

(a)



(b)



(c)

おさらい1

正しい手あらいをすれば、手についているばい菌などを洗い流すことができます。石ケンをつかって、下のような手洗いをしましょう。



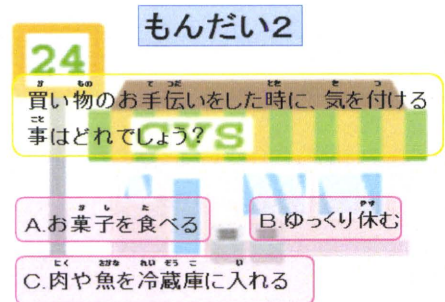
(d)

おさらい2

「外から帰ったとき」
「食事の前」
「トイレの後」

に手をあらわないと、食べものを食べたときに、手にばい菌がついているために、おなかが痛くなったりします。それを食中毒といいます。

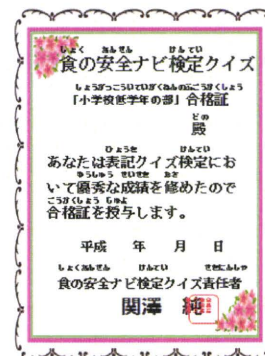
(e)



(f)



(g)



(h)

図1 パワーポイントファイルによる小学校低学年向けクイズから

対面だけでなくウェブにもクイズを公開
 「食の安全ナビ検定」クイズトップ画面
<http://www.cfh.s.or.jp/shokunavi/index.html>



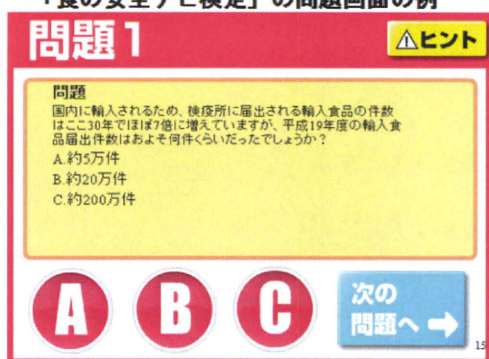
(a)

食品安全ゲーム
 「食の安全ナビ検定」(2)



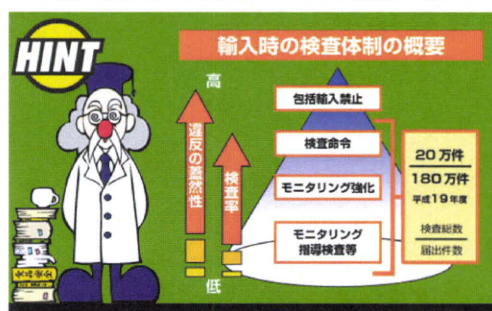
(b)

「食の安全ナビ検定」の問題画面の例



(c)

「食の安全ナビ検定」のヒント画面の例



(d)

図2 インターネット上動画クイズの画面の例

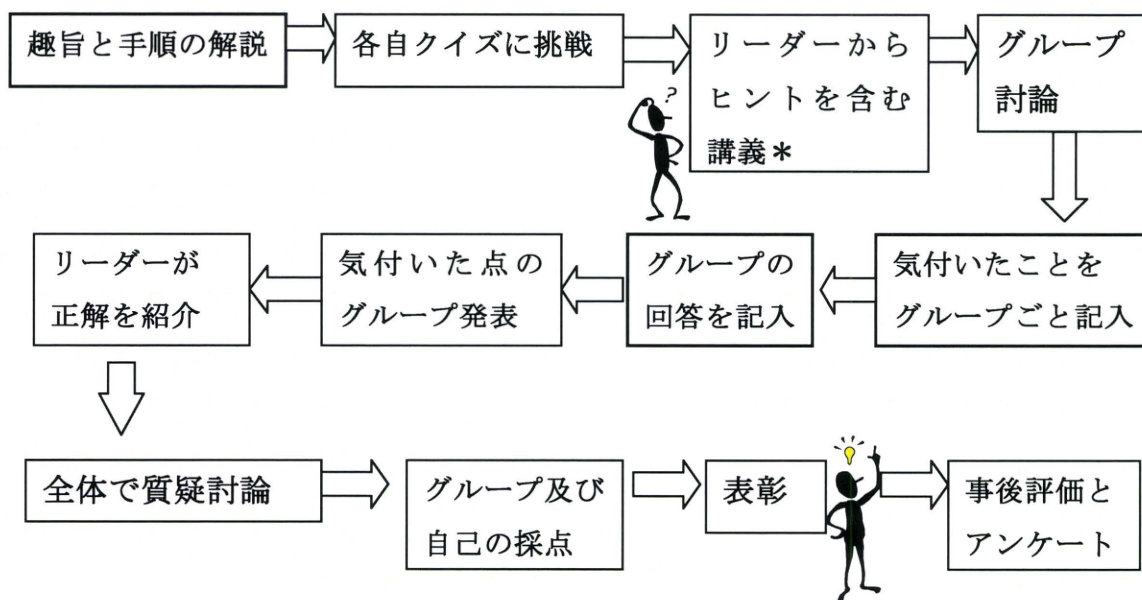


図3 「食品安全ナビ検定クイズ」を中心に食の安全の討論をするプログラムの実施例

*リーダーは主催者か講師が務める

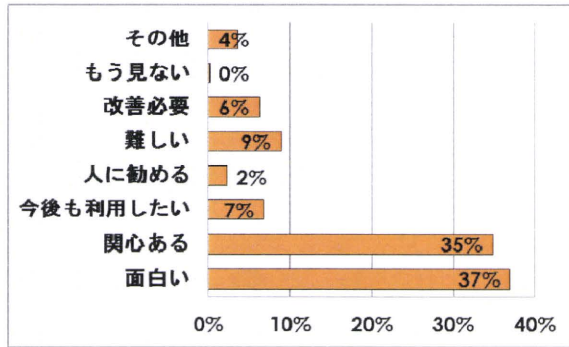


図4 クイズへの感想

(単位は学生 386 名中の%。複合回答)

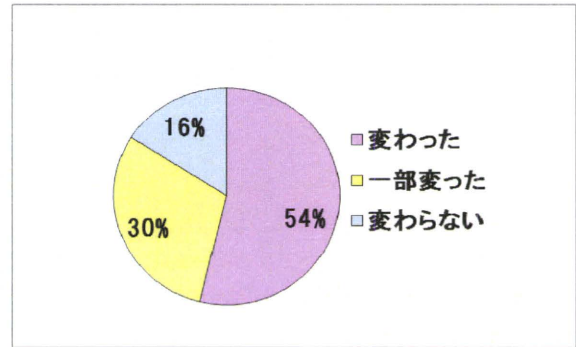


図5 食の安全の理解の変化

(単位は学生 386 名中の%。択一回答)

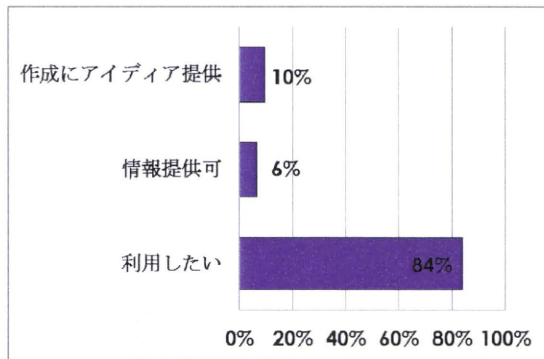


図6 今後のクイズ利用と作成への協力

(単位は学生 386 名中の%)

