

遺伝子組換えって？

遺伝子を取り出し、人工的に配列操作などを行う。これを、再び生物に導入、増殖し、目的の形質などを発現させたりするのに用いる技術

遺伝子組換え作物

Genetically Modified Organism

いろいろある遺伝子組換え作物

アズキ、アルファルファ、イチゴ、イネ、カーネーション、カリフラワー、キク、キュウリ、コムギ、ジャガイモ、ダイズ、タバコ、テンサイ、トウモロコシ、トマト、トレニア、ノシバ、パパイア、ブロッコリー、ペチュニア、ペントグラス、メロン、レタス、ワタなどなど

【日本で認可された作物はここで調べよう！】

J-BCH の LMO 検索

<https://ch.biodic.go.jp/bch/OpenSearch.do>

(何も入力せず検索を押せば全部見られるよ)

遺伝子組換え作物のタネ

The future of genetically modified organisms

(一社) 農民連食品分析センター
八田純人

身の回りの遺伝子組換え作物



とうもろこし



大豆



なたね



綿

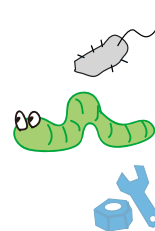
遺伝子組換え作物の持つ代表的な機能

病害抵抗性

殺虫毒素生成★

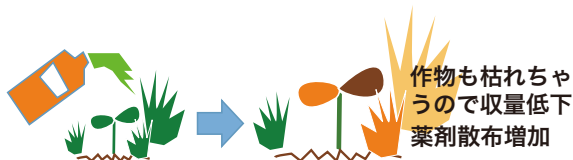
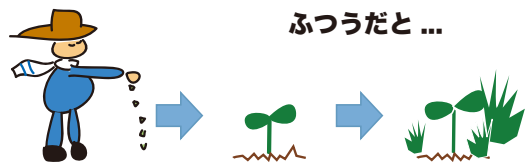
除草剤耐性★

機能強化

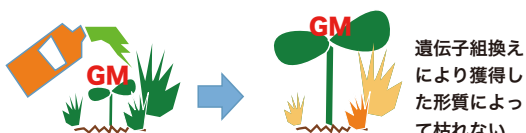


除草剤耐性遺伝子組換え作物

ふつうだと ...

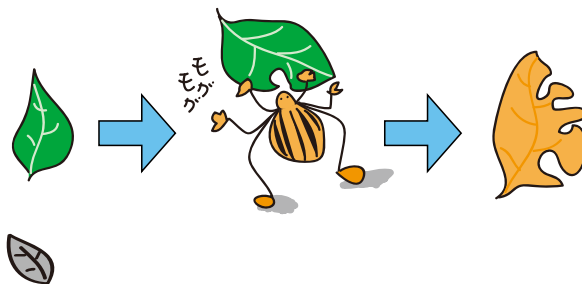


除草剤耐性だと ...



殺虫毒素生成型遺伝子組換え作物

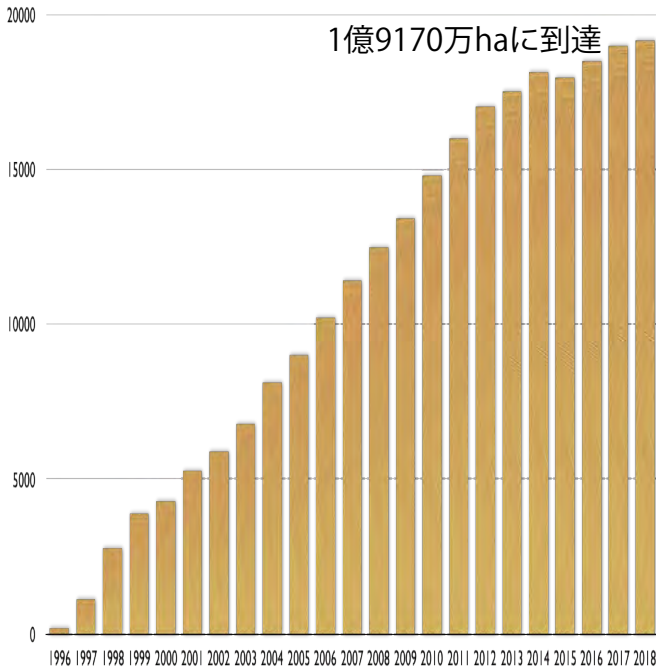
ふつうだと ...



殺虫毒性生成になっていると ...



世界の遺伝子組み換え作物栽培面積



ISAAA2018年資料から作成

世界の遺伝子組み換え作物栽培状況 (2018)



2012年にドイツ・スウェーデン・ポーランド、
2013年にエジプトは栽培中止
2012年にスーダンとキューバが新たに栽培国に

世界の遺伝子組み換え作物栽培の割合

アメリカ

(トウモロコシ, 大豆, 綿, ナタネ,
ビート, アルファルファ, パパイア,
スカッシュ)

ブラジル

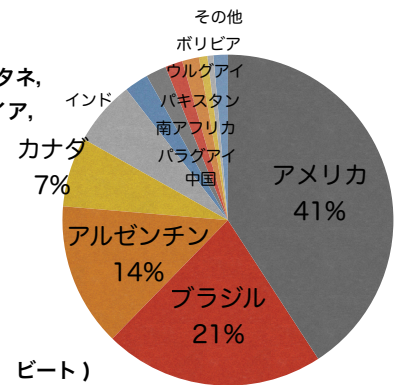
(大豆, トウモロコシ, 綿)

アルゼンチン

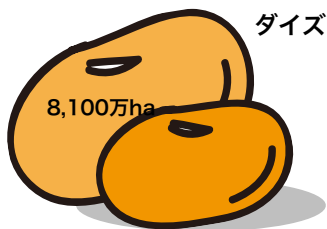
(大豆, トウモロコシ, 綿)

カナダ

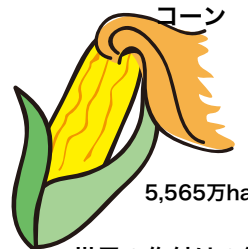
(ナタネ, トウモロコシ, 大豆, ビート)



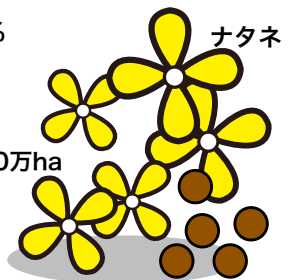
作物別の作付け面積(2012)



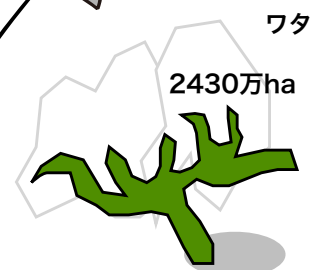
世界の作付けの約81%



世界の作付けの約35%



世界の作付けの約30%



世界の作付けの約81%

世界全体の農地面積は

約15億ha

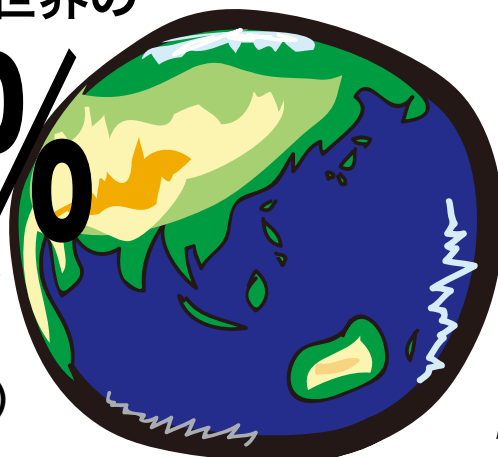
なので

GM栽培は世界の

13%

をしめるところまで

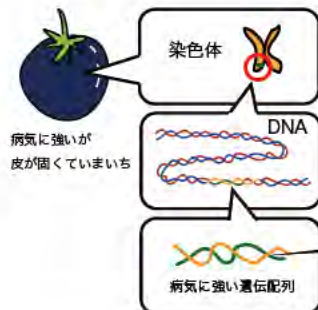
(2018年)



