

2023年11月9日（木）
易しい科学の話

[ゴロー/イラストで学ぶ体の仕組み - YouTube](#)

ワクチンの作用

吉岡 芳夫

ワクチンを例え話でいうと・・・

- 風邪をひいたり、インフルエンザに罹ったとき、外敵（風邪のウイルスや細菌）が体内に入ります。
- ワーッと外敵が入ってくると、体内でこれをやっつける警察隊（免疫）が働きます。悪い奴・犯人（細菌やウイルス）を警察がやっつけてくれるのです。
- 警察は犯人をやっつけてくれる。そして犯人の顔を覚えておいてくれます。悪い奴の顔を覚えておいてくれるので次に犯人が悪いことをすると警察がみつけやすいからです。

- ワクチンとは、犯人の顔を覚える警察を作ること
- ワクチンで、「犯人の顔を覚えた警察は、犯人を見つけて早く退治できるはず」。
- そこで、犯人を少しだけ体の中に入れて、顔を覚える警察をあらかじめ作ってのがワクチンです。
- すると、犯人（ウイルスなど）が体の中に入ってきたときに、警察（免疫）は、それをすぐにやっつけることができます。
- 水疱瘡（みずぼうそう、おたふくかぜ）に一度罹ったら、みずぼうそうウイルスの顔を警察が覚えています。

ワクチンの種類

生ワクチン、不活化ワクチン、新しいワクチン

• ワクチンについての疑問

- 「犯人（ウイルス）を体の中に入れたら、病気にかかっちゃわないの？」、確かに元気な犯人を少しでも体の中に入れると、警察が負けてしまうこともあります。これが「**生ワクチン**」です。簡単に言うと、生きている犯人を体の中に入れる、というイメージです。
- 生ワクチンは現在でも麻疹（はしか）や水疱瘡（みずぼうそう）などで使われています。もちろん安全に使用できるように悪さをしないように処理されていますのでご安心ください。

- ならば、「犯人の顔だけ体の中に入れたらいいんじゃないの？」ということで開発されたのが「不活化ワクチン」です。
- 犯人の顔だけ、いわば死体（ウイルスの断片）を体の中に入れたら安全だし警察に顔も覚えてもらえるしいね。これが、季節性インフルエンザワクチンです。
- 弱点は安全である分、効果が若干弱めであることで、犯人の顔だけを入れるイメージなので、警察も覚えにくいようです。

mRNAワクチン

- このワクチンは、「犯人の設計図を体の中に入れて、体の中で犯人の顔を作成して警察に覚えさせる」というイメージです。
- いままでの生ワクチン、不活化ワクチンというのは、「犯人（ウイルス）そのもの、あるいは犯人の顔のみ」を体の中に入れて、警察（免疫）に覚えさせていました。
- mRNAワクチンとは、犯人ではなく、犯人の設計図を体の中に入れるのです。「mRNA」というのは、犯人の設計図が載っている情報です。

- これを体の中に入れます。設計図をもとに、体の中で犯人が作られるので、警察に犯人の顔を覚えさせることができるのです。
- たとえて言うと、プラモデルは「設計図」を基に組み立てていきます。その「設計図」に当たるものがmRNAです。
- すなわち、設計図を体の中に入れて、設計図を基に犯人の顔を組み立てます。
- その犯人の顔を警察に覚えてもらうというのがmRNAワクチンです。

皆さんは、こんな疑問を持っていませんか？

- インフルエンザのワクチンは、なぜ新型コロナでは効果がないの？
 - コロナ用のワクチンとどこが違うの？
- ワクチンを打つと、どうして感染が防げるの？
 - ワクチンはウイルスを殺してしまうの？
- もし、ワクチンがなくて、ウイルスが体内に入ったら、どんなことが起こるの？
 - 入ってきたウイルスが、ヒトの細胞を次々と殺してしまうの？
 - ウイルスが増殖してしまう？

コロナ感染を理解するには、体に入ったウイルスが、どうなっていくかを理解することが必要

- ウイルスは、体に入ってから増殖する！
- それを止める方法はあるか？
 - そのためには、なぜ増殖するかを理解しなければならない。
 - ウイルスは、ヒトの細胞の中に入ると分裂してその数を増やしていく。
 - そのメカニズムは、ヒトの細胞分裂とほぼ同じ。
 - 人の細胞分裂は、細胞の中にある染色体のDNA（RNAが2本ペアになったようなもの）が、二つに分かれてRNAを作り、そのRNAが新たなRNAを作って、DNAになっていく。

[①ーそもそもウイルスとは何?ー](#)
[- Bing video](#)

[②ーウイルスはどうやって](#)
[細胞に潜入するの?ー - Bing](#)
[video](#)

[③ーウイルスは細胞内でど](#)
[う増えるの?ー - Bing video](#)

