

令和3年12月24日  
 令和3年度(2021年度)北海道食の安全・安心委員会  
 遺伝子組換え作物交雑等防止部会

# ゲノム編集技術をめぐる国内外の情勢

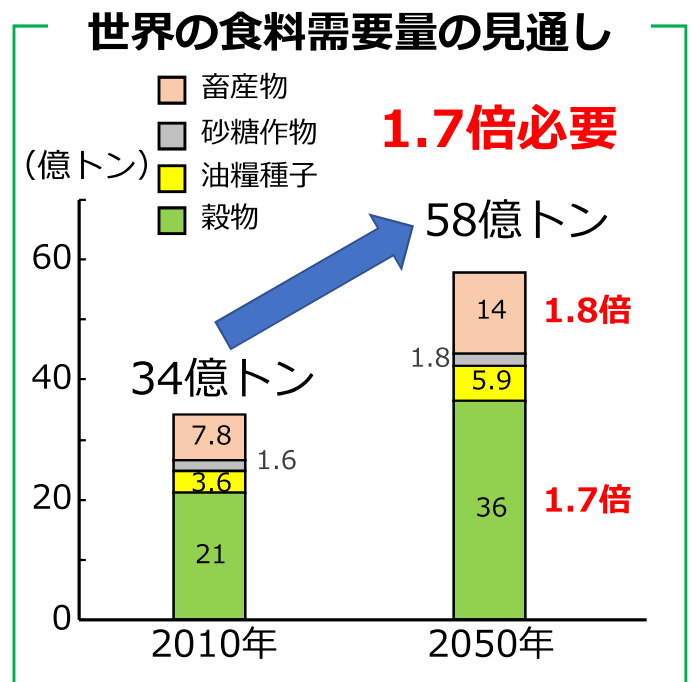
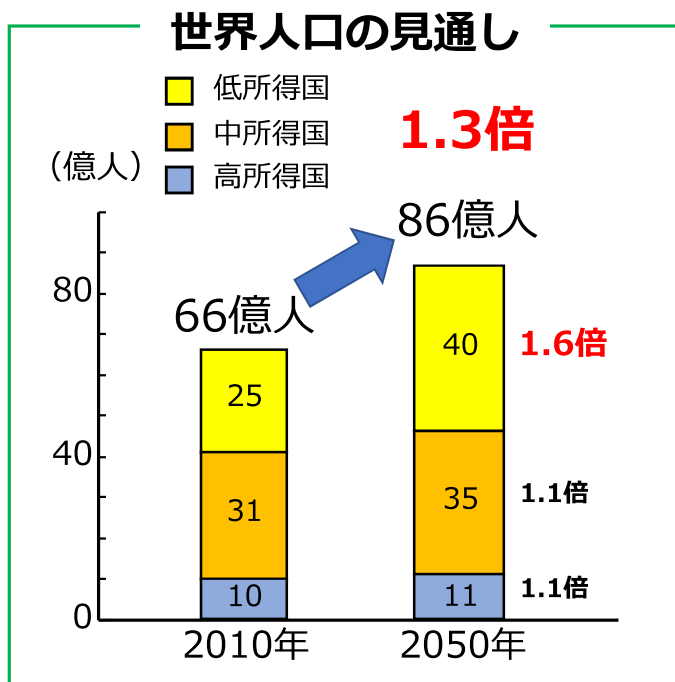
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
 企画戦略本部 新技術対策課 ELSIチーム  
 高原 学

