

島根県産マナマコの部位別成分および臭気に関する検討

岡本 満^{1a}・松林和彦²・寺谷俊紀^{1b}・開内 洋^{1c}

Components and smell of different parts of the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* caught off Shimane Prefecture

Mitsuru OKAMOTO, Kazuhiko MATSUBAYASHI, Toshiki TERATANI and Hiroshi HIRAKIUCHI

キーワード：ATP 関連化合物，揮発成分，臭気，生殖巣，干しなまこ，マナマコ，遊離アミノ酸

島根県の浅海域に分布するマナマコは、砂泥域に生息するアオナマコ（以下「アオ型」）、クロナマコ（以下「クロ型」）および岩礁域に生息するアカナマコ（以下「アカ型」）があり、いずれも沿岸自営漁業における重要な対象種となっている。それらの分類には諸説あるが、本研究では五嶋¹⁾に従って、アオ・クロ型およびアカ型ともにマナマコ *Apostichopus japonicus* (Selenka)として扱うこととする。

島根県では、アオ・クロ型が主に2～3月にもっぱら干しなまこの原料として出荷され、アカ型の多くは12～3月に生食向けとして出荷され酢の物などにして喫食される。なお、県内の一部地域においては、アカ型も干しなまこの原料とされており、副産物的に得られる腸は「このわた」、生殖巣は「ばちこ（くちこ）」と呼ばれる珍味類に加工されている。

島根県水産技術センターでは、沿岸自営漁業者の所得向上を目的として、2020年度からアオ型の種苗生産技術、放流技術、資源管理技術の開発など、マナマコ漁業振興のための研究を行うことになった。その一環として、2020～2021年度には、漁獲されたマナマコの付加価値向上に資するため、その品質面について検討することになったが、島根県産マナマコについての知見は少ない。

本研究では、島根県産のマナマコ（アオ型、アカ型）について、食用にあたっての特性を明らかにするため、部位別の成分を調査した。あわせて、主要な加工品である干しなまこについて、その加工条件をアオ型、アカ型それぞれについて検討した。また、生食向けのアカ型について、島根半島で春先かけて臭気の強まりが指摘されたことから、島根県産業技

術センター浜田技術センターで部位別の揮発成分を調査した。

材料と方法

本研究ではすべて生体（活ナマコ）を用いた。なお、腸については漁獲や蓄養にともなうストレス等で吐出してしまう個体がしばしば見られ、生殖巣については2～3月のアカ型の一部のみに確認された。これらについては、採取できたものを分析に供した。

2021年1月、2月に漁獲された浜田産アオ型、2020年12月、2021年1月、2月に漁獲された浜田産アカ型それぞれについて、体壁の一般成分、体壁、縦走筋および腸のATP関連化合物及び遊離アミノ酸をそれぞれ分析した。また、2021年3月の浜田産、2022年2月、3月の浜田産および松江産アカ型から得られた生殖巣について、一般成分、ATP関連化合物、遊離アミノ酸を分析した。さらに、2021年12月、2022年2月、3月の浜田産と松江産アカ型について、体壁と腸の揮発成分を調査した。

2020年4月に漁獲された浜田産のアオ型、アカ型を用いて、干しなまこを試作した。

マナマコの大きさについては、測定した体長と体幅をもとに、山名ら²⁾による「本州共通」に準じ、以下の式により標準体長 L_e を求めた。

標準体長 $L_e(\text{mm})=5.30+2.01 \times (L \times B)^{1/2}$ [L =体長, B =体幅]

一般成分分析 水分は110°C 常圧加熱乾燥法,³⁾粗タンパクはケルダール法,⁴⁾粗脂肪は Bligh and Dyer⁵⁾に準じたクロロホルム-メタノール混液法、灰

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 島根県産業技術センター浜田技術センター Shimane Institute for Industrial Technology, Hamada Branch, Hamada, Shimane 697-0006, Japan

^a 現所属：総合調整部 General Coordination Division

^b 現所属：島根県農林水産部水産課 Shimane Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Department, Fisheries Division, Matsue, Shimane 690-8501, Japan

^c 現所属：内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

分は 600°C 直接灰化法⁹⁾により測定した。炭水化物はそれぞれ可食部 100g 当たりの水分、粗タンパク、粗脂肪、粗灰分の分析値合計を 100 から除して算出した。

ATP 関連化合物分析 サンプル（体壁 2.0 g、縦走筋・腸 0.5g）を氷冷 10%過塩素酸内で細片化した抽出液を pH7.0 に調整したのち、高速液体クロマトグラフ（島津製作所製 検出器：SPD-10Avp、移動相：100mM りん酸-トリメチルアンモニウム緩衝液/アセトニトリル=100/1、カラム：信和化工 STR-ODSII（150 L×4.6 mmI.D.）、移動相流速：1 ml/min、カラム温度：40°C、検出波長：254 nm）でイノシン酸（IMP）を含む ATP 関連化合物を定量分析した。

遊離アミノ酸分析 ATP 関連化合物分析の抽出液を pH2.2 に調整したのち、アミノ酸分析システム（島津製作所製 Prominence UFLC 検出器：RF-20Axs、カラム：島津製作所 Shim-pack AMINO-LI、移動相流速：0.6 ml/min、カラム温度：39°C、検出 励起波長：350 nm 蛍光波長：450 nm）を用いた α -フタルアルデヒド-ポストカラム誘導体化法により、遊離アミノ酸 35 種類を定量分析した。

