

組換え微生物の安全性に関する研究

研究分担者 五十君 静信 国立医薬品食品衛生研究所 食品衛生管理部

研究要旨

遺伝子組換え微生物の利用を実用化するにあたって障害となっており、検討が必要とされている安全性に関する項目としては、組換え微生物のヒトや動物の免疫系への影響評価や腸内フローラを介した健康影響が重要であるとされている。本分担研究では遺伝子組換え技術を用いてモデル組換え細菌を作出し、それらの組換え体を用いて細胞や実験動物を用いた実験により、上述の組換え微生物の安全性に関する知見を集積すると共に、安全性評価手法の開発を行う。

サルモネラ鞭毛抗原を菌体表層に固定化発現した遺伝子組換え乳酸菌と、非組換え乳酸菌(宿主菌)について、網羅的オミクス解析を行い両者の違いについて検討した。オミクス解析は、プロテオーム解析(手島博士)、メタボローム解析(太田博士)、トランスクリプトーム解析(小関博士)が分担しておこなった。プロテオーム解析については、大腸菌で鞭毛抗原—アンカーを大量に作らせ、タンパク質として精製し、非組換え乳酸菌にふりかけアンカーにより菌体表層に結合させた組換え遺伝子を含まない乳酸菌についても解析し、遺伝子組換え乳酸菌、宿主菌との比較を行った。プロテオーム解析により、膜上のプロテアーゼの発現が変化していることが観察された。メタボローム解析では、GM と non-GM を区別するような明確なクラスター分離、および代謝物蓄積の相違は認められなかった。トランスクリプトーム解析では、コントロール株の一群の遺伝子の脱落が確認されたものの、それ以外には、両者の差は、トランスポゼースを除き見られなかった。

協力研究者

榎田和彌 国立医薬品食品衛生研究所 食品衛生管理部
江川智哉 国立医薬品食品衛生研究所 食品衛生管理部

A. 研究目的

モデル組換え体を作成し組換え微生物で特に重要と思われる安全性に関する知見を集積し、これらの検討により得られた有用な安全性評価手法を提供する。これまでの研究により、遺伝子組換え乳酸菌の免疫系への影響は、組み込む遺伝子産物単独の性質を必ずしも反映し

ないことが示されており、用いた宿主乳酸菌と挿入遺伝子産物の組合せにより多様な免疫影響が起こることが示されており、挿入遺伝子産物単独の示す免疫影響とは異なった免疫影響が観察されることがある。

平成26年度はサルモネラ鞭毛抗原を菌体表層に固定化発現したモデル乳酸菌組換え体に対しオミクス解析を行い、組換え体と非組換え体の網羅的な比較を行った。

B. 研究方法

1. 遺伝子組換えモデル乳酸菌の作出

サルモネラ鞭毛抗原の遺伝子を乳酸菌用ベクタープラスミドに組み込み、菌体表層に固定

化して発現させた。

2. オミクス解析

①オミクス解析に用いた乳酸菌

1) 菌の種類：

a) サルモネラフラジェリン抗原(TLR5 に結合可)細胞表層発現乳酸菌(GM)

b) 野生型乳酸菌(non-GM)

2) 菌の保存：

乳酸菌を培養し遠心にて回収、PBS で洗浄後に菌体を液体窒素で急速凍結、 -80°C に保管。それぞれのオミクス解析に湿重量 1g を調整。(1g 湿重量あたりのタンパク質含量 10 数%, RNA 含量 1-2mg)

3) 解析方法：

a) プロテオーム- 2D-DIGE (LC-MS/MS) (手島) 2D-DIGE 並びにショットガン LC-MS によるプロテオーム解析及びアレルゲノム解析を行った。分析方法等は、手島博士分担報告書を参照。

b) メタボローム---LC-MS, GC-MS etc. (太田) 乳酸菌のメタボローム解析には、集菌後クエンチ溶液として、0.85%(w/v)炭酸アンモニウムを含む 60%メタノール溶液を用いた。菌体の処理方法は、図 1 に示した。分析方法等は、太田博士分担報告書参照。

c) トランスクリプトーム—DNA tip (小関) 乳酸菌のトランスクリプトーム解析には適したアレイチップを用意できなかったため次世代シーケンサーによる mRNA 網羅的解析 (RNA-seq) によって組換え体とベクターコントロールでの遺伝子発現解析を行った。解析は、rRNA 枯渇処理の後、次世代シーケンサー HiSeq2000 によって 2000 万リードでユーロフィン社に委託した。小関博士分担報告書参照。

②プロテオーム解析用追加試料

1) 菌の種類：

c) 1-a) GM 乳酸菌の比較対象として、フラジェリン抗原を菌株表層固定化された組換えに

ならない乳酸菌を使用：具体的には、大腸菌にフラジェリン抗原—アンカーを大量に作らせ、タンパク質として精製し、精製タンパク質を non-GM 乳酸菌死菌に混ぜて、アンカーにより菌体表層に結合させて作成した。

解析方法：a),b),c) 3 種の乳酸菌のたんぱく質発現の差を 2D-DIGE で解析した。

C. 研究結果

(1)プロテオーム解析

2D-DIGE による、a)GM、b)non-GM の比較では、菌体の処理を行った a)に対して b)が、1.5 倍以上減少したスポットが 6 スポット、同増加したスポットは 6 スポットであった。培養上清では、同減少が 11 スポット、同増加が 4 スポットであった。GM で増加した菌体抽出から 3 スポット、non-GM で増加したスポット 1 について、培養上清では GM で増加したスポット 2 つを選び、MS 解析を行い、タンパク質の同定を試みた。挿入遺伝子産物であるサルモネラの鞭毛抗原以外で、GM で増加が見られ、重要と思われたタンパク質として、細胞壁の分解酵素が確認された。図など詳しいデータは手島博士の分担報告書参照。

(2)メタボローム解析

生菌数及び細胞ペレット湿重量の菌株間の比較では、サルモネラ鞭毛発現株 (GM) は、非発現株 (non-GM) よりも増殖が遅いことが推定された。GM 株と non-GM 株で、GC-MS 分析で、それぞれ 289 個、235 個の代謝物ピークを特定した。極性画分の誘導体化試料では 69 個 (同定率 23.9%)、非極性画分の誘導体化試料では 52 個 (同定率 23.1%) の代謝物ピークを同定した。

GM と non-GM を区別するような明確なクラスター分離、および代謝物蓄積の相違は認められなかった。尚、詳しいデータは、太田博士分担報告書を参照。

(3) トランスクリプトーム解析

次世代シーケンスの結果、タンパク質をコードしている 2,997 遺伝子の配列を獲得し、この獲得配列の 8 割程度を今回使用した IGM393 株と同系統の *Lactobacillus casei* BL23 株のゲノム配列にマッピングすることができた。*L. casei* BL23 は 3,044 種のタンパク質をコードする遺伝子の存在が報告されていることから今回の次世代シーケンスの結果はほぼ全ての遺伝子の配列を網羅できた結果となった。ベクターコントロールとの遺伝子発現量を比較した結果、フラジェリン遺伝子組換え体では 20 種類の遺伝子で発現が上昇していることが示された。特にゲノム領域の LCABL_03590 ~ 03730 の遺伝子の発現がフラジェリン遺伝子組換え体において特異的であることが示された。また、トランスポゼースをコードする 1 遺伝子のみがフラジェリン遺伝子組換え体で発現が低下していた。表 1

D. 考察

(1) プロテオーム解析

挿入遺伝子産物であるサルモネラの鞭毛抗原以外で、GM で non-GM と比べ増加が見られ、重要と思われたタンパク質として、細胞壁の分解酵素が確認された。この事実は、以前この乳酸菌モデル組換え体を培養細胞で評価したところ、GM は non-GM に比べ細胞からの TNF 誘導活性が低下しており、その理由として細胞壁のプロテアーゼに対する抵抗性が低下しているという知見との関連が示唆された。GM では、異種由来のタンパク質であるサルモネラの鞭毛抗原の発現により、その対応として細胞壁の融解酵素を誘導しているものと思われる。

