

破断試験法で評価した市販かまぼこの部位による物性の違い

塚正泰之,^{1*} 萩原智和,¹ 安藤正史,¹ 牧之段保夫,¹ 川合哲夫²

(2002年11月28日受付, 2003年3月24日受理)

¹近畿大学大学院農学研究科, ²大阪府立大学大学院農学生命科学研究科

Difference in the physical properties of various commercial kamaboko evaluated by puncture test

YASUYUKI TSUKAMASA,^{1*} TOMOKAZU HAGIHARA,¹ MASASHI ANDO,¹
YASUO MAKINODAN¹ AND TETSUO KAWAI²¹Graduate School of Agriculture, Kinki University, Nakamachi, Nara 631-8505, ²Graduate School of Agriculture and Life Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 599-8531, Japan

We characterized the physical properties of commercial kamaboko, produced in various areas in Japan, by using a puncture test with 12 physical parameters. When measurement was conducted with a discoidal plunger of 0.3 cm diameter, the distance of 0.7 cm was required to avoid the effect of adjoining measurement marks. The effect of position for the measurement on the physical properties of the sample was studied. The vertical positions had a significant effect on the many physical parameters for all of the samples. However, the positions showing the highest physical properties were different among samples. On the other hand, samples of sliced pieces and horizontal positions for the measurement produced the effect for some of samples. The principal component analysis of the data demonstrated that the first component explained the general physical property of kamaboko at the breaking point in the puncture test, and the second component explained the physical property of kamaboko during the breaking process.

キーワード：かまぼこ, 物性, 破断試験, 破断強度, 主成分分析

市販かまぼこの最も重要な品質特性は、足と呼ばれる特有の物性であると言っても過言ではない。市販かまぼこの足とは、単なる硬さや柔らかさを表す用語ではなく、喉ごしやきめなどを含めた物性に関する総合的な品質を官能的に評価して得られるものである。^{1,2)}しかし、官能評価には、主観的になりやすく、精密な評価には鋭敏な感覚と経験を必要とするなどの欠点がある。市販かまぼこの物性評価を客観的に行うことを目的に、様々な測定機器を用いた物性評価がこれまでに数多く行われている。^{1,3-24)}

この評価法の一つに押し込み破断試験^{4,12,14,16,17,20-24)}がある。この方法は、球状または円柱状のプランジャーを市販かまぼこに押しつけて、破断時の力と破断までのプランジャーの進入距離を測定する方法で、両者の値を掛けたり、割ったりして得た値を含めて、物性との関わりが調べられている。この方法のよい点は、装置が比較

的安価で、測定操作が簡便であることであり、多くの企業や研究機関で物性評価に使われている。

しかし、破断に至るまでの市販かまぼこの応力と変形量による破断曲線の形には、様々な形状がある。したがって、破断時の情報だけでは、市販かまぼこの物性を十分に表せないことは自明のことであり、破断点に至るまでの物性に関する情報を活かすことができれば、破断試験の有用性は増すものと考えられる。実際、そのような観点から行われた研究^{12,21)}も一部にはあるが、まだ、一般的に使われてはいない。

さらに重要なこととしては、測定する位置による物性の違いがどの程度あるのかを明確にしておくことである。市販かまぼこ間の比較をする上で、測定する位置による物性の違いがあれば測定位置の選定が必要と思われるからである。事実、市販かまぼこの上下方向で物性が大きく異なるという報告²³⁾や、1枚の市販かまぼこの上

* Tel : 81-742-43-1511. Fax : 81-742-43-1316. Email : tukamasa@nara.kindai.ac.jp

面と底面, 板側と中央部, 1枚ずつのスライス片ごとに物性が異なるという報告²¹⁾などもある。

そこで本研究では, 安価で, すでに広く普及している破断試験装置を使い, 破断曲線から従来よりも多くの情報を導き出すとともに, 市販かまぼこの部位による物性の違いを明らかにすることを目的とした。

実験方法

試料 物性測定用試料には, 任意に選んだ産地の市販板付きかまぼこのうち, 蒸しかまぼこ5品と焼き抜きかまぼこ2品の計7品を小売店で購入して使用した (Table 1)。山口産 (F) の3本以外は, いずれのかまぼこも2本ずつ試験に供した。なお, 市販かまぼこはいずれも製造後1週間以内のものを使用した。

測定装置 破断試験装置としてレオテック社製レオメータ (RT-1002A) を用いた。プランジャーには, 直径0.3 cmの円盤を先端に取り付けたものと直径0.7 cmの球状のものを用いた。データの取り込みは, PASCO社製電圧センサをレオメータに取り付け, 同社製のコンピュータ接続用インターフェイス (Win500インターフェイス) を介してパーソナルコンピュータにデータを入力した。このインターフェイスは物性測定専用ではないため, 温度センサやpHセンサなどセンサを交換することで, さまざまな測定データをコンピュータに取り込むことができる点でも有用である。

物性測定 室温に保った市販かまぼこを1.5 cmの厚みになるよう板に垂直に切断し, 市販かまぼこの中心に近い方の切断面が試料台に接するようにして破断試験を行った。試料台の上昇速度は6 cm/minとした。試料の測定は室温で行った。

物性測定項目 破断試験によって得られた物性測定項目は, 二次的なものも含めて, 次の12項目である (Fig. 1)。プランジャーと市販かまぼこの接触から破断するまでの距離を破断変形 (cm), 破断点におけるレオメータの表示値 (g) に重力加速度 (980 cm/s²) を掛けたものを破断強度 (dyn), 破断曲線の破断試験開始

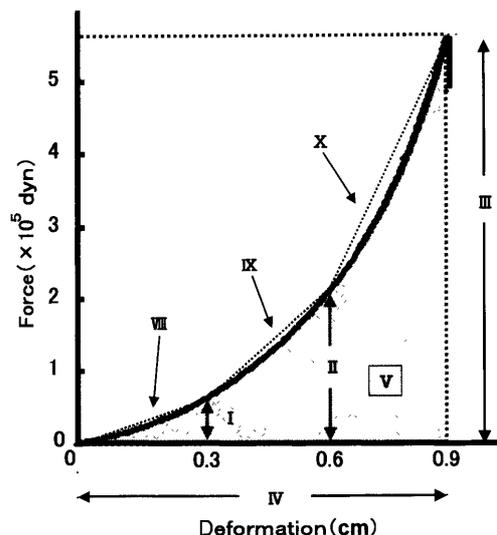


Fig. 1 Typical breaking curve of the kamaboko gel and texture parameters analyzed. I, Force at 1/3 deformation; II, Force at 2/3 deformation; III, Breaking force; IV, Breaking deformation; V, Breaking energy; VIII, gel stiffness of the initial phase; IX, gel stiffness of the intermediate phase; X, gel stiffness of the final phase.

