

新しいRFID タグを用いた養殖フグのトレーサビリティシステムの研究 (継続)

代表研究者	大貫 和恵	東京医療保健大学医療保健学部 講師
共同研究者	野口 玉雄	東京医療保健大学医療保健学部 教授
共同研究者	菊池弘太郎	財団法人電力中央研究所環境科学研究所
共同研究者	岩田 仲弘	財団法人電力中央研究所環境科学研究所

1 はじめに

現在、養殖魚は、切り身、刺身、すし種等の形で、小売および外食を通じて消費者に提供され、また、高級魚種は、養殖により、比較的low価格で安定的に供給されている。平成24年度の国内の養殖魚の生産量は、約284千トンであり、国内の魚類総生産の約6.0%である。海面養殖での養殖魚は、約250千トンあり、ぶり類(約159千トン)、まだい(約58千トン)が多く、ぎんざけ、くろまぐろ、ふぐ類、ひらめ、しまあじ、まあじ等が続いている(図1)。内水面養殖は、約34千トンで、うなぎ(約17千トン)、ます類(約8千トン)が多く、他にあゆ、こいがある[1]。フグ類に関しては、生産量が約6千トンのうち、養殖魚が約8割を占めており、市場に出回っているほとんどが養殖フグである。この養殖フグは、全てがテトロドトキシン(Tetrodotoxin: TTX)のフグ毒を保有するわけではなく、我々が開発した毒を持たない無毒フグも存在する。しかし、可食部は、1983年当時の厚生省通知[2]により毒の有無にかかわらず食用部分が明文化されているため、肝臓などは費用をかけて廃棄されている。

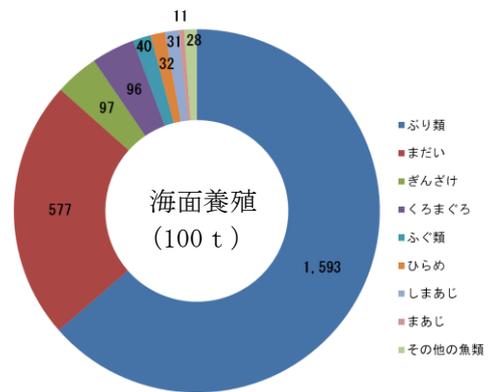


図1 平成24年度養殖魚種別収穫量

一般的にフグの肝臓(フグ肝)は、毒を保有しているため、毒の有無にかかわらず全ての種の肝臓が食用として禁止されている。しかし、今なおフグ中毒による事件数は1年間に2桁(平成24年度: 事件数14件、患者数18人、死亡数0人)を維持しており、冬の時期になるとフグ中毒事件が後を絶たない[3]。日本人は長いフグ食文化の歴史から、フグには毒があり、それを食べれば死亡する危険性もあることを知りつつも、食べてしまう。食中毒を起こしても食べたいというフグの魅力は“おいしさ”によるものである。

我々は、フグの約3割を占める廃棄部分“肝臓(肝)”を食用として利用することを目的のひとつとして、まず、フグ毒発生メカニズムの解明[4]と無毒フグの養殖方法(図2)を確立してきた。その方法は、フグの毒化が餌によること、つまり食物連鎖であることを解明する過程で、無毒の餌をフグに与えれば無毒フグの生産が可能となることが分かった[5]。FAOの国際シンポジウムでの発表、雑誌nature[6]やThe New York Times[7]に掲載されたことで、無毒フグが世界的に認知されることとなった。このように無毒フグの生産が

表1 本研究で着目するフグ個体管理のための要点

- ① 安全管理の支援: 全てのフグにRFIDタグを挿入し、全個体を完全管理
- ② 商品価値向上の支援: 機能性成分(IPA, DHA)の効果
- ③ 鮮度を含めた品質向上の促進: 長期保存や大量加工調理が可能な加工品開発
- ④ 消費者の安心につながる履歴情報の提供: 水揚げや活け締め、加工処理、流通過程等の日時の履歴情報の管理

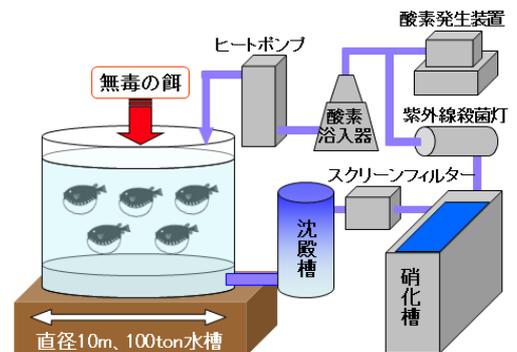


図2 陸上養殖(閉鎖系循環水槽)

