

マグロおよび数種のブリ類魚肉のテクスチャー測定 について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2024-08-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 岡崎, 恵美子, 臼井, 一茂, 木宮, 隆, 山下, 由美子, 大村, 裕治 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2010456

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



原著論文

マグロおよび数種のブリ類魚肉の テクスチャー測定について

岡崎恵美子^{*1a}・白井一茂^{*2}・木宮 隆^{*1}・山下由美子^{*1}・大村裕治^{*1}

Investigation of Methods Used for Physical Measurement and Sensory Evaluation of Meat Texture in Tuna and Some Species of Yellowtail

Emiko OKAZAKI, Kazushige USUI, Takashi KIMIYA, Yumiko YAMASHITA, and Yuji OMURA

The quality of the raw fish used as sashimi differs with such factors as species, physiological condition, body region, and freshness, and these differences in quality result in differences in price. We investigated the methods used to analyze the physical properties of raw fish flesh and the sensory methods used for texture evaluation. Selection of the appropriate words was important in sensory evaluation. Appropriate selection of the shape of the plunger used to measure meat texture in each fish species gave reliable data. The results of some of the physical evaluations were well correlated with the results of sensory evaluations.

2008年12月2日受付, 2009年2月2日受理

わが国における水産物の消費形態では、商品価値が最も高い刺身によるものが非常に多い。マグロでは、国内消費の8割以上が刺身等の生食用として消費されている¹⁾。水産物の生食・刺身食材としての評価は、魚種、生理状態や魚体の大きさ、魚体部位による成分の違いや鮮度等により影響され、味、風味、物性、色調等が重要な品質評価要因となる。魚肉の物性は、魚種^{2,4)}ばかりでなく、魚体の成分(養殖・天然物の違い等)^{5,6)}、致死条件、死後硬直と解硬を伴う鮮度変化等に影響される⁷⁻¹²⁾。地域により物性を重視するところや味を評価するところなどがあり、食の場面を想定して最適な「食べ頃」の状態で食卓に届けるために、産地あるいは市場での活け締め時間設定などが行われている¹³⁾。また養殖魚の飼育技術や漁獲・流通技術の改良により高品質化を図り、より嗜好性の高い肉質の魚介類を生産しようとする動きも高まっている。

このような中で、刺身食材としての魚介肉の肉質を適

正に評価する手法の開発は、品質管理や消費者の嗜好性に合致した商品の提供のためにも重要であるが、その有力な手法と考えられる物性測定法や官能検査法は系統立ってマニュアル化されたものがなく、個々の研究者がそれぞれの研究目的に合わせて個別に設定した条件に従って行われるにとどまっている。

例えばこれまでに、魚介肉の物性に着目した研究として、マジ⁵⁾、ティラピア⁷⁾、ウナギ¹⁴⁾、ブリ¹⁵⁾、クルマエビ¹⁶⁾、ホタテガイ¹⁷⁾、ホシガレイ¹⁸⁾などで破断試験による魚介肉の物性測定が行われている¹⁹⁾が、その測定に用いられたプランジャーの形状は異なっており、上に挙げた例ではそれぞれV字型^{5,15)}、円柱型^{7,14)}、球状¹⁴⁾、ナイフ^{16,18)}、ピアノ線¹⁷⁾が用いられている。これらの測定法から得られる各種の物性パラメーターは、それぞれその表現しようとする特質が異なっていると考えられ、このように多岐の方法が用いられている事実は、恐らく刺身として消費される各種魚介類の肉質特性

*1 独立行政法人水産総合研究センター 中央水産研究所 〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4

National Research Institute of Fisheries Science, FRA 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan
eokazaki@affrc.go.jp

*1a 現所属：長崎県総合水産試験場水産加工開発指導センター

*2 神奈川県水産技術センター

の豊富さ、多様さを示しているが、その方法を用いることの妥当性を検証した例は、安藤らの円柱型プランジャーによる方法²⁰⁾など、わずかな例にとどまっている。魚介類の肉は組織中に筋隔膜があることや、筋繊維に方向性があり、魚体部位によっては脂質含量が大きく異なるなど組織が不均一であること、多岐にわたる魚介類の肉質がそれぞれに特徴的であること、鮮度変化等により物性が経時的に大きく変化すること等もこれらの客観的な評価を困難にしており、個々の魚介類の特性に応じた評価方法を適切に選択するための指針が求められている。

一方、特徴の異なる食品の相互比較によりそれらの特徴づけを行う場合、官能検査は有効な方法であり、これを高い精度で行うためには対象食品の特性に応じた評価項目の設定が必要不可欠である²¹⁾。食品分野全般における食品の特性を表現するための用語の収集や整理はなされつつある^{22,23)}が、水産分野、特に魚介類のテクスチャーに関する官能検査は煮熟魚肉²⁴⁾や一部の刺身²⁵⁾について報告されたのみで、その評価方法を系統的に検討した例はなく、生鮮魚介類の嗜好性を適正に評価する上での障害となっている。

そこで本研究では、生食用のメバチ (*Thunnus obesus*)、ブリ (*Seriola quinqueradiata*) およびその近縁種のヒラマサ (*Seriola lalandi*)、ブリヒラ (ブリ×ヒラマサの交雑魚)²⁶⁾を対象種として、テクスチャー特性評価に焦点を絞り、魚肉特性の官能評価方法および魚肉物性の測定方法について検討を行ったので、研究結果について報告する。

材料および方法

試料 ブリ類の官能検査においては、養殖ブリ (愛媛県で養殖後、神奈川県三浦市で蓄養、体重 $3.60 \pm 0.12\text{kg}$ 、体長 $50.9 \pm 4.9\text{cm}$)、養殖ヒラマサ (香川県産、体重 $4.19 \pm 0.71\text{kg}$ 、体長 $63.5 \pm 4.3\text{cm}$)、養殖ブリヒラ (三重県産、体重 $4.00 \pm 0.08\text{kg}$ 、体長 $60.7 \pm 3.1\text{cm}$)、天然ブリ (富山県産、体重 7.7kg 、体長 73cm) を活け締め後、氷蔵で実験室に搬送したものを解体してフィレートし、漁獲後1日～3日後のものを官能検査に供した。

養殖ブリの物性測定においては、長崎県総合水産試験場で畜養した養殖ブリ10尾 (体重 $3.78 \pm 0.36\text{kg}$ 、尾叉長 $61.6 \pm 3.3\text{cm}$) を用いた。生け簀から取り上げて活け締め後、氷蔵で実験室に搬送し、解体してフィレート

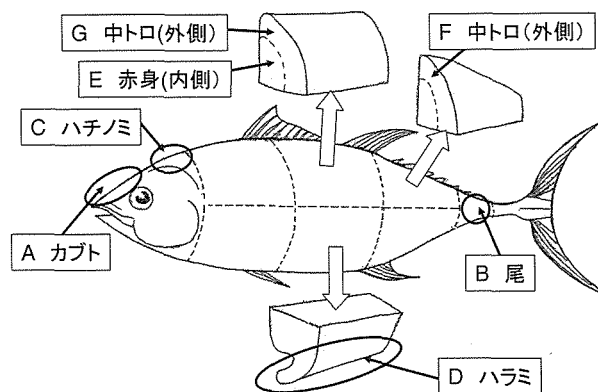


図1. メバチの各部位と呼び方

し、活け締め直後から120時間後までのものを物性測定に供した。測定部位は、「2 魚体の測定部位による影響」についての試験以外は、背部普通肉の頭部後方5cmより後方魚体の約1/2までの部位を用いた。

マグロ肉は、マグロ加工業者 (神奈川県三浦市) によるセミドレスの凍結メバチの解体時に、各部位を凍結状態のまま小片にカットしたもの入手し、実験まで -40°C で保管した。これを 5°C 冷蔵庫にて約6時間緩慢解凍し、物性測定ならびに官能検査に供した。図1にメバチのサンプル部位と部位の呼称を示した。また表1には各部位の成分組成として脂質含量と水分含量について測定した結果を示した。