点から破断点までの面積を破断エネルギー (dyn・cm), 破断変形の1/3まで変形した時の力を1/3強度 (dyn), 破断変形の2/3まで変形した時の力を2/3強度 (dyn) とした。測定値を元にして二次的に算出した項目として, (破断強度×破断変形)をゼリー強度 (dyn・cm), (破断強度/破断変形)をゲル剛性 (dyn/cm), (1/3強度/(破断変形/3))を初期ゲル剛性 (dyn/cm), ((2/3強度-1/3強度)/(破断変形/3))を中期ゲル剛性 (dyn/cm), ((破断強度-2/3強度)/(破断変形/3))を後期ゲル剛性 (dyn/cm)とした。さらに, 破断エネルギー/ゼリー強度, 初期ゲル剛性/ゲル剛性を設定した。国際的な単位系であるSI単位系では, 力はNで示すが, 市販かまぼこの破断試験で一般的に使用される単位がgとcmであることから, 力を同じ単位系であるdynで表した。

Table 1 Commercial kamaboko samples used in this experiment

Sample	Produced prefecture (City)	Heating method	Weight (g)	Unit price (yen/100 g)	Fish species
A	Tokyo	Steam boiled	145	138	Alaska pollack
B	Kanagawa (Odawara)	Steam boiled	240	333	White croacker, Lizardfish
C	Osaka	Broiled (<i>Yakitoushi</i>)	290	586	Pike eel, Lizardfish
D	Osaka	Steam boiled	100	250	White croacker, Threadfin bream
E	Osaka	Steam boiled	120	167	Alaska pollack, White croacker
F	Yamaguchi (Senzaki)	Broiled (<i>Yakinuki</i>)	150	267	Lizardfish, Alaska pollack
G	Kumamoto	Steam boiled	140	357	Lizardfish

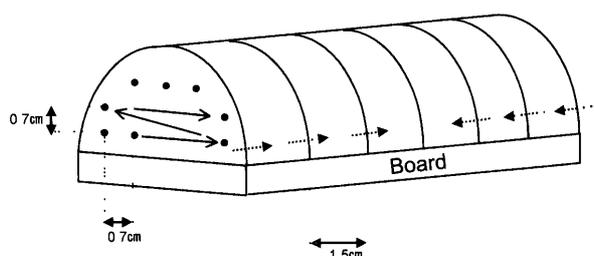


Fig. 2 Measurement points and their order in the sliced kamaboko sample. Arrows show the measurement order. Measurement was carried out in 0.7 cm intervals.

測定箇所 Fig. 2に示すように、スライス片の最も板に近い側の左端から右方向に0.7 cm間隔で測定し、右端まで測定したら、0.7 cm上方向に測定点をずらして、左端から右方向に0.7 cm間隔で測定する操作をくり返した。測定点を区別するために、1枚ずつの市販かまぼこ片、市販かまぼこ片の左右方向、市販かまぼこ片の上下方向、スライス片に対応した水平方向に測定座標を設定した。

統計処理 エクセル統計2000(株)社会情報サービス)を統計解析ソフトとして用いた。2点間の有意差検定は t -検定を用い、3点間以上の有意差検定には一元配置分散分析を採用した。有意差の判定は、いずれも有意水準0.05(両側検定)のもとで行った。また、試料間の物性の違いは、測定項目ごとに実測値を標準化したものを主成分分析によって解析した。ここで行った標準化は、全データの平均値が0、標準偏差が1となるように各データを変換することを意味しており、上記の統計解析ソフトを用いて行った。実験中の異常値の棄却には、ショーブネの判断基準²⁵⁾を適用した。

結果および考察

隣接する測定痕が測定値に及ぼす影響 市販かまぼこの同一スライス片中の周辺部と中央部のような部位による物性の違いがあるか否かを調べるためには、一つの市販かまぼこについて多くの箇所での物性測定を行う必要がある。しかし、同じ市販かまぼこ片を連続して破断試験で測定する場合には、先に行われた測定によるゲルの破壊が次の測定結果に影響を及ぼす可能性も考えられる。そこで今回は、手元にあった直径0.7 cmの球状プランジャーと直径0.3 cmの円盤状プランジャーの2つを比較した。大きい方のプランジャーの径は0.7 cmであり、これを用いてできるだけ多くの測定点を設定するには0.7 cmが限界の間隔であったため、0.7 cm間隔で測定することとした。しかし、測定によって生じた穴が隣接する測定点の測定値に影響する可能性が考えられた。そこで、先の測定によってできた穴が近接した測定点の

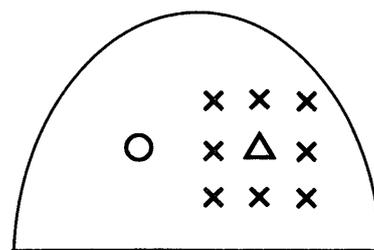


Fig. 3 Measurement points for studying the effect of adjoining measurement marks on the measurement. O, measurement without effect of measurement mark; x, measurement marks made; Δ, measurement to investigate the effect of adjoining measurement marks.

