ISSN 0503-1540

Tome 21 *Novembre 1983* Numéro 4

La mer

うみ

昭和 58 年 11 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長　高野健三（筑波大学）
委　員　青木三郎（東洋大学）　有賀祐勝（東京水産大学）　半沢正男（神戸商船大学）
井上　実（東京水産大学）　森田良美（東京水産大学）　村野正昭（東京水産大学）
西村　実（東海大学）　岡部史郎（東海大学）　高木和徳（東京水産大学）
宇野　寛（東京水産大学）

投 稿 規 定

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

Rédacteur en chef　Kenzo TAKANO (University of Tsukuba)
Comité de rédaction　Saburo AOKI (Toyo University)
Yusho ARUGA (Tokyo University of Fisheries)
Masao HANZAWA (Kobe University of Mercantile Marine)
Makoto INOUE (Tokyo University of Fisheries)
Yoshimi MORITA (Tokyo University of Fisheries)
Masaaki MURANO (Tokyo University of Fisheries)
Minoru NISHIMURA (Tokai University)
Shiro OKABE (Tokai University)
Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries)
Yutaka UNO (Tokyo University of Fisheries)

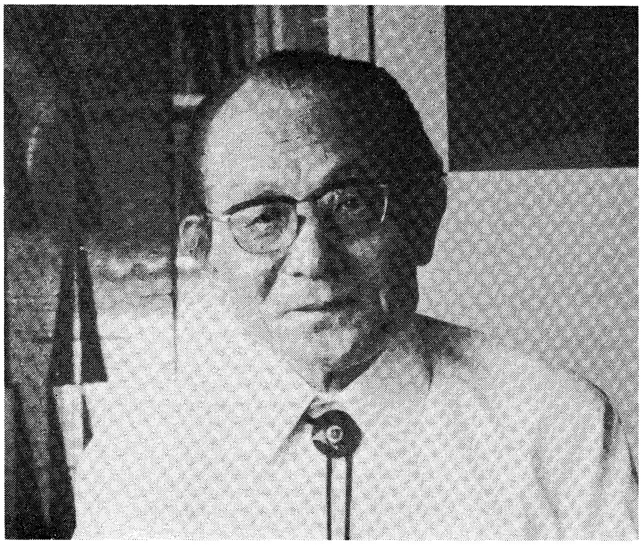
RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être des membres de la Société franco-japonaise d'océanographie.
2. Les notes ne peuvent dépasser sept pages. Les manuscrits à deux exemplaires, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3, Kanda Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 Japon.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

La mer 21: 189-190, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

Nécrologie : Monsieur le Professeur Tadayoshi SASAKI, le Président de la Société

追　悼：佐々木忠義会長



Monsieur le Professeur Tadayoshi SASAKI (1 mai 1910 - 11 octobre 1983)

Nous avons la douleur de vous faire part du décés de Monsieur le Professeur Tadayoshi SASAKI, survenu le 11 octobre 1983.

La Société franco-japonaise d'océanographie

Carrière de Monsieur le Professeur Tadayoshi SASAKI

1910: né dans la Préfecture de Hiroshima.
1941: diplômé de la Faculté des Sciences de l'Université de Hokkaido.
1941: Professeur à l'Université de Keijo.
1953: Professeur à l'Université des Pêches de Tokyo.
1960: Président de la Société franco-japonaise d'océanographie.
1973: Président de l'Université des Pêches de Tokyo (jusqu'à 1979).
1973: reçu Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'honneur par le gouvernement français.
1981: reçu deuxième classe de l'Ordre du Soleil levant par le gouvernement japonais.

本学会会長佐々木忠義先生（東京水産大学前学長，名誉教授）は，1983年10月11日お亡くなりになりました。深く哀悼の意を表します。

日仏海洋学会

佐々木忠義先生略歴

1910年　広島県に生まれる
1941年　北海道大学理学部物理学科卒業
1941年　京城大学教授
1941年　理化学研究所員
1953年　東京水産大学教授
1953年　理化学研究所主任研究員
1960年　日仏海洋学会会長
1968年　海洋科学技術審議会委員
1973年　東京水産大学長（1979年まで）
1973年　レジオン・ドヌール勲章受章
1979年　日中海洋・水産科学技術交流協会会長
1981年　勲二等旭日重光章受章

佐々木忠義先生を悼む

先生の訃を知ったのは東北地方の卸売市場の調査を終えて帰宅したときで，それも告別式が終った翌日でした。平素あのお元気な先生が天魔に魅せられたようにご他界されるとは，私の耳を疑った程でした。先生は1910年のお生れなので，まだまだいくらでも社会のために寄与されるお齢なのに，突如として私達から去られてしまったことは誠に残念であるし，先生を知る方々に大きな衝撃を与えられていることと思います。

先生と私との関係は，私が東京工業大学から東京水産大学へ転任した1954年以来のことで，思えば30年に垂んとする長期間に及び，眼を閉じればありし日の先生の颯爽としたお姿，淀みない爽やかなご声調が止めどなく浮んできます。常に熟慮され，軽々に行動されることなく，後輩の面倒をよく見られ，常に高くそびえ富嶽のように私達にとって偉大な存在でした。東京水産大学が1964年大学院設置以来急速に発展した裏には，先生の大きな力があったことは誰も否定することはできません。富山哲夫学長のあとをつぎ，学長となられ，いよいよ手腕をふるわれ，東京水産大学の発展に尽力されたことが，つい昨日のような気がいたします。先生は学者として海洋学に寄与されるとともに，海洋開発の発展に我国ばかりでなく世界的規模で貢献されました。日仏海洋学会を創設され，爾来会長として，また学問を通じ日仏両国の文化的架橋を作られました。学問的指導者として若い学徒の教育に当られ，我国は言わずもがな，外国の学徒の指導にも当られたことはフランス国より贈られたレジオン・ドヌール勲章がよい証拠となりましょう。

先生は研究者，教育者，管理者，オルガナイザーとして，いずれにも卓抜した適性を示されましたが，何と言っても他者を惹きつける人間的魅力がありました。宇野・平沢・高木教授らと，よく先生の研究室に夕方になると集りました。先生は物理学者であるし，私は化学者なので専門的にはかなり隔たっていましたが，話合いは何時も楽しいものでした。先生は「物理学には夢がありますね」とよく言われ，海洋開発の話をされました。先生の話にはつい引きこまれて夢中になったことがありました。駒込の理研の研究室でお話を伺っているうちについ夜が明けてしまったこともありました。いつの間にか先生の学問仲間の一員となり，「海洋開発事典」，「海洋工学用語辞典」の共著者になりました。また，日仏海洋学会創立20周年記念事業の委員長をお引き受けすることになり，記念事業の一環として関筑波大学助教授らの諸先生とご一緒に「海と人間」を岩波ジュニア新書として出版しました。本書は勿論佐々木先生が編者となっており，若人が海に対して興味を持ってもらうことを目的として刊行されたものですが，よく売れるので近く新版が刊行されることになりました。先生のご意図が逐次達成されてゆくことは，さぞ天にあってご満足されておられることでしょう。限りある人生の中で自分の希望が全て達成されることは不可能なことでしょう。先生は学長の二期にわたる任期満了後退官されました。余生は日中海洋・水産科学技術交流協会を設立され，この分野の日中学術交流に尽力されて来られましたが，この事業も着々堅実な成果を挙げるようになり，日中両国間に学術を通して立派な架橋をされました。本当に先生の歩かれた後には美しい学術の花が咲いています。先生が高い見識で意図され，実行されたことごとは先生が托された後進によって受けつがれゆくことでしょう。どうぞご安心して高い処で見守っていて下さい。先生のみ霊のご冥福を心からお祈りいたします。後に遺された奥様始めご親族の上に神の豊かな恵みあらんことを。

(久保田　穰：東京水産大学名誉教授，日仏海洋学会監査，日中海洋・水産科学技術交流協会監事)

La mer 21: 191-197, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

Etats biochimiques du ^{106}Ru accumulé dans le muscle et le foie de la crevette, *Penaeus japonicus**

Yoshiro IZUMO** et Akira TAKASÉ**

Résumé: Dans la précédente publication nous avons observé que l'accumulation et l'élimination du ^{106}Ru (période: 368 jours) étaient différentes entre des souris ayant ingérées des aliments contaminés, à savoir, la mixture du muscle et du foie de la crevette, *Penaeus japonicus*, où il y a eu accumulation du polluant et mélange du même polluant sous forme inorganique, ces dernières servant de témoin. Le présent travail porte sur les états biochimiques de ce contaminant présent dans les tissus et tente de définir la cause de ces différences. Les présences du ^{106}Ru dans des fractions séparées du muscle et du foie ayant accumulé le radioélément, dans les échantillons de ces extraits par une solution d'éthanol à 80 % et analysés par chromatographie en couche mince, et dans des fractions de protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires du muscle analysé par filtration sur colonne de Sephadex G-75, se sont avérées différentes de celles des échantillons témoins respectifs. Il se confirme que ces différences ont provoquées celles d'accumulation et d'élimination du ^{106}Ru que pour les souris décrites précédemment.

1. Introduction

Le ^{106}Ru (période: 368 jours) est un des principaux radioéléments rejetés en milieu marin provenant des installations de retraitement des combustibles nucléaires irradiés (ANCELLIN *et al.*, 1979). Dans les précédentes expériences (IZUMO *et al.*, 1982) concernant l'évaluation de doses irradiées à l'intérieur du corps humain, introduite par ingestion des aliments contaminés, nous avons observé que l'accumulation et l'élimination du ^{106}Ru étaient sensiblement différentes entre des souris ayant ingérées ces aliments, à savoir, la mixture du muscle et du foie de la crevette, *Penaeus japonicus*, où il y a eu accumulation et mélange du même polluant sous forme inorganique, ces dernières servant de témoin. Nous avons alors supposé que ces différences étaient liées à la présence du radioélément dans les tissus.

Dans le présente travail, les états biochimiques du ^{106}Ru accumulé dans les chairs ont été analysés et comparés à ceux du radioélément mélangé dans des chairs non-radioactives (témoins) afin de tenter de définir la cause de ces différences.

* Manuscrit reçu le 9 Février, 1983

** Institut National de la Santé Publique, Shirokanédai 4-6-1, Minato-ku, Tokyo, 108 Japon

2. Matériels

La préparation du ^{106}Ru sous formes complexes nitrato-nitrosyl a été présentée dans la publication précédente (IZUMO *et al.*, 1982). Les crevettes, artificiellement élevées à Yamaguchi-kén, Japon, ont été transportées vivantes, par avion, à notre laboratoire (Tokyo). Après préparation, décrite pour les expériences précédentes (IZUMO *et al.*, 1982) (élevage dans l'eau de mer contaminée par le radioélément puis prélèvement du muscle et du foie des individus), le muscle et le foie contenant le ^{106}Ru ont été conservés à moins 20°C.

3. Méthodes

(*1*) *Présence du* ^{106}*Ru dans des fractions principalement protéiques*

Les tissus (2 à 20 g en poids humide) contaminés ont d'abord été fractionnés selon la méthode modifiée de HASHIMOTO *et al.* (1979). La distribution de la radioactivité de ces fractions exprimée en pourcentage a été mesurée et comparée à celle des témoins, soit les tissus dans lesquels du ^{106}Ru avait été introduit sous forme inorganique.

(*2*) *Présence du* ^{106}*Ru dans la fraction de composés nitriques non-protéiques* (*CNNP*)

Les tissus (2 à 20 g) ayant accumulés le ^{106}Ru ont été homogénéifiés avec cinq volumes d'éthanol froid à 80 % et centrifugés à 4,000 tours par minute pendant 30 minutes et à 0°C. Les restes ont subi le même traitement à deux reprises. Les solutions ont été recueillies, puis concentrées sous presse réduite, à moins 60°C, leurs lipides extraits par l'éther, et enfin reconcentrées (transfert du ^{106}Ru: 24% pour le muscle et 88% pour le foie) pour procéder aux expériences suivantes:

——Analyse par chromatographie en couche mince de silicagel (CCMS) en utilisant comme solvant le propanol normal-le hydroxyde d'ammonium à 28 % (BRENNER 1960).

——Les solutions du foie ont été analysées par chromatographie modifiée d'après SATO *et al.* (1977) sur colonne de résine cationique, Dowex 50 W-X8, 100-200 mailles, les ions H^+, 1.9×35 cm et de résine anionique, Dowex 1-X8, 50 mailles, les ions $CH_3CO_2^-$, 3×5.5 cm, et par filtration sur colonne de Sephadex G-15, 2.5×47 cm. Les radioactivités des éluants ont été mesurées.

(*3*) *Présences du ^{106}Ru dans la fraction de protéine sarcoplasmique du muscle*

Cette fraction, séparée au cours de l'expérience précédente (**3**-(*1*)), est celle du précipité additionné d'acide trichlorique donnant lieu à une protéine dénaturée. Cet échantillon a ainsi été préparé comme les suivants. Le muscle (environ 3 g) a d'abord été homogénéifié avec une solution tampon, 0.05 M-acide de phosphate, pH 7.0. L'extrait a été prélevé dans un tube, dialysé contre la solution tampon, et concentré au moyen de glycol-polyéthylène.

Cet échantillon a ensuite été séparé par filtration sur colonne de Sephadex G-75, 1.9×35 cm, par passage de la solution tampon; la radioactivité et la densité optique des filtrats ont été mesurées. L'échantillon témoin (ici, le muscle contenant le ^{106}Ru sous forme inorganique) a été examiné selon le même procédé, les poids moléculaires des protéines, trypsine (24,000) et cytochrome C (12,000), ayant aussi fait l'objet de mesures.

(*4*) *Présence du ^{106}Ru dans la fraction protéique myofibrillaire du muscle*

Cette fraction obtenue précédemment (**3**-(*1*)) a été concentrée selon la même méthode appliquée à la fraction protéique sarcoplasmique, séparée par filtration sur colonne de Sephadex G-75 par passage d'une solution 0.5 M-KCl dans la solution tampon de 0.05 M-acide de phosphate (pH 7.0). La radioactivité et la densité optique des filtrats ont été mesurées.

(*5*) *Présence du ^{106}Ru accumulé dans le muscle au moyen de la méthode de* COHN *et al.* (*1950*)

Le muscle (environ 15 g) a été homogénéifié avec la solution "ACD" (COHN *et al.* 1950) (transfert du ^{106}Ru: 62 %. 6 % dans le cas de l'échantillon témoin). L'extrait de cette solution a été séparé en un certain nombre de fractions, principalement à l'aide de l'éthanol, et sa radioactivité mesurée.

(*6*) *Mesures de la radioactivité*

——Sauf CCMS: La radioactivité a été évaluée par comptage en spectrométrie gamma 0.4 à 0.7 MeV du ^{106}Ru-^{106}Rh, de 1 à 10 minutes, appareil équipé d'un détecteur à cristal-puits ("Universal gamma counter", Aloka SA, Japon et "Aoto gamma counter", Packard SA, Les États-Unis).

——CCMS: La radioactivité des chromatogrammes obtenus a été évaluée par comptage de beta-rayonnement en utilisant Q-gaz à l'aide de TLC-2B, Aloka SA.

(*7*) L'analyse des éléments d'Hydrogène de charbon et d'azote a été faite par l'analyseur Yanagimoto SA, MT-2, et celle de spectrométrie de masse et d'absorption de rayons infra-rouge a été réalisée par les analyseurs JMS-300 (Nippon Denshi SA, Japon) et Hitachi 215 (Hitachi SA, Japon), respectivement.

4. Résultats et discussions

(*1*) *^{106}Ru dans des fractions protéiques séparées par la méthode modifiée de* HASHIMOTO *et al.* (*1979*)

On trouvera dans le tableau 1 les résultats de la distribution du ^{106}Ru dans les différentes fractions, exprimée en pourcentages. Le pourcentage est différent entre les tissus où il y a eu accumulation du polluant et ceux où il y a eu simple mélange sous forme inorganique (témoin), notamment en ce qui concerne les fractions de protéine sarcoplasmique pour le

Tableau 1. Distribution du ^{106}Ru (%) dans des fractions séparées du muscle et du foie de la crevette, *Penaeus japonicus* ayant accumulé le radioélément, par la méthode modifiée de HASHIMOTO *et al.* (1979).

Fraction	Muscle						Foie					
	Accumulé ^{106}Ru			Témoin (mélangé ^{106}Ru sous forme inorganique)			Accumulé ^{106}Ru			Témoin (mélangé ^{106}Ru sous forme inorganique)		
	Moyenne	±	DS*	Moyenne	±	DS	Moyenne	±	DS	Moyenne	±	DS
Lipide	3	±	1	0			18	±	4	1	±	1
Composés nitriques non-protéiques	34	±	5	7	±	1	62	±	4	8	±	1
Proteine												
sarcoplasmique	11	±	1	1	±	1	15	±	2	6	±	2
myofibrillaire	6	±	1	37	±	3	5	±	1	31	±	4
soluble à l'alcali	29	±	4	21	±	3	6	±	2	38	±	5
Stroma	16	±	2	37	±	3	2	±	1	18	±	2
Total	99	±	4	104	±	4	105	±	3	102	±	1

* Déviation standard.

muscle et de CNNP pour le foie. Cependant, les fractions de CNNP du muscle (environ 34%) et du foie (62%) ayant accumulé ce radioélément, présentent toujours la valeur la plus importante.

(2) ^{106}*Ru dans la fraction de CNNP*

Afin de définir précisément la présence de ^{106}Ru dans la fraction de CNNP qui présente les valeurs les plus élevées, les échantillons d'extraits du muscle et du foie réalisés avec l'éthanol à 80% ont été analysés par la méthode de CCMS.

Les résultats des chromatogrammes sont représentés dans la figure 1. On trouvera également une différence notable entre les échantillons des tissus où il y a eu accumulation et ceux où il y a eu mélange du contaminant (témoin), à savoir, 7 à 8 pics de radioactivité pour les premiers et un seul pic aux points originaires pour les seconds. Il se confirme donc que le polluant accumulé dans ces tissus est au moins présent dans 6 à 7 constituants biochimiques.

(3) ^{106}*Ru dans les fractions de protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires du muscle*

Afin de préciser la présence du ^{106}Ru dans des fractions de protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires du muscle, celles-ci ont été filtrées sur colonne de Sephadex G-75 et les radio-

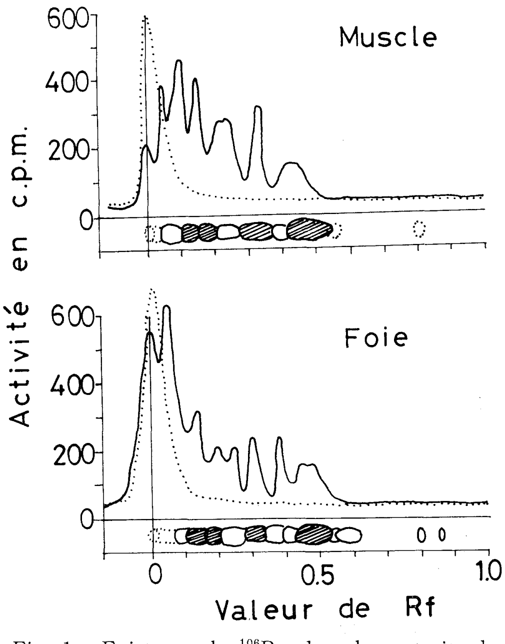


Fig. 1. Existence du ^{106}Ru dans les extraits du muscle et du foie où il y a eu accumulation (——) et mélange (témoin, ······) du polluant. Ces extraits ont été obtenus dans l'éthanol à 80% et ont été analysés par chromatographie en couche mince de silicagel. Les taches représentées en blanc et en hachuré indiquent une réaction positive à la solution de ninhydrine.

activité de leur filtrat mesurées.

Les résultats des chromatogrammes obtenus ont été rassemblés dans la figure 2. Il y a aussi une différence sensible entre les échantillons experimentaux (accumulation du polluant) et témoins (mélange du polluant), ainsi qu'entre ceux des protéines analysées avec 4 pics de radioactivités qui exprimé en poids moléculaire se trouvent supérieurs à 10,000 pour la fraction de protéine sarcoplasmique et inférieurs à 10,000 pour celle de protéine myofibrillaire.

(*4*) *^{106}Ru dans fractions du muscle séparé par la méthode de* COHN *et al.*

Les études exposées dans les précédents paragraphes ont été consacrées principalement aux différentes distributions du ^{106}Ru selon qu'il y a eu accumulation ou mélange du radioélément (témoin). Afin d'aller plus avant, la solution "ACD" du muscle dans lequel il y a eu accumulation du ^{106}Ru a été séparée en fractions par la méthode de COHN *et al.* La distribution du contaminant dans ces fractions a été mesurée et exprimée en pourcentages.

D'après les résultats de ces expériences, le ^{106}Ru a été principalement observé dans la fraction IV-1 (37 %) de COHN *et al.* (le précipité bleu correspondant à l'alpha-1-lipo-protéine dans le cas d'échantillons de plasma humain), dans des fractions dialysables rassemblées (37 %) et dans la fraction VII (13 %) (polysaccharide). Les pourcentages sont de 23, 23 et 8 % de la radioactivité totale dans ces tissus, respectivement.

En ce qui concerne l'échantillon du précipité de la fraction IV-1, il a été en outre ajouté une solution mixte de chloroforme-méthanol (2:1), suivi d'un brassage et d'une centrifugation. Selon les résultats le ^{106}Ru n'a pas été décelé dans l'extrait, mais la couleur de ce précipité s'est changé en blanc. On peut ainsi supposer que le radioélément s'associe à la partie protéique.

Si l'on considère la haute distribution comparative de radioactivité représentée pour la fraction VII, il semble que le ^{106}Ru s'associe facilement aux polyssacharides contenus dans le muscle, comme dans le cas de la contamination des algues (JONES, 1960).

(*5*) *^{106}Ru dans l'extrait du foie par l'éthanol à 80 %*

Les expériences ont portées sur la présence du ^{106}Ru dans la fraction de CNNP du foie pour lesquels une radioactivité importante a été décelée. L'extrait du foie par l'éthanol à 80 % a été analysé par chromatographie sur colonne de résine cationique.

Les résultats des chromatogrammes ont été représentés sur la figure 3. Ceux-ci diffèrent selon qu'il s'agit des échantillons expérimentaux

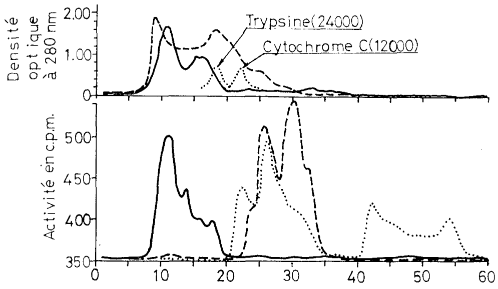


Fig. 2. Existence du ^{106}Ru dans les échantillons de protéines sarcoplasmiques (——) et myofibrillaires (- - -) du muscle où il y a eu accumulation du polluant et celui où il y a eu mélange du même polluant sous forme inorganique (······) (séparation par filtration de Sephadex G-75), et densités optiques des filtrats à 280 nm.

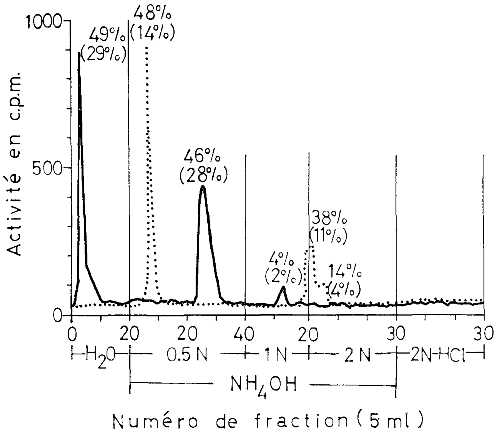


Fig. 3. Distribution du ^{106}Ru dans les extraits du foie où il y a eu accumulation (——) et mélange (témoin, ······) du polluant. Extraits traités à l'éthanol à 80 % et analysés par chromatographie sur colonne de résine cationique, Dowex 50W-X8(H^+), 100-200 mailles, 1.9× 35cm. Les valuers en pourcentage entre parenthèses se rapportent à la radioactivité totale dans le foie.

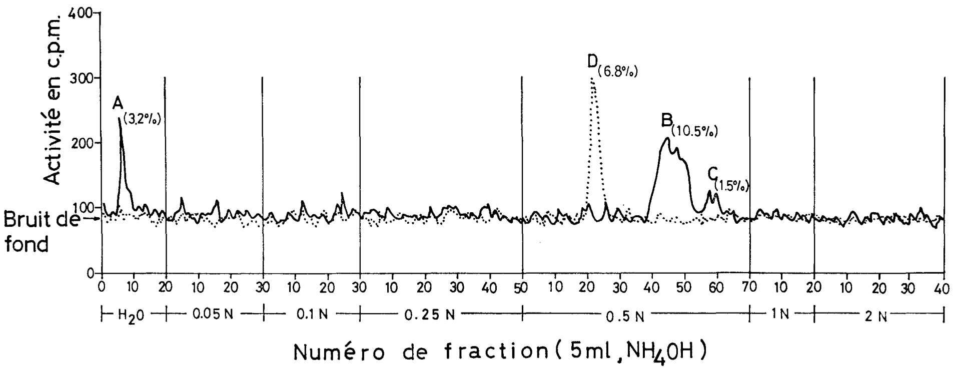


Fig. 4. Distribution du ^{106}Ru dans les échantillons des fractions I (——) et II (······) obtenues dans la figure 3 par chromatographie sur colonne de résine cationique, Dowex 50W-X8 (H^+), 100-200 mailles, 1.9×35 cm. Les valeurs en pourcentage entre parenthèses se rapportent à la radioactivité totale dans le foie.

ou témoins. De plus, le radioélément est à 50 % sous forme anionique-neutre et à 50 % sous forme cationique (solutions développées: eau distillée et 0.5 N-hydroxyde d'ammonium, respectivement).

Sous ces deux formes, la solution du forme anionique-neutre a été concentrée (moins 60°C) et développée sur colonne de résine anionique. Le chromatogramme a été mesuré et comparé à celui du témoin. Les résultats nous montrent que les chromatogrammes sont conformes l'un à l'autre. On peut ainsi supposer que le ^{106}Ru existe à l'état inorganique dans le foie.

D'autre part, la solution de forme cationique a été concentrée, développée sur colonne de Sephadex G-15 par passage de l'eau distillée et par chromatogramme mesuré. Les résultats nous montrent des pics binaires de radioactivité pour les filtrats de 60 à 82 ml (I) et de 84 à 110 ml (II). Les filtrats correspondant à ces pics ont été ensuite concentrés et développés par chromatographie sur colonne de résine cationique. On trouvera dans la figure 4 les résultats des chromatogrammes. Trois pics radioactifs (A, B et C) ont été obtenus à partir de la fraction I et un pic (D) à partir de la fraction II.

Par la suite, le filtrat du pic D a été concentré, extrait par une solution d'éthanol à 90-95 %, et la partie de la solution alcoolique séchée. Par cette opération nous avons obtenu un précipité coloré en blanc jaunâtre d'environ 110 mg, avec une radioactivité de 1.1 % de celle du foie

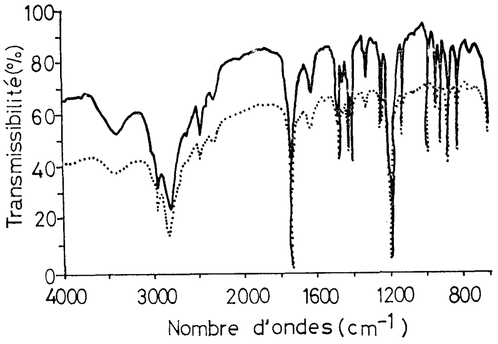


Fig. 5. Analyse spectrométrique à infra-rouge de la matière isolée (——) et de la bétaïne authéntique (······) sous forme d'acide chlorhydrique, comprimés avec le bromure de potassium.

total (la concentration: 11 cpm par mg). Après purification d'environ 60 mg de ce précipité par solution d'éthanol anhydre, environ 35 mg de précipité à l'état cristal blanc a pu étre obtenu. L'analyse du dernier précipité a donné les résultats suivants.

Concentration de la radioactivité: 13 cpm par mg; poids physique du ^{106}Ru: théoritiquement 10^{-12} par rapport à celui du précipité total; point de fusion: 241 à 243°C (décomposition). Selon le développement de CCMS un seul pic radioactif a été observé, ainsi qu'un seul point coloré en rose par réaction de ninhydrine sur la même position Rf 0.4. Les pourcentages en éléments de charbon, hydrogène et nitrogène

sont de 47.78, 9.82 et 11.22%, respectivement, correspondant aux 51.28, 9.40 et 11.96% obtenus par calcul théorique pour la formule chimique de $C_5H_{11}O_2N$. Selon l'analyse de spectrométrie de masse (m/e: 117^+), la formule moléculaire se révèle être $C_5H_{11}O_2N$. Les résultats de ces analyses suggèrent qu'il s'agit de bétaïne. Par la suite, un échantillon standard de bétaïne a été analysé par spectrométrie à infra-rouge; les deux spectrogrammes ainsi mesurés (figure 5).

On peut considérer que le ^{106}Ru accumulé dans le foie coexiste avec la bétaïne, bien que la radioactivité de cette dernière ne soit que de 1% environ de celle du foie total.

D'après ces résultats, le ^{106}Ru à l'état biochimique accumulé dans les tissus y est quantitativement et qualitativement différent du même radioélément simplement mélangé sous forme inorganique à ces tissus.

Il se confirme que cette différence est liée à la cause de l'accumulation et de l'élimination du ^{106}Ru observé entre des souris ayant ingéré le muscle et le foie de crevettes contaminées par accumulation et des souris ayant ingéré les même aliments simplement mélangés au radioélément sous forme inorganique (IZUMO *et al.*, 1982).

Remerciements

Le présent travail est une partie de la thèses de doctorat en agronomie de Monsieur Yoshiro IZUMO, un des auteurs, à l'Université de Tohoku, Séndai, Japon. Cette personne remercie sincèrement Monsieur le Professeur Mitsuo HATA et Monsieur le Professeur Tadashi NOMURA de la faculté des agricultures, et Monsieur le Professeur Kénji YOSHIHARA, de la faculté des sciences, qui lui ont fait le grand honneur de bien vouloir prendre la responsabilité de diriger cette thèse. Nous tenons à exprimer tous nos remerciements à Monsieur Kimio HIGASHIYAMA, du Collège de pharmacie de HOSHI, Tokyo, qui a largement contribué aux analyses de spectrométries de masse et d'infrarouge, et à Monsieur Yves HENOCQUE, pensionnaire à la Maison Franco-Japonaise (Tokyo), qui a eu la bonté de bien vouloir revoir ce manuscrit.

Bibliographie

ANCELLIN, J., P. GUEGUENIAT et P. GERMAIN (1979): Radioécologie marine, Eyrolles, Paris.

BRENNER, M. et A. NIEDERWISSER (1960): Dünnschicht Chromatographie von Aminosäuren. Experientia, **16**, 378-383.

COHN, E.J., F.R.N. GURD, D.M. SURGENOR, B.A. BARNES, R.K. BROWN, G. DEROUAUX, J.M. GILLESPIE, F.W. LEVER, C.H. LIU, D. MITTELMAN, R.F. MOUTON, K. SCHMID et E. UROMA (1950): A system for the separation of the components of human blood: Quantitative procedures of the separation of the protein components of human plasma. J. Am. Chem. Soc., **72**, 465-474.

HASHIMOTO, K., S. WATABE, M. KONO et K. SHIRO (1979): Muscle protein composition of sardine and mackerel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **45**, 1435-1441.

IZUMO, Y. et A. TAKASÉ (1982): Accumulation and excretion of metabolized ^{106}Ru in prawn meat ingested by mice. Bull. Inst. Public. Health, **31**, 100-110.

JONES, R.F. (1960): The accumulation of nitrosyl ruthenium by fine particles and marine organisms. Limnol. Oceanogr., **5**, 312-325.

SATO, M., M. SATO et Y. TSUCHIYA (1977): Studies on the extractives of molluscs-I. α-Iminodipropionic acid isolated from the squid muscle extracts-(1). Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **43**, 1077-1079.

クルマエビの肉(筋肉と中腸腺)にとりこまれた^{106}Ruの存在状態

出雲義朗，高瀬　明

要旨: ^{106}Ruは，使用済核燃料再処理施設から海洋中へ放出される主要な放射性核種である。前報で，クルマエビの肉(筋肉と中腸腺の混合物)にとりこまれた^{106}Ruのマウスにおける濃縮と排せつが，無機化学形態の^{106}Ruを非放射性のクルマエビ肉に混入して(対照飼料)投与した場合との間に著差を示した。そこで，その差の原因を解明するため，両エビ肉間における^{106}Ruの存在状態や分布の差異を比較した。

^{106}Ru をとりこんだ筋肉と中腸腺の脂質等，非蛋白態窒素化合物，筋しよう・筋原繊維・アルカリ可溶性の各蛋白および基質における^{106}Ruの分布率は，それぞれ対照試料の^{106}Ruの場合と異なった。また，筋肉および中腸腺の各80%エタノール抽出液の薄層クロマトグラフィーにより，それぞれ7～8つの放射能ピークが検出されたが，対照試料の^{106}Ruはいずれも原点にとどまった。これらの違いが，前報で観察された両エビ肉飼料間のマウスにおける濃縮と排せつが異なった原因になっている，といえよう。

La mer 21: 198-206, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

The Vertical Profiles of Carbon, Nitrogen, Phosphorus and Biogenic Silica in Sediment from the Bering Sea*

Akiyoshi KAMATANI**

Abstract: A biogenic silica rich core sample from the central Bering Sea was analyzed for total nitrogen and phosphorus, organic carbon and biogenic silica contents, and the results were subjected to evaluate the decomposition rates of these bioelements during diagenesis. Organic carbon, biogenic silica and total nitrogen contents decreased with depth. The content of total phosphorus was roughly constant throughout the core sediment, which suggests that phosphorus released to the overlying waters by way of the interstitial waters was sufficiently small to be considered negligible. The dissolution rate constants of biogenic silica were in the range of $1.2\text{-}2.8\times10^{-4}\,yr^{-1}$. The mineralization rate constants of organic carbon, calculated on biogenic silica-free basis, were $0.43\text{-}1.0\times10^{-4}\,yr^{-1}$, which were in fairly good agreement with the rate constants reported by HEATH *et al.* (1977), but about two orders of magnitude larger than those obtained by MÜLLER and MANGINI (1980) and WAPLES and SLOAN (1980). This was mostly ascribed to the high efficiency of the poor adsorption capacity of biogenic silica rich content of the Bering Sea sediment. There was a large inconsistency between the flux of organic carbon and biogenic silica to the bottom; based on the primary production in the euphotic zone, organic carbon flux was only 2%, whereas biogenic silica was 32-40%.

1. Introduction

The vertical profiles of organic matter and biogenic silica in sediment shed some light on studying the cycle of bioelements as well as on estimation of the paleoproductivity of the ocean. In this case, the decomposition of these elements should be taken into consideration. The overall rate of decomposition is in general described by a simple first order reaction. The rate constants of organic carbon in oxic sediments have been reported to range from $2-20\times10^{-5}\,yr^{-1}$ (HEATH *et al.*, 1977) to $1.72-21\times10^{-6}\,yr^{-1}$ (MÜLLER and MANGINI, 1980). These figures are about three orders of magnitude smaller than those obtained in anoxic sediments by TOTH and LERMAN (1977) and BERNER (1978). However, because kinetic studies are very few, it is difficult to make definitive comparisons.

Less is known about the kinetics of biogenic silica dissolution in sediments, and its quantitative importance is yet to be evaluated. Compared with organic matter, biogenic silica has a different pathway; organic matter decomposition is mostly influenced by biological activity whereas silica is solely a physico-chemical process. The ocean is essentially undersaturated with respect to biogenic silica (e.g. HURD, 1972; KAMATANI and RILEY, 1979). However, the debris of silica skeletons are familiar in the ocean floor, particularly abundant in the area where diatoms play an important part of primary producers. The uptake of dissolved silica by diatoms and other siliceous organisms and their postmorten dissolution play an important role in controlling the silica budget of the ocean and the abundance of siliceous ooze in bottom sediments. Accordingly, the dissolution mechanism of biogenic silica has been of interest to marine scientists.

The Bering Sea is characterized by high productivity with diatom growth (MOTODA and MINODA, 1974). As a result the fragments of diatom silica frustules have a tendency to be preserved in the sediments. Therefore, the sediments of the sea are regarded as an ex-

* Received April 15, 1983
** Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

cellent opportunity for studying the behavior of biogenic silica and organic matter. The 10 m core on which this work is based was recovered from the central part of the Bering Sea. The core at 10 m has been dated by the radiocarbon dating method at 20000 years B. P., and the sedimentation rate has been estimated to range from 37 to 90 cm/1000 yr (TANOUE and HANDA, 1980).

In this paper, I have carried out a chemical analysis of bioelements in the core, and estimated the decomposition rate constants for these elements by using simple first order kinetics.

2. Sampling and Methodology

A core sediment sample was collected from the Bering Sea from a depth of 3650 m (57° 02.9′ N, 176°57.4′ W) during the cruise of the Hakuho-Maru of the Ocean Research Institute, University of Tokyo, and the lithological properties were described in the cruise report (HATTORI, 1977). The core sample was cut into 5 cm intervals on board ship and kept in refrigerator until analyzed. Prior to chemical analysis, the samples were dried at room temperature, and homogenized for each depth interval to minimize the effect of sample inhomogeneity.

Organic carbon and total nitrogen were determined by a dry combustion method using a CHN analyzer (Model MST-2, Yanagimoto Co.) after pretreatment of the sample with a small excess of HCl to decompose carbonates.

Total silica in the sediments was determined by a simple gravimetric method based on the loss in weight that occurs when the sediments were treated with HF and H_2SO_4 (EASTON, 1972).

Biogenic silica in sediments was extracted by using 5% Na_2CO_3 solution (KAMATANI, 1980). Briefly, less than 50 mg of sediment was weighed into a 50 m*l* polycarbonate centrifuge tube, 40 m*l* of the alkaline solution was added and the mixture was digested at 100°C for 100 min in a water bath. The tube was then removed from the water bath, swirled gently by hand and allowed to cool to room temperature by placing in a stream of tap water. After centrifugation (ca. 3000 rpm, 10 min), an aliquot of the supernatant was used for the determination of reactive silica. A blank determination was carried out in parallel. Preliminary tests estimated that the diatomaceous earth dissolved completely and replicate samples (n = 10) give a precision of ±2.5% (2SD). Thus, the hydrolysis method is considered to be specific for biogenic silica. However, using a mixture of biogenic silica and clay minerals, the added amount of silica released from the clay minerals led to an overestimation of biogenic silica. The contribution of silica released from clay minerals was estimated from the aluminum in the leachate by using a converting factor of 2.5. The method estimating biogenic silica at adequate accuracy is accordingly given by

$$SiO_2\,(\text{biogenic}) = SiO_2\,(\text{extracted}) - 2.5Al_2O_3,$$

where 2.5 Al_2O_3 is the non-biogenic silica estimated from the extracted amount of Al_2O_3. A similar method was proposed by EGGIMAN *et al.* (1980).

Aluminum in the extracts was measured by graphite furnace atomic absorption spectrometer (Perkin-Elmer Model 503).

Total phosphorus in the sediments was determined by using the residue left after the treatment with HF and H_2SO_4 of sediment: the residue was digested with 20 m*l* of 2 N HCl in a steam bath for about 60 minutes, after cooling the resulting solution was neutralized with 0.5 N NaOH solution using γ-dinitrophenol indicator to adjust pH to 2.5–3.1, and then made up to 100 m*l* with distilled water. An aliquot of the solution (2–5 m*l*) was passed through a cation exchange resin column (Amberlite IR-120), which removes interfering cation while allowing the phosphate ion to percolate through the column. The eluate was neutralized with 0.5 N NaOH solution prior to the phosphate determination.

For the determinations of extractable phosphate and iron, the sediments were subjected to the following scheme: approximately 0.5 g of the air-dried sediments were leached with 50 m*l* of 1 N HCl for 16 hours by shaking at room temperature. After centrifugation, the clear supernatant was analyzed for dissolved phosphate by the phosphomolybdate antimonyl blue method of MURPHY and RILEY (1962).

Iron was determined by the colorimetric method using *o*-phenanthroline and sodium acetate solution to buffer to pH 4.6 (SANDELL, 1959).

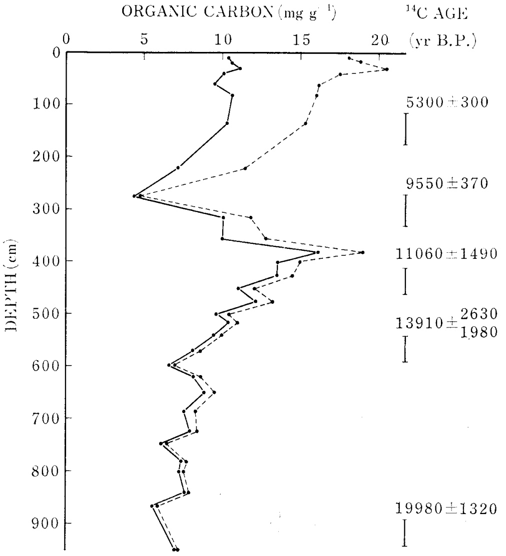


Fig. 1. Organic carbon profiles as a function of core depth. Dashed line shows organic carbon on a biogenic silica-free basis. ^{14}C data affixed in this figure are from TANOUE and HANDA (1980).

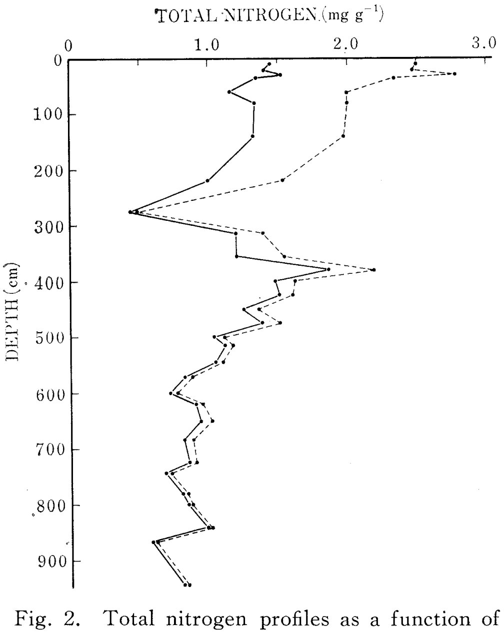


Fig. 2. Total nitrogen profiles as a function of core depth. Dashed line shows total nitrogen on a biogenic silica-free basis.

3. Results

The analytical results are summarized in Table 1, and graphically presented in Figs. 1, 2, 3 and 4 as a function of depth. The vertical

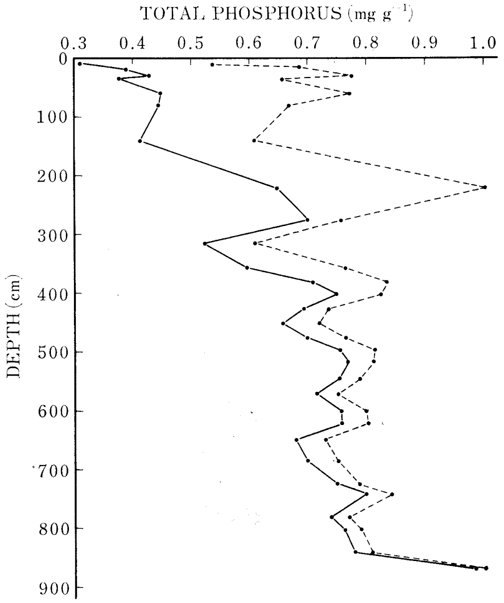


Fig. 3. Total phosphorus profiles as a function of core depth. Dashed line shows total phosphorus on a biogenic silica-free basis.

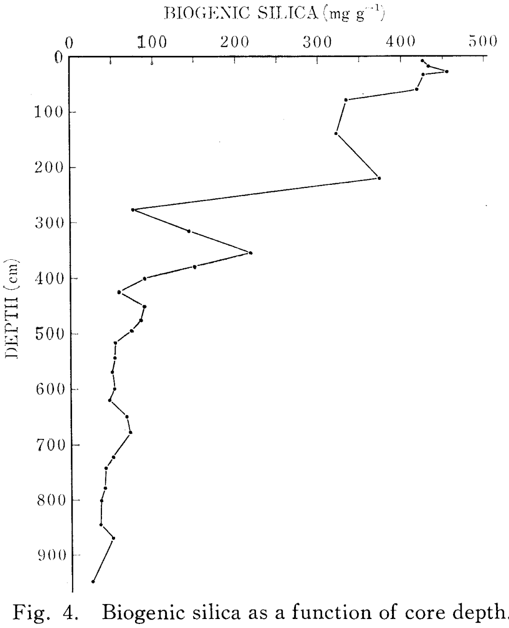


Fig. 4. Biogenic silica as a function of core depth.

Table 1. Biogenic sediment composition and related elements.

Sediment depth (cm)	Total SiO$_2$ (wt %)	Total P	Total N	Total Org. C	Extracted with 5% Na$_2$CO$_3$ SiO$_2$	Extracted with 5% Na$_2$CO$_3$ Al$_2$O$_3$	Extracted with 5% Na$_2$CO$_3$ SiO$_2$*	Extracted with 1 N HCl P	Extracted with 1 N HCl Fe
		(mg/g)							
5- 10	66.55	0.306	1.44	10.4	428	0.34	427	0.202	4.84
15- 20	65.59	0.389	1.40	10.6	435	0.89	434	0.188	3.72
25- 30	65.56	0.423	1.52	11.2	458	0.76	456	——	——
30- 35	67.60	0.376	1.34	10.0	430	0.75	428	0.210	3.62
55- 60	68.20	0.449	1.16	9.40	421	0.69	419	0.281	4.39
75- 80	69.27	0.445	1.34	10.7	335	0.53	334	0.253	4.38
135-140	67.94	0.414	1.32	10.3	321	0.67	320	0.228	3.48
216-221	69.89	0.643	0.97	7.20	376	0.64	374	0.433	5.10
271-276	66.35	0.701	0.44	4.38	144	0.60	142	0.462	4.61
310-316	63.66	0.524	1.19	10.2	87.5	1.14	75.7	0.335	6.79
351-356	58.19	0.597	1.20	10.0	220	0.75	218	0.341	7.30
376-381	57.11	0.710	1.86	16.2	156	2.69	149	0.390	8.36
396-401	61.19	0.750	1.47	13.6	99.6	3.16	91.7	0.473	9.22
421-426	59.64	0.694	1.50	13.5	61.4	3.72	57.6	0.439	9.43
446-451	57.51	0.657	1.24	11.1	94.6	2.79	87.9	0.437	8.03
471-476	61.67	0.699	1.38	12.2	93.5	3.18	85.6	0.448	10.9
491-496	62.43	0.756	1.03	9.61	84.0	3.89	74.3	0.532	11.3
511-516	62.56	0.769	1.11	10.4	62.4	3.78	53.0	0.492	11.7
539-544	61.99	0.755	1.04	9.48	62.0	3.29	53.8	0.524	13.0
564-569	61.89	0.715	0.83	8.22	58.4	3.34	50.1	0.503	11.7
594-599	64.83	0.757	0.71	6.60	61.3	3.78	51.9	0.505	11.4
614-619	63.40	0.758	0.90	8.22	57.6	4.28	46.9	0.499	11.9
644-649	63.47	0.682	0.94	8.88	78.4	4.18	68.0	0.456	14.2
697-684	60.71	0.699	0.81	7.74	79.3	3.09	71.6	0.546	13.1
719-724	61.63	0.749	0.85	8.00	60.4	4.07	50.2	0.523	12.9
739-744	61.43	0.800	0.69	6.15	51.7	4.29	41.0	0.524	11.9
774-779	62.35	0.742	0.80	7.47	46.2	2.84	39.1	0.538	14.6
799-804	63.80	0.763	0.84	7.26	45.9	3.52	37.1	0.519	13.7
839-844	62.56	0.781	0.98	7.68	47.0	4.74	35.2	0.486	12.3
864-869	46.46	0.986	0.58	5.59	62.6	4.84	50.0	0.709	9.32
947-952	64.85	——	0.81	6.98	36.5	4.41	25.5	0.306	11.8

* Biogenic silica and the calculation method is given in the text.

profiles of organic carbon and total nitrogen show the same general trend; the concentration maxima observed around 380 cm, attaining values up to 1.6 and 0.19% as dry weight, respectively, while the minimum values of both elements at about 275 cm depth correspond to a typical one of 31 volcanic ash layers identified by TANOUE and HANDA (1980). Below 380 cm, both elements diminish gradually with depth. The layer exhibiting the highest concentration of both elements corresponds fairly well to the period of their highest accumulation rate.

However, the biogenic silica content does not show such a peak and decreases monotonically from the top to the bottom (Fig. 4). By microscopical examination it was established that the siliceous deposits were primarily diatoms with only minor amounts of the other siliceous microfossiles, in which genus *Coscinodiscus* was most abundant.

