

## 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

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	山 下 和 彦	東京医療保健大学医療保健学部	准教授

### 1 はじめに

現在、フグの肝臓（フグ肝）は1983年以降当時の厚生省通知[1]により、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、費用をかけて廃棄されている。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。日本人は長いフグ食の歴史から、フグには毒があり、それを食べれば死亡する危険性が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、これまでの研究によりフグ毒発生のメカニズムの解明[2]と無毒フグの養殖方法（図1）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生産が可能となることが分かった[3]。FAOの国際シンポジウムでの発表、雑誌nature[4]やThe New York Times[5]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認められたことで、無毒フグの肝（フグ肝）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性が出てきた（図2）。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ことから、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。

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[6]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）を活用したトレーサビリティシステムについて研究開発する。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。

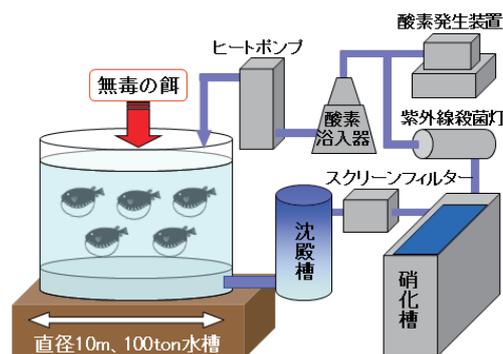


図1 閉鎖系循環水槽



図2 養殖トラフグの肝（無毒）

## 2 フグに取り付け可能な RFID タグの選定

### 2-1 養殖フグ

無毒フグの養殖は、千葉県我孫子市にある（財）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（*Takifugu rubripes*）を使用した。いかなる郵送形態にも対応するため、本研究では、RFID タグ（以下、タグ）を挿入したトラフグをクール便（冷凍および冷蔵）にして郵送した。

### 2-2 RFID タグの選定

フグの肛門にタグを挿入し、それをリーダで読み取る実験をするが、フグの肛門は、全ての形態が同じものではなく、大きさ、深さ等異なる。そのため、郵送中にフグ体内でタグがどのように移動するか未知であることから、丸型（図 3a）と四角型（図 3b）の 2 種類のタグを使用し、実験を行った。

両タグの異なる点は、形は勿論の事、誘導電流の向きも異なり、丸タグが両表面、四角タグは、四面であるため、リーダの通信性にも関与する。

両タグの詳細について、まず、丸型（以下、丸タグ）は、直径 9 mm、厚さ 2mm である。特性として、 $-200\sim 200^{\circ}\text{C}$ の温度に適応可能で、落下などの衝撃に耐えられるものであり、タグは液体窒素中でも破損することなく、フグの冷凍等にも十分に耐えられるものを使用した。

次に、四角型（以下、四角タグ）は、縦 12 mm、横 4 mm、幅 3 mm である。両タグの使用周波数は 13.26MHz、チップに記載可能な情報量は、128byte である。

### 2-3 リーダ

タグを読み取るリーダは、感受性の高い据え置き型（図 4a）および使い勝手のよい簡易式のハンディ型（図 4b）の 2 種を使用した。

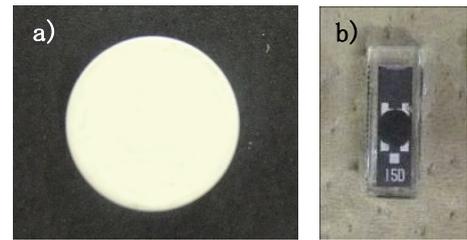


図 3 RFID タグ

No	ID	記録日時
1	E004010006D33A2F	2011/08/20 11:49:32.182
2	E004010006D319F4	2011/08/20 11:49:32.292
3	E004010006D315EE	2011/08/20 11:50:40.089

