

# 誰かに教えたくなる 科学技術の話 39

## 人類の将来を左右する 「ワクチン」



東京大学名誉教授 月尾 嘉男

### ワクチン後進国家・日本

昨年初頭から新型コロナウイルスが世界に一気に蔓延し、一九一〇年代から二〇年代にかけて世界の人口の三割が感染するという恐怖をもたらしたスペイン風邪に匹敵するパンデミック（世界的大流行）になってしまった。当初、日本は樂觀していたが、対策が中途半端であったために急速に感染者数が増加し、この事態を解決するには**ワクチン**の接種に期待するしかない状況になっている。

ところが日本は**ワクチン**の開発・製造

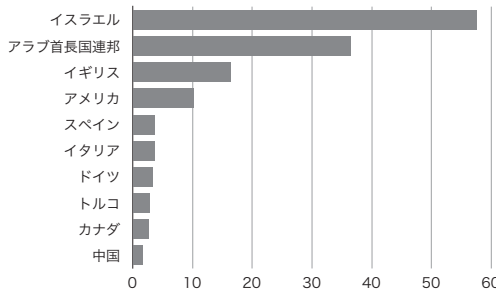


図1 ワクチン接種比率 (%) 2021.2.5

・接種のすべてにおいて後進国家であることを露呈している。世界三位の経済大国でありながら、国内に新型コロナウィルスのワクチンを製造する製薬会社は一家もなく、アメリカやイギリスの企業から輸入せざるをえない状況である。そして二月初頭の時点で、G7の国家でワクチン接種を開始していない唯一の国家が日本である（図1）。

### 人為で免疫を発生させるワクチン

その反省の意味でワクチンの開発の歴史を紹介したい。人類の歴史で最初にワクチンが開発された感染症は**天然痘**である。紀元前五世紀にスパルタとアテナイが三十年近く戦ったペロポネソス戦争でのアテナイの敗戦の原因は都市内部で天然痘が流行したためと推測されている。十六世紀に中米のアステカ王国が滅亡したのもヨーロッパからもたらされた天然痘が原因とされている。

この恐怖の病気に對抗する有力な手段がワクチンである。人間だけではなく生物の体内に病気の原因となる細菌やウイルスが侵入すると病気になる。最悪の場合には死亡する。しかし、生き残ってきた場合には同一の細菌やウイルスが再度侵入し

てきても病気にならないか、重症にならない仕組があり、これを**免疫**という。そのような状況を人為で発生させるのがワクチンの役割である。

### 世界最初の弱毒化ワクチン

世界最初のワクチン開発の有名な物語は十八世紀のイギリスの田舎から出発した。当時、牧場で雌牛から搾乳をしている人間には天然痘が伝染しないという噂話があった。乳牛が罹患する**牛痘**という病気があり、乳牛の世話をしている人間に伝染するが、身体の一部に腫物ができるとはあっても死亡することは例外であり、以後は天然痘に罹患しないということであった。

ロンドンの病院での研修から帰郷した**エドワード・ジェンナー**は、一七九六年に牛痘の患者からウミを採取し、それを（自分の子供ではない）八歳の健康な子供に接種し、さらに七週間後に天然痘のウミを接種したところ、天然痘には罹患しなかった。この**種痘**という療法を九八年に論文として公表したとき、雌牛のラテン語のワツカという言葉からワクチンという言葉を作成した（図2）。

この医療行為には賛否両論があり、世

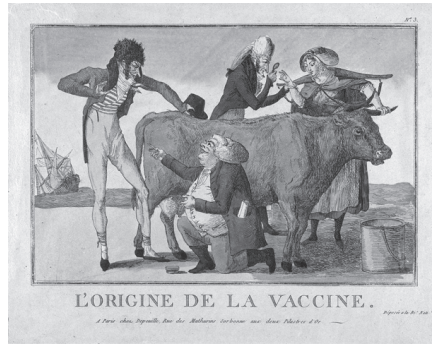


図2 牛痘を調査するジェンナー

間ではワクチンを使用すると子供が雌牛になるという噂話が流布しただけではなく、ジェンナーがロンドン王立協会へ送付した治療方法の論文も種痘が危険という理由で受理されず、自分で発表せざるをえなかった。それでも世界に急速に普及し、一九八〇年五月に世界保健機関（WHO）が**天然痘根絶宣言**をするまでになった。伝染病の世界最初の根絶である。

### 結核のためのBCGワクチン

結核は古代エジプトのミイラにも痕跡があるほど歴史のある病気であり、G・

プッチーニの歌劇『ラ・ボエーム』の主役ミミ、G・ヴェルディの歌劇『椿姫』の主役ヴィオレッタも結核で死亡しているほど流行していた。現在でも世界では毎年一〇〇〇万人が罹患し、約一七〇万人が死亡しているが、先進諸国では大幅に低減している。それは**BCGワクチン**が開発された成果である。

ワクチンには何種かあるが、代表は天然痘ワクチンのように感染能力を弱体化した微生物やウイルスを使用する**弱毒化ワクチン**であり、その代表が**結核**に効果のあるBCGワクチンである。二十世紀初頭、フランスのパスツール研究所員で