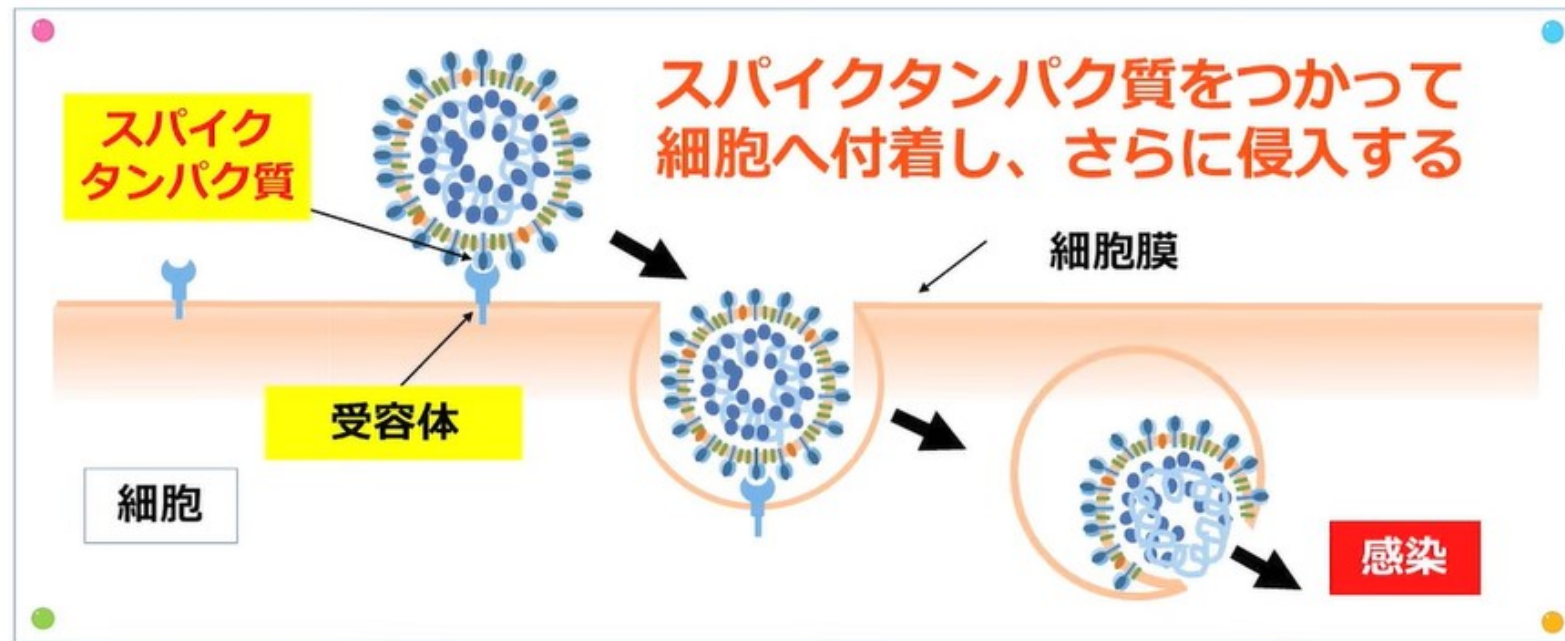
ウイルスの増殖を止める最良の方法とは？

- ウイルスが、人の細胞に入らないようにする。細胞の外にある間は、自分だけでは分裂して数を増やすことができない。
- 細胞の中に入るには、ウイルスの表面にある突起が、ヒトの細胞の表面にある突起とくっつくことが必要。いわば、鍵を開けるようなこと。
- 鍵が開けば、ウイルスは人の細胞の中に入る。そうすると、ウイルスのDNAが2つのRNAに分かれ、それぞれが相棒を作って、2つのDNAを作る。すなわち、二つのウイルスとなる。このようにして、倍倍ゲームのように細胞内でウイルスが増えていく。
- 十分に増えたウイルスは細胞を壊して、細胞の外に出る。それらが別の細胞に入り込んで増えていく。
- 人に症状が出るほどウイルスが増殖するには少し時間がかかるが、大体3日から4日である。これが感染から発病までの潜伏期間である。
- したがって、ウイルスの増殖を止める方法は、人の細胞の中にウイルスが入り込まないようにすることである。
- 細胞内に入らなければ、ウイルスを外的な敵の侵入と見た免疫細胞がウイルスを殺す。
- ウイルスと免疫細胞の死骸が、痰や咳で体外に排出される。

