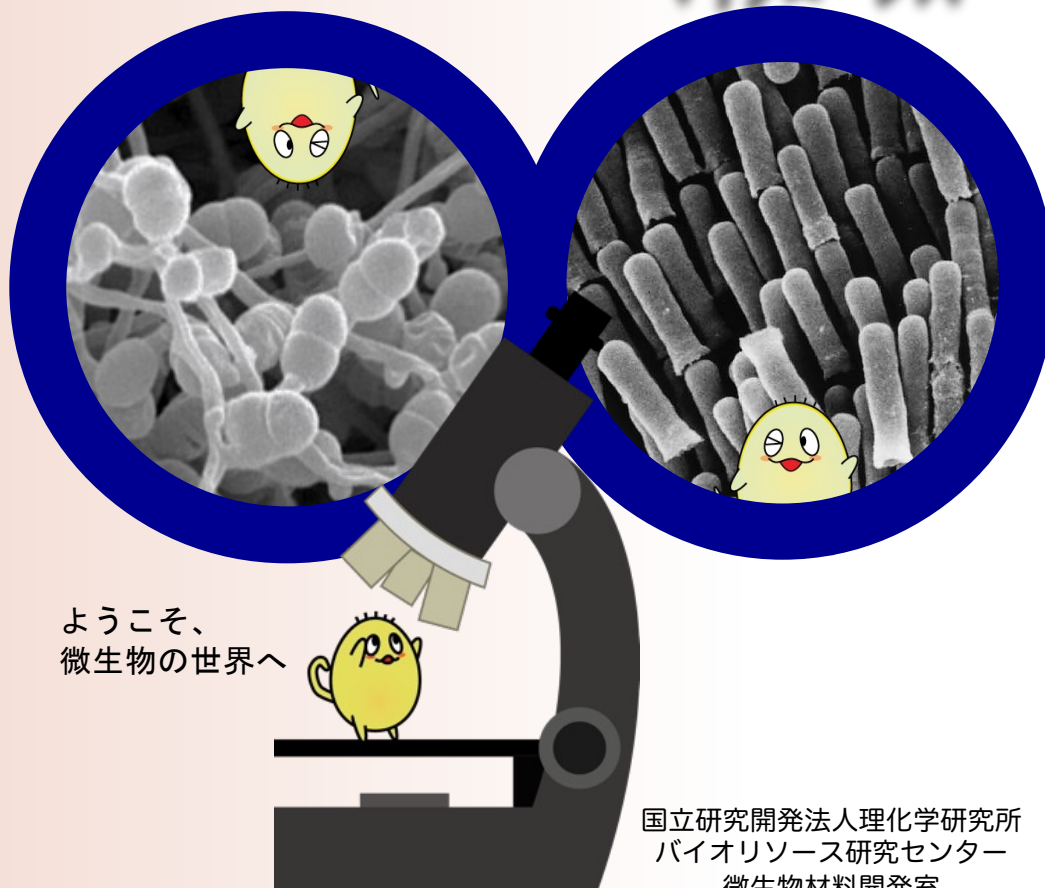
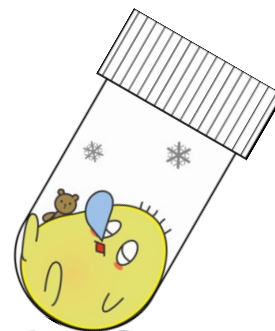


ハロー

Microbes

マイクロブズ



ようこそ、
微生物の世界へ

国立研究開発法人理化学研究所
バイオリソース研究センター
微生物材料開発室

微生物ってどんな生き物？ (I)

こんにちは！ぼく、まいくろうだよ！！
皆さんは微生物について知ってるかな？
食べ物を腐らせる？
病気を引き起こす？

いえいえ、
ぼくたちにも役立っている仲間がたくさんいるんだよ！

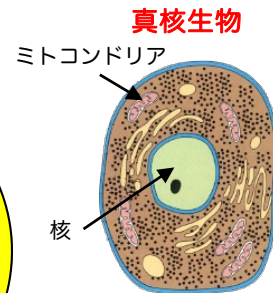
微生物は、普段目にすることはないけど、実はこの地球上でもっとも種類が多くて、もっとも生存量が大きいんだよ！

この小冊子では、微生物の多様性、微生物とヒトとの関わり合い、微生物に関する研究、そして微生物を保存し必要とする研究者に提供している微生物系統保存機関について紹介するね！



まいくろう

微生物の種類



真核生物

- | | |
|--------|----------------|
| 藻類 | コンブ、テングサなど |
| 偽菌類 | 卵菌類、粘菌類など |
| 原生動物 | ゾウリムシ、アメーバなど |
| 菌類（真菌） | 酵母、カビ（糸状菌）、キノコ |



