# 見えない世界の扉を開く

顕微鏡の誕生と発展

監修 元国立科学博物館産業技術史資料情報センター 主任研究員 小島 建治氏

告しています。

14世紀にはヨーロッパでペストが

て微生物(細菌)を観察したことを王立協会に報

ントニ・ファン・レーウェンフックは、

独自に開

またアマチュア研究者であったオランダの

「細胞(セル)」と名付けました。

したレンズ1枚の単式顕微鏡で、人間の精子

1683年には人類史上初め

て植物のコルクを観察し、そこに〝小さな部屋〟を

人類の歴史は、疫病との闘いの歴史であった とも言えます。私たちは目に見えない細菌や ウイルスを観察できる顕微鏡という武器を手にし たことで、これまでに多くの病気を克服してきました。 また顕微鏡によってミクロ世界の扉が開かれてからは、 人々の知的好奇心が刺激され、科学は飛躍的に発展し、 高度な技術も生まれていったのです。



ロバート・フックが使った顕微鏡 と フックが描いたノミ(右上)や細胞(コルク)のスケッチ

王立協会の装置管理者だったロバート・フック(1635~1703)は、 自ら改良した複式顕微鏡を使い、動植物などの観察を行った。

> ロッパで広まったといわれています。 ることを発見し、「不思議な眼鏡」として売り出 しました。これが顕微鏡の始まりとされていま 1665年にはロバート・フックが顕微鏡を使っ デミーである王立協会がロンドンに設立されると、 微鏡を使った重要な科学的発見が相次ぎます。 凸レンズを組み合わせるとものが大きく見え 1550年、オランダのヤンセン親子は2枚 そして1662年に世界最初の科学者アカ

顕微鏡に欠かせないレンズ。それは紀元前

ら存在し、水晶を磨いた凸レンズがイラク北部

の古代遺跡から見つかっています。ただし、最初

はものを見るためではなく、太陽熱を集めて火

ものが大きく見える」ことの発見

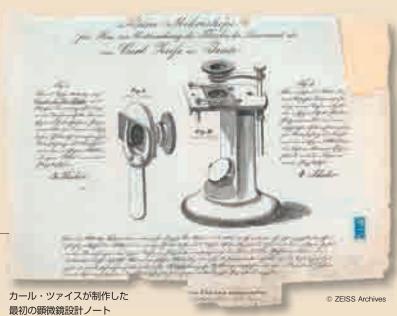
るための眼鏡としてつくり変えられ、その後ヨー ラス製造が盛んであったイタリアで、視力を助け



カール・ツァイスの同僚と見習いたち。 © ZEISS Archives 1864年当時の顕微鏡製造の工程がすべて写っている

# カールツァイス社

カールツァイス社は1846年にドイツ・イエナで設立された。 当初の顕微鏡製造は試行錯誤の繰り返しであったが、のちに 物理学者エルンスト・アッペの協力で科学理論をもとにした 製造手法を確立し、複式顕微鏡の性能を飛躍的に向上させた。





写真提供:学校法人北里研究所

# ロベルト・コッホ(左から2人目)と 北里柴三郎(右端)(1908年日本で撮影)

コッホ(1843~1910)はドイツの医師、細菌学者。地方で医師を 務めながら、炭疽菌や結核菌、コレラ菌など多くの病原菌を発見。 現代細菌学の基礎を築いた。1905年ノーベル生理学・医学賞を受賞。



Science Source/PPS

# アントニ・ファン・レーウェンフック (1632~1723)

アントニ・ファン・レーウェンフックは織物商を営むアマチュア研究者だったが、世界で初めて微生物を観察するなど、多くの業績を残した。彼の使った単式顕微鏡は1枚のレンズを2枚の板で挟んだ単純な装置だが、その倍率は270倍にも達していた。

ぼ限界まで性能を向上させました。

鏡が誕生し、

光学レンズを使った装置としては

世紀末までには1000

倍の像が得られる顕微

700倍の倍率を持つ顕微鏡を開発します。

ス職人のオットー

・ショットと協力し、

6 0 0

19

イス社は、

物理学者のエルンスト・アッベやガラ

19世紀後半ドイツのカールツァ

く後押しします。

その

顕

微

鏡の進化は、

医学の発展を力強



レーウェンフックの 単式顕微鏡



北里柴三郎(1853~1931)

写真提供:学校法人北里研究所

東京医学校(現在の東大医学部)卒業。ドイツに留学し、コッホの もとで研究を行う。破傷風菌の純粋培養成功、血清療法の発見、 ペスト菌の発見など多くの業績を残した。 を用いることで世界的な業績を成し遂げています。 協発見(1897年)など、日本の研究者も顕微鏡 るペスト菌発見(1894年)、志賀潔による赤痢るペスト菌発見(1894年)、志賀潔による赤痢るペスト菌発見(1894年)、志賀潔による赤痢のスト菌発見(1897年)など、日本の研究者も顕微鏡を用いることで世界的な業績を成し遂げています。

