

# ゲノム編集技術等の農業・食品分野への 応用について

(講師)

田部井 豊

令和2年度  
農林水産研究推進事業(アウトリーチ活動強化)

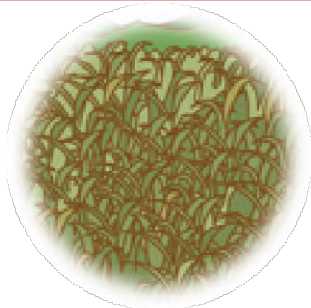
# 〈本日の内容〉

- 1 農業の現状
- 2 品種改良について
- 3 ゲノム編集技術の規制の状況
- 4 ゲノム編集技術による品種開発の状況

# 1 農業の現状

# 我が国の農業の課題等

## 耕地面積の減少



国内の耕作放棄地は拡大傾向。平成27年の耕作放棄地面積は約42万ha。

## 国内農業者数の減少



農業者の高齢化が進行。令和元年時点で65歳以上が約7割、49歳以下は約1割という状況。

## 食料自給率の低下



カロリーベースの食料自給率は、昭和40年の73%から大きく低下し、近年40%前後で推移。

## 地球温暖化



気温上昇により果樹等の栽培適地が変化。高温による品質低下も懸念。

## 食のグローバル化



世界の食市場拡大や和食の海外普及が進む中で、高品質な農林水産物の輸出のチャンスが拡大。



これらの課題解決に  
**品種改良**が大きく貢献！

- ・生産性（単収）向上
- ・農作業軽減
- ・高付加価値化 等

# 【参考】農業の課題解決に向けた国の取組（技術開発）

## 【食料・農業・農村基本計画（令和2年3月閣議決定）】

- 「産業政策」と「地域政策」を車の両輪として推進し、将来にわたって国民生活に不可欠な食料を安定的に供給し、食料自給率の向上と食料安全保障の確立を図る。
- ロボット、AI、IoT等の先端技術を活用した社会実装をはじめ、多様な取組を推進。
- 現場のニーズに即した様々な研究開発について、先端技術を含め幅広く推進。

## ○ 情報通信技術等の活用による農業生産・流通現場のイノベーションの促進

### スマート農業の加速化など農業現場でのデジタル技術の利活用の推進

- ・ 熟練農業者の技術継承、中山間地域等の地域特性に応じたスマート農業技術の実証・導入・普及までの各段階における課題を解決
- ・ 導入コスト低減を図るため、シェアリングやリースによる新たなサービスのビジネスモデルを育成・推進
- ・ 農業データ連携基盤(WAGRI)等を活用したデータ連携を推進
- ・ 農産物の生産・流通・消費に至る様々なデータを連携し、生産技術の改善、農村地域の多様なビジネス創出等を推進

### イノベーション創出・技術開発の推進

- ・ 基礎研究・応用研究・実用化研究等に従事する国立研究開発法人、公設試験研究機関、大学、企業が連携した研究開発を戦略的に実施

#### ア 研究開発の推進

- ・ イノベーションの源泉となる基礎研究については、国の中長期的な戦略の下、技術開発を推進
- ・ 「農林水産研究イノベーション戦略」を毎年度策定
- ・ CSTIの下で行う研究プロジェクトへの積極的参画
- ・ Society5.0の実現に向け、産学官と農業の生産現場が一体となってオープンイノベーションを促進

#### イ 国際農林水産業研究の推進

- ・ 地球規模の課題に対応し研究協定覚書の積極的締結、海外拠点整備による体制強化を推進
- ・ 国際協力に資する技術開発や世界の先端技術の導入等を戦略的に推進

#### ウ 科学に基づく食品安全、動物衛生、植物防疫等の施策に必要な研究の更なる推進

- ・ 食品安全等の問題の未然防止や発生後の被害拡大防止の対応等に必要な科学的知見を得るための研究を計画的に推進
- ・ 家畜伝染病の発生等の新たな脅威に対応するための研究を推進

#### エ 戦略的な研究開発を推進するための環境整備

- ・ 農林水産物の知的財産としての国内外での保護及び生産現場の経済的価値につなげられる戦略的な権利許諾を推進
- ・ 海外遺伝資源の入手環境整備、品種開発への活用を促進
- ・ 消費者等との丁寧なコミュニケーションを通じ、国民が科学的な観点で判断できる環境整備を推進
- ・ 公設試験研究機関、大学等と連携しつつ、研究開発段階からの国際標準の獲得を推進

#### オ 開発技術の迅速な普及・定着

## ○ 気候変動への対応等環境政策の推進

### 気候変動に対する緩和・適応策の推進

「革新的環境イノベーション戦略」に基づき、農林水産分野の環境イノベーションの創出に向けて農地等への炭素隔離・貯留等に取り組む

## 2 品種改良について

- ・交雑育種法
- ・突然変異
- ・遺伝子組換え
- ・ゲノム編集

# 人は長い年月を経て作物を作り出してきた

## 野生種

食べづらい  
栽培しづらい



## 栽培化

栽培しやすく食べやすい性質に変わったものを選ぶ

遺伝子が  
変わる

## 作物

食べやすい  
栽培できる



## 品種改良

生産者や消費者の要望にあった  
性質に変わったものを選ぶ

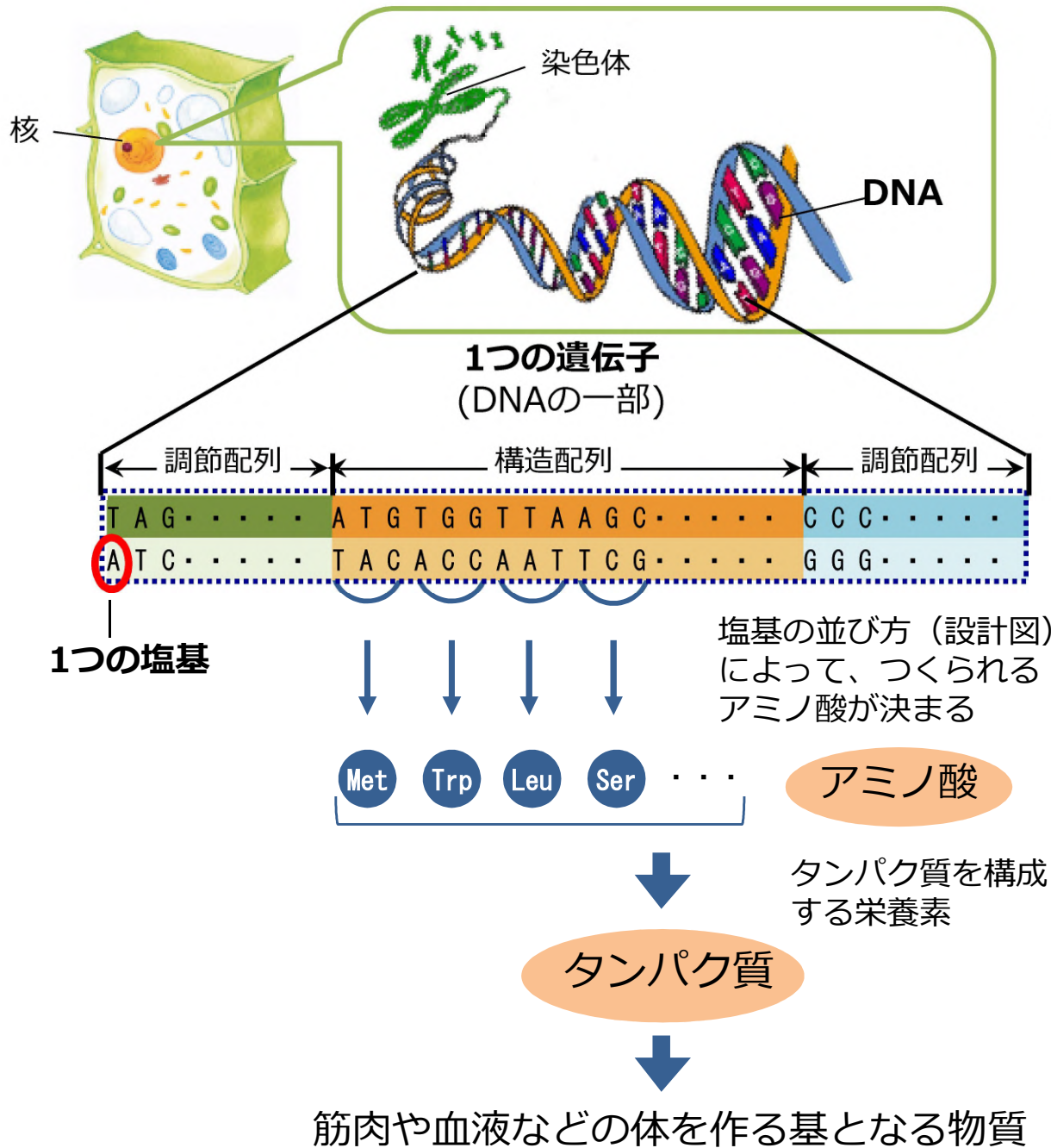
遺伝子を  
変える

## 作物の 多様化

いろいろな  
形、色、風味、  
栽培特性など



# 遺伝子とは



○主要生物のゲノム (※) 上の塩基対数及び遺伝子数

| 生物          | 塩基対数   | 遺伝子数  |
|-------------|--------|-------|
| イネ (ジャポニカ)  | 4 億対   | 3.2 万 |
| トウモロコシ      | 2 2 億対 | 4.5 万 |
| ヒト          | 3 2 億対 | 2.0 万 |
| キイロショウジョウバエ | 1.8 億対 | 1.5 万 |
| 大腸菌 (K12株)  | 5 百万対  | 0.4 万 |

※ゲノムとは：  
すべての生物を構成している細胞のDNAと、  
それに書き込まれた遺伝情報。

### DNA :

その生物がもつ遺伝情報を規定する化学物質で、DNAは2本の鎖が逆方向に合わさってできた二重らせん構造をとっている。DNAの単位はヌクレオチドと呼ばれ、塩基、糖（D-デオキシボース）、リン酸でできている。塩基には、アデニン（A）・チミン（T）・グアニン（G）・シトシン（C）の4種類があり、この4種類の並び方で、遺伝情報を規定している。

### 遺伝子 :

親からの形質（顔、皮膚や目の色など）の受け継ぎを決めるものが遺伝子である。遺伝子はDNAという物質でできている。生物の持つDNA配列上には、体を構成するタンパク質を作るための設計図のような情報がいくつかに並んでおり、この設計図にあたる部分が遺伝子である。

### ゲノム :

すべての生物を構成している細胞のDNAと、それに書き込まれた遺伝情報のこと。例えば、ヒトゲノムというのは私たちヒトのすべての遺伝情報を指すことになる。DNA分子を形成する塩基にはアデニン（A）・チミン（T）・グアニン（G）・シトシン（C）の4種類ある。いわば遺伝情報はこれら4つの文字（A、T、G、C）で書かれた文章にあたる。