物性値に影響を及ぼすか否かを確認した。

厚さ1.5 cmにスライスした東京都産の市販蒸しかまぼこAを試料とし、上記2種類のプランジャーを用いて破断試験をした。Fig. 3に示すように中央部の左右対称となる2点間の物性を比較することにした。隣接する測定痕の影響を受けないデータを得るため、測定による穴が全くない市販かまぼこ片の所定の位置をプランジャーで突いて、測定痕の影響を受けないデータを得た。つぎに、周辺に測定痕がある場合のデータを得るため、同一市販かまぼこ片の左右方向に対称となる位置を測定するのであるが、測定の前に測定点に隣接する8点を同一プランジャーで突いてから、測定を行った。

0.7 cmと0.3 cmのプランジャーを装着して破断試験し、全12項目について有意差検定した結果をTable 2とTable 3にそれぞれ示した。

直径0.7 cmの球状プランジャーで測定した場合(Table 2)、 t -検定を行うとゲル剛性、後期ゲル剛性、1/3強度、破断エネルギー/ゼリー強度、初期ゲル剛性/ゲル剛性の5項目で測定痕の有無による有意差が認められた($p < 0.05$)。つまり、破断強度や破断変形を比較する程度の試験であれば、直径0.7 cmのプランジャーを用いて、0.7 cm間隔で測定しても有意差は現れず、平均値の差も5%前後に収まっていたが、その他の項目では有意差が認められ、大半が平均値に10%以上の差があったことから、直径0.7 cmのプランジャーは測定痕の影響を受けるということが判明した。

一方、直径が0.3 cmと小さい円盤状プランジャーで測定した場合(Table 3)、全ての一次データには有意水準5%のもとで、平均値に差があるとは認められず、破断エネルギー/ゼリー強度、初期ゲル剛性/ゲル剛性の2項目で有意差が認められた。しかし、これらの元となるデータ自体の差は3%以内と極めて小さく有意差も認められなかったこと、二次データの絶対値の差がそれぞれ6.7%、3.2%と比較的小さいく、項目数を増やすことにより物性の判別性が高まるなどの理由から、0.3 cm

Table 2 Effect of adjoining measurement marks using 0.7 cm plunger on 12 texture parameters of kamaboko A

Texture parameter(unit, symbol)	measurement marks	mean	S.D.	C.V.(%)	p value
Force at 1/3 deformation (dyn, I)	without	9.11×10^4	1.01×10^4	11.1	0.007
	with	8.09×10^4	1.26×10^4	15.5	
Force at 2/3 deformation (dyn, II)	without	2.57×10^5	2.43×10^4	9.5	0.187
	with	2.46×10^5	2.35×10^4	9.6	
Breaking force (dyn, III)	without	5.44×10^5	7.67×10^4	14.1	0.285
	with	5.73×10^5	8.88×10^4	15.5	
Breaking deformation(cm, IV)	without	1.24	0.092	7.4	0.130
	with	1.19	0.11	9.3	
Breaking energy (dyn•cm, V)	without	2.47×10^5	3.89×10^4	15.8	0.198
	with	2.31×10^5	3.83×10^4	16.6	
Jelly strength (dyn•cm, VI)	without	6.79×10^5	1.36×10^5	20.0	0.865
	with	6.87×10^5	1.56×10^5	22.7	
Gel stiffness (dyn/cm, VII)	without	4.39×10^5	4.00×10^4	9.1	0.006
	with	4.82×10^5	5.19×10^4	10.6	
Gel stiffness of the initial phase (dyn/cm, VIII)	without	2.18×10^5	2.58×10^4	11.9	0.395
	with	2.09×10^5	3.74×10^4	17.9	
Gel stiffness of the intermediate phase (dyn/cm, IX)	without	4.04×10^5	2.73×10^4	6.7	0.421
	with	4.17×10^5	6.20×10^4	14.9	
Gel stiffness of the final phase (dyn/cm, X)	without	6.93×10^5	1.03×10^5	14.9	0.003
	with	8.19×10^5	1.41×10^5	17.3	
Ratio of VIII to VII (no unit, XI)	without	0.500	0.066	13.2	0.030
	with	0.440	0.098	22.2	
Ratio of V to VI (no unit, XII)	without	0.367	0.023	6.34	0.008
	with	0.342	0.033	9.66	

C.V. was obtained by $(S.D./\text{mean}) \times 100$.

($n=20$)

の円盤状プランジャーを用いて、0.7 cm 間隔で測定すれば測定痕の影響を受けずにスライス面全体の物性データを得ることができると判断した。

標準偏差を平均値で除して得られる変動係数 (C.V.) は、データのばらつきを示す指標であるが、これについても直径 0.3 cm のプランジャーの方が小さく、均質なデータが得られることを示している。

測定項目間の相関 破断試験で得られた曲線から 12 項目の物性変数を設定したが、この中には、従来から破断試験における物性指標として用いられている破断強度、破断変形、ゼリー強度、ゲル剛性以外に、破断曲線の面積から得られる破断エネルギーや破断曲線の傾きの近似値としての初期ゲル剛性、中期ゲル剛性、後期ゲル剛性、押し込み過程でのゲルからの応力に対応する 1/3 強度、2/3 強度、これらの値から二次的に得られる破断

エネルギー/ゼリー強度、初期ゲル剛性/ゲル剛性などがある。

物性を表現する指標が多いほどゲル物性の特徴を詳しく表現できると思われるが、項目間の相関が極めて高い場合には、いずれか一つの項目だけを採用すれば十分であり、その方がデータの解釈は容易である。そこで項目間の相関行列を求めた。

しかし、類似した形状の破断曲線を描く試料を多数採用した場合には、項目間の相関係数が高くなることが予想される。これは、ゲルの物性をより多くの指標を用いて表現するという本研究の目的に合致しないため、試験に用いた試料の中で破断曲線の形状の違いが大きかった 3 品 (大阪産蒸し 2 品, 神奈川産 1 品) の合計 674 箇所 で測定したデータを用いて、相関行列を作成した (Table 4)。

Table 3 Effect of adjoining measurement marks using 0.3 cm plunger on 12 texture parameters of kamaboko A

Texture parameter (unit, symbol)	measurement marks	mean	S.D.	C.V. (%)	<i>p</i> value
Force at 1/3 deformation (dyn, I)	without	4.05×10^3	3.37×10^2	8.3	0.124
	with	3.90×10^3	2.53×10^2	6.5	
Force at 2/3 deformation (dyn, II)	without	9.28×10^3	7.58×10^2	8.2	0.838
	with	9.24×10^3	5.79×10^2	6.3	
Breaking force (dyn, III)	without	1.73×10^5	2.06×10^4	11.9	0.416
	with	1.78×10^5	1.60×10^4	9.0	
Breaking deformation (cm, IV)	without	0.88	0.089	10.2	0.786
	with	0.88	0.074	8.3	
Breaking energy (dyn·cm, V)	without	6.38×10^4	1.10×10^4	17.2	0.952
	with	6.41×10^4	8.35×10^3	13.0	
Jelly strength (dyn·cm, VI)	without	1.53×10^5	3.09×10^4	20.1	0.593
	with	1.58×10^5	2.56×10^4	16.2	
Gel stiffness (dyn/cm, VII)	without	1.98×10^5	1.33×10^4	6.7	0.310
	with	2.02×10^5	1.20×10^4	5.9	
Gel stiffness of initial phase (dyn/cm, VIII)	without	1.39×10^5	1.14×10^5	8.2	0.117
	with	1.33×10^5	1.24×10^5	9.3	
Gel stiffness of intermediate phase (dyn/cm, IX)	without	1.80×10^5	1.15×10^5	6.4	0.607
	with	1.81×10^5	1.25×10^5	6.9	
Gel stiffness of final phase (dyn/cm, X)	without	2.74×10^5	3.26×10^4	11.9	0.084
	with	2.90×10^5	2.56×10^4	8.8	
Ratio of VIII to VII (no unit, XI)	without	0.706	0.066	9.4	0.027
	with	0.662	0.059	9.0	
Ratio of V to VI (no unit, XII)	without	0.421	0.021	5.0	0.045
	with	0.408	0.017	4.3	

