

2020年39号

Vol.39

総人・人環フォーラム

HUMAN AND ENVIRONMENTAL FORUM

緊急対談 **ウイルスと人類** 三浦智行 × 土屋徹

国際交流セミナーから：マリオ・ヴェニンク「知恵ある鳥」

連載 人間・環境学への招待（3）「生命としての人類」
小村豊・林達也・藤田耕司・青山拓央・小倉紀蔵

京都大学大学院人間・環境学研究科

「ウイルスと人類」



Tomoyuki MIURA
京都大学大学院人間・環境学
学研究所、ウイルス・再生
医科学研究所 准教授

三浦智行



Tohru TSUCHIYA
京都大学大学院人間・環境
学研究所 准教授

土屋 徹

三浦智行 (みづら・ともゆき)

京都大学大学院人間・環境学研究所、ウイルス・再生医科学研究所 准教授。専門はウイルス学。

土屋 徹 (つちや・とおる)

京都大学大学院人間・環境学研究所 准教授。専門は分子生物学。

司会・細見和之

質問参加・久代恵介、泰山智成

(この対談と質疑応答は二〇二〇年九月二四日、オンラインにて開催したものです)

司会 本日はウイルスと人類というテーマでまずは三浦先生と土屋先生に対談をしていただいて、そのあと、久代先生、泰山先生からも、質問などを出していただければと思います。そもそもウイルスって何なんだろう、あるいはウイルスと人類はどういう関係にあるのだろうということと一緒に考えて、読者にも考えていただく機会にできればと思います。それでは、三浦先生、土屋先生、よろしくお願ひいたします。

土屋 今回、ヒトとウイルスというテーマで対談を企画しました。なぜ、このようなテーマを選んだかというところ、やはりいま、新型コロナウイルスがこれだけ世界中に広まって話題になり、現に猛威を振るっているということが根底にあります。そして、ウイルスとヒトとの関わり、そこにどのような歴史があったのか、現在、どのようにウイルスの研究がなされているのかについて、いわゆる生命科学の研究者以外の人もかなり興味を持つような状態になっているのではないかと思います。そこで、ウイルスとヒトに関して、私たち人類がいまどんな情報を持っているのか、人間がウイルスのことをどこまで知っているのかを含めて、全般

的な話をできればいいかと思っています。新型コロナウイルスはあくまできっかけですので、新型コロナウイルスがどうこうという個別の話より、もっと基礎的な話から始めたいと思います。

生物の定義

三浦 きっかけは新型コロナウイルスなのですが、そもそもウイルスとはどういうものかということからですね。だいたい、ウイルスって生物なんですかというあたりから入りましょうか。かなり微妙な位置にいるんですね。生物でないというのが一般的な見解です。ただ、微生物には入る。このへんが非常に微妙な位置にある感じで、新型コロナウイルスも微生物学の対象です。生命体といったら入るかもしれないですけど、生物というところがちよつと違うかなという感じがですね。

土屋 私も授業の最初に、ウイルスやバクテリアから動物、植物までの写真を見せて、どこまでが生物だろうかという話から始めます。そのときに、どういふものが生物かという定義についても話します。生物の一つの定義は自己複製するかしなないかです。もちろんウイルスは自分自身を増やさないといなくなってしまうから、ウイルスが増える仕組みがあります。しかし、ホスト、宿主といいますが、感染した相手の細胞の中に入っていくって、その中の仕組みを使って、エネルギーも使って、部品も使って、自分を作らせる。逆に言えば、ウイルスだけだと自分自身の力では増殖できないという意味で、生物とはいえないと教えています。

だけども、三浦先生がおっしゃったように、生物と無生物を分けるときに、例えばそこらへんにある石と比べてどうかというと、ウイルスは明らかに生物に近いことも想像に難くない。含まれている成分、元素がどのようなものでできているかで生物のようなものと生物ではないものを分けることができます。ウイルス

スは遺伝情報は生物と同じで、その機能発現も生物と同じ仕組みを使っていますから、やはり生物となにか関係がある。現在、ウイルス感染予防のために、「除菌」の話題を耳にする機会が増えましたが、ウイルスは細菌(バクテリア)には入らないから、一般の認識の仕方は、私たち、生命科学の研究者と違うなと感じています。ただ、病原菌への対策と共通する点があるので、言葉の問題だけということにもなりますが。

三浦 菌というと私はバクテリアをイメージして、ウイルスは菌とは違うよって言っちゃうんですけど、広い意味での病原体をイメージして菌といたら入るのかなとかね。狭義の菌と広義の菌とか、そんな感じの使い分けになると思います。ウイルスは微生物だといふのなら生物なのかみたいな気もするし、でも厳密にはウイルス自体は増えられません。ウイルスだけを培養液に入れても、そのままです。生きた細胞の中に入らないとウイルスは増えられない。生命現象を全体として捉えたときの、ある一部分だけで成り立っている感じですね。

ただ、生物なら自分だけで増えられると言っていますけど、一般的な生物も栄養素とか酸素とかそういう周りの環境がなければやっぱり生きられない。だから生物と環境は切り離せないわけで、そういうことを考えたときに、ウイルスにとっては宿主細胞が環境なわけです。だからそういう広い意味での生命現象といふことではウイルスも生物的なものとして捉えてもいいのかなと思います。

司会 代謝はどうですか。

三浦 ウイルス粒子の中で代謝をすることはないですね。でもどうだろう。酵素反応は起きますね。粒子の中で、プロテアーゼが働きますから、出芽した後、粒子になってからプロテアーゼで成熟するというようなことはあるので、酵素反応を代謝と考えるとすれば、あることになりませぬ。

土屋 細見先生がいわれているのは、エネルギー代謝のことですね。燃料分子を取り込んで酵素反応によりエネルギーをとり出す、エネルギー変換のことを言われていると思うのですが。

三浦 エネルギーを作ることではないと思いますね、消費することはあつても。

土屋 ウイルスの中で酵素反応なり化学反応は起きるけれども、外から取り込んだ物質からATPのようなエネルギーをもつ分子を合成するようなことはできない。

三浦 はい、それはしませんね。

ウイルスの多様性

土屋 逆に言えば、そういうエネルギー変換ができるやつが細胞だというふうな考えたら良いのではないのでしょうか。ところで、生物に近いけどいわゆる生物とはちよつと違うこのウイルス、実はものすごく多様なものだというところは意外と知られていないですね。

三浦 まず、決定的なところは遺伝情報としての核酸がDNAのウイルスもあれば、RNAのウイルスもあるということですね。一般的な細胞の生物は、DNAが遺伝子としてあつて、そこからRNAに転写されてタンパクに翻訳される流れがありますが、ウイルスの場合は、RNAからRNAを作ったり、RNAから逆転写酵素が働いてDNAを作つて、またそこからRNAに転写してタンパクに翻訳したりといったものがある。そのへんがすごく多様なところですね。そういう意味では生物というのは一方のDNA、RNA、タンパクという流れだけですから、ウイルスはすごくシンプルで単純なものというイメージもありますけど、ウイルス全体で見るとすごくいろんな多様なパターンで自分自身の子孫を作っている。すごく多様な戦略をとっています。

