

ISSN 0503-1540

Tome 35

Août 1997

Numéro 3

La mer

うみ

1997年8月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

SOCIÉTÉ FRANÇO-JAPONAISE D'OcéANOGRAPHIE

Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 1996 et 1997)

Directeur et rédacteur : Y. YAMAGUCHI

Comité de lecture : S. AOKI, M. HORIKOSHI, M. MATSUYAMA, M. MAEDA, M. OCHIAI, T. YANAGI, S. WATANABE

Rédacteurs étrangers : H.J. CECCALDI (France), E.D. GOLDBERG (Etats-Unis), T.R. PARSONS (Canada)

Services de rédaction et d'édition : M. OCHIAI, H. SATOH

Note pour la présentation des manuscrits

La mer, organe de la Société franco-japonaise d'océanographie, publie des articles et notes originaux, des articles de synthèse, des analyses d'ouvrages et des informations intéressant les membres de la société. Les sujets traités doivent avoir un rapport direct avec l'océanographie générale, ainsi qu'avec les sciences halieutiques.

Les manuscrits doivent être présentés avec un double, et dactylographiés, en *double interligne*, et au recto exclusivement, sur du papier blanc de format A4(21×29.7cm). Les tableaux et les légendes des figures seront regroupés respectivement sur des feuilles séparées à la fin du manuscrit.

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante :

1° Il sera écrit en japonais, français ou anglais. Dans le cadre des articles originaux, il comprendra toujours le résumé en anglais ou français de *200 mots* environs. Pour les textes en langues européennes, il faudra joindre en plus le résumé en japonais de *500 letters* environs. Si le manuscrit est envoyé par un non-japonophone, le comité sera responsable de la rédaction de ce résumé.

2° La présentation des articles devra être la même que dans les numéros récents ; le nom de l'auteur précédé du prénom *en entier*, en minuscules ; les symboles et abréviations standards autorisés par le comité ; les citations bibliographiques seront faites selon le mode de publication : article dans une revue, partie d'un livre, livre entier, etc.

3° Les figures ou dessins originaux devront être parfaitement nettes en vue de la réduction nécessaire. La réduction sera faite dans le format 14.5×20.0cm.

La première épreuve seule sera envoyée à l'auteur pour la correction.

Les membres de la Société peuvent publier 7 pages imprimées sans frais d'impression dans la mesure à leur manuscrit qui ne demande pas de frais d'impression excessifs (pour des photos couleurs, par exemple). Dans les autres cas, y compris la présentation d'un non-membre, tous les frais seront à la charge de l'auteur.

Cinquante tirés-à-part peuvent être fournis par article aux auteurs à titre gratuit. On peut en fournir aussi un plus grand nombre sur demande, par 50 exemplaires.

Les manuscrits devront être adressés directement au directeur de publication de la Société : Y. YAMAGUCHI, Université des Pêches de Tokyo, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japon ; ou bien au rédacteur étranger le plus proche : H.J. CECCALDI, EPHE, Station marine d'Endoume, rue Batterie-des-Lions, 13007 Marseille, France ; E.D. GOLDBERG, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California 92093, Etats-Unis ; ou T.R. PARSONS, Department of Oceanography, University of British Columbia, Vancouver, B.C. V6T 1W5, Canada.

Co-tidal and co-range charts in the South China Sea derived from satellite altimetry data

Tetsuo YANAGI*, Toshiyuki TAKAO* and Akihiko MORIMOTO*

Abstract: Co-tidal and co-range charts of major six tidal constituents, M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , P_1 and S_a in the South China Sea are drawn from the results of the harmonic analysis of TOPEX/POSEIDON altimetric data and tide gauge data along the coast. Those of M_2 and K_1 constituents agree well with the existing ones estimated from only tide gauge data at coastal stations. Those of S_2 are similar to those of M_2 and those of O_1 and P_1 are similar to those of K_1 . The amplitude of S_a constituent is large at the northeastern and southwestern parts of the South China Sea and its phase differs 180° on both sides. There are two amphidromic points of S_a constituent off the Vietnam Coast.

1. Introduction

The South China Sea is a marginal sea with the shallow parts less than 200 m in the Gulfs of Thailand and Tongking and the deep part of about 4000 m at the central region (Fig. 1a). The characteristics of tidal wave in the South China Sea have been investigated by FANG (1986) and HUANG *et al.* (1994) and the numerical experiment on tidal wave propagation there was carried out by YE and ROBINSON (1983). In recent years, MAZZEGA and BERGE (1994) drew the co-tidal and co-range charts of eight leading tidal constituents (M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 and Q_1) in the South China Sea by inverting combined sets of tide gauge harmonic constants and a reduced sets of TOPEX/POSEIDON satellite altimetric data. On the other hand, YANAGI *et al.* (1997) succeeded to clarify the characteristics of tidal phenomena in the East China Sea and the Yellow Sea by the harmonic analysis of the altimetric data from TOPEX/POSEIDON.

In this paper, we try to reveal the characteristics of major six tidal constituents (M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , P_1 and S_a) in the South China Sea with use of the altimetric data from TOPEX/POSEIDON on the basis of the method developed by YANAGI *et al.* (1997) and compare our results with the existing tidal charts by FANG (1986)

and MAZZEGA and BERGE (1994).

2. Altimetric data

The satellite TOPEX/POSEIDON was launched in August 1992 and has continued to obtain the altimetric data every about 10 days along 17 observation lines in the South China Sea as shown in Fig. 1 (b). The data are provided as Merged Geophysical Data Record (MGDR) by the Physical Oceanography Distributed Active Archive Center at Jet Propulsion Laboratory, U.S.A. We use the data by only TOPEX altimeter from Cycle 1 (September 1992) until Cycle 101 (June 1994) in this analysis. Since POSEIDON altimeter had unknown bias of the order of 20 cm to TOPEX one, we did not use the data by POSEIDON altimeter in this study (This problem was solved by NASA in July 1996 and we can use also POSEIDON data now).

Standard data correction including electromagnetic bias correction, ionospheric correction, dry and wet tropospheric correction and solid earth tide correction were made using the values provided in the MGDR. However we do not carry out any procedure to remove the radial orbit error because the tidal component may be missing by this correction. The radial orbit error has a wave length of circumference of the earth and has the value of about 3 cm (FU *et al.*, 1994). This is very small compared to the tidal signal in the South China Sea and

*Department of Civil and Ocean Engineering,
Ehime University, Matsuyama 790, Japan

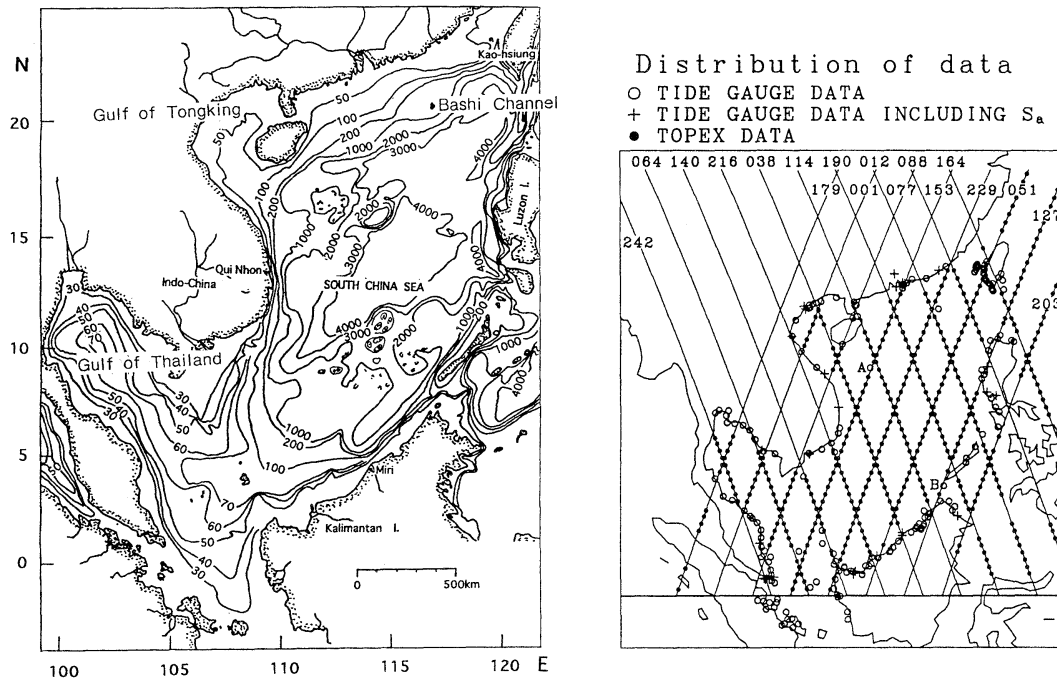


Fig. 1. The South China Sea (a) and the observation lines of TOPEX/POSEIDON and tide gauge stations (b). A and B denote the points where the results by TOPEX altimetric data are compared with the tide gauge data.

other important signal related to the sea surface dynamic topography may be missed by this correction.

The data of both ascending and descending tracks are used after editing the data to remove the abnormal values by the malfunction of instrument. Next we remove the extreme altimetric values larger than ± 3 m from the temporal mean of all data because the maximum spring tidal amplitude becomes about 2 m in the South China Sea (HUANG *et al.*, 1994). Data are originally obtained every about 1 second; every about 6.2 km along the satellite tracks but the data points differ every mission. Hence we linearly interpolated every data at the fixed points with 6.2 km interval along the subsatellite track which is the projection of satellite track on the sea surface as shown in Fig. 1 (b).

The altimetry data after the initial correction $S(r, t)$ is expressed by the followings,

$$S(r, t) = \eta(r) + \eta^*(r, t) \quad (1)$$

Here $\eta(r)$ denotes the temporal mean of all

data at station r , $\eta^*(r, t)$ the temporal deviation which includes the temporal variation of sea surface dynamic topography, tide, temporal variation of radial orbit error and measurement error. We use $\eta^*(r, t)$ for the harmonic analysis.

3. Harmonic analysis

Tidal amplitudes at three representative stations along the coast in the South China Sea: Kao-Hsing, Qui-Nhon and Miri (see Fig. 1), are shown in Fig. 2 (Tidal harmonic constants are kindly provided by the Japan Oceanographic Data Center). The K_1 constituent is the most dominant one and it is 36.0 cm at Miri, 32.9 cm at Qui-Nhon and 15.6 cm at Kao-Hsing. We consider the tidal constituents whose amplitude are larger than 7 cm in this analysis, i.e. S_a , K_1 , O_1 , P_1 , M_2 and S_2 , because the accuracy of TOPEX/POSEIDON altimeter is about 5 cm (FU *et al.*, 1994).

At first we did not include S_a constituent in this analysis but we could not obtain accurate harmonic constants because it has large

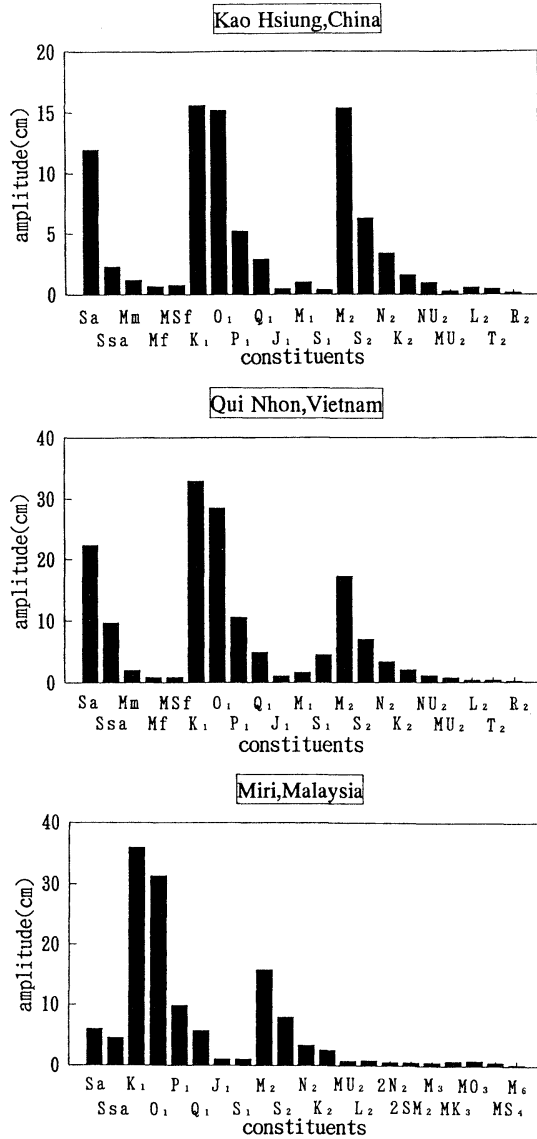


Fig. 2 Tidal amplitudes at three representative tide gauge stations along the coast of the South China Sea.

amplitude in this area as shown in Fig. 2. Then we include S_a constituent in this harmonic analysis though it is not an astronomical tidal constituent but a meteorological one.

The tidal harmonic analysis in this study is carried out with use of the aliasing period from each tidal constituent except S_a because the sampling time of about 10 days by TOPEX is much longer than tidal period of each constituent, that is, semi-diurnal or diurnal periods.

Table 1. Tidal periods and aliasing periods of major tidal constituents.

Tides	Period(hours)	Aliasing Period(days)
M_2	12.420601	62.10
S_2	12.	58.74
K_1	23.93447	173.22
O_1	25.819342	45.71
P_1	24.06589	88.89
S_a	8765.821 (365.245 days)	

The aliasing period T_a from each tidal frequency f is calculated by the following formula,

$$T_a = 1/(2nf_c \pm f) \quad (2)$$

$$f_c = 1/2\Delta t$$

where n denotes a integer part of $t \times f$ ($n=19$ for M_2 tidal constituent), f_c the Nyquist frequency and Δt the sampling interval 9.9156 days. The shortest aliasing period from each semi-diurnal and diurnal constituent is shown in Table 1. We have to pay an attention to the fact that the accuracy of the period is critical for this harmonic analysis because T_a largely changes according to the small change of Δt . This means that we have to use the double precision scheme in the computation (10^{-6} in this case). The necessary sampling time T_a for separating two tidal constituents, whose aliasing periods T_1 and T_2 are close, is calculated by the following formula

$$T_a = T_1 \times T_2 / (T_1 - T_2) / 4 \quad (3)$$

where T_1 is longer than T_2 and the number of 4 means that the 1/4 wave length is necessary at least for the separation of two constituents. From this formula we understand that 0.7 year (277.1 days) is necessary for separating M_2 and S_2 constituents and 51.5 days for separating S_2 and O_1 constituents in the altimetric data. The observation period of about 1000 days in this study is sufficient for the separation of six major tidal constituents.

The tidal harmonic analysis by the least square method is directly carried out with use of unknown amplitudes and phases of 6 constituents. We compare our results at A and B (see Fig. 1 b) with those obtained by the tide gauge observations at islands. The results are

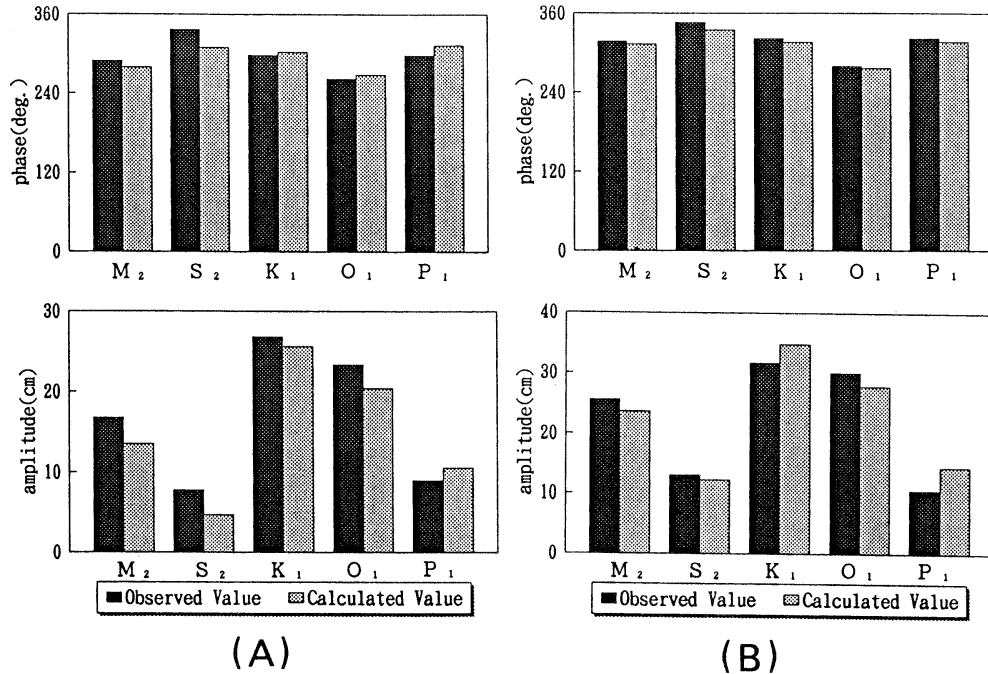


Fig. 3 Comparison of obtained tidal harmonics by TOPEX and tide gauge at A and B. Phase refers to the longitude of observation station.

shown in Fig. 3 except for S_a because there are not observed S_a tidal harmonics at A and B. The agreement between our results and observed ones by tide gauge stations is encouragingly close both for amplitude and phase, i.e. the difference of amplitudes is smaller than 5 cm which is the accuracy of TOPEX altimeter.

4. Results

We draw the co-tidal and co-range charts of six tidal constituents in the South China Sea. At first tidal variation of the sea surface in the whole area by each tidal constituent is reconstructed with use of estimated tidal harmonics along the coast and those along the subsatellite tracks shown in Fig. 1 (b). The tidal variation of the sea surface except the subsatellite track are interpolated with use of the exponential function as follows,

$$\xi(x) = \frac{\sum_i W(x, r_i) \tau(r_i)}{\sum_i W(x, r_i)} \quad (4)$$

$$W(x, r_i) = \exp\left\{-\frac{(r_i - x)^2}{L^2}\right\}$$

where $\xi(x)$ denotes the interpolated sea surface height, x the position of interpolation, r_i the position where tidal harmonics are already obtained, $\tau(r_i)$ the sea surface height at r_i and L ($=185\text{km}$) the decorrelation radius, which is decided by the distance of neighboring subsatellite tracks. The interpolation is carried out at every $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ mesh point. If there are not two observation stations within the circle of $1.5 \times L$, the interpolation is not carried out at that point. After the estimation of temporal variation of sea surface height in one tidal cycle, we carry out the tidal harmonic analysis at every $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ mesh point in the whole area and obtained tidal harmonics there.

The obtained co-range and co-tidal charts of M₂ constituent are shown in Fig. 4 (a) and (b) with those estimated by FANG (1986) and MAZZEGA and BERGE (1994). The agreement of three figures are good with small discrepancies. The positions of amphidromic point at the central part of the Gulf of Thailand by ours and by FANG (1986) are nearly the same but that by MAZZEGA and BERGE (1994) is a little different. There is no amphidromic point between

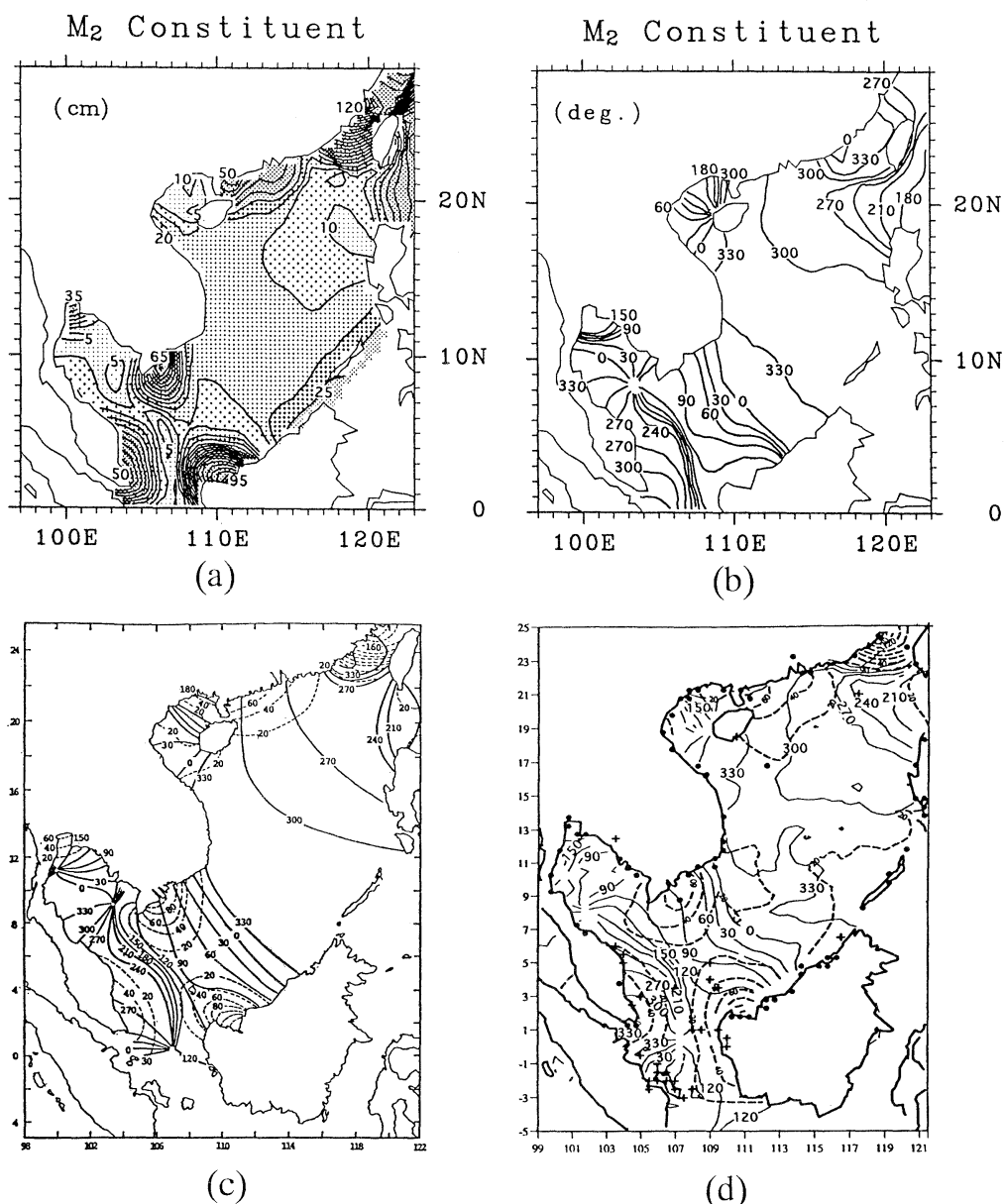
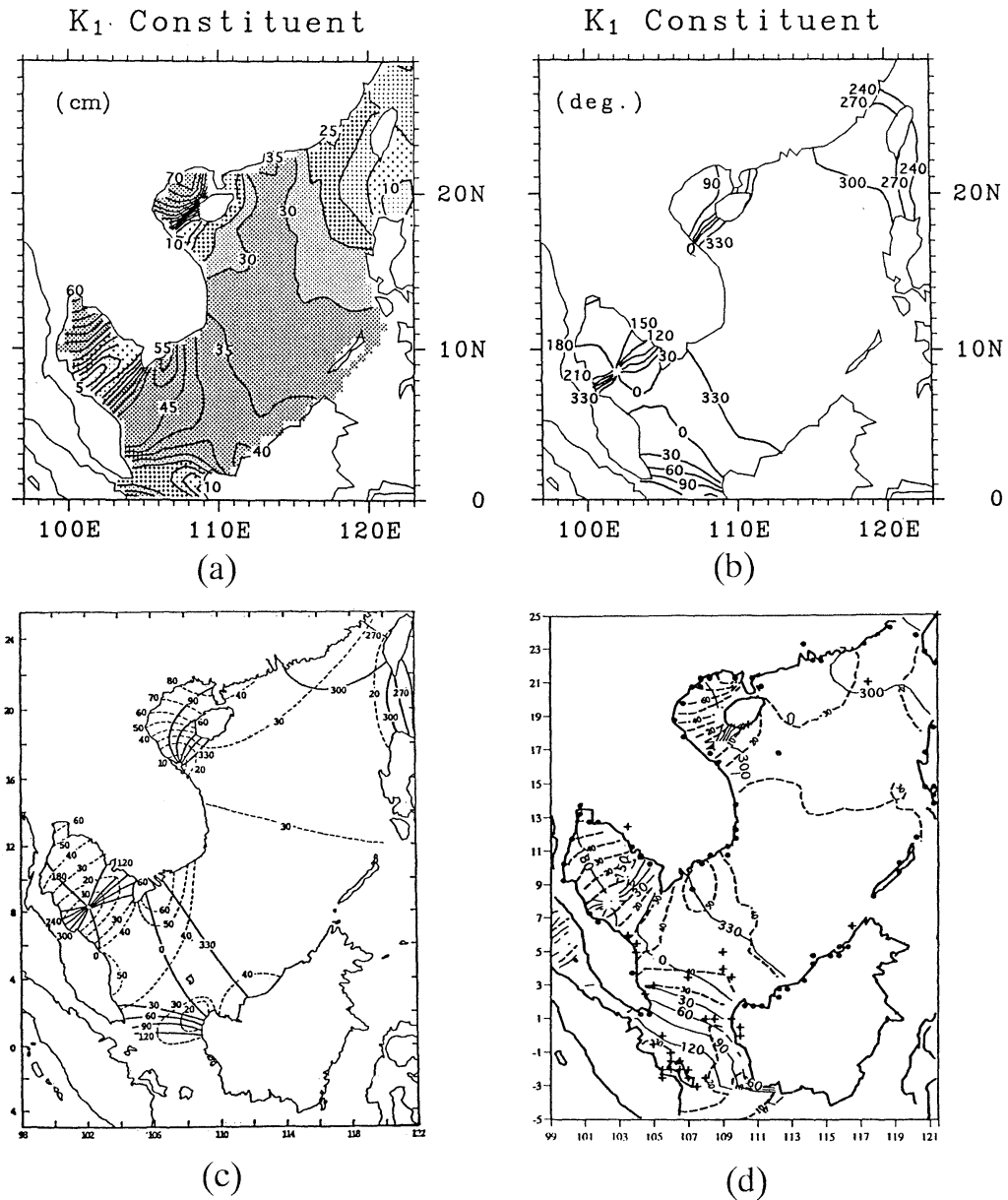


Fig. 4 Co-range (a) and co-tidal (b) charts of M_2 constituent by TOPEX and those by Fang (1986) (c) and those by Mezzega and Berge (1994) (d). Phase refers to 135°E .

the Malay peninsula and Borneo island only by our result and this is due to that it is located near the boundary of our analysis area. Another amphidromic point exists at the head of Gulf of Thailand by FANG (1986) but there is no amphidromic point by ours and MAZZEGA and BERGE (1994). Those of K_1 constituent are shown in Fig. 5 (a) and (b) with those

estimated by FANG (1986) and MAZZEGA and BERGE (1994). The agreement of three figures are good except that the co-range charts at the central part of the South China Sea are different. The 30 cm amplitude line runs from west to east by FANG (1986) and MAZZEGA and BERGE (1994) but it runs from north to south by ours.