(n=21)

その結果、0.9を超える高い相関係数を与えたのは、破断強度に対するゼリー強度と後期ゲル剛性、破断変形に対する破断エネルギー/ゼリー強度、破断エネルギー/ゲル剛性、初期ゲル剛性/ゲル剛性、初期ゲル剛性に対する中期ゲル剛性、初期ゲル剛性/ゲル剛性、破断エネルギー/ゼリー強度に対する初期ゲル剛性/ゲル剛性であった。

しかし、2項目間の相関が高くても、他の項目との相関係数が両者とも同じ変化を示すとは限らない。たとえば、破断強度と高い相関があるゼリー強度 ($r=0.936$) と後期ゲル剛性 ($r=0.942$) の間の相関係数は、0.815と値が小さくなっている。本研究で設定した12項目は全て破断試験で得られた一次データと二次データであることから、いくつかの項目間に何らかの相関が認められることは当然のことである。しかし、極端に高い相関が

ない限り、項目間の相関係数が高いことを理由に特定の項目を削除することなくデータとして利用の方がゲルの物性の違いを正確に表すことができると考えられたため、本研究では12項目全てを採用することとした。

測定点間の物性の違い 同一塩すり身を用いても、加熱条件が変わると全く異なった物性になることはよく知られた事実である。それと同様に一本の市販板付きかまぼこであっても、製造時の熱履歴が異なることにより部位によって物性が異なるものと考えられる。橋本は、市販板付きかまぼこの様々な部分を破断試験で比較し、測定部位によって物性に著しい違いがあることを報告している。²¹⁾ また、森岡らも市販かまぼこを上部と下部(板側)からそれぞれ破断試験を行い、両者の物性に有意な差があり、下部の方が上部よりも破断強度が大きいと報告している。²³⁾

Table 4 Correlation coefficients between 12 parameters obtained from 3 commercial kamaboko, A, D and E

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	1.000											
II	0.817	1.000										
III	0.078	0.440	1.000									
IV	-0.572	-0.072	0.473	1.000								
V	-0.067	0.474	0.682	0.820	1.000							
VI	-0.215	0.243	0.936	0.737	0.804	1.000						
VII	0.646	0.615	0.652	-0.344	0.065	0.348	1.000					
VIII	0.876	0.489	-0.222	-0.882	-0.503	-0.532	0.564	1.000				
IX	0.881	0.712	-0.019	-0.717	-0.235	-0.324	0.650	0.902	1.000			
X	0.088	0.300	0.942	0.245	0.414	0.815	0.768	-0.086	0.042	1.000		
XI	0.670	0.164	-0.507	-0.945	-0.740	-0.749	0.273	0.908	0.706	-0.344	1.000	
XII	0.592	0.126	-0.596	-0.900	-0.706	-0.799	0.139	0.836	0.668	-0.464	0.959	1.000

Roman numerals show texture parameters and refer to Table 2.

しかし、1本の市販かまぼこの上部と下部、表面付近と中心部など異なる部位の物性値がどのように変化するかを調べた例は少なく、²¹⁾位置による物性の違いを統計的に調べた例は見当たらない。1本の市販かまぼこの測定箇所を変えて得られる値間に有意差があるか否かを明らかにしておくことが、市販かまぼこの品質評価をする上で必要と考えられる。

そこで、本研究に供試した市販かまぼこについて、測定する部位によって各物性項目がどのように変わっているのかを示すため、測定項目毎に全データを用いて標準化を行い、図(Figs. 4~6)に示した。したがって、市販かまぼこ間の相対的な大きさの違いが項目ごとに示されている。測定点1点ずつの違いを示すのは困難なため、板と平行となる測定点群を一群として上下方向に比較したもの、板と垂直となる測定点群で両端からの距離が等しいものを一群とし左右方向で比較したもの、スライス片間の比較で、両端からの距離が等しいものを一群として比較したものを示している。

なお、かまぼこAのスライス片の厚さを1, 1.5, 2 cmにして直径0.3 cmのプランジャーを用いて測定した結果(データは図示せず)、1.5 cm以上では、測定部位間(スライス面の上下方向, 左右方向, スライス片間)の比較において有意差が認められる測定項目に差がないことを確認したため、これ以降の試験では試料の厚みを全て1.5 cmに統一した。

まず、スライス面の上下方向の違いを見ると(Fig. 4)、市販かまぼこによって上下の物性に大きな差があるものとそれほど変化がないものがあることがわかった。かまぼこA, B, Fは上下方向で物性に差は認められなかったが、かまぼこGは中央部が上下との間に相違があり、かまぼこC~Eは上下方向に段階的に物性が変化した。変化の方向はCとD, Eで逆になっていた。

森岡らの報告²³⁾では、市販蒸しかまぼこ、市販焼きかまぼこともに板に近い方が破断強度、破断変形ともに大きくなっていた。本研究とはプランジャーの進入方向が90度ずれている点異なるが、両者の結果を考え合わせると、全ての市販かまぼこで板側の破断強度、破断変形が大きくなるのではなく、市販かまぼこによって差のないものや、上部の数値が大きいものなどがあることが判明した。1枚のスライス片の中の異なる5点を比較した橋本の報告²¹⁾は、各点1回ずつの測定であったため、部位による物性値の有意差を示すことはできていない。その点が本研究と大きく異なっている。