# いろいろな品種改良

## A. 交雑育種法



味は良いが  
病気に弱い

交配

×



味は悪いが  
病気に強い

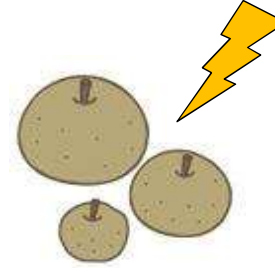
選抜・交配を  
繰り返す

→



味が良く  
病気に強い

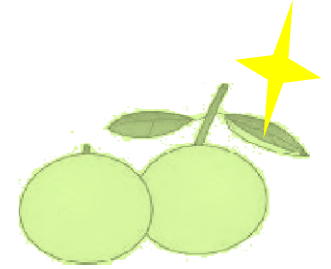
## B. 突然変異



二十世紀  
(ナシ黒斑病)

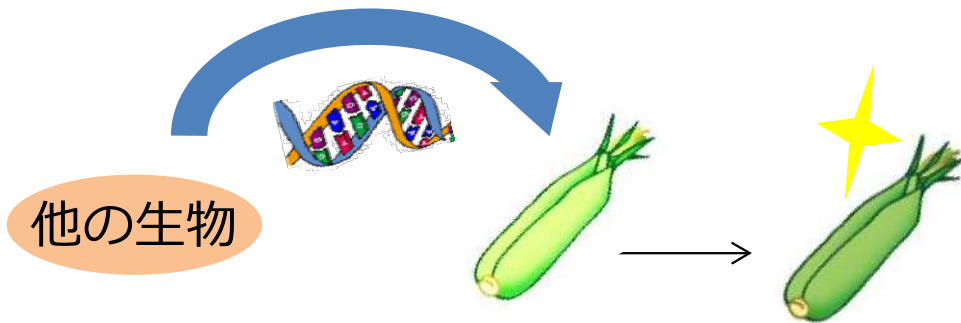
ガンマ線照射や  
薬剤浸漬

→  
突然変異を誘発



ゴールド二十世紀  
(黒斑病抵抗性)