NARO

※ 農研機構（のうけんきこう）は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。

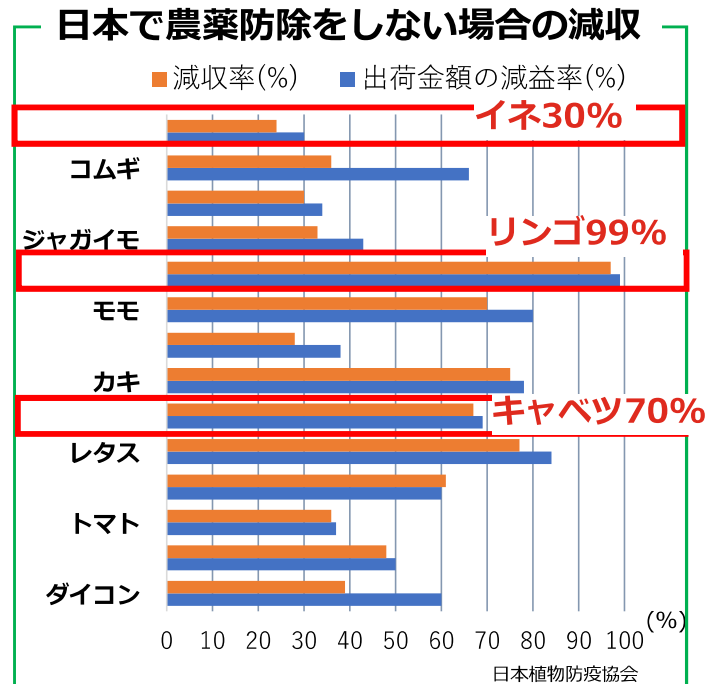
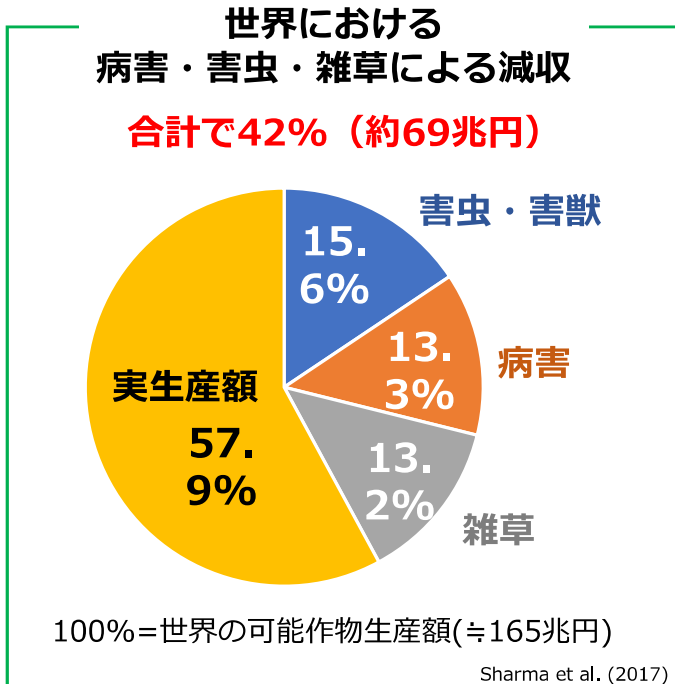
## 社会背景：2050年の世界の食料需要量の見通し 農研機構 NARO

- 2050年の**世界人口**の見通しは、**2010年比の1.3倍**。
- 2050年の**世界の食料需要量**の見通しは、中所得国等の経済発展（食肉需要の増加等）も相まって、**2010年比1.7倍**。



令和元年9月 農林水産省大臣官房政策課食料安全保障室資料を引用し改変

- 世界の食料総生産の**42%**が**病害・虫害・雑草**により損失。
- 日本では防除しないと**30%**（水稻）～**99%**（りんご）が損失。  
→ 食料生産には**病害虫・雑草防除が不可欠**。



