

水産動物における  
トリメチルアミンオキサイドの分布 - IV.\*  
節足動物, 棘皮動物およびその他の無脊椎動物について

原田 勝彦・出利葉 徹・山田金次郎

Distribution of Trimethylamine Oxide in Fishes and  
Other Aquatic Animals - IV.  
Arthropods, Echinoderms and Other Invertebrates

By

Katsuhiko HARADA, Tōru DERIHA and Kinjiro YAMADA

The distribution of trimethylamine oxide in decapodous, bivalve and gastropodous mollusks was described in the previous papers<sup>1-3)</sup>. In the present investigation, the oxide content in the invertebrates comprising 23 species of arthropods, 10 species of echinoderms, and 12 species of the others has been reported.

Of the arthropods an appreciable amount of the oxide in muscle was found in most of the species analyzed of marine crustaceans. Among the fresh-water crustaceans, it was found that only the muscle of a crayfish, *Procambarus clarki* contained the oxide in a considerable amount.

Of the phylum Echinoderms the oxide was not demonstrated in a measurable amount in tissues of every species examined.

Of the other invertebrates studied, in muscle, octopus had the oxide in an amount comparable to that of crustaceans. Similarly, a bivalve, *Vasticardium burchardi*, showed a high amount of the oxide in the same muscle tissue.

## 1. 緒 言

本邦産水産動物のうち、軟体動物のイカ類、二枚貝類および腹足類における TMO 分布については、すでに報告した<sup>1-3)</sup>。今回は、節足動物、棘皮動物およびその他の無脊椎動物について調べた。これらの結果を報告する。

---

\* 水産大学校研究業績 第654号, 1972年1月24日 受理。  
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 654.  
Received Jan. 24, 1972.

## 2. 実験方法

### 2-1 試料

試料は主として吉見（下関市）近辺で入手した。これらはすべて生活反応を示すものであった。試料の入手場所、季節、性状および使用個体数は第1表に示すとおりである。

### 2-2 検液の作製

検液の作製は前報の方法によった<sup>1)</sup>。採取部位は筋肉および内臓である。

### 2-3 TMO, TMA の定量および TMA の検出

さきに報告した方法によった<sup>1)</sup>。

## 3. 実験結果

### 3-1 TMO 含量

節足動物14科23種、棘皮動物8科10種およびその他の無脊椎動物9科12種の TMO 含量を調べた結果は第2表のとおりである。

節足動物では、なかに試料がわずかなため、筋肉あるいは内臓について分析を行なえない種類があったが、カブトガニを除いたすべての筋肉に TMO の存在が認められた。海産動物筋肉の TMO 含量は一般に高かった。一方、淡水産動物では、アメリカザリガニが淡水産動物として特異的に高い TMO 含量を示した。

棘皮動物では内臓、一部筋肉について TMO 含量を調べたが、共に TMO が存在しないかまたはわずかであった。

軟体動物では筋肉および内臓の両組織について TMO 含量を調べ、タコ類でかなりの量の TMO の存在を認めた。しかしながら、ヒザラガイ類、腹足類および二枚貝類の TMO 含量は、ザルガイを例外として、わずかであった。

### 3-2 TMA 含量

TMA 含量については第3表に示すとおりである。

節足動物の筋肉における TMA 含量は同組織の TMO 含量より一般的に低かった。筋肉と内臓との間では TMA 含量にほとんど相違が認められなかった。棘皮動物のヒトデ、ウニおよびナマコ類内臓とナマコ類筋肉の TMA 含量は一般にわずかであった。

軟体動物では、ヒザラガイ類および腹足類と二枚貝類の一部種類が、被検部位にかかわらず、かなりの量の TMA を含有した。

### 3-3 TMAの検出

前報<sup>1-3)</sup>で述べた理由で、被検試料について薄層クロマトグラフィーによる TMA の検出を行なった。その結果を第4表に示す。この表からわかるように、TMAは海産、汽水産および淡水産を問わず、サワガニ（試料番号16）内臓とモクズガニ（試料番号17）筋肉を除いた被検動物すべてから検出された。

\* 本報告では次の略号を用いる。トリメチルアミノオキシド、TMO；トリメチルアミン、TMA。

Table 1. Description of the sample examined.

| Sample No. | Species*   | Source    | Season | Average size**          |
|------------|--|-----------|--------|-------------------------|
|            | ARTHROPODA   |           |        |                         |
|            | Class XIPHOSURA                                      |           |        |                         |
|            | Order Xiphosura                                      |           |        |                         |
|            | Family Tachypleidae                                  |           |        |                         |
| 1          | <i>Tachypleus tridentatus</i> —"kabutogani"          | Habu      | Sep.   | 36 <sup>a</sup> ( 1)    |
|            | Class CRUSTACEA                                      |           |        |                         |
|            | Subclass CIRRIPIEDIA                                 |           |        |                         |
|            | Order Thoracica                                      |           |        |                         |
|            | Family Scalpellidae                                  |           |        |                         |
| 2          | <i>Mitella mitella</i> —"kamenote"                   | Yoshimi   | Jul.   | 5.5 <sup>a</sup> ( 40)  |
|            | Family Balanidae                                     |           |        |                         |
| 3          | <i>Tetraclita squamosa japonica</i> —"kurofujitsubo" | "         | Feb.   | 2.2 <sup>a</sup> ( 47)  |
|            | Subclass MALACOSTRACA                                |           |        |                         |
|            | Order Decapoda                                       |           |        |                         |
|            | (Macrura)  |           |        |                         |
|            | Family Penaeidae                                     |           |        |                         |
| 4          | <i>Solenocera alticarinata</i> —"koudakakudahigeebi" | Murotsu   | Oct.   | 8.1 <sup>a</sup> ( 14)  |
| 5          | <i>Metapenaeopsis barbata</i> —"akaebi"              | "         | Aug.   | 9.2 <sup>a</sup> ( 76)  |
|            | Family Alpheidae                                     |           |        |                         |
| 6          | <i>Alpheus rapax</i> —"oniteppōebi"                  | Yoshimi   | Jul.   | 8.9 <sup>a</sup> (130)  |
|            | Family Palaemonidae                                  |           |        |                         |
| 7          | <i>Macrobrachium nipponense</i> —"tenagaebi"         | Yoshida   | "      | 10.2 <sup>a</sup> ( 21) |
|            | Family Potamobiidae                                  |           |        |                         |
| 8          | <i>Procambarus clarki</i> —"amerikazarigani"         | Munakata  | "      | 3.9 <sup>a</sup> ( 55)  |
|            | (Anomura)  |           |        |                         |
|            | Family Paguridae                                     |           |        |                         |
| 9          | <i>Pagurus samuelis</i> —"honyadokari"               | Yoshimi   | Oct.   | 9.0 <sup>a</sup> (221)  |
|            | (Brachyura)  |           |        |                         |
|            | Family Majidae                                       |           |        |                         |
| 10         | <i>Leptomithrax edwardsi</i> —"koshimagani"          | Murotsu   | Aug.   | 5.8 <sup>b</sup> ( 10)  |
|            | Family Portunidae                                    |           |        |                         |
| 11         | <i>Portunus sanguinolentus</i> —"janomegazami"       | Yasuoka   | Nov.   | 6.0 <sup>b</sup> ( 1)   |
| 12         | <i>Charybdis japonica</i> —"ishigani"                | Yoshimo   | Jul.   | 4.1 <sup>b</sup> ( 10)  |
| 13         | <i>Charybdis cruciata</i> —"fukahoshiishigani"       | Murotsu   | Aug.   | 1.6 <sup>b</sup> (100)  |
| 14         | <i>Charybdis miles</i> —"akaishigani"                | "         | Jul.   | 4.1 <sup>b</sup> ( 11)  |
|            | Family Xanthidae                                     |           |        |                         |
| 15         | <i>Liagore rubromaculata</i> —"benihoshimanjūgani"   | "         | Oct.   | 4.5 <sup>b</sup> ( 14)  |
|            | Family Potamonidae                                   |           |        |                         |
| 16         | <i>Potamon dehaani</i> —"sawagani"                   | Katsuyama | Sept.  | 1.3 <sup>b</sup> ( 90)  |
|            | Family Grapsidae                                     |           |        |                         |