官能評価 刺身の官能検査における評価用語について検討するため、①近縁種で肉質が類似している魚種のモデルとして養殖ブリ、ヒラマサ、ブリヒラを、また②同じ魚種であるが特性のかなり異なった魚種のモデルとして天然ブリと養殖ブリを用いた官能検査を行った。

評価項目については、まず自由記述によるアンケートを用いて刺身の評価に必要なと考えられる項目をリストアップし、次いで研究者4名によるオープンパネル法により評価項目を絞り込んだ。

①については、外観からみたおいしさ、血合肉の色調、外観からみた肉質 (身の締まり具合・しっかりした感じ)、外観からみた身割れの有無、表面に脂が浮いているような感じ、外観からみた脂の多寡、血が滲んでいるような感じ、普通肉の部分の赤みの強さ、普通肉の透明感、おいの強さ、歯ごたえの強さ、舌触り (なめらかさ、ねっとりした食感)、筋っぽさ、水っぽさ、ブリブリした感じ、噛み切りやすさ、不快な味、新鮮な感じ、脂っぽさ、総合的な嗜好性の20項目を選択した。

表1. メバチ各部位の脂質ならびに水分含量

	A	B	C	D	E	F	G
呼称	カブト	尾	ハチノミ	ハラミ	赤身	中トロ	中トロ
水分(%)	62.3	68.3	69.7	59.4	72.0	72.1	60.7
粗脂肪(%)	12.0	2.1	3.3	14.4	0.2	0.9	6.3

A～Gについては図1を参照のこと。

なお、試験用の刺身は、対象となる試験区3種類（養殖ブリ、ブリヒラ、ヒラマサ）のほかに養殖ブリを対照区として用い、これを基準（0）としてその違いを具体的に言葉で説明した7段階評点法（+3～-3）で評価した。例として、色調であれば、3（対照より非常に鮮やかである）、2（対照よりやや鮮やかである）、1（対照より僅かに鮮やかである）、0（対照と同じ）等の言葉を付記し、-3～+3の評価点の定義を明示できるようにした。

②については、外観からみたおいしさ（おいしそうにみえる－おいしそうにみえない）、色調（普通肉の赤みの強さ）、透明感、においの強さ、生臭さ、不快な味、脂の多さ、硬さ（歯ごたえ）、舌触り（ねっとり感、なめらかさ）、身の締まり、しっとり感、新鮮感、うまみ、総合的な味の強さ、素材としてのランク（高価格と感じる－低価格とを感じる）の16項目を選択した。なお、味覚を表現する用語として、「酸味」「渋味」「生臭い味」「脂臭い味」もリストアップされたが、パネルにとってこれらの区別が困難であることから、味覚に関する項目は「うまみ」、「不快な味」、「総合的な味の強さ」で代表させた。試験用の刺身は、対象となる試験区（天然ブリ、養殖ブリの2種類）を対照区を置かずに評価した。すなわち、各個人が自分のイメージとして持っている「ハマチの刺身」を基準とし、「ハマチの刺身としてどのように感じるか」を、具体的に言葉で説明した5段階評点法（1～5点）で評価した。例として、透明感の評価については、5（ハマチの刺身としては、かなり透明感が強い方だと思う）、4（ハマチの刺身としては、比較的透明感が強い方だと思う）、3（ハマチの刺身としては、ふつうだと思う）、2（ハマチの刺身としては、やや透明感がない方だと思う）、1（ハマチの刺身としては、全く透明感がないと思う）のような説明を付記し、1～5点の定義を明示できるようにした。

パネルによる誤差を少なくするため、外観、におい、色調など食さずに評価できる項目については各試験区について複数の刺身を盛り合わせた試料を用いた。同一のパネルが評価する各試験区の試料は、比較しようとする対象種の、同一の部位から採取するようにした。また、形状による誤差を少なくするため、サイズや切り口、血合肉の量等が一定になるように整形した。また色調を同一条件下で評価できるよう、調光ランプを用いて光量を一定とした。食味試験は醤油をつけずに評価したが、通常の食形態を考慮すると醤油が不可欠であることから、醤油をつけた総合的な評価項目を付け加えた。またパネルによる評価尺度の理解のばらつきを少なくするために、検査開始時には口頭で検査項目の主旨を補足説明した。なお、①、②の官能検査のいずれも、中央水産研究所員等20～30名をパネルとした。

検査結果は分散分析により項目ごとの標準偏差と平均値を求め、食味の概念の構造を探るために因子分析、クラスター分析を行った。そのために、各評価項目間の相

関係数を求め、相関行列から因子負荷量を求めた。また因子得点散布図を作成し、各魚肉特性の差異表現の検討を行った。

マグロについては、食感の異なる各種部位の肉について、物性測定値と官能評価による評価の関連を調べるため、中央水産研究所員12名をパネラーとして官能検査を行った。評価項目として「歯ごたえ」ならびに「とろけ感（とろけるような食感）」を選び、「中トロ」を対照として-3～+3の7段階評点法で評価した。

物性測定 養殖ブリ魚肉の物性は、レオメーター（レオテック社製）により、3種のプランジャー（φ3mm円柱型、楔型、φ5mm球形）を用いて、即殺後0～144時間水蔵した鮮度の異なる試料の破断試験を行い、プランジャーの形状と鮮度低下に伴う物性値変化との関連を調べた。試料の採取は安藤らの方法²⁰⁾に準じ、フィレーを筋繊維の方向と垂直に切断し、破断試験に供した。円柱型、球形の場合には筋隔膜を避けてプランジャーが進入するように、楔型の場合には筋隔膜に垂直にプランジャーが当たるように、図2に示す部位を選定した。同一試料について各々10～20回の測定を繰り返し、平均値と標準偏差を求めた。試験用の魚肉片は直接水に触れないように留意しながら水冷して保管し、5℃以下で測定を行った。

マグロ肉の物性測定は、テクスチャーアナライザー（Stable Microsystems社製）を用い8種類（φ5mm球形、φ3mm円柱型、プレート形、楔型、針状、ボルト形、ピアノ線、ナイフ）の形状のプランジャーにて、破断試験を行った。

いずれの測定においても、破断強度の極大値と最大値（図3）を測定した。極大値は、レオメーターによる測定ではテクスチャープロファイルの形状から判断し、テクスチャーアナライザーによる測定では肉中へのプランジャーの進入に伴い増大した応力が、1g以上減少した時点を読み取った。プランジャーの移動速度は1mm/secとした。試験片の形状は部位により異なるが、高さはいずれも20mmとなるように調整した。

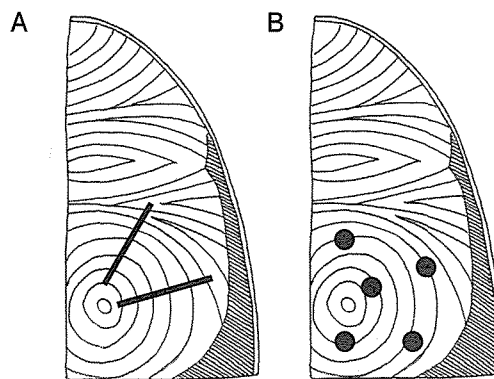


図2. 物性測定部位
(A: 楔型プランジャー, B: 円柱型・球形プランジャー)

