
Tome 26

Novembre 1988

Numéro 4

La mer

うみ

昭和 63 年 11 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 1988 et 1989)

Directeur et rédacteur: Y. ARUGA

Comité de lecture: S. AOKI, M. HANZAWA, M. HORIKOSHI, A. KAMATANI, M. MAEDA, M. MURANO, M. OGURA, S. OKABE, H. SUDO, T. YANAGI

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

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

Note pour la présentation des manuscrits

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

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

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

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

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

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

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

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

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

Les manuscrits devront être adressés directement au directeur de publication de la Société: Y. ARUGA, Université des Pêches de Tokyo, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japon; ou bien au rédacteur étranger le plus proche: H. J. CECCALDI, EPHE, Station marine d'Endoume, rue Batteries-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.

Rôles et transformations des pigments caroténoïdes dans les réseaux trophiques marins*

Michel VINCENT**

Abstract: It has been established conclusively that fish and crustacean do not possess the ability to synthesize carotenoid pigments. The origin of these pigments is essentially vegetable. In the marine trophic webs they are present in all levels and they have many roles. In primary level, phytoplankton and algae, they have three functions: they have a photoreceptive function when chlorophyll is present in small quantities, they play a role in energy transfer between donor and acceptor of this energy, and they have a photoprotective function from the toxic effects of U.V. The carotenoid pigmentation pattern of fish and crustacean is the result of the pigments present in the diet which are stocked and metabolized. The common states of carotenoid pigments in superior levels are: in free state, linked with fatty acids or included in carotenoprotein and lipocarotenoprotein. These different forms, by their circadian and seasonal variations, can act on growth, reproduction and species survival. In this way, this multiplicity of forms and functions, in all levels of marine trophic webs, contributes to make them good bioindicators of marine populations at various physiological states. These studies on carotenoid pigments can help our understanding of the marine trophic webs functioning.

1. Introduction

Dans les réseaux trophiques marins, de nombreuses molécules énergétiques ou informatives sont transférées entre les différents niveaux d'organisation structurant les échanges, depuis la phase de production primaire jusqu'aux niveaux les plus élevés.

Les molécules de pigments caroténoïdes n'échappent pas à cette règle, et il est généralement admis qu'elles suivent des voies métaboliques similaires à celles des lipides. On considère que l'origine de ces pigments est végétale ou microbienne. Les caroténoïdes sont définis comme des pigments rouges ou jaunes possédant une structure aliphatique ou alicyclique, constituée dans la majorité des cas par huit unités isopréniques (KARRER et JUCKER, 1950). Tous les pigments caroténoïdes sont liposolubles, ce qui favorise leur intégration directe dans certaines membranes (OURISSON *et al.*, 1987). De ce fait, leur solubilité dans l'eau ne peut se produire

que lorsqu'ils sont liés à d'autres molécules ou à des macromolécules hydrosolubles. Par ailleurs, cette solubilité est conditionnée dans d'autres cas par la présence de fonctions acides permettant la formation de sels hydrosolubles.

On considère de façon classique que les animaux n'ont pas la capacité de synthétiser les molécules de caroténoïdes.

Au cours de leurs transferts entre les différents échelons des réseaux trophiques, les pigments caroténoïdes ne se présentent pas sous formes de molécules isolées: ils sont souvent liés à d'autres molécules qui permettent leur intégration dans les structures cellulaires de la matière vivante, et c'est ainsi qu'on les rencontre intégrés dans des lipoprotéines, des caroténoprotéines ou des caroténolipoprotéines. Ils jouent ainsi un rôle dans la pigmentation, la coloration, mais aussi dans la reproduction et semblent être à l'origine des pigments visuels (LENEL *et al.*, 1978).

Depuis la découverte du carotène par WACHENRODER (1881), la distribution des pigments caroténoïdes dans la nature a suscité de très nombreux travaux. Si ces pigments caroténoïdes sont présents à la fois dans le règne végétal et le règne animal, il n'y a pas de différences fondamentales dans leurs structures et dans leurs répartitions.

* Manuscrit reçu le 15 décembre 1987

** Laboratoire de Biochimie et Ecologie des Invertébrés Marins, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Centre d'Océanologie de Marseille, UA CNRS 41, Station marine d'Endoume, 13007 Marseille, France

Les pigments caroténoïdes végétaux sont généralement peu oxygénés; ils ont le plus souvent des structures de carbures ou très proches de celles des carbures, tandis que les pigments animaux sont plus oxygénés, contenant notamment des fonctions hydroxyles et cétones. Cependant, la répartition des différents caroténoïdes entre végétaux et animaux n'est pas stricte: par exemple la canthaxanthine, pigment caroténoïde considéré comme caractéristique des animaux, se rencontre en forte proportion (18%) chez une algue *Stigeoclonium* sp. (KATAYAMA *et al.*, 1971). De plus, de nombreux pigments caroténoïdes sont abondants chez les végétaux comme chez les animaux, par exemple la lutéine ou la zéaxanthine. Ainsi la notion de pigment caroténoïde animal ou végétal a évolué depuis les travaux de KUHN et LEDERER (1933) qui décrivaient pour la première fois la présence d'astacine chez le homard comme "caroténoïde différent de ceux des végétaux."

2. Les pigments caroténoïdes chez les végétaux et dans l'échelon primaire des réseaux trophiques marins

Plus de 300 pigments caroténoïdes ont été identifiés chez les végétaux (STRAUB, 1976) et leurs rôles dans le règne végétal sont multiples.

Photoréception: Les pigments caroténoïdes absorbent l'énergie lumineuse lorsque la chlorophylle est présente en faible quantité, puis transmettent à celle-ci l'énergie lumineuse ainsi captée (KATAYAMA *et al.*, 1971).

Phototransmission: Les pigments caroténoïdes participent aux transferts d'énergie chez les organismes photosynthétiques, par de multiples interactions avec les donneurs et les accepteurs de cette énergie (COGDELL, 1978). On peut ainsi trouver des complexes de type caroténo-porphyrines ou caroténo-porphéophorbides, résultant de liaisons covalentes entre pigments caroténoïdes, porphyrines et dérivés de chlorophylles (MOORE et GUST, 1987).

Photoprotection: Les pigments caroténoïdes semblent jouer un rôle de photoprotection chez les végétaux (KRINSKY, 1978), ainsi leur accumulation chez un champignon *Ustilago violacea* protège les cellules de celui-ci des effets nocifs des rayons ultra-violetts (WILL et SCOVEL, 1987).

Plus de 60 pigments caroténoïdes différents ont été identifiés chez les algues (LIAAEN-JENSEN, 1977, 1979), mais seulement 4 ou 5 sont présents dans toutes les classes d'algues.

Les principaux pigments isolés dans les espèces constituant le phytoplancton (Tableau 1) sont:

Le β , β -carotène, le ϵ , β -carotène, l' ϵ , ϵ -caro-

Tableau 1. Pigments caroténoïdes ([1]-[23]) rencontrés le plus fréquemment dans les réseaux trophiques marins: phytoplancton, mollusques, zooplancton et crustacés décapodes. La composition de ces pigments est donnée par les symboles (A-P)-(X-X')-(A-P) (voir Fig. 1).

| Réseaux trophiques Pigments | Composition des pigments | Réseaux trophiques Pigments | Composition des pigments |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| PHYTOPLANCTON | | MOLLUSQUES | |
| [1] β , β -carotène | A-X-A | [1], [9], [11] et [12] | |
| [2] ϵ , β -carotène | A-X-B | | |
| [3] ϵ , ϵ -carotène | B-X-B | ZOOPLANCTON | |
| [4] échinénone | F-X-A | [1], [4], [10], [11] et | |
| [5] mutachrome | I-X-A | [17] isocryptoxanthine | F-X-A |
| [6] β -cryptoxanthine | C-X-A | [18] isozéaxanthine | P-X-P |
| [7] allobétaxanthine | D-X-A | [19] astaxanthine | L-X-L |
| [8] crocoxanthine | D-X-B | [20] β -doradexanthine | D-X-C |
| [9] alloxanthine | D-X-D | [21] astacène | M-X-M |
| [10] lutéine | C-X-E | [22] canthaxanthine | F-X-F |
| [11] zéaxanthine | C-X-C | [23] phoénicoxanthine | L-X-F |
| [12] mutatoxanthine | H-X-C | | |
| [13] violaxanthine | G-X-G | CRUSTACÉS DECAPODES | |
| [14] néoxanthine | J-X-G, R=H | [1], [4], [10], [11], [17], [18], | |
| [15] fucoxanthine | K-X-J, R=Ac | [19], [20], [22] et [23] | |
| [16] péridinine | J-X'-K | | |

tène, l'échinénone, le mutachrome, la β -cryptoxanthine, l'allobétaxanthine, la crocoxanthine, l'alloxanthine, la lutéine, la zéaxanthine, la mutatoxanthine, la violaxanthine, la néoxanthine, la fucoxanthine et la péricidine ([1] à [16] dans le Tableau 1).

Les systèmes pigmentaires dans les algues sont multiples (JEFFREY, 1980). Sur la soixantaine de pigments caroténoïdes rencontrés chez les algues, la fonction de photoréception a été mise en évidence uniquement pour trois d'entre eux: la fucoxanthine [15], la péricidine [16] et la siphonaxanthine. Le rôle photorécepteur possible du β -carotène n'a été mis en évidence que chez les algues brunes (THRASH *et al.*, 1979). En ce qui concerne les activités non synthétiques des pigments caroténoïdes, la photoprotection n'a été mise en évidence expérimentalement que pour la péricidine [16], chez les dinoflagellés (KOKA et SONG, 1978).

En océanographie, la mesure de concentration de chlorophylle est utilisée pour estimer la biomasse phytoplanctonique dans la mesure où la synthèse organique d'origine végétale ne peut se faire qu'en passant par l'intermédiaire de la chlorophylle. Cependant il est admis que la concentration en chlorophylle peut varier indépendamment de la biomasse, en réponse à des variations de l'environnement comme l'intensité lumineuse (STEELE et BAIRD, 1965), ou sous l'influence du vieillissement des populations (MARGALEF, 1963). Ces calculs de biomasse tiennent rarement compte de l'influence des pigments caroténoïdes comme la fucoxanthine [15] chez les algues brunes ou la péricidine [16] chez les dinoflagellés sur la photosynthèse et la croissance cellulaire. Comme nous l'avons décrit précédemment, certains pigments caroténoïdes peuvent être les photorécepteurs majeurs pour certaines espèces du phytoplancton; ainsi leur concentration peut permettre une évaluation plus précise de la biomasse phytoplanctonique (LEHMAN, 1981).

En fait, les pigments caroténoïdes varient aussi avec les fluctuations du milieu (SHIMURA et FUJITA, 1975) et ne sont pas de moins indicateurs de biomasse que la chlorophylle; mais ils pourraient donner la possibilité de mettre en évidence les variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique. Cette approche permettrait

une évaluation globale des constitutants du plancton et, dans une étude plus fine, de l'état physiologique de la plupart de ses constitutants.

3. Echelons supérieurs des réseaux trophiques marins

Comme l'ensemble des animaux, les poissons et les crustacés n'ont pas la potentialité de synthétiser les pigments caroténoïdes. Cependant ils sont capables d'assimiler et de stocker les pigments à partir des aliments qu'ils ont ingérés.

Dans les échelons supérieurs de ces réseaux trophiques, les pigments caroténoïdes que l'on retrouve en majorité (Tableau 1) sont:

Le β , β -carotène [1], la lutéine [10], la zéaxanthine [11], l'isocryptoxanthine [17], l'isozéaxanthine [18], l'astaxanthine [19], la canthaxanthine [22] et la phoénicoxanthine [23].

Ces observations ont été faites chez les crustacés aussi bien pour le zooplancton que pour les crustacés de grande taille (Tableau 1).

Il faut noter que l'on rencontre de nombreux autres pigments caroténoïdes, intermédiaires des voies métaboliques et que l'on peut considérer comme secondaires, et dont la durée de vie est courte.

On rencontre les pigments caroténoïdes sous diverses formes qui sont essentiellement:

- (a) l'état libre,
- (b) l'état lié à des acides gras, sous formes d'esters ou d'autres complexes, ou
- (c) l'état complexé à des macromolécules sous la forme de caroténoprotéines ou caroténo-lipoprotéines.

La notion d'état libre est difficile à cerner et peut prêter à confusion; elle définit en fait toutes les formes qui ne sont pas des esters ou des complexes caroténoprotéiques, par exemple des formes cristallisées ou liées à une trame de polymères. On peut ainsi citer le cas de l'échinénone [4] qui a la possibilité de se lier directement à la chitine des crustacés par l'intermédiaire de liaisons chimiques encore peu connues.

Les formes estérifiées, monoesters ou diesters, se rencontrent dans la plupart des tissus de l'organisme et en particulier dans l'intestin et le tube digestif des poissons ou l'hépatopancreas des crustacés.

Ce fait est à mettre en relation avec les observations montrant que cet organe est très riche

Tableau 2. Caractéristiques des complexes caroténoprotéiques de quatre espèces d'échinodermes (CZECZUGA, 1983).

| Espèces | Couleur des spécimens | Couleur des caroténoprotéines | Groupement prosthétique |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <i>Astropecten aurantiacus</i> | Jaune-Rouge | Orange | Astaxanthine |
| <i>Astropecten spinulosus</i> | Marron-Vert | Orange | Zéaxanthine et Canthaxanthine |
| <i>Echinaster sepositus</i> | Rouge-Orange | Bleue | Zéaxanthine et Canthaxanthine |
| <i>Paracentrotus lividus</i> | Violet-Noir | Jaune-Vert | Isozéaxanthine |

en lipides et acides gras (GALOIS, 1982). Les esters de pigments caroténoïdes sont directement impliqués dans diverses transformations métaboliques qui s'opèrent au sein de l'animal. Ces formes estérifiées atteignant les tissus par l'intermédiaire de l'hémolymphe. De plus il existe certainement d'autres types de liaisons et d'affinités entre caroténoïdes et acides gras (VINCENT et CECCALDI, 1988).

Les caroténoprotéines ou complexes caroténoprotéiques sont à l'origine des variations importantes de la coloration chez la plupart des invertébrés marins. Cette grande variété de colorations est surtout visible au niveau des téguments des échinodermes, des mollusques et des crustacés.

La liaison entre le pigment caroténoïde et la protéine confère au complexe un caractère hydro-soluble particulier. De plus, la teinte de l'ensemble dépend de la nature du groupement prosthétique. Nous citerons en exemple une étude réalisée sur quatre espèces d'échinodermes (CZECZUGA, 1983) démontrant la multiplicité des formes des complexes caroténoprotéiques (Tableau 2).

Cependant, seuls certains pigments caroténoïdes possèdent les groupes carbonyles libres pouvant participer à la formation de complexes caroténoprotéiques. Les groupements cétoniques non énolisés de l'astaxanthine [19] et de la canthaxanthine [22] permettent des liaisons conjuguées avec les groupements amines terminaux des protéines.

Dans des essais de classification des caroténoprotéines (CECCALDI, 1968; MILICUA et GOMEZ, 1987) les auteurs distinguent deux classes principales: l'une regroupant les complexes caroténoïdes-protéines où n'existent seulement que caroténoïdes et protéines et l'autre incluant les caroténoprotéines où il existe très vraisemblable-

ment une interaction entre caroténoïdes et lipides.

Ces caroténolipoprotéines semblent jouer un rôle important dans les phénomènes de maturation sexuelle et de reproduction chez les mollusques et les crustacés.

Il est ici intéressant de noter le cas des crustacés des zones très profondes qui ont généralement une teinte rouge très marquée mais chez lesquels les conditions particulières de température et de hautes pressions paraissent inhiber la formation des caroténoprotéines (NADAKAL, 1963).

4. Importance de la quantité et de la qualité des pigments caroténoïdes apportés par la nourriture

Le transfert des pigments caroténoïdes de l'échelon primaire aux échelons secondaires des réseaux trophiques se fait par les relations nutritionnelles. Pour tous les animaux et en particulier pour les invertébrés marins, les seules sources de pigments caroténoïdes sont les aliments. La qualité et la quantité de pigments caroténoïdes contenus dans ceux-ci sont donc primordiales.

Les pigments caroténoïdes présents chez ces organismes sont distribués et accumulés dans les différents tissus après avoir été transportés dans l'hémolymphe par des lipoprotéines. La quantité et la nature des pigments intégrés dans les tissus sont différents et leurs propriétés changent au cours du cycle d'intermue (CASTILLO *et al.*, 1987) ainsi qu'au cours du cycle circadien de l'animal (OTAZU-ABRILL et CECCALDI, 1978; VALIN *et al.*, 1987).

La nature et la répartition des pigments caroténoïdes au sein de l'animal dépend donc de processus métaboliques oxydatifs complexes (Fig. 1).

On remarque, dans un tel schéma synthétique, que plus le degré d'oxydation des pigments caro-

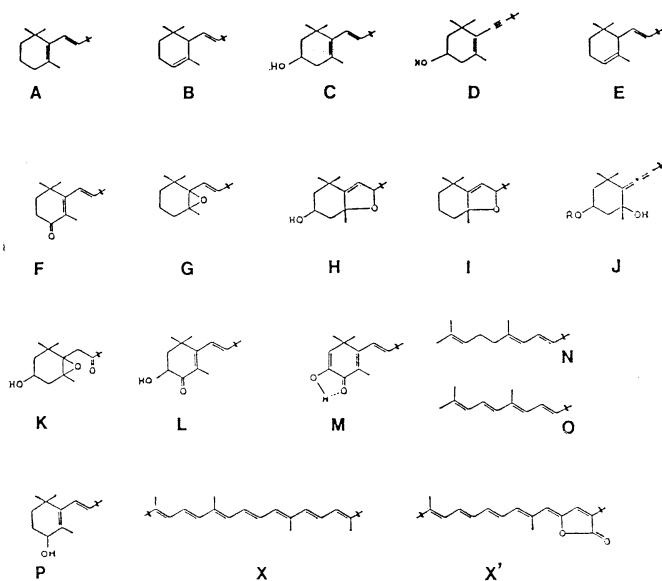


Fig. 1. Composants (A-P)-(X-X')-(A-P) des pigments caroténoïdes. Voir Tableau 1.

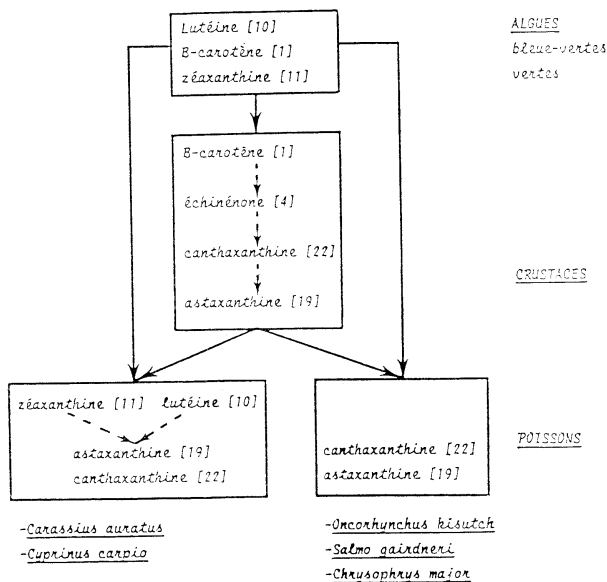


Fig. 2. Consommation des pigments caroténoïdes à l'origine de la pigmentation rouge des poissons marins (MEYERS et CHEN, 1982). Flèche de trait complet, consommation; flèche de trait discontinu, transformations métaboliques. Pour le chiffre dans les crochets, voir Tableau 1.

ténoïdes augmente, plus ceux-ci sont de façon caractéristique localisés chez les animaux; La figure 1 expose plus particulièrement le cas des crustacés.