認められたことで、無毒フグの肝の有効活用の可能性が見え、早急にこのフグ肝の栄養学的特性を解明する必要が出てきた(図3)。これら一連の動向から最近では、国内のある特定区域で無毒のフグ肝が食用として解禁されつつある。今後、フグ肝が解禁された場合、「食の安全性の確保」および「有効利用の方向性」を含めた無毒フグのトレーサビリティの確保が重要視されると考えられる。そのため、無毒のフグ肝のトレーサビリティが確保すれば、安全で栄養価の高い食品として利用が期待される。

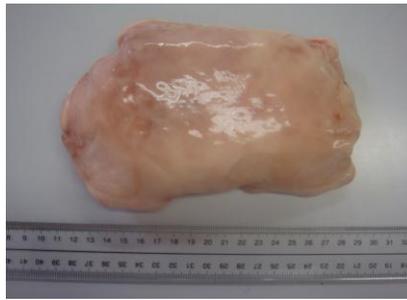


図3 養殖されたトラフグの肝



図4 RFID tag

これまでフグ肝が解禁されることを想定し、フグ肝が生の状態での栄養学的側面から研究を進め、嗜好性だけでなく栄養面の機能性にも優れた食品[8]であることを明らかにしてきた。フグには旬(冬季)があること、鮮度の問題や食品衛生の観点から生食のままでは、喫食範囲が限られてしまう。そのため、旬な時期のフグ肝を用いて、長期保存が可能なフグ肝加工品を開発する。フグ肝の加工品を流通させることで、需要性が高まり、幅広い分野でフグ肝を認知してもらうことが可能になることから、多くの種類の加工品を製造開発し、栄養成分および嗜好性が高い加工品を明らかにする。

無毒で食用に適し、健康を増進させる新しい食材として、さらに栄養価が高く社会の関心が高い、安全で新鮮なフグ肝を有効利用するために、通信技術(RFID(Radio frequency identification)タグ:図4)を活用したトレーサビリティシステムの研究開発をする。市場のトレーサビリティシステムは、履歴情報が登録されたバーコードを包装容器に貼付するシステムが主流であるが、本研究では、フグの体内にRFIDタグを挿入し、フグ自体をトレーサビリティする試みで、生産者から販売者までの一連の流れを視野に入れて行う。

本システムのアウトカムとして、①無毒フグのトレーサビリティによる安全性の確保と生産者と消費者の安心の提供、②食品廃棄物の減少と費用削減、③地域経済の活性化と流通等の雇用の促進、④新しい名産品の開発と輸出の拡大、⑤厚労行政における介護予防の栄養指導の活用等が挙げられる。

2 新しいRFIDタグの開発と無毒フグへの取り付け方法の確立

前回の研究報告にて、フグの腸の奥の方に移動したRFIDタグは、リーダー/ライターにて通信が不安定で、さらには、フグの肛門からRFIDタグが飛び出てしまうフグもあった。この課題を解決するため、まず、本研究では、さらに精度を上げ、流通と食材に影響しないRFIDタグの形状から開発する。さらに、今後、活魚でも利用可能にするため、屠殺魚だけでなく活魚でもフグにRFIDタグを挿入して検証を行い、フグへの取り付け方法の確立を図った。

2-1 RFIDタグの形状の開発

前回の研究報告より使用したRFIDタグ(図4)は、セラミック製で直径9mm、厚さ2mm、重さ0.77gで、使用可能温度範囲は、-200~200℃であるため、超低温冷凍や煮沸等により破損することはなく、また、落下などの衝撃に対しても耐性が高い。仕様周波数は13.26MHz、チップに記載可能な情報量は、128byteである。このRFIDタグを活用するため、丸型RFIDタグを基盤にして、様々な形状に変形させ、フグの肛門に挿入されたRFIDタグが外に飛び出さないような突起物を付加した形状を検討した。その結果、図5のA)~C)の形状を考案した。

A)は、フグの肛門に挿入しやすいよう先端部分を鋭角にし、さらに、挿入後に外に出ないように両端の角度も鋭角にして三角形の形状にした。b)は、丸型の小さい突起を加えて、肛門内で移動しにくく、肛門から外に出ないように形状にした。C)は、挿入後に外に出ないように両端の部分に足を加えた形状にした。