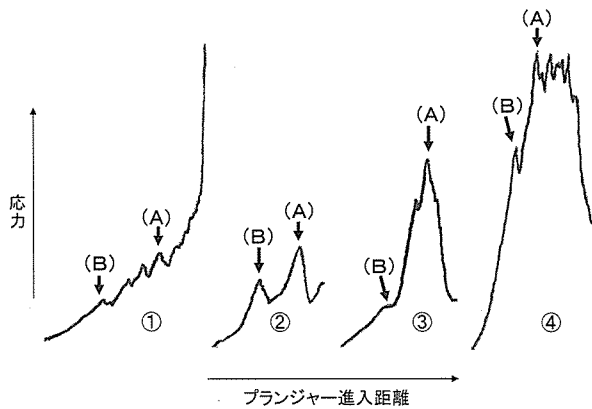


図3. 魚肉のテクスチャープロファイルにおける応力の最大値と極大値
(A: 最大値, B: 極大値, ①高鮮度時の側定例, ②球形プランジャーによる測定例, ③円柱型プランジャーによる測定例, ④楔型プランジャーによる測定例)

結果と考察

ブリ類魚肉の官能検査による魚肉特性評価 本研究では、魚肉の官能検査における評価用語を適切に選定するため、その特徴が類似している養殖ブリ、天然ブリ、ヒラマサ、ブリヒラを対象として種々の評価項目を用いた官能検査を行い、その結果から評価項目間の相関を求め、官能的な特徴に寄与する因子の抽出を試みた。

まず、①養殖ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの組み合わせについて、漁獲後1日～3日後の3回にわたり評価を行った。このときに用いた20の評価項目ごとの評価点を、図4に示した。この評価点に基づいて評価項目間の類似性を示す相関係数(表2)を求めたところ、外観による美味しさの評価と高い相関を示す項目はなく、食しての総合評価との相関係数は0.46であった。「脂の浮き」と「外観による脂の量」が0.70、「筋っぽさ」と「噛み切りやすさ」が-0.64を示したほかは全般的に低かった。

①と同様の方法により、②天然ブリと養殖ブリを比較した官能検査において用いた16の評価項目間の相関係数を求め、表3に示した。外観により美味しそうに見えるかどうかの評価と高い相関を示す項目はなかったが、「透明感」が各項目の中では比較的高い値(相関係数0.47)を示した。また「うまみ」と「総合的な味の強さ」が0.69、「硬さ・歯ごたえ」と「身の締まり」が0.73を示したほかは全般的に相関が低かった。これらのことから、官能検査に用いたそれぞれの評価項目は、相互に異なる概念を持つことが示唆された。②の官能検査における評価項目間の相関から得たクラスター分析樹形図(図5)からも、上記の関係が裏付けられた。

次に、それぞれの評価項目による評価が全体の評価に与える影響をみるために、因子分析を行った。表4に示すように、①ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの比較において

は、もっとも寄与率の高い因子1(寄与率15.98%)に関わる評価項目は、「筋っぽさ」「噛み切りやすさ」「歯ごたえ」「プリプリ感」「舌触り」であり、テクスチャーに関する評価項目が上位を占めた。また因子2(寄与率10.54%)は新鮮さに関与する項目、因子3(寄与率8.87%)は脂質に関する項目、因子4(寄与率8.03%)および因子5(寄与率5.87%)は主に外観に関する項目であった。第1～第5因子までの累積寄与率が約50%であることから、これら3種の魚肉の識別においては第1～第5因子までの総合的な判断をしていることが推察されたが、主な因子はテクスチャーの違いによるものであることが示された。

一方、表5に示すように、②天然ブリ、養殖ブリの比較においては、因子1(寄与率28.25%)、因子2(17.28%)のいずれについても味、脂質、テクスチャー、色調など、各種要因が広く関わっていた。第1～第2因子までの累積寄与率は45.53%であり、これら2者の比較においても官能評価にかかわる各種要因を総合的に評価し識別していることが示唆されたが、因子1に寄与する項目として「うまみ」、「総合的な味の強さ」「脂の多さ」「しっとり感」など脂質の存在に関与する項目が上位を占めた。この理由として、天然ブリは大型(7.7kg)であり脂質量が多いことがこれらすべての項目に影響したことも一因と推定されるが、このような食味評価に及ぼす各種成分の影響については別途検討する必要がある。

以上のように、官能検査結果に及ぼす各因子の寄与率は①と②の場合で異なっていたが、①では因子1(食感)、因子2(新鮮さ)、因子3(脂)、因子4(外観)、因子5(におい)の累計が、②では因子1(味、食感)と因子2(味、食感)の累計が、それぞれ約50%を占め、刺身としての魚肉の評価において「食感」が重要であることが示された。

図6には、①ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの評価に関与した因子1および因子2を縦軸と横軸にとった座標面に、各々のパネルによって評価された各試料の因子得点をプロットした因子得点散布図を示した。すでに図4に示したように、ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの各項目の評価点は個別にはほとんどの項目で有意差がみられなかったが、因子分析による因子得点の散布図を用いて種による特徴の差異を視覚的に表現することができた。また図7には、②天然ブリ、養殖ブリについての因子得点散布図を示し、天然ブリと養殖ブリが異なる特徴をもつことを示すことができた。

以上のように、対象とする魚種、あるいは比較しようとする魚種等の組み合わせに応じて官能検査の評価項目や評価尺度の定義をきめ細かく設定し、それぞれの魚肉の官能的特性の違いを表現するための取り組みを行い、対照区を置いた試験(①ブリ、ヒラマサ、ブリヒラ)、対照区を置かず各パネルの基準で評価した試験(②天然ブリ、養殖ブリ)のいずれについても、それぞれの魚