En ce qui concerne les poissons, deux cas sont

possibles (Fig. 2):

(a) Un premier groupe, comportant la plupart des poissons d'eau douce comme le poisson rouge, *Carassius auratus*, et la carpe commune, *Cyprinus carpio*, possède la potentialité métabolique

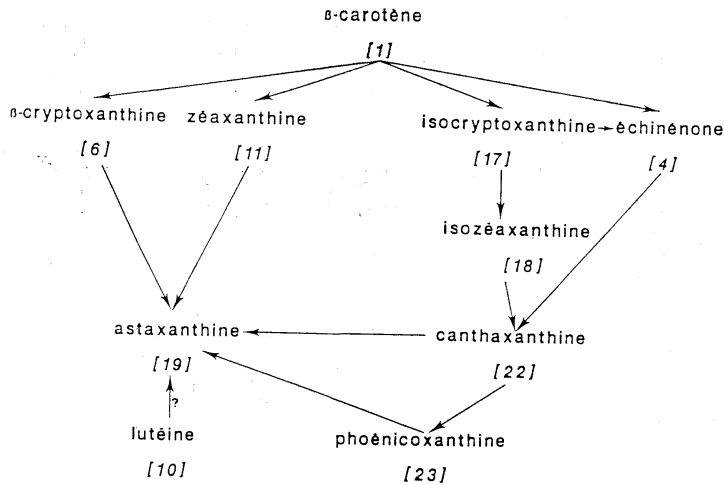


Fig. 3. Séquence d'oxydation théorique dans le métabolisme des pigments caroténoïdes chez les crustacés décapodes. Pour le chiffre dans les crochets, voir Tableau 1.

Tableau 3. Rétention de l'astaxanthine par la truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri*, à partir de différentes sources pigmentaires (MEYERS et CHEN, 1982).

| Source pigmentaire | Rétention des pigments (%) | Référence |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| <i>Calanus</i> sp. cru (diester 41%, monoester 36%, libre 23%) | 12,7 | TORRISSEN et BRAEKKAN (1979) |
| Crevette norvégienne (diester 88%, monoester 12%) | 1,4-2,7 | CHOUBERT et LUQUET (1983) |
| Déchets de crevettes | 6,0-10,0 | UGLETVEIT (1974) |
| Astaxanthine libre | 18,0 | } TORRISSEN et BRAEKKAN (1979) |
| Astaxanthine monoester | 10,3 | |
| Astaxanthine diester | 2,2-4,5 | |

d'oxyder la lutéine [10] ou la zéaxanthine [11] des aliments en astaxanthine [19]. Cependant, à l'inverse de la plupart des crustacés, ils n'ont pas la capacité d'utiliser le β, β-carotène [1] et la canthaxanthine [22] comme précurseur de l'astaxanthine [19].

(b) Le second groupe, qui inclut la plupart des poissons marins d'intérêt commercial comme le saumon coho, *Oncorhynchus kisutch*, la truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri*, ou la daurade, *Chrysophrys major*, est incapable de convertir le β, β-carotène [1], la zéaxanthine [11] ou la canthaxanthine [22] en astaxanthine [19]. Cependant ils peuvent transporter tous ces pigments caroténoïdes vers leurs tissus et les y déposer sans modification moléculaires (MEYERS et CHEN, 1982).

Tous ces résultats sont extrêmement importants pour aider à définir les modalités d'en-

richissement en pigments caroténoïdes des aliments complétés utilisés dans les divers élevages de crustacés et de poissons.

L'influence sur l'organisme et l'importance des pigments caroténoïdes ajoutés à des aliments sont démontrés chez les poissons (CHOUBERT et LUQUET, 1975, 1982, 1983; CHOUBERT, 1983) et chez les crustacés (OTAZU-ABRILL et CECCALDI, 1984).

Du point de vue nutritionnel, il est donc important de mettre en évidence la forme optimale d'assimilation des pigments caroténoïdes: est-ce une forme libre, une forme plus ou moins estérifiée ou un complexe de type caroténoprotéique? Une récapitulation des travaux réalisés chez la truite, *Salmo gairdneri* (Tableau 3) semble indiquer que pour l'astaxanthine [19], la forme optimale permettant la meilleure rétention soit la forme libre. Il serait cependant nécessaire de

compléter cette étude en expérimentant à l'aide d'esters ou des caroténoprotéines spécifiques (acides gras, lipoprotéines ou apoprotéines de structure déterminées).

Cependant, s'il est certain que le métabolisme des pigments caroténoïdes est étroitement lié à celui des lipides, il est très important de noter également les fortes corrélations qui existent avec celui des acides aminés. En effet, la présence de 8 % de méthionine dans un aliment composé destiné à des crustacés permet une meilleure accumulation des pigments caroténoïdes. L'ajout simultané de méthionine et d'isoleucine donne encore de meilleurs résultats. De plus, certains acides aminés comme la méthionine, l'isoleucine, la phénylalanine ou l'arginine sont, lorsqu'ils sont présents en trop fortes quantités, un facteur limitant l'accumulation des pigments caroténoïdes (OTAZU-ABRILL *et al.*, 1982).

En conclusion, la présence des pigments caroténoïdes dans les réseaux trophiques marins n'est pas négligeable (Tableau 1). Ils ont été recensés par exemple au nombre de 60 chez les algues (LIAAEN-JENSEN, 1977, 1979), de 42 chez les éponges (LIAAEN-JENSEN *et al.*, 1982), de 15 chez les mollusques dont la moule (CAMPBELL, 1970) et d'une trentaine chez les crustacés (LENEL *et al.*, 1978).

Si les interactions entre les pigments caroténoïdes et le métabolisme de l'animal sont très complexes, il ne faut pas oublier que les variations circadiennes et saisonnières de différents constituants biochimiques dans les échelons inférieurs des réseaux trophiques affectent directement le métabolisme des pigments caroténoïdes animaux constituant les échelons supérieurs de ces réseaux.

Ainsi, nous pouvons introduire ici la notion de biotraceur, puisque la nature qualitative et quantitative de pigments caroténoïdes peut permettre d'apprécier l'état d'un animal, voire d'une population. En outre, les acides gras étant, semble-t-il, de bons bioindicateurs dans les réseaux trophiques marins, leur association classique aux pigments caroténoïdes sous forme d'esters pourrait être un bon facteur indicatif des transferts entre les divers échelons de ces réseaux trophiques.

L'étude de l'évolution qualitative et quantitative des pigments caroténoïdes dans les réseaux trophiques peut permettre d'apprécier l'état physiologique des animaux à différents niveaux. Les

phénomènes d'adaptations chromatiques peuvent impliquer divers processus. Chez la majorité des crustacés à téguments mous et minces, ils n'impliquent que des migrations de granules pigmentaires à l'intérieur des chromatophores. Par contre, pour la plupart des crustacés à téguments durs et épais, ils sont directement liés à la formation des caroténoprotéines dont la couleur générale est bleue. Il paraît évident que ces complexes caroténoprotéiques ne peuvent pas se former s'il y a une carence en pigments caroténoïdes dans l'organisme. Le β , β -carotène [1] étant un facteur provitaminique A, ces fluctuations peuvent entraîner des variations dans la croissance des animaux.

L'accumulation des pigments caroténoïdes dans les ovaires des crustacés durant leur maturation n'est plus à démontrer (ESTABLIER, 1966; VINCENT *et al.*, 1988). Les pigments caroténoïdes semblent être indispensables à la maturation ovarienne, et leur présence dans les oeufs pourrait indiquer qu'ils y jouent un rôle de photoprotection, puis qu'ils sont à l'origine des pigments visuels des larves.

Ainsi, dans leurs interactions avec le métabolisme général de l'animal, les pigments caroténoïdes influent indirectement sur la croissance, la reproduction et la survie des espèces, et leur étude en tant que bioindicateur de ces paramètres peut permettre de mieux connaître leurs modalités d'action, et de leurs transferts au sein des réseaux trophiques marins.

Remerciements: L'auteur remercie le Professeur Hubert J. CECCALDI pour l'intérêt soutenu qu'il a manifesté au cours de ce travail, pour ses encouragements et pour ses fructueuses discussions.

Bibliographie

- CAMPBELL, S.A. (1970): The carotenoid pigments of *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. Comp. Biochem. Physiol., **32**, 97-115.
- CASTILLO, R., G. NEGRE-SADARGUES et R. LENEL (1987): Effect of moulting cycle on the metabolism of carotenoid pigments of the hermit crab *Clibanarius erythropus*. Abstr. 8th Int. Symp. Carotenoids, Boston, USA, July 27-31, 1987, p. 41.
- CECCALDI, H. J. (1968): Contribution à l'étude de la biologie des pigments de *Aristeus antennatus*

- (Risso, 1826). Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume, **43**, 365-381.
- CHOUBERT, G. (1983): La canthaxantine: ses effets sur la pigmentation de la truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri* (Richardson). Bull. Soc. Zool. Fr., **108**, 267-276.
- CHOUBERT, G. et P. LUQUET (1975): Nature des caroténoïdes fixés au niveau de la peau et du muscle de la truite arc-en-ciel ayant ingéré de l'huile rouge de Capelan. Ann. Hydrobiol., **6**, 123-130.
- CHOUBERT, G. et P. LUQUET (1982): Fixation et rétention musculaire de la canthaxanthine par la truite arc-en-ciel. Ann. Zootech., **31**, 1-10.
- CHOUBERT, G. et P. LUQUET (1983): Utilization of meal for rainbow trout (*S. gairdneri*) pigmentation. Influence of fat content of the diet. Aquaculture, **32**, 19-26.
- COGDELL, R.J. (1978): Carotenoids in photosynthesis. Philos. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B, **384**, 569-579.
- CZECZUGA, B. (1983): Carotenoprotein complexes in four species of Echinodermata from the Adriatic. Biochem. Syst. Ecol., **11**, 123-125.
- ESTABLIER, R. (1966): Estudio sobre los carotenoides de plantas y animales marinos. II. Variaciones del contenido en carotenoides de los ovarios y hepatopancreas del crustaceo *Plesiopenaeus edwardsianus*. Invest. Pesq., **30**, 223-232.
- GALOIS, R. (1982): Aspects du métabolisme lipidique chez quelques crustacés décapodes natantia. Thèse, Univ. Aix Marseille II, 273 p.
- JEFFREY, S.W. (1980): Algal pigment system. p. 33-58. In: P.G. FALKOWSKI, ed., Primary Productivity in the Sea. Plenum Press, N. Y.
- KARRER, P. et E. JUCKER (1950): Carotenoids. Elsevier, N. Y. 384 p.
- KATAYAMA, T., H. TSUCHIYA et C.O. CHICHESTER (1971): Mecanism of the interconversion of plant carotenoids into fish carotenoids. Proc. 7th Int. Seaweed Symp., Sapporo, Japan, August 8-12, 1971, p. 580-583.
- KOKA, P. et P.S. SONG (1978): Protection of chlorophyll *a* by carotenoid from photodynamic decomposition. Photochem. Photobiol., **28**, 509-515.
- KRINSKY, N.I. (1978): Non-photosynthetic functions of carotenoids. Philos. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B, **284**, 581-590.
- KUHN, R. et E. LEDERER (1933): Über die Farbstoffe des Hummers (*Homarus gammarus*) und ihre Stammsubstanz das Astacin. Ber. Dtsch. Chem. Ges., **66**, 488-495.
- LEHMAN, P.W. (1981): Comparison of chlorophyll *a* and carotenoid pigments as predictors of phytoplankton biomass. Mar. Biol., **65**, 237-284.
- LENEL, R., G. NEGRE-SADARGUES et R. CASTILLO (1978): Les pigments caroténoïdes chez les crustacés. Arch. Zool. Exp. Gén., **119**, 297-334.
- LIAAEN-JENSEN, S. (1977): Algal carotenoids and chemosystematics. p. 239-259. In: D.J. FAULKNER et W.H. FENICAL, ed., Marine Natural Products Chemistry. NATO Conference Series 4, Vol. 1. Plenum Press, N. Y.
- LIAAEN-JENSEN, S. (1979): Carotenoids: a chemosystematic approach. Pure Appl. Chem., **51**, 661-675.
- LIAAEN-JENSEN, S., B. RENSTROM, T. RANDAHL, N. HALLENSTEVET et P. BERQUIST (1982): Carotenoids of marine sponges. Biochem. Syst. Ecol., **10**, 167-174.
- MARGALEF, R. (1963): Modelos simplificados del ambiente marino para el estudio de la sucesion y distribucion del fitoplancton y del valor indicador de sus pigmentos. Invest. Pesq., **23**, 11-53.
- MEYERS, S.P. et H.-M. CHEN (1982): Astaxanthin and its role in fish culture. Proc. Warmw. Fish Cult. Workshop, **3**, 21-23.
- MILICUA, J.-C.G. et R. GOMEZ (1987): A tentative classification of the carotenoprotein. Abstr. 8th Int. Symp. Carotenoids, Boston, USA, July 21-31, 1987. p. 17.
- MOORE, T.A. et D. GUST (1987): Energy transfer to and from carotenoids. Abstr. 8th Int. Symp. Carotenoids, Boston, USA, July 27-31, 1987. p. 10.
- NADAKAL, A.M. (1963): Chromatology of crustacea parasite. J. Sci. Indust. Res. India, **22**, 401-408.
- OTAZU-ABRILL, M. et H.J. CECCALDI (1978): Variations circadiennes des pigments caroténoïdes dans les yeux et l'hépatopancreas de *Penaeus japonicus* (Crustacé décapode). C. R. Sci. Soc. Biol., Sér. A, **2**, 684.
- OTAZU-ABRILL, M. et H.J. CECCALDI (1984): Influence de caroténoïdes purifiés ajoutés dans les aliments composés sur la pigmentation de *Penaeus japonicus*. Aquaculture, **36**, 217-228.
- OTAZU-ABRILL, M., B.J. MARTIN et H.J. CECCALDI (1982): Influence des acides aminés purifiés ajoutés dans les aliments composés sur le métabolisme des pigments caroténoïdes chez *Palaemon serratus* (Crustacea: Decapoda). Aquaculture, **28**, 303-309.
- OURISSON, G., Y. NAKATANI, T. LAZRAC, A. MILON, G. WOLF, Y. DIYIZOU, A. GENEVOIS, B. CHAPPE et H. MUSIKAS (1987): Membranes properties of carotenoids: a phylogenetic hypothesis. Abstr. 8th Int. Symp. Carotenoids, Boston, USA, July 27-31, 1987. p. 28.
- SHIMURA, S. et Y. FUJITA (1975): Changes in the

- activity of fucoxanthin-excited photosynthesis in the marine diatom *Phaeodactylum tricorutum* grown under different culture conditions. Mar. Biol., **33**, 185-194.
- STEELE, J.H. et I.E. BAIRD (1965): The chlorophyll *a* content of particulate organic matter in the North Sea. Limnol. Oceanogr., **10**, 261-267.
- STRAUB, O. (1976): Key to carotenoids. Chemische Reihe, **24**, 164 p.
- THRASH, R.J., M.L.B. FANG et G. E. LEROI (1979): Research note on the role of forbidden low-lying excited states of light harvesting carotenoids in the energy transfer in photosynthesis. Photochem. Photobiol., **29**, 1049-1050.
- TORRISSEN, O. et O.R. BRAEKKAN (1979): The utilization of astaxanthin forms by rainbow trout (*S. gairdneri*). Proc. World Symp. Fish Nutr. Fishfeed Technol., **2**, 378-381.
- VGLTVEIT, S. (1974): Trials with red herring oil in trout feed. Transl. Ser. Fish. Mar. Serv., **3608**, [from Meld. SSF, **55F**, 12-14]
- VALIN, A., R. CASTILLO, G. NEGRE-SADARGUES et R. LENEL (1987): Quantitative aspects of carotenoid pigment circadian variation in the crawfish *Astacus leptodactylus*. Biochem. Syst. Ecol., **15**, 607-610.
- VINCENT, M. et H.J. CECCALDI (1988): Relation entre acides gras et pigments caroténoïdes chez un crustacés copépode *Calanipeda aquaedulcis* (Kritschagin, 1873). Biochem. Syst. Ecol., **16**, 317-324.
- VINCENT, M., L. RAMOS et M. OLIVA (1988): Variations de pigments caroténoïdes totaux dans l'ovaire et l'hépatopancréas de *Penaeus schmitti* Burkenroad (1936) (Crustacea: Decapoda) au cours de la maturation ovarienne. Biochem. Syst. Ecol., **16**, 431-436.
- WACKENRODER, H. (1881): Über das oleum radicum aetheum, das carotin den carotensucher und den officinellen succus danci. Geigers Mag. Pharm., **33**, 141-172.
- WILL, O.M. et C.A. SCOVEL (1987): Photoprotective function of carotenoids. Abstr. 8th Int. Symp. Carotenoids, Boston, USA, July 27-31, 1987. p. 21A.

海洋の食物連鎖におけるカロテノイド色素の転換と役割

Michel VINCENT

要旨: 魚類や甲殻類はカロテノイド色素を合成する能力をもたない。これらの動物のカロテノイド色素の起源は植物にある。海洋生物の場合、カロテノイド色素は全ての栄養段階の生物に含まれており、多くの役割をになっている。一次生産者段階の植物プランクトンおよび海藻では、カロテノイド色素は3つの働きをしている。すなわち、光受容体として、エネルギーの共与体と受容体の間に介在するエネルギー伝達体として、紫外線の有害作用に対する防護体として働く。魚類および甲殻類に含まれるカロテノイド色素は、それらの餌に含まれる色素が体内に蓄積されたり代謝されたりした結果である。高次栄養段階におけるカロテノイド色素は、一般に、遊離の状態、脂肪酸と結合した状態、またはカロテン蛋白やリポカロテン蛋白に含まれた状態で存在する。このような形のカロテノイド色素は、日周期的および季節的変動により、成長、生殖、ならびに種の生存に影響を及ぼす。従って、カロテノイド色素の海洋における食物網の全てのレベルでの形態と機能の多様性は、それらが種々の生理状態にある海洋個体群の優れた生物指標となるのに役立つと考えられる。カロテノイド色素に関するこのような研究は、海洋における食物網の機能に関する我々の理解の助けになるであろう。

Early developmental stages of some marine fishes from India

3. *Liza subviridis* and *L. tade**

Pathrose BENSAM**

Abstract: Features of the early developmental stages of two species of grey mullets in the marine fish fauna of Porto Novo, India, are given and the pigmentation pattern in the larvae and postlarvae of these and a few other species is commented upon.

1. Introduction

In the earlier two parts of the present series (BENSAM, 1986; 1987), one or more of the early developmental stages of nine Clupeiformes and one Gonorhynchiformes were described after investigations at Porto Novo, India, during 1977-79. In the present and third part of the series, the eggs, larvae, postlarvae and/or juveniles of two species of grey mullets (Family Mugilidae, Order Mugiliformes) are described. The material was collected from the same locality as stated in the first part (BENSAM, 1986) and methods applied here are also the same.

