

東京農工大学遺伝子実験施設
第20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



2021年8月19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

以下、参考トピックス

4. ゲノム編集教材、COVID-19教育リソース

5. 遺伝用語の改定について

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

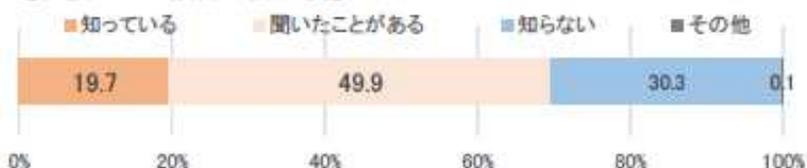
目的: 消費者の遺伝子組換え食品やその表示に関する意識を把握するため、ウェブでのアンケート調査を実施。

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)

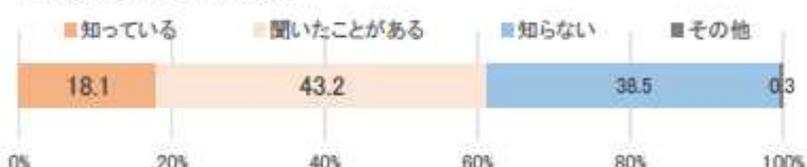
不安感

- 「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】

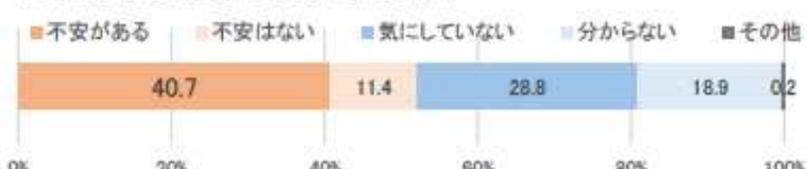


【安全性審査の認知度】



- 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

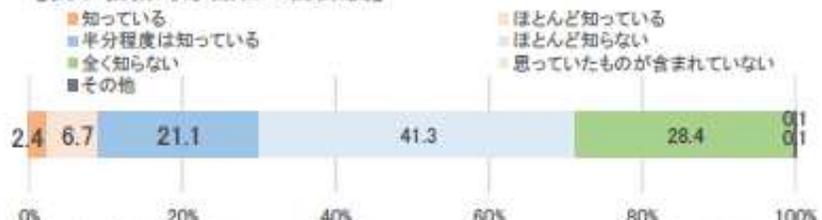
【遺伝子組換え食品の忌避状況】



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

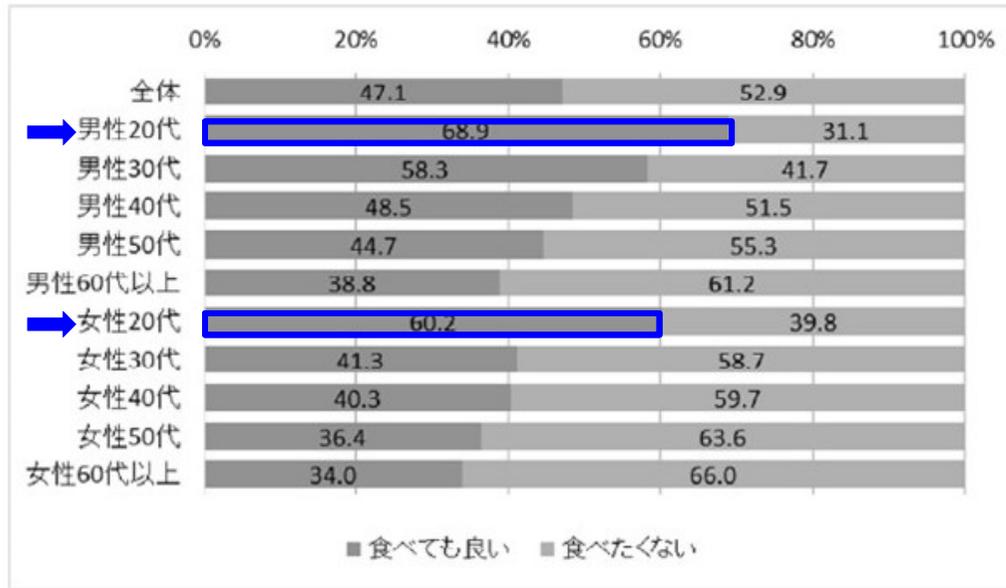
- 表示義務の原材料については、「表示義務を拡充すべき」が3割

【主な原材料のみ表示義務の妥当性】

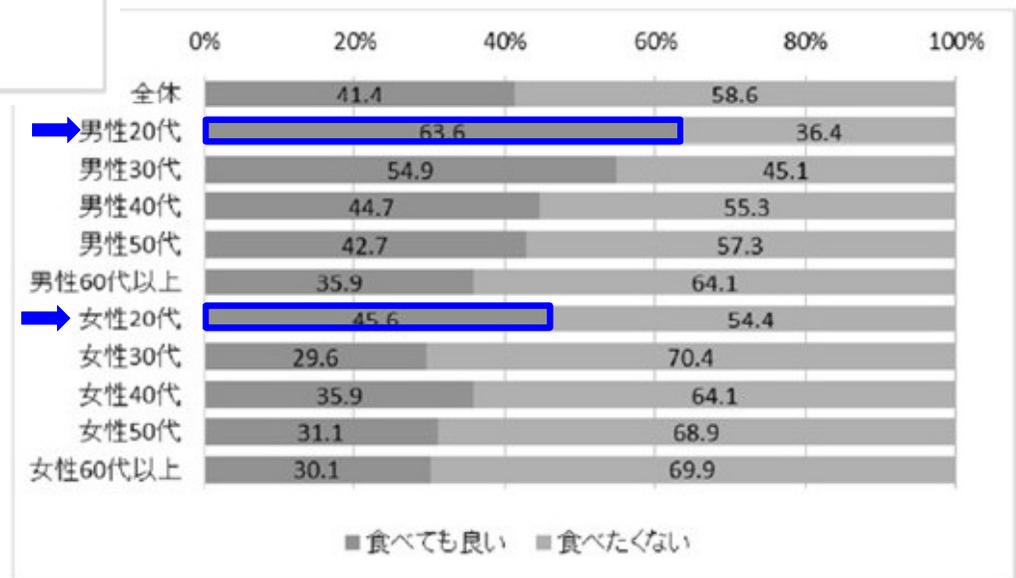


遺伝子組換え/ゲノム編集食品の摂食意向

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>

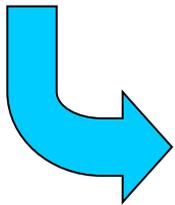
一般市民各世代 200名、合計 2,000名の調査(2018年2月)

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

以下、参考トピックス

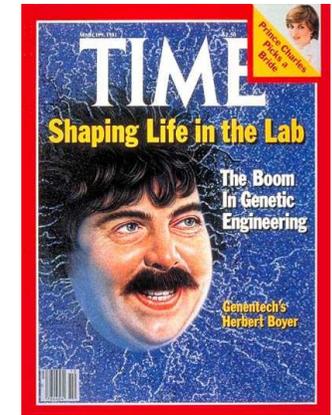
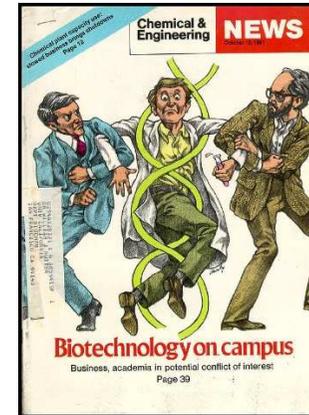
4. ゲノム編集教材、COVID-19教育リソース
5. 遺伝用語の改定について

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

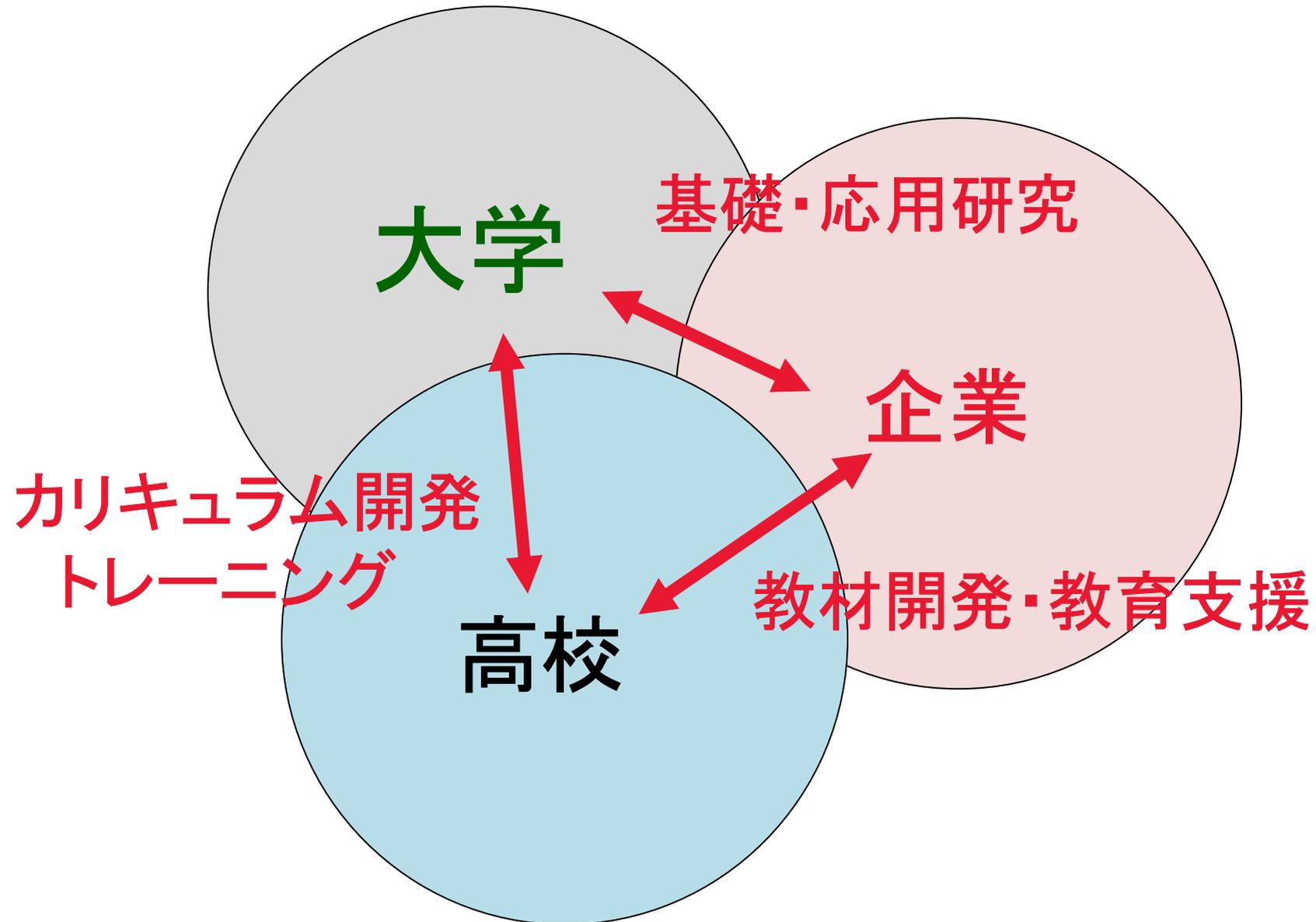
クリントン大統領



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

*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



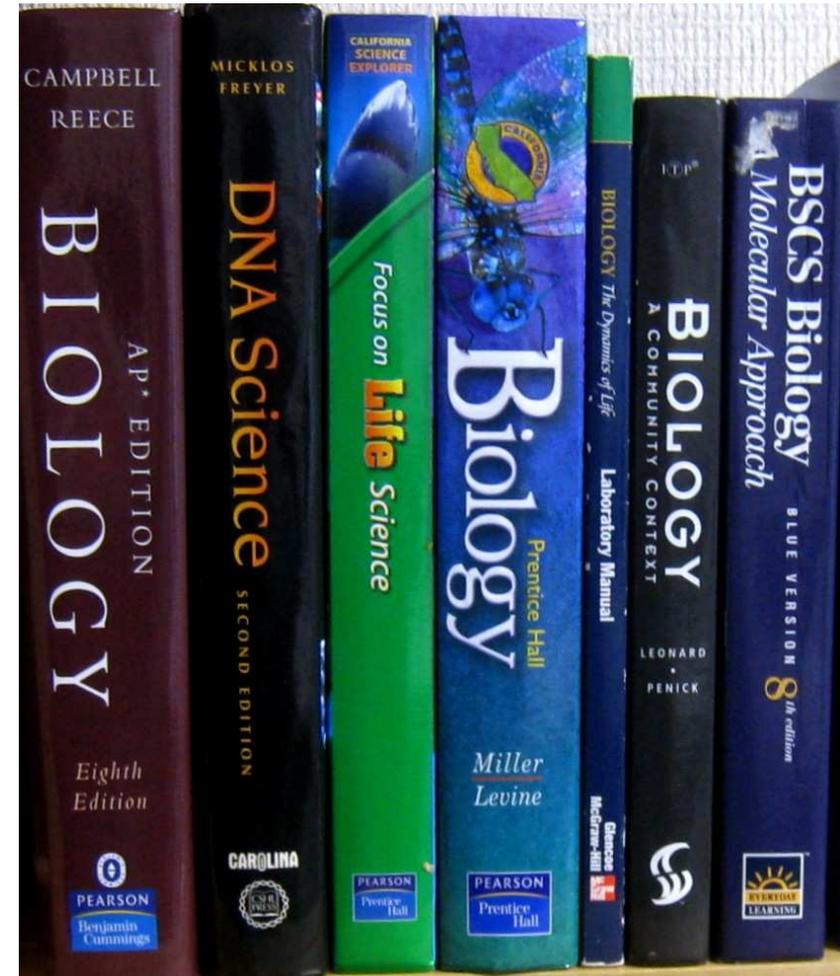
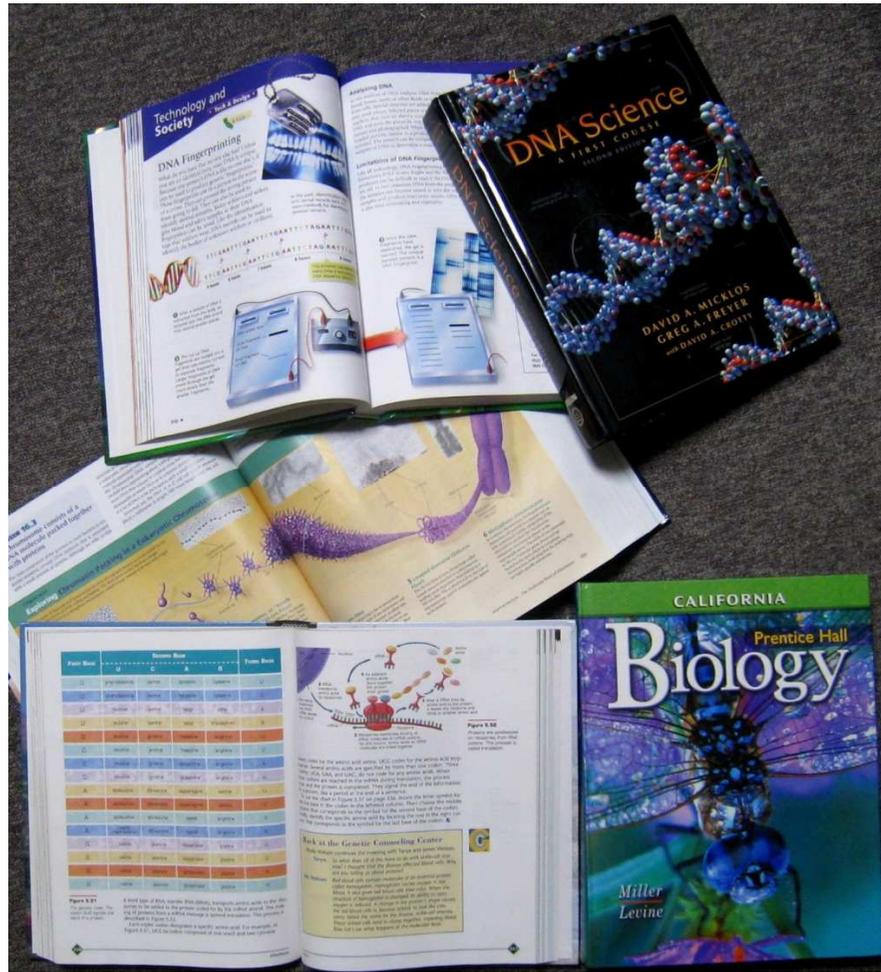
WORKSHOPS & EVENTS