## C. 遺伝子組換え



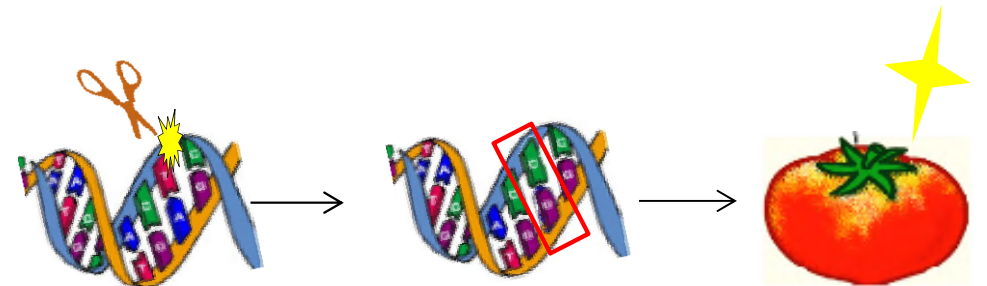
他の生物

害虫に強くなる  
遺伝子を他の生物  
から取り出す

害虫に弱い  
味の良い作物に  
入れる

害虫に強くて  
味の良い  
作物

## D. ゲノム編集

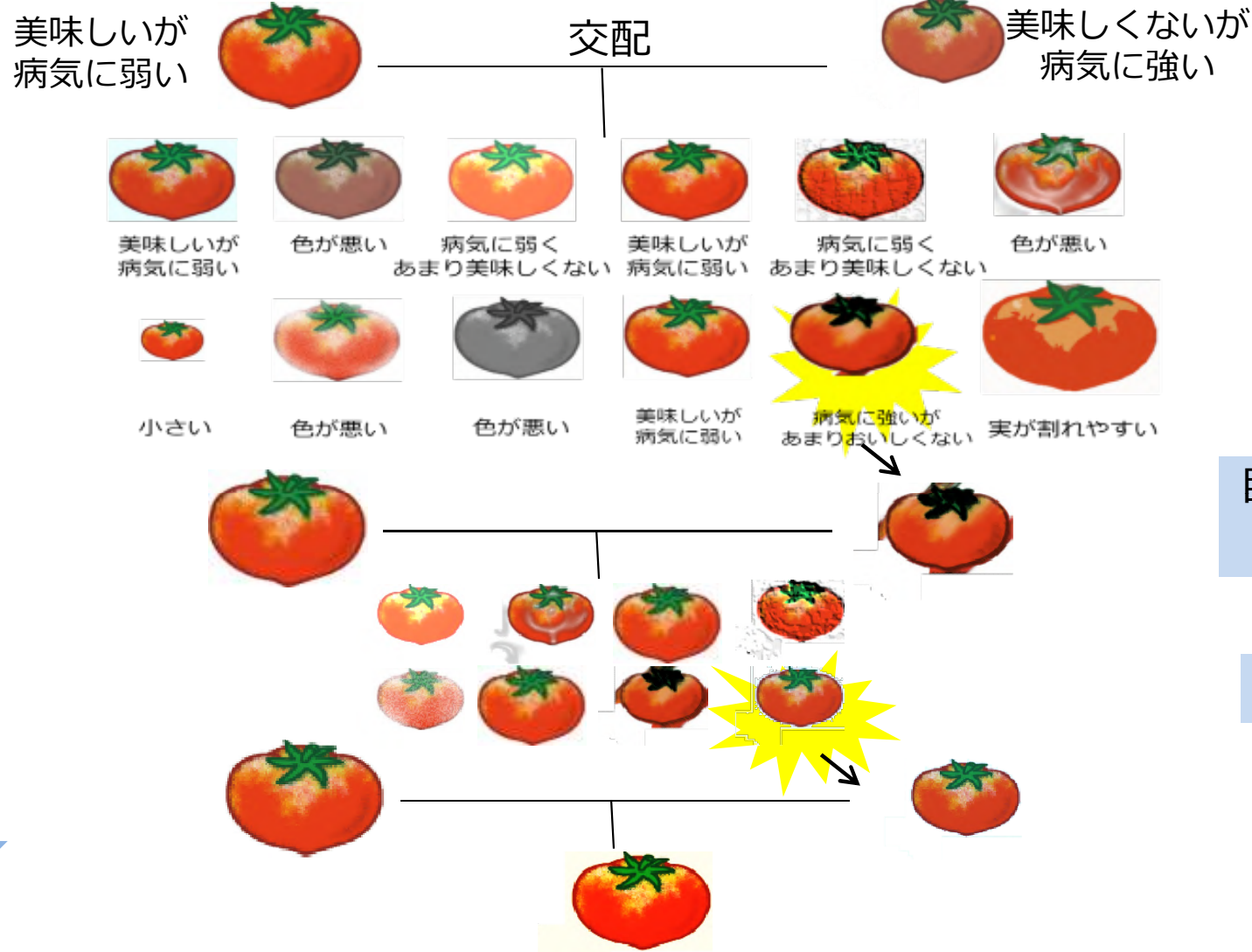


はさみタンパク質で  
狙った遺伝子を  
切断する

修復される時に、  
遺伝子が  
変異する

目的の作物を  
効率的に作出可能

# A.交雑育種法



目的とする特性をもった品種をかけあわせ

様々な特性をもった作物が生まれる

目的に近いものを選び、再びかけあわせ

これを繰り返し・・・

美味しくて病気に強い作物が生まれる

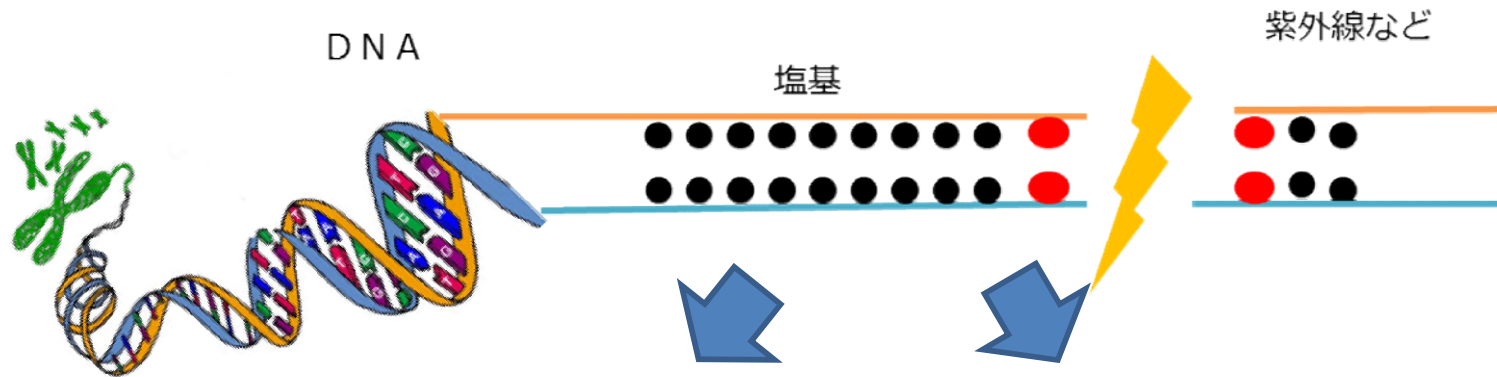
長い年月が必要

目的の個体を得るまでに10年程度必要

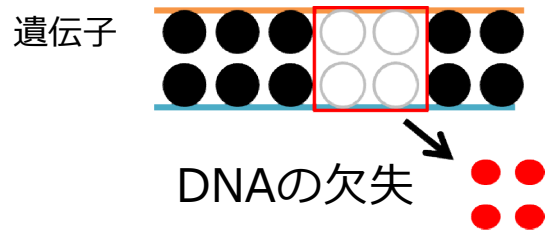


# B.突然変異（自然界でおこる遺伝子の変化）

自然界で遺伝子が変わることにより、作物が人類にとって都合の良い性質に変化することがある。人類は長い栽培の歴史の中で、この遺伝子の変異を積極的に利用。



果実の成長に関するDNAの配列の一部が無くなると、受粉しなくても実が大きくなる。



突然変異体 受粉しなくても実が大きくなる  
普通のナス品種 受粉しないと実が大きくなる

出典：農研機構、タキイ種苗株会社 プレスリリース（2015）

DNAの配列が変わると、粒の落ちやすさが変わる。

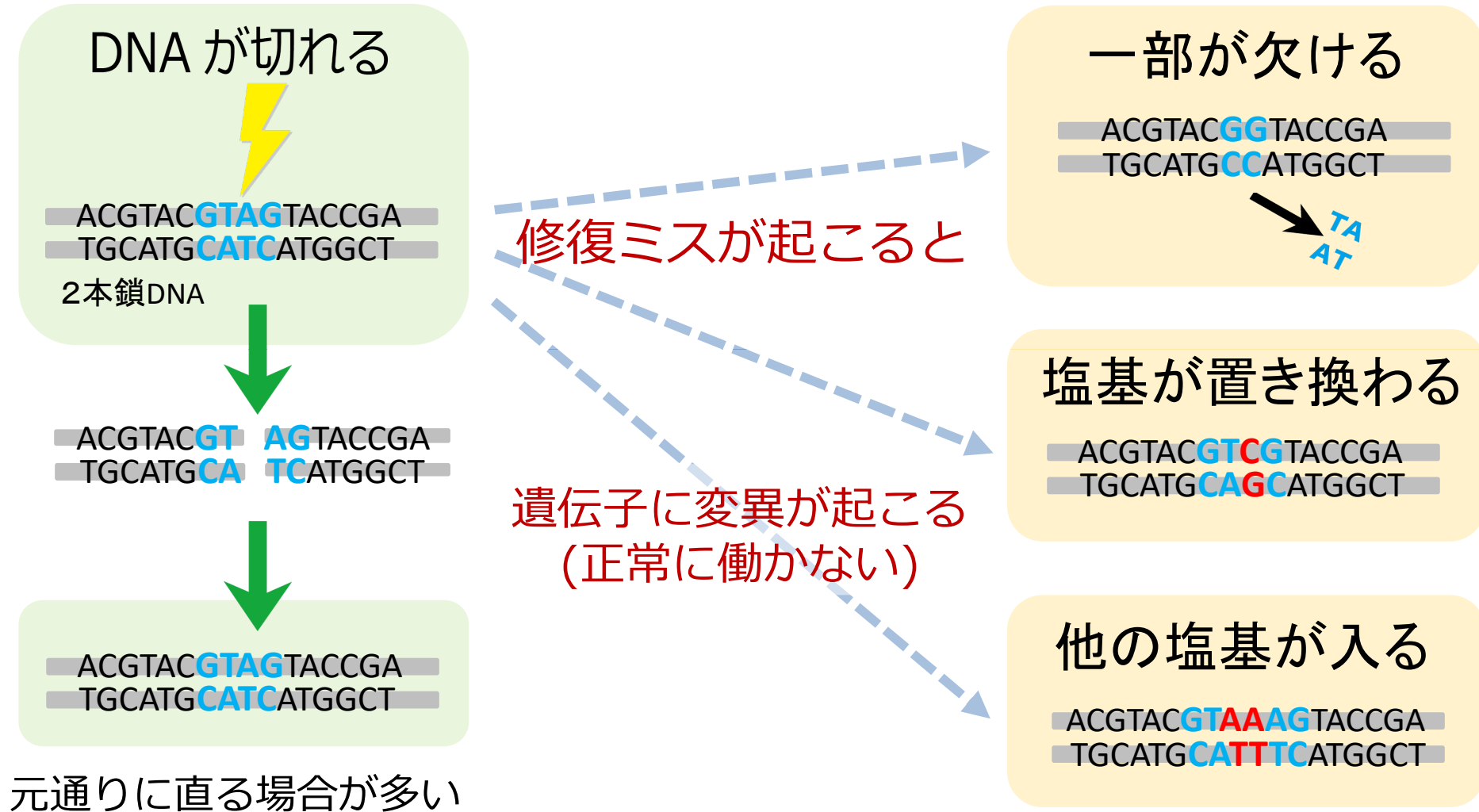


|       |                 |
|-------|-----------------|
| 日本晴   | ATT <b>T</b> CA |
| インディカ | ATT <b>G</b> CA |

出典：サイエンス（2006）  
農林水産先端技術研究所 小西左江子氏ほか

# なぜ突然変異が起こるのか？

様々な理由でDNAが切れることは、実はよく起こっている。  
生物は切れても元通りにするが、たまに修復ミスが起こる。

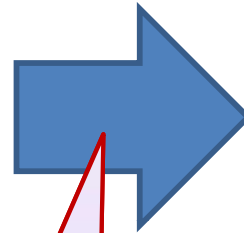


# 放射線を利用した突然変異育種の事例

ガンマ線



二十世紀梨の  
「ナシ黒斑病」

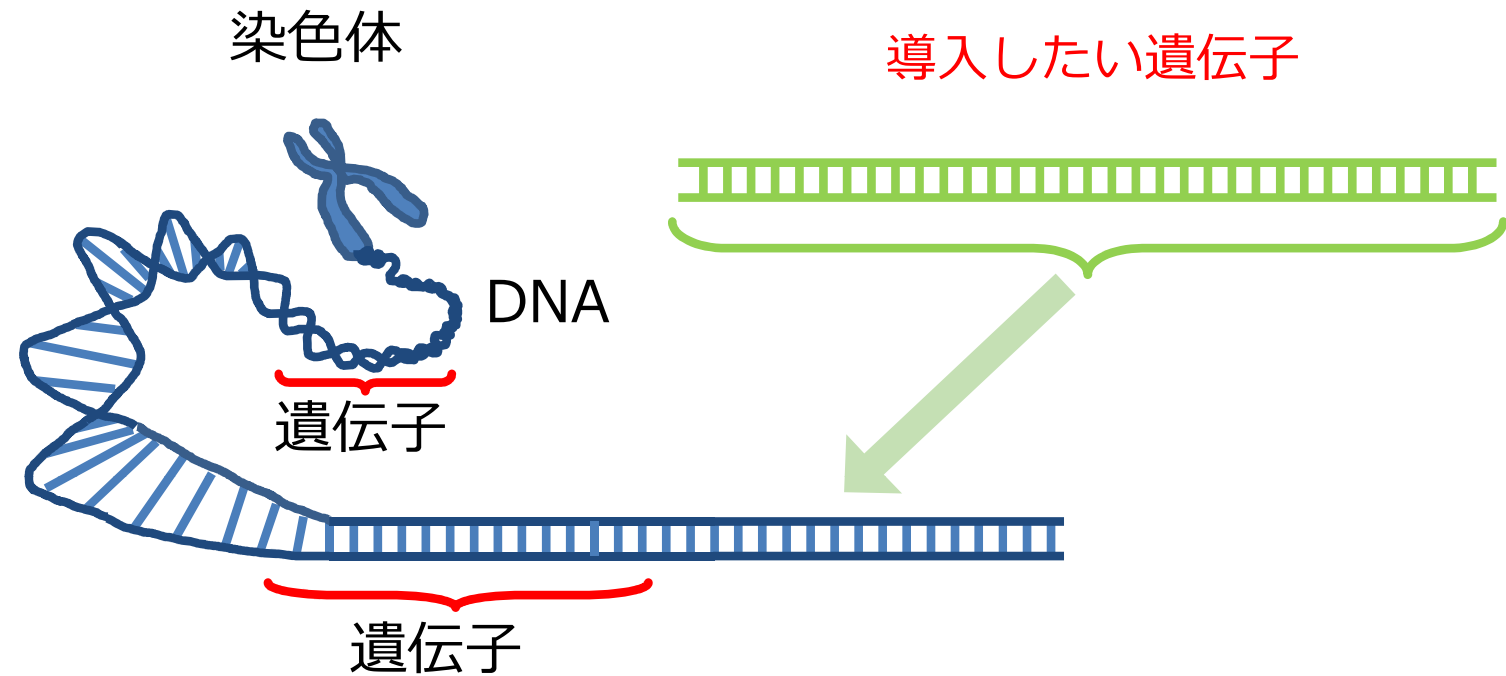


ゴールド二十世紀  
(黒斑病抵抗性)

