

食が変われば、すべてが変わる。

自然栽培

知れば知るほど、ワクワクが止まらない。
あなたも、地球も

「菌」で

できているよね。

人類が生き残るために知っておきたい
善も悪もない「微生物」の世界。

微生物に守られて生きる

「人」と「土」

自然がすぐとなりにある暮らし

畜産から考える

うんちと土のはなし

大豆で豆腐をつくる

一粒一粒が愛おしすぎる

金ごま

—新連載—

さとうみつろう

みつちゃんのイイモノひろめ隊

人類が生き残るために知っておきたい

善も悪もない 「微生物」の 世界。

地球は、微生物からなる「集合体」。
水のあるところ、土のあるところはもちろん
私たちの身のまわりや、体のなかも微生物で満ちている。
微生物とは、細菌、菌類、アメーバなどの原生動物、
ウイルス(*)も含めた、

顕微鏡でしか見ることができない生物の総称だ。
私たちの体内に宿る「菌」の数は100兆個とも、
1000兆個ともいわれ、体を構成する細胞の数
37兆個よりもはるかに多い。

そしていま、私たちの体で、菌たちが、
急速にその多様性を減少させはじめている。
いったいなにが起きているのか、
菌たちとどのようにつき合っていきたいのか、

『抗生物質と人間』の著者であり、
『失われてゆく、我々の内なる細菌』の
翻訳者でもある長崎大学熱帯医学研究所教授、
山本太郎さんが語る。

構成／編集部 イラスト／岸田真理子

自分のなかに、100兆を超える微生物が宿っていると聞いたら、どう思うでしょう。

ヒトは、約37兆個の細胞からできていることがわかっていますが、実は細胞の何倍もの微生物と共生していることで私たちの体は成り立っているのです。微生物とは主に菌ですが、これらの菌がいなくなったら私たちは生きていけません。1割くらいはいなくなっても生きていけるかもしれませんが、ある域値を超えていなくなったら、かなりまずい状態になると思います。

私たちが生命活動を維持していくために、菌をはじめとする微生物が重要な役割を担っているという事実が、近年になって少しずつ認識されるようになってきました。一緒にいるのが当たり前すぎて、その重要性を考えてこなかったと言えます。それどころか、菌を「病原菌」「バイ菌」とみなして、やつつけるほうを優先してきました。

子宮のなかは無菌状態。初めて菌と出会う場は？

そもそも私たちはどのようにして菌と出会うのでしょうか。

体内で、最も多くの微生物がいる場所は腸のなかです。女性の場合、腸の隣りに子宮がありますが、子宮のなかは基本的に無菌です。生命を授かり子宮内で成長していく過程では、胎児も無菌状態で発育します。子宮が破水して、胎児が産道を下りてくるときに初めて菌と接触します。細菌ワールドとの出会いです。最初に出会う菌は、お母さんの産道にいる菌です。それが帝王切開の場合は、いきなり外界にある菌と出会うことになります。そのあと、お乳を飲んだり、離乳食を食べたり、生育過程で出会うさまざまな菌を共有することによって時間が経つにつれて、差異はなくなっていくと思いますが、それでも、産道を通る場合と帝王切開の場合とでは、最初に出会う菌が異なるということに違いありません。

体内にいる「常在菌」はすべて外からやってきた。

生まれてからだいたい3歳くらいまでのあいだに、体内に、必要とされる基本的な菌やその近縁種が取り込まれます。それらの菌は、皮膚、口腔、鼻腔、耳腔、食道、胃、腸などを棲家にする「常在菌」として、生涯を私たちとともにします。とくに、腸内にあるさまざまな常在菌の集合体は「腸内細菌叢」^{さいきんそう}「腸内フローラ」と呼ばれて知られるようになります。ただ、現在では、常在菌の集合体は「マイクロバイオータ」と呼ぶほうが正しく、また、常在菌の集合体が、宿主で

(*) ウイルスは、他の生物の細胞を利用して自己を複製させることのできる微小な構造体で、厳密には微生物ではない。

100兆以上の菌と暮らしている“私”は、 いったい、どこからどこまでが“私”？

あるヒトと関わりながら行う生命活動全については「マイクロバイオーム」という言い方をするようになっていきます。マイクロバイオームについては、まだわかっていないことのほうが多いのですが、確かなことは、菌それぞれが生命だということ。呼吸し、移動し、食物を摂取し、老廃物を排泄し、敵を防御し、自らを複製していきます。

