

La mer

う み

昭和 62 年 2 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE D'Océanographie

Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 1986 et 1987)

Directeur de publication: K. TAKAGI *Rédacteur en chef:* H. SEKI

Comité de lecture: S. AOKI, Y. ARUGA, M. HANZAWA, M. HORIKOSHI, A. KAMATANI,
M. MURANO, M. OGURA, S. OKABE, H. SUDO

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

Secrétaire du Comité: Y. YAMAGUCHI

Note pour la présentation des manuscrits

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

Les manuscrits doivent être présentés avec un double, et dactylographiés, *en double interligne*, et au recto exclusivement, sur du papier blanc de format A4 (21×29,7 cm). Les tableaux et les légendes des figures seront regroupés respectivement sur des feuilles séparées à la fin du manuscrit.

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

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

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

3° Les figures ou dessins originaux devront être parfaitement nettes en vue de la réduction nécessaire. La réduction sera faite dans le format 14,5×20,0 cm.

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

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

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

Les manuscrits devront être adressés directement au directeur de publication de la Société: K. TAKAGI, Laboratoire de Mariculture (Biologie des Populations), Université des Pêches de Tokyo, 5-7 Konan 4, Minatoku, Tokyo, 108 Japon; ou bien au rédacteur étranger le plus proche: H. J. CECCALDI, EPHE, Station marine d'Endoume, rue Batterie-des-Lions, 13007 Marseille, France; E. D. GOLDBERG, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California 92093, Etats-Unis; T. ICHIYE, Department of Oceanography, Texas A & M University, College Station, Texas 77843, Etats-Unis; ou T. R. PARSONS, Department of Oceanography, University of British Columbia, Vancouver, B. C. V6T 1W5, Canada.

Observation des antennules et détermination de l'âge chez le homard, *Homarus gammarus**

Yves HENOCQUE**

Résumé: La détermination de l'âge et des stades d'intermue chez les crustacés sont des éléments essentiels aux études de leur dynamique de population. Dans ce travail consacré au homard européen, *Homarus gammarus*, nous avons repris une méthode qui avait déjà fait l'objet d'essais sur certains crustacés; elle consiste à établir une éventuelle relation entre le nombre de segments des antennules et le nombre de mues de l'animal. Afin d'en tester la validité chez le homard, nous avons utilisé entre autres des individus juvéniles en élevage dont l'âge et le nombre de mues étaient connus.

1. Introduction

De par sa nature discontinue la croissance des crustacés est faite de deux composants: l'accroissement à la mue ou facteur de croissance et la période d'intermue ou durée du stade de développement. Dans le processus de croissance, leurs réponses respectives aux changements intrinsèques ou extrinsèques peuvent être différentes.

En général on estime le taux de croissance des crustacés par échantillonnages renouvelés à différentes périodes de l'année. Pour les espèces suffisamment grandes telles que la langoustine, le homard, la langouste ou le crabe, on a aussi recours aux marquages.

Mais ces approches statistiques souvent trop approximatives et les faibles recaptures d'animaux marqués ne permettent pas de connaître précisément l'âge d'un individu et son stade d'intermue.

De plus, chez les crustacés, la perte périodique de la carapace tégumentaire et de toutes les

structures calcifiées lors de sa mue interdit toute détermination directe de l'âge à partir des stries de croissance comme c'est le cas chez les poissons (écailles-otolithes) ou les mollusques (coquilles).

Dans ces conditions, les méthodes actuellement disponibles pour les études de croissance des crustacés restent très limitées dans leur application.

L'objet du présent travail est d'explorer une voie d'approche individuelle de l'âge des grands crustacés et plus particulièrement du homard, *Homarus gammarus*, par examen de ses antennules et du nombre de segments qui les composent.

De tous les appendices des crustacés, les antennules sont probablement le site récepteur sensoriel le plus important (MCLAUGHLIN, 1982).

Pour jouer ce rôle, elles sont pourvues de soies chémoréceptrices et plus particulièrement au niveau de l'exopodite, de soies spécialisées appelées aesthètes.

NAYLOR (1955) et AMANIEU (1969) parmi d'autres, ont montré que le nombre de segments porteurs d'aesthètes était en relation directe avec le nombre de mues chez certains Isopodes et Amphipodes.

MASUDA (1954) a fait la même démonstration pour la langouste, *Panulirus japonicus*, bien que ses résultats soient moins probants pour des tailles de plus de 93 mm de longueur totale.

Enfin, FARMER (1973), dans son étude sur l'âge et la croissance de *Nephrops norvegicus*, mentionne une certaine corrélation entre le

* Manuscrit reçu le 15 octobre 1985

Ce travail a été réalisé dans le cadre du contrat d'incitations à la recherche CNEXO n° 84/3344 au Centre d'Océanologie de Marseille UA CNRS 41, sous la direction de M. F. BLANC, Directeur du Centre, et de M. H. CECCALDI, Directeur du Laboratoire de Biochimie et d'Ecologie des Invertébrés Marins de l'Ecole Pratique des Hautes Études.

** Ambassade de France au Japon, Minami Azabu 4, Minato-ku, Tokyo, 106 Japon
Adresse présente: Société franco-japonaise d'océanographie, Institut océanographique, 195, rue Saint Jacques, F-75005 Paris, France

nombre de ces segments et la taille céphalo-thoracique. Les variations qu'il observe restent cependant trop importantes pour permettre d'en déduire le nombre de mues qu'a subi un individu d'une taille donnée. Il souligne cependant que cette méthode peut se révéler utile pour des individus plus jeunes que ceux qu'il a observés.

Nous avons fait la même étude sur le homard, *Homarus gammarus*, en utilisant notamment des juvéniles élevés artificiellement et dont l'âge était connu.

2. Matériel et méthodes

Une cinquantaine de homards juvéniles, de 4 mois à un an, ont été obtenus à partir de l'écloserie de Houat et du Centre du Pérello de l'APASUB*; ils ont été mis en élevage à la Station Marine d'Endoume, en compartiments individuels sur substrat sableux, dans un bac alimenté en circuit fermé après passage de l'eau de mer à travers un filtre biologique. La température d'élevage était de 17°C environ pour monter progressivement à 19°C, de février à juin 1985.

Les homards adultes observés provenaient d'une part de débarquements effectués par un seul pêcheur aux viviers du Pérello de l'APASUB et d'autre part, du cheptel (hybrides + *H. gammarus*) actuellement stocké dans ce même centre, lui-même originaire de la Station Marine de Roscoff, et de l'écloserie de l'île d'Yeu.

L'exopodite ou flagelle latéral des antennules du homard comporte 3 types de soies: des soies annulées spécialisées ou aesthètes (n° 31 de la classification de DRACH et JACQUES, 1977) bordées de chaque côté de soies allongées et lisses à pertuis terminal (n° 36 b; DRACH et JACQUES, 1977) et de petites soies à barbules (n° 7; DRACH et JACQUES, 1977). DERBY (1982) signale aussi des structures cuticulaires assimilables à des pores sensoriels sans soie apparente (Fig. 1A et B).

L'endopodite ou flagelle médian des antennules ne porte pas d'aesthètes.

Toutes ces soies ont une articulation infracuticulaire (Fig. 1 B) qui limite ainsi leurs possibilités

de mouvement contrairement aux soies des pléopodes à articulation supracuticulaire (DRACH et JACQUES, 1976).

Seules, les aesthètes sont organisées en séries linéaires de deux faisceaux par segment antennulaire, sauf pour le premier ou les deux premiers segments proximaux (Fig. 2) et le dernier seg-

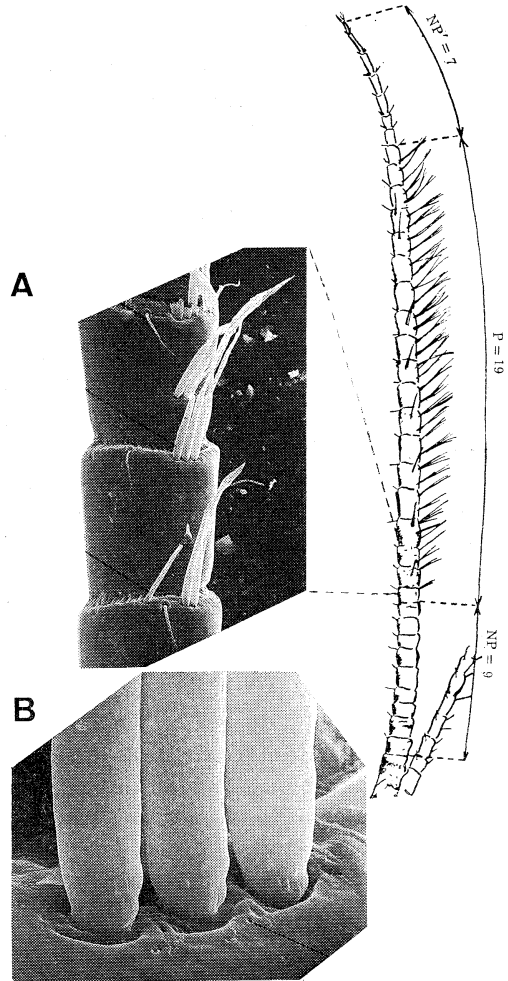


Fig. 1. Disposition des aesthètes et des soies n° 3b sur le flagelle externe de l'antennule gauche d'un homard juvénile. A—premiers faisceaux d'aesthètes du côté proximal de l'antennule vus au microscope électronique à balayage, $\times 118$; B—détail de l'embase des aesthètes à articulation infracuticulaire et des pores sensoriels vus au microscope électronique à balayage, $\times 1320$. NP: segments non porteurs d'aesthètes côté proximal; NP': segments non porteurs d'aesthètes côté distal; P: segments porteurs d'aesthètes.

* Association Pêche Aquaculture de Sud Bretagne, Viviers du Pérello, 56270-Ploemeur

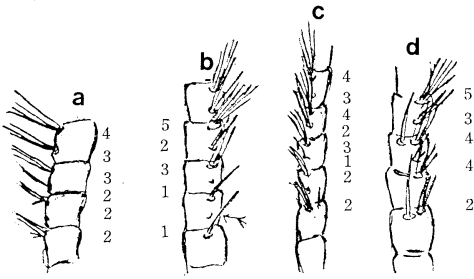


Fig. 2. Schémas montrant les différents cas rencontrés de disposition des aesthètes sur les segments proximaux de l'antennule de homards juvéniles - Nombre de soies par faisceau: a (2, 2, 2, 3, 3); b (1, 1, 3, 2, 5); c (2, 2, 1, 3, 2); d (2, 4, 4, 3, 5).

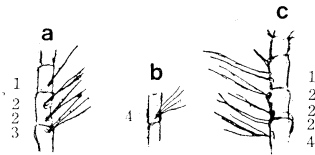


Fig. 3. Idem pour les derniers segments distaux porteurs d'aesthètes chez des homards juvéniles - a (3, 2, 2, 1); b (4); c (4, 2, 2, 2).

ment distal porteurs de ces soies (Fig. 3).

Chaque faisceau d'aesthètes est lié au relief tégumentaire et à ce titre, appartient au groupement élémentaire GV défini par DRACH et JACQUES (1978a) comme c'est le cas des soies situées sur les pattes ou les chélicépèdes. L'existence d'un pore terminal sur les soies de type GV implique des fonctions chémoréceptrices mises en évidence par DEVINE et ATEMA (1982) chez le homard.

La rigidité supérieure des soies latérales lisses (n° 3b) bordant les aesthètes de part et d'autre, semble leur conférer un rôle mécanique de protection de ces dernières quoiqu'elles soient aussi munies d'un pertuis terminal permettant sans aucun doute de capter les stimuli extérieurs.

L'ensemble soies lisses et aesthètes couvre 70 à 75% du nombre total des segments composant le flagelle latéral, et se situe vers la partie distale.

Comme THOMAS (1970), chez l'écrevisse *Austropotamobius pallipes*, nous n'avons pas observé de différence significative dans le nombre et la disposition de ces soies entre les deux sexes.

Chez les adultes les antennules sont prélevées

par sectionnement de leur embase, sous le premier segment.

Chez les homards juvéniles en élevage, on se contente d'observer les antennules exuviales. Parfois, des sections du flagelle latéral ont été prélevées sur les animaux élevés dans le cadre de l'étude de leur cycle d'intermue.

Après mensuration de l'animal et détermination du sexe (pour les adultes), les antennules sont observées à la binoculaire avec un grossissement de 16 à 40. Pour une observation plus détaillée, on utilise le microscope avec un grossissement de 100.

Afin de mieux visualiser les soies, le flagelle latéral de l'antennule est plongé dans sa totalité dans un bain colorant au Bleu de Nil sulfate (juvéniles) ou au Bleu de méthylène (adultes) pendant quelques secondes. Chez les juvéniles, les aesthètes prennent alors une coloration bleu pâle alors que les soies lisses associées (3b) restent non colorées. Chez les adultes, les mêmes aesthètes prennent une coloration bleu marine intense alors que les autres soies deviennent bleu turquoise. De plus, sous la binoculaire, l'allongement effilé et la rigidité de ces dernières permettent de les distinguer aisément des aesthètes moins longues, à l'extrémité arrondie et beaucoup plus souples. Chez le homard, ce critère est encore plus évident vers la partie proximale du flagelle où la longueur des aesthètes va en diminuant (soies plus jeunes) rapidement (Fig. 4a). Le gradient est d'ailleurs beaucoup plus fort chez les adultes que chez les juvéniles (Fig. 1). Côté distal, on n'observe aucune diminution similaire mais plutôt un arrêt brutal de la présence de ces soies (Fig. 2). Leur mode de croissance semble similaire à celui décrit par DRACH et JACQUES (1978b) pour celles qui se situent sur les propodites et dactylopodites des pinces: les faisceaux distaux seraient les plus anciens à la seule différence qu'ils ne comportent pas le nombre le plus élevé de soies. Les faisceaux proximaux seraient les plus jeunes, leurs soies étant les moins nombreuses et les moins longues. Ce sont les faisceaux de rang intermédiaire qui se composent du plus grand nombre de soies. Ces observations, ajoutées à celles des nombreuses subdivisions de segments proximaux de l'antennule nous permet de situer, en dehors de tout phénomène de régénération, un

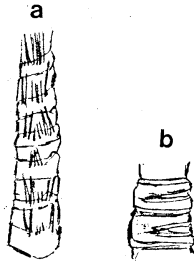


Fig. 4. a - Schéma montrant la disposition et l'allongement progressif des aesthètes sur les segments proximaux de l'antennule chez le homard adulte; b - subdivision des segments proximaux non porteurs d'aesthètes (NP) chez un homard adulte.

de ses centres de croissance dans les premiers tiers environ de sa longueur totale, comme c'est le cas des antennules de certains copépodes (HUXLEY, 1932, cité par HARTNOLL, 1982).

Afin de ne pas sauter les segments porteurs des aesthètes les plus proximales, la lecture doit se faire avec ces dernières face à l'objectif; il est alors aisé de suivre la série linéaire de faisceaux dans son alignement (Fig. 4a).

Une fois la technique mise au point et afin de contrôler l'erreur subjective, nous avons réalisé plusieurs lectures à différents intervalles de temps sur les mêmes individus; le nombre de segments observés reste le même. Lorsqu'il y a ébauche de subdivision d'un segment proximal, celle-ci n'est pas prise en compte. En général, les points de régénération sont aisément repérables et les valeurs aberrantes peuvent être éliminées. Les aesthètes endommagées ou coupées restent visibles grâce à leur coloration préalable.

Chaque comptage distingue le nombre de segments proximaux non porteurs d'aesthètes (NP), le nombre de segments porteurs d'aesthètes (P), le nombre de segments distaux non porteurs d'aesthètes (NP'), et, par addition des trois précédents, le nombre total de segments du flagelle latéral de l'antennule (Fig. 1).

Chez les homards juvéniles en élevage, les deux antennules droite et gauche, ont ainsi été observées. Chez les homards adultes seule l'antennule droite a été utilisée pour une raison de commodité de prélèvement.

3. Resultats

Aucune différence significative n'apparaît quant au nombre total de segments des antennules

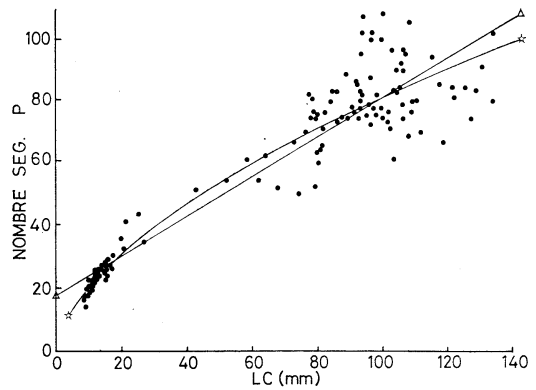


Fig. 5. Relation taille/nombre de segments P pour l'ensemble des homards observés.

gauche et droite. Le nombre de segments P (porteurs d'aesthètes) peut varier selon le côté observé mais cette variation est presque toujours compensée si on ajoute le nombre de segments non porteurs qui les précèdent (NP). Il semble donc qu'il puisse y avoir un léger décalage dans l'apparition des jeunes aesthètes entre les côtés gauche et droite. Dans ce cas, le chiffre pris en compte dans la relation longueur céphalothoracique/nombre de segments P est toujours le plus élevé.

En ce qui concerne la relation longueur céphalothoracique (LC)/nombre de segments porteurs d'aesthètes (P), nous rappelons l'origine des individus observés: 37 juvéniles en élevage du stade VIII au stade XIV (environ 4 à 11 mois d'âge); 35 adultes provenant du milieu naturel; 30 hybrides adultes en élevage, nés en éclosion de 1973 à 1975; et 25 adultes en élevage, nés en éclosion de 1970 à 1976.

La meilleure corrélation est obtenue par l'ajustement puissance où (Fig. 5):

$$y = b \times x$$

$$y = 4,9 \times 0,59 \quad n = 137$$

$$r^2 = 0,95$$

où $x = LC$ en mm

$y =$ nombre de segments P

Si l'on supprime tous les individus adultes en élevage (âgés de 9 à 15 ans), la relation devient (Fig. 6):

$$y = 5,202 \times 0,566 \quad \text{où } n = 83$$

$$r^2 = 0,97$$

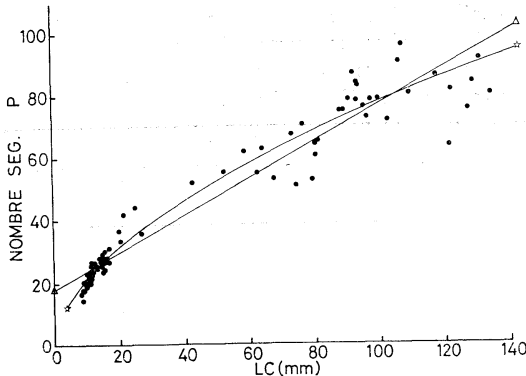


Fig. 6. Relation taille/nombre de segments P pour les homards juvéniles en élevage et les individus adultes provenant du milieu naturel.

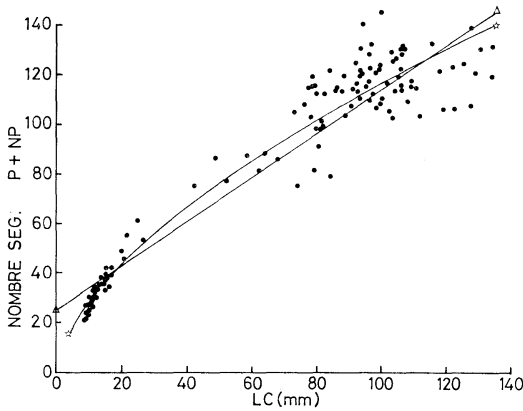


Fig. 7. Relation taille/nombre de segments (P+NP) pour l'ensemble des homards observés.

Si pour le même x ($x=LC$) on prend pour variable y' =nombre de segments NP (Fig. 7; cf. Fig. 1).

La même équation devient:

$$y' = 6,82 \times 0,61 \quad n = 137$$

$$r^2 = 0,97$$

et le coefficient de corrélation augmente.

4. Discussion

4.1 Essai de détermination de l'âge chez le homard

D'après ces résultats (Fig. 5 à 7), la première constatation importante est que la relation x/y , dans l'un ou l'autre cas (y ou y') n'est pas isométrique mais asymptotique; selon la longueur céphalothoracique on retrouve le même type de variation qu'en ce qui concerne la période d'intermue (MAUCLINE, 1977).

Les données concernant la période juvénile sont beaucoup plus serrées que dans le cas des grandes tailles; cela résulte probablement de l'amplification de la variation du taux de croissance individuel avec l'âge qui implique que la taille de l'animal devienne relativement moins représentative du nombre de mues et donc, si notre hypothèse est juste, du nombre de segments porteurs d'aesthètes (plus précisément, du nombre de segments $P+NP$).

Dans ce qui suit, nous reprenons les courbes présentées précédemment en distinguant les différents origines des individus étudiés.

Tableau 1. Taille (longueur céphalothoracique, LC, ou total, LT, en mm), accroissement (ACC), période d'intermue (PIM, en jours) et âge (en jours) des homards juvéniles en élevage du stade 4 au stade 14. Comparaison avec les données de MAUCLINE (1977) et KITAKA *et al.* (1982). Chiffre entre parenthèses: donnée obtenue en éclosion (APASUB - Fiches techniques).

