
Tome 32

Février 1994

Numéro 1

La mer

うみ

1994 年 2 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE D'Océanographie

Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 1992 et 1993)

Directeur et rédacteur: M. MURANO

Comité de lecture: S. AOKI, T. ARIMOTO, M. HANZAWA, M. HORIKOSHI, M. MAEDA, M. OCHIAI, H. SUDO, Y. YAMAGUCHI, T. YANAGI

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

Services de rédaction et d'édition: S. WATANABE, Y. YAMAGUCHI

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 (21×29,7 cm). 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* environ. Pour les textes en langues européennes, il faudra joindre en plus le résumé en japonais de *500 lettres* environ. 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 14,5×20,0 cm.

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: M. MURANO, 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; T. ICHIYE, Department of Oceanography, Texas A & M University, College Station, Texas 77843, Etats-Unis; ou T. R. PARSONS, Department of Oceanography, University of British Columbia, Vancouver, B. C. V6T 1W5, Canada.

Vladimir Ivanovich Vernadsky Originator of the Biosphere Concept*

Kiril M. KHAILOV**

Vladimir Ivanovich VERNADSKY (1863-1945) is one of the most eminent investigators of the Earth and Life. The Earth is an object of geology, geography, geophysics, geochemistry and of many other branches of science. Similarly Life is an object of biology with all its branches. V.I.VERNADSKY did not simply sum Earth and Life knowledge, but elaborated very compact integrative concept with **chemical interaction** of Earth and Life, and their **interface** became the central problem.

Before the communistic upheaval he was a professor of mineralogy and crystallography of Moscow University. During the next years his interests shifted to Geochemistry, Radio-geochemistry, Biogeochemistry, History of Natural Science. In 1912 he became a member of the Russian Academy of Sciences, and in 1919 the first President of the Ukrainian Academy of Science. VERNADSKY founded several new scientific laboratories and institutions. However, from 1936 and up to his death he was honoured not so much in official scientific circles, but mostly among freely thinking scientific "dissidents". For many years his name was not mentioned by officials of the Academy of Sciences of USSR; some of his ideas and works., especially in philosophy of science were proclaimed as false and covered by silence.

The reason for ignorance is obvious: V.I. VERNADSKY was an outstanding Thinker so broad, so deep and interdisciplinary minded, so independent in philosophical imagination of the World Ocean, Terra, Wild Life and Life of Mankind in their interaction (while communists sup-



Kiril M. KHAILOV

pose themselves to be the best experts of Mankind and even Life), that he did not correspond to narrow limits posed on science by party ideologists. And on the contrary, his mentality was familiar to many, ignoring traditional scientific boundaries and looking ahead.

Beginning from 1965, long before the GORBACHEV's "Perestroika", when some of ideological dogmas were rejected, the Academy of Sciences of USSR revised former partial ignorance of VERNADSKY, his main works were republished (VERNADSKY, 1965;1988), some of them published for the first time. His treatise "Biosphere" is the most well known and was translated into some languages (VERNADSKY, 1926).

* Received January 25, 1994

** Institute of Biology of Southern Seas, Ukrainian Academy of Sciences, Sevastopol, 335011 Ukraine



Vladimir Ivanovich VERNADSKY (1863-1945)

In a short paper it is impossible to give a review of all of VERNADSKY's fundamental ideas. Also I do not wish to present him as a giant of Science History. Much more significant to every working in natural science is that he is really a giant of **Contemporary Science**.

However, not only by communistic ideologists, even by many biologists and ecologists, the main VERNADSKY's ideas were not accepted and used broadly.

Which of V.I. VERNADSKY's ideas, concerning Life on the Land and in the Oceans, may be considered as "the main"? And why was his concept of Life on the Earth not accepted in its fullness (but at the same time was not disproved; a strange situation)?

1. First stumbling block was his central idea of "living matter" (VERNADSKY, 1978). As an Earth scientist he was a geochemist dealing with

chemical transformations and mass transfer mediated by organisms (biogeochemistry). It is the term "living matter", used by him ordinarily, that became a first source of misunderstanding of his ideas by many biologists and (surprising!) even by some ecologists.

For most biologists the main objects to be investigated and described in all details are the definite individuals and biological species, not the indefinite "living matter". The term "living matter" means (biologists suppose) that all the details of species and individuals are ignored by VERNADSKY (biologists: "the details of individuals and species are insignificant? It is impermissible!"). That is why the term "living matter" became odious to many. Being unable to accept the term they did not accept the basis of the biogeochemical approach as such.

However, the meaning of this term did not contradict through and detailed biological

investigations. VERNADSKY holds correctly that the main biogeochemical functions of any group of organisms. i. e., **the flows, the fluxes of matter**, are influence by the organisms ("Living Vortex" according to VERNADSKY and "Tourbillon Vitale" according to CUVIER) may be described without mentioning the many traits of different species and sometime irrespective of species name.

"Irrespective of species name" (?) was unacceptable to many biologists, because they were educated in classical traditions.

Clearly in the first part of the twentieth century the fluxes of matter in natural environments were not so interesting to biologists and did not seem significant for mankind. They only are at the end of this century, when the fluxes of many atoms and complex natural compounds changed dramatically as a result of total human activity in biosphere. And it is just now that biogeochemical thinking became essential for the security of mankind itself.

2. Dealing with "living matter", VERNADSKY looks first of all as a physicist not in the term of organisms, species and societies (as biologists do), but in the term of "particles", biological "dispersion", "patches of particles", and "layeres". As a biogeochemist he realized that in all, especially in lower organisms, nutrients penetrate the body via their surface area. And the less their body size, the more their relative surface area (S/V , where S is the surface area, V is the volume of the body). And the most intensive is chemical exchange between the smallest organisms and surrounding water.

That is why VERNADSKY is interested first of all in size distribution in aquatic life, especially in oceans: "biological particles" there were the smallest in size, the greatest in numbers and, as we know now, organized in patches and layers. It is not surprising, therefore, that oceanographers were the first who began to use size spectra for the description of marine biota. Really, they follow VERNADSKY's ideology without any mentioning of his name and often are even unfamiliar with his work. By means of size spectra, interesting comparison of destructive biogeochemical functions in Earth's biota, including mankind, was given (GORSHKOV, 1990)

as soon as comparison of different marine and freshwater basins (for instance, Black Sea, Ribinsk reservoir and some man-made aquatic systems [KAMENIR, 1993]).

3. Dealing with organized life on the Earth, VERNADSKY asked himself: What is the main object of early Life from the biogeochemical point of view? The answer given by biologists (organisms and species are the main) did not satisfy VERNADSKY. For the biogeochemist the interaction between living (biotic) and dead (abiotic) matter was the basic event, the main process in Life. That is why "bio-abiotic bodies" ("bio-abiotic systems" in recent terms) became the central objects in VERNADSKY's concept of Life on the Earth. Any ocean with all its biota, any sea or lake with all its biota, and even any living body (the most of which is abiotic matter—the water) are "bio-abiotic systems". Quantitative comparison of these systems, so different in external appearance, supports the idea of fundamental biogeochemical similarity in them (KHAILOV and SILKIN, 1986).

Interestingly, recently limnologists and oceanographers describe living and dead particles and even the lakes and seas in their series in form of size spectra (KHAILOV and SILKIN, 1986; SCHWINGHAMMER, 1981), or with allometries. By these means they follow behind VERNADSKY, exactly as do biologists, when they use allometries for the description of size series of organisms. The same methodology was used recently for the description of phytoplankton patch size series (SUZUKI and SEKI, 1988). Such broad comparison corresponds exactly to the idea of "living matter". Size spectra and allometric analysis did not contradict obvious external differences between dead suspended particles, living organisms, lakes and oceans. Even more: the numerical quotients of allometric equations for the above mentioned objects reflect clearly all their specificity as well as general similarity.

4. If Life on the Earth is organized in bio-abiotic systems of different levels of organization from the living cell to the biosphere, then all these systems have their specific ("private")

living space. And this space must be organized by life and as life itself. Strangely, biologists investigate external and internal structure of the organisms, but do not investigate in term of living space (volume and subvolumes). Space and time in natural systems—one more problem posed V.I. VERNADSKY—did not affect the minds of his contemporaries. The problem is open for future Science.

VERNADSKY's ideas mentioned above are part of scientific paradigms other than the classical one. Classical, species-centric image of Life on the Earth puts Life ahead of abiotic parts, emphasizing the "living". The species-centric concept corresponds to that state of mankind and biosphere, when environments were relatively clean and safe. Then organisms and species may be regarded as the main natural objects. The recent state of mankind and biosphere is extremely polluted and unsafe. Therefore another image of Life has become valuable. VERNADSKY did not put Life ahead of the abiotic parts of the Earth; he regarded both as of equal significance in the biosphere. In recent times, whole land regions, whole seas, oceans, big ecosystems became the main objects in science and in other human activities. My deep conviction is that the main ideas of V.I. VERNADSKY will be accepted broadly in the world and used for biosphere management, right at the beginning of the twenty first century.

References

- GORSHKOV, V.G. (1990): The energetics of biosphere and stability of environments. *In*; The Totals of Science and Technique Ser.: Theoretical and General Aspects of Geography, Vol. 7, Moscow, 237pp. (in Russian)
- KAMENIR, Yu. G. (1993): Interdisciplinary investigation of aquatic communities using size spectra. *In*: H. STERR *et al.* (eds), Proc. International Coastal Congress, ICC-Kiel '92, Verlag Peter Lang, Hamburg, Frankfurt am Main, 468-476.
- KHAILOV, K.M. and V.A. SILKIN (1986): Ecological ordination of aquatic bioproducer systems for the aims of aquaculture. *Russian J. General Biol.* **47**, 769-779. (in Russian)
- SCHWINGHAMMER, P. (1981): Characteristic size distribution of integral benthic communities. *J. Fish. Aquat. Sci.* **38**, 1255-1263.
- SHELDON, R.W. and T.R. PARSONS (1967): A contribution of size spectrum for particulate matter in the sea. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **24**: 909-915.
- SUZUKI, T. and H. SEKI (1988): Effect of rapid oligotrophication by an aquatic treatment pilot plant on the microbial community of mesotrophic bog II. Phytoplankton distribution and patchiness. *Water, Air, Soil Pollut.*, **42**, 397-406.
- VERNADSKY, V.I. (1926): *The Biosphere*. Leningrad Acad. Sci. Publ., Leningrad, 211pp. (in Russian)
- VERNADSKY, V.I. (1965): *Chemical Composition of the Biosphere and its Surroundings*. Nauka Publ., Moscow, 373pp. (in Russian)
- VERNADSKY, V.I. (1978): *The Living Matter*. Nauka Publ., Moscow, 358pp. (in Russian)
- VERNADSKY, V.I. (1988): *Philosophical Thoughts of Naturalist*. Nauka Publ., Moscow, 519pp. (in Russian)

Amplification of long waves on a continental slope*

Motoyasu MIYATA**

Abstract: A theoretical model is presented for investigating the effects of continental slope on tsunami run-up height. The model consists of three regions: I. Deep ocean of constant depth. II. Continental slope of varying topography. III. Beach and continental shelf of uniform slope. Using hydrostatic approximation, standing wave solutions over these regions are obtained and relative run-up heights are calculated. The results show that the topography of continental slope is an important factor to determine the run-up.

I. Introduction

Since the first systematic work by KAPLAN (1955), tsunami run-up has been extensively studied especially in a laboratory (e.g. IWASAKI *et al.*, 1970; TOGASHI and NAKAMURA, 1978). Most of these experiments, however, were performed on a uniformly sloping beach connected to an open ocean of constant depth. This is not only because the topography is relatively simple but also because this is the only case for which an explicit theoretical solution is available (KELLER and KELLER, 1964; SHUTO, 1972).

It is certainly true that a uniformly sloping topography approximates almost any beach in nature and continental shelf within reasonable accuracy. However, beyond continental shelf break there usually exists a continental slope where the bottom slope increases. In the present paper, a theoretical analysis is made of a simple model which contains continental shelf topography, to provide information about the role of varying bottom on the tsunami run-up. Application of the theory to the real ocean will be considered in a separate paper using a numerical model.

Modelling and formulation will be explained in the following section. The solutions are given in Section III. Non-linear effect near shore will

be discussed in Section IV.

II. Formulation

The two dimensional linear unforced equations under the hydrostatic assumption in a homogeneous inviscid non-rotating ocean are given by:

$$\frac{\partial u'}{\partial t'} = -g \frac{\partial \zeta'}{\partial x'} \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial \zeta'}{\partial t'} + \frac{\partial (h'u')}{\partial x'} = 0 \quad (2.2)$$

Where the x axis is taken perpendicular to the straight coast line, u is the velocity in the off-shore direction, ζ' is the surface displacement, h' is the depth of the undisturbed ocean, and g is the acceleration of gravity. We introduce the non-dimensional variables as follows: $x' = \ell x$,

$h' = Hh(x)$, $t' = \frac{\ell}{\sqrt{gH}} t$, where ℓ is the width of

the continental shelf plus slope and H is the constant depth of the open ocean (see Fig. 1). Assuming perfect reflection at the coast, we seek the standing wave solutions:

$$(u', \zeta') = (\sqrt{gH} u, iH \zeta) e^{i\sigma t} \quad (2.3)$$

where u and ζ are functions of x only and σ is the non-dimensional angular frequency. Then the equations (2.1) and (2.2) become:

$$\frac{d\zeta}{dx} + \sigma u = 0 \quad (2.4)$$

$$\sigma \zeta - \frac{d(hu)}{dx} = 0 \quad (2.5)$$

Combining these two equations yields:

$$\frac{d}{dx} \left(h \frac{d\zeta}{dx} \right) + \sigma^2 \zeta = 0 \quad (2.6)$$

* Received December 24, 1992

** Department of Earth and Planetary Physics, University of Tokyo, 2-11-16 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan

Present affiliation:

PICES, c/o Institute of Ocean Sciences, P. O. Box 6000, Sidney, B. C. Canada

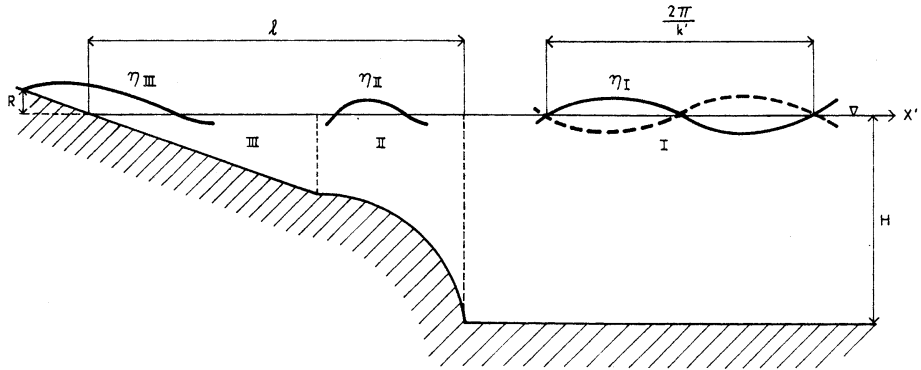


Fig. 1. Definition sketch.

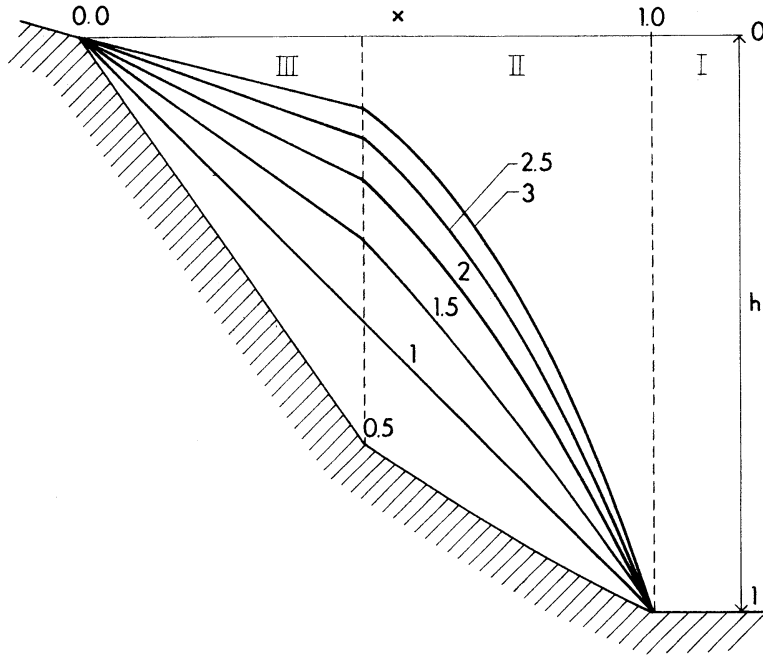


Fig. 2. Examples of bottom topography for $x_0=0.5$, $\delta=0.5, 1, 1.5, 2, 2.5$ and 3 .

The following non-dimensional bottom topography is assumed.

$$h = \begin{cases} 1 & 1 \leq x \quad (\text{Region I}) \\ x^\delta & x_0 \leq x < l \quad (\text{Region II}) \\ bx(b=x^{\delta-1}) & 0 \leq x < x_0 \quad (\text{Region III}) \end{cases} \quad (2.7)$$

where δ is an arbitrary constant and x_0 is the non-dimensional width of the continental shelf. (The width of the continental slope is $1 - x_0$). Some example profiles are given in Fig. 2.

Now the problem into solve Eq. (2.6) in the

three regions and match them at the boundaries.

III. Solution

In Region I, Eq. (2.6) is simply

$$\frac{d^2 \zeta}{dx^2} + \sigma^2 \zeta = 0 \quad (3.1)$$

The solution is

$$\zeta_1 = A_1 \cos(kx + \phi) \quad (3.2)$$

where k is the non-dimensional wave number and ϕ is the phase factor. Substituting (3.2) into

(3.1) gives the well-known relationship for shallow-water standing waves.

$$\sigma = k \quad (3.3)$$

In Region II, Eq. (2.6) can be rewritten as:

$$\frac{d^2 \zeta}{dx^2} + \frac{\delta}{x} \frac{d\zeta}{dx} + \frac{k^2}{x^\delta} \zeta = 0 \quad (3.4)$$

where σ has been replaced by k .

For $\delta \approx 2$, the solution of this equation is

$$\zeta_{II} = \begin{cases} x^{-1/2} (A_{II} x^p + B_{II} x^{-p}) & 1 - 4k^2 \geq 0 \\ x^{-1/2} \{A_{II} \cos(q \log x) + B_{II} \sin(q \log x)\} & 1 - 4k^2 < 0 \end{cases} \quad (3.5a)$$

where $p = 1/2\sqrt{1-4k^2}$, $q = 1/2\sqrt{4k^2-1}$

For $\delta \approx 2$, the solution can be expressed as follows:

$$\zeta_{II} = x^\alpha \{A_{II} J_\nu(\beta x^\gamma) + B_{II} N_\nu(\beta x^\gamma)\} \quad (3.5b)$$

where J_ν and N_ν are Bessel functions of the first and second kind with order ν . α , β and γ are related to δ by:

$$\alpha = \frac{1-\delta}{2}, \quad \beta^2 = \left(\frac{2k}{2-\delta}\right)^2, \quad \nu^2 = \left(\frac{1-\delta}{2-\delta}\right)^2$$

In Region I, the equation becomes:

$$\frac{d^2 \zeta}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{d\zeta}{dx} + \frac{k^2}{bx} \zeta = 0 \quad (3.6)$$

The solution in this case is simply:

$$\zeta_{II} = A_{III} J_0\left(2k\sqrt{\frac{x}{b}}\right) \quad (3.7)$$

Once the surface displacements are given by (3.2), (3.5) and (3.7), the velocity fields are known from Eq. (2.4).

At the boundaries $x=1$ and $x=x_0$, both displacement and velocity must be continuous, so that,

$$\zeta_I = \zeta_{II}, \quad \frac{d\zeta_I}{dx} = \frac{d\zeta_{II}}{dx} \quad \text{at } x=1 \quad (3.8)$$

$$\zeta_{II} = \zeta_{III}, \quad \frac{d\zeta_{II}}{dx} = \frac{d\zeta_{III}}{dx} \quad \text{at } x=x_0 \quad (3.9)$$

At the coast, the tsunami run-up height can be approximated by

$$R = \text{Max} \{\zeta_{III}(0)\} \quad (3.10)$$

This approximation is consistent with the linear theory, and its validity will be further discussed in the next section.

From Eq. (3.8), (3.9) and (3.10) we can determine the phase factor ϕ and the tsunami run-up

factor a defined by:

$$a = \frac{R}{A_I} \quad (3.11)$$

For $\delta = 2$, and $4k^2 \geq 1$,

$$a = \left| \frac{k(x_0^p + s x_0^{-p})}{J_0(x_1) \sqrt{x_0 \{k^2(1+s)^2 + (m+ns)^2\}}} \right|$$

$$\phi = -k + \tan^{-1} \frac{k(1+s)}{m+ns}$$

where $m = \frac{1}{2} - p$, $n = -\frac{1}{2} - p$, and $x_1 = 2k\sqrt{\frac{x_0}{b}}$

$$s = \frac{B_{II}}{A_{II}} = -\frac{2mJ_0(x_1) + x_1 J_1(x_1)}{2nJ_0(x_1) + x_1 J_1(x_1)}$$

For $\delta = 2$ and $4k^2 < 1$,

$$a = \left| \frac{k \{ \cos(q \log x_0) + s \sin(q \log x_0) \}}{\sqrt{x_0 \{k^2 + (sq - 1/2)^2\}}} \right|$$

$$\phi = -k + \tan^{-1} \frac{k}{sq - 1/2}$$

where

$$s = \frac{B_{II}}{A_{II}} = \frac{\{1 + 2q \tan(q \log x_0)\} J_0(x_1) - x_1 J_1(x_1)}{\{2q - \tan(q \log x_0)\} J_0(x_1) + x_1 J_1(x_1)}$$

For $\delta \approx 2$

$$a = \left| \frac{x_0^\alpha \sin(k + \phi)}{J_0(x_1)} \frac{J_\nu(\beta x_2) + s N_\nu(\beta x_2)}{J_0(\beta) + s N_\nu(\beta)}, \right|$$

$$\phi = -k + \tan^{-1} \frac{k \{J_\nu(\beta) + s N_\nu(\beta)\}}{(\alpha + \nu \gamma) \{J_\nu(\beta) + s N_\nu(\beta)\} - \beta \gamma \{J_{\nu+1}(\beta) + s N_{\nu+1}(\beta)\}}$$

where $x_1 = 2k\sqrt{\frac{x_0}{b}}$, $x_2 = x_0$ and

$$s = \frac{B_{II}}{A_{II}} = \frac{2J_0(x_1) \{(\alpha + \nu \gamma) J_\nu(\beta x_2)\}}{2J_0(x_1) \{\gamma x_2 N_{\nu+1}(\beta x_2) - \gamma x_2 J_{\nu+1}(\beta x_2)\} - x_1 J_1(x_1) J_\nu(\beta x_2) - (\alpha + \nu \gamma) N_\nu(\beta x_2) - x_1 J_1(x_1) N_\nu(x_0)}$$

IV. Discussions

The obtained results become particularly simple when δ is equal to unity. In this case since $\nu = 0$, N_ν is no longer independent of J_ν so that we can put $s=0$: Then, by using $b=1$, $\sigma = 0$, $\beta = 2k$, and $\gamma = 1/2$

$$a = \left| \frac{1}{J_0(2k)} \sin \tan^{-1} \frac{J_0(2k)}{2J_1(2k)} \right|$$

$$= \frac{1}{\sqrt{J_0^2(2k) + J_1^2(2k)}}$$

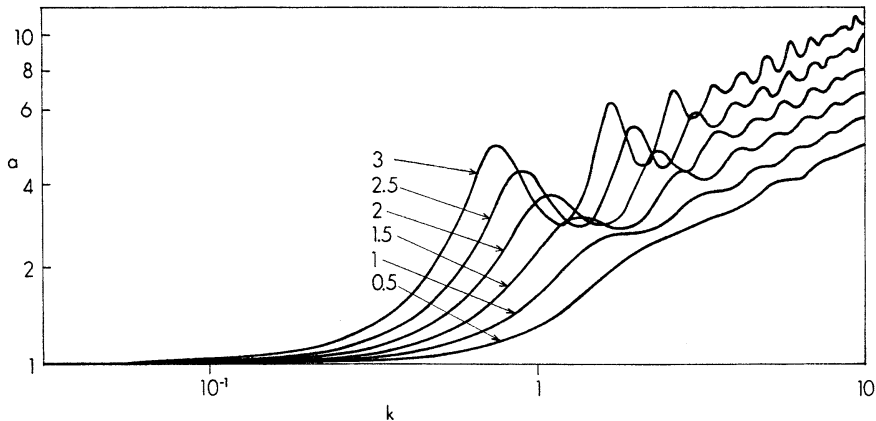


Fig. 3 Tsunami amplification factor for profiles in Fig. 2. The number indicates the value of δ in Eq. (2.7). The curve for $\delta=1$ correspond to KELLER and KELLER (1964) result.

This result is in exact agreement with that of KELLER and KELLER (1964), as expected.

In Fig. 3, values of the run-up factor a are plotted as a function of k for $x_0=0.5$, $\delta=0.5, 1, 1.5, 2, 2.5$ and 3 . It is seen that for small k , the factor a is near unity for any δ , indicating that very long waves are not amplified at the coast. As k becomes larger, a tends to increase steadily but with minor oscillations. The oscillation is especially conspicuous for larger δ . It is to be noted that although the overall slope between $x=0$ and $x=1$ is the same for every case (see Fig. 2), the run-up factors for larger δ are much higher than for lower δ . This implies that the run-up height is determined more by the sea floor depth itself than its gradient: the shallower the continental shelf and slope, the greater the run-up. Approximating the bathymetry between the coast and the foot of the continental slope by a straight line may cause erroneous estimation of tsunami amplification.

The theory so far discussed is realistic for the region I and II where amplitudes of tsunami are usually small, but may not be valid near the coast where the non-linear effect becomes substantial. Fortunately, we have CARRIER and GREENSPAN'S (1958) results of non-linear shallow water waves on a uniformly sloping beach and can examine the validity of the linear theory. It turns out that far from the coast, their solution approaches the linear solution given by (3.6). In the vicinity of the shoreline, the

solutions significantly differs from the linear ones, but the maximum height to which the water rises on the shore is found to be simply: $R=A_m$

So the non-linear theory would give approximately the same result as the linear one as far as the run-up factor is concerned. If the uniform slope extended to infinitely far, the two results would make no difference, as first pointed out by KELLER (1964). Therefore, our results are practically valid unless the shelf break x_0 is very near shore. It is not surprising that numerical experiments including non-linear terms show fair agreement with the linear theory as shown by GOTO (1970) for the case of $\delta=1$.

V. Conclusions

It is found by using a simple theoretical model that the varying bathymetry of the continental slope may sometimes produce much higher tsunami run-up than the continental shelf uniformly sloping down to the open ocean. The theory remains to be tested by laboratory experiments.

Acknowledgement

The author is indebted to Dr. Harold LOOMIS for stimulating discussions and comments.

References

- CARRIER, G.F. and H.P. GREENSPAN (1958): Water waves of finite amplitude on a sloping beach. *J. Fluid Mech.*, 4, 97-112.

- GOTO, C. (1979): Nonlinear equation of long waves in the Lagrangian description. Coastal Engineering in Japan, **22**,
- IWASAH, T., H. TOGASHI and E. SATO (1970): Hydraulic characteristics of shoreline and run-up of tsunami. Proc. 17th Conf. on Coastal Eng. in Japan, 427-433, (in Japanese).
- KAPLAN, K. (1965): Generalized laboratory study of tsunami run-up. Tech. Memo. No. 60, B.E.B., Corps of Engineers.
- KELLER, J.B. (1964): Tsunami-water waves produced by earthquakes. Proceedings of conference on tsunami hydrodynamics, Doax COX (ed).
- KELLER, J.B. and H.B. KELLER (1964): Water wave run-up on a beach. Service Bureau Corporation Research Report, Contract No. NONR-3828(00), ONR.
- SHUTO, N. (1972): Standing waves in front of a sloping dike. Coastal Engineering in Japan, **15**, 13-23.
- TOGASHI, H. and H. NAKAMURA (1977): An experimental study of tsunami run-up on uniform slopes. Coastal Engineering in Japan, **20**, 95-108.

大陸斜面上における長波の増幅

宮田元靖

要旨：大陸斜面が津波の遡上高にどのような影響を与えるかを、簡単なモデルを用いて理論的に考察した。モデルは3つの領域から成る。即ち、一定水深の深海領域、可変水深の大陸斜面領域、及び一定勾配の大陸棚と海岸領域である。静水圧近似のもとで、これらの領域における定在波の解を求め、振幅の増幅率を計算し比較した。津波の遡上高に対して、大陸斜面が重要な役割を果たすことが示された。

Towing characteristics of T.S. Seiyo-Maru II, Tokyo University of Fisheries*

Takatomo KOIKE**

Abstract: The training ship Seiyo-Maru II of the Tokyo University of Fisheries was built in 1987. Among its propulsion characteristics, only estimated power curves obtained through water tank tests during construction are available, whereas its towing characteristics, required for the studies of fishing gears and oceanographic equipments and instruments have been left unknown. Therefore, the ship speed V_s , rotational speed of the main engine N in rpm and shaft horsepower SHP were measured to obtain the wake coefficient w , propulsive efficiency η and effective horsepower curves (EHP curves) using propeller efficiency η_0 , all of which are parameters required to determine the ship's towing force. The relationships were determined among the ship's speed V_s , towing force in tonf, main engine power output PS and main engine speed N .

The results of these calculations showed that the towing force of the ship is 5.6~6.8 tonf at a propeller blade angle θ of 20 degrees, a shaft horsepower of 800 PS and a ship speed of 3.0~6.0 knots.

1. Introduction

The T/S Seiyo-Maru was built in 1987, having the gross tonnage of 167 t, the design full load displacement of 385.6 t, the main engine horsepower of 1,050 PS at 850/330 rpm, the diameter of the four-bladed propeller of 1.85 meters, and the skew angle of 25 degrees. Table 1 shows the ship's principal dimensions.

The estimated power curves were plotted by West Japan Fluid Engineering Laboratory Co., Ltd., the propeller manufacturer, using effective horsepower EHP , wake coefficient w , thrust deduction coefficient t , propulsive efficiency η , and thrust coefficient Kt and torque coefficient Kq of the manufacturer's propeller. However, the towing characteristics required for the oceanographic survey and the netted fishing gear were not known. In 1992, as corrective measures for the ship, rubber mountings were installed to the main engine bed to improve vibration-damping performance and noise levels in the hull.

To investigate the ageing after construction and the towing characteristics, the speed V_s and

main engine horsepower SHP of the ship were measured at sea by, taking propeller blade angle θ and rotational speed N in rpm of the main engine as parameters. The results of these and propeller efficiency η_0 were used to determine the wake coefficient w , propulsive efficiency η and effective horsepower EHP curves, all of which are required for estimating the towing characteristics.

The results of the estimation are reported in this paper together with some technical expertise gained.

2. Methods of measurements and results

Measurements were carried out in the sea area near Ukishima in Tokyo Bay on 6 July 1993. Sea conditions were calm and suitable during measurements. The draft fwd was 2.40 m, and aft 3.47 m. The hydrostatic curves and Bonjean curves show that the ship was approximately in conditions corresponding to its design full-load displacement.

Measurements were carried out at propeller blade angles θ of 14.0, 16.0, 18.0, 20.0 and 22.0 degrees at the indicator on the engine room console. For each of these blade angles, the ship was tested at main engine speed N of 850, 800, 750, 700 and 650 rpm.

* Received December 20, 1993

** Laboratory of Fishing Technology and Engineering, Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

Table 1. Principal dimensions of hull, engine and propeller.

Hull		
Gross tonnage	GT	160.00 t
Length over all	Loa	35.50 m
Length between perpendiculars	Lpp	31.00 m
Breadth (moulded)	B	7.00 m
Depth (moulded)	D	3.40 m
Block coefficient	Cb	0.653
Main engine		
Type	NIGATA 5PA5L	
Max. continuous output	1,050 PS×850/330 RPM	
Propeller		
Diameter	1.850 m	
Expanded area ratio	0.65	
Skew angle	25°	
Number of blades	4	

Table 2. Relationships among blade angle θ , ship speed V_s at the main engine rotational speed N in rpm and measured values of SHP (ps).

Blade angle (θ)	N (rpm)	V_s (knots)	SHP (ps)
14.0°	650	7.30	171
	700	7.90	217
	750	8.40	267
	800	9.05	325
	850	9.40	400
16.0°	650	7.95	212
	700	8.65	256
	750	9.15	333
	800	9.60	414
	850	9.95	510
18.0°	650	8.75	261
	700	9.25	334
	750	9.70	423
	800	10.05	529
	850	10.40	651
20.0°	650	9.30	328
	700	9.75	422
	750	10.15	536
	800	10.50	671
	850	10.90	824
22.0°	650	9.75	412
	700	10.15	533
	750	10.55	676
	800	10.95	843
	850	11.40	1,032

The JRC's Doppler log, model "JNA-761" and the Furuno LORAN C "CI20H" were used to measure the speed V_s of the ship. To measure shaft horsepower SHP , the Soyo Engineering Co.'s horsepower meter was used.

To mitigate the adverse effects of tidal currents during measurements, the ship was manoeuvred along the reciprocal courses between two points in the same sea area. Table 2 shows the mean values of the measurements.

3. Methods of analysis

Fig. 1 is a representative flowchart for determining relationships between ship speed, effective horsepower and main engine horsepower on the basis of propeller data (KOIKE *et al.*, 1992, 1993). When the ship proceeds at a propeller blade angle θ (degrees) and a speed V_p (m/s),

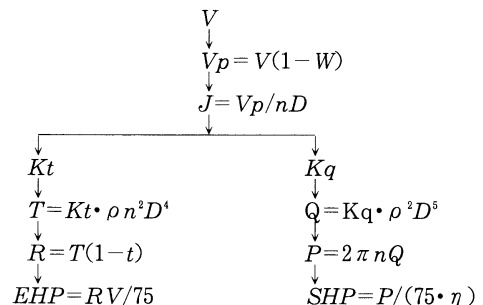


Fig. 1 Flowchart for determination of the relationships among parameters.

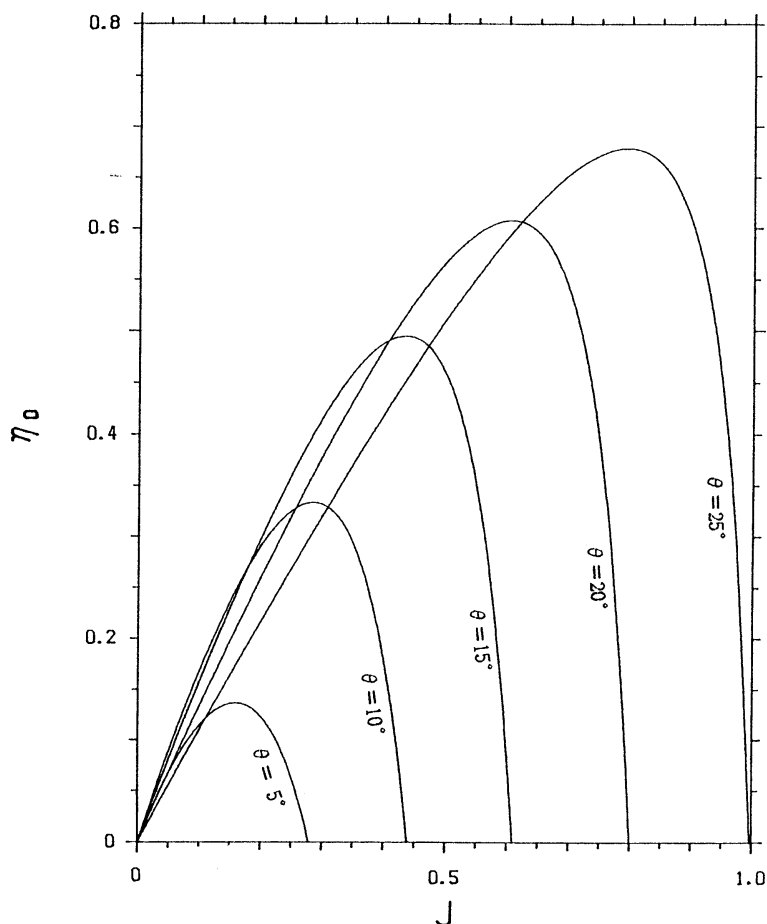


Fig. 2. Typical curves of propeller efficiency η_0 .

the advance speed V_p (m/s) of propeller can be determined from wake coefficient w , and the propeller advance coefficient J , from propeller diameter D (m) and rotational speed n (rps). In these calculations, the propeller thrust coefficients Kt on the left and Kq on the right were determined by polynomial of J and propeller pitch ratio P/D ($0.7\pi \tan \theta_0$):

$$Kt = \sum_{j=0}^r \sum_{i=0}^s A_{ij} (J)^i (P/D)^j, \quad (1)$$

$$Kq = \sum_{j=0}^r \sum_{i=0}^s B_{ij} (J)^i (P/D)^j, \quad (2)$$

where A_{ij} and B_{ij} are the coefficients of the polynomials for Kt and Kq , r and s are the orders of the polynomial for J and P/D (value=3 for r and s). Fig. 2 shows the coefficients Kt and Kq used for the ship as propeller efficiency η_0 .

When the Kt value on the left is known, the overall hull resistance R (kgf) can be determined from liquid density ρ (kg/m^3), and n and D by way of thrust T (kgf) and thrust deduction coefficient t . The values of overall resistance R and ship speed V are used to calculate effective horsepower PS .

When the value of Kq on the right is known, torque Q (kgf-m) and power P (kgf-m/s) can be determined from Kq , ρ and n , and furthermore, shaft horsepower SHP (PS) can be determined from propulsive efficiency η .

Unknown factors in the flowchart are wake coefficient w , coefficients of the propeller Kq and Kt , thrust deduction coefficient t and propeller efficiency η .

Propulsive efficiency η is as below:

$$\eta = \eta_R \cdot \eta_T \quad (3)$$

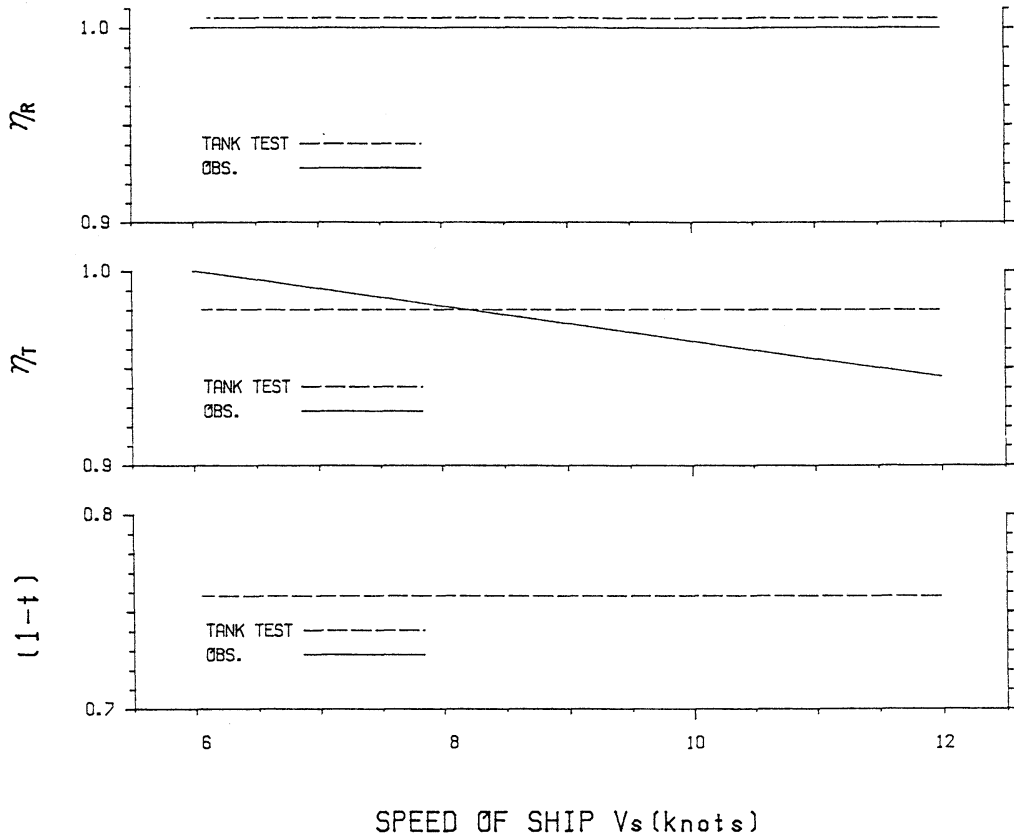


Fig. 3. Relationships between the ship speed V_s and the propeller efficiency ratio η_R , transmission efficiency η_T and thrust deduction factor $(1-t)$.

where η_R : propeller efficiency ratio and η_T : transmission efficiency.