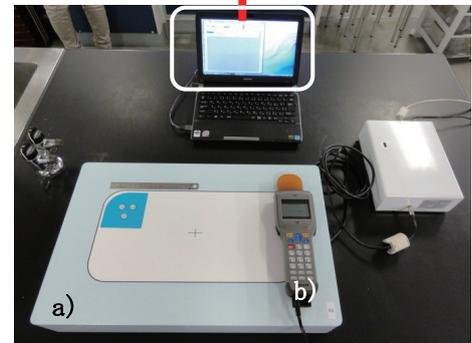


図 4 リーダ/ライター

## 3 リーダのユーザビリティ等の精度

タグの特性よりフグのような水分を多く含むものにタグを挿入するとリーダの通信性が不安定になり、さらに、水分を冷凍状態にしても通信性の精度が変わる可能性がある。また、リーダは、ハンディ型と据え置き型でそれぞれの通信の特性が異なる。そこで、タグとリーダの基礎特性を検証するため、冷凍および冷蔵状態にしたフグにタグを挿入し、ハンディ型は、タグが挿入されたフグの皮下の表面にリーダをあてて通信可能かを測定した。一方、据え置き型は、タグが挿入されたフグをリーダに近づけてフグの皮下とリーダの最大通信距離を測定した。さらに、生産者から消費者の手に渡る郵送段階でタグがフグの体中で移動することを想定し、リーダに対してタグに傾斜角度（0, 45, 90 度）を加えて最大通信距離を測定した。

まず、ハンディ型リーダを用いてフグが挿入されたタグの傾斜角度と深度の通信特性を測定した結果、丸タグの傾斜角度が 0 度の場合、タグの深度が約 1.5 cm 程度であれば読み取れた。しかし、タグの傾斜角度が大きくなるにつれて、リーダが読み取りにくくなる傾向にあった。一方、四角タグの場合は、前者と異なり、傾斜角度に関係なくタグの深度が約 2 cm 程度であればリーダが読み取れた。しかし、約 4 cm に達した場合、読み取ることができなかった。また、冷蔵および冷凍状態での通信特性について、丸タグの場合は、殆ど同様の傾向が得られたが、四角タグの場合は、冷凍状態の方がタグの深度と傾斜角度が大きくなるにつれて読み取りにくくなる傾向がみられた。

次に、据え置き型リーダを用いてタグが挿入されたフグの皮下からリーダまでの最大通信距離を測定した結果、タグとリーダの最大通信距離は、丸タグが  $15.0\pm 0.1$  cm（冷凍状態、0 度）、四角タグが  $17.8\pm 0.2$  cm（冷凍状態、90 度）を示し、四角タグは丸タグより通信距離が長かった。さらに、両タグの傾斜角度が同じ場合は、冷凍状態が冷蔵状態より通信距離が長いことも明らかとなった。丸タグの通信性は、冷凍状態の場合、ある程度での傾斜角度であれば読み取りが可能であり、冷蔵状態の場合、皮下が約 3 cm までであれば、

タグの読み取りが可能であるが、それ以上になると不安定になることが分かった。一方、四角タグの通信性は、冷蔵および冷凍、さらに少々の傾斜角度があれば読み取りが可能であることが分かった。万が一、タグの傾斜角度が0度でも、フグを転がしてセンサーに対してタグの傾斜角度を変えれば読み取りが可能となるため、タグの読み取りが不安定になることは殆ど無いと考えられる。

上記のリーダを用いた実験結果より、両タグの読み取りの精度について、傾斜角度および深度で顕著に異なることが明らかとなった。丸タグは、傾斜角度が90度の場合、読み込みが不安定であったが、四角タグは、90度でも読み込みが可能であることから、通信性の精度が高いこと、また、冷蔵と冷凍状態で郵送したタグ入りフグは、冷凍状態の方が通信距離が長いことが明らかになった。