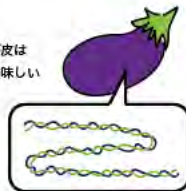
遺伝子組換えと育種



遺伝子にどんなことが書いてあるのかわかるようになってきた



病気に強いが皮は柔らかくて美味しい



遺伝子組換え



従来の品種改良や育種などに比べて、非常に効率が良い技術として普及

アメリカで、切っても茶色くならない遺伝子組換えりんご販売開始



<https://www.nickk.com/photos/forest-and-kim/24625998320/>

切っても茶色くならないりんご。2015年に、アメリカ、カナダで認可が完了。2017年3月には、試験販売開始。オカナガン社による。

2013年、2016年と、栽培されていないはずの未認可遺伝子組換え小麦が見つかる謎

オレゴン州での未認可遺伝子組換え小麦(MON71800?)が自生していたと報告。2016年には韓国で、アルゼンチンから輸入した小麦からも検出。立て続けにアメリカでもまた。一般圃場から外に出ていないはずのGM麦の謎。事故のたび、日本はアメリカ産小麦銘柄「ウェスタン・ホワイト」の輸入を停止するため、菓子業界などに影響が出る。

遺伝子組換え蚊の実験

雄の蚊の生殖機能に改変、環境に解放すれば、段階的にマラリアやデング熱の原因となる蚊が減少。最初の実験は2010年、ケイマン諸島。生態系や人体影響も評価しないまま300万匹を放出実験。2010年12月マレーシアで反対運動によって政府が野外実験中止を指示したにもかかわらず6000匹を放出。2011年9月には、人口密集地であるブラジルのジュアゼイロで1000万匹以上を極秘で放出実験。2012年、アメリカでの試験を前に問題が発覚。最初の実験が行われたケイマン諸島で死んでしまうとされていたはずの幼虫が生き残っていることも判明。



遺伝子組換え稲、開発研究が過熱化



フィリピンでビタミンA強化米「ゴールドenライス」がまもなく栽培か？。中国で実際に食べさせる人体試験を行っていたことが論文が出てから発覚した。40億人の胃袋を支えている稲をターゲットに動き始めている。

バングラディッシュ遺伝子組換えナスを栽培開始

インド、フィリピンで栽培拒否されたBtナスがバングラディッシュで栽培開始。2014年1月22日に農業研究所が農家に苗を配付した。食用野菜のGM種としては、かつてのトマト以降、本格的なものは初めてになる。



アメリカの遺伝子組換えサケ

2015年アメリカで遺伝子組換えサケを安全として承認。その後、ブラジル、アルゼンチン、カナダと養殖の認可が進み、2017年8月にはカナダでの販売も開始。



ブラジルGMサトウキビがアメリカ、カナダで認可

ブラジルでは、2018年、3月から害虫抵抗性サトウキビが商用栽培開始。申請を受けたアメリカ、カナダで、これらから作られる砂糖について安全性が承認された。



日本、厚生労働省ビール用GM添加物を認可

2018年7月30日、アメリカのダコニス社が開発した遺伝子組み換え微生物を使った遺伝子組換え添加物α-アミラーゼを承認。耐熱性のあるデンプン分解酵素でビールやシロップ製造で効率向上をねらう。



日本、厚生労働省遺伝子組換えジャガイモの登録追加



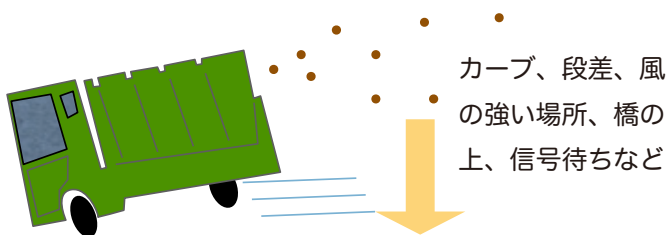
2017年7月20日、アメリカ新プロット社が開発した遺伝子組み換えジャガイモ承認。耐熱性のあるデンプン分解酵素でビールやシロップ製造で効率向上を。



遺伝子組換えナタネ 自生調査について

遺伝子組換えナタネの自生問題

運送中のこぼれ落ち
荷下ろし中のこぼれ落ち



カーブ、段差、風の強い場所、橋の上、信号待ちなど

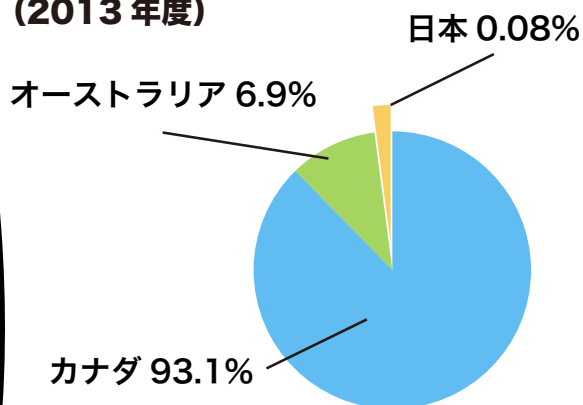


愛知県名古屋港 2006年5月2日撮影



静岡県清水港 2007年3月30日撮影

国内で流通されるナタネの割合 (2013 年度)



日本	1770
カナダ	1946457
オーストラリア	145017
ポーランド	18

(トン)

日本でのナタネの用途



食用油や飼料

食用油の3分の1

遺伝子組換えナタネの種類

世界的にシェアが大きかったのはモンサントのもの

- Monsanto 社の販売する除草剤 Roundup Ready(R) (成分名 : Glyphosate/ グリホサート) に耐性を持つ Roundup Ready (R) Canola タイプ
- Bayer 社の販売する除草剤バスタ (R) (成分名 : Glufosinate/ グルホシネート) 耐性をもつ Liberty Link(TM) Independence タイプの数種
- Bayer 社の販売する除草剤 Buctril(R) (成分名 : Bromoxinil/ ブロモキシニル) に耐性を持つ Wester-Oxy-235 タイプ



市販スナック菓子の遺伝子組換えトウモロコシ検出調査2015

No.	サンプル名	メーカー	検査結果
1	ドリトスナチョ チーズ味	ジャパンフリ トレー(株)	遺伝子組 換え配列 を検出
2	ドンタコスチリ タコス味	(株)湖池屋	遺伝子組 換え配列 を検出
3	とんがりコーン あっさり塩	ハウス食品 (株)	不検出
4	GreatValueポテ トチップスうす 塩	(株)西友プロ キュアメント	不検出
5	プリキュアスナ ックいちごみる く味&バター味	(株)東ハト	不検出
6	それいけアンパ ンマンふんわり コーン	(株)東ハト	不検出
7	ヤングコーン	キューピー (株)	検査不可
8	ホールコーン	キッコーマン 食品(株)	不検出
9	食塩無添加スイ ートコーン	いなば食品 (株)	不検出
10	エルパソタコス キットのタコ・ シェル	西本貿易(株) (輸入者)	遺伝子組 換え配列 を検出