サンフランシスコ湾岸地区

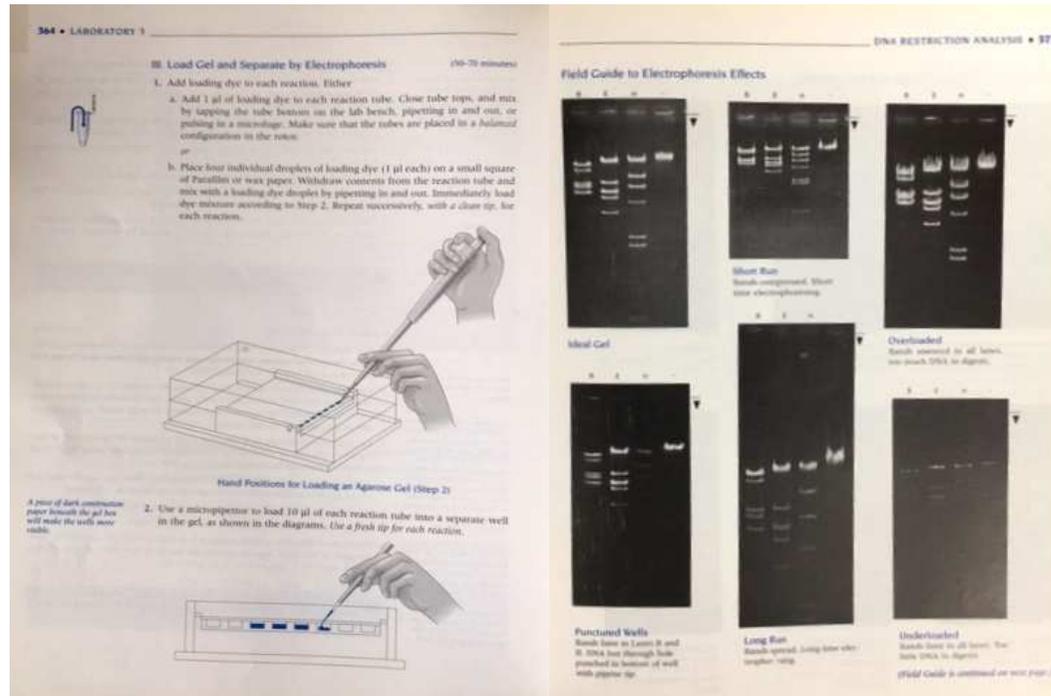


米国高校生物学教科書

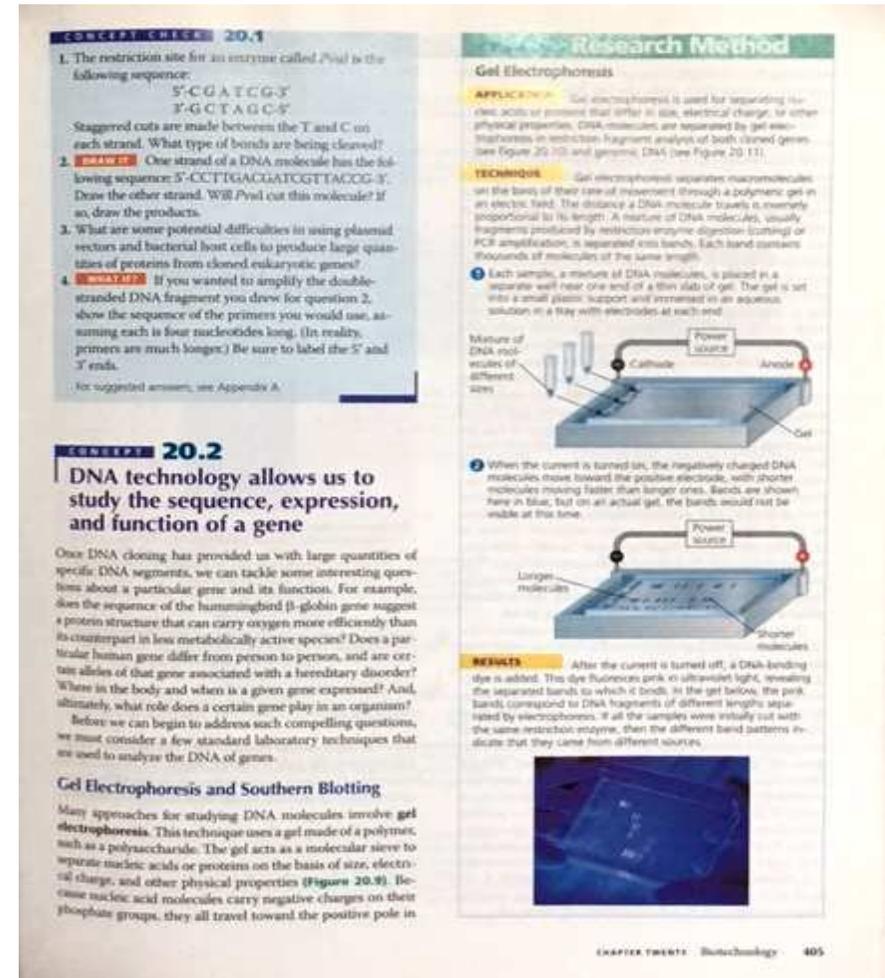


分子生物学含む遺伝について: ~20%
ヒト生物学、実験、ストーリー性
Advanced placement (AP) Biology

米国高校生物学教科書



DNA Science 2nd ed. (2003)



Campbell Biology 8th ed. (2009)

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

米国高等学校における遺伝子実験授業

実施学年：主にK11, 12

(National Science Education Standard)

Regular, Advanced Placement (AP)

遺伝子組換え実験：

大腸菌K12株を用いるような教育レベルの実験は、NIH
ガイドラインの除外事項でありどこでも実施可能

ヒトゲノムDNAを用いた実験：

倫理的問題に関わらない範囲で実施可能

病気に関係する遺伝子是用いない

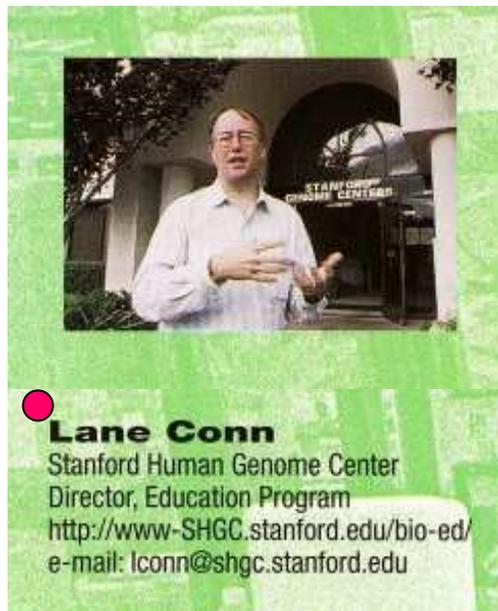
表現型に関わる遺伝子是用いない

親子鑑定や民族の違いに関わるDNA配列は用いない

The Involvement of Genome Researchers in High School Science Education

Maureen Munn,^{1,6} Peggy O'Neill Skinner,² Lane Conn,³ H. Geraldine Horsma,⁴ and Paula Gregory⁵

¹Department of Molecular Biotechnology, University of Washington, Seattle, Washington 98195 USA; ²The Bush School, Seattle, Washington 98112 USA; ³Stanford DNA Sequencing and Technology Center, Stanford University, Palo Alto, California 94304 USA; ⁴Henry M. Gunn High School, Palo Alto, California 94306 USA; ⁵Human Cancer Genetics Division, Ohio State University, Columbus, Ohio 43210 USA



Lane Conn
 Stanford Human Genome Center
 Director, Education Program
<http://www-SHGC.stanford.edu/bio-ed/>
 e-mail: lconn@shgc.stanford.edu

- Education Program
The Natural History of Genes
- University of Utah School of Medicine
Ecotus Institute of Human Genetics
Utah Museum of Natural History
- State of North Carolina
- Oak Ridge National Laboratory
- National Human Genome Research
Institute
- National Research Council
- Santa Clara County Office of Education
and San Jose State University
- Fred Hutchinson Cancer Research Center
- AAAS Directorate for Education and
Human Resources Programs
- San Francisco Unified School District
- San Francisco Unified School District and
University of California San Francisco
- North Carolina Biotechnology Center
- ORNL Office of University of and
Science Education
- Outreach and Education Office
- RISE
- Santa Clara County Biotechnology
Education Partnership (SCCBEP)
- Science Education Partnership
- Science - Literacy for Health: Human
Genome Project
- SF-BASE
- UCSF SEP

- | URL (http://) |
|--|
| www.accesscellence.org |
| www.pts.org/gene |
| www.babec.org |
| hometown.aol.com/MAR1BBE1/bcsc.org/ |
| www.lanl.gov/external/museum/ |
| www.bumc.bu.edu/citylab |
| www.cc.emory.edu/PEIDIATRICES/com/com.htm |
| www.tigr.org/ceet/index.html |
| www.exploratorium.edu/genepool/genepool_home.html |
| www.dnaffles.org |
| vector.cshl.org |
| nhsu.stanford.k12.ca.us/programs/of_base/amcoe.html |
| shgpc.genome.washington.edu |
| www.holidaylectures.org |
| www.scl.vsu.edu/bio/hhp/index.html |
| www-shgc.stanford.edu/bioed/ |
| www.kumc.edu/gec |
| www.lmmunes.com |
| www.fbi.gov/education/ELSI/SJSCP.html |
| ep.lnl.gov |
| www.lanl.gov/external/education |
| raven.umnh.utah.edu |
| www.ncbiotech.org |
| www.ornl.gov/seer/OUSE.html |
| www.nhgrl.nih.gov/policy_and_public_affairs/education |
| www.nas.edu/rise |
| www.miljaku.k12.ca.us/mhs_website/departments/science/scsbep.html |
| www.fhcc.org/~sep |
| ehweb.aaas.org/ehr/books/index.html |
| nhsu.stanford.k12.ca.us/programs/of_base/welcome.html |
| www.ucsf.edu/sep |

Genome Res.9, 597-607 (1999)



Figure 1 High school students participate in authentic research projects. (A) Through a project developed at the Human Genome Education Program at Stanford University, local high school students participate in an experiment called DNA Snapshots—Peeking at your DNA. Students use PCR to amplify DNA from their own cheek cells and examine human relatedness through DNA similarities, in parallel to the process used to help locate lost children from the “Dirty War” in Argentina. Through this compelling human story, students learn DNA basics while exploring issues of privacy, family, and legal issues surrounding DNA typing and its uses.

遺伝子リテラシー教育に向けた教育教材

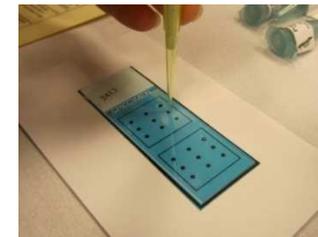
1. 実際のサンプルを用いて、研究現場と同様の実験を行う教材

- ・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

RON MARDIGIAN MEMORIAL BIOTECHNOLOGY EXPLORER AWARD

SPONSORED BY BIO-RAD LABORATORIES

PROGRAM SUMMARY

Bio-Rad's Biotechnology Explorer™ Program and the National Science Teachers Association (NSTA) have partnered to recognize an outstanding high school teacher who has made biotechnology learning accessible to the classroom. This award has been established in memory of Ron Mardigian, the inspiration behind and founder of the Biotechnology Explorer program.

AWARD

The award consists of a \$250 monetary gift, a \$500 certificate for Bio-Rad products and up to \$750 in expenses to attend the NSTA National Conference on Science Education. The awardee will be honored at the Teacher Awards Banquet; the awardee and one teacher guest of the awardee will be invited to dinner with members of Bio-Rad's Explorer team.

National Science Teachers Association “Ron Mardigian Award”

現在：



National Science Teaching Association



Ron Mardigian (1954-2003)
Biotechnology Explorer Program Founder

Back in 2000, I wanted to start a biotechnology program at Kadena High School so I planned a workshop around the island challenge. Fortunately, Ron heard of what I was trying to do so he contacted me on how he could help. Without his support my program wouldn't be what it is today. It has affected so many students. In fact, before Christmas vacation a former student came to visit to tell me that he plans on studying forensics as a result of my biotechnology program. I also spent the past 7 summers getting to know Ron and his great team when they came to Oahu for our biotechnology workshops. I am sure he has touched many lives from here to China — Starship.

Eric Sakashita
Kadena High School, Hawaii

BIO-RAD

遺伝子リテラシー教育に向けた教育教材

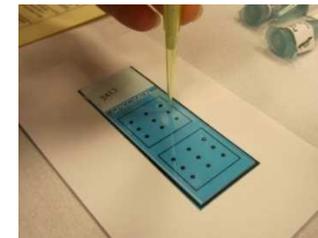
1. 実際のサンプルを用いて、研究現場と同様の実験を行う教材

- ・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

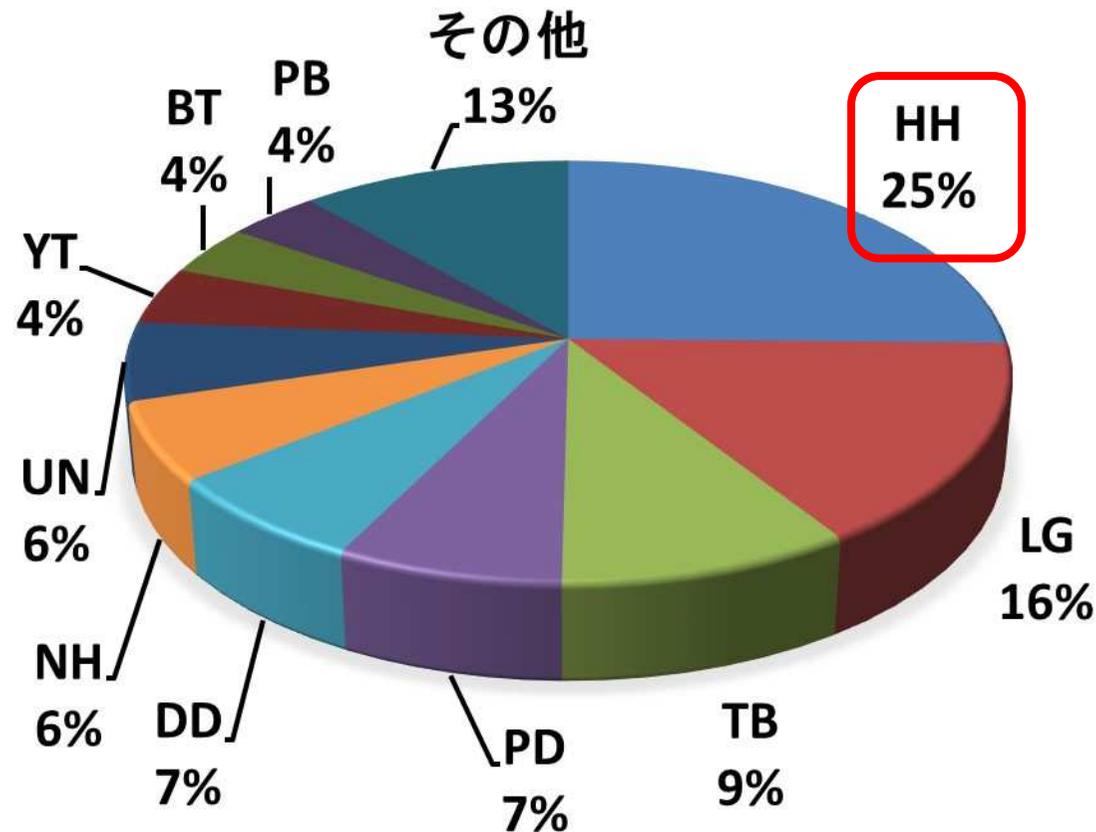


3. 実験を含まないweb配信教材(コロナ禍で有効)

- ・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)



WEB配信教材(リソースの提供)



リソースの提供機関

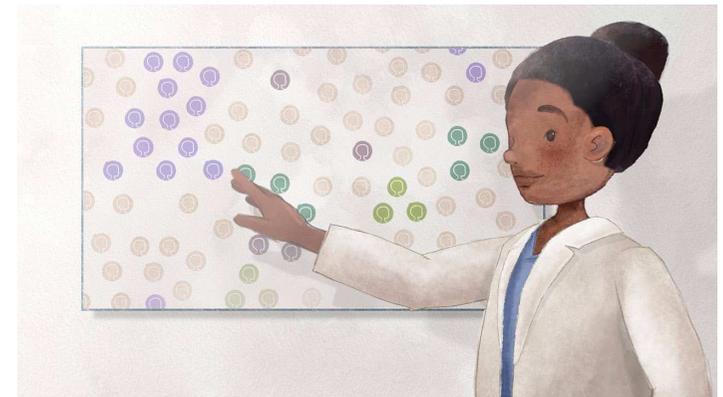
HH: Howard Hughes Medical Institute, LG: Genetic Science Learning Center, TB: Textbook and Associated Resources, PD: Professional Development, **DD: Dolan DNA Learning Center**, NH: NIH/NLM/NHGRI and DOE, UN: College and University Websites, YT: YouTube, BT: Biotechnology Companies, PB: Public Broadcasting, MZ: Museums, Zoos, Nonprofits.

