

新型コロナウイルス感染症のワクチン開発

松木 勇樹*

Vaccine development of the new coronavirus infectious disease

Yuki Matsuki*

抄録

ワクチンは感染症の原因となる病原体に対する免疫反応の仕組みを用いて、病気に対する免疫をつけたり、免疫を強くするために人体に接種するものである。

人類は長い間、多くの感染症に悩まされてきた。ワクチンの開発は、イギリスのエドワード・ジェンナーの「種痘」から始まり、現在はインフルエンザワクチン、ポリオワクチンをはじめ多くのワクチンが開発されている。本稿では、そのワクチン開発の歴史、また現在、世界中に蔓延している新型コロナウイルス感染症に対するワクチン（主に mRNA）の開発についてまとめた。

mRNA ワクチンは、新型コロナ感染症が流行してすぐに開発できたように考えられがちであるが、その開発には免疫・生化学に携わる多くの研究者たちの30年の研究成果の蓄積がなければ完成していなかったはずである。今回の mRNA ワクチン開発の教訓は他の感染症にも応用できる可能性がある。今後も医学的基礎研究をさらに向上させ、感染症の流行に対処することが、重要である。

キーワード：ワクチン、開発の歴史、新型コロナウイルス感染症

Key words : Vaccine, History of the development, New coronavirus infectious disease

I. はじめに

新型コロナウイルス感染症は、2019年11月22日に中華人民共和国湖北省武漢市において、初めて検出された新興感染症であり、WHOによってCOVID-19と命名されている。このウイルスは、2019年11月以降も世界各地で感染が拡大し、世界的流行（パンデミック）が起きている。

我が国においても2020年4月7日、政府は、東京都をはじめとする7都府県を特定警戒都道府県に位置付け、さらに4月16日には全国の都道府県に対し緊急事態宣言を発令した。その後、新型コロナウイルス感染症の国内流行は終息せず、2022年8月現在は第7波が襲来しており、2022年8月28日現在、感染者は日本全国で1,830万人を超え、

死亡者数も3万8,000人を超えている（厚生労働省、2022）。感染症を抑えるためには、ワクチンと治療薬の開発が重要である。

本稿ではワクチン開発の歴史と新型コロナウイルス感染症ワクチンについてまとめた。

II. 予防接種・ワクチンについて

予防接種とは、感染症の原因となる病原体に対する免疫ができる体の仕組みを使って、病気に対する免疫をつけたり、免疫を強くするために、ワクチンを接種することをいう。

1. ワクチン (vaccine) の種類 (五條堀孝, 2021)

1) 弱毒生菌ワクチン (生ワクチン) : 病気を

*駒沢女子大学 看護学部 看護学科

引き起こす能力（毒力）は失っているが、感染力と抗体産生能は保持しているようなウイルスや細菌を生きのままワクチンとして利用したものである。接種後は自然感染と同じ仕組みで強力な免疫が得られるが、生きた微生物なので適正な取り扱いと副反応にも注意を払う必要がある。例としてBCG、麻疹、風疹、ムンプス、水痘などがある。

2) 不活化ワクチン：病原体を死滅させ、免疫毒性のみを保持させたもの（不活化ワクチン）、免疫原性を有する部分のみ精製してワクチン（コンポーネントワクチン）としたものがある。強固な免疫を獲得するためには、何回かの接種による基礎免疫と追加免疫が必要である。例として、B型肝炎・ヒブ感染症・小児の肺炎球菌感染症・百日せき・ポリオ・日本脳炎・インフルエンザ・A型肝炎・髄膜炎菌感染症、狂犬病などがある。

3) トキソイド：細菌が産生する毒素を取り出し、免疫原性のみを残して無毒化したものである。不活化ワクチンと同様に追加免疫が必要である。例としてジフテリア、破傷風などがある。

4) mRNA ワクチン：新型コロナウイルスに

対処するため開発が進められてきた mRNA ワクチンは、疾患固有の抗原を符号化する mRNA を導入し、宿主細胞のタンパク質合成機構を利用して免疫反応を誘発する抗原を生産する。体内にこのような外部の抗原が生産されると、免疫系がウイルスの抗原を認識して記憶する準備を行い、同じ抗原を使用して将来的なウイルス感染に対して戦う準備を整えることができるとされている。例として、新型コロナウイルス感染症がある。

