

- 調査実施日：2016年3月以降
- 有効回答数：600人
- 方法：Web アンケート
- 調査項目：
 - 履修した学習指導要領の区分
 - 生物の学習状況
 - 学習内容の理解（覚えているか）
【テスト形式】
 - GM食品の安全性の理解（リテラシーがあるか）
 - GM食品の情報源信頼性
 - GM食品（作物）の受容性/GM食品の利益・リスク認識に対する態度・判断
 - GM食品の購買判断 等

なお、サンプルの構成は、学習指導要領が現指導要領以前に3世代にわたって改定されていることから、対象者を旧々々・旧々・旧課程学習者に分けて各200人になるように、20～40代で5歳階級別に各男女合わせて100人になるようにした。

本調査を実施することで、DNAやGMについて詳しく学習しているのは旧指導要領の学習をしている28歳より下の世代であり、別の方法によるGMの学習をしていない限り、29歳以上の世代におけるGM食品の安全性の理解・受容性は低いのではないかという仮定を検証することができる。また、説明ツールによって、GMの単元と、消化吸收の単元の知識を組み合わせ、GM食品の消化の仕組みを理解できるという仮説を検証することが可能である。さらに、安全性の理解に関わらず、GM自体への抵抗感から、購買しないという判断をする消費者層の意向も把握することができる。（図3）

II-2. 研究結果

(1) 説明資料の作成とその変遷

当初作成した資料に対するレビューを受けて、複数回の改定を重ねて説明資料を作成した。

修正の例として、当初は柑橘類を例として説明資料を作成していたが、「食べ物を事例にするのはやめた方がいい」との指摘を受けて、バラの例に変更をした。その後（図4）、「ナチュラルオカレンス、セルフクロニングは微生物以外を想定しづらいため、花で説明資料を作成するとミスリーディングを招く可能性がある」との指摘を受け、微生物の例に変更している（図5）。また、「エラー」「傷つける」等のネガティブな表現は使わない方がよいなどとの指摘を受け、表現の修正を行った（図6）。

GMやNBTに関する説明資料としては、図7～図19を参照されたい。

また、アンケートに使用する図として、GM食品の消化メカニズムについて、次のとおり絵と文章に基づく説明資料を作成した。（図20）

(2) アンケート調査

前項の研究方法に基づき質問項目を作成した。作成した質問項目については、II参考資料に示したWebアンケートの調査画面イメージを参照されたい。

設計した調査仕様に基づき、2016年3月にアンケート調査を実施する予定である。

II-3. 考察

過去の研究において、文章とイラストの説明の組み合わせで、理解度がどう変わるかについての調査を実施した結果で、下記が明らかになっている。

- ・「文章のみ」を最初に見せて、次に「文章＋イラスト」を見せると「理解できる」総数が増す。
- ・「文章のみ」を最初に見せて、次に「文章＋イラスト」を見せると「分かる」または「よく分かる」人は、「理解できる」数が増すか変わらない。
- ・「文章のみ」を最初に見せて「少し分かる」人は、次に「文章とイラスト」を見せると「理解できる」数が減少する。
- ・最初から「文章とイラスト」を見せると、「理解できる」総数が別々に見せたより減少する。
- ・最初から「文章とイラスト」を見せると、「理解できる」と「少し理解できる」数が別々に見せたより減少する。

以上より、科学的な情報を含むリスクコミュニケーションでは、情報量が増えすぎると逆に分かりにくくなり、また、文章のみで理解したつもりになっていた内容が、イラストでより正確に伝わった結果、分からなくなることもあると考えられる。イラストがあると情報はより伝わりやすくなることは間違いないが、正確な情報が伝わることと理解が深まることとはイコールではないと考えられた。

また、科学的な正確性を期すことにより、ナチュラルオカレンスとセルフクローニングの題材をバラから微生物に変更した結果、消費者にとっては普段なじみがないものが題材となり、親しみやすさが低減している。

科学的な正確性と、消費者のなじみやすさの両立が今後の検討課題である。

実施予定のアンケート調査では、消費者の基礎的リテラシーと科学的事実の理解やGMに対する必要性について調査を実施する。今回のアンケート調査の結果によって

は、消費者の基礎的リテラシーの差に応じて適切なリスクコミュニケーションのあり方が異なる可能性もあり、次年度以降の検討課題としたい。

III. 先進国や食品以外の分野における事例調査(GMサーモンの報道調査)

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について、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に関する調査を行った。その中で、昨今のGM食品に関する行政の注目すべき動向として、GM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、GMサーモンが及ぼす環境影響について、重大な影響はないと評価され、FDA（米国食品医薬品局）によって食品利用が承認されたと、2015年11月19日に発表された。今回承認されたGMサーモンは世界で食品として初めて承認されたGM動物であり、我が国においても早急に対応を検討する必要があるものと考えられる。

そこで、本研究では、米国におけるGMサーモンの食品利用の承認に係る動向やその反響について、レビューを行った。

また、2015年2月6日に農林水産省の研究班が開催した「新しい植物育種技術(New Plant Breeding Technologies)をめぐる欧州の最新動向に関するセミナー」に参加し、その結果について平成27年度4月に取りまとめを実施した。

III-1. 研究方法

(1)米国の動向調査

AquaBounty社によるGMサーモン

(AquAdvantage® Salmon)に関するFDAやAquaBounty社のWebサイト、反響が大きいと考えられる消費者保護団体のWebサイトを確認し、情報収集を行った。また、メディア各社がどのように承認を報道しているかを調べるために、海外や国内の報道記事の収集を行った。

(2)EUの動向調査

2015年2月6日に農林水産省の研究班が開催した「新しい植物育種技術(New Plant Breeding Technologies)をめぐる欧州の最新動向に関するセミナー」に参加し、NBTに関する欧州の最新動向について情報収集を実施した。

セミナーの開催概要は下記の通りである。

- 開催日時:平成27年2月6日(金)
14:00~16:00
- 開催場所:農林水産省三番町共用会議室
- 講師:ヨアヒム・シーマン博士(欧州委員会 GMO Risk Assessment and Communication of Evidens プロジェクトリーダー)

III-2. 研究結果

(1)米国の動向調査

FDAは、2015年11月19日に発表したWebサイトの「Consumer Health Information²」の記事の中で、AquaBounty社によるGMサーモンが連邦食品・医薬品・化粧品法(Federal Food, Drug, and

Cosmetic Act)によって定められた安全性と有効性の基準を満たしていることを認め、食品として利用することを承認すると発表した。安全性については、GM技術を用いることによって病気になるサーモンの影響の側面と、GMサーモンの食用としての側面を確認した上で、成長速度が通常のサーモンに比べて速いという効果についても認めた。また、企業が養殖を実施する施設はパナマとカナダの二つの陸上施設に限られ、淡水の水槽の複層構造は、魚が自然に放たれる可能性が低く、その管理・監視状態は適切であり、環境に重大な影響を与えることはないという判断がされた。米国では、GM食品に対して、特にGMである旨を表示することは法律では定められていないが、多くの消費者はその情報に関心があり、食品販売側もその区別をつけたいと考えているのではないかとFDAは認識している。そこでFDAは食品販売事業者向けに、GMサーモンを用いた食品に対して、自発的なラベリングに関する手引の草案を同記事内で発表している。

その後、2016年1月29日のFDAの報道「Import Alert 99-40³」によるとオムニバス法(2016 Omnibus Appropriations Act)に基づいたGMサーモンの輸入警告が発表された。報道ではOmnibus Fundingの会計年度が終わる2016年9月30日までの間、GMサーモンを用いた食品のラベリングに関する手引が完成するまではGMサーモンの輸入を差し止めるという内容が発表された。

2015年11月19日のAquaBounty社のWebサイトの記事「FDA Approves

² Consumer Updates-FDA Has Determined That the AquAdvantage Salmon is as Safe to Eat as Non-GE Salmon
<http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm472487.htm>