Table 1. — (Cont'd)

| Sample No. | Species*                                       | Source  | Season | Average size**          |
|------------|--|---------|--------|-------------------------|
| 17         | <i>Eriocheir japonicus</i> —"mokuzugani"       | Yoshimi | Sep.   | 7.4 <sup>b</sup> ( 3)   |
| 18         | <i>Pachygrapsus crassipes</i> —"iwagani"       | Yoshimo | Jul.   | 3.6 <sup>b</sup> ( 35)  |
| 19         | <i>Hemigrapsus sanguineus</i> —"isogani"       | "       | "      | 3.0 <sup>b</sup> ( 35)  |
| 20         | <i>Hemigrapsus penicillatus</i> —"kefusagani"  | Yoshimi | Sep.   | 3.0 <sup>b</sup> (114)  |
| 21         | <i>Sesarma haematocheir</i> —"akategani"       | Yoshimo | Jul.   | 2.7 <sup>b</sup> ( 28)  |
|            | Order Stomatopoda                              |         |        |                         |
|            | Family Squillidae                              |         |        |                         |
| 22         | <i>Squilla oratoria</i> —"shako"               | "       | "      | 11.2 <sup>a</sup> ( 12) |
| 23         | <i>Squilla costata</i> —"sesujishako"          | "       | "      | 8.1 <sup>a</sup> ( 44)  |
|            | ECHINODERMATA                                  |         |        |                         |
|            | Class ASTEROIDEA                               |         |        |                         |
|            | Order Spinulosa                                |         |        |                         |
|            | Family Asterinidae                             |         |        |                         |
| 24         | <i>Asterina pectinifera</i> —"itomakihitode"   | Yoshimi | Jul.   | 4.3 <sup>c</sup> ( 13)  |
| 25         | <i>Asterias amurensis</i> —"hitode"            | "       | Jan.   | 10.5 <sup>c</sup> ( 2)  |
|            | Class ECHINOIDEA                               |         |        |                         |
|            | Order Aulodonta                                |         |        |                         |
|            | Family Centrechinidae                          |         |        |                         |
| 26         | <i>Diadema setosum</i> —"gangaze"              | Futaoi  | Sep.   | 6.3 <sup>c</sup> ( 5)   |
|            | Order Camarodonta                              |         |        |                         |
|            | Family Temnopleuridae                          |         |        |                         |
| 27         | <i>Temnopleurus toreumaticus</i> —"sanshōuni"  | "       | Aug.   | 3.2 <sup>c</sup> ( 13)  |
|            | Family Echinidae                               |         |        |                         |
| 28         | <i>Toxopneustes pileolus</i> —"rappauni"       | "       | Sep.   | 8.0 <sup>c</sup> ( 5)   |
| 29         | <i>Pseudocentrotus depressus</i> —"akauni"     | Yoshimo | Jul.   | 3.1 <sup>c</sup> ( 11)  |
|            | Family Strongylocentrotidae                    |         |        |                         |
| 30         | <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> —"bafununi"  | "       | "      | 3.0 <sup>c</sup> ( 18)  |
|            | Family Echinometridae                          |         |        |                         |
| 31         | <i>Anthocidaris crassispina</i> —"murasakiuni" | "       | "      | 4.1 <sup>c</sup> ( 10)  |
|            | Class HOLOTHUROIDEA                            |         |        |                         |
|            | Order Aspidochirota                            |         |        |                         |
|            | Family Holothuriidae                           |         |        |                         |
| 32         | <i>Holothuria monacaria</i> —"fujinamako"      | Murotsu | "      | 240 <sup>d</sup> ( 2)   |
|            | Family Stichopodidae                           |         |        |                         |
| 33         | <i>Stichopus japonicus</i> —"aomanamako"       | Yoshimi | "      | 245 <sup>d</sup> ( 3)   |
| 34         | <i>Stichopus japonicus</i> —"akamanamako"      | "       | Jan.   | 241 <sup>d</sup> ( 2)   |
|            | PROTOCHORDATA                                  |         |        |                         |
|            | Class UROCHORDA                                |         |        |                         |
|            | Subclass ASCIDIACEA                            |         |        |                         |
|            | Order Pleurogona                               |         |        |                         |

