

東京農工大学遺伝子実験施設
第21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



2022年7月28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. 身近になったPCRと遺伝子解析

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、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**

調査概要

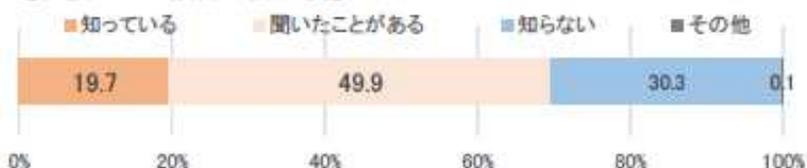
目的: 消費者の遺伝子組換え食品やその表示に関する意識を把握するため、ウェブでのアンケート調査を実施。

期間: 平成28年12月12日～平成29年1月4日、委託先: 株式会社アイデア・プロジェクト、回答者: 10,648名(男性: 5,296名、女性: 5,352名)

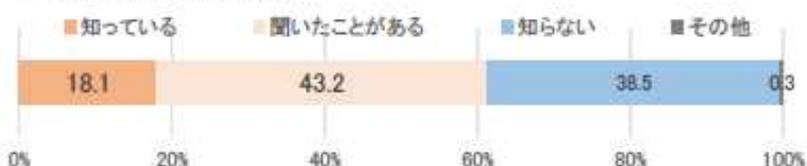
不安感

- 「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】

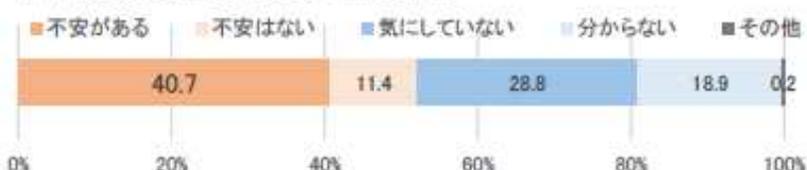


【安全性審査の認知度】



- 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

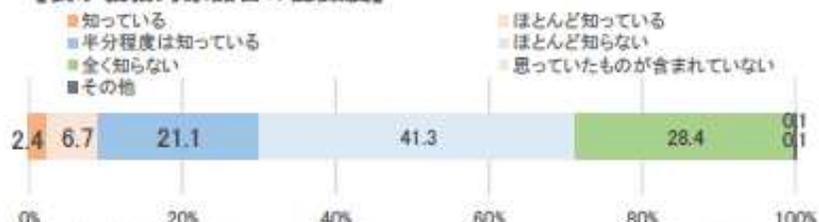
【遺伝子組換え食品の忌避状況】



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】



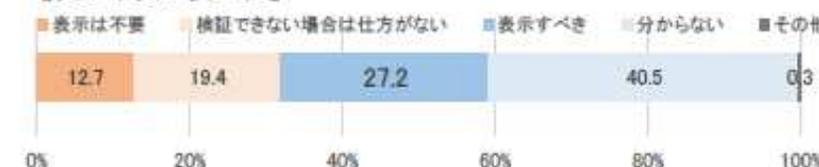
- DNA等が検出できない品目を表示不要としていることに関する認知度は、3割

【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

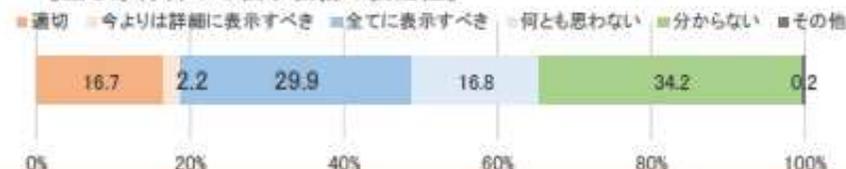
【表示不要の妥当性】



主な原材料

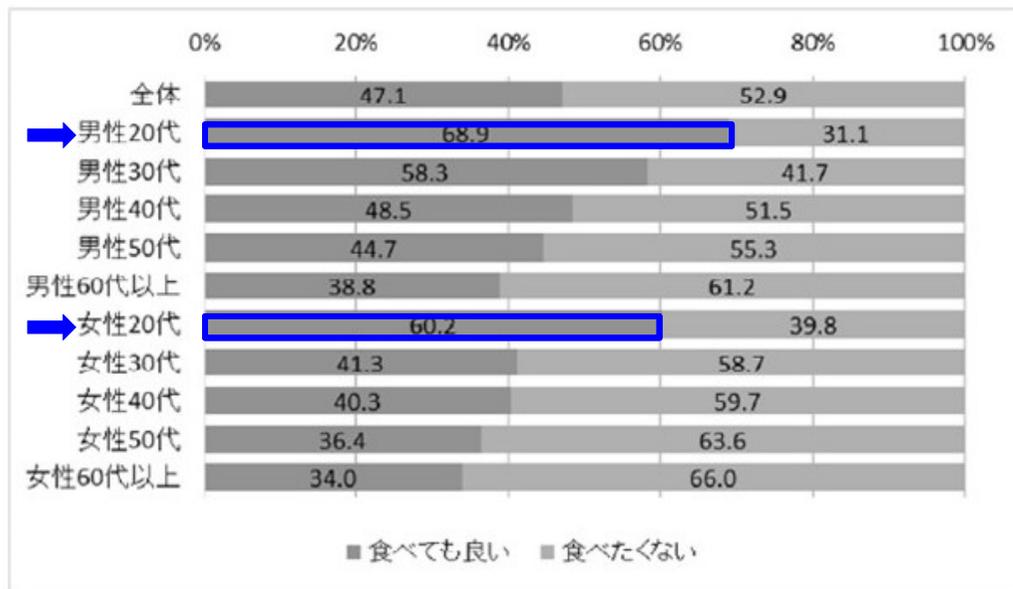
- 表示義務の原材料については、「表示義務を拡充すべき」が3割

【主な原材料のみ表示義務の妥当性】

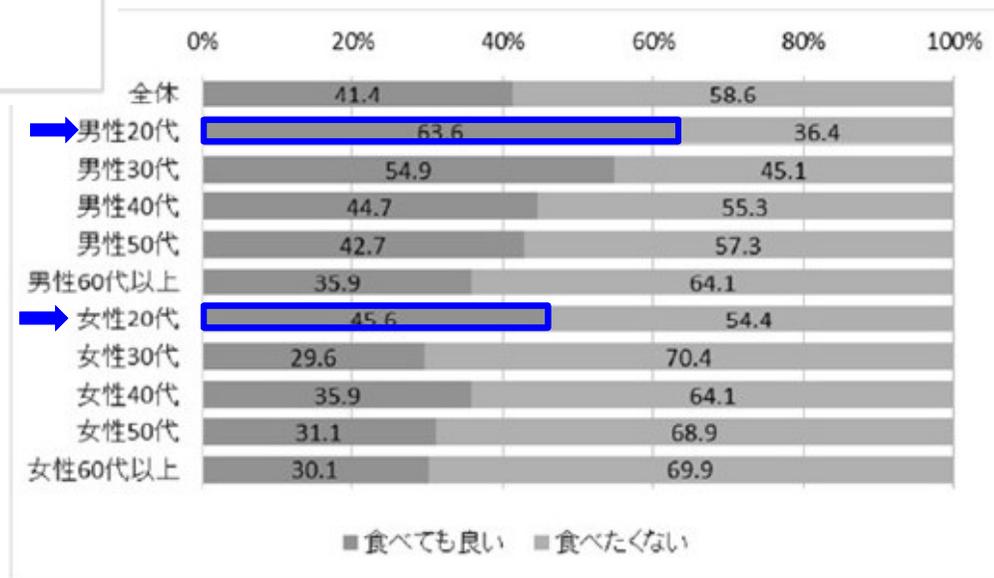


遺伝子組換え/ゲノム編集食品の摂食意向

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>

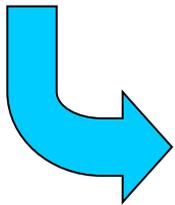
一般市民各世代 200名、合計 2,000名の調査(2018年2月)

遺伝子/ゲノムリテラシー教育

初等・中等教育機関

生物系以外の高等教育（大学学部）

市民教育（博物館等）



生命科学の教養を持つ市民

生命科学分野の人材

遺伝子リテラシー教育、生命科学リテラシー教育、バイオリテラシー教育などが同じような概念で使われることがある。

トピックス

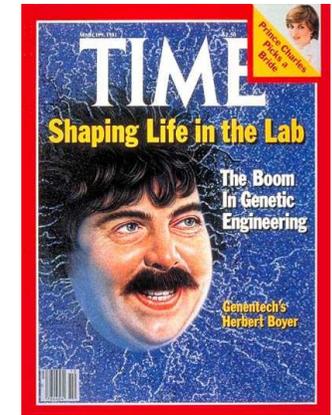
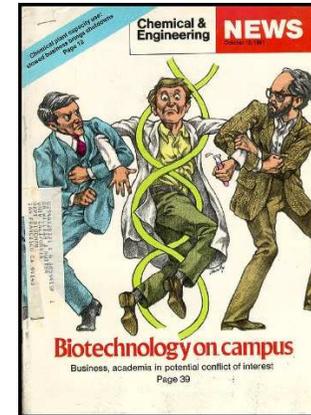
1. 遺伝子/ゲノムリテラシー教育
2. 米国高等学校での遺伝子教育と教育教材
3. 身近になったPCRと遺伝子解析