経済性がかりを重視しなければいけない生産現場が、生産コストの引き下げなどを狙い、GM移行が進んで
いること、また需要の低下が非遺伝子組換えトウモロコシの生産量低下に影響を及ぼしていることも考
えられます。非遺伝子組換え食品が選択できる流通を望む消費者はたくさんいます。農民と消費者が現在
の遺伝子組換え作物の使用実態と表示制度の仕組みを正しく知り、アクションを起こすことが、経済性や
効率性の過度な圧力と消費者ニーズの狭間で揺れる製造会社に、非遺伝子組換え原材料の使用を続け
てもらふモチベーション維持につながると考えられます。

No.	サンプル名	メーカー	検査結果
11	エルパソタコス キットシーズニ ングミックス	西本貿易(株) (輸入者)	不検出
12	エル サボー ル ナ チョチップノン ソルト	ウイングエー ス(株)	遺伝子組 換え配列 を検出
13	森のジャイアン トコーン	(株)万直商 店	検査不可
14	キャンベル ベジ タリアンベジタ ブルスープ	キャンベルジ ャパン(株)	検査不可
15	キャンベル コー ンポタージュ	キャンベルジ ャパン(株)	不検出
16	1本満足シリリアル チョコバー	アサヒ F&H(株)	検査不可
17	ごろっと大豆の グラノーラ	日清シスコ (株)	不検出
18	フルーツグラノ ラ ハーフ	日本ケロッグ 合同会社TP	検査不可
19	焼とうもろこし	(株)なとり	不検出
20	ミックスナッツ (コーンのみ試 験に使用)	(株)なとり	検査不可
21	オールドエルパ ソナチップス	西本貿易(株) (輸入者)	不検出

No.	サンプル名	メーカー	検査結果
22	スーパーイー ツ ケールチップ入 りチリライム	(株)シーエフ シージャパン	遺伝子組 換え配列 を検出
23	チートスクラン チ	ジャパンフリ トレー(株)	遺伝子組 換え配列 を検出
24	ミッドリフコーン チップス テングピ ーフジャーカー味	(株)鈴商	遺伝子組 換え配列 を検出
25	G.H.クレターズ シカゴクラシッ ク ポップコーン	(株)シーエフ シージャパン	不検出
26	クリスピーコー ン	(株)スィー トボックス	不検出

遺伝子組換えトウモロコシGA21
開発者：モンサント社
発現形質：除草剤耐性 (グリホサート)

遺伝子組換えトウモロコシBt11
開発者：シンジェンタ社
発現形質：害虫抵抗性 (Bt) と除草剤耐性 (グルホシ
ネート)

遺伝子組換えトウモロコシE176
開発者：シンジェンタ社
発現形質：害虫抵抗性 (Bt) と除草剤耐性 (グルホシ
ネート)、アンピシリン耐性

遺伝子組換えトウモロコシT25
開発者：バイエルクロップサイエンス社
発現形質：除草剤耐性 (グルホシネート)

遺伝子組換えトウモロコシMON810
開発者：モンサント社
発現形質：害虫抵抗性 (Bt)、除草剤耐性 (グリホサ
ート)、除草剤分解 (グリホサート)

豆腐などの大豆製品の遺伝子組換え分析結果概要（2016年10月）

家庭栄養研究会「食べもの通信」と遺伝子組み換え食品いらない！キャンペーンの2組織と、大豆製品の共同調査をおこないました。募金により導入できた遺伝子組換え作物の混入率まで測定できる新しい分析機を利用して得られたデータです。いずれの「遺伝子組み換えでない」という表示にあたる製品です。検査を実施してみると、「遺伝子組み換えでない」はずの製品から、検出が認められています。これは日本の法律では、遺伝子組換え大豆が混ざらないように流通された品物の場合、5%以下の意図せぬ混入であれば「遺伝子組み換えでない」と表示することができるようになっているからです。表示＝ゼロという意味ではありません。今回、この法律の5%を超過するものは見つかりませんでした。また、私たちの予想より混入率が低いこともわかりました。流通業界や製造者はEU基準をクリアできるほどの厳しいレベルでの管理を完了していることを示しています。そうした実態があるのなら、法の基準値5%を見直す段階に来ており、それをはっきりと運動として変えさせる取り組みを進めるべきといえます。食べもの通信との共同調査用

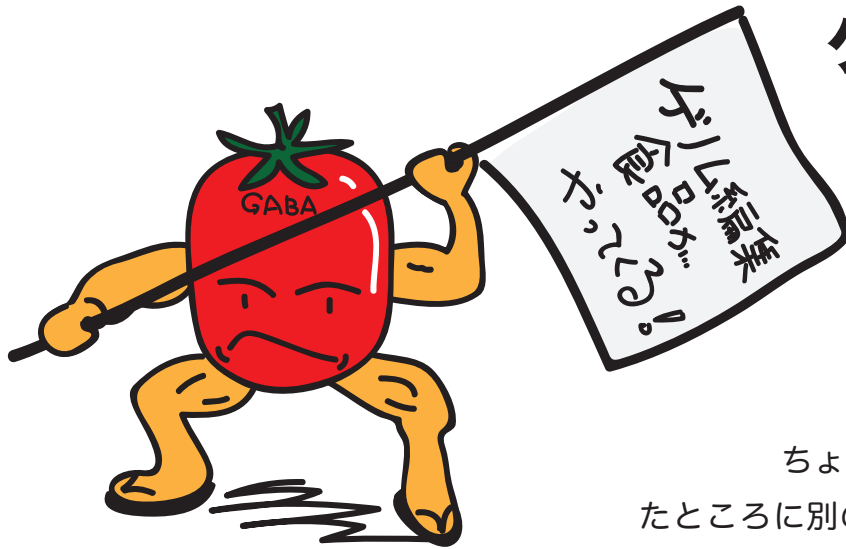
No.	種類	商品名	定性結果	混入率 (%)
439-01	豆腐	情熱価格 絹	組換え遺伝子を検出	0.02
439-02	豆腐	絹(充填)	組換え遺伝子を検出	0.02
439-03	豆腐	なめらか絹	組換え遺伝子を検出	0.01
439-04	豆腐	絹とうふ	組換え遺伝子を検出	0.17
439-05	油揚げ	ちょっと訳ありの油揚げ	組換え遺伝子を検出	0.01
439-06	豆乳	特濃調整豆乳	不検出	-
439-07	豆乳	おいしい無調整豆乳	不検出	-
439-08	豆乳	おいしさすっきり調整豆乳[特保]	組換え遺伝子を検出	0.04
439-09	ドライパック	お料理素材大豆水煮	不検出	-
439-10	ドライパック	サラダクラブ大豆	検査不可	-
439-11	健康食品	アクティブプロテイン100	組換え遺伝子を検出	0.02
439-12	健康食品	おいしい大豆プロテイン(Weider)	組換え遺伝子を検出	0.02
439-13	豆腐	大豆の香りきぬ	組換え遺伝子を検出	0.02
439-14	納豆	水戸納豆昔ながらの納豆屋さん	検査不可	-
439-15	油揚げ	絹生揚げ	組換え遺伝子を検出	0.01
439-16	油揚げ	焼いておいしい絹厚揚げ	不検出	-
439-17	油揚げ	ふっくら油あげ	組換え遺伝子を検出	0.03
439-18	納豆	極小粒納豆	検査不可	-
439-19	豆腐	うちの定番きぬ	組換え遺伝子を検出	0.01
439-20	納豆	ミツカン金のつぶとろっ豆	検査不可	-
439-21	納豆	水戸の納豆大好きさん小粒	検査不可	-