(2) メタボローム解析

GM と non-GM では、増殖性がやや異なっていた。

代謝物蓄積量を定量的に比較したが、遺伝子組換えが原因であると判定すべき代謝物プロファイルの差は認められなかった。

(3) トランスクリプトーム解析

フラジェリン遺伝子導入乳酸菌では、フラジェリン遺伝子組換え体の株において特徴的にゲノムの特定の領域の遺伝子に発現が見られた。使用したベクターコントロール株において組換え時または培養変異などの要因によりこのゲノム領域が欠落している可能性が考えられた。この領域以外の遺伝子で顕著に発現が変動しているものは確認されなかった。

E. 結論

フラジェリン遺伝子導入乳酸菌のプロテオーム解析では、GM で、挿入遺伝子産物であるサルモネラの鞭毛抗原以外で、細胞壁の分解酵素の増加が確認された。メタボローム解析では、代謝物蓄積量を定量的に比較したが、遺伝子組換えが原因であると判定すべき代謝物プロファイルの差は認められなかった。トランスクリプトーム解析ではコントロール株の一群の遺伝子の脱落が確認されたものの、それ以外には、両者の差は、見られなかった。

F. 健康危険情報

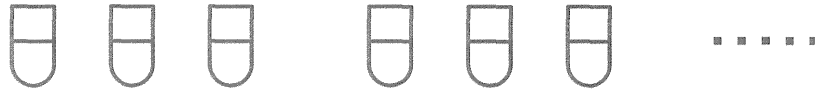
なし

G. 研究発表

1. 論文発表
2. 学会発表
3. その他発表

Quenching solution:
60% methanol/0.85% (w/v) NH_4CO_3 (-40° C が望ましいが -20° C でも可)

culture samples (各株ごとに3連の培養)



それぞれの培養液+培養菌体の量に対して

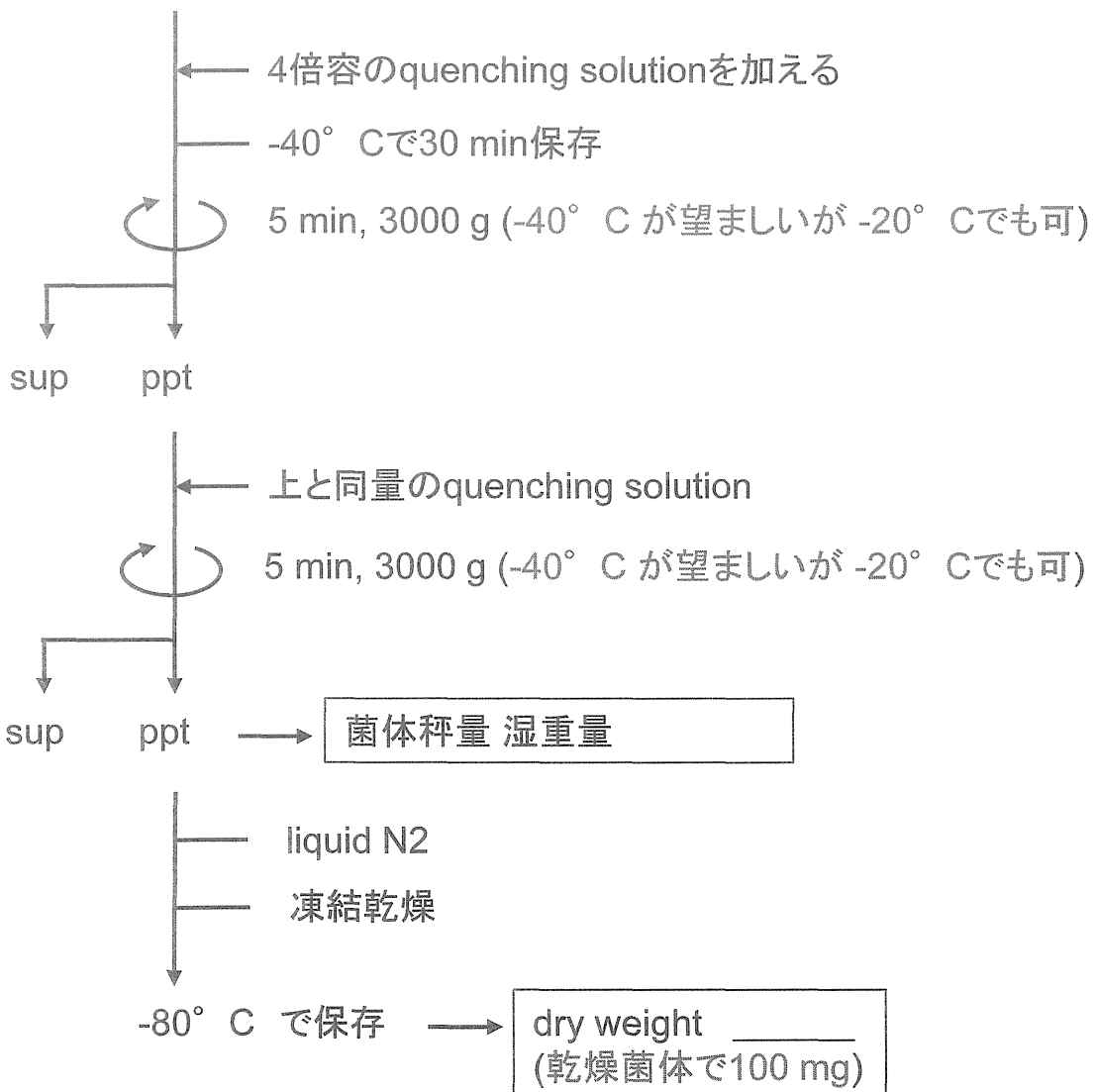


図1. メタボローム解析のための乳酸菌処理方法

表1. GMモデル乳酸菌及びnon-GM発現量比較解析

Locus Tag	Gene Symbol	Gene Description	NT Reads	GM Reads	GM / NT
LCABL_00230		surface antigen	6368.4	13854	2.2
LCABL_02480		cell wall-associated hydrolase	3345.8	7227	2.2
LCABL_03590		hypothetical protein	64.8	4203	64.9
LCABL_03600	fosE	beta-fructosidase	1.3	7214	5736.4
LCABL_03610		hypothetical protein	0	1513	
LCABL_03620	yqeB	hypothetical protein	0	1207	
LCABL_03640	beta	hypothetical protein	0	1054	
LCABL_03650		hypothetical protein	0	431	
LCABL_03660		beta-lactamase class A	0.6	3599	5723.6
LCABL_03670		Lipoprotein	0	2031	
LCABL_03680		hypothetical protein	0	671	
LCABL_03690	galR	Galactose operon repressor	0	3450	
LCABL_03700	levF	PTS system transporter subunit IIC	0	4167	
LCABL_03710	PTS-EIID	PTS system sugar-specific transporter	0	4350	
LCABL_03720		hypothetical protein	0	131	
LCABL_03730		phosphonate monoester hydrolase	157.8	3089	19.6
LCABL_15340		hypothetical protein	11.3	23	2.0
LCABL_21390		hypothetical protein	376.6	5878	15.6
LCABL_24090		hypothetical protein	3330.7	10009	3.0
LCABL_24520	prtP	PII-type proteinase (lactocepine) (LP151)	18262.7	72000	3.9
LCABL_29980	tnp6	transposase	5627.1	2403	0.4

Up

Down

発現量に2倍以上差があるものを抽出。20種類の遺伝子がGMで発現が上昇していた。さらにLCABL_03590~03730のゲノム領域の遺伝子がGMで特徴的に発現していることが示された。

平成 26 年度厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進研究事業）
新開発バイオテクノロジー応用食品の安全性確保並びに国民受容に関する研究