原核生物

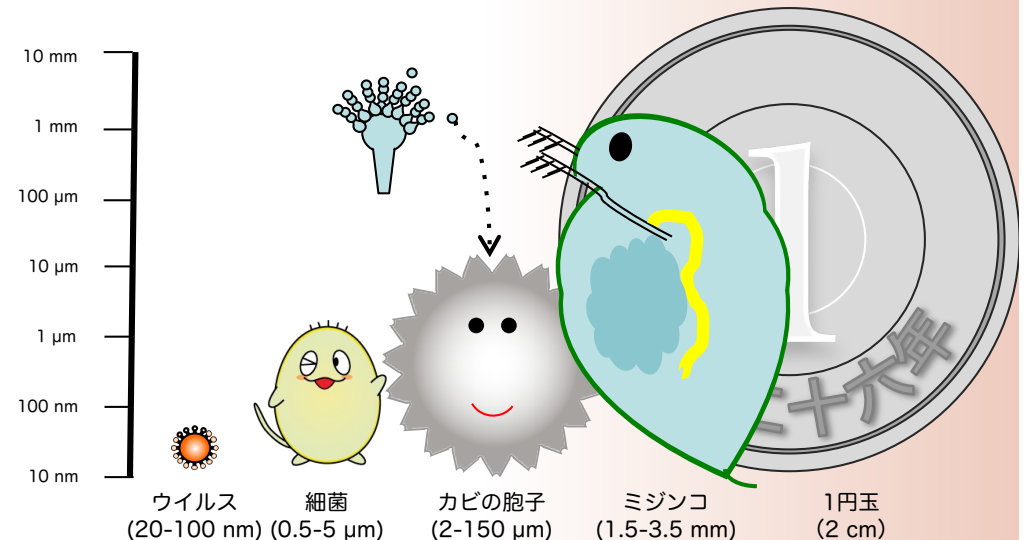
- | | |
|-----------|-------------------|
| 細菌 | 大腸菌、枯草菌、乳酸菌、放線菌など |
| アーキア（古細菌） | メタン菌、超好熱菌、好塩菌など |

微生物は細胞学的に大きく**真核生物**と**原核生物**に分けられます。真核生物の細胞には核膜に包まれた核があり、やはり膜で包まれたミトコンドリアなどの細胞内器官があります。一方、原核細胞には明瞭な核はなく、細胞内器官もありません。

微生物は2つのタイプがあるんだね



微生物ってどれくらいの大きさ？



この大きさ比べでは、それぞれの典型的な大きさを対数値（log₁₀値）で示してありますので実際の感覚とは異なります。

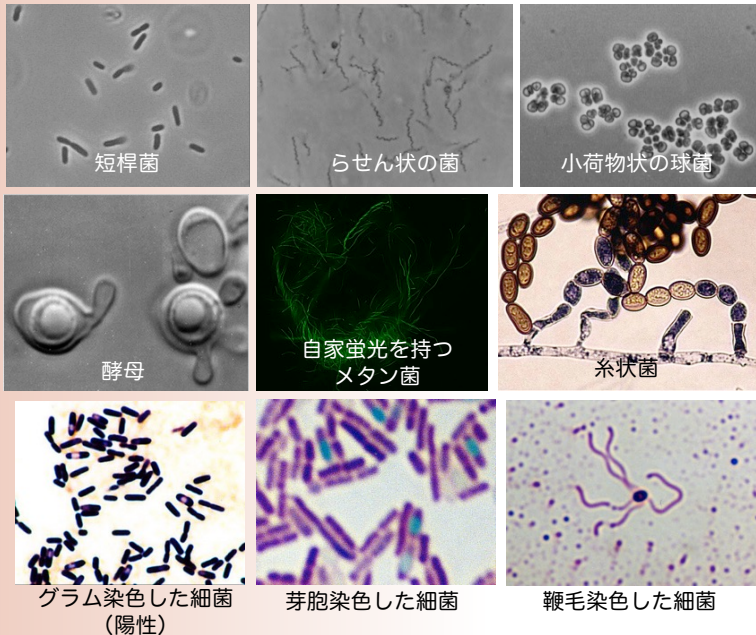
微生物ってどんな生き物？（II）

目に見える微生物やその群集



微生物は一個体は目で見えることはできませんが、集団（コロニー）となれば肉眼で認識することもできます。例えば食品に生えたカビや温泉で見られるバイオマット（緑やオレンジ色の微生物がつくる皮膜）などがあります。またキノコも微生物の仲間です。平板培地で培養することによってそれぞれの微生物ごとに特徴的なコロニーを観察することができます。

顕微鏡で見る微生物



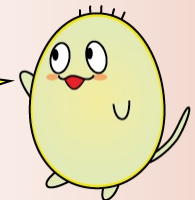
顕微鏡で微生物を観察すると、じつに様々な形があることがわかります。単純な形をした細菌でも、桿菌（かんきん）や球菌、らせん状の菌までいろいろあります。糸状菌にはもっと複雑な形をした美しいものもあります。