様々な変異体の中から、  
黒斑病に強いものを選抜

出展：農研機構資料

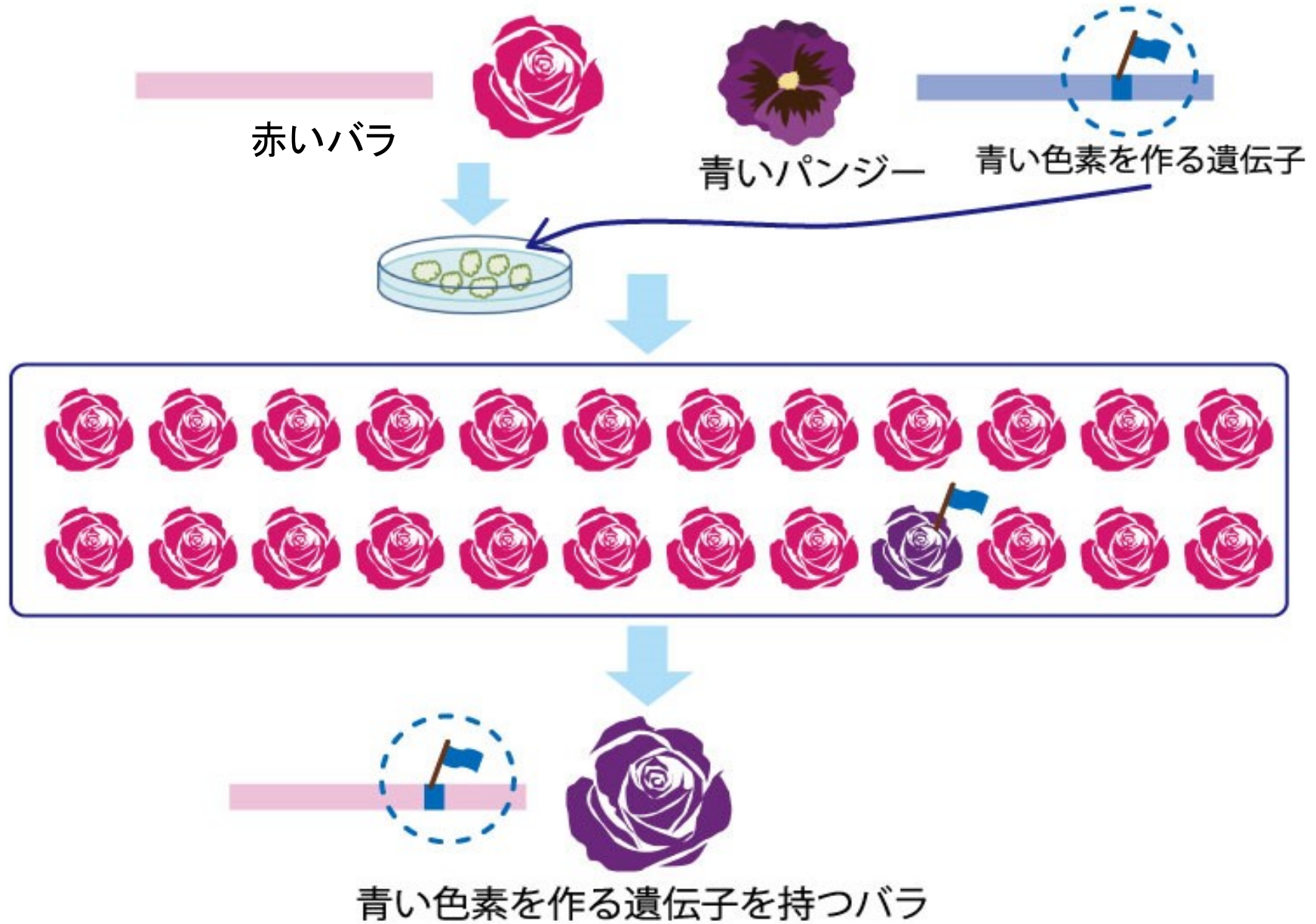
## C. 遺伝子組換え



例：イネのゲノムは約**4億塩基**対。

遺伝子組換えは、**他の生物の遺伝子**を**ゲノム**に導入し、  
発現させる技術です。

# 遺伝子組換えの例

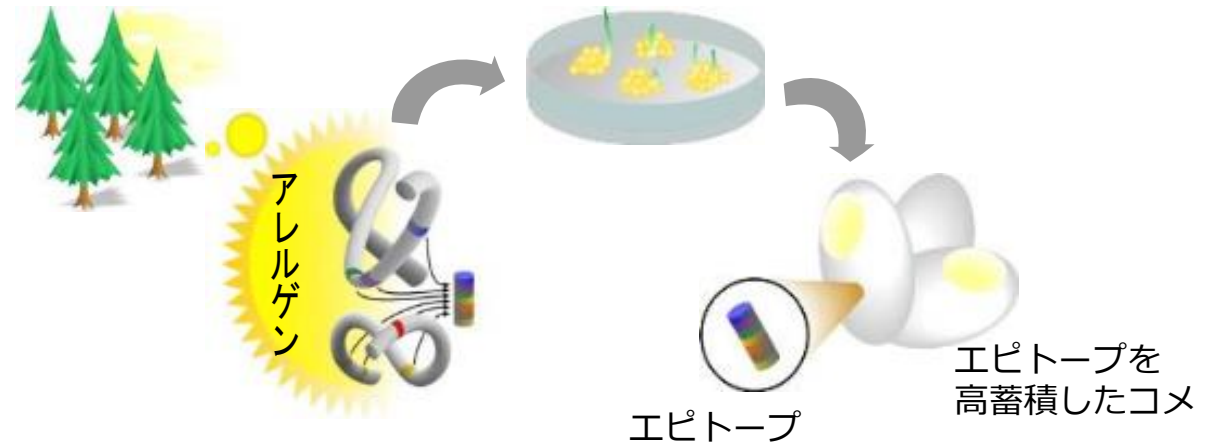


・種を越えた品種改良が可能

## ■青いキク



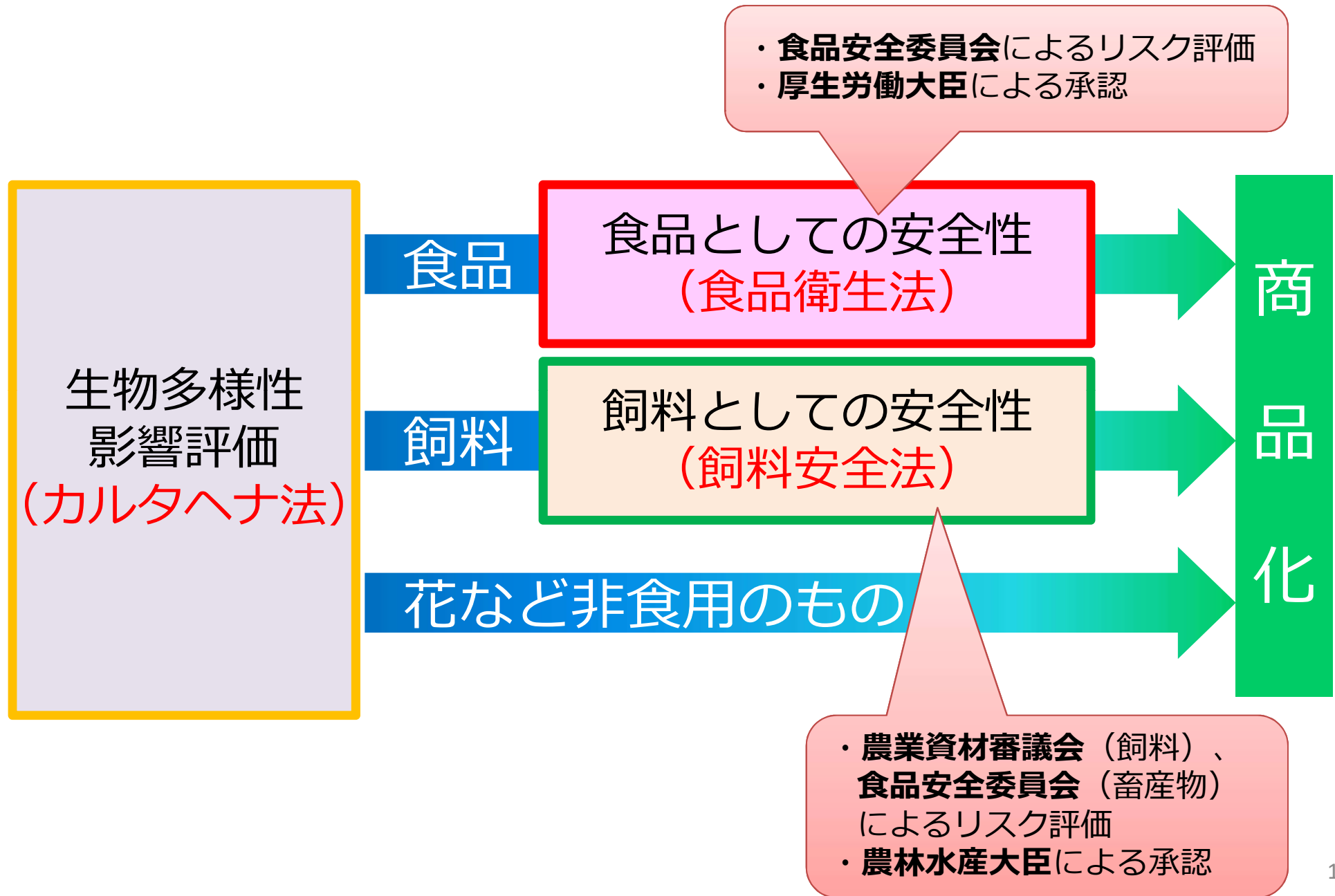
## ■スギ花粉米

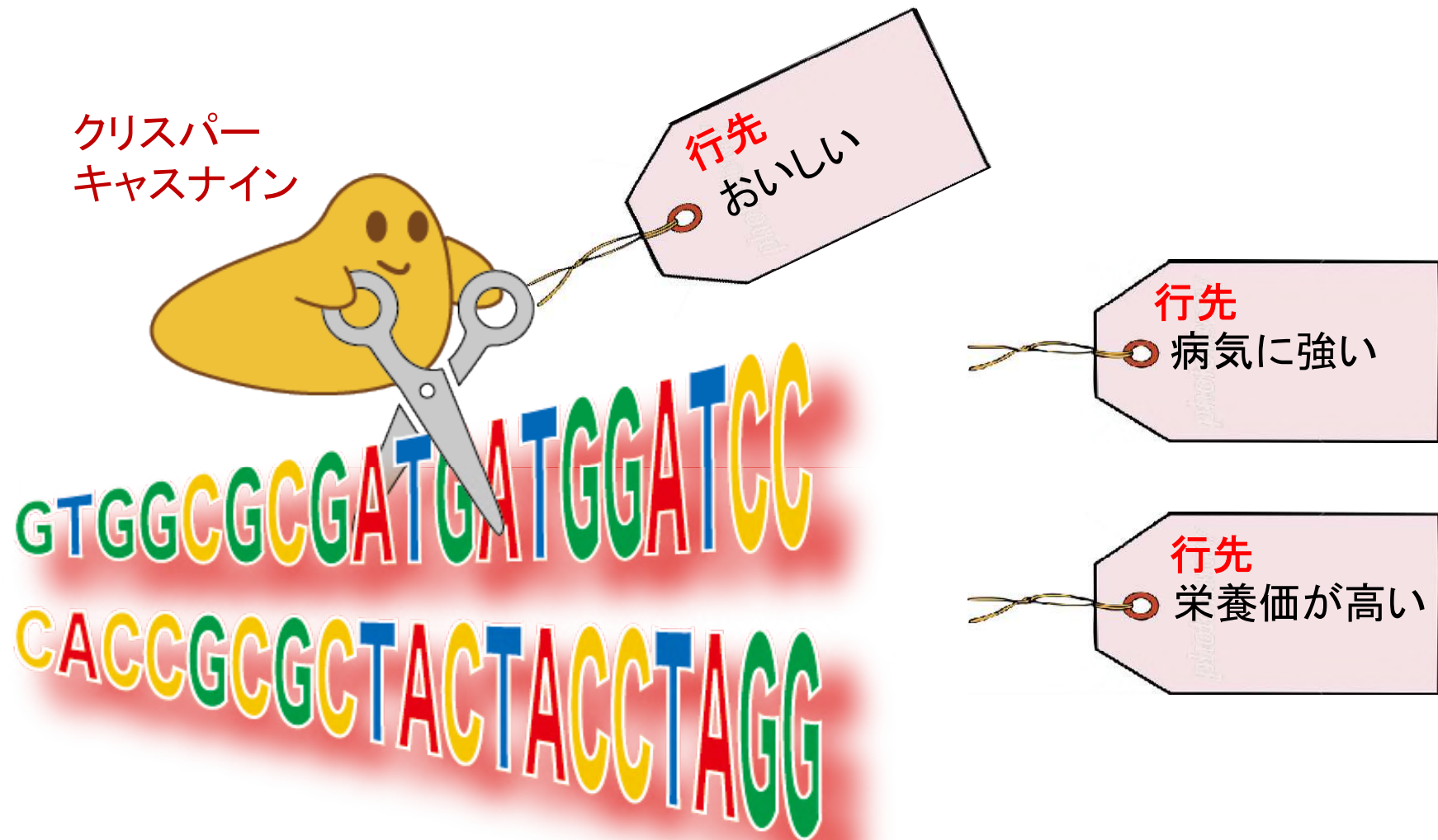


スギ花粉症の主要なアレルゲンのエピトープ（アレルゲン性に関わる部分）だけを集めた短いタンパク質を設計



1日あたり一合ずつ数週間食べると  
エピトープを摂取することにより  
免疫寛容が引き起こされる  
スギ花粉アレルゲンを  
外敵ではなく、  
食物と認識するため、  
反応しなくなる。