遺伝子組換え食品の国民受容に関する研究

研究分担者 今村 知明 奈良県立医科大学 教授
協力研究者 岡本 左和子 奈良県立医科大学 学内講師
宮本 麻央 神戸大学理学研究科生物学専攻 修士課程
Graduate Student,
Department of Biomedical Visualization,
University of Illinois at Chicago

研究要旨

遺伝子組換え作物・食品に関するリスクコミュニケーションについて、今後我が国で取り組むべき方策に対する示唆を得るため、GM 作物・食品の社会的受容の調査研究として、①安全から安心に至る意思決定モデルの構築を実施した。また、リスクコミュニケーション方策の調査研究として、②GM および NBT に関するリスクコミュニケーションの実践と、③GM 動物に関する海外動向の調査を継続した。

A 研究目的

中国製食品、福島県産の農作物等は、事件・事故の発生直後に消費者による大規模な買い控えが発生したが、徐々に事態が緩和しつつある。他方、遺伝子組換え作物（以下、GM 作物と表記）は富栄養・対候性など社会的に有益な作物の開発が進んでいるにも関わらず、その受容を拒否する消費者が減る傾向が見られない。

また、新たな植物育種技術として、従来の遺伝子組み換え技術の定義とは異なる NBT と呼ばれる技術も研究が進んでおり、GM 作物に関するリスクコミュニケーションは新たな局面を迎えようとしている。

従来の GM 作物が社会に受容されない本質的な要因を究明することにより、その社会的受容の拡大に資する効果的な情報提供、

リスクコミュニケーションの指針や、また今後新たに実用化される育種技術に関するコミュニケーションへの示唆を得ることができる。

この目的のために、本研究では、（1）GM 作物・食品の社会的受容の調査研究、（2）リスクコミュニケーション方策の調査研究を行った。

具体的には、（1）GM 作物・食品の社会的受容の調査研究では、これまでの研究成果から、①安全から安心に至る意思決定モデルを構築し、（2）リスクコミュニケーション方策の調査研究では、②GM および NBT に関するリスクコミュニケーション、③GM 動物に関する海外動向について、その後の状況のフォローを実施した。研究の全体像は図 1 の通りである。

また、上記の①～③の調査の結果を踏まえ、今後我が国で取り組むべき GM 作物・食品など新技術に関するリスクコミュニケーションの方針と、安心の意思決定モデルに即したリスクコミュニケーションプランの策定について検討した。

1. 安全から安心に至る意思決定モデルの構築

昨年度の研究で、食品や医療をはじめとした科学的リスクに対し、科学的に評価された客観的な安全と、一般の消費者が感じる主観的な安心とのかい離について、意識・行動変容のプロセスについて調査・分析を行った。

今年度は、本調査の分析をさらに発展させ、客観的な安全と主観的な安心のかい離を解消するための意思決定モデルについて、分析を行った。

1-B 研究方法

科学的・客観的に安全であると評価されることと、人々が主観的に安全であると認識し、実際に消費・使用されるようになることとは、かい離がある。

客観的な安全と主観的な安心の違い、客観的な安全から主観的な安心に至る意識・行動変容のプロセス等について、調査・分析を行った。

具体的には、GM 食品、GM 食品以外で消費者がリスクと考えるであろう食品、医療リスクに関する事例を対象とし、消費者が意思決定に至るプロセスを比較分析し、主観的な安心に至る要素を特定・抽出した。

調査の概要は以下の通りである。

○食品

- 調査実施日：2014年3月26日～3月31日

- 有効回答数：821人（※性別年齢階層別の10セグメント）
- 方法：Web アンケート

○医療

- 調査実施日：2014年3月11日～3月31日
- 有効回答数：898人（※性別年齢階層別の10セグメント）
- 方法：Web アンケート

1-C 研究結果

(1)健康被害に対する行動変容

一般消費者の食品リスクに対する意識・行動変容において、情報提供による影響を定量的に比較するため、標準誤差率の算出を行い、より詳細な分析を行った。

①GM 食品

GM 食品について、リスク情報やメリット情報を提供した場合の行動変容は、「食べる」の合計値の最大が46.2%、最低値が33.5%、標準誤差率8.592で、行動変容の程度は小さい。

「食べる」の合計値が最も多かったのは「遺伝子組み換え技術で作られた医薬品的効果や栄養価の高い作物」について情報提供した時で46.2%、「食べる」の合計値が最も少なかったのは「アレルギー源になる可能性を心配している人がいる」と知った時で33.5%であった。（図2）

②生牡蠣

生牡蠣について、リスク情報やメリット情報を提供した場合の行動変容は、「必ず食べる」「食べる」「多分食べる」の合計値（以下、「食べる」の合計値）の最大が65.2%、最低値が51.8%、標準誤差率7.483で、行

動変容の程度は小さい。

「食べる」の合計が最も多かったのは何も情報を与えられなかった時で65.2%、「食べる」の合計が最も少なかったのは母が「生牡蠣にあたった人がいるから食べないほうがいい」と言った時で51.8%であった。(図 3)

③シメサバ、サケ

シメサバやサケについて、リスク情報やメリット情報を提供した場合の行動変容は、「食べる」の合計値の最大が81.5%、最低値が42.0%、標準誤差率20.109で、行動変容の程度は大きい。

「食べる」の合計値が最も多かったのは何も情報を与えられなかった時で81.5%、「食べる」の合計値が最も少なかったのは母が「アニサキスによる腹痛はのた打ち回るほど苦しい」と言った時で42.0%であった。(図 4)

④こんにやくゼリー

こんにやくゼリーについて、リスク情報やメリット情報を提供した場合の行動変容は、「食べる」の合計値の最大が82.8%、最低値が78.2%、標準誤差率1.858で、行動変容の程度は小さい。

「食べる」の合計値が最も多かったのは「お腹の調子を整える」とパッケージに書かれていた時で82.8%、「食べる」の合計値が最も少なかったのは母が「こんにやくゼリーを喉に詰めて窒息しそうになった人がいる」と言った時で78.2%であった。(図 5)

⑤ふぐ

ふぐについて、リスク情報やメリット情報を提供した場合の行動変容は、「食べる」の合計値の最大が48.0%、最低値が35.2%、

標準誤差率10.228で、行動変容の程度は小さい。

「食べる」の合計値が最も多かったのは「美容と健康に最適な食品」であることを情報提供した時で48.0%、「食べる」の合計値が最も少なかったのは母が「毒を持っているふぐを食べる必要はない」と言った時で35.2%であった。(図 6)

⑥風邪薬

風邪薬について、リスク情報やメリット情報を提供した場合の行動変容は、「必ず飲む」「飲む」「多分飲む」の合計値(以下、「飲む」の合計値)の最大が77.2%、最低値が40.3%、標準誤差率21.754で、行動変容の程度は大きい。

「飲む」の合計値が最も多かったのは何も情報が与えられていない時で77.2%、「飲む」の合計値が最も少なかったのは「ライエル症候群について注意書きが書いてあった」時で40.3%であった。(図 7)

⑦子宮頸がんの予防接種リスク

子宮頸がんの予防接種について、摂取対象期の子供がいる母親として回答を促した。リスク情報やメリット情報を提供した場合の行動変容は、「必ず受けさせる」「受けさせる」「多分受けさせる」の合計値(以下、「受けさせる」の合計値)の最大が47.8%、最低値が31.0%、標準誤差率16.072で、行動変容の程度は大きい。

「受けさせる」の合計値が最も多かったのは子供が「友達も受けるので受けてほしい」と言った時で47.8%、「受けさせる」の合計が最も少なかったのは母が「受けさせる必要はない」と言った時で31.0%であった。(図 8)

