

地球が誕生して46億年、微生物が地球上に生まれて35億年になりますが、人類が誕生してまだ20万年にしかなりません。これまで地球上に生まれ育った人間の総累計数は意外に少なく500億人ほどと考えられています。ところが、1gの土には1億個の微生物が存在します。これまでに誕生した人間の数は、土500g中にすんでいる微生物の数とほぼ同じなのです。

フランスの大科学者ルイ・パストゥール（1822～1895、図1）が、食べ物などが腐ることは微生物の働きであることを100年ほど前に初めて証明しました。その後、研究が進みましたが、人間が培養できる微生物は土1gに存在する1億個のうちの0.1%程度と考えられています。私達は微生物の99.9%については培養する方法もその働きも知らないのです。珍しい働きをする微生物がこれからも発見されるでしょう。そして人間に都合の良い家畜のように微生物の性質を変える技術も生まれてくるはずです。21世紀は、微生物の勉強や研究がおもしろい時代なのです。



図1 パストゥールと彼が実験に使ったフラスコ

## ① 微生物学の歴史

### 微生物学の生いたち

大昔の人は、病気の原因をどのように考えていたのでしょうか。インフルエンザは広い地域で多くの人が一斉に病気になるために、昔のヨーロッパ人は「インフルエンチア・コエリ(天体の影響)」が原因と考えていました。このことからインフルエンザと呼ばれるようになったのです。

また湖や沼に多く発生するマラリアのように病気は特定の地域ではやることがわかっていました。当時のお医者さんの中には、病気の原因は揮発性成分であると信じていた人もいました。それで、イタリア語のマラリアは、沼地などから立ち昇る「悪い空気」を意味しています。また熟した果物が自然に発酵してアルコールができたり、大豆をワラに包んでおくと納豆ができたり、麦や米から味噌や甘酒ができたり、コンソメスープを残しておくにごって食べられなくなることなどは、大昔の人達は自然から学んで知っていました。

このように自然に起こる不思議な現象がどうして起こるのかは、永い間理解されませんでした。

ところが100年ほど前、パストゥールは、スープを熱いうちに口が下を向いているガラス容器に入れておくと(図1)、スープがいつまでも腐らないことに気がつきました。つまり彼は、小さな生物が入れない容器を使ったり、加熱して殺してしまえば、スープはいつまでも腐らないことを発見したのです。このことから、牛乳やワインが酸っぱくなるのは、小さな生物によって酢ができるこ



図2 レーウェンフックと顕微鏡

とが原因で、ワインを作る酵母と酢を作る細菌がいることを発見しました。このことから、人間は微生物が存在することに気づいたのです。

### 微生物の発見

パストゥールが生まれる140年ほど前の1683年、オランダ人のA.V.レーウェンフック(1632～1723)は、レンズを磨いて自分で作った簡単な顕微鏡(図2)で小さな生物(微生物)が自分の口の中や雨水などにいることを発見しました。しかし、彼は、誰にも見せずに1人で楽しんでいました。1876年、ドイツ人のR.コッホ(図3)は、目では見えないが顕微鏡を使ってようやく見える大きさの小さな生物がヒツジに炭疽という病気を起こし、ヒツジを殺すことを初めて明らかにしました。コッホとパストゥールという二大巨人と彼らの多くの弟子達は、病気の原因となる細菌は探せば



図3 コッホ



図4 青カビの顕微鏡画像のイラスト

必ず見つかるという、細菌学の黄金時代を築き上げました。青カビ(図4)が作るペニシリンなどで病気を治すことができる細菌の発見、すなわち第一世代の微生物の発見です。

1892年、ロシア人のD.I.イワノフスキー(1864～1920)は、タバコの葉が黄色くなる病気(タバコモザイク病)の原因を研究し、20世紀中頃にできた電子顕微鏡を使わなければ見ることのできないウイルスを発見していました。現在世界的に流行しているエイズは、HIVと呼ばれるウイルスによる病気の一例です。病気を治す特效薬がまだないウイルス、第二世代の微生物の発見です。

1976年にノーベル生理学医学賞を受賞したアメリカ人のC.D.ガイジュセック(1923～)は、パプアニューギニアの高地で1万年前から石器時代の生活を送っていたホア族人に奇妙なボケの患者を多数見つけました。そのボケの原因体は、電子顕微鏡でも見えず遺伝子も見つからず滅菌処理でも殺すことのできないタンパク質(プリオン)であることを、1982年、アメリカ人のS.プルジナー(1942～)が発見しました。細菌でもないウイルスでもないプリオン、第三世代の微生物の存在の発見です(22ページ表1と表2)。