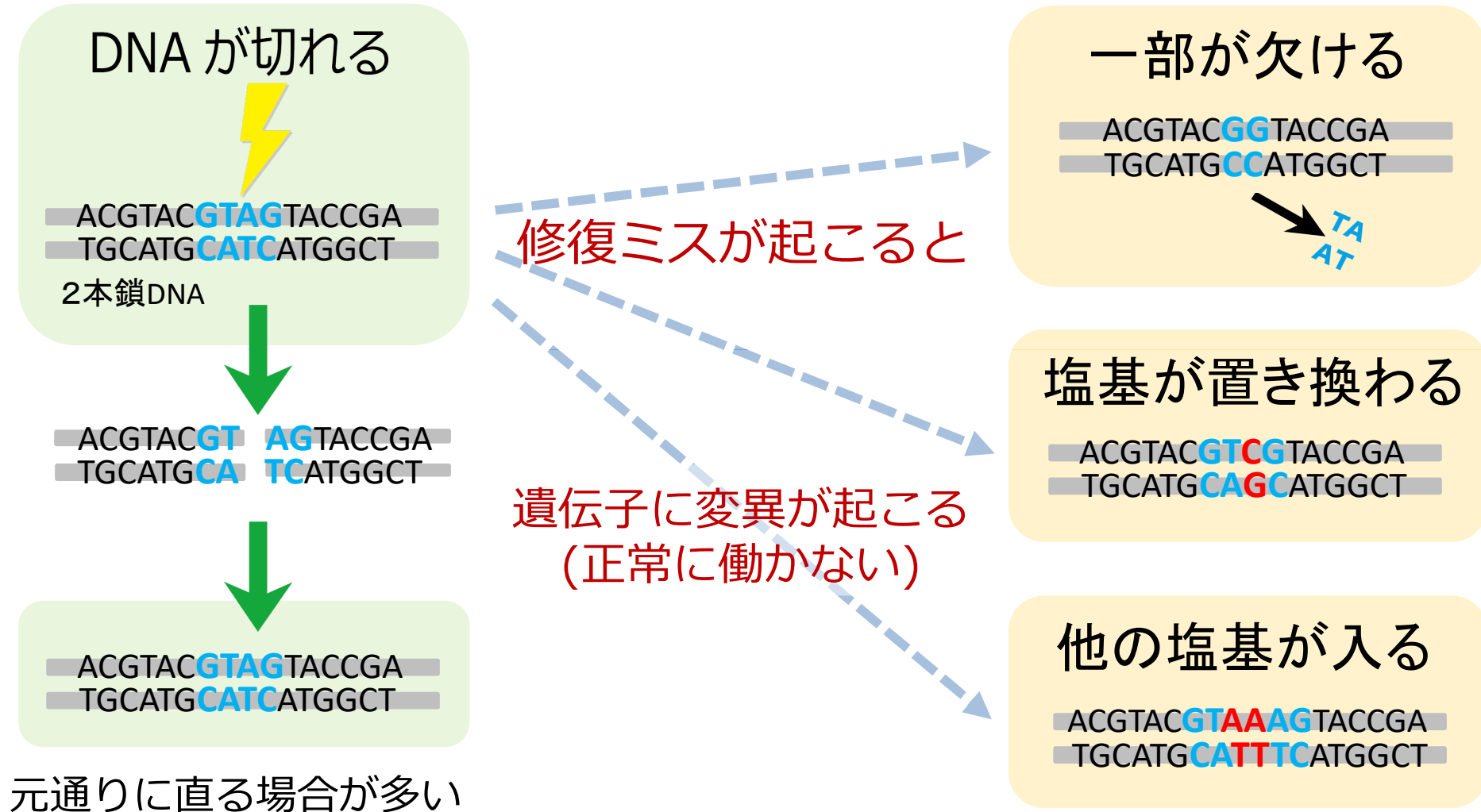




ゲノム編集は遺伝子を切るハサミを狙った場所に送り込む技術

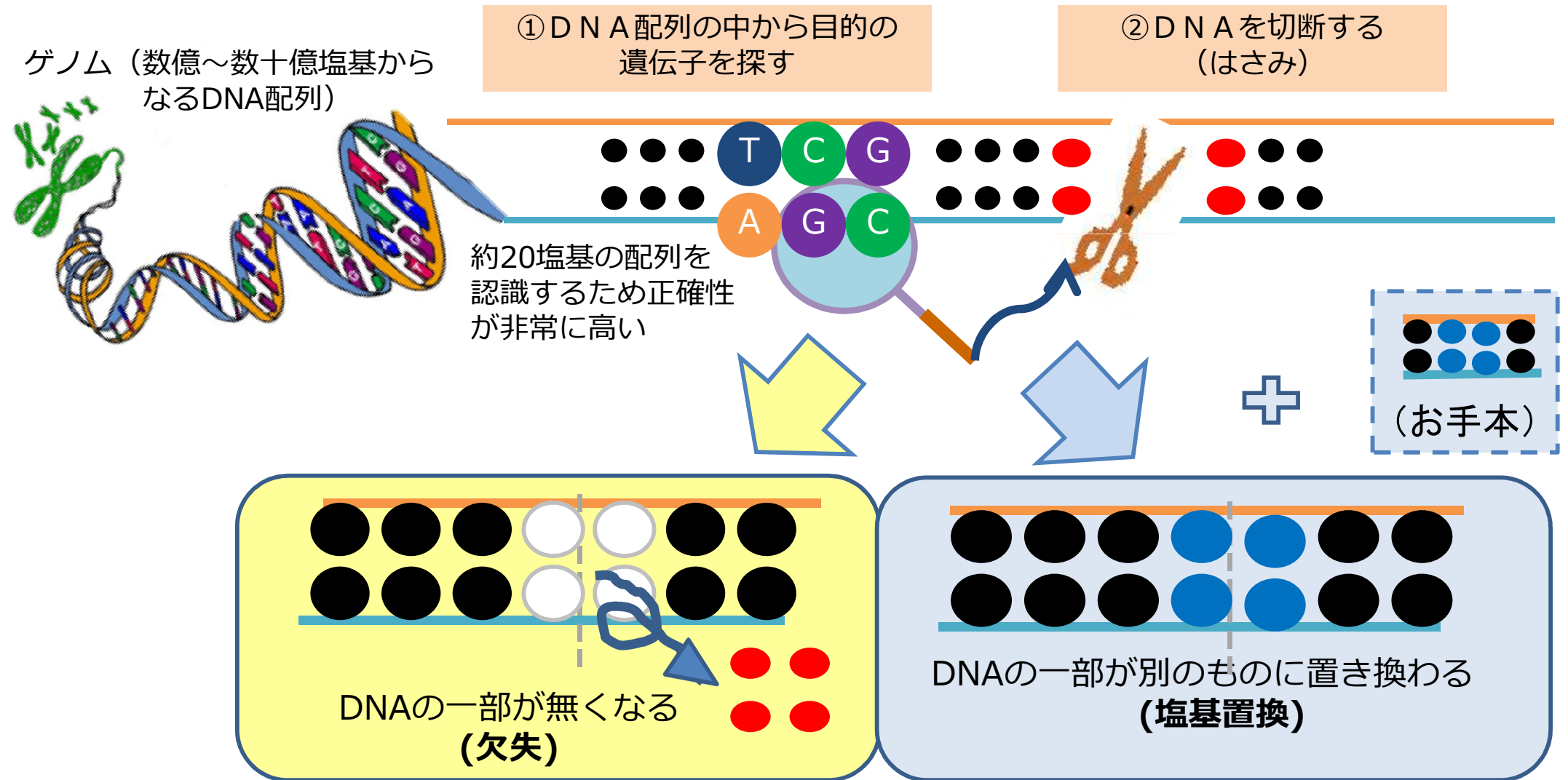
# おさらい、DNAが切れると

様々な理由でDNAが切れることは、実はよく起こっている。  
生物は切れても元通りにするが、たまに修復ミスが起こる。



# ゲノム編集技術について

- ゲノム編集技術は、CRISPR/Cas9等の「はさみ」となる酵素（タンパク質）を用いて、ゲノム上の狙った箇所を切断し、DNAに変異（欠失・置換等）を導入する技術。
- ゲノム編集で目的の遺伝子を働かなくする等により、効率的に農林水産物の特定の形質を変えることが可能。



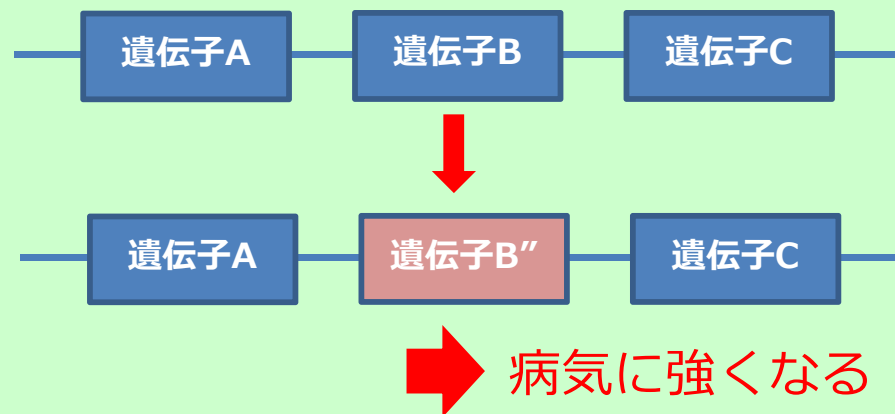
# 遺伝子組換えとゲノム編集

## ゲノム編集

その生物が本来持つ**遺伝子**を狙って  
変異を起こす。

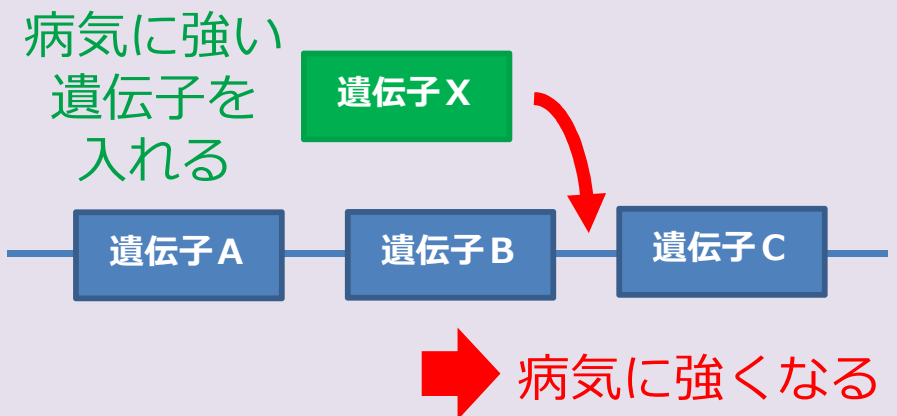
**狙った遺伝子を改変できる。**

病気の原因となる遺伝子を  
壊す、又は配列を変える




## 遺伝子組換え

他の生物の遺伝子も使える  
⇒その生物が本来持っていない  
**新しい性質を足す**ことができる。



# 人為的な突然変異(突然変異育種)とゲノム編集

|          | 突然変異育種              | ゲノム編集               |
|----------|---------------------|---------------------|
| 変異の入り方   | ランダムに変異が入る          | 狙って変異を入れる           |
| 変異する遺伝子数 | 複数 (かなり多数)          | 通常 1つ               |
| メリット     | 様々な性質の変異体が得られる      | 欲しい性質の変異体が効率よく得られる  |
| 問題点      | 欲しい性質のものが得られるとは限らない | 遺伝子の機能がわかっていないといけない |



**ゲノム編集ではもともとある遺伝子を改変**

## ◆SDN-1 SDN-2 SDN-3

部位特異的ヌクレアーゼ (SDN)

Site-Directed Nuclease

## ◆非標的変異 (オフターゲット)

## ◆導入遺伝子の除外個体 (ヌルセグリガント)

# ゲノム編集は遺伝子を狙い撃ち

場所を決める、ということ:

DNAはA,T,C,Gの4文字の並び **なので、例えば**

**GCTTACAGCCAGTCACGTCA**

という配列（20塩基）が出てくる可能性は

$$\left( \frac{1}{4} \right)^{20} = \text{約1.1兆分の1}$$



イネではATCGの文字の並びが約**4億塩基対**  
20塩基とすれば、原理的には確実に目的の  
ところだけをカット可能

# 非標的DNA変異(オフターゲット)

CRISPRなどの人工制限酵素が、本来の標的DNA配列以外の類似配列を認識して切断することによって生じるDNA変異のこと。

## 自然突然変異や人工的な変異誘導でも起こっている

農作物や  
家畜の  
品種改良

- 育種において予期せぬ変異を利用してきた歴史がある
- 目的のものが得られなければ選抜することが可能
- 育種においてオフターゲット変異は問題とならない。

ヒト  
医療

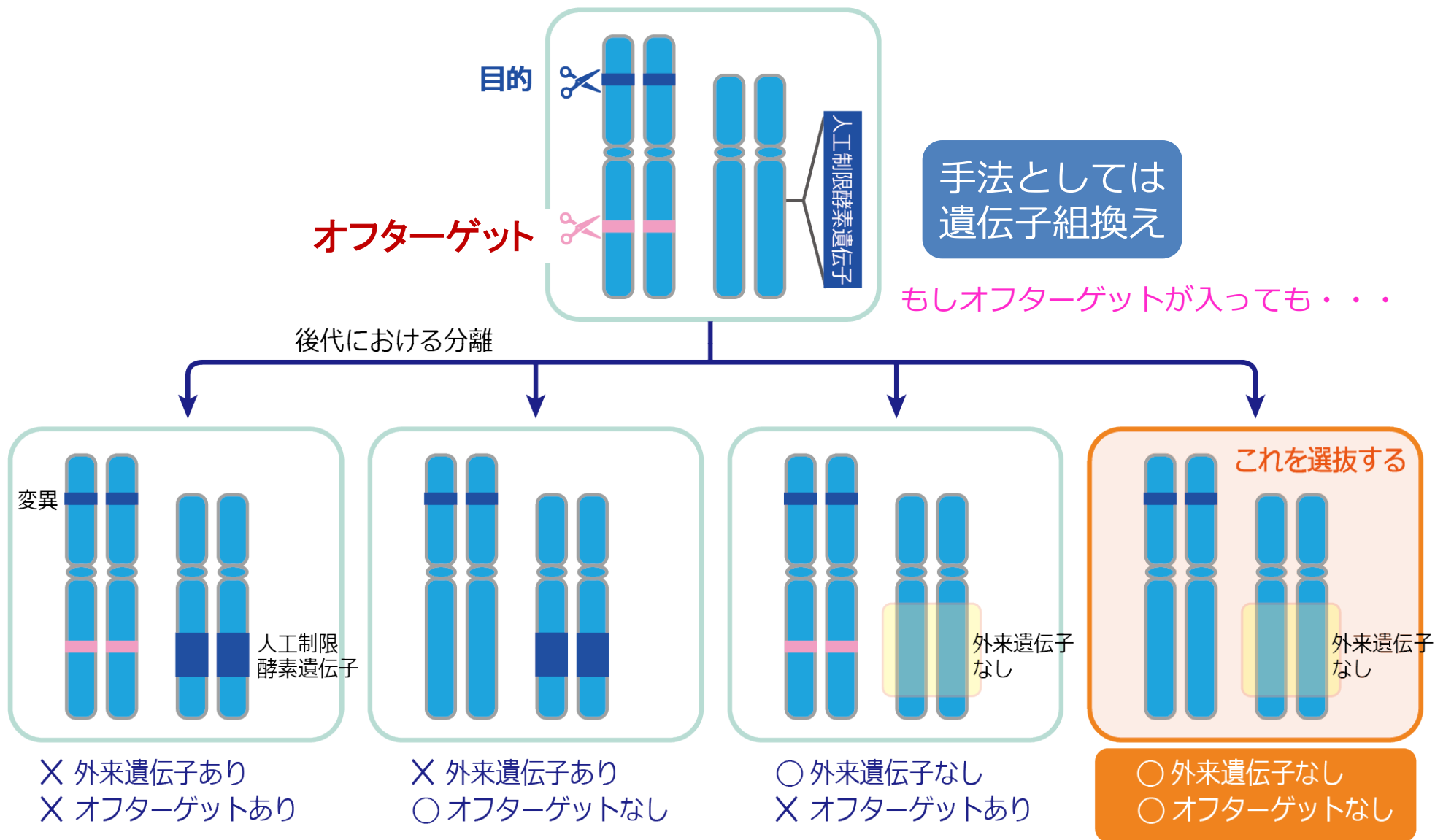
予期せぬ影響が出る可能性があり、遺伝子治療などでは起こってはいけないこと

慎重な取扱が求められる

ゲノム編集技術はオフターゲットが起きにくい技術  
世界的にもオフターゲット低減のための研究が世界中で行われている。

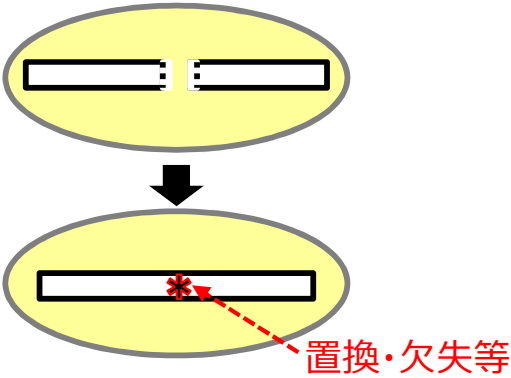
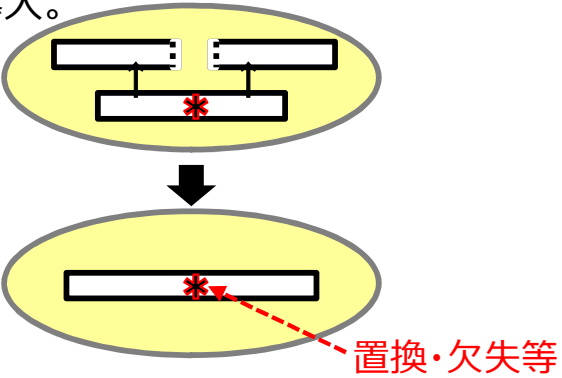
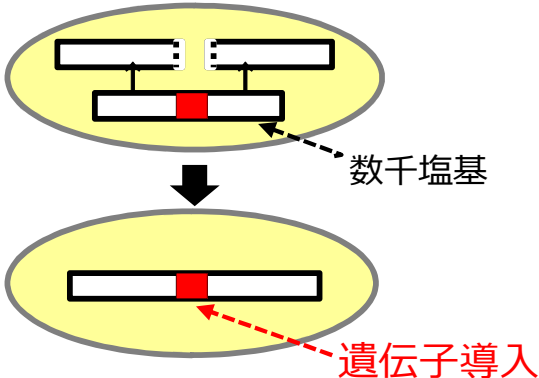
# 交配による外来遺伝子の除去

人工制限酵素をコードする**DNA**をゲノムに挿入し、ゲノム編集が達成された後代で外来遺伝子が抜けた個体を選抜する。



### 3 ゲノム編集技術の規制の状況

# ゲノム編集技術の分類

| 分類           | タイプ1 (SDN-1)   | タイプ2 (SDN-2)   | タイプ3 (SDN-3)  |
|--------------|--|--|---|
| 変異を発生させるしくみ  | <p>・お手本は導入しない。</p>  <p>置換・欠失等</p> <p>・切断されたDNAが自然修復される際に、エラーにより変異が発生。</p> | <p>・狙った箇所の配列の1～数塩基を変異させたお手本となるDNA断片を導入。</p>  <p>置換・欠失等</p> <p>・自然修復の際、導入したお手本DNA断片と同じ配列に修復される。<br/>         ・1～数塩基を置換・欠失・挿入。<br/>         ・狙った位置に、目的とする変異を精確に導入できる。</p> | <p>・狙った箇所の配列に遺伝子を組み込んだお手本となるDNA断片を導入。</p>  <p>数千塩基</p> <p>遺伝子導入</p> <p>・自然修復の際、導入したお手本遺伝子を元に複製される。<br/>         ・狙った位置に、有用遺伝子を導入できる。</p> |
| 最終品の外来DNAの有無 | ゲノムに外来DNAは残らない。  | ゲノムに導入したDNA (またはその複製物) が残る。  | ゲノムに導入した遺伝子 (またはその複製物) が残る。   |
| 自然突然変異との比較   | 自然突然変異でも起こりうる。   |  | 自然突然変異では起こらない。  |

欧州委員会共同研究センター報告書の分類を参考に作成。

# 国内におけるゲノム編集生物・食品などの取扱いについて

- ゲノム編集技術により得られた生物や食品等のカルタヘナ法及び食品衛生上の取扱いについては、外来遺伝子が残らない場合は国による承認は不要だが情報提供、届出を求めることとされた。
- また、表示については表示の義務化を行わない考え方が示された。