遺伝子組み換え食品いらない！キャンペーンとの共同調査結果

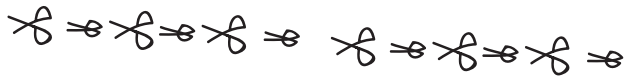
No.	種類	商品名	定性結果	混入率 (%)
478-01	豆腐	国産大豆 もめん とうふの家 原材料:大豆(国産・遺伝子組み換えでない)	不検出	-
478-02	豆腐	冷六 原材料:大豆(遺伝子組み換えでない)	組換え遺伝子を検出	0.03
478-03	豆腐	もめん 大豆:丸大豆(遺伝子組み換えでない)	不検出	-
478-04	豆腐	木綿 大山の恵み 原材料:丸大豆(遺伝子組み換えでない)	組換え遺伝子を検出	0.02
478-05	豆腐	なめらか絹 にがり造り 原材料:大豆(遺伝子組み換えでない)	組換え遺伝子を検出	0.01
478-06	豆腐	オーガニックもめん豆腐 グリーンアイ 原材料:有機大豆(中国)	不検出	-
478-07	豆腐	北海道産大豆100%きぬ豆腐 原材料:大豆(北海道産)	不検出	-
478-08	豆腐	国産大豆きぬ豆腐 大豆:大豆(国産)	不検出	-
478-09	豆腐	豆乳入り寄せ豆腐 原材料:大豆(北海道産)	不検出	-
478-10	豆腐	コクのあるミニ豆腐 原材料:大豆(アメリカまたはカナダ)	不検出	-

で？

ゲノム編集って何？——



まず、「ゲノム」は、生物が持っている DNA とそこに記録されている遺伝情報を指して呼ぶ名前です。ゲノム編集とは、この遺伝情報を司っている DNA の狙った場所を、酵素などを用いて、ちょん切って機能させなくしたり、切ったところに別の遺伝子を入れたりする、「遺伝子編集技術」のことを指します。英語では、Genome Editing (ゲノムエディティング) と呼びます。



革新、核心

CRISPR/Cas9 の登場——

生きものの遺伝子情報をコントロールするというゲノム編集は、なかなか効率良くおこなうことが難しかったのですが、CRISPR/Cas9 を利用した技術が確率してから、ここ数年で加速に普及、過熱している研究分野となりました。食品だけでなく、医療でも利用が進んでいます。CRISPR は、(C)lustered (R)egularly (I)nterspaced (S)hort (P)alindromic (R)epeats) と呼ばれる、

くりすばー / ぎやすないん
CRISPR/Cas9



数塩基対の短い遺伝子配列 CRISPR と呼ばれる部分と、Cas と呼ばれる遺伝子を切断してくれる酵素がセットになって機能する。

ほかに

ZNF (じーえぬえふ)
(Zinc-Finger Nuclease)

TALEN (たれん)

(Transcription Activator-Like Effector Nuclease)