³ Import Alert 99-40
http://www.accessdata.fda.gov/cms_ia/importalert_1152.html

AquaAdvantage® Salmon⁴」でも、FDAが自社のGMサーモンの生産、販売、消費を承認したことを発表している。

AquaBounty社は、新鮮で安全で、トレーサビリティとサステナビリティを担保した食品の提供が、より温暖化への影響を低減した低炭素な方法で可能になることや、海洋資源を保全する方法としての水産養殖に対する新たなアプローチとなるという利点を主張している。

また、2016年1月29日のFDAによる輸入警告については、同日の記事「FDA's Import Alert for AquaAdvantage® Salmon⁵」において、FDAはGMサーモンを用いた食品に対するラベリングに関する手引の完成に向けて取り組んでおり、現在AquaBounty社は米国へのGMサーモンの輸出をしていないため、経営に影響はないと述べている。

2015年11月19日のCNNの記事「Genetically engineered 'Frankenfish' salmon wins FDA approval⁶」では一部では「フランケンフィッシュ」とも呼ばれるGMサーモンがFDAの承認を得たと報道しており、それに対する社会の反響について紹介している。記事ではInstitute of Marine and Environmental TechnologyのYonathan Zoharの見解として、2010年に魚の供給よりも需要が上回っていることから、新しく導入されるGMサーモンを避け

る理由はないことを指摘している。

一方で、消費者擁護団体Food and Water Watchの見解として、FDAの決定を残念としており、表記の自由については「消費者の知る権利を無視するもの」であるという評価を紹介している。

2015年11月19日のNew York Timesの記事「Genetically Engineered Salmon Approved for Consumption⁷」によると、AquaBounty社のGMサーモンの承認申請は1990年代から始まっており、環境及び食用として安全だという判断も5年以上前から下されていた。しかし、GM動物の食用利用の承認は初めての事例であったため、時間を要したとされている。GMサーモンが市場に出せる程の大きさに成長するには今から2年程度かかり、また現在の生産量は年間100トンと、米国の総輸入量である200,000トンと比べて極めて少ないため、今後の商業化までにはまだ時間がかかるものと考えられている。売れ行きについても大手販売企業が販売の意向を示さないなど、不確かな要素が大きい。一方で、AquaBounty社は、生産地をカナダとパナマだけでなく、いずれは米国本土での生産を考えており、その米国産GMサーモンを中国、アルゼンチン、カナダ、ブラジルへの輸出も考えていると述べている。また、これまでバイオテクノロジー分野の障害になっていたGMサーモンの承認の延期が解消されたことで、今後のGM動物の開発がより一層進むことも考えられるとしている。

同じく2015年11月19日付のNew York Timesの記事である「Genetically

⁴ FDA Approves AquaAdvantage® Salmon
<https://aquabounty.com/media/press-releases/>

⁵ FDA's Import Alert for AquaAdvantage® Salmon
<https://aquabounty.com/media/press-releases/>

⁶ Genetically engineered 'Frankenfish' salmon wins FDA approval
<http://edition.cnn.com/2015/11/19/health/genetically-engineered-salmon/index.html>

⁷ Genetically Engineered Salmon Approved for Consumption
<http://www.nytimes.com/2015/11/20/business/genetically-engineered-salmon-approved-for-consumption.html>

Engineered Salmon Will Not Be Labeled⁸⁾では、FDA が遺伝子組み換えを食品の栄養成分、味、色等の材料的な違い (Material difference) とは認めず、食品表示の義務がないとしたとされている。多くの企業は義務的な食品表示には反対しているが、その一方で消費者側の食品表示の透明性を求める声が大きくなっていることから、non-GM 食品に表示をする企業は増えており、さらにバーモント州では GM 食品の表示義務付けに関する法案を7月までに発効する見通しもある。

2015年11月20日のNewYork Timesの記事「F.D.A. Takes Issue With the Term 'NonG.M.O.'⁹⁾」ではさらに遺伝子組換え食品の表示に焦点を当て、消費者の要望に応じて'non-GMO' (genetically modified organisms) という表記をする企業が増えてきたことや、遺伝子組換え食品の食品表示義務の法案を通そうと考えている州が多いことを指摘している。また、食品コンサルティング企業の Hartman Group の最高経営責任者の Laurie Demeritt は遺伝子組換えを気にする消費者の動向を「製品が製造される過程において、実験室で試験管や注射器を用いて食品加工をするイメージを持っている」と分析し、さらに「遺伝子組換えに関心があるからといって必ずしも遺伝子操作についての理解があるわけではない」とも述べている。

また、この事態をさらに複雑にしている

⁸ Genetically Engineered Salmon Will Not Be Labeled

<http://www.nytimes.com/2015/11/20/business/genetically-engineered-salmon-will-not-be-labeled.html>

⁹ F.D.A. Takes Issue With the Term 'NonG.M.O.'

<http://www.nytimes.com/2015/11/21/business/fda-takes-issue-with-the-term-non-gmo.html>

のはFDAの言葉の定義の見解である。FDAは一般的に食品表示に使われる'non-GMO'という言葉は推奨していない。というのも、FDAの見解ではGenetical modificationという言葉は品種改良等も含めたより広義なゲノムの変化のことを指し、バイオテクノロジーによるGenetical engineering (遺伝子操作) と区別するべきだという考えを公表している。そのため、FDAは'Free of ingredients derived through the use of biotechnology'「バイオテクノロジー由来の材料を用いていない」といった表現を推奨し、食品表示の仕方について警鐘を鳴らしている。

これらのような報道内容に対して、消費者団体の一つであるCenter for Food Safetyの2015年11月19日の発表記事である「FDA Approves First Genetically Engineered Animal for Human Consumption Over the Objections of Millions¹⁰⁾」では、FDAのGMサーモンの承認決定に対して複数の団体で裁判を起こすことを発表しており、GMサーモンの安全性が担保されていないこと、カナダの施設周辺に生息するブラウントラウト (ニジマスの仲間) の異種交配の危険性や、AquaBounty社のパナマにおける環境規定の不履行等を批判している。また、消費者の知る権利が奪われることも論点として挙げている。

以上、海外報道について、掲載日時、記事 (見出し)、単語数を整理した結果を

¹⁰ FDA Approves First Genetically Engineered Animal for Human Consumption Over the Objections of Millions

<http://www.centerforfoodsafety.org/press-releases/4131/fda-approves-first-genetically-engineered-animal-for-human-consumption-over-the-objections-of-millions#>

Ⅲ. 先進国や食品以外の分野における事例調査

Ⅲ-2. 研究結果

表 6 に示す。

国内では日経新聞、産経新聞、読売新聞等が、18 件の報道を 2015 年 11 月 20 日から 11 月 24 日にかけて掲載している。FDA の発表内容に加え、AquaBounty 社のコメントや消費者団体・環境保護団体の批判についてまとめているが、あまり大きな反響は起きていない。国内の報道について、掲載日時、記事（見出し）、単語数を整理した結果を表 7 に示す。

(2)EU の動向調査

EU での NBT の安全性評価について、“EFSA-Opinions (2012) on safety assessment of Cisgenesis and ZFN-3” や、“Report of the European Academies Science Advisory Council (2013)”、“EPSO Statement on Crop Genetic Improvement Technologies (2015)” 等、科学者の見解についてはいくつか結果が公開されており、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。EU 加盟国でも国によってスタンスは異なり、例えば育種が盛んなオランダでは NBT に対してポジティブにとらえている。

Ⅲ-3. 考察

(1)米国の動向調査

米国における GM サーモンの安全性評

価・承認の動向としては、食用利用の承認が発表されたことによって、今後商業、実用化の動きが進むことが考えられる。一方、食用利用の承認に対して消費者団体の反対は根強く、複数の消費者団体による FDA に対する訴訟の計画もされているため、引き続き消費者の理解促進に努めていく必要があると考えられる。

また、FDA も承認後、GM サーモンの米国への輸入を差し止めるという輸入警告の発表もしており、実用化に向けた慎重な姿勢が見受けられる。特に輸入警告の要因となった食品の表示基準の明確化が今後の大きな課題となると考えられる。米国の法律では、食品に栄養成分、味、色等の材料的な違い (Material difference) がなければ、その製造過程 (GM 食品を用いることを含む) について食品表示に明記する義務はないとされている。そのため、本来は GM 食品についての表示の義務はないが、米国の消費者の反対や抵抗感に対し、消費者受容のための食品表示の指針が重要となる。また、米国では食品表示における言葉の正式な定義についても共通した認識が定まっていないため、消費者に対して誤解や混乱を招かないような表現を早急に調整することが求められる。GM 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。GM 技術が先進的に取り入れられている米国においても、今後の商業、実用化については依然として慎重に進められており、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。

