

## 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 公立大学法人奈良県立医科大学 教授

### 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、消費者意識の国内外比較調査(結果分析) 食品に対する安心感の調査を実施した。また、リスクコミュニケーション方策の調査研究として、GM動物に関する海外動向の調査、NBTに関するリスクコミュニケーションの検討を実施した。

### 協力研究者

御輿 久美子 奈良県立医科大学 教授  
岡本 左和子 奈良県立医科大学 助教

### 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。消費者の受容性は未だ事件・事故前の水準には戻っていないものの、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。

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、消費者意識の国内外比較調査、食品に対する安心感の調査を実施した。また、(2)リスクコミュニケーション方策の調査研究では、GM動物に関する海外動向の調査、

NBTに関するリスクコミュニケーションを実施した。研究の全体像は図1の通りである。

また、上記の～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を策定について検討した。

### 1. 消費者意識の国内外比較調査

遺伝子組換え食品に対するリスクコミュニケーションは、我が国だけでなく世界的に共通の課題であると考えられる。

筆者らは、過年度に欧米諸国における遺伝子組換え食品のリスクコミュニケーションの体制や取組みを整理し、現在も遺伝子組換え動物に対する動向を調査している。また、欧米諸国での遺伝子組換え食品に対する消費者意識を調査した既存研究と、過年度に筆者らが実施した我が国における遺伝子組換え食品に対する消費者意識の調査結果の比較分析を行ってきた。

比較分析では、欧州に比べて日本の方が遺伝子組換えに対する抵抗感が強いこと、異なる種からの遺伝子の導入に対して抵抗感が高まる傾向は、日本も欧州も同様であることなどが把握できた。しかし、これらの結果は、欧州、アメリカ、日本、それぞれで独立した研究成果を比較したものであるため、比較可能な項目が少ないことや、比較可能な場合も厳密にはアンケートの設問が異なることが課題であった。

遺伝子組換え食品について必要とされるリス

クコミュニケーションは、作物、食品に対する価値観や食品安全行政に対する信頼感など、各国固有の事情によって異なるものと考えられる。そのため、今後欧米諸国の取り組みも参考とし、我が国で取り組むべき方策を検討していく上では、単に各国の取り組みだけに着目するのではなく、その背景にある消費者の意識を考慮し、取り組みの特徴や効果を評価していく必要がある。

そこで、本研究では、我が国と欧米諸国における遺伝子組換え食品に対する消費者意識を比較するために、日本、欧州（イギリス、フランス）、アメリカにおいて、共通の調査項目により Web アンケートを実施し、各国の回答の傾向を比較した。

## 1 - B . 研究方法

日本、欧州（イギリス、フランス）、アメリカの4か国で一般の消費者を対象に Web アンケートを実施した。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：2013年4月20日～5月20日
- 有効回答数：各国520人
- 方法：Web アンケート
- 調査項目：
  - 食品別の健康被害の恐怖感
  - 食品別の健康被害の認知
  - 食品別の摂食意向（回答者本人）
  - 食品別の摂食意向（小児や高齢者の家族）
  - 遺伝子組換えによる生成物別の抵抗感
  - 従来品種改良による生成物別の抵抗感
  - 遺伝子組換え食品に対する関心
  - 食品購入時の遺伝子組換え食品に対する意識
  - 遺伝子組換え食品の現状に対する認知
  - 遺伝子組換えによる生成物別の支払意思額（WTP）

等

調査項目の詳細は参考資料1の調査票を参照されたい。

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基本とした。

ただし、日本については、各性年代での回収率（配信数に対する有効回答数の割合）に留意し進めた結果、完全に均等割付とはならなかった。

欧米については、Web アンケートで高い回収率を維持するのが難しかったため、多めに配信する一方、性年齢構成は10区分で均等割付となった。

なお、日本について回収率に留意し進めた結果、20歳代のサンプル数がやや少なくなったため、以降の集計では各国とも20歳代を除いたデータを使用することとした。

## 1 - C . 研究結果

### (1)食品による健康被害のリスク認知

食中毒や喉に詰まらせることによる窒息事故の例があるいくつかの食品に遺伝子組換え食品を加え、各食品による健康被害（食中毒、窒息など）の内容に関する認知に対する回答は、図2のとおりである。

「生牡蠣」に対するリスク認知率はいずれの国でも60%以上と高い。

「遺伝子組換え食品」に対するリスク認知率は、日本とフランスが50%程度、アメリカとイギリスが40%である。実際に健康被害は生じていないが、健康に悪影響があるといったイメージが形成されている状況が伺える。

### (2)摂食意向

(1)と同様の食品群に対する摂食意向は、図3のとおりである。

アメリカでは「半熟オムレツ」「生牡蠣」が、イギリスでは「冷凍ハンバーグ」「生牡蠣」が、フランスでは「半熟オムレツ」「冷凍ハンバーグ」の摂食意向が低い。

「遺伝子組換え食品」の摂食意向はどの国も低い。

### (3) 遺伝子組換え食品に対する支払意思額

アンケートでは、まず遺伝子組換え食品が販売されていた場合に購入しても良いかを尋ね、購入しても良いと回答した回答者に対して、遺伝子組換え食品に対する支払意思額を尋ねている。なお、支払意思額を尋ねる画面では、各食品について、各国の大手スーパー等の販売価格を参考に設定した遺伝子組換えでない食品の市場価格を提示している。

ここでは、遺伝子組換え食品を購入しても良いと回答した回答者の支払意思額のみを使って分析した結果と、遺伝子組換え食品を購入しないと回答した回答者の支払意思額を0円(\$、€、£)に換算して分析した結果を示す。

まず、遺伝子組換え食品を購入しても良いと回答した回答者の支払意思額のみを使った分析を行った。アンケートで設定した遺伝子組換え食品に対する支払意思額と、遺伝子組換えでない食品の市場価格の相関図は、図4のとおりである。

遺伝子組換え食品に対する支払意思額と遺伝子組換えでない食品の市場価格の相関係数を見ると、日本は0.720、欧米各国は0.798~0.826である。つまり、日本は遺伝子組換え食品に対する支払意思額が市場価格の約3割引きであるのに対して、欧米では約2割引きである。

次に、遺伝子組換え食品を購入しないと回答した回答者の支払い意思額を0円(\$、€、£)と換算して分析を行った。遺伝子組換え食品に対する支払意思額と、遺伝子組換えでない食品の市場価格の相関図は、図5のとおりである。

各国の相関係数を見ると、日本は0.621、欧米各国は0.686~0.765である。つまり、日本は遺伝子組換え食品に対する支払意思額が市場価格の約4割引きであるのに対して、欧米では約2~3割引きである。

いずれの分析結果も、日本の方が欧米に比べて遺伝子組換え食品に対する抵抗感が強い傾向が伺える。

### (4) 遺伝子組換えによる性質別の抵抗感

遺伝子組換えにより生物に発現する性質別に

抵抗感を把握した。性質ごとの抵抗感は以下のとおりである。

#### 除草剤耐性・害虫抵抗性

アメリカとイギリスでの抵抗のある割合は約50%と相対的に低く、日本とフランスでは約80%と高い。(図6)

#### 花粉症症状緩和効果・栄養成分強化

日本、アメリカ、イギリスでの抵抗のある割合は40~50%と相対的に低く、フランスでは約70%と高い。日本は栄養成分強化については約60%とやや高い。(図7)

#### 耐乾性・冷害耐性

日本、アメリカ、イギリスでの抵抗のある割合は約40%と相対的に低く、フランスでは50~70%と高い。(図8)

#### 遺伝子組換え動物(サケ・メダカ)

各国とも抵抗のある割合が高い。日本、アメリカ、イギリスでは70~80%であり、フランスでの抵抗感は80~90%と特に高い。(図9)

#### 青いバラ

アメリカとイギリスでの抵抗のある割合は約40%と相対的に低く、日本とフランスでは約50%と若干高い。(図10)

### 1-D. 考察

遺伝子組換え食品について、リスク認知の割合は各国とも40~50%が知っているという回答している。この中には、遺伝子組換え食品の人体への影響は未知数だという意識で知っているとする回答者もいれば、遺伝子組換え食品は人体に悪影響があるという意識で知っているとする回答者もいるものと考えられる。いずれにせよ、実際に健康被害は生じていない遺伝子組換え食品に対して、実勢に食中毒や誤飲による窒息などが起きているいくつかの食品と同等、またはそれ以上にリスクを感じているのが実態である。

また、遺伝子組換え食品の摂取意向は、どの国も他の食品に比べて低く、その割合はリスク

認知率以上である。リスクはよく分からないが食べたくないという意識があることが伺える。

遺伝子組換えに対する抵抗感は、国別に見ると、日本、フランスが全体的に抵抗を感じる割合が高く、組換え生物の性質別に見ると、いずれの国も組換え動物に対する抵抗感が高く、植物の中では除草剤耐性や害虫抵抗性に対する抵抗感が強い。

遺伝子組換え食品に対する支払意思額と遺伝子組換えでない食品の市場価格の相関関係を見ると、日本は他国に比べて市場価格からの乖離が大きいく（割引率が大きくないと購入したくない）。抵抗を感じる人の割合はフランスと同程度かやや低い割合であったが、抵抗感の強さは他国よりも強い傾向が伺える。

## 2. 食品に対する安心感の調査

### 2 - 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、医療リスクとGM食品をはじめとした食品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。

#### (1)調査設計

医療リスクやGM食品等、一般消費者が不安を抱いている状況から、リスクを受け入れ、受容し、決断に至る意識・行動変容のプロセス、行動が変化する契機を明らかにする。

食品、医療行為を受け入れることによるリスク情報、ベネフィット情報、身近な人の経験や助言等、意識・行動変容が起こりうる契機、情報提供の方法と情報提要チャンネルによる、消費者の意思決定の変化について調査した。

具体的な調査項目は下記の通りである。

#### リスク項目

##### 食品

- ・シメサバやサケの刺身（アニサキス）
- ・こんにゃくゼリー（誤嚥）
- ・遺伝子組み換え大豆
- ・生牡蠣（食中毒）
- ・ふぐ（食中毒）
- ・マンゴー（ポストハーベスト）

##### 医療

- ・風邪薬（副作用）
- ・風疹の予防接種（副作用）
- ・インフルエンザの予防接種（副作用）
- ・白内障手術（合併症）
- ・子宮頸がんの予防接種（副作用）
- ・がん治療（手術、化学療法、放射線治療）

#### 行動変容の契機

- ・リスク情報
- ・ベネフィット情報
- ・身近な人の経験（親、友人）
- ・身近な人に食べさせる・受けさせるかどうか（高齢の親族、子供）
- ・リスクの需要に必要な情報・情報発信源

#### (2)調査概要

##### 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

調査内容については、参考資料2の調査票を参照されたい。

## 2 - C . 研究結果

### (1)食品

#### 食の安全の観点から避けている食品

食の安全ということから、食品で食べないようになっているものがあるかどうかについては、「あてはまるものはない」を除くと「遺伝子組み換え食品」が34.8%と最も多く、ついで「肉刺身」が24.4%と多い。(図 11)

そのうち、「あてはまるものはない」と回答した人を除いて、食べないようにしている食品がある人を母数にした割合では、「遺伝子組み換え食品」を避けている人は65.1%、「肉刺身」が45.6%と、「遺伝子組み換え食品」が唯一、半数以上の人避けている食品となる。(図 12)

食べないようにしている食品がある人のうち、一つだけ食べないようにしている食品がある人の中では「遺伝子組み換え食品」を避けている人は23.9%で、次の「肉刺身」7.7%の約3倍となる。(図 13) 食べないようにしている食品を選択した人のうち、単独でその食品を選択した人は「遺伝子組み換え食品」が最も多く36.7%、ついで「牡蠣」が多く、22.5%となる。(図 14)

「遺伝子組み換え食品」を避けている人が、他に選択している食品は「肉刺身」が最も多く40.6%、ついで「海外産のくだもの」が多く21.0%である。(図 15)

#### 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 16)

#### 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 17)

#### 遺伝子組み換え食品に対する行動変容

遺伝子組み換え大豆を使った豆腐を買おうと回答した人は、情報提供がない状況では、「必ず買う」「買う」「多分買う」と回答した人を合計して、44.7%である。「調べた結果、遺伝子の導入によって新たに作られたたんぱく質がアレルギーの原因になる可能性を心配している人がいることを知りました」というリスク情報を提供すると、33.5%に下がり、購買意向は最低となる。購買以降は最大となるのは、消費者にメリットがある第二世代の情報、「遺伝子組み換え技術の進歩により、医薬品的効果のある作物(花粉症緩和など)や栄養価の高い作物の研究・開発が進んでいます。カロチンを多く含む米や大豆などの開発は、発展途上国でビタミンA欠乏症により年間50万人が失明していると報告されている子供たちを救うと言われていました。」を提供した時で、46.2%となる。(図 18)

#### 他の食品リスクとの比較

摂食意向が最も強いのは、マンゴーで、情報提供がない状態で「必ず食べる」「食べる」「多分食べる」と回答した人を合計して、86.4%であった。(図 23)

摂食意向が最も低いのは、フグの調理免許を持っているかどうか不明な友人が調理したフグで、情報提供がない状態で「必ず食べる」「食べる」「多分食べる」と回答した人を合計して、39.3%であった。(図 22)

リスク認知度が低いシメサバやサケの刺身、マンゴーについては、情報提供による回答の変化が大きい。(図 17、図 19、図 23)

こんにゃくゼリーや遺伝子組み換え食品は、情報提供による回答の変化があまり大きくない。(図 17、図 18、図 20)

### (2)食品と医療との比較

#### 治療にともなうリスクに対する認識

治療にともなうリスクに対しては、「治療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、93.4%であった。ついで、「治療にともなうリスクを知りたい」と思っている人が93.2%、「治療にともなうリスクでわからない事はわからないと知らせて欲しい」と思っている人が92.9%であった。

一方で、「リスクは患者ではなく医師が考えるべきことである」と思っている人は47.4%と最も少なかった。(図 24)

### 医療に対する行動変容

治療を受ける意向が最も強い(または明確である)のは、「がんの手術」で、情報提供がない状態で「必ず受ける」「受ける」「多分受ける」を合計して92.8%であった。(図 31)

治療を受ける意向が最も低いのは、「インフルエンザ予防接種」で、情報提供がない状態で「必ず受ける」「受ける」「多分受ける」を合計して41.0%であった。(図 28)

リスク認知の程度によって、治療を受ける意向の傾向の変化は、特に見られなかった。(図 25)

医療においては、薬や手術など疾病の治療に対して治療を受ける意向が高く(図 26、図 29、図 31)、予防接種については治療を受ける意向が低い。(図 27、図 28、図 30)

## 2 - D . 考察

遺伝子組み換え食品のリスクについて、内容を知っている人はふぐや生牡蠣、こんにゃくゼリーと比較すると多くはない。ただし、それらと比較して食べたくないと思っている人は多く、情報提供による行動変容が小さく、遺伝子組み換え食品を食べないと最初から決めている人が多いことがうかがえる。また、遺伝子組み換え食品だけを食べないようにしている人は、単独で遺伝子組み換え食品のみを食べないようにしている人が、他の食品と比較して多い。遺伝子組み換え食品を避けている人のうち、他の食品も避けている人は、「肉刺身」や「海外産の果物」

