

# 海洋性イルカ胃内容物中の高級分枝鎖

## 脂肪酸について

森 井 秀 昭

### Long-Chain Branched Fatty Acids in the Stomach Contents of Marine Little Toothed Whales

Hideaki MORII

In order to ascertain whether or not long-chain branched fatty acids of oil of the marine little toothed whale originate in the lipid of microorganisms in the stomach of the animal, the composition of long-chain fatty acids in the food part, bacterial part and free oil part of the stomach content was studied with three living animals where bacteria was either isolated or unisolated from the stomach. The results obtained are as follows.

- 1) The iso and anteiso fatty acids were recognized in all the parts of the stomach contents, but the quantity was little in all the parts, especially in the bacterial part.
- 2) The composition of iso fatty acids in the bacterial part isolated from the stomach was somewhat different from that in the food part, but it was not similar to that in the whale's oil.
- 3) The composition of anteiso fatty acid in the bacterial part was similar to that in the food part, and accordingly it was not similar to that in the whale's oil.
- 4) The composition of fatty acid in the free oil part in the stomach with digesting content was peculiar : The iso, anteiso and straight-chain fatty acid with the carbon number under 13 were relatively abundant, and there were detected more saturated fatty acid less monoene and polyene fatty acids as compared with that in the food part and the bacterial part.

前報 (1, 2) では、イルカ胃内から分離した微生物を培養し、その菌体中の高級分枝鎖脂肪酸 (高級分枝酸と略記) をしらべ、イルカ油脂中高級分枝酸の成因を検討した。その結果、胃内から優占的に分離された *Vibrio* sp. では、ペプトン・グルコース培地に比べペプトン培地で培養すると iso 型脂肪酸 (iso 酸と略記) が著しく増加すること、またペプトン・グルコース培地では iso 酸を生成しなかった *Vibrio* sp. でもイカ培地ではかなりの量の iso 酸の生成を認めた。一方、anteiso 型脂肪酸 (anteiso 酸と略記) は、ペプトン・グルコース培地やペプトン培地でその生成を認めない場合でも、イカ培地ではその生成を認めた。したがってイルカ油脂中の高級分枝酸はこれら菌体中の分枝酸に由来すると考えられた。ところがその組成はいずれの微生物の場合もイルカ油脂のものとはかなり異なっ

ていた。そのため、先の理由を明らかにするにはやはり反すう動物で行なわれている様に (3) 胃内容物中の菌体部の脂肪酸組成をしらべる必要があった。

そこで生体イルカを用い、細菌が実際に分離された胃内容物とそうでない胃内容物を食物部、菌体部および胃内容物中に遊離の状態が存在していた油脂部の 3 部分に分け、これら脂質中の脂肪酸組成を比較することにより、イルカ油脂中の高級分枝酸の成因について考察を行なった。

#### 材 料 と 方 法

供試イルカとその胃内容試料 静岡県伊東市の川奈湾へ追込み後ただちに生け捕りにした 3 頭の成体スジイルカの I~III 胃内混合物を用いた。これらのイルカ

Table 1. Conditions in stomach cavities of the whale, *Stenella caeruleo-alba* used for experiment.

Sample No. (sex)	Body Length (cm)	Condition in stomach cavity		
		Stomach contents	Wt. of Fr. 1	Viable counts per ml of microorganisms
1 (♂)	227	Shrimps (not digestive) and fleelars and eyes of its, beaks and eyes of squids, and parasites in Ist, and light brown gastic juice in IIIrd and IVth*	Wt. of Fr.**1: 109.0g	3.6 x 10 <sup>4</sup> in Ist
			Wt. of Fr. 2: 3.7g	not isolated in IIIrd
			Wt. of Fr. 3: 14.1mg	
2 (♂)	260	Feelars and eyes of shrimps, beaks and eyes of squids, and parasites in Ist, and yellow-brown gastric juice in IIIrd and IV th	Wt. of Fr.1: 11.2g	not isolated in Ist
			Wt. of Fr.2: 4.5g	2.5 x 10 <sup>4</sup> in III rd
			Wt. of Fr.3: 4.2mg	
3 (♀)	240	The same as sample 1 in Ist, and yellow-brown gastic juice in III rd and IV th	Wt. of Fr.1: 170.6g	not isolated in Ist
			Wt. of Fr.2: 2.6g	not isolated in III rd
			Wt. of Fr.3: 6.9mg	

\* The letters, Ist, III rd and IV th designate the first, third and fourth stomach respectively.