(2)EU の動向調査

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。また、現状 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。例えば、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、一般消費者へのリスクコミュニケーションは喫緊の課題である。

C. 結論

過去の研究結果より、現時点では GM 食品に関する危害の事実はなく、またリスクも認知されておらず、「なんとなく気持ち悪い」という印象で避けられているケースがほとんどであることが明らかになっている。日本の消費者における GM 食品に対する需要は依然として低い、消費者の選択において、科学的な事実や技術的な内容をある程度理解し、事実に基づいて判断することが望ましい。

一方で、育種に関する技術は近年めまぐるしく進歩しており、NBT や GM サーモンなど新しい技術や GM 製品が登場し、高校の生物の課程で教えられる内容も直近の約 20 年、10 年のスパンで大きく変化している。技術の内容や、それを理解するための消費者のリテラシーや科学技術の一般知識のレベルに変化してきており、リスクコミュニケーションにおいても内容や手法を変えていく必要があると考えられる。

本研究において、世代間の基礎的リテラシーの違いや、イラストや文章など説明ツールの違いによる伝わりやすさの変化を整理し、引き続きリスクコミュニケーションの手法について検討したい。

D. 健康危険情報

なし

F. 研究発表：

1. 論文発表

1) 今村知明、高谷幸、赤羽学、神奈川芳行、鬼武一夫、森川恵介、長谷川専、山口健太郎、池田佳代子. 食品防御の考え方とその進め方～よくわかるフードディフェンス～. 今村知明 編著. 2015 Apr;p.1-243 全文.

2) 今村知明. 【第 2 版】食品の安全とはなにか-食品安全の基礎知識と食品防御-. 2015; p.1-237.

2. 学会発表・講演

1) 2015 年 05 月 21 日～2015 年 05 月 21 日 (奈良県、ホテル日航奈良). 第 54 回近畿公衆衛生学会. 医療における国民のリスク認知と意思決定に関する研究. 康原夏子、岡本左和子、和田千津子、植原慶太、濱田未来、尾花尚弥、今村知明.

2) 2015 年 05 月 29 日～2015 年 05 月 31 日 (神奈川県、パシフィコ横浜). 第 114 回日本皮膚科学会総会. 医療の質向上を目指して～患者と医療者を守るため医療コミュニケーション～. 岡本左和子.

3) 2015 年 09 月 05 日～2015 年 09 月 06 日 (福岡県、西南学院大学 コミュニティーセンター). 日本ヘルスコミュニケーション学会第 7 回学術集会. がん患者の治療前後の状況の変容に伴った支援に関する研究. 岡本左和子、尾花尚哉、濱田未来、今村知明.

4) 2015 年 11 月 04 日～2015 年 11 月 06 日 (長崎県、長崎ブリックホール). 第 74 回日本公衆衛生学会総会. 治療に伴うリスクの受容と決断のための患者のニーズと医師からの支援. 岡本左和子、野田龍也、濱田美来、尾花尚哉、今村知明.

5) 2015年11月04日～2015年11月06日(長崎県、長崎ブリックホール) . 第74回日本公衆衛生学会総会. 国民の受療意思へのリスク情報の影響に関する研究. 康原夏子、岡本左和子、濱田美来、尾花尚弥、今村知明.

6) 2015年11月19日～2015年11月19日(奈良県、奈良県医師会館) . 第36回奈良県公衆衛生学会. 糖尿病の発症・治療状況と社会性の関連に関する考察. 康原夏子、岡本左和子、今村知明.