In contrast to vertical profiles of carbon, nitrogen and biogenic silica, the total phosphorus content increases gradually with depth in the core, as an unexpected result (Fig. 3). Fig. 5 shows that the total phosphorus content has a good positive correlation with non-biogenic silica

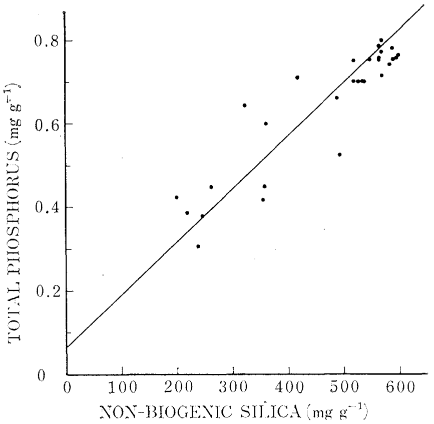


Fig. 5. Relationships between total phosphorus and non-biogenic silica. Approximate relationship is $P=0.07+1.26\times10^{-3}\,SiO_2$.

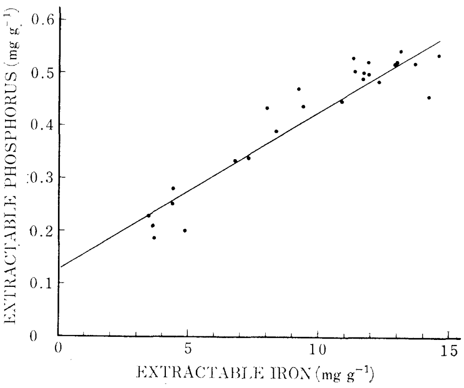


Fig. 6. Correlation between acid-extractable phosphorus and iron. The data follow the equation: $P=0.126+3.01\times10^{-2}\,Fe$ ($r=0.910$).

(the difference between total SiO_2 and biogenic SiO_2), i. e. an inverse correlation between total phosphorus and biogenic silica, which means that biogenic silica has a small adsorptive capacity for phosphate. This is supported by experiments which show that phosphate was not adsorbed on silica gel surface (STUMM and LECKIE, 1970; EDZWALD *et al.*, 1976). In addition to this, the contents of phosphorus and iron which were extracted by the acid solution (Table 1) suggest that about 64 (±6) % of the total phosphorus is mainly held in the sediment as loosely chemisorbed layer on metal hydroxide; plotting of the data shows a good positive correlation between phosphorus and iron as can be seen in Fig. 6. A similar linear relationship has been observed in the sediments from the vicinity of the East Pacific Rise (BERNER, 1973; FROELICH *et al.*, 1977) and form the North Atlantic Ocean (MORSE and COOK, 1978).

The ratios of organic carbon to total nitrogen based on the data ranged from 7. 2 to 10. 0 and the mean value was 8. 7±0. 8 throughout the column, which is slightly higher than the average ratio given by REDFIELD *et al.* (1963) for living plankton, but is quite similar to those reported for other marine sediments in the range of 7. 0 to 9. 4, averaging about 8. 6 (EMERY and RITTENBERG, 1952; BORDOVSKIY, 1956). Observing in more detail, it is interesting to note that a boundary of the C/N ratios is located at the depth of 221 cm: for the upper layer where biogenic silica being rich, the ratio is 7. 6±0. 3 while for the lower layer being poor in biogenic silica the ratio is 9. 1±0. 3.

The ratio of biogenic silica to organic carbon (SiO_2/C) are about 40 for the top layer, decreasing to less than 9 at the bottom of the core (Table 1). A comparison with the SiO_2/C ratios of suspended matter in surface waters will be discussed in detail in the following section. The ratios in the sediment are about 15 times high at the top layer and 3. 5 times high even at the bottom.

4. Discussion

The relationship between the net primary production in the euphotic zone and the amount of biogenic elements arriving at the bottom is interesting for study. According to the data published by several authors (TANIGUCHI, 1972; MCROY and GOERING, 1974; SAINO *et al.*, 1979), primary production in the Bering Sea varies between 200 and 250 $gC\,m^{-2}\,yr^{-1}$. The prime primary-producer of the Bering Sea has been ascribed to diatoms (MOTODA and MINODA, 1974), although some observation indicates that dinoflagellates may at time be significantly important (TANIGUCHI, 1969; SAINO *et al.*, 1979). The contribution of such dinoflagellates to the primary production in the sea is not yet evaluated with high accuracy. Thus, it should be a reasonable estimate that most of the organic

carbon produced in this region is ascribed to diatom population.

Although the silica content in diatom cells varies considerably not only from one species to another but also within a given species by the local environmental factors (PAASCHE, 1980), the quantity of silica fixed by diatoms has been estimated by several workers on the basis of photosynthesized carbon (LISITZIN, 1971; BERGER, 1976). Some workers (HARRISON *et al.*, 1977; DURBIN, 1977; PAASCHE, 1980) found the SiO_2/C ratio of living diatoms to be in the range from 0.21 to 0.86, while LISITZIN (1969) gave an average of SiO_2/C in the suspended matter from the Bering Sea as 2.5 by weight. The high value of this ratio may be caused partly by the reason that *Coscinodiscus*, which was found to dominate in the Bering Sea sediments, is a strongly silicified diatom. In addition to this, the amount of non-biogenic silica compounds such as aluminosilicates in the suspension will probably have a large effect on the SiO_2/C ratio. Taking into account of these considerations, a SiO_2/C ratio of 2.0 appears to be more reasonable for the present calculations. Using this ratio, the quantity of biogenic silica fixed annually by phytoplankton in the Bering Sea ranges from 400 to 500 $g\,SiO_2\,m^{-2}\,yr^{-1}$.

The amount of organic carbon arriving annually at the bottom per unit area was estimated to be 4.0 $gC\,m^{-2}\,yr^{-1}$, where the following parameters were used: sedimentation rate = 50 cm/1000 yr, the porosity = 0.80, and the density of sediment = 2.4. The arriving amount is equivalent to only ca. 2% of the organic carbon produced in the surface waters. This value is in reasonable agreement with many earlier estimates that the arrival of organic carbon at depth beyond 3000 m is about 1% of the net primary production in the surface water (i.e. MENZEL, 1974; DEUSER and ROSS, 1980; ISEKI, 1981).

The mean annual sedimentation rate of biogenic silica can be estimated in a similar manner as for organic carbon. The result was about 162 $g\,SiO_2\,m^{-2}\,yr^{-1}$, corresponding to 32–40% of biogenic silica produced in the euphotic zone. The high amount of silica supplied to the sediment is in contrast with other authors' conclusion, viz. 90 to 99% of the biogenic silica produced in the surface waters dissolve before reaching the sediment and as little as 1.0% was actually preserved in the sedimentary record (BOGOYAVLENSKIY, 1967; LISITZIN *et al.*, 1967; HURD, 1973; HARPER and KNOLL, 1975; NELSON and GOERING, 1977; NELSON and GORDON, 1982). From these results, the Bering Sea sediments do not seem to fit the general pattern documented by other authors. This inconsistency may be explained to some degree by the cold surface waters of the sea, because the dissolution of silica skeletons sharply depends on temperature (HURD, 1972; KAMATANI, 1982).

The ratio of biogenic silica to organic carbon (SiO_2/C) calculated from the mean annual sedimentation rate is about 40, which is in fairly good agreement with the ratio obtained from the data of chemical analysis at the top layer (Table 1). The results show that there are large flux variations between organic carbon and biogenic silica.

It is usually understood that during diagenesis, biogenic silica (opal-A) dissolved, reprecipitated as opal-A′, is transformed to opal-CT by crystal growth in deep-sea sediments (CALVERT, 1971; HEATH and MOBERLY, 1971; WISE *et al.*, 1972; VON RAD *et al.*, 1977; REICH and VON RAD, 1979). HEIN *et al.* (1978) reported that over 500 m of burial is necessary for initiation of opal-CT from diatoms in the Bering Sea and over 600 m for it to form in abundance. Actually, the presence of opal-A′ and opal-CT could not be confirmed throughout the column used in this study by X-ray analysis. This finding is strongly indicative of a situation where the disappeared silica skeletons after burial are converted into dissolved silica at depth, then most of the silica migrates upward through the interstitial water, and finally diffused to the overlying bottom waters.

The decrease in biogenic silica with depth (Fig. 4) should not be disregarded in the kinetic approach, and hence the concentration of the other bioelements was recalculated on a biogenic silica-free basis. The results, together with the non-corrected ones, are illustrated in Figs. 1, 2, and 3. We should pay attention to the fact that the recalculated vertical profile of total

phosphorus is roughly constant througout the column (Fig. 3), suggesting that the flux of phosphorus from sediment to the overlying waters by way of the interstitial water is small to be considered negligible and that phosphorus is solely immobilized by adsorption on aluminosilicates and/or hydroxides of some metals. On the other hand, other bioelements exhibit a straight line in semi-logarithmic plots which can be described by simple first-order kinetics:

$$dC/dZ = -kC.$$

Integration gives

$$kZ = -\ln(C_0 - C),$$

where k is the rate constant in cm^{-1}, C_0 is the concentration of organic carbon or other elements undergoing decomposition at the top of the column and C, the remaining concentration of organic carbon at any depth, Z, in cm. The dimension of the rate constant (cm^{-1}) can be reciprocally displayed as a function of time (yr^{-1}) if one knows the sedimentation rate (cm/yr). The sedimentation rate of the samples ranged from 37 to 90 cm/1000 yr (TANOUE and HANDA, 1980).

The decomposition rate constants of organic carbon were calculated by the above equation. It was in the range of $0.43\text{-}1.0 \times 10^{-4}\,yr^{-1}$, which is in fairly good agreement with the values ($0.2-2.2 \times 10^{-4}\,yr^{-1}$) calculated by HEATH *et al.* (1977) for the core samples from the North Pacific deep-sea. However, the rate constants obtained here are about two orders of magnitude higher than those values obtained by MÜLLER and MANGINI (1980) for the sediment from southeast of the Hawaiian Islands and by WAPLES and SLOAN (1980) for the long core samples recovered on Leg 58 of the Deep Sea Drilling Project.

The apparent dissolution rate constants of biogenic silica were calculated in a similar manner as for organic carbon. The results are in the range of $1.2-2.8 \times 10^{-4}\,yr^{-1}$ which correspond to half-lives of 5.8×10^3 and 2.5×10^3 yrs. These values are about three times higher than the rate constants of organic carbon; after burial, biogenic silica disappears more quickly than the organic matter. This fact must be characterized as the decrease of SiO_2/C ratios with depth, being from 40 for the top layer to less than 9 at the bottom of the core. The dissolution rate constants of biogenic silica calculated here are at least 3 orders of magnitude smaller than those for large diatoms such as *Coscinodiscus* obtained in the laboratory experiments (KAMATANI, 1982).

Acknowledgments

I am grateful to Professor A. HATTORI, Ocean Research Institute, University of Tokyo, for supplying the core sample. The manuscript has benefited greatly from the comments of Dr. Ken R. LUM.

References

BERGER, W. H. (1676): Biogenous deep sea sediments, production, preservation and interpretation. *In*: J.P. RILEY and R. CHESTER (Ed.), Chemical Oceanography (2nd ed.) Vol. 5. Academic Press, London. p. 265-288.

BERNER, R.A. (1973): Phosphate removal from sea water by adsorption on volcanogenic ferric oxides. Earth Planet. Sci. Lett., **18**: 77-86.

BERNER, R.A. (1978): Sulfate reduction and the rate of deposition of marine sediments. Earth Planet. Sci. Lett., **37**: 492-498.

BOGOYAVLENSKIY, A.N. (1967): Distribution and migration of dissolved silica in oceans. Int. Geol. Rev., **9**: 133-153.

BORDOVSKIY, O.K. (1965): Accumulation of organic matter in bottom sediments. Mar. Geol., **3**: 33-82.

CALVERT, S.E. (1971): Composition and origin of North Atlantic deep sea charts. Contr. Miner. Petrol., **33**: 273-288.

DEUSER, W. G. and E. H. ROSS (1980): Seasonal change in the flux of organic carbon to the deep Sargasso Sea. Nature, **283**: 364-365.

DURBIN, E.G. (1977): Studies on the autecology of the marine diatom *Thalassiosira nordenskioeldii*. 2. The influence of cell size on growth rate, and carbon, nitrogen, chlorophyll *a* and silica content. J. Phycol., **13**: 150-155.

EASTON, A.J. (1972): Chemical Analysis of Silicate Rocks. Elsevier Publ. Comp., Amsterdam p. 71-93.

EDZWALD, J.K., D.C. TOENSING and M. CHI-YEW LEUING (1976): Phosphate adsorption reaction with clayminerals. Environ. Sci. Technol., **10**:

485–490.
EGGIMAN, D.W., F.T. MANHEIM and P.R. BETZER (1980): Dissolution and analysis of amorphous silica in marine sediments. J. Sed. Pet., **50**: 215–225.

EMERY, K.O. and S.C. RITTENBERG (1952): Early diagenesis of California basin sediments in relation to origin of oil. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., **36**: 735–806.

FROELICH, P.N., M.L. BENDER and G.R. HEATH (1977): Phosphorus accumulation rates in metalliferous sediments on the East Pacific Rise. Earth Planet. Sci. Lett., **34**: 351–359.

HARPER, H. E. and A. H. KNOLL (1975): Silica, diatoms, and Cenozoic radiolarian evolution. Geology, **3**: 175–177.

HARRISON, P.J., H.L. CONWAY, R.W. HOLMES and C.O. DAVIS (1977): Marine diatoms in chemostats under silicate or ammonium limitations. 3. Cellular chemical composition and morphology of *Chaetoceros debris*, *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira gravida*. Mar. Biol., **43**: 19–31.

HATTORI, A. (1977): Preliminary Report of the Hakuho-Maru Cruise, KH-75-4, June 21–August 18, 1975. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo. 87 pp.

HEATH, G.R. and R. MOBERLY, Jr. (1971): Charts from the western Pacific, Leg 7, Deep Sea Drilling Project. *In*: E.L. WINTER *et al.* (Ed.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. Vol. 7. U.S. Government Printing Office, Washington. p. 991–1007.

HEATH, G.R., T.C. MOORE and J.P. DAUPHIN (1977): Organic carbon in deep-sea sediments. *In*: N.R. ANDERSON and A. MALAHOFF (Ed.), The Fate of Fossil Fuel CO_2 in the Oceans. Plenum, New York. p. 605–625.

HEIN, J. R., D. W. SCHOLL, J. A. BARROW, M. G. JONES and J. MILLER (1978): Diagenesis of late Cenozoic diatomaceous deposits and formation of the bottom simulating reflector in the southern Bering Sea. Sedimentology, **25**: 155–181.

HURD, D.C. (1972): Factors affecting solution rate of biogenic opal in seawater. Earth Planet. Sci. Lett., **15**: 411–417.

HURD, D.C. (1973): Interactions of biogenic opal, sediment and seawater in the central equatorial Pacific. Geochim. Cosmochim. Acta, **37**: 2257–2282.

ISEKI, K. (1981): Vertical transport of particulate organic matter in the deep Bering Sea and Gulf of Alaska. J. Oceanogr. Soc. Japan, **37**: 101–110.

KAMATANI, A. and J.P. RILEY (1979): Rate dissolution of diatom silica walls in seawater. Mar. Biol., **55**: 29–35.

KAMATANI, A. (1980): Determination of biogenic silica in marine sediment. La mer, **18**: 63–68.

KAMATANI, A. (1982): Dissolution rates of silica from diatoms decomposing at various temperatures. Mar. Biol., **68**: 91–96.

LISITZIN, A.P. (1969): Recent Sedimentation in the Bering Sea. IPST Press, Jerusalem. 614 pp.

LISITZIN, A.P., Yu. I. BELYAYEV, Yu. A. BOGDANOV and A.N. BOGOYAVENSKIY (1967): Distribution relationships and forms of silicon suspended in waters of the world ocean. Int. Geol. Rev., **9**: 604–623.

LISITZIN, A. P. (1971): Distribution of siliceous microfossils in suspension and in bottom sediments. *In*: B.M. FUNNELL and W.R. RIEDEL (Ed.), The Micropaleontology of Oceans. Cambridge Univ. Press, Cambridge. p. 173–195.

MCROY, C.P. and J.J. GOERING (1974): Primary production budget for the Bering Sea. *In*: D.W. HOOD and E.J. KELLEY (Ed.), Oceanography of the Bering Sea. Inst. Mar. Sci. Univ. Alaska, Anchorage. p. 97–107.

MENZEL, D.W. (1974): Primary productivity, dissolved and particulate organic matter. *In*: E.D. GOLDBERG (Ed.), The Sea, Vol. 5. John Willey & Sons, New York. p. 659–678.

MORSE, J.W. and N. COOK (1978): The distribution and form of phosphorus in North Atlantic Ocean deep-sea and continental slope sediments. Limnol. Oceanogr., **23**: 825–830.

MOTODA, S. and T. MINODA (1974): Plankton of the Bering Sea. *In*: D.W. HOOD and E.J. KELLY (Ed.), Oceanography of the Bering Sea. Inst. Mar. Sci. Univ. Alaska, Anchorage. p. 97–107.

MÜLLER, P. J. and A. MANGINI (1980): Organic carbon decomposition rates in sediments of the Pacific manganese nodule belt dated by ^{230}Th and ^{231}Pa. Earth Planet. Sci. Lett., **51**: 94–114.

MURPHY, J. and J. P. RILEY (1962): A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta., **27**: 31–36.

NELSON, D. M. and J. J. GEORING (1977): Near-surface silica dissolution in the upwelling region off northwest Africa. Deep-Sea Res., **24**: 65–74.

NELSON, D.M. and L.I. GORDON (1982): Production and pelagic dissolution of biogenic silica in the southern ocean. Geochim. Cosmochim. Acta, **46**: 491–501.

PAASCHE, E. (1980): Silicon content of five marine plankton diatom species measured with a rapid filter method. Limnol. Oceanogr., **25**: 474–480.

REDFIELD, A.C., B.H. KETCHUM and F.A. RICH-

ARDS (1963): The influence of organisms on the composition of sea water. *In*: M.N. HILL (Ed.), The Sea, Vol. 2. John Wiley, New York. p. 26-77.

REICH, V. and U. VON RAD (1979): Silica diagenesis in the Atlantic Ocean: Diagenetic potential and transformations. *In*: M. TALWANI *et al.* (Ed.), Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean, Continental Margins and Paleoenvironment, Vol. 3. Amer. Geophys. Union, Washington D.C. p. 315-340.

SAINO, T., K. MIYATA and A. HATTORI (1979): Primary productivity in the Bering and Chukchi Seas and in the northern North Pacific in 1978 summer. Bull. Plankton Soc. Japan, **26**: 96-103.

SANDELL, E.B. (1959): Colorimetric Determination of Traces of Metals (3rd ed.). Interscience Publ., New York. p. 522-553.

STUMM, W. and J.O. LECKIE (1970): Phosphate exchange with sediments; its role in the productivity of surface waters. *In*: S.H. JENKINS (Ed.), Adv. Water Poll. Res. Vol. 2, Pergamon Press, Oxford. 111-26/1-6.

TANIGUCHI, A. (1969): Regional variations of surface primary production in the Bering Sea in summer and the vertical stability of water affecting the production. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ., **20**: 169-179.

TANIGUCHI, A. (1972): Geographical variation of primary production in the western Pacific Ocean and adjacent seas with reference to the interrelations between various parameters of primary production. Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., **19**: 1-34.

TANOUE, E. and N. HANDA (1980): Some characteristic features of the vertical profiles of organic matter in recent sediment from the Bering Sea. J. Oceanogr. Soc. Japan, **36**: 1-14.

TOTH, D.J. and A. LERMAN (1977): Organic matter reactivity and sedimentation rates in the ocean. Am. J. Sci., **277**: 465-485.

VON RAD, U., V. REICH and H. ROSCH (1977): Silica diagenesis in continental margin sediments off northwest Africa. *In*: Y. LANCELOT and E. SEIBOLD (Ed.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Vol. 41. U.S. Government Printing Office, Washington. p. 879-905.

WAPLES, D.W. and J.R. SLOAN (1980): Carbon and nitrogen diagenesis in deep sea sediments. Geochim. Cosmochim. Acta, **44**: 1463-1470.

WISE, S.W. Jr., B.F. BUIE and F.M. WEAVER (1972): Chemically precipitated sedimentary crystobalite and the origin of chart. Ecol. Geol. Helv., **65**: 157-163.

ベーリング海堆積物中の炭素，窒素，燐及び生物体珪酸の分布

鎌　谷　明　善

要旨: ベーリング海中央部で柱状採集した堆積物について全窒素と燐，有機炭素および生物体珪酸の含量を測定した。全窒素，有機炭素と生物体珪酸は深さとともに減少したが，全燐はほぼ一定の値であった。これは燐が間隙水を経て底層水に拡散しにくいことを示唆しているものと判断された。分析結果から生物体珪酸の溶解速度定数を求めたところ，$0.43 \sim 1.0 \times 10^{-4}\ yr^{-1}$ で，有機炭素の分解速度定数は $1.2 \sim 2.8 \times 10^{-4}\ yr^{-1}$ であった。有光層の生産量から見積られる有機炭素の海底へのフラックスは2％程度と小さく，生物体珪酸は32～40％と両者に大きな開きがみられた。

La mer 21: 207-210, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

Comparisons of Cell Size of Bacteria from Four Marine Localities*

Masachika MAEDA** and Nobuo TAGA**

Abstract: The cell sizes of bacteria collected at four stations in Tokyo Bay, Ohtsuchi Bay, Sagami Bay and the Pacific Ocean were compared. Bacteria in Tokyo Bay and the Pacific Ocean were smaller in the maximum length than those in Sagami and Ohtsuchi Bays. The information contents, bit (H'), were evaluated from the histograms based on the bacterial cell sizes and numbers using the formula of MACARTHUR and MACARTHUR (1961). H' of the bacterial population in the heavily eutrophic area (Tokyo Bay) and in oligotrophic area (Pacific Ocean) were lower than H' in mesotrophic areas (Ohtsuchi Bay and Sagami Bay).

1. Introduction

The direct count technique renders it possible to estimate the bacterial biomass which is of prime significance in providing basic information to elucidate factors influencing microbial ecology (HOBBIE *et al.* 1977, ZIMMERMANN 1977). The bacterial standing crop, however, is not exactly equivalent to bacterial number. Recently we reported the results of the quantitative determination of bacterial standing crop in the vertical water columns in the sea using the chromogenic assay method for lipopolysaccharide (MAEDA and TAGA 1979, MAEDA *et al.* in press), in which non-parallel relationships were often observed between the numbers and the volume of bacterial cells in seawater. This discrepancy might be caused by differences in cell sizes of bacteria in seawater; in fact, various sizes of cells were observed under the epifluorescent microscope. In this report we present comparisons of the cell sizes of bacteria which occurred in seawater of Tokyo Bay, Ohtsuchi Bay, Sagami Bay and 100 km off Ogasawara Islands in the Pacific Ocean, and discuss the diversity index of bacterial populations on the basis of bacterial cell sizes and numbers.

2. Materials and methods

Seawater samples were obtained using the sterilized Niskin Sampler in Tokyo Bay (Station T-2; 35°33′N, 139°44′E), Ohtsuchi Bay (Station O-6; 39°22′N, 141°57′E), Sagami Bay (Station A-1; 35°00′N, 139°20′E) and the Pacific Ocean (Station P-8; 27°34′N, 143°29′E). Formaldehyde (1% final concentration) was added to each sample after collecting and the samples were kept at 4°C until the microscopic examination.

The method for staining and counting is the same as described by HOBBIE *et al.* (1977). In order to keep an even distribution of bacteria on the filter, the cylindrical filtration reservoir on the filter support should have the identical inside diameter, otherwise rim effects will interfere with the count (ZIMMERMANN 1977). The time span of staining with acridine orange was more than ten minutes.

An epifluorescent microscope (Olympus BH type) and Kodak Tri-X Pan film (ASA: 400) were used for taking photographs of stained bacteria. The maximum length and the area of the bacterial cells printed on the photographic print paper were determined by using an image analyzer (Luzex-500, Nippon Regulator Ltd.) which was calibrated in advance with the known length and area of several figures. Shrinkage of bacterial cells due to fixation by formaldehyde was negligible when we checked this using three cultures grown in the laboratory.

The concentration of dissolved organic carbon (DOC) in seawater was determined by the method

* Received April 20, 1983
** Ocean Research Institute, University of Tokyo, Nakano, Tokyo, 164 Japan

Table 1. Size distribution of bacteria collected at four stations in different sea areas.

Station (Area)	Length (μm)					
	<0.4	0.4-0.8	0.8-1.2	1.2-1.6	1.6-2.0	>2.0
T-2 (Tokyo Bay)	1.4%	90.9%	6.9%	0.6%	0%	0%
A-1 (Sagami Bay)	1.2	58.9	29.4	9.1	1.6	0
O-6 (Ohtsuchi Bay)	1.0	48.3	37.4	9.4	2.4	1.4
P-8 (Pacific Ocean)	2.2	73.7	22.6	1.6	0	0

Counted bacterial numbers were 272 at Station T-2, 265 at Station A-1, 211 at Station O-6 and 206 at Station P-8.

of MENZEL and VACCARO (1964).

Based on the histograms which were drawn from the data of the area of the bacterial cell on the photographic print and the numbers of bacteria, information content was calculated using the formula $H'=-\sum_{i=1}^{S} P_i \log_2 P_i \ (P_i=n_i/N)$ (MACARTHUR and MACARTHUR, 1961), where n_i is the bacterial number which occurred in the fraction i, N is the total number of bacteria and S is the total number of the fractions in which bacteria distribute. The difference in cell size can be amplified through the determination of area rather than determining the cell length. This is the reason the area of cell on the photographic print was adopted for expressing H′.

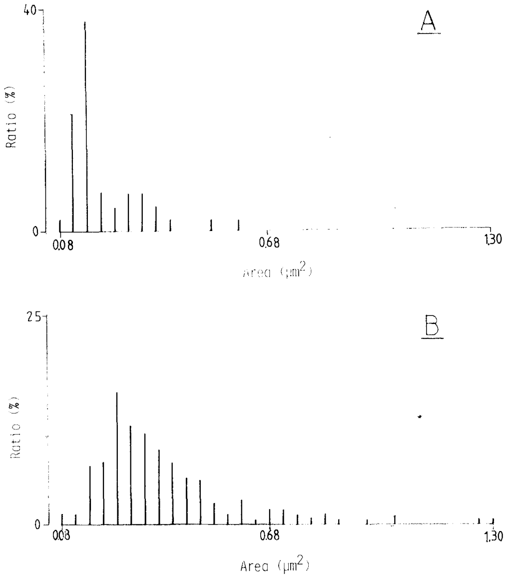


Fig. 1. Histograms of the size and number of bacteria in the surface samples collected at Station T-2 in Tokyo Bay (A) and at Station O-6 in Ohtsuchi Bay (B).
A: H′=2.74. B: H′=3.90.

3. Results and discussion

Bacterial aggregates were found to be few if the fixed samples were shaken several times. Even if aggregates or figures without the appearance of bacteria were seen on the photographic print, they could be eliminated mechanically in the image analyzer.

Total numbers of bacteria were more than 10^5/ml at Station T-2 (Tokyo Bay) and in the range of 10^4-10^5/ml at Stations A-1 (Sagami Bay), O-6 (Ohtsuchi Bay) and P-8 (Pacific Ocean). The bacterial sizes in these four regions were considerably different (Table 1). At Stations T-2 and P-8 about 91 and 74% of cells were in the range of 0.4-0.8 μm in the maximum length. On the other hand, about 59% of cells at Station A-1 and 48% of cells at Station O-1 were in the above size range; i.e., bacterial cell sizes in these two regions were larger than those in Tokyo Bay and the Pacific Ocean.

The histogram based on the bacterial sizes and numbers in the sample collected at Station T-2 (Tokyo Bay) shows a sharper peak compared with that at Station O-6 (Ohtsuchi Bay) (Fig. 1). In the same way as shown in Fig. 1, the histograms were made of the samples collected from the four regions and the H′ (bit) values of the bacterial populations in the samples were determined. The H′ value expresses the shape of the histogram, its height and length of the

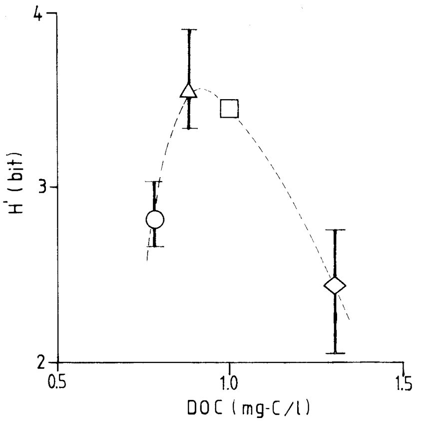


Fig. 2. Relationship between information content (H′) of bacterial population and concentration of DOC at Stations P-8 (○), O-6 (△), A-1 (□) and T-2 (◇).

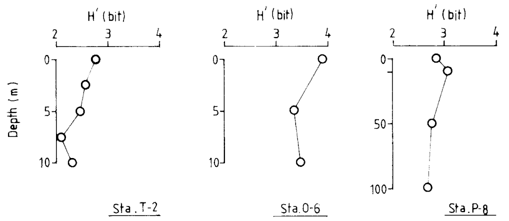


Fig. 3. Vertical profiles of information content (H′) at Stations T-2 (Tokyo Bay), O-6 (Ohtsuchi Bay) and P-8 (Pacific Ocean).

base line. Consequently, the samples from Stations A-1 (Sagami Bay) and O-6 (Ohtsuchi Bay) had high H′ values and those from Stations T-2 (Tokyo Bay) and P-8 (Pacific Ocean) showed lower values (Fig. 2). Dissolved organic carbon (DOC) values in Fig. 2 are the averages of the water samples collected from various depth, which could represent trophic status of these four regions. In the relationship between H′ and DOC, it is clear that the bacterial populations in the regions of very high or low DOC (Tokyo Bay and Pacific Ocean) possessed lower information contents (H′) than those in other two regions (Ohtsuchi and Sagami Bays). In addition, the H′ values decreased with increasing depth in the vertical column of 3 stations investigated (Fig. 3).

Basically the formula of MACARTHUR and MACARTHUR (1961) expresses the species diversity index for assessing the level of stability of natural ecosystems. For example, in the heavily eutrophic area (Tokyo Bay) large amount of organisms such as zoo- and phytoplankton occur but the number of species was few, and consequently in such an ecosystem the species diversity index is low. Oligotrophic environments also present low species diversity indicies where ecosystems cannot be stable. In this research we found that the H′ values based on the bacterial sizes in Tokyo Bay and the Pacific Ocean were low, corresponding with the fact that species diversities of bacteria isolated by the agar plate method in these regions were lower than those in Sagami Bay (SIEBURTH 1971, SIMIDU *et al.* 1977). It might not be suitable to say that the H′ value based on bacterial size is equivalent to bacterial species diversity, because the bacterial cell size differs with species as well as with physiological states of bacteria. Bacterial cell sizes should, however, be ruled by environmental stresses in the natural ecosystem; i.e. the H′ value could evaluate, to some extent, the characteristics of the bacterial communities and might be useful for assessing the environmental conditions of the sea.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the members of Department of Marine Microbiology and Ohtsuchi Marine Research Center, Ocean Research Institute, University of Tokyo, for their cooperation of collecting the water samples. The concentrations of DOC were determined by Mrs K. FUKAMI, Ocean Research Institute. Dr. H.B. WOODRUFF, Merck Research Laboratories, New Jersey, corrected this manuscript.

References

HOBBIE, J. E., R. J. DALEY and S. JASPER (1977): Use of Nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. Appl. Environ. Microbiol., **33**: 1225–1228.

MACARTHUR, R.H. and J. W. MACARTHUR (1961): On bird species diversity. Ecol., **42**: 594–598.

MAEDA, M. and N. TAGA (1979): Chromogenic assay method of lipopolysaccharide (LPS) for evaluating bacterial standing crop in seawater. J. Appl. Bacteriol., **47**: 175–182.

MAEDA, M., W.J. LEE and N. TAGA (in press):

Distribution of lipopolysaccharide, an indicator of bacterial biomass, in subtropical areas of the sea. Mar. Biol.

MENZEL, D. W. and R. F. VACCARO (1964): The measurement of dissolved organic and particulate carbon in seawater. Limnol. Oceanogr., **9**: 138-142.

SIEBURTH, J. MCN. (1971): Distribution and activity of oceanic bacteria. Deep-Sea Res., **18**: 1111-1121.

SIMIDU, U., E. KANEKO and N. TAGA (1977): Microbiological studies of Tokyo Bay. Microb. Ecol., **3**: 173-191.

ZIMMERMANN, R. (1977): Estimation of bacterial number and biomass by epifluorescence microscopy and scanning electron microscopy. p. 103-120. *In* G. RHEINHEIMER (ed.), Microbial Ecology of a Brackish Water Environment. Springer-Verlag, Berlin.

4 海水域より採集した細菌の大きさの比較

前 田 昌 調, 多 賀 信 夫

要旨: 東京湾および小笠原諸島付近の太平洋水域から採集した細菌のサイズは，相模湾および大槌湾の細菌より小型であった。細菌群集の情報量 (H′) を，細菌数とその大きさのばらつきをもとにして，MACARTHUR & MACARTHUR (1961) の式を用い算出した。H′ 値は富栄養水域（東京湾，DOC 約 1.3 mg C/*l*）および貧栄養水域（太平洋，DOC 約 0.7 mg C/*l*）では低く，中栄養水域（大槌湾と相模湾，DOC 約 1.0 mg C/*l*）では高い値を示した。

La mer 21: 211-217, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

Influence combinée de température et de salinité sur la croissance larvaire de *Macrobrachium japonicum* (DE HAAN) (Crustacé, Décapodes, Palaemonidé)*

Hiroki YAGI** et Yutaka UNO***

Résumé: Les larves de *Macrobrachium japonicum* ont été élevées dans 25 combinaisons différentes de température et de salinité. Le taux de métamorphose, la durée du stade larvaire et la longueur de céphalothoracique des postlarves ont été mesurés. La température varie de 23,0 à 34,9°C et la salinité (en chlorinité) de 4,0 à 19,0‰ Cl. On peut remarquer que cette espèce se métamorphose dans 9 combinaisons étudiées. L'équation de Vant't Hoff est applicable ici à la relation qui existe entre la durée du stade larvaire en jour (T) et la température de l'eau en degrés absolus (H°K). Les valeurs de Q_{10} sont de 1,115 à 1,474 pour des salinités respectives de 7,7 à 19,0‰ Cl. L'action de la température et de la salinité sur la longueur de la carapace des postlarves métamorphosées n'est pas significative au risque de 5%. Le taux de survie est estimé par la méthode de BOX et YOULE (1955).

1. Introduction

Macrobrachium japonicum est une espèce d'eau douce des régions tempérées au sud du Japon. Elle vit toujours dans des cours d'eau à courants rapides, comme indiqué par KAMITA (1961), à 500 m en amont de l'embouchure de la rivière Mimitsugawa dans la préfecture de Miyazaki, Japon. Jusqu'à présent, mis à part des travaux taxonomiques et anatomiques, cette espèce n'a pas été souvent etudiée, à cause des difficultés d'élevage rencontrées en captivité. Ses comportements nutritionnels, socilogiques spécialement lors de la ponte et de la reproduction sont tous fort méconnus.

Il est très intéressant de noter que l'adaptation des fonctions physiologiques de populations appartenant à une même espèce, aux caractéristiques du milieu peut être sensiblement différentes géographiquement et temporellement. Les tolérances aux milieux sont aussi différentes selon les espèces. En ce qui concerne les larves de *Macrobrachium*, deux espèces ont été étudiées par nous-même en fonction de l'influence combinée des facteurs température et salinité sur la croissance des larves chez *M. rosenbergi* (UNO et YAGI, 1980) et *M. nipponense* (YAGI et UNO, 1981). Concernant cette dernière espèce, OGASAWARA *et al.* (1979) montrent également l'existance d'une action de la salinité différente selon l'origine géographique de trois populations locales d'un lac. Nous avons eu l'occasion d'élever des larves de *M. japonicum*. Nous présentrons ici les résultats obtenus sur cette espèce.

2. Matériel et Méthodes

Les géniteurs de *M. japonicum* utilisés pour cette expérience ont été capturés en rivière Abékawa dans la préfecture de Shizuoka, Japon, en 1977. Ils ont été transportés au laboratoire immédiatement après la pêche et mis en bac pour la ponte. Pour collecter les larves, lors de l'éclosion, les femelles gravides sont placées dans un bac de 30 *l* avec une salinité (ou chlorinité) de 10 à 12‰ Cl. L'expérience commence immédiatement après l'éclosion.

Les différentes élevages des larves ont été réalisé dans le même type d'aquarium en verre de 50 *l* munis le système de double fond et d'un

* Manuscrit reçu le 2 Mai, 1983
** Laboratoire d'Ecologie Animale, Université des Pêches de Tokyo; Présent adresse: Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lion, 13007 Marseille, France
*** Laboratoire d'Ecologie Animale, Université des Pêches de Tokyo, Konan-4, Minato-ku. Tokyo, 108 Japon

exhausteur à air. Ce système fonctionne en circuit fermé avec un débit d'eau d'environ 200 ml par minute. Les larves ont été élevées dans les filets de 0.0095 mm de vide de maille et suspendus sous l'exhausteur au milieu de l'aquarium. Leur dimension est 180×153×125 mm. L'expérience débute avec 50 larves reparties au hasard dans chacun des filets. Le système décrit ci-dessus a été utilisé pour *M. rosenbergi* (UNO et YAGI, 1980) et *M. nipponense* (YAGI et UNO, 1981) avec succès.

Les larves ont été nourries à 10:00 heures chaque matin à l'aide de nauplii du brachiopode *Artemia salina* juste éclos, dont les œufs provenaient de San Francisco. De la chair du clam *Tapes philippinarum* a été aussi utilisée comme nourriture adjuvante à partir du 3éme stade larvaire.

Afin de préciser l'influence combinée de la température et de la salinité sur la croissance larvaire, nous avons réalisé les 25 combinaisons indiquées au Tableau 1, et calculé chaque fois le taux de métamorphose. Les températures, 23,0, 26,0, 28,9, 31,9 ou 34,9°C sont maintenues constantes dans chaque aquarium grâce à des résistances et des thermomètres à contact, et pour éviter l'influence climatique, un contrôle est effectué chaque matin. Les salinités sont de 4,0, 7,7, 11,6, 15,3 et 19,0‰ Cl; elles sont ajoutées chaque jour en ajoutant l'eau douce filtrée sur charbon.

La durée du stade larvaire en jours a été également prise en compte. Les postlarves sont mesurées vivantes immédiatement après la métamorphose à l'aide d'un microscope binoculaire. La longueur de carapace est prise de la base du pédoncule oculaire au bout postérieur du céphalothorax. Après la mesure, elles sont conservées dans une solution à 8% de folmol neutre.

3. Résultats

Mille deux cent cinquante larves au stade zoé ont été placés juste après l'éclosion dans 25 combinaisons de température et de salinité comme indiquées au Tableau 1. Chaque filet suspendu dans les aquarium reçoit donc 50 larves. La température varie de 23,0 à 34,9°C et la salinité de 4,0 à 19,0‰ Cl. Le Tableau 1 et la Figure 1 indiquent le taux de métamorphose. Lorsque la salinité est de 7,7 ou 11,6 ‰ Cl, la température peut varier de 26,0 à 28,9°C. Pour des salinité de 15,3 et 19,0‰ Cl, l'intervalle de température est de 26,0 à 31,9°C. Par contre, si la salinité est inférieure à 4,0‰ Cl, aucune larve ne se métamorphose. Pour une salinité de 7,7‰ Cl, aucune larve ne vit au dessus de 31,9°C et en dessous de 23,0°C. Pour une salinité de 11,6‰ Cl, il n'y a pas de survie en dessous de 26,0°C et au dessus de 31,9°C, aux niveaux de 15,3 et 19,0‰ Cl, aucune larve ne vit au dessus de 34,9°C et en dessous de 23,0°C.

Les conditions favorables pour obtenir plus de 50% de survie sont indiqués par des nombres gothiques dans le Tableau 1. Si la salinité est inférieur à 11,6‰ Cl, le pourcentage de survie, quelque soit la température, n'excède jamais 50%.

Le Tableau 2 représente les durées en jou-

Tableau 1. Influence combinée de la température et de la salinité sur la métamorphose chez les larves de *M. japonicum*. PM, pourcentage (%) de métamorphose; T, durée larvaire en jour.

Température (°C)		Salinité (‰ Cl) 4,0±0,10	7,7±0,10	11,6±0,11	15,3±0,21	19,0±0,1
23,0±0,1	PM	0	0	0	0	0
	T	—	—	—	—	—
26,0±0,3	PM	0	2	0	4	4
	T	—	44,0±0,0	—	44,0±1,41	46,0±1,41
28,9±0,2	PM	0	10,0	18,0	**64,0**	**50,0**
	T	—	39,4±4,97	35,8±1,72	**39,3±3,60**	**38,2±2,78**
31,9±0,2	PM	0	0	0	34,0	34,0
	T	—	—	—	40,1±4,58	42,1±1,93
34,9±0,4	PM	0	0	0	0	0
	T	—	—	—	—	—

du stade larvaire de l'éclosion à la métamorphose pour chacune des combinaisons de température et de salinité. A mesure que la température augmente, la durée moyenne du stade larvaire diminue de même que la variation (les ecarts-types). Le nombre quotidien de métamorphoses est indiqué dans la Figure 2.

L'équation de Van't Hoff est applicable pour calculer la relation qui existe entre la durée du stade larvaire en jour (T) et la température absolue (H) de l'eau. Nous avons d'abord calculé la relation entre H et T avec les valeurs de Tableau 2, puis la valeur du Q_{10}:

pour une salinité de 7,4‰Cl

$$-\log T = 7,48 - 1,53H \times 10^{-3},$$

pour une salinité de 15,3‰Cl

$$-\log T = 5,71 - 1,00H \times 10^{-3}$$ et

pour une salinité de 19,0‰Cl

$$-\log T = 4,19 - 0,55H \times 10^{-3}.$$

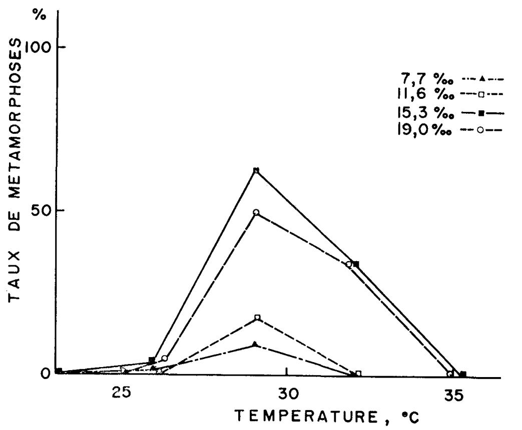


Fig. 1. Influence combinée de la température (°C) et de la salinité (‰ Cl) sur le taux de métamorphose chez les larves de *M. japonicum*.

Tableau 2. Nombre des larves métamorphosées chez *M. japonicum* élevées dans 25 combinaisons de température (a–e, °C) et de salinité (‰ Cl). a, 23; b, 26; c, 29; d, 32; e, 35.

Jours aprés éclosion	Salinité 4,0					7,7					11,6					15,3					19,0				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
30																									
31																									
32																									
33																		1	1						
34								1					3					2	2						
35								0					2					2	0				2		
36								1					0					3	0				3		
37								0					2					3	2				10		
38								0					2					3	1				1		
39								0										3	4				4	2	
40								2										3	0				0	1	
41								0										3	1				2	3	
42								0										2	0				0	3	
43								0									1	3	1				1	6	
44							1	0									0	2	1				1	1	
45								0									1	0	2			1	0	0	
46								0										1	0			0	1	0	
47								1										1	1			1		1	
48																			1						
49																									
50																									
Total	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	9	0	0	0	2	32	17	0	0	2	25	17	0
Taux (%) de métamorphose	0	0	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0	18	0	0	0	4	64	34	0	0	4	50	34	0

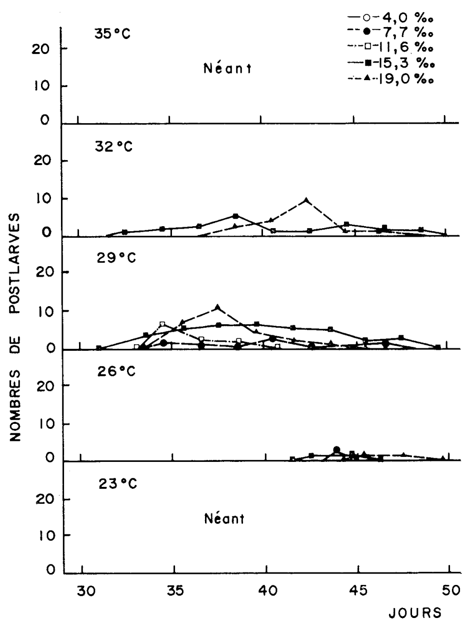


Fig. 2. Nombre de postlarves métamorphosées de *M. japonicum* dans 25 différentes combinaisons dont cinq températures entre 25 et 35°C et cinq salinités entre 4,0 et 19,0 ‰ Cl.

Tableau 3. Valeurs de Q_{10} selon l'équation de Van't Hoff aux trois stade de salinite (‰ Cl) chez *M. japonicum.*

Salinité	Q_{10}
7, 7	1, 474
15, 3	1, 288
19, 0	1, 115

Les valeurs de Q_{10} ont été calculés entre 25 et 35°C. Les résultats sont présentés au Tableau 3. Pour *M. japonicum*, la valeur maximale de Q_{10} est de 1, 474 pour une salinité de 7, 7 ‰ Cl. Elle diminue quand la salinité augmente. La valeur minimale est de 1, 115 pour une salinité de 19, 0 ‰ Cl. Les combinaisons de température et de salinité pour lesquelles la survie dépasse 50% sont reportées ci-dessous: pour une salinité de 15, 3 ‰ Cl, la température est de 28,3°C au minimum et de 30,4°C au maximum, et pour une salinité de 19,0‰ Cl, la

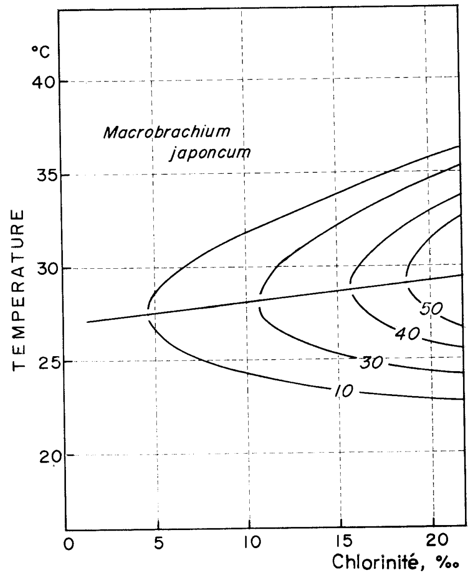


Fig. 3. Estimation du taux de survie de *M. japonicum* par la méthode "surface de réponse adjusté" d'après la survie observée dans 25 combinaisons de température et de salinité.

Tableau 4. Estimation des intervalles de température (°C) correspondant à diférents taux (%) de métamorphose des larves de *M. japonicum* en fonction de la salinité (‰ Cl). Max., température maximale; Min., température minimale.

Taux (%) de métamorphose	Salinité 4, 0		7, 7		11, 6		15, 3		19, 0	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
10	——	——	29, 0	29, 0	27, 7	30, 3	26, 3	34, 3	26, 6	34, 3
20	——	——	——	——	——	——	26, 8	33, 4	27, 3	33, 4
30	——	——	——	——	——	——	27, 3	32, 4	27, 8	32, 4
40	——	——	——	——	——	——	27, 8	31, 4	28, 4	30, 7
50	——	——	——	——	——	——	28, 3	30, 4	29, 0	29, 0
60	——	——	——	——	——	——	28, 4	28, 8	——	——

Tableau 5. Longueur (mm) de carapace des postlarves métamorphosés chez *M. japonicum* élevées dans 9 combinaisons différentes de température et de salinité. e.t., ecarts types; m, longueur moyenne; N, nombre des échantillons.