などがあるが効率性や扱いやすさで現在は、

圧倒的に

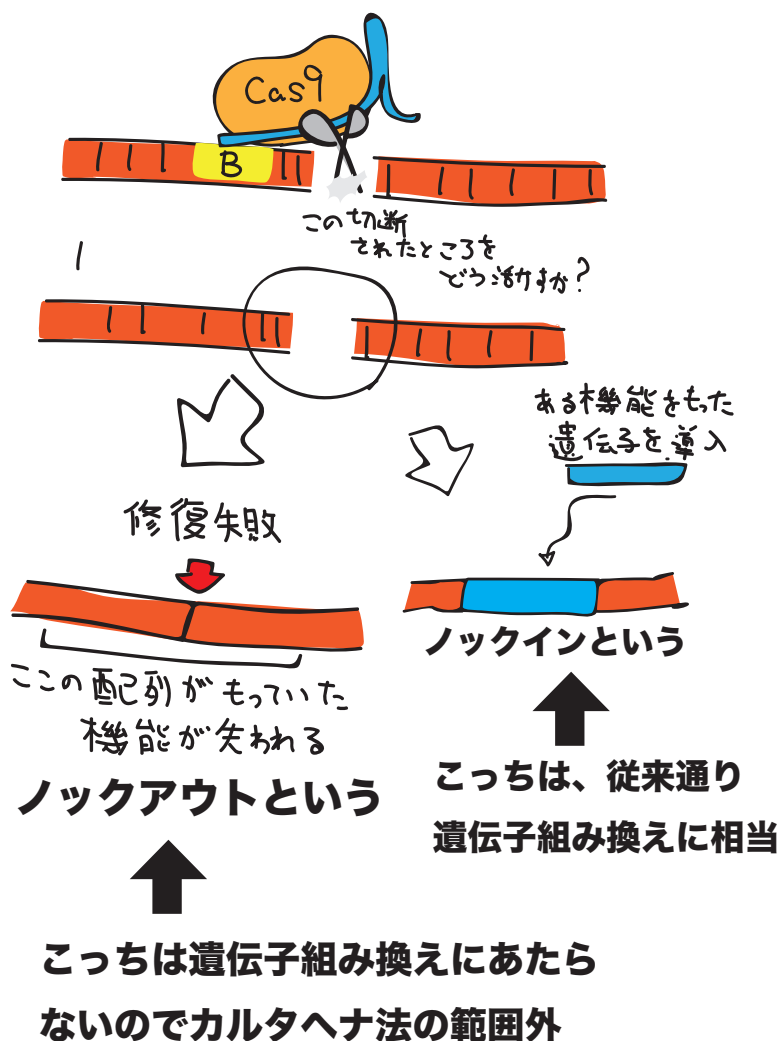
CRISPR/Cas9 系が 大人気

ん？

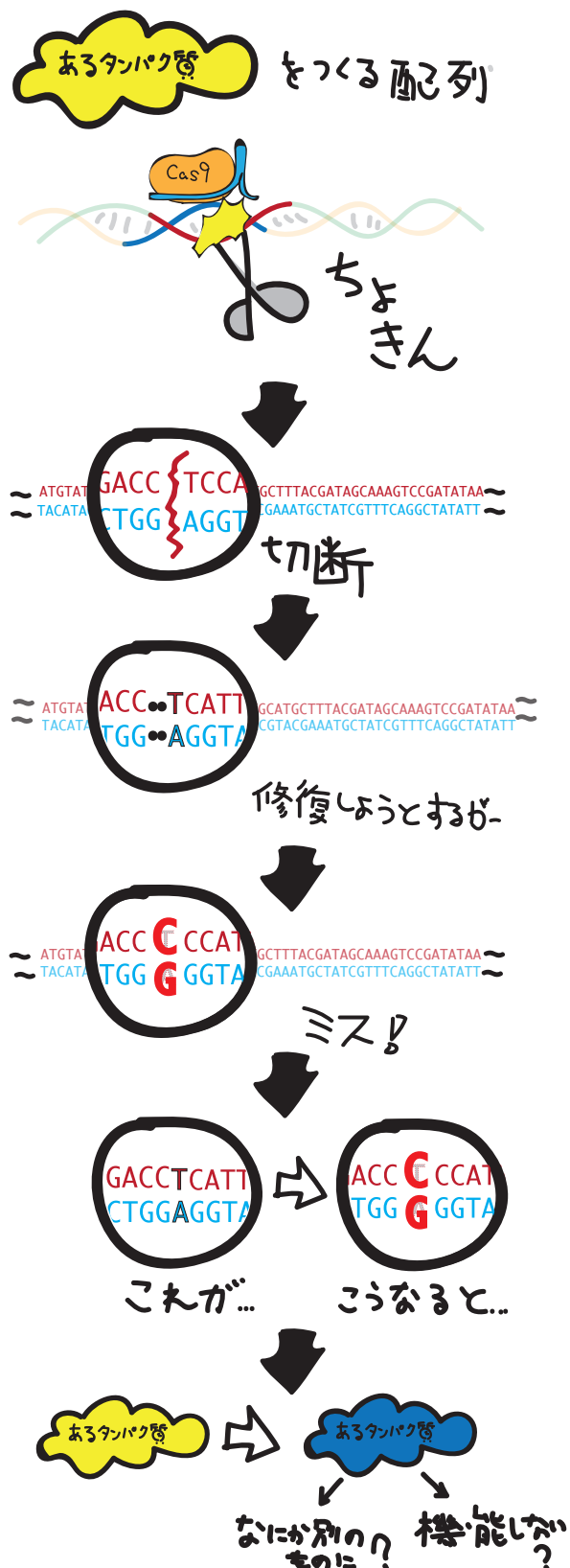
それって、遺伝子組み換えと違うの？

ちょん切るだけのゲノム編集「ノックアウト」は、遺伝子を組み換えていないので、遺伝子組み換えじゃないとされ、遺伝子組み換え生物を規制するカルタヘナ法の規制対象外となり、開発と流通の自由度が、ビックリするほど簡単になります。開発、研究者は、これを大きなメリットとして捉え、これがノックアウトを中心とした開発が圧倒的に多い理由となっているようです。

