

Fig. 5 はうきの上空を吹いていた風速を示す。データ源は気象庁で見せて頂いた NMC/NOAA の全球解析資料の 1,000 mb 風速図である。緯度、経度とも 5° ごとに 1 本の矢印が風速を示している図が、約 5 日ごとに得られている。うきの上空

* 日本は、漂流うきによって流速と水温を測るために大がかりな計画を考えており、国際的な動きとはちがった立場をとっている。

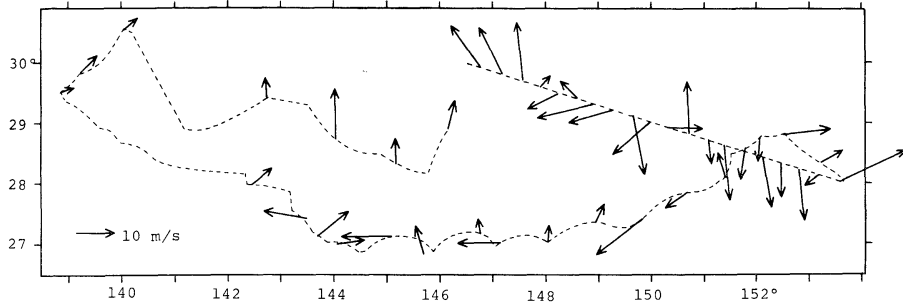


Fig. 5. Vitesse du vent à 1,000 mb au-dessus de la bouée.

での風速は内挿によって求めた。海面風速ではなく、5日間の平均風速でもなく、内挿もかなり主観的であるが、うきの動きと風との関係をごく大ざっぱに見るにはさしつかえがないだろう。放流してから約100日間の軌跡はわからないから、図のようにいちおう直線を仮定して風速を記入した。

風は11月から4月上旬(“100”日)までが強い。“60”日までの軌跡はわからないが、3月と4月上旬は風—うきにとっては向い風ではない—は強いのかかわらず、図4が示すようにうきの動きは遅い。“170”日から“180”日にかけて風は弱く、向い風ではないがうきの動きは速い。もしNOAAの計算機が故障しなかったら軌跡はもっと長くなっているはずだから、うきは現実に

はFig.4が示すよりもさらに速く動いたと思われる。

うきの動きと風の向きについてこまかいことはわからないけれども、うきを動かしたのは主として海水である、といえそうである。

今後は、うきの運動特性と耐久性の検討を試みたい。

なお、放流作業は東海大学丸II世で行われた。Fig.2とFig.4の作図は法政大学計算センターの松山佐和さんによる。

文 献

- CRESSWELL, G. R. (1974): Experiments with satellite tracked buoys in waters around Australia. Procès-Verbaux No. 13, IAPSO First Special Assembly, Melbourne, p. 160.

学 会 記 事

1. 昭和55年11月14日東京水産大学において本会創立20周年記念事業委員会（第1回）が開かれ、記念事業として出版、講演会、パーティーなどについて検討がなされた。
2. 昭和55年12月2日東京水産大学において昭和56年度学会賞受賞候補者推薦委員会（第1回）が開かれた。
3. 昭和55年12月6日東京水産大学において編集委員会が開かれ、La mer 第19巻第1号の編集を行うとともに、第19巻第1号からの体裁変更について決定をした。
4. 昭和55年12月23日東京水産大学において昭和56年度学会賞受賞候補者推薦委員会（第2回）が開かれ、審議の結果、候補者として村野正昭氏を推薦することとし、この旨根本敬久委員長から会長に報告された。
5. 昭和55年12月26日日仏会館会議室において創立20周年記念事業委員会（第2回）が開かれ、記念出版については岩波書店から青少年向けの海洋に関する本を出版すること、ならびにLa merの総目次を刊行することなどとし、記念講演会（一般向けおよび会員向け）および記念パーティーその他については更に検討することとした。また、委員長を補佐するため、副委員長として冨永政英、森川吉郎両氏を選出した。

6. 退 会

正会員 星野通平、外山健三

7. 交換および寄贈図書

- | | |
|---|-----------------------|
| 1) 研究実用化報告 | Vol. 29 No.10, 11, 12 |
| 2) RESTEC | 5号 |
| 3) 英国産業ニュース | 10, 11, 12月号 |
| 4) 日本海区水産研究所研究報告 | 第31号 |
| 5) 季刊 海洋時報 | 第19号 |
| 6) 航 海 | 第65号 |
| 7) 海洋産業研究資料 | Vol. 11 No. 8, 9 |
| 8) 広島日仏協会報 | No. 77 |
| 9) なつしま | No. 49 |
| 10) 海上気象報告 | 36号 |
| 11) 農業土木試験場場報 | No. 28 |
| 12) Science et pêche | No. 302, 303 |
| 13) Centre national pour
l'exploitation des océans | 1979 |

日仏海洋学会役員

- | | |
|-------|--|
| 顧 問 | ユベール・プロッシュ ジャン・デルサル
ト ジャック・ロペール アレクシス・ドラ
ンデール ペルナル・フランク ミシェル・ル
サージュ ロペール・ゲルムール |
| 名譽会長 | ジャック・マゴ |
| 会 長 | 佐々木忠義 |
| 副 会 長 | 黒木敏郎、國司秀明 |
| 常任幹事 | 阿部友三郎、有賀祐勝、冨永政英、松生 洽、
三浦昭雄 |
| 庶務幹事 | 佐伯和昭 |
| 編集幹事 | 村野正昭 |
| 幹 事 | 石野 誠、井上 実、今村 豊、岩下光男、
宇野 寛、川原田 裕、神田献二、菊地真一、
草下孝也、斎藤泰一、佐々木幸康、杉浦吉雄、
高木和徳、高野健三、高橋 正、辻田時美、
奈須敬二、根本敬久、半沢正男、丸茂隆三、
森田良美、山中鷹之助 (五十音順) |
| 監 事 | 久保田 穰、岩崎秀人 |
| 評 議 員 | 青山恒雄、赤松秀雄、秋山 勉、阿部宗明、
阿部友三郎、新崎盛敏、有賀祐勝、石野 誠、
石渡直典、市村俊英、井上 実、今村 豊、
入江春彦、岩崎秀人、岩下光男、岩田憲幸、
宇田道隆、宇野 寛、大内正夫、小倉通男、
大村秀雄、岡部史郎、岡見 登、梶浦欣二郎、
加藤重一、加納 敬、川谷英夫、川上太左英、
川村輝良、川原田 裕、神田献二、菊地真一、
草下孝也、楠 宏、国司秀明、久保田 穰、
黒木敏郎、小泉政美、小林 博、小牧勇蔵、
西条八束、斎藤泰一、斎藤行正、佐伯和昭、
坂本市太郎、佐々木忠義、佐々木幸康、
猿橋勝子、柴田恵司、下村敏正、庄司大太郎、
杉浦吉雄、関 文威、多賀信夫、高木和徳、
高野健三、高橋淳雄、高橋 正、谷口 旭、
田畑忠司、田村 保、千葉卓夫、辻田時美、
寺本俊彦、鳥羽良明、冨永政英、鳥居鉄也、
中井甚二郎、中野猿人、永田 正、永田 豊、
奈須敬二、奈須紀幸、西沢 敏、根本敬久、
野村 正、半沢正男、半谷高久、樋口明生、
菱田耕造、日比谷 京、平野敏行、深沢文雄、
深瀬 茂、福島久雄、淵 秀隆、増沢謙太郎、
増田辰良、松生 洽、丸茂隆三、三浦昭雄、
三宅泰雄、村野正昭、元田 茂、森川吉郎、
森田良美、森安茂雄、安井 正、柳川三郎、
山路 勇、山中鷹之助、山中一郎、山中 一、
吉田多摩夫、渡辺精一 (五十音順) |
| | マルセル・ジュグラリス、ジャン・アンクテ
イル、ロジェ・ペリカ |