Température (°C)	Salinité (% Cl) 4,0			7,7			11,6			15,3			19,0		
	m	e.t.	N	m	e.t.	N	m	e.t.	N	m	e.t.	N	m	e.t.	N
26,0	—	—	—	2,29	0,00	1	—	—	—	2,06	0,12	2	2,29	0,06	2
28,9	—	—	—	2,54	0,07	5	2,17	0,16	6	2,45	0,22	26	2,43	0,18	13
31,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,59	0,21	12	2,07	0,36	13

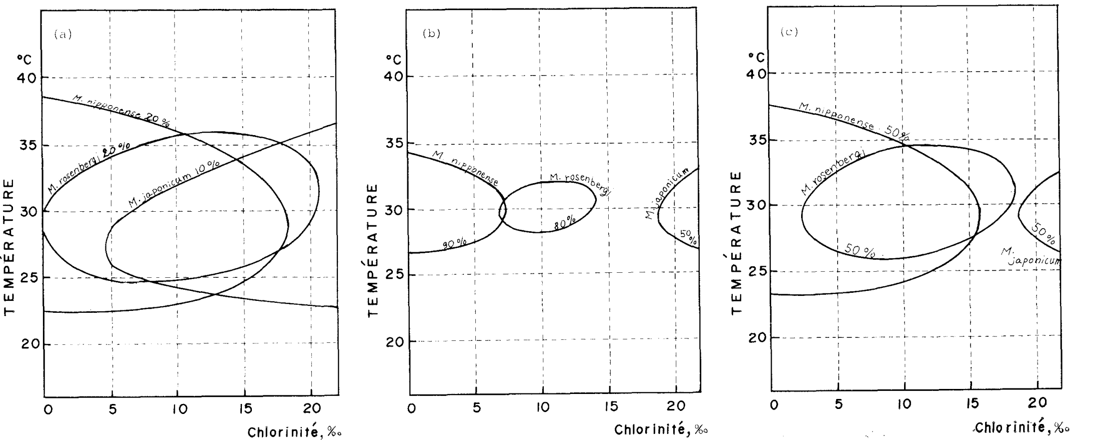


Fig. 4. Les trois différents seuils (a-c) de combinaison de température et de salinité qui permettent aux larves de se métamorphoser dans trois espèces de *Macrobrachium*. a, quelque soit le taux de survie; b, les zones plus favorable; c, les seuils où la métamorphose dépasse 50 % du survie.

température est de 29°C. Comme on peut le voir au Tableau 4, le seuil convenable pour la métamorphose est extrêmement faible par rapport aux autres espèces de *Macrobrachium*.

On peut maintenant calculer le seuil qui a été déjà présenté ci-desus avec l'équation de BOX et YOULE (1955). Les différents seuils sont montrés dans la Figure 3.

Pour chaque combinaison de température et de salinité permettant la métamorphose des larves, les longueurs de carapace des postlarves juste après la métamorphose ont été mesurées et reportées dans le Tableau 5. Une analyse de variance à deux facteurs montre que l'influence de la température et de la salinité ne sont ni l'une ni l'autre significative à 5% de risque.

4. **Discussion**

Jusqu'à présent, nous avons continué les mêmes types d'expérience sur trois espèces de *Macrobrachium*. Les larves de chaque espèce, *M. rosenbergi* (UNO et YAGI, 1980), *M. nipponense* (YAGI et UNO, 1981) et *M. japonicum* (présent travail) possèdent des adaptations différentes aux variations des conditions du milieu. Dans la Figure 4(a), on montre les trois différents seuils de combinaison de température et de salinité qui permettent aux larves de se métamorphoser, quelque soit le taux de survie, et ceci chez les trois espèces. Les larves de *M. rosenbergi*, peuvent se métamorphoser à des températures allant de 26,1 à 31,9°C lorsque le niveau de salinité est 4,5‰Cl, entre 26,1 et 35,0°C pour des salinités de 7,6 et 11,1‰Cl, de 29,1 à 31,9°C pour une salinité de 15‰Cl, et enfin de 29,1 à 35,0°C pour une salinité de 18,4‰Cl. Pour les larves de *M. nipponense*, la métamorphose est possible de 23,8 à 34,9°C

Tableau 6. Résultats d'analyse de la variance sur la longueur de carapace chez les postlarves de *M. japonicum* selon le Tableau 5. d.l., degré de liberté; F, F ratio observé; F_0, F ratio théorique; s.c., somme des carées; V, variance.

	s.c.	d.l.	V	F	F_0
Température	3, 08	2	1, 539	2, 20	5, 14
Salinité	5, 15	3	1, 717	2, 46	4, 76
Erreur	4, 20	6	0, 700		
Totale	12, 43	11			

lorsque les niveaux de salinité 4, 1 et 7, 9‰ Cl, de 26, 0 à 34, 9°C pour une salinité de 11, 9‰ Cl, et enfin de 26, 0 à 32, 0°C pour une salinité de 15, 7‰ Cl. En addition des résultats du présent travail, on peut dire que les combinaisons de température 25-32°C et de salinité 5-17‰ Cl correspondent à la condition commune pour les trois espèces, permettant aux larves de se métamorphoser. Dans la Figure 4(b), nous montrons les trois zones les plus favorables des combinaisons de température et de salinité lors de la métamorphose chez chaque espèce. Les seuils sont passablement réduits par rapport de la figure précédente, mais ils sont clairement distinguable selon de l'espèce. Pour *M. rosenbergi*, la condition optimale correspond à la combinaison de salinité 7-14‰ Cl et de température 28, 0-32, 0°C; pour *M. nipponense*, cela correspond à la combinaison de la salinité 4-7‰ Cl et de la température 27, 2-32, 6°C. Par contre, chez *M. japonicum*, la température de l'eau est identique à celle des autres espèces mais la salinité doit être plus élevée. Les larves des trois espèces se différencient en trois types: type d'eau douce, type d'eau saumâtre et type de l'eau de mer, correspondant respectivement à *M. nipponense*, *M. rosenbergi* et *M. japonicum*.

La Figure 4(c) représente donc les seuils où la métamorphose dépasse 50% du survie pour chaque espèce. Ils faut savior si ces résultats coïncident avec la distribution des larves au milieu naturel, considérant les facteurs température et salinité.

M. japonicum est une espèce vivant dans les eaux douces des rivières. D'après notre étude, il se trouve que les larves préfèrent des salinité très élevées. On peut émettre l'hypothèse selon laquelle, les œufs éclosent dans le cours d'eau, puis les zoés descendent jusqu'à la mer où aura lieu la métamorphose. A ce stade de développement, une grande tolérance aux fortes salinités est donc indispensable.

Enfin si l'on considére l'action des deux facteurs étudiés, la température et la salinité agissent sur la longueur de carapace des postlarves métamorphosées de façon variable suivant l'espèce considérée. Des travaux antérieurs (ex. UNO et YAGI, 1980; YAGI et UNO, 1981) ont montré que l'influence de la température était importance dans le cas des espèces *M. rosenbergi* et *M. nipponense* et que la salinité agissait la longueur de carapace de *M. nipponense* seulement. Dans le cas de *M. japonicum*, ni la température ni la salinité ne semblait agir sur la longueur de carapace.

5. Conclusion

1. Les larves de *M. japonicum* ont été élevées dans 25 différentes combinaisons de température et de salinité. Le taux de métamorphose, la durée du stade larvaire et la longueur de carapace en fonction de la combinaison de température et de salinité ont été observés.
2. Dans le seuil où la métamorphose dépasse 50% pour *M. japonicum*, la salinité peut varier entre 15, 3 et 19, 0‰ Cl et la températur peut aussi varier entre 28, 3 et 30, 4°C.
3. Les valeurs de Q_{10} en fonction de la salinité sont de 1, 474 pour une salinité de 7, 7‰ Cl, 1, 288 pour 15, 3‰ Cl et 1, 115 pour 19, 0‰ Cl.
4. La longueur de carapace des postlarves métamorphosées, ni l'influence de la température et ni de la salinité ne sont significative à 5% de risque.

Réferences

BOX, G.P.E. et P.V. YOULE (1955): The exploration and exploitation of response surfaces: an exemple of the link between the fitted surface and the basic mechanism of the system. Biometrics, **11**: 287-323.

KAMITA, T. (1961): Nihon tansui ebi-rui no kenkyu (Etudes sur les crevettes en eau douce au Japon). Maruyama Shoten, Matsue. 186 p.

OGASAWARA, Y., S. KOSHIO et Y. TAKI (1979): Response to salinity in larvae from three local

populations of the freshwater shrimp, *Macrobrachium nipponense*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **45**: 937-943.

UNO, Y. et H. YAGI (1980): Influence de la combinaison des facteurs température et salinité sur la croissance larvaire de *Macrobrachium rosenbergi* (DE MAN) (Palaemonidae, Décapodes, Crustacés). La mer, **18**: 171-178.

YAGI, H. et Y. UNO (1981): Influence de la combinaison des facteurs température et salinité sur la croissance larvaire de *Macrobrachium nipponense* (DE HAAN) (Palaemonidae, Décapodes, Crustacés). La mer, **19**: 93-99.

ヤマトテナガエビ幼生の変態に及ぼす温度及び塩分の複合影響

八 木 宏 樹, 宇 野 寛

要旨: ふ化直後のヤマトテナガエビ *Macrobrachium japonicum* 幼生を温度 20.3〜34.9°C, 塩分 4.0〜19.0‰ Cl の範囲で25組の温度-塩分条件下で飼育し，ポストラーバへの変態率，変態に要する日数，ポストラーバの大きさ(頭胸甲長)を求めた。本種幼生は塩分 7.7‰ Cl レベルでは水温 26.0〜28.9°C, 11.6‰ Cl レベルでは 28.9°C, 15.3‰ Cl 及び 19.0‰ Cl レベルでは 26.0〜31.9°C の条件下で変態が可能である。50% 以上の変態率を示すのは，15.3‰ Cl レベルでは 28.3〜30.4°C, 19 ‰ Cl レベルでは 29°C であり，15.3‰ Cl レベルにおいて最も良い生残率を得た。幼生の変態までに要する日数 (T) と水温 (H°K) との関係は Van't Hoff の式によくあてはまり，Q_{10} 値は塩分 7.7〜19.0‰ Cl の条件下で 1.115〜1.474 である。変態直後の幼生の頭胸甲長は，水温および塩分の相違による有意な差は見られない。得られた結果を BOX and YOULE (1955) の方法により計算し，温度-塩分の組み合わせ条件における等生残曲線を求めた。

La mer 21: 218-224, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

Numerical Simulation of Drift Cards Dispersion*

Tetsuo YANAGI**, Hideshi TSUKAMOTO***, Hiroo INOUE****
and Tomotoshi OKAICHI****

Abstract: A numerical model is developed to simulate the dispersion of drift cards in a coastal sea. Drift cards are advected by the tidal current, the residual flow and the wind-driven current and are scattered by the turbulence in the numerical model. The result of a numerical experiment coincides well with that of a field experiment at Harima-Nada in the Seto Inland Sea, Japan. This technique will be able to apply to the dispersion of pollutants such as oil spill bounded to the sea surface.

1. Introduction

Drift cards have been frequently used for investigating the transport and the diffusion of fish eggs, larvae and pollutants such as oil spill in the coastal sea. Most of drift cards released offshore are recovered at coasts. Only their initial and last positions are known, but their paths are unknown in most cases. Information obtained from drift cards is only their mean direction of advection and apparent dispersion coefficient. Other useful informations on the response of water mass in the upper layer to the variation of wind, the detailed structure of dispersion phenomena and so on will be available from drift cards observation if we could numerically simulate the movement of drift card.

2. Drift card experiment

A drift card experiment was carried out at Harima-Nada in the Seto Inland Sea, Japan in autumn, 1979 (Fig. 1). Plastic drift cards (Fig. 2) designed by NAKATA and HIRANO (1978) were released at Stns. 1 and 2 shown by ○ and △ respectively in Fig. 1. A post card for reporting the time and place of recovery and light sinker to keep the card floating vertically on the sea surface are enclosed in each plastic case. Eight hundreds of drift cards were released from Stns. 1 and 2 at various tidal states, 8:00 (ebb), 10:00 (L.W.), 13:00 (flood) and 16:00 (H.W.) on 21 Oct., 1979. The number of the cards recovered within 30 days after the release is shown in Fig. 3. Most were recovered on the western coast of Awajishima Island. The total number of recovered cards was 103, about 13% of the total number of the cards released.

3. Numerical model experiment

(1) Basic equations

We consider the horizontal two-dimensional dispersion of drift cards. Imagine that a labeled drift card exists at a point (x^n, y^n) at time n. Position of the drift card (x^{n+1}, y^{n+1}) at time $n+1$, Δt time after, is traced by the following formula,

$$x^{n+1}=x^n+\{U_t{}^n(x^n, y^n)+U_r(x^n, y^n)+U^n{}_w(x^n, y^n)\}\Delta t+R_x\,, \qquad (1)$$

$$y^{n+1}=y^n+\{V_t{}^n(x^n, y^n)+V_r(x^n, y^n)+V^n{}_w(x^n, y^n)\}\Delta t+R_y\,. \qquad (2)$$

Here x and y are Cartesian coordinates directed eastward and westward, $U_t{}^n(x^n, y^n)$ and $V_t{}^n(x^n, y^n)$ denote the tidal current velocity component at time n in x and y direction, $U_r(x^n, y^n)$ and $V_r(x^n, y^n)$ the residual flow velocity and $U^n{}_w(x^n, y^n)$ and $V_w(x^n, y^n)$ the wind-driven current velocity. Velocities of the tidal current, the residual flow and the wind-driven current

* Received May 16, 1983

** Department of Ocean Engineering, Faculty of Engineering, Ehime University, Matsuyama, 790 Japan
*** Harmonic Analysis Company, Sendagi 4-24-7, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan
**** Marine Research Laboratory, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-cho, Kido-gun, Kagawa-ken, 761-07 Japan

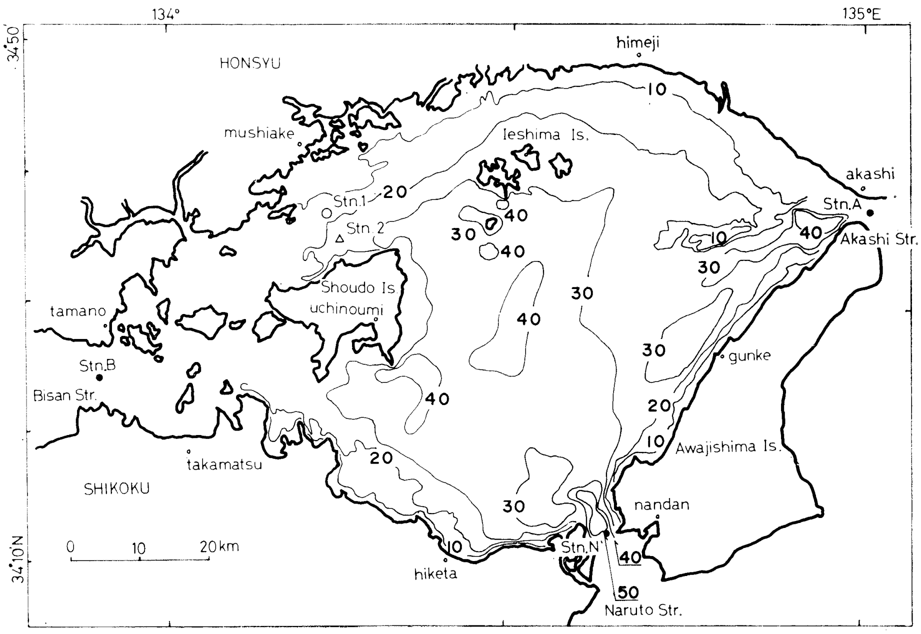


Fig. 1. Harima-Nada. Numbers denote the depth in meter. Drift cards were released from Stn. 1 (○) and Stn. 2 (△). Tidal currents are predicted at Stns. A, B, and N by the Hydrographic Department. Wind velocities are observed every hour at 10 stations, Akashi, Himeji, Mushiake, Tamano, Takamatsu, Hiketa, Nandan, Gunke, Ieshima and Uchiumi by the Meteorological Agency.

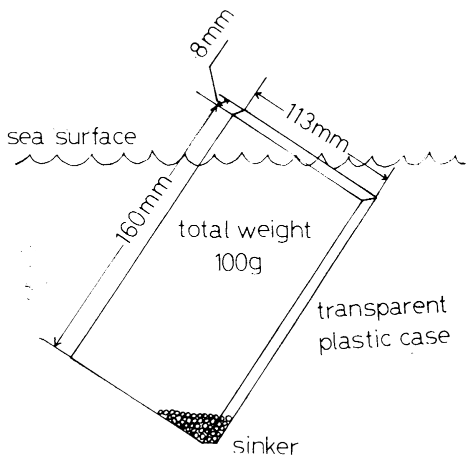


Fig. 2. Drift card used in the field experiment.

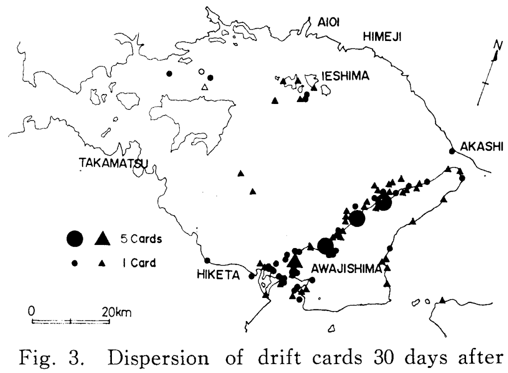


Fig. 3. Dispersion of drift cards 30 days after the release. ● denote drift cards released from Stn. 1 and ▲ those released from Stn. 2.

at the point (x^n, y^n) of the drift card are interpolated from Eulerian velocities at four grid points surrounding the drift card. R_x and R_y are the movements due to the turbulence in x and y direction, respectively. The drift card stops drifting when it crosses the boundary between land and sea or the open boundary, that is, Akashi, Naruto and Bisan Straits.

(2) *Tidal current, residual flow, wind-driven current and turbulence*

The velocity field is calculated as follows. As to the tidal current, the horizontal two-dimensional momentum equation of homogeneous fluid and the continuity equation are

$$\frac{\partial \boldsymbol{u}}{\partial t}+(\boldsymbol{u}\cdot\nabla)\boldsymbol{u}+f\boldsymbol{k}\times\boldsymbol{u}$$
$$=-g\nabla\zeta-\frac{\gamma_b^2\boldsymbol{u}|\boldsymbol{u}|}{H+\zeta}+\nu\nabla^2\boldsymbol{u}\,, \qquad (3)$$

$$\frac{\partial\zeta}{\partial t}+\nabla\cdot\{(H+\zeta)\boldsymbol{u}\}=0\,. \qquad (4)$$

Here $\boldsymbol{u}$ is the depth-averaged velocity vector, ∇ the horizontal differential operator, $f\,(=8.0\times10^{-5}\,\mathrm{s}^{-1})$ the Coriolis parameter at 34°30′N, $\boldsymbol{k}$ the locally vertical unit vector, $g\,(=980\,\mathrm{cm\,s}^{-2})$ the gravitational acceleration, ζ the surface elevation above the mean sea level, $\gamma_b^2\,(=2.6\times10^{-3})$ the bottom frictional coefficient, H the local depth and $\nu\,(=10^6\,\mathrm{cm}^2\,\mathrm{s}^{-1})$ the coefficient of lateral eddy viscosity. Equations (3) and (4) are approximated by finite-differences and are solved by primitive method. The grid size is 2 km×2 km. The tidal currents at Bisan, Akashi and Naruto Straits are predicted with use of 13 major harmonic constants which were obtained from current measurements by HYDROGRAPHIC DEPARTMENT OF JAPAN (1979). Tidal currents from 21 Oct. to 21 Nov. are calculated every 30 seconds with boundary conditions calculated from the predicted tidal currents at three stations, Stns. A, B and N shown in Fig. 1. The predicted tidal current at Stn. B which is used as a boundary condition is shown in Fig. 4. Figure 5 shows the calculated ebb tidal current in spring tide at 8:00 on 21 Oct., 1979. The flood tidal current flows in nearly opposite direction with the same speed.

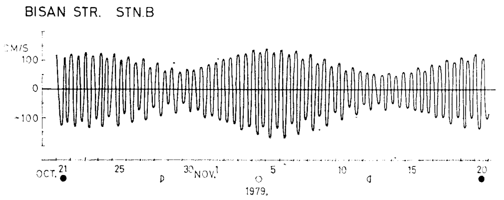


Fig. 4. Predicted tidal current at Stn. B by the hydrographic Department.

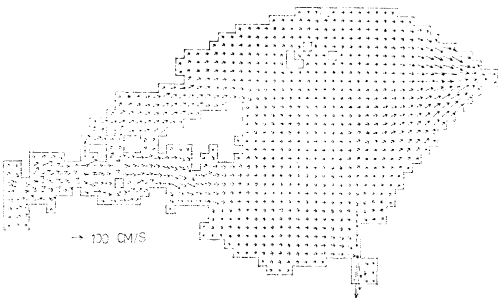


Fig. 5. Tidal current in ebb at 8:00 on 21 Oct. (spring tide).

The residual flow is defined as the steady part in the harmonic analysis of observed tidal current. It is thought to be caused by the local surface wind stress, the mean sea-level slopes, the horizontal density gradient, and the non-linearity of the tidal current, etc. According to field current measurements (YANAGI and HIGUCHI, 1980), the average residual flow pattern in Harima-Nada is dominated by the tidal residual flow due to the non-linearity of the tidal current and the density current due to the river discharge. However, the computing area is not so wide that we can neither correctly reproduce the tidal residual flow nor reproduce the density current due to the river discharge because the model is a borotropic one. The model residual flow is interpolated from the results of field observations (YANAGI and HIGUCHI, 1980) by the spline technique (OONISHI, 1975) as shown in Fig. 6. There are two marked residual circulations in Harima-Nada, a clockwise one in its northern part and a counterclockwise one in its southern part. The time variation of the residual flow is not considered in this numerical experiment.

The wind-driven current is supposed to be given by the following formula,

$$U_w{}^n(x,y)=C_w\cdot WU^n(x,y)\,,\qquad V_w{}^n(x,y)=C_w\cdot WV^n(x,y)\,. \qquad (5)$$

Here, C_w is a proportionality constant, WU^n

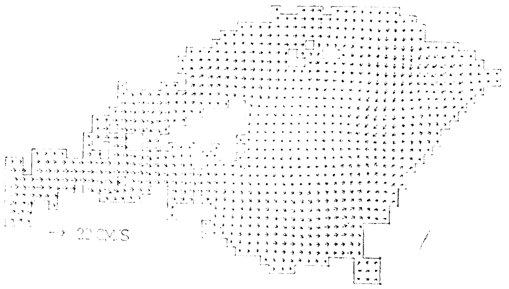


Fig. 6. Residual flows.

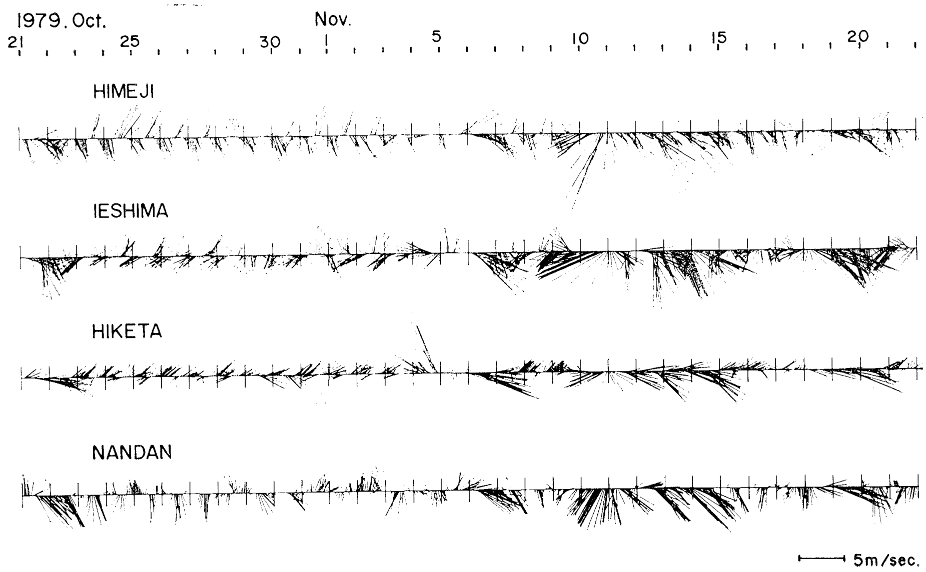


Fig. 7. Time series of wind velocity vector at four representative stations.

and WV^n the wind speed at time n in x and y direction, respectively. We do not consider the deflection of the wind-driven current direction due to the Coriolis force because the duration of wind is short and the model sea is not so deep. The surface wind velocity is estimated by the linear interpolation using following formula obtained from observation on land,

$$WU^n(x, y) = a_1 x + b_1 y + c_1 , \quad WV^n(x, y) = a_2 x + b_2 y + c_2 . \tag{6}$$

Here, (a_1, b_1, c_1) and (a_2, b_2, c_2) satisfy the following equations,

$$\begin{bmatrix} WU^n(x_1, y_1) \\ WU^n(x_2, y_2) \\ WU^n(x_3, y_3) \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \end{pmatrix}, \quad \begin{bmatrix} WV^n(x_1, y_1) \\ WV^n(x_2, y_2) \\ WV^n(x_3, y_3) \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \\ c_2 \end{pmatrix}, \tag{7}$$

where $WU^n(x_1, y_1)$, $WU^n(x_2, y_2)$, . . . , $WV^n(x_2, y_2)$ and $WV^n(x_3, y_3)$ are the observed wind speeds at three wind observation stations. The model sea is covered with ten triangles formed by ten wind observation stations as shown by dotted line in Fig. 8(b). The wind speed and direction were observed every hour from 21 Oct. to 21 Nov. The wind vector time series at representative four stations are shown in Fig. 7. The

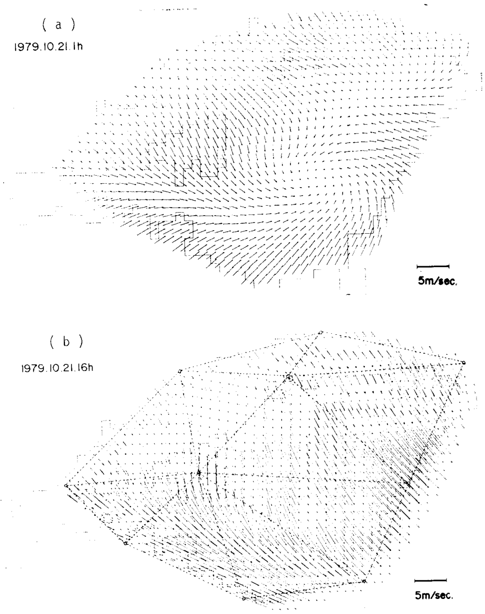


Fig. 8. Horizontal distributions of wind velocity at 1:00 on 21 Oct. (a) and those at 16:00 on 21 Oct. (b).

land and sea breeze were predominant in the first half period of the field experiment. Two examples of interpolated wind velocity fields are shown in Figs. 8(a) and (b). The land breeze prevails at 1:00 on 21 Oct. and the horizontal wind velocity field converges in the central part of Harima-Nada. On the other hand, north-west wind prevails at 16:00 on 21 Oct.

The turbulence is calculated by the following formula,

$$R_x = a \times \sqrt{2 \times \Delta t \times K}\,,\qquad R_y = b \times \sqrt{2 \times \Delta t \times K}\,, \tag{8}$$

$$K = \frac{1}{2}\frac{dR_x^2}{dt} = \frac{1}{2}\frac{dR_y^2}{dt}. \tag{9}$$

Here, a and b denote the random numbers whose mean values are zero and whose variances are 1.0, and K the horizontal dispersion coefficient.

Both C_w and K are prescribed in such a way that the calculated dispersion of drift cards agrees as closely as possible with the observed one.

(3) *Results*

At first numerical experiments with various values of C_w without the turbulence were carried. Results are shown in Figs. 9(a), (b), (c) and (d). A drift card is released from Stn. 1 at 10:00 on 21 Oct. in each numerical experiment. In the case where C_w is zero, the drift card is advected by the residual flow with swinging by the tidal current and does not reach at the coast 30 days after the release as shown in Fig. 9(a). In the case where C_w is 0.02 or 0.04, drift cards reach at the coasts of Ieshima Is. or Shoudoshima Is. and can not reach at the western coast of Awajishima Is. In the case where C_w is 0.03, the drift card reaches at the western coast of Awajishima Is. 7 days after the release. In the field experiment, the first recovery of the drift card at the western coast of Awajishima Is. was on 25 Oct., 4 days after the release. This discrepancy is thought to be due to the turbulence which will be discussed below. These results indicate 0.03 as a suitable value for C_w, that is, the wind-driven current of 30 cm s^{-1} is occurred when the wind of 10 m s^{-1} blows.

Figures 10(a) and (b) show the results of drift

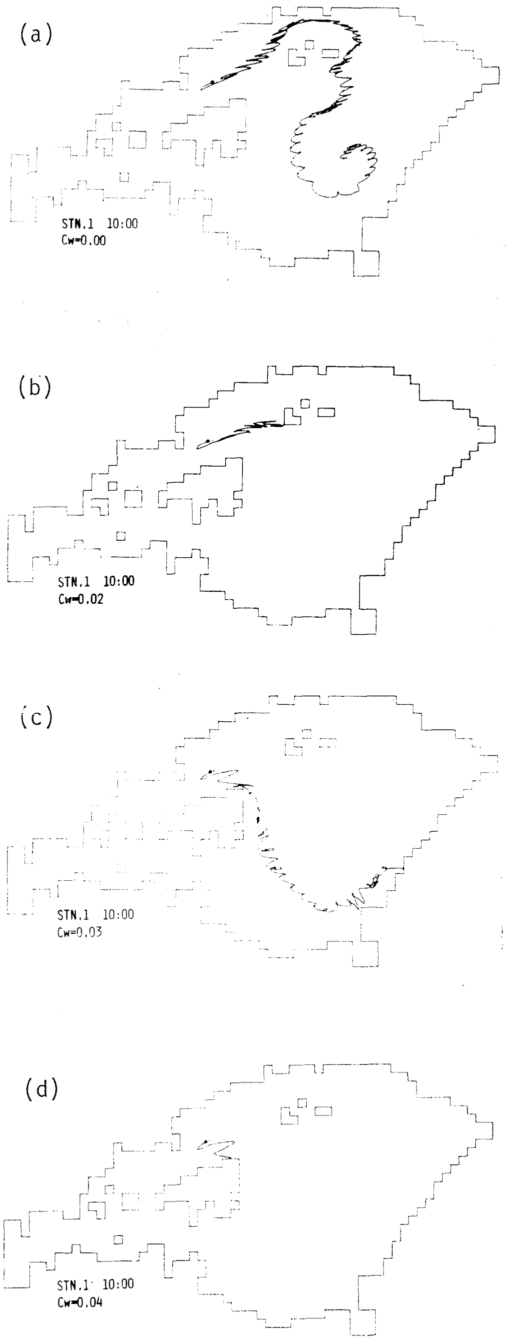


Fig. 9. Advection of a drift card released from Stn. 1 at 10:00 on 21 Oct. in the case of C_w=0.0 (a), C_w=0.02 (b), C_w=0.03 (c) and C_w=0.04 (d).

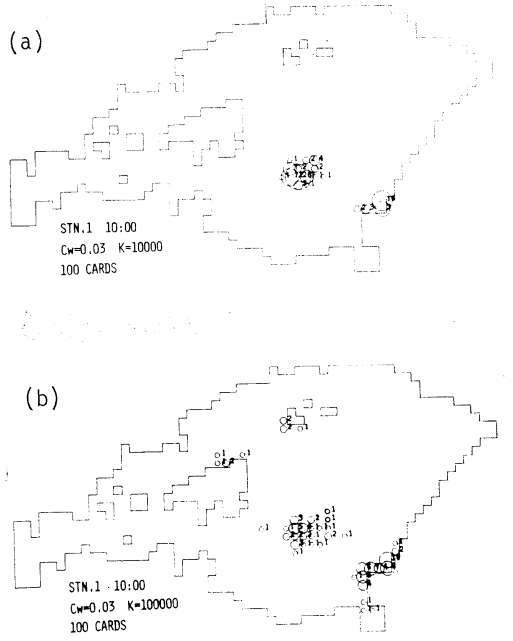


Fig. 10. Dispersion of a hundred drift cards 4.5 days after the release at 10:00 on 21 Oct. from Stn. 1 in the case of $K=10^4$ cm^2 s^{-1} (a) and $K=10^5$ cm^2 s^{-1} (b). Numbers denote the number of drift card.

cards dispersion 4.5 days after the release in the case where 100 drift cards were released from Stn. 1 at 10:00 on 21 Oct. Drift cards do not scatter in the case where K is 10^4 cm^2 s^{-1}. On the other hand, drift cards scatter and some of them reach at the coasts of Ieshima Is. and Shoudoshima Is. in the case where K is 10^5 cm^2 s^{-1}. From these results we decide 10^5 cm^2 s^{-1} as K.

One hundred of cards were released four times at 8:00, 10:00, 15:00 and 18:00 on 21 Oct. from Stns. 1 and 2 with $C_w=0.03$ and $K=10^5$ cm^2 s^{-1}. The dispersion of the drift cards 30 days after the release is shown in Fig. 11. All drift cards reach at the coast or pass through Naruto Straits and there is no drift card on the sea surface in Harima-Nada. The dispersion does not depend on where and when the cards were released except that most of the drift cards released from Stn. 2 at 8:00 on 21 Oct. reach at the northern coast of Shodoshima Is. The result of the numerical experiment shown in Fig. 11 fairly well coincides with that of the field experiment shown in Fig. 3 except the

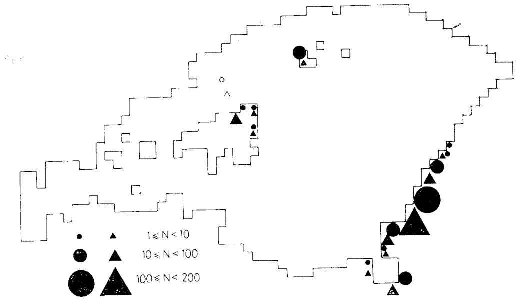


Fig. 11. Dispersion of 800 drift cards 30 days after the release on 21 Oct. ● denote the cards released from Stn. 1 and ▲ those released from Stn. 2.

recovery in the northern coast of Awajishima Is. Judging from recovered drift cards on the sea surface in the southern part of Ieshima Is. and in the central part of Harima-Nada in the field experiment, we may consider that most of drift cards were advected following the calculated path shown in Fig. 9(c).

4. Discussion

We develop a numerical model to simulate the dispersion of drift cards. The wind drag coefficient C_w used in this model, however, is a little larger than the precise one because the wind on the sea surface is interpolated using the wind data on land in this model. The wind speed on the sea surface generally has the strength of 1.5 or 2.0 times that on land (YANAGI, 1980). The suitable value of C_w might be 0.015 or 0.020 if the wind speed on the sea surface could be correctly estimated. We will have to consider the deflection of the wind-driven current direction from the wind direction in the case where the drift cards dispersion in the deep sea such as that on the continental shelf is considered.

This numerical model may apply to the dispersion phenomena of some pollutants such as oil spill floating on the sea surface.

Acknowledgements

The authors express their sincere thanks to the late Prof. H. HIGUCHI of Ehime University and T. YAMADA of Harmonic Analysis Company for their encouragements. They also

thank H. TAEOKA of Fhime University for his his helpfull discussions. The numerical experiment was carried out on a FACOM 230-28 of Ehime University and on a FACOM M-200 of the Computor Center of Kyushu University. A part of this study was supported by a scientific research fund defrayed by the Ministry of Education, Science and Culture.

References

HYDROGRAPHIC DEPARTMENT (1979): Tide Table.

NAKATA, H. and T. HIRANO (1978): Investigation on the transport and diffusion of sea water in the Seto Inland Sea. Proceedings of Aquatic Environment in Pacific Region, August 21-23, 1978, SCOPE/Academia Sinica, Taipei, 48-63.

OONISHI, Y. (1975): Surface interpolation by a spline method. J. Oceanogr. Soc. Japan, **31**, 259-264.

YANAGI, T. (1980): Variability of the constant flow in Osaka Bay. J. Oceanogr. Soc. Japan, **36**, 246-252.

YANAGI, T. and H. HIGUCHI (1980): Residual flow in the Seto Inland Sea. Bull. Coast. Oceanogr., **16**, 123-127. (in Japanese)

漂流ハガキ分散の数値シミュレーション

柳 哲雄，塚本秀史，井上裕雄，岡市友利

要旨: 沿岸海域で行われる漂流ハガキ実験の数値シミュレーションモデルを開発した。数値モデル内の漂流ハガキは潮流と恒流と吹送流によって運ばれ，乱れによって散らばる。瀬戸内海播磨灘で行った漂流ハガキ実験結果は，この数値モデルによってよく再現された。この場合，吹送流の風力係数は 0.03，分散係数は 10^5 cm^2/sec が最も適当であった。この手法は海面上を拡がる流出重油に対しても適用できる。

La mer 21: 225-230, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

カナダのオマール (*Homarus americanus*) 漁業*

守 安 実己郎**

La pêches du homard, *Homarus americanus*, au Canada*

Mikio MORIYASU**

1. まえがき

オマール (Homard) は，ウミザリガニ類と呼ばれ，十脚甲殻類 (Decapoda, Crustacea)，爬行亜目 (Reptantia)，アカザエビ科 (Nephropidae) に属し，非常に発達した第一鉗脚をもつ大型のエビである。現在までに2種，アメリカウミザリガニ *Homarus americanus* とウミザリガニ *Homarus gammarus* とが知られており，一般に前者はアメリカン・ロブスター，後者はヨーロピアン・ロブスターと俗称される。実は，この他にケープ・ロブスター *Homarus capensis* の存在も BERNARD (1950) によって記載されているが，記載以来標本が確認されておらず，有効種かどうかなどの点で不明な点も多いため，ここでは上記2種をオマールとして扱うことにする。

オマールの地理的分布は，大西洋沿岸に限られている。その名の示すとおり，アメリカン・ロブスターは米大陸沿岸に分布し，米国ノースカロライナ州以北，カナダのラブラドル地方までに，一方，ヨーロピアン・ロブスターは，北緯30°付近（モロッコ）から地中海，黒海を含む大西洋東岸，ノルウェーの北部までに分布している (Fig. 1)。分布の地理的な範囲は明らかに後者の方が広いものの，水産資源としては前者の方がはるかに重要である。1979年の漁獲統計によれば後者の 1,700 トンに対して前者は37,000トン余りが米国，カナダの2カ国で漁獲されている。

ここでは，その漁獲量でわずかに米国を上まわるカナダ沿岸の，特にセントローレンス湾におけるオマール漁業について，その概略を述べる事にする。

2. 漁　場

カナダのオマール漁業は，その100年以上にわたる歴史を通じて常に沿岸域を対象に行なわれてきた (McLEESE et WILDER, 1967)。近年，米国メイン州沖でのオマール漁場開発にともなって，ノヴァスコシア州南域においても沖合漁業が始められるようになったが，1979年のその漁獲は 608 トンで，カナダの総漁獲量 (21,577トン) の3％にも満たず，沿岸漁場のしめる比重はあいかわらず大きい。

オマール沖合漁場開発の発端は，1900年代初めに米国大西洋岸漁場にビームおよびオッター・トロールが導入され，メイン州沖合でオマールの混獲をみたことに始まる (SKUD et PERKINS, 1969)。その後しだいにオマールの漁獲が増加し，1961年以降はオマールを対象とした本格的な操業が始まり，漁獲量も年産 1,000 トンを超えた。これに刺激されてノヴァスコシア南域での沖合漁場調査が始まり，カナダ水産海洋省は 1971年7月16日公式にオマール沖合漁場の許可を下した (MAC-DONALD et RAYMOND, 1981)。オマール沖合漁業は，カナダにおいてはノヴァスコシア南域のみで行なわれており，他のカナダ大西洋岸各州では専ら沿岸漁業が行なわれている。

---

* 1983年5月25日受理 Manuscrit reçu le 25 Mai, 1983
** カナダ水産海洋省モンクトン海洋生物研究センター
Centre de Recherche en Biologie Marine, Ministère des Pêches et des Océans, Université de Moncton, Moncton E1A 3E9, N.B., Canada

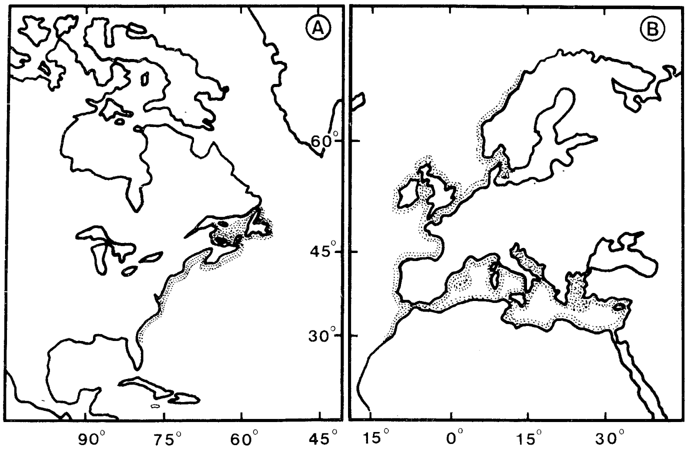


Fig. 1. Distribution géographique (région pointillés) des homards: *Homarus americanus* (A) et *Homarus gammarus* (B). (modifié d'après COOPER et UZMANN (1980) avec l'autorisation d'Academic Press Inc.)
アメリカン・ロブスター (A) とヨーロピアン・ロブスター (B) の地理的分布.

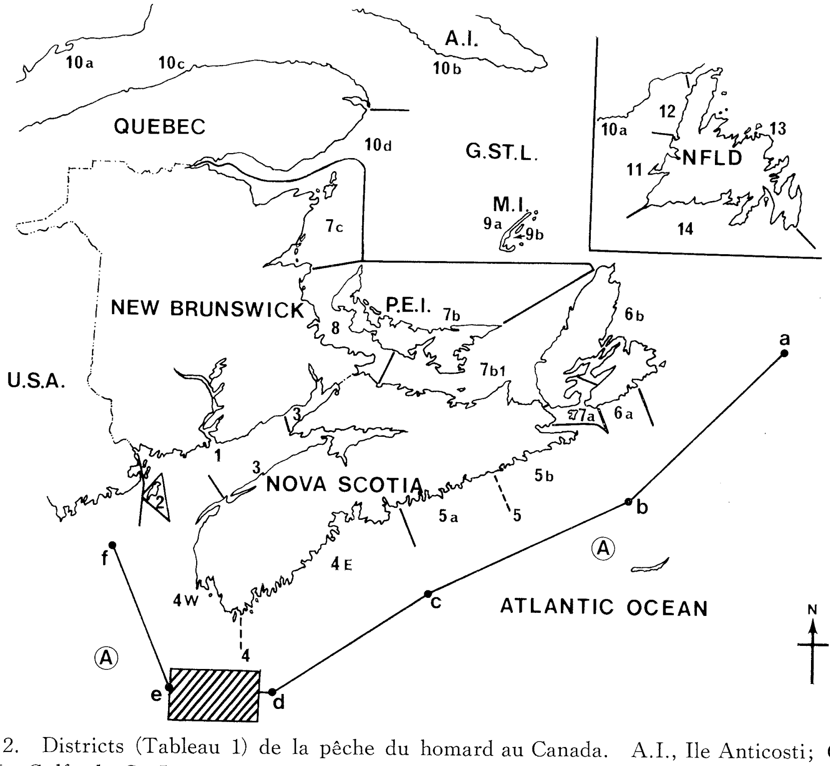


Fig. 2. Districts (Tableau 1) de la pêche du homard au Canada. A.I., Ile Anticosti; G. ST. L, Golfe du St.-Laurent; M.I., Iles de la Madelaine; NFLD, Terre-Neuve. Ⓐ, pêcherie hauturière du homard (extérieure de la ligne reliée les points a, b, c, d, e et f); cantonnement haché, zone interdite de pêche. (d'après du document du Ministère des Pêches et des Océans du Canada revisé au 1 janvier 1979) カナダにおけるオマール漁業区. A.I., アンティコスティ島; G.ST.L., セント・ローレンス湾; M.I., マグダレン島; NFLD, ニューファウンドランド. Ⓐ, オマール沖合漁場 (a, b, c, d, e と f の6点を結ぶ線の外側); 斜線域, 禁漁区.

Tableau 1. Tailles minimums et saisons de pêche autorisées dans les districts (Fig. 2) de pêche du homard.
カナダオマール漁区 (Fig. 2) 別制限体長 (単位ミリメートルおよびインチ) および規制漁期

Districts de pêche du homard	Tailles minimums	Saisons de pêche
1	81 mm (3 3/16″)	2 ème mercredi, novembre-3 ème jeudi, juin
2	idem.	idem.
3	idem.	15 octobre-31 décembre, 1 mai-31 juillet
4 W, E	idem.	dernier mardi, novembre-31 juillet
5 a, b	idem.	20 avril-30 juin
6 a	idem.	20 mai-20 juillet
6 b	69, 9 mm (2 3/4″)	16 mai-15 juillet
7 a	81 mm (3 3/16,′)	1 mai-30 juin
7 b, bl	63, 5 mm (2 1/2″)	idem.
7 c	idem.	idem.
8	idem.	10 août-10 octobre
9 a	76, 2 mm (3″)	10 mai-10 juillet
9 b	—	pêche interdite dans le lagune
10 a	76, 2 mm (3″)	20 mai-31 juillet
10 b	idem.	15 juin-15 août
10 c	idem.	10 mai-27 juillet
10 d	idem.	1 mai-17 juillet
11	idem.	20 avril-5 juillet
12	idem.	5 mai-10 juillet
13	idem.	20 avril-15 juillet
14	idem.	20 avril-30 juin
(A)	idem.	9 mois de pêche ouverte

カナダのオマール漁場は，行政上24区の沿岸漁場と前述の沖合漁場との合計25区にわけられている (Fig. 2)。それぞれの漁区における漁期および漁獲体長制限は，各区によって異なっている (Tableau 1)。漁場の水深は，沿岸漁場では 30 m 以浅，沿岸から50マイル以遠と規定されている沖合漁場では 50-200 m であるが，季節，地域によって操業する漁場の水深は異なる。漁場の底質は砂泥もしくは泥が圧倒的に多く，この事はオマールがアカザエビと同様，底質潜伏性をもつこと (CHAPMAN et RICE, 1971; COBB, 1977) を考えると理解できよう。主要漁場は，ノヴァスコシア州南域の沖合を含む漁場，セント・ローレンス湾内南岸，プリンス・エドワード島とニューブランズウィックとの間にあるノーザンバーランド海峡を中心とする漁場からなり，カナダのオマール総漁獲の7割強をしめている。

3. 漁　法

カナダで許可されているオマール漁業は，沖合漁業をも含めて，オマール籠によるもののみである。このオマール籠は，ヨーロッパで一般にオマールやラングスト (イセエビ類) に用いられている，いわゆるインク瓶型や円筒形ではなく，アメリカ式といわれる四角もしくはカマボコ型の籠 (Figs. 3, 4) が主に用いられている。一般に，これらのオマール籠は，入口とそれに続く餌場をもつ区画 (Kitchen と俗称される) と，ろうと状の網で作られた通路でつながる区画 (Parlour と俗称される) との2区画からなる。現在のところ，籠に関する形態上の漁業規制がないところから，入口の数，口径，その位置も様々であり，また Parlour を2室もつ籠もみられる (RUTHERFORD *et al*. 1967)。従って，これらをすべて均一な漁獲努力として扱うことには問題が残りそうである。

実際に操業する場合，1個から20個の籠を両端または一端にブイをつけた幹縄に取りつけたものを1組として使用する。ノーザンバーランド海峡で操業する一漁師の例をあげれば，幹縄の全長約 18 m，5個の籠を 2 m のロープで等間隔に幹縄に

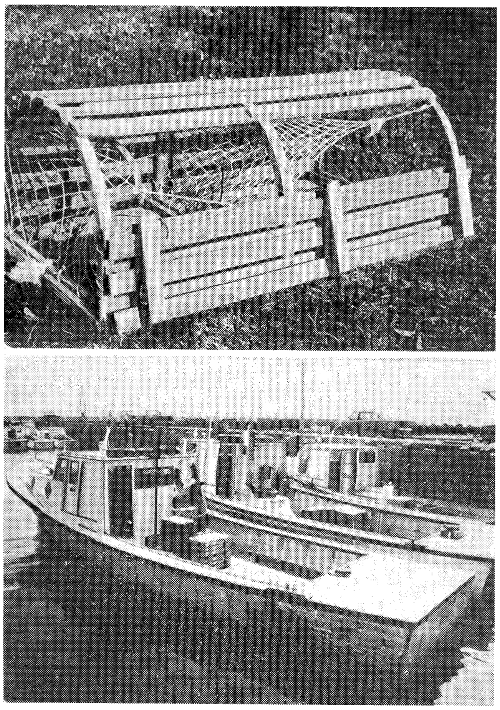


Fig. 3. Casier à homard (en haut) et bateaux de pêche du homard (en bas).
オマール籠（上）とオマール漁船（下）.