Table 1. — (Cont'd)

| Sample No. | Species*                                  | Source  | Season | Average size**          |
|------------|---|---------|--------|-------------------------|
|            | Suborder Stolidobranchiata                |         |        |                         |
|            | Family Styelidae                          |         |        |                         |
| 35         | <i>Styela plicata</i> —"shiroboya"        | Yoshimo | Aug.   | 11.6 <sup>d</sup> ( 6)  |
| 36         | <i>Styela clava</i> —"eboya"              | Yoshimi | Jul.   | 10.9 <sup>d</sup> ( 17) |
|            | MOLLUSCA                                  |         |        |                         |
|            | Class POLYPLACOPHORA                      |         |        |                         |
|            | Order Ischnochitonida                     |         |        |                         |
|            | Family Ischnochitonidae                   |         |        |                         |
| 37         | <i>Liolophura japonica</i> —"hizaragai"   | Yoshimi | Jul.   | 3.7 <sup>a</sup> ( 70)  |
|            | Class GASTROPODA                          |         |        |                         |
|            | Subclass PROSOBRANCHIA                    |         |        |                         |
|            | Order Mesogastropoda                      |         |        |                         |
|            | Family Ficidae                            |         |        |                         |
| 38         | <i>Ficus subintermedia</i> —"biwagai"     | Murotsu | Aug.   | 5.9 <sup>b</sup> ( 16)  |
|            | Order Neogastropoda                       |         |        |                         |
|            | Family Buccinidae                         |         |        |                         |
| 39         | <i>Siphonalia fusoides</i> —"touito"      | "       | "      | 4.1 <sup>b</sup> ( 30)  |
|            | Subclass OPISTHOBRANCHIA                  |         |        |                         |
|            | Order Cephalaspidea                       |         |        |                         |
|            | Family Philinidae                         |         |        |                         |
| 40         | <i>Philine argentata</i> —"kisewatagai"   | "       | "      | 7.8 <sup>d</sup> ( 60)  |
|            | Class BIVALVIA                            |         |        |                         |
|            | Order Heterodonta                         |         |        |                         |
|            | Family Cardiidae                          |         |        |                         |
| 41         | <i>Vasticardium burchardi</i> —"zarugai"  | "       | "      | 6.5 <sup>b</sup> ( 2)   |
|            | Family Veneridae                          |         |        |                         |
| 42         | <i>Protothaca jedoensis</i> —"oniasari"   | Yoshimi | Nov.   | 1.5 <sup>b</sup> ( 15)  |
|            | Family Mactridae                          |         |        |                         |
| 43         | <i>Mactra veneriformis</i> —"shiofukigai" | "       | "      | 1.7 <sup>b</sup> ( 8)   |
|            | Class CEPHALOPODA                         |         |        |                         |
|            | Subclass NEOCEPHALOPODA                   |         |        |                         |
|            | Order Octopoda                            |         |        |                         |
|            | Family Octopodidae                        |         |        |                         |
| 44         | <i>Octopus vulgaris</i> —"madako"         |         | Apr.   | 495 <sup>d</sup> ( 1)   |
| 45         | <i>Octopus minor</i> —"tenagadako"        | Murotsu | Aug.   | 113 <sup>d</sup> ( 4)   |
| 46         | <i>Octopus ocellatus</i> —"iidako"        | Yoshimi | Dec.   | 70 <sup>d</sup> ( 4)    |

\*Japanese name is given in quotation marks.

\*\*Number of individuals used is given in parentheses.

<sup>a-d</sup>The letters represent the sizes of the following: a, body length (cm); b, shell length (cm); c, ambulacral radius length (cm); d, body weight (g).

Table 2. Trimethylamine oxide content in the species of arthropods, echinoderms and other invertebrates (mg N/100g).

| Sample No. | Species*   | Muscle | Viscera |
|------------|--|--------|---------|
|            | ARTHROPODA   |        |         |
|            | Class XIPHOSURA                                      |        |         |
|            | Order Xiphosura                                      |        |         |
|            | Family Tachypleidae                                  |        |         |
| 1          | <i>Tachypleus tridentatus</i> —"kabutogani"          | 0.0    | 0.0     |
|            | Class CRUSTACEA                                      |        |         |
|            | Subclass CIRRIPIEDIA                                 |        |         |
|            | Order Thoracica                                      |        |         |
|            | Family Scalpellidae                                  |        |         |
| 2          | <i>Mitella mitella</i> —"kamenote"                   | 31.0   | —       |
|            | Family Balanidae                                     |        |         |
| 3          | <i>Tetraclita squamosa japonica</i> —"kurofujitsubo" | —      | 4.2     |
|            | Subclass MALACOSTRACA                                |        |         |
|            | Order Decapoda                                       |        |         |
|            | (Macrura)  |        |         |
|            | Family Penaeidae                                     |        |         |
| 4          | <i>Solenocera alticarinata</i> —"koudakakudahigeebi" | 17.4   | 8.2     |
| 5          | <i>Metapenaeopsis barbata</i> —"akaebi"              | 58.0   | 16.3    |
|            | Family Alpheidae                                     |        |         |
| 6          | <i>Alpheus rapax</i> —"oniteppōebi"                  | 77.0   | 5.4     |
|            | Family Palaemonidae                                  |        |         |
| 7          | <i>Macrobrachium nipponense</i> —"tenagaebi"         | 8.1    | —       |
|            | Family Potamobiidae                                  |        |         |
| 8          | <i>Procambarus clarki</i> —"amerikazarigani"         | 31.5   | 0.0     |
|            | (Anomura)  |        |         |
|            | Family Paguridae                                     |        |         |
| 9          | <i>Pagurus samuelis</i> —"honyadokari"               | —      | 12.2    |
|            | (Brachyura)  |        |         |
|            | Family Majidae                                       |        |         |
| 10         | <i>Leptomithrax edwardsi</i> —"koshimagani"          | 22.6   | 4.8     |
|            | Family Portunidae                                    |        |         |
| 11         | <i>Portunus sanguinolentus</i> —"janomegazami"       | 66.7   | —       |
| 12         | <i>Charybdis japonica</i> —"ishigani"                | 15.2   | 6.7     |
| 13         | <i>Charybdis cruciata</i> —"fukahoshiishigani"       | 44.4   | 7.8     |
| 14         | <i>Charybdis miles</i> —"akaishigani"                | 83.0   | 15.8    |
|            | Family Xanthidae                                     |        |         |
| 15         | <i>Liagore rubromaculata</i> —"benihoshiranjūgani"   | 56.9   | 6.4     |
|            | Family Potamonidae                                   |        |         |
| 16         | <i>Potamon dehaani</i> —"sawagani"                   | 0.4    | 0.0     |
|            | Family Grapsidae                                     |        |         |