相対的な数値を市販かまぼこ間で比較すると、かまぼこAとB、かまぼこDとEはそれぞれ非常に似た物性を示していた。AとBは全ての項目で平均値または若干小さい値(1/3強度, 2/3強度など)を示しており、押しはじめの応力が小さいことを示している。DとEは項目ごとに数値が平均よりも上下しており、破断強度、破断変形が小さく、1/3強度が大きいなど、柔らかく、しなやかさに欠ける物性を示していた。焼き通しかまぼこCの中段、下段は、D, Eと似た物性を示すが、Cの最上部はそれらよりもかたさだけが著しく増大したような物性を示した。焼き抜きかまぼこであるFは、ほぼ全ての項目で平均値を大きく上回ったが、1/3強度、初期ゲル剛性は小さいことから、しなやかだが歯ごたえのある物性を示していることがわかる。かまぼこGの中段は、ほぼ全ての項目が平均値を下回ったが、上下段は平均を若干下回る程度で、極めて特異な物性を示した。同じかまぼこの異なる部位の物性の違いは、熱履歴の違いを反映していると考えられることから、加熱法が他の6種と異なるのかもしれないが、詳細は不明である。

つぎに、スライス面の左右方向の物性の違いを見ると

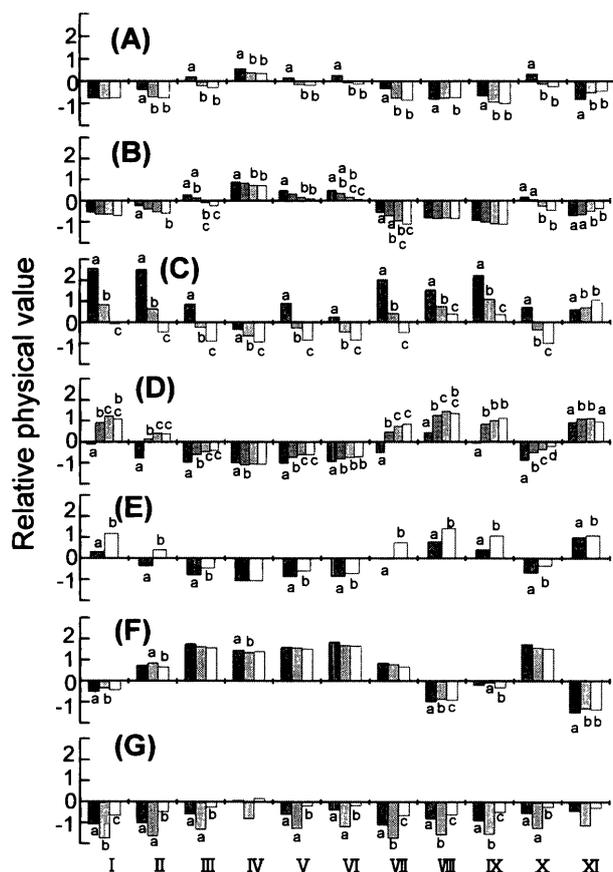


Fig. 4 Texture parameters for 7 commercial kamaboko samples when measured by changing the vertical positions. (A)–(G) are commercial kamaboko samples as referred to in Table 1. Increase in the brightness of columns showed the measurement from top to bottom or from outside to inside. Relative physical values of texture parameters were obtained by standardization of the parameters to mean of zero and standard deviation of one using whole kamaboko samples. Original means and S.D.s of parameters from I to XII were $(5.70 \pm 1.37) \times 10^4$, $(13.6 \pm 2.52) \times 10^4$, $(27.0 \pm 8.67) \times 10^4$, 1.02 ± 0.24 , $(11.0 \pm 4.04) \times 10^4$, $(2.91 \pm 1.56) \times 10^5$, $(26.7 \pm 5.08) \times 10^4$, $(18.3 \pm 7.59) \times 10^4$, $(23.8 \pm 4.69) \times 10^4$, $(3.78 \pm 1.21) \times 10^5$, 0.68 ± 0.23 and 0.41 ± 0.071 , respectively. Parameters referred to are in Table 2. Different letters attached to columns in the identical parameter showed a significant difference.

(Fig. 5), いずれの市販かまぼこでも上下方向ほどの大きな変化は認められなかったものの、1/3強度と2/3強度については、C以外のかまぼこで端と中央部との間に有意差が認められている。また、AとEでは全項目で端と中央部に有意差が認められ、1/3強度、2/3強度、ゼリー強度、ゲル剛性など多くの項目で、両者の物性は逆の挙動を示した。同じ蒸しかまぼこであるにもかかわらずこのような違いが認められたのは、加熱条件の違いに起因するのかもしれない。さらに、B、F、Gについても、半数近い項目で端と中央部に有意差が認められた。

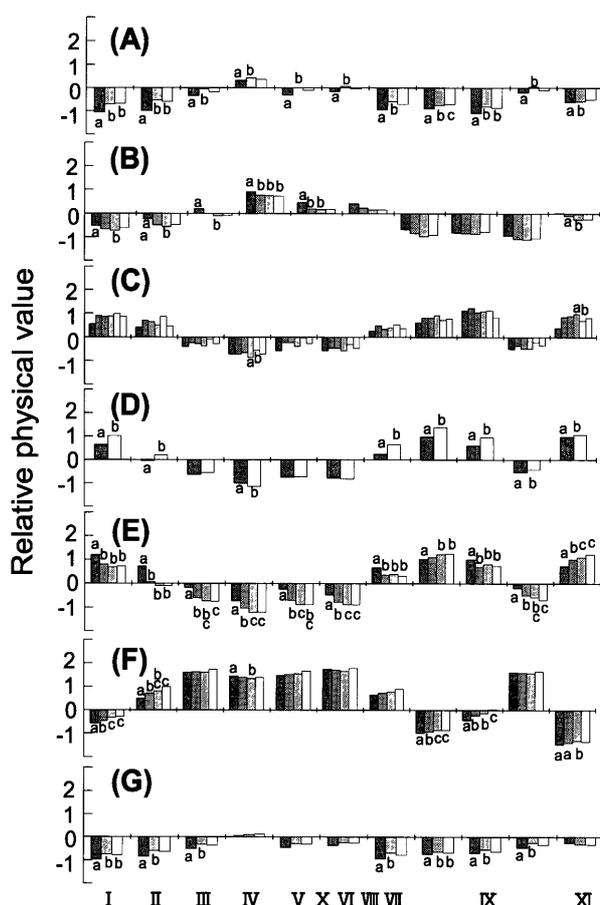


Fig. 5 Texture parameters for 7 commercial kamaboko samples when measured by changing the horizontal positions. The samples and the symbols are all the same as in Fig. 3.