(2)食品にともなうリスクに対する認識

食品にともなうリスクに対しては、「リスクでわからない事はわからないと知らせてほしい」と思っている人が最も多く、「とてもそう思う」「そう思う」「少しそう思う」と回答した人を合計すると、87.6%であった。ついで、「食品にともなうリスクの度合いを知りたい」と思っている人が85.7%、「食品にともなうリスクを知りたい」と思っている人が84.1%であった。

一方で、「リスクは消費者ではなく行政が考えるべきこと」と思っている人は50.7%と最も少なかった。(図 9)

(3)食品リスクの認知度

食品による健康被害については、フグのリスクが最も知られており、75.8%の人が知っているという回答している。遺伝子組み換え食品については、34.6%とあまり高くない。(図 10)

(4) 安全から安心に至る意思決定モデルの構築

食品ではリスク認知度が高い場合行動変容は小さく、リスク認知度が低い場合行動変容が大きい。ただし、GM食品に対してはリスク認知度が低い一方で情報提供による行動変容が小さく、「食べたくない」という態度を決めてしまっている人が多い。

「遺伝子組み換え」という漠然とした負の情報がリスク情報として周知されており、安全に関する情報を提示しても「食べない」選択を消費者が維持する結果となっていることがうかがえる。

情報源の違いによる影響では、近しい身内(アンケートでは母)からの情報による影響が大きい。

以上を踏まえて、消費者のリスクに対する意思決定は、一般的に次のようなパスをたどると考えられる。(図 11)

1-D 考察

消費者にとって食品のリスクとは、リスク内容をきちんと知りたいと思っており、リスク認知度が高い食品は、情報提供による行動変容は少ない傾向がある。

消費者とのリスクコミュニケーションで重要な点は、①リスク情報はすべて提示する、②現時点で未解明のことは「分からない」として提示する、③消費者は、情報に基づき自分で選択を判断する、④自己判断された選択はその後の情報提供による影響を受けにくい、といった特徴を持つと考えられる。

一方で、遺伝子組み換え食品は、①リスク情報は理解されていないが、情報提供による影響をあまり受けないといった特徴を持つ。通常の食品の意思決定モデルのどこかにボトルネックを持つ、もしくは通常の食品と異なる意思決定プロセスが存在する可能性があり、リスクコミュニケーションに特別の配慮が必要な食品であると考えられた。

2. NBTに関するリスクコミュニケーションの検討

次世代植物育種技術(NBT; New Plant Breeding Techniques)と総称される新たな育種技術の開発が進められている。NBTの中には育種や栽培のプロセスの中で遺伝子組換え技術をはじめとした遺伝子に対して人為的に変異を起こす技術を活用しているものの、最終的に食用となる作物や可食部には、外部から導入された遺伝子やプロモーターなど、これまで遺伝子組換えの検査の際の検査対象であったものが残っており、遺伝子組換え技術の適用の有無を評価することが難しい技術もある。

NBTにより生成された作物の取り扱い

について、消費者や食品関連市場の意向を無視した形で議論を進めることは、実用化の段階での大きな障壁となり得る。

消費者との間で、こうした新技術についてリスクコミュニケーションを行う上では、リスク情報を分かりやすく伝えた上で、議論を積み重ねていく必要がある。しかし、NBTは従来の遺伝子組換え技術と比べても非常に難解である。NBTに対する消費者の受容性を把握し、NBTによってできた作物・食品が市場に受け入れられるための課題を把握するには、NBTの概念を一般の消費者にも理解できる形で整理する必要がある。

そのため、NBTについて消費者の受容性を把握することを目標としてリスクコミュニケーションを実施するため、本研究では、消費者に提示する資料（GMおよびNBT説明書）を作成し、それを用いて消費者にアンケートを行い、分かりやすさの検証を行った。

2-B 研究方法

(1) 説明資料の作成

昨年度の研究で作成した説明資料をもとに、イラストを追加し、一般消費者に分かりやすく作成した。

なお、資料は想定する消費者層によって、必要な情報量やテクニカルタームの使用が異なると考えられる。今回の説明資料は、一般の消費者が見て、技術のイメージや従来のGMとNBTとの違いが分かるレベルをめざし、細胞、DNA、RNAといった用語についての説明資料も作成した。

説明資料を作成した技術は、下記のとおりである。

- ・用語解説（細胞、DNA、遺伝子、染色体、遺伝情報、ゲノム）
- ・遺伝子組み換え技術

- ・セルフクローニング
- ・ナチュラルオカレンス
- ・次世代植物育種技術
- ・ゲノム編集
- ・Zinc finger nuclease (ZNF)
- ・CRISPR Cas9
- ・メチル化
- ・組換え体を台木に、非組換え体を穂木にした接ぎ木

(2) アンケート調査

今回作成した説明資料を用いて、一般消費者に対するWebアンケートを実施した。アンケートは、回答者を、グループ1（説明内容を文字のみで提示して回答後、説明内容を絵と一緒に提示して同じ内容に回答する）と、グループ2（最初から絵と文字で説明内容を提示し、回答する）の2群に分けて実施した。Webアンケートの実施要領は下記のとおりである。

- 調査実施日：2014年12月26日～2015年1月9日
 - 有効回答数：120人
 - 方法：Webアンケート
 - 調査項目：
 - バイオテクノロジー技術に関する説明の理解度
 - バイオテクノロジー技術で品種改良された作物に対する摂食意向
 - NBT技術で品種改良された植物は遺伝子組み換え植物だと思うか
- 等

なお、サンプルの性年齢構成は、性別2区分（男性、女性）、年齢階層5区分（20歳代、30歳代、40歳代、50歳代、60歳代

以上) の計 10 区分での均等割付を行った。

2-C 研究結果

(1) 説明資料の作成

個々のバイオテクノロジー技術や用語について、次のとおり絵と文章に基づく説明資料を作成した。(図 12~図 21)

(2) アンケート調査

①バイオテクノロジー技術に対する理解

説明資料にある個々のバイオテクノロジー技術や用語を読んで理解できるかどうかについては、グループ 1 では文章のみで説明を受けた場合と、次に文章と絵で説明を受けた場合において、文章と絵で説明を受けた場合の方が理解度が高くなった。

グループ 1 とグループ 2 の比較においては、グループ 1 の一回目の説明(文章のみ)と、グループ 2 の一回目の説明(文章と絵、グループ 2 への説明は一回のみ)で、同程度か、グループ 2 の方が低い理解度であった。(図 22~図 36)

②バイオテクノロジー技術で品種改良された作物に対する摂食意向

バイオテクノロジー技術で品種改良された作物の摂食意向について、遺伝子組み換え技術、セルフクローニング、ナチュラルオカレンス、次世代植物育種技術(NBT)、ゲノム編集、Zinc finger nuclease (ZNF)、CRISPR Cas9、メチル化については、「絶対に食べない」「食べない」「多分食べない」と回答した人を合計した値が 60%前後と、「絶対に食べる」「食べる」「多分食べる」と回答した人を上回った。それぞれ個別の技術については、大きな違いは見られなかった。(図 37)

しかし、組換え体を台木に、非組換え体を穂木にした接ぎ木については、「絶対に食

べる」「食べる」「多分食べる」と回答した人が 70%程度と、他の技術とは異なる傾向を示した。

③NBT 技術で品種改良された植物は遺伝子組み換え植物だと思うか

ゲノム編集、Zinc finger nuclease (ZNF)、CRISPR Cas9 については、遺伝子組み換え植物だと「思う」と回答した人が 80%以上、メチル化については 75.8%と、ほとんどの人が遺伝子組み換え植物だと思っていた。(図 38)

しかし、組換え体を台木に、非組換え体を穂木にした接ぎ木については、遺伝子組み換え植物だと「思う」と回答した人が 32.5%と、他の技術と異なる傾向を示した。

2-D 考察

本研究では植物育種に関するバイオテクノロジー技術や関連の用語について説明資料を作成し、その資料で消費者が技術の内容を理解し、判断できるかについて試験的調査を行った。

