

## 新型コロナウイルスについての最新論文教材シリーズ（最終号）

Funairi Highschool

H.Akao (Biology)

S.Kashihara (English)

第6回目の今日は、前回読んだ「SARS-CoV-2 Vaccines: Status Report (reported by Fatima Amanat and Florian Krammer)」の論文のコロナウイルス感染症のワクチンについての記述に関する問題の解説です。生物学的な解説は赤尾が、語学的な解説は柏原がしていますので、参考にしてください。

### 【原文】

#### What Do We Know about Betacoronavirus Vaccine Design?

During the 2009 H1N1 influenza virus pandemic, vaccine producers switched their production pipelines quickly from producing trivalent seasonal influenza virus vaccines to monovalent pandemic vaccines. This was basically just a change of strains and established and approved processes, established release criteria, and existing correlates of protection could be used. ( 1 ), it took six months until the vaccine was ready to be distributed and used, and it came too late to affect the second pandemic wave, which took place in the United States in fall 2009. This time, we are facing a new challenge in the form of a virus that has just emerged in humans, and the response will be more complex ( 2 ) there are no existing vaccines or production processes for coronavirus vaccines.

Vaccine technology has significantly evolved in the last decade, including the development of several RNA and DNA vaccine candidates, licensed vectored vaccines (e.g., Ervebo, a vesicular stomatitis virus [VSV]-vectored ebolavirus vaccine, licensed in the European Union), recombinant protein vaccines (e.g., Flublok, an influenza virus vaccine made in insect cells, licensed in the United States), and cell-culture-based vaccines (e.g., Flucelvax, an influenza virus vaccine made in mammalian cells). SARS-CoV-2 was identified in record time, and its genomic sequence was swiftly made widely available by Chinese researchers. ( 3 ), we know from studies on SARS-CoV-1 and the related MERS-CoV vaccines that the S protein on the surface of the virus is an ideal target for a vaccine. In SARS-CoV-1 and SARS-CoV-2, this protein interacts with the receptor ACE2, and antibodies targeting the spike can interfere with this binding, thereby neutralizing the virus (Figure 1). The structure of the S protein of SARS-CoV-2 was solved in record time at high resolution, contributing to our understanding of this vaccine target. Therefore, we have a target antigen that can be incorporated into advanced vaccine platforms.

Several vaccines for SARS-CoV-1 were developed and tested in animal models, including recombinant S-protein-based vaccines, attenuated and whole inactivated vaccines, and vectored vaccines. Most of these vaccines protect animals from challenge with SARS-CoV-1, although many do not induce sterilizing immunity. In some cases, vaccination with the live virus results in complications, including lung damage and infiltration of eosinophils in a mouse model and liver damage in ferrets. In another study, vaccination

with inactivated SARS-CoV-1 led to enhancement of disease in one NHP, whereas it protected 3 animals from challenge. The same study identified certain epitopes on the S protein as protective, whereas immunity to others seemed to be enhancing disease. However, in almost all cases, vaccination is associated with greater survival, reduced virus titers, and/or less morbidity compared with that in unvaccinated animals. Similar findings have been reported for MERS-CoV vaccines. Therefore, whereas vaccines for related coronaviruses are efficacious in animal models, we need to ensure that the vaccines, which are developed for SARS-CoV-2, are sufficiently safe.

Another consideration for effective coronavirus vaccine development might be waning of the antibody response. Infection with human coronaviruses does not always induce long-lived antibody responses, and re-infection of an individual with the same virus is possible after an extended period of time (but only in a fraction of individuals and resulting in mild or no symptoms), as shown in human challenge studies. Antibody titers in individuals that survived SARS-CoV-1 or MERS-CoV infections often waned after 2-3 years or were weak initially. Despite that, re-infections are unlikely in the short term. Of note, re-infections after days of recovery have been reported recently but appear to be the consequences of false negative test results. However, they could happen when humoral immunity wanes over months and years. An effective SARS-CoV-2 vaccine will need to overcome these issues to protect in a scenario in which the virus becomes endemic and causes recurrent seasonal epidemics.