揮発成分分析 活ナマコから腹側体壁、背側体壁および腸を約 1g すみやかに採取し、それぞれ 20 mL ヘッドスペースバイアルに封入し、ガスクロマトグラフ質量分析装置（Thermo Fisher Scientific 製 Trace1310 GC/ISQ QDMS/TriPlus RSH）で分析した。試料を封入したバイアルを 60°C、5 分間加温し、SPME ファイバー（DVB/CAR/PDMS(50/30 μ m)、Sigma Aldrich）を用いて 60°C、30 分間抽出、濃縮を行った。その後、250°C、2 分間の熱脱着により GC カラムに導入した。GC の分析条件は、カラム：Thermo Fisher Scientific 製 TG-WAXMS(60 m×id 0.25 mm, 0.25 μ m)、注入法：スプリットレス（ページ 15 mL/min, 2 min）、注入口温度：250°C、オープン：40°C（3 min）-5°C/min-250°C（15 min）、キャリアガス：He、200 kPa（定圧モード）、トランスファーライン温度：

250°C で行った。MS の分析条件は、イオン源温度：200°C、イオン化電圧：70 eV、質量範囲：33-300 m/z、分析モード：Scan(0.2 sec/scan)で行った。得られたピークについて、NIST11 マススペクトルライブラリによる化合物の同定を行った。

干しなまこ試作 成田ら⁷⁻⁸⁾の方法を参考にした。すなわち、内臓を除去したアオ型、アカ型の体壁を約 90°C の水道水で 60 分間煮熟したのち、低温除湿乾燥機（静岡精機製 DSCD-10）を用いて 20°C・8 時間の乾燥、5°C・16 時間のあん蒸を、前日からの重量減が 1%以下になるまで繰り返して製品とした。加工前、煮熟後、試作品の重量をそれぞれ測定した。

結果

一般成分分析 2021 年 1 月、2 月の浜田産アオ型、2020 年 12 月、2021 年 1 月、2 月の浜田産アカ型の体壁の一般成分（平均値±標準偏差）を表 1 に示す。アオ型体壁の水分は 1 月 90.6±0.6%、2 月 92.5±1.3%、粗タンパクは 1 月 5.1±0.7%、2 月 2.4±0.4%、粗脂肪は 1 月 0.5±0.1%、2 月 0.2±0.1%、粗灰分は 1 月 3.3±0.1%、2 月 3.4±0.1%であった。アカ型体壁の水分は 12 月 90.8±0.9%、1 月 92.2±0.7%、2 月 93.4±0.2%、粗タンパクは 12 月 4.7±1.2%、1 月 2.7±0.3%、2 月 2.0±0.6%、粗脂肪は 12 月 0.3±0.2%、1 月 0.2±0.1%、2 月 0.1±0.1%、粗灰分は 12 月 3.3±0.1%、1 月 3.4±0.1%、2 月 3.4±0.1%であった。アオ型、アカ型ともに、12 月、1 月から 2 月に向けて水分が多く、粗タンパクが少ない傾向が認められた。

アカ型から得られた生殖巣の一般成分を表 2 に示す。卵巣、精巣ともに水分が 83.2~87.9%を占め、粗タンパクは精巣の 1.9%に対して卵巣が 3.1~6.5%、粗脂肪は精巣の 0.1%に対して卵巣が 1.1~2.7%と、それぞれ高かった。

ATP 関連化合物分析 2020 年 3 月~4 月の浜田産アオ型およびアカ型の体壁、縦走筋、腸の ATP 関連

表 1. 浜田産マナマコ体壁の一般成分

	漁獲年月	個体数	標準体長± 標準偏差 (mm)	一般成分 (%)				
				水分	粗タンパク	粗脂肪	粗灰分	炭水化物
アオ型	2021/1	5	229±17	90.6±0.6	5.1±0.7	0.5±0.1	3.3±0.1	0.7±0.6
	2022/2	10	225±34	92.5±1.3	2.4±0.4	0.2±0.1	3.4±0.1	1.5±1.1
	2020/12	10	230±26	90.8±0.9	4.7±1.2	0.3±0.2	3.3±0.1	1.0±0.7
アカ型	2021/1	10	224±17	92.2±0.7	2.7±0.3	0.2±0.1	3.4±0.1	1.4±0.8
	2021/2	10	182±24	93.4±0.2	2.0±0.6	0.1±0.1	3.4±0.1	1.1±0.6

表 2. アカ型マナマコ生殖巣の一般成分

性別	産地	漁獲年月	標準体長 (mm)	生殖腺重量 (g)	一般成分(%)				
					水分	粗タンパク	粗脂肪	粗灰分	炭水化物
卵巣	浜田	2021/3	297	13	87.6	6.5	1.1	2.8	2.0
	松江	2022/3	322	35	87.8	6.4	1.8	3.3	0.7
			328	39	85.9	5.9	2.4	2.9	2.8
	浜田	2022/3	309	36	83.2	3.1	2.7	2.9	8.1
			329	47	86.0	3.8	2.2	3.0	4.9
精巣	浜田	2022/2	284	42	87.9	1.9	0.1	3.1	7.0

化合物を表 3 に示す。体壁の ATP は 0.05 μmol/g 以下, IMP は 0.09 μmol/g 以下であった。縦走筋の ATP は 3 部位中で最も多く, アオ型が 0.47~0.77 μmol/g, アカ型が 0.66~0.88 μmol/g, 腸の ATP はアオ型が 0.10~0.25 μmol/g, アカ型が 0.12~0.20 μmol/g であった。アカ型の生殖巣の ATP は, 卵巣が 0.01~0.25 μmol/g, 精巣が検出限界以下~0.05 μmol/g であった。IMP はいずれの部位においても概ね 0.1 μmol/g 以下であった。

