研修2, 3, 4資料③

東京農工大学遺伝子実験施設
第23回「学校教員のための遺伝子組換え実験教育研修会」

# 遺伝子リテラシー教育と米国の教育教材

2024年7月25-26日

おおとう　みちえい
大藤 道衛

トピックス

**1. 遺伝子/ゲノムリテラシー教育**

2. 米国高等学校での遺伝子教育と教育教材

3. ゲノム編集トマト（参考：モニター栽培）

# 遺伝子リテラシー教育

・遺伝子（gene）、遺伝(heredity）の違い
・遺伝子は、タンパク質設計図
・個人遺伝情報とはDNAの塩基配列
・遺伝子は化学物質、その配列は情報
　ゲノム科学⇒情報科学
　個人遺伝情報⇒保護されるべき情報
・バイオ技術がもつベネフィットとリスク

## 実験や体験を通じて学ぶ生命科学教育

生命科学→実験に基づいた科学
仮説を立てて実験（対照との比較）で検証

# 遺伝子/ゲノムリテラシー教育と
# Public understanding（市民の理解）

生命科学・バイオに関する記事や情報が溢れている。
ゲノム医療、DTC（消費者直結型）遺伝子検査、GM作物ゲノム編集作物など生命科学は、たいへん身近になっている。

「知らないため、解らないため起こる無用な不安」

・生命科学やバイオ技術を知ることで、情報を取捨選択し
医療や食品選択の意思決定の基となる教養

**意思決定：科学的根拠/*感覚的根拠**
*情動的、感情的、emotional

# 遺伝子組換え食品に関する消費者意向調査の概要

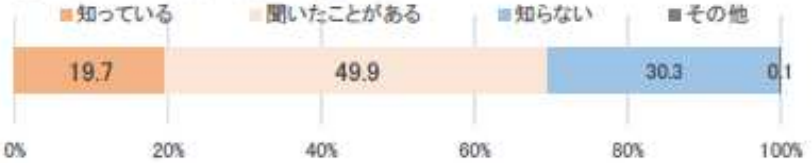
## 調査概要

**目的**：消費者の遺伝子組換え食品やその表示に関する意識を把握するため、ウェブでのアンケート調査を実施。
**期間**：平成28年12月12日～平成29年1月4日、**委託先**：株式会社イデア・プロジェット、**回答者**：10,648名（男性：5,296名、女性：5,352名）