なども避けている。行政の規制対象や、残留農薬など健康被害の点で話題になる食品を避けており、食の安全性に関する情報に敏感である人が多い可能性が高い。

医療と比較した場合、何らかの疾病に対する治療を選択しない人は少ないが、予防接種については、判断が分かれている。食品は食べないという選択がありうるという点で、予防医療と似ており、リスクコミュニケーションにおいて参考にできる可能性がある。

また、食品、医療ともに、リスクについては、知りたいと思っている人が多く、行政や医師だけが考えることではないと考えている人も多い。健康被害において、当事者である一般消費者は重要なステイクホルダーであり、今後もより一層の配慮が求められる存在である。

## 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、米国中央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のレビューを行った。

### 3 - B . 研究方法

AquaBounty社による遺伝子組換えサーモン(AquAdvantage® Salmon)に係る動向をレビューするため、FDAやAquaBounty社のWebサイトからの情報収集を行った。

### 3 - C . 研究結果

FDA は、2010 年 9 月 20 日に公表した「Briefing Packet: AquAdvantage Salmon<sup>1</sup>」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 Assessment<sup>2</sup>」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 IMPACT<sup>3</sup>」ではこれらと同様の内容で報告書が取りまとめられている。

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の募集が掛けられ、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<sup>4</sup>、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

ることに納得した」とする発表<sup>5</sup>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

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公表されていない。

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。

## 4 . NBT に関するリスクコミュニケーションの検討

新植物育種技術 (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 の中には育種のプロセスの中で遺伝子組換え技術を活用しているものの、最終的に生成される作物等の中には組換えに使用した遺伝子が残らず、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。

こうした技術については、「消える痕跡」といった表現で報道されるなど社会の関心は高まっている。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 の技術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 を実用化する (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。

<sup>1</sup> BRIEFING PACKET AquAdvantage Salmon

(<http://www.fda.gov/downloads/AdvisoryCommittees/CommitteesMeetingMaterials/VeterinaryMedicineAdvisoryCommittee/UCM224762.pdf>)

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

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

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

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

そのため、NBT について消費者とリスクコミュニケーションを行い、消費者の受容性を把握することを目標とし、本研究では、消費者に提示するリスクコミュニケーション用の資料（NBT 説明書）を作成することを目的とした。

#### 4 - B . 研究方法

消費者に提示する NBT 説明書は、以下の(1)~(3)の流れで作成する。

(1)NBT の実態の整理・翻訳

- 既存資料のレビュー
- 専門家へのインタビュー
- NBT 説明書（案）の作成

(2)消費者の理解度・受容性の把握

- NBT 説明書（案）を使った消費者へのインタビュー

(3)NBT 説明書のブラッシュアップ

本研究では、上記のうち(1)の工程を実施した。なお、専門家へのインタビューでは、2013 年 8 月 20 日に筑波大学大学院生命環境科学研究科鎌田博教授よりご意見を伺った。

また、対象とする NBT は、欧州委員会の Joint Research Centre（JRC）によるテクニカルレポート「New plant breeding techniques State-of-the-art and prospects for commercial development（2011）」で取り上げられている以下の 7 つの技術を対象とした。

- ・ Zinc finger nuclease（ZNF）  
（ジンクフィンガーヌクレアーゼ）
- ・ Oligonucleotide Directed Mutagenesis（ODM）  
（オリゴヌクレオチド特異的変異誘発）
- ・ Cisgenesis and Intragenesis  
（シスジェネシス/イントラジェネシス）
- ・ Grafting（接ぎ木）
- ・ Agro-Infiltration  
（アグロインフィルトレーション）
- ・ RNA-dependent DNA methylation(RdDM)  
（RNA 依存性 DNA メチル化）
- ・ Reverse breeding（逆育種）

#### 4 - C . 研究結果

個々の NBT の概要を、先術の JRC の資料を

基に表 1~表 7 のとおりに整理した。また、NBT 説明書として、個々の NBT の技術ごとに解説スライドを作成した（図 32）。

なお、資料の読者の想定によって、必要な情報量は異なるものと考えられる。先述の解説スライド（以下の 詳細版）は、遺伝子組換え、DNA、RNA のように、NBT の内容を把握するために前提となる基礎的な生物学の知識について、簡易な説明を加えている。理系学問に慣れている人であれば、イメージがつかめるものと期待されるが、一般向けにはやや難解な部分が残っている。そのため、より一般向けの資料とするために、生物学の知識がなくても、技術のイメージがつかめるレベルを想定した簡易版資料の作成を試行した。

簡易版の例は、図 34（簡易版）のとおりである。

#### <作成した NBT 解説書>

詳細版：ある程度生物学的な情報に慣れている人（理系学生または大学の理系学部卒程度）がイメージをつかめるレベルを想定。詳細なイメージ図に簡易な解説を加えた内容

簡易版：一般の消費者が見て、技術のイメージをつかめるレベルを想定。イメージ図を中心に簡易なコメントを付記した内容

#### 4 - D . 考察

本研究では NBT と総称される個々の技術について資料を作成した。今後、本研究で作成した資料を基に、消費者の意見も把握しつつ、更なる資料の改善が必要である。

ただし、本研究で作成した資料は、NBT の個々の技術について説明する資料であるため、一般の消費者にはまだ難解なものとなっていることが懸念される。そのため、「育種の過程で加えられる遺伝子組換えの痕跡が残らないこと」のように、従来の植物育種、遺伝子組換え技術、NBT の違いを明確にし、議論のポイントを整理した上で、そのポイントに対する消費者の理解、反応を把握するための資料とすることも重要で

あると考えられる。

## E . 結論

食品による健康被害に対する意識の国内外比較からは、調査対象とした日本、欧米いずれの国でも、実際に健康被害は生じていない遺伝子組換え食品に対して、実際に食中毒や誤飲による窒息などが起きているいくつかの食品と同等、またはそれ以上にリスクを感じている消費者がいることがわかった。また、リスクは分からないが食べたくないという意識がある状況も伺えた。

遺伝子組換えに対する抵抗感は、日本、フランスが全体的に抵抗を感じる割合が高く、いずれの国も組換え動物に対する抵抗感が強い。また、遺伝子組換え食品に対する支払意思額からは、日本は他国に比べて市場価格からの乖離が大きく、抵抗感の強さは他国よりも強い傾向が伺えた。

食品や医療などの健康被害において、当事者である一般消費者はリスクを知って、自分で判断したいと考えている。しかし、食品に対する安心感の調査では、遺伝子組み換え食品に対して、リスクの内容はあまり理解されていないにも係らず、抵抗感は根強く、食べても良いと思っている人は少ないことが明らかになった。遺伝子操作の技術が高度になるに従い、理解には科学的な知識が必要で難しくなっていくが、消費者に対しては、旧来型の専門家が一方的に判断した結果を伝えるだけでなく、一切の事実を公表し、要点をわかりやすく伝え、消費者が判断できる環境を作っていくことが求められている。

アメリカでの遺伝子組換えサーモンの承認はその後新たな動きは見られなかったが、安全性評価で問題なしと判断されているため、今後何かのタイミングで承認に向けて動き出す可能性はある。先の消費者意識調査に見られるよう、いずれの国も遺伝子組換え動物に対する抵抗感は高く、市場投入が公式なものとなれば、従来の遺伝子組換え作物以上の反発があることが想定される。我が国も例外ではなく、今後も関連産業や専門家、メディア、消費者など関係者と

の議論を重ねていく必要がある。

また、NBT についてもメディアを通じて社会に情報が流れるようになってきており、その中には、「消える痕跡」と言われるように、遺伝子を操作した事実が後からは分からないことに対して、遺伝子操作の事実を隠ぺいするための技術であるといった内容も見られる。遺伝子組換えサーモン程の情報量にはなっていないが、今後情報量が増え、また市場投入の可能性が出てくれば、従来の遺伝子組換え作物以上の反発が生じる可能性はある。本研究で作成した説明書を基にして、今後消費者の意見を聞きながら NBT を巡る議論に使用できる資料を作成していく。

## F . 健康危険情報

なし

## G . 研究発表 :

### 1. 論文発表, 単行本

神奈川芳之、赤羽学、今村知明. 第1編 食品衛生管理と食の安全 第6章 フードディフェンスという概念. 美研クリエイティブセンター 編集. 微生物コントロールによる食品衛生管理 - 食品の安全・危機管理から予測微生物の活用まで -. 株式会社 エヌ・ティー・エス. 2013 ;p.91-108.

今村知明 他. 食品保健. 医療情報科学研究所 編集. 保健・医療・福祉・介護スタッフの共通テキスト 公衆衛生がみえる. 株式会社メディックメディア. 2014 Mar;p.302-319.

今村知明、神奈川芳行 他. 【第2版】第5章 社会における対応の現状と対策 1 . アレルギーの表示の現状と対策. 中村 丁次 他編. 【第2版】食物アレルギー A to Z 医学的基礎知識から代替食献立まで. 第一出版. 2014 Mar;p.151-158.

### 2. 学会発表・講演

2013年10月23日~25日(三重県、アストブ

ラザ) 第72回日本公衆衛生学会総会  
食品のリスクに対する消費者の意識調査とその  
分類・定量化の試み  
和田千津子、小川俊夫、尾花尚弥、濱田未来、  
今村知明.

2013年10月23日~25日(三重県、アストブ  
ラザ) 第72回日本公衆衛生学会総会 遺伝  
子組み換え食品専門家への意識調査と消費者意  
識との比較  
今村知明、松尾真紀子、御輿久美子、和田千津  
子、濱田未来、尾花尚弥.

#### **H 知的財産権の出願・登録状況**

なし

# I 図表

## A . 研究目的

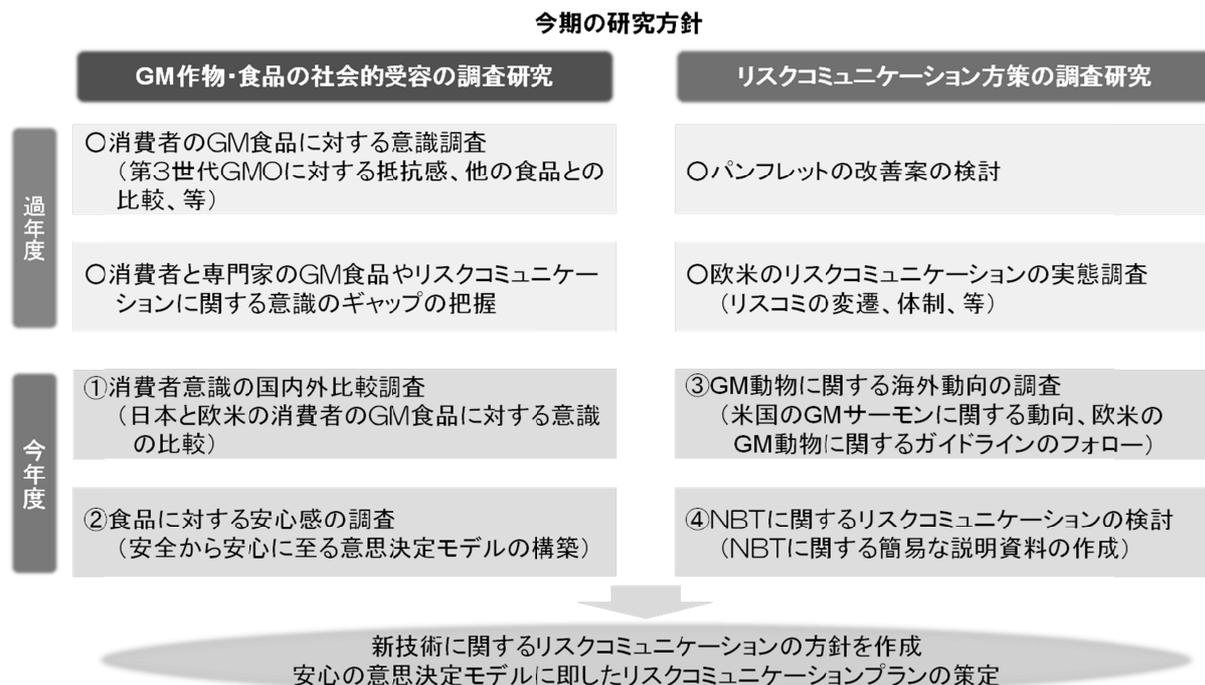


図 1 研究の全体像

# 1. 消費者意識の国内外比較調査

## 1 - C . 研究結果

Q. 食品による健康被害（食中毒、窒息など）の内容について知っていますか。

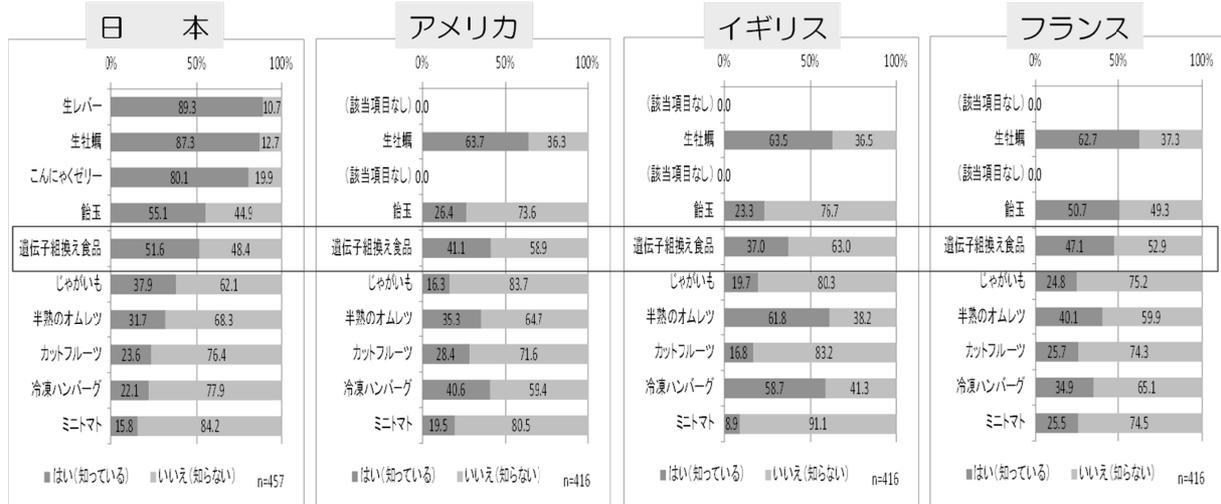
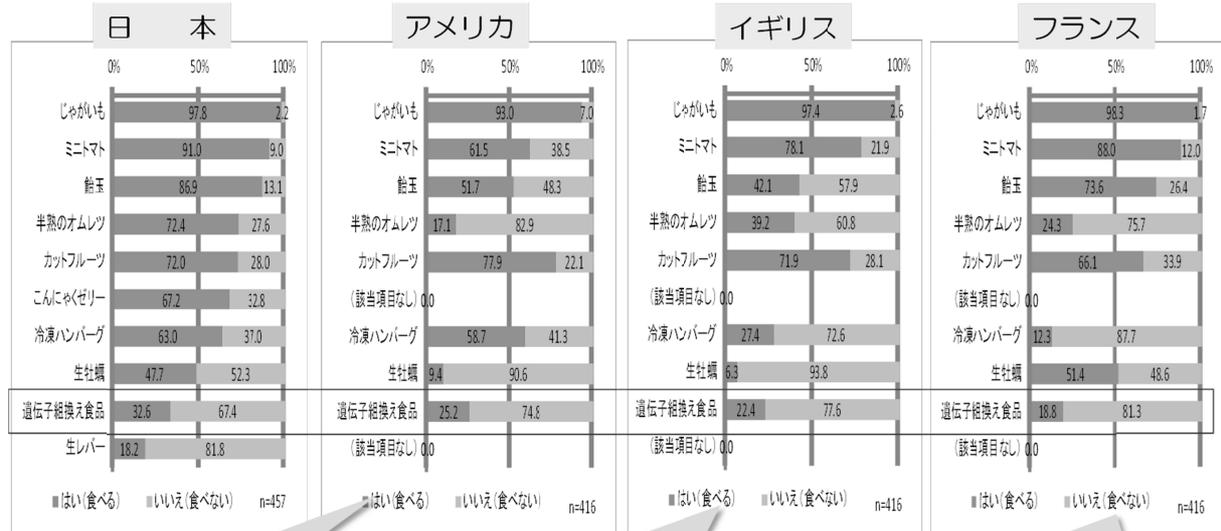