遊離アミノ酸分析 2020 年 4 月の浜田産アオ型, アカ型の部位別遊離アミノ酸量を表 4 に, 部位別遊離アミノ酸組成を図 1 に示す。遊離アミノ酸総量は, 縦走筋がアオ型 450 mg/100 g, アカ型 639 mg/100 g と最も多く, 腸がアオ型 137 mg/100 g, アカ型 230 mg/100 g と次ぎ, 体壁がアオ型 5.1 mg/100 g, アカ型 16.0 mg/100 g と最も少なかった。部位別の組成については, 体壁ではアオ型はグルタミン酸(Glu)が 71.6%(3.7 mg/100 g) を占めたのに対し, アカ型では Glu が約 51.3%(8.18 mg/100 g), タウリン(Tau)が 19.2%(3.07 mg/100 g)を占めた。縦走筋では, Glu がアオ型で 48.0%(216 mg/100 g), アカ型で 53.6%(343 mg/100 g)と約半分を占め, アオ型では Tau が

16.5%(74.3 mg/100 g), アルギニン(Arg)が 13.4%(60.1 mg/100 g)と次ぎ, アカ型ではアスパラギン酸(Asp)が 14.7%(94.1 mg/100 g), タウリンが 11.0%(70.0 mg/100 g)と次いだ。腸では, Tau がアオ型で 59.5%(81.5 mg/100 g), アカ型で 56.6%(130 mg/100 g)を, Glu がアオ型で 21.9%(28.7 mg/100 g), アカ型で 20.4%(46.9 mg/100 g)を占め, それ以外の遊離アミノ酸はいずれも 5%以下であった。

2021 年 3 月, 2022 年 2 月, 3 月のアカ型生殖腺の遊離アミノ酸量を表 5 および図 2 に示す。いずれの時期も, 遊離アミノ酸総量は精巣が卵巣の 2 倍近くあった。また, 2020 年 2 月の遊離アミノ酸総量(卵巣 876 mg/100 g, 精巣 1,629 mg/100 g)が, 2021 年 3 月(卵巣 281 mg/100 g, 精巣 709 mg/100 g), 2022 年 3 月(卵巣 347 mg/100 g, 800 mg/100 g)に対して, 卵巣, 精巣ともに 2 倍以上あった。個別の遊離アミノ酸については, 卵巣では Glu がいずれの時期も遊離アミノ酸総量の 60%以上(188~524 mg/100 g)を占めたのに対し, 精巣では 33.4~49.5%(237~720 mg/100 g)であった。グリシン(Gly)は卵巣の 1.28~5.15%(4.46~45.1 mg/100 g)に対して精巣は 8.67~26.0%(69.4~184 mg/100 g), アラニン(Ala)は卵巣の

表 3. マナマコ各部位の ATP 関連化合物

型別	部位	漁獲年月	個体数	標準体長±標準偏差 (mm)	ATP関連化合物(μmol/g wet wt.)					
					ATP	ADP	AMP	IMP	HxR	Hx
アオ型	体壁	2020/3	4	250±31	0.01-0.02	ND-0.01	ND	ND-0.01	ND	0.01
		2020/4	5		0.03-0.05	0.02-0.07	ND	ND	ND	ND
	縦走筋	2020/4	5	325±47	0.47-0.77	0.14-0.23	0.02-0.04	0.01-0.02	ND	0.01-0.03
	腸	2020/4	5		0.10-0.25	0.15-0.25	0.03-0.07	0.02-0.09	ND	0.05-0.07
アカ型	体壁	2020/3	4	189±36	0.02-0.11	0.01-0.04	ND-0.01	0.04-0.09	ND-0.01	0.01-0.08
		2020/4	6	308±17	0.01-0.04	0.04-0.07	ND-0.01	ND-0.01	ND	ND-0.02
	縦走筋	2020/4	6		0.66-0.88	0.20-0.27	0.04-0.06	0.01-0.02	ND-0.01	0.04-0.06
	腸	2020/4	3	297±14	0.12-0.20	0.22-0.39	0.07-0.22	0.02-0.16	ND	0.08-0.14
	卵巣	2021/3	3	294±14	0.01-0.02	0.04-0.05	0.01-0.08	0.02	0.02-0.49	0.10-0.29
		2022/3	4	322±9	0.02-0.25	0.14-0.35	0.21-0.34	0.01-0.02	0.07-0.33	0.03-0.12
精巣	2021/3	3	294±24	ND-0.01	0.03-0.04	0.24-0.41	0.07-0.08	0.02-0.03	0.37-0.44	
	2022/3	3	279±56	0.01-0.05	0.11-0.20	0.34-0.48	0.02-0.08	0.02-0.28	0.04-0.22	

ND:不検出

表 4. マナマコ各部位の遊離アミノ酸含量

漁獲年月	2020/4					
	体壁		縦走筋		腸	
	アオ型 (n=5)	アカ型 (n=6)	アオ型 (n=5)	アカ型 (n=6)	アオ型 (n=5)	アカ型 (n=3)
平均標準体長±SD(mm)	325±47	308±17	325±47	308±17	325±47	297±14
Phosphoserine	ND	0.40	ND	4.58	ND	ND
Tau	ND	3.07	74.26	70.03	81.48	130.13
O-phosphoethanolamine	ND	0.02	ND	ND	0.09	0.10
Asp	0.13	0.71	33.61	94.08	3.17	2.90
Hydroxyproline	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Thr	0.07	0.17	3.99	4.80	1.32	2.35
Ser	0.08	0.11	0.00	0.09	0.48	0.53
Glu	3.67	8.18	216.07	342.65	28.68	46.94
Sar	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Aminoadipic acid	ND	ND	ND	ND	0.17	0.22
Pro	0.04	0.17	22.85	26.98	0.85	1.85
Gly	0.09	0.17	1.81	1.33	1.16	4.84
Ala	0.15	0.65	20.08	21.05	4.67	10.87
Cit	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Aminobutyric acid	ND	ND	ND	ND	ND	1.21
Val	0.05	0.04	3.00	2.80	1.50	3.48
(Cys)2	ND	0.17	0.57	0.24	0.11	0.58
Met	ND	ND	0.24	ND	0.30	0.28
Ile	ND	ND	0.34	0.43	0.69	1.37
Cystathionine	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Leu	ND	0.01	ND	ND	0.54	0.51
Tyr	0.02	0.33	6.00	1.67	0.35	1.94
Phe	0.05	0.09	0.80	1.34	1.16	2.15
β Ala	0.05	0.10	0.68	0.33	1.40	1.34
3-Aminoisobutyric acid	ND	ND	0.19	0.11	0.16	0.22
4-Aminobutyric acid	ND	0.01	ND	0.01	0.01	0.05
His	0.16	0.03	0.15	0.38	0.35	0.99
3-Methylhistidine	ND	ND	0.13	0.04	0.02	ND
1-Methylhistidine	ND	ND	ND	ND	0.01	ND
Car	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ans	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hydroxylysine	ND	0.02	0.04	0.43	0.27	0.19
Orn	ND	0.04	0.24	0.47	ND	0.11
Lys	0.16	0.51	5.00	8.00	3.26	5.08
Arg	0.40	0.96	60.12	57.47	4.79	9.68
計	5.12	15.95	450.17	639.29	136.98	229.89