引用元: 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)

Howard Hughes Medical Institute; HHMI
(ハワードヒューズ医学研究所)
BioInteractive
(バイオ教材開発配信部門)



<https://www.biointeractive.org/>



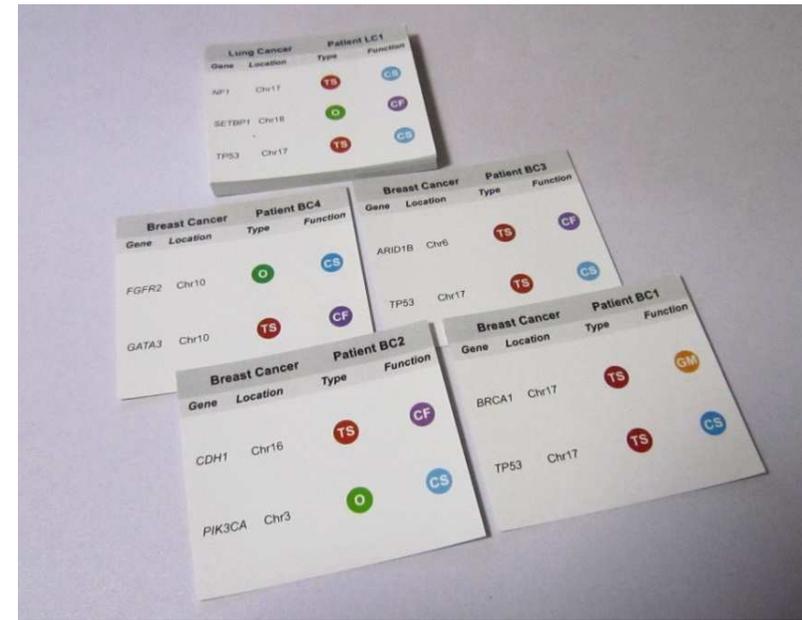
実験を含まないweb配信教材

がんゲノム医療に向けた遺伝子・ゲノムリテラシー教育
がん患者カード教材(2014~)

研究者講義DVD



がん患者カード



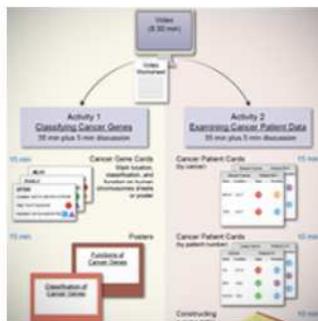
Classifying Cancer Genes and Examining Patient Data

<https://www.biointeractive.org/classroom-resources/classifying-cancer-genes-and-examining-patient-data>

教材と使い方

Classifying Cancer Genes and Examining Patient Data

高校生向け



Topic
Genetics
- Genetic Disease
- Bioinformatics

Cell Biology
- Cell Cycle

Resource Type
Activities
- Card Activities

Level
High School – General
High School – AP/IB
College

Used In
1 BioInteractive Playlists

Favorited By
27 Users

教材概要

Share This View in Spanish

がん患者カードゲームを通じて、
がん、そしてがんゲノム医療を身近に学ぶがん教育プログラム

- ・がんの分子生物学
- ・がんの検査と診断
- ・がんの治療(分子標的薬、免疫チェックポイント阻害剤)
- ・がんの予防、生活習慣とがん

Materials

- Activity 1 and 2 Overview - Teachers (PDF) 1 MB
- Activity 1 and 2 Documents (ZIP) 17 MB
- Card Images - Gene (ZIP) 3 MB
- Card Images - Patient (ZIP) 1 MB
- Activity 1 and 2 Overview - Teachers - Español (PDF) 532 KB
- Activity 1 and 2 Documents - Español (ZIP) 17 MB
- Card Images - Gene - Español (ZIP) 3 MB
- Card Images - Patient - Español (ZIP) 1 MB

Use This Resource With

Video Resource
[Mutations in Cancer](#)

カードゲームで学ぶがんゲノム医療

がんの種類

Lung Cancer		Patient LC1	
Gene	Location	Type	Function
遺伝子名	染色体番号	遺伝子のタイプ名	機能
NF1	Chr17	TS	CS
SETBP1	Chr18	O	CF
TP53	Chr17	TS	CS

架空の患者番号

変異
遺伝子名

がん患者カード

がん遺伝子



がん抑制遺伝子



細胞運命(分化)

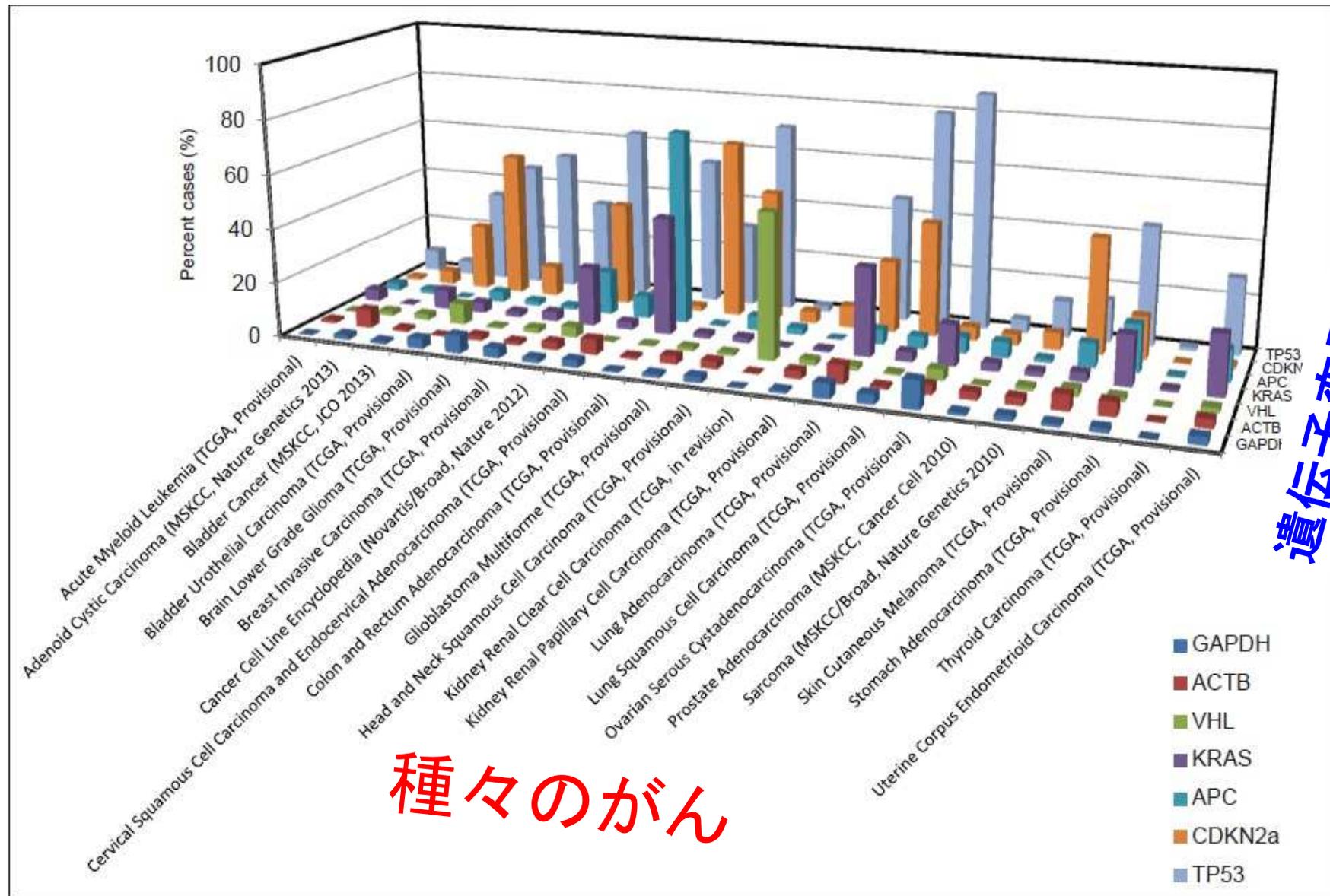


細胞増殖



ゲノム修復

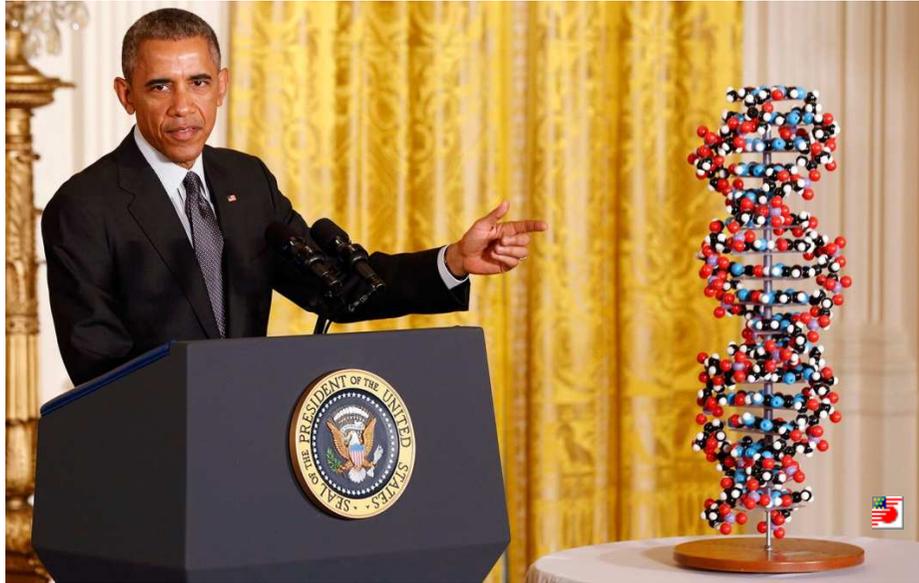
遺伝子変異とがんの種類の関係



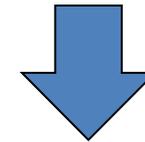
Ping. Z et al. "Mining genome sequencing data to identify the genomic features linked to breast cancer histopathology" J Pathol Inform. 5, 3 (2014).

Precision Medicine Initiative

2015年米国一般教書演説においてオバマ大統領が発表



これまでの治療法の多くは「平均的な患者 (average patient)」向けにデザイン



遺伝子、環境、ライフスタイルに関する個人ごとの違いを考慮した予防や治療法を確立する

100万人またはそれ以上のボランティアからなる全米研究コホートの創設

現在の規制の見直し⇒次世代シーケンサ技術の新しい評価法、高精度なデータベースの構築、参加者保護体制の構築等

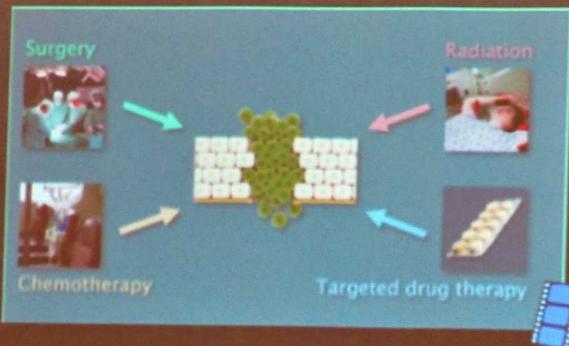
既存の研究コホート、患者団体、民間部門⇒強力なパートナーシップ
官民一体運営⇒医療研究機関、研究者、財団、医療倫理学者、企業人材

the right treatments at the right time, every time, to the right person

2016年度大統領予算案2.15億ドル



A New Era of Cancer Drugs



A combination of advances in molecular biology, structural biology, and DNA sequencing has led to the development of targeted drugs like Gleevec, which have revolutionized the treatment of certain types of cancer.

Scientists are continuing to apply these techniques to develop additional drugs to target cancers.



がん患者カードの活用研修
全米科学教育協会年会
2016 in Nashville





膵臓がん

Pancreatic Cancer		Patient PC1	
Gene	Location	Type	Function
APC	Chr5	TS	CF
GNAS	Chr20	O	CF CS
KRAS	Chr12	O	CS
RNF43	Chr17	TS	CF

Pancreatic Cancer		Patient PC4	
Gene	Location	Type	Function
KRAS	Chr12	O	CS
SMAD4	Chr18	TS	CS
TP53	Chr17	TS	CS

Pancreatic Cancer		Patient PC2	
Gene	Location	Type	Function
KRAS	Chr12	O	CS
TRAF7	Chr16	TS	CS
TP53	Chr17	TS	CS

Pancreatic Cancer		Patient PC3	
Gene	Location	Type	Function
CDKN2A	Chr9	TS	CS
KRAS	Chr12	O	CS
MPL	Chr1	O	CS
TP53	Chr17	TS	CS

大腸がん

発生メカニズム
に多様性

Colorectal Cancer		Patient CC1	
Gene	Location	Type	Function
APC	Chr5	TS	CF
ATM	Chr11	TS	GM

Colorectal Cancer		Patient CC2	
Gene	Location	Type	Function
KDM6A	ChrX	TS	CF
KRAS	Chr12	O	CS
PIK3CA	Chr3	O	CS
SMAD4	Chr18	TS	CS

Colorectal Cancer		Patient CC4	
Gene	Location	Type	Function
BRAF	Chr7	O	CS
CARD11	Chr7	O	CS
GNAS	Chr20	O	CS
PIK3CA	Chr3	O	CS
SMAD4	Chr18	TS	CS
TP53	Chr17	TS	CS

がんゲノム医療 日本のTVドラマでの扱い事例

「投与には**コンパニオン診断薬**を使用するのはわかってるんだけど、患者さんが希望している場合、有効な遺伝子変異を確認する場合は、どの遺伝子検査パネルを使えばいいんですかね？」

「**がん遺伝子パネル検査**についてですが、より多くの遺伝子を正確に測れるものとしては、先生ご存じかと思いますが、**Neoがんゲノムプロフィール**は評判がよいと聞いております。」

「なるほど分かりました。説明会の時にパッと答えていただけるとよかったですけどね」

「申し訳ございません。」

「じゃあついでに聞きますが、**EGFR G719X変異、L861Q変異、それと、S768I遺伝子変異の頻度**はどれくらいかご存じですか？」

2020年
相原メイ
多部未華子
MR*の役

*製薬企業の医薬情報担当者
Medical Representative

火曜ドラマ

私の家政夫ナギサさん

がん遺伝子パネル検査

2019年保険収載



□対象となる患者さん

- 1.年齢が16歳以上である。
- 2.全身状態が良好である。
- 3.病理学的診断によって悪性固形腫瘍(固形がん 注:1)と診断されている。
- 4.治癒切除不能または再発の病変を有する腫瘍。
(1)標準治療がない、標準治療が終了している、もしくは終了が見込まれる固形がん
(2)原発不明がん

