

薩南海域産未利用サメ類筋肉の利用に関する研究—I

サメ筋肉のゲル形成について

西元 諄一・御木 英昌

Studies on Utilization and Processing of the Muscle of Unexploited Elasmobranches—I

Heat-induced Gelation of Comminuted Muscle of Elasmobranches

Jun-ichi NISHIMOTO* and Hidemasa MIKI*

Abstract

This study was conducted with a view to obtain information on the possible utilization of the trash fish such as small elasmobranches (shark) from Amami Ohshima fishing ground. The results are summarized as follows:

1. The texture of the heated gel of comminuted elasmobranch muscles (trash fish) was shown to have low value. The muscles were not found to be good materials for Kamaboko of high quality.
2. In all the species tested, the total amount of urea was 1500 to 2000 mg per 100 g muscle while the percentage of urea removed from the muscle by water rinsing was about 95% in minced muscle and about 75% in sliced muscle.
3. It was found out that the actomyosin-ATPase activity increased when the urea content of ground muscle was adjusted to 200 to 300 mM (physiological urea concentration in elasmobranches) but no parallel relationship could be obtained between the jelly strength of heated-induced gel and total actomyosin-ATPase activity.
4. Sensory evaluation revealed that frozen elasmobranch muscle could be used as material for fried foods such as Satsuma-age and fish stick.

漁獲物中、洋上投棄される魚 (trash fish) の量がかなり多いことが報告されている^{1,2)} が、資源・エネルギーの浪費を軽減するためにこれら魚類の食品化を図らねばならない。

薩南海域では、体長 1 m 前後の小型サメ類 (ツノザメ、ツマリツノザメ、ナヌカザメ、ホシザメ等³⁾) が漁獲されるが、ほとんど利用されていない⁴⁾。一方、大型サメ類 (アオザメ、ヨシキリザメ、シュモクザメ等) は高級品になり難いといわれるが、すでにねり製品原料として利用されている。小型サメ類が利用されないのは処理に手間がかかり歩留も悪いことなどがあげられるが、これらの筋肉性状が明らかでないことも一因であろう。本実験ではサメ類についてサメ肉を食品素材として見直すべく、サメ肉中にとくに多い尿素がねり製品

* 鹿児島大学水産学部食糧保蔵学研究室 (Laboratory of Food Preservation Science, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

の品質に及ぼす影響を調べ、さらに一部加工品を試作したのでその結果を報告する。

実験方法

試料 ツマリツノザメ (*Squalus brevirostris*), ホシザメ (*Mustelus manazo*), ナヌカザメ (*Cephaloscyllium umbratile*) (28~30°N, 129~130°E, 1979年11月漁獲) およびアオザメ (*Isurus glaucus*), ヨシキリザメ (*Prionace glaucus*), シュモクザメ (*Sphyrna zygaena*) (かごしま丸, 敬天丸が1979年4月漁獲) の凍結物 (-25°C 保存) ならびに数種の硬骨魚 (マンザイウオ (*Taractes steindachneri*), アジ (*Trachurus japonicus*), サバ (*Scomber japonicus*) 等) を用いた。

加熱ゲルの調製 水晒処理, 脱水, pH および水分の調整, 加熱等は既報⁵⁾ の方法によった。

ゲル強度の測定 ジェリー強度 (以下 JS と略す), 折り曲げテスト (以下 Ft と略す) の測定法は既報⁵⁾ にしたがったが, Ft の評価表示を2回折りに耐える場合 AA, 1回折りで亀裂のない場合 A, 亀裂を生ずる場合 B, 折れて2片に分かれる場合を C とした。

尿素の定量 ウレアーゼ法⁶⁾ に準じ測定した。すなわち, 市販ウレアーゼ (Jack bean meal, 半井化学薬品 (株)) の0.5%溶液を筋肉の水抽出液に作用させ (リン酸緩衝液 pH 6.8, 37°C, 30分間) 遊離したアンモニアをコンウェイユニットを用い微量拡散法で求め尿素に換算した。

アクトミオシンの調製およびその ATPase 活性の測定 新井⁷⁾, 川島ら⁸⁾ の方法に準じて, 魚肉より調製したアクトミオシン (以下 AM と略す) を既報⁹⁾ のように 25°C, 5分間反応で生成する無機リンを比色定量¹⁰⁾, 一次反応式による反応速度から比活性を算出した。なお, タンパク質量はビュレット法¹¹⁾ により測定した。