土屋 いま三浦先生が生物についていわれたのは、遺

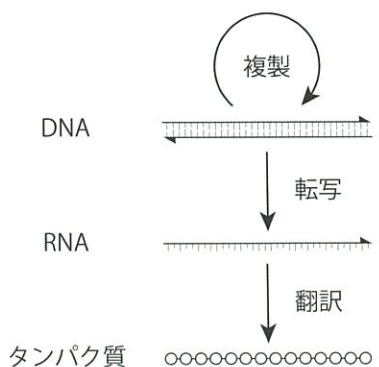


図1 セントラルドグマの模式図。遺伝情報であるDNAは、細胞分裂前に複製される。転写により、DNAの二本の鎖のうち一方(図では下の鎖)を鋳型にして、もう一方の鎖のコピーをRNA(メッセンジャーRNA)として合成する。メッセンジャーRNAの情報をもとに、翻訳によりタンパク質が合成される。DNAとRNAは、4種類あるヌクレオチドが重合したもので、タンパク質は20種類あるアミノ酸が重合したものである。

表1 ウイルスの遺伝情報の多様性。ウイルスは、核酸であるDNAまたはRNAを遺伝情報とする。プラス鎖を(+)、マイナス鎖を(-)、両方をもつ二本鎖を(±)と示す。構造は、線状と環状のものに分かれる。

	ウイルスのもつ遺伝情報の種類
DNA ウイルス	一本鎖 DNA (+) 一本鎖 DNA (-) 二本鎖 DNA (±)
RNA ウイルス	一本鎖 RNA (+) 一本鎖 RNA (-) 二本鎖 RNA (±)

センジャーRNAとして機能する側がプラス鎖ですけれど、プラス一本鎖RNAのウイルスは、いったんマインス鎖を作ってからそれを鋳型にしてメッセンジャーRNAを作るといったことをやっています。

土屋 その、遺伝情報以外にも形態とか、宿主の特異性などでも、いろいろ多様性があるような気がするのですが。

三浦 正二十面体という割と球形に近いものから(図2A)、ひも状の細長い形をしたものもありますし、本当にいろいろな形があります。宿主の細胞に感染するわけですけども、感染する細胞も非常に特異性があるわけですね。というのは、ウイルスは感染するときレセプター(受容体)が必要なんですけれど、それは単一の分子なんです。もう分子レベルで対一の対応が決まっている。だから細胞表面にその受容体分子を持っている細胞にしかウイルスは感染できない。ウイルス側の分子と細胞側の受容体分子が対一、鍵と鍵穴のような関係になっているので、本当に決まった細胞にしか感染できない。決まった動物の決まった細胞にしか感染できないという制約があります。

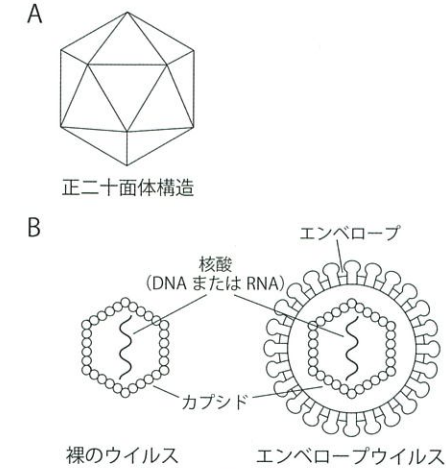


図2 基本的なウイルスの形状。(A) カプシドの正二十面体構造のモデル。(B) 裸のウイルスとエンベロープウイルスの断面の模式図。実際には、これら以外に多様な形状のウイルスが存在している。

土屋 形だけではなく、殻の成分にも多様性がありますよね。例えば先ほどの正二十面体の殻は、小さなタンパク質が集まって殻になっているタイプですね。

三浦 あるタンパク質がエネルギー的に安定的なつながり方をするという形になるということですね。

土屋 いま話題になっているコロナウイルスだったら、外界と接しているのはいわゆる膜(エンベロープ)ですよ。

三浦 エンベロープウイルスとエンベロープを持っていないウイルスという大きな分け方をしますけど(図2B)、新型コロナウイルスはエンベロープを持っていないウイルスです。そのエンベロープは細胞膜をちぎって作ったり、あるいは小胞体とか、感染した細胞が持っている脂質膜の成分をちぎって使ったりします。

土屋 まさに、私たちが考える細胞と同じような膜の構造を持ったウイルスもいるということですね。そういうのは、殻や膜といった外界との境界がなく環状のRNAだけがボンとあるような、ウイロイドという病原体がいたような気がします。植物に感染し、厳密にはウイルスには含まれないようですが。

三浦 私が研究しているウイルスにはそういうのはないのですが、ウイルス全部を考えたらもう多種多様ですから、そういうのもいたかもしれないですね。

土屋 さきほど鍵と鍵穴の話がありましたけど、植物に感染するウイルスがそこらへんにあるからといって、私たちに感染することはありません。しかし、動物間で感染するウイルスでは、その認識の分子が変わってしまえば、人にも感染するようになってしまう。それが新型コロナウィルスと呼ばれるものですね。

三浦 人獣共通感染症という言葉がありますけど、新型コロナウィルスも動物から来ているだろうと言われていています。

土屋 そのように、動物間であつたら変異が起きるこ

まで分かっているのでしょうか？

三浦 ウイルス自体の起源は分かっていないと思いません。本当に生命の起源まで遡ることももしれないので、なかなか難しいと思います。

土屋 結局、どっちが先かということは分からないし、細胞がなければウイルスは増えないですよ。

三浦 いまの形のウイルスでは細胞が必要ですけど、RNAワールドという話がありますね。DNAができる前にRNAだけの世界があったんじゃないか。そういうときにRNA自身の複製形が完結したものとしてあつたとして、それを横から利用するものが生まれてきて不思議ではない。そういう寄生関係みたいな状態はあり得たと思う。そこから脈々と細胞ができたときにも、そういったものがあつた可能性が有るというイメージです。

土屋 RNA自身がまたRNAを作り出して、RNAがどんどん増えていくという説ですね。酵素反応の一部をおこなえるRNAが存在することから広まった説ですけど、そのストーリーを考えると、どこからがウイルスと呼んでいいかわからない。そういう意味でウイルスの起源はなかなか難しいけれど、面白い研究テーマだと思います。

三浦 生命の起源にも繋がってくる。RNAワールドのとき、それは生命ですかという話ですね。じゃあ、進化の過程のいつから生命ができたのかという話になる。

ウイルスとヒトとの歴史

土屋 細胞というものができたところを生命の起源にしようという見方もありますし、自己増殖する分子は確かに細胞ではないけれど、自己増殖するという意味では生命に近いものかもしれません。生命の進化という長い歴史の中で、ウイルスとヒトの歴史についても考えなければいけないと思います。人間が気づくもの