スライス片間の物性を比較すると (Fig. 6), B, C, D, E, F ではほとんどの項目で中央部と端の間に有意差が認められた。このうち、C, E, F の市販かまぼこでは、破断強度や破断エネルギーなどが中央部ほど小さくなり、B, D では逆に大きくなることが確認された。また、A, G ではほとんど差は認められなかった。

市販かまぼこ内で物性が大きく異なるのは上下方向であり、項目毎に変化する方向は異なるが、市販かまぼこの種類によって、上部、下部、中央部がそれぞれ最も小さい値を示すものがあることが判明した。また、12項目に分けて物性を表示することで、市販かまぼこ間の違いをより明確にすることができたと考えられる。ただし、本試験の範囲では、産地や加熱方法、原料魚種による共通した特徴は認められなかった。

主成分分析による市販かまぼこ間の物性の違い 本試験に用いた全12項目それぞれについて市販かまぼこの物性を比較し、総合的な特徴や物性の違いをイメージすることは不可能に近い。そこで、主成分分析を用いて新

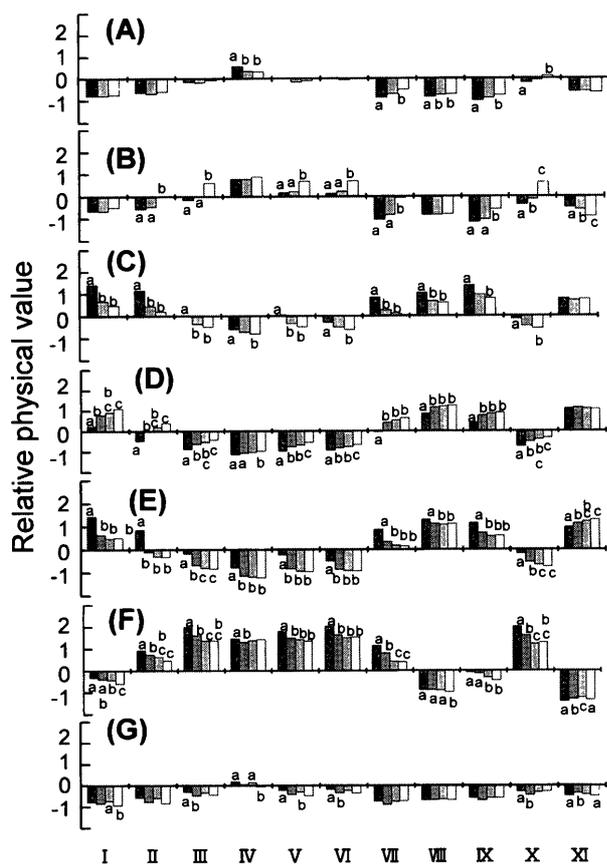


Fig. 6 Texture parameters for 7 commercial kamaboko samples when measurement was done with different slices. The same symbols as in Fig. 3 were used.

たな変数を合成し、少ない項目によって市販かまぼこ間の物性の違いを表現する方法を検討した。多変量解析のうち主成分分析を採用した理由としては、元になる変数を集約するという意味で最適であると判断したためである。

1枚の市販かまぼこ全体の特性を示す意味から特定の位置でなく全データを採用し、7種類の供試市販かまぼこの12変数について主成分分析を行い、Fig. 7aに示した。なお、数値の大きい特定の項目の主成分寄与率が大きくなることを防ぐ目的で、各項目の全データについて標準化したものを用いた。また、総合的な品質を表すのに各項目が適正であるかどうかを確認するためクロンバックの α 信頼性係数(0.8以上であれば、全項目を採用してもよいとされる)を求めた結果、12項目では0.76となって不適な項目の存在が示唆された。破断エネルギー/ゼリー強度を除くとクロンバックの α 信頼性係数が0.8以上となったため、この項目以外の11項目を採用した。

説明変数として11項目、サンプル数として1358のデータから得られた第一主成分および第二主成分の寄与

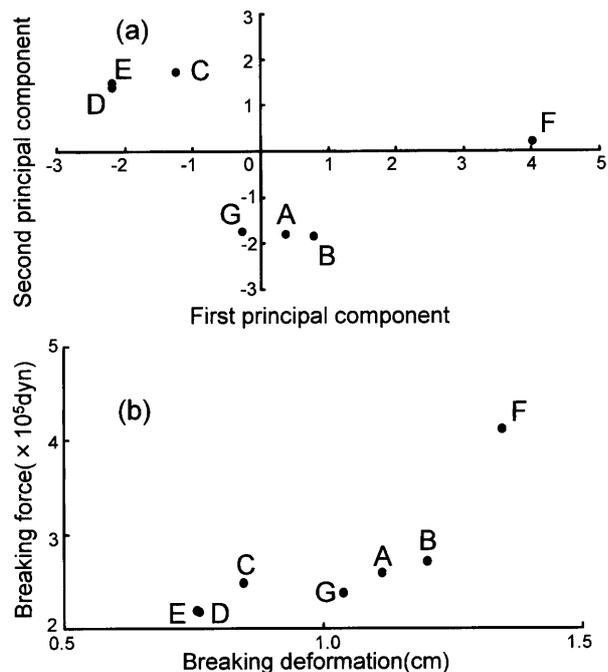


Fig. 7 Characterization of 7 commercial kamaboko samples as analyzed by 11 parameters. The principal component analysis (a) and conventional analysis using breaking force and breaking deformation (b) were compared.