\*\*The stomach contents were fractionated to three fractions of food (Fr. 1), microorganisms (Fr. 2) and free lipids (Fr. 3)

の I 胃内にはいずれもエビとその触角・目玉、イカの口器・目玉および線形の寄生虫が存在した。3頭のイルカのうち1頭から採取したイルカ試料2 (Table 1) の胃内容物はほぼ消化され、エビの触角と目玉しか見られなかった。同じく試料1と3では完全な形のエビが認められた。また試料1と2の胃内からは細菌を分離したが、試料3からは微生物は全く分離されなかった。なお、供試イルカの雌雄別、体長、胃内容物の概要を Table 1 に示した。

**胃内容試料の分画** ドライアイスで保冷して持ち帰った混合胃内容物はまず二重ガーゼでろ過後 (残渣を食物部とする: 区分1), ろ液を17,000rpm で15分間遠心分離し (沈渣を菌体部とする: 区分2), 次に上澄液表面に浮上した油脂を石油エーテルで3回抽出した (遊離油脂部: 区分3)。なお分画したこれら試料重量を Table 1 に示した。

**胃内容物部と菌体部からの試料油の調製・試料油の化学的性状・高級脂肪酸メチルエステルの調製, 水素添加およびその GLC 前報 (4) 同様にして行なった。**

なお不飽和脂肪酸 (不飽和酸と略記) の同定は Applied Science 社の各種標準物質および標準物質の入手ができなかった脂肪酸は Ackman ら (5) のデーターとの比較により行なった。

また油脂の化学的性状は Table 2 に示した。

## 結 果

スジイルカ胃内容物の食物部 (区分1), 菌体部 (区分2) および遊離油脂部 (区分3) の脂肪酸組成を Table 3 に示した。

供試イルカのいずれの胃内容区分にも iso および anteiso 酸を認めたが、その量はどれも少なく、とくに菌体部では著しく少なかった。またこれらの分枝酸は試料1と3の遊離脂部には食物部よりも多く含まれていたが、試料2ではこの両者間の差はほとんど見られなかった。

iso 酸の組成については、各試料とも胃内容物全体としては iso11:0~iso18:0 を一様に認めた。しかし

Table 2. Characteristics of lipids in stomach contents of the whale, *Stenella caeruleo-alba*.

Character	Lipid Fr.*	Sample 1			Sample 2			Sample 3		
		Fr. 1	Fr. 2	Fr. 3	Fr. 1	Fr. 2	Fr. 3	Fr. 1	Fr. 2	Fr. 3
Lipid contents (%)		3.7	4.6	100.0	8.4	9.2	100.0	6.6	7.7	100.0
Saponification value		197.4	/	191.0	179.6	/	134.0	175.7	/	195.1
Iodine value (wijs)		127.8	/	/	/	/	/	121.4	/	/
Saponifiable matter		7.7	12.6	/	12.2	4.1	/	7.0	10.1	/

\* See Table 1.

Table 3. Fatty acid composition of lipids in stomach content of the whale, *Stenella caeruleo-alba* (%)