2. 予防接種の種類（松木秀明編，2022）

わが国における予防接種の種類と接種類型を表1および表2に示す。わが国では予防接種法により予防接種が実施されており、「法律による予防接種」（公費負担）と「任意の予防接種」（自己負担）に分類される。法律による予防接種には定期の予防接種と臨時の予防接種があり、予防接種は市町村長（臨時接種は都道府県知事が必要と認めるとき市町村長に行わせることができる）が行うこととされている。

定期の予防接種では、2013（平成25）年予防接

表1 日本で接種可能な感染症ワクチンの種類

2021（令和3）年5月現在

| 定期接種の対象 | 定期接種の対象外 |
|--|--|
| 生ワクチン BCG 麻しん・風しん混合（MR） 麻しん（はしか） 風しん ロタウイルス（1価，5価） 不活化ワクチン・トキソイド ポリオ（IPV） ジフテリア・破傷風混合トキソイド（DT） 百日せき・ジフテリア・破傷風混合トキソイド（DPT） 百日せき・ジフテリア・破傷風・不活化ポリオ混合（DPT-IPV） 日本脳炎 インフルエンザ B型肝炎 肺炎球菌（13価結合型） 肺炎球菌（23価莢膜ポリサッカライド） インフルエンザ菌b型（Hib） ヒトパピローマウイルス（HPV）（2価，4価） | 生ワクチン 流行性耳下腺炎（おたふくかぜ） 黄熱 帯状疱疹（水痘ワクチンを使用） 不活化ワクチン・トキソイド 破傷風トキソイド A型肝炎 狂犬病 成人用ジフテリアトキソイド 髄膜炎菌（4価） 帯状疱疹 ヒトパピローマウイルス（HPV）（9価） |

※定期接種の対象外とは、現在、国内で製造販売承認および流通のあるワクチンで、定期接種に使用されていないものを記載。厚生労働統計協会編：国民衛生の動向，2021/2022

表2 予防接種法における予防接種の種類

2021（令和3）年4月現在

| | 定期接種（5条1項） | | 臨時接種 （6条1項または2項） | 新たな臨時接種 （6条3項） |
|------------------|--|---|--|--|
| | A型疾病 | B型疾病 | | |
| 考え方 | 人から人に伝染することによるその発生およびまん延を予防するため、またはかかった場合の病状の程度が重篤になるおそれがあることからその発生およびまん延を予防するために、定期的に行う必要がある（社会防衛）。 | 個人の発病または重症化を防止し、併せてこれによりそのまん延の予防に資することを目的として、定期的に行う必要がある（個人防衛）。 | まん延予防上緊急の必要がある。 | まん延予防上緊急の必要がある〔臨時接種対象疾病より病原性が低いものを想定〕 |
| 実施主体 | 市町村 | 市町村 | 都道府県（国が指示または自ら実施） 市町村（都道府県が指示） 〔厚生大臣が疾病を定めた場合に実施〕 | 市町村（国が都道府県を通じて指示） 〔厚生大臣が疾病を定めた場合に実施〕 |
| 接種の努力義務 | あり | なし | あり | なし |
| 勸奨 | あり | なし | あり | あり |
| 接種費用の負担 | 市町村（約9割を交付税措置） | 市町村（低所得者分は交付税措置） | ○都道府県が実施した場合 国1/2 都道府県1/2 ○市町村が実施した場合 国1/3 都道府県1/3 市町村1/3 | 国1/2 都道府県1/4 市町村1/4（低所得者分のみ） |
| | 低所得者以外から実費徴収可能 | 低所得者以外から実費徴収可能 | 実費徴収不可 | 低所得者以外から実費徴収可能 |
| 健康被害救済に係る給付金額（例） | 障害年金（1級）506万円/年 死亡一時金4420万円 | 障害年金（1級）281万円/年 遺族一時金737万円 | 障害年金（1級）506万円/年 死亡一時金4420万円 | 【B型定期とA型定期・臨時の間の水準】 障害年金（1級）393万円/年死亡一時金3440万円（※被害者が生計維持者の場合） |
| 対象疾病 | ジフテリア、百日せき、急性灰白髄炎（ポリオ）、Hib等 | インフルエンザ（高齢者に限る）等 | A型疾病およびB型疾病のうち厚生労働大臣が定めるもの | B型疾病（インフルエンザ等）のうち厚生労働大臣が定めるもの |