Fig. 5 Same as Fig. 4 except K₁ constituent.

The co-tidal and co-range charts of other three constituents, S₂, O₁ and P₁ are shown in Fig. 6 without those by existing charts because there are no published charts for these three constituents. Those of S₂ constituent are similar to those of M₂ and those of O₁ and P₁ to K₁, respectively.

The co-range and co-tidal charts of S_a

constituent are shown in Fig. 7 and its amplitude is large in the northeastern and southwestern parts of the South China Sea. The phase in both sides differ by about 180°. There are two amphidromic points off southeastern Vietnam coast.

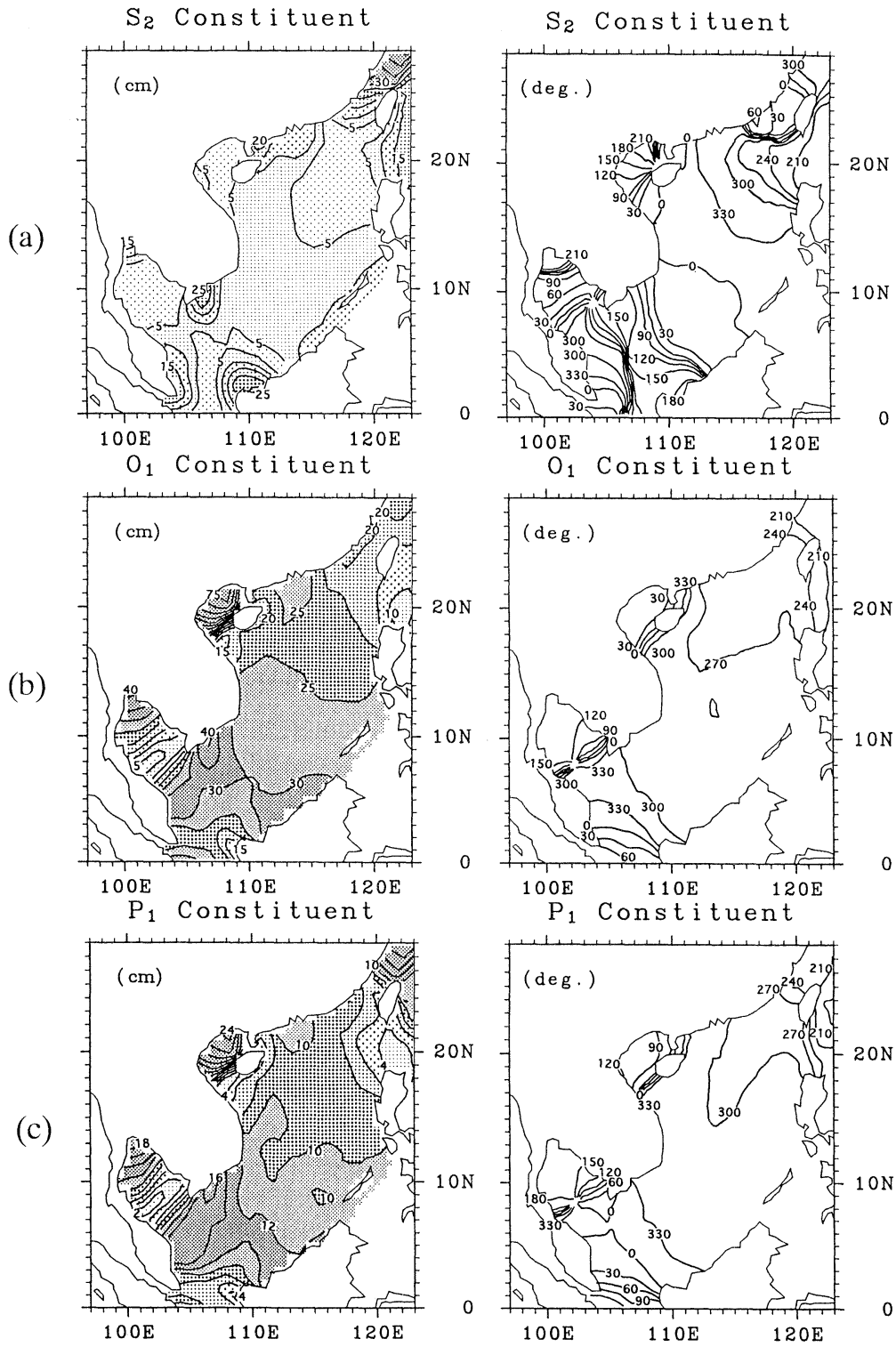


Fig. 6 Co-range and co-tidal charts of S_2 (a), O_1 (b) and P_1 (c) constituents. Phase refers to 135°E .

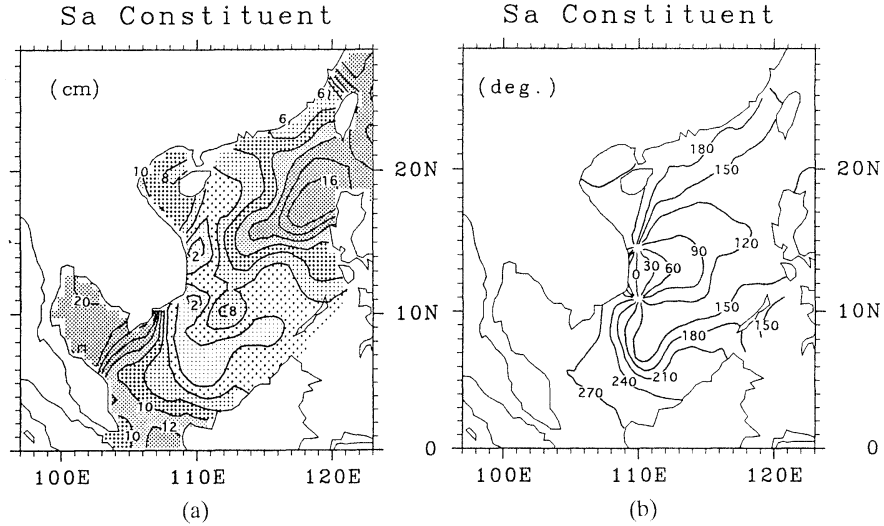


Fig. 7 Co-range and co-tidal charts of S_a constituent.

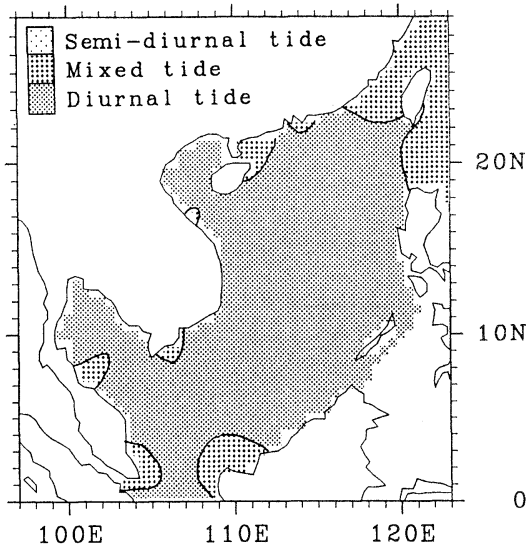


Fig. 8 Horizontal distribution of tidal type in the South China Sea.

5. Discussions

The horizontal distribution of tidal type $F\{=(H_{K_1}+H_{O_1})/(H_{M_2}+H_{S_2})$ in which H means the amplitude} in the South China Sea obtained by the present study on the basis of altimetric data and tide gauge data is shown in Fig. 8. The diurnal type is defined as $F > 1.25$, the semidiurnal type as $F < 0.25$ and the mixed type as $1.25 > F > 0.25$. There is no region where

the semidiurnal tide dominates and the diurnal tide dominates nearly in the whole region of the South China Sea. The M_2 and K_1 tidal waves mainly intrude from the Pacific Ocean through Bashi Channel with nearly the same amplitude of about 10 cm and propagate southwestward but the amplitude of K_1 tide is larger (about 30 cm) than that of M_2 tide (about 15 cm) at the central part in the South China Sea as shown in Fig (4) and (5). This may be accounted for the resonance, that is, the natural oscillating period (T_n) of the South China Sea is near the diurnal period. The first mode of T_n of the South China Sea (T_{n1}) is calculated by

$$T_{n1} = AL/\sqrt{gh} \quad (5)$$

where L ($=2500$ km) denotes the length from Bashi Channel to the east coast of Malay Peninsula, g ($=9.8 \text{ ms}^{-2}$) the gravitational acceleration and h ($=1500$ m) the mean depth of the South China Sea. Estimated T_{n1} from Eq (5) is 22.9 hours and near to the diurnal period. The co-phase lines of K_1 constituent are crowded at Bashi Channel and the node of standing wave is situated here. The phase difference of K_1 constituent between the Bashi Channel and the east coast of Malay Peninsula is near 90° as shown in Fig 5 (b). The characteristics of O_1 and P_1 constituents are nearly the same as K_1 as shown in Fig. 6.

The phase of 140° of S_a constituent means mid August because it refers to Vernal Equinox Day (around 21 March) and S_a constituent takes its maximum in August at the northeastern part and in December at the southwestern part. These facts suggest that the main cause of S_a constituent in the South China Sea is the monsoon wind blowing, that is, the southwest monsoon wind in boreal summer piles up the water at the northeastern part and the northeast monsoon wind in boreal winter piles up the water at the southwestern part of the South China Sea. The maximum amplitude of S_a constituent is appeared off Luzon Island and the head of Gulf of Thailand and these areas are situated at the right hand side to the downwind direction. This may be due to the surface Ekman transport.

The local amplification mechanisms of diurnal of semi-diurnal constituents, the generation mechanism of amphidromic points in the Gulfs of Thailand and Tongking and the reason of a small difference between our charts and those by FANG (1986) and MAZZEGA and BERGE (1994) will be discussed in the succeeding paper with use of numerical experiments.

Acknowledgement

The authors express their sincere thanks to Drs. H. TAKEOKA and K. ICHIKAWA of Ehime University for their fruitful discussion.

References

- FANG, G. (1986): Tide and tidal current charts for the marginal seas adjacent China. *Chin. J. of Oceanology and Limnology*, **4**, 1–16.
- FU, L., E. J. CHRISTENSEN, C. A. YAMARONE Jr., M. LEFEBRE, Y. MENARD, M. DORRER and P. ESCUDIER (1994): TOPEX/POSEIDON mission overview. *J. Geophys. Res.*, **99**, C12, 24, 369–24, 381.
- HUANG, Q., W. WANG and J. CHEN (1994): Tides, tidal currents and storm surge set-up of South China Sea. *In Oceanology of China Sea*, Vol. 1, ZHOU, D. *et al.*, (ed), Kluwer Academic Publisher, 113–122.
- MAZZEGA, P. and M. BERGE (1994): Ocean tides in the Asian semienclosed sea from TOPEX/POSEIDON. *J. Geophys. Res.*, **99**, C12, 24, 867–24, 881.
- YANAGI, T., A. MORIMOTO and K. ICHIKAWA (1997): Co-tidal and co-range charts for the East China Sea and the Yellow Sea derived from satellite altimetry data. *J. Oceanogr.*, **53**, 303–309.
- YE, A. L. and I. S. ROBINSON (1983): Tidal dynamics in the South China Sea. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, **72**, 691–707.

Received August 20, 1996

Accepted May 8, 1997

Laplace の tidal equation の解 (東西方向に zonal でない場合 の解法 : continued fraction による収束性) について II

松島 晟*・古賀雅夫*・福山 豊*・後藤信行**

On the solution of Laplace's tidal equation (The convergence of the solution by the continued fraction method in the non-zonal case towards the east) II

Akira MATSUSHIMA*, Masao KOGA*, Yutaka FUKUYAMA* and Nobuyuki GOTO**

Abstract: In the previous papers, some of the present authors studied on the atmospheric oscillation, using one of continued fraction-methods developed by HOUGH in order to solve Laplace's tidal equation.

In the present paper, the present authors study on the possibility of approximate solution of the tidal equation by several methods of (A1), (A2), (A3), (B), (C1), and (C2) and on the eigenvalues of it, that is, equivalent depths only if they can be obtained. Then the present authors get the same results as in one of the previous papers, that is ;

- (i) the convergence of the solution becomes better as the angular frequency becomes larger.
- (ii) as the difference between n and k , where n is the wave mode towards the south and k is the angular wave number towards the east, becomes larger the convergence of the solution becomes worse. On the other hand, when $(n-k)=0$ or 1 a good result can be obtained in almost any case.

1. 緒言

以前の論文で大気の自由振動または強制振動の場合で HOUGH による continued fraction 法 (HOUGH, 1897, 1898) による解の収束性について調べた。著者たちの前の論文(1) (古賀他, 1991), (2) (松島他, 1991) では, 東西方向に zonal な場合を, 論文(3) (松島・古賀, 1992) では zonal でない場合を扱った。とくに, 論文(3)では continued fraction による LHK 法を調べた。この方法は解の収束性はあまり良くなかった。その後うまくいかない場合について LHK 法の数学的な改良を試みたがうまくいかなかった。そこで, 本論文でもやはり HOUGH の今一つの方法 (MFf 方法と名付ける) の解の

収束性について調べる。また MFf 法の解を確かめるため, 対応する matrix を QR 法で解を求めた。

2. Continued fraction による解法の基礎 (MFf 法)

前の論文(3)で次の式を説明した。この論文ではこの式に基づいて, MFf 法を説明する。すなわち,

$$\frac{4\omega^2 a^2 \zeta}{ghs^2} + \frac{d}{d\mu} \left[\frac{(1-\mu^2) \frac{d\zeta}{d\mu} - s\mu\zeta}{k^2 - s^2\mu^2} \right] - \frac{k^2 \zeta}{(1-\mu^2)(k^2 - s^2\mu^2)} + \frac{s\mu}{k^2 - s^2\mu^2} \frac{d\zeta}{d\mu} = 0 \quad (1)$$

ただし,

$$\mu = \cos \theta; s = \frac{2\omega k}{\beta} = \frac{k}{f} \quad (2)$$

また,

$$f = \frac{\beta}{2\omega} \quad (3)$$

である。記号については前の論文を参照されたい。

ここで, ϕ_1 と ϕ_2 を任意の関数として

*長崎大学教育学部物理学教室, 〒852 長崎市文教町 1-14

Department of Physics, Faculty of Education
Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Na-
gasaki City Nagasaki, 852 Japan.

**長崎大学教養部物理学教室, 〒852 長崎市文教町 1-14
Department of Physics, Faculty of Liberal Arts
Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Na-
gasaki City Nagasaki, 852 Japan.

$$\zeta = - \left\{ (1-\mu^2) \frac{d}{d\mu} + s\mu \right\} \phi_1 - (k^2 - s^2\mu^2) \phi_2 \quad (4)$$

と仮定し, さらに, ϕ_1 と ϕ_2 の間に

$$(\nabla^2 + s)\phi_1 = 2s^2\mu\phi_2 \quad (5)$$

が成り立つと仮定する。ここで,

$$\nabla^2 = \frac{d}{d\mu} \left\{ (1-\mu^2) \frac{d}{d\mu} \right\} - \frac{k^2}{1-\mu^2} \quad (6)$$

である。これらを用いると, (1)は

$$\frac{4\omega^2 a^2}{ghs^2} \zeta + (\nabla^2 - s^2)\phi_2 = 0 \quad (7)$$

(4), (5), (7)に次の展開式(8), (9), (10)を代入する。

$$\zeta = \sum_{n=k}^{\infty} C_n^k P_n^k \quad (8)$$

$$\phi_1 = \sum_{n=k}^{\infty} D_n^k P_n^k \quad (9)$$

$$\phi_2 = \sum_{n=k}^{\infty} G_n^k P_n^k \quad (10)$$

ここで P_n^k はルジャンドルの陪関数である。その結果, 次の式が得られる。

$$\frac{4\omega^2 a^2}{ghs^2} C_n^k = -[n(n+1)+s] G_n^k \quad (11)$$

$$-[n(n+1)-s] D_n^k = 2s^2 \left[G_{n-1}^k \frac{n-1}{2n-1} + G_{n+1}^k \frac{n+k+1}{2n+3} \right] \quad (12)$$

$$C_n^k = -k^2 G_n^k - \frac{1}{2} \left\{ D_{n-1}^k \frac{[(n-1)(n-2)+s](n-k)}{2n-1} + D_{n+1}^k \frac{[(n+2)(n+3)+s](n+k+1)}{2n+3} \right\} \quad (13)$$

ここで, 次式で新しい記号 N_n^k と U_n^k を定義する。

$$N_n^k = n(n+1)-s \quad (14)$$

$$N_n^k U_n^k = \frac{(n+1)^2(n-k)}{2n-1} C_{n-1}^k + \frac{n^2(n+k+1)}{2n+3} C_{n+1}^k \quad (15)$$

そこで, (11), (12), (13)と(14), (15)から次の式が得られる。

$$\frac{(n+1)^2(n-k)}{2n-1} U_{n-1}^k + \frac{n^2(n+k+1)}{2n+3} U_{n+1}^k = M_n^k C_n^k \quad (16)$$

ここで,

$$M_n^k = \frac{k^2}{s^2} [n(n+1)-s] - \frac{gh}{4\omega^2 a^2} n^2(n+1) \quad (17)$$

さらに, (15)を用いれば, (16)より

$$M_n^k - \left[\frac{A_{n-1}^k}{N_{n-1}^k} - \frac{A_{n-2}^k}{M_{n-2}^k} \dots \right] - \left[\frac{A_n^k}{N_{n+1}^k} - \frac{A_{n+2}^k}{M_{n+2}^k} \dots \right] = 0 \quad (18)$$

が得られる。ここで A_n^k は,

$$A_n^k = \frac{(n+2)^2 n^2 (n-k+1)(n+k+1)}{(2n+1)(2n+3)} \quad (19)$$

また, 同様に(16)を用いれば(15)より

$$N_n^k - \left[\frac{A_{n-1}^k}{M_{n-1}^k} - \frac{A_{n-2}^k}{N_{n-2}^k} \dots \right] - \left[\frac{A_n^k}{M_{n+1}^k} - \frac{A_{n+1}^k}{N_{n+2}^k} \dots \right] = 0 \quad (20)$$

が得られる。ここで, さらに次の4個の continued fraction の記号を用いる。

$$e_n^k = \frac{A_{n-1}^k}{M_n^k} - \frac{A_n^k}{N_{n+1}^k} - \frac{A_{n+1}^k}{M_{n+2}^k} \dots \quad (21)$$

$$F_n^k = \frac{A_n^k}{M_n^k} - \frac{A_{n-1}^k}{M_{n-1}^k} - \frac{A_{n-2}^k}{N_{n-2}^k} \dots \quad (22)$$

$$f_n^k = \frac{A_{n-1}^k}{N_n^k} - \frac{A_n^k}{M_{n+1}^k} - \frac{A_{n+1}^k}{N_{n+2}^k} \dots \quad (23)$$

$$E_n^k = \frac{A_n^k}{M_n^k} - \frac{A_{n-1}^k}{N_{n-1}^k} - \frac{A_{n-2}^k}{M_{n-2}^k} \dots \quad (24)$$

これらを用いると(21), (22), (23), (24)は次のようになる。

$$e_n^k = \frac{A_{n-1}^k}{M_n^k - f_{n+1}^k} \quad (25)$$

$$F_n^k = \frac{A_n^k}{N_n^k - E_{n-1}^k} \quad (26)$$

$$f_n^k = \frac{A_{n-1}^k}{N_n^k - e_{n+1}^k} \quad (27)$$

$$E_n^k = \frac{A_n^k}{M_n^k - F_{n-1}^k} \quad (28)$$

また(18), (20)は次のようになる。

$$M_n^k - F_{n-1}^k - f_{n+1}^k = 0 \quad (29)$$

$$N_n^k - E_{n-1}^k - e_{n+1}^k = 0 \quad (30)$$

次の章で(29), (30)を用いて, 数値計算をして解を求める。

3. 実際の数値計算方法

全体として根の近似計算では $M_n^k = 0$ よりまず根を求め, この根を用いて f_{n+1}^k, F_{n-1}^k 等を計算する。さらに次の近似根を求めるとき, f_{n+1}^k を用いるならば $f_{n+1}^k = a_n^k/N_n^k$ 近似とする。ただし(B), (C)の方法の場合を除く。また F_{n-1}^k を用いる場合にはさらに $F_{n-1}^k = a_n^k/N_n^k$ と近似する。しかし, 残差を計算するときはこのような近似を用いないで continued fraction が収束するまでの全ての項を用いる。

3.1 (A1)の方法

段階(1) まず $M_n^k = 0$ より根 $R1$ を求める。この $R1$ を新たに $M_n^k, f_{n+1}^k, F_{n-1}^k$ を計算する。これら $M_n^k, f_{n+1}^k, F_{n-1}^k$, 等を用いて, さらに残差 $E1$ を次の式 $E1 = M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k$ から求める

段階(2) 次に $M_n^k - f_{n+1}^k = 0$ より, 新たに根 $R2$ を求めて, 同じようにして残差 $E2$ を計算する。

段階(3) さらに, 新しい $R2$ を次の線形近似式からもとめる。

$$R2 = \frac{E1 \cdot R2 - E2 \cdot R1}{E1 - E2} \quad (31)$$

次に同様にして, また新しい $E2$ を求める。以後は段階(3)を収束するまで繰り返す。

3.2 (A2)の方法

この方法も本質的には(A1)の方法と同じである。根 $R1$ と根 $R2$ の求め方が少し異なる。

段階(1) $M_n^k - f_{n+1}^k = 0$ より根 $R1$ を求め, さらにこの $R1$ を用いて, $M_n^k, f_{n+1}^k, F_{n-1}^k$ を計算し直して, $E1 = M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k$ より残差 $E1$ を計算する。

段階(2) $M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k = 0$ の新しい根 $R2$ を求め, さらに上と同じようにして, $E2 = M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k$ より新しい残差 $E2$ を計算する。

段階(3) 上の $R1, E1$ と $R2, E2$ より式(31)を用いて新たに $R2$ を求め, この $R2$ よりまた新しい $E2$ を計算する。以後は段階(3)の繰り返しである。ただし, この方法は $n=k$ の場合には $F_{n-1}^k = 0$ となるから, $M_n^k - f_{n+1}^k = 0$ の根と同じになる。