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

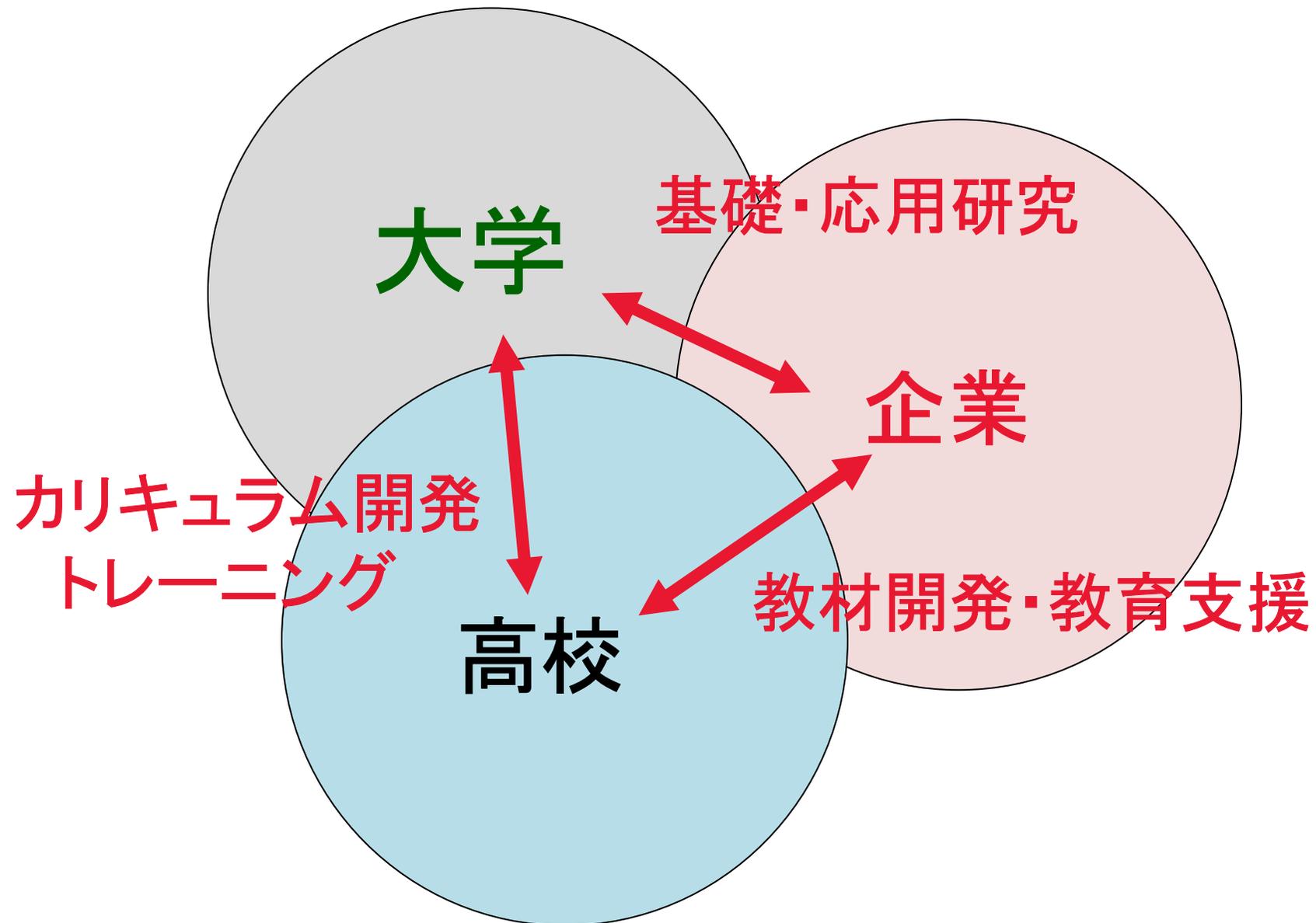


1995年 DNA SCIENCEが 21世紀はBT & IT
National Science Education Standard(NSES)に掲載
(K11, 12*にて実施)充実した生物学教科書多数出版、遺伝子教育教材多数開発

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)



BABEC (Bay area biotechnology education consortium)

大学・企業・高等学校の連携(1996年設立)

教員・高校生向けワークショップの実施、教材やリソースの提供



BABEC believes the best learning happens by doing.

BABEC enables Bay Area students to perform biotechnology experiments using our advanced, research-grade equipment and curricula. We give teachers the technical skills and pedagogical knowledge to teach biotechnology, so that every student can experience the thrill of hands-on scientific discovery.



ABOUT CURRICULUM WORKSHOPS & EVENTS CONTACT

BABEC believes the best learning happens by doing.

BABEC enables Bay Area students to perform biotechnology experiments using our advanced, research-grade equipment and curricula. We give teachers the technical skills and pedagogical knowledge to teach biotechnology, so that every student can experience the thrill of hands-on scientific discovery.

PORTABLE BIOTECH LABS



OUR CURRICULUM



WORKSHOPS & EVENTS



サンフランシスコ湾岸地区



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

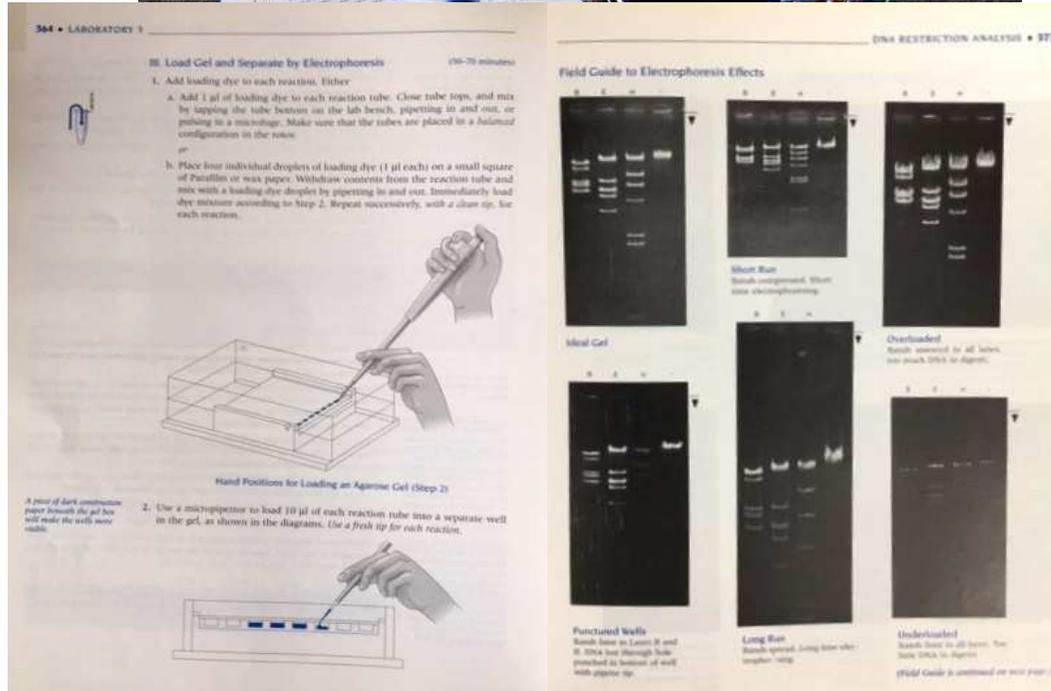
鎌型赤血球症

ハンチントン病

ヒトの染色体異常

Biology

A community context (1998)

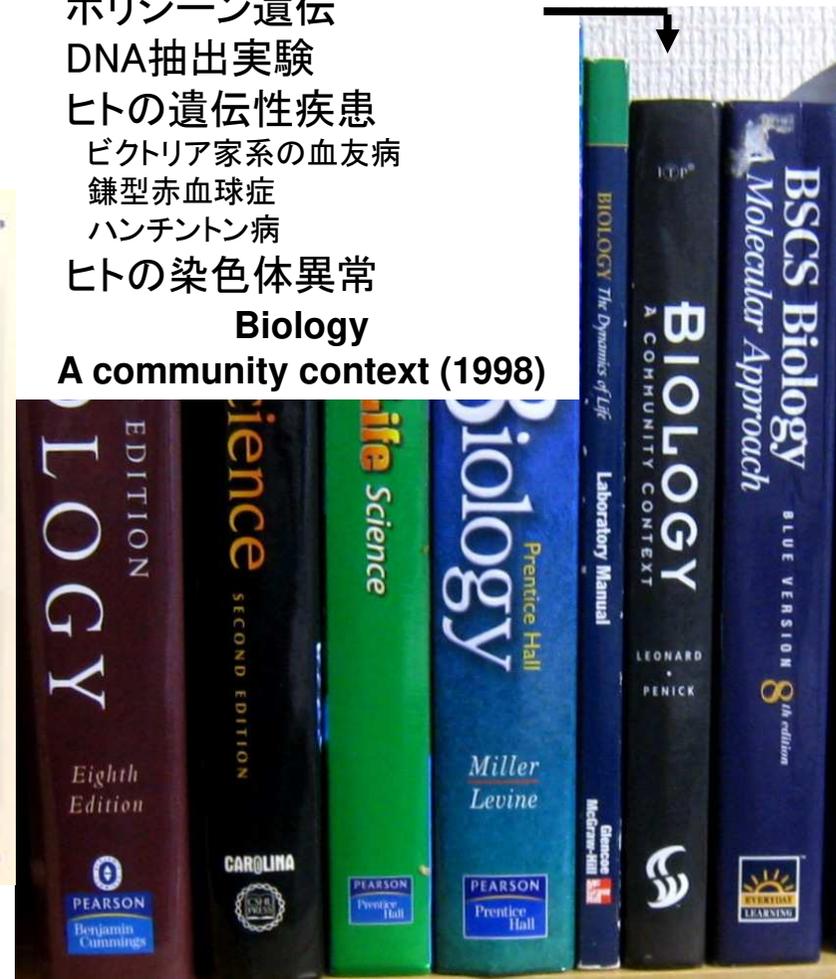


DNA Science 2nd ed. (2003)

分子生物学含む遺伝について: ~20%

ヒト生物学、実験、ストーリー性

Advanced placement (AP) Biology



遺伝子リテラシー教育に向けた教育教材

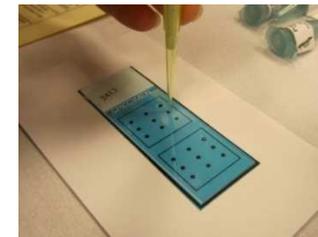
1. 実際のサンプルを用いて、研究現場と同様の実験を行う教材

- ・大腸菌を用いた遺伝子組換え実験 (**GFP遺伝子**による形質転換など)
- ・食品や作物からのDNA抽出とGM作物由来成分の**PCR検知実験**
- ・ヒト細胞のDNA抽出と**PCR-電気泳動**による遺伝子解析 (味覚受容体遺伝子のSNP、Alu配列など)