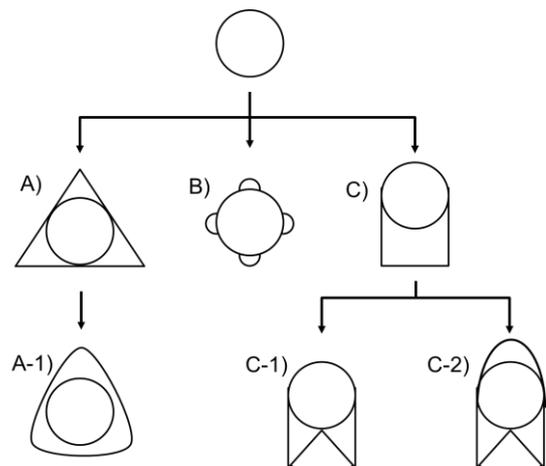


図5 開発したRFIDタグの形状

2-2 RFID タグの挿入部位の確立

(1) 無毒フグへの取り付け

千葉県我孫子市にある電力中央研究所にて閉鎖系循環水槽で養殖されたトラフグ（全長約 30 cm）を用い、RFID タグの取り付け作業を行った。

まず、上記養殖場にて、屠殺したフグを傷つけないよう手やピンセットで肛門の入口付近に挿入し、それを、ポリエチレン製のパウチ袋に 1 尾ずつ梱包した。なお、RFID タグが肛門から外に出てしまうことを想定し、パウチ袋に梱包する前と梱包した後にフグをある程度、上下左右に動かして、RFID タグを移動させたり、肛門から外に向かって押し出す作業をしたり、ある程度衝撃を与えて確認した。

(2) 屠殺魚フグに取り付け可能な RFID タグの選定

フグの肛門に図 5 の A)～C) の RFID タグをそれぞれ挿入し、RFID タグの状態を確認した結果を下記に示した。A) は、肛門の外に飛び出ることにはなかったが、肛門に挿入する際、RFID タグの角度が鋭角であるために入りにくく、フグの肛門や腸を傷つけてしまった。そこで、三角形の全角度を丸めた A-1) を検討した。A-1) は、フグに傷つくことがなかったが、フグの肛門内で動きやすくなったため、RFID タグの読み込みが不安定な腸の奥の方に移動してしまっただけで、この RFID タグの形状では、リーダ/ライタの読み込みが不安定なる可能性が高いことが分かった。B) は、RFID タグが肛門の外に飛び出してしまうと同時に、A-1) と同様に腸の中で移動してしまっただけで、今後、この RFID タグの形状を工夫する必要があると考えられる。C) は、RFID タグを挿入する際、先端が丸い為、フグを傷つけることなく、簡単に肛門内に挿入することができた。また、A) と同様に肛門の外に飛び出ることにはなく、形状としては適していると考え、さらに、この形状にひと工夫し、C-1) および C-2) を検討した。C-1) および C-2) は、先端を若干変形しつつ、末端を鋭角にし、肛門から RFID タグが飛び出てくるのを防止する形状にした。その結果、図 6 より、末端の片側は、フグの体内から RFID タグが飛び出てしまったが（図 6 黄色の箇所）、もう片側は、フグの体内に残っており、RFID タグの末端部位がフグの肛門付近で引っかかったため、RFID タグが外に飛び出すことを防止することができた。

これらの結果から、RFID タグは、片側の末端だけでも鋭角の部分で肛門に引っかかる為、肛門から RFID タグが飛び出る可能性を低下させることができた。また、この両末端の引っかかりがある為、RFID タグがフグの体内での移動が少なく、フグを傷つけることも無くなった。さらに、RFID タグの移動が低下したことで、腸の奥の方に移動することも無くなったため、リーダ/ライタの読み込みの安定性にもつながった。また、C-1) および C-2) の先端および末端の形状の相違に対して、結果の相違は無く、同様の結果が得られた。