2. Results and discussion

2.1. *Liza subviridis* (Valenciennes)

This species, more commonly called *L. dussumieri* (Valenciennes), is both of capture and culture value in India and is distributed in Persian Gulf, Gulf of Oman, Sri Lanka, China, Queensland and Polynesia. Since little seems to be known on its early development, the eggs, larvae, postlarvae and juveniles collected during September-October 1977 are described here.

a. Eggs (Fig. 1, A-D)

Mature ova of *L. subviridis* vary in diameters from 0.45 to 0.55 mm, with the mean at 0.50 mm (Fig. 1, A). An oilglobule is present, in diameters of 0.145-0.156 mm, with the mean at

0.150 mm. Yolk is clear, neither segmented nor vacuolated and leaves a narrow perivitelline space. Coinciding with occurrence of the spawners of this fish, a large number of eggs resembling the ripe ova in all features are found in the plankton. These measure diameters between 0.53 and 0.57 mm, with the mean at 0.55 mm; and their oilglobules have diameters between 0.154 and 0.165 mm, with the mean at 0.15 mm. In developing eggs the oilglobules occupy an anterior aspect of the embryo. In an earlier stage of development (Fig. 1, B), there are two patches of light yellowish brown pigments in the head and black pigments intermingled with light yellowish brown chromatophores on the trunk and tail. Similar pigmentation is present on the oilglobules also. In a later stage (Fig. 1, C) the embryo is almost fully formed, when a yellowish brown blotch of pigments is seen midway between the hind end of yolksac and tail end. Hatching usually takes place in the afternoon of the day of collection, when the embryo emerges out of the egg capsule (Fig. 1, D).

b. Larvae (Fig. 1, E and F)

The newly hatched larva is 1.3 mm long (Fig. 1, E) with the oilglobule located at the anterior aspect of the yolksac. The pigment blotch in the mid postanal region is conspicuous. There are 7 preanal and 17 postanal myomeres. In a 24 hours old larva which measures 2.0 mm (Fig. 1, F), the eyes have become partly pigmented and the alimentary canal is under progressive development.

c. Postlarvae (Figs. 1, G and H, 2, I and J)

The earliest postlarva is reared in the labo-

* Received May 18, 1988

** Centre of Advanced Study in Marine Biology, Porto Novo, India

Present address: CMFRI Regional Centre, Mandapam Camp, 623 520 Ramnad Dist., Tamilnadu, India

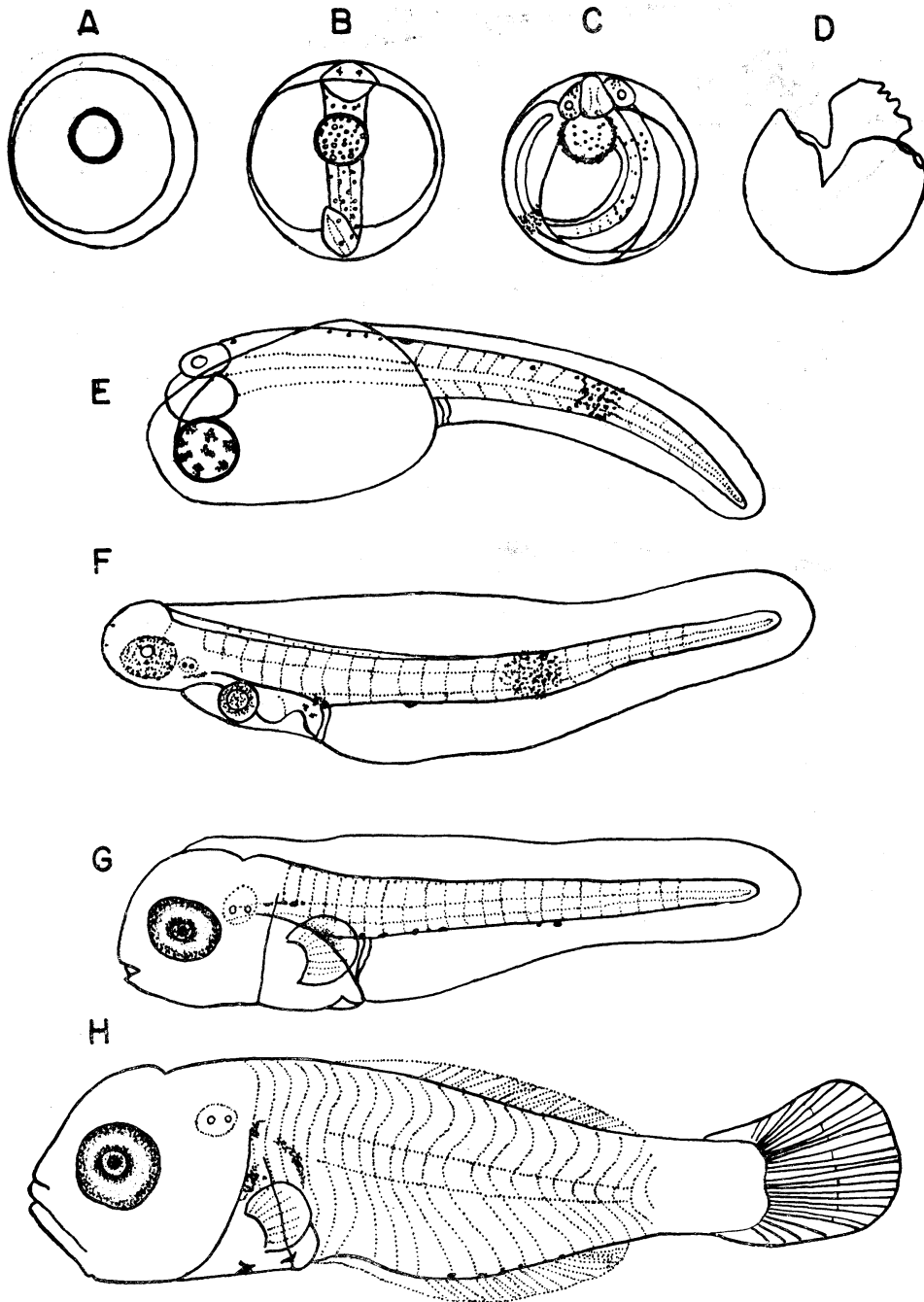


Fig. 1. Eggs, larvae, postlarvae and juveniles of *Liza subviridis* (a). A, Ripe ovum; B and C, planktonic eggs in two stages of development; D, empty egg capsule after hatching of the embryo; E, newly hatched larva of 1.3 mm in total length; F, 24 hours old larva of 2 mm; G, 48 hours old postlarva of 1.9 mm; H, planktonic postlarva of 4 mm. All drawn from preserved specimens, but A-C from live eggs.

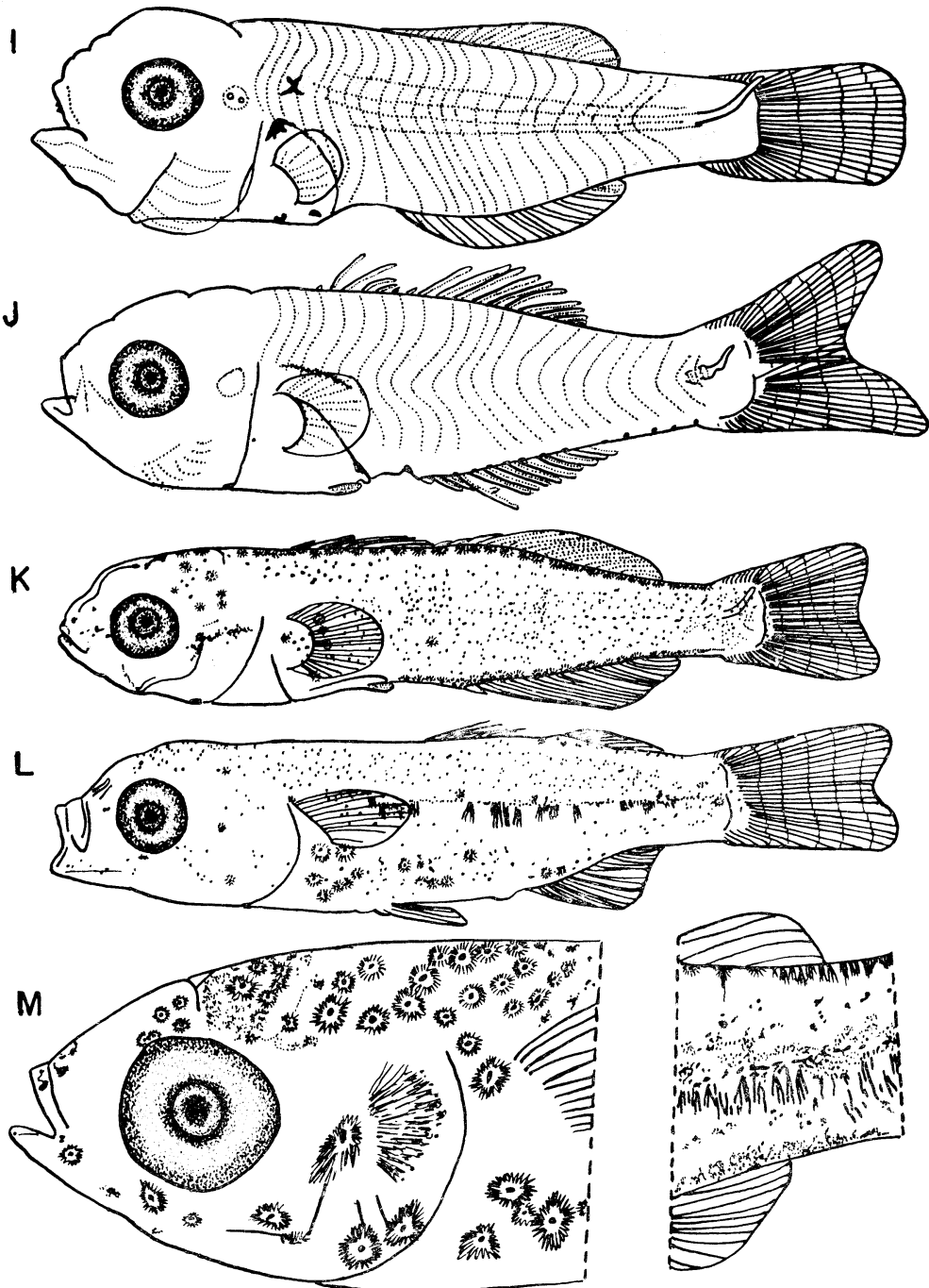


Fig. 2. Eggs, larvae, postlarvae and juveniles of *Liza subviridis* (b). I, planktonic postlarva of 4.5 mm in total length; J, planktonic postlarva of 7.2 mm; K, juvenile of 10.1 mm; L, juvenile of 12.4 mm; M and N, head and caudal peduncular regions respectively of a 14.0 mm juvenile. All drawn from preserved specimens.

ratory from egg stage and the others are collected from the plankton. The former is 48 hours old and measures 1.9 mm (Fig. 1, G). Apart from the postlarval characters such as pigmentation of eyes, development of pectoral fin and opercular cleft, there are black pigment spots on the dorsal aspect of trunk and a few yellowish brown chromatophores along ventral side of the body. Among the postlarvae collected from plankton, a 4.0 mm stage (Fig. 1, H) shows remnants of larval finfold along with rudiments of dorsal, caudal and anal fins. There are about 12 rays in the dorsal fin, 14 in the caudal and 12 in the anal. The number of preanal myomeres has decreased to 6 and that of the postanal myomeres increased to 18. In a slightly longer specimen of 4.5 mm (Fig. 2, I), the larval finfold has disappeared. The caudal fin has become bifurcated by 7.2 mm (Fig. 2, J) and the pelvic fin as well as the spinous part of the dorsal fin are formed. There are 6 spines and about 10 rays in dorsal fin, 32 rays in caudal and 12 in ventral fin. Disposition of the myomeres has changed to 7 preanal and 17 postanal.

d. Juveniles (Fig. 2, K-N)

The youngest juvenile collected measures 10.1 mm (Fig. 2, K). All the fins are under progressive development, with about 7 spines and 10 rays in dorsal fin, 34 rays in caudal fin, 12 in the anal, 10 in the pectoral and 3 in the pelvic. Pigmentation has increased considerably, in the form of blackish brown chromatophores in the snout, above and behind eyes, along dorsolateral and ventrolateral profiles and in the form of minute spots all over the body. Disposition of myomeres in this stage is 9 preanal and 15 postanal. Significant changes observed in a 12.4 mm juvenile (Fig. 2, L) are further development of all the fins and increase in pigmentation. Pectoral fin has become almost triangular. The dorsolateral and ventrolateral pigmentation has disappeared but a midlateral series has developed. The myomeres have become 10 preanal and 14 postanal in disposition. In a 14.0 mm stage the juvenile characters have become stabilised, with standard length of 11 mm, head length 3.3 mm, snout to origin of dorsal fin 5.7 mm, snout to pelvic 4.7 mm and snout to origin of anal 7.5 mm. Many chromatophores are present above the eyes, posterior dorsal

aspect of head and opercular region (Fig. 2, M). Pigmentation has increased along the dorso-lateral, ventrolateral and midlateral aspects of body (Fig. 2, N). It is in this stage that the myomere disposition corresponds to the adult condition of 11 preanal and 13 postanal.

e. Remarks

Although the diameter range of the eggs of *L. subviridis* falls within that of the eggs of *Mugil cephalus* (CHAUDHURI *et al.*, 1978) and of *Liza macrolepis* (NATARAJAN and PATNAIK, 1973) reported from India, the oilglobules in the eggs of *L. subviridis* are distinctly smaller than those of the other two species. The eggs and newly hatched larvae of *L. subviridis* differ from those of *L. macrolepis* in having a postanal blotch of pigments and an anterior location of the oilglobule. It may be noted in this connection that among the early larvae of most grey mullets reported from India, no character appears to be distinct enough to separate them species-wise without difficulty. The number and disposition of myomeres are not of much value because in most species these are the same. Hence, identification of the eggs and early larvae of most Indian grey mullets seems to be possible only by comparing the ripe ova with planktonic eggs.

In the planktonic postlarvae of *L. subviridis*, pigmentation is sparse, unlike those of *M. cephalus* reported by MARTIN and DREWRY (1978) and *Liza haematocheila* described by FUJITA (1979). It is only after the 7.2 mm stage that pigmentation increases in *L. subviridis*, thus reaching the general mullet pigmentation by 10.1 mm. In the early postlarvae of *M. cephalus* and *L. haematocheila* (*loc. cit.*) the midlateral pigmentation is dense, but in those of *Mugil curema* it is feeble (MARTIN and DREWRY, 1978). In *L. subviridis*, the midlateral row is absent in the early postlarvae and appears only in the early juvenile stage. These facts reveal that in the early development of grey mullets there are variations in pigmentation. Similarly, in the development of the anterior and posterior parts of the dorsal fin in *M. cephalus*, *M. curema* and *L. haematocheila* (*loc. cit.*), from the very beginning these parts are located away from each other. But, in *Liza parsia* SAROJINI (1957) has reported that the two parts are located

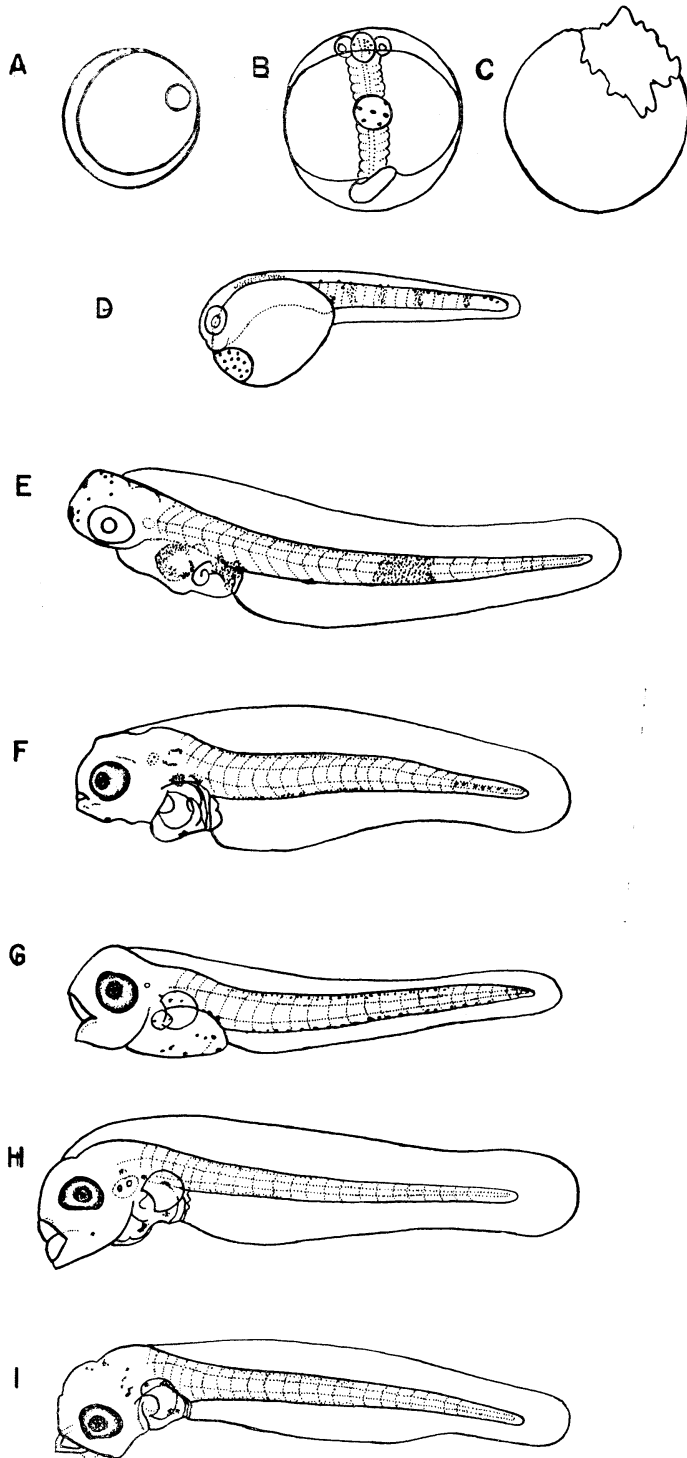


Fig. 3. Eggs, larvae and postlarvae of *Liza tade*. A, Ripe ovum; B, planktonic egg; C, empty egg capsule after hatching of the embryo; D, newly hatched larva of 1.3 mm in total length; E, 21 hours old larva of 1.9 mm; F, 42 hours old postlarva of 1.7 mm; G, 48 hours old postlarva of the same length; H, 66 hours old postlarva of 1.7 mm. All drawn from preserved specimens, but A and B from live eggs.

close to each other to begin with and it is only at a later stage that these are separated from each other. In *L. subviridis* the two parts are situated close to each other from 7.2 to 10.1 mm stages and it is only by 12.4 mm that the two parts get separated from each other.

2.2. *Liza tade* (FORSKÅL)

This is another commercially important grey mullet found in the Red Sea, Persian Gulf, India, Andamans, Penang, Malacca, China, Philippines and Australia. Nothing appears to be known on the early development of this species also so far.

a. Eggs (Fig. 3, A-C)

As judged from the appearance of mature, ripe and spent specimens of *L. tade* off Porto Novo, this species spawns there from January to May during 1977-79. Ripe ova (Fig. 3, A) range in diameters from 0.54 to 0.72 mm, with clear, unsegmented yolk and an oilglobule in the diameter range of 0.126-0.162 mm. Planktonic eggs (Fig. 3, B) have diameters from 0.63 to 0.72 mm, with clear, unsegmented yolk and an oilglobule in the diameter range of 0.126-0.188 mm. A few brownish pigment spots are present on the dorsal side of the head, the body and on the oilglobule. The embryos usually hatch out in the afternoon of the day of collection, leaving behind the egg capsule (Fig. 3, C).

b. Larvae (Fig. 3, D and E)

The newly hatched larva measures 1.3 mm (Fig. 3, D), with the oilglobule occupying an anterior position. In the posterior region of the body there are four vertical, brownish green pigment bands and above the hind end of the yolk sac there is a large pigment. Also, minute black pigments are present along the dorsal profile of the head, trunk and tail. In a 21 hours old larva measuring 1.9 mm (Fig. 3, E), a few pigment spots have appeared on the head, one spot above the anal region and another about 4 myomeres behind it. In the mid-postanal region, a vertical blotch of light yellowish green pigments has appeared; but, the four vertical bands noted in the previous stage have disappeared. There are 6 preanal and 18 postanal myomeres.

c. Postlarvae (Fig. 3, F-I)

When 42 hours old, measuring 1.7 mm (Fig. 3, F), the postlarval features are seen. Pigments

along the ventral aspect of the postanal region, above the pectoral region and at the ventral aspect of the viscera are more marked than in the larval stages. A few minute spots have appeared midlaterally at the caudal end. In a 48 hours old stage (Fig. 3, G), there is a further increase in pigmentation in the visceral region. By 66 hours (Fig. 3, H), there is a slight decrease in dorsal and ventral pigmentation and by 72 hours (Fig. 3, I), there is a diffusion in visceral pigmentation and a few pigment spots have appeared on the dorsal aspect of the mid brain.

d. Remarks

Similarities between the ripe ova of *L. tade* and the planktonic eggs have aided to identify the latter. Eggs of *L. tade* may be distinguished from those of *M. cephalus* reported from India (CHAUDHURI *et al.*, 1978) in that the former has an oilglobule smaller than that of the latter (0.29-0.38 mm). In the larvae and early postlarvae of *M. cephalus* as reviewed by RUSSELL (1976) and MARTIN and DREWRY (1978) and of *L. haematocheila* as described by FUJITA (1979), thick melanophores are present all over the body except posterior part of the tail. But, such a condition is lacking in the larvae of *Liza ramada*, *Chelon labrosus*, as reviewed by RUSSELL (1976), of *M. curema* by MARTIN and DREWRY (1978), of *Mugil corsula* as described by PAKRASI and ALIKUNHI (1953) and of *L. tade* described herein, in all of which pigmentation in the larvae is thin and sparse only. Also, while in *M. cephalus* and *L. haematocheila* a midlateral row of melanophores is present in the larvae and early postlarvae, in *L. ramada*, *C. labrosus*, *L. subviridis* and *L. tade* such a row is not present. In *M. curema* the midlateral row appears only after the 2.47 mm stage (MARTIN and DREWRY, 1978), in *M. corsula* by 6.4 mm (PAKRASI and ALIKUNHI, 1953) and in *L. dussumieri* (present paper) only after 10.1 mm.