SARS-CoV-2 infection causes the most severe pathology in individuals above 50 years of age. The reason for this is not clear, but many viral infections have milder manifestations in naive younger individuals than in naive older individuals. Because older individuals are more affected, it will be important to develop vaccines that protect this segment of the population. Unfortunately, older individuals typically respond less well to vaccination because of immune senescence. For influenza, which is problematic for older adults, specific formulations for this segment of the population include more antigen or an adjuvant. Protection in older individuals appears to require higher neutralization titers against influenza virus than in younger individuals, and this issue might need to be addressed for SARS-CoV-2. If vaccination in older individuals is not effective, they could still benefit indirectly if vaccination is able to stop transmission of the virus in younger individuals.

Only a small number of SARS-CoV-1 vaccines made it to phase I clinical trials before funding dried up because of eradication of the virus from the human population through non-pharmaceutical interventions when case numbers were still small. Results from these trials, performed with an inactivated virus vaccine and a spike-based DNA vaccine, are encouraging because the vaccines were safe and induced neutralizing antibody titers. Some neutralizing monoclonal antibodies isolated against SARS-CoV-1, like CR3022, can cross-react to the receptor binding domain of SARS-CoV-2. This suggests that SARS-CoV-1 vaccines might cross-protect against SARS-CoV-2. However, because these vaccines have not been developed further than phase I, they are currently not available for use. Vaccines against MERS-CoV, also targeting the MERS-CoV S protein, are in pre-clinical and clinical development, including vaccines based on modified vaccinia Ankara vectors, adenovirus vectors, and DNA-based vaccines, and several of them are supported by the Coalition for Epidemic Preparedness Innovation (CEPI). However, it is unlikely that MERS-CoV vaccines induce strong cross-neutralizing antibodies to SARS-CoV-2 because of the phylogenetic distance between the two viruses. Nevertheless, we can still learn a lot from these vaccines about how to move forward with SARS-CoV-2 vaccine design.

## 【訳】

### ベータコロナウイルスのワクチンデザインについてわかっていることは何か？

2009年H1N1型インフルエンザウイルスの大流行時、ワクチンの開発者は、三価の季節性インフルエンザワクチンの製造から一価の大流行型ウイルスワクチンの製造へと即座にその製造パイプラインを切り替えた。これは基本的には単なる（ワクチンの）品種の変更にすぎないが、生産プロセスを確立、承認し、放出基準を設定したことで、既存の相関する免疫学的基準を用いることが可能になった。しかしそれでも、ワクチンが人々に行きわたり使われるようになる準備ができるまでには6か月を要したため、2009年秋にアメリカで起きた第二の大流行の波に効用を与えることも遅すぎてかなわなかった。この度、我々は人間の体内にちょうど現れたウイルスに対して新たな試練と向き合っており、コロナウイルスには既存のワクチンもその生産プロセスも存在しないためにその対応はさらに複雑になると予想されている。

いくつかのRNAとDNAワクチン候補や認可済みのベクターワクチン（例えば水胞性口炎ウイルスベクターエボラウイルスワクチンであるErbevoはEUで認可が下りている）、組換え体タンパク質（例えば昆虫細胞で作られるインフルエンザウイルスワクチンであるFlublokはアメリカで認可が下りている）や細胞性培養ワクチン（例えば哺乳類の細胞内で作られるインフルエンザワクチンであるFluceivax）などの開発を含みウイルスに対する科学技術は、ここ十年で飛躍的な進化を遂げている。SARS-CoV-2は記録的な短期間でその概要が明らかになり、ゲノム配列はすぐに中国人研究者たちによって広く利用されることが可能となった。加えて、我々はSARS-CoV-1と関連するMERS-CoVワクチンの研究からウイルスの表面にあるスパイクタンパク質はワクチンにとって理想的なターゲットだということを知っている。SARS-CoV-1とSARS-CoV-2においては、このたんぱく質がACE2受容体と相互作用し、スパイクタンパク質を標的とする抗体がこの結合に干渉することができるゆえ、ウイルスを中性化できる（図1）。SARS-CoV-2のスパイクタンパク質の構造はごく短期間のうちに高度な分解技術をもって細分化され、ウイルスのターゲットの理解につながった。ゆえに我々は高度なワクチンプラットフォームに組み込むことが可能なターゲットとなる抗原を手に入れている。