まったく無菌の状態で生まれた私たちが、いつの間にか肉眼では見えない100兆を超える菌と共生している。しかも、自ら生み出したものはなにひとつなく、すべて外から取り込んだもののなのです。実に驚くべきことだと思いませんか？これはヒトに限ったことではなく、ネズミからゾウのような哺乳類、トカゲやヘビなどの爬虫類、サメ、ヒトデにいたるまで、あらゆる生きものにそれぞれのマイクロバイオームが存在しているのです。

言い換えれば、ヒトも、そのほかの生きものも、外からやってきた菌をはじめとする微生物たちが棲み着いてくれるから、生きていくことができるのです。私たちは微生物にとつての宿主ですが、お互いに生きていくための共生関係にあるため、実際にはどちらが「主」ということもないのかもしれない。

常在菌に限らず、日々のなかで周囲に生息するあらゆる微生物を取り込みながら、協調と競争、攻防を繰り返しているのが私たちなのです。しかも、これらの微生物たちはバラバラにはたらいっているのではなくて、ある種のネットワークを築いていると考えられています。細菌やウイルスがお互いに関係し合い、宿主ともコミュニケーションをとっている。

私たちは、これまで「私」というものを独立した個別の存在と考えるようになりました。しかし、「私」は「個」ではなく、生まれて間もなく私たちの外からやってくる「微生物の集合体」として構成されていくのです。そう考えると、いったいどこからどこまでが「私」なのか、その境界が曖昧になってくる気がしませんか？

古代から共生してきたピロリ菌は「悪者」だから根絶？

先述したように、いままでの医学は、悪いものを見つけて消滅させることが優先されてきました。過去、医学では1800年代、つまり細菌学者のパスツールやコッホ(*)の時代からずっとそうでしたし、それはいまでも変わりません。たとえば、ガンが見つかればそれを取る、消滅させるのが医学です。これはある側面では間違っていない。しかし、物事には常に別の側面があることも事実です。

ピロリ菌という菌があります。正式名はヘリコバクター・ピロリで、発見されたのは1979年でした。この菌は主にヒトに寄生し、胃壁の厚い粘液層に棲む常在菌として、古代から私たちと「共生」してきたことがわかっています。

胃のなかには胃酸による強酸性状態のため、通常の菌は生き続けることができないと考えられてきました。しかし、ピロリ菌は酵素によってアンモニアをつくり、自分の周囲を中和させて身を守り生存します。このピロリ菌は私たちと共生する一方で、アンモニアや毒素を発生し、胃の粘膜を傷つけて炎症を起こすことが明らかになっています。慢性胃炎や胃潰瘍、十二指腸潰瘍、さらには胃ガンとの因果関係が発表され、1994年にはWHOがピロリ菌を「第1級発ガン性微生物」に指定しました。「悪者」のレッテルを貼られたピロリ菌は、いまや除菌することが当たり前となっているのです。

(*) ルイ・パスツール(1822~1895)はフランスの生化学者・細菌学者。ロベルト・コッホ(1843~1910)はドイツの医師・細菌学者。

いなくなってみてわかる菌の両面性

ところが近年になって、このピロリ菌にもある種の役割があることが、アメリカやドイツの研究グループの調査でわかってきました。まず、ピロリ菌が起す「炎症」が問題にされてきたわけですが、この「炎症」が必ずしも悪いことではないということなのです。炎症が胃のホルモンに影響を与えて、胃酸の調整が行われていること。また、炎症が胃壁を厚くすることによって、年をとるにつれて胃酸の量が減っていき胃潰瘍になる可能性も減るということが挙げられます。しかし、子ども時代にピロリ菌を取り込めなかった人、抗生物質によってピロリ菌を根絶した人は、年齢を経ても胃酸の量が減ることなく、これが食道に逆流して、胃食道逆流症(*)を引き起こす可能性があるのです。

このほかにも、ピロリ菌が免疫細胞にはたらきかけ、喘息やアレルギー反応にも抑制的、または予防的にはたらくという研究結果もあり、これらは一つの菌が両面性、もしくは多面性をもつという、わかりやすい例と言えるかもしれません。ちなみに、ピロリ菌はいまやすべての人がもっている菌ではありません。アフリカやアジア、ラテンアメリカではほとんどの人がもっていますが、先進国では減っています。アメリカでは、20世紀初頭に生まれた人の多くがピロリ菌の保有者でしたが、1995年以降に生まれた人ではその割合が6%を下回っています。日本では約半数の人が保有者ですが、50歳以上ではその割合は80%と高く、10~20代では20%にまで下がっているという調査もあります。