Stade	MAUCLINE (1977)				KITAKA <i>et al.</i> (1982)				données expérimentales			
	L.C.	ACC	PIM	Âge	L.T.	ACC	PIM	Âge	L.C.	ACC	PIM	Âge
4	4,50	31,37	15,37	15	18,32	—	22,6	23	—	—	(15)	15
5	5,91	30,91	16,03	31	20,41	11,4	15,7	38	—	—	(16)	31
6	7,74	30,34	16,91	48	23,91	17,1	16,0	54	(8,2)	—	(18)	49
7	10,09	29,61	18,12	66	28,81	20,5	17,5	72	(9,6)	(17)	(28)	77
8	13,08	28,71	19,79	86	34,43	19,4	20,6	92	10,5	(9,4)	(36)	113
9	16,84	27,61	22,12	108	40,51	17,7	28,9	121	12,7	13,1	27	140
10	21,49	26,31	25,36	134	45,82	13,0	43,3	165	14,7	16,0	39	179
11	27,14	24,81	29,95	164	52,67	15,0	71,8	236	17,6	15,6	39	218
12	33,87	23,14	36,53	200	60,20	14,2	77,1	314	18,9	18,2	43	261
13	41,71	21,33	46,03	246	71,76	19,1	63,3	377	22,0	16,4	(45)	(306)
14	50,61	19,45	59,82	306	84,93	18,4	39,6	416	25,7	16,9	51	357

Tableau 2. Vingt et une séries de données selon la taille (LC en mm) et le nombre (NS) de segment NP, P et NP' des stades VIII à XIV chez les homards juvéniles en élevage - N°: numéro de l'individu observé; \bar{x} : moyenne; Δx : écart-type; $\Delta x(P)$: écart-type du nombre de segments P. Pour les segments NP, NP' et P, voir texte.

N°	Stade VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV			
	LC	NS	LC	NS	LC	NS	LC	NS	LC	NS	LC	NS	LC	NS		
	*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2		
9	11	9/21/6	30													
23	10,5	9/21/6	29													
31	12	10/19/-	29													
16	11,5	10/20/8	30	-	12/23/7	35										
27	12	9/21/6	30	-	-	-	-	15/22/-	37							
44	11	10/19/-	29	-	-	-	-	13/24/-	37							
6	10	9/21/6	30	11,5	11/23/6	34	14	13/25/6	38	-	13/29/9	42				
5	10	9/18/8	27	11,5	10/24/-	34	14	13/25/-	38	-	14/29/7	43				
49	11	9/20/5	29	12	10/22/6	32										
30	-	-	-	13	12/23/6	35	15	13/26/7	39							
11	-	-	-	13	11/22/9	33	15,2	13/24/10	37	18,8	18/29/9	47				
10	-	-	-	11,5	10/23/6	33										
8	-	-	-	-	-	-	16	14/25/6	39							
41	-	-	-	-	-	-	15	14/25/6	39							
53	-	-	-	-	-	-	16,8	15/24/9	39							
40	-	-	-	14,5	12/23/7	35	-	15/24/10	39							
12	-	-	-	-	-	-	15,5	16/22/-	38							
28	-	-	-	-	-	-	13,5	12/27/8	39							
2	-	-	-	-	-	-	-	-	20,5	16/30/-	46					
54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,5	17/38/10	55 25 21/40/- 61		
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,5	21/32/-	53 31 23/40/- 63		
\bar{x}	11	9/20/6,5	29	12,4	11/23/6,7	34	15	14/24/7,7	38	19,6	16/29/8	45	-	24	19/35/10	54 28 22/40/- 62
Δx	0,75	(P)1,5		1,13	(P)0,64		1,04	(P)1,44								
			0,97		1,12			0,90								

*1: NP/P/NP'

*2: NP+P

4.1.1 Homards juvéniles en élevage (a) Caractéristiques du groupe

Selon le tableau 1, nos résultats concernant la croissance sont inférieurs aux estimations de MAUCLINE (1977), bien qu'il s'agisse d'*Homarus americanus*, et sensiblement identiques à ceux de KITAKA *et al.* (1982). Dans les conditions non optimales de notre élevage (température, nutrition), la population de juvéniles présente des accroissements inférieurs et des périodes d'intermue supérieures à ceux d'individus de même stade dans le milieu naturel. La relation âge/nombre de mues est donc probablement différente.

4.1.2 Homards juvéniles en élevage (b) Stade (nombre de mues) et nombre de segments antennulaires

Le tableau 2 résume, pour chaque individu, les observations faites sur les antennules exuviales: nombre de segments proximaux non porteurs d'aesthètes (NP), nombre de segments porteurs d'aesthètes (P) et nombre de segments distaux non porteurs d'aesthètes (NP') (cf. Fig. 1). Ces résultats concernent indifféremment l'antennule droite ou gauche selon leur disponibilité; lorsque les deux antennules ont pu être observées, on a retenu celle qui présentait le plus grand nombre de segments NP+P. Les variations du nombre de segments P entre les antennules droite et gauche sont presque toujours annulées lorsque l'on considère l'ensemble des segments NP+P, comme cela a déjà été souligné précédemment. Le nombre de segments NP+P apparait ainsi plus faible que le simple nombre de segments

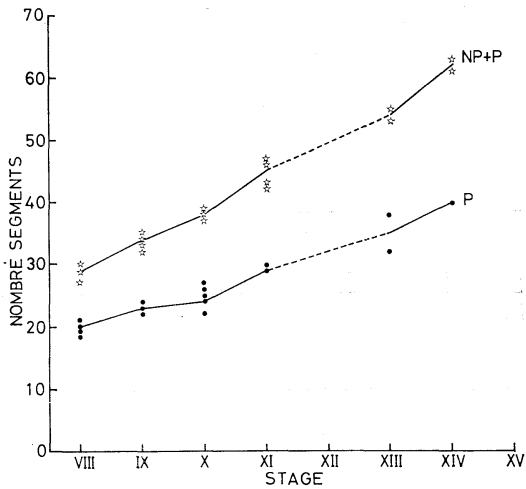


Fig. 8. Relation entre le stade et le nombre de segments P et (P+NP) chez les homards juvéniles en élevage.

Tableau 3. Développement pendant les stades 4-21 du nombre de segments (NP+P) en fonction de la taille (longueur céphalothoracique, LC) et de l'âge (jours). D'après MAUCHLINE, 1977.

Stade	LC (mm)	Âge (jours)	Nombre de segments NP+P
4	4,50	15	7
5	5,91	31	12
6	7,74	48	18
7	10,09	66	23
8	13,08	89	28
9	16,84	108	34
10	21,49	134	39
11	27,14	164	45
12	33,07	380	50
13	41,71	426	55
14	50,60	486	61
15	60,45	746	66
16	71,07	855	72
17	82,26	1187	77
18	93,79	1581	82
19	105,46	2242	88
20	117,09	3027	93
21	128,53	4342	98

P. La figure 8 illustre le tableau 2 en donnant la relation entre le nombre moyen de segments (P et NP+P) et le stade des individus (VIII à XIV \approx 4 mois à un an).

Si l'on considère le nombre moyen de segments

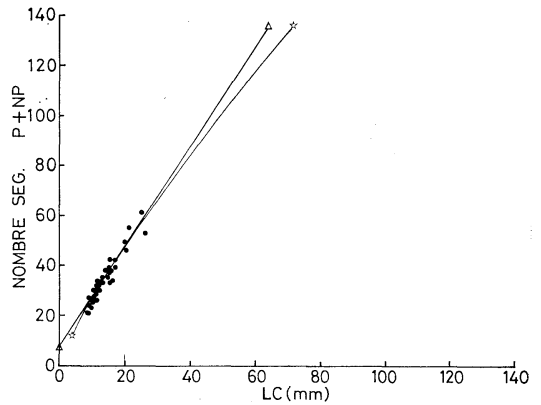


Fig. 9. Relation taille/nombre de segments (P+NP) chez les homards juvéniles en élevage.

NP+P, on a la relation:

$$y = 5,39x - 14,73$$

où $x = N^\circ$ de stade

$$y = \text{nombre de segments NP+P}$$

En revenant au tableau 2, on constate que le nombre de segments NP+P n'évolue pas nécessairement en fonction de la taille; ainsi est-il des individus n° 54 et 36 qui, au stade XIII, ont des tailles respectives de 21,5 et 26,5 mm alors que les nombres de segments NP+P sont en rapport inverse: 55 et 53.

Il est possible d'extrapoler la relation précédente pour des stades plus avancés (Tableau 3) en utilisant les données de MAUCHLINE (1977).

Le nombre de segments NP+P ainsi obtenu reste inférieur au nombre effectivement observé sur les individus adultes élevés et dont l'âge est connu. Cette observation nous permet de penser que la relation linéaire applicable aux juvéniles correspond probablement au bas d'une courbe de type exponentiel.

4.1.3 Homards juvéniles en élevage (c) Relation taille/nombre de segments NP+P

Si l'on reprend les mêmes ajustements que précédemment (Fig. 7), en ne considérant que le groupe des juvéniles, on a la relation (Fig. 9):

linéaire $y = 2,008x + 7,137 \quad r^2 = 0,91$

puissance $y = 4,014x + 0,825 \quad r^2 = 0,91$

La pente a (0,825) de l'équation puissance (Fig. 9) est ici supérieure à celle de la première équation (a=0,616) concernant tous les individus observés (Fig. 7). Les deux courbes sont donc

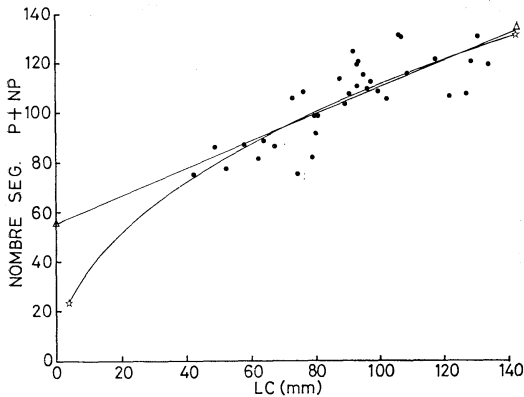


Fig. 10. Relation taille/nombre de segments (P+NP) chez les homards adultes en provenance du milieu naturel.

divergentes.

4. 1. 4 Homards adultes sauvages

La figure 10 donne les deux courbes (linéaire et puissance) illustrant la relation taille/nombre de segments NP+P pour ces individus. L'ajustement puissance indique ici le meilleur coefficient, $r^2=0,67$ ($r=0,82$), quoiqu'il soit inférieur au précédent (homards juvéniles).

Nous n'avons pas observé de différence significative dans cette relation entre mâles et femelles malgré une pente inférieure pour les femelles. Cependant, si l'on considère uniquement les individus de tailles commerciale ($LC \geq 80$ mm), pour une longueur céphalothoracique, LC, de 106 mm on dénombre 111 segments (NP+P) chez les femelles alors que pour un LC moyen de 97,5 mm, on dénombre 114 segments (NP+P) chez les mâles.

Pour une taille moyenne supérieure, le nombre moyen de segments NP+P est donc ici plus faible chez la femelle que chez le mâle. Si l'on estime que 60 à 70% des femelles ont atteint leur taille de première maturité à 80 mm (AIKEN, 1980), le rapport inverse du nombre de segments pourrait correspondre effectivement à un nombre de mues inférieur chez la femelle porteuse des œufs.

4. 1. 5 Homards adultes en élevage

Chez les individus adultes en élevage, il nous faut distinguer deux groupes: les hybrides et ceux de l'espèce européenne (*Homarus gammarus*) qui, dans la relation taille/nombre de segments NP+P, apparaissent en effet comme deux en-

Takleau 4. Comparaison de la taille (longueur céphalothoracique, LC) et du nombre de segments (NP+P) entre des hybrides et des individus de l'espèce européenne en élevage (Européens) nés tous les deux à la même période depuis 1974 jusqu'à 1976. n, nombre d'individus.

Année de naissance	n	Hybrides		n	Européens	
		LC (mm)	NP+P		LC (mm)	NP+P
1974	7	112,6	118,4	9	99,6	112,8
1975	18	99,8	125,2	3	93,4	116
1976	—	—	—	12	80,5	112



Fig. 11. Faisceaux d'aesthètes du flagelle extérieur de l'antennule chez un homard juvénile en élevage (Stade D2; 24h avant la mue), $\times 100$. On note les annélations et le pore apical ici bien visibles.

sembles différents, bien qu'il soit impossible de conclure à une quelconque corrélation dans l'un ou l'autre cas.

D'après le tableau 4, on constate qu'au même âge, les hybrides ont une taille et un nombre de segments supérieurs à ceux des individus de l'espèce européenne en élevage. Des informations plus précises quant au nombre de mues de ces individus devraient nous permettre de conclure à une meilleure croissance des hybrides tant par l'accroissement à la mue que par la périodicité de celle-ci.

De toute évidence, le critère retenu ici (nombre de segments NP+P de l'antennule) est opérant sur des individus adultes en élevage depuis leur éclosion tant leurs médiocres condi-

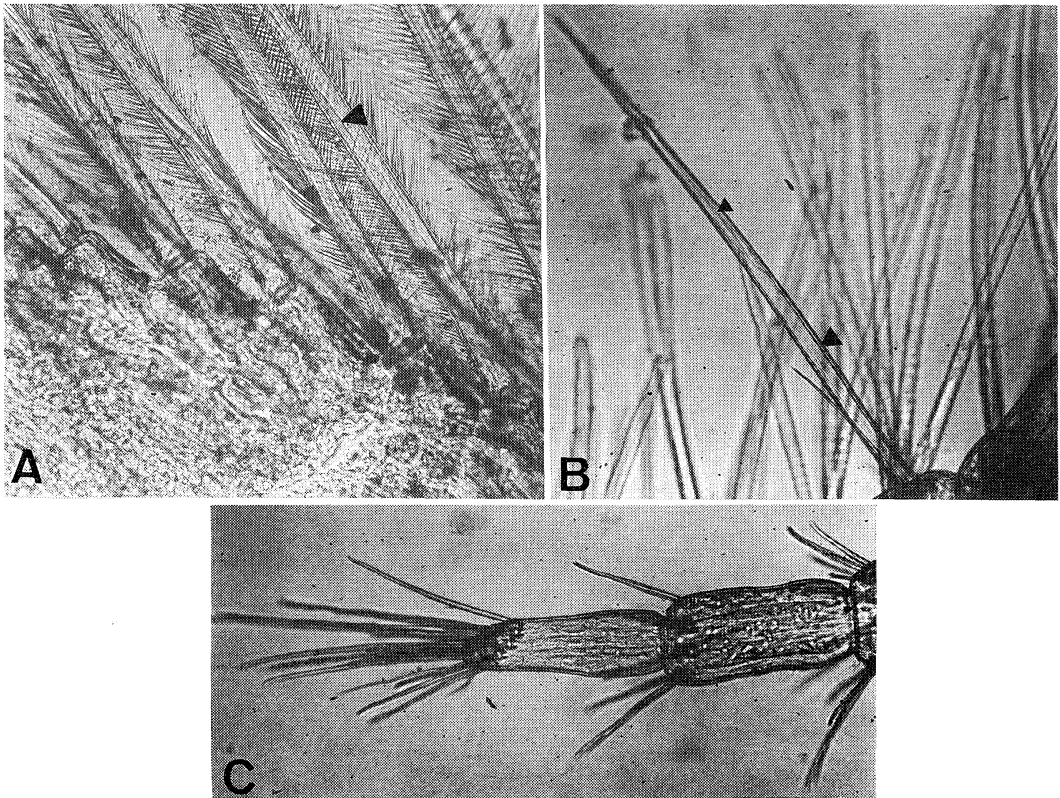


Fig. 12. Observation simultanée chez un même homard juvénile en élevage (Stade B; 24 h après la mue), des trois zones suivantes, $\times 100$: A - soies pleines des pléopodes, début de rétraction du contenu des soies (marque triangulaire indique la zone vacuolaire); B - soies lisses du flagelle externe de l'antennule où l'exocuticule et l'endocuticule de la hampe sétigère sont visibles (marque triangulaire indique une vacuole, signe du début de rétraction de la matière sétigère); C - extrémité distale du flagelle externe de l'antennule montrant l'apparence du tissu interne similaire à celui du pléopode.

tions de captivité interfèrent sur leur croissance en général et sur le développement de leurs antennules en particulier, comme les nombreux points de régénération qui ont été observés l'attestent. Chez les individus sauvages de même taille, ces points de régénération sont en effet beaucoup moins fréquents.

4.2 Stade d'intermue et soies antennulaires chez le homard

Au cours des observations sur les homards juvéniles en élevage, nous avons essayé de rapprocher l'aspect des soies antennulaires de celui des soies des pléopodes utilisées couramment pour la détermination du stade d'intermue (DRACH et TCHERNIGOVITZEFF, 1977; AIKEN, 1973).

N'ayant noté aucune modification au niveau

des aesthètes (Fig. 11) des stades A et D₃, nous nous sommes particulièrement intéressés aux soies lisses qui leur sont associées (Fig. 12-14).

Stade A—B (Fig. 12): comme dans le cas des soies des pléopodes (Fig. 12A), la matrice sétigère remplit tout l'intérieur de la soie; au stade B, des zones vacuolaires sont visibles, indiquant un début de rétraction de la matrice. La lumière interne à la base de la soie a une épaisseur de 20 à 25 μ (Fig. 12B).

L'apparence de l'extrémité distale du flagelle de l'antennule (Fig. 12C) est similaire à celle du pléopode (Fig. 12A).

Stade C (Fig. 13): alors qu'au niveau des soies des pléopodes on observe des épaississements locaux de la couche de chitine (Fig. 13A), la

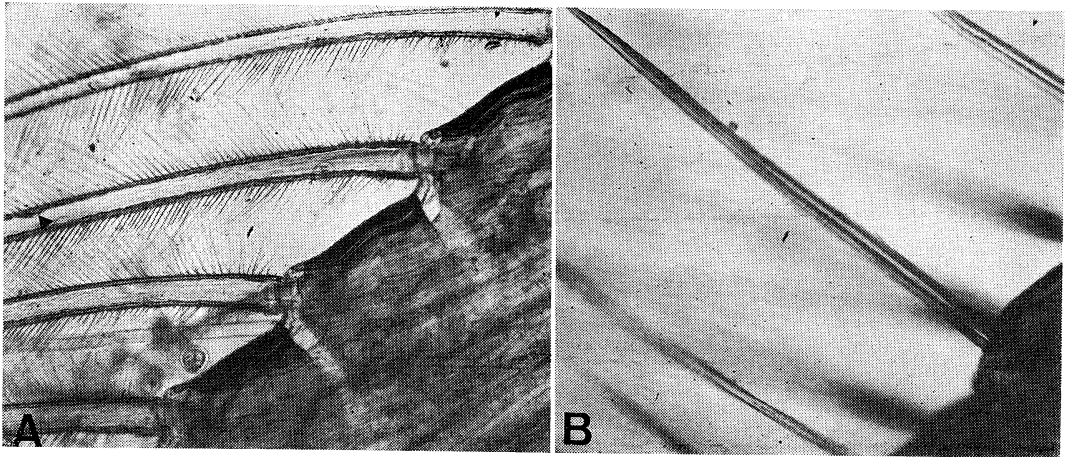


Fig. 13. Soies d'un pléopode (A) et soies lisses de flagelle externe de l'antennule (B) chez un homard juvénile en élevage (Stades C3 à C4; 11 jours avant la mue), $\times 100$. A - épaissements locaux de la couche de chitine faisant saillie dans la lumière interne de la soie; B - rétrécissement de la lumière interne de la soie correspondant à la rétraction de la matrice sétigère.

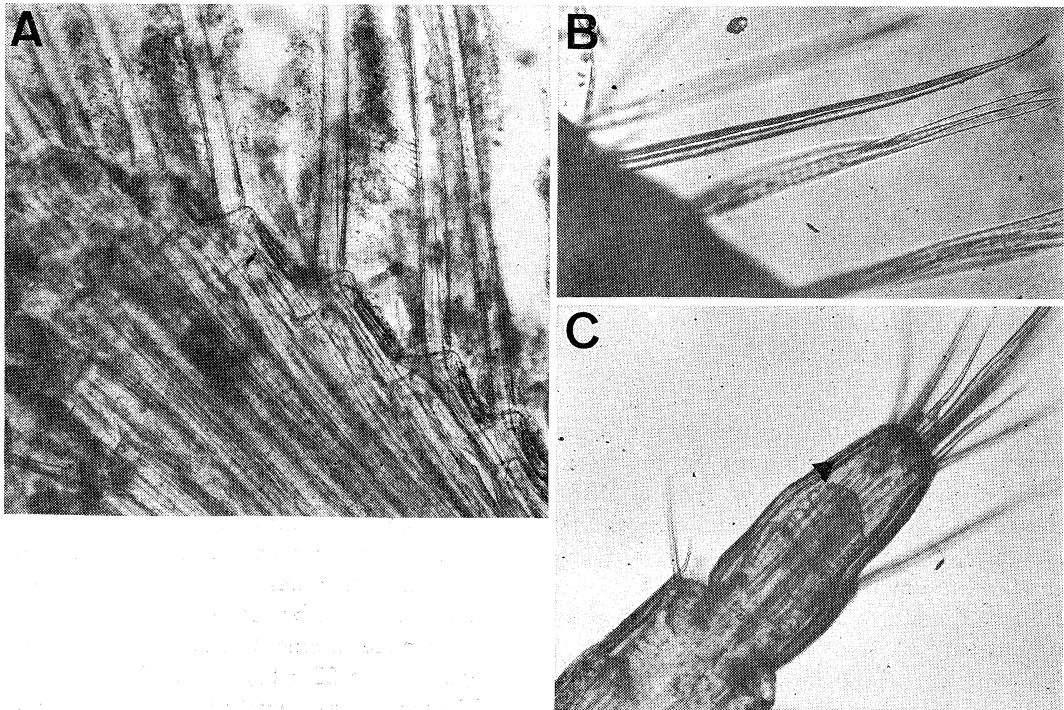


Fig. 14. Soies d'un pléopode (A), soie lisse (B) et extrémité distale (C) du flagelle externe de l'antennule chez un homard juvénile en élevage (Stade D2; 24 h avant la mue), $\times 100$. A - rétraction de l'épiderme et invagination des soies; B - rétrécissement de la lumière interne de la soie et invagination de la nouvelle soie; C - marque triangulaire indique la limite de décollement, de rétraction de l'épiderme et d'invagination des soies.

matrice sétigère des soies lisses antennulaires se rétracte de plus en plus (Fig. 13B), réduisant d'autant leur lumière interne (épaisseur: 10μ). Stade D (Fig. 14): que se soit au niveau du pléopode (Fig. 14A) ou de l'extrémité distale du flagelle de l'antennule (Fig. 14C) la rétraction de l'épiderme et l'invagination simultanée des soies sont bien visibles.

Cette invagination s'opère aussi au niveau des soies lisses dont la lumière interne n'est plus que d'environ 5μ (Fig. 14B).