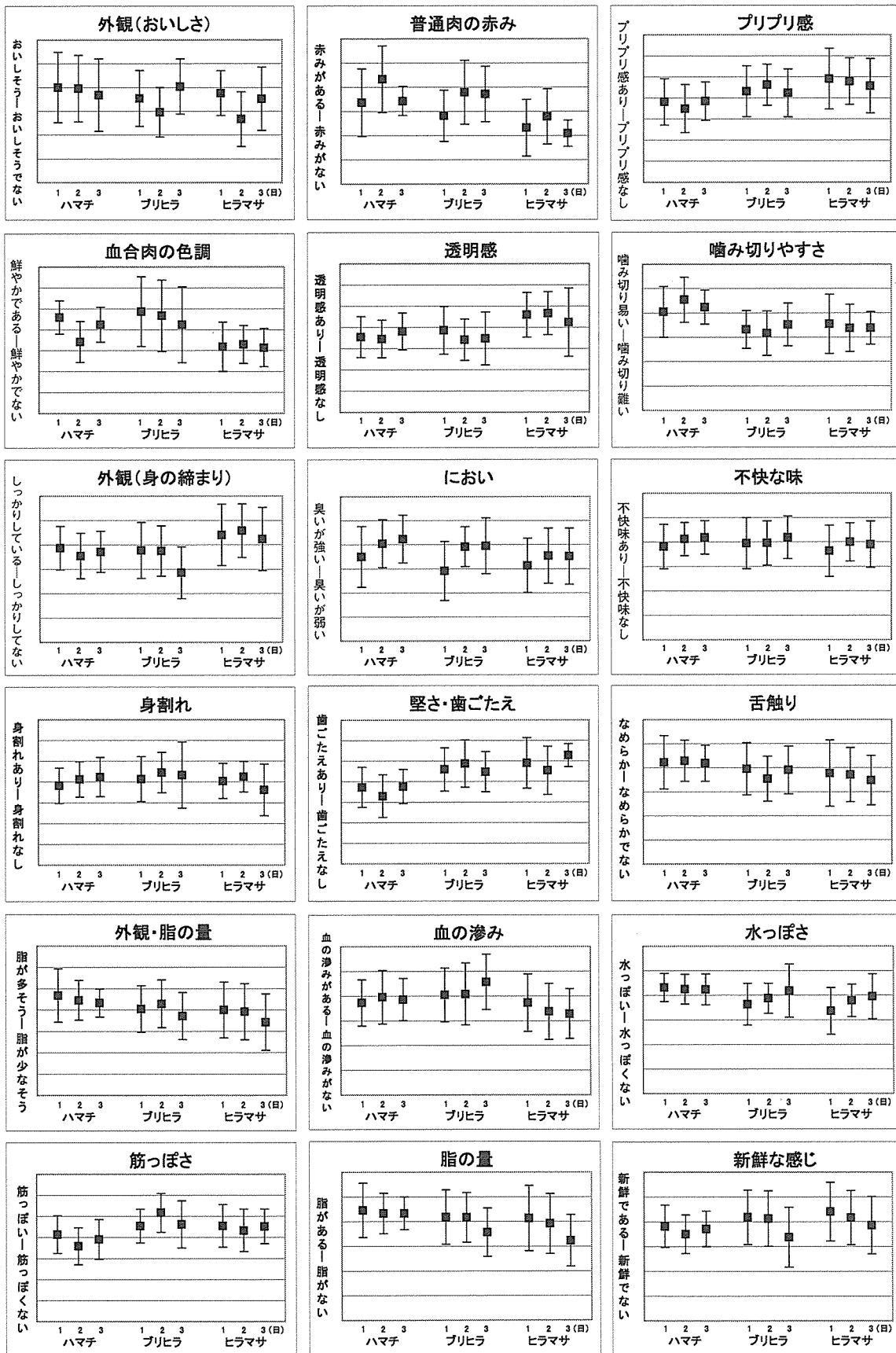


図4. 養殖ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの官能検査評点 (漁獲後1日目、2日目、3日目を図示)

表 2. 養殖ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの官能検査項目相互の相関関係

	外観・お いしさ	血合肉 の色調	外観・身 の締まり	身割れ	脂浮き	外観・脂 の量	血の 滲み	普通肉 の赤み	透明感	におい	硬さ・歯 ごたえ	舌触り	筋っぽ さ	水っぽ さ	プリプリ 感	噛み切 りやすさ	不快 な味	脂の量	新鮮な 感じ	総合評 価		
外観・おいしさ	1.00																					
血合肉の色調	0.12	1.00																				
外観・身の締まり	0.26	0.14	1.00																			
身割れ	-0.26	0.07	-0.30	1.00																		
脂浮き	0.05	0.02	-0.32	0.22	1.00																	
外観・脂の量	0.18	0.07	-0.25	0.12	0.70	1.00																
血の滲み	-0.24	0.26	-0.11	0.15	0.12	-0.09	1.00															
普通肉の赤み	-0.07	0.05	-0.25	-0.25	0.09	-0.03	0.31	1.00														
透明感	0.25	0.02	0.56	-0.09	-0.30	-0.34	-0.16	-0.33	1.00													
におい	-0.14	-0.03	-0.21	0.09	0.03	-0.22	0.37	0.30	-0.20	1.00												
硬さ・歯ごたえ	-0.20	0.14	-0.01	0.30	-0.14	-0.14	-0.01	-0.28	0.01	-0.04	1.00											
舌触り	0.19	-0.02	-0.21	-0.05	0.16	-0.02	0.01	0.21	-0.21	0.11	-0.29	1.00										
筋っぽさ	-0.28	0.17	0.02	0.23	-0.22	-0.08	0.05	-0.23	-0.01	-0.16	0.57	-0.50	1.00									
水っぽさ	-0.07	-0.08	-0.06	0.01	0.05	0.12	-0.04	-0.13	-0.06	-0.22	-0.09	0.10	0.07	1.00								
プリプリ感	0.03	0.09	0.27	0.07	-0.16	-0.11	-0.18	-0.36	0.18	-0.25	0.59	-0.36	0.54	-0.15	1.00							
噛み切りやすさ	0.16	-0.12	-0.10	-0.13	0.16	0.18	-0.11	0.24	-0.07	0.04	-0.62	0.35	-0.64	0.24	-0.61	1.00						
不快な味	-0.19	-0.09	-0.14	-0.12	0.05	-0.01	0.05	-0.03	-0.17	0.06	-0.02	0.13	-0.20	0.08	-0.23	0.25	1.00					
脂の量	-0.04	0.01	-0.09	0.18	0.36	0.30	0.15	-0.22	-0.12	0.15	-0.15	0.24	-0.23	0.20	-0.40	0.29	0.31	1.00				
新鮮な感じ	0.23	0.13	0.13	-0.01	-0.02	0.06	-0.07	-0.10	0.10	-0.40	0.27	-0.18	0.42	0.02	0.53	-0.41	-0.36	-0.40	1.00			
総合評価	0.46	0.16	0.31	-0.06	0.00	0.18	-0.18	-0.16	0.28	-0.31	0.12	-0.06	0.11	0.08	0.41	-0.13	-0.48	-0.13	0.44	1.00		

表 3. 天然ブリおよび養殖ブリの官能検査評価項目相互の相関関係

	外観・ おい しさ	色 の強 さ	透明感	におい	うまみ	生臭さ	不快 な味	脂の 多さ	脂の 臭み	総合的 な味の 強さ	硬さ・ 歯ご たえ	舌触り	身の締 まり	しっとり 感	新鮮な 感じ	素材ラ ンク	
外観・おいしさ	1.00																
色の強さ	0.01	1.00															
透明感	0.47	-0.20	1.00														
におい	-0.14	-0.16	0.01	1.00													
うまみ	0.27	0.44	-0.02	-0.30	1.00												
生臭さ	-0.35	-0.14	-0.14	0.42	-0.42	1.00											
不快な味	-0.23	0.00	-0.11	0.19	-0.38	0.56	1.00										
脂の多さ	0.10	0.50	-0.13	-0.25	0.60	-0.28	-0.15	1.00									
脂の臭み	-0.13	0.07	-0.07	0.12	-0.09	0.38	0.52	0.20	1.00								
総合的な味の強さ	0.12	0.49	-0.11	-0.18	0.68	-0.24	-0.21	0.65	0.05	1.00							
硬さ・歯ごたえ	-0.02	-0.49	0.23	0.11	-0.32	0.07	-0.09	-0.39	-0.12	-0.40	1.00						
舌触り	0.27	0.43	0.01	-0.29	0.47	-0.21	-0.18	0.38	0.06	0.40	-0.42	1.00					
身の締まり	0.08	-0.52	0.34	0.15	-0.28	-0.04	-0.16	-0.38	-0.20	-0.28	0.73	-0.30	1.00				
しっとり感	0.10	0.46	-0.11	-0.26	0.43	-0.17	-0.12	0.43	0.01	0.42	-0.50	0.49	-0.54	1.00			
新鮮な感じ	0.21	-0.07	0.32	-0.12	0.12	-0.26	-0.33	0.03	-0.22	0.09	0.40	0.02	0.50	-0.14	1.00		
素材ランク	0.36	0.35	0.08	-0.22	0.55	-0.43	-0.46	0.37	-0.26	0.44	-0.13	0.49	-0.02	0.41	0.47	1.00	

表4. 官能検査（養殖ブリ・ヒラマサ・ブリヒラ）の因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
筋っぽさ	0.806	0.098	-0.061	0.064	-0.008
噛み切りやすさ	-0.755	-0.193	0.118	0.024	-0.194
堅さ・歯ごたえ	0.765	0.000	0.016	-0.026	0.057
ブリブリ感	0.677	0.384	-0.123	-0.164	-0.112
舌触り	-0.512	-0.051	0.096	0.126	0.047
総合評価	0.090	0.660	0.110	-0.280	-0.119
新鮮な感じ	0.388	0.626	-0.067	0.042	-0.143
不快な味	-0.137	-0.570	0.068	0.051	-0.143
外観・おいしさ	-0.340	0.521	0.066	-0.293	-0.095
脂浮き	-0.173	0.106	0.740	0.287	0.037
外観・脂の量	-0.122	0.249	0.721	0.264	-0.236
脂の量	-0.221	-0.382	0.550	-0.140	0.025
透明感	0.038	0.141	-0.206	-0.703	-0.061
外観・身の締まり	0.021	0.230	-0.220	-0.675	-0.025
普通肉の赤み	-0.366	0.075	-0.213	0.455	0.340
血の滲み	0.032	-0.138	0.100	0.143	0.589
におい	-0.140	-0.300	-0.054	0.145	0.553
血合肉の色調	0.109	0.208	0.149	-0.111	0.316
身割れ	0.339	-0.164	0.371	0.077	0.129
水っぽさ	-0.056	-0.101	0.165	0.017	-0.328
寄与率	15.98	10.54	8.87	8.03	5.87
累積寄与率	15.98	26.52	35.39	43.42	49.29