2. シミュレーションサンプルを用いた模擬実験を行う教材

- ・模擬検体を用いたDNAシーケンシング
- ・模擬検体を用いたDNA鑑定実験
- ・模擬検体を用いたがん細胞の遺伝子解析 他



3. 実験を含まないweb配信教材(コロナ禍で有効)

- ・動画のweb配信(研究者講演、アニメによる解説)
生命科学の基礎、がんゲノム医療、ゲノム編集、COVID-19など
- ・模擬データをもちいた解析(がん患者カード他)



pGLOキットとBio-Rad Explorer の開発

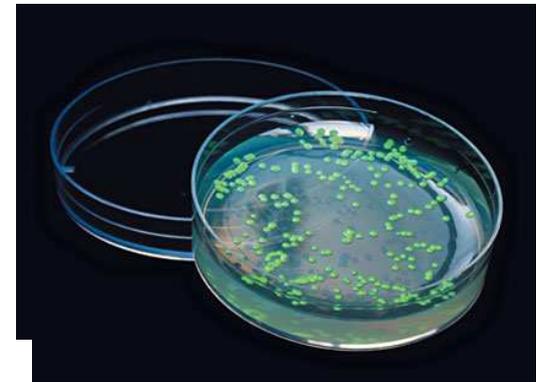
BIO-RAD

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 (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

DNA Fingerprinting kit
PV92 PCR | Informatics kit
Crime Scene Investigator PCR Basics™ kit
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

遺伝子リテラシー教育に向けた教育教材

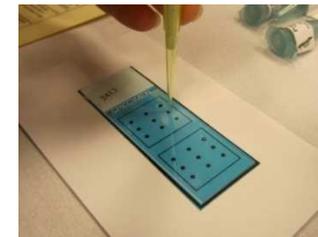
1. 実際のサンプルを用いて、研究現場と同様の実験を行う教材

- ・大腸菌を用いた遺伝子組換え実験 (**GFP遺伝子**による形質転換など)
- ・食品や作物からのDNA抽出とGM作物由来成分の**PCR検知実験**
- ・ヒト細胞のDNA抽出と**PCR-電気泳動**による遺伝子解析 (味覚受容体遺伝子のSNP、Alu配列など)



2. シミュレーションサンプルを用いた模擬実験を行う教材

- ・模擬検体を用いたDNAシーケンシング
- ・模擬検体を用いたDNA鑑定実験
- ・模擬検体を用いたがん細胞の遺伝子解析 他



3. 実験を含まないweb配信教材(コロナ禍で有効)

- ・動画のweb配信(研究者講演、アニメによる解説)
生命科学の基礎、がんゲノム医療、ゲノム編集、COVID-19など
- ・模擬データをもちいた解析(がん患者カード他)



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. 身近になったPCRと遺伝子解析

色々なサーマルサイクラー(定性PCR反応装置)

BIO-RAD

T100™ Thermal Cycler
800,000円



ThermoFisher
SCIENTIFIC

ProFlex™ PCR システム, 96-Well
1,340,000円



minipcr™

miniPCR
\$650

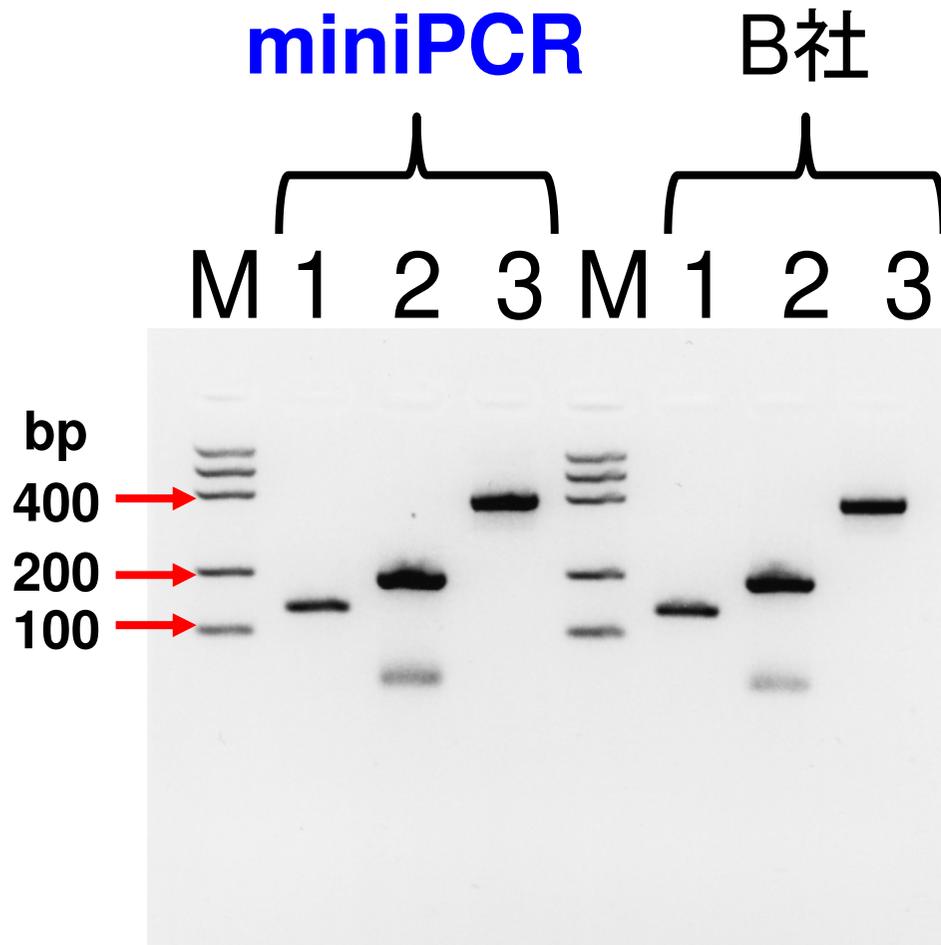


 北海道システム・サイエンス株式会社
Hokkaido System Science Co., Ltd.

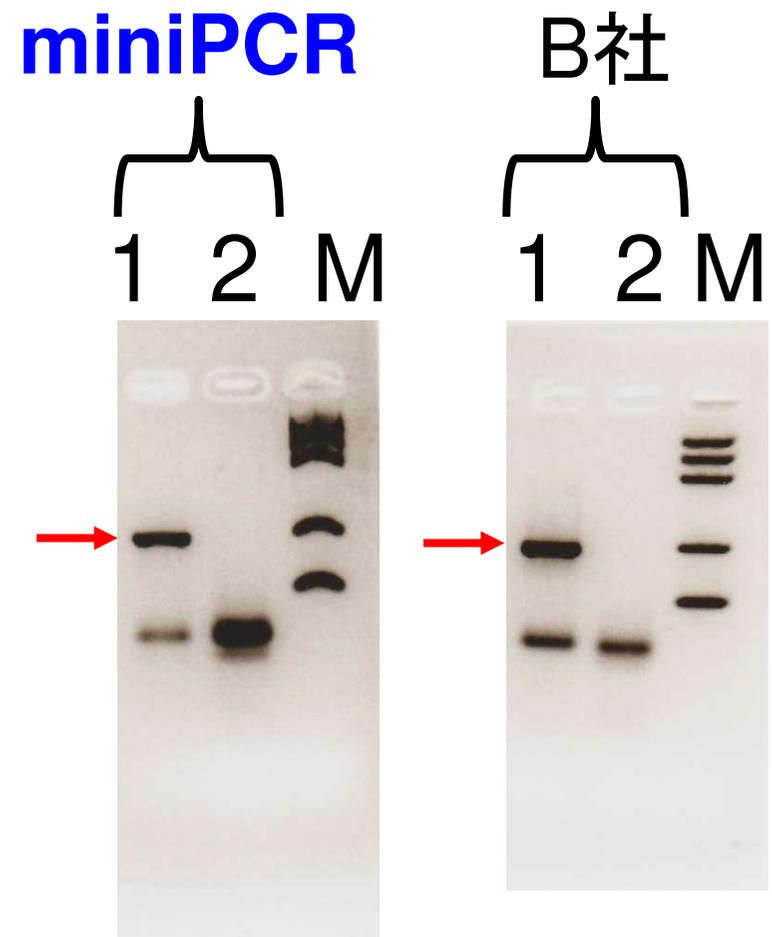


PCRくん DuxCycler 248,000円

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 °C, 2: 59 °C

miniPCR社ウェブサイト

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



Ilan 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

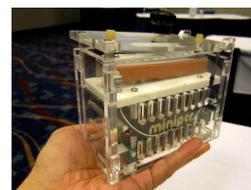
家庭でPCR増幅

Daniels family in Chicago



their home DNA copier

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



定性PCR

・オンサイト実験

・教育

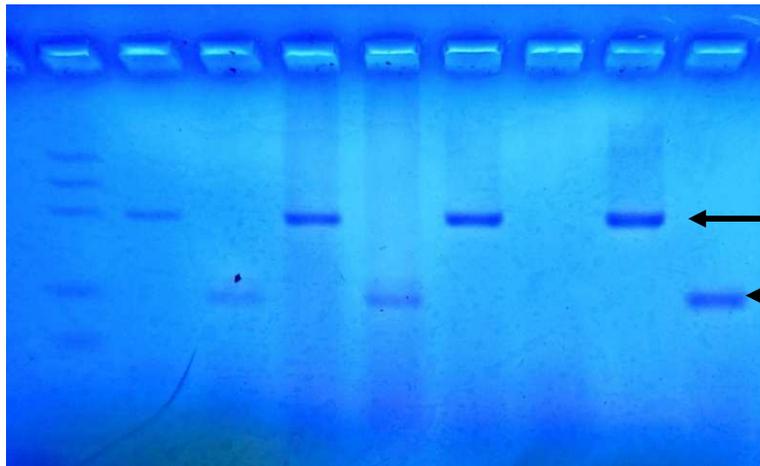
で活用。\$650-700

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)～



M 1 2 3 PC



コントロール

GM配列

1. スナック(米国), 2. Rainbowパパイヤ, 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)



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.

Date: [Redacted]

Teacher Name: [Redacted]

School Name: [Redacted]

School Address: [Redacted]

Teacher Email: [Redacted]

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.