Ces quelques observations montrent qu'il est possible d'utiliser les soies antennulaires, plus exactement les soies lisses associées aux aesthètes, pour déterminer le stade d'intermue parallèlement à l'examen des soies des pléopodes.

Comme cela a déjà été signalé (AIKEN, 1973; ANDRIEUX, 1979), il est probable qu'il y ait un certain décalage dans le déclenchement des différentes étapes du cycle d'intermue entre soies des pléopodes et soies lisses des antennules.

5. Conclusion

Chez le homard, *Homarus gammarus*, nous avons montré qu'il y avait corrélation entre la taille (longueur céphalothoracique) et le nombre de segments antennulaires porteurs d'aesthètes (P). Cette relation s'améliore lorsqu'on ajoute le nombre de segments proximaux non porteurs d'aesthètes (NP).

Cependant, le coefficient de corrélation diminue vers les grandes tailles, la variabilité de croissance individuelle devenant plus forte. Avec l'augmentation de la taille et donc de la durée de vie de l'animal, la probabilité pour que l'antennule ait été ou soit endommagée augmente limitant ainsi la validité de la méthode.

Chez les homards juvéniles, la taille et le nombre de segments NP+P n'évoluent pas nécessairement dans le même rapport: la relative indépendance de ces deux éléments nous permet d'envisager l'hypothèse selon laquelle le nombre de segments antennulaires NP+P pourrait être un bon indicateur du nombre de mues de l'animal et donc de son âge, comme cela a déjà été montré par MASUDA (1954) chez *Panulirus japonicus*.

L'absence de données concernant les tailles allant de 25 à 40 mm ne nous permet pas actuellement de relier de manière satisfaisante le

groupe des juvéniles du groupe des individus adultes sauvages (Fig. 7).

Des observations beaucoup plus nombreuses sur le terrain et la reprise, à partir du stade IV, d'un élevage à long terme devraient nous permettre de conclure quant à la validité de la méthode.

L'étude simultanée de la morphogenèse et de la croissance des soies lisses de l'antennule a permis de mettre en évidence certains changements qu'elles subissent au cours des grandes étapes du cycle d'intermue. Les observations qui en résultent peuvent venir compléter utilement celles qui sont faites sur les soies des pléopodes.

Bibliographie

- AIKEN, D. E. (1973): Procdysis, setal development and molt prediction in the American lobster *Homarus americanus*. J. Fish. Res. Board Can., **30**, 1337-1344.
- AIKEN, D. E. (1980): Molting and growth. p.91-163. In J. S. COBB et B. F. PHILLIPS(ed.), The Biology and Management of Lobsters, Vol. I: Physiology and Behavior. Academic Press, New York.
- AMANIEU, M. (1969): Cycle reproducteur à Arcaçon d'une population d'*Orchestia gammarella* (Amphipode Talitridae). Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, **68**, 1-24.
- ANDRIEUX, N. (1979): L'apolyse au cours du cycle d'intermue de deux crustacés décapodes brachyours, *Carcinus maenas* et *Carcinus mediterraneus*. C. R. Acad. Sci. Paris, **288**, 1595-1597.
- DERBY, L. D. (1982): Structure and function of cuticular sensilla of the lobster *Homarus americanus*. J. Crustacean Biol., **2**, 1-21.
- DEVINE, D. V. et J. ATEMA (1982): Function of chemoreceptor organs in spatial orientation of of the lobster, *Homarus americanus*: differences and overlap. Biol. Bull., **163**, 144-153.
- DRACH, P. et F. JACQUES (1976): Système sétifère des crustacés décapodes. Insertion des soies sur l'exosquelette et données générales sur leur structure cuticulaire. C. R. Acad. Sci. Paris, Série D, **282**, 1869-1871.
- DRACH, P. et F. JACQUES (1977): Système sétifère des crustacés décapodes. Principes d'une classification générale. C. R. Acad. Sci. Paris, Série D, **284**, 1995-1998.
- DRACH, P. et F. JACQUES (1978a): Système sétifère des crustacés décapodes. Les groupements de soies et leur signification fonctionnelle. C. R. Acad. Sci. Paris, Série D, **286**, 61-64.

- DRACH, P. et F. JACQUES (1978b): Système séitifère des crustacés décapodes. Modalités de croissance des groupements de soies.
- DRACH, P. et C. TCHERNIGOVITZEFF (1967): Sur la méthode détermination de stades d'interme et son application générale aux crustacés. *Vie et Milieu*, **18**, 595-610.
- FARMER, A. S. (1973): Age and growth in *Nephrops norvegicus*. *Mar. Biol.*, **23**, 315-325.
- HARTNOLL, R. G. (1982): Growth. p.111-196. In L. G. ABELE (ed.), *The Biology of Crustacea*, Vol. 2. Embryology, Morphology, and Genetics. Academic Press, N. Y.
- KITAKA, J., N. CHIDA, J. P. MERCER et I. CONNELLAN (1982): Biological characteristics of *Homarus* hybrids in aquaculture (non publié).
- MASUDA, T. (1954): On the antennule flagella of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* as an age determinant. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **19**, 1007-1011.
- MAUCLINE, J. (1977): Growth of shrimps, crabs and lobsters - an assessment. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **37**, 162-169.
- MCLAUGHLIN, P. A. (1982): Comparative morphology of crustacean appendages. p.197-256. In L. G. ABELE (ed.), *The Biology of Crustacea*, Vol. 2. Embryology, Morphology, and Genetics. Academic Press, N. Y.
- NAYLOR, A. (1955): The diet and feeding mechanism of *Idotea*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **34**, 347-355.
- THOMAS, W. J. (1970): The setae of *Austropotamilius pallipes* (Crustacea-Astacidore). *J. Zool. Lond.*, **160**, 91-142.

Age determination of the European lobster, *Homarus gammarus*, from its antennules

Yves HENOCQUE

Abstract: Age determination and the identification for the different stages within the molt cycle of the crustaceans are most important for analyzing their population dynamics. In the present work related to the European lobster, *Homarus gammarus*, a method was used which has been already tried on some crustaceans and which consists of establishing a possible relation between the number of segments of the antennules and the number of molts of the animal. In order to test the validity of this approach, among others were used reared juvenile lobsters of which the age and the number of molts were known.

ウミザリガニ *Homarus gammarus* の第1触角による年齢査定

Yves HENOCQUE

要旨: 十脚甲殻類の年齢や稚子齢期の査定は動態学上不可欠の問題であるとの見地から、既往の知見を参照して、ウミザリガニにおける第1触角分節数と脱皮回数(齢期)との関係の解明を試みた。この結果を分節数と齢期とが明らかな本種の飼育稚蝦に適用し、この研究の有効性を確めた。

赤泥が海洋植物プランクトンに及ぼす影響実験*

鈴木 繁美**・辻田 時美***

Experimental evaluation of the effects of dumped bauxite residue (red mud) on marine phytoplankton*

Shigemi SUZUKI** and Tokimi TSUJITA***

Abstract: Experiments were carried out to know the effects of bauxite residue (red mud) dumped in the sea on the activity of phytoplankton. The diatom *Skeletonema costatum* (GREVILLE) was cultured in the media with 6 different concentrations of red mud; 0 (control), 1, 5, 10, 50 and 100 mg/l. The number of cells, chlorophyll *a* and ATP were measured as indices of the diatom growth. The growth curves of *S. costatum* showed the same pattern in all the media. The period of logarithmic growth was 3 days in the media of 0–10 mg/l, but it was 4 days in the media of 50 and 100 mg/l. The growth constant was 0.47–0.68 for cell number (K_{cell}), 0.46–0.57 for chlorophyll *a* (K_{chl}) and 0.39–0.54 for ATP (K_{ATP}). It is considered from the analyses of chlorophyll *a* and ATP contents in the cell that the decrease of light intensity due to the addition of red mud influences the growth of phytoplankton. However, within the low concentration range of red mud as measured in the dumping experiments in the sea the effects of red mud are regarded to be not influential on the growth of marine phytoplankton.

1. 緒 言

アルミニウムの製造過程で赤褐色の微細粒子から成る残渣が生じるが、これは通常赤泥 (red mud) と呼ばれ、多くの場合海に投棄処理される。TAKENOUTI *et al.* (1979) は、赤泥が海洋投棄された場合の輸送分布の状況を探る目的で、黒潮縁辺の外海域で赤泥の投棄実験を行い、赤泥の時空間的分布状況を追跡観察した。その結果によれば、投入直後の赤泥塊は小さな半径をもって、大部分が急速に沈降しながら、次第にその周辺から赤泥粒子が剥離拡散する。この剥離して海中に懸濁する赤泥粒子の濃度は、濁度計による光透過率で表すと 0% から

60% (赤泥濃度で約 1.7 ppm に相当) の間を変動した。また、赤泥粒子濃度の経時変化については、100 m 以浅の層では投棄 3 時間後に 10ppm であったものが、6 時間後には 0.01ppm 以下となった。したがって、海中に長時間懸濁する赤泥粒子の濃度は 10ppm 以下と考えられる。

しかし、赤泥を海洋投棄する場合、このような希薄な濃度においてもプランクトン等の微小生物に対して何等かの影響を与えるかどうかについて知る必要がある。このため、海洋投棄後、希薄となった赤泥粒子が植物プランクトンの生理活性に対してどのような影響をおよぼすかを検討するため室内実験を行った。

* 1986年8月6日受理 Received August 6, 1986

** 三洋水路測量株式会社, 〒103 東京都中央区日本橋堀留町 1-3-17

Sanyo Hydrographic Survey Co., Ltd., Nihonbashi-Horidomecho 1-3-17, Chuo-ku, Tokyo, 103 Japan

*** 〒251 神奈川県藤沢市大庭3874 湘南ライフタウン 1-1-1134

Shounanraifutaun 1-1-1134, Ooba 3874, Fujisawa-shi, Kanagawa, 251 Japan

2. 実験材料と方法

(1) 供試プランクトンの基礎培養

供試生物として東京湾奥部より採集したプランクトンの中から珪藻 *Skeletonema costatum* (GREVILLE) を単離し、SW II 培養液 (岩崎, 1967) で基礎培養を行った。培養条件は、水温 $10 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、照度 3,000 lux (蛍光灯) で12時間 : 12時間の明暗周期を与えた。

(2) 実験液の調整と実験方法

10 l の SW II 培養液を入れた広口ガラス瓶（直径約 20cm）に赤泥を 1, 5, 10, 50, 100 mg/l の 5 段階の濃度になるように添加し、これを実験区とした。また、別に赤泥無添加の対照区を設けた。

これらの実験区および対照区に対数増殖期にある *S. costatum* を 200 cells/ml になるように接種した。実験中の条件は水温 $10 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、照度は実験瓶の表面で 10,000 lux（蛍光灯）とし、明暗周期は 12時間：12時間とした。

なお、添加した赤泥の沈降防止と酸素の供給を目的として曝気を行い、更に 1 日数回実験瓶を振とうした。

(3) 活性判定のための指標の測定

赤泥の *S. costatum* に対する影響を知るために、細胞数、クロロフィル *a* および ATP の変化を活性判定の指標とした。これらの指標項目の測定のために、24 時間毎に各実験区から試料を採取した。なお、採取は明期に行った。

- 1) 細胞数：各実験区から採取した試料 10 ml にホルマリンを加えて細胞を固定した後、その一定量をプランクトン計数板に取り、細胞数を計数した。
- 2) クロロフィル *a*：各実験区から採取した試料 200 ml を用い、海洋観測指針（気象庁、1970）に示された蛍光法に従って測定した。

3) ATP：各実験区から採取した試料 100 ml をろ過した径 25mm の Whatman GF/C グラスファイバーフィルターを、沸騰水中で湯浴してある 0.3% トリス緩衝液 5 ml に直ちに浸し、ATP の抽出を 5 分間行った。この抽出液は分析まで -20°C で冷凍保存した。ルシフェリン・ルシフェラーゼ（Sigma 社製 FLE-50）液 0.1 ml に、解冻した ATP 抽出液 0.1 ml を加え、ATP 用 蛍光光度計（SAI Technology 社製 Model 2000）で ATP 量の測定を行った。

3. 結 果

(1) 細胞数、クロロフィル *a*、ATP の経時変化

各実験区における細胞数の経時変化を Fig. 1 に示す。ここで得られた増殖曲線は、対照区を含めた全実験区において、対数増殖期、定常期など SPENCER (1954) が示した基本型とほぼ一致した。

対照区および赤泥濃度 1, 5, 10 mg/l の 3 つの実験区 (Fig. 1A-D) では、実験開始から 3 日目までが対数増殖期に相当し、その後もやや細胞数の増加が見られるものの、ほぼ一定の値となり、定常期の相を呈した。一方、赤泥濃度 50 および 100 mg/l の実験区 (Fig. 1E, F) では、前述の 4 つの区より 1 日長い 4 日目まで対数増殖期が続き、それ以後は定常期に入った。

クロロフィル *a* 量の経時変化を Fig. 2 に示す。クロ

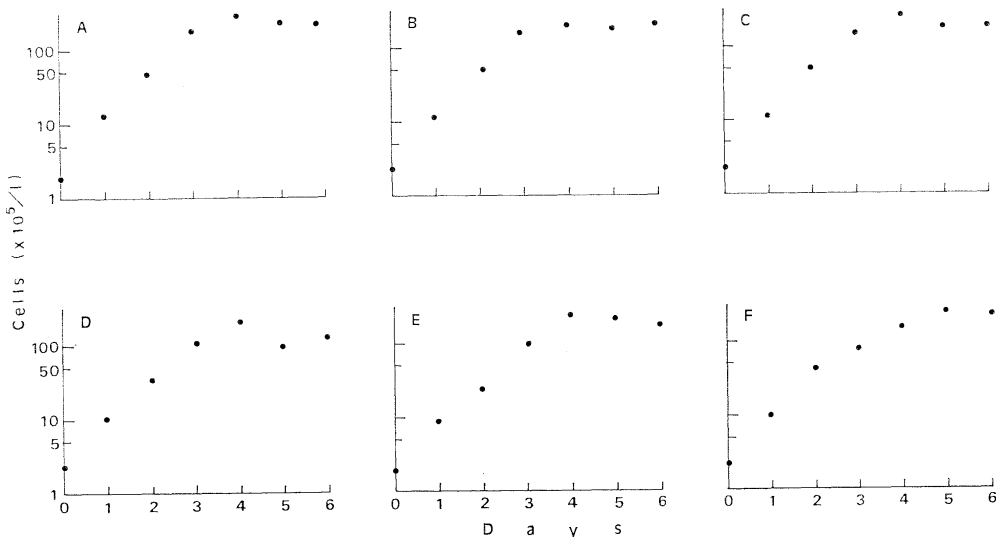


Fig. 1. Growth in cell numbers of *Skeletone nema costatum* in the media with various concentrations of red mud. A, 0 mg/l (control); B, 1 mg/l; C, 5 mg/l; D, 10 mg/l; E, 50 mg/l; and F, 100 mg/l.

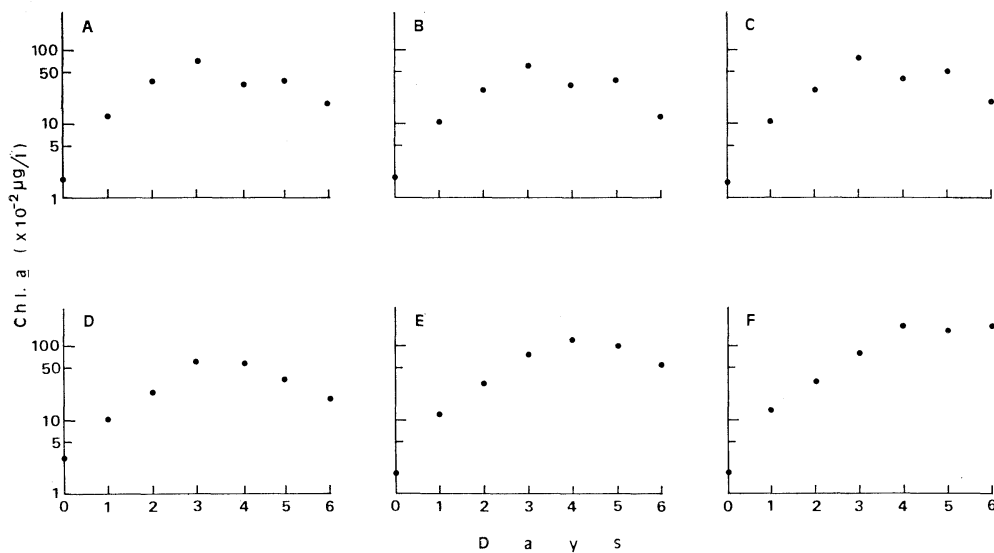


Fig. 2. Growth in chlorophyll *a* of *Skeleto nema costatum* in the media with various concentrations of red mud. A, 0 mg/l (cotrol); B, 1 mg/l; C, 5 mg/l; D, 10 mg/l; E, 50 mg/l; and F, 100 mg/l.

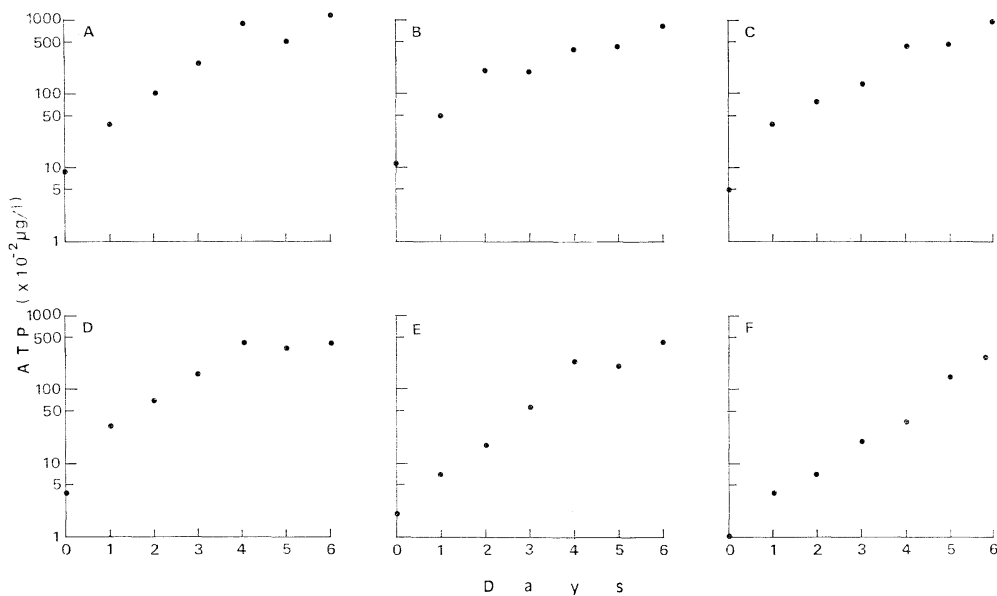


Fig. 3. Growth in ATP of *Skeletonema costatum* in the media with various concentrations of red mud. A, 0 mg/l (control); B, 1 mg/l; C, 5 mg/l; D, 10 mg/l; E, 50 mg/l; and F, 100 mg/l.

ロフィル *a* 量の経時変化は細胞数の増殖曲線に見られた相とはほぼ一致して、対照区および赤泥濃度 1, 5, 10mg/l の各実験区 (Fig. 2A-D) では 3 日目まで増加が認められた。また、赤泥濃度 50 および 100 mg/l の実験区 (Fig. 2E, F) においても細胞数の場合と同様に 4 日目

まで増加が続いた。しかし、それ以後は、いずれの区においても細胞数の場合と異なり定常状態を示さずに急速に減少した。この傾向は特に赤泥濃度の低い区において明らかであった。

ATP 量は Fig. 3 に表わしたような経時変化を示し

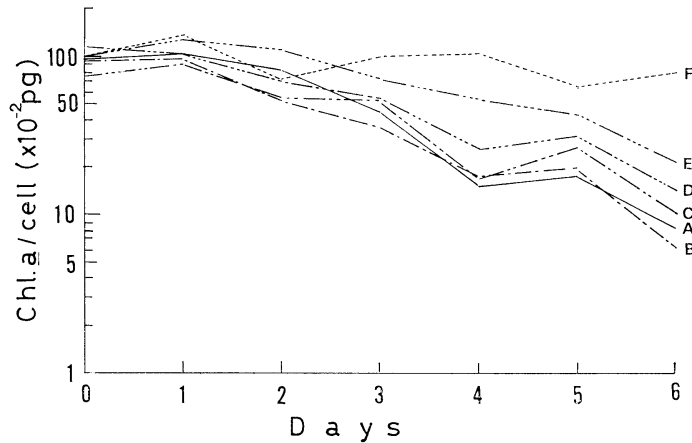


Fig. 4. Changes in chlorophyll *a* content per cell of *Skeletonema costatum* in the media with various concentrations of red mud. A, 0 mg/l (control); B, 1 mg/l; C, 5 mg/l; D, 10 mg/l; E, 50 mg/l; and F, 100 mg/l.

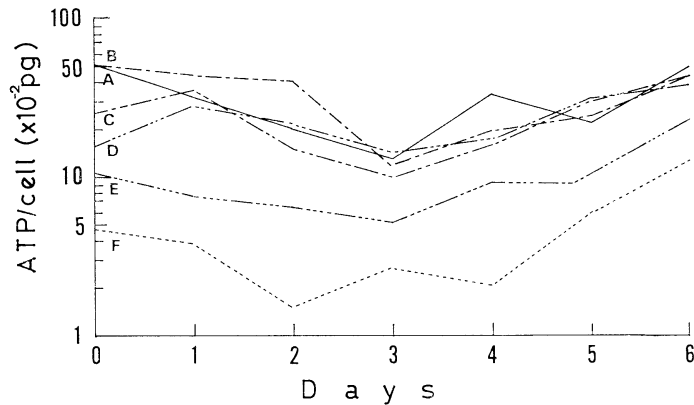


Fig. 5. Changes in ATP content per cell of *Skeletonema costatum* in the media with various concentrations of red mud. A, 0 mg/l (control); B, 1 mg/l; C, 5 mg/l; D, 10 mg/l; E, 50 mg/l; and F, 100 mg/l.