図 2 食品による健康被害のリスク認知の意識割合

Q. その食品を食べますか。食べても良いと思うものを全てお選びください。



2010年 大規模サルモネラ食中毒。鶏卵3億8000万個を自主回収

2010年 英国、ノルウェー、フランス、スウェーデン、デンマークでカキの喫食に関連するノロウイルス

2011年 冷凍ハンバーグ食べた子供7人が大腸菌感染で入院。学校給食のハンバーグによるサルモネラ集団食中毒

図 3 各食品の摂食意向

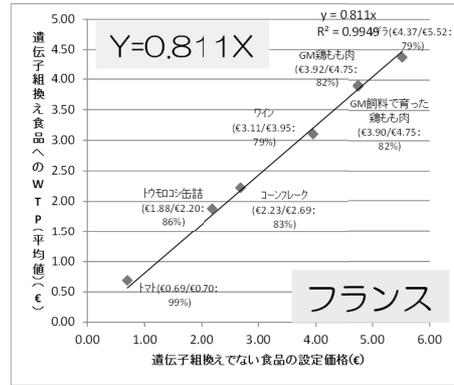
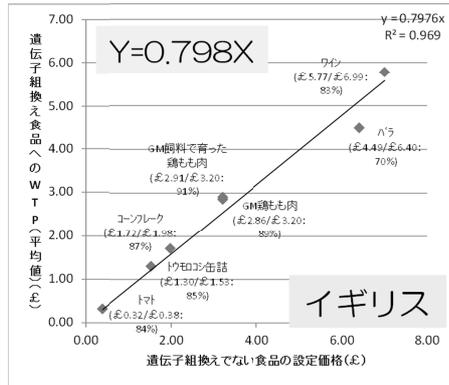
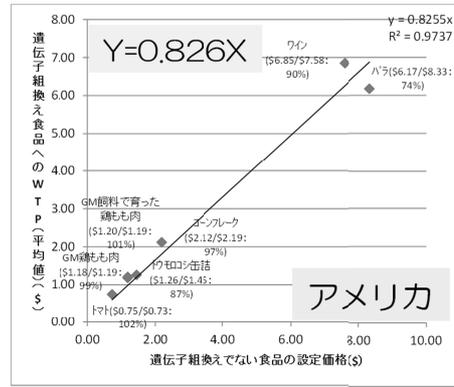
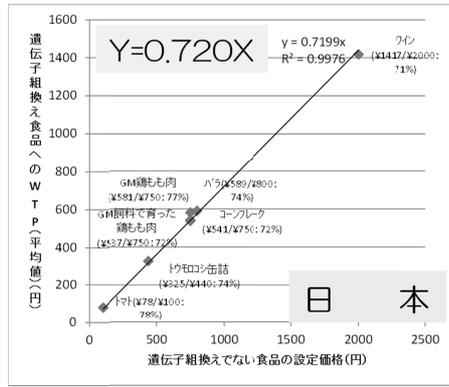


図 4 遺伝子組換え食品に対する支払意思額 (購入意思のある回答者の集計結果)

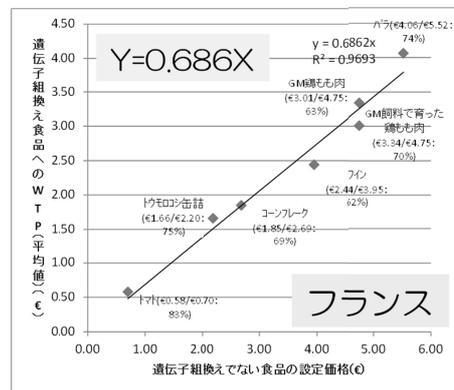
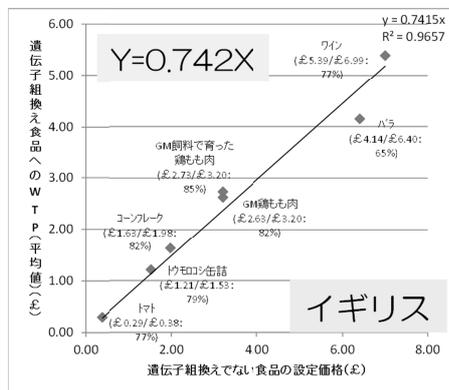
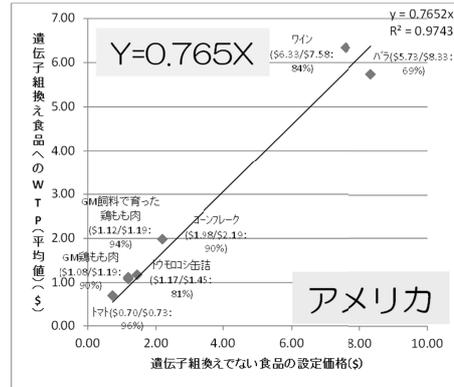
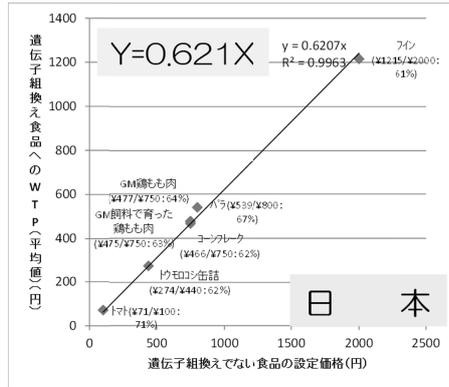
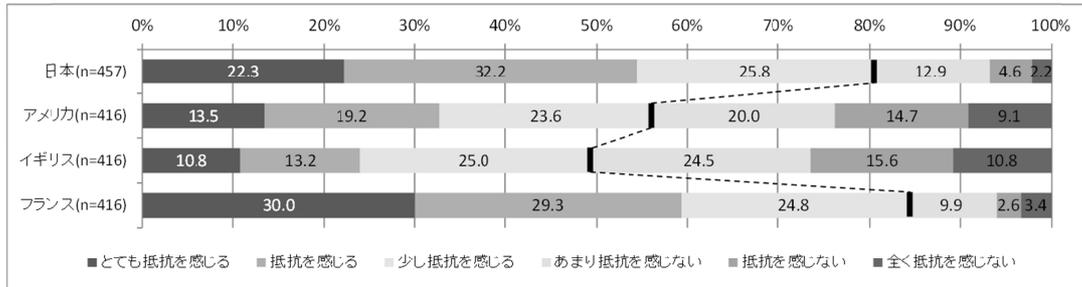


図 5 遺伝子組換え食品に対する支払意思額 (購入意思のない回答者の WTP を 0 円(\$、£、€)と換算)

Q. 遺伝子組換え技術によって次のような生物が誕生したとします。あなたの考えに最も近い選択肢をそれぞれ1つずつ選んでください。

●特定の除草剤に耐性のある（枯れなくなる）作物



●作物を食害する特定の害虫に強い（害虫が食べられない）作物

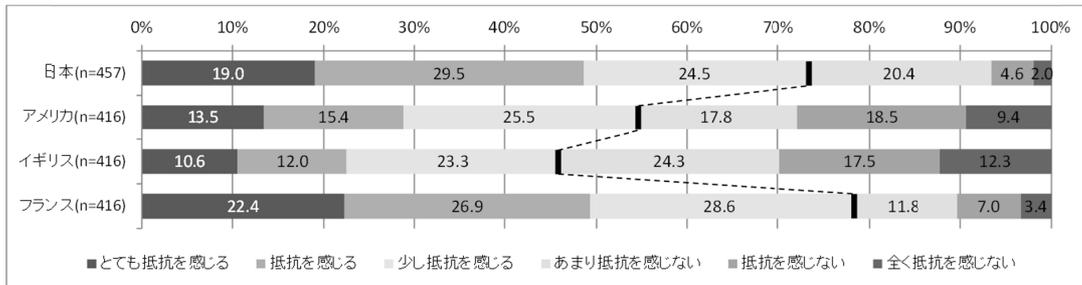
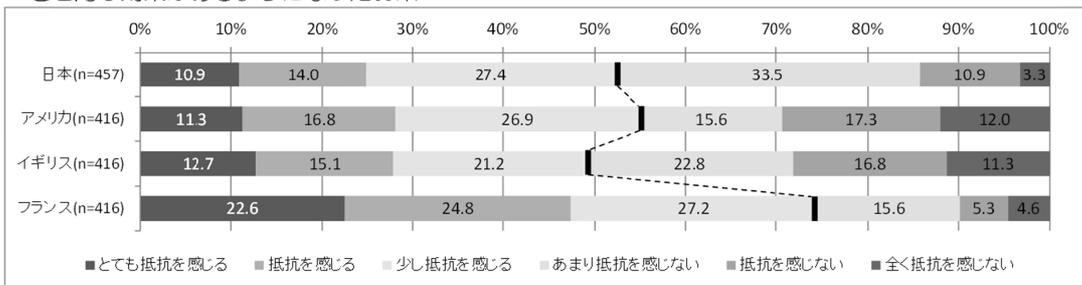


図 6 遺伝子組換え作物に対する抵抗感（除草剤耐性、害虫抵抗性）

Q. 遺伝子組換え技術によって次のような生物が誕生したとします。あなたの考えに最も近い選択肢をそれぞれ1つずつ選んでください。

●食べ続けると花粉症の症状を緩和する効果があるお米・食べ続けると花粉症の症状を緩和する治療を受けたときと同じ効果があるようになったお米



●特定の栄養成分（ビタミンなど）が強化された作物

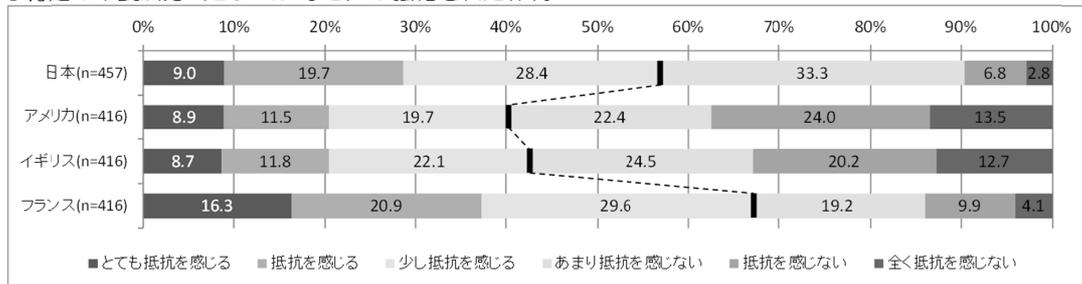
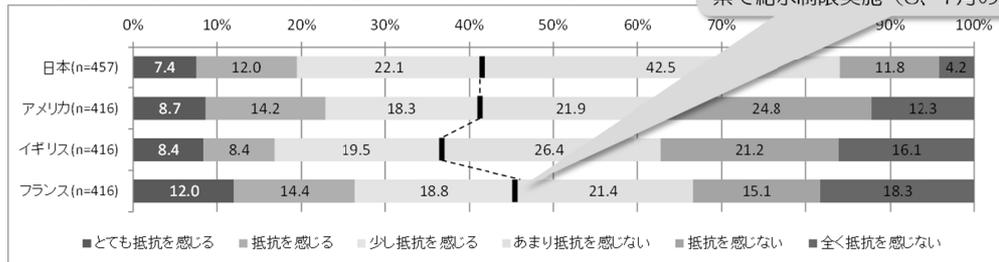


図 7 遺伝子組換え作物に対する抵抗感（花粉症症状緩和効果、栄養成分強化）

Q. 遺伝子組換え技術によって次のような生物が誕生したとします。あなたの考えに最も近い選択肢をそれぞれ1つずつ選んでください。

2003年 大規模な干ばつ 【フランス】  
2011年 5月は50年間で最も乾燥。58の  
県で給水制限実施（6、7月の降雨で緩和）

● 水利用効率が良い、干ばつや水不足といった環境下でも育つ作物



● 冷害に強く、低温下でも育つ作物

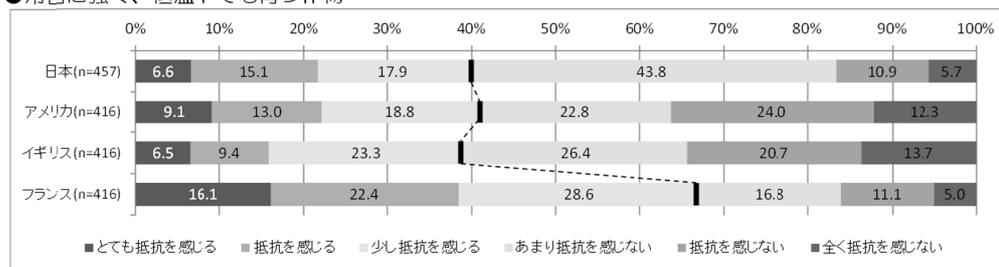
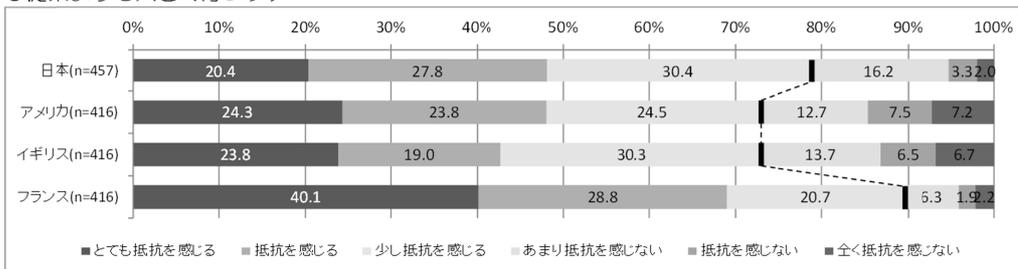