※定金額は千の位を四捨五入して示した。
厚生労働統計協会編：国民衛生の動向，2021/2022

種法が改正されA類疾病（旧1類疾病・集団予防目的）としてジフテリア、百日咳、破傷風、結核、急性灰白髄炎、麻しん、風しん、日本脳炎、ヒブ感染症、小児の肺炎球菌感染症、水痘、B型肝炎、ヒトパピローマウイルス感染症などが対象疾病であったが、ヒトパピローマウイルスは予防接種後に副反応との因果関係が否定できない症状がみられたため、定期の積極的勧奨が控えられていたが、2022年4月から積極的推奨が再開されている。また2018（平成30）年4月より麻しん、風しんの予防接種は、麻しん・風しん混合予防接種（MRワクチン）に変更された。さらに2020（令和2）年10月から、ロタウイルスが追加された。

B類疾病（旧2類疾病・個人予防目的）として、

インフルエンザ（65歳以上の者、および60歳以上65歳未満の者であって一定の心臓、腎臓、もしくは呼吸器の機能またはヒト免疫不全ウイルスによる免疫の障害を有する者が対象）がある。2014（平成26）年に高齢者の肺炎球菌が追加された。

臨時接種は厚生労働大臣が定める疾病のまん延予防上、緊急の必要があると認められる疾病である。

3. 不活化ポリオワクチンの導入と子宮頸がんなどのワクチン（松木秀明編，2022）

生ポリオワクチンの接種後には、ごくまれにポリオを発症し、手足などに麻痺を起こす場合がある。2001～2010（平成13～22）年度の10年間に

15人が、健康被害救済の認定を受けた（10万人の接種当たり約1.4人相当）。また、いわゆる二次感染によっても、2005～2010（平成17～22）年度の5年間に、1人が救済の認定を受けた。こうしたことを踏まえ、複数のメーカーにおいて不活化ポリオワクチンの開発が進められ、2012（平成24）年4月に単独の不活化ポリオワクチンが薬事承認された。同年9月から、定期接種は生ポリオワクチンから不活化ポリオワクチンに切り替えられることとなり、ジフテリア・百日咳・破傷風・不活化ポリオの4種混合ワクチンが11月より定期接種として導入された。

子宮頸がん等ワクチン接種緊急促進事業としては、2010（平成22）年に都道府県に基金が設置され、市町村を実施主体として、子宮頸がん予防ワクチン、ヒブワクチン、小児用肺炎球菌ワクチンの接種について、公費助成が行われることとなった。この事業は平成24年度まで継続して実施された。予防接種法の改正により、2013（平成25）年4月より定期接種として継続されることとなった。

Ⅲ. ワクチンの開発の歴史（百島祐貴，2020）

1. 古代ギリシャの時代の「二度なし現象」の記述

免疫学・ワクチンの基本は「二度なし現象」、すなわち一度その病気にかかると二度はかからないという現象である。人類は古代ギリシャ時代からこれを経験的に知っていた。

最も古い記録は紀元前5世紀、ギリシャのカルタゴ軍とシラクサ軍がシチケリア（現・シチリア）をめぐる戦ったシケリア戦争といわれる。このとき、ペストが流行して両軍とも病死者が多数発生した。

その数年後、再び戦争になり、カルタゴ軍は若い屈強な兵士を新たに雇って必勝の構えで臨んだ。一方、経済的に疲弊していたシラクサ軍は前回の老兵がまたしても戦場に出ざるを得なかった。このときの戦争でもまたもやペストが発生し、カルタゴの若い兵士は次々にペストで倒れていったが、前の戦いでペストを生き延びたシラクサ軍の老兵