電子顕微鏡で見る微生物

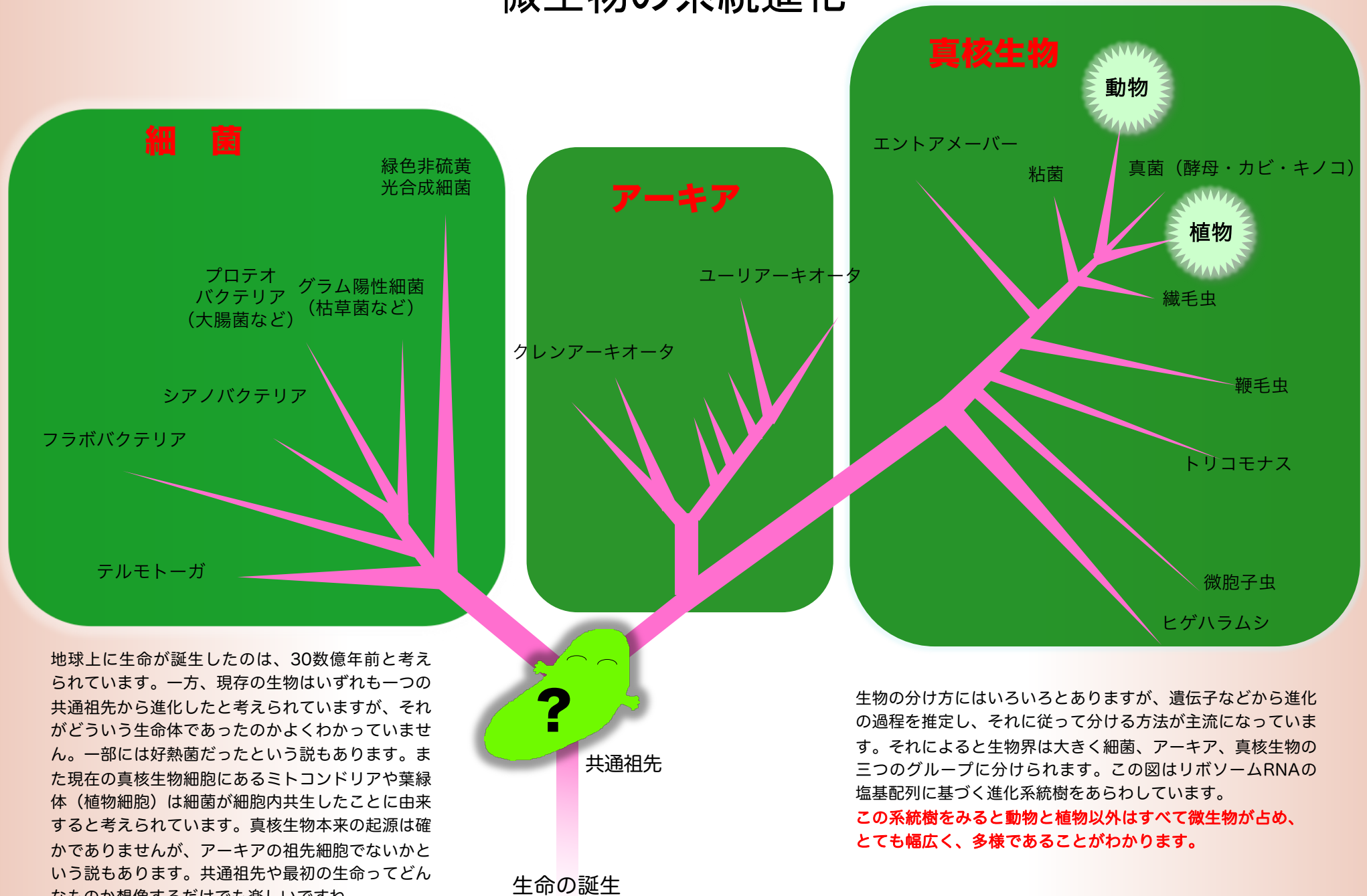


細胞の形や構造をもっと詳しく観察するときには電子顕微鏡を使います。走査型電子顕微鏡は細胞表面の観察に適しており、透過型電子顕微鏡は細胞切片の細胞内器官や細胞壁の観察、鞭毛の着生様式の観察などに適しています。

微生物って目に見えないけど
大きさ、形もいろいろだね。
孢子や鞭毛の種類もいろいろ
あって、こうした特徴は微生物
を見分けるのに便利だね。



微生物の系統進化



地球上に生命が誕生したのは、30数億年前と考えられています。一方、現存の生物はいずれも一つの共通祖先から進化したと考えられていますが、それがどういった生命体であったのかよくわかっていません。一部には好熱菌だったという説もあります。また現在の真核生物細胞にあるミトコンドリアや葉緑体（植物細胞）は細菌が細胞内共生したことに由来すると考えられています。真核生物本来の起源は確かではありませんが、アーキアの祖先細胞でないかという説もあります。共通祖先や最初の生命ってどんなものか想像するだけでも楽しいですね。