From the information available on pigmentation in the larvae and postlarvae of some grey mullets, the following sets of groupings may be formulated. (1) Larvae with sparse pigmentation as in *L. ramada*, *C. labrosus*, *L. subviridis* and *L. tade*; and larvae with dense pigmentation as in *M. cephalus* and *L. haematocheila*. (2) Larvae with an yellowish postanal blotch as in *M. cephalus*, *L. subviridis* and *L. tade*; and larvae

without it as in *C. labrosus* and *L. haematocheila*. (3) Larvae with a midlateral row of pigments as in *M. cephalus* and *L. haematocheila*; and larvae without it as in *C. labrosus*, *M. curema*, *M. corsula*, *L. subviridis* and *L. tade*. In *M. corsula*, *M. curema* and *L. subviridis* this row develops only in later stages.

Acknowledgements

The author is indebted to Prof. K. TAKAGI at the Tokyo University of Fisheries for critically reviewing the present series and for arranging its publication. Grateful thanks are due to Drs. R. NATARAJAN of Centre of Advanced Study in Marine Biology, S. DUTT of Andhra University and T. TAKITA of Nagasaki University for their valuable guidance and constructive criticism.

References

- BENSAM, P. (1986): Early developmental stages of some marine fishes from India. 1. *Nematalosa nasus*, *Sardinella clupeioides*, *S. fimbriata*, *S. sirm* and *S. albella*. *La mer*, Tokyo, **24**, 33-41.
- BENSAM, P. (1987): Early developmental stages of some marine fishes from India. 2. *Ilisha melastoma*, *I. megaloptera*, *Thryssa dussumieri*, *T. mystax* and *Chanos chanos*. *La mer*, Tokyo, **25**, 43-52.
- CHAUDHURI, H., R.M. BHOWMICK, G.V. KOWTAL, M.M. BAGACHI, R.K. JENA and S.D. GUPTA (1978): Experiments in artificial propagation and larval development of *Mugil cephalus* Linnaeus in India. *J. Inland Fish. Soc. India*, **9**, 30-41.
- FUJITA, S. (1979): [Culture of larvae and juveniles of the mullet *Liza haematocheila* (Temminck et Schelegel). In Technical development in aquaculture of new material, 2.] *Saibai-gyogyo Gijutsukaihatsu Kenkyu*, Kobe, 8(2), 85-93. [in Japanese]
- MARTIN, F.D. and G.E. DREWRY (1978): Development of fishes of the Mid-Atlantic Bight. VI. Stromateidae through Ogocephalidae. U.S. Dept. Inter., Fish & Wildl. Serv.
- NATARAJAN, A.V. and S. PATNAIK (1973): Embryonic and larval development of Chilka mullet *Liza macrolepis* (Smith). *J. Inland Fish. Soc. India*, **4**, 15-19.
- PAKRASI, B. and K.H. ALIKUNHI (1953): On the development of the fresh water grey mullet *Mugil corsula* (Hamilton). *J. Zool. Soc. India*, **4**, 123-140.
- RUSSELL, F.S. (1976): The Eggs and Planktonic Stages of British Marine Fishes. Academic Press, London.
- SAROJINI, K.K. (1957): Biology and fisheries of the grey mullets of Bengal. 1. Biology of *Mugil parsia* Hamilton with notes on its fishery in Bengal. *Indian J. Fish.*, **4**, 160-207.

インド産海産魚類の初期発生段階

3. *Liza subviridis* および *L. tade*

Pathrose BENSAM

要旨: インド (マドラス州) ポルト・ノヴォ産ボラ類2種の初期発生にみられる形態的特徴を明らかにし, これら2種および近縁数種の稚仔に認められる色素沈着型の異同を論じた。

Accumulations simultanées de ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs et ^{144}Ce par le poisson, *Chrysophrys major**

Yoshiro IZUMO**, Hiromitsu OGATA** et Shigémitsu MORITA***

Résumé: Cette étude est une contribution à la compréhension des mécanismes de la contamination réelle d'organismes marins vivants par des radioéléments provenant d'installations nucléaires. Pour ce faire, les accumulations simultanées de ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs et ^{144}Ce chez un poisson, *Chrysophrys major*, ont été étudiées dans le but de se rapprocher de la contamination d'une espèce animale par divers éléments. Puis, pour aborder les mécanismes de l'accumulation, nous avons analysé d'une part la présence de ces radionucléides transférés dans les parties essentiellement protéiques des muscles et de la peau, et d'autre part l'état physico-chimique des éléments existant dans l'eau de mer. Nous avons observé des différences d'accumulation entre ces divers polluants, non seulement dans le poisson entier, dans ses tissus et ses organes, mais aussi entre ces divers tissus et organes ($p < 0.1$): les valeurs, exprimées en facteur d'accumulation, pour un poisson entier sont par exemple au 6^{ème} jour d'accumulations de Ce: $7.9 > \text{Cs}$: 1.8, Mn: $1.7 > \text{Co}$: 0.8, Ru: 0.6. Les valeurs importantes obtenues pour Ce sont probablement liées au fait que cet élément possède l'accumulation la plus forte parmi les radionucléides et que son élimination n'est pas forte. Le pourcentage de la radioactivité de Mn, Co, Ru et Ce distribué dans les écailles, la peau, les nageoires et les branchies, est supérieur à celui du poids humide de ces tissus et organes respectifs dans le poisson entier. Il est cependant inférieur pour les muscles et la moelle épinière. D'autre part, la radioactivité de Cs a une distribution assez homogène dans ces divers tissus et organes. Les contaminants distribués dans les parties principalement protéiques sont localisés essentiellement dans la fraction des protéines sarcoplasmiques pour Mn, Co et Ru, notamment dans les muscles (plus de 50 %, mais cependant de l'ordre de 33 % dans la peau), est dans les composés non-protéiques pour Cs (plus de 80 %). Toutefois, la distribution est homogène dans ces différentes parties pour Ce. D'autre part, on peut observer également une différence entre les distributions dans les muscles et la peau. En ce qui concerne le mécanisme de l'accumulation de Ce qui a donné des valeurs très importantes, nous considérons que cette accumulation est provoquée par l'absorption à l'état anionique et neutre du polluant, présent sous cette forme à plus de 50 % dans l'eau.

1. Introduction

Il existe de nombreux travaux sur l'accumulation expérimentale des produits de fission par des organismes marins dont le but est de définir les mécanismes de transfert des radioéléments introduits dans l'eau de mer. Cependant, la plupart de ces expériences ne traitent que le cas de l'accumulation d'une espèce de polluant par espèce d'organisme marin, à l'exception de quelques études plus complètes (ANCELLIN et VIL-

QUIN, 1966, 1968; AVARGUÉS *et al.*, 1968; NAKAMURA *et al.*, 1977; SUZUKI *et al.*, 1979; TATEDA et KOYANAGI, 1986; UEDA *et al.*, 1978, 1985). Ces dernières portent sur l'accumulation simultanée de diverses espèces de radionucléides par un ou plusieurs organismes, et se rapprochent ainsi des contaminations réelles en milieu marin.

Dans le cadre de nos expériences, et pour aborder les mécanismes de contaminations simultanées de radioéléments par une espèce d'organisme, nous avons étudié l'accumulation de ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs et ^{144}Ce par le poisson, la daurade rose, *Chrysophrys major* ("madaï" en japonais), élevée dans l'eau de mer contaminée

* Manuscrit reçu le 20 juillet 1988

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

*** Université de Tsukuba, Ténnou-dai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki-kén, 305 Japon

avec ces éléments, et les résultats ont fait l'objet d'une comparaison entre les différents polluants. Puis, en vue d'éclairer les mécanismes de transfert dans l'organisme, nous avons analysé, d'une part, la distribution des contaminants transférés, notamment dans les parties protéiques des muscles et de la peau, et d'autre part, l'état physico-chimique de ces radionucléides présents dans l'eau de mer.

2. Matériels et Méthodes

(1) La daurade rose, *Chrysophrys major*, ont été prélevés au Centre d'Aquaculture de la Préfecture de Sihzuoka, puis transportés à notre Laboratoire de Tokyo. Le poids humide était de 20 à 40 g par individu.

(2) Radioéléments: ^{54}Mn (Amersham Int. plc., Grande Bretagne, MFS-2), ^{60}Co (Am., CKS-1), ^{106}Ru (CEA, France, EL-5), ^{137}Cs (Am., CDS-2) et ^{144}Ce (Am., CHS-1) se présentent sous forme de chlorures dans des solutions de 0,1~1N-HCl.

(3) Eau de mer contaminée par les radionucléides

① accumulation: le mélange de polluants neutralisés (environ 2 à 7.5 MBq) par une solution de 1N-NaOH est introduit dans l'eau de mer artificielle prélevée dans un aquarium en matière plastique de 40 l sans sédiments placés au fond. L'eau est oxygénée par des diffuseurs d'air pendant 3 semaines. Puis les poissons sont introduits dans cette eau et élevés pendant 1 à 6 jours. Au moment de l'introduction de ces animaux, la radioactivité de chaque élément dans l'eau (cpm/ml) est mesurée à raison d'une fois par 3 à 7 jours. Elle diminue dans le temps, atteint presque une valeur constante au 7^{ème} jour et indique 94.7 % pour ^{54}Mn , 85.1 % pour ^{60}Co , 78.0 % pour ^{106}Ru , 81.3 % pour ^{137}Cs , et 43.5 % pour ^{144}Ce au 21^{ème} jour par rapport à la valeur initiale.

② analyses de l'état physico-chimique des radionucléides: un mélange de ces mêmes éléments préparés de façon identique à celle décrite précédemment (①) est introduit dans l'eau de mer placée dans un aquarium en polyéthylène contenant 50 ml, et puis oxygéné pendant 30 minutes.

(4) Mesures des accumulations

D'après la méthode utilisée lors de nos ex-

périences précédentes (IZUMO et TAKASÉ, 1982) employée pour des crevettes, les poissons sont introduits dans l'eau de mer contaminée et élevés pendant 1 à 6 jours dans une salle climatisée (17 à 19°C). Pendant la durée de l'expérience, trois individus sont prélevés à chaque fois, sacrifiés, puis après dissection et prélèvement des tissus et organes, le poids humide et la radioactivité des échantillons sont mesurés. Les résultats sont représentés sous la forme de facteur d'accumulation (FA) défini de la façon suivante:

$$FA = \frac{\text{radioactivité du radioélément dans le poisson entier et dans les tissus et organes (exprimée en impulsions/min/g poids humide)}}{\text{radioactivité du radioélément dans l'eau de mer (exprimée en impulsions/min/ml)}}$$

Nous avons aussi mesuré le pourcentage de poids humide des tissus et organes et le pourcentage de la radioactivité des polluants distribués à l'intérieur de ces tissus.

(5) Mesures des éliminations

Les poissons élevés dans l'eau de mer polluée sont transférés dans l'eau de mer non-contaminée fournissant un système de circulation et de filtration à travers des sables placés au fond de l'aquarium, et élevé pendant 2 à 10 jours. Au cours de cette période, nous avons mesuré la radioactivité des éléments puis calculé le pourcentage de la radioactivité rémanente dans le corps des poissons (PR), exprimant de l'élimination, suivant le rapport:

$$PR(\%) = \frac{\text{radioactivité du radioélément dans les tissus et organes du poisson élevé en eau de mer non-contaminée (exprimée en impulsions/min/g poids humide)}}{\text{radioactivité du radioélément dans les tissus et organes du poisson élevé en eau de mer contaminée pendant 6 jours (exprimés en impulsions/g poids humide)}} \times 100$$

D'autre part, l'eau de mer employée a été remplacée par l'eau renouvelée une fois par 1 à 3 jours pour éviter une contamination de l'eau par les éléments étant été éliminés à partir des poissons.

(6) Analyses des radioéléments transférés dans les parties principalement protéiques des muscles et de la peau

Les poissons sont élevés pendant 3 jours dans l'eau de mer contaminée, puis sacrifiés, et leurs

muscles et leur peau sont recueillis. Selon la méthode utilisée précédemment (HASHIMOTO *et al.*, 1979; IZUMO et TAKASÉ, 1983; IZUMO et OGATA, en préparation), les parties essentiellement protéiques des ces tissus sont séparées: composés nitriques non-protéiques (CNNP), protéine sarcoplasmique (PS), protéine myofibrillaire (PM), protéine soluble à la solution alcaline de 0,1N-NaOH (PA) et stroma (ST), et le pourcentage de leur radioactivité distribuée respective a été mesuré.

(7) Analyse de l'état physico-chimique des radioéléments dans l'eau de mer

Les échantillons de 2ml d'eau de mer contaminée sont analysés par chromatographie sur colonne de résine cationique (Dowex 50W-X8, 100 à 200 mailles, ions H^+) et de résine anionique (Dowex 1-X8, 50 à 100 mailles, ions Cl^-) 2×10 cm, par passage de 80 ml d'une

solution d'eau distillée, 0,1N et 2N-HCl. Puis la radioactivité des éléments élués et sa distribution exprimée en pourcentage sont mesurées.

(8) Mesures de la radioactivité

La radioactivité des contaminants est mesurée par comptage en spectrométrie gamma pendant 1 à 10 minutes au moyen d'appareils de multi canaux 4000 (Canberra SA, 40 MCA, Les États-Unis) équipé d'un détecteur de semiconducteur de Ge (Li) (Canberra SA).

3. Résultats

(1) Accumulation

Pour prévoir la différence d'accumulation entre les radionucléides, nous avons mesuré au début des études d'accumulations expérimentales les valeurs du FA des polluants dans les poissons élevés pendant 6 jours dans l'eau de mer contaminée.

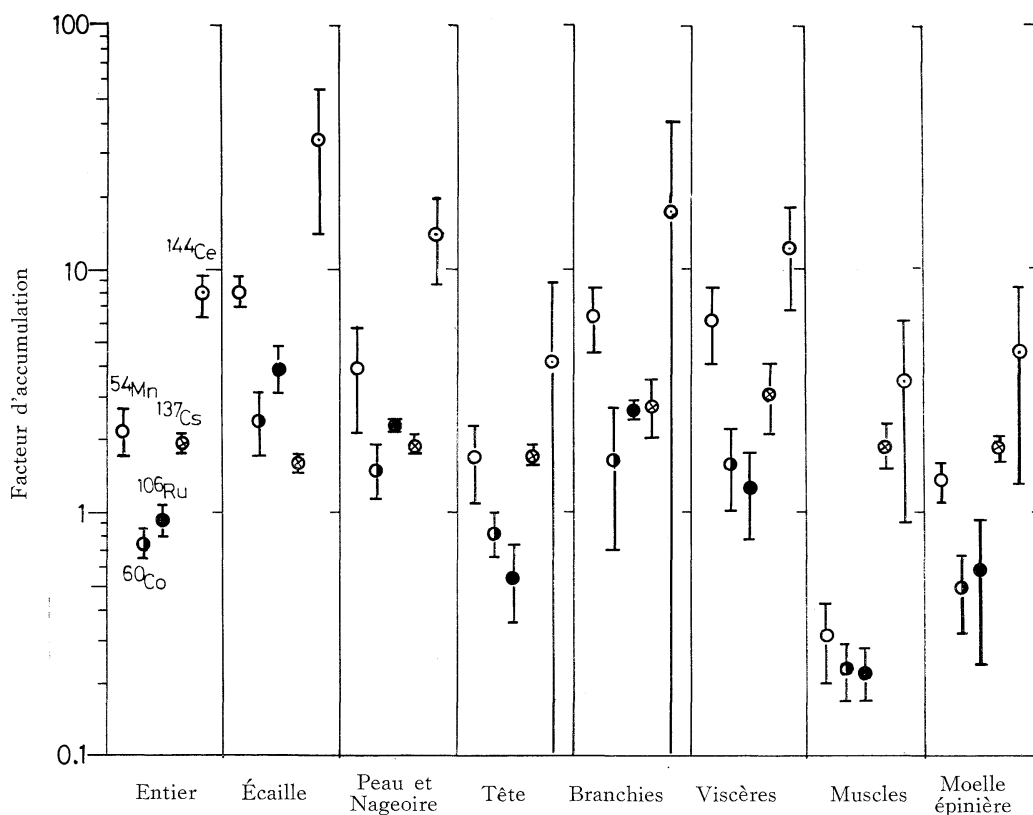


Fig. 1. Accumulation des radionucléides (exprimée en facteur d'accumulation (FA)) chez le poisson entier, *Chrysophrys major*, et dans les tissus et organes. Poisson élevé pendant 6 jours dans l'eau de mer contaminée par les polluants. Les points représentent une valeur moyenne \pm déviation standard.

On trouvera dans la Fig. 1 les résultats obtenus. Les valeurs sont différentes entre les radioéléments pour le poisson entier et ses différents tissus et organes, et entre ces tissus eux-mêmes, c'est-à-dire:

① pour le poisson entier, les valeurs sont respectivement de Ce: $7.9 > Cs: 1.8$, $Mn: 1.7 > Co: 0.8$, $Ru: 0.6$ ($p < 0.1$).

② les valeurs de Ce sont les plus importantes parmi les radioéléments, même dans les tissus et organes, et celles du Ru sont en général inférieures aux autres.

③ les valeurs se rapportant aux muscles et à la moelle épinière sont en moyenne moins élevées que dans les autres tissus.

④ les valeurs de Cs pour les muscles et la moelle épinière, sont plutôt supérieures à celles de Mn, Co et Ru.

Par ailleurs, la Fig. 2 donne les pourcentages respectifs de la radioactivité des éléments distribués dans les tissus et organes.

On notera ici aussi une différence de la distribution de la radioactivité propre à chaque élément

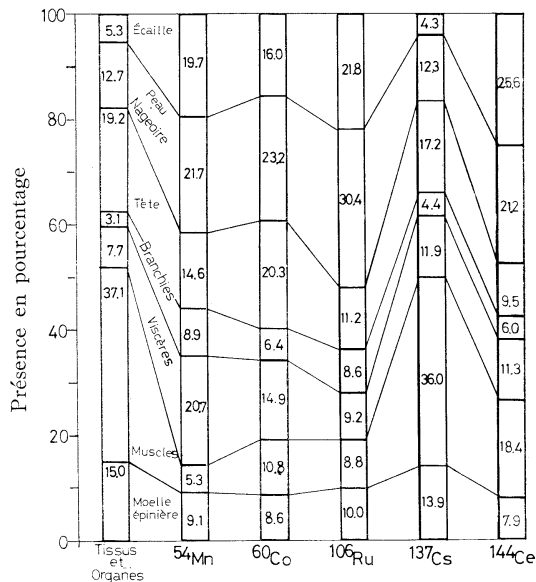


Fig. 2. Pourcentage de la radioactivité des radionucléides distribués dans les tissus et organes de poisson, et pourcentage du poids humide de ces tissus et organes. Poisson, *Chrysophrys major*, élevé pendant 6 jours dans l'eau de mer contaminée par les polluants. Les valeurs représentent une moyenne.

dans les tissus, c'est-à-dire:

① les ordres de grandeur de Mn, Co, Ru et Ce pour les écailles, la peau, les branchies et les viscères sont supérieures aux valeurs obtenues avec le poids humide, alors que les valeurs relatives aux muscles et à la moelle épinière sont inférieures.