ピロリ菌といっても、強い毒性をもつものも含め多様な種類があるのですが、この種類も減少傾向にあります。古代からヒトと共生してきたピロリ菌は、ここ数十年のあいだに除菌の対象となり、絶滅に追いやられていると言っても過言ではありません。

(*) 胃食道逆流症は、胃酸を多く含む胃の内容物が食道内に逆流して起こる病態。症状などにより、逆流性食道炎と非びらん性胃食道逆流症に分けられる。

急激に起きている微生物の喪失

近年、研究者のあいだで「失われゆく細菌やウイルス」の存在が注目を集めています。

腸内細菌に着目すると、人類の歴史のなかで大きな変化は過去二度あったと考えられます。一度目は人類が火を使い料理をするようになったとき、二度目は農耕が始まったときです。

火を用いるようになったのがいつからだったのかは諸説あり、石器を使うようになった時代とも言われています。いずれにしても、それまで生食だけだったものが、加熱することで消化がよくなり、食のバリエーションが増えるなどして、摂取カロリーも増加したのではないのでしょうか。二度目は、1万年ほど前に始まった農耕の影響です。動物性タンパク質を主食とした生活から、農耕による炭水化物を主食とする生活になりました。これら二度の変化によって腸内細菌の構成は、それまでとは大きく変わったはずですが。

そしていま、三度目の大きな変化が訪れています。それは、私たちの体内に棲む微生物が失われつつあるという変化で、しかも、過去50〜60年という、ごく短い期間で急激に起きているのです。その大きな原因のひとつとされているのが、「抗生物質」です。

世界初の抗生物質は、1928年にイギリスの細菌学者アレクサンダー・フレミングが発見した「ペニシリン」です。この発見は医療を大きく前進させました。かつて死にいたる病だった肺炎は、ペニシリンによって治療が可能になりました。1943年には結核の治療薬として抗生物質ストレプトマイシンが開発され、以降、次々と新しい抗生物質が開発されて現在にいたっています。

1900年には世界の平均寿命は30歳でしたが、2006年には66歳を超えました。同じく1900年、日本人の平均寿命は40歳でしたが、いまでは80歳を超えています。

かつては助からないと思われていた数々の病気の克服に、抗生物質がもたらした恩恵は計り知れないものがあります。しかし、先述したように、物事には常に別の側面があります。医療の救世主と思われていた抗生物質も例外ではなかったのです。

抗生物質の使いすぎが招く人類の危機

抗生物質の問題点は、主に二つあります。一つは、抗生物質を大量に投与していくと、「耐性菌」ができるという問題です。「耐性菌」とは、抗生物質を使い続けることによって、耐性ができて抗生物質が効かなくなる病原菌のことです。

もう一つは、抗生物質がターゲット以外の菌も無差別に殺してしまうことで、有用な微生物まで殺してしまう可能性があるという問題です。

抗生物質には、ターゲットを狙い撃ちする「狭域性」の薬剤と、多くの菌を無差別に殺してしまう「広域性」の薬剤があります。医療現場では、症状の原因を見極めるのが困難な場合、広域性の抗生物質が投与される傾向があります。これによって菌の多様性が損なわれることはもちろん、殺される菌の種類が多いので、それが繰り返されていけば、当然、耐性菌の種類も増えることになります。

