# パストゥール通信

2023年 夏季号

## 巻頭のことば

理事長　吉川　敏一

依然としてロシアのウクライナ侵攻は収束せず、ダムの破壊によって洪水が人々を襲うという人災をも引き起こしています。多くの人の命や日常生活は奪われ、つい最近まで唱えられていた世界の平和思想は、木っ端みじんに打ち壊され、国の利益の前には机上の空論のように感じられます。国際秩序を守るべき国連などの諸機関も、この事態を解決することができないという現実は、人間社会の本質を暴露し、共存という理想は、あくまでも争いがない時の仮の考え、錯覚に過ぎないことが明らかになりました。このような、人類の持っている愚かな争いの本態は歴史的に見ても明白でしたが、最近はそれを忘れさせるような勢いで流通経済が発達し、すべての分野でのグローバル化が進んできたために見過ごされてしまっているのです。

一方でこのような紛争の解決のほかに、SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）の実現を目指して、地球温暖化の阻止などの環境問題とともに、One World, One Health の考えによる地球上のすべての生物との共存も推し進めていかねばなりません。この問題は将来にわたって、人類のほか、生物が地球上で生存可能かどうかを決定する大きな命題です。この実現においては世界中の人々の理解が容易に得られそうにも見えますが、それぞれの国の事情により、解決には程遠い道のりです。自分の満足の上に、余力で取り組む努力では実現不可能であり、犠牲を伴うSDGsの実現を人類が欲しないのは、前述のロシア－ウクライナ戦争でも示されています。人間の性でしょうか？ 将来の事より、現実が優先されてしまうのです。

ルイ・パストゥールは、自分の置かれている困難な状況下でも、人類を救うべく、多くの公衆衛生の整備や疫病の予防・治療法の解明に社会の攻撃を受けながらも困難に立ち向かって、素晴らしい功績を残しています。この精神を尊重し、継承していかねばなりません。

公益財団法人ルイ・パストゥール医学研究センターも創立35周年を迎えました。我々の成せることはわずかですが、できる範囲内での精いっぱいの事業を行いながら、将来における大きな健康維持研究への基盤整備に取り掛かろうとしています。

みなさまには、これからも当財団の活動にご注目いただき、より一層のご支援とご協力をお願い申し上げます。

# パストゥールとメチニコフと乳酸菌

(公財)ルイ・パストゥール医学研究センター
藤田 哲也

## 乳酸菌研究の夜明け

ルイ・パストゥールは、1857年、酵母がアルコール発酵を起こしてくる時、ごく自然に乳酸が産生されるが、それは酵母(顕微鏡で見ると卵円形をしている)以外に、形の違う桿菌が混ざっており、それが乳酸をつくるためだということを観察していた。これが乳酸菌という微生物の発見につながった(文献1)。

1858年には、フランスの多くのブドウ酒醸造家から、醸造が失敗してブドウ酒が酸敗するので困っているという相談が持ち込まれた。乳酸菌が混じっている可能性があると彼にはピンときた。酸敗したブドウ酒を顕微鏡で覗くと、事実、醸造に必要な酵母菌以外に乳酸菌が混じっていた。乳酸菌は、ブドウ酒醸造に際しては有害な病原菌となるらしいのだ。しかし、パストゥールはそれからも様々の実験を行い、酸敗の原因は、間違いなく乳酸菌の混入によることを実証したうえ、56℃で数分間処理することによって、乳酸菌だけを選択的に滅菌することができるという対策を発見し、1885年フランス学士院に報告したのである。これはフランスのブドウ酒業界を破滅の際から救助することになった大発見だった。パストゥールの応用微生物学者としての名声は一挙に高まった。こんな簡単な方法で乳酸菌だけ選択的に死滅させることができるとは、驚異的な発見だった。いまでは誰でも知っているが、ミルクの中の乳酸菌を殺菌し、ミルクの酸敗を防ぐ方法として、世界中で「パストゥール化、pasteurization」と呼ばれて実用化されているが、この技術は、ブドウ酒と同じ方法をミルクに適用したものである。

## メチニコフの腸内細菌フローラ研究

ロシアの生物学者イリヤ・メチニコフ(Ilya Mechnikov、図1)は学園紛争が原因で学生たちから弾劾され、ウクライナのオデッサ大学を辞めざるを得なくなった。研究のできる職を求めて虚しくヨーロッパ各地の研究機関を歴訪した後、やっとパリのパストゥール研究所にたどり着いた。パストゥールが個人的にメチニコフの研究を知っており、彼を特別に研究員として採用したのだ。

**●図1　パストゥール研究所でノーベル賞を受賞した頃のメチニコフ**

彼が自ら推奨するヨーグルトを食べて見せているところ

パストゥール研究所に来て以来、彼の研究は老化と細菌の関係に集中するようになった。その結果、ヒトの腸管内の細菌群（彼はこれをフローラと呼ぶことにした）には健康に有用な菌と、有害な菌と、そのどちらとも言えない日和見菌との三種類の菌群が混在していることを知り、健康を保持し老化を防止するためには、腸管内に有害な菌を取り入れないようにすることと、有害菌に対する有効な競争者であるところの乳酸菌を摂取することが重要だと考えるようになった。

1901年にマンチェスターで行われた栄誉ある“ワイルド記念講演”で、メチニコフはパストゥール研究所で挙げた成果を基に「人体のフローラ」という題目で講演し、腸管内のフローラについて説明をした後、大腸内の菌が人間の健康に、特に有害な作用を及ぼし、その細菌毒素による慢性中毒によって身体が傷害され、そのためにエイジングが加速されることを強調した。「健康が害されるのは、人の大腸内で増殖する腐敗性細菌の悪作用にほかならぬ」というのが彼の結論であった。これがいわゆる「悪玉菌」の概念である。

我々の身体の細胞を健全に保つためには、有益な細菌を移植することによって、腸内の野生フローラ(flore sauvage)を、飼いならされた良いフローラ(flore cultivée)に変化させ、これによって病的エイジングに対抗し、伝染病やアルコール中毒に対する戦いを有利に進めることが重要だとメチニコフは主張した。腸内の腐敗をストップし、これを発酵に変えればよいとの提案である。しかし、当時はウシやウマについての経験から言って、腸内細菌はむしろ栄養的には善なるもので、消化のためには欠くべからざるものであるというのが一般の細菌学者の意見だった。ルイ・パストゥールも、これに近い見解を持っていた。

しかし、メチニコフは、腸内細菌はむしろ悪い作用を及ぼしているのではないかと考え、当時の定説に挑戦する立場をとった。そして、ヒトの大腸内がアルカリ性であり腐敗菌（悪玉菌）が住みやすい状況であること、しかも、それらから作り出される細菌毒やアンモニア、インドール、硫化水素など腐敗性のガ

スが実際に動脈硬化などの老化現象を促進する事実を指摘し、高名な化学者マルセラン・ベルテロ(Marcellin Berthelot)などと共同して、それを実験的に証明した。腸内のアルカリ性環境への対抗策が重要だと彼は推論した。そして、この対策として最も実行しやすいのは大腸内を酸性にすることであろうと考えたのである。酸っぱくなった牛乳は腐敗しない。腐敗を抑えるのには酸性環境にすればよいのではないか。乳酸菌はアルカリ性環境の中でも増殖を開始することができる。しかも、乳酸菌は増殖に伴って、大量の乳酸を産生するのだ。大腸の内腔を中和し酸性にするには生きた乳酸菌を導入するのがよいと彼は結論した。

腸内への善玉菌の導入によって病原性のある悪玉菌の毒作用を、できるだけマイルドな方法で抑えるという発想は結果的に極めて有効だった。その後100年以上にわたり蓄積された医学的・生理学的経験によって、実際上、この理論は完璧な勝利を収めたといってよい。パストゥール亡き後、パストゥール研究所の研究をリードする中心人物の一人となったメチニコフの元で、乳酸菌と腸管免疫の研究は盛んになった。彼の指導を受けたアンリ・ティシエ(Henry Tissier、文献2)は、腸内菌フローラの研究から広義の乳酸菌の一種であるビフィズス菌(ビフィズスとは“Y字形に裂けた”という意味)を発見し(1899年)、その研究で、1900年にパリ大学から博士号を授与された(文献3)。このように、メチニコフとその共同研究者たちは、パストゥールが最初に乳酸菌を発見したのに引き続き、ビフィズス菌を含む様々な乳酸菌の研究を発展させ、パストゥール研究所を世界の乳酸菌研究のメッカとすることに成功したのである。そして1908年、「自然免疫の発見」によりメチニコフにノーベル生理学医学賞が授与された(文献4)。この賞がパストゥールへではなくメチニコフに与えられたのは、この時代、細菌学を支配していたコッホ学派に対してパストゥールが公的な場で批判を繰り返していたことが影響していたのではないかと筆者は推察する。