表5. 天然ブリと養殖ブリの官能検査項目についての因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
うまみ	-0.785	-0.172	0.071	-0.131	-0.045
総合的な味の強さ	-0.735	0.018	0.203	-0.287	0.016
脂の多さ	-0.714	0.105	0.225	-0.227	-0.198
しっとり感	-0.668	0.190	-0.071	0.135	0.117
色の強さ	-0.645	0.257	0.039	-0.082	0.112
舌触り	-0.641	-0.003	0.122	0.193	0.099
素材ランク	-0.624	-0.443	0.069	-0.037	0.237
身の締まり	0.529	-0.648	0.195	-0.174	0.013
硬さ・歯ごたえ	0.597	-0.516	0.143	-0.240	-0.081
生臭さ	0.453	0.514	0.252	-0.070	0.250
新鮮な感じ	-0.037	-0.663	0.230	-0.186	0.079
脂の臭み	0.054	0.506	0.518	-0.007	-0.169
不快な味	0.334	0.604	0.313	0.093	-0.061
透明感	0.102	-0.455	0.319	0.405	-0.013
外観・おいしさ	-0.265	-0.423	0.213	0.454	-0.016
におい	0.390	0.171	0.157	-0.079	0.395
寄与率(%)	28.25	17.28	5.23	4.54	2.48
累積寄与率(%)	28.25	45.53	50.76	55.30	57.79

肉の肉質の差異をある程度表現することができた。養殖条件による養殖魚の肉質を比較しようとする場合などは、必ずしもすべての条件の試料を同時に比較できるわけではない。また、複数回にわたって試験を繰り返して行う場合に、全く同じ品質の対照区を用いることは困難である。必要となる用語や対照区の設定等の方法は官能検査を行う目的によって随時変更する必要があるが、本報で用いたような手法は、対照区を設定しにくい魚肉の評価に応用できるものと考えられる。

養殖ブリ肉の物性測定による評価 食品の食感のうち「かたさ」は物理的測定値と官能評価値の相関が最も高いといわれ²⁷⁾、水産物では冷凍すり身品質検査基準としてのすり身加熱ゲルの物性測定方法が確立されている²⁸⁾が、魚肉の物性測定についてはレオメーターによる破断荷重の測定が行われているものの具体的な手法は統一されていない²⁹⁾。そこで、本研究では、魚肉の破断試験における測定法について、いくつかの観点から検討を行った。

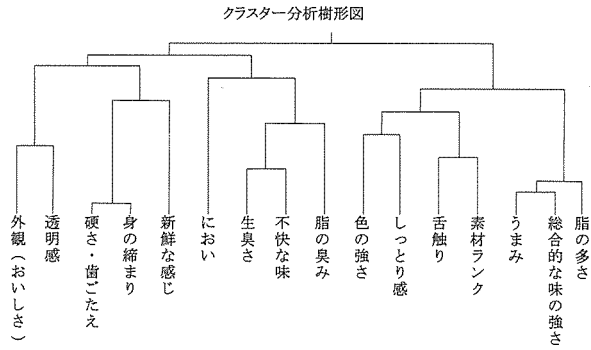


図5. 官能検査における評価項目間の相関から得たクラスター分析樹形図

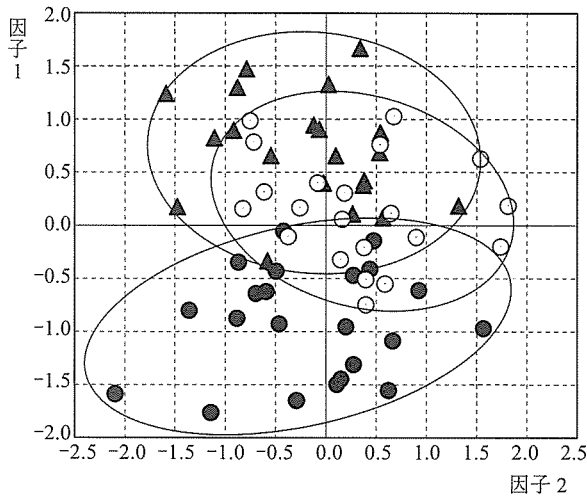


図6. 養殖ブリ, ヒラマサ, ブリヒラの官能検査による因子得点散布図
(○養殖ブリ, ▲ブリヒラ, ●ヒラマサ)

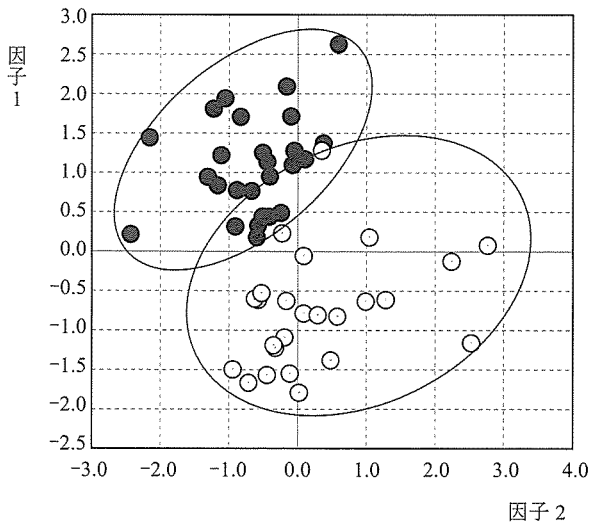


図7. 天然ブリと養殖ブリの官能検査による因子得点散布図
(○天然ブリ, ●養殖ブリ)

1. 破断試験における最大値・極大値 魚肉にプランジャーを突き刺したときに生じる応力は、試料の魚肉表面をプランジャーが突き破る力のほか、筋隔膜のずれ易さや、表面からは見えにくい内部構造の影響なども複合的に関与し合っているものと考えられ、比較的均一な構造をもつ練り製品等の試料と比較して安定した物性値が得られにくい。また、場合によっては、図3-①に示すようにプランジャーの進入に伴って破断強度が一方向的に上昇して最大値を読み取りにくいことがあり、また図3-②のように最大値の前に極大値のピークを示す場合や、図3-③のように極大ピークではなく肩状の変曲点が見られる場合もある。そこで、ここではブリ肉の物性評価において比較的よく用いられている3種の形状のプランジャー（円柱型、球形、楔型）を用いて、その形状および物性測定値の読み取り方と、測定値のばらつきとの関係について検討した。

球形の場合には比較的明瞭な極大ピークが得られたため、極大値と最大値を測定した。円柱型および楔型の場合には、明瞭な極大ピークが得られない場合が多かったため、最大値のピーク以前に出現する極大ピークおよび肩（変曲点）の部分のいずれかを極大値として読み取った。

測定値のばらつきの程度を示す指標として便宜的に、同一試料の測定において得られた10～20の計測値から“標準偏差/破断強度平均値”を算出し、各種の試料の測定において得られた値を図8中にプロットした。この図において、“標準偏差/破断強度平均値”の値が低いほうが測定値のばらつきが少ないことを示す。測定値のばらつきの大きさは、円柱型および球形プランジャーを用いた場合は最大値よりも極大値（変曲点）の方が、楔型プランジャーを用いた場合には逆に極大値よりも最大値を求める方が、ばらつきが小さくなるとの結果が得られた。