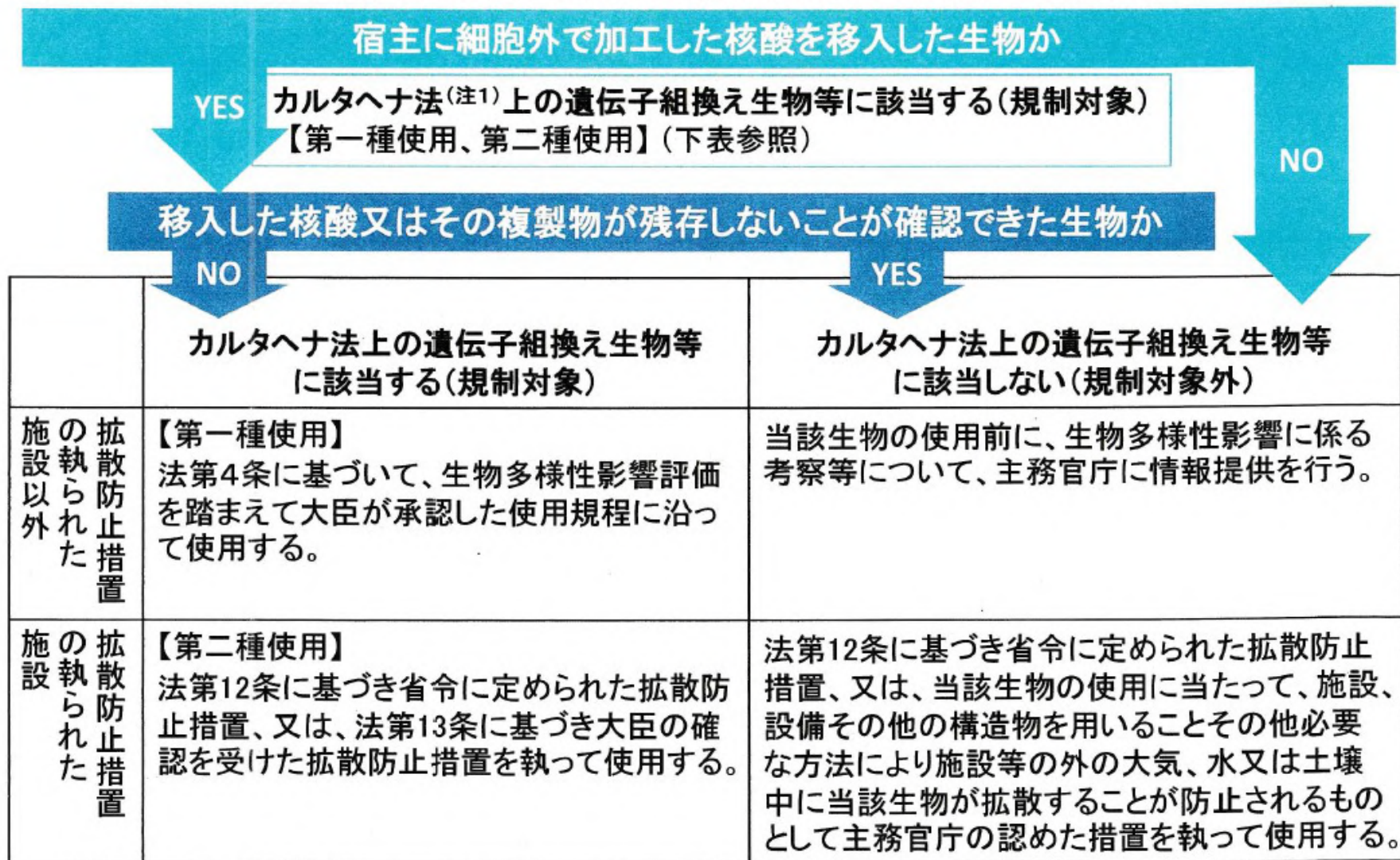
## 【検討の経緯】

| カルタヘナ法              |  | 食品衛生                |  | 食品表示        |   |
|---------------------|--|---------------------|--|-------------|---|
| <b>2018</b>         |  | <b>2018</b>         |  |             |   |
| 5月28日               | 環境省の中央環境審議会の下、ゲノム編集技術により作出された生物等のカルタヘナ法上の取扱方針について議論が開始 | 9月19日               | 厚労省の薬事・食品衛生審議会の下、ゲノム編集技術を利用して得られた食品等の食品衛生上の取扱方針について議論が開始 |             |   |
| <b>2019</b>         |  | <b>2019</b>         |  | <b>2019</b> |   |
| 1月21日               | 中央環境審議会自然環境部会に報告                                       |                     |  |             |   |
| 2月8日                | 環境省自然環境局長より関係省庁へ通知(カルタヘナ法上の取扱方針が決定)                    | 3月28日               | 薬事・食品衛生審議会に報告(食品衛生上の取扱方針が決定)                             |             |   |
| 6月28日<br>～<br>7月29日 | 農林水産分野における情報提供等の具体的な手続き案のパブコメ(農水省)                     | 6月27日<br>～<br>7月26日 | ゲノム編集技術応用食品等の食品衛生上の取扱要領案及び届出に係る留意事項案のパブコメ                | 5月～         | 消費者庁の食品表示部会の下、ゲノム編集技術を利用して得られた食品等の食品表示について議論が開始 |
| 10月9日               | 農林水産分野における情報提供の開始                                      | 9月19日               | ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領の通知                           | 9月19日       | ゲノム編集技術応用食品の表示に係る考え方の公表                         |
|                     |  | 10月1日               | 届出制度の運用開始  |             |   |

・カルタヘナ法とは：「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」の通称。  
 遺伝子組換え生物等を使用等する際の規制措置を講じることで、生物多様性への悪影響の未然防止等を図ることを目的としている。

# 環境省における方針（カルタヘナ法上の整理）

## ゲノム編集技術の利用により得られた生物のカルタヘナ法上の整理 及び取扱方針



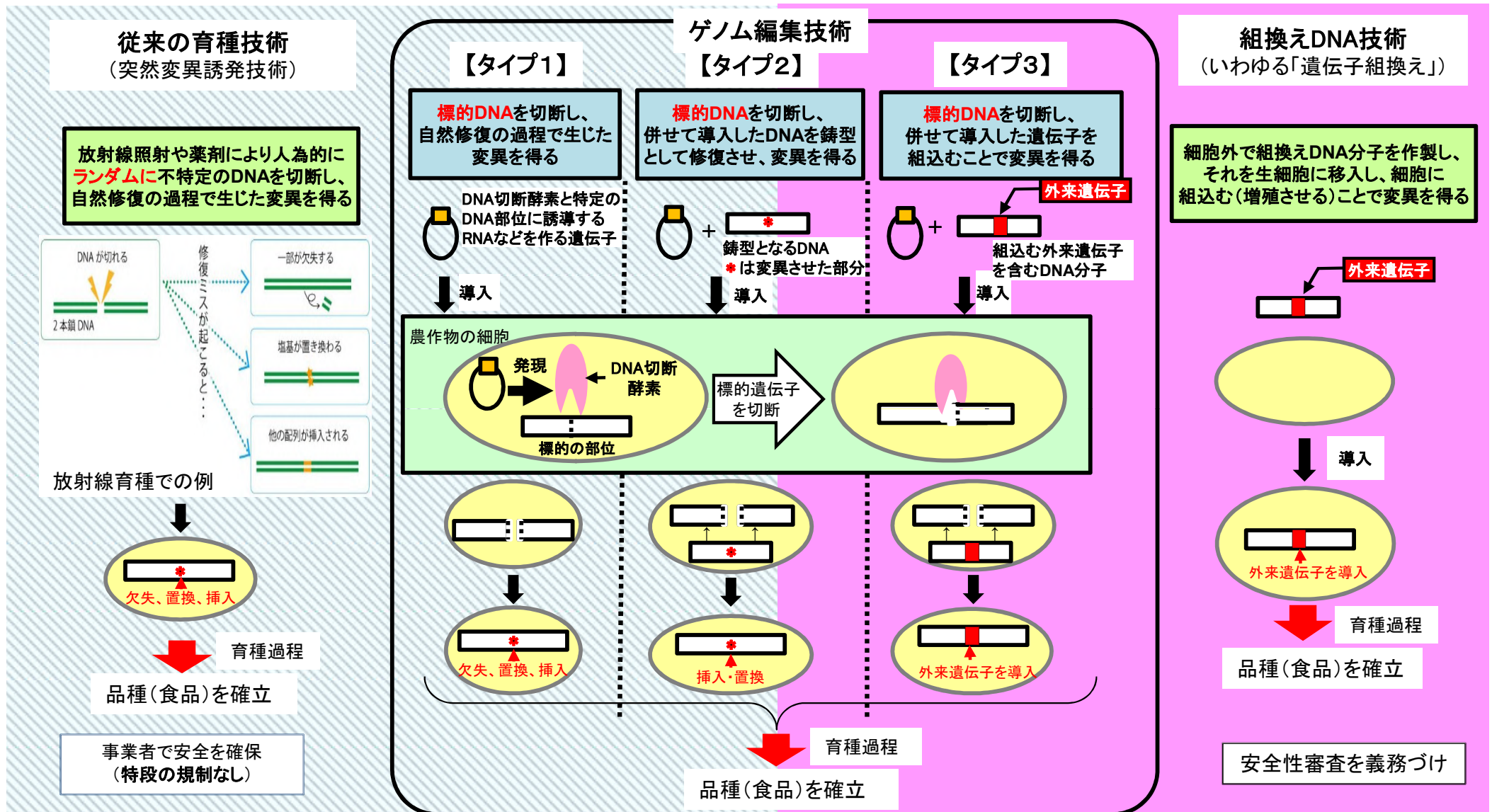
(注1) 遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律(平成15年法律第97号)

(注2) 宿主と同一の分類学上の種に属する生物の核酸のみを用いた場合(いわゆるセルフクローニング)、自然条件において宿主の属する分類学上の種との間で核酸を交換する種に属する生物(ウイルス及びウイロイドを含む)の核酸のみを用いた場合(いわゆるナチュラルオカレンス)については、施行規則第2条第1号(イ、ロ)及び第2号に該当するため、「遺伝子組換え生物等」に該当しない(本取扱方針の対象外)。

出典: 環境省 中央環境審議会 自然環境部会 遺伝子組換え生物等専門委員会 (平成30年度第2回決定)

# 厚生労働省における方針（食品衛生法上の整理）

（注）この概念図は、各タイプの代表となるケースとその取扱いを示したものであることに留意が必要。



ゲノム編集技術応用食品等の取扱い

届出

安全性審査

# ゲノム編集技術を応用し開発された商品の規制状況について

|      | 日本   | 米国   | 欧州   |
|------|--|--|--|
| 規制状況 | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 環境影響および食品安全における議論では、<b>移入した核酸が残存しない場合、自然に起こる突然変異や従来の品種改良との区別ができない</b>とされた。</li><li>・ 上記に該当する商品については、<b>主務官庁への届出（情報提供）</b>が求められている。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 農務省がゲノム編集を応用して開発された農作物の栽培を規制しない方針を出している。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 司法裁判所により、遺伝子組換え生物に関する現行規制の対象と判断された。</li><li>・ 欧州委員会や加盟国が、この判断に対してどう実行するかを議論している。</li></ul> |

## 4 ゲノム編集技術による品種開発の状況

# 国内におけるゲノム編集技術を利用した研究開発の状況

海外市場の開拓等をめざし、①**輸送性（日持ち性）**に優れた品種や、②**省力栽培（無受粉）**が可能な品種、③**機能性等に優れた**トマト品種を開発中。

## 突然変異体から有用遺伝子特定

①高日持ち性



上：通常 下：日持ち性関与遺伝子変異

②無受粉でも結実



左：通常品種 右：単為結実遺伝子変異

③高糖度



高糖度系統（糖度10%）

## ゲノム編集トマトの作出

高日持ち性トマト



通常品種



ゲノム編集個体

単為結実性トマト



GABA高蓄積トマト



国内における需要創出、海外輸出

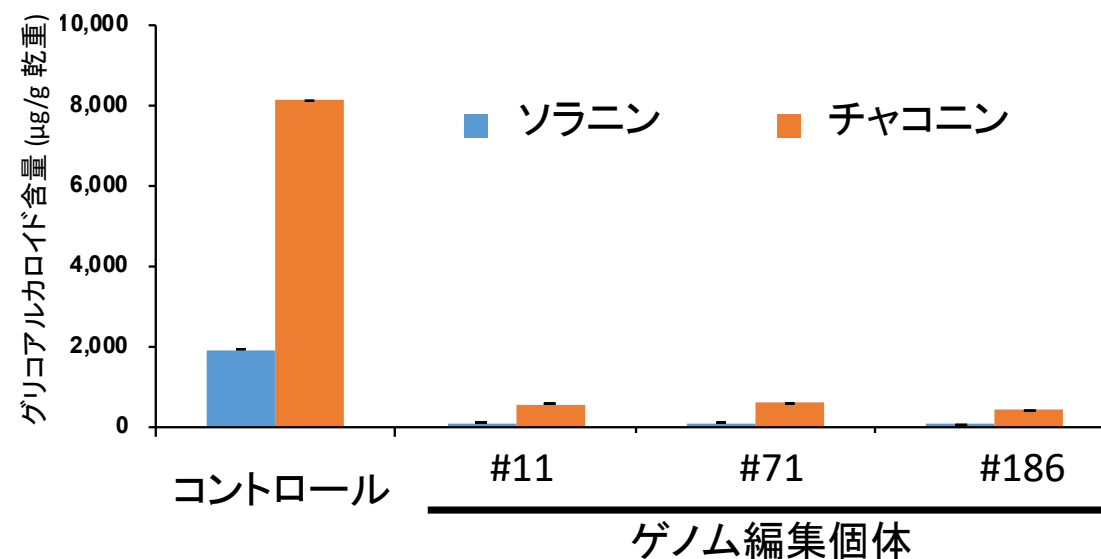
# ゲノム編集技術を応用し開発している新品種

天然毒素（ソラニン、チャコニン等）の生合成に関与する遺伝子を働かなくさせることで、天然毒素が大幅に低減したジャガイモを開発。

## ゲノム編集ジャガイモの作出（毒素除去）



ソラニン、チャコニンは、ジャガイモの芽や緑化組織に溜まる毒素で、毎年健康被害が報告されている。



ゲノム編集により標的遺伝子がすべて破壊されたジャガイモ (#11, #71, #186)では、天然毒素の量が激減。

(Yasumoto et al. (2019) *Plant Biotechnol*)