3.3 (A3)の方法

この方法は(A1), (A2)の方法と殆ど同じである。ここでは簡単に説明する。 $M_n^k = 0$ より根 $R1$ を求め, さらに, (A1), (A2)と同様にして残差 $E1$ を計算する。次に $M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k = 0$ より根 $R2$ を求め, さらに $E2$ を計算する。以後, 新しい $R2, E2$ は(A1), (A2)と同じようにして求める。ここで, $n=k$ の場合には(A1)と同じ結果となる。

3.4 (B)の方法

(A1)と(A2)の結果からとくに continued fraction の収束性に注意して, この収束性を2通りで確かめる。この方法は(A1)と(A2)を結びつけたような方法である。また新たに, 根の近似式で f_{n-1}^k を別の近似を用いてみる。

まず初めに $M_n^k = 0$ より根 $RR0$ をもとめる。この $RR0$ より continued fraction e_n^k, f_n^k の収束性を調べ, 収束するならば次の段階(1)に移る。さらに収束しないときは $M_n^k - f_{n+1}^k = 0$ の根 $RR1$ を求め, また同じように $RR1$ での級数の収束性を調べる。さらに, 収束しない

場合には, この方法での計算は打ち切る。収束する場合は次の段階(1)に移る。

段階(1) さて, 根 $RR0$ または, $RR1$ を用いて, $M_n^k, f_{n+1}^k, F_{n-1}^k$ を計算し, そこで, $M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k = 0$ より $R1$ を求め, この $R1$ より新たに $M_n^k, f_{n+1}^k, F_{n-1}^k$ を計算して, $E1 = M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k$ より, さらに, 残差 $E1$ を求める。ただし, $n=k$ の場合には $F_{n-1}^k = 0$ となる。

段階(2) さらに $M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k = 0$ より新たに根 $R2$ を求める。ただし, ここでは項 f_{n-1}^k を計算するときには f_{n+1}^k に項 e_{n+2}^k まで含ませてある。さらに, この $R2$ を用いて新たに $M_n^k, f_{n+1}^k, F_{n-1}^k$ を計算して, $E2 = M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k$ より残差 $E2$ を求める。

段階(3) 最後に, 段階(1)と段階(2)の $R1, E1$ および $R2, E2$ を用いて, 式(31)から新しい $E2$ を計算する。以後は段階(3)を収束する迄繰り返す。

3.5 (C1)の方法

ここでは, 今までとは少し異なる近似を用いてみる。すなわち,

段階(1) $M_n^k - f_{n+1}^k = 0$ の根を $R1$ として, 残差 $E1$ を

$$E1 = M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k$$

とする。ここで, ダッシュは $R1$ を用いて計算した量を示す。

段階(2) 次に新しい根 $R2$ は, 残差が零になるように選ぶ。すなわち,

$$M_n^k - f_{n+1}^k - F_{n-1}^k = 0$$

ここで, $f_{n+1}^k = f_{n+1}^k, F_{n-1}^k = F_{n-1}^k$ と近似すれば

$$M_n^k = M_n^k - E1$$

となり, 上の式から根 $R2$ を求める。

段階(3) 段階(1)と段階(2)を収束する迄繰り返す。

3.6 (C2)の方法

この方法は(C1)の方法と殆どおなじである。(C1)との違いは段階(3)で式(31)を用いる。

4. 数値計算とその結果

この論文でも, 前の論文と同じように(角)振動数 β を与えて, 固有値として equivalent depth h を求めた。このさい, 解が収束するために二つの条件がある。一つは continued fraction の収束であり, いま一つは解の近似を高めるための繰り返し計算の収束である。continued fraction の収束する項の数は $m/2$ で表され, 実

Table 1. The convergences of the solution of the tidal equation and the equivalent depths obtained by the approximation methods of (A1), (A2), (A3), (B), (C1), and (C2) in a symmetric oscillation of the atmosphere with regards to the equator, and some of the equivalent depths obtained by the QR matrix-method in the same oscillation.

$\beta = 0.19910E-06$		$k = 1$		SYMMETRIC				
	A1	A2	A3	B	C1	C2	h (QR)	
	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L		
n = 1	20 / / 3		20 / / 4	20 / / 12	*	*	1.280E+02	
h	2.570E+03		2.570E+03	4.400E+03	*	*	7.470E+02	
n = 3	*	42 / / 6	*	* /42/ 24	42 / / 34	42 / / 5	1.880E+03	
h	*	5.230E+03	*	7.930E+02	*	9.190E+03	1.620E+04	
n = 5	*	42 / / 7	*	* /42/ 7	42 / / 34	42 / / 7	3.450E+03	
h	*	5.230E+03	*	5.230E+03	*	1.480E+02		
$\beta = 0.39820E-06$		$k = 1$		SYMMETRIC				
	A1	A2	A3	B	C1	C2	h (QR)	
	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L		
n = 1	20 / / 5		20 / / 6	20 / / 6	38 / / 34	38 / / 6	1.830E+05	
h	6.870E+02		6.870E+02	6.870E+02	*	5.910E+02	-4.480E+03	
n = 3	*	34 / / 3	*	* /34/ 17	34 / / 34	34 / / 8	5.290E+02	
h	*	1.260E+04	*	1.830E+04	*	1.260E+04	3.030E+03	
n = 5	*	32 / / 5	*	* /32/ 7	32 / / 34	32 / / 6	7.280E+03	
h	*	1.830E+04	*	1.830E+04	*	7.350E+03		
$\beta = 0.72720E-04$		$k = 1$		SYMMETRIC				
	A1	A2	A3	B	C1	C2	h (QR)	
	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L		
n = 1	*		*	* /20/ 4	20 / / 6	20 / / 3	-1.220E+06	
h	*		*	-1.220E+06	-1.220E+06	-1.220E+06	-1.750E+05	
n = 3	20 / / 8	26 / / 9	20 / / 11	20 / / 7	26 / / 34	26 / / 6	6.900E+04	
h	-1.750E+05	-1.750E+05	6.900E+04	6.900E+04	*	-1.750E+05	-6.440E+04	
n = 5	20 / / 3	*	20 / / 5	20 / / 6	*	*	-3.290E+04	
h	6.900E+04	*	6.900E+04	-1.750E+05	*	*		
n = 7	20 / / 11	*	20 / / 7	20 / / 21	*	*		
h	-1.990E+04	*	-9.400E+03	-9.400E+03	*	*		
$\beta = 0.14544E-03$		$k = 2$		SYMMETRIC				
	A1	A2	A3	B	C1	C2	h (QR)	
	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L		
n = 2	20 / / 2		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	20 / / 2	7.840E+05	
h	7.840E+05		7.840E+05	7.840E+05	7.840E+05	7.840E+05	2.100E+05	
n = 4	20 / / 4	20 / / 3	20 / / 4	20 / / 4	20 / /16	20 / / 4	9.550E+04	
h	2.100E+05	2.100E+05	2.100E+05	2.100E+05	2.100E+05	2.100E+05	5.420E+04	
n = 6	20 / / 7	20 / / 3	20 / / 5	20 / / 6	20 / / 34	20 / / 11	3.480E+04	
h	2.100E+05	9.550E+04	9.550E+04	9.550E+04	*	2.420E+04	2.430E+04	
n = 8	20 / / 3	20 / / 5	20 / / 7	20 / / 19	20 / / 34	20 / / 4		
h	9.550E+04	9.550E+04	9.550E+04	9.550E+04	*	9.550E+04		
$\beta = 0.14052E-03$		$k = 2$		SYMMETRIC				
	A1	A2	A3	B	C1	C2	h (QR)	
	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L		
n = 2	20 / / 2		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	20 / / 2	7.060E+05	
h	7.060E+05		7.060E+05	7.060E+05	7.060E+05	7.060E+05	1.840E+05	
n = 4	20 / / 4	20 / / 3	20 / / 4	20 / / 3	20 / / 34	20 / / 5	8.240E+04	
h	1.840E+05	1.840E+05	1.840E+05	1.840E+05	*	1.840E+05	4.620E+04	
n = 6	20 / / 1	20 / / 4	20 / / 6	20 / / 5	20 / / 34	20 / / 7	2.950E+04	
h	1.840E+05	8.240E+04	1.840E+05	1.840E+05	*	2.950E+04		
n = 8	20 / / 2	20 / / 4	20 / / 6	20 / / 14	20 / / 34	20 / / 3		
h	8.240E+04	8.240E+04	8.240E+04	8.240E+04	*	8.240E+04		
$\beta = 0.21817E-03$		$k = 3$		SYMMETRIC				
	A1	A2	A3	B	C1	C2	h (QR)	
	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L		
n = 3	20 / / 1		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 1	20 / / 1	1.280E+06	
h	1.280E+06		1.280E+06	1.280E+06	1.280E+06	1.280E+06	5.080E+05	
n = 5	20 / / 2	20 / / 1	20 / / 2	20 / / 1	20 / / 3	20 / / 2	2.710E+05	
h	5.080E+05	5.080E+05	5.080E+05	5.080E+05	5.080E+05	5.080E+05	1.680E+05	
n = 7	20 / / 2	20 / / 1	20 / / 2	20 / / 1	20 / / 4	20 / / 3		
h	2.710E+05	2.710E+05	2.710E+05	2.710E+05	2.710E+05	2.710E+05		
n = 9	20 / / 2	20 / / 1	20 / / 2	20 / / 1	20 / / 5	20 / / 3		
h	1.680E+05	1.680E+05	1.680E+05	1.680E+05	1.680E+05	1.680E+05		

β is an angular frequency, k is an angular wave number towards the east, n is a wave mode towards the south, L is the number of iteration in the approximate calculation and $m/2$ (or $m'/2$) is the number of terms of a continued fraction necessary to obtain somewhat exact value of the continued fraction.

Table 3. The convergence and the equivalent depths with other k in a symmetric or an antisymmetric oscillation of the atmosphere with regards to the equator.

$\beta = 0.72720E-04$							
$k = 3$	SYMMETRIC		h (QR)	$k = 2$	ANTISYMMETRIC		h (QR)
	A1	A2			A1	A2	
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 3	20 / / 9		-1.470E+05	n = 3	20 / / 8	24 / / 5	-3.670E+05
h	5.520E+04		5.520E+04	h	-9.640E+04	-3.670E+05	-9.640E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 5	20 / / 5 *		-5.940E+04	n = 5	20 / / 6	42 / / 8	-4.380E+04
h	5.520E+04 *		-3.150E+04	h	-6.730E+03	-9.640E+04	-2.490E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 7	20 / / 24 *		-1.940E+04	n = 7	20 / / 4 *		
h	-1.470E+05 *			h	2.330E+04 *		
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 9	20 / / 11 *			n = 9	20 / / 5 *		
h	1.310E+03 *			h	2.330E+04 *		
$\beta = 0.14544E-03$							
$k = 3$	SYMMETRIC		h (QR)	$k = 2$	ANTISYMMETRIC		h (QR)
	A1	A2			A1	A2	
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 3	20 / / 3		4.720E+05	n = 3	20 / / 4	20 / / 4	3.360E+05
h	4.720E+05		1.610E+05	h	3.360E+05	3.360E+05	1.360E+05
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 5	20 / / 4	20 / / 4	7.980E+04	n = 5	20 / / 6	20 / / 4	7.050E+04
h	1.610E+05	1.610E+05	4.730E+04	h	1.360E+05	1.360E+05	2.880E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 7	20 / / 8	20 / / 3	3.130E+04	n = 7	20 / / 5	20 / / 7	
h	7.980E+04	7.980E+04		h	1.360E+05	7.050E+04	
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 9	20 / / 5	20 / / 11		n = 9	20 / / 3	20 / / 4	
h	7.980E+04	7.980E+04		h	7.050E+04	7.050E+04	
$\beta = 0.14052E-03$							
$k = 3$	SYMMETRIC		h (QR)	$k = 2$	ANTISYMMETRIC		h (QR)
	A1	A2			A1	A2	
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 3	20 / / 3		4.300E+05	n = 3	20 / / 4	20 / / 4	3.240E+05
h	4.300E+05		1.430E+05	h	3.240E+05	3.240E+05	1.180E+05
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 5	20 / / 4	20 / / 4	7.020E+04	n = 5	20 / / 6	20 / / 3	6.050E+04
h	1.430E+05	1.430E+05	4.120E+04	h	1.180E+05	1.180E+05	3.650E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 7	20 / / 8	20 / / 3	2.710E+04	n = 7	20 / / 5	20 / / 8	
h	1.430E+05	7.020E+04		h	1.180E+05	1.180E+05	
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 9	20 / / 4	20 / / 6		n = 9	20 / / 4	20 / / 5	
h	7.020E+04	7.020E+04		h	6.050E+04	6.050E+04	
$\beta = 0.21817E-03$							
$k = 4$	SYMMETRIC		h (QR)	$k = 3$	ANTISYMMETRIC		h (QR)
	A1	A2			A1	A2	
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 4	20 / / 2		8.140E+05	n = 4	20 / / 3	20 / / 2	7.650E+05
h	8.140E+05		3.730E+05	h	7.650E+05	7.650E+05	3.620E+05
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 6	20 / / 3	20 / / 2	2.140E+05	n = 6	20 / / 3	20 / / 2	2.100E+05
h	3.730E+05	3.730E+05	1.390E+05	h	3.620E+05	3.620E+05	1.370E+05
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 8	20 / / 3	20 / / 2	9.800E+04	n = 8	20 / / 3	20 / / 2	9.710E+04
h	2.140E+05	2.140E+05		h	2.100E+05	2.100E+05	
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L	
n = 10	20 / / 3	20 / / 2		n = 10	20 / / 4	20 / / 2	
h	1.390E+05	1.390E+05		h	1.370E+05	1.370E+05	

Table 4. The convergence and the equivalent depths vaying k with keeping n constant.

$\beta = 0.72720E-04$						
$n = 7$	SYMMETRIC		h (QR)	$n = 7$	ANTISYMMETRIC	
	A1	A2	A1 / A2		A1	A2
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 1$	20 / / 12	*		$k = 2$	20 / / 4	*
h	-1.990E+04	*	? / *	h	2.330E+04	*
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 3$	20 / / 24	*		$k = 4$	20 / / 5	*
h	-1.470E+05	*	? / *	h	1.980E+04	*
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 5$	20 / / 12	34 / / 13		$k = 6$	20 / / 9	26 / / 6
h	-5.160E+04	-1.830E+04	? / ?	h	1.540E+04	-4.200E+03
	m / m' / L	m / m' / L				
$k = 7$	20 / / 4					
h	2.360E+04		o /			
$\beta = 0.14544E-03$						
$n = 8$	SYMMETRIC		h (QR)	$n = 8$	ANTISYMMETRIC	
	A1	A2	A1 / A2		A1	A2
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 2$	20 / / 4	20 / / 6		$k = 1$	20 / / 4	20 / / 5
h	9.550E+04	9.550E+04	? / ?	h	8.270E+04	8.270E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 4$	20 / / 6	20 / / 4		$k = 3$	20 / / 6	20 / / 4
h	6.730E+04	6.730E+04	o / o	h	1.100E+05	6.040E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 6$	20 / / 4	20 / / 3		$k = 5$	20 / / 4	20 / / 4
h	8.320E+04	8.320E+04	o / o	h	7.490E+04	7.490E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 8$	20 / / 2			$k = 7$	20 / / 3	20 / / 3
h	1.020E+05		o /	h	9.230E+04	9.230E+04
$\beta = 0.14052E-03$						
$n = 8$	SYMMETRIC		h (QR)	$n = 8$	ANTISYMMETRIC	
	A1	A2	A1 / A2		A1	A2
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 2$	20 / / 3	20 / / 5		$k = 1$	20 / / 5	20 / / 6
h	8.240E+04	8.240E+04	? / ?	h	6.770E+04	6.770E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 4$	20 / / 9	20 / / 4		$k = 3$	20 / / 5	20 / / 5
h	5.990E+04	5.990E+04	o / o	h	9.440E+04	5.290E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 6$	20 / / 4	20 / / 4		$k = 5$	20 / / 5	20 / / 4
h	7.570E+04	7.570E+04	o / o	h	6.750E+04	6.750E+04
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 8$	20 / / 2			$k = 7$	20 / / 3	20 / / 3
h	9.470E+04		o /	h	8.480E+04	8.480E+04
$\beta = 0.21817E-03$						
$n = 9$	SYMMETRIC		h (QR)	$n = 9$	ANTISYMMETRIC	
	A1	A2	A1 / A2		A1	A2
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 3$	20 / / 3	20 / / 2		$k = 2$	20 / / 4	20 / / 3
h	1.680E+05	1.680E+05	o / o	h	1.670E+05	1.670E+05
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 5$	20 / / 3	20 / / 2		$k = 4$	20 / / 3	20 / / 2
h	1.750E+05	1.750E+05	o / o	h	1.710E+05	1.710E+05
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 7$	20 / / 3	20 / / 2		$k = 6$	20 / / 3	20 / / 2
h	1.850E+05	1.850E+05	o / o	h	1.790E+05	1.790E+05
	m / m' / L	m / m' / L			m / m' / L	m / m' / L
$k = 9$	20 / / 2			$k = 8$	20 / / 2	20 / / 2
h	1.990E+05		o /	h	1.920E+05	1.920E+05

o, *, and ? indicate successful, unsuccessful, and questionable cases, respectively.

Table 5. The convergence and the equivalent depths varying k with keeping n equal to k .

SYMMETRIC		A1	A2	A3	h (QR)
$\beta = 0.19910E-06$					
k = 2	n = 2	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	4.090E+01
h		22 / / 7	22 / / 7	22 / / 7	2.730E+02
		9.160E+02	9.160E+02	9.160E+02	
k = 4	n = 4	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	1.460E+01
h		30 / / 8	30 / / 8	30 / / 8	1.080E+02
		1.060E+02	1.060E+02	1.060E+02	
k = 6	n = 6	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	8.04E+00
h		38 / / 10	38 / / 10	38 / / 10	6.220E+01
		-1.220E+00	-1.220E+00	-1.220E+00	
$\beta = 0.39820E-06$					
k = 2	n = 2	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	1.270E+02
h		24 / / 8	24 / / 8	24 / / 8	7.330E+02
		9.270E+02	9.270E+02	9.270E+02	
k = 4	n = 4	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	3.840E+01
h		32 / / 4	32 / / 4	32 / / 4	2.490E+02
		5.640E+02	5.640E+02	5.640E+02	
k = 6	n = 6	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	2.000E+01
h		42 / / 7	42 / / 7	42 / / 7	1.380E+02
		1.030E+02	1.030E+02	1.030E+02	
$\beta = 0.72720E-04$					
k = 2	n = 2	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	-3.380E+05
h		20 / / 6	20 / / 6	20 / / 6	-9.580E+04
		6.530E+04	6.530E+04	6.530E+04	
k = 4	n = 4	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	-8.150E+05
h		20 / / 9	20 / / 9	20 / / 9	4.460E+04
		4.460E+04	4.460E+04	4.460E+04	
k = 6	n = 6	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	2.890E+04
h		20 / / 4	20 / / 4	20 / / 4	-3.560E+04
		2.890E+04	1.760E+02	1.760E+02	-2.180E+04
k = 8	k = 8	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	1.960E+04
h		20 / / 4	20 / / 4	20 / / 4	-1.980E+04
		1.960E+04	1.960E+04	1.960E+04	
$\beta = 0.14544E-03$					
k = 3	n = 3	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	4.720E+05
h		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	1.610E+05
		4.720E+05	4.720E+05	4.720E+05	
k = 5	n = 5	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	2.220E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	1.010E+05
		2.220E+05	2.220E+05	2.220E+05	
k = 7	n = 7	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	1.280E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	6.940E+04
		1.280E+05	1.280E+05	1.280E+05	
k = 9	n = 9	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	8.330E+04
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	5.020E+04
		8.330E+04	8.330E+04	8.330E+04	
$\beta = 0.14052E-03$					
k = 3	n = 3	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	4.300E+05
h		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	1.430E+05
		4.300E+05	4.300E+05	4.300E+05	
k = 5	n = 5	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	2.040E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	9.200E+04
		2.040E+05	2.040E+05	2.040E+05	
k = 7	n = 7	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	1.180E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	6.330E+04
		1.180E+05	1.180E+05	1.180E+05	
k = 9	n = 9	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	7.720E+04
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	4.610E+04
		7.720E+04	7.720E+04	7.720E+04	
$\beta = 0.21817E-03$					
k = 4	n = 4	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	8.140E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	3.740E+05
		8.140E+05	8.140E+05	8.140E+05	
k = 6	n = 6	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	4.100E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	2.280E+05
		4.100E+05	4.100E+05	4.100E+05	
k = 8	n = 8	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	2.470E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	1.540E+05
		2.470E+05	2.470E+05	2.470E+05	
k = 10	n = 10	m / m' / L	m / m' / L	m / m' / L	1.640E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	1.110E+05
		1.640E+05	1.640E+05	1.640E+05	

Table 6. The convergence and the equivalent depths varying k with keeping n equal to $k+1$.

ANTISYMMETRIC		A1	A2	A3	h (QR)
$\beta = 0.19910E-06$					
$k = 2$	$n = 3$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	1.230E+02
h		38 / / 10	*	38 / / 13	4.410E+02
		1.700E+03	*	1.150E+03	
$k = 4$	$n = 5$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	4.700E+01
h		42 / / 5	*	42 / / 4	1.760E+02
		5.140E+02	*	7.070E+02	
$k = 6$	$n = 7$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	2.680E+01
h		*	*	*	1.020E+02
		*	*	*	
$\beta = 0.39820E-06$					
$k = 2$	$n = 3$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	h (QR)
h		*	*	*	3.600E+02
		*	*	*	1.200E+03
$k = 4$	$n = 5$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	1.130E+02
h		*	*	*	4.050E+02
		*	*	*	
$k = 6$	$n = 7$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	6.160E+01
h		*	*	*	2.260E+02
		*	*	*	
$\beta = 0.72720E-04$					
$k = 2$	$n = 3$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	h (QR)
h		20 / / 8	24 / / 5	20 / / 4	-3.670E+05
		-9.640E+04	-3.670E+05	-3.670E+05	-9.640E+04
$k = 4$	$n = 5$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	-8.160E+04
h		20 / / 8	38 / / 5	20 / / 6	-4.020E+04
		-1.540E+04	-4.020E+04	-4.020E+04	1.980E+04
$k = 6$	$n = 7$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	-3.560E+04
h		20 / / 9	26 / / 6	20 / / 3	-2.190E+04
		1.540E+04	-4.200E+03	-4.110E+03	1.550E+04
$k = 8$	$n = 9$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	-1.980E+04
h		20 / / 6	24 / / 9	20 / / 15	1.200E+04
		1.190E+04	2.960E+03	5.400E+03	-1.370E+04
					5.410E+03
$\beta = 0.14544E-03$					
$k = 3$	$n = 4$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	h (QR)
h		20 / / 4	20 / / 3	20 / / 4	2.570E+05
		2.570E+05	2.570E+05	2.570E+05	1.100E+05
$k = 5$	$n = 6$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	1.440E+05
h		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	7.490E+04
		1.440E+05	1.440E+05	1.440E+05	
$k = 7$	$n = 8$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	9.230E+04
h		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	5.390E+04
		9.230E+04	9.230E+04	9.230E+04	
$k = 9$	$n = 10$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	6.370E+04
h		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	4.050E+04
		6.370E+04	6.370E+04	6.370E+04	
$\beta = 0.14052E-03$					
$k = 3$	$n = 4$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	h (QR)
h		20 / / 4	20 / / 4	20 / / 4	2.310E+05
		2.310E+05	2.310E+05	2.310E+05	9.740E+04
$k = 5$	$n = 6$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	1.320E+05
h		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	6.750E+04
		1.320E+05	1.320E+05	1.320E+05	
$k = 7$	$n = 8$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	8.480E+04
h		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	4.900E+04
		8.480E+04	8.480E+04	8.480E+04	
$k = 9$	$n = 10$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	5.870E+04
h		20 / / 3	20 / / 3	20 / / 3	3.700E+04
		5.870E+04	5.870E+04	5.870E+04	
$\beta = 0.21817E-03$					
$k = 4$	$n = 5$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	h (QR)
h		20 / / 3	20 / / 2	20 / / 2	5.300E+05
		5.300E+05	5.300E+05	5.300E+05	2.780E+05
$k = 6$	$n = 7$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	2.990E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	1.800E+05
		2.990E+05	2.990E+05	2.990E+05	
$k = 8$	$n = 9$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	1.920E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	1.260E+05
		1.920E+05	1.920E+05	1.920E+05	
$k = 10$	$n = 11$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	$m / m' / L$	1.340E+05
h		20 / / 2	20 / / 2	20 / / 2	9.370E+04
		1.340E+05	1.340E+05	1.340E+05	

際の実計算では、収束するための項の数が十個以上必要な場合には $m/2$ 個の項を取り入れ、また十個以下の場合には精度を考慮して、最低で十個取り入れた。また、解が収束するために必要な繰り返し計算の回数は L で示した。またべつに、比較のために解を求める法として、対応する matrix を QR 法で解いて h を求め、5 個の解を載せている。