日 仏 海 洋 学 会 会 則

- 第1条 本会は日仏海洋学会と称する。
- 第2条 本会の目的は日仏海洋および水産学者の連絡を密にし、両国のこの分野の科学の協力を促進するものとする。
- 第3条 上記の目的を実現するため本会は次の事業を行なう。
- (1) 講演会の開催
 - (2) 両国の海洋学および水産学に関する著書、論文等の相互の翻訳、出版および普及
 - (3) 両国の海洋、水産機器の技術の導入および普及
 - (4) 日仏海洋、水産学者共同の研究およびその成果の論文、映画などによる発表
 - (5) 両国間の学者の交流促進
 - (6) 日仏海洋、水産学者の相互の親ぼくのために集会を開くこと
 - (7) 会報の発行および出版
 - (8) その他本会の目的を達するために必要な事業
- 第4条 本会には、海洋、水産学の分野に応じて分科会を設けることができる。
分科会は評議員会の決議によって作るものとする。
- 第5条 本会の事務所は日仏会館（〒101 東京都千代田区神田駿河台2丁目3番地）に置く。
- 第6条 本会に地方支部を置くことができる。
- 第7条 本会会員は本会の目的に賛成し、所定の会費を納めるものとする。
会員は正会員および賛助会員とする。
- 第8条 正会員会費は年額4,500円、賛助会員会費は一口年額10,000円とする。
- この会費は総会の決議によって変えることができる。
- 第9条 本会は評議員会によって運営され、評議員は会員総会により選出される。
評議員の任期は2年とする。ただし重任を妨げない。
- 第10条 評議員はその内より次の役員を選ぶ。
- | | | | |
|------|----|-------|-----|
| 会 長 | 1名 | 副 会 長 | 若干名 |
| 常任幹事 | 5名 | 幹 事 | 若干名 |
| 監 事 | 2名 | | |
- 第11条 本会に名誉会長、顧問および名誉会員を置くことができる。名誉会長、顧問および名誉会員は評議員会の決議により会長これを委嘱または推薦する。
日仏会館フランス人学長を本会の名誉会長に推薦する。
- 第12条 会長は会を代表し会員総会および評議員会の議長となる。会長事故あるときは副会長がこれに代わる。
常任幹事は分科会および地方支部間の連絡を保ち、また会長を補佐して分科会、地方支部の活動の調整にあたり、会の財政を運営する。
監事は会の会計を監督する。
- 第13条 年に1回総会を開く。総会では評議員会の報告を聞き、会の重要問題を審議する。会員は委任状または通信によって決議に参加することができる。
会長は必要に応じて評議員会の決議を経て臨時総会を招集することができる。
- 第14条 本会則の変更は総会の決議による。

日 仏 海 洋 学 会 賞 規 定

1. 日仏海洋学会賞（以下学会賞という）を本学会に設ける。学会賞は本学会員で、原則として本学会誌に発表した論文の中で、海洋学および水産学において顕著な学術業績を挙げた者の中から、以下に述べる選考を経て選ばれた者に授ける。
 2. 学会賞受賞候補者を選考するため学会賞受賞候補者推薦委員会（以下委員会という）を設ける。
 3. 委員会の委員は13名とする。
委員は毎年春の評議員会で選出し、委員長は委員の互選により定める。
会長は委員会が必要と認めた場合、評議員会の同意を得て2名まで委員を追加委嘱することができる。
 4. 委員会は受賞候補1件を選び、12月末までに選定理由をつけて会長に報告する。
 5. 会長は委員会が推薦した候補者につき無記名投票の形式により評議員会にはかる。投票数は評議員総数の3分の2以上を必要とし、有効投票のうち4分の3以上の賛成がある場合、これを受賞者として決定する。
 6. 授賞式は翌年春の学会総会において行ない賞状、メダルおよび賞金を贈呈する。賞金は5万円とする。
- 覚 書
1. 委員は各専門分野から選出されるよう十分配慮すること。
 2. 受賞者は原則として順次各専門分野にわたるよう十分配慮すること。

Status de la Société franco-japonaise d'océanographie

- Art. 1** Il est formé une Société qui prend le nom de la "Société franco-japonaise d'océanographie".
- Art. 2** La Société franco-japonaise d'océanographie a pour but de resserrer les relations entre océanographes française et japonais ainsi qu'entre spécialistes des produits maritimes.
- Art. 3** A cette fin, la Société se propose :
- a) d'organiser des conférences,
 - b) de diffuser les traductions d'ouvrages concernant les études océanographiques,
 - c) d'introduire dans chacun des deux pays et d'y diffuser les techniques et les matériels océanographiques des deux pays,
 - d) de promouvoir les études ou recherches communes parmi les savants des deux pays et d'en publier les résultats par publications écrites et par cinéma,
 - e) de promouvoir l'échange réciproque de savants,
 - f) d'organiser des réunions amicales entre savants des deux pays, à l'occasion de leurs visites mutuelles,
 - g) de publier un bulletin scientifique,
 - h) et, généralement, d'exercer toutes activités conformes à son but.
- Art. 4** La Société peut comporter des sections spécialisées dans un domaine particulier.
Ces sections ne peuvent se constituer qu'en vertu d'une décision du Conseil d'Administration.
- Art. 5** Le siège social est fixé à la Maison franco-japonaise, 3, 2-chome, Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101.
- Art. 6** Des sections locales de la Société peuvent être constituées par décision du Conseil d'Administration.
- Art. 7** Toute personne s'intéressant aux activités de la Société peut s'inscrire comme membre. Tout membre doit acquitter sa cotisation.
Les membres de la Société se composent de membres ordinaires et de membres donateurs.
- Art. 8** Le montant de la cotisation est fixé comme suit :
- membre ordinaire: 4,500 yens par an.
 - membre donateur: 10,000 yens par an, ou un multiple de cette somme.
- Ce montant peut être modifié par l'Assemblée générale.
- Art. 9** Le Conseil d'Administration gère les affaires de la Société. Les membres du Conseil d'Administration sont élus pour deux ans par l'Assemblée générale, composée de tous les membres de la Société. Ils sont rééligibles.
- Art. 10** Les membres du Conseil d'Administration élisent parmi eux :
- un président
 - des vice-présidents
 - cinq administrateurs-délégués
 - des administrateurs
 - deux commissaires aux comptes
- Art. 11** Le Conseil d'Administration peut, avec l'accord du président, désigner certaines personnes comme présidents d'honneur, membres honoraires ou conseillers de la Société.
Le directeur français à la Maison franco-japonaise est désigné comme président d'honneur.
- Art. 12** Le président, représentant de la Société, préside l'Assemblée et le Conseil d'Administration.
Il peut-être remplacé à la présidence d'une séance par un vice-président.
Les administrateurs-délégués ont pour fonction d'assurer la liaison et la coordination entre les activités de la Société et celles de ses sections spécialisées ainsi que de ses sections locales et de gérer les finances de la Société.
Les commissaires s'occupent de la comptabilité.
- Art. 13** L'Assemblée générale est convoquée une fois par an pour entendre le rapport du Conseil d'Administration et pour délibérer sur les questions importantes concernant la Société.
Tous les membres peuvent participer aux décisions de l'Assemblée générale en s'y faisant représenter par un autre membre ou en votant par correspondance.
Le président peut éventuellement convoquer l'Assemblée générale pour des sessions supplémentaires, avec la décision du Conseil d'Administration.
- Art. 14** Les présents statuts peuvent être modifiés par l'Assemblée générale.