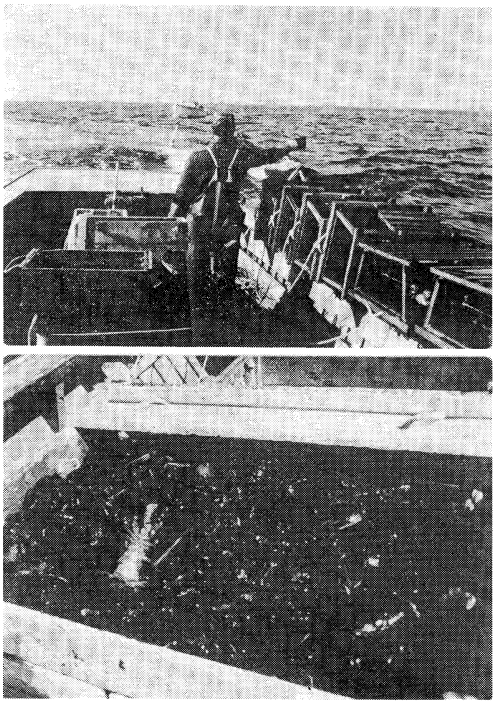


Fig. 4. Vue de la pêche du homard (en haut) et homards capturés (en bas) dans le Détroit de Northumberland (Nouveau-Brunswick).
ノーザンバーランド海峡で操業中のオマール漁船（上）と漁獲物（下）.

とりつけたものを使用している。籠の総使用数は，各漁区によってその上限が規定されており，ノーザンバーランド海峡付近の漁区では，7B, 7B-1区でそれぞれ300籠，7C区で375籠，8区で250籠と定められている。毎年漁期の前に，オマール漁師は各漁区の漁業管理局から各区の籠規定数と同数のアルミ製の鑑札をもらい，使用する籠にとりつけなければならない。この鑑札のない籠は，漁業管理局から差し押えられる事になる。ちなみに，籠1個の材料費は約3,000円，寿命は約5-8年との事である。

オマール漁に用いられる船は，全長約14 m，約300馬力の船 (Figs. 3, 4) で，ふつう1隻当り2人の漁師で操業される。漁は沖合漁業を別にして，日帰りで朝4-7時に出漁，早い船は昼には水揚げを終わる。その際に給油，餌の補充も行なわれる。漁期 (Tableau 1) の前半は天候の許す限り毎日出漁するが，後半になると漁獲努力あたりの漁獲量が低下することや悪天候などの理由で，2日に1度もしくはそれ以上の間隔をあけた漁になる事もある。漁場の移動は各漁師の判断によるが，比較的ひんぱんに行なわれるようである。オマール籠は，取揚げ時に破損部分の修理，および餌の交換が行なわれるのを除けば，漁期中常時漁場に設置され，交換される事はない。餌には，サバ，カレイの類，タラの類，ニシンの類などの生もしくは塩漬がよく用いられる。

漁獲されたオマールは，船上で漁師自身が，漁業管理局から配布された制限体長測定用のものさしで甲殻長を測定し，抱卵雌と制限体長に満たないものはその場で放流，それ以外のものは，漁区によっては，さらに缶詰用 (Canner) と生鮮用 (Market) に分けられてストックされる (Fig. 4)。ノーザンバーランド付近の漁区では，制限体長 (63.5 mm) から80 mmまでのものを缶詰用，それ以上のものを生鮮用として区別し，それぞれ異

なった値で取引きされる。しかし，この区別は必ずしも明確ではなく，その名のとおりに市場に出荷されるわけではない。

漁期中，随時漁業管理局による漁獲物や漁具の検査が行なわれ，漁業制限規則は比較的よく守られているといえよう。

4. 漁　獲　量

カナダ大西洋沿岸5州のオマール年漁獲量をみると (Fig. 5)，その総量の変動に2つの傾向がみられる。1つは1951年から1974年までの減少傾向，他は1975年からの増加傾向である。この現象は，ノヴァスコシア州を除く他の4州で同様にみられるが，ノヴァスコシア州では1975年以降の増加がきわめて少ない。なお，1971年から同州で始められたオマールの沖合漁業は，1975年まで漁獲量の急上昇がみられたものの，1976年からは600-700トン台に落着き，同州のオマール漁獲量の大きな増加をもたらすまでには至らなかった。同州のオマール漁獲量減少の原因については，添加量の減少，過剰漁獲など様々な推測がなされているが，いまだ完全に解明されるに至っていない。

一方，月漁獲量の変動には，漁区，漁業開始時期にかかわらず5-6月にピークがあらわれ，7月以降は急減するパターンがみられる。

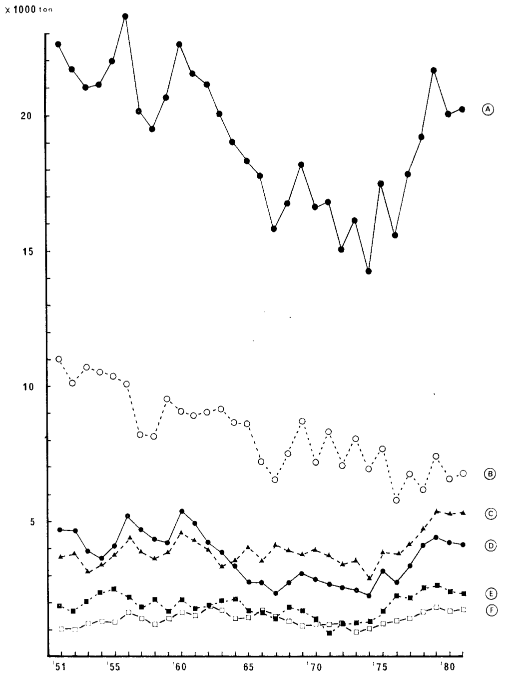


Fig. 5. Evolution annuelle (1951-1981) des débarquements (A-F) du homard dans les provences maritimes de l'Atlantique du Canada. A, débarquements totaux; B-F, débarquements provinciaux: B, Nouvelle-Ecosse; C, Nouveau-Brunswick; D, Ile du Prince-Edouard; E, Terre-Neuve; F, Quebec.

過去31年間 (1951-1981) におけるカナダ各州のオマール年漁獲量 (A-F) の変動. A, 総漁獲量; B-F, 州別漁獲量: B, ノヴァスコシア州; C, ニューブランズウィク州; D, プリンスエドワード島州; F, ケベック州.

5. 流　通

漁獲されたオマールは，その70％前後が殻付の活および生鮮もの，15％前後が殻付冷凍もの，10％程度が冷凍肉，残りが缶詰用として市場に出荷されている。国内漁獲の他に，主に米国からの輸入も行なわれており，1980年には2,591トンが輸入された。輸出は，米国およびフランスを筆頭とするヨーロッパ諸国を主対象として行なわれており，輸出量は，国内生産量と米国からの輸入量を合計したものの80％弱にもおよぶ。日本へも1980年には約92トンが殻付冷凍ものとして輸出された。

一方，オマールと混獲されるカニ類 (*Geryon quinquedens*, *Cancer borealis*, *C. irroratus* 等) は，一部の地域を除いて，商品としてあつかわれる事が少ない。この事は，フランスで同じ *Cancer* 属の *C. pagurus* がトルトーと称されて市場で珍重されていることを考えると，少々残念な気がする。ちなみに筆者の試食によれば，これらのカニはフランスのトルトーに劣らず美味であった。

この拙文は，筆者がカナダ政府水産海洋省モンクトン海洋生物研究センター特別研究員として，1982年6月以来在任中の調査結果の一部をまとめた報告である。この報告書を校閲下さった東京水産大学高木和徳教授に厚くお礼申し上げる。

文　献

BERNARD, K.H. (1950): Descriptive catalogue of South African Decapod crustacea. Ann. South African Mus., **38**: 524-527.

CHAPMAN, C.J. et A.L. RICE (1971): Some direct observations on the ecology and behaviour of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus*. *Mar. Biol.*, **10**: 321-329.

COBB, J.S. (1977): A review of the habitat-related behavior of clawed lobsters (*Homarus* and *Nephrops*). *In*: Proc. U.S.-Australia Lobster Workshop (eds. B.F. PHILLIPS and J.S. COBB). Circ.-CSIRO, Div. Fish. Oceanogr. (Aust.) **7**: 143-158.

COOPER, R.A. et J.R. UZMANN (1980): Ecology of juvenile and adult *Homarus*. p. 97-142. *In*: The Biology and Management of Lobsters II. Ecology and Management (eds. J. S. COBB and B.F. PHILLIPS). Academic Press, N.Y.

McDONALD, R. D. S. et J. RAYMOND (1981): La pêche hauturière du homard: Situation et perspectives économiques. Bull. inform. pêcheur, Minist. Pêches et Océans. 3 pp.

McLEESE, D.W. et D.G. WILDER (1967): Le homard: Entreposage et expédition. Office recher. pêcher. Canada, Bull. **147**: 15-23.

RUTHERFORD, J.B.. D.G. WILDER et H.C. FRICK (1967): An economic appraisal of the Canadian lobster fishery. Fish. Res. Bd. Canada, Bull. **157**: 37-39.

SKUD, B.E. et H.C. PERKINS (1969): Size composition, sex ratio, and size at maturity of offshore northern lobsters. U.S. Fish Wildlife Serv., Spec. Sci. Rep.-Fish., **598**: 1-10.

La mer 21: 231-232, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

国家管轄権のもとにおける水域での海洋科学調査の円滑な推進についての見解

（日本学術会議第89回総会（1983.5.18～20）への報告）

日本学術会議　海洋学研究連絡委員会

近年，海洋にたいする沿岸国の管轄権は，領域を越え，きわめて広範囲の水域にまで拡大されるようになり，それにともなって海洋科学調査にたいする制約が強まってきた。多くの国が領海を拡大し，あるいは排他的経済水域・漁業水域を設定しており，それぞれの国の立場の相違もあって，海洋科学調査の実施には種々の困難が生じている。外国の国家管轄権のもとにおかれている水域における我が国の科学調査についても，厳しい制限を受けている。その結果，これらの水域に関する科学情報は従前にくらべて急速に減少している。

さらに，1982年4月に第3次国連海洋法会議において採択された海洋法条約では，距岸200カイリに及ぶ排他的経済水域，および大陸棚にあっては距岸200カイリを越える部分においても，海洋科学調査は沿岸国の管轄権のもとにおかれ，調査の実施はもとより，沿岸国の意向によっては結果の公表についても，沿岸国の同意を必要とすることになっている。

海洋は不可分に連続して存在しており，関係諸国の相互協力のもとで初めて効果的な調査が可能となるのであって，すべての海域を通じる自由な科学調査が海洋関係諸科学の発展にとって強く望まれるところである。もとより，他の諸科学と同様に，海洋関係諸科学もまた平和目的に奉仕し，全人類的立場に立って行われるべきものであり，また発展途上国の発展にも寄与すべきものである。従って，海洋にたいする国家管轄権の拡大を前提としつつも，海洋科学調査に関する障害をできるだけ取り除き，科学の発達をはかることが必要であろう。

このような認識を基礎として

(1) 沿岸国（日本を含む）の管轄権のもとにおかれる海洋における，他国のおよび国際的な科学調査の実施，並びにその成果の公表にたいする制約を可能な限り少なくすること。

(2) とくに海洋科学調査にたいする沿岸国の同意を得るための，円滑かつ能率的な手続きを確立すること。

について当面効果的な措置をとる必要があろう。さらに，科学調査ができ得る限り支障なく行えるような国際的な制度の確立を目指すべきであろう。

これらの努力を，とくに日本政府に対して期待したい。

[説明]

近年多くの国が海洋に対する国家管轄権の拡大を行っており，海洋科学調査にたいする制約が全地球的規模に拡がっている。国家管轄権の態様には大別して領海，排他的経済水域および漁業水域の3つがある。領海においては沿岸国は海洋科学調査を規制，許可，実施する「排他的権利」を有し，他国および国際機関による調査は沿岸国の「明示的同意」を必要とする。経済水域においては沿岸国は調査を規制，許可，実施する「権利」を有し調査は沿岸国の同意を必要とするが，黙示的なものであってもよい。その同意の付与は一般的義務とはされているが沿岸国の裁量に委ねられており，紛争が生じても最終的には沿岸国の判断による。漁業水域においては，漁業による科学調査は沿岸国の同意が必要である。

このように国によって管轄権の態様が異なるところから，海洋科学調査の実施に関してさまざまな困難な問題が生じている。たとえば，A国が漁業水域の立場をとり，B国が経済水域の立場をとっているとすれば，この2国間では海洋科学調査に関する協定の成立は困難で，A国がB国の管轄水域内における科学調査の同意をとりつけるための交渉も行われず，結果的にはAB両国の科学者をふくむ国際的なプロジェクトにもとづく調査さえ行うことがむずかしいのである。

2国とも漁業水域の場合には別な問題が生じている。両国が科学調査に関して相互主義の立場をとっている場合には，双方の毎年の調査船の数が同数となり，片方の調査船で他方の水域に入ることができるのは，希望する国家機関の船の一部にすぎない。しかも毎年の申請手続きに時間がかかり，実際に調査ができるのはわずかな期間で，長期の調査計画も組むことができない。

以上のような情況のもとで国際的に面倒な水域での科

学調査を避ける風潮が強まっており，これらの水域での科学情報は，急速に減少しつつある。

1982年4月30日に国連第3次海洋法会議が始まって以来，10年目でようやく海洋法条約が採択され，我が国もこれに賛成票を投じた。この条約は今後調印・批准され，発効するまでにはかなりの年数がかかるであろうといわれている。米国はこの条約を批准しないことを明らかにしており，国際的な海洋制度（科学調査を含む）が整備されるまでには，長い道程を予想しなければならない。今後の推移については予断を許さないが，いずれにせよ海洋科学調査に関する制約がますます強まる方向にあると考えざるを得ない。

この際に我々が考えなければならないことは，海洋にたいする国家管轄権の拡大という所与の条件を前提としつつも，とり除き得る障害はなるべくとり除いて，海洋科学調査のより一層の充実と海洋関連諸科学の振興をめざすことであろう。

そのためにはなすべきことは数多くあると思われるが，なんといっても国家間の問題が中心であるので，何よりも政府の姿勢・努力に期待するところが大きい。政府が積極的に関連諸国と協議して，国家管轄権のもとにおかれる海洋において，科学調査が円滑に行えるような手だてを講ずることを期待したい。なかでももっとも重要なのは，沿岸国の同意をとりつけるための手続き問題であろう。できるだけ円滑かつ能率的な手続きを確立して，相互協力の立場に立った海洋科学調査が十分に推進されるような状態を作りあげるための，政府の努力を期待するものである。

(資料)

調査の同意および結果の公表について

(1) 海洋法条約246条では，排他的経済水域内および大陸だな上においては，海洋科学調査は沿岸国の同意なしには行えないことが規定されている。

(2) 249条第1項(e)では，調査結果は適当な国家のまたは国際的なチャンネルを通じて，できるかぎり速やかに国際的に利用可能にすべきだと書かれているが，これには第2項の限定がついている。すなわち，天然資源の探査および利用に直接かかわりのあるプロジェクトの調査結果の国際的公表には沿岸国の事前の同意が必要である，という公表の認可または差止めに関する沿岸国の裁量権について，沿岸国の定めた法律や規定を害してはならない，という限定である。ここで問題となるのは天然資源の定義である。海水の化学的組成の調査がウラン資源の調査であり，海流の調査がエネルギー資源の調査であると沿岸国が考えれば，これらの調査結果の公表を沿岸国が一方的に差止めることが可能なのである。

La mer 20: 233-234, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

タリンで開かれた海洋モニタリングのシンポジウム*

元　田　茂

Symposium on Ocean Monitoring held in Tallinn

Sigeru MOTODA

表記のシンポジウム The First International Symposium on Integrated Global Ocean Monitoring (MONOC) が1983年10月2～10日ソ連邦エストニア共和国タリン市（エストニア語で Tallinn, ロシヤ語で Tallin）で開催された。主催者は USSR State Committee for Science and Technology, USSR Academy of Sciences, USSR State Committee for Hydrometeorology and Control of Natural Environment で, UNEP (United Nations Environment Programme), IOC/UNESCO, WMO が後援し，国際組織委員会は委員長 L. M. BREKHOVSKIKH (USSR)，副委員長 Yu. A. IZRAEL (USSR)，委員 E. GOLDBERG (USA), Yu. E. KAZAKOV (USSR), S. KECKES (UNEP), G. E. B. KULLENBERG (Denmark), V. A. K'AO (USSR), A. P. METALNIKOV (USSR), P. MOREL (WMO), R. REVELLE (USA), M. RUIVO (IOC/UNESCO), A. F. RUYTEL (USSR), A. S. SARKISYAN (USSR), K. VOIGT (IOC/UNESCO), A. V. TSYBAN (USSR) 諸氏で構成された。

シンポジウムには26カ国の人々が出席し，またUNEP, WMO, IOC, IMO (International Marine Organization), FAO, ICES, Helsinki Commission, SPC (South Pacific Commission), IAEA から代表者，オブザーバーが参加した。日本からは杉森康宏（東海大海洋），関文威（筑波大生物・本シンポジウムのコンビーナ），西村肇（東大工，同前），長屋裕（放医研）の4氏がスピーカーとして招かれ，杉森，関両氏が出席，西村，長屋両氏の論文は関氏が代読した。私は最初国際組織委員会に参加を求められたが，その任ではないので辞退したところ，間際になって Honorable guest として出席するよう招待をうけ，好意に甘えて行くこととした訳である。

1972年ストックホルムで開かれた人間環境に関する国連の会議で警鐘が発せられた如く，人間環境の破壊は急速に進み，人類の破滅につながる重要な問題となって来た。とりわけ大きな問題は，大気中の炭酸ガスの増加による気候変化，オゾン層の攪乱，海洋汚染の世界的な拡大特に極海域まで及んで来た汚染，酸性雨の頻発，放射性物質，殺虫剤，発癌物質の拡散などである。

ソ連において The First International Symposium on Integrated Monitoring of Environmental Pollution が1978年12月ラトビヤ共和国リガ市で開催され（英文報告は Special Environmental Report No. 15, WMO, No. 563, 1980），ついで第2回シンポジウムが1981年10月グルジヤ共和国トビリシ市で開かれた（英文報告は USSR State Committee for Hydrometeorology and Control of Natural Environment により1983年に刊行された）。トビリシのシンポジウムには日本から関文威氏が出席して研究を発表した。今回のタリンのシンポジウムはこれの発展したものである。

海洋汚染に関しては既に14年前 IMCO (Inter-Governmental Maritime Consultative Organization) が船舶による環境汚染に注目し，1973年に海洋汚染に関する国際会議が開かれて IMCO の下部に小委員会が設けられたが，これは後に MEPC (Marine Environment Protection Committee) となり，IMCO, FAO, UNESCO, WMO, WHO, IAEA, UNEP の専門家によって構成される GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) と協力して調査結果をまとめ，1973年に船舶による汚染の防止に関する国際協定が結ばれるに至った。

海洋は地球表面積の7割を占め，地球の環境に大きな影響を与えている。その中でも，特に重要な熱，水，化学物質特に炭素の循環は，海洋の性質と動態に非常に大きく支配されている。従って地球の環境変化を測るためには海洋のモニタリングは欠かすことの出来ないものである。今回のタリンにおける海洋モニタリングのシンポジウムは，IGOM (Integrated Global Ocean Monitoring)

* 1983年10月29日受理

の重要なことを認識し，Health of the Oceans を目指して企てられたもので，その目的は海洋モニタリングの生態学的,海洋物理学的成果をレビューし,最新の情報を交換し,国際協力の方法を探ぐることが主なものであった。

シンポジウムの日程は10月2日午前開会式，午後と3日，4日は全体会議，一般講演がつづき，5日，6日，7日，8日午前は，生態の部と物理の部に会場を分けて研究発表，討論が行なわれ，8日午後閉会式を以て終了した。時間割は午前のセッションが，9:00～13:00，昼食，13:00～15:00，午後のセッションは 15:00～18:00 というかなりつまったものであった。

生態と物理に分けた研究発表の項目は次のとおりである。

Ecological Section

Seminar 1. Scientific basis of ecological ocean monitoring
Seminar 2. Methods for assessing ocean pollution and permissible anthropogenic impact on marine ecosystems
Seminar 3. The role of atmospheric transport in the World Ocean pollution
Seminar 4. Ecological consequences of the World Ocean pollution
Seminar 5. Biochemical cycles and budgets of pollutants

Physical Section

Seminar 1. Problems of monitoring the atmosphere/ocean heat exchange
Seminar 2. Model monitoring of the World Ocean
Seminar 3. Problems of monitoring the heat transport in the ocean
Seminar 4. Pollution dissipation and other problems of ocean monitoring

なお Culture progamme として次のようなものが行なわれた。

10月1日 Sight-seeing in Tallinn／2日 Excursion to the Kirov Fishing Collective Farm／3日夜 Cocktail party at the Tuljak Café Flower Pavilion／4日夜 Old music concert at the Town Hall／5日夜 Sauna at Agro／6日夜 Ballet by Glazunov Raimonda in the Estonia Opera and Ballet Theatre／8日夜 Final banquet at the Pirita Restaurant／9日 Excursion to the National Lahemaa Park

シンポジウムにおける研究発表と討論の重要事項は，大洋圏と他の環境圏との相互作用の問題，地球化学的，地球物理学的，生物学的過程における大洋の役割の評価に関する問題などであった。そして海洋の同化能力が水理，微生物の作用，生物堆積の過程を通じて理解されるようになった。また生物指標による海洋汚染の監視（汚染物質を集積するイガイの定期的分析，Mussel watch）の実施例が報告され，これを地球的規模で行なうべきであると提案された。人間活動による海洋汚染は特に沿岸域に重大な結果を招いていることが報告されたが，これは即ち汚染が外洋にも及びつつあるとの警報としてうけとられる。なお漁業や水産増養殖が海洋に与える人為変化として大きなものがあろうと思われた。

シンポジウムの結論として得られた勧告は本誌本号に別に掲載されているので省略する。日本においても海洋環境保全に関しては，環境庁，科学技術庁，水産庁，気象庁，海上保安庁などの政府機関がそれぞれの立場で調査を進め，各大学の研究者による研究も行なわれているが，世界の情報を十分とりいれて一層進展させることが望まれる。日本式 GESAMP のようなものを考えてもよいのではなかろうか。今回のタリンにおけるシンポジウムの紹介が幾分でも参考になれば幸いである。

タリンはバルチック海の奥フィンランド湾に臨み，かつてのハンザ同盟最北の港市である。城壁内の旧市街は石だたみの坂道に古い由緒ある建築物が並び，中世の面影をそのまま残し，得も言われぬ風情をたたえている。路を往く女性は美しく，屋上の風見鶏は金色に輝き，様々の道具を模した飾り板が軒下に吊され，まさに画中の世界である。シンポジウムの間は日程がつまって居り，また殆ど連日冷雨にふりこめられて街を見る機会はなかなか得られなかった。やっと8日午前晴れ間をみて，シンポジウムの会場をぬけ出し，Old Tallinn を歩いたが，この短い一時の散索がすっかり私をタリンの虜にした。

国際学会や会議に出るたびに我々は違和感を味い，日本は西欧世界と全く異なった別世界であることをつくづく感ずる．一つは確に言葉の不自由な点から来ているが，やはり根本的に我々の物の見方，考え方，感じ方が西欧人とひどく違うためである。対立的客観的自然観にたつ西欧文明（ソ連文明も西欧である）が科学を生み，技術を発達させ，現代の文明を築いたのであるが，その結果種々の公害が発生し，人間環境が破壊されそうになると，更に科学技術の粋を傾けて，自然をねじ伏せ，人間の生活を防衛せんと，人間対自然の熾烈な戦いが展開される。人間と自然は一体であり，人間は自然の中に存在するものとして来た我々は何となく心が落ちつかない。

La mer 21: 235-237, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

Summary Report and Recommendations of the First International Symposium on Integrated Global Ocean Monitoring*

The first International Symposium on Integrated Global Ocean Monitoring (MONOC) was held in Tallinn, USSR, October 2-10, 1983. The Symposium was sponsored by the USSR State Committee for Sciences and Technology, USSR Academy of Sciences and USSR State Committee for Hydrometeorology and Control of Natural Environment with the support of the United Nations Environment Programme (UNEP), the World Meteorological Organization (WMO) and the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO.

Principal aims of the Symposium were:

(1) to review the scientific problems associated with ecological and physical aspects of ocean monitoring;

(2) to exchange information on the latest achievements in this field and

(3) to discuss and recommend possible international scientific co-operation in integrated global ocean monitoring.

The Symposium was attended by scientists and experts from 26 countries as well as representatives and observers of the following international organizations: United Nations Environment Programme (UNEP), World Meteorological Organization (WMO), Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC), International Marine Organization (IMO), Food and Agricultural Organization (FAO) of United Nations, International Council for Exploration of the Sea (ICES), Helsinki Commission, the South Pacific Commission (SPC) and International Atomic Energy Agency (IAEA).

In accordance with the structure of the Symposium the first two days were devoted to plenary sessions and the rest of time to special physical and ecological problems which were discussed in parallel at two different sections.

The papers and subsequent discussions centered around the problems of the ocean interaction with other spheres of the environment and assessment of the role of the ocean in geochemical, geophysical and biological processes. In the Symposium the concept of assimilative capacity of the marine environment was recognized taking into account basic hydrodynamic, microbiological and biosedimentary processes. The use of biological indicators in the studies of marine environment contamination (Mussel Watch was reviewed and it was proposed to be expanded into a global programme).

Ongoing and planned programmes of research and monitoring, both national and international, within the framework of various organizations were also presented. The general impression from these presentations was that in coastal zones serious effects of human activities have been detected. These effects should be taken as strong warning signals that the open oceans may also be affected. In the Symposium it was also demonstrated that ongoing monitoring programmes, such as MAPMOPP (IOC), the regional pollution studies in the framework of UNEP's Regional Seas Programme, ICES Cooperative Monitoring Studies Programme and the CSK (Cooperative Study of Kuroshio) Programme have given many reliable results and have provided much experience.

It was considered by the Symposium participants that fisheries and mariculture may constitute significant anthropogenic impact on the oceans.

Particular emphasis of the participants was given to the methods of predicting the marine ecosystems state and to the scientific motivation of measures preventing negative impact of pollutants on marine organisms.

The following problems were discussed:

—global ocean circulation modelling,

—large-scale ocean-atmosphere interaction,

—development of the World Ocean satellite monitoring,

—carbon cycle in the atmosphere and ocean,

* Received October 14, 1983

—El-Niño and southern oscillation,
—physical aspects of pollution distribution,
—modelling the hydrophysical and hydrochemical processes in some seas.

The discussion showed that monitoring the World Ocean hydrophysical characteristics is one of the important but very difficult oceanological problems. Since this problem is global in the nature, it can be solved only on the basis of the global oceanographic information which could permit modelling general non-stationary circulation and distribution of pollutants in the World Ocean. As a first step towards the solution of this complicated problem it is necessary to simulate the World Ocean climatic circulation with a sufficient accuracy. Besides usual information continuously received in WDC, an important role in modelling the World Ocean stationary and non-stationary circulation could be played by the information obtained as a result of the ongoing multi-national programme for investigating the atmosphere-ocean interaction to study short-term climate changes ("Sections" Programme), as well as planned international TOGA and WOCE Programmes. It was noted that besides fulfilling their formulated tasks these three progrmmes also will form the basis for testing monitoring schemes.

The Symposium stressed the necessity of further development of global monitoring hydrophysical and ecological processes making full use of "Sections", TOGA and WOCE Programmes.

The scientific basis of the ecological monitoring was discussed. Special attention was given to bioproductivity. The total biomass of the pelagic biota and its special and temporal turnover were estimated.

It was recognized that the most productive coastal zones are already under the negative influence of various pallutants. This influence is observed in a number of biotopes, particularly in neuston.

The participants of the Symposium emphasized the important role of the marine microorganisms in organic pollutant destruction in the World Ocean. New microbiological and biochemical indicator methods for assessing organic pollution of water masses were noted. The potential of marine microorganisms activity to determine assimilative capacity of different World Ocean areas was proposed.

Data on bioaccumulation and biosedimentation of metals, organochlorine and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in different ecological situations were presented.

Quantitative estimates of biosedimentation, microbial oxidation of organic compound including toxicants, as well as estimates of cycle balances for carbon, benz(a)pyrene, petroleum products, mercury and radionucleids were given.

Ecological consequences of the ocean pollution and the role of atmospheric transfer and deposition of chemical toxicants in the ocean were considered.

The efforts of international organizations and active research in many countries helped to provide new information on many global problems considered at the Symposium. In this connection the desirability of establishing an integrated global monitoring system was stressed.

The participants of the Symposium felt that the Symposium played an important role in promoting World Ocean research and identifying ways to develop an Integrated Global Ocean Monitoring Programme.

The participants noted the substantial contribution made by the USSR State Committee for Science and Technology, USSR State Committee for Hydrometeorology and Control of Natural Environment, USSR Academy of Sciences to the organization of the symposium.

Special thanks were conveyed to the Council of Ministers of the Estonian SSR and Academy of Sciences of the Estonian SSR for providing excellent accomodation for the Symposium and their warm hospitality.

The participants also expressed their gratitude to the sponsoring international organizations: UNEP, WMO and IOC.

Recommendations

1. It was obvious from numerous presentations at the Symposium that the concept of integrated global ocean monitoring must be developed. There is the need to carefully explore all aspects of such monitoring and to develop a sound scientific basis for establishing an Integrated

Global Ocean Monitoring Programme. International experts should be brought together within the framework of the United Nations system to discuss the development of such a programme.

Taking note of the past activities of GESAMP, in particular its recent report on Review of the Health of the Oceans, the meeting recommended that GESAMP be requested to develop the aspects of Integrated Global Ocean Monitoring (IGOM) related to marine pollution and the protection of the marine environment, as part of UNEP's Global Environmental Monitoring System (GEMS). In developing the concept GESAMP should be requested to examine the scientific rationale for IGOM, as well as its methodological feasibility, structure (elements) and the support required for its implementation.

UNEP was invited to take the initiative to bring the matter to GESAMP's attention and to provide support for the preparation of the conceptual framework of IGOM through GESAMP.

The climatic aspects of IGOM would be developed in the framework of the World Climate Research Programme of the World Climatic Programe.

2. Considering the importance of climatic and physical processes in evaluating the ocean state and noting that several programmes have been initiated such as the ongoing programme "Sections" (Programme of investigations of the air-sea interaction for exploration of the short-range climatic variations), planning programmes TOGA and WOCE and exploratory time series, the Symposium strongly recommends that the programmes be supported. In this connection relevant biological projects could also be considered along with these programmes.

3. The Symposium noted that it was feasible to utilize mussels (*Mytilus* sp.) as indicator organisms for monitoring the level of pollutants in the marine environment. The Symposium recommended that the competent international organizations consider the possibility of expanding current Mussel Watch activities to determining organohalogen compound levels in mussels, particularly in tropical and semi-tropical areas of the Southern Hemisphere.

4. Noting that the concept of integrated global ocean monitoring and other elements, including assessment methodologies, biological and ecological indicators, assimilative or receiving capacity need further research and development; that monitoring should only be developed in a gradual way and in close contact with research; that intercalibration exercises must be included in order to ensure intercomparability of data.

5. Eutrophication of the ocean can be monitored microbiologically and biochemically by measuring parameters that have a direct relationship with the turnover rate of biological elements, The technique for measurement can be applied in any country for global monitoring. It is recommended that monitoring for sanitary-microbiological indices be encouraged, with special reference to eutrophication.

6. Noting that the information on contamination levels in the World Ocean provided by GIPME needs to be enhanced, the Symposium recommends that programmes be deviced for baseline studies of selected contaminants in the open ocean. It is further recommended that after the programmes have been deviced by relevent experts, they be supported on an international basis and their results be presented at the Second International Symposium on MONOC.

7. Considering the many important results presented at the Symposium the concepts developed, the exchange of information and the great importance of the subject it is recommended that the proceedings be published in Russian and English.

8. Regarding the many important results on the ecological situation in the World Ocean, obvious value of the exchange of scientific information related to the development of the integrated global ocean monitoring it is recommended that the Second International Symposium on the Integrated Global Ocean Monitoring be held in 3–4 years.

9. The symposium recognized the success of monitoring activities undertaken by regional seas programme. The symposium supported the regional approach to environmental research and monitoring as a vital element in the achievement of integrated global ocean monitoring.

(Symposium Secretariat)

La mer 21: 239-280, 1983
Société franco-japonaise d'océanographie, Tokyo

シンポジウム

水界における植物プランクトンの生体物質

日　　時：1983年4月6日(水)
会　　場：東京水産大学海洋環境工学科
主　　催：日仏海洋学会・日本海洋学会
コンビーナー：宮崎龍雄（筑波大・生物）

序……………………………………………………………………宮崎龍雄（筑波大・生物）
1. 有機物の動態……………………………………………田上英一郎（神戸大・自然科学研究科）
2. 炭水化物………………………………………………………浜　健夫（名大・水圏研）
3. 植物プランクトンにおけるアミノ酸・たんぱく質
　—アミノ酸代謝の調節を中心にして—…………………………大森正之（東大・海洋研）
4. 植物プランクトンの脂質…………………………………………宮崎龍雄（筑波大・生物）
5. 核　酸…………………………………………………………………山口征矢（埼玉大・教養）
6. 生理活性物質—毒成分を中心に—……………………………丸山純一・野口玉雄（東大・農）

Symposium

Carbohydrates, Proteins, Lipids, Nucleic Acids and Other Organic Compounds of Phytoplankton in Aquatic Environments

April 6, 1983, at Tokyo University of Fisheries under the auspices
of "la Société franco-japonaise d'océanographie" and
the Oceanographical Society of Japan
(Convener: Tatsuo MIYAZAKI)

Foreword ……………………………………………………………Tatsuo MIYAZAKI
1. Cycle of organic matter in deep water ……………………………Eiichiro TANOUE
2. Carbohydrates in natural waters—especially in Lake Suwa ……………Takeo HAMA
3. Amino acids and proteins of planktonic algae with special reference
   to regulatory mechanisms of amino acid metabolism ……………Masayuki OHMORI
4. Lipids of phytoplankton in natural waters…………………………Tatsuo MIYAZAKI
5. Nucleic acids of phytoplankton in aquatic environments ……………Yukuya YAMAGUCHI
6. Bioactive metabolites, with special reference to toxins……………Junichi MARUYAMA and Tamao NOGUCHI

序

近年，生物学では生体物質の研究はますます盛んになり，たんぱく質，核酸，脂質などが，酵素学的，免疫化学的，遺伝子工学的などの見地から研究されてきている。このような中で，水界生態系の重要な構成員である植物プランクトンの生体物質の研究はどうなっているのかという疑問が起る。また，一般生物学でいわれていることが，水界生態系という大きなシステムに入ったときにどうなるのか。いろいろな疑問がわく。このようなわけで，植物プランクトンの生体物質をとらえなおすことには今日的意義があると思われる。

一方，水界生態系の物質循環の解明のために一次生産の測定は各種なされてきているが，植物により生産された炭水化物等の物質の流れに関する研究は充分に進んでいるとはいえない。そこで，現時点での研究状況について整理するのも意義があると思われる。

そこで，今回のシンポジウムでは，有機物の動態，たんぱく質・炭水化物・脂質・核酸・生理活性物質についての研究発表と討論を行った。その中で植物プランクトンの生体物質研究の現状がかなり明らかになり，今後の研究の方向性に関する興味深い提案もなされた。これらの成果をまとめたのがこの報告である。この報告が読者諸兄の何らかのお役に立つことを祈る次第である。

なお，このシンポジウムを開くにあたり，多大な御協力をいただいた筑波大学の関文威氏ならびに東京水産大学の須藤英雄氏に厚く御礼を申しあげます。

（宮崎龍雄）

Foreword

The study of chemical compounds such as proteins, nucleic acids, lipids has extensively progressed in many biochemical disciplines. However, much of the knowledge has not yet been applied in the studies on aquatic environments. Extensive application would contribute to further progress in the science of aquatic ecosystems. Studies on the cycling of the chemical compounds in natural waters may give us a possible deep insight into the interactions between producers and consumers. Quantitative and qualitative researches on the compounds may, furthermore, explain physiological conditions of phytoplankton cells in natural waters. For these reassons, we have reviewed the studies on the biologically important compounds of phytoplankton in the present symposium.

We are grateful to Drs. H. SEKI and H. SUDO for their help to make this symposium possible.

Tatsuo MIYAZAKI

1. 有 機 物 の 動 態

田 上 英 一 郎*

1. Cycle of Organic Matter in Deep Water

Eiichiro TANOUE*

Abstract: Fatty acid and monosaccharide compositions of sinking particles collected with sediment traps and particulate matter collected by filtration of seawater were compared and discussed. Organic materials in sinking particles from 0.1 through 5.25 km depths were mainly derived from phytoplankton in euphotic layers. These organic materials were high'y susceptible to biological degradation and played a major active role in biological cycles even in intermediate and deep water layers. Rates of degradation of organic matter in the deep water layer estimated by the sediment trap method were found to be almost comparable to those obtained from the dissolved oxygen consumption rates reported in deep waters of various oceanic areas. Particulate organic matter in the intermediate and deep water layers was not simply residual organic matter of marine organisms and was supposed to be a complex mixture of organic materials including those of terrestrial and dissolved origin. These organic materials were resistant or inert to biological activity and were only slowly altered and degraded in seawater.

1. はじめに

海洋の有機物には，植物プランクトンの光合成に由来する有機物と，河川や大気を経由してもたらされる陸起源有機物とがある。全海洋への基礎生産による有機物の供給量は 10^{16}gC/yr (RYTHER, 1969) のオーダーと見積られており，陸起源有機物の 10^{14}gC/yr (HANDA, 1977) に比べてはるかに大きい。したがって，海洋全体での巨視的な有機物の動態には，基礎生産による植物プランクトンの有機物が中心的役割を果しているものと理解される。しかし，基礎生産の場は海洋のごく表層に限定されており，また植物プランクトンの有機物の大部分は生物学的作用によって容易に分解され無機化する。中深層の懸濁粒子からは，植物プランクトンの指標となるクロロフィル色素は普通検出されない。中深層に存在する有機物の化学的性質やその起源については十分な知見が得られておらず，表層に負荷された植物プランクトンや陸起源の有機物が，中深層水中の物質循環に関与する過程については不明であった。

本研究では，海水をフィルターで沪過して得られた懸濁粒子とセジメントトラップで捕集された沈降粒子の有機物について脂肪酸および単糖組成を決定し，それらの結果を相互に比較することにより，中深層水中の物質循環に関与する有機物の起源を推定した。

* 神戸大学自然科学研究科　Graduate School of Science and Technology, Kobe University

2. 懸濁粒子の脂肪酸および単糖組成

東京大学海洋研究所所属白鳳丸 KH-78-3 次航海において，北部北太平洋の観測点 Stn. 3(47°55.1′N, 176°20.6′E) で得られた懸濁粒子および植物プランクトンの脂肪酸組成を Table 1 および 2 に示した。深度 200m 以浅から得られた懸濁粒子では，炭素数 16(C_{16}) および 18 (C_{18}) の不飽和脂肪酸が顕著に認められた。不飽和脂肪酸は植物プランクトンに最も豊富に含まれており (Table 2)，逆に中深層の懸濁粒子からは検出されなかった。POC/Chl. *a* 値は，懸濁粒子の有機物に占める植物プランクトン態有機物の割合を知る目安として有効である。そこで，POC/Chl. *a* 値と懸濁粒子の全脂肪酸に対する不飽和脂肪酸の割合との関係を Fig. 1 に示した。両者は負の相関をなすことから，表層の懸濁粒子に認められる不飽和脂肪酸は，植物プランクトンの不飽和脂肪酸に直接由来することがわかる。植物プランクトンと 200m 以浅の懸濁粒子の脂肪酸組成は，飽和脂肪酸についても同様な特徴を示し，両者とも C_{14} および C_{16} 脂肪酸の割

Table 1. Fatty acid compositions of particulate matter collected from the surface through deep water layers at Stn. 3 (47°55.1 N; 176°20.6′E) in the northern North Pacific.

Fatty acid[a]	Depth (m)				
	0	10	20	500	2,500
	weight percent				
iso[b]14:0	nd.[c]	tr.[d]	tr.	nd.	nd.
14:0	24	26	26	6.2	0.48
anteiso[b]15:0	tr.	nd.	nd.	nd.	nd.
iso 15:0	2.3	1.0	1.0	tr.	tr.
15:0	1.7	1.2	1.6	2.1	1.8
16:unsat.[e]	9.7	8.6	8.1	nd.	nd.
16:0	23	34	35	45	57
iso 17:0	nd.	tr.	tr.	tr.	tr.
17:0	nd.	tr.	tr.	2.1	1.6
18:unsat.	15	19	21	nd.	nd.
18:0	7.7	4.8	7.4	34	35
19:0	0.52	1.1	tr.	tr.	tr.
20:unsat.	6.6	nd.	tr.	nd.	nd.
20:0	tr.	1.4	tr.	1.8	2.7
22:unsat.	5.6	nd.	nd.	nd.	nd.
22:0	2.1	nd.	nd.	6.1	nd.
23:0	tr.	nd.	nd.	nd.	nd.
24:unsat.	1.2	nd.	nd.	nd.	nd.
24:0	tr.	tr.	tr.	1.8	1.3

a=All fatty acids are given by carbon chain length: number of double bond.
b=Branched fatty acid
c=Not detected
d=Trace
e=Unsaturated fatty acids

合が高く，C_{18} 脂肪酸の割合が低い。脂肪酸組成のこれらの特徴は，珪藻の脂肪酸組成の特徴とも一致する (KATES and VOLCANI, 1966; ACKMAN *et al.*, 1964, 1968; DE MORT *et al.*, 1972)。以上の結果から判断して，200m 以浅で得られた懸濁粒子の脂肪酸は，植物プランクトン，特に珪藻の脂肪酸に直接由来するものと考えられる。

深度 500m および 2,000m で得られた懸濁粒子の脂肪酸組成では，不飽和脂肪酸が検出されず，表層の懸濁粒子や植物プランクトンのそれらとは大きく相違した (Table 1 および 2)。不飽和脂肪酸は，生物学的分解作用に対してとりわけ不安定であること (RHEAD *et al.*, 1971) から，表層から中・深層へ至る輸送過程において選択的に分解消失したものと解釈することも可能である。しかし，中・深層の懸濁粒子は，飽和脂肪酸の組成においても表層の懸濁粒子とは大きく相違する。

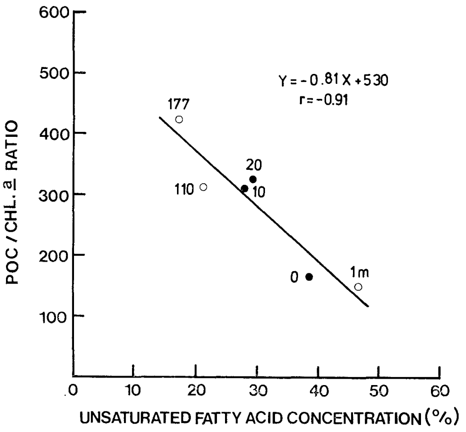


Fig. 1 Correlation between POC/Chl. *a* and the percent of the unsaturated fatty acids in the particulate matter collected from the euphotic layer. Closed and open circles represent the data obtained at Stn. 3 in the northern North Pacific (Table 1) and Stn. 4 in the Bering Sea (HANDA and TANOUE, 1980), respectively.

北部北太平洋およびベーリング海で得られた懸濁粒子の主な飽和脂肪酸である C_{14}（ミリスチン酸），C_{16}（パルミチン酸）および C_{18}（ステアリン酸）脂肪酸の濃度と全脂肪酸に対する割合を Table 3 にまとめて示した。パルミチン酸およびステアリン酸の割合は，中・深層において増加するが，特にステアリン酸の増加は顕著である。そこで，海層の懸濁粒子のステアリン酸の起源について考察する。植物プランクトン (Table 2)，海洋細菌 (PARKER *et al.*, 1967)，動物プランクトン (JEFFRIES, 1970; ACKMAN and HOOPER, 1970) および魚類 (BISHOP *et al.*, 1976) などの海産生物の脂肪酸では，ステアリン酸はむしろ小さな成分である。したがって，海産生物に直接由来するステアリン酸が，深層の懸濁粒子へ選択的に添加される可能性は考えられない。一方，堆積物中の脂肪酸組成の鉛直分布 (FARRINGTON *et al.* 1977) や塩生植物 *Spartina altermiflora* の分解実験 (SCHULTZ and QUINN, 1973) などから判断すると，パルミチン酸とステアリン酸の生物学的分解速度には明らかな相違は認められない。すなわち，深層の懸濁粒子に認められるステアリン酸は，表層の植物プランクトンや懸濁粒子の鉛直輸送過程において，他の脂肪酸が選択的に分解消失することにより，相対的に蓄積してもたらされたものでは無い事を示している。

さらにステアリン酸は，その濃度が表層では 0.042～

Table 2. Fatty acid compositions of sinking particles collected with sediment traps at Stn. 3 in the northern North Pacific and naturally occurring phytoplankton.

Fatty acid[a]	Depth (km)					Phytoplankton
	0.1	1.1	2.2	4.4	5.25	
	weight percent					
iso[b]14:0	tr.[c]	0.92	tr.	1.4	tr.	nd.[d]
14:unsat.[e]	tr.	1.2	tr.	1.8	tr.	tr.
14:0	13	12	13	14	18	23
anteiso[b]15:0	0.28	1.1	0.98	3.9	0.56	0.68
iso 15:0	0.86	2.3	1.7	4.8	1.4	0.36
15:0	1.5	3.5	2.8	2.9	2.8	0.50
16:unsat.	5.2	8.9	4.8	7.1	9.1	19
anteiso 17:0	0.46	2.4	2.5	1.6	0.68	0.81
iso 17:0	0.74	2.3	2.0	1.0	1.3	0.81
17:0	0.83	1.2	0.6	1.3	1.4	0.34
18:unsat.	7.8	8.2	8.4	8.2	11	17
18:0	12	8.1	8.5	12	10	1.8
anteiso 19:0	tr.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.
iso 19:0	tr.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.
19:0	tr.	tr.	tr.	0.99	0.41	nd.
20:unsat.	3.2	2.9	3.1	2.7	4.7	15
20:0	1.6	1.4	3.6	2.4	2.4	2.7
22:unsat.	1.8	1.5	1.9	tr.	2.8	1.2
22:0	1.3	3.5	2.4	tr.	2.3	0.31
23:0	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	nd.
24:0	0.74	2.9	2.0	tr.	1.3	0.91
25:0	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	nd.
26:0	tr.	tr.	1.3	tr.	tr.	nd.
28:0	nd.	tr.	tr.	tr.	tr.	nd.

a=All fatty acids are given by carbon chain length: number of double bond.
b=Branched fatty acid
c=Trace
d=Not detected
e=Unsaturated fatty acids

0.50 μgC/*l* の範囲内で検出されたのに対して，500m 以深では 0.30～0.89 μgC/*l* の範囲となり，その絶対量は増加した(Table 3)。この観測結果は，中・深層水中において懸濁粒子にはステアリン酸が新たに添加されていることを示している。溶存する有機物が何らかの界面に収着して懸濁粒子化する可能性が指摘されている (RILEY, 1970)。海洋の現場で，このような粒子化現象が起っていることを報告した例は見当らない。室内実験の結果は，C_{14}～C_{18} の飽和脂肪酸について無機粒子への収着能はアルキル鎖が長い程大きく (MEYERS and QUINN, 1973)，天然海水を用いた収着実験ではステアリン酸はパルミチン酸に比べて3倍多量に無機粒子へ収着すること (BARCELONA and ATWOOD, 1979) などが報告されている。南極海およびサンゴ海深層水からは C_{14}～C_{32} の範囲の脂肪酸が検出され，そのなかでステアリン酸は全脂肪酸の 10～16% を占め，パルミチン酸の 26～29% に次ぐ主要な成分であった（田上，未発表）。以上の結果から総合的に判断するならば，中・深層の懸濁粒子の脂肪酸は，その大部分が溶存する脂肪酸に由来しており，それらの収着現象が懸濁粒子の脂肪酸組成を支配する要因と考えられる。

北部北太平洋およびベーリング海で得られた懸濁粒子の炭水化物は，その構成単糖としていずれの深度においてもグルコースが最も卓越している (Table 4，田上・半田，未発表データ)。この海域の表層の懸濁粒子の有機炭素は，その 50～75% が植物プランクトン態炭素と考えられること (TANOUE and HANDA, 1979)，また脂肪酸組成の結果などから判断して，表層の懸粒粒子に

認められるグルコースは，この海域で卓越する植物プランクトンである珪藻の貯蔵性多糖の β-1, 3-グルカン (HANDA, 1969) と考えられる。中・深層の懸濁粒子では，メチルペントースやペントースの割合が減少し，グルコースの割合は更に増加する傾向にある。グルコースを主要構成単糖とする多糖類のうち，β-1, 3-グルカンは表層の懸濁粒子や珪藻に含まれることは既に述べた。しかし，β-1, 3-グルカンは水溶性であり，また極めて迅速に生物学的分解を受け細胞内から消失することが知られている (HANDA, 1969)。そして，中層の懸濁粒子でのβ-1, 3-グルカンの割合は，全炭水化物の 2% 以下と報告されている (HANDA *et al.*, 1972)。したがって，グルコースが主要な構成単糖であるが，中・深層の懸濁粒子の炭水化物は表層のそれとは化学的性質が全く異なるものと考えられる。他のグルカンとしては，α-1, 4-グルカンおよび β-1, 4-グルカンが知られている。そのうちα-1, 4-グルカンは水溶性であり，生物学的分解作用に対して極めて不安定である。β-1, 4-グルカンは高等植物や緑藻，褐藻および紅藻などの海産藻類の構造多糖として知られており，水に難溶性で，生物作用に対して安定である。したがって，深層の懸濁粒子に認められるグルコースに富む炭水化物としては，このβ-1, 4-グルカンが最も確からしい多糖と考えることができる。この多糖が陸上の高等植物のセルローズ性繊維 (PARSONS and STRICKLAND, 1962) に由来するものか，もしくは海産藻類などのヘミセルローズ性構造多糖類 (HANDA and YANAGI, 1969) に由来するものかは不明である。しかし，脂肪酸の場合と同様に，炭水化物の結果からも，中・深層の懸濁粒子の有機物は，表層の植物プランクトンが鉛直輸送される過程で分解作用を受けたのち，その残査が蓄積したものとは考え難い。

Table 3. Concentrations of three major saturated fatty acids in the particulate matter collected from the surface through deep water layers at Stn. 3 in the northern North Pacific and Stn. 4 in the Bering Sea

Depth (m)	Myristic acid (C14:0)	Palmitic acid (C16:0)	Stearic acid (C18:0)
	μgC/*l*		
northern North Pacific (47°55.1′N; 176°20.6′E)			
0	1.0 (23)*	0.96(23)	0.32(7.7)
10	1.3 (29)	1.5 (23)	0.21(4.8)
20	1.1 (26)	1.4 (35)	0.30(4.7)
500	0.055(6.2)	0.40(45)	0.30(34)
2,500	6.6×10^{-4}(0.48)	0.79(57)	0.48(35)
Bering Sea (53°25.5′N; 177°01.1′E)			
1	0.88(18)	1.3 (27)	0.25(5.0)
50	0.42(14)	1.3 (41)	0.042(1.4)
110	0.14(10)	0.44(31)	0.18(13)
177	0.26(9.6)	0.97(36)	0.50(19)
500	0.16(6.7)	0.80(34)	0.89(58)
2,000	0.23(7.4)	1.2 (38)	0.86(28)
Phytoplonkton	— (23)	— (16)	— (1.8)

* Values in parentheses indicate percent of the total fatty acid composition.

