

水産動物における  
トリメチルアミンオキシドの分布—I.  
イカ類について\*

原田勝彦・藤本哲夫・山田金次郎

Distribution of Trimethylamine Oxide in  
Fishes and Other Aquatic Animals-I.  
Decapodan Mollusca

By

Katsuhiko HARADA, Tetsuo FUJIMOTO and Kinjiro YAMADA

In order to examine systematically the distribution of trimethylamine oxide in the fishes and other aquatic animals inhabiting in Japanese waters, its content in Decapod fauna has been determined in first of these studies.

The results obtained from fourteen species examined are summarized as follows:

1. The invertebrate showed, as a rule, high trimethylamine oxide contents in the mantle muscle, which were comparable to that of elasmobranchs. However, the amounts of trimethylamine oxide varied with species to a great extent as shown in Table 2.

2. The contents of trimethylamine oxide in different tissues between single individuals varied in the following order.

mantle muscle > arm muscle > mit-gut gland

3. Trimethylamine was apparently detected in the tissues of those samples which were still alive. Accordingly, it reveals that the finding must be taken into consideration in the elucidation of trimethylamine-oxide metabolism of the marine animals including these species.

---

\* 水産大学校研究業績 第557号, 1968年9月7日 受理.  
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 557.  
Received Sep. 7, 1968.

## 1. 結 言

水産動物における TMO の含量については多数の報告がある<sup>1)</sup>。そのなかで、外国産水産動物については、かなり分類学上系統立った研究が行なわれているが、本邦産水産動物については系統立った研究が少ない。このため、まず頭足綱十腕目のイカ類について TMO の含量を調べた。

イカ類の筋肉における TMO 含量については高橋その他の報告があり<sup>2-15)</sup>、調べた種類は 5 科 13 種におよんでいる。しかし、TMO 含量が部位によってどのように相違するか明らかでない。ただ、八腕目タコ類につき浅野らの報告<sup>16)</sup>があり、胴筋肉と足筋肉で多少の相違が認められている。一方、小泉ら<sup>17)</sup>および山形ら<sup>18)</sup>は、最近マグロ類について、筋肉の TMO 含量が採取部位によりかなり異なることを明らかにしている。よって、本研究では筋肉部位の相違に留意し、あわせてイカ類中腸腺の TMO 含量を調べた。

中腸腺の TMO 含量を調べた目的は、哺乳動物で肝臓が解毒の主要器官であり、脊椎動物肝臓で TMA から TMO への代謝が知られているからである。すなわち、魚介類における TMO の生理作用は明らかでないが、コリン、ベタイン、メチオニンなどから生じた TMA が TMO として解毒される可能性がある<sup>1)</sup>。このため、イカ類の筋肉および中腸腺についての TMO の定量と共に、TMA についてもその検出および定量を行なった。これらの結果を報告する。

## 2. 実験方法

### 2-1 試料

試料は主として下関唐戸市場、吉見および仙崎で入手した。その鮮度は生活反応があるもの、または硬直前、あるいは硬直中のものであった。試料の入手場所、季節、性別、体重および鮮度は第 1 表のとおりである。

### 2-2 検液の作製

組織 25 g をとり、これに当量の冷水を加えてホモジネートを作製する。このホモジネート 40 ml に 20% トリクロル酢酸 10 ml を加え、30 分以上室温に放置後、遠心分離 (15,000 × G, 15 分) した。上澄液をろ過し、得られたトリクロル酢酸抽出液について TMO および TMA の定量を行なった。

被検組織が 25 g に満たない個体では、数個体の組織を合し、外とう筋肉およびひれは表皮を剝離したものを、胴筋肉は表皮を剝離せずそのまま検体として使用した。

### 2-3 TMA の定量

コンウェイの微量拡散法<sup>20)</sup>を用いた。

### 2-4 TMO の定量

BYSTEDT らの方法<sup>21)</sup>で TMO を還元し、生成 TMA をコンウェイ微量拡散法で定量した。

### 2-5 TMA の検出

さきに報告した薄層クロマトグラフ法<sup>22)</sup>によった。

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

Table 1. Specification of the sample examined.