た。ATP量は、細胞数やクロロフィル*a*量の変化に比べ測定値の変動が大きく、データ解析が容易でないが、対照区および赤泥濃度 1, 5, 10 mg/l の各実験区では3日目ないし4日目まで増加し、その後は、ほぼ定常状態となった。一方、赤泥濃度 50 および 100 mg/l の実験区では実験の開始日から終了日の6日目まで増加が続き、定常状態は認められなかった。

(2) 1細胞中のクロロフィル*a*含量およびATP含量の経時変化

1細胞に含まれるクロロフィル*a*の経時変化を Fig. 4 に示す。実験初期のクロロフィル*a*含量は赤泥濃度に関係無くどの区においてもほぼ同様であったが、時間の経過とともに含量に差が見られるようになった。クロロフィル*a*含量は全ての区で減少する傾向が見られたが、この傾向は赤泥濃度の低い区で顕著であった。

1細胞中のATP含量の経時変化を Fig. 5 に示す。ATP含量は、増殖曲線で見られた対数増殖期には減少する傾向があり、定常期になると増加する傾向が認めら

Table 1. Effects of various concentrations of red mud on the growth constant K of *Skeletonema costatum* in logarithmic growth phase. K_{cell} is for cell numbers, K_{chl} is for chlorophyll a and K_{ATP} is for ATP. Relative values are shown in parentheses.

Conc. of red mud (mg/l)	K_{cell}	K_{chl}	K_{ATP}
0	0.68 (100.0)	0.56 (100.0)	0.48 (100.0)
1	0.62 (91.2)	0.49 (87.5)	0.42 (87.5)
5	0.62 (91.2)	0.57 (101.8)	0.49 (102.1)
10	0.55 (80.9)	0.44 (78.6)	0.54 (112.1)
50	0.53 (77.9)	0.46 (82.1)	0.52 (108.3)
100	0.47 (69.1)	0.48 (85.7)	0.39 (81.3)

れた。赤泥濃度の高い区ほど含量は低い傾向があった。なお、ATP含量の差は実験開始直後から明らかであった。

4. 考 察

アルミニウムの製造過程において、その原料であるボーキサイトに含まれる酸化アルミニウムに水酸化ナトリウムを作用させ、アルミン酸ナトリウムに変える過程（バイヤ法）があり、その際に不純物である多量の酸化鉄および珪酸が赤泥として取り除かれる。この他に赤泥には酸化アルミニウムや酸化チタンが含まれている。このような化学的成分の他に赤泥がプランクトンのような微小生物に影響を与える要因として、赤泥の粒子の大きさ、特に微細な粒子の影響が考えられる（赤泥の粒子は粒径数 μm ～数十 μm のものが大部分を占める）。

このような諸性状を持つ赤泥を添加した各実験区における *Skeletonema costatum* の増殖曲線 (Fig. 1) およびクロロフィル a 量と ATP 量の増加曲線 (Fig. 2 と Fig. 3) の形は、いずれも対照区で見られた曲線とほぼ一致したが、赤泥濃度 50 および 100 mg/l の実験区では対照区および赤泥濃度 1, 5, 10 mg/l の実験区と比べ対数増殖期が 1 日長く、赤泥によると思われる時相のずれが認められた。

各実験区の対数増殖期における細胞の活性（増殖率）を比較するために、次の式を用いて増殖速度定数 (K_{cell}) を求めた (Table 1)。

$$K_{cell} = \frac{1}{t} \log \frac{C_t}{C_0}$$

ここに、 t は対数増殖期間（対照区および赤泥濃度 1,

5, 10 mg/l 区では 3 日間、赤泥濃度 50 および 100 mg/l 区では 4 日間）、 C_0 は初期細胞密度、 C_t は t 日目の細胞密度である。

また、細胞数の代わりにクロロフィル a 量または ATP 量を用いて同様の式で求めたクロロフィル a と ATP の増加速度定数（それぞれ K_{chl} , K_{ATP} ）を Table 1 に示した。細胞数の増殖速度定数 K_{cell} は 0.47～0.68 の範囲にあり、この値は赤泥濃度が高くなるほど小さくなる傾向があり、100 mg/l 区では対照区より約 30% 低い値を示した。クロロフィル a については 0.44～0.57 の範囲にあり、対照区の概ね 80% 以上で、赤泥濃度に伴う一定の傾向は認められなかった。さらに、ATP では 0.39～0.54 の範囲にあり、どの実験区においても対照区の 80% 以上で、クロロフィル a と同様に一定の傾向は見られなかった。なお、各実験区で得られた細胞密度の最大値は $2.0 \times 10^4 \sim 2.7 \times 10^4$ cells/ml で、大きな差は見られなかった。

1 細胞中に含まれるクロロフィル a 量の経時変化 (Fig. 4) を見ると、接種直後はどの実験区においてもほぼ同じ値であったが、その後はどの実験区においても減少する傾向を示した。特に、この減少傾向は対照区を含む低濃度で顕著であったのに対し、高濃度区（50 および 100 mg/l）では高い値を維持し続けた。一方、1 細胞中の ATP 量は、接種当初から高濃度区ほど低い値を示したのが、クロロフィル a の場合と大きく異なる点であった。

植物プランクトンのクロロフィル a 含量は低照度下ではそれによく適応して増加する (STEELE, 1964) とされており、また UNO (1971) は明暗周期のもとで培養した *Phaeodactylum* のクロロフィル a 含量が暗期に増加したことを報告している。このようにクロロフィル a 含量は環境の光の強さによって大きく影響される。培養容器の中に赤泥を添加すれば光強度は当然減衰し、その適応反応の結果として赤泥濃度の高かった 50 mg/l と 100 mg/l の両区では対照区および赤泥濃度の低い 1～10 mg/l 区に比べクロロフィル a 含量が高い値を維持し続けたものと考えられる。

培養容器内に赤泥粒子を添加すると、粒子の凝集が起こって、やがて肉眼でも確認できるような大きさの凝集体となる。この凝集体を顕微鏡で観察すると、*S. costatum* の細胞の周辺に多くの赤泥粒子が付着しており、このことが細胞表面に達する光量をいっそう低下させる原因となると思われる。なお、この現象は赤泥濃度 50 mg/l および 100 mg/l の両区において特に顕著であっ

た。このような凝集体の吸着現象は、赤潮生物の除去手段として試みられている凝集剤の成分（アルミニウム塩、鉄塩、珪酸塩等）（代田，1980）と赤泥の成分がほとんど同じであることから、凝集とこれに続く吸着機構もほぼ同じであろうと考えられる。

光合成の過程は明反応と暗反応からなり、明反応では葉緑体のはたらきで吸収された光エネルギーによって水分子が光分解され、光リン酸化によって ATP が作られる（有賀，1973）ため、赤泥によって細胞に当たる光量が著しく低下した赤泥濃度 50mg/l および 100mg/l の両区においては他の低濃度区に比較して低い ATP 値を示したものと考えられる。なお、赤泥の ATP への影響はクロロフィル a の場合に比べ短時間のうちに現れたのが特徴と言える。

TAKENOUTI *et al.* (1979) によれば、海洋投棄された赤泥は 3 時間後には拡散によって 10 ppm の濃度になり、6 時間後には 0.01 ppm となった。また、水産庁（1972）が実施した投棄実験によれば、投棄後 4 時間で半径 500m の範囲では平均濃度が 10 ppm となり、10 時間後には半径が 1,100 m となり平均濃度 2 ppm となった。このように、海洋に投棄された赤泥は、いずれの場合も半日以内に今回の実験において対照区と生理活性上ほとんど差の認められなかった 5 mg/l 区およびそれ以下の区に相当する濃度まで低下するので、植物プランクトンに対する赤泥の影響はほとんど現れないものと思われる。

謝 辞

本稿作成にあたって懇切な御指導と御助言を賜った東京水産大学有賀祐勝教授に心からお礼申し上げる。

文 献

- 有賀祐勝 (1973): 水界植物群落の物質生産Ⅱ—植物プランクトン—(生態学講座 8). 共立出版, 東京. 91pp.
- 岩崎英雄 (1967): 微細藻類の分離と培養. 日本水産資源保護協会, 東京. 55pp.
- 気象庁編 (1970): 海洋観測指針. 日本海洋学会, 東京. 427pp.
- 代田昭彦 (1980): 赤潮生物の駆除. 日本水産学会編: 赤潮—発生機構と対策—(水産学シリーズ34). 恒星社厚生閣, 東京. p. 105~123.
- SPENCER, C. R. (1954): Studies on the culture of a marine diatom. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **33**, 265-290.
- STEELE, J. H. (1964): A study of production in the Gulf of Mexico. *J. Mar. Res.*, **22**, 211-222.
- 水産庁 (1972): 赤泥の海洋投棄が漁業におよぼす影響調査報告書. 57pp.
- TAKENOUTI, Y., H. NATUME and T. MIYATA (1979): On the sinking and diffusion of bauxite residue discharged into the sea. *Mar. Sci. Comm.*, **6**, 195-215.
- UNO, S. (1971): Turbidometric continuous culture of phytoplankton. Construction of the apparatus and experiments on the daily periodicity in photosynthetic activity of *Phaeodactylum tri-cornutum* and *Skeletonema costatum*. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **18**, 14-27.

襟裳海山で採取した火山岩の化学組成*

青木 斌・八木 祐介**

Chemical composition of volcanics dredged from the Erimo seamount*

Hitoshi AOKI and Yusuke YAGI**

Abstract: Ten volcanic rocks dredged from the northern slope of the Erimo seamount are chemically analysed to throw the light on the problem of mechanism under which it might be emplaced. The volcanic rocks from the Erimo seamount tend to contain the lower content of SiO_2 and the higher content of TiO_2 as compared with those of Takakusayama and Daiichi-Kashima seamount. As far as the alkali- SiO_2 diagram is concerned, they are likely to belong to the so-called alkaline rock series, not similar to alkaline rocks of Takakusayama and Daiichi-Kashima seamount, but similar to those of Hawaiian Islands.

1. まえがき

襟裳海山は、北海道襟裳岬の南東 200 km, 日本海溝と千島 - カムチャツカ海溝の会合部に位置している。ほぼ 6,000 m の最深部から 2,000 m 以上の比高をもつこの襟裳海山は、水深約 3,700 m の平坦面をもつ平頂海山である。

海溝に沈みこみつつあるといわれる第一鹿島海山とともに、襟裳海山は地球科学者の研究対象となり、さまざまな観点から研究されてきた (TSUCHI, 1966; TSUCHI and KURODA, 1967; 北野, 1970; OZIMA *et al.*, 1970; HONZA, 1977; ANTIPOV *et al.*, 1980; VASILIEV and EVLANOV, 1982; AOKI and TSUCHI, 1984; 海溝 I 研究グループ, 1985)。

筆者らは、1982年10月3日、東海大学海洋調査実習船を使用して、襟裳海山の北側斜面をドレッジし多数の火山岩を採取した。

本論文では、10個の火山岩の化学分析値を提示し、ハワイ島・第一鹿島海山・高草山のアルカリ岩の化学分析値との比較検討をおこなった。

本研究をすすめるにあたって、東海大学の望星丸 II 世

* 1986年9月6日受理 Received September 6, 1986

** 東海大学海洋学部

〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1

Faculty of Marine Science and Technology, Tokai University, Orido 3-20-1, Shimizu, Shizuoka, 424 Japan

の乗組員(八田眞次船長)のお世話になった。また、化学分析にあたっては、伊林康久氏の助言をいただいた。以上のかたがたに深く感謝する。

2. サンプルの採取と化学分析方法

Fig. 1 には、襟裳海山および周辺海域の海底地形図を示した。襟裳海山の北側斜面でドレッジがおこなわれた。A-B に沿った地形断面図には、ドレッジ地点の地形的な特徴が示されている (Fig. 2)。

Table 1 には、ドレッジ開始地点の位置と水深、および、ドレッジ終了地点の位置と水深が、それぞれ提示されている。

化学分析には、主として松井 (1963) の方法を採用し、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 MnO 、Total FeO の分析には原子吸光分析法を採用した。

10 個の化学分析値、および、C. I. P. W. ノルム値を Table 2 に示した。

化学分析に使用した10個の火山岩は、次のとおりである。

粗面岩質玄武岩 (サンプル番号: 1・4)

ケルスー閃石粗面岩 (サンプル番号: 2)

チタン普通輝石アルカリかんらん石玄武岩 (サンプル番号: 3・5)

アルカリかんらん石玄武岩 (サンプル番号: 6・8・9)

かんらん石チタン普通輝石アルカリ玄武岩 (サンプル

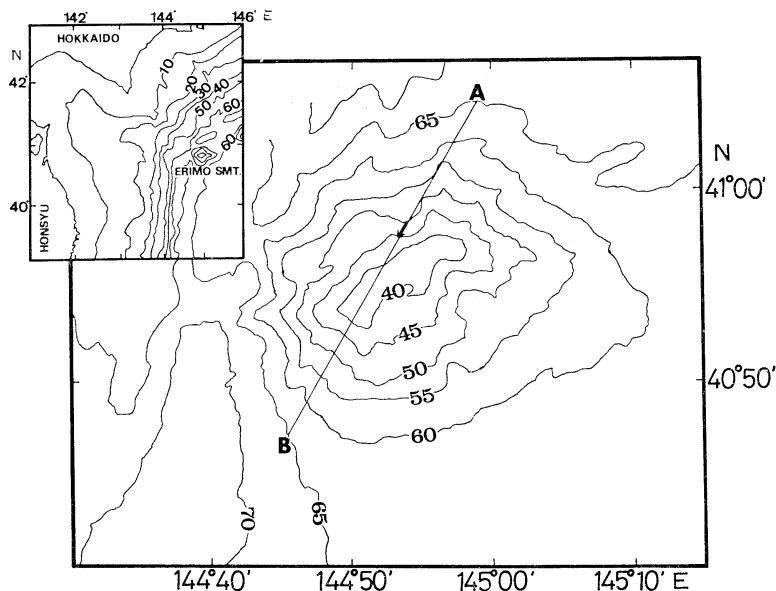


Fig. 1. Topography of the Erimo seamount. The arrow on the line A-B indicates the direction of dredging. Water depth: $\times 100$ m.

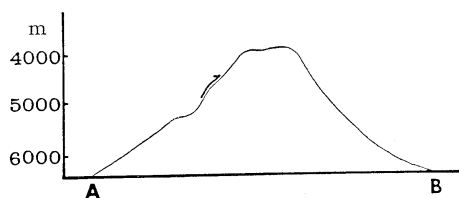


Fig. 2. Vertical section of the line A-B. The arrow is the same as that in Fig. 1.

Table 1. Position and water depth of dredging.

St. No.		Lat.	Long.	Depth (m)
A-4	on bottom	40°58.1'N	144°54.2'E	4010
	off bottom	40°57.2'N	144°53.8'E	3960

番号: 7)

変質アルカリ玄武岩 (サンプル番号: 10)

3. 化学組成

筆者らの10個の化学分析値と、襟裳海山の玄武岩の既存の分析直とを比較するために、Fig. 3を作製した。横軸に SiO_2 の含有量、縦軸に各酸化物の含有量が図示されている。

Fig. 3から、襟裳海山の火山岩には、次のような特徴のあることが明らかになる。

a. SiO_2 の増加にともない、 Al_2O_3 , Na_2O , K_2O ,

$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ が増加し、Total FeO , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , TiO_2 は減少する。 MnO , P_2O_5 には、いちじるしい変化は認められない。

b. 今回の SiO_2 の含有量は、41~50% であり、既存の火山岩の SiO_2 の含有量よりもいちじるしく低い。

c. 今回の TiO_2 の含有量は、3.7~5.8% であり、既存の火山岩の TiO_2 の含有量よりも明らかに高い。

d. 今回の火山岩の Fe_2O_3 は、既存の火山岩の Fe_2O_3 の含有量よりも高い。このことは、前者の酸化作用が後者よりも進んでいることを示している。

e. 今回の火山岩の進化傾向の延長上に、既存の火山岩の分析値が位置し、化学成分上大きなギャップは認められない。両者は同じ岩系に属する。

4. 比較検討

筆者らの分析した襟裳海山の10個の火山岩の特徴を明らかにするために、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 図 (Fig. 4) と $\text{Alkali}-\text{TiO}_2-\text{MgO}$ 図 (Fig. 5) を作製した。

Fig. 4 と Fig. 5 には、高草山のアルカリ岩 (石川, 1976), 第一鹿島海山の火山岩 (東海大学海洋学部第一鹿島海山調査団, 1985), ハワイ諸島の火山岩 (YODER and TILLEY, 1962), 襟裳海山のアルカリ岩 (北野, 1970), および筆者らの分析した襟裳海山の火山岩の分析値が図示されている。

Fig. 4 からは、次のことが明らかになる。

Table 2. Chemical composition of volcanics from the Erimo seamount. 1: Trachytic basalt. 2: Kaersutite trachyte. 3: Titanaugite alkali olivine basalt. 4: Trachytic basalt. 5: Titanaugite alkali olivine basalt. 6: Alkali olivine basalt. 7: Olivine-titanaugite alkali basalt. 8: Alkali olivine basalt. 9: Ditto. 10: Altered alkali basalt. (Analyst: Y. YAGI).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	47.18	49.41	42.79	48.82	42.66	43.12	41.27	45.28	43.56	43.91
TiO ₂	3.71	3.71	4.10	3.92	5.75	4.29	4.46	4.69	5.09	5.39
Al ₂ O ₃	15.80	17.11	14.38	17.94	11.03	14.18	14.06	12.79	11.78	11.21
Fe ₂ O ₃	10.42	9.54	8.97	8.78	9.88	8.12	8.74	7.43	6.59	6.41
FeO	1.52	1.54	3.94	1.26	4.67	5.21	4.23	5.35	7.12	6.75
MnO	0.14	0.13	0.13	0.09	0.14	0.17	0.13	0.17	0.18	0.18
MgO	3.56	2.77	5.82	2.34	7.13	7.30	7.21	6.68	8.74	9.20
CaO	6.89	6.11	9.91	4.23	10.13	9.31	10.37	9.24	9.15	9.73
Na ₂ O	3.83	3.96	3.83	3.68	3.24	3.54	2.52	3.22	3.11	3.00
K ₂ O	2.48	2.61	1.36	3.17	1.13	1.35	1.11	2.11	0.99	1.43
P ₂ O ₅	1.64	0.73	1.20	0.70	0.59	0.65	0.98	0.56	0.61	0.56
H ₂ O ⁺	1.93	1.90	2.66	3.13	2.27	2.19	2.97	2.13	2.48	2.13
H ₂ O ⁻	0.92	0.81	1.37	1.95	1.07	0.54	1.96	0.33	0.68	0.27
Total	100.02	100.33	100.46	100.01	99.69	99.97	100.01	99.98	100.08	100.17
Q	1.02	2.16	—	4.70	—	—	—	—	—	—
C	—	—	—	2.44	—	—	—	—	—	—
or	14.66	15.42	8.04	18.73	6.68	7.98	6.56	12.47	5.85	8.45
ab	32.41	33.51	22.88	31.14	23.65	21.89	20.95	23.53	26.32	21.64
an	18.59	21.20	18.03	16.41	12.22	18.81	23.77	14.21	15.26	12.90
ne	—	—	5.16	—	2.04	4.37	0.20	2.01	—	2.03
di(wo)	—	—	9.73	—	13.69	9.66	8.88	11.68	10.92	13.24
di(en)	8.87	6.90	8.41	5.83	11.83	8.35	7.67	10.09	9.44	11.44
hy(en)	—	—	—	—	—	—	—	—	0.35	—
ol(fo)	—	—	4.27	—	4.15	6.89	7.21	4.59	8.40	8.04
mt	—	—	1.24	—	—	4.91	1.13	4.20	8.78	6.72
hm	10.42	9.54	8.11	8.78	9.88	4.73	7.96	4.53	0.53	1.77
il	3.51	3.53	7.79	2.85	10.16	8.15	8.47	8.91	9.67	10.24
tn	3.43	3.06	—	—	—	—	—	—	—	—
pf	—	—	—	—	0.68	—	—	—	—	—
ru	0.46	0.60	—	2.42	—	—	—	—	—	—
ap	3.80	1.69	2.78	1.62	1.37	1.51	2.27	1.30	1.41	1.30
K ₂ O/Na ₂ O	0.65	0.66	0.36	0.86	0.35	0.38	0.44	0.65	0.32	0.48
FeO*	10.90	10.13	12.01	9.16	13.56	12.52	12.10	12.04	13.05	12.52
ALKALI	6.31	6.57	5.19	6.85	4.37	4.89	3.63	5.33	4.10	4.43
SI.	17.14	14.23	25.28	12.75	27.97	29.55	31.44	27.78	33.76	35.18

a. 襟裳海山の火山岩のアルカリの含有量は、第一鹿島海山のそれよりも高い。このことから、襟裳海山の火山岩は、アルカリ岩的な性格をもつと結論づけてよい。

b. 襟裳海山の火山岩も高草山の火山岩とともに、アルカリ岩的な化学組成を示す。しかしながら、K₂O/Na₂Oを検討してみると、襟裳海山の筆者らの分析値では0.32~0.86であり、高草山の分析値では0.05~0.49である。アルカリ比をみるかぎり、襟裳海山のアルカリ岩と高草山のアルカリ岩には差異が認められる。

c. 襟裳海山の火山岩は、ハワイ諸島の強アルカリ岩と類似した組成をもつ。

Fig. 5 から、次のことが明らかになる。

a. 襟裳海山の TiO₂ 比は、第一鹿島海山・高草山のそれよりも高い傾向がある。アルカリ比や MgO 比の変化にかかわらず、比較的コンスタントに保たれる。

第一鹿島海山と高草山の火山岩では、Alkaliが高くなると TiO₂ は減少する傾向がある。

PEACOCK (1931) のアルカリ石灰指数をみると、環日

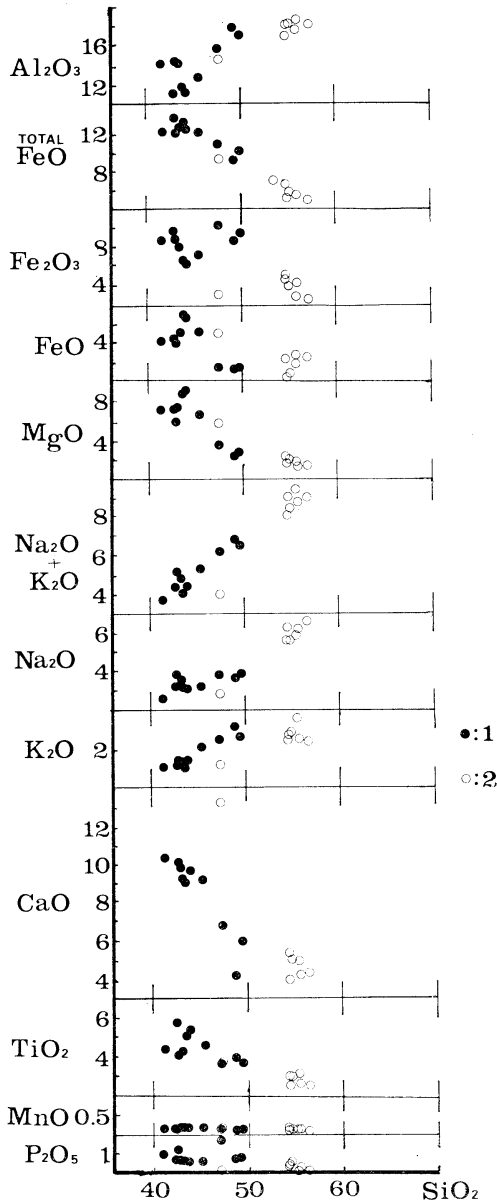


Fig. 3. SiO_2 -oxides diagram. 1: Present data.
2: Data by KITANO (1970).