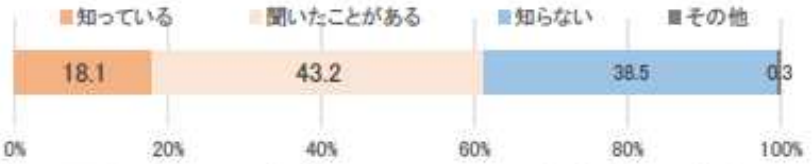
## 不安感

- 「組換えDNA技術」に関する認知度は7割、「安全性審査」に関する認知度は6割

【組換えDNA技術の認知度】

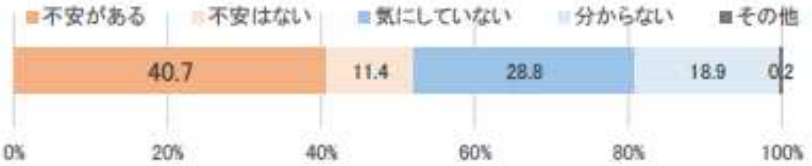



【安全性審査の認知度】




- 遺伝子組換え食品に不安があるかについては、「不安がある」が4割

【遺伝子組換え食品に対する不安感】



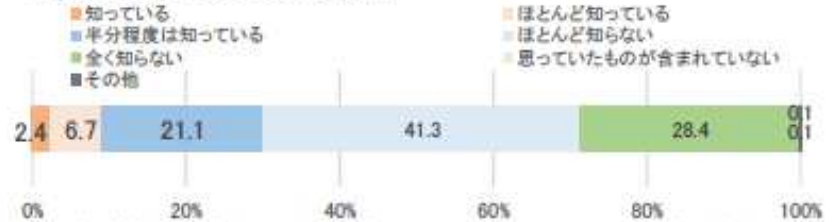

- 遺伝子組換え食品について「不安がある」、「不安はない」と回答した者のうち、8割以上は遺伝子組換え食品を忌避

【遺伝子組換え食品の忌避状況】

## 対象品目

- 表示義務対象品目に関する認知度は、「半分程度は知っている」を含め3割

【表示義務対象品目の認識度】




- DNA等が検出できない品目を表示不要としていることに関する認知度は、3割

【表示不要品目の認知度】

- DNA等が検出できない品目を表示不要としていることについては、「表示すべき」が3割

【表示不要の妥当性】

## 主な原材料

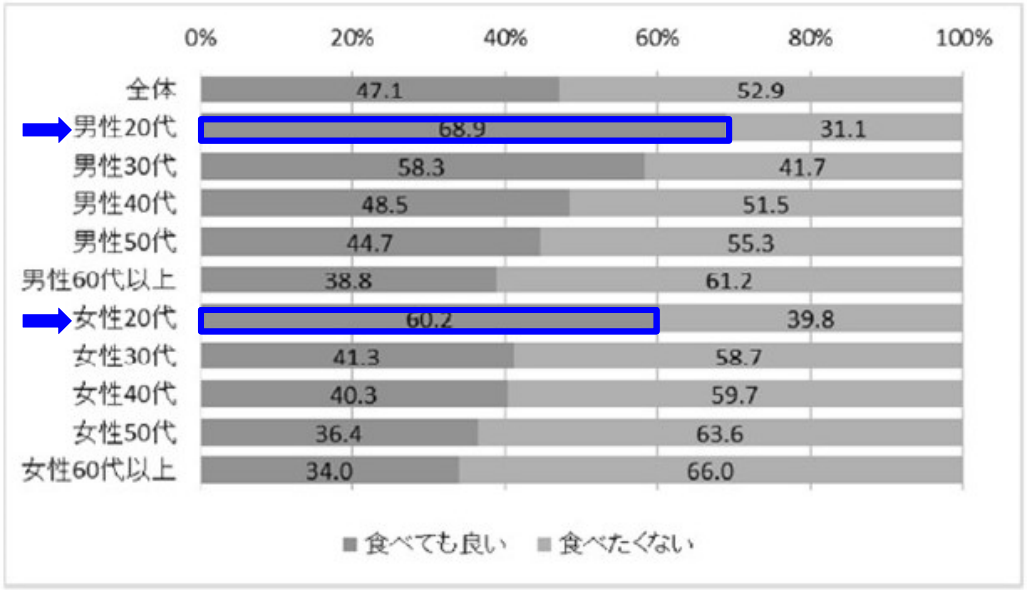
- 表示義務の原材料については、「表示義務を拡充すべき」が3割

【主な原材料のみ表示義務の妥当性】

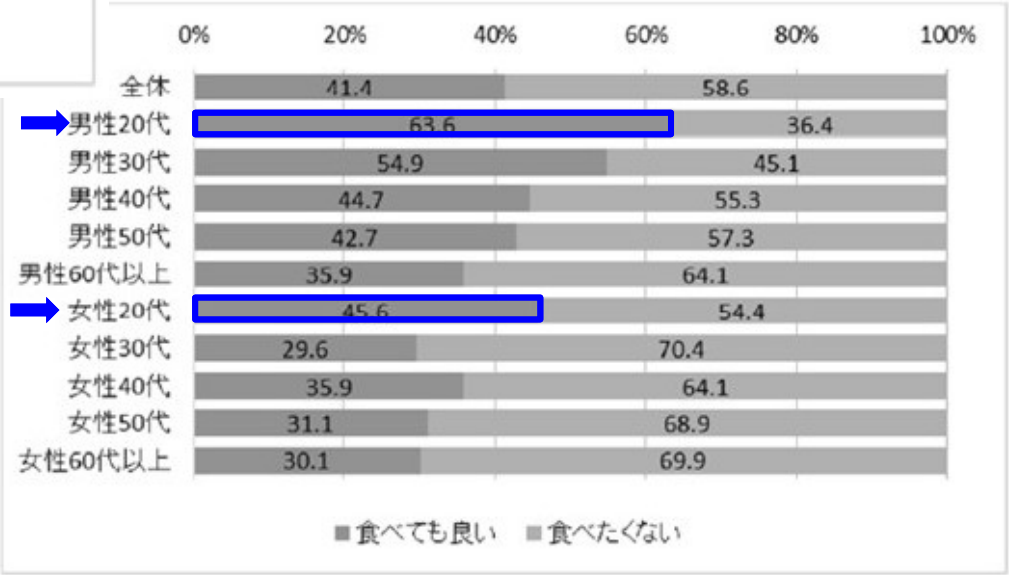
**消費者庁調査（H28（2016）-H29（2017））**
https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/other/pdf/genetically_modified_food_170426_0006.pdf

# 遺伝子組換え/ゲノム編集食品の摂食意向

## 遺伝子組換え食品。食べたいですか？




## ゲノム編集食品。食べたいですか？




足立香織：新たな遺伝子改変技術「ゲノム編集」の取扱いと倫理的問題点の検討（KAKEN報告書）
https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-15K00979/15K00979seika.pdf