結果および考察

種々のサメ筋肉から調製したねり製品の texture Table 1 に示されるサメ類筋肉から調製したねり製品は種属により texture が異なった。また, 硬骨魚で白身魚であるマンザイウオを原料としたかまぼこは JS が約 200 g・cm で, それとほぼ同じ JS のツマリツノザメからのものの Ft 結果をみると, ツマリツノザメが B であるに対しマンザイウオのものは A であった。また, JS 約 1200 g・cm であるアオザメおよびアジからのかまぼこの Ft 評価はそれぞれ AA および A (ないし B) であった。供試した trash fish としてのサメ類は一般にゲル形成能が弱く, ほとんど B または C レベルであり, サメ種属間, 硬骨魚筋肉との対比で texture (“足”) にかかなりの差がみられた。このことは衣巻¹²⁾ がすでに指摘していることと同じ傾向であった。晒処理前後肉で JS に差がみられたが Ft 評価がかわらず JS と Ft 評価の間に必ずしも平行的関係がみられなかった。これは供試サメ肉の種特異性¹³⁾ と考えるべきかどうかかわからない。

サメ筋肉中の尿素含量とその除去率

i) 尿素の含量 サメ肉中の尿素含量が高いことは周知のことであるが, 実際に供試したサメ未晒肉でも Table 2 のように従来の報告^{7,14,15)} と同様 1500~2000 mg/100 g 肉の範囲で硬

Table 1. Properties of heat-induced gelation of comminuted muscle from various species of shark.

Species	Jelly strength (g·cm)		Folding test*	
	Unrinsed	Rinsed	Unrinsed	Rinsed
<i>Isurus glaucus</i> (Aozame)	1164	1251	AA	AA
<i>Sphyrna zygaena</i> (Shumokuzame)	586	707	B	B
<i>Prionace glaucus</i> (Yoshikirizame)	333	379	B	B
<i>Mustelus manazo</i> (Hoshizame)	—	574	—	C
<i>Cephaloscyllium umbratile</i> (Nanukazame)	—	532	—	C
<i>Squalus brevirostris</i> (Tsumaritsunozame)	—	600	—	B
<i>Taractes steindachneri</i> (Pomfret)	—	628	—	A
<i>Trachurus japonicus</i> (Horse mackerel)	—	1205	—	A
"	—	1322	—	B
<i>Scomber japonicus</i> (Mackerel)	—	448	—	C

*AA: No crack when folded into quadrants.

A: No crack when folded into semicircles.

B: Cracks when folded into semicircles.

C: Breaks into two pieces when folded into semicircles.

Table 2. Urea concentration in the muscle of various species of shark.

Species	Urea (mg/100 g muscle)	Remarks
<i>Isurus glaucus</i> (Aozame)	1301.0	Stored for 6 months at -20°C
"	1738.0	" 1 month at -25°C
<i>Sphyrna zygaena</i> (Shumokuzame)	1653.7	" 6 months at -20°C
<i>Prionace glaucus</i> (Yoshikirizame)	1448.8	" " "
"	1778.0	" 1 month at -25°C
<i>Mustelus manazo</i> (Hoshizame)	1742.7	" " at -30°C
<i>Cephaloscyllium umbratile</i> (Nanukazame)	1978.8	" " "
<i>Squalus brevirostris</i> (Tsumaritsunozame)	1966.1	" " "
"	1722.0	" 6 months at -25°C

骨魚より非常に高かった。

ii) 尿素の除去率 一般に魚肉かまぼこ製造において texture 強化のため晒処理がなされている。とくにサメ肉では、筋形質タンパク質（以下 Sp と略す）除去とともに脱アンモニアの効果もかねているようである。水晒処理による尿素の除去例は Fig. 1 のようであるが、この場合の晒条件は肉量の 6 倍量の清水を加え、15 分間マグネチックスターラで攪伴後 5 分間静置し上澄液をすて、さらに 2 回繰返したものである。除去率は魚肉の形態により異なり、細碎肉で約 95%、チップで約 75% であった。このように水晒処理によって完全に除去することは困難で、本実験の場合、量的に約 50 mg/100 g 肉残存したが、この量は硬骨魚の 2~15 mg/100 g 肉より数倍高い。

