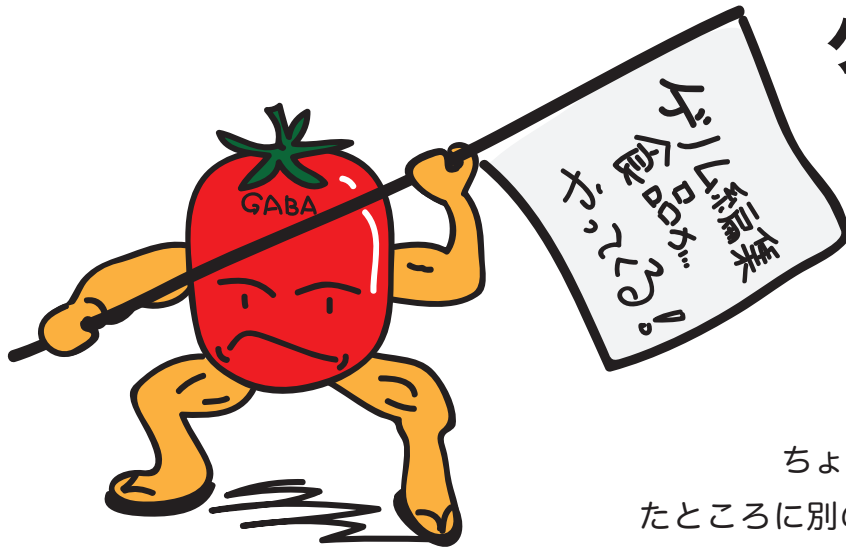
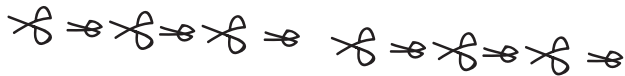


