

かまぼこのテクスチャーと押し込み破断特性

森岡克司, 志水 寛

(1989年11月11日受付)

Texture and Breaking Property of Kamaboko

Katsuji Morioka* and Yutaka Shimizu*

To establish an objective measurement of textural quality of kamaboko, a fish jelly product in Japan, relations between mechanical parameters obtained by a puncture test and sensory scores for texture of different kinds of kamabokos were examined.

"Toughness" score and "firmness" score of kamaboko were closely related to the product of breaking force (F_{max}) and breaking dent (d_{max}) and to the ratio of F_{max} to d_{max} , respectively. No relationship was observed between "quality" score and those mechanical parameters, but the shape of force-dent curve was related to the quality score. Kamabokos whose force-dent curves were almost straight or slightly curved were mostly of good quality. On the other hand, kamabokos that showed concaved force-dent curves were of poor quality, except for those of Odawara type. The shape of the force-dent curve was affected by leaching and pre-incubation treatment before heating process, but was not much affected by the addition of water or starch.

かまぼこの品質はいわゆる“足”と呼ばれる弾力に富んだテクスチャーの良否で決まると言われる。この足を構成する食感要素としては“強さ”“硬さ”“歯切れ”“きめ”“粘り”などが知られており、これらの食感要素を総合的に判断してその足の“質”が評価される。

このうち足の“強さ”と“硬さ”については機器測定によって評価する試みが多く、研究者¹⁻³⁾によってなされており、“強さ”は引っ張り試験によるゲル強度^{4,5)}および押し込み試験によるジェリー強度⁶⁾と、また、“硬さ”は引っ張り試験による破断強度と破断歪みとの比と一致すること⁷⁾が報告されている。また、志水、西岡⁸⁾は引っ張り試験のエクステンソグラムのわん曲度が“歯切れ”の食感の指標となると述べている。しかし足の“質”は必ずしもその“強さ”や“硬さ”と相関せず、その良否を客観的に評価した例はほとんどなかった。

今回我々は市販のかまぼこを使用して押し込み試験の結果と官能評価の関係について検討し、足の“質”と破断特性の間の相関を検討した。その結果、足の“質”と押し込み変形曲線の形状との間に一定の関係が存在すること、およびその形状にはかまぼこの成分組成と加熱履歴が影響することを確かめたので報告する。

実験方法

試料 試料の評価は2回に分けて行った。1回目は京都市内のスーパーマーケットで市販されていたかまぼこの中から7種類を購入して使用し、2回目は昭和63年11月5日松山において開催された第41回全国かまぼこ品評会に出品された製品の中から選んだ14点を供試した。両試料ともなるべく各地方の多様な品質のものが含まれるように留意して収集した。

かまぼこの足の評価 かまぼこの足の評価はプランジャー押し込み試験および官能検査により行い、その相関性について考察した。押し込み試験は山電レオナー RE 3305を用いて直径3mmの円柱プランジャーで試料を1mm/secで押し込んで破断させた。試料の大きさは縦20mm、横20mm、高さ20mmとした。Fig. 1に典型的な押し込み変形曲線を示した。押し込み試験により破断強度 F_{max} 、破断凹み d_{max} を測定し、その積であるジェリー強度 $F_{max} \cdot d_{max}$ およびかまぼこの“硬さ”の指標として用いられる破断強度と破断凹みの比 F_{max}/d_{max} と官能評価の関係を考察した。また今回はその押し込み変形曲線のパターンの相違に着目し、以下の方法でその相違を数値化した。プランジャーが試料表面に達した点を原点として原点と破断点を直線で結び、直線上の強度

* 京都大学農学部水産学科 (Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kitashirakawa, Sakyo, Kyoto 606, Japan).

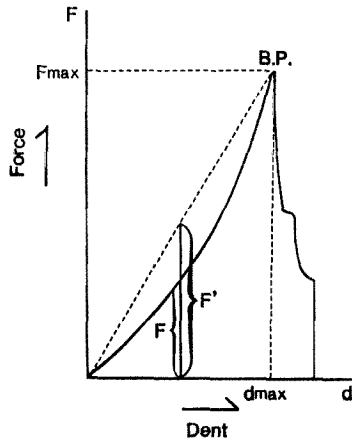


Fig. 1. An example of puncture-deformation curve of kamaboko.