Sample No.	Species	Source	Season	Sex	Body weight (g)	Freshness score*
	Order Sepioidea					
	Family Sepiidae					
1	<i>Sepia lycidas</i> —kaminariika	Yasuoka	Aug.	♂	1009	1
2	<i>Sepia esculenta</i> —kōika	Yoshimi	Jul.	♂	382	1
3	"	Yoshimi	Jul.	♀	485	1
4	"	Yoshimi	Nov.	♀	165	1
5	"	Obsecure	Jan.	♂	600	1
6	<i>Sepia pardalis</i> —hyōmonkōika	Obsecure	Jan.	♂	464	1
7	<i>Sepia kobeensis</i> —himekōika	Amami	Jul.	♀	82	1
8	<i>Sepia peterseni</i> —shishiika	Shimonoseki	Aug.	Ob-secure	37	2
9	<i>Sepiella japonica</i> —shiriyakeika	Shimonoseki	Jul.		♂	246
10	"	Shimonoseki	Jul.	♀	230	2
	Family Sepiolidae					
11	<i>Sepiola birostrata</i> —dangoika	Yoshimi	Dec.	Ob-secure	9	1
	Order Teuthoidea					
	Family Loliginidae					
12	<i>Sepioteuthis lessoniana</i> —aoriika	Shimonoseki	Nov.	♂	232	1
13	"	Shimonoseki	Nov.	♀	285	1
14	<i>Doryteuthis bleekeri</i> —yariika	Obsecure	Jan.	♂	158	1
15	"	Obsecure	Jan.	♀	148	1
16	"	Obsecure	Jan.	♂	133	1
17	<i>Loligo edulis</i> —mehikariika	Senzaki	Jan.	♂	126	1
18	"	Senzaki	Jan.	♀	133	1
19	<i>Loligo budo</i> —budōika	Yoshimi	Jun.	♂	70	1
20	"	Yoshimi	Jun.	♀	66	1
21	"	Nagasaki	Jun.	♀	170	1
22	<i>Loligo japonica</i> —jindōika	Obsecure	Jun.	♀	49	2
23	"	Obsecure	Jun.	♂	50	2
	Family Todarodidae					
24	<i>Todarodes pacificus</i> —surumeika	Kasumi	Jun.	Ob-secure	189	1
25	"	Obsecure	Oct.		♀	310
26	"	Obsecure	Oct.	♂	285	2
27	"	Shimonoseki	Dec.	♂	400	2
28	"	Shimonoseki	Jan.	♂	347	1
29	"	Shimonoseki	Jan.	♂	305	1
30	"	Shimonoseki	Jan.	♂	260	1
31	"	Shimonoseki	Jan.	♀	400	1
32	"	Shimonoseki	Jan.	♀	325	1
33	"	Shimonoseki	Jan.	♀	421	1
	Family Thysanoteuthidae					
34	<i>Thysanoteuthis rhombus</i> —sodeika	Yoshimi	Dec.	♂	5000	1

\* 1, Still alive; 2, Pre-rigor or during rigor.

### 3. 実験結果

#### 3-1 TMO含量

5科14種のイカ類組織のTMO含量を調べた結果は第2表のとおりである。すなわち、外とう筋肉では前半部と後半部では、TMO-N量がそれぞれ89~488 mg%と89~418 mg%であったが、同一個体では大きな部位差がみられなかった。これに対し腕筋肉のTMO-N量は31~307 mg%であり、同一個体で明らかに外とう筋肉に比べ低い値を示した。これは腕筋肉では表皮を含み、外とう筋肉は表皮を除いてTMOを定量したためと推察される。別に、いくつかの種類について外とう筋肉表皮のTMO-N量を調べたところ、55~75 mg%の値が得られ、外とう筋肉それ自体に比べかなり低い値であった。さらに、表皮を除いたひれのTMO-N量は87~299 mg%で、これは表皮を含まない外とう筋肉より低い値を示した。

一方、中腸腺のTMO-N量は0~73 mg%で、個体によってその含量が大きく相違した。

ブドウイカおよびシンドウイカのTMO-N量は他種に比べ相当高い。しかし、これはこの種の特異性と考えるより、むしろ個体差によるものであろう。すなわち、コウイカ、アオリイカおよびスルメイカからみられるように、同一種でも個体によって中腸腺のTMO含量がかなり相違するからである。

#### 3-2 TMA含量

TMA含量について調べた結果は第3表のとおりである。この表から次のことがわかる。すなわち、外とう筋肉の前半部と後半部のTMA-N量は、それぞれ0.05~3.5 mg%と0.05~3.3 mg%で変動が大きい。同一個体ではTMOの場合と同様部位差が認められない。一方、腕筋肉においては外とう筋肉とほぼ同程度のTMAが含まれる。これに対し、中腸腺のTMA-N量は0.21~10 mg%で、一般に筋肉での値に比べ大きい傾向が認められる。なお、外とう筋肉表皮とひれについてそのTMA含量を調べたが、その値は外とう筋肉のそれとほぼ等しかった。