は病気になることなく、予想に反してシラクサ軍の勝利に終わったという史実が伝えられている。

この史実は、まさに「二度なし現象」であり、一度、ペストに罹患し、生き延びたシラクサ軍の老兵は、二回目のペスト流行には、罹患しなかったということである。

2. 天然痘とワクチン

ペストと同様に人類を、古来より悩ませてきた伝染病に天然痘（痘瘡）がある。天然痘は天然痘ウイルスによる感染症で、高熱に続いて全身の皮膚に無数の小水疱が発生し、死亡率は30%と高く、失明する可能性もある恐ろしい病気であった。例えば18世紀のロンドンでは人口の3分の1が天然痘に罹患し、失明者の3分の2は天然痘が原因だったと考えられている。

この天然痘でも「二度なし」が知られていた。英国の召使いの求人広告には、「天然痘にかかったことがある者」という一項が加えられていたそうで、これはせっかく雇った召使いが天然痘に倒れることを避けるのが目的であったとされている。

世界初のワクチンは天然痘ワクチン、すなわち「種痘」である。発明したのは、英国の医師エドワード・ジェンナー（Edward Jenner、1749～1823）である。ジェンナーはあるとき、発疹を訴えて来たウシの乳搾りの女性患者を診察し、天然痘の疑いがあると告げた。しかし患者は、自分は以前に「牛痘」を患ったことがあるので天然痘はあり得ないと言った。牛痘というのは、天然痘に似たウシの病気で、人間にも感染して水疱をつくるのであるが、軽症で終わる。ジェンナーがその乳搾りの女性によく聞いてみると、乳搾りの女性の間では「牛痘にかかるとう天然痘にはかからない」のは常識だということであった。ジェンナーには初耳であったが、これが天然痘の予防に使えるのではないかと考えた。数年後、ジェンナーは牛痘にかかった乳搾りの女性患者の水疱液を使用人の子どもに接種し、天然痘にかからないことを証明し、1798年に論文を発表した。これが世界初のワクチンである。種痘は、その後、世界中に急速に

広まり、天然痘の予防に絶大な効果を上げた。その後、1977年ソマリアで最後の患者が確認されたのを最後に、1980年、世界保健機関（WHO）は、天然痘根絶宣言を公表した。

3. 狂犬病ワクチン

ジェンナーが発明した「種痘」以降、ワクチン開発の歴史には約1世紀の空白がある。次に新たなワクチンが登場するのは1885年、フランスの化学者パスツール（Louis Pasteur, 1822～1895）が開発した狂犬病ワクチンである。

狂犬病は狂犬病ウイルスの感染症で、感染したイヌや野生動物にかまれると脳脊髄炎を起し、現在でも発症すれば致死率100%という重篤な疾患である。当時、病原体は不明であったものの、パスツールは、病原体は中枢神経系にあると考え、ウサギの脳脊髄液内で弱毒化し、1885年にワクチン開発に成功した。種痘は天然痘ウイルス類似の牛痘ウイルスを接種するものであったが、狂犬病ワクチンは狂犬病ウイルスそのものを弱毒化する、いわゆる生ワクチンの発端である。ワクチン開発直後、9歳のジョセフ・メイステルという少年が狂犬病の犬にかまれる事件が発生した。パスツールはまだ実験段階のワクチン使用を決断し、メイステル少年は無事に発症を免れた。

4. インフルエンザワクチン

狂犬病ワクチンの開発以降、さまざまなワクチンが開発された。中でもわれわれに馴染み深いのはインフルエンザワクチンである。1918年3月、米国内では「悪い風邪」が流行していた。デトロイトの自動車工場では、1000人以上が風邪で欠勤、また、カンザス州の軍施設では、233人の肺炎患者が発生し、その中で48人が死亡した。医療関係者は「何かおかしい」と気づき始めた。これが、史上最大のインフルエンザのパンデミック、「スペイン風邪」の始まりであった。わずか1年で全世界の人口の4分の1以上に当たる5億人が罹患し、死者は少なく見積もっても2000万人、おそらく4000万人以上と推測されている。当時は、第一