F_{max} : breaking force,
 d_{max} : breaking dent,
 B.P.: breaking point.

F' に対する押し込み変形曲線上の強度 F の比 F/F' を求め、凹み d に対してプロットした。

官能評価は著者の一人である熟練パネラーにより足の“強さ”“硬さ”“質”について市販の中級品を6~7点とする10点尺度法により行った。なお、このパネラーは全国の各種かまぼこの品質評価に30数年のキャリアをもち、その評価はかまぼこ製造の専門家から信頼されている。

かまぼこゲルの調製 押し込み変形曲線のパターンに及ぼすかまぼこゲルの成分組成および加熱履歴の影響を調べるため、種々の条件でかまぼこゲルを調製し、そのパターンの変化を検討した。原料には、かまぼこの代表的な原料魚の一つであるエソを使用した。かまぼこゲルは無晒し肉もしくは晒し肉に3%食塩を加え、播潰して得た肉糊を直径1.5 cm、高さ1.5 cmのガラスリングに詰め、調理用ラップで包んで密封し80°Cの恒温水槽で

10分間加熱して得た。加熱が終了したゲルは直ちに氷水中で急冷してから一晚5°Cで保存して測定前に室温に戻した後、ガラスリングから取り出して破断試験に供した。この場合ゲルは、直径1.3 cm、高さ1.5 cmの円柱状であり、プランジャーをその中心に押し込んで破断させた。

また、二段加熱を行う場合、予備加熱は30°C恒温水槽中で所定の時間行った。

結果および考察

かまぼこの足の“質”の評価 (市販品) 供試市販品の種類、産地および官能評価の結果をTable 1に示した。試料の種類は新潟のリテーナ成形かまぼこ(A)、大阪の焼き板(C)、京都の蒸し板(F)、山口県仙崎の焼き抜き(D, G)を含み、その品質も“硬さ”5点とかなり軟らかいものから8点とかなり硬いものまで、またその“質”も5点とあまり良くないものから8点と良いものまで多様な品質の製品を供試することができた。これら試料のうちA, B, D, Gについては試食して二段加熱の影響が感じられるものであった。

これら試料の押し込み変形曲線をFig. 2に示した。ジェリー強度が最も高かったのは試料D、逆に最も低かったのは試料Fであった。押し込み試験による F_{max} 、 d_{max} 、 $F_{max} \cdot d_{max}$ 、 F_{max}/d_{max} の4種のパラメーターと官能評価によるかまぼこの足の“強さ”“硬さ”“質”との相関について検討したところ、足の“強さ”と F_{max} 、 $F_{max} \cdot d_{max}$ の間にはそれぞれ相関係数0.924, 0.897(危険率1%以下)と高い正の相関が認められた。また従来からいわれているように“硬さ”と F_{max}/d_{max} の間にも正の相関(相関係数0.753)が認められた。一方、足の“質”と押し込み試験による F_{max} 、 d_{max} 、 $F_{max} \cdot d_{max}$ および F_{max}/d_{max} の間には相関が認められなかった。

Fig. 2に示したように、各かまぼこは F_{max} 、 d_{max} ばかりでなく押し込み変形曲線のパターンが異なってい

Table 1. Sensory evaluation for texture of seven different kinds of kamabokos on the market

Locality	Style	Sensory score			Characterization of texture
		“Toughness”	“Firmness”	“Quality”	
A. Niigata	Steamed (Retainer)	6.5	6	5	soft and tender
B. Kobe	Steamed and toasted	8.5	5	5.5	extraordinary tough and springy
C. Osaka	Steamed and toasted	8	8	7	firm and slightly chewy
D. Senzaki	Broliled	9	8	6	extraordinary tough
E. Uwajima	Steamed	8	7	8	slightly firm
F. Kyoto	Steamed	7	7	7	fine and chewy
G. Senzaki	Broiled	8.5	8	7	very firm and chewy

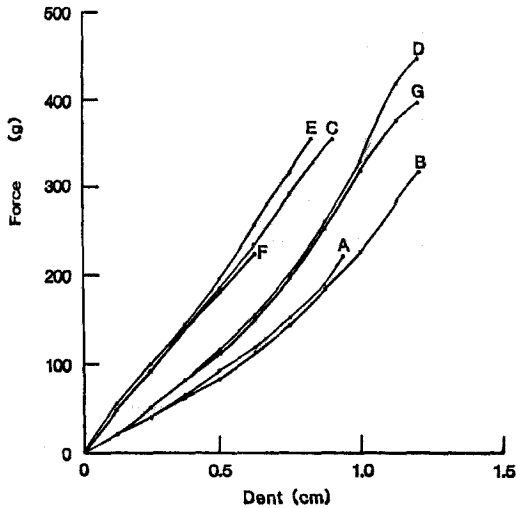


Fig. 2. Force-dent curves of seven different kinds of kamabokos on the market.