一般市民各世代 200名、合計 2,000名の調査（2018年2月）

# トピックス

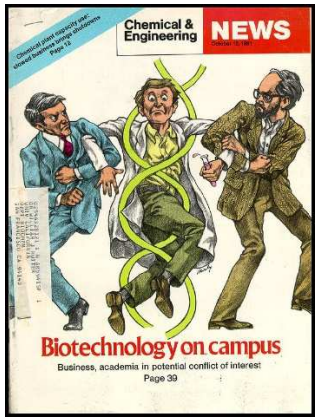
1. 遺伝子/ゲノムリテラシー教育

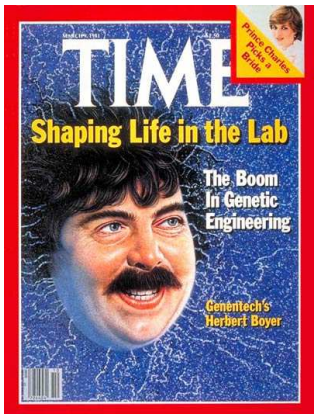
**2. 米国高等学校での遺伝子教育と教育教材**

3. ゲノム編集トマト（参考：モニター栽培）

# 米国高校（特に西海岸）における遺伝子リテラシー教育の歴史

1970年代後半　生命科学がバイオ技術を通じ産業に発展（バイオベンチャー）




1980年代前半　教育レベルの生物学と生命科学のギャップを埋めるカリキュラム
草の根的に発展（高校教員）

1985年～ 研究者と高校教員による共同カリキュラム、大学での高校教員の遺伝子教育トレーニング（Stanford 大学などで、生命科学のAPプログラム）

1990年 初の“DNA SCIENCE”教科書
教育目的実験は、NIHガイドラインと無関係

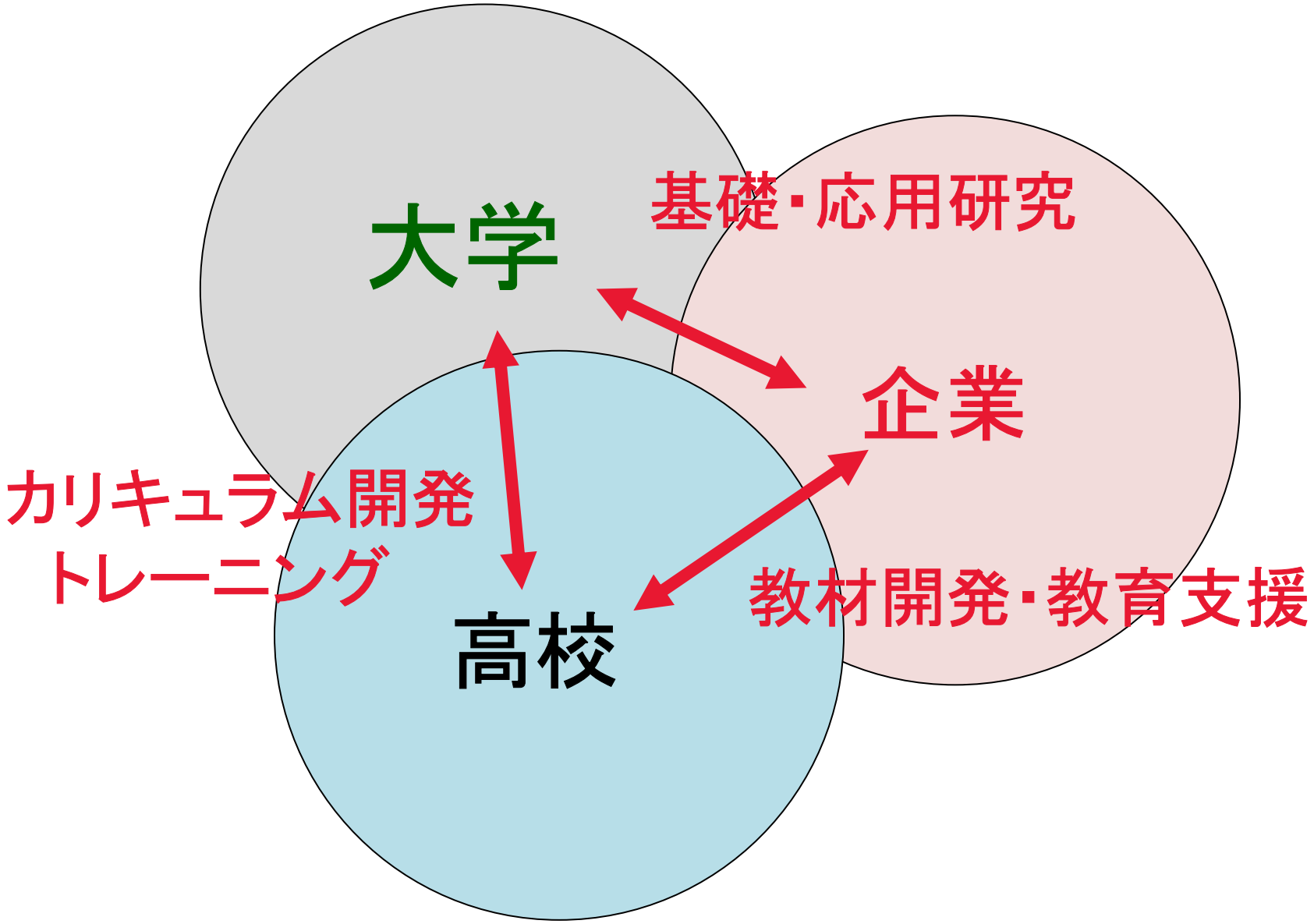
クリントン大統領

1995年　DNA SCIENCEが　21世紀はBT & IT
National Science Education Standard（NSES）に掲載
（K11, 12*にて実施）充実した生物学教科書多数出版、遺伝子教育教材多数開発