## 4 生産者から消費者までのトレーサビリティ実験

### 4-1 生産者と消費者間のトレーサビリティ

生産者から消費者までのフィールドにおいて、まず、生産者は生簀から採取したフグにタグを挿入した。その際、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タグを挿入し、それを、ポリエチレン製のパウチ袋に1尾ずつ梱包した。次に、それを段ボール（幅41.5cm、高さ26.5cm、奥23.5cm）に入れて冷蔵あるいは冷凍状態にて消費者へ向けて郵送した。なお、郵送方法は、一般の運送業者を利用し、クール便として郵送した。以上のように、一連の流れに基づいてフィールド実験を行った。なお、本研究での生産者は財）電力中央研究所、消費者は本学とした。

生産者がフグを採取し、タグを挿入するまでの速度を測定した結果、1尾で約1分、その後、ハンディ型および据え置き型にてタグの読み取りに合計約30秒であった。従って、生産者が1尾にかかる全工程の時間が約2分未満であった。

### 4-2 タグの読み取り性能（消費者の立場より）

実際の流通状況を想定し、郵送を経由したタグ入りフグが消費者の手により確実に納品されているか、さらに、リーダで読み取れるかを検証するため、消費者は、生産者よりフグが届き次第、リーダの読み込みを行った（図5、6、7）。

まず、30尾のフグ（30尾中25尾がタグ入り）が梱包されている段ボールをそのままの状態ですぐえ置き型リーダの上に置き、タグの読み取り感受性を検証した（図5）。その結果、タグ入りフグ25尾中10尾を読み込んだ。次に、その段ボールを左右上下に揺らしたり、一回転させたりして移動させた場合、最大22尾まで読み取りが可能であった。

リーダのユーザビリティ等の精度の実験結果より据え置き型リーダの最大通信距離は15cm、本研究で郵送に使用した段ボールは、高さが26.5cmであったことから、その高さがリーダの通信距離の許容範囲を超えていたため、タグを読み込めなかったと考えられる。

### 4-3 タグの読み取り速度の検証

消費者（n=6）によるタグの読み取り速度およびフグに挿入されたタグ有無の判別（正答率）を検証した。

冷蔵状態で郵送されたタグ有無のフグを判別するまでの速度は、1尾あたり $5.57 \pm 3.26$ 秒（ハンディ型）、 $2.14 \pm 1.06$ 秒（据え置き型）を示した（図6、7）。一方、冷凍状態では、それぞれ $3.55 \pm 1.89$ 秒、 $2.14 \pm 1.06$ 秒を示した。

次に、タグ有無のフグを有と判別するまでの速度は、冷蔵状態で、それぞれ $4.54 \pm 2.53$ 秒（ハンディ型）、 $2.00 \pm 0.91$ 秒（据え置き型）、無と判別するまでの速度は、 $9.17 \pm 3.05$ 秒、 $2.86 \pm 1.47$ 秒であった。さらに、タグ有フグを有と判別する正答率の検証では、ハンディ型が $94.4 \pm 3.1\%$ 、据え置き型が100%であった。

冷凍状態で、有と判別するまでの速度は、それぞれ $2.98 \pm 1.58$ 秒、 $1.77 \pm 1.43$ 秒、無と判別するまでの速度は、 $5.26 \pm 1.72$ 秒、 $2.76 \pm 0.99$ 秒であった。さらに、タグ有フグを有と判別する正答率の検証では、ハ



図5 タグの読み取り性能

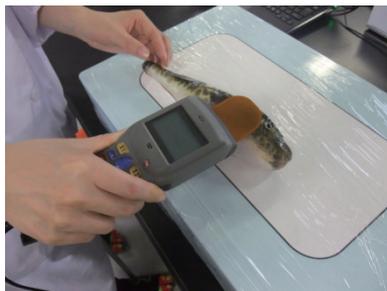


図6 タグを読み取る風景1



図7 タグを読み取る風景2

ンディ型および据え置き型が 95.8±3.7%であった。いずれにおいても、据え置き型リーダは、タグを読み取る速度が速く、正解率が高かった。

従って、据え置き型は、ハンディ型より機能および精度が優れていたことが明らかとなった。

#### 4-4 タグの通信性問題

上記よりタグの有無を判別する正答率では、全てが 100%ではなかった。その誤答を詳細に分析した結果、①タグ有無を判断する時間が短くてタグを探しきれない(人に起因)、②タグが肛門奥に深く入り込んでしまい、読み込めない(通信特性に起因)の2種に起因していた。