本海アルカリ岩区は 53.1, ハワイ諸島アルカリ岩系は 50.8, 襟裳海山のアルカリ岩類は 47.8 である。

5. むすび

日本海溝と千島-カムチャツカ海溝の会合部に位置している襟裳海山の北側斜面をドレッジし、火山岩を採取した。

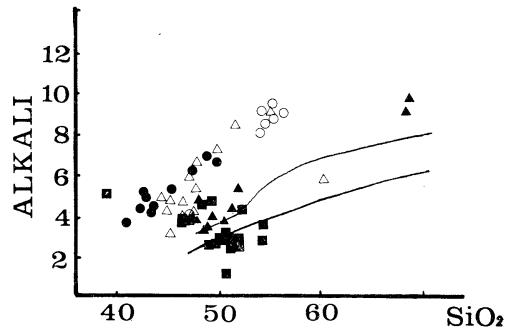


Fig. 4. SiO_2 -alkali diagram. 1: Present data.
2: Erimo seamount (KITANO, 1970). 3: Daiichi-Kashima seamount (RESEARCH GROUP FOR THE DAIICHI-KASHIMA SEAMOUNT, 1985).
4: Takakusayama (ISHIKAWA, 1976). 5: Hawaiian Islands (YODER and TILLEY, 1962).

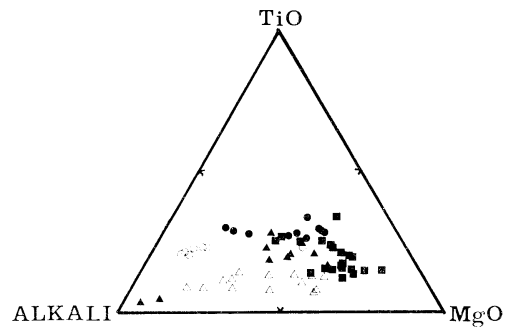


Fig. 5. Alkali- TiO_2 -MgO diagram. Symbols are the same as those in Fig. 4.

10個の火山岩の化学分析の結果、次のことが明らかになった。

- Alkali- SiO_2 図をみるかぎり、襟裳海山の火山岩はアルカリ岩系に属し、ハワイ諸島で産出するアルカリ岩系に類似する。
- 襟裳海山の火山岩は、第一鹿島海山の火山岩や高草山のアルカリ岩にくらべて、 TiO_2 に富む。
- 襟裳海山の火山岩は、第一鹿島海山の火山岩や高草山のアルカリ岩にくらべて、 SiO_2 の低い含有量の領域まで分布する。

文 献

- ANTIPOV, M.P., I.G. GOLTIVYANITSA, M.G. AGAPOVA, Z.G. ZHILTSOV, A. YA. ILEV, D.I. PODGOROVA and A.A. SUVOROV (1980): Geologic structure of the joint zone of the Japan and Izu-Bonin trenches. *In* A. YA. ILEV and A.S. CVA-

- RICHEVSKIY (eds.): The Geology of the Floor of the Northwestern Pacific. Vladivostok. p. 3-9.
- AOKI, H. and R. TSUCHI (1984): Geology of the Erimo seamount. Proc. 27th Intern. Geol. Congr., **6**, 181-190.
- HONZA, E. (ed.) (1977): Geological investigation of Japan and southern Kurile trench and slope area. Cruise Rep., **7**, Geol. Surv. Japan.
- 石川政憲 (1976): 静岡県高草山地域のアルカリ岩類。地質学論集, **13**, 367-379.
- 海溝 I 研究グループ(編) (1985): 日本周辺の海溝及びトラフの海底地形。Bathymetric Chart No. 21. 東京大学出版会。
- 北野国興 (1970): 襟裳海山のアルカリ玄武岩類。地質雑, **76**, 399-404.
- 松井義人 (1963): 火山岩の分析学的地球化学的研究。岡山大学温泉研究所報告, **32**, 1-85.
- OZIMA, M., I. KANEOKA and S. ARAMAKI (1970): K-Ar ages of submarine basalts dredged from seamounts in the western Pacific area and discussion of oceanic crust. Earth Planet. Sci. Letters, **8**, 237-247.
- PEACOCK, M. A. (1931): Classification of igneous rock series. Jour. Geol., **39**, 54-67.
- 東海大学海洋学部第一鹿島海山調査団(編) (1985): 第一鹿島海山。東海大学出版会, 東京. 156 pp.
- TSUCHI, R. (1966): Discovery of Nerineid Gastropoda from seamount Erimo at the junction of Japan trench and Kurile trench. Abstr. (Oceanog.) 11th Pac. Sci. Cong., 90.
- TSUCHI, R. and N. KURODA (1967): Erimo seamount and its relation to the tectonic history of the Pacific Ocean basin. In P. J. COLEMAN (ed.): The Western Pacific: Island Arcs, Marginal Seas, Geochemistry. Univ. Western Australia Press. p. 57-64.
- VASILIEV, B.I. and I. B. EVLANOV (1982): On the geologic structure of submarine mountains in the region of the Kurile-Kamchatka and Japan troughs joint. Pacific Geol., **4**, 37-44.
- YODER, H.S., JR. and C.E. TILLEY (1962): Origin of basalt magma: An experimental study of natural and synthetic rock systems. Jour. Petro., **3**, 342-530.

田辺湾における3月暴風通過時の風成波の時間的変動*

中 村 重 久**

Timely variations of wind-induced waves in Tanabe Bay during the passage of a March storm*

Shigehisa NAKAMURA**

Abstract: It is well known that strong winds of a storm directly result in high sea waves, even though its dynamical mechanism seems to be on a step of clarifying by scientists. In order to get an exact understanding about the properties of wind-induced waves during a passage of a storm, it is more essential to learn about the winds and waves observed at an offshore fixed station rather than observed on board any survey ships. In this paper, timely variations of mean wave height at a tower station in Tanabe Bay were studied in relation to the winds during the passage of the March storm in 1986. This storm was called "Snow Typhoon" by some of Japanese and US scientists. The timely variation of the mean wave was analysed by a Fast Fourier Transform method to reveal that the wave amplitude spectrum at the peak wind speed has two peaks at the frequencies of about 0.3 and 0.5 millicycles per second. The former peak cannot be fully interpreted by a simple application of a theory of a wave frequency increase with a storm distance and travel time of the wave (SNODGRASS *et al.*, 1966). The latter peak varied little during the passage of the storm and it seems to be induced by a coupling effect of the wind actions and the local bathymetric conditions.

1. 緒 言

一般に、本邦南方洋上を低気圧が急速に発達しながら東進する場合には、低気圧の中心気圧の低下にともなう海面上昇に加えて、その強風域の面積も広くなり、風域内では直接的な海と風の作用により風成波が発達する。そのひとつの例は、1986年3月22日、九州南西方約100 kmにあった低気圧に見られる。この低気圧はその後急速に発達しながら東進し、翌23日には紀伊半島を通過し、その夕刻に関東沖数10 kmを北東進するときには、中心気圧は976 mbという台風なみの規模となり、さらに、3月24日には972 mbにまでなった。この低気圧によって、紀伊半島に大雨がもたらされただけでなく、関東地方以北には3月には珍らしい大雪がみられ、これを一部の気象学関係者は「雪台風」とよぶほどであった。こ

の低気圧の影響は、紀伊半島南西部の田辺湾内に位置する京都大学の白浜海洋観測塔(135°20.9'E, 33°41.6'N)においても、顕著な風速・波高の変化として記録された。

ここでは、白浜海洋観測塔で、この時期に得られた風向・風速および平均波高とその周期の記録にもとづいて、3月暴風(いわゆる雪台風)時の風成波の時間的変化をとらえ、とくに、最強風時には平均波高が約34分あるいは約56分の周期で顕著に変動していることを示す。この種の変動は従来指摘されてきた田辺湾に観測される約40分周期の水位変動(たとえば、中村ら, 1982)とは全く別の力学機構によるものようである。SNODGRASS *et al.* (1966)の例とも対比して考察した。

2. 白浜海洋観測塔の記録

1986年3月23日は紀伊半島は強風雨であった。これは紀伊水道南方を急速に発達しながら東進した低気圧によるものである。ちなみに、3月23日18時(日本標準時)における本邦周辺の地上天気図を、気象庁の資料に基づいて示すと Fig. 1 のようになる。

* 1986年9月10日受理 Received September 10, 1986

** 京都大学防災研究所附属白浜海象観測所
〒649-22 和歌山県西牟婁郡白浜町堅田畑崎
Shirahama Oceanographic Observatory, DPRI,
Kyoto University, Katada-Hatasaki, Shirahama,
Wakayama, 649-22 Japan

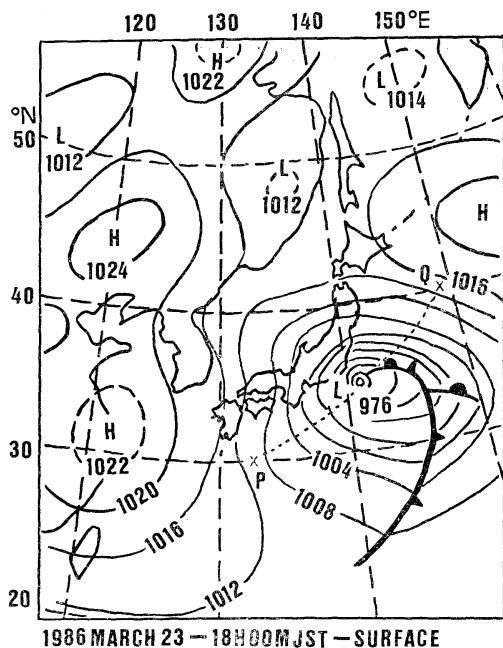


Fig. 1. Surface weather chart of a March storm in 1986. The notations H and L are for atmospheric high and low pressures, respectively. Each of full lines are isobaric contours for atmospheric pressure. The cross marked by 'P': location of the low pressure center at 18 h 00 m JST on 22 March 1986. The cross marked by 'Q': location of the low pressure center at 18 h 00 m JST on 24 March 1986. A dotted line from P to Q shows the track of the low pressure center.

この低気圧の紀伊半島周辺海上への影響を明らかにするために、1986年3月22-26日の期間、Fig. 2 に示すような海中（水深 5 m）固定観測点として白浜海洋観測塔で観測記録された風向 W_D 、風速 W_S (m/s)、平均波高 H_M (cm) とその周期 T_M (sec) をみると Fig. 3 のようになる。この図によれば、塔で観測された海上風 W_S は3月22日午後から強くなりはじめ、3月23日に最も強く（平均風速最大 20 m/s）、その後次第に弱まっている。とくに、3月23日3時過ぎから3月25日18時までの間については、風向は N-NNW であり、ほとんど一定であり、このような風の吹き方は冬の季節風時にもみられ、また、夏から秋にかけての台風が塔を通過した後にもみられる共通した現象である。

ここに示した Fig. 3によれば、風向 W_D が N-NNW になった3月23日4時過ぎ頃から平均波高 H_M が高くな

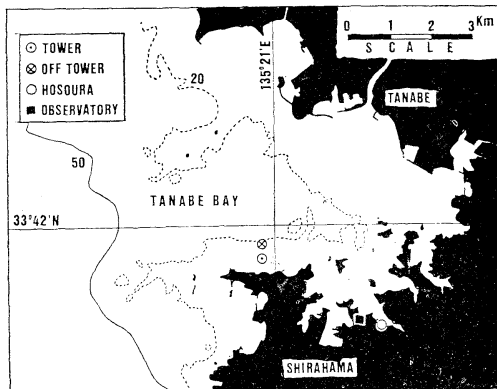


Fig. 2. Coastline and bottom topography of Tanabe Bay. Full line for the contour of 50 m deep. Dotted lines for the contour of 20 m deep. An encircled dot shows the location of the Shirahama Oceanographic Tower. An encircled cross shows a supplementary station which was not referred directly in this work. A circle shows the location of the tidal station "Shirahama" of the Japan Meteorological Agency which was expressed as "Hosoura" in this work for convenience. A square shows the location of the Shirahama Oceanographic Observatory of Kyoto University.

りはじめ、その後、平均波高は最大 1 m に達し、以後次第に小さくなっている。この平均波高が高い期間、その波の周期は 6-7 sec で、ほぼ一定であることも注目すべきことであろう。単純に考えれば、風向約 50 km をフェッチ（吹送距離）とする波で、すでに、Sverdrup-Munk の理論とその工学的改良の成果を適用すれば解決できる（たとえば、KINSMANN, 1965）応用問題にすぎないのかもしれない。しかし、なお未解決の現象は以下に述べるような検討によって明らかになるのである。

3. 最大風速時の平均波高の時間的変動

すでに、Fig. 3 では塔における風速や平均波高の時間的変動の特徴をみている。このような記録をスペクトル解析によって検討することは一般によくみられる。

1986年3月23日の最大風速時であり、平均波高最大時でもある15時の例について、以下のような Fast Fourier Transform method（高速フーリエ変換法、略してFFT法とよぶ）によるスペクトル解析をした。15時を起点として以後1分毎の記録を512個用いて、風速および平均波高のそれぞれについての、最初の30次までの各成分の振幅スペクトルをもとめ、Fig. 4 のように示し

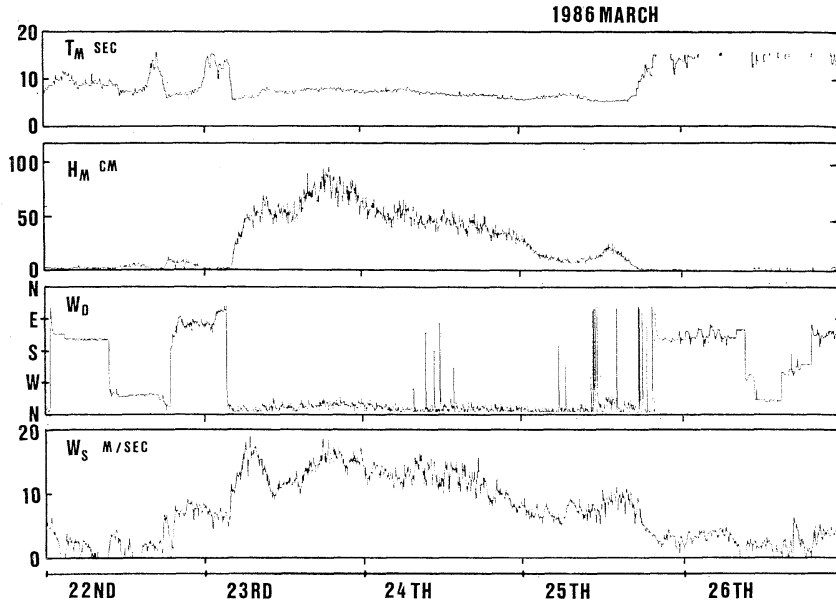


Fig. 3. Waves and winds observed at the Oceanographic Tower ($33^{\circ}41.58'N$, $135^{\circ}21.86'E$) in Tanabe Bay during the passage of the March storm from 22 to 26 March 1986. H_M and T_M are mean wave height and wave period, respectively. W_S and W_D are mean wind speed and wind direction, respectively. Each of the time marks on the abscissa shows the start of each day, i.e. 0 h 00 m on the day.

た。平均波高のスペクトルのピークは、周波数 0.3 mc/s と 0.5 mc/s 付近 (次数 N は 10 と 16 付近) に認められる。しかし、Fig. 4 に示された風速のスペクトルには、平均波高のスペクトルのピークに対応するものは存在するとは考えられない。すなわち、最強風時にはほとんど一定に近い風であったと推測させる結果を与えている。換言すれば、最強風時の平均波高には、風速の変動に関係なく、 0.3 mc/s (相当周期 56.8 min) および 0.5 mc/s (相当周期 34.1 min) の時間的変動が顕著であるということである。

ところで、1986年3月22日0時から25日21時までについて、3時間ごとに、Fig. 4の例と同様にして得た第0次の振幅 A_0 を風速および平均波高について求め、その相互相関をみると、Fig. 5A のようになると、風速の時間的変動と平均波高の時間的変動とはずれがないという結果しか与えない。ちなみに、白浜海洋観測塔の風速 (紀伊半島南西部) と尾鷲測候所の風速 (紀伊半島南東部) について同様に振幅 A_0 の相互相関を求めると Fig. 5B のようになると、両者の風速の時間的変動も同様であるとみなされることになる。

4. 風速と平均波高の時間的変化

ここで、視点を少し別のところに置いて検討する。すなわち、最強風時についてのみ考えたスペクトルと同様な方法を適用して、平均波高 H_M の振幅スペクトルを1986年3月22日0時から3月25日21時まで1時間ステップでもとめ、振幅 A_N が次数 N (周波数 $F\text{ mc/s}$ に対応できる) との関係で時間的にどのように変化するかを調べた結果が Fig. 6 である。この図の上段は、第0次の振幅 A_0 、すなわち、平均波高 H_M の512分間平均 \bar{H}_M の時間的変化である。また、図の下段には第1次から第30次 (周波数 $0-1\text{ mc/s}$ に対応) までの振幅スペクトルの時間的変化を示した。

同様に、Fig. 6に対応して風速の振幅スペクトルの時間的変化をもとめた結果を Fig. 7 に示す。

一般に、風速や平均波高が時間的に単調に増加あるいは減少する場合のデータをそのままFFT法によって解析して得られるスペクトル成分については、数値的結果の傾向は、 $A_N = a/N$ (ここに、 N は次数、 a は比例定数) という形で特徴づけられる。したがって、この傾向から顕著にずれた A_N の値は、データにあらわれた実在の現象の特性そのものを示しているものとみて差支えない

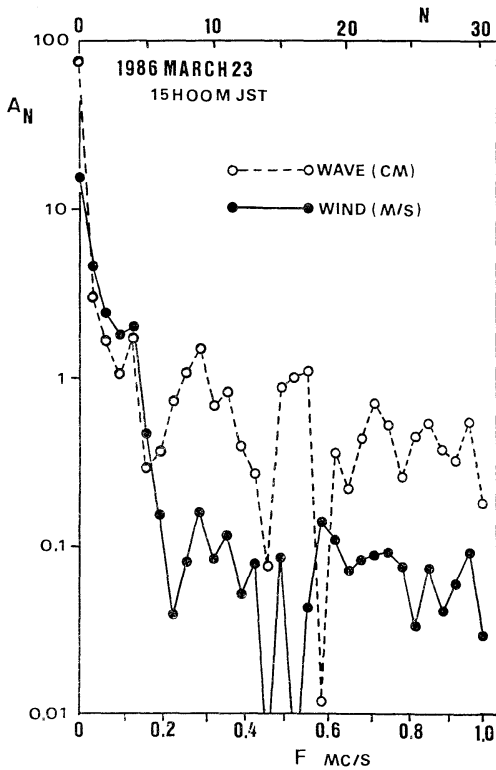


Fig. 4. Amplitude spectra of winds and waves at the time of the highest wind speed during the passage of the March storm in 1986. The data obtained at one minute step for 512 min was analysed by an FFT method for the winds and waves. The amplitude A_N is for the corresponding N th order of the components. The order N can be read by an equivalent scaling as frequency F in millicycle per second (mc/s).

い。

風速については、Fig. 7 に示したように、周波数 0-1 mc/s の範囲で、最強風時には高周波成分は小さく、風速が強くなる時期と弱くなる時期には高周波成分も認められた。この高周波成分は現象として意味があるというよりも $A_N = a/N$ の傾向を示す典型的な例とみるべきであろう。なお、Fig. 7 の上段には、風速 W_M の 512 分間平均 \bar{W}_M の時間的変化を Fig. 6 に対応させて示した。

5. 平均波高のスペクトルの時間的変化

ここで、平均波高のスペクトルの時間的変化の特徴について、Fig. 6 によって、もう少し詳細に検討してみよう。この図では、1986年3月22日0時から25日21時ま

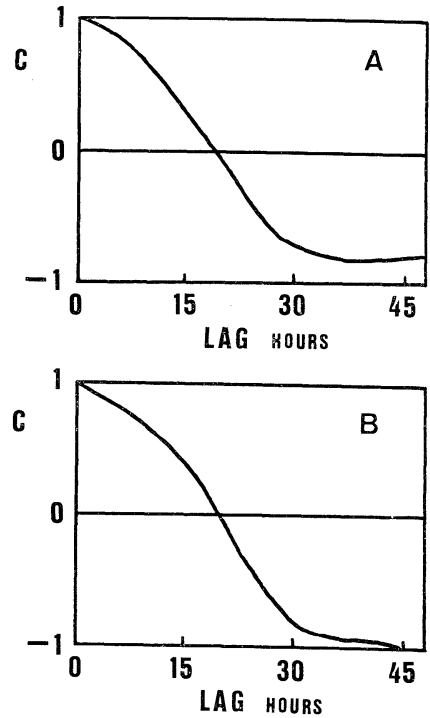


Fig. 5. Cross-correlations between the waves and the winds at the Tower (A) and between the winds at the Tower and at Owase (B).

