

# おいしい魚が簡単に測定できる 品質状態判別装置の開発

長崎県総合水産試験場 水産加工開発指導センター  
加工科 主任研究員 久保久美子

## 1. はじめに

現在、水産物の品質は生産者、流通業者、小売店等の各段階でそれぞれの経験に基づき、主観的に評価（いわゆる目利き）されています。一方、果物などでは非破壊で糖度を測定し、消費者はスーパーで糖度を見ながら購入を決めることができます。残念なことに、水産現場では客観的数値による評価はできていません。鮮度の指標である「K値」や歯ごたえの指標である「破断応力」の測定には、専門的知識と特殊な機器が必要であり、かつ、測定に時間がかかる上、測定に使用した水産物は商品にならないため、水産現場では使えません。そこで、非破壊で品質の良さやおいしさを判断し、アピールするための数値を簡単に測定する方法が求められてきました。



写真1 刺身品評会の様子

## 2. 魚のおいしさと脂の関係

長崎県まぐろ養殖協議会（後援：長崎県）では、品質の高い養殖クロマグロの生産を目指す養殖業者の生産意欲の向上とその取組みを広く消費者にPRするため、「長崎発旨い本マグロ祭り」を開催し、そのイベントにおいて、主に県内の生産者が出品した養殖クロマグロの刺身品評会を実施してい

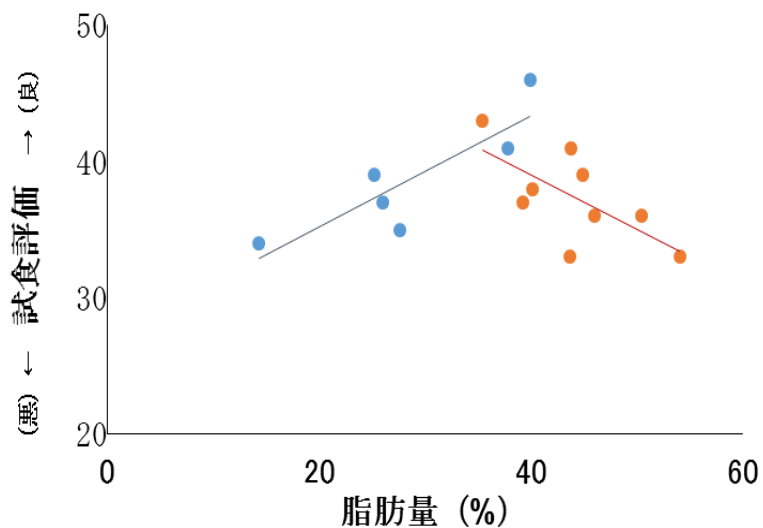


図1. 養殖クロマグロの腹部脂肪量と試食評価の関係

ます（写真 1）。

総合水産試験場では、品評会に出品されたマグロ腹部（皮下脂肪込み）の脂肪量を測定し、脂肪量と試食評価の関係を調べました。平成 25 年 1 月に行われた第 1 回（●）は脂の多いものが多く出品され、脂の少ないマグロが高く評価されました（図 1）。一方、同年 12 月に行われた第 2 回（●）では、脂が少ないものが多く出品され、脂の多いものが高い評価を得ました。2 回の品評会の結果から、マグロ腹部の脂肪量は 35 から 40% のものが、高く評価されました。適度な脂肪量が好まれるということは、脂肪量がおいしさの一つの指標になると考えられました。<sup>1)</sup>

### 3. 簡易型脂肪測定装置の開発

総合水産試験場では、平成 22 年度から（独）水産総合研究センター中央水産研究所、長崎大学水産学部、千葉県水産総合研究センター及び大和製衡株式会社との産学官共同で、魚のおいしさの指標の一つとなる脂肪量を非破壊で簡単に測定できる装置の開発に取り組んできました。<sup>2,3)</sup>

この取組では、比較的安価で小型かつ軽量、市販電池駆動で防水性のある測定装置を開発するため、人用体脂肪計と同じ原理を用いた方法であるインピーダンス法を採用しました。これは、電気の性質を用いた方法で、電気は筋肉組織を通過することができますが、脂肪組織は通過できず、電気抵抗（インピーダンス）

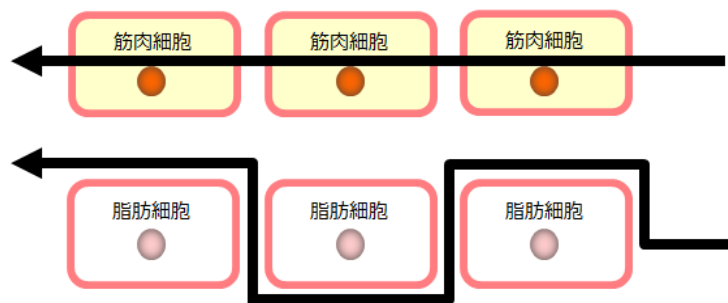


図 2. 電気の流れと細胞組織の関係

（上段）筋肉細胞は水分が多く、電気は流れやすい

（下段）脂肪は電気を通さず、電気は迂回するため流れにくい

が大きくなることを利用した測定方法です（図 2）。

魚も人と同様に細胞が集合して体を形成していますが、細胞が周波数によって電流経路に大きな影響を与えます。筋肉組織を電氣的観点からみると、0.9%食塩水を含む細胞外液と非常に薄い細胞膜で包まれた細胞からできています。細胞膜には電気（電荷）を溜め込む電気容量（コンデンサ）があり、高い周波数で電気を流した場合は細胞内にも電気が流れますが、低い周波数で電気を流した場合は、電荷は細胞膜に蓄えられ、細胞は絶縁体のまま電気は細胞外を流れます（図 3）。