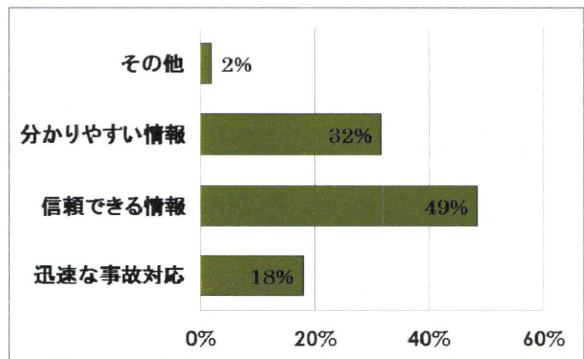


図7 食の安全で関心ある事柄

(単位は学生 386 名中の%)

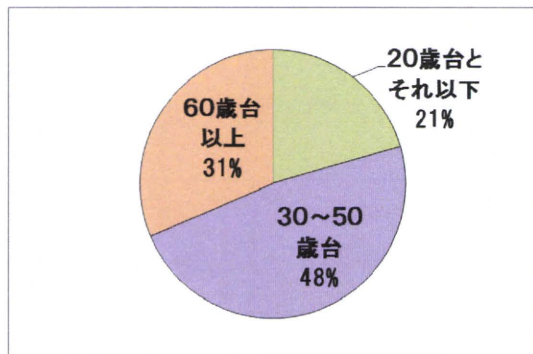


図8 社会人回答者の年齢構成

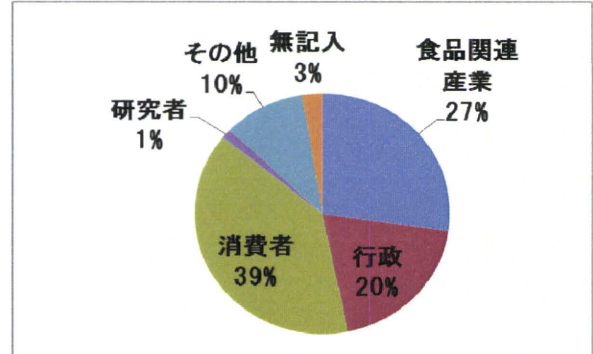


図9 社会人回答者の所属

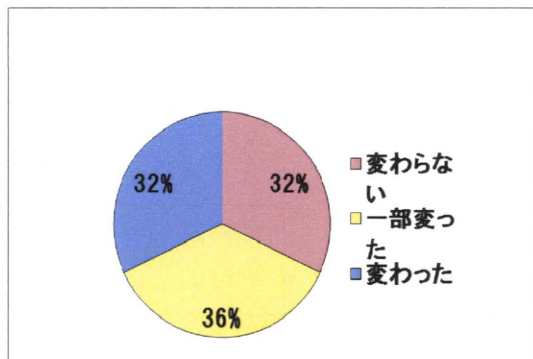


図10 社会人回答者の理解の変化

(211 名中の%)

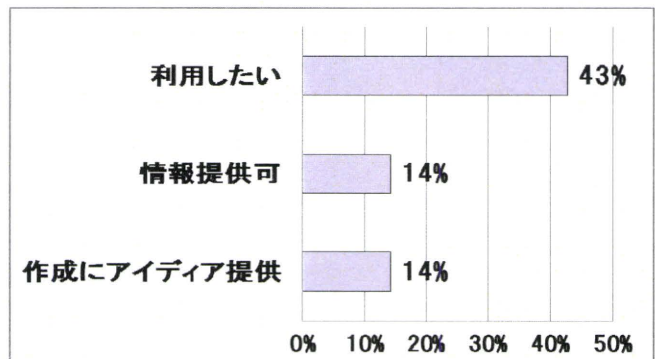


図11 社会人回答者のクイズへの協力意志

(211 名中の%)

平成 22 年度食品の安心・安全確保推進研究事業
インターネット上の人材養成プログラムの開発

研究分担者 前田恭伸 静岡大学工学部システム工学科 准教授

研究要旨

Adobe Flash を用いて食品安全ゲームを開発した。ゲームはクイズ形式となっており、単純にクイズを楽しむこともできるが、解説も充実させて食品安全について独習もできるように用意されている。利用者としては、中学生から高校生くらいの知識を持つものを想定した。輸入食品、無農薬・有機栽培、食品廃棄、発ガン物質、健康食品などのテーマについて、クイズゲームを作成した。また、これらを食品安全とは無関係な専攻の大学生 100 名に試用してもらい、評価を得た。

A 研究目的

(1) Adobe Flash を用いた子ども向け食品安全ゲームの開発

本研究では、特に子どもたちに焦点を合わせて、食品安全についての情報を提供するための媒体を開発する。対象としたのは 10 代の男女で、特に中学生、高校生の世代をターゲットとする。具体的には、彼らに好まれやすい情報媒体の形態として、食品安全についてのコンピュータゲーム（以下、食品安全ゲーム）を開発する。

の教示なしで自律的に利用できるプログラムにし、それを WWW 上で利用できるようにすることとした。これはできるだけゲームを普及させるためである。第四に、子供たちに親しみの持てるキャラクターが登場するアニメーションをつけることにした。

以上の条件を満たすプログラムを作成するためのプラットフォームとして、Adobe Flash を利用することにした。また、このプログラムを大学生 100 名および一般の利用者 50 名に試用してもらい、評価を得た。

B 研究方法

(1) Adobe Flash を用いた子ども向け食品安全ゲームの開発

食品安全ゲームは以下のような考えに基づいて設計した。

第一に、ターゲットユーザを主に中学生から高校生とした。第二に、楽しみながら学習できるような、クイズ形式のゲームとした。第三に、独習が可能なように、教師

C 研究結果

(1) Adobe Flash を用いた子ども向け食品安全ゲームの開発

(A) ゲームの開発

このようにして開発したゲームが「食の安全ナビ検定」である。このゲームは現在、特定非営利活動法人食品保健科学情報交流協議会のウェブサイトで公開されている（図 1）。

まず「輸入食品の安全について編」「無農薬・有機栽培編」「食品廃棄編」「食品中の発ガン物質編」「健康食品編」の5種類のゲームが開発された。いずれのゲームも図2に示すような家族の会話をベースにクイズに答えていくような仕掛けになっている。キャラクタの会話はアニメーションの中で図のようにふきだしに表示される。今回の開発では、簡単のためアニメーションに音声は付与しなかった。

クイズは、アニメーションの会話の途中で、ひとつのゲームにつき、5個から7個が組み込まれている。図3は輸入食品についての問題の例である。図の下にあるA, B, Cのマークをクリックすることで、利用者は問題に答えることができる。

それぞれの問題には右上にヒントというボタンが配置されていて、これをクリックすることで、正解を見つけるためのヒントを読むことができる(図4)。これを読むだけでも食品安全について独習することができるように工夫されている。