患者さんがもつがんの分子レベルでの特徴(変異プロファイル)を把握し分子標的治療薬を選択

- ・ OncoGuide™NCCオンコパネルシステム
- ・ FoundationOne CDxがんゲノムプロファイル

変異・増幅/機能喪失対象遺伝子					融合対象遺伝子
ABL1	CRKL	IDH2	NF1	RAC2	ALK
ACTN4	CREBBP	IGF1R	NFE2L2/Nrf2	RAD51C	AKT2
AKT1	CTNNB1	IGF2	NOTCH1	RAF1/CRAF	BRAF
AKT2	CUL3	IL7R	NOTCH2	RB1	ERBB4
AKT3	DDR2	JAK1	NOTCH3	RET	FGFR2
ALK	EGFR	JAK2	NRAS	RHOA	FGFR3
APC	ENO1	JAK3	NRG1	ROS1	NRG1
ARAF	EP300	KDM6A/UTX	NTRK1	SETBP1	NTRK1
ARID1A	ERBB2/HER2	KEAP1	NTRK2	SETD2	NTRK2
ARID2	ERBB3	KIT	NTRK3	SMAD4	PDGFRA
ATM	ERBB4	KRAS	NT5C2	SMARCA4/BRG1	RET
AXIN1	ESR1/ER	MAP2K1/MEK1	PALB2	SMARCB1	ROS1
AXL	EZH2	MAP2K2/MEK2	PBRM1	SMO	
BAP1	FBXW7	MAP2K4	PDGFRA	STAT3	
BARD1	FGFR1	MAP3K1	PDGFRB	STK11/LKB1	
BCL2L1/BIM	FGFR2	MAP3K4	PIK3CA	TP53	
BRAF	FGFR3	MDM2	PIK3R1	TSC1	
BRCA1	FGFR4	MDM4	PIK3R2	VHL	
BRCA2	FLT3	MET	POLD1		
CCND1	GNA11	MLH1	POLE		
CD274/PD-L1	GNAQ	MTOR	PRKCI		
CDK4	GNAS	MSH2	PTCH1		
CDKN2A	HRAS	MYC	PTEN*	114個	
CHEK2	IDH1	MYCN	RAC1		

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

以下、参考トピックス

4. ゲノム編集教材、COVID-19教育リソース
5. 遺伝用語の改定について

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



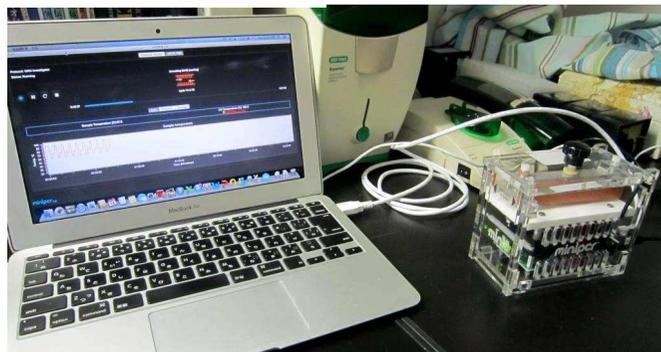
ThermoFisher
SCIENTIFIC

ProFlex™ PCR システム, 96-Well
1,340,000円



minipcr™

miniPCR
\$650

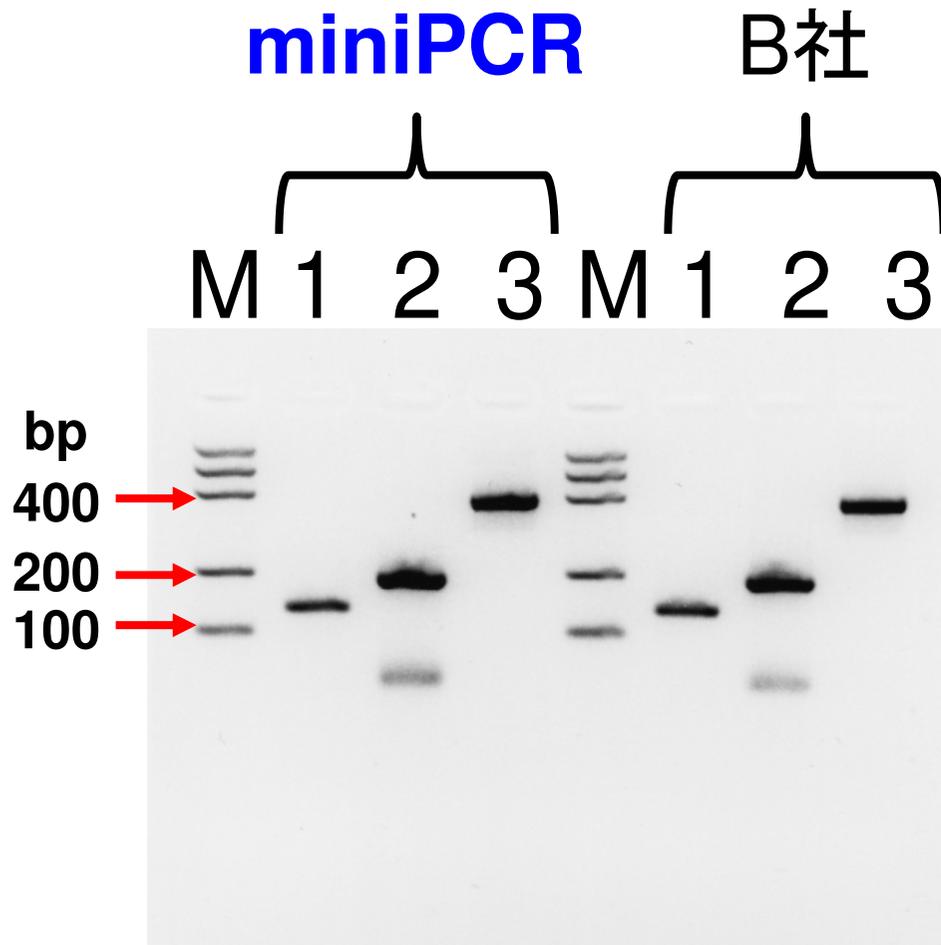


 北海道システム・サイエンス株式会社
Hokkaido System Science Co., Ltd.

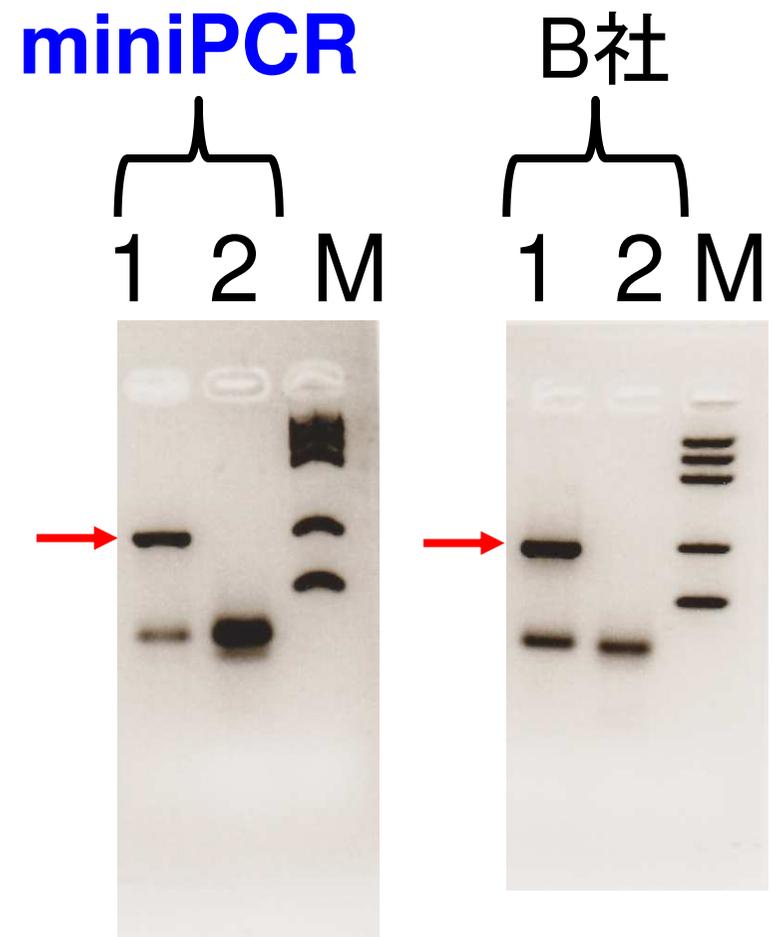


PCRくん DuxCycler 248,000円

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)

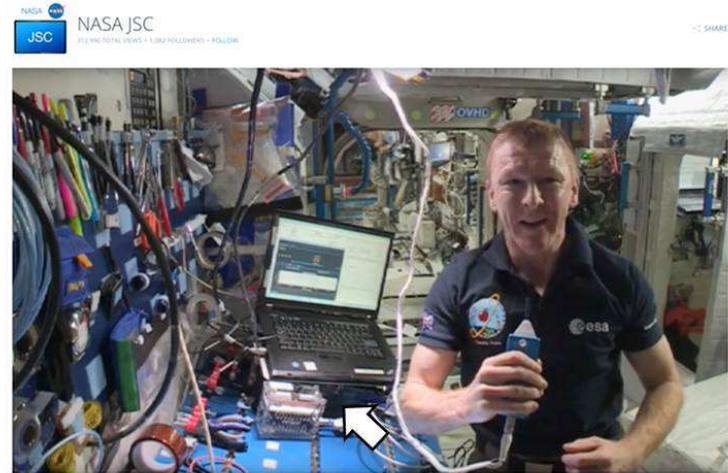
Ebola Detection in
Makeni, Sierra Leone
2014



<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

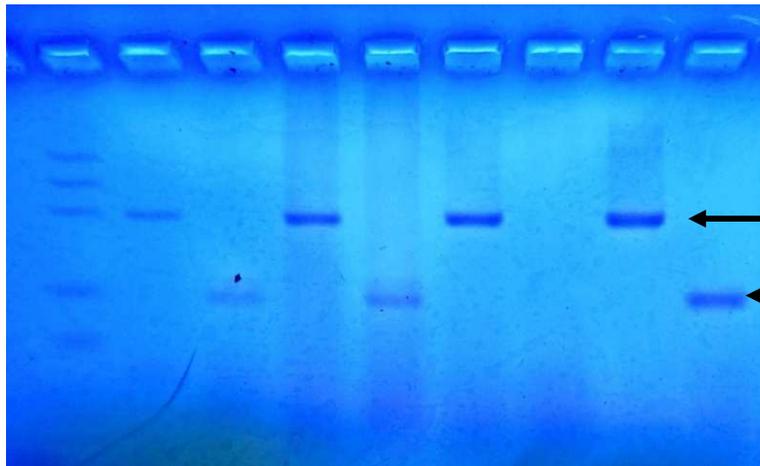
- ・オンサイト実験
 - ・教育
- で活用。\$650

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)



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.

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
glenro.j.rogan@monsanto.com

Accepted: Teacher's First and Last Name Signature

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

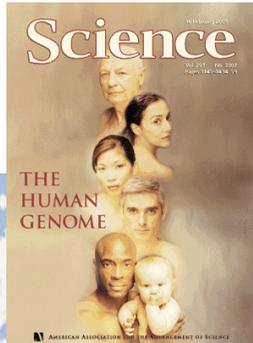
GM種

Non-GM種

GM種	Non-GM種
[Redacted]	[Redacted]
Monsanto Scientific Outreach	Monsanto Scientific Outreach
Crop: SOYBEANS	Crop: SOYBEANS
Material Name: MON04032	Material Name: A3525
Material Type: GMO (Roundup Ready - Herbicide Tolerant)	Material Type: Non-GMO (Conventional)
Source ID: [Redacted]	Source ID: [Redacted]
Kit: [Redacted]	Kit: [Redacted]
Qty: 20 seed	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

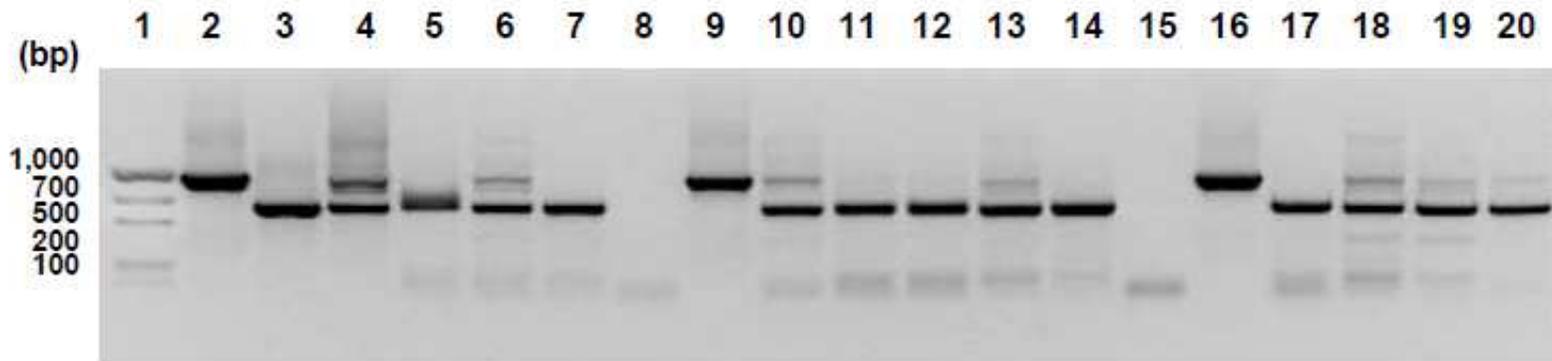
$$\begin{aligned} p &= 0.375, q = 0.625 \\ +/+ & \quad p^2 = 0.14 \quad (0.25) \\ +/- & \quad 2pq = 0.47 \quad (0.25) \\ -/- & \quad q^2 = 0.39 \quad (0.50) \end{aligned}$$

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

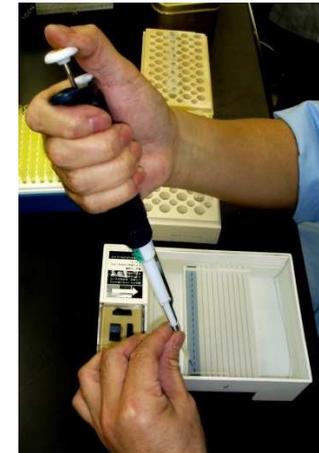
ゲノムDNA抽出



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

以下、参考トピックス

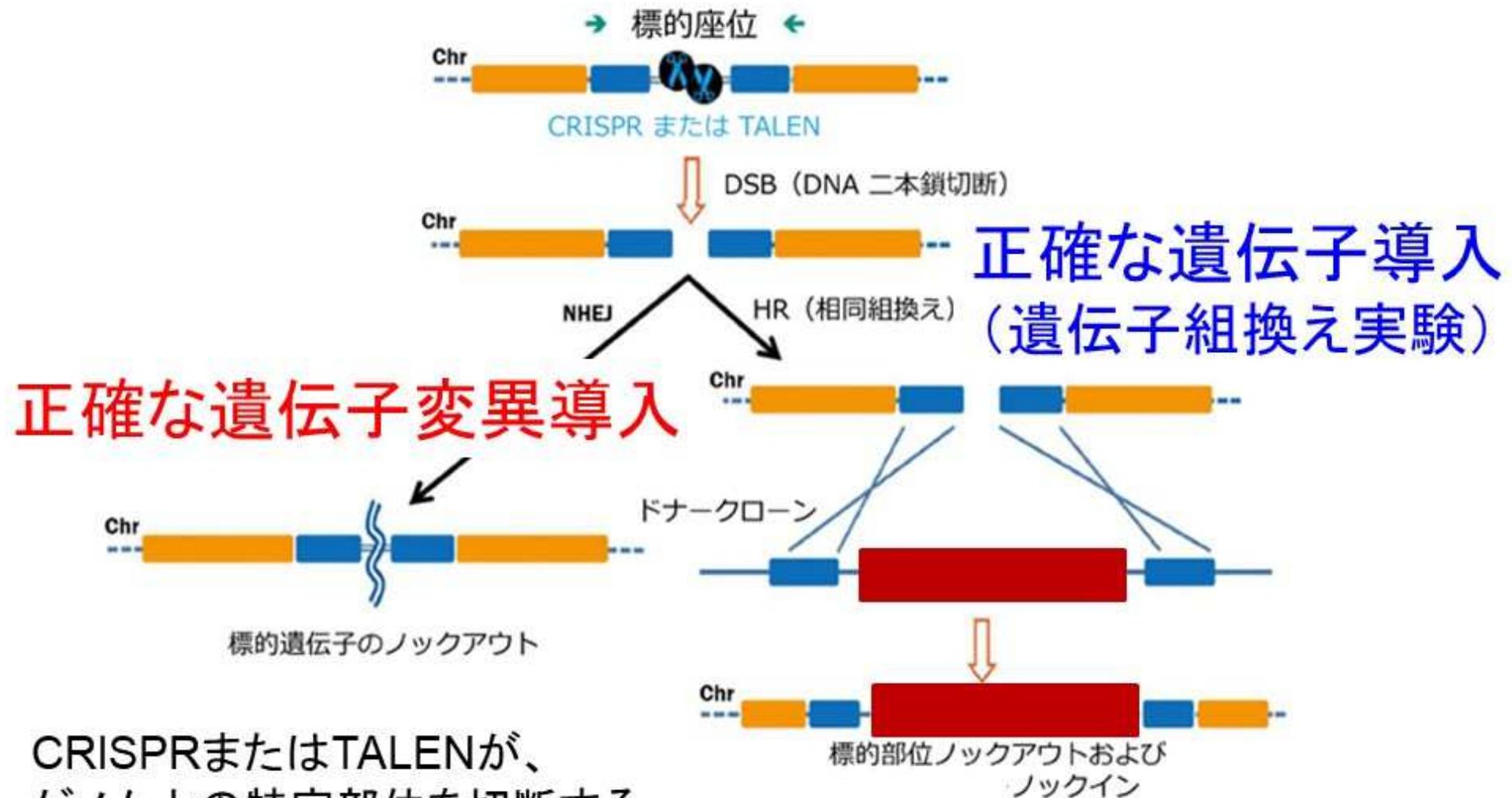
4. ゲノム編集教材、COVID-19教育リソース
5. 遺伝用語の改定について