Table 2. — (Cont'd)

| Sample No. | Species*                                       | Muscle | Viscera |
|------------|--|--------|---------|
| 17         | <i>Eriocheir japonicus</i> —"mokuzugani"       | 5.3    | 0.1     |
| 18         | <i>Pachygrapsus crassipes</i> —"iwagani"       | 39.8   | 3.7     |
| 19         | <i>Hemigrapsus sanguineus</i> —"isogani"       | 4.4    | 3.4     |
| 20         | <i>Hemigrapsus penicillatus</i> —"kefusagani"  | 21.1   | 2.1     |
| 21         | <i>Sesarma haematocheir</i> —"akategani"       | 5.1    | 0.9     |
|            | Order Stomatopoda                              |        |         |
|            | Family Squillidae                              |        |         |
| 22         | <i>Squilla oratoria</i> —"shako"               | 52.3   | —       |
| 23         | <i>Squilla costata</i> —"sesujishako"          | 62.9   | —       |
|            | ECHINODERMATA                                  |        |         |
|            | Class ASTEROIDEA                               |        |         |
|            | Order Spinulosa                                |        |         |
|            | Family Asterinidae                             |        |         |
| 24         | <i>Asterina pectinifera</i> —"itomakihitode"   | —      | 0.0     |
| 25         | <i>Asterias amurensis</i> —"hitode"            | —      | 0.0     |
|            | Class ECHINOIDEA                               |        |         |
|            | Order Aulodonta                                |        |         |
|            | Family Centrechinidae                          |        |         |
| 26         | <i>Diadema setosum</i> —"gangaze"              | —      | 0.9     |
|            | Order Camarodonta                              |        |         |
|            | Family Temnopleuridae                          |        |         |
| 27         | <i>Temnopleurus toreumaticus</i> —"sanshōuni"  | —      | 0.1     |
|            | Family Echinidae                               |        |         |
| 28         | <i>Toxopneustes pileolus</i> —"rappauni"       | —      | 0.0     |
| 29         | <i>Pseudocentrotus depressus</i> —"akauni"     | —      | 0.0     |
|            | Family Strongylocentrotidae                    |        |         |
| 30         | <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> —"bafununi"  | —      | 0.3     |
|            | Family Echinometridae                          |        |         |
| 31         | <i>Anthocidaris crassispina</i> —"murasakiuni" | —      | 0.4     |
|            | Class HOLOTHUROIDEA                            |        |         |
|            | Order Aspidochirota                            |        |         |
|            | Family Holothuriidae                           |        |         |
| 32         | <i>Holothuria monacaria</i> —"fujinamako"      | 0.1    | 0.1     |
|            | Family Stichopodidae                           |        |         |
| 33         | <i>Stichopus japonicus</i> —"aomanamako"       | 0.1    | 0.5     |
| 34         | <i>Stichopus japonicus</i> —"akamanamako"      | 0.0    | 0.0     |
|            | PROTOCHORDATA                                  |        |         |
|            | Class UROCHORDA                                |        |         |
|            | Subclass ASCIDIACEA                            |        |         |
|            | Order Pleurogona                               |        |         |

Table 2. — (Cont'd)

| Sample No. | Species*                                  | Muscle | Viscera |
|------------|---|--------|---------|
|            | Suborder Stolidobranchiata                |        |         |
|            | Family Styelidae                          |        |         |
| 35         | <i>Styela plicata</i> —"shiroboya"        | —      | 1.2     |
| 36         | <i>Styela clava</i> —"eboya"              | —      | 0.6     |
|            | MOLLUSCA                                  |        |         |
|            | Class POLYPLACOPHORA                      |        |         |
|            | Order Ischnochitonida                     |        |         |
|            | Family Ischnochitonidae                   |        |         |
| 37         | <i>Liolophura japonica</i> —"hizaragai"   | 2.6    | 1.6     |
|            | Class GASTROPODA                          |        |         |
|            | Subclass PROSOBRANCHIA                    |        |         |
|            | Order Mesogastropoda                      |        |         |
|            | Family Ficidae                            |        |         |
| 38         | <i>Ficus subintermedia</i> —"biwagai"     | 5.2    | 3.6     |
|            | Order Neogastropoda                       |        |         |
|            | Family Buccinidae                         |        |         |
| 39         | <i>Siphonalia fusoides</i> —"touito"      | 1.3    | 1.1     |
|            | Subclass OPISTHOBRANCHIA                  |        |         |
|            | Order Cephalaspidea                       |        |         |
|            | Family Philinidae                         |        |         |
| 40         | <i>Philine argentata</i> —"kisewatagai"   | 0.0    | 2.0     |
|            | Class BIVALVIA                            |        |         |
|            | Order Heterodonta                         |        |         |
|            | Family Cardiidae                          |        |         |
| 41         | <i>Vasticardium burchardi</i> —"zarugai"  | 55.6   | 16.4    |
|            | Family Veneridae                          |        |         |
| 42         | <i>Protothaca jedoensis</i> —"oniasari"   | 0.0**  |         |
|            | Family Mactridae                          |        |         |
| 43         | <i>Mactra veneriformis</i> —"shiofukigai" | 0.5**  |         |
|            | Class CEPHALOPODA                         |        |         |
|            | Subclass NEOCEPHALOPODA                   |        |         |
|            | Order Octopoda                            |        |         |
|            | Family Octopodidae                        |        |         |
| 44         | <i>Octopus vulgaris</i> —"madako"         | 34.0   | 2.0     |
| 45         | <i>Octopus minor</i> —"tenagadako"        | 16.4   | 6.2     |
| 46         | <i>Octopus ocellatus</i> —"iidako"        | 8.4    | 6.0     |

\*Legend as Table 1.

\*\*Combined sample.



Table 3. Trimethylamine content in the species of arthropods, echinoderms and other invertebrates (mg N/100g).