# © 島津製作所創業記念資料館

# 江戸時代の国産顕微鏡『天明顕微鏡』

1781(天明元)年、小林規右衛作。最も古いものの一 つとされる国産顕微鏡。本体は木製で、3種類の対物 レンズが付いている。



# エム・カテラ

1914(大正3)年、工業製品として国産第1号となった 顕微鏡「エム・カテラ」。 高さは約26センチメートル、 接眼レンズ2個、対物レンズ3個を持つ。倍率は60 ~600倍が選べるようになっていた。名前は開発に 携わった3人の頭文字(松本福松 = M、加藤嘉吉 = KA、寺田新太郎 = TERA)をとって付けられた。

日本の顕微鏡事始め 雪華模様訪問着(正定寺蔵) © 古河歴史博物館 古河藩主の土井利位(1789~1848)は、日本で初 『雪華図説』 <sub>© 古河歴史博物館</sub> めて顕微鏡で雪の結晶を観察し、1832(天保3) 年『雪華図説』を著した。調度品や着物に雪華 模様をちりばめるほど雪の華の美しさに魅せら れた利位は「雪の殿様」と親しまれ、その美しい

意匠は江戸の庶民にもてはやされた。

# オランダから伝来した顕微鏡

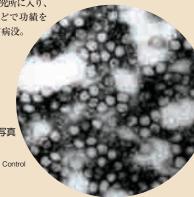
微鏡の輸入が途絶えてしまったため、 く使われました。 されるようになりますが、 結晶の観察を続け、 古河藩主の土井利位は20年以上にわたって雪 いました。 ねた国産顕微鏡もつくられるようになりました。 まれたと言われています。 産第1号は1914(大正3)年の「エム・カテラ」 本には安土桃山時代、 その後、 当時、 |粉などを観察して『顕微鏡記』を著したほか、 国政策がとられたことで、 ヨーロッパで第1次世界大戦が勃発し、 顕微鏡は大名や学者などに珍重されて 明治に入ると外国から顕微鏡が輸 儒学者の中井履軒は蝿、 ・ロッパで発明された顕微鏡ですが、 『雪華図説』を著しています。 オランダ船によって持ち込 また江戸時代に入ると、 工業製品としての 西洋の顕微鏡をま 蚊、 国内で広 シラミ、





野口英世(1876~1928)

医学者、細菌学者。伝染病研究所で北里柴三郎 に師事。渡米後ロックフェラー医学研究所に入り、 蛇毒や梅毒スピロヘータの研究などで功績を あげた。黄熱病の研究中に感染して病没



黄熱ウイルス顕微鏡写真 (23万4,000倍)

© US Centers for Disease Control

# 光から電子の時代

当時

た1910年代、

全世界でスペイン風邪が猛威

ウイルスこそが黄熱病の病原体でした。ま の顕微鏡では見ることのできない小さな物 自らも黄熱病にかかって亡くなっています。実は

結局その病原体を発見することができず、

黄熱病の研究に力を注ぎました。

英世は晩年、

界がありました。光学顕微鏡は目に見える光(可 それは人々の願いでしたが、光学顕微鏡には

限

この病原体もインフルエンザウイルスでした。 をふるい2000万人以上が亡くなりましたが、

もっと小さな世界を見ることができたら

これにより電子顕微鏡の時代が幕を開けます。 電子顕微鏡の開発が進められていきます。 スコープ」が発明され、 をブラウン管の画面で見ることができる「オシロ 子顕微鏡でした。 想されたのが、 光源を使った装置が必要だったのです。そこで着 なウイルスなどを観察するにはもっと波長の短い なものは見ることができません。 視光線の波長(0・5マイクロメートル)より小さ 視光線)を使って観察を行います。そのため、 商用機が製造され、 て世界初の電子顕微鏡の試作機が完成しました。 1937年にはドイツ・シーメンス社によって 1932年エルンスト・ルスカが中心となっ 光より波長の短い電子を使った電 19世紀末、 ウイルスの観察にも成功。 その技術を応用することで、 電流・電圧の変化 細菌より小さ 山

# より小さなものを見るために

細菌学者としてノーベル賞候補にもなった野



© IBM Corporation

# 「A Boy and His Atom(少年と彼の原子)」

"世界最小の映画"として2013年ギネスブックに 認定された。IBMの基礎研究所IBM Researchが、 IBMが発明しノーベル物理学賞を受賞した走査 型トンネル顕微鏡を使って原子を動かし、映画 を製作した。