組換え体Sタンパク質ベースのワクチンや弱毒性不活性化ワクチン、ベクターワクチンを含むSARS-CoV-1に対するいくつかのワクチンが動物実験でテスト、開発された。多くは殺菌免疫を誘導しなかったが、ほとんどのワクチンはSARS-CoV-1によって引き起こされる（細菌による）攻撃から動物を保護する。いくつかの症例によると、生きたウイルスをワクチン投与すると2次的な症状を生み出すことが確認されており、例えば肺の損傷や好酸球の侵潤がネズミに、肝臓の損傷がフェレットを含む。また別の研究では不活性SARS-CoV-1をワクチン投与したところ、ある霊長類では病原菌が増殖したのに対して、3種類の動物では治癒に成功したという。同様の研究においてスパイクタンパク質において特定のエピトープを抗体として特定することができたのに対して、他の細菌に対する免疫は病原菌の力を強めるという。しかしながらほとんどすべての場合において、ワクチンは生存率を高め、ウイルスの力価を減らし、非ワクチン接種の動物に比べて罹患率を下げることに関与しているとわかっている。似たような発見がMERS-CoVワクチンでも報告されている。ゆえに当該のコロナウイルスのワクチンが動物において効果的である一方、我々がSARS-CoV-2のワクチンとして開発しているものが十分に安全であることを確認する必要がある。

また効果的なコロナウイルスワクチンの開発において考慮されるべきもう一つの点は抗体反応を弱めるということである。人間にとっては試練となる研究結果が示すように、人間コロナウイルスの感染は常に長命抗体反応を引き起こすわけではなく、ある程度期間を置いた後、同様のウイルスに再感染することもありうる（しかしそれはごく一部の人で症状は弱まったものとなる）。SARS-CoV-1やMERS-CoVに対する個人の抗体力価はたいてい2、3年で弱まるか、抗体が形成された当初から弱い場合もある。それにもかかわらず、再感染は短期間ではありえそうにはな

い。注目すべきは、回復に要する数日が経過した後再感染することが最近報告されたことであるが、それは誤った陰性検査の結果がでていたためであるようだ。しかしながら数か月もしくは数年で人間の免疫が弱まると再感染ということはある話である。効果的な SARS-CoV-2 ワクチンを得るにはこれらの問題を克服し、ウイルスが風土病となり、現在のような季節性の流行を引き起こしてしまうというシナリオにならないようにする必要があるだろう。

SARS-CoV-2 感染は 50 歳代に最も深刻な症状をもたらす。その理由ははっきりとはしていないが、単純に多くのウイルス感染が高齢層よりも若年層に軽い症状をもたらす兆候はある。高齢層はより病気などの影響を受けやすいため、総人口におけるこの年代層を保護するワクチンの開発が重要となるだろう。残念なことに、高齢層は通常、免疫老化のためワクチンに対する反応が弱い。高齢の大人にとって問題となるインフルエンザもこの年代では、その免疫形成に、より多くの抗原や抗原補助剤を投与するなどが含まれる。高齢層を守るには若年層よりもインフルエンザウイルスに対する力価をより中性化することが求められており、この問題は SARS-CoV-2 にも当てはめる必要があるかもしれない。仮に高齢層に対するワクチンが効果的でなかったとしても、ワクチンが若年層からウイルス感染を食い止める措置とするだけでも間接的な利益は得られるだろう。

症例数がまだ少なかったときに公衆衛生上の対策を通じて人間に感染しているウイルスを根絶するため資金を使い果たしてしまう前でも、ほんの少量の SARS-CoV-1 しか臨床のフェーズ I に間に合っていなかった。不活性ウイルスワクチンとスパイク DNA ワクチンが使用されたこれらの臨床の結果は奨励されるべきものである。というのもワクチンは安全で抗体力価の中性化を引き起こすからである。CR3022 のように SARS-CoV-1 に対して単独で働く一価の中性抗体のなかには SARS-CoV-2 の受容体結合領域にも反応することができるものがある。このことは SARS-CoV-1 が SARS-CoV-2 に対しても応用可能であることを示唆する。しかしながら、これらのワクチンはフェーズ I 以上の開発がすすんでいないので、現在使用することができない。MERS-CoV スパイクタンパク質を標的としている MERS-CoV に対するワクチンは、改変ワクシニア・アンカラを基礎としたワクチンや、アデノウイルスワクチン、DNA ワクチンを含み全て臨床以前もしくは臨床開発の段階にあるが、そのうちのいくつかは感染症流行対策イノベーション連合 (CEPI) によって支援されている。しかし MERS-CoV ワクチンは 2 つのウイルスは系統発生的には遠い距離にあるので、SARS-CoV-2 に対して強い中和抗体を形成することが難しい。それでも我々は SARS-CoV-2 ワクチンのデザインに向かってどう進んでいくべきかこれらのワクチンから学んでいくことは可能だ。