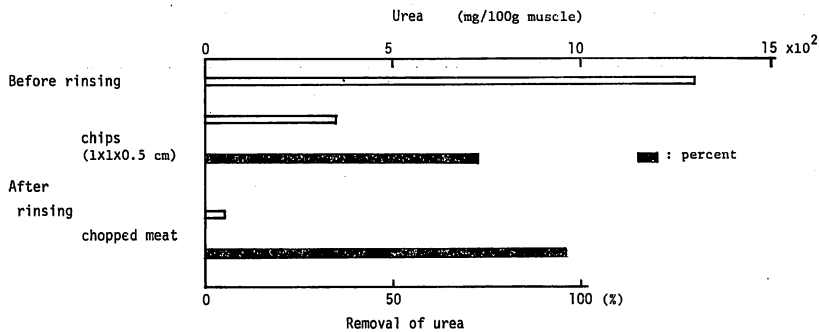


Fig. 1. Removal of urea in the muscle of *Isurus glaucus* (Aozame) by water rinsing.

晒サメ肉 AM の ATPase 活性に及ぼす尿素の影響 魚肉すり身のゲル形成能がその筋原繊維タンパク質の酵素活性と密接に関係するといわれるが、サメ肉ではこれらタンパク質がタンパク質変性剤である尿素と共存するので変性に及ぼす尿素量の影響は興味のもたれるところである。有機変性剤の坐りに対する影響は報告¹⁶⁾があるが筋肉ミオシンまたは AM の ATPase 活性に対する情報は少なく、最近 ARAI ら¹⁵⁾がホシザメ肉でミオシン-ATPase 活性に及ぼす尿素濃度 (0.5, 1.0 M) の影響を調べ、その活性はコイより安定でマグロ類と同じであったとのべている。また、YANCEY ら¹⁷⁾はサメ類の Lactate dehydrogenase の特性として、サメ類以外の魚類筋肉の本酵素特性と同じ機能を発揮するには、サメ類筋肉の尿素濃度が生理的濃度である約 400 mM が必要であると報告している。

晒処理でゲル形成を阻害する物質 (Sp, 塩類など) を除去したサメ晒肉は、当然尿素が除去されているので、この晒肉の尿素濃度を生活時のそれに近くすれば AM-ATPase 活性が安定しより強い texture のねり製品が得られるものと考えられる。Fig. 2 はサメ類筋肉から調製した AM を酵素液 (0.3~0.5 mg prot./ml) とし、尿素含量の異なる反応系でその比活性を測定し、それから相対活性を求めたものである。尿素が魚肉 AM-ATPase 活性に及ぼす影響は、低濃度 (0.3~5 mM) の場合、何れの魚種でも濃度が増加するに従って活性は不安定となったが 5 mM でやや安定した傾向のものが二・三のサメ筋肉でみられた。不安定化の程度はサバで最も大きく 70~80% を示し、サメ類ではヨシキリザメを除いて 10~20% であった。一方、高濃度 (100~600 mM) の場合、程度の差はあるが何れの魚種でも 250 から 300 mM の尿素濃度で活性安定のピークがみられた。これらの尿素濃度はサメ筋肉中の濃度とほとんど一致し、このような生理的濃度が ATPase 活性安定化に微妙な作用をしていると考えられた。

尿素濃度調整サメ肉すり身からのねり製品の texture スケソウダラ冷凍すり身では、その筋原繊維 Ca^{2+} -ATPase 全活性とそれから調整したかまほこのゲル強度との間に直線的関係が認められている¹⁸⁾。この関係がサメ肉すり身にも適用しうるならば、ATPase 活性の安定なものからゲル強度の高いねり製品が得られると考えられる。そこでサメ肉すり身の AM-ATPase 活性を安定させるためすり身中の尿素濃度を生活時の濃度に調整し、これから作製したねり製品の texture を Table 3 に示した。アオザメ肉では尿素濃度調整により酵素活性は安定し、JS は向上したが Ft 評価はかわらなかった。ツマリツノザメ肉でも酵素活