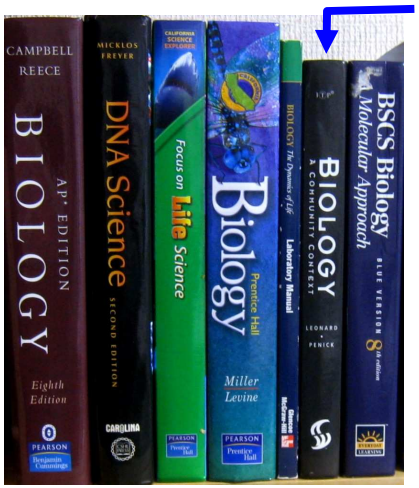
2013年　次世代科学スタンダード（NGSS）

*高校2-3年生に相当

# 大学・企業・高校の連携（米国1980年代）



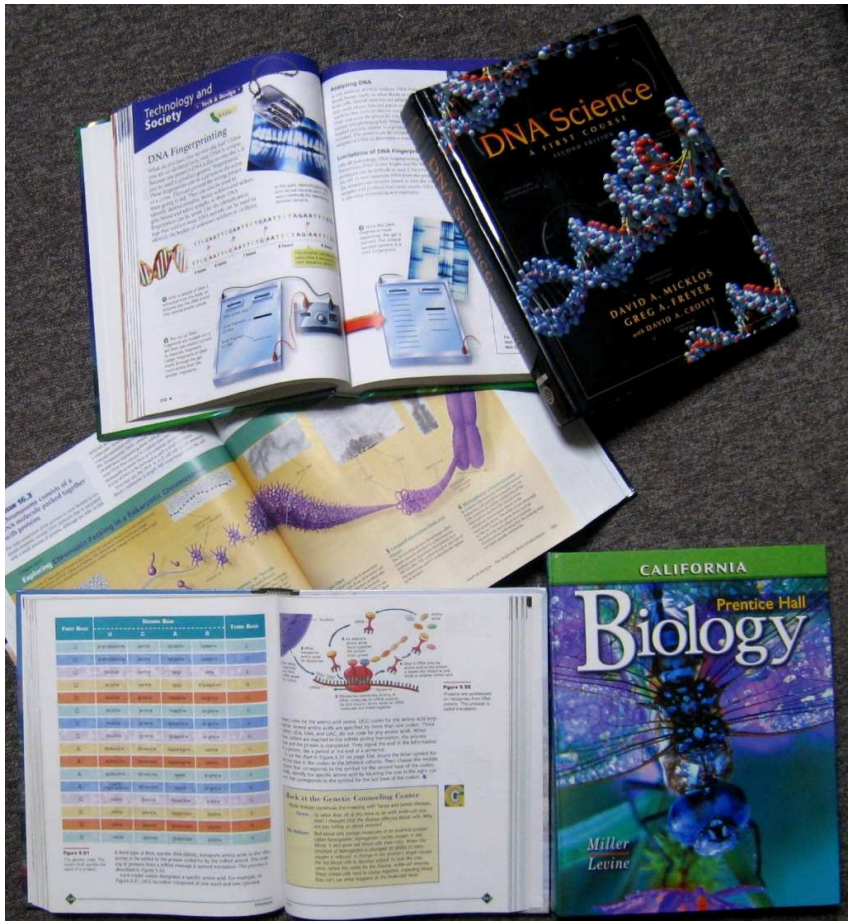
# 米国高校生物学教科書

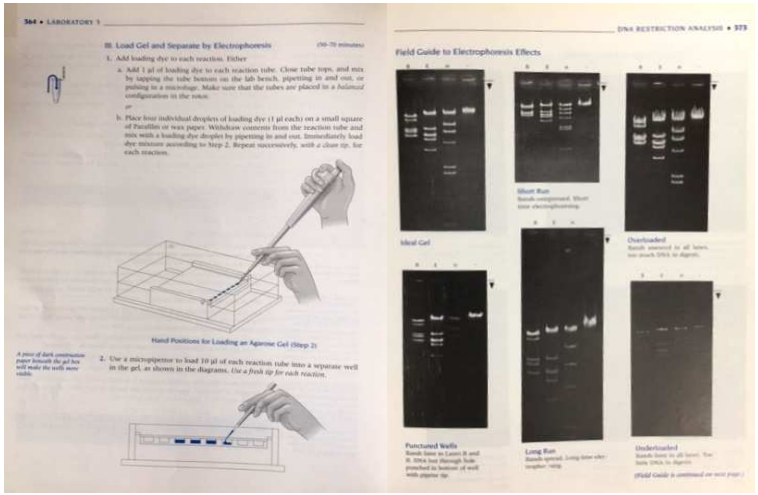



分子生物学、遺伝の法則
ポリジーン遺伝
DNA抽出実験
ヒトの遺伝性疾患
- ビクトリア家系の血友病
- 鎌型赤血球症
- ハンチントン病

ヒトの染色体異常

**Biology**
**A community context (1998)**



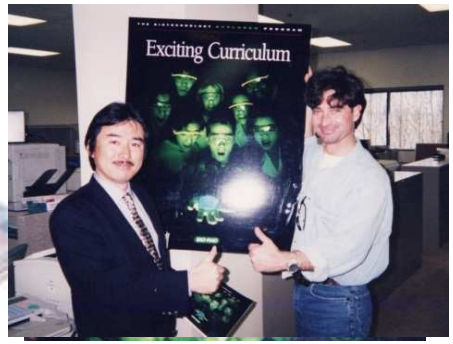




**DNA Science 2nd ed. (2003)**

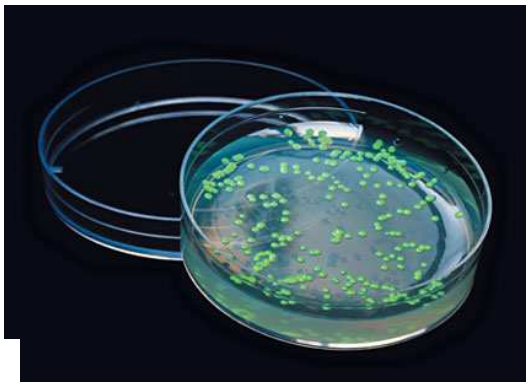
分子生物学含む遺伝について：~20%
ヒト生物学、実験、職業や社会との関係
Advanced placement (AP) Biology

# pGLOキットとBio-Rad Explorer の開発

pGLOキットは、1990年代、設備のない高等学校の教室でもすぐに使える教材として、高校教員、大学教員のアイディアにより開発された。（1995年βサイト、1997年発売）
その後、分子生物学教材としてシリーズ化された。




Mr. Ron Mardigian
1997@Bio-Rad



Mr. Ron Mardigian（故人：元高校教員、Bio-Rad社社員）
Mr. Kirk Brown（高校生物教員）
Mr. Stan Hitomi（高校生物教員）
Dr. Lane Conn（大学教員）他

# 遺伝子工学と実習キットシリーズ
# Bio-Rad Explorer program

## ゲノムDNA抽出

Genes in a Bottle Kit

## 遺伝子クローニング

Cloning and Sequencing Explorer Series
Secrets of the Rainforest kit

## 遺伝子解析

自分のDNA解析 ➡
DNA Fingerprinting kit
PV92 PCR | Informatics kit
Crime Scene Investigator PCR Basics™ kit
市販食材解析 ➡
GMO investigator™ kit
Lambda DNA kit

## 遺伝子組換え実験

➡ pGLO™ Bacterial Transformation kit

## 遺伝子発現タンパク質

Green Fluorescent Protein Chromatography Kit

## タンパク質解析

Got Protein?™ kit
Comparative Proteomics kit I, II
ELISA Immuno Explorer™ kit
Size Exclusion Chromatography kit