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
glenro.j.rogan@monsanto.com

Accepted: _____

Teacher's First and Last Name Signature

On behalf of her/him and on behalf of _____

Click
Print School Name

GM種

[Redacted]
Monsanto Scientific Outreach
Crop: SOYBEANS
Material Name: MON04032
Material Type: GMO (Roundup Ready - Herbicide Tolerant)
Source ID: [Redacted]
Kit: [Redacted]
Qty: 20 seed

Non-GM種

[Redacted]
Monsanto Scientific Outreach
Crop: SOYBEANS
Material Name: A3525
Material Type: Non-GMO (Conventional)
Source ID: [Redacted]
Kit: [Redacted]
Qty: 20 seed

身近なヒトゲノムDNA多型*解析

Science



Technology



Engineering



**PV92 PCR
/informatics kit
STEM教育**

Mathematics

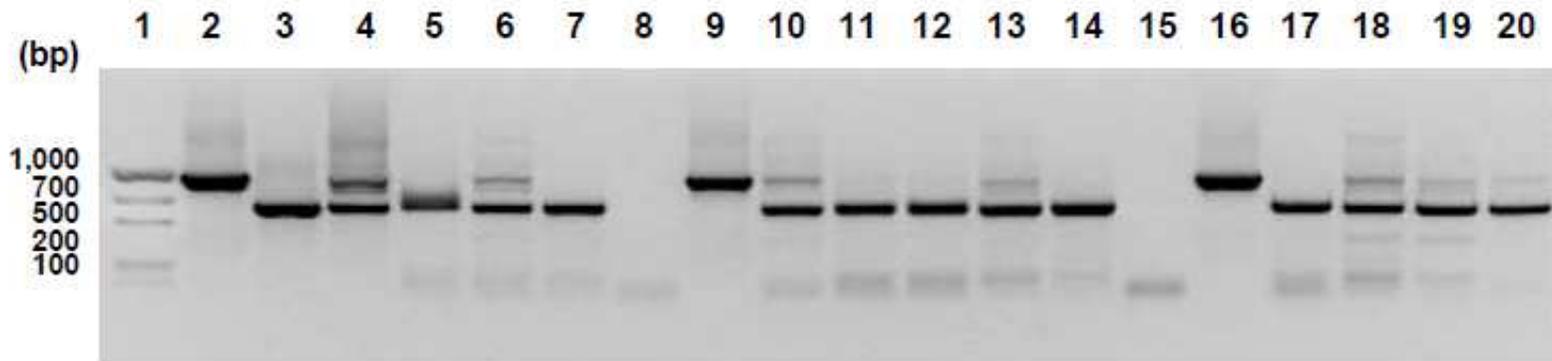
$$\begin{aligned} p &= 0.375, q = 0.625 \\ +/+ & \quad p^2 = 0.14 \quad (0.25) \\ +/- & \quad 2pq = 0.47 \quad (0.25) \\ -/- & \quad q^2 = 0.39 \quad (0.50) \end{aligned}$$

Hardy-Weinbergの法則
 χ^2 乗検定

*ゲノムバリエーション

PV92 PCR/informatics kit

染色体16 PV92ローカスのAlu配列挿入多型



ホモ接合体 (+/+) : レーン 2, 9, 16



ヘテロ接合体 (+/-) : レーン 4, 6, 10, 13, 18, 19, 20



ホモ接合体 (-/-) : レーン 3, 5, 7, 11, 12, 14, 17

人それぞれがもつAlu配列挿入(有無の)多型を検出できる。

日本で教育目的でゲノムDNA多型解析行う流れ (PV92 PCR/informatics kit)

実験同意書作成

自分の
口腔粘膜
細胞

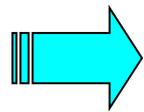
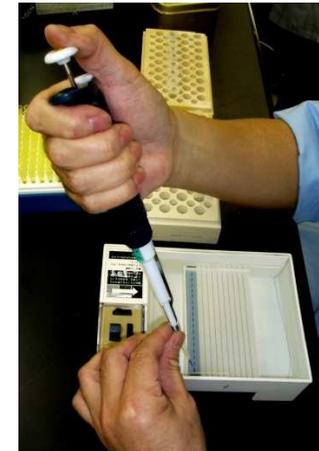
ゲノムDNA抽出



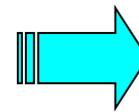
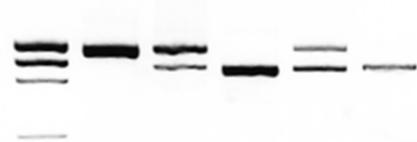
PCR増幅



電気泳動



DNA多型解析



1M HClにてゲノムDNA分解
(DNA上の個人情報保護)



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
- ・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. 笹川由紀, 佐々義子, 大藤道衛, 小野道之「教育目的ヒトゲノム・遺伝子解析実験の普及と実験指針についての検討」生物教育49(2):90-107(2009)
3. 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)
4. 大藤道衛「ゲノム医療に向けたリテラシー教育」医療と検査機器・試薬 44(2): 147-153(2021)

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. 身近になったPCRと遺伝子解析

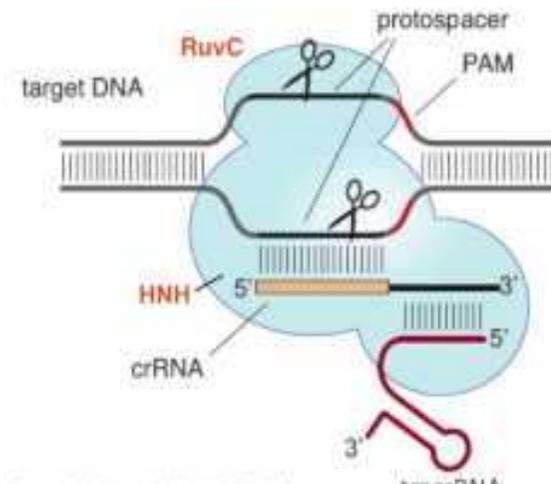
参考:ゲノム編集教材

ノーベル化学賞2020 ゲノム編集



<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/prize-announcement/>

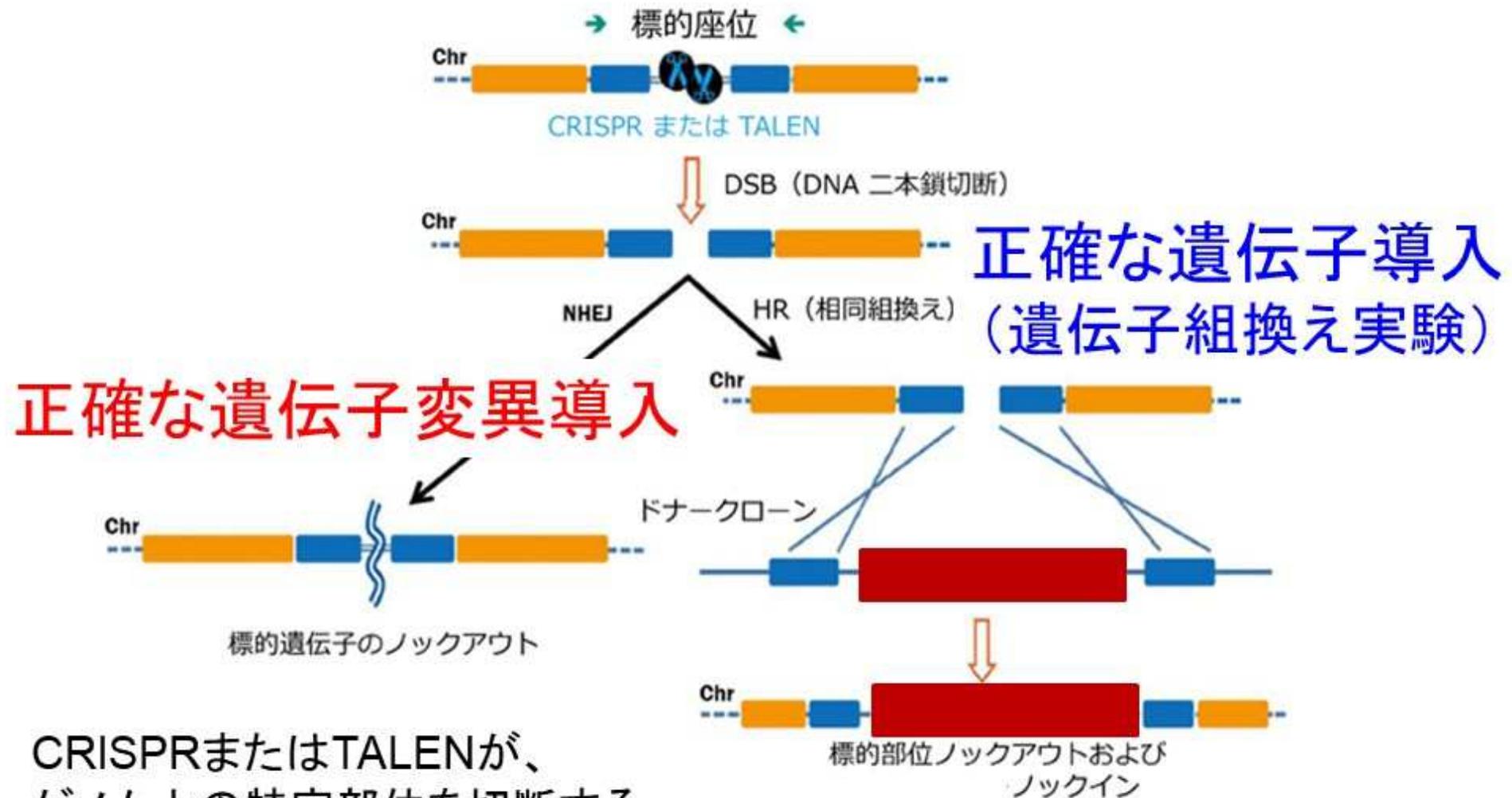
Cas9 is a dual-RNA-guided dsDNA endonuclease



Doudna, Jennifer (2015). "Genome-editing revolution: My whirlwind year with CRISPR". *Nature*. **528** (7583): 469–71.