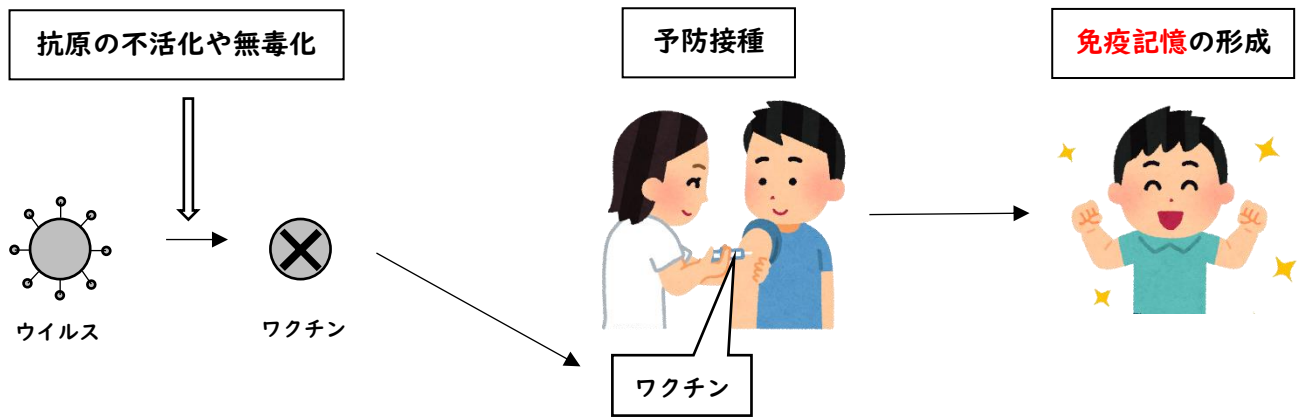
Q1 Choose one which the author explains as ideal target of for a vaccine.

- ① DNA                      ② RNA                      ③ S protein                      ④ antibody                      ⑤ ACE2

[赤尾の解説 (生物編)]