## ゲノム編集

Out of the blur CRISPR Kit
Out of the blue and genotyping extension Kit

## COVID-19 教材

COVID-19 Teaching Resources

## STEM教育

IDEA Kit
STEM Electrophoresis Kit

# 色々なサーマルサイクラー（定性PCR反応装置）

BIO-RAD

**T100™ Thermal Cycler**

**580,000円（＋税　240628現在 A代理店経由）**

ThermoFisher SCIENTIFIC

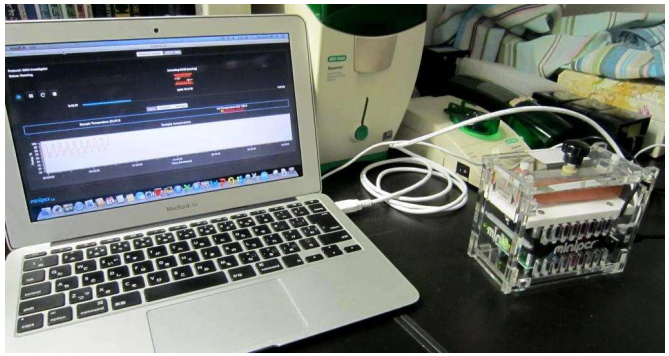
**ProFlex™ PCR システム, 96-Well**

**1,450,000円（＋税　240628現在 A代理店経由）**

miniPCR

**miniPCR（8サンプル）**

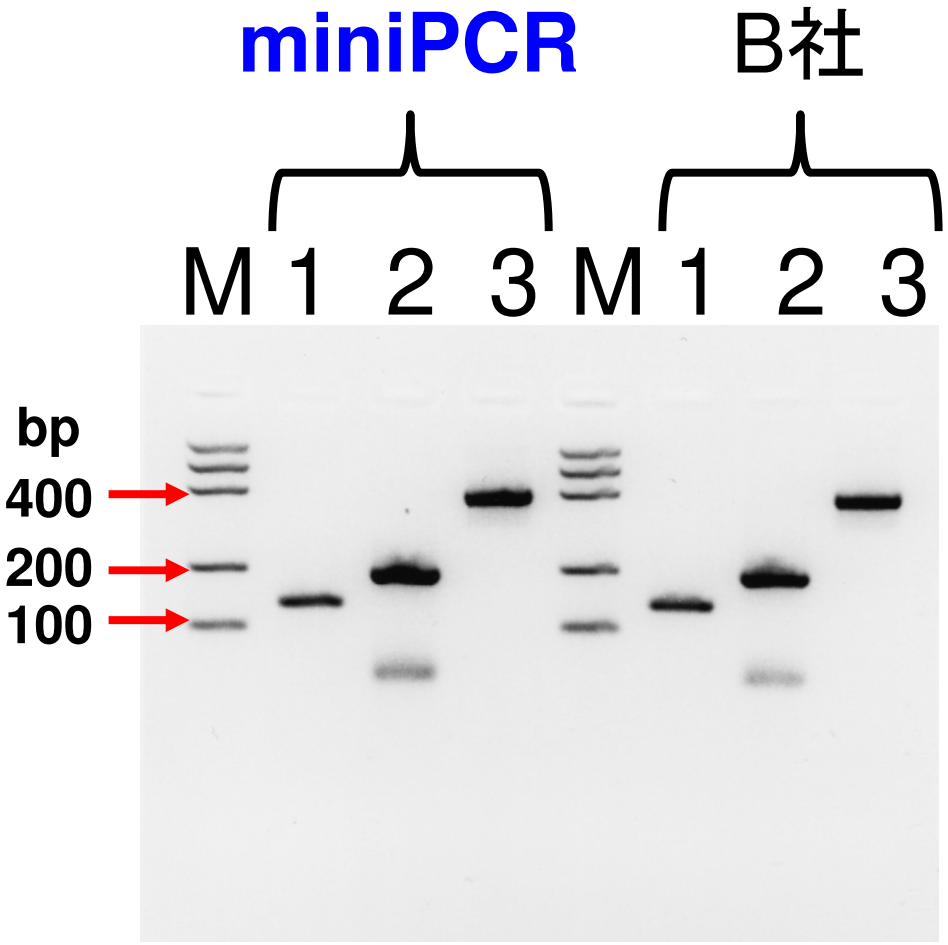
**~~$695~~ $399（240620米国内）**



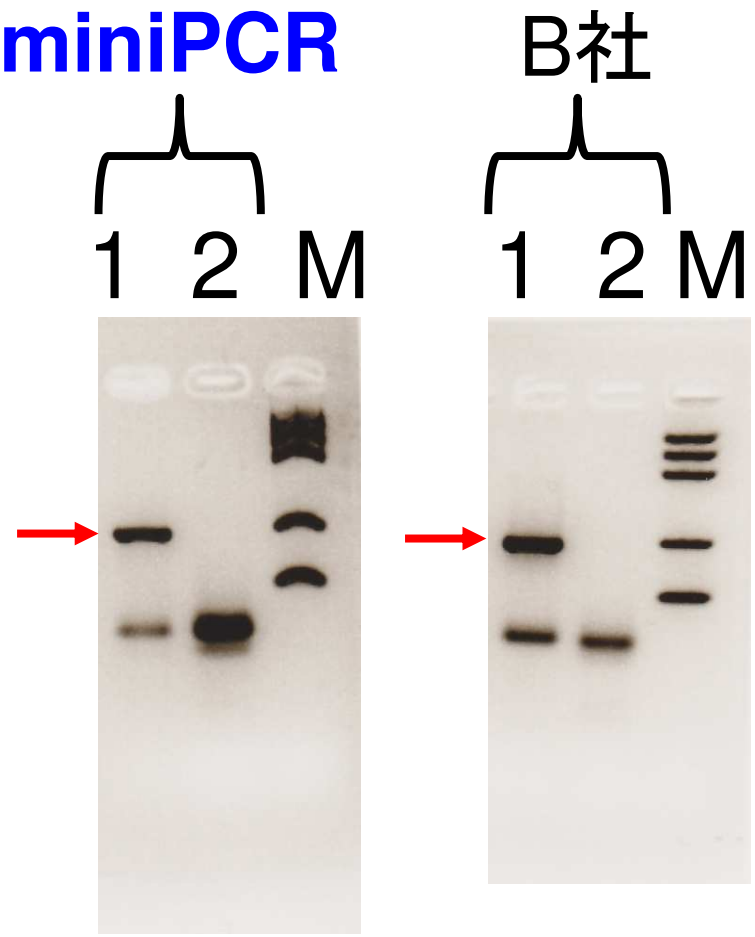
北海道システム・サイエンス株式会社
Hokkaido System Science Co., Ltd.

**PCRくん　DuxCycler 248,000円（＋税）**

# 汎用機器との比較




PCR増幅 DNA断片の電気泳動パターン
レーン1：130bp, 2：200bp, 3：400bp




アニーリング温度の検討
1: 54 ℃, 2: 59 ℃

miniPCR社ウェッブサイト
https://www.minipcr.com/wp-content/uploads/miniPCR-iCycler-150507-M.OTO_contact-info.pdf

# 身近になったPCR

## オンサイトでのPCR増幅

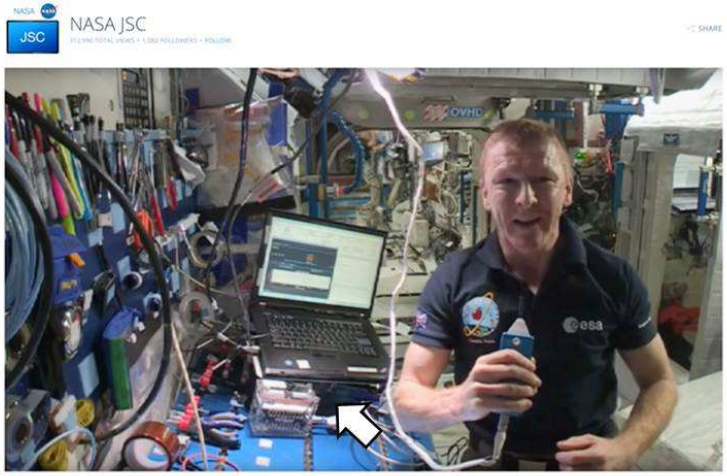
Ian Goodfellow 教授
（ケンブリッジ大学のウイルス学者）

**Ebola Detection in Makeni, Sierra Leone 2014**

http://www.minipcr.com/news/minipcr-ebola-crisis/

34

## 国際宇宙ステーション（ISS）でPCR増幅




Genes In Space - First DNA amplification by PCR in Space
https://www.youtube.com/watch?v=hwok8eYXrDk 2016