ND:不検出

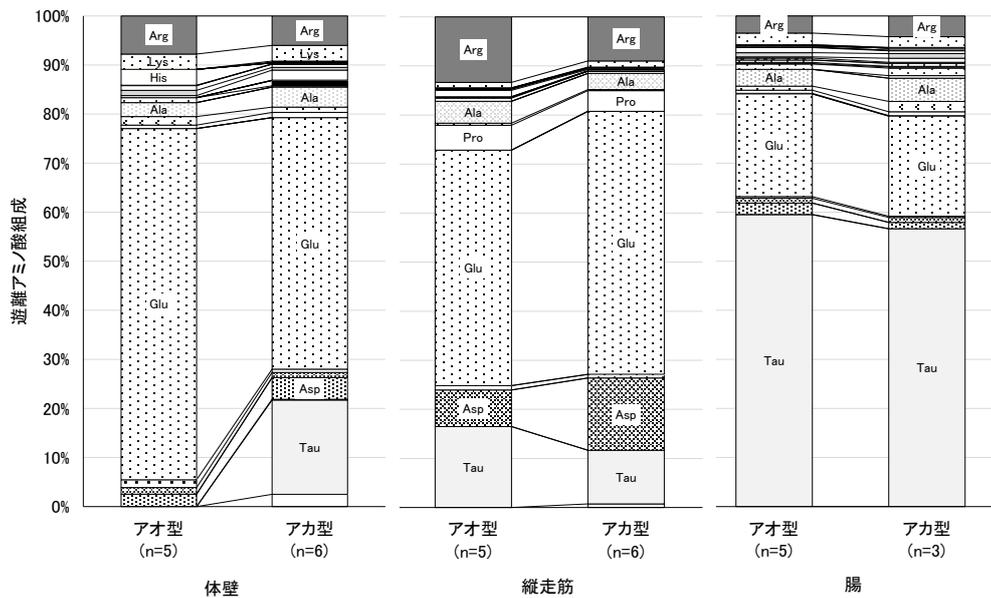


図 1. マナマコ各部位の遊離アミノ酸組成

表 5. アカ型マナマコ生殖巣の遊離アミノ酸含量

漁獲年月	(mg/100g wet wt.)					
	2021/3		2022/2		2022/3	
	卵巣(n=3)	精巣(n=3)	卵巣(n=3)	精巣(n=4)	卵巣(n=4)	精巣(n=3)
平均標準体長±SD(mm)	294±14	294±24	286±3	281±19	322±9	279±56
Phosphoserine	ND	ND	1.11	2.10	0.65	1.06
Tau	ND	69.21	118.01	131.04	ND	74.95
O-phosphoethanolamine	5.12	0.08	5.66	0.06	5.28	2.44
Asp	2.80	8.32	5.44	16.09	1.61	4.96
Hydroxyproline	ND	ND	ND	2.33	ND	ND
Thr	5.51	11.16	16.18	65.79	5.99	29.51
Ser	3.01	5.53	5.40	10.99	4.42	7.43
Glu	187.81	236.71	524.45	719.63	218.65	395.80
Sar	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Amino adipic acid	ND	ND	ND	ND	ND	2.04
Pro	0.36	58.04	5.26	213.71	4.51	66.33
Gly	5.14	184.21	45.14	158.34	4.46	69.36
Ala	6.36	112.33	20.77	186.11	23.37	49.88
Cit	ND	ND	ND	0.19	ND	ND
2-Aminobutyric acid	0.56	0.83	ND	3.69	ND	0.28
Val	6.96	7.25	6.88	25.60	6.92	11.00
(Cys)2	1.29	0.34	2.09	2.75	1.58	2.33
Met	ND	ND	ND	1.26	ND	ND
Ile	2.68	2.22	3.16	13.76	2.76	4.28
Cystathionine	ND	ND	ND	2.71	ND	ND
Leu	0.52	ND	1.65	8.75	ND	1.19
Tyr	1.45	0.94	5.03	8.15	2.10	3.66
Phe	0.81	0.85	2.99	4.46	1.45	4.16
β Ala	0.16	0.49	0.88	1.06	0.33	1.03
3-Aminoisobutyric acid	0.03	0.11	0.37	0.32	0.19	0.59
4-Aminobutyric acid	0.06	0.05	0.38	0.01	0.08	0.10
His	0.49	0.76	2.15	2.54	0.58	1.17
3-Methylhistidine	ND	0.02	0.04	0.11	ND	0.03
1-Methylhistidine	ND	ND	ND	0.05	ND	0.02
Car	ND	ND	ND	0.11	ND	ND
Ans	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hydroxylysine	0.65	0.29	1.53	1.17	1.05	1.88
Orn	ND	ND	ND	0.89	ND	ND
Lys	26.02	6.35	54.48	28.12	41.07	48.43
Arg	22.82	2.75	47.04	16.66	20.70	16.48
計	280.61	708.85	876.09	1628.54	347.74	800.40