On the assumptions that the propeller blade are intact, that propeller coefficients Kt and Kq and thrust deduction coefficient t during the self-propulsion test remain unchanged, and that the value of $t = 0.242$ obtained from the full-load water tank test can be used, the unknown factors remaining in the flowchart are wake coefficient w and propulsive efficiency η .

Thus, when ship speed V at a given propeller angle θ , rotational speed of the propeller n and shaft horsepower SHP are known from measurements, wake coefficient w and propulsive efficiency η can be calculated using the relational expressions shown in the flowchart. Effective horsepower curves can also be plotted.

For navigation at a given propeller blade angle θ and a given rotational speed n_1 , overall hull resistance R_1 can be determined from

effective horsepower EHP curves. For towing an object at a given constant ship speed V and propeller rotational speed n_2 , overall resistance R_2 for thrust T contains a resistance component of the towed object Xr , and is expressed as a sum of hull resistance R_1 and towed object resistance Xr

Hence, when towed object resistance Xr is regarded as towing force TF ,

$$TF = R_2 - R_1 \quad (4)$$

Because the maximum continuous rating of the main engine of the ship is 1.050 PS, shaft horsepowers of 1,000, 800 and 600 PS were selected. For these horsepower levels, relationships between ship speed V_s , towing force TF and rotational speed of the main engine N were determined.

For practical reasons, various conversions were performed: from V (m/s) to V_s (knots)

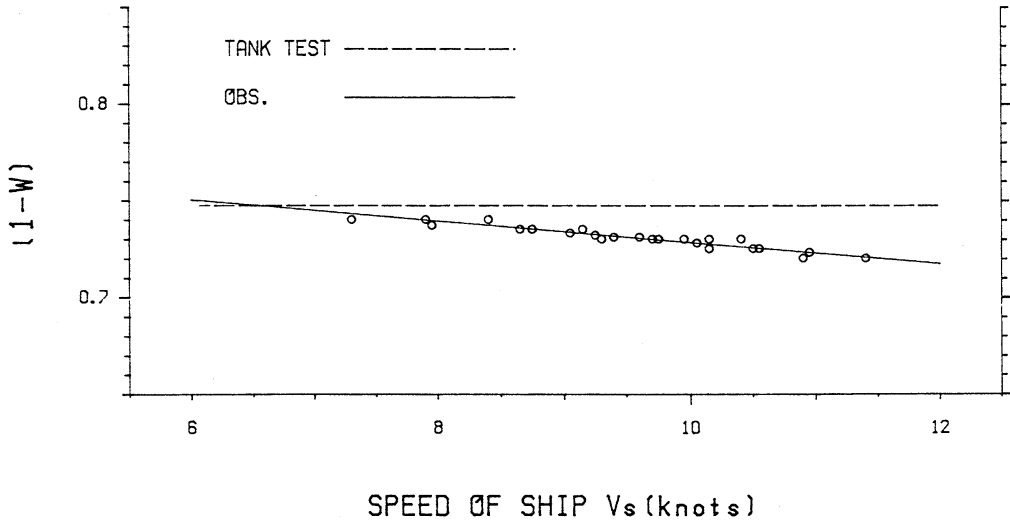


Fig. 4. Relationship between the ship speed V_s and the wake ratio $(1-w)$.

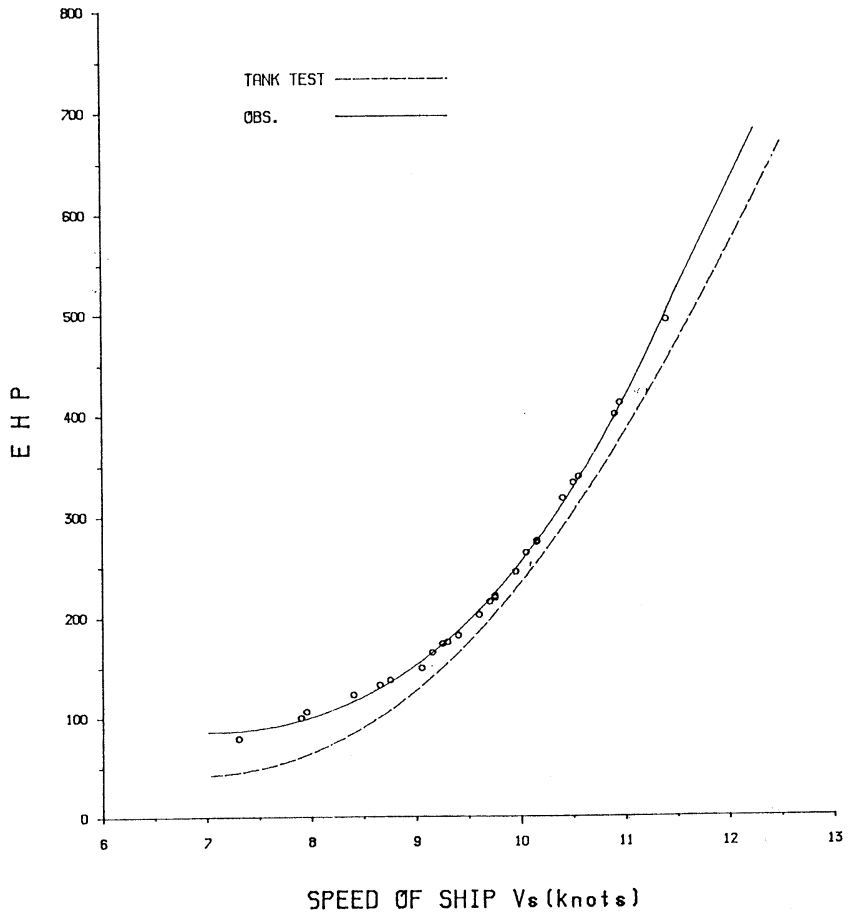


Fig. 5. Comparison of EHP curves.

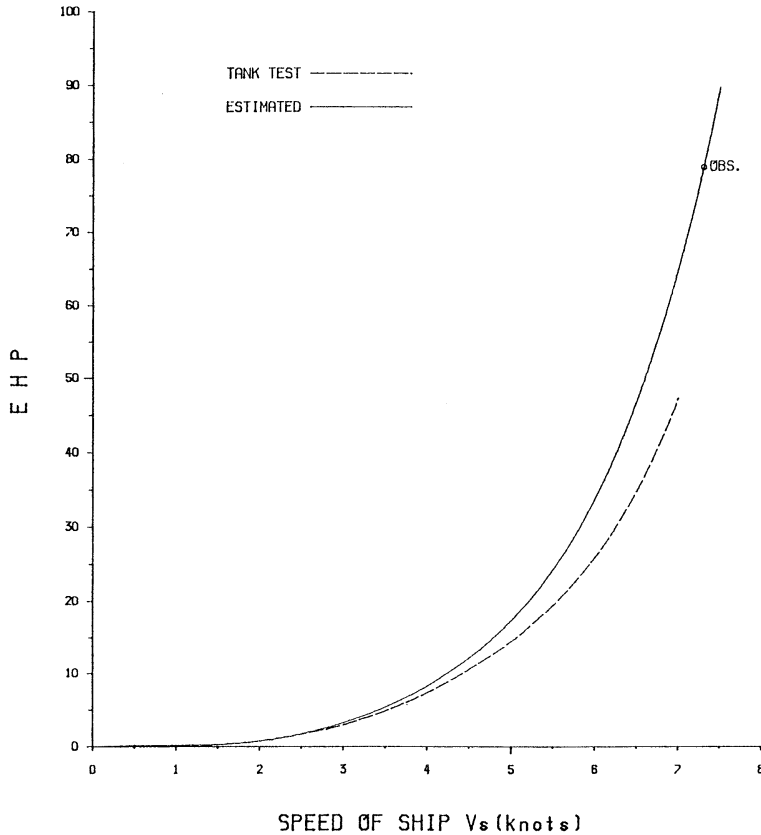


Fig. 6. Comparison of *EHP* curves at low speed.

for ship speed, from kgf to tonf for towing force, and from n (rps) to N (rpm) via the reduction ratio for rotational speed of the main engine.

4. Results of analysis

Propeller efficiencies: The results of the full-load water tank test showed a propeller efficiency ratio η_R of 1.005 and a transmission efficiency η_T of 0.98. Generally, the η_R values are approximately 1.0 and the η_T values are within the range from 0.98 to 0.95. Therefore 1.0 was adopted as the η_R value to simplify the calculations.

Fig. 3 shows comparison of the results of the calculation based on observations (solid lines) with those obtained by the water tank test (dotted lines). η_T based on observations was 0.95 at V_s of 11.75 knots and 0.98 at 8.00 knots.

Wake ratio ($1-w$): Fig. 4 shows a compari-

son of the wake ratio ($1-w$) for given ship speeds V_s . The wake ratio ($1-w$) based on observations (marked with circles) was 0.72 at V_s of 11.75 knots and 0.75 at 6.0 knots. As the ship speed is reduced, the wake ratio increases. Inquiries of several shipbuilders about this tendency were thus confirmed.

Effective horsepower *EHP*: Fig. 5 shows a comparison of the effective horsepower based on observations (marked with circles) in relation to given ship speeds with that obtained by the tank test (dotted curve). The solid line represents the effective horsepower determined by the method of least squares.

The values based on observations were higher than those obtained by the tank test by 30~50 PS, especially in the low speed range.

Fig. 6 shows the effective horsepower curves for the low speed range. In the estimation, the effective horsepower of 78.8 PS at 7.30 knots

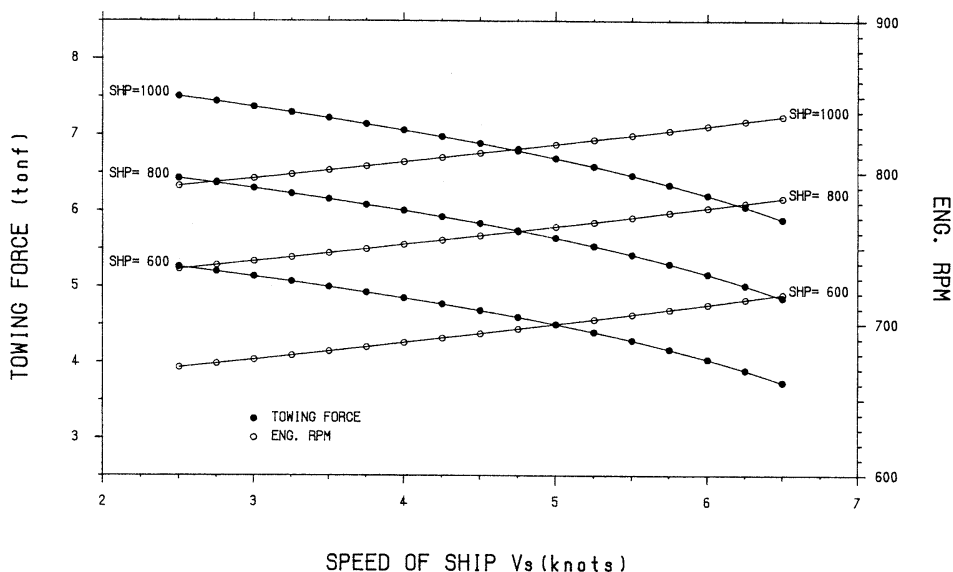


Fig. 7. Towing force curves.

was employed. The solid curve is estimated one based on observations and the dotted curve is that obtained by water tank test.

Estimated horsepower: The T/S Seiyo-Maru II usually navigates with a propeller blade angle θ of 20 degrees and at a main engine rotational speed N of 820 rpm. The water tank test shows a shaft horsepower of 690 PS and a ship speed of 10.76 knots, while the present measurements gave a shaft horsepower of 720 PS and a ship speed of 10.68 knots.

Towing force TF : The EHP curves shown in Fig. 6 were used to estimate the towing force TF (tonf) and the main engine rotating speed N (rpm) at ship speeds of 2.5~6.5 knots with the normal propeller blade angle of 20 degrees.

For the estimation, shaft horsepowers of 600, 800, 1,000, PS, the wake ratio of 0.75 and the propulsive efficiency of 0.95 (worse condition) were employed as navigation conditions. The results of estimation are shown in Fig. 7.

The training ship is usually operated at 3/4 of MCR of the main engine. At a shaft horsepower of 800 PS, the ship speed V_s is 3.0 knots, the towing force TF is 6.84 tonf, and the main engine rotational speed N is 770 rpm. The ship speed of 6.0 knots corresponds to the towing force of 5.68 tonf and the main engine rotational speed of 805 rpm. The ordinary towing force of the

T/S Seiyo-Maru II is estimated to be 5.6 to 6.8 tonf.

5. Conclusion

The ship speed V_s , main engine rotating speed N and shaft horsepower SHP of the T/S Seiyo-Maru II were measured at sea and the results were analyzed to make clear the characteristics required for towing various fishing gear and oceanographic survey instruments.

In the analysis, propulsive efficiency η and wake coefficient w were determined from thrust deduction coefficient t obtained in the water tank test. The estimated effective SHP was higher than that obtained by the water tank test by 30 to 50 PS. This demonstrates an increase in overall hull resistance R as compared with that at the completion of the ship.

The measurements and analysis showed that for the propeller blade angle of 20 degrees and main engine rotational speed of 820 rpm under normal navigation conditions, the ship speed V_s decreased by 0.1 knots and the shaft horsepower increased by 30 PS for 6 years after the condition.

For a propeller blade angle of 20 degrees and shaft horsepower of 800 PS, the towing force TF was within the range of 6.84~5.69 tonf at the ship speed of 3.0~6.0 knots and at the main

engine rotational speeds of 770~805 rpm. Thus, the normal towing force of the T/S Seiyo-Marui II was estimated to be 5.6 to 6.8 tonf.

References

- KOIKE, T., J. ASHIDA, and K. YAMANA (1992) : Corrections to estimated curves. I. Estimated power curves for the training Ship "Shinyo-Marui". J. Tokyo Univ. Fish., **79**, 144-145.
- KOIKE, T., Y. TAKASU and H. MOCHIZUKI (1993) : Correction to estimated power curves. Estimated power curves for the Research/Training Ship "Umitaka-Marui"- II. J. Tokyo Univ. Fish., **80**, 41-44.

東京水産大学研究練習船青鷹丸II世の曳航性能について

小池孝知

要旨 1987年に建造された東京水産大学研究練習船青鷹丸II世の船速 V_s 、主機関回転数 N および軸馬力 SHP の計測を行い、推定馬力および曳航力を試算した。その結果、通常航海におけるプロペラ翼角 θ が 20° 、主機関回転数 N が 820 rpm では、建造直後と比較して船速 V_s は 0.1 knots ほど低下し、軸馬力 SHP は 30 PS ほど増大していることが分かった。また、プロペラ翼角 θ が 20° 、軸馬力 SHP が 800 PS の場合には、船速 V_s 3.0~6.0 knots での曳航力は 6.8~5.6 tonf と推定された。

Use of pH to trace water masses in the Weddell Sea *

Chen-Tung Arthur CHEN **

Abstract: When plotting the pH data obtained in the eastern Weddell Sea vs. potential temperature (θ), a distinct break exists in the slope near $\theta = 0.08^\circ\text{C}$ and $\sigma_t = 46.06$. A less pronounced break in slope occurs at $\theta = -0.6^\circ\text{C}$ and $\sigma_t = 46.16$. Total CO_2 , pCO_2 and silicate data also show similar discontinuities. The breaks in the pH slopes probably result from, and can be used to help identifying the lateral spreading of deep- and bottom-water masses.

1. Introduction

Deep waters from the three oceans move to the Southern Ocean. The resultant relatively homogeneous water (MONTGOMERY, 1958; CARMACK, 1977) becomes the major source of the Antarctic Bottom Water (AABW), which spreads back into the deep world oceans (WUST, 1939; LYNN and REID, 1968). The Weddell Sea is considered the major source of the AABW (DEACON, 1937; REID and LYNN, 1971; CARMACK and FOSTER, 1975; CARMACK, 1990).

Relative homogeneity of the water masses, however, results in small signals for traditional tracers such as θ , S, and oxygen. As a result, it is more difficult to clearly identify the end members of the water masses.

On the other hand, it is not unexpected that the deep Weddell Sea waters possess distinct regimes despite of the relative homogeneity (CALLAHAN, 1972; REID *et al.*, 1977; SCHLEMMER, 1978; FOSTER and MIDDLETON, 1979; GORDON, 1978, 1982; CHEN and RODMAN, 1985, 1990; ORSI, *et al.*, 1993). In this report I will use pH, total CO_2 , pCO_2 and silicate data in addition to the traditional tools to identify in more detail the water-mass characteristics of the important end-members. These end members constitute the water masses in the Weddell Sea either directly or indirectly. Data were mainly collected on the Soviet icebreaker SOMOV during the US-USSR Weddell Polynya Expedition in the late austral winter and early

spring of 1981 (HUBER *et al.*, 1983; CHEN, 1984). Additional GEOSECS, AJAX and Polarstern data (GEOSECS, 1981; CHIPMAN *et al.*, 1986; CHIPMAN and TAKAHASHI, 1990) are also used.

2. pH, total CO_2 , pCO_2 , and silicate signals

The study area and the cruise track are shown in Fig. 1. The pH samples were all determined at $25 \pm 0.02^\circ\text{C}$ with a combination electrode within 30 minutes. NBS 4.004 and 7.415 buffers were used to calibrate the electrode. In addition, a NBS 6.863 buffer plus three buffers 4.01, 6.86 and 9.18 prepared by V. FEDOROV (the Arctic and Antarctic Research Institute of the USSR) were measured. The results agreed with the prepared values to 0.005 ± 0.005 . The reproducibility of the pH measurements was better than ± 0.003 units for 4 replicates of each sample. The electrode drift was determined approximately every two weeks. The largest drift was found to be 0.001 unit/day and the correction was made to the measured values (CHEN, 1984).

Alkalinity was determined at $25 \pm 0.02^\circ\text{C}$ with a Radiometer TTT61 Digital Titrator with a reproducibility of better than $\pm 4 \mu\text{mol/kg}$ for replicate samples. Some samples were also measured using the method of CULBERSON *et al.* (1970) with similar precision. No systematic difference was found between these two sets of data. All samples were stored in amber plastic bottles, and the alkalinity measurements were accomplished within 12 hours after samples were aboard. Total CO_2 (TCO_2) and pCO_2 were calculated from pH and alkalinity with a precision of $5 \mu\text{mol/kg}$ and $5 \mu\text{atm}$, respectively. In Fig. 2 is plotted potential temperature (θ) vs. pH for the deep SOMOV data (CHEN, 1984).

* Received January 30, 1994

** Institute of Marine Geology, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, R. O. C.

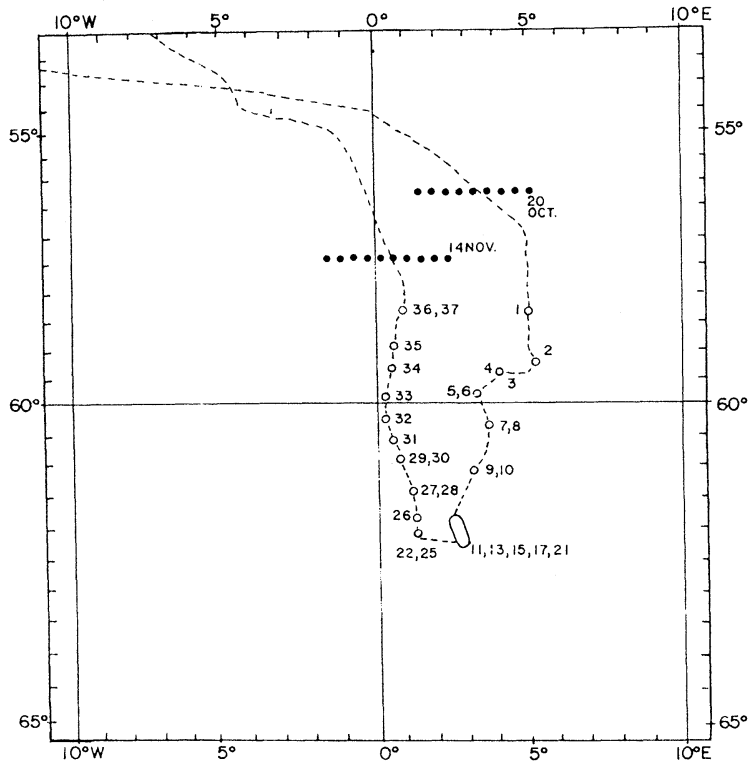


Fig. 1. Location of the SOMOV vertical stations. Dotted lines at 20 Oct. and 14 Nov. 1981 locate the ice edge.

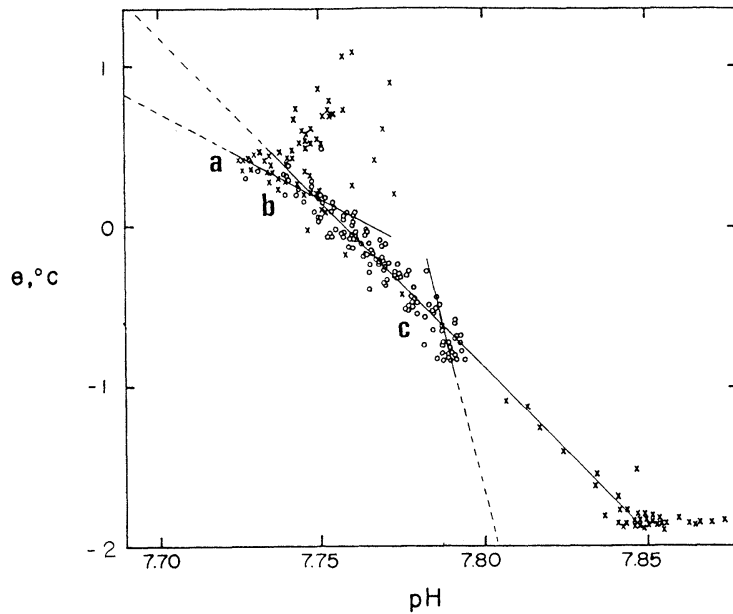


Fig. 2. Composite SOMOV potential temperature vs. pH diagram for data below the salinity maximum; x's are data above salinity maximum. Characteristics of a, b and c are listed in Table 1 and discussed in the text.

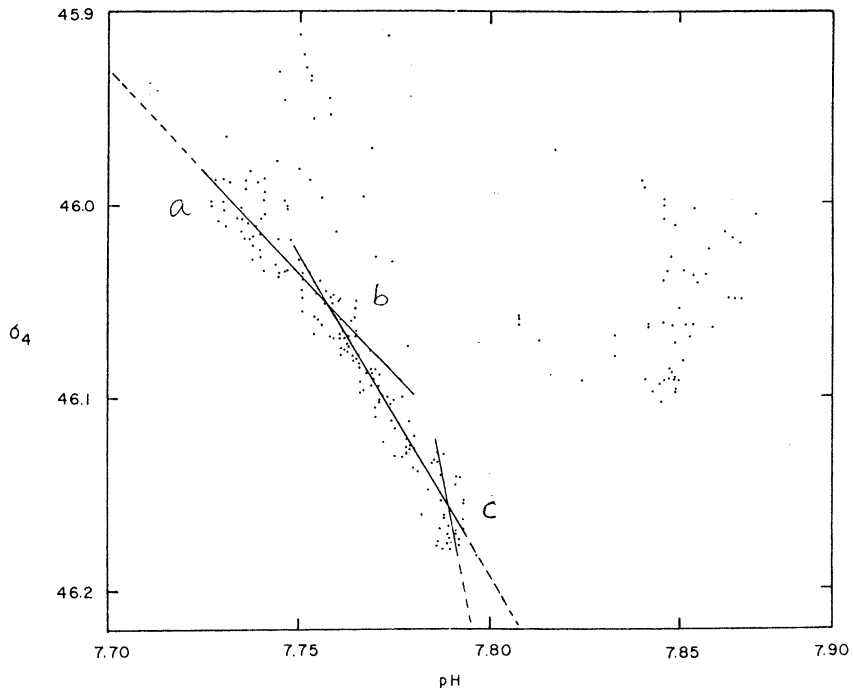


Fig. 3. Composite SOMOV sigma-4 vs. pH diagram. Characteristics of a, b and c are listed in Table 1 and discussed in the text.

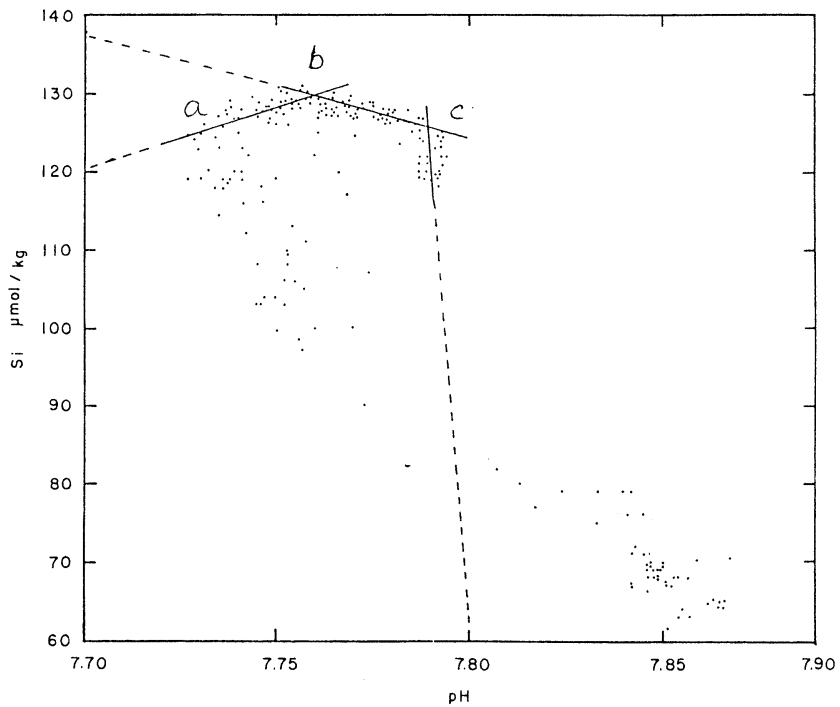


Fig. 4. Composite SOMOV silicate vs. pH diagram. Characteristics of a, b and c are listed in Table 1 and discussed in the text.

Table 1. Characteristics at the Deep-Water Discontinuities in the Weddell Sea

	TOP-(a) ⁽¹⁾	BREAK 1-(b) ⁽¹⁾	BREAK 2-(c) ⁽¹⁾
T (°C) ⁽²⁾	0.19–0.2°C	0.05 to 0.08	–0.5 to –0.6
pH	7.73	7.750 to 7.757	7.779 to 7.789
TCO ₂ (μmol/kg)	2282	2280	2268
pCO ₂ (μatm)	520	510	460
S	34.680	34.683	34.660
Si (μmol/kg)	124.5	129.5	125.5
AOU (μmol/kg)	148	135	111
σ _θ	27.828	27.843	27.861
σ ₂	37.123	37.158	37.219
σ ₄	46.00	46.056	46.156
Av. depth (m)	312 ± 151	1241 ± 131	3944 ± 156

(1) TOP refers to the top of the deep water, see Fig 2. for locations of a, b, c

(2) The ranges recorded are due to slightly different values given when different parameters are plotted.

There is a distinct break in slope near $\theta = 0.08$ °C and a less pronounced break near $\theta = -0.5$ ~ -0.6 °C. When σ_4 (Fig. 3; density reference to 4000dB surface, REID and LYNN, 1971) is plotted against pH, changes in the pH slope are seen at $\sigma_4 = 46.06$ and 46.16 . The $\sigma_4 = 46.06$ layer separates the circumpolar water and the Weddell Sea Deep Water (WSDW) whereas the $\sigma_4 = 46.016$ layer separates WSDW from the Weddell Sea Bottom Water (WSBW, ORSI *et al.*, 1993).

The deeper discontinuity, at $\sigma_4 = 46.16$, is more distinctly shown in the silicate/pH diagram (Fig. 4), than on the other figures. Table 1 gives the characteristics of the two discontinuities determined from the complete SOMOV data set. The depth, the σ_2 (density reference to 2000dB surface) and the σ_θ surface associated with the appropriate σ_4 surface are average values computed from the total SOMOV data. AOU is the apparent oxygen utilization which is the difference between the measured oxygen concentrations and the saturated values calculated using CHEN (1981).

TCO₂ of the Weddell seawater seems to mix conservatively below the S_{max} layer. The normalized TCO₂ ($NTCO_2 = TCO_2 \times 35/S$) values calculated from pH and alkalinity data for all SOMOV stations below the S_{max} layer are plotted vs. θ in Fig. 5. A linear correlation is observed with a standard deviation of 6 μmol/kg.

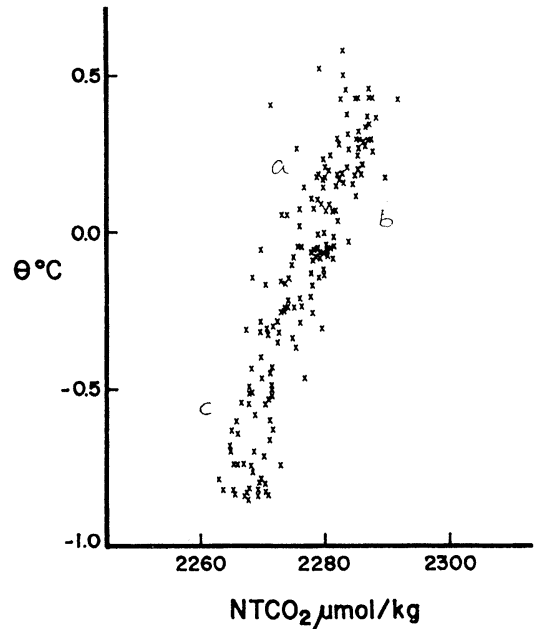


Fig. 5. θ / $NTCO_2$ correlation below the maximum salinity layer. Characteristics of a, b and c are listed in the Table 1 and discussed in the text.

Since the standard deviation of the least-squares fit is only slightly larger than our analytical precision of ± 5 μmol/kg, station-to-station variation is minimal. The change in slope at approximately -0.6 °C is not apparent. No break in slope near 0.1 °C is observed.

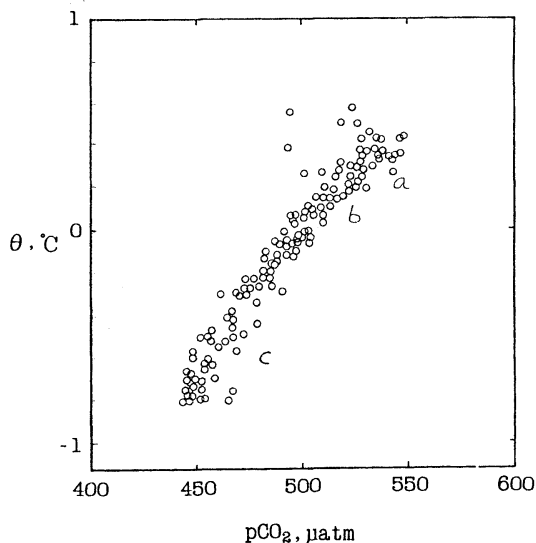


Fig. 6. θ /pCO₂ correlation for all SOMOV samples below the maximum salinity layer.

The calculated pCO₂ values correlate with θ (Fig. 6) in a way similar to the correlation between NTCO₂ and θ . There is a pCO₂ maximum near the S_{max} layer. Below it the pCO₂ decreases roughly linearly with decreasing temperature, but a steeper slope is observed below approximately -0.6°C . The shallower break is also not as apparent. The pCO₂ data of the AJAX and Polarstern expeditions (CHIPMAN *et al.*, 1986; CHIPMAN and TAKAHASHI, 1990) show the same trends.

3. Discussion

The structure seen on the property diagrams is not apparent in the vertical section of z /pH (Fig. 7) and the reason for the breaks in slopes on Figures 2 to 4 is not obvious from the vertical distribution of pH. However, that the deep waters possess distinct regimes (3 from the pH analysis) is not unexpected. In the Southwestern Atlantic, REID *et al.* (1977) have shown that stability maxima associated with different density surfaces exist in the deep and bottom waters. They pointed out that the stability maxima should be boundaries between core layers and that these maxima are maintained over long distances by lateral processes. SCHLEMMER (1978) has made an extensive study of bottom waters in the Antarctic ocean and

investigated the distribution of properties on six σ_4 surfaces which marked the boundaries of various abyssal water masses and/or were characterized by changes in gradients. GORDON (1982) has made a detailed study of WSDW variability, FOSTER and MIDDLETON (1979) and ORSI *et al.*, (1993) analyzed the variability within the bottom water of the Weddell Sea. We believe that the pH slope breaks result from similar lateral spreading of deep and bottom water masses.

In Table 2 the water-mass characteristics have been presented for the important end-members which should affect this region either directly or indirectly. It should be noted that the values given for the Circumpolar Deep Water (CDW) components represent a concentrated mass in the Southwestern Atlantic. Also the WSDW may have a relatively large non-steady state temperature and salinity range (GORDON, 1982).

Significant dilution of these deep water end-members has occurred in transit to the basins near Antarctica, probably with a complex mixing history (CALLAHAN, 1972). The CDW entering the Southwestern Atlantic has low oxygen and high nutrients which originate from the Pacific Deep Water, PDW. It encounters in the same density range the higher oxygen, lower nutrient and markedly higher salinity North Atlantic Deep Water (NADW) (REID *et al.*, 1977). The incorporation of the NADW into the CDW results in a low-oxygen component above a broader high-salinity component which becomes decreasingly separated vertically upon approaching the Antarctic Continent (see for example plates 110, 111, 113 in GORDON *et al.*, 1982). The CDW undergoes further modification in the Weddell Sea by the input of Antarctic components, becoming considerably colder, fresher, more oxygenated, and starting to show traces of anthropogenic components such as tritium, carbon 14, freons, and fossil fuel CO₂ (WEISS *et al.*, 1979; CHEN, 1982; POISSON and CHEN, 1987; CHEN and RODMAN, 1990; ANDERSON *et al.*, 1991). The CDW is now essentially a new deep water mass frequently referred to as WSDW (GORDON, 1978; GORDON and HUBER, 1984); however, the low oxygen signal overlying a high salinity signal is still

Table 2. Water Mass Characteristics in the Drake Passage, South Atlantic and Weddell Sea

	θ ($^{\circ}\text{C}$)	S	O_2 (ml/l)	SiO_2 ($\mu\text{mol/kg}$)
Winter Surface Water (WW)	t_f to $-1.5^{(1)}$	33.8 to $34.6^{(1)(2)}$	6.9 to $7.5^{(3a)}$	$70^{(3a)}$
Summer Surface Water (SW)	$>t_f^{(1)}$	$<34.2^{(2)}$	$>7.8^{(3)}$	$70^{(2)}$
Shelf Water	t_f to $-1.5^{(1)}$	34.2 to $34.8^{(1)}$	$7.1^{(3d)}$	$70^{(3d)}$
Modified Warm Deep Water ⁽⁶⁾	-1.6 to $2^{(1)}$	34.35 to $34.7^{(1)}$	5.5 to $7.2^{(2)}$	65 to $85^{(2)}$
Weddell Sea Deep Water (WSDW) ⁽⁶⁾	0 to $2^{(1)}$	34.65 to $34.75^{(1)}$	4.3 to $5.3^{(3)}$	90 to $120^{(3)}$
Pacific Deep Water (PDW)	1.8 to $2.5^{(4)(5c)}$	34.55 to $34.7^{(4)(5c)}$	3.7 to $4.6^{(4)(5c)}$	60 to $100^{(4)(5c)}$
North Atlantic Deep Water (NADW)	2 to $3^{(4)(5d)}$	34.8 to $34.95^{(4)(5d)}$	4.5 to $5.5^{(4)(5d)}$	50 to $70^{(4)(5d)}$
Weddell Sea Bottom Water (WSBW)	$<-.7^{(7)}$	$34.65^{(7)}$	$6.5^{(7)}$	95 to $115^{(8)}$
Antarctic Bottom Water (AABW)	-0.4° to $0^{\circ(7)(8)}$	34.6 to $34.68^{(7)(8)}$	5.4 to $5.8^{(7)(8)}$	110 to $125^{(8)}$

(1) CARMACK, (1977); the t_f refers to freezing temperature

(2) CARMACK, (1974)

(3) WEISS *et al.* (1979)

(a) These values have been taken from the temperature-minimum water

(b) Summer values

(4) GEOSECS Atlantic Expedition Vol. 2 (1981): plates 3, 5, 11, 15 are the Western Atlantic and into the Scotia Sea; plates 55 and 59 are for the Drake Passage; oxygen values are given in $\mu\text{M/kg}$ and have been converted to ml/l.

(5) GORDON *et al.* (1982)

(c) plates 184, 185, 186 are a detailed transect across the Drake Passage.

(d) plate 104 is for the South Atlantic

(6) Weddell Sea Deep Water is also sometimes referred to as warm deep water.

(7) FOSTER and MIDDLETON (1979)

(8) CARMACK (1973)

(9) The upper boundary of AABW has been somewhat arbitrarily chosen to be 0° to fit with the lower boundary of WSDW.

identifiable. Within the shelf domain the WSDW is further modified.

End-members were estimated from Table 2 and from Figs. 2-6. Because precise pH measurements are non-existent for most of these water masses, assigning end-member points in these figures is somewhat tentative. In looking for the end-member (Fig. 2) for the regime denser than $\sigma_s=46.156$ (Fig. 3), we note that a shelf component at freezing temperature would

have a pH of about 7.80 to 7.81. This translates from extrapolation on Figure 8 into a salinity range of 34.65 to 34.66, easily within the shelf-water range in view of the large salinity spread it may have (Table 2). However, shelf-water components in bottom-water formation must be of these higher salinity varieties.

For the warmer end-member, the WSDW end of this mixing line defined at a temperature of $0.8-1.2^{\circ}\text{C}$, we see a pH of about 7.76 and, thus,

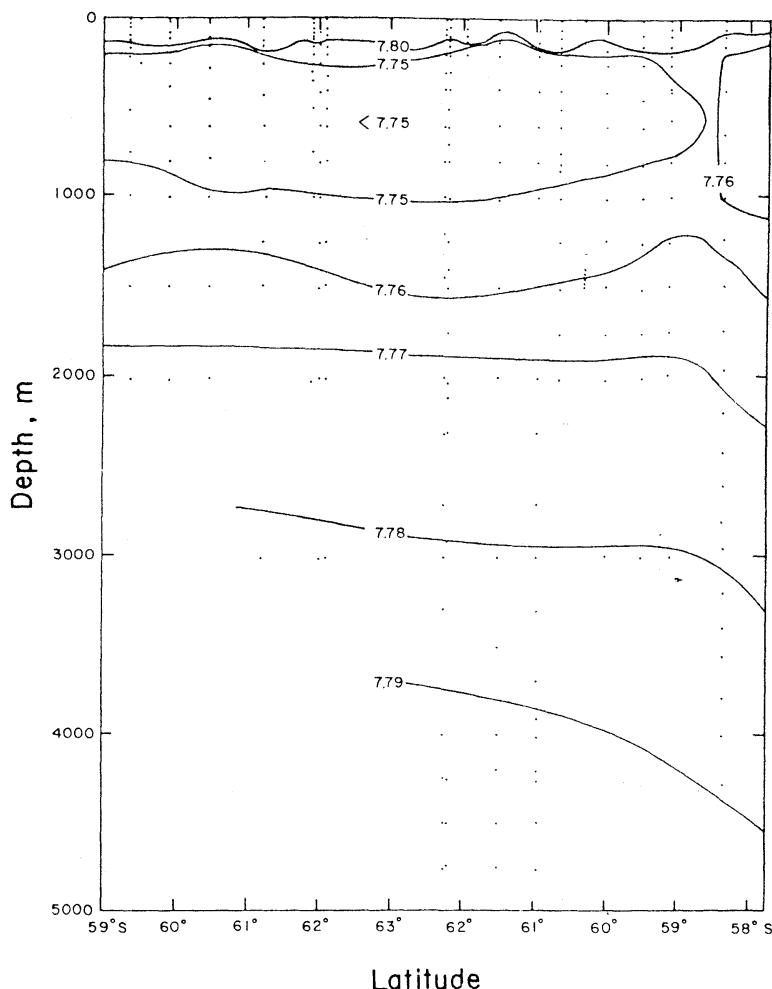


Fig. 7. Cross-section of the SOMOV pH data (at 25°C).

again by extrapolation on Figure 8, a salinity of 34.66 to 34.67. These salinities correspond to the range of WSDW (Table 2). When this mixing line is extended to 2.5 to 3°C the corresponding pH of 7.73–7.74 gives a salinity of at most 34.69, much below that for NADW. However, from the combined SOMOV θ/S data (Fig. 8, GORDON and HUBER, 1984) we can see that the abyssal regime has a non-isopycnal scatter which would also give significantly lower salinities than NADW from a simple two component mixing line, indicating a complex mixing history for the predominantly isopycnally spreading deep waters. Extension of the mixing line for the second regime ($\sigma_4=46.056$ to 46.156) to the warmer end-member WSDW component

at 0.8–1°C gives a pH of 7.71–7.72 and a corresponding extrapolated salinity of 34.70 to 34.71. Further extension of the line to 2.5°–3°C gives a pH of 7.60–7.64 and a salinity extrapolated to 34.79 to 34.83, consistent with values for NADW (Table 2). The cold end-member for this mixture can be explained as Winter Water (WW) at freezing, with a pH of 7.85 and thus an extrapolated salinity of 34.60.