ワクチンとは？

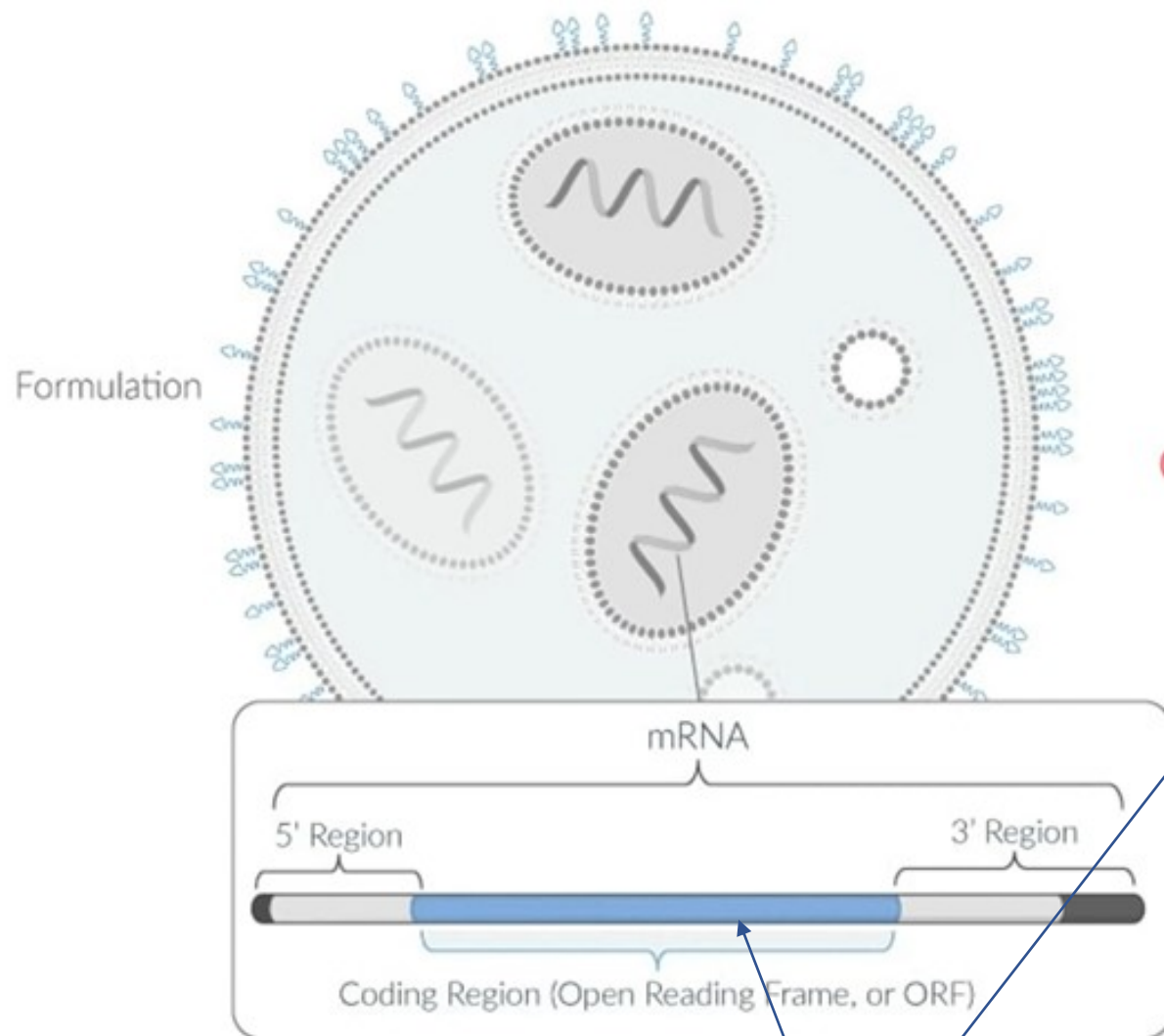
- 本物のウイルスが、細胞に入らないようにウイルスを妨害すること。

新型コロナウイルスの感染



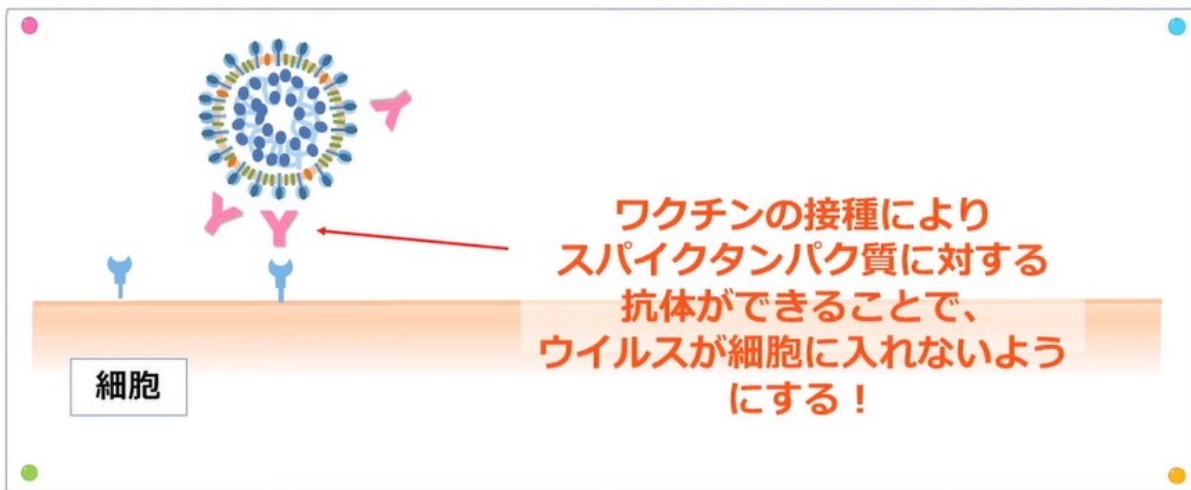
ワクチンとは？

- 本物のウイルスが、細胞に入らないようにウイルスを妨害すること。
- ワクチンの注射は、ウイルス表面の突起と同じ突起（構造）だけの蛋白質を作るようにしたRNAを体内に入れること。
- 人の細胞に入ったRNAは、ウイルスの表面にあるスパイクと同じスパイクだけを作り、分泌する。このRNAは、本物のウイルスが持つDNAのスパイク蛋白質を作る部分しか持っていないので、病気を引き起こすことはできず、安全である。
- こうして出来たスパイク状の蛋白質は、抗原となり、免疫機構がそれを外敵とみて攻撃する抗体をつくる。
- そして、このようにして作られた抗体が、感染で体内に入った本物のウイルスが、人の細胞内に侵入するのを防止して、増殖を防ぐ。