消費者の理解を深めるためには、繰り返しの段階的な説明が効果的である可能性が示唆された。最初から十分な説明材料をそろえて提示しても理解度が高まるとは限らず、説明の方法も工夫する必要がある。

また、NBT 技術のうちでも、組換え体を台木に、非組換え体を穂木にした接ぎ木は明らかに他の技術とは異なり、消費者は遺伝子組換えではないと判断し、摂食意向も高いという結果が出た。この接ぎ木や、今回は調査対象とはしなかった逆育種など、最終的な可食部が組換え体ではなくなるような技術は、消費者の受容性が高く、それをきっかけに GM 食品に対する抵抗感を払しょくする糸口となる可能性がある。

NBT については、EU をはじめとした各

国で議論が始まっているが、対応は定まっていない。EUについては、New techniques working group 等、科学者の見解は結論が出ており、その概要は、技術の種類で規制をすべきではなく、プロダクトベースで規制を検討すべきというものである。一方で、規制側の立場である欧州委員会の結論は出していない。

米国では技術に対する規制はなく、開発者からの申請に応じて審査を行っている。NBTにより開発された生物を GMO として扱うかどうかは、各国で状況が異なっており、今後、ある国では non-GM として扱われている作物が、ある国では GM 扱いになるといった事態も想定される。国際的に足並みをそろえた対応を行っていくことは不可欠であり、日本の対応を定めるにあたり、一般消費者とのコミュニケーションは喫緊の課題である。

3. GM 動物に係るリスクコミュニケーションの先進的取り組みの調査

過年度の研究で、欧米の食品安全行政におけるリスクコミュニケーションの調査として、EU、米国連邦政府での実施体制や計画、リスクコミュニケーションに関する新たな展開をレビューした。その中で、昨今の遺伝子組換え食品に関する行政の注目すべき動向として、遺伝子組換え動物の評価・管理体制に関する欧米の動きがあった。特に米国では、遺伝子組換えサーモンの環境影響評価で、環境に与える重大な影響はないと評価され、FDA（米国食品医薬品局）による食品利用の承認を待つ状況となっていた。FDA が遺伝子組換えサーモンを承認した場合、世界で食品として初めて承認された遺伝子組換え動物となり、我が国においても早急に対応を図る必要があるものと考えられる。

そこで、本研究では、アメリカにおける遺伝子組換えサーモンに係るその後の動向について、継続的にレビューを行った。

3-B 研究方法

AquaBounty 社による遺伝子組換えサーモン（AquAdvantage® Salmon）に関わる FDA や AquaBounty 社の Web サイトを定期的に確認し、情報収集を行った。

3-C 研究結果

FDA は、2010 年 9 月 20 日に公表した「Briefing Packet: AquAdvantage Salmon¹」の中で、遺伝子組換えサーモンから作られた食品は天然のアトランティックサーモンから作られた食品と同じように安全であり、遺伝子組換えサーモンから作られた食品を消費しても害はないという評価を下した。更に、2012 年 5 月 4 日に公表した「Draft Environmental Assessment²」の中では、遺伝子組換えサーモンが環境に与える重要な影響はないという評価を下している。また、同日に公表したパブリックコメントに向けたレポート「FINDING OF NO SIGNIFICANT IMPACT³」ではこれらと同様の内容で報告書が取りまとめられて

¹ BRIEFING PACKET AquAdvantage Salmon (<http://www.fda.gov/downloads/AdvisoryCommittees/CommitteesMeetingMaterials/VeterinaryMedicineAdvisoryCommittee/UCM224762.pdf>)

² Draft Environmental Assessment (<http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/DevelopmentApprovalProcess/GeneticEngineering/GeneticallyEngineeredAnimals/UCM333102.pdf>)

³ AquAdvantage Salmon Preliminary Finding of No Significant Impact (<http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/DevelopmentApprovalProcess/GeneticEngineering/GeneticallyEngineeredAnimals/UCM333105.pdf>)

いる。

その後、2013年2月25日までの60日間で、パブリックコメントが募られ、2月13日にはパブリックコメントの期間を4月26日まで延長することが公表されたが⁴、パブリックコメントの結果を含め、その後の遺伝子組換えサーモンの承認に係る追加情報は公表されていない。

AquaBounty社のWebサイトでも、2013年11月25日に、「カナダ環境省が、同社が不妊の雌だけの卵を商用規模で責任を持って生産できることを確認した」とする発表⁵を行っているが、アメリカでの承認状況に関する追加情報は発表されていない。

3-D 考察

今回、新しい技術であるNBTについての説明資料と消費者の意識調査では、一度に十分な資料を提示するよりも、段階的に提示する方が理解度は高まる可能性が示唆された。リスクコミュニケーションに用いる資料の内容と同時に、説明の仕方についても検討する必要がある。他の生物からの外来遺伝子はないが、遺伝子に何らかの人為的操作を加えている技術に対しては、GMと類似の行動、受容性であったのに対し、組換え体を台木に、非組換え体を穂木にした接ぎ木技術に対しては、明らかに異なる傾向が見られた。一部に遺伝子組換え体を使ったキメラに対しては、その内容や程度によっては食品として受容される可能性があり、NBTで受け入れられる食品をき

⁴ FDA Extends Comment Period on AquAdvantage Salmon Documents (<http://www.fda.gov/AnimalVeterinary/NewsEvents/CVMUpdates/ucm339270.htm>)

⁵ AQUABOUTY CLEARED TO PRODUCE SALMON EGGS IN CANADA FOR COMMERCIAL PURPOSES (<http://www.aquabounty.com/documents/press/2013/20131125.pdf>)

っかけに、GM食品全般のリスクコミュニケーションの糸口となる可能性がある。

NBTについては、現状各国でGMOとして規制の対象とするかどうかの対応が異なり、今後、ある国ではnon-GMとして扱われている作物が、ある国ではGM扱いになるといった事態も想定される。食品の流通がグローバル化している現在、NBTへの対応について国際的な協調を図ることは不可欠であり、日本国内において一般消費者とコミュニケーションを進めることは喫緊の課題である。

アメリカにおける遺伝子組換えサーモンの安全性評価・承認の動向については、2013年のパブリックコメント以降の新しい情報が引き続き公表されていない。

商業、実用化に向けて公的な動きはないが、AquaBounty社は遺伝子組換え反対団体に対する回答などを公開しており⁶、米国でも消費者の反対は根強く、引き続き消費者の理解促進に努めている状況であると考えられる。

GMサーモンについては、行政の安全性審査を通過したものの実用化、商業化には至っておらず、消費者の反対、抵抗感が根強い可能性がある。世界でも先進的にGMOを栽培してきた米国においても、GM食品が一般的な食品と同じ市民権を得ているとは言い難く、科学的な安全性の評価と消費者受容との間のギャップを解明することが求められる。

遺伝子組換えサーモンの承認が世界に与える影響は大きいものと考えられ、我が国

⁶ October 28, 2014 – AquaBounty responds to misleading claims made by anti-GM organizations

(<http://aquabounty.com/wp-content/uploads/2014/10/2014-10-28-AquaBounty-Responds-to-Misleading-Claims-by-Anti-GM-Organizations-FINAL.pdf>)

も例外ではない。そのため、今後も引き続き関連情報の収集を行っていく必要がある。

E 結論

通常の食品に対する消費者の受容性は、リスクに対する理解度が高ければリスク情報やメリット情報を提示してもあまり動かず、理解度が低ければリスク情報やメリット情報の提供により受容性が変化する。しかし、GM・NBT食品はリスクに対する理解度が低いにもかかわらず、リスク情報やメリット情報の提供によっても受容性があまり変化しない。リスクやメリット以前に「遺伝子組換え」に対する態度が固定化しており、消費者の態度変容がないものと考えられる。GM・NBT食品に対しては通常の食品のリスクコミュニケーションが機能しない可能性が高く、「遺伝子組換え」により態度が固定化することの原因究明とアプローチを検討する必要がある。