### 微生物を分けると












微生物は、小さな生物としての微生物と無生物的な性質の微生物とに分けられます。生物としての微生物は、さらに2つに分けられます。核のあ



表1 病原体の発見史 (考え方)

天罰説世代	前世からのタタリ	病気にならないように善いことをしましょう
ミアズマ説世代	悪い空気	サラシ粉をまくと悪い空気は良くなります
顕微鏡的第一世代	細菌	ペニシリンなどの新抗生物質を探そう
電子顕微鏡的第二世代	ウイルス	ウイルスは毒みたいなので治せない
超電子顕微鏡的第三世代	プリオン	どうして病気を起こすのかわからない

表2 微生物学の重要な発見

1876	ローベルト・コッホ A	炭疽という伝染病は炭疽菌と呼ぶ細菌によることを発見	
1878	ジョセフ・リスター B	牛乳が腐って酸っぱくなる酢酸発酵の乳酸菌を発見	
1880	ルイ・パストゥール C	ニワトリコレラ菌の病気を起こす力を弱くした生ワクチンを発明	
1884	ローベルト・コッホ	かかると必ず死ぬ不治の国民病であった結核を起こす結核菌の発見	
1885	ルイ・パストゥール	狂犬病のワクチンを発明し狂犬病のオオカミに噛まれた人の治療に成功	
1889	マルチヌス・ベイジャーリンク	豆科植物の根瘤から窒素がなくても生育する根瘤細菌を発見	
1890	北里柴三郎 D	破傷風菌の培養に成功し細菌の毒素と血清治療を発見	
1892	ドゥミトリー・イワノスキー	タバコモザイク病のウイルスを発見	
1894	北里柴三郎	香港に出張してペスト菌を発見	
1898	志賀潔 E	東京大学を卒業した年に北里柴三郎の指導を受けて赤痢菌を発見	
1911	フランシス・ラウス D	ニワトリにガンを起こすウイルスを発見	
1912	パウロ・エーリッヒ F	秦佐八郎と梅毒の薬サルバルサンを発見	
1915	フレデリック・ツボルト	細菌のウイルス・バクテリオファージを発見	
1929	アレキサンダー・フレミング G	青カビからペニシリンを発見し肺炎の治療に成功	
1935	ゲハルト・ドマーク	化学的に合成したサルファ剤を発見	
1935	ウェンデル・スタンレー	タバコモザイク病ウイルスを結晶化しそれが伝染性であることを発見	
1944	セルマン・ワックスマン H	結核の薬ストレプトマイシンを発見	
1949	ジョン・エンダース	試験管内で培養したヒトの細胞で神経を侵すポリオウイルスの増殖を発見	
1953	ジェームス・ワットソンとフランシス・クリック	遺伝子であるDNAが二重らせん構造であることを発見	
1970	ハワード・テミンとデイビット・ボルチモア	RNAからDNAを合成する逆転写酵素を発見	
1975	セザール・ミルシュタイン	試験管のなかで単クローン抗体の作り方を発見	
1977	カール・ウーズ	動物と細菌の中間の古細菌の存在を発見	
1982	スタンレー・ブルジナー	ヤコブ病や狂牛病など脳をスポンジのように壊すプリオンを発見	
1983	リュック・モンタニエとロバート・ギャロ	免疫を駄目にするエイズの原因ウイルスHIVを発見	
1986	カリー・ミュリス	細菌から取り出した耐熱性酵素を用いて遺伝子を増やすPCR法を確立	

る生物としてのカビや酵母と核のない生物である細菌は、生物に共通な細胞という生命の基本単位からできています。しかし、無生物的な微生物であるウイルスは、遺伝子としての核酸と保護膜としてのタンパク質とからできている粒子で、細胞という構造をもっていません。遺伝子工学の分野で遺伝子の運び屋として用いられるプラスミドは、ウイルスよりも単純で増殖力のある核酸だけからできています。さらに狂牛病で有名なプリオンは、殖えるタンパク質のみからできています(表3)。これからも驚くような珍しい微生物がた