The upper regime between a σ_4 of 45.900 and 46.056 can be explained as a mixture of WW (t_f = freezing temperature, pH=7.92–7.94, S=34.67 to 34.68) and the oxygen-poor component of WSDW. For example, at $t=0.6$ to 0.8 °C the pH is 7.69 to 7.71 which then gives a salinity of 34.68 to 34.69. Extending this mixing

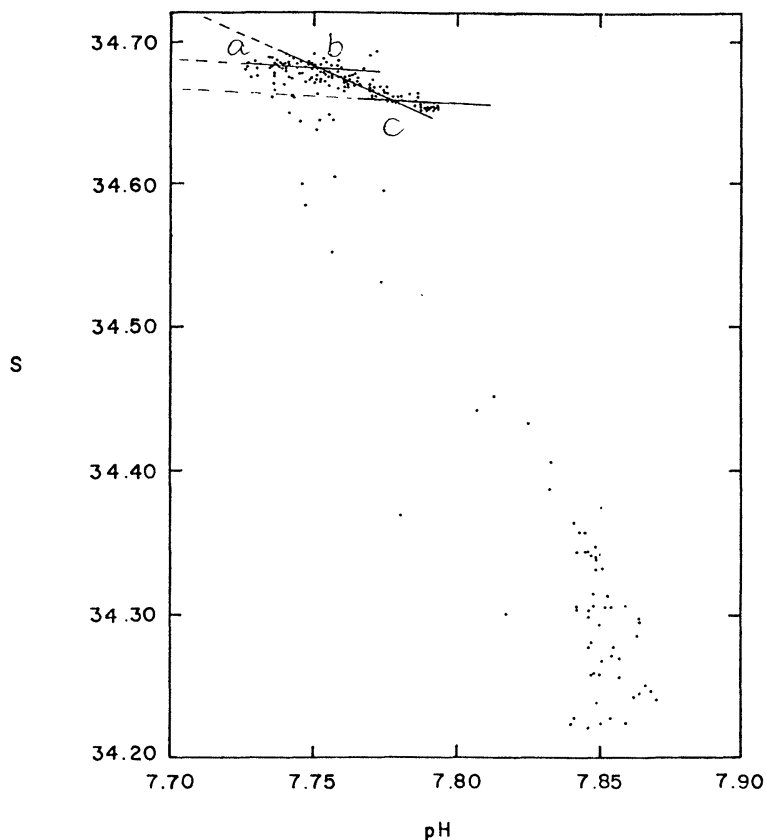


Fig. 8. Composite SOMOV salinity vs. pH diagram. Characteristics of a, b and c are listed in Table 1 and discussed in the text.

line to even warmer values of $2-2.5^{\circ}\text{C}$ of PDW will give extrapolated salinities in the range 34.68 to 34.70 from a pH range of 7.54 to 7.59.

Vertical convection of WW with entrainment of WSDW at progressively more southern locations, or deeper convection by increasingly dense WW, or a combination of these two effects, and subsequent spreading of the mixture after reaching their equilibrium density, may explain these separate deep water regimes. The bottom-water regime is similarly explained, but instead of winter water entering directly into the mixing processes, shelf water is entraining modified deep water. Observed variability in the WSBW, (Table 2), a subclass of AABW on a year's time scale, may in part be related to seasonal effects (FOSTER and MIDDLETON, 1979). It is significant to this study that CARMACK and FOSTER (1975) note a θ/S discontinuity near -0.5°C and $\sigma_4 = 46.175$ which they attribute to

either older re-circulated WSBW or an additional AABW component. KRYSSELL (1992) plotted carbon tetrachloride and methyl chloroform concentrations vs θ and also found a distinct break at -0.5°C . The man-made chemicals could only be detected in the cold bottom waters with $\theta < -0.5^{\circ}\text{C}$. This water is the most ventilated of all subsurface waters with the highest oxygen, tritium and C-14 (Table 2; CHEN and RODMAN, 1990). CHEN and RODMAN (1990) also reported that bottom waters denser than $\sigma_4 = 46.156$ contain some anthropogenic CO_2 .

Shelf-water modified deep water mixtures and subsequent spreading at depths have been analyzed off Wilkes Land by CARMACK and KILWORTH (1978) and observed off Enderby Land (JACOBS and GEORGI, 1977). In both cases they observed plumes formed. But the data here suggest a broader spatial effect, since the three

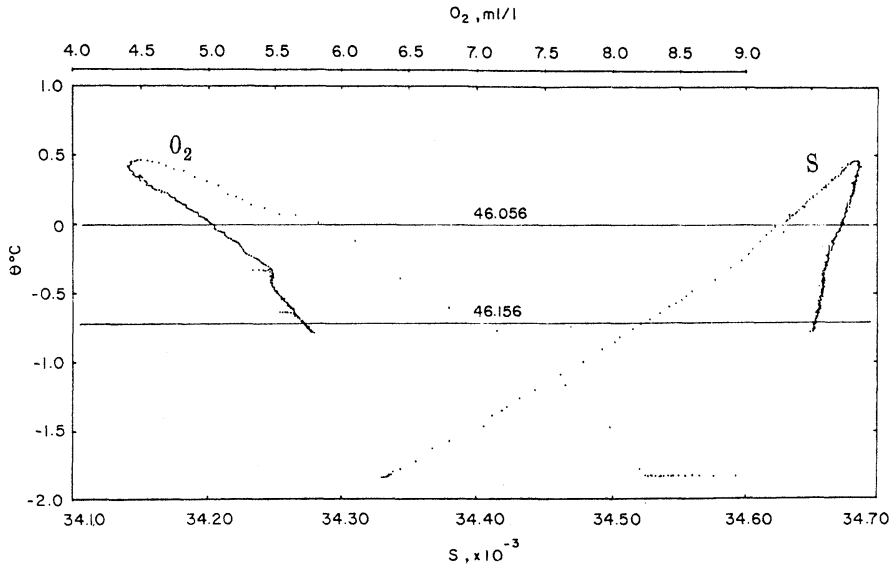


Fig. 9. SOMOV station 30 oxygen and potential temperature vs. salinity taken from the oxygen probe and CTD. The σ_t surfaces which encompass the two breaks (Table 1) are shown (taken from HUBER *et al.*, 1983).

regimes extend over several kilometers depth and well north of the Antarctic continent. The cyclonic circulation (KLEPIKOV, 1960; DEACON, 1976, 1979; CARMACK and FOSTER, 1975) in the Weddell Sea may enhance and spread the effect of plume injection by providing a longer path for alterations to occur. Major injection of surface water directly into the deep-water regime via deep convection has been observed in this region (GORDON, 1978), and modeling studies (KILWORTH, 1979; MARTINSON *et al.*, 1981) have shown that large areas of the Weddell Sea may be subject to this deep convection, called chimneys. GORDON (1982) hypothesizes that chimney convection results in the significant temporal and spatial thermal alterations (the θ_{max} is lowered by as much as 0.4°C) observed between 250 m and 2700 m over broad areas. It is interesting to note that anomalously oxygenated fresh water is observed well north of the Antarctic continent in the deep water between σ_t of 46.056 and 46.156. (Fig. 9).

Figure 10 shows a potential density section of pH data for the eastern stations of the SOMOV track. The mixed layer is at densities less than a σ_θ of about 27.65, and the pycnocline extends to a σ_θ of about 27.80. Few data points exist in the pycnocline so the contour interval is

necessarily coarser and more subjective. Below $\sigma_\theta = 27.8$ the isopleths of pH become increasingly level showing that the distribution of pH is dominated by isopycnal spreading. Some structure is seen in the 7.750 and 7.740 pH contours where they bow slightly upward at stations 7 and 9 indicating some non-isopycnal spreading. The density surfaces less than a σ_θ of 27.82 curve slightly downward at these stations (see Fig. 2 in GORDON and HUBER, 1984), and thus the pH contours lying more horizontally with respect to density contours (shown by GORDON and HUBER, 1984) would account for the observed bowing of the pH isopleths. The minimum pH lies from a σ_θ of 27.82 to 27.84 which is the density range containing the oxygen minimum. Thus the spread of pH in the deep and bottom waters is very much isopycnal.

4. Conclusion

pH is easy to measure, has high precision and accuracy, and the analysis for 12 Rosette samples (4 replicates for each sample) can be done within 30 minutes (CHEN, 1984; BYRNE *et al.*, 1988). It proves to be very useful in studying water masses in the Weddell Sea. Distinctive breaks in the pH vs θ plots at $\theta = 0.08^\circ\text{C}$ and -0.6°C were related to spreading of deep- and

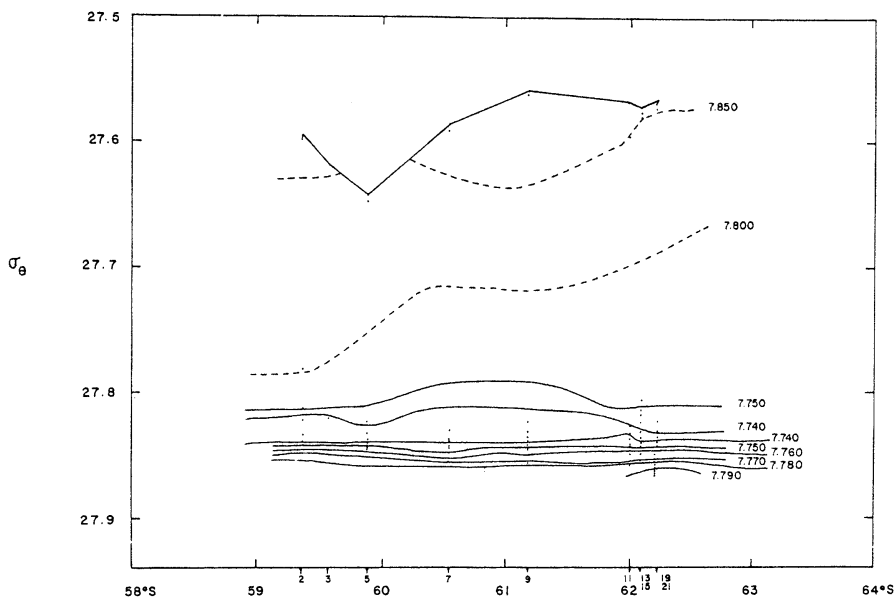


Fig. 10. SOMOV section of pH for stations along the eastern track (see Fig. 1) with potential density as the ordinate. Note the change in contour interval for densities less than $\sigma_{\theta} = 27.80$.

bottom-water masses in the Weddell Sea.

Acknowledgements

I acknowledge the financial support of the National Science Council (NSC 83-0209-M110-002K). M. RODMAN provided valuable comments.

References

- ANDERSON, L. G., O. HOLBY, R. LINDEGREN and M. OHLSON (1991): The transport of anthropogenic carbon dioxide into the Weddell Sea. *J. Geophys. Res.* **96**, 16679-16687.
- BYRNE, R. H., G. ROBERT-BALDO, S. W. THOMPSON and C. T. CHEN (1988): Seawater pH measurements: an at-sea comparison of spectrophotometric and potentiometric methods. *Deep-Sea Res.* **35**, (8), 1405-1410.
- CALLAHAN, J. E. (1972): The structure and circulation of Deep Water in the Antarctic. *Deep-Sea Res.* **19**, 563-575.
- CARMACK, E. C. (1973): Silicate and potential temperature in the deep and bottom waters of the western Weddell Sea. *Deep-Sea Res.* **20**, 927-932.
- CARMACK, E. C. (1974): A quantitative characterization of water masses in the Weddell Sea during summer. *Deep-Sea Res.* **21**, 431-443.
- CARMACK, E. C. (1977): Water characteristics of the Southern Ocean south of the Polar Front. *In: A Voyage of Discovery, George DEACON 70th Anniversary Volume*, M. ANGEL (ed.), Pergamon Press, Oxford, 15-41.
- CARMACK, E. C. (1990): Large-scale physical oceanography of polar oceans. *Polar Oceanography, Part A. : Physical Science*, 171-222.
- CARMACK, E. C. and T. D. FOSTER (1975): On the flow of water out of the Weddell Sea. *Deep-Sea Res.* **22**, 711-724.
- CARMACK, E. C. and P. D. KILWORTH (1978): Formation and interleaving of abyssal water masses off Wilkes Land, Antarctica. *Deep-Sea Res.* **25**, 357-359.
- CHEN, C. T. (1981): Oxygen solubility in seawater. *In: Solubility Data Series V. 7, Oxygen and Ozone*, R. BATTINO (ed.), Pergamon Press, 41-55.
- CHEN, C. T. (1982): On the distribution of anthropogenic CO_2 in the Atlantic and Southern Oceans. *Deep-Sea Res.* **29**, 563-580.
- CHEN, C. T. A. (1984): Carbonate chemistry of the Weddell Sea, U.S. DOE Tech. Rep. DOE/EV/10611-4, 118pp.
- CHEN, C. T. (1988): Summer-winter comparisons of oxygen, nutrients and carbonates in the polar seas. *La mer*, **26**, 1-11.

- CHEN, C. T. and M. R. RODMAN (1985): Use of acid balance values to trace water-mass in the Weddell Sea. *U. S. Antarctic Journal*, 1985 Review, pp. 115-117.
- CHEN, C. T. A. and M. R. RODMAN (1990): The inhomogeneous distribution of tritium and radiocarbon in the abyssal Southern Ocean. *Terr. Atm. Ocean. Sci.*, 1 (1), 91-110.
- CHIPMAN, D. W., T. TAKAHASHI and S. C. SUTHERLAND (1986): Carbon chemistry of the South Atlantic Ocean and the Weddell Sea: The results of the Atlantic Long Lines (AJAX) Expeditions, October, 1983 - February, 1984, *Lamont-Doherty Geol. Obs.*, 185pp.
- CHIPMAN, D. W. and T. TAKAHASHI (1990): Investigation of carbon chemistry in the Weddell Sea area during the 1986 winter expedition of the F/S Polarstern: June 28, 1986 - September 16, 1986, *Lamont-Doherty Geol. Obs.*, 91pp.
- CULBERSON, C. H., R. M. PYTKOWICZ and J. E. HAWLEY (1970): Seawater alkalinity determination by the pH method. *J. Mar. Res.* 28, 15-20.
- DEACON, G. E. R. (1937): The hydrology of the Southern Ocean. *Discovery Reports*, 15, 1-124.
- DEACON, G. E. R. (1976): The cyclonic circulation in the Weddell Sea. *Deep-Sea Res.* 23, 125-126.
- DEACON, G. E. R. (1979): The Weddell Gyre. *Deep-Sea Res.* 26, 981-995.
- FOSTER, T. D. and J. H. MIDDLETON (1979): Variability in the bottom water of the Weddell Sea. *Deep-Sea Res.* 26A, 743-762.
- GEOSECS Atlantic Expedition (1981): Sections and Profiles, Vol. 2, A. E. Bainbridge, project director, National Science Foundation, Washington, D. C., 1-198.
- GORDON, A. L. (1971): Antarctic Polar Front Zone. *Antarctic Oceanology I*. American Geophysical Union. *Antarctic Research Series*, 15, 205-221.
- GORDON, A. L. (1978): Deep Antarctic convection west of Maud Rise. *J. Phys. Oceanogr.* 8, 600-612.
- GORDON, A. L. (1982): Weddell Deep Water variability. *J. Mar. Res.* 40, suppl., 199-217.
- GORDON, A. L., E. MOLINELLI and T. BAKER (1982): *Southern Ocean Atlas*. Columbia University Press, New York.
- GORDON, A. L. and B. A. HUBER (1984): Thermohaline stratification below the Southern Ocean sea ice. *J. Geophys. Res.* 89, 641-648.
- GORDON, A. L., C. T. A. CHEN and W. G. METCALF (1984): Winter mixed layer entrainment of Weddell Deep Water. *J. Geophys. Res.*, 89, 637-640.
- HUBER, B. A., J. JENNINGS, C. T. CHEN, J. MARRA, S. RENNIE, P. MELE and A. GORDON (1983): Reports of the US-USSR Weddell Polynya Expedition: Vol. II Hydrographical data, LDGO 83-1, 218pp.
- JACOBS, S. S. and D. T. GEORGI (1977): Observations on the Southwest Indian / Antarctic Ocean. *In: A Voyage of Discovery, George Deacon 70th Anniversary Volume*, M. ANGEL (ed.), Pergamon Press, Oxford, 43-84.
- KILWORTH, P. D. (1979): On "chimney" formations in the ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 9, 531-554.
- KLEPIKOV, V. V. (1960): Warm deep waters in the Weddell Sea. *Inform. Byul. Sov. Antark. Eksp.*, No. 17, 194-198.
- KRYSELL, M. (1992): Carbon tetrachloride and methyl Chloroform as tracers of deep water formation in the Weddell Sea. *Antarctica, Mar. Chem.*, 39, 297-310.
- LYNN, R. J. and J. L. REID (1968): Characteristics and circulation of deep and abyssal waters. *Deep-Sea Res.* 15, 577-598.
- MARTINSON, D. G., P. D. KILWORTH and A. L. GORDON (1981): A convective model for the Weddell Polynya. *J. Phys. Oceanogr.*, 11, 466-488.
- MONTGOMERY, R. B. (1958): Water characteristics of the Atlantic Ocean and of the World Ocean. *Deep-Sea Res.* 5, 134-148.
- ORSI, A. H., W. D. NOWLIN, Jr and T. WHITWORTH III (1993): On the circulation and stratification of the Weddell gyre. *Deep-Sea Res.*, 40, 169-203.
- POISSON, A., and C. T. A. CHEN (1987): Why is there little anthropogenic CO₂ in the Antarctic Bottom Water? *Deep-Sea Res.*, 34, 1255-1275.
- REID, J. L. and R. J. LYNN (1971): On the influence of the Norwegian-Greenland and Weddell Seas upon the bottom waters of the Indian and Pacific Oceans. *Deep-Sea Res.*, 18, 1063-1088.
- REID, J. L., W. D. NOWLIN, Jr and W. C. PATZERT (1977): On the characteristics and circulation of the southwestern Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 7, 62-91.

- SCHLEMMER, F. C. (1978): Structure and spreading of Antarctic Bottom Waters in oceanic basins adjacent to Antarctica. Ph. D. dissertation, Texas A&M University, 127 pp.
- WEISS, R. F., H. G. OSTLUND and H. CRAIG (1979): Geochemical studies of the Weddell Sea. *Deep-Sea Res.*, **26**, 1093-1120.
- WUST, G. (1939): The stratosphere of the Atlantic Ocean. The Scientific Results of the German Atlantic Expedition of the Research Vessel "Meteor" 1925-1927, Vol. VI, Section 1, W. J. EMERY (ed.), Amerind Publishing Co., New Delhi, 1-112.

ウェッデル海における pH の利用による水塊の追跡

Chen-Tung Arthur CHEN

要旨: 東部ウェッデル海で得られた pH のデータを温位 (θ) に対してプロットしたところ, $\theta = 0.08^\circ\text{C}$, $\sigma_t = 46.06$ 付近で明瞭な傾斜度の断絶が認められた。また $\theta = -0.6^\circ\text{C}$, $\sigma_t = 46.16$ 付近でもこれよりやや不明瞭な断絶が生じた。全 CO_2 , pCO_2 およびケイ酸のデータも同様な不連続性が見られた。この pH 傾斜に見られる断絶は, おそらく深層および底層水塊に起因しているものと考えられ, 両水塊の横方向への拡がりを識別する手助けとして利用できるものと考えられる。

Seasonal changes of the phytoplankton chlorophyll *a* and their relation to the suspended solid in Thale Sap Songkhla, Thailand *¹

Yukuya YAMAGUCHI, *²

Suphaphorn RAKKHEAW *³, Saowapa ANGSUPANICH *³

and Yusho ARUGA *⁴

Abstract: Standing stock and seasonal changes of phytoplankton chlorophyll *a* at seven stations in Thale Sap Songkhla, Thailand, were investigated in relation to the Secchi disk depth and suspended materials from August 1991 through November 1993. The lake water was yellow-brown in color due to high concentrations of suspended materials throughout the year. The difference in the Secchi disk depth was big in the dry season compared with that in the rainy season. The levels of suspended solid in the lake were generally high during the rainy season at most stations. However, the patterns of seasonal change in the amount of suspended solid were not always the same among the stations. The ignition loss of suspended solid was less than 40 % at all stations throughout the year indicating the high proportion of the inorganic materials in the suspended solid in this lake. The amount of chlorophyll *a* in water seemed to be in the range from 1 to 10 $\mu\text{g/l}$ in this lake except the rare bloom of phytoplankton observed in December 1991. The level of chlorophyll *a* concentrations in Thale Sap Songkhla corresponds to those of mesotrophic and/or of moderately eutrophic waters.

1. Introduction

Songkhla Lake is a lagoonal coastal lake in southern Thailand, including three waters, Thale Noi, Thale Luang and Thale Sap Songkhla, from north to south between 7°50' N and 7°08' N and from west to east between 100° 07' E and 100° 37' E which are connected by narrow channels. A narrow canal connects Thale Sap Songkhla, the southernmost lake, with the open sea, the Gulf of Thailand, at its southeastern end. Distinctive gradient of salinity is, therefore, a common phenomenon in this lake system.

Thale Sap Songkhla which covers an area of 176km² is shallow with a mean depth of 1.4m and filled with brackish water (LIMPADANAI,

1977; Lake Biwa Res. Inst. and Int. Lake Environ. Com., 1988), however, the present depth is probably less due to rapid sedimentation partly caused by soil erosion from nearby watershed. This lake is known for its high productivity of fish, shrimps and crabs, and now is utilized intensively for the aquaculture of seabass. The lake accepts much suspended materials and municipal drainage flowing in from the surrounding area especially from the Hat Yai area. Thus, the eutrophication of this lake has been progressed rapidly and the lake is now moderately eutrophic.

A series of research was carried out in the framework of a cooperative research program "Ecosystem Dynamics of Songkhla Lake under Human Impact" between Japan and Thailand. The present paper describes the results of three years research concerning the standing stock and seasonal changes of phytoplankton chlorophyll *a* at seven stations in Thale Sap Songkhla in relation to the Secchi disk depth and suspended materials.

*1 Received January 10, 1994

*2 College of Liberal Arts, Saitama University, Urawa, Saitama, 338 Japan

*3 Department of Aquatic Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112, Songkhla, Thailand

*4 Tokyo University of Fisheries, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

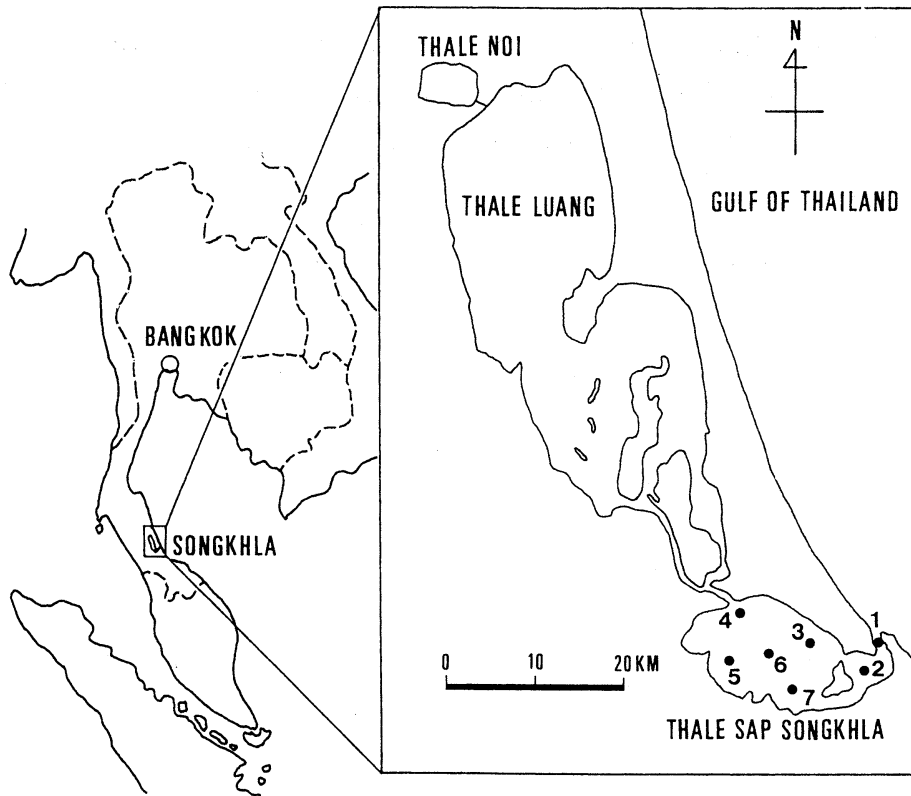


Fig. 1. Map of Songkhla Lake and the sampling stations in Thale Sap Songkhla.

2. Material and method

Routine observations were carried out from August 1991 through November 1993, every two months in the first year and every three months in the second year. In spite of its large surface area, Thale Sap Songkhla is very shallow, around 1m at most stations. Water samples were collected mainly from the surface layer (0.5m) with a Van Dorn type and/or Kitahara type water samplers at seven stations (Fig.1).

Each water sample was filtered through a glass fiber filter (Whatman GF/C, 47mm in diameter) which was precombusted at 450 °C for 2 hrs and weighed, and the filter with suspended materials on it was re-weighed after drying overnight in a drying oven at 85 °C. The amount of suspended solid (SS) was determined as the difference of dry weights before and after the filtration of water samples. After determination of SS, the filter was ignited again in a Muffle furnace (ST-20, Thomas Sci. Co., Ltd,

Japan) at 450 °C for 2hrs and weighed again after cooling, and the percent decrease of dry weight was regarded as the ignition loss (IL). The amount of particulate organic material was calculated by multiplying SS with IL.

As an index of the standing stock of phytoplankton, concentrations of chlorophyll *a* in the water samples were determined. For this purpose, water samples were filtered through glass fiber filters (Whatman GF/C), and the filters were kept in a deep freezer for later analyses. Pigments were extracted from the filters with 90% acetone. Absorbances of the extracts were measured at 750, 664, 647 and 630nm with a spectrophotometer model LKB-ULTROSPEC (Medico Co., Ltd., England), and the chlorophyll *a* concentrations were calculated by the equation of JEFFREY and HUMPHREY (1975).

The transparency of water was measured with a Secchi disk (20 cm in diameter) at each station.

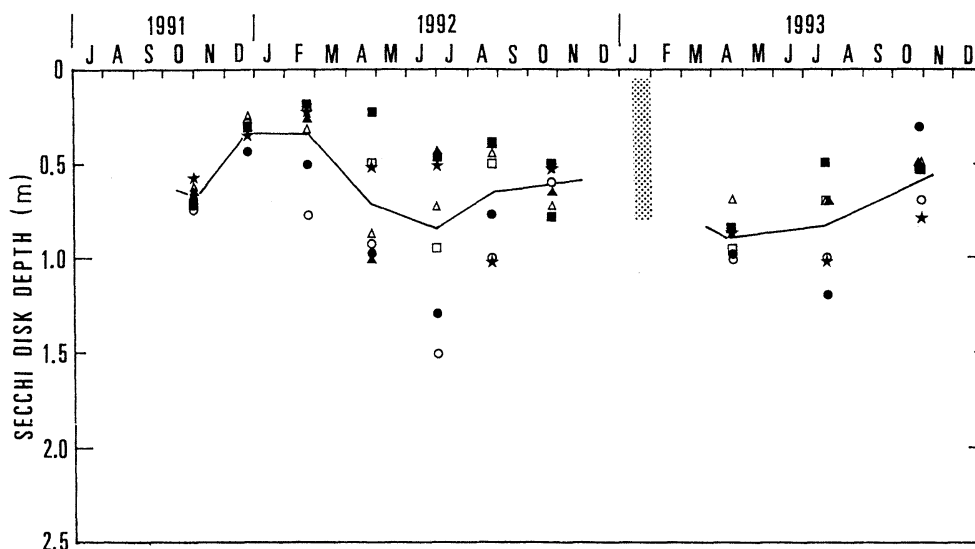


Fig. 2. Seasonal changes of the Secchi disk depth at Stns. 1-7 in Thale Sap Songkhla. The line is for average of the seven stations. ○, Stn. 1; ●, Stn. 2; ★, Stn. 3; △, Stn. 4; ▲, Stn. 5; □, Stn. 6; ■, Stn. 7; ▨, no data due to strong wind.

3. Results

The Secchi disk depth (transparency) was highest, 1.5 m, in June 1992 at Stn. 1 and lowest, 0.19 m, in February 1992 at Stn. 7. Seasonal changes of the Secchi disk depth at seven stations (Stns. 1-7) are shown in Fig. 2. Readings of the Secchi disk depth was generally deeper in the outer part (Stns. 1-2) than in the inner part of the lake (Stns. 3-7). Differences of the Secchi disk depth at the seven stations were big in dry seasons while those in the rainy seasons were relatively small. In average, the Secchi disk depth ranged from 0.34 m to 0.89 m. Clear pattern, higher in the dry season and lower in the rainy season, was observed in average Secchi disk depth throughout the year. These facts suggest that much suspended solid inflowing in the lake from surrounding watershed might strongly affects reduction of Secchi disk readings at all stations especially in the rainy season.

Seasonal changes of the amount of suspended solid in the water at Stns.1-7 are illustrated in Fig. 3. A clear pattern of seasonal change of suspended solid, high in the rainy season and low in the dry season, was observed at Stn. 1. The level of suspended solid was generally higher

(49.72-192.66 mg/l) in the rainy season and lower (31.13-96.50 mg/l) in the dry season at Stn.1. The trends similar to that of Stn. 1. were obtained at Stns. 2, 4 and 6, but the trends were different at Stns. 5 and 7. At Stn.7, the suspended solid was highest, 152.4 mg/l, during the dry season in 1992. Contrarily, the seasonal change was not clear at Stn. 3 where the depth of water was shallowest among the seven stations. The ranges of variation were quite big at Stns. 1, 2, 5 and 7 as compared with those at other stations.

Variations in the ignition loss of suspended solid were big with stations and with seasons ranging from 7.1 % to 38.6 % (Fig. 4), however, the difference in the average values of ignition loss at the seven stations was rather small within the range from 17.9 % to 23.4 %. The pattern of seasonal changes of the ignition loss was also similar among the seven stations. The ranges of variation during the first year were relatively large compared with those in the second year. In general, the ignition loss was higher during the dry season compared with that in the rainy season throughout the year.

Figure 5 shows the seasonal changes of the particulate organic matter calculated from the

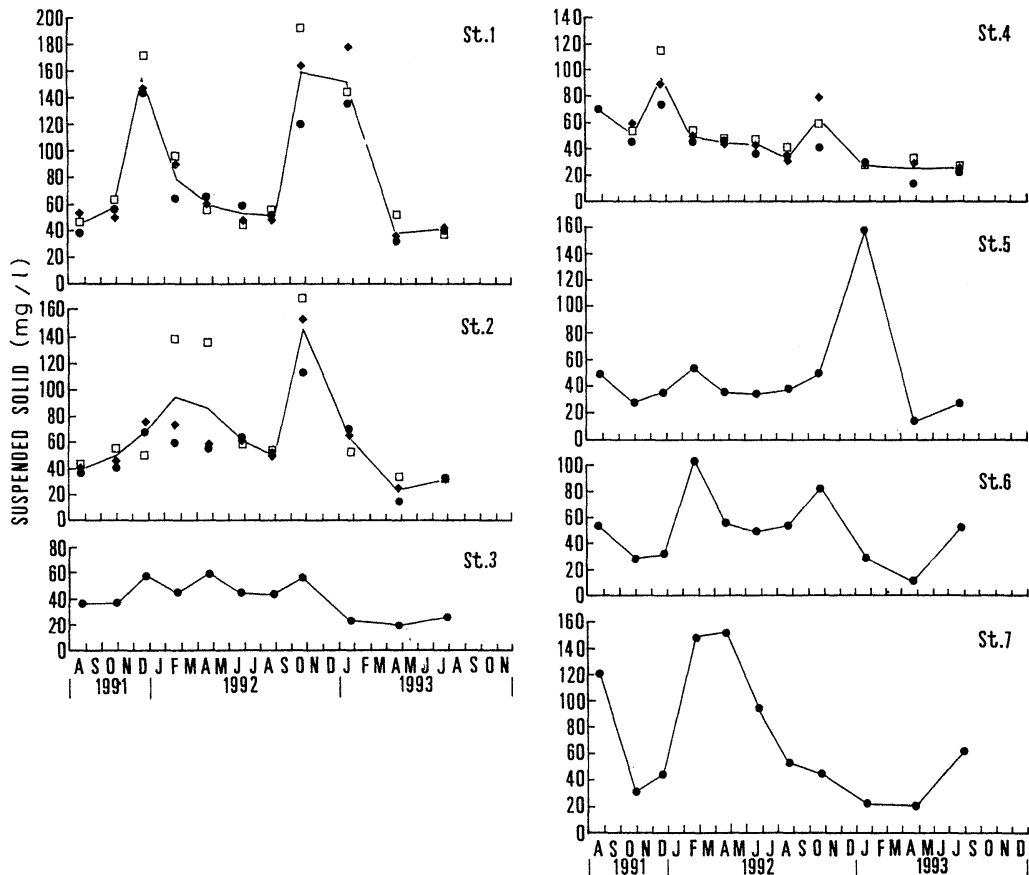


Fig. 3. Seasonal changes of the suspended solid at Stns. 1-7 in Thale Sap Songkhla. Lines are average values in the surface (●), middle (◆) and bottom (□) layers at Stns. 1, 2 and 4, and values in the surface layer at other stations.

ignition loss and the amounts of suspended solid at Stns. 1-7. Amounts of the particulate organic matter varied with stations and with seasons ranging from 1.9 to 29.4 mg/l. The level of particulate organic matter were slightly higher at the stations located in the southern part of the lake (Stns. 1, 2 and 7; 11.41-13.29 mg/l in average values) than those at other stations (7.30-9.66mg/l in average values). The seasonal patterns were similar at Stns. 1 and 2 but different from each other among the stations situated in the inner part of the lake (Stns. 3-7). Seasonal patterns of the particulate organic matter were not always similar to those of the suspended solid in the lake water.

Figure 6 illustrates seasonal changes of chlorophyll *a* concentrations in the lake water at

Stns. 1-7. Trends of seasonal change were quite similar at every stations even though a little difference was observed at Stn. 5, where might be influenced by a considerable amount of municipal sewage flowing in from the Hat Yai area through the U-tapao channel. A rapid increase in chlorophyll *a* concentrations was occurred at most stations in December 1991, and the values exceeded up to 30 $\mu\text{g/l}$. In the succeeding seasons, however, the concentrations of chlorophyll *a* were less than 10 $\mu\text{g/l}$, and no remarkable increase occurred. The level of chlorophyll *a* concentrations was relatively higher in the first year than in the second year even if the highest values due to an extreme bloom were excluded.

Figure 7 indicates seasonal variations of the percentage of chlorophyll *a* in suspended solid in

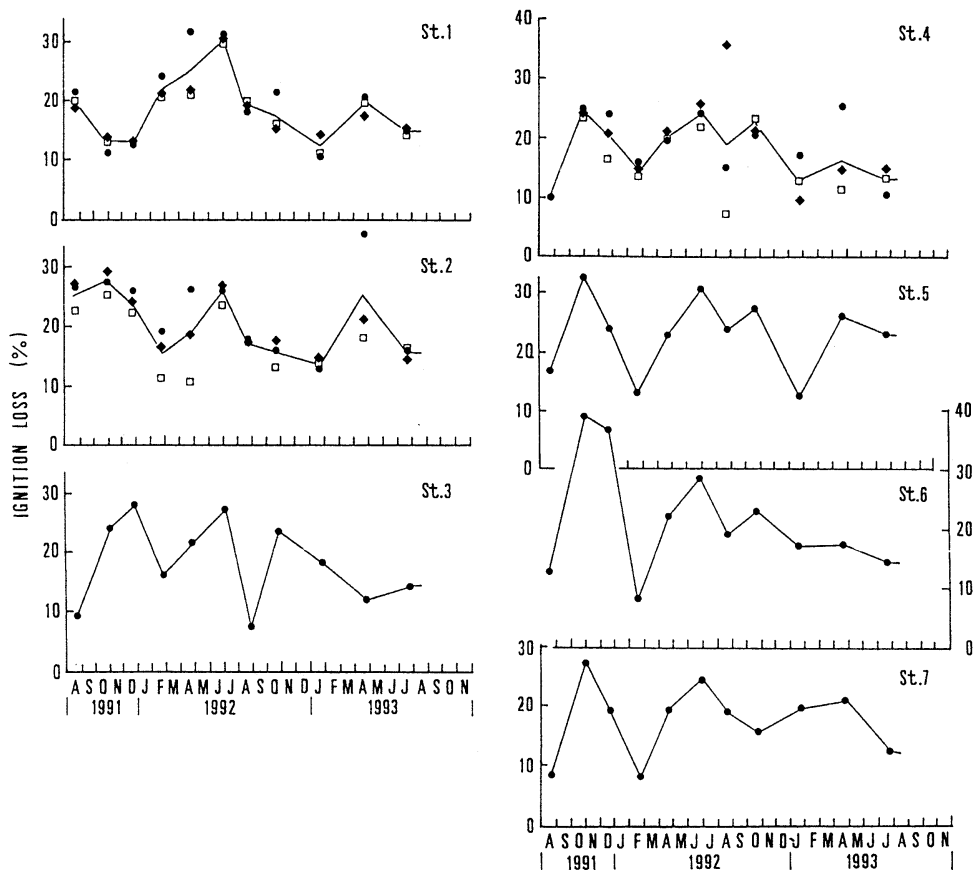


Fig. 4. Seasonal changes of the ignition loss at Stns. 1-7 in Thale Sap Songkhla. Symbols are the same as in Fig. 3.

water at Stns. 1-7. The seasonal patterns at Stns. 1 and 2 were different from those at other stations. The percentage of chlorophyll *a*, however, was quite low irrespective of the stations and seasons (0.002-0.064 %). Higher proportions of chlorophyll *a* were obtained in December 1991 when considerable amounts of chlorophyll *a* were detected at every stations.

Relationships were investigated between the chlorophyll *a* concentration and the suspended solid and the particulate organic matter in water (Fig. 8). Positive correlations with considerably scattered data points were detected between the concentration of chlorophyll *a* and suspended solid, and the particulate organic matter in December 1991 when an extreme bloom of phytoplankton was observed at all stations. In other seasons, however, data points

were scattered disorderly and no clear relationships were detected between the chlorophyll *a* and the two parameters.

4. Discussion

Routine observations of seasonal variations in the standing stock of phytoplankton as well as the related biologically important parameters are essential when one wishes to estimate the primary production of phytoplankton in combination with the data of photosynthetic activity of phytoplankton and solar radiation by the chlorophyll method (ICHIMURA *et al.*, 1962). The aim of the present paper is to show the standing stock and the seasonal variation of phytoplankton chlorophyll *a* in relation to the changes of suspended solid as the first attempt to describe the results of the routine

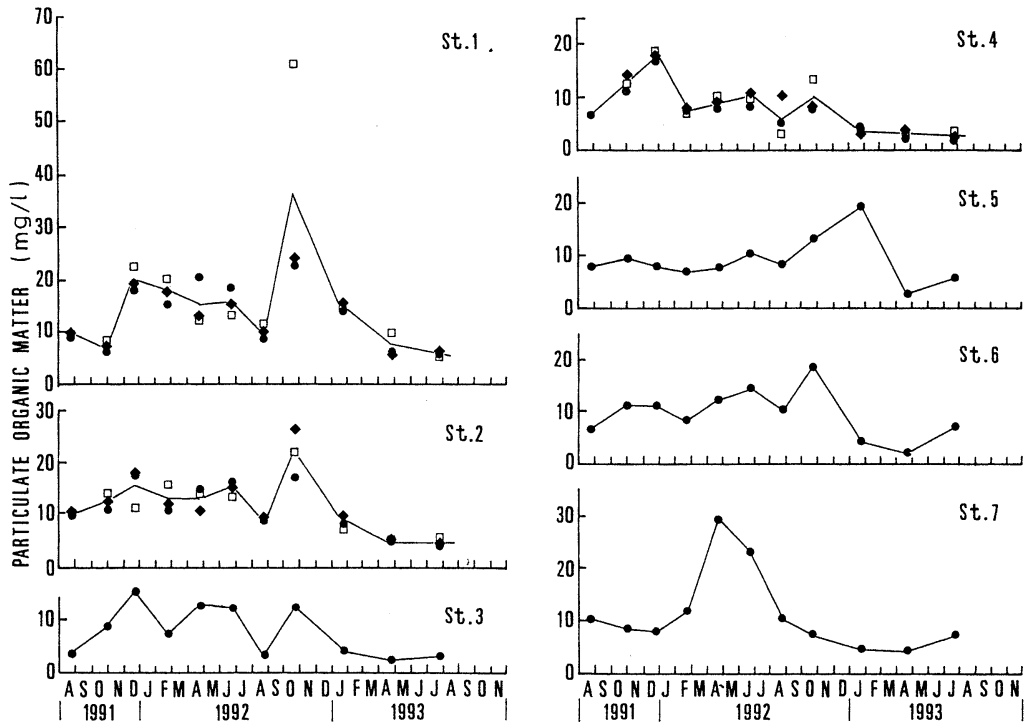


Fig. 5. Seasonal changes of the particulate organic matter at Stns. 1-7 in Thale Sap Songkhla. Symbols are the same as in Fig. 3.

observations which have been carried out in Thale Sap Songkhla from August 1991 through November 1993.

