

マグロの目利き従来の目利きに新たな秘伝を盛り込み医療超音波技術を応用した新しいマグロ品質検査方法と海洋深層水、温度管理による自然エネルギーによる品質改善、品質維持管理流通について

平成22年5月10日改訂版発行

周超音波研究所 新垣 周三

事業所住所 沖縄県南城市玉城堀川555番地

URL <http://syuzou.awk.jp/>

1 はじめに

医療用超音波診断装置でマグロを目利きする。周囲からの冷ややかな視線を浴びて始めたこの研究は最終目標に到達し、次なるステップの自然エネルギーを利用した品質改善、加工、保管方法などに移行してきた。マグロの目利きにおいて内部身質の劣悪を外観より見極めることは困難である。上級品と目利きしたマグロが開けてみた結果不良品とされたりするのがマグロビジネスであり、マグロは高くまた安い食材で価格的に高低差の激しい価格で且つ品質基準とはかけ離れた世界で価格設定がなされる状況がしばしば見られ品質不安定でリスクの高い商材である。確立された根拠に基づいての取引はなされていない。そこで医療超音波診断技術を応用してセリに並ぶマグロの検査を行った。これまでの目利き概念を変えることが可能である治験結果を得たので報告する。基本的にマグロの焼けの判定は超音波では不可能である。なぜなら肉眼目利きによるその評価人独自の基準に依存するからであり、精度は高くても科学的根拠規格に一致するとは限らない。

なぜ超音波か、それは医療用超音波診断装置の開発のルーツは魚群探知機と言われている。医療超音波診断装置及び技術は飛躍的に進歩発展しており、もはや医療画像診断に必要不可欠となってきた。先端超音波技術は予想もされなかった分野においても急速な発展を遂げ医療分野では超音波顕微鏡やサーマルインデックスを逆利用したガン細胞温熱治療、遺伝子挿入、工業関係では精度の高い超音波モーター、洗浄機、加湿器、殺菌装置、空中浮遊装置、構造物非破壊検査機器など、健康器具では、超音波マッサージ、美顔器、酵素活性や抑制装置などであり。うまく利用することができたら一台の装置でこれらを複合的に行える能力を秘めている。

マグロの目利きに当たって超音波データ B モード法の画像解析を重点的に収集これを解析し独自の検査基準を構築した。これら検査基準及び表示評価にあたっては

超音波データと実際に捌いた結果を踏まえて検証を行った。従来の目利きにおいて比較的有用とされる情報も加味して述べていき、それらの情報を基に品質改善技術構築についても加えて検討した。さらに特定免許を有していなくても装置を操作することの可能な超音波非破壊検査装置 O 社製の新開発商品エ0i についての適応性や応用代替え機種としての検討も行った。

この装置については研究初期段階であるが非常に高い応用性の成果を得たのでこれらについても進展状況をご紹介していく。

2 目的

マグロの品質評価はセリに並んだ時点において、外観および尻尾の断面の観察によりマグロ1本そのものの評価が行われている。これは最も品質を左右する内部身質を外見で判断しているため、当然のごとく当たりはずれが大きくなる傾向がある。価格は博打性が高く高低差が激しい。これはセリ人の目利きという感性に左右され品質に対する適正価格からかけ離れることも存在する。これらに医療超音波診断技術を応用し超音波装置によるマグロの品質で最も重要であり未知の領域である深部身質の観察を行い品質評価の参考(人体の超音波所見を応用)とすることで、目利きの精度を上げ、失敗を少なくし、科学的根拠に基づいた評価表示に従い最終的にセリ値を安定させていく事を最終目的とした。そのためにマグロ独自の超音波検査基準の構築を第一の目的とした。しかしそれだけでは片手落ちとなりうるため、評価に応じた品質管理や目利き失敗で焼けたマグロなどの低品質とされたマグロの品質改善改良策の構築まで踏み込んでいき、改善策の構築を第二の目的とし、それらを持って最終的な品質規格表示を行い、その表示で消費者は好みの品質を選別消費する形態を構築する。