とで感染する相手を変えるかもしれないけれど、いきなり動物相手のウイルスが植物など動物以外の生物に感染するように変化することはない。そういう認識でよろしいですね。

三浦 分子間の相互作用で感染が成立するので、分子の形やチャージが重要です。動物と植物くらい離れませんが、かなり違ったものになりますので、植物のウイルスがいきなりヒトに来るといったことは無いですね。

土屋 あまり知らない方が多いかもしれませんが、いわゆる原核生物、バクテリアと呼ばれる細菌も実はウイルスに感染します。動物以外にもそういう小さな微生物にも感染するウイルスがいるということですね。動物がウイルスに罹って被害が広がるとニュースになり世間の関心を呼ぶことがありますけど、目に見えない微生物にウイルスが感染してもあまり人間に対してデメリットがなさそうな感じで話題にならない。けれども、動物のみならず、生物全般にそれぞれ相手となるウイルスがいて、それら生物とウイルスが常に闘っているという、そんなイメージで良いのかなと思うのですが。

三浦 バクテリアに感染するのは、バクテリオファージといえますね。

土屋 特別な名前を使うのですかね。どうしてバクテリオファージというようになったのですか。

三浦 ファージって破壊するものという意味があつて、バクテリアを溶かすところから名前がついたんですね。

ウイルスの起源と進化

土屋 それがウイルスだった。ところで、細胞に感染して侵入しないと増えられないウイルスがどうやって生まれてきたんだという問いがあります。ウイルスが最初にいると自分では増えられないから、細胞があつてあとからウイルスが誕生したと考えるほうが自然かもしれませんが、ウイルスの誕生・進化は、いまだこ

には人間に害があるものが多いですから、病気との関わりを歴史を少し振り返ってみたいと思います。その歴史にはウイルス以外の病原体も入るとは思うのですが、いかがでしょうか？

三浦 かなり昔の記述・記載の中に「あ、これ、ウイルスによる病気だな」みたいなことが伺われるものも、もう相当昔から確認されていたと思います。

土屋 人間と病原体の闘いでは、ウイルスの前に病原菌があつたと思います。コッホのように有名な微生物学者がいて、病原菌、要するに、いまは私たちが細菌と呼ぶものですけれど、それらを一生懸命調べて同定することが流行っていた時期があつた。ペストでもそうですけど、人類は病原菌などの病原体と闘ってきた中で、野口英世の話を出すのがいいのかわかりませんが、結局、病原体が見つからないところから、ウイルスが発見されていった。そういう経緯に関しては何もお話しいただければありがたいです。

三浦 やっぱりまずバクテリアから見つかったというの。野口英世さんは一生懸命光学顕微鏡でそういう病原菌を見つけようとしていたわけですけど、そういう微生物学の歴史でも、コッホやパスツール、初期の微生物学の人たちは病原菌ですね、バクテリアを見つけては病気を起こしている原因であると特定してきたという流れがあります。でも、病気自体は分かっているんだけど、病原菌が見つからないものがあつて、それはバクテリアに比べて非常に小さいものと考えられた(図3)。よく言われるのが素焼きの壺による発見です。素焼きの壺に液体を入れると、水分が染みて下にたばた落ちてくる。バクテリア、細菌はそれを通ることができない。細菌として見つかった病原菌はそこで引つかかるので、そこを通ってきた水ではもう移らない。だけど、素焼きの壺を染み通ってきた水の中に病気を起こすものがあるということで、細菌に比



図3 ウイルスと細胞の大きさの比較。動物細胞よりも細菌の細胞の方が小さく、ウイルスは、さらに小さい。ウイルスのなかには、細菌細胞の大きさに近いものも存在する。

べて小さいもの、素焼きの壺で引つかからず通ってきたまう小さいものがあるということから、ウイルスの存在が言われるようになってきました。それが実際に目で見える形でデジタル化されたのは、電子顕微鏡によつてですね。電子顕微鏡ができたから映像として見えてきた。電子顕微鏡ができる前は、ろ過性病原体と言われていた時代があります。ろ過性病原体、つまり素焼きの壺をろ過してしまふような病原体で、すごく小さいものというふうに言われていました。

というのも二〇世紀に入ったころに出てくるんですけど、染色体という細胞内の物質に遺伝情報がありそうだということが判明した。その染色体はDNAとタンパク質という成分で構成されていることは知られていた。そこで、遺伝物質はどちらかという問題について研究が進み、最終的にはDNAだと分かるんですけど、それが二〇世紀前半ですね。

私はウイルス研究の歴史自体はよく知らないのですが、バクテリオファージという大腸菌に感染するウイルスを使って、タンパク質とDNAのどちらが細胞の外に残って、どちらが細胞の中に入るのかを、放射性標識を利用してなされた実験については、授業でも話しています。その実験の結果、DNAの方が中に入ったことでウイルスの遺伝物質はDNAだろうとなった。この実験は、ウイルスの存在が認識されたあとの一九五二年におこなわれた。つまり、ろ過性の小さいものがあるはずで、そこから見えてきた病原体があつて、その中にタンパク質とDNAが含まれていて、そのうちDNAが遺伝情報なのだろうという流れで分かってきた。ウイルスではない生物でもDNAが遺伝情報であるとする実験はこの実験よりも前からおこなわれていた中で、二〇世紀半ば、一九五三年にワトソン・クリックのDNA二重らせん構造のモデルが出てきます。そこから遺伝暗号が分かり遺伝子操作も可能となり、遺伝子の研究から発展した研究や応用が拡がって、半世紀以上たつていま二一世紀を迎えている。そういう画期的な成果が続く歴史の中で、二〇世紀の前半にウイルスが発見された。

ウイルスの役割

土屋 このように、ウイルスというものを実際に電子顕微鏡で見えるようになってから、まだ一世紀ぐらいしかたつていません。もともと生物の分類も、最初にリンネが分けた時には生物を大きく動物、植物として

いたのが、原生動物とか菌類とか、いまでいうバクテリアが入ってきて、だんだん小さいものが生物として認識されていった。ウイルスもその歴史の中で、技術の革新で新たに見つかったわけですね。このウイルスは、私たちにとっては自分たちが病気になる、家畜や作物が病気になるってしまふということで、悪者というイメージがすごく強いんですけど、ウイルス自体が環境や生態系で果たす役割は、必ずしも悪いことだけではないと思います。

例えば、生態系に関して有名な話ですと、植物プランクトンの例があります。植物プランクトンは水の中にいて光合成をします。その植物プランクトンには、ウイルスに感染することで数が少なくなるといふ、数のコントロールがなされているものがあることが分かっています。生態系の一員としてウイルスがいろんな生物の数の増減にも関わっているのではないかと。私たちがイメージする、捕食者が他の生物を食べる食物連鎖で、いろんな生物の個体数が増えたり減ったりするその動態の中に含まれるような、そういう因子としてウイルスを考えてみていいのかなと思うのですけれど、どうでしょうか？