2. 魚体の測定部位による影響 養殖ブリ背肉の異なる部位（頭に近い部分、中心部、尾部）を用いて、測定部位による物性測定値の変動について調べた結果を図9に示す。円柱型、球形プランジャーを用いた場合には、いずれも頭部で、また楔型では頭部および尾部で、やや高い破断強度を示す傾向があった。

測定部位を示した図2にみられるように、試料となる魚肉切り身には多くの筋隔膜が存在しているが、筋節は脊椎骨に対し斜めに入り込んでいる構造になっており³⁰⁾、魚肉試料にプランジャーが進入する際に、内部で筋隔膜に接する、あるいはこれを突き破るときに応力を生じ、これが破断強度に影響を与えることが推察される。この筋隔膜は、魚体中心部よりも背に近い部分で間隔が狭く密な構造になっており、頭部では密な構造の範囲が大きい。また尾部に近くなり試料表面の面積が小さくなるに従って、同心円状の筋節における筋隔膜の間隔が小さくなり、その結果として筋隔膜の影響を受けやす

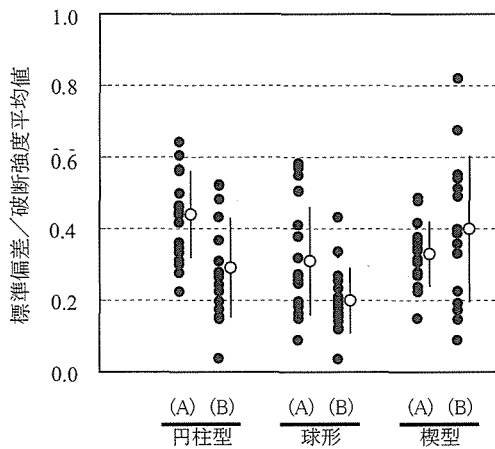


図8. 魚肉物性測定におけるプランジャー形状と物性測定値の精度との関係
(A: 最大値, B: 極大値)

くなることが推察された。これらのことから、魚肉の物性測定を行う際に、その測定部位はできるだけ背肉の頭部や尾部を除くなど、特定して行う必要のあることが確認できた。

3. 保存期間の異なる養殖ブリ肉の物性評価 破断試験におけるプランジャーの形状の相違や、ピークの読み取り方の影響を確認するため、漁獲後の保存期間の異なる養殖ブリ肉の物性について、3種のプランジャーを用いて最大値ならびに極大値を測定した結果を図10に示した。いずれの測定方法による場合も、明瞭に死後硬直による筋肉収縮が観察された24時間後までに破断強度が急激に低下し、その後の変化は小さかった。また漁獲直後から死後硬直に至るまでは非常に高い測定値を示すが、測定値のばらつきも大きく、一定の値を得にくいことも示された。また楔型プランジャーでは、致死後の初期に一旦破断強度が上昇してから低下する傾向が示されたが、円柱型ならびに球形の場合にはそのような変化は示されなかった。

鮮度低下に伴う物性低下の勾配に着目すると、円柱型・球形・楔型のいずれの場合にも、極大値よりも最大

値における変化の方が大きかった。一方、測定値のばらつきの度合いは、図8で示されたように、円柱型ならびに球形では最大値よりも極大値で、楔型では極大値よりも最大値で小さく、比較的収束した値となった。

刺身を食べる場合、通常はまず前歯(楔型)で噛み切ってから奥歯(円柱型)で噛み締めること等を考えると、本試験で用いたプランジャーはそれぞれに魚肉の特徴を示すことが推察されるため、一概に単一の評価手法に絞り込む必要はないと考えられる。また複数のパラメーターを組み合わせることも有効であろう。畑江は複数の物性測定値や筋繊維の長さ・太さなどの指標を組み合わせることにより、種々に異なる魚種間のテクスチャーの違いを判別値として示した²⁴⁾。また5魚種のクリープ・コンプライアンスを求め、粘弾性定数からの魚肉特性の特徴付けを試みた⁴⁾が、得られた結果は経験的なテクスチャー評価による硬さの順序とは必ずしも一致せず、むしろ逆であり、我々が硬いと感じる感覚は弾性率・粘性率といった物理化学的性質ではなく、結合組織による噛み切りにくさなどの性状を捉えていると結論づけた。これらのことから考えると、経験的手法である魚肉の破断試験は、「硬さ」に関しては人間が食したときに口腔内で感じる魚肉の食感を比較的よく反映した簡便な手法であると考えられる。

ただし、今回の結果で示されたように、同一のプランジャーを用いた場合にもそのテクスチャープロファイルの読み取り方によって測定精度が異なる場合や、変化の勾配が異なる場合があることから、このような破断試験によって魚介類の物性測定を行おうとする場合には、用いようとする方法が試験の目的である対象物の物性の差を有意差として示し得るものであるかどうかの確認は事前に必要となるものと考えられる。

なお、今回は同様の測定をブリヒラ、ヒラマサについて測定したが、粘着性の強いブリヒラでは挙動が異なり、破断試験による測定そのものが困難であった。またすでに記したように死後硬直前の魚介肉は独特の粘りのある物性を示すため測定精度が悪く、初期の死後変化の肉質変化を明瞭に示しにくい。生食を目的とする養殖魚の肉質向上に向けての関心が高まる中、このような性状