The lake water was yellow-brown in color due to high concentrations of suspended materials throughout the year suggesting that this lake should belong to the lake type of so-called "whitewaters" (SIOLI, 1984).

The seasonal patterns of the Secchi disk depth were similar among the seven stations (Fig. 2) with higher values during the dry season and with lower values during the rainy season. The difference in the Secchi disk depth was big in the dry season compared with that in the rainy season indicating that the Secchi disk depth at the shallow inner part of the lake might be affected strongly by wind mixing.

The levels of suspended solid in the lake were generally high during the rainy season at most stations. The patterns of seasonal change in the amount of suspended solid, however, were not always the same among the stations. This indicates that the movement of suspended solid

might be different from station to station in such shallow waters well mixed by strong wind disturbance, especially in the inner part of the lake.

The ignition loss of suspended solid was less than 40 % at all stations throughout the year. These low levels in the ignition loss could be due to the relatively high proportion of the inorganic materials contained in the suspended solid in this lake. High proportion of inorganic matter in the total suspended solid should be proved by low percentages of chlorophyll *a* in the total suspended solid (Fig. 4). The variations in the ignition loss of suspended solid were big and showed no clear seasonal trend in their distributions. This suggests that there had been big variations in the proportion of inorganic material to the total suspended solid or to particulate organic matter in samples collected at different stations and in different seasons.

The amount of chlorophyll *a* in water has been measured as an index of standing stock and their primary productivity of phytoplankton in

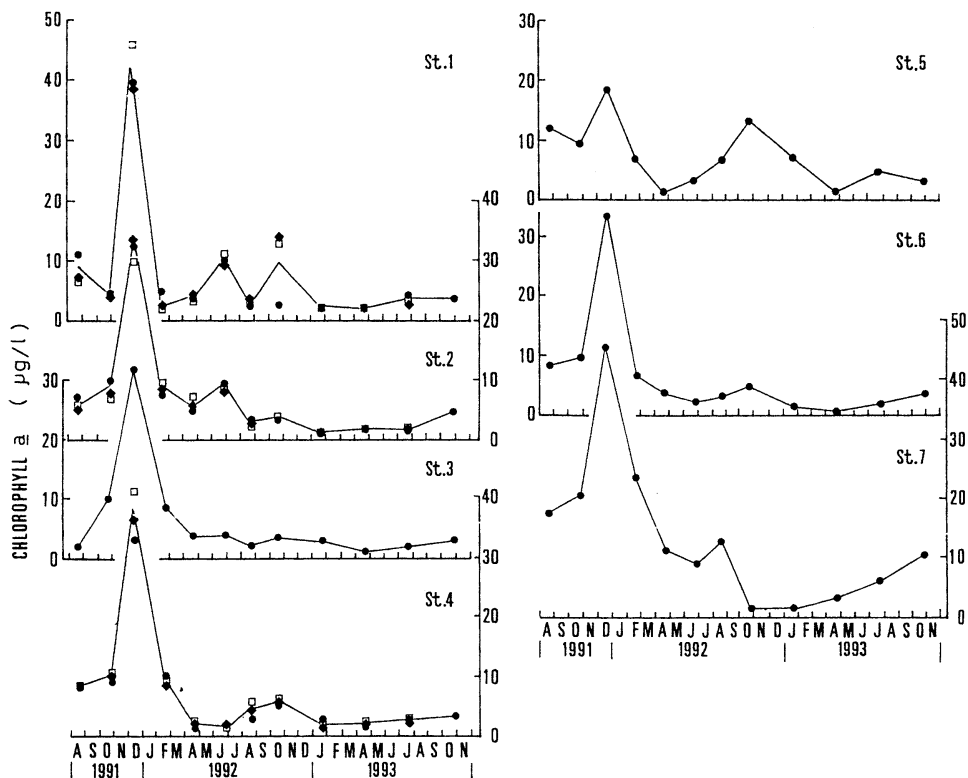


Fig. 6. Seasonal changes of the chlorophyll *a* at Stns. 1-7 in Thale Sap Songkhla. Symbols are the same as in Fig. 3.

freshwater lake as well as in marine waters (GESSNER, 1944; ARUGA and MONSI, 1963). Because of its shallowness, the vertical difference of the amount of chlorophyll *a* in water was small. The levels of the mean value and/or the chlorophyll *a* concentrations of each station were higher in 1991-1992 than in 1993. Extremely high concentrations of chlorophyll *a* were measured in December 1991 although the cause for this bloom had not been elucidated. Except this rare bloom of phytoplankton, the amounts of chlorophyll *a* observed in this lake seemed to be in the range from 1 to 10 $\mu\text{g/l}$, which corresponded to those observed in inner lake, Thale Luan (NACHIANGMAI, 1979; LUORSINSUP *et al.*, 1986), and in the outer lake, Thale Sap Songkhla (LUORSINSUP *et al.*, 1986). The level of chlorophyll *a* concentrations in Thale Sap Songkhla corresponds to those of mesotrophic and/or of moderately eutrophic

waters (ARUGA and MONSI, 1963; SAKAMOTO, 1966).

Acknowledgements

The authors are grateful to Professor Dr. J. SUGI and Professor Dr. S. SUBHASRI for their suggestions and encouragements. The National Institute of Coastal Aquaculture of Thailand and Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, kindly provided a research vessel, facilities and personnels throughout this work. Helpful cooperation of Mr. S. TONGKOA, Mr. U. DARUMASS and Miss K. SSUPATTRAKUL are gratefully acknowledged.

This research received financial support from the National Research Council of Thailand and Japan Society for the Promotion of Science under JSPS-NRCT Scientific Cooperation Program in the field of agricultural science 1991-1993.

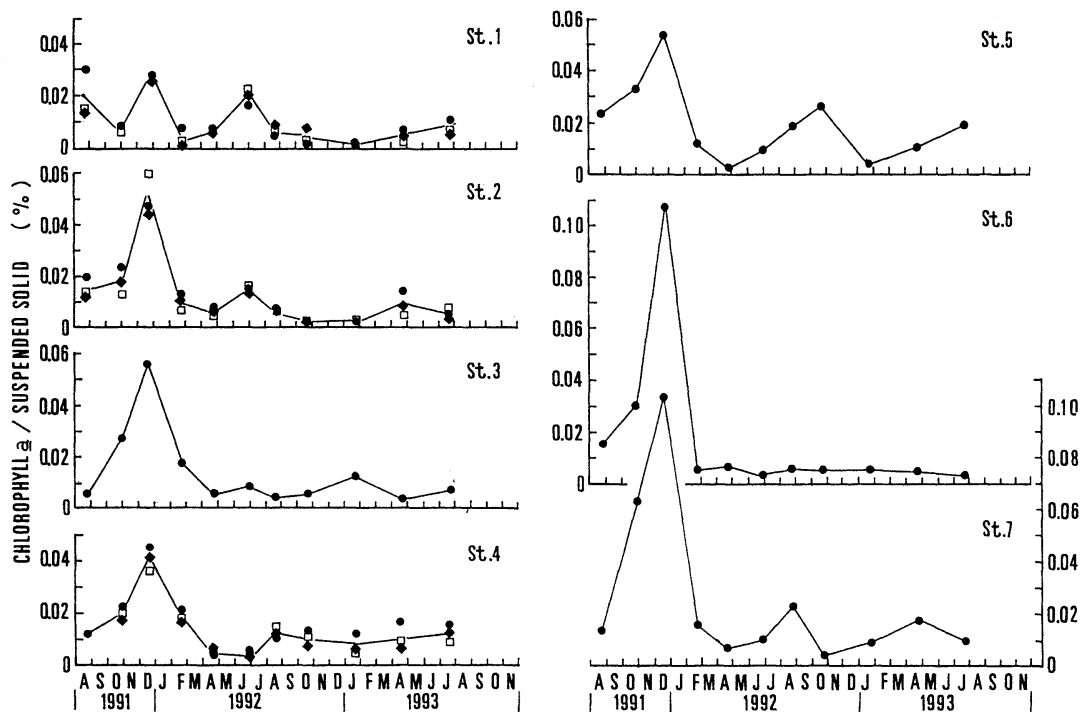


Fig. 7. Seasonal changes of the ratio of chlorophyll *a* / suspended solid at Stns. 1-7 in Thale Sap Songkhla. Symbols are the same as in Fig. 3.

References

- ARUGA, Y. and M. MONSI (1963): Chlorophyll amount as an indicator of matter productivity in bio-communities. *Plant Cell Physiol.*, **4**, 29-39.
- GESSNER, F. (1944): Der Chlorophyllgehalt der Seen als Ausdruck ihrer Productivitat. *Arch. Hydrobiol.*, **40**, 687-732.
- ICHIMURA, S., Y. SAJO and Y. ARUGA (1962): Photosynthetic characteristics of natural phytoplankton and its meaning in the chlorophyll method. *Bot. Mag. Tokyo*, **72**, 193-202.
- JEFFREY, S.W. and G.F. HUMPHREY (1975): New spectroscopic equations for determining chlorophyll *a*, *b*, *c*₁ and *c*₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen*, **167**, 191-194.
- Lake Biwa Research Institute and International Lake Environment Committee (ed.) (1988): *Data Book of World Lake Environments. A Survey of the State of World Lakes. Vol. 1*, ASI-2, 1-14.
- LIMPADANAI, D. (1977): Report on ecological impact. Lake Songkhla Project Publication, I, Prince of Songkla Univ., 38pp.
- NACHIANGMAI, N. (1979): Final Research Report on Songkhla Lake Project, 1978-1979. Prince of Songkla University.
- LUORSINSUP, A., K. CHIYAKAM and P. SIRIMONTRAPORN (1986): Assessment of fish production from primary production in Songkhla Lake. Technical Paper 28/2, Mar. Fish. Div., Dept. Fish., 1-53.
- SAKAMOTO, M. (1966): Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Arch. Hydrobiol.*, **62**, 1-28.
- SIOLI, H. (ed.) (1984): *The Amazon*. Dr. JUNK, Amsterdam, 763pp.

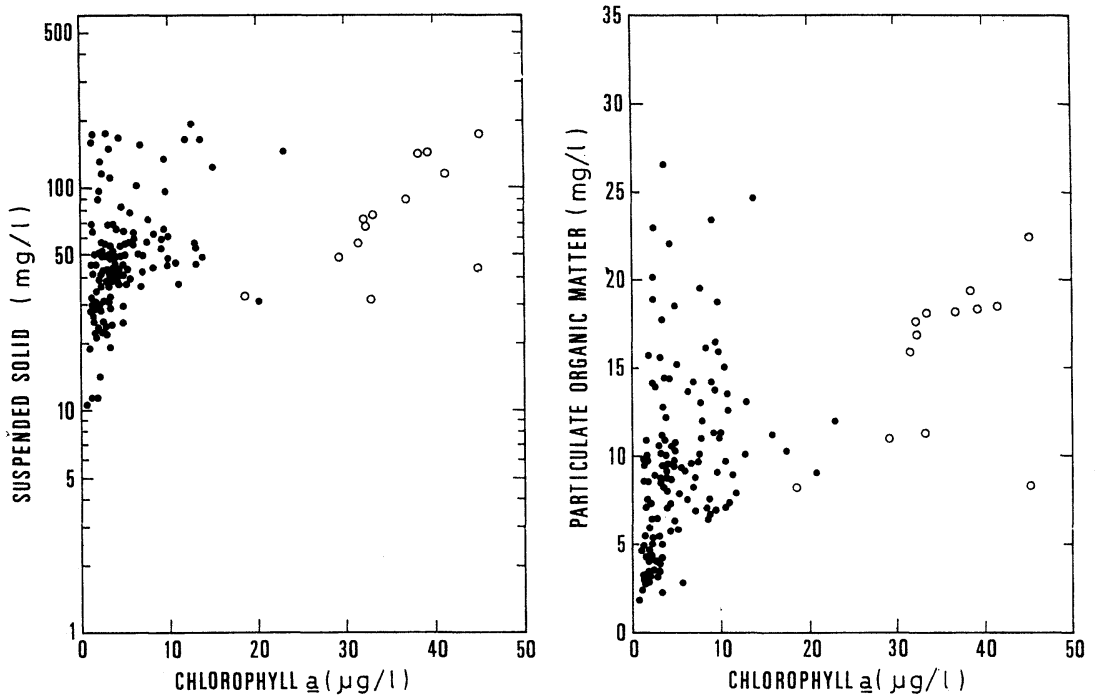


Fig. 8. Relationships between the chlorophyll *a* and the suspended solid (A) and between the chlorophyll *a* and the particulate organic matter (B) at Stns. 1-7 in Thale Sap Songkhla. ○, Dec. 27, 1991; ●, other seasons.

ソクラ湖における植物プランクトンクロロフィル *a* および懸濁物質の季節変化

山口征矢・S. RAKKHEAW・S. ANGSUPANICH・有賀祐勝

要旨: タイ国ソクラ湖 (南湖: Thale Sap Songkhla) の7観測点で、1991年8月から1993年11月まで、透明度、懸濁物質、クロロフィル *a*、強熱減量および懸濁態有機物を調査した。平均水深が浅いため、試水は表層 (0.5m) から採取し分析した。本湖は年間を通して黄褐色を呈し、透明度は雨期に特に低くなる。水中の懸濁物質濃度は、一般に雨期に高く乾期に低いが、年変化の傾向は測点間で必ずしも一致せず、測点の水深と風による攪乱のために様々な値を示した。懸濁物質の強熱減量は、年間を通して40%以下であり、懸濁物質中の有機物含量は必ずしも多くなかった。また、懸濁物質中のクロロフィル *a* 含量も著しく低く、0.1%以下にすぎなかった。この事は、本湖の懸濁物質の大半が無機の粘土成分である事を示唆している。植物プランクトンの現存量の指標としてのクロロフィル *a* 量は、1991年12月に著しく高く、30-40 μg/l を記録したが、それ以後はこのような著しい値は測定されず、年間を通しておおむね1-10 μg/l の範囲を変動し、顕著な季節変化は認められなかった。クロロフィル *a* 量から判断して、本湖は現在中栄養段階にあると考えられる。

Uptake kinetics of the microbial populations with different redox pathways in the sulfuretum of Saanich Inlet*

Humitake SEKI**

Abstract: The uptake kinetics of amino acids by natural microbial populations in the redox gradient of sulfuretum of Saanich Inlet, British Columbia, Canada, were studied based on Michaelis-Menten kinetics. Models of the kinetics were statistically generalized with reference to the anoxic-hypoxic-oxygenic environments of outermost sulfuretum layer. The classification of waters in this study were anoxic without dissolved oxygen, hypoxic with dissolved oxygen between 0.006 and 0.456 mgO₂ and oxygenic higher than 0.5 mgO₂, on the basis of redox range where the metabolism of each natural microbial population functions anaerobically, microaerophilically or aerobically. The kinetics in the anoxic environment were shown to be less efficient than those in the hypoxic environment. The actual function in the uptake kinetics took place only a few times inefficient in the order of microaerophilic, anaerobic and aerobic microorganisms, although the maximum attainable activities of the kinetic models in both hypoxic and anoxic environments were one order of magnitude lower than those in the oxygenic environment.

1. Introduction

In relation to redox condition of the marine environment, the predominant habitat segregation of marine organisms has been shown as; anaerobes in anoxic region between 0 and 0.01 PDL (O₂ of the present dissolved level), microaerophiles in hypoxic region between 0.01 and 0.1 PDL, and aerobes in oxygenic region between 0.1 and 1 PDL (SEKI, 1991; 1993). At all these conditions, except in anoxic region of the eutrophic environment, readily available organic nutrients are maintained in a steady-state equilibrium (HUTCHINSON, 1970; SEKI, 1982) usually below 20 μg l⁻¹. Because of these low nutrient concentrations, marine microorganisms are chiefly responsible for the assimilation and decomposition of these organic debris in the marine environment (e.g., ZOBELL, 1946; PARSONS et al., 1977; SOROKIN, 1978; RHEINHEIMER, 1980; SEKI, 1982; 1992).

The first step in the microbial function of purifying the environment can be performed through the assimilation of organic matter into

microbial cells. This assimilation has usually been described using Michaelis-Menten enzyme kinetics, as originally been shown by PARSONS and STRICKLAND (1962), as

$$\frac{Vt}{V} = \frac{Sn}{Kt + Sn} \dots\dots\dots (1)$$

where *Vt* is the rate of microbial assimilation, and *V* is its maximum. *Kt* is the transport constant of microbial assimilation, that is similar to the Michaelis constant and is defined as the substrate concentration when the rate *Vt* is half of the maximum rate *V*. *Sn* is the nutrient concentration in the environment of microbial cells.

Once the nutrient substrate passes through the cell membrane of a microorganism, it can be oxidized efficiently through a series of biochemical pathways. The rate of microbial decomposition of organic matter is, therefore, regulated by the rate of microbial uptake.

The uptake kinetics model of each microbial group utilizing terminal electron acceptor differently were determined at optimal condition of the anoxic, hypoxic or oxygenic environment inside outermost sulfuretum layer of Saanich Inlet, with reference to evolutionary aspect of the microbial energetics.

* Receive January 28, 1994

** Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba, Tennou-dai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

Table 1. Statistical difference (F test) of each parameter value comprising microbial uptake kinetics in different redox conditions in the deep water of Saanich Inlet, B. C., Canada.

	Tt	Sn	Kt	V	Vt
Between oxygenic and hypoxic environments	58.14 **	22.74 **	83.23 **	15.97 **	64.71 **
$F_{0.01 (1:78)} = 6.97$ (degree of freedom: 1, 78)					
Between hypoxic and anoxic environments	0.06	0.53	2.22	1.43	0.89
$FF_{0.05 (1:58)} = 4.01$ (degree of freedom: 1, 58)					

** highly significant

2. Methods

The waters in the sulfuretum of Saanich Inlet has been shown as mesotrophic (SEKI *et al.*, 1984). In these waters with various redox characteristics, the kinetic models of nutrient uptake by natural microbial communities were taken. Each kinetic model was analyzed with special reference to the catabolic characteristics of microbial population, using original data SEKI (1882) and SEKI *et al.* (1984).

3. Results and Discussion

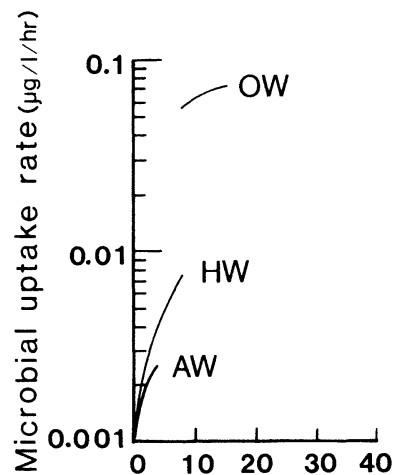
The statistical differences between parameter values comprising the microbial uptake kinetics of amino acids in different redox environments are analyzed in Table 1. All the parameter values of uptake kinetics in the anoxic and hypoxic environments were not statistically different, whereas those in these environments and the oxygenic environment were statistically different at highly significant levels.

The uptake kinetics of amino acids by the natural microbial communities were statistically generalized (Figure 1) in each redox type of sulfuretum water by the following formulae: (1) In the anoxic waters, the kinetic model could be expressed as,

$$\frac{Vt}{0.028} = \frac{Sn}{33 + Sn} \dots\dots\dots (2)$$

In this relationship, the actual microbial uptake took place in a concentration range of amino acids of $2.7 \pm 0.7 \mu\text{g l}^{-1}$, with 95% confidence limits. The actual uptake rate took place

in the range of $0.0023 \pm 0.0011 \mu\text{g l}^{-1}\text{hr}^{-1}$ with 95% confidence limits. Therefore, the microbial uptake in situ could function at the level between 6 and 13% of the maximum attainable rate estimated from its Michaelis-Menten kinetics, with a moderately large transport constant of the natural microbial population (SEKI, 1992). This model is representing energetically



Amino acid concentration ($\mu\text{g/l}$)

Fig. 1. Range of the generalized model of Michaelis-Menten kinetics for the assimilation of amino acids by the natural microbial communities (95% confidence limits) in the sulfuretum of Saanich Inlet.

AW: in anoxic waters

HW: in hypoxic waters

OW: in oxygenic waters

the nature of a moderately slow geochemical cycling in the marine anoxically mesotrophic waters.

(2) In the hypoxic waters, the kinetic model could be expressed as,

$$\frac{V_t}{0.048} = \frac{S_n}{40 + S_n} \dots\dots\dots (3)$$

In this relationship, the actual microbial uptake took place in a concentration range of amino acids of $2.9 \pm 5.1 \mu\text{g l}^{-1}$, with 95% confidence limits. The actual uptake rate took place in the range of $0.0045 \pm 0.0026 \mu\text{g l}^{-1}\text{hr}^{-1}$ with 95% confidence limits. Thus the microbial uptake in situ could have functioned at the level between 6 and 9% of the maximum attainable rate estimated from its Michaelis-Menten kinetics, with a moderately large transport constant of the natural microbial population (SEKI, 1992). This model is energetically well representing the nature of another moderately slow geochemical cycling in the marine hypoxically mesotrophic waters.

(3) In the oxygenic waters, the kinetic model could be expressed as,

$$\frac{V_t}{0.12} = \frac{S_n}{8.9 + S_n} \dots\dots\dots (4)$$

In this relationship, the actual microbial uptake took place in a concentration range of amino acids of $11.6 \pm 3.7 \mu\text{g l}^{-1}$, with 95% confidence limits. The actual uptake rate took place in the range of $0.054 \pm 0.013 \mu\text{g l}^{-1}\text{hr}^{-1}$ with 95% confidence limits. Thus the microbial uptake in situ could have functioned at the level between 41 and 53% of the maximum attainable rate estimated from its Michaelis-Menten kinetics, with a moderately small transport constant of the natural microbial population (SEKI, 1992). This model is energetically well representing the nature of the fastest geochemical cycling in the marine oxygenic mesotrophic waters.

Models of the microbial uptake kinetics show that those in the anoxic and hypoxic environments were similar statistically, but the most inefficient nature of microbial uptake was evident in the anoxic environment. These kinetics models show that these uptake efficiencies were one order of magnitude less than that in the

oxygenic environment. Thus, with the function of in situ substrate concentration in the ambient water, the actual in situ uptake took place greater by the natural microbial population of aerobic, microaerophilic and anaerobic microorganisms, in that order. From the energetic point of view amongst these metabolic groups, the difference in free energy yield efficiencies must be reasonable, as those efficiencies in fermentation, anaerobic and aerobic respiration are 25, 26 and 39 % for the procaryotic microorganisms. The best efficiency in the redox pathways of a microbial group must have ruled the theoretically appropriate order of the in situ predominance of anaerobic, microaerophilic and aerobic microorganisms in the anoxic, hypoxic and oxygenic environments of Saanich Inlet, respectively.

References

- HUTCHINSON, G.E. (1970): The biosphere. In: *The Biosphere. A Scientific American Book*. W. H. Freeman & Company, San Francisco, pp. 1-11.
- PARSONS, T.R. and J.D.H. STRICKLAND (1962): On the production of particulate organic carbon by heterotrophic processes in sea water. *Deep-Sea Res.*, **8**, 211-222.
- PARSONS, T.R., M. Takahashi and B. Hargrave (1977): *Biological Oceanographic Processes*. 2nd ed. Pergamon Press, Oxford.
- RHEINHEIMER, G. (1980): *Aquatic Microbiology*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Chichester.
- SEKI, H. (1982): *Organic Materials in Aquatic Ecosystems*. CRC Press, Inc., Boca Raton.
- SEKI, H. (1991): Microbial energetics in marine hypoxic water. *Mar. Pollut. Bull.*, **22**, 163-164.
- SEKI, H. (1992): Microbial uptake kinetics in Pacific coastal water of different degrees of eutrophication. *Sci. Total Environ. Suppl.* 1992, 957-972.
- SEKI, H. (1993): Microbial energetics in the marine environment. *Proc. Intergrated Global Ocean Monitoring (UNEP, UNESCO, WMO, ICES)* (in press)
- SEKI, H., T. SAIDO, K. ISEKI, F. WHITNEY and C. S. WONG (1984): Uptake kinetics of microorganisms in the sulfuretum of Saanich Inlet. *Arch. Hydrobiol.*, **100**, 73-81.
- SOROKIN, Yu. I. (1978): Decomposition of organic matter and nutrient regeneration. In: *Marine Ecology. A Comprehensive, Integrated*

Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters. O. KINNE (ed.), John Wiley & Sons, Chichester, pp. 501-616.

ZOBELL, C. E. (1946): Marine Microbiology. Chronica Botanica Co., Waltham.

サニッチ入江の硫黄生態系における異なる 電子伝達系を持つ微生物群集の栄養摂取様式

関 文 威

要旨: カナダ国ブリテッシュコロンビア州に位置するサニッチ入江には大規模な硫黄生態系が存在し、その周囲に顕著な酸化還元電位の環境傾斜が形成される。この環境傾斜における嫌気状態 ($<0.006 \text{ mgO}_2 \text{ l}^{-1}$) - 貧酸素状態 ($0.006 - 0.456 \text{ mgO}_2 \text{ l}^{-1}$) - 好気状態 ($>0.456 \text{ mgO}_2 \text{ l}^{-1}$) の各環境帯部分に優占して生息している微生物群集は、異なる電子伝達経路を用いて代謝経路を行って入る。発酵経路、微好気性呼吸経路、呼吸経路を用いた代謝効率と理論的に対応して、栄養摂取も行われていることが明らかになった。

A simple integrating-sphere fluorometer for monitoring the growth of benthic microalgae*

Kazuhiko KOIKE**, Takashi ISHIMARU** and Masaaki MURANO**

Abstract: A new type of fluorometer was developed to monitor biomass of cultured benthic microalgae which adhere firmly to culture vessel. The sample chamber of the fluorometer consists of an integrating sphere which diffuses both excitation and *in vivo* fluorescence, and thus the homogenization adhering cells is not required for the fluorescence monitoring. Significant correlation was found between the relative *in vivo* fluorescence intensity and the chlorophyll *a* concentration for a benthic diatom, *Navicula* sp. ($r=0.987$) and dinoflagellates, *Prorocentrum lima* ($r=0.974$) and *Prorocentrum* sp. ($r=0.966$). This fluorometer is reliable for biomass monitoring of benthic microalgae.

1. Introduction

The ratio of chlorophyll *a* fluorescence intensity of intact plant cells (referred to as *in vivo* fluorescence) to the unit amount of chlorophyll *a* varies among algal species and with the physiological state of the cells (ISHIMARU *et al.*, 1985). However, this ratio is constant during the logarithmic growth phase of a clonal culture, because the physiological state of the alga is constant. Thus, the direct measurement of *in vivo* fluorescence can be used to provide a rapid estimate of phytoplankton biomass in culture tubes (BRAND *et al.*, 1981; WATRAS *et al.*, 1982). *In vivo* fluorescence also has been used to estimate biomass of benthic microalgae which can be suspended homogeneously by agitation (BOMBER *et al.*, 1988). However, agitation is thought to retard the growth of some species (DURAND, 1987). Additionally it can be difficult to dislodge cells of some taxa, especially adhering diatoms, from the wall of culture tubes.

We designed an integrating-sphere fluorometer (abbreviated as ISF hereinafter) that can be used to estimate the growth of benthic microalgae without agitating the culture. A culture tube is placed in the integrating sphere that diffuses both excitation light and *in vivo*

fluorescence.

2. Materials and Methods

2-1. Instrument

Figure 1 shows the diagram of the instrument. A high pressure mercury lamp (SL-HG-1; Toshiba Co.) was used with a starter (SLS-5; Irie Manufacturing Co.) as a source of excitation light and placed horizontally. A motor cooling fan (MB6Z-B; Oriental Motor Co.) was attached to the end of the lamp cover in order to dissipate heat of the lamp. The light from the mercury lamp was passed through a color glass filter (V44; Toshiba Co.) which allowed the transmission of 436 nm light for chlorophyll *a* excitation. The excitation light passing through the filter was introduced into the integrating sphere via an acrylic light guide (opening 21×10 mm, height 15 mm). The integrating sphere was assembled from two hemispheres made from acrylic resin (inner diameter 150 mm). The inside of the sphere was painted with non-reflective white (Acrylic Spray; Nippon Paint Co.) in order to diffuse both excitation light and *in vivo* fluorescence. A window for the excitation light was situated at the bottom of the integrating sphere for effective irradiation, while a hole for the insertion of the culture tube was made at the top. The bottom of the culture tube where microalgae adhered abundantly was positioned near the center of the sphere. A photomultiplier (R-636; Hamamatsu Photonics

* Received February 1, 1994

** Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

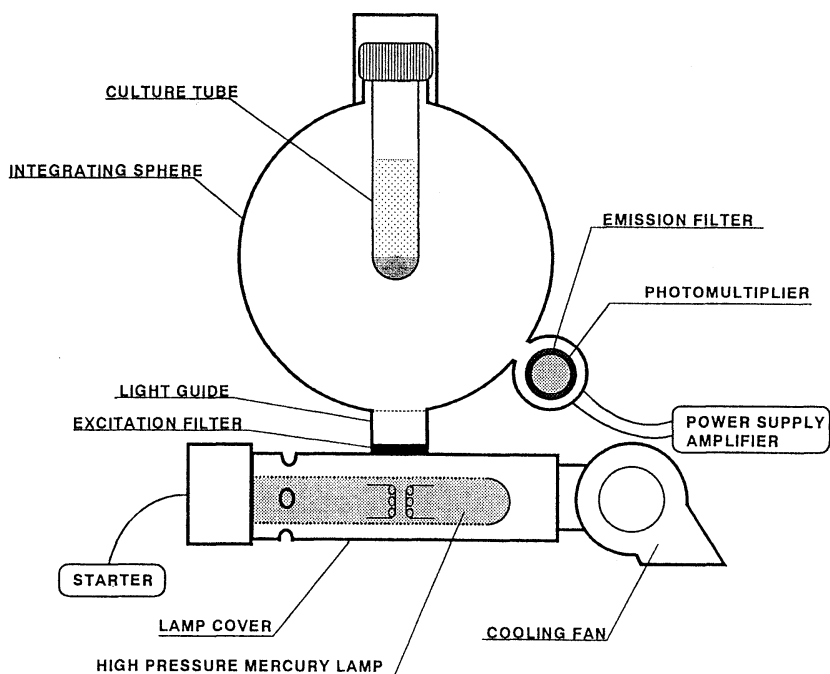


Fig. 1. Schematic diagram of the integrating-sphere fluorometer (ISF).

Co.) was used to detect *in vivo* fluorescence. This detector was wrapped with an acetate filter (SC66; Fuji Photo Film Co.) to eliminate light with wavelengths shorter than chlorophyll *a* fluorescence. The position of the photomultiplier was adjusted to receive minimum effect of excitation light. The signal from the photomultiplier was measured using an amplifier which also contains a high voltage source for the photomultiplier (AT-100AM, Shimadzu Manufacturing Co.). Every junction was sealed with black PVC tape (Scotch Brand Tape; 3M) or black silicone sealant (Bath cork; Cemedine Co.) to prevent light leakage. The exterior was painted with non-reflective black.

2-2. Performance test

Various species of benthic microalgae, including *Navicula* sp. (a diatom), *Prorocentrum lima* and *Prorocentrum* sp. (dinoflagellates) were used to determine relationships between relative *in vivo* fluorescence intensity obtained by ISF and biomass. Patterns of their adhesion differed among the three species: *Navicula* sp. adhered uniformly around bottom of the culture

tube, *Prorocentrum lima* formed numerous lumps consisting of dozens of cells that adhered around the bottom of the glass tube, while *Prorocentrum* sp. growth pattern was intermediate to those of the other two species. Each microalga was inoculated into culture tubes (25 mm ϕ , 150 mm L, screw capped; Pyrex) containing 25 ml of modified T1 medium (OGATA *et al.*, 1987; without nitrilotriacetic acid, but with ammonium chloride and selenous acid). These cultures were maintained for several days at $26.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ under an illumination of ca. 1.0×10^{16} quanta $\cdot \text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$ with a 14:10 hr light-dark cycle using cool-white fluorescent lamps (FL40SS; Toshiba Co.). The culture tubes were repositioned randomly once a day to minimize the effects of environmental (mostly light) variation.

Quantity of chlorophyll *a* was chosen as an index of the biomass because increase of chlorophyll *a* corresponds directly to increase of its biomass during the logarithmic growth phase (HANSMANN, 1977).

At each measurement, the signal reading of ISF was set initially to zero by inserting a test

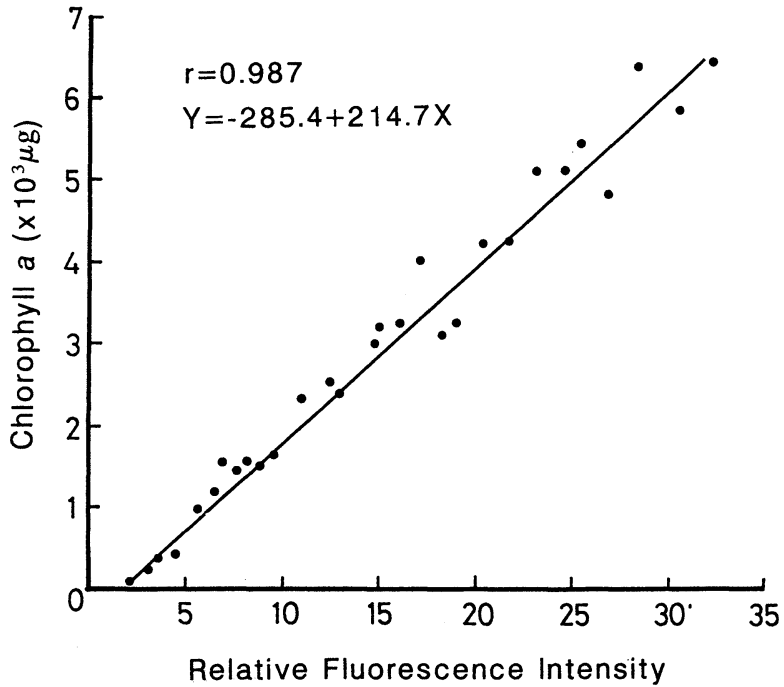


Fig. 2. Relationship between chlorophyll *a* concentrations and relative *in vivo* fluorescence intensity for *Navicula* sp.

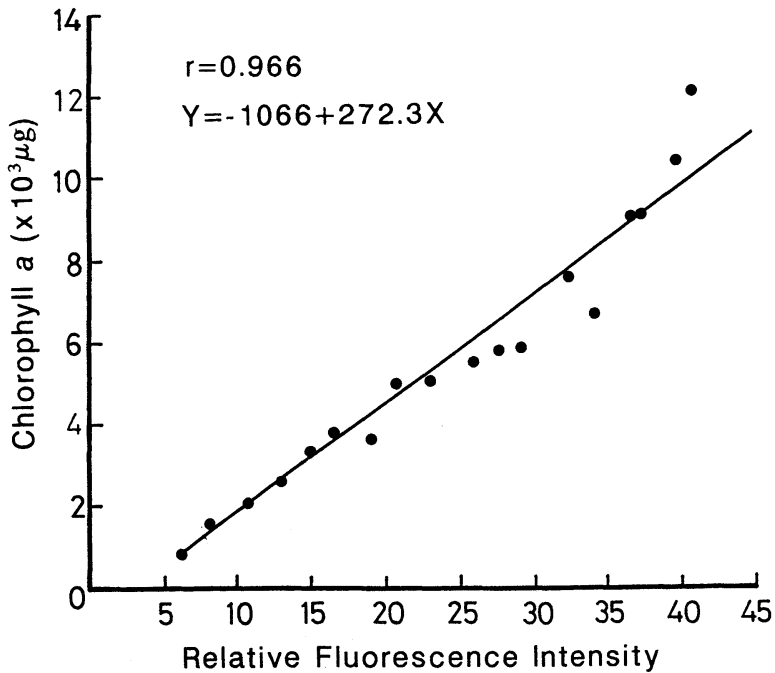


Fig. 3. Relationship between chlorophyll *a* concentrations and relative *in vivo* fluorescence intensity for *Prorocentrum lima*.

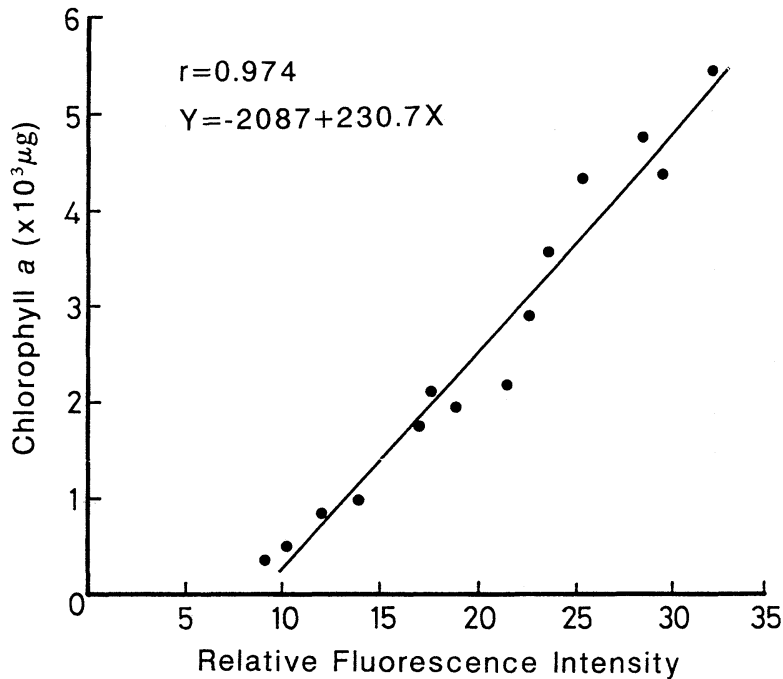


Fig. 4. Relationship between chlorophyll *a* concentrations and relative *in vivo* fluorescence intensity for *Prorocentrum* sp.

tube (same as the culture tube) containing filtered ($0.22 \mu\text{m}$) and sterilized seawater. Signal reading standardization was also done by inserting a standard culture tube containing fluorescent acrylic resin.

Culture tubes were selected arbitrarily and measured for relative *in vivo* fluorescence intensity by ISF. Culture medium in each tube was then filtered with glass fiber filter (GF/C; Whatman) to collect cells in suspension. The filter was put back into the tube, and 10 ml of dimethylformamide was added to the tube to extract chlorophyll *a* (SUZUKI and ISHIMARU, 1990) from cells both on the filter and attached to the tube wall. Concentrations of chlorophyll *a* were then determined by the fluorescence method (STRICKLAND and PARSONS, 1972) using a fluorometer (Type 10R; Turner Designs Co.).

Relationships of liner plots between relative fluorescence intensity obtained by ISF and its chlorophyll *a* concentration were determined using the least squares method.

Triplicate cultures of each species were maintained in condition described above and measured for *in vivo* fluorescence by ISF every two

days to determine the growth.

3. Results and Discussion

Linear plots of the relative fluorescence intensity obtained from the ISF and the chlorophyll *a* concentration are shown in Fig. 2, 3 and 4. Typical growths of the three benthic microalgae monitored by the ISF were also shown in Figs. 5-a, b and c.

Coefficients of correlation between the relative fluorescence intensity and the chlorophyll *a* concentrations were 0.987, 0.974 and 0.966 for *Navicula* sp., *Prorocentrum lima* and *Prorocentrum* sp., respectively. Furthermore, the correlations were high between the relative fluorescence value of 2 and 33 for *Navicula* sp., 10 and 32 for *Prorocentrum lima*, 6 and 38 for *Prorocentrum* sp. At the time of growth rate measurement, each intercept corresponded with the logarithmic growth phase of each species (Figs. 5-a, b and c), thus the increase of the rate of the relative fluorescence intensity was a valid measure of the rate of chlorophyll *a* increase, which, in turn, corresponded to biomass increase for determination of growth rate.