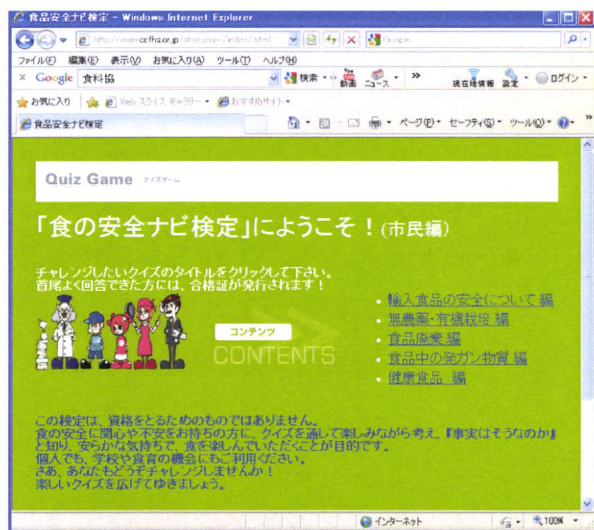


図1: 「食の安全ナビ検定」ウェブサイト



図2: ゲーム「輸入食品の安全について編」の1シーン

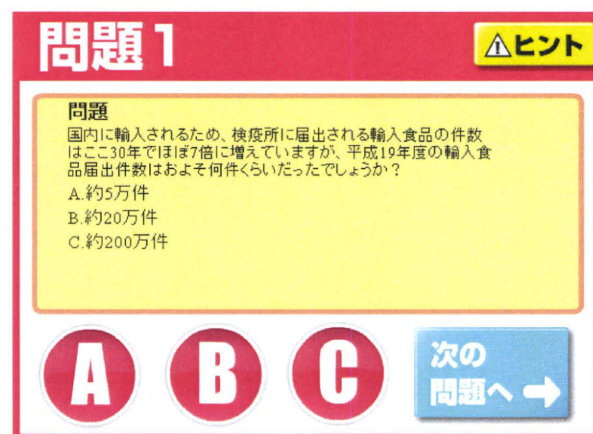


図3: クイズの例

それぞれの問題には右上にヒントというボタンが配置されていて、これをクリックすることで、正解を見つけるためのヒントを読むことができる(図4)。これを読むだけでも食品安全について独習することができるように工夫されている。

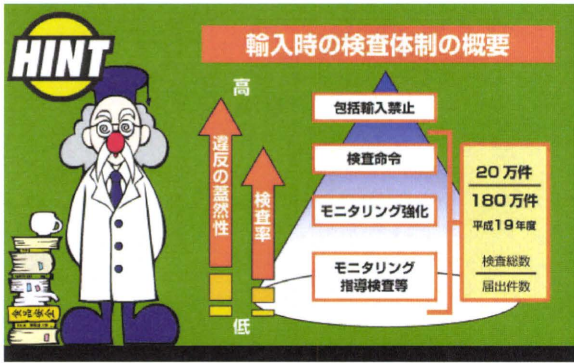


図4：ヒントの例

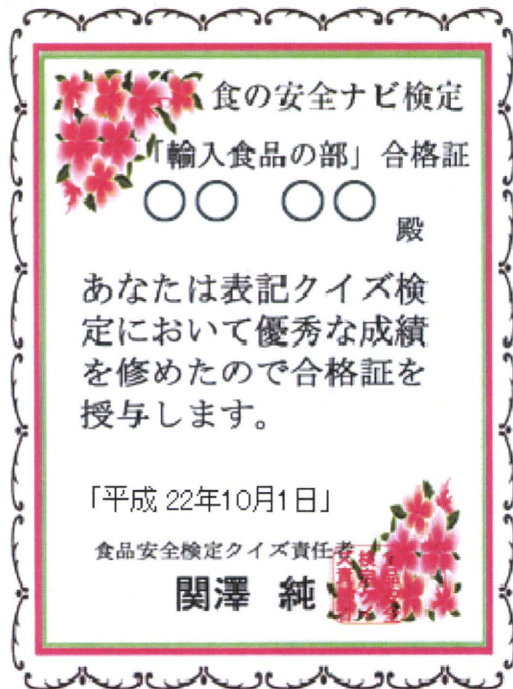


図5：合格証

そしてそれぞれのゲームについて利用者が一定以上正解すると、ゲームの最後に合格証が印刷される（図5）。

(B) ゲームの評価

ゲームの教材としての有効性を検証するために、開発したゲームを大学生に評価してもらった。対象となった学生は、工学部の3年生で、「リスク分析」の講義を受講した学生100名である。想定している世代よ

りは年長ではあるが、食品安全には関係のない学部の学生なので、食品安全に関する知識レベルは高校生とそれほど変わらないのではないかと考えられる。ただし「リスク分析」の受講生なのでリスクについての関心は高いものと考えられる。

被験者は工学部の学生なので、男女比は96:4と偏っている。また国籍は、99名が日本人、東南アジアからの留学生がひとりとなっている。

この100名の学生に、「輸入食品の安全について編」「無農薬・有機栽培編」「食品廃棄編」「食品中の発ガン物質編」「健康食品編」の5つのゲームを実行してもらい、その後でアンケートに答えてもらった。

アンケートの結果は以下の通りである。まず5つのゲームの正解数を聞いたところ、その頻度分布は図6のようになった。ちなみに対象となった5つのゲームの総得点は33点で、満点が一人だけ居た。さすがに5問すべて0点という学生は居なかったが、個々のゲームについては、0点の学生も何人か居た。

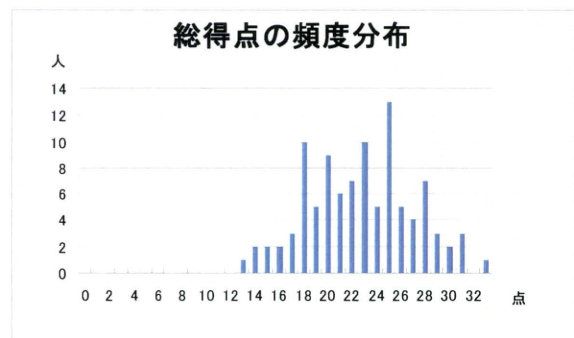


図6：総得点の頻度分布

「このクイズについて、どう感じましたか?」という質問を5つのゲームそれぞれ

について聞いたところ、どのゲームの回答もほぼ同じ傾向になった。5つのゲームへの回答をすべて集計した結果を、図7に示す。「新鮮だった」「面白かった」という肯定的な評価が大半を占め、「関心ない」という回答は少なかった。ただ、「難しい」という回答も、それなりの数を占めた。

図8に「このクイズのテーマに関心はありましたか？」という問いに対する回答を示す。ここに示すように、80%の回答が「関心はある」というものであった。被験者は食品安全に対する高い関心を示した。

図9に「正解の解説はわかりやすかったですか？」という問いに対する回答を示す。このように非常に高い評価を得ることができた。解説が教材として有効であることを確かめることができた。

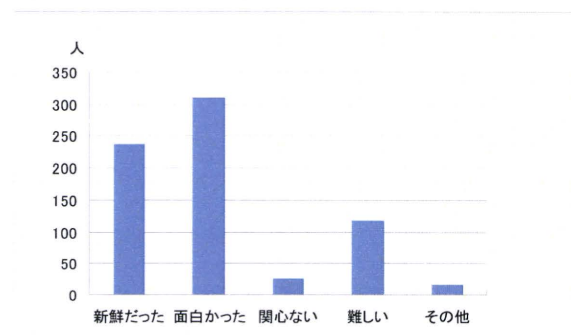


図7：このクイズについて、どう感じましたか？（複数回答、全ゲームについて）

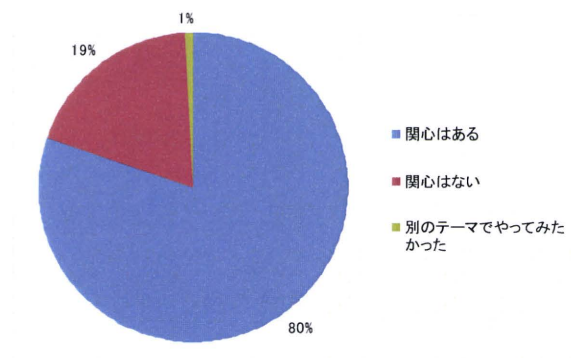


図8：このクイズのテーマに関心はありましたか？

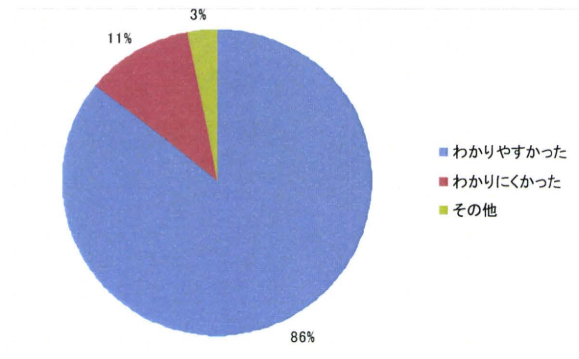


図9：正解の解説はわかりやすかったですか？

5つのゲームそれぞれに対して「このクイズをやってみて、内容への理解は深まりましたか？」と質問し、その回答を集計した結果を図10に示す。この図によれば「理解がより深まった」、「理解が変わった」という回答がそれぞれ51%、34%あった。