Astronaut Tim Peake

35

## 家庭でPCR増幅

Daniels family in Chicago

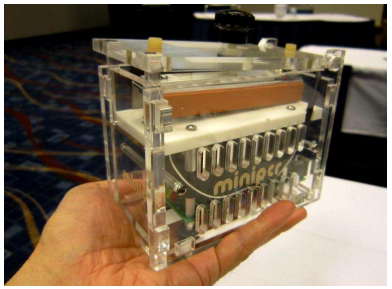
their home DNA copier

http://www.minipcr.com/wp-content/uploads/minipcr-at-home.pdf

36

## 小型定性PCR装置の活用

・オンサイト実験
・教育

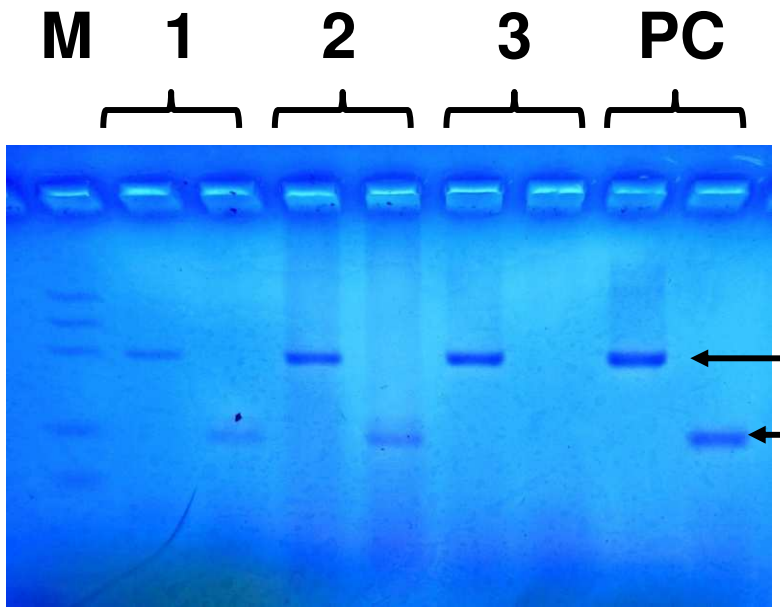


# 身近な遺伝子解析（米国）

## ～食品/食材からのGM配列検出（GMO investigator kit: Bio-Rad）～

GMパパイヤ
レインボー

スナック菓子
（米国内）




1. スナック菓子（米国内）, 2., 3. nonGM （陰性検体）, PC. 陽性検体

# GM作物の栽培と遺伝子解析
## Growing and Testing Roundup Ready Soybean Kit

- 育種・遺伝学・遺伝子組換え技術・農業
- GM / nonGM大豆の栽培
- 種/葉からのタンパク質抽出とGMタンパク質の検知(イムノクロマト)
- DNA粗抽出とPCRによるGM遺伝子の検知

NSTA in LAでの研修会(2017)

minipcr

nsta
National Science Teaching Association

MONSANTO

現: Bayer Crop Science

# GM大豆種子の提供契約書（見本）

MONSANTO STEM Education Outreach Program

Date:

Teacher Name:
School Name:
School Address:
Teacher Email:

Re: Material Transfer of Monsanto Crop Biotechnology: Growing and Testing Roundup Ready Soybean Kit

Dear _____:
Print Teacher Name [First, Last]

Subject to your acceptance of the conditions listed below, Monsanto Company is pleased to give you the following referenced material in Monsanto Crop Biotechnology: Growing and Testing Roundup Ready Soybean Kit:

- Approximately 10 seed of glyphosate tolerant soybean; variety A3525, (Event 40-3-2, OECD unique identifier: MON-04032-6)
- Approximately 10 seed of conventional soybean; variety A3525
- Approximately 10 seed of conventional soybean variety Williams 82

Additionally, a lesson plan titled Monsanto Crop Biotechnology: Growing and Testing Roundup Ready Soybean Kit will be included (send to email after NSTA conference).

This gift is subject to the following conditions:

1. Children (anyone under 18 years old) may only use the material subject to strict adult supervision.
2. The Material may only be used for the purposes listed in the guidebook and consistent with those instructions. Any additional products used in conjunction with the referenced material, including but not limited to glyphosate, may only be used consistent with those product's label instructions.
2. The Material and/or individual genes in the Material may be covered by one or more patents, and no license under those patents is granted beyond the specific sample supplied. If the Material contains enhanced traits subject to patents or trade secrets, no grant, permission, or license to use the enhanced traits extends beyond the use of the Material for the purposes described in the request form.
3. You must dispose of the Material Monsanto has given to you (including test Material and unused Material) in a safe and secure manner, as permitted by applicable laws and regulations.
4. You are responsible for ensuring that the receipt, use and disposal of the Material, and any other activities you may conduct with the Material, are done safely and in accordance with all legal and regulatory requirements, including any Federal, State, County, Municipality or other restrictions.

Please acknowledge your acceptance of these conditions by signing in the space provided below and returning one scanned copy to me via email.

Sincerely,

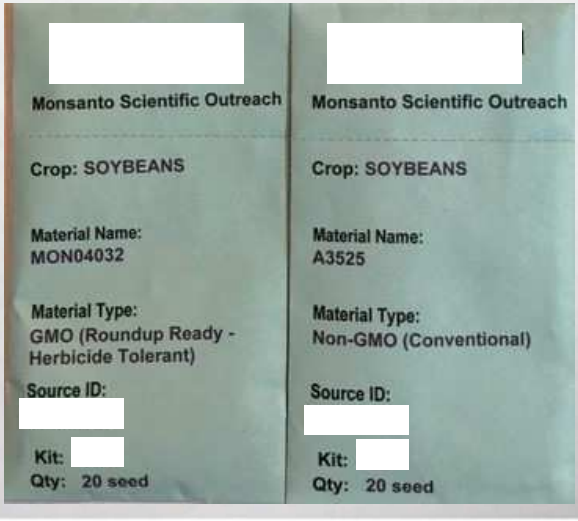
Valerie Bayes
K12 STEM Engagement Lead
Valerie.n.bayes@monsanto.com