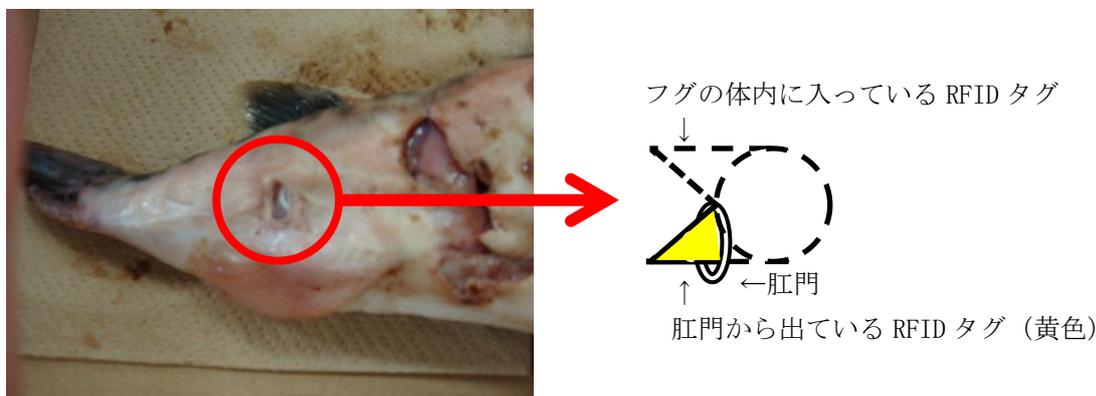


図 6 RFID タグの挿入状況（フグの肛門付近の拡大図）

以上の結果から、RFID タグの形状は、図 5 の C-1) および C-2) がフグに適していると考えた。

(3) 活魚フグに取り付け可能な RFID タグの選定

図 5 の C-1) および C-2) の形状で活魚にも試みた。

まず、電力中央研究所にて生簀から採取したフグに RFID タグを挿入するため、活魚のまま氷水に冷やし、一度、仮死状態になったのを確認した後、フグを傷つけないよう肛門から手やピンセットで肛門の入口付近に挿入した。次に、それを普通の温度の水槽に入れて、フグの仮死状態を活きた状態に戻した。その後、RFID タグが肛門から飛び出てしまうことを想定し、挿入された RFID タグが出ないかを観察したが、数時間も経過しない段階で RFID タグが肛門から落ちてしまった。挿入箇所が肛門であるため、脱糞した際に落ちてしまったものと考えられる。

本研究では、脱糞により RFID タグが肛門より落ちてしまったが、このまま落ちずにフグの体内で RFID タグが存在し続けた場合、肛門付近にある RFID タグが肛門を塞いでしまうことで、健康面でフグに悪影響を与えてしまう可能性が高い。従って、この形状は、屠殺されたフグに適用するものであり、活魚には、適してないと判断し、活魚に適した RFID タグの挿入場所を再検討した。

(4) 活魚フグへ RFID タグの挿入部位の再検討

前回の研究報告により RFID タグの挿入箇所は、エラ、口腔、肛門と様々な個所を検討し、最も RFID タグが体外に飛び出しにくく、RFID タグを読み込むリーダ/ライタの読み込みが安定しているのが肛門である結論に至った。しかし、肛門は活魚には適さないため、稚魚(図7)の段階でフグの腹側の皮に切り込みをいれて、RFID タグを挿入し、生簀に戻してそのまま養殖を続けるという方法を行った。

フグの腹側は、内臓(肝臓、卵巣、精巣、胃、腸他)と皮があり、その間は、互いに離れて分離している状態になっている。フグが敵を威嚇する際、腹を膨らます行為があるが、これは皮と内臓の間に海水や空気を入れて膨らます仕組みとなっている。フグの腹側の特性を利用し、内臓と皮が分離した腹側(皮)に切り込みを入れて RFID タグを挿入する。この方法により、RFID タグが無くなることや内臓に移動することがない上、直接、皮の外側から、手で触れて RFID タグの位置を確認できる。

稚魚の段階で切り込みを入れて、傷をつけることは、商品価値が下がると懸念される場所ではあるが、フグの皮には、多くのコラーゲンが含まれていることから、成魚になる2年後には皮が治癒し、切り込みがなくなると推測する。この場合、成魚になる段階で傷が治癒すれば、成魚には傷がない状態で出荷が可能となるため商品価値はさがることのない。さらに、フグの体内に RFID タグを挿入したまま流通させることが可能になるため、トレーサビリティシステムが完全なものとなる。なお、前回の研究報告によりタグが皮下の挿入であれば、RFID タグの大きさは、小サイズの RFID タグ(直径6 mm)でも通信が可能であることを明らかにした。そのため、フグの腹側に RFID タグを入れる大きさは、小サイズでも可能になり、RFID タグを挿入するための切り込みも小さくなることからフグに対して負担を軽減させることができる。

現在、トラフグ10匹の稚魚の腹側の皮に小さな切り込みを入れて、数か月間養殖させている段階である。この方法は、稚魚が成魚になるまでの2年間、観察を続けていく必要があるため、現段階で結果を明らかにすることができないが、今後も引き続き観察を続けていくこととする。