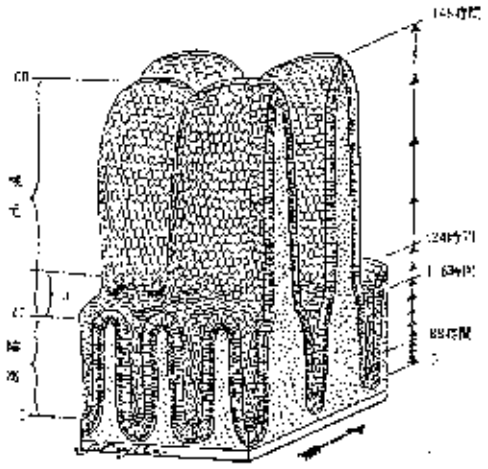
## 健康保持の立場からみた腸管免疫の重要性

免疫とは、障害作用をもつ微生物や異物が外部から侵入しないように防御する機能である。これには、①生まれながらにして備わっているメチニコフの述べる自然免疫(先天免疫)と、②侵入者を認識してからこれに対抗する手段を整備する適応免疫(獲得免疫、この研究はパストゥールが先鞭をつけた)の二つのシステムがある。腸管は①も②の点でも特によく発達した免疫器官となっている。

腸管は長さ約7メートル、その内腔を覆っている上皮は厚さ僅か100分の1㎜しかな

いが、皺を伸ばせば250畳敷きの大広間を完全にカバーできる広さがある。この表面に、食物残渣や消化酵素と捏ね混ぜられた何百兆個ともいわれる多種多様な微生物が載り、1ないし4日で端から端まで（口から直腸まで）運ばれていくのである。これら内容物のうち、分解された食物の有害な成分や、時として混じることのある病的な微生物の侵入を防止するのが大仕事であるが、腸管免疫はこれを何重もの仕掛けで防衛している。

上皮表面は有害なものを排除する免疫力のある粘液層で覆われているだけでなく、上皮細胞も分泌や吸収能のほかに免疫力も持ち、陰窩（いんか：穴やくぼみのこと、図2）の中で絶え間なく（世代時間1～4日で）造り続けられ、溢れたものが絨毛に出て、2～6日の後に先端から剥落する（図2右端部分の時間スケール参照）。防衛最前線を守るため生きた細胞を使い捨てる洗い流しのターンオーバー（入れ替わり）である。



●図2　腸粘膜

また、リンパ系について言えば全身の免疫系を担うリンパ球の60%以上が腸管内に集まっており、そのうちのかなりのものは腸上皮に存在するパイエル板やクリプトパッチと呼ばれているリンパ装置の中で生産されたリンパ球である。これらのリンパ球は、抗体の一種であるIgAをつくる点で重要なのだ。IgAは腸管内腔に分泌され、食物と混じって流れてくる病原体や異物を即時に中和する力を持っている。普通の抗体であるIgGは体内に侵入した後の病原体や異物だけにしか働かないので防衛の初動体制には役立たない。また、リンパ球には上皮細胞間に挟まって腸内腔に頭を出しながら存在するもの（IEL=intraepithelial lymphocyte）もあって、粘膜免疫の最前線を担っている。乳酸菌とその代謝産物は、様々な経路を使って、これらリンパ球の機能を強化するために働いている。

## 腸管免疫とアレルギー

腸管が免疫の最大の器官であるのと関連して、アレルギーとも深い関係がある。特に口から入る食品に対するアレルギーとしてのアトピー性皮膚炎は小児に多いが、これに

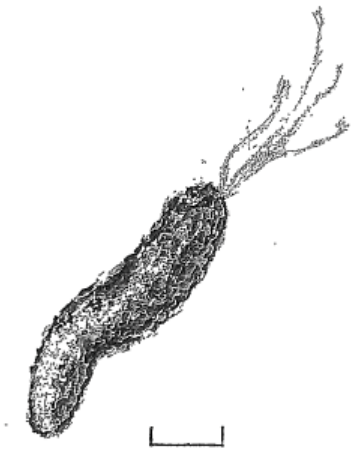
は新生児期に最初に健全な腸内フローラが作られない場合に起こる傾向があると指摘されている（文献5）。幼い時期に投与された抗生物質は腸内フローラを破壊し、アレルギーの発症の原因になるという指摘もある。事実、2歳までの乳児期に抗生物質を投与されたことがあるか、あるいは長期にわたって抗生物質を与えられていると、後にアレルギー体質になり易いという科学的データも出されている（文献6）。いずれにせよ、フローラの異常とアレルギー体質の間の関係について決定的なメカニズムが明らかになったわけではないが、健全な腸管フローラづくりはアレルギー対策としても重要であることに間違いはない。健全な腸管フローラをつくるためには、メチニコフの指摘した乳酸菌の移植が、現在でも有効な手段だと考えられている。出産予定の1ヶ月くらい前から妊婦に乳酸菌を投与し生後6ヶ月まで母子に投与を続けると、有意に子どものアトピー罹患が減少したという臨床実験もある。ともかく、乳酸菌投与は、全く副作用がないと断言できるので、その効き目のメカニズムについての絶対的な証明がないとはいえ、お薦めできる予防法と言えるであろう。

## ピロリ菌の起こす慢性胃炎と胃癌

胃癌は、その頻度がやや減少してきたというものの、依然として日本人においては罹患率の高い悪性腫瘍である。その発生の大きな原因としてヘリコバクター・ピロリ菌（図3）が名指しされている。ピロリ菌が存在しなければ、慢性胃炎は起こらず胃癌も殆ど発生しないとされている。慢性胃炎がなぜ胃癌の原因になるのか、その因果関係が問題である。

これを理解するためには、まず慢性胃炎では何が起こってくるか、知らなければならない。とても重大な話なので、以下、少々難しい話になるが、お付き合い願いたい。

正常な人間の体内でも、たえず癌細胞が作り出されているというのは今や常識になっている。その数は正確にはわからない。一日数千個だという人もあるし、数十万個だという人もある。しかし、はっきりしているの




●図3　ヘリコバクター・ピロリ菌

は、それらの殆ど全部が流産し消されてしまって癌という病気に発展するものは極めて稀だという事実である。胃や腸で、最初に出現した一個の癌細胞が定着することができず洗い流されてしまうのは、胃・腸粘膜の規則正しいターンオーバーのお陰である。

図2を見ていただこう。これはマウスやラット小腸の粘膜を表現しているが、ヒトの腸でも、時間的に数倍かかるだけで、本質的に大差はない。腸の上皮細胞は、図のような立体構造をした陰窩と絨毛の表面を隙間なく覆っている。手のひらのような形をした一本の絨毛の周りには6個の陰窩があり、その中で幹細胞の分裂によって作り出される上皮細胞は陰窩を溢れ出て絨毛細胞となり、絨毛表面をエスカレーター形式で移動して絨毛の先端から規則正しく、先に生まれたものは先にという形式で剥落する、この間の上皮細胞の動きは図の右端に示したような時間で経過する。これはマウスの腸の実測値であるが、ヒトの腸ではこれの約2～3倍の時間を要する。それでも非常に速い。全腸管の殆ど全ての上皮細胞が2、3日で一新されるのである。一方、胃（幽門部）粘膜では、構造がやや複雑で陰窩にあたる「細胞増殖帯」の下に、分岐した腺管がついているが（図4左端0）、腺管や表層粘膜に出ると細胞は殆ど増殖せず、下または上方向へエスカレーターに乗ったように動いていく。「細胞増殖帯」から上向きのエスカレーターの速度は腸と殆ど変わらず、剥落までの寿命は2、3日である。深部に運ばれてそこで剥落するもの（腺細胞）の寿命はヒトの胃幽門部粘膜で1週間程度である。