3 方法

通常の目利きである外観などの情報(水揚げ地、重量、マグロの種類、絞め方、外観表面の張り、粘液量、模様や色艶、流血量、血液性状、しっぽの断面の細胞構築、味覚)を収集する。次に超音波装置(5参照)にて胸鰭起始部より尾側4横指より血合い筋の縦断、横断情報を収集、さらにその位置より背カミへ観察位置を移動して普通身(筋節)を同じく縦断、横断情報を収集する。これを両側行うのをルーチンとした。状況に応じて外観上異常が著しいものは超音波周波数や観察レンジを変えて詳細観察を行った。その後最終的に実際の深部断面の確認(直接立会いを基本)を行いデータベースに蓄積していきこれらの情報を基に分析を行った。品質劣化マグロ身質において、海洋深層水を利用した品質改善に向けての研究も付随して行う。(書籍マグロの科学を参考)

3-①目利き法

通常マグロはセリ場にこのように並びます写真は小規模の漁協セリであり特徴として日帰りの鮮度の高い状態のマグロが大小不揃いで100本程度並びます。この特性を考慮した目利きを開始します。



次の写真は中規模であり比較的大きさのそろったマグロが並び釣り上げてから数日のマグロが300本程度並びます。ここはまた別の特性を考慮して目利きにはいります。



目利きに入る前に、船名と並ぶ本数を確認し記録しておきます。それから厳重なる目利きへと進んでいきます。

その中からこれぞという一本を選び出す為に、他の仲買人との競合を考慮に入れながら目利きによる下付けを行っていきます。

3-②外観観察



全体的な外観を観察します。特に色合いや形状など
湾曲の有無と反った方向及び張り具合の感触を調べます

3-③皮膚面の状態観察



尻尾の切り口の色合い表面の形状変化を観察



マグロの皮膚状態を見ます



もう一度離れて皮膚状態を見ます

3-④第一背びれの観察



第一背びれを見ます



張り出しています

3-⑤尻尾の切り口の性状



再度尻尾の切り口を角度や光加減を変えて観察します。色合いは明るい透明感のある朱色を呈し、光に対する反射は弱く切り口の強い隆起を認めます。



身の粘度を調べ味覚などのテクスチャーを感じ取ります。やや繊維崩れがあり、酸味もあります

3-⑥血液の性状



血の性状を調べます。血球成分は保たれ比較的明るい朱色で粘着性を示し、香りも新鮮臭です。

肉眼目利きデータベース入力項目
非公開

4 超音波目利き法

4-①マグロの超音波検査に必要なマグロの解剖及び生理

マグロの形状は写真1に示す様に方錐形且つ流線型を呈している。体表面には径3mm程度の鱗で覆われておりその下層は硬い皮で身を保護する。背カミの一部と体側線に沿った鞘(胸びれを収納する鞘状のくぼみ)区域の表面の皮は軟骨化し、超音波単触子の密着が悪くなる。またキテコ等の介在もインピーダンスマッチングが悪く多重反射ノイズが出現し最も観察困難な領域である。この領域直下の深部に問題の焼けが高発する。超音波単触子を密着出来た場合は鱗径3mmに厚みは μm 単位であるためか、5MHz帯域において超音波透過性の低下は問題にならないレベルであった。しかし鱗の配列の影響により頭尾方向に超音波ビームを傾ける必要性があった。

マグロの身の構造は対象重量40キロにおいてそうめん様に円柱状にのびる径1mm前後の筋繊維の集合が筋節厚み10mmを筋隔が包み込む構造で見られ同心円状に頭から尾にかけて均等平行に配列している。タンパク、水分、脂肪、鉄分等の成分組成は、人体の筋肉及び軟部組織の比率と差がないと言われている。よって人体の軟部組織観察と大差ない走査技術を応用出来ると予想される。また最も考慮しなければならない、生物学的知識としてマグロ類は哺乳類と同じく自己体温34度程度に維持しており血合い筋がもっとも熱調節に関与している。(文献マグロの科学参考)

さらにヤイトハタに摩酔をかけた状態にて心拍調律60前後であった。マグロ類も心拍値に差は無いと考えられる。よって心拍数が上がると血圧は上昇し体温は上昇すると考えられる(2005年2月11日水産試験場における実験結果、方法は超音波カラードップラー方による血流測定)

心拍の上昇する過程として釣り上げ時に逃げ狂う必死の運動量があげられ、それに付随して筋肉及び骨の運動エネルギーも熱の発生源になる。これは血合い筋のように調節されていなく運動に応じた熱発生につながると示唆する。(針金などを折り曲げを素早くおり曲げ動作を行うと熱を発生し火傷を起こすレベルまで熱が上がる現象にて理解できると思われる)