#### 3-3 TMAの検出

TMAの定量法としてコンウェイ微量拡散法を採用したが、この方法によるとTMAと共にジメチルアミンも捕捉される。したがって、コンウェイ法によってTMAを測定しても、得られる値からTMAの存在を確認できない。このため、薄層クロマトグラフによるTMAの検出を行なった。その結果は第4表のとおりである。この結果から細菌作用の介入を許さない、きわめて新鮮な組織にも、TMAの存在が確認された。

Table 2. Trimethylamine oxide content in the species of Decapodan Mollusca. (mgN/100g)

Sample No.	Species	Mantle*		Arm**	Mit-gut gland
		Upper half	Lower half		
Order Sepioidea					
Family Sepiidae					
1	<i>Sepia lycidas</i> —kaminariika	151	134	82	5.7
2	<i>Sepia esculenta</i> —kōika	142	132	82	} 0.0***
3	"	101	91	68	
4	"		64***	50	
5	"	224	230	154	6.7
6	<i>Sepia pardalis</i> —hyōmonkōika	144	156	111	19
7	<i>Sepia kobeensis</i> —himekōika	89	89	41	4.7
8	<i>Sepia peterseni</i> —shishiika	109	116	47	7.6
9	<i>Sepiella japonica</i> —shiriyakeika	115	106	31	3.1
10	"	82	107	56	4.4
Family Sepiolidae					
11	<i>Sepiola birostrata</i> —dangoika		105***	76	17
Order Teuthoidea					
Family Lolliginidae					
12	<i>Sepioteuthis lessoniana</i> —aoriika	140	116	108	6.0
13	"	146	123	115	7.1
14	<i>Doryteuthis bleekeri</i> —yariika	314	290	237	9.9
15	"	292	282	210	13
16	"	488	418	307	7.1
17	<i>Loligo edulis</i> —mehikariika	303	309	203	14
18	"	261	272	191	5.7
19	<i>Loligo budo</i> —budōika	154	141	76	} 24 ***
20	"	150	141	87	
21	"	170	155	94	
22	<i>Loligo japonica</i> —jindōika	131	122	105	58
23	"	136	120	116	73
Family Todarodidae					
24	<i>Todarodes pacificus</i> —surumeika	—	—	—	—
25	"	221	—	151	17
26	"	274	—	175	22
27	"	317	328	205	1.6
28	"	283	251	152	2.2
29	"	398	470	189	6.3
30	"	317	323	167	6.1
31	"	313	262	140	0.48
32	"	251	161	108	8.0
33	"	399	397	201	11
Family Thysanoteuthidae					
34	<i>Thysanoteuthis rhombus</i> —sodeika	285	—	208	2.8

\* Excluding epithelium ; \*\* Including epithelium with tentacle ; \*\*\* Combined.

Table 3. Trimethylamine content in the species of Decapodan Mollusca. (mgN/100g)

Sample No.	Species	Mantle*		Arm**	Mit-gut gland
		Upper half	Lower half		
	Order Sepioidea				
	Family Sepiidae				
1	<i>Sepia lycidas</i> —kaminariika	3.5	3.0	2.8	3.5
2	<i>Sepia esculenta</i> —kōika	0.32	0.32	0.48	} 0.21***
3	"	0.05	0.05	0.56	
4	"		3.2***	2.2	
5	"	1.2	1.0	1.8	7.8
6	<i>Sepia pardalis</i> —hyōmonkōika	1.4	1.4	2.2	6.5
7	<i>Sepia kobeensis</i> —himekōika	0.36	0.38	0.40	5.2
8	<i>Sepia peterseni</i> —shishiika	1.8	1.6	3.8	4.8
9	<i>Sepiella japonica</i> —shiriyakeika	1.2	1.2	4.5	9.0
10	"	2.2	1.2	4.0	3.1
	Family Sepiolidae				
11	<i>Sepiolo birostrata</i> —dangoika		2.9***	1.7	2.5
	Order Teuthoidea				
	Family Loliginidae				
12	<i>Sepioteuthis lessoniana</i> —aoriika	0.48	0.42	0.60	0.72
13	"	0.80	0.68	0.84	0.70
14	<i>Doryteuthis bleekeri</i> —yariika	2.1	2.2	2.4	10
15	"	3.4	3.3	3.5	9.8
16	"	0.97	1.1	0.97	5.0
17	<i>Loligo edulis</i> —mehikariika	0.95	0.85	1.0	3.0
18	"	1.6	1.6	1.9	6.7
19	<i>Loligo budo</i> —budōika	2.3	2.1	3.5	} 2.1***
20	"	2.0	1.8	2.8	
21	"	1.0	0.98	1.0	
22	<i>Loligo japonica</i> —jindōika	0.98	1.1	1.1	3.4
23	"	0.75	0.99	1.2	3.2
	Family Todarodidae				
24	<i>Todarodes pacificus</i> —surumeika	0.47	0.52	0.52	1.4
25	"	1.6	—	1.3	5.3
26	"	1.8	—	0.95	5.7
27	"	1.6	2.4	2.3	4.6
28	"	0.58	0.52	0.45	1.3
29	"	2.1	1.9	2.0	3.4
30	"	1.1	1.1	0.92	4.0
31	"	1.2	1.3	1.4	4.2
32	"	0.73	0.52	0.67	1.6
33	"	0.40	0.40	0.48	1.9
	Family Thysanoteuthidae				
34	<i>Thysanoteuthis rhombus</i> —sodeika	0.88	—	0.44	1.1