2

## 画期的な育種法が求められている！

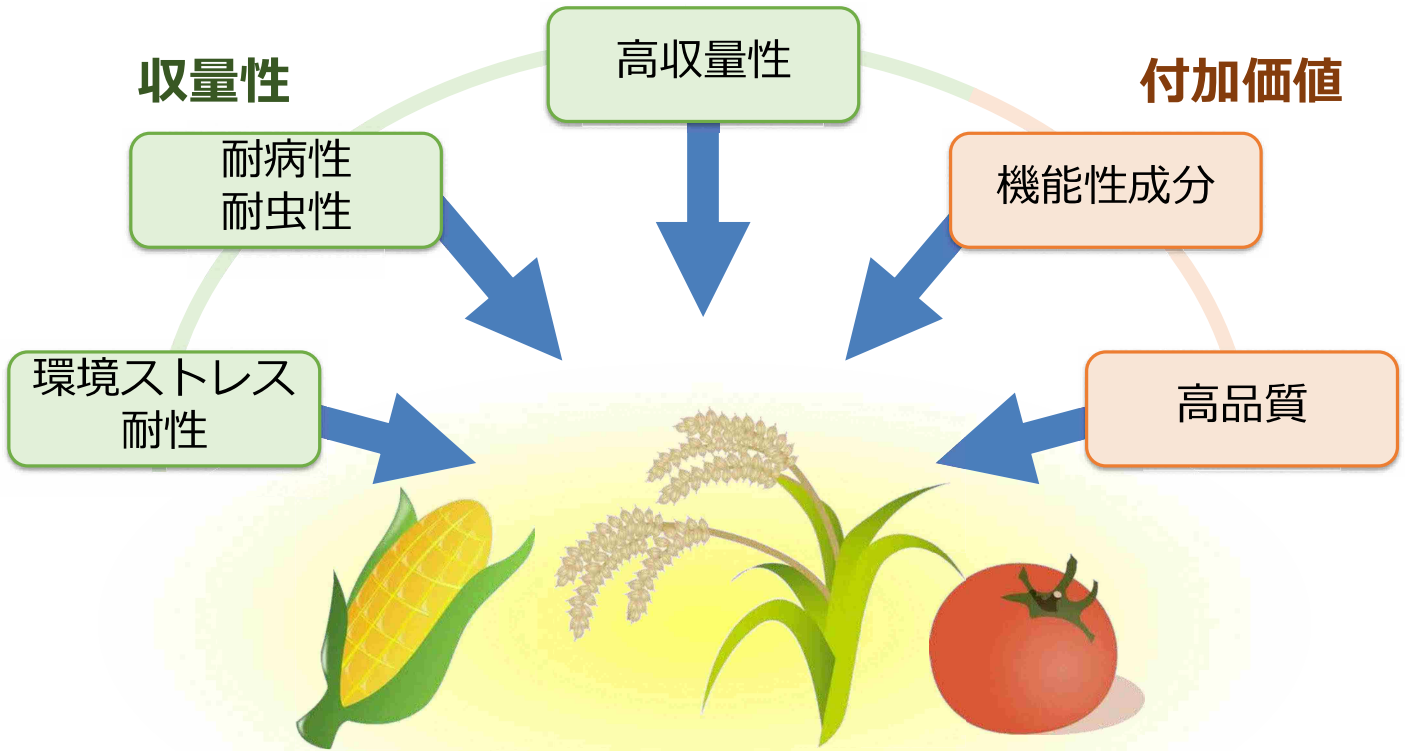
- 病害虫・雑草や環境ストレスに打ち勝ち、食料の安全保障を実現するためには…

**この現状を打ち破るには  
これまでの技術を超える  
破壊的イノベーションによる  
画期的な育種法が必須!!!**



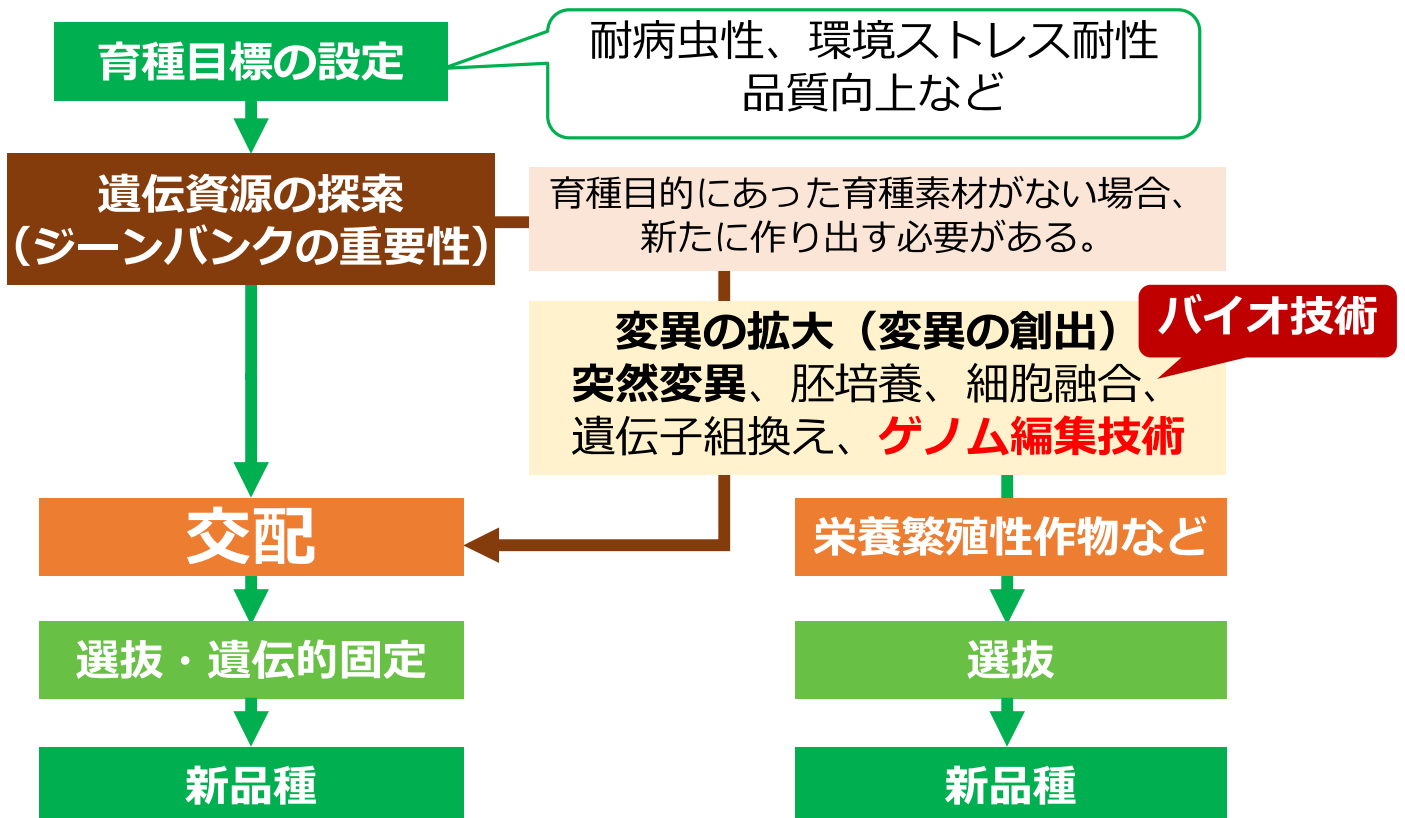
**「スーパー農作物」の創出**

3



作物が持っていない性質を加えて改良すること

4



5

人類は自然に発生した**突然変異を品種改良**に使ってきました

脱粒性を制御する遺伝子の**1つの塩基の置換**

受粉しなくても実が大きくなる**単為結果**を制御する遺伝子\*の**約5,000塩基の変異** (4,558塩基が欠失・227塩基が重複)