で？

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

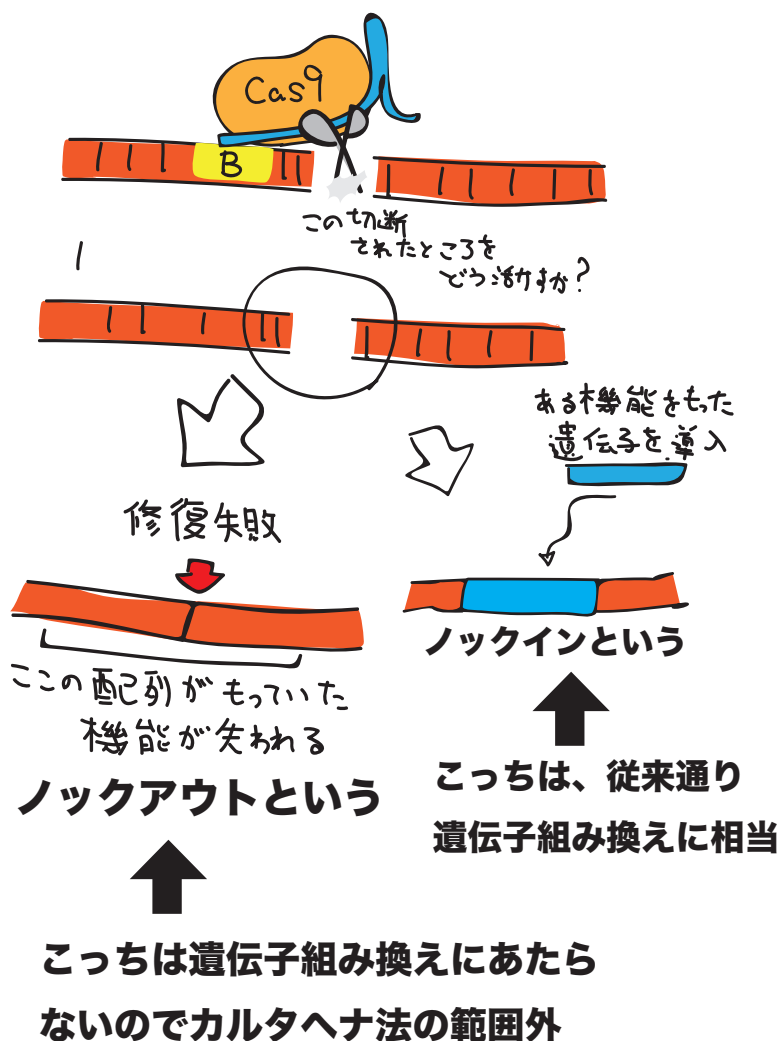
CRISPR/Cas9 系が 大人気

ん？

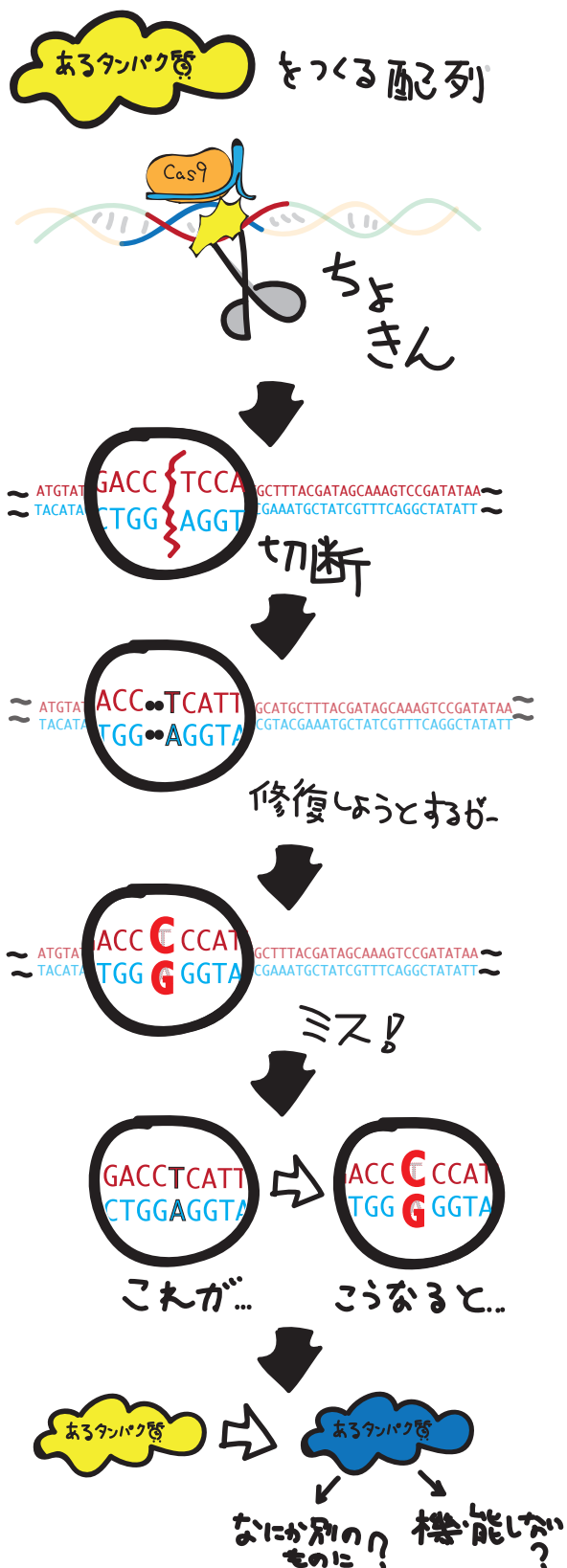
それって、遺伝子組み換えと違うの？

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。

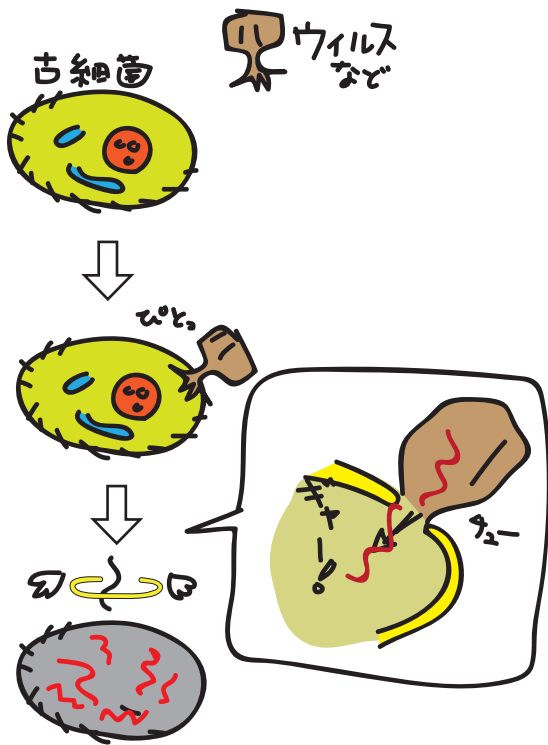