2020年のノーベル化学賞は、ゲノム編集の画期的な手法(CRISPR/Cas9)を開発された ジェニファー・ダウドナ先生(米国UC Berkeley: 右の人物)とエマニュエル・シャルパンティエ先生(Max Planck Institute: 左の人物)に輝きました。この時、CRISPR配列と命名されたDNA配列を発見された日本の石野良純先生への期待もありました。ゲノム編集技術は、ゲノムDNAの正確な位置に変異を入れたり、遺伝子を正確に導入できる技術。作物の品種改良、薬の開発、病気の治療法などの研究に使われ、実用化されているものもあります。米国では新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の簡便な検査薬にも応用されています。

ゲノム編集 (Genome-editing)



CRISPRまたはTALENが、ゲノム上の特定部位を切断する。

切断により遺伝子を破壊したり、別の遺伝子を導入することができる技術

<https://www.cosmobio.co.jp/support/technology/a/crispr-talen.asp> より改変

ゲノム編集により開発中の作物

- 血圧を下げる成分が多いトマト

GABA合成阻害KO* → GABA ↑

- 肉厚のマダイ

ミオスタチン**KO → 筋肉 ↑

- アレルギー物質が少ない卵

オボムコイドKO

- 毒素を作らないジャガイモ

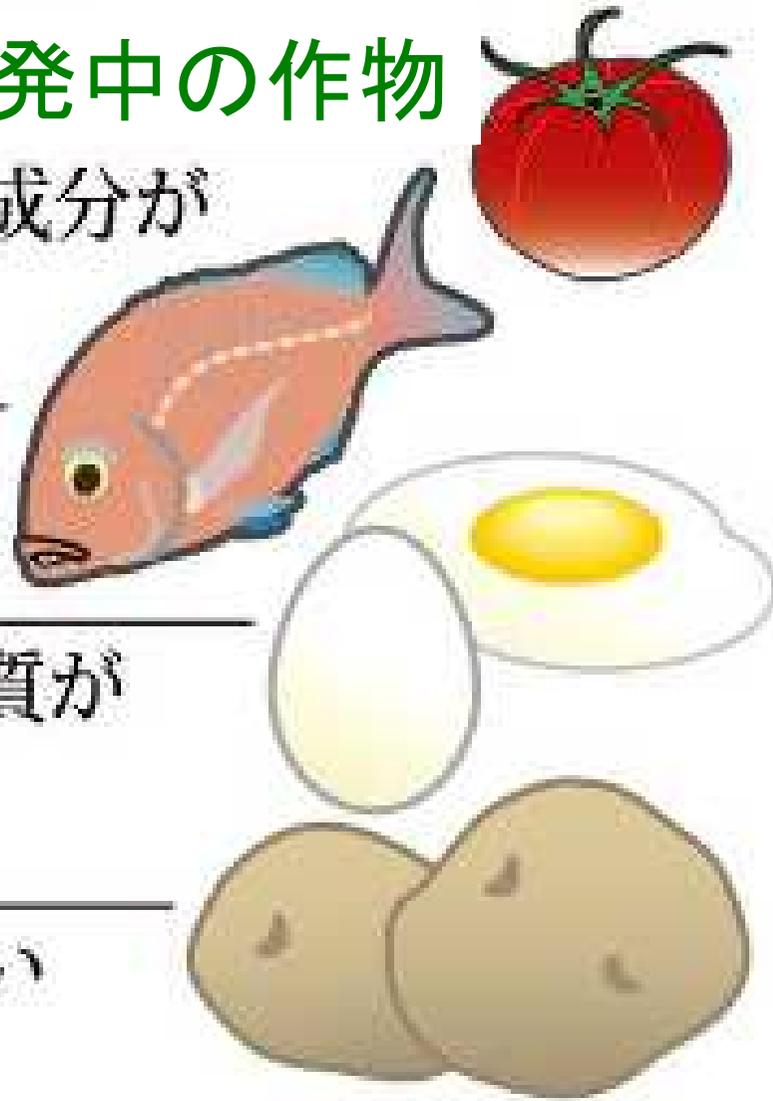
ソラニンKO

*KO:ノックアウトとは当該遺伝子機能を欠損させること

**ミオスタチンとは筋肉増強阻害タンパク質

毎日新聞電子版

<https://mainichi.jp/articles/20190630/ddm/013/040/012000c>

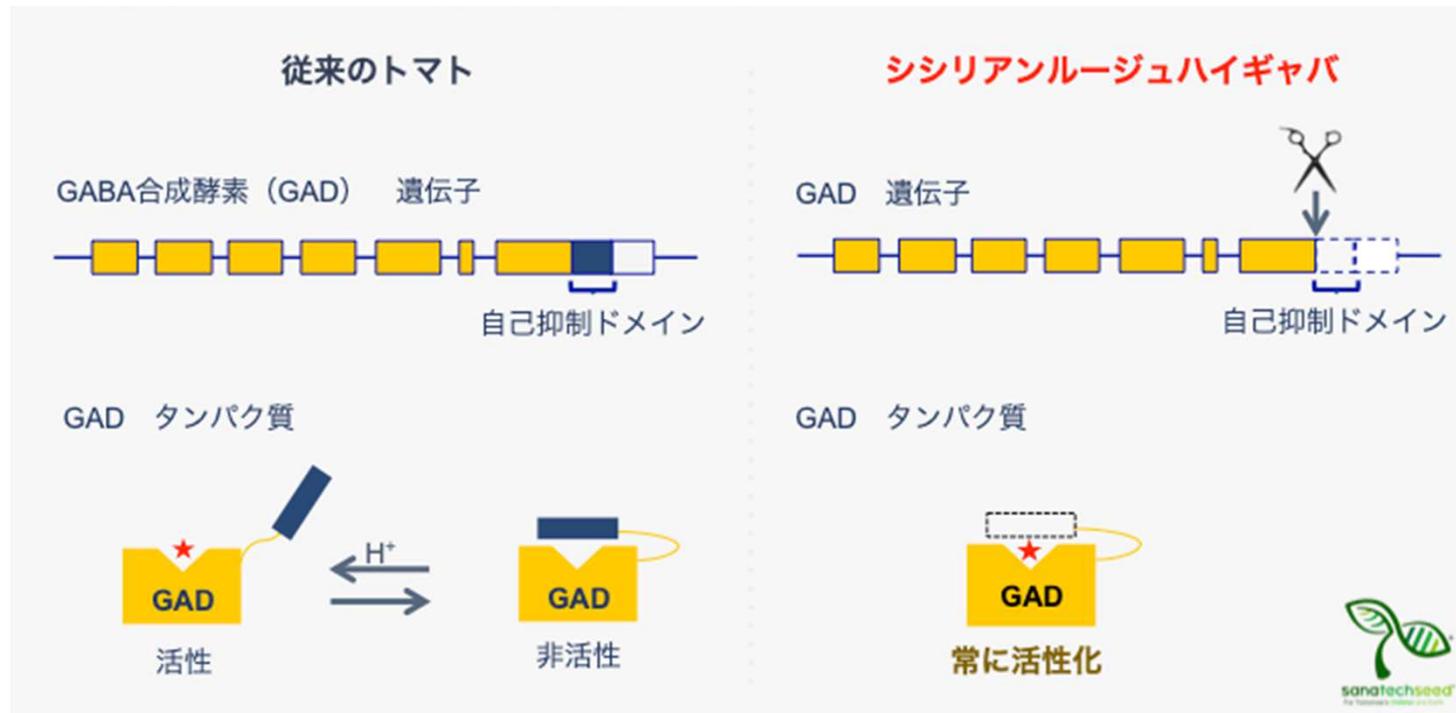


ゲノム編集により作られた作物 ～シシリアンルージュハイギャバ～

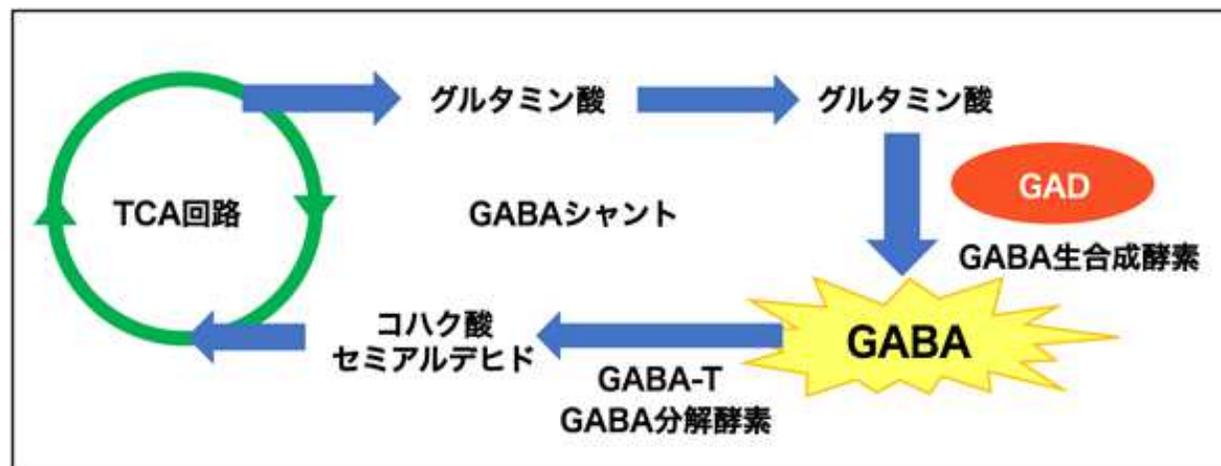
The screenshot shows the Sanatechseed website interface. At the top left is the logo with the tagline "We Create Healthy Food for You". Navigation elements include a menu icon, a "FAQ" button, language options "JP" and "EN", a search icon, and a contact icon labeled "お問い合わせ". The main banner features a photograph of fresh vegetables (cauliflower, radishes, cucumbers, tomatoes) and the text "GABA高蓄積トマト" (GABA High-Accumulating Tomato). Below this is a green button with the text "GABA高蓄積トマトへのお申し込み >". A "News" section is also visible. At the bottom, a smaller banner repeats the product name and includes a text box: "ゲノム編集技術だからできた GABA 高蓄積トマト、「シシリアンルージュハイギャバ」ついに登場です。お申し込みはこちらから" (Thanks to genome editing technology, GABA high-accumulating tomatoes, 'Shishirian Rouge High Gaba', are finally here. Apply here). The URL <https://sanatech-seed.com/ja/> is provided at the bottom of the slide.