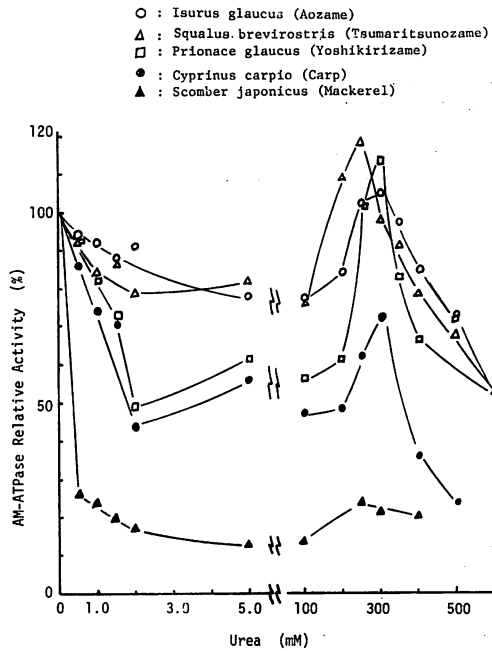


Fig. 2. Influence of urea on actomyosin-ATPase activity in the muscle of various species of fish.

Table 3. Jelly strength, ATPase relative activity and folding property of the gel prepared from comminuted shark muscle added with different amounts of urea.

Species	Added urea (mM)	ATPase relative activity (%)	Jelly strength (g·cm)	Folding test*
<i>Isurus glaucus</i> (Aozame)	0	100.0	1200	AA
	250	102.2	1540	AA
	300	104.7	1800	AA
<i>Squalus brevirostris</i> (Tsumaritsunozame)	0	100.0	490	B
	250	119.5	550	B
	300	97.4	530	B

*: AA and B indicate the same as in Table 1.

性が安定化するとともに JS も向上したが Ft 評価はかわらず, Ft 評価をみる限り尿素濃度調整効果を強調できなかった. したがって, サメ肉では AM-ATPase 活性の程度のみでそのすり身の加熱ゲルの texture の強弱を説明し得ない場合もある. いずれにしても, 尿素濃度を調整した晒サメ肉のゲル形成能が低下しないことが明らかであったので, ゲル形成能の高いアオザメ肉およびそれ程高くないヨシキリザメ肉で技術的観点より尿素添加量を検討した. 結果は Fig. 3 のようで, アオザメ肉では 2% 添加 (約 400 mM 相当) の時, JS はかなり増大したが, Ft 評価は 1, 3% 添加と同じで, 坐らせた場合, 添加量の増加に従って JS は低下傾向であった. しかし, Ft 評価は何れも AA であった. ヨシキリザメ肉では, 1% 尿素

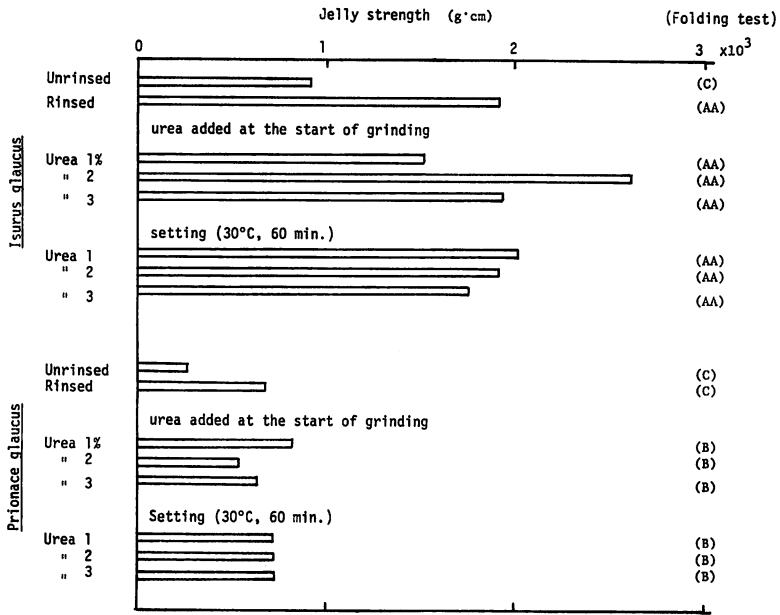


Fig. 3. Effect of urea concentration on the quality of heat induced gelation of comminuted shark muscle.