ND:不検出

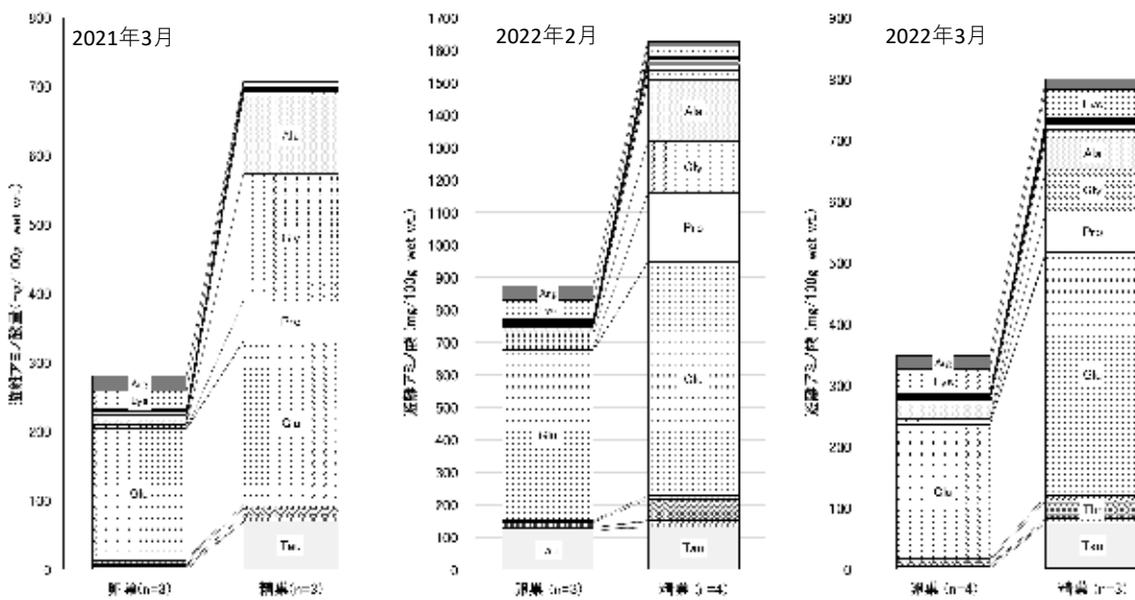


図 2. アカ型マナマコ生殖腺の遊離アミノ酸含量

2.26~6.72%(6.36~23.4 mg/100 g) に対して精巢は 6.23~15.9%(49.9~112 mg/100 g), プロリン(Pro)は卵巣の 0.13~1.30%(0.36~5.26 mg/100 g)に対して精巢は 8~13%(58.0~214 mg/100 g)であった。Tau は卵巣が 2022 年 2 月に 13%(118 mg/100 g)で 2021 年 3 月および 2022 年 3 月は検出限界以下であったのに対して、精巢はいずれの時期も 8.05~9.76%(69.2~131 mg/100 g)であった。

揮発成分分析 アカ型の産地別、季節別、部位別のトータルイオンクロマトグラム(TIC)のピーク面積値を表 6 および図 3 に示す。炭素数 8~13 のアルコール類が 7 種類、炭素数 6~10 のアルデヒド類が 4 種類検出された。アルコール類とアルデヒド類は、松江産では 2 月、浜田産では 3 月が、他の月に比べて

高く、特に浜田産の 3 月は著しく高い値を示した。部位別では、体壁の腹側と背側では前者が高いとき、後者が高いときがあり、腸は松江産の 2 月を除いて体壁よりも高い値を示した。

干しなまこ試作 アオ型 7 個の体壁 (平均重量±標準偏差: 192±58 g) 及びアカ型 3 個の体壁 (平均重量±標準偏差: 149±30 g) を煮熟後、乾燥とあん蒸を繰り返して干しなまこを試作したときの生鮮体壁からの歩留まりの変化を図 4 に示す。煮熟後の体壁からの平均歩留まりはアオ型が 32.5%, アカ型が 42.3%であった。また、試作品の体壁からの平均歩留まり (製品重量/加工前重量×100) はアオ型が 6.4%, アカ型が 7.1%であった。

表 6. 地区別月別部位別のアカ型マナマコの揮発成分

構造分類	組成式	化合物名	松江									浜田								
			12月			2月			3月			12月			2月			3月		
			体壁腹 (n=5)	体壁背 (n=5)	腸 (n=5)	体壁腹 (n=5)	体壁背 (n=5)	腸 (n=5)	体壁腹 (n=6)	体壁背 (n=6)	腸 (n=5)	体壁腹 (n=5)	体壁背 (n=5)	腸 (n=5)	体壁腹 (n=5)	体壁背 (n=5)	腸 (n=4)	体壁腹 (n=5)	体壁背 (n=4)	腸 (n=4)
アルコール	C ₈ H ₁₈ O	1-Octanol	215	431	9,360	23,300	49,600	647	1,470	463	1,230	506	298	49,200	52	107	15,400	179,000	21,100	11,300
	C ₉ H ₁₈ O	3,6-Nonadien-1-ol, (E,Z)-	ND	ND	22	15,600	48,000	55,300	5,060	ND	8,730	ND	ND	162	35	ND	9,440	48,500	23,700	30,200
	C ₉ H ₁₈ O	3-Nonen-1-ol, (Z)-	ND	ND	1,280	5,050	18,700	17,800	1,560	ND	2,750	ND	ND	7,130	ND	ND	2,280	17,000	8,210	21,700
	C ₉ H ₂₀ O	1-Octanol, 2-methyl-	ND	ND	682	23,200	73,200	57,900	9,940	ND	21,800	ND	ND	19,400	3,210	956	75,500	193,000	107,000	316,000
	C ₁₀ H ₂₀ O	(Z)-4-Decen-1-ol	ND	ND	540	4,980	17,500	18,700	6,620	ND	6,550	4	ND	6,840	ND	ND	437	20,500	6,020	72,500
	C ₁₀ H ₂₀ O	5-Decen-1-ol, (Z)-	ND	ND	675	2,800	7,170	15,300	4,390	ND	417	ND	ND	5,930	1,330	396	40,400	51,300	7,430	61,200
	C ₁₃ H ₂₄ O	11-Tridecyn-1-ol	ND	ND	123	28,200	54,000	48,300	ND	ND	ND	ND	748	499	ND	22,500	246	110	96,800	
アルデヒド	C ₆ H ₁₂ O	Hexanal	305	293	2,560	ND	555	ND	465	878	6,880	79	195	1,240	195	312	550	575	263	3,410
	C ₈ H ₁₆ O	Octanal	50	ND	476	32	335	32	129	28	806	ND	ND	482	66	121	335	1,440	314	1,560
	C ₉ H ₁₈ O	Nonanal	60	83	301	184	280	45	1,060	832	276	141	184	127	143	69	279	908	784	973
	C ₁₀ H ₁₈ O	cis-7-Decen-1-al	ND	ND	872	5,970	37,100	35,900	24,000	ND	29,200	ND	ND	15,700	30	193	33,600	258,000	226,000	379,000