最近トレンドの
「ノックアウト」は
つまりこういうことです。

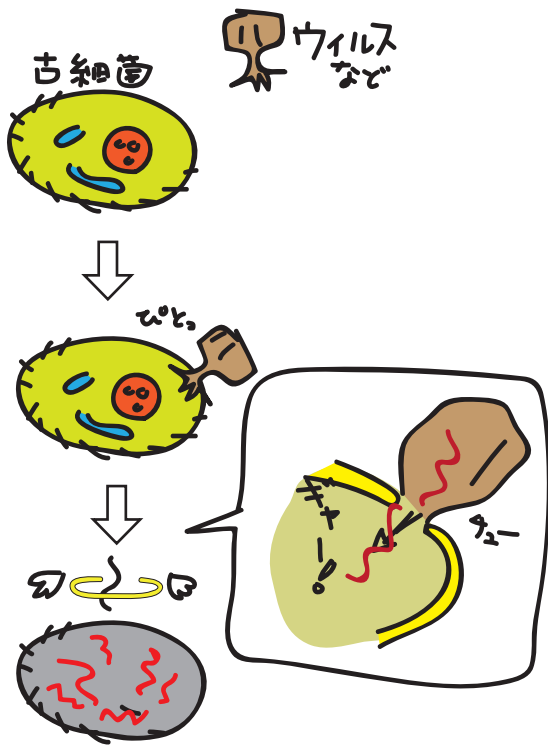


CRISPR/Cas9 の ノックアウトの仕組み



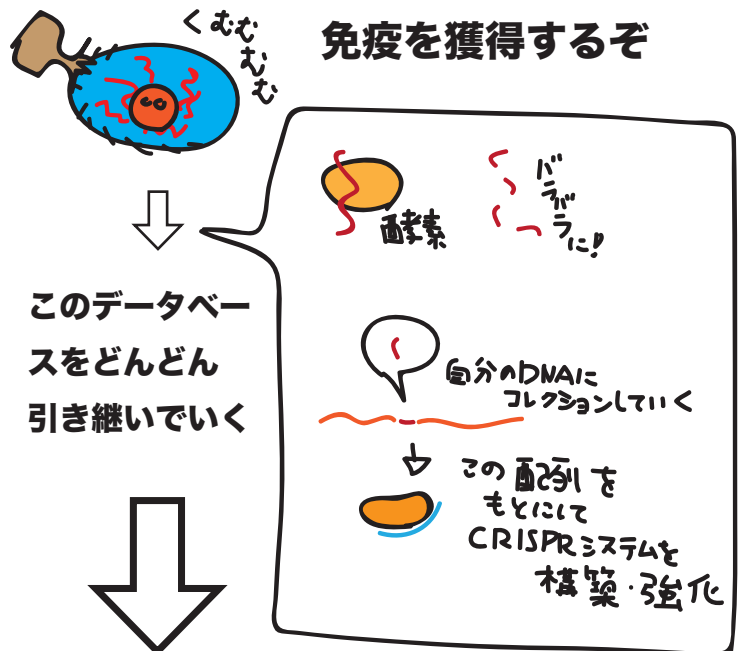
結果、この遺伝子配列が
持っていた機能が失われる

細菌とウイルスの闘い

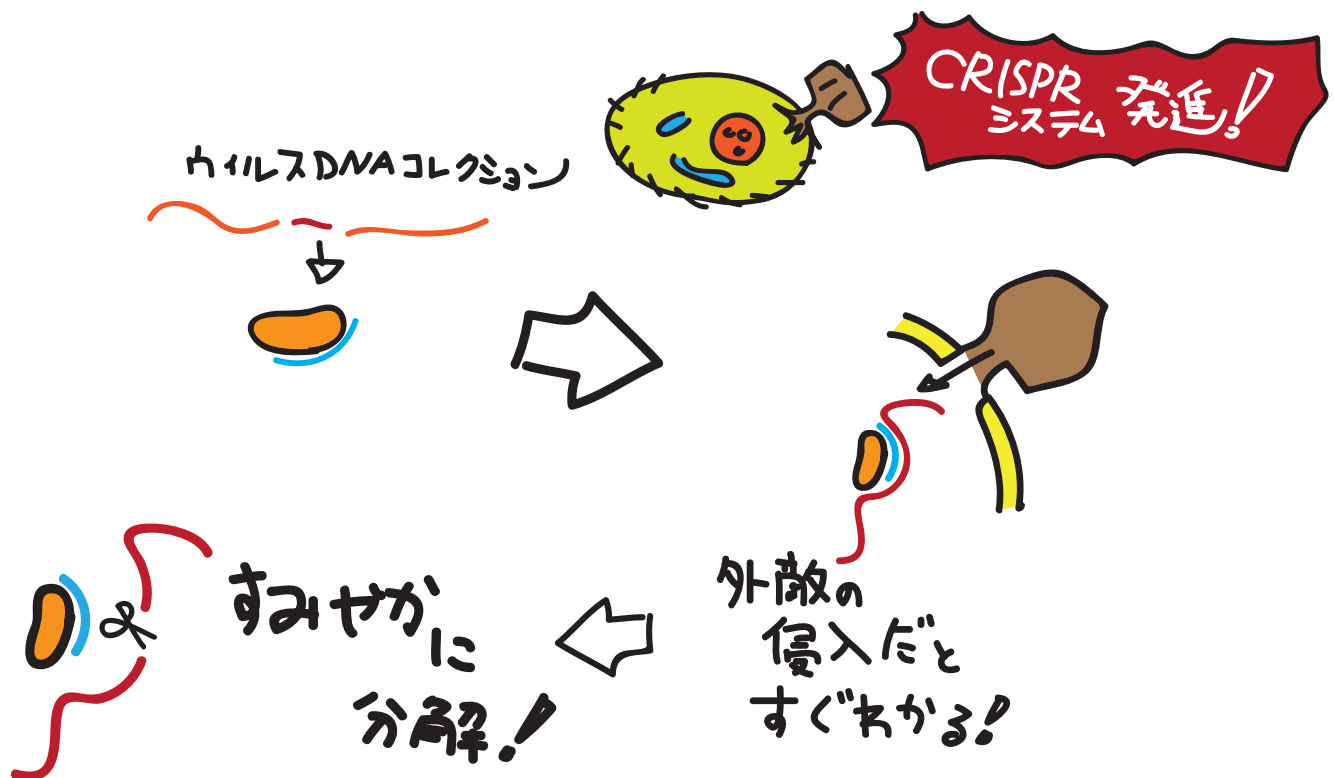


ウイルスの増殖によって
細菌は死んでしまう
→どう身を守るか？

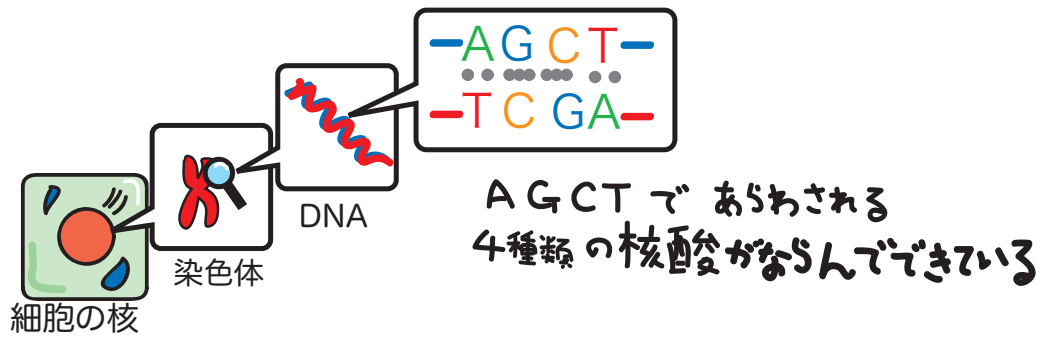
CRISPR/Cas9 って どうやってできた技術？



またやってきたぞ！

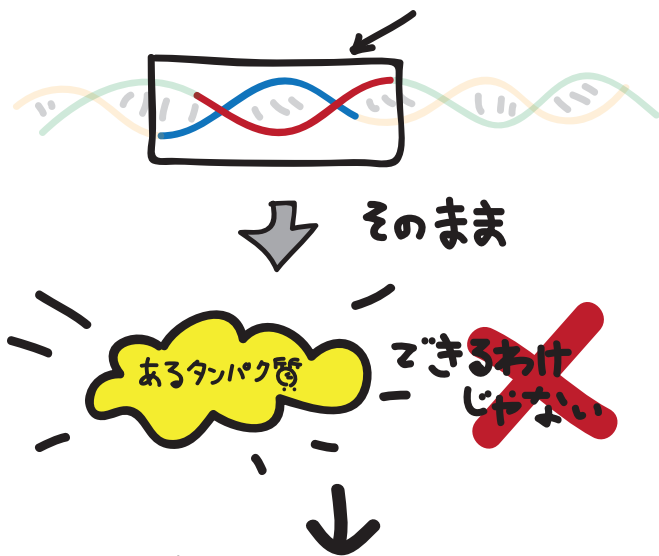


あ、すみません、そもそも DNA って、どこにあるんですか？

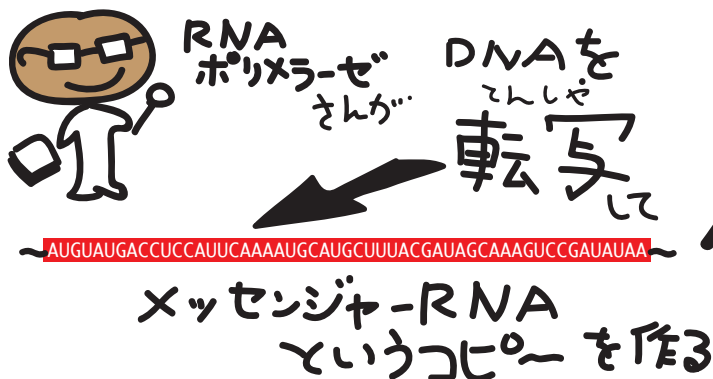
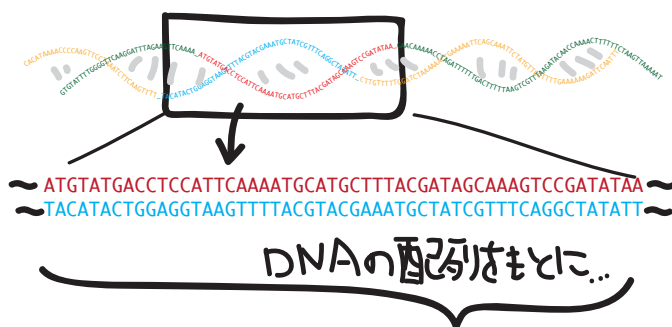


DNA の遺伝情報って、どうやって使われるの？

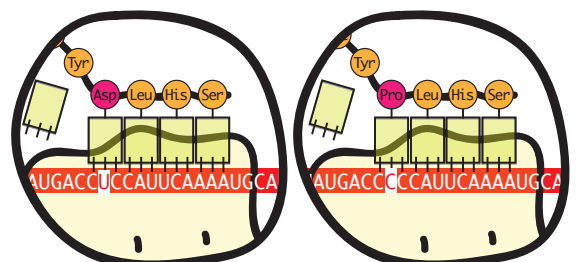
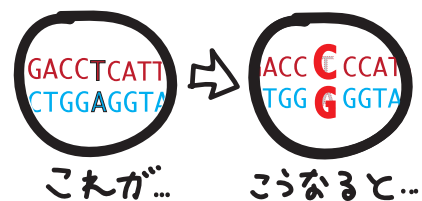
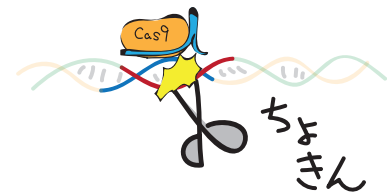
あるタンパク質をつくる配列から



まずは...