日仏海洋学会会員名簿

(昭和56年1月20日現在)

名 誉 会 員

坂口 謹一郎	152	東京都目黒区鷹番 3-17-4	日高 孝次	150	東京都渋谷区神宮前 6-35-3 コーポオリンピア 714号
菅原 徳	145	東京都大田区田園調布 5-9-1	山口 生知	145	東京都大田区田園調布 4-17-2
長谷川 秀治	141	東京都品川区小山 7-503	和達 清夫	160	東京都新宿区内藤町 1

正 会 員

(あ)

青木 三郎	112	東京都文京区白山 5-28-20 東洋大学自然科学研究室	飯高 勇之助	577	東大阪市小若江 3-4-1 近畿大学農学部水産学科
青木 斌	424	清水市折戸 1000 東海大学海洋学部	飯塚 昭二	852	長崎市文教町 1-14 長崎大学水産学部
青山 恒雄	164	東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所	井川 良勝	146	東京都大田区久ヶ原 5-2-13 信和パーソナル
赤松 英雄	305	茨城県筑波郡谷田部町長峰 1-1 気象研究所海洋研究部	池田 豊	105	東京都港区虎ノ門3-19-17 杉松方
秋葉 芳雄	041	函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部	石井 幸次郎	130	東京都墨田区横網町 1-2-26 ライオン・エンジニアリング機
秋山 純	222	横浜市港北区錦ヶ丘 25-16	石井 丈夫	164	東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所
秋山 勉	100	東京都千代田区大手町 1-3-4 気象庁海洋気象部海洋課	石野 誠	108	東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
安達 六郎	514	津市江戸橋 2-80 三重大学水産学部	石渡 直典	108	東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
阿部 友三郎	162	東京都新宿区神楽坂 1-3 東京理科大学	出雲 義朗	108	東京都港区白金台 4-6-1 国立公衆衛生院
阿部 宗明	176	東京都練馬区小竹町 2-54	市 榮 譽		Dept. of Oceanography, Texas A & M University, College Station, Texas 77843, U. S. A.
天野 宏	250	小田原市南町 1-6-34 小田原城内高等学校	市村 俊英	177	東京都練馬区三原台 1-26-6
網尾 勝	759-65	下関市吉見永田本町 1944 水産大学校	伊藤 隆	514	津市江戸橋 2-80 三重大学水産学部
浅田 敏	113	東京都文京区弥生 2-11-16 東京大学理学部地球物理学教室	糸 洌 長敬	108	東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
新崎 盛敏	175	東京都板橋区徳丸 3-33-5	井上 清	108	東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
荒川 好満	737-12	広島県安芸郡音戸町音戸 5233-2 広島県水産試験場	井上 尚文	850	長崎市国分町 49 西海区水産研究所
有賀 祐勝	108	東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学	井上 実	108	東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学

(い)

飯沢 正人	010-06	秋田県男鹿市戸賀 204	井上 喜洋	250	小田原市早川 1-8-8 神奈川県水産試験場相模湾支所
飯高 季雄	247	鎌倉市大船 1477	井上 敏彦	136	東京都江東区南砂 2-3-1-1331

- 今井 利為 238-02 三浦市三崎町城ヶ島 神奈川県
水産試験場
- 今村 豊 185 国分寺市東元町 3-33-15
- 今脇 資郎 606 京都市左京区北白川追分町 京都
大学理学部地球物理学教室
- 苛原 暲 110 東京都台東区台東 2-29-8 (高木
ビル) 海陸測量調査(株)
- 入江 春彦 852 長崎市文教町 1-14 長崎大学水産
学部
- 岩井 保 606 京都市左京区北白川追分町
京都大学農学部水産学教室
- 岩佐 欽司 985 塩釜市貞山通 3-4-1 港湾合同庁
舎 第二管区海上保安本部水路部
- 岩崎 秀人 171 東京都豊島区目白 4-24-1 協和商
工(株)
- 岩崎 英雄 514 津市江戸橋 2-80 三重大学水産
学部
- 岩下 光男 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋
学部
- 岩田 憲幸 233 横浜市港南区日野町 4180 港南台
ひばり団地 5-301
- 岩淵 義郎 231 横浜市中区北仲通 6-64
第3管区海上保安本部水路部
- 岩本 康三 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 印出 忠行 135 東京都江東区越中島2丁目 東京
商船大学
- (う)
- 上原 進 104 東京都中央区勝どき 5-5-1 東海
区水産研究所
- 上松 和夫 336 浦和市太田窪 727
- 植村 泰治 156 東京都世田谷区桜上水 4-1-9-406
- 内田 至 670 姫路市手柄山 姫路市立水族館
- 宇田 道隆 154 東京都世田谷区奥沢 8-5-9
- 宇野 寛 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 浦 純二 280 千葉市新港 146 (株)日本港湾コン
サルタント水理研究所
- (え)
- 江上 不二夫 194 町田市南大谷 11 三菱化成生命科
学研究所
- 江口 一平 100 東京都千代田区大手町 1-3-4
気象庁海洋課
- 円田 偉久雄 221 横浜市神奈川区出田町 1 日本大
洋海底電線(株)研究開発室
- (お)
- 大内 正夫 612 京都市伏見区深草藤森町 1 京都
教育大学理科教育研究室
- 大木 紀子 616 京都市左京区嵯峨野有栖川 1-77
(パーキング・オリエンタルブックス)
- 大草 重康 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋
学部
- 太田 通靖 143 東京都大田区南馬込 4-41-2
- 大塚 一志 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 大平 辰秋 251 藤沢市辻堂太平台 2-10-18
- 大村 秀雄 135 東京都江東区越中島 1-3-1
鯨類研究所
- 大山 桂 213 川崎市高津区久本 135 工業技術
院地質調査所
- 岡崎 守良 351 和光市広沢 2-1 理化学研究所海
洋物理研究室
- 岡崎 由夫 085 釧路市城山町 139 北海道教育大
学釧路分校
- 岡部 史郎 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋
学部
- 岡見 登 351 和光市広沢 2-1 理化学研究所
- 岡本 巖 520 天津市平津町 2-5-1 滋賀大学教
育学部
- 岡本 博 244 横浜市戸塚区戸塚町 363 横浜電
機(株)
- 岡田 操 062 札幌市豊平区水車町 3-5-18 後藤
ビル (株)水工リサーチ
- 小笠原 義光 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 小川 吉夫 305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1
筑波大学生物科学系
- 小倉 通男 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 小黒 美樹 773 徳島県小松島市中田町字東山 44-
18
- 小口 節子 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大
学海洋研究所
- 小野 泰三郎 249 逗子市新宿 2-2-39
- 尾本 幹夫 339 岩槻市西町 3-6-13 (株)応用地質
調査事務所埼玉支店
- 尾山 実美 151 東京都渋谷区代々木 4-46-5 第1
植田荘11号
- 落合 弘明 517 鳥羽市池上町 1-1 鳥羽商船高等
専門学校
- (か)
- 加賀美 英雄 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大
学海洋研究所
- 梶浦 欣二郎 113 東京都文京区弥生 1 東京大学地
震研究所
- 梶原 昌弘 041 函館市港町 3-1-1 北海道大学水
産学部北洋水産研究施設
- 金井 一彦 657 神戸市灘区しる谷 1040