<https://sanatech-seed.com/ja/>

ゲノム編集によるGABA高蓄積トマトの開発



Gamma aminobutyric acid; GABA (γアミノ酪酸)



代謝の図引用元: 江面 浩, 野中 聡子 Kagaku to Seibutsu 56(7): 503-507 (2018)

#シシリアンルージュハイギャバ

栽培モニターを募集→約5000人が応募



講師、栽培



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

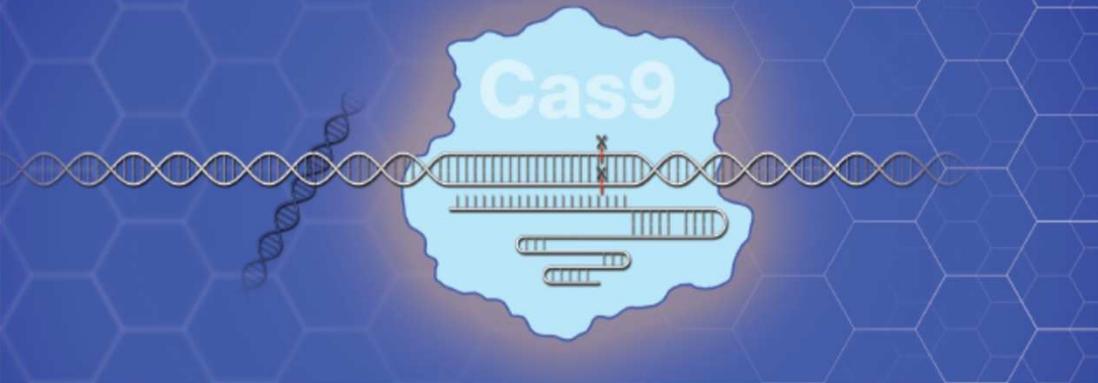


家庭菜園向けに苗を提供 筑波大学・サナテックシード(江面浩教授)

ゲノム編集実験教材

大腸菌のβガラクトシターゼ遺伝子をKO

BIO-RAD Explorer 米国市販教材 (Bio-Rad Laboratories)



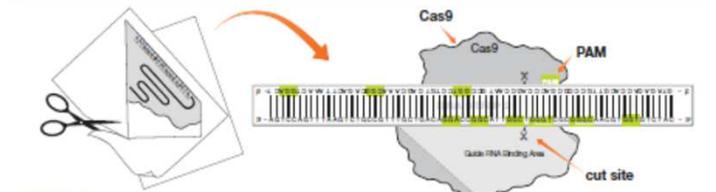
Cas9

Out of the Blue CRISPR Kit

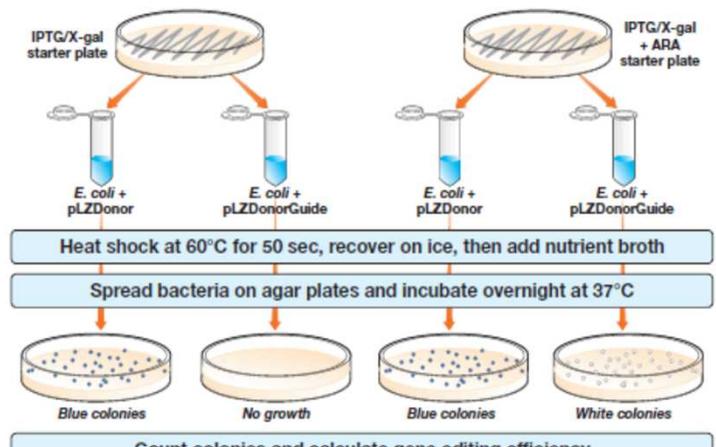
Out of the Blue Genotyping Extension



Lab 1 Optional CRISPR-Cas9 Paper Model Introductory Activity

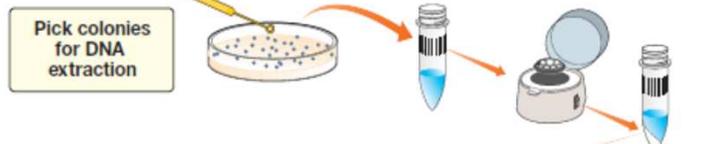


Lab 2 Streak starter plates with *E. coli*



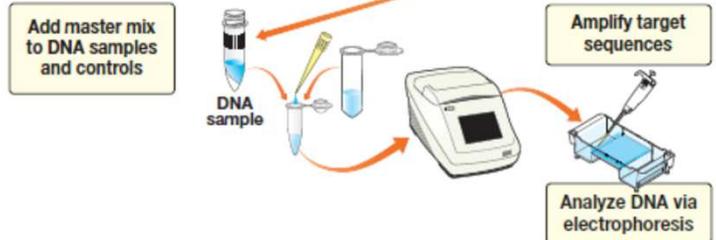
Lab 3 Genotyping Extension*: Verify gene editing by PCR

Extract DNA from colonies



Pick colonies for DNA extraction

Amplify samples by PCR and electrophorese



Add master mix to DNA samples and controls

Amplify target sequences

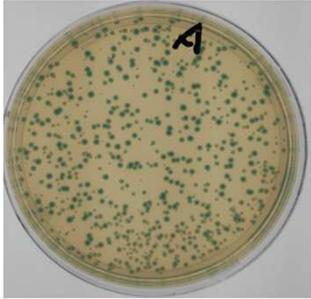
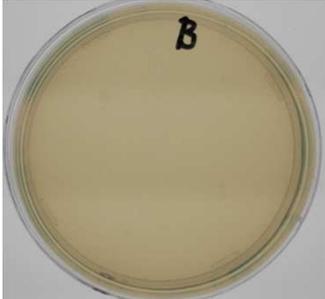
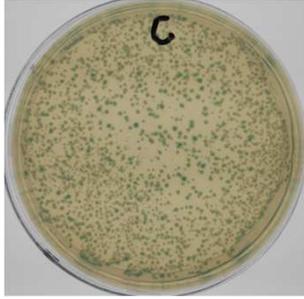
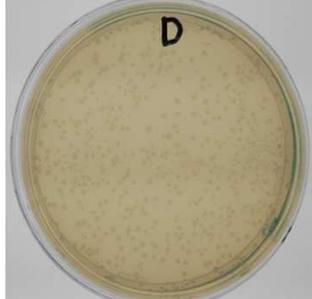
Analyze DNA via electrophoresis

Capstone Activity: Propose target CRISPR-Cas9 cut sites for gene therapy and use bioinformatics to evaluate the possibility of off-targets. Genotyping Extension not required.

* Requires the Out of the Blue Genotyping Extension, sold separately.