D. 知的財産権の出願・登録状況

なし

I 図表

A 研究目的

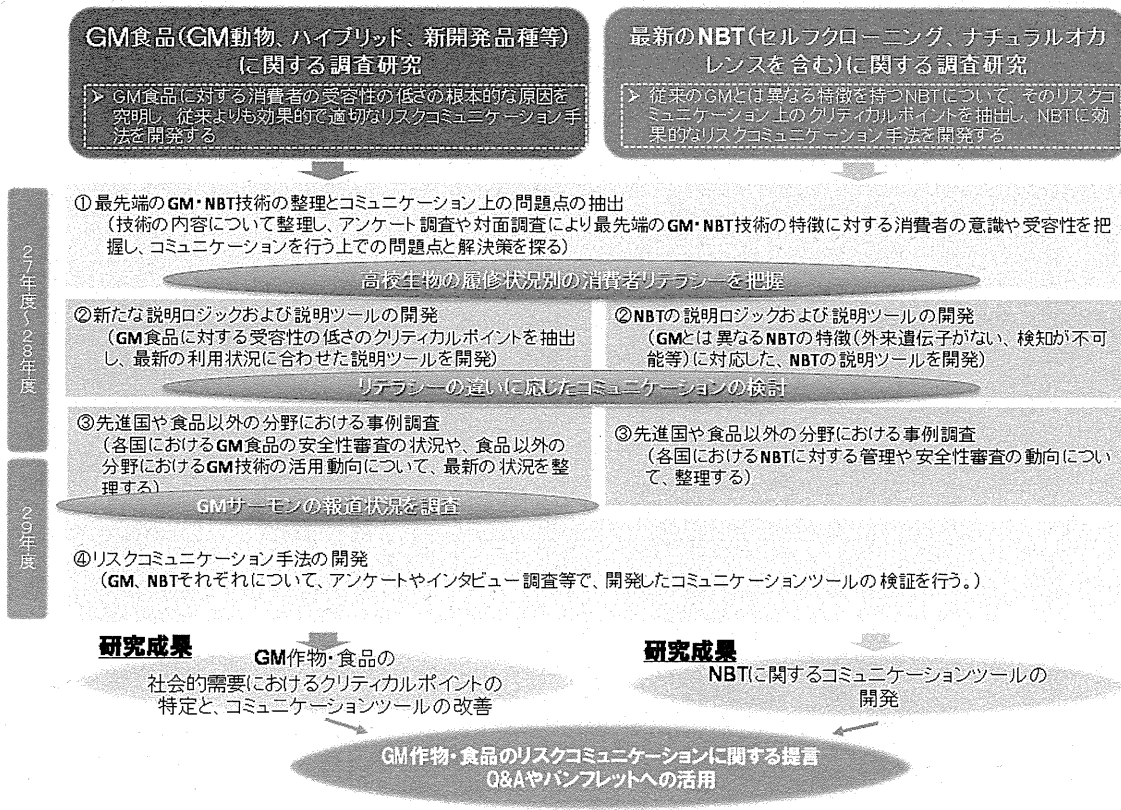


図 1 研究の全体像

I. 最先端の GM・NBT 技術の整理とコミュニケーション上の問題点の抽出

I-2 研究結果

表 1 生物の指導内容一覧

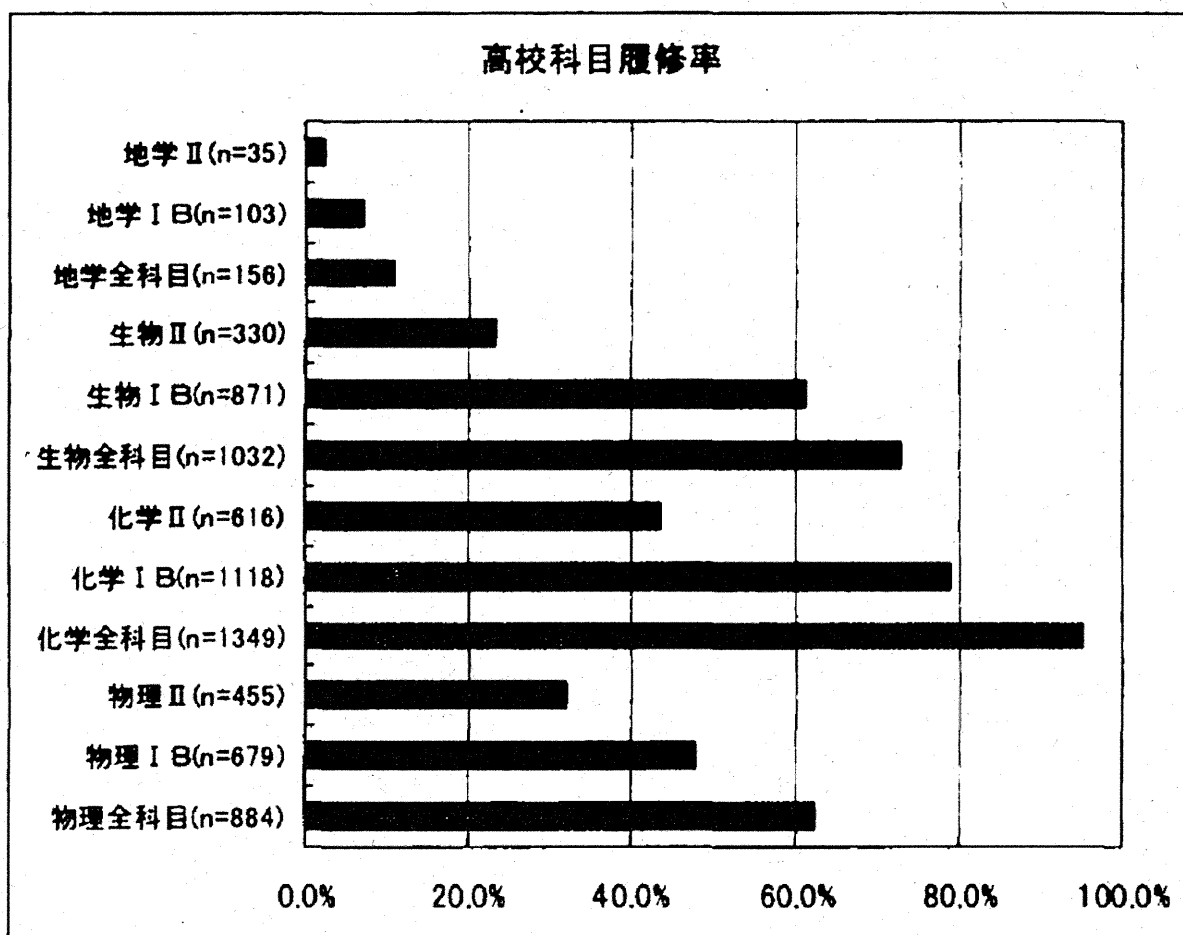
項目	課程	現指導要領(平成21年3月告示)				旧指導要領(平成11年3月告示)			旧々指導要領(平成元年3月告示)		
		生物基礎	新編 生物基礎	生物	資料集	生物I	生物II	資料集	生物IA	生物IB	生物II
遺伝子、DNAに関する基礎的知識											
DNA		○	○	○	○	○	○	○		○	○
スクレオチド		○	○	○	○	○	○	○			○
塩基		○	○	○	○	○	○	○			○
塩基の相補性		○	○	○	○	○	○	○			○
ゲノム		○	○	○	○	○	○	○			○
塩基配列		○	○	○	○	○	○	○			○
遺伝情報		○	○	○	○	○	○	○			○
遺伝子、DNA、ゲノムの関係		○	○		○						
DNAの複製の仕組み											
DNAと染色体		○	○		○					○	
体細胞分裂による遺伝情報の分配		○	○		○						○
DNAの複製		○	○		○			○			○
半保存的複製			○	○	○			○			○
DNAポリメラーゼ				○	○			○			○
複製エラー				○	○			○			○
遺伝子発現の仕組み											
遺伝情報の流れ		○	○	○	○			○			
セントラルドグマ		○	○	○	○			○			
タンパク質の体内における働き(酵素、抗体、構成物(筋繊維等))		○	○	○	○			○			
RNA		○	○	○	○			○			○
転写		○	○	○	○			○			○
逆転写				○	○			○			○
転写開始				○	○			○			○
オスロン				○	○			○			○
プロモーター、RNAポリメラーゼ				○	○			○			○
突然変異				○	○			○			○
DNA多型				○	○			○			○
RNAの働きと種類				○	○			○			○
DNAのセンス鎖とアンチセンス鎖				○	○			○			○
リボザイム				○	○			○			○
エキソン、イントロン				○	○			○			○
スプライシング				○	○			○			○
選択的スプライシング				○	○			○			○
子オキシリボースとリボース		○	○	○	○			○			○
細胞		○	○	○	○			○			○
アンチコドン		○	○	○	○			○			○
トリプレット		○	○	○	○			○			○
コドン		○	○	○	○			○			○
選択的遺伝子発現		○	○	○	○			○			○
バファと遺伝子発現		○	○	○	○			○			○
調節タンパク質と細胞分化				○	○			○			○
ホルモンによる遺伝子発現の調節				○	○			○			○
調節タンパク質と転写開始配列				○	○			○			○
遺伝子組換え											
遺伝子組換え				○	○			○			○
	異種の生物でもDNAの構成要素は同じ			○	○			○			○
	組換えで別の生物の遺伝子を含んだ組換えDNAを作ることができる			○	○			○			○
制限酵素				○	○			○			○
DNAリガーゼ				○	○			○			○
ベクター				○	○			○			○
	プラスミドによる遺伝子のコピーの仕組み			○	○			○			○
	大腸菌によるヒトタンパク質の合成			○	○			○			○
形質転換				○	○			○			○
クローニング				○	○			○			○
	大腸菌を用いたクローニング			○	○			○			○
PCR法				○	○			○			○
	プライマー			○	○			○			○
	DNAポリメラーゼ			○	○			○			○
	PCR法の実用先(親子関係の判別、犯罪捜査)			○	○			○			○
DNA塩基配列の解析				○	○			○			○
多細胞生物への遺伝子導入				○	○			○			○
	遺伝子治療の例			○	○			○			○
トランスジェニック				○	○			○			○
	トランスジェニック生物の例(農薬抵抗性、害虫抵抗性作物)			○	○			○			○
	トランスジェニック生物のメリット			○	○			○			○
GFPタンパク質(マーカー)				○	○			○			○
RNA干渉				○	○			○			○
大腸菌を使った遺伝子組換え実験				○	○			○			○
パン酵母を利用した組換えDNA実験				○	○			○			○
最新技術の動向				○	○			○			○
	品種改良			○	○			○			○
	接ぎ木			○	○			○			○
	接木			○	○			○			○
	次世代植物育種技術(NBT)			○	○			○			○
	セルクローニング			○	○			○			○
	ナチュラルオカレンス			○	○			○			○
	メチル基			○	○			○			○
	メチル化			○	○			○			○
	ジメチルフィンガーヌクレアーゼ			○	○			○			○
バイオテクノロジーの問題											
倫理的問題											
	ES細胞に受精卵を用いること							○			○
	iPS細胞							○			○
	クローン人間							○			○
	代替臓器							○			○
	ヒトゲノムとプライバシー	○	○					○			○
安全性の問題											
	農薬の使用過多							○			○
	導入した遺伝子の影響							○			○

表 2 項目別の記載事項数

項目	課程									
	現指導要領(平成21年3月告示)				旧指導要領(平成11年3月告示)			旧々指導要領(平成元年3月告示)		
	生物基礎	新編生物基礎	生物	資料集	生物 I	生物 II	資料集	生物 I A	生物 I B	生物 II
遺伝子、DNAに関する基礎的知識	8	8	6	8	3	7	4	0	1	6
DNAの複製の仕組み	3	4	4	6	0	6	2	0	1	4
遺伝子発現の仕組み	11	6	26	24	0	20	10	0	1	10
遺伝子組換え	0	0	25	24	1	21	14	0	1	4
バイオテクノロジーの問題	1	1	0	0	0	9	5	0	0	0
合計	23	19	61	62	4	63	35	0	4	24