- 金 沢 昭 夫 890 鹿児島市下荒田 4-50-20 鹿児島
大学水産学部
- 金 成 誠 一 060 札幌市北区北10条西8丁目 北海
道大学理学部
- 金 森 悟 464 名古屋市千種区不老町 名古屋大
学水圏科学研究所
- 金 谷 太 郎 321-14 日光市上鉢町 金谷ホテル内
- 鎌 谷 明 善 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 川 上 太左英 520-23 滋賀県野洲郡野洲町小篠原
1849
- 川 合 英 夫 606 京都市左京区北白川追分町 京都
大学農学部水産学科水産物理学研
究室
- 川 口 守 一 100 東京都千代田区神田小川町3-20-2
増淵ビル フランス物産㈱
- 川 島 利兵衛 041 函館市港町 3-1-1 北海道大学水
産学部
- 川原田 裕 277 柏市旭町 7-4-81 気象大学校
- 川 村 輝 良 041 函館市港町 3-1-1 北海道大学水
産学部
- 川 村 文三郎 104 東京都中央区築地 5-3-1 海上保
安庁水路部内 (財)日本水路協会
サービスコーナー
- 川 原 征一郎 863 熊本県本渡市本渡町大字広瀬
751-1 青少年海の家
- 川 崎 寛 司 300 土浦市神立町 502 ㈱日立製作所
機械研究所
- 川 澄 修 277 柏市東町 2-3-22
- 川 名 吉一郎 737-01 呉市広町 15000 通産省工業
技術院中国工業技術試験所
- 加 藤 重 一 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 加 納 敬 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 河 田 実 211 川崎市幸区東古市場 37
- 神 田 献 二 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 菅 野 尚 985 塩釜市新浜町 3-27-5 東北区水
産研究所増殖部
- (き)
- 菊 地 真 一 164 東京都中野区本町 2-9-5 東京写
真大学
- 岸 野 元 彰 351 和光市広沢 2-1 理化学研究所
- 北 野 康 464 名古屋市千種区不老町 名古屋大
学水圏科学研究所
- 北 村 弘 行 654 神戸市須磨区行平町 3-1-27 兵
庫県公害研究所
- 北 口 正 俊 352 埼玉県新座市野寺 3-3-3
- 橋 高 重 義 162 東京都新宿区神楽坂 1-3 東京理
科大学
- 木 原 興 平 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 木 瀬 秀 兮 684 境港市中野町 2162-1
- 木 村 耕 三 659 芦屋市東山町 116
- 木 村 茂 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 木 谷 浩 三 424 清水市折戸 1000 遠洋水産研究
所宿舍B-47
- (く)
- 草 下 孝 也 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京
大学海洋研究所
- 草 野 和 之 311-12 那珂湊市平磯町三ツ塚 3551-8
茨城県水産試験場
- 楠 宏 173 東京都板橋区加賀 1-9-10 国立
極地研究所
- 國 司 秀 明 606 京都市左京区北白川追分町 京都
大学理学部地球物理学教室
- 久保田 穰 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 久 米 恒 雄 113 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大
学工学部化学工学科第6研究室
- 黒 木 敏 郎 167 東京都杉並区清水 3-18-17-203
- 黒 田 一 紀 104 東京都中央区勝どき 5-5-1 東海
区水産研究所
- 黒 田 隆 哉 985 塩釜市新浜町 3-27-5 東北区水
産研究所
- 黒 沼 勝 造 185 国分寺市内藤 2-43-6
- 黒 川 治 雄 101 東京都千代田区猿楽町 2-2-2
興新ビル 4F ㈱マリン企画
- 倉 田 亮 606 京都市左京区北白川追分町 京都
大学農学部水産学教室
- (こ)
- 河 野 祐 一 150 東京都渋谷区神南 NHK放送セ
ンター映画部撮影課
- 小 泉 政 美 277 千葉県東葛飾郡沼南町天津ヶ丘
4-15-11
- 小 島 良 夫 759-65 下関市吉見永田本町 1944
水産大学校
- 小 竹 勇 980 仙台市本町 3-2-23 仙台海難審
判理事所
- 小 竹 康 之 141 東京都品川区旗の台 5-18-2
- 小 長 俊 二 305 茨城県筑波郡谷田部町長峰 1-1
気象研究所海洋研究部
- 小長谷 史 郎 104 東京都中央区勝どき 5-5-1 東海
区水産研究所

- 小坂 丈 予 152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学
- 小網 汪 世 425 焼津市中港 2-8-1 焼津漁業協同組合内 海洋圏研究所焼津海洋情報センター
- 小林 彰 510-12 三重県四日市市立富田小学校
- 小林 正 博 424 清水市上清水町 3-15 ㈱小桜海洋開発研究所
- 小林 信 雄 413-01 熱海市網代 57-1 丸和水産㈱
- 小林 博 759-65 下関市吉見永田本町 1944 水産大学校
- 小林 平八郎 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
- 小林 和 男 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所
- 小泉 格 560 豊中市待兼山町 1-1 大阪大学教養部地学教室
- 小池 康 之 294-03 館山市坂田字宮城 東京水産大学坂田実験実習場
- 小池 隆 514 津市江戸橋 2-80 三重大学水産学部
- 小牧 勇 蔵 424 清水市折戸 1000 遠洋水産研究所
- 駒 木 成 085 釧路市桂恋 116 北海道区水産研究所
- 近藤 恵 一 104 東京都中央区勝どき 5-5-1 東海区水産研究所
- 近藤 正 人 850 長崎市国分町 49 西海区水産研究所海洋部
- 近藤 正 夫 730 広島市光町 2-11-31 復建調査設計(㈱設計部)
- 児 玉 理 彦 105 東京都港区新橋 2-1-3 新橋富士ビル 日本テトラポッド㈱コンサルタント事業部調査設計部
- (さ)
- 西 條 八 束 464 名古屋市千種区不老町 名古屋大学水圏科学研究所
- 斎 藤 泰 一 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
- 斎 藤 行 正 652 神戸市兵庫区梅元町 13-28
- 斎 藤 誠 一 041 函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部北洋水産研究施設
- 斎 藤 祥 153 東京都目黒区東山 3-24-13 建設省国土地理院
- 佐 伯 和 昭 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
- 坂 本 市 太郎 514 津市江戸橋 2-80 三重大学水産学部
- 坂 本 亘 606 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部水産学科
- 桜 井 仁 人 890 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科
- 酒 匂 敏 次 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
- 佐 々 保 雄 060 札幌市北区北9条西7 北海道大学理学部
- 佐々木 忠 義 166 東京都杉並区阿佐ヶ谷北 3-33-16
- 佐々木 幸 康 237 横須賀市浜見台 2-8-5
- 佐 藤 任 弘 104 東京都中央区築地 5-3-1 海上保安庁水路部海図課
- 佐 藤 猛 郎 862 熊本市大江町渡鹿 223 九州東海大学
- 佐 藤 孫 七 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
- 佐 野 昭 650 神戸市中央区中山手通 7-14-1 神戸海洋気象台海洋課
- 佐 野 徳 夫 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
- 猿 橋 勝 子 166 東京都杉並区高円寺北4-29-2-217 地球化学研究協会
- 寒 川 強 305 茨城県筑波郡谷田部町小野川16-3 公害資源研究所
- 沢 本 彰 三 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
- (し)
- 塩 見 文 作 182 狛江市和泉 264 日本海洋産業研究所
- 篠 田 裕 275 習志野市谷津町 7-1916 千葉工業大学土木工学科
- 柴 田 恵 司 852 長崎市文教町 1-14 長崎大学水産学部
- 渋谷 勝 治 151 東京都渋谷区代々木 4-16-7
- 島 正 之 275 習志野市谷津町 7-1916 千葉工業大学土木工学科
- 下 村 敏 正 022-01 岩手県気仙郡三陸町越喜来 北里大学水産学部
- 庄 司 大 太郎 104 東京都中央区築地 5-3-1 海上保安庁水路部
- (有)ジャパン・イングリッシュ・サービス (大橋 善八) 299-32 千葉県山武郡大網白里町南玉 48-2
- (す)
- 須 賀 次 郎 273-01 千葉県鎌ヶ谷市鎌ヶ谷 523-3 ㈱スガ・マリンメカニック
- 杉 浦 吉 雄 890 鹿児島市郡元 1-21-30 鹿児島大学教養部化学教室
- 杉 村 行 勇 305 茨城県筑波郡谷田部町長峰 1-1 気象研究所地球化学研究部