② par contre, les valeurs de la radioactivité distribuée de Cs ne montrent pas de différence significative par rapport à celles du poids humide.

Au cours des expériences précédentes, nous avons observé des différences d'accumulation. Pour vérifier ces différences en fonction du temps, nous avons mesuré les valeurs de FA sur l'animal contaminé pendant 1 à 5 jours.

On trouvera dans la Fig. 3 les résultats des valeurs de FA mesurées pour le poisson entier, y compris les valeurs au 6^{ème} jour (voir Fig. 1) et celles de la radioactivité des contaminants dans l'eau de mer.

On remarque que FA augmente dans le temps

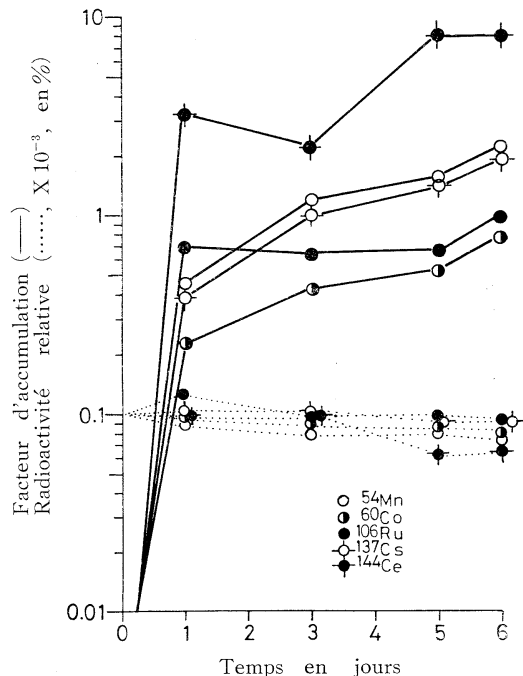


Fig. 3. Accumulation des radionucléides (exprimée en facteur d'accumulation (FA)) chez le poisson entier, *Chrysophrys major*, (élevé dans l'eau de mer contaminée par les radionucléides (—)), et radioactivité relative de ces radionucléides dans l'eau (.....) (exprimée en pourcentage). Les valeurs représentent une moyenne.

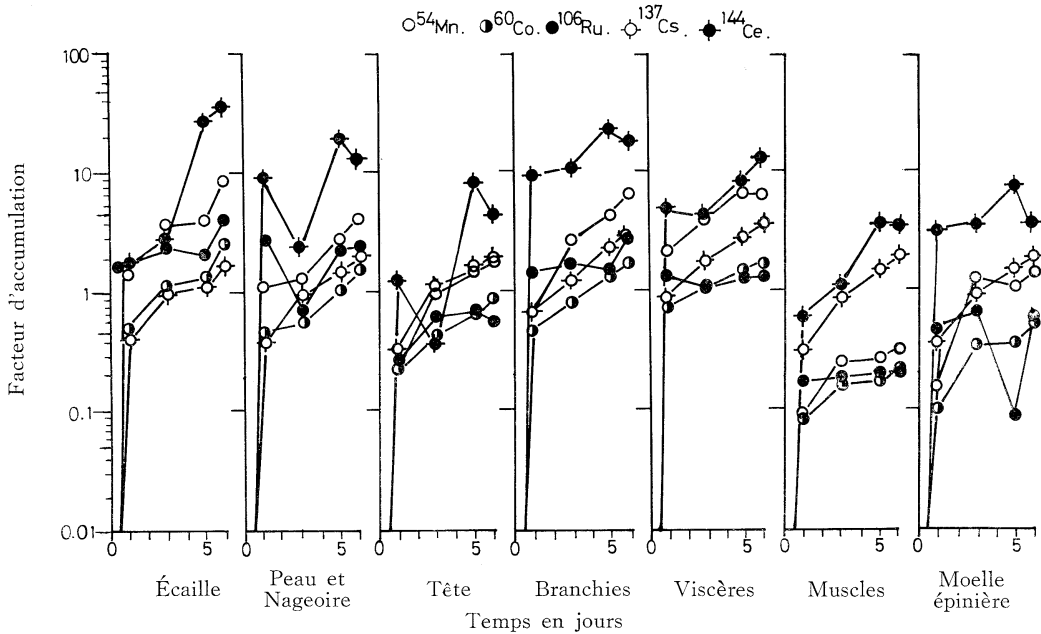


Fig. 4. Accumulation des radionucléides (exprimée en facteur d'accumulation (FA)) dans les tissus et organes du poisson, *Chrysophrys major* (élevé dans l'eau de mer contaminée). Les valeurs représentent une moyenne.

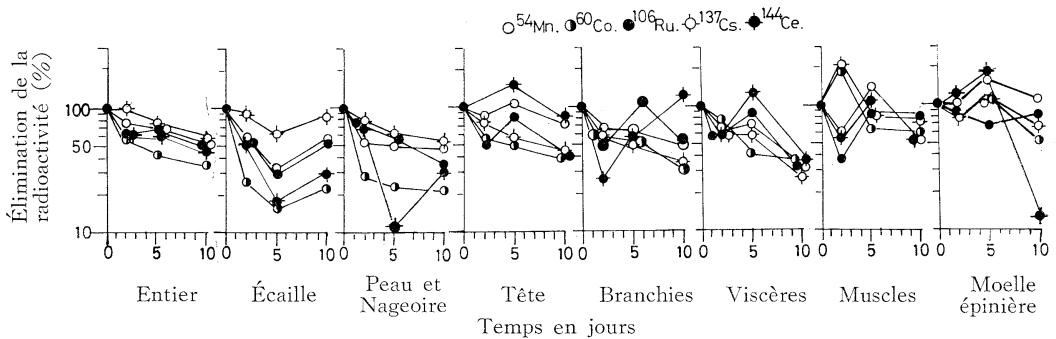


Fig. 5. Élimination des radionucléides dans le poisson entier, *Chrysophrys major*, et dans les tissus et organes (exprimée en pourcentage de la radioactivité (PR)). Poisson élevé dans l'eau de mer non-contaminée après accumulation des contaminants pendant 6 jours dans l'eau de mer polluée. Les valeurs représentent une moyenne.

sans devenir constant, mais qu'il existe néanmoins des différences entre les divers polluants.

En outre, la radioactivité des éléments dans l'eau de mer décroît en fonction du temps: environ 70 % pour Ce, de 75 % pour Mn et de 80 à 95 % pour Co, Ru et Cs, respectivement.

D'autre part, les valeurs mesurées pour les tissus et organes sont rassemblées dans la Fig. 4.

D'une façon générale, les valeurs de FA augmentent dans le temps, comme pour l'animal

entier (Fig. 3), malgré quelques différences d'accumulation entre les éléments.

(2) Elimination

A la suite des expérimentations sur l'accumulation, les poissons contaminés par les radionucléides ont été transférés dans l'eau de mer non-polluée et, pour définir les éliminations respectives sur une période de 2 à 10 jours, nous avons mesuré les valeurs de PR.

Les résultats obtenus pour le poisson entier et

ses tissus et organes sont représentés dans la Fig. 5.

On constate que les valeurs au poisson entier diminuent, bien entendu, en fonction du temps; par exemple, au 10^{ème} jour elles indiquent de 45 à 65 % pour Mn, Ru, Cs, et notamment 35 % pour Co.

D'autre part, les valeurs propres aux tissus et organes diminuent aussi dans le temps, de façon plus sensible dans les écailles, la peau et les nageoires notamment pour Co, Ru et Ce, bien que ces valeurs expriment de grandes variations. Il semble cependant qu'il n'y ait pas de grandes différences entre les radionucléides.

(3) Présence des radioéléments transférés dans les parties essentiellement protéiques des muscles et de la peau

Dans les expériences précédentes, nous avons observé une différence d'accumulations entre les radioéléments eux-mêmes, et entre les tissus et organes du poisson. Pour aborder les mécanismes de transfert de ces éléments dans le corps, nous avons analysé la radioactivité des contaminants, exprimée en pourcent, dans les parties principalement protéiques des muscles et de la peau, par exemple à l'intérieur et à l'extérieur des tissus.

On trouvera dans la Fig. 6 les résultats obtenus.

Dans les muscles, on remarque que les valeurs

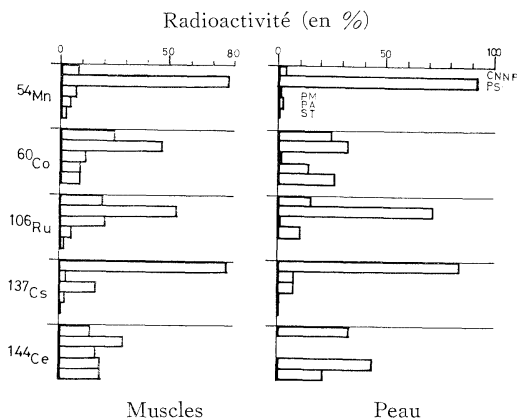


Fig. 6. Présence de la radioactivité des radionucléides (exprimée en pourcentage) distribués dans les parties principalement protéiques des muscles et de la peau du poisson, *Chrysophrys major*. CNNP, composés nitriques non-protéiques; PS, protéine sarcoplasmique; PM, protéine myofibrillaire; PA, protéine soluble à l'alcali; ST, stroma.

indiquent une différence notable entre les nucléides: plus de 50 % pour Mn, Co et Ru dans PS, et plus de 80 % pour Cs dans CNNP. Elles sont cependant approximativement de même niveau dans chacune des parties pour Ce.

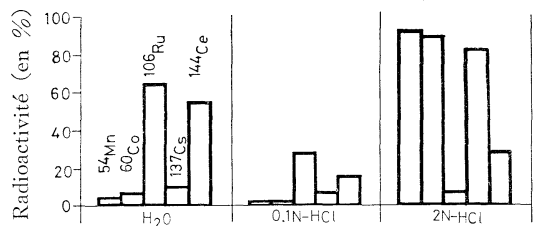
D'autre part, les valeurs relatives à la peau sont comparativement différentes de celles obtenues pour les muscles, plus particulièrement en ce qui concerne Cs, plus élevé dans PS de la peau que dans la même partie des muscles, et Ce, qui a disparu de PS et de PM.

(4) Etats physico-chimiques des radioéléments dans l'eau de mer

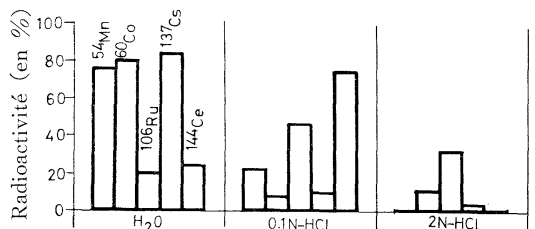
Pour étudier les mécanismes d'accumulation, des échantillons de l'eau de mer contaminée par les radioéléments ont été tout d'abord analysés par chromatographie sur colonne de résine cationique (H^+).

La distribution des polluants élués par différentes solutions, exprimée en pourcent, est représentée dans la Fig. 7 (a).

La majeure partie de la radioactivité liée à Mn, Co et Ce est éluee par passage d'une solu-



(a) Résine cationique, Dowex 50W-X8 (H^+), 100-200 mailles.



(b) Résine anionique, Dowex 1-X8 (Cl^-), 50-100 mailles.

Fig. 7. Distribution de la radioactivité des radionucléides (exprimée en pourcentage) dans les éluants analysés par chromatographie sur colonne (2×10 cm) par passage de 80 ml de solutions. Les valeurs se rapportent à la radioactivité totale éluee.

tion 2N-HCl (plus de 80 %), alors que celle relative à Ru et Ce est éluee principalement par l'eau distillée (plus de 55 %) et des solutions de 0.1N-HCl (20 à 30 %) et de 2N-HCl (5 à 25 %).

La Fig. 7(b) donne les résultats obtenus par analyses sur colonne de résine anionique (Cl^-). A l'inverse des résultats précédents, la plupart de la radioactivité de Mn, Co et Cs est éluee par passage de l'eau distillée (plus de 80 %) et à moins de 20 % en ce qui concerne Ru et Ce.

Compte tenu de ces résultats, nous pouvons constater que Mn, Co, et Cs sont à l'état cationique à plus de 80 %, contre moins de 50 % pour Ru et Ce.

4. Discussions

D'après les résultats obtenus, nous avons observé une différence entre l'accumulation des radioéléments dans le corps du poisson entier et dans les tissus et organes. Cette différence est commune à plusieurs espèces d'organismes marins (ANCELLIN *et al.*, 1972, 1972, BITTEL et LACOURLY, 1968; YAMAGATA, 1978; POLIKARPOV, 1966; RUSSEL, 1966; SHIMIZU, 1973), mais, nous n'avons pas trouvé de données relatives à la même espèce de poisson que celle employée dans notre expérience. Nous citerons cependant, à titre de comparaison avec notre travail, des valeurs obtenues avec d'autres espèces de poisson de biologie comparable. Selon SUZUKI *et al.* (1979) les valeurs calculées de FA chez *Seriola quinqueradiata*, obtenues au 7^{ème} jour d'accumulation, sont pour Cs:91.5 < Mn:40 > Co:26.7 > Ru:17.6 > Ce:14.3 (Ru: sous forme de complexe nitrate-nitrosyl, les autres éléments sous forme de chlorure); d'après ANCELLIN et VILQUIN (1968) les facteurs de concentration d'espèces de polluants chez *Pleuronectes platessa* et *Blennius pholis*, sont évaluées à Ce << 100 (chair: 1 à 5) << 40 > Ru 1; d'autre part, pour CHIPMAN (1966) l'ordre de grandeur chez des poissons prélevés *in situ* sur le littoral de la Mer d'Irlande sont: Mn: 100 à 1000 > Co, Cs et Ce: 10 à 100 > Ru: 1 à 10; et enfin selon MORITA (1980) ces valeurs chez *Salanx microdon* prélevé dans le secteur du Tokai du Japon atteignent: Ce: 160, Ru: 80 à 160 > Cs: 15 à 20. Il existe donc une faible concordance entre nos présents résultats et les données bibliographiques. Nous supposons que la différence provient essentiellement de la

différence de métabolisme des radioéléments liés à celle de l'espèce marine considérée, mais aussi des conditions de contamination expérimentale (nature de l'eau de mer naturelle ou artificielle employée, aquariologie, durée de contaminations et d'accumulation, etc).

Le pourcentage de la radioactivité de Mn, Co, Ru et Ce distribuée dans les muscles est inférieur à celui du poids humide respectif, mais il est par contre supérieur à celui des écailles, de la peau et nageoires. Le pourcentage de la radioactivité liée à Cs est cependant proche de celui du poids humide (Fig. 2). Il semble donc que les 4 contaminants (Mn, Co, Ru et Ce) ne sont pas facilement absorbés dans le corps à partir du tractus digestif après l'ingestion, à l'inverse de Cs. Toutefois, à propos de la raison des mécanismes de l'évolution remarquable de l'accumulation de Ce, on pourra constater que l'élément est adsorbé principalement à la surface des tissus et des organes et que cette adsorption peut être provoquée par des réactions physico-chimiques comme l'on voit dans des accumulations expérimentales pour les algues, les coquilles et le sédiment, comme le sable (ANCELLIN *et al.*, 1966, 1968, 1972, 1979). D'autre part que ce polluant ne peut pas être éliminé facilement dans l'eau de mer contaminée en comparaison avec des autres polluants.

Enfin, en ce qui concerne la principale raison invoquée pour une accumulation plus importante de Ce, bien que le pourcentage d'absorption à partir du tractus digestif chez les mammifères soit très faible (inférieur à 0.03 %, Cs: 100 %, Co: 5 à 30 %, Mn: 10 % et Ru: 5 %) (ICRP, 1979, 1980), nous pouvons suggérer que la possibilité que l'absorption est accélérée par changement de l'état ionique du polluant dans l'eau de mer: c'est-à-dire, Ce présent plus de 50 % aux états anionique et neutre (Fig. 7), bien qu'il doit être essentiellement dissocié à l'état cationique dans une solution électrolysable, ainsi que Ru. Par ailleurs, à propos de ces états anionique et neutre, il semble qu'ils existent à divers états des composés polymérisées, hydrolysées, particulaires et colloïdales (ANCELLIN *et al.*, 1979; GUÉGUÉNIAT, 1974; HIRANO, 1980; HONDA *et al.*, 1972, 1980; KLECHKOVSKII *et al.*, 1973; ROBERTSON, 1971).

Bibliographie

- ANCELLIN, J. et A. VILQUIN (1966): Contaminations expérimentales d'espèces marines par le cérium-144, le ruthénium-106 et le zirconium-95. A.I. E.A., Vienne, 583-504.
- ANCELLIN, J. et A. VILQUIN (1968): Nouvelles études de contaminations expérimentales d'espèces marines par le césium 137, le ruthénium 106 et le cérium 144. Radioprotection, DUNOD, 3(3), 185-213.
- ANCELLIN, J., M. AVARGUÉS, P. GUÉGUÉNIAT et A. VILQUIN (1972): Aspects biologiques et physico-chimiques de la contamination radioactive d'espèces et de sédiments marins. IAEA-SM-258-19, 225-243.
- ANCELLIN, J., P. GUÉGUÉNIAT et P. GERMAIN (1979): Radioécologie marine. Eyrolles Paris.
- AVARGUÉS, M., J. ANCELLIN et A. VILQUIN (1968): Recherches expérimentales sur l'accumulation des radionucléides par les organismes marins. Rev. Intérn. Océanogr. Méd., 11, 87-100.
- BITTEL, R. et G. LACOURLY (1968): Discussion sur le concept de facteur de concentration entre les organismes marins et l'eau en vue de l'interprétation de mesures. Rev. Intérn. Océanogr. Méd., 11, 107-128.
- CHIPMAN, W.A. (1966): Food chains in the sea. p.421-453. In R.S. RUSSEL (ed.), Radioactivity and Human Diet. Pergamon Press, New York.
- GUÉGUÉNIAT, P. (1974): Comportement physico-chimique du ruthénium de fission dans le milieu marin. Thèse 874, Université de Loius Pasteur de Strasbourg.
- HASHIMOTO, K., S. WATABE, M. KONO et K. SHIRO (1979): Muscle protein composition of sardine and mackerel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 45, 1435-1441.
- HIRANO, S. (1980): États physico-chimiques d'éléments inorganiques dans l'eau de mer. 8^{ème} Colloque sur la radioactivité dans le milieu ambiant, entrepris par National Institute of Radiological Sciences au Japon, 16-26. (en japonais)
- HONDA, Y., Y. KIMURA et N. TSURII (1972): Electro dialysis of ⁶⁰Co, ¹⁰⁶Ru and ¹⁴⁴Ce in sea water through ion-exchange membranes—On the effects of aging of ⁶⁰Co, ¹⁰⁶Ru and ¹⁴⁴Ce in sea water—. Radioisotopes, 21(5), 270-275.
- HONDA, Y. (1980): États physico-chimiques des radionucléides dans l'eau de mer. 8^{ème} Colloque sur la radioactivité dans le milieu ambiant, entrepris par National Institute of Radiological Sciences au Japon, 3-14. (en japonais)
- ICRP (1979): Limits for intakes of radionuclides by workers. Publ. 30, Part 1. Pergamon Press, New York.
- ICRP (1980): Limits for intakes of radionuclides by workers. Publ. 30, Part 2. Pergamon Press, New York.
- IZUMO, Y. et A. TAKASE (1982): Studies on transfer and accumulation of ¹⁰⁶Ru from seaweed to fish through crustacea. 1. Accumulation of ¹⁰⁶Ru in prawn (*Penaeus japonicus*) from the radioactive sea waters. Bull. Inst. Public Health, 31, 88-94.
- IZUMO, Y. et A. TAKASÉ (1983): États biochimiques du ¹⁰⁶Ru accumulé dans le muscle et le foie de la crevette, *Penaeus japonicus*. La Mer, 21, 191-197.
- IZUMO, Y. et H. OGATA: États biochimiques du césium-134 accumulé dans le muscle et le foie de la crevette, *Penaeus japonicus*. (en préparation)
- KLECHKOVSKII, V.M., G.G. POLIKAROIV et R.M. ALEKSAKHIN (1973): Radioecology. John Wiley & Sons, New York.
- MORITA, S. (1980): Accumulations des radionucléides et leurs métabolismes. 8^{ème} Colloque sur la radioactivité dans le milieu ambiant, entrepris par National Institute of Radiological Sciences au Japon, 139-146. (en japonais)
- NAKAMURA, R., Y. SUZUKI et T. UEDA (1977): Distribution of radionuclides among green alga, marine sediments and sea water. J. Radiat. Res., 18, 322-330.
- POLIKARPOV, G.G. (1966): Radioecology of aquatic organisms. North Holland Publ. Co., Amsterdam-New York.
- ROBERTSON, D.E. (1971): Influence of the physico-chemical forms of radionuclides and stable trace elements in fresh water in relation to uptake by the marine biosphere. Marine Radioecology, OECD, Hamburg, 21-85.
- RUSSEL, R.S. (1966): Radioactivity and Human Diet. Pergamon Press, New York.
- SHIMIZU, M. (1973): Sur l'accumulation biologique de radionucléides dans le milieu ambiant. Radioisotopes, 22(11), 67-72. (en japonais)
- SUZUKI, Y., M. NAKAHARA, R. NAKAMURA et T. UEDA (1979): Roles of food and sea water in the accumulation of radionuclides by marine fish. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 45, 1409-1416.
- TATEDA, Y. et T. KOYANAGI (1986): Accumulation of radionuclides by common mussel, *Septifer virgatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 52, 2019-2026.
- UEDA, T., R. NAKAMURA et Y. SUZUKI (1978): Comparison of influences of sediments and sea water on accumulation of radionuclides by marine organisms. J. Radiat. Res., 19, 93-99.
- UEDA, T., R. NAKAMURA et Y. SUZUKI (1985): Position of sediments in transfer of radionuclides released into coastal sea to human beings. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51, 1319-1324.