CRISPR/Cas9 のノックアウトの仕組み

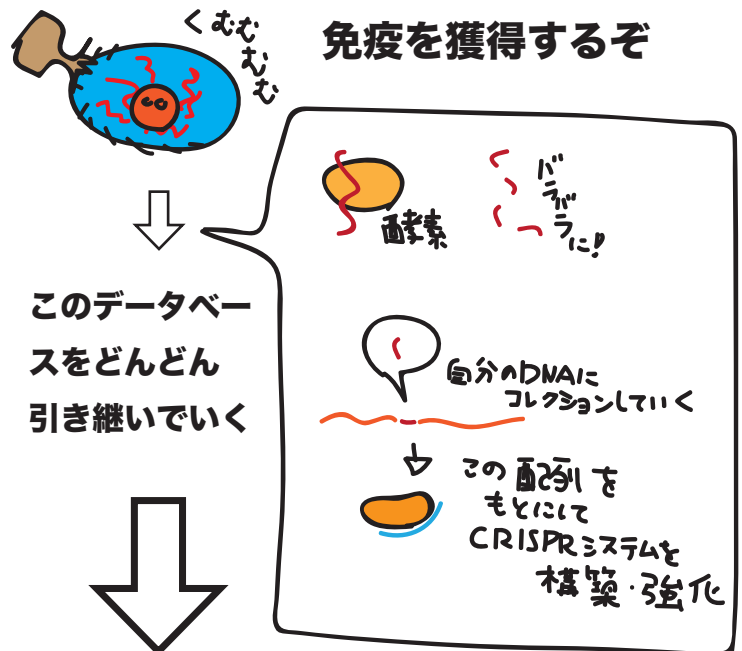


結果、この遺伝子配列が持っていた機能が失われる

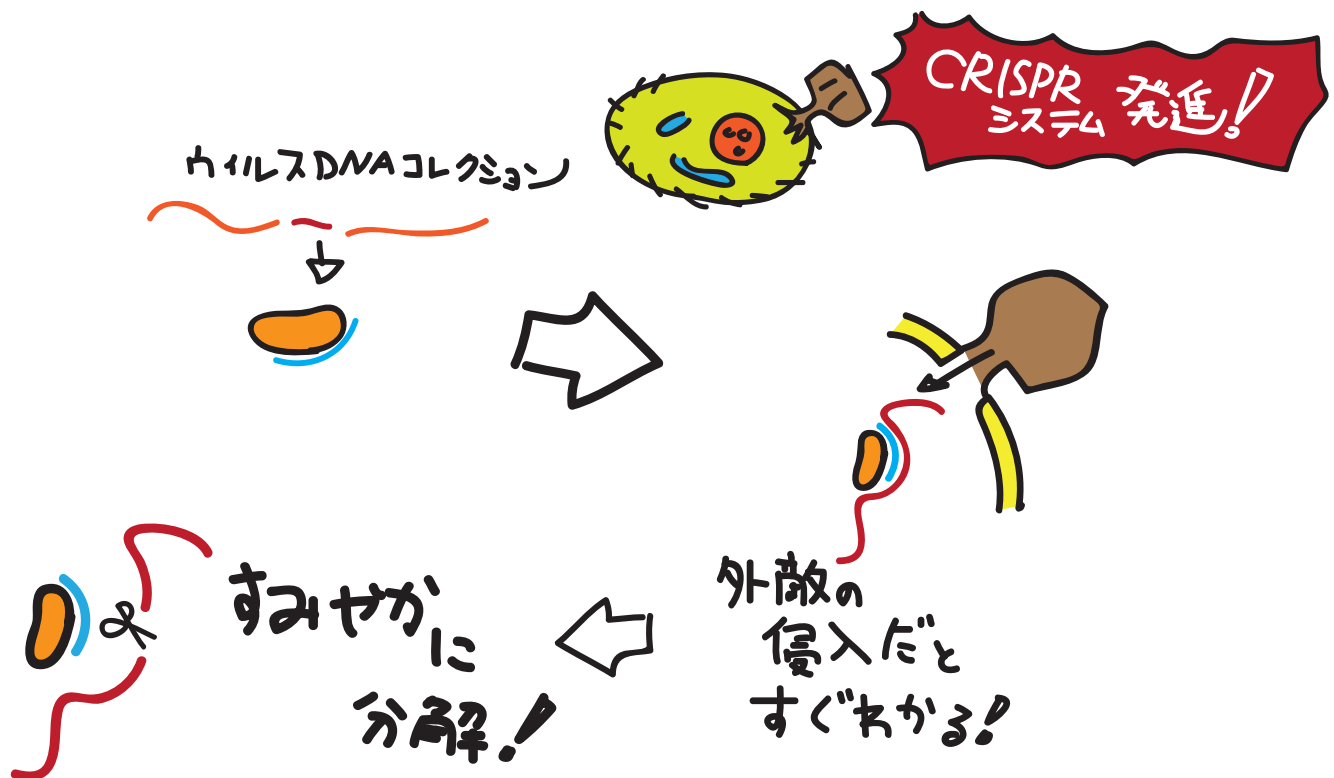
細菌とウイルスの闘い



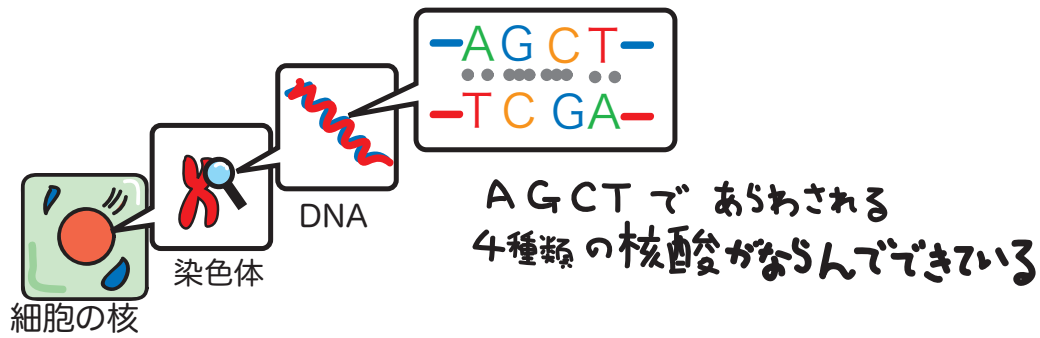
CRISPR/Cas9 って どうやってできた技術？



またやってきたぞ！

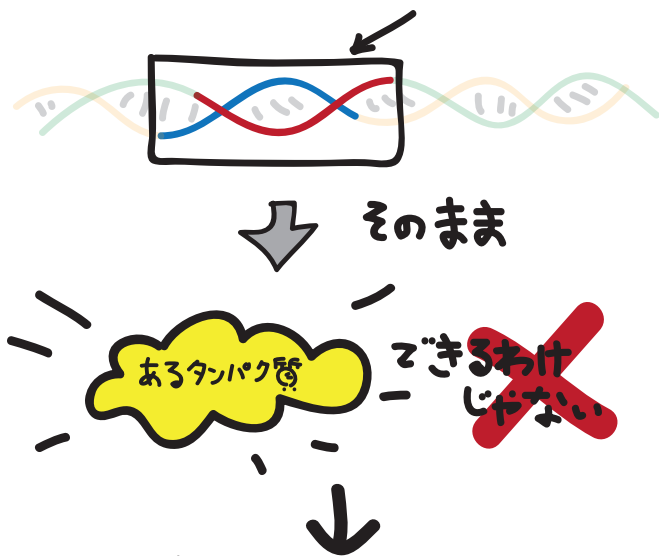