図7 トラフグの稚魚

3 トレーサビリティシステム、データベースシステム等の開発

本研究では、まず、屠殺したフグに上記の RFID タグ(A-1 および A-2)を挿入し、リーダ/ライタにて読み込みが可能かを検証した。上記にも記載したが、RFID タグの位置は、末端の鋭角のひっかけりにより移動が少なく、肛門付近で留まっており、RFID タグとリーダ/ライタの距離が最大でも約1 cmであった。

昨年の研究により、据え置き型では、約3 cmでも読み取りが可能であることから、確実に RFID タグの読み込みが可能であること、さらに、ある程度、RFID タグが奥や斜めに移動してもセンサーが RFID タグを読み取れることが明らかとなった。

4 フグ肝の機能性効果の試験

養殖された無毒のトラフグの肝は、我々の研究により機能性成分 IPA(icosapentaenoic acid, n-3), DHA(docosahexaenoic acid, n-3)および抗酸化作用のあるビタミンE(α -トコフェロール)の含量が高いことを明らかにしてきた[8,9]。これらの成分を利用し、フグ肝には、機能性効果があるか否かをマウスを用い試験した。

4-1 フグ肝の毒性確認

毒性試験用のフグ肝被検液は、食品衛生検査指針・理化学編のフグ毒検査法[10]に準じて調製し、被検液を得た。次に、その被検液1 mlを ddY 系雄マウス(体重18~20 g, 4週齢)に腹腔内投与後、呼吸停止(致死と判定)するまでの時間を測定した。毒力は、食品衛生検査指針・理化学編のフグ毒検査法に記載の致死時間、マウス単位換算表に従って算出した。なお、毒力はマウス単位(MU)で示され、1 MUとは、体重20 g

のマウスを30分で死亡させる毒力である。可食部1g当たり10MU未満の毒力が食品衛生上の「無毒」とされる。試験したフグ肝(生)すべてが<2-8 MU/gを示し、食品衛生上、10 MU/g未満が「無毒」であることから、すべてのフグ肝は無毒で安全であることを証明した。

4-2 フグ肝の機能性成分の効果

(1) マウスを利用した摂餌試験

フグ肝の機能性の効果を明らかにするため、マウスにフグ肝を含む飼料を与えて飼育し、マウスの生理学的変化を試験した。群はコントロール群(n=16)、フグ肝投与群(n=16)、DHA投与群(n=10)の3群とし、飼育期間は3週間で、体重と摂食量を毎日測定した。なお、餌と水は自由摂取とした。剖検前日に絶食させたマウスを屠殺し、マウスの血清脂質濃度を測定した。

マウスの飼料組成は、AIN-93G[11]をもとに調製し、脂質には、DHAやIPAの効果を検証するため、n-3系脂肪酸が比較的少ないラードを用いた。コントロール群の脂質はラードのみ、フグ肝投与群は主にフグ肝で、DHA、IPAが混在、DHA投与群は、フグ肝投与群と同量のDHAが含まれている。

(2) フグ肝を投与したマウスの血清脂質濃度

マウスの血清脂質濃度の測定項目は、トリグリセライド(TG)、総コレステロール(TC)、HDL-コレステロール(HDL-C)の3種類で、それぞれ測定キット(和光純薬工業株式会社)を用いて測定した。

TGは、フグ肝投与群、コントロール群、DHA投与群の順に低くなり、コントロール群とフグ肝投与群に対して、DHA投与群が、有意に低い値を示した。

TCおよびTCに含まれるHDL-Cは、コントロール群、フグ肝投与群、DHA投与群の順に低くなり、コントロール群に対して、フグ肝投与群とDHA投与群が、有意に低い値を示した(図8)。一方、HDL-C/TCには、有意な差は見られなかった。

これらの結果から、TGの上昇抑制効果がDHA投与群にみられ、TCの上昇抑制効果がフグ肝投与群とDHA投与群にみられ、生理的效果が明らかとなった。しかし、体内への脂肪沈着の程度は、これらの結果からは証明することはできないため、今後、フグ肝を摂食したマウスの肝臓を組織標本にし、脂肪の分布等の詳細を明らかにしていくこととした。