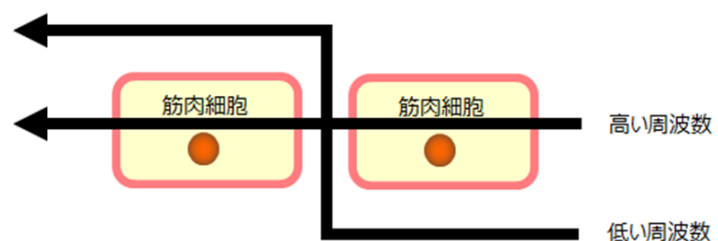


図 3. 周波数毎の電流経路の関係

※ 高い周波数の電気は細胞の内部を通過できるが、筋肉細胞でも、低い周波数の電気は細胞の外を流れる。

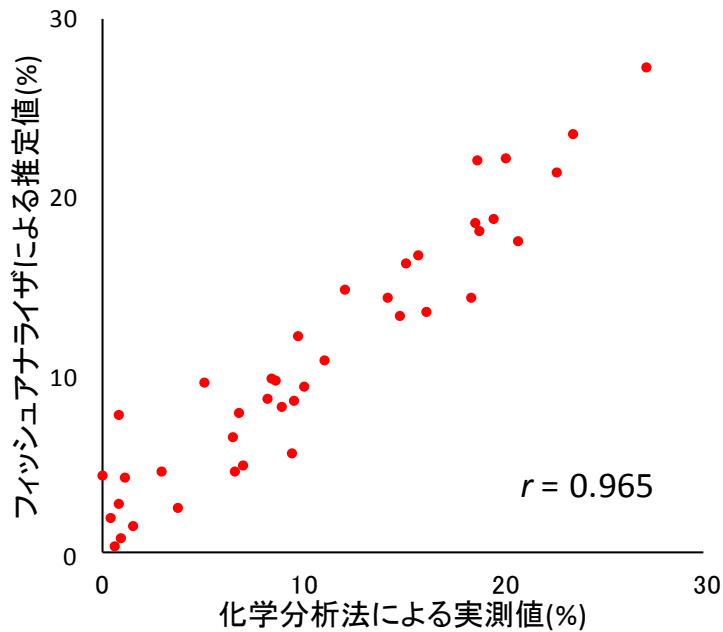


図4. 養殖クロマグロの尾柄部における脂肪量の実測値と推定値の関係

このように、電気の周波数を変え、細胞内外の状況からインピーダンスを分析することで脂肪量をより正確に測定することが可能となります。そこで、複数の周波数で電気を流し、それぞれのインピーダンスと化学分析法による脂肪量との関係を数学的に解析し、アジ、養殖ブリ、養殖クロマグロの脂肪量を推定する検量線を求めました。養殖ブリや養殖クロマグロでは作成した検量線の重相関係数は非常に高いもの（図4）でしたが、アジに関しては、初めあまり良い推定精度は得られませんでした。今回、インピーダンス測定には4電極法を用いました（図5）。4電極法は外側の電流極から電気を流し、内側の電圧極でインピーダンスを検出するため、魚体内部を測定できますが、電気の流れる断面積にインピーダンスは影響されます。電極間の幅が広いと深い部分まで測定できますが、アジのような小型魚には不適切であると考えられました。そのため、アジのような小型魚に対しては、電極間を狭くする改良を行いました（写真2）。その結果、アジにおいても精度良く脂肪量を推定することができるようになりました。

なお、電気は温度の影響を受けますので、測定時の温度が重要です。検量線を作成した時と同じ温度条件（氷蔵）で測定しなければ、正確な脂肪量を測定することはできませんので、注意が必要です。

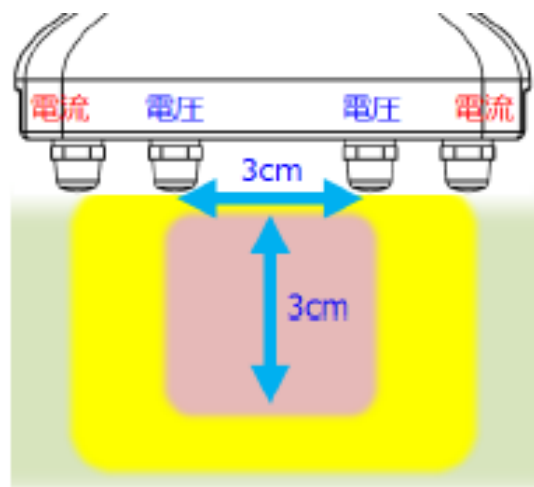


図5. 電極構造（4電極法）

この3魚種にイワシ、サバ、サンマを加えて計6魚種の脂肪量を測定できる機器として、平成27年2月19日から大和製衡株式会社がフィッシュアナライザという商品名で発売しています(写真3)。