問題の解説はマーカー部分を読めば済むので、「ワクチン」について説明します。

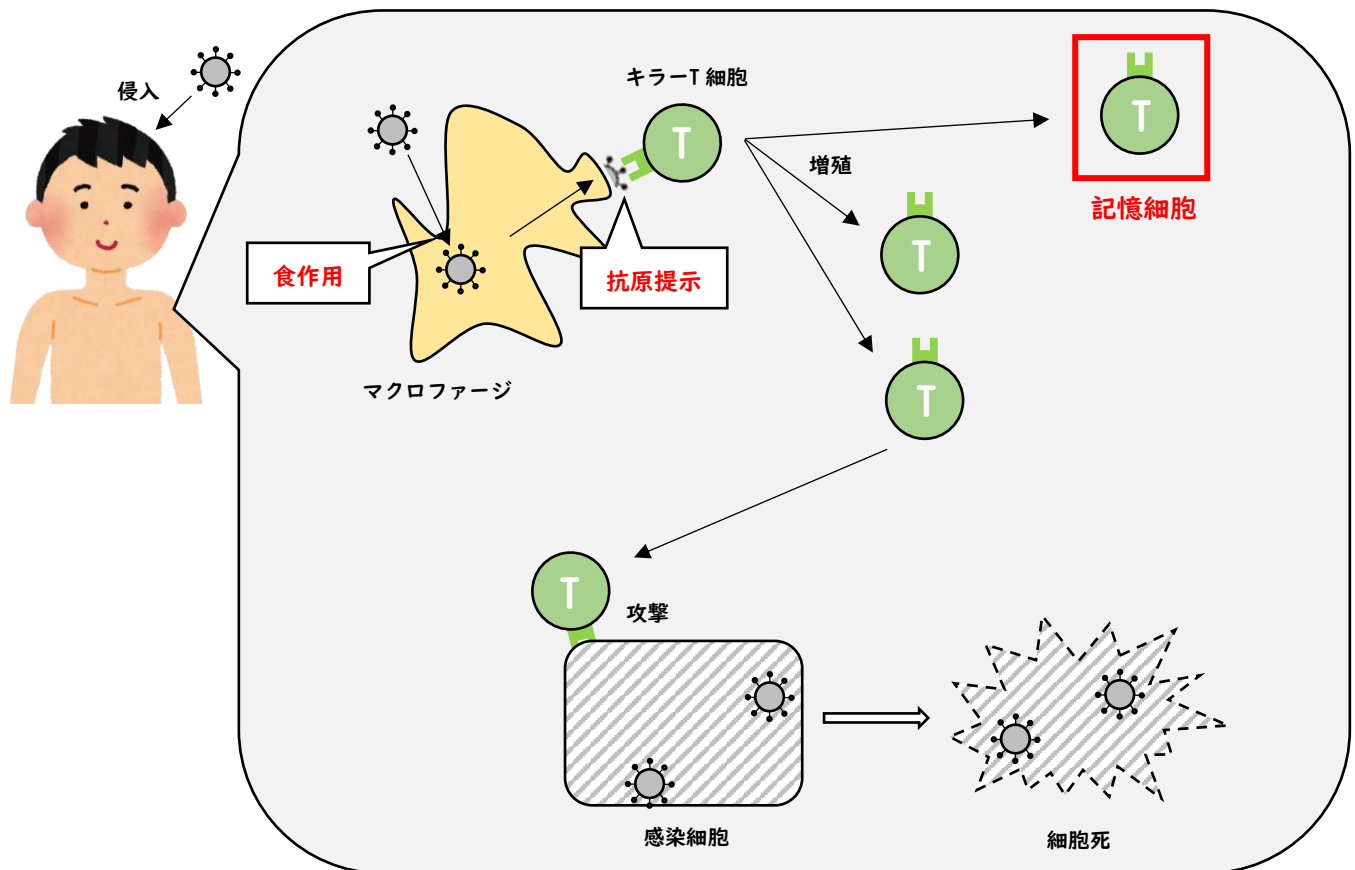
そもそも、「ワクチン」とは何か説明できますか？教科書の記述で説明すれば、「毒性を弱めた病原体や毒素を、あらかじめ接種し、**免疫記憶**をつくらせて、病気の予防をする。このとき用いられる病原体や毒素 (抗原といいます) をワクチンという。」とあります。



では、「免疫記憶」とは何かについて簡単に説明していきます。

(詳しくは生物基礎の「生物の体内環境の維持 (教科書 p126~)」で勉強します。)