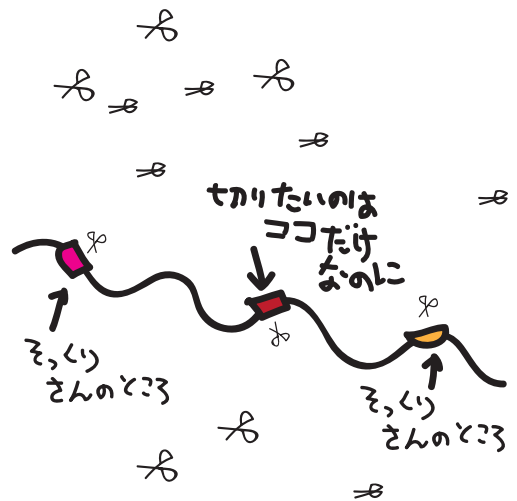


—— ノックアウトで起こること? ——

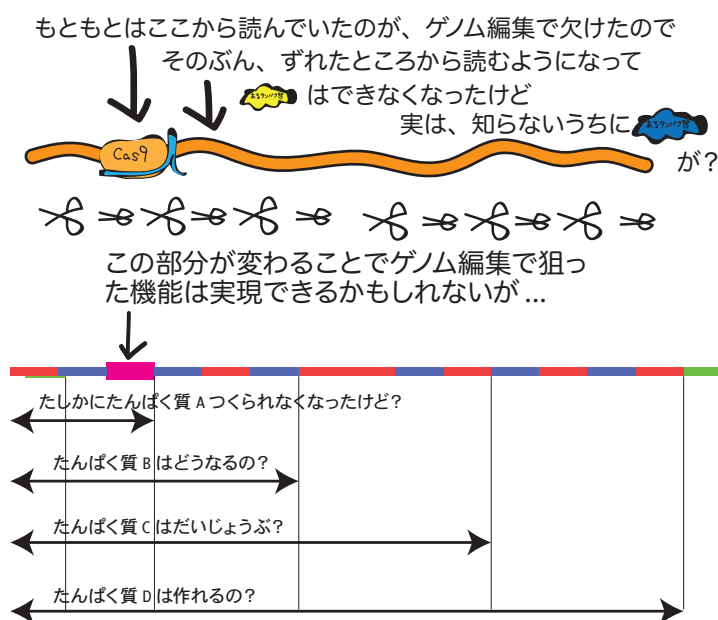


オフターゲットの問題？

CRISPR/Cas9 によるゲノム編集技術は、狙ったところを高頻度、高精度で切断できるとしていますが、そっくりな配列部分もうっかり編集してしまう「オフターゲット」も起きることが指摘されています。想定外の編集によって、未知の問題を発生が心配されています。開発側は、技術が、日進月歩向上していて、オフターゲット発生が低くなる手法も確立されてきているとしていますが、まだゼロといえる訳ではないようです。

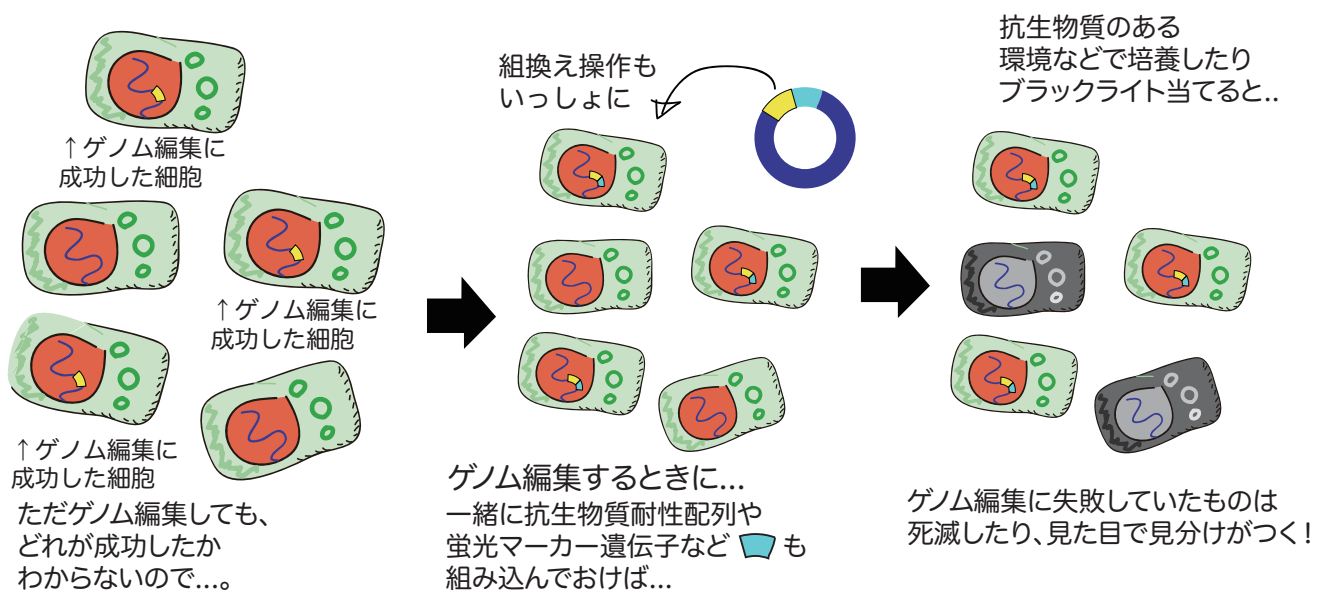


フレームシフト？



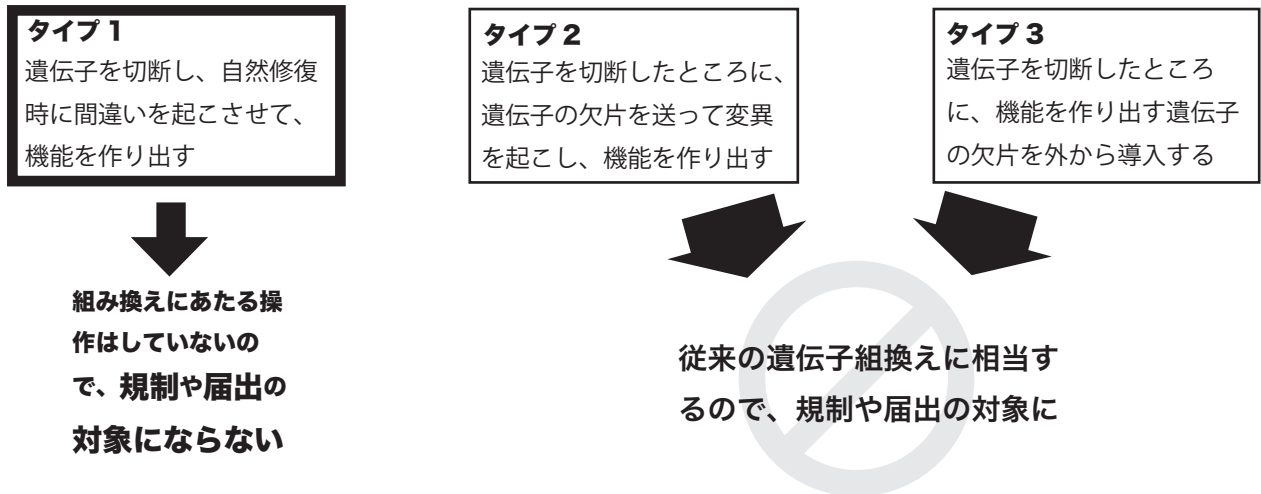
狙ったところを切断、その配列部分の機能を変えられたつもりが、実はその部分で、遺伝子の読み方がずれてしまっていて、これまでと別の想定外なたんぱく質を作り出すかもしれない「フレームシフト」の可能性も指摘されています。また、編集された場所を含む、もっと広い領域に渡って、配列が読み取られていた場所あるとすると、他に影響を与えていないかの検証も求められます。

マーカー遺伝子？



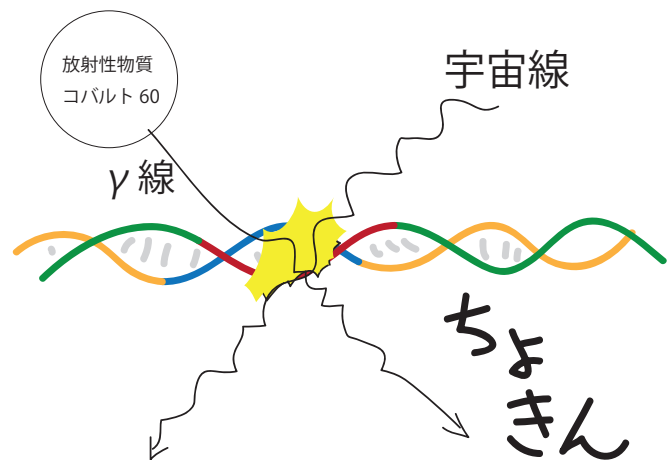
←完成されたゲノム編集生物からは、この配列を取り除いてある、ということになっているけど、ホントに除けてるか、誰か調べてるの？
誰が検証するの？もし、残ってたら問題起きないの？