Fatty acid	Fraction	Sample 1			Sample 2			Sample 3		
		Fr.*1	Fr. 2	Fr. 3	Fr. 1	Fr. 2	Fr. 3	Fr. 1	Fr. 2	Fr. 3
A (10) : 0		nd**	nd	0.62	0.07	nd	0.06	nd	0.01	0.59
10 : 0		0.03	0.01	1.07	0.15	nd	0.10	nd	nd	1.47
A (11) : 0		tr**	0.01	tr	0.06	nd	0.02	nd	nd	0.21
iso11 : 0		0.02	0.01	0.48	0.06	nd	0.07	nd	0.01	0.43
11 : 0		0.03	0.02	1.05	0.10	0.07	0.06	tr	0.01	1.12
A (12) : 0		0.07	0.19	0.72	0.12	nd	0.06	0.01	0.04	0.70
iso12 : 0		0.02	0.03	0.29	0.05	nd	0.03	nd	0.01	0.48
12 : 0		0.16	0.16	0.72	1.01	0.27	0.11	0.23	0.22	1.14
A (13) : 0		0.05	0.03	0.17	0.14	nd	0.03	nd	nd	0.87
B (13) : 0		nd	nd	nd	nd	nd	0.07	nd	0.01	0.60
iso13 : 0		0.05	0.02	0.42	0.10	nd	0.03	nd	nd	0.39
anteiso13 : 0		nd	nd	0.30	nd	nd	nd	nd	nd	0.30
13 : 0		0.02	0.02	0.36	0.08	tr	0.04	0.01	0.02	0.59
A (14) : 0		0.08	0.03	7.48	0.64	nd	0.54	0.01	0.02	7.12
C (14) : 0		nd	nd	0.18	nd	nd	nd	nd	nd	0.10
iso14 : 0		0.02	0.01	0.17	0.04	nd	0.06	nd	0.02	0.21
14 : 0		2.42	2.61	2.08	3.21	2.76	3.64	2.04	1.76	1.84
B (15) : 0		0.14	0.14	0.38	0.06	0.10	0.20	0.09	0.06	0.54
iso15 : 0		0.11	0.11	0.36	0.18	0.10	0.13	0.14	0.07	0.72
anteiso15 : 0		0.03	0.04	0.11	0.05	0.04	0.05	0.06	0.02	0.25
15 : 0		0.40	0.45	0.10	0.52	0.46	0.49	0.45	0.37	0.14
A (16) : 0		tr	nd	0.11	tr	0.05	nd	tr	0.04	0.19
C (16) : 0		0.12	nd	4.38	0.74	nd	0.22	nd	0.05	1.53
iso16 : 0		0.09	0.09	0.22	0.09	0.09	0.15	0.12	0.06	0.21
16 : 0		19.07	18.50	10.87	24.13	21.62	19.11	20.03	19.08	11.40
A (17) : 0		nd	nd	0.42	nd	nd	nd	nd	nd	0.84
B (17) : 0		0.64	0.60	0.54	0.33	0.50	0.88	0.42	0.18	1.09
iso17 : 0		0.16	0.30	0.13	0.48	0.27	0.38	0.32	0.11	0.22
anteiso17 : 0		0.10	0.22	0.08	0.30	0.16	0.26	0.18	0.06	0.10
17 : 0		1.10	1.18	0.77	1.48	1.35	1.41	0.90	0.75	1.28
A (18) : 0		0.11	0.14	0.24	0.36	0.55	tr	tr	0.05	0.24
iso18 : 0		0.43	tr	0.36	0.58	tr	0.42	0.39	0.35	0.47
18 : 0		6.38	6.32	5.21	7.00	7.52	5.51	4.39	4.59	5.49
B (19) : 0		nd	nd	4.28	nd	nd	nd	nd	nd	nd
D (19) : 0		nd	nd	0.75	0.47	0.07	0.03	tr	0.07	2.78
iso19 : 0		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
anteiso19 : 0		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
19 : 0		0.04	0.04	tr	0.24	0.05	0.03	0.02	0.02	tr
A (20) : 0		nd	nd	nd	0.62	0.17	0.04	tr	0.10	tr
D (20) : 0		tr	nd	0.18	0.12	tr	0.09	nd	0.09	1.98
E (20) : 0		nd	nd	1.63	nd	nd	nd	nd	nd	nd
20 : 0		0.35	0.34	nd	0.18	0.12	0.28	0.27	0.17	nd
D (21) : 0		nd	nd	0.12	0.15	nd	nd	nd	nd	nd
Total saturated		32.24	31.62	47.35	44.27	36.32	34.60	30.08	28.42	47.63
iso (total)		0.90	0.57	2.43	1.58	0.46	1.27	0.97	0.63	3.13
anteiso (total)		0.13	0.26	0.49	0.35	0.20	0.31	0.24	0.08	0.65
10 : 1		nd	0.02	tr	nd	nd	nd	nd	nd	nd
11 : 1		nd	0.03	0.37	tr	nd	0.08	nd	0.01	0.67
12 : 1		nd	0.05	0.44	nd	nd	nd	nd	0.01	0.69
13 : 1		nd	tr	0.84	0.09	nd	nd	nd	tr	1.10
14 : 1		tr	0.02	tr	0.05	0.06	nd	tr	0.03	tr
15 : 1		tr	0.10	tr	nd	0.04	nd	tr	0.01	tr
16 : 1		4.23	4.72	3.19	3.49	4.19	5.44	3.96	3.88	5.62
17 : 1		0.69	0.61	0.24	0.91	0.21	0.81	0.63	0.53	0.78
A (18) : 1		nd	0.42	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
18 : 1		29.93	30.53	23.79	22.90	27.13	34.27	29.24	30.29	20.92
19 : 1		0.36	0.29	0.11	0.61	0.24	0.26	0.39	0.38	0.09
20 : 1		7.70	6.27	4.13	5.26	5.48	0.24	5.74	4.78	3.72
22 : 1		4.30	4.63	3.59	1.89	1.97	4.59	2.97	2.43	3.13
Total monoene		47.21	47.76	36.70	35.20	39.32	45.69	42.93	42.35	36.72
16 : 2 $\omega$ 4		tr	tr	tr	nd	nd	tr	tr	nd	nd
16 : 4 $\omega$ ?		0.03	nd	0.07	nd	nd	0.03	nd	0.07	0.33
17 : 2 $\omega$ ?		nd	nd	0.09	nd	nd	nd	nd	nd	nd
18 : 2 $\omega$ 6		1.12	1.04	2.06	2.18	0.68	0.97	0.98	0.84	1.74
18 : 3 $\omega$ 3		0.30	0.31	0.45	0.66	0.19	0.49	0.22	0.35	0.69
18 : 4 $\omega$ 3		0.16	0.18	0.12	0.37	0.16	0.47	0.12	0.17	0.14
20 : 2 $\omega$ 6		0.32	0.25	0.16	0.34	0.28	0.22	0.25	0.26	0.18
20 : 3 $\omega$ 6		0.05	0.10	tr	tr	0.03	0.09	0.03	0.06	tr
20 : 4 $\omega$ 6		1.68	3.03	3.79	2.55	2.77	1.76	2.41	2.75	3.96
20 : 4 $\omega$ 3		0.24	0.22	0.19	0.90	0.24	0.44	0.18	0.19	0.48
20 : 5 $\omega$ 3		4.62	6.51	3.57	6.55	7.13	5.46	9.44	10.41	3.44
21 : 5 $\omega$ 2		0.08	0.13	tr	tr	tr	tr	nd	nd	tr
22 : 2 $\omega$ 3		nd	nd	nd	nd	nd	0.09	0.04	0.09	tr
22 : 3 $\omega$ 6		nd	nd	nd	nd	nd	0.11	0.06	0.10	0.08
22 : 4 $\omega$ 6		0.29	0.32	0.12	0.57	0.16	0.14	0.10	0.07	0.39
22 : 5 $\omega$ 6		0.37	0.25	0.29	0.94	0.26	0.26	0.24	0.21	0.27
22 : 5 $\omega$ 3		0.80	0.67	0.45	1.14	0.66	0.73	0.36	0.42	0.18
22 : 6 $\omega$ 3		10.49	7.61	4.59	4.33	11.80	8.45	12.56	13.24	3.77
Total polyene		20.54	20.66	15.93	20.54	24.36	19.68	26.99	29.21	15.65