三浦 生態系の話は専門じゃないのでよく分からないんですけど、ただ、われわれの遺伝子の中にウイルスに感染してそれがもう遺伝子の中に入り込んでしまふというふうなことは、よく知られた事実としてあります。その中には、ただ入り込んでおとなしくしてしまふだけじゃなくて、積極的にわれわれの体の仕組みを作っているものがある。例えば胎盤ができるために働く遺伝子があるんですけど、シンシチンという名前の遺伝子があつて、細胞同士を融合させて胎盤を形成していく働きをするものがある。それは大昔に感染したレトロウイルスの仲間の名残になっている。つまり、そういう機能をもった遺伝子の元をたどると実はウイルスだったとか、そういう話もあるのです。

分かりやすいし、変なものも混ざつたんですけどよく分かるので大変さが理解できますが、ウイルスを扱う際のそういう苦労が一般の方にはあまりイメージできないのではないかと思います。

三浦 逆に一般の人にとってはそういう目に見えないものをどうやって研究しているんだという感じでしょうね。

司会 私なんか素朴に、ウイルス研究のときに自分が感染しちゃうんじゃないかという怖さがある気がするんですけど、それはさつき出ていたように、絶対ヒトには感染しないウイルスとか、そういうあたりである程度クリアできるんじゃないか。

三浦 私はヒトの病原ウイルスを研究しているので、ヒトに感染しないということはないです。だから感染するリスクはあります。ただ、レギュレーション上、物理的なその取り扱いのルールで、自分ほらわらないということですね。微生物学的手法の原則として、シャーレの中で扱うことが多いと思うんですが、こちらからそのシャーレの中に入れてしまふし、シャーレからこちらほらわらないという、絶対的なレギュレーションのルールがあるんですね。無菌操作というんですけど、無菌的で微生物のやり取りがないような手法です。バーナーであぶつたり、安全キャビネットの中で取り扱つたりとか、物理的なレギュレーションで自分は感染しないようにします。

土屋 病原性や伝染性、治療法の有無などによって、バイオセーフティレベル(BSL)という基準が決まっています。そのバイオセーフティレベルは1、2、3、4とあって、4はなかなか日本では使えないんです。

三浦 BSL4の施設が長崎大に作られています。

土屋 東京やつくばにもBSL4に対応する施設がありますね。BSL4やBSL3の施設では、前室を作つて、常に外から空気を入れて、排気するときには

進化のドライビングフォースになっているという事実もあるわけです。

土屋 私は生態系についての話をしたのですが、進化というのも非常に重要ですね。よく、ウイルスに感染すると病気になる、治るとウイルスはいなくなると思われがちですけど、ウイルスには、感染した細胞の遺伝情報DNAの中に潜り込んだりするやつもいて、私たち人間の中にもウイルスに由来する遺伝情報もあります。いま、レトロウイルスとおっしゃられたけれど、動く遺伝子でレトロトランスポゾンというものがあつた。人間の全遺伝情報(ゲノム)にはウイルス由来のような配列だけでなく、よく分からない配列、反復配列とかがあるのでですけども、ゲノムの半分近くはそういうものでできているんですよ。

三浦 はい、そうですね。

土屋 私たちの遺伝情報の中には、機能的な遺伝子、動く遺伝子ばかりでできているのではなくて、全然関係なさそうな、昔ジャンクDNAと呼ばれていたようなものもいっぱい入っている。生物の進化を考えたときに、ウイルスとの関係はもう外せないところがあります。ウイルス自体が入ってきたことで、ヒトの機能、生物の機能も変わってきた側面もあると考えれば、ウイルスが何かすごい悪で、排除すればいいと単純にいうことはできません。それは現実的ではないし、それこそ生態系の中の一員として存在している。ウイルスがもつて人間が死んでしまうことは大きな問題です。から私たちは闘っているんですけど、生物が誕生して、進化してきた歴史を踏まえると、ウイルスと生物は共存してきたものと考えても良いのかなと思います。

ウイルス研究の大変さ

土屋 ここで、ウイルス研究をされている三浦先生に研究に特有の難しさについて伺いたいと思います。私は原核生物を対象にしているのと遺伝子操作をやつ

フィルターをかけて外に出ないようにするとか……。研究対象が四段階のどれに属するのかによって、どのような施設でないとだめだとか、そういう決まりがあるわけですね。

三浦 いま物理的な封じ込めの話をしたんですけど、実は生物学的な封じ込めという考え方もありまして、そういう意味では絶対感染しないような縛りを遺伝子操作でもつて、研究対象自体に仕込んでしまうことができます。感染性のウイルス、完全体の感染性のウイルスを扱うときは、物理的な封じ込めをするしかないんですけども、例えばエボラウイルスはBSL4の施設じゃないと扱えない怖いウイルスですが、その外皮タンパク部分の遺伝子だけをもつと安全な別のウイルスに仕込んで、それで外皮タンパク遺伝子の感染性における機能を研究するとかいうことをするとBSL4じゃなくてBSL3でできるとか、そういうやり方もあります。

土屋 物理的に微粒子を逃さないやり方もありますし、もともと材料自体をより危険ではなくする、毒性を弱める方法もあるということですね。

三浦 ちなみに、いま私は新型コロナウイルスの研究を始めました。私はエイズ研究が専門で、エイズの中和抗体の研究をしましたけれど、そこに新型コロナウイルスの外皮タンパクを乗つけたような人工ウイルスで、新型コロナウイルスに対する中和抗体がどんな感じで働くかを研究しています。

ウイルスの利用

土屋 ウイルス研究をしている方の生の声はなかなか聞く機会がないので、すごく参考になる面白い話を伺ってきました。人間にとって悪いウイルスもいろいろありますが、そのウイルス自体を改変して人間が利用していくという場面もありますよね。例えば遺伝子を導入するためのツールとして使われることがあるのですが、

ているのですが、やっぱりウイルス研究に特有の難しさがあるのではないかと勝手に想像してしまいます。

三浦 ウイルスの特徴として、非常に小さくて目に見えないものということがありますね。だから光学顕微鏡では全然見えないという不便さがあります。細胞は顕微鏡で見ることができんですけど、その細胞にウイルスをかけると形が変わるとか、その細胞が死んでいくとか壊れるとか、そういったことで間接的に「あ、ウイルスが増えているんだろうな」みたいなそんな感じなんです。すぐに直接は確認できない。本当に確認しようと思つたらPCRで増幅するかとか、免疫染色をやるかとか、やはり間接的な方法を取らざるを得ないところが、ほかの研究対象に比べて難しいところではないかと思ひます。