切っただけだと表示不要になりました



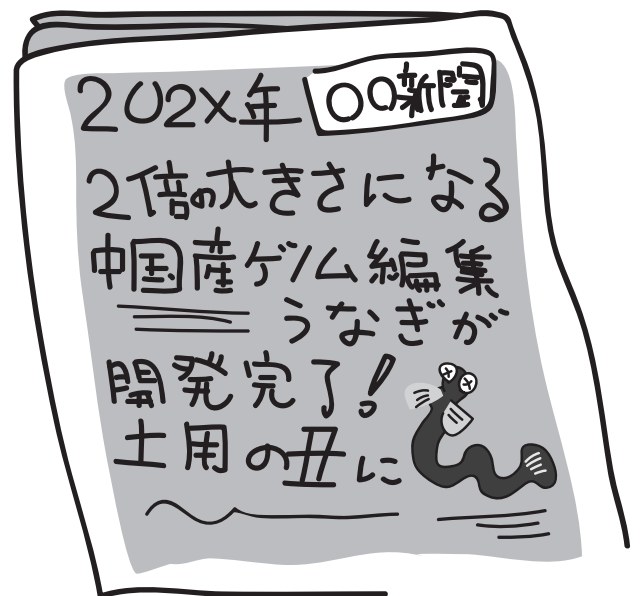
切っただけだとなんで、表示も届出もいらないの？

ノックアウトで作られるタイプは、いわゆるこれまでの歴史の中で放射線を当てたり、化学薬品を使ったりして作り出された品種と同じことをやっているに過ぎないという評価がされています。従来の品種改良と変わらないことなのだから、規制は必要ない、そういった考えに基づいています。



表示があるの？私、選べるの？

ゲノム編集食品のうち、遺伝子をちょん切るだけで作られるタイプは、自然界で起きたり、従来の品種改良と変わらないということで、環境省も厚生労働省も規制の必要性がないと決めました。開発したものの届出は、ほぼ任意、罰則も設けませんでした。さらに、食品表示は、違反しているかどうか検査、確認する方法がないので、表示は必要ないとしてしまいました。2020年10月には法整備が概ね整い、流通が可能になりました。

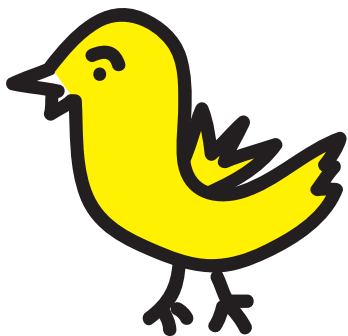


そもそも、海外の業者が個別、輸出のために、任意の届出制度に対して、積極的に対応するかどうかは、謎としか...

いっかいはこんな日も？

— ゲノム編集技術で開発が取り組まれてきた生きものたち —

採卵にはメスしかいない



オスメス産み分ける性遺伝子をゲノム編集し、オスをなくすことで、鶏卵生産に不要で命の無駄を減らせる技術

共食いしない鯖



養殖をすると共食いする性質を持つが、ゲノム編集技術で、攻撃性を減らした鯖を開発。鯖の効率的、経済的養殖が実現可能に。

穂発芽しにくい小麦



麦は、収穫時期に雨に当たったり、収穫タイミングが遅れたりすると、穂についたままの発芽や脱粒する特徴を持ちます。こうなると品質と収量が低下するので、ゲノム編集技術を使い、アラニンアミノ酸転移酵素の遺伝子配列を機能欠失させて穂発芽を抑制。2021年11月から屋外試験開始。



肉厚マダイ

2021年
9月17日
Goサイン!

美味しくて食べる場所もたくさん。成長抑制遺伝子ミオスタチン遺伝子を欠損させて作ったマッチョになるマダイ。



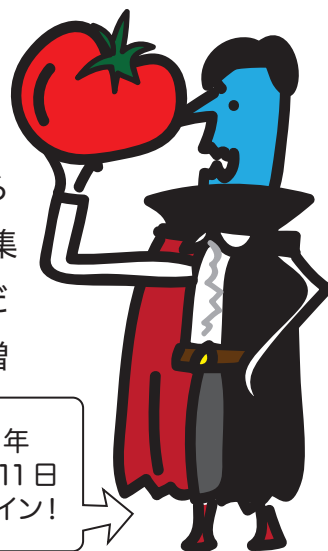
高オレイン酸大豆

酸化安定性が向上、体に悪いトランス脂肪酸も生成しないヘルシーな油が作れる。アメリカでは既に商用生産が開始。

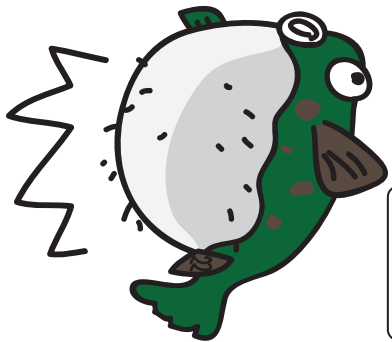
血圧を下げる成分を増やしたトマト

血圧降下作用があるGABAをゲノム編集で増やし、食べるだけで、毎日の健康増進に貢献。

2020年
12月11日
Goサイン!



なん杯でも
Xシくえんねん
もはや
おこさんでも
でかになれるんちゃうかな



2021年
10月29日
Goサイン!

同じ生育期間で 1.9 倍に大きくなるフグ

ゲノム編集技術で、食欲抑制をする遺伝子を破壊。そのおかげで、食欲アップ、同じ養殖期間でも、体重比で、1.9 倍に大きく。餌の効率が良いということで、資源ロスが少なく、環境汚染も少ない、経済効率が良いフグとして販売開始。

アレルギー反応を引き起こす物質を作らせなくした豚?

Revivacor 社が開発した「ガルセーフ豚 (GalSafe)」は、アルファーガル (α -gal 糖) というものを細胞表面に作らないよう、それを作り出す遺伝子を破壊したものです。特にアルファーガル症候群の人にとって、お肉を食べときに役立つとされているほか、医療分野での使用（皮膚移植など）が期待されています。



くっ
人聞へ
抵抗
する
唯一の
手段が

花粉症対策に? 花粉を作らない杉

国民の 3 割が悩むという花粉症。花粉を作らない杉の系統は、見つかっているのだけれど、それを育種、生育が十分な品種を交配、選抜、普及するには、お金と時間がかかりすぎるという課題があり、ゲノム編集で、花粉を作らせない杉を農林水産省が開発中。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/documents/kikanffpri40-feature5.pdf>

すすむ、ひろがる、楽しい? 役立つ? 開発競争

じゃがいもが日に当たると、ソラニンやチャコニンという食中毒を引き起こす物質を作りますが、これらの物質を合成する酵素を作り出す遺伝子をゲノム編集で破壊したゲノム編集じゃがいも、干ばつ耐性を持たせた稲、耐病性のカカオやバナナ、ブドウ。カフェインを作らないコーヒー豆、傷がついても茶色くなりにくいマッシュルーム、グルテン含有量を減らした小麦など、さまざまな品目の市場デビューを目指して、多くの研究者や企業が開発競争中。

夜のんでも
妊婦のんでもOK?
ローカフェイン
コーヒー