\* Excluding epithelium ; \*\* Including epithelium with tentacle ; \*\*\* Combined.

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

Sample No.	Mantle*		Arm**	Mit-gut gland
	Upper half	Lower half		
1	+	+	+	+
4		+***	+	—
5	+	+	+	+
6	+	+	+	+
7	±	±	±	+
8	+	+	+	+
9	+	+	+	+
10	+	+	+	+
11		+***	+	+
12	+	+	+	—
13	—	+	+	—
14	+	+	—	+
15	—	+	+	+
16	+	+	±	+
17	+	+	+	+
18	+	+	—	+
22	+	+	+	—
23	+	+	+	+
27	+	+	+	+
28	+	+	+	+
31	+	+	+	+
32	+	+	+	+
33	+	+	—	—
34	+	+	+	+

\* Excluding epithelium ; \*\* Including epithelium with tentacle ; \*\*\* Combined.

#### 4. 考 察

頭足綱十腕目イカ類の TMO 含量は主として日本の研究者によって調べられ、第5表はこれらの報告のデータを一括したものである。しかし、これらの報告では採取筋肉部位についての記載がきわめて少ない。

本研究で明らかなように、外とう筋肉の TMO 含量は、その部位による差はほとんどわずかであるが、外とう筋肉と腕筋肉ではその含量の差が著しい。したがって、今後イカ類で TMO 含量を測定する場合、外とう筋肉のみであるか、あるいは腕筋肉を含めたものか、採取筋肉部位を明記する必要がある。

本研究によると、イカ類外とう筋肉の TMO-N 量は種間の相違が認められず、一般的に 100~200 mg% 内外で、海産動物中板鰓類のそれにはほぼ同等である。しかし、コウイカの 64 mg%、ヤリイカの 488 mg% は

上記の値とかなりかけ離れた含量であり、同一種でも個体による差が著しい。とくに 400 mg% 以上の値は本邦産板鰐類にも報告されていない含量である<sup>1)</sup>。

Table 5. Trimethylamine oxide content in the muscle of Decapodan Mollusca recorded in literature.

Species	Content (mgN/100g)
Order Sepioidea	
Family Sepiidae	
<i>Sepia esculenta</i> —kōika	40.6 <sup>3)</sup> , 54—150 <sup>13, 14)</sup>
<i>Sepia peterseni</i> —shishiika	21.0 <sup>3)</sup>
<i>Sepia officinalis</i>	146—148 <sup>12)</sup>
Order Teuthoidea	
Family Loliginidae	
<i>Sepioteuthis lessoniana</i> —aoriika	39.5 <sup>8)</sup> , 92 <sup>13)</sup> , 195 <sup>6)</sup>
<i>Doryteuthis bleekeri</i> —yariika	110 <sup>3)</sup> , 20.8 <sup>9)</sup>
<i>Doryteuthis kensaki</i> —kensakiika	112 <sup>13)</sup> , 66.4—261 <sup>6)</sup>
<i>Loligo chinensis</i> —hirakensakiika	129 <sup>13)</sup>
<i>Loligo formosa</i> *	26.5 <sup>11)</sup>
<i>Loligo opalescens</i>	150—156 <sup>4)</sup>
<i>Loligo pealeii</i>	110, 122 <sup>5)</sup>
Family Onychoteuthidae	
<i>Onychoteuthis banksi</i> —tsumeika	47.7 <sup>3)</sup>
Family Todarodidae	
<i>Todarodes pacificus</i> —surumeika	43.5 <sup>3)</sup> , 92.8 <sup>8)</sup> , 211 <sup>7)</sup> , 72.7 <sup>6)</sup> , 94.6—239 <sup>13, 14)</sup> , 137—182 <sup>10)</sup> , 70.0—99.2 <sup>2)</sup>
Family Thysanoteuthidae	
<i>Thysanoteuthis rhombus</i> —sodeika	257 <sup>18)</sup>

\* Assumed to be *Loligo formosana*.