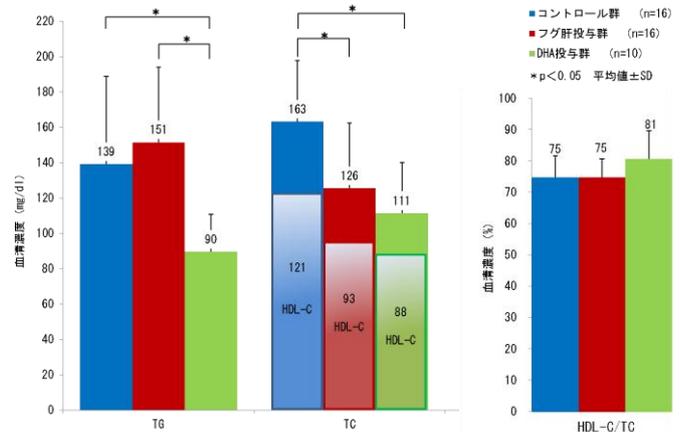


図8 マウスの血清脂質濃度

5 調理・加工品製造、嗜好性の検証

フグ肝は、これまでの官能評価により、味噌漬けが高い評価を得てきた[12, 13]。本研究では、味噌を使用した加工品に焦点を絞り、塩分濃度の異なる3種類の味噌を使用したフグ肝加工品を製造し、その嗜好性を明らかにした。

5-1 フグ肝の毒性確認

4-1 フグ肝の毒性確認に記載した方法にて官能評価に使用するすべてのフグ肝は無毒で安全であることを確認した後に使用した。

5-2 フグ肝の加工品開発

(1) 下処理

下処理は、酒と青果店より購入した生姜、長葱を以下のように使用した。まず、冷凍フグ肝を流水で解凍した後、血管をはさみで裂いて、血抜き処理を行った。次に、フグ肝重量の1.5倍の酒水(酒:水=1:1)に、同重量5%のすりおろした生姜と同重量10%の薄切りにした長葱を入れ、1~5℃の冷蔵庫で3日間浸した。

(2) 味噌漬けおよび燻煙

下処理したフグ肝を西京味噌(塩分濃度:3.9%)、長崎味噌(塩分濃度10%)、八丁味噌(塩分濃度15%)を用いてそれぞれ味噌床に漬け込み、フードシーラー脱気密閉器((株)三洋電機Z-FS100)で真空にしたパウチ詰めにした。それぞれを3日間冷蔵庫で保存し、オートクレーブ(122℃, 20分)で加熱殺菌した。なお、西京味噌、長崎味噌、八丁味噌を用いた味噌床はフグ肝の重量と同量の味噌を使用した。味噌漬けたフグ肝を、オートクレーブで加熱殺菌し、75~80℃の温燻で45分間燻製したものの完成品とした。

5-3 フグ肝加工品の官能評価

(1) 試料

試料は、上記の方法でフグ肝の血抜き処理して燻製したもの（試料A）、西京味噌に漬けて燻製したもの（試料B）、長崎味噌に漬けて燻製したもの（試料C）、八丁味噌に漬けて燻製したもの（試料D）、比較対照としてあんこの肝（あん肝）を八丁味噌に漬けて燻製したもの（試料E）の5種である。なお、本研究では本学倫理審査委員会に2012年2月28日付で承認を得て、官能評価を実施した。さらに、パネリストに研究意義、目的、方法等を説明し、実験参加同意書への署名を得た。

(2) 官能評価法

各加工品の官能評価は、東京医療保健大学学生、同大学院、同大学職員（20～30歳代）の計46名（男性10名、女性36名）をパネルとし、2012年10月12日に実施した。1人当たりの供試試料は、約5gを室温にて提供した。

評価方法は、順位法、5段階評点法、2点嗜好試験法により行った。順位法は、試料A～Eで好ましいと思われるものを順に記入してもらった。5段階評点法の評価項目は、分析型が「外観」、「塩辛さ」、「臭みの強さ」、「脂っぽさ」、「やわらかさ」、評点は、「-2：非常に悪い（弱い）」から「2：非常に良い（強い）」、嗜好型が「色の好み」、「加工品としての好み」、「味の好み」、「香りの好み」、「総合評価」、評価は、「-2：非常に好ましくない」から「2：非常に好ましい」とし、各加工品について自由評価記述も項目に加えた。2点嗜好法は、フグ肝八丁味噌漬（試料D）とあん肝八丁味噌漬（試料E）で好ましいと思われる方を選択する方法で行った。

得られた評価は、平均値±標準偏差で表し、検定は、統計解析ソフトSPSS ver. 11.5を用い、有意水準を5%未満とした。2群間の検定にはt検定、3群間の検定にはTukeyを用いた。

(3) 官能評価

本研究では、官能評価に味噌を使用するため、パネルが普段使用している味噌を好む傾向にあることが懸念されることから、事前にパネルの情報を確認した。パネルの出身地域は、関東(82.6% (n=46))に集中していたが、普段使用している味噌は、赤味噌、白味噌、信州味噌、合わせ味噌など様々なものがあり、偏りがないことから結果に影響しないことを確認した。