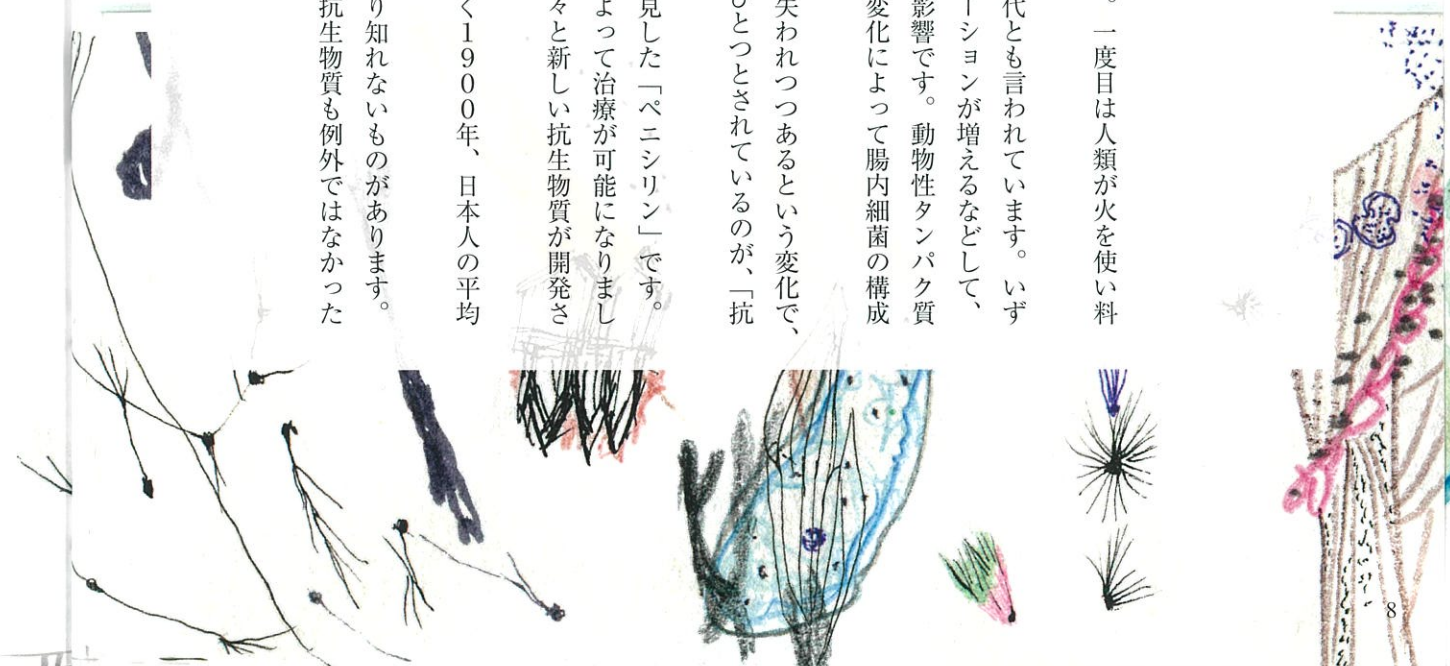
ここで起きてくる問題はなにかというと、ほとんどの抗生物質が効かない耐性菌「多剤耐性菌」が出現することです。そして、それはすでに起きているのです。今年4月、米疾病対策センター（CDC）が、同国の保健局から提出された薬剤耐性菌のサンプルを分析した結果、すべての抗生物質に耐性をもつ「スーパー耐性菌」が出現する可能性があるという警鐘を鳴らしています。

病気になるっても薬が効かない。打つ手立てがない。そんな危機的状況が迫っているのです。

次世代のことも考えて使い方を考えていく

この問題を解決するために一番いいのは抗生物質を使わないことです。ただ、抗生物質にも良い面がある。使わないに越したことはないけれど、使わなかったらたくさんの方が亡くなるのもまた事実です。ということは、本当に必要な場合に限って使っていくというように、使い方を考えていくことが現実的な解決策ということになります。

これは、現場の医師だけで解決できる問題ではありません。医療現場では、患者自身が抗生物質を求めている、という現状があります。たとえば、ウイルスには抗生物質は効かないのに、インフルエンザや感染性胃腸炎（ノロウイルス）のようなウイルス性の感染症であっても、患者のほうから抗生物質の処方求められるケースがかなりあることも確かです。



抗生物質が万能ではないことを理解して、正しい知識を医師と患者の双方が共有する必要があります。できるだけ多くの命を助けながら、問題を最小化していくためには、その中間にしか答えはありません。使い方を考えていくことは、次世代に、抗生物質の潜在的可能性を残すことにつながります。我々の世代で抗生物質の利点をすべて享受してしまうと、次の世代にはその恩恵を残せなくなってしまうかもしれません。

良い悪いは、全体の構成や状況で変わる

微生物の世界は、さまざまなことを教えてくれます。

菌のもつ両面性を、私たちの社会に置き換えてみましょう。いいやつだと思っている人にも嫌な面があり、またその逆もある。どこから見ても、誰から見ても、絶対的にいいやつはいないというのは、菌の世界と同じようなものだと思います。また、菌を一つひとつ見ていくだけではわからないこともあります。つまり、その菌を含む全体の構成を見る必要があります。たとえば、一つの菌が失われたとしても、ほかの菌がその役割を担うことがあります。ですから、個々だけでなく全体のすがた、コミュニティのありようを見ることも重要です。