で3時間ごとにもとめた振幅スペクトル A_N を次数 N に対応させて示してある。この次数 N は周波数 mc/s によみかえることもできる。

この Fig. 6 のもとになった数値計算の結果から、顕著な振幅スペクトルのピークを調べてみると、2種類のピークがあることがわかった。そのひとつは、3月23日0時に 0.12 mc/s にピークがあったものが24日9時には 0.5 mc/s となり、その間、時間の経過とともに、Fig. 6 の実線で示されるような時間的変化を示すものである。他のひとつは、平均波高が大きくなりはじめから、最大の \bar{H}_M があらわれ、平均波高が減衰する頃までにみられる 0.5 mc/s の周波数帯に集中したピークである。このピークの周波数は、3月23・24日を通じてほとんど一定とみなされ、Fig. 6 の破線で示されるような特徴がある。

この Fig. 6 は、一見したところ、SNODGRASS *et al.* (1966) が示したダイアグラム (たとえば、LEBLOND and MYSAK, 1977 の p. 84) によく似ている。彼らは、観測点からはるか遠く(数千キロメートル)の暴風域か

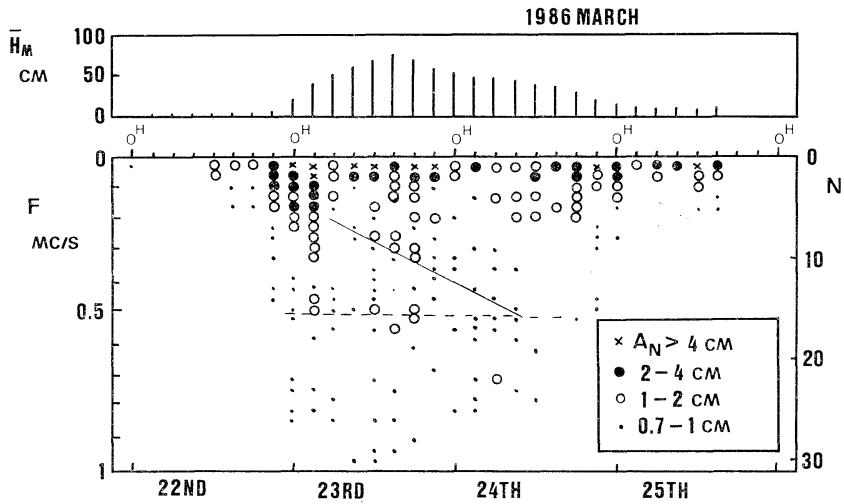


Fig. 6. Timely variations of mean wave height at the Tower. \bar{H}_M is the average of the mean wave height for 512 min, i.e. the zeroth order of the FFT analysis. A_N is the amplitude of the N th order of the FFT analysis. Each of the time marks on the abscissa shows the start of the day, i.e. 0 h 00 m on the day.

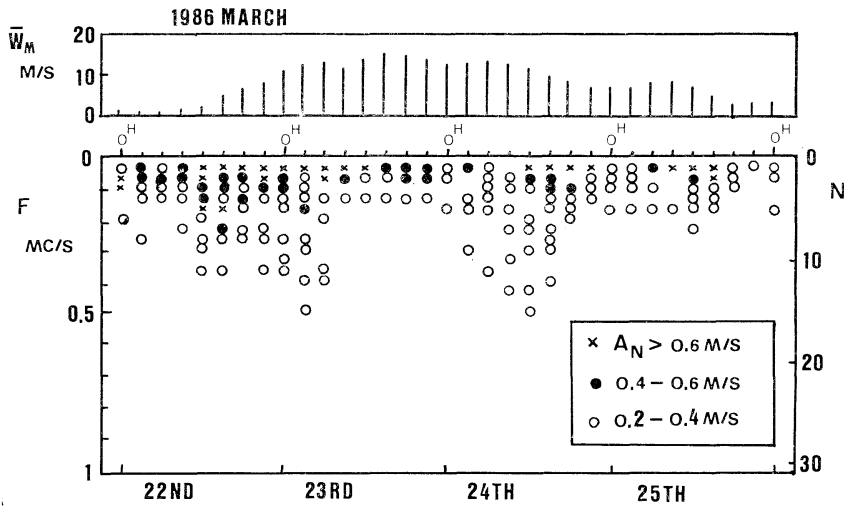


Fig. 7. Timely variations of mean wind speed at the Tower. \bar{W}_M is the average of the mean wind speed for 512 min, i.e. the zeroth order of the FFT analysis. A_N is the amplitude of the N th order of the FFT analysis. Each of the time marks on the abscissa shows the start of the day, i.e. 0 h 00 m on the day.

らの波浪について解析し、周波数帯も 0-100 mc/s を対象とした。しかし、ここでは、観測点から 100 km から数百 km の暴風 (Fig. 1) が対象であって、局所的な海上風がほとんど直接的に平均波高に影響を与えている (Fig. 5A) という点では、暴風域内の波浪の問題であると考えられる。はたして、Fig. 6 のような例がダイヤグ

ラム上で SNODGRASS *et al.* (1966) の例と類似していただけにすぎないのであろうか。

いま、LEBLAND and MYSAK (1977) の (11・24) 式 (p. 83) を参考とすれば、観測点 x に位置する暴風域から時刻 t_0 に出た波が、時刻 t において周波数 F の波として観測されたとすれば、

$$F = g(t - t_0) / 2x \quad (1)$$

である。そして、Fig. 1 をみてもわかるように、低気圧の中心は3月22日18時P点にあったものが図中破線の経路をとって、3月24日18時にはQ点に達している。したがって、本文に示した例は暴風域からの距離 x は小さく、しかも、観測された波は暴風域内にあって、上の式の t_0 および t の評価も簡単ではない。ただ、平均波高の振幅スペクトルのFFT法による解析の結果がFig. 6の実線として表わされたことは事実である。加うるに、3月25日0時に周波数 0.12 mc/s (相当周期 139 min) であったものが、3月24日9時に 0.5 mc/s (相当周期 33 min) となる間に、従来、田辺湾内で観測される約 40 min を周期とする水位変動に対応した周波数 0.417 mc/s を通っていることに注目しておきたい。本文の対象とした期間に、潮位記録にあらわれた約 40 min を周期とする水位変動は、塔で観測されたものをみても振幅として高々 5 cm であり、そのような水位変動が発達したり、減衰したりする様子さえもみえなかった。強いてこれに対応するものとして Fig. 6 の実線上で周波数 0.4 mc/s 程度の振幅成分は高々 1 cm とみられる。このようなことから、局所的海上風がその水域に固有とみられる水位変動にかかわらず外力としての要因につながるとはかぎらないものと考えられる。この点については、沖合の擾乱によって誘起される沿岸水位変動の問題とも関連して(中村, 1985)、今後検討をすすめていくべき課題のひとつであると考えている。

つぎに、Fig. 6 において破線で示された 0.5 mc/s 付近を中心とするピークについて考える。この周波数成分は、周期として約 33 min に相当する。この Fig. 6 の破線を Fig. 7 の \overline{W}_M の時間的変化と対比してみると、全体として、 \overline{W}_M が 10 m/s 以上になると 0.5 mc/s 付近の振幅成分 A_N も 0.7 cm 以上となり、 \overline{W}_M が大きいときはそれに対応してこの A_N の振幅成分も顕著である。 \overline{W}_M が最大となった後、10 m/s 以下となるとそれに対応してこの A_N の振幅成分は 0.7 cm 以下となってしまふ。このように周期帯がほぼ一定であって、風速に対応して 0.5 mc/s 付近の A_N が増減することから判断して、塔周辺の局所的海上風が外力として作用し、その周辺海域の海底地形などの相互作用による強制振動とみるべきであろう。しかしながら、塔周辺の局所的な海底地形をみれば、塔を中心として数百メートル半径内では複雑な海底地形であり、Fig. 2 ではあらわせない。海上保安庁水路部発行の海図 No. 74 (田辺港) を参考にしても、塔とその南側の海岸線との間は岩礁であり、塔の

北側(沖合)も底質は砂で一部岩礁がある。このような複雑な地形を単純化して検討することは、著者の考えでは適当ではないと思われる。これは、単純化の操作にかなりの主観的判断や主観的条件の選択が可能となり、意図的に都合の良い結果を得ることのできるモデルへの置き換えをし、時として誤った判断や結論を下しかねないことをおそれるからである。ここで、さらに重要なことは、塔で観測された波は、Fig. 1 に示すような経路をたどった台風の海面への作用によるものであって、波源は台風の強風域であるということである。このような波は、田辺湾へ陸棚海域から屈折・回折して侵入しているため、数キロメートル程度の海底地形や海岸線の影響を強くうけているとしか考えられない。強制的に台風域で生じた波が、風域を出ないうちに海底地形や海岸線の影響をうけているからには、風域外の波に対する MUNK (1949) の surfbeat の考えをそのまま適用することは、必ずしも妥当ではないと考えられる。一方、田辺湾で観測される約 40 min を周期とする流速や潮位の変動の水平スケールを、ここでみた 0.5 mc/s (相当周期 33 min) の成分と対比してみても、変動のスケールは田辺湾口から湾奥までの程度と推測されるが、その変動の駆動源は田辺湾外にあり、陸棚上での現象を適確にとらえられれば、さらに詳細な検討ができたのではないかと思われる(たとえば、MUNK *et al.*, 1964; NAKAMURA, 1983)。そのほかに、波と波との相互作用(HASSELMANN, 1961, 1962)や重力波のスペクトルにおけるエネルギーの非線型的移行(たとえば、HASSELMANN and HASSELMANN, 1985; HASSELMANN *et al.*, 1985)なども考慮すべきかもしれないが、暴風域内の風速と波高との関係については、さらに別の面からの検討も今後に残された課題のひとつであるといえよう。

6. 台風時の風成波との共通性

1986年8月1日、フィリピンのルソン島東方沖にあった台風10号(中心気圧 992 mb)は、その後急速に北東方向へ移動し、8月4日18時には東海道沖(中心気圧 980 mb)を経て、翌5日18時には三陸沖へ達した(中心気圧 986 mb)。この台風10号の経路は、地上天気図でみるかぎり、本文で検討した1986年3月の低気圧の発達移動経路(Fig. 1)によく似ている。しかも、これに加えて、本文でとりあげた3月暴風(一説に雪台風)は、紀伊半島に強風雨をもたらし、さらに、関東以北に3月としては異常な大雪をもたらした。これに対して、台風10号は関東以北に豪雨をもたらし、河川の決潰の原因とも

なった。このように、3月暴風と台風10号とは、気象学的要因からみて多くの共通点がある。ただし、残念なことに、白浜海洋観測塔の波浪計測センサー故障のため、両者の風成波の比較検討はできなかった。

いずれにしても、暴風域内の風成波の検討には、外力としての局所的海上風とそれによって誘起された風成波との関連に加えて、海域の海底地形や時間的変動のスケールについても今後検討を加えなくてはならない。

謝 辞

本文で用いた観測記録は白浜海洋観測塔で芹沢重厚・片山富晴両君の努力によって得られたものである。また、参考資料として尾鷲の風速を利用するにあたって、尾鷲測候所長嶋田義一氏および関係諸官の御好意を得た。

文 献

- HASSELMANN, S. and K. HASSELMANN (1985): Computations and parameterizations of the nonlinear energy transfer in gravity-wave spectrum. Part I: A new method for efficient computations of exact nonlinear transfer integral. *Jour. Phys. Oceanogr.*, **15**, 1369-1377.
- HASSELMANN, S., K. HASSELMANN, J.H. ALLENDER and T.P. BARNETT (1985): Computations and parameterizations of the nonlinear energy transfer in a gravity-wave spectrum. Part II: Parameterizations of the nonlinear energy transfer for application in wave models. *Jour. Phys. Oceanogr.*, **15**, 1378-1391.
- HASSELMANN, K. (1961): On the nonlinear energy transfer in a wave spectrum. p.191-197. *In Ocean Wave Spectra*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- HASSELMANN, K. (1962): On the non-linear energy transfer in a gravity-wave spectrum. Part I. General theory. *J. Fluid Mech.*, **12**, 481-500.
- KINSMAN, B. (1965): *Wind waves*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. (大久保明・大久保慧子共訳 1971: 海洋の風波(上). 築地書館, 東京. 415 p. (とくに p. 369-414)).
- LEBLOND, P. H. and L. M. MYSAK (1978): *Waves in the Ocean*. Elsevier, N.Y. 602 p.
- MUNK, W. H. (1949): Surf beat. *Trans. Am. Geophys. Union*, **30**, 849-854.
- MUNK, W.H., F. SNODGRASS and F. GILBEKT (1964): Long waves on the continental shelf: An experiment to separate trapped and leaky modes. *J. Fluid Mech.*, **20**, 529-554.
- NAKAMURA, S. (1983): Seiche on a parabolic sea shelf. *In E.N. BERNARD (ed.), Proc. 1983 Tsunami Symp., Hamburg, FRG. NOAA*. p. 251-263.
- 中村重久 (1785): 沖合の擾乱によって誘起された沿岸水位変動について. *La mer*, **23**, 111-1175
- 中村重久・吉岡 洋・芹沢重厚 (1982): 白浜海洋観測塔周辺の水位変動. *La mer*, **20**, 223-230.
- SNODGRASS, F. E., G. W. GROVES, K. F. HASSELMANN, G.R. MILLER, W.H. MUNK and W.M. POWERS (1966): Propagation of ocean swell across the Pacific. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **A259**, 431-497.

資 料

太平洋北西沿岸の三陸大津波の前駆異常音について*

中 村 重 久**

A note on an acoustic tsunami precursor off Sanriku in the northwestern Pacific*

Shigehisa NAKAMURA**

Abstract: This work aims to get a more reasonable understanding about an acoustic tsunami precursor off Sanriku in the northwestern Pacific. In 1986, Nakamura has given a hypothetical model for an acoustic tsunami precursor, however it cannot necessarily well interpret the past records and descriptions which had been kept by those who had lived in the Sanriku district with coasts facing the Pacific. Here, the author introduces a bold model to reveal why a sound of boom was awared on the coast just after each shock of the significant earthquakes and in advance of tsunami arrival, in terms of a possible distribution of water temperature off Sanriku. The most important factors are a warm-core ring above the tsunami sources, a warm longshore water and a cold water mass intrusion between the above two waters. Furthermore, it is necessary that isotherms have an appropriate curvature to form a thermal field with parallel isotherms between the source of sound and the coastal zone. Especially, the curvature is essential to realize a boom off Sanriku before a big tsunami hit after the main shock of an earthquake.

1. 緒 言

中村 (1986a) は日本南岸の黒潮流域付近における海洋音速場について検討し、その結果にもとづいて、わが国の太平洋沿岸の巨大地震による津波前駆異常音についての海洋物理学的仮説を提唱した (中村, 1986b)。この仮説は、あたかも太平洋沿岸での現象をうまく説明できる根拠を与えたかの感を与えるが、まだ多くの問題点を残している。それでも、一方において、日本の太平洋沿岸の大地震の例にかぎって、沿岸に津波が来襲する前に沖合あるいは海中で大砲のような音をしたという記述が多数残されている。この記述は、明治以前の例にかぎらず、明治以降・昭和の大地震についても残されており、

その記述と同じことを体験したと言う人々も現存している。中村 (1987a) は、このような仮説が1983年日本海中部地震の例にも適用できるかどうかを検討し、日本海沿岸と南海道沖とはかなり水温・塩分の分布が異なり、その差異が日本海中部地震の例では、沖合で音が認められなかったひとつの原因であるとみている。その地震がマグニチュード7.7の程度であって (たとえば、渡辺, 1985)、いわゆる大地震ではなかったことによるのであろう。ここでは、海洋物理学的側面について考える。海底からの音波の径路について、関連分野の資料 (たとえば、CLAY and MEDWIN, 1977) を参考にして、水中音波の減衰についても検討した (中村, 1987b)。

巨大地震時の津波前駆音に関する検討を省りみて、なお、海洋物理学的仮説の妥当性あるいは限界にはっきりしない点がある。本文では、とくに三陸大津波に焦点を絞って、津波前駆音が認知され、過去の記録に残される必要条件は何かということ、単純化したモデルによって検討した。

* 1986年10月20日受理 Received October 20, 1986

** 京都大学防災研究所附属白浜海象観測所
〒649-22 和歌山県西牟婁郡白浜町堅田畑崎
Shirahama Oceanographic Observatory, DPRI,
Kyoto University, Katada-Hatasaki, Shirahama,
Wakayama, 649-22 Japan

2. 三陸沖地震による大津波の代表的な例

三陸沖地震およびそれによる津波は、過去に多数の例がある(渡辺, 1985)。しかし、現在までのところ、中村(1986b)が記しているように、三陸大津波に関するかぎり、沖合で大砲の音がした後津波が来襲したという記述は、明治29年と昭和8年との例に限られるようである。この例について、渡辺(1985)の津波年表を参考にして、地震・津波の特徴の概要を記すとつぎのようになる。

- ① 明治29年(1896年)6月15日, 19時32分, 波源(震源) $144^{\circ}\text{E} \cdot 29.5^{\circ}\text{N}$, マグニチュード $M=6.8$ [理科年表では大津波陸前吉浜にて高さ25mとある]。
- ② 昭和8年(1933年)3月3日, 2時31分, 波源(震源) $144^{\circ}31'\text{E} \cdot 39^{\circ}14'\text{N}$, 深さ10km, マグニチュード $M=8.1$ [理科年表では大津波綾里湾にて高さ24mとある]。

このようにみえてくると、1983年の日本海中部地震でマグニチュード $M=7.7$ であったことをあわせ考え、上記明治三陸津波の際は1983年の例より地震のマグニチュード M の値は小さかったことになって、仮説の妥当性の一部に疑念が残る。本文は、この仮説が、どのような条件を満せば十分であるかについても検討する。

3. 三陸大津波の波付近の水温と塩分

海中を伝わる音波の速度は、水温・塩分・圧力によって定まる(たとえば、中村, 1986a)。前節の三陸津波当時の三陸沖の水温・塩分の分布がわかれば、巨大津波の前駆現象としての異常音の仮説が妥当なものかどうか、あるいは、さらに、どのような条件が必要か明らかになるはずである。すでに、中村(1986a, 1987a)などでもみとめられたように、海面から主サーモクラインの下部(音速極小層)までは、音速に対してとくに水温の影響が大きい。さらに深くなると圧力の効果が顕著となる。

ところで、明治三陸津波時の三陸沖の水温・塩分については全く資料がない。昭和三陸津波以後は系統的海洋観測が三陸沖でも実施されている(川合英夫京大教授よりの個人的情報)。海上保安庁水路部データ・センターによれば、観測船“駒橋”(昭和8年7月1日~10月26日)の観測データおよび農林省水産試験場(当時)の昭和9年6月発行の海洋調査要報第53報(昭和8年7~12月の観測記録)が最も古い。また、岩手県水産試験場では、三陸沖の水温・塩分の観測記録で最も古いのは、昭和8年8月5~12日であった。結局、三陸津波波源域付近の当時の水温と塩分の分布を知ることはできなかつ

た。

最近では、日本周辺の海洋観測も密になり系統的になるとともに、観測技術にも顕著な進歩発展がみられているし、観測成果についての検討もいろいろの面から推進されている。たとえば、東北区水産研究所では、東北海区の暖水塊について検討がすすめられている(安田ほか, 1986)。安田らによれば、東北海区の海底地形を対比しながら三陸沖の冷水塊の中心の移動経路をみると、KITANO(1975)や秦(1974)の例も含めて、“暖水塊の中心は、南北にはしる日本海溝およびそれから北東にのびる千島・カムチャッカ海溝の深度の勾配の大きい約3,000から6,000m(の等深線)に沿って分布移動していることがわかる”。本文では、暖水塊についての力学的機構についてこれ以上たちいった議論をするつもりはない。ここではっきりさせておきたかったことは、上述の暖水塊の中心の経路は、さきに示した三陸大津波の波源域のほとんど真上を通過して北上しているということである。

このようなことから、三陸沖の水温・塩分の鉛直分布についての特徴は、最近の観測資料によってもとらえることができ、それでも的確な判断を下すことはないものと考え、函館海洋気象台の海洋速報(1983年度分)および岩手県水産試験場の昭和57・58年度漁海況速報をも参考することにした。

4. 水温・塩分の鉛直分布と海中音波の経路

すでに中村(1986b)が述べているように、海底から発した音波は音速極小層を通過して海面に達するまでに、その経路に屈折がみられる。海面付近であれば、海中音速はとくに水温に強く影響をうけ、高温になるほど音速は速くなる傾向がある。中村(1986b)が音波の経路鉛直断面内での海底から海面までについて考えたことを、単純に深さ方向に均質な海水の水平面内について考えたとしたらどうであろうか。沖合の波源域が水温が高く、沿岸域も水温が高く、その中間に両水域よりも低温なところがあったとしたらどのようなことになるであろうか。このような水温の水平分布は、三陸沖の表層ではしばしばみとめられる。三陸大津波の例では、波源域から海岸線まで約150kmの距離があった。したがって、ここで対象とする水温・塩分の分布もその程度の水平スケールで考えることにする。

一方において、黒潮が蛇行して本州東方沖で切離した場合、関連の資料によれば、暖水塊は少くとも1,000m以上の深さまで、切離前の水温・塩分の状態を維持して

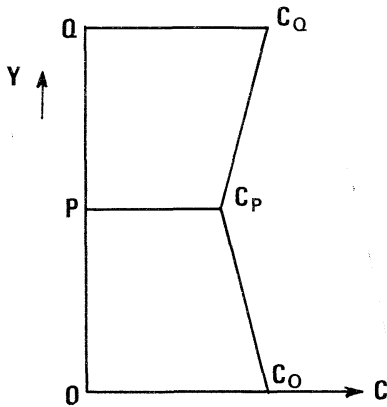


Fig. 1. A schematic model of horizontal sound speed distribution along the Y axis from a source (O) to a coastal zone (Q) through an area of minimum sound speed at P on the Y axis. The sound speeds C in the sea at O, P and Q are denoted as C_O , C_P and C_Q , respectively.