次世界大戦の最中で、病死者は戦死者1000万人をはるかに上回った。パンデミックは発生から約2年で自然に収束した。しかし、いつ再来するかわからず、インフルエンザのワクチン開発は急務であった。当時、インフルエンザの病原体は不明であった。ようやく発見されたのは15年後の1933年である。この発見は、思わぬ方面からもたらされた。英国ではその時代、イヌの病気であるジステンパーの研究が盛んであった。ジステンパーは、インフルエンザによく似た風邪症状を示す死亡率の高い病気で、愛犬家や狩猟家を悩ませていた。しかし、1926年、ジステンパーウイルスが分離され、間もなくワクチンも実用化された。ジステンパーはイヌだけでなく、他の動物にも感染し、特にイタチ科のフェレットは感染しやすく、小型で扱いやすいことから実験動物としてよく使われていた。1933年、英国の研究所で飼育していたフェレットに、次々と風邪症状が表れた。ところがよく調べてみると、ジステンパーではなく、研究所の職員の1人がかかっていたインフルエンザがフェレットにうつったためと分かった。インフルエンザに感染する動物が初めて見つかったのである。動物で病原体を増やすことができれば、研究はぐっと進歩する。フェレットを使った研究で、1936年に初のワクチンがつくられ、1940年代により早くインフルエンザワクチンが開発された。

5. ポリオワクチン

ワクチンが予防に大きな役割を果たす疾患として、ポリオ（急性灰白脊髄炎：acute poliomyelitis）がある。ポリオは、エンテロウイルスの1つであるポリオウイルスの経口感染による疾患で、主に脊髄・延髄が侵され、四肢・呼吸筋麻痺を起こす。小児に好発することから小児麻痺とも言われるが、成人にも発生する。ポリオは紀元前から知られる疾患ではあるものの、欧米では1900年ごろより急増した。特に1916年にはニューヨーク市で9000人が罹患し、そのうち2300人が死亡するという大流行が起こり、一気に社会問題化した。患者は1～3歳の小児が大多数を占

め、数日にして片麻痺、高度な場合は四肢麻痺に至り、最悪の場合、呼吸筋が侵されて、人工呼吸器「鉄の肺」が必要となった。また感染者の家族が白眼視されるなど、大きな社会問題にもなった。ワクチン開発は急務であった。米国シンシナティ大学のセービン（Albert Sabin, 1906～1993）は、生ワクチンの開発を進めていた。生ワクチンは実績があり効果も確実であるが、ワクチン投与による発病の危険性を常にはらんでいる。一方、ピッツバーグ大学のソーク（Jonas Salk, 1914～1995）は、化学処理により病原性をなくす不活化ワクチンの開発を進めていた。不活化ワクチンは現在でこそ一般的であるが、当時はまだ実績がなかった。1954年、ソークの不活化ワクチンが完成し、ポリオの発症は劇的に減少した。セービンの生ワクチンもやや遅れて1958年に完成した。ソークの不活化ワクチンは、発症の危険はなく安全であったが、注射が必要で高価であった。それに対して、セービンの生ワクチンは経口投与が可能で安価であった。ソークとセービンは互いにその優位性を主張して激しい論戦を繰り広げました。米国政府はいったんセービンの生ワクチンを採用したが、ワクチン接種によると考えられる患者が毎年10～20人程度発生し、ソークはこれを公然と批判した。1999年、米国はソークの不活化ワクチンを採用する決定を下した。日本では両者ともに導入されたが、2016年以降、不活化ワクチンが定

期接種に使用されている。

6. mRNA ワクチン、ウイルスベクターワクチン（厚生労働省、2022）

1) mRNA ワクチンの仕組み

mRNA ワクチンでは、新型コロナウイルスのタンパク質の設計図である遺伝情報を持つ mRNA（メッセンジャー RNA）を、壊れないように脂質の膜で包んで体内に投与する。体内では、その設計図をもとに新型コロナウイルスの一部であるスパイクタンパク質が作られる。すると内々ではそれを異物と誤認してウイルスに対する抗体が作られる。