この論文の計算でも振動数として、 $\beta=0.19910E-6$ (一年周期), $0.39820E-6$ (半年周期), $0.72720E-4$ (一日周期), $0.1454E-3$ (半日周期), $0.14052E-3$ (太陰半日周期), $0.21817E-3$ (1/3 日周期) について調べた。また、東西方向の(角)波数 k と南北方向の振動のモード n の差 ($n-k$) の値が偶数か奇数かによって、HOUGH 関数は赤道に対して対称か反対称かになる。そこで、赤道に対して対称の場合と反対称の場合についてもそれぞれ調べた。

Table 1 では解が南北方向に対称な場合を、Table 2 では反対称な場合を取り扱った。両表とも波数 k を一定にして、いろいろなモード n に対する解をもとめた。すなわち、両表とも $k=1$ の場合には $\beta=0.39820E-6$, $0.19910E-6$, $0.72720E-4$ を、 $k=2$ の場合には $\beta=0.14544E-3$, $0.14052E-3$ を、 $k=3$ の場合には $\beta=0.21817E-3$ を調べた。さらに、Table 1 では $k=1$ の場合には $n=1, 3, 5, (7)$ について、 $k=2$ の場合には $n=2, 4, 6, 8$ について、 $k=3$ の場合には $n=3, 5, 7, 9$ について調べた。Table 2 では一年周期、半年周期、一日周期 ($k=1$) の場合には $n=2, 4, 6$ を、半日周期、太陰半日周期 ($k=2$) の場合には $n=3, 5, 7, 9$ を、1/3 日周期 ($k=3$) の場合には $n=4, 6, 8, 10$ について調べた。まず、一年周期、半年周期などの長周期の振動では結果が非常に悪く、殆ど収束しないか、収束しても QR 法で求めた 5 個の解の中に殆どなかった。近似方法では (C1) は収束が悪すぎ、どちらかといえば (A2), (B), (C2) が良さそうである。一日周期では、 n が小さい場合の解は QR 法で得られた解と対応もよいが、 n が大きくなると QR 法で得られた解との対応がはっきりしない。近似方法としては (A1) と (A3) が良さそうである。半日周期と太陰半日周期では (C1) だけを除けば、そのほかの方法では解は求まった。しかし、異なった n の値に対して同一の解が出てくる場合がある。1/3 日周期では赤道に対して対称なモードでも反対称なモードでも、すべての n に対して収束も速く、また QR 法との一致も良かった。これらの結果を見て、次の Table 3 以下では (A1) と (A2) についてのみ計算を行った。

Table 3 では k の別の値に対して、Table 1 や Table 2 と同じような計算を行った。計算結果は一年周期や半年周期の場合は収束が悪く、この表に載せなかった。一日周期では、対称モードで $k=3$ に対して $n=3, 5, 7, 9$ の場合を、また、反対称モードで $k=2$ に対して上と同じ n について計算した。半日周期や太陰半日周期では、対称モードでは $k=3$ を、反対称モードでは $k=2$ を、また n については両対称モードとも、 $n=3, 5, 7, 9$ について解を求めた。1/3 日周期の振動では、対称モードでは $k=4$ の場合を、反対称モードでは $k=3$ の場合を、また、 n については両モードとも $n=4, 6, 8, 10$ について解を求めた。これらいずれの周期の場合も、計算の結果は定性的に Table 1 と Table 2 の対称、反対称モードの場合と殆ど同じであった。

Table 4 は振動のモード n を一定にして、波数 k をいろいろ変えた場合の解を調べた。一年周期や半年周期の場合には、やはり解の収束が悪く表には載せなかった。一日周期の対称モードでは $n=7$ で $k=1, 3, 5, 7$ の場合を、反対称モードでは同じ n について $k=2, 4, 6$ の場合の解を求めた。半日周期と太陰半日周期では対称モード、反対称モードとも $n=8$ で、対称モードでは $k=2, 4, 6, 8$ について、反対称モードでは $k=1, 3, 5, 7$ について調べた。1/3 日周期では両対称モードとも $n=9$ で、対称モードでは $k=3, 5, 7, 9$ の場合を、反対称モードでは $k=2, 4, 6, 8$ の場合について調べた。一日周期での解は、すべて QR 法で求めた解の中にはあるが、全体としてこれら二つの方法で得られた解の対応がはっきりしない。また、 $(n-k)$ の差が小さいときは収束が速いが、 $(n-k)$ が大きくなると (A2) では収束しない場合もあり、また (A1) でも収束は遅い。半日周期と太陰半日周期では収束は速く、一、二の例を除けば QR 法での解との一致も良かった。1/3 日周期では収束も速く、また QR 法との比較も $k=3, n=9$ の一例を除けば完全に一致した。

Table 5 は n と k が等しい対称モードの場合を、Table 6 はその差 $(n-k)$ が 1 に等しい反対モードの場合を示す。結果は、一年周期や半年周期の解は収束があまり良くなく、また、得られた解も QR 法で求めた 5 個の解の中にはなかった。一日周期では、いずれの場合にも解の収束性は良く、また QR 法で求めた解の中にあつた。半日周期、太陰半日周期、1/3 日周期のいずれの場合も、収束は非常に速く、また QR 法で求めた解と完全に一致した。

5. 結 論

この MFf 法でも, 前の論文(3)の LHK 方法と殆ど同じ結果が得られた。すなわち, 角振動数が高くなれば, continued fraction の収束も速く, また正確な解を得るための近似の回数も少なくて済み, 正確な解が得られる頻度も高い。角振動数が低くなれば, 解の収束も悪く, 正確な解も得られにくい。同じようなことは, 南北方向の振動のモード n と東西方向の波数 k との差 $(n-k)$ に対しても言える。すなわち, $(n-k)$ が小さいときは, 近似の回数も少なく, 正確な解が得られる頻度も大きい。しかし, $(n-k)$ が大きくなれば, 解の収束も悪くなり, 正確な解も得られにくい。近似の方法でとくに良い方法はなかったが, なかでも(A1)が少し良いように思われる。

文 献

HOUGH, S. S.(1897) : On the application of Harmonic

analysis to the dynamical theory of tides, Part I. On Laplace's 'oscillations of the first species', and on the dynamics of ocean currents. Phil. Trans. Roy. Soc. London, **A189**, 201-257.

HOUGH, S. S.(1898) : On the application of Harmonic analysis to the dynamical theory of tides, Part II. On the general integration of Laplace's dynamical equations. Phil. Trans. Roy. Soc. London, **A191**, 139-185.

古賀雅夫・後藤信行・松島晟(1991) : Laplace の Tidal equation - continued fraction による解の収束性について -。La mer, **29**, 62-66.

松島晟・古賀雅夫・後藤信行(1991) : Laplace の Tidal equation の解 - continued fraction 法による固有値の計算で収束しない原因とその改良法 -。La mer, **29**, 90-96.

松下晟・古賀雅夫(1992) : Laplace の tidal equation の解(東西方向に zonal でない場合の解法 : continued fraction による収束性)。La mer, **30**, 365-372.

1997年5月6日 受付

1997年8月15日 受理

東京湾における近年の植物プランクトンの出現状況*

野村 英明**†・吉田 誠**

Recent occurrence of phytoplankton in the hyper-eutrophicated inlet, Tokyo Bay, central Japan*

Hideaki NOMURA**† and Makoto YOSHIDA**

Abstract: Total of 35 quantitative samples of phytoplankton communities were collected monthly during 3 years (January 1991–December 1993), to study the seasonal variation of phytoplankton communities. Sampling was conducted at a station located in a central part of Tokyo Bay, central Japan. Samples for cell enumeration were immediately fixed by a borax buffered formaline on board of the T/S Seiyō-maru or T/B Hiyodori, Tokyo University of Fisheries. Total of 55 species belonging to 36 genera were identified. On average, phytoplankton community was composed of diatoms (92%), dinoflagellates (7%) and the other algae (1%). The most of species, e.g. *Sketeonema costatum*, *Prorocentrum minimum*, *Rhizosolenia fragilissima*, were the inlet water species and were mostly contained within the red tide organisms around the temperate Japanese coast. The seasonal variation in abundance of phytoplankton was coupling with that of *S. costatum*, because of this alga was the best representative one that contain 69% of the observed phytoplankton abundance. Phytoplankton abundance in 1992 was lower than the other surveyed years, however, these changes were not reflected on the algal biomass as chlorophyll *a* concentration. This fact shows that the phytoplankton biomass was dominated by the unfixable flagellates using formaline in this year. Generally, phytoplankton communities are composed by diatom species during winter (January–March), and are dominated by unfixable flagellates using formaline in the other seasons. Seasonal variations of phytoplankton compositors seem to depend upon the change of water temperature. Environmental requirements to increase chlorophyll *a* concentration as an index of phytoplankton biomass are as follows, 1) global solar radiation of $>10 \text{ MJ/m}^2$ on average of three days, 2) water temperature of $>16^\circ\text{C}$ (spring–autumn). During winter in 1992, little diatom blooms were observed. As compared with 1992, strong stratifications in water column were formed in 1991 and 1993 with significant increases of diatom cell numbers. In the hypereutrophicated inlet, Tokyo Bay, nutrient concentrations do not limit algal growth in mixing layer whether the stratification develops strongly or weakly. Natural growth of phytoplankton community is probably controlled by light and temperature in this bay. When the mixing layer becomes thin under strong stratification condition, distance of vertical circulation in mixing layer shorten. Then, diatoms can be remained in euphotic zone and are probably received light requisite for algal growth. Under non-limiting condition of nutrients, strong stratification seems to enhance the diatomic community growth during winter.

* 名古屋大学大気水圏科学研究所
〒461-01 愛知県名古屋市千種区不老町
Laboratory of Global Aquatic Biological
Processes, Institute for Hydropheric-Atmo-
spheric Sciences, Nagoya University, Furo-cho,
Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi 464-01, Japan

** 東京大学大学院農学生命科学研究科
〒113 東京都文京区弥生1-1-1
Graduate School of Agriculture and Agricultural
Lifesciences, The University of Tokyo,
Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

† 現在：東京水産大学，〒108 東京都港区港南4-5-7
Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7,
Minato-ku, Tokyo 108, Japan

1. 緒 言

東京湾は、現在、世界で最も過栄養化した内湾とされている (ISHIMARU, 1991)。東京湾における植物プランクトンの研究は、過去から多く (藤谷, 1952; 菅原・佐藤, 1966; 村田, 1973; 丸茂・村野, 1973; 丸茂ほか, 1974; 山田・柴田, 1979; 小川, 1982; SHIBATA and ARUGA, 1982; HAN, 1988; YAMAGUCHI *et al.*, 1991等)、植物プランクトンの出現状況と東京湾の水域環境との関連に関して知見が蓄積されている。しかし、1990年代に入ってから、植物プランクトンの種の出現状況を周年にわた

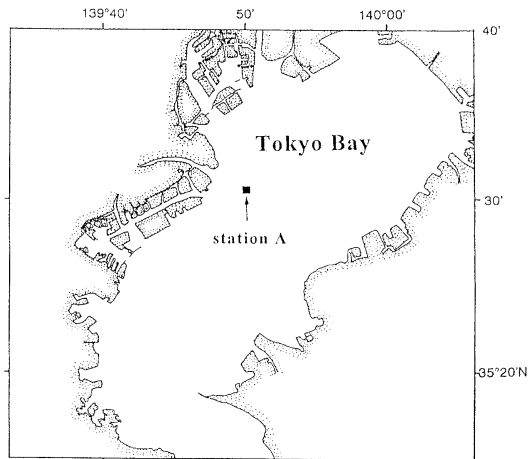


Fig. 1. Sampling station A in Tokyo Bay, central Japan.

り追跡した研究は少ない。東京湾における1990年代初頭の植物プランクトンの出現状況を記録しておくことは、今後も変遷していくであろう植物プランクトン群集の詳細を知る上で重要である。

2. 方法

調査は、東京湾中央部多摩川河口沖の定点A（北緯35°30′30″，東経139°50′00″）において（Fig. 1），1992年2月を除き，1991年1月から1993年12月までの3年間，毎月1回，昼間に実施した。採集は，東京水産大学研究練習船「青鷹丸」あるいは「ひよどり」により行った。採水バケツを用いて採取した表面海水1ℓにホルマリンを最終濃度1%になるように加え固定した。固定試料は，実験室で沈殿・濃縮した。植物プランクトンの同定・計数は，濃縮試料1mlをSedgewick-Rafter計数板に取り，光学顕微鏡（オリンパス社製BH2）を用いて行った。クロロフィルa濃度は，採取した海水50mlをガラスファイバーフィルター（Whatman GF/F）で濾過し，N,N-ジメチルフォルムアミドでフィルター上に捕集した粒子から色素を抽出し（SUZUKI and ISHIMARU, 1990），蛍光法により測定した。

観測時の物理的環境として，水温・塩分をCTDにより測定した。内間・村野（1982）は毎日の天候を晴雨により9段階に分け，天候示数として表し，調査日前2日から当日までの3日間の平均天候示数は，天候パターンと鞭毛藻及び珪藻の*Skeletonema costatum*の細胞密度の増減におおむね対応していることを示した。しかし，天候示数の場合，物理的環境因子としては晴天では海面

への光に対応するのに対し，雨天では降雨と光の両方の因子が入ってしまう。そこで本研究では内間・村野（1982）の天候指数を参考にした上で，気象庁発行の気象庁月報から東京の毎日の全天日射量の内，調査日を含む前3日間の平均日射量と植物プランクトンの細胞密度の関係を調べた。

分類に関して，*Nitzschia* 属，*Pseudo-nitzschia* 属及び *Cylindrotheca* 属は，現在光学顕微鏡による観察では種の同定が不可能とされている（TAKANO and KUROKI, 1977）。そこで本研究においては，*Nitzschia longissima* や *Cylindrotheca closterium* 等の針型の種を type A，*Pseudo-nitzschia pungens* に代表される舟形の種を type B とした。

3. 結果

3-1. 表面水温・表面塩分・全天日射量

表面水温・表面塩分・全天日射量の季節変化をFig. 2に示す。表面水温は9.8–26.0°Cの間で変動し，最高水温は1991年8月，最低水温は1993年1月であった。年間の平均水温は，1991年から1993年までそれぞれ17.8，17.5，17.2°Cで，大きな違いはみられなかった。しかし，1992年は他の年とは異なり，最高水温が24.0°Cで，1991，1993年（それぞれ26.0，25.9°C）に比べ低かった。しかし，10月においても21.0°Cと他の年より2°C高かったことや，冬季においても10°C台を割らず，年間の水温変動が小さかったことにより，年平均値は他の年と同様な値となった。また，東京湾の表層水温の最高値は，通常8月あるいは9月に見られるが（野村，1993），1992年は6月に記録した点で他の年とは異なっていた。

表面塩分は，18.5–32.2の間で変動し，最高塩分は1993年4月，最低塩分は1993年9月であった。表面塩分は季節変化が明瞭ではないが，相対的に1–3月の冬季に高く，夏季を中心に低下した。年間の平均塩分は，1991年から1993年までそれぞれ27.8，28.8，27.6であり，1992年は塩分の高い年であった。また，その変動幅は，1991年の13.3（18.8–32.1で変動），1993年の13.7（18.5–32.2）に比べると6.6（24.9–31.5）と小さかった。表面水温・塩分で見ると，1992年は夏季の水温が低く，年間の塩分が高い年であった。

全天日射量は3.67–20.47MJ/m²の間で変動し，最高日射量は1992年6月，最低日射量は1991年10月であった。全天日射量は，10–12月，3月に低く，6–8月に高い値が見られた。年間の平均全天日射量は，1991年から1993年までそれぞれ9.94（3.67–15.27で変動），12.08（4.17–

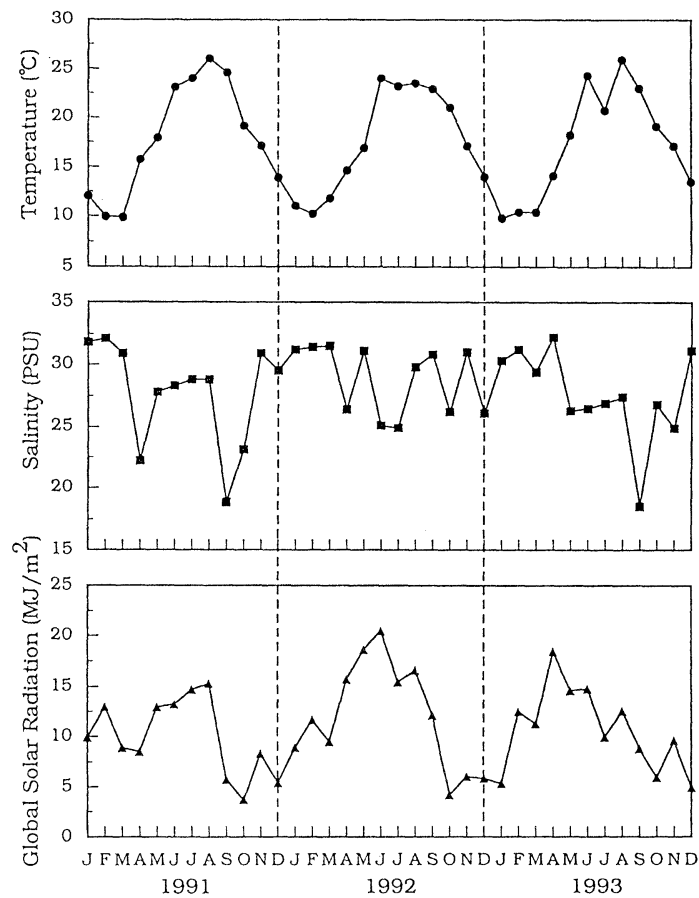


Fig. 2. Seasonal variations of temperature in surface water, salinity in surface water and global solar radiation, from 1991 to 1993.

20.47), 10.71 (4.90-18.43) MJ/m² で、1992年が高く、変動幅が大きかった。

3-2. クロロフィル a 濃度と植物プランクトンの細胞密度

出現した植物プランクトンは、珪藻綱・渦鞭毛藻綱・黄金色藻綱・ユーグレナ藻綱の4綱36属にわたり、このうち種まで同定されたのは珪藻類33種、渦鞭毛藻類19種、黄金色藻類3種の合計55種であった (Table 1)。

クロロフィル a 濃度と総細胞密度・珪藻・*Skeletonema costatum*・渦鞭毛藻それぞれの細胞密度の季節変化を Fig. 3 に示す。クロロフィル a 濃度は 3.1-104.0 $\mu\text{g}/\ell$ の間で変動し、最高濃度は1993年11月、最低濃度は1992年5月であった。年平均でみた場合、1991-1993年のクロロフィル濃度は、それぞれ 26.7, 22.8, 25.7 $\mu\text{g}/\ell$ で大きな違いは認められなかった。しかし、1991, 1992年は夏季を中心にクロロフィル濃度が高くなる季節性の

ある変動を示したのに対し、1993年は夏季にもクロロフィル濃度の上昇が顕著ではなかった。

植物プランクトンの総細胞密度は、7-8607 cells/ml で変動し、最高密度は1991年5月、最低密度は同年4月であった。年平均密度は1991, 1993年がそれぞれ 2413, 1248 cells/ml であったのに対し、1992年は 610 cells/ml で低く、年毎の最高出現密度も 2490 cells/ml で他の年の 1/2-1/3 であった。

珪藻の細胞密度は 7-8010 cells/ml で変動し、最高密度は1991年6月、最低密度は同年4月であった。珪藻は、1991, 1993年にそれぞれ年平均で 2196, 1185 cells/ml 出現したが、1992年には 541 cells/ml と低密度であった。珪藻の中で特に多く出現した *Skeletonema costatum* の細胞密度は 0-7460 cells/ml で変動し、最高密度は1991年7月に見られた。本種は1991, 1993年にそれぞれ年平均で 1898, 996 cells/ml であったが、1992年には 34 cells/ml、最高でも 291 cells/ml しか出現しなかった。

Table 1. Species list of phytoplankton collected in central part of Tokyo Bay during a period from January 1991 to December 1993.

Division DINOPHYTA	<i>C. gigas</i> EHRENBERG
Class DINOPHYCEAE	<i>C. granii</i> GOUGH
Order Proocentrales	<i>C. nodulifer</i> A. SCHMIDT
<i>Proocentrum micans</i> EHRENBERG	<i>C. walesii</i> GRAN & ANGST
<i>P. minimum</i> (PAVILLARD) SCHILLER	<i>C. spp.</i>
<i>P. triestinum</i> SHILLER	<i>Actinopterychus senarius</i> (EHRENBERG) EHRENBERG
<i>P. gracile</i> SCHÜTT	<i>Asteromphalus flabellatus</i> (BRÉBISSE) RALFS
Order Dinophysiales	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> BERGON
<i>Dinophysis acuminata</i> CLAPARÉDE & LACHMANN	<i>R. stolterfothii</i> H. PÉRAGALLO
<i>D. rotundata</i> (CLAPARÉDE & LACHMANN) BALECH	<i>R. setigera</i> BRIGHTWELL
<i>Oryphysis oryzoitoides</i> KOFROID	<i>Eucampia zodiacus</i> EHRENBERG
Order Noctilucales	<i>Chaetoceros danicum</i> CLEVE
<i>Noctiluca scintillans</i> (MACARTNEY) EHRENBERG	<i>C. affine</i> LAUDER
Order Pyrocystales	<i>C. debile</i> CLEVE
<i>Dissodinium</i> sp.	<i>C. decipiens</i> CLEVE
Order Peridinales	<i>C. didymum</i> EHRENBERG
<i>Ceratiumfurca</i> (EHRENBERG) CLAPARÉDE & LACHMANN	<i>C. lorenzianum</i> GRUNOW
<i>C. fusus</i> (EHRENBERG) DUJARDIN	<i>C. pseudocurvisetum</i> MANGIN
<i>Pyrophacus staintii</i> (SHILLER) WALL et DALE	<i>C. sociale</i> LAUDER
<i>Heterocapsa triquetra</i> (EHRENBERG) STEIN	<i>C. spp.</i>
<i>Protoperdinium bipes</i> (PAULSEN) BALECH	<i>Biddulphia longicirris</i> GREVILLE
<i>P. conicum</i> (GRAN) BALECH	<i>Ditylum brightwellii brightwellii</i> (WEST) GRUNOW ex VAN HEURCK
<i>P. depressum</i> (BAILEY) BALECH	Order Pennales
<i>P. eccentricum</i> (PAULSEN) BALECH	<i>Thalassionema nitzschoitoides</i> (GRUNOW) HUSTEDT
<i>P. oblongum</i> (AURIVILLIUS) PARKE et DODGE	<i>Thalassiothrix delicatula</i> CUPP
<i>P. pellicidum</i> (BEARGH) SCHÜTT	<i>T. frauenfeldii</i> GRUNOW
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (STEIN) LOEBLICH III	<i>Rhabdonema</i> sp.
spp.	<i>Licmophora abbreviata</i> AGARDH
Division CHRYSOPHYTA	<i>Pleurosigma affine</i> GRUNOW
Class BACILLARIOPHYCEAE	Naviculaceae sp.
Order Centrales	<i>Nitzschia longissima</i> (BRÉBISSE) RALFS/ <i>Cylindrotheca closterium</i> (EHRENBERG) REIMANN et LEVIN
<i>Cyclotella</i> sp.	Class Chrysophyceae
<i>Detonula pumila</i> (CASTRACANE) SCHÜTT	Order Dictyochaetales
<i>Lauderia annulata</i> CLEVE	<i>Dictyocha fibula</i> EHRENBERG
<i>Leptocylindrus</i> sp.	<i>Distephanus speculum</i> (EHRENBERG) HAECKEL
<i>Skelettonema costatum</i> (GREVILLE) CLEVE	<i>Ebria tripartita</i> (SCHUMANN) LEMMERMANN
<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (GREVILLE) GRUNOW	Division EUGLENOPHYTA
<i>Guinardia flaccida</i> (CASTRACANE) PÉRAGALLO	Class Euglenophyceae
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (SCHMIDT) FRYXELL & HASLE	Order Eutreptiales
<i>T. lundiana</i> FRYXELL	<i>Eutreptiella</i> sp.
<i>T. rotula</i> MEUNIER	
<i>T. spp.</i>	
<i>Coccinodiscus asteromphalus</i> EHRENBERG	

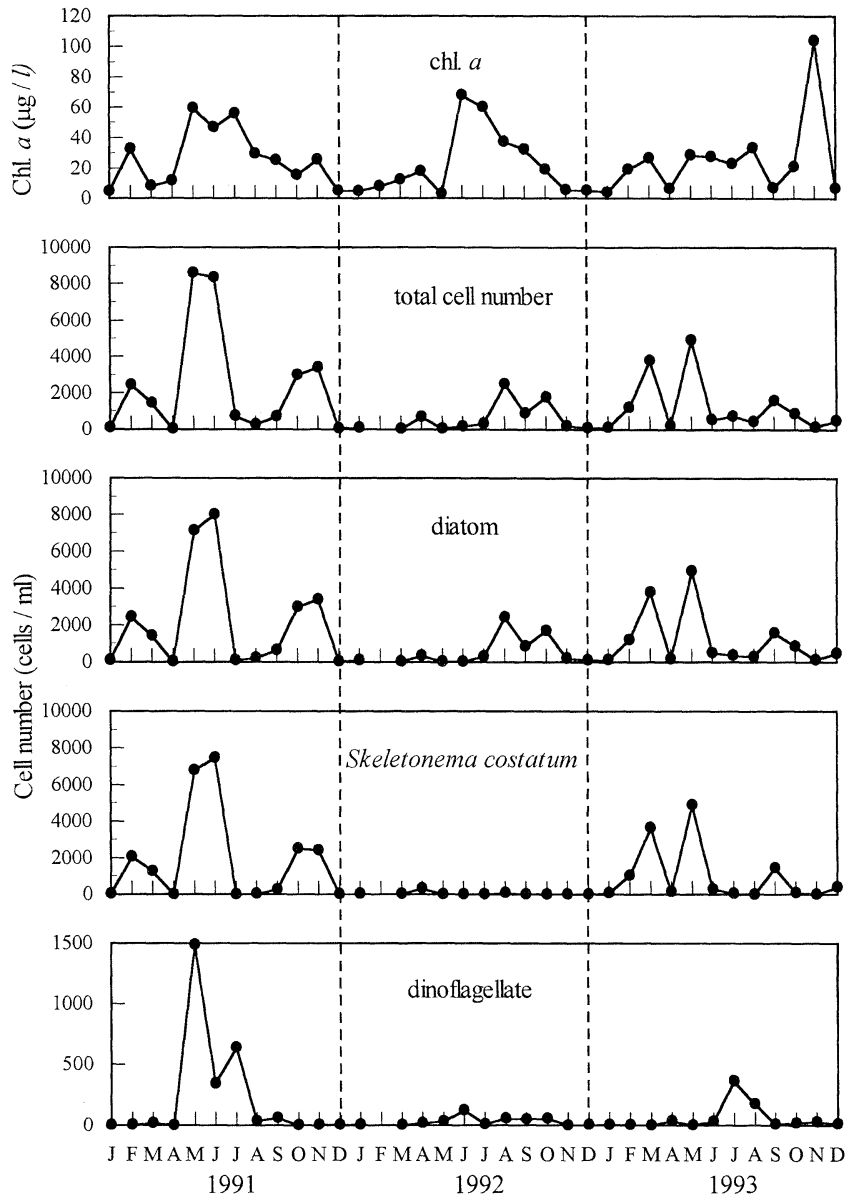


Fig. 3. Annual cycles of chlorophyll *a* concentration, total cell number of phytoplankton, diatom, *Skeletonema costatum* and dinoflagellate at station A from 1991 to 1993.