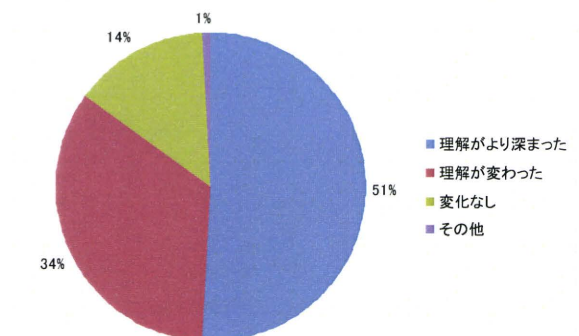


図10：このクイズをやってみて、内容への理解は深まりましたか？（全ゲームについて）

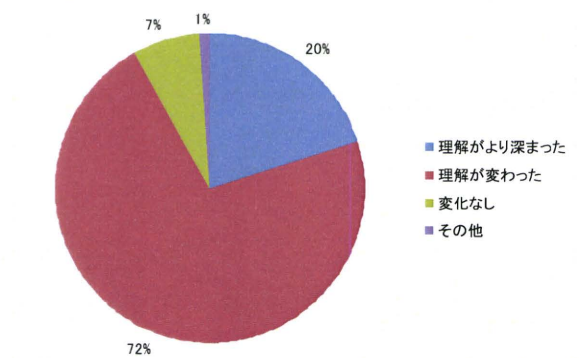


図11：このクイズをやってみて、内容への理解は深まりましたか？（輸入食品の安全）

について 編)

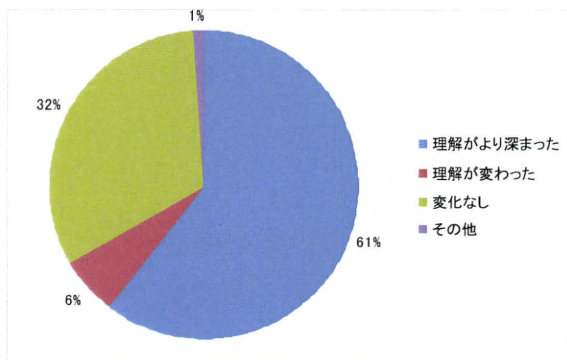


図 12：このクイズをやってみて、内容への理解は深まりましたか？（健康食品 編）

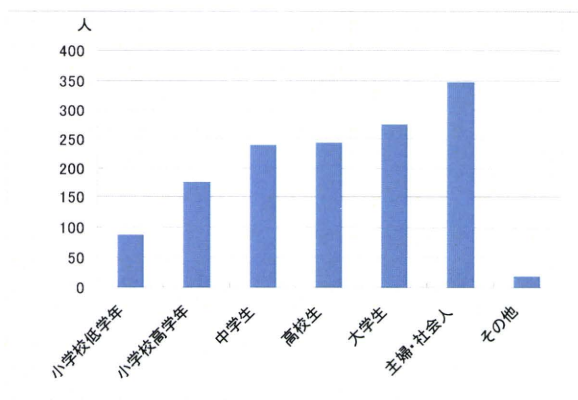


図 13：このクイズは、どの世代に出題するのが適切だと思いますか？（複数回答）

最後に「このクイズは、どの世代に出題するのが適切だと思いますか？」という質問に対する結果を図 13 に示す。予想とはやや異なる回答が得られた。もともとこれらゲームは中学生、高校生を利用者として意図して設計されたが、回答は図 13 のようになった。確かに中学生・高校生という回答は多かったが、大学生、主婦・社会人と回答した人が、それより多かった。問題のレベル設計に関しては、もう少し検討が必要なのかもしれない。

D 考察

(A) 食品安全ゲームのゲームとしての楽しさ・わかりやすさ

「このクイズについて、どう感じましたか？」という質問に対する回答は、図 7 に示すとおりだが、「新鮮だった」「面白かった」という肯定的な評価が大半を占めた。また、図 9 に示されたように、「正解の解説はわかりやすかったですか？」という問いに対しては、86%の回答が、「わかりやすかった」と答えている。このソフトウェアが、ゲームとして楽しみを持ってもらえるだけでなく、教材としても有効であることを示すものだろう。

(B) リスク認知の変容に与える影響

「このクイズをやってみて、内容への理解は深まりましたか？」と質問した結果を図 10 に示す。この図によれば「理解がより深まった」、「理解が変わった」という回答がそれぞれ 51%、34%あった。全体としては食品安全に対する被験者への教育効果があったと見ることができる。しかしその反応はそれぞれのゲームで大きく異なった。例えば「輸入食品の安全について編」では、「理解がより深まった」という回答が 20%であったのに対し、「理解が変わった」という回答が 72%となり、理解が深まったというより、認識が変化したものと見ることもできる（図 11）。さらに「健康食品編」ゲームでは、「変化なし」の回答が 32%を占め、他のゲームとまったく違う反応になった（図 12）。

この結果は、普段被験者がどういう情報に接しているかということを示唆するもの

だろう。図 12 の結果は、普段から学生たちが健康食品に強い関心を持っていたので、今回のゲームによって、それまで持っていた知識が強化されたということを示すものだろう。一方図 11 の結果は、普段被験者が輸入食品のリスクについての適切な情報に接する頻度が少ないことを示しているものと思われる。適切な情報に接することが少ないことがリスク認知のバイアスを生み、それがこのゲームで修正されたということを示しているのではないかと推測される。

(C) ゲームの対象レベルの適切さについて

「このクイズは、どの世代に出題するのが適切だと思いますか？」という質問に対する回答は、予想とはやや異なるものになった。もともとこれらゲームは中学生、高校生を利用者として意図して設計された。確かに中学生・高校生という回答が多かったが、大学生、主婦・社会人と回答した人が、それより多かった(図 13)。問題のレベル設計に関しては、もう少し検討が必要なのかもしれない。ただ、この答えに付随して書かれた自由記述を見てみると「こういった知識はすべての世代の人々に伝えるべきだ」という答えが複数あった。回答者は「この問題のレベルが誰にふさわしいか」という視点ではなく、「この問題で扱われている知識を誰が持つべきか」という視点で見えていた可能性がある。

E 結論

中学生・高校生をターゲットとして、食品安全の知識を伝えるためのコンピュータゲームを開発した。

(1) 開発したゲームを大学の学生に評価し

てもらった。その結果、教材として有効であるという評価を得ることができた。ただ、ターゲットとした利用者のレベルに本当に適合しているかどうかという点については、もう少し検討が必要かと思われる。

(2) 他の世代に向けた教材の開発も必要である。現在小学校の低学年・高学年のための食品安全ゲームも開発している最中である。これらも小学生に使ってもらい、評価を得る必要があるだろう。

F 健康危険情報

なし

G 研究発表 (記載の体裁を以下に習う)