あ、すみません、そもそも DNA って、どこにあるんですか？

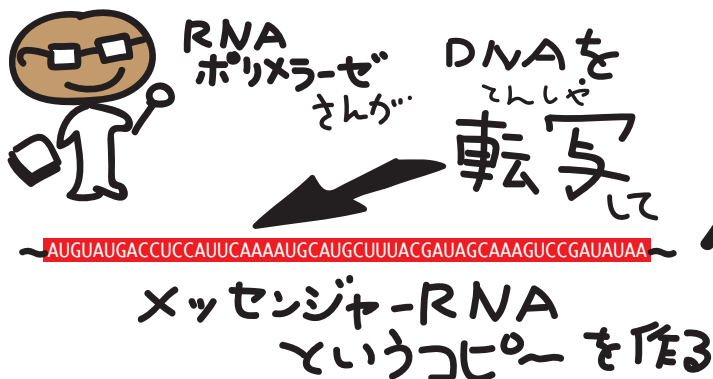
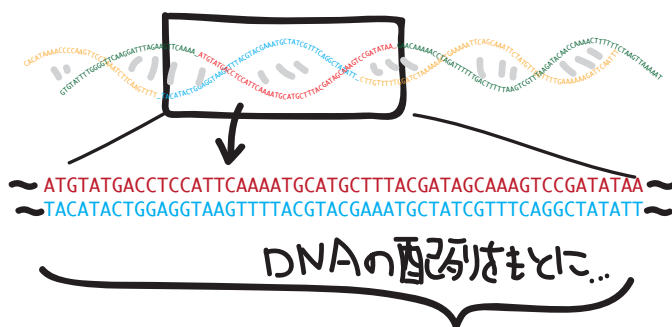


DNA の遺伝情報って、どうやって使われるの？

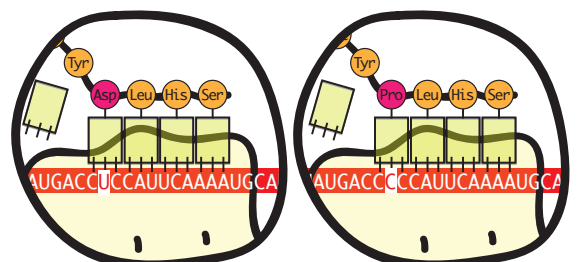
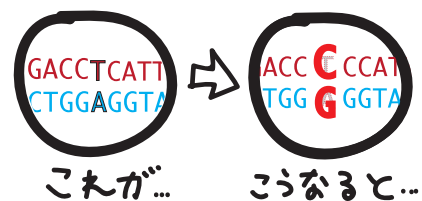
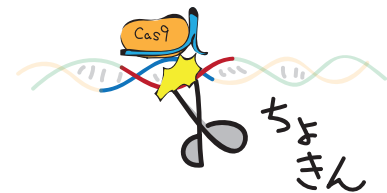
あるタンパク質をつくる配列から



まずは...