表 3 進路別の履修状況

内容/履修パターン	現指導要領				
	文系		理系		
	生物基礎・生物を履修せず	生物基礎のみ	生物基礎・生物を履修せず	生物基礎のみ	生物基礎＋生物
遺伝子、DNAに関する基礎的知識	×	○	×	○	○
DNAの複製の仕組み	×	△	×	△	○
遺伝子発現の仕組み	×	△	×	△	○
遺伝子組換え	×	×	×	×	○
バイオテクノロジーの問題	×	×	×	×	×



(資料) 大久保敦(2010)

図 2 大学進学者の高校での選択科目履修率

表 4 指導要領の年代別対応

	現指導要領	旧指導要領	旧々指導要領
告示	平成21年3月	平成11年3月	平成元年3月
実施	平成24年4月(数学・理科先行実施)	平成15年4月	平成6年4月
平成27年度時点年齢	16~19歳	20~28歳	29~37歳
出生年	1996.4~1999.4	1987.4~1996.3	1978.4~1987.3
出生年(年号)	平成8.4~平成11.4	昭和62.4~平成8.3	昭和53.4~昭和62.3

II. 新たな説明ロジックおよび説明ツールの開発

II-1 研究方法

表 5 最新育種技術の説明資料の修正の履歴・経緯の概要

イラストの改定履歴		頂いた主なコメント
2014年6月	柑橘類バージョン	<ul style="list-style-type: none"> ・食べ物を題材にすると、実際に市場に出回っている印象を与え、ミスリーディングを引き起こすため、やめた方が良い ・ネガティブな表現（傷つける、エラーを起こす）は使わない方が良い
2014年7月	バラバージョン	<ul style="list-style-type: none"> ・誤解が生じないように、丁寧な説明にした方が良い
2014年12月	バラバージョン (アンケート調査用に一部修正と追加)	<ul style="list-style-type: none"> ・ナチュラルオカレンス、セルフクローニングは実際には微生物以外を想定しづらいため、花で説明するとミスリーディングを起こす恐れがある
2015年3月	微生物バージョン	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の商品を想起させる絵・表現は避けたほうが良い ・特定の商品を想起させないため、もう少し食品数があった方が良い
2015年4月	微生物バージョン2	<ul style="list-style-type: none"> ・ナチュラルオカレンスは大腸菌以外を用いて説明する ・大腸菌は、一般消費者は食中毒菌を連想する可能性あり
2015年5月	微生物バージョン3	<ul style="list-style-type: none"> ・納豆菌で描くと描きやすいし分かりやすいと指摘があったが、それは余りに直接的なので、乳酸菌で再度イラストを作成

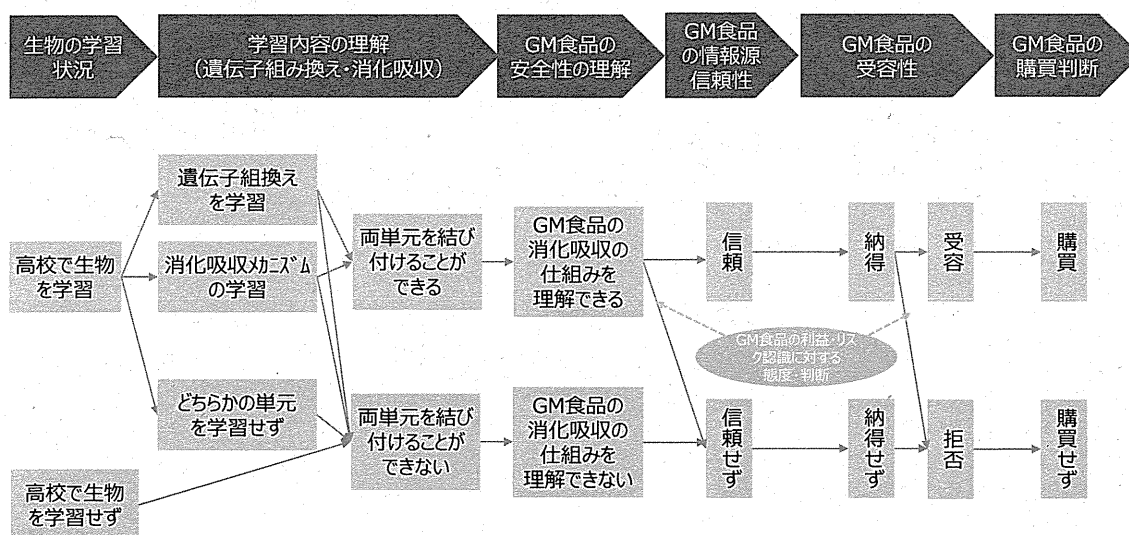


図 3 高校での生物学学習から GM 食品の受容判断までの流れ（仮説）

II-2. 研究結果

1. 品種改良を行う新しい技術として、
次世代植物育種技術 (NBT)
New Plant (新しい植物)
Breeding (育てる)
Techniques (技術)

というものがあります。日本ではこの技術を使った作物は市場に出いていませんが、海外では実用化されている技術もあります。

2. 従来の遺伝子組み換え技術のおさらい
遺伝子組換えの仕組み

成長が早い
味が美しい
害虫に強い
etc.

導入した遺伝子が残る
今までの遺伝子組み換え技術を使えば、作物の品質をよくしたり、収穫量を増やす品種を改良することができます。出来上がった作物は、検査をすれば遺伝子組み換えをした作物だとわかります。

【柑橘類バージョン】

3 次世代植物育種技術 (NBT) とは？
遺伝子組み換えの原理の残らない遺伝子組み換え技術

遺伝子組換えの仕組み

成長が早い
味が美しい
害虫に強い
etc.

遺伝子組み換えの仕組みがわからない

NBTを使うと今までの遺伝子組み換え技術と同じように品種を改良できます。しかし、NBTでは従来の遺伝子組み換え技術と違って、出来上がった作物が遺伝子組み換えなのかわかりません。

【指摘例】

- ✓ 食べ物を例にするのは避けた方がよい
- ⇒ **バラの例に変更**
- ✓ GMであるかどうか、検査によって何を見ているのか例示があると良い
- ⇒ **遺伝子組換えの検査について追加**

【バラバージョン】

3 次世代植物育種技術 (NBT) とは？
遺伝子組み換えの原理の残らない遺伝子組み換え技術

遺伝子組換えの仕組み

成長が早い
味が美しい
害虫に強い
etc.

遺伝子組み換えの仕組みがわからない

NBTを使うと今までの遺伝子組み換え技術と同じように、作物の品質をよくしたり、収穫量を増やす品種を改良できます。しかし、NBTでは従来の遺伝子組み換え技術と違って、出来上がった作物が遺伝子組み換えなのかわからない場合があります。

遺伝子組換えの検査

遺伝子組換えの検査ではDNAを見ている。
人工的に遺伝子組み換えをしたバラは、遺伝子組み換えでないバラとは全く違う結果が検査で出てきます。この検査結果があるかどうかで遺伝子組み換えなのかわかります。
NBTではこのような結果が現れないようにすることができるとは、検査ではわからない場合があります。

図 4 説明資料の変更例①

下記の説明は、セルフクローニングという技術を説明しています。

【バラバージョン】

1. 遺伝子組み換えのバラは、ピンク色のバラと黄色のバラの遺伝子から作られます。

2. できたバラは100%黄色のDNAしか持っていない。

3. そのため、遺伝子組み換えのバラは、アザガキやネービー、パンジーなどのバラとは違う種類の植物の遺伝子情報を持っていません。
このように、種を違う植物由来のDNAを持たず、同じ種由来のDNAしか持たないよう遺伝子組み換えすることを「セルフクローニング」といいます。

【指摘例】

- ✓ ナチュラルオカレンス、セルフクローニングは実際には微生物以外を想定しづらいため、花で説明するとミスリーディングを起こす恐れがある
- ⇒ **微生物の例に変更**

【微生物バージョン】

1. 遺伝子組み換えの菌類は組み込んだ遺伝子以外の菌類から作られます。なので、できた菌類は天然由来のDNAしか持っています。

2. そのため、遺伝子組み換えの菌類は種を違う微生物の遺伝子情報を持っていません。
このように、種を違う微生物由来のDNAを持たず、同じ種由来のDNAしか持たないよう遺伝子組み換えすることを「セルフクローニング」といいます。