前者について、消費者は、測定日に初めてセンサー等に触れたため、機器の特性を把握してない状態で実験を行った。そのため、タグを読み取るまでの判断時間が短く、誤答になってしまった。しかし、消費者が、機器の特性を理解し、タグの判断時間を延長すれば正答率が 100%に近づくため、タグの読み取りにおけるルールを決めれば解決すると考えられる。後者については、後に詳細を述べるが、フグを解剖してタグの位置を確認した結果、フグ中のタグがリーダに対して斜め向きになっており、腸の奥に移動していたためリーダが読み込みにくくなったと考えられる(図8)。

本研究で使用したタグは、リーダで読み込む際に水分や金属が含まれる場合、周波数(13.56MHz)が変化し、エネルギーが減衰するため、読み込みにくくなる性質がある。そのため、フグのような多くの水分を含む物質にタグを挿入すると、リーダが読み込みにくくなる。しかし、これらの問題は、タグが挿入されていないフグがタグ有りだと判断することはないため、ネガティブエラーが起きないことから解決される。



図8 リーダが読み難かったタグの位置

#### 4-5 タグの履歴情報

生産者および消費者で登録された日時はタグに ID として書き込まれ、フグの個体管理を行った(表1)。これらの結果から短時間で確実にタグ有無のフグの判別が可能になり、万が一、流通過程でタグ無しのフグが混在しても本システムで明らかにすることができることから、安全性を確保できると考えられる。

また、本研究では、生産者から販売者まで視野に入れた無毒フグトレーサビリティシステムを開発している。タグ入りフグは、データベースと Web 上の双方で履歴が管理でき、情報公開されるため、消費者が自ら履歴を確認することが可能になり、その結果、消費者の安心、安全に関与できる。

表1 タグの履歴情報の一例

ID	タグ挿入(電力中央研究所)	フグ納品(THCU)
E004010009D31115	2011/06/23 10:07:44.140	06/27 20:19:26.804
E004010009D31E15	2011/06/23 10:09:13.796	06/27 20:20:10.063
E004010009D35A57	2011/06/23 10:13:26.734	06/27 20:19:19.550
E004010009D36DA2	2011/06/23 10:14:51.562	06/27 20:20:02.512
E004010009D34A63	2011/06/23 10:28:26.781	06/27 20:19:01.828

#### 4-6 タグが通信不可のフグの検証

ハンディ型にてタグの読み込みが不可能であったフグは、数匹であり、その原因を追及するため、生産者より郵送されたフグを解剖し、タグの位置を確認した。その結果、フグの肛門付近から挿入したタグは、腸や胃にまで移動しており、肛門から最大 1.6 cm 移動していた(図8)。ハンディ型の読み込みは、タグとフグの皮下までの距離が約 1 cm であったことから、それ以上の距離を移動したタグは、読み込み難くなってしまったと考えられる。一方、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、確実にタグの読み込みが可能であること、さらに、ある程度、タグが奥や斜めに移動してもセンサーがタグを読み取れるこ

とが明らかとなった。

## 5 無毒フグ肝の加工保存方法の確立

### 5-1 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[7]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 1 g 当たり 10 MU 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。

### 5-2 フグ肝の加工品開発

無毒のフグ肝を用いて下記の 4 種類の加工品を開発した。

#### （1）塩もろみ漬け

無毒のフグ肝を塩もろみ液に漬け込み、フードシーラー脱気密閉器（（株）三洋電機 Z-FS100）で真空にして、パウチ詰にした。保存期間は 3 日間とし、1~5℃の冷蔵庫で保存した。その後、オートクレーブ（（株）トミー精工 SX-500）で加熱殺菌（122℃, 22 分）し、流水で冷却した。なお、塩もろみ液は、肝重量当たり 10% の塩もろみ液（（株）八峰白神自然食品）に、1% 精製塩（財団法人塩事業センター）を添加し、調製した。