生物の分け方にはいろいろありますが、遺伝子などから進化の過程を推定し、それに従って分ける方法が主流になっています。それによると生物界は大きく細菌、アーキア、真核生物の三つのグループに分けられます。この図はリボソームRNAの塩基配列に基づく進化系統樹をあらわしています。

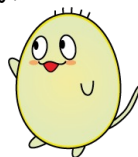
この系統樹をみると動物と植物以外はすべて微生物が占め、とても幅広く、多様であることがわかります。

微生物ってどんなところにいるの

ありとあらゆるところにいるよ！



微生物は、土壌、海、川、動物・ヒトのおなかやヒフ、植物の根圏、家の中などありとあらゆるところに住んでいます。次のページからもっとくわしくみていこう。



微生物ってどれくらいいるのかな？

ある試算によれば、ヒトのおなかの中にはおよそ 3.2×10^{11} 匹（微生物細胞）がいるそうです。これはヒト1人の細胞総数よりもさらに多いものです。また地球の土壌環境には 2.6×10^{29} 匹、海洋環境には 1.2×10^{29} 匹、地球全体では 4.6×10^{30} 匹もいるそうです。もう数えられないね！

地球上における生物種の数 の推定

グループ	認知種数 ($\times 10^3$)	推定種数 ($\times 10^3$)	既知の比率 (%)
微生物			
原核生物	5	>1000	<0.5
真菌	72	1500	4.8
原生動物	40	200	20
藻類	40	400	10
植物	270	320	84
動物			
線虫類	25	400	6
甲殻類	40	150	26
昆虫類	950	8000	12
脊椎動物	45	45	90

(Schleifer KH, 2004を改変)

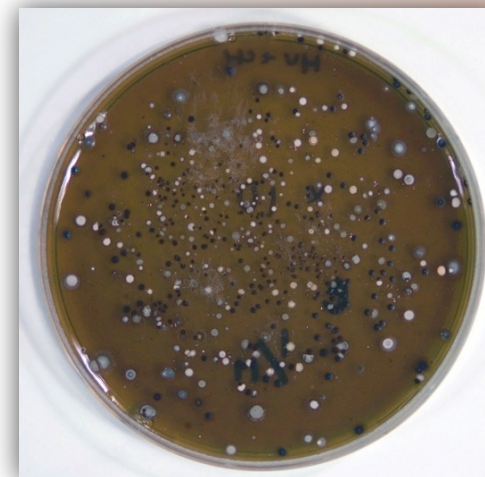
これまで見つかった微生物の種数は動物や植物に比べれば多くはありません。しかし最近は培養技術が進歩してきましたし、培養しなくてもどこにどんな微生物がいるかがわかるようになってきています。これからまだまだ新しい微生物が見つかるでしょう。

微生物ってどんなところにいるの？ - 1

土壌

微生物は地球上の至る所に生息していますが、中でも**土壌は微生物の最大の宝庫で、1グラムの土中にはおよそ10億の微生物がいるとされています**。その種類は細菌、カビ、藻類、原生動物などさまざまで、場所や環境の違いによって住んでいる微生物の種類は異なります。土壌中の微生物は生物遺体（動物の死骸や落葉など）を分解し、自然界における炭素や窒素の物質循環に重要な働きを行っています。また、その過程で**生産される有機物は植物の生育を促し、さらには土壌の改善をもたらす働きがあるため、農業においても土壌微生物はとても大切です**。

土壌
↓
水で希釈
↓
シャーレの培地上に塗る
↓
培養



土壌中の微生物

土の中には
たくさんの種類
の微生物が
いるんだね。



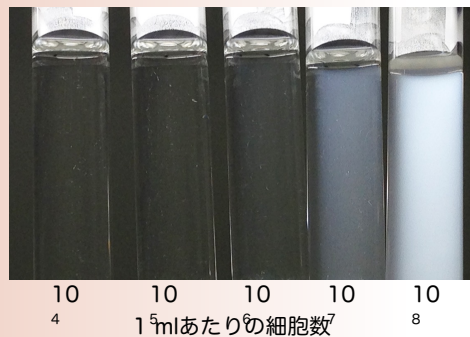
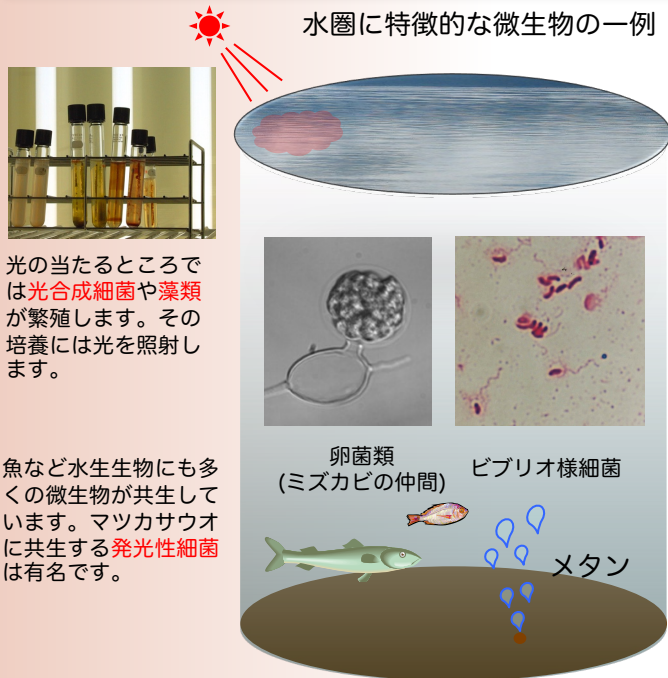
微生物のスクリーニング