F 健康危険情報

なし

G 研究発表：

1. 論文発表，単行本

今村知明．食品の安全とはなにかー食品安全の基礎知識と食品防衛．【第2版】日本生活協同組合連合会出版部．2015 Mar;p. 1-237

今村知明 他．食品防御の考え方とその進め方．日本食品衛生協会．2015 Mar;p. 1-270

2. 学会発表・講演

2014年11月5日～7日（栃木県、栃木県

総合文化センター）第73回日本公衆衛生学会総会

遺伝子組み換え食品のリスク認識に関する国際比較

河本慶子、岡本左和子、濱田美来、尾花尚哉、今村知明．

2014年11月5日～7日（栃木県、栃木県総合文化センター）第73回日本公衆衛生学会総会

遺伝子組換え食品のリスクのとらえ方と食品への情報提供による消費者の行動変容

今村知明、岡本左和子、和田千津子、康原夏子、濱田美来、尾花尚弥

2014年11月5日～7日（栃木県、栃木県総合文化センター）第73回日本公衆衛生学会総会

福島第一原子力発電所事故後における食品の安全性に関する消費者の意識と購買行動
岡本左和子、田村光平、濱田美来、尾花尚哉、今村知明

H 知的財産権の出願・登録状況

なし

I 図表

A 研究目的

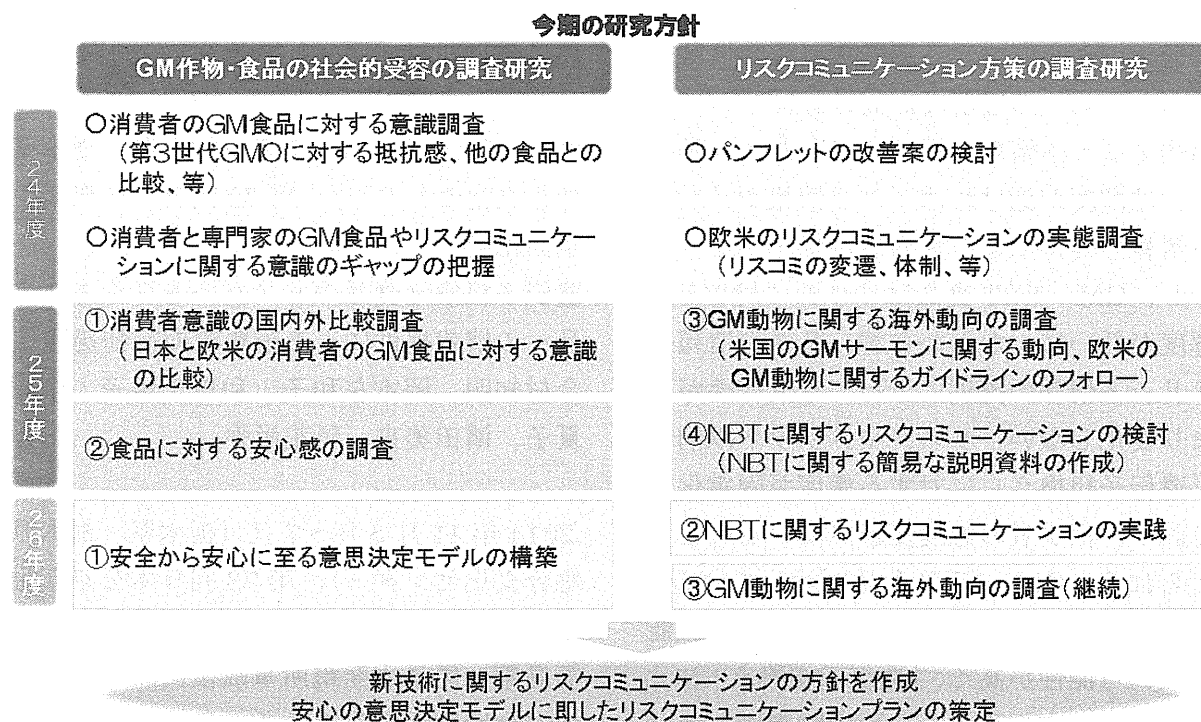


図 1 研究の全体像

1. 安全から安心に至る意思決定モデルの構築

1-C 研究結果

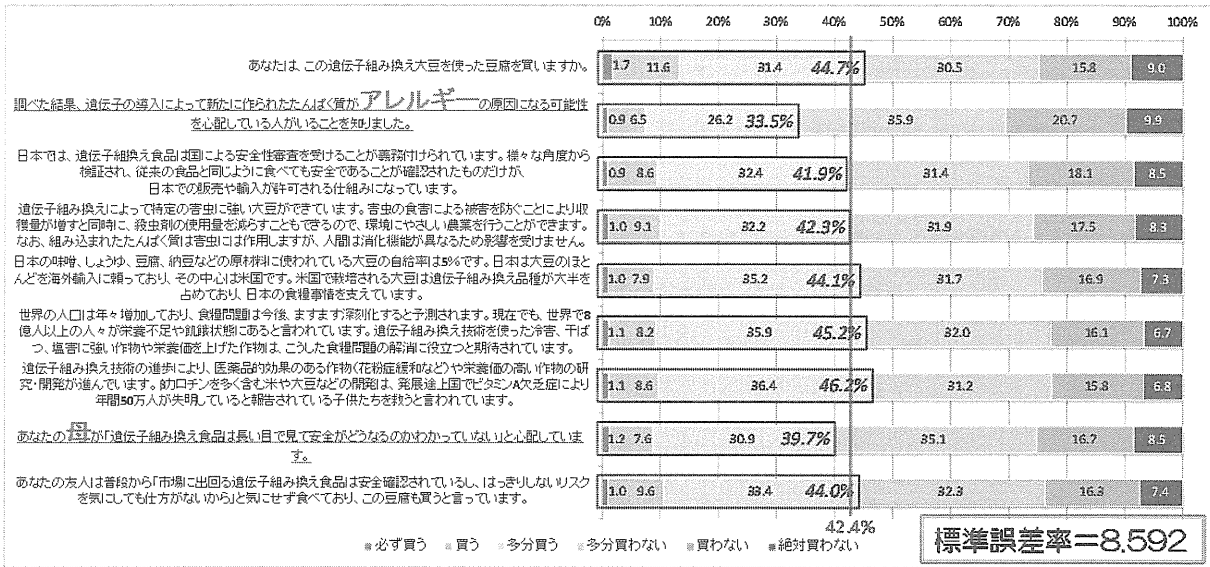


図 2 GM 食品に対する行動変容

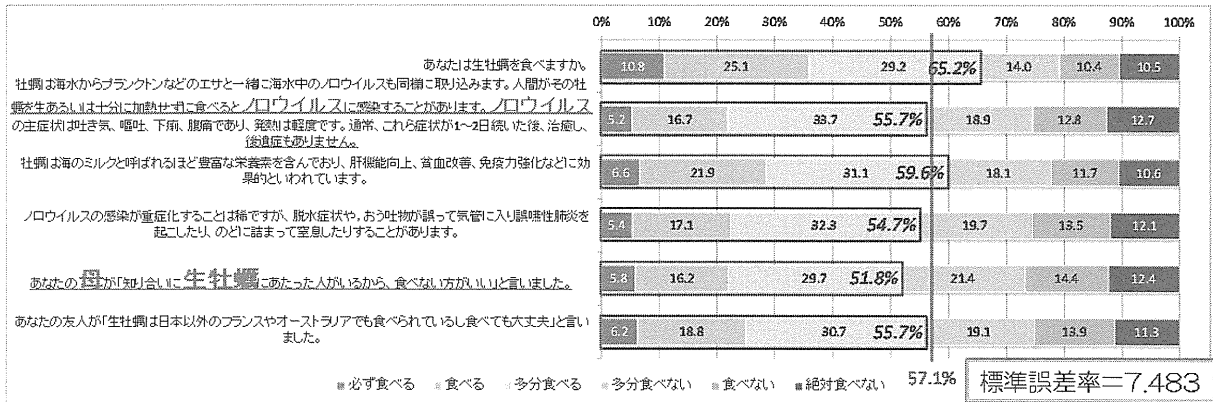


図 3 生牡蠣のリスクに対する行動変容

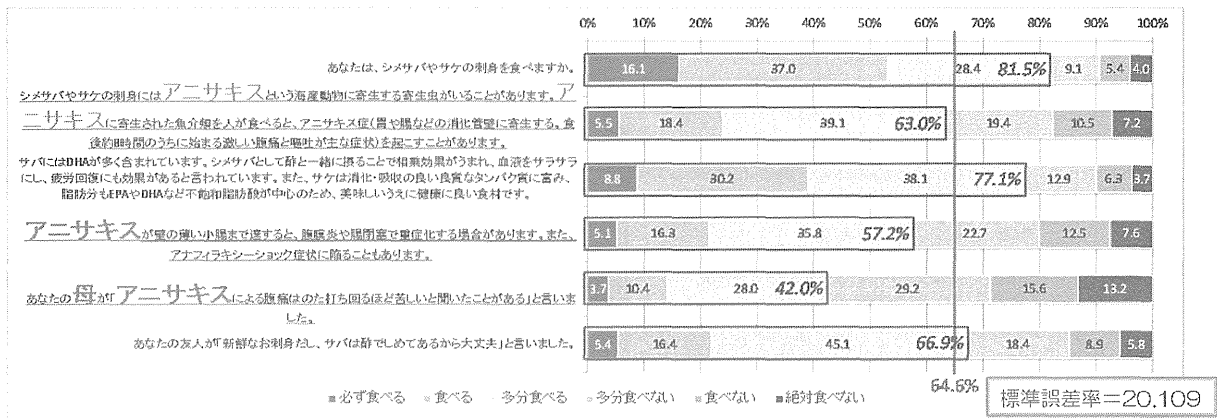


図 4 シメサバ、サケのリスクに対する行動変容

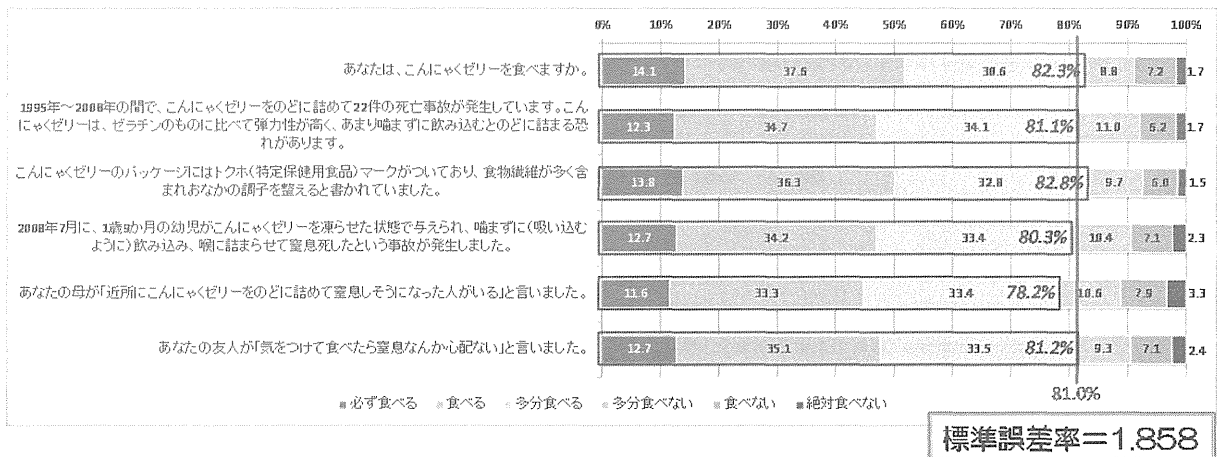