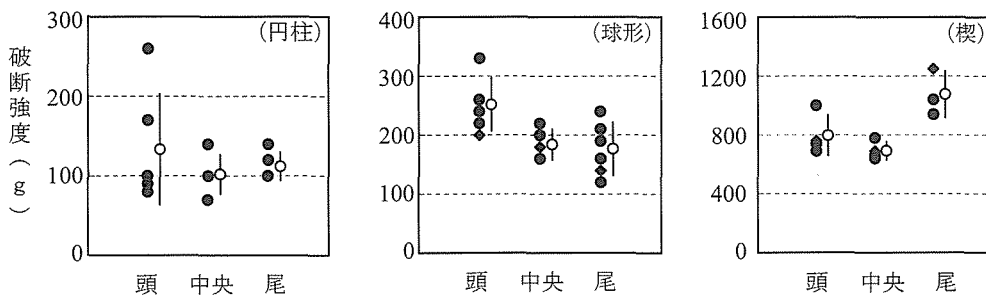


図9. 養殖ブリ物性測定における測定部位の影響

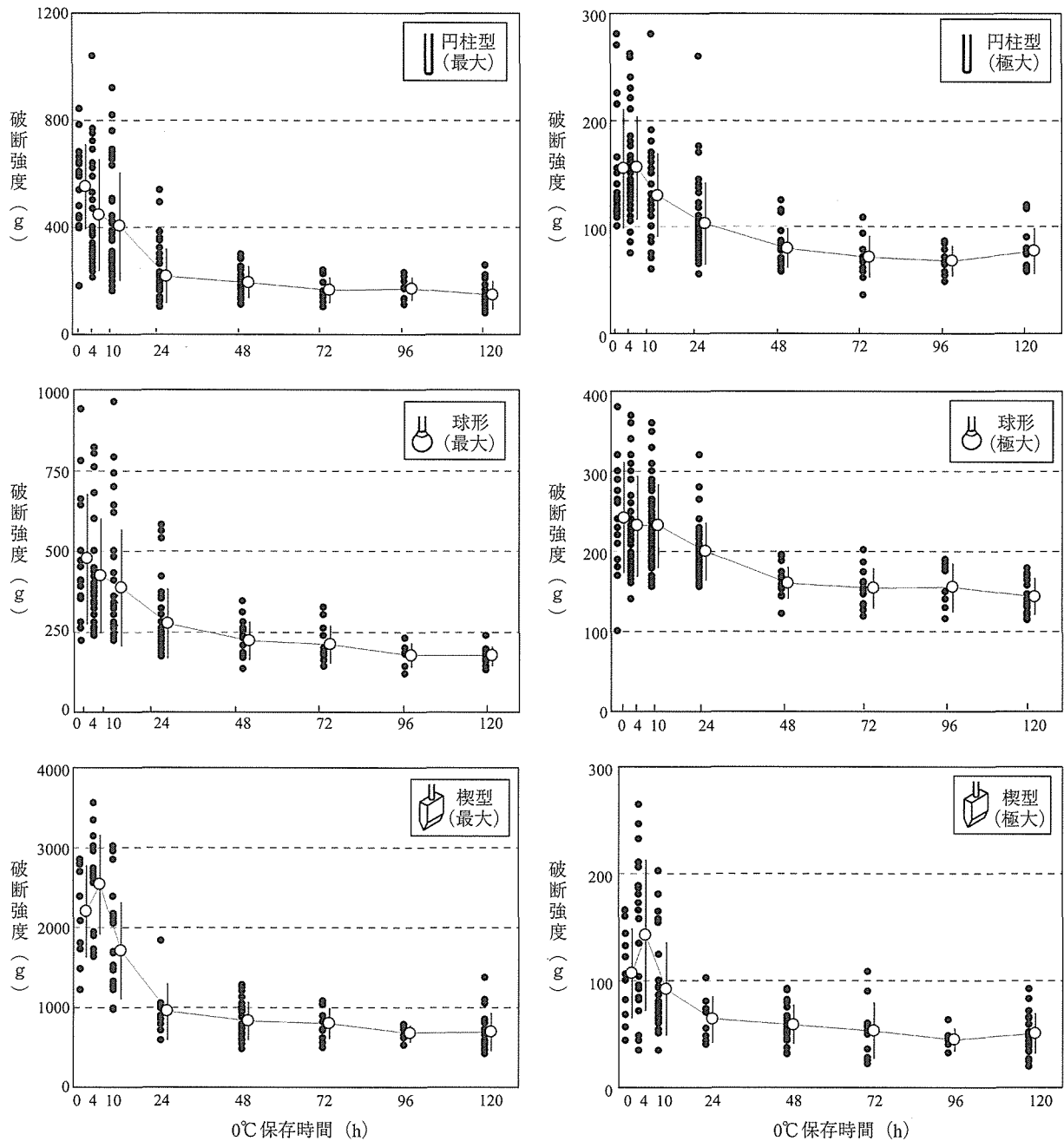


図 10. 養殖ブリ即殺後の 0℃ 保存期間中における魚肉の物性変化

を適切かつ簡便に表現できる物性測定方法の検討は、今後さらに必要とされてくると思われる。

マグロ肉の物性測定と官能評価 魚肉の物性測定において、その性状に適したプランジャーの選択が必要であることが示されたため、特性が種々に異なるメバチの各部位を用いて、その物性値（破断強度の極大値と最大値）を、各種プランジャーを用いて測定した。また各種部位の魚肉の官能評価による歯ごたえととろけ感を評価し、これらを合わせて表 6 に示した。ここで得られた各種プランジャーによる物性値と官能評価の歯ごたえおよびとろけ感との相関を表 7 に示した。これらのうち物性値と

強い相関が得られたのは、歯ごたえと球状プランジャーの最大値（相関係数 0.952）、とろけ感とピアノ線による最大値（相関係数 0.795）、および歯ごたえと円筒プランジャー極大値（相関係数 0.787）であった。また、とろけ感とプレートプランジャーによる破断強度極大値（相関係数 0.523）およびとろけ感と脂肪含量（相関係数 0.681）も比較的相関が高かった（図 11）。

以上のように、魚肉の硬さや官能物性特性について、物性測定用のプランジャーやサンプル調製方法および測定機器を検討することにより、より肉質特性を反映する測定が可能となることが示唆された。

表 6. メバチ各部位の官能検査ならびに各種ブランジャーを用いた物性測定結果

	A	B	C	D	E	F	G
球・極大	71	61	138	225	125	113	256
球・最大	91	92	177	301	215	169	362
円柱・極大	64	50	90	175	93	117	227
円柱・最大	78	87	180	209	195	140	301
ナイフ・極大	262		583	584	313	622	965
ナイフ・最大	272		820	663	700	905	1043
針・極大	14	13	21	18	14	22	47
針・最大	23	15	48	57	64	37	227
ピアノ線・極大	328		609	778	793	598	755
ピアノ線・最大	464		740	778	854	855	805
プレート・極大	551	1045	626	1156	1151	1655	985
プレート・最大	551	1130	809	2241	1298	1858	1516
ボルト型・極大	138	235	293	401	298	428	581
ボルト型・最大	145	293	406	510	385	483	724
楔・極大	206	317	408	485	953	568	761
楔・最大	228	541	651	984	1592	775	829
歯ごたえ	-0.95	-1.13	-0.50	1.23	0.45	-0.36	0.00
とろけ感	2.00	-1.20	0.40	0.55	-1.90	-1.40	0.00

表 7. メバチの機器測定による物性値と官能検査項目との相関

	水分	球		円柱		ナイフ		針	
		極大	最大	極大	最大	極大	最大	極大	最大
とろけ感	0.595	0.009	0.013	0.002	0.055	0.369	0.048	0.008	0.049
歯ごたえ	0.085	0.837	0.933	0.787	0.763	0.085	0.793	0.042	0.750

	脂肪	ピアノ線		プレート		ボルト型		楔	
		極大	最大	極大	最大	極大	最大	極大	最大
とろけ感	0.681	0.452	0.796	0.524	0.133	0.216	0.205	0.513	0.432
歯ごたえ	0.108	0.754	0.327	0.120	0.555	0.410	0.490	0.342	0.518

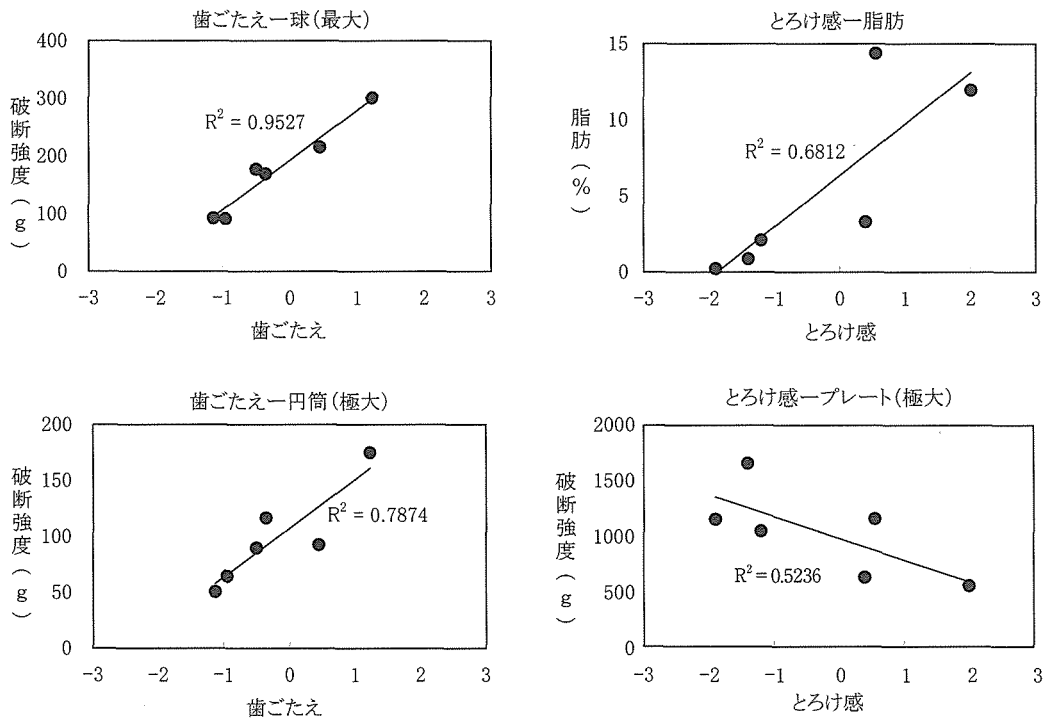


図 11. メバチ機器測定による物性値と官能検査項目との相関

本研究では、水産物の生食に特徴的な刺身の肉質評価方法について、魚肉特性の官能評価方法ならびに破断試験による物性測定法についていくつかの検討を行った。その結果、魚種特性などによりその測定方法を工夫することにより、よりの確かな客観的評価が可能であることを示すことができた。