2) ウイルスベクターワクチンの仕組み

ウイルスベクターワクチンは、新型コロナウイルスのスパイクタンパク質のアミノ酸配列をコードする遺伝子をサルアデノウイルス（風邪のウイルスであるアデノウイルスに、増殖できないよう処理が施されている。）に組み込んだワクチンである。このワクチンを接種し、遺伝子がヒトの細胞内に取り込まれると、この遺伝子を基に細胞内でスパイクタンパク質が産生され、そのスパイクタンパク質に対する中和抗体産生及び細胞性免疫応答が誘導されることによって、新型コロナウイルスによる感染症の予防ができると考えられている。

表3 新型コロナワクチン開発の歴史

| | |
|--------|---|
| 1990年 | マウスの筋肉に mRNA を注入して、タンパク質を合成させることに成功。 |
| 1993年 | 単純な脂質膜を用いた mRNA 送達法が考案される。 |
| 1994年 | カナダのプリティッシュコロロンビア大学のピーター・カリス氏らが、酸性環境で性質の変わる脂質成分を核酸の送達に用いる方法を考案。 |
| 2005年 | カリコ氏らが、細胞内の mRNA の発現効率を高める改変方法を開発。 |
| 2009年 | mRNA をタンパク質で包んだがんワクチンで臨床試験の成果がまとも、一定の効果が確認される。 |
| 2011年 | カリコ氏らが、mRNA 合成時の不純物を取り除き、タンパク質の合成効率を高める手法を開発。 |
| 2017年 | 脂質ナノ粒子を用いた mRNA ワクチンでジカ熱ワクチンの臨床試験が始まる。 |
| 2019年末 | 中国武漢で発生した新型コロナウイルス感染症の流行が始まる。 |
| 2020年末 | 新型コロナウイルスの mRNA ワクチンが実用化される。 |

3) mRNA ワクチンの開発

表3（日経サイエンス、2021）に主な新型コロナワクチン開発の歴史をまとめた。以下、その歴史を概説して行く。

（1）mRNA ワクチン開発の黎明期

mRNA ワクチンには30年に及ぶ研究開発の歴史がある。1990年代から2000年代末近くまで、mRNA ワクチンの研究を検討したワクチン企業のひとつほとんど全てが、その資源を別の研究に投下することを選んだ。mRNA はあまりに分解されやすく、製造にコストがかかり過ぎるとというのが当時の常識であった。

mRNA ワクチンのアイデアは当初、腫瘍学の研究者によって用いられていた。彼らが考えていたのは疾患の予防ではなく、治療に用いることであった。それは、がん細胞が発現しているタンパク質をコードする mRNA を体内に注入すれば、免疫系にがん細胞を攻撃するよう仕向けられるのではないかと考えていた（Conry R.M, et al., 1995）。

ギボア氏は、血液中から免疫細胞を抽出し、腫瘍タンパク質をコードする合成 mRNA を取り込ませることを提案した。その細胞を体内に戻せば免疫系が活性化して、潜んでいる腫瘍を攻撃するようになることを、マウスを使ってこのアプローチを実証した（Boczkowski, D., et al., 1996）。

（2）mRNA ワクチンの根幹に関わる発見

1995年、RNARx という設立されたばかりの mRNA スタートアップ企業が、米国政府から9万7396ドル（約1000万円）のささやかな中小企業向け助成金を受け取った。この会社の設立者である生化学者の Katalin Karikó 氏（カリコ氏）と免疫学者の Drew Weissman（ワイスマン）氏は、在籍していたペンシルベニア大学（米国フィラデルフィア）で、mRNA ワクチンの成功のカギとなる発見をした。mRNA のコードの一部を改変すると、合成 mRNA が細胞の自然免疫の防御機構を擦り抜けられるようになる、という発見であった（Karikó, K., et al., 1999）。