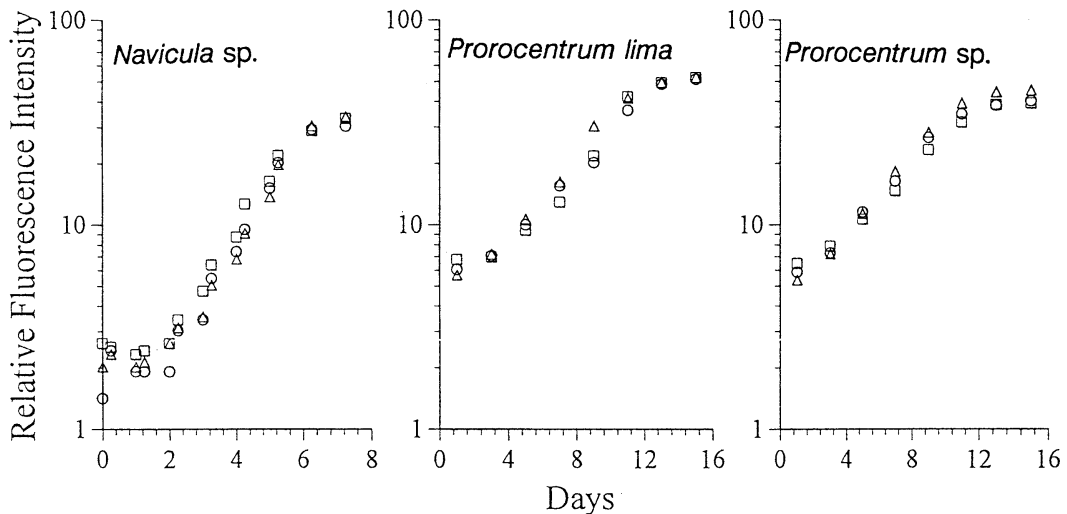


Fig. 5. Typical growths of *Navicula* sp. *Prorocentrum lima* and *Prorocentrum* sp. in

All of the tests examined showed reliable performance of the ISF when determining the growth rate of benthic microalga. In particular, the strong relationship between the concentration of chlorophyll *a* and the relative fluorescence value of the ISF was evident for a wide range in biomass for *Navicula* sp. This resulted because the benthic diatoms had a tendency to adhere uniformly to the culture vessel, not making lumps of cells which could be a cause of self-absorption of *in vivo* fluorescence.

Meanwhile, correlation values between the relative fluorescence intensity and the concentration of chlorophyll *a* for other cultures showed that differences in microalgal adhesion patterns might yield less accurate estimates of biomass because the diffusion of both excitation light and *in vivo* fluorescence inside the integrating sphere was less homogeneous. Furthermore, some of the fluorescent light coming directly from the culture tube and received by the photomultiplier may yield excessive values. A method should be devised to eliminate the effects of direct light but enabling the photomultiplier to receive diffused light without any interruption.

Acknowledgments

We thank Mr. Noboru KAWADA for technical assistance and Dr. LAWRENCE M. LIAO for

comments on the manuscript.

References

- BOMBER, J. W., R. R. L. GUILLARD and W. G. NELSON (1988): Role of temperature, salinity, and light in seasonality, growth, and toxicity of ciguatera-causing *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo (Dinophyceae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **115**, 53-65.
- BRAND, L.E., R.R.L.GUILLARD and L.S.MURPHY (1981): A method for the rapid and precise determination of acclimated phytoplankton reproduction rates. *J. Plankton Res.*, **3**, 193-201.
- DURAND, M. (1987): Study of production and toxicity of cultured *Gambierdiscus toxicus*. *Biol. Bull.*, **172**, 108-121.
- HANSMANN, E. (1977): Pigment analysis. *In*: J.R. STEIN (ed.), *Handbook of Phycological Methods*. Cambridge University Press, London. p.359-369.
- ISHIMARU, T., M. MIMURO and Y. FUJITA (1985): Estimation of phytoplankton photosynthesis using a fluorescence induction technique. *J. Plankton Res.*, **7**, 679-689.
- OGATA, T., T. ISHIMARU and M. KODAMA (1987): Effect of water temperature and light intensity on growth rate and toxicity change in *Protogonyaulax tamarensis*. *Mar. Biol.*, **95**, 217-220.
- STRICKLAND, J. D. H. and T. R. PARSONS (1972): *In*: Fluorometric determination of chlorophyll. J.D.H. STRICKLAND and T.R. PARSONS

- (eds.), A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fish. Res. Bd. Canada, Ottawa. p. 201-202.
- SUZUKI, R. and T. ISHIMARU (1990): An improved method for determination of phytoplankton chlorophyll using N, N-dimethylformamide. J. Oceanogr. Soc. Japan, **46**, 190-194.
- WATRAS, C. J., S. W. CHISHOLM and D. M. ANDERSON (1982): Regulation of growth in an estuarine clone of *Gonyaulax tamarensis* Lebour: Salinity-dependent temperature responses. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **62**, 25-37.

付着性微細藻の生長測定のための積分球蛍光々度計

小池 一彦 ・ 石丸 隆 ・ 村野 正昭

要旨：培養器の壁面に強く付着する微細藻類の生長を *in vivo* 蛍光のモニターによって測定するために、新型の蛍光々度計 (Integrating-Sphere Fluorometer, ISF) を開発した。この蛍光々度計のサンプル室は積分球からなり、励起光及び *in vivo* 蛍光をサンプル室内で積分する。このため、培養容器を強く振とうすることなく付着性微細藻類の生長をモニターすることが可能となった。性能を試験するために付着珪藻の *Navicula* sp., 付着性渦鞭毛藻の *Prorocentrum lima* と *Prorocentrum* sp. を培養し、相対 *in vivo* 蛍光値とバイオマスとしてのクロロフィル *a* 量との相関を求めた。その結果、何れの種についても、相対 *in vivo* 蛍光値とクロロフィル *a* 量との間には高い相関関係 (*Navicula* sp. では $r=0.987$, *Prorocentrum lima* では $r=0.974$, *Prorocentrum* sp. では $r=0.966$) が認められ、本蛍光々度計が培養容器中の付着性微細藻のバイオマスを正しくモニターできることを確認した。

人工衛星電波信号前方散乱を利用した沖合有義波連続観測法*

中村 重久**

A monitoring technique of offshore significant waves by using foreward scattering of signal from a satellite*

Shigehisa NAKAMURA**

Abstract: A proposal is introduced on a continuous monitoring of offshore significant waves at a station on the coast or on board by receiving foreward scattering of signal from a satellite. A general remark is given about foreward scattering of the signal from a satellite first. An example of practice on board is cited to note what is the point of this monitoring technique. Several problems should be solved for practical use even after finding an appropriate station at planning and at designing.

1. 緒言

一般に、実際の海の波は、かならずしも単純な初等関数で表わせるようなものではない。時間的にも空間的にも変化している。有義波は、一種の統計的表現であり、これをよりどころにした力学的検討もある（たとえば、SVERDRUP and MUNK, 1947）。それ以前には、海洋波の写真による立体視の手法も考案されている（たとえば、SVERDRUP *et al.*, 1942）。また、別に、波浪についての力学的研究は近年とくに顕著で、その成果をここで紹介できないくらいである。

人工衛星がいろいろの目的で利用されるようになって、海上風や海面波浪の情報もとらえることが可能になってきた（たとえば、STEWART, 1985）。とくに、極軌道衛星の開口合成レーダ（SAR）を利用した例では、衛星の軌道直下の海面波の分布を調べることができる（たとえば、STEWART and SUGIMORI, 1992）。しかし、この手法の基本は、原理的に、衛星電波信号の海面による後方散乱を利用したものである。

これに対して、静止衛星からの電波信号の前方散乱を

利用した海面波浪の研究は、例が少ない（たとえば、KARASAWA and SHIOKAWA, 1984）。

本文では、沖合のある海域について、沖合の海面波の連続観測の方法について検討した結果の要点を述べる。

2. 人工衛星と海面

人工衛星は、1990年代の現在、各種の目的で利用されている。この利用にあたっては、人工衛星からの電波信号の受信が必要である。極軌道衛星の例では、海面赤外画像から海面温度分布がわかるし、また、海面高度計測によって流動の特徴をとらえることも可能になってきている。ここでは、その詳細については述べることはしない。

本文で重要なのは、赤道上の静止衛星である。たとえば、Fig. 1のように、地球（その中心は点Oとする）に対して、静止衛星が点Sにあるものとする。静止衛星からの電波信号が直進するものとするれば、地球表面に対する点Sからの接線上で、接点Tが電波信号受信可能な最遠点になる。したがって、地球表面上の点Pでは、点Sからの電波信号は直接受信できる。この点Pは、海上にえらぶことも考えることはできる。

ところで、この点Pの標高がHのときは、点Sから直接到達した信号のほか、地球表面で一度反射した信号も受信される。この両者の信号は、時として、相互に干渉して、フェージング現象を生じる。普通の受信では、そのために歪んだ信号を受信することになる。海面で反

* 平成6年1月17日受理 Received January 17, 1994

** 〒649-22 京都大学防災研究所付属白浜海象観測所、和歌山県西牟婁郡白浜町堅田2347-7
Shirahama Oceanographic Observatory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Katada-Hatasaki, Shirahama, Wakayama, 649-22 Japan.

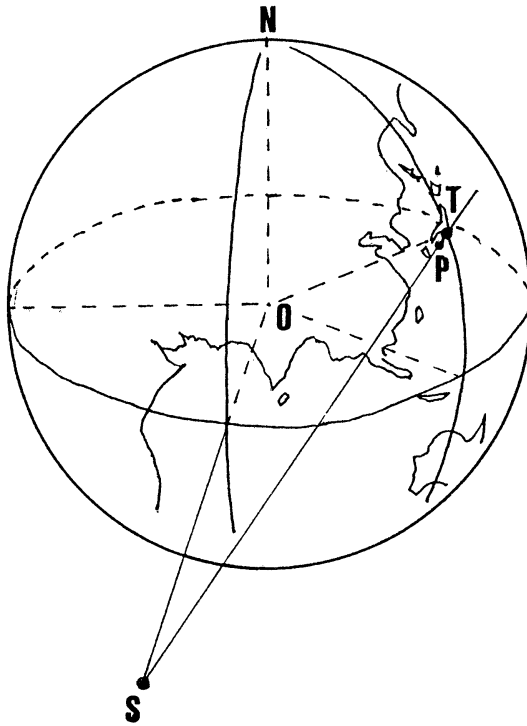


Fig. 1. Relative positions of a satellite S and a station P to the Earth (a sphere with the center: O) and a tangent line "S-T".

射した信号が、海面の状態の情報を、信号の歪としてもたらすならば、これを本文の目的のために利用することは可能であろう（たとえば、KARASAWA and SHIOKAWA, 1984）。

3. 衛星電波信号の前方散乱

ここで、とくに、海面波浪の情報を、衛星からの信号受信によって検知する方法に焦点をおく。受信点 P (cf. Fig. 1) 付近について関連した要因を加えたものが Fig. 2 である。この図では、衛星 S からの信号電波は、ほとんど平行であるとみなしうる。受信点 P に仰角 E' で直接到達する信号 S のほか、海面 da に入射角 G で達した後、反射角 J で、水平面内で角 K だけ偏った位置にある受信点 P に、信号 R として到達するものも考えられる。詳細な解析のためには、直交座標系 OXYZ を導入すると便利であると考えられるが、ここでは、その基本的概念を述べるに止める。

さて、Fig. 2 の海面 da からの信号としてみた R は、前方散乱波の一部と考えられる。このことを模式的に Fig. 3 に示した。海面で反射した信号電波 R は、図中のハッチングでは受信点 P に達する前に周辺の海面波によって遮断されてしまう。

海に面した陸岸に受信点 P をおくと、Fig. 1 および Fig. 2 の条件を満たす衛星信号の前方散乱波が受信できることになり、信号電波のフェージングを検知すること

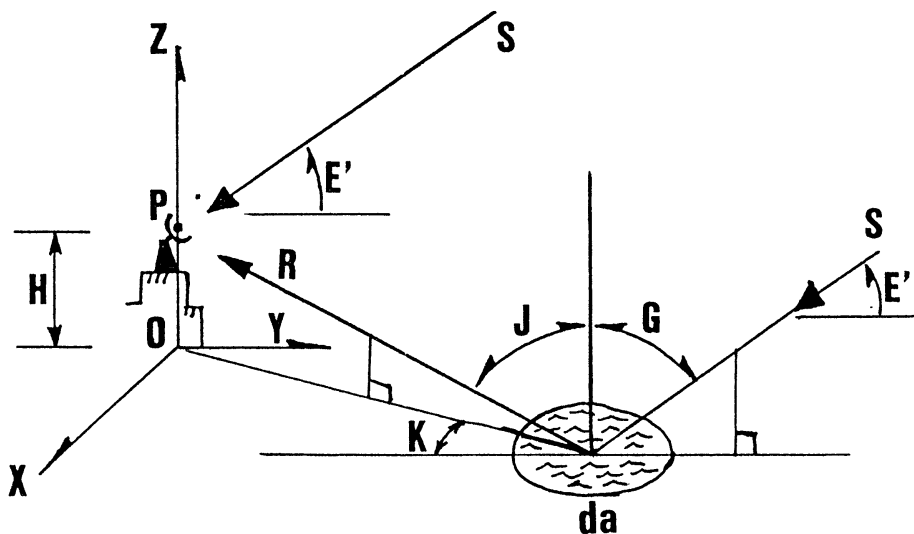


Fig. 2. Geometry of the sea surface reflection of a low elevation angle signal from a satellite (as for the notation, refer to the text).

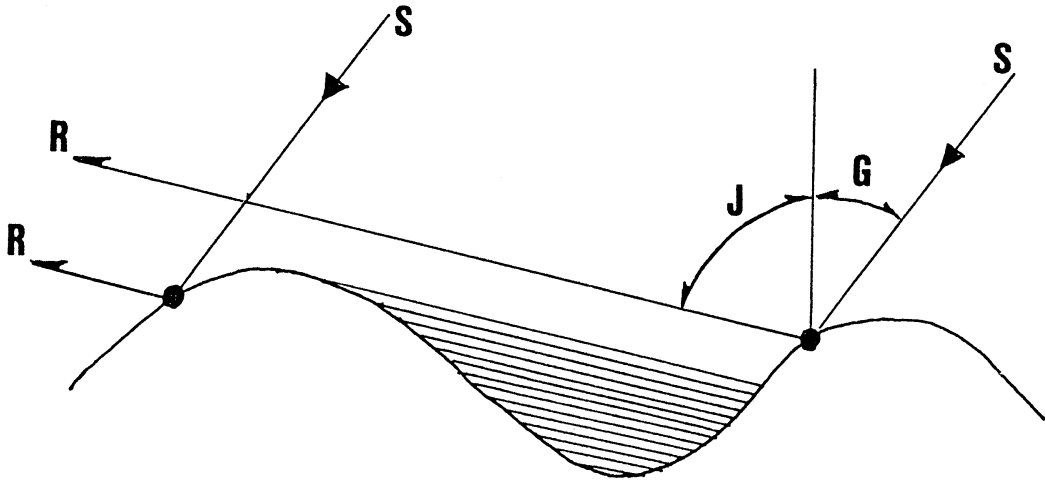


Fig. 3. Forward scattering signal from a satellite on sea surface waves. Hatching area shows a shadow zone.

によって、沖合の海面状況を知ることができる。検知を継続すれば、海面状況の時間的変化を知ることができるわけである。

ところで、上述の手法では、極軌道衛星の SAR（開口合成レーダ）による電波信号の後方散乱波の強さよりも小さい信号を対象とすることになり、さらに高度の電子技術が必要になってくる。また、受信点 P を、海に面した陸岸ではなくて、外洋の船舶に位置づければ、外洋波浪の移動観測の可能性も十分考えることができる。

将来、多数の人工衛星が、極軌道衛星あるいは静止衛星として維持されることになれば、衛星からの受信電波の歪の程度を検知することによって、海面波浪の連続観測をつづけることも可能となる。

4. 船舶での観測例

静止衛星からの電波信号受信における、海面波浪の影響は、KARASAWA and SHIOKAWA (1984) によって検討されている。ここでは、その概要を引用して説明をする。

インド洋赤道東上、63°E に位置する、人工衛星 INTEL SAT-V (MAC: Maritime Communication System) は、船舶の通信に寄与している。しかし、その通信が、日本近海で、満足にできない場合があり、その主要因が、電波の海面反射によるフェージングであることがわかってきている。これは、衛星と日本近海との位置関係が、さきに示した Fig. 1 のような条件にあるからであろう。ちなみに、人工衛星 INTEL SAT-V の電波信号の入射時の地平面（又は海面）となす角 E' (cf.

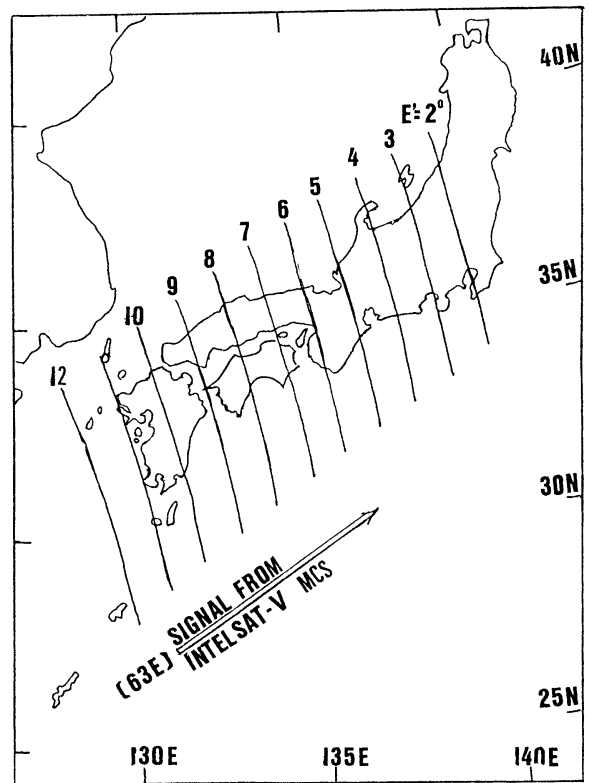


Fig. 4. Elevation angle of the signal from the INTEL SAT-V (MCS) around the Japan Islands (after KARASAWA).

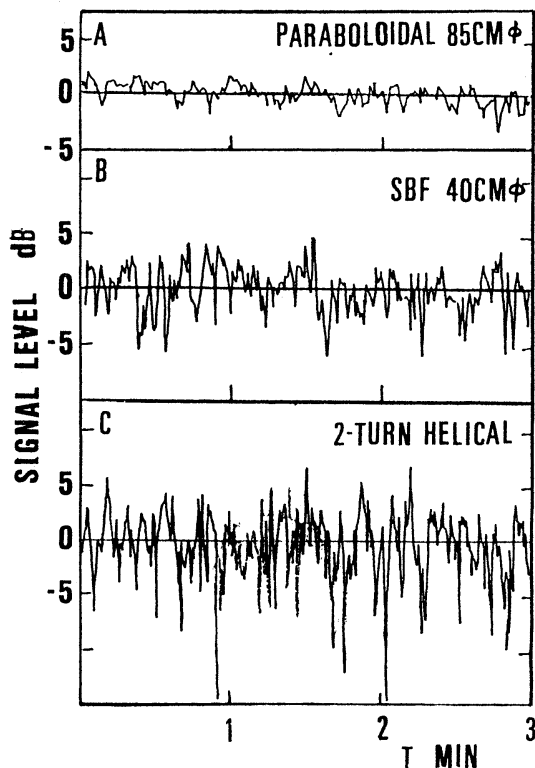


Fig. 5. An example of the recorded signal levels obtained by the three types of the antenna (after KARASAWA).

Fig. 2) は Fig. 4) のようになる (唐沢ら, 1984)。図中には、仰角 E' が $2-12^\circ$ を例示した。

四国南沖での観測記録例を参考例としてあげる。仰角 $E' = 8.3^\circ$ で、海上での波浪・うねりの波高はそれぞれ、 $1\text{ m} \cdot 2\text{ m}$ のとき、船上でのフェージングによる受信信号レベルの時間的変化は Fig. 5) のようなものであった。この図中、A は直径 85 cm のパラボラ・アンテナを用いた場合、B は直径 40 cm の SBF (ショート・バックファイヤ) アンテナの場合、そして、C は 2 巻ヘリカル・アンテナの場合である。なお、この場合、対象とした信号電波は $1.6/1.5\text{ GHz}$ (Lバンド) である。

さらに、唐沢・塩川 (1984a) は、海面反射フェージングの周波数スペクトルについて研究をし、電波に対する船舶の効果、スペクトルからみた波浪の高さ・波向の特性についても論じている。ここで、Fig. 6) に、九州東方洋上の $E' = 10^\circ$ の例について、波高 (有義波) をパラメータとして、フェージングの周波数スペクトルを示した。

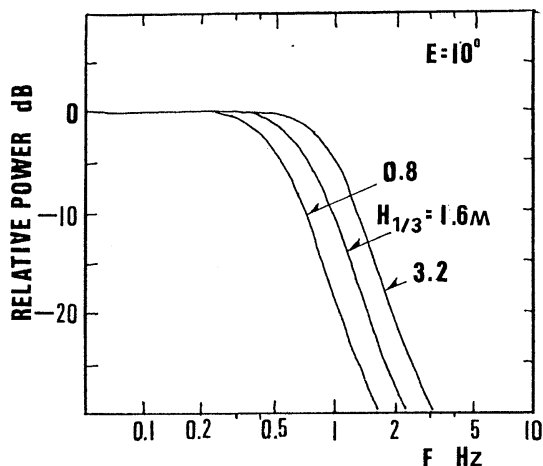


Fig. 6. Frequency spectrum of L-band multipath fading with a parameter of significant wave height for the elevation angle of 10° (after KARASAWA).

5. 今後の問題点

現在、上述のような手法による沖合の波浪の連続観測が可能なのは限られた範囲であると考えられる。受信点を海に面した海岸線にとった場合、海面以外からの散乱波の影響も考慮しなくてはならない。ただ、これから打ち上げられる静止衛星のほか、極軌道やその他の軌道の衛星が長期にわたって維持されることになれば、世界中の海のいたるところで、沖合有義波の連続観測が可能となるものと考えられる。

さらに詳細な波浪の検討のためには、波形勾配や複数の波向なども考えなくてはならないだろう。台風時や暴風時にみられる波高 3 m 以上の高波浪については、さらに検討の必要がある。

ただ、従来の波高計、船舶による観測や波浪ブイなどによる方法に比較して、技術的問題が解決できれば、労力と経費との両面で大きく負担を軽減できるものと考えられる。

6. 結言

静止人工衛星からの電波信号の前方散乱を利用して沖合の有義波を連続観測する方法について検討し、その概要を述べた。衛星電波信号の海面での前方散乱をモデルによって検討し、電波信号のフェージングから海面波浪の検知できる可能性を論じた。船舶による観測例を引用して、定量的な有義波連続観測の可能性をさぐった。な

お解決すべき問題もあるようであるが、人工衛星についての将来の見通しからみて、海面波浪の観測法として、今後、有望なもので、実用化への可能性も高いと考えられる。

終に、本文をまとめるにあたり、郵政省通信総合研究所の思藤忠典博士より有益なコメントをいただいた。また、KDD研究所の唐沢好男氏には、資料利用にあたって、御助力をいただいた。

文 献

- 唐沢好男・野本真一・塩川孝泰 (1984) : 海面反射フェージング軽減方式の海洋実験報告 (II), 電子通信学会技術報告, AP84-85, pp. 7-14.
- KARASAWA, Y. and T. SHIOKAWA (1984) : Characteristics of L-band multipath fading due to sea surface reflection, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-32, No.6, pp. 618-623.
- 唐沢好男・塩川孝泰 (1984a) : 海面フェージングの周波数スペクトラム, 電子通信学会論文誌, Vol. J67-B, No2, pp. 171-178.
- STEWART, R. H. (1984) : Methods of satellite oceanography, Scripps Institution of Oceanography, Univ. Calif., SD. 360p.
- STEWART, R. W. and Y. SUGIMORI (eds.) (1992) : Proceedings of Conference for Pacific Ocean Environments and Probing, 1292p.
- SVERDRUP, H. U. and W. H. MUNK (1947) : Wind, sea and swell theory of relations for forecasting, US Navy Hydrographic Office, Pub. No. 601, 44p.
- SVERDRUP, H. U., M. W. JOHNSON and R. H. FLEMING (1942) : The oceans, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, NJ, 1060p (especially on p. 524).

紅藻マルバアマノリの室内培養*

松尾雅志**・能登谷正浩***・有賀祐勝***

Life history of *Porphyra suborbiculata* Kjellman (Bangiales, Rhodophyta) in culture*

Masashi MATSUO**, Masahiro NOTOYA*** and Yusho ARUGA***

Abstract: Life history of *Porphyra suborbiculata* Kjellman was completed in culture. It was shown from the culture study that this species has the "*P. lacerata* type" life history. Growth and reproduction were observed under various photon flux densities ($10-80 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), temperatures ($10-30^\circ\text{C}$) and photoperiods (14L:10D, 10L:14D). The optimum growth of conchocelis filaments occurred at $15-25^\circ\text{C}$. The conchocelis filament produced conchosporangia at 20 and 25°C . Monospores were liberated from the foliose thallus 2-3 weeks after conchospore germination at $15-25^\circ\text{C}$ under 10L:14D. Carpospores were liberated from foliose thallus 7-11 weeks after conchospore germination at $15-20^\circ\text{C}$ under 10L:14D.

1. 緒言

日本産アマノリ属 (*Porphyra*) 植物はこれまでに28種報告されており (吉田ら 1990), そのうち室内培養によって生活史が明らかにされているのは8種のみである。それらの生活史は3型に分けられ, 多くの種はヤブレアマノリ型 (*P. lacerata* type) に含まれることを前報 (NOTOYA *et al.*, 1993) で報告した。マルバアマノリ (*P. suborbiculata*) については, 黒木 (1953) が果胞子の発芽および糸状体の生長について観察報告しているが, 室内培養によって生活史を詳細に観察した報告はまだない。本研究では, 神奈川県藤沢市江ノ島で得られたマルバアマノリを培養し, その生活史を観察すると共に糸状体及び葉状体の生長と成熟に及ぼす温度, 光量, 光周期の影響を調べたので報告する。

2. 材料と方法

材料のマルバアマノリ葉状体 (Fig. 1A) は, 1990年12月16日に神奈川県藤沢市江ノ島で採集した。成熟した葉状体の果胞子形成部分約 $1 \times 1\text{cm}$ を切り取り, 滅菌海水中で葉片の表面を筆を用いて良く洗浄した後, シャーレに滅菌海水と共にに入れて室温に放置し, 果胞子の放出を待った。数時間後に放出された果胞子をパストゥールピペットで吸い取り, 滅菌海水の入ったシャーレに移す操作を数回繰り返すことによって果胞子を洗浄した。最後に, シャーレにスライドグラスを敷きつめ, 滅菌海水を入れた中に果胞子液を滴下し, 20°C , $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 12L:12Dの下に静置して発芽を待った。このようにして得られた無基質糸状体を, ワーリングブレンダーで長さ約 0.2mm に切断した。この糸状体の懸濁液をスライドグラスを敷き滅菌海水で満たしたシャーレに滴下し, 20°C , $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 12L:12Dの下に約12時間静置して, 糸状体がスライドグラスに付着するのを待った。この糸状体が付着したスライドグラスを 50ml 容ねじ口瓶に入れて培養を開始した。培養は, 温度10, 15, 20, 25, 30°C , 光量 10, 20, 40, $80 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 光周期 14L:10D (長日) と 10L:14D (短日) を組み合わせた合計 40 条件で行った。観察は1週間ごとに行い, 糸状体コロニーを任意に 10 個体選びその長径を測定した。また, 殻胞子嚢形成の有無についても同時に観察した。

* 1993年12月24日受理 Received December 24, 1993

** 度会養護学校尾鷲分校, 〒519-36三重県尾鷲市中村町4-58

Watarai School for Handicapped Children Owase Branch, Nakamura-cho 4-58, Owase, Mie Prefecture, 519-36 Japan

*** 東京水産大学資源育成学科, 〒108東京都港区港南4-5-7

Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

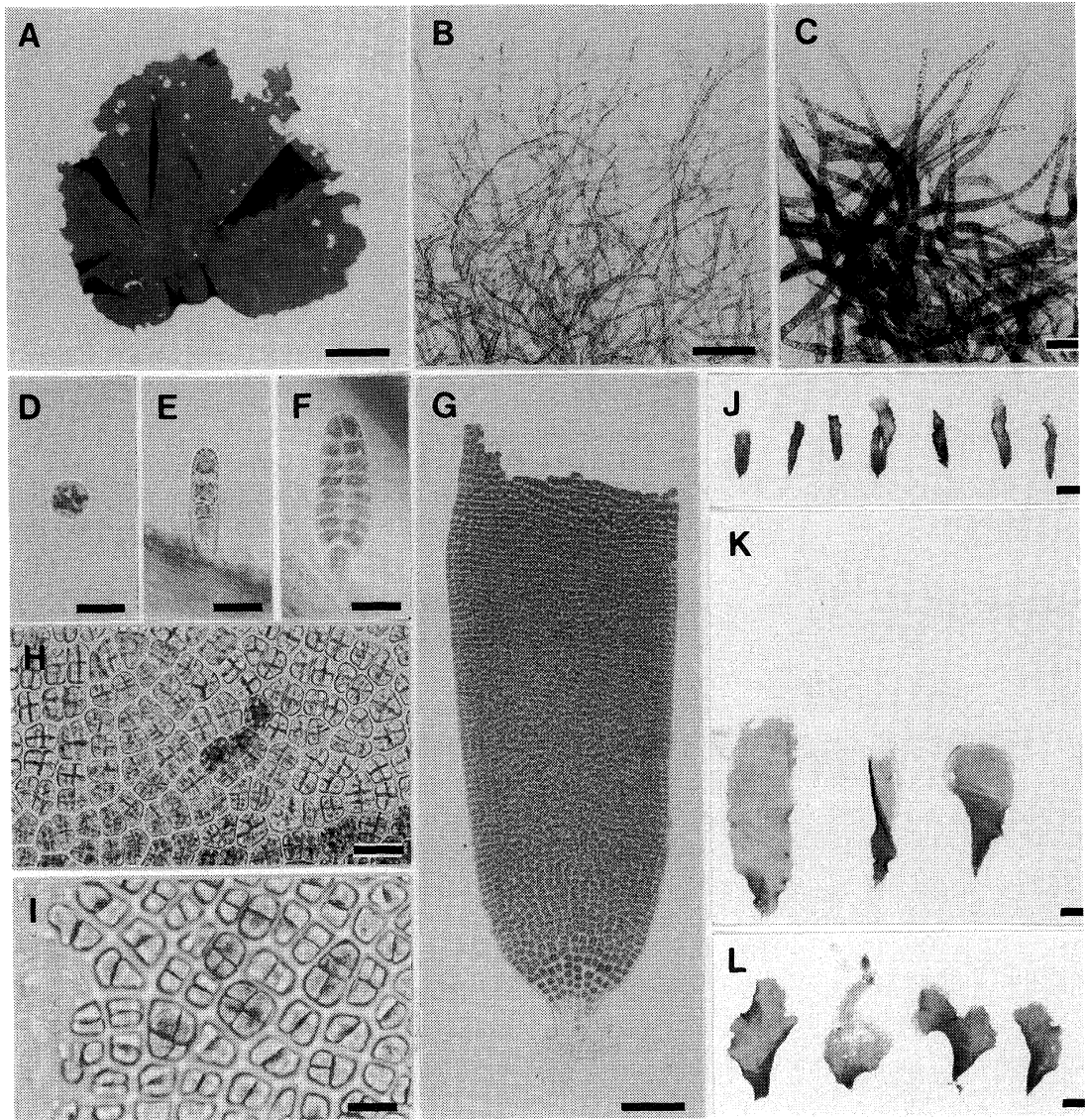


Fig. 1. *Porphyra suborbiculata* Kjellman in culture. (A) Mature foliose thallus collected at Enoshima, Fujisawa, Kanagawa Prefecture on December 16, 1990. (B) Free-living conchocelis colony of five weeks old at 15°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (14L:10D). (C) Conchocelis colony of five weeks old at 20°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (10L:14D). (D) Conchospore liberated from a cultured conchosporangium. (E) Conchospore germling of three days old at 20°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (10L:14D). (F) Conchospore germling of a week old at 20°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (10L:14D). (G) Juvenile foliose thallus of two weeks old, liberating monospores from the tip, at 25°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (10L:14D). (H) Surface view of antheridia. (I) Surface view of carposporangia. (J) Immature foliose thalli of 18 weeks old at 10°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (10L:14D). (K) Mature foliose thalli of 13 weeks old at 15°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (10L:14D). (L) Mature foliose thalli of 13 weeks old at 20°C and 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (10L:14D). (Scale bar: 1 cm in A and J-L; 100 μm in B, C and G; 20 μm in D-F, H and I).

葉状体の生長と成熟の観察には、成熟した殻孢子囊枝をもつ糸状体をクレモナ糸と共に枝付きフラスコに入れ、通気培養することによって殻孢子を付着させたクレモナ糸を得て、これを 300ml 容枝付きフラスコに入れ、次のような各条件下で培養した。培養は、温度を 10, 15, 20, 25°C の 4 条件とし、光量および光周期はすべてそれぞれ約 $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ および 10L : 14D (短日) の下で行った。1 週間ごとに大きな葉状体から順に 10 個体を選んで観察と測定を行ない、同時に単孢子の放出や精子及び果孢子囊の形成の有無についても観察した。

培養にはすべて Grund 改変培地 (McLACHLAN, 1973) を用い、1 週間ごとの観察時に交換した。

3. 結果と考察

3. 1. 生活史

糸状体は、10-25°C の下では太さ約 $5 \mu\text{m}$ で、不規則に分枝しながら生長してコロニーを形成した (Fig. 1B)。20°C の短日下では、5 週間後にコロニーの直径が約 1mm 達し、太さ 12-15 μm の殻孢子囊枝の形成が認められた (Fig. 1C)。この殻孢子囊枝から放出された殻孢子は赤褐色で、直径は約 $15 \mu\text{m}$ であった (Fig. 1D)。殻孢子は直立型の発生を示し、20°C の下では 3 日後に 3-4 細胞 (Fig. 1E)、1 週間後には 2 列細胞の発芽体となった (Fig. 1F)。15-25°C の下では、発芽体が葉長 1-2 mm に達する頃から、葉状体先端部の栄養細胞が単孢子として 1 個ずつ分離して放出されるのが認められた (Fig. 1G)。これらの単孢子は、殻孢子と同様に発芽して葉状体となった。

葉長 1.2-1.3 mm 以上に生長した発芽体では、基部近くの縁辺に 1-3 細胞からなる鋸歯状の突起が形成された。この鋸歯の形成は、10-20°C のいずれの温度でも、これより小さな発芽体には認められなかった (Fig. 2)。

葉状体縁辺に認められる鋸歯は、分類学上極めて重要な形質とされているが (殖田, 1932)、日本産の種では、タネガシマアマノリ (*P. tanegashimensis* Shinmura)、クロノリ (*P. okamurae* Ueda)、ツクシアマノリ (*P. crispata* Kjellman)、オニアマノリ (*P. dentata* Kjellman) と本種に認められている (MIURA, 1988)。鋸歯の形成時期については、これまでタネガシマアマノリでは葉長 1-2.5mm 以上 (右田・伊藤, 1987)、クロノリと本種ではそれぞれ葉長 $500 \mu\text{m}$ と 1-1.5mm 以上 (福原, 1968) になった段階とされ、成葉の上部には少ない傾向があると報告されている。本研究の培養藻体でも鋸歯形成の時期および部位はこれまでの報告とほぼ一

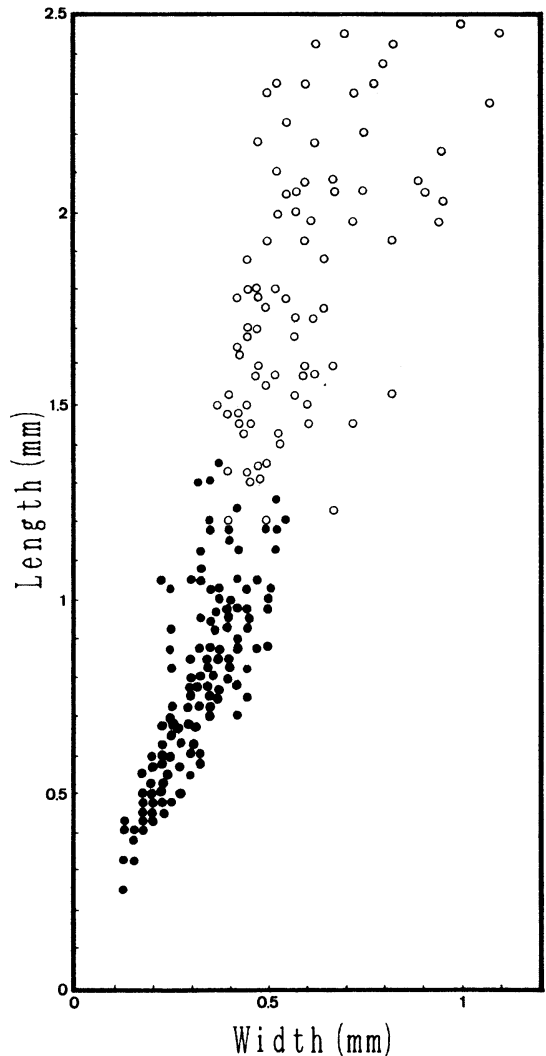


Fig. 2. Relationship between the length and width of foliose thalli of *Porphyra suborbiculata* Kjellman in culture. ○, denticulate margin; ●, entire margin.

致した。また、鋸歯の有無による種の同定には、少なくとも葉長 1mm 以上の藻体が必要であることが分かった。

培養 4 週間後、15°C の下では葉長約 2.5cm に達して、精子囊の形成が認められ (Fig. 1H)、7 週間後には葉長 5 cm となり、果孢子囊の形成が認められた (Fig. 1I)。精子囊と果孢子囊は、それぞれ斑状に混在して形成され、葉状体先端縁辺部から始まり、成熟が進むと基部付近の縁辺にまで達した。

精子囊の分裂表式は $64(a/4, b/4, c/4)$ 、果孢子囊の

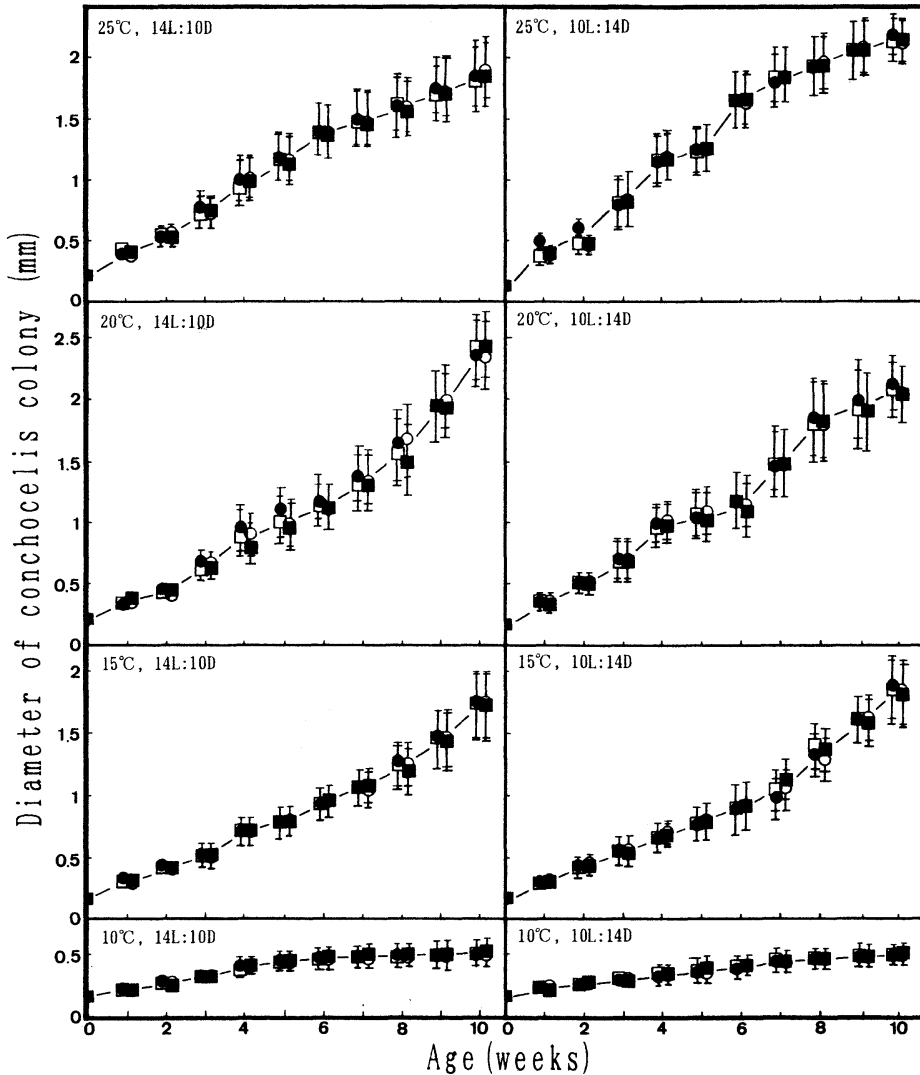


Fig. 3. Growth of conchocelis in *Porphyra suborbiculata* Kjellman under different temperatures, photon flux densities and daylengths. Solid square, $10 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; open square, $20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; solid circle, $40 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; open circle, $80 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Vertical bar, standard deviation.