1. 論文発表, 単行本

1) 前田恭伸, 関澤純, 柴田健一, 横山貴紀: Adobe Flash を用いた子ども向け食品安全ゲームの開発, *日本リスク研究学会第 23 回研究発表会講演論文集* (2010) 23 巻, 83-87 (東京, 2010 年 11 月)

2) 関澤 純、北村忠夫、森田満樹、中村由美子、濱田(佐藤)奈保子、前田恭伸、鹿島日布美: 対象別の適切な食品安全情報の教材と指導プログラムの開発, *日本リスク研究学会第 23 回研究発表会講演論文集* (2010) 23 巻, 77-82 (東京, 2010 年 11 月)

3) 前田恭伸: リスクマネジメントはなぜ難しいのか, *日本リスク研究学会誌* (2010) 20(3), 197-202

2. 学会発表・講演

1) 前田恭伸: リスクマネジメントはなぜ難

しいのか、日本リスク研究学会第 23 回シ
ンポジウム（東京大学）（2010 年 6 月、
東京）

H 知的財産権の出願・登録状況
なし

平成 22 年度食品の安心・安全確保推進研究事業：

食に関するケースメソッド教材の開発

分担研究者 濱田奈保子（東京海洋大学）

研究要旨

当事者の立場に立って問題を発見し、解決策を提案させる演習形式の授業であるケースメソッド討論授業の教材を作成することにより、知識を示す（教える）のではなく、思考過程を考えなおすことが可能となる。本分担研究では、分担研究者自身が開発した「生鮮魚介類の鮮度を可視化するツール」に関するケースメソッド教材を開発した。このツールを水産物（鮮魚）のトレーサビリティに導入する上でのリスクやベネフィットについて、生産者、流通業者および消費者等、立場の異なるステイクホルダー同士で討論可能な課題を作成した。昨年度は食に係わる世の中を騒がせた事件を取り上げたケースメソッド教材を作成した。こういったケースでは、事件の詳細に関する公表されていない事実までは調査できず、推定を含んでいた部分があった。しかし今年作成したケース教材は、分担研究者自身が開発したツールに関するケースであるため、公表を差し控える事柄はほとんどなく、立場の異なるステイクホルダーを対象とした調査に基づく、ケース教材を作成することができた。しかし、ケース授業に参加した方の多数を占める感想として、「科学的データを消費者がすんなり受け入れるか？」という指摘があり、科学技術が社会に受容されるためには多くの課題があることが示唆された。

A 研究目的

当事者の立場に立って問題を発見し、解決策を提案させる演習形式の授業であるケースメソッド討論授業の教材を作成することにより、知識を示す（教える）のではなく、思考過程を考えなおすことが可能となる。本分担研究では、分担研究者自身が開発した「生鮮魚介類の鮮度を可視化するツール」を水産物（鮮魚）のトレーサビリティに導入する上でのリスクやベネフィットについて、生産者、流通業者および消費者等、立場の異なるステイクホルダー同士で討論可能なケースメソッド教材を作成することを目的とする。

B 研究方法

1. 「生鮮魚介類の鮮度を可視化するツ

ル」を水産物（鮮魚）トレーサビリティに導入する上での改善（実験も含む）

2. ケースメソッド教材の作成
3. 作成したケースメソッド教材を用いた授業の実践

C 研究結果

1. 「生鮮魚介類の鮮度を可視化するツール」を水産物（鮮魚）トレーサビリティに導入する上での改善
「生鮮魚介類の鮮度を可視化するツール」（バイオサーモメーターと呼称）は K 値と呼ばれる鮮度指標と積算温度に基づく非破壊の鮮度評価および管理ツールとして、濱田奈保子らが開発してきた（特許 4556497 号）。このバイオサー

モーターの原理はケース教材に詳細に記しているが、酵素反応の可視化に基づくものである。従って、目視で鮮度が判定できることも大きな特色である。本年度は研究者以外の現場の方が使用できるよう、酵素反応をワンプッシュで開始できる型を試作し、本ツールを水産物（鮮魚）のトレーサビリティに導入できる形に改善した。

2. ケースメソッド教材の作成

大学で魚介類の鮮度管理について研究を続けているN氏は迷っていた。N氏は長年の研究成果としてバイオサーモメーターによる魚介類の鮮度評価技術の開発を完成させた。しかし、食品の安全性について消費者の不信が社会的に広がるなかで、魚介類の鮮度評価技術の開発は消費者の食の安全志向にどこまで対応できるのか？消費者の要望や不信に対してどのような解決を与えることができるのだろうか。鮮度評価技術を鮮魚の鮮度管理に役立させ、鮮魚流通におけるフード・セーフティ機能としてさらに実社会に役立つものにしていきたい。N氏はあらためて魚介類の鮮度評価技術について考えてみることにした。

質問（講義を聴く前提としての問題意識）

Q1. N氏は何を迷っているのでしょうか。

鮮度評価技術の開発にあたって学問的な領域とフード・セーフティのなかで社会的貢献ができることの両立を図る上で、学問と実社会に役立つための間にどのような違いがあり、どのような課題があるのでしょうか。優れた技術を開発することがそのまま社会的貢献とはならないのでしょうか。

Q2. N氏の技術開発は、小売業界や外食産業にとってどのようなメリット・デメリットが期待できるのでしょうか

Q3. 自分が小売業者だった場合、外食業者だった場合、市場業者であった場合、それぞれの立場からN氏に対して要望を出してください。どのような技術、条件ならぜひ使いたいと思うのでしょうか。

Q4. 市場施設の衛生面の現状と鮮度管理技術の開発をどのように結びつけることが考えられるのでしょうか

Q5. 鮮度評価技術としてのバイオサーモメーターはトレーサビリティに対してどのような貢献が可能でしょうか。

講義資料

魚介類の鮮度と品質管理

1. 魚の鮮度とは

消費者の高鮮度志向はますます高まっており、生鮮食料品に限らず加工食品であっても高鮮度の良好な品質の原材料を求める傾向が強くなっている。しかし、鮮度は温度や濃度といった科学的定義が明瞭であるものに比べ、非常にあいまいな概念である。しかしながら、水槽に泳いでいる魚を見て、「この魚の鮮度は？」などという人はいないことから、魚を食品として捉えた場合の概念であると言える。ここでは、「鮮度＝食品としての品質劣化の度合い」と考えて以後記載する。

畜肉のように一定期間貯蔵し、熟成させた後に食するものとは異なり、魚は死後数日中に食するか、調理加工されるものが多

いため、死後変化と鮮度は密接に関連しており、価格に及ぼす影響が最も大きい因子は鮮度といっても過言ではない。

2. 魚の鮮度判定指標

鮮度が良いかどうかを判定する方法には古来より行われてきた官能検査と様々な科学的判定法がある。官能検査は、評価を数値化しにくい欠点があるものの、現在でも大変重要な方法であり、タスマニア（オーストラリア）食品研究所で開発された鮮度判定用シートは、ポケットPCで迅速に処理するシステムになっており、得られたデメリットスコアは貯蔵日数と直線関係にあり、後述するK値やTMA（トリメチルアミン）値と相関を示すものである。通常、新鮮な魚は、鰓が鮮赤色で、眼が澄んでおり、表皮はみずみずしさを保ち、艶っぽく、生ぐさ臭がない。一方、科学的な鮮度判定法としては、筋肉の硬さ、弾性、破断強度といった物理学的方法と生菌数計測や特定の腐敗菌の増加をモニタリングする微生物学的方法がある。また前述のK値やTMA、揮発性塩基窒素、揮発酸、遊離アミノ酸、乳酸及びグリコーゲン含量など、鮮度が低下するに従い増減する指標となる化学物質の変化を定量する化学的評価方法がある。