イカ類は等浸透圧の動物であるから、TMOはこの動物体液の浸透圧調節にある程度役立っているといえる。しかし、その度合は枚鰐類におけるほど大きいものと考えられない。その理由は、板鰐類ではTMOが筋肉以外の組織中にも多量含有されるのに対し<sup>23)</sup>、イカ類中腸腺での含量が個体により著しく相違し、しかもその含量が筋肉のそれにおよばないからである。

須山<sup>23)</sup>は漁獲後直ちに解剖したホシザメ *Mustelus manazo* およびイサゴガンギエイ *Raja hollandi* の組織にTMAが含まれ、その量が内臓器官に多く筋肉に少ないことを報告している。本研究に使用した試料はきわめて新鮮なもので、細菌作用によるTMAの生成が考えられない。それにもかかわらず、筋肉および中腸腺からTMAが検出され、その含量はサメ類と同様内臓器官である中腸腺に多く、筋肉に少ない傾向を示している。このことから、イカ類でもTMOの代謝にTMAが関与する可能性が考えられる。



## 5. 要 約

1. イカ類(14種)のTMO含量は、TMO-Nとして外とう筋肉で64~488 mg%, 腕筋肉で31~307mg%, 中腸腺で0~73 mg%であり、種間の明らかな含量差は認められず、個体による相違が著しかった。
2. 同一個体のTMO含量は次の順であった。  
外とう筋肉>腕筋肉>中腸腺
3. きわめて新鮮なイカ筋肉および中腸腺にもTMAの存在が認められた。

本研究における試料の同定は本学網尾勝助教授の援助によるものである。ここに記して厚く感謝の意を表す。なお、イカ類の分類表は奥谷の日本産イカ類総目録<sup>24)</sup>にしたがった。

## 文 献

- 1) 山田金次郎, 1967: 日水誌, **33**, 591—603.
- 2) 高橋豊雄, 1935: 同誌, **4**, 91—94.
- 3) 服部安蔵・長谷部俊彦, 1938: 衛試報, **50**, 95—105.
- 4) NORRIS, E. R. and G. J. BENOIT, JR., 1945: *J. Biol. Chem.*, **158**, 443—448.
- 5) W. J. DYER, 1952: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **8**, 314—324.
- 6) 清水 亘・日引重幸・柴田 栄・武田一雄, 1953: 日水誌, **19**, 871—876.
- 7) 鴻巣章二・秋山明子・森高次郎, 1957: 同誌, **23**, 561—567.
- 8) 須山三千三・小池淳三・鈴木和遠, 1958: 同誌, **24**, 281—284.
- 9) 高田幸二・西元諱一, 1958: 同誌, **24**, 632—635.
- 10) 佐藤良裕, 1960: 同誌, **26**, 312—316.
- 11) 宮原昭二郎, 1968: 日化, **81**, 1158—1163.
- 12) TESTA C. e G. SIMONGINI, 1960: *Atti della Soc. Italiana delle Sci. Veterinarie*, **14**, 469—473.
- 13) 遠藤金次・藤田真夫・清水 亘, 1962: 日水誌, **28**, 833—836.
- 14) 遠藤金次・藤田真夫・清水 亘, 1962: 同誌, **28**, 1099—1103.
- 15) 徳永俊夫, 1964: 北海道区水研報, **29**, 108—122.
- 16) ASANO, M. and H. SATO, 1954: *Tohoku J. Agric. Res.*, **5**, 191—195.
- 17) 小泉千秋・川上晴雄・野中順三九, 1967: 日水誌, **33**, 131—135.
- 18) 山形 誠・堀本勝也・長岡忠二郎, 1968: 同誌, **34**, 344—350.
- 19) BACKER, J. R., A. STRUEMLER and S. CHAYKIN, 1963: *Biochim. Biophys. Acta*, **71**, 58—64.
- 20) 石坂貴治訳, 1952: 微量拡散分析および誤差論, p. 82, 南江堂(東京).
- 21) BYSTEDT, J., L. SWENNE and H. W. ASS, 1959: *J. Sci. Food Agric.*, **10**, 301—304.
- 22) AMANO, K., K. YAMADA, K. HARADA and Y. KAMIMOTO, 1968: *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **53**, 95—102.
- 23) 須山三千三, 1964: 東京水産大学特別報告, **3**, p. 152.
- 24) T. OKUTANI, 1967: *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **50**, 1—16.