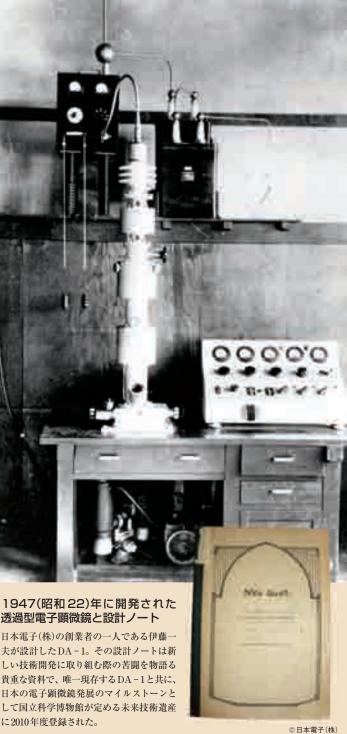


© IBM Corporation

何千もの正確に配置された原子を用いて約250 フレームのコマ撮り撮影で製作。



ことは間違いありません。



貴重な資料で、唯一現存するDA-1と共に、 に2010年度登録された。

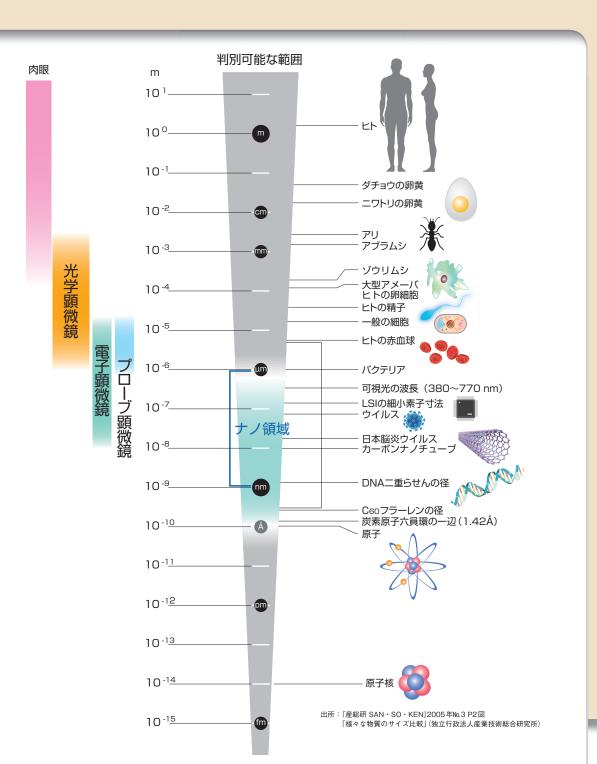
くれることでしょう。 ていきました。光学から電子へ。顕微鏡は進化 界を知ることで、私たちの暮らしは大きく変わっ を続け、これからも私たちに未知の扉を開いて 中世 1 = ロッパで誕生した顕微鏡。

電子顕微鏡は現在も改良を重ねられており、 の性能向上のため、結晶構造の観察・分析など 車など高度な工業製品のニーズが高まり、 加えて1970年代に入ると、先進国では自動 間もなく商用機も誕生し、 短い期間で国産電子顕微鏡の開発に成功。 井完が中心となり、 や産業分野において重要な役割を果たしていく い元素も見られるようになるなど、今後も科学 えば従来は観察が難しかったリチウムなどの軽 にも電子顕微鏡が活用されるようになります。 おいて電子顕微鏡は不可欠な存在となりました。 た。国家プロジェクトとして研究が行われた結果、 官学連携によるプロジェクトが立ち上がりまし には海外への輸出も始めています。 ルスカによる発明以来、 日本学術振興会のもとで産 医学・生物学分野に 1955(昭和30)年 戦後

電気試験所技師の笠

1939(昭和14)年、

本でもドイツの電子顕微鏡開発の成功を受



# 顕微鏡で何が見えるのか 観察可能範囲とサイズ比較

電子顕微鏡の発達によって、ヒトの眼や光学顕微鏡では見ることができなかったナノメートルという微細な単位のものを観察することが可能になった。1ナノメートルとは10億分の1メートル。その大きさは、メートルの世界に生きるヒトの1,000分の1がアリ(ミリメートル)、アリの1,000分の1がバクテリア(マイクロメートル)、バクテリアの1,000分の1がDNA二重らせんの径(ナノメートル)とたどって、やっと到達する。ナノとはラテン語で「小人」を意味するnanusに由来する。ナノの世界を観察する研究者や技術者は、まさに小人の国を旅するガリバーのような存在なのだ。

# 顕微鏡の種類

# ● 光学顕微鏡

試料を透過または反射した光を観察する顕微鏡

## ● 電子顕微鏡

光の代わりに電子線を当てて拡大観察する顕微鏡。 試料を透過した電子線の束を拡大観察する透過型電 子顕微鏡(TEM)と、試料の表面を電子線でなぞり飛 び出してくる電子を検出・画像化する走査型電子顕 微鏡(SEM)がある

# ●プローブ顕微鏡

先端を尖らせた針を用いて、試料の表面をなぞるように動かして表面状態を拡大観察する顕微鏡