| Sample No. | Species*   | Muscle | Viscera |
|------------|--|--------|---------|
|            | ARTHROPODA   |        |         |
|            | Class XIPHOSURA                                      |        |         |
|            | Order Xiphosura                                      |        |         |
|            | Family Tachypleidae                                  |        |         |
| 1          | <i>Tachypleus tridentatus</i> —"kabutogani"          | 1.2    | 1.2     |
|            | Class CRUSTACEA                                      |        |         |
|            | Subclass CIRRIPIEDIA                                 |        |         |
|            | Order Thoracica                                      |        |         |
|            | Family Scalpellidae                                  |        |         |
| 2          | <i>Mitella mitella</i> —"kamenote"                   | 14.7   | —       |
|            | Family Balanidae                                     |        |         |
| 3          | <i>Tetraclita squamosa japonica</i> —"kurofujitsubo" | —      | 10.6    |
|            | Subclass MALACOSTRACA                                |        |         |
|            | Order Decapoda                                       |        |         |
|            | (Macrura)  |        |         |
|            | Family Penaeidae                                     |        |         |
| 4          | <i>Solenocera alticarinata</i> —"koudakakudahigeebi" | 4.0    | 7.5     |
| 5          | <i>Metapenaeopsis barbata</i> —"akaebi"              | 2.1    | 5.1     |
|            | Family Alpheidae                                     |        |         |
| 6          | <i>Alpheus rapax</i> —"oniteppōebi"                  | 1.8    | 3.7     |
|            | Family Palaemonidae                                  |        |         |
| 7          | <i>Macrobrachium nipponense</i> —"tenagaebi"         | 0.5    | —       |
|            | Family Potamobiidae                                  |        |         |
| 8          | <i>Procambarus clarki</i> —"amerikazarigani"         | 1.1    | 1.2     |
|            | (Anomura)  |        |         |
|            | Family Paguridae                                     |        |         |
| 9          | <i>Pagurus samuelis</i> —"honyadokari"               | —      | 0.7     |
|            | (Brachyura)  |        |         |
|            | Family Majidae                                       |        |         |
| 10         | <i>Leptomithrax edwardsi</i> —"koshimagani"          | 2.7    | 3.5     |
|            | Family Portunidae                                    |        |         |
| 11         | <i>Portunus sanguinolentus</i> —"janomegazami"       | 1.1    | —       |
| 12         | <i>Charybdis japonica</i> —"ishigani"                | 5.3    | 5.4     |
| 13         | <i>Charybdis cruciata</i> —"fukahoshiishigani"       | 4.7    | 4.1     |
| 14         | <i>Charybdis miles</i> —"akaishigani"                | 2.9    | 3.8     |
|            | Family Xanthidae                                     |        |         |
| 15         | <i>Liagore rubromaculata</i> —"benihoshimanjūgani"   | 6.2    | 3.4     |
|            | Family Potamonidae                                   |        |         |
| 16         | <i>Potamon dehaani</i> —"sawagani"                   | 0.1    | 0.1     |
|            | Family Grapsidae                                     |        |         |

Table 3. — (Cont'd)

| Sample No. | Species*  | Muscle | Viscera |
|------------|---|--------|---------|
| 17         | <i>Eriocheir japonicus</i> —"mokuzugani"        | 0.1    | 0.2     |
| 18         | <i>Pachygrapsus crassipes</i> —"iwagani"        | 2.4    | 1.8     |
| 19         | <i>Hemigrapsus sanguineus</i> —"isogani"        | 2.7    | 1.4     |
| 20         | <i>Hemigrapsus penicillatus</i> —"kefusagani"   | 0.8    | 0.6     |
| 21         | <i>Sesarma haematocheir</i> —"akategani"        | 2.0    | 1.7     |
|            | Order Stomatopoda                               |        |         |
|            | Family Squillidae                               |        |         |
| 22         | <i>Squilla oratoria</i> —"shako"                | 2.0    | —       |
| 23         | <i>Squilla costata</i> —"sesujishako"           | 1.9    | —       |
|            | ECHINODERMATA                                   |        |         |
|            | Class ASTEROIDEA                                |        |         |
|            | Order Spinulosa                                 |        |         |
|            | Family Asterinidae                              |        |         |
| 24         | <i>Asterina pectinifera</i> —"itomakihitode"    | —      | 4.6     |
| 25         | <i>Asterias amurensis</i> —"hitode"             | —      | 1.4     |
|            | Class ECHINOIDEA                                |        |         |
|            | Order Aulodonta                                 |        |         |
|            | Family Centrechinidae                           |        |         |
| 26         | <i>Diadema setosum</i> —"gangaze"               | —      | 5.9     |
|            | Order Camarodonta                               |        |         |
|            | Family Temnopleuridae                           |        |         |
| 27         | <i>Temnopleurus toreumaticus</i> —"sanshōuni"   | —      | 1.2     |
|            | Family Echinidae                                |        |         |
| 28         | <i>Toxopneustes pileolus</i> —"rappauni"        | —      | 1.3     |
| 29         | <i>Pseudocentrotus depressus</i> —"akauni"      | —      | 2.9     |
|            | Family Strongylocentrotidae                     |        |         |
| 30         | <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> —"bafununi"   | —      | 3.3     |
|            | Family Echinometridae                           |        |         |
| 31         | <i>Anthocardaris crassispina</i> —"murasakiuni" | —      | 1.5     |
|            | Class HOLOTHUROIDEA                             |        |         |
|            | Order Aspidochirota                             |        |         |
|            | Family Holothuriidae                            |        |         |
| 32         | <i>Holothuria monacaria</i> —"fujinamako"       | 1.0    | 0.7     |
|            | Family Stichopodidae                            |        |         |
| 33         | <i>Stichopus japonicus</i> —"aomanamako"        | 0.8    | 1.2     |
| 34         | <i>Stichopus japonicus</i> —"akamanamako"       | 0.5    | 0.8     |
|            | PROTOCHORDATA                                   |        |         |
|            | Class UROCHORDA                                 |        |         |
|            | Subclass ASCIDIACEA                             |        |         |
|            | Order Pleurogona                                |        |         |

Table 3. — (Cont'd)

| Sample No. | Species*                                  | Muscle | Viscera |
|------------|---|--------|---------|
|            | Suborder Stolidobranchiata                |        |         |
|            | Family Styelidae                          |        |         |
| 35         | <i>Styela plicata</i> —"shiroboya"        | —      | 2.2     |
| 36         | <i>Styela clava</i> —"eboya"              | —      | 4.2     |
|            | MOLLUSCA                                  |        |         |
|            | Class POLYPLACOPHORA                      |        |         |
|            | Order Ischnochitonida                     |        |         |
|            | Family Ischnochitonidae                   |        |         |
| 37         | <i>Liolophura japonica</i> —"hizaragai"   | 12.3   | 9.8     |
|            | Class GASTROPODA                          |        |         |
|            | Subclass PROSOBRANCHIA                    |        |         |
|            | Order Mesogastropoda                      |        |         |
|            | Family Ficidae                            |        |         |
| 38         | <i>Ficus subintermedia</i> —"biwagai"     | 12.8   | 3.6     |
|            | Order Neogastropoda                       |        |         |
|            | Family Buccinidae                         |        |         |
| 39         | <i>Siphonalia fusoides</i> —"touito"      | 15.3   | 7.2     |
|            | Subclass OPISTHOBRANCHIA                  |        |         |
|            | Order Cephalaspidea                       |        |         |
|            | Family Philinidae                         |        |         |
| 40         | <i>Philine argentata</i> —"kisewatagai"   | 4.1    | 9.4     |
|            | Class BIVALVIA                            |        |         |
|            | Order Heterodonta                         |        |         |
|            | Family Cardiidae                          |        |         |
| 41         | <i>Vasticardium burchardi</i> —"zarugai"  | 2.1    | 4.0     |
|            | Family Veneridae                          |        |         |
| 42         | <i>Protothaca jedoensis</i> —"oniasari"   |        | 1.9**   |
|            | Family Mactridae                          |        |         |
| 43         | <i>Mactra veneriformis</i> —"shiofukigai" |        | 9.7**   |
|            | Class CEPHALOPODA                         |        |         |
|            | Subclass NEOCEPHALOPODA                   |        |         |
|            | Order Octopoda                            |        |         |
|            | Family Octopodidae                        |        |         |
| 44         | <i>Octopus vulgaris</i> —"madako"         | 0.5    | 3.6     |
| 45         | <i>Octopus minor</i> —"tenagadako"        | 1.4    | 1.8     |
| 46         | <i>Octopus ocellatus</i> —"iidako"        | 1.3    | 2.2     |