順位法の結果、最も好まれたのは、試料Cであり、次いで試料B、試料D、試料E、試料Aの順であった(p<0.05)。これら上位の3種類の味噌で漬けたフグ肝(試料B, C, D)に関して5段階評価を行ったところ、「塩辛さ」は、

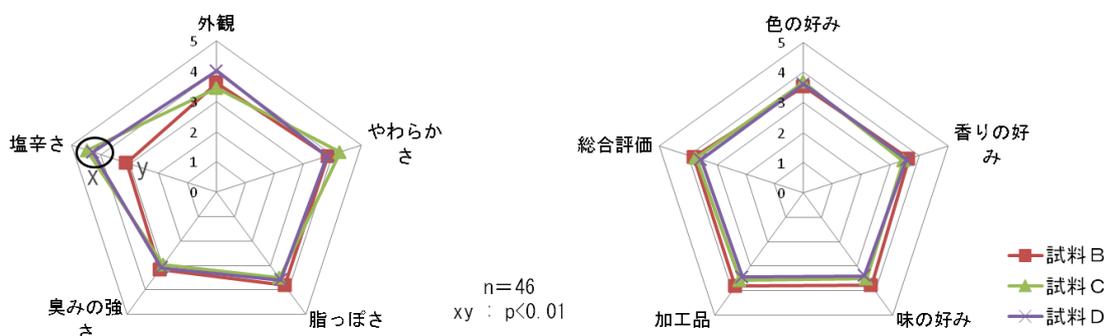


図9 3種類の味噌による5段階評価(左：分析型，右：嗜好型)

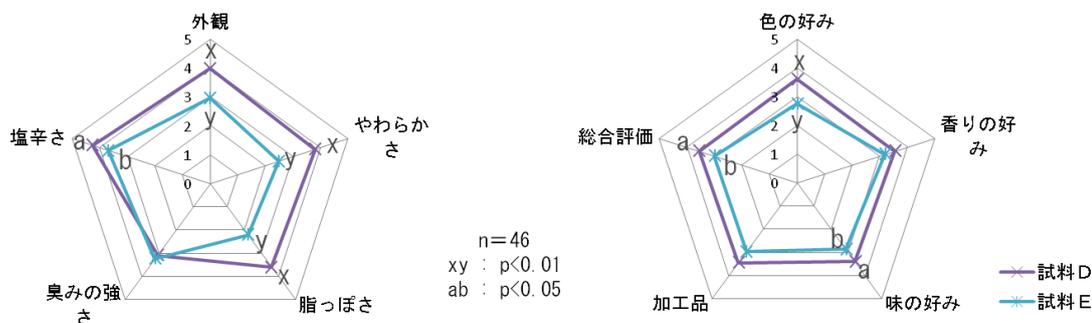


図10 3種類の味噌による5段階評価(左：分析型，右：嗜好型)

試料 C が 4.47 ± 0.14 、試料 B が 3.13 ± 0.14 、試料 D が 4.28 ± 0.14 を示し、それぞれ有意差が認められた ($p < 0.01$) が、他の項目に関して有意差が見られなかった (図 9)。嗜好型に関しては、試料 B がすべての項目において最も好まれていたが、その他の試料も 3.0 以上を示したことから総合的に評価が高かった。また、パネルの自由記述により「B, C, D はどれもおいしかった ($n=31$)」という意見から、味噌で漬けたフグ肝は非常に嗜好性が高いことが明らかとなった。次に、八丁味噌漬けたフグ肝 (試料 D) とあん肝 (試料 E) による 2 点嗜好法の結果、試料 D を好んだパネルは、67.4% ($n=31$)、試料 E を好んだ人は 32.6% ($n=15$) を示し、試料 D が有意に好まれた ($p < 0.05$)。5 段階評価では、分析型の「臭みの強さ」以外の全ての項目で、フグ肝があん肝を上回る結果になった。また、嗜好型では、フグ肝の方が多くの項目で非常に好まれていた ($p < 0.05$) (図 10)。また、パネルの自由記述により「E よりも D の方が食べやすい ($n=15$)」などの意見から、フグ肝加工品の方が嗜好性が高いことが明らかとなった。