3. 沈降粒子の脂肪酸および単糖組成

北部北太平洋の観測点 Stn. 3 (47°55.1′N, 176°20.6′E) において，海水中を沈降する粒子即ち沈降粒子をセジメントトラップにより直接捕集し，その有機物組成を検討した。

Table 4. Monosaccharide compositions of particulate matter collected from the surface through deep water layers at Stn. 3 in the northern North Pacific and Stn. 4 in the Bering Sea (TANOUE and HANDA, unpublished).

Sugar	northern North Pacific					Bering Sea					
	0m	10m	20m	500m	2,500m	1m	50m	110m	177m	500m	2,000m
	Mol. percent										
Rhamnose	7.8	5.3	4.1	1.7	tr.	7.0	6.1	4.0	3.0	1.1	0.65
Fucose	4.0	2.5	4.3	tr.	tr.	4.1	3.0	1.7	1.4	1.2	0.95
Ribose	2.7	4.8	4.5	nd.	nd.	tr.	1.9	tr.	tr.	nd.	nd.
Arabinose	5.7	7.1	4.0	1.3	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.6	tr.
Xylose	10	15	6.5	11	21*	4.6	3.4	5.4	10	8.2	8.2
Mannose	18	9.4	12	7.9	15	12	11	6.3	9.7	17	3.9
Galactose	14	9.6	15	5.1	4.2	11	10	11	11	2.8	1.1
Glucose	38	46	49	73	58	59	63	70	64	68	85

* Tentative identification.

深度 0.1km から 5.25km に至る5層で得られた沈降粒子の脂肪酸組成は，深度による顕著な変化は認められず，いずれの深度においても飽和脂肪酸では C_{14} および C_{16} 脂肪酸が，また不飽和脂肪酸では C_{16} および C_{18} 脂肪酸が各々卓越する成分であった（Table 2）。これらの特徴は，中・深層の懸濁粒子の脂肪酸とは全く異なり，むしろ表層の懸濁粒子や植物プランクトンの脂肪酸組成の特徴と一致する（Table 1 および 2）。既に述べた様に，不飽和脂肪酸は生物学的作用によって容易に分解消失する（Fig. 1）。それらの成分が中・深層で得られた沈降粒子に顕著に認められたことは，沈降粒子の脂肪酸が表層の懸濁粒子もしくは植物プランクトンに直接由来しており，それらの急速に鉛直輸送されたことを示唆している。

沈降粒子の炭水化物については，構成単糖としてメチルペントースやペントースが認められ，ヘキソースではマンノースおよびグルコースが卓越する（Table 5，田上・半田，未発表データ）。これらの構成単糖の割合は，試料毎にかなりの変動があるが，深度に伴なう変化は認められない。沈降粒子の単糖組成の特徴としては，全深度について共通してマンノースおよびグルコースが主要な単糖として認められる。また，フコース，リボースおよびアラビノースの割合は，いずれの深度においても全単糖の 10% を越えず，比較的小さな単糖成分であるが，これらの単糖類は，中・深層の懸濁粒子からは微量かもしくは検出されず，これらの単糖類もまた沈降粒子の特徴と言える。沈降粒子の単糖組成にみられるこれらの特徴は，脂肪酸の場合と同様，中・深層の懸濁粒子の単糖組成とは異なり，むしろ表層の懸濁粒子や植物プランクトンの単糖組成の特徴と一致する。しかし，沈降粒子と表層の懸濁粒子に共通した主要単糖のマンノースおよびグルコースの割合は，両者で異なる。即ち，沈降粒子の炭水化物は，懸濁粒子に比べて，その構成単糖としてマンノースに富みグルコースが少ない。そこで，沈降粒子に認められるマンノースの起源について考察する。FORD and PERCIVAL (1965) は海産珪藻の構造多糖がマンノースを主要構成単糖とするグルクロノマンナンであるとを報告した。更に，HANDA (1969) は海産珪藻の炭水化物を温水処理した際，水溶性画分には貯蔵性多糖の β-1,3-グルカンが，不溶性画分には細胞壁多糖類が残り，その主要構成単糖はマンノースであることを見出した。本海域で得られた植物プランクトンを水で分画し，その単糖組成を検討した（Table 6，田上・半田，未発表データ）。その結果，植物プランクトンの全炭水化物では，その構成単糖としてグルコースが卓越するが，グルコースの大部分が水溶性画分に移り，不溶性画分にはマンノースが選択的に残った。以上の結果から，沈降粒子の炭水化物は，表層の植物プランクトン即ち珪藻の主として細胞壁多糖類に由来することがわかった。

Table 5. Monosaccharide compositions of sinking particles collected with the sediment trap from the depths of 0.1 km through 5.25 km at Stn. 3 in the northern North Pacific (TANOUE and HANDA, unpublished).

Sugar	0.1 km	1.1 km	2.2 km	4.4 km	5.25 km
	Mol. percent				
Rhamnose	8.7	17	9.1	9.7	10
Fucose	6.2	8.1	3.8	4.9	2.6
Ribose	5.7	1.4	1.6	3.1	3.4
Arabinose	5.0	8.6	4.2	7.4	9.5
Xylose	36*	8.0	9.7	18	22
Mannose	23	17	15	20	35
Galactose	5.0	17	24	15	5.0
Glucose	11	23	33	23	13

* Tentative identification

Table 6. Monosaccharide compositions of the naturally occurring phytoplankton and of its extractable and residuous carbohydrate fractions (TANOUE and HANDA, unpublished).

Sugar	Fraction		Whole cell
	Residuous	Extractable	
	Mol. percent		
Rhamnose	18	nd.	4.5
Fucose	9.4	nd.	2.3
Ribose	nd.	12	8.7
Arabinose	6.4	nd.	1.6
Xylose	13	nd.	3.3
Mannose	24	2.8	8.0
Galactose	22	10	13
Glucose	6.9	75	58
Percent to total carbohydrate	25	75	—

4. 有機炭素のフラックス

セジメントトラップで捕集された沈降粒子の有機物組成の結果から，表層の基礎生産による植物プランクトン態有機物は，大きな変質作用を受けることなく急速に鉛直輸送されたのち，深層水中での物質循環に直接関与していることがわかった。この結論は，種々の海域で実測

された有機炭素のフラックスが表層の基礎生産に比例すること（SUESS, 1980），同一海域においては，基礎生産の季節変動が時間的遅れが認められないまま，ただちに深層への有機炭素のフラックスに反映すること（DEUSER and ROSS, 1980）などの観測結果とも矛盾しない。

中・深層の懸濁粒子からは，表層の植物プランクトンに直接由来する有機物がほとんど見出せなかった。このことは，深層へ鉛直輸送された沈降粒子の有機物は，深層水中に滞留することなく，そこに存在する懸濁粒子や溶存態の有機物よりも速やかにその大部分が分解されて無機化するものと考えられる。北部北太平洋で実測された有機炭素の鉛直フラックスを Table 7（田上・半田，未発表データ）に示した。沈降粒子によって鉛直輸送された有機物の深層水中での分解速度は，深度 1.1 km および 5.25 km でのフラックスの差から，4.89 mgC/m^2/day と見積ることができる。溶存酸素の鉛直分布を拡散移流モデルによって解析することにより，種々の海域の深層水中での溶存酸素の消費速度が見積られている（Table 8）。それらの値を有機物の分解速度に換算すると，深層水中での有機物の分解速度は 2.3〜14 mgC/m^2/day と算定される。この値は，沈降粒子のフラックスから算定した有機物の分解速度とほぼ釣合う値とみることができる。換言すれば，表層から急速に鉛直輸送された植物プランクトン態有機物は，中・深層水中における物質循環に直接関与し，質的のみならず量的にも中心的役割を果しているものと理解される。

Table 7. Organic carbon flux observed by the sediment trap experiment and estimated relative abundance to particulate and dissolved organic carbons at Stn. 3 in the northern North Pacific (TANOUE and HANDA, unpublished).

Depth (km)	Flux mgC/m^2/day	POC μgC/l	DOC μgC/l	Flux /POC %	Flux /DOC %
1.1	7.27	20.1	490	0.36	0.015
2.2	7.30	21.8	525	0.33	0.014
4.4	2.70	12.7	530	0.21	0.005
5.25	2.38	31.6	570	0.08	0.004

5. まとめ

深層の懸濁粒子の有機物は，その化学的性質から判断して，生物学的分解作用に対して安定であり，陸起源有機物や溶存有機物に由来するものも含む複雑な集合体と考えられる。したがって，深層の懸濁粒子の有機物は，単に基礎生産に由来する有機物の分解残査が蓄積して形成されたものとは考え難い。溶存有機物の ^{14}C 年齢が1600〜6600年の範囲で報告されている（BADA and LEE, 1977）ことから判断すれば，これらの有機物は深層水中に長期にわたって滞留するものと考えられる。しかし，海底堆積物有機物の脂肪酸および単糖組成は，懸濁粒子のそれらと大きく相違する（HANDA and TANOUE, 1979; TANOUE and HANDA, 1980）ことから，これらの有機物のうち堆積物有機物として水中から除去されるものは，それ程多くないものと考えられる。したがって，深層の懸濁粒子の有機物は，水柱内において長い時間スケールのもとに緩慢な変質および分解作用を受けているものと考えられる。

沈降粒子の有機物は，生物学的に容易に分解される。

Table 8. Deep water oxygen consumption rate and organic carbon decomposition rate.

Author	Oxygen consumption rate $\mu l/l$/yr	Intergrated organic carbon decomposition rate mgC/m^2/day	Water mass
		Calculated by A-D model	
MUNK (1966)	4 (2.7-5.3)	13.5*(1-4 km)	Central Pacific
ARONS & STOMMEL (1967)	2-2.5	7.6*(1-4 km)	North Atlantic
CRAIG (1971)	4	13.5*(1-4 km)	South Pacific
TSUNOGAI (1972)	1-3	13.7 (1-4.5 km)	North Pacific
KROOPNICK (1974)	0.6-3	2.3-11.4*(1-4.5 km)	East Pacific
HANDA & MATSUNAGA (1976)	6	26 (0.855-4.774 km)	North Pacific
Range	0.6-6	2.3-26	
		Observed by sediment trap	
Present study		4.89 (1.1-5.25 km)	northern North Pacific

* Organic carbon decomposition rate was calculated by using the ratio of 106 carbon: −276 oxygen (REDFIELD *et al.*, 1963).

その起源は，表層の植物プランクトンが急速に鉛直輸送されたものと理解される。沈降粒子の沈降速度を100m/day (SMAYDA, 1969) と仮定して，有機炭素のフラックスからその現存量を推定すると，その値は23.8～73.0 μgC/m^3 となる。これらの値は，懸濁粒子および溶存態の有機物の現存量の各々 0.08～0.36% および 0.004～0.014% に相当する (Table 7)。深層水中における沈降粒子の有機物の現存量は，共存する濁粒懸子や溶存態の有機物に比べて極めて小さいことは明らかである。しかし，沈降粒子の有機物は短かい時間スケールのもとに急速な鉛直輸送および分解過程が進行し，そのことにより質的にも量的にも深層水中の物質循環に中心的役割を果しているものと推定される。

文　献

ACKMAN, R. G., P. M. JANGAARD, R. H. HOYLE and H. BROCKERHOFF (1964): Origin of marine fatty acids. I. Analyses of the fatty acids produced by the diatom *Skeletonema costatum*. J. Fish. Res. Bd. Can., **21**, 747-756.

ACKMAN, R. G., C. S. TOCHER and J. MCLACHLAN (1968): Marine phytoplankter fatty acids. J. Fish. Res. Bd. Canada, **25**, 1603-1620.

BADA, J. L. and C. LEE (1977): Decomposition and alteration of organic dissolved in seawater. Mar. Chem., **5**, 523-534.

BARCELONA, M. J. and D. K. ATWOOD (1979): Gypsum-organic interactions in the marine environment: sorption of fatty acids and hydrocarbon. Geochim. Cosmochim. Acta, **43**, 47-53.

BISHOP, D. G., D. G. JAMES and J. OLLEY (1976): Lipid composition of slender tuna (*Allothunnus fallai*) as related to lipid composition of their feed (*Mycriphanes australis*). J. Fish. Res. Bd Canada, **33**, 1156-1161.

DEUSER, W. G. and E. H. ROSS (1980): Seasonal change in the flux of organic carbon to the deep Sargasso Sea. Nature, **283**, 364-365.

DEMORT, C. L., R. LOWRY, I. TINSLEY and H. K. PHINNEY (1972): The biochemical analyses of some estuarine phytoplankton species. I. Fatty acid composition. J. Phycol., **8**, 211-216.

FARRINGTON, J. W., S. M. HENRICHS and R. ANDERSON (1977): Fatty acid and Pb-210 geochronology of a sediment core from Buzzard Bay, Massachusetts. Geochim. Cosmochim. Acta, **41**, 289-296.

FORD, C. W. and E. PERCIVAL (1965): The carbohydrates of *Phaeodactylum tricornatum*. Part II. A sulphated glucuronomannan. J. Chem. Soc., 7042-7046.

HANDA, N. (1969): Carbohydrate metabolism in the marine diatom *Skeletonema costatum*. Mar. Biol., **4**, 208-214.

HANDA, N. and K. YANAGI (1969): Studies on water-extractable carbohydrates of the particulate matter from the northwest Pacific Ocean. Mar. Biol., **4**, 197-207.

HANDA, N., K. YANAGI and K. MATSUNAGA (1972): Distribution of detrital materials in the western Pacific Ocean and their biochemical nature. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., **29**, Suppl., 53-71.

HANDA, N. (1977): Land source of marine orgnic matter. Mar. Chem., **5**, 165-184.

HANDA, N. and E. TANOUE (1979): Chemistry of sedimentary organic matter. Proc. Fourth CSK Symp. p. 432-445.

JEFFRIES, H. P. (1970): Seasonal composition of temperate plankton communities: Fatty acids. Limnol. Oceanogr., **15**, 419-426.

KATES, M. and B. E. Voclani (1966): Lipid components of diatoms. Biochim. Biophys. Acta, **116**, 264-278.

MEYERS, P. A. and J. G. QUINN (1973): Factors affecting the association of fatty acids with mineral particles in sea water. Geochim. Cosmochim. Acta, **37**, 1745-1759.

PARKER, P. L., C. VAN BAALEN and L. MAURER (1967): Fatty acids in eleven species of blue-green algae: geochemical significance. Science, **155**, 707-708.

PARSONS, T. R. and J. D. H. STRICKLAND (1962): Oceanic detritus. Science, **136**, 313-314.

REDFIELD, A. C., B. H. KETCHUM and F. A. RICHARDS (1963): The influence of organisms on the composition of seawater. *In* M. N. HILL (ed.), The Sea, Vol. 2. Interscience Publ., New York. p. 26-77.

RHEAD, M. M., G. E. EGLINGTON, G. H. DRAFFAN and P. J. EGLINGTON (1671): Conversion of oleic acid to saturated fatty acids in seven estuary sediments. Nature, **232**, 327-330.

RILEY, G. A. (1970): Particulate organic matter in sea water. Adv. mar. Biol., **8**, 1-118.

RYTHER, J. H. (1969): Photosynthesis and fish production in the sea. Science, **166**, 72-76.

SCHULTZ, D. M. and J. G. QUINN (1973): Fatty acid composition of organic detritus from *Spartina alterniflora*. Est. Coast. Mar. Sci., **1**, 177-190.

SMAYDA, T. J. (1969): Some measurements of the sinking rate of fecal pellets. Limnol. Oceanogr., **14**, 621-625.

SUESS, E. (1980): Particle organic carbon flux in the oceans — surface productivity and oxygen utilization. Nature, **288**, 260-263.

TANOUE, E. and N. HANDA (1979): Distribution of particulate organic carbon and nitrogen in the Bering Sea and northern North Pacific Ocean. J. Oceanogr. Soc. Japan, **35**, 47-62.

TANOUE, E. and N. HANDA (1980): Vertical transport of organic materials in the northern North Pacific as determined by sediment trap cxperiment. Part I. Fatty acid composition. J. Oceanogr. Soc. Japan, **36**, 231-245.

討　論

門谷　茂(香川大・農)　深層の有機物の分解は，深層の water column 中を沈降している間に平均的に起ると考えているのか。それとも特定の場所，例えば堆積物直上で起るのか。

田上英一郎(神戸大・自然科学)　沈降粒子の有機物組成には，深度に伴なう変化は認められず，沈降過程で有機物が分解しているとは考え難い。大型の沈降粒子が海水中で小粒子に分散して沈降速度が減少し，その後有機物の分解が起っているものと考えている。低緯度海域で行なわれたセジメントトラップ実験の結果では，沈降中に有機物が分解していることを示唆するデータがあり，沈降粒子の大きさ形態および密度等が海域によって相違している可能性がある。

また，今回の結果では，深層（深度 1.1 km）まで鉛直輸送された有機物のうち，67% が深層水中で分解し，33%が堆積物表面へ到達し，そのうちの99.7%以上は堆積物表面で分解するものと見積られた。量的には深層水中での分解量が大きいが，空間的な広がりを考慮すると，深層水と比べて堆積物表面は外洋においても有機物の活発な分解の場と考えられる。

門谷(香川大・農)　セジメントトラップで見出される不飽和脂肪酸が堆積物表層でみつかっていないが，量的関係の説明はできるのか。

田上(神戸大・自然科学)　この海域の堆積速度は 3 mm /10^3yr 程度と見積られる。今回の堆積物試料は表層 1 cm の堆積物を用いており，堆積物有機物は長期にわたって溶存酸素にさらされている。このような環境条件下で不飽和脂肪酸が認められないことはむしろ当然と思われる。逆に，深海底堆積物の極表層試料の採集は，技術的に極めて困難である。植物プランクトンの有機物がそれほど分解しないまま深海底にまで鉛直輸送されていることは，セジメントトラップ実験によって始めて明らかになった。

関　文威(筑波大・生物)　優れた発表である。海洋における有機物の動態はマクロにみると御説のようなのが一般的であることは疑いない。今後，DOC と POC との関係，あるいは POC の中でもセジメントトラップにはいるようなものとそうでないものとの関係に生物活動がどのように関与しているかを詳細に研究されることが期待される。この場合，細菌の寄与が深海で絶大であるという意見に反対する研究者は現在ほとんど居なくなっている。

2. 炭　水　化　物

浜　　　健　夫*

2. Carbohydrates in Natural Waters — Especially in Lake Suwa

Takeo HAMA*

Abstract: The diurnal variation of organic constituents of particulate matter was determined in Lake Suwa, one of the most eutrophic lakes in Japan. The concentrations of POC and PON showed a distinctive diurnal change, increasing in the daytime and decreasing in the nighttime. The higher amplitude of POC relative to that of PON caused a marked diurnal change in C/N ratio of particulate matter. This was caused by the exclusive accumulation of storage carbohydrates in *Microcystis aeruginosa* due to photosynthesis in the daytime, and

* 名古屋大学水圏科学研究所　Water Research Institute, Nagoya University

the consumption of reserve carbohydrates as the substrate of algal respiration in the night-time. The importance of reserve carbohydrates as photosynthetic products was also confirmed by the tracer experiment.

海洋，湖沼など水界における有機物循環は，その出発点を主として植物プランクトンの光合成による有機物生産においている。光合成により取り込まれた炭素は，植物プランクトンの細胞体を構成する種々の有機物，すなわち，炭水化物，タンパク質，脂質等に分配され，また生産された有機物の一部は，細胞外生産物として排出される (Fig. 1)。このような有機物は，その種類により，またさらにはその分子量により，植物プランクトン体内での挙動を異にし，またバクテリア等の微生物の作用に対する安定性においても違いが認められている。

植物プランクトンの生活において，さらには，水界生態系での物質循環およびそれに伴うエネルギー代謝において，最も重要な役割を果している有機物の一つは炭水化物であろう (HANDA, 1969; HAUG *et al.*, 1973; GIBSON, 1978; HITCHCOCK, 1978; MORRIS and SKEA, 1978)。植物プランクトン体を構成する炭水化物は，その機能により構造性炭水化物と貯蔵性炭水化物とに大別される。このうち，エネルギー代謝において重要な役割を果しているのは，貯蔵性炭水化物である。このような貯蔵性の有機物は，光合成による生産，および呼吸による消費が顕著であることから，昼夜における物質の量および質に変化のあることが期待される。以下に，富栄養湖である長野県の諏訪湖で行った実験を中心に述べる。特別にことわりのないのは HAMA and HANDA (in press) からの引用である。

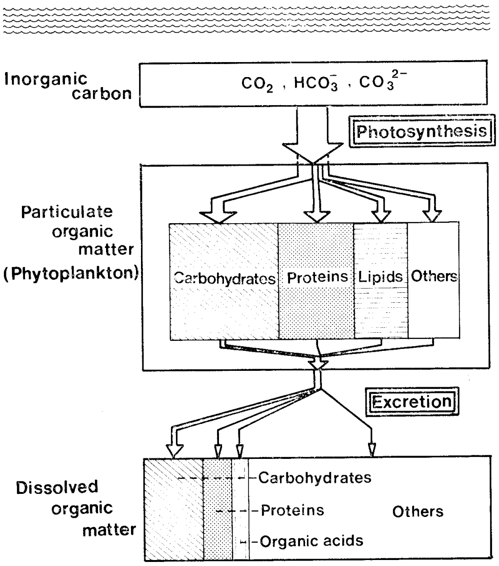


Fig. 1. Schematic diagram of production of particulate and dissolved organic matter by algal photosynthesis and excretion

1979年8月8～9日において行った観測の結果を，Figs. 2～5に示す。観測当時，諏訪湖ではラン藻 *Microcystis aeruginosa* の「水の華」が発生していた。懸濁態有機炭素 (POC) は，日中増加し，夜間減少するという顕著な日周変化を示した (Fig. 2)。一方，懸濁態有機窒素(PON) も同様の変化を示したが，その変動幅は POC よりも小さかった。そのため，懸濁態有機物の C/N 比は，12時に最大値 6.8，02時に最小値 5.4 を持つ顕著な日周変化を示した。このような C/N 比の変動は，昼夜において植物プランクトン体の有機物組成に違いがあることを示唆している。

懸濁態有機物として測定された炭水化物 (PCC) およびタンパク質 (PPC) は，それぞれ POC および PON

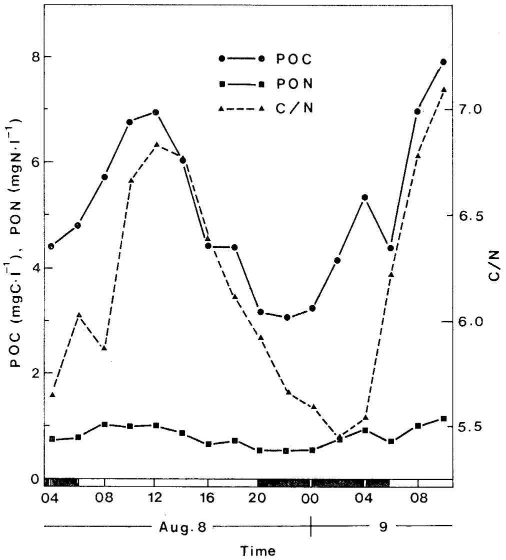


Fig. 2. The diurnal variations of particulate organic carbon (POC), particulate organic nitrogen (PON) and C/N ratio at the water depth of 0.5 m in Lake Suwa (Aug. 8-9, 1979) (after HAMA and HANDA, in press).

と類似した変化を示した(Fig. 3)。これから，C/N 比の変化は，窒素を含むタンパク質が昼夜を通して比較的一定であるのに対して，炭水化物が日中に増加して夜間に減少するという変化を示すことに起因することが明らかである。懸濁態炭水化物は，熱水抽出によって，抽出画分 (PWCC) と抽出残渣画分とに分画した。前者は貯蔵性炭水化物画分に，後者は構造性炭水化物画分に相当する (HANDA, 1969)。貯蔵性炭水化物は全炭水化物の 56〜82% を占め，全炭水化物の増減の多くは貯蔵性炭水化物の変動に起因するものであった。このことは，炭水化物の日中における増加が光合成により生産された貯蔵性炭水化物の細胞内への蓄積によるものであり，また，その貯蔵性炭水化物が夜間にかけて呼吸により消費されることにより，全炭水化物量の低下をまねいていることを示している。

このように昼夜において顕著な変化を示す懸濁態炭水化物について，酸加水分解の後，その単糖組成をガスクロマトグラフィーにより明らかにした (Fig. 4)。同定，定量された単糖類のなかではグルコースが常に卓越しており，全体の 42〜81% を占めた。他のキシロース，ガラクトース，ラムノース，マンノース等が昼夜を通して余り変化を示さなかったのに対し，グルコースは日中に増加し夜間にかけて減少するという変化を示した。昼夜の細胞体は，このように主として貯蔵性炭水化物の量の多少によって，その単糖組成に大きな違いを示した。

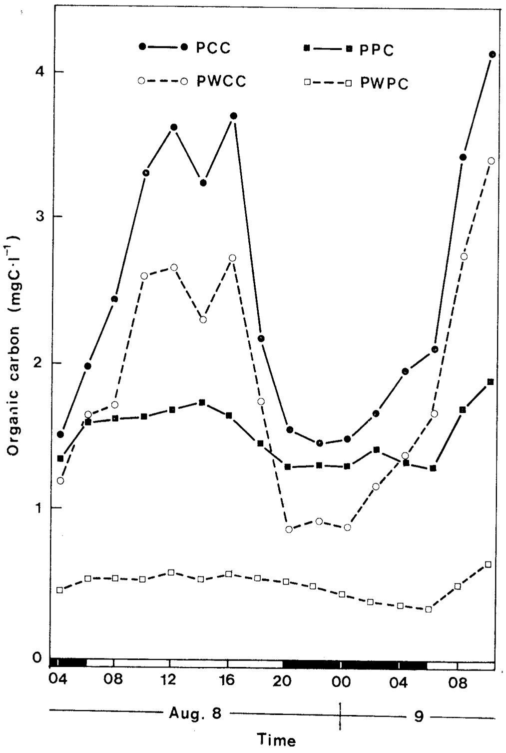


Fig. 3. The diurnal variations of particulate carbohydrates carbon (PCC), particulate water-extractable carbohydrates carbon (PWCC), particulate proteins carbon (PPC) and particulate water-extractable proteins carbon (PWPC) (after HAMA and HANDA, in press).

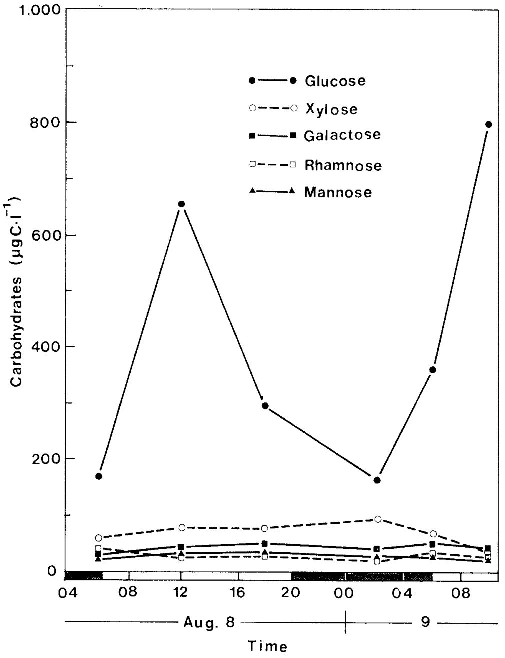


Fig. 4. The diurnal variations of the concentrations of the monosaccharides of particulate carbohydrates upon acid hydrolysis (after HAMA and HANDA, in press).

熱水抽出によって得られた画分の有機物は，セファデックスG-25 を用いたゲル沪過法により，その分子量組成を明らかにすることができる (Fig. 5)。貯蔵性炭水化物は，溶出量 90 m*l* 付近の多糖類と，溶出量 160 m*l* 付近の単・少糖類に大別することができた。*M. aeruginosa* の貯蔵性多糖類としては，重合度 172 の α-1, 6 結合の分岐を持った α-1, 4 グルカンであることが報告されており (IKARI, 1974)，溶出量 90 m*l* 付近にピークを持つ多糖類は，これに相当するものと思われる．一方，単・少糖類は，ゲル沪過における溶出量からは単，二，あるいは三糖類と推定され，グルコースが α-1, 4 結合したマルトース，マルトトリオースが，グルコースと共にその主要

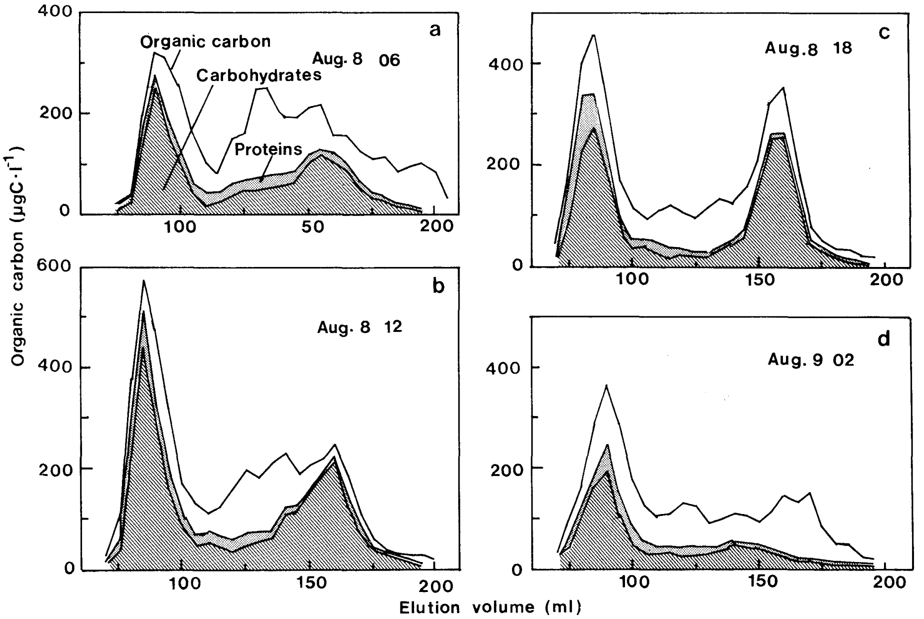


Fig. 5. The diurnal change in the elution pattern of particulate water-extractable organic matter on Sephadex G-25 gel-filtration (after HAMA and HANDA, in press).

な構成成分と考えられる。マルトース，マルトトリオースは同じラン藻 *Oscillatoria redikei* の細胞外生産物として見出されており (JÜTTNER and MATSUCHEK, 1978), *M. aeruginosa* の代謝産物として存在することは十分に考えられる。

少糖類は光合成の初期産物として合成され，その後，多糖類へと重合が進むものと思われる。06時から12時にかけて多糖類および単・少糖類共に増加し，この間の活発な光合成生産が示唆される (Fig. 5-a, b)。しかし，18時において，単・少糖類は12時とほぼ変らない量が測定されたのに対し，多糖類は12時の値の 70% 程度の値にまで減少した (Fig. 5-c)。このため，06 と 12時において多糖類は単・少糖類よりも多かったのに対して，18時では単・少糖類が多く測定された。この結果は，午後において単・少糖類が初期産物として光合成により生産されたものの，多糖類にまで重合されなかったこと，あるいは多糖類から単・少糖類への低分子量化が卓越したことを示唆している。このようにして，18時において蓄積された単・少糖類も，夜間の02時までには，そのほとんどが消費され，単・少糖類に相当するピークは認められなかった (Fig. 5-d)。

これまでの結果から，植物プランクトンの有機成分において，炭水化物，特に貯蔵性炭水化物は，植物プランクトンの2つの大きな代謝過程，すなわち光合成と呼吸とに密接に結びついた有機物であり，物質代謝およびそれに伴うエネルギー代謝において重要な役割を果していることが明らかになった。この結果に加えて，有機物の生産・消費について，より量的な面に着目し，翌1980年8月の同じく *M. aeruginosa* の優占時にトレーサーを用いた実験を行った。

トレーサーを加えての培養は06時に開始し，3時間ごとに一部を沪過することにより，各有機物の生産の時間経過を追う方法をとった。懸濁物は，LI *et al.* (1980) による溶媒抽出法にイオン交換樹脂法を併用することにより，種類および分子量を異にする有機物の生産量を，それぞれ算出することが可能となった (Fig. 6)。

各有機物の生産量の時間変化を Fig. 7 に示す。全生産量は，18時まで増加を続け，18時以降，翌日の06時まで減少し，日出とともに再び増加した。光合成生産物としては炭水化物が主であり，1日の全生産量の 72% を占めた。また，夜間における減少のほとんどは炭水化物で占められていた。*M. aeruginosa* のこのような炭水化物の重要性は，すでに示した1979年の結果と良く一致している。一方，タンパク質および脂質は，1日の全生産量のそれぞれ 17 および 8% を占めるのみであった。しかし，これらの有機物においては，炭水化物において認

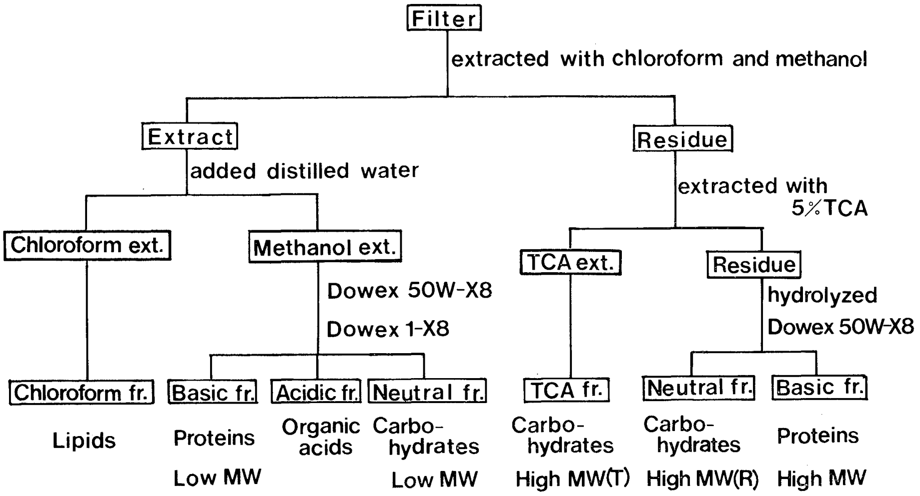


Fig. 6. Fractionation procedure of particulate matter to various organic constituents (after HAMA and HANDA, in press).

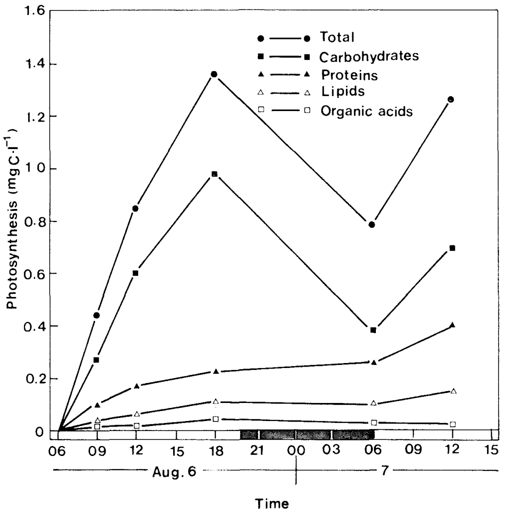


Fig. 7. Time course of the photosynthetic production of organic constituents at the water depth of 0.5 m (Aug. 6–7, 1980) (after HAMA HANDA, in press).

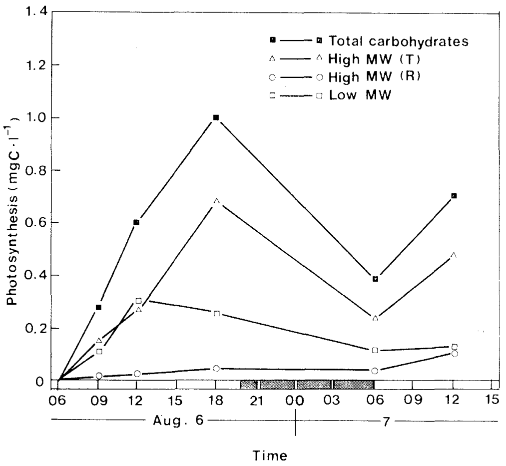


Fig. 8. Time course of the photosynthetic production of carbohydrates (after HAMA and HANDA, in press).

められたような夜間での減少は見られず，それぞれの有機物の機能の違いがはっきりと現われていた。今回得られた各有機物の生産量の時間変化とほぼ同様の結果は，MORRIS and SKEA (1978) および MORRIS *et al.* (1981) により得られている。

炭水化物を分子量により分画した結果を，Fig. 8 に示す。炭水化物においては，TCA によって抽出される高分子量の多糖類が主要な生産物であり，全炭水化物の日中における生産量の 70% を占めた。また，夜間における減少も著しく，その変化の様式は全炭水化物のそれと類似している。この結果は，TCA により抽出される多糖類が，すでに述べた *M. aeruginosa* の貯蔵性炭水化物であり，日中，光合成により生産され，夜間，呼吸により消費されることを示している。

また，TCA によって抽出されない多糖類は，非常に生産速度が低い。この多糖類は，貯蔵性炭水化物とは異

なり，細胞壁を構成する構造性炭水化物と思われ，このような多糖類は細胞内の活発な代謝からはずれた有機物であると考えられる。

他方，低分子量の単・少糖類の生産速度は，培養開始後6時間まではTCA画分の多糖類とほぼ同程度であったが，6時間以降は見かけ上の取り込み量の増加は認められなかった。これは，低分子量の単・少糖類は光合成の初期産物として活発に合成される一方で，多糖類などの合成への前駆物質として使われているためであり，これらの炭水化物の速い回転を示している。

以上，各有機物の生産速度について論じてきたが，それらをそれぞれの有機物の現存量と対比し，比生産速度の見積りを行った(Table 1)。6時間の培養から得られた全 POC の比生産速度は $3\times10^{-2}\cdot h^{-1}$ であったが，これは全くの平均的な値であり，有機物間でそれぞれの比生産速度に大きな違いが認められた。すなわち，生産速度の高かった炭水化物は，現存量に対する生産速度も高く，$4.6\times10^{-2}\cdot h^{-1}$ であった。この値は，タンパク質および脂質のそれぞれ $1.9\times10^{-2}\cdot h^{-1}$ および $1.5\times10^{-2}\cdot h^{-1}$ のほぼ2倍に相当する。また，炭水化物およびタンパク質について分子量別に見ると，低分子量炭水化物およびタンパク質（遊離アミノ酸・オリゴペプチド）の比生産速度は，それぞれ $10.6\times10^{-2}\cdot h^{-1}$ および $11.5\times10^{-2}\cdot h^{-1}$ と非常に高い値が算出された。低分子量有機物の現存量の変化が少ないことを考慮すると，これらの有機物が高い速度で回転していることが示唆される。

6時間の培養から計算された比生産速度が，有機物により10倍近い開きをもっていたのに対して，1日経過した24時間の培養から得られた生産速度によって算出された比生産速度は，有機物間で良い一致をみた。すなわち，脂質 $0.61\times10^{-2}\cdot h^{-1}$，炭水化物 $0.73\times10^{-2}\cdot h^{-1}$，タンパク質 $0.73\times10^{-2}\cdot h^{-1}$ であり，これらの値は全 POC について得られた値 $0.70\times10^{-2}\cdot h^{-1}$ と良く一致する。これは，日中，生産速度の高かった炭水化物が，夜間に中心的に減少することにより，昼夜を経過した後には他の有機物の比生産速度と近づいたことによるものである。ここで得られた結果は，日中，夜間それぞれにおいて，植物プランクトン体内での各有機物の挙動は，大きく異なっているが，24時間すなわち1日経過した時点では，細胞の有機物組成に変化をおよぼさない状態で有機物の代謝が行われていることを示している。

Table 1. Specific production rates of organic constituents. The values were calculated by using the standing stocks of organic constituents at the time of the start of incubation and the production rates determined by 6h and 24h incubation (after HAMA and HANDA, in press).

Organic matter	Specific production rate ($\times10^{-2}\cdot h^{-1}$) Duration of the incubation 6h	24h
Particulate organic matter	3.0	0.70
Carbohydrates	4.6	0.73
Low MW	10.6	0.93
High MW (T)	3.0	0.68
High MW (R)	2.1	0.63
Proteins	1.9	0.73
Low MW	11.5	1.76
High MW	1.4	0.67
Lipids	1.5	0.61

文　献

GIBSON, C.E. (1978): Field and laboratory observations on the temporal and spatial variation of carbohydrate content in planktonic blue-green algae in Lough Neagh, Northern Ireland. J. Ecol., **66**, 97-115.

HAMA, T. and N. HANDA (in press): The diurnal variation of particulate organic constituents in Lake Suwa, Japan. Arch. Hydrobiol.

HANDA, N. (1969): Carbohydrate metabolism in the marine diatom *Skeletonema constatum*. Mar. Biol., **4**, 208-214.

HAUG, A., S. MYKLESTAD and E. SAKCHAUG (1973): Studies on the phytoplankton ecology of the Trondheims Fjord. I. The chemical composition of phytoplankton populations. J. exp. mar. Biol. Ecol., **11**, 15-26.

HITCHCOCK, G.L. (1978): Labelling patterns of carbon-14 in net plankton during a winter-spring bloom. J. exp. mar. Biol. Ecol., **31**, 141-153.

IKARI, Y. (1974): Structural studies on some algal polysaccharides. MS Thesis of Nagoya University.

JÜTTNER, F. and T. MATUSCHEK (1978): The release of low molecular weight compounds by the phytoplankton in an eutrophic lake. Water Res., **12**, 251-255.

LI, W.K.W., H.E. GLOVER and I. MORRIS (1980): Physiology of carbon assimilation by *Oscillatoria thiebautii* in the Caribbean Sea. Limnol. Oceanogr., **25**, 447-456.

MORRIS, I. and W. SKEA (1978): Products of photosynthesis in natural population of marine phyto-

plankton from the Gulf of Marine. Mar. Biol., **34**, 303-312.
MORRIS, I., E. SMITH and H.E. GLOVER (1981): Products of photosynthesis in phytoplankton off the Orinoco River and in the Caribbean Sea. Limnol. Oceanogr., **26**, 1034-1044.

討　論

関 文威(筑波大・生物) 夜間における植物プランクトン体内の炭水化物を中心とした有機物の減少と，環境中の炭素の変動との関係はどうか。

浜 健夫(名大・水圏研) 夕刻から夜間へかけての水中の無機炭素量の増加は著しい。しかし，昼間と夜間における無機炭素量の変動は，POC の変動に比べると小さく，これは無機化によって生じた炭素すべてが水中に保持されていないためであろう。

田上英一郎(神戸大・自然科学) 細胞内の物質量の変化を外部環境，特に光，と結びつけていたが，ラン藻のブルームの時期でもあり，細胞が同調することによりもたらされていたのではないか。ブルーム以外の時も同様な現象が生じていると考えられるか。

浜(名大・水圏研) 細胞が同調していることにより，もたらされている変化もあるかもしれない。しかし，有機物の生産は本質的には光の影響を受けており，他の時期あるいは他の水域においても，講演で述べたような有機物の日変動性は認められるだろう。ただし，各有機物への炭素の分配の割合，生産に対する消費の割合などには，植物プランクトンの種類，生理状態，あるいは環境条件の違いなどにより，変化が認められるだろう。

宮崎龍雄(筑波大・生物) タンパク質の合成との関連で，水中の無機窒素の変化はどうか。

浜(名大・水圏研) 水中の無機窒素も昼夜において変動が認められ，日中に低下して，夜間に増加している。観測時では特に硝酸の変化が著しい。

宮井 博(千代田デイムス・アンド・ムーア) 植物プランクトンによる有機物の excretion の割合はどのくらいか。

浜(名大・水圏研) トレーサーを加えての培養時間により異っており，培養時間が長くなるにつれて excretion の割合も増加する傾向にあった。全生産に対する割合は，3時間の培養で 1.5%，以降，6時間で 3.7%，12時間で 8.5% であった。この培養時間による変動は，excrete される物質の分子量の変化が関連していることが，ゲル沪過を用いた実験結果から明らかになっている。

3. 植物プランクトンにおけるアミノ酸・たんぱく質

―― アミノ酸代謝の調節を中心にして ――

大　森　正　之*

3. Amino Acids and Proteins of Planktonic Algae with Special Reference to Regulatory Mechanisms of Amino Acid Metabolism

Masayuki OHMORI*

Abstract: Nutrients and light regulate synthetic processes of amino acids and proteins in planktonic algae. Supply of nitrogen stimulates amino acid sysnthesis. The first step in amino acid synthesis is the formation of glutamine from ammonia and glutamate. This reaction seems essential for the synthesis of other amino acids. Light stimulates markedly the formation of citrulline and arginine, which might enhance protein synthesis.