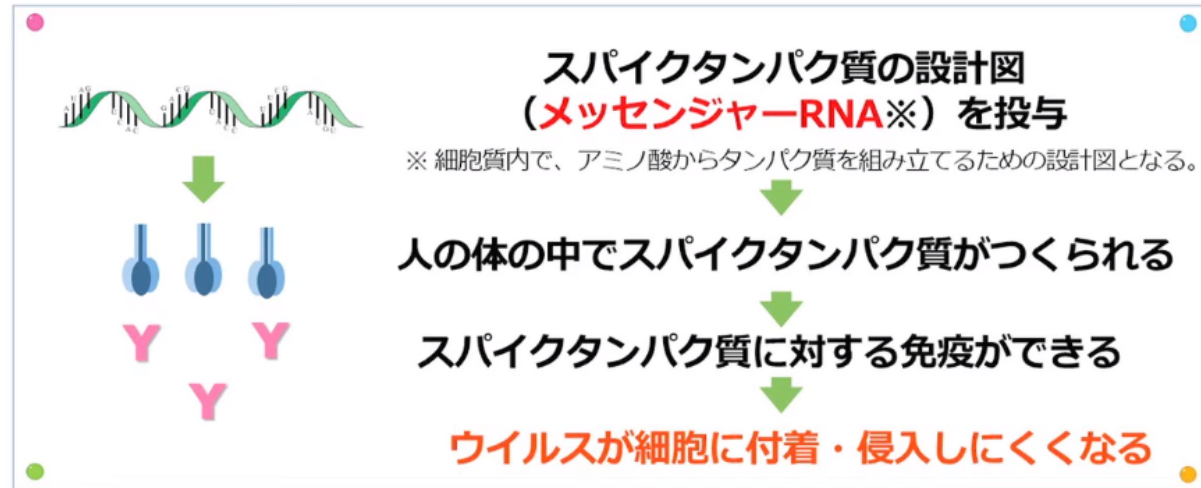


mRNAは、コロナウイルスが持つDNAの中で、表面にあるスパイク状の蛋白質を作る部分だけを抜き出したもの。いわゆる設計図にあたる。

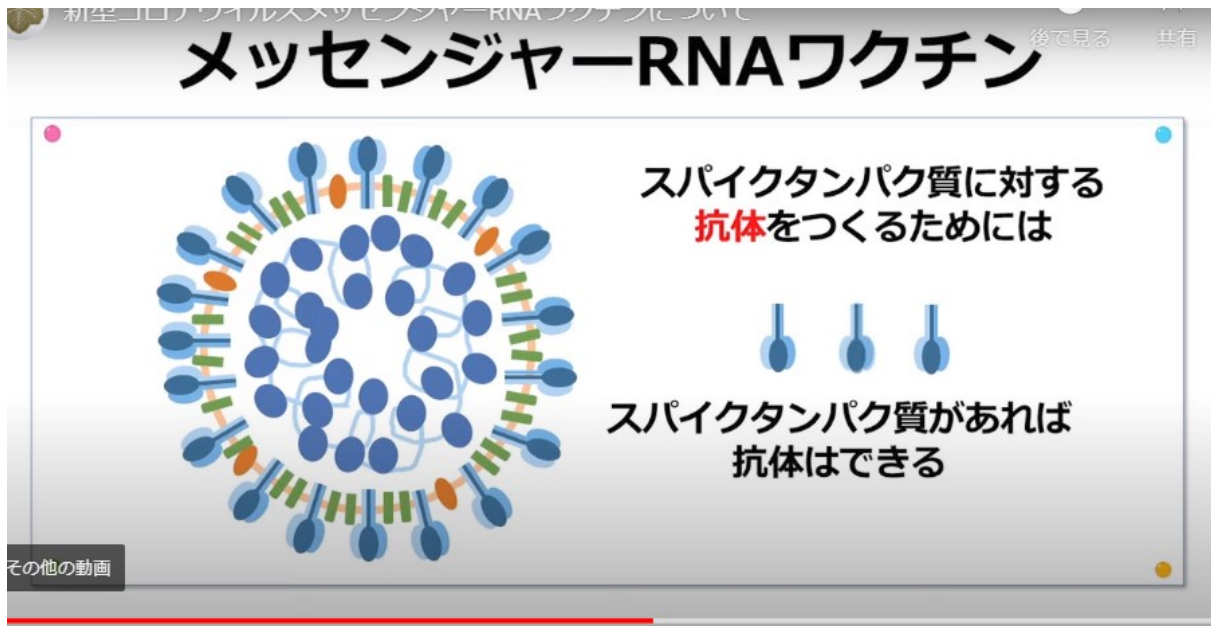
スパイクタンパク質に対する抗体



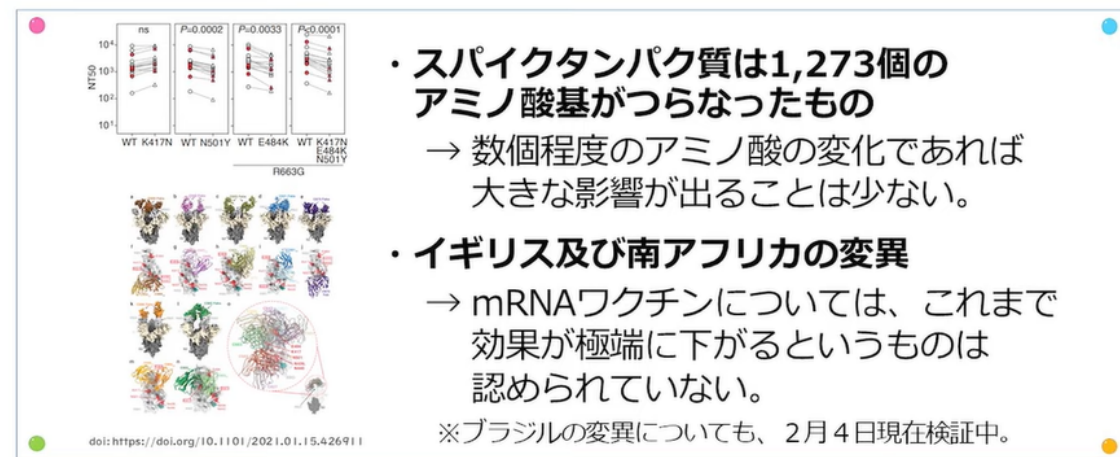
メッセンジャーRNAワクチン



メッセンジャーRNAワクチン



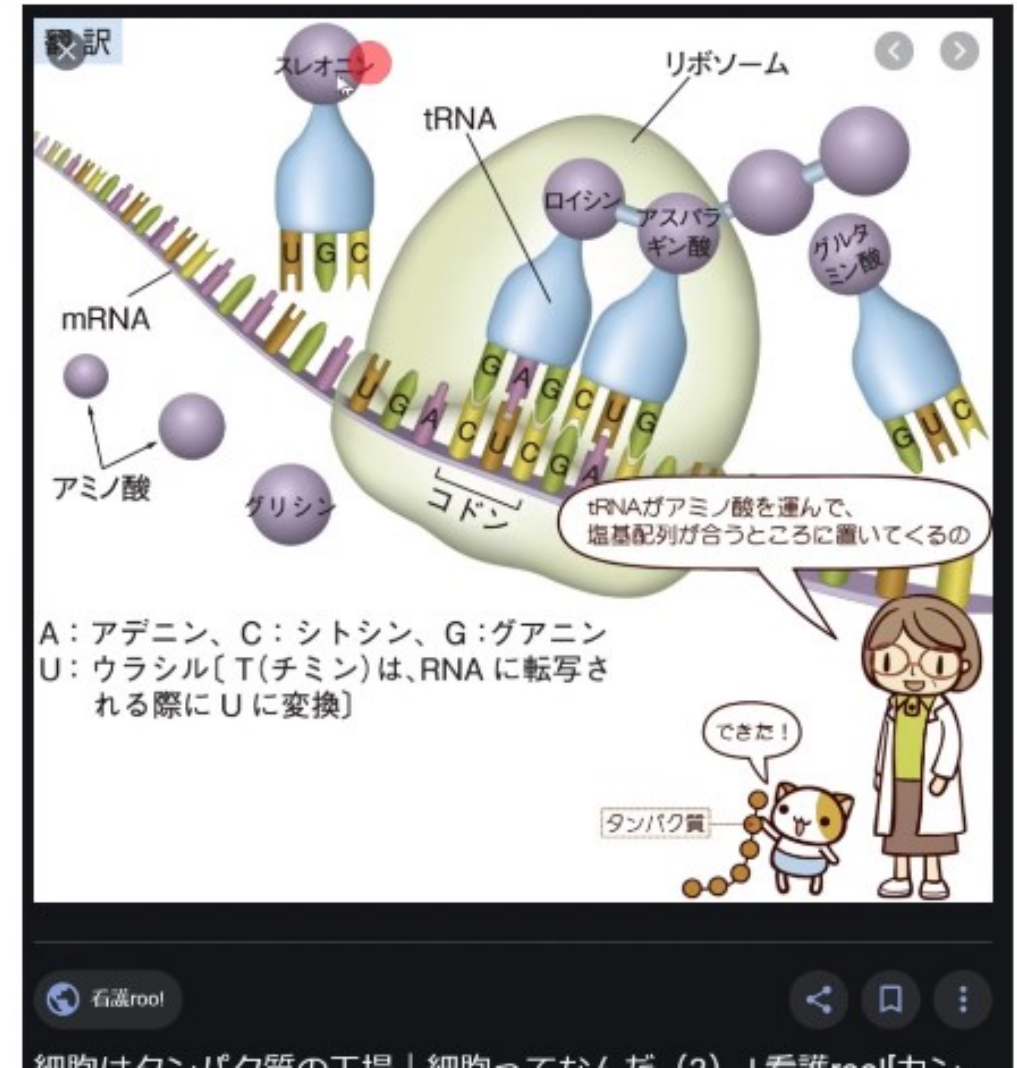