- 杉村 允三 649-35 和歌山県西牟婁郡串本町串本
和歌山県水産試験場
- 杉森 康宏 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋
学部
- 鈴木 裕 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 鈴木 広志 174 東京都板橋区東山町 36-2
- 鈴木 誠 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 須藤 英雄 104 東京都中央区勝どき 5-5-1 東海
区水産研究所放射能部

(せ)

- 瀬川 爾郎 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京
大学海洋研究所
- 瀬古 勲 683 米子市彦名町大高砂 4448 米子
工業高等専門学校電気工学科
- 関 邦博 237 横須賀市夏島町 2-15 海洋科学
技術センター
- 関 文威 305 茨城県新治郡桜村 筑波大学生物
科学系
- 関 普 319-11 茨城県東海村 日本原子力研究
所環境安全研究部
- 関川 正 300-12 茨城県稲敷郡牛久町牛久
3464-4
- 関 興一郎 210 川崎市多摩区宿原 2089
- 武井 功 100 東京都千代田区大手町 サンケイ
新聞社会部科学デスク
- 武居 薫 759-65 下関市吉見永田本町 1944 水
産大学校
- 武田 恵二 031 八戸市尻内町鴨田 7 青森県合同
庁舎内 青森県水産事務所
- 竹内 能忠 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋
学部
- 竹内 淳一 649-35 和歌山県西牟婁郡串本町串本
和歌山県水産試験場
- 竹田 正彦 783 南国市物部 2-200 高知大学農学
部栽培漁業学科
- 竹松 伸 351 和光市広沢 2-1 理化学研究所
- 館石 昭 177 東京都豊島区北大塚 3-32-10
木下ビル 水中造形センター
- 龍野 幸夫 101 東京都千代田区鍛冶町 2-2-2
中川防蝕工業㈱
- 田中 克 850 長崎市国分町 49 西海区水産研
究所海洋部漁業保全研究室
- 田中 勝行 101 東京都千代田区猿楽町 1-2-1
日本出版貿易㈱
- 田平 真穂子 166 東京都杉並区成田東 1-39-11 松
下荘
- 田畑 忠司 060 札幌市北区北19条西 8 丁目 北海
道大学低温科学研究所
- 田村 保 464 名古屋市千種区不老町 名古屋大
学農学部水産学講座
- 谷口 旭 980 仙台市堤通雨宮町 1-1 東北大学
農学部水産学科海洋学講座
- 谷口 一衛 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 俵 悟 759-65 下関市吉見永田本町 1944 水
産大学校

(た)

- 平 啓介 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京
大学海洋研究所
- 平 良恵仁 900 那覇市首里当蔵町 3-1 (琉球大学
図書館)
- 多賀 信夫 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大
学海洋研究所
- 高木 和徳 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 高野 健三 305 茨城県新治郡桜村 筑波大学生物
科学系
- 高野 秀昭 104 東京都中央区勝どき 5-5-1 東海
区水産研究所
- 高橋 正 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 高橋 淳雄 890 鹿児島市下荒田 4-50-20 鹿児島
大学水産学部水産学科海洋環境物
理学研究室
- 高柳 洋吉 980 仙台市荒巻字青葉 東北大学理学
部地質学古生物学教室
- 高山 晴光 167 東京都杉並区井草 2-9-2
- 多紀 保彦 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産
大学
- 千葉 卓夫 751 下関市楠乃 15-2 東亜大学
- 茶 円正明 890 鹿児島市下荒田 4-50-20 鹿児島
大学水産学部海洋環境物理学教室
- (ち)
- 津久井 文夫 425 焼津市小川汐入 3690 静岡県水
産試験場
- 津田 良平 577 東大阪市小若江 3-4-1 近畿大学
農学部水産学科
- 辻 勇雄 625 舞鶴市七条敷島 中田方
- 辻 正明 305 茨城県筑波郡谷田部町小野川16-3
公害資源研究所
- 辻田 時美 251 藤沢市大庭 3874 湘南ライフタ
ウン 1-1-1134
- 土 隆一 420 静岡市大谷 836 静岡大学理学部

(つ)

土田 武雄 624 舞鶴市下福井大野辺 901 舞鶴環洋気象台
 鶴田 新生 759-65 下関市吉見永田本町 1944 水産大学校

(て)

寺崎 誠 028-11 岩手県上閉伊郡大槌町赤浜 2-106 東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター
 寺田 一彦 167 東京都杉並区天沼 2-29-1
 寺本 俊彦 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所

(と)

鳥羽 良明 980 仙台市荒巻字青葉 東北大学理学部地球物理学教室
 富 和 一 927-14 石川県鳳至郡能都町宇出津 石川県水産試験場
 富田 廣 231 横浜市中区山下町山下埠頭構内 日本雑貨振興センタービル (財) 日本冷凍食品検査協会横浜事務所
 富永 政英 185 東京都国分寺市西元町 2-11-44
 友田 好文 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所
 鳥居 鉄也 100 東京都千代田区霞ヶ関 3-4-2 商工会館内 (財) 日本極地研究振興会

(な)

内藤 宗一 230 横浜市鶴見区汐田町 4-157-3
 南雲 昭二郎 113 東京都文京区弥生 1丁目 東京大学地震研究所
 中井 甚二郎 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
 中尾 徹 108 東京都港区三田 1-4-28 三田国際ビル 5F 千代田デイルムスアンドムーア(株)
 中田 尚宏 238-02 三浦市三崎町城ヶ島 神奈川県水産試験場
 中田 雅 893-16 鹿児島県肝属郡串良町下小原中益田 1246 中田誠方
 中田 喜三郎 305 茨城県筑波郡谷田部町小野川16-3 公害資源研究所
 永田 正 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 永田 豊 113 東京都文京区弥生 2-11-16 東京大学理学部地球物理学教室
 永田 進一 653 神戸市東灘区深江南町 5-1-1 神戸商船大学

永沢 祥子 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所
 永延 幹男 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所
 梨本 一郎 193 八王子市栲田町 1221-2-503 東建狭間マンション