渦鞭毛藻の細胞密度は0-1487 cells/mlで変動し、最高密度は1991年5月に見られた。渦鞭毛藻は春季から夏季、特に5-8月に密度が高くなる傾向が観察された。年毎の平均出現密度は、珪藻ほど顕著ではないものの1992年に31 cells/mlと低密度で、1991、1993年にはそれぞれ215、55 cells/mlが出現した。

1992年は植物プランクトン、特に珪藻の出現密度が前後の2年に比べ低かったが、この変動はほとんど植物プ

ランクトンの現存量(クロロフィル*a*濃度)には反映しなかった(Fig. 3)。やはり、1993年11月にもクロロフィル濃度が3年間での最高値を示したにもかかわらず、植物プランクトンの出現密度がこれに対応しなかった。この時には生試料の観察により、ホルマリン固定出来ない種、*Heterosigma akashiwo*が多量に存在したことが確認された。1992年の植物プランクトン細胞密度と現存量の不一致は、ホルマリンで固定出来ない無殻の鞭

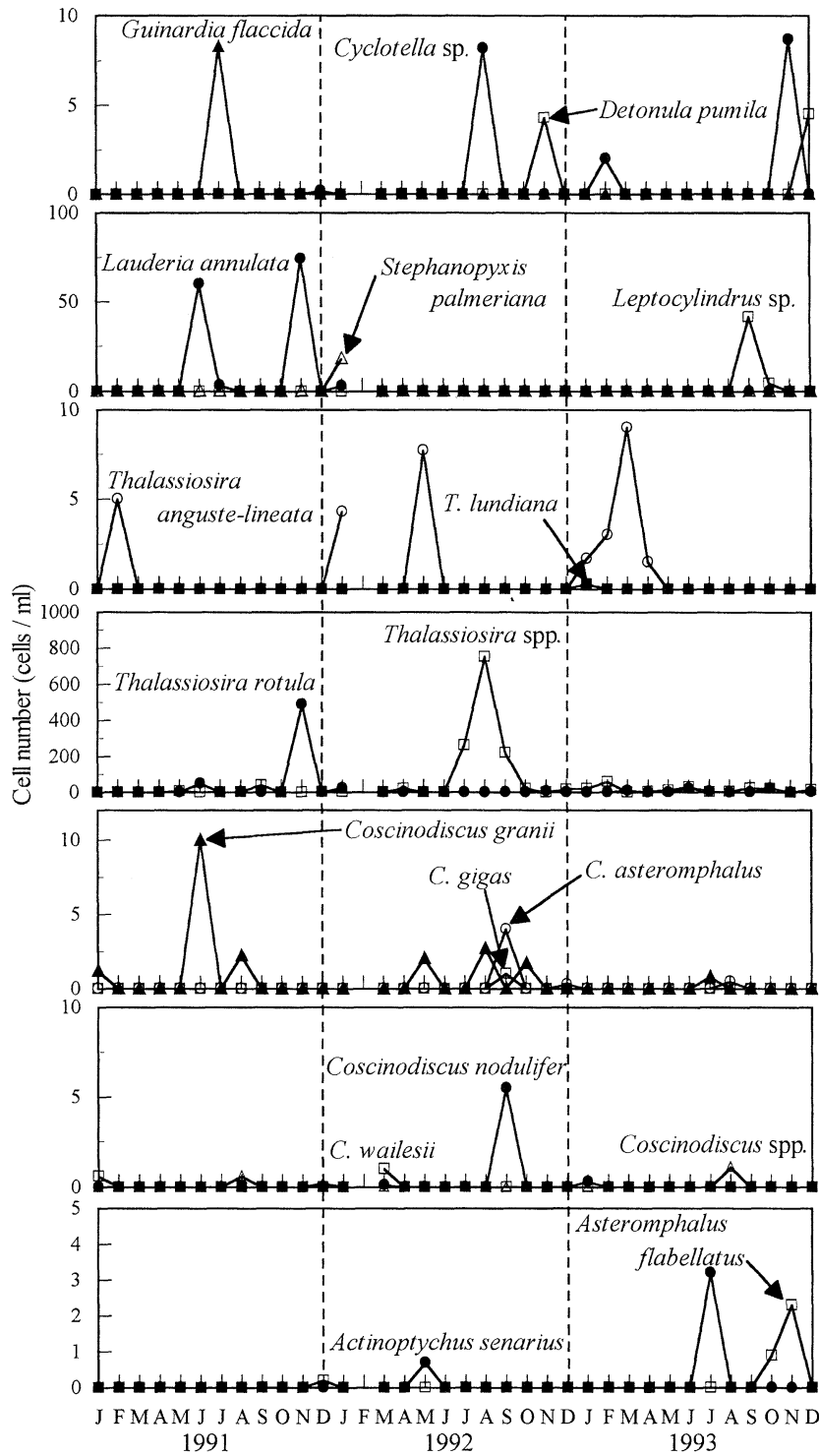


Fig. 4-1. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

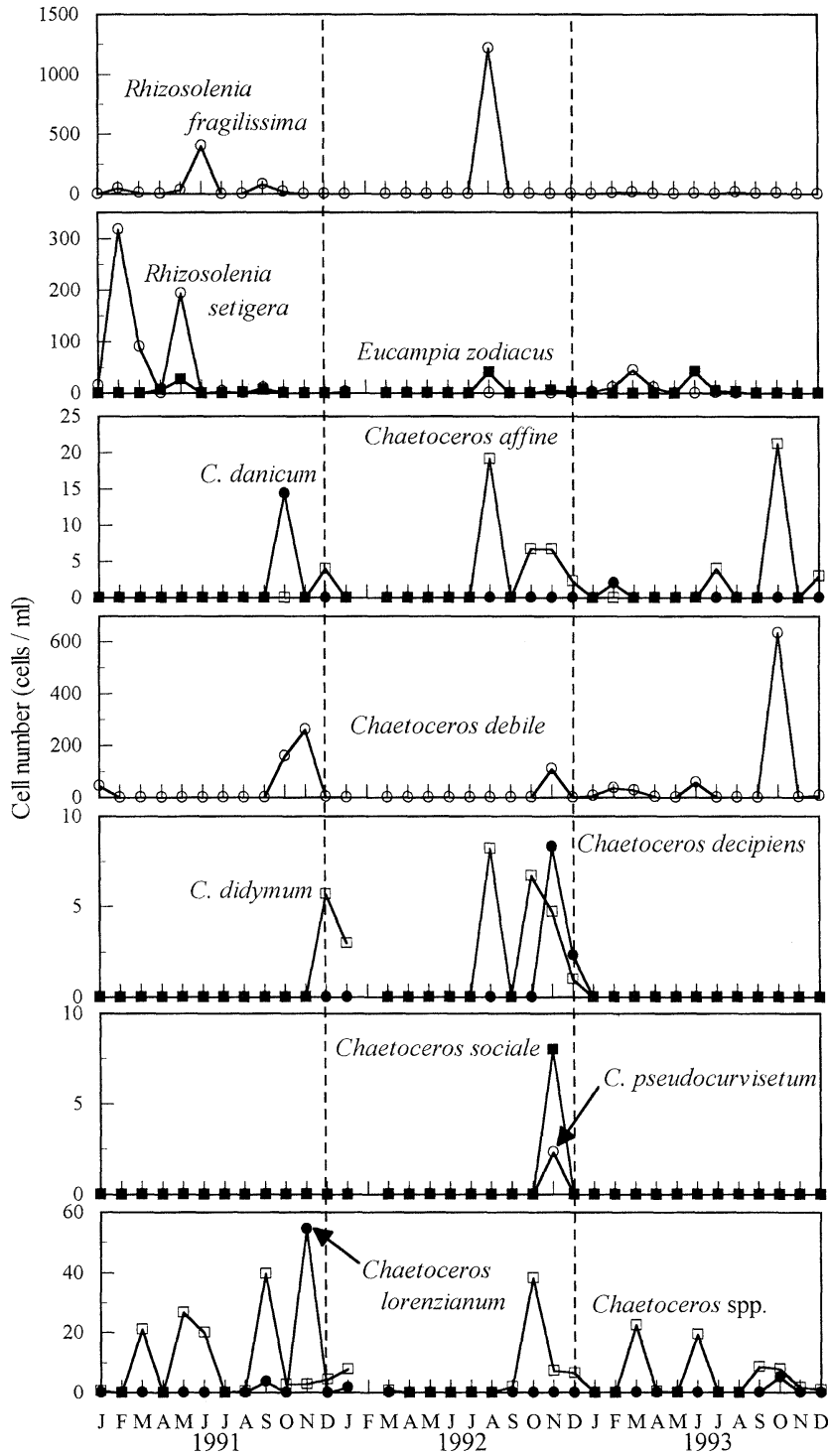


Fig. 4-2. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

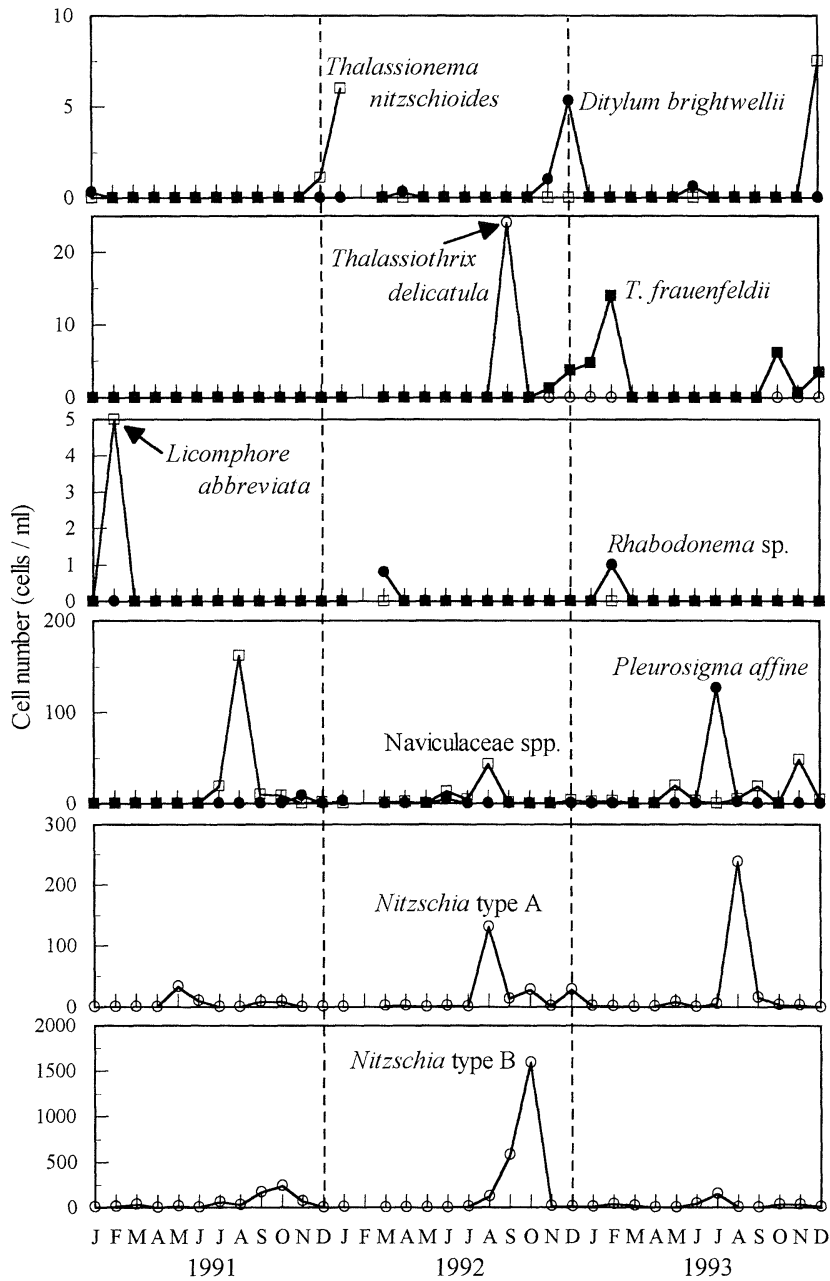


Fig. 4-3. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

毛藻が、クロロフィル濃度が高い比率を占めていたと考えられる。東京湾においては、1992年の様にホルマリンで固定出来ない鞭毛藻が多く出現する年があることを示す。

3-3. 植物プランクトンの季節変化

3年間で平均すると出現密度の高い植物プランクトンは順に、*Skeletonema costatum* (平均細胞密度1003 cells/ml), *Nitzschia* type B (94), *Prorocentrum minimum* (74), *Rhizosolenia fragilissima* (54), *Thalas-*

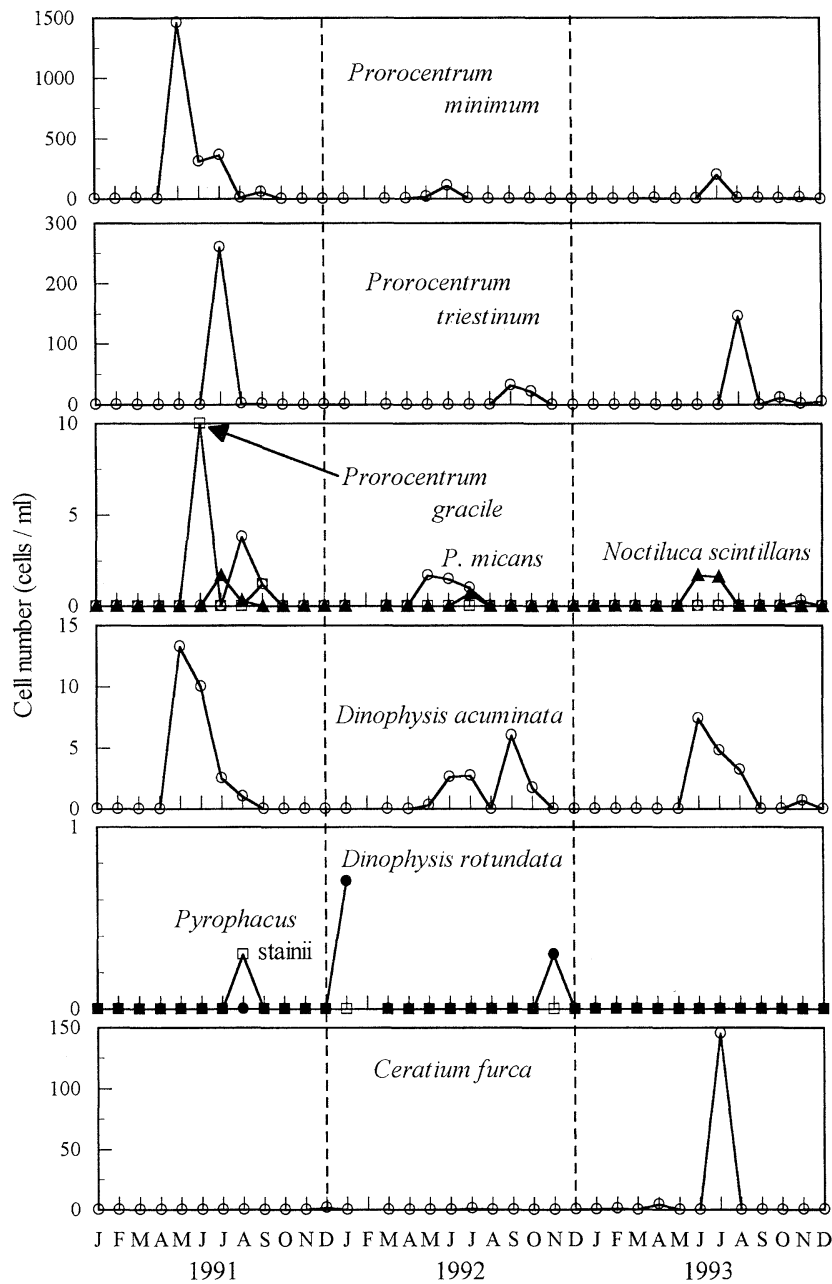


Fig. 4-4. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

siosira spp. (44), *Chaetoceros debile* (39), *R. setigera* (20), *T. rotula* (18), *Nitzschia* type A (16), *P. triestinum* (14), *Eutreptiella* sp. (13), Naviculaceae spp. (11) である。他は殆どが 5 cells/ml 以下であった。植物プランクトンの年平均細胞密度 (1447 cells/ml) に対する珪藻の細胞密度は92%であり, *S. costatum* の細

胞密度が珪藻の76% (総出現密度の69%) を占めていた。植物プランクトンの総出現密度の変動は, ほぼ *S. costatum* の変動を反映したものであり, 本種はホルマリン固定できる植物プランクトンの最優占種である。

本研究において出現した各植物プランクトンの細胞密度の季節変化を Fig. 4-1~5 に示す。東京湾における植

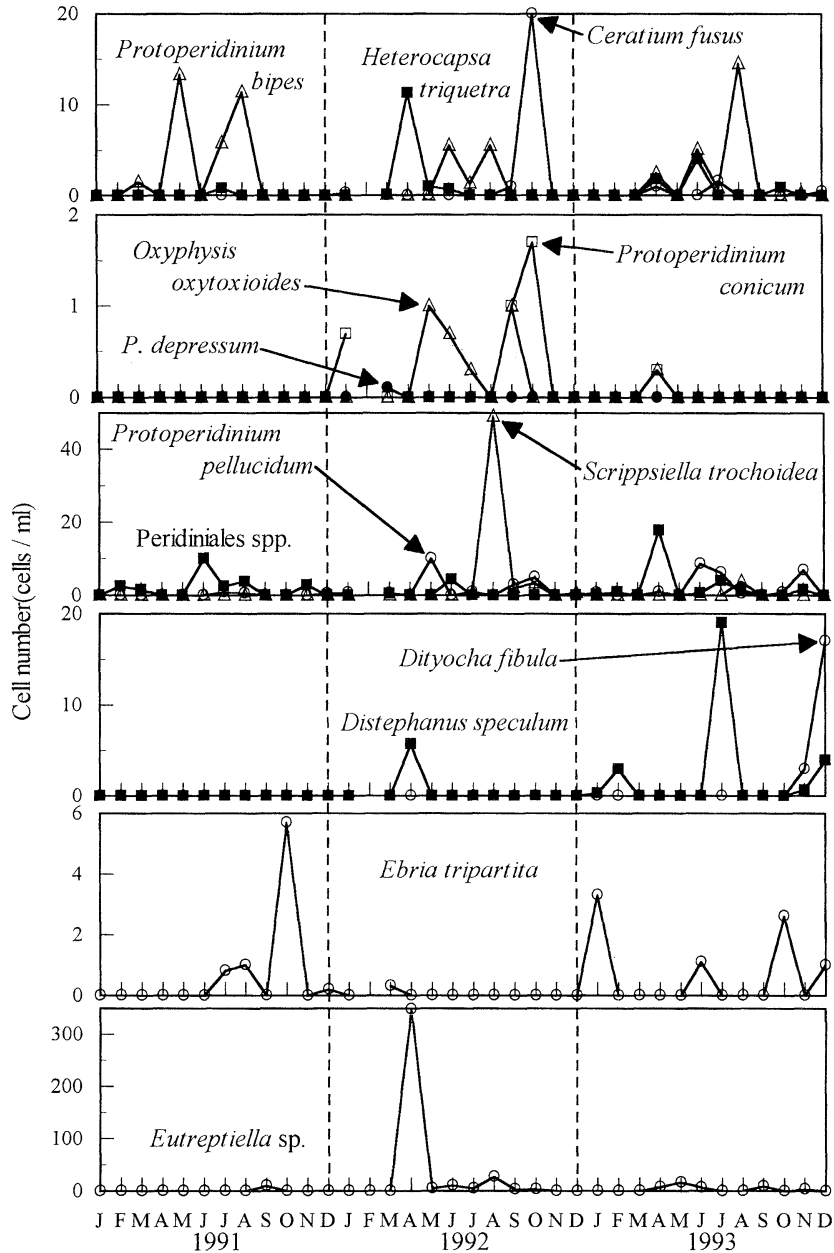


Fig. 4-5. Annual cycles of phytoplankton species at station A from 1991 to 1993.