土屋 原核生物であるバクテリアを取り扱つても、ある程度の細胞数があつて遠心力をかければ、沈殿として見るができますからね。

三浦 増えればコロナーとしてそのかたまりが寒天培地のの上に見えますね。

土屋 そうですね。培地の上に丸く山になつてコロナーを形成しますし、顕微鏡をのぞけば小さい粒ですけどいのが分かる。だからウイルスみたいに小さなものを扱うのだから、すごく大変だろうと思います。それに、ウイルスを扱うときは、単独だとうしようもないので、感染させる細胞も使わないといけないですよ。そうすると細胞を使いながらウイルスを扱うことをやっていると、実験やつている間にどこかにまぎれてしまつて、変なものも混ざつてしまふような、取り扱いの難しさがあるのではないかと思ひます。

三浦 いつの間にか変なウイルスや意図しないものが混じつちやつていたみたいなことは、ごくたまにですが、やはりあります。

土屋 私も生物を研究していますが、目に見えるものを研究するのはまだ扱っている感じがあるので非常に

その点についてはいかがでしょうか。

三浦 エイズウイルスも遺伝子治療のベクターとしてかなりいろんなところで使われて役に立っている。そういう意味ではただの病気を起こすだけの存在ではなくて、ちゃんと人の知恵でもって有効利用できるツールになっています。

土屋 ウイルスが感染したホスト、宿主に入っている、DNAの中に入り込んでいくというお話がありました。毒性のある部分を除いて、入り込む機能だけを残して、それであとは導入したい遺伝子を挿入することによって、いままでも正常なタンパク質を作らなかつたひとの体の中で、外から入れた遺伝子が正常なタンパク質を作ってくれる、そういう遺伝子治療にも、ウイルス由来のものが使われている。この、DNAの運び手として導入するツールのことをベクターと呼びます。ウイルス由来のものであったり、輪っか状のDNAだったりします。私も昔、学生時代に大腸菌に感染するラムダファージ由来のウイルス性のベクターを使って、遺伝子をスクリーニングをしていた覚えがあります。最近は大腸菌にラムダファージを感染させる実験なんでもう学生にも教えないし、そういう実験をやることもなくなってきました。しかし、遺伝子治療のような応用面だけではなくて基礎研究においてもウイルス由来のベクターは有効利用できるツールであるというのは、われわれ研究者にとっては結構よく知られていることですが、あまり一般人には知られておらず、ウイルスといえば悪者というイメージがあるので、このような話題は必要かなと思いました。

ヒトとウイルスのこれからの関わり

土屋 今回、ウイルスとはどんなものかという話から、ウイルスの発見の歴史、ウイルスの役割、これについては生態系や進化に関しての役割についてもお話しただけでしたし、ウイルス研究は大変だということも

伺えて、とても有意義だったと思います。最後に、ヒトとウイルスはこれからどういう関わり合いを持つていくのかという話題で締めたいと思います。

三浦 ヒトとウイルスは、いままでもそうであったように、これからもたぶん切っても切れない関係だと思っています。病気を起こすウイルスは困るから、私たちウイルス研究者は病気を起こさないように、また病気を起こしたら治すにはどうすればいいかという形で研究を進めていくわけですけど、関係性は切れないということですね。

いままでも実は撲滅できたウイルスが、ヒトの病気で一個だけある。天然痘です。天然痘は非常にもう歴史が古い、昔からある病気でですけど、その天然痘のワクチンがものすごくよく効いて撲滅できたので、そのワクチン自体はもう作っていない。我々の世代は子供のころ、肩のところにちよんちよんとやったワクチンですけど、いまの子供たちは全然やっていない。もう撲滅宣言をWHOが出しましたから。あともう一つ、家畜の病原体で、牛疫というウイルス疾患があつて、それも撲滅できたということになっています。

ただ、ヒトの病原体ひとつ、動物の病原体ひとつ、撲滅に成功した。それは輝かしいことでありますが、その二つだけなんです。ほかはもうたくさん、何百とあるウイルスはずつとしままでも存在していたし、これからも存在し続けるであろうと思われまます。でするので、そういった関係性の中でわれわれは生きていかなければいけない。

新型コロナウイルスを何とか撲滅しようという論調で考える人がいますけれど、無理だろうなと思う。やはり共存していかなければいけない。どういった形の共存の仕方があるかという方向で考えていかなければいけないと思います。私は集団免疫派なので、集団免疫を作つて、感染しても重症化しない人が増えて、なんとなく下火になっていく、そういうことを目

ウイルスと進化

久代 久代と申します。ヒトの動きや行動について研究しています。いろいろなお話を伺つても勉強になりました。「ウイズコロナ」というキャッチフレーズがよく言われていますけど、ウイズ以上に有益なことはないのかなと漠然と思っていました。結構そういうものがあるということが驚きでした。特に胎盤ができるためのウイルスが存在するというお話が衝撃的で、もう少しお聞きしたいと思いました。個体レベルで、女性が生まれてから成人するまでになんらかのかたちで感染して、それによって胎盤ができるような仕組みがあるという理解でよいのでしょうか。

三浦 いわゆるウイルス感染によつてではなくて、もっとずっと大昔に入り込んだウイルスが、もう遺伝子として機能しているという話です。

久代 大昔に感染していた……。

三浦 いつか感染した時はあつたと思いますが、そこで潜り込んだウイルスのある遺伝子がいまわれわれの胎盤形成に役立つ遺伝子として機能しているということですね。

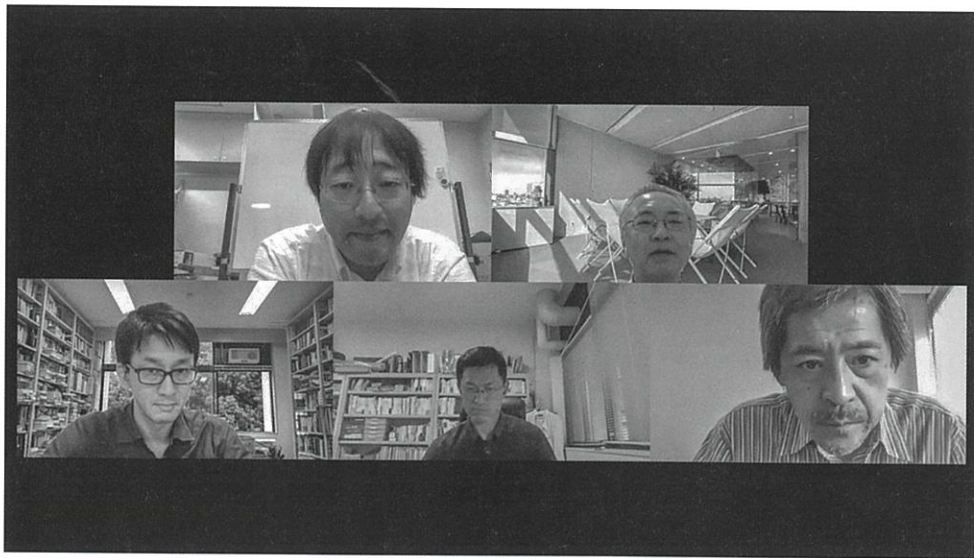
司会 人類の系統という問題にもなりますよね。どこかでウイルスが入つて胎盤形成できる遺伝子を持った。そこからは同一の発生の仕方をしていままで至っている。つまり、われわれの祖先をずっとたどると、どこかでそのウイルス感染した女性にたどりつく……。
土屋 人間ではないと思います、たぶん。
三浦 そうですね、人間になつてからではなくて、人間になる前の時点ですね。