図 5 こんにゃくゼリーに対する行動変容

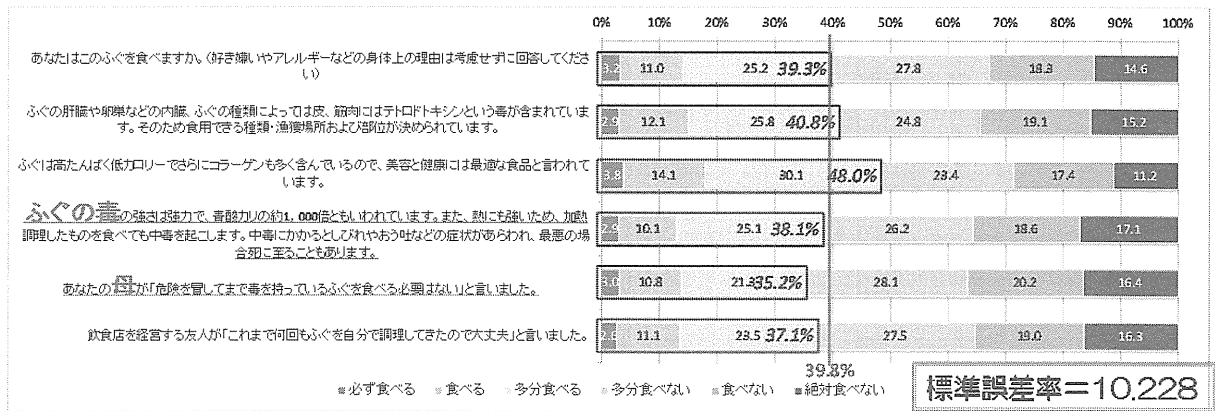


図 6 ふぐに対する行動変容

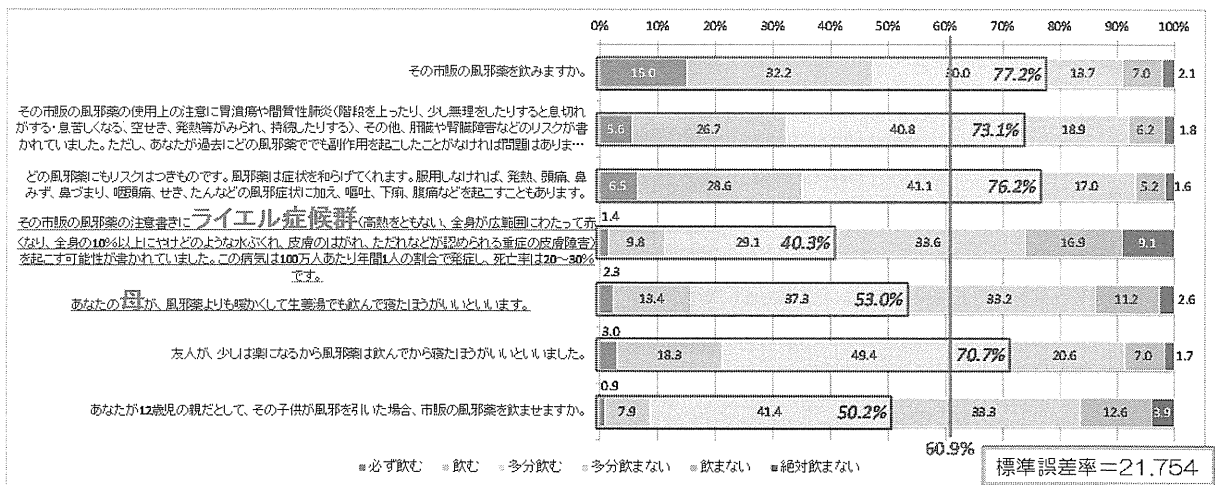


図 7 風邪薬に対する行動変容

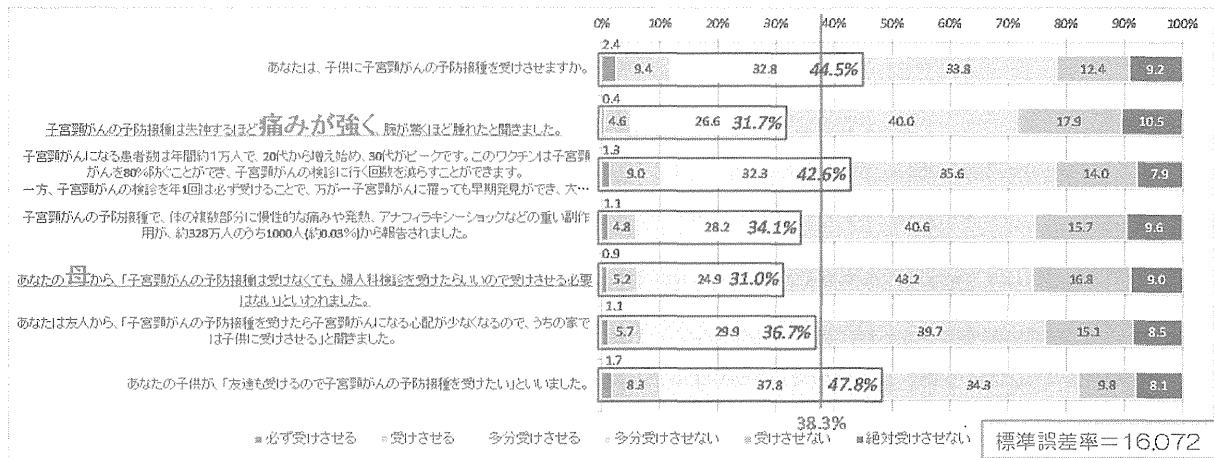


図 8 子宮頸がんの予防接種に対する行動変容

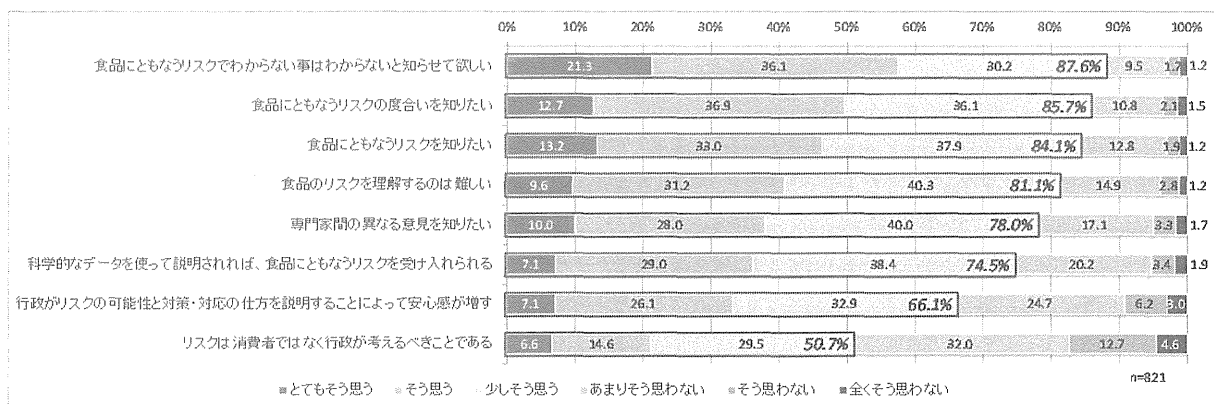


図 9 食品にともなうリスクに対する行動変容

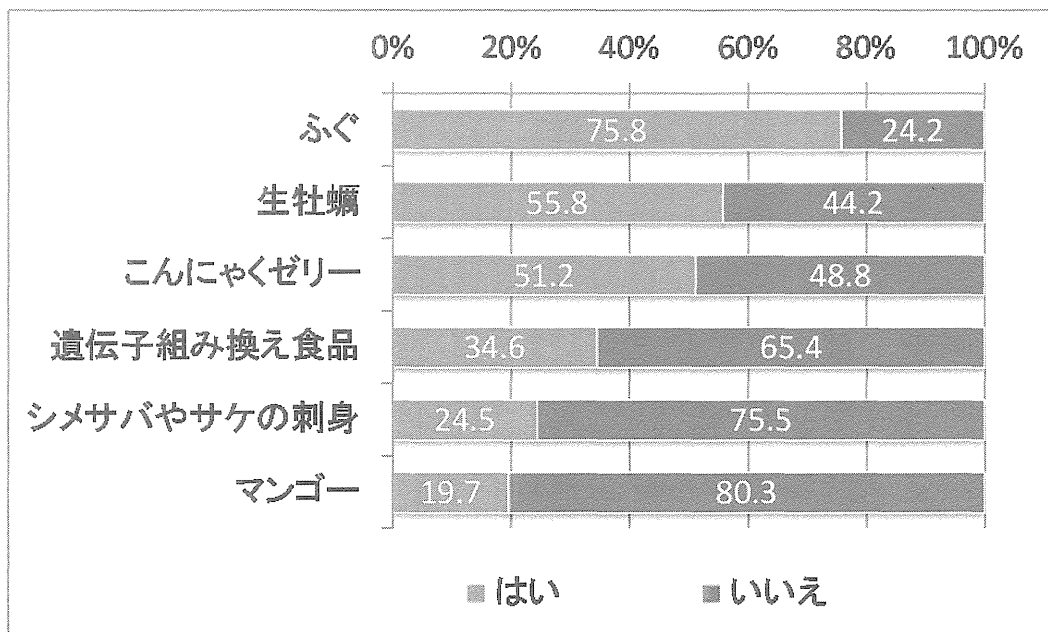


図 10 食品に対するリスク認知

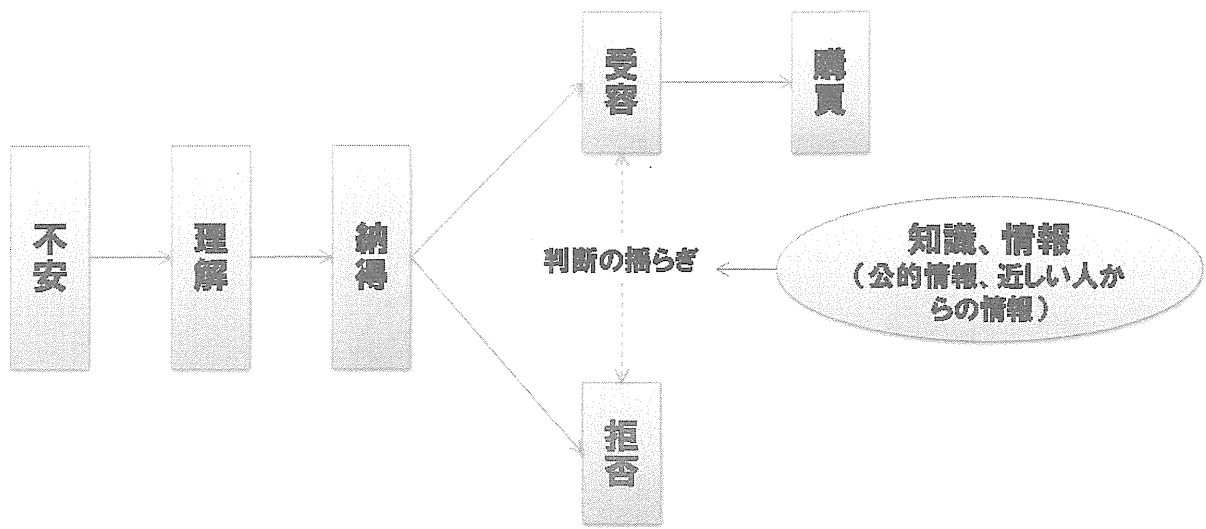


図 11 リスクに対する意思決定モデル