いることも知られている。ここで、このようなこともあわせて考え、暖水塊の半径は約 20 km のスケールとする。

簡単のため、三陸海岸は南北に直線状であるとし、深さ方向に均質な海水の水温分布について、等温線は海岸線に平行であるとする。ここで、沖合の音源O点から海岸線Q点まで Fig. 1 のように海中音速分布が与えられている場合を考える。音源と海岸線との中間P点では水温が極小であるとする、点O, P, Q での音速 C_O , C_P , C_Q を Fig. 1 のように想定することは、ここで水温分布を上述のように仮定したことに対応する。

考えやすくするために、2点OPの距離を25 kmとし、2点OQの距離を50 kmとする。水温が点O, P, Qでそれぞれ、 15°C , 4°C , 15°C のモデルを考える。つまり、これに対応して、O, P, Q点のモデルの海中音速は、それぞれ1,516 m/s, 1,466 m/s, 1,516 m/sとする。このような条件下で、音源から海岸線に向かって音波が水平方向に伝わる問題を考えよう。

音源から50 kmの距離の海岸まで等温線が平行であれば、音源から海岸までの音波の経路は放射状となる。とくに、線OQに対して点Oから 81° ないし 90° の角で出た音波の経路を 1° ごとに計算して図化すると Fig. 2 のようになって、海岸の近くになっても音波の経路は交叉したり caustics を形成しない。この Fig. 2 で、音波からY軸(2点OQを結ぶ線)に対して 90° の角でX軸に沿って出た音波の経路は、図中最も右側の曲線のよ

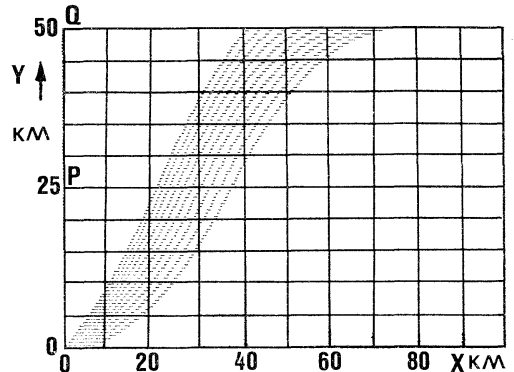


Fig. 2. An example of acoustic rays profiles from the source O to the coastal zone on an Oxy plane for acoustic rays at the angles between 81 and 90 degrees (at the step of 1 degree) when the coastline is a straight line crossing at Q perpendicular to the Y axis.

うになる。

岩手県水産試験場の昭和57・58年度の資料によれば、音速に強い影響を及ぼす水温の差は、点O, P, Qに対応して、海面付近では $3-7^\circ\text{C}$ であり、しかも、点OおよびQの水温はほぼ等しい。このことから、Fig. 2の計算例は、著者としては当初水平音速伝播における caustics 形成の例として試みたものであったが、明らかに失敗例である。

したがって、現実には、モデルで考えたよりも点O, P, Qでの水温差が小さいことを考えても、2点OQの水平距離が三陸津波の例では約150 kmでありモデルの50 kmよりも遠いことを考えても、音波が海中を水平に伝わって caustics を形成することはできないことになってしまう。これは、三陸大津波の前駆異常音の海洋物理的モデルとして妥当ではない。

しかも、現実の三陸沖の親潮系の冷水域における水温・塩分の鉛直分布の年周変化には特徴があり、それは、どちらかといえば能代沖の例に近い。その点では、問題は南海道沖よりも単純ではない。

5. 三陸沖の津波前駆音に対する仮説

本文の初めのところで述べたように、三陸大津波の前駆異常音の記録が残されていて、それを虚報と考えないかぎり、力学的にあるいは物理的現象としての説明がつけられねばならない。もし、それが可能となれば、この現象は大津波来襲の前兆として、実用上、津波予警報に役立てる道も開けてくる。

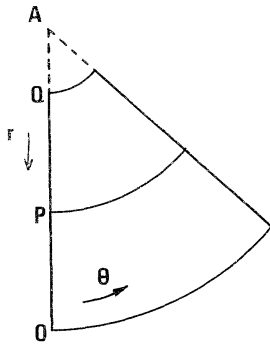


Fig. 3. A polar co-ordinate and notations in which the notations O, P and Q are taken corresponding to those in Figs. 1 and 2.

ここで、いま、Fig. 1 のかわりに、Fig. 3 を考える。すなわち、点Aを中心として、等音速線（近似的にみれば等温線）は平行ではあるが曲率半径をもっているという例である。音源Oでの等音速線の曲率半径は r_0 であり、音速極小域Pおよび沿岸域Qの曲率半径は、それぞれ r_P および r_Q であるとする。この場合、直線OAを基線とする動径 r および基線からの偏角 θ によって表わされる $r\theta$ 座標系での問題を考えることになる。この $r\theta$ 座標系は、数学的にみればひとつの2次元直交座標系である。そして、さきに考えた Fig. 2 の XY 座標系もひとつの2次元直交座標系である。数学的直交座標変換では、音速の局所的屈折角は変わらないことを利用すれば、Fig. 3 における問題も Fig. 1 の計算結果をそのまま活用できることになる。

いま、Fig. 3 の例で、もし曲率半径 r_Q, r_P, r_0 がそれぞれ 1 km, 26 km, 51 km とすると、音源からの音波の経路は Fig. 4 のようになる。この例では、点Qを通る曲率円上における音波の経路の密集度は、音源から半径 1 km における音波の経路の密集度と同じ程度ということになる。さらに言うならば、音源から 1 km の距離で聞こえるのと同じ程度の音が、点Qを通る曲率円上の一部で聞こえる可能性は高い。この場合も、音源から音波の経路は放射状になる。基線 OA に対して音源から 90° の角度で出た音波の経路は Fig. 4 の右端に示されるような曲線になり、 81° から 90° までの角度で出た音波の経路を 1° ごとにもとめ Fig. 4 のような曲線群が得られる。

ここで、Fig. 4 では、実際の音波の経路が直交座標変換で示されているために、実際の経路がどのようなものかわかりにくい面がある。この Fig. 4 を Fig. 3 のように極座標系で表わすと Fig. 5 のようなる。ただし、

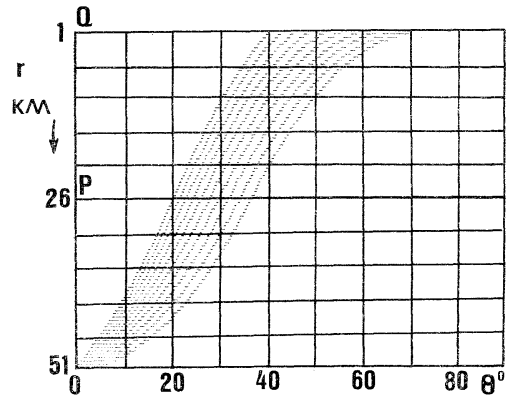


Fig. 4. An example of acoustic rays profile from the source to the coastal zone on an $Ar\theta$ plane of a polar co-ordinate. The acoustic rays emitted radially from the source and only the rays for 81 to 90 degree (at the step of 1 degree) are shown on an orthogonal $r-\theta$ diagram.

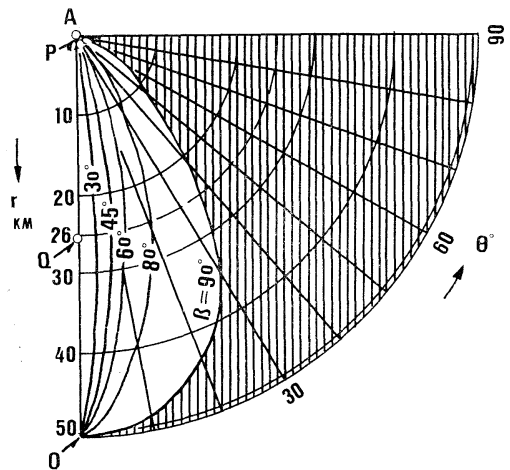


Fig. 5. An idealized expression of profiles of the acoustic rays emitted at angle β from the source (O) to the coastal zone (P) through the zone Q. The hatched area is a shadow zone where no direct emission of any acoustic ray can be seen.

Fig. 5 では、音源から点Pを通る曲率円までの音波の経路を、音源から出る時の角 β をパラメータとして示した。この図で斜線部は、音源からの音波が直接伝わらない範囲であり、影 (shadow zone) とよばれる領域である。

三陸沖では、沖合に位置する黒潮系の暖水塊と三陸海岸沿岸域の水温の高い沿岸水あるいは津軽暖流との間に親潮系の冷水域があって、等温線が平面的にみて曲率を

もった平行線である特殊な場合に限って、音源域付近に近い状態が沿岸域付近にもあらわれ、海岸のすぐ沖で大砲のような音としてとらえられても不思議ではない。しかも、そのような音が地震後、津波来襲の前に聞こえることは、大津波への予警報や対策上利用できるものと考えられる。

ここでは、三陸沖の地震を例として、大津波来襲前に沖合で大砲のような音がするという資料や記録の海洋物理学的説明にあたってどのような条件を考慮に入れるべきかについて簡単な検討を試みた。

本文をまとめるにあたり、多数の観測資料を参考にした。そのため、関係機関・関係官庁の各位より御好意ある助言・協力を得た。また、この種の問題に関心を寄せられ、いろいろの方々から有益な御意見をいただいた。

文 献

CLAY, C.S. and H. MEDWIN (1977): *Acoustic Oceanog-*

raphy. Wiley-Intersci. Pub., N.Y. 544 pp.

秦 克己 (1974): 黒潮から分離した暖水塊の変動について. 研究時報, **26**, 295-321.

KITANO, K. (1975): Some properties of warm eddies generated in the confluence zone of the Kuroshio and Oyashio Currents. *J. Phys. Oceanogr.*, **5**, 245-252.

中村重久 (1986a): 日本南岸の黒潮流域付近における海洋音速場について. *La mer*, **24**, 42-47.

中村重久 (1986b): 巨大津波の前駆異常音について. *La mer*, **24**, 48-52.

中村重久 (1987a): 能代沖の海洋音速場と1983年日本海中部地震津波について. *La mer*, **24**, 186-192.

中村重久 (1987b): 水中音波の減衰について. *La mer*, **24**, 198-201.

渡辺偉夫 (1985): 日本被害津波総覧. 東京大学出版会. 206 pp.

安田一郎・奥田邦明・水野恵介 (1986): 境界付近の渦についての数値実験—東北海区の暖水塊についての考察一. 東北区水産研究所研究報告, (48), 67-86.

資 料

フランス海洋情報(3)

Informations océanographiques de France N° 3

1. 1987年度研究費予算: 基礎分野では現状維持, 応用分野ではマイナス (Budget 1987 de la recherches: recherche fondamentale préservée mais recherche industrielle en baisse)

1987年度の非軍事用の研究開発予算額は, およそ 390 億 8,300 万フランにのぼる。これは, インフレを加味して, 前年度より 0.6% の増加となる。

CNRS, INRA, INSERM, ORSTOM 等の科学技術的性格の公的機関への配分は, 平均すると 10% と顕著な増額を見ているが, CEA, CNES, IFREMER 等の産業的性格の機関への増額はほんの僅かマイナスである。IFREMER (フランス海洋開発研究所) の分も後者で, 7 億 7,700 万フランの予算額は前年に比べて 4.3% のマイナスとなる。

表1. 1987年度研究機関向け予算 (経常費+概算要求通加分). 単位, 百万フラン.

	1987年度	前年比(%)
CNRS 国立学術研究センター	3,812	+10
INSERM 国立衛生医学研究所	1,576	+14
INRA 国立農業研究所	2,196	+ 8.9
ORSTOM 海外開発協力科学研究所	693	+ 9
CNES 国立宇宙研究センター	5,022	+ 3.6
CEA 原子力庁	6,730	- 4.3
IFREMER 海洋開発研究所	777	- 4.3
AFME エネルギー局	163	-36
ANVAR 研究評価局	650	+10

2. 仏・加漁業交渉: 困難な妥結 (Accord à la pêche difficile entre français et canadiens)

フランス・カナダ間で1972年に結ばれた協定は, 漁獲高割当の定期的な見直しをうたっている。1980~86年にわたっての, カナダ 200 海里内での生鱈 (cabillauds) のわが国への漁獲割当量は 2 万トンであった。1986 年 3 月, フランスは 3 万トンを要求したが, カナダからの回答はまだなされていない。来たる 10 月 8, 9 日の両日,

両国は協定の結着のためにパリで再会談する予定である。今日, フランスの遠洋漁業は, カナダ領海で操業する漁船としては 10 隻余りしか持っていない。

3. 牡蠣の通信販売 (Vente des huîtres par correspondance)

テスト段階を終えて, シェラント・マリタイム県 (西南海岸地域) は, 今冬からフランスの 16 東北県へ向けて牡蠣の通信販売に本格的に乗り出す。マレンヌ-オレロン湾から, 5kg の小包にして家庭に届けるという現在のサービスが大成功だったからだ。調査によると, お得意先は農村部に住む高齢者層で, これまでは牡蠣を口にすることは稀か全くなかった人々だそうである。マレンヌ-オレロン湾の業者の目標は, 郵便局との合意に基づき, 毎週, 県単位で 100 個の小包を発送することである。

4. シベリアチョウザメの飼育 (Elevage de l'esturgeon sibérien en France)

仏ソ科学協力の一環として, CEMACREF (フランス農水林業機械化試験センター) の研究チームは, 1975 年以来, ソ連から贈られるチョウザメの稚魚 (生後 14~16 カ月) を試験飼育しているが, *Acipenser ruthenus* と *A. baeri* の 2 種が最も採算性が高いことが明らかにされた。両種とも回遊性がきわめて低い。もともと大西洋沿岸に生息する *A. sturio* は絶滅の道を辿っていると見られる一方, 1981 年以來のこのシベリア産の 2 種の毎年の試験増殖でフランス生れの種魚が定着するようになっていくが, *A. baeri* の方が飼育に適すると思われる (700g/孵化年, 1kg 以上/年)。1986 年 4 月には, ドンザック養殖場 (ランド県) で 4 万 5 千匹のこの種の稚魚が孵った。今日, たくさんの養殖業者が, 商品ベースでの飼育を手掛ける用意のあることを表明している。

5. 四倍体魚の生産 (Production de tétraploïdes chez les poissons)

現在, 魚類とくにサケ科の遺伝子改良のためには, 単性化 (雌) と三倍体化の操作がとりわけ活用されているが, INRA (国立農業研究所) の研究チームが, これら不妊雌三倍体の産出を容易にする目的で, 4 組の染色体

を持つ四倍体の生産をめざしている。二倍体の胚に、第一期細胞分裂中、圧力ショックを加えることで染色体の量を倍化することが可能であるが、すでにマスでは、こうして得られた四倍体の雄を通常の雌と交配させることによって、完全な不妊三倍体の子孫が生れている。この三倍体産出法は植物の分野では広範囲に使われているが、テラピアを一例としていくつかの魚種にも応用可能であろう。

6. 海亀の飼育 (Elevage de la tortue de mer)

世界的な海亀の養殖場 (fermes d'élevage) 2カ所のうち、その一つがレユニオン島にある。この養殖場はコラーユ社 (Compagnie Réunionnaise d'Aquaculture et d'Industries Littorales) のもので、この会社の53%の株はパリのレ・グランムーラン社 (les Grands Moulins) が所有している。

レユニオン島に隣接する二つの小島で、日中に孵化した子亀は海鳥の嗜好の餌食だが、この子亀達のみを採取する。孵化時には25gの個体が、3才時には30kgに達するが、そこでかれらは屠殺される。甲羅はベッ甲製品となる一方、皮は鞣されて高級皮革となる。残った約20kgの肉はステーキ用となるか加工用とされる。現在、コラーユ養殖場は、年産2,000トンだが、輸出はしていない。

7. ラジオゾンデによる洋上気象観測の新システム

(Nouveau système météorologique de radiosondages en mer)

気象観測船フランスⅠとフランスⅡは1985年12月31日で廃船となったが、洋上ラジオゾンデの新システムがル・アーブルアンティーク間を航行するジェネラル・トランザトランティック会社 (La Compagnie Générale Transatlantique) の4隻のコンテナ船に設備された。この新システムによれば、従来の定点観測が60回/月であったのに対し、航路上の各点で100回/月のラジオゾンデ観測が可能となる。船上自動ラジオゾンデシステム (Système Automatique de Radiosondage Embarqué, SARE) と呼ばれるこのシステムは次のような仕組みになっている。

移動装置: これは船上から打ち上げられ、ヘリウムガス風船1つ、気圧、温度、湿度を測るための電池と集積器を装備したラジオゾンデ1基、風を測るためのオメガ信号受信ユニット1基、船との連絡を保つためのラジオ発信器1基の4組一式から成っている。

船上固定装備: これはラジオゾンデ受信器1基、オメガ受信器1基、リアルタイムにおける諸情報を処理しメ

ッセージを作成するための検査用プリンター付小型計算機1基、静止衛星メテオサットへ向けての発信ラジオビーコン1基の4組一式から成る。パリの気象庁は、測定後15~30分のうちに情報を受けとることが出来る。

8. マルセーユからシンガポールまで: 延長 13,600km の海底ケーブル (De Marseille à Singapour: 13,600 km de cable sous-marin)

この東南アジア-中近東-西ヨーロッパ海底ケーブルは、シンガポールを、インドネシア、スリランカ、ジブチ、サウジアラビア、エジプトそれにイタリアを経て、フランスへと結ぶことになる。この計画はシンガポール・テレコム (Télécom Singapour) とPTTとの合意に添って着手されたものだが、これまでは東南アジア、中近東、西ヨーロッパ間の国際通信は衛星のみに依存していた。総額3百億フラン (40億8千万ドル) にのぼるこの計画には、フランスが20%、シンガポールが19%、サウジアラビアが17%を投資し、のちに18カ国が参加した。計画の大部分に当たる5区間-マルセーユ~パレルモ、パレルモ~アレクサンドリア、スエズ~ジェッダ、ジブチ~コロンボそれにシンガポール~メダン-は、フランスのシュブマルコン建設事業体 (アルカテル社 Alcatel とケーブルドリヨン社 Cable de Lyon) が受け持ち、ケーブル9,000kmがフランスのケーブル船“ヴェルコール号”によって敷かれた。メダン~コロンボ間は日本のNECが、ジブチ~ジェッダ間はイギリスのSTCが、スエズ~アレクサンドリアの地上区間はオーストリアのSiemensが受持った。

9. GEP と ASTEO 合併 (Le GEP et l'ASTEO ont fusionné)

GEP社 (Groupement intersyndical pour l'équipement des industries du pétrole, du gaz et de la géothermie) とASTEO (Association scientifique et technique pour l'exploitation des océans) は1986年3月合併してGEP-ASTEO社となった。この日、規模も分野も様々な約200の企業が同一グループに入った。フランス石油研究所 (IFP)、エルファキテーヌ社 (Elf Aquitaine)、フランス石油会社、地質鉱物研究所 (BRGM)、専門職組合、サービス業 (銀行・保険・運送) などである。この新グループの主な活動は

- i) メンバー間の交流の拡大
- ii) 公権力: 工業省・外務省・商務省との関係
- iii) 海外での共同宣伝活動 (例えば1985年1月の日本での展示会のような)
- iv) 構成員の職業的商業的情報伝達

などで発揮される。

10. 造船海運研究センター (CRAIN: Centre de Recherche pour l'Architecture et l'Industrie nautique)

フランス南西地方のラ・ロシェルにあるこのセンターは、“アメリカ杯”を賭けたヨット“フレンチ・キス号”の12m JIの帆の設計を担当したことで特に話題を集めている。この会社には15人程の技術者や研究者が集っており、陣頭指揮を取っているのはコレージュ・ド・フランスと併任の数学者で、しかもヴェテランのヨットマンであるフィリップ・パリュ・ド・ラ・バリエール氏である。このCRAIN社は、また、ル・アーブルで現在建造中の旅客帆船の帆の構造の全計算を委されてもいる。

11. 魚類病理学概説 (Précis de pathologie de poissons)

INRAの近刊。本文348p., カラー図版14p., モノクロ写真225図, 挿図80, 表60p., 引用数600の参考文献欄, 価格360フラン。本書は5章から成る: 魚病一般, 病因的病理学, 養殖形態別主要病理, 診断法, 魚病の予防と治療。注文先: INRA-Services des Publications, Route de St. Cyr, F-78000-Verseilles, France. TELEX: INRAPUB 699 368 F.

12. フランスにおける動物性食品流通のしくみ: 水産物の部 (Les filières des produits animaux en France-Produits aquatiques)

CEREOPA*の近刊。175p. フランスにおける動物性を水産食品の、生産者から消費者までの流通のしくみの諸段階(生産, 市場への出荷, 小売と消費)の諸相を描く。読者は、介在する業者の差異, また, かれらがどんな機構の中で活動しているのか, そして, 流通する個々のあるいは一組の生産物について, 知識を与えられる。注文先: CEREOPA, 16, Rue Claude Bernard, 75231-Paris Cedex 05, France. [価格不詳]

[後記] フランス速報 Flash-France No. 2 (1986年10月20日付, パリ仏日海洋学会発行)の全項目の翻訳である。なお, 誌名はこの号から改題されている(La mer, 24: 162参照)。

(文責 嶋野敏夫)

* 動物産品経済編成調査研究センター Centre d'Etude et de Recherche sur l'Economie et l'Organisation des Productions Animales.

図 書 紹 介

海産物・水産増養殖業年鑑と漁船装備年鑑

Annuaire de la marée et de l'aquaculture 1986 (55ème année).
Paris, Sté Les Editions Maritimes. 1986. 1, 114 p. 17.5×24.5 cm.
420FF (送料込)。ISSN 0767-3841.