率はそれぞれ54.2%、36.3%となり、第二主成分までで累積寄与率は90%以上となったため、第二主成分までを採用した。第一主成分に対する負荷量が大きい項目は、破断強度、破断変形、破断エネルギー、ゼリー強度、後期ゲル剛性などの変数であったことから、第一主成分は破断時の物性を主に表していると考えられる。一方、第二主成分は1/3強度や2/3強度など噛み始めの物性の違いを示していると考えられた。

各市販かまぼこの主成分得点をグラフにプロットすると、かまぼこFが第一主成分についてはプラス方向に大きく離れており、かまぼこB, A, G, C, D, Eの順番にマイナス方向に離れていた。第二主成分については、大阪府産の市販かまぼこ3品(C, D, E)はプラス方向にはほぼ同じ値をとり、かまぼこFが中間の値となり、A, B, Gがマイナス方向にはほぼ同じ値をとった。従来用いられている破断強度と破断変形を用いて7種類の市販かまぼこをプロットすると(Fig. 7b)、これらには正の相関があり、最も破断強度が大きかった市販かまぼこFが右上にあり、以下、破断強度の低下に応じて各種の市販かまぼこがプロットされた。これは、明らかに主成分分析で分類した分布と異なっており、12項目から新たに求めた合成変数は従来の指標では示されない市販かまぼこの特徴を表していると考えられる。

今回用いた7種類の市販かまぼこを産地ではなく主

原料の違いで分類すると、AとEがタラ、BとDがグチ、Cがハモ、FとGがエソとなる。しかし、Fig. 7のいずれのプロット法でも原料魚による特徴的な分布は認められなかった。

今回は、同じかまぼこの異なる部位の物性の分布を主体に測定結果を示したが、今後、市販かまぼこの種類を増やすことで、製法や地域性などに共通する特性を明らかにできるものと考えられる。

押し込みや引っ張りによる破断試験以外の市販かまぼこの物性測定に用いられる手段としては、ゲルの圧縮と回復を繰り返すテクスチュロメータ^{15,22)}や破断に至らない小変形で物性を測定するクリープ試験^{11,13,24)}や応力緩和試験^{6,9,10,11,13,17,20)}やテクスチャーアナライザ^{18,19)}、ゲルをねじ切る剪断試験¹⁶⁾、微小な変化を与えて粘弾性を測定する動的粘弾性試験^{7,17,20)}などがあるが、いずれも測定器が高価であったり、測定に長時間を要したりと、市販かまぼこ製造業者等が日常的に利用するには適さないものが多かった。その点、本研究で用いた方法は、従来行われていた手法と全く同じ手法を用いて測定が行え、安価な市販のインターフェイスをパーソナルコンピュータに接続することにより、従来よりも多くの情報を入力し、品質評価に利用できる点で優れた方法であると考えられる。

謝 辞

本研究の物性測定に当たっては、近畿大学農学部水産学科に在籍した石川 康、大林久美、湯谷聡子、高橋敬子の4氏に協力を得ました。ここに厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 志水 寛. 市販かまぼこの足. *New Food Industry* 1981; **23**: 65-76.
- 2) 岡田 稔. 市販かまぼこ入門. 「市販かまぼこの科学」成山堂書店, 東京. 1999; 1-25.
- 3) 志水 寛, 清水 亘, 池内常郎. 市販かまぼこの足について-III. 品評結果と測定値. *日水誌* 1954; **20**: 292-294.
- 4) 岡田 稔. 水産ねり製品の品質, 特に弾力に関する研究. *東海水研報* 1963; **36**: 21-126.
- 5) 志水 寛. 魚肉すり身ゲル形成能の魚種特異性. *日水誌* 1974; **40**: 175-179.
- 6) Takagi I, Shimidu W. On rheological properties and structure of kamaboko-VI. Temperature dependence of tensile stress relaxation behavior and thermo-rheological simplicity for kamaboko. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1972; **38**: 865-868.
- 7) 浜田盛承, 稲益猷二. 動的測定による市販かまぼこの線形粘弾性. *日水誌* 1979; **45**: 905-912.
- 8) 青木久尚, 望月 篤, 露木英男. 市販かまぼこのせん断試験. *日食工誌* 1982; **29**: 180-184.
- 9) Iso N, Mizuno H, Saito T, Ohzeki F, Yang LC. Studies on the rheological properties of heated carp meats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1984; **50**: 349-353.
- 10) Iso N, Mizuno H, Saito T, Ohzeki F, Kurihara N. The change of rheological properties of surimi (minced fishmeat) by heating. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1984; **50**: 1045-1049.
- 11) Niwa E, Wang T, Kanoh S, Nakayama T. Temperature dependence of elasticity of kamaboko. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1987; **53**: 2255-2257.
- 12) 加藤 登. 破断特性. 「水産食品のテクスチャー」(丹羽栄二編) 恒星社厚生閣, 東京. 1987; 77-86.
- 13) Nakayama T, Kanoh S, Niwa E. Evaluation of material for imitation crab leg by prediction of creep behavior from stress relaxation data. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1988; **54**: 717-724.
- 14) Niwa E, Chen E, Wang T, Kanoh S, Nakayama T. Extraordinariness in the temperature-dependence of physical parameters of kamaboko. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1988; **54**: 1789-1793.
- 15) 冨田靖子. 市販かまぼこのテクスチャーと官能検査. 文化女子大学研究紀要 1989; **20**: 217-223.
- 16) Macdonald GA, Lelievre J, Wilson NDC. Strength of gels prepared from washed and unwashed minces of Hoki (*Macruronus novaezelandiae*) stored in ice. *J. Food Sci.* 1990; **55**: 976-978, 982.
- 17) Niwa E, Nowsad AA, Kanoh S. Comparative studies on the physical parameters of kamabokos treated with the low temperature setting and high temperature setting. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1991; **57**: 105-109.
- 18) 中川恭子, 太田隆男, 杉山雅昭, 安部洋一, 高間浩蔵, 森 友彦. 市販かまぼこの物性への加工条件および原料魚種の影響. *日食工誌* 1997; **44**: 501-507.
- 19) 中川恭子, 太田隆男, 安部洋一, 杉山雅昭, 森 友彦. 圧縮試験法に基づく市販かまぼこの物性評価システム. *日食工誌* 1997; **44**: 585-589.
- 20) 劉 達嘉, 塩沢由子, 加納 哲, 丹羽栄二. マアジゲルの物性に及ぼす測定温度の影響. *日水誌* 1997; **63**: 231-236.
- 21) 橋本直樹. 市販かまぼこの足を測る. *New Food Industry* 2001; **43**: 39-47.
- 22) 山本達也, 石崎松一郎. テクスチャー・アナライザーによる水産ねり製品の物性測定. 福島県水産試験場事業報告 2001; **43**: 170-172.
- 23) 森岡克司, Hossain MI, 松井武史, 久保田賢, 伊藤慶明. 市販かまぼこの物性と低真空走査型電子顕微鏡観察による微細構造の比較. *日水誌* 2002; **49**: 447-453.
- 24) 進藤 穰, 西元諄一, 御木英昌. 水産ねり製品のテクスチャーにおける機器測定値と官能評価の関連. *日水誌* 1993; **59**: 129-135.
- 25) Taylor JR. データの棄却. 「計測における誤差解析入門」. 東京化学同人, 東京. 2000; 173-179.