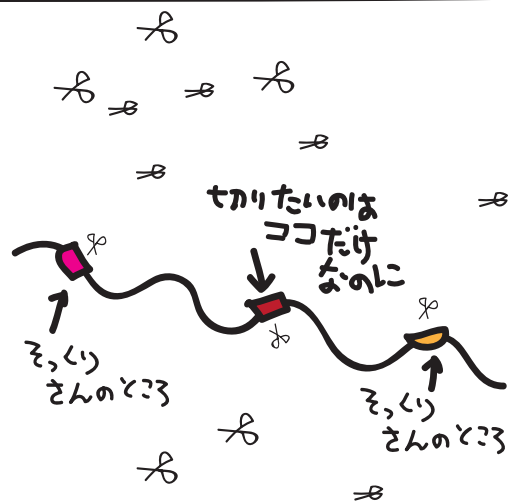


—— ノックアウトで起こること？ ——

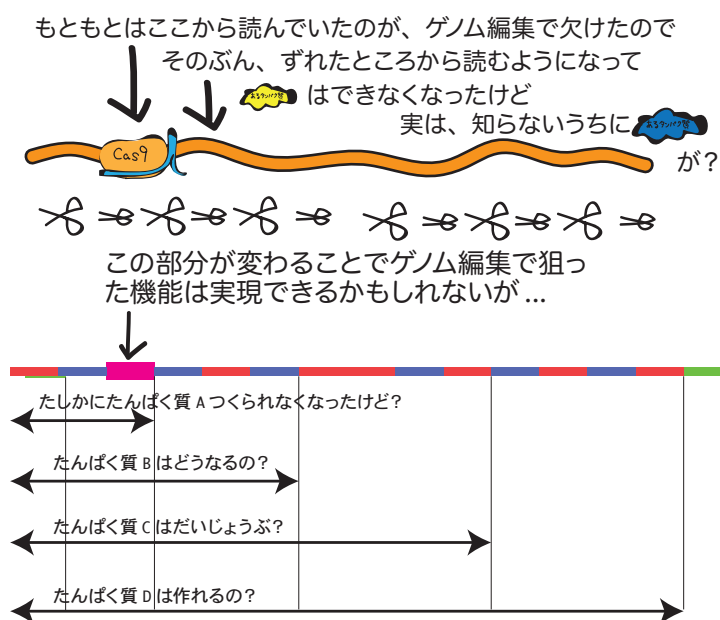


オフターゲットの問題？

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。

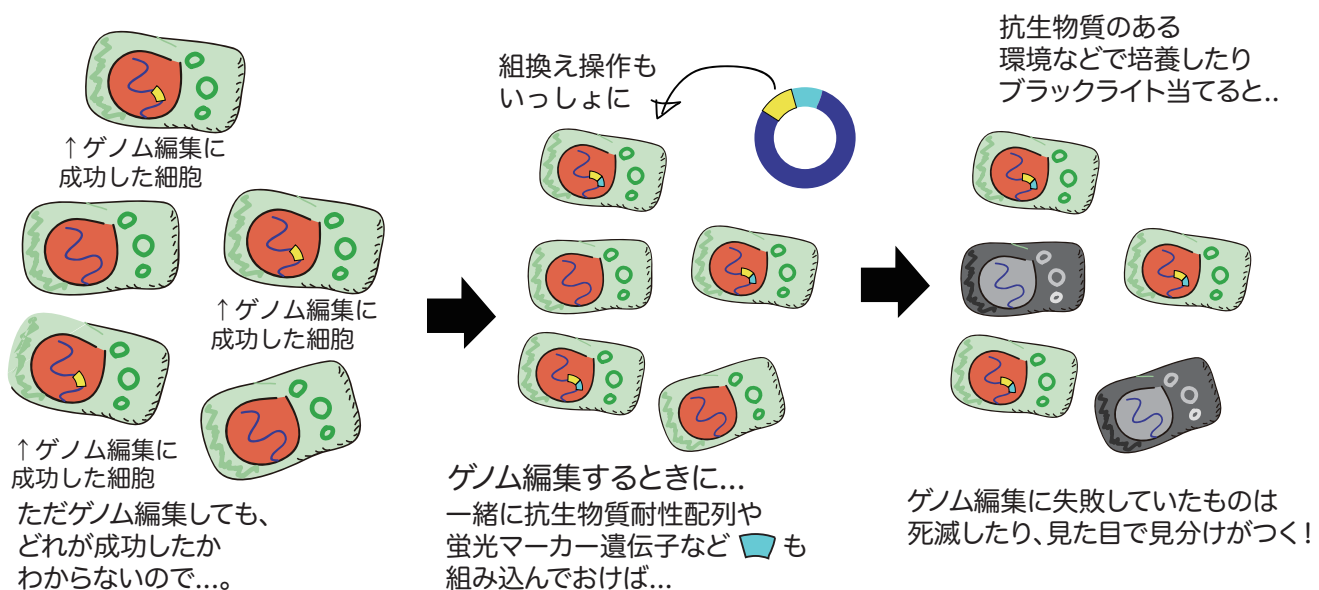


フレームシフト？



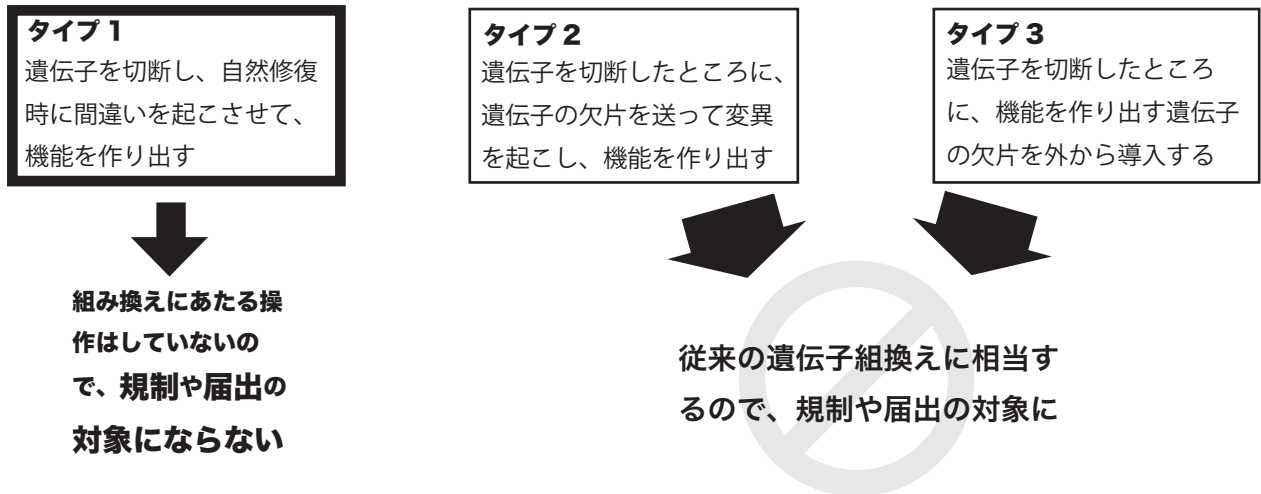
狙ったところを切断、その配列部分の機能を変えられたつもりが、実はその部分で、遺伝子の読み方がずれてしまっていて、これまでと別の想定外なたんぱく質を作り出すかもしれない「フレームシフト」の可能性も指摘されています。また、編集された場所を含む、もっと広い領域に渡って、配列が読み取られていた場所あるとすると、他に影響を与えていないかの検証も求められます。

マーカー遺伝子？



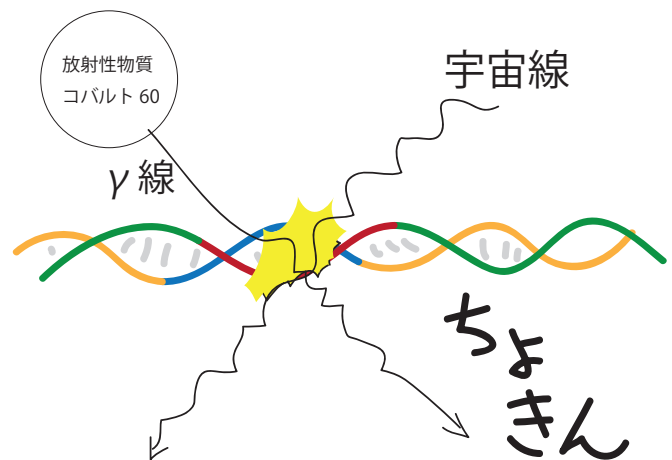
←完成されたゲノム編集生物からは、この配列を取り除いてある、ということになっているけど、ホントに除けてるか、誰か調べてるの？
誰が検証するの？もし、残ってたら問題起きないの？