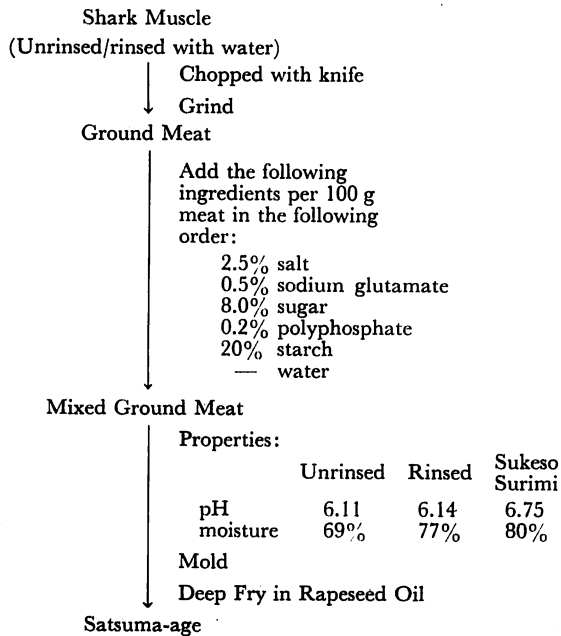


Fig. 4. Procedure of "Satsuma-age making".

添加の時 JS がやや向上したようであったがほとんど効果はなかったといえる。しかし、Ft 評価が C から B に向上した。尿素添加後坐らせた場合のゲル形成に対しては影響がほとんどなかった。

Table 4. Sensory qualities and the jelly strength of fried product (Satsuma-age).

Property	Treatment		
	Unrinsed	Rinsed	Control (Sukeso surimi)
Taste	Good	Good	Good
Texture	Soft	Slightly soft	Hard
Colour	Yellowish	White	White
Jelly strength (g·cm)	—	696±99	1052±14

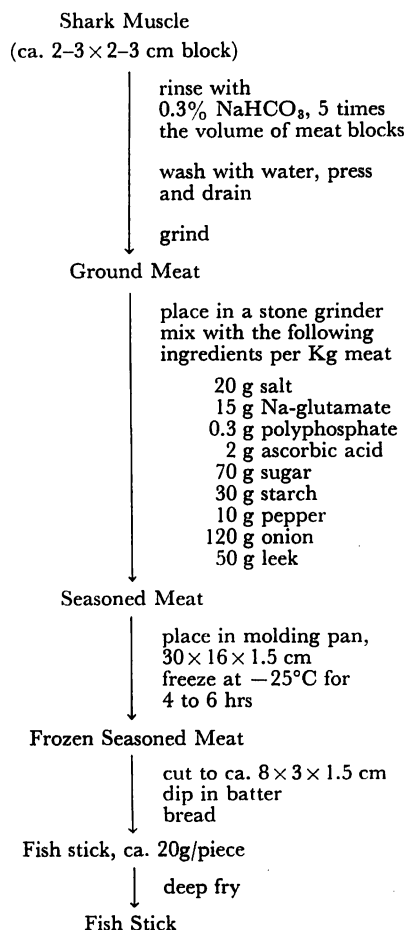


Fig. 5. Procedure of fish stick making.

Table 5. Sensory evaluation of fried fish sticks with shark meat.

Sample No.	Fish meat ratio			Sensory quality*			
	Horse mackerel	Squid	Shark	Taste	Texture	Colour	Odour
1	1	: 1	: 1	27	36	38	38
2	0	: 1	: 2	29	38	38	38
3	1	: 0	: 1	17	36	38	36
4	0	: 0	: 1	20	38	37	37

*: Number of panelists out of 38 who judged the samples as good.

以上のように、1~3%の尿素添加によるねり製品の texture 向上効果が認められるものと不明確なものがあり、一概に尿素添加による効果があるといえないが、少なくとも texture を低下させることはないようであった。なお、筋肉中に尿素量の極めて少ない魚種としてサバを用い尿素添加の影響を調べたが、この場合も極端な texture 低下はみられなかった。

食品素材としての利用性 多獲性魚の食品素材としていくつかの形態が提案されており、最終形態は冷凍品または乾燥品であるとしている¹⁹⁾。冷凍フィッシュブロックは、現在わが国では主にフライ用の中間素材として利用されているが、サメ肉をそのような利用に適応するためさつま揚げおよびフィッシュスチックとしての加工を試みた。

i) さつま揚げの試作法は Fig. 4 に示したが、製品の官能検査結果は Table 4 のようで、凍結サメ肉はさつま揚げの原料となり得、しかも晒処理しなくてもサメ臭がなく摂取上問題はなかったが、色がやや黄色をおびるので晒処理が必要と考えられた。

ii) フィッシュスチックは Fig. 5 に示す製法で製造した。製品を油漬後試食し、その官能評価を Table 5 に示した。サメ肉のみのものでサメ臭はなく、検査結果が望外の高い評価であった。これをみる限り、サメ肉はフィッシュスチック原料に使用可能であると判断された。