\*Legend as Table 1.

\*\*Combined sample.

Table 4. Identification of trimethylamine by thin-layer chromatography.

| Sample No. | Muscle | Viscera | Sample No. | Muscle | Viscera |
|------------|--------|---------|------------|--------|---------|
| 1          | +      | +       | 24         | —      | +       |
| 2          | +      | —       | 25         | —      | +       |
| 3          | —      | +       | 26         | —      | +       |
| 4          | +      | +       | 27         | —      | +       |
| 5          | +      | +       | 28         | —      | +       |
| 6          | +      | +       | 29         | —      | +       |
| 7          | +      | —       | 30         | —      | +       |
| 8          | +      | +       | 31         | —      | +       |
| 9          | —      | +       | 32         | +      | +       |
| 10         | +      | +       | 33         | +      | +       |
| 11         | +      | —       | 34         | +      | +       |
| 12         | +      | +       | 35         | —      | +       |
| 13         | +      | +       | 36         | —      | +       |
| 14         | +      | +       | 37         | +      | +       |
| 15         | +      | +       | 38         | +      | +       |
| 16         | +      | —       | 39         | +      | +       |
| 17         | —      | +       | 40         | +      | +       |
| 18         | +      | +       | 41         | +      | +       |
| 19         | +      | +       | 42         |        | —       |
| 20         | +      | +       | 43         |        | —       |
| 21         | +      | +       | 44         | +      | +       |
| 22         | +      | —       | 45         | +      | +       |
| 23         | +      | —       | 46         | +      | +       |

#### 4. 考 察

節足動物、棘皮動物および軟体動物のヒザラガイ類とタコ類のTMO含量について、既往の研究結果を一括して第5表に示した。軟体動物のイカ類、二枚貝類および腹足類のTMO含量についてはすでに報告した<sup>1-3)</sup>。

節足動物剣尾綱 XIPHOSURAに属し、本邦における分類学上ただ1種のカプトガニについての研究はみあたらない。著者らはこのものについて調べ、筋肉および内臓ともにTMOの存在を認めなかった。

節足動物甲殻綱 CRUSTACEA については、この表からわかるように、桡脚亜綱 COPEPODA、蔓脚亜綱 CIRRIPIEDIA および軟甲亜綱 MALACOSTRACA についての研究がある<sup>5-16, 22)</sup>。著者らは蔓脚亜綱としてカメノテおよびクロフジツボについて調べたが、カメノテ筋肉にかなりの量のTMOが存在することを認めた。これに対し、クロフジツボ内臓のTMO含量はわずかであった。NORRISら<sup>5)</sup>はフジツボ類について、かなり高いTMO含量を報告している。この相違は採取部位による違いを考慮しなければならない。NORRISらはフジツボ全部位につき分析を行なっている。軟甲亜綱について、著者らは十脚目 Decapoda 18種と口脚目 Stomatopoda 2種を調べた。テナガエビ、サワガニ、モクズガニ、イソガニおよびアカテガニを除いた海産十脚類および口脚類の筋肉におけるTMO-N量は10mg%以上、平均46mg%であった。テナガエビおよびモクズガニはともに汽水産である。これら汽水産動物のTMO含量は海産動物のそれより一般的に低い

Table 5. Trimethylamine oxide content of arthropods, echinoderms and other invertebrates recorded in literature (mg N/100g).

| Species*                                      | Content   |
|---|---|
| ARTHROPODA                                    |   |
| Class CRUSTACEA                               |   |
| Subclass COPEPODA                             |   |
| Copepoda sp. (mixture)                        | 22 <sup>5)</sup> , 63 (entire animals) <sup>5)</sup>  |
| Subclass CIRRIPIEDIA                          |   |
| Order Thoracica                               |   |
| Family Balanidae                              |   |
| <i>Balanus cariosus</i> —barnacles            | 24 (entire animals) <sup>5)</sup>   |
| <i>Balanus nubitā</i> —barnacles              | 73 <sup>5)</sup> , 88 <sup>5)</sup> , 59 <sup>5)</sup> , 99 <sup>5)</sup>   |
| Subclass MALACOSTRACA                         |   |
| Order Amphipoda                               |   |
| Amphipoda sp.—sand-flea                       | 3.1 (entire animals) <sup>5)</sup>  |
| Order Euphausiacea                            |   |
| Family Euphausiidae                           |   |
| <i>Euphausia pacifica</i> —“tsunonashiokiami” | 78.0 (entire animals) <sup>22)</sup>  |
| <i>Euphausia superba</i> —“okiami”            | 39.6 (muscle) <sup>22)</sup>  |
| Order Decapoda                                |   |
| (Marura)                                      |   |
| Family Penaeidae                              |   |
| <i>Penaeus japonica</i> —“kurumaebi”          | 32.1 <sup>6)</sup>  |
| <i>Penaeus orientalis</i> —“kouraiebi”        | 37.5 <sup>6)</sup> , 41.0 (muscle) <sup>7)</sup>  |
| <i>Metapenaeus joyneri</i> —“shibaebi”        | 61.8 <sup>6)</sup>  |
| <i>Trachypenaeus curvirostris</i> —“saruebi”  | 49.6 (muscle) <sup>6)</sup>   |
| Family Pandalidae                             |   |
| <i>Pandalus hypsinotus</i> —“toyamaebi”       | 42.2 (muscle) <sup>8)</sup> , 59.3 (muscle) <sup>9)</sup>   |
| <i>Pandalus danae</i> —shrimp                 | 67 <sup>5)</sup> , 39 <sup>5)</sup> , 88 <sup>5)</sup>  |
| <i>Pandalopsis japonica</i> —“morotogeakaebi” | 64.9 (muscle) <sup>9)</sup>   |
| Family Palaemonidae                           |   |
| <i>Leander pancidens</i> —“sujiebi”           | 1.2 <sup>10)</sup>  |
| Family Palinuridae                            |   |
| <i>Panulirus japonicus</i> —“iseebi”          | 39.7 <sup>6)</sup>  |
| Family Nephropsidae                           |   |
| <i>Nephrops norvegicus</i> —Norway lobster    | 112~119 <sup>11)</sup> , 122 <sup>12)</sup>   |
| <i>Homarus vulgaris</i> —lobster              | 28.8 <sup>13)</sup> , 60.8 <sup>14)</sup> , 100~110 (muscle) <sup>16)</sup> ,<br>17.2 (hepatopancreas) <sup>16)</sup> |
| Family Potamobiidae                           |   |
| <i>Astacus fluviatilis?</i> —crayfish         | 9.4 <sup>14)</sup> , 2.5 <sup>15)</sup> , 4.5 <sup>15)</sup>  |
| (Anomura)                                     |   |
| Family Paguridae                              |   |
| <i>Pagurus alaskensis</i> —hermit crab        | 36 <sup>5)</sup>  |
| <i>Pagurus ochotensis</i> —hermit crab        | 66 <sup>5)</sup>  |
| <i>Pagurus setosis</i> —hermit crab           | 64 <sup>5)</sup>  |
| <i>Pagurus tenuimanus</i> —hermit crab        | 42 <sup>5)</sup> , 39 <sup>5)</sup>   |
| (Brachyura)                                   |   |
| Family Majidae                                |   |
| <i>Oregonia gracilis</i> —spider crab         | 18 <sup>5)</sup>  |
| <i>Pugetta gracilis</i> —spider crab          | 13 <sup>5)</sup>  |