YAMAGATA, N. (1978): Accumulation biologique.
Sangyo-tosho, Tokyo. (en japonais)

マダイ *Chrysophrys major* による ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs および ^{144}Ce の同時とりこみ

出雲義朗・緒方裕光・森田重光

要旨: 海洋中の生物による放射性核種の実際的な濃縮機構を解明する一端として、マダイによる海水からの ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs および ^{144}Ce の同時とりこみにおける核種間の違いを中心に比較した。とりこみは、全身および組織・臓器とも核種間に違いが見られ、たとえば6日目の全身の濃縮比は、 $\text{Ce}: 7.9 > \text{Cs}: 1.8$, $\text{Mn}: 1.7 > \text{Co}: 0.8$, $\text{Ru}: 0.6$ ($p < 0.1$) であり、また各組織においてもCeは最も高かった。Mn, Co, Ru および Ce については、鱗、表皮鱗、鰓での放射能の存在割合が各重量割合より高く、筋肉や脊髄では低いが、Csは各組織に均等分布する傾向を示して、組織間の違いが見られた。Ceは、とりこみ量が多い一方排せつ量が比較的少ないため、高濃縮されることがわかった。他方、筋肉や表皮中の Mn, Co および Ru は主として筋しょう蛋白区に多く (>50%)、ただし表皮の Co は 33%)、また Cs は事実上非蛋白態窒素化合物区に見られた (>80%)。しかし、Ce は各区に分布する傾向を示した。これら核種の存在は両組織間にも違いが見られた。なお、Ce は、Ru と同様海水中で陰・中性イオンとして比較的多く存在する (>50%) ので、この存在状態のとりこみ増大への寄与が示唆された。

1854年巨大津波波源域至近距離の下田原浦で死者ゼロ*

中村重久**

No death toll in the Shimotawara-ura district close to the 1854 tsunami source*

Shigehisa NAKAMURA**

Abstract: An old record informs no death toll in the Shimotawara-ura district close to the 1854 tsunami source, even though the district was located between the two towns, Nachi-Katsuura and Kushimoto, where the tsunami caused property damage and loss of lives. A purpose of this study is to make clear profile of the Shimotawara-ura district at the 1854 event and to help our understanding about the present status of our preparedness for forthcoming tsunamis.

1. 緒言

わが国では、古くから、地震によって生じた津波による被害が多く、それに関連した資料も多数みられる（たとえば、田山, 1904; IIDA, 1984; 渡辺, 1985; 宇佐美, 1987）。いずれにしても、これに加えて、今後発見解読される史料・古文書の内容を吟味して、地震津波の年表をより正しいものとし、将来の津波の予測に有効なものとする必要がある。著者は、これまでに紀伊半島を中心として、巨大津波による被害の調査をし、被害図をつくり、数値モデルによって、その被害の力学的妥当性を検討してきた（たとえば、中村, 1984a, b, 1985, 1986, 1987a, b, c, d）。ここでの焦点は、既往最大津波溯上高の地域的分布を知ることにある。

本文では、上述のような立場とは異なり、巨大地震津波の波源域の至近距離にある集落において、物的損害はあっても、死者の記録のない例について検討する。

2. 南海道沖地震による津波

わが国での地震津波の例は多く、三陸沖・東海沖・南海道沖など広い範囲にわたっている。しかも、同じ地域であっても一定の時間間隔で生じるわけではない（たとえば NAKAMURA, 1986）。とくに、南海道における大

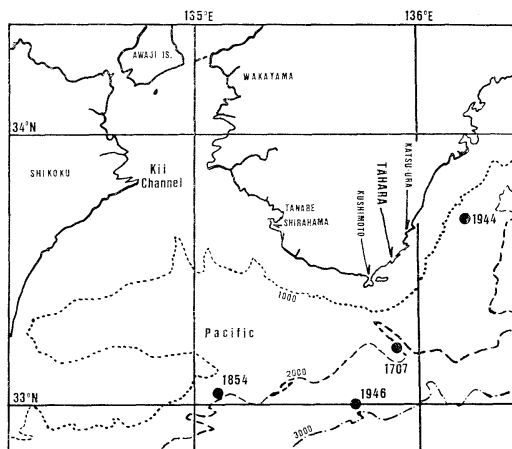


Fig. 1. Geographical and bathymetrical conditions around Shimotawara-ura (briefly denoted as "TAMAHARA") in relation to the four past epicenters of the big earthquakes accompanied by the hazardous tsunamis. Dots show locations of the epicenters at the events in 1707, 1854, 1944 and 1946.

* 1988年6月16日受理 Received June 16, 1988

** 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, Disaster
Prevention Research Institute, Kyoto University,
Katada-Hatasaki, Shirahama, Wakayama, 649-22
Japan

地震で巨大な津波をともなったものは、1707年、1854年、1944年、1946年と考えられる。これらの震央の位置を Fig. 1 に黒丸で示した。これらの大地震後、津波来襲までの間に、沖合で大砲のような音がしたという記録が多く、その物理的検討もみられる(たとえば NAKAMURA, 1987b)。さらに、来襲した津波による被害がいかに甚大であったかについては、すでに多くの報告や研究があり、それをすべて紹介できないくらいである。

いずれにしても、これまでの例をみるかぎり、紀伊半島では1707年の津波が最も大きかったと判断されるが、定量的な確認は難しい。これに次ぐものとして1854年の津波をあげることになる。時代の差や海岸域の状況など考えあわせても、1944年および1946年の津波は、1854年の例よりも小さかったとみてよい。とくに、1944年の例については、第2次世界大戦中のため秘密を守るため記録が残されていない。1946年の例は大戦後で十分な資

料がないが、1960年チリ津波の例と同様に、存命者の経験談によって状況を推測することができる。

従来、南海道沖地震のみにかぎらず、地震および津波による被害の記録がある。被害には人命にかかわるものが死者数、負傷者数、行方不明者数が記録され、物的被害については、家財道具などあわせて記されている。

3. 人的被害と波源の位置

ここで、巨大地震津波の波源域に対して至近距離の位置にある集落で、建物や漁具などの流失や被害があっても、死傷者のなかった例を紹介する。

それは、1984年に津波の被害が大きかった串本地区(中村, 1987c)と那智勝浦(那智勝浦町史, 1976)との中間に位置している下田原浦である。この下田原浦は、現在、和歌山県東牟婁郡古座町田原となっている。田原の地理的位置を Fig. 1 上では矢印によって示し

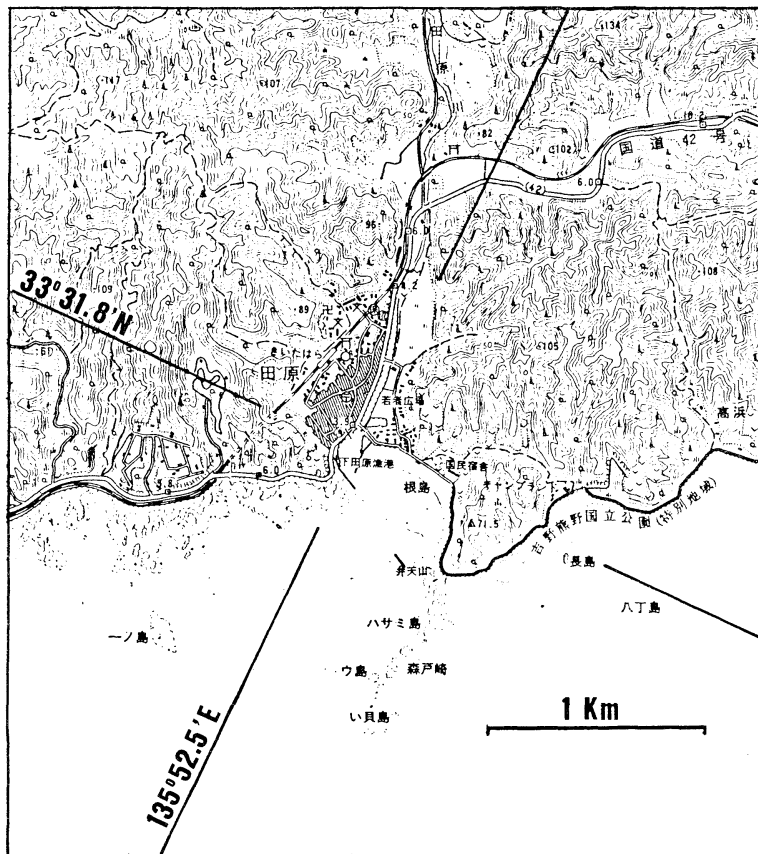


Fig. 2. Present residents' area shown by hatching for Shimotawara-ura which has been developed along the Tahara River. The position of the river mouth is the cross point of $33^{\circ}31.8'N$ and $135^{\circ}52.5'E$.

Table 1. Population in Shimotawara-ura.

| Year | Population (persons) | Houses or families | Cows and oxes | References |
|--------------------|------------------------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| 1854 (Ansei 1) | 1181 | 238 | 88 | YASUDA(1985) |
| 1880 (Meiji 13) | 1356 (men678 women...678) | 278 | — | YASUDA(1986) |
| 1918 (Taisho 7) | 1303 (men596 women...707) | 293 | — | YASUDA(1986) |
| 1985 (Showa 60) | 1354 (men641 women...713) | 543 | — | KOZA COUNTY (1985) |

た。

田原地区のうち、1984年当時の下田原浦に対応するのは下田原である。その地理的位置は、古座町役場の地図によれば、Fig. 2 に示す田原川の河口から約1 km 上流までである。現在では、河口に防波堤を設け、下田原漁港としての機能も持っている。

下田原の街並について木津芳範氏(下田原在住)は1854年と1987年との間で大きく変化していないといわれる。ところで、保田(1985, 1986)によれば、人口・戸数・世帯数の変化は Table 1 のようになっている。津波などの被害評価にあたっては、当時の全人口・世帯数などは重要な参考資料である。

ここで、木津芳範氏所蔵の古文書の表紙は“嘉永七年寅十一月四日五日大地震大津波ニ潰家相成難波之者へ家

木料御願差上帳”と記されている。文末をみると、この古文書は、下田原浦の庄屋から大庄屋へ提出する災害復旧費要求書の下書きとみられる。これによれば、1984年の津波による罹災者は227人で、そのうち男116人、女104人と数えられ、その年齢構成は Fig. 3 のようになっている。

すなわち、Table 1 と Fig. 3 とから、下田原浦の全人口1,181人中227人が津波の被害をうけ、家屋の損害は全戸数238中49戸であったものと解される。上に示した木津家文書には死者などの人的損害は記述されていない。

4. 社会構成と人口

地震津波の歴史的資料を利用する場合に、その当時の他の要因を十分考慮にいれないと正しい判断はでき難い。

ここで、下田原分の1773年(安永2年)差出帳をみると、次のように記されている。

- 一、高 474石6斗8升4合(本田畑)
 - 反別 41町5段7畝23歩
 - 内 田 342石8斗8升6合
 - 畑 131石7斗9升8合
- 一、高 15石7斗7升9合(新田畑)
 - 反別 3町5段6畝16歩
- 一、牛 39疋(内 男牛21疋, 女牛18疋)
- 一、網数 6帖
 - (内 えさ網3帖, 細魚網3帖)
- 一、船数 12隻
 - (内 諸漁船6隻, 同小舟4隻)
 - いさば舟1隻, 川舟1隻)

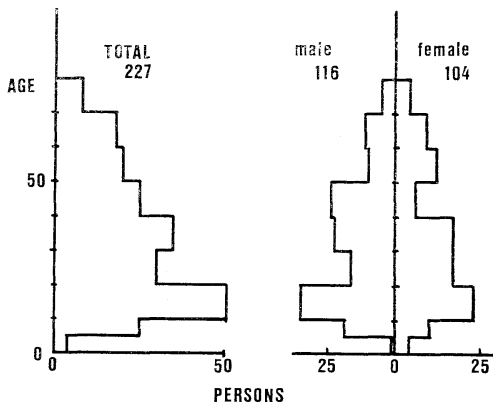


Fig. 3. Inhabitants age distribution of damaged houses by the tsunami in 1854. Seven persons not identified yet whether they were male or female.

(以下略)

そして、上の差出帳の石高等と全く同じことが、明治6年(1873年)に和歌山県令より大蔵大輔宛に出された報告書中に記されている。

このことは、さきに木津氏が1854年と1987年との間で大きく変化していないといわれるひとつの論拠とみてよい。

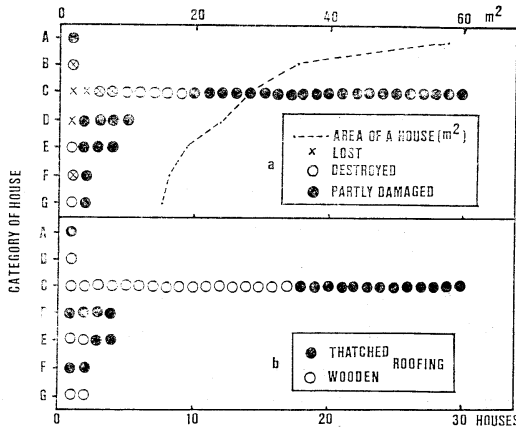


Fig. 4. Classification of damaged houses by the 1854 tsunami and category or housing areal size and its roofing in the Shimotawara-ura district. (1) Houses are classified from A to G according to their area in the metric unit (m²). (2) Upper illustration (a) shows that most of the damaged houses are found in the category C which seems to have been prevailed as a more convenient living flat at that time (around 1854) in the district. (3) The lost and/or destroyed houses are in the categories B to G, and thirty houses in the category C are included in the total number of damaged houses, i. e. forty-four. The one in the category D in the upper illustration is doubly counted because it was partly damaged and lost. (4) Lower illustration (b) shows that almost a half of the houses were wooden roofing and the rest were thatched most of which are in the category C. (5) The information about roofings seems to be not so helpful directly for our understanding of the damage caused by the tsunami in the district, even though it helps us to know what was their living pattern in the district. It can be a suggesting key to what living pattern controlled inevitable death or damage caused by the tsunami as well as by the earthquake in 1854.

5. 津波による被害家屋

下田原浦の被害家屋は、分類すると Table 2 のようになる。ここでは、当時の尺度である1間を1.8mと換算する。ここで、被害家屋の分類別に、流失・全壊・半壊を区別して図示すると Fig. 4 のようになる。この Fig. 4 には、家屋が檜皮葺か草葺かの別についてもあわせて図示した。木津家文書では、被害家屋毎に、米持高、家屋の間取(桁・梁)、世帯員の名前・性別・年齢が記されているので、現在でも、先祖をたどれば、被害家屋の位置の同定は可能である。

6. 板碑の記録

田原地区については、すでに中村(1984b)が木葉神社棟札に記された津波の状況を紹介している。保田(1985)は、さらに詳細な記述を、大庄屋から役所へ届けた報告書の一部として、つぎのように解説している。

“田原での被害は板碑の記録によれば、11月5日地震発生と共に山へ逃げ、小屋を作り家財道具を運び入れ12月10日まで35日間も山小屋生活をせねばならなかった。家はまとものものは1軒もなかった。下田原ではエベスの元から二分口役所(城道吹上げ土井八助所有地)にかけての彎曲部に津波がおしよせて石積みの波除堤を崩して、吹上げ屋敷地を呑みこんだ。更に今の農協附近に至る堤防を15ヶ所にわたって破壊し大波が打ち込んだため倒壊流失と全壊家屋が引戸にのぼった。耕作中の春作物物は殆ど全滅に近い打撃を受け、エビ網の時期だったので、夕方5時というこの時間には22隻全船が沖に出て漂

Table 2. Category of residents' houses in Shimotawara-ura.

| Category | Width (ken) | Length (ken) | Area (ken ²) or (m ²) | |
|----------|-------------|--------------|---|-------|
| A | 4.5 | 4.0 | 18.0 | 58.32 |
| B | 4.5 | 2.5 | 11.25 | 36.45 |
| C | 3.5 | 2.5 | 8.75 | 28.35 |
| D | 3.0 | 2.5 | 7.5 | 24.30 |
| E | 3.0 | 2.0 | 6.0 | 19.44 |
| F | 2.5 | 2.0 | 5.0 | 16.20 |
| G | 3.0 | 1.5 | 4.5 | 14.58 |

- Remarks: 1) Houses were thatched or roofed by wood skin plates.
 2) The unit "ken" is equivalent to 1.8m in SI unit.
 3) Data referred to the ancient descriptions kept by Mr. Yoshinori Kizu.
 4) Data only for damaged houses by the tsunami in 1854.