そのために強い焼けマグロにおけるツナ缶レベルまで身の熱変化を生じている。部位は背ナカ中心部の脊椎に接する。血液は黒くなり粉っぽくなる傾向があり身は局部的に焼けただけ酸味は弱く油は溶けて身質に浸透し意外とうまみを感じる。

熱変化よりも酸身の強い、時に異臭を放つ焼けと称される状態がある。どちらかという血合い筋はただれ、血合い周囲身質の色合いは淡く不透明感があり軟化傾向を示す。また筋隔は剥離傾向を示し滲出液の貯留をきたしてくる。血は溶血傾向を示し異臭を放つことが多い。肉眼的に緑変傾向を示す(文献によるとスルフミオグロビン変化が関与しているとのこと)

4-②

写真1



この領域は軟骨のため超音波は透過しにくく、プローブ密着も悪い

鱗は高速遊泳する為に頭尾方向に整然と配列している。鱗に対する超音波反射に著しい方向特性がある

4-③マグロの血管解剖概略図(図2)

心臓は一方通行で血液は鰓を経て赤の動脈に排出され左右に分配される。背カミ

の身質を穿通し胸鰭付け根より尾側3から5センチのところまで血合いスジに合流し一部毛細血管は皮下直下より背びれ側、腹びれ側へ分流する。そして帰りとして本流は血合いスジ内の皮下直下、そして脊椎下面、及び体幹皮下 0.3.6.9.時の方向で帰ってくる。