このことについて、私は、昔読んだSF小説を思い出します。それは、ナポレオンについての話でした。タイムマシンに乗って、ナポレオンが歴史上に存在しないように画策するという話です。主人公は、ナポレオンがいなくなれば、ヨーロッパで戦争が起きて人がたくさん死ぬことはない、と考えたのです。タイムマシンで時代をさかのぼり、計画どおりナポレオンを亡き者にしたのですが、それでなにが起こったかということ、別の人がナポレオンの役割を果たした。つまり、ナポレオンをつくったのは彼固有の素質ではなくて、その時代や環境だったという結末なのです。

微生物の世界でも似たようなことが言えると思います。一つの菌が固定された性質をもっているのではなく、多面性や柔軟性をもっている。オリジナルだと思っていた菌が実はほかの菌と同じ役割をしていることもあるでしょうし、菌の善悪についても、全体の構成や状況がその個性を決めている可能性もあると思います。

ネットワークを維持するには、“悪”も必要

菌のことはまだまだわからないことがほとんどですが、たくさんある菌のなかで病気を引き起こすのは、実はかなり特

別な菌なのです。では、大半を占める菌はなにかといえば、なんにもない菌です。

先ほども述べているように、菌の善悪は必ずしも固定されているものではありません。また、ピロリ菌の例のように、悪い菌と思われるものにも役割があります。むしろ逆説的ですが、「悪い菌」がいるからこそ、生命を維持し続けることができるかもしれません。

これも社会の話に置き換えることができます。以前、哲学研究者である内田樹^{うち}さんと対談したときにこの話をしたところ、内田さんが、「組織論も同様です。反対する人、敵対する人を取り込んで組織のほうが強い」とおっしゃっていたのが印象的でした。状況が安定しているときはいいのですが、なにか問題が起きたとき、外部から衝撃があったときに、同じような人ばかり集まって、いいね、いいね、と言っている組織は弱いと。

これは菌の世界でも言えることではないかと思えます。現時点で、病原体だとか悪い菌だとか言われているものが、人体や生態系という組織またはネットワークを維持するために、なんらかの役割を担っているかもしれません。

悪い菌の役割は生態系のキーストーン種!?

「悪い菌」とされる菌の役割を「キーストーン種」に置き換えることもできます。キーストーン種とは、数が少ないにもかかわらず大きな影響を与える生物のことです。

70年前、アメリカのイエローストーン国立公園からオオカミが駆除され絶滅しました。理由はオオカミが家畜を殺す、悪者とみなされたためです。

オオカミが絶滅したあとにながら起きたかという、エルク（シカ）が爆発的に増え、好物のヤナギが食害されるようになり、ヤナギでダムをつくるビーバーなどの小動物が減り、川が侵食され、水鳥がいなくなり、ほかの草食動物も減るなどして、生態系のバランスが大きく崩れてしまったのです。この場合のオオカミがまさにキーストーン種です。

これと同じようなことが菌の世界でも起きる可能性があります。悪い菌とされる菌は全体のごく一部ですが、こうした菌がいなくなることで全体のバランスが崩れる可能性がある。こういう考え方は、科学的にどのように証明すればいいのかというと大変に難しく、起きてみないとわかりません。

ただ、いま必要とされているのは、菌の悪い面ばかりを見るのではなくて、良い面もあるかもしれないなら、そちらにも目を向けようということ。つまりそれは、失われてしまっただけからでは遅く、そのときは回復できないということです。



科学は限界があるが無力ではない

科学的な証明はできないとしても、すべてはバランスであり、なにかに偏ることなく多様であったほうがいいということとを以前からわかっていた人たちもいます。たとえば、熱帯雨林を研究してきた生態学者や、土と向き合いながら農業をやっている人たちです。彼らは、生命の多様性が重要であることを経験的に理解していると同時に、それがいま地球上で急速に失われつつあることにいち早く気づいていました。

これまでは、地球の生態系と人体は別々に捉えられていましたが、本来はヒトも自然のなかの一部です。地球がマクロの生態系だとしたら、人体はミクロの生態系です。地球と人体は相似形、つまり自然界と我々は同じような生態系を成しているのです。