日本晴 **ATTTC**A  
カサラス **ATTG**CA

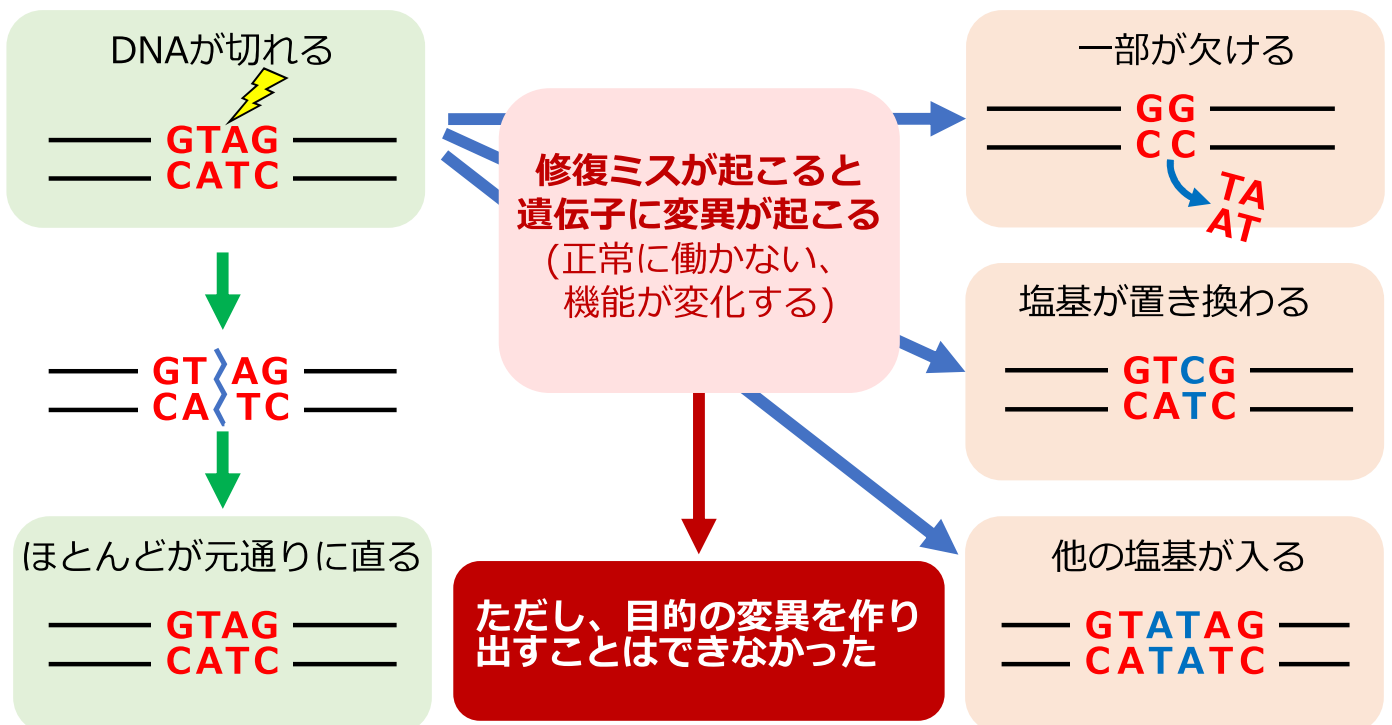


写真：タキイ種苗株式会社より

**突然変異体** 受粉しなくても実が大きくなる  
**普通のナスの品種** 受粉しないと実が大きくなる  
(\*植物ホルモンの合成に関わる遺伝子)

## 自然界で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、よく起こっている。
- DNAが切れても元通りに修復されるが、時々**修復ミス**が起こる。



- CRISPR/Cas9
  - ・もともとは原核生物の獲得免疫システム

2012年 ゲノム編集手法を開発



<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/> より引用

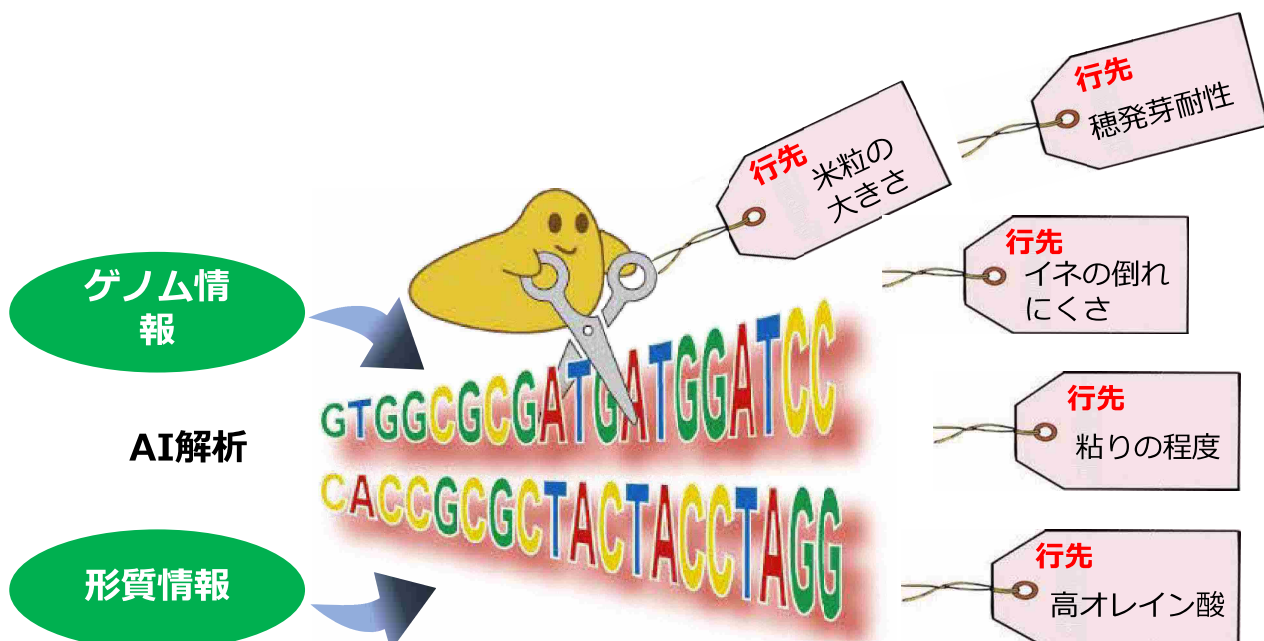
シャルパンティエ博士  
ドイツ マックスプランク研

ダウドナ博士  
米国 カルフォルニア大

8

## 精緻に変異を導入できるゲノム編集技術

- ゲノム編集は生物の遺伝情報を改変する技術
- 狙ったところに変異を導入することが可能

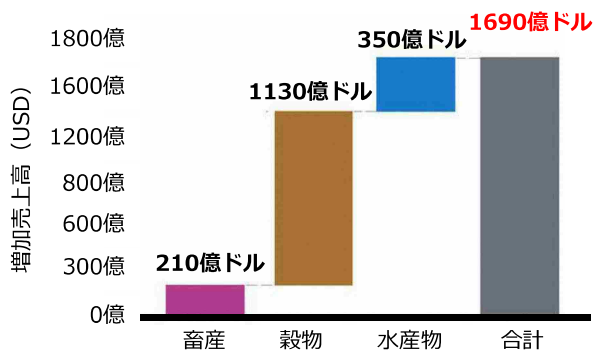


9

- ゲノム編集技術の活用により、2025年までに世界の**農業市場（農畜水産物）は約1,700億ドル（約17.5兆円）**拡大すると予測。
- 国内でもゲノム編集作物の開発が進展。ゲノム編集を利用した農林水産物・食品等の取扱いについては、農林水産省及び厚生労働省が2019年9 - 10月に整理・公表。

## 農業市場への影響

- CRISPR/Cas9は2025年までに