(参考) 変異ウイルスにワクチンは効くか

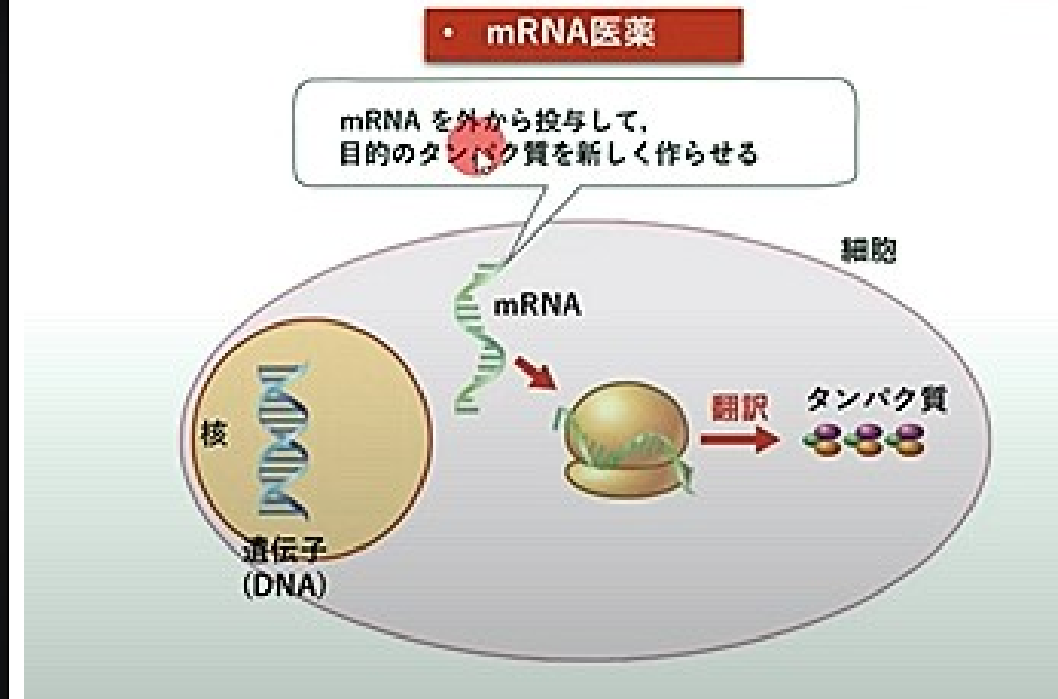
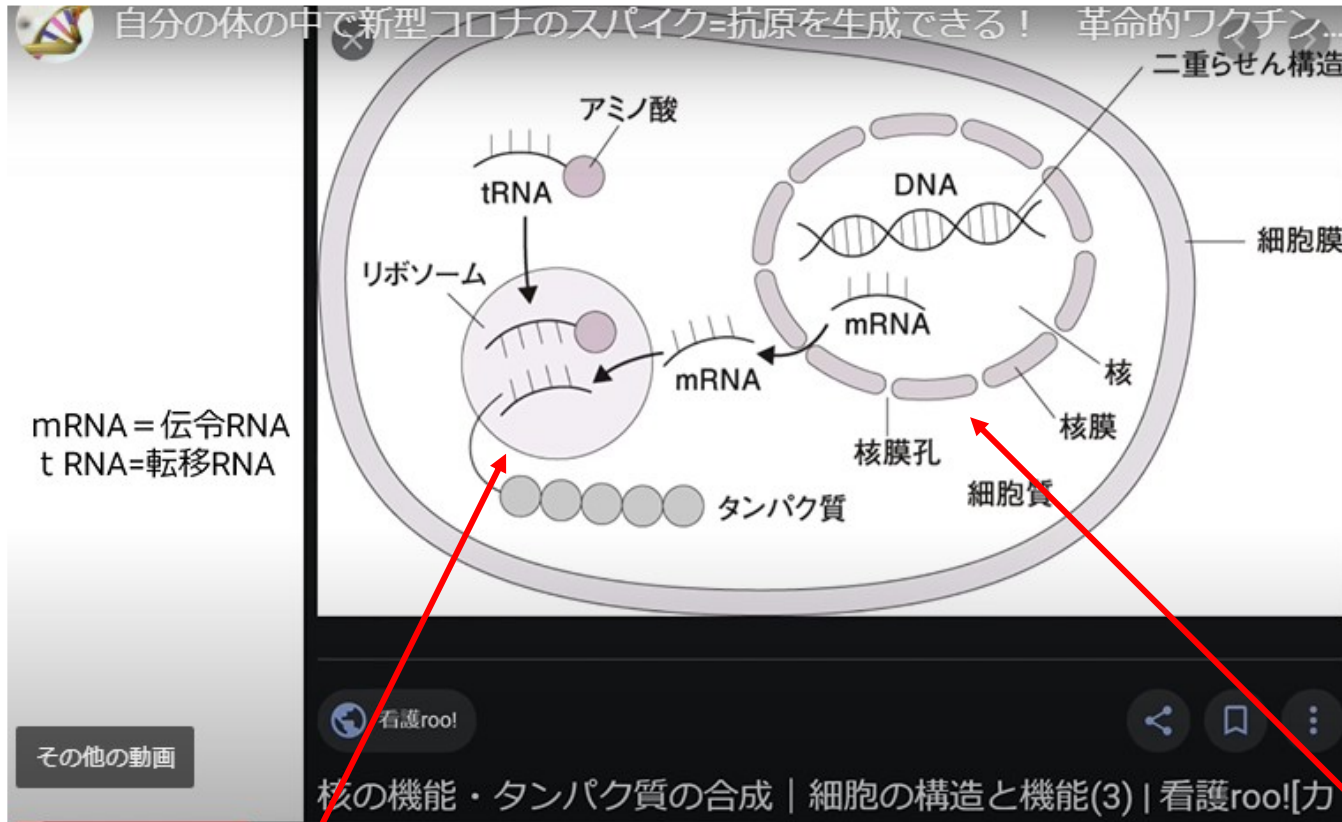


mRNAワクチンとは

- 新型コロナの遺伝子配列を使用
 - **自分の体の中で抗原 ウイルスのプロテインを作れる**
 - 標的とする抗原を入れ替えられる
 - 効果的に免疫を誘導できることが証明
 - がんに対する免疫に必要とされる細胞性免疫
 - 感染症に対する免疫に必要とされる液性免疫
- その他の動画
- **すぐにワクチンを設計し大量に容易にできる**