ノーベル化学賞2020 ゲノム編集



今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)



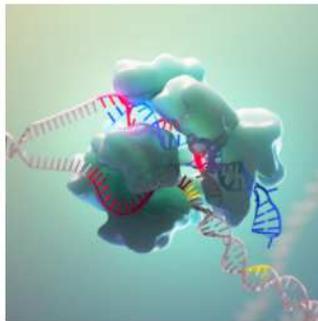
CRISPRまたはTALENが、ゲノム上の特定部位を切断する。

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

CRISPR-Cas9 Mechanism & Applications

 Launch Interactive



Topic

[Biochemistry & Molecular Biology](#)
- [DNA & RNA](#)
- [Biotechnology](#)

[Genetics](#)

- [Gene Expression & Regulation](#)
- [Genetic Disease](#)

Resource Type

[Interactive Media](#)
- [Click & Learn](#)

Level

[High School — General](#)
[High School — AP/IB](#)
[College](#)

Used In

4 BioInteractive Playlists

Favorited By

 59 Users

 Share This

Materials

-  [Web Assets \(ZIP\) 115 MB](#)
-  [Desktop App - macOS 10.10 or later, 64-bit \(ZIP\) 423 MB](#)
-  [Desktop App - Windows 7 or later, 64-bit \(ZIP\) 422 MB](#)
-  [iOS App - iPad and iPhone \(Link\) 251 MB](#)

Related Science News

- [Science Says: Gene editing widely used in range of research](#)
- [Chinese researcher claims first gene-edited babies](#)
- [Mutation that protects against HIV raises death rate](#)
- [A gene-editing first: scientists tried CRISPR to fight HIV](#)
- [Doctors try CRISPR gene editing for cancer, a 1st in the US](#)

<https://www.biointeractive.org/classroom-resources/crispr-cas-9-mechanism-applications>

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

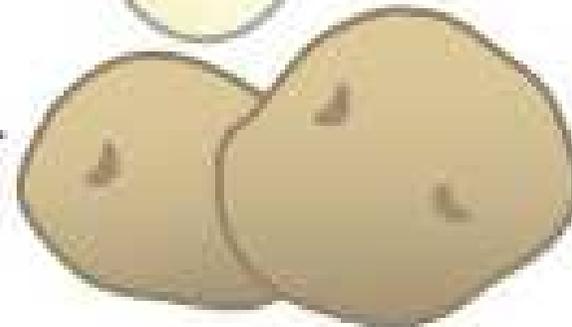
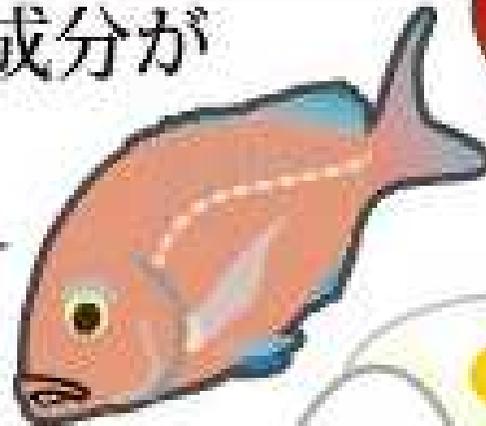
ソラニンKO

*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>

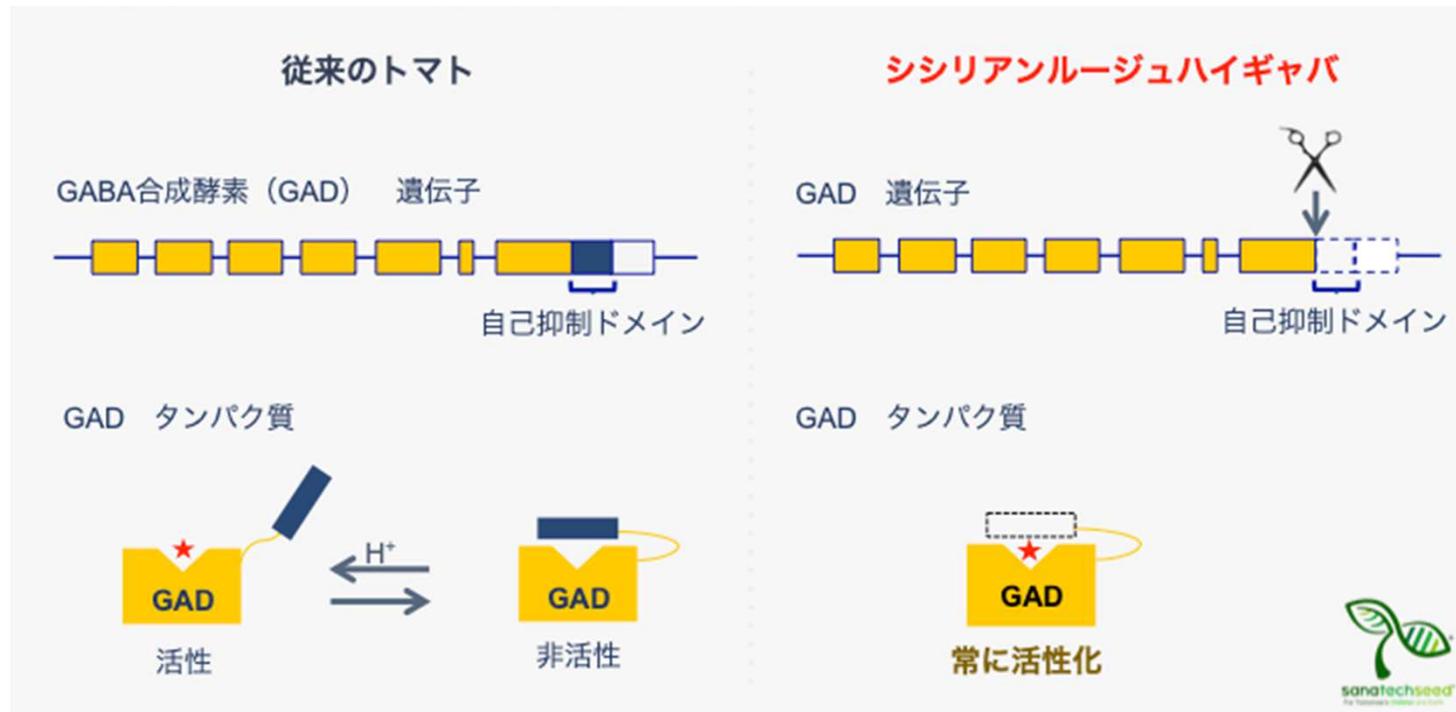


ゲノム編集により作られた作物 ～シシリアンルージュハイギャバ～

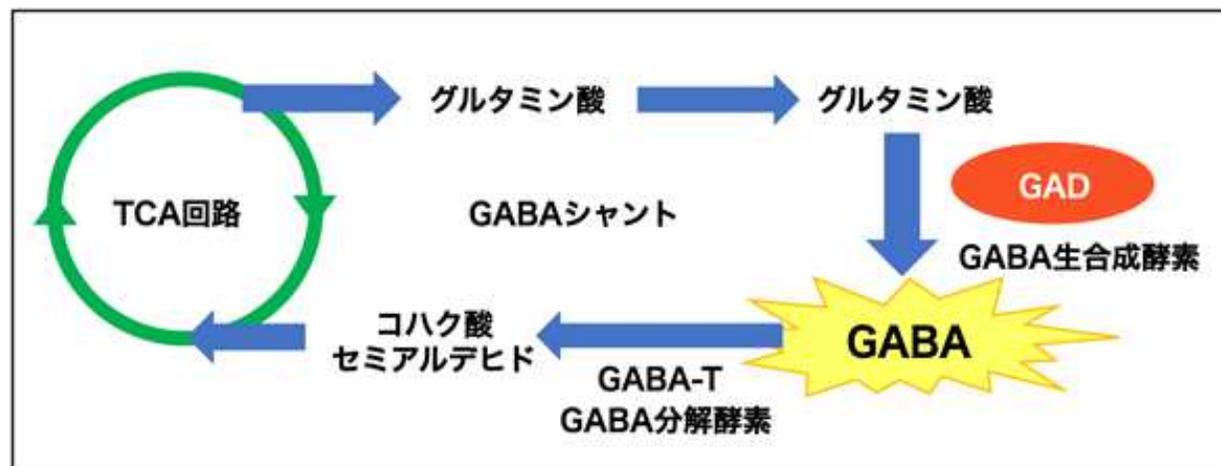
The screenshot shows the website's header with the Sanatechseed logo, a menu icon, a FAQ button, language options (JP, EN), a search icon, and a contact button. The main banner features a circular logo with the text "We Create Healthy Food for You" and "この商品はゲノム編集技術で品種改良をしました" (This product was improved by genome editing technology). Below the logo is the text "sanatechseed For Tomorrow's Children and Earth" and "厚生労働省・農林水産省へ届出済" (Registered with the Ministry of Health, Labour and Welfare and the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries). The main headline reads "GABA高蓄積トマト" (GABA High-Accumulation Tomato) with a call-to-action button "GABA高蓄積トマトへのお申し込み>" (Apply for GABA High-Accumulation Tomato). Below this is a "News" section with a sub-headline "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。" (Thanks to genome editing technology, GABA high-accumulation tomatoes, 'Sicilian Ruby High GABA', are finally here.) and a link "お申し込みはこちらから" (Apply from here). A second call-to-action button "GABA高蓄積トマトへのお申し込み>" is located at the bottom right of the banner area.

<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



講師自宅にて栽培

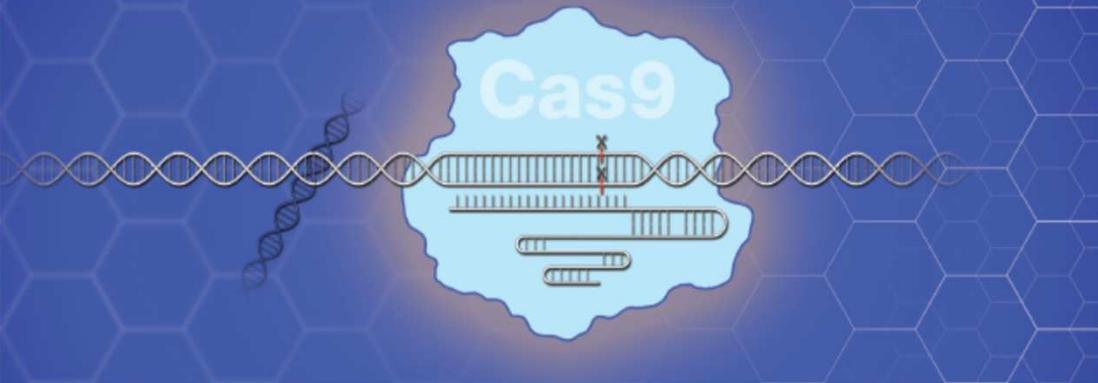


家庭菜園向けに苗を提供 筑波大学・サナテックシード(江面浩教授)

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)

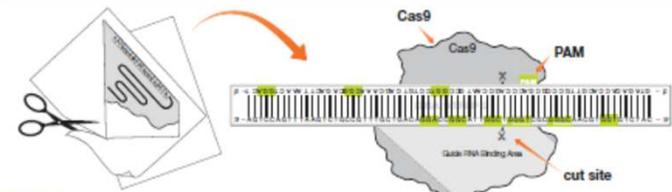


Out of the Blue CRISPR Kit

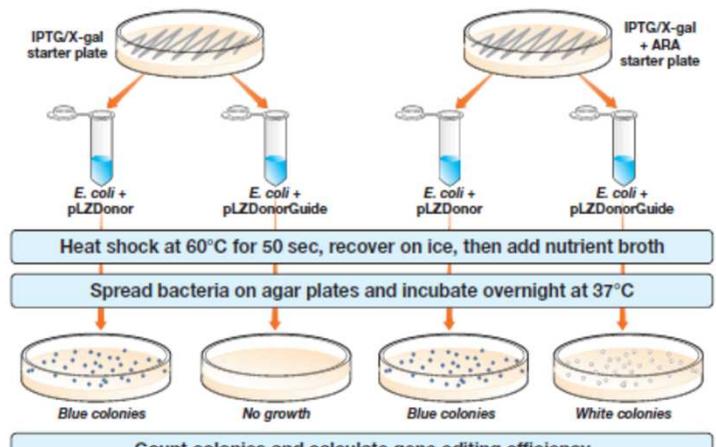
Out of the Blue Genotyping Extension



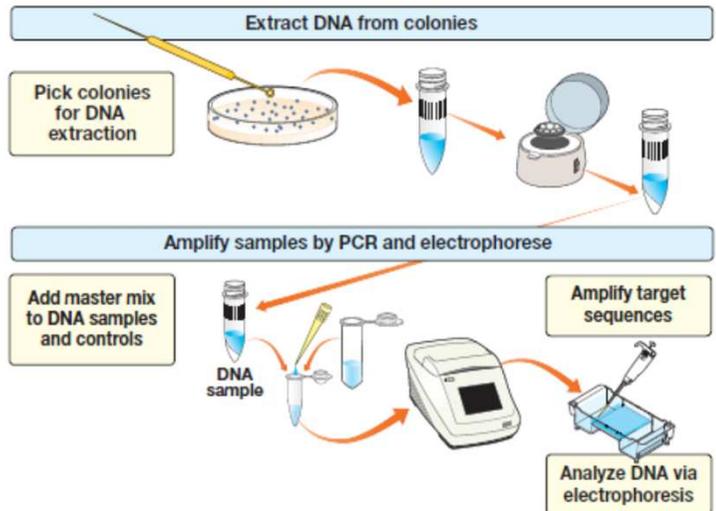
Lab 1 Optional CRISPR-Cas9 Paper Model Introductory Activity