K値と呼ばれる鮮度判定恒数は、官能的に評価された「活きの良さ」と良い相関があるため、現在、水産分野で最も多用され、信頼度が高い。K値は、死後の時間経過とともに筋肉中のATPが順次アデノシン二リン酸（ADP）、アデノシン一リン酸（AMP）、イノシン酸（IMP）を経て、イノシン（HxR）及びヒポキサンチン（Hx）へと分解していくことに基づくもので、以下の式で定義される。

$$\text{K値 (\%)} = [\text{HxR} + \text{Hx}] / [\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx}] \times 100$$

一般にK値が20%までは生、すなわち刺身として食すことができ、20~40%までは鮮度良好、60%までは加熱・調理すれば食すことができ、60%以上は腐敗とされている。しかし、魚種によってK値の上昇速度が著しく異なる上、生食限界値、可食限界値のK値が様々であるので、魚類の特性を理解した上でK値を用いる必要がある^リ。

K値が魚類の初期鮮度指標であるのに対し、TMAは細菌（微生物）作用によって生じる腐敗臭の主要成分であり、細菌による初期腐敗を検出するのに適した指標である。通常、TMAはトリメチルアミンオキシド（TMAO）と呼ばれるエキス成分より、細菌が生産するTMAO還元酵素作用で生成される化学物質である。また、淡水魚ではTMAOが存在しないため、TMAで初期腐敗を検出することができない。この指標も魚種によって腐敗を示す生成量が異なるため、単にこの数値だけで議論できない点を忘れてはならない。同様に、細菌が生産する酵素作用により、魚肉中のタンパク質や遊離アミノ酸が脱炭酸反応や脱アミノ反応を引き起こし、アンモニアや腐敗臭の元となるアミン類が生成される。TMAも併せて、これらは総称して揮発性塩基窒素（VBN）と呼ばれ、極めて新鮮な魚肉で5~10 mg/100g、普通の魚肉は15~20 mg/100g、初期腐敗魚肉で25~30 mg/100gといわれているが、TMAと同様、魚種ごとにこの値は異なる。また、多量の尿素を含むサメやエイなどはアンモニアを発生しやすく、これらの魚種ではVBNで鮮度を計測することはできない。TMAはアンモニアに比べてニオイ閾値が低いため、一般の魚類では鮮度が低下するとアンモニアよりTMAのニオイを強く感じる。

もう1つの代表的な細菌作用による鮮度判定法としてポリアミン含量による評価法がある。魚介類に含有されている遊離アミ

ノ酸が細菌の酵素作用により脱炭酸されてポリアミンを生じる。鮮度指標となるポリアミンとしては、オルニチンより生じるプトレシン、リジンから生じるカタベリン、チロシンより生じるチラミン、アルギニンより生じるアグマチン、ヒスチジンより生成されるヒスタミンがある。特に、ヒスタミンはアレルギー様食中毒を引き起こすため、要モニタリング物質であるが、魚種あるいは貯蔵温度によって、その生成量が著しく異なるため、腐敗判定指標としては必ずしも相応しくないとする考えもある。現在の HACCP の考えに基づく生鮮魚介類の品質は生成されるヒスタミン量によって判断されている。しかし、上述のようにヒスタミンは細菌作用により生じる物質であり、鮮魚の初期鮮度指標ではないことから、鮮度管理指標としては相応しくない。演者らは、ヒスタミンに替わり、活きの良さとの高い相関があるK値を鮮魚の品質管理指標にすることを提唱した²⁾。

上述した代表的な鮮度指標以外に「肉色の変化」も鮮魚の商品価値を左右する重要な品質劣化の要素である。特に赤身魚の場合、鮮度が低下すると鮮紅色から褐色へ変化する現象を数値化したメト化率は鮮魚の価格にも大きく影響を与える鮮度指標の一つである。赤身魚は、ミオグロビン (Mb) という色素タンパク質が筋肉中に多量に存在している。Mb は空気中の酸素に触れると一時的に鮮やかな赤色 (オキシミオグロビン、MbO₂) となるが、長時間放置すると色素中に含まれる鉄イオンが酸化して褐色のメトミオグロビン (metMb) が生成される。このような Mb の自動酸化をメト化といい、全Mbに対する生成metMb量を百分率で表し、これをメト化率と呼ぶ。メト化率計測に最も大きな影響を与える要因は温度である。通常、マグロは-35℃以下の超低温保存が

有効であり、6ヶ月後も良好な肉色を保持できる。-40℃程度の超低温保管庫で温度変動を与えずに貯蔵することにより、褐変による品質低下を防ぐことが可能となる。また、脂質の酸化度も重要な鮮度指標であり、酸化の程度を表す指標として過酸化価や酸価がある。

3. 鮮度劣化をもたらす環境要因

我々は常温あるいは高温に魚を放置するより、冷蔵庫あるいは氷につけておくほうが鮮度を保持できることを経験的に知っている。一般的に食品の温度を下げるということは、食品が持っている熱エネルギーを低下させ、より安定した状態にすることである。また、食品貯蔵中における品質変化は化学反応に基づいており、この反応速度は絶対温度の関数として下式で示すアレニウス式で表すことができる。

$$k = A \cdot \exp(-E/RT)$$

E: 活性化エネルギー、R: 気体定数、T: 絶対温度、A: 定数

上記の自己消化過程における鮮度劣化は、魚の筋肉中に含まれる酵素によるものであり、酵素の作用は生体内における化学変化に他ならない。従って、自己消化作用過程は理論的にも温度に依存することは明白であり、魚を低温にすることで鮮度劣化は抑制することができる。もう1つ大きな要因として水分が挙げられる。酵素反応速度は水分(水分活性)が低くなるほど低下するため、水分を制御することで鮮度劣化を抑えることができる。他に脂質酸化に影響する要因として酸素、光があり、これらは鮮度劣化を促進する。

4. K値と温度履歴に基づくバイオサーモメーターを用いた鮮度管理

上記3で述べたように鮮魚の鮮度は主と

してその魚が置かれた環境の温度に依存し、大きな影響を受けている。従って、鮮魚の鮮度を管理する要は温度管理であるといえる。また、本稿 2 節で述べたように鮮魚の鮮度指標として K 値が初期鮮度指標として有効であるが、魚種によって可食限界の K 値が異なること、特に、タラ類など一般に言われている K 値の可食限界範囲から大きく逸脱する種もあることから、現在の K 値がわかったとしても、生で食べられる期間はあと何日あるのかを即座に判断することは困難であり、このような問題から、温度履歴と K 値に基づく生可食残存期限を計測するシステムの構築が急務であった。

K 値に関与する酵素に着目し、その酸化反応に共役して発色するホルマザン色素の発色強度を計測して鮮度を推定する方法と発色強度の経時変化を追及することで生可食限界値を求める方法を開発した。具体的には、マイクロカプセル内にキサントキシダーゼ (XOD) と基質 (ヒポキサント、Hx)、緩衝液 (20 mM Tris-HCl, pH7.8)、発色剤として MTT ([3-(4,5-dimethyl-2-thiazolyl)-2,5-diphenyl-2H-tetrazolium bromide]) を封入すると、XOD の酸化反応によって生成されるスーパーオキシドアニオン (O_2^-) が Hx を尿酸に酸化する際に同時に MTT を還元してホルマザン色素を生成する。そのホルマザン色素の発色度が温度 × 時間 (積算温度) に依存することに基いている。バイオサーモメーターの発色度を見れば、これまでのバイオサーモメーターと同条件下に置かれた対象魚の積算温度が瞬時に判り、生食限界値における発色度との差を求めれば生食限界値までの残存日数が求められる。すなわち、本バイオサーモメーターを魚体とともに貯蔵すれば、バイオサーモメーターの発色度から魚体の鮮度を知ることができ、かつ刺身としての有