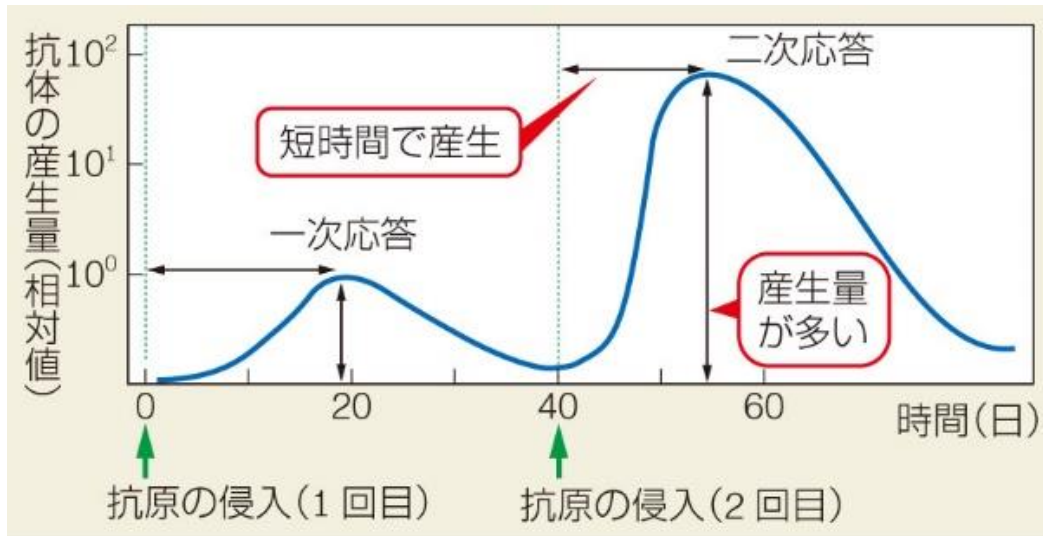
まずは、「免疫のしくみ」の一部を図にしたので、概要をつかんでください。



**+α** 教科書や資料集でこの内容を復習してみよう！

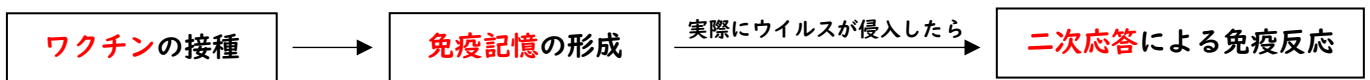
内容	教科書	資料集
食作用とは	基礎：P129	P162
抗原提示とは	基礎：P133	P165
キラーT細胞とは	基礎：P134	P162
マクロファージとは	基礎：P129	P162

図からわかるように、感染細胞を攻撃する細胞の一部が、**記憶細胞**として残っていることがわかります。記憶細胞とはその名の通り、免疫反応を保存しておくための細胞です。そのため、同じ抗原が再度侵入した際に記憶細胞が免疫反応をリードする（**二次応答**）ので、反応が短時間かつ強力に作用します。



(資料集 p166 の図)

ということで、ここまでをまとめると



になります。

**+α** 「ワクチン療法」と「血清療法」の違いを説明しよう！

(5/8 追記)

5/7 付で北里研究所が SARS-CoV-2 に対して感染抑制能を有する VHH 抗体の取得に成功したと発表しました。これはウイルス表面のスパイクタンパク質に結合することで、細胞膜の受容体 (ACE2 のことだと思います) との結合を阻害するというものです。なので、ワクチンとは違うので注意しましょう。

参考：北里研究所ホームページ <https://www.kitasato-u.ac.jp/jp/covid-19/press/20200507.html>



Q2 Fill in the blanks with the word below.

( 1 )

- ① Still                      ② So                      ③ In other words                      ④ As a whole

( 2 )

- ① although                      ② because                      ③ thus                      ④ and

( 3 )

- ① On the contrary                      ② In addition                      ③ To be honest                      ④ Taking into account

[ 柏原の解説 (英語編) ]

空欄補充問題は何通りかの種類があります。今回の問題は選択肢がすべて「つなぎの言葉」になっていますので、このタイプの問題は、前後の文に注目して、内容がどういう関係になっているのかを考えます。各問いの解説は以下の通りです。

- (1) 前後の文に注目すると、内容が「逆接関係」にあるので、逆接を表す still を選びます。Still は「まだ」以外に「それでも」という意味があるので知らなかった人は覚えておきましょう。
- (2) 前後の文に注目すると、内容が「因果関係」にあるので、因果を表す because を選びます。他の選択肢で分からない表現は調べておきましょう。
- (3) 前後の文に注目すると、内容が「追加関係」にあるので、追加を表す in addition を選びます。同様に他の選択肢で分からない表現は調べておきましょう。

Q3 We would like to summarize the paragraph 3 below. Please fill in the blanks with appropriate English in limited number of words.

[ 柏原の解説 (英語編) ]

この問題では「要約型穴埋め問題」のアプローチの仕方を学びます。進研模試なんかに多いタイプの問題です。ポイントは、あくまで要約問題だということを頭に入れて、該当箇所の論理構造を把握することです。今回は3段落内を要約するという事なので、3段落の論理構造を以下に示します。

～主張～

すでに SARS-CoV-1 に対してのワクチンが開発され、動物でテストされている

【該当箇所】 Several vaccines for SARS-CoV-1 were developed and tested in animal models, including recombinant S-protein-based vaccines, attenuated and whole inactivated vaccines, and vectored vaccines. Most of these vaccines protect animals from challenge with SARS-CoV-1, although many do not induce sterilizing immunity.

～例1～

ネズミやフェレットでの結果

【該当箇所】 In some cases, vaccination with the live virus results in complications, including lung damage and infiltration of eosinophils in a mouse model and liver damage in ferrets.