一日に数千個から数十万個生まれると言われる癌細胞も、胃や腸の粘膜が、図4の0→1に示されているように、正常なターンオーバーさえしておれば、2、3日（腺管内に入ったものでは1週間程度）で捨て去られ、少なくても数年から数十年かかる癌の発生と生長の出発点になるということはありえない。つまり、粘膜構造が正常でさえあれば、癌細胞は癌に発展することはできないのだ。これは小腸では滅多に癌が発生しない説明としてよく挙げられる理由であるが、胃でもこの事実は変らない。

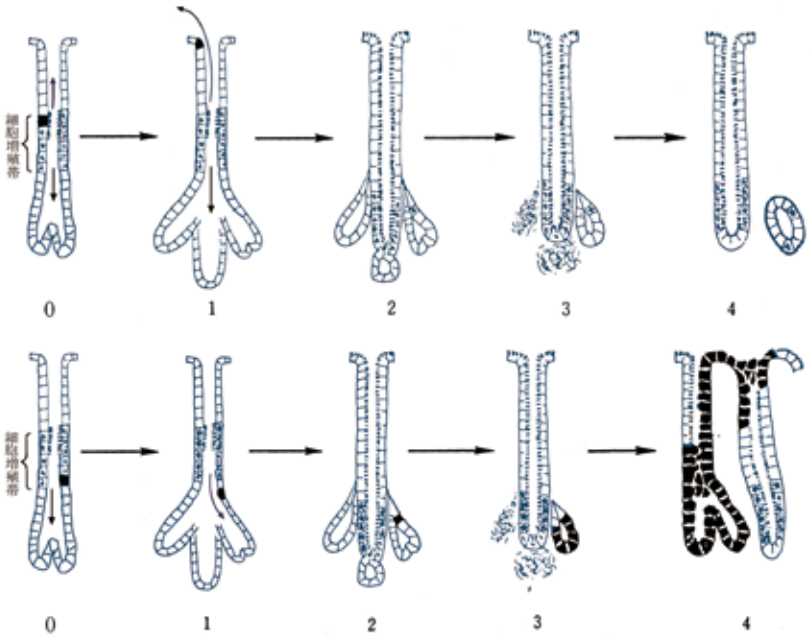
しかし、粘膜に慢性炎症が起こってくると、一本の管だった腺管が九尾の狐のように複数の側枝を出す（図4の上列1→2）。慢性化の進行中は、その側枝が次々と切り捨てられ（図4の上列1→2→3）粘膜固有層内部に埋め込まれ潰れていく（上列3→4）。そうなると、規則正しいターンオーバーは崩壊し、その中に閉じ込められた細胞たちはそれぞれの寿命がくるまで、深部に停留することになるわけである。もし、その中に死ぬことを忘れた細胞（それが下列1→2→3→4に黒で表わされた癌細胞である）が混じっていたら、それらの細胞は周囲の正常細胞が死に絶えても深部で生存し、やがて図4下列の4

の黒い細胞のように広がってくると推定される。

## 胃炎の進行と発癌のリスクは血中ペプシノーゲンで診断できる

発癌のリスクを高める活動性の慢性胃炎は、臨床検査によって、血中ペプシノーゲンを調べるだけで正確に診断することができる。図4のように、進行中の慢性胃炎では、埋め込まれ崩壊していく胃腺の残渣から、胃腺内部だけにしかないタンパク質であるペプシノーゲンが溶け出し血液に吸収され続けているからだ。

図5は、実物の胃粘膜ではどんな構造変化が起こっているかを見るため、ヒトの胃粘膜を固定後ペキッと割り、その断面を走査電顕で観察したもの（この観察法をフラクトグラフィーという）である。左の図は慢性胃炎のプロセスが最もアクティブに進行している段階、矢印1に示すのは正常に近い（図4の上列0→1に相当する段階にある）幽門腺、矢印3は腺部の過形成がピークになった状態（図4の上列2→3に相当する段階）、矢印2は

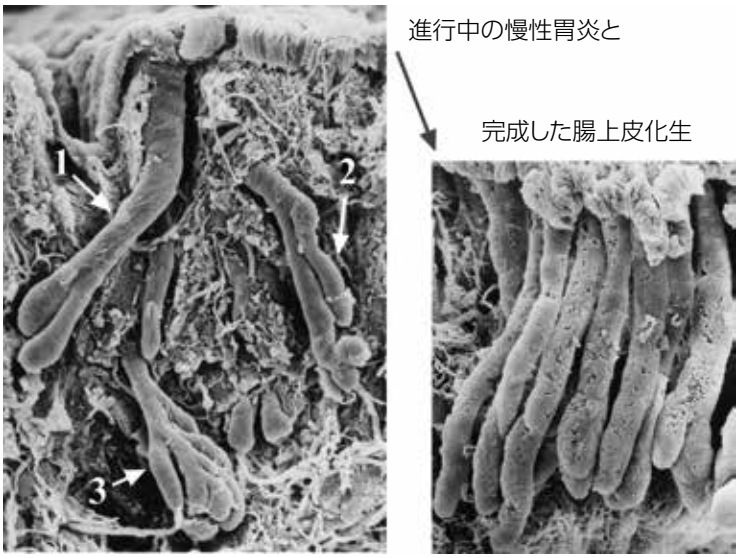



**●図4　胃粘膜細胞のターンオーバーと慢性胃炎における構造変化**

上の列は慢性胃炎の進行と単純な萎縮性変化を示す。下の列はその中に癌細胞（黒い細胞）が出現した場合はどうなるかを示している。このような構造変化に伴って普通なら洗い流されてしまう癌細胞が定着し、癌という病気に発展しうると推定されている。

萎縮期にある腺管で、その先端部がくびれたり千切れたりしている状態（図4の上列2→3）である。これは、腺管の一部が粘膜深部に埋め込まれている状況を表わしている。図5の右のフラクトグラフィーは慢性胃炎が終末期になり胃腺が、ほぼ完全な腸腺に化生してしまった状態のものである。これは図4の上列4に相当する。こうなると、埋め込み現象はほとんど起こらず、上皮細胞のターンオーバーも正常な小腸とほぼ同じになり、淀みなく流れるエスカレーター方式で細胞が入れ替わる。この状態に達すると、癌細胞が生まれ出たとしても、温存され癌にまで成長する可能性は事実上なくなる。正常な小腸で、ほとんど発癌が観察されないのと同じである。完成した慢性胃炎（血中ペプシノーゲン陰性の高度な萎縮性胃炎になっている）では新たな胃癌発生の可能性はほとんどない。

慢性胃炎の進行に伴って起こってくる粘膜病変の中に、このような広がり方をする癌の初期病変が、事実、ヒトの慢性胃炎の胃粘膜を注意深く観察することで、図4の下列3→4のような病変として発見されている。つまり、慢性炎症が始まって局所が掘り返され、耕される状況になると、図6が示すように、固い地表に蒔かれた種でも洗い流しを免れ局所に留まって発芽するのと同じように、癌細胞の種もゆっくりと癌に発展していくことが可能になると考えられる(文献7)。




●図5　慢性胃炎と腸上皮化生

そこで、問題になるのは、胃に慢性炎症を起こしてくる原因である。胃粘膜で先ず取り上げるべきはヘリコバクター・ピロリ菌であろう。ピロリ菌を除去することで、胃癌を予防することができるという考えが、消化器学者の間のコンセンサスになりつつある。

## ピロリ菌の駆除と乳酸菌

胃での慢性炎症は慢性胃炎であり、腸の慢性炎症性の代表的なものは潰瘍性大腸炎とクローン病だが、いずれも腸管免疫が関係していて乳酸菌の投与に予防的効果があったという報告が出されている（文献8）。

●図6　ヒト慢性胃炎の幽門腺の多分岐

特に、注目に値するのは、胃に炎症を起こし、胃上皮を腸上皮化させてしまい胃癌発生の原因にもなるといわれるヘリコバクター・ピロリ菌も、乳酸には弱いことが証明されているという事実だ。乳酸菌がピロリ菌の駆除に役立つためには、なによりも先ず、口から入った乳酸菌が胃の中で生存し、活発な代謝活性を示し、乳酸を産生するという条件が満たされる必要がある。死菌では不十分なのである。ヨーグルトに由来する動物性乳酸菌のほとんど全てやビフィズス菌は胃液環境に弱く胃の中では生存できない。