土屋 有胎盤類という分類がありますが、人間も含まれますね。サル以前のもつと前の進化の段階でたぶん獲得して有胎盤類というのができた。有袋類は、ほとんどはオーストラリアについて、袋持っている動物です。オーストラリア以外の動物はほとんど有胎盤類が支配しており、オーストラリアだけが有胎盤類に侵されず

指すのが現実的ではないかと考えます。

質疑応答

司会 ありがとうございます。土屋先生に作っていただいた項目に則していただいたお話していただけたと思います。ここからは久代先生と薬山先生に、素朴なものでもいいですから質問を出していただければと思います。



上段は右から、三浦、土屋。下段は右から、細見、久代、薬山。

久代 そもそもウイルス自体は動かないわけですよ。三浦 そうですね。運動機能は持っていませんね。

久代 そういう意味では人間、動物、生物のほうが可能に動いて、ウイルスは受動的な存在であると。

三浦 あるいは電気的なチャージで何かこうスワッピングさせられていくとか、そういうことはあると思うんですよ。

久代 受動的な存在なのにそうやって生き延びていく……。三浦 ウイルスのほうもそういう戦略を磨いていると思います。例えば膜上にどんなチャージの外被タンパクを持つていけば、その目的の細胞に引き寄せられるような性質を帯びるかということはあると思いますね。

久代 そういった戦略がうまくいかないと淘汰されていくということでしょうか？
三浦 うまい戦略を獲得したものは増えます。ウイルスはあつという間に増えますから、有利なものが一気に増えることはある。その病原体に対して病気がならないように、一度感染すると免疫ができて抗体とかできるんですけど、その、病原ウイルスに対してできた抗体は、ある特定のアミノ酸、九個分とか十個分を認識して、結合してウイルスを失活させるんですけど、その認識する部分を変異させて抗体がくつつかないようにする。そういうウイルスだけがいつばい増えてくる。それをエスケープ変異といいます。そういう現象はよく知られています。あと、抗体が認識するアミノ酸配列そのものの変異だけじゃなくて、何か全体的な形で抗体が結合するところを別なところでカバーして抗体が到達できないようにするとか、そんなこともやっている。結果的にそうなっているということだとは思いますが、非常に戦略的なことをしていますね。

久代 それと、土屋先生がおっしゃった、細菌もウイルス感染するというお話はとも気がなりました。例えばある特定の細胞に複数のウイルスが入り込んで、

ウイルス同士の干渉が起きたりはしないだろうかとか、それによって、ヒト中心で考えるとネガティブなこと、あるいはポジティブなことが起きる、なんてことはないのだからかと思いました。

三浦 ウイルス同士の干渉はあります。現象として知られています。特に共通の受容体を使うウイルス同士は、受容体の取り合いをするので干渉します。それから、同じ細胞に違うウイルス同士が感染して、遺伝子の組み換えが起こることがあります。

久代 違う鍵穴にそれぞれが入り込むみたいな感じですか？

三浦 それぞれが入るんだけど、中で組み換えが起きる。まったく違うウイルス同士は組み換えはしないというか、組み換えしてもたぶん機能しないと思うんですが、親戚同士ぐらいのウイルスだったら、組み換えを起こして、一方が使っていた受容体をもう一方のウイルスが使うようになるとか、そういうことは現象としてありますね。

久代 先ほどおっしゃっていた中和抗体というのはそういうものと関係があるのですか？

三浦 抗体を作るのは宿主の方です。中和抗体の絡みでいうと、中和されるウイルスと中和されないウイルス同士でまた組み換えが起こって、いわゆる病原性が高くて中和されないウイルスができるとか、そういうことが起きる可能性があります。だから病原性の強いウイルスに対して中和抗体をせっかく作ったけど、病原性は低けれど中和されないウイルスと組み換えを起こして中和されなくて病気を起こすウイルスができてしまったりします。

ウイルスと環境破壊

兼山 兼山と申します。イギリス演劇を研究しています。素人の視点では現代になってやっかいなウイルスが多いような印象があるのですが、人類がそうした未知のウイルスに接しないでおくことは可能なのでしょうか？

作れないと言いましたけれど、誰も知らないウイルスを見つけた誰かが、それを武器として、生物兵器として開発したとしたら、それはちよつと分らないという話になります。

兼山 社会はそういうわずかな可能性も考えながら動いていくべきなのでしょうが？

三浦 それをどう防ぐかという問題はなかなか難しいです。自分でできることとして、軍事開発であろうと自然界のどこから新興感染症として出てきたものであるかと、新しいものに素早く対応できるように新しい技術革新と言いますが、そういうことは常に考えています。今回の新型コロナウイルスに関しては、実は中和認識部位というのはかなり早い段階で分かっています、それに対する抗体を人工的に作るテクノロジーもすでに開発されています。ものすごく短期間で中和する抗体ができるという話も、割と最近、ニュースになっていったと思います。

兼山 そういった技術革新は次代に出てくるであろうウイルスの予測のようなものがあるのでしょうか？それとも全体をフラットに見て網羅的に素早く解析するといった技術なのでしょうが？

三浦 どちらかという網羅的な対応をするということとです。どんなものが来たとしても、それをカバーできるバリエーションを持った抗体ライブラリーというのがもうすでにある。もうそういうのを作っている研究所があり、研究者がいます。だからやろうと思えば四日ですみました、みたいなことが最近、ニュースになっていました。今回、新型コロナウイルスとはいいつつも、七番目のコロナウイルスですから、人類に例えば軽い風邪を起こすコロナウイルスが四つくらいあって、SARSの最初のコロナウイルスと割と似ている。そこから、この部位に対する抗体ができれば中和するだろうというのはある程度予測できて、それに対する抗体ライブラリーをスクリーニングすると、四

知のウイルスに接しないでおくことは可能なのでしょうか？可能だとしたらどういったことを念頭に社会が動くのが望ましいのでしょうか？

三浦 新興感染症がどこから来るかといったら、野生動物から来ることが多いです。だから、理屈で考えれば、野生の動物を捕まえて食べなければ、そういう機会はぐつと減ると思います。ただ、それを制御するのはなかなか難しい。ヒトの営みですから文化的な問題がありますからね。例えば日本人がクジラを捕るのを外国人が見てやめるといつてくるような、そういう難しさが関係してくると思います。