～例2～

非霊長類での結果

【該当箇所】 In another study, vaccination with inactivated SARS-CoV-1 led to enhancement of disease in one NHP, whereas it protected 3 animals from challenge. The same study identified certain epitopes on the S protein as protective, whereas immunity to others seemed to be enhancing disease.

～例の一般化（まとめ）～

ほとんどの場合において動物の生存率をワクチンが上げている

【該当箇所】 However, in almost all cases, vaccination is associated with greater survival, reduced virus titers, and/or less morbidity compared with that in unvaccinated animals. Similar findings have been reported for MERS-CoV vaccines.

～結論（主張の再提示 +  $\alpha$  情報）～

ほとんどの場合において動物の生存率をワクチンが上げている

【該当箇所】 Therefore, whereas vaccines for related coronaviruses are efficacious in animal models, we need to ensure that the vaccines, which are developed for SARS-CoV-2, are sufficiently safe.



このように見ると英語も現代文と同様にきちんと論理的な並びをして段落を構成していることがわかります。「要約」する際は、基本的に例は省き、主張を抜き出しますので、答えは以下ようになります。頭で論理構造を把握するのが難しい人は、英語でも、このように図式化したり、線を引いたりするといいですよ。

Several vaccines for SARS-CoV-1 were developed and tested in animal models. The findings was that the vaccine is effective only when (it is used in animal models). However, we are required that (we ensure the vaccines, which are developed for SARS-CoV-2, are sufficiently safe) in order to use the vaccine in practical ways.

※同様の趣旨のことが書けていれば○

Q4 以下は4段落以降の日本語訳である。原文と照らし合わせながら読み、①4段落で触れられているコロナウイルスワクチンの開発についての留意点を1つ、②高齢層に関するコロナウイルスの問題点にふれながら4段落以降の趣旨を200語程度の日本語で要約しなさい。

[柏原の解説(英語編)]

(模範解答)

コロナウイルスの感染は、ある程度期間を置いた後、同様のウイルスに再感染するがあるためワクチン開発においてはその抗体反応を弱めるべきである。

また同ウイルスは50歳代に最も深刻な症状をもたらすため、この年代層を保護するワクチンの開発が必要だ。加えて若年層からウイルス感染を食い止める措置を講じなければならない。

既存のワクチンも様々な要因から現在使用することができない。それでも我々は既存のワクチンから学んでいくことならできる。(210語)

(解説)

今回は490語の英語を200語程度の日本語に要約していただきました。これは広大2次試験の英語要約の分量とほぼ同じです。よってこの解説は広大2次試験の要約問題の取り組み方にも関係してきます。

ある程度分量のある英文をある程度の長さの語で要約する際にポイントとなってくることは、

- ① 条件があればその条件に対する答え(該当箇所)をきちんと特定し、その部分はなるべく加工せず抜き出す
- ② 他の部分もなるべく加工はせず、主張→理由→結論などの論理構造にしたがって、各段落大体1~2文でまとめる。言い換えれば、一番重要な文を選ぶ作業をする
- ③ ①と②を接続詞や段落を用いて読み手にわかりやすいようにまとめる

の3つになります。慣れるまで練習が必要ですが、基準に沿ってやれば要約問題は決して難しい問題ではありません。大量に記述しないといけないので「え、どうせ書いてもちょっと部分点もらえるだけやろ」と思いがちですが、マニュアル通りにきちんとまとめれば一定して満点が獲得できる得点源ともなり得る部分です(特に要約しなさい問題の長文は「要約」に焦点があるため長文自体は難しくないことが多いです)。

今回の問題は①～③を踏まえた上でまとめると解けます。要約が初めての人がほとんどだと思うので、今回は自分の解答があっているかどうかではなく、①～③と本文、模範解答をそれぞれ照らし合わせながら「自分の解答に足りないもの」を分析する時間にしてください。

～「新型コロナウイルスについての最新論文教材シリーズ」を終えて～

長らく続いた「新型コロナウイルスについての最新論文教材シリーズ」も当該論文の最後まで到達したため、今回の記事で最後となります。最後にこの教材の作成に関わった教員からのメッセージです。

(生物)