物プランクトンの季節変化に関しては、HAN (1988), 佐藤・小川 (1990-1992) 等による知見と本研究の結果で相違は見られなかった。このことは1980年代から本調査時期までの植物プランクトンの出現状況が大きく変化していないことを示している。即ち、植物プランクトンの季節的な消長は、以下の通りである。冬季における

Thalassiosira anguste-lineata, *Coscinodiscus wailesii*, 冬季から春季に*Rhizosolenia setigera*, 春季から夏季にかけて*Eucampia zodiacus*, *Actionoptychus senarius*, *Eutreptiella* 属及び多種の鞭毛藻 *Heterocapsa triquetra*, *Dinophysis acuminata*, *Protoperidinium bipes*, *Prorocentrum minimum*, *P. triestinum*, *Scrippsiella trochoi-*

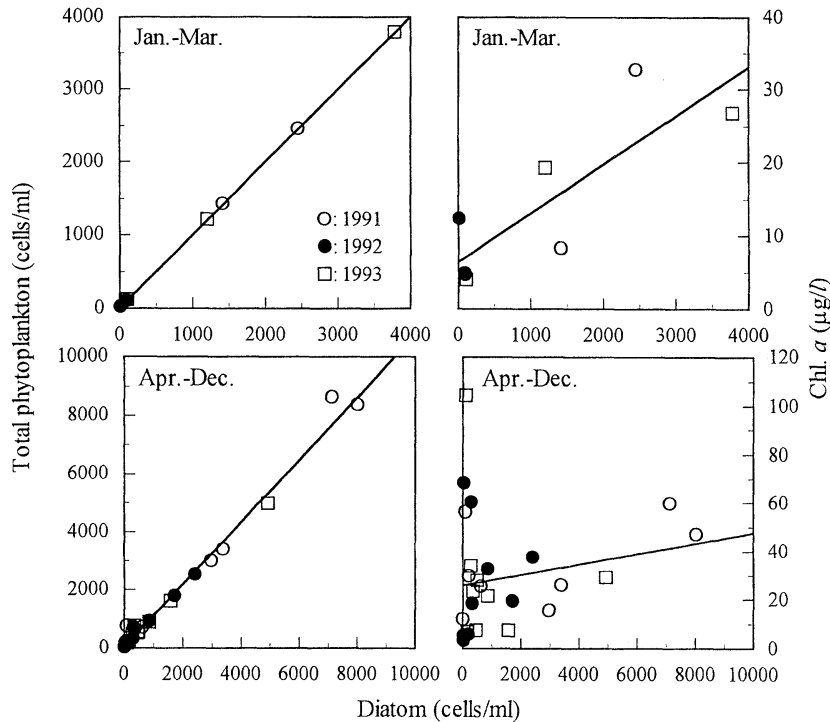


Fig. 5. Relationship between diatom cell numbers and total phytoplankton cell numbers (left column), chlorophyll *a* concentrations (right column).

dea, *Oxyphysis oxytoxioides*, *Noctiluca scintillans*, 夏季から秋季に *Nitzschia* 属, *Asteromphalus flabellatus*, *Chaetoceros affine*, 秋季から冬季には珪藻種が増え, *Chaetoceros debile*, *C. didymum*, *C. lorenzianum*, *Thalassionema nitzchioides*, *Thalassiothrix frauenfeldii* が出現する。ほぼ周年出現する植物プランクトンにおいても, 主な出現時期が存在し, *Skeletonema costatum* が秋季から春季, *Rhizosolenia fragilissima*, *Naviculaceae* spp. が夏季, *Protoperidinium pellucidum* が春季から夏季であった。

1992年は1991, 1993年と比べて植物プランクトンの年平均細胞密度が低かったが (Fig. 3), 1992年に細胞密度の高い植物プランクトンも見られた。年平均細胞密度として *Nitzschia* type B は1991-1993年にそれぞれ 52, 212, 28 cells/ml, *Rhizosolenia fragilissima* はそれぞれ 50, 111, 5 cells/ml, *Eutreptiella* sp. はそれぞれ 1, 34, 4 cells/ml 出現した。

同定された種には, ある年の, 主にある月にのみ観察されたものもあった。1991年には *Licmophora abbreviata* (2月), *Prorocentrum gracile* (6, 9月), *Guinardia flaccida* (7月), *Pyrophacus stainii* (8月)

の4種, 1992年には *Stephanopyxis palmeriana* (1月), *Dinophysis rotundata* (1, 11月), *Protoperidinium depressum* (2月), *Coscinodiscus gigas* (9月), *Thalassiothrix delicatula* (9月), *Chaetoceros decipiens* (11, 12月), *C. pseudocurvisetum* (11月), *C. sociale* (11月) の8種, 1993年には *Thalassiosira lundiana* (1月), *Dictyocha fibula* (11, 12月) の2種が観察された。HAN (1988), 佐藤・小川 (1990-1992), 福代ほか (1990) を参照した結果, 上記の内, *P. stainii*, *C. gigas*, *C. sociale*, *D. rotundata*, *T. lundiana*, *D. fibula* は, 東京湾において出現しており, 種によっては季節的な出現時期が定まっている。しかし, その他の種は出現状況から見て, 海水交流によって湾外から流入したと考えられる。湾外種は1991年3種, 1992年5種で, 1993年には見られなかった。その中で, *G. flaccida*, *S. palmeriana*, *P. depressum* は1940年代後半の東京湾 (藤谷, 1952) あるいは浦賀水道 (高島・森本, 1922) では観察されたが, 1970年代以後の東京湾で報告されていなかった種であった。

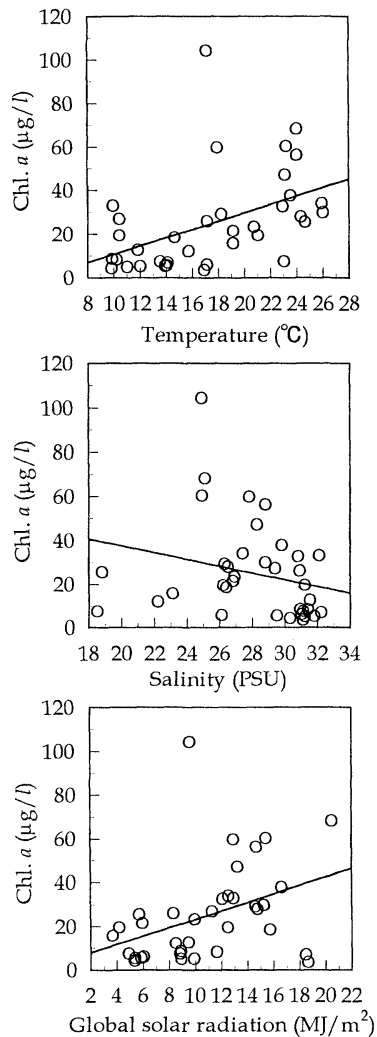


Fig. 6. Relationship between chlorophyll *a* and temperature in surface water (upper), salinity in surface water (middle), global solar radiation (lower) from all data.

4. 考 察

4-1. 植物プランクトンの現存量と水温・塩分・日射量

一般に温帯の沿岸域では、冬季に珪藻が、夏季に鞭毛藻が植物プランクトン群集で卓越することが知られている (SMAYDA, 1980). そこで珪藻と植物プランクトンの細胞密度の関係 (Fig. 5) を、冬季1-3月と春季から秋季4-12月の2つの時期に分けてみると、冬季の珪藻細胞密度は植物プランクトン総密度によく対応していた (相関係数 $r=1.000$). その他の季節においても、ほぼ珪藻の細胞密度は総細胞密度と良い相関 ($r=0.993$) が見られた。しかし、珪藻の細胞密度とクロロフィル濃度を

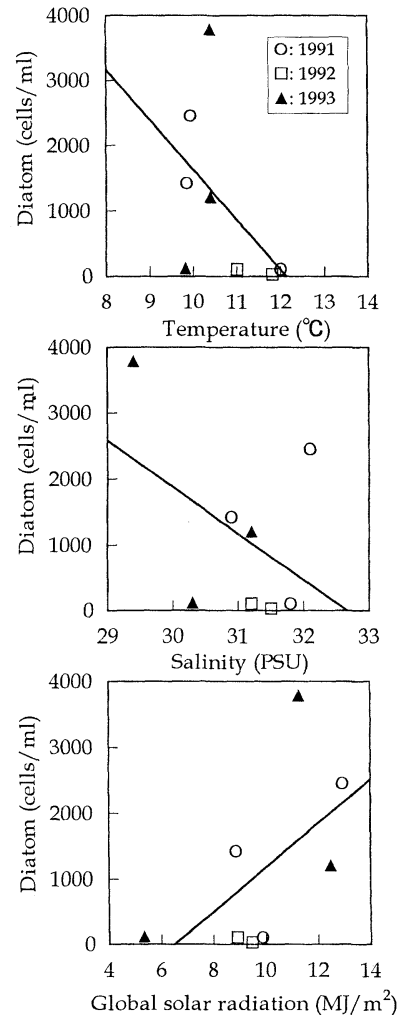


Fig. 7. Relationship between diatom cell numbers and temperature in surface water (upper), salinity in surface water (middle), global solar radiation (lower) during winter (January-March).

指標とした植物プランクトン現存量の関係は、冬季では比較的良好な相関 ($r=0.835$) を得られたが、その他の季節では明瞭な関係は見られなかった。以上のことから東京湾の植物プランクトン群集は、冬季には珪藻主体で構成され、珪藻が植物プランクトン全体の現存量に大きく貢献するのに対し、他の季節にはそれ程貢献しないことを示唆する。すなわち植物プランクトンの現存量から東京湾の基礎生産者の1年は、1-3月の珪藻の卓越する時期と、4-12月のフォルマリン固定できない鞭毛藻の卓越する時期の2つの時期に大別できる。

Fig. 6 に植物プランクトン現存量と水温・塩分・3

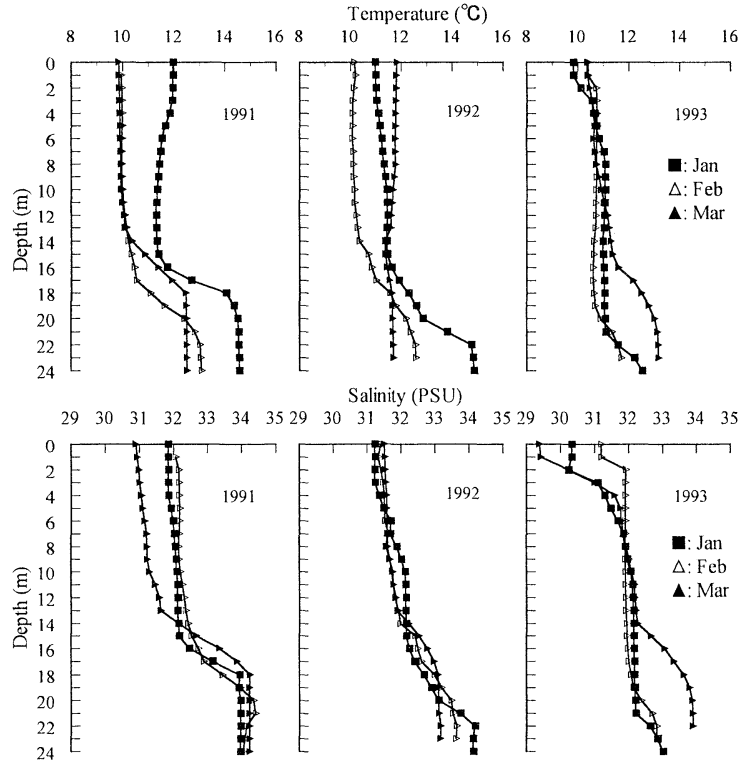


Fig. 8. Vertical distributions of water temperature (upper) and salinity (lower) at station A during winter.

日間の平均日射量をそれぞれプロットした。図中の回帰直線は最小二乗法により求めた。相関係数 r はそれぞれ 0.460, 0.246, 0.385 で良い相関は得られなかった。珪藻が主体となる水温 10°C 前後の1-3月 (Fig. 2, 5) にも現存量 $20 \mu\text{g}/\ell$ 以上の値が見られるが、全体の傾向としては、植物プランクトンの現存量は水温 16°C 以上の5-11月の鞭毛藻主体の時期に高い傾向を示した。東京湾の平均的な表層塩分の範囲は25-33である (野村, 1995)。塩分25以上で見ると、植物プランクトン現存量は塩分の上昇と共に低下していき、25-30で高い傾向が見られる。しかし、東京湾の表層塩分の変動幅が大きい中で、植物プランクトン現存量も大きく変動し、現存量と塩分に明らかな関係は認められない。平均日射量では、 $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上になると現存量が高くなる傾向が見られる。日射量が $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上になる月は、2, 4-9月にあたり、通常4-8月に高くなる (Fig. 2)。KAWABE and KAWABE (1997) は、植物プランクトンのブルームによる異常に高いCOD (化学的酸素要求量) 値 ($9\text{mg}/\ell$ 以上) が、表面水温 $18-23^{\circ}\text{C}$ 、日射量 $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上 (特に $10-15\text{MJ}/\text{m}^2$) で観察されることを示した。本研究における

$10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上で植物プランクトン現存量が高くなる傾向は、KAWABE and KAWABE (1997) の有機物生産が盛んになる $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上でCODに特異的な高い値が観察されるという結果を支持するものである。

分類群を大まかに分けた場合、鞭毛藻の最大分裂速度は珪藻より高い水温でえられ (SMAYDA, 1980)、鞭毛藻の光合成の飽和照度が珪藻より高いという実験結果は (RYTHER, 1956)、本研究の野外での結果と矛盾しない。東京湾において植物プランクトンの現存量の上昇が見込まれる夏季の物理的環境条件は、水温 16°C 以上、3日間の平均全天日射量 $10\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上の時に見られる傾向がある。

4-2. 冬季における珪藻の細胞密度と物理的環境

1991-1993年の冬季1-3月を比較すると、1991, 1993年の2, 3月に珪藻の細胞密度が高かった。しかし、1992年には2月の細胞密度の資料が欠測しているものの、クロロフィル濃度から見ての顕著な増加がなかったことから、珪藻の増殖は低かったと考えられる。東京湾では栄養塩による植物プランクトンの増殖への律速は殆どなく

(魚ほか, 1995), 植物プランクトンの成長速度は物理的な環境である水温・日射量・混合層の厚さに支配されていると考えられている(魚, 1994). 各年の冬季の珪藻の細胞密度と水温・塩分・平均日射量の関係を Fig 7 に示す。図中の回帰直線は最小二乗法により求めた。水温・塩分においては珪藻の細胞密度との間に相関は見られなかったが, 水温10°C前後において細胞密度で 1000 cells/ml 以上の値が見られた。平均日射量との間にはやや相関が見られ ($r=0.590$), 日射量の上昇が珪藻の密度上昇を促す傾向にあるようだ。このことは, 冬季に植物プランクトン現存量が低い主要因が日射量にあるという, 魚(1994)の指摘を支持するものである。

珪藻の出現密度と水柱の鉛直構造との関連を調べるために, 各年の冬季の水温・塩分の鉛直分布を Fig. 8 に示す。各年とも, 表層に低温・低塩分水が, 底層に高温・高塩分水があり, 水柱に二層構造が見られた。特に珪藻の細胞密度が 2000 cells/ml を越えた1991年2月と1993年3月の場合, 共通して17m 付近に水温・塩分躍層が形成されていた。冬季の10°C前後の水温は鞭毛藻にとって適していないと考えられるが, 珪藻の増殖の妨げにはなっていない。東京湾は周年にわたり栄養塩が植物プランクトンの増殖を律速しないほど過剰に存在するので, 冬季の珪藻の増進に必要なのは光量であると考えられる。有賀(1986)の式を基に透明度から求めた2, 3月の補償深度は, 1991年にそれぞれ9.3, 10.1m, 1992年両月共12.0m, 1993年両月共6.7mであり, 1992年が低かった。冬季に鉛直混合が充分進めば, 珪藻はより下層まで運ばれ, 低照度下におかれる時間が長くなる。しかし, 鉛直混合が進まず成層が維持されれば, 鉛直的な輸送距離が短い分, 珪藻は必要な光を受ける機会が増えると考えられる。したがって, 鉛直混合が進まず, 成層が維持されて水柱の鉛直安定度が高いことが, 珪藻の増殖を促進する可能性がある。

一般に成層して貧栄養な水塊では, 微細な鞭毛藻やサイアノバクテリアが, 鉛直混合して栄養塩が豊富な環境では大型の植物プランクトン, 例えば珪藻が, 植物プランクトン群集中で卓越する(PARSONS and TAKAHASHI, 1973; MALONE, 1980; FURUYA and MARUMO, 1983; HARRIS *et al.*, 1987; KJØRBOE *et al.*, 1990). この植物プランクトン群集の差異は, 季節的にもあるいは海洋の位置的な違いにおいてもよく知られた事実である(KJØRBOE *et al.*, 1990). しかし, 東京湾の場合, 周年にわたり成層構造が維持され, 混合層内の栄養塩は過度に存在する。低水温期には植物プランクトン群集中で卓越す

るのは珪藻であるが, 夏季にも珪藻はたびたび赤潮を形成する。東京湾における植物プランクトンの消長の機構は, 水温・光・水柱の鉛直安定度の他に, 種間の競合などが考えられ, 今後の研究課題は多い。

5. おわりに

東京湾における植物プランクトン出現種に関する報告は比較的多いが, その多くは, 赤潮調査のための春季から秋季のみ行われていたり, 断片的である感は免れない。今日のように海洋観測機器が普及する以前, プランクトンは水塊の指標として良く用いられたが, その必要性の低くなった現今においては, 出現種を記載するという分類学を基盤とする研究は衰退してしまうのではないかという危惧すら覚える。

近年, 生物の長期モニターの重要性が, 諸外国に遅れ日本においても言われるようになった。本来, 長期モニターは個人の力では継続困難である。本研究のような種を査定し記載する地味な研究の積み重ねが, 生物群集の過去からの長期的な変化を知るための基礎となっている。例えば, 赤潮種や貝毒種が出現した時, 在来種なのか, 移入種なのか問題になる。そのような時こそ記載的な研究が重要性を持つことをここで強調したい。

謝 辞

本研究を行うにあたり, 東京水産大学村野正昭先生(現・新日本気象海洋株式会社環境創造研究所), 石丸隆先生, 丸山隆先生に懇切な御助言と御校閲の労を賜った。植物プランクトンの分類に関して, 東京大学古谷研先生に御助言を頂いた。採集にあたり, 東京水産大学研究練習船「青鷹丸」春日功船長(現・海鷹丸船長), 高須康介船長(現・神鷹丸船長), 土官並びに乗組員の方々, 実習艇「ひよどり」伊豆哲夫元艇長に御助力を賜った。採集及びサンプル処理にあたり, 水産生物学講座浮遊生物学研究室の学生諸氏には多大な御助力を頂いた。これらの方々には, ここで深謝の意を表す。

文 献

- 有賀祐勝(1986): 海洋植物プランクトンの生産生態・藻類の生態(秋山優・有賀祐勝・坂本充・横浜康継編), 内田老鶴圃, 東京, 81-121.
 藤谷超(1952): 東京湾における珪藻類の年変化について。内海区水研報, 2, 27-33.
 福代康夫・高野秀昭・千原光雄・松岡敷充(1990): 日本の赤潮生物-写真と解説-。内田老鶴圃, 東京, 407pp.
 FURUYA, K. and R. MARUMO (1983): Size distribution

- of phytoplankton in the western Pacific Ocean and adjacent waters in summer. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **30**, 21-32.
- HAN, M.-S (1988): Studies on the population dynamics and photosynthesis of phytoplankton in Tokyo Bay. Ph. D. thesis, University of Tokyo, 172pp.
- HARRIS, G., G.G. GANF and D.P. THOMAS (1987): Productivity, growth rates and cell size distributions of phytoplankton in the SW Tasman Sea: Implications for carbon metabolism in the photic zone. *J. Plankton Res.*, **9**, 1003-1030.
- ISHIMARU, T. (1991): Primary production in Tokyo Bay and material flux to the open ocean (Abstract). *La mer*, **29**, p.180.
- KAWABE Mi. and M. KAWABE (1997): Factors determining chemical oxygen demand in Tokyo Bay. *J. Oceanogr.*, **53**, 443-453.
- KIØBOE, T., H. KAAS, B. KRUSE, F. MØHLENBERG, P. TISELIUS and G. ÆRTEBJERG (1990): The structure of the pelagic food web in relation to water column structure in the Skagerrak. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **59**, 19-32.
- MALONE, T.C. (1980): Algal size. *In* The physiological ecology of phytoplankton. (Studies in ecology; Vol.7) (I. MORRIS, ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 433-463.
- 丸茂隆三・村野正昭 (1973): 東京湾の珪藻プランクトンの遷移. *La mer*, **11**, 70-82.
- 丸茂隆三・佐野昭・村野正昭 (1974): 東京湾の珪藻プランクトンの遷移-続. *La mer*, **12**, 145-156.
- 村田靖彦 (1973): 東京湾におけるプランクトンの季節的変動. 千葉県内湾水試調査報告, 第14号, 49-60.
- 野村英明 (1993): 東京湾における動物プランクトンの群集構造と遷移に関する研究. 東京水産大学博士学位論文, 82pp.
- 野村英明 (1995): 東京湾における水域環境構成要素の経年変化. *La mer*, **33**, 107-118.
- 小川カホル (1982): 東京湾・相模湾及び黒潮における浮遊珪藻の分布生態に関する研究. 東京大学博士学位論文, 163pp.
- PARSONS, T.R. and M. TAKAHASHI (1973): Environmental control of phytoplankton cell size. *Limnol. Oceanogr.*, **18**, 511-515.
- RYTHER, J.H. (1956): Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. *Limnol. Oceanogr.*, **1**, 61-70.
- 佐藤正春・小川カホル (1990): 赤潮等プランクトン調査. 千葉県水保研年報 (平成元年度), 43-52.
- 佐藤正春・小川カホル (1991): 赤潮等プランクトン調査. 千葉県水保研年報 (平成2年度), 43-52.
- 佐藤正春・小川カホル (1992): 赤潮等プランクトン調査. 千葉県水保研年報 (平成3年度), 43-50.
- SHIBATA, Y. and Y. ARUGA (1982): Variation of chlorophyll *a* concentration and photosynthetic activity of phytoplankton in Tokyo Bay. *La mer*, **20**, 75-92.
- 菅原兼男・佐藤正春 (1966): 4. 東京湾の赤潮. 千葉県内湾水試調査報告書, 第8号, 57-95.
- SMAYDA, T.J. (1980): Phytoplankton species succession. *In* The physiological ecology of phytoplankton. (Studies in ecology; Vol.7) (I. MORRIS, ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 493-570.
- SUZUKI, R. and T. ISHIMARU (1990): An improved method for the determination of phytoplankton chlorophyll using N, N-Dimethylformamide. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **46**, 190-194.
- TAKANO, H. and K. KUROKI (1977): Some diatoms in the section *Pseudonitzschia* found in coastal waters of Japan. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, No.91, 41-51.
- 高島哲次・森本敬義 (1922): 東京湾湾々口における海洋状態と浮遊生物の関係 (二). *水産研究誌*, **17**, 109-116.
- 内間満明・村野正昭 (1982): 東京湾奥部における植物プランクトンの動態. 文部省「環境科学」特別研究, 海洋環境特性と赤潮発生研究班, 海洋環境特性と赤潮発生に関する基礎研究, 21-31.
- 山口征矢・柴田佳明 (1979): 東京湾における基礎生産の現状. 沿岸海洋研究ノート, **16**, 106-111.
- YAMAGUCHI, Y., H. SATO and Y. ARUGA (1991): Seasonal changes of organic carbon and nitrogen production by phytoplankton in the estuary of river Tamagawa. *Mar. Poll. Bull.*, **23**, 723-725.
- 魚京善 (1994): 東京湾の海洋環境と生態系モデル. 東京水産大学博士学位論文, 56pp.
- 魚京善・石丸隆・小池義夫・峰雄二・栗田嘉宥 (1995): 東京湾における栄養塩類濃度の季節変動. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **82**, 33-44.

1997年1月10日 受付
1997年6月15日 受理

資料

1995年喜界島津波について

中村重久*

A notice to the 1995 Kikaijima Tunamis

Shigehisa NAKAMURA*

Abstract: A briefed notice is given for the 1995 Kikaijima tsumanis which occurred on 18th October 1995. The estimated value of 6m is the difference of the highest and lowest sea levels on the coast of Kikaijima just facing the tsunami source. What is important is to be aware of the hazardous events; when and where and how expected.

鹿児島県の奄美諸島は、環太平洋地震帯の一部である。奄美諸島の喜界島 SSE 約 200km の海底で、1995年10月18日19時30分 JST 頃、M 6.5 の地震があり、翌19日11時40分 JST 頃にも地震 (M 6.7) があった。本文では、この地震にともなう津波について簡単に記入したい。これについては、著者が1995年11月23日に記述したものがあ

る。
この地震にともなう津波は、海上保安庁の4検潮所で得られている。すなわち、名瀬(A)、中ノ島(B)、西表(C)、大泊(D)である。検潮記録に認められる津波を Fig. 1 に示した。この図では、主震発生時刻は19時37分である。また、記録からみて津波到達時刻もわかる。名瀬が震源(津波の波源域)に近いけれども、中ノ島より7分もおそく津波が到達しているのは、海底地形や地理的条件と津波の伝播経路との相対的位置関係による。

震源に最も近い喜界島では、この津波による被害が認められた。地震後、大学の調査が実施され、また、気象庁では速報が用意されたが、ここでは、その詳細は省略する。

著者が、地震後、奄美諸島および気象庁の現地調査をし、気象庁や海上保安庁の資料を利用したところ、この地震による津波によって生じた最高海水位は、岸壁上約1m(浦原漁港)である。岸壁天端高が干潮面(工事基準面)上3m、最低海水位推定高は干潮面下2mである。したがって、最高水位と最低水位との差は約6mという

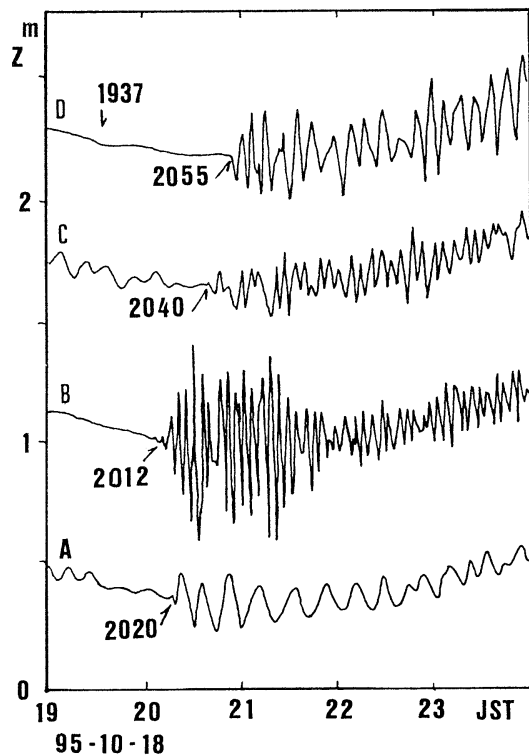


Fig. 1 Tsunamis on 18th October 1995. Stations; Nase, Nakanoshima, Iriomote, and Otomari for the notations of A, B, C, and D. The time of the seismic main shock and the arrival time of the tsunamis shown referring to JST.