それは 32 (a/2, b/4, c/4) で、殖田 (1932), 福原 (1968), MIURA (1988) の結果と一致した。

放出された果胞子は、赤褐色で直径約 $15 \mu \text{m}$ であった。果胞子は、基質に付着後発芽して、糸状体に生長した。

以上の結果から、本種の生活史はヤブレアマノリ型 (*P. lacerata* type) であり、アサクサノリ (IWASAKI, 1961; 鬼頭, 1978), スサビノリ (鬼頭, 1978), タネガシマアマノリ (右田・伊藤, 1987), ヤブレアマノリ

(飯間・右田, 1990; 能登谷ら, 1992a), ウタスツノリ (能登谷ら, 1992b) と基本的に同じであることが分かった。

3. 2. 糸状体及び葉状体の生長と成熟に及ぼす温度、光量及び光周期の影響

糸状体は温度 $10\text{--}25^\circ\text{C}$ 、光量 $10\text{--}80 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の下では長日、短日両条件下で共に生長が見られたが (Fig. 3), 30°C ではいずれも培養 1 週間以内にすべて枯死した。糸状体コロニーの生長は 20°C で最も速く、

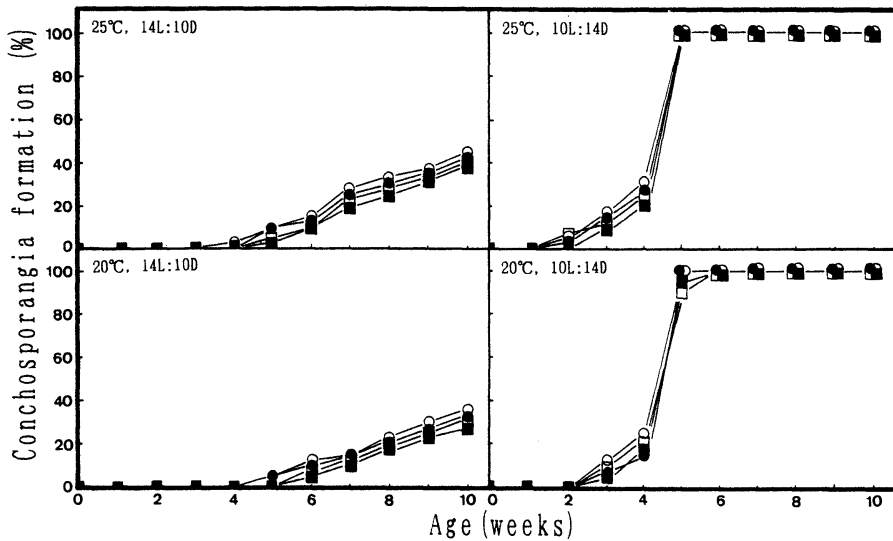


Fig. 4. Formation of conchosporangial branch in *Porphyra suborbiculata* Kjellman under different temperatures, photon flux densities and daylengths. Solid square, $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; open square, $20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; solid circle, $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; open circle, $80 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

10週間の培養で長径約 2.5mm となり、次いで15°Cおよび25°Cでは約 2.0mm となった。しかし、10°Cではほとんど生長せず約 0.5mm にとどまった。

糸状体コロニーの生長については、これまで著者らによって培養されたオニアマノリ (能登谷ら, 1991), ヤブレアマノリ (能登谷ら, 1992a), ウタスツノリ (能登谷ら, 1992b), カイガラアマノリ (能登谷ら, 1993) で報告されており, 20°C, $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の長日下では, 培養10週目にコロニーの直径はいずれも 4.0-4.5 mm に達する。従って, これらの種に比べて本種の糸状体の生長は明らかに遅いことが分かる。また, このことについては黒木・秋山 (1966) も, アサクサノリ, マルバアサクサノリ (*P. kuniedae* Kurogi), スサビノリ, コスジノリ (*P. angusta* Okamura et Ueda), ウップルイノリなどと比較して遅いことを指摘している。

各温度下における糸状体の生長に関しては, いずれの光量および光周期の下でもほとんど差異は認められなかった (Fig. 3)。

殻胞子嚢の形成は, 温度20および25°Cの下では認められたが, 10および15°Cの下では認められなかった。光周期に関しては, 短日下の方が殻胞子嚢の形成は早く始まり, 25°Cの下では培養2週間目に, 20°Cの下では3週間目に見られた。また, これらの条件下では培養5

週目および6週目までに, 全ての糸状体コロニーに殻胞子嚢が認められたが, 長日下では殻胞子嚢形成開始時期は遅く, 培養4週目および5週目に始まり, 形成率は10週間の培養でも50%以下にとどまった。いずれの温度・光周期下とも, 高光量下ほど早く殻胞子嚢形成率が上昇する傾向が認められた (Fig. 4)。

本研究の培養条件のうち, 30°Cの下では糸状体は全て枯死した。また, 15°Cの下では長日及び短日いずれも殻胞子嚢の形成は認められなかった。しかし, 黒木・秋山 (1966) の観察によれば, 貝殻の中に成育した糸状体は30°Cの下でも2-5%が生き残り, 15°Cの下でも殻胞子嚢が形成される。これらの差異は, 貝殻糸状体と無基質糸状体との違いによるものと推察される。

葉状体の生長および成熟は, Fig. 5 に見られるように, 15°Cの下で最も速く, 培養2週間目には葉長約 2 mm に達して単胞子が形成され, 5週目には葉長約 2.5cm に達して精子嚢の形成が, 7週目には約 5 cm となって果胞子嚢の形成が認められた。それ以降は, 葉状体上部縁辺からの単胞子および果胞子の放出によって, 葉長は徐々に短くなった。20°Cの下では, 15°Cの下に比べて2-4週間遅れて成熟が認められた。25°Cの下では, 殻胞子の発芽体は他の温度の下に比べて非常に少なかったが, 発芽して生長した葉状体では培養2週目

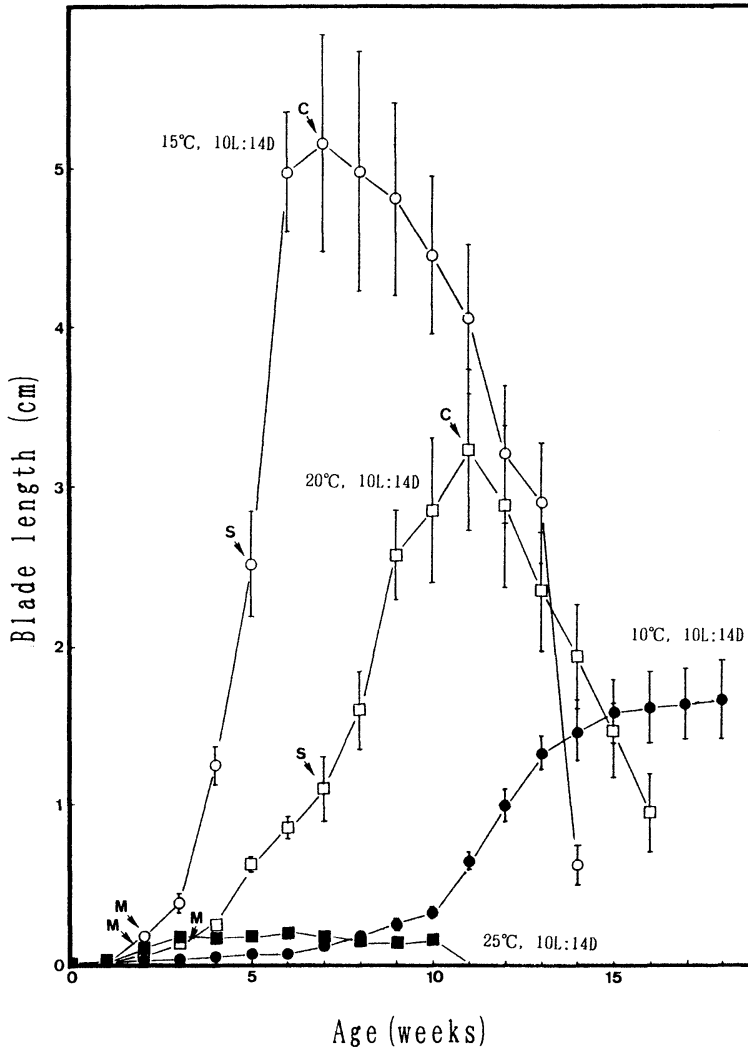


Fig. 5. Growth of foliose thalli in *Porphyra suborbiculata* Kjellman under different temperatures. Solid circle, 10°C; open circle, 15°C; open square, 20°C; solid square, 25°C. M, beginning of the liberation of monospores; S, beginning of the formation of antheridia; C, beginning of the liberation of carospores. Vertical bar, standard deviation.

から単胞子の放出が認められた。しかし、25°Cの下では、葉長2mm以上に生長した個体はなく、4週目以降枯死する葉状体が見られ始め、培養11週目には全ての葉状体が成熟することなく枯死した。10°Cの下では、培養10週目までは15°Cや20°Cの下に比べて葉状体の生長は極端に遅く、18週間後でも葉長約1.5cmと小さく、単胞子の放出や精子嚢および果胞子嚢の形成は見られなかった。

培養によって得られた葉状体は、天然の葉状体に比べ

て細長く、また、葉長、葉幅ともに小さい藻体であった。10°Cで培養された葉状体は、15°Cまたは20°Cの下での葉状体に比べて基部近くの縁辺が著しく波打ち、細長くなった (Fig. 1J-L)。

本研究の培養実験で明らかになった、葉状体の生長に伴う単胞子および果胞子の放出時期を Fig. 6 に示す。10°Cの下では、培養を行なった18週間内には成熟は認められず、単胞子および果胞子の放出は見られなかった。15-25°Cの下では、培養2-3週目頃から単胞子の放出が

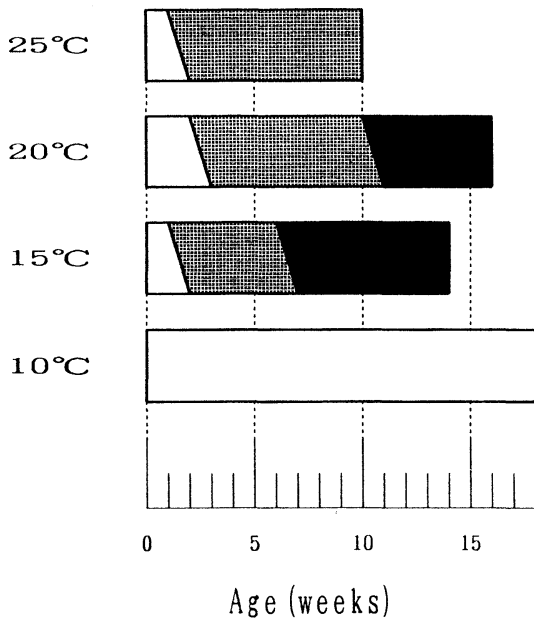


Fig. 6. Liberation of monospores and carpospores in relation to the age of cultured foliose thalli of *Porphyra suborbiculata* Kjellman at various temperatures under $40 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (14L:10D). Open space, neither monospores nor carpospores liberated; dotted space, monospores liberated; solid space, both monospores and carpospores liberated.

認められた。15と20°Cの下では、それぞれ7週目と11週目から果胞子の放出が始まったが、単胞子の放出も引き続き見られた。しかし、25°Cの下では果胞子の放出は認められなかった。

文 献

- 福原英司 (1968) : 北海道近海産アマノリ属の分類学的ならびに生態学的研究. 北水研研究報告, **34** : 40-99.
- 飯間雅文・右田清治 (1990) : ヤブレアマノリの室内培養. 長崎大学水産学部研究報告, **68** : 13-20.
- IWASAKI, H. (1961) : The life-cycle of *Porphyra tenera* in vitro. Biol. Bull. (Woods Hole), **121** : 173-187.
- 鬼頭鈞 (1978) : アマノリ属植物の細胞学的研究. 東北水研研究報告, **39** : 29-84.
- 黒木宗尚 (1953) : アマノリ類の生活史の研究. 第1報 果胞子の発芽と生長. 東北水研研究報告, **2** : 67-103.
- 黒木宗尚・秋山和夫 (1966) : 数種のアマノリの糸状体の生長・成熟と水温. 東北水研研究報告, **26** : 7-89.
- McLACHLAN, J. (1973) : Growth media - marine. pp. 25-51. In J. R. Stein (ed.), Handbook of Phycological Methods. Cambridge Univ. Press, New York.
- 右田清治・伊藤龍星 (1987) : 培養によるタネガシマアマノリ類の生活史. 長崎大学水産学部研究報告, **61** : 7-14.
- MIURA, A. (1988) : Taxonomic studies of *Porphyra* species cultivated in Japan, referring to their transition to the cultivated variety. J. Tokyo Univ. Fish., **75** : 311-325.
- 能登谷正浩・菊地則雄・有賀祐勝・三浦昭雄 (1991) : 紅藻オニアマノリの室内培養. 平成3年度日本水産学会秋季大会講演要旨集. p. 166.
- 能登谷正浩・菊地則雄・有賀祐勝・三浦昭雄 (1992a) : 江ノ島産ヤブレアマノリの生長と成熟に及ぼす温度, 照度, 日長の影響. 藻類, **40** : 94.
- 能登谷正浩・菊地則雄・有賀祐勝・三浦昭雄 (1992b) : 紅藻ウタスツノリの培養. 藻類, **40** : 273-278.
- NOTOYA, M., N. KIKUCHI, M. MASTUO, Y. ARUGA and A. MIURA (1993) : Culture studies of four species of *Porphyra* (Rhodophyta) from Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, **59** : 431-436.
- 能登谷正浩・菊地則雄・有賀祐勝・三浦昭雄 (1993) : 紅藻カイガラアマノリの室内培養. La mer, **31** : 125-130.
- 殖田三郎 (1932) : 日本産あまのり属の分類学的研究. 水産講習所研究報告, **28** : 1-45.
- 吉田忠生・中嶋泰・田中由和 (1990) : 日本産海藻目録 (1990年改訂版). 藻類, **38** : 269-320.

五ヶ所湾のギムノディニウム赤潮*

柳 哲雄**・平尾賢治**・松山幸彦***・本城凡夫***

Red tide of *Gymnodinium mikimotoi* at Gokasho Bay*

Tetsuo YANAGI***, Kenji HIRAO***, Yukihiro MATSUYAMA***, and Tsuneo HONJYO***

Abstract: Weekly phytoplankton data from 1989 to 1991 were analysed in order to elucidate the ecological process of red tide formation of *Gymnodinium mikimotoi* at Gokasho Bay in the central part of Japan. Red tides of *G. mikimotoi* occurred in summer 1989 and 1990 when the cell density of diatom was low, average water temperature in water column was higher than 25°C and the cell density of *Prorocentrum dentatum* decreased. On the other hand, red tide of *G. mikimotoi* did not occur in summer 1991 when the cell density of diatom was high, water temperature was lower than 25°C and the cell density of *P. dentatum* did not decrease.

1. はじめに

三重県五ヶ所湾 (Fig. 1) は1984年, 1986年夏季に *Gymnodinium mikimotoi* の大規模な赤潮が発生した海域として知られている (本城, 1987)。*G. mikimotoi* は, かつては *G. nagasakiense* と呼ばれていたが, 高山・松岡 (1991) により, *G. nagasakiense* は *G. mikimotoi* の同種異名であることが明らかにされ, 現在では *G. mikimotoi* と呼ばれている。本種の培養条件下での水温, 塩分, 照度, セレン濃度に対する増殖特性はかなり明らかにされているが (山口・本城, 1989, ISHIMARU *et al.*, 1989), 現場海域におけるその生活史, 並びに赤潮形成条件は未だ十分には解明されていない。

HONJO *et al.* (1991) は, 1984-1989年の6年間, 五ヶ所湾の *G. mikimotoi* の遊泳細胞密度の変動を観察し, その遊泳細胞密度が 1 cell/ml (増殖前期) と 10^3 cells/ml (赤潮期) に最初に到達する日 (4月-6月) は, 冬季 (12月-3月) の湾平均水温に依存することを

見いだした。すなわち, 冬季の五ヶ所湾の湾平均水温が高いほど, 湾内の *G. mikimotoi* 細胞は早く成長を開始し, 早い時期に赤潮を形成する。一方, 柳ら (1992) は瀬戸内海伊予灘の *G. mikimotoi* 赤潮の発生条件を調べて, 本種が低照度で多降水の年に赤潮を形成することを明らかにしている。これに関連して, 今井 (1992) は瀬戸内海周防灘では低照度で多降水の年には *G. mikimotoi* 赤潮が, 高照度で少降水の年には *Chattonella* 赤潮が発生することを明らかにしている。

我々は五ヶ所湾において, 1989年1月から1991年12月までの3年間, 植物プランクトンの種類組成と細胞密度の観察を行ってきた。本稿では, 五ヶ所湾における植物プランクトン観測結果をもとにして, *G. mikimotoi* の増殖状況と他のプランクトンの増殖との関連の有無, また五ヶ所湾に面する南勢町の気象変動と本種赤潮との関連の有無について検討する。

2. 観測資料

植物プランクトンデータは, Fig. 1 に示す五ヶ所湾のA点 (水深17m) で1989年1月から1991年12月までの3年間, 原則として毎週1回, 0, 2, 5, 10, 15m深の5層から採取し, 各層試料の1ml中の植物プランクトンの種類と, 細胞数を光学顕微鏡で観察した。その後で, 各層の試料 500ml を混合して得た 2,500ml の試水を, 本城式プランクトン濃縮装置 (Whatman GF/C 使用) で約 2.5ml まで濃縮して, 濃縮試水 1ml 中の植物プラ

* 1993年12月24日受理。Received December 24, 1993

** 愛媛大学工学部土木海洋工学教室, 〒790 松山市文京町3

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

*** 南西海区水産研究所, 〒739-04 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5

Nansei National Fisheries Research Institute, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-04, Japan

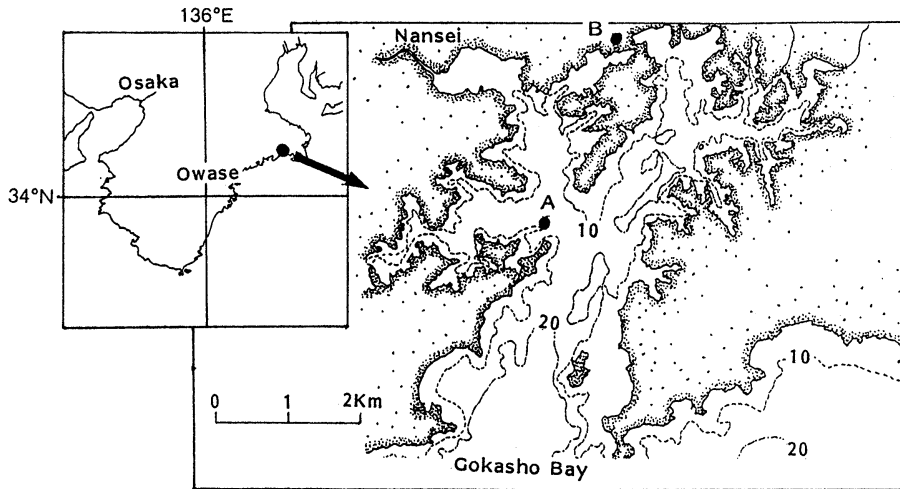


Fig. 1. Observation points of phytoplankton and water temperature (A) and meteorological data (B).

ンクトンの種類毎の個体数を観察した。採水と同時に、各層の水温も測定した。

気象データとして、三重県気象資料から南勢町 (Fig. 1 中のB点) の毎日の日照時間、降水量、平均風速の記録を得た。

これらのデータをプランクトンデータと対応させるために、前回プランクトン資料が得られた翌日から、次のプランクトン資料が得られた日までの積算平均気象データを気象の基本データとした。

3. 解析結果

Fig. 2 に、珪藻と鞭毛藻の出現種類数と優占度の変動、珪藻と鞭毛藻の出現細胞密度と優占度の変動を示す。図中の破線は生データ、実線は観測回数3回毎の移動平均を示している。

出現種類数には、基本的には秋季から冬季に珪藻、夏季に鞭毛藻が卓越するという季節変動の特徴が見られる。細胞密度にも、夏季に鞭毛藻が卓越し、秋季から冬季に珪藻が卓越するという季節変動が伺われる。このような季節変動は、有光層で栄養塩が豊富な鉛直循環期には増殖速度の大きい珪藻が卓越し、有光層で栄養塩が枯渇する成層期には、鉛直移動して底層からも栄養塩取り込み可能な鞭毛藻が卓越するという、珪藻と鞭毛藻の増殖機構の違いに起因していると考えられる。しかし、1989-1990年の冬季には、種類数、細胞数とも鞭毛藻が卓越していて、上述したような推論が五ヶ所湾で必ずしも常に成り立つとは限らないことを示している。

HONJO *et al.* (1991) は、*G. mikimotoi* の水柱平均細胞密度が 10^3 cells/ml 以上を赤潮と定義しているが、この定義に準拠すると、1989年7月と1990年8月は、*G. mikimotoi* の細胞密度は 10^3 cells/ml を越えて赤潮発生年であった。しかし、1991年8月は、*G. mikimotoi* の細胞密度は最大 8×10^2 cells/ml にしか達せず、この年は赤潮非発生年であった。

このような赤潮発生に関連したプランクトン増殖の経年変動の理由を探るために、*G. mikimotoi* が成長期に入る4月から赤潮を形成する8月までの、毎年のプランクトン観測値と同時期の気象データを比較検討してみた (Fig. 3)。各年、各月で観測間隔が一定でないために、横軸の時間間隔は異なっている。幅の広い月は、1月内に多くの観測が行われたことを、幅の狭い月は観測間隔が1週間ではなく、2週間の場合があったことを示す。

Fig. 3 より以下のようなことが読み取れる。*G. mikimotoi* 細胞密度が 10^3 cells/ml 以上となった1989年8月と1990年7月は、水柱平均水温が 25°C を越えているが、 10^3 cells/ml を越えなかった1991年8月は、水柱平均水温が 25°C を越えていない。*G. mikimotoi* 細胞密度が急増する期間は、いずれの年も日照時間が短くなっているが、赤潮の発生した1989、90年と発生しなかった1991年で、特に異なった日照時間の変動傾向は伺えない。降水量、風速に関しても赤潮発生年と非発生年で、特に異なった傾向は見いだせない。

1989年6月と1990年4月、*G. mikimotoi* の細胞数

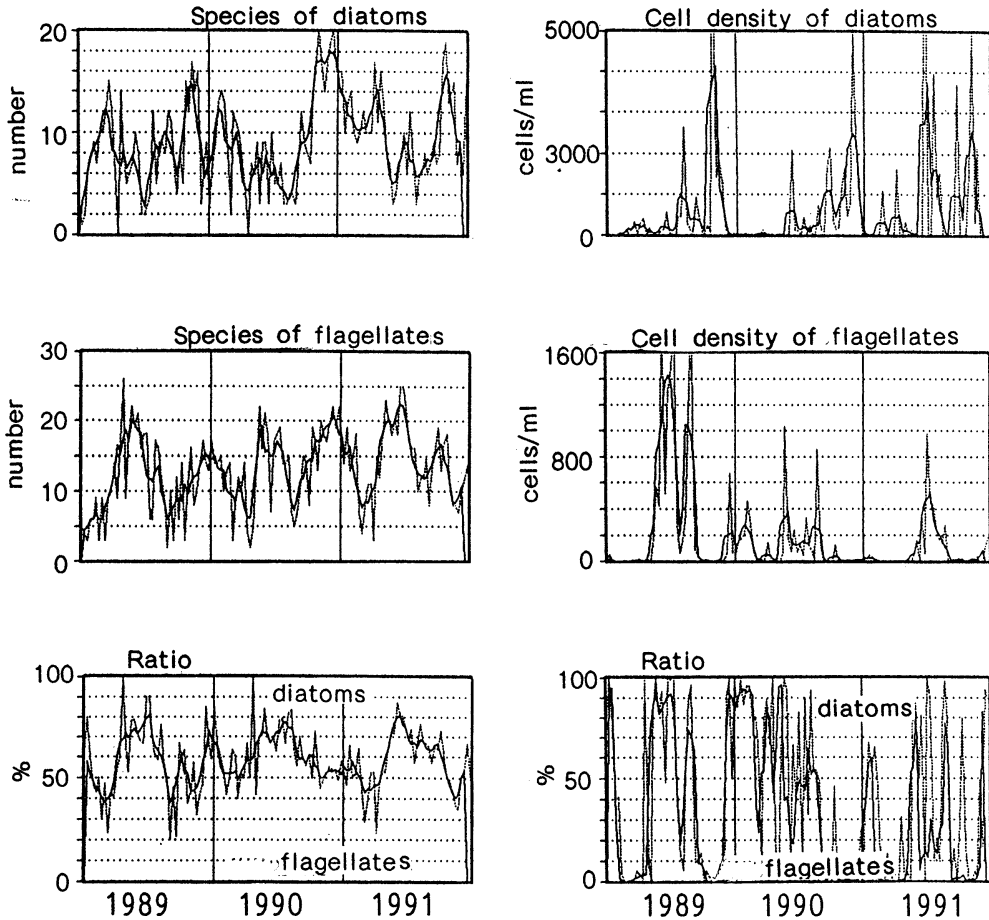


Fig. 2. Species, cell density and ratio of diatoms and flagellates.

が急増し始める時期に、珪藻の細胞数は10cells/ml程度と小さいが、1991年6月、*G. mikimotoi* の細胞数が急増し始める時期には、珪藻細胞数は 10^2 cells/mlと大きく、またその直前に 10^4 cells/mlとなっている。このことは、珪藻と鞭毛藻の種間競争が、五ヶ所湾の *G. mikimotoi* 赤潮発生に何らかの関連を持っていることを示唆している。

また、*G. mikimotoi* の細胞密度が 10^2 – 10^3 cells/mlに達する時期には、*G. mikimotoi* 以外の鞭毛藻の種類数、細胞密度は共に減少している。さらに、*G. mikimotoi* 赤潮が発生しなかった1991年8月、*G. mikimotoi* 細胞密度が 10^2 cells/mlに達した時に、*G. mikimotoi* 以外の鞭毛藻の種類数は減少しているが、鞭毛藻の細胞密度は減少していない。

そこで、*G. mikimotoi* 以外の代表的な鞭毛藻の細胞密度の変動を調べてみた (Fig. 4)。Fig. 4によれば、*Heterosigma akashiwo*, *P. triestinum*, *Eutrepitiella* sp. などは *G. mikimotoi* 細胞密度が小さい時にその細胞密度が大きく、*G. mikimotoi* 細胞密度が増加する時期にほぼ消滅しているが、*P. dentatum* だけはその細胞密度の増加時期が *G. mikimotoi* 細胞密度の増加時期と重なっている。しかも、*G. mikimotoi* が赤潮を形成した1989年、90年には、赤潮形成期に *P. dentatum* 細胞密度は急減したのに対して、*G. mikimotoi* 細胞密度が 10^2 cells/mlを越えたものの 10^3 cells/mlに至らなかった1991年は、*P. dentatum* の細胞密度は高いまま推移していて、減少していない。また、1989、90年はいずれも水温 25°C 以下で *P. dentatum* は

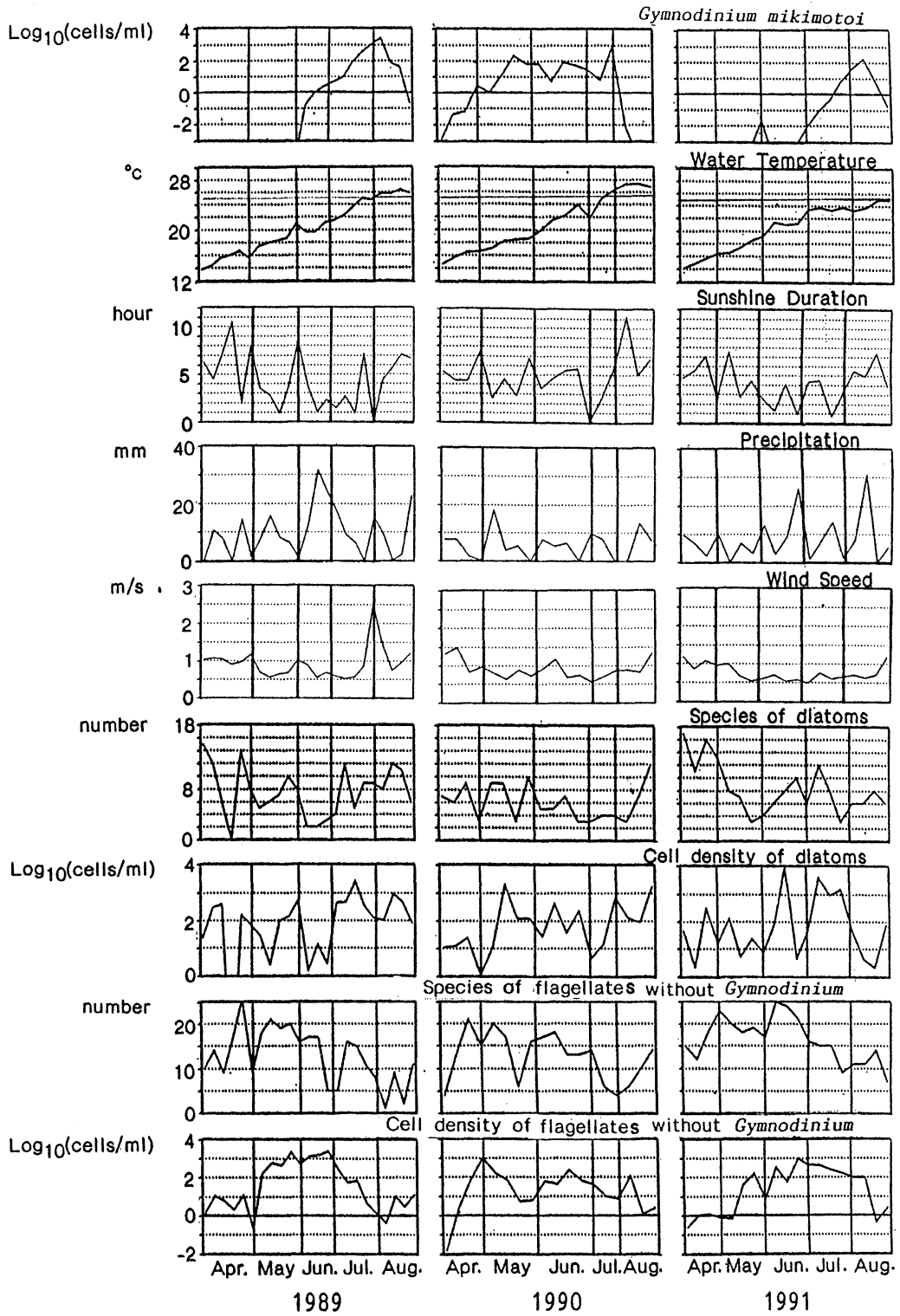


Fig. 3. Temporal variations in each parameters in 1989, 1990 and 1991.

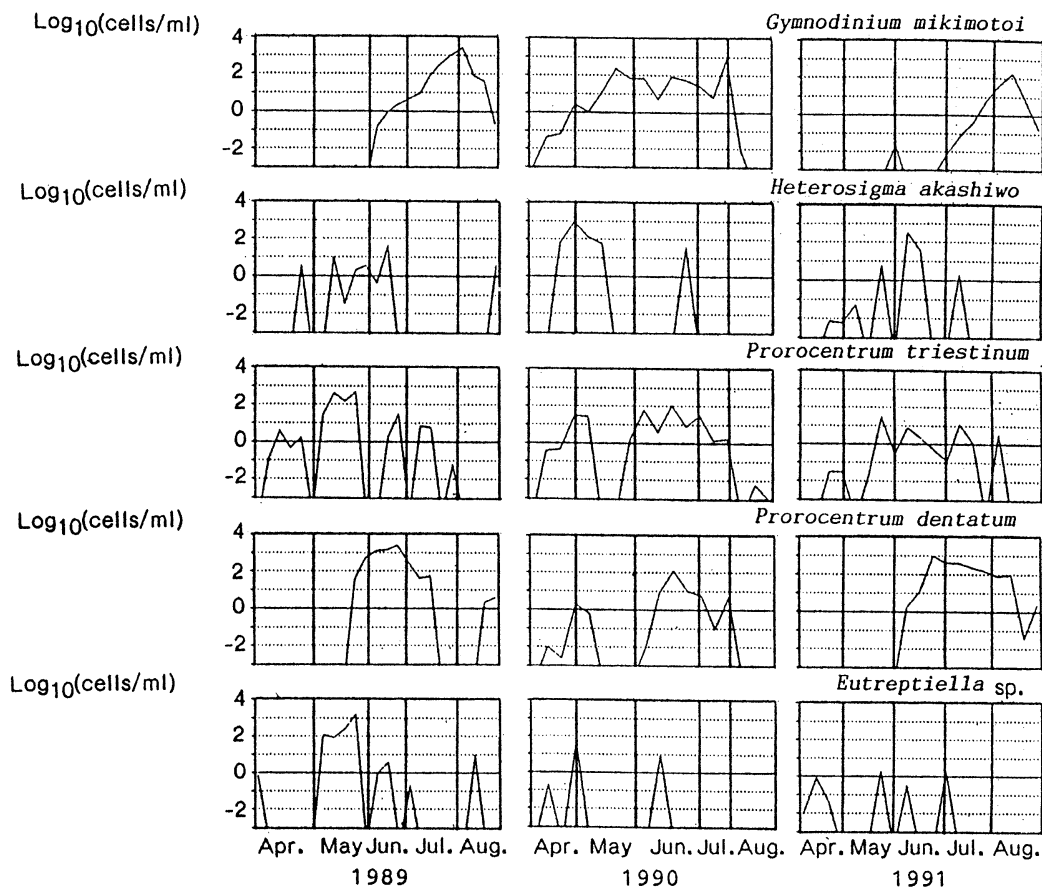


Fig. 4. Temporal variations in cell density of main flagellates.

細胞密度最大を記録しているのに対して、*G. mikimotoi* は水温25°C以上になってから細胞密度が最大となっている。

以上の結果と、1991年には水温が25°C以下であったことを併せて考慮すると、*P. dentatum* は *G. mikimotoi* よりやや低温に至適増殖領域を有すると推定される。それゆえ、水温が25°C以上になった1989, 90年は、*G. mikimotoi* が *P. dentatum* より高密度に増殖出来たが、水温が25°C以下であった1991年は、*P. dentatum* の方が勝って、*G. mikimotoi* 赤潮が形成されなかったのではないかと、という仮説が考えられる。

G. mikimotoi の至適増殖水温が25°Cである(山口・本城, 1989)ことはすでに明らかにされているが、*P. dentatum* の至適増殖水温は未だに明らかにされていない。今後、培養実験により両者の競合関係に関する研究が行われることが望まれる。

4. おわりに

以上、五ヶ所湾の植物プランクトン観測データに基づいて、五ヶ所湾の *G. mikimotoi* 赤潮の発生条件について、珪藻と鞭毛藻の種間競争、また水温約25°Cを境にした *G. mikimotoi* と *P. dentatum* という鞭毛藻間の増殖競争により *G. mikimotoi* 赤潮発生の有無が決まるという新しい考えを提唱した。

瀬戸内海伊予灘や周防灘で見いだされている *G. mikimotoi* 赤潮と、日射量、降水量との関係(柳ら, 1992; 今井, 1992)が五ヶ所湾では見られなかったことに関しては、瀬戸内海が閉鎖的で、海域の水温や栄養塩濃度が日射量や降水量と密接に関連しているのに対して、五ヶ所湾は太平洋に対して開放的で、湾内の水温や栄養塩濃度が、気象変動よりも太平洋の海水との海水交換により主に支配されているためかもしれない。

以上のような疑問点も含め、今後さらに栄養塩データ

などの観測も行って、五ヶ所湾の *G. mikimotoi* 赤潮の発生機構を明らかにしていきたい。

本研究を進めるにあたり、気象データの収集に御協力頂いた三重大学関根義彦教授、加藤 進氏に感謝の意を表する次第である。

文 献

- 本城凡夫 (1987) : ギムノディニウム. 「赤潮の科学」, 岡市友利編, 恒星社厚生閣, 東京, 228-237.
- HONJO, T., M. YAMAGUCHI, O. NAKAMURA, S. YAMAMOTO, A. OUDHI and K. OHWADA (1991): A relationship between winter water temperature and the timing of summer *Gymnodinium nagasakiense* red tides in Gokasho Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 1679-1682.
- 今井一郎 (1992): 瀬戸内海のシャットネラ赤潮におけるシストの生態的役割. *月刊海洋*, **24-1**, 33-42.
- ISHIMARAU, T., T. TAKEUCHI, Y. FUKUYO and M. KODAMA (1989): The selenium requirement of *Gymnodinium Nagasakiense*. "Red Tide," T. OKAICHI *et al.* (eds), Elsevier, New York, 357-360.
- 高山晴義・松岡数充(1991) : *Gymnodinium mikimotoi* MIYAKE et KOMINAMI ex ODA と *Gymnodinium nagasakiense* TAKAYAMA et ADACHI の種形質の再評価. *日本プランクトン学会報*, **38**, 53-68.
- 山口峰生・本城凡夫(1989) : 有害赤潮鞭毛藻 *Gymnodinium nagasakiense* の増殖に及ぼす水温, 塩分および光強度の影響. *日本水産学会誌*, **55**, 2029-2036.
- 柳哲雄・浅井良保・小泉喜嗣(1992) : *Gymnodinium mikimotoi* の赤潮発生の物理的条件. *水産海洋研究*, **56**, 107-112.

アミ類4種に見られた保育囊から脱落した幼生の取り込み*

佐藤 弘康*****・村野 正昭**

Adoption of larvae escaped from the marsupium in four mysid species*

Hiroyasu SATO***** and Masaaki MURANO**

Abstract: Adoption by ovigerous females of larvae escaped from the marsupium was examined in natural populations and under laboratory conditions in four mysid species, *Anisomysis ijimai*, *A. mixta*, *Nipponomysis misakiensis* and *Paracanthomysis hispida*. In natural populations, the adoption was found only in *N. misakiensis*, 9.7% of the total number of females with larvae in their marsupium. In laboratory experiments, on the other hand, the adoption was observed in all of the four species examined, 1.9-44.6% of the total number. They, however, did not adopt the escaped larvae of other species at all. The difference between the results in natural populations and under laboratory conditions is probably due to the fact that in nature *N. misakiensis* lives closer to the seafloor while the other three species not. The larvae adopted were at a later stage of development than those of the female's own brood in natural populations, whereas in laboratory the larvae at earlier stages were also adopted even though it was less frequent. It was about forty seconds from catching to keeping a larva in the marsupium.

1. はじめに

アミ類の雌は胸部腹面にある保育囊内に産卵し、その中で幼生をほぼ親と同じ形態になるまで保護している。幼生が十分に発育すると、夕方から夜にかけ保育囊から放出し、その夜のうちに脱皮、交尾、再度の産卵を行う(村野, 1964)。このようにアミ類は短時間のうちに卵を産むため、保育囊内に入っている幼生はたいていは同じ発育段階にある。しかし、時に発育段階の異なる幼生が1個体あるいは少数個体入っていることがある。これは何らかの原因により、発育途中で保育囊外に出てしまった幼生を他の雌親が拾い、保育囊内に取り込んだためであることがWITTMANN (1978)により明らかにされた。更にこの取り込み行動には、雌親が保育囊内にもともと保育している幼生よりも発育段階の進んだ幼生を取り込

むことや、同種の幼生ばかりでなく、他種の幼生も取り込むことなどが報告されている(WITTMANN, 1978; MAUCHLINE, 1980)。しかし、これらの行動について調べられたアミの種類はまだ僅かであり、取り込み行動についての知見も少ない。そこで、未調査である日本産の種について、採集標本の調査と飼育実験による観察とから、この行動の解明を試みた。

2. 材料及び方法

研究に供したアミは、*Anisomysis ijimai*, *A. mixta*, *Paracanthomysis hispida*, *Nipponomysis misakiensis*の3属4種である。

試料は1991年8月から11月にかけて、千葉県館山市の東京水産大学坂田実験実習場地先の水深1-5mの近底層から、SCUBA潜水により、ハンドネットを用いて採集した。採集したアミの一部は、自然状態での取り込み行動の有無を調べるために、冷蔵庫にいれて仮死状態とし、保存した。残りは実験に供するために、雌だけを選んで水槽中で飼育した。

1. 自然状態での取り込み

仮死状態として保存したアミの保育囊から針を用いて幼生を取り出し、その発育段階を調べた。幼生を取り込

* 1994年1月30日受理 Received January 30, 1994

** 東京水産大学水産生物学講座

Laboratory of Planktology, Tokyo University of Fisheries, 4-5-7 Konan, Minato-ku, 108 Tokyo

*** 現在: 岩手県宮古地方振興局水産部

Present address: Miyako Regional Development Bureau, Department of Fisheries, 1-20 Satsuki-cho, Miyako 027, Iwate Prefecture

Table 1. Occurrence of adult females that adopted the escaped larvae in four species of mysids under natural conditions. The number in parentheses shows the larva damaged partly.