See Table 1. \*\* nd : not detected. \*\*\* tr : trace.

区分別に見た場合には、iso14:0以下の脂肪酸の一部あるいはそのすべてを欠くものもあった。食物部ではいずれの試料とも iso18:0を極大とし、またその他の iso 酸組成も各試料間で類似した。菌体部では、実際に細菌が分離された試料1と2は iso17:0を極大とし、iso18:0はほぼ検出されなかった。しかし細菌が分離されなかった試料3では iso18:0を極大とするなど食物部の組成と類似した。遊離油脂部では、試料2の組成は食物部のそれに似ていたが、試料1と3では食物部に微量にしか含まなかった炭素数14以上の iso 酸を比較的多く含み、試料1では iso11:0および試料3では iso15:0を極大とするなど食物部の組成とは異なった。

anteiso 酸の組成については、食物部、菌体部および試料2の遊離油脂部では anteiso17:0と15:0が検出され、また anteiso17:0は15:0より多く含まれた。なお、anteiso13:0は検出されなかった。しかし試料1と3の遊離油脂部には anteiso17:0や15:0の他、anteiso13:0も検出され、しかもこの順に含有量は増加した。

直鎖酸組成を見ると、試料1と3では食物部と菌体部はほぼ類似したが、遊離油脂部ではこれら両者に比しモノエン酸およびポリエン酸が著しく少なく飽和酸が多く、また炭素数13以下の脂肪酸を多量に認めた。ところが試料2では食物部が試料1や3の遊離油脂部に類似し、すなわち試料2の食物部は他の2者に比し飽和酸が多くモノエン酸が少なく、しかも炭素数13以下の脂肪酸を比較的多く含有した。前述のように、試料2は試料1や3とは消化の程度が異なり、胃内容物の状態もこの両者間で著しく相違した。したがって、今回、試料2と試料1や3の間で見られた相違も消化にもとづいた結果と考えられる。