1992年に、当センターの設立者で初代理事長の岸田綱太郎先生が酸性度の強い漬物から発見した、胃液に抵抗性の強いタイプの乳酸菌（ラブレ菌）を投与するのも意味があるだろう。ラブレ菌は胃液に強く、生きたまま腸に届くことが証明されている。

もともと胃の中に乳酸菌が定着し、乳酸を産生している特別なマウスでは、実験的にピロリ菌を接種してもピロリ菌は胃の中に生着しないが、あらかじめ乳酸菌を完全に除去しておくとピロリ菌が生着するようになり、さらに、この動物に乳酸菌を与えると再びピロリ菌が消失する、という見事な実験が報告されている（文献9）。ヒトでも、同様に乳酸菌がピロリ菌の生着を抑制するという報告がある。

これら、慢性炎症（ピロリ性慢性胃炎、クローン病、慢性大腸炎など）は、単なる炎症

ではすまない。かなりの率で胃癌や大腸癌を起こしてくることは、前項に述べたとおりである。これら大腸や胃の慢性炎症が癌化を起こしてくるメカニズムから考えて、もともと胃液環境に強い、これら耐酸性乳酸菌が、よりよく胃や腸に生着する条件（これは同時に消化管の中で乳酸菌が独自に増殖し数を増す条件でもある）を整備し、さらにその活性を強化することは、メチニコフの考えたアンチエイジング対策のみならず癌の予防的征圧にも、手軽ながら強力で、取り組みやすい対策となり、望ましい健康保持法となっていくに違いない。

文献


1) Pasteur, L.: Mémoire sur fermentation lactique. Mémoires de la Société des Sciences, de l' Agriculture et des Arts de Lille. Séance du 3 août 1887, 2e sér. V, p. 13-26, 1857.
2) Tissier, MH: La réaction chromophile d' Escherich et le Bacterium coli. Compt. rend.Soc.Biol., 51, 943-945, 1899.
3) Tissier, MH: Recherches sur la flore intestinale normale et pathologique du nourisson. Thèse de la Faculté de Médicine de Université de Paris (1900). Publié sous le même title aux Annales Institut de Pasteur 19, 109-123, 1905.
4) Metchnikov, O: Vie d' Ellie Metchnikov. Hachette, Paris, 1920.
5) Kallliomaki, M. et al.: Probiotics in primary prevention of atopic diseases: a randomized placebo-controlled trial. Lancet 357, 1076-1079. 2001.
6) Hopkin JM: Mechanism of enhanced prevalence of asthma and atopy in developed countries. Curr. Opin. Immnunol. 9, 788-792, 1997.
7) 藤田哲也：慢性胃炎と癌―粘膜の動的構造からみた胃癌の発生―協和発酵、P1-74, 1982.
藤田哲也：細胞動態からみた胃癌の発生と進展。日本病理学会誌 70: 23-54, 1981.
― 日本病理学会　宿題報告 ―
8) Madsen KL et al.: Lactobacillus species prevents colitis in interleukin 10 gene-deficient mice. Gastroenterol. 116, 1107-1114, 1999
9) Kabbir AMA, et al.: Prevention of Helicobacter pylori infection by lactobacilli in a gnotobiotic murine model. Gut 41, 49-55, 1997.

# 親子理科実験教室とパストゥールの伝記映画

NPO法人 知的人材ネットワーク・
あいんしゅたいん
理事長
**坂東 昌子**

2020年3月から始まったコロナ禍もまた人々を巻き込んだ大事件となった。このコロナクライシスは、2011年の東日本大震災に伴う福島原発事故による放射線の影響問題よりも専門家の意見、というか評価については極端な違いがなく、ぶれていないようにみえた。つまり極端な科学者の評価の違いが人々の混乱を招いていない。感染学はシミュレーションの方法論まで含めて医療現場の意見はほぼ一致していて、極端な混乱は起きていなかった。

政府の対応はここでも遅れ気味だったが、医師会などが統一し要望を出していて、動きの鈍い行政も動かざるを得なくなったようだ。この違いは、死と向き合っている患者が目の前にいるときと、漠然とした防御に向き合うときの緊迫さとの違いから生じるのかもしれない。医療での危機感は目前の危機、患者の命に関係しているのでシビアである。処理の仕方も医療側はほぼ一致している。特に地方の動きは迅速で、和歌山のように自治体の判断で即座に動いたのも注

目に値する。何といっても科学者側の意見・見解がほぼ同じ方向を向いていること、世界各地での状況を比較できることも大きな違いだった。それでも、原子力村になぞらえた感染村など、特にPCR検査に関しての対策についての不信感など、問題がなかったわけではない。

こんななかで、市民と科学者のコロナをめぐるネットワークでの情報発信（https://jein.jp/covid-19.html）も始めたが、そろそろ「ポストコロナ」への視点も必要、いろいろな専門用語が飛び交った今だからこそ、正確な知識が必要と始めたのが、ウイルス学の専門家、加藤茂孝さんによる「徹底追跡 ウイルスってな～に？ ～コロナウイルスから生き物の世界へ～」（https://jein.jp/science-school/course-info/1913-2021-special1.html）だ。5回連続でウイルスワクチンの解説をお願いした。疫学の歴史をも詳細に把握されており、アメリカ疾病予防管理センターでの客員研究員の経験者でもある。アメリカではトランプ大統領時代に、科学者の顔としてアンソニー・ファウチが意見を述べた姿が、あまりにも日本政府の新型コロナウイルス感染症対策分科会の尾身茂会長と違い、科学者が科学的見地を堂々と述べるシステムの違いを痛感したものだ。

ところで、このシリーズの開催中に、ルイ・パストゥール医学研究センターの宇野賀津

**●伝記映画『科学者の道』**
左：パストゥールの肖像画　右：名優ポール・ムニが演じるパストゥール

子さんから、パストゥールの伝記と1937年に撮影されたパストゥールの活躍を描いた映画『科学者の道』（原題：The story of Louis Pasteur）を紹介いただいた。この映画は、実は同医学研究センターの岸田綱太郎初代理事長が、学生時代にこれを見て医者になることを決めたという。パストゥールの映画が1937年に作られたということは、私の生まれた年である。まだ小学生の頃、母が『キュリー夫人』の映画を見に宝塚に連れて行ってくれたことも思い出した。この頃はこういう科学者の伝記が映画になっていたのだなあ。

この映画『科学者の道』は、私にとって科学者の思いやスタイルの違いについて深く考えるきっかけとなった。パストゥールの生き方は、科学者として共感する部分もあるが、やはり違うなあと思うところもある。自然科学といっても、生物は異色であり、生き物に対しての科学者の思いについていろいろと考えさせられた。私は、科学的真実を追求するということこそ、科学者の使命であり、だからこそ、放射線の生体への影響についても徹底的に明らかにしたいという思いで、この分野に飛び込んだ。前号でも述べたが、その動機は3・11事故にある。そして、それは一貫して「科学的真実」を明らかにしたいという姿勢で変わっていない。しかし、パストゥールは違う。ほんとに人の命を救いたいという情熱から始まっている。そこが胸を打った。そしてその情熱と助けたいという思いと力がしっかり結びついて次々と病気を克服する道を見つけていくのである。その一つひとつの行程は、科学的方法論に基づいた優れた考察と実行力を伴っている。そしてどうしてもこの際、感染症の流行の中で、パストゥールのこの感激的な生き方を子どもたちに知らせたいと、宇野と坂東のネットワークを広げて4人の女性研究者で親子理科実験教室を開くこととなった。こうして新しいパストゥール医学研究センターとの協力作業が始まった。

「春休み！ ルイ・パストゥール医学研究センターを訪れて、パストゥールの偉大な功績に触れてみませんか?」

https://jein.jp/science-school/course-info/1934-2022-special2.html

コロナ禍の中なので定員は10人、ともかくやってみようというわけである。集まった子どもたちは好奇心の旺盛な小学生のみならず中学生、高校生も参加して、濃い内容の展開が繰り広げられた。この時、資金援助をしてくれている京都府協働教育の担当者が見学に来てくださったが、「子どもたちが突っ込んだ質問をたくさんして、それに丁寧に答えていたのがとてもよかった」とほめてくださった。