6 結論

前回の研究報告によりフグの腸の奥の方に移動した RFID タグは、リーダ/ライタにて通信が不安定であり、さらには、フグの肛門から RFID タグが飛び出してしまうフグもあったため、その課題を考慮し、開発を行った。その結果、タグの形状を工夫することでこれら問題を解決することができた。また、RFID タグの形状は屠殺魚に適していた一方、活魚には適しておらず再検討を行った。現在、継続して行っている活魚の研究が証明できれば、消費者から生産者までの一連の流れに基づいたフィールド実験において、フグの管理は通信技術 (RFID タグ) を活用すれば可能になることを明らかにできる。

現在、魚介類を用いたトレーサビリティシステムでは、履歴情報が登録されたバーコードを包装容器に貼付するシステムが主流であり、その他には魚介類のヒレに装着をする IC タグやチップ等の報告がある。しかし、本研究では、フグの体内に RFID タグを挿入し、フグ自体をトレーサビリティする試みであることから、このシステムを導入すれば、消費者が安心、安全な水産物であることを消費者自らが確認できる。さらに、IT を活用することにより履歴以外にレシピや養殖情報を得ることができ、その地域の他の水産物への波及も期待できる。

また、フグ肝加工品に関して燻製された味噌漬けの加工品は、嗜好性が高く、機能性成分 IPA, DHA による効果を明らかにした。レトルトパウチの使用により大量生産および長期保存可能な加工品として利用可能であることを明らかにした。これまで廃棄されていたフグ肝の有効活用におおいに寄与できる。

以上により、本研究が実際の流通現場で利用可能であることが示唆され、無毒で食用に適したフグ肝を有効利用できる可能性が一步近づいた。

〔謝辞〕

本研究に助成いただいた財団法人電気通信普及財団の研究助成に感謝する。本助成をいただいたことで本研究開発を大きく進めることができた。また、本研究にご助言、ご協力をいただいた東京医療保健大学の山下和彦教授に感謝を申し上げる。

【参考文献】

- [1] 農林水産省 大臣官房統計 平成24年漁業・養殖業生産統計。
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/gaisuu/index.html
- [2] 厚生省通知。フグの衛生確保について。環乳，59，昭和58年12月2日。
- [3] 厚生労働省 食中毒統計 平成24年食中毒発生状況。
<http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/04.html#j4-2>
- [4] Noguchi T, Arakawa O, Takatani T. TTX accumulation in pufferfish. *Comp. Biochem. Physiol. D* 2006; 1:145-152.
- [5] Noguchi T, Arakawa O, Takatani T. Toxicity of pufferfish *Takifugu rubripes* cultured in netcages at sea or aquaria on land. *Comp. Biochem. Physiol. D* 2006; 1: 153-157.
- [6] Non-toxic puffer fish takes the 'die' out of dining. *Nature* 2004 ; 429 : 234.
- [7] If the Fish Liver Can't Kill, Is It Really a Delicacy?. *The New York Times*. 2008.4.26.
- [8] 大貫和恵, 野口玉雄, 荒川 修. 開放系循環水槽において養殖されたトラフグ肝臓の無毒性再確認とその脂質中の機能性成分. *日本食品化学学会誌* 2009; 16: 157-162.

- [9] 大貫和恵, 野口玉雄, 荒川 修. 安全なフグ肝加工品の栄養成分と機能性成分. 日本食品化学学会誌 2010; 17: 6-11.
- [10] 厚生労働省生活衛生局監修. フグ毒. 食品衛生検査指針 理化学編. 東京: 日本食品衛生協会 2005; 661-666.
- [11] 大貫和恵, 野口玉雄. 伝統食品フグ肝の復活. 東京医療保健大学紀要 2006; 1: 1-6.
- [12] Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. AIN-93 Gpurified diets for laboratory rodents, Final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing Committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet, 1993; 939-1951.
- [13] 西念幸江, 小澤啓子, 峯木真知子, 野口玉雄. 陸上養殖された無毒化トラフグの肝臓の調理法別食味特性. 日本官能評価学会誌 2009; 13: 115-124.

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Effect of pufferfish liver on the ability of mice in learning and memorizing	6 th World Fisheries Congress	2012年5月
Processed foods development of nontoxic pufferfish liver	16 th International Congress of Dietetics	2012年9月
Functional effect of pufferfish liver on learning and memory ability as well as nutrition in mouse	16 th International Congress of Dietetics	2012年9月
無毒フグ肝の機能性効果	平成24年度 日本栄養改善学会総会	2012年9月
無毒フグ肝の加工品開発	平成24年度 日本水産学春季大会	2013年3月
RFID タグを用いた養殖フグのトレーサビリティシステムの開発	生態工学会誌	投稿中