Out of the Blue CRISPER kitの評価

～lac Z遺伝子ゲノム編集実験～

	A	B	C	D
プレート				
修復系	—	—	+	+
ガイドRNA	—	+	—	+
コロニー	+	—	+	+

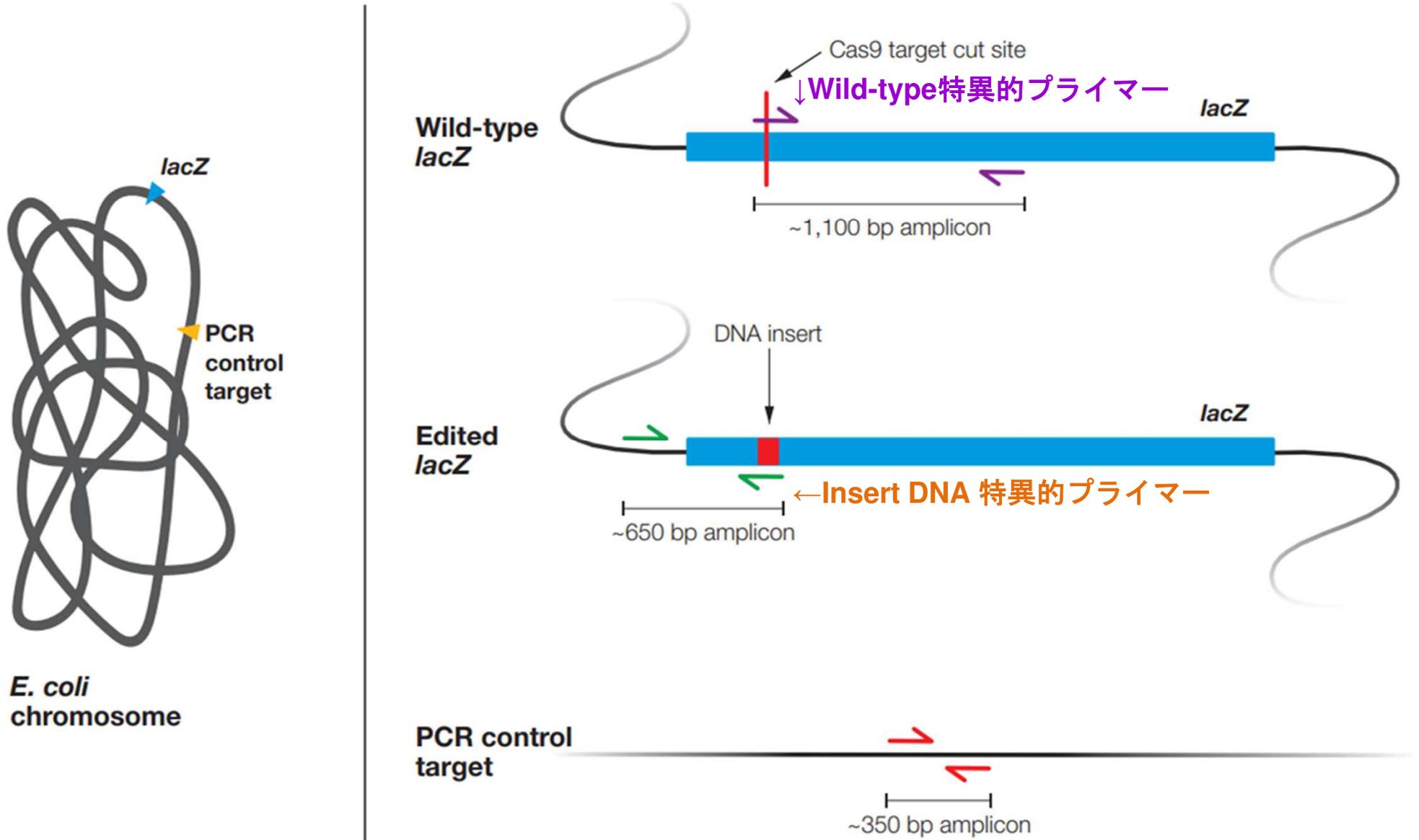
大腸菌

大腸菌
lac Z
切断
有
修復無

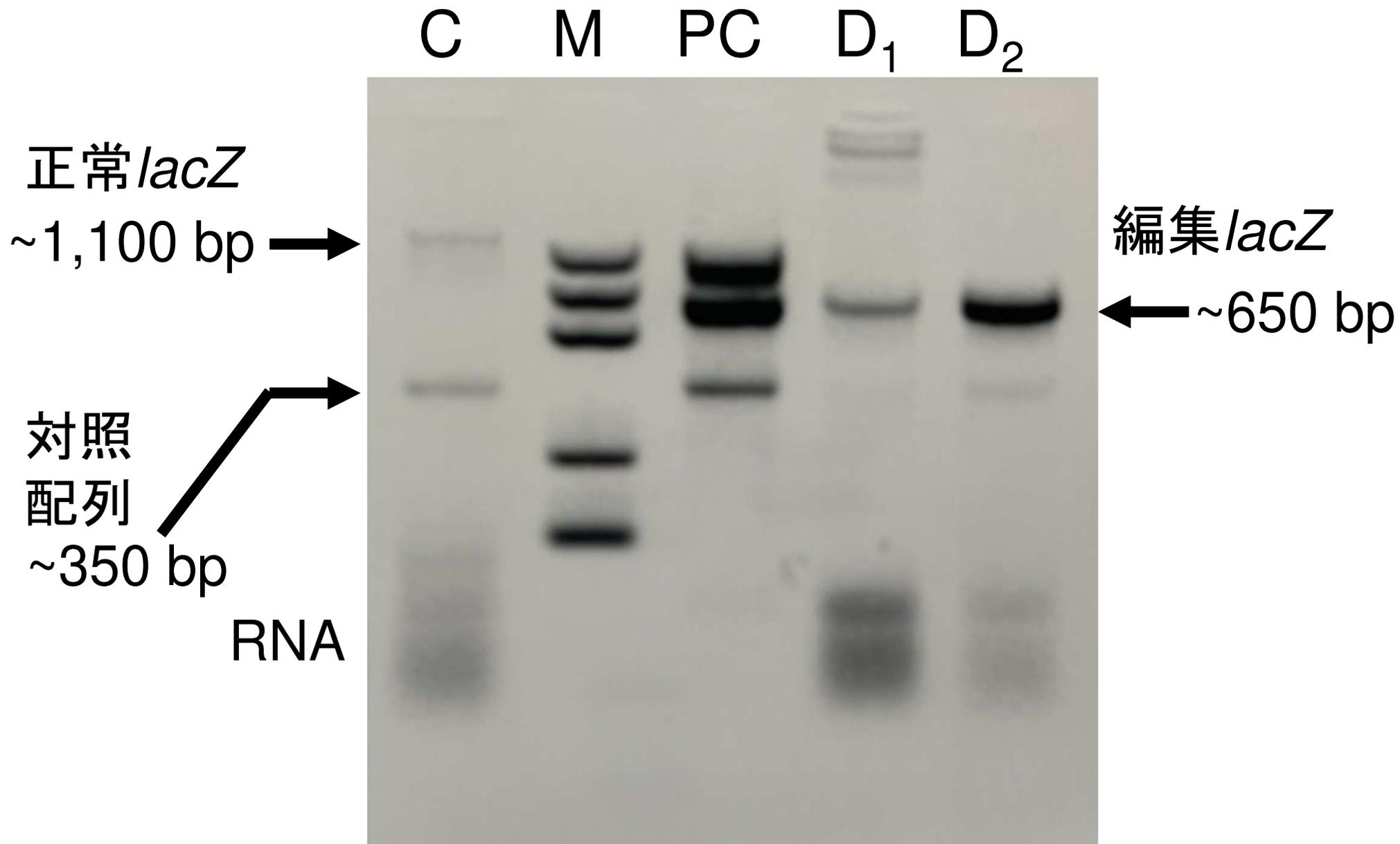
大腸菌
lac Z
切断
無

大腸菌
lac Z
切断
有
修復有
(DNA断片挿入)

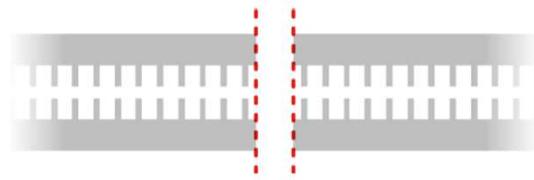
lac Z遺伝子ゲノム編集大腸菌DNAの解析 ～解析用プライマー～



lac Z遺伝子ゲノム編集大腸菌DNAの解析



M: 1,000, 700, 500, 200, 100 bp; PC: ~1,100, ~650, ~350 bp

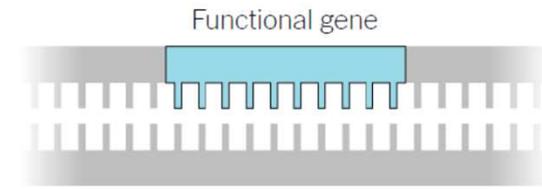


CRISPR in the Classroom

By Eleanor Lutz June 27, 2022

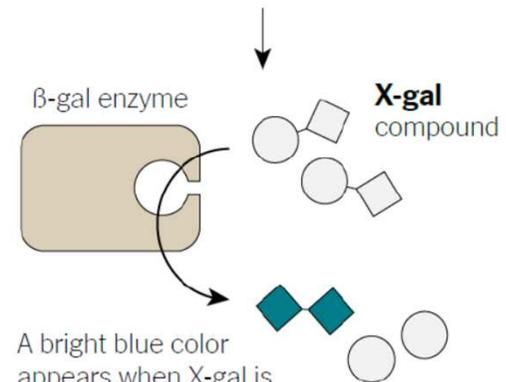
A decade after CRISPR started to become a major tool in genetic research, a new generation of scientists is growing up with the technology. Even high school students are able to run CRISPR experiments. Some specialized public high schools teach CRISPR as a hands-on lesson in biotechnology. These classes cover everything from molecular biology to pipetting to biomedical ethics and career options.

Bacteria Without CRISPR



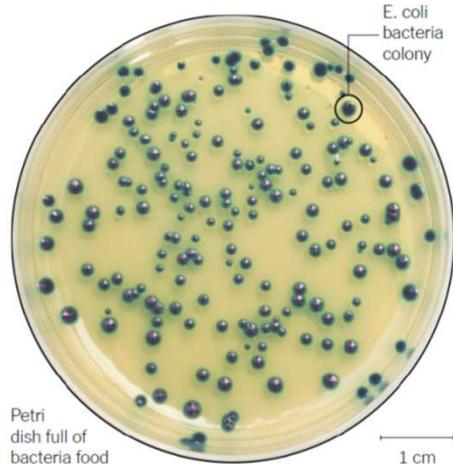
E. coli DNA

A gene in the bacteria encodes an enzyme, called β -gal, which can help break down certain molecules.

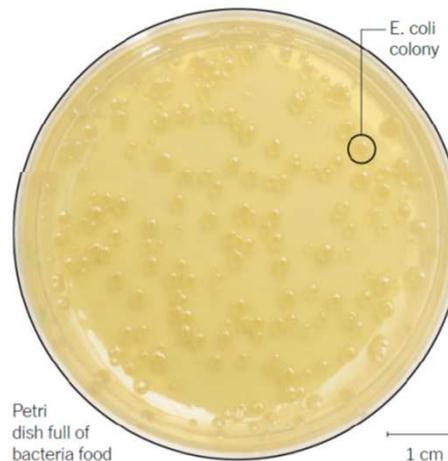


A bright blue color appears when X-gal is broken down by β -gal.