業中だったので被害なくサンマ網2, イワシ網3が流失した”。

しかし、保田の解説では、家屋の損害は、238戸と推測されているが、木津家文書によると48戸の損害しか記録されていない。この点については今後なお検討の余地がある (Fig. 4 では、住居44戸を対象とし、納屋は除いた)。

7. 人的被害

わが国で過去の地震津波の史料や年表には死者・負傷者・行方不明者の数などの人的被害が明示されている。家屋等の全壊・半壊や船舶の流失・損壊とも記述がある。ただ、このような記述の対象となった地域の全人口に対する人的被害の割合や、地域の全建物数に対する損害の割合は記されていない。人的被害を全人口と対比してみると、地震津波による災害復旧の可能性・迅速性の推定が可能となる。

すでに述べたように、下田原浦で、人口1,181人、家屋は238戸であった1854年の津波の時には人的損害はなかったものとみられる。これは津波による災害からの復旧が迅速にできる条件を具備していたことを示しており、木津家文書の記すとすると矛盾しない。さらに加えて言うならば、下田原浦は限られた人口の集落として存続するために、余剰人口は海外などへも流出している。この点では、矢野 (1986) の図2-1に示されたように江戸時代後半のわが国の人口増減が停滞した時期の問題として、1854年の下田原浦をみるわけにはいかない。当時の行政的処置のほか、集落の存続をかけての自衛的生活パターンがあったとみるべきである。たとえば出かせぎなどはその例である。被害をうけた者についてみて Fig. 3に示すように、20-30歳台の男子は少数であり、30-50歳の男子が多い。また、これと対応するかのよう20-40歳台の女子の数が相対的に多く、とくに40-50歳台の女子の数は異常に少数である。

この1854年における田辺は、当時の城下町で、藩主の居城のある地であった。また、当時の広村 (現在の広川町) は、海上交通の要衝であり、味噌・醤油などの主産地であった。そのような地では、他の地からの出かせぎの者が多く、しかも、1854年の津波による罹災者の多くは、その土地以外から来た者達であった (中村, 1987a) ことも見逃してはならない。

このようにみえてくると、集落の形成の歴史的背景も検討の対象として重要な因子であることがわかる。さらに、近年、土木工学関連分野で用いられる“都市化”がす

で1854年当時の広村に認められると言ってもよいこともわかる。集落の集合体の形成が都市化の基本であるとともに、立地条件が交通の要衝であり他地域からの流入人口によって産業が支えられる点は、現代の“都市化”の概念と基本的に異なるところはないと言ってよい。

ところで、下田原浦については、1854年頃の人口は1,181人であり、戸数も238戸であった。住民は老若男女すべて半農・半漁の家族であった。自給自足を中心にした生活パターンであり、当時の交通事情からみても隣接の集落も自らを護ることに必死で他を省りみる余裕もなく、下田原浦も隣接集落の被害に対する復旧にあたっての援助はどのような形であっても考えることはできなかったとみるのが妥当の様である。

とくに、農業・漁業でひとつの集落が約千人の規模の場合、下田原浦の例にかぎらず、集落の構成員の相互の連帯意識は強く、連携行動も迅速で的確であったであろう。さもなくば、集落全体の存亡にかかわることになりかねない。日常的にこのような集団で構成された集落では、ひとたび何らかの異変が起った時に、集落全体への情報の伝達は正確かつ迅速であり、集落全体の臨機応変の行動は各自の集落一体感の意識になったものとしてあらわれる。

以上の要因の検討からみて、1854年の津波の際に、波源に最も近い位置にありながら、串本と那智勝浦とは甚大な被害を蒙っている。それにもかかわらず、串本と那智勝浦とのちょうど中間に位置する下田原浦では死者は記録されていない。家屋・納屋・漁船・船具・漁網などの被害が時の大庄屋へ届け出としてなされ、住民の衣食住への援助の要求が時の代官へなされているにすぎない。

巨大津波の被害および復旧状況などの記述には、人的被害、とくに、その内容 (性別、年齢別、職業別など) の正確な把握が必要である。さらに、人的被害の検討には、津波の大きさ、物的被害とともに、その町や村の立地条件、集落環境条件、生活パターンなどの背景となる諸条件の考察が必要である (たとえば MIYOSHI, 1987)。下田原浦の古文書は1854年津波について、上記の必要条件を満すに足る資料の収集できた稀な例であろう。

謝 辞

本文をとりまとめるにあたり、東京水産大学の松山優治助教授の御好意により木津芳範氏所蔵の古文書を拝見できた。また、山出泰助氏・保田穂積氏・垣本正美氏の所見を伺い、調査には和歌山県東牟婁郡古座町ほか関係

各位の協力を得た。さらに、本文を完成させるにあたり査読者の有益なコメントをいただき、よりよいものとすることができた。

文 献

- IIDA, K. (1984): Catalog of tsunamis in Japan and its neighboring countries. Special Report, Aichi Institute of Technology. 52pp.
- 古座町役場企画室編 (1985): 古座町勢要覧. 和歌山県東牟婁郡古座町, 17pp.
- MIYOSHI, H. (1987): True run-up heights reached by the huge tsunami of 1896. J. Oceanogr. Soc. Japan, **43**, 159-168.
- 那智勝浦町編 (1986): 那智勝浦町史資料編 No. 1. 460pp.
- 中村重久 (1984a): 田辺・白浜における津波について. 京大防災研究所年報, (27B-2), 591-610.
- 中村重久 (1984b): 津波の古記録とその意義について. *La mer*, **2** (2), 69-72.
- 中村重久 (1985): 和歌山県日高川の津波史料について. *La mer*, **23**, 26-31.
- NAKAMURA, S. (1986): Estimate of exceedance probability of tsunami occurrence in the eastern Pacific. *Marine Geodesy*, **10**, 195-209.
- 中村重久 (1987a): 和歌山県の歴史津波. 月刊地球, **9**, 220-224.
- NAKAMURA, S. (1987b): Possible subsurface source of acoustic tsunami precursor. J. Oceanogr. Soc. Japan, **43**, 228-236.
- 中村重久 (1987c): 和歌山沿岸の最大津波潮上高について. *La mer*, **25**, 147-150.
- 中村重久 (1987d): 北太平洋西部の印南沿岸(和歌山県)における津波. *La mer*, **25**, 190-192.
- 田山 実 (1904): 大日本地震史料. 震災予防調査会報告, No. 49 甲・乙, 1-606, 1-595.
- 宇佐美竜夫 (1987): 新編日本被害地震総覧. 東大出版会. 435pp.
- 渡辺偉夫 (1985): 日本被害津波総覧. 東大出版会. 216pp.
- 矢野一郎監修 (1986): 数字でみる日本の100年, 改訂第2版. 国勢社. 512pp.
- 保田穂積 (1985): 田原の歴史と民俗, 創刊号. 田原歴史研究会. 58pp.
- 保田穂積 (1986): 田原村誌. 田原歴史研究会. 99pp.

重力場における対流・カオス・乱流について*

中村重久**

A note on chaos between convection and turbulence in the gravity field*

Shigehisa NAKAMURA**

Abstract: A mathematical term "chaos" was recently introduced to the world of physics in order to discuss various nonlinear problems. The chaos is also discussed in relation to geophysical problems as Lorenz did in meteorology and Vallis remarked about El-Niño. The author here gives a brief note on chaos between convection and turbulence in the gravity field referring to Khurana's remark. A scope of chaos in oceanography is also considered.

1. 緒言

ここでは、最近の研究に関する情報を参考にして、対流・カオス・乱流を、海洋学の視点からとらえてみる。

最近、流体の運動に関連して、カオスの問題がとりあげられるようになり、多数の概説書がみられるようになった(たとえば山口, 1986; BERGÉ *et al.*, 1984; THOMPSON, 1986; MOON, 1987)。著者の限られた範囲での理解によってみても、これらの概説書では、乱流とカオスとの関係を数学的手法によって明らかにしようとする方向にあるものと受けとられる。代表的な気象学の例として LORENZ (1963, 1964, 1986) の研究成果が紹介されている。BENZI and NICOLS (1988) は、地球物理的視点にたつて“カオスと乱流”についてシンポジウムを開いた。とくに、海洋に関連して、VALLIS (1987) は、エル・ニーニョをカオスの問題としてとらえることを述べている。また、著者は、カオスの手法を用いた高潮・津波・潮汐の検討の可能性を試みつつある。

ここでの“カオス”は、数学的に定義されたものであり、言語学的な“混沌”と異なるものである。単なる混

沌とした概念ではない。このカオスによって重力場の流体にみられる乱流運動の位置づけが試みられている段階であるという説明にしておこう。

ところで、KHURANA (1988) は、シカゴ大学の研究グループが、レーリー・ベナール渦の実験から、対流・カオス・乱流の関係が理論的にも実験的にも明らかになったと述べている。本文では、この KHURANA (1988) にしたがって対流・カオス・乱流の関係の要点を記し、さらに、海洋学的視点からみたカオスについても考えてみたい。

2. レーリー・ベナール渦の実験例

KHURANA (1988) によれば、過去約10年の間にカオスによっていろいろの実験結果と理論との対応関係が明らかになってきたという。しかし、乱流に関するかぎり我々の理解の程度は10年前と大差ない。ただ、最近、シカゴ大学の Albert LIBCHABER らは1987年に、レーリー・ベナールのセルに乱流が存在することを明らかにしたことに論及している。そもそも、レーリー・ベナール渦の実験は、重力場の流体運動のなかでも対流に関連したもので、それも平らな表面と底面との間の流体にみとめられる。しかも、この場合、底面で加熱するという条件が必要である。

ところで、LIBCHABER らの実験では、普通の運動は時間的に周期的であり、したがって、その時系列のフーリエ変換で得られるスペクトルには鋭いピークが認め

* 1988年8月5日受理 Received August 5, 1988

** 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, Disaster
Prevention Research Institute, Kyoto University,
Katada-Hatasaki, Shirahama, Wakayama, 649-22
Japan

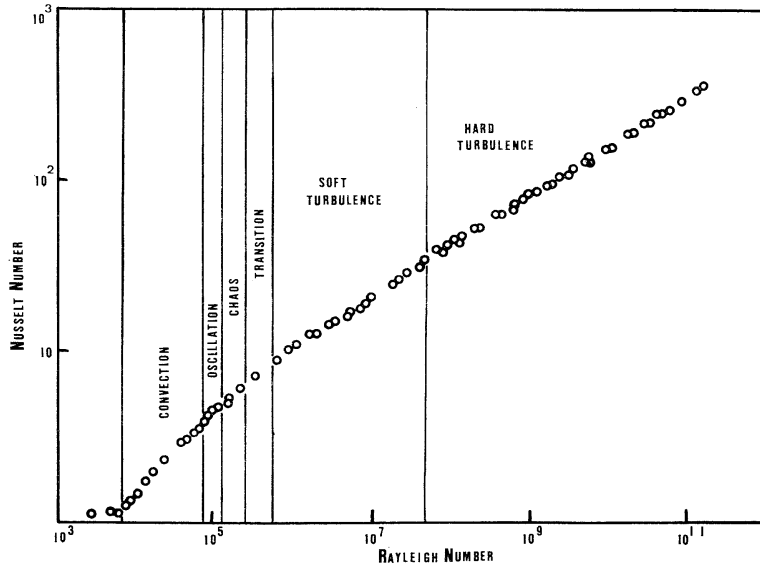


Fig. 1. Zoning of chaos in a recent Rayleigh-Benard experiment (referred to KHURANA, 1988)。

られる。一方、時間的にカオスの状態の系では、スペクトルには広帯域にわたってノイズ様のものがあらわれ、鍋冠山型のスペクトルが得られる。

3. 対流・カオス・乱流

レーリー・ベナル渦の実験についての要点を記すと、流体の運動は、つぎのように分類される。すなわち、

- a. 境界層に平行な運動
- b. 対流 (convection)
- c. 周期的運動 (oscillation)
- d. カオス・非周期的運動 (chaos)
- e. 過渡的現象 (transitional)
- f. 弱い乱流 (soft turbulence)
- g. 強い乱流 (hard turbulence)

ここで、Nusselt 数 (N) をたて軸に、Rayleigh 数 (R) をよこ軸にとった図上で、レーリー・ベナル渦の壁を通して輸送された全熱量をみることにしよう。海洋についてこのようなことは不明のようなので、とくに最近シカゴ大学で液体ヘリウムを用いた例をとりあげることとし、その結果を Fig. 1 に示した。弱い乱流の状態では図中の曲線は $1/3$ の勾配とみられる。一方、強い乱流の状態では、その曲線は $2/7$ の勾配で示される。このような液体ヘリウムに関する実験は、一見、海洋学とは何の関係もないようにみられるが、流体の動的特性を

とらえる目的に焦点をおくかぎり、Fig. 1 に示した結果は海洋学にとつても有意義であると思われる。

ただし、 N 数および R 数は以下のように定義されるものとする。すなわち、

$$N \approx d/\lambda \tag{1}$$

ここに、表面と底面との間が d であるとき、レーリー・ベナル渦のセルは境界層厚 λ が d より小さくなった場合のみ生じるものとする。また、

$$R = \frac{a \cdot g \cdot d \cdot \Delta}{D_T \cdot \nu} \tag{2}$$

ここに、 a は熱膨張係数、 g は重力加速度、 d は距離 (層厚)、 Δ は層の表面と底面との間の温度差、 D_T は熱拡散係数、そして、 ν は動粘性係数である。また、さらに、

プラントル数

$$Pr = \nu/D_T \tag{3}$$

も考えられるが、その詳細は KHURANA (1988) にゆずる。

4. カオスと海洋の現象

以上にみたように、今や、カオスは地球規模の現象に関連した問題であるとみられる。とくに、海洋の現象の

なかにカオスのなものがとらえられる可能性は高いと予想される。気象学においては、カオスの概念が確立する前に、LORENZ (1963, 1964, 1980) はカオスの問題にとり組んでいた。初期条件がごくわずかに異なるだけで解は全く別の特性を示す点は、従来、非線型問題の宿命であるとして片づけられてきたようである。しかし、その特性のどれが非線型性によるものであり、どれがカオスの問題に属するものであるかは、遠からず明らかにされることであろう。

たとえば、日本列島の南の黒潮は、その流軸を時々刻々と変えていることは、わが国の過去50余年の海洋観測の成果によって周知のことである。この黒潮について、直進型と蛇行型との2つの安定な状態があるといわれている。これは流体運動の非線型問題における分岐解 (bifurcation) に関連づけて説明できるかもしれない。しかし、その流軸が直進型から蛇行型へ、あるいは、蛇行型から直進型へ変るのはいつかという点については、著者の知るかぎりにおいて、不明であり予測できないのが現状のようである。しからば、カオスと関連づけて説明できるだろうか。今後の検討にまたねばならない。あるいは、この検討の結果が、黒潮とエル・ニーニョ (VALLIS, 1987) とをカオスの現象としてとらえる手がかりを与えることになるかもしれない。

いずれにしても、海洋におけるカオスの現象をとらえ

るのは、今後の問題である。

文 献

- BENZI, R. and C. N. NICOLS (1988): Chaos and turbulence in geophysics. Symposium JS.1, *Annales Geophysicae*, 1988-Special Issue, Geophysical Society of Europe. p.205-212.
- BERGÉ, P., Y. POMEAU and C. VIDAL (1984): Order within chaos—towards a deterministic approach to turbulence. John Wiley and Sons, N.Y. 329pp.
- KHURANA, A. (1988): Rayleigh-Benard experiment probes transition from chaos to turbulence. *Physics Today*, **41**(6), 17-21.
- LORENZ, E.N. (1963): Deterministic nonperiodic flow. *J. Atmospheric Sci.* **20**, 130-141.
- LORENZ, E.N. (1964): The problem of deducing the climate from the governing equations. *Tellus*, **16**, 1-16.
- LORENZ, E.N. (1980): Noisy periodicity and reverse bifurcation. p. 282-291. *In* R. H. G. Hellermann (ed.), *Nonlinear Dynamics*. N.Y. Acad. Sci., N.Y.
- MOON, F.C. (1987): Chaotic Vibrations—An Introduction for Applied Scientists and Engineers. John Wiley and Sons, N.Y. 309pp.
- VALLIS, G.K. (1987): Oceanography, El-Niño and chaos. *In* "Physical news in 1986", *Physics Today*, s40-s41.
- 山口昌哉 (1986): カオスとフラクタル—非線型性の不思議 (ブルー・ボックス). 講談社, 東京. 197pp.

学 会 記 事

1. 昭和63年9月9日, 昭和63年度第2回幹事会が東京水産大学において開かれた。主要な議題は下記のとおり。

1) 編集委員会報告および昭和63, 64年度編集委員会への引き継ぎについて

2) 日本学術会議第14期研究連絡委員会委員候補者の推薦について

海洋科学研究連絡委員会委員候補者 須藤英雄

水産学研究連絡委員会委員候補者 有賀祐勝

3) 日仏学者交換事業候補者追加公募について

4) 1989年度フランス政府派遣文化・科学使節招へいについて

5) 第2回日仏海洋シンポジウムについて

2. 昭和63年9月9日 日仏海洋シンポジウム第9回実行委員会が東京水産大学において開かれた。

3. 昭和63年10月4~7日 第5回日仏学術シンポジウム(10月3~13日)の一環として, 第2回日仏海洋シンポジウムおよび関連行事が清水市および静岡県下において行われた。シンポジウムのテーマは次の通り。

(1) 温排水, (2) 養殖, (3) リモートセンシング

4. 新入会員

(正会員)

| 氏名 | 所 属 | 紹介者 |
|-------|--------------------------------|------|
| 落合 正宏 | 横浜市鶴見区馬場7-30-1 インペリアル菊名 230 | 八木宏樹 |
| 劉 倬 騰 | 国立台湾大学海洋研究所 | 須藤英雄 |

5. 住所変更

(正会員)

| | |
|-------|---|
| 服部 寛 | 005 札幌市南区南沢 5条1-1-1 北海道東海大学工学部 |
| 永延 幹男 | 102 東京都千代田区紀尾井町3-27 剛堂会館 6F 海洋水産資源開発センター |
| 三村 徹 | 170, Rue Blomoet, 75015 Paris, France |
| 岩佐 欽司 | 198 八王子市暁町2-27-4 |
| 黒木 敏郎 | 223 横浜市港北区新栄町14-1-503 |
| 山本 秀行 | 226 横浜市緑区東本郷6-3-11-1125 |
| 南雲昭三郎 | Seismology Division, Hawaii Institute of Geophysics, University of Hawaii, 2525 Correa Rd., |

Honolulu, HI 96822, U. S. A.