その中の二つほどの議論を紹介する。ま

ず、宇野さんが丁寧に手入れをした白鳥首のフラスコの説明をして「これをパストゥールが考案して、*実際実験してみて、ばい菌が勝手には生まれてこないことを証明したのです」という。そして宇野さん自身も実際に煮沸して何日も置いた肉汁（培養液）の入ったフラスコをみんなに見せた。これを見た子どもたちは、「この入口は締まってなくて空いているのにどうして外からばい菌が入ってこないのですか?」と聞くのである。そういえば教科書にも載っていたこの説明、首の先が開いているのに何でかな?と思うほどしっかり見たことがなかったなあと思って、なるほどと感心した。宇野さんも疑問を持たず、入ってこないのは当たり前と思っていたようである。

*この実験の詳細は、パストゥール通信2022年新春号―白鳥首のフラスコの実験―（P29-31）をご参照ください。

実際ネットで調べてみると、例えばパストゥールの実験“NHK for School”
https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005300448_00000
でも、2回入口の首を折り曲げているから微生物が入ってこないと実験で見せているだけで、もう少し詳しくても、「空気が外とつながっている状態でありながら、なおかつ、外から微生物が入らないフラスコを発明しました」という説明があるだけで、これだけでは不十分である。

コロナウイルスがどのように空気中から伝わってくるのかについてよく目にするようになったこの頃、不思議に思って当然であ

**●親子理科実験教室にて、実験中の真剣な子どもたち**

る。面白いのは「フラスコの曲げたところまでは来ているのかな」とかいろいろな意見が出た。その次の教室では、フラスコのどこまで微生物が来るのかわかるような実験計画を持ってきた子どもまで出てきた。本当に教科書でもネット上でもほとんどこのような疑問に触れていないのに驚いた。微生物の大きさはどれくらい？　空気中は何か空中の塵などにくっついているのか、あるいは裸のままなのか、そしてその微生物を含んだ微粒子は、空中で浮いているのか、例えばウイルスを含むエアロゾルの場合の空気感染の様子については今回結構問題になったが、このエアロゾルならフラスコの中に入ってこないのか、これらは下に落ちないのか、いろいろな疑問がわく。宇野さんもフラスコの長い首を途中で切って調べてみたり確かめてみたりした。

もう一つはPCR検査の話で、「コントロール(対称群：科学的な実験で、他の条件と比べるための標準)」について何度も何度も質問が出た。なんで、PCRの検査の場合、微生物が入っているサンプルの横に微生物の入っていないサンプルを並べて、検査するというのである。ないのがわかっているのに、何故なのか。この説明の時に、**ネガティブコントロール(negative control)だけでなく ポジティブコントロール(positive control)というのもあることを知って、私のように実験をしたことがない物理屋もなるほどと初めて知って感心した。このように思わぬ子どもの質問から大人も学べるのが面白い。生物分野では常識でも、私のように新参者はこのような機会を経て、だんだん常識が身につくのかもしれない。また子どもたちの質問から、科学の心をしっかり持ち合わせていることがうかがえて感銘を受けたひと時であった。

そういえば、パストゥールの面白い話がある。『昆虫記』で有名なファーブルのところにパストゥールが訪問したという(『昆虫記』第9巻 23章)。パストゥールは蚕のことについて知りたいということだった。当時蚕の病気が流行していて、ボスのデュマ先生から何とかしてほしいと頼まれたのである。訪問したパストゥールは、蚕の繭を振って「中でカラカラ音がするのは何か？」と聞いたので、ファーブルはパストゥールが蚕について何も知らなかったことに驚いたというのである。何も知らなくても科学のやり方を身に付けていれば新しい現象をしっかり見つめて本質に迫れる、そういう科学者だった。まさに分野横断とはこういうことなのだ。専門を異にする科学者はお互いに知見を共有して、さらに未知の現象の謎に取り組めるのである。パストゥールの科学者としての姿勢が伝わってくるエピソードである。

そんな折に、編集人の津久井淑子さんから「パストゥールは、最初物理学から入り生物学に移行した人ですから、もともとカテゴライズする感覚がなく、自由な心持ちが研究に役立っていたように思っています。坂東先生と宇野先生が実践されている分野横断は、まさにそのような精神に依拠しているのですね」という感想をいただき、とても勇気づけられた。

こうして行った実験教室から多くの教訓を得た。この延長線上で、2022年の親子理科実験教室は、これらの経験を生かした、細菌だけに留まらず、「微生物」の世界への誘いを含めて、DNAの仕組みや免疫の話をパストゥールの実験だけでなく、さらに広げたテーマで投げかけたシリーズも開催できた。微生物の世界は、大きく視点を地球環境問題にも広げてくれるワクワクしたテーマである。こうした企画が実ったのも吉川敏一理事長をはじめスタッフのみなさんが快く企画を受け入れてくださり、協力を惜しまないで、尽力くださったおかげである。本当に感謝に堪えない。

**ネガティブコントロールとポジティブコントロール：生物の実験では、この二つのコントロールを通常は両方とも置く。たとえば、COVID-19検査のPCR検査をする場合、ネガティブコントロールは全くウイルスの存在しない検体であり、ポジティブコントロールはCOVID-19に間違いなく感染している検体である。もし、ポジティブコントロールでも陽性結果が出ないとすれば、検査の手法そのものに問題があるか、試薬のどれかが不適切で結果が出ないことを意味している。一方ネガティブコントロールも含めて陽性が出たとすれば、検査に使う試薬や容器などが汚染されていて、本来はネガティブなのに、陽性が出てしまったことになる。特に、PCR検査では、本来は感染していない人を感染していると見誤ったり、逆に感染しているのに陰性と判断してしまわないためにも、重要な過程である。実験の正当性を都度確認することは、生物実験における必須の手順である。

# 2023 in 福島

(公財)ルイ・パストゥール医学研究センター
インターフェロン・生体防御研究室
室長
宇野 賀津子

2023年3月に東日本大震災・原子力災害第一回学術研究集会が福島市で行われた。環境省Twitter研究班でもこれまでの研究成果を下記のとおり発表し、福島の方々を含め、多分野の方々との意見交換の機会を持った。

・福島第一原子力発電所事故後のウェブサイト「専門家が答える暮らしの放射線Q&A」の活動内容分析と得られた教訓　－この経験を未来に伝承するために：河野恭彦（日本原子力研究開発機構）
・福島の避難行動に影響を与えた情報：ファクトチェックの重要性：宇野賀津子
・原発事故後の放射線に関するTwitterデータ解析と科学的情報発信についての提言：鳥居 寛之（東京大学）

いずれも、これまでの大規模災害時にSNSをどのように活用して、科学的情報発信をするか、この間仲間と考え続けてきた事を、福島に関わった方々に問い、私たちなりの結論を提示することができたと考える。ここでも色々なコメントをいただいた。

また、同じセッションで発表された高校生の発表も光っていた。一つは、福島の高校生による汚染水・処理水という言葉の各新聞の扱いの変遷についてであった。またもう一つは、福島学カレッジで学んだ大阪の高校生の3.11直後の14時46分から緊急事態宣言が出された18時59分までのツイート内容の解析であった。このように、福島の研究で、高校生が大学の研究者にひけをとらない研究を堂々と発表するのを頼もしく思った。

2016年には、3.11以降、福島高校の高校生が中心となりD-シャトルという個人線量計を日本各地、フランス、ポーランド、ベラルーシの高校生の協力を得て、各地の線量を測り、福島の線量が特に高いわけでない

ことを明らかにした論文も発表されている。このように3.11以降福島研究では高校生が活躍していて、日本だけでなく世界に科学的に福島の現状を英語論文として国際誌に伝えている[1)]。

パストゥール通信前号でも紹介したので重複となるが、宇野が中心的に進めてきた低線量放射線の健康影響に関するファクトチェックについて、もう少し詳しく紹介しよう。放射線の健康影響については、チェルノブイリ被害を受けた子どもたちで、不健康な子どもが増えているとの内容が、NHK特集や3.11以降に出版された種々の本で、3.11以降直後から長きに亘って報告されてきた。そしてその記事に不安をつのらせ、福島から県外避難した方々も多い。その情報の中身を詳細に調べるために、2011年1月1日から2017年8月30日までの間の放射線関連のキーワードの含まれるtwitterの8%にあたる2800万件のtwitterから、“チェルノブイリor ウクライナor ベラルーシ” and “健康or 病気”でもって検索し、20819件を抽出した。