切っただけだと表示不要になりました



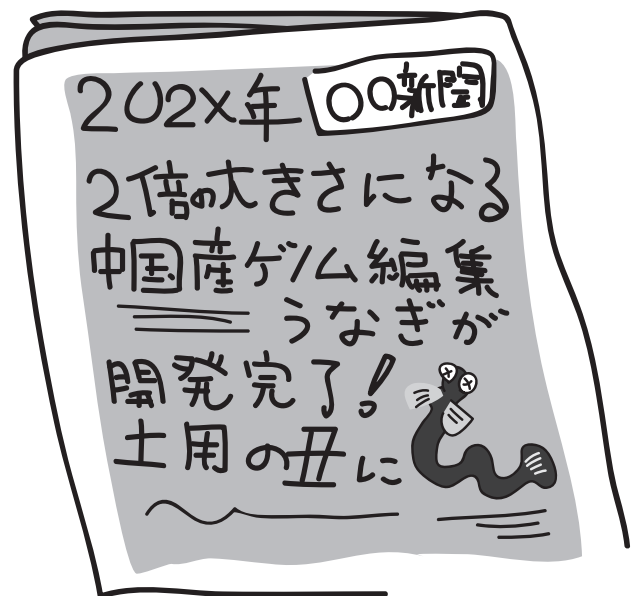
切っただけだとなんで、表示も届出もいらないの？

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。

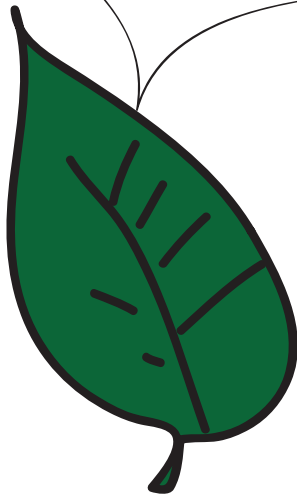


そもそも、海外の業者が個別、輸出のために、任意の届出制度に対して、積極的に対応するかどうかは、謎としか...

いっかいはこんな日も？

例

あまくな
なるのを
じゃましている
配列
こいつが
いなければ
あまくなるぞ



植物編

ゲノム編集は
遺伝子組換えじゃないって
いうけど、植物系の開発工程では
遺伝子組換えと同じ
技術を使って作ります
(かこう)

①

組み換え

プラスミド

このとき
マーカー遺伝子も
入れられることも

ゲノム編集酵素を作る
遺伝子配列を設計

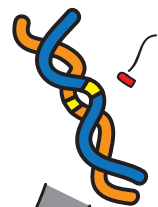
入れる

運び屋
アグロバクテリウム

チュ

感染②

③



④



これで植物自身が自分自身を編集する
ゲノム編集酵素を作れるようになる

ここからゲノム編集

⑦切断!