効賞味期限を即座に知ることができる。

5. トレーサビリティシステム上の鮮度管理

元来、工業製品の出所や原材料履歴、所在等を追跡する手段として捉えられていたトレーサビリティであるが、その対象が食品へと広がるなかで、「食品の履歴書」・「生産・流通履歴」という代名詞的な使われ方で普及している。(現在、その使われ方に混乱があることから、(独) 農林水産消費安全技術センター、食品需給センターでは「追跡可能性」もしくは「追跡能力」という本来の意識を用いるように提案がなされている。)

食品のなかでも特に農水産物は工業製品とは異なり画一化が難しい産品であるが、逆にそのことがブランド化を推し進められる要因になっている。ブランド化には消費者の「信頼」「安心」「満足」が必要条件であり、消費者が納得できるトレーサビリティシステムの構築が現在求められている。

トレーサビリティは導入側のリスク管理手法として捉えられる感が強く、消費者が安心して食品を購入できる環境を作り出す手段として導入が検討されたことは忘れがちである。消費者の間にもトレーサビリティと食品の安全性を同一視する誤解があるように見受けられるが、トレーサビリティを導入したからといって必ずしも食品の安全性が保障されると考えるのは現時点では時期早尚である。食品ごとの特色のある安全履歴と標準化された流通履歴を複合した適正なトレーサビリティシステムが構築されて、はじめて食品の安全性が担保されると思われる。そのためには、フードチェーン全ての段階で全ての関係者に共有しあえる情報提供と科学的な指標に基づく安全性の保障を有するトレーサビリティシステムの構築が望まれる。前出の演者らが開発し

たバイオサーモメーターは目視かつ瞬時にして温度管理が可能であり、バイオサーモメーターの発色度は鮮魚の温度履歴を示すことから、標準化された流通管理に使用できる上、K値に基づく特徴的な鮮度管理を可能にする。

下図に基づき、バイオサーモメーターを鮮魚のトレーサビリティシステムに導入した場合の管理システムについて説明すると、バイオサーモメーターを漁獲直後の魚とともに輸送する過程で、発色度が黄色から紫色に変化していくが、鮮度指標K値と発色度との相関検量線から鮮度が推定できる。従って、流通過程においてどのステップであっても、バイオサーモメーターの発色度から非破壊的かつリアルタイムに鮮度と消費期限情報を提供することが可能である。また、流通過程において低温流通条件が損なわれ、一定時間、温度が上昇したという不測の事態が起こった場合に、バイオサーモメーターの色は通常流通した場合と比較し、紫色に変化してしまうことから、瞬時にして不測の事態を見極めることも可能である。付け加えると、開発した本法はK値及び温度履歴に基づく評価法であるため、鮮魚だけでなく、家畜肉・家禽肉についても適用が可能である。

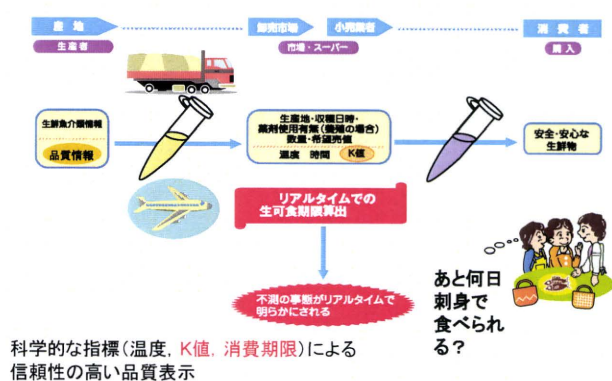


図 バイオサーモメーターを導入した鮮魚のトレーサビリティシステム

6. 高鮮度志向の様々な影響

冒頭で述べたように消費者の高鮮度志向は留まることがなく、生鮮食料品だけでなく、加工食品、さらにはビールなどの嗜好品においても高鮮度の品質が求められるようになってきている。それに伴い、高鮮度の食品(あるいは原料)を高鮮度の状態を保って消費者に届ける流通過程にも大きな影響を及ぼしている。また、最近提唱されている「食品表示一本化」は消費期限、賞味期限、品質保持期限など複数の表示でわかりにくかった部分がわかりやすくなり、正しい情報が消費者に伝わりやすい、というメリットがある一方、現在の「賞味期限」がそのまま「消費期限」に変更するだけになる可能性もあり、本当はまだ十分食せるものが廃棄される傾向が高くなることが懸念される。また、製造年月日を全ての食品に義務づけることが提唱されたが、食品は種類によって製造工程が異なるため、どの時点での製造年月日なのか、という混乱が生じるとともに、少しでも新しい製造年月日にするため、食品メーカー従業員の深夜や未明の労働が増える可能性も高まるといえる。従って、食品ごとの安全に食せる消費期限の客観的な判断基準を定める必要性は今後さらに高まっているものと思われる。

参考文献

- 1) 濱田(佐藤)奈保子ら：日食科工誌、51, 495-504 (2004)。
- 2) N. Hamada-Sato et al.: Food Control, 16, 301-307(2005)。

1. 作成したケースメソッド教材を用いた授業の実践

作成した上記のケースメソッド教材を鮮

魚流通に係る主に卸売業および小売業が集まる勉強会と社会人学生を含む東京海洋大学大学院食品流通安全管理ケース演習Ⅱの授業で用い、ケース演習授業を行った。授業の予習を義務づけるために、本ケースメソッド教材に含まれる設問に対して、A4 1枚程度にまとめてくることを課した。

それぞれの設問に対する主要な回答を以下に記載した。

Q 1.

- ・研究と現場の環境の違い。
- ・科学的データをすんなり消費者が受け入れるか？という心配。
- ・社会的需要があるか心配（日本の現場にはまだ目利きと呼ばれる経験者がおり、必要ないという根強い考えもある）。
- ・大学等の基礎研究は利点がクローズアップされるが、会社は欠点が大きくクローズアップされてしまうこと。
- ・鮮度の追及に過敏になり過ぎ、売れ残りにつながる可能性が高くなること。

Q 2.

メリットとする点

- ・明確な鮮度がわかることによる購買意識の高まり
- ・納入の基準が明確になり、買値を安くできる可能性がある。
- ・付加価値をつけられる。ブランドの促進に寄与できる可能性が高い。
- ・トレーサビリティの徹底につながる。

デメリットとする点

- ・高鮮度志向による廃棄量増加
- ・バイオサーモメーター表示により、明確な鮮度がわかるため、厳密な鮮度管理が要求され、新たなクレームが増える可能性がある。
- ・バイオサーモメーター表示のコスト負担

がかかる。

- ・「温度管理ができている＝安全」と結びつくか？

Q 3.

全体的な要望：

- ・コスト負担がなく、取り扱いが簡単（安全性なども含む）、異物混入の対策、自社でのモニタリングに活用できるもの

小売業者としての要望：

- ・消費期限設定が明瞭で消費者がわかりやすいもの
- ・バイオサーモメーター自体の安全性の担保と発色の保証
- ・刺身用と加熱用の基準も明確にしたもの
- ・刺身で売れる幅を大きくとって欲しい市場業者：
- ・バイオサーモメーターが紛失しないような仕組み
- ・バイオサーモメーターの発色エラー等のリスクに係る損失の補償体制の確立

Q 4.

- ・セリ場では温度管理はできない。
- ・バイオサーモメーターでは衛生面に対応できない。
- ・衛生面が悪い場合にもバイオサーモメーターさえついていれば安全と思われる可能性がある。
- ・バイオサーモメーターが付加された魚が消費者に届けられるため、市場での施設衛生面に対する意識向上が図られる可能性がある。

Q 5.