#### （2）粕漬け

無毒のフグ肝を粕床に漬け込み、フードシーラー脱気密閉器で真空にして、パウチ詰にした。それを 1 週間冷蔵庫で保存し、上記同様、加熱殺菌した。なお、粕床は肝 1 個に対し、酒粕（（株）中房食品）100 g, 酒 50 g, 上白糖（（株）日新製糖）50 g, 本みりん（（株）宝酒造）50 g, 精製塩 2.5 g で調製した。

#### （3）味噌漬け

味噌漬けでは、西京味噌漬けと信州味噌漬けの 2 種を行った。無毒のフグ肝を味噌床に漬け込み、フードシーラー脱気密閉器により真空にして、パウチ詰にした。それを 1 週間冷蔵庫で保存し、上記同様、加熱殺菌した。

西京味噌を使用した味噌床は、肝 1 個に対し、西京白味噌（（株）西京味噌 AY）100 g, 本みりん 54 g, 酒 45 g で調製した。信州味噌を使用した味噌床は、肝 100 g に対し、信州味噌（（株）ひかり味噌）50 g, 酒 20 g, 本みりん 12 g で調製した。

### 5-3 フグ肝加工品の官能評価

各加工品の官能評価は、本学学生、本大学院院生、同大学職員（20 歳代）の計 42 名をパネルとし、アンケート記述により評価を行った。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。評価項目については、分析型が「におい」、「脂っぽさ」、「やわらかさ」、「塩辛さ」、「甘さ」、評点は、-2：非常に悪い（弱い）から 2：非常によい（強い）で、嗜好型が「食感の好み」、「香りの好み」、「塩辛さの好み」、「甘さの好み」、「味の好み」、「製品としての好み」、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た。

評価の結果、順位法では、1 位 信州味噌漬け、2 位 西京味噌漬け、3 位 塩もろみ漬け、4 位 粕漬けの順で好まれ、1 位、2 位であることが認められ、味噌漬けが非常に好まれた ( $p < 0.01$ )。

嗜好型は、信州味噌漬けが他の加工品に比べ、非常に好まれた ( $p < 0.01$ )。

西京味噌漬けと信州味噌漬けの 2 点比較嗜好試験では、西京味噌が好ましいのは 8 名、信州味噌が好ましいのは 34 名となり、で信州味噌漬けの方が好まれた ( $p < 0.01$ )。総合的にフグ肝加工品は、味噌漬けが好まれ、さらに西京味噌よりは信州味噌で漬けた方が嗜好性が高く評価された。

### 5-4 理化学的及び物理学的特性

#### （1）歩留り

各加工品の重量変化および歩留りについて、塩もろみ漬け ( $n=12$ ) では、下処理後が  $187.1 \pm 40.1$  g から加工処理後が  $123.5 \pm 44.4$  g, 粕漬け ( $n=12$ ) では  $200.2 \pm 49.8$  g から  $156.5 \pm 36.2$  g, 信州味噌漬け ( $n=12$ ) では  $184.9 \pm 39.8$  g から  $134.0 \pm 49.3$  g に減少した。最も歩留りが高いのは、粕漬けで  $78.6 \pm 11.6\%$ 、歩留りの低かったのは、塩もろみ漬け  $66.4 \pm 12.2\%$  であった。