* 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, University of Tokyo

植物プランクトンのアミノ酸，たんぱく質が持つ生態学的な意味は，それが食物連鎖の中で動物プランクトンのアミノ酸あるいはたんぱく質の供給源となっていることである。緑藻のクロレラなどの，微細な植物プランクトンは，シオミズツボワムシ（*Brachionus plicatilis*）などの培養には好適な餌であり，また，ワムシを餌として仔魚を生長させると，生残率，活力などに良い結果が得られるといわれている。最近では，ラン藻スピルリナの例でも知られるように，植物プランクトンは人間にとって直接的なアミノ酸源，たんぱく質源としても注目されるようになった。

通常，植物プランクトンの培養細胞は，乾重量の約1/2のたんぱく質を含んでいる。たんぱく質は，細胞内の存在様式から大きく二つのグループに分けられる。一つは機能性たんぱく質と呼ばれるもので，主に細胞内の可溶性画分に存在し，酵素として生体内化学反応において解媒作用をする。もう一つのグループは構造性たんぱく質と呼ばれ，細胞の膜構造を構成する成分として存在する。もちろん構造性たんぱく質も様々な機能を果していると考えられる。いずれのたんぱく質も，物質的な性質に大差はなく，共に多数のアミノ酸がペプチド結合によりつながったポリペプチド鎖の集合体である。

植物プランクトンにおいては，たんぱく質合成反応を含め全ての生体物質の生合成反応は，光合成炭酸固定からの炭素の供給と，アンモニアの吸収，硝酸還元，またある種のラン藻においては窒素固定からの窒素の供給を元にして始められる。炭素は有機酸，窒素はアンモニアとしてアミノ酸の合成に利用される。アンモニアは，まずグルタミン酸と結びついてグルタミンになる。この反応はグルタミン合成酵素により行なわれ，ATP が消費される。

グルタミン酸 ＋ NH_4^+ ＋ ATP
⟶ グルタミン ＋ ADP ＋ P_i

グルタミンは，2-オキソグルタル酸と反応して2分子のグルタミン酸になる。この反応はグルタミン酸合成酵素により行なわれ，生体内では最も酸化還元電位の低い還元型のフェレドキシンを必要とする。

グルタミン ＋ 2-オキソグルタル酸
＋ 還元型フェレドキシン
⟶ 2 グルタミン酸 ＋ 酸化型フェレドキシン

グルタミン酸は，これらの反応の他にも，アンモニアと2-オキソグルタル酸からグルタミン酸脱水素酵素により生成される。この場合は NADPH が必要である。

NH_4^+ ＋ 2-オキソグルタル酸 ＋ NADPH
＋ H^+ ⟶ グルタミン酸 ＋ $NADP^+$

このようにして作られたグルタミン酸から，アミノ基転移反応などにより，約20種類におよぶたんぱく質構成アミノ酸が作られる（MIFLIN and LEA, 1977）。たんぱく

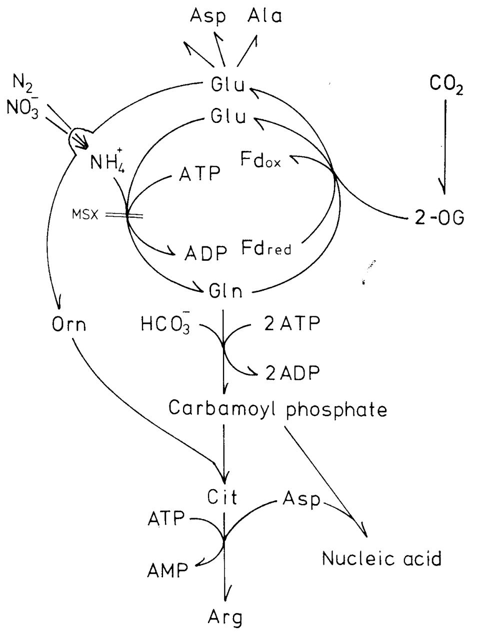


Fig. 1. Pathways of amino acid syntheses from inorganic nitrogen and carbon in a blue-green alga, *Anabaena cylindrica*.
Asp, aspartate; Ala, alanine; Glu, glutamate; Gln, glutamine; Orn, ornithine; Cit, citrulline; Arg, arginine; 2-OG, 2-oxoglutarate; Fd, ferredoxin; MSX, L-methionine-DL-sulfoximine.

Table 1. Changes in carbon and nitrogen contents in *Chlorella vulgaris* 11 h by nitrogen starvation.

	Carbon(%) (wt/wt)	Nitrogen(%) (wt/wt)	C/N (atomic)
Before starvation	49.1±0.2	8.7±0.1	6.6
After 2 days starvation	45.0±0.8	5.3±0.1	9.9

Carbon and nitrogen contents were analysed with Yanagimoto MT-II C.H.N. analyzer.

構成アミノ酸の生成過程においては，シトルリンやオルニチンなどの非たんぱく質性アミノ酸が中間代謝物として生成される (Fig. 1)。アミノ酸は，さらに DNA, RNA などの情報伝達系の支配の下に適当な順序に組み合わされ，たんぱく質へと合成されていく。細胞内には常に遊離アミノ酸のプールが存在し，たんぱく質合成を支えると共に，ある時はエネルギーの供給源ともなっている。

一般に，窒素源の供給の多少により，細胞内の炭素-窒素の量的なバランスは大きな影響を受ける。硝酸塩を窒素源として培養したクロレラを2日間無窒素培地で培養すると，細胞内窒素の著しい減少が見られる (Table 1)。このような細胞内窒素含量の変化は，アミノ酸やたんぱく質の質的，量的変化と良く対応している。ラン藻を窒素固定条件で培養した後にアンモニアを与えると，すなわち窒素の供給量を増大させると，遊離アミノ酸の中で，グルタミン酸は減少し，リジン，ヒスチジン，アルギニンなどの塩基性アミノ酸は顕著に増加する。遊離アミノ酸の総量もアンモニアの添加により増加する (Table 2)。今，グルタミン合成酵素の阻害剤である methionine sulfoximine (MSX) で処理したラン藻 *Anabaena* の細胞に暗所でアンモニアを与えると，グルタミンの合成はもちろん阻害されるが，他のアミノ酸の合成も阻害される (Table 3)。これらの事実は，アンモニアからのグルタミンの合成が，他のアミノ酸の合成の調節に大きな役割を演じていることを示唆している。同様の現象はクロレラにおいても観察された。

Table 2. Composition of free amino acids in *Anabaena cylindrica* incubated in the presence or absence of ammonia[a]. (OHMORI and HATTORI, 1974)

	Ammonia present		Ammonia absent	
	nmoles[b]	%	nmoles[b]	%
Lysine	790	18.8	377	10.6
Histidine	759	18.0	422	11.9
Arginine	207	4.9	48	1.4
Unknown[c]	591	14.0	484	13.7
Aspartate	210	5.0	134	3.8
Glutamine[d]	175	4.1	64	1.8
Serine	102	2.4	98	2.8
Glutamate	590	14.0	1237	34.9
Glycine	143	3.4	154	4.3
Alanine	56	1.3	110	3.1
Valine	58	1.4	59	1.7
Methionine	46	1.1	54	1.5
Isoleucine	44	1.0	24	0.7
Leucine	44	1.0	27	0.8
Tyrocine	26	0.6	48	1.4
Phenylalanine	15	0.4	19	0.5
Other unknowns[c]	357	8.4	184	5.2
Total	4312	100	3543	100

[a]: Four-day-old cells were incubated for 3 hr in the presence (5×10^{-3}M) or absence of ammonia. Light intensity, 22,000 lux; temperature, 30°C.

[b]: On the basis of 100 mg dry weight of cells.

[c]: Expressed in terms of leucine equivalents.

[d]: This fraction contains threonine and asparagine.

Table 3. Change in free amino acid pools in cells before and 20 min after adding NH_4Cl to *Anabaena cylindrica* treated with or without methionine sulfoximine[a] (n mol/mg protein) (OHMORI, 1981).

	Control cells		MSX-treated cells	
	Before addition of NH_4Cl	20 min after addition of NH_4Cl	Before addition of NH_4Cl	20 min after addition of NH_4Cl
Aspartate	3.3	6.4	24.6	26.5
Glutamate	32.2	6.6	29.5	28.0
Glutamine[b]	0.3	19.6	1.9	1.8
Alanine	0.9	0.3	2.1	2.7
Serine	0.6	1.4	2.1	2.0
Glycine	1.3	1.6	2.7	2.7
Histidine	0.7	1.7	—[c]	—[c]
Lysine	0.6	0.9	—	—
Arginine	1.5	1.1	—	—

[a]: NH_4Cl and methionine sulfoximine were added to 1 mM and 11 mM, respectively.

[b]: Threonine is included in this fraction.

[c]: not determined.

ラン藻において，アミノ酸の合成，代謝の鍵を握る他の因子として光が挙げられる。アンモニアを暗所で与えても，グルタミン酸からのグルタミンの生成が促進されるのみで，他の遊離アミノ酸のレベルには大きな変化は見られなかったが，この細胞に光を照射すると，グルタミン酸やグルタミンが更に増加すると共に，シトルリンやアルギニンの蓄積が観察された (Fig. 2)。前述した様に，グルタミンの合成には ATP，グルタミン酸の合成には還元型フェレドキシンが必要であるが，そのいずれも光化学反応によって供給される。また，シトルリンの合成にはグルタミンからのカルバミルりん酸の生成が必須であり，この反応にも ATP が使われる。アルギニンの生成も ATP に依存している。従って，Fig. 2 に示された結果は，光化学反応による ATP あるいは還元フェレドキシンの供給が，アミノ酸合成の律速因子となっていることを示している。そこで，グルタミンの蓄積した細胞を，ATP 生成の阻害剤である carbonylcyanide *m*-chlorophenylhydrazone で処理した後，光を照射した結果，予想通りシトルリンの蓄積は見られなかった。カルバミルりん酸は核酸合成系にとっても重要な反応基質であり，この物質の合成は核酸やたんぱく質の合成に重要な役割を果していると考えられる。たんぱく質合成系の阻害剤である chloramphenicol を窒素固定条件下で細胞に与えると，通常余り蓄積されないグルタミン，シトル

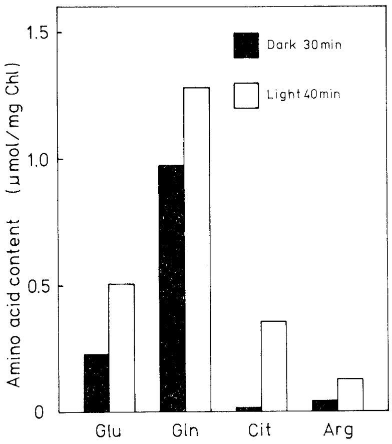


Fig. 2. Effect of light on the amino acid levels of *Anabaena cylindrica*. Cells were incubated in the dark for 30 min in the presence of 1 mM NH_4Cl and then illuminated for 40 min. Glu, glutamate; Gln, glutamine; Cit, citrulline; Arg, arginine.

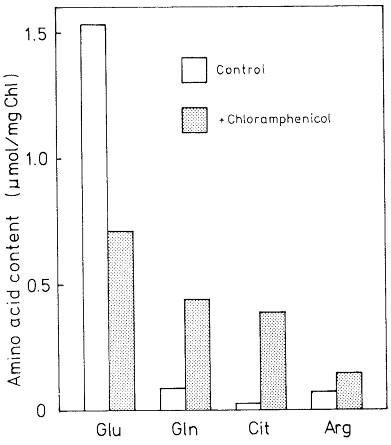


Fig. 3. Effect of chloramphenicol on the free amino acid levels of *Anabaena cylindrtca*. Cells were incubated in the light for 1 hr in the presence or absence of chloramphenicol (100 μg/m*l*) under N_2-bubbling conditions. Glu, glutamate, Gln, glutamine; Cit, citrulline; Arg, arginine.

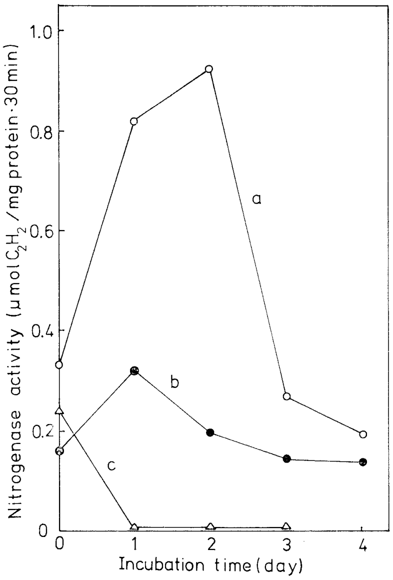


Fig. 4. Changes in nitrogenase activity during growth of *Anabaena cylindrica*. Nitrogenae activity is determined by acetylene reduction. a, cells grown on N_2; b, cells grown on nitrate; c, cells grown on ammonia. In a and c cells grown on N_2 and in b cells grown on nitrate were used as inocula. (OHMORI and HATTORI 1972)

リン，アルギニンなどが蓄積してくる。この事実は，たんぱく合成に必要なアミノ酸が，常に，可成りの速さで作られ，消費されていることを示している (Fig. 3)。

たんぱく質合成に関する情報伝達機構は，温度，光，栄養塩濃度，pH など様々な外部環境の変化にすばやく対応する。ラン藻の硝酸還元酵素や亜硝酸還元酵素は，NO_3^- の添加により，その合成が促進される (OHMORI and HATTORI, 1970)。ラン藻の光合成系の補助色素たんぱく質であるフィコシアニンは，窒素源の供給の多少に対応して変化することが知られている (ALLEN and HUTCHISON, 1980)。窒素固定酵素は，窒素源の豊富な環境下では合成されず，逆に窒素源の少ない環境下では盛んに合成される (Fig. 4)。

外部環境の変化が，たんぱく質合成の情報系にどのように作用するのか，その機構は明らかではない。一つの可能性としては，より簡単な成分であるアンモニアやアミノ酸のレベルに外部環境の変化が初期的に現われ，それに応じて，より複雑な核酸やたんぱく質の合成が変化することが考えられる。この問題の解決のためには，今後多くの研究が成されねばならないであろう。

文　献

ALLEN, M.M. and F. HUTCHISON (1980): Nitrogen limitation and recovery in the cyanobacterium *Aphanocapsa* 6308. Arch. Microbiol., **128**, 1-7.

MIFLIN, B.J. and P.J. LEA (1977): Amino acid metabolism. Ann. Rev. Plant Physiol., **28**, 299-329.

OHMORI, K. and A. HATTORI (1970): Induction of nitrate and nitrite reductases in *Anabaena cylindrica*. Plant & Cell Physiol., **11**, 873-878.

OHMORI, M. and A. HATTORI (1972): Effect of nitrate on nitrogen-fixation by the blue-green alga *Anabaena cylindrica*. Plant & Cell Physiol., **13**, 589-599.

OHMORI, M. and A. HATTORI (1974): Effect of ammonia on nitrogen fixation by the blue-green alga *Anabaena cylindrica*. Plant & Cell Physiol., **15**, 131-142.

OHMORI, M. (1981): Effect of ammonia on dark CO_2 fixation by *Anabaena* cells treated with methionine sulfoximine. Plant & Cell Physiol., **22**, 709-716.

討　論

宮崎龍雄(筑波大・生物)　遊離アミノ酸の抽出はどのような方法によっているか。また，遊離アミノ酸の中でのグルタミンの増加と構造性たんぱく質との関連はどうなっているか。

大森正之(東大・海洋研)　遊離アミノ酸の抽出は，生細胞の懸濁液に，最終濃度で 5～8%(W/V) になるようにトリクロロ酢酸を入れた後，不溶性画分を遠心で取り除く方法により行なっている。抽出は2度行う。

遊離のグルタミンの増加により，当然構造性たんぱく質にも何らかの変化が生じていると考えられるが，確かめていない。

4. 植物プランクトンの脂質

宮　崎　龍　雄*

4. Lipids of Phytoplankton in Natural Waters

Tatsuo MIYAZAKI*

Abstract: Lipids in phytoplankton are important components as storage materials and membrane constituents. The quantity and quality of the lipids vary with the changes of environmental factors such as light and temperature. The variation of the lipids may indicate the physiological states of phytoplankton in natural waters.

* 筑波大学生物科学系 Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba

植物プランクトンの光合成産物の一つである脂質は，次の二つの点において植物プランクトン自体にとり重要

と考えられる。第一は，貯蔵物質としてエネルギーを貯えるという点であり，第二は，生体膜の構成物質として存在し膜系でおこる光合成あるいは呼吸電子伝達系等に多大な影響を与えるという点である。

これらの重要性にもかかわらず，水界での植物プランクトン脂質の研究は充分に行なわれているとはいい難い。この理由としては，脂質分析の繁雑さと同時に，植物プランクトン脂質以外の脂質の混入のため分析結果の解釈の困難なことなどが考えられる。最初の点はガスクロマトグラフ等の脂質分析法の進歩により今後更に改善されるだろうし，あとの点は脂質のみならず Chl. *a* 等のパラメーターを同時に測定し比較することで，ある程度まで解決しうるであろう。水界での測定例としては，POLTZ (1972) や JEFFRIES (1970) の研究があるが，まだまだ基礎的データが不充分である。この小論では，主に霞ケ浦ならびに竜ケ崎市郊外の中沼で懸濁物中の脂質を分析した例を紹介し，植物プランクトンと脂質の関係を考察してみたい。

植物プランクトンの脂質は，他の高等植物のものと同様な分子種から構成されている。主なものは，トリアシルグリセロール (TG)，モノガラクトシルジアシルグリセロール (MGDG)，ジガラクトシルジアシルグリセロール (DGDG)，スルフォキノボシルジアシルグリセロール (SQDG)，フォスファチジルグリセロール (PG) などである (Fig. 1)。植物プランクトンの脂質は，動物の脂質と異なり，リン脂質が少なく MGDG，DGDG，SQDG といった糖脂質が多い点が特徴である。以上の脂質のうち，貯蔵脂質としては主に TG のような中性脂質が考えられ，生体膜の構成脂質としては糖脂質が主なものとされている。

まず，貯蔵脂質合成に関係のある脂質の量的変動を考えてみる。脂質合成は，炭水化物の合成と同様に，光合成により生成した高エネルギー物質 ATP や還元物質 NADPH 等をたんぱく質合成系等と奪い合いをするため，光や窒素などの栄養塩の影響をうけやすいと考えられる。一般的に考えるならば，弱光・窒素過剰下では細胞当りの貯蔵脂質量は減少し，強光・窒素欠乏下では逆に増大するであろう。MORRIS (1981) の Sargasso Sea での ^{14}C 取込実験によると，朝方たんぱく質への取込活性が高いときには脂質を含むエタノール可溶性画分への取込みが比較的少なく，日中たんぱく質への取込みが下がるとエタノール可溶性画分への取込みが増大し，上に述べた関係に対応している。中沼での脂質の測定例を考えてみる。Fig. 2 は，夏季停滞期のクロロフィル当りの懸濁態脂肪酸量を示している。光透過度の高い浅い層 (0, 2 m) の方が，光透過度の低い深い層 (4, 6 m) より大きな値を示し，光と脂質合成とについての上記の関係に対応している。0 m の値が 2 m のものより小さいのは，夏季の高照度による光合成の強光阻害に対応するものと考えられ，事実このクロロフィル当りの脂肪酸量の深度分布は光合成活性の分布によく似ていた (MIYAZAKI, unpublished)。

脂肪酸量の季節変化についても同様に考えることができる。植物プランクトンが増殖する春から夏にかけて脂

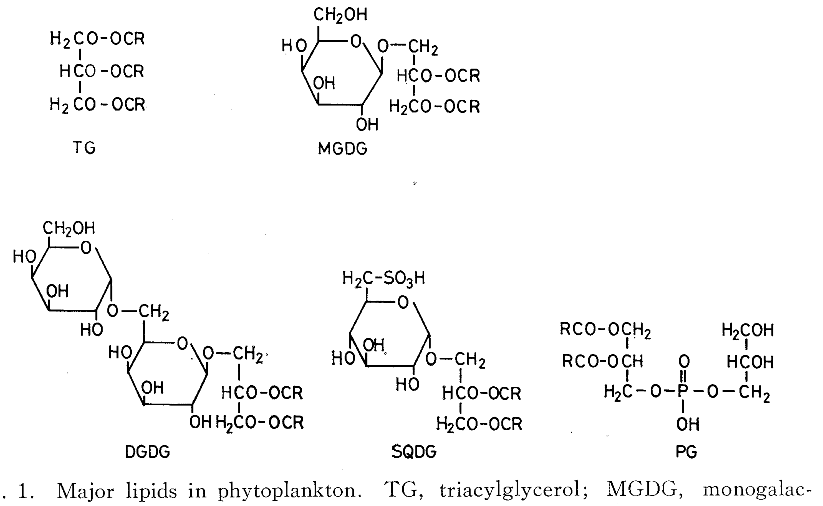


Fig. 1. Major lipids in phytoplankton. TG, triacylglycerol; MGDG, monogalactosyldiacylglycerol; DGDG, digalactosyldiacylglycerol; SQDG, sulphoquinovosyldiacylglycerol; PG, phosphatydylglycerol.

肪酸量が増大する (Fig. 3)。クロロフィル当りの変化を表層水について解析するために，Chl. *a vs* 脂肪酸量の回帰直線を，冬・春秋・夏季にわけて求めた。この直線の傾き（クロロフィル当りの脂肪酸量）は，冬季 0.8 μg FA/Chl. *a*, 春秋季 6.9 μg FA/Chl. *a*, 夏季 10.0 μg FA/Chl. *a* であり，夏季の値が最も大きかった (MIYAZAKI, unpublished)。この結果は，光が強いほど脂質合成が盛んであるという考え方と矛盾しない。

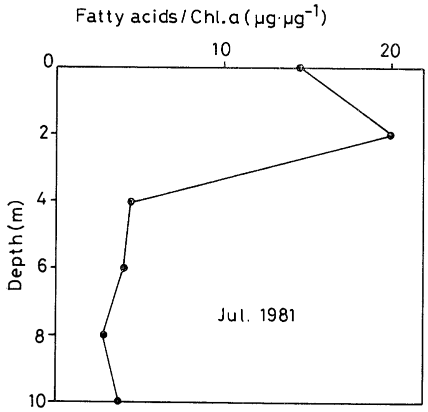


Fig. 2. Fatty acids/chlorophyll *a* (μg·μg^{-1}) in particulate matter in Lake Nakanuma, Japan (MIYAZAKI, unpublished).

実験室実験の例を考えてみる。COOK (1963) は *Euglena* の炭水化物，たんぱく質，脂質合成への光の影響を測定した。その結果，光強度が増すと細胞当りの炭水化物量は増加するが脂質は減少した。同様に IWAMOTO *et al.* (1955) は *Chlorella ellipsoidea* について調べ，N 欠乏のとき光強度が増加すると脂質は減少したと報告している。一方，これに反して ORCUTT and PATTERSON (1973) は，珪藻 *Phaeodactylum tricornutum* について実験を行ない，光強度が増すと細胞当りの脂質量が減少したと報告している。これらの例は互に一致していないが，原因としては栄養条件や藻種の差などが考えられる。おな，中沼での結果や MORRIS (1981) の報告は，後者 (ORCUTT and PATTERSON, 1973) の結果に近いようである。今後，更に多くの藻種について，実験条件をよくコントロールした培養実験の報告が出ることを希望したい。

光の影響の他，脂質の生成は栄養条件によっても影響される。1981 年に SHIFRIN and CHISHOLM の報告が出る以前には，栄養塩の脂質生成への影響に関する結果は，一般的な規則性を見出すには困難なほどまちまちなものであった (BADOUR and GERGIS, 1965; DEVASCONCELOS and FAY, 1974; OPUTE, 1974; CONOVER, 1975)。SHIFRIN and CHISHOLM (1981) は，NO_3^- と Silicate の効果に関して 30種の藻種について調べ，一般

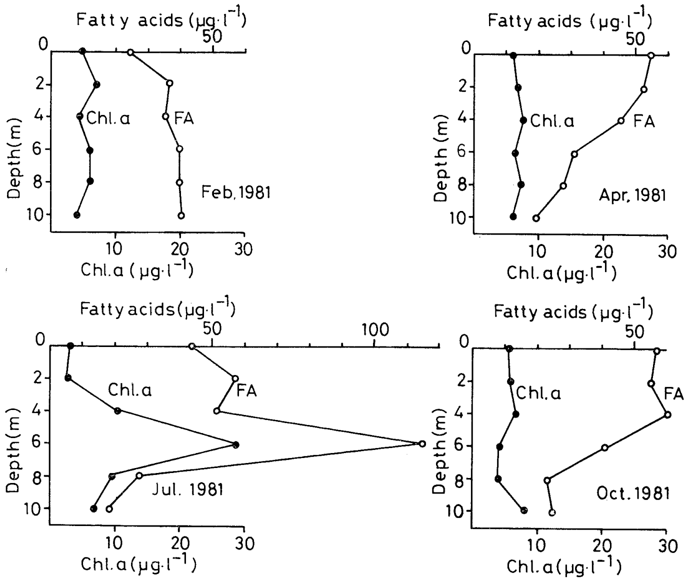


Fig. 3. Vertical distribution of fatty acids and chlorophyll *a* in particulate matter in Lake Nakanuma, Japan (MIYAZAKI, unpublished).

的な傾向を見出した。その傾向は，窒素欠乏になると，緑藻類では脂質量が2～3倍に上昇し，一方，珪藻では減少するものが多く，緑藻と珪藻とでは大きな差があるというものであった。

以上，植物プランクトンの脂質生成は光や栄養塩等の影響を多大にうけることが判明した。しかも脂質量の変化は，植物プランクトンの生理学的な変化を反映しており，水界での脂質測定は現場植物プランクトンの生理状態を推測する一つの手段となる可能性がある。しかし，現在まで植物プランクトンの脂質量に関するデータは充分得られているとはいえず，環境要因の影響を考察するには，まだ困難が伴うようである。今後，研究の進歩が期待されるところである。

生体膜成分としての脂質は，SINGER and NICHOLSON (1972) による生体膜流動モザイクモデル提出以来，特に注目を受けている。このモデルによると，脂質の極性基が膜の外側の親水性の“雰囲気”中に出ていて，疎水性の脂肪酸のアシル基が膜の内側に向いている。このアシル基は相転移温度以下ではゲル化し，相転移温度以上ではゾル化し流動的であると考えられている。普通の状態では生体膜はゾル状態にあり，電子伝達反応等に関与するたんぱく質などはこの流動的な脂質の“海”の中で反応を円滑に行なっていると思われている。従って，生体膜上で行なわれる光合成の電子伝達反応は生体膜脂質の流動性に大きく影響をうけると予想できる。事実，MURATA *et al.* (1975) は，藍藻 *Anabaena* の膜系で，光合成電子伝達反応が膜の状態により変化することを報告している。

藻類や高等植物で，生きた生体膜標品を用いた実験はかなり行なわれてきている。しかし，植物生体膜に特徴的な糖脂質が，膜のモデルとして用いられている膜状構造物リポゾームを形成するかどうかは，最近までよくわからなかった。筆者らの研究* によるとホウレンソウのMGDG，DGDG，SQDG を溶剤に溶かし，溶剤を蒸発させ，緩衝液に懸濁させ，電子顕微鏡下で観察すると，DGDG はリン脂質と同様な袋状のリポゾームを形成した。しかし，糖脂質で最も多い MGDG は膜状構造物は形成しないという興味ある結果となった。なお，SQDG もリポゾーム状の構造物をつくった。DGDG，SQDG のリポゾームは，リン脂質（例えばレシチン）からつくられたものと異なり，物質の透過性がはるかによいことも判明した。これらの脂質構造物の性質が，チラコイドのような生体膜を形成するときにどのように関わりあっているのかは，現在のところ推測の域を出ないが，SQDG-MGDG を混合させたとき形成される80～100 Å の粒子状の構造物から，光合成膜の形成とその構造の規則性への SQDG の関与を推測している例もある（SAKAI *et al.*, 1983）。

生体膜の流動性は，構成脂質のアシル基の性質が変化するとかわることが知られている。また，アシル基の脂肪酸の不飽和度が高くなると流動性があがり，また短鎖脂肪酸が増加するとやはり流動性が上昇することが知られている（HAZEL and SELLNER, 1980）。これと対応して，*Anabaena* や *Chlorella* でも膜構成脂質である MGDG，DGDG，SQDG の脂肪酸の不飽和度が生育温度により変化する。即ち，低温ほど不飽和度が上昇する（HOLTON *et al.*, 1964; SATO *et al.*, 1979; KABATA *et al.*, 1980）。これらの変化は，藻類の温度に対する適応現象の一つと考えられる。このほか，脂肪酸の組成変化は光などの変化によっても起こるという報告もあるが（DÖHLER and DATZ, 1980），主に温度による変化が考

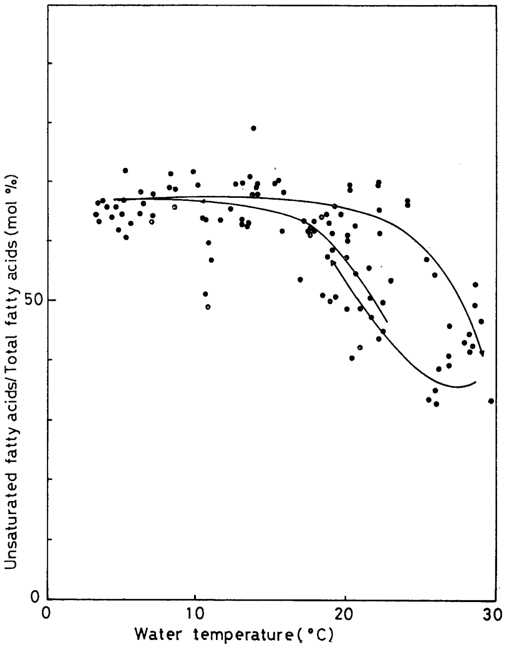


Fig. 4. The relationship between the percentage of unsaturated fatty acids in particulate matter and water temperature in Lake Kasumigaura, Japan (after MIYAZAKI, in press, with modification).

* 宮崎龍雄，W.S. SAKAI，H.Y. YAMAMOTO，日本植物生理学会，1980年度年会および第20回シンポジウム講演要旨集，p. 8.

えられることが多い。

水界での植物プランクトン脂質脂肪酸もこのような変化をし，植物プランクトンが水温変化に適応していることが期待される。筆者が霞ケ浦の懸濁物中の脂質脂肪酸について調べた例を Fig. 4 に示す。この脂質脂肪酸は，組成的にも，クロロフィルとの量的関連においても植物プランクトン起源である。脂肪酸中の不飽和脂肪酸は，水温の低い冬季に比較的多く，約 68% を占める。しかし，水温が 23°C より高くなると，不飽和脂肪酸の相対量は減少するという傾向が観察された。これらの不飽和度の水温に対する変化は，培養実験での脂肪酸の変化と同様なものであると考えられる(MIYAZAKI, in press)。

また，脂肪酸の組成変化は，植物プランクトンの季節変化ともある程度対応していた。冬季は *Cyclotella*, *Chlamydomonas*, 春季にはこのほか *Synedra*, *Melosira* などが出現した。夏季，不飽和脂肪酸相対量が減少する 23°C 以上の水温では，*Microcystis* が出現し，優占種となった (MIYAZAKI, in press)。

更に，主に生体膜由来である MGDG, DGDG の脂肪酸中の不飽和脂肪酸相対量を調べてみると，冬ではそれぞれ，77.3%，63.6%，夏にはそれぞれ 31.6%，38.6% となり，夏季のものの不飽和脂肪酸相対量のほうが低かった (MIYAZAKI, unpublished)。従って，夏の植物プランクトンの膜の流動性が，冬の植物プランクトンの流動性より低いことが推測できる。

次に代表的な植物プランクトン (*Cyclotella*, *Chlamydomonas*, *Microcystis*) の生育温度をかえて培養してみると，*Cyclotella*, *Chlamydomonas* の脂肪酸組成の変化は少なく，*Microcystis* の変化は大きかった。不飽和脂肪酸相対量の変化を重ねあわせてみると，Fig. 4 と似た曲線が得られた(MIYAZAKI, unpulished)。水温23°C 以上で霞ケ浦の懸濁態脂肪酸の不飽和度が大きく変化したのは，水温 23°C 以上で *Microcystis* が出現し，その脂肪酸組成が大きく変化することに由来すると考えられる。更に大胆に推測するならば，生体膜の流動性の変化が霞ケ浦の植物プランクトンの遷移に関係しているのかもしれない。

霞ケ浦のように超富栄養湖ではないが，富栄養湖である中沼での観察でも，水温が上昇するにつれ不飽和脂肪酸相対量が減少するという傾向がわずかにみられた。

以上，水界での脂質の変化について，主に中沼・霞ケ浦で観察した例を述べてきた。その結果は，脂質の量と質は光や温度などの環境要因の変化に大きく影響をうけることがわかり，しかもその変化は植物プランクトンの生理状態を反映していることが推測できた。今後，水界での脂質の測定例をふやすとともに，各種条件下で培養した植物プランクトンの脂質を測定して現場植物プランクトンの生理あるいは遷移の問題を解明する方向にもっていくことが期待できる。そのほか，植物プランクトン脂質の観点からみた食物連鎖の解析など，脂質に関係した研究の発展も期待できるであろう。

文　献

BADOUR, S.S. and M.S. GERGIS (1965): Cell division and fat accumulation in *Nitzschia* sp. grown in continuously illuminated mass culture. Arch. Microbiol., **51**, 94-102.

CONOVER, S.A.M. (1975): Partitioning of nitrogen and carbon in cultures of the marine diatom *Thalassiosira fluviatilis* supplied with nitrate, ammonium, or urea. Mar. Biol., **32**, 231-246.

COOK, J.R. (1963): Adaptations in growth and division in *Euglena* effected by energy suply. J. Protzool., **10**, 434-444.

DEVASCONCELOS, L. and P. FAY (1974): Nitrogen metabolism and ultrastructure in *Anabaena cylindrica*. I. The effect of nitrogen starvation. Arch. Microbiol., **96**, 271-279.

DÖHLER, G. and G. DATZ (1980): Effect of light on lipid and fatty acid composition of cyanobacteria, *Anacystis nidulans* (Synechococcus). Z. Pflanzenphysiol., **100**, 427-435.

HAZEL, J.R. and P.A. SELLNER (1980): The regulation of membrane lipid composition in thermally-acclimated poikilotherms. *In* R. GILLS (ed.), Animals and Environmental Fitness. Pergamon Press, Oxford and New York. p. 541-560.

HOLTON, R.W., H.H. BLECKER and M. OMORE (1964): Effect of growth temperature on the fatty acid composition of a blue-green alga. Phytochem., **3**, 595-602.

IWAMOTO, H., G. YONEKAWA and T. ASAI (1955): Fat synthesis in unicellular algae. I. Culture conditions for fat accumulation in *Chlorella* cells. Bull. Agric. Chem. Soc. Jpn., **19**, 240-252.

JEFFRIES, H.P. (1970): Seasonal composition of temperate plankton communities: Fatty acids. Limnol. Oceanogr. **15**, 419-426.

KABATA, K., H. SEDAKANE, M. KUROSE, A. KOBAYAKAWA, T. WATANABE and S. HATANO (1980): Changes in fatty acid composition of membrane fractions during hardening of *Chlorella ellipsoidea*. J. Fac. Agr., Kyushu Univ., **25**, 91-97.

MIYAZAKI, T. (in press): Compositional changes of fatty acids in particulate matter and water temperature, and their implications to the seasonal succession of phytoplankton in a hypereutrophic

lake, Lake Kasumigaura, Japan. Arch. Hydrobiol.

MORRIS, I. (1981): Photosynthetic products, physiological state and phytoplankton growth. *In* T. PLATT (ed.), Physiological Bases of Phytoplankton Ecology. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci., **210**, 83-102.

MURATA, N., J.H. TROUGHTON and D.C. FORK (1975): Relationship between the transition of the physical phase of membrane lipids and photosynthetic parameters in *Anacystis nidulans* and lettuce and spinach chloroplasts. Plant Physiol., **56**, 508-517.

OPUTE, F.I. (1974): Lipid and fatty acid composition of diatoms. J. Exper. Bot., **25**, 823-825.

ORCUTT, D. and G.W. PATTERSON (1973): Lipid and elemental composition of diatoms grown in chemically defined media. J. Phycol. **9** (suppl.), 13.

POLTZ, J. (1972): Untersuchungen über das Vorkommen und den Abbau von Fettern und Fettsäuren in Seen. Arch. Hydrobiol./suppl., **40**, 314-399.

SAKAI, W.S., H.Y. YAMAMOTO, T. MIYAZAKI and J.W. ROSS (1983): A model for chloroplast thylakoid membranes involving orderly arrangements of negatively changed lipidic particles containing sulphoquinovosyldiacylglycerol. FEBS Letters, **158**, 203-207.

SATO, N., N. MURATA, Y. MIURA and N. UETA (1979): Effect of growth temperature on lipid and fatty acid compositions in blue-green algae *Anabaena variabilis* and *Anacystis nidulans*. Bichim. Biophys. Acta, **572**, 19-28.

SHIFRIN, N.S. and S.W. CHISHOLM (1981): Phytoplankton lipids: Interspecific differences and effects of nitrate, silicate and light-dark cycles. J. Phycol., **17**, 374-384.

SINGER, S.J. and G.L. NICHOLSON (1972): The fluid mosaic model of the structure of cell membranes. Science, **175**, 720-731.

討　論

大森正之(東大・海洋研)　脂質含量の朝昼晩を通じての経時変化はどのようになっているか。クロロフィルはどうか。

宮崎龍雄(筑波大・生物)　MORRIS などの報告をみてもわかるように，日中高くなると思われる。

浜　健夫(名大・水圏研)　諏訪湖で観測した例だと，炭水化物と同様に昼間高い値を示すが，炭水化物ほど大きな変化ではない。クロロフィルは朝高い値を示す。

大森(東大・海洋研)　脂質とクロロフィルの比などは，サンプリングの時刻により変化する可能性があるのではないか。

宮崎(筑波大・生物)　変化する可能性はあると思う。しかし，今回報告した例ではサンプリング時刻を一定にしたので，季節変化の大体の傾向をみることはできたと思う。

5. 核　酸

山　口　征　矢*

5. Nucleic Acids of Phytoplankton in Aquatic Environments

Yukuya YAMAGUCHI*

Abstract: Nucleic acid (RNA and DNA) contents in the cultured algae and in natural waters are summarized on the following three aspects; (1) RNA and DNA contents in the cultured algae in their logarithmic growth phase under the optimum conditions, (2) the effects of the culture conditions on RNA and DNA concentrations of algae and (3) the distributions of RNA and DNA in natural waters. The possibility of the use of nucleic acid in the analysis of aquatic environments is also discussed.

* 埼玉大学教養部 College of Liberal Arts, Saitama University

核酸は，蛋白質などと共に原始生物から高等動植物にいたるまで全ての生命体の細胞に含まれる高分子化合物

であり，遺伝子の本体であると同時に，特定の蛋白質の合成を通して遺伝情報が発現する過程でさまざまな働きをしている。核酸はデオキシリボ核酸（DNA=deoxyribonucleic acid）とリボ核酸（RNA=ribonucleic acid）より成り，DNA は遺伝子の本体として，通常生体中では生体の生理状態によらずほぼ一定量含まれ，細胞分裂期の直前に急激に倍化する。一方，RNA は生体の生理状態によってその含有量は変化するが，対数生長期には RNA/protein 比はほぼ一定である（CALDWELL and HINSHELWOOD, 1950; CALDWELL *et al.*, 1950; JEENER, 1953; IWAMURA, 1955; EDMUNDS, 1964）。水界生態系の研究史上，核酸類が注目されたのは，以上のような性格に加え核酸が生物体にのみ含まれる物質であることから，微生物の生きた現存量の指標として利用できるのではないかと考えてのことであった（RICKETTS, 1966; HOLM-HANSEN *et al.*, 1968; HOLM-HANSEN, 1969; IWAMURA *et al.*,1970）。残念なことにこれらのもくろみは，核酸類の含量が培養条件によっては大きく変動すること（JEENER, 1952; FOGG, 1959; NEWMARK and FUJIMOTO, 1959; WALLEN and GEEN, 1971; TAKAHASHI *et al.*, 1974）から微生物現存量への換算係数が容易には決められないこと，とりわけ自然水域では核酸は細胞の死後相当期間分解されず残存すると考えられること（HOLM-HANSEN, 1969b, 1970; YAMAGUCHI and SEKI, 1977）などの理由で不成功に終り，死後すみやかに分解消失する ATP にその役をゆずってしまっているのが現状である。しかし，自然水域にはまぎれもなく相当量の核酸類が存在しており，これらに関する知見は水界における有機物の動態を明らかにする上で重要であり，また中深層あるいは底棲生物の食物連鎖を考える場合，現在生きている，または少なくとも最近までは生きていた生物由来の有機物量を示唆する点では有意義であると考えられる。

培養条件下の藻類の対数生長期において，核酸類がどの程度含まれているかについては種々の報告がある。例えば，HOLM-HANSEN（1969a）は10種の単細胞藻類について，その対数生長期における生体有機炭素量と DNA の含量を調べ，DNA 含量は生体有機炭素量（即ち細胞の大きさ）に比例し，その 1〜3% にあたるとしている。彼によれば，細菌類から脊椎動物まで種々の生物群についての DNA 含量を文献からまとめれば，DNA は細胞乾重の 0.2〜5%，生体有機炭素量の 0.4〜10% の範囲になるという。RNA については，RICKETTS（1966）は乾重の 0.7〜6.65%，IWAMURA *et al.*（1970）は乾重の 2.9〜3.2% と報告している。筆者が海産珪藻類 4 種について分析した結果では，生体有機炭素量に対し DNA は 0.34〜0.46%，RNA は 4.9〜6.6% であった（YAMAGUCHI, 1974）。種々の藻類について，その対数生長期に得られた DNA，RNA 含量の主な分析例は Table 1 に示すとうりである。生体有機炭素量は

Table 1. Nucleic acids (RNA and DNA) contents in some algae expressed as percentage of cell dry weight (d.w.) and of cellular organic carbon (COC).

Organisms	RNA (d.w.)	RNA (COC)	DNA (d.w.)	DNA (COC)	Authors
Chrysochromulina kappa, *C. polylepis*, *Olisthodiscus* sp., *Pedinomonas minor*, *Prymnesium parvum*	0.31-0.86		0.71-6.65		RICKETTS (1966)
Euglena gracilis	0.04-0.06		0.26-1.26		KEMPER and MILLER (1965)
Chlorella ellipsoidea, *Phaeodactylum tricornutum*	0.25-0.29		2.91-3.20		IWAMURA *et al.* (1970)
Navicula pelliculosa		0.89		4.35	COOMBS *et al.* (1967)
Navicula pelliculosa, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira fluviatilis*, *Ditylum brightwellii*, *Dunaliella tertiolecta*, *Monochrysis lutheri*, *Amphidinium carteri*, *Gonyaulaz polyedra*, *Syracosphaera elongata*, *Cachonina niei*		1-3			HOLM-HANSEN (1969a)
Phaeodactylum tricornutum, *Chaetoceros* sp., *Skeletonema costatum*, *Nitzschia closterium*		0.30-0.46		3.66-6.65	YAMAGUCHI (1974)

乾重のほぼ 50% (PARSONS *et al.*, 1961) として計算すれば，藻類細胞の核酸含量は乾重に対して DNA は 0.2〜1.5%, RNA は 0.3〜7% 程度と考えることができる。

細胞の核酸含量に対しては，外界の種々の要因が影響を与えていると考えられる。強光条件下で培養された藻体中では，弱光条件下または暗条件下よりも RNA/Protein 比が増加するが，DNA 含量はあまり変化が見られない(IWAMURA, 1955; YAMAGUCHI, 1974)。JEENER (1952) によれば，蛋白合成速度（即ち細胞の生長速度）と細胞の RNA/Protein 比の間には明らかな正の相関関係が認められている。WALLEN and GEEN (1971) によれば，光の質は種々の生体成分の濃度に強く影響するが，白色光下にくらべ青色光下ではクロロフィル，蛋白質，RNA，DNA の含量は増加し，緑色光下では逆に減少する。その差は，クロロフィル *a* では 1.7 倍，蛋白質，RNA では約 2 倍，DNA は最も変化が少なく約1.3倍であった。環境諸要因のうち最も強く影響するのは，おそらく栄養塩類である。培地中の N，P の減少は細胞中のクロロフィル *a*，蛋白質，核酸類の含量を著しく減少させるが，他成分にくらべ DNA の減少率は小さい (JEENER, 1952; NEWMARK and FUJIMOTO, 1959; FOGG, 1959; TAKAHASHI *et al.*, 1974)。Table 2 は，1例として培地中の N，P 濃度を変化させた場合における *Chlorella ellipsoidea* の蛋白質，核酸含量の変化を示している。培地中の N，P の減少はクロロフィル *a*，蛋白質，RNA の減少を引き起し，結果として生長速度 (RNA/Protein, JEENER, 1952) を減少させていることが明らかである。同様に，培地中の Si が欠乏すると珪藻 *Navicula pelliculosa* では，例えその対数生長期で DNA や脂質が増加していても，蛋白質や RNA の増加は停止してしまう (COOMBS *et al.*, 1967)。このような知見を考慮するならば，自然水域より得られる核酸類のすべてが生細胞に由来しているとしても，一定の換算係数を用いて，核酸濃度から微生物現存量を求めることは困難であることが容易に理解される。

ところで，自然水域における核酸類の分布については，わが国の湖沼と北太平洋およびその近接海域について比較的よく調査されている。わが国中部の湖沼について見れば，湖沼の栄養度によって核酸濃度は大きく変動するが，夏季の生産層内の平均濃度として見れば RNA は 24〜2,086 μg/*l*, DNA は 1.0〜46.8 μg/*l* の範囲内にある (YAMAGUCHI, 1974; 前田・富岡, 1977)。湖沼では，しばしば生産層内の平均濃度にくらべて非生産層内の平均濃度が高い場合がある。また，深水層に無酸素層をもつような湖沼では，深水層部に著しい核酸類の極大層が見られることが多いが，このような場合の深水層からはしばしば高濃度のバクテリオクロロフィルが検出される。核酸類の濃度の鉛直変動の大きさは水塊の成層の発達に大きく影響されるものと考えられ，変動係数の大きい湖沼はいずれも水温の鉛直傾度の大きい湖沼であった (前田・富岡, 1977)。懸濁態の蛋白質，核酸類は，微小生物とデトリタスに由来すると考えられるが，湖沼による濃度差とその分布様式は，微生物現存量の差をある程度反映しているように思われる。

富栄養化の著しい内湾を除いて，北太平洋とその近接海域における著者らの測定では，海洋における蛋白質，核酸類の濃度は生産層内の平均値として，蛋白質で14.7〜202 μg/*l*, RNA は 1.45〜35.5 μg/*l*, DNA は 1.0〜7.2 μg/*l* の範囲であった (TAKAHASHI *et al.*, 1974;

Table 2. Ratios of cellular constituents for cultured algae under various nutrient concentrations.

	Chl. *a*/DNA	Protein/DNA	RNA/DNA	RNA/Protein
Phaeodactylum sp.	16.9	123	12.5	0.102
Chlorella ellipsoidea	10.4	106	10.2	0.096
(1/10) P*	9.6	90	7.9	0.088
(1/100) P*	3.6	66	3.0	0.045
(1/1,000) P*	1.2	88	4.0	0.045
(1/10) N**	1.6	27	1.8	0.067
(1/100) N**	0.6	30	1.6	0.053

* Phosphate concentration level compared with the enriched seawater medium.

** Nitrate concentration level compared with the enriched seawater medium. Others without any note were cultured in the enriched seawater medium. (After TAKAHASHI *et al.*, 1974 with modification)

YAMAGUCHI, 1974)。RNA および DNA の平均値の地理分布を示せば，Fig. 1, Fig. 2 のようになる。一般に，核酸類の濃度は高緯度海域，沿岸海域で高く，低緯度海域で低いといえよう。鉛直的には，Fig. 3 に示すように海域によっては深層に著しい蛋白質，核酸類の集積が検出される場合がしばしばあり，時には表層を上回る濃度が測定されることがある(TAKAHASHI *et al.*, 1974)。これらのすべてが生細胞に由来するものであるか，あるいは他のプロセスにより集積したものであるか，かならずしも明らかではない。海洋では数千メートルの深海でさえ，しばしばある種の微小生物の集積が報告されていること（BERNARD, 1963; KRISS, 1963; FOURNIER, 1970)，あるいは深層においてかなりのグルコース同化活性や炭酸の暗固定活性が報告されていること（TAKAHASHI and ICHIMURA, 1971, 1973）などを考慮すれば，これら核酸類の極大は深海における微小生物群の活

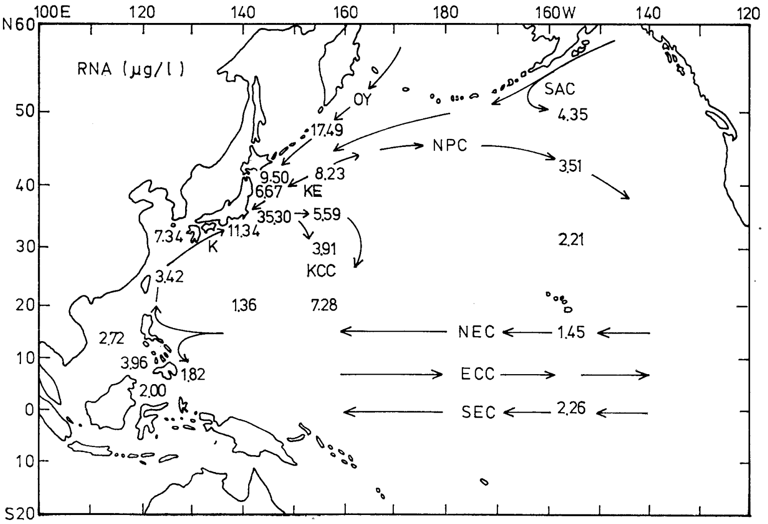


Fig. 1. Geographical variation of mean concentration of RNA within the euphotic zone in North Pacific and its adjacent sea area.