図3 BCGワクチン

あったA・カルメットとC・ゲランがウシ型結核菌を何代も継続して培養していた結果、人間にはほとんど無害な弱毒の結核の菌株を製造した。

これを母乳と一緒に乳児に投与したところ、乳児結核を予防する効果を発揮することが判明し世界に普及した。BCGのBはフランス語の桿菌（バシル）の頭文字、CとGはカルメットとゲランの頭文字である。一九二〇年代になって北欧で皮下接種や皮内接種が開発され、世界に普及していった。戦後は世界保健機関が国際結核キャンペーンを展開し、BCG接種は世界に普及した（図3）。

### 野口英世も関係した黄熱ワクチン

一八六九年にスエズ運河の建設に成功したF・ド・レセップスは第二の挑戦としてパナマ運河会社を設立して開削を目指す、八九年に破産して失敗する。熱帯雨林を開拓していくためネッタイシマカ（図4）が媒介する黄熱の猛威に対抗できなかつたためである。権利を購入したアメリカは最初に熱帯雨林を伐採してから工事を開始したが、工夫の四割が死亡するという犠牲により完成した。

一九一四年に開通するが、汽船で通行



図4 ネットアイシマカ

する船員や旅客が黄熱に感染しないためにワクチンの開発が必要であり、野口英世は所属していたロックフェラー医学研究所から一八年に黄熱ワクチン開発のためエクアドルに派遣される。野口は病原体の特定に成功しワクチンを製造するが、黄熱には効果がなかった。そして皮肉なことに二八年にアフリカのゴールド・コーストで黄熱のため死亡した。

以後も研究は継続され、アフリカのダカールで黄熱から回復した患者から取得したウイルスを使用してワクチンが製造されたが強毒で実用にならず、一九二七

年にはアフリカの住民の血清からワクチンが製造されるが大量の血清を必要とするため、これも実用にならず、ようやく三七年に効率よく製造する方法が開発され、現在もアフリカや南米に渡航する人間には予防注射が必須になっている。

### 不活化ワクチンの登場

ここまでの事例は弱毒化ワクチンであるが、もう一種は化学処理などにより死滅した細菌やウイルスを利用する不活化ワクチンであり、一例がインフルエンザワクチンである。新型コロナウイルスの猛威で目立たないが、世界ではインフル



図5 インフルエンザウイルス

エンザに毎年一〇億人程度が感染し、二五万人から五〇万人が死亡している。日本でも一五〇〇万人程度が感染し、一万人近くが死亡している(図5)。

一九一八年から二〇年にかけて地球全体に蔓延し、約五億人が感染した**スペイン風邪**はワクチンが開発されていなかった時代であったため一億人近くが死亡した。これは風邪ではなく**H1N1亜型インフルエンザ**である。一九三〇年代からアメリカで研究が開始されて最初のワクチンが開発され、四〇年代には予防効果が確認されて第二次世界大戦中にはアメリカで本格使用されるようになった。

ワクチンの浸透により感染者数や死者は低下してきたが、二〇〇九年に新型コロナウイルスが流行してパンデミック宣言が発令され、世界では二八万人以上が死亡し、とりわけ若者の感染が顕著であった。それ以後、毎年、世界保健機関が流行するインフルエンザを予測し、三種か四種のウイルスを推定して、それらに対応する混合したワクチンを各国が用意する体制になっている。

### 一気に開発された mRNA ワクチン

今回の新型コロナウイルスが蔓延しは

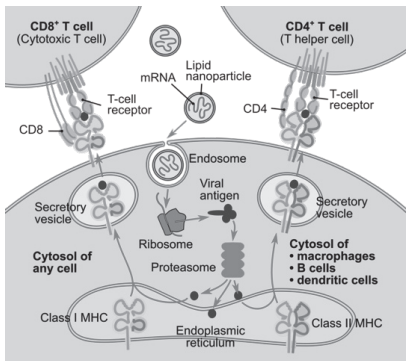


図6 mRNAワクチンの作用の仕組み

じめてから、アメリカのモデルナが単独で、アメリカのファイザーとドイツのビオンテックが共同で開発したワクチンは**mRNAワクチン**と命名されている。これは一九九〇年代に原理が開発されたワクチンで、mRNAという天然化学物質の人工の複製を製造し、その分子を人間の細胞内部に導入すると、免疫反応が発生するという仕組みである(図6)。

これまでの実験では深刻な副作用が発生して実用にならなかったし、狂犬病やジカ熱の治療に応用されたが期待するよ

うな効果はなかった。しかし、昨年から前述の製薬会社が「ワープスピード作戦」という名前で資金を調達して新型コロナウイルスに対応するワクチンを短期で開発した。これまでワクチンの開発は十年単位とされていたが、まさにワープスピードの開発であった。

アメリカでは昨年十二月から今年一月にかけてモデルナの開発したワクチンを四〇〇万人に接種したが、アナフィラキシーといわれるアレルギー反応になった人数は一〇人(一〇〇万人あたり二・五人)になったものの、全員が回復したと報告されている。ファイザーとビオンテックのワクチンについても一〇〇万人あたり一・一人であり、やや多目であるが、全員回復している。

地球に生息する一五〇〇万種の生物のうちウイルスは四〇万種ほどと推定されている。しかし人間が発見したウイルスは一部の約四〇〇〇種で哺乳動物や鳥類に感染するのは六五〇種程度である。人間は一生で二〇〇回はウイルスに感染すると推定されるが、大半は風邪程度の軽症である。しかし、今回の騒動になる場合もあり、我々にはウイルスと共生するという覚悟が要求されている。