ND:不検出

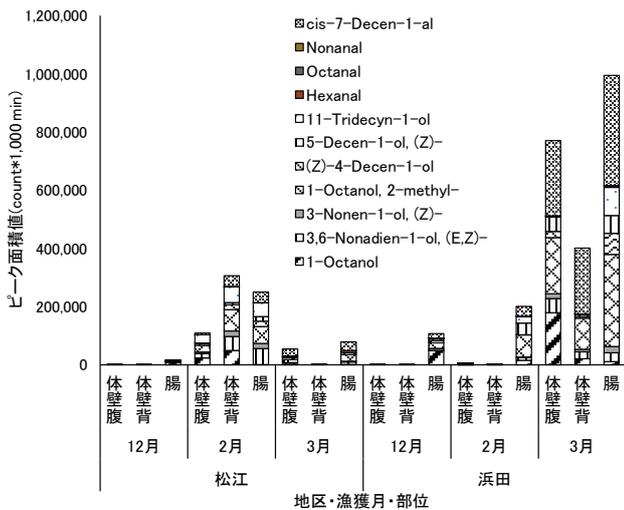


図 3. 地区別月別部位別のアカ型マナマコの揮発成分

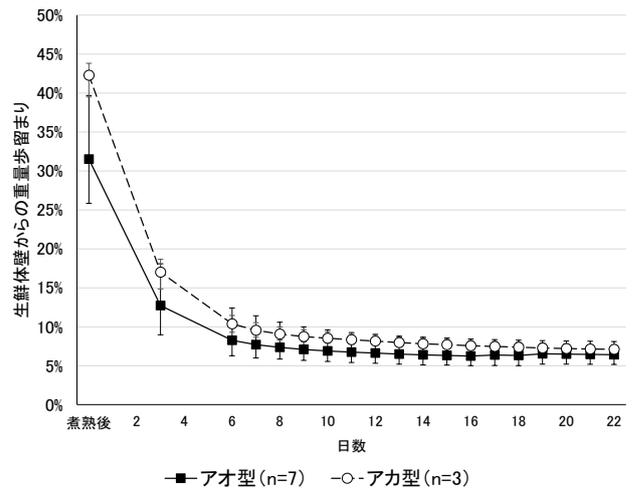


図 4. 干しなまこ試作における歩留まりの変化 (煮熟後から 20°C・8 時間乾燥→5°C・16 時間あん蒸/日) 上下線は最大値と最小値を示す

考察

マナマコの主要な可食部位は、干しなまこ、生食いずれにおいても体壁であり、副産物的に得られる腸は「このわた」に、生殖巣は「ばちこ(くちこ)」に加工される。縦走筋は干しなまこの加工において除去され、ほとんど利用されないが、マナマコの運動にかかわる部位であるため分析した。

体壁については、魚肉と比較して水分が多く、粗タンパクが少なく、粗脂肪がほとんどないという特徴があった。アオ型については1月から2月にかけて、アカ型については12月から翌年2月にかけて、それぞれ粗タンパクが少なくなる傾向が見られた。生食向けアカ型の旬は年末年始とされるが、粗タンパク含量が栄養価のみならずテクスチャーを含めた食味に影響する可能性があり、官能評価との関係など今後の研究課題である。また、体壁のエキス成分については、ATP 関連化合物、遊離アミノ酸ともに著しく少なかった。生きたマナマコの体壁は外的な刺激等に対してすみやかな硬化を示すが、これは体壁の大部分を占める真皮層が硬さの変化や維持を少ないエネルギーで可能にするキャッチ結合組織で構成されていることによる。⁹⁻¹⁰⁾すなわち、生体であるにもかかわらず体壁の ATP 含量が極めて微量なのは、その特異な構造および硬化の機序ゆえと考えられる。

縦走筋については、マナマコの主要部位のうち ATP 関連化合物、遊離アミノ酸ともに最も多かった。しかしながら、ATP は即殺直後の魚類体側筋の 5~10 $\mu\text{mol/g}$ ¹¹⁾の 10%以下と著しく少なかった。このことは、マナマコの運動には筋肉の関与が少なく、前述のキャッチ結合組織や管足系が主要な運動機能を果たしていることを示唆している。一方で、遊離アミノ酸はアオ型、アカ型ともにうま味系である Glu が閾値とされる 0.06%¹²⁾ (30 mg/100 g)を大きく上回っており、アカ型では同じくうま味系である Asp も多いことから、マナマコの部位では最もうま味に富んでいるといえる。体重の 1~3%と微量なため利用されていないが、食用として検討の余地がある。