土壌中の微生物は有機物の分解だけでなく、さまざまな能力を秘めています。たとえば米国のワックスマンらは土壌中に多く生息する放線菌と呼ばれる細菌のなかまがストレプトマイシンという抗生物質を生産することを1943年に発見しました。その後、ほかの土壌放線菌からも次々と新しい抗生物質が発見され、その中には当時不治の病と考えられていた感染症の特効薬も見いだされました。このように、土壌などから微生物を探索し、その中から目的とする微生物を選別することをスクリーニングと言います。現在も**医療の現場で用いられている多くの医薬品が微生物によって生産されています**。

微生物ってどんなところにいるの？ - 2

川・湖・海

川、湖、海にはまた陸上とは異なる多種多様な微生物が生息しています。溪流や外洋等のきれいな水環境では微生物の数はそれ程多いわけではありませんが、富栄養化が進んだ河川、湖、港湾などには有機物を食べる従属栄養微生物が著しく増加しています。また水面近くは酸素量が多くても湖底、海底は嫌気的環境になりがちで、そこには数多くの嫌気性微生物が生息しています。こうした微生物は物質循環に大きく関わっており、その生態を知ることが重要です。



微生物の密度と濁度

培養液の濁度は細胞の形状・大きさによって異なりますが1万~10万 ($10^4 \sim 10^5$) 細胞/ml ではほとんど透明のように見えます。

微生物ってどんなところにいるの？ - 3

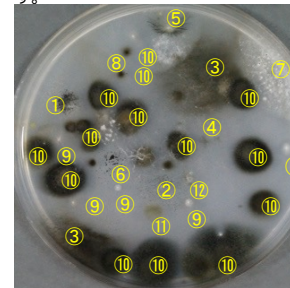
住環境

キノコ、カビ、酵母などの菌類は朽ち木や落ち葉の分解者、植物や動物の病原菌、植物の内生菌、酵素や医薬品の生産菌、お酒・味噌・醤油・チーズなどの生産菌や食材として知られています。ここでは、**私たちの身近な生活環境から見つかったいくつかのカビを紹介します。**



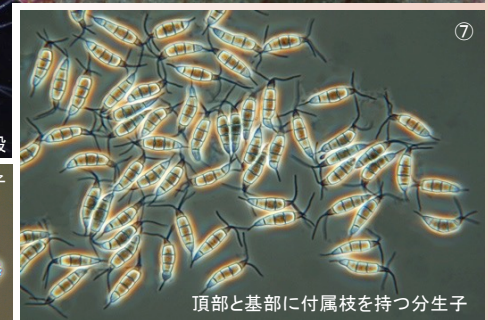
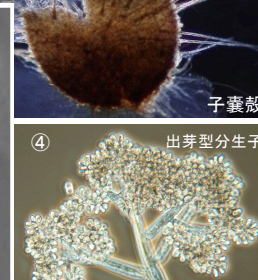
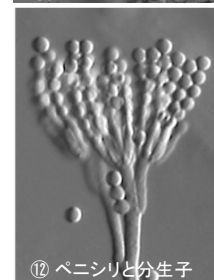
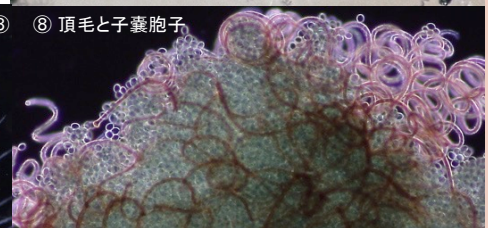
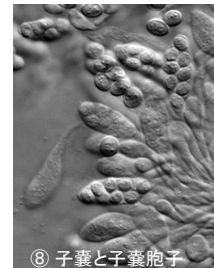
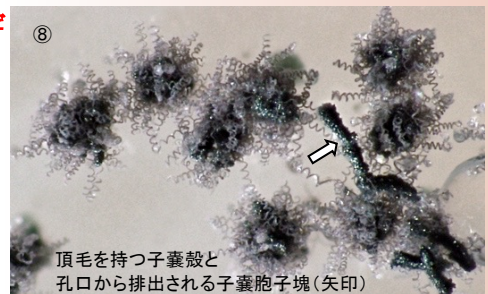
風呂場の壁や排水溝にいるカビ