[自分の体の中で新型コロナのスパイク=抗原を生成できる！ 革命的ワクチン メッセンジャーRNAワクチン モデーナ社 新型コロナワクチン mRNA-1273 - Bing video](#)

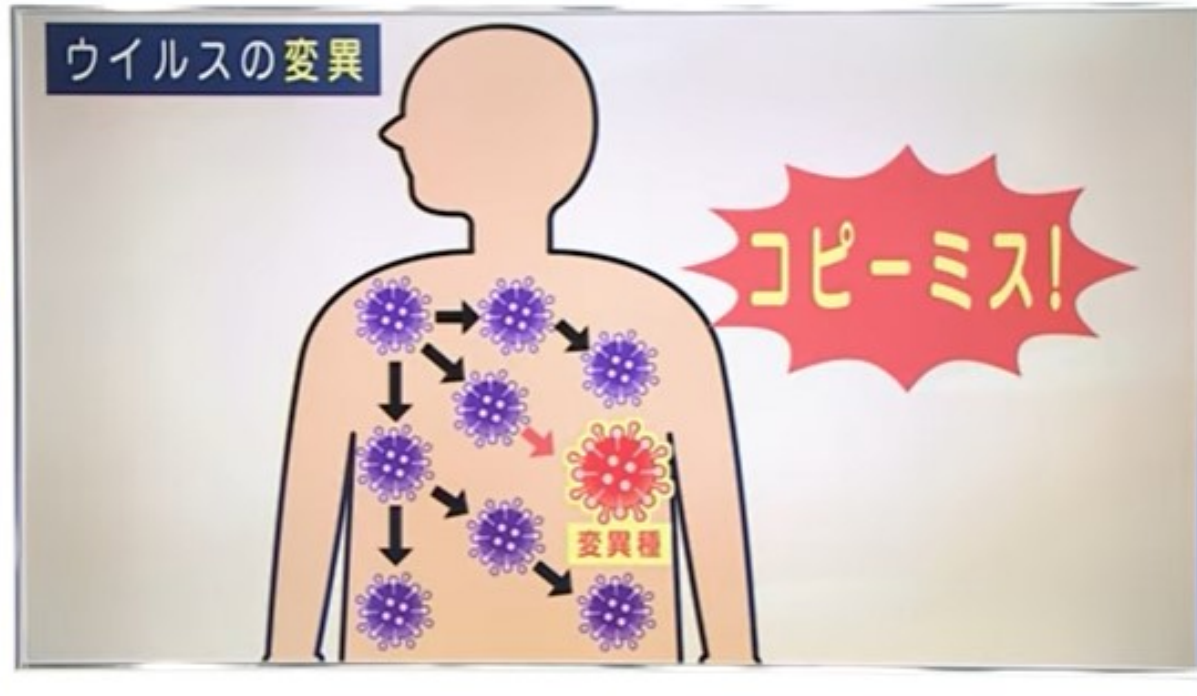




細胞の中にある
蛋白質を作る工場
リボソーム内でmRNAに
書かれたタンパク質を作る

設計図
mRNAワクチンでは、
コロナウイルスを細胞に侵入させるための
スパイク状のたんぱく質だけを作らせる

変異ウイルスは、mRNAのコピーミスで生じた



感染したウイルスは、ヒトの細胞の中でウイルス自身のDNA（遺伝情報）をもとにもう一つのウイルスを生成する。何らかの外的要因で、スパイクを作る部分のDNAが傷ついたり、コピーミスが起こると、少し違ったウイルスが生成されることになる。それが変異ウイルスである。

ワクチンが、ほかの病気を引き起こすようなことはあるのか？

答えは、mRNAには、スパイク状蛋白質を作るところ以外のDNAを含んでいないので、ワクチンの接種でほかの病気になる心配は全くないといえる。

変異株に対するワクチンの開発は可能か？

インド株のような感染力の高いウイルスに対するワクチンも、インド株のウイルスのスパイク蛋白質を作る部分を抜き出して、mRNAワクチンとすれば、原理的にインド株用のワクチンも製造可能である。