Annuaire de l'armement à la pêche 1986 (30ème année). Paris,
Sté Les Editions Maritimes. 1986. 917 p. 15.5×23.5 cm. 340FF
(送料込)。

フランスの漁業や水産増養殖業についての人名便覧2冊が最近相次いで出版された。そこには、フランスの水産業に関心があれば、業界人はもとより、学界人も手許において有益な情報が満載されている。これら2冊の内容を簡単に紹介する。

海産物・水産増養殖業年鑑は7章に分けられ、取扱品目別地域別海産物業者名簿(1章)、商品別海産物関連小売業者名簿(2章)、商品別増養殖業関連小売業者名簿(3章)、地域別海産物流通関連機関団体名簿(4章)、近代的増養殖業生産者名簿(5章)、行政機関、公共団体、国際機関、生産者団体の各名簿(6章)および海産物流通・増養殖業関係法規集(7章)からなる。巻末に地域郵便番号索引43ページと事項索引11ページがある。

漁船装備年鑑は、行政機関をはじめ、公共団体、国際機関、漁業団体、漁業共済団体、漁業協同組合の各名簿、商品別漁業関連小売業者名簿、地域別船主別漁船装備仕様一覧および漁業関係法規集からなり、巻頭に人名索引6ページ、船主索引42ページおよび漁船索引41ページを付す。

ここに挙げた書籍内容からも読み取れるように、この

年鑑は名簿を主体として、漁業生産統計などは載っていない。これらは系列会社の月刊誌 La Pêche Maritime で月報として参照できるし、年初号(1月号あるいは2月号)には年報が掲載される。

発注先は下記の通りである。

Sté Les Editions Maritimes, 190, Bd Haussmann,
75008 Paris. Télax: NAVIMAR 29013F. 郵便振替
替口座: CCP Paris 426-23K.

なお上記雑誌 La Pêche Maritime の発注先も参考のために記しておく。

La Pêche Maritime, 190, Bd Haussmann, 75008
Paris. Télax: NAVIMAR 29013F. 郵便振替口
座: CCP Paris 30041-00001 0042623 K020-82.
銀行口座: Société Générale Agence AZ, 1, avenue
de Friedland, 75008 Paris (Compte No 30003-
03460-000200028 62-20). 日本での年間購読料
(1986年現在)は、1,200FF(船便)、1,459FF(航
空便)、書留便加算分 168FF.

(高木和徳)

学 会 記 事

1. 昭和61年11月27日 東京水産大学において学会賞受賞候補者推薦委員会（第1回）が開かれ、委員長に井上実氏を選出し、推薦方法および日程を決めた。
2. 昭和61年12月22日 東京水産大学において学会賞受賞候補者推薦委員会（第2回）が開かれ、評議員からの推薦をもとに審議の結果、もう一度1月に委員会を開いてさらに審議することとした。
3. 昭和62年1月17日 東京水産大学において学会賞受賞候補者推薦委員会（第3回）が開かれ、前回に引続いて審議の結果、谷口旭氏を推薦することとし、その旨委員長から会長宛に報告された。
4. 昭和62年2月27日 日仏会館会議室において日仏会館との共催で「養殖と寄生虫学」について講演会が開催された。講演者は、フランソワ・シマール（東京水産大学）、パトリック・シラン（モンペリエ第2大学）、小川和夫（東京大学）の各氏。

5. 新入会員

（正会員）

氏名	所 属	紹介者
Frederico P. Brandini,	Centro de Biologia Marinha, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil	有賀祐勝
島津 仁一	〒354 埼玉県入間郡三芳町藤久 保1041-5	松生 治
小林 貴	〒227 横浜市緑区鉄町1614 桐蔭学園工業高専	矢内秋生
中田 英昭	〒164 東京都中野区南台1-15-1 東京大学海洋研究所	松生 治
嶋野 敏夫	〒198 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学	宇野 寛

（賛助会員）

日立造船株式会社因島工場バイオ事業部
 〒722-23 広島県因島市土生町2274-1

6. 住所変更

（正会員）

半沢 正男	〒658 神戸市東灘区岡本1-2-27-213
布垣 寛一	〒617 京都府長岡京市今里2-16-10 三鬼エンジニアリング株式会社

宇野 寛	〒175 東京都板橋区徳丸1-6-1-231
岡見 登	〒270-01 千葉県流山市江戸川台東4-268
磯田 豊	〒790 愛媛県松山市文京町3 愛媛大学工学部海洋工学科
上原 研吾	〒215 神奈川県川崎市麻生区虹ヶ丘 2-3-9-308
関根 明彦	〒175 東京都板橋区高島平8-6-11 メゾンド高島平8611-402
秋田県水産振興センター（旧秋田県水産試験場）	〒010-05秋田県男鹿市船川港台島字鶴の崎 16 （賛助会員）
丸文株式会社	〒103 東京都中央区日本橋大伝馬町 8-1

7. 退 会

猿橋勝子, 結城勝久, 若林 清, 安井 正, 菱田耕造,
 日本太平洋海底電線

8. 受贈図書

日本学術会議月報 27 (11, 12), 28 (1)
Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo (23)
海洋産業研究資料 17 (8, 9)
海洋牧場ニュース 3
Look Japan 32 (368)
鯨研通信 (365, 366)
東海大学海洋学部紀要 (23)
航海 (90)
なつしま (86)
高知大学海洋生物教育研究センター研究報告 (8)
研究実用化報告 35 (12), 36 (1)
しおさい (3)
広島日仏協会報 (95)
地質調査所クルーズレポート (21)
広島大学生物生産学部紀要 25 (1/2)
日本プランクトン学会報 33 (2)
海流観測情報 (JODC カタログ) (18)
文献目録 (外国編) (JODC カタログ) (19)
国内海洋調査一覧 (18)
海洋水産研究 1984 (6)
山東海洋学院報 16 (3, 4)

科学通報 31 (22~24), 32 (1, 2)

海洋与湖沼 17 (3, 4)

韓国海洋学会誌 21 (4) (20周年記念号)

Bull. Inst. Geolog. Bassin Aquitaine (40)

日仏海洋学会役員・評議員

(昭和 61~62 年度)

顧問 ユベール・プロシエ 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 レオン・ヴァンデルメルシュ

名誉会長 オーギュスタン・ベルク

会 長 宇野 寛

副 会 長 高野健三, 内田 宏

幹 事 (庶務) 須藤英雄, 有元貴文; (会計) 松生
 治, 高橋 正; (渉外) 高木和徳, 佐伯和昭;
 (研究) 関 文威, 小池勲夫; (編集) 有賀

祐勝, 山口征矢

監 事 久保田 穰, 辻田時美

評 議 員 青木三郎, 青山恒雄, 阿部友三郎, 有賀祐勝,
 石野 誠, 磯 舜也, 市村俊英, 井上 実,
 岩井 保, 内田 宏, 宇野 寛, 岡市友利,
 岡部史郎, 岡見 登, 小倉通男, 加藤重一,
 梶浦欣二郎, 鎌谷明善, 川合英夫, 川原田
 裕, 久保田 穰, 黒木敏郎, 西条八東, 佐伯
 和昭, 坂本市太郎, 坂本 亘, 末常泰男,
 須藤英雄, 関 文威, 平 啓介, 高木和徳,
 高野健三, 高橋 正, 多紀保彦, 谷口 旭,
 辻田時美, 寺本俊彦, 鳥羽良明, 冨永政英,
 永田 豊, 奈須敬二, 奈須紀幸, 西沢 敏,
 根本敬久, 野村 正, 畑 幸彦, 半沢正男,
 日比谷 京, 平野敏行, 増沢譲太郎, 松生
 治, 丸茂隆三, 三浦昭雄, 村野正昭, 森田良
 美

賛 助 会 員

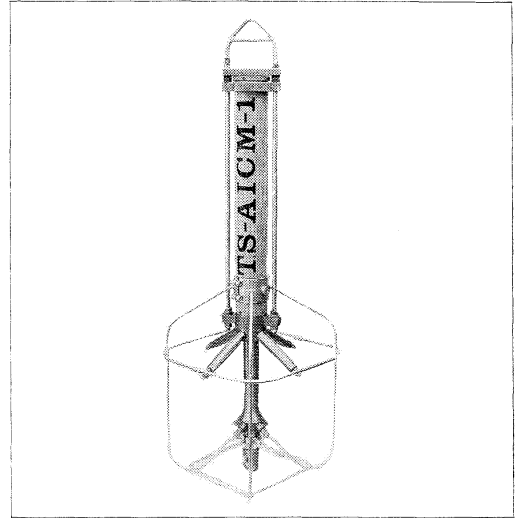
- 旭化成工業株式会社
株式会社 旭 潜 研
阿 部 嘉 方
株式会社内田老鶴園新社 内田 悟
有限会社 英和出版印刷社
株式会社 オセアノート
小樽船舶用電機株式会社
海上電機株式会社
株式会社 川合海苔店
三信船舶電具株式会社
シュナイダー財団極東駐在事務所
昭和電装株式会社
新日本気象海洋株式会社
全日本爬虫類皮革産業連合会
高 岡 屋
株式会社 鶴見精機
株式会社 東京久栄
株式会社東京久栄技術センター
東京製網繊維ロープ株式会社
株式会社 東急フーズミート
中川防蝕工業株式会社
株式会社 中村鐵工所
株式会社 西日本流体技研
日本アクアラング株式会社
(株) 日本気象協会研究所
日本テトラポッド株式会社
日立造船株式会社
因島工場バイオ事業部
深田サルベージ株式会社
古野電気株式会社
北斗理研株式会社
丸 文 株 式 会 社
三井海洋開発株式会社
宮 本 悟
株式会社ユニオン・エンジニアリ
ング 佐野博持
吉野計器製作所
株式会社 読売広告社
株式会社 離 合 社
渡辺機開工業株式会社
株式会社 渡部計器製作所
- 東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル
東京都北区栄町 9-2
東京都練馬区春日町 2-15-6
東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル
東京都文京区本駒込 6-15-10
東京都世田谷区北沢 1-19-4-202
小樽市色内町 3-4-3
東京都西多摩郡羽村町栄町 3-1-5
東京都大田区大森本町 2-31-8
東京都千代田区神田 1-16-8
東京都港区南青山 2-2-8 DFビル
高松市寺井町 1079
東京都世田谷区玉川 3-14-5
東京都足立区梅田 4-3-18
東京都台東区上野 6-7-22
横浜市鶴見区鶴見中央 2-2-20
東京都中央区日本橋 3-1-15 久栄ビル
埼玉県川口市柴鶴ケ丸 6906-10
東京都中央区日本橋本町 1-7-1
東京都品川区東品川 4-10-21
東京都千代田区神田鍛冶町 2-2-2 東京建物ビル
東京都江東区亀戸 1-43-1
長崎県佐世保市棚方町 283
神奈川県厚木市温水 2229-4
東京都千代田区麴町 4-5 海事センタービル内
東京都新宿区西新宿 2-7-1 新宿第一生命ビル17F
広島県因島市土生町2274-1
東京都千代田区神田錦町 1-9-1 天理教ビル8階
東京都中央区八重洲 2-3-13 藤和ビル
東京都東村山市多摩湖町 1-25-2
東京都中央区日本橋大伝馬町 8-1
東京都千代田区一ツ橋 2-3-1 小学館ビル
東京都中央区かきどき 3-3-5 かちどきビル (株)本地郷
神戸市中央区海岸通 3-1-1 KCC ビル4F
東京都豊島区駒込 7-13-14
東京都中央区銀座 1-8-14
東京都文京区本郷 6-19-7
愛知県渥美郡田原町神戸大坪 230
東京都文京区向丘 1-7-17

T.S三次元超音波流向流速計

T.S 3-DIMENSIONAL ACOUSTIC CURRENT METER AICM-1

特 徴

- 微弱流から強流まで高精度で計測可能。
- 3次元 (X.Y.Z成分) 流速測定。
- 内蔵ICメモリ方式
(記録の信頼性向上、容量の増大)
- 簡便なDATA処理
データ読出し用インターフェースに接続するだけで、データを直接お手持ちのパーソナルコンピュータに取り込み (RS232C)、各種の処理を行なうことができる。



装置仕様

測定性能	流向	0~360°
	流速	0~300cm/sec
測定精度	流向	±5°
	流速	1 cm/sec (0~40cm/sec) 指示値の2.5% (40~300cm/sec)
	分解能	流向 0.1° 流速 1mm/sec
記録間隔	連続、5分、10分 (外部より任意に選定可)	
記録時間	50時間、1ヶ月、2ヶ月	
記録方式	ICメモリ	

環境性能

耐温度	項 目	動作時	保存時
	流向流速計	-2~35°C	-30~+45°C
	データ読出し用 インターフェース	+10~+45°C	-30~+45°C

耐湿度	項 目	動作時	保存時
	流向流速計	海 中	35~95%
	データ読出し用 インターフェース	35~85%	35~95%

耐圧力	項 目	接触流体	圧 力
	流向流速計	海 水	0~31 kgf/cm ²
	データ読出し用 インターフェース	空 気	一気圧

寸法・重量	機 器 区 分	数量	寸 法 (mm)				重量 (kg) ()は水中
			高さ	幅	奥行	最大径	
	流向流速計 (設置架台を含む)	1	980	150	100	370	13 (10)
データ読出し用 インターフェース	1	40	150	100			

T.S.K

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

☎(045)521-5252代

FAX045-521-1717 テレックス3823750 TSK JPN J

アーンデラー表層域流速計 Model P-RCM

表層域(波浪域)測流の決定版!!

永年の豊富な知識と実績により浅海域の計測は新時代を迎えました。

Recording Current Meter

RCM series

Model. RCM-5
(深海用)

Model. RCM-4S (浅海用)

Model. P-RCM (表層用)

Model P-RCMは、アーンデラー流向流速計の安定した信頼性を、そのまま維持しながら、弊社におきまして独自に改良を加えられたものです。本機は、正逆の両方向の流速を別々に計測、及び磁気テープに記録する事により表層域における真の流速値を確実にとらえる事が出来ます。

輸入販売代理店: 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 KCCビル4F
Tel. (078) 332-3381代 Fax. (078) 332-5119 〒650
支店 東京都中央区銀座7丁目18銀座スカイハイツ602号
Tel. (03) 543-5399 Fax. (03) 545-5510 〒104



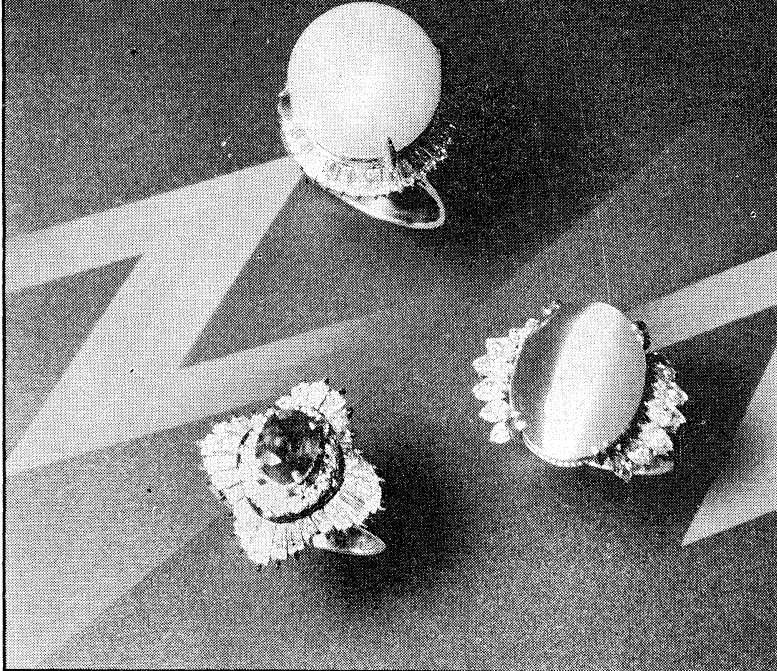
製造元: **AANDERAA INSTRUMENTS**



DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR
ADDRESS: 5051 BERXGEN, NORWAY

そのほか、弊社取扱い製品(アーンデラー製品全般、及び他の海洋関連機器)に関する詳細資料を請求下されば御送付させていただきます。

Pearl & Jewelry



輝
へん　の　な　み　わ　の　じ　よ　う　じ　よ

宝石の名門



東京・銀座

東京都中央区銀座6-7-2

電話572-5011(代表)

JEWELER miwa

No.7-2, 6-CHOME, GINZA,
TOKYO Phone(03)572-5011

営業案内

- 科学魚探SIMRAD
- 理研式GEK
- 曳航式水温計

D. B. T.
C / S T D
水中照度計
水中濁度計
溶存酸素測定器
サリノメーター

水中テレビジョン
自記流向流速計
比重計, 水色計, 標準海水
アクアラング
プランクトンネット類
採水器類

採泥器類
電気流速計
船用機器模型及標本類
標識票類

株式会社 **本 地 郷**

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

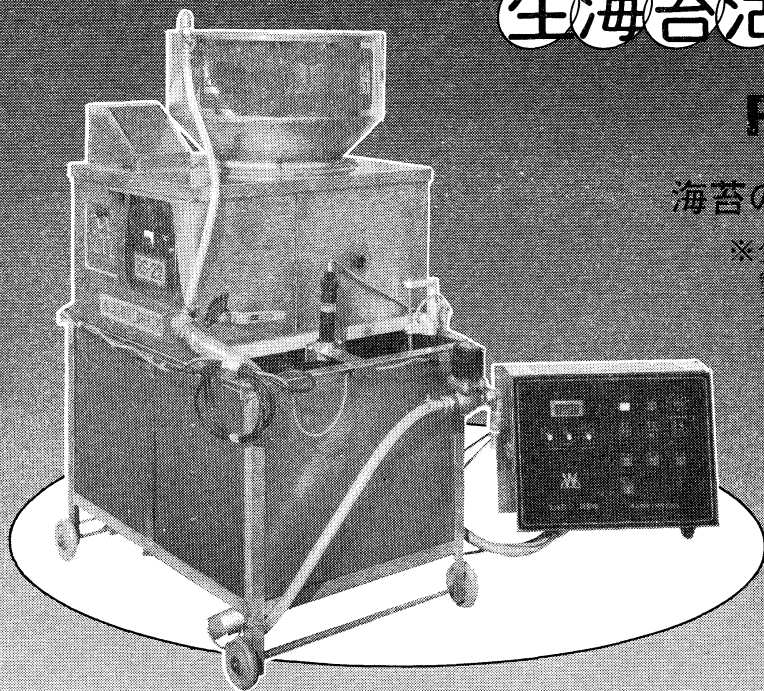
応援します。
 良い海苔づくり—

生海苔活性調整機

RS-2型

海苔の等級が数段あがる

※生海苔を活性化し、海苔
 製品の表面をなめらかに
 光沢よく仕上げます。



	RS-1型	RS-2型
高さ	770mm	1,400mm
幅	490mm	950mm
奥行	640mm	780mm
重量	65kg	186kg
モーター	40W (1台)	40W (2台)
	100W (1台)	60W (1台)
		100W (1台)
		150W (1台)



渡辺機関工業株式会社

愛知県渥美郡田原町神戸大坪230

電話 05312 (2) 1121 (代表)

食卓の 豊かさを求めて



(ニューカレドニア・エビ養殖池)

フランスとの共同事業として、現在ニューカレドニアにて、エビの養殖事業に参加しています



株式会社 東急フーズミート事業部

〒140 東京都品川区東品川 4-10-21 電話 東京 03 (471) 6401 番(代)

海苔の養殖から販売までの専門会社

まごころプラスワン



TAKAOKAYA



株式会社

高岡屋

東京都台東区上野6丁目7番22号

Takaokaya Company Limited.

7-22, Ueno 6-chome, Taito-ku, Tokyo, 110 JAPAN

日 仏 海 洋 学 会 編 集 委 員 会 (1986-1987)

委 員 長: 高木和徳

副委員長: 関 文 威

委 員: 青木三郎, 有賀祐勝, 半沢正男, 堀越増興, 鎌谷明善, 村野正昭, 小倉通男, 岡部史郎, 須藤英雄

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

幹 事: 有賀祐勝, 山口征矢

投 稿 の 手 引

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

〒108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学資源育成学科気付

日仏海洋学会編集委員会 委員長 高木和徳

昭和62年2月25日 印刷
昭和62年2月28日 発行

う む 第25巻
第1号

定 価 円 1,600

編 集 者 高 木 和 徳

発 行 所 日 仏 海 洋 学 会

財団法人 日仏会館内

東京都千代田区神田駿河台2-3

郵便番号: 101

電話: 03(291)1141

振替番号: 東京 5-96503

印 刷 者 佐 藤 一 二

印 刷 所 有限会社英和出版印刷社

東京都文京区本駒込 6-15-10

郵便番号: 113

電話: 03(941)6500

Tome 25 N° 1

SOMMAIRE

Notes originales

- Observation des antennules et détermination de l'âge chez le homard,
Homarus gammarus Yves HENOCQUE 1
- Experimental evaluation of the effects of dumped bauxite residue (red mud)
on marine phytoplankton (in Japanese)..... Shigemi SUZUKI and Tokimi TSUJITA 13
- Chemical composition of volcanics dredged from the Erimo seamount
(in Japanese) Hitoshi AOKI and Yusuke YAGI 19
- Timely variations of wind-induced waves in Tanabe Bay during the passage
of a March storm (in Japanese)..... Shigehisa NAKAMURA 24

Miscellanées

- A note on an acoustic tsunami precursor off Sanriku in the northwestern Pacific
(in Japanese) Shigehisa NAKAMURA 31
- Information océanographiques de France N° 3 (en japonais)..... 36

Analyses d'ouvrages 39

Procès-verbaux 40

第 25 卷 第 1 号

目 次

原 著

- ウミザリガニ *Homarus gammarus* の第 1 触角による年齢査定 (仏文) Yves HENOCQUE 1
- 赤泥が海洋植物プランクトンに及ぼす影響実験 鈴木繁美・辻田時美 13
- 襟裳海山で採取した火山岩の化学組成 青木 斌・八木祐介 19
- 田辺湾における 3 月暴風通過時の風成波の時間的変動 中村重久 24

資 料

- 太平洋北西沿岸の三陸大津波の前駆異常音について 中村重久 31
- フランス海洋情報 (3) 36

図書紹介 39

学会記事 40