*Phoma*属菌（上図）はフラスコ形の分生子殻（矢印）により胞子（オレンジ色のものは胞子塊）が保護されているのでカビ取りの洗浄剤などは完全に死滅せず、さらに石炭の成分を餌にしていると言われています。また、排水溝からは黒色酵母の*Exophiala*属菌（右図）が高頻度に分離されます。



台所の床にいるカビ

1. *Pithomyces* sp.
2. *Arthrrium* Sp.
3. *Alternaria* sp.
4. *Botrytis* sp.
5. *Aureobasidium* sp.
6. *Aspergillus niger*
7. *Pestalotiopsis* sp.
8. *Chaetomium* sp.
9. *Paecilomyces* sp.
10. *Cladosporium* spp.
11. *Torula* sp.
12. *Penicillium* sp.



極限環境

微生物は、私たちが住む普通の環境だけでなく、地球上の大部分を占める**厳しい極限環境にも適応して生息しています**。こうした微生物を研究することは生命の限界や地球上における生命の誕生と進化を探索することでもあり、またこうした微生物から有用な機能も探索されています。



役に立つ極限環境微生物

極限環境微生物	利用例
好熱菌	耐熱性酵素（遺伝子増幅に用いるDNAポリメラーゼ、糖化反応に用いるアミラーゼなど）の生産
好アルカリ性菌	洗濯に用いるアルカリ性酵素（セルラーゼなど）の生産
好酸性菌	鉱山排水から金属の回収（バイオリッチング）
好塩性菌	高塩分を含む食品（醤油・魚醤など）の発酵
低温菌	地下・海洋汚染の浄化（バイオレメディエーション）

共生（シロアリ）

「共生」とは「共に（一緒に）生きる」ということ。実は動物の体や植物にはたくさんの微生物が共生しています。このような共生する微生物は、動物や植物から心地良い住処や栄養をもらっていることが多いのですが、動物や植物にとっても大事な役割を果たしています。

① シロアリは木材を食べていますが、**シロアリ自身だけでは木材の成分(セルロース)を十分に分解することができません**。

② シロアリの腸の中には、木材を分解する微生物（原生生物）が共生していて、**シロアリの代わりに木材を分解してくれています**。

③ 腸内の原生生物（褐色のものは細胞内に木片を取込んだもの）

④ 原生生物の細胞内に共生する細菌

シロアリは、おなかの中に微生物を飼っているから、かたい木材を食べて生きていけるんだね！

③ 木材は炭素源には富んでいますが、窒素源は大変乏しく、**栄養としては大変偏った食べ物**です。

④ シロアリの腸内で木材の成分を分解する原生生物の細胞の中には細菌が共生していて、必要な窒素栄養化合物をつくりだしてくれています。

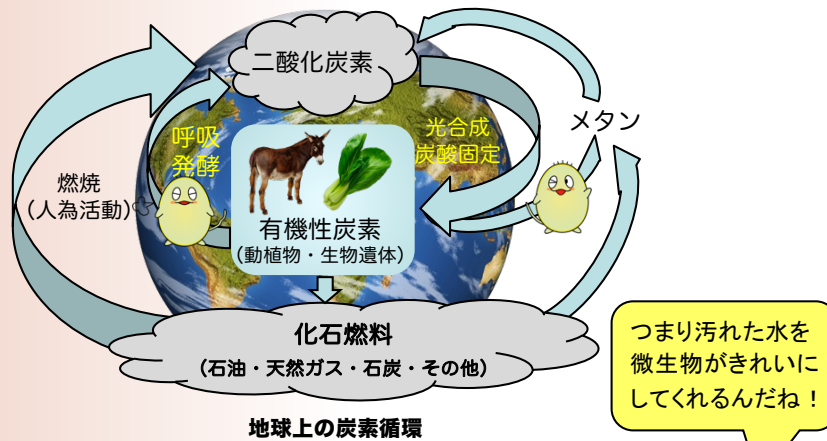
複数の異なる微生物と共生することで、シロアリは木材を食べることができるようになったのです。