mRNAワクチン 安全性

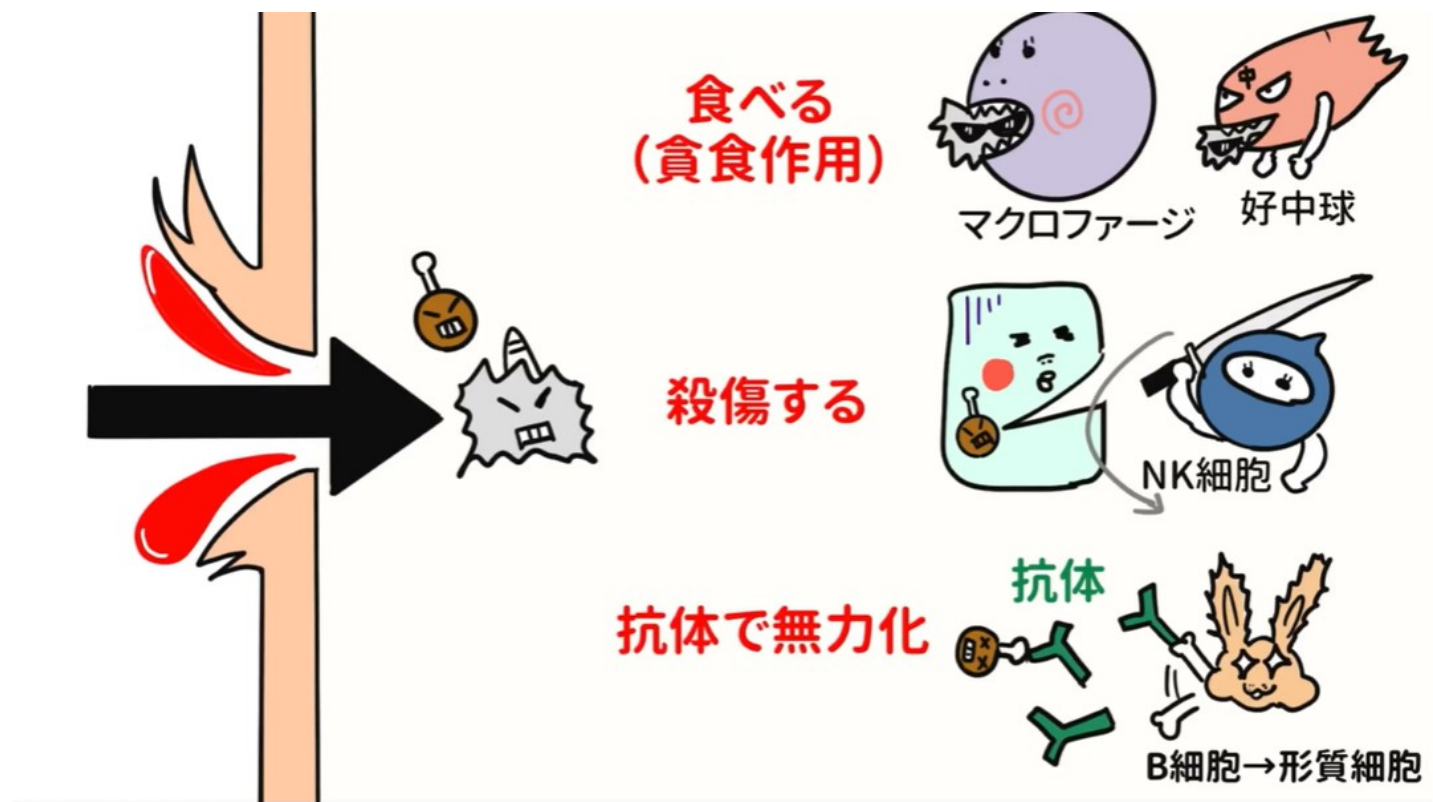
- 病原体や毒素を用いていないので安全性が高い 万が一がない
- mRNA はホストゲノムに挿入されるリスクが無い
- 標的細胞をがん化させる危険無く、安全に用いることができる
- mRNA は免疫反応を誘発するが、、、
 - 解決策はある 免疫を制御する仕組み（mRNA 分子の改良, DDS）
 - mRNA の免疫原性の制御 薬物として使用 する際にはその制御が不可欠である。
 - mRNA に修飾核酸が含まれると免疫原性が減少することが明らかとなる

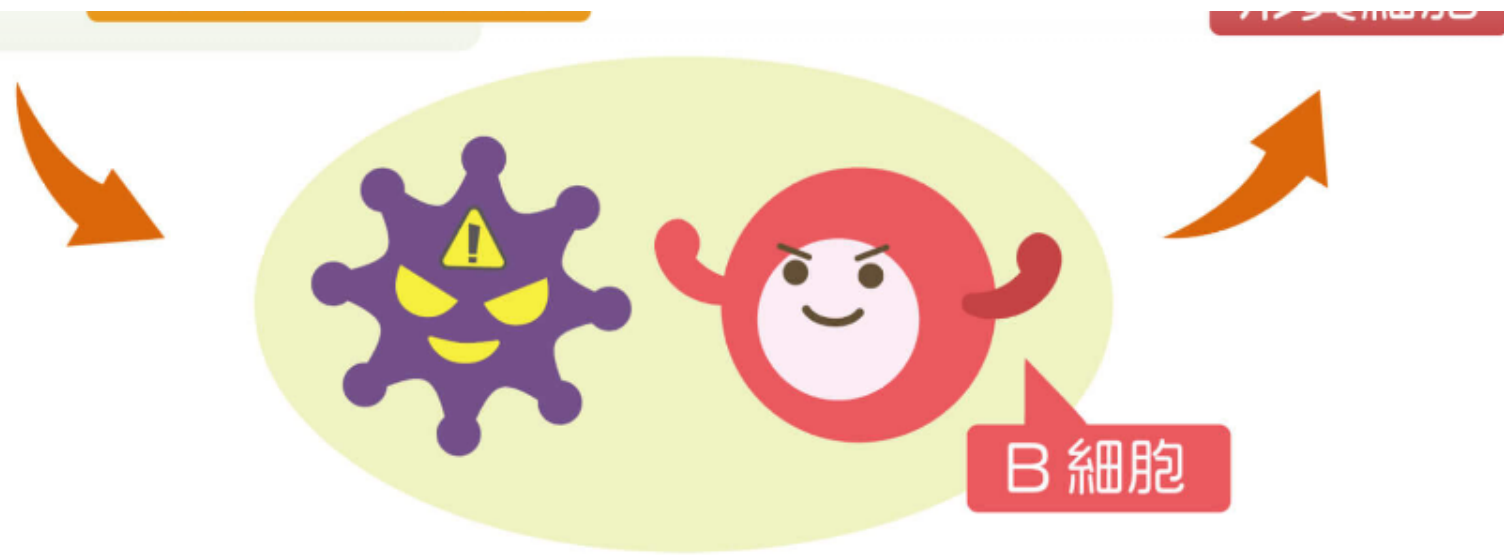
ワクチンの接種で抗体ができるとはどういうこと？

- 抗体は、ヒトの免疫機構が、抗原をもとに作るもの
- 新形コロナの場合は、mRNAワクチンで作ったスパイク状の
- 蛋白質が抗原で、それに対して免疫細胞が作る鍵のようなものが抗体である。

[【10分で解説】免疫の仕組み - YouTube](#)