*646-0031 和歌山県田辺市湊674-2-A104

ことになる。東京大学, その他の大学の調査では, 津波の最大遡上高の評価に焦点があった。しかし, その詳細がどのような形式で報告されているかは残念ながら不明である。

既往の地震津波の例には, 1911年6月15日(M8.0)がある(たとえば, 宇佐美, 1987)。渡辺(1985)は“奄美大島鎮西村で小津波, 人家過半浸水したといわれている”と記している。

ところで, 波源域の推定は, 現在の地震学的手法のみで十分なのであろうか(たとえば, 中村, 1977)。また, 奄美群島や琉球列島などでは, 本州太平洋沿岸と異なり, 地震計も検潮儀も十分に多いとは言えない。地震の直後に, 津波が, いつ, どこに来襲するか判断できるためには, 現在の先端的手法のほかに, 古典的手法を利用する

必要がある。地震津波対策が適切かどうかは, 地震津波の予測が的確かどうかということにかかっている。さらに, その予測は適時でなくてはならない。

文 献

- 中村重久(1997): 地震津波史料余滴, 田辺(和歌山県), 139p.
宇佐美龍夫(1987): 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版, 東京, 434p.
渡辺偉夫(1985): 日本被害津波総覧, 東京大学出版, 東京, 206p.

1997年5月12日受付
1997年5月30日受理

資料

沖合の観測塔による海面熱構造の観測例

中村重久*

An example of observed thermal structure of sea surface
at an offshore fixed tower

Shigehisa NAKAMURA*

Abstract: Thermal structure of the sea surface is introduced referring to the observations at the offshore fixed tower of Kyoto University. Several specific examples are introduced in order to learn a case of the sea surface as a heat source for a sea surface layer. The special reference is the case of the distant typhoon 9507.

沖合の岩礁に固定された観測塔で得られた観測記録を利用して、海洋表層の水温変化の特徴について述べる。

観測塔(京都大学所管)は、紀伊半島南西沖約2kmにあり、その周辺の水深は32mである。この観測塔は、観測船や係留ブイなどと異なり、その位置が高精度で決定されている。さらに、海面上あるいは海面下の鉛直変動は正確に計測できる条件をそなえている。したがって、観測塔の記録はすべて新発見である。

本文では、1995年の台風の例と関連のある時期の、観測塔における海洋表層の鉛直水温勾配の時間的変化に着目する。これについては、1995年11月2日に著者の記述がある。とくに1995年8~9月の台風としては、Fig.1に示すように9507号、9512号、9514号の例をあげることができる。

台風9514号は、9月23日に紀伊半島の北を東進しているため、台風接近時に海洋表層は強い鉛直混合によって層厚は10m以上となっている。また、台風9512号は9月16日に紀伊半島に最も接近し、南東洋上を北進したため、9月15日の観測塔付近は晴天で静穏であり、海面水温は日射によって上昇し、それによって生じた温度差によって、鉛直対流型よりも熱伝導型の変動が水温鉛直勾配から判別できる。

しかし、その変動の影響は海面下5m以下には達していない。

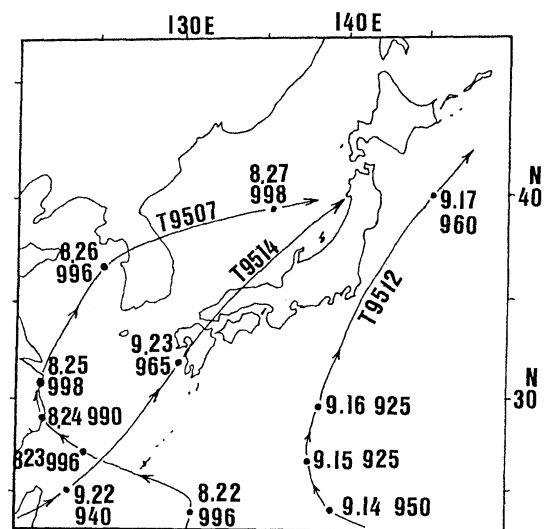


Fig.1 The tracks of the three typhoons in 1995. Typhoon 9507, 9512 and 9514. The dot and numerals show the location of the typhoon, the date when the location is identified at 1200Z on the day, and the atmospheric pressure at the center of the typhoon, on each day.

台風9507号は、観測塔からみて遠隔な経路をとったため、観測塔周辺は晴天で安定した海陸風が発達した例となった。しかし、8月23日~25日を見ると(Fig.2)、昼間は海洋表層水温より海上大気の高くなり、夜間は低くなるという特徴を示した。このような例は、この観測

*646-0031 和歌山県田辺市湊674-2-A104

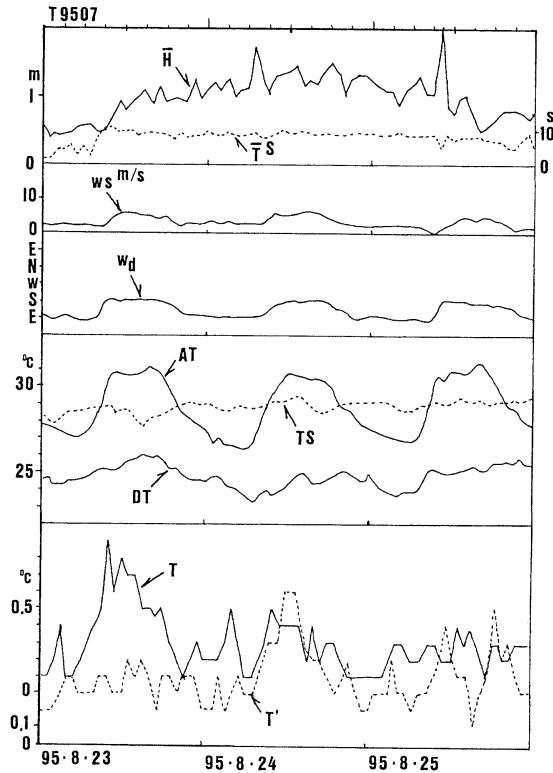


Fig. 2 An observed result at the offshore fixed tower. The notation \bar{H} with \bar{T} for mean wave with its period, W_s with W_d for wind speed with wind direction, AT and DT for air and dew-point temperatures, TS for the sea surface temperature (exactly 2.5 m, under the sea surface). T and T' for sea water temperature differences between 2.5 and 5m between 5 and 10m under the sea surface.

塔における記録例では珍しいことである。観測塔の長期間にわたる記録を通して、いつも気温よりも水温が高い。とくに、8月23日には晴天で海面の波浪が比較的小さく、海洋表層（海面下2.5~5m）では鉛直温度勾配が大きい（最大 $0.9^\circ\text{C}/2.5\text{m}$ ）が、海面下5~10mでの鉛直温度勾配は、およそ $0.3^\circ\text{C}/5\text{m}$ である。そして、翌8月24日には、海面下5~10mでの鉛直温度勾配が最大 $0.9^\circ\text{C}/5\text{m}$ となる。このことは、海面から海面下10mまでの熱伝導型の熱エネルギー輸送に必要な時間は約24時間であることを示唆している。海面上あるいは海面下の物理的条件の時間的変動によって、対流型のエネルギー輸送は、これまでも多く研究されていて、その例をすべてここに紹介できないくらいである（中村, 1994）。

このように、海面の上下に、物理的条件がととのえば、海面から海面下への熱エネルギー輸送の現象が認められる。地球上のどこかでは、このような現象が平常認められるものと判断される。しかし、どこであるかを特定することは、今後の観測調査と研究とにまたなくてはならない。

文献

中村重久（1994）：陸棚沿岸の高潮，近代文芸社，東京，176p.

1997年5月12日受付

1997年5月30日受理

資料

1995年チリ津波について

中村重久*

An note on the 1995 Chilean Tunamis

Shigehisa NAKAMURA*

Abstract: A breif note on the 1995 Chilean tsunamis is introduced in relation to the observed sporadic thermal variations at the offshore fixed tower of Kyoto University and the sea level variation as the tsunamis at the tide stations neighbor the tower.

南米太平洋沿岸域の海底地震は津波をともない、時として甚大な被害を及ぼす。とくに1960年チリ津波については、日本列島沿岸について詳細な調査が実施された。多くの研究も、日本のみならず米国やソ連（現在のロシア）などで発表されている。その後、1837年チリ津波や1985年チリ津波について検討された例もある（たとえば中村, 1997）。本文では、1995年7月31日に日本列島太平洋沿岸に到達したチリ津波について述べる。

気象庁によれば、1995年7月30日14時 JST 頃、南米チリの Antofagasta 北方、Chuquicamata 付近で地震 (M7.7) が発生した。この時の津波については、著者が1995年10月10日に記述している。ここでは、とくに津波

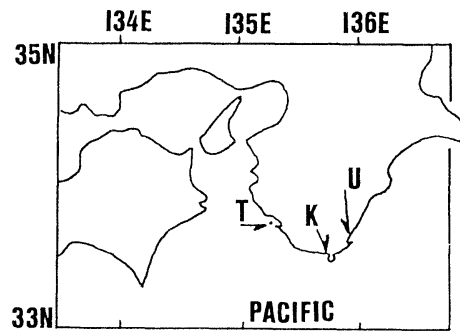


Fig.1 Coast lines around the offshore fixed tower of Kyoto University (T). Shionomizaki (Kushimoto) and Urugami for K and U.

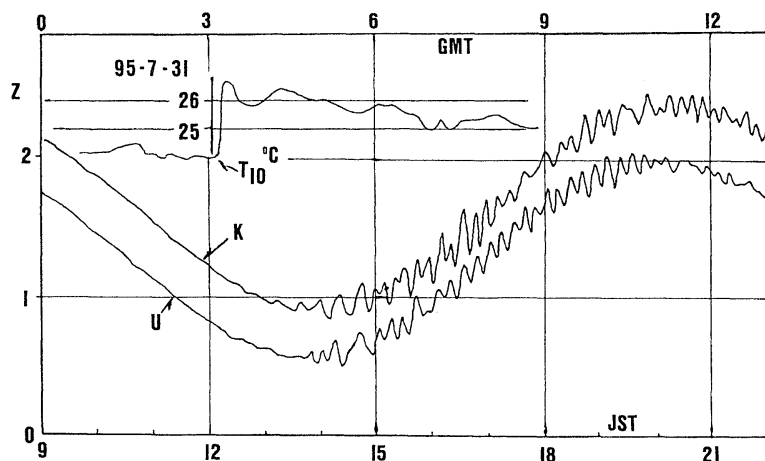


Fig.2 Thermal variations at the offshore fixed tower T and the 1995 Chilean tsunamis recorded at the tide stations K and U.

到達時刻前後に、紀伊半島沖の観測塔（京都大学所管）で記録された海面下 10m の水温変動について検討する。

観測塔は沖合距離約 2km にあり、岩礁上に固定されている。岩礁周辺は水深 32m で、平坦な細砂が海底にある。このため、海中の変動も気象観測と同程度、あるいはさらに高精度で計測記録できる。海面に浮遊する観測船や、観測ブイでは計測できない現象をとらえることができる点は、沖合の観測塔の最大の長所である。この観測塔の付近には、気象庁所管の検潮所として潮岬（串本）と浦神とがある。それらの地理的位置は Fig. 1 に示した。

この観測塔では、Fig. 2 に示すように、海面下 10m の水温が、12時07分 JST から 1 分間で、24.6°C から 25.1°C へと変化した。このような水温変化は、これまでの観測塔の記録では例がない。時刻から考えて、7月30日14時

JST 頃発生した南米チリの地震によるもの以外に水温変化の原因は見当たらない。

加うるに、潮岬（串本）と浦神とでは、明らかにチリ津波による海水位変動をとらえている。観測塔付近の温度成層の観測例からみて、Fig. 2 の水温変化は、海水の水平運動によるものと判断しなくてはならない。

文 献

中村重久（1997）：地震津波史料余滴，田辺（和歌山県），139p.

1997年 5月12日受付

1997年 5月30日受理

日仏海洋学会賞受賞記念講演

駿河湾および相模湾の内部潮汐と沿岸急潮に関する研究*

松山 優治**

Study on internal tides and Kyucho in Suruga and Sagami Bays*

Masaji MATSUYAMA**

このたびは栄誉ある日仏海洋学会賞を頂くことになり、身にあまる光栄と感謝いたします。これまでの私の研究は、多くの研究者との共同作業の結果生み出されたもので、学会賞は私たちのグループに対していただいたものと厚くお礼申し上げます。この機会に、私たちが行ってきた両湾での内部潮汐の研究を中心に紹介させていただきたいと思います。

内部潮汐は海山、海嶺、陸棚端など海底地形が急変する海域で外部潮汐からエネルギーを受けて発生する潮汐周期の内部波で、流れの強い鉛直シアと水温躍層の鉛直変位で代表される波高が10mに達する現象であります。木村喜之助博士が「駿河湾の急潮」と記した駿河湾奥部の内浦湾の急潮は、成層期に潮汐周期で起り、水温変化を伴うという特徴は内部潮汐に酷似しております。この急潮は内部潮汐に依ることを証明したいと考えたのが研究の動機です。1972年秋に内浦湾で係留系による流速観測を行い、半日周期と日周期の強い潮流が、躍層を挟んだ上下層の位相が逆転していることから、急潮は内部潮汐に依ることが分かりました。1974年秋の淡青丸による連続BT観測と流れの観測から、流速と水温躍層の鉛直変位との位相差は約90度であることから内部潮汐波は定在波であり、その波高は数十mにも達することが分かりました。それまでの研究は陸棚幅の広い海域でのものが殆どで、海外の文献にも定在波の性質を持つ内部潮汐

の報告は見あたらない希有なものでした。巨大波高の因は、水深100m、湾長10kmの内浦湾では、成層期に半日周期内部波が湾の内部静振と共振すると推測されました。1978~1980年の夏季に湾奥にサーミスター温度計を長期間沈め、内部潮汐による水温変化を追跡したところ、内部潮汐は常時存在し、特に半日周期の内部波が強くなる時、第一モードの内部潮汐波が内部静振と共振することが明らかになりました。一方、この観測から日周期内部波も比較的大きな振幅を持って、内浦湾に進入してくることも分かりました。次に、内浦湾で観測された内部波はどこで発生しているかに興味は移りました。二層モデルによる数値実験により、外部潮汐が強く、海底が急変する伊豆海嶺が内部潮汐の発生域と推定されました。そこで、伊豆海嶺で発生し、伝播して駿河湾口から入射してきた内部潮汐波が、成層期に内浦湾では半日周期内部波が内部静振と共振して巨大化するというシナリオが完成しました。しかし日周期内部波が内浦湾内で増幅される機構は見あたりません。同じ頃、駿河湾奥部で表層の潮流を観測していた稲葉栄生博士は日周期潮流の卓越を見つけ、内部潮汐によると彼は推測しました。一方、私と岩田静夫博士は相模湾での係留系による測流から強い半日周期の潮流をしばしば見つけました。駿河湾や相模湾は日本でも有数の深い湾であることから、外部潮汐による潮流は微弱であり、観測される潮流の大半は内部潮汐に依ることを数値実験で証明しました。相模湾では半日周期内部波が、駿河湾では内浦湾を除けば日周期内部波が卓越する理由として、伝播過程で効果的な増幅機構が働いていると考えました。両湾周辺の慣性周期は約21時間で、半日と一日の間にあり、この関係が波の伝播にとって重要です。伊豆海嶺で発生した半日周期内部波

* 1997年5月31日 日仏会館(東京)で講演
Conférence à la remise du Prix de la Société
franco-japonaise d'océanographie

** 東京水産大学海洋環境学科 〒108 港区港南4-5-7
Department of Ocean Sciences, Toyo University of
Fisheries, 5-7 Konan 4, Minato-ku, Tokyo 108,
Japan

は主として内部慣性重力波として、いずれの方向にも伝播可能ですが、日周期内部波は内部ケルビン波としか振る舞えません。つまり、内部ケルビン波は浅瀬を右に見ながらしか進行できないので、伊豆海嶺で発生した波は海嶺の東側を南下し、西側を北上するという特性を持ちます。さらに浅瀬に補足された内部ケルビン波のエネルギーは消失を極力抑えながら伝播し、海嶺の西側を北上する内部ケルビン波は十分大きなエネルギーを蓄えて駿河湾に入ることができます。伊豆海嶺で発生した日周期内部波は強い状態で入射するので駿河湾では日周期が、進入できない相模湾では半日周期内部波が、各々、卓越することを大脇厚博士と数値モデル実験により証明しました。

伊豆海嶺で発生した半日周期内部波の大半は内部慣性重力波として四方八方へ伝播することから、相模湾に入射する半日周期内部波はそれほど強いものとは云えないはずですが、相模湾でも内部潮汐流が時々急潮となって漁業被害を引き起こします。相模湾で強い半日周期内部波が見つかるのは何故かという疑問が起こります。日周期内部波の強い駿河湾で、内浦湾だけは半日周期内部波が強くなるのは内部潮汐と内部静振との共振が原因でした。相模湾の海岸地形は駿河湾と同様に急深であることから、内部波は岸で反射し、入射波と反射波の干渉により、湾内に振動の腹と節に相当する無潮点と反無潮点が形成されると考えられます。数年にわたる複数点での係留系による流速・水温観測を通して、半日周期内部波の振幅・位相の分布を求めると共に、それらの分布は数値実験により再現されました。相模湾の半日周期内部潮汐は湾内の入射波と反射波の干渉によって強められていることを観測と数値実験を通して北出裕二郎博士と明らかにしました。

駿河湾には伊豆海嶺で発生した内部潮汐が地形効果を受けて効果的に入射すると述べました。内部波は連続成層場では鉛直斜め方向にエネルギーを伝播します。伊豆海嶺の浅瀬で発生した内部波は鉛直斜めにビーム状に内

部波エネルギーを伝播するとすれば、深海にも強い潮汐流が誘起されることとなります。駿河湾のベントスの生態を研究している太田秀博士は底層は貧弱な生物種が占め、海底堆積物は粗く、直上には強い流れが存在することを明らかにし、他の海域の海底付近とは異なる特殊な海域であることを示しています。博士らとの深海流の調査から底層に存在する強い流れは内部潮汐流であることを証明しました。連続成層のもとで、伊豆海嶺で発生し、駿河トラフの深海に伝播された内部波エネルギーが底層の生物環境を著しく悪くし、流れに強い一部の生物しか生存できない状況を作り出していると考えられます。

最近、私たちの研究室では内部潮汐の発生域である伊豆海嶺北部域や内浦湾口の急斜面に焦点を絞り、内部波の発生、モード・モードカップリング、エネルギー消散の問題に主として観測を通して精力的に取り組んでいます。当初の内部波の伝播に関する研究から発生や消散へと研究の方向は広がりつつあります。新しい測器と高速度のコンピュータは内部波の研究を始めた当時とは比べものにならない強力な武器となっています。膨大なデータであっても短時間で解析結果がでる昨今は、同じデータを穴が開くほど眺めた昔とは比べようのない、夢のような時代に入りました。

最後になりましたが、私が研究者として歩む道を与えて下さって、さらに現在も多くの助言を下さる齊藤泰一先生、寺本俊彦先生、前田明夫先生には心よりお礼を申し上げます。研究の過程で適切なアドバイスを下さった、永田豊先生、梶浦欣二郎先生、杉ノ原伸夫先生には心より感謝いたします。共同研究者としてお世話になった岩田静夫博士、太田秀博士、日比谷紀之博士、長島秀樹博士、また、私の夢の実現に協力いただいた若き友人の大脇厚博士、北出裕二郎博士に感謝いたします。須藤英雄先生をはじめ多くの先輩、友人の方々から有益な助言と励ましを頂いたことにお礼を申し上げます。長年にわたり支えてくれた妻松山佐和と亡き母松山富美子に感謝いたします。

学 会 記 事

1. 1997年5月31日(土) 日仏会館会議室において平成9年度日仏海洋学会学術研究発表会が開催された。発表題目と発表者は下記の通り。

午前(09:30~11:50)

座長 佐藤博雄(東水大)

- 1) フランスにおける沿岸生態系・保全のための制度について……………小松輝久(東大・海洋研)
- 2) 新潟~両津航路(佐渡汽船)の高速船衝突事故例と組織学的手法による衝突相手の推定……………○本間義治・牛木辰男・武田政衛(新潟大・医)
- 3) アユの桿体視感度特性の変動……………長谷川英一(水工研)
- 4) *Pandarus borealis* と *P. eous* の遺伝的変異……………○森本琢磨・渡邊精一・北田修一(東水大)

座長 落合正宏(都立大・理)

- 5) 溶解剤の植物プランクトン増殖に及ぼす影響……………○奥村 裕(中央水研)・谷地沼智子(東水大)・小山次郎(中央水研)・佐藤博雄(東水大)
- 6) 珪藻 *Chaetoceros pseudocurviselus* の休眠胞子形成に伴うヌクレオチド類の含量・組成の変化……………○奥 修・鎌谷明善(東水大)
- 7) 房総半島沿岸域のアラメ・カジメ群落の地質とその損壊度……………○岡田 龍・荒川久幸・森永 勤(東水大)

午後(12:50~15:10)

座長 松山優治(東水大)

- 8) 福島県小野川湖における溶存有機物, 溶存炭化物と硫酸イオンについて……………落合正宏(都立大・理)
- 9) 東シナ海, 日本海における生物光学特性……………○平譯 享・佐藤博雄(東水大)・岸野元彰(理研)
- 10) 日本南岸の黒潮流路について……………関根義彦(三重大・生物資源)
- 11) 串本と浦神の潮位差と黒潮流路との関連……………○関根義彦・藤田弘一(三重大・生物資源)

座長 関根義彦(三重大・生物資源)

- 12) 伊豆海嶺北部大室出シで観測された内部波の特性……………○隆はるみ・北出裕二郎・松山優治(東水大)
- 13) 中部太平洋赤道域における流速構造-ADCP観測結果の解析……………○北出裕二郎・松山優治・春日 功・峰 雄二・野田 明・濱田浩明・萩田隆一(東水大)
- 14) 北極海全域の海水循環の解析……………○和田 明(日大・生産工)・高野泰隆(水圏科学コンサルタント)

2. 1997年5月31日(土) 日仏会館会議室において第38回(平成9年度)総会が開催された。議事の概要は下記の通り。

議長 有賀会長

1) 平成8年度事業報告

- a) 庶務
- 会員移動状況

	8年4月	入会	退会	逝去	資格 変更	9年4月
名誉会員	1	—	—	—	—	1
正会員	293	6	7	3	+1	290
学生会員	5	—	—	—	-1	4
賛助会員	18	—	—	—	—	18