Lab 2 Streak starter plates with *E. coli*



Lab 3 Genotyping Extension*: Verify gene editing by PCR

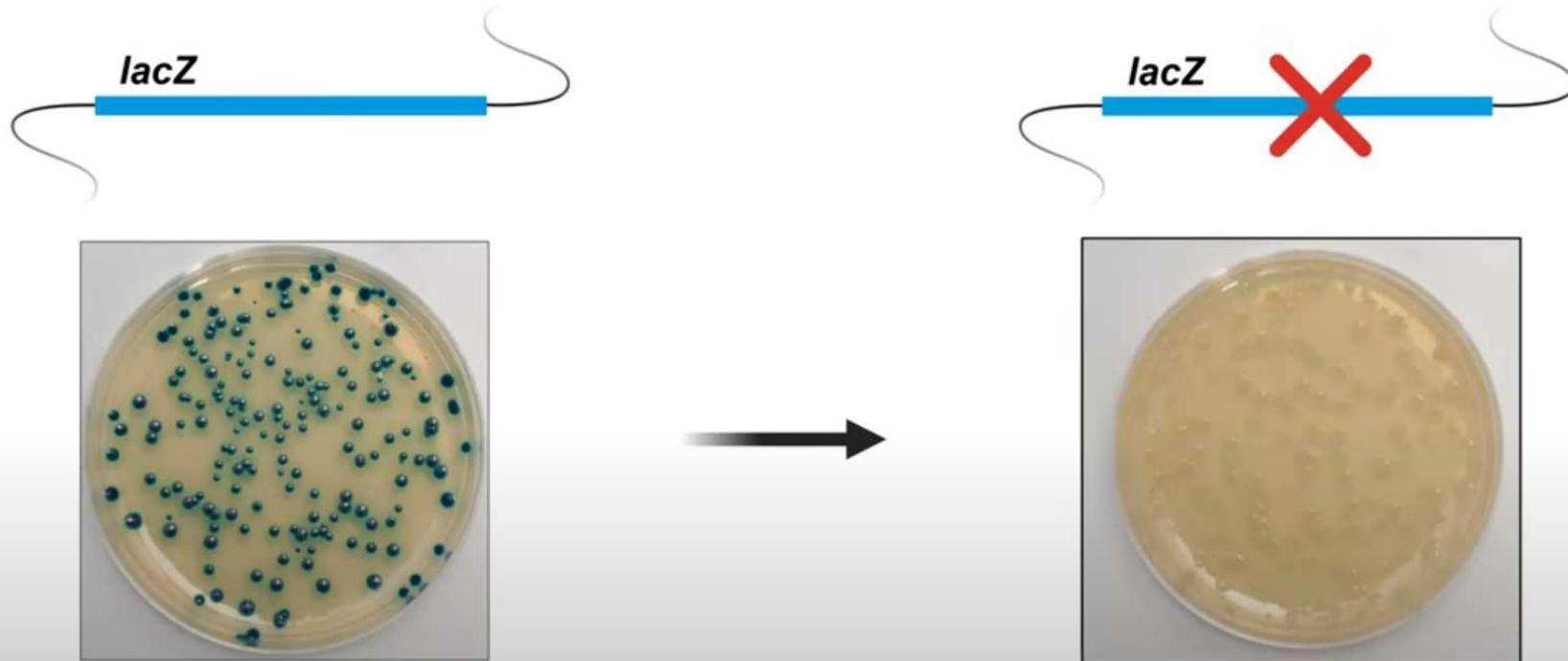


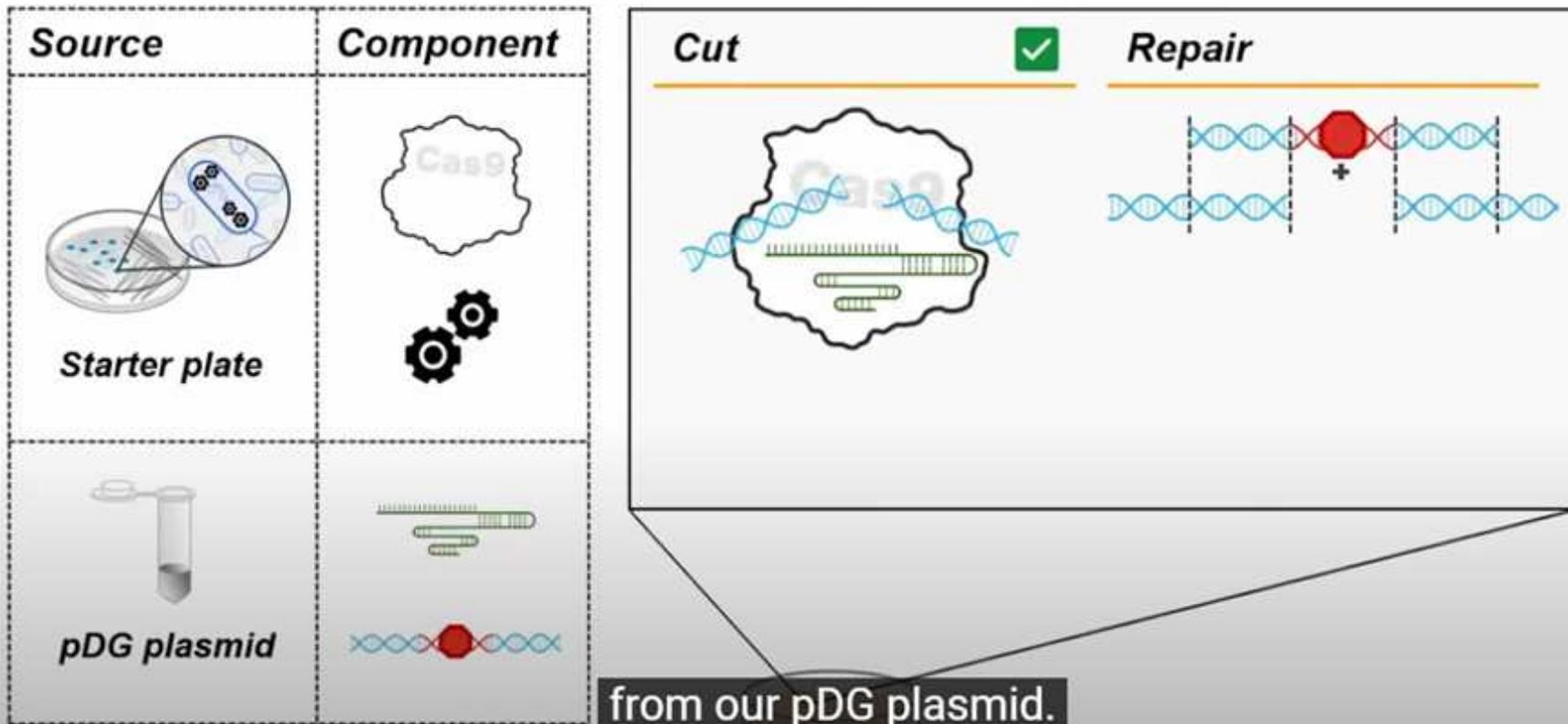
Capstone Activity: Propose target CRISPR-Cas9 cut sites for gene therapy and use bioinformatics to evaluate the possibility of off-targets. Genotyping Extension not required.

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

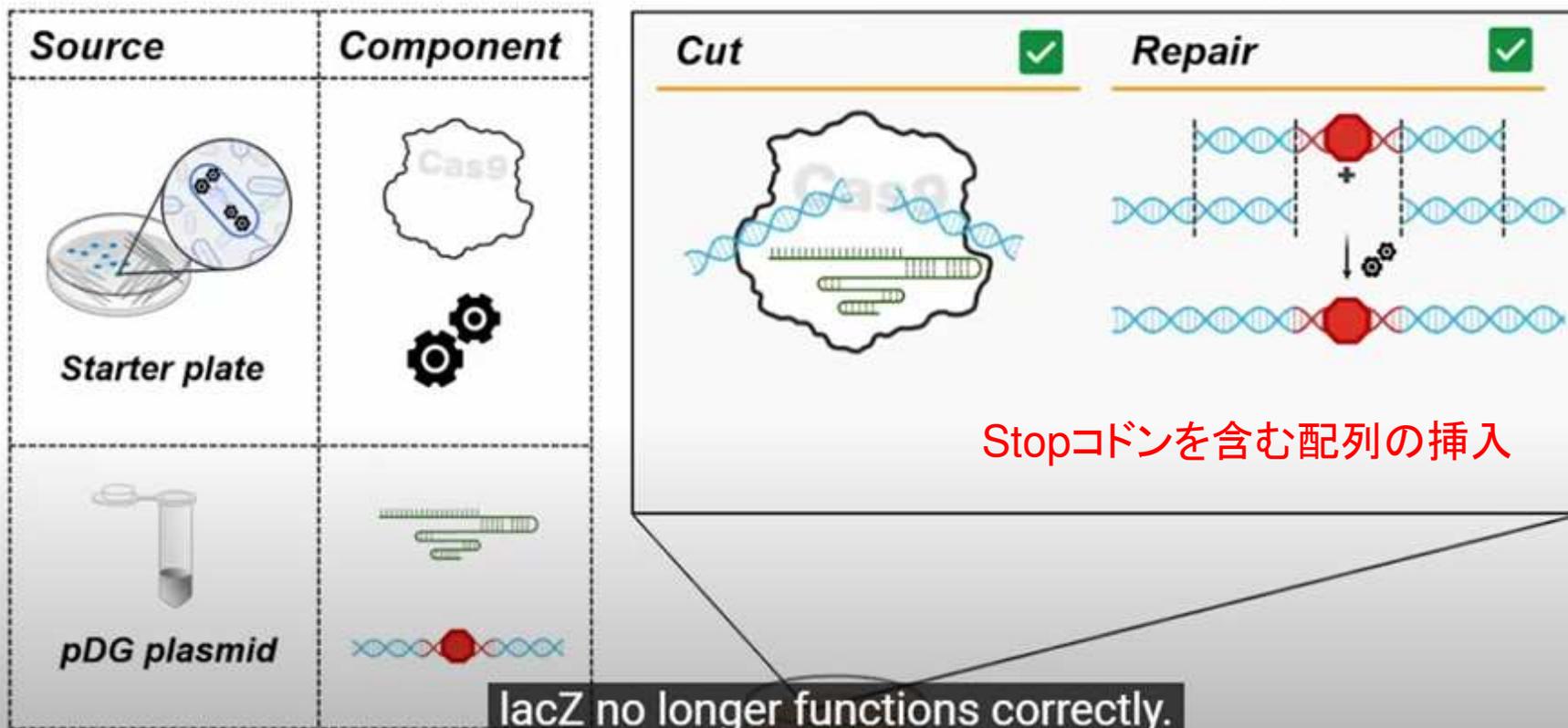


lacZ; βガラクトシターゼの遺伝子





<https://www.youtube.com/watch?v=N8GB9HFwopI>



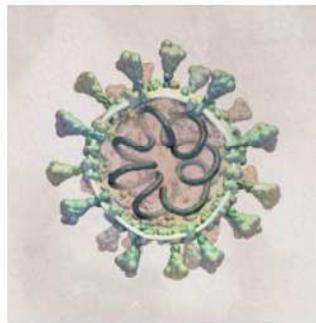
<https://www.youtube.com/watch?v=N8GB9HFwopI>

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)

Web配信教材リソース

Biology of SARS-CoV-2

 Launch Interactive



Topic

[Biochemistry & Molecular Biology](#)
- [DNA & RNA](#)

Microbiology

- [Viruses](#)
- [Pathogens & Disease](#)

Resource Type

[Interactive Media](#)
- [Click & Learn](#)

Level

[High School – General](#)
[High School – AP/IB](#)
[College](#)

Favorited By

 88 Users

 Share This [ES View in Spanish](#)

Materials

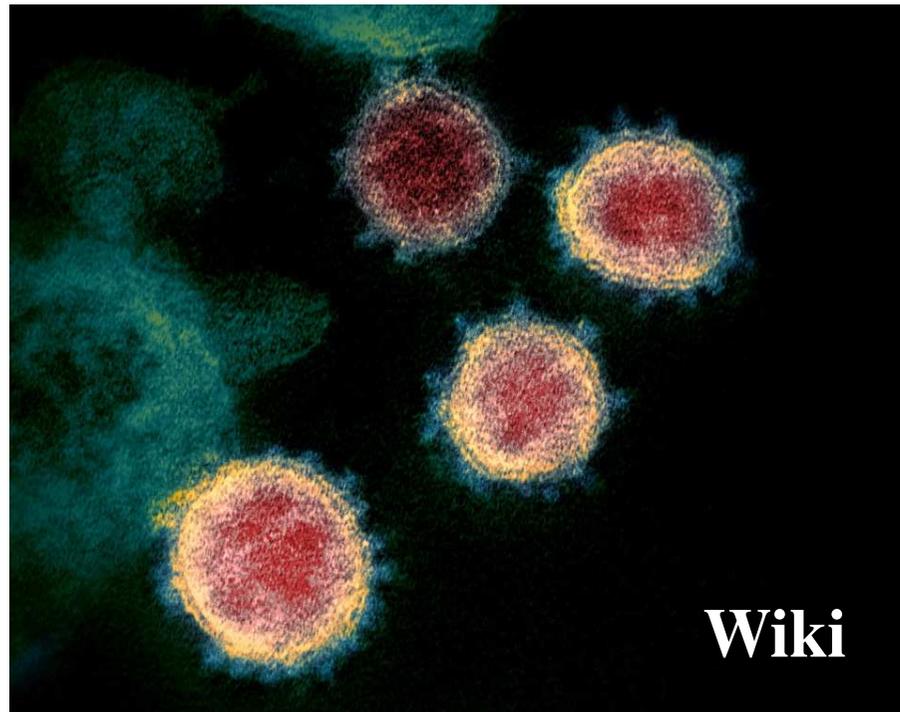
-  [Resource Google Folder \(link\)](#)
-  [Animation 1080p \(M4V\) 477 MB](#)
-  [Animation 1080p \(WMV\) 401 MB](#)
-  [Animation 720p \(M4V\) 199 MB](#)
-  [Animation 720p \(WMV\) 164 MB](#)
-  [Educator Materials \(PDF\) 1 MB](#)
-  [Student Worksheet – Version 1 \(PDF\) 1 MB](#)
-  [Student Worksheet – Version 2 \(PDF\) 695 KB](#)
-  [Transcript \(PDF\) 215 KB](#)
-  [Student Worksheet – Version 1- Español \(PDF\) 483 KB](#)
-  [Student Worksheet – Version 2- Español \(PDF\) 693 KB](#)
-  [Transcript - Español \(PDF\) 189 KB](#)

SARS-CoV-2をサイエンスの視点から学ぶ

- ・RNAウイルスを知り新型コロナウイルス感染症を学ぶ
- ・PCR検査、抗原、抗体検査の原理とわかること
- ・ウイルスの変異について
- ・mRNAワクチンに対する正しい理解

<https://www.biointeractive.org/classroom-resources/biology-sars-cov-2>

新型コロナウイルス感染症



ウイルスは、細胞を持たず、自活できないため生物ではない。しかし、生物のように振る舞う。構成成分はタンパク質、脂質膜、遺伝情報として核酸(DNA or RNA)を持ち、宿主のタンパク質合成系を利用して増殖する。