奈須 敬二 424 清水市折戸 1000 遠洋水産研究所
 奈須 紀幸 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所
 中村 泉 625 舞鶴市長浜 京都大学水産実験場
 中村 重久 611 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所
 中村 保昭 425 焼津市小川汐入 3690 静岡県水産試験場
 中村 善彦 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学

中村 充 314-03 茨城県鹿島郡波崎町海老台 水産庁水産工学研究所水産土木研究部
 仲村 俊毅 039-34 青森県津軽郡平内町茂浦月泊 10 青森県水産増殖センター
 中野 猿人 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
 中川 平介 720 広島県福山市緑町 2-17 広島大学生物生産学部

(に)

西沢 敏 980 仙台市埜通雨宮町 1-1 東北大学農学部水産学科
 西村 実 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
 二谷 穎男 104 東京都中央区築地 5-3-1 海上保安庁水路部
 新田 忠雄 100 東京都千代田区大手町 2-6-2 日本ビル日本エヌ・ユー・エス(株)
 日本造船振興財団図書室 105 東京都港区虎ノ門 1-15-16

(ぬ)

布垣 寛一 617 京都府乙訓郡長岡町大字今里小字西口 32-5 三鬼エンジニアリング(株)
 沼田 貞三 239 横須賀市夏島町 2-15 海洋科学技術センター

(ね)

根本 敬久 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所

(の)

- 野津治郎 101 東京都千代田区一ツ橋 2-3-1 小学館ビル内 三井海洋開発㈱
- 野村正 980 仙台市堤通雨宮町 1-1 東北大学農学部水産学科
- 野村稔 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学

(は)

- 長谷川俊彦 113 東京都文京区本駒込3-29-3平松方
- 畑幸彦 783 南国市物部乙 200 高知大学農学部
- 服部茂昌 780 高知市棧橋通 6-1-21 南海海区水産研究所
- 服部寛 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋研究所
- 花本栄二 238-02 三浦市三崎町城ヶ島 神奈川県水産試験場
- 浜田七郎 850 長崎市国分町 49 西海区水産研究所
- 早川正己 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
- 早川康信 501-32 岐阜県関市稲河町 9
- 林慎二 182 東京都千代田区内幸町 1-1-3 東京電力㈱建設部土木調査課
- 原田英司 649-22 和歌山県西牟婁郡白浜町 京都大学理学部附属瀬戸臨海実験所
- 半沢正男 624 舞鶴市下福井大野辺 901 舞鶴海洋气象台
- 半谷高久 158 東京都世田谷区深沢 東京都立大学理学部
- バンク・ド・ランドシーヌ・エ・ド・スエズ 107 東京都港区赤坂 1-1-2

(ひ)

- 樋口明生 790 松山市文京町 3 愛媛大学工学部
- 菱田耕造 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
- 日向秀明 191 日野市旭ヶ丘 3-6-1 国際航業㈱日野技術所海洋課
- 日比谷京 154 東京都世田谷区下馬町 3-34-1 日本大学農獣医学部水産学科
- 桧山義夫 113 東京都文京区本駒込 2-14
- 平沢豊 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
- 平田利夫 Le Barcelone-Bât. 25, 145 rue G. Janvier, 34100-MONTPELLIER, FRANCE

- 平野敏行 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所

(ふ)

- 深沢文雄 759-65 下関市吉見永田本町 1944 水産大学校
- 深瀬茂 041 函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部
- 福尾義昭 611 長岡京市花山 1-23
- 福島久雄 047-02 小樽市桂岡町 62 北海道薬科大学物理学教室
- 福田雅明 319-11 茨城県東海村白方白根 2-4 日本原子力研究所
- 藤井泰司 759-22 山口県美祢市大嶺町曾根下 山口県外海水産試験場
- 藤石昭生 759-65 下関市吉見永田本町 1944 水産大学校
- 藤田亀太郎 104 東京都中央区銀座 6-2-10 極東鋼弦コンクリート振興㈱
- 淵秀隆 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
- 古川史郎 085 釧路市城山 1-15-55 北海道教育大学釧路分校
- 古橋賢造 041 函館市美原 3-4-4 函館海洋気象台海洋課

(ほ)

- 星野久雄 253 茅ヶ崎市赤松町 8-57 新潟鉄工社宅 C-406
- 堀雅俊 503-22 大垣市赤坂町 3022-1
- 堀真之 281 千葉市小仲台町 1070
- 堀口孝男 158 東京都世田谷区深沢 2-1-1 東京都立大学工学部土木工学科
- 堀越増興 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所
- 本間義治 950-21 新潟市五十嵐二の町 新潟大学理学部生物学教室

(ま)

- 前川行幸 514 津市江戸橋 2-80 三重大学水産学部
- 前田明夫 890 鹿児島市都元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科
- 前地道義 049-35 和歌山県西牟婁郡串本町潮岬
- 増沢譲太郎 100 東京都千代田区大手町 1-3-4 気象庁
- 増沢寿 238-02 三浦市三崎町城ヶ島養老子 神奈川県水産試験場

- 増田辰良 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 松生 洽 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 松村 皐月 104 東京都中央区勝どき 5-5-1 東海水産研究所
 松本 勝 271 松戸市松戸 3-113 松戸コープ705
 間庭 愛信 890 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科
 丸茂 隆三 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所

(み)

- 三浦 昭雄 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 三浦 知之 164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所
 三沢 良文 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
 三宅 泰雄 166 東京都杉並区高円寺北4-29-2-217 地球化学研究協会
 三宅 与志雄 701-43 岡山県邑久郡牛窓町鹿忍 35 岡山県水産試験場
 三好 宇史 103 東京都中央区日本橋兜町 2-56 オリエンタルビル ムサン工業
 水沼 栄三 880 宮崎市船塚 3-210 宮崎大学農学部水産増殖学科
 溝口 裕 359 所沢市所沢 500 防衛医科大学校物理教室
 南 四郎 759-65 下関市吉見永田本町 1944 水産大学校
 御前 洋 649-34 和歌山県西牟婁郡串本町有田1157 串本海中公園センター内
 宮坂 紘一 164 東京都杉並区下井草 5-10-23
 宮崎 道夫 239 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校数学教室
 宮田 元靖 113 東京都文京区弥生 2-11-16 東京大学理学部地球物理教室
 宮山 平八郎 229 相模原市淵野辺 麻布獣医科大学

(む)

- 村地 四郎 720 福山市緑町 2-17 広島大学生物生産学部
 村野 正昭 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 村山 三郎 891-01 鹿児島市上福元町 1792

(も)

- 元田 茂 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部
 本橋 敬之助 281 千葉市稲毛海岸 3-5-1 千葉県水質保全研究所
 森 幹樹 186 国立市東 4-21-1
 森川 吉郎 336 浦和市本太 1-5-4
 森田 良美 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 森 永勤 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 森 実庸 男 798-01 愛媛県宇和島市下波 5516 愛媛県水産試験場
 森谷 誠生 101 東京都千代田区神田錦町 2-9-2 (財)日本気象協会東京本部調査部 海洋調査課
 森安 茂雄 900 那覇市字天久 1126 沖縄気象台
 森山 剛一 184 小金井市桜町 2-5-12
 守安 実己郎 165 東京都中野区野方 6-39-3

(や)