今後、さらに各種の魚種特異性を考慮した測定法を吟味し知見を集積していくことにより、鮮魚の肉質評価のためのマニュアル化も可能となることと思われる。そのうえで、各種最適養殖条件の検討や新規養殖魚種選別、あるいは新規鮮度維持加工法や冷凍解凍方法等が魚肉物性に及ぼす影響等の、より客観的な評価が可能となるものと期待される。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、試料採取にご協力戴いた(有)丸福水産 磯辺久美子氏、小安浜水産(株) 鈴木 晋氏ならびに長崎県総合水産試験場水産加工開発指導センター職員諸氏、官能検査にご協力戴いた(独)水産総合研究センター中央水産研究所職員諸氏、ならびに本論文のとりまとめに際しご助言戴いた元中央水産研究所利用加工部長木村郁夫博士に厚く御礼申し上げます。

本研究の一部は、独立行政法人水産総合研究センター交付金プロジェクト研究「水産生物育種の効率化基礎技術の開発(平成9～14年度)」により行われた。

文 献

- 1) みなと新聞(2008)世界まぐろマップ。(平成20年度まぐろ需給協議会資料(水産庁)ならびにFISHSTAT(FAO)に基づく算出資料)
- 2) 畑江敬子・玉利朱美夏・宮永邦子・松本重一郎(1985)魚肉の物性の魚種間の差および鮮度低下による変化。日水誌, 51, 1155-1161.
- 3) Ando M., Toyohara H., Shimizu Y., and Sakaguchi M (1991) Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57, 1165-1169.
- 4) 畑江敬子・中山照雄・松井由佳・島田淳子・松本重一郎(1988)5魚種の魚肉物性のクリープ・コンプライアンスによる特徴づけ。日水誌, 54, 1595-1599.
- 5) 國崎直道・鷹田 馨・松浦宏之(1986)天然ならび養殖アジの脂肪含量, 筋肉硬度および脂肪酸組成について。日水誌, 52, 333-336.
- 6) 畑江敬子・李敬姫・土屋隆英・島田淳子(1989)養殖魚と天然魚のテクスチャー特性について。日水誌, 55, 363-368.
- 7) 豊原治彦・志水 寛(1988)魚体の死後硬直現象と魚肉の物性の関係。日水誌, 54, 1795-1798.
- 8) Mishima T., Nonaka T., Okamoto A., Tsuchimoto M., Ishiya T., Tachibana K., Tsuchimoto M. (2005) Influence of storage temperatures and killing procedures on post-mortem changes in the muscle of horse mackerel caught near Nagasaki Prefecture.

Fish Sci., 71, 187-194.

- 9) 望月 聡(1996)マサバおよびマルアジ筋肉の死後変化に対する致死条件の影響。日水誌, 62, 453-457.
- 10) 望月 聡・佐藤安岐子(1996)マサバおよびマルアジ筋肉の死後変化に対する致死条件の影響。日水誌, 62, 453-457.
- 11) 望月 聡・乗田嘉子・前野久美子(1998)マアジ筋肉の死後変化に及ぼす脱血の影響。日水誌, 64, 276-279.
- 12) 望月 聡・前野久美子・乗田嘉子(1997)首折りによって致死させたマアジ筋肉の死後変化。日水誌, 63, 396-399.
- 13) 岩本宗昭(1989)魚類の生きの保持に関する研究。島根県水産試験場研究報告, 第6号, 1-59.
- 14) 三重県(1995)養殖生産物の品質評価要因の解明とその制御技術の開発。高品質ウナギの養殖技術開発研究。平成6年度特定研究開発促進事業報告書, 三重県水産試験場内水面漁業研究所, 1-16.
- 15) 岡 弘康・大野一仁・二宮順一郎(1990)ハマチの致死条件と冷蔵中における魚肉の硬さとの関係。日水誌, 56, 1673-1678.
- 16) 畑江敬子・徳田仁美・島田順子・松本美鈴・山中英明(1991)調製方法の異なるクルマエビ“あらい”の呈味およびテクスチャー。日水誌, 57, 2133-2137.
- 17) 木村 稔・成田正直・野俣 洋・金子博実・山中英明(1997)ホタテガイ貝柱の硬化に与える貯蔵温度の影響。日水誌, 3, 621-626.
- 18) 安藤正史・仁保 浩・塚正泰之・牧之段保夫(1998)養殖ヒラメとの比較による養殖ホシガレイの品質評価。日水誌, 64, 1027-1033.
- 19) 岡崎恵美子(2006)物性評価技術。水産大百科事典, ((独)水産総合研究センター編), 朝倉書店, 東京, 702-707pp.
- 20) Ando M., Toyohara H., Shimizu Y., and Sakaguchi M (1991) Validity of a Puncture Test for Evaluating Change in Muscle Firmness of Fish during Ice Storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 2341.
- 21) 岡崎恵美子(1987)Ⅲ官能検査の実際, 魚肉加工品。水産食品のテクスチャー。水産学シリーズ67(丹羽栄二編), 恒星社厚生閣, 東京, 87-97pp.
- 22) 早川文代(2008)官能評価のためのテクスチャー用語の収集と分析。食品工業, 51, 46-55.
- 23) Yoshikawa S., Nishimaru S., Tashiro T. and Yoshida M. (1970) Collection and classification of words for description of food texture. *J. Texture Stud.*, 1, 437-463.
- 24) 畑江敬子(1990)魚肉テクスチャーの総合的把握の試み。New Food Industry, 32, 51-66.
- 25) 愛知県水産試験場内水面漁業研究所・三重県水産技術センター内水面分場・岐阜県水産試験場・長野県水産試験場(1995)平成2～6年度特定研究開発促進事業報告書 養殖水産物の品質評価要因の解明とその制御技術の開発。
- 26) 村田 修(1998)海産養殖魚の品種改良に関する研究。近畿大学水産研究所報告, 第6号, 1-101.
- 27) 戸田 準・和田武夫・紺野 昭(1978)ゼラチン, 寒天, 卵白を素材とするゲルのテクスチャー。農化, 52, 539-544.
- 28) 水産庁(1994)冷凍すり身の品質検査基準の設定について。水産庁漁政部長通達, 6水漁第1065号。
- 29) 畑江敬子(1995)テクスチャー測定器。魚介類の鮮度判定と品質保持。水産学シリーズ106(渡邊悦生編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.20-31.
- 30) 日比谷京(1976)筋肉組織。白身の魚と赤身の魚。水産学シリーズ13(日本水産学会編), 18-22pp.

マグロおよび数種のブリ類魚肉のテクスチャー測定について

岡崎恵美子・臼井一茂・木宮 隆・山下由美子・
大村裕治

水産物の肉質は、魚種、生理状態、部位、鮮度等によって異なり、その差異が価格にも反映する。本研究では、メバチおよび数種のブリ類を対象として、肉質評価に焦点を絞り、魚肉テクスチャーの物理的測定方法、ならびに官能評価方法について検討した。その結果、官能検査においてはその評価項目を適切に選び評価尺度の定義を明確にすることが重要であること、破断試験による物性測定においては測定方法を選ぶことにより、測定精度を高め、官能評価と高い相関性を示す物性値を得ることができることを示唆した。

水産技術, 1 (2), 1-12, 2008