Glen Rogan
Confined Environment Crop Assessment Platform Lead
glennon.j.rogan@monsanto.com

_____
Accepted: Teacher's First and Last Name Signature

On behalf of her/him and on behalf of _____
Circle Print School Name

**GM種**　　**Non-GM種**



# まとめ

1. 遺伝子リテラシー教育
   ・実験を通じた生命科学を育む教育として米国で始められた。
   ・教科書の充実、実験教材キットの普及により広まった（米国）

2. 米国高等学校での遺伝子リテラシー教育と教育教材
   ・pGLOキットは、高校教員、大学教員により共同開発された。
   ・安価なPCR装置の普及により遺伝子解析が身近になった。

**参考資料**


1. Oto M, Ono M & Kamada H “Gene literacy education in Japan –Fostering public understanding through practice of hands-on laboratory activities in high schools.” Plant Biotechnol 23: 339-346 (2006)
2. 大藤道衛 「米国における実践的な生命科学教育② 全米科学教員協会（NSTA）と米国の生命科学教育教材」バイオテクニシャン（日本バイオ技術教育学会誌）24（1） 60-78 (2016)
3. 大藤道衛, 丹生谷博, 佐々義子「ゲノムリテラシー教育教材の開発と一般市民向けワークショップパッケージ「私たちのDNA」のデザインと実践」 生物の科学 遺伝 71（3） 269-278 (2017)
4. 大藤道衛 「ゲノムリテラシーの醸成と教育」医療と検査機器・試薬 46（2）: 46-51（2023）