新型感染症の影響で混乱している今、自分が教員として何かできることはないかと考えた一つの答えがこの教材作成でした。この教材で君たちに伝えたいことが2つあります。

一つ目は、情報のソースをきちんと調べるということです。SNSが発達している今、そこからたくさんの情報を得ることができます。だからこそ、その情報が本当に正しいのだろうかという姿勢を忘れないで欲しいです。分かりやすさや面白さに安易に流されず、その本質をきちんと知ろうとして欲しいです。

二つ目は、様々な学問を学ぶことの意義についてです。今回のように、学問というのはそれ自体について扱う場合もあれば、ある事象に対して複数の視点(学問)から考察していくということも多々あります。また、表面的な知識そのものではなく、その知識の理解にたどり着くまでのプロセスで培われた能力が別の形で生きてくるということもたくさんあります。高校で学ぶ内容は専門的なものもあり、「これを学んで何の意味があるのだろうか」と思うことはあるでしょう。ただ、それらには必ず意味があると信じ、前向きに学んでいって欲しいと思います。もちろん、自分も教員として学ぶ意味が分かるような授業づくりを忘れないようにしていきたいと思います。

それでは、最後は人の言葉を借りて終わろうと思います。

「学問なんて、覚えると同時に忘れてしまってもいいものなんだ。

けれども、全部忘れてしまっても、その勉強の訓練の底に一つかみの砂金が残っているものだ。

これだ。これが尊いのだ。勉強しなければいかん。」

(太宰治 『正義と微笑』より)

赤尾 元

(英語)

私は英語の教員でありながら、特段英語が好きなのでもありません。外国語が好きな生徒たちにはよく「えー!？」と怒られますが、むしろ正直、長文も文法も何が面白いのか分かりません。

大学時代、ドイツに留学したときに、ほぼゼロの状態から「ドイツ語」と「フランス語」を勉強しました。授業クラスには沢山のノンネイティブヨーロッパ人の学生がいて、皆ペラペラでした。そんな中、私は「リスニングをすれば音がバラバラしていて雑音にしか聞こえない」し、「リーディングをすれば単語が分からなさ過ぎて進まないのが飽きる」し、「ライティングをすればスペルミスばかりしてフランス語のおばちゃん先生に怒られる」し、「スピーキングに至っては話せるわけもない」し、特にフランス語の授業なんかは毎週その日が来るのが苦痛でした。英語を小さいころから使っていて、英語に対してはあまり不便を感じたことがない私にとって初めて「外国語でつまづく」という状態を経験したときでした。

今回の教材ですが、いわゆる「激むず」な長文だったと思います。たぶん多くの人が上に挙げた留学時代の「私」と同じことを感じたのではないのでしょうか？ただ、それでも最後まで読み切った皆さん、本当にすばらしいと思います。

この教材を読み終えた皆さんは今、「世界で起きている最先端の情報でしかもそれがこれからの未来や人の命に直接関係してくる情報をタイムリーに得ることができた」ということになります。これは個人的な考えになりますが、外国語を学ぶということは、「自分の根性と忍耐力を付ける“修行”」であり、「最後には未来に貢献したり、命を救ったりするための手持ち情報を増やすための“最強の手段”」だと思います。

この長文に限らず、英語が嫌いな皆さん。別に嫌いなら嫌いでいいと思います。ただ「己に徹して人の為に生きる」ことは決して容易なことではなく、時には耐えることも必要になってきます。だから全国すべての公立高校に「英語」の授業があるわけです。

どんな教科も意味があって存在していて、その教科1つ1つは根本では全部つながっている。だから沢山の種類の教科を学べる環境に自分がいれることに感謝をして、頑張れるところまでは頑張りぬく

そんな感じのことが「なんとなく」伝わったら嬉しいなと思い今回の作成を試みました。読んでくれた皆さんありがとうございました！

S. Kashiwara

## 参考文献

Fatima. A & Florian. K (2020). SARS-CoV-2 Vaccines; Status Report, Immunity 52, April 14, 2020, cited from [https://www.cell.com/immunity/fulltext/S1074-7613\(20\)30120-5](https://www.cell.com/immunity/fulltext/S1074-7613(20)30120-5) at the date of April 15, 2020.

山中伸弥 (2020) . 「山中伸弥による新型コロナウイルス情報発信」 . 2020年4月15日

<https://www.covid19-yamanaka.com/index.html> より引用