腸については、ATP 関連化合物が体壁よりはわずかに多かったが、縦走筋よりは少なかった。遊離アミノ酸は、Glu が前述の閾値前後と多くないが、さまざまな機能が指摘されている Tau¹³⁾はアオ型、アカ型ともに縦走筋を上回っていた。「このわた」特

有の風味は遊離アミノ酸以上に、後述する揮発成分によるものが大きいことが示唆される。

鳥根県沿岸域では現在のところ、生殖巣が発達したアオ型が見つかっておらず、本研究でも 2~3 月のアカ型にのみ生殖巣が確認された。アカ型生殖巣の一般成分については、水分が約 83~88%を占め、粗タンパクおよび粗脂肪は卵巣に多い傾向がみられた。小櫛・原田¹⁴⁾による石川県七尾湾周辺で3月に漁獲された活マナマコ(型は不明)の卵巣と精巣の混合物における一般成分分析では、本研究と比較して、水分(\pm 標準偏差)は 83.6 \pm 0.6%とやや少なく、粗タンパク(\pm 標準偏差)は 9.7 \pm 0.2%と高かったことが報告されている。本研究の一般成分分析では、精巣について十分なサンプル量が得られなかったことから1検体しかできなかつたため、卵巣との詳細な比較は今後の検討課題である。アカ型生殖巣のエキス成分については、ATP 関連化合物は体壁、縦走筋、腸と同様にわずかだったが、遊離アミノ酸は豊富に含まれていた。卵巣と精巣の遊離アミノ酸の量と組成には大きな差異があり、精巣は同時期の卵巣に対して2倍前後の遊離アミノ酸を含んでおり、卵巣はうま味系の Glu が主体だったが、精巣は Glu に加えて甘味系の Gly, Ala, Pro も明らかに多かった。また、2月の遊離アミノ酸量は3月に比べ卵巣、精巣ともに2倍以上確認され、季節的な変化が示唆された。前述した小櫛・原田¹⁴⁾は、卵巣と精巣の混合物の遊離アミノ酸について、Glu が半分近くを占め、次いで Ala, Gly, Pro, Tau の順に多かったことを報告しており、分析に供した卵巣と精巣の重量比は不明であるが、おおむね本研究と類似した結果になっている。平野ら¹⁵⁾は、キタムラサキウニ生殖腺(生殖巣)の遊離アミノ酸組成において、卵巣と精巣でかなりの差がみられることを報告しているが、卵巣と精巣の遊離アミノ酸総量は本研究のアカ型マナマコほど極端な差ではない。本研究におけるアカ型マナマコの生殖巣における個別の遊離アミノ酸を平野ら¹⁵⁾によるキタムラサキウニ生殖巣と比較すると、Glu がより富んでおり、精巣においては Gly, Ala, Pro がほぼ同等だが、苦味系であるバリン(Val)、ロイシン(Leu)、イソロイシン(Ile)、ヒスチジン(His)、リジン(Lys)、アルギニン(Arg)が明らかに少なかった。これら苦味系遊離アミノ酸は、エキスのような複雑な多成分系において別の呈味効果を発揮するとされており、¹⁶⁾マナマコ生殖巣とキタムラサキウニ生殖巣の呈味の差異に関与していると考えられる。本

研究では2月の生殖巣が卵巣，精巣ともに3月よりも遊離アミノ酸に富むという結果が得られ，生殖巣の“匂”を示唆するものであるが，官能評価も含めた詳細な検討が必要である．なお，島根県内の干しなまこ加工業者では，アカ型から副産物的に得られる卵巣と精巣を混ぜて「ばちこ（くちこ）」を製造しているが，栄養や食味のバランスにおいて理にかなった製法といえる．

以上から，マナマコのエキス成分については，各部位の ATP 関連化合物は呈味性においては無視できるほどわずかで，魚類の主たるうま味成分である IMP は各部位とも $0.12 \mu\text{mol/g}$ 以下であり，閾値とされる $1 \mu\text{mol/g}$ ¹⁷⁾ を大幅に下回っていた．遊離アミノ酸については縦走筋，生殖巣といった限られた部位に多かったが，総じて呈味性に乏しい水産物であることがわかった．

アカ型の臭気を構成する揮発成分について，生食向けの可食部である体壁では，浜田産は12月，2月と比較して3月がアルコール類，アルデヒド類ともに大きくピーク面積値が増大し，松江産では12月と比較して2月がアルコール類，アルデヒド類ともに大きなピーク面積値を示した（表6，図3）．この結果は，島根県内で相場が高い年末年始から春季に向けてにおいが強くなるという漁業現場における指摘を示唆するものである．生のマナマコに特有のにおいは，しばしば“磯の香り”と評されるように好ましいものとされる一方，においの組成が変わる，あるいはにおいが強くなりすぎることにより，好ましくない臭気に変わることが推察される．本研究では詳細な官能試験を行わなかったが，揮発成分との関係など詳細な検討をすることで臭気の原因が明らかになる可能性がある．なお，これらの臭気は煮熟工程で抜けるので，春季は干しなまこの原料としての活用が望ましいかもしれない．腸についても体壁と同様な季節変化の傾向がみられたが，総じて体壁よりも揮発成分のピーク面積が大きい傾向があった．このことは，香りが強い「このわた」独特の風味との関係を示唆している．

干しなまこの試作にあたっては，アオ型がアカ型に対して煮熟後の歩留まり減が大きく，製品の歩留まりも小さい傾向が認められた．製品の形状もアオ型は円柱状（棒状）を呈するのに対して，アカ型は前後方向中央に膨らみがある楕円体を呈した（図5）．また，干しなまこの品質面で重要視される棘状の突起（疣足）はアオ型のほうに顕著に現れ，アカ型には