兼山 そうなると、新興ウイルスが出現し、それと闘うといった繰り返しにならざるを得ないのですか？

三浦 そういうことになりましたね。われわれができることは、とにかく新しい新興感染症が出てきたら病原体を特定して、それに対する治療法やワクチンを開発するということです。あるいは中和抗体が効くかどうかを研究して治療に役立てる、そういう流れになります。

兼山 環境破壊も未知のウイルスが人間社会の中に入ってくる原因なのでしょうが？

三浦 そういう例が多いと思います。野生がすごく濃いようなところに人間が入り込んでいくことによって、病原体をもらってしまうということですからね。開発された都市の中でいきなり病原体が発生することはまずあり得なくて、自然環境にいる野生の動物から来ます。ということは、やはり環境破壊がそこに繋がってくると考えられます。

兼山 なるほど、それは憂うべき事態であると同時に、人間に対処可能なエリアともいえませぬ。一方で人間が恣意的に危険なウイルスを作ることはどの程度可能なのでしょうが？

三浦 確かに今回もそういうことがいわれていました。かなり難しいと思います。われわれウイルスの専

日くらいでもうビックアップできますみたいなふうになっていますので、次からはたぶん、もっと早く対応できるだろうと思います。

兼山 そのうち人類が太刀打ちできないようなウイルスが出るんじゃないかと、ニュースを聞くたび心配になります。そういう技術をもつてすれば、一週間ぐらいでウイルスの正体もだいたい分かり、対応策も迅速に出来上がってくるのですか？

三浦 そういう方向で技術革新されているのは間違いないです。ただ、まったく新しいものだと、どこが中和認識部位かいうところから攻めないとけないので、もうちよつと時間がかかるかもしれません。ただ、ものすごくカバーできるバリエーションを持った抗体ライブラリーなので、だいぶ見通しは明るいと私は思っています。

兼山 今回の新型コロナウイルスについては、報道においてときどき弱毒化する、しないみたいな話が出てきます。一八世紀イギリスでダニエル・デフォーが『ペストの年の記録』という、半分フィクション、半分ノンフィクションの作品を出版していますが、最後の展開で医者が出てきて、最近のペストは勢いが弱くなっているから大丈夫といっていたら、本当にサーッと引くように治まっていき、デフォーはこの突然の変化を神の導きと描写し、宗教的な視点へと読者を持っていきます。新型コロナウイルスのようなウイルスでも弱毒化は起こり得るのでしょうか？

三浦 実際にそういう例は多いと思います。ウイルス側の戦略としては生き残りたいわけですから、生き残りやすいウイルスが生き残っていくと考えたときに、宿主を殺してしまうと、その宿主に感染しているウイルスも死滅します。それから病原性が強いと宿主が動き回れなくなりますね。そうすると感染が広がらない。だから、病原性が弱くて感染力の強いものの方に淘汰の圧力が働く。不顕性感染で、病気を起こさ

門家からすると、難しいですね。すでにあるもの同士を組み合わせてなにかできるか、ということがやれそうですね。今回みたいに、これまでに知られていないウイルスをいきなり作るのは無理ですね。もしヒトが作ったとしたら、すでに分かっているもの同士の組み合わせにならざるを得ないので、まったく新しい、いままでも知られていないゲノムを持ったウイルスをどこかの研究者が作ったということはまず考えられないです。

司会 私はドイツの思想を研究しています。二〇世紀の歴史で言うと、不幸なことに飛行機の開発も戦争とずつと繋がっていますね。もともと爆弾を落とすための飛行機だったものを旅客機という形で交通機関に変えていく。あるいは原爆という形で開発したエネルギーを原子力発電に変えていくとかですね。軍事的な要請とそのあとの応用という流れで、どうも軍事のほうから先行する形で進んできた歴史がありました。小松左京の『復活の日』という、私の子供のころよく読まれて映画化もされた小説があるんですけど、あの中では、宇宙からやってきたウイルスをイギリスが加工して作ったものを、ひそかにどこかの国が買い取ろうとする。そしてそれを運ぶ途中、スイスの山中で飛行機が墜落する。そこから三ヶ月か四ヶ月でそのウイルスが地球にざつと広がっていった、ほとんど人が死んでいく。最後には南極の一人しか残らないという筋書きです。その小松さんの小説でも、武器としてのウイルス開発が原因になっていて、そういう事態に対する強い危機感を小松さんは持っていた。そういう問題は、いまこの地球上ではあまり考える必要はないと思っただけでよろしいですか？

三浦 そういうことをする人がいたら分らないということですね。その意図を持って武器として開発しているところがあるのかどうか。表には出てこないですけど、少なくとも。先ほど、まったく新しいウイルスは

ないウイルスが広まって、免疫がみんなについて集団免疫ができたなら、それはもうみんなにワクチンを打っているのと同じということになって、なんとなく終息している例が多いと思います。

司会 小松左京がいうような南極大陸一人だけを残して人類絶滅というのは、ウイルスにとってもいいことではない。

三浦 はい、そうですね。

土屋 先ほどのペストの話ですけど、ペストの病原体はウイルスではなくて細菌ですね。ただ、いまウイルスの話で出てきましたけど、ウイルスと細菌でたぶん同じような傾向があるとは思いますが。

三浦 そのあたりの理屈、淘汰の圧力は同じように働くと思います。

兼山 さきほどの集団免疫に関して、例えば台湾とかニュージーランドは集団免疫とは逆の発想で大規模な感染を食い止めています。大きい国だとやはり難しいことなのでしょうが、あるいはそもそも徐々に感染していくほうが感染症対策としては現実的なのでしょうか？

三浦 小さい国だったらコントロールしやすいからそれができてしまったわけですけど、今後その状態を維持するのは大変だと思っただけで、もう国交せずにとずっとこれで行くんですか、外国人を受け入れないんですかという話になっちゃうので、一時的に成功したけれど、これからそれを維持するのは難しいんじゃないかなという感じがですね。

兼山 世界的にウイルスが弱くなる状況を仮定すると、そういう国でそれから感染しても軽症で終わる可能性はあるのでしょうか？

三浦 そういうことはあるかもしれないですね。弱毒化して、風邪と同じコロナウイルスみたいなもので、みんな普通の風邪程度ですんじやうという状況になれば開国してもいいということですね。

司会 そここまで考えた政策だったかどうかはともかく、集団免疫のほうにいたり、ロックダウンのほうにいたり、いろいろありましたけど、ある種最良のプログラムを考えていくしかないですね。いま言われていることをどう組み合わせていくかということになるでしょうね。そのあたり、具体的な方向性が分かってきた感じがして、その点でも私は今日かなり有益なこと、自分にとってプラスなことを教わったと思っています。ところで、三浦先生ご自身がウイルス研究に入られたきっかけはありましたか？