図 8 遺伝子組換え作物に対する抵抗感（耐乾性、冷害耐性）

Q. 遺伝子組換え技術によって次のような生物が誕生したとします。あなたの考えに最も近い選択肢をそれぞれ1つずつ選んでください。

● 従来よりも大きく育つサケ



● 熱帯魚のように体が光るメダカ

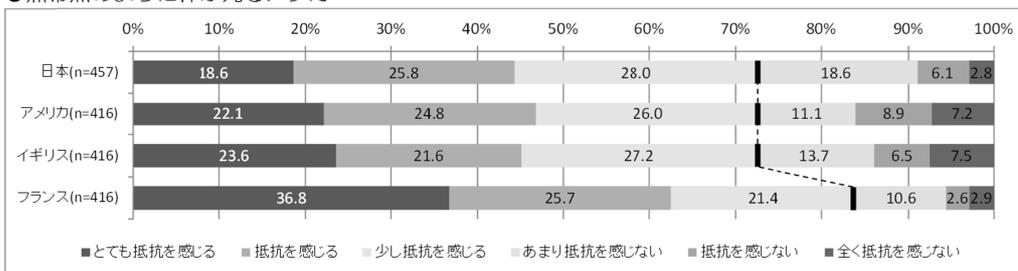


図 9 遺伝子組換え作物に対する抵抗感（遺伝子組換え動物：サケ、メダカ）

Q. 遺伝子組換え技術によって次のような生物が誕生したとします。あなたの考えに最も近い選択肢をそれぞれ1つずつ選んでください。

●青い花を咲かせるバラ

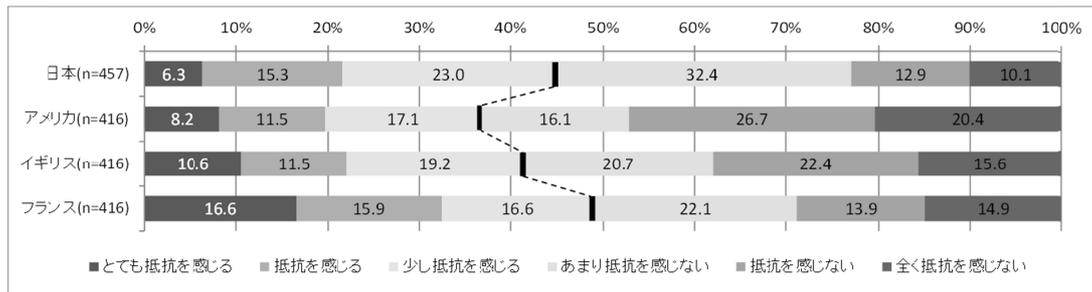


図 10 遺伝子組換え作物に対する抵抗感（青いバラ）

## 2. 食品に対する安心感の調査

### 2 - C . 研究結果

Q. あなたは、食の安全ということから、食品で食べないようにしているものがありますか。(いくつでも)(好き嫌いやアレルギーなどの身体上の理由は考慮せずに回答してください)

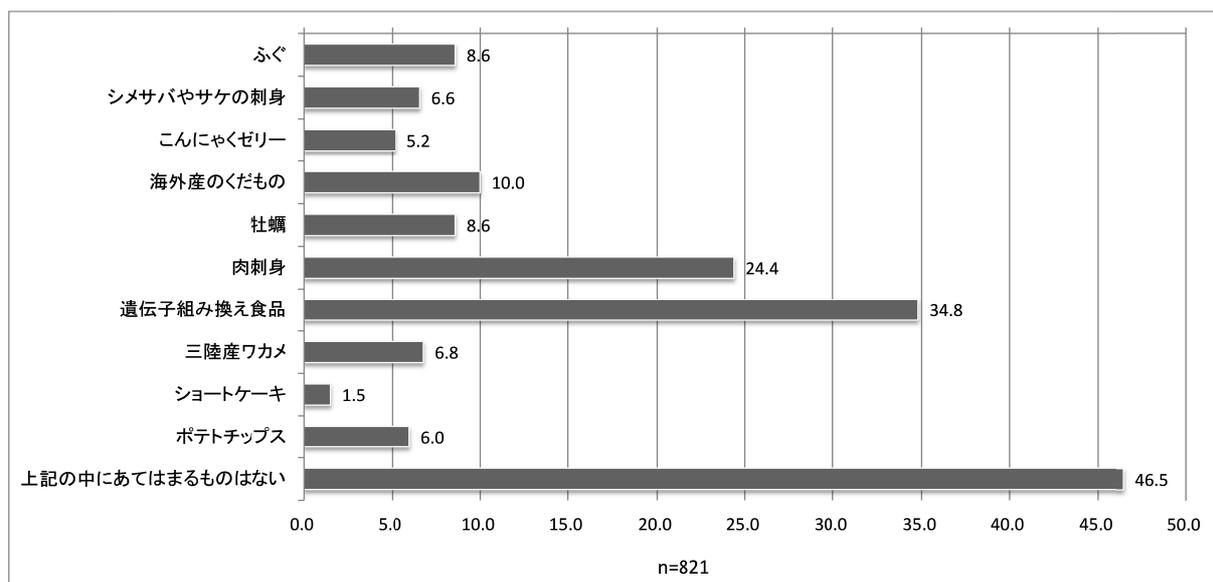


図 11 食の安全の観点から避けている食品

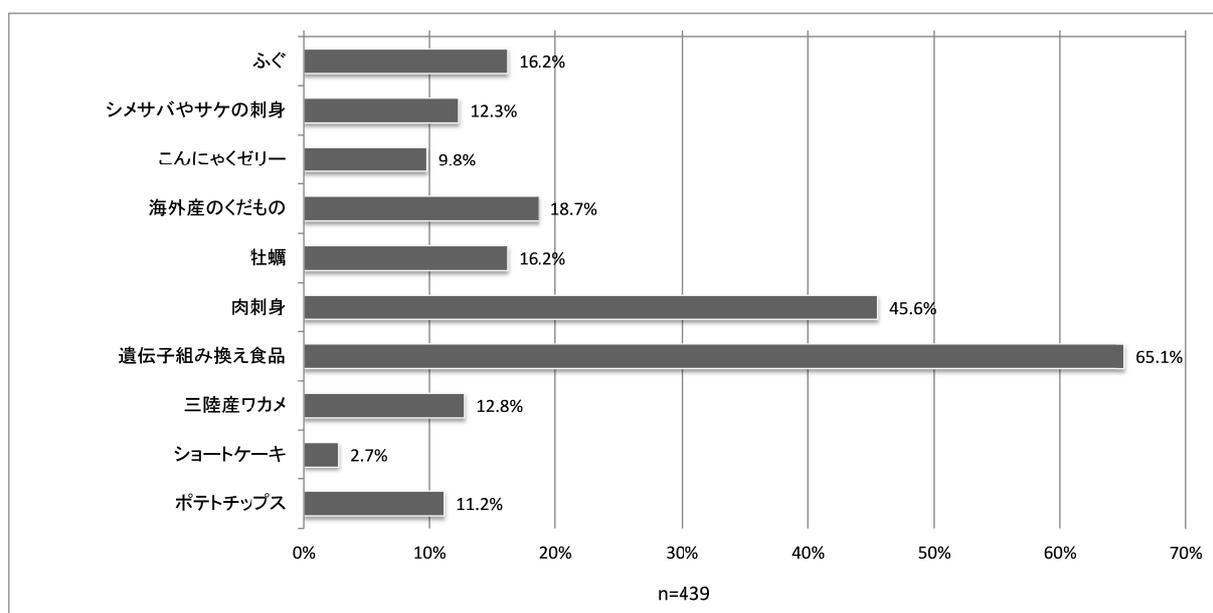


図 12 食の安全の観点から避けている食品  
(食べないようにしている食品がある人を母数にした割合)

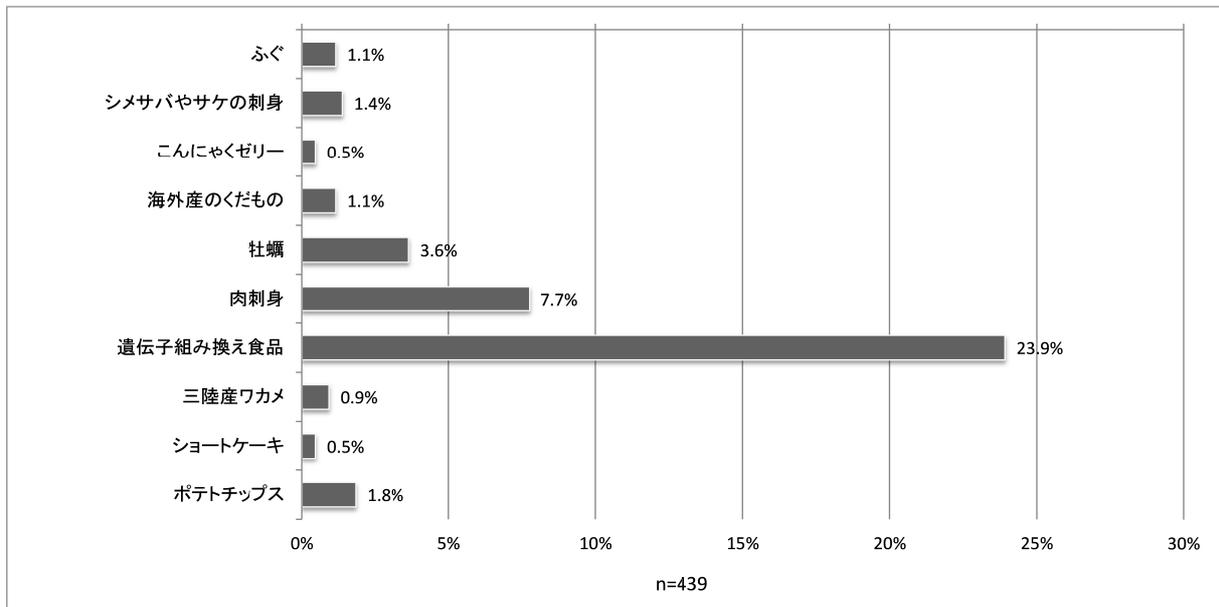


図 13 食の安全の観点から避けている食品

(食べないようにしている食品を1つ以上回答した人全体(母数)のうち、選択肢の食品のみを食べないと回答した人の割合)

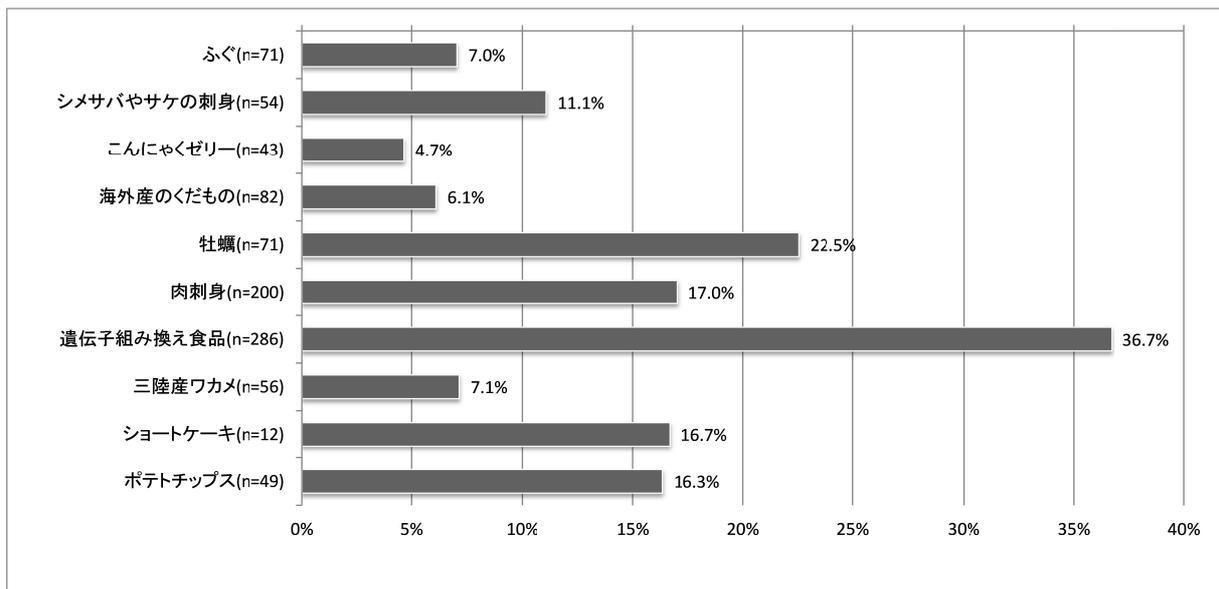


図 14 食の安全の観点から避けている食品

(食べないようにしている食品を1つだけ回答した人全体(母数)のうち、選択肢の食品を食べないと回答した人の割合)

注：グラフ中の n は、選択肢の食品だけを食べないようにしていると回答した人の数

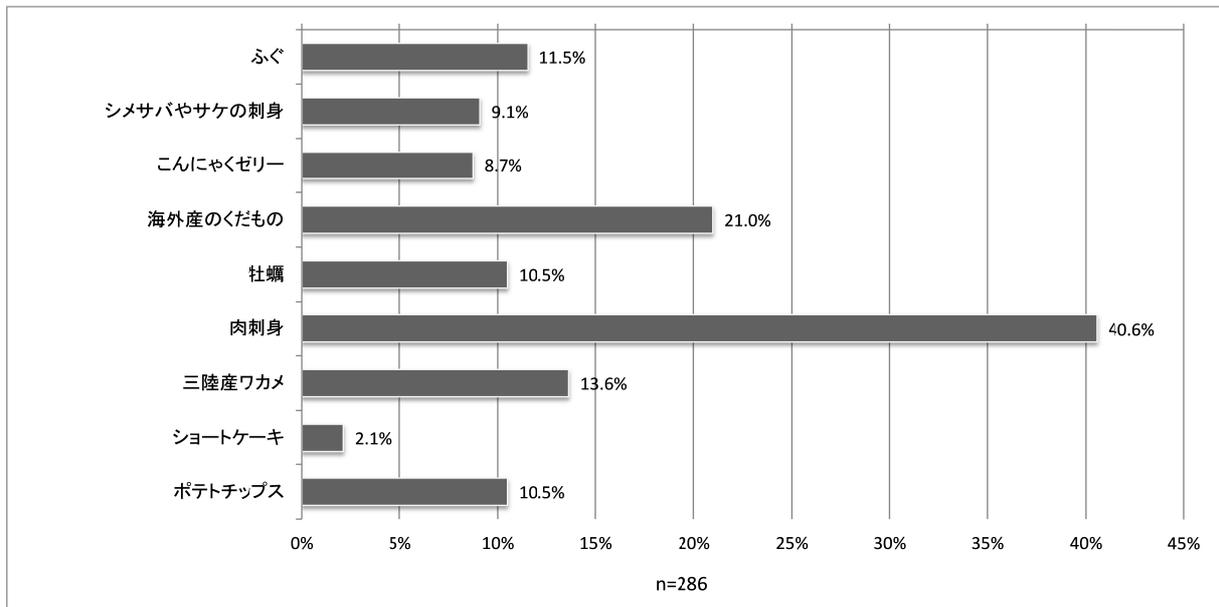


図 15 食の安全の観点から避けている食品  
(遺伝子組み換え食品を選択した人が他に選択している食品)