要 約

漁獲物中 trash fish とされている薩南海域のサメ類筋肉について、食品素材としての利用の可能性を調べた。すなわち、サメ肉を原料とするねり製品のゲル強度に対する尿素の影響を調べ、さらにこれを素材として、さつま揚げおよびスチックを試作し、製品について官能検査した。

1. trash fish としての小型サメ類筋肉からのねり製品は、texture が良好とはいえなかった。
2. サメ肉中の尿素量は 1500~2000 mg/100 g 肉で、晒処理により、細碎肉の場合約95%、チップ肉で約75%除去された。
3. 尿素濃度が生理的濃度付近 (250~300 mM) の場合、AM-ATPase 活性のピークがあったが、texture 改善とは平行的でなかった。
4. 凍結サメ肉は、フライ用中間素材 (さつま揚げ、フィッシュスチック) として単独ないしは他魚種肉の混合で利用できるものと判断された。

終りに本研究に御便宜と御助言を賜った本学部太田冬雄教授ならびに製品製造に御援助下さった実習室丸野栄吉・園田健一郎技官，また試料を提供されたかごしま丸船長植田総一教授・同乗組員の各位，敬天丸船長辺見富男教授・同乗組員の各位に感謝する．本研究の一部は，昭和54年度鹿児島大学南科研総合助成費によったことを記し，謝意を表する．

文 献

- 1) 川崎 健：魚—その資源・利用・経済（川崎 健・河端俊治・長谷川 彰編），初版，恒星社厚生閣，東京，1980，pp.25~26
- 2) J. J. CONNELL: The 5th International Ocean Development Conference Preprint, Session C-2, 1-4 (1978)
- 3) 肥後伸夫・植田総一・今井健彦・不破 茂・上水樽豊己・西田雄祐：琉球島弧周辺海域における陸棚斜面漁場の開発利用に関する研究，昭和53年度研究経過報告書，24-34 (1979)
- 4) 鹿児島水産試験場（是枝 登）：昭和54年度指定調査研究総合助成事業報告書，利用研究中間報告書 (1979)
- 5) 西元諄一・是枝 登：日水誌，45, 989-993 (1979)
- 6) 清水 亘・大石圭一：日水誌，17, 99-102 (1951)
- 7) 新井健一：水産生物化学・食品学実験書（斉藤恒行・内山 均・梅本 滋・河端俊治編），恒星社厚生閣，東京，1974，pp.189-194
- 8) 川島孝省・新井健一・斉藤恒行：日水誌，39, 207-214 (1972)
- 9) J. NISHIMOTO and H. MIKI: *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, 28, 65-72 (1979)
- 10) 吉川春寿・高橋泰常：燐酸代謝実験法 (I)，初版，広川書店，東京，1958，pp.3-4
- 11) 大城善太郎：鹿大水紀要，6, 119-125 (1958)
- 12) 衣巻豊輔：食の科学，No. 41, 5-13 (1978)
- 13) 志水 寛：魚肉ねり製品—理論と応用（岡田 稔・横関源延・衣巻豊輔編），初版，恒星社厚生閣，東京，1974，pp.42-47
- 14) 須山三千三・鈴木 洋：日水誌，41, 787-790 (1975)
- 15) K. ARAI, Absar U. HASNAIN and Y. TAKANO: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 42, 687-695 (1976)
- 16) 右田正男・岡田 稔：日水誌，19, 589-595 (1953)
- 17) Paul H. YANCEY and George N. OMEMO: *J. Comp. Physiol.*, 125, 135-141 (1978)
- 18) 加藤 登・野崎 恒・小松一宮・新井健一：日水誌，45, 1027-1032 (1979)
- 19) 須山三千三：魚—その資源・利用・経済（川崎 健・河端俊治・長谷川 彰編），恒星社厚生閣，東京，1980，pp.93-102