よび飼育に用いたワムシ、アルテミア、天然コペポータ、冷凍天然コペポータ、配合飼料のタウリン含量および天然稚魚におけるタウリン含量との違いを調べた。その結果、人工種苗生産過程におけるブリ仔稚魚のタウリン含量は、餌・飼料中のタウリン含量の影響を受けること、特に開口時まで多くの遊離アミノ酸が減少するのに対して、タウリンは開口後のワムシ給餌期に大きく減少すること、また人工種苗生産稚魚は天然稚魚に比べて、タウリン含量が著しく少ないことが明らかとなった。

日水誌, 69(5), 757-762 (2003)

ヒラメ網膜 S 電位のスペクトル相対感度と応答潜時

Dusit THANAPATAY, 袋谷賢吉 (富山大工)

ヒラメの明順応網膜における 1 相性および 2 相性 S 電位応答のスペクトル相対感度特性を測定し、緑錐体および青錐体のスペクトル吸収特性並びに感度特性と比較した。また、S 電位の応答潜時を調べた結果、1 相性および 2 相性 S 電位の過分極応答の潜時に比べ、2 相性 S 電位の脱分極応答の潜時の方が長かった。さらに、網膜組織を調べ、ヒラメの錐体モザイクは正方形で付加錐体がないことが分かった。以上の結果を基に、ヒラメの錐体視物質および錐体と水平細胞の神経回路について考察した。

日水誌, 69(5), 763-769 (2003)

東京湾海底におけるごみの組成・分布とその年代分析

栗山雄司, 東海 正, 田島健治, 兼廣春之 (東水大)

東京湾南西部を中心とした海域に堆積するごみを 1995～2000 年にかけて小型底曳網により調査した。6 年間の調査で計 26,940 個 (1,691 kg) のごみが回収され、そのほとんどが買い物袋、包装袋などのプラスチック製品および飲料缶などの生活用品であった。調査の結果、底曳網により回収されるごみの量は、年々減少する傾向がみられ、1995 年の 338 個/km² から 2000 年の 185 個/km² へと半減していた。ごみの減少は底曳網による海底清掃などの効果によるものと考えられた。回収した飲料缶の製造年組成を調べ、Virtual Population Analysis によって海中における飲料缶の残存率をアルミ缶およびスチール缶についてそれぞれ 0.47 および 0.38 と推定した。

日水誌, 69(5), 770-781 (2003)

フグ卵巣ぬか漬けの微生物によるフグ毒分解の検討

小林武志, 木村 凡, 藤井建夫 (東水大)

石川県特産のフグ卵巣ぬか漬けでは、有毒卵巣がぬか漬け後に食用となるので、その減毒への微生物関与の可能性を検討した。ぬか漬け製造中の桶の液汁を採取し、これにフグ毒を添加して貯蔵を行い、その毒性を測定すると共に、ぬか漬けの微生物 185 株をフグ毒培地に各々接種し、培養後の培地の毒性を測定した。また、フグ毒培地にぬか漬けを直接接種、培養して、毒性変化を調べ、毒分解活性を有する微生物を増菌して分離しようと試みた。しかし、一連の実験では、微生物関与と考えられる明確な毒性低下を確認できなかった。

日水誌, 69(5), 782-786 (2003)

破断試験法で評価した市販かまぼこの部位による物性の違い

塚正泰之, 萩原智和, 安藤正史, 牧之段保夫 (近大院農), 川合哲夫 (大阪府大院農)

市販かまぼこの部位による物性の違いを破断試験で測定した。直径 0.3 cm のプランジャーを用いて 0.7 cm 間隔で測定した場合、周りの測定痕が物性値にほとんど影響しないことを確認した。かまぼこの部位による物性の違いを 7 種類の市販かまぼこで測定した結果、全てのかまぼこでスライス面の上下方向で、多くの物性値に有意差が認められ、左右方向、スライス片間では、数種のかまぼこに特徴的な差が認められた。かまぼこ間の物性の違いを主成分分析で比較した結果、第 1 主成分は破断時の物性、第 2 主成分は噛み始めの物性を示した。

日水誌, 69(5), 787-695 (2003)

トカゲエソの貯蔵中に生成するホルムアルデヒドがかまぼこの品質に及ぼす影響

平岡芳信, 菅 忠明, 黒野美夏, 平野和恵, 松原 洋, 橋本 照, 岡 弘康 (愛媛工技セ), 関 伸夫 (北大院水)

トカゲエソとグチのトリメチルアミンオキシド (TMAO) 関連化合物の変化について調べた。トカゲエソ肉中には TMAO が約 25 mmol/kg, グチ肉中には 53 mmol/kg と多量に含まれていた。トカゲエソの場合は、氷蔵中に分解されて、ホルムアルデヒドを生成したが、グチの場合はホルムアルデヒドを生成しなかった。しかし、トカゲエソ肉もグチ肉も、ホルムアルデヒドを添加するとゲル形成能が失われた。

日水誌, 69(5), 796-804 (2003)

瀬戸内海中央部における流れ藻随伴幼稚魚の出現種の変化により確認されたタケノコメバルからクロソイへの魚種交替(短報)

榎野元秀, 山本昌幸, 山賀賢一, 藤原宗弘 (香川水試)

1997-98 年の流れ藻随伴幼稚魚の調査ではクロソイが 5, 6 月の優占種となったが、タケノコメバルの採集は無かった。1962-63 年にはクロソイは採集されず、6 月はタケノコメバルが優占していた。このことは、二つの調査が実施される間に二種の増減が起こったことを示した。また、それぞれ二種の前後に随伴する魚種やその出現順は同様であり、二種の大きさ、食性も類似していた。したがって、これら二種の間には 1960 年代から 1990 年代にかけて魚種交替が生じたこと、かつ二種の生態には共通点が多いことが明らかとなった。

日水誌, 69(5), 805-807 (2003)