図2

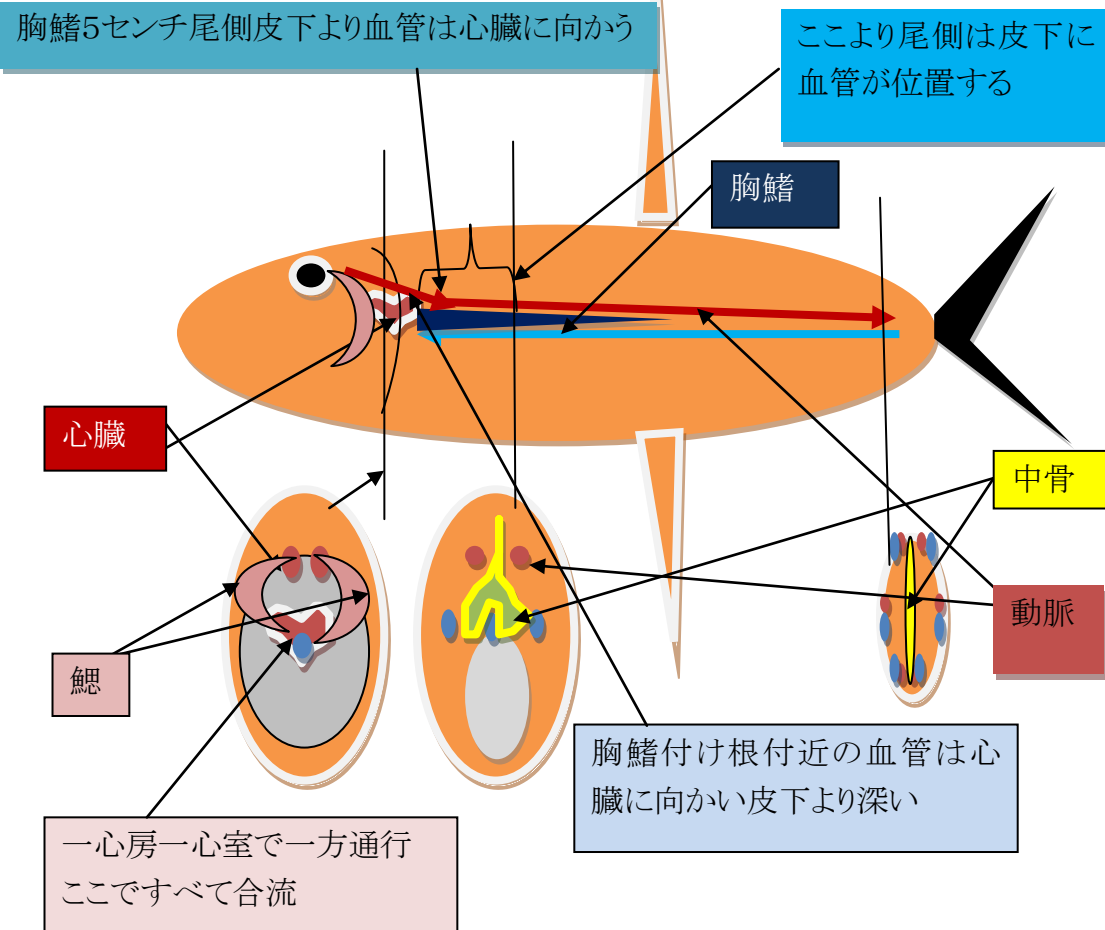


図2より検討していただきたい事項として、揺れる船の甲板で且つ確実に血管本管をカットしなければならないのでありますが、状況に応じてその場所やタイミングは変わってくるものと考えます。その業務分野は漁師の領域と考えられます。

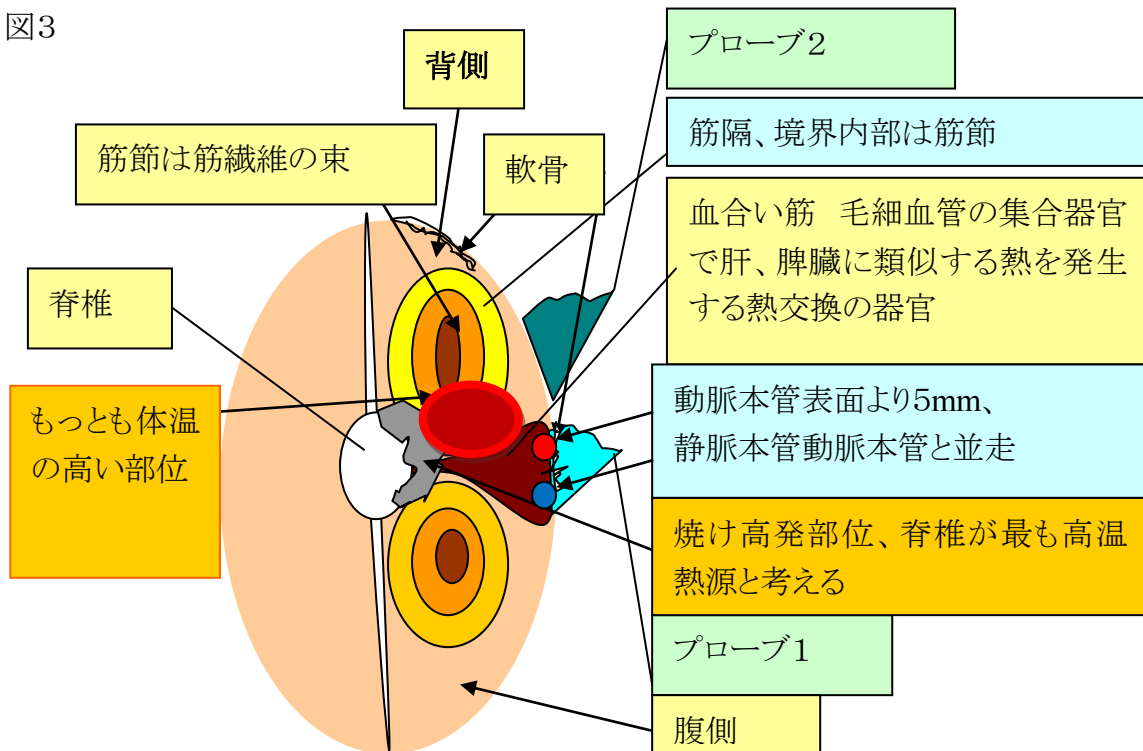
状況が悪ければ無理な処置は行わず、速やかにランブルに保存することが優先されます。ランブルの環境として、処理マグロの体温にもよりますが氷の多い冷え過ぎは逆効果を示し、出血によるランブル水質劣化は細胞破壊を増長します。これは酸素分圧が関与し、濁ったランブル水は酸素要求量が多くなり、マグロ皮膚細胞は呼吸困難を起こし自己消化促進を招き、さらに水質は悪化し酸素不足による窒素酸化物特にアンモニアの発生が促進され、さらに細胞破壊を促進します。海洋深層水を添加したとしてもこれらの現象は防止困難と考えられ、ランブルの水の入れ替えやエアープンプ使用による酸素補給はなされなければならない重要処理作業となります。

(業務は考えた行動、作業は決められた行動として分別、作業は誰でも安定して墜こう可能)