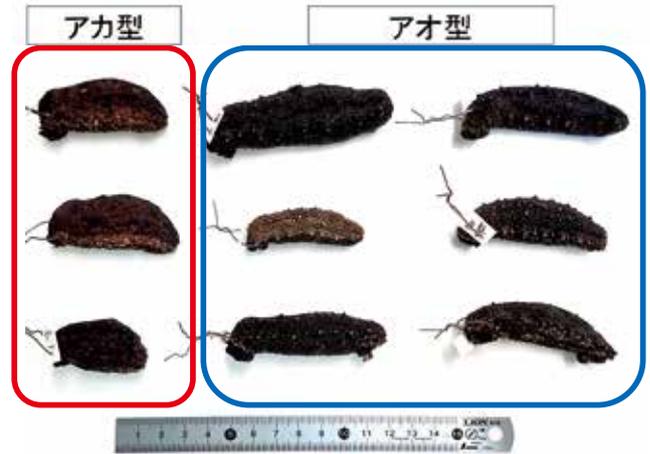


図5. 試作した干しなまこの側面外観（個体識別用のタグと針金がついている）



図6. 試作した干しなまこの側面外観拡大（個体識別用のタグと針金がついている）

ほとんど認められなかった（図6）．静岡県伊豆産のアオ型とアカ型を用いた乾燥なまこ（干しなまこ）の試作においても同じような結果が報告されている。¹⁸⁾

干しなまこはゼラチン質の食感が珍重される食材であり，その食味はスープを含ませることで達成されるものであることから，そもそも呈味性については重視されない．干しなまこの原料としては，製品の外観のみならず乾燥のしやすさ，すなわち加工性においてもアオ型のほうがアカ型よりも優れている．一方で，アカ型は生食向けとして好まれているが，相場の高い年末年始には可食部である体壁の粗タンパクが多く臭気の原因となる揮発成分が少ない，すなわち生食における品質に優れることが示唆された．島根県内におけるマナマコは，特有の性質をもつ体壁，また腸，縦走筋，生殖巣それぞれが異なる成分特性を持ち，縦走筋を除く各部位についてはそれぞれに適した加工技術が確立しており，無駄なく利用されている水産物といえる．

謝辞

渡辺鮮魚店株式会社代表取締役の梅野恭範 氏、漁業協同組合 JF しまね島根町支所（当時）の藤岡良 氏には、供試用マナマコの確保にあたりご協力いただいた。株式会社たじまや代表取締役の宮崎雅也 氏には、マナマコ加工における種々の知見や技術をご教授いただいた。鳥根県水産技術センターの会計年度任用職員の皆様には、測定や分析前処理にご協力いただいた。ここに記して深く感謝する。

文献

- 1) 五嶋聖治：マナマコの分類・学名，「ナマコ漁業とその管理—資源・生産・市場」（廣田将仁・町口裕二 編），恒星社厚生閣，東京，p. 48 (2014).
- 2) 山名裕介，五嶋聖治，浜野龍夫，遊佐貴志，古川佳道，吉田奈未：北海道および本州産マナマコの体サイズ推定のための回帰式. 日水誌，**77**，989–998 (2011).
- 3) 「食品衛生検査指針 理化学編」（厚生省生活衛生局監修），社団法人 日本食品衛生協会，東京，p. 717 (1991).
- 4) 魚介類有効成分利用技術開発研究—成分分析マニュアル，水産庁研究部研究課，pp. 382–385 (1988).
- 5) E. G. Bligh and W. J. Dyer： A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911–917 (1959).
- 6) 魚介類有効成分利用技術開発研究—成分分析マニュアル，水産庁研究部研究課，pp. 389–390 (1988).
- 7) 成田正直，宮崎亜希子，飯田訓之：乾燥ナマコの製造基準の確立. 道総研網走水産試験場平成 21 年度事業報告書. 64–67 (2009).
- 8) 成田正直：乾燥ナマコの品質・加工，「ナマコ漁業とその管理—資源・生産・市場」（廣田将仁・町口裕二 編），恒星社厚生閣，東京，pp. 223–243 (2014).
- 9) T. Motokawa: Skin of sea cucumbers: the smart connective tissue that alters mechanical properties in response to external stimuli. *Journal of Aero Aqua Bio-mechanisms*, **8**, 2–5 (2019).
- 10) 本川達雄：キャッチ結合組織：棘皮動物に特有の硬さの変わる皮. 海洋と生物，**42**，244–248 (2020).
- 11) 渡部終五：硬直に伴う筋肉の生化学的变化，「魚類の死後硬直」（山中英明 編），恒星社厚生閣，東京，pp. 9–20 (1991).
- 12) 須山三千三，鴻巣章二編，水産食品学，恒星社厚生閣，東京，1987，pp. 81–83.
- 13) 村上 茂：タウリン研究と産業利用の歴史. タウリンリサーチ，**1**，7–8 (2015).
- 14) 小櫛満里子，原田禄郎：ナマコ生殖巣の干物（このこ）と類似海産製品の一般組成およびエキス成分. 日本栄養・食糧学会誌，**52**，79–84 (1999).
- 15) 平野敏行，山沢 進，須山三千三：キタムラサキウニ生殖腺のエキス成分に関する研究. 日水誌，**44**，1037–1040 (1978).
- 16) 山口勝己，渡辺勝子：魚介類の味とエキス成分，「魚介類のエキス成分」（坂口守彦 編），恒星社厚生閣，東京，pp. 104–115 (1988).
- 17) M. Murata and M. Sakaguchi： The effects of phosphatase treatment of yellowtail muscle extracts and subsequent addition of IMP on flavor intensity. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 1599–1603 (1989).
- 18) 鈴木勇己：談話室 伊豆産乾燥なまこ製造の取組，伊豆分場だより第 350 号，静岡県水産・海洋技術研究所伊豆分場，12–17 (2017).