くさん見つかるでしょうが、作っている物質から見ると、これ以外の物からできている微生物は見つからないと思われま。微生物の大きさは、種類により大きささまざまです(表4)。形もまたいろいろです(図5)。棒状のものやボール状のものが一般的ですが、らせん状、四角や三角の形の微生物も存在します。微生物は、働きから大きく4群に分けられます(表5)。人間には殖やせない微生物も無数にあり、それらの働きは全くわかっていません。微生物の種類と特徴をまとめて表6に示しました。

表3 微生物の分類

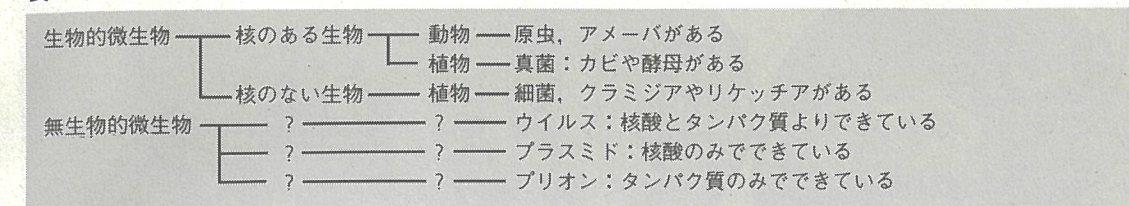


表4 微生物の大きさの比較

名称	おおよその大きさ	1cmに何個ならばか
赤血球	7 μm	1500個
原虫	10 μmから目で見える	数個~1000個
真菌	2 μm~数十cm	1~5000個
細菌	0.5~10 μm	1千~2万個
ウイルス	20~300nm	3万~50万個
卵白	8 nm	200万個

1m=100cm=1000mm=100万 μm=1億nm

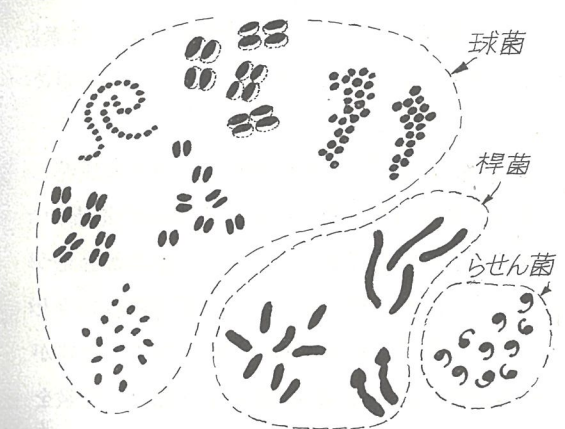


図5 微生物のいろいろな形

表5 働きからみた微生物の分類

微生物の分け方	微生物の種類と数	働き
1. 害になる微生物	数万種で多数	病気を起こす, 酒酵母を殺す
2. 役にたつ微生物	1よりも多い	酢や抗生物質を作る
3. 環境の微生物	2よりも多い	水の浄化や環境の破壊
4. 殖えない微生物	3より多く土や水中の大部分	何をしているかわからない

表6 微生物学の授業で勉強する微生物の種類と特徴

名称	属性	基本形	遺伝子	増殖	抗生物質	病気の代表	その他
原虫	動物	細胞	DNAとRNA	自分で増殖			寄生虫学や医動物学で勉強する
細菌	植物	細胞	DNAとRNA	自分で増殖	特効薬あり	結核, コレラ	
リケッチア	植物	細胞	DNAとRNA	細胞に寄生	特効薬あり	つつが虫,	昆虫が媒介
クラミジア	植物	細胞	DNAとRNA	細胞に寄生	特効薬あり	トラコーマ	
ウイルス	?	粒子	DNAかRNA	細胞に寄生	特効薬なし	エイズ, 白血病	結晶・増殖性核酸
プラスミド	?	線状	DNA	細菌に寄生			増殖性核酸
プリオン	?	?	?	?	特効薬なし	ボケ, 狂牛病	滅菌困難

パストゥールの発見: アルコールから酢

ブドウ汁からワインができることを大昔から人間は知っていました。しかし、ブドウ汁からどうしてワインができるか、またワインが腐ると酸っぱくなる理由はわかりませんでした。1870年代のある日、ブドウ酒を作る人がパストゥールにブドウ酒が腐る原因を調べてくれと頼みに来ました。