ノックアウト
達成! ⑧

⑥

自分の遺伝子配列のなかから
標的的部位を Cas9
みつけて

⑤

酵素

Cas9

gRNA

ガイドRNA

製造開始

⑨



ゲノム編集
された
ところ

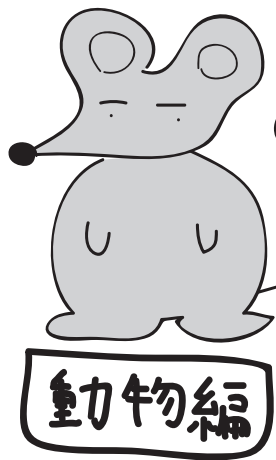
ゲノム編集酵素を作る
遺伝子配列

染色体

肉眼で見るとこんな感じ

ポイントはこの配列

残ったままだと→遺伝子組換え作物
除去されると→遺伝子組換え作物じゃない

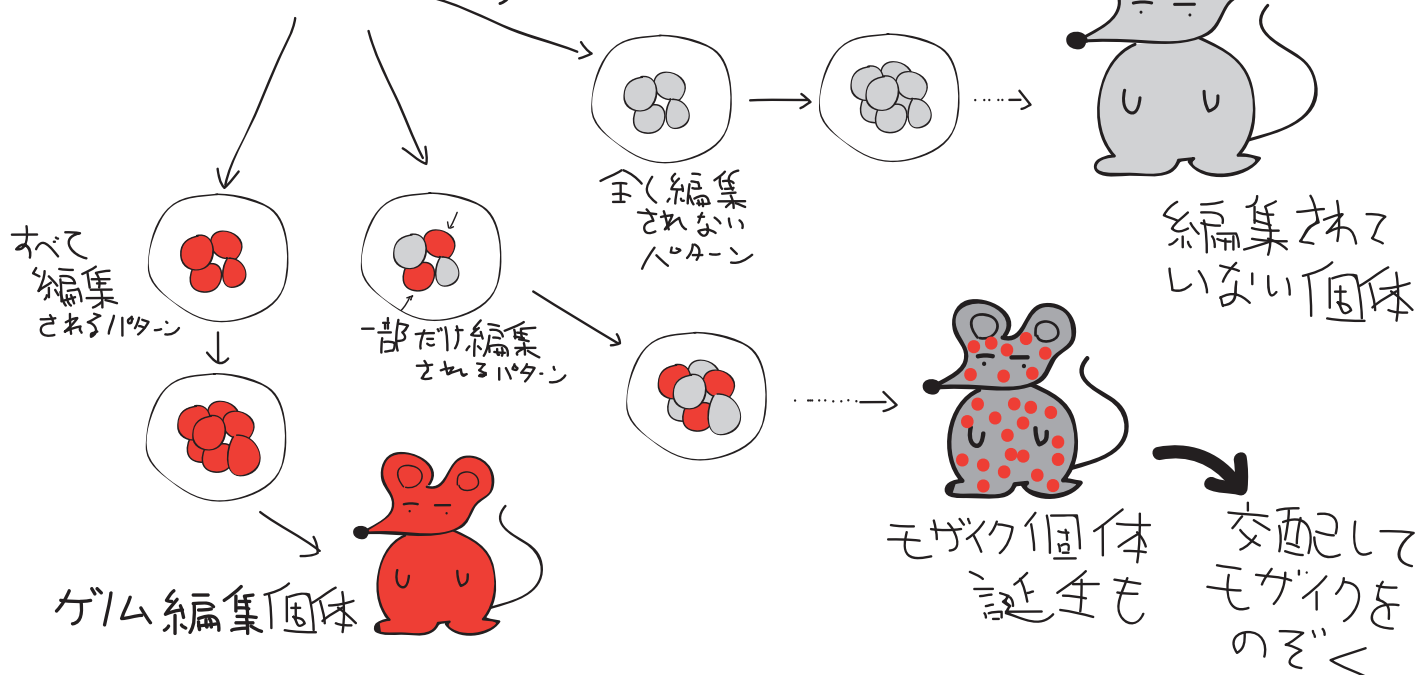
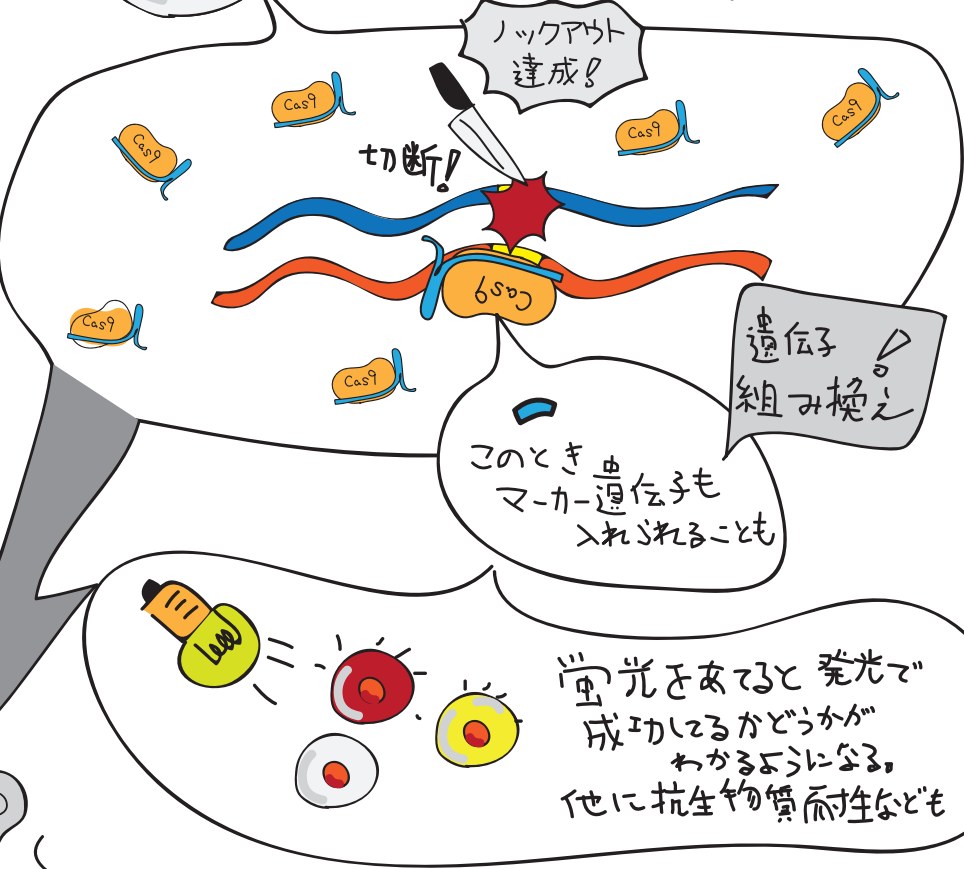


受精卵



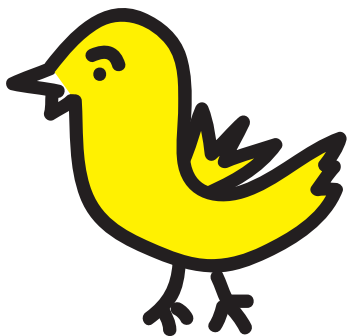
CRISPR-Casではなく
プラスミドで入れる方法も

動物の場合、受精卵に
直接ゲム編集が
おこなわれることが多い。
CRISPR-Casを
注入する方法と
植物と同じように
プラスミドベクターを
利用する方法が
おこなわれている。



— 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。



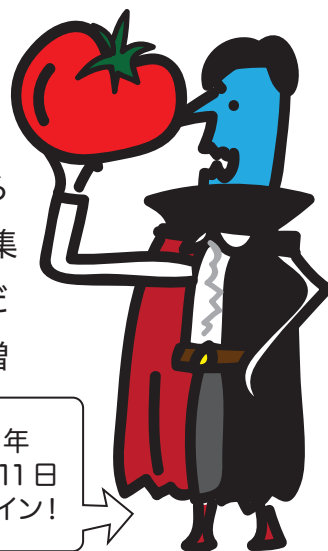
高オレイン酸大豆

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。

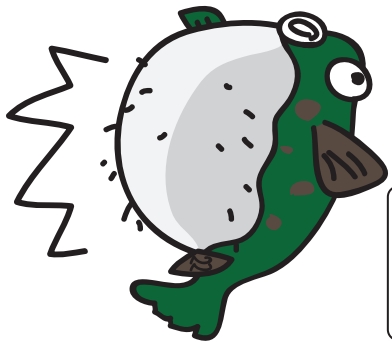
血圧を下げる成分を増やしたトマト

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
人問へ
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 ——