ることが分かる。つまり試料 A, B, D, G の変形曲線は下にわん曲しているが、試料 C, E, F はほぼ直線的である。この両者のパターンを前述の方法で数値化し Fig. 3 に示した。直線的に破断した試料は F/F' の値が常に 1 前後である。一方、下にわん曲しながら破断した試料は F/F' の値が 0.75 以下と低く、その形状は凹型とみなすことができる。以下、この F/F' が常に 0.75 から 1.15 の間に含まれるものを直線型、 F/F' が 0.75 以下の点を含むものを凹型、 F/F' が 1.15 以上の点を含むものを凸型とする。変形曲線のパターンとかまぼこの足の

“質”との関係を見ると直線型に含まれるものはいずれも“質”が良かった。一方、凹型に含まれるものはいずれも二段加熱の影響が感じられたもので、“質”は試料 G 以外はいずれも良くなかった。

このように市販のかまぼこの押し込み変形曲線のパターンとその“質”の間に一定の関係が認められたのでさらにこの結果を確かめるために品評会に出品されたかまぼこの評価を行った。

かまぼこの足の“質”の評価(品評会出品物) 供試した品評会出品物の種類、産地および官能評価の結果を Table 2 に示した。試料は小田原式かまぼこ (H, O)、関西式かまぼこ (I, J, L)、今治のすまき (S)、田辺のなんば焼き (U) など種類、品質ともに多様な製品からなっていた。

押し込み試験による F_{max} , d_{max} , $F_{max} \cdot d_{max}$, F_{max}/d_{max} と足の“強さ”“硬さ”“質”の評点の間の相関性を Table 3 に示した。1 回目の試験と同様に足の“強さ”と F_{max} , $F_{max} \cdot d_{max}$ の間には高い正の相関が認められた。また、足の“硬さ”と F_{max}/d_{max} の間にも正の相関が認められた。一方、足の“質”は今回もいずれのパラメーターとも相関が認められなかった。

供試 14 種類のかまぼこの変形曲線のパターンを Fig. 4 に示した。強い水晒しを行う小田原式かまぼこである H, O、二段加熱を行ったと思われる K, N, P はすべて凹型を、また関西式かまぼこである I, J, L は直線型を呈した。市販品の評価で極度に緩慢加熱を行う山口式焼き抜きかまぼこが凹型を呈したこととあわせて考えるとこの変形曲線のパターンはかまぼこの成分組成、製法を

Table 2. Sensory evaluation for texture of 14 kinds of kamabokos exhibited on 41st Japan Kamaboko Fair

Locality	Style	Sensory score			Characterization of texture
		“Toughness”	“Firmness”	“Quality”	
H. Odawara	S* ¹	8	7	9	chewy and springy
I. Kyoto	S/T* ²	6	7	8	
J. Kyoto	S	7	8	7	
K. Omuta	S/T	9	9	5.5	very firm
L. Himeji	S/T	7	8	6	coarse
M. Toyama	S	6	7	5	short
N. Kurume	S	6	5	7.5	soft
O. Odawara	S	7	7	4	fine and chewy
P. Fukuoka	S	7	6	5	fine
Q. Yawatahama	S	8	6	9	soft and tender
R. Yawatahama	S	9	8	8	firm and tough
S. Imabari	S	7	7	7	tender
T. Hondo	S/T	9	8	8	firm and slightly chewy
U. Tanabe	B* ³	8	7	9.5	

*¹S: steamed, *²S/T: steamed and toasted, *³B: baked.