Table 5. — (Cont'd)

| Species*   | Content  |
|--|--|
| Family Cancridae                                   |  |
| <i>Cancer gracilis</i> —crab                       | 31 <sup>5)</sup>   |
| <i>Cancer products</i> —crab                       | 15 <sup>5)</sup>   |
| Family Atelecyclidae                               |  |
| <i>Erimacrus isenbeckii</i> —“kegani”              | 26.1 <sup>6)</sup>   |
| Family Portunidae                                  |  |
| <i>Portunus trituberculatus</i> —“gazami”          | 12.2 (muscle) <sup>7)</sup>  |
| Family Grapsidae                                   |  |
| <i>Hemigrapsus mudus</i> —shore crab               | 15 <sup>5)</sup>   |
| Order Stomatopoda                                  |  |
| Family Squillidae                                  |  |
| <i>Squilla mantis</i> —mantis shrimp               | 94.6~101 <sup>11)</sup>  |
| <i>Squilla mantis</i> —“shako”                     | 23.9 <sup>6)</sup>   |
| ECHINODERMATA                                      |  |
| Class ASTEROIDEA                                   |  |
| Order Phorcipulata                                 |  |
| Family Asteriidae                                  |  |
| <i>Asterias vulgaris</i> —star fish                | 20 <sup>17)</sup>  |
| Class ECHINOIDEA                                   |  |
| Order Camarodonta                                  |  |
| Family Strongylocentrotidae                        |  |
| <i>Strongylocentrotus frasciscanus</i> —sea urchin | Negligible   |
| Class HOLOTHUROIDEA                                |  |
| Order Aspidochirota                                |  |
| Family Stichopodidae                               |  |
| <i>Stichopus californicus</i> —sea urchin          | Negligible <sup>5)</sup>   |
| <i>Stichopus japonica</i> —“manamako”              | Negligible <sup>6)</sup>   |
| <i>Cucumaria frondosa</i> —sea cucumber            | 76~86 <sup>17)</sup>   |
| <i>Cucumaria miyatai</i> —sea cucumber             | Negligible <sup>5)</sup>   |
| MOLLUSCA   |  |
| Class POLYPLACOPHORA                               |  |
| Order Acanthochitonida                             |  |
| Family Cryptoplacidae                              |  |
| <i>Katherina tunicata</i> —black chiton            | Negligible <sup>5)</sup>   |
| <i>Cryptochiton stelleri</i> —giant chiton         | Negligible <sup>5)</sup>   |
| Class CEPHALOPODA                                  |  |
| Subclass NEOCEPHALOPODA                            |  |
| Order Octopoda                                     |  |
| Family Octopodidae                                 |  |
| <i>Octopus vulgaris</i> —“madako”                  | 25 <sup>6)</sup> , 9.7~15.1 (muscle) <sup>19)</sup> ,<br>1.6~3.9 (others) <sup>19)</sup>     |
| <i>Octopus ocellatus</i> —“iidako”                 | 18.3 <sup>6)</sup> , 23.9~27.6 (muscle) <sup>19)</sup> ,<br>6.4~17.7 (others) <sup>19)</sup> |
| <i>Poroctopus dofleini</i> —“mizudako”             | 22.0~40.3 (muscle) <sup>19)</sup> ,<br>6.3~9.5 (muscle) <sup>20)</sup>                       |
| <i>Polypus honkongensis</i> —octopus               | 24 <sup>6)</sup>   |

\*Legerd as Table 1.

同じ汽水産であるケフサガニはかなりの量の TMO を含んでいた。一方、イソガニは潮間帯、アカテガニは潮上帯動物である。しかし、これら潮上、潮間帯動物の筋肉 TMO 含量が亜潮間帯ないし漸深帯動物のそれより低いといえない。というのは、同じ潮間帯動物のイシガニ筋肉に 15mg% の TMO-N 量が含まれていたし、NORRIS<sup>5)</sup>も潮上帯ないし潮間帯動物とみなされる *Pagurus* sp. および *Hemigrapsus mudus* でかなりの量の TMO の存在を認めているからである。調べた淡水産十脚類はアメリカザリガニおよびサワガニの 2 種であった。このうち、サワガニ筋肉の TMO 含量は同じ淡水産十脚類スジエビ<sup>10)</sup>のそれ以下で、SHEWAN の指摘<sup>20)</sup>を裏付けた。SHEWAN によると、淡水産甲殻類の TMO 含量は零、また存在するとしてもその値は海産の同じ動物の含量以下であるという。一方、アメリカザリガニ筋肉の TMO 含量は既報の値<sup>14, 15)</sup>より高く、被検海産十脚類筋肉の平均含量に近かった。淡水産動植物には通常ほとんど TMO が存在しないとされているから<sup>21)</sup>、このアメリカザリガニの多量の TMO は生合成によると考えられる。これについては今後検討を行なう予定である。以上の結果から、節足動物の海産甲殻類は一般にかなりの量の TMO を含有すると推論できる。