（京都大学　角山雄一先生提供）

白川通から琵琶湖へ抜ける峠道（山中越え）の一部では0.1μSv/hを超えるところが何か所かあった（0.10〜0.30μSv/h）。これは、地質によるものである。
日本各地に、ウラン系列、トリウム系列、カリウム40といった自然放射性核種を多く含む地質の場所が存在する。

単独のツイートとして、一番リツイートの多かったのが、2011年10月11日ごろに出された次のツイートである。「チェルノブイリでは、0.09μSv=子どもが変調、病気になり始める（東京の西部がこのくらい）、0.16μSv=大人が約5年未満で白血病になる（足立区周辺このくらい）、チェルノブイリの立入り禁止入口付近=0.232μSv（浅草やTDLがこのくらい）…….」

このツイートについてはどのような線量計で測ったかで多少数字は異なるが、2016年のパストゥール通信でも紹介しているように、0.1μSvというのは京都でも普通に認められる数字である。また京都と滋賀の境目にはもう少し高いところもあり、上記数字は、私の認識では普通に認められる数字なのにと思う（関西の方が、関東よりやや高めという傾向がある）。3.11以降、テレビ局が東京の公園の一角であちこち測り回って、0.2位の数字がでると大騒ぎしていた記憶がある。前述の福島高校の生徒たちは、日本やヨーロッパの各地の測定結果を示しているが、日本国内では岐阜県の恵那では少し高めの値が認められたこと、フランスやポーランド、ベラルーシではさらに高い値が認められたことを明らかにして福島が格段に高いわけではないことを示していた。（参考、日本の自然放射線量 http://geosociety.jp/hazard/ content0058.html#map）

二番目にリツイートが多かったのは、事故処理作業者についてであり、「ウクライナ国家登録（SRU）によると、1986～87年の事故処理作業者においてはまた、感覚神経・器官の病気、不随意的血管性ジストニア（失調症）、本態性高血圧および脳血管病が、線量に依存して増加することも確認される」。これについては、その後の生活や飲酒との関係も含めて検討する必要があるだろう。

三番目にリツイートが多かったのは、「1997～2001年には、チェルノブイリ原発30km ゾーンから避難した子どもと汚染地域に住む子どもの両方で、健康な子どもの減少というはっきりした傾向が観察された」。上位92件のうち事故作業者の健康影響については3件であったが、子どもへの中長期的健康影響については、約6割を占めていた。出典はウクライナ報告書[2] やチェルノブイリ被害の全貌に由来したものが多い[3]。時期的にはこれらの英語版記事を元に発信されたと推察される。宇野が正確・ほぼ正確と判定される内容はわずか7件、他はミスリード・不正確な内容と判定した。

実際、ウクライナ報告書には以下のような記述がある。

1986年以降2003年までに、社会福祉と医療の両面で適切なプログラムが集中的に実施されたにもかかわらず、放射能汚染された地域に住む「健康といえる」子どもの数

（割合）は3.7分の1に減少した（27.5%から7.2%へ）。また「慢性的な病気を抱える」子どもの割合は、1986年から1987年にかけての8.4%から2003年の77.8%に上昇した(Stepanova,2006a;図3.2）。同じ時期に、低汚染地域の健康な子どもの割合は、20年間にわたり30%だった（Burlak et al.,2006)。

もし、下記のような周辺背景を何も知らないでこの記事を読むと、それはチェルノブイリ事故による放射線の影響だと、ほとんどの人が思うだろう。私は、ベラルーシに行ったとき、通訳をしてくださった日本人の方にソ連崩壊以降の食糧事情についてお聞きしていたので、もう少しデータを別の目で見ることができ、放射線の健康影響について検討することができた。

1986年　チェルノブイリ事故
1990年　ベラルーシ独立宣言
1991年　ソ連崩壊・ウクライナ成立
1995年　食料品の制限が解除→内部被曝量が1988年レベルになる。

まず、福島第一原発事故後の放射線の健康影響について検討する時、ウクライナから発信されたチェルノブイリ地域の子どもの健康影響のデータそのものの科学的検証がより重要と考えられた。次に、ツイートの文章を読むと、チェルノブイリ地域の限定された集団の結果が、ウクライナ全域のようにツイートされているケースも多く、注意を要する。また食糧事情の悪化に伴う影響や、地域特性についての検討もなく、専門家ではない科学者の情報も、全ては放射線の影響として発信され、県外避難者の増加に

**●大熊町の汚染土処理場**

中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略にもとづき、手前の施設で汚染土壌の減容が行われている、奥に見えるのは福島第一原発、水色の処理水タンクがぎっしりと並んでいるのがみえる。

影響したと考えられる。

実際、同じStepanovaも共著者に入っている2015年に発表された論文[4]では、1995年が、ヘモグロビンレベルも含め、最低値になっていたことが示されていて、それまで食糧が3食支給されていたのが2食になった影響では?と書かれていた。このように、3.11以降全ては放射線影響?と思うような情報発信がなされてきたが、以降の論文も見ると違った視点からの論文も発表されていることが明らかになった。研究者として、その後の論文のチェックも重要と考えている。

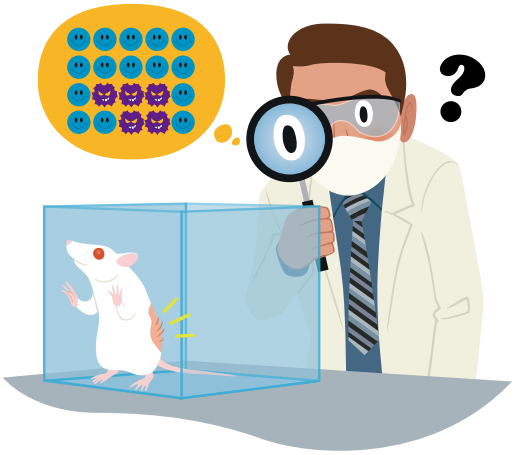
先述の学会期間中の3月16日には、中間貯蔵施設も視察した。フレコンバッグの中身を分けて、木材などは燃やして減容、汚染の高い土は埋立て、その周りに新しい土を覆うとのこと。福島県内を移動していて、以前に比べるとフレコンバッグがずいぶんと減ったなと思った。

また、処分場の奥に福島第一原発を見たが、私自身2014年～2019年にかけて5回ほど視察の機会を得たが、最初に福島第一原発の視察に行った2014年から増え続けた処理水タンクは、今や所狭しと並んでいた。今、また大きな地震が来たら、津波が来たら、いくら丈夫なタンクといえども被害は免れない。そしてそれが流されたらと思った。トリチウムは生体内で濃縮されはしない。実際、中国や韓国を含め、世界の多くが海洋放出をしているのだし、きちっと管理された状態での処理水の放出に可能性を見出せないかとも考えてしまう。もちろん影響を受けるであろう漁業関係者の理解と保護・支援とセットで進めるべきであることは当然である。

参考文献

1) N Adachi, et al., Measurement and comparison of individual external doses of high-school students living in Japan, France, Poland and Belarus—the 'D-shuttle' project— J. Radiol. Prot. 36 (2016) 49–66.
2) "Twenty-five Years after Chernobyl Accident: Safety for the Future" 2011 National Report of Ukraine.
3) Alexey V. Yablokov,et al., Chelnobyl Consequence of the Catastrophr for People and the Environment, New York Academy of Sciences. (2009)
4) McMahon DM, Vdovenko VY, Stepanova YI, et al.,Dietary supplementation with radionuclide free food improves children's health following community exposure to (137) Cesium: a prospective study.Environ Health. (2015) 14:94.