Q. 食品にともなうリスクについて、それぞれあなたの感覚に最も近いものを1つずつお答えください。

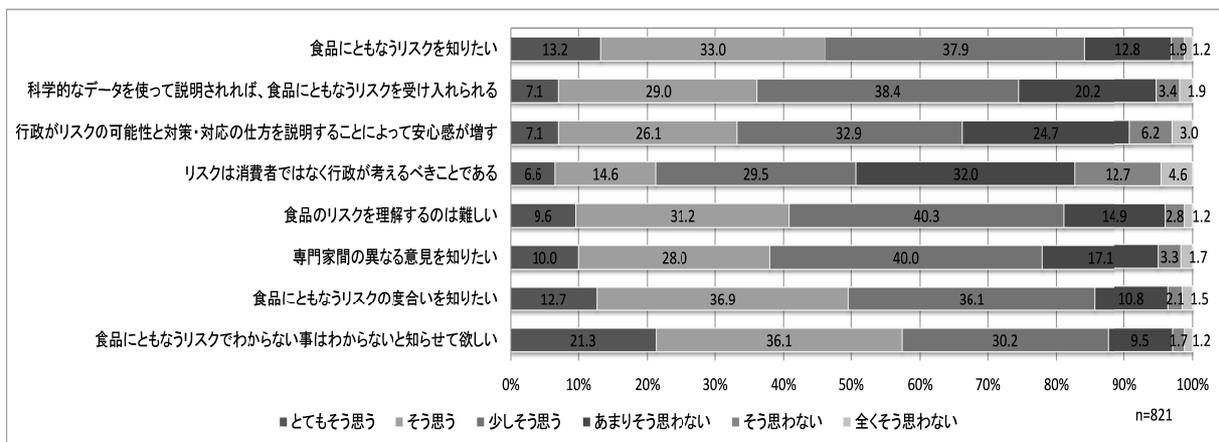


図 16 食品にともなうリスクに対する認識

Q. 健康被害の内容について知っていますか。

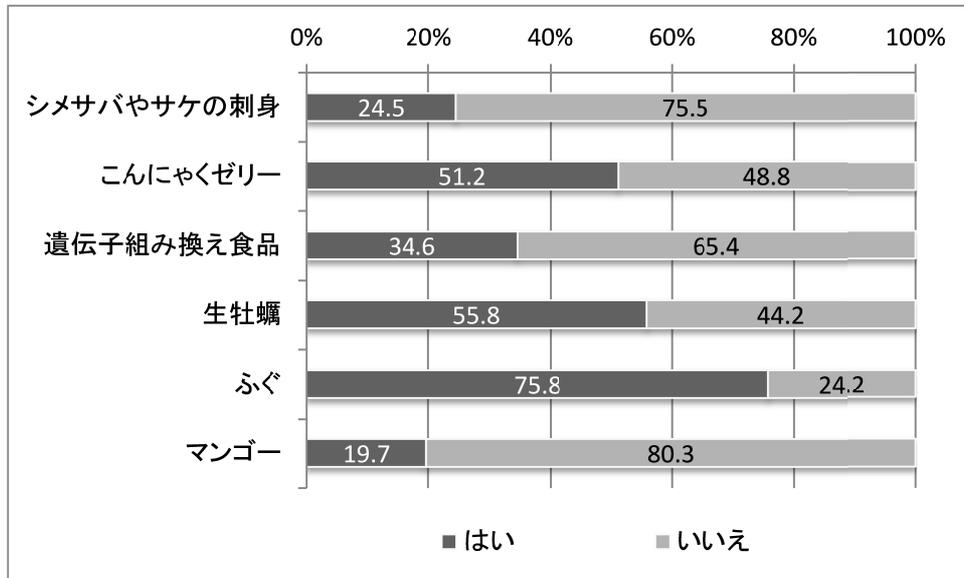


図 17 食品リスクの認知度

Q. あなたは、遺伝子組み換え大豆を使った豆腐を買いますか。

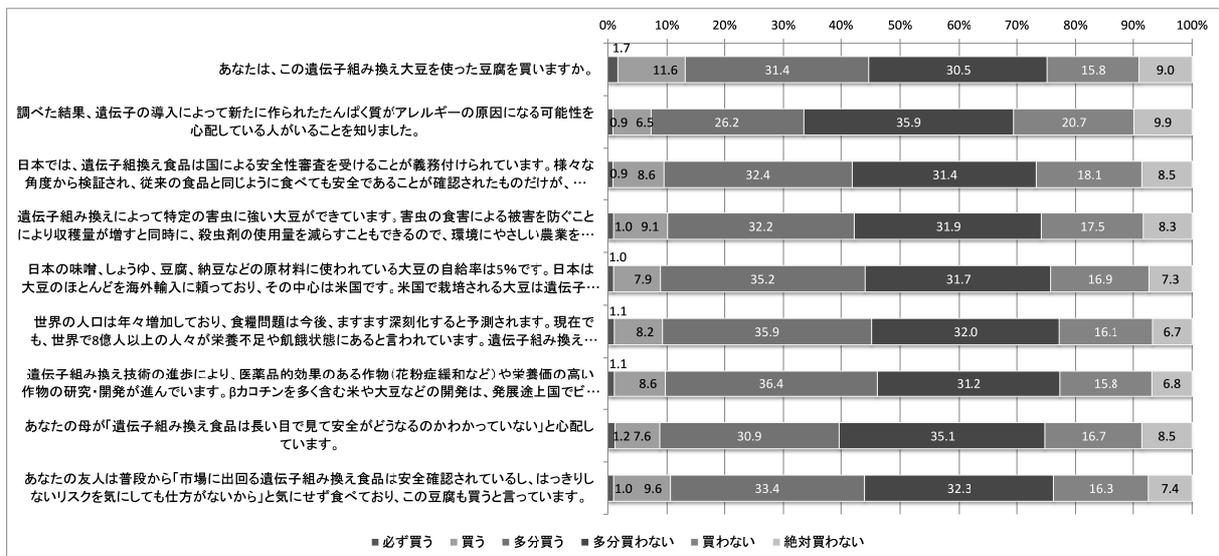


図 18 遺伝子組み換え食品に対する行動変容

Q. あなたは、シメサバやサケの刺身を食べますか。

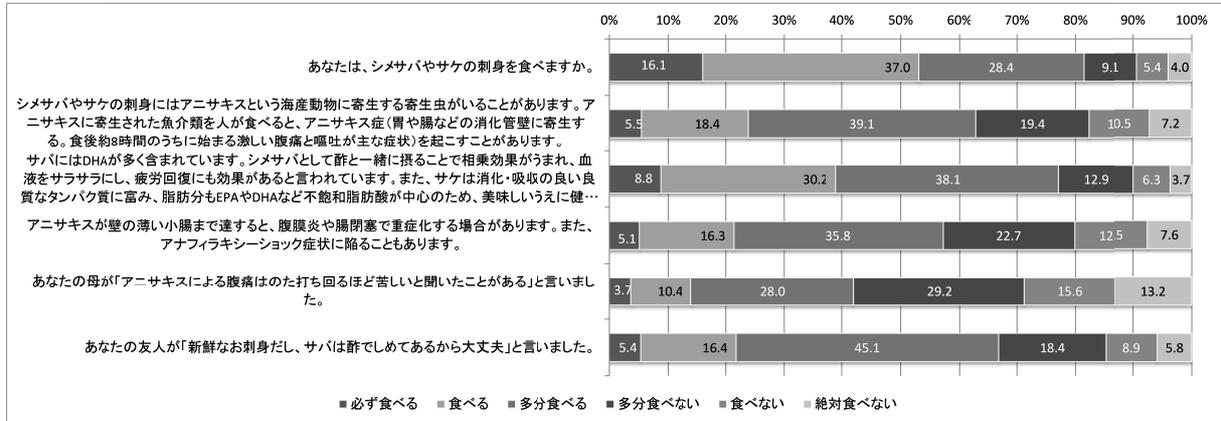


図 19 シメサバやサケの刺身に対する行動変容

Q. あなたは、こんにやくゼリーを食べますか。

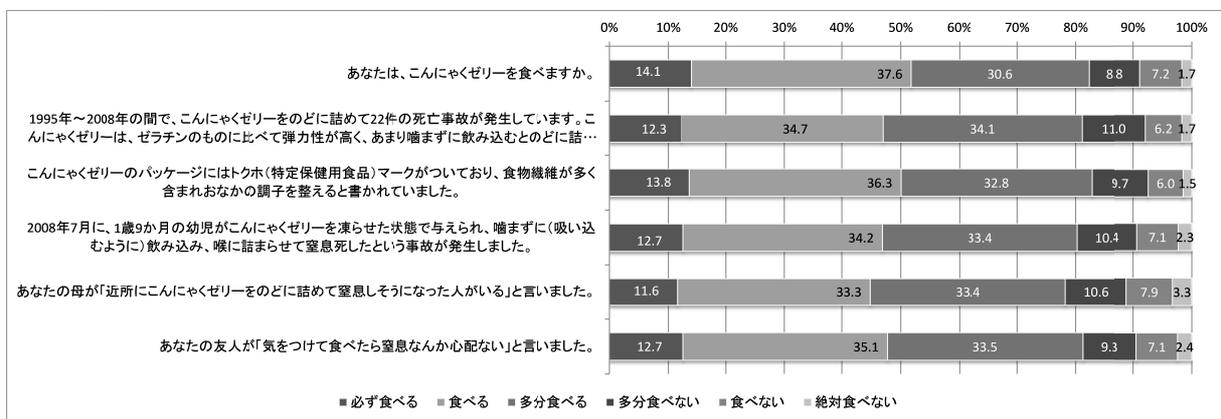


図 20 こんにやくゼリーに対する行動変容

Q. あなたは、生牡蠣を食べますか。

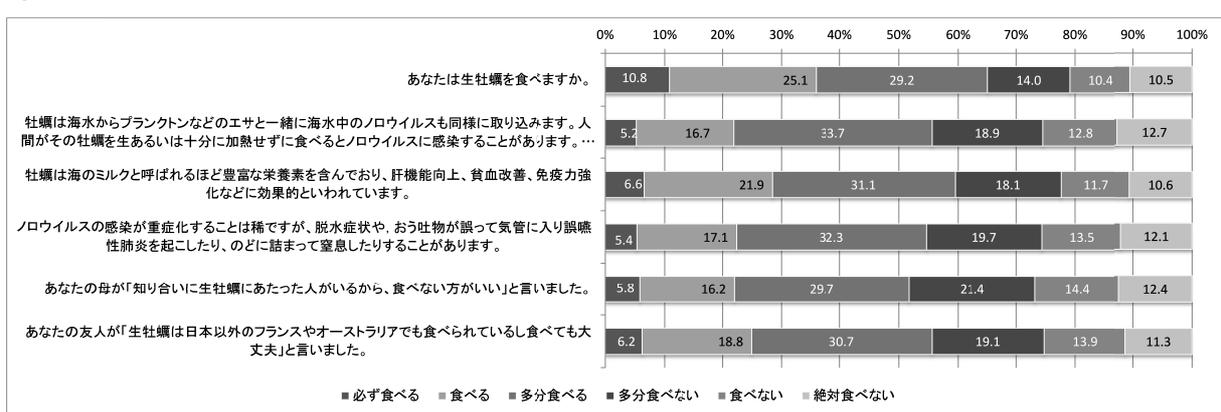


図 21 生牡蠣に対する行動変容

Q. あなたは、このふぐを食べますか。

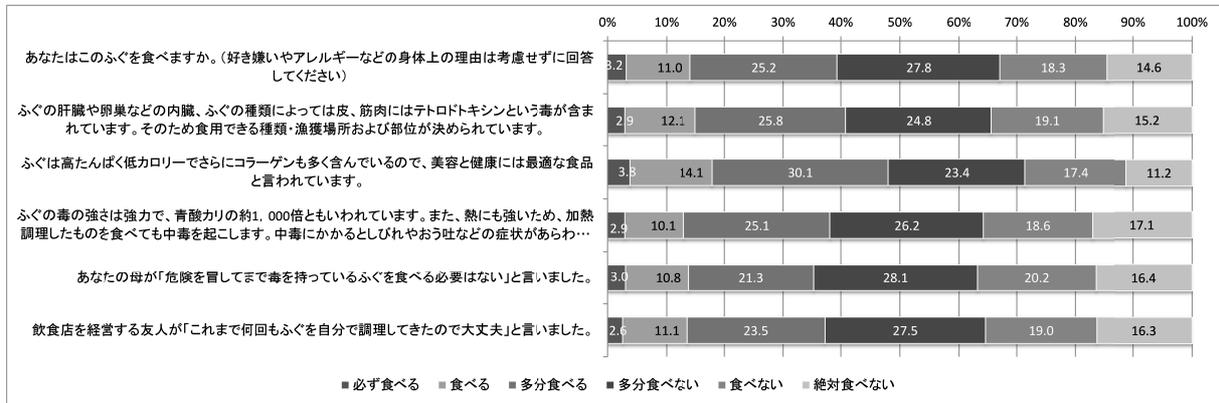


図 22 ふぐに対する行動変容

Q. あなたは、マンゴーを食べますか。

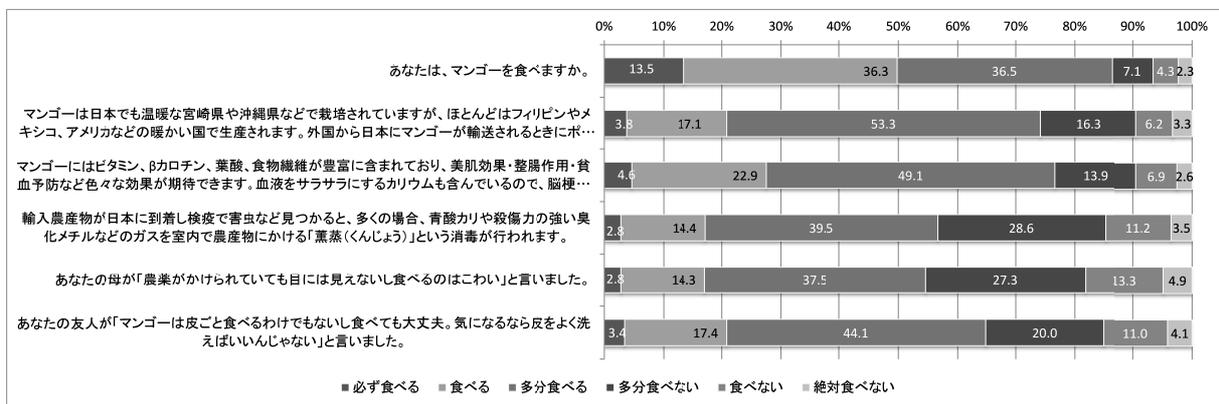


図 23 マンゴーに対する行動変容

Q. 治療にともなうリスクについて、それぞれあなたの感覚に最も近いものを1つずつお答えください。

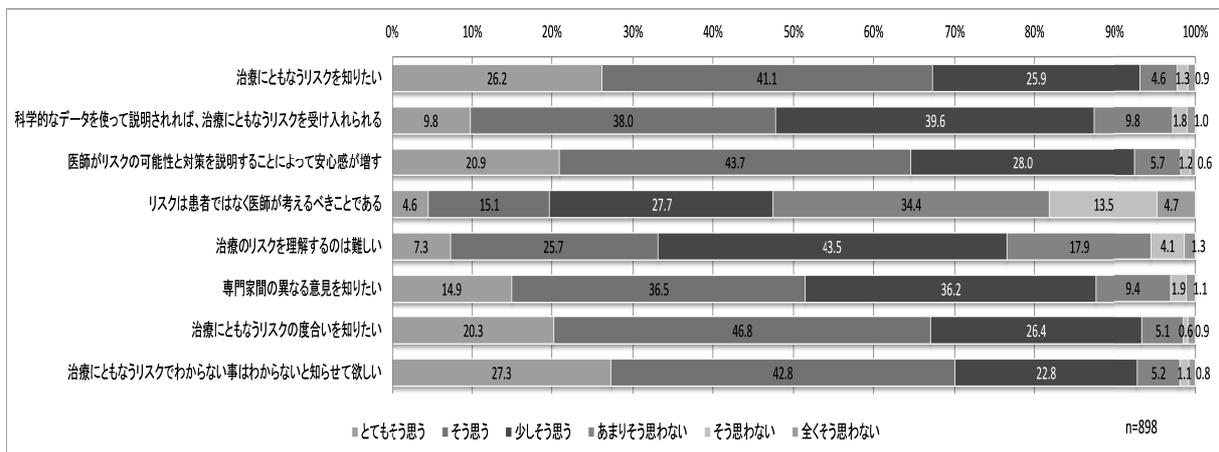


図 24 治療に伴うリスクに対する認識

Q. 健康被害の内容について知っていますか。

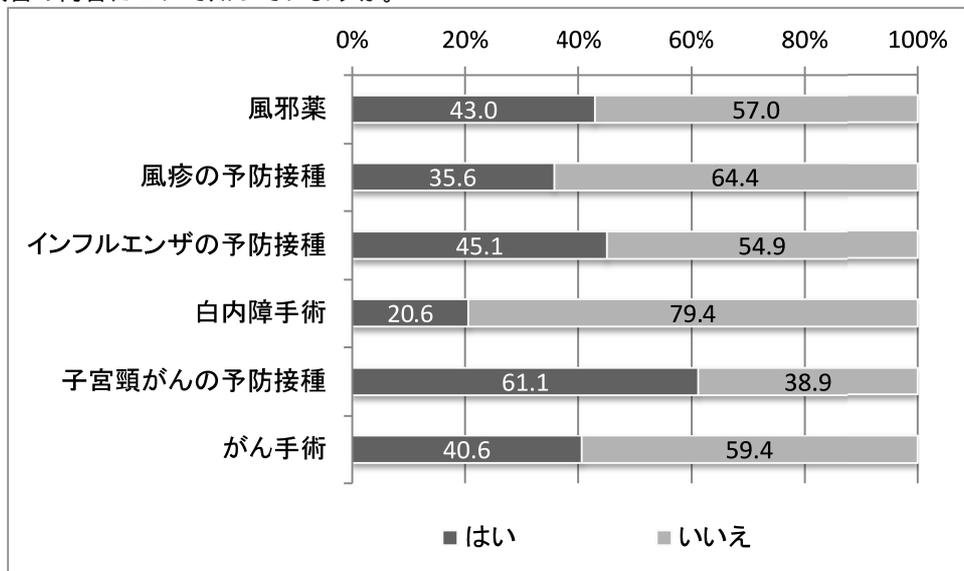


図 25 医療に対するリスク認知

Q. あなたは、市販の風邪薬を飲みますか。

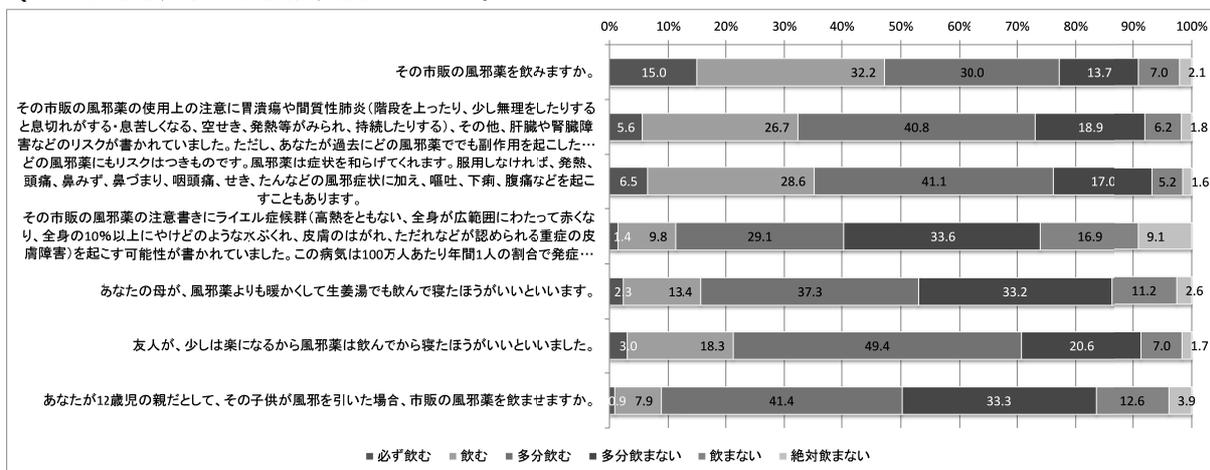


図 26 市販の風邪薬に対する行動変容

Q. あなたは、風疹の予防接種を受けますか

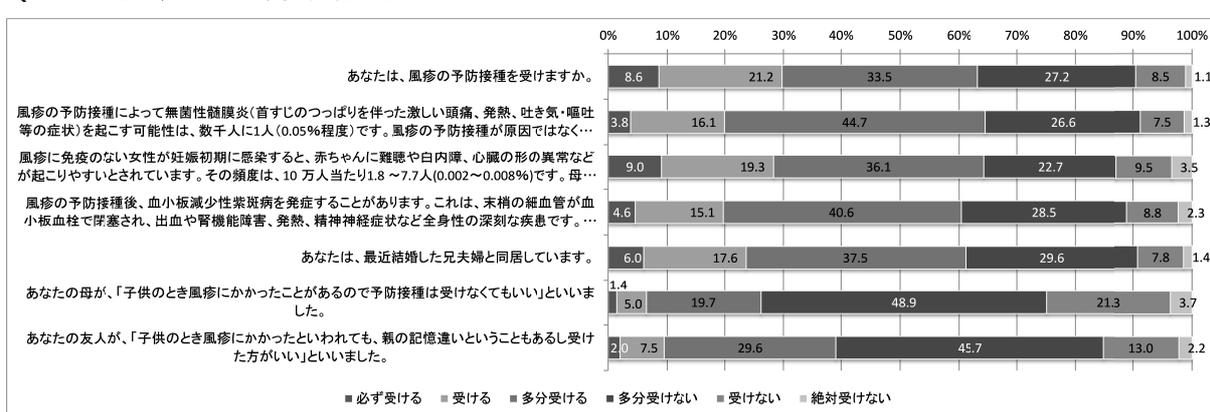


図 27 風疹の予防接種に対する行動変容

Q. あなたは、インフルエンザの予防接種を受けますか

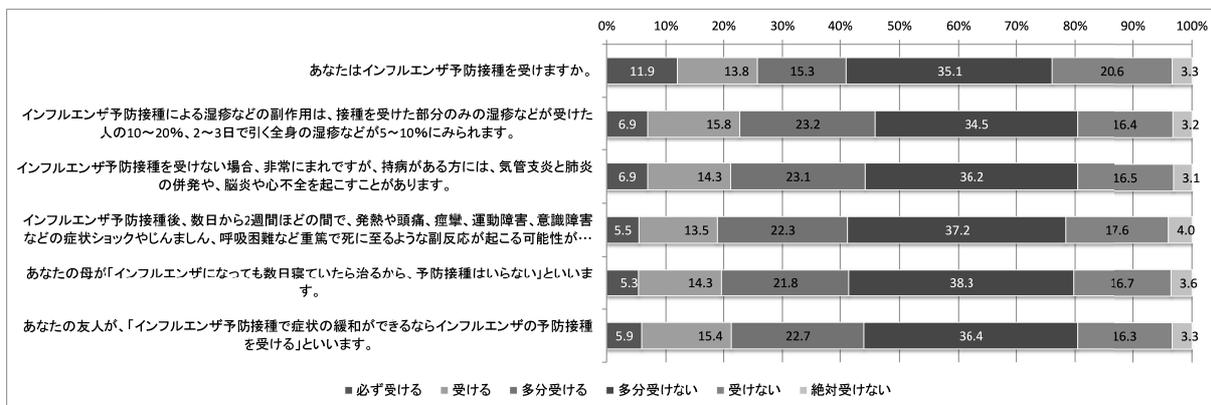


図 28 インフルエンザの予防接種に対する行動変容

Q. あなたは、手術を受けますか（白内障）

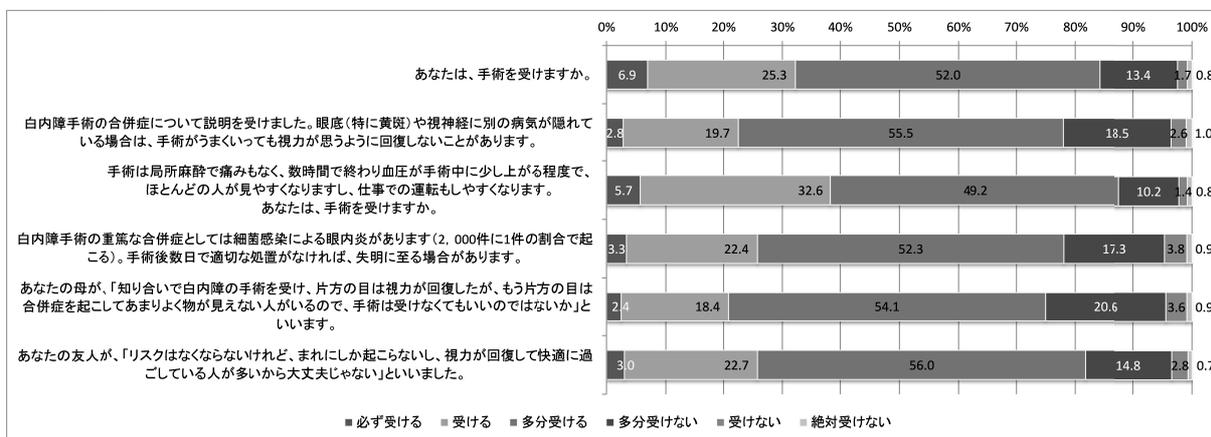


図 29 白内障手術に対する行動変容

Q. あなたは、子宮頸がんの予防接種を受けますか

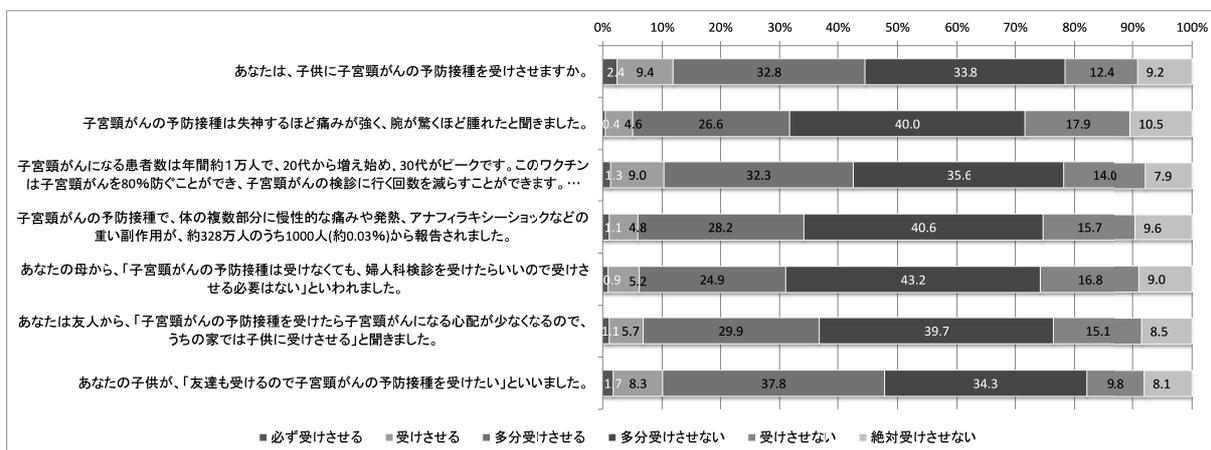


図 30 子宮頸がんの予防接種に対する行動変容

Q. あなたは、手術を受けますか（がん）

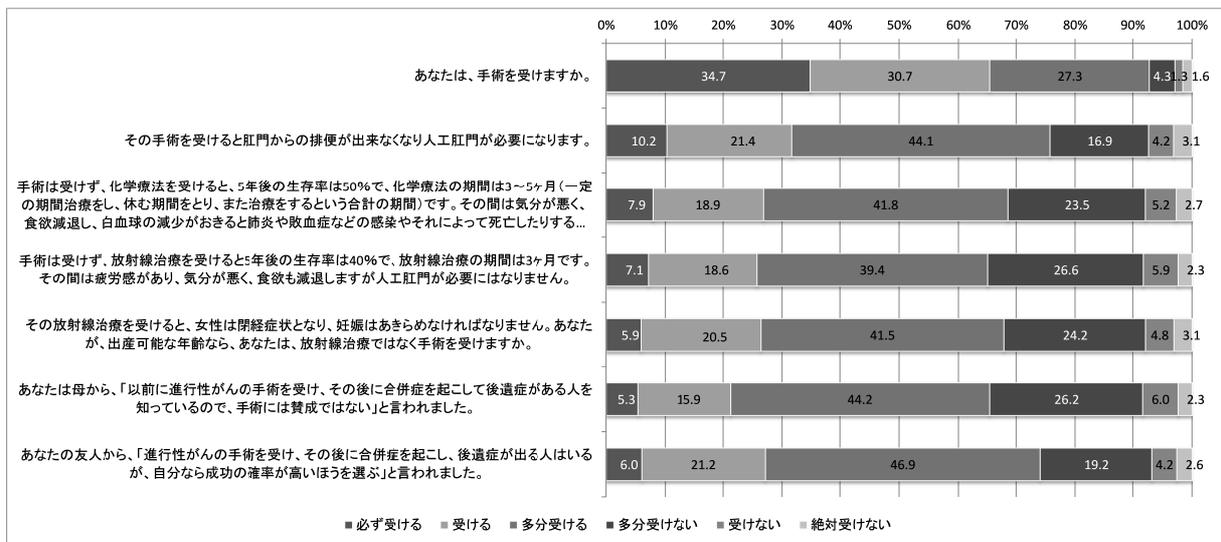