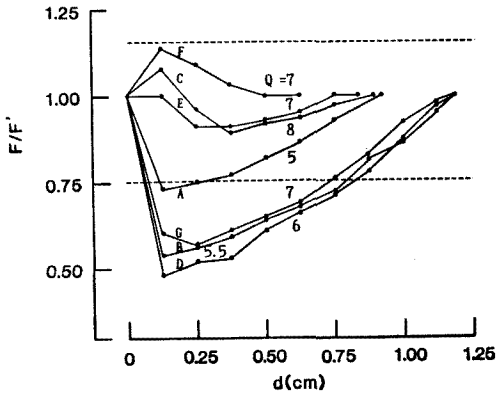


Fig. 3. F/F'-dent curves of kamabokos, A-G, referred to Table 1.
Q means "quality" score of texture.

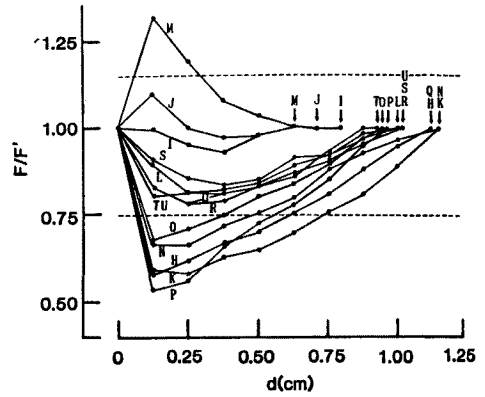


Fig. 4. F/F'-dent curves of kamabokos, H-U, referred to Table 2.

Table 3. Correlation coefficients between various mechanical parameters and sensory evaluation for texture of kamaboko

	"Toughness"	"Quality"	Fmax	dmax	Fmax·dmax	Fmax/dmax
"Firmness"	0.605*1	-0.130	0.689*1	0.045	0.547	0.869*2
"Toughness"	—	0.283	0.719*2	0.543	0.712*2	0.521
"Quality"	—	—	0.128	0.186	0.120	0.063

*1P<0.05. *2P<0.01.

Table 4. Relations between pattern of force-dent curve and sensory evaluation for texture of kamabokos referred to Table 2

F/F'	Sample	Sensory score			
		"Toughness"	"Firmness"	"Quality"	
>1.15	M	6	7	5	
	1.15~0.75	I	6	7	8
		J	7	8	7
		L	7	8	6
		Q	8	6	9
		R	9	8	8
S		7	7	7	
<0.75	T	9	8	8	
	U	8	7	9.5	
	H	8	7	9	
	K	9	9	5.5	
	N	6	5	7.5	
	O	7	7	4	
	P	7	6	5	

かなり反映しているものと考えられる。また、今回試験に供したかまぼこは、引っ張り試験でも N, O, P が凹型, I, J, L は直線型の変形パターンを示した。*

変形曲線のパターンと足の“質”の関係を Table 4 に示した。直線型に属するものは概ね“質”が良く、“質”

の評点が9点以上のものが2点も含まれていた。凸型を示した F は粘りがなく、ぼそぼそで、その“質”は良くなかった。凹型に含まれるものの中には小田原式の H のように比較的“質”の良いものも含まれていたが概して“質”は悪かった。また、足の“強さ”と“硬さ”に

* 神山かおる, 西成勝好, 志水 寛: 日食工誌(投稿中).

については3パターン間で大きな差はなかった。

以上の結果からかまぼこの押し込み変形曲線のパターンはその足の“質”をかなり反映しており、一般に直線型 (F/F' の範囲が 0.75 から 1.15) を示すかまぼこは“質”が良いことが分かった。しかし、変形曲線のパターンが凹型になるものの中にも“質”の良いものが含まれており、一概に凹型は悪いということはずかしいようである。今後さらに変形曲線のパターンと他のパラメーターを組み合わせ足“質”との対応を検討する必要があると思われる。

次に、押し込み変形曲線のパターンにはかまぼこの成分組成、製法が反映していると考えられたので、変形曲線のパターンに及ぼす諸因子の影響について検討した。

変形曲線のパターンに及ぼす諸因子の影響 志水, 西岡⁹⁾ はかまぼこの足の“質”に影響を及ぼす因子として (1)原料魚, (2) 配合材料, (3) 製造工程をあげており、製品の種類や産地による足の特徴はこれらの因子が複雑に絡み合って生ずると述べている。今回はこれらの因子の中から水分含量, 水晒し, でんぷんおよび二段加熱の影響について検討した。