# ヒト疾患モデル研究室



室長
**岩倉 洋一郎**

［いわくら　よういちろう］

1970年京都大学理学部卒。同大学院博士課程中退後、京都大学ウイルス研究所助手。1978年より2年間米国Sloan-Ketteringがん研究所に留学。1985年東京大学医科学研究所ウイルス感染研究部助教授。1992年同実験動物研究施設教授・施設長。1998年同ヒト疾患モデル研究センター（現システム疾患モデル研究センター）教授・センター長。2011年日本学術会議連携会員。2012年東京大学名誉教授。2012～2023年東京理科大学生命医科学研究所実験動物研究部門教授。2013年同ヒト疾患モデル研究センター長。2023年同客員教授。中国山東第一医科大学非常勤教授。

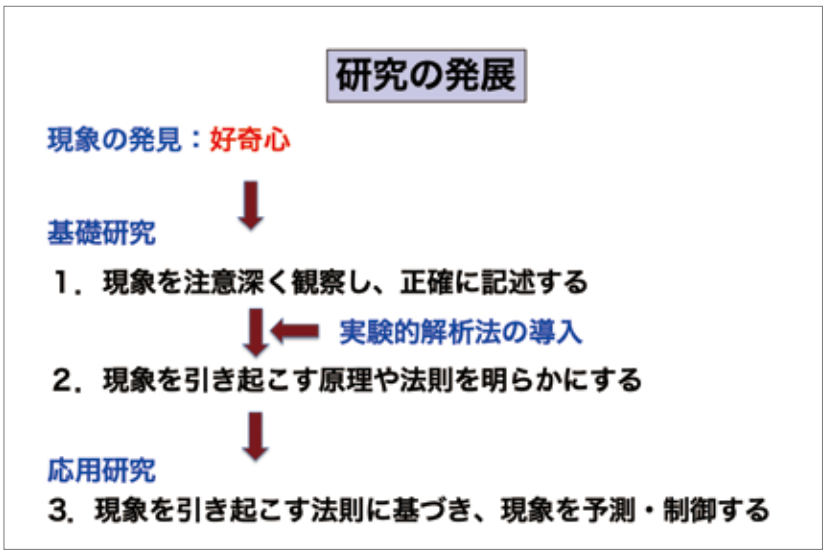
日本リウマチ学会賞（2009年）・日本実験動物学会　安東・田嶋賞（2012年）・野口英世記念医学賞（2015年）・Highly Cited Researchers (Thomson Reuters社、Clarivate Analytics：2014年～2019年)・ Top 1000 scientists (Research.com, 2022 & 2023) : Immunology: Citation: 81,225, D-index: 145, World 70, Japan 5.

発生工学手法を用いた人疾患モデルの作製と解析を行なっている。

基礎研究は役に立たないが、応用研究は役に立つということがよく言われる。しかし、この考えは間違っている事を最近確信する様になった。例えば、山中伸弥先生が開発されたiPS細胞は再生医療への応用の可能性がある事から大きな注目を集めているが、最初から応用研究を目指して行われたものではないであろう。もちろん、山中先生はそのような展望を持っておられたのかもしれないが、研究を始められた時には、一度分化してしまった体細胞を未分化状態に戻す事ができるのか、そのためにはどうすればよいのかという純粋に科学的な興味からだったのではないかと推察する。同じ様に岸本忠

三先生の発見されたIL-6にしても、現在その働きを阻害する抗体が関節リウマチなどの疾患に対し著功を発揮する事が判っているが、この発明も抗体産生で中心的な役割を果たしているB細胞がどのようにして分化、増殖するのかを知りたくて、研究している間にIL-6にたどり着いたもので、最初から関節リウマチの治療薬を探していた訳ではないはずである。つまり、大学で行われる研究は、本来は好奇心に基づく基礎研究であって、この点は企業と大きく異なっている。

基礎研究には、現象の裏でその現象を引き起こしている原理やメカニズムを明らかにするという、重要な使命がある（図）。しかし、現象を引き起こす原理やメカニズムが解ると、逆にこの現象を模倣したり、制御したりする事が可能になる。従って、本当にある物事を理解するという事は、その事を制御し、自由に操れる様になる事だとも言える。30年前には関節リウマチがなぜ起こるのか解らなかったので、治療も対処療法しかなく、進行を食い止められなかった。しかし、この間に発症機構の解明が進み、IL-6やTNFなどのサイトカインと呼ばれる分子が病態形成に重要な役割を果たしている事が解ってきた。このような事が解ってくると、サイトカインを標的とした治療法が次々と開発され、最近では治療が早ければ、関節リウマチは完全に治す事もできる様になっている。大きな進歩であり、基礎研究の成果である。



私がこれまで40年に亘り開発に力を注いできた遺伝子改変マウスは、受精卵の遺伝子を操作することによって、特定の遺伝子の機能を失わせたり、あるいは特定の外来遺伝子を導入したりしたマウスのことである。これらの個体の性状や病気に対する感受性などを解析することによって、その遺伝子の機能・役割を推測することができる。遺伝子の機能を個体レベルで解析する唯一の手段であるとも言える。私はこの手法を用いてこれまでに200系統以上の遺伝子改変マウスを作製し、多くの遺伝子が疾病の病態形成に関与していることを見出した。ことに、サイトカインと呼ばれる免疫制御因子の機能解析に力を注いできた。その一つであるIL-17の場合は、欠損マウスを初めて作製することによって、IL-17が自己免疫やアレルギーの発症に深く関与していることを明らかにした。そして現在、IL-17を標的とした治療薬は、これまであまり有効な薬のなかった乾癬などの治療に極めて有効であることがわかり、広く使われる様になっている。このように考えると、基礎と応用研究とは明確に区別されるものではなく、ことに医科学研究においては、基礎研究の結果は直ちに応用に結びつく可能性を持っている。

逆にいきなり応用研究を始めても、その現象や疾病などがなぜ起こるのかがわかっていなければ、それが起こることを防ぐ手立てを考えることは難しい。この点、我々アカデミアの研究を製薬企業に紹介したとき、外国の大手製薬企業が非常に基礎的ではあっても新規の発見に対して強い興味を示すのに対し、我国の製薬企業の場合は新規性よりむしろどの程度創薬に近いかに興味を示すなど、その姿勢の違いが見て取れ、興味深い。最近、我国からイノベーティブな研究成果が少ないことが問題となっているが、その原因として全体の研究費が少ないことが一番の問題ではあるが、研究費の投資先を基礎研究から応用研究へと大きく舵を切ったことも、原因の一つにあるのではないだろうか。

私の場合、これまで行ってきた基礎研究の積み上げから、応用研究のステージに到達している研究が幾つかある。これらのシーズは創薬に繋がる可能性が示されているものの、残念ながらIL-17以外はまだ創薬に結びついていない。ルイ・パストゥール医学研究センターにおいて、これらのシーズを治療薬や機能性食品などに結びつけることができるように努力したいと考えている。

シリーズ　パストゥールの思考 ④

# 悲しみの中で……、蚕の研究

ルイ・パストゥールは、科学者として偉大なパイオニアである側面がクローズアップされがちですが、5人の子どものうち3人をも失った父親であったことは意外と知られていないのではないでしょうか。身近な、しかも最愛なる子どもたちの死は、その深い悲しみだけをとっても科学者としての姿勢や在り様にかなり濃い影を残したのではないかと思われます。

1865年、パストゥールは新しい研究に取り掛かります。これはフランス政府の依頼で、当時の農業大臣であった恩師ジャン・バティスト・デュマからの懇願でもありました。

この頃、重要な農産物であった絹を生み出す蚕が奇妙な病気に襲われ、養蚕業者を悩ませ、それはフランスの経済にも大きな打撃を与えんばかりの勢いでした。その蚕の病気を究明することが彼の任務として与えられたのです。

蚕のことをまったく知らなかったパストゥール（その一端をうかがわせるエピソードが偶然にも本誌17ページで紹介されています）は、まず蚕を知ることから始めなければなりませんでした。蚕の観察はもちろんのこと、蚕の飼育に関する記録、飼育方法に関する情報、そして養蚕業者からは直接蚕の病気に関する取材を経て、言うまでもなく彼は蚕の病気の原因を突き止めるために、徹底的に誠心誠意を込めて研究し始めるのです。

しかし、その同年にパストゥールは彼にとってロールモデルであり、よき理解者であった父親と、そしてわずか2歳であった幼い娘カミーユを相次いで失い、翌年の1866年には12歳になっていた二女セシール（下図）をも腸チフスで亡くします。1859年に、すでに長女のジャンヌを9歳で腸チフスに