活動状況

- 評議会 1回
- 幹事会 2回
- 総会 1回(6/7 日仏会館)
- 学術研究発表会 1回(6/7 日仏会館)
- 学会誌発行 34巻1号~34巻4号
- 学会賞授与 小池 隆(三重大)(6/7日仏会館)

b) 編集

学会誌 *La mer*, 34/1, 34/2, 34/3 (第8回 JECSS-PAMS ワークショップ・プロシーディングス), 34/4 (合計303頁)

c) 平成9年度学会賞受賞候補者選考経過及び結果報告

2) 平成8年度収支決算報告および監査報告

平成8年度収支決算		平成9年度予算(案)	
		平成8年4月1日	日仏海洋学会
		平成9年3月28日現在	
収入の部		収入の部	
	8年度予算		
前年度繰越金	178,885 (178,885)	前年度繰越金	119,501
正会員会費	1,193,500 (1,800,000)	正会員会費	1,800,000
学生会員会費	16,000 (20,000)	学生会員会費	20,000
賛助会員会費	170,000 (170,000)	賛助会員会費	200,000
学会誌売上金	272,420 (450,000)	学会誌売上金	450,000
広告料	60,000 (200,000)	広告料	100,000
著者負担印刷費	587,448 (800,000)	著者負担印刷費	800,000
雑収入	165,448 (250,000)	雑収入	200,000
寄付金収入	40,000 (1)	寄付金収入	1
合計	2,684,074 (3,898,886)	合計	3,689,502
支出の部		支出の部	
学会誌等印刷費	1,400,000 (2,450,000)	学会誌等印刷費	2,450,000
送料・通信費	323,855 (250,000)	送料・通信費	250,000
事務費	703,219 (700,000)	事務費	700,000
交通費	21,440 (20,000)	交通費	20,000
会議費	5,125 (50,000)	会議費	15,000
学会賞経費	72,438 (75,000)	学会賞経費	75,000
雑費	38,496 (20,000)	雑費	20,000
次年度繰越金	119,501(予備費333,886)	予備費	159,502
合計	2,684,074 (3,898,886)	合計	3,689,502
3) 平成9年度事業計画案審議		5) 平成9年度学会賞受賞候補者推薦委員会委員推薦	
評議員会1回, 総会1回, 学術研究発表会1回, 幹事会4回		前年度委員のうち, 村野正昭委員の代わりに松山優治委員を加える。	
シンポジウムおよび講演会の開催および後援		青木三郎 今脇資郎 落合正宏 鎌谷明善 岸野元彰	
学会誌「La mer」第35巻1号~第36巻1号の刊行		小池勳夫 小池隆 関根義彦 竹松伸 谷口旭	
平成9年度学会賞授与および平成10年度学会賞受賞候補者の推薦		中村重久 松山優治 門谷茂 柳哲雄 山口征矢	
その他		6) その他	
4) 平成9年度収支予算案審議		3. 平成9年度日仏海洋学会賞	
		受賞者: 松山優治(東京水産大学)	
		受賞課題: 駿河湾および相模湾の内部潮汐と沿岸急潮に関する研究	
		推薦理由: 沿岸域に突発的に発生する急潮は沿岸漁業, 特に定置網漁業や養殖漁業に漁網の破損や流出といった甚大な被害を与え, 漁業者からは非常に恐れられ	

てきた。相模湾と駿河湾の急潮は特に有名で、木村喜之助・宇田通隆両博士により先駆的な研究がなされてきたが、観測設備が十分でなかったことから、力学機構の解明と予測に繋がるような研究の進展は見られなかった。

松山優治博士は、駿河湾奥部の内浦湾で急潮が夏季から初秋に頻発し、流れが強いシアアを持っていることに着目して研究を進め、内浦湾の急潮現象は内部潮汐によって引き起こされていることを明らかにした。流速測定と長期水温観測記録を綿密に解析し、半日周期内部波が内部静振と共振して、強い半日周期の内部潮汐が起きることを理論的に説明した。これら一連の観測事実を数値実験で実証すると共に、内浦湾で観測される内部潮汐は駿河湾の海底地形の急変域で発生したものでなく、外洋から伝播してきたものであることを示している。さらに、駿河湾深層での長期測流から、表層だけでなく深層にも顕著な内部潮汐が存在することを明らかにしている。

相模湾における急潮の研究においても多くの優れた業績が見られる。1971年9月に発生した異常潮位現象は傾圧成分(内部ケルビン波)を含んでいることを沿岸潮位および水温データの解析から実証し、これが急潮を引き起こす原因となっていることを証明している。その後の研究から、相模湾で見られる急潮の原因は、黒潮系水の突発的な進入、台風等の気象擾乱の通過に伴い発生した沿岸波動の伝播、半日周期内部潮汐の増幅に分類できることを明らかにしている。これらの成果は急潮の予測と対策に活用されている。

駿河湾と相模湾の内部潮汐の一連の研究で、内浦湾を除けば駿河湾は日周期が、相模湾は半日周期が卓越することを実測とデータ解析から明らかにし、両湾と伊豆海嶺北部域を含めた数値モデル実験を行い、両湾の内部潮汐の卓越周期の違いを力学的に明解に説明している。

松山博士が駿河湾・相模湾で長年にわたって行ってきた急潮と内部潮汐に関する一連の研究の業績は、国内外の内部潮汐や沿岸波動・沿岸密度流の研究に大きく貢献している。観測で得られたデータの緻密な解析と深い物理的な洞察力に基づく数値モデルの構築により着実に現象の理解に努めてきた科学者としての姿勢も高く評価される。本委員会は、同博士の研究が沿岸海洋物理学の進展に寄与するところ顕著であり、本学会賞の授与に相応しいものとしてこ

こに推薦する。

学会賞受賞候補者推薦委員会

委員長 鎌谷明善

主 要 論 文

1. 相模湾沿岸における異常高潮位と湾の温度場及び塩分場との関係. うみ, **12**, 86-94(1974). (寺本俊彦・前田明夫と共著)
2. 相模湾の急潮について. 水産海洋研報, **30**, 1-7 (1977). (岩田静夫と共著)
3. Observations of internal tides in Uchiura Bay. J. Oceanogr. Soc. Japan, **41**, 39-48(1985). (with Teramoto, T.)
4. Internal tides in Uchiura Bay -subsurface temperature observation near the bay head. J. Oceanogr. Soc. Japan, **41**, 135-144(1985).
5. Numerical experiments of internal tides in Suruga Bay. J. Oceanogr. Soc. Japan, **41**, 145-156 (1985).
6. 1986年夏季に相模湾奥部で観測された鉛直水温構造の時間変化. 日水誌, **54**, 1589-1593(1986). (平元泰輔・岩田静夫と共著)
7. Tidal current fluctuations in the Soya Current. J. Oceanogr. Soc. Japan, **43**, 276-282 (1987). (with Aota, M.)
8. Surface Circulation in Sagami Bay. J. Oceanogr. Soc. Japan, **45**, 310-320 (1989). (with Iwata, S.)
9. Influence of internal tides on sea level variations at the Suruga Bay coast. La mer, **28**, 87-96 (1990). (with Ohwaki, A.)
10. The structure of the near shore branch of the Tsushima Current on the shelf off the San'in coast in summer. J. Oceanogr. Soc. Japan, **46**, 156-166(1990).
11. 東京湾の湧昇に関する数値実験-青潮に関連して-. 沿岸海洋研究ノート, **28**, 63-74 (1990). (当麻一義・大脇厚と共著)
12. Numerical experiments of propagation and amplification of internal tides generated on the Izu Ridge. J. Tokyo Univ. Fish. **78**, 35-44 (1991). (with Ohwaki, A.)
13. Evidence for predominance of internal tidal currents in Sagami and Suruga Bays. J. Oceanogr. Soc. Japan, **47**, 194-206 (1991). (with Ohwaki, A. and Iwata, S.)
14. Internal Tides in Uchiura Bay. In *Tidal Hydrodynamics* (ed. B. Parker), 489-503 (1991). John Wiley & Sons Inc.
15. 相模湾の急潮. 沿岸海洋研究ノート, **30**, 4-15 (1992) (岩田静夫・前田明夫・鈴木享と共著)
16. Japan-equator XBT sections in late November 1989 and in early December 1991. J. Oceanogr. Soc. Japan, **49**, 121-129 (1993). (with Yoshida, J., Sudo, H., Kurita, Y. and Y. Mine.)

17. 相模湾上層で観測された内部潮汐の特性. 海の研究, **2**, 333-341(1993). (北出裕二郎・岩田静夫と共著)
18. Strong tidal currents observed near the bottom in the Suruga Trough, Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan, **49**, 683-696 (1993). (with Ohta, S. Hibiya, T. and Yamada, H.)
19. Difference in the prevailing periods of internal tides between Sagami and Suruga Bays: Numerical experiments. J. Oceanogr. Soc. Japan, **50**, 449-464 (1994). (with Ohwaki, A. and H. Nagashima)
20. 1994年1月9日に起こった急潮現象と定置網の挙動. 水産海洋研究, **59**, 190-196(1996). (石戸谷博範・岩田静夫と共著)
21. 海嶺域での内部潮汐の発生と伝播について. 京大数理解析研講究録, **908**, 21-31(1995). (北出裕二郎と共著)
22. 台風の通過に伴う相模湾の水温・流速変動. 沿岸海洋研究, **33**, 191-202(1996). (北出裕二郎・岩田静夫・石戸谷博範・清水顕太郎・渡部勲と共著)
23. Characteristics of internal tides in the upper layer of Sagami Bay. J. Oceanogr. Soc. Japan, **53**, 143-159(1997). (with Kitade, Y.)
24. Kyucho in Sagami Bay induced by Typhoon 8818. J. Oceanogr. Soc. Japan, **53**, 199-205 (1997). (with Iwata, S. and Nagamatsu, H.)
25. Oceanographic Conditions in Pelabuhanratu Bay, west Java. La mer, **34**, 285-294. (with Senjyu, T. and Natih, N.N.)

4. 新入会員

(正会員・学生会員)

氏名	所属・住所	紹介者
傅 克村	国家海洋局第一海洋研究所 中国青島市紅島支路3号甲 (Fu Kechun)	佐藤博雄
*平譚 享	東京水産大学 〒108 港区港南4-5-7	佐藤博雄

* 学生会員

(賛助会員)

- テラ株式会社 〒156 世田谷区代田3-41-8
代田ウエスト5F
- 日本海洋株式会社
〒101 千代田区神田須田町2-2-4
須田町藤和ビル
- アレック電子株式会社
〒651-22 神戸市西区井吹台東町7-2-3
- 三洋測器株式会社
〒150 渋谷区恵比寿南1-2-8

株式会社イーエムエス

〒650 神戸市中央区多聞通3-2-9

5. 退会 (正会員)

市栄 誉 (逝去), 淵 秀隆 (逝去), 本田 弘

6. 所属先・住所等変更

(正会員・受付順)

- 辻 義人 〒234 横浜市港南区野庭町634-2-262
- 真鍋武彦 〒674 兵庫県明石市二見町南二見22-2
兵庫県立水産試験場
- 関根明彦 〒206 稲城市長峯3-5 杜の三番町 2-408
(賛助会員)
- ケー・エンジニアリング
〒111 台東区浅草5-14-10

7. 受贈図書

- 経ヶ岬沿岸波浪観測20年報
- 日本海の気候図
- 東海大学海洋学部業績集22
- NTT R&D 46(5,6)
- なつしま 148, 149
- 神戸海洋気象台 法 216
- RESTEC 39
- 広島日仏協会報 137, 138
- 東北区水産研究所研究報告 59
- 養殖研ニュース 34
- 農業工学研究所ニュース 11
- 農業工学研究所報告 36
- 農業工学関係研究成果情報
- Annotated Checklist of the Inshore Fishes of the Ogasawara Islands
- Deep-Sea Fauna and Pollutants in Suruga Bay
- 日本海区水産研究所研究報告 47
- 勇魚 16
- Bulletin of the National Science Museum 23 (1, 2)
- しおさい 13
- 水産工学研究所研究報告 18
- 水産工学研究所研究報告 19
- 水産工学研究集録 3, 4
- The Journal of the Korean Society of Oceanography 1(2)
- Meereswissenschaftliche Berichte 22, 23, 24
- Annals Hydrographiques 21

日仏海洋学会役員・評議員

(1996～1997年度)

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>顧問：ユーベル・プロシエ ジャン・デルサルト
 ジャック・ローベル アレクシス・ドラ
 デール ミシェル・ルサージュ ローベル・
 ゲルムール ジャック・マゴー レオン・
 ヴァンデルメルシュ オーギュスタン・ベ
 ルク ユーベル・セカルディ オリビエ・
 アンサール</p> <p>名誉会長：ピエール・カプラン</p> <p>会 長：有賀祐勝</p> <p>副 会 長：高木和徳 岡市友利</p> <p>幹 事：(庶務) 森永 勤 前田 勝
 (会計) 松山優治 岸野元彰
 (編集) 佐藤博雄 落合正宏
 (研究) 関 文威 小池勲夫
 (渉外) 佐伯和昭 降島史夫</p> <p>監 事：久保田穰 辻田時美</p> <p>編集委員長：山口征矢</p> | <p>評 議 員：</p> <p>有元貴文 有賀祐勝 石丸 隆 今脇資郎
 宇野 寛 大塚一志 岡市友利 奥田邦明
 落合正宏 梶浦欣二郎 金成誠一 鎌谷明善
 岸野元彰 国司秀明 久保田穰 黒田一紀
 小池勲夫 佐伯和昭 坂本 亘 佐藤博雄
 杉森康宏 須藤英雄 関 文威 関根義彦
 平 啓介 高木和徳 降島史夫 高野健三
 高橋正征 竹松 伸 谷口 旭 辻田時美
 寺崎 誠 寺本俊彦 鳥羽良明 中田喜三郎
 中田英昭 永田 豊 中村重久 畑 幸彦
 平野敏行 前田明夫 前田 勝 松生 治
 松山優治 丸茂隆三 村野正昭 森永 勤
 門谷 茂 柳 哲雄 山口征矢 和田 明
 渡邊精一</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

本学会員・編集委員 市栄 誉氏は去る1997年3月19日逝去されました。ここに謹んで哀悼の意を表します。
 日仏海洋学会
 Dr. Takashi Ichiye, a member of the Society, passed away on 19 March 1997. The Society presents sincere condolence to his death.

本学会員 淵 秀隆氏は去る1997年6月17日逝去されました。ここに謹んで哀悼の意を表します。
 日仏海洋学会
 Dr. Hidetaka Futi, a member of the Society, passed away on 17 June 1997. The Society presents sincere condolence to his death.

平成10年度京都大学防災研究所 共同研究の公募について（通知）

標記について、下記のとおり公募しております。詳しくは、当研究所ホームページ（URLは <http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/default.j.html>）を参照されるか、又は当研究所へ問い合わせ願います。

記

1. 公募事項（共同研究公募要領参照）
 - (1) 一般共同研究の募集
 - (2) 特定共同研究への参加者の募集
 - (3) 研究集会の募集

2. 申請資格： 国公立大学及び国公立研究機関の教官・研究者又はこれに準じる者

3. 申請方法： 所定様式による申請書の提出。ただし、一般共同研究及び研究集会については、研究代表者から申請書を提出してください。

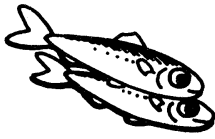
4. 研究期間： 一般共同研究は、平成10年4月から平成11年2月まで
特定共同研究は、平成10年4月から平成12年3月まで
研究集会は、平成10年4月から平成11年2月まで

5. 申請期限： 平成9年12月5日（金）

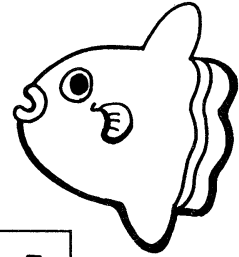
6. 問い合わせ先： 〒611 宇治市五ヶ庄
京都大学防災研究所総務課研究助成掛
TEL：0774-38-4010

賛 助 会 員

阿 部 嘉 方	東京都練馬区春日町2-15-6
アレック電子株式会社	兵庫県神戸市西区井吹台東町7-2-3
株式会社 イーエムエス	兵庫県神戸市中央区多聞通3-2-9
株式会社 内田老鶴園 内田 悟	東京都文京区大塚3-34-3
有限会社 英和出版印刷社	東京都北区中里2-7-7
株式会社 カイジョウ	東京都西多摩郡羽村町栄町3-1-5
(財)海洋生物環境研究所	東京都千代田区内神田1-18-12 北原ビル内
株式会社 川合海苔店	東京都太田区大森本町2-31-8
ケー・エンジニアリング株式会社	東京都台東区浅草橋5-14-10
三洋測器株式会社	東京都渋谷区恵比寿南1-2-8
株式会社 自然・情報環境研究所	横浜市栄区桂町1-1, 3-401
新日本気象海洋株式会社	東京都世田谷区玉川3-14-5
全日本爬虫類皮革産業連合会	東京都足立区梅田4-3-18
株式会社 高岡屋	東京都台東区上野6-7-22
テラ株式会社	東京都世田谷区代田3-41-8 代田ウエスト5F
株式会社 東京久栄技術センター	埼玉県川口市芝鶴ヶ丸6906-10
株式会社 西日本流体技研	長崎県佐世保市棚方町283
日本アクアラング株式会社	神奈川県厚木市温水2229-4
(株)三菱総合研究所 (社会情報システム部)	東京都千代田区大手町2-3-6
(株)本 地 郷	東京都千代田区神田須田町2-2-4 須田町藤和ビル7F
株式会社 読売広告社	東京都中央区銀座1-8-14
渡辺機開工業株式会社	愛知県渥美郡田原町神戸大坪230
株式会社 渡部計器製作所	東京都文京区向丘1-7-17



海洋生物資源を大切に利用する企業でありたい
 —— 青魚(イワシ・サバ・サンマ)から宝を深し出す ——



母なる海・海には愛を!

La mer la mère, l'amour pour la mer!



SHIDA

信田缶詰株式会社

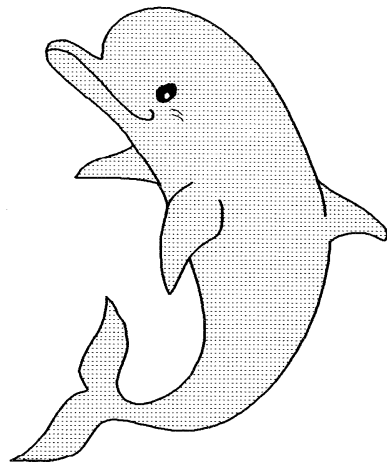
〒288 千葉県銚子市長軒町2-1 TEL 0479(22)7555 FAX 0479(22)3538

● 製造品・水産缶詰・各種レトルトパウチ・ビン詰・抽出スープ・他

街をきれいにしてイルカ?

事業内容

- 産業廃棄物、一般廃棄物の収集運搬処理
- 各種槽、道路、側溝の清掃
- 上下水道、排水処理施設運転管理
- 下水道管内TVカメラ調査
- 総合ビル管理
- その他上記に付随する一切の業務



株式会社 春海丸工営

本社 〒312 茨城県ひたちなか市長砂872-4 ☎029-285-0786 FAX285-7519
 銚子支社 〒288 千葉県銚子市長塚町6-4490-1 ☎0479-22-4733 FAX22-4746
 水戸支社 〒310 茨城県水戸市中央 2-2-6 ☎029-226-9639 FAX226-9855

Chelsea Instruments

(Chelsea 社は、曳航式 CTD 計の専門メーカーです。)

Aquashuttle/Aquapack

曳航器・アクアシャトル

最適航速 8-20ノット

アーマードケーブルでリアルタイム測定可

CTD ロガー・アクアパック

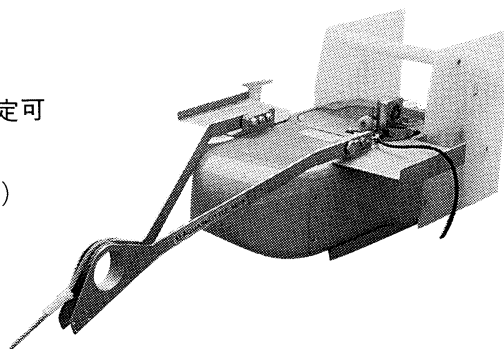
電導度 1~55 mS/cm (0.01 mS/cm)

温度 -2~32 °C (0.005 °C)

深度 0~200 m

蛍光光度 0.01 μg ~ 100 μg/l

メモリー 50,000 データ (標準)



CI

CHELSEA
INSTRUMENTS
LIMITED



**Biospherical
Instruments
Inc.**

日本総代理店

ケー・エンジニアリング株式会社

〒111 東京都台東区浅草橋5-14-10

TEL 03-5820-8170

FAX 03-5820-8172

日仏海洋学会入会申込書

(正会員・学生会員)

	年度より入会	年 月 日 申込
氏 名		
ローマ字		年 月 日 生
住 所 〒		
勤務先 機関名		
電 話		
自 宅 住 所 〒		
電 話		
紹介会員氏名		
送付金額 円	送金方法	
会誌の送り先 (希望する方に○をつける)	勤務先	自 宅

(以下は学会事務局用)

受付	名簿 原簿	会費 原簿	あて名 カード	学会 記事
----	----------	----------	------------	----------

入会申込書送付先： 〒150 東京都渋谷区恵比寿3-9-25

(財)日仏会館内

日 仏 海 洋 学 会

郵便振替番号： 00150-7-96503

日仏海洋学会編集委員会 (1996-1997)

委員長：山口征矢

委員：青木三郎, 堀越増興, 前田 勝, 落合正宏, 松山優治, 柳 哲雄, 渡辺精一

海外委員：H. J. CECCALDI (フランス), E. D. GOLDBERG (アメリカ), T. R. PARSONS (カナダ)

幹 事：落合正宏, 佐藤博雄

投稿の手引

1. 「うみ」(日仏海洋学会機関誌; 欧文誌名 *La mer*) は, 日仏海洋学会正会員およびそれに準ずる非会員からの投稿(依頼稿を含む)を, 委員会の審査により掲載する。
2. 原稿は海洋学および水産学両分野の原著論文, 原著短報, 総説, 書評, 資料などとする。すべての投稿は, 本文, 原図とも正副2通とする。副本は複写でよい。本文原稿用紙はすべてA4判とし, 400字詰原稿用紙(和文)に, または厚手白紙にダブル・スペース(和文ワープロでは相当間隔)で記入する。表原稿および図説明原稿は, それぞれ本文原稿とは別紙とする。
3. 用語は日, 仏, 英3カ国語の何れかとする。ただし, 表および図説明の用語は仏文または英文に限る。原著論文(前項)には約200語の英文または仏文の要旨を, 別紙として必ず添える。なお, 欧文論文には, 上記要旨の外に, 約500字の和文要旨をも添える。ただし, 日本語圏外からの投稿の和文要旨については編集委員会の責任とする。
4. 投稿原稿の体裁形式は最近号掲載記事のそれに従う。著者名は略記しない。記号略号の表記は委員会の基準に従う。引用文献の提示形式は, 雑誌論文, 単行本分載論文(単行本の一部引用を含む), 単行本などの別による基準に従う。
5. 原図は版下用として鮮明で, 縮尺(版幅または1/2版幅)に耐えられるものとする。
6. 初校に限り著者の校正を受ける。
7. 正会員に対しては7印刷ページまでの掲載を無料とする。ただし, この範囲内であっても色彩印刷を含む場合などには, 別に所定の費用を著者負担とすることがある。正会員の投稿で上記限度を超える分および非会員投稿の印刷実費はすべて著者負担(10,000円/頁)とする。
8. すべての投稿記事について, 1篇あたり別刷50部を無料で請求できる。50部を超える分は請求により, 50部単位で作製される。別刷請求用紙は初校と同時に配布される。
9. 原稿の送り先は下記の通り。

〒108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学 山口征矢 気付
日仏海洋学会編集委員会

1997年8月25日印刷
1997年8月28日発行

う み

第35巻
第3号

定価 ¥1,600

編集者 山口征矢
発行所 日仏海洋学会
財団法人 日仏会館内
東京都渋谷区恵比寿3-9-25
郵便番号: 150
電話: 03(5421)7641
振替番号: 00150-7-96503
印刷者 佐藤 一 二
印刷所 (有)英和出版印刷社
東京都文京区千駄木4-20-6
郵便番号: 113-0022
電話: 03(5685)0621

Tome 35 N° 3

SOMMAIRE

Notes originales

- Co-tidal and co-range charts in the South China Sea derived from satellite altimetry data
.....Tetsuo YANAGI, Toshiyuki TAKAO and Akihiko MORIMOTO 85
- On the solution of Laplace's Tidal Equation (The convergence of the solution by the
continued fraction method in the non-zonal case towards the east) II (in Japanese)
.....Akira MATSUSHIMA, Masao KOGA, Yutaka FUKUYAMA and Nobuyuki GOTO 95
- Recent occurrence of phytoplankton in the hyper eutrophicated inlet, Tokyo Bay, central
Japan (in Japanese)Hideaki NOMURA and Makoto YOSHIDA 107

Faits divers

- A notice to the 1995 Kikaigajima Tunamis (in Japanese)Shigehisa NAKAMURA 123
- An example of observed thermal structure of sea surface at an offshore fixed tower
(in Japanese)Shigehisa NAKAMURA 125
- A note on the 1995 Chilian Tunamis (in Japanese)Shigehisa NAKAMURA 127

Conférence commémorative

- Study on internal tides and Kyucho in Suruga and Sagami Bays (in Japanese)
.....Masaji MATUYAMA 129

- Procès-verbaux 131

第 35 卷 第 3 号

目 次

原著論文

- 衛星高度計データより得られた南シナ海の同時潮図と等潮差図
(英文)柳 哲雄・高尾敏幸・森本昭彦 85
- Laplace の tidal equation の解 (東西方向に zonal でない場合の解法 : continued fraction
による収束性) について II松島 晟・古賀雅夫・福山 豊・後藤信行 95
- 東京湾における近年の植物プランクトンの出現状況野村英明・吉田 誠 107

資 料

- 1995年喜界島津波について中村重久 123
- 沖合いの観測塔による海面熱構造の観測例中村重久 125
- 1995年チリ津波について中村重久 127

日仏海洋学会賞受賞記念講演

- 駿河湾および相模湾の内部潮汐と沿岸急潮に関する研究松山優治 129

- 学会記事 131