【新たな課題】

- ✓ 微生物の実物は、一般の人にはあまり見る機会がなく、ほぼ初見の微生物のイラストで理解が深まるか
- ✓ 新たな疑問を生み出していないか
- ⇒ **どうするか？**

図 5 説明資料の変更例②

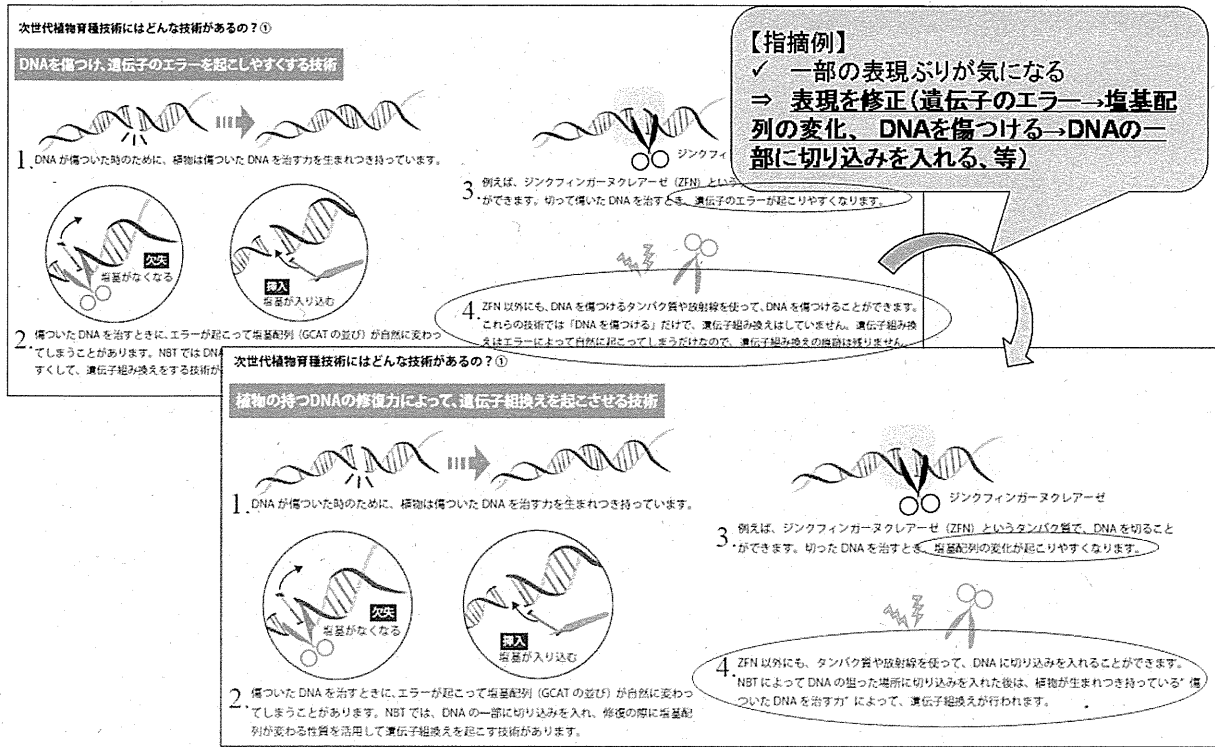
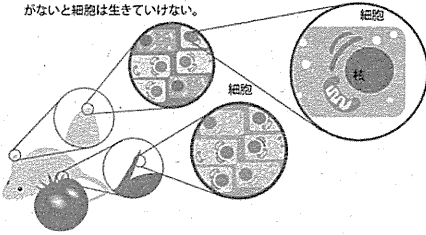


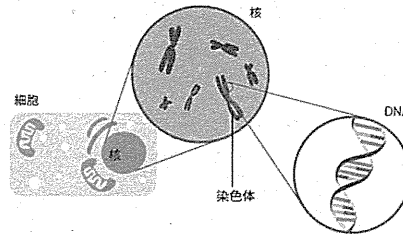
図 6 説明資料の変更例②

染色体や遺伝子、DNAなどの用語を説明します。

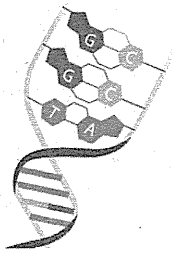
細胞とは：
ほとんどの生物は細胞によってできていて、生物の身体を構成する最小単位。細胞1つは、中心に核を持っていて、核は細胞全体を支配していて、これがないと細胞は生きていけない。



染色体とは：
細胞の核の中には染色体がある。染色体は小さく折り畳まれたDNAの鎖が集まってできている。



DNAとは：
DNAは2本の鎖がお互い絡まりあったような構造をしている。2本の鎖がらせん状になっていることから、これを二重らせん構造と言う。このらせんの中に4種類の塩基と呼ばれる部分(GCAT)があり、この塩基の並び順によって生命の情報が記録される。



遺伝子とは：
遺伝子には外見や性質、個性などを決定する情報が含まれているため、生命の設計図とも言われている。二重螺旋であるDNAに遺伝子(設計図)がいくつも乗っている。

用語説明スライド
(使用されている用語が一般には分かりにくいという指摘があり、追加したもの)

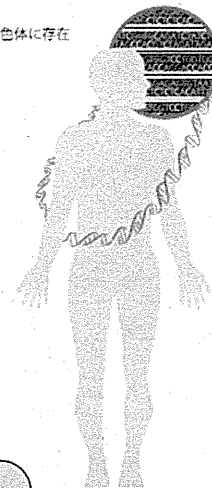
図 7 説明資料(用語説明)①

染色体や遺伝子、DNAなどの用語を説明します。

遺伝情報とは：
遺伝情報は個人によって異なり、遺伝情報の違いが性別、毛色等の個性を決めている。塩基の並び方を一部変換することで、違った遺伝情報・違った個性を持つ生物を創造することができる。



ゲノムとは：
生物が持つ遺伝情報全体のことで、染色体に存在する全DNA(遺伝情報)をあらわす。

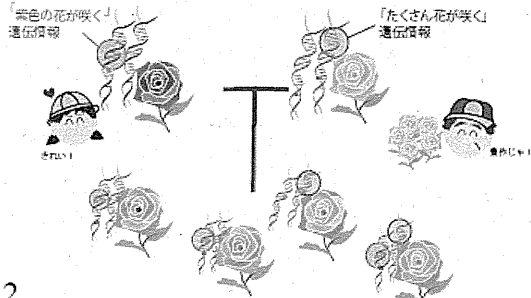


用語説明スライド
(使用されている用語が一般には分かりにくいという指摘があり、追加したもの)

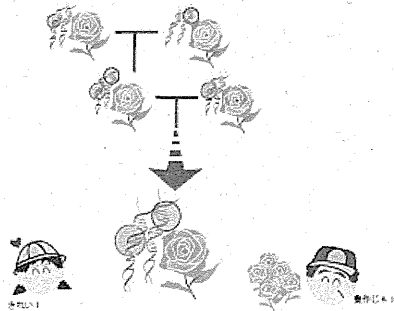
図 8 説明資料(用語説明)②

下記の説明は遺伝子組換え技術がどういったものが説明をしています。

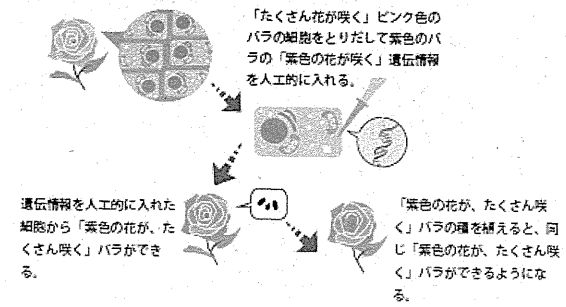
1. 紫色のバラは「紫色の花が咲く」遺伝情報を、ピンク色のバラは「たくさん花が咲く」遺伝情報を持ちます。これらをかけ合わせると...