#### 4. 装置の特徴

本装置の特徴は以下のとおりです。

- ① 多周波を用いたインピーダンス法により、電極を当てるだけで5秒以内に魚を傷つけず前述6魚種の脂肪量を高精度で測定できます。
- ② 6魚種以外でもインピーダンス値の測定が可能で、インピーダンス値と化学分析した脂肪量との関係を求めると、独自の脂肪量計算式を作ることができます。
- ③ 鮮魚の場合、周波数の違いにより電気の流れが異なりますが、凍結・解凍後には、細胞膜の破壊が進み、その違いがなくなるため、これまで測定が不可能であった鮮魚と解凍品の見極めが可能です。



写真2. 小型魚用アタッチメント

#### 5. 装置の活用

この装置を使用することで、以下の効果があると考えています。

- ① 本装置による測定値は、おいしさの客観的な指標(脂肪量)として水産物の優位性をアピールでき、高付加価値化に結びつきます。
- ② 脂肪量に応じた簡便な仕分けが可能となり、用途に応じて適材適所へ流通できます。
- ③ 水産加工場の品質管理に利用することで、高品質な加工品を安定的に生産することができます。
- ④ 養殖魚のブランド化を目指し、出荷前の品質チェックに利用できます。

#### 6. 今後の取り組み

今回開発した装置が水産物の流通現場で使用され、脂肪量が水産物の客観的な品質評価基準となり、長崎県産水産物の優位性がアピールできるようになればと思っています。そのために、総合水産試験場で



写真3. 魚用品質状態判別装置  
(フィッシュアナライザ)

保有する装置を漁協、養殖場、市場、加工場などで使用していただき、問題点をフィードバックしていただきながら、今後も測定できる魚種を増やしたり、正確な脂肪量測定のための温度補正機能を追加するなど装置の改良を進めていきます。

また、インピーダンスは細胞の死後徐々に低下することが報告されており、<sup>4, 5)</sup> 本研究においてもインピーダンスを測定することにより、鮮度を数値化できる可能性が認められています。図3で示したように、低周波は細胞外を流れますが、鮮度の低下とともに細胞の破壊が起き、電気が流れやすくなるため、インピーダンスが低下します。このため、周波数を選択し、インピーダンスを数学的に解析することにより、K値と同じような挙動を示すと考えています。

さらに、夏場の高水温期に養殖マグロやブリを出荷した際、筋肉が白濁する現象（通称“ヤケ肉”）が発生し、商品価値を下げる原因になっています。これらの現象は出荷時には確認が不可能で、販売店や消費者から指摘され初めて確認できる現象です。ヤケ肉においても細胞の変化がその原因とされていることから、インピーダンスを測定するフィッシュアナライザは、これらの現象を脂肪量測定と同様に、非破壊で測定、判別することが可能になると考えています。今後、これらの機能を付加し、各種水産物の品質を同じ装置で測定できるよう、機能強化をめざしていきます。

## 7. おわりに

総合水産試験場水産加工開発指導センターでは、オープンラボ（開放実験室）として、ねり製品、塩干品をはじめ、様々な水産加工品を試作できる機器のほか、魚介類の鮮度、品質等の試験にも対応できる機器を整備して、県内の漁業者、加工業者の方々がいつでも利用できるような体制をとっています。今回、紹介した装置の使用方法についても説明しますので、大いに利用していただきますようお願いいたします。（連絡先：095 - 850 - 6314）

## 8. 文献

- 1) 久保久美子, 古賀恵実, 松本欣弘, 桑原浩一. 簡易測定器による非破壊での養殖クロマグロ肉の脂肪量推定の可能性. 長崎県総合水産試験場研究報告. 長崎. 2017 ; 21-27
- 2) 岡本昭, 柴崎賀広, 桑原浩一, 久保久美子, 大島育子. 魚価向上および高品質な水産物、水産加工品の提供を目指した品質測定機器開発. 長崎県総合水産試験場事業報告. 長崎. 2013 ; 79
- 3) 久保久美子, 古賀恵実, 松倉一樹, 橘勝康, 山本剛史. 競争力ある養殖魚づくり推進事業. 長崎県総合水産試験場事業報告. 長崎. 2014 ; 77
- 4) 坂口守彦, 高橋繁, 加藤宏郎. 電氣的センサ. 「魚介類の鮮度判定と品質保持」(渡邊悦生編). 恒星社厚生閣, 東京. 1995 ; 44-51
- 5) 小長谷史郎. 鮮魚と冷凍品の鑑別. 「水産食品の鑑定」(日本水産学会編). 恒星社厚生閣, 東京. 1979 ; 93-112