  - ・世界の農業市場を約1,700億ドル（約17.5兆円）拡大
  - ・予想される世界人口増加分、**8億人分の食料供給に貢献**



出典：ARK Investment Management LLC 2018  
1ドル=103.2円で計算

## 海外の開発動向



Calyx社HP <https://calyxt.com/our-products/>より引用

- 高オレイン酸ダイズ
  - ・2019年第1四半期に商品化



Pioneer社HP <https://www.pioneer.com/us/agronomy/crispr-cas.html>より引用

- ワキシコーン（もち性トウモロコシ）
  - ・アミロペクチンの割合が100%に近いコーン
  - ・商品化を予定

この他に、コムギ、マッシュルーム、ウシ、魚（ティラピア）等で研究・開発が進行中

10

## 国内での開発事例 ① 農業分野での実用化

- これまでに、産業利用を行うために所管省庁へ届出/情報提供が行われた農林水産物は、**GABA高蓄積トマト・肉厚マダイ・高成長トラフグの3件**。
- これら3件はいずれも、カルタヘナ法（農林水産省）・食品衛生法（厚生労働省）・飼料安全法（農林水産省）の全てについて届出/情報提供を実施。
- 各省のHPにて、届出/情報提供された情報を公開。

### 1) GABA高蓄積トマト



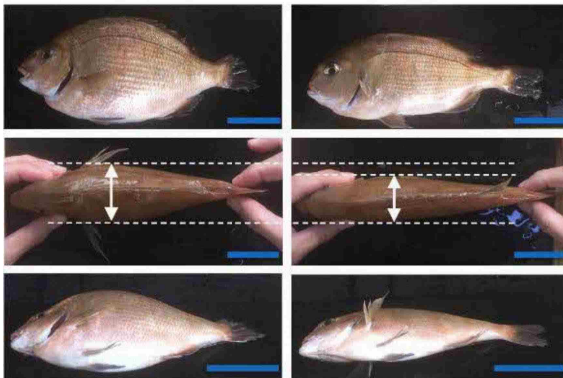
- 筑波大学が開発。GABA生合成酵素GADのC末側を取り除くことにより、酵素活性が向上。
- 2020年12月、サナテックシード株式会社から所管省庁へ届出/情報提供。わが国で届出/情報提供された初の作物。
- 2021年5月より家庭菜園向けの苗の提供、9月より青果の販売を開始。