1. 水分含量の影響 エソ挽肉 (水分 76%) に 10 から 40% 加水時の変形曲線のパターンの変化を Fig. 5 (A) に示した。図中の数字は加水量を、矢印は最大破断

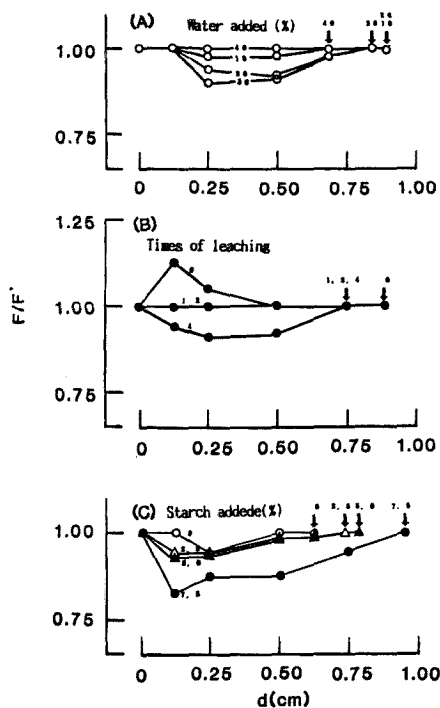


Fig. 5. Effect of added water (A), leaching (B), and added starch (C) on the pattern of F/F' -dent curve of lizardfish kamaboko gel.

凹みを表している。10% から 30% まで加水量を増やすと強度は減少し、そのパターンは少し凹型に変化した。しかし 40% 加水するとそのパターンは逆に直線になり、官能的には脆いゲルになった。上述の2回の試験ではその変形パターンが直線型になるかまぼこは足の“質”が良かったが、このようにタンパク質濃度が低くなりゲル強度が一定値以下になると、たとえ変形曲線のパターンが直線型になっても、その足の“質”は悪くなると考えられる。

2. 水晒しの影響 Fig. 5 (B) に水晒しによる変形曲線のパターンの変化を示した。水晒しは 5 mm 目挽肉に 4 倍量の 0.3% 食塩溶液を加え、時々攪拌しながら 15 分間行った。図中の数字は水晒し回数を表している。無晒しゲルは少し凸型に、そして水晒し回数が増すごとにそのパターンは直線から少し凹型に変化した。またその食感はいずれのゲルも良いものであった。

3. でんぷんの影響 4 回晒し肉にバレイショでんぷんを 2.5, 5.0, 7.5% 加えたときの変形曲線のパターンの変化を Fig. 5 (C) に示した。図中の数字はでんぷん添加量である。でんぷんの添加によってそのパターンはわずかに凹型に変化した。ゲルの強度はでんぷんの添加によって上昇し、官能的にも粘りが出てきて、その“質”の評価は 2.5 および 5.0% 添加したものが最も高く、以下 7.5% 添加, 無添加の順で低下した。

4. 二段加熱の影響 Fig. 6 は変形曲線のパターンに及ぼす二段加熱の影響を示したものである。図中の時間

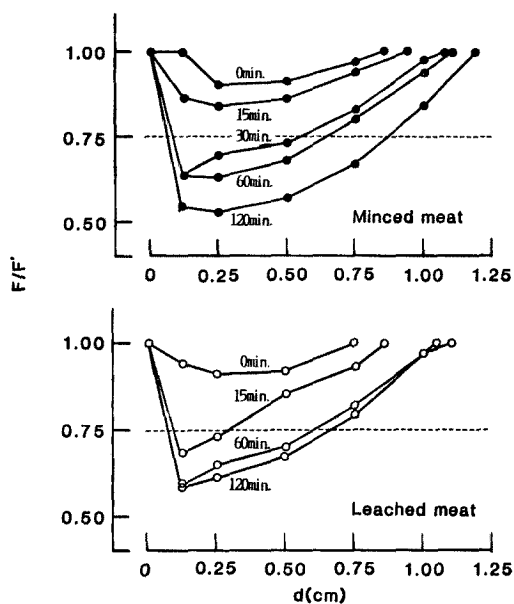


Fig. 6. Effect of pre-incubation treatment before heating process on the pattern of F/F' -dent curve of lizardfish kamaboko gel.