図 31 がん手術に対する行動変容

## 4 . NBT に関するリスクコミュニケーションの検討

### 4 - C . 研究結果

#### NBT の概要

表 1 ジンクフィンガーヌクレアーゼの概要

項目	内容
技術名称	Zinc Finger Nuclease (ZFN) ジンクフィンガーヌクレアーゼ
技術の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自然界でも起こる突然変異を ZNF を用いて強制的に起こす技術。</li> <li>・ZNF：人工ヌクレアーゼの一つ。DNA の特定の部位を切断する酵素。</li> <li>・ZNF で切断された部位が修復する過程で、欠失、挿入、置換といった作用が生じる。</li> <li>・欠失：切断した部位の遺伝子が失われる。</li> <li>・挿入：切断した部位に特定の遺伝子が挿入される。</li> <li>・置換：切断した部位のアミノ酸が置き換えられる。</li> </ul>
GMO 法による 適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ZFN タンパク質が直接的に細胞に投入される場合、この技術は Annex IB (Directive 2001/18/EC) または Annex II Part A (Directive 2009/41/EC) の対象となる（全ての専門家が支持）</li> <li>・複製不可能な構造または mRNA を含む中間型生物は、GMO ではない（多数の専門家が支持）</li> <li>・ZFN タンパク質をエンコードする核酸を含むこれらの生物は Annex IA, Part 1 of Directive 2001/18/EC and Annex 1 Part A of Directive 2009/41/EC の適用範囲（少数の専門家が支持）</li> <li>・ZFN-1/ZFN-2 は、他の形態の突然変異によって得られる生物の変化に帰着する（全ての専門家が支持） ZNF1/ZFN2 による生物は GMO であると一般的には考えられているが、それらは Directive からは除外されるべき（多数の専門家が支持）</li> <li>・ZFN3 は Annex IA, Part 1 of Directive 2001/18/EC の適用範囲（全ての専門家が支持）</li> <li>・ZFN3 技術で生み出された生物は PCR を通じて可能で検出可能</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人工ヌクレアーゼには、ZNF 以外に TALEN（タレン）、CRISPR（クリスパー）などがある。</li> <li>・いずれの作用も自然界で起こり得る。</li> <li>・どの程度の改変であれば自然界で起こり得るかという基準はない。</li> <li>・米国、EU、豪州では、欠失であれば自然界で多く起きているため GM としない、挿入や置換といった作用が生じる場合は個別に判断するとしている。</li> <li>・米国ダウ社の EXZACT™（人工ヌクレアーゼの 1 種）は欠失のみの作用であるため non-GM として認定されている。</li> </ul>