参考・出典：サナテックシード社HP <https://sanatech-seed.com/ja/> 11

## 2) 肉厚マダイ

ミオスタチン欠損マダイ

通常マダイ



肉厚マダイのブランド名「22世紀鯛」のマーク

- 京大・近畿大が開発。可食部が約2割増加。
- 2021年9月、リージョナルフィッシュ株式会社から届出/情報提供
- クラウドファンディングを活用して販売。

## 3) 高成長トラフグ



- 京大・水研機構が開発。出荷までの期間短縮、大型化。
- 2021年10月、リージョナルフィッシュ株式会社から届出/情報提供
- クラウドファンディングを活用して販売。

参考・出典：リージョナルフィッシュ社HP <https://regional.fish/>

12

# 国内での開発事例 ③ 研究開発の進展

➤ これまでに、**研究目的の野外栽培**を行うために文部科学省へ情報提供が行われた作物は、**天然毒素低減ジャガイモ・フロリゲン編集イネ・穂発芽耐性コムギ**の3件。

※これらはまだ研究開発の段階であり、直ちに商業利用が進むわけではない。

## 1) 天然毒素低減ジャガイモ (理研・大阪大学・農研機構)



- 食中毒の原因となるジャガイモの**天然毒素を大幅に減らしたジャガイモ**系統を作出。
- 2021年4月、理研から文部科学省へ情報提供。同月より、農研機構(つくば)で野外栽培試験を開始(春作・秋作)。

参考・出典：文科省HP <https://www.lifescience.mext.go.jp/bioethics/anzen.html#kumikae>  
農研機構HP [https://www.naro.go.jp/project/research\\_activities/laboratory/nias/139261.html](https://www.naro.go.jp/project/research_activities/laboratory/nias/139261.html)

## 2) フロリゲン遺伝子をゲノム編集したイネ (東大)

- イネの2つの**フロリゲン(花芽の形成に関わるホルモン)**遺伝子にゲノム編集で変異を導入。
- 2021年6月、東大から文部科学省への情報提供。

※栽培試験の実施状況については未公表。

参考・出典：文科省HP (同上)

13

### 3) 穂発芽耐性コムギ



ゲノム編集による穂発芽耐性コムギ (左)

霧吹きにより雨濡れ状態を再現した試験  
(処理開始後12日目)

ゲノム編集したコムギ (左) では穂発芽が起こりにくい。

- **穂発芽**とは？ …麦類などで、収穫期に雨に濡れると穂についた状態のまま発芽が起こること。品質が劣化し、大きな経済的損害につながる。
- **収穫期に雨に濡れても穂発芽しにくいコムギ系統**をゲノム編集により作出。
- 2021年9月、農研機構から文部科学省へ情報提供。
- 同年11月より、農研機構 (つくば) と岡山大で栽培試験を開始。

参考・出典：文科省HP (前出に同じ)

農研機構HP [https://www.naro.go.jp/project/research\\_activities/laboratory/nics/143925.html](https://www.naro.go.jp/project/research_activities/laboratory/nics/143925.html)

※以上の他、工業分野での産業利用として、2021年9月、株式会社ユーグレナがβグルカン合成酵素をゲノム編集したユーグレナ (ミドリムシ) を経済産業省へ情報提供。

14

### 農林水産物でのゲノム編集利用に関する国内での研究例 (前述以外)

- トマト：単為結果性 (受粉しなくても果実を形成) (Ueta et al., 2017)、高糖度 (Kawaguchi et al, 2021)、高日持ち性 (Ito et al, 2015)
- オオムギ：穂発芽耐性 (Hisano et al., 2021)
- リンゴ：変異導入に成功 (Nishitani et al., 2016)
- ブドウ：変異導入に成功 (Nakajima et al., 2017)
- キク：変異導入に成功 (Kishi-Kaboshi et al., 2017)、雄性不稔 (花粉を作らない) (Shinoyama et al., 2020)
- リンドウ：新しい花色 (Tasaki et al., 2019)
- ニワトリ：オボムコイド (卵白の主要なアレルギー) を欠失 (Oishi et al., 2016)
- スギ：変異導入に成功 (Nanasato et al., 2021) →無花粉スギの開発へ
- マグロ：養殖に適したおとなしいマグロ (Higuchi et al., 2019)

15