Species	No. of females examined	No. of females that adopted larvae	No. of larvae adopted
<i>Anisomysis ijimai</i>	218	0	0
<i>A. mixta</i>	136	0	0
<i>Nipponomysis misakiensis</i>	134	13	18(1)
<i>Paracanthomysis hispida</i>	85	0	0

Table 2. Adoption of larvae experimentally provided in laboratory in four species of mysids. The number of parentheses shows the larvae damaged partly.

Species	No. of females	No. of females that adopted larvae	No. of larvae provided	No. of larvae adopted
<i>Anisomysis ijimai</i>	151	40	563	76(23)
<i>A. mixta</i>	103	2	303	2
<i>Nipponomysis misakiensis</i>	83	37	235	78(3)
<i>Paracanthomysis hispida</i>	138	14	435	18

Table 3. Experimental results on the adoption of escaped larvae among four species of mysids. ○: Adopted. ×: Not adopted. -: No data.

Species of adult female	Species of larvae			
	<i>A. ijimai</i>	<i>A. mixta</i>	<i>N. misakiensis</i>	<i>P. hispida</i>
<i>Anisomysis ijimai</i>	○	×	×	-
<i>A. mixta</i>	×	○	×	-
<i>Nipponomysis misakiensis</i>	×	×	○	×
<i>Paracanthomysis hispida</i>	-	×	×	○

んだかどうかの判別については、*Neomysis intermedia* の保育囊内での幼生の形態変化を9段階に図示した村野(1964, 図1)を利用した。すなわち、一つの保育囊内に2段階以上形態の異なる幼生が認められた場合には、それは取り込まれたものと判定した。

2. 飼育実験

腰高シャーレ(300ml)に抱卵中の雌を入れ、馴致させた後、他の生きているアミの保育囊から取り出した幼生を加え、2時間後に固定して取り込みの有無を調べた。取り込んだか否かの判別は自然状態での調査の場合と同様である。

取り込みの際し、幼生の発育段階が影響を与えるかどうかを調べる実験においては、幼生の発育段階を前期、中期、後期の3段階に分け、取り込みの有無を調べた。

3. 結果

1. 自然状態での取り込み

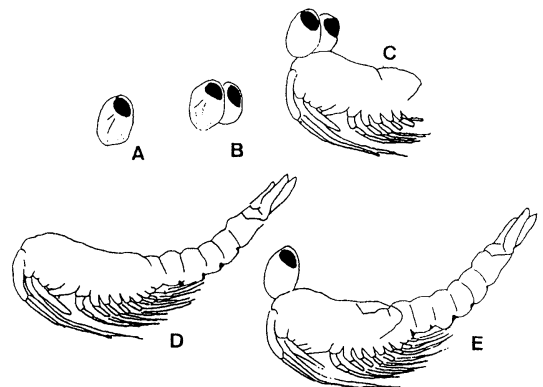


Fig. 1. Body parts found in the marsupium. A: A single eye. B: A pair of eyes. C: Anterior half of body. D: Body without a pair of eyes. E: Body with only a single eye.

Table 4. Adoption of older and younger larvae than those of the female's own brood in four species of mysids.

Species	No. of females	No. of larvae provided			No. of females that adopted older larvae than those of female's own brood	No. of females that adopted younger larvae than those of female's own brood
		I ¹	II ²	III ³		
<i>Anisomysis ijimai</i>	78	90	90	80	9	4
<i>A. mixta</i>	103	102	104	97	1	1
<i>Nipponomysis misakiensis</i>	55	56	58	53	35	10
<i>Paracanthomysis hispida</i>	45	45	45	45	2	1

1) Stage I: Early embryo, egg-like.

2) Stage II: Larvae hatched from the egg membrane. This stage terminates in a moult.

3) Stage III: Moulded larvae having the eyes on stalks.

The classification according to Mauchline (1980).

Table 5. Adoption of older and younger larvae than those of the female's own brood in *Anisomysis ijimai*. For developmental stages of larvae see Table 4.

No. of larvae (Arabic) and developmental stage (Roman)	No. of females (Arabic) and developmental stage of larvae in their own brood (Roman)	No. of females that adopted larvae	Ratio of females with adopted larvae to females used in the experiment (%)
100, III	6, I+32, II	11	28.9
60, III	8, I+16, II	4	16.7
15, I + 57, II	34, III	6	17.6

結果を Table 1 に示す。自然状態での幼生の取り込みは、調査した4種の中で *N. misakiensis* のみで確認された。取り込みをした雌親の割合は9.7% (n=134) であった。また、取り込み行動の確認された *N. misakiensis* は、すべてもともと保育している幼生よりも発育の進んだ幼生を取り込んでいた。なお、体の一部が破損した幼生1個体も取り込まれていた。

2. 飼育実験

雌親と同種の幼生を与えた場合には、実験に供した4種すべてで幼生の取り込みが確認された (Table 2)。しかし、取り込みをした雌親の割合は種によって差が見られ、*N. misakiensis* では44.6% (n=83)、*A. ijimai* では26.5% (n=151)、*P. hispida* では10.1% (n=138)、*A. mixta* では1.9% (n=103) であった。*A. ijimai* と *N. misakiensis* では複数の幼生の取り込みや、体の一部が破損した幼生の取り込みも見られた。後者の場合、取り込まれた幼生はすべて発育のかなり進んだもので、その部位は眼、前体部、眼の欠如したものであった (Fig. 1)。

雌親とは異なる種の幼生を与えた場合には、*A. ijimai* × *A. mixta* (前に書いてある種が親、後に書いてある種が幼生、以下同様)、*A. ijimai* × *N. misakiensis*、*A. mixta* × *A. ijimai*、*A. mixta* × *N. misakiensis*、*N. misakiensis* × *A. ijimai*、*N. misakiensis* × *A. mixta*、*N. misakiensis* × *P. hispida*、*P. hispida* × *A. mixta*、*P. hispida* × *N. misakiensis* の組み合わせでは取り込みは全く観察されなかった。なお、*A. ijimai* × *P. hispida*、*A. mixta* × *P. hispida*、*P. hispida* × *A. ijimai* の組み合わせでは実験は行っていない (Table 3)。なお、種ごとの幼生の判別は体長と眼の大きさの比、色素の位置と数などから総合的に判断した。

自己の幼生と取り込んだ幼生の発育段階を比べた結果を Table 4 と Table 5 に示す。雌親は自己がもともと保持している幼生よりも発育の進んだ幼生を取り込む傾向が見られたが、中には、発育の遅れた幼生を取り込んだ親もかなり見られた。すなわち、発育の後期の幼生をもつ親に、発育の前、中期の幼生を与えた場合と発育

の前、中期の幼生をもつ親に発育の後期の幼生を与えた場合とでは、それぞれの取り込み率は17.6%と16.7%で、両者の間に大きな差は見られなかった。

3. 取り込み行動の観察

雌親は与えられた幼生が容器の底に沈んでいく途中で拾うことはほとんどなく、大多数の場合、いったん容器の底に沈んだ幼生を胸脚を用いて拾い上げた。中には幼生を一度に2、3個体拾い上げる親もいた。親は拾い上げた幼生を口器付近で盛んに触れた後、胸脚で保育囊へと送るが、送らずにそのまま食べてしまう場合も見られた。また、同種の幼生を与えた場合、実験後、幼生が容器の底にほとんど残っていないことから、取り込まれなかった幼生は親に食べられたものと思われる。拾い上げてから保育囊に納めるまでの時間は約40秒であった。なお、他種の幼生を与えた場合には、容器の底にはかなりの幼生が残存していた。

4. 考 察

SCUBA潜水による観察では、実験に供した4種のアミはいずれも濃密な群を形成していた。しかし、群を形成していた場所は異なり、*Nipponomysis misakiensis*は海底すれすれの所をうように遊泳していたのに対し、他の3種は海底からは数10cmから数mの海中に集群していた。自然状態での*N. misakiensis*が9.7%の取り込みをしたのに対し、他の3種が全く取り込みをしていなかったのは、このような生態の違いに由来したものと思われる。

*N. misakiensis*の場合、自然状態で取り込みをした雌親の割合9.7%は、異なった発育段階の幼生（この場合、発育のより進んだもの）を保育していた場合である。同じ発育段階のものは、取り込まれていても識別は不可能であり、ここに含めることはできない。同じ発育段階の幼生を取り込む可能性は十分にあり、実際にはこれ以上の率になると考えられる。この取り込み率は*Leptomysis lingvura*の0.80%、*L. burgii*の0.25% (WITTMANN, 1978) に比べ、極めて高い値である。*Leptomysis*の生活様式などの詳細が不明であるので十分な検討は出来ないが、これも生態の違いを示すものではないかと思われる。

体の一部が脱落した幼生や体の一部分のみも取り込まれていた。WITTMANN (1978) も同様のことを観察しており、幼生の眼又は眼を含む部分が頻繁に取り込まれていたことから、彼は取り込みに際しては眼が何らかの信号になっているのではないかと考えた。本研究でも眼

又は眼を含む部分がかなり取り込まれていたが、眼のない幼生も取り込まれており、眼が絶対条件とは言えないようである。

従来観察されていたように、雌親が自己の幼生よりも発育の進んだ幼生を取り込む傾向は本研究でもみられ、特に自然状態ではすべてがそうであった。飼育実験でもその傾向は見られたものの、発育の遅れている幼生も積極的に取り込んでいた。雌親は、自己の幼生が発育を終え保育囊外に出て行くと、すぐに脱皮をする。そのため発育の遅れた幼生を取り込むと、その幼生は雌親の脱皮殻の中に取り残されてしまう。このことは飼育実験で何度か観察された。従って、発育の遅れた幼生を取り込むことは意味のないことになり、自然状態で観察されたように、発育のより進んだ幼生を取り込むのが、理に合った行動と言えよう。自然状態とは異なる飼育実験での結果については、今後に残された問題である。

WITTMANN (1978) は *Leptomysis lingvura* が *L. burgii* の幼生を取り込むことを報告し、MAUCHLINE (1980) は *Mysidopsis gibbosa*, *Neomysis integer*, *Paramysis arenosa*, *Praunus flexuosus*, *P. inermis*, *P. neglectus*, *Schistomysis spiritus* にもこの行動を確認し、中でも、*P. flexuosus* と *P. neglectus* はお互いの幼生や *P. inermis* の幼生を取り込むが、*P. inermis* は *P. flexuosus* と *P. neglectus* の幼生を取り込まないことを報告した。本研究で用いた4種のアミは、他種の幼生を取り込むことはなかった。このことは、4種のアミは明らかに種を識別していることを示している。種の識別に関しては摂餌行動にも現れた。幼生の取り込み実験において、同種の幼生を与えた場合には、取り込み行動とは別に幼生を食べる行動がしばしば見られたのに対し、他種の幼生を与えた実験では、取り込み行動をしないばかりか、食べる行動も殆ど見られなかった。このことは、幼生には自己防衛のための物質が存在することを示唆するものである。

文 献

- MAUCHLINE, J. (1980) : The biology of mysids and euphausiids. *Ad. Mar. Biol.*, **18**, 1-681.
 村野正昭 (1964) : イサザアミ *Neomysis intermedia* CZERNIAWSKY の漁業生物学的研究IV. 生活史, 特に成長について. *水産増殖*, **12**, 109-117.
 WITTMANN, K.J. (1978) : Adoption, replacement and identification of young in marine Mysidacea (Crustacea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **32**, 259-274.

La mer 32: 75, 1994

Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

Compte rendu

C.M. LALLI and T.R. PARSONS (Authors).
Biological Oceanography : An Introduction.
Pergamon Press, Oxford, U.K. 301pp. 1993.
ISBN 0 08 041014.
Price: US \$37.50 (flexicover).

This is the most recent textbook to appear on the biology of the oceans. The text covers some aspects of physical/chemical processes in the oceans, phytoplankton, zooplankton, nekton, biological cycles, fisheries and mariculture. There are comprehensive sections entitled "Benthos" and "Benthic Communities" which include subsections on intertidal environments, kelp forests, estuaries, coral reefs, mangrove swamps and deep-sea ecology.

There are a great many illustrations and diagrams; about 40 are coloured photographs of marine organisms and satellite images. There is a short history of biological oceanography and the book includes both a Glossary and an Index. As such, the contents are an excellent baseline coverage of biological oceanography. Numerous questions posed throughout the text assist in further introducing the reader to this subject.

Persons who would be most interested in this book will be undergraduate students, and professionals trained in some other discipline. Because of the numerous illustrations, the book will be particularly useful in non-English speaking countries.

While the book is comprehensive in its coverage, one wonders why the authors did not go a little further and include a section on marine pollution. Although the word "pollution" is indexed at the end of the text, there is no special treatment of this subject as there is for "fisheries" and "mariculture".

In general, this is a highly recommended text which is reasonably priced considering the volume of material covered.

H. SEKI,
Institute of Biological Sciences,
University of Tsukuba,
Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan.

学 会 記 事

1. 1993年11月26日(金) 東京水産大学において平成6年度学会賞受賞候補者推薦委員会(第1回)が開かれ、委員長に柳 哲雄氏を選出し、推薦の方法および次回の日程を決めた。
2. 1993年12月21日(火) 東京水産大学において平成6年度学会賞受賞候補者推薦委員会(第2回)が開かれ、研究業績についての審議の結果、門谷 茂氏(香川大学)が最適者との結論に達し、この結論を会長に報告することとした。
3. 平成6, 7年度評議員選挙が行われた。(公示12月13日, 投票締切1月10日, 開票1月14日) 開票結果は下記のとおり。
 - 1) 投票総数 70
 - 2) 有効票数 70
 - 3) 得票結果(49位までは同得票数同順位, 50位以下は抽選による)(()内は得票数)
 - 1 (50) 有賀祐勝
 - 2 (42) 須藤英雄, 柳 哲雄
 - 4 (39) 岡市友利, 関 文威, 松生 治
 - 7 (38) 平野敏行
 - 8 (37) 谷口 旭, 村野正昭
 - 10 (35) 永田 豊
 - 11 (32) 平 啓介
 - 12 (31) 今脇資郎, 大塚一志, 鳥羽良明, 松山優治
 - 16 (30) 石丸 隆, 宇野 寛, 坂本 巨, 高野健三
 - 20 (29) 小池勲夫, 山口征矢
 - 22 (28) 鎌谷明善, 松村卓月
 - 24 (27) 奈須敬二, 関根義彦
 - 26 (26) 有元貴文, 岸野元彰, 国司秀明, 高橋正征, 丸茂隆三, 渡邊精一
 - 32 (25) 森永 勤
 - 33 (24) 高木和徳, 寺本俊彦
 - 35 (23) 金成誠一, 杉森康宏, 隆島史夫
 - 38 (22) 奥田邦明, 寺崎 誠, 前田明夫, 和田 明
 - 42 (21) 梶浦欣二郎
 - 43 (20) 辻田時美, 畑 幸彦
 - 45 (19) 黒田一紀, 中田英明, 西沢 敏, 半沢正男, 堀越増興
 - 50 (18) 森田良美 51 (次点) (18) 中村重久
 - 52 (17) 北野 康 53 (17) 津田良平
 - 54 (16) 竹松 伸 55 (16) 元田 茂 56 (16) 遠藤昌宏 57 (16) 小長俊二
4. 1994年1月28日(金) 東京水産大学において平成5年度第3回幹事会が開かれた。主要な議事は下記のとおり。
 - 1) 平成6, 7年度評議員選挙結果についての報告が行われた。
 - 2) 日仏会館1994年度日仏学者交換公募に関する候補者推薦について
学者派遣として、八木宏樹氏(北海道立中央水産試験場)を推薦した。
 - 3) 1993年度日仏会館関連学会連絡協議会が12月13日に開催され、本学会からは、高木副会長、佐伯、須藤幹事が出席した。今回は、主として、このほど着工、明秋完成予定の新館(恵比寿)についての説明と懇談が行われた。
 - 4) 12月31日現在の会計報告が行われた。正会員の会費納入は131名、学会誌を主とする印刷費については、前年度までの未納分を含め、本年度に入ってから682万円余の請求があり、そのうち341万円余が支払い済みで、341万円余が未払いとなっている。
 - 5) La mer 編集刊行について
30巻3号(221頁)は6月に、4号(66頁)は9月に、31巻1号(48頁)は11月に、2号(56頁)、3号(60頁)は12月にそれぞれ刊行され、配布済み。4号は2月初旬刊行予定である。文部省からの補助金交付の条件として、3月末までに32巻1号を刊行せねばならず、その頁数は英文の原著論文等50頁余を含め103頁を要する。
 - 6) 「海に何が起きているか」(岩波ジュニア新書)の改訂については、経費の関係で、幹事からの意見や要望をすべてとり入れることは困難となり、今夏の増刷に際しては、最小限の字句の訂正等に止めることとなった。
 - 7) 日本学術会議第16期会員の候補者に有賀会長を選定した。また、同会員の推薦に当たる推薦人に須藤幹事を、同予備者に山口幹事を指名した。
 - 8) 1994年度総会および学術研究発表会は5月31日(火)(会場の都合等不可な場合は30日(月))とする。
 - 9) 郵便料金改訂に伴う支出増対策を含む学会収支の改善策について協議し、未納会費の請求と入会促進

による会員増を更に積極的に推進することを確認した。

5. お知らせ

アジア水産学会北京大会のお知らせ

アジア水産学会では、第4回大会を下記の要領で行います。参加ご希望の方は、アジア水産学会事務局までお問い合わせ下さい。

日 時：平成7年10月16日（月）～20日（金）

場 所：北京市国際会議場

参加料：380US\$

内 容：一般発表（増養殖，利用加工，漁業，資源，経済）

シンポジウム（増養殖環境，漁業，増養殖の展望，漁業政策）

ワークショップ（アジアにおけるエビ養殖）

アジア水産学会事務局

〒108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学隆島気付

TEL：03-3471-1251(330)

FAX：03-3450-6992

「国立生態科学研究所」構想第7次案について

このほど、日本生態学会より標記の研究所構想に関する、第7次案についての転載依頼（原案は「生態科学」第43巻第1号（1993年4月発行）に掲載）がまいりました。編集委員会としては、提案されている全国共同利用施設としての「国立生態科学研究所」の設立の重要性と緊急性を考慮し、巻末にその全文を転載して広く会員への周知を図ることとしました。関心をお持ちの方は是非ご検討いただき、忌たんのないご意見をお寄せ下さいますようお願いいたします。

名簿の訂正

La mer 31(3)に掲載いたしました会員名簿中宮田元靖氏の現住所に誤りがありました。お詫びして訂正いたします。

〈誤〉 PICES Secretariat,
Institute of Ocean Sciences,
P. O. Box 60000, Sydney V8L 4B2

Australia

〈正〉 PICES Secretariat,
Institute of Ocean Sciences,
P. O. Box 60000, Sydney V8L 4B2

Canada

日仏海洋学会役員・評議員

(1992-1993年度)

顧問：ユーベル・プロシェ ジャン・デルサルト
ジャック・ローベル アレクシス・ドラ
ン デール ベルナル・フランク 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

名誉会長：オリビエ・アンサール

会長：有賀祐勝

副会長：高木和徳 岡市友利

幹事：(庶務) 須藤英雄 有元貴文

(会計) 森永 勤 竹松 伸

(渉外) 佐伯和昭 隆島史夫

(研究) 関 文威 小池勳夫

(編集) 山口征矢 渡邊精一

監事：久保田穰 辻田時美

編集委員長：村野正昭

評議員：

有賀祐勝 有元貴文 石井丈夫 石丸 隆
今脇資郎 宇野 寛 大塚一志 岡市友利
梶浦欣二郎 金成誠一 鎌谷明善 国司秀明
黒田一紀 小池勳夫 佐伯和昭 坂本市太郎
坂本 亘 杉森康宏 須藤英雄 関 文威
関根義彦 平 啓介 高木和徳 隆島史夫
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
永田 豊 奈須敬二 西沢 敏 畑 幸彦
平野敏行 堀越増興 前田明夫 松生 治
松村皐月 松山優治 丸茂隆三 村野正昭
森永 勤 柳 哲雄 山口征矢 和田 明
渡邊精一

平成6年度学会賞受賞候補者推薦委員会委員

青木三郎 今脇資郎 落合正宏 鎌谷明善
岸野元彰 小池勳夫 高野健三 竹松 伸
谷口 旭 中村重久 松生 治 村野正昭
柳 哲雄 山口征矢

日本学術会議だより

No.31

アジア学術会議～科学者フォーラム～開催

平成5年12月 日本学術会議広報委員会

今回の日本学術会議だよりでは、10月20日から22日まで開催された第117回総会の概要、同総会で採択された「生物遺伝資源レポジトリ及び細胞・DNAレポジトリの整備について(要望)」等、11月15日から18日まで開催されたアジア学術会議～科学者フォーラム～についてお知らせします。

日本学術会議第117回総会報告

日本学術会議第117回総会(第15期・第6回)が、10月20日～22日の3日間にわたって開催されました。

総会の初日(20日)の午前は、会長からの前回総会以降の経過報告に続いて、各部、各委員会等の報告(学術分野における国際貢献、アジア学術会議の開催など214件)が行われました。次いで、今回総会に提案される案件の「生物遺伝資源レポジトリ及び細胞・DNAレポジトリの整備について(要望)」について、提案説明が行われた後、質疑応答が行われました。

午後からは、各部会が開催され、上記提案案件の審議及び各部会個別案件について審議が行われました。

総会2日目(21日)の午前は、同提案案件についての討論・採決が行われ、採択されました。これは、生物遺伝資源レポジトリ整備拡大の必要性の増大に対処するため、現在ある個別系統保存施設の拡充、総合調整機構の設置などを要望するとともに、細胞・DNAレポジトリの整備のため、各省庁傘下の施設のネットワーク体制を構築し全体の活動を総合調整する、チェック機構を付加した細胞・DNAレポジトリセンターの設置など、政府関係機関において取るべき具体的措置を要望するものです。

なお、本件を要望するに当たり会長談話が併せて発表されました。

同案件の採択に引き続き、昼休みを挟んで午後にかけて、現在、常置委員会及び特別委員会で審議されている懸案事項について、自由討議が行われました。この中で、「人の死と医療の在り方」を検討している死と医療特別委員会がまとめた「尊厳死」についての考え方を総会に報告し、それについて活発な議論が展開され、マスコミにも報道されました。

同委員会では、今回の議論を踏まえ、更に検討を深め、来年5月の総会に報告として提案するため準備を進めています。

総会3日目(22日)は、午前は、各常置委員会及び国際対応委員会、午後は各特別委員会がそれぞれ開催されました。

生物遺伝資源レポジトリ及び細胞・DNAレポジトリの整備について(要望)

我が国の生物遺伝資源の保存は、数多くの施設・機関によって個別に行われているが、その充実・強化と、国のレベルでの生物遺伝資源レポジトリの整備が急務となっ

てきている。他方、癌、遺伝病などの疾病の原因究明、ひいては人類の健康・福祉への貢献を目的とする細胞・DNAレポジトリの充実・整備もまた、今日の我が国にとって急務である。

このため、互いに関連はするが、異なる性格、目的をもつこれら二つのレポジトリの整備等について要望する。

1 生物遺伝資源レポジトリの整備について

生物遺伝資源レポジトリの整備拡大の必要性の増大に対処するため、政府関係機関において次の措置をとるよう要望する。

- (1) 生物遺伝資源の保存は、基本的には、従来どおり、その分野の担当研究者の能力、地域性などをいかして、個別の系統保存施設で行うことが望ましいので、そのより一層の拡充を図り、そこに専任の研究者、専門技術をもつ職員を置き、予算を充実し施設の近代化を図る。
- (2) 個別の系統保存施設では、遺伝子工学に基づくトランスジェニック生物、細胞融合によって作出される新種、DNAクローンや細胞及び凍結組織などを加えた新材料の保存を、社会的、法律的及び倫理的側面に配慮しつつ、積極的に推進する。
- (3) 系統保存事業の永続性を保障するため、国のレベルにおいて、研究施設を附置する生物遺伝資源保存センターを設立し、DNAクローンや細胞及び凍結組織のレポジトリもこのセンターに集中する。
- (4) 生物遺伝資源保存センターは、関係機関との対応、保存系統に関する情報の収集・提供、系統の導入・配布・品質管理、海外との情報交換などについて、個別の系統保存施設の活動を総合調整する。
- (5) 国際的視野に立って、海外諸国との連携を深めるため、保存系統に関するデータベースを整備する。

2 細胞・DNAレポジトリの整備について

細胞・DNAレポジトリの重要性と必要性についての認識を新たにし、早急に次の対策を講ずることを、政府関係機関に要望する。

- (1) 現在、各省庁傘下の各研究機関及び大学・研究所の研究室に個別に置かれているレポジトリ又はそれに類する施設に対して予算、人員、スペース等について格段の措置を講ずるべきである。
- (2) それとともに、研究施設を附置した細胞・DNAレポジトリ・センターを新たに設置する。このセンターは、上記の諸施設の活動を総合調整する。

このセンターは、すべての施設と有機的に結合するネ

ネットワーク体制を構築し、必要に応じて各研究室に分散保存されている細胞・DNAを受け入れる。また、現在設置されている施設のうち運営困難なものを解消し、このセンターに移管する。

- (3) 新しく設置されるセンターには十分な予算を措置し、自主的な運営ができるようにするとともに、このセンターの運営を支えるための専門職を育成・確保する十分な方策を講ずる。また、海外との協力関係のより一層の促進を図る。

さらに、センターの運営の適正を期するため、ヒトゲノムプロジェクトの推進についての勧告に言及されているようなチェック機構を付加する。

(詳細は、日本学術会議月報11月号を参照して下さい。)

生物遺伝資源レポジトリ及び細胞・DNAレポジトリの整備について(会長談話)

(平成5年10月21日)
日本学術会議
会長 近藤次郎

昨年6月、リオデジャネイロで開催された国連環境開発会議(UNCED)で合意された生物多様性保護条約を受けて、現在、世界中で生態系、生物種や遺伝子などの保存について関心が高まっている。これは本来、人間も含めて生命界全体の命運にかかわる重要な問題である。日本学術会議としても、今後さらに引き続き審議を深めるべきであると考える。

しかしながら、先進国を中心にしてこの種のプロジェクトは、国家の強力な援助の下に推進されている。将来におけるこの分野の科学の発展を考慮するとき、我が国の状況をそのままに放置すれば学問の進歩に遅れるなど由々しき事態になると憂慮するものである。

今回は「生命科学と社会的諸問題」特別委員会のまとめた提案について、総会で人文社会科学部門も含めて真剣な討議を行った上、とりあえずここに要望するものである。

アジア学術会議～科学者フォーラム～の開催について

- 1 日本学術会議は、アジア地域の各国科学者の代表を東京に招き、本年11月15日(月)から18日(木)までの4日間、三田共用会議所(東京都港区)においてアジア学術会議～科学者フォーラム～を開催しました。
- 2 このアジア学術会議～科学者フォーラム～は、地理的、歴史的、文化的に多くの共通点を持つ近隣諸国間の交流がそれぞれの国の学術の発展、ひいてはその地域全体の学術の発展にとって極めて重要であるとの認識から、アジア地域の各国における学術研究の現状について情報交換を行うとともに、アジア地域における学術研究分野での連携・協力の在り方などについて討議し、併せてアジア地域の学術研究者間の相互理解と信頼を深めることを目的として、本年度初めて開催したものです。
- 3 今回の会議には、中国、インド、インドネシア、日本、マレーシア、フィリピン、大韓民国、シンガポール、タイの9か国の学術推進機関(アカデミー等)から推薦された人文・社会科学系及び自然科学系の科学者19名が出席し(日本からは近藤次郎日本学術会議会長及び川田侃副会長が出席)、「アジア地域における学術の発展とそのための連携・協力について」をメイン・テーマとして活発な討議を行いました。
- 4 初日の15日には、鳩山内閣官房副長官(内閣総理大臣あいさつ代読)を始め、国会議員、各国大使館、関係学協会、関係省庁、関係団体などから200名を超える方々をお迎えし、開会式及び歓迎レセプションを開催しまし

た。

翌16日からの自由討議においては(17日は筑波研究学園都市視察(研究交流センター、電子技術総合研究所、農業生物資源研究所を訪問))、それぞれの国籍や専門分野を超えて、アジア地域における学術の振興という共通の目的の下、熱心な討議を行い、議長サマリーをまとめ、18日に無事閉会しました。

開催に当たり御支援・御協力いただきました方々に厚くお礼申し上げます。

(参考) アジア学術会議～科学者フォーラム～議長サマリー(仮訳)

- 1 アジア学術会議～科学者フォーラム～は、日本学術会議の主催により、アジア地域の9か国から、19人の各国の科学界を代表する科学者の参加を得て開催され、それぞれの国籍や専門分野を超えて、アジア地域における学術の振興という共通の目的の下、熱心な議論がなされた。本会合に参加した科学者は、学術の振興を通じた社会への貢献が重要であり、科学者の責務であるということを確認し、学術研究の成果は、人類の共通資産として、文化的、社会的、経済的発展を通じて、世界の平和と人類の福祉に貢献するものであると信じる。また、そのためには、自然科学者と人文・社会科学者の密接な協力も不可欠である。
- 2 本会合に出席した科学者は、アジアの科学者による学術協力についての初の会合を提案し、開催した日本学術会議に感謝し、今後も、このような日本学術会議の努力が続けられることを期待する。
- 3 今日、世界は、環境悪化、人口爆発、資源の枯渇など人類の英知を結集して取り組まねばならない深刻な問題に直面しており、本会合での討議は、そのような問題の解決に向けての将来の国際協力に発展していくものである。
- 4 持続的開発は、アジア地域の各国にとって、21世紀に向けての共通の重要課題である。地理的、歴史的、文化的に密接な関係を持つアジア地域の科学者は、この問題に協力して取り組むことが重要である。
- 5 国際的な研究、技術・資源の共有等に当たっては、地域的な協力が効果的である。今後、そのような領域において、地域の発展のために協力を推進することが必要である。
- 6 学術の発展、社会の発展の基盤となる人材の育成は、科学者が地域的に協力して取り組むべき課題である。次世紀に向けて、人材の育成のため、アジアの科学者も協力することが必要である。
- 7 各科学者及び各国は、研究者の交流、共同研究、シンポジウム、ワークショップ等による情報の交換を促進するよう努力することが必要である。
- 8 学術協力は、対等互恵の原則に基づいて行われねばならない。
- 9 本会合の趣旨、提案を受け継ぎ、より密接な学術交流・協力の基盤となる将来の会合が開かれることを期待する。
- 10 アジア地域の科学者によるこのような会合を毎年開催すること、当面、日本学術会議がその事務局となること、アジア地域の学術動向についてのニュースレターを定期的に発行することを提案する。

「日本学術会議だより」について御意見、お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会 電話03(3403)6291

「国立生態科学研究所」

(National Research Institute of Ecological Sciences)

構想第7次案

構想第7次案策定にあたって

日本生態学会将来計画専門委員会

地球上での人口の激増と人間の諸活動の加速的進行で、生物圏の有限性に起因する環境問題の顕在化と人類が必要とするほとんどの資源の枯渇化という、今や人類はこれまで全く経験しなかった巨大・深刻な問題に直面しています。この問題を解決して次世代が希望の持てる社会にするには、技術による対処療法ではなく、人類社会の目指す方向を洞察し価値観を含めた一大転換の緊急必要性が内外で強く指摘され始めています。このために、非常に多くの人達の期待が生態系とその仕組みの理解に寄せられております。この問題は、生態学を機軸として取り組むのが最も解決に近いというのは衆人の一致した感じではありますが、それには関連基礎研究分野を含めた基礎生態科学としての視点での取り組みが不可欠です。

日本生態学会では、以上の社会的な緊急必要性を痛切に感じ、生態科学研究所構想をまとめることになりました。生態学会では1975年以来国立生態学研究所の設立の必要性を訴え、1989年8月には第6次案（詳細は日生態会誌40巻第1号、1990年）を提案しておりますので、生態学会将来計画専門委員会では1992年1月8日の拡大委員会で、国立生態学研究所第7次案として作業していくことを決めました。そのために、将来計画専門委員会の中に「生態学研究所第7次案作業部会」を作り7次案の作成作業に当たり、1992年12月8日に開催された第6期第4回生態学会常任委員会に「生態科学研究所（構想第7次案）」を提案しました。検討の結果、これを学会誌に掲載して広く学会員の意見を求めることになりましたので、ここに構想7次案を掲載いたします。

内容一覧

- I. 研究所設立の目的・必要性・緊急性
- II. 諸分野との関係及び既存研究機関との関連・相違
 - II-(1) 生態科学の研究領域と他分野及び社会問題との関係
 - II-(2) 既存の研究機関との関連・相違
- III. 「国立生態科学研究所」の基本構想と特徴
 - III-(1) 研究の立案と支援制度
 - III-(2) 当該研究所の基本構想
- IV. 「国立生態科学研究所」の構成
 - IV-(1) 研究組織に関する基本方針
 - IV-(2) 「国立生態科学研究所」の組織構成
 - IV-(3) 研究系の構成
 - IV-(4) 研究サポート・センターの構成
 - IV-(5) 事務・技術部門の構成
 - IV-(6) 各種委員会の構成
- V. 当該研究所の事業計画としてのプロジェクト研究概要
研究課題例と関連する応用研究
- VI. ネットワークの対象として考えられる研究機関

I. 研究所設立の目的・必要性・緊急性

1992年1月24日政府の科学技術会議は諮問18号「新世紀に向けてとるべき科学技術の総合的基本方針」への答申を発表し、今後10年間の科学行政の基本方針として、地球と調和した人類の共存、知的ストックの拡大、安らかで潤いある生活の3点を柱に置くことを明らかにした。中でも力点が置かれているのは知的ストックの拡大で、予算を倍増し、それを優れた研究スタッフを持つ中核研究機関に重点配分し「センター・オブ・エクセレンス (Center of Excellence)」を育てる方針である。

内外に目を向けると、今や地球環境に関する諸問題の解決が21世紀へ向けての最重要課題となり、国際地圏-生物圏プロジェクト (IGBP) などの大規模な国際共同研究が始まっている。また、環境庁や農水省、通産省等の研究所には生態学・環境科学の応用的な研究部門が設けられ、活発に活動している。しかし、地球環境問題はもとより、生物資源の合理的管理、病害虫の総合防除体制、生物種保全などの応用的研究は、その基盤となる基礎生態学が新しい発見や理論、斬新な概念や解析方法等に基づく基礎的指針を提示しないことには、有効に進展しないであろう。

また、最近の基礎生態学の発展は、数理生態学・化学生態学・集団遺伝学・分子生物学的技術等、多方面の分野の連携によってもたらされており、今や生態学は「生態科学 (Ecological Sciences)」と称する方がふさわしい程の大きな広がりを持っている。そのような広範な分野の連携を必要とする研究や高等教育は、単独の小さな研究室で実践するのは無理である。しかし、わが国の基礎生態学分野を省みたとき、それに携わる研究者の多くは、大学の理学部や農学部の小講座や半講座、あるいは教養部での単独研究室等の小さな研究室に分散している。そのため、長期間の調査を要する研究ができにくく、また多方面の分野や異なる時間空間の研究の連携を必要とする研究テーマの発展や教育の充実化には対応できず、さらに大規模かつ広範な応用研究に対し基礎的指針を与えようにも明かに体制が弱い。

地球環境問題や生物的多様性の保全、生物資源の管理など生態学が関係する最近の諸問題の研究は、地球全体や広地域レベルや群集レベルでの挙動といった巨視的視点から、生物の生理的機能や集団レベルでの遺伝子・個体数の動態などの微視的視点までの、広範な分野間の有機的結合を必須としている。これらの研究の実践には、広範な分野の密接な連携を生かした研究・教育体制の組織化と、それを支援する研究施設・フィールドが不可欠である。しかし、わが国は微視的視点に立つ分野間を連携するネットワークの核になる研究機関は見当たらず、ましてや巨視的視点に立つ基礎生態学の研究体制や施設は欧米諸国に比べてはるかに弱体である。これらがグローバルな問題の解決に科学的な指針を与えられない根本的な理由と考えられる。

このような状況を考えると、現在の基礎生態学の分野には中核となるような先端的な研究機関が明かに欠如しており、緊急にその設立を実現する必要性がある。さらに現在、全国各大学で進行中の農学部の生物資源学部等への改組拡充の動きなどを鑑みると、バイオテクノロジー等のミ

クロ分野の発展に比べ、生態学を中心とするマクロ分野の立ち遅れている傾向があるが、マクロ生物学、とくに生態学を核とする基礎的研究機関の設立は、理学的な基礎科学分野と農学や環境科学などの応用的研究分野の有機的結合をはかる上でも必須であり、広くその設立が求められている。そこで、このような生態学をとりまく状況をふまえつつ、下記のような広い視点と性格を持った「国立生態科学研究所」の構想をたてた。

国立生態科学研究所の基本性格

- (a) 生態学の基礎的研究の国際的中核となる研究機関
- (b) 国際的に通用する高度な能力を持つ研究者養成を目的とした大学院生・若手研究者（留学生を含む）向けの国際高等教育機関
- (c) 広範な分野を総合化した生態科学の共同研究ネットワークを推進する機関
- (d) 大規模・長期的研究のための研究環境（大型機器・実験フィールド）の提供
- (e) 地球環境問題解決のための大規模な国際共同研究（IGBP等）や研究者間の国際交流を推進する中心機関
- (f) 学術情報（論文・データ）のストックとそれを共有する情報ネットワークのホスト的役割
- (g) 環境問題解決のための基礎的指針を提示するシンクタンクの役割
- (h) 人材の一極集中を避けて人事を流動化し、既存の大学・研究機関からの客員研究員を多数受け入れられる大講座の運営

II. 諸分野との関係及び既存研究機関との関連・相違

II-(1) 生態科学の研究領域と他分野及び社会問題との関係（図1参照）

地球環境や持続可能な生物資源利用、生物的多様性保持などの諸問題が来世紀へ向けての最重要課題となり、生態学だけでなく、遺伝学・育種学・系統分類学などの生物学はもとより、気象学・大気圏物理化学・地質化学・海洋物理化学・環境エネルギー学など、広範な分野がそれらの諸問題に関係している。分野の広域化に伴って国際的な共同研究も盛んになり、例えば地球環境の研究プロジェクト（IGBP）等の計画が進行している。

その中であって生態学は、地球上のさまざまな環境下で生活する生物の諸現象の機構を解明して正しく理解するための研究をすることにより、以下のような点を明らかにする使命を担っている。

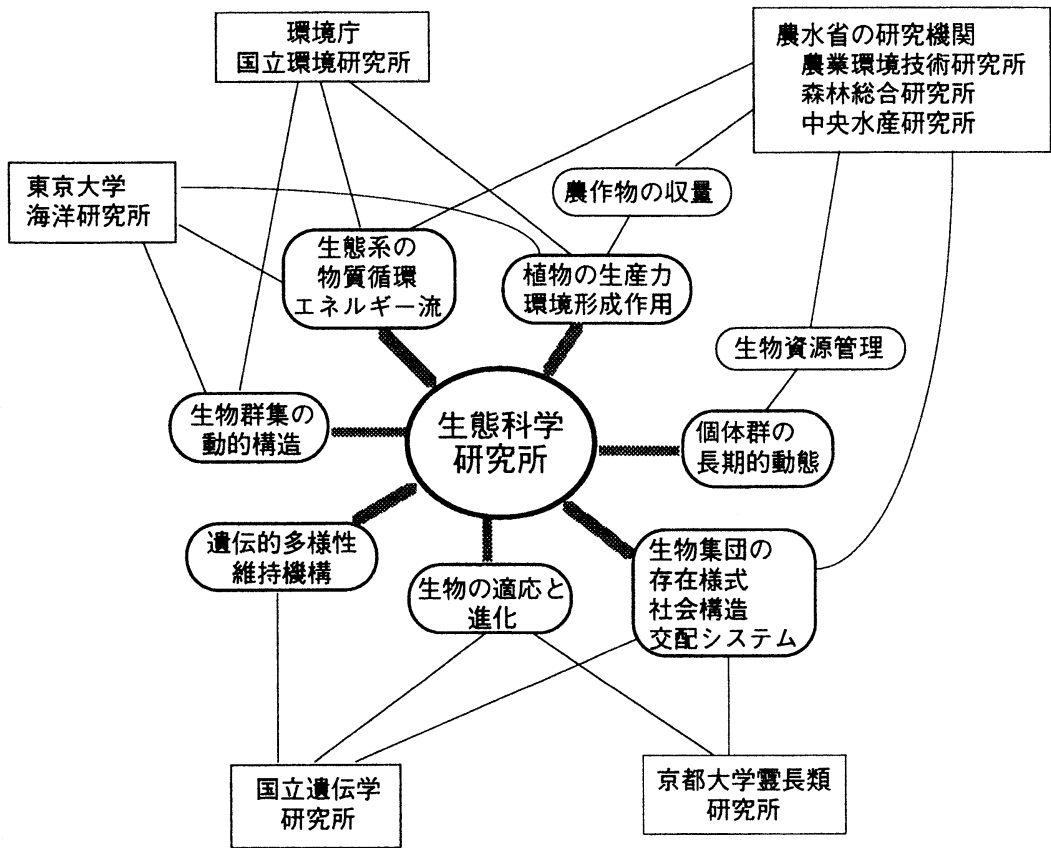


図1 生態科学の研究領域と主な既存研究機関との関連

生態科学が対象とする課題

- 食物網を通じた物質の循環とエネルギー流の実態
- ミクロ・マクロさまざまなレベルの植物の生産力
- 植物群集が形成する微気象や、動物・微生物が持つ環境形成作用
- 異質な環境の選択的利用による種多様性の維持機構
- 環境への生物の適応や進化による多様な生物相の実態
- 種間相互作用から見た生物群集の動的構造
- 生物個体群の長期的動態の解明
- 生物集団の存在様式、社会構造や交配システムの実態
- 遺伝的多様性の保持に關与する生態学・行動学的要因