## トピックス

1. 遺伝子/ゲノムリテラシー教育

2. 米国高等学校での遺伝子教育と教育教材

**3. ゲノム編集トマト（参考：モニター栽培）**

# ゲノム編集により作られた作物
## ～シシリアンルージュハイギャバ～

https://aozora.sanatech-seed.co.jp/marche/lp-hgtTrial

サナテックライフサイエンス社<https://sanatech-seed.com/ja/>

取締役社長　竹下　心平
取締役最高技術責任者（CTO）　江面 浩（筑波大学教授・開発者）

# #シシリアンルージュハイギャバ

栽培モニターを募集（2021年度）→約5000人が応募（講師も応募）

講師自宅にて栽培

講師栽培トマト：190 mg GABA /100 g
通常：20 mg GABA /100 g

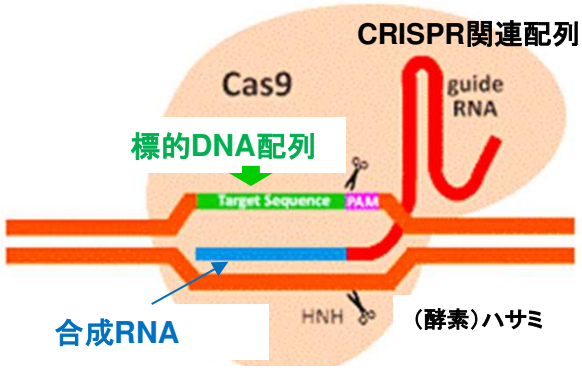
一般家庭向けに苗を提供　サナテックライフサイエンス株式会社*

*2021年当時は、サナテックシード株式会社

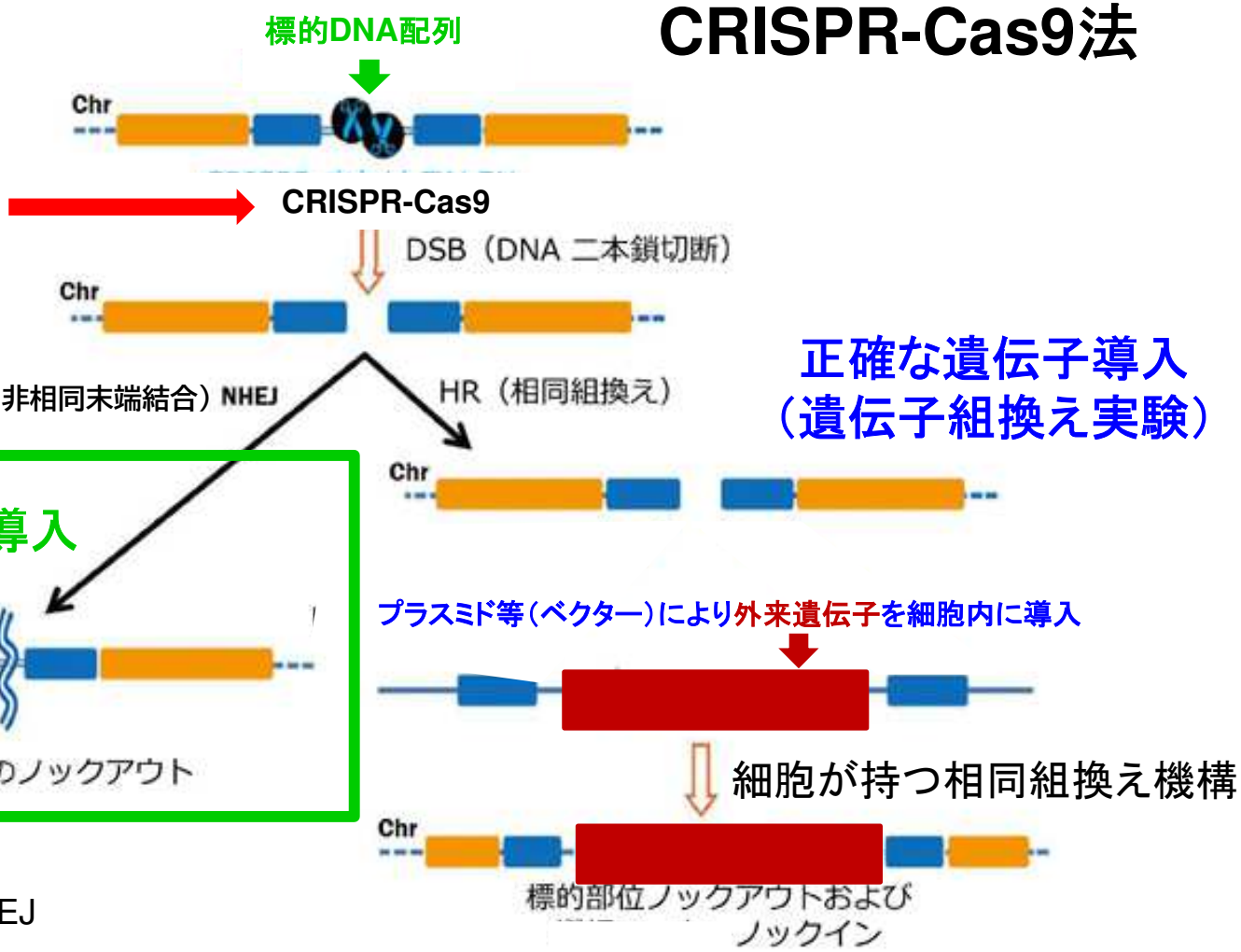
# ゲノム編集（Genome editing）

## CRISPR-Cas9法

Cas9（DNA分解酵素）




図引用元：コスモバイオ資料



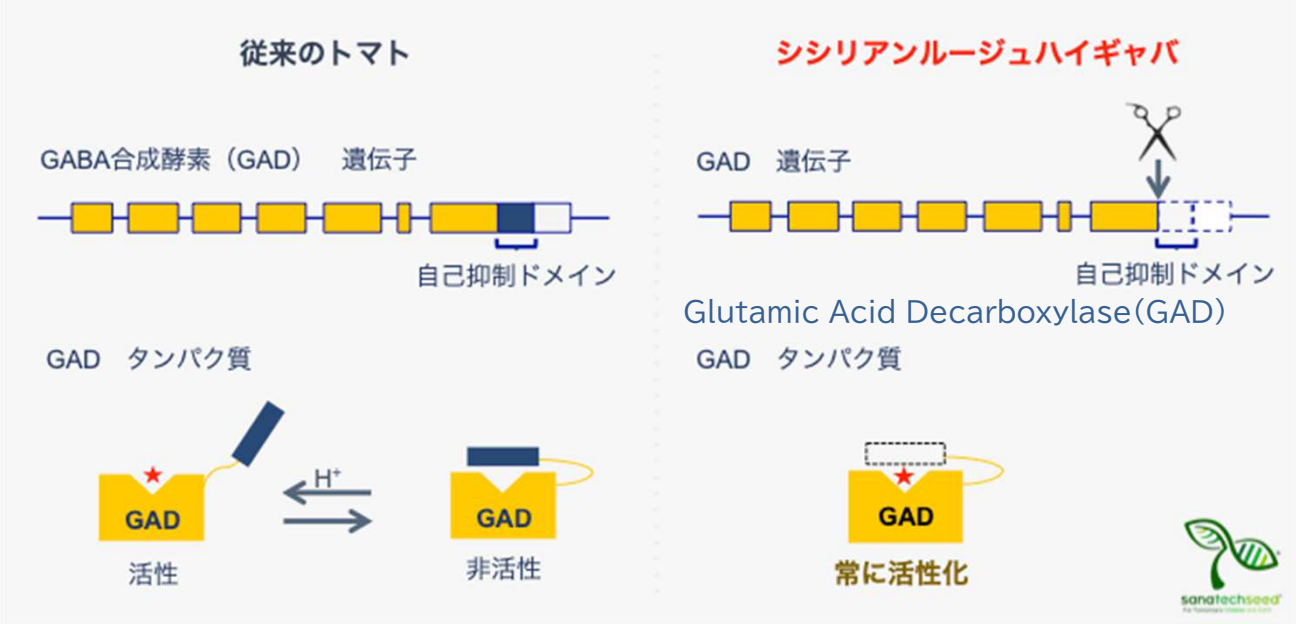

**略号：**
Double Strand Break：DSB
Non-Homologous End Joining：NHEJ
Homologous Recombination：HR

Cas9：*Streptococcus pyogenes*由来
**C**lustered **R**egularly **I**nterspaced
**S**hort **P**alindromic
**R**epeats：CRISPR

Guide RNA-Cas9 制限酵素によるDNAの切断
→細胞がもつ修復機能により変異導入・遺伝子導入

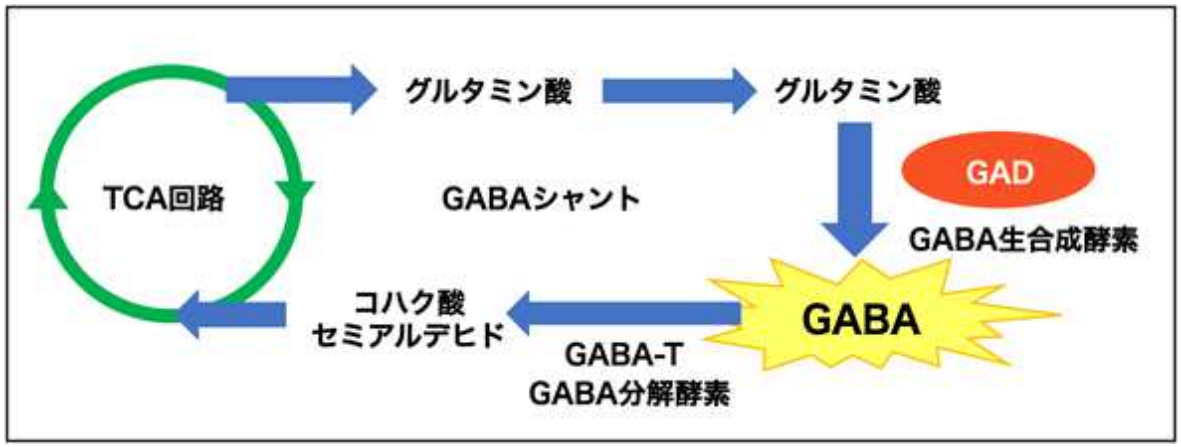
図の引用元： https://www.cosmobio.co.jp/support/technology/a/crispr-talen.asp

# ゲノム編集によるGABA高蓄積トマトの開発




引用元:サナテックライフサイエンス社ウェブサイト<https://sanatech-seed.com/ja/product-trait/>

## Gamma AminoButyric Acid(GABA:γアミノ酪酸)の生合成経路




引用元:江面 浩, 野中 聡子 化学と生物 56(7): 503-507, 2018.