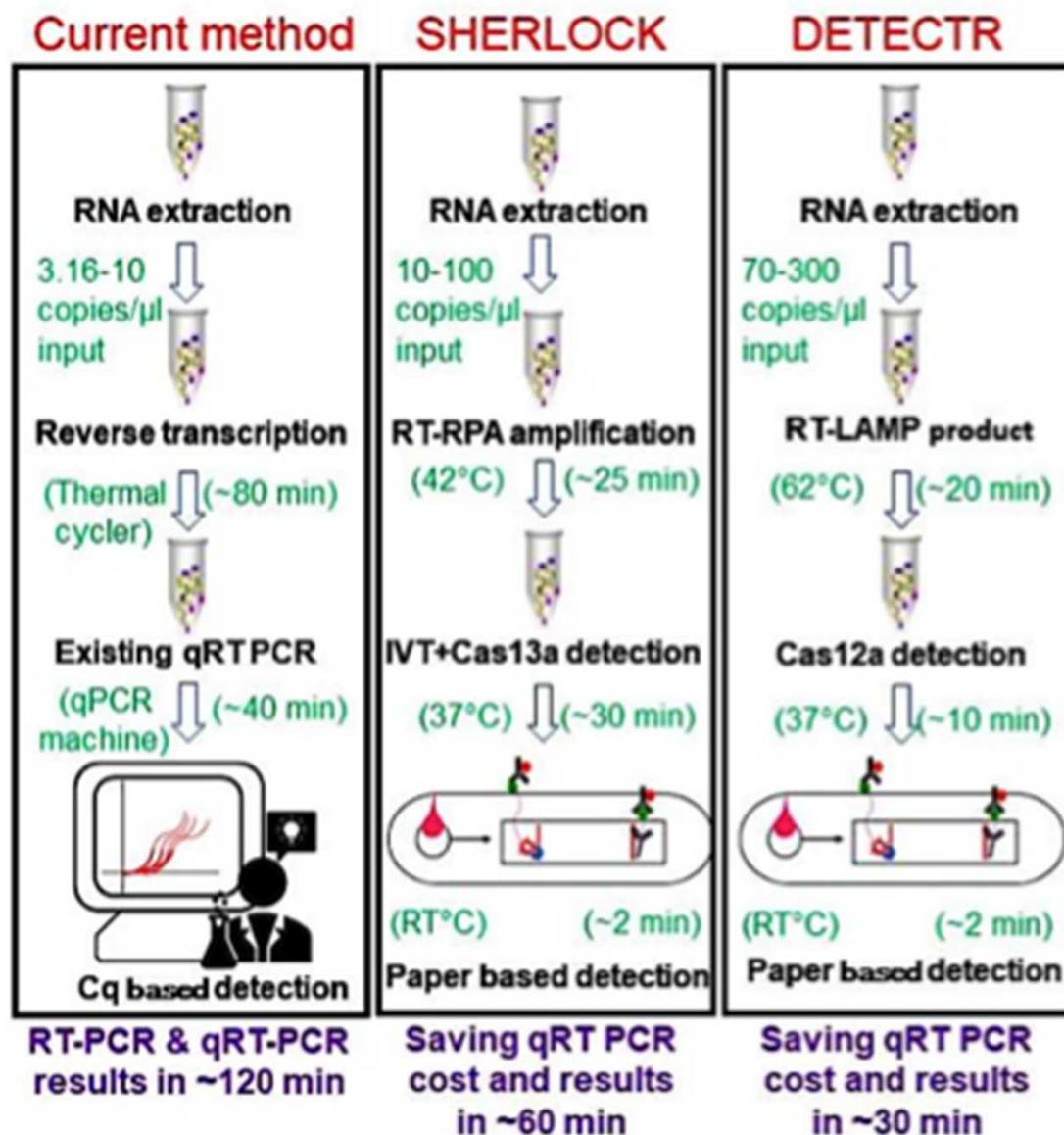
Bacteria Without CRISPR



Bacteria Altered With CRISPR

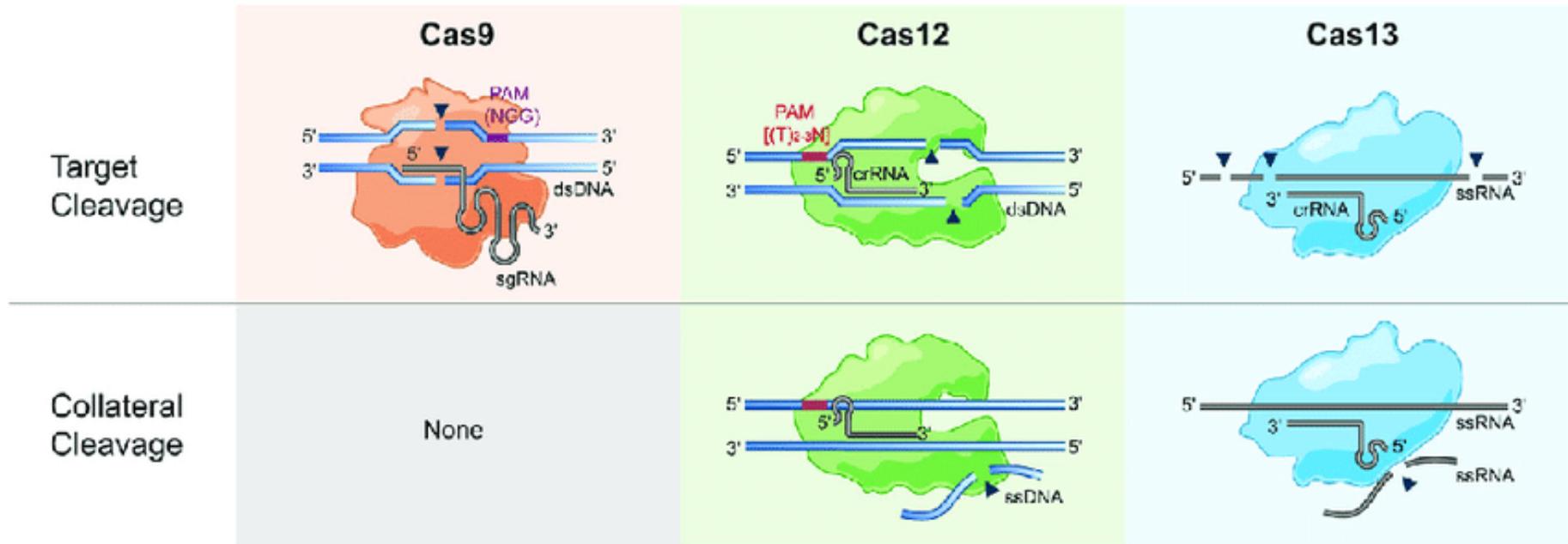


ゲノム編集技術を応用した簡易SARS-CoV-2検出試薬(検査薬)



REVIEW "CRISPR-based assays for rapid detection of SARS-CoV-2" Javalkote S, Kancharla N, Bhadra B, Shukla M, Soni B, Sapre A, Goodin M, Bandyopadhyay A, Dasgupta S. [Preprints 2020-06-04](#).

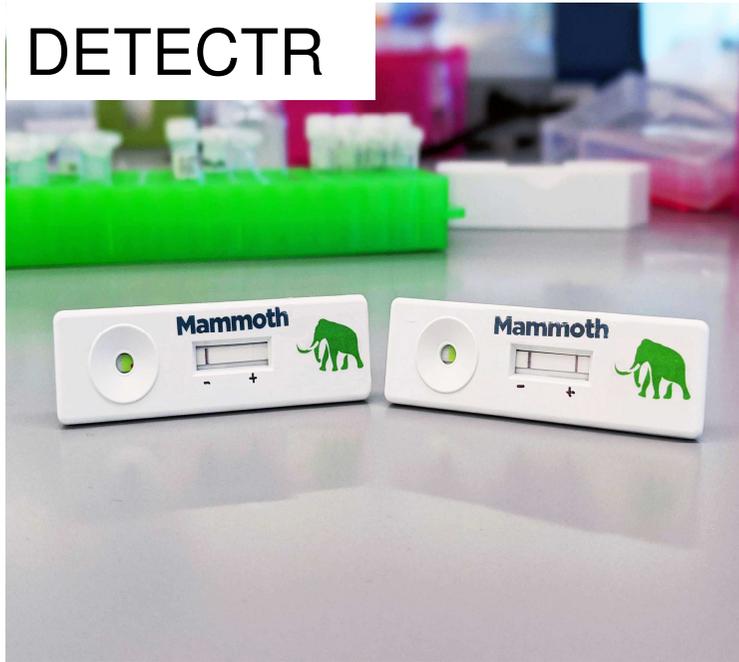
Cas13, Cas12a, およびCas14が有するコラテラル活性* (Collateral cleavage activity)



ResearchGate公開資料より

*Cas3もコラテラル活性有

DETECTR



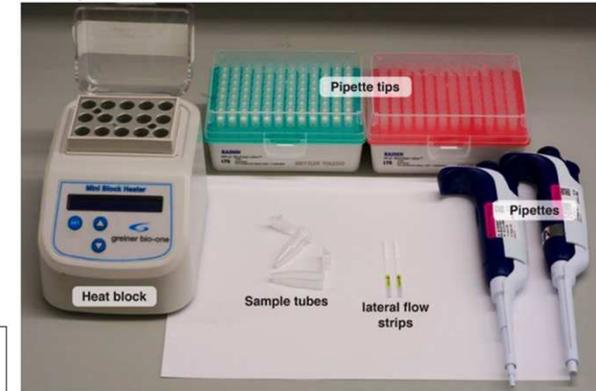
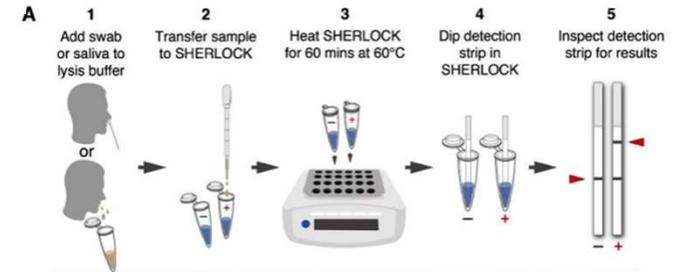
SHERLOCK

A. Schematic of the one-step STOPCovid test. A nasopharyngeal swab or saliva is transferred into the lysis buffer. Sample is transferred to negative control and test SHERLOCK reactions and heated for 60 mins at 60°C. Detection strips are then dipped into each reaction for 2 minutes for lateral flow readout.

#2 10 mins at 22 °C, 10 mins at 60 °C or 5 mins at 95 °C
 #3 60 mins at 60 °C
 #4-5 2 mins at 22°C

B. Equipment and consumables needed for running STOPCovid, including a heat block, pipettes, pipette tips, sample tubes, and lateral flow strips.

Overview of the STOPCovid method

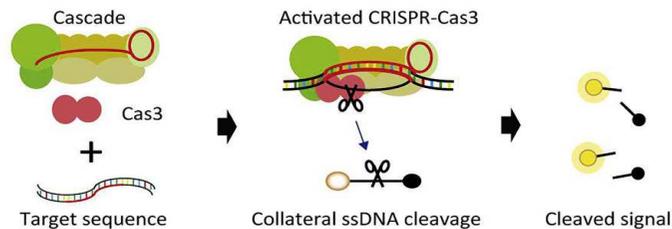


DETECTR BOOST® SARS-CoV-2 Reagent Kit*

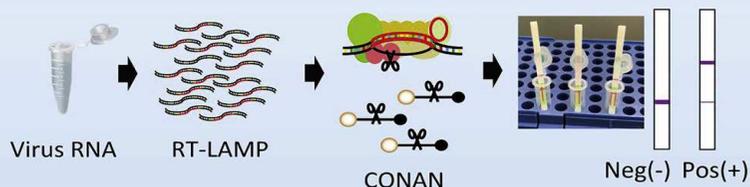
Point-of-care testing for COVID-19 using SHERLOCK diagnostics (v.20200505)
<https://www.stopcovid.science/docs/STOPCovid%20Whitepaper.pdf>

CONAN

Cas3 Operated Nucleic Acid detection



Lateral flow detection of SARS-CoV-2



Cas3 Operated Nucleic Acid detection (CONAN)

真下知士教授(東京大学医科学研究所)開発、
 バイオベンチャーC4Uにて製造販売