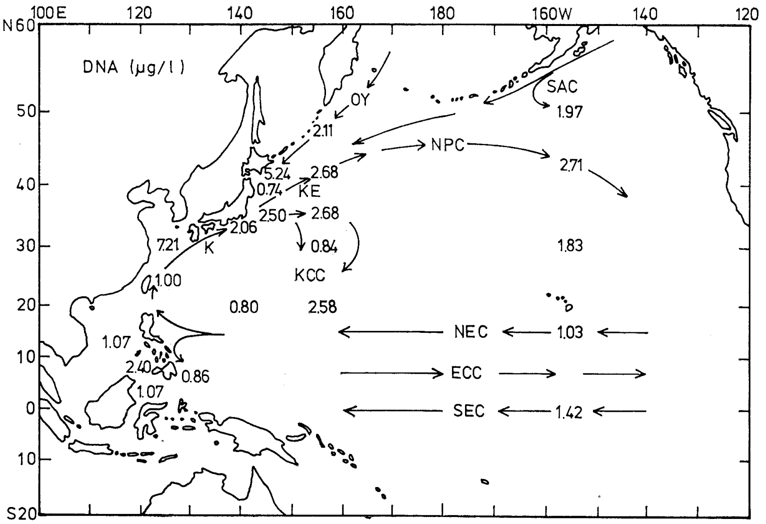


Fig. 2. Geographical variation of mean concentration of DNA within the euphotic zone in North Pacific and its adjacent sea area.

動の一端を示しているのかもしれない。核酸極大層の実態を明らかにするには，さらに詳細な調査・検討が必要であろう。

既に述べたとうり，自然水域における DNA の死後分解には長時間を要し，測定される DNA 量中にはかなりのデトリタス性の DNA が含まれていると考えられ (HOLM-HANSEN, 1969b, 1970)，RNA もまた同じような傾向をもつであろうと考えられている。核酸類は水界生態系の研究にあまり貢献しえないであろうか。自然の水域で得られる核酸類が水中の微小生物群に由来するのであれば，その量は微小生物群の生活活性と何らかの関係をもっているであろうと考えることができる。種々の生活活性のうち呼吸活性は好気的生活をするすべての植物プランクトン，微小動物プランクトンおよび細菌類に共通な生活活性として期待できるであろう。Fig. 4 は夏季成層期の東京湾における呼吸活性と RNA，DNA 量の関係を示したものである RNA 濃度と呼吸活性の間には明らかに有意の相関が認められるが，DNA 濃度と呼吸活性の間には有意の相関は認められなかった。同様に，前田・尾形 (1977) は我が国中部の42湖沼についての分析結果から，まつたく同じ結論を報告している。以上の結果は RNA の死後分解が DNA ほどには遅くないことを示すとともに，呼吸活性測定の困難な貧栄養水域においては RNA 量を用いて呼吸活性を推定しうる可能性を示唆するものである。DNA の利用に関しては，最近 FALKOWSKI and OWENS (1982) が特異的に DNA

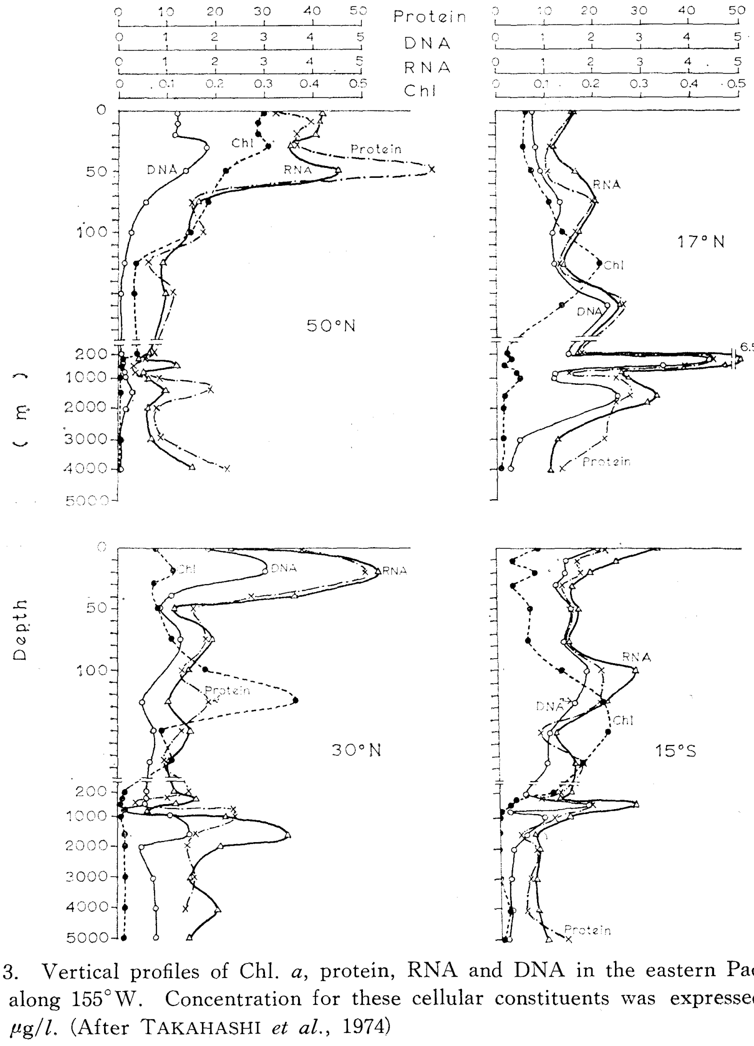


Fig. 3. Vertical profiles of Chl. *a*, protein, RNA and DNA in the eastern Pacifiic along 155°W. Concentration for these cellular constituents was expressed in μg/*l*. (After TAKAHASHI *et al*., 1974)

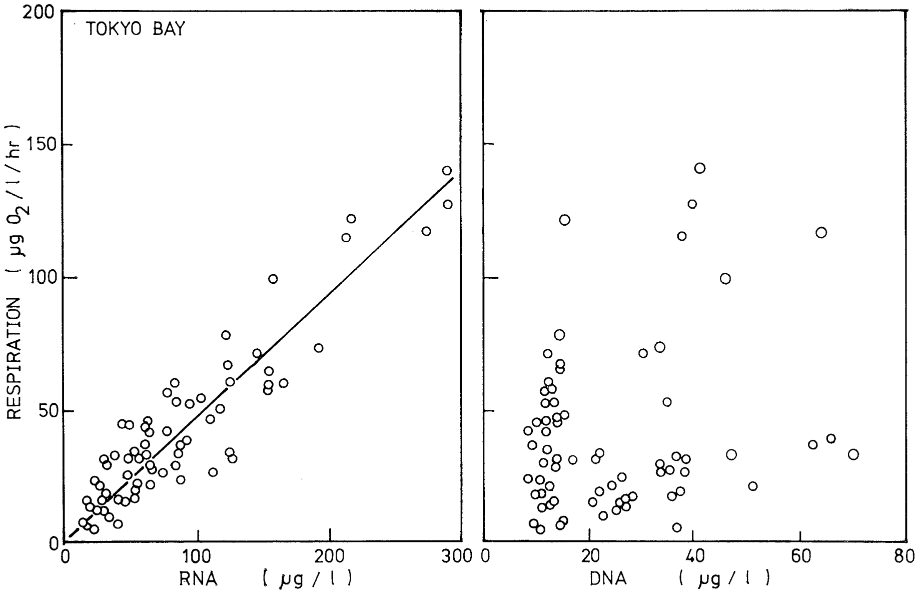


Fig. 4. The ralationship between the magnitude of respiration and the concentration of RNA and DNA in the summar stagnation period in Tokyo Bay.

と結合する蛍光染料を用いた新しい DNA 定量法を応用した現場条件下の植物プランクトンの分裂速度測定法を提唱している。この方法は，DNA と定量的に結合して複合体をつくり，蛍光を増光する 4'-6-diamino-2-phenylindole 2 HCl (DAP I) を用いるもので，蛍光測光と明暗瓶法を組合わせることにより自然水域における植物プランクトンのみの分裂速度を測定しようとするもので，簡便かつ迅速な測定が可能であり，培養藻を用いた実験や Middle Atlantic Bight における現場実験では良い結果をあげている。手軽に実施でき精度も高いこの方法は，今後自然水域の植物プランクトン群の生長解析に有力な武器となりうるであろう。

文 献

BERNARD, F. (1963): Research on the phytoplankton and pelagic protozoa in the Mediterranean Sea from 1953 to 1966. Oceanogr. mar. Biol. Ann. Rev., **5**, 205-229.

CALDWELL, P. C. and C. HINSHELWOOD (1950): The nucleic acid content of *Bact. lactis aerogenes*. J. Chem. Soc., 1415-1418.

CALDWELL, P. C., E. L. MACKOR and SIR C. HINSHELWOOD (1950): The ribose nucleic acid content and cell growth of *Bact. lactis aerogenes*. J. Chem. Soc., 3151-3155.

COOMBS, J., W. M. DARLEY, O. HOLM-HANSEN and B. E. VOLCANI (1967): Studies on the biochemistry and fine structure of silica shell forma tion in diatoms. Chemical composition of *Navicula pelliculosa* during silicon-starvation synchrony. Plant Physiol., **42**, 1601-1606.

EDMUNDS, L. N. JR. (1964): Replication of DNA and cell division in synchronously dividing cultures of *Euglena gracilis*. Science, **145**, 266-268.

FALKOWSKI, P. G. and T. G. OWENS (1982): A technique for estimating phytoplankton division rates by using a DNA-binding fluorescence dye. Limnol. Oceanogr., **27**, 776-782.

FOGG, G. E. (1959): Nitrogen nutrition and metabolic patterns in algae. *In*: Utilization of Nitrogen and its Compounds by Plants. (PORTER ed.). Symp. Soc. Exptl. Biol., **13**, 106-125.

FOURNIER, R. O. (1970): Studies on pigmented microorganisms from aphotic marine environments. Limnol. Oceanogr., **15**, 675-682.

HOLM-HANSEN, O. (1969a): Algae: Amounts of DNA and organic carbon in single cells. Science, **163**, 87-88.

HOLM-HANSEN, O. (1969b): Determination of microbial biomass in ocean profiiles. Limnol. Oceanogr., **14**, 740-747.

HOLM-HANSEN, O. (1970): Determination of microbial biomass in deep ocean water. *In*: Symposium on organic Matter in natural Waters. (WOOD ed.). Univ. Alaska Press. p. 287-300.

HOLM-HANSEN, O., W. H. SUTCLIFFE JR. and J. SHARP (1968): Measurement of deoxyribonucleic

acid in the ocean and its ecological significance. Limnol. Oceanogr., **11**, 510-519.

IWAMURA, T. (1955): Changes of nucleic acid content in *Chlorella* cells during the course of their life cycle. J. Biochem., Tokyo, **42**, 575-589.

IWAMURA T., H. NAGAI and S. ICHIMURA (1970): Improved methods for determining contents of chlorophyll, protein, ribonucleic acid and deoxyribonucleic acid in planktonic populations. Int. Rev. ges. Hydrobiol., **55**, 131-147.

JEENER, R. (1952): Ribonucleic acid and protein synthesis in continuous cultues of *Polytomella caeca*. Arch. Biochem. Biophys., **43**, 381-388.

KRISS, A. E. (1963): Marine microbiology. Deep Sea (Transl. from Russ. by SHEWAN J. W. and Z. KABATA) Oliver & Boyed, London. 536 pp.

KEMPER, E. S. and J. H. MILLER (1965): The molecular biology of *Euglena gracilis*. Biochim. Biophys. Acta, **104**, 11-17.

前田　修・富岡英道 (1977): 本州中部湖沼の夏季におけるけん濁蛋白質および核酸の鉛直分布，陸水雑，**38**, 109-115.

前田　修・尾形一法 (1977): 本州中部湖沼の夏季におけるけん濁蛋白質，核酸，クロロフィル*a*の濃度の相関関係．陸水雑，**38**, 116-121.

NEWMARK, P. and Y. FUJIMOTO (1959): Nucleic acids of nitrogen deficient *Chlorella pyrenoidosa*. Federation Proc., **18**, 293.

PARSONS, T. R., K. STEPHENS and J. D. H. STRICKLAND (1961): On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton. J. Fish. Res. Bd. Canada, **18**, 1001-1016.

RICKETTS, T. R. (1966): On the chemical composition of some unicellular algae. Phytochem., **5**, 67-76.

TAKAHASHI, M. and S. ICHIMURA (1671): Glucose uptake in ocean profiles with special reference to temperature. Mar. Biol., **11**, 206-213.

高橋正征・市村俊英 (1973): 海洋水中での炭酸暗固定とその生態的意義．La mer. **11**, 61-64.

TAKAHASHI, M., H. NAGAI, Y. YAMAGUCHI and S. ICHIMURA (1974): The distribution of Chlorophyll *a*, protein, RNA and DNA in the North Pacific Ocean. J. Oceanogr. Soc. Japan, **30**, 137-150.

WALLEN, D. G. and G. H. GEEN (1971): Light quality and concentration of proteins, RNA and DNA and photosynthetic pigments in two species of marine phytoplankton. Mar. Biol., **10**, 44-51.

YAMAGUCHI, Y. (1974): Ecological aspects of the microbial production in aquatic environmets. Ph. D. dissertation, Tokyo Kyoiku Univ. 137 pp.

YAMAGUCHI, Y. and H. SEKI (1977): Microbial biomass in the eutrophic bay of Shimoda as compared by estimating of several biomass parameters. J. Oceanogr Soc. Japan, **33**, 38-44.

討　論

渡部輝久(放医研)　藻体の DNA が一定レベルに保たれている際，DNA 構成物質の入れ替りは起っているか。つまり，DNA は静的に一定に保たれるのか動的に一定に保たれるのか。

山口征矢(埼玉大・教養)　動的に一定に保たれている。

斉藤俊郎(東大・農)　光の質が核酸含量を変化させるとすれば，生長速度等細胞全体にも影響があると考えられるがどうか。

山口(埼玉大・教養)　当然影響がある。青色光は，光合成により蓄積された貯蔵炭水化物からのアミノ酸合成，蛋白質合成など二次産物合成を促進することが多くの藻類で報告されている。

6. 生理活性物質
——毒成分を中心に——

丸山純一*，野口玉雄*

6. Bioactive Metabolites, with Special Reference to Toxins

Junichi MARUYAMA* and Tamao NOGUCHI*

Abstract: Various phytoplankton produce toxins, which may cause poisonings in humans *via* the food chain, or contaminate lakes and ponds, resulting in a mortality of domestic or wild animals. Some toxins may make the water of reservoirs undrinkable. Many studies have so far been carried out on the morphology and ecology of toxic plankton, food chain starting with those plankton, and on the isolation and properties of toxins contained. However, important problems such as the biosynthetic mechanisms of those toxins and/or their physiological significance in plankton remain to be elucidated.

緒　言

植物プランクトンの中には毒成分を産生し，魚貝類やヒトに被害をもたらすものがある。これらの毒成分は食物連鎖を通してヒトに食中毒を起こし，魚貝類を斃死させ，また，水源池などの水を飲用不適としたりする。以下，植物プランクトンが産生するこれらの毒成分について述べる。

1. 食中毒原因物質を産生する植物プランクトン

食中毒原因物質を産生する植物プランクトンの多くは渦鞭毛藻類に属し，麻ひ性貝毒，下痢性貝毒，およびシガテラ毒などを産生する（Table 1）。

麻ひ性貝毒（paralytic shellfish poison; 以下PSPと略す）の産生プランクトンとしては，*Protogonyaulax catenella* および *P. tamarensis* がよく知られている。*P. catenella* は北米，カナダの太平洋沿岸において毎年のように貝類を毒化させている。一方，1960年代にはカナダ大西洋岸の St. Lawrence 河口付近や Fundy 湾で，また，1970年代に入ってからは北米 New England 沿岸で発生した赤潮から *P. catenella* 類似種の有毒プランクトンが新たに検出され，*P. tamarensis* として区別された（SHIMIZU, 1978）。

* 東京大学農学部 Faculty of Agriculture, The University of Tokyo

Table 1. Plankton responsible for food poisonings.

Food poisoning	Plankton
Paralytic shellfish poisoning	*Protogonyaulax catenella* *P. tamarensis* *P. acatenella* *P. phoneus* *Gonyaulax polyedra* *Pyrodinium bahamense* *P. bahamense* var. *compressa*
Diarrhetic shellfish poisoning	*Dinophysis fortii* *D. acuminata*
Ciguatera	*Gambierdiscus toxicus*

わが国では1975年1月に初めて三重県尾鷲湾において *P. catenella* による赤潮が観測され，かつ二枚貝類の毒化が確認されたのを皮切りに，その後全国各地で毎年のようにこれら両種による貝類の毒化が起こっている（野口・橋本 1980）。

P. acatenella はカナダの British Columbia で時折赤潮を作り，貝類を毒化させるといわれている（PRAKASH and TAYLOR 1966）。*P. phoneus* はオランダなどの北海沿岸に分布する有毒種とされている（LOEBLICH and LOEBLICH 1975）。*Gonyaulax polyedra* は北米やオーストラリアで赤潮を形成し，魚類を斃死させるとされて

いる (SCHRADIE and BLISS 1962)。

その他，最近では熱帯産の渦鞭毛藻 *Pyrodinium bahamense* var. *compressa* (HARADA *et al.*, 1982) や淡水産藍藻 *Aphanizomenon flos-aquae* (IKAWA *et al.*, 1982) などからも PSP 成分が検出されている。

次に，下痢性貝毒 (diarrhetic shellfish poison; 以下 DSP と略す) の産生プランクトンとしては，同じ渦鞭毛藻の *Dinophysis fortii*, *D. acuminata* が挙げられている (YASUMOTO *et al.*, 1980a)。

シガテラ毒の産生生物は長らく不明であったが，最近，仏領ポリネシア産底生渦鞭毛藻 *Gambierdiscus toxicus* がシガテラの原因物質 ciguatoxin および maitotoxin を産生すると報告されている (YASUMOTO *et al.*, 1980b)。

1) 麻ひ性貝毒 (PSP)

PSP の発生状況

PSP による食中毒は米国およびカナダの太平洋，大西洋沿岸で古くから発生し，多数の犠牲者を出してきた。HALSTEAD (1965) は，1689年から1962年までの間に世界中で900名以上が中毒にかかり，200名以上が死亡したとしている。わが国においては，1948年7月に愛知県豊橋市でアサリで12名が中毒し，うち1名が死亡した事件が発生して以来，不確実なものを含めて計5回，PSP 中毒の発生が報告されている (Table 2)。

中毒症状は，普通食後30分程度で口唇，舌，顔面がしびれ，やがて四肢の末端に広がるとともにしびれは麻ひにかわる。さらにひどくなると麻ひが全身にまわり，やがて呼吸困難に陥り，通常12時間以内に死亡する。これをこえると比較的順調に回復する。

わが国における PSP の発生状況を Table 3 に示す。1975年1月三重県尾鷲湾において *P. catenella* の赤潮が発生し，アサリ，ムラサキイガイ等の毒化が認められた (HASHIMOTO *et al.*, 1976)。翌1976年6月には香川県沿岸および徳島県小松島湾で *P. catenella* による赤潮が発生し，ムラサキイガイ，ウチムラサキ等の毒化が認められた (NOGUCHI *et al.*, 1978; OKAICHI and NISHIO, 1977)。

一方，北日本では1976年および1977年の5月に大船渡湾で，また，1978年6月には北海道噴火湾でそれぞれホタテガイが毒化し，甚大な経済的損害を与えた。両海域において赤潮は確認されなかったが，大船渡湾では *P. tamarensis* OF-1 が分離され，原因プランクトンと断定された (UEDA *et al.*, 1982)。1979年2月には山口県仙崎湾でマガキの毒化が起こり，*P. catenella* が原因プランクトンと断定されたが，この際，海水中の同種の密度はわずかに数 cells/m*l* にすぎなかった (ONOUE *et al.*, 1980, 1981)。1979年5月には再び徳島県橘湾および椿泊湾で，また，1981年6月に和歌山県和歌浦で，1982年2月には宮崎県日向灘で *P. catenella* による赤潮が発生し，貝類が毒化したほか，日向灘では養殖ハマチにも被害が出た (未発表)。

このように，*Protogonyaulax* 属の有毒プランクトンは全国各地で発生しており，一旦発生した場所ではその後毎年または隔年ほぼ同時期にこれが繰り返されるようである。

プランクトンの毒性

Protogonyaulax 属のプランクトンの毒力は系群によりはっきりとした差があり，5×10^{-4} MU*/cell から毒を産生しないものまである (SCHMIDT and LOEBLICH, 1979; SOMMER and MEYER, 1937)。これらに加え，培養時の生理条件によっても毒力は大きく異なる。たとえば，無菌培養した *P. tamarensis* は培養初期には天然藻体に匹敵する毒力を示すのに対し，雑菌の混入した場合には，毒力は培養初期の最も強いときでも天然藻体の 1/3 にすぎない (SINGH *et al.*, 1982)。一般に，低密度で分裂が遅い場合に毒力は高くなるようである。

Protogonyaulax 属の有毒プランクトンは通常シスト

* MU (mouse unit) とは毒量を表わす単位で，1 MU は体重 20 g の ddY 系雄マウス1匹に腹腔内投与した場合，15分で死亡させる最少致死量を示す。

Table 2. Incidences of paralytic shellfish poisoning in Japan.

Date	Responsible bivalve	Location	Number of patients (Deaths)
July 1948	Short-necked clam *Tapes japonica*	Toyohashi, Aichi	12 (1)
May 1961	Scallop *Chlamys nipponensis akazara*	Ofunato, Iwate	20 (1)
Feb. 1962	Oyster *Crassostrea gigas*	Miyazu, Kyoto	42 (0)
Jan. 1979	Oyster *Crassostrea gigas*	Senzaki, Yamaguchi	16 (0)
Apr. 1979	Mussel *Mytilus* sp.	Asahikawa, Hokkaido	3 (1)

Table 3. PSP-infestation to bivalves in Japan.

Locality	Date	Bivalves	Responsible plankton
Funka Bay, Hokkaido	June-Oct., 1978 Apr., 1979-Jan., 1980 Apr.-Nov., 1980 Apr.-Dec., 1981	Scallop, Mussel	*P. catenella* Funka
Ofunato Bay, Iwate	May, 1976 May, 1977 May, 1978 Mar.-Dec., 1979 Apr.-Dec., 1980 Feb., 1981-Jan., 1982	Scallop Akazara scallop	*P. tamarensis* OF-1
Ise Bay	Apr.-May, 1976 Jan., 1977 May, 1977	Short-necked clam, Mussel "Isoshijimi"	*P. catenella* (red tide) — —
Owase Bay, Mie	Jan.-Feb., 1975 Jan.-Feb., 1977 Jan., 1979	Short-necked clam, Mussel	*P. catenella* (red tide) — —
Seto Inland Sea	June, 1976	Mussel, Oyster Short-necked clam	*P. catenella*
Komatsujima Bay, Tokushima	June, 1976	—	*P. catenella* (red tide)
Tachibana and Tsubakidomari Bays, Tokushima	May, 1979	Short-necked clam	*P. catenella* (red tide)
Senzaki Bay, Yamaguchi	Jan.-Feb., 1979	Oyster	*P. catenella*
Wakanoura Bay, Wakayama	June, 1981	—	*P. catenella*
Kitaura Bay, Miyazaki	Mar., 1982	Short-necked clam	*P. catenella*

を形成し，海底の土砂中に休眠し，環境条件が整うと発芽し，プランクトンとなって海水中を遊泳する。OSHIMA *et al*. (1982a) によれば，大船渡湾で採取した *P. tamarensis* シストの毒性は 3.1～3.4×10^{-5} MU/cell で，天然藻体のそれと大差なかった。また，WHITE and LEWIS (1982) によれば，Fundy 湾で採取した *G. excavata* (*P. tamarensis*) シストの毒性は同湾で採取された7つの遊泳細胞株の毒性とほぼ同じである。一方，DALE *et al*. (1978) によると，*G. excavata* の休眠シストは遊泳細胞の約10倍の毒力を持ち，二枚貝類の毒化に直接関与するという。

プランクトンによる生物の毒化

有毒プランクトンを摂食した貝類は，その毒成分を体内に蓄積し，毒化する。Alaska butter clam のような特殊な例，すなわち水管に毒の過半を saxitoxin として蓄積するもの（清水，1980）を除けば，貝類のほとんどが吸収した毒を中腸腺に蓄積する。Table 4 に大船渡湾産のホタテガイの部位別毒性値を示した。全毒量の約90％が，この場合中腸腺に蓄積されていた。また，Fig. 1 に示したように貝類の毒化時期における *P. tamarensis* の消長とムラサキイガイの中腸腺毒性の増減はよく一致している (OSHIMA *et al*., 1982b)。ムラサキイガイ中腸腺の毒性は，プランクトンの密度がわずかに 5,000 cells/*l* で 230 MU/g という高い値を示した。また，大船渡湾では，わずかに 20 cells/*l* という低い密度でホタテガイの毒化が認められるといわれている。毒は通常プランクトンの消失とともにほとんどの貝類で漸減し，やがて検出されなくなる。

PSP の化学

1960年代までは，PSP は単一成分 saxitoxin (STX) のみを構成成分とし，*P. catenella* により特異的に産生されるものと考えられていた。ところが，New England で1972年および1974年に発生した *P. tamarensis* の赤潮から分離された毒は，いずれも STX 以外に3種類の未知の毒成分が検出され，STX はその中ではむしろ副成分であった (SHIMIZU *et al*., 1975)。また，1975年以来日本各地で発生している *Protogonyaulax* spp. の産生する PSP は，いずれも複数の構成成分から成ることが明らかにされている。現在，Fig. 2 に示すように，STX 以外に neosaxitoxin (neoSTX), gonyautoxin 1～6

Table 4. Anatomical distribution of PSP in scallops* (MARUYAMA *et al.* 1983).

Sample number	Adductor muscle	Digestive gland	Rectum	Foot	Gonad	Mantle	Gill
1	17	2,400	250	220	120	91	92
2	57	2,100	320	220	140	110	71
3	16	3,000	600	180	150	75	95
4	43	3,100	370	230	160	94	86
5	39	2,400	210	170	120	100	110
6	24	3,500	280	200	160	84	93
7	24	2,200	350	160	110	87	90

* The scallops were collected from Ofunato Bay in May 1981. The toxicity (MU/g) was assayed by using ten each of the respective organs.

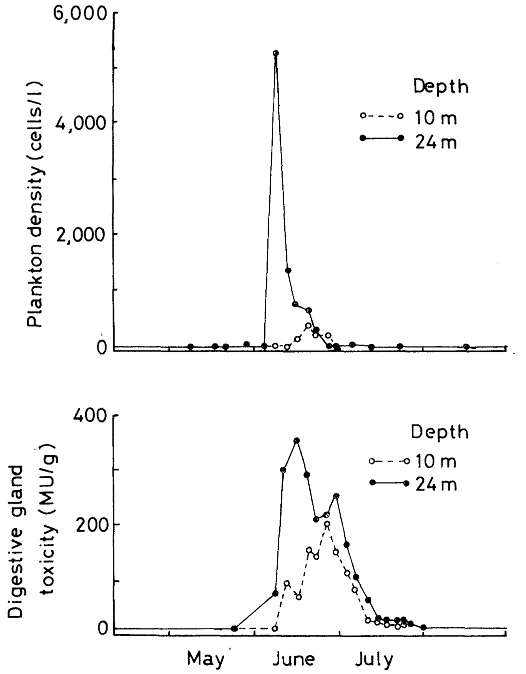
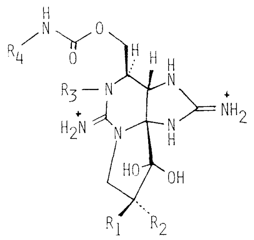


Fig. 1. Periodic changes of population density of *Protogonyaulax tamarensis* (upper) and toxicity of mussel (lower) at Okirai, Iwate, in 1979 (OSHIMA *et al.* 1982b).



	R_1	R_2	R_3	R_4	specific toxicity (MU/mg)
STX	H	H	H	H	5,500
neoSTX	H	H	OH	H	2,400
GTX_1	H	OSO_3^-	OH	H	5,000
GTX_2	H	OSO_3^-	H	H	4,200
GTX_3	OSO_3^-	H	H	H	5,600
GTX_4	OSO_3^-	H	OH	H	1,600
GTX_5	H	H	H	SO_3^-	280
GTX_6	H	H	OH	SO_3^-	290
PX_1(epi-GTX_8)	H	OSO_3^-	H	SO_3^-	30 - 40
PX_2(GTX_8)	OSO_3^-	H	H	SO_3^-	300 - 600
PX_3	H	OSO_3^-	OH	SO_3^-	
PX_4	OSO_3^-	H	OH	SO_3^-	

Fig. 2. Structure and specific toxicity of PSP.

($GTX_{1\sim6}$), protogonyaulax toxin 1〜4 ($PX_{1\sim4}$) など12 の PSP 成分の構造が解明あるいは推定されている。

STX, neoSTX, $GTX_{1\sim4}$ はいずれも比毒性が 1,000 MU/mg を超える強力な毒成分である。STX は PSP 成分のうちで最初に単離されたが，構造はその後約20年を経てようやくX線構造解析により決められた(SCHANTZ *et al.*, 1975; BORDNER *et al.*, 1975)。比毒性は 5,000 MU/mg で NaCN の約 1,000 倍に相当し，また，フグ毒 tetrodotoxin に匹敵する。

これに対し，最近相次いで諸性状が明らかにされた GTX_5, GTX_6, PX_1, PX_2 は，前出の 6 成分に比べて毒性がはるかに低い。これら低毒性の PSP 成分はいずれも分子内に carbamoyl-*N*-sulfo 基を有し，中性ないし弱酸性条件ではやや安定であるが，それ以外の pH ではきわめて不安定である。温和な酸加水分解により容易に carbamoyl-*N*-sulfo 基より 1 mol/mol の硫酸を遊離し，それぞれ毒力の強い成分に変換する (GTX_5→STX, GTX_6→neoSTX, PX_1→GTX_2, PX_2→GTX_3)。また，最近筆者らは山口県仙崎湾で分離された *P. catenella* 培養細胞より低毒性の新 PSP 成分 PX_3 および PX_4 を検出した*。これら 2 成分は，やはり温和な酸加水分解に

* 野口玉雄・尾上義夫・丸山純一・橋本周久・池田武彦：昭和58年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 214

より，それぞれ GTX_1 および GTX_4 に変換することから，Fig. 2 に示した構造をもつものと推定した。このような低毒性の PSP 成分の存在は，従来プランクトンが産生すると考えられていた高毒性成分がいずれも藻体内では毒性の低い状態で存在することを予想させるものとして注目される。

なお，各 PSP 成分の諸性状の詳細については総説（野口，1982）等を参照されたい。

2)　下痢性貝毒（DSP）

1976年6月宮城県でムラサキイガイの喫食による食中毒が発生したが，その後の調査で原因は脂溶性の自然毒によることが判明した。この中毒の主な症状が激しい下痢であることから，原因物質は下痢性貝毒（DSP）と呼ばれている。

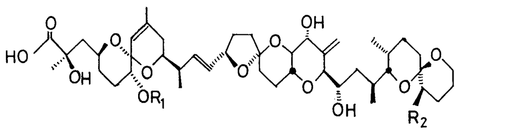
DSP による食中毒の特徴は，まず下痢が 100% 発現することで，このほか嘔吐，吐き気，腹痛などの症状が伴われることが多い。70% の人が食後 30 分から 4 時間以内に発症し，3 日間でほぼ全快する。1976年以来確認された患者総数は 800 人に達するが，死亡例は報告されていない（安元，1982）。

二枚貝類の毒化が最初に確認されたのは三陸沿岸や陸奥湾であったが，現在では北日本を中心とした太平洋，日本海沿岸の各地で問題となっている。また，韓国産のムラサキイガイからも同様の毒が検出され，さらにオランダ，チリ等でも中毒の発生が報じられている。毒化する二枚貝の種類はホタテガイ，アカザラ，ムラサキイガイ，イガイ，マガキなど垂下養殖されるものが毒化しやすいが，地播きのホタテガイ，アサリ，コタマガイ，チョウセンハマグリなども毒化する。毒は中腸腺に局在する（安元，1982）。

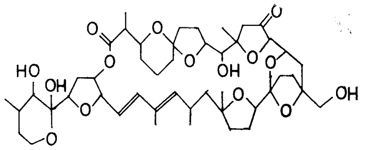
貝類の毒化原因としては調査当初から有毒プランクトンの存在が疑われていたが，貝の毒化時期に赤潮は認められなかった。そこで，ムラサキイガイの毒性を測定し，各種プランクトンの出現状況を比較したところ，*Dinophysis fortii* の細胞数と同貝の毒性がよく相関することが明らかとなった。また，その脂溶性画分の毒性は約 10^{-4}MU/cell であった。次に，ムラサキイガイ中腸腺および *D. fortii* よりそれぞれ毒成分を抽出，精製し，ガスクロマトグラフ分析を行ったところ同一成分と同定されたことから，このプランクトンが毒産生生物と断定された（YASUMOTO *et al.*, 1978, 1980a）。*D. fortii* は三陸沿岸や陸奥湾では6月下旬から7月上旬にかけて最も多く出現し，その密度が 200 cells/*l* を超えるとホタテガイやムラサキイガイの毒化がはじまるといわれている（YASUMOTO *et al.*, 1980a）。また，現在では同属のプランクトン *D. acuminata* も DSP を産生することが知られている（未発表）。

MURATA *et al.* (1982) は毒化したムラサキイガイ中腸腺より全毒量の 88% を占める主成分 dinophysistoxin 1 (DTX_1) を単離し，構造解析を行った。その結果，DTX_1 はカイメン類 *Halichondria okadai* および *H. melanodocia* より単離された okadaic acid の誘導体 (35 *S*)-35-methyl-okadaic acid と判明した(Fig. 3)。okadaic acid は Fig. 3 に示したように，多数の環状エーテルを有する一種の脂肪酸誘導体で，その構造は陸上微生物が産生するイオノフォア抗生物質群とよく似ている（TACHIBANA *et al.*, 1981）。

DTX 群には5成分（okadaic acid, DTX_{1-4}）の存在が確認されており，そのうち3成分の構造はすでに明らかにされていたが，最近，DTX_4 の構造もX線構造解析により決定された*(Fig. 3)。DTX_4 の構造は，その基本骨格が okadaic acid と全く異なる。なお，*D. fortii* 中には，まだ同成分の存在は確認されていない。



okadaic acid : R_1=H , R_2=H
DTX_1 : R_1=H , R_2=CH_3
DTX_3 : R_1=acyl($C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{16:1}$), R_2=CH_3



DTX_4

Fig. 3.　Structure of DSP.

毒化貝の DSP 成分組成は貝の種類，あるいは採取された地域，時期によって異なるが，これが摂取した有毒プランクトンの相違によるのか，体内代謝の相違によるのかは不明である。

3)　シガテラ毒

熱帯または亜熱帯のサンゴ礁の発達した海域に生息する毒魚をヒトが喫食して起こす，特異的な症状を示す死

* 村田道雄・大島泰克・安元　健・鶏沢　洵: 昭和58年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 218.

亡率の低い食中毒をシガテラと総称する。症状は嘔吐，下痢などの消化器系障害，血圧降下や心拍数の低下などの循環器系障害，知覚異常，縮瞳などの神経系障害，その他，脱力感，関節痛などの障害としてあらわれる。この中で，特異な症状として知覚異常があげられる。これは，低温の物体に触れると痛みを感じ，ショックを受けることがあることから，ドライアイスセンセーションとも呼ばれる。死亡率は低いが回復は遅く，既往患者の方が重症となる（HALSTEAD, 1965）。

毒化する魚類は，いずれもサンゴ礁に生息するか，サンゴ礁に接近して摂餌する回遊魚で，プランクトン食性の魚は毒化しない。草食性の巻貝も毒化する。一般に，食物連鎖の高位にある大型肉食魚，ウツボ，カマス，ハタの類，フエダイ，ヒラアジ等の毒性が草食魚の毒性より高いことなどから，毒は食物連鎖により移行することが推定された。種々検索の結果，仏領ポリネシアの Gambier 諸島で新たに発見された大型の底生渦鞭毛藻 *Gambierdiscus toxicus* が原因生物であると報告されている（YASUMOTO *et al.*, 1977, 1979a）。*G. toxicus* は仏領ポリネシアの他，沖縄，グァム，ハワイ，ニューカレドニア，フィジーなど熱帯，亜熱帯に広く分布する（YASUMOTO *et al.*, 1980b; BAGNIS *et al.*, 1980; SHIMIZU *et al.*, 1982）。

G. toxicus は脂溶性および水溶性の2種の毒成分を含む。前者は SCHEUER *et al.*, (1967) が検出，命名した ciguatoxin と，また，後者は YASUMOTO *et al.* (1976) がサザナミハギ内臓より検出した maitotoxin とそれぞれ同一であることが確認された。しかし，野生株と培養株とでは，この2つの毒成分の産生能が大きく異なり，特に後者では毒性が喪失する場合もあるようである（YASUMOTO *et al.*, 1979b）。

現在，ciguatoxin の化学的性状について研究が進められているが，構造は解明されるに至っていない。

maitotoxin の精製標品は毒性がフグ毒 tetrodotoxin の約50倍に及ぶ猛毒であるが，その構造は不明である。

G. toxicus の生態調査に伴い，サンゴ礁に生息する種々の底生渦鞭毛藻が毒成分を含むことが明らかにされた（Table 5; NAKAJIMA *et al.*, 1981)。このうち，*Prorocentrum lima* からは okadaic acid が検出されている（MURAKAMI *et al.*, 1982）。

2. 魚貝類を直接斃死させる毒を産生する植物プランクトン

魚毒性を示すことが知られている植物プランクトンを Table 6 にまとめた。

Ptychodiscus brevis が産生する魚毒成分

最近，相次いで有毒成分が単離され，構造が明らかにされて話題を集めている渦鞭毛藻に *Ptychodiscus brevis*（旧名 *Gymnodinium breve*）がある。同プランクトンより単離された魚毒成分の構造を Fig. 4 にまとめた。*P. brevis* はメキシコ湾で大規模な赤潮を続発させ，魚類の大量斃死をもたらすことで有名である。また，フロリダ海岸では，赤潮が発生すると，波打ち際では海水中に溶け出した毒が波の泡末に乗って空気中にただよい，ヒトに呼吸疾患を起こさせることもある（BADEN *et al.* 1982）。

P. brevis 培養藻体からの有毒成分の分離については多くのグループが長年研究してきたが，グループ間で名称を統一しないまま報告が出されてきたため，毒成分の異同は混乱を極めた。しかし，LIN *et al.* (1981) によ

Table 5. Toxicity of the dinoflagellates to mouse (NAKAJIMA *et al.*, 1981).

(MU/10^8 cells)

	Ether soluble fraction*	Butanol soluble fraction*	Water soluble fraction**
Amphidinium carteri	4.7	2.6	—
A. klebsii	33	22	—
Coolia monotis	—	—	—
Gambierdiscus toxicus	32,000	21,000	—
Ostreopsis sp.	—	3.6	—
O. siamensis	350	1,600	700
Prorocentrum sp.	130	—	—
P. lima	240	410	—
P. rhathymum	—	—	—

* (—): < 5 MU/10^8 cells　　** (—): <50 MU/10^8 cells

Table 6. Ichthyotoxic substances produced by phytoplankton.

Plankton	Toxic substances
Ptychodiscus brevis	brevetoxin-A, -B, -C, PB-1, Gb-4
Chattonella sp.	free fatty acids
Cocholodinium catenatum	?
Noctiluca miliaris	NH_3
Heteraulacus sp. (*Goniodoma* sp.)	?
Prymnesium parvum	prymnesin
Amphidinium klebsii	?
A. rhynchocephalum	?
Peridinium polonicum	glenodinine
Uloglena americana	myristic acid, palmitic acid, docosatetraenoic acid
Protogonyaulax tamarensis	PSP

り主成分の brevetoxin-B (BTX-B) の構造が明らかにされて以来，統一の方向に向いつつある。彼らは *P. brevis* 培養液 50 *l* (5×10^8 cells) をクロロホルムで抽出し，各種クロマトグラフィーによる精製を行い，BTX-A, -B および -C の 3 成分をそれぞれ 0.8，5.0，0.4 mg 得た。このうち，BTX-B および -C の構造は，これまでに前例のない多環ポリエーテル化合物であることが明らかにされている (LIN *et al.*, 1981; GOLIK *et al.*, 1982)。一方，ALAM らは PB-1 および Gb-4 を単離し，構造を明らかにした(ALAM *et al.*, 1982; DI NOVI *et al.*, 1983)。これら 2 成分は，いずれもアセチルコリンエステラーゼ活性を阻害する市販の有機リン系殺虫剤によく似た構造をしている。また，CHOU and SHIMIZU(1982) は *P. brevis* 培養藻体より 3 成分の毒 (GB-1～3) を分離したが，このうち，GB-2 は先に LIN らによって単離された BTX-B と同一であること，および GB-3 も BTX-B と同一骨格を有することを認めた。

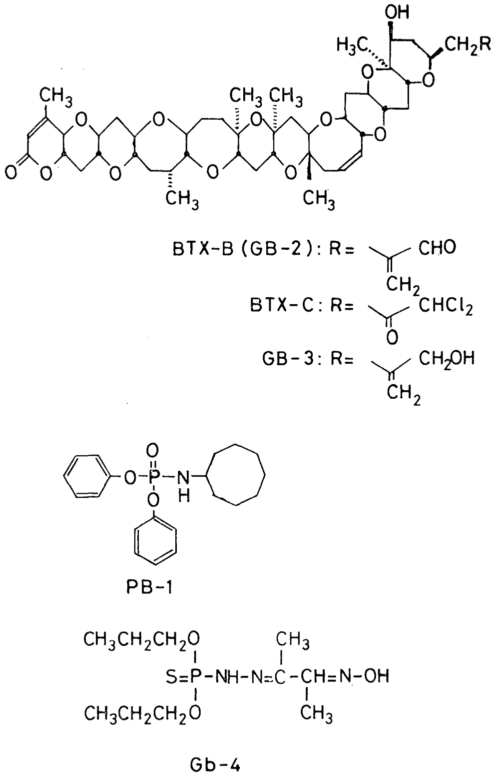
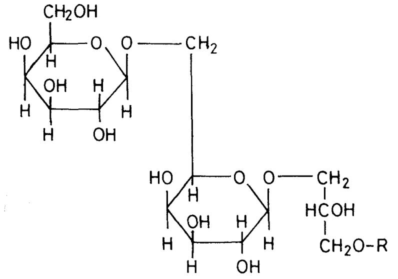


Fig. 4. Structure of toxins isolated from *Ptychodiscus brevis*.



Ia: $R=COCH_2CH_2CH_2(CH_2CH=CH)_4CH_2CH_3$

Ib: $R=CO(CH_2CH=CH)_5CH_2CH_3$

Fig. 5. Structure of hemolysin-Ia and -Ib.

<u>*Prymnesium parvum* が産生する魚毒成分</u>

Prymnesium parvum は黄色鞭毛藻に属し，ヨーロッパやイスラエルの汽水域で赤潮を形成し，魚類を大量斃死させることで知られている。強い溶血性と魚毒性を示す毒の本体については不明な点が多い。最近，溶血成分群中で力価は低いものの量的に最も多い成分が分離され，hemolysin-I と命名され，構造解析が行われた結果，hemolysin-I は Fig. 5 に示すような構造をもつ 2 種のガラクトグリセドリピド (hemolysin-Ia, -Ib) の混合物であることが明らかにされた (KOZAKAI *et al.*, 1982)。類似構造をもつ化合物はすでに緑藻アナアオサ *Ulva pertusa* より分離されており，やはり溶血性を示す(FUSETANI and HASHIMOTO, 1975)。

<u>PSP の魚毒性</u>

PSP も各種魚類に対して毒性を示す。竹内ら*は淡水

* 竹内俊郎・野口玉雄・橋本周久：昭和55年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 245.

Table 7. Ichthyotoxicity of PSP.

	Toxicity (MU/20g)	
	i. p.	oral
Freshwater fishes:		
Silver salmon	7-12	—
Chum salmon	<3.8	—
Rainbow trout	1-8	320-400
Carp	2-5	120
Tilapia	2-5	>400
Marine fishes:		
"Kotohiki"	1-2	>1700
Goby	9-17	—
Mullet	1-2	—
Horse mackerel	1.5-2	—
"Mejina"	1-2	—
Hamster	1.9	—
Mouse	1(1)	—(38.2)**
Cat	1*	30(25.4)

* Subcutaneous injection.
** Based on Shimizu's data.

魚および海水魚各5種に対するPSPの毒性を調べた(Table 7)。その結果，腹腔内投与では毒性は発現に多少の差異はあるものの1〜12 MU/20g体重の効果が認められたが，経口投与でははるかに大きな抵抗性を示し，コトヒキに至っては1,700 MU/20g体重でも死亡しなかった。一方，1970年代後半Fundy湾で起こった*G. excavata* (*P. tamarensis*)の赤潮による魚類の大量斃死について，有毒植物プランクトンを大型の動物プランクトンが捕食し，さらにこれをプランクトン食性の魚類が摂食して中毒したことによるものという推定がなされている（WHITE, 1982)。

3. 有毒な"水の華"を形成する植物プランクトン

淡水域で富栄養化に伴って植物プランクトンが繁茂し，水面に薄皮や塊となって浮遊する現象を"水の華"と総称する。水の華が発生した湖水の水を飲んで，ウシ，ウマ，ヒツジ，ブタ，イヌなどの各種の動物が死亡する例は古くからオーストラリア，カナダ，米国，アフリカなどで数多く報じられている（渡辺・大石, 1982)。わが国の場合には家畜などへの被害は報告されていないが，藍藻類の水の華が水源池等で多数出現しており，人体への影響が心配されている。

家畜や野生動物に被害を与えることが知られている藍藻類は意外に少なく，*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Coelosphaerium*, *Gloeotrichia*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Nostoc*の7属が確認されているのにすぎない（渡辺・大石, 1982)。このうち，毒成分の解析が比較的進んでいるのは*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*の3種である。

*Microcystis aeruginosa*の毒成分

*M. aeruginosa*を含む水の摂取による家畜や野生動物の死亡は世界各地で知られている。東京近郊の湖沼の場合，採取した同藻体の水抽出液をマウスに腹腔内投与したところ，約半数に毒性が確認された（WATANABE and OISHI, 1980)。

毒成分を投与したマウスはやがて動きが鈍くなり，ほとんどの場合，約1時間で死亡する。解剖結果では，肝臓が赤黒色化し，病理組織学的にも肝細胞の間に赤血球が充満していた。この毒はマウスのほかにラット，ウシ，ヒツジ，ニワトリなどにも作用するが，魚には致死効果はみられないらしい（WATANABE and OISHI, 1980)。

粗毒をトリプシンやペプシンで処理すると毒性の消失あるいは減少がみられること，熱に対して比較的安定であることなどから，毒は低分子のポリペプチドであることが示唆された。毒成分の単離，精製は幾つかのグループによって試みられてきている（渡辺・大石, 1980）が，グループ間で分離した毒のアミノ酸組成等が大きく異なり，特に，同一株を培養，抽出したにもかかわらず，異なる結果が報告されている場合さえある。いずれの毒成分もマウスの肝臓にうっ血を起こさせるが，これらの毒の構成成分の違いが系群の相違によるのか，あるいは藻体中に複数の毒成分が存在することによるのかは明らかでない。

*Anabaena flos-aquae*の毒成分

*Anabaena*属の藍藻による動物の斃死はカナダ，米国，スウェーデン，オーストラリアなどで起きており，カナダ西部ではしばしば水の華を形成して問題となっている。*An. flos-aquae*による動物の死亡は，1940年代よりたびたび報告されている。この毒は細胞外に溶出しやすく，培養開始後2週間で20〜90%の毒が培養液中に存在していた。*An. flos-aquae*の毒にはanatoxin a〜dの4成分が存在すると考えられている（CARMICHAEL and GORHAM, 1978)。このうち，anatoxin aの構造はX線構造解析により2-acetyl-9-azabicyclo-[4,2,1]non-2,3-eneと判明した（Fig. 6; HUBER, 1972)。この毒のマウス腹腔内投与におけるMLDは0.25 mg/kgで，マウスは投与後4〜5分で死亡する。この点で前述の*M. aeruginosa*の毒と区別される。

*Aphanizomenon flos-aquae*の毒成分

*Aphanizomenon flos-aquae*による動物の斃死が米国

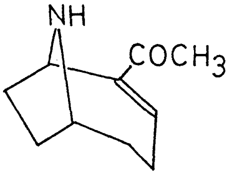


Fig. 6. Structure of anatoxin a.

北部およびカナダのマニトバが起きている。*Aph. flos-aquae* の毒成分は以前から PSP と疑われてきたが，最近，STX および neoSTX (Fig. 2) を主成分とすることが明らかにされた（IKAWA *et al.*, 1982)。

以上，植物プランクトンの毒成分について主として人間生活との関係を中心に述べた。近年，このような成分の精製技法あるいは分析技術のめざましい発展に伴い，未解決だった植物プランクトンの産生物質の諸性状が次々と明らかにされてきた。しかし，当該プランクトンにおける毒成分の存在意義，あるいは生成機構といった根源的な問題についてはほとんど手がつけられていない。これらの問題を解明し，むしろ逆に，これらの成分を人類の福祉に役立つものに改変するなどして利用することが望まれる。

謝　辞

本論文をまとめるにあたって，適切な御助言ならびに御指導を賜わった東京大学農学部橋本周久教授にここに記して深謝する。

文　献

ALAM, M., R. SANDUJA, M. B. HOSSAIN and D. VAN DER HELM (1982): *Gymnodinium breve* toxins. 1. Isolation and x-ray structure of *O*, *O*-dipropyl (E)-2-(1-methyl-2-oxopropyridene) phosphorohydrazidothiate(E)-oxime from the red tide dinoflagellate *Gymnodinium breve*. J. Am. Chem. Soc., **104**, 5232-5234.