- 矢内 秋生 161 東京都新宿区中落合 4-31-1 目白学園短大生活科学
 八木 宏樹 272 市川市東菅野 3-11-18 一美荘12号
 八幡 正雄 101 東京都千代田区神田錦町 1-19 海上電機株式会社
 安井 正 100 東京都千代田区大手町 1-3-4 気象庁海洋気象部
 安田 公昭 889-05 宮崎県延岡市赤水町 376-6 宮崎大学農学部附属水産実験所
 安田 富士郎 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 柳川 三郎 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 山口 征矢 338 浦和市下大久保 225 埼玉大学教養部生物学研究室
 山口 良臣 158 東京都世田谷区玉川等々力町 1-7-3
 山路 勇 165 東京都中野区白鷺 2-6-11
 山中 鷹之助 193 八王子市台町 1-19-18
 山中 一 424 清水市折戸 1000 遠洋水産研究所海洋部
 山中 一郎 424 清水市折戸 1000-D-104
 山本 秀行 162 東京都新宿区神楽坂 1-3 東京理科大学理学部阿部研究室

(ゆ)

- 結城了伍 085 釧路市浜町 2-6 北海道立釧路水産試験場
 行縄茂理 424 清水市折戸 1000 遠洋水産研究所海洋部

(よ)

- 吉田三郎 990 山形市小白川町 214 山形大学教育学部地学教室
 吉田多摩夫 108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学
 吉田陽一 606 京都市左京区北白川 京都大学農学部水産学科

- 吉永勝秀 236 横浜市金沢区平潟町 31-2-506
 吉村広三 231 横浜市中区北仲通 6-64 海上保安試験研究センター化学分析課

(わ)

- 若林清 424 清水市折戸 1000 遠洋水産研究所
 若松久芳 411 静岡県駿東郡清水町伏見 620-4
 渡井将人 107 東京都港区北青山 2-12-4
 渡辺精一 144 東京都大田区下丸子 2-28-15 アスター精機㈱
 渡辺信雄 424 清水市折戸 1000 東海大学海洋学部

賛 助 会 員

旭化成工業株式会社
 株式会社内田老鶴園新社 内田悟
 株式会社 オーシャン・エージ社
 株式会社 大林組
 株式会社 オセアノート
 小樽船用電機株式会社
 株式会社 オルガノ
 株式会社 海洋開発センター
 社団法人 海洋産業研究会
 協同低温工業株式会社
 協和商工株式会社
 小松川化工機株式会社
 小山康三
 三信船舶電具株式会社
 三洋水路測量株式会社
 シュナイダー財団極東駐在事務所
 昭和電装株式会社
 新日本気象海洋株式会社
 株式会社 鶴見精機
 東亜建設工業株式会社
 株式会社 東京久栄
 東京製網繊維ロープ株式会社
 株式会社 東邦電探
 中川防蝕工業株式会社
 日本アクアランド株式会社
 日本テトラポッド株式会社
 社団法人 日本能率協会
 日本プレスコンクリート株式会社
 深田サルベージ株式会社
 藤田 潔
 藤田 峯 雄
 フランス物産株式会社
 古野電気株式会社
 丸文株式会社
 三井海洋開発株式会社
 宮本 悟
 吉野計器製作所
 株式会社 離合社
 株式会社 渡部計器製作所

東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル
 東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル
 東京都千代田区神田美土代町 11-2 第1東英ビル
 東京都千代田区神田司町 2-3
 東京都千代田区平河町 1-4-3 伏見ビル
 小樽市色内町 3-4-3
 東京都文京区本郷 5-5-16
 東京都港区赤坂 1-9-1
 東京都港区新橋 3-1-10 丸藤ビル
 東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
 東京都豊島区目白 4-24-1
 東京都江戸川区松島 1-342
 東京都文京区本駒込 6-15-10 英和印刷社
 東京都千代田区神田 1-16-8
 東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
 東京都港区南青山 2-2-8 DFビル
 高松市寺井町 1079
 東京都世田谷区玉川 3-14-5
 横浜市鶴見区鶴見中央 2-2-20
 東京都千代田区四番町 5
 東京都中央区日本橋 3-1-15 久栄ビル
 東京都中央区日本橋室町 2-6 江戸ビル
 東京都杉並区宮前 1-8-9
 東京都千代田区神田鍛冶町 2-2-2 東京建物ビル
 神奈川県厚木市温水 2229-4
 東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階
 東京都港区芝公園 3-1-22 協立ビル
 東京都中央区日本橋本石町 1-4
 東京都千代田区神田錦町 1-9-1 天理教ビル8階
 東京都新宿区四谷 3-9 光明堂ビル 株式会社ビデオプロモーション
 茨城県北相馬郡藤代町大字毛有 850 株式会社 中村鉄工所
 東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
 東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル
 東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1
 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル3002号室
 東京都中央区かちどき 3-3-5 かちどきビル (株) 本地郷
 東京都北区西ヶ原 1-14
 東京都千代田区神田鍛冶町 1-10-4
 東京都文京区向丘 1-7-17

Exploiting the Ocean by...

T.S.K.

OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

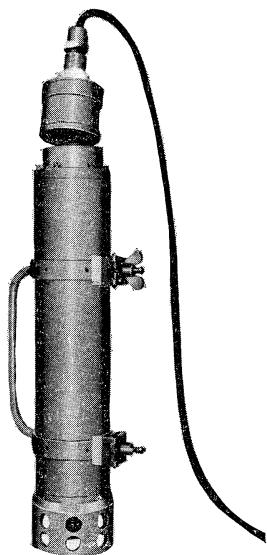
REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

T.S マイコン BT (特許出願中)

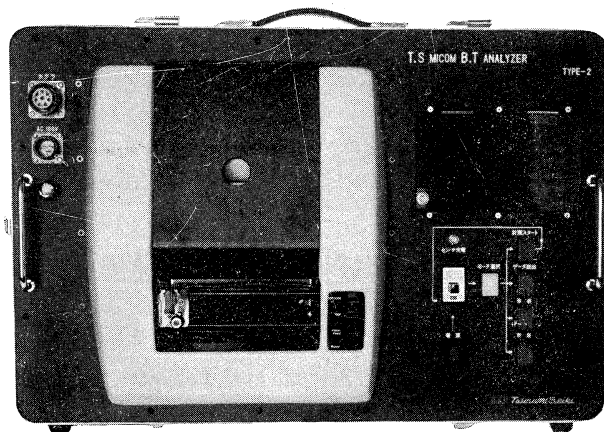
当社の長年にわたるメカニカル BT 及び XBT で開発された技術を基礎として、さらに最新のマイクロコンピュータ技術を駆使し、完成した数字で測定結果を見る事の出来るものであります。海洋の水温、水深を水中で測定し変換後、内蔵 IC メモリに記憶します。

特 徴

- マイクロコンピュータ技術により最小水深 10 cm 毎の水温変動のデジタルデータリスト及び鉛直分布図を作成します。
- 光・電磁結合方式(特許出願中)により測定器は密閉したままで、データの取り出し、深度選択指令、充電及びチェックの全てが行え、プラグ等露出部は全くありません。従って漏水事故は皆無であります。
- 各種データ処理及びストックが可能です。