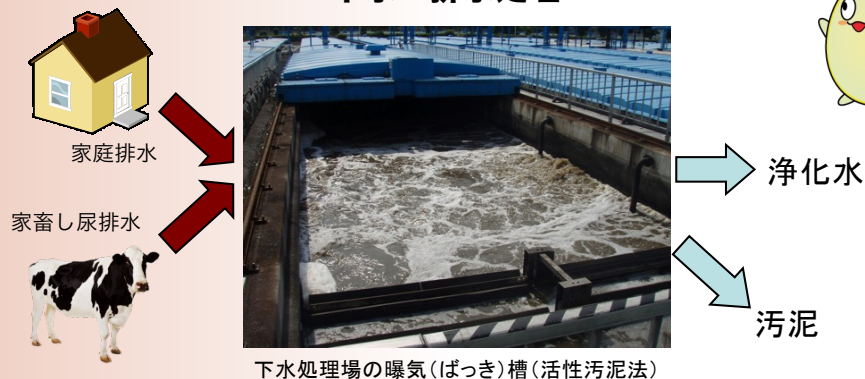
環境と微生物

地球上の物質循環を担う微生物

動植物の遺体はさまざまな微生物によって分解され、体組織の成分である有機物は再び他の生物が利用できるかたちに変えられます。これを繰り返すことを物質循環といい、微生物はその主役を担っています。もし微生物がいなかったら地球上は枯れた植物や死んだ動物によって覆われてしまいます。つまり**微生物は地球の掃除屋**といえます。



下水・排水処理

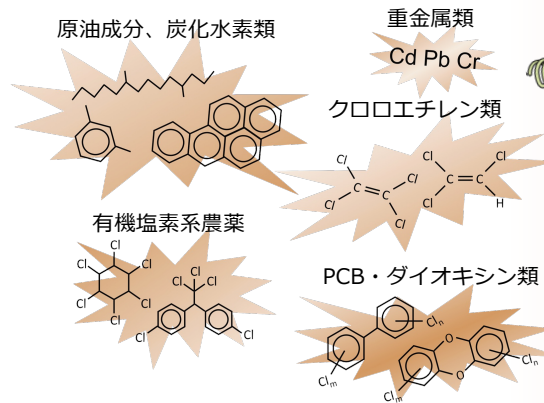


家庭や家畜飼育施設などから出る下水や排水にはたくさんの栄養分が含まれていて、これをそのまま河川などに放出してしまうと環境を汚染してしまいます（富栄養化）。こうした下水・排水は処理施設で浄化された後に排出する必要があります。おもな浄化法に、**好気性微生物群に大量の酸素を与えて増殖させ、汚水中の栄養分を分解、沈殿させる活性汚泥法があります。**

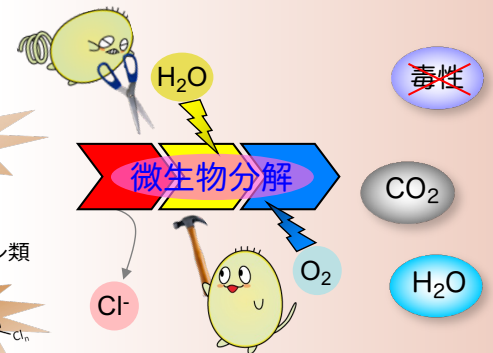
環境を浄化する微生物

私たち人類は、化石資源（石油や石炭など）を利用して様々な化学物質を作り出してきました。それらは生活を豊かにする一方で、動植物に有害で自然の中で無害化されにくい難分解性のものもあり、環境を汚染しています。そのような化学物質で汚染された環境を、**微生物などの生物の活動を利用して浄化する技術が「バイオレメディエーション」**です。

有害な環境汚染物質



無害な物質



バイオレメディエーションは、微生物の使い方によって以下の様に分類されます。

◆ バイオスティミュレーション

栄養分を汚染環境にまいて、そこに生息する分解微生物を活性化して、汚染物質を分解します

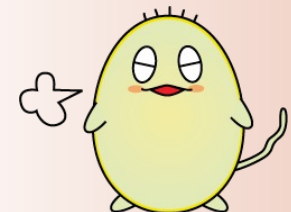
◆ バイオオーグメンテーション

特別な分解能力を持つ微生物を汚染環境にまいて、汚染物質を分解します

環境中に生息する様々な微生物が、多様な化学物質の分解能力を持っていることが分かっています。そのような微生物の特殊な分解酵素や遺伝子が研究されており、より効率的で環境に優しい浄化技術の開発に生かされています。