科学は「再現性」を得るために、実験と観察を繰り返して進んできました。それはそれで正しいのですが、一定の時間内で再現できない、観察できないことに対しては無力でした。実はそこに大事なことがたくさん隠れているかもしれないのです。つまり、一度しか起きないこと、しかも一度起きてしまったら取り返しつかないことがあるということです。ある限られた時間のなかで再現できることが科学であるならば、一度しか起きないことを科学的に証明することはできません。そこに科学の限界があります。

100年前、フォードという自動車会社が最初に自動車をつくったときに、交通事故が起きて人が死ぬかもしれない、空気が汚れるかもしれない、ということは予見できたでしょう。でも、車のキーを回してエンジンをかけることが、北極の水を溶かすことになるのは誰も予見できませんでした。現在、これほど科学が進んだかのように見えても、今後、地球の気温が5℃上がったらどうなるかは部分的にしかわかっていません。ですから私たちは科学的に証明できないとしても、あらゆる可能性について常に頭に置いておく必要があります。

科学には限界があると感じる一方で、「科学や近代的な技術に疑問をもとう！」ということが提唱されているのは、実は科学と技術の進歩によるものです。

体内に100兆以上の菌が棲んでいて、それらが協調していることがわかってきたのは、ゲノムの解析技術やコンピュータの進歩があったからです。その昔、車のエンジンを回すと北極の水が溶けることは想像できなかったけれど、排ガスで気温が上昇することがわかってきたのは近代の技術のおかげです。

科学の暴走が問題を引き起こす可能性があることが、科学技術の発達でわかってきたというのは実に皮肉ですが、そういう意味では科学はまだ健全なものを内包しているとも言えるのです。

近代化は止められないが考え方は変えられる

いま「プー・プロジェクト」というのを進めています。ヒトのうんちを採取して、遺伝子的に失われていきそうな腸内細菌を冷凍保存していくプロジェクトです。遺伝資源を保存するジーンバンクのようなものです。

腸内細菌は、食生活を含めた生活環境に影響を受けます。なので、近代化が及んでいない地域、たとえば標高4000メートルを超えるようなところに暮らす人々や砂漠の遊牧民の腸内にいる常在菌がどうなっているか、その人たちの健康が近代化とともにどう変化しているのか、感染症はどういうものがあるのか、残すべき菌があるのか……といったようなことを調査しています。

とくに食生活の変化によってマイクロバイーム（腸内細菌とその活動）が変化する可能性は高いと思っています。いま集めて冷凍保存しておけば、いずれ解析できるときがくるかもしれない。失われてからでは遅いので、近代化の影響を受けていない地域に赴いて採集しているところです。

とはいえ、近代化はこれからは進みます。抗生物質も、農薬も、スマホも、インターネットも、個別の事象としては間違っていない。というよりも、これらをもうなくすることはできない。一度、システムに取り込まれてしまったものを外すことは困難です。

しかし、地球の生態系も、その一部であるヒトの体内の生態系も、これ以上多様性が減っていくと存続が危うくなる。地球はともかく、ホモ・サピエンスが生存の危機を迎えつつあるのは確かなことです。

個別では正しくても、人類、そして地球という規模で全体に与えるインパクトは、個別で起きていることとは異なる可能性があると。個別と全体の両方を総合的に見ていくことが、これからますます重要になっていきます。

私も、研究者として新しい見方、捉え方を提案できたらと思います。そこで、まずは、「私」ではなく、「私たち」というように意識を広げることから始めてみてはどうでしょう。

あなたが生まれた瞬間から、地球上の微生物たちとの共生が始まり、いまこの瞬間にも、彼らはあなたとともに生きています。

山本太郎（やまもと・たろう）

長崎大学熱帯医学研究所・国際保健学分野主任教授。医学博士。1964年、広島県生まれ。1990年長崎大学医学部卒業、長崎大学大学院博士課程病理学系専攻修了（博士医学）。東京大学大学院医学系研究科博士課程国際保健学専攻修了（博士国際保健学）、京都大学、ハーバード大学、コーネル大学、及び外務省勤務等を経て現職。著書に『ハイチ—いのちの闘い』（昭和堂）、『感染症と文明』（岩波新書）、『抗生物質と人間』（岩波新書）ほか。翻訳書に『エイズの起源』（ジャック・ペバン／みすず書房）、『失われてゆく、我々の内なる細菌』（マーティン・J・ブレイザー／みすず書房）など。