棘皮動物の海星綱 ASTEROIDEA、海胆綱 ECHINOIDEA および海岸綱 HOLOTHUROIDEA の TMO 含量についてはいくつかの報告がある<sup>5, 6, 17)</sup>。その中のある種のヒトデおよびナマコの値はかなり高い。しかし、著者らが調べた限り、この種の動物の TMO 含量は僅少であった。原索動物のホヤ類もまた、棘皮動物と同様、TMO 含量がわずかであった。

軟体動物ヒザラガイ綱 POLYPLACOPHORA のヒザラガイの TMO 含量は、既往の報告<sup>5)</sup>と同様、低かった。一方、今回調べた腹足綱 GASTROPODA および二枚貝綱 BIVALVIA 中、ザルガイは特異的に高い TMO 含量を示した。NORRIS<sup>5)</sup>もまたこの科(ザルガイ科 *Cardiidae*)に属する 2 種が高い TMO 含量を示すことを報告している。したがって、ザルガイ科の貝類はイタヤガイ科の貝類と同様、特異的に多量の TMO を含有する二枚貝といえよう(第 2 報<sup>2)</sup>、第 5 表参照)。軟体動物頭足綱 CEPHALOPODA 中タコ類については 3 種調べたが、その TMO 含量は既往の報告<sup>6, 18, 19)</sup>と大差なく、値は同じ頭足綱のイカ類<sup>1)</sup>より低く、節足動物甲殻類にほぼ匹敵した。

節足動物、棘皮動物、原索動物および軟体動物ヒザラガイ類とタコ類における TMA 含量については、わずかに節足動物甲殻類での報告があるにすぎない。高木ら<sup>8, 9)</sup>はヤマトエビおよびモロトゲアカエビで、進藤ら<sup>10)</sup>はスジエビで TMA-N 量 1mg% 以下の値を得ている。これに対し、TESTA<sup>11)</sup>は *Nephrops norvegicus* および *Squilla mantis* でそれぞれ TMA-N として 19.3~20.4mg% および 4.8~5.0mg% と、かなり高い値を報告している。著者らが 22 種の甲殻類について調べた結果によると、なかにはかなりの量の TMA を含む種類(たとえばカメノテ)もあるが、大部分が筋肉、内臓の別なく TMA-N として 5mg% 以下であった。棘皮動物、原索動物および軟体動物タコ類についても 5mg% 以下であった。ただし、軟体動物の腹足類および二枚貝類には既報<sup>2, 3)</sup>のごとく、かなり高い値を示すものがあり、ヒザラガイもまた高い値を示した。

## 5. 要 約

節足動物 23 種、棘皮動物 10 種およびその他無脊椎動物 12 種について TMO 含量とあわせて TMA 含量を調べた。

海産甲殻類およびタコ類の TMO 含量は一般にかなり高く、棘皮動物、原索動物およびその他無脊椎動物の TMO 含量は低かった。ただし、ザルガイは二枚貝類として特異的に多量の TMO を含有した。一方、アメリカザリガニには、この生物が淡水産であるにもかかわらず、かなり多量の TMO が存在した。

TMA は被検海産動物すべてから検出され、汽水産および淡水産動物ではなかに検出されないものがあった。

本研究における試料の同定は本校網尾 勝助教授の援助による。ここに感謝の意を表する。

## 文 献

- 1) 原田勝彦・藤本哲夫・山田金次郎, 1968: 本報告, 17, 87~95.
  - 2) 原田勝彦・竹田淳一・山田金次郎, 1970: 本報告, 18, 287~295.
  - 3) 原田勝彦・山本良久・山田金次郎, 1971: 本報告, 19, 105~114.
  - 4) 岡田 要・内田清之助・内田 享, 1965: 新日本動物図鑑, 中巻 817 p., 下巻 p. 8~99, 北隆館(東京).
  - 5) NGRIS, E. R. and G. J. BENOIT, JR., 1945: *J. Biol. Chem.*, 158, 433~438.
  - 6) 服部安蔵・長谷部俊彦, 1937: 薬学雑誌, 57, 928~938.
  - 7) 須山三千三・小池淳三・鈴木和遠, 1958: 日水誌, 24, 281~284.
  - 8) 高木光造・村上花子・遠藤繁子, 1967: 北大水産彙報, 18, 268~270.
  - 9) 高木光造・村上花子・遠藤繁子, 1967: 同誌, 18, 261~267.
  - 10) 進藤淑子・橋本迪代, 1959: 家政学研究, 6, 58~62.
  - 11) TESTA, C. e G. SIMONGINI, 1960: *Atti. della Soc. Italiana delle Sci. Veterinarie*, 14, 469~473.
  - 12) REAY, G. A., 1938: *Rept. Food Invest. Bd. for the Year*, p. 87\*.
  - 13) COOK, A. S., 1931: *Canad. Chem. Met.*, 15, 22~23\*.
  - 14) HOPPE-SEYLER, F. A., 1933: *Z. Physiol. Chem.*, 221, 45\*.
  - 15) LINTZEL, W., H. PFEIFFER und I. ZIPPEL, 1939: *Biochem. Z.*, 301, 29~36\*.
  - 16) KERMACK, W. O., H. LEES and J. D. WOOD, 1955: *Biochem. J.*, 60, 424~428; (GRONINGER, H. S., 1959: *U. S. Fish and Wildlife Service Special Sci. Rept. Fish.*, No. 333より引用.)
  - 17) DYER, W. J., 1952: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 8, 314~324.
  - 18) ASANO, M. and H. SATO, 1954: *Tohoku J. Agric. Res.*, 5, 191~195.
  - 19) 佐藤良裕, 1960: 日水誌, 26, 312~316.
  - 20) SHEWAN, J. M., 1951: in "The Biochemistry of Fish", Biochemical Society Symposia No. 6, (R. T. WILLIAMS ed.), p. 28~48, Univ. Press, Cambridge.
  - 21) 山田金次郎, 1967: 日水誌, 33, p. 599 参照.
  - 22) 須山三千三・中島喜久一・野中順三九, 1965: 日水誌, 31, 302~306.
- (\*をつけた文献はREAY, G. A., C. L. CUTTING and J. M. SHEWAN, 1943: *J. Soc. Chem. Ind.*, June, 77~88より引用した。)