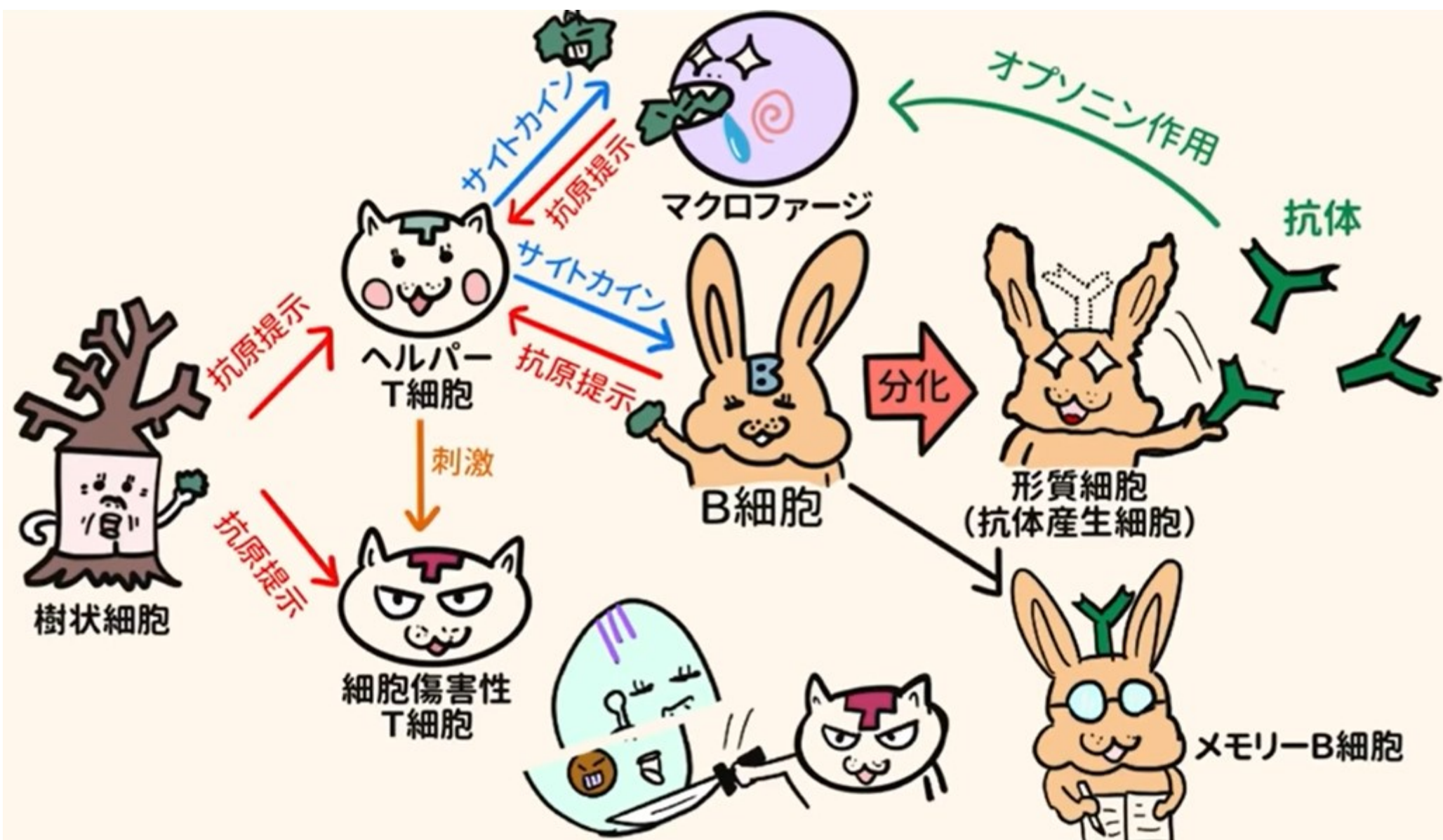






細菌やウイルスなどの異物が体の中に侵入すると、マクロファージが食べて消化すると同時に、異物の一部分を、目に付くように細胞の表面に掲げておきます。(抗原提示)すると、免疫細胞の働きを調節するリンパ球の「ヘルパーT細胞」が、異物の刺激に反応し、抗体を産生する役割がある「B細胞」に、抗体を作るように指示を出します。指示を受けたB細胞は、抗体を作る細胞の「形質細胞」に変化して、抗体を作り始めるという仕組みなのです。

ただ、**異物が体内に最初に入ってきた時には、形質細胞の数は少なく、抗体も多くは作られません**。しかし、抗体を作り出す役割を担うB細胞の一部は、メモリーB細胞として体内に長期間残ります。そして、**次に同じ抗原が入ってきた時には、すぐに形質細胞に変わってくれるため、同じ抗原を特に攻撃してくれる抗体が迅速に、大量に作られて、感染を防止**してくれるのです。



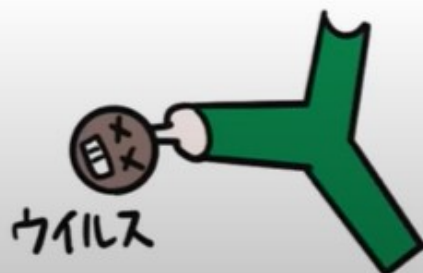
抗体の働き



B細胞→形質細胞

無力化

ウイルスや毒素に結合して
毒性を失わせる



中和作用

オプソニン化

味付けをして食細胞の
貪食を助ける



補体の活性化

抗原の細胞膜に
穴を開ける



自然免疫



マクロファージ



好中球



NK細胞

- 生まれつき備わっている
- 反応が速い

獲得免疫



T細胞



B細胞

- 一度刺激を受けた抗原を特異的に記憶する
- 抗体が重要な役割を果たす
- 反応が遅い



骨髓系幹細胞

リンパ系幹細胞

顆粒球

単球

リンパ球



【免疫システムを構成する主なもの】

- 組織のバリア
- 自然免疫
 - 顆粒球（好中球など）
 - マクロファージ
- 獲得免疫
 - B細胞性リンパ球（液性免疫）
 - T細胞性リンパ球（細胞性免疫）

【感染症が起こりやすい状態】

体内に入ってきた微生物の量が多い

免疫機能が低下している

侵入した微生物の**ビルレンス**が高い

（ビルレンスとは、微生物の人体への毒性のこと）

まとめ



- ①免疫とは疫を免れる仕組みのこと
- ②自己と非自己の識別
- ③マクロファージと好中球は食作用がある
- ④抗体には、
毒素の無力化、オプソニン化、
補体の活性化などの働きがある
- ⑤自然免疫と獲得免疫

2023年11月9日（木）
易しい科学の話

ワクチンの作用

おわり

吉岡 芳夫