新規需要創出、海外輸出

# ゲノム編集技術を応用し開発している新品種

スギの花粉を作る遺伝子を働かなくさせることで、**花粉ができない「無花粉スギ」**を技術開発中。

## ゲノム編集無花粉スギの作出

多様で健全な森林を作るため、良い性質を持った色々な無花粉スギが将来的に必要。



飛散するスギ花粉

スギの雄花

雄花拡大写真

ゲノム編集無花粉スギ

普通のスギ



花粉発生源対策・スギ国産材の利用促進に貢献

# ゲノム編集技術を応用し開発している新品種

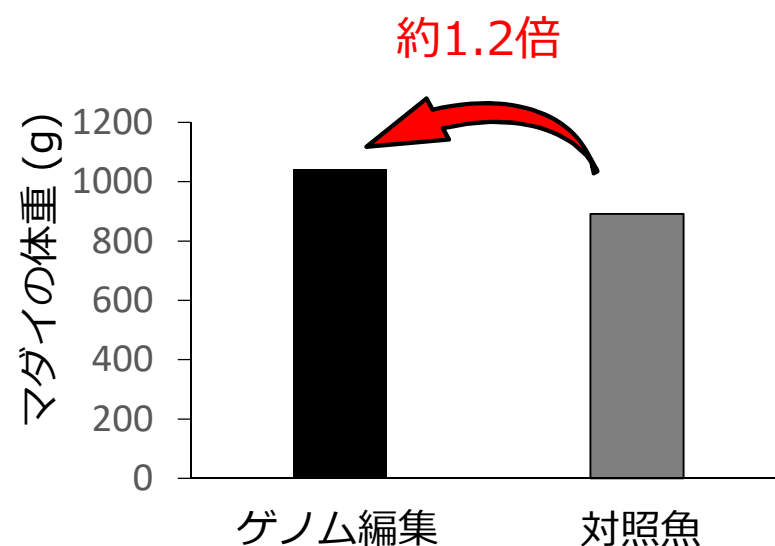
筋肉の成長を抑制する遺伝子（ミオスタチン）を働かなくさせることで、**可食部が2割増加した「肉厚マダイ」**の開発。

## ゲノム編集マダイの作出

○ゲノム編集マダイは通常のマダイに比べ、筋肉量が多い



上：ゲノム編集マダイ 下：通常のマダイ

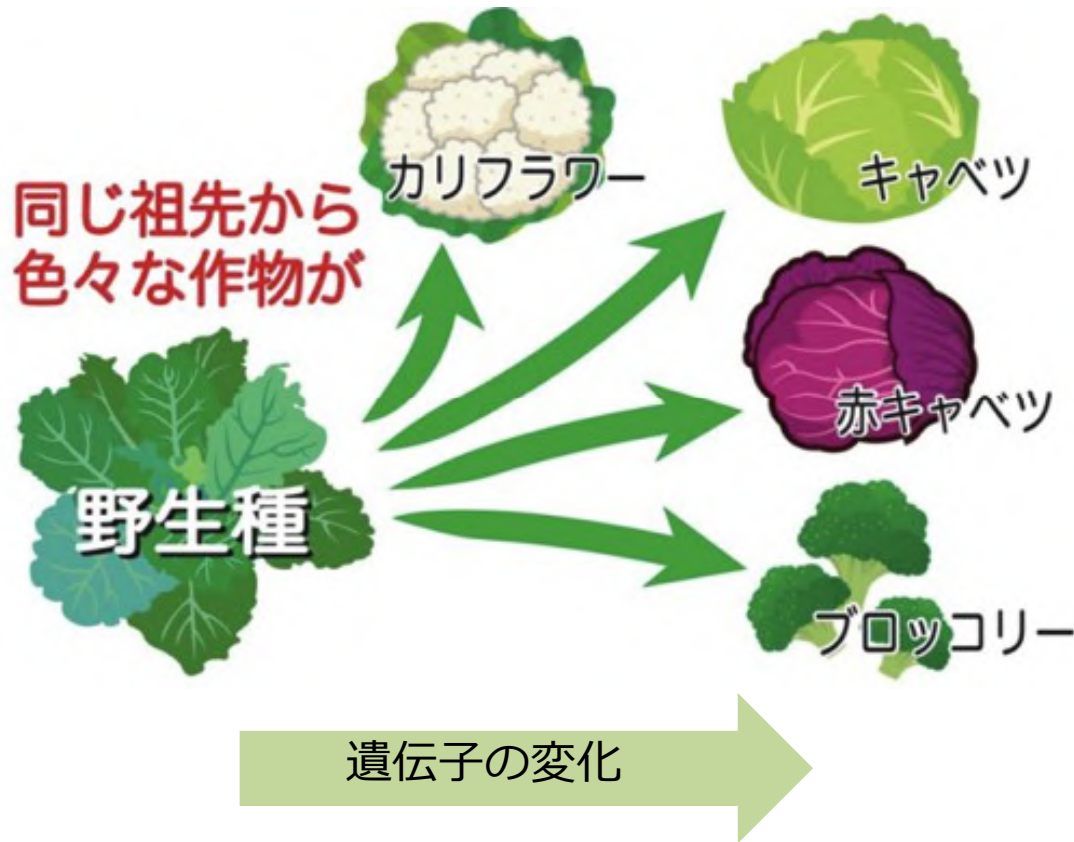


生産性の飛躍的向上

# 今日のまとめ

# 農作物の品種改良

野生の植物を栽培できるようにしたり、色々な目的に合わせた品種を作ったりする品種改良では、遺伝子の変化によって植物の性質が変化することを利用。



## ■ 野生種と栽培種の違い

|        | 野生種 | 栽培種 |
|--------|-----|-----|
| イネ     |     |     |
| ダイズ    |     |     |
| トウモロコシ |     |     |

遺伝子の変化

**私たちが普段食べている農作物は、昔からそのような見た目や味であったわけではない**

# いろいろな品種改良

## 交雑育種法



味は良いが  
病気に弱い

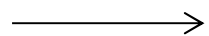
交配

×



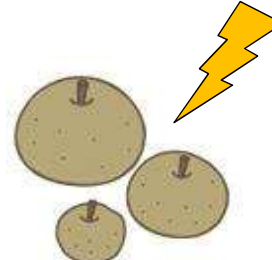
味は悪いが  
病気に強い

選抜・交配を  
繰り返す



味が良く  
病気に強い

## 突然変異



二十世紀  
(ナシ黒斑病)

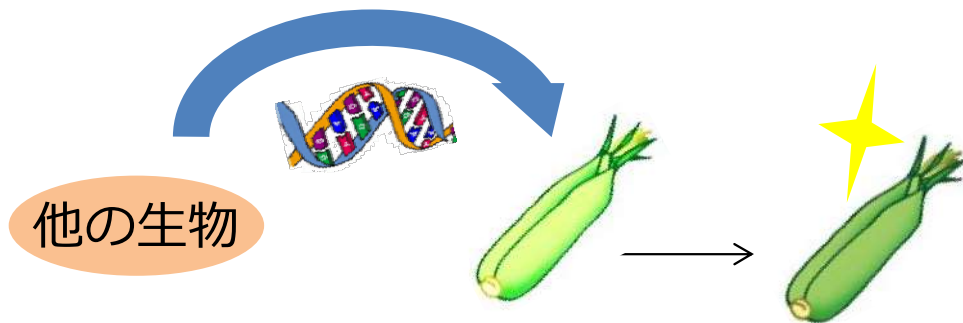
ガンマ線照射や  
薬剤浸漬

突然変異を誘発



ゴールド二十世紀  
(黒斑病抵抗性)

## 遺伝子組換え



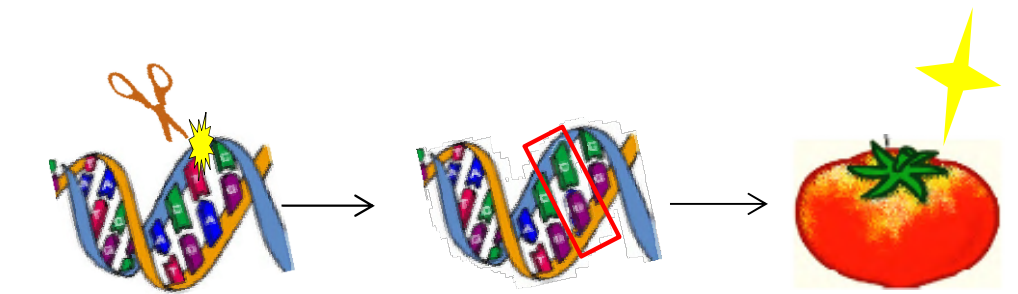
他の生物

害虫に強くなる  
遺伝子を他の生物  
から取り出す

害虫に弱い  
味の良い作物に  
入れる

害虫に強くて  
味が良い  
作物

## ゲノム編集



はさみタンパク質で  
狙った遺伝子を  
切断する

修復される時に、  
遺伝子が  
変異する

目的の作物を  
効率的に作出可能

# ゲノム編集技術等に関する情報

- 農林水産省 遺伝子組換え技術の情報サイト  
<http://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/GM1.htm>
- 農林水産省 ゲノム編集技術等の新たな育種技術(NPBT)  
<http://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/NPBT1.htm>
- 農林水産省 生物多様性と遺伝子組換え  
[http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/carta/seibutsu\\_tayousei.html](http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/carta/seibutsu_tayousei.html)
- 農林水産省 ゲノム編集技術の利用により得られた生物の情報提供の手続  
[https://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/carta/tetuduki/nbt\\_tetuzuki.html](https://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/carta/tetuduki/nbt_tetuzuki.html)
- 農林水産省 農林水産研究イノベーション戦略2020  
<https://www.affrc.maff.go.jp/docs/press/200527.html>
- 内閣府食品安全委員会 (食品健康影響評価 (リスク評価))  
<http://www.fsc.go.jp/hyouka/index.html>
- 厚生労働省 遺伝子組換え食品  
[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/shokuhin/bio/identshi/index.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/bio/identshi/index.html)
- 厚生労働省 ゲノム編集技術応用食品及び添加物食品衛生上の取扱要領  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000549423.pdf>
- 消費者庁 食品表示基準Q&A (別添 遺伝子組換え食品に関する事項)  
[https://www.caa.go.jp/policies/policy/food\\_labeling/food\\_labeling\\_act/pdf/food\\_labeling\\_act\\_190507\\_0006.pdf](https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_labeling_act/pdf/food_labeling_act_190507_0006.pdf)
- 消費者庁 食品表示基準Q&A (別添 ゲノム編集技術応用食品に関する事項)  
[https://www.caa.go.jp/policies/policy/food\\_labeling/food\\_labeling\\_act/pdf/food\\_labeling\\_act\\_190919\\_0011.pdf](https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_labeling_act/pdf/food_labeling_act_190919_0011.pdf)
- 環境省 バイオセーフティークリアリングハウス  
<http://www.biodic.go.jp/bch/>
- 環境省 ゲノム編集技術の利用により得られた生物であってカルタヘナ法に規定された「遺伝子組換え生物等」に該当しない生物の取扱いについて  
<https://www.env.go.jp/press/106439.html>
- 文部科学省 研究段階におけるゲノム編集技術の利用により得られた生物の使用等に係る留意事項について  
<https://www.lifescience.mext.go.jp/files/pdf/n2189.pdf>