なお飽和酸には A-E の不明物質を認めた。

## 考 察

胃内容物から菌体を純粋に分離するには菌体部をさらに分画する必要があるが、量が少なくこれ以上の分画は G L C 試料の調製を困難にするため行なわなかった。したがって菌体部中には餌料の消化残渣は当然含まれるが、食物部との比較には成り得ると考えた。

細菌が分離された菌体部の iso 酸組成は細菌が分離されなかった菌体部あるいは食物部の組成とは異なっていた。この相違は、細菌が分離された菌体部の iso 酸には菌体の iso 酸が混在していたと考ええるとよく理解される。すなわちイルカ胃内では細菌などにより iso

酸が生成されていることが考えられ、ひいてはイルカ油脂中の iso 酸もこれら胃内の菌体脂質に由来すると考えられる。しかし、細菌が分離された菌体部の iso 酸は iso17:0を極大としたのに対し、イルカ油脂では iso15:0を極大とし、また iso 酸量は前者は後者に比し極めて少なかった。また anteiso 酸の組成もこの両者は相違し、すなわち細菌が分離された菌体部では anteiso17:0を極大としたのに対し、イルカ油脂では anteiso15:0を極大とした。またイルカ油脂には炭素数13以下の分枝酸を比較的多量に含んでいたが、同菌体部には微量にしか含まなかった。さらに、イルカ油脂では iso 酸は anteiso 酸に比べ極めて多量であったが、同菌体部では iso 酸量は anteiso 酸量の2倍程度にしか含まれなかった。これらの結果は、イルカ油脂中の高級分枝酸が胃内微生物脂質に由来するものではないことを示す。

一方、胃内容液中に遊離の状態が存在していた油脂のうち、とくに試料1と3では菌体部よりも多くの分枝酸が存在した。また anteiso 酸量に対する iso 酸量の割合も菌体部に比べ大きく、炭素数13以下の分枝酸も比較的多く見られた。さらに試料3の遊離油脂部では iso15:0を極大とするなど、イルカ油脂の組成に類似した。したがってこれら遊離油脂がイルカ油脂中の分枝酸の起源とも考えられるが、その存在量は極めて少なく、しかもこの油脂中の全脂肪酸に占める分枝酸の割合もイルカ油脂の場合に比べれば極めて低いため来源とは考えにくい。なおこれら遊離油脂の脂肪酸組成が胃内容物の消化の程度により相違しており、胃内の遊離油脂は餌料の一部と見なすことができる。

また食物部の分枝酸組成はイルカ油脂中のものとはかなり異なり、量も少ないので分枝酸の起源とは考えられない。

以上の結果から、イルカ油脂中の高級分枝酸と同様、生体内で生成されると思われた。

## 要 約

3頭の生体イルカ（胃内から細菌が分離されたものとされないものがあった）について、その胃内容物を食物部、菌体部および遊離油脂部に分け、この各脂質中に含まれる高級脂肪酸組成を検索し、次の結果を得た。

1. 供試イルカのいずれの胃内容区分にも iso および anteiso 酸を認めたが、量的にはどれも少なく、菌体部ではとくに少なかった。

2. 胃内から細菌が分離された菌体部の iso 酸組成は食物部の組成と多少異なったが、この菌体部の iso 酸組成はイルカ油脂中の組成とは類似しなかった。

3. 菌体部の anteiso 酸組成は食物部の組成とほぼ類似し、したがってイルカ油脂中の組成とは類似しなかった。

4. 消化の進んでいない胃内に遊離の状態で存在していた油脂中の脂肪酸組成は特異的で、すなわち炭素数13以下の iso 酸, anteiso 酸, 直鎖酸を比較的多く含み、また食物部や菌体部に比し飽和酸が多くモノエン酸, ポリエン酸が少なかった。

終りに、本論文のご校閲をいただいた東北大学農学部教授金田尚志博士に対して謝意を表する。

#### 文 献

- 1) 森井秀昭 (1974). 日水誌, **40**, 275-283.
- 2) 森井秀昭 (1979). 本誌, **47**, 49-54.
- 3) Keeney, M. and Kats, I. (1962). *J. Am. Oil Chemist's Soc.*, **39**, 198-201.
- 4) 金津良一・森井秀昭・福原忠信 (1969). 本誌, **28**, 161-165.
- 5) Ackman, R.G., Burgher, R.D. and Jangaard, P.M. (1963). *Can. J. Biochem. Physiol.*, **41**, 1627-1641.