1997年、カリコ氏はペンシルベニア大学で研究室を立ち上げたばかりの免疫学者のワイスマン氏との共同研究を開始した。彼らは、HIV/AIDS に対する mRNA ベースのワクチンの開発を計画していた。2人は2005年に、mRNA のウリジンというヌクレオチドの化学結合を組み替えて「プソイド（シユード）ウリジン」という類似体を作り、体はこの mRNA を敵と認識しなくなるようだと報告した（Karikó, K., et al., 2005）。当時、こうした修飾ヌクレオチドが治療に役立つと認識していた科学者はほとんどいなかったが、科学界はやがてその可能性に気が始めた。2010年9月、ボストン小児病院（米国マサチューセッツ州）の幹細胞生物学者ロッシ氏、ワーレン氏の研究チームが、修飾 mRNA を使って繊維芽細胞を胚性幹細胞に形質転換し、さらにそれを、収縮可能な筋肉組織に分化させられたと発表した（Warren L., et al., 2010）。この発見は大きな話題となった。

IV. おわりに

以上、論じてきたように、COVID-19に対する mRNA ワクチンを、短期間で開発することができたのには、いくつかの理由があると言われる（Philip, B., 2021）。1つは、コロナウイルスに関する30年にわたる先行研究が進んでいたこと。2つ目に非常に効率的なワクチン製造工程が考案されたこと。3つ目に政府、製薬会社などによる莫大な財政的支援があり、製造企業が複数の治験を並行して進められたこと、そして規制当局が通常よりも迅速に審査を行ったことである。

人類は長い間、感染症に苦しめられ、多くの命を失ってきた。今後も多くの感染症が発生し、多くの変異ウイルスが出現すると考えられるが、今回の mRNA ワクチン開発の教訓は他の感染症にも応用できる可能性がある。今後も医学的基礎研究をさらに向上させ、感染症の流行に対処することが、重要であると考えられる。

利益相反

「本研究における利益相反は存在しない。」

文献

- Boczkowski, D., et al., (1996) : Boczkowski, D., Nair, S. K., Snyder, D., Gilboa, E. (1996) Dendritic Cells Pulsed with RNA are Potent Antigen-presenting Cells In Vitro and In Vivo. *J. Exp. Med.* 184, 465-472.
- Conry R.M,et al., (1995) : Conry R.M, LoBuglio A.F, Wright M., Sumerel L. et.al (1995) Characterization of a Messenger RNA Polynucleotide Vaccine Vector. *Cancer Res.* 55, 1397-1400.
- 五條堀孝 (2021) : 「新型コロナワクチン」とウイルス変異株、4-7、東京：春秋社.
- Karikó, K., et al, (1999) : Karikó, K., Kuo, A., Barnathan, E. (1999) Overexpression of urokinase receptor in mammalian cells following administration of the in vitro transcribed encoding mRNA. *Gene Therapy* 6, 1092-1100.
- Karikó, K., et al, (2005) : Karikó, K., Buckstein, M., Ni, H., Weissman, D. (2005) Suppression of RNA Recognition by Toll-like Receptors : The Impact of Nucleoside Modification and the Evolutionary Origin of RNA. *Immunity* 23, 165-175.
- 厚生労働省 (2022) : 新型コロナウイルス感染症国内の発生状況など <https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/kokunainohasseijoukyou.html>
- 厚生労働省 (2022) ; 新型コロナワクチン Q & A <https://www.cov19-vaccine.mhlw.go.jp/qa/0021.html>
- 松木秀明編 (2022) : よくわかる公衆衛生、193-196、東京：金原出版.
- 百島祐貴 (2020) : 感染症との闘い ワクチンの歴史、32-36, コミュニティケア.
- 日経サイエンス (2021) : 新型コロナの mRNA ワクチン 知られざる30年の開発史 <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC21APO0R20C21A9000000/>
- Philip, B. (2021) ; What the lightning-fast quest for COVID vaccines mean for other diseases. *Nature* 589, 16-18.
- Warren L., Manos P.D., Ahfeldt T., Loh Y-H. (2010) : Highly Efficient Reprogramming to Pluripotency and Directed Differentiation of Human Cells with Synthetic Modified mRNA. *Cell Stem Cell* 7, 618-630.