AMERICAN
SOCIETY FOR
MICROBIOLOGY

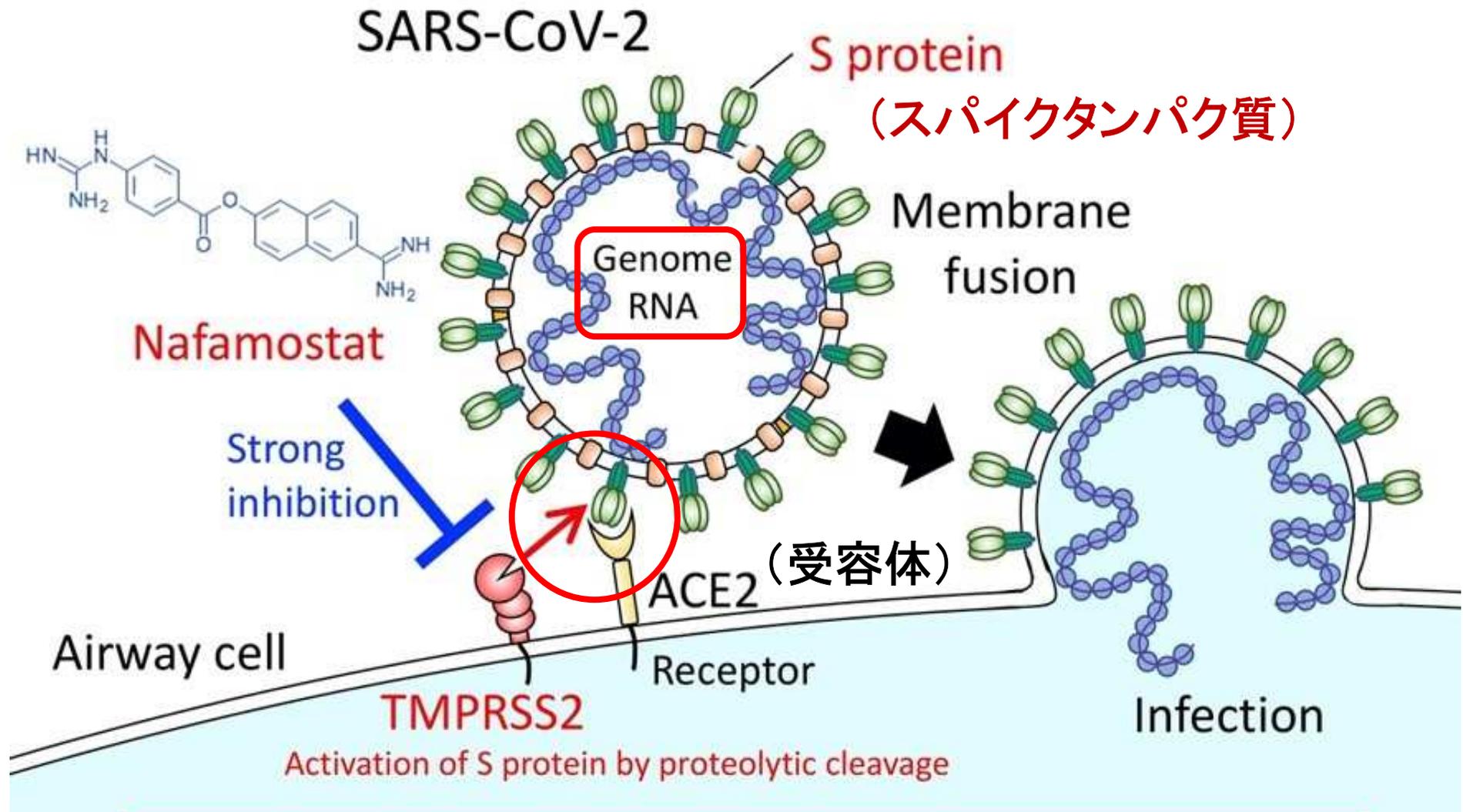
新型コロナウイルス感染症(病気): **COVID-19***

新型コロナウイルス: **SARS-CoV-2**** (or 2019-nCoV)

*coronavirus disease

**2003年に流行したSARS-CoV(コロナウイルス:RNAウイルス)と遺伝子情報に相同性があるウイルス(感染者の症状や重篤さはまったく異なる)

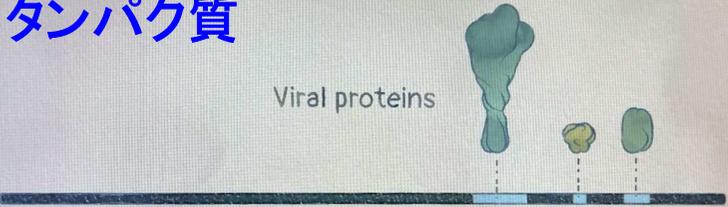
ACE2を介したSARS-CoV-2の感染



https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/en/articles/z0508_00083.html

アニメーションビデオ (HHMI BioInteractive)

SARS-CoV-2のゲノムと遺伝子タンパク質



Viral proteins

determines the proteins it encodes.

This diagram illustrates the SARS-CoV-2 genome as a long horizontal bar. Above it, three distinct viral proteins are shown, each connected to a specific segment of the genome by a vertical dashed line, indicating that the genome encodes these proteins.

検査: PCR, 抗原, 抗体

SARS-CoV-2

Detection



[MUSIC PLAYING]

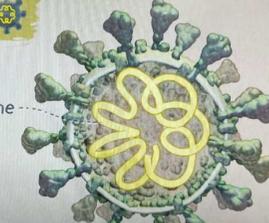
This slide features a large, detailed 3D model of a SARS-CoV-2 virus particle, showing its characteristic spherical shape and the numerous spike proteins protruding from its surface.

Active infection

RT-PCR test

Viral genome (RNA)

A swab is taken of the inside of your nose or throat



This diagram shows a virus particle with its internal RNA genome highlighted in yellow, illustrating the target of an RT-PCR test. A text box indicates that a swab is taken from the inside of the nose or throat to collect the virus.

Active infection

RT-PCR test



and give a positive test result. Another test

This image shows a laboratory RT-PCR machine, a common tool used for detecting viral RNA in a clinical setting.

Active infection

Antigen test

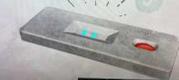


and give a positive test result, but what

This image shows a rapid antigen test strip, which provides a quick result by detecting viral proteins.

Recovered

Antibody test



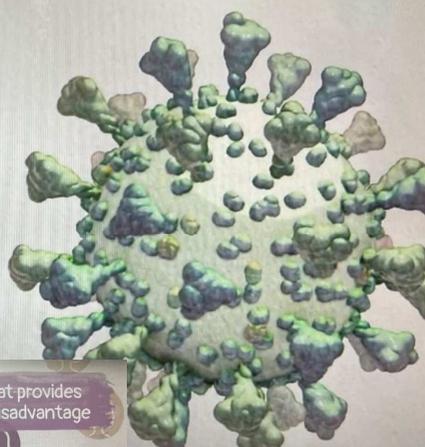
to test for the presence of specific types of antibodies

This image shows an antibody test strip, which detects the presence of antibodies produced by the immune system in response to a previous infection.

変異とウイルス進化

SARS-CoV-2

Evolution



No mutation

Mutation that provides a selective disadvantage

Infection in a population

This slide illustrates viral evolution. It features a 3D model of a SARS-CoV-2 virus particle. Below it, a diagram shows a population of human figures represented by icons. Some icons are green, representing the original virus, while others are purple, representing a mutant. A text box explains that a mutation that provides a selective disadvantage would be less likely to spread through the population.

mRNA ワクチン

SARS-CoV-2

Vaccination



Forms of vaccines

Genetic instructions: mRNA

Human cell membrane

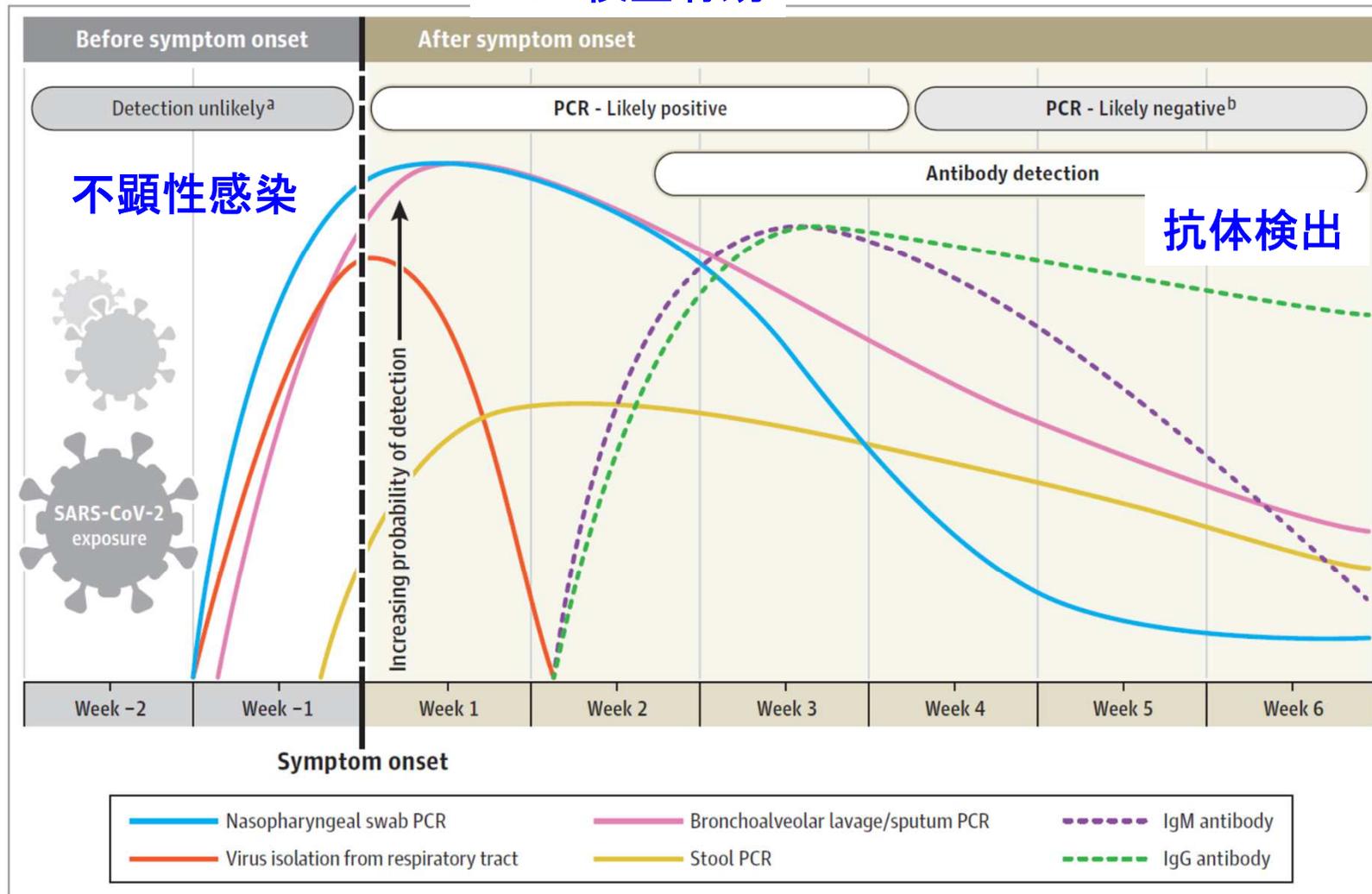
Artificial membrane

When the mRNA enters one of your cells,

This slide focuses on mRNA vaccines. It shows a syringe on the right. The main diagram illustrates the process where an artificial membrane containing mRNA enters a human cell. The mRNA then provides genetic instructions to the cell.

Figure. Estimated Variation Over Time in Diagnostic Tests for Detection of SARS-CoV-2 Infection Relative to Symptom Onset

PCR検査有効



Estimated time intervals and rates of viral detection are based on data from several published reports. Because of variability in values among studies, estimated time intervals should be considered approximations and the probability of detection of SARS-CoV-2 infection is presented qualitatively. SARS-CoV-2 indicates severe acute respiratory syndrome coronavirus 2; PCR, polymerase chain reaction.

^a Detection only occurs if patients are followed up proactively from the time of exposure.

^b More likely to register a negative than a positive result by PCR of a nasopharyngeal swab.

Your students may have a lot of questions about COVID-19, from how it spreads to how it is detected and how it can be treated. This presents a rich opportunity to teach key concepts in biology through the lens of an ongoing real-world context. Bio-Rad offers a flexible array of hands-on kits, free resources, and lessons to help you teach the biology and detection of the SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19.

教育用パワーポイントスライド配信 (Bio-Rad)

The Biology of SARS-CoV-2 and Detection Methods



What Is the SARS-CoV-2 Coronavirus?

Help your students understand the biology of SARS-CoV-2 by reviewing its origin, structure, and ways to prevent the spread of infection. This PowerPoint presentation walks you and your students through key biology concepts of the SARS-CoV-2 coronavirus.



How Do We Detect COVID-19?

Every day brings new developments in the race for effective and accurate COVID-19 testing, but most strategies are based on a few key fundamental technologies. This PowerPoint presentation explains some fundamental techniques and emerging strategies in COVID-19 detection.

既存キットを利用したCOVID-19教育への活用 (Bio-Rad)

Hands-On Laboratory Activities for Your Students

Teach your students the science behind SARS-CoV-2 detection using these hands-on laboratory activities. Use these three Bio-Rad Explorer Classroom Kits to teach relevant life science concepts in the context of COVID-19.



ELISA Antibody Detection

Several existing and emerging SARS-CoV-2 detection methods rely on the specificity of antibodies. In this activity, use real antibodies to determine whether simulated patients are or were infected with SARS-CoV-2.

This activity uses the reagents and antibodies from the ELISA Immuno Explorer Kit.

[Download the instructions and presentation](#) (PPT 23.3 MB)



PCR Detection

Investigate the real life spread of SARS-CoV-2 that occurred in a restaurant. In this activity, students use agarose gel electrophoresis to analyze pre-amplified DNA samples from simulated patients and propose ways the virus may have spread.

This activity uses the reagents and pre-amplified DNA samples from the Science of Opioid Dependence Kit.

[Download the instructions and presentation](#) (PPT 23.3 MB)



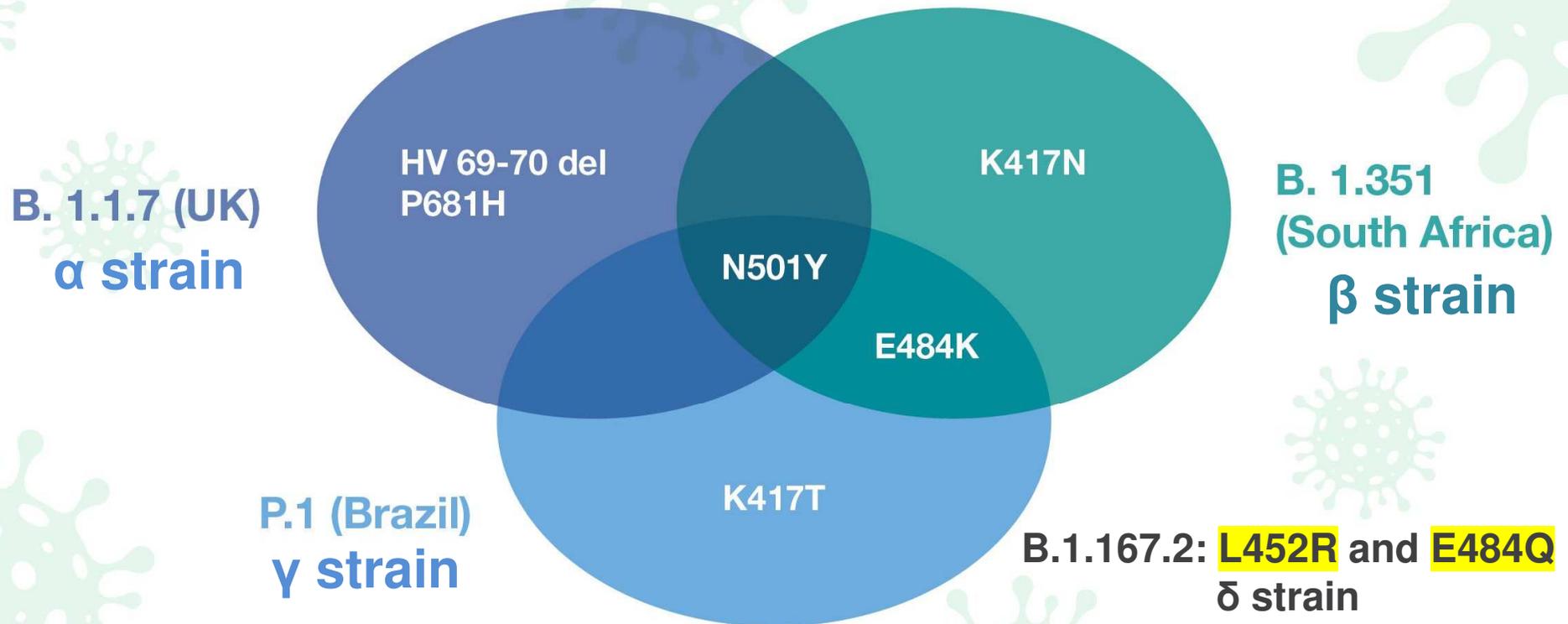
Real-Time PCR Detection

Real-time PCR is currently the gold standard for COVID-19 diagnosis. In this activity, use real-time PCR to detect SARS-CoV-2 in simulated patient samples. Students analyze amplification and melt curves to determine which patients are positive and then quantify viral RNA.