#### （2）栄養成分

各加工品の成分分析は、五訂増補日本食品標準成分分析表記載の分析法[8]に準じて行った。

各加工品 100 g 当たりの成分に関して、塩もろみ漬け (n=5)、粕漬け (n=5)、信州味噌漬け (n=5) の水分は 28.3~29.1 g、たんぱく質は 3.4~4.4 g、脂質は 59.5~65.1 g、炭水化物は 1.4~7.7 g、灰分は 0.3~1.4 g であった。塩もろみ漬け、信州味噌漬けは、生のフグ肝 0.4±0.1 g (n=15) [9] に対し、灰分が有意に増加 (p<0.01) した。粕漬けの炭水化物は、生のフグ肝 2.6±2.2 g に対し有意に増加 (p<0.01) し、たんぱく質、脂質、灰分は、生のフグ肝 (たんぱく質: 4.1±0.5 g、脂質 68.2±6.1 g、灰分 2.6±2.2 g) に対し有意に減少した (灰分: p<0.05、たんぱく質、脂質: p<0.01)。ビタミン E (n=5) は 28.5~33.8 mg を示し、生のフグ肝 89.7±27.2 mg (n=15) [9] に対して、全加工品で有意に減少した (p<0.01)。コレステロールは (n=5) 683~955 mg を示し、生のフグ肝 1299±434 mg (n=15) [9] に対して、塩もろみ漬け<sup>\*1</sup>、粕漬け<sup>\*2</sup> は有意に減少した (\*<sup>1</sup>: p<0.05, \*<sup>2</sup>: p<0.01)。各加工品 (n=5) の脂肪酸組成は、飽和脂肪酸は塩もろみ漬け 25.0±6.0%、粕漬け 24.0±5.6%、信州味噌漬け 24.1±5.6%、一価脂肪酸が塩もろみ漬け 38.7±6.4%、粕漬け 38.7±6.0%、信州味噌漬け 37.9±6.0%、不飽和脂肪酸が塩もろみ漬け 31.9±3.2%、粕漬け 31.9±3.5%、信州味噌漬け 33.2±3.3% であった。

各加工品の脂肪酸 100 g 当たりの IPA は 8.9~9.4 g、DHA は 11.2~11.6 g であった。可食部 100 g 当たりの IPA は 5.6~5.9 g、DHA は 7.0~7.4 g であった。生のフグ肝[9]に対し、各加工品脂肪酸 100 g 当たりの IPA、DHA、可食部 100 g 当たりの IPA は、全加工品で有意に増加した (p<0.05) が、可食部 100 g 当たりの DHA では有意な差はなかった。

## 6 結論

本研究により、フグにタグを入れる際には、入れ忘れや有毒フグの混合等のいくつかのヒューマンエラーが生じる可能性があることから、ユーザビリティを考慮し、開発を行った。その結果、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、ヒューマンエラーが発生したが、ネガティブエラーは発生しないことから、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した。

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信州味噌漬け、塩もろみ漬け、粕漬けの加工品は、嗜好性が高く、機能性成分 IPA、DHA を多く含み、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財団法人電力中央研究所の岩田伸弘氏、菊池弘太郎氏に感謝を申し上げる。

## 【参考文献】

- [1] 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.
- [2] Noguchi T, Arakawa O, Takatani T. TTX accumulation in pufferfish. *Comp. Biochem. Physiol. D* 2006; 1:145-152.
- [3] 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.
- [4] Non-toxic puffer fish takes the 'die' out of dining. *Nature* 2004; 429: 234.
- [5] If the Fish Liver Can't Kill, Is It Really a Delicacy?. *The New York Times*. 2008. 4. 26.

- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編. 五訂増補日本食品標準成分表. 東京: 国立印刷局 2005; 508.
- [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.

### 〈発表資料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
フグ肝加工品における嗜好性	平成 23 年度 日本調理科学学会総会	2011 年 8 月
フグ肝加工品の栄養成分と嗜好評価	平成 23 年度 日本栄養改善学会総会	2011 年 9 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	平成 23 年度 日本水産学秋季大会	2011 年 9 月
無毒フグ肝の食品としての機能性	平成 24 年度 日本水産学春季大会	2012 年 3 月
Effect of pufferfish liver on the ability of mice in learning and memorizing	6 <sup>th</sup> World Fisheries Congress	2012 年 5 月
Processed foods development of nontoxic pufferfish liver	16 <sup>th</sup> 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 <sup>th</sup> International Congress of Dietetics	2012 年 9 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