三浦 ウイルス研究を始めたのは大学三年生からです。三年生で獣医学科に進学して、動物病院で猫の白血病の研究を始めたという感じですね。

司会 ウイルスが原因だったわけですか、その白血病は？

三浦 猫の白血病の多くはネコ白血病ウイルスで起きます。私はその白血病を起こすウイルスの研究から入りました。大学で所属した研究室の研究テーマとしてウイルス研究に入ったということですけど、その前から生きものへの興味はもともとあったから、そういうアフィニティはあったと思います。

司会 獣医学に進まれたこと自体、先生の興味・関心がそこにあつたわけですね。

三浦 動物への関心がもともとあつて、その中で獣医学ですからね、動物の病気、その中でも感染症、感染症の中でもウイルスで起こる白血病という、そんなふう

司会 そのことと比べると、ウイルスの研究はずいぶん進んだ感じですか。

三浦 分子生物学がものすごく進展しましたからね。当時、遺伝子の配列を決めるなんていったらものすごく大変だった。いま、かなり自動化されていて、チューブで仕込んで機械にセットすれば、何時間後かにはもう何百塩基も読めちゃうんですけども、昔は大

変でした。ゲルで電気泳動してラダーをもう本当に一個一個読むため、何日もかかりました。そういう技術革新はものすごくありました。

ウイルスを正しく怖がること

久代 最後に一つ、お伺いしているんですか。三浦先生のこれまでのウイルス研究のご経歴の中で、このウイルスはすごいなとか、ウイルスのこの性質はすごいなと思われたこととかもしあつたらお聞かせいただけたいです。

三浦 私が研究しているのは基本的にはレトロウイルスで、ヒトに病気を起こすレトロウイルスは白血病を起こすヒトT細胞白血病ウイルスと、それからよく知られたエイズウイルス、つまりヒト免疫不全ウイルスの二つです。私のメインはいまエイズウイルスを研究していて、最近の研究が非常に印象的です。エイズウイルスの中和抗体の研究をしていると、ヒトはそのウイルスに対して中和するような抗体を作って防御しようとするんですが、それに対してウイルス側は中和されないようにいろいろ変異していくんです。いままで知られていたのは、その抗体というのは、先ほどもいったように、アミノ酸だいたい一〇個分ぐらいの配列を認識します。そこに結合してそのウイルスを失活させるのが基本的な働き方です。いままではその一〇個の配列の一、二カ所を変異させて抗体がくっつかないようにするというのが基本的な戦略だったんですけど、重要な機能に関係するところはそう簡単に変異できないから、そういうところに対する中和抗体ができるとうウイルスにとってはアキレス腱をやられてお手上げになるわけですが、そのアキレス腱が全然変わっていないのに中和抗体が動かなくなるといことをエイズウイルスがやっていることが最近分かってきて、ウイルスには頭脳はないわけですが、なんて頭のいい方法をやっているんだと思います。全体的な形を変え

てその大事なところをカバーしているんですね。

久代 アキレス腱のようなところが分散しているみたいな感じでしょうか？

三浦 分散じゃなくて、周りでそこを守るというイメージですね。アキレス腱を狙われて、そこに抗体がくっつくと終わりだったんだけど、でもそこを変えちゃうとウイルス自体も機能できなくなるから変えられない。だから周りの形を変えてアキレス腱を包み隠すような全体的な構造変換で防いでいる。しかも、隠しっぱなしだと感染する時にそこは必要なので、感染する瞬間にはそこを開けないといけない。だから感染する瞬間はちゃんと開けるけど、普段は包んでいる。

久代 すごい。

三浦 なんて頭のいいことをするんだ、このウイルスは。そういうことが最近のマイブーム、感動したところですよ。

司会 生命の意志みたいなものをどうしても感じてしまいますね。

三浦 合目的性というか、そういうことをやりますね。私からも最後の質問として、新型コロナ対策で三浦先生ご自身はどういうことをなさっているのか伺ってよろしいでしょうか？

三浦 マスクをして、ペットボトルでお茶を持ってこまめに飲むとか、そんなことをやっています。これはもう新聞記事になっているからいいともいいと思うんですけど、京都の宇治の茶業研究所というところと共同研究で、お茶の成分がコロナの感染を抑制するかどうかという研究をしています。まだ結論は出ていないし、勝手にしゃべってもいけないので、いま調べているところまでしかいえないんですけど、少なくとも乾燥すると感染しやすくなるので、常に湿らせる。それから洗い流すのは少なくとも効果があるだろうということ、私は電車の中でもお茶をこまめに飲んで

司会 緑茶に可能性があるとしたら、私の母はとても喜ぶと思います。秘密情報として伝えておきたいと思っています。

桑山 紅茶でも大丈夫でしょうか。

三浦 カテキン類がインフルエンザを抑制するのはもう報告されていますので、新型コロナウイルスにも効くんじゃないかということ、いま研究を共同でやっているということ、だから紅茶も効果の可能性はあると思います。

桑山 紅茶好きな人間としても嬉しい秘密情報です。イギリスではすごく紅茶を飲むのですけれど感染が収まらないのはやはり感染には多様な要因が絡んでいるのですね。

三浦 日本とかアジアで少ないのはなぜか、いろいろいわれていますけれど、実際のところはこれという答えはまだなかなかない。だから、お茶が防いでくれているという結論にはならないと思います。でも、こまめに喉を湿らせることには間違いなく効果はあると思うんです。喉がカラカラの状態にならないようにするのは大事ですね。こういう呼吸器感染症の予防策としては、とにかく手洗い、うがいはもう基本です。ただ、手洗いにしてもうがいにしても、流しじゃないとできない。ペットボトルでお茶を飲むのはどこでもできます。そういう意味で、電車の中でも、何かちよつと隣の人、咳して嫌だなと思った時にすかさず飲むとか、そういうことができますね。

桑山 胃腸に流れても大丈夫なのですね。

三浦 胃腸のほうに行くと胃酸でウイルスが失活しますので、胃に流したほうがいい。消化器感染症じゃないと呼吸器感染症のウイルスなので、気道のほうに入っていくと感染する可能性がアップしますので、消化器系のほうに流したほうがいいです。

司会 そろそろ時間です。土屋先生締めをお願いします。

土屋 私は生物、生命科学をあまり知らない人よりはウイルスについて分かっているほうなのでですけど、実際に研究の難しさなどは全然分らないので、生物や生物に関わるもの不思議、面白さをあらためて知ることができたような気がしました。

司会 三浦先生、ありがとうございました。最後に、読者の人たちに向けたメッセージみたいな感じで、あらためてウイルスと人類で一言お願いできますでしょうか。

三浦 絶対的な撲滅を目指すのは現実的ではないと思うんですけど、だから共存していく際に、経済的なことも加味して、いかに落としどころを探っていくか考えないといけない。感染症対策の基本的な考え方としては、恐れ過ぎてもいけないし、油断というか甘く見過ぎてもいけない。正しく怖がるというその落としどころですね。そこをきちんと探っていくことが大事だと思います。