これらの研究は、例えば地球上の植物が大気中の二酸化炭素をどれだけ取り込むかという温室効果に關与する生物の影響評価や、種多様性や遺伝子資源保持のための環境保全政策の立案、あるいは持続可能な最大収量を得る生物資源の利用計画や土地利用計画など、社会的にも重要な問題に対して基礎的指針を与えるものである。

しかし、従来わが国の生態学研究者のおかれている状況は、その実状を第I節に述べたとおり、小さな研究室に分散しており、広範な応用的研究に対して基礎的指針を与えるだけの体制が整っていない。将来、ますます生態学が深く關係する環境・資源問題が顕在化することを考慮すると、生態学の基礎的分野の研究を發展させ、若手研究者に国際レベルの高等教育を施すという両方の役目を担う研究所が、ぜひとも必要となる。

II-(2) 既存の研究機関との関連・相違

まず、平成3年に新設された京都大学生態学研究センターはわが国で唯一の基礎生態学を専門とした研究センターであり、IGBP計画の日本側の主要な受け皿として、スタッフは多大な努力を払って成果を挙げつつある。しかし、中心課題とも言える「多様な生物による複雑な相互作用機構」を解明するには、このセンターをさらに越えた大規模な研究機関の設置が不可欠なことは明らかである。例えば、広範な地域の生態を対象とする研究部門においては、地域全体の特性を総合的に分析するために多方面の分野との共同研究が必須であり、スタッフの規模を拡大し研究者の専門領域をさらに多様化しなければ、有機的かつ効率的な共同研究を推進することはできない。

生態学が關係する隣接分野に目を向けると、環境庁国立環境研究所は環境問題全般を研究する機関で、保健・生理学、大気圏物理化学、陸水・海洋・土壌学などが大きな分野であり、生態学はその中の一部にすぎない。しかも応用的成果にすぐには結びつかない基礎的テーマでは大規模

な研究を組みにくいという制約がある。次に、農水省の農業環境技術研究所・森林総合研究所・中央水産研究所などでは生物資源利用の研究がなされており、生態学が関係するテーマもあるが、それぞれ農業・森林・水産資源の範囲に限定されており応用的成果を目的とした研究である。東京大学海洋研究所は海洋関係の物理・化学・生物学・水産資源学を集めた研究所であり、生態学分野が一部にあるものの海産生物を対象とし、しかもごく限られた内容に制約されている。京都大学霊長類研究所は生態学や社会生物学の研究が盛んであるが、対象が霊長類に限られている。文部省遺伝学研究所は、集団遺伝学部門や進化遺伝学部門が生態学と関係する分野であるが、ここでは進化的現象をDNAレベルで捉えてその系統関係を明らかにする研究が中心で、環境への生物の適応や生物集団の遺伝的構造と社会性などの適応進化に的を絞った生態遺伝学的研究は最近わずかに行なわれているだけである。

「国立生態科学研究所」は、このような既存の研究機関の中で扱われにくかったマクロ生物科学の基礎的領域の大規模な研究発展をはかり、さらに文部省の研究所として大学院生・若手研究者・留学生を受け入れ、国際的に通用する優れた研究者を養成して学位を授与する大学院教育の、両方の役目を担う研究所となる。我が国が、生物圏の未来に対して世界をリードする立場に立つためには、生物集団の動態と進化のような「微視的スケールの領域」から、地球全体をにらんだ「グローバルな領域」に至るまで、応用研究・地域総合研究につながる基礎的研究を充実させることのできる「国立生態科学研究所」の設置が是非とも必要である。

もちろん、他の研究機関の応用的研究と基礎生態学の研究の有機的結合を積極的にはかり、さらに環境庁地球環境研究センターの地球資源データベース（GRID-Tsukuba）に対し生物学的な基礎情報を与えることや、国立遺伝学研究所のDNA情報データベースの利用、東京大学海洋研究所の研究船の共同利用など、多くの面で既存の研究所との連携が期待される。このように、本研究所は生態学分野固有の閉じた研究機関ではなく、関係諸分野や社会に対して開かれた研究所であることを理念とする。

III. 「国立生態科学研究所」の基本構想と特徴

III-(1) 研究の立案と支援制度

本研究所は、大規模・長期間研究として「プロジェクト研究」を推進する。プロジェクト研究とは、生態科学研究所を中心に国内外の多数の研究者によって編成される研究のことで、複数の研究系にまたがる多分野の連携が要求され、生態科学の基礎的総合的諸問題の研究の飛躍的發展や、他省庁研究機関での応用的研究につながる基礎的成果が大であると見込まれること等が条件である。その研究期間は5年程度、長期間研究の場合は10年以上を想定する。1つのプロジェクト研究の予算規模は年間数億円のレベルを想定する。基礎的な研究テーマを重視するとともに、応用的研究に対し生態学の面から基礎的指針を与え、その進展に重要な貢献をすることを最終目

標とする。

プロジェクト研究の計画・立案は、研究所内外の委員で構成される大型プロジェクト研究企画委員会で行なわれ、この委員会で承認された計画に対して、研究所内外や海外からもメンバーを募る。事務部門の研究推進課が事務的な部分を支援する（研究所の組織については、後述 IV 節を参照）。

このプロジェクト研究のような大規模・長期間研究を推進するためには、本研究所のスタッフだけでなく国内外の多数の研究者の連携が必須となるであろう。そのため、本研究所には既存の大学・国立研究機関が現在抱えているさまざまな不都合を解消し、研究・教育をより充実し、効果的に進めるための、従来にない柔軟な制度が要求される。そのためには以下のような特徴をもった基本構想のもとで研究所が設立されることが必要とされる。

III-(2) 当該研究所の基本構想（図 2 参照）

基本構想として次のような特徴を有する研究所を想定している。

(a) 生態学の基礎的研究を発展させる研究所

- ・生態学の基礎的分野全体のレベルアップを目標とする全国共同利用施設。

(b) 研究者間の相互交流を推進するネットワークの核としての役割

- ・研究・教育組織のネットワーク化を推進する。
- ・人事の任期制と定期的な業績評価を制度化し、人事異動を活性化する。
- ・人事ポストの流動化、大学の研究室（小講座）との交換人事、併任・客員制度を推進する。
- ・客員研究者の本務研究機関と施設の相乗り利用、または他研究機関の施設やフィールド（演習林・臨海実験所など）の相乗り利用を促進する。

(c) 海外との研究交流の推進

- ・優れた海外研究者に常勤・客員ポストを開放する。
- ・海外高等研究教育機関との交換教授制を促進する。
- ・海外研究機関と相互の施設（野外フィールドなど）を相乗り利用する。
（例：スミソニアン熱帯研究所、英国陸域生態学研究所など）
- ・海外（特に発展途上国）から博士課程留学生を積極的に受け入れ、さらに途上国の若手研究者の高等教育と博士号の授与を推進する。

(d) 大学院・若手研究者の高等教育を重視

- ・助手を設けず助教授に振替て、全員が講義・院生指導に当たる。
- ・大学院生の研究教育の充実化、博士課程を修了した日本学術振興会の特別研究員クラスの若手研究者等の積極的受け入れと教育により、最近の生態科学で必要とされる多方面の分野の高度な能力を持った若手研究者を養成する。
- ・本研究所と大学や研究所を含め集中講義や実習などを通じた教育支援組織をつくり、

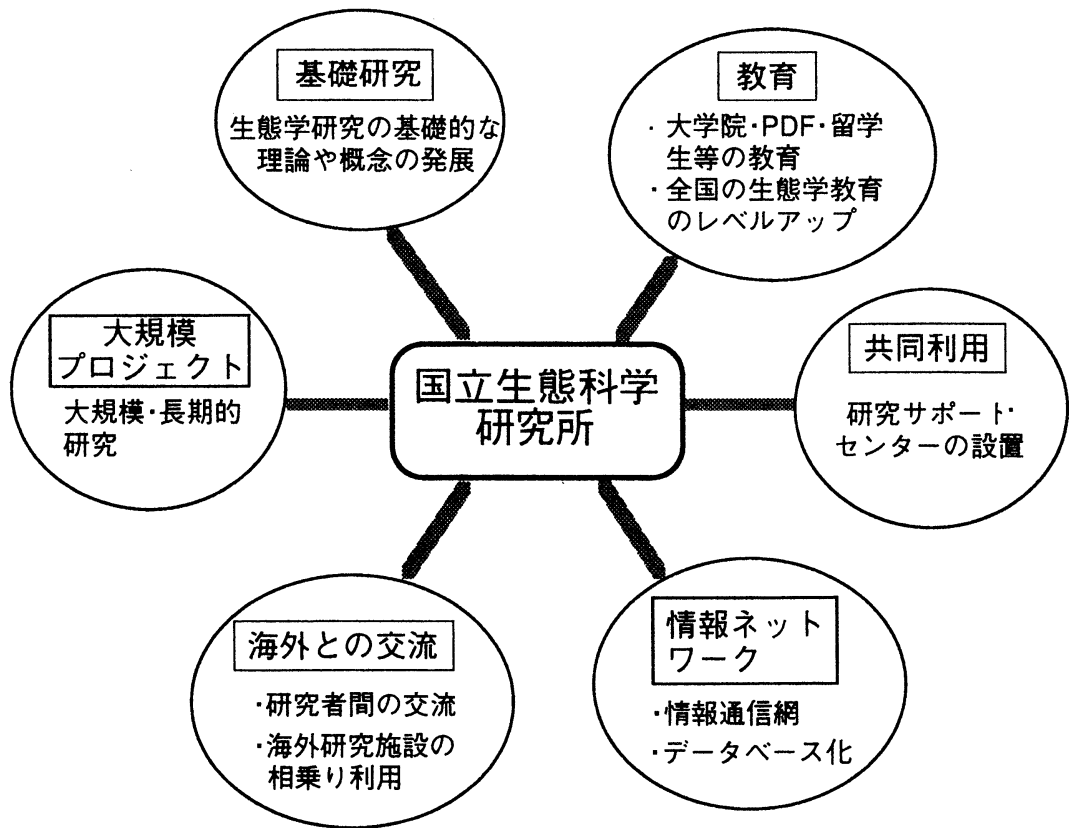


図2 国立生態科学研究所の基本コンセプト

全国の生態学教育のレベルアップをはかる。

(e) サービス部門の充実化

- 次のようなセンターを設け、全国共同利用とする。
実験生態系センター、研究用フィールドセンター、大型機器分析センター、
生物資源・標本保存センター、計算機情報センター、研究交流センター

IV. 「国立生態科学研究所」の構成

IV-(1) 研究組織に関する基本方針

(a) 研究系（大講座）制とする（図3参照）

- 人事の流れを活性化し、研究活動は研究系を単位とはしない。
- スケールメリットを人事や共同研究等に活かす。
- 大学院の専攻を設置し、グループで院生の指導にあたる。
- 国内・海外からPDF（特別研究員）を積極的に受け入れる。
- 発展途上国からの若手研究者を受け入れて教育し、博士号を授与する。

(b) 全ての常勤ポストは任期制とし、定期的に業績を評価した上で任期を更新する

（他にテニュア制度または内部昇格の制限などの案もある）

(c) 客員・併任教官制度を充実化させる（図4参照）

- 客員・併任教官（任期制）には、委嘱と公募の両方の枠を設ける。
- 併任教官が本務地でも研究・教育活動が可能のように、運営体制を作る。これにより、研究所で採った院生を本務地で円滑に研究指導できる。そのためには、本務地での研究設備の充実も考慮する。
- 国内の研究機関・施設と活発に研究協力する体制を制度化する。
- 寄付講座的なものを導入する（年限制プロジェクト）

(d) 研究系間さらには研究所外とも連携した共同基礎研究を推進する

- 重点領域研究、新プロジェクトなどの研究組織の核となる。

(e) 助手を設けず、助手ポストを助教授に振替える

- 全教官が講義・大学への集中講義・院生指導に当たるようにする。
- 教育には携わらないが、研究・教育活動を支援するものとして、各研究系に研究所独自の専門研究員（任期制）を設ける。

(f) ハイレベルの講義カリキュラムを研究系ごとに体系化する

- 院生・若手研究者への高等教育を研究所の重要な目的の一つとする。
- 全教官が積極的に生態学スタッフの不足している大学へ集中講義に出かけ、全国の生態学教育のレベルアップをはかる。

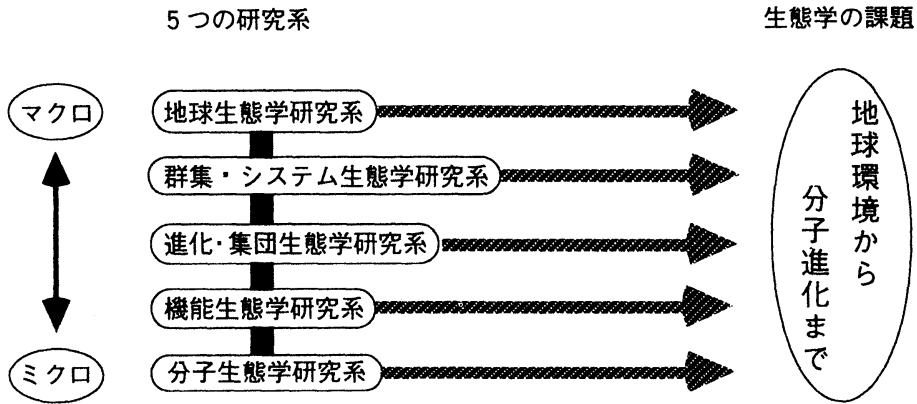


図3 5つの研究系と対象とする課題の広がり

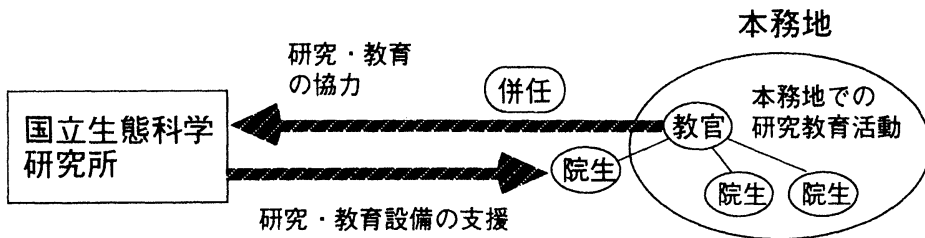


図4 国立生態科学研究所が採り入れる新しい併任教官制度

- 全国の大学と生態学分野の単位の互換性を進め、研究所が開く集中講義を受講した学生・院生が、それを所属大学での履修単位として認定されるようにする。
- 研究所の出版編集委員会が中心となって生態学の教科書（和・英）、英文論文集・総説集などをシリーズで編纂する。

(g) 海外研究者へ常勤ポストを解放する

- 海外研究機関との交換教授制を積極的に進める。
- 常勤ポストについての海外研究者にも講義（英語で）をやってもらう。

(h) 共同利用施設として全国の研究者が利用しやすい体制を整備する

IV-(2) 「国立生態科学研究所」の組織構成

全体の組織は図5のように構成される。

IV-(3) 研究系の構成

- 各研究系と、それに含まれる既存の分野を以下に挙げる。
- 研究系に含まれる専門研究員というのは、博士取得者相当の若手研究者を対象にして、任期つき（5年程度）で採用する研究者のことである（呼称は異なるが筑波大、基生研等で施行されている）。

(a) 地球生態学研究系

（教授6、助教授6、客員・併任20、専門研究員10）

（グローバル・レベルの生態学関係）

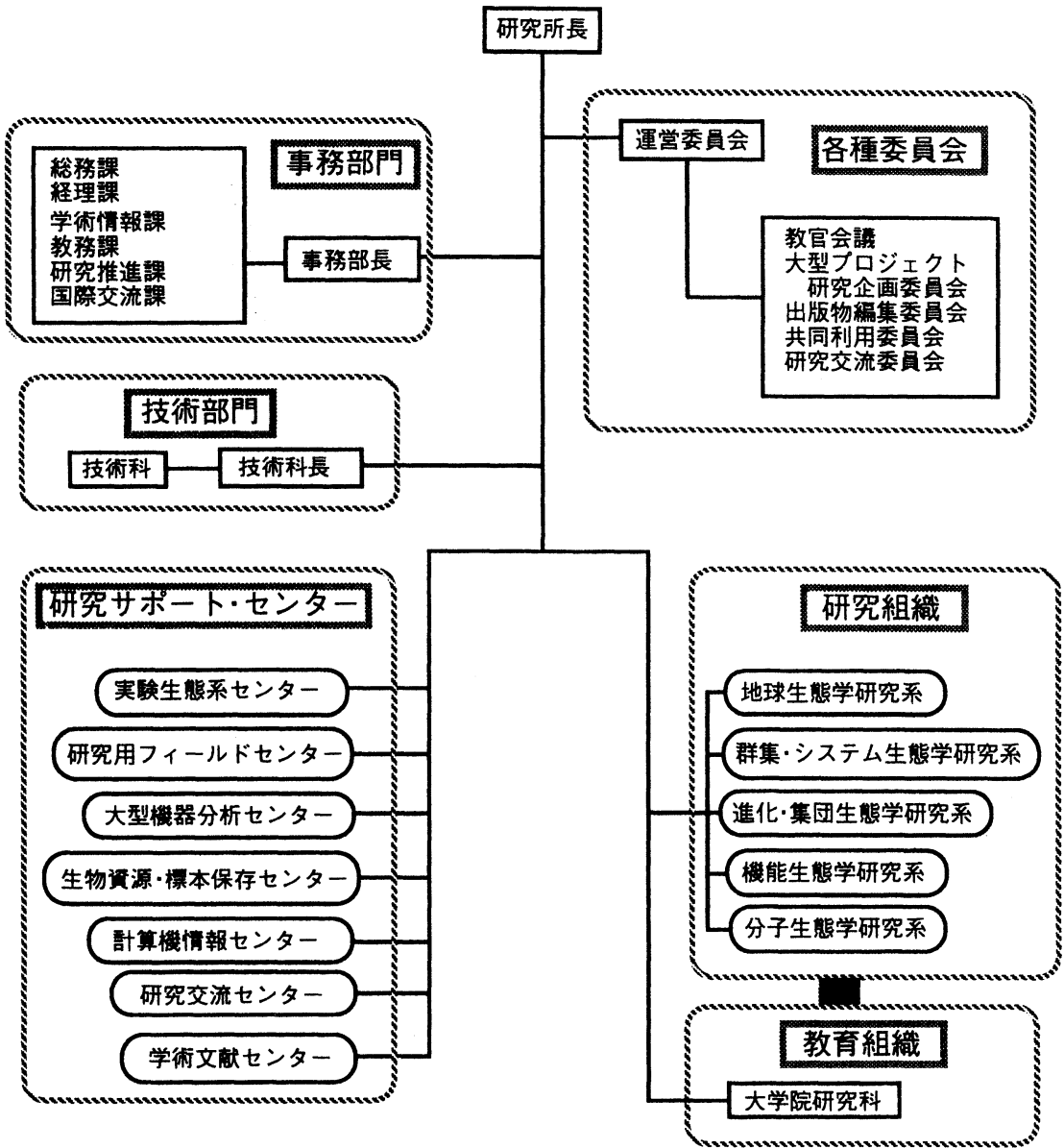
生物圏生態学、生物圏での物質循環（C、N、P、Sなど）、生物圏でのエネルギー収支、大気・海洋の大循環モデル（オーシャン・フラックス）、地理生態学、群系分析、衛星リモートセンシング、スペース・スフィア生態学、環境収容力、種多様性の緯度的傾度分析、持続可能生物圏

（地域生態学関係）

景観生態学、地域の種多様性、集水域生態学、海域生態学、人間環境系解析、都市近郊の生態学

（地球環境変化関係）

トレースガス（CO₂、フロン、メタン等）増加と気候変化、土地利用変化、海岸・沿岸域帯変化、生物環境浄化力、広海域環境モニタリング、大地域生物相の遷移、古環境



■ は特に強い連係を示す

図5 国立生態科学研究所組織構成

(b) 群集・システム生態学研究系

(教授 4、助教授 4、客員・併任 16、専門研究員 5)

(群集生態学関係)

多種間の相互作用論、群集生態学、種多様性の問題、植生学、多種の種間関係を扱う数理生態学

(システム生態学関係)

生態系生態学、食物網の生態学、環境化学、植生管理学、生態系管理学、物質循環学、数理システム生態学

(c) 進化・集団生態学研究系

(教授 4、助教授 4、客員・併任 16、専門研究員 5)

(進化生態学関係)

進化生態学、行動生態学、社会生物学、生態遺伝学、系統進化学、比較生態学、適応・進化に関する数理生態学

(集団生態学関係)

個体群動態論、個体群分布論、異種個体群の相互作用論、集団動態の数理生態学

(d) 機能生態学研究系

(教授 3、助教授 3、客員・併任 16、専門研究員 5)

生理生態学、機能形態学、生物環境物理学、化学生態学（低分子）、生産生態学

(e) 分子生態学研究系

(教授 3、助教授 3、客員・併任 16、専門研究員 5)

分子進化に関する生態学、適応進化の分子生物学、数理生態遺伝学、微生物生態学、化学生態学（高分子）、生態学諸分野への分子生物学技術の応用

IV-(4) 研究サポート・センターの構成

利用者の研究支援を目的とするため、センターつきの教官ポストは設けない。センター長は研究系の教授が併任する。国内に限らず、海外でのフィールド、研究所・実験所等の開設も含む。

(a) 実験生態系センター

(技術係長 1、専門技官 2、技官 10、民間出向者 5)

- 自然生態系の人為的な操作・制御による実験システム
- 実験圃場、実験林、人工河川、実験湖沼、等

- ・ 大型ファイトトロン

(b) 研究用フィールドセンター

(技術係長1、専門技官2、技官10、民間出向者3)

- ・ 野外調査のための、手つかずの森林・草原・海岸・河川・湖沼、等
- ・ 大学の臨海・臨湖実験所、演習林等と相乗り利用できる運営体制の整備

(c) 大型機器分析センター

(技術係長1、専門技官1、技官7、民間出向者10)

- ・ 放射性および安定同位体の実験棟
- ・ 研究者から依頼されたDNA、生理活性物質等の分析・同定
- ・ 分析技術講習会の開催

(d) 生物資源・標本保存センター

(専門技官1、技官3)

- ・ 生物標本・種子・精子・DNA等の保存・管理

(e) 計算機情報センター

(技術係長1、専門技官1、技官5、民間出向者5)

- ・ 学術情報の公開、論文データのデータ・ベース化
- ・ 大規模数値計算の実施
- ・ リモートセンシング情報、地理情報などの画像情報の解析
- ・ 研究者間の通信ネットワーク (Econet) の整備
- ・ GRID-Tsukubaとの接続

(f) 研究交流センター

(事務係長1、事務官2、専門技官2)

- ・ 公開研究会・講習会等の企画・広報・実施、ニュース等の発行
- ・ 海外との交流窓口、国際シンポジウム等の開催
- ・ 内外利用者向けの宿泊施設

(g) 学術文献センター

(事務係長1、事務官3、技官1)

- ・ 図書館、文献情報センターとしての役目

IV-(5) 事務・技術部門の構成

IV-(5)-a 事務部門

- (a) 事務部長 1
- (b) 総務課 (課長 1、係長 3、事務官 12)
庶務係、人事係
- (c) 経理課 (課長 1、係長 3、事務官 12)
管財係、施設係、用度係
- (d) 学術情報課 (課長 1、係長 2、事務官 8)
図書係、情報交流係
- (e) 教務課 (課長 1、係長 1、事務官 4)
※文部省総合研究大学院生態科学研究科 (仮称) に属する院生
(博士課程のみ) を受け入れるため
- (f) 研究推進課 (課長 1、係長 3、事務官 10)
 - ・ プロジェクト研究等、大型研究の推進を支援
 - ・ 研究者間のネットワーク (交流) の支援
- (g) 国際交流課 (課長 1、係長 1、事務官 4)
 - ・ 海外の研究機関との研究員交換・施設相乗り利用の窓口
 - ・ 海外学術研究調査のための事務折衝・調整
 - ・ 外国人研究者・学生への諸対応

IV-(5)-b 技術部門

(本所直属・センター付きの技術職員がここに属する)
技術科 (科長 1、技術係長 4、専門技官 7、技官 26)

IV-(6) 各種委員会の構成

(a) 運営委員会

- ・ 研究所の最高意志決定委員会。研究所内外の委員で構成。
- ・ 重要事項等は最終的にここで審議し、決定する。
- ・ 人事はこの委員会に委託された研究所内外のメンバーからなる人事委員会で審議し、最終的に運営委員会で決定する。

- ・ 人事委員会は、教官の定期的業績評価も行なう。

(b) 教官会議

- ・ 研究所を本務とする教官会議。研究所内の日常の運営実施を決定。

(c) 大型プロジェクト研究企画委員会

- ・ 大型プロジェクト研究の計画立案と、研究成果の中間・事後評価。
- ・ 研究所内外の研究者から運営委員会が委員を選定し委嘱する。
- ・ 大型研究推進課と連携して文部省と予算折衝を行なう。

(d) 出版物編集委員会

- ・ 研究所が編纂する教科書（和・英）・英文論文集・総説集のとりまとめ。

(e) 共同利用委員会

- ・ 内外の研究者の共同利用を円滑に行える体制づくり

(f) 研究交流委員会

- ・ 公開研究会・講習会等の企画。情報ネットワークの企画。
- ・ 研究交流センターが実働部隊となる。

V. 当該研究所の事業計画としてのプロジェクト研究概要

研究課題例と関連する応用研究（文中に下線を引いて示した）

(a) バイオリサイクルから見た生物群集多様性維持機構の解明

生物群集に見られる物質循環能を、生食食物連鎖と腐食（デトリタス）食物連鎖との対比で調べ、植物によって作られた有機物がどのように消費され分解を受けて、リサイクルされているかの実態を把握する。これによりいかに生物群集の食物網構造が形成されているかを、いろいろな群集間で比較し、その多様性をもたらしている要因について分析する。生態系多様性保持や持続可能な資源利用、環境管理学などの応用研究につながる。

関係する研究系：群集・システム生態学研究系、
機能生態学研究系、分子生態学研究系、
地球生態学研究系

(b) 生物群集の種多様性の地理的傾度をもたらししている要因の解明

熱帯から寒帯方向に対して、生物群集の種多様性に地理的傾度があるといわれているが、このような広地域レベルの傾度はどのような機構によってもたらされているのか、それらは局地的な種多様性促進要因とは性質の異なるものかを解明する。生物種多様性保持や地球温暖化の生物群集に及ぼす影響などの応用研究に対して基礎的知見を与える。

関係する研究系：進化・集団生態学研究系、
群集・システム生態学研究系、
機能生態学研究系、地球生態学研究系

(c) 植物と動物の相互作用による共進化プロセスの解明

地球上の植物と動物は、食う一食われるの関係だけでなく、花粉媒介や種子散布などの関係を介して密接に関わり合っている。そのため相手との相互作用を通じて、互いの形態や生理・生態的性質、行動様式などが共に適応的なものに共進化している可能性が指摘されている。そのような実態を把握し、それらに関わる進化のプロセスを解明する。生物種保全、遺伝的多様性保持などに密接に関わる課題である。

関係する研究系：進化・集団生態学研究系、
群集・システム生態学研究系、
機能生態学研究系

(d) 地理的傾度に沿った生物の生理活性能とフェノロジーの比較研究

生物のフェノロジーやさまざまな生理活性能は、その種が成育する環境に適応するよう調節されていると考えられる。地理的傾度に沿った広地域レベルでそれらを比較することにより、地球上の生物のグローバルな適応パターンと生態分布の成立要因を解明する。地域別の生産力の推定や資源管理計画、地球環境変化による影響の評価等の応用面につながる。

関係する研究系：進化・集団生態学研究系、
機能生態学研究系、地球生態学研究系

(e) 集団の存続と絶滅に関する社会生物学的研究

開発により生物集団を取りまく環境が変化した場合、個体群の偶発的な縮小が引金になって個体群構成の確率的揺らぎ、有害遺伝子の蓄積、近交弱勢などの要因が作用して集団は絶滅へと向かう。それらを未然に防ぐには、まず生物集団の存続と絶滅に関わる社会生物学的要因の作用と

生息場所の必須要素を解明する必要がある。生物種（特に、レッドデータブックに上げられている希少種）の保護、環境管理計画、保護区域設定など多くの応用面への貢献が期待される。

関係する研究系：進化・集団生態学研究系、
群集・システム生態学研究系、
分子生態学研究系

(f) 生活史の遺伝的変異に関する分子生態学的研究

生物の生活史形質は、遺伝的に決定されている部分と成育条件によって変化する部分とからなる。しかし、同一環境で育った集団でもしばしば2通り以上の生活史形質を示すいわゆる多型現象が知られているが、その発現機構はほとんど分かっていない。生活史多型はどのような生理・生態的機構によって生起し、その遺伝的発現機構はどのようなものであるかの解明には、分子生物学的技術の応用が大いに期待される。遺伝的多様性保持等の応用的価値が大きい。

関係する研究系：進化・集団生態学研究系、
分子生態学研究系

VI. ネットワークの対象として考えられる研究機関

大学・省庁関係、自治体、財団法人、民間等の研究機関 100 以上が対象。（省略）

ここに掲載した「国立生態科学研究所（構想第7次案）」について
ご意見があれば是非お知らせ下さい。連絡先は下記のとおりです。

113 東京都文京区本郷7-3-1

東京大学理学部植物学教室

高橋 正征

（日本生態学会将来計画専門委員会委員長）

TEL. 03-3812-2111（内線4474）

FAX. 03-3814-1728

日 仏 海 洋 学 会 会 則

昭和35年4月7日 制定
 昭和60年4月27日 改正
 平成4年6月1日 改正

- 第1条 本会は日仏海洋学会と称する。
- 第2条 本会の目的は日仏海洋および水産学者の連絡を密にし、両国のこの分野の科学の協力を促進するものとする。
- 第3条 上記の目的を実現するため本会は次の事業を行なう。
- (1) 講演会の開催
 - (2) 両国の海洋学および水産学に関する著書、論文等の相互の翻訳、出版および普及
 - (3) 両国の海洋、水産機器の技術の導入および普及
 - (4) 日仏海洋、水産学者共同の研究およびその成果の論文、映画などによる発表
 - (5) 両国間の学者の交流促進
 - (6) 日仏海洋、水産学者の相互の親睦のために集会を開くこと
 - (7) 会報の発行および出版
 - (8) その他本会の目的を達するために必要な事業
- 第4条 本会には、海洋、水産学の分野に応じて分科会を設けることができる。
分科会は評議員会の決議によって作るものとする。
- 第5条 本会の事務所は日仏会館（〒101 東京都千代田区神田駿河台2丁目3番地）に置く。
- 第6条 本会に地方支部を置くことができる。
- 第7条 本会会員は本会の目的に賛成し、所定の会費を納めるものとする。
会員は正会員、学生会員および賛助会員とする。
- 第8条 正会員会費は年額6,000円、学生会員会費は年額4,000円、賛助会員会費は一口年額10,000円とする。
- 第9条 本会は評議員会によって運営される。
- 評議員の定数は50名とし、正会員の投票によって選出される。選挙事務は別に定める選出規定による。
会長は評議員会の同意を得て5名までの評議員を追加することができる。
評議員の任期は2年とする。ただし、重任を妨げない。
- 第10条 評議員はその内より次の役員を選ぶ。ただし、幹事は評議員以外からも選ぶことができる。
会長 1名、副会長 2名、幹事 10名、
監事 2名
役員任期は2年とする。ただし、重任を妨げない。
- 第11条 本会に名誉会長、顧問および名誉会員を置くことができる。名誉会長、顧問および名誉会員は評議員会の決議により会長これを委嘱または推薦する。
日仏会館フランス人学長を本会の名誉会長に推薦する。
- 第12条 会長は本会を代表し、総会および評議員会の議長となる。会長事故あるときは副会長がこれに代わる。
会長、副会長および幹事は幹事会を構成し、本会の庶務、会計、編集、研究発表、渉外などの会務を行なう。
監事は本会の会計を監督する。
- 第13条 年に1回総会を開く。総会では評議員会の報告を聞き、会の重要問題を審議する。会員は委任状または通信によって決議に参加することができる。
会長は必要に応じて評議員会の決議を経て臨時総会を招集することができる。
- 第14条 本会則の変更は総会の決議による。

日 仏 海 洋 学 会 評 議 員 ・ 役 員 選 出 規 定

1. 本規定は日仏海洋学会会則第9条および第10条に基づき本会の評議員および役員の選出方法について規定するものである。
2. 評議員は正会員の50名連記無記名投票により選出する。
評議員の選挙事務は庶務幹事が行なう。ただし、開票にあたっては本会役員以外の会員2名に立会人を委嘱するものとする。
3. 会長は評議員の単記無記名投票により選出する。
会長選挙の事務は庶務幹事が行なう。ただし、開票にあたっては本会役員以外の会員2名に立会人を委嘱するものとする。
4. 副会長、幹事、および監事は、会長の推薦に基づき評議員会で決定する。
5. 本規定の改正は評議員会の議を経て行なう。

日 仏 海 洋 学 会 賞 規 定

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

覚 書

1. 委員は各専門分野から選出されるよう十分配慮すること。
2. 受賞者は原則として順次各専門分野にわたるよう十分配慮すること。

賛 助 会 員

阿 部 嘉 方	東京都練馬区春日町 2-15-6
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柴町 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	東京都大田区大森本町 2-31-8
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
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
財 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
宮 本 悟	東京都中央区かきどき 3-3-5 かちどきビル ㈱本地郷
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

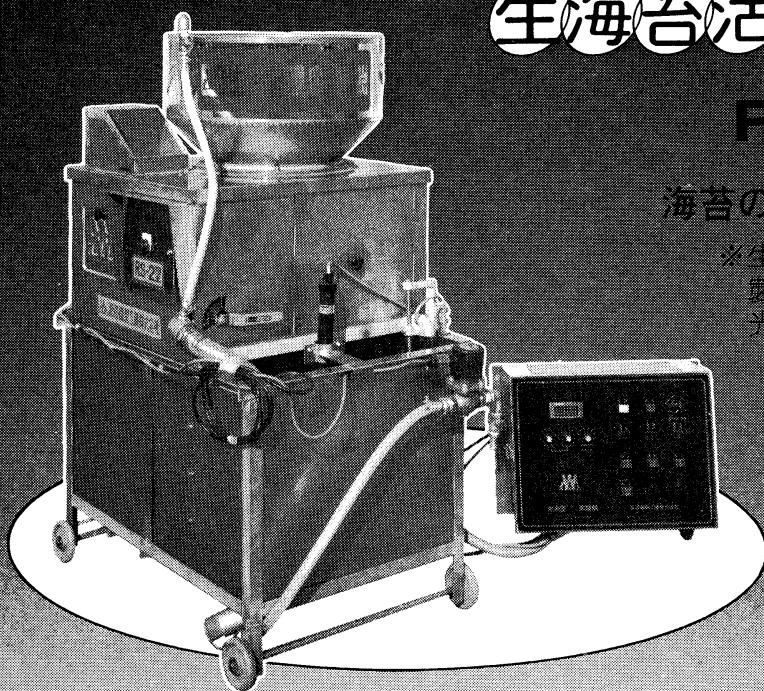
応援します。
 良い海苔づくり—

生海苔活性調整機

RS-2型

海苔の等級が数段あがる

※生海苔を活性化し、海苔
 製品の表面をなめらかに
 光沢よく仕上げます。



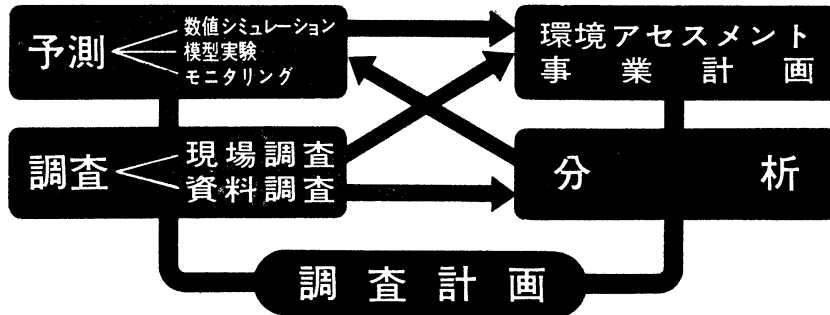
	RS-1型	RS-2型
高 度	750mm	1,200mm
幅	900mm	950mm
機 体	500kg	700kg
重 量	65kg	100kg
	40W 1台	40W 2台
モーター	100W 1台	60W 1台
		100W 1台
		150W 1台



渡辺機開工業株式会社

愛知県渥美郡田原町神戸大坪230
 電話 05312(2)1121(代表)

当社は環境アセスメントを始め環境の質を把握するため、水域及び大気環境調査から分析・予測・解析まで一貫してユーザーの要望に応える環境総合コンサルタントです。



★海洋、河川、ダム湖、湖沼、道路、鉄道の環境実態調査

水質・底質・プランクトン・底生生物・魚類・鳥類・哺乳動物・植生

★海域、河川、ダム湖、湖沼の水質予測解析

潮流・恒流・吹送流解析，COD拡散解析，SS沈降拡散，富栄養化予測解析，ダム湖の水温・濁度予測解析

★環境アセスメント調査

港湾・空港・大規模工業団地・石油精製・石油基地・海の公園・人工海浜造成計画等の環境アセスメント調査
河川・ダム湖・河口堰・鉄道計画等の環境アセスメント調査

★分析・実験

水質分析，底質分析，土壌分析，産業廃棄物分析，生物分析，天気分析，水質汚濁機構解析のための生産量，分解量，溶出量，酸素消費量実験およびAGP試験，土砂の沈降試験，ノリの成育実験，魚類室内実験，土壌中の有害物質の植物検定

★気象海象観測，予報，解析

天気予報，気象観測整理解析，降雨汚水解析，大気・騒音・振動の環境調査，波浪推算調査，波浪予報，漂砂調査，大気拡散シミュレーション



新日本気象海洋株式会社

本社 東京都世田谷区玉川3-14-5 TEL 03-3708-1161
 環境分析研究所 東京都目黒区上目黒4-17-18 TEL 03-3793-0591
 大阪支店 大阪市西区江戸堀3-2-23 TEL 06-448-2551
 九州事務所 福岡県北九州市小倉区片野新町1-15 TEL 093-922-2214
 事業所 釜石(岩手県)，小名浜(福島県)，金沢(石川県)，沖縄

日 仏 海 洋 学 会 入 会 申 込 書
(正 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： 〒101 東京都千代田区神田駿河台 2-3

(財)日 仏 会 館 内

日 仏 海 洋 学 会

郵便振替番号： 東京 5-96503

日 仏 海 洋 学 会 編 集 委 員 会 (1992-1993)

委員 長: 村野正昭

委 員: 青木三郎, 有元貴文, 半沢正男, 堀越増興, 前田 勝, 落合正宏, 須藤英雄, 山口征矢, 柳 哲雄

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

幹 事: 渡辺精一, 山口征矢

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 村野正昭 気付
日仏海洋学会編集委員会

1994年2月25日 印刷
1994年2月28日 発行

う み 第32巻
第1号

定 価 等 1,600

編 集 者 村 野 正 昭

発 行 所 日 仏 海 洋 学 会

財団法人 日仏会館内

東京都千代田区神田駿河台2-3

郵便番号: 101

電話: 03(3291)1141

振替番号: 東京 5-96503

印 刷 者 佐 藤 一 二

印 刷 所 有 限 会 社 英 和 出 版 印 刷 社

東京都北区中里2-7-7

郵便番号: 114

電話: 03(5394)4856

(本誌出版費の一部は平成5年度文部省科学研究費補助金「研究成果公開促進費」による。)

Publication of *La mer* has been supported in part by a Grant-in-Aid for Publication of Scientific Research Result from the Ministry of Education, Science and Culture, Japan.