水中測定器とカップラー



指令読取器デジタルプリント・アナログプロット両用

株式会社 鶴 見 精 機

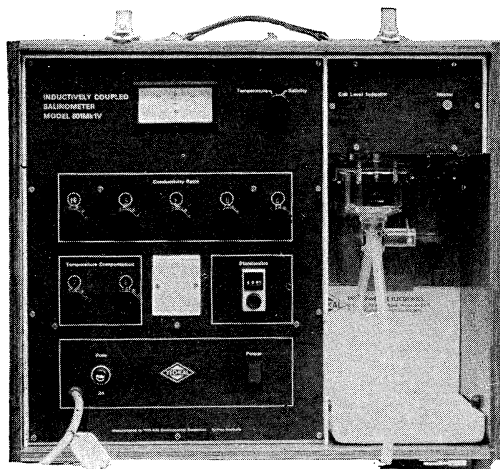
2-20, 2-chome, Tsurumi-chuo, Tsurumi-ku, Yokohama, Japan 230 TEL; 045-521-5252

CABLE ADDRESS; TSURUMISEIKI Yokohama, **TELEX;** 3823750 TSKJPN J

OVERSEAS FACTORY; Seoul KOREA

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

INDUCTIVE SALINOMER MODEL 601 MK IV



海水の塩分測定標準器として、既に定評のあるオート・ラブ 601 MK III の改良型で、小型・軽量・能率化した高精度塩分計です。試料水を吸上げる際に、レベル検出器により吸引ポンプと攪拌モーターとが自動的に切換えられます。温度はメーター指針により直示されます。

測定範囲	0~51 ‰ S
感 度	0.0004 ‰ S
確 度	±0.003 ‰ S
所要水量	約 55 cc
電 源	AC 100 V 50~60 Hz
消費電力	最大 25 W
寸 法	52(幅)×43.5(高)×21(奥行)cm

営 業 品 目

転倒温度計・水温計・湿度計・
採水器・採泥器・塩分計・
水中照度計・濁度計・S-T計・
海洋観測機器・水質公害監視機器



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 (81) 0044 (代表) ☎ 113

海洋環境調査 海底地形地質調査

- 水質調査・プランクトン底棲生物調査・潮汐・海潮流・水温・拡散・波浪等の調査(解析・予報)
- 環境アセスメント・シミュレーション
- 海底地形・地質・地層・構造の調査・水深調査・海図補正測量



外洋における海洋調査



三洋水路測量株式会社

本 社 東京都港区新橋5-23-7(三栄ビル) ☎ 03(432)2971-5
大 阪 支 店 大阪市都島区中野町3-6-2(谷長ビル) ☎ 06(353)0858-7020
門 司 出 張 所 北九州市門司区港町3-32(大分銀行ビル) ☎ 093(321)8824
仙 台 出 張 所 仙台市一番町2-8-15(太陽生命仙台ビル) ☎ 0222(27)9355
札 幌 出 張 所 札幌市中央区大通東2-8-5(プレゼント札幌) ☎ 011(251)3747

総代理店



三井物産株式会社

Murayama

水中濁度計
水中照度計
電導度計



村山電機製作所

本社 東京都目黒区五本木2-13-1
出張所 名古屋・大阪・北九州

7IL は無限の可能性に挑戦する

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

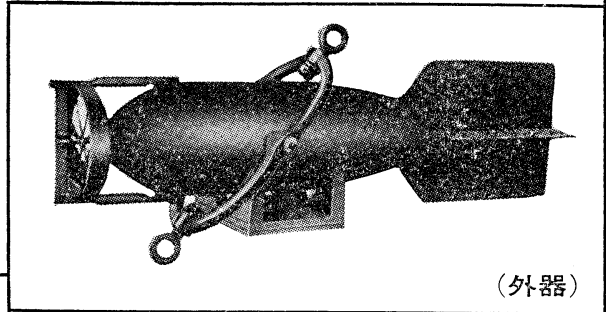


本社 / 西宮市音原町9-52 ☎0798(65)2111(大代) 支社 / 東京都中央区八重洲4-5藤和ビル ☎03(272)8491(代) ほかに37ヶ所

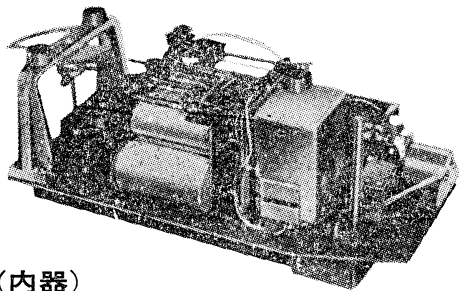
長期捲自記流速計

(NC-II)

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



(外器)



(内器)

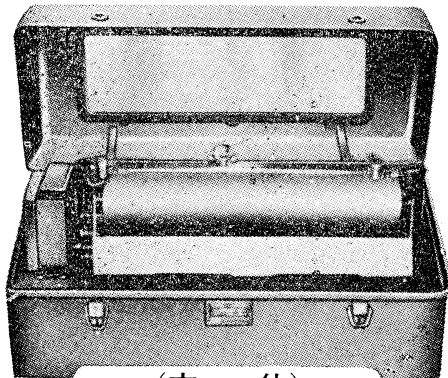
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

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

弱流ペラーに依る最低速度は約4cm/secです。

フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



(本体)

営業品目

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

協和商工株式会社

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

最高の品質 信頼のブランド aqua-lung®



France.



Italy.



Australia.



U.S.A.



日本アクアラング株式会社

本社・関東支社：神奈川県厚木市温水2229-4 〒243 TEL.(0462)47-3222

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

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

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

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

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

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

アクアラングは日本においては当社が専用使用権を有している国際的商標です。

商標登録「aqua-lung」登録番号 第494877号 商標登録「アクアラング」登録番号 第494878号

昭和 56 年 2 月 25 日 印刷
昭和 56 年 2 月 28 日 発行

う み

第 19 卷
第 1 号

定価 ¥ 1,200

編集者 富 永 政 英
発行者 佐 々 木 忠 義
発行所 日 仏 海 洋 学 会
財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号:101
電話:03(291)1141
振替番号:東京96503

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

Tome 19 N° 1

SOMMAIRE

Notes originales

Ondes linéaires et leur instabilité dans le voisinage de la côte de
forme elliptique (en japonais).....Shigehisa NAKAMURA 1

Factors Affecting the Distribution of Heavy Metals in the Sediments of
Ise Bay (I) (in Japanese)Noburu TAKEMATSU, Motoaki KISHINO and Tsutomu OGAWA 6

Eutintinnus haslae n. sp., a New Ciliated Protozoa from the Tropical
Pacific and Indian OceansAkira TANIGUCHI and Yoshine HANEDA 18

Mass Production of the Young Banana Prawn *Penaeus merguensis* DE MANMakoto TERAZAKI 23

1977 Sumbawa Tsunami in a Scope of Numerical Experiment (in Japanese).....Shigehisa NAKAMURA 30

Miscellanées

Trajectoire d'une bouée derivante suivie par le système Argos (en japonais).....Kenzo TAKANO 39

Procès-Verbaux

..... 43

Statuts de la Société

..... 45

Liste des membres

..... 47

第 19 卷 第 1 号

目 次

原 著

橢円弧海岸における長周期線型波とその安定性中村 重久 1

伊勢湾底質中の重金属分布に影響を及ぼす因子 (I).....竹松 伸, 岸野元彰, 小川 務 6

太平洋およびインド洋の熱帯域で採集された繊毛虫の 1 新種
Eutintinnus haslae (英文)谷口 旭, 羽田良禾 18

バナナエビ (*Penaeus merguensis*) の大量生産 (英文)寺崎 誠 23

数値実験からみた 1977 スンバワ津波.....中村 重久 30

寄 稿

人工衛星によって追跡されたうきの軌跡高野 健三 39

学会記事

..... 43

会 則

..... 45

会員名簿

..... 47