表 2 オリゴヌクレオチド特異的変異誘発の概要

項目	内容
技術名称	Oligonucleotide Directed Mutagenesis (ODM) オリゴヌクレオチド特異的変異誘発
技術の概要	・自然界でも起こる突然変異をオリゴヌクレオチドを用いて強制的に起こす技術。
GMO 法による適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2 つの解釈の可能性が存在</li> <li>・ 細胞に投与されるオリゴヌクレオチドは、継続的な伝播が可能な組換え核酸分子ではない Directive 2001/18/EC 15 and Directive 2009/41/EC の適用から外れる生物を生み出す技術（多数の専門家が支持）</li> <li>・ DNA の配列に遺伝性のある変異をもたらす遺伝子物質の新しい組み合わせにつながる組換え核酸技術である点、当該生物の外で作られた遺伝性物質の直接的な導入を含む ODM は Directive 2001/18/EC and 23 Directive 2009/41/EC の適用範囲内のもの（少数派の見解）</li> </ul>
備考	・ ZNF の挿入、置換の作用と類似。

表 3 シスジェネシス/イントラジェネシスの概要

項目	内容
技術名称	Cisgenesis and Intragenesis シスジェネシス/イントラジェネシス
技術の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同種・遺伝子交換可能種由来の遺伝子を導入する技術。</li> <li>・ シスジェネシスはプロモータやターミネータ等を変更しない。</li> <li>・ イントラジェネシスはプロモータやターミネータ等を組み合わせて変更する。</li> </ul>
GMO 法による適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ これらの技術によって生み出された生物は、Directive 2001/18/EC の適用範囲内（全ての専門家が支持）</li> <li>・ Cisgenesis はセルフクローニングに類似（全ての専門家が示唆）</li> <li>・ Intragenesis は、セルフクローニングによる生物と同等の遺伝子組み換え動物を生み出すことは考えられないという点、またこうした生物は伝統的なブリーディングでは得られない（全ての専門家が同意）</li> <li>・ 一部のケースにおいてセルフクローニングの条件に合致する可能性があり、その場合、Directive 2009/41/EC の範囲外となると考えられる可能性も存在</li> <li>・ 植物への Cisgenesis と Intragenesis の導入は、その十分な配列部と同様に隣接した配列が分かっている場合には明確に検出可能。</li> </ul>
備考	・ シスジェネシスは、セルフクローニングと類似している。

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・微生物では規制対象外になっており、多くの実用化例がある。植物や動物では規制対象になっており、豪州や EU も同様の見解である。</li> <li>・シスジェネシスは拡大解釈すれば、RNAi による内在遺伝子の発現抑制（フレーザーセイバー）や自然感染ウィルスの遺伝子断片の導入（ウィルス耐性パパイヤ）も含まれる。</li> </ul>
--	--

表 4 接ぎ木の概要

項目	内容
技術名称	Grafting 接ぎ木
技術の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Non-GM の接ぎ穂と GM の台木による接ぎ木。</li> <li>・ GM の接ぎ穂との non-GM の台木による接ぎ木。</li> </ul>
GMO 法による適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ キメラである植物それ全体は Directive 2001/18/EC の適用範囲内</li> <li>・ 非 GM 接ぎ穂が GM 台木に接ぎ木されている場合、接ぎ穂から生じる果実/種子/子孫は Directive 2001/18/EC の適用範囲外</li> <li>・ GM 接ぎ穂が非 GM 台木に接ぎ木される場合、結果として生じる果実/種子/子孫は Directive 2001/18/EC の適用範囲内</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 樹木としてはキメラ植物として GM 扱いになる。</li> <li>・ 台木から穂木に RNA やタンパク質が移動する。</li> <li>・ その樹木から得られる果実には外来遺伝子が含まれない。</li> </ul> <p>その果実の種子から育てた後代の苗には、GM 接ぎ木の痕跡が残らないため規制対象外。</p>

表 5 アグロインフィルトレーションの概要

項目	内容
技術名称	Agro-Infiltration アグロインフィルトレーション
技術の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 遺伝子の一部を他の植物に移すことができるバクテリア（アグロバクテリウム）を用いて植物の遺伝子を組換える技術。</li> </ul>
GMO 法による適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 組換えアグロバクテリウムは、Directive 2009/41/EC (Annex I, Part A) の適用範囲</li> <li>・ GMM が扱われているという理由により Directive 2009/41/EC の適用範囲内（全ての専門家が同意）</li> <li>・ 狭義の Agro-Infiltration にさらされる植物の子孫は、Directive 2001/18/EC の適用範囲外</li> <li>・ Floral dip にさらされる植物の子孫は、明確に Annex IA, Part 1 of Directive 2001/18/EC の適用範囲内</li> </ul>

備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開花を早める遺伝子（FT 遺伝子）を導入することで、通常、発芽後から開花まで 5～10 年掛かるところが、2 カ月程度に短縮される。</li> <li>・FT 遺伝子で強制的に咲いた花を使って交配させ、次世代の種子を得る。次世代では組換えウイルスや外来遺伝子は検出されない。</li> </ul>
----	--

表 6 RNA 依存性 DNA メチル化の概要

項目	内容
技術名称	RNA-dependent DNA methylation(RdDM) RNA 依存性 DNA メチル化
技術の概要	・遺伝子の並びを変更せずに特定の遺伝子の機能を止める技術。
GMO 法による 適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオ 1：組換え DNA が含まれる シナリオ 1 で用いられる技術により生み出される生物は GMO（全ての専門家が同意）</li> <li>・シナリオ 2：組換え DNA は遺伝し得るが、結果的に最終生成物には含まれない、メチル化は遺伝する</li> <li>・シナリオ 3：組換え DNA はそもそも遺伝しない、メチル化のみ 新しいメチル化自体は Directives によって規制されるものではない（全ての専門家が同意） シナリオ 2 と 3 において発生する生物は Directives の適用範囲外</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・微生物では従来から行われてきた。発酵食品のメーカはどこもやっている。洗剤の酵素にも使われている。</li> <li>・塩基配列は変わらないため検知は難しい。メチル化が変化した箇所が特定できた場合も、人工的なものか自然由来によるものか判定はできない。</li> </ul>

表 7 逆育種の概要

項目	内容
技術名称	Reverse breeding 逆育種
技術の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遺伝子組換えにより交配時に優良個体を効率的に発現させ、かつ交配を繰り返すことで、組換えた外来遺伝子を持たない個体に戻す技術。</li> <li>・まず、育種年限短縮や優良個体の効率的選抜等を可能にする外来遺伝子を使った GMO を作成する。</li> <li>・次に GMO と non-GM を交配させて外来遺伝子をもたない個体を生成する。</li> </ul>
GMO 法による 適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中間生物は Directive 2001/18/EC according to Article 2 and Annex 44 IA, Part 1 of this Directive の適用範囲内（全ての専門家が同意）</li> <li>・微生物である場合には Directive 2009/41/EC の適用範囲内（全ての専門家が同意）</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 結果的に生じる生物とその子孫は GM ではないので Directives 2001/18/EC and 2009/41/EC の適用範囲外（全ての専門家が同意）</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 雄性不稔系統に種を作らせることができるため、従来の雄性不稔性 GMO を効率的に育種できる。</li> <li>・ 最初の GMO を 1 世代目とすると、2 世代目は外来遺伝子を含まない。更にその次世代に当たる 3 世代目は米国で既に商用利用されている（デュポン社の SPT）。今後、日本には更に 1 世代後の 4 世代目が入ってくる。</li> <li>・ 外来遺伝子を含まないヌル系統はこれまでも non-GM として扱ってきた。</li> </ul>

## NBT 説明書：詳細版（案）

# 次世代植物育種技術を使った 遺伝子組換え食品の安全性について

## 目次

1．遺伝子組換えとはなんですか？	2
2．次世代植物育種技術とはなんですか？	4
ジnkフィンガーヌクレアーゼによるゲノム編集技術	6
オリゴヌクレオチド指定突然変異導入技術	7
シスジェネシス/イントラジェネシス	8
RNA依存性DNAメチル化	9
接ぎ木による遺伝子組換え技術	11
逆育種	12
アグロバクテリウム浸漬	13

図 32 NBT 説明書：詳細版

## 1 遺伝子組換えとはなんですか？

### 遺伝子とは？

生物のかたちや特徴を決めているものが遺伝子で、親から子へと受け継がれていきます。あらゆる生物が様々な遺伝子を持っています。遺伝子はDNA（デオキシリボ核酸）という物質からできていて、タンパク質を作り出す働きをしています。

### 遺伝子組換えとは？

生物の細胞から有用な性質を持つ遺伝子を取り出し、植物などの細胞の遺伝子に組み込み、新しい性質を持たせることを遺伝子組換え（genetically modified）といいます。

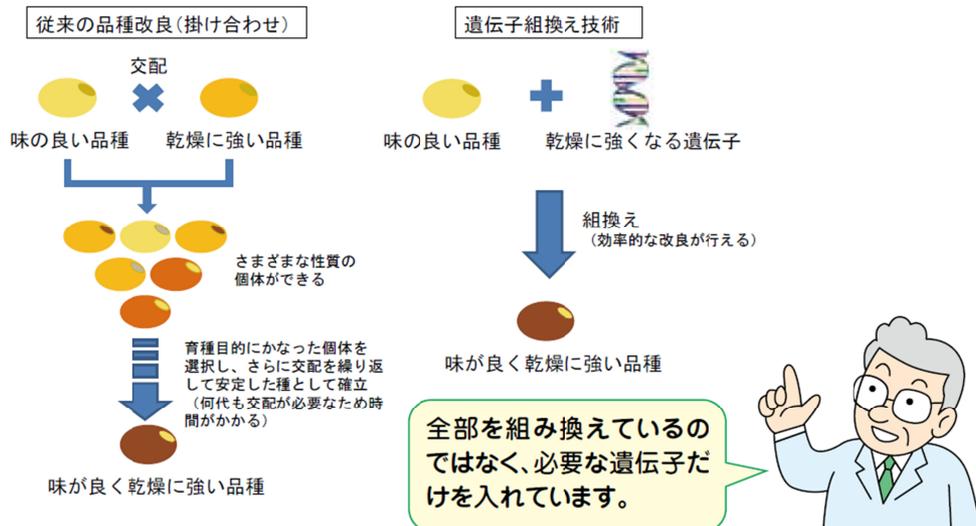
### 従来の品種改良とどこが違うの？

遺伝子組換え技術では、生産者や消費者の求める性質を効率よく持たせることができる点、組み込む有用な遺伝子が種を超えて色々な生物から得られる点が違います。例えば、味の良い品種に乾燥に強くなる遺伝子を組み込むことで、味が良く乾燥にも強い品種ができます。

遺伝子組換え技術が用いられる前から、「掛け合わせ」の手法によって農作物の遺伝子の組合せを変えることにより品種改良が行われてきました。

2

## 従来の品種改良と遺伝子組換え技術の違い



3

図 32 NBT 説明書：詳細版（続き）

## 2 次世代植物育種技術とはなんですか？

### 次世代植物育種技術とは？

次世代植物育種技術（NBT; New Plant Breeding Techniques）は、育種の過程に遺伝子組換え技術を組み込むことで、作物の成長を早めたり、優良な個体を出現しやすくするなど、品種改良をより効率的に行う手法の総称です。

次世代植物育種技術には、様々な技術があります。日本では、**次世代植物育種技術を使った食品は市場に出ていません**が、海外では実用化されている技術もあります。

主な次世代植物育種技術については、6～13ページで解説します。

### 従来の遺伝子組換え技術とはどこが違うの？

一言に遺伝子組換え技術といっても、技術の中身や使われ方は様々です。次世代植物育種技術は、育種の過程で遺伝子組換え技術を使っていますが、そこで使われている技術は、既に市場に出ている遺伝子組換え作物に使われている技術と比べて、**より複雑で多様になっています**。

従来の遺伝子組換え技術では、生産者や消費者に有益な特性（害虫に強い、特定の成分の含有量が高い、等）を作物に加えることを目的として遺伝子を導入します。そのため、出来上がった作物には、遺伝子組換えで導入した遺伝子が残っています。

一方、次世代植物育種技術では、**品種改良を効率的に行うために育種の過程で遺伝子組換え技術を使用します**。**遺伝子組換えの後にも交配を繰り返した場合、最終的に出来上がった作物には導入した遺伝子など遺伝子組換えの形跡は残りません**。

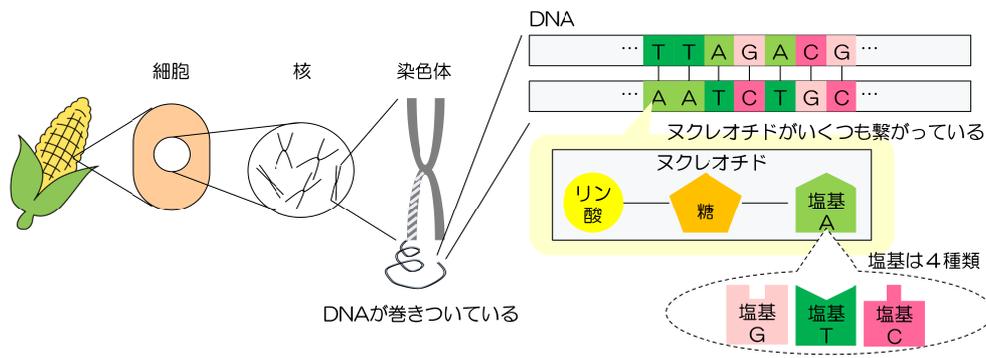
4

## コラム DNA（デオキシリボ核酸）とは？

DNA（デオキシリボ核酸）とは、デオキシリボースという糖を含む核酸（酸性の化学物質）のことです。DNAは「塩基」「糖（デオキシリボース）」「リン酸」と呼ばれる物質が一つずつ結合したものが最小単位（ヌクレオチドという）となり、その最小単位が繰り返し繋がり鎖状になっています。さらに、2本の鎖の「塩基」と「塩基」が結びつき、二重のらせん状の形になっています。

「塩基」には「アデニン（A）」「グアニン（G）」「シトシン（C）」「チミン（T）」の4種類あり、この塩基の並び方（塩基配列という）が、生物の特性を決める遺伝情報になっています。

生物は複数の細胞から構成されており、各細胞には核があります。核の中には染色体が格納されており、染色体とは、ヒストンというタンパク質にDNAが巻きついた棒状の固まりです。