は予備加熱の時間である。予備加熱を 15 分間行った場合、無晒し肉ではまだ直線型に留まっているが晒し肉ではすでに凹型に転じており、無晒し肉に比べて晒し肉の速い坐りをうかがうことができる。予備加熱を 30 分以上行った場合、無晒し肉、晒し肉ともに予備加熱時間が長いほどその変形曲線のパターンは顕著な凹型になった。水分含量、水晒し、でんぶんの添加によって変形曲線のパターンが凹型 ($F/F' < 0.75$) にはならなかったことから変形曲線のパターンが凹型になるのは二段加熱の影響によると考えられる。これは試食して二段加熱の影響が感じられたかまぼこ、極度に緩慢加熱を行う山口式のかまぼこ、および強く水晒しをしてやや低温で蒸し上げる小田原式かまぼこがすべて凹型を示した結果と一致している。

二段加熱を行ったかまぼこゲルの食感について見てみると、無晒し肉はいずれのゲルも粘りがあり、その足の“質”は良かった。一方、晒し肉は二段加熱を行わないものは少し粘りがあったが、二段加熱を行ったものはいずれも硬く、さくい感じがしてその足の“質”は悪かった。つまり、水晒しによってかまぼこの足の“質”が低下したということである。水晒しの際に失われる成分は水溶性の無機成分、各種呈味成分を含むエキス成分、筋形質タンパク質および脂肪などである。このうち筋形質タンパク質は現在のところかまぼこの足形成を阻害するとされており^{10,11)} 水晒しでこの成分を除去するときめが細かく足の強いかまぼこができるといわれるので、水晒しはかまぼこ製造工程で必須とされている。しかし、今回のエソの場合のように、加熱方法によっては水晒しにより足は強くなるが逆にその“質”は低下するという結果を招き、筋形質タンパク質はむしろその足の“質”に寄与していることも考えられる。本来のかまぼこは無晒しで作られていたことと考えあわせると、筋形質タンパク質のかまぼこの足の“質”への影響について再検討する必要があると思われる。

要 約

かまぼこの足の“質”の客観的な評価の指標を捜す目的で、プランジャー押し込み試験による強度のパラメー

ター、すなわち破断強度 F_{max} 、破断凹み d_{max} 、その積 $F_{max} \cdot d_{max}$ およびその比 F_{max}/d_{max} 、ならびに変形曲線のパターンと足の要素の官能評点の関係を検討した。

(1) かまぼこの足の“強さ”と破断強度 F_{max} およびジェリー強度 $F_{max} \cdot d_{max}$ の間、また“硬さ”と F_{max}/d_{max} の間には正の相関が認められたが、足の“質”はいずれのパラメーターとも相関が認められなかった。(2) 市販かまぼこの変形曲線のパターンは凸型を示すもの、直線に近いもの、凹型を示すものに分かれた。凸型は例が少なかったが、凹みの絶対値が小さく、“質”は余り良くなかった。直線型は概して“質”が良かった。凹型は例外的に一部のかなり“質”の良い小田原式が含まれていたが、概して“質”は悪かった。(3) 変形曲線のパターンは原料挽肉の水晒しおよび二段加熱によって直線型から凹型に変化したのが、水分含量およびでんぶん含量の差によってはほとんど変化しなかった。(4) 二段加熱による変形曲線の凹型への変化は、無晒し肉よりも晒し肉でより速く、より顕著であった。

文 献

- 1) 清水 亘, 竹林 靖: 水産製造会誌, 3, 63-80 (1935).
- 2) 三宅正人, 堀口吉重, 林 孝市郎: 日水誌, 21, 1241-1243 (1956).
- 3) K. Ninomiya: *Nippon Suisan Gakkaishi*, 22, 301-305 (1956).
- 4) 志水 寛, 清水 亘: 日水誌, 19, 596-603 (1953).
- 5) 志水 寛, 清水 亘: 日水誌, 26, 911-916 (1960).
- 6) 岡田 稔: 東海水研報, No. 36, 21-126 (1963).
- 7) 山野善正, 江本三男, 吉岡正久, 福井義明: 日食工誌, 20, 358-363 (1973).
- 8) 青木久尚, 望月 篤, 露木英男: 日食工誌, 29, 180-184 (1982).
- 9) 志水 寛, 西岡不二男: 近大食研報, No. 2, 23-27 (1964).
- 10) 岡田 稔: 日水誌, 30, 255-261 (1964).
- 11) 西岡不二男, 志水 寛: 日水誌, 49, 795-800 (1983).