パストゥールは、結晶には光学的に2種類あることを発見した化学者です。化学的に合成すると2種類の結晶ができる、しかし、微生物は1種類の結晶しかつくりません。パストゥールは、飲めるブドウ酒と飲めないブドウ酒を顕微鏡で調べ、飲めるブドウ酒には丸い形の酵母とアルコールを見つけました。ところが、酸っぱくて飲めないブドウ酒には、酵母とアルコールの他に細菌と酢酸が見つかりました(24ページ図6)。酢酸を顕微鏡で調べると1種類の結晶しか見えませんでした。パストゥールはこう考えました。ブドウ汁に





図6 飲めるブドウ酒と飲めないブドウ酒の違い

含まれる糖を酵母はアルコールに変えワインを作る。細菌はアルコールを酢酸に変え酸っぱいワインにしているのではと。この細菌は、酢酸菌と名前をつけられ、現在も酢を作るのに用いられています。

### 北里柴三郎のひらめき

細菌が病気をどのようにして起こすのかを証明した熊本県出身の北里柴三郎(図7)の話を紹介しましょう。破傷風という病気は、ある形をした細菌らしいと見当はつけられていましたが、世界中の誰もその菌を純粋に培養(人工的に殖やす)して病原菌であることを証明できませんでした。そこで北里は、その菌の性質を調べ、酸素を水素で置き換える装置を考え(図7)、破傷風菌を純粋に培養することに成功しました。

次に、破傷風菌をマウスの後ろ足に注射すると、筋肉の麻痺が注射をした足から始まり、しだいに全身におよびマウスは死にます。死んだマウスの前足の筋肉や脳には破傷風菌は見つかりません。菌が検出されないのに麻痺が全身におよぶ不思議さに、北里はあることを直感しました。それは、「細菌がマウスを殺すのではなく、菌が殖えるときにマウスを殺す毒になる物質を出す」のではないかと。そこで、菌を殖やした液か

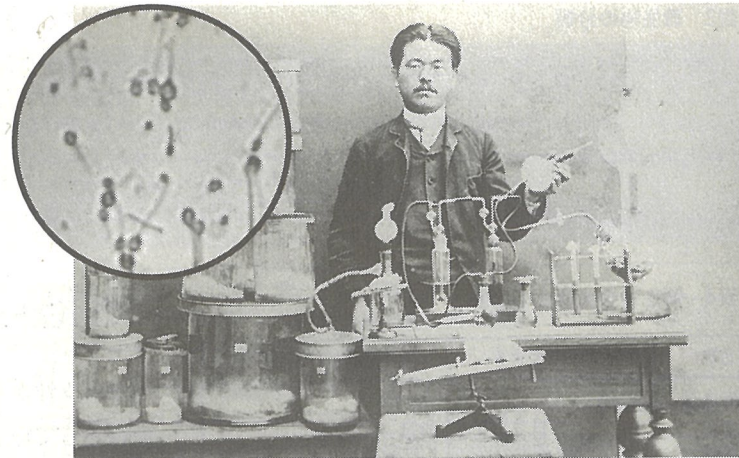


図7 北里柴三郎博士がベルリン大学で成功した破傷風菌の純粋培養と管内は破傷風菌(写真提供:北里研究所)

ら破傷風菌を除いた液を作り、マウスに注射したところ、菌を注射したマウスと同様に死ぬことから、破傷風菌の作った「神経を麻痺させる毒素」がマウスを殺すことを発見しました。1890年のことです。

さらに、破傷風菌の毒を薄めてマウスに注射したとき生き残ったマウスには、薄めない毒素や、破傷風菌を注射しても、死ななくなることも見つけました(図8)。そのことについて、いろいろと考えた末、北里は毒素の麻痺作用をなくす物質がマウスの体にできるのではないかと思い、実験を重ねました。そして、マウスの血液の中に、破傷風の毒素を無毒化する物質を発見しました。その物質は、現在では免疫抗体と呼ばれています。そして、動物の体で作った免疫血清を治療に使う「血清療法」というものを考案し、それが、ジフテリアの治療などに有効に使われました。