12 歳のセシール、ルノアール画

よって失っていましたので、3人の娘が彼のもとから去ってしまったことになります。

しかも、1868年10月には今度はパストゥール自身が脳卒中で倒れ、病床に伏してしまいます。左腕と左足の麻痺という後遺症は残りましたが、幸いなことに研究を続けることができました。

このような悲劇の中での研究とは……、一体どのようなものだったのでしょう。

現在、当財団の蔵書の中に、明治21年（1888年）4月に刊行された『パスツール氏蠶病論 全』（佛國博士パスツール氏著 川上半吾譯、東京 有隣堂發兌）がありますが、当時の変体仮名づかいのうえに句読点なしの大変読みづらい訳書には、詳細に情報を収集し、対象物である蚕を入念に観察し、そして究明のために実験をする様子が克明に記されています。これは、5年間を費やし病気の原因となる細菌を発見し、予防法を生み出した貴重な記録と言えるでしょう。

この書物から垣間見えるパストゥールの姿は、執念とも思える執拗さ、それがたとえ蚕の病気であっても原因を突き止めて救いたいという、穿った見方ですが、わが子を救いたいという父親の姿と重なります。

ここでは、紙面の都合上、詳細な研究や実験の内容を記しませんが、先述したように、パストゥールは蚕の病気についてまったくの素人でしたが、褐色、あるいは黒みがかった斑点が病気の症状であり、原因でもあるらしいことはわかっていました。これが「微粒子病」と言われるものです。果たして、この病気はどこから生じるのだろうか。パストゥールは、今までの研究（発酵や自然発生説に関する）を通じて、曖昧な仮定ではなく確信をもって、生きている動物の中に微粒子が入り込んで発育し、それが原因で発症すると考えました。そして、蚕がお互いの背中を這い回るときにできる傷あとや病気の蚕が排泄した糞で汚染された桑の葉を食べることにより伝染する接触性の伝染病だということを突き止めました。さらに観察すると、微粒子は変化の最終段階で増殖、さなぎや蛾の体内で増殖した微粒子が蚕種に移行し、次世代に感染、遺伝することもわかりました。

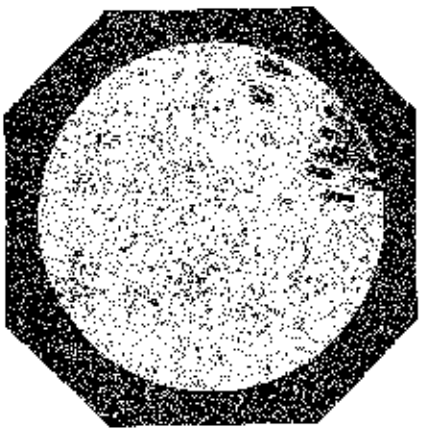
こうして、病気を伝染させない、あるいは遺伝させないなど、一つひとつの問題を解決するために具体的にどのような実験を試み、観察をしていったのかを詳細にまとめたものが本書というわけです。

またこの序文（原序）に、パストゥールによる下記のような文章が書かれており、この中のアンダーライン部分には重要なことが示唆されています。

『……千八百六十五年六月六日余は巴里を出發して桑樹培養並に養蠶の業に付てハ我全國の諸州中第一にして蠶病も亦最も酷烈に荒害するガル州のアレーに進行せり此地の蠶事収納は嘗て世人が目撃せし所のものより最も凶悪にして縱令此時日本國より渡來せし所の良種のありしと雖も實に悲むべき景況たり此時養蠶ハ稍期末に及べり然りと雖も或人余に稍其終わらんとする一養蠶を指示せり此養蠶ハ市街より大凡一「キロメートル」の場所にありし故に余ハ其小養蠶場の近傍に旅宿を移し絶えず観察して以て病害の性質を探り而して千八百六十五年九月に余が不熟錬なる考究の書類及ひ此地に來て驗察したる事柄を文學大學校え差出したり余が積年の考究ハ唯々余が始めに着目する所の目的を追求せしのみなり而して當今に至て余は必ず此蠶病を防治し且つ將來此蠶病の再發する憂を拒くに適當なる方法を知るに至るべきを嚴に保證するものなり

**●パストゥール自身による蚕の図**

桑枝に登る蚕は、他の蚕と離して飼育されたもので斑点がないが、下の蚕は通常の飼育方法であるために、至るところに傷あとの斑点が認められる。



**●微粒子病の顕微鏡図**

右端上部（黒い部分）に微粒子病の原因となる粒子が見られる。

いずれも『パスツール氏蠶病論 全』より引用

## 悲しみの中で……、蚕の研究

故に余は殆んど五年の間絶えず硜驗上の至難の考究に傾意苦心して時日を消費し……』

（……1865年6月6日、私はパリを出発して、わが国の全州の中で桑畑が豊かで養蚕業が最も盛んでありながら、蚕病で最もひどい被害を受けているガル州のアレーへと向かった。この地の蚕の状態はかつて私が目撃した中で最悪であり、当時日本から送られてきた良種のものであっても実に悲しむべき状況であった。このとき、養蚕業は次第に終焉に向かっていたが、私は一つの養蚕農家を指名した。この養蚕農家は市街よりもおよそ1kmの場所であったために、その小さな養蚕場の近くに旅宿を移し、絶えず観察して病害の性質を探り、1865年9月に私は十分ではないが研究報告とこの地で観察した事柄を文學大學校に提出した。私の積年の研究はもっぱら始めに着目した所の目的を追求することであった。それに加えて、今では必ずこの蚕病を防治し、かつ将来この蚕病の再発に憂うことのないように適切な方法を知ることを厳に保証する。そのためにほとんど5年間絶えることなく、経験上この上なく難しい研究に傾意苦心して日時を費やし……。）

パストゥールの非凡な才能は、単に蚕の病気に終始するミクロ的な着眼点では収まらず、常にマクロ的視野を忘れなかったことだと言えるかもしれません。

この蚕病の研究があったからこそ、パストゥールの積年の思いであった、人間にとっても微生物が病気の一因であるという確信を得ることができ、この結果、残念なことに彼の子どもたちには間に合いませんでしたが、その恩恵によって多くの人命が救われるようになりました。

こうして、度重なる不幸や悲しみにありながらも、パストゥールの思考は止まることなく、入念に観察や実験を繰り返し、科学という分野で新たな活路を見出していくのです。

（文責：広報・企画部　津久井淑子）

# みなさまのご来所お待ちしております

設備改善の課題のひとつであった
正面玄関エリアの改装を今年初めに完成、
より安全にみなさまにご利用いただけるように
なりました。

正面玄関

自動ドア及びバリアフリー化された入口

各階案内表示板とインターホンパネル

1階エレベーター前

## 活動報告

2023年1月～6月

| | |
|---|---|
| 1月1日 | パストゥール通信2023年新春号発行 |
| 1月～3月 | 2022年度バイオ・ソサエティ「オンライン医学入門講座」開講<br>（2022年9月より配信開始） |
| 1月4日～11日 | 正面玄関工事（自動ドア及びインターホン設置、バリアフリー化） |
| 1月20日 | 内閣府立入検査 |
| 2月20日 | 生物安全実践講習会 第5回基盤コース開催（京都） |
| 3月21日 | 環境感染制御研究室 第1回環境感染制御研究セミナー開催（大阪） |
| 3月25日～4月30日 | 4階東室P2ルーム設営工事 |
| 5月11日～12日 | OENOVITI INTERNATIONAL京都大会開催<br>（京都大学大学院農学研究科と共催、京都） |
| 5月17日～18日 | 生物安全実践講習会 第2回実践コースB開催（滋賀） |
| 6月2日 | 第93回理事会開催 |
| 6月20日 | 第64回評議員会、第94回理事会開催 |

### 引き続き、温かいご支援とご協力をお願いいたします

当財団は内閣府の税額控除対象財団として
みなさまから変わらぬご厚情と力強いご支援をいただいております。
引き続き、温かいお力添えとご協力を賜りたくよろしくお願い申し上げます。

パストゥール通信　2023年 夏季号
発行人／吉川敏一　編集人／藤田晢也、津久井淑子、鈴木麻理
〒606-8225 京都市左京区田中門前町103-5　☎075-712-6009　ホームページ http://www.louis-pasteur.or.jp