This activity uses the reagents and DNA samples from the Crime Scene Investigator PCR Basics Real-Time PCR Starter Kit.

[Download the instructions and presentation](#) (PPT 23.3 MB)

SARS-CoV-2変異株



<https://twitter.com/BioRadGenomics/status/1369438059176091653>

Key Spike Protein Mutations in SARS-CoV-2 Variants of Concern

BIO-RAD

例: E484K (免疫逃避型変異)

ウイルスの484番目のアミノ酸がグルタミン酸(E)からリジン(K)に置換し

ACE2受容体への親和性が高まった。→ウイルスの宿主(ヒト)への感染性に影響

2021年4月23日現在

タンパク質を構成するアミノ酸の名称と略号/性質のまとめ

極性(側鎖の性質に依存)	アミノ酸(日本語)	英語表記	3文字表示	1文字表示	性質(pIに依存)	pI	細胞内(pH7付近)の電荷(pIに依存)
非極性アミノ酸	アラニン	alanine	Ala	A	中性	6	-
荷電アミノ酸	アルギニン	arginine	Arg	R	塩基性	10.76	+
極性アミノ酸	アスパラギン	asparagine	Asn	N	中性	5.41	-
荷電アミノ酸	アスパラギン酸	aspartic acid	Asp	D	酸性	2.77	-
極性アミノ酸	システイン	cysteine	Cys	C	中性	5.07	-
荷電アミノ酸	グルタミン酸	glutamic acid	Glu	E	酸性	3.22	-
極性アミノ酸	グルタミン	glutamine	Gln	Q	中性	5.65	-
非極性アミノ酸	グリシン	glycine	Gly	G	中性	5.97	-
荷電アミノ酸	ヒスチジン	histidine	His	H	塩基性	7.59	+
非極性アミノ酸	イソロイシン	isoleucine	Ile	I	中性	6.02	-
非極性アミノ酸	ロイシン	leucine	Leu	L	中性	5.98	-
荷電アミノ酸	リジン	lysine	Lys	K	塩基性	9.74	+
非極性アミノ酸	メチオニン	methionine	Met	M	中性	5.74	-
非極性アミノ酸	フェニルアラニン	phenylalanine	Phe	F	中性	5.48	-
非極性アミノ酸	プロリン	proline	Pro	P	中性	6.3	-
極性アミノ酸	セリン	serine	Ser	S	中性	5.68	-
極性アミノ酸	スレオニン	threonine	Thr	T	中性	6.16	-
非極性アミノ酸	トリプトファン	tryptophan	Trp	W	中性	5.89	-
極性アミノ酸	チロシン	tyrosine	Tyr	Y	中性	5.66	-
非極性アミノ酸	バリン	valine	Val	V	中性	5.96	-
水への溶解度は極性に依存				頭文字ではない			

アミノ酸の1文字表示; 1文字の由来(英語表記の頭文字)

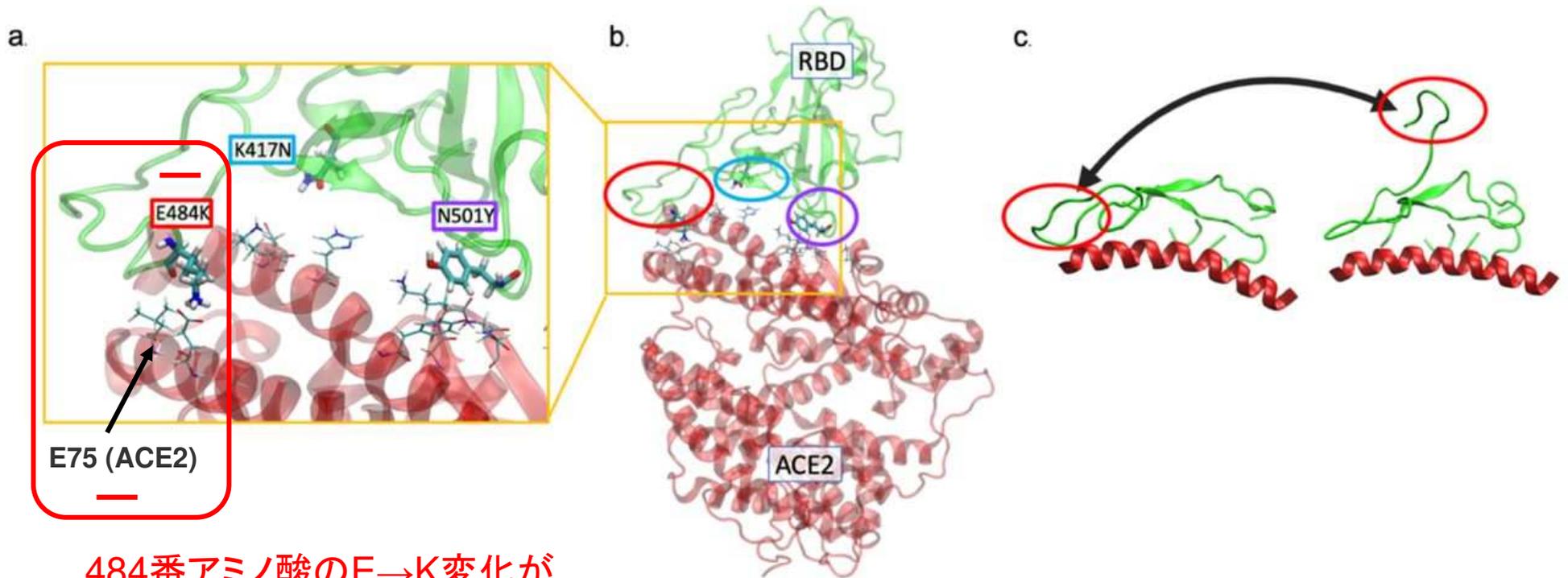
Amino Acid	3 letter code	Single letter code	Explanation
<u>Cysteine</u>	Cys	C	First letter of the name
<u>Histidine</u>	His	H	First letter of the name
<u>Isoleucine</u>	Ile	I	First letter of the name
<u>Methionine</u>	Met	M	First letter of the name
<u>Serine</u>	Ser	S	First letter of the name
<u>Valine</u>	Val	V	First letter of the name
<u>Alanine</u>	Ala	A	First letter of the name
<u>Glycine</u>	Gly	G	First letter of the name
<u>Leucine</u>	Leu	L	First letter of the name
<u>Proline</u>	Pro	P	First letter of the name
<u>Threonine</u>	Thr	T	First letter of the name

http://www.biology.arizona.edu/biochemistry/problem_sets/aa/dayhoff.html

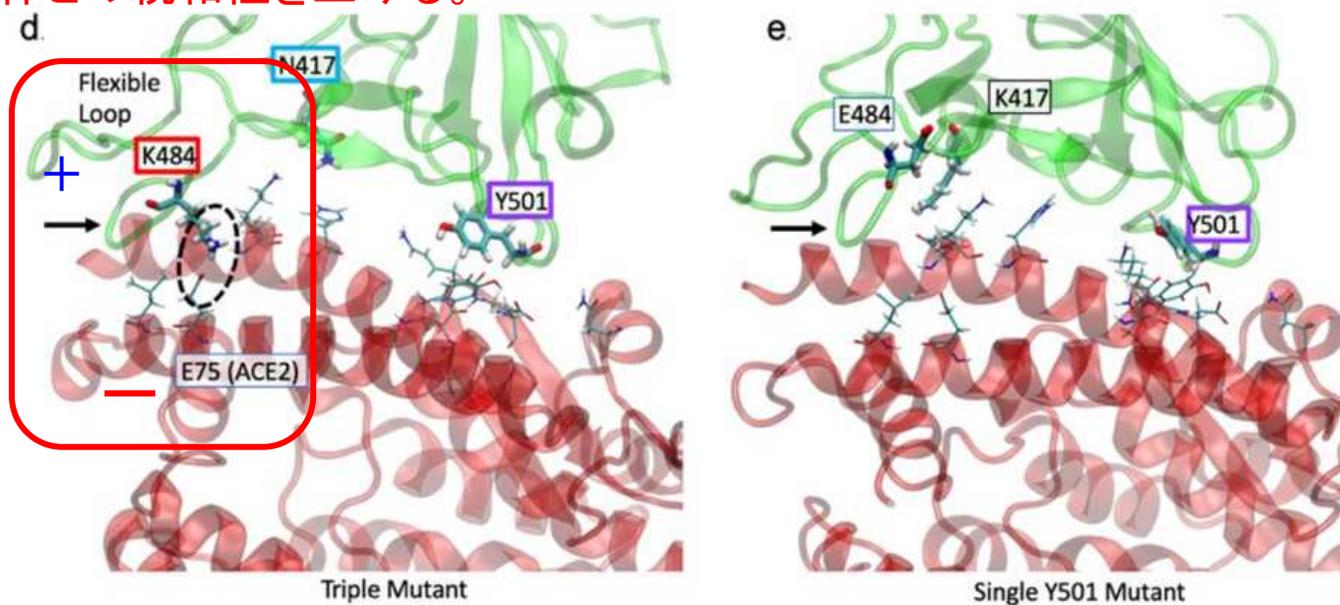
アミノ酸の1文字表示; 1文字の由来 (英語表記の頭文字ではない)

Amino Acid	3 letter code	Single letter code	Explanation
<u>Arginine</u>	Arg	R	a R ginine
<u>Phenylalanine</u>	Phe	F	F enylalanine
<u>Tyrosine</u>	Tyr	Y	t Y rosine
<u>Tryptophan</u>	Trp	W	t W iptophan (or, contains Double ring)
<u>Aspartic Acid</u>	Asp	D	aspar D ic
<u>Asparagine</u>	Asn	N	Contains N (or
<u>Glutamic Acid</u>	Glu	E	asparagi N)
<u>Glutamine</u>	Gln	Q	glu E (or glutam E ke) Q -tamine
<u>Lysine</u>	Lys	K	K is near L in the alphabet

http://www.biology.arizona.edu/biochemistry/problem_sets/aa/dayhoff.html



484番アミノ酸のE→K変化が
ACE2受容体との親和性を上げる。



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

以下、参考トピックス

4. ゲノム編集教材、COVID-19教育リソース
5. 遺伝用語の改定について

ヒトの遺伝子/ゲノム解析の際に必要な概念や用語の整理

日本:

遺伝 (heredity) と 遺伝子 (gene)

米国:

Germline mutation (生殖細胞系列変異)

→ 遺伝性疾患 (家族性腫瘍など) の遺伝する変異
→ 遺伝学的検査

Somatic mutation (体細胞変異)

→ 散発性のがんの細胞などでみられる個人の変異
→ 遺伝子検査

日米ともに誤解が生じる。

ヒトの遺伝子/ゲノム用語について

□個人情報保護法改訂:

平成29年改訂個人情報保護法において

ゲノム情報が個人識別符号の一つとして個人情報と位置づけられた。

細胞から採取されたデオキシリボ核酸(別名DNA)を構成する塩基の配列
ゲノムデータ(細胞から採取されたデオキシリボ核酸(別名DNA)を構成する塩基
の配列を文字列で表記したもの)のうち、

□全核ゲノムシーケンスデータ、

□全エクソームシーケンスデータ、

□全ゲノム一塩基多型(single nucleotide polymorphism: **SNP**)データ、

□互いに独立な40箇所以上のSNPから構成されるシーケンスデータ、

□9座位以上の4塩基単位の繰り返し配列(short tandem repeat: **STR**)

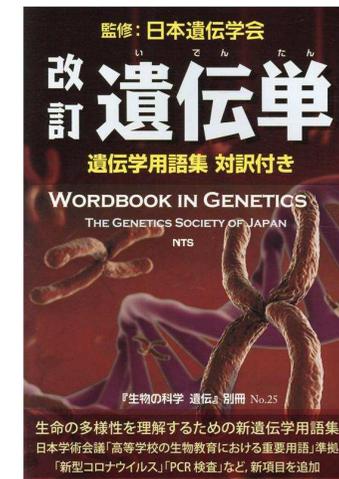
等の遺伝型情報により本人を認証することができるようにしたもの

http://www.lifescience.mext.go.jp/files/pdf/n1886_01.pdf より引用改変

大藤補足: 非連結匿名化を行ってもNGS解析により個人を特定することを意味している。

NGS: Next Generation Sequencer(次世代シーケンサー)

英語	旧来の訳語	新たに改訂された訳語
dominant	優性	顕性
recessive	劣性	潜性
haploid	半数体	単数体
<u>allele</u>	<u>対立遺伝子</u>	<u>アレル(対立遺伝子)*</u>
<u>mutation</u>	<u>突然変異</u>	<u>[突然]変異**</u>
<u>variation</u>	<u>変異・彷徨変異</u>	<u>(1)多様性(2)変動 ***</u>
diversity	多様性	(1)多様性(2)分岐 ***
color blindness	色覚異常・色盲	color vision variation 色覚多様性****
centromere	動原体	セントロメア
kinetochore	キネトコア	動原体(キネトコア)*

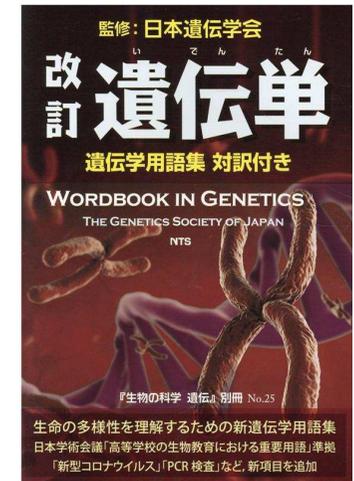


- * 訳語の意味が同じものは()内に片方を記
- ** 省略可能な部分は[]で括る
- *** 訳語の意味や用法の異なるものは、(1) (2)等を付す
- **** 用語改訂というよりは、概念の導入(提唱)

優性/顕性、劣性/潜性の扱いについて

□日本遺伝学会2017年用語改訂

英語	旧来の訳語	新たに改訂された訳語
dominant	優性	顕性
recessive	劣性	潜性



□日本人類遺伝学会

顕性・潜性の取扱については慎重な対応＝従来の優性・劣性を用いてもよい。

・日本人類遺伝学会理事長通達（一部抜粋） 2018年2月21日

「会員の皆様におかれましては、日本医学会の会告にもありますように、遺伝用語の改訂・変更については、当面は慎重な対応をいただけますようお願い申し上げます。」

・日本医学会医学用語管理委員会（一部抜粋） 2018年1月12日

「用語の変更について、当面慎重なご対応をいただくようお願いする次第です。」

<http://jshg.jp/news/1582/>

日本遺伝学会監修 「改定 遺伝単」 NTS(2021)

http://www.nts-book.co.jp/item/detail/summary/bio/20210300_242.html

□日本人類遺伝学会遺伝学用語改訂

2009年9月

英語	これまで	日本語(改定)
1. genetics	遺伝学「意味: 遺伝の科学」	遺伝学「意味: 遺伝と多様性の科学」
2. variation	変異(彷徨変異)	多様性(バリエーション)
3. mutation	突然変異	変異(突然変異)
4. variant	変異体	多様体(バリエーション)
5. mutant	突然変異体	変異体(突然変異体)
6. locus	遺伝子座	座位
7. allele	対立遺伝子	アレル(アリル、アリアル)
8. genotype	遺伝子型	遺伝型

()内は、許容される用語

大藤補足: 青字は、日本遺伝学会の用語改訂(2017)と同様

<http://jshg.jp/wp-content/uploads/2017/08/d5fdc84ae83d3a9a6627b7ac249e4db0.pdf>

高等学校の生物教育における 重要用語の選定について(改訂)

語名	別名・別表記	英語
顕性	優性	dominant
潜性	劣性	recessive
突然変異体	変異体	mutant
アレル	対立遺伝子	allele

令和元年(2019年)7月8日

日本学術会議 基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同 生物科学分科会

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-h190708.pdf>

遺伝子「優性・劣性」「高校教科書では別表現を”日本学術会議
2019年7月8日 4時55分 NHK

遺伝子の特徴を示す「優性」や「劣性」という用語について、日本の科学者でつくる「日本学術会議」は、一方が劣っているかのような誤解を与えるとして、今後、高校の教科書では別の表現を使うことを提案する報告書をまとめました。

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20190708/k10011985881000.html>

(2019年7月8日)

2019年7月8日NHKおはよう日本