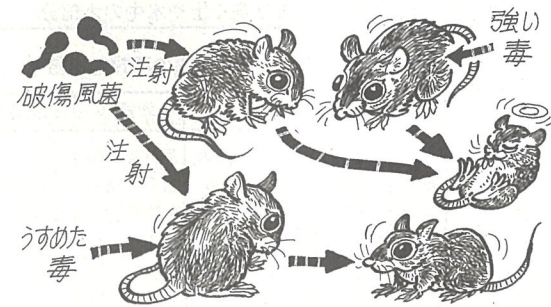


図8 免疫のしくみ

## ② 微生物学のいろいろな応用例

### 水素ガスを作るシロアリ細菌

昨年(2019年)の東京モーターショーには、排気ガスを出すガソリン自動車ではなく、水素燃料電池(図9)からの発電で走る電気自動車が数点展示されました。ショーに出品された電気自動車は、天然ガスを分解して作った水素をボンベに入れ、それを使う発電システムでした。

オナラは、腸内の微生物が作った臭いガスで、二酸化炭素と水素ガスです。大腸菌などの細菌群が水素をだします。私達の研究グループは、家の柱などを食べてしまうシロアリの体内から水素を作る菌(図10)を発見しました。シロアリの細菌

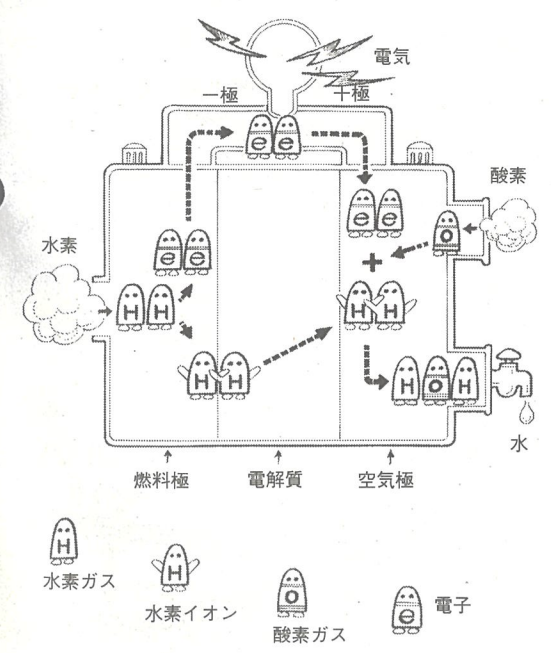
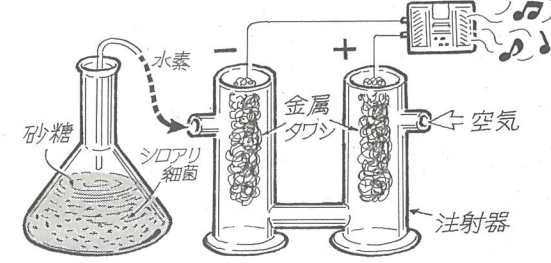
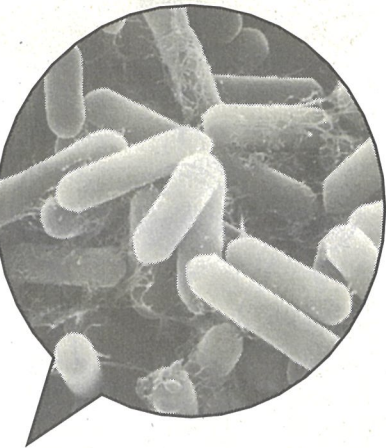


図9 水素燃料電池のしくみ

図10 水素ガスを作るシロアリ細菌の顕微鏡画像とその細菌を使った発電実験



は、野菜、砂糖、デンプン、稲わら、バナナ、トウモロコシやコピー用紙などを原料にして大量の水素ガスを作る性質があります。

台所で使う金属タワシをメッキし、それを2本の50ml注射器につめます。1本の注射器には、シロアリの細菌が作った水素ガスを入れ、他の1本には空気(酸素を含みます)を入れて、2本の注射器を銅線で結ぶと、1Vの電気が発生します。これが水素燃料電池で、水の電気分解の逆の原理です。この水素燃料電池を4本(水素200ml)つなぐと、ラジオは1日中なっています。シロアリの細菌は砂糖1gから400mlの水素を作るので、砂糖1gで2日間もラジオを楽しめるのです(図10)。

### アルコールを作る酵母

酵母の働きを知らなかった大昔から米、麦、トウモロコシやブドウなどから日本酒、ビール、ウイスキーやワインが作られています(26ページ図11)。これらはみな性質の違う酵母によって作られます。アルコールは、酒類、酢の原料、防腐剤、消毒薬、医薬品、化粧品、香料など広い分野で使