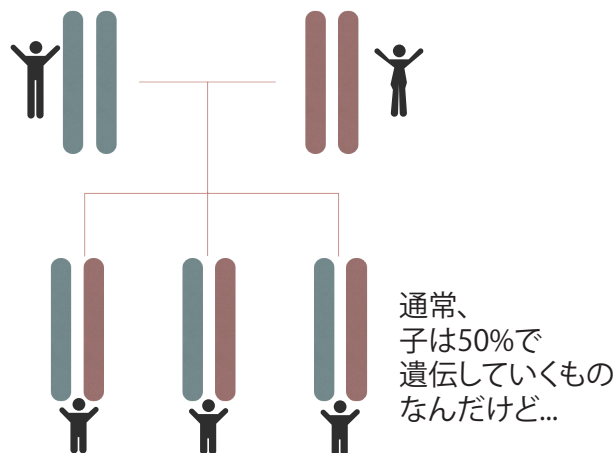
じゃがいもが日に当たると、ソラニンやチャコニンという食中毒を引き起こす物質を作りますが、これらの物質を合成する酵素を作り出す遺伝子をゲノム編集で破壊したゲノム編集じゃがいも、干ばつ耐性を持たせた稲、耐病性のカカオやバナナ、ブドウ。カフェインを作らないコーヒー豆、傷がついても茶色くなりにくいマッシュルーム、グルテン含有量を減らした小麦など、さまざまな品目の市場デビューを目指して、多くの研究者や企業が開発競争中。

夜のんでも
妊婦のんでもOK?
ローカフェイン
コーヒー

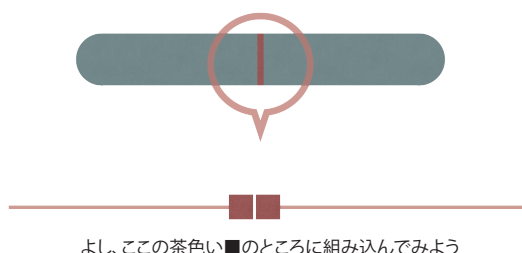


遺伝子ドライブ という技術も

ゲノム編集能力を持った配列を遺伝子に組み込み、次世代にまでその能力を引き継がせ、生物集団内に目的の変異を急速に拡散させることができる技術。生殖細胞でこれを使うと、数世代で変異を拡散できてしまう。ブルーギルなどの外来種を駆逐する技術として注目。

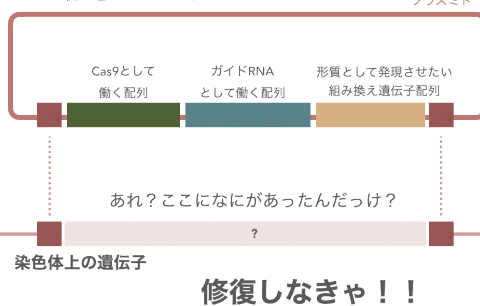


① 染色体上にある、遺伝子の編集を計画する

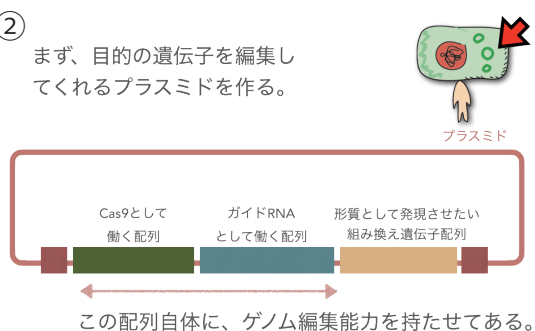


⑤

←の部位は、相補的に結合するので、DNA修復機構が、プラスミド側の配列が、元の配列だと考え、失われた部分をコピー、組み込んでしまう

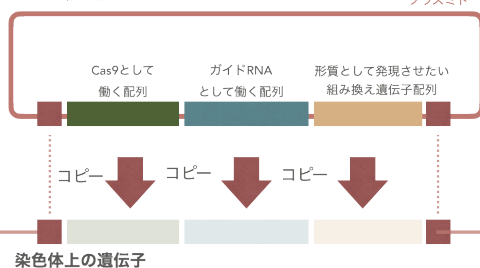


② まず、目的の遺伝子を編集してくれるプラスミドを作る。

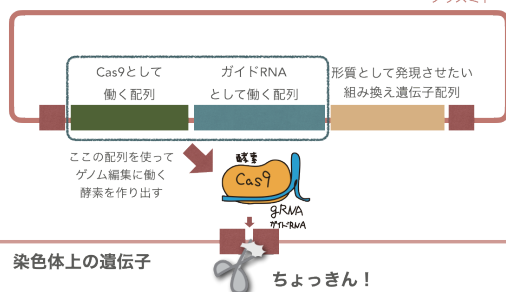


⑥

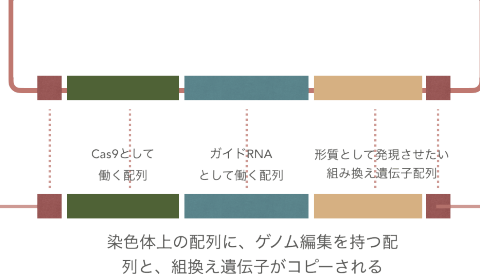
←の部位は、相補的に結合するので、DNA修復機構が、プラスミド側の配列が、元の配列だと考え、失われた部分をコピー、組み込んでしまう



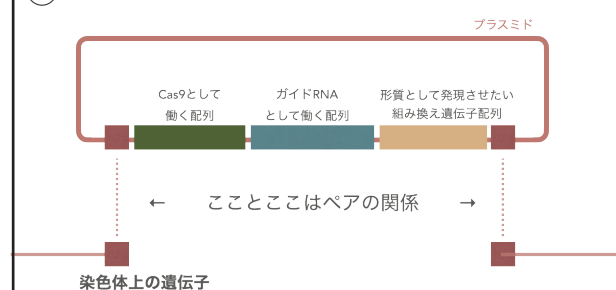
③ できあがったプラスミドで、染色体上の狙った部分をまず切断



⑦



④



⑧ 完成