菅野 尚 516-01 三重県度会郡南勢町中津浜浦
422-1 養殖研究所

中村 充 254 平塚市松風町23-30

尾山 実美 144 大田区仲六郷1-5-7 3Kビル 305号

久保田 稜 254 平塚市平塚4-16-16

(賛助会員)

日立造船技術研究所バイオ研究センター

554 大阪市此花区桜島1-3-22

6. 退会

秋山勉, 吉永勝秀, 鈴木広志, 小黒美樹, 多賀信夫,
中村保昭, 関興一郎, 吉田多摩夫, 草野和之, 堀真之
永沢祥子, 飯高勇之助, 末常泰男

7. 受贈図書

Bull. Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo 26(1, 2)

研究実用化報告 37(8)

東北区水産研究所報告 (50)

国内海洋調査一覧 (19, 20)

日本学術会議月報 29(9~11)

滋賀大学湖沼実習施設論文集 (26)

なつしま (96)

日本プランクトン学会報 35(1)

海洋産業研究資料 19(5)

RESTEC (21)

研究実用化報告 37(9, 10)

航海 (97)

日本航海学会論文集 (79)

Preliminary Rept. Hakuho Maru Cruise KH-86-4

JODC ニュース (37)

科学通報 33(13~15)

水産学報 12(1, 2)

海洋水産研究 (8)

Aquatic Living Resources 1(2)

青島海洋大学学報 18(1, 2)

山東海洋学院学報 18(2)

日 仏 海 洋 学 会 役 員 ・ 評 議 員

(昭和63~64年度)

顧問 ユベール・プロシェ ジャン・デルサル
 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 オー
 ギュスタン・ベルク

名誉会長 ユベール・セカルディ

会長 宇野 寛

副会長 高木和徳

幹事 (庶務) 須藤英雄, 有元貴文; (会計) 松生
 治, 高橋 正; (渉外) 有賀祐勝, 佐伯和昭;
 (研究) 関 文威, 小池勲夫; (編集) 山口
 征矢, 渡辺精一

監事 久保田 穰, 辻田時美

評議員 青山恒雄, 阿部友三郎, 有賀祐勝, 石井丈夫
 石野 誠, 磯 舜也, 井上 実, 岩井 保,

岩宮 浩, 宇野 寛, 大塚一志, 岡市友利,
 岡部史郎, 小倉通男, 梶浦欣二郎, 鎌谷明善
 川合英夫, 国司秀明, 黒木敏郎, 西条八東,
 佐伯和昭, 坂本市太郎, 坂本 亘, 佐藤孫七
 杉森康宏, 須藤英雄, 関 文威, 平 啓介,
 高木和徳, 隆島史夫, 高橋 正, 高橋正征,
 多紀保彦, 谷口 旭, 辻田時美, 寺本俊彦,
 鳥羽良明, 富永政英, 中村重久, 永田 豊,
 奈須敬二, 奈須紀幸, 根本敬久, 野村 正,
 畑 幸彦, 平野敏行, 松生 治, 松山優治,
 丸茂隆三, 三浦昭雄, 宮本 悟, 村野正昭,
 森田良美, 柳 哲雄

(54名, 会長推薦評議員を含む)

編集委員長 有賀祐勝

La mer (Bulletin de la
Société franco-japonaise
d'océanographie)

Tome 26 (1988)

Sommaire

Numéro 1

Notes originales

- Summer-winter comparisons of oxygen, nutrients and carbonates in the polar seas..... Chen-Tung A. CHEN 1~11
- Population ecology of the spiny turban shell *Batillus cornutus* III. Early growth and change of density (in Japanese)..... Akihito YAMAZAKI and Naonori ISHIWATA 12~18
- Response of a fish school to turbid water (in Japanese)..... Tsutomu MORINAGA, Takashi KOIKE, Keiichi OOTOMO and Kanau MATSUIKE 19~28
- Home shell selection in an intertidal hermit crab, *Clibanarius virescens*, on the Pacific coast of Boso Peninsula, Chiba Prefecture (in Japanese)..... Ken'yo MURATA, Seiichi WATANABE and Kazunori TAKAGI 29~35
- Rift system in the North Fiji Basin: Results of Japan-France Cooperative Research on board KAIYO 87 (in Japanese)..... KAIYO 87 Shipboard Party 36~46

Faits divers

- A note on pot holes in Kitayama Valley (in Japanese)..... Shigehisa NAKAMURA 47~49

- Procès-verbaux 50~52

Numéro 2

Notes originales

- Etude descriptive et biométrique des oeufs de la crevette grise *Crangon crangon* (L.) (Crustacea: Decapoda) au cours de l'embryogénèse..... Christakis MARANGOS et Michel VINCENT 53~60
- Variations des concentrations des acides aminés libres et des protéines totales dans les oeufs de la crevette grise *Crangon crangon* (L.) (Crustacea: Decapoda) au cours de l'embryogénèse Christakis MARANGOS 61~68
- Mesoscale eddies in the Japan Sea Takashi ICHIYE and Kenzo TAKANO 69~75
- Spectrum of the annual tide S_a and its side robe along the southwest coast of the Kii Peninsula (in Japanese)..... Shigehisa NAKAMURA 76~80

うみ(日仏海洋学会誌)

第26巻(1988年)

総目次

第1号

原著

- 極海中の酸素, 栄養塩, 炭酸塩の夏季と冬季の比較(英文).....陳鎮東 1~11
- サザエの生態学的研究 III. 初期成長と密度変化.....山崎明人・石渡直典 12~18
- 濁った水に対する海水魚の行動...森永 勤・小池 隆・大友啓一・松生 治 19~28
- 外房産ヤドカリ類の1種イソヨコバサミ *Clibanarius virescens* の宿貝選択 村田憲要・渡邊精一・高木和徳 29~35
- 北フィジー海盆のリフト系: 日仏共同研究 KAIYO 87 の成果 KAIYO 87 乗船研究者一同 36~46

資料

- 北山峡の甌穴について.....中村重久 47~49

- 学会記事..... 50~52

第2号

原著

- エビジャコの1種 *Crangon crangon* の卵発生(仏文).....Christakis MARANGOS・Michel VINCENT 53~60
- エビジャコの1種 *Crangon crangon* の卵発生過程における遊離アミノ酸と全蛋白質の卵中濃度の変化(仏文)..... Christakis MARANGOS 61~68
- 日本海の中規模うず(英文).....市栄 誉・高野健三 69~75
- 紀伊半島沿岸における年周潮 S_a のスペクトルとそのサイド・ローブ.....中村重久 76~80

Faits divers

- The 1837 Chilean tsunami in the north-western Pacific (in Japanese) Shigehisa NAKAMURA 81~85
- Information océanographiques de France N° 6 (en japonais) 86~91
- Procès-verbaux** 92~94

Numéro 3**Notes originales**

- Stocking effects on asymmetrical population growth under delayed regulation Seichi WATANABE 95~98
- Coastal and bottom topographic effects on the path dynamics of the western boundary current with special reference to the Kuroshio south of Japan Yoshihiko SEKINE 99~114
- Hole-drilling predation by *Octopus vulgaris* on abalone (in Japanese) Hiroshi KOJIMA 115~119
- A modelling for atmospheric precursor of a big tsunami (in Japanese) Shigehisa NAKAMURA 120~126

Faits divers

- Informations océanographiques de France N° 7 (en japonais) 127~132
- Conférence à la remise du Prix de la Société franco-japonaise d'océanographie (en japonais) Saburo AOKI 133~134
- Procès-verbaux** 135~138

Numéro 4**Notes originales**

- Rôles et transformations des pigments caroténoïdes dans les réseaux trophiques marins Michel VINCENT 139~147
- Early developmental stages of some marine fishes from India 3. *Liza subviridis* and *L. tade* Pathrose BENSAM 148~154
- Accumulations simultanées de ⁵⁴Mn, ⁶⁰Co, ¹⁰⁶Ru, ¹³⁷Cs et ¹⁴⁴Ce par le poisson, *Chrysophrys major* Yoshiro IZUMO, Hiromitsu OGATA et Shigémitsu MORITA 155~163
- No death toll in the Shimotawara-ura district close to the 1854 tsunami source (in Japanese) Shigehisa NAKAMURA 164~169

Faits divers

- A note on chaos between convection and turbulence in the gravity field (in Japanese) Shigehisa NAKAMURA 170~172
- Procès-verbaux** 173~174
- Sommaire du Tome 26** 175~176

資 料

- 太平洋北西部における1837年チリ津波 中村重久 81~85
- フランス海洋情報 (6) 86~91
- 学会記事 92~94

第 3 号**原 著**

- 時間遅れのある非対称生長を示す個体群に対する放流の影響 (英文) 渡邊精一 95~98
- 日本南岸の黒潮に注目した西岸境界流の流路に及ぼす陸岸・海底地形効果 (英文) 関根義彦 99~114
- マダコのアワビ殻穿孔 小島 博 115~119
- 巨大津波の空中前駆音のモデル 中村重久 120~126

資 料

- フランス海洋情報 (7) 127~132
- 日仏海洋学会賞受賞記念講演 青木三郎 133~134
- 学会記事 135~138

第 4 号**原 著**

- 海洋の食物連鎖におけるカロテノイド色素の転換と役割 (仏文) Michel VINCENT 139~147
- インド産海産魚類の初期発生段階 3. *Liza subviridis* および *L. tade* (英文) Pathrose BENSAM 148~154
- マダイ *Chrysophrys major* による ⁵⁴Mn, ⁶⁰Co, ¹⁰⁶Ru, ¹³⁷Cs および ¹⁴⁴Ce の同時とりこみ (仏文) 出雲義朗・緒方裕光・森田重光 155~163
- 1854年巨大津波源域至近距離の下田原浦で死者ゼロ 中村重久 164~169

資 料

- 重力場における対流・カオス・乱流について 中村重久 170~172
- 学会記事 173~174
- 総目次 (第26巻) 175~176

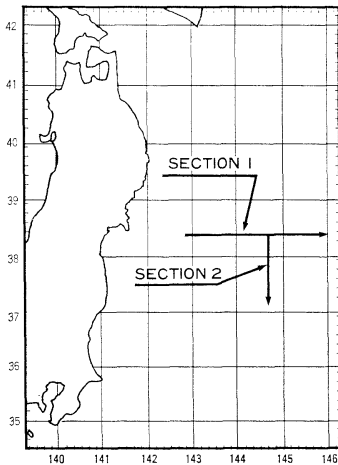
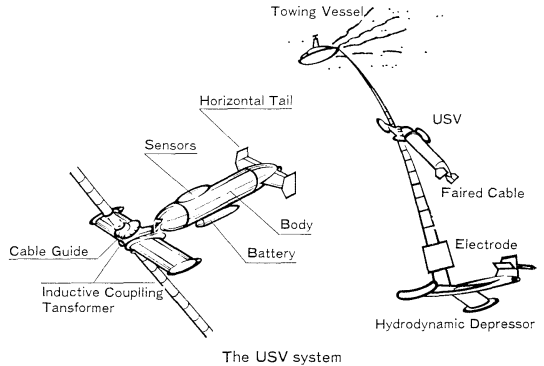
賛 助 会 員

- 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
東京製網織維ロープ株式会社
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 西日本流体技研
日本アクアラング株式会社
財団法人日本気象協会研究所
日立造船技術研究所
バイオ研究センター
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
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
東京都文京区大塚 3-34-3
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
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
大阪市此花区桜島 1-3-22
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 (辨本地郷)
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

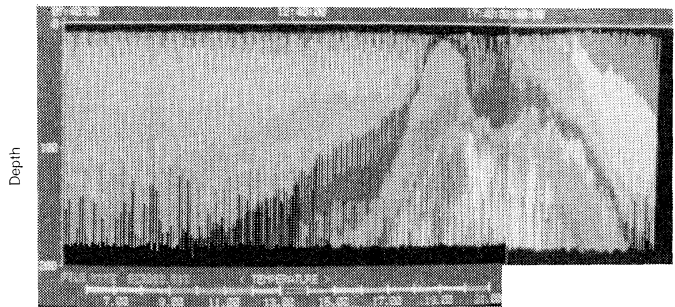
スライド式高速曳航体 JAMSTEC TSK方式

Underwater Sliding Vehicle System (USV)

- 本システムは海洋科学技術センター殿の御指導によって開発されました。
- USVは小型かつ軽量で極めて優れた水中運動性能を有しております。
- 電磁誘導伝送方式を使うことにより船上からのUSVの昇降運動制御及びリアルタイム信号モニターリングを行うことができます。
- 取得データはFD及びハードディスクに記録し2次電算機処理に供します。



0 50 (KM) 38° 20' N 144° 40' E 37° 05' N 144° 40' E

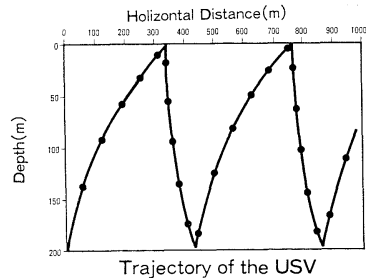


T.S.スライド式高速曳航体によって得られた三陸沖の水温鉛直分布のカラー画像。

(海洋科学技術センター殿から資料を御提供頂きました。)

SPECIFICATIONS

Towing Speed : 0~8knots
 Operation Depth: Max.400m
 Tow Cable : 8mm hydrodynamically fared stainless steel wire rope with polyurethane coating
 Sensor Range Accuracy
 Conductivity 20~70ms ±0.05ms
 Temperature -2~35°C ±0.05°C
 Depth 0~400dbar 0.5%FS
 Data Transport : Inductive Coupling Data Communication System
 Sampling Rate : 5times per second
 Sensor Battery : 50hours
 Life



T.S.K

株式会社 鶴見精機

本 社 〒230 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2-2-20

TEL.(045)521-5252 FAX.(045)521-1717

白 河 工 場 〒969-03 福島県西白河郡大信村大字中新城字弥平田

TEL.(0248)46-3131 FAX.(0248)46-2288

TSK AMERICA INC.

828 MILLS PL.N.E. NORTH BEND, WA. 98045, U.S.A.

TEL.206-888-3404 TLX.230754235 TSKA SEA UD

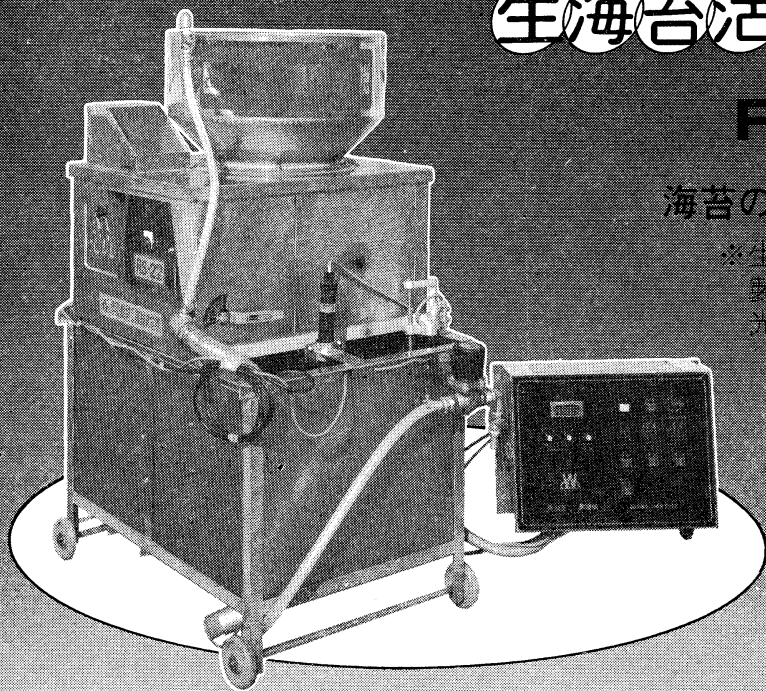
応援します。
 良い海苔づくり—

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 | 860mm | 950mm |
| 長さ | 860mm | 760mm |
| 重量 | 65kg | 180kg |
| モーター | 40W 1台 100W 1台 | 40W 2台 60W 1台 100W 1台 150W 1台 |

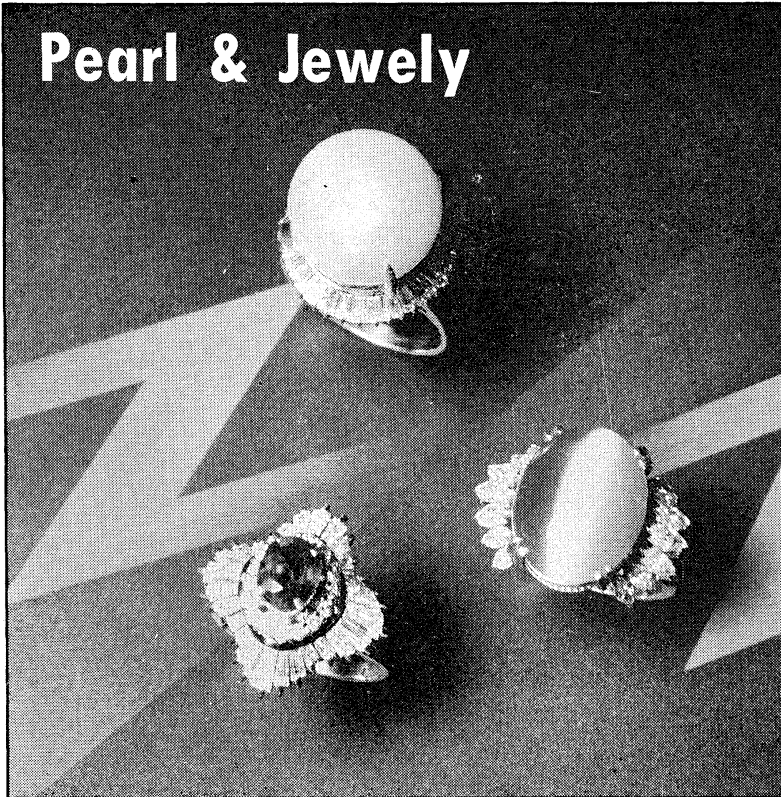


渡辺機開工業株式会社

愛知県渥美郡田原町神戸大坪230

電話 05312 (2) 1121 (代表)

Pearl & Jewelry



輝
〜
Onoda Pearl & Jewelry

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

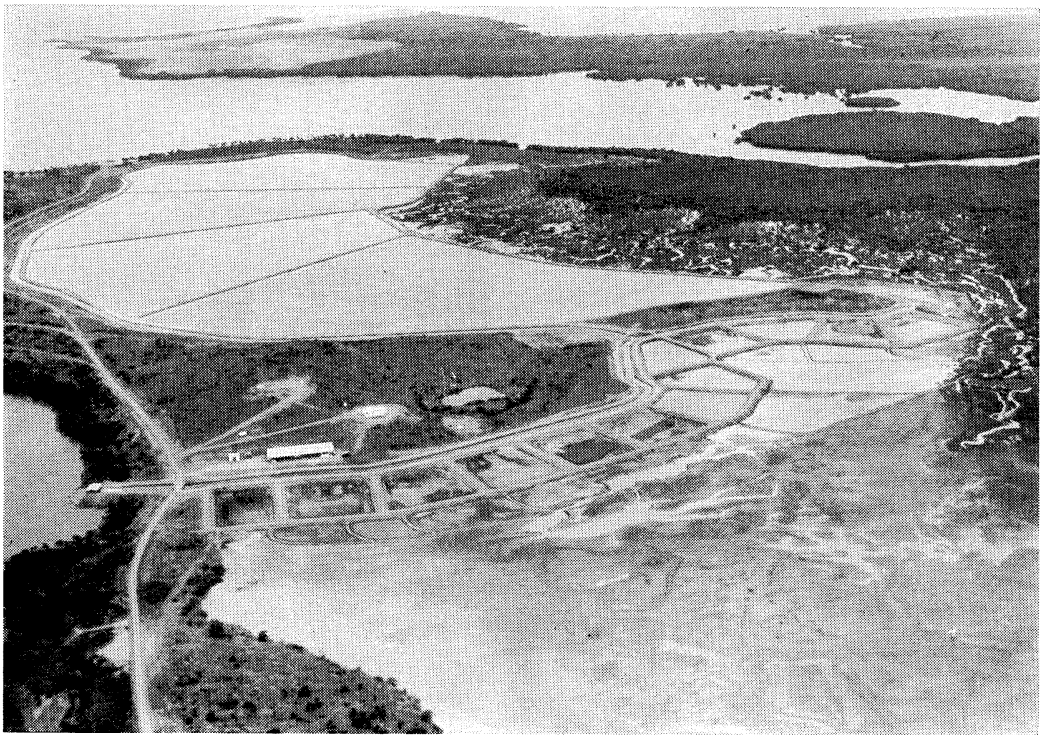
採 泥 器 類
電 気 流 速 計
舶用機器模型及標本類
標 識 票 類

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

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 (1988-1989)

委員 長: 有賀祐勝

委 員: 青木三郎, 半沢正男, 堀越増興, 鎌谷明善, 前田昌調, 村野正昭, 小倉通男, 岡部史郎, 須藤英雄, 柳 哲雄

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

幹 事: 渡辺精一, 山口征矢

投 稿 の 手 引

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

昭和63年11月25日 印刷
昭和63年11月28日 発行

う み 第26巻
第4号

定価 1,600 円

編 集 者 有 賀 祐 勝

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 26 N° 4

SOMMAIRE

Notes originales

Rôles et transformations des pigments caroténoïdes dans les réseaux trophiques marins
Michel VINCENT 139

Early developmental stages of some marine fishes from India
 3. *Liza subviridis* and *L. tade*Pathrose BENSAM 148

Accumulations simultanées de ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs et ^{144}Ce par le poisson,
Chrysophrys major.....Yoshiro IZUMO, Hiromitsu OGATA et Shigémitsu MORITA 155

No death toll in the Shimotawara-ura district close to the 1854 tsunami
 source (in Japanese).....Shigehisa NAKAMURA 164

Faits divers

A note on chaos between convection and turbulence in the gravity field
 (in Japanese)Shigehisa NAKAMURA 170

Procès-verbaux 173

Sommaire du Tome 26 175

第 26 卷 第 4 号

目 次

原 著

海洋の食物連鎖におけるカロテノイド色素の転換と役割 (仏文)Michel VINCENT 139

インド産海産魚類の初期発生段階 3. *Liza subviridis* および *L. tade* (英文)Pathrose BENSAM 148

マダイ *Chrysophrys major* による ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs および ^{144}Ce の
 同時とりこみ (仏文)出雲義朗・緒方裕光・森田重光 155

1854年巨大津波源域至近距離の下田原浦で死者ゼロ中村重久 164

資 料

重力場における対流・カオス・乱流について中村重久 170

学会記事 173

総目次 (第26巻) 175