BADEN, D. G., T. J. MENDE, G. BIKHAZI and I. LEUNG (1982): Bronchoconstriction caused by Florida red tide toxins. Toxicon, **20**, 929-932.

BAGNIS, R., S. CHANTEAU, E. CHUNGUE, J. M. HURTEL, T. YASUMOTO and A. INOUE (1980): Origin of ciguatera fish poisoning: a new dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* Adachi and Fukuyo, definitively involved as a causal agent. Toxicon, **18**, 198-208.

BORDNER, J., W. E. THIESSEN, H. A. BATES and H. RAPOPORT (1975): The structure of a crystalline derivative of saxitoxin. The structure of saxitoxin. J. Am. Chem. Soc., **97**, 6008-6012.

CARMICHAEL, W. W. and P. R. GORHAM (1978): Anatoxins form clones of *Anabaena flos-aquae* isolated from lakes of western Canada. Mitt. Internat. Verein. Limnol., **21**, 285-295.

CHOU, H. N. and Y. SHIMIZU (1982): A new polyether toxin from *Gymnodinium breve* Davis. Tetrahedron Lett., **23**, 5521-5524.

DALE, B., C. M. YENTSCH and J. W. HURST (1978): Toxicity in resting cysts of the red-tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* from deeper water coastal sediments. Science, **201**, 1223-1225.

DINOVI, M., D. A. TRAINOR, K. NAKANISHI, R. SANDUJA and M. ALAM (1983): The structure of PB-1 an unusual toxin isolated from the red tide dinoflagellate *Ptychodiscus brevis*. Tetrahedron Lett., **24**, 855-858.

FUSETANI, N. and Y. HASHIMOTO (1975): Structures of two water soluble hemolysins isolated from the green alga *Ulva pertusa*. Agric. Biol. Chem., **39**, 2021-2025.

GOLIK, J., J. C. JAMES, K. NAKANISHI and Y. Y. LIN (1982): The structure of brevetoxin C. Tetrahedron Lett., **23**, 2535-2538.

HALSTEAD, B. W. (1965): Poisonous and venomous marine animals of the world. Vol. 1. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.

HARADA, T., Y. OSHIMA, H. KAMIYA and T. YASUMOTO (1982): Confirmation of paralytic shellfish toxins in the dinoflagellate *Pyrodinium bahamense* var. *compressa* and bivalves in Palau. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 821-825.

HASHIMOTO, Y., T. NOGUCHI and R. ADACHI (1976): Occurrence of toxic bivalves in association with the bloom of *Gonyaulax* sp. in Owase Bay. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **42**, 671-676.

HUBER, C. S. (1972): The crystal structure and absolute configuration of 2, 9-diacetyl-9-azabicyclo [4, 2, 1] non-2, 3-ene. Acta Cryst., **B28**, 2577-2582.

IKAWA, M., K. WEGENER, T. L. FOXALL and J. J. SASNER, JR. (1982): Comparison of the toxins of the blue-green alga *Aphanizomenon flos-aquae* with the *Gonyaulax* toxins. Toxicon, **20**, 747-752.

KOZAKAI, H., Y. OSHIMA and T. YASUMOTO (1982): Isolation and structural elucidation of hemolysin from the phytoflagellate *Prymnesium parvum*. Agric. Biol. Chem., **46**, 233-236.

LIN, Y. Y., M. RISK, S. M. RAY, D. VAN ENGEN, J. CLARDY, J. GOLIK, J. C. JAMES and K. NAKANISHI (1981): Isolation and structure of

brevetoxin B from the "red tide" dinoflagellate *Ptychodiscus brevis* (*Gymnodinium breve*). J. Am. Chem. Soc., **103**, 6773-6775.

LOEBLICH, L. A. and A. R. LOEBLICH, III (1975): The organisms causing New England red tides: *Gonyaulax excavata. In* Proc. First Internat. Conf. Toxic Dinoflagellate Blooms (ed. by V. R. LOCICERO). Mass. Sci. Tech. Found., Wakefield, MA. p. 207-224.

MARUYAMA, J., T. NOGUCHI, Y. ONOUE, Y. UEDA, K. HASHIMOTO and S. KAMIMURA (1983): Anatomical distribution and profiles of the toxins in highly PSP-infested scallops from Ofunato Bay during 1980-1981. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **49**, 233-235.

MURAKAMI, Y., Y. OSHIMA and T. YASUMOTO (1982): Identification of okadaic acid as a toxic component of a marine dinoflagellate *Prorocentrum lima*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 69-72.

MURATA, M., M. SHIMATANI, H. SUGITANI, Y. OSHIMA and T. YASUMOTO (1982): Isolation and structural elucidation of causative toxin of the diarrhetic shellfish poisoning. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 549-552.

NAKAJIMA, I., Y. OSHIMA and T. YASUMOTO (1981): Toxicity of benthic dinoflagellates in Okinawa. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **47**, 1029-1033.

野口玉雄 (1982): まひ性貝毒の化学. 有毒プランクトン(日本水産学会編), 水産学シリーズ 42. 恒星社厚生閣. p. 88-101.

NOGUCHI, T., R. ADACHI, M. IGUCHI, H. KAMIYA and K. HASHIMOTO (1978): Occurrence of toxic bivalves in association with *Gonyaulax* planktons in Ise, Owase and Ofunato Bays. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **44**, 1245-1248.

野口玉雄, 橋本周久 (1980): 麻痺性貝毒, 医学のあゆみ, **112**, 861-870.

OKAICHI, T. and S. NISHIO (1977): Paralytic shellfish poisoning in eastern Seto Inland Sea. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **43**, 1251.

ONOUE, Y., T. NOGUCHI and K. HASHIMOTO (1980): Studies on paralytic shellfish poison from the oyster cultured in Senzaki Bay, Yamaguchi Prefecture. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **46**, 1031-1034.

ONOUE, Y., T. NOGUCHI, J. MARUYAMA, Y. UEDA, K. HASHIMOTO and T. IKEDA (1981): Comparison of PSP compositions between toxic oysters and *Protogonyaulax catenella* from Senzaki Bay, Yamaguchi Prefecture. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **47**, 1347-1350.

OSHIMA, Y., H. T. SINGH, Y. FUKUYO and T. YASUMOTO (1982a): Identification and toxicity of the resting cysts of *Protogonyaulax* found in Ofunato Bay. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 1303-1305.

OSHIMA, Y., T. YASUMOTO, M. KODAMA, T. OGATA, Y. FUKUYO and F. MATSUURA (1982b): Features of paralytic shellfish poison occurring in Tohoku District. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 525-530.

PRAKASH, A. and F. J. R. TAYLOR (1966): A red water bloom of *Gonyaulax acatenella* in the Strait of Georgia and its relation to paralytic shellfish toxicity. J. Fish. Res. Bd. Can., **23**, 1265-1270.

SCHANTZ, E. J., V. E. GHAZAROSSIAN, H. K. SCHNOES, F. M. STRONG, J. P. SPRINGER, J. O. PEZZANITE and J. CLARDY (1975): The structure of saxitoxin. J. Am. Chem. Soc., **97**, 1238-1239.

SCHEUER, P. J., W. TAKAHASHI, J. TSUTSUMI and T. YOSHIDA (1967): Ciguatoxin: Isolation and chemical nature. Science, **155**, 1267-1268.

SCHMIDT, R. J. and A. R. LOEBRICH, III (1979): Distribution of paralytic shellfish poison among Pyrrhophyta. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **59**, 479-487.

SCHRADIE, J. and C. A. BLISS (1962): The cultivation and toxicity of *Gonyaulax polyedra.* Lloydia, **25**, 212-221.

SHIMIZU, Y. (1978): Dinoflagellate toxins. *In* Marine Natural Products. Chemical and Biological Perspectives. Vol. 1 (ed. by P. J. SCHEUER). Academic Press, New York. p. 1-42.

清水 譲 (1980): 赤潮毒. 化学と生物, **18**, 792-799.

SHIMIZU, Y., M. ALAM, Y. OSHIMA and W. E. FALLON (1975): Presence of four toxins in red tide infested clams and cultured *Gonyaulax tamarensis* cells. Biochem. Biophys. Res. Commun., **66**, 731-737.

SHIMIZU, Y., H. SHIMIZU, P.J. SCHEUER, Y. HOKAMA, M. OYAMA and J. T. MIYAHARA (1982): *Gambierdiscus toxicus*, a ciguatera-causing dinoflagellate from Hawaii. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 811-813.

SINGH, H. T., Y. OSHIMA and T. YASUMOTO (1982): Growth and toxicity of *Protogonyaulax tamarensis* in axenic culture. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 1341-1343.

SOMMER, H. and K. F. MEYER (1937): Paralytic shellfish poisoning. Arch. Pathol., **24**, 560-598.

TACHIBANA, K., P. J. SCHEUER, Y. TSUKITANI, H. KIKUCHI, D. VAN ENGEN, J. CLARDY, Y. GOPICHAND and F. J. SCHMITZ (1981): Okadaic acid, a cytotoxic polyether from two marine

sponges of the genus *Halichondria*. J. Am. Chem. Soc., **103**, 2469-2471.

UEDA, Y., T. NOGUCHI, Y. ONOUE, K. KOYAMA, M. KONO and K. HASHIMOTO (1982): Occurrence of PSP-infested scallops in Ofunato Bay during 1976-1979 and investigation of responsible plankton. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **48**, 455-458.

WATANABE, M. F. and S. OISHI (1980): Toxicities of *Microcystis aeruginosa* collected from some lakes, reservoirs, ponds and moat in Tokyo and adjacent regions. Jap. J. Limnol., **41**, 5-9.

WATANABE, M. F. and S. OISHI (1982): Toxic substance from a natural bloom of *Microcystis aeruginosa*. Appl. Env. Microbiol., **43**, 819-822.

渡辺真利代, 大石真之 (1982): 藍藻の毒. 有毒プランクトン (日本水産学会編), 水産学シリーズ 42. 恒星社厚生閣. p. 123-132.

WHITE, A. W. (1982): The scope of impact of toxic dinoflagellate blooms on finfish in Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., **1063**, iii+5p.

WHITE, A. W. and C. M. LEWIS (1982): Resting cysts of the toxic, red tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* in Bay of Fundy sediments. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **39**, 1185-1194.

安元 健 (1982): 顕在化した下痢性貝中毒. 化学と生物, **20**, 7-8.

YASUMOTO, T., R. BAGNIS and J. P. VERNOUX (1976): Toxicity of the surgeonfish - II. Properties of the principal water-soluble toxin. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **42**, 359-365.

YASUMOTO, T., I. NAKAJIMA, R. BAGNIS and R. ADACHI (1977): Finding of a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **43**, 1021-1026.

YASUMOTO, T., Y. OSHIMA and M. YAMAGUCHI (1978): Occurrence of a new type of shellfish poisoning in the Tohoku District. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **44**, 1249-1255.

YASUMOTO, T., A. INOUE, R. BAGNIS and M. GARCON (1979a): Ecological survey on a dinoflagellate possibly responsible for the induction of ciguatera. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **45**, 395-399.

YASUMOTO, T., I. NAKAJIMA, Y. OSHIMA and R. BAGNIS (1979b): A new toxic dinoflagellate found in association with ciguatera. *In* Toxic dinoflagellate blooms (ed. by D. L. TAYLOR and H. H. SELIGER). Elsevier, North Holland, New York. p. 65-70.

YASUMOTO, T., Y. OSHIMA, W. SUGAWARA, Y. FUKUYO, H. OGURI, T. IGARASHI and N. FUJITA (1980a): Identification of *Dinophysis fortii* as the causative organism of diarrhetic shellfish poisoning. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **46**, 1405-1411.

YASUMOTO, T., A. INOUE, T. OCHI, K. FUJIMOTO, Y. OSHIMA, Y. FUKUYO, R. ADACHI and R. BAGNIS (1980b): Environmental studies on a toxic dinoflagellate responsible for ciguatera. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **46**, 1397-1404.

討　論

大森正之(東大・海洋研)　麻ひ性貝毒 (PSP) 以外の毒について，その産生と藻体の生育状況との相関を調べた研究はあるかどうか。

丸山純一(東大・農)　PSP 以外の毒成分を産生する植物プランクトンについての研究例は概して少なく，御質問の視点からの研究はほとんど無いのが現状である。

学　会　記　事

1.　昭和58年９月17日，東京水産大学において編集委員会が開かれ，La mer 第21巻第４号の編集を行った。

2.　昭和58年９月19日，日仏会館会議室において日仏会館と共催で「海洋養殖での種苗の中間育成と放流」―ロブスター，くるまえび，まだい―の講演会が開かれ，橘高二郎氏(北里大)とイヴ・エノック氏(日仏会館研究員)の講演が行われた。

3.　昭和58年10月17日，日仏会館会議室において日仏会館，海中開発技術協会，海猿の会，深海技術協会と共催で，フランスのエクス・マルセイユ大学モーリス・ユゴン教授の「深海潜水と海底油田」の講演会が行われた。

4.　退会者

下村敏正，黒川治雄

5.　逝　去

佐々木忠義

6.　会員の住所・所属の変更

氏　名	新住所または新所属
鈴木　廣志	鹿児島大学水産学部
阿部　保之	〒162 世田谷区松原 1-12-10
尾山　実美	〒165 中野区上鷺宮 4-20-9-404
長谷川英一	〒158 世田谷区深沢 6-18-5 清水コーポ

7.　交換および寄贈図書

1) 研究実用化報告	Vol. 32 Nos. 7～9
2) 千葉県水産試験場研究報告	第41号
3) 鯨研通信	第350号
4) なつしま	No. 65
5) 日本プランクトン学会報	Vol. 30 No. 1
6) Bulletin of the National Science Museum	Vol. 9 No. 2
7) 海産研ニュース	No. 7
8) 国内海洋調査一覧	増刊号第15
9) 海洋産業研究資料	Vol. 14 Nos. 4, 5
10) Congress & Convention	創刊号
11) 農業土木試験場場報	No. 39
12) 農業土木試験場報告・技報論文要約集	第10号
13) 広島日仏協会報	No. 86
14) RESTEC	11号
15) 日本航海学会論文集	第69号
16) 航海	第11号
17) 海洋観測資料	昭和55年
18) 海洋時報	第30号
19) 海洋建築入門	
20) 養殖研ニュース	No. 6
21) 養殖研究所研究報告	第４号
22) Science et pêche	Nos. 331～335
23) 海洋与湖沼	第14巻 2, 3 期
24) Annales de l'Institut océanographique	Tome 59 N° 1
25) Bulletin de l'Institut de géologie du bassin d'aquitaine	N° 33
26) 科学通報	Vol. 28 Nos. 6～8
27) Marine Environmental Research	Vol. 4 No. 1
28) Israel Oceanographic & Limnological Research Haifa	Vol. 6
29) 海洋学報	Vol. 5 No. 2
30) 韓国海洋學會誌	第18巻第１号

日仏海洋学会役員

顧　問　ユベール・ブロッシェ　ジャン・デルサルト　ジャック・ロベール　アレクシス・ドランデール　ベルナール・フランク　ミシェル・ルサージュ　ロベール・ゲルムール　ジャック・マゴー

名誉会長　レオン・ヴァンデルメルシュ

会　長

副 会 長　國司秀明，高野健三，冨永政英

常任幹事　阿部友三郎，有賀祐勝，佐伯和昭，関　文威　松生　洽，三浦昭雄

幹　事　石野　誠，井上　実，今村　豊，岩下光男，宇野　寛，川原田　裕，神田献二，菊地真一，草下孝也，斎藤泰一，佐々木幸康，高木和徳，高橋　正，辻田時美，奈須敬二，根本敬久，半沢正男，丸茂隆三，森田良美，山中鷹之助
（五十音順）

監　査　久保田　穣，岩崎秀人

評 議 員　青木三郎，青山恒雄，赤松英雄，秋山　勉，安達六郎，阿部宗明，阿部友三郎，新崎盛敏，有賀祐勝，石野　誠，石渡直典，市村俊英，井上　実，今村　豊，入江春彦，岩井　保，岩崎秀人，岩下光男，岩田憲幸，岩本康三，宇野　寛，大内正夫，小倉通男，岡市友利，

岡部史郎，岡見　登，岡本　巌，梶浦欣二郎，梶原昌弘，加藤重一，加納　敬，鎌谷明善，川合英夫，川上太左英，川村輝良，川原田　裕，神田献二，菊地真一，草下孝也，楠　宏，國司秀明，久保田　穣，黒木敏郎，小泉政美，小林　博，西条八束，斎藤泰一，斎藤行正，佐伯和昭，坂本市太郎，坂本　亘，佐々木幸康，佐藤孫七，猿橋勝子，柴田恵司，下村敏正，庄司大太郎，須藤英雄，関　文威，平　啓介，隆島史夫，多賀信夫，高木和徳，高野健三，高橋淳雄，高橋　正，高橋正征，谷口　旭，田村　保，千葉卓夫，辻田時美，寺本俊彦，鳥羽良明，富永政英，鳥居鉄也，中井甚二郎，中野猿人，永田　豊，奈須敬二，奈須紀幸，西沢　敏，西村　実，根本敬久，野村　正，畑　幸彦，半沢正男，半谷高久，菱田耕造，日比谷　京，平野敏行，深沢文雄，深瀬　茂，福島久雄，淵　秀隆，増沢譲太郎，松生　洽，丸茂隆三，三浦昭雄，三宅泰雄，村野正昭，元田　茂，森川吉郎，森田良美，森安茂雄，安井　正，柳川三郎，山口征矢，山路　勇，山中鷹之助，山中一郎，山中　一，吉田多摩夫，渡辺精一

（五十音順）

マルセル・ジュグラリス，ジャン・アンクティル，ロジェ・ペリカ

賛　助　会　員

旭化成工業株式会社	東京都千代田区有楽町 1-1-2　三井ビル
株式会社内田老鶴圃新社　内田悟	東京都千代田区九段北 1-2-1　蜂谷ビル
株式会社　沖縄さんご園	那覇市首里金城町 3-5
株式会社　オーシャン・エージ社	東京都港区元赤坂 1-7-8
株式会社　オセアノート	東京都世田谷区北沢 1-19-4-202
小樽舶用電機株式会社	小樽市色内町 3-4-3
社団法人　海洋産業研究会	東京都港区新橋 3-1-10　丸藤ビル
協同低温工業株式会社	東京都千代田区神田佐久間町 1-21　山伝ビル
小松川化工機株式会社	東京都千代田区岩本町 1-10-5　TMMビル5F
小山康三	東京都文京区本駒込 6-15-10　英和印刷社
三信船舶電具株式会社	東京都千代田区神田 1-16-8
三洋水路測量株式会社	東京都中央区日本橋堀留町 1-3-17
シュナイダー財団極東駐在事務所	東京都港区南青山 2-2-8　DFビル
昭和電装株式会社	高松市寺井町 1079
新日本気象海洋株式会社	東京都世田谷区玉川 3-14-5
株式会社鶴見精機	横浜市鶴見区鶴見中央 2-2-20
株式会社東京久栄	東京都中央区日本橋 3-1-15　久栄ビル
東京製綱繊維ロープ株式会社	東京都中央区日本橋本町 1-7-1
中川防蝕工業株式会社	東京都千代田区神田鍛冶町 2-2-2　東京建物ビル
日本アクアラング株式会社	神奈川県厚木市温水 2229-4
日本テトラポッド株式会社	東京都新宿区西新宿 2-7-1　新宿第一生命ビル17F
社団法人　日本能率協会	東京都港区芝公園 3-1-22　協立ビル
深田サルベージ株式会社	東京都千代田区神田錦町 1-9-1　天理教ビル8階
藤田峯雄	茨城県北相馬郡藤代町大字毛有 850　株式会社 中村鉄工所
古野電気株式会社	東京都中央区八重洲 2-3-13　藤和ビル
丸文株式会社	東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1
三井海洋開発株式会社	東京都千代田区一ツ橋 2-3-1　小学館ビル
宮本悟	東京都中央区かちどき 3-3-5　かちどきビル　㈱本地郷
株式会社ユニオン・エンジニアリング　佐野博持	神戸市中央区海岸通 3-1-1　KCCビル4F
吉野計器製作所	東京都豊島区駒込 7-13-14
株式会社　読売広告社	東京都中央区銀座 1-8-14
株式会社　離合社	東京都千代田区鍛冶町 1-10-4
株式会社　渡部計器製作所	東京都文京区向丘 1-7-17

La mer (Bulletin de la Société franco-japonaise d'océanographie)

Tome 21 (1983)

Sommaire

Numéro 1

Notes originales
Local Probability of Maximum Wave Height (in Japanese) ······ Shigehisa NAKAMURA 1～ 6
Les glucides dissous en poids moléculaire élevé dans l'eau du Golfe de Sagami ······ Masahiro OCHIAI, Atsuko SUZUKI et Takahisa HANYA 7～10
A Preliminary Observation on the Neuston in Suruga Bay ·········Hiroshi HATTORI, Katsuhisa YUKI, Yu. P. ZAITSEV and Sigeru MOTODA 11～20
Variability of the Oceanic Condition in the Bungo Channel ············Tetsuo YANAGI 21～28
The Behavior of Water Table in the Sea-shore (in Japanese) ··············· Hideyuki YAMAMOTO and Tomosaburo ABE 29～33
Miscellanées
Comments on Ocean Mixed Layer Experiment (OMLET) ······Takashi ICHIYE 34～36
Documentation
A Fundamental Field Experiment on Ocean Thermal Energy Conversion by the Form of Freshwater Production ········· Masato KURISU, Katsuhiko HIGASHI, Shigekatsu NAKANE, Tsuneo AOYAMA, Sankichi TAKAHASHI and Genichiro TOMIOKA 37～43
Procès-Verbaux ······································· 45～46
Statuts de la Société ································ 47～48
Liste des membres ································ 49～59

Numéro 2

Notes originales
Deep Water Isopleth Distributions in the Western North Pacific ······Hideo SUDO 61～74
Two Examples of Meander of the Tsushima Current··················Takashi ICHIYE 75～83
Vertical Eddy Diffusivity Coefficient in Stable Stratified Fluid at a Coastal Sea (in Japanese)············Masaaki TSUJI and Sei-ichi KANARI 84～88
Shelf-seiches off Susami, South of Japan (in Japanese) ······Shigehisa NAKAMURA and Shigeatsu SERIZAWA 89～94
Microzooplankton Distribution along a

うみ（日仏海洋学会誌）

第21巻 (1983年)

総 目 次

第 1 号

原　著
最大波高の超過確率······················中村重久 1～ 6
相模湾海水中の高分子溶存炭水化物（仏文）···············落合正宏，鈴木淳子，半谷高久 7～10
駿河湾のニューストンに関する予備的観察（英文）··················服部　寛，結城勝久，Yu. P. ZAITSEV，元田　茂 11～20
豊後水道の海況・変動特性(英文)···柳　哲雄 21～28
海浜における Water Table の挙動·····································山本秀行，阿部友三郎 29～33
寄　稿
Ocean Mixed Layer Experiment (OMLET) に対するコメント(英文)···········市栄　誉 34～36
資　料
海洋温度差利用海水淡水化の洋上における基礎実験······栗須正登，東　克彦，中根重勝，青山恒雄，高橋燦吉，富岡源一郎 37～43
学会記事··· 45～46
会　則··· 47～48
会員名簿··· 49～56

第 2 号

原　著
西部北太平洋における深層水内の等値線の分布(英文)································須藤英雄 61～74
対馬暖流蛇行の２例(英文)···········市栄　誉 75～83
沿岸域における安定成層流体中の鉛直渦動拡散係数······················辻　正明，金成誠一 84～88
周参見の棚静振···········中村重久，芹沢重厚 89～94
発達した海洋前線における微小動物プランク

総　目　次

Transverse Section Crossing a Marked Oceanic Front ········Akira TANIGUCHI 95～101

Evaluation de la variabilité annuelle du recrutement d'une pêcherie littorale de homard (*Homarus gammarus*) en Bretagne (Ile d'Houat), 1973-1980 ·············· Jean Yves LE GALL, Michèle JEZEQUEL, Joël LOREC et Yves HENOCQUE 102～112

Clay Mineral Distribution in Surface Sediment Samples of Sagami Bay and its Vicinity, Central Japan (in Japanese) ··· ·································Saburo AOKI 113～120

Procès-Verbaux ································· 121～122

Numéro 3

Notes originales

Distributions of Temperature, Salinity and Turbidity in the Antarctic Ocean (in Japanese) ·········Tsutomu MORINAGA 123～132

Turbidity Distributions near Oceanic Fronts in the Coastal Region of the East China Sea ············Kanau MATSUIKE, Kuniaki OKUDA and Kengo UEHARA 133～144

Relative Yields of Marine Algae Grown in Heavily Nutrient-enriched Seawater ······ ········· Serge Y. MAESTRINI and Eliane GONZALEZ-RODRIGUEZ 145～150

Vertical Distribution of Euphausiids in Sagami Bay, Central Japan ················· ······Yuichi HIROTA, Takahisa NEMOTO and Ryuzo MARUMO 151～163

Photosynthesis and Productivity of the Cultivated *Monostroma latissimum* Population ···············Miyuki MAEGAWA and Yusho ARUGA 164～172

Documentation

The Failure of Instruments Moored in the Deep Sea ············Keisuke TAIRA, Shoji KITAGAWA and Toshihiko TERAMOTO 173～178

The 2nd JECSS (Japan and East China Seas Study) Workshop (in Japanese)······ ···························· Kenzo TAKANO 179

Conférence commémorative

Recherches scientifiques sur les vagues côtières pour la prévention des désastres (en japonais) ···Shigehisa NAKAMURA 180～182

Procès-Verbaux ································· 183～188

Numéro 4

Nécrologie: Monsieur le Professeur Tadayoshi SASAKI, le Président de la Société ·· 189～190

トンの分布 ·························谷口　旭 95～101

ブルターニュ（ワット島）沿岸漁場へのウミザリガニ（*Homarus gammarus*）加入資源量の年変動（1973―1980）（仏文）········ Jean Yves LE GALL, Michèle JEZEQUEL, Joël LOREC, Yves HENOCQUE 102～112

相模湾および周辺海域の表層堆積物中の粘土鉱物の分布·························青木三郎 113～120

学会記事··· 121～122

第 3 号

原　著

南極海における水温，塩分および濁度の分布 ···森永　勤 123～132

東海沿岸域のフロント付近における濁度分布（英文）···松生　洽，奥田邦明，上原研吾 133～144

高度に栄養塩添加した海水中で培養した海産微細藻の収量(英文) ··· S. Y. MAESTRINI, E. GONZALEZ-RODRIGUEZ 145～150

相模湾におけるおきあみの鉛直分布（英文）············広田祐一，根本敬久，丸茂隆三 151～163

養殖ヒロハノヒトエグサの光合成と物質生産（英文）·················前川行幸，有賀祐勝 164～172

資　料

深海に係留された機器の損傷(英文)··········· ···········平　啓介，北川庄司，寺本俊彦 173～178

第２回 JECSS（Japan and East China Seas Study）研究集会について ······髙野健三 179

日仏海洋学会賞受賞記念講演

海岸付近における波の防災科学的研究········ ···中村重久 180～182

学会記事··· 183～188

第 4 号

追　悼: 佐々木忠義会長 ···················· 189～190

総　目　次

Notes originales

Etats biochimiques du ^{106}Ru accumulé dans le muscle et le foie de la crevette, *Penaeus japonicus* ·········Yoshiro IZUMO et Akira TAKASÉ 191～197

The Vertical Profiles of Carbon, Nitrogen, Phosphorus and Biogenic Silica in Sediment from the Bering Sea ·················· ························Akiyoshi KAMATANI 198～206

Comparisons of Cell Size of Bacteria from Four Marine Localities ·········Masachika MAEDA and Nobuo TAGA 207～210

Influence combinée de température et de salinité sur la croissance larvaire de *Macrobrachium japonicum* (DE HAAN) (Crustacé, Décapodes, Palaemonidé)······ ············Hiroki YAGI et Yutaka UNO 211～217

Numerical Simulation of Drift Cards Dispersion············Tetsuo YANAGI, Hideshi TSUKAMOTO, Hiroo INOUE and Tomotoshi OKAICHI 218～224

Documentation

La pêches du homard, *Homarus americanus*, au Canada (en japonais) ··············· ·························· Mikio MORIYASU 225～230

A View of the Effective Conduct of Marine Scientific Research in the Waters under the National Jurisdiction (in Japanese) 231～232

Symposium on Ocean Moritoring held in Tallinn (in Japanese)·························· ···························· Sigeru MOTODA 233～234

Summary Report and Recommendations of the First International Symposium on Integrated Global Ocean Monitoring··· 235～237

Symposium

Carbohydrates, Proteins, Lipids, Nucleic Acids and Other Organic Compounds of Phytoplankton in Aquatic Environments (in Japanese)································· 239～230

Procès-Verbaux ································· 281～282

Sommaire du Tome 21

原　著

クルマエビの肉（筋肉と中腸腺）にとりこまれた ^{106}Ru 存在状態(仏文)····················· ··························出雲義朗，高瀬　明　191～197

ベーリング海堆積物中の炭素，窒素，燐及び生物体珪酸の分布(英文)·········鎌谷明善　198～206

4海水域より採集した細菌の大きさの比較(英文)·················前田昌調，多賀信夫　207～210

ヤマトテナガエビ幼生の変態に及ぼす温度及び塩分の複合影響(仏文)······················· ··························八木宏樹，宇野　寛　211～217

漂流ハガキ分散の数値シミュレーション（英文)·········柳　哲雄，塚本秀史，井上裕雄，岡市友利　218～224

資　料

カナダのオマール（*Homarus americanus*）漁業·······························守安実己郎　225～230

国家管轄権のもとにおける水域での海洋科学調査の円滑な推進について見解··········· 231～232

タリンで開かれた海洋モニタリングのシンポジウム······························元田　茂　233～234

第1回国際統合海洋モニタリングシンポジウムの総括報告と勧告(英文)····················235～237

シンポジウム

水界における植物プランクトンの生体物質　239～280

学会記事·· 281～282

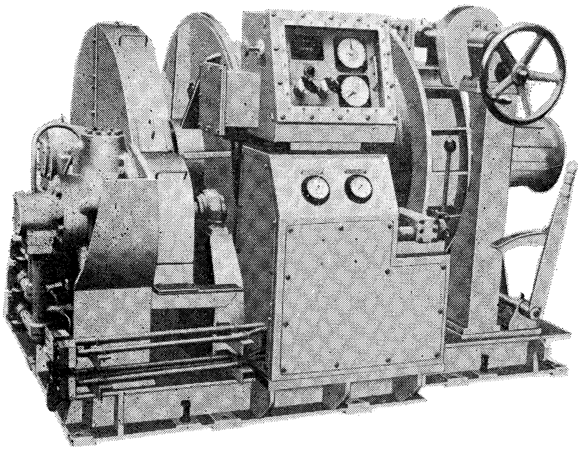
総目次（第21巻）

Exploiting the Ocean by...

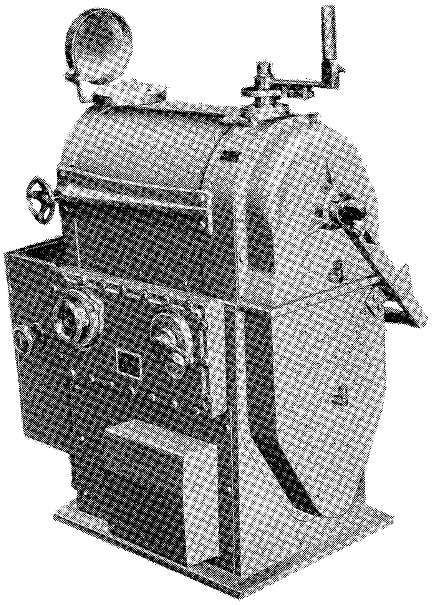
T.S.K.
OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

○ T.S.Kの海洋調査用捲上機



単に捲上機(ウインチ)と言っても，太洋上において，精密海洋調査に当るには電気的・油圧・物理的・機構的に過酷な使用に耐え，安全・確実に故障なく使えるものでなければなりません。当社の50余年の歴史は充分にそれに御答え出来ます。観測要件のすべてに万全である500m~10,000mまでの深度用の当社製各種より御選択下さい。



株式会社 **鶴 見 精 機**

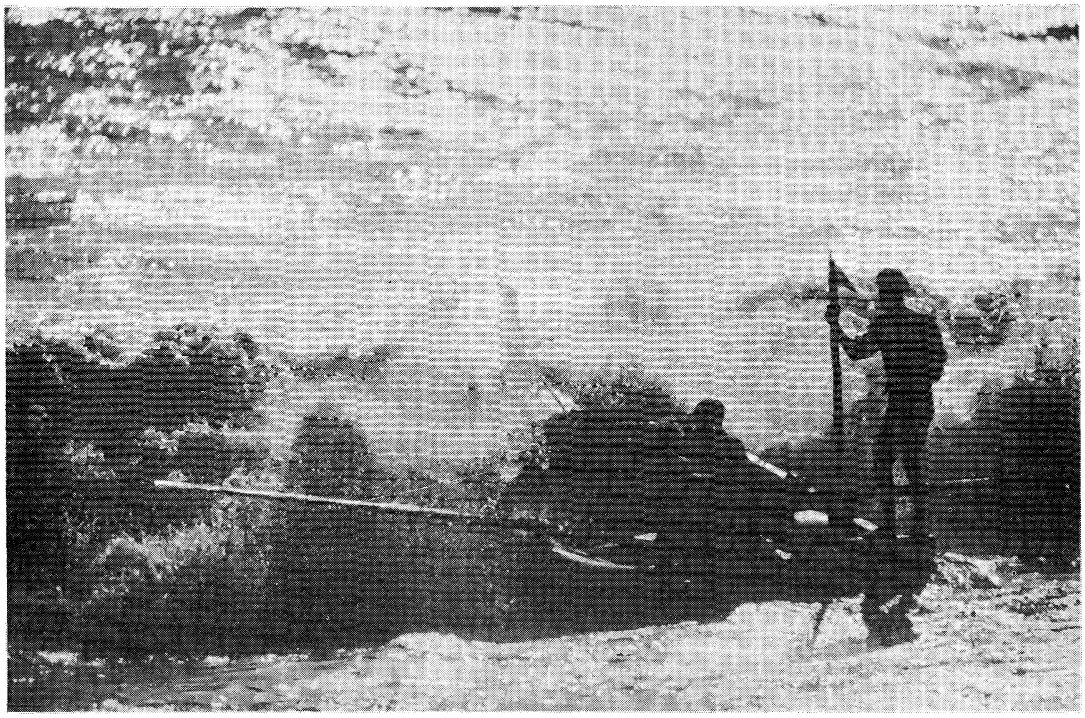
横浜市鶴見区鶴見中央2丁目2番20号 〒230 TEL; 045-521-5252

CABLE ADDRESS; TSURUMISEIKI Yokohama, TELEX; 3823750 TSKJPN J

OVERSEAS OFFICE; TSK-AMERICA INC. Seattle WASHINGTON

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

好奇心

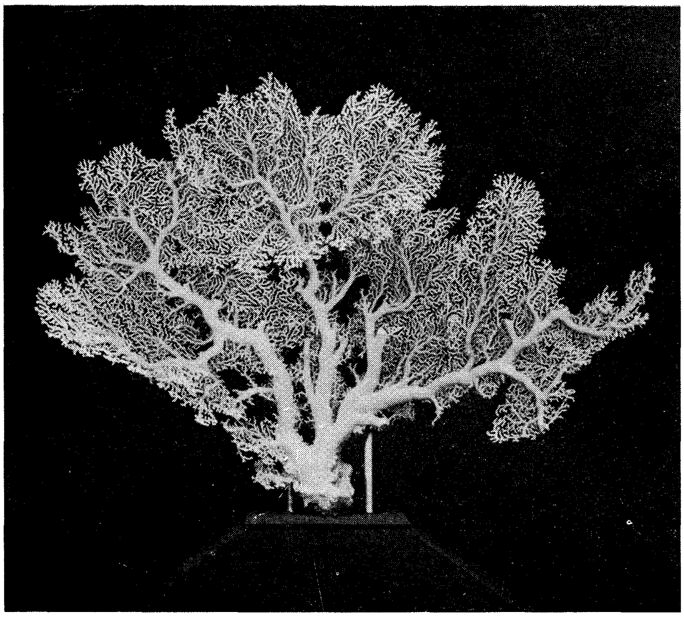


身近なもの、夢のあるもの、美しいもの、未来。自然、動物、魚、鳥、そして人々の笑顔。ほんのちょっとした好奇心が、なにげない情景を感動のドラマに変える。新しい興味が新しい世界を造る。今日から明日、そして未来へ――
好奇心いっぱい。

読売広告社

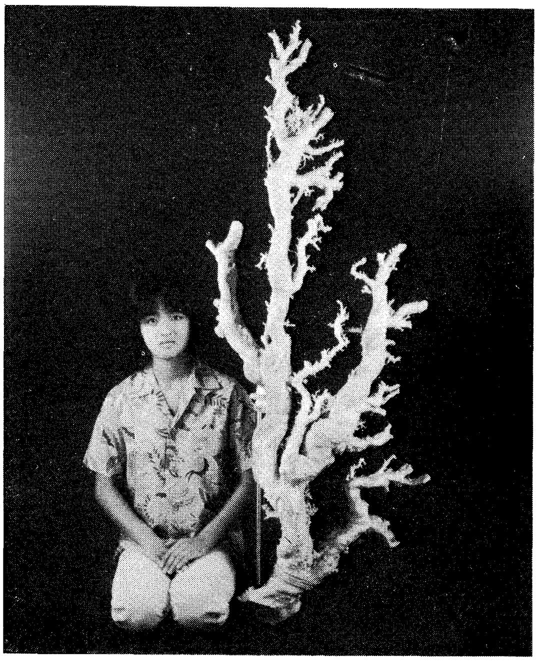
支社:中央・新橋・渋谷・新宿・池袋・上野・蒲田・立川・横浜・北海道・仙台・名古屋・大阪・広島・小倉・福岡

本社:東京都中央区銀座1-8-14TEL567-8111(代)



珊瑚美術館

「クイーン・コーラル」　↑
深海潜水艇“はくよう”により採集された，世界で一番美しい珊瑚。
高さ 1m　幅 1.2m　重さ 12kg
採集場所　徳之島近海
採集年月日　昭和54年7月4日



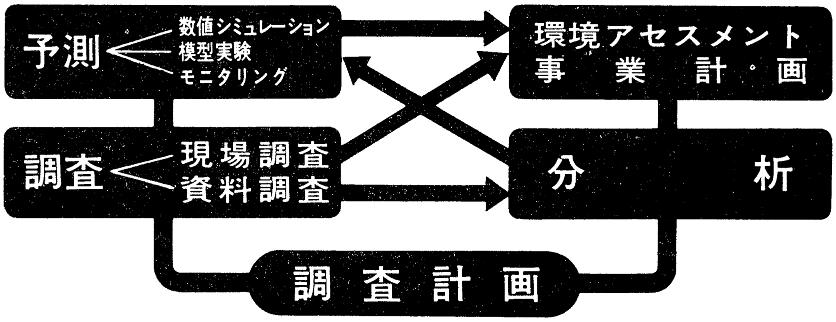
世界最大の珊瑚　→
高さ 1.6m，重さ 35kg の歴史上最大といわれる“ジャンボサンゴ”
採集場所　沖　縄　近　海
採集年月日　昭和 49 年 5 月

花とさんごと美術館

沖縄さんご園

本　　　　社／〒903 那覇市首里金城町 3-5　☎ (0988) 86-3535 (代)
さんご園事業所／〒901-03 糸満市字摩文仁 1102　☎ (09899) 7-3535 (代)
ホテル店事業所／〒903 那覇市首里山川町 1-132-1　☎ (0988) 84-3535 (代)

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

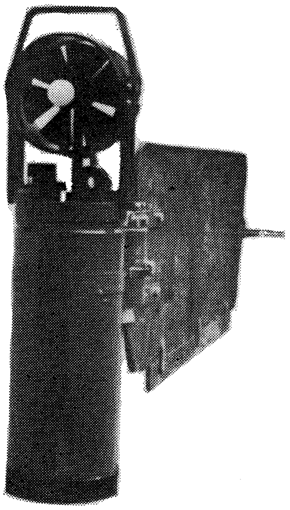
新日本気象海洋株式会社

本社　第二技術研究所　東京都世田谷区玉川3—14—5　TEL 03-708-1161
第一技術研究所　東京都目黒区上目黒4—17—18　TEL 03-793-0591
大阪支店　大阪府堺市北安井町2-12第2CBCビル　TEL 0722-21-1626
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

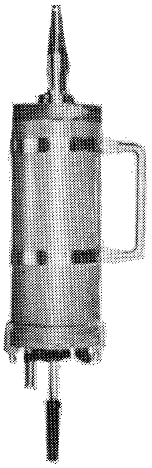
表層域から深海まで

すべての測流技術を結集した
ユニオンエンジニアリングの

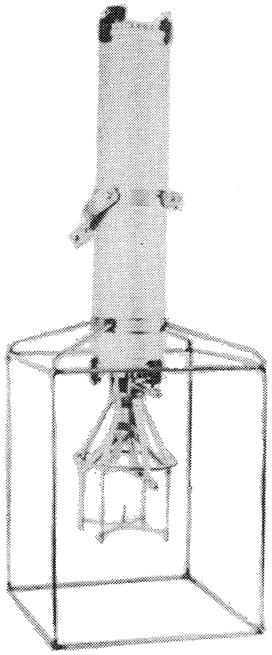
流速計シリーズ



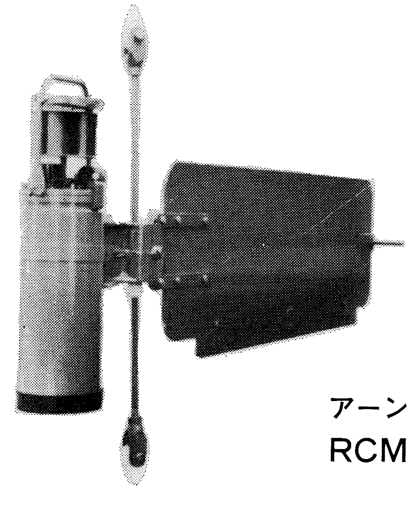
アーンデラー表層域流速計
P–RCM
RCM–4（ローター型）の改造受付中



ユニオン電磁流速計
UECM–1000
2成分ベクトル計測用
CTDセンサー取付可能



CMI超音波流速計
UCM–2
2成分ベクトル及び
鉛直成分計測用



アーンデラー深海用流速計
RCM–5（7000m 用）

その他フリーフォール流速計
メモリーポータブル流速計、
ラボ用流速計もあります。

UE

株式会社 ユニオン・エンジニアリング
本　　社　神戸市中央区海岸通3丁目1－1
〒650　KCCビル4F　　TEL078-332-3381(代)
東京支店　東京都中央区銀座7丁目18
〒104　銀座スカイハイツ602号　TEL03-543-5399

営　業　案　内

○科学魚探SIMRAD

○理研式GEK

○曳航式水温計

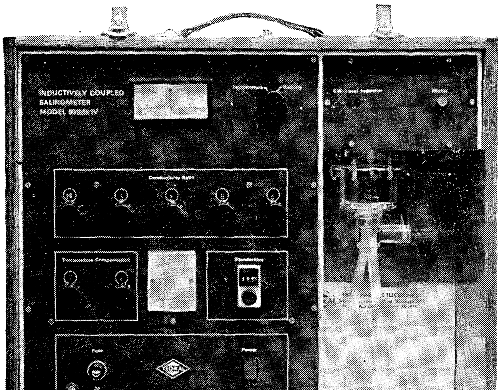
D.　B.　T.	水中テレビジョン	採泥器類
C/S T D	自記流向流速計	電気流速計
水中照度計	比重計，水色計，標準海水	舶用機器模型及標本類
水中濁度計	アクアラング	標識票類
溶存酸素測定器	プランクトンネット類	
サリノメーター	採水器類	

株式会社 本地郷（ホンチゴウ）

東京都中央区勝どき3丁目3番5号 かちどきビル内 〒104 TEL 533-7771（代）
TELEFAX 533-4094

代表取締役 宮本　悟　取締役 大塚昌治

INDUCTIVE SALINOMER MODEL 601 MK IV



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

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

営　業　品　目

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

株式会社 渡部計器製作所

東京都文京区向丘1の7の17
TEL (811) 0044 (代表)　113

Publications de la Société franco-japonaise d'océanographie

1. Collected Papers on the Carcass of an Unidentified Animal Trawled off New Zealand by the Zuiyo-maru. 1978. 83 pp. ¥ 2,000.

2. La mer (Edition spéciale pour la commémoration du vingtième anniversaire), Sommaire complet, Tomes 1-18 (1963-1980). 1981. 56 pp. ¥ 1,000.

3. Proceedings of the First JECSS (Japan and East China Seas Study) Workshop, 1981. 1983. 94 pp. ¥ 2,000.

昭和 58 年 11 月 25 日 印刷
昭和 58 年 11 月 28 日 発行

う み 第 21 巻 第 4 号

定価 ¥ 1,200

編集者 高 野 健 三

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：1 0 1
電 話：03 (291) 1 1 4 1
振 替 番 号：東京 5-96503

印刷者 小 山 康 三

印刷所 英 和 印 刷 社
東京都文京区本駒込 6-15-10
郵 便 番 号：1 1 3
電 話：03 (941) 6 5 0 0

Tome 21 N° 4

SOMMAIRE

Nécrologie: Monsieur le Professeur Tadayoshi SASAKI, le Président de la Société ······ 189

Notes originales

Etats biochimiques du ^{106}Ru accumulé dans le muscle et le foie de la crevette, *Penaeus japonicus* ······ Yoshiro IZUMO et Akira TAKASÉ 191

The Vertical Profiles of Carbon, Nitrogen, Phosphorus and Biogenic Silica in Sediment from the Bering Sea ······ Akiyoshi KAMATANI 198

Comparisons of Cell Size of Bacteria from Four Marine Localities ······ Masachika MAEDA and Nobuo TAGA 207

Influence combinée de température et de salinité sur la croissance larvaire de *Macrobrachium japonicum* (DE HAAN) (Crustacé, Décapodes, Palaemonidé) ······ Hiroki YAGI et Yutaka UNO 211

Numerical Simulation of Drift Cards Dispersion ······ Tetsuo YANAGI, Hideshi TSUKAMOTO, Hiroo INOUE and Tomotoshi OKAICHI 218

Documentation

La pêches du homard, *Homarus americanus*, au Canada (en japonais) ······ Mikio MORIYASU 225

A View of the Effective Conduct of Scientific Marine Research in the Waters under the National Jurisdiction (in Japanese) ······ 231

Symposium on Ocean Monitoring held in Tallinn (in Japanese) ······ Sigeru MOTODA 233

Summary Report and Recommendations of the First International Symposium on Integrated Global Ocean Monitoring ······ 235

Symposium

Carbohydrates, Proteins, Lipids, Nucleic Acids and Other Organic Compounds of Phytoplankton in Aquatic Environments (in Japanese) ······ 239

Procès-Verbaux ······ 281

Sommaire du Tome 21

第 21 巻　第 4 号

目　次

追　悼：佐々木忠義会長 ······ 189

原　著

クルマエビの肉（筋肉と中腸腺）にとりこまれた ^{106}Ru の存在状態（仏文） ······ 出雲義朗，高瀬　明 191

ベーリング海堆積物中の炭素，窒素，燐及び生物体珪酸の分布（英文） ······ 鎌谷　明善 198

4 海水域より採集した細菌の大きさの比較（英文） ······ 前田昌調，多賀信夫 207

ヤマトテナガエビ幼生の変態に及ぼす温度及び塩分の複合影響（仏文） ······ 八木宏樹，宇野　寛 211

漂流ハガキ分散の数値シミュレーション（英文） ······ 柳　哲雄，塚本秀史，井上裕雄，岡市友利 218

資　料

カナダのオマール（*Homarus americanus*）漁業 ······ 守安実己郎 225

国家管轄権のもとにおける水域での海洋科学調査の円滑な推進について見解 ······ 231

タリンで開かれた海洋モニタリングのシンポジウム ······ 元田　茂 233

第 1 回国際統合海洋モニタリングシンポジウムの総括報告と勧告（英文） ······ 235

シンポジウム

水界における植物プランクトンの生体物質 ······ 239

学会記事 ······ 281

総目次（第21巻）