4-④マグロの断面図(図3)を示す

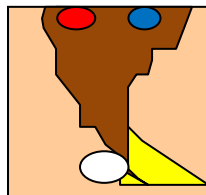
楕円形の形状を脊椎が二分する。そして血合い筋で背側と腹側に更に二分される。背側と腹側の断面にはそれぞれ同心円状の魚輪が観察され均等で整然に配列する。筋繊維の集合で筋節を構成し筋膜が境界する。筋繊維は口径不動のソーメンの様な形状で始点から終点まで同じ口径で束になったものを筋膜が包み更に同心円状に筋節で包まれている。よって筋繊維に異常が存在しなければ、平行な平滑のラインを呈す。背カミ、カマ、胸びれの鞘の表皮は硬く軟骨化しており超音波透過性は悪い

図3



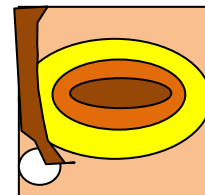
プローブ1の画像

血合い筋
低エコーで観察



プローブ2の画像

最も観察可
鱗の向き注意



簡易表示であるが、通常血合い筋のエコーパターンは軽度粗雑な高エコー像にさらに高エコー帯状の筋隔として不明瞭に観察され、通常赤身は低エコー均一筋節または無エコーの筋節に高エコー明瞭な筋隔を細い線として観察される。油の乗ったいわゆるトロの場合は高エコー粗雑不均一にやや不明瞭化した低エコーの筋節の境界を太線状(いわゆる反転像)として観察され超音波透過性が減少傾向を示す。これに類似して冷凍焼けの場合があり高エコー粗雑不均一に更に高エコー明瞭な筋節を太線

状に認め(反転像は示さない)、明らかな超音波透過性の向上を見る。自然現場で起る身焼けは血合い筋の高エコー粗雑化にその領域の拡大が顕著にあらわれ、周囲筋隔との境界に明瞭化が起こり、血合い筋境界付近の異常高輝度反射および多重反射アーチファクトの発生、深部筋隔の中断消失、脊椎周囲の異常信号の出現、深部身に高エコー粗雑なすりガラス様または連続性の無い筋隔エコーの出現が認められてきて中隔筋膜明瞭肥厚連続性が見られてくる。これらが複合的に起こった場合は焼け(蛋白熱凝固変化)の可能性を示唆する。

これとは別に身質に色合いの白濁化を起こす焼けといわれている場合があり、暴れ過ぎて乳酸アシドーシスの状態に変質する品質劣化が存在し、身の生きが良く締まった状態の品質の良いマグロの超音波像と類似する。判断を誤ると、いわゆる丸焼け状態を上級品質として捉える失敗を生じる。その失敗の対策として平面画像評価ではなくリアルタイムに得られる平面画像を立体的に空間把握し分析することが最も重要であり超音波での評価という独自の概念に徹することである。超音波評価において焼けという評価はない事を念頭に入れる重要項目である。

4-⑤ 使用装置について

今回の目的であるマグロ品質評価検体の大きさ30から80キロクラスのマグロの深部に於ける焼けの評価を主な目的としたので、超音波周波数5Mhz、7Mhz、10Mhzのマルチ周波数で、最も効率よく歪みの少ないリニア型プローブで且つ商用電源の無い競り場の広い空間での機動性を考慮して、ポータブルタイプで重量も軽くバッテリー内蔵により、独自電源で動作する装置、本多電子製 HS-1500 本体にリニア型プローブ HLS-3275 スライス方向 50 ミリメートル、プローブ厚み10mm、PRF—5MHzにおいて 100nsec、アコースティックパワー最大 0.4mW、フレネルゾーン $L=D * D / 4 \lambda$ ($\lambda = 300, 200, 150 \mu m$) 最大観察深度160mm(マグロ観察限界80キロ)、ダイナミックレンジ75db と広範囲の階調設定に変更しフォーカス設定は観察深さの半分の深さにて単フォーカスを選択し、目的に応じてフォーカスは可変方式を採用 STC Gain 共に状況に応じ可変調整設定とした。振動子素材は PZT を使用し空間分解能より高い Q 値と省エネ性を重要視した。装置の音速設定の変更は行わなかった。理由として、水分、脂肪(魚では油)、タンパクなど分子組成が人体とほぼ同一との事で組織の音速はほぼ一致すると推測し実際に推測に一致し音速はおよそ1400mから1600mの範囲であった。