5

図 32 NBT 説明書：詳細版（続き）

## 次世代植物育種技術にはどんな技術があるの？

### 1 ジンクフィンガーヌクレアーゼ (ZFNs; Zinc Finger Nucleases) によるゲノム編集技術

ヌクレアーゼとはDNAの分解を補助する酵素のことで、ジンクフィンガーヌクレアーゼは人工的に生成したヌクレアーゼの1つです。

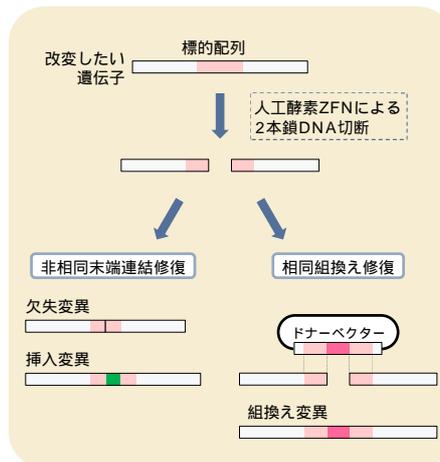
ジンクフィンガーヌクレアーゼを使って意図的にDNAを切断し、塩基配列を変化させることで、遺伝子の特性を改変します。塩基配列を意図的に変化させることをゲノム編集といいます。

ジンクフィンガーヌクレアーゼによるゲノム編集には、大きく分類して3つの方法があります。

DNAの切断により遺伝子の欠失を起こす方法 (ZNF1: 欠失変化)

DNAを切断した箇所の数個の塩基の入れ替えを起こす方法 (ZNF2: 塩基置換)

DNAを切断した箇所に新たな塩基配列を挿入する方法 (ZNF3: 塩基挿入・組換え)



6

## 次世代植物育種技術にはどんな技術があるの？

### 2 オリゴヌクレオチド指定突然変異導入技術 (ODM; Oligonucleotide Directed Mutagenesis)

オリゴヌクレオチドとは、ヌクレオチドがおおよそ20塩基対以下の長さの短いヌクレオチドの配列です。

オリゴヌクレオチド指定突然変異導入技術は、特定のオリゴヌクレオチドに変化を起こす技術で、ジンクフィンガーヌクレアーゼによるゲノム編集技術のZNF2 (塩基置換) やZNF3 (塩基挿入・組換え) と似た技術です。

7

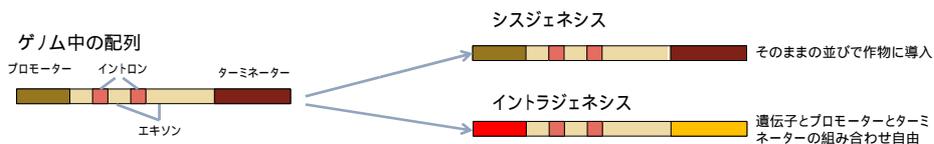
図 32 NBT 説明書：詳細版 ( 続き )

## 次世代植物育種技術にはどんな技術があるの？

### 3 シスジェネシス/イントラジェネシス ( Cisgenesis / Intragenesis )

導入したい形質を担う遺伝子を交配によらず導入する技術ですが、導入する遺伝子は従来育種法と同じ交配可能な種に限られています。

シスジェネシスでは、従来の交配育種で遺伝子を導入する際に生じる連鎖引きずりを起こさずに、導入したい形質を担う遺伝子だけを導入するので、育種に必要な時間を短縮できます。イントラジェネシスにおいてもシスジェネシスと同様に遺伝子供給源をその植物種内あるいは、交配可能な近縁種由来に限定していますが、植物へ導入する際に遺伝子とその発現因子を自由に選択し、組み合わせることができます。



プロモーター：DNA(デオキシリボ核酸)の塩基配列のうち、伝令RNAに転写の開始を指令する部分。  
ターミネーター：DNA(デオキシリボ核酸)の塩基配列のうち、伝令RNAに転写の終了を指令する部分。

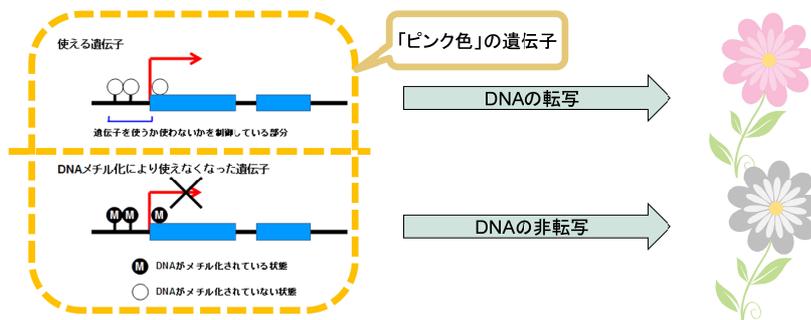
8

## 次世代植物育種技術にはどんな技術があるの？

### 4 RNA依存性DNAメチル化 ( RdDM: RNA-dependent DNA Methylation )

RNA依存性DNAメチル化は、DNAの塩基配列を変化させず、DNAのメチル化状態のみを変化させる技術です。これにより、塩基配列は変化させずに植物の特性を変化させることが可能になります。

DNAのメチル化は、その遺伝子による性質を使うか、使わないかを規定します。例えば、元来ピンク色の花が咲く植物において、ピンク色の色素の発現をコントロールするDNAをメチル化すると、その性質が発現せず、花の色が変化します。



9

図 32 NBT 説明書：詳細版（続き）

## コラム RNA (リボ核酸) とは？

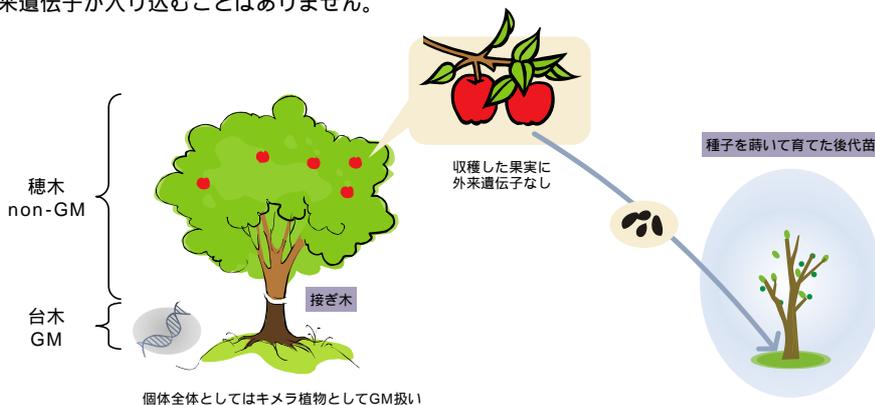
RNAはD-リボースを糖成分とし、アデニン(A)、グアニン(G)、シトシン(C)、ウラシル(U)の4種類を主な塩基成分とする核酸です。RNAには、メッセンジャーRNA(mRNA)、トランスファーRNA(tRNA)、リボソームRNA(rRNA)の3種類あり、これらのすべてがタンパク質合成において機能しています。mRNAはDNAのアミノ酸を決める部分から塩基情報を写し取り、tRNAは、アミノ酸と結合して、このmRNAの情報に従いアミノ酸をリボソームに運び、リボソーム上でタンパク質を合成します。rRNAは、タンパク質と結合してリボソームを構成しており、タンパク質合成に関与していると考えられます。このように、3種類のリボ核酸は、DNAの遺伝情報をタンパク質に変える役割もっています。

10

## 次世代植物育種技術にはどんな技術があるの？

### 5 接ぎ木 (Grafting) による遺伝子組換え技術

土壌病害抵抗性をはじめとする特定の性質をもったGMを台木とし、それに既存優良品種のnon-GMを穂木として接ぎ木する方法です。接ぎ木された個体全体はキメラ植物としてGM扱いされます。台木から穂木にRNAやタンパク質は移動しますが、DNAは移動しないため、収穫された果実に外来遺伝子が入り込むことはありません。



11

図 32 NBT 説明書：詳細版 (続き)

## 次世代植物育種技術にはどんな技術があるの？

### 6 逆育種 (Reverse Breeding)

外来遺伝子によって染色体間相同組換え等を抑制したうえで、花粉培養等によって目的遺伝子をホモで持つ個体を選抜する場合等がこれにあたります。育種を効率化させますが、育成した品種の中に、外来遺伝子を残さない技術です。

従来の方法による雑種強勢効果が高い組合せを選抜するには多大な時間と労力を要します。近年、注目されている逆育種法では、雑種強勢個体が出現した場合、その個体と全く同一の遺伝子型を再現できるホモ接合体親系統を作出することができるため、**その雑種強勢を示す遺伝子型は失われずに済みます。**さらに、この方法では、ホモ接合体親系統を作出するために何世代も同系交配と選抜を繰り返す必要がないことや雑種強勢効果を評価する組合せ能力の検定の必要がないため、**従来の育種法に比べ時間と労力を削減できます。**

12

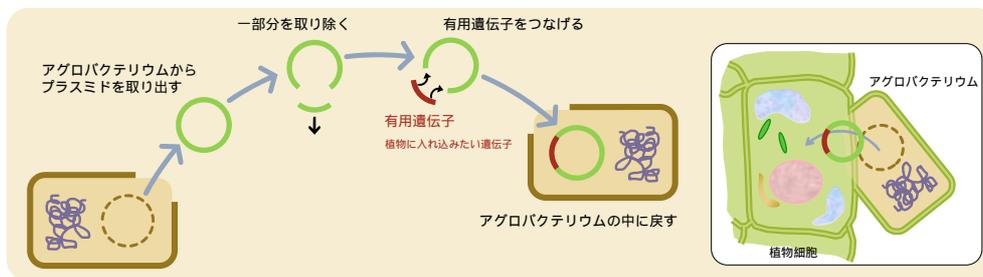
## 次世代植物育種技術にはどんな技術があるの？

### 7 アグロバクテリウム浸漬 (Agro-Infiltration)

アグロバクテリウム (Agrobacterium tumefaciens) は土壌中にいる微生物で、植物に感染すると、アグロバクテリウムのDNAが植物のDNAに入り込む性質があります。

アグロバクテリウム法は、このアグロバクテリウムの性質を利用して、植物のDNAに入り込もうとするDNA内の遺伝子を組み込みたい遺伝子に置き換えて、植物細胞に遺伝子を導入するものです。

実際に植物に入り込むDNAは、アグロバクテリウムの全てのDNAでなく「プラスミドDNAの一部 (T-DNAと呼ばれる領域)」です。



13

図 32 NBT 説明書：詳細版 (続き)

ジンクフィンガーヌクレアーゼ（ZFNs: Zinc Finger Nucleases）によるゲノム編集技術

ヌクレアーゼとはDNAの分解を補助する酵素のことで、ジンクフィンガーヌクレアーゼは人工的に生成したヌクレアーゼの1つです。

ジンクフィンガーヌクレアーゼを使って意図的にDNAを切断し、塩基配列を変化させることで、遺伝子の特性を改変します。塩基配列を意図的に変化させることをゲノム編集といいます。

ジンクフィンガーヌクレアーゼによるゲノム編集には、大きく分類して3つの方法があります。

- ①DNAの切断により遺伝子の欠失を起こす方法（ZNF1：欠失変化）
- ②DNAを切断した箇所の数個の塩基の入れ替えを起こす方法（ZNF2：塩基置換）
- ③DNAを切断した箇所に新たな塩基配列を挿入する方法（ZNF3：塩基挿入・組換え）

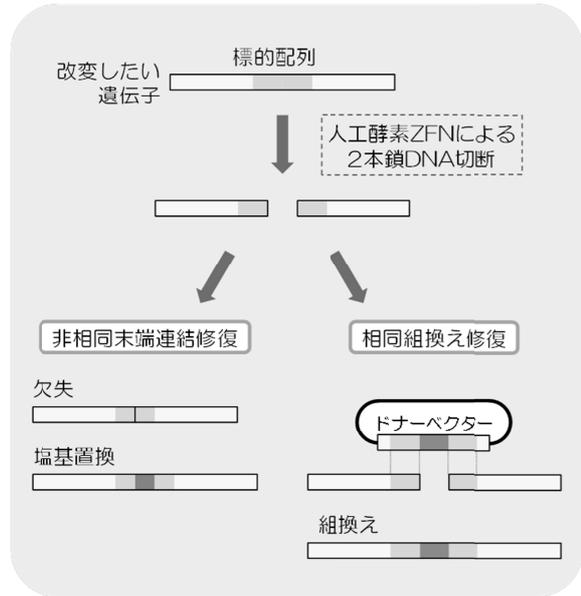


図 33 NBT 説明書：詳細版（例：ジンクフィンガーヌクレアーゼ）

ジンクフィンガーヌクレアーゼによるゲノム編集技術

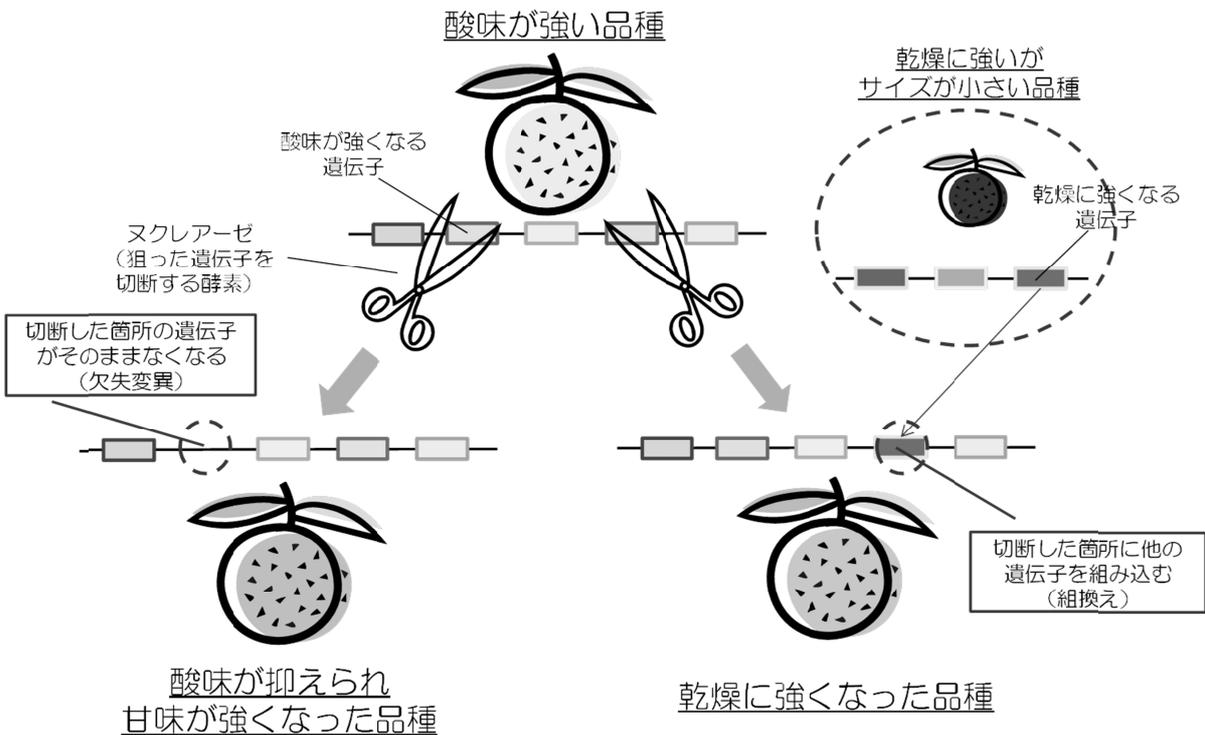


図 34 NBT 説明書：簡易版（例：ジンクフィンガーヌクレアーゼ）