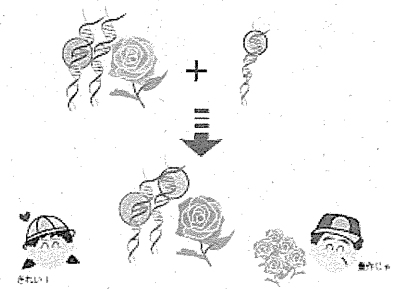
2. 紫色のバラの「紫色の花が咲く」遺伝情報やピンク色のバラの「たくさん花が咲く」遺伝情報を持つバラができます。



3. できたバラ同士で更にかけ合わせを行います。このようなかけ合わせをくり返すと、紫色のバラの「紫色の花が咲く」遺伝情報とピンク色のバラの「たくさん花が咲く」遺伝情報の両方を持っている「紫色の花が、たくさん咲く」バラができます。これが従来の品種改良です。



4. 遺伝子組み換え技術を使って、「紫色の花が、たくさん咲く」バラを作ることができます。遺伝子組換え技術では、「たくさん花が咲く」ピンク色のバラに紫色のバラの「紫色の花が咲く」遺伝情報を直接入れて「紫色の花が、たくさん咲く」バラを作ることができます。



5. このように、遺伝子組換え技術を使えば品種改良と同じように「紫色の花が、たくさん咲く」バラを作ることができます。しかも、従来の品種改良でかかっていたコストと時間を削減でき、効率よく改良ができます。

図 9 説明資料（遺伝子組換え技術・バラの例）

下記の説明は、セルフクロニングという技術を説明しています。

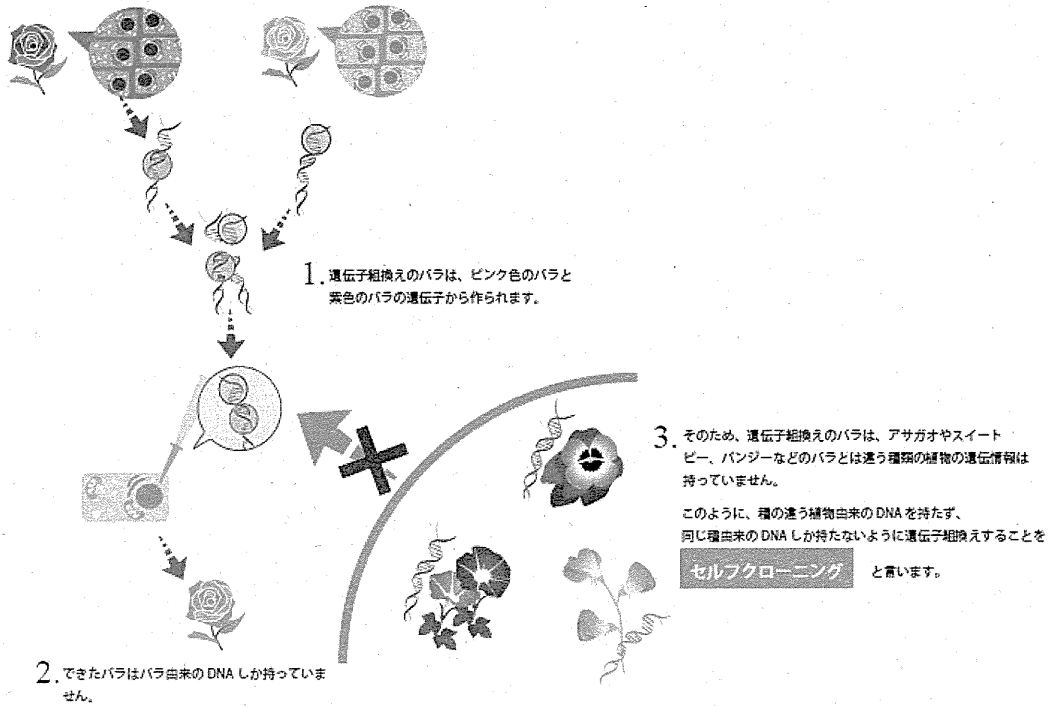


図 10 説明資料（セルフクロニング・バラの例）

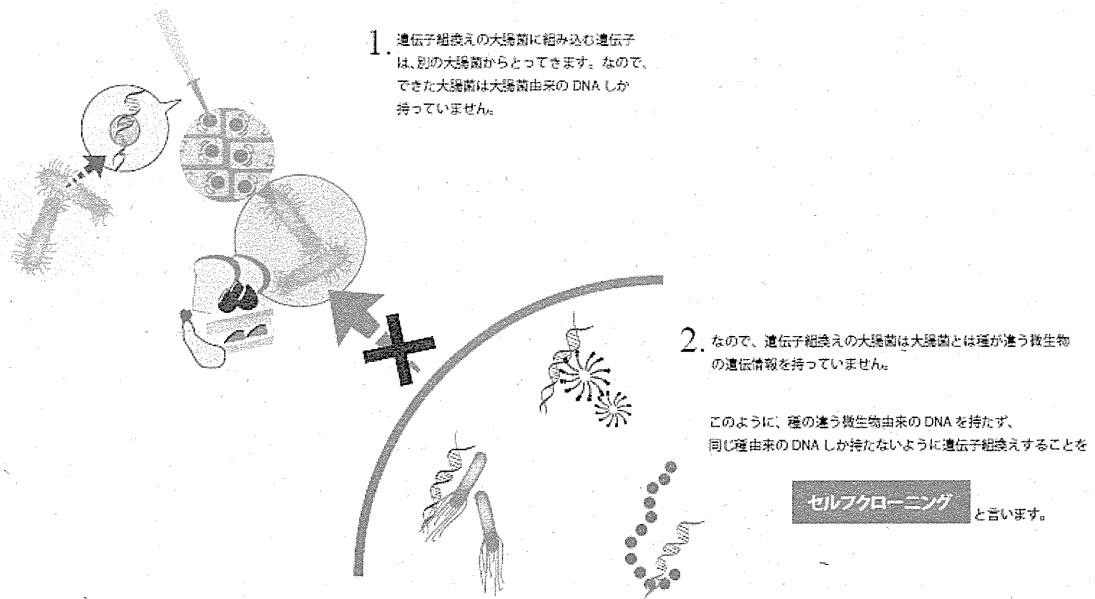


図 11 説明資料（セルフクロニング・微生物の例）

下記はナチュラルオカレンスという技術の説明です。

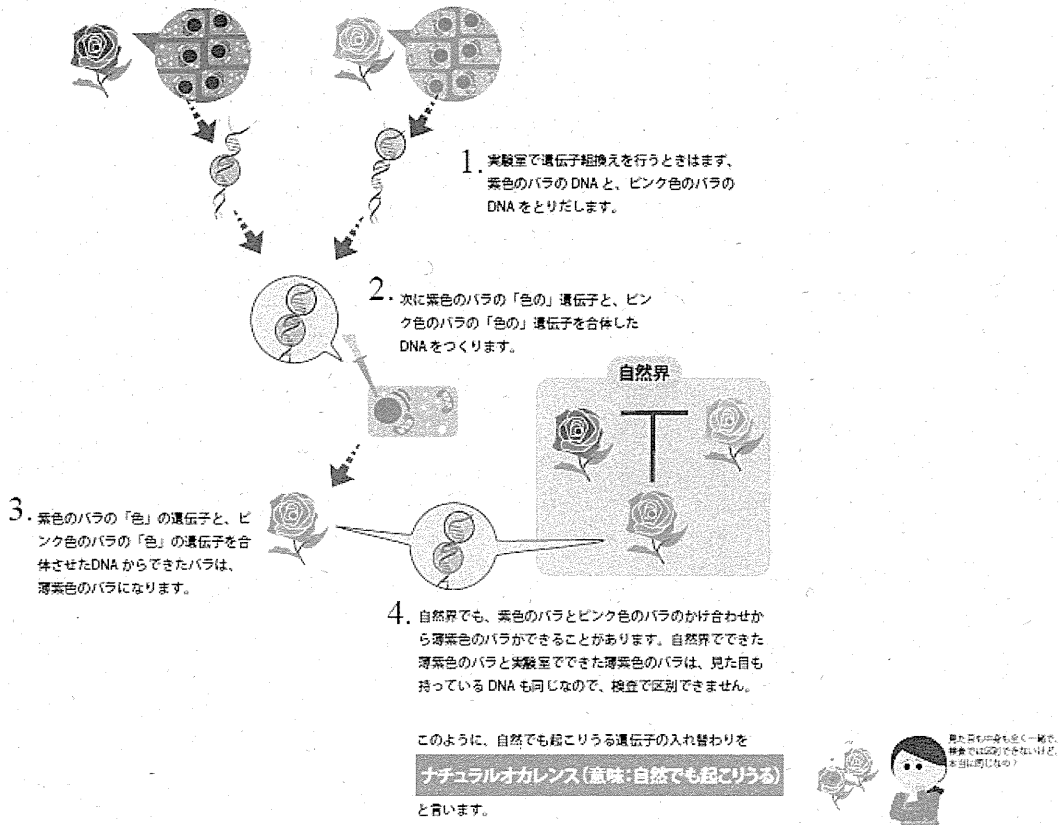


図 12 説明資料 (ナチュラルオカレンス・バラの例)