- ・トレーサビリティの保証と強化
- ・消費者と生産者の安全に対する意識の向上
- ・バイオサーモメーター付加によるブラン

ド魚の創出

D 考察と結論

昨年度は食に係わる世の中を騒がせた事件を取り上げたケースメソッド教材を作成した。こういったケースでは、事件の詳細に関する公表されていない事実までは調査できず、推定を含んでいた部分があった。しかし今年作成したケース教材は、分担研究者自身が開発したツールに関するケースであるため、公表を差し控える事柄はほとんどなく、立場の異なるステイクホルダーを対象として調査に基づく、ケース教材を作成することができた。授業当日のグループ討論および全体討論の前にバイオサーモメーターの開発経緯も含め、水産物流通における全般的な問題点も含めた講義を行い、ケース教材の内容について詳細に説明した。ケース教材の各設問について、グループ討論の際にその回答について討論し、結果をまとめて発表してもらったが、設問の趣旨をとり違えている方が多く、科学技術を一般の方に理解させる難しさを感じた(上記で主要な回答と記載したものは趣旨を理解されていると判断した回答の抜粋である)。一方で、バイオサーモメーター自体の安全性およびコスト等、水産物のトレーサビリティ導入に際しての根本的な課題についての議論に触れるなかで、科学技術を社会に還元していくことの難しさを改めて感じた。

また、水産物のトレーサビリティに導入する上でのリスクやベネフィットについては、生産者、流通業者および消費者等の間で異なる回答となった。もし、バイオサーモメーターが導入されることになった場合、

誰がバイオサーモメーターのコストを負担するのか?についても様々な議論があり、導入への困難さを一層感じさせる結果となった。

ケース演習授業参加者のなかに、「エイジレス(脱酸素剤:三菱ガス化学株式会社製)」の営業担当者があり、エイジレス普及の勝因を漏れ聞くことができた。エイジレスが普及した勝因は、エイジレスを入れた「萩の月(菓匠三全の菓子)」がヒット商品となったのに伴い、他の商品にも使用されるようになり、普及したそうである。実際、バイオサーモメーターを付与した魚がブランド魚として名を馳せることができれば、他魚へ適応も可能かもしれない。しかし、ケース授業に参加した方の多数を占める感想として、「科学的データを消費者がすんなり受け入れるか?」という指摘があり、科学技術が社会に受容されるためには多くの課題があることが示唆された。

F 健康危険情報

なし

G 研究発表:

1. 論文発表、単行本

なし

2. 学会発表・講演

亀山祐太郎、濱田(佐藤)奈保子、近藤拓弥、遠藤雅人、竹内俊郎:平成23年度日本水産学会春季大会(2011年3月、東京)

H 知的財産権の出願・登録状況

なし

研究分担者 和田有史 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構
主任研究員

研究協力者 曲山幸男, 宮ノ下明大, 今村太郎, 木村敦, 増田 知尋

研究要旨

チョコレートや米に昆虫が混入していたと仮定した場合の支払い意志値を分析した結果、昆虫混入しても安全であるという情報+他の情報が開示に含まれていた場合に他の条件よりも WTP 値が高くなる傾向が示された。自分が食品中の昆虫を発見した場合でも、昆虫の種類や安全性などを説明された場合、“気にせず食べる”や混入部位だけ除去して食べる、という反応が増えた。また、メーカーの対応については、虫の種類の説明だけでは“営業を停止すべき”という反応が多かったが、安全性に対する説明があれば、“特に対応する必要がない”という反応が増えることがわかった。このような調査研究が、今後、食品安全情報を開示する際に、どのような情報を消費者が求めているかを知るために必要になると考えられる。

A 研究目的

食品のリスクに関して発生する社会的問題には、実際に生じた事例そのもの(例えば異物混入)だけではなく、それに派生して生じる、不安・不信などの“人の心”が強く関与する。このような心の問題を明らかにするに当たって、アンケート調査が繰り返されてきたが、実際の消費者の行動を説明できるような知見はなかなか得られない。最近の心理学分野で、実験参加者に 2 つの写真のうち好きな顔を選ばせ、その後写真を選んだ理由を尋ねる実験側代になっている。その際、実験参加者が気づかないうちに選んでない方の写真を選んだ写真として提示しても、ほとんどの参加者がそれに気づかず、実際には選んでなかった写真を見

ながら、それを選んだ理由を述べることを示されている。つまり、人間が後付けで自分がとった行動の理由を述べさせても、多くの場合、後づけに作り上げられたものであり、実際の行動の規定要因となった理由とは異なる可能性が高いのである。アンケート調査によって尋ねられる意識調査の結果はほとんどの場合は、こうした後付の理由であると考えられる。こうしたアンケート調査では探りにくいリスクに関する未知なる規定要因を探るために、食品害虫混入をモチーフとして、消費者のリスク理解と態度の変容を探ることを目的とした。

B 研究方法

(1) 要因計画

- ・食品の種類（被験者間，2水準：生鮮食品（米）or 加工食品（チョコレート））
- ・情報提示法（被験者間，2水準：能動的検索 vs. 受動的検索）
- ・情報量（被験者間，3水準：多（種類＋過程＋安全性），中（2種類），少（1種類））
- ・情報量「中」，「少」条件において，種類，過程，安全性のいずれの情報を提示するかは被験者ごとにランダムに割り当てる。
- ・統制条件として，情報提示なし条件を設ける。

従属変数

- ・最大支払い意思（willingness to pay, WTP）：円単位で入力させる。課題の最初にチョコレートあるいは米についてWTPを行わせる（WTP1）。次に，昆虫混入に関する情報提示を行う。その後で，購入した商品と同じ製品に昆虫混入があった場面，および購入した商品そのものに昆虫混入があった場面を連想させ，その時の商品価値をWTPで判断させる（それぞれWTP2, WTP3）。WTP1とWTP2, WTP3の差を比較することで，昆虫混入による商品価値の変化を定量的に計測することができる。
- ・害虫混入時の行動・態度：自分が購入したのと同じ商品に昆虫が混入した場合，および自分が購入した商品そのものに昆虫が混入した場合を想定させ，それぞれ以下の設問に回答させる。(1) その商品を食べるか否か（3 択，1: 食べない，2: 混入部位だけ除去して食べる，3: 気にせず食べる），(2) メーカーが取るべき対応（1: 営業を停止すべき，2: 同じ生産工程の商品をすべて回収すべき，3: その商品

だけ回収すべき，4: 対応する必要はない）

調査対象者

- ・インターネット調査を実施
- ・25歳～60歳までの日本人男女1,200名程度（全30条件：調査参加者はランダムにいずれかの群にわりふられる。各群女性20名，男性20名，計40名）

C 研究結果

(1) WTP 値の分析の結果

WTP に性別、提示法、情報内容が及ぼす影響を検討するため、三要因分散分析を食品別に行なった。その結果、チョコレートでは、ニュースを見た後のWTP値において、情報内容による影響が見られた。有意差がみられた条件は以下のとおりであった。

- 中（種類，安全）＞少（過程）
- 中（種類，安全）＞少（種類）
- 大（種類，過程，安全）＞少（過程）
- 大（種類，過程，安全）＞少（種類）
- 少（安全）＞少（過程）
- 少（安全）＞少（種類）

自分で混入を発見した後のWTP値には男性のほうが女性よりも高いことがわかった。

コメの場合、ニュースを見た後のWTPで以下のような情報内容の要因が有意であった。

- 少（安全）＞少（種類）
- 少（安全）＞中（種類，過程）
- 中（過程，安全）＞少（種類）
- 中（過程，安全）＞中（種類，過程）
- 中（種類，安全）＞少（種類）