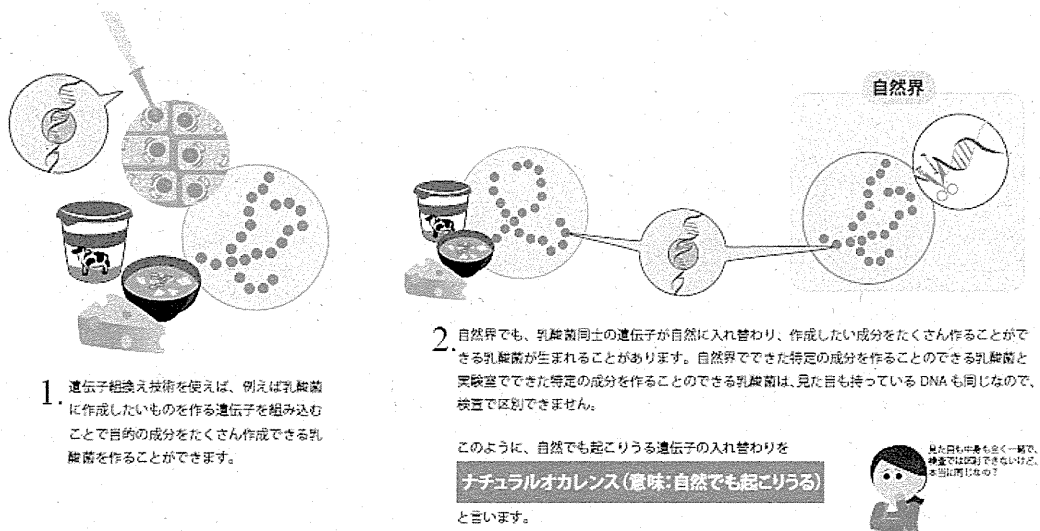


図 13 説明資料 (ナチュラルオカレンス・微生物の例)

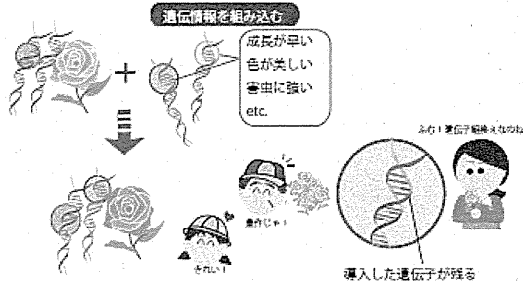
次世代植物育種技術 (NBT)

1. 品種改良を行う新しい技術として、

次世代植物育種技術 (NBT)
New Plant (新しい植物)
Breeding (育てる)
Techniques (技術)

というものがあります。日本ではこの技術を使った作物は市場に出いていませんが、海外では実用化されている技術もあります。

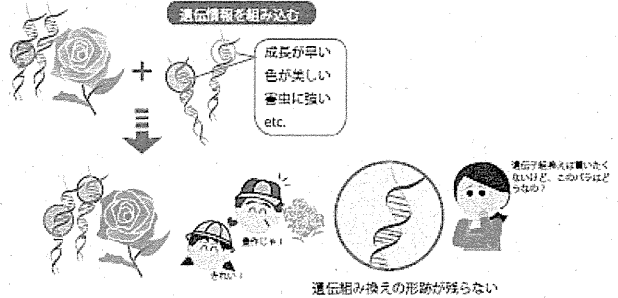
2. 従来の遺伝子組換え技術のおさらい



今までの遺伝子組換え技術を使うと、作物の品質をよくする、病気に強くするなどの品種改良を、効率よく行うことができます。出来上がった作物は、遺伝子に遺伝子組換え特有の特徴が残るため、検査をすれば遺伝子組換えをした作物だとわかります。

3. 次世代植物育種技術 (NBT) とは？

遺伝子組換えの痕跡の残らない遺伝子組み換え技術



NBTを使うと今までの遺伝子組換え技術と同じように、作物の品質をよくする、病気に強くするなどの品種改良を、効率よく行うことができます。しかし、NBTでは従来の遺伝子組換え技術と違って、出来上がった作物の遺伝子に遺伝子組換え特有の特徴が残らず、遺伝子組換えなのかわからない場合があります。

図 14 説明資料 (NBT・バラの例)

ゲノム編集

次世代植物育種技術にはどんな技術があるの？①

ゲノム編集: 動植物の持つDNAの修復力によって、遺伝子の変化を起こす技術

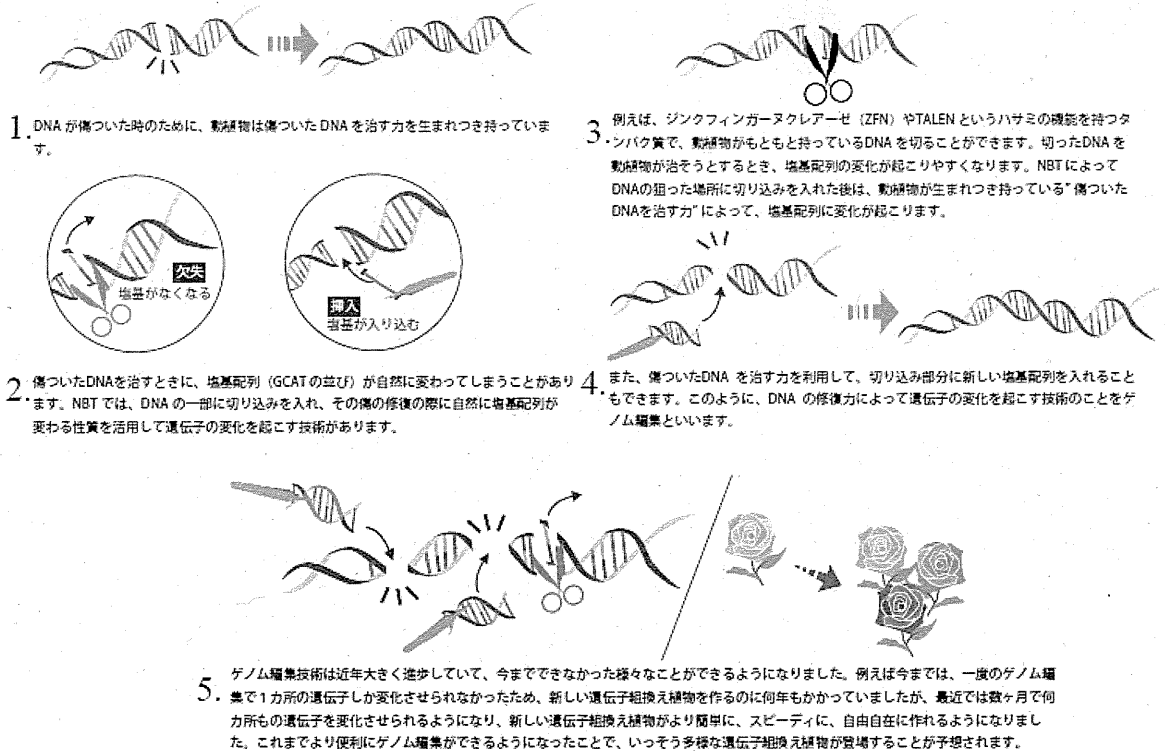


図 15 説明資料 (ゲノム編集・バラの例)