人間が作り出した化学物質の分解能力を、微生物がいかにして短期間で獲得したのか？そのような微生物の進化のメカニズムにも興味を持たれています。

微生物は人間がつくりだした化学物質も分解してくれる、環境のお掃除やさんなんだね。



食品と微生物

パン作りに不可欠なイースト(酵母)は発酵すると気泡を出してパンを膨らませます。

白菜などの野菜には、もともと乳酸菌が付着しています。これが乳酸発酵をおこしてお漬物は酸っぱくなるのです。

酵母



ビール



ワイン



パン



日本酒



みそ



しょうゆ



漬物



ヨーグルト

乳酸菌

麹



かつお節

カビ

かつお節を作るときは、最後の工程でかつおにコウジカビをふきつけてカビを繁殖させます。

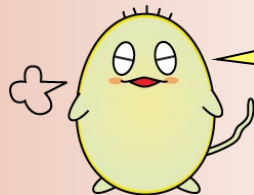


納豆

納豆菌

納豆菌は稲わらに生息する熱に強い菌です。蒸し上がりの熱い大豆に納豆菌を付けることで、納豆菌だけが生き残り納豆が出来ます。

微生物はいろんな食べ物と関係があるんだね！

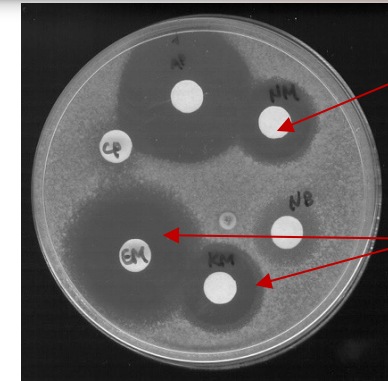


医薬品と微生物

風邪にかかったときなどに処方される抗生物質は、実は微生物から見つかったこと知っていますか？ **抗生物質とは「微生物が産生し、他の微生物の増殖を阻害する化学物質」**のことです。抗生物質は1929年にアレクサンダー・ Flemingによってはじめて発見されました。Flemingは、ブドウ球菌の培養中に偶然入りこんで生えてしまったアオカビを見て実験を失敗したと思ったそうです。しかし、よく見るとアオカビの生育した周りにだけブドウ球菌が生えていないことに気づき、アオカビがつくる抗生物質ペニシリンを発見したのです。これ以後、ストレプトマイシン、クロラムフェニコール、カナマイシンなど様々な抗生物質が発見され、**かつて脅威とされていたコレラ、結核、赤痢などの細菌感染症も治療が可能となりました。**



アオカビ (ペニシリウム)

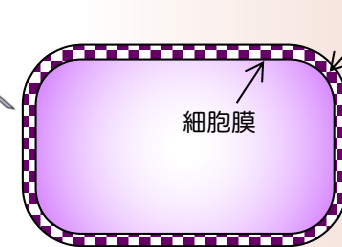


抗生物質を含むペーパーディスク

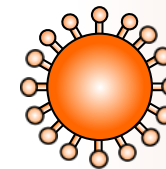
シャーレの中には予め被検菌が含まれていて、抗生物質に感受性があるとそこでだけ生育できずに阻止円ができます。



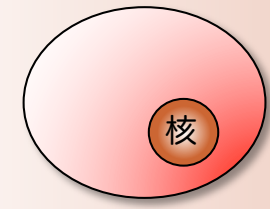
ペニシリンを含むβ-ラクタム系抗生物質は細菌の細胞壁の生合成を阻害します。ヒトの細胞には細胞壁はないので比較的安全に使えます。



細胞壁のある細菌
抗生物質により死滅します

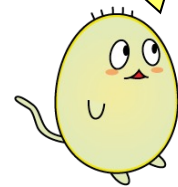


ウイルス
細胞壁なし=効かない

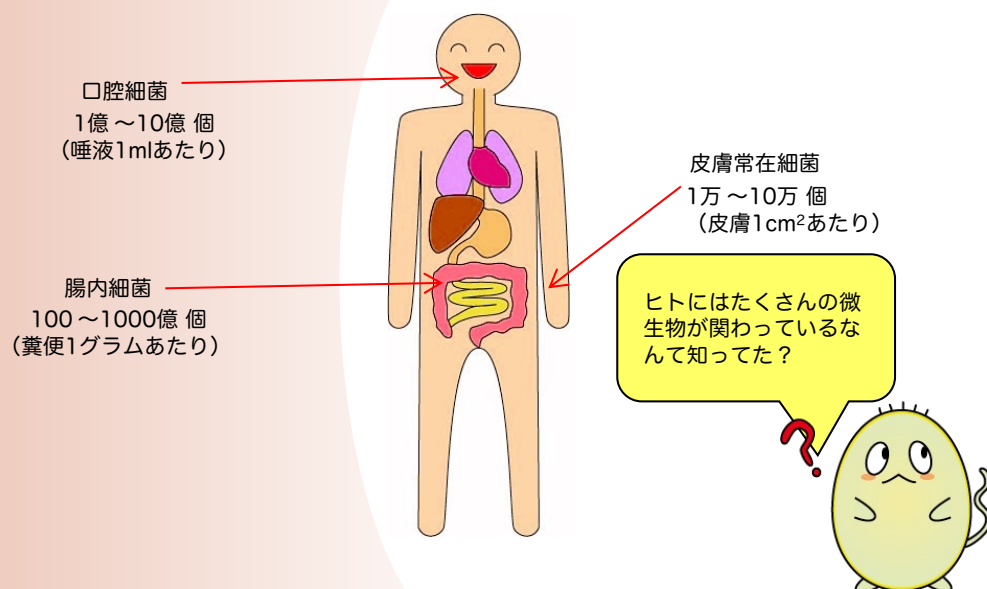


ヒト細胞
細胞壁なし=効かない

微生物の作る抗生物質は、細菌にだけ効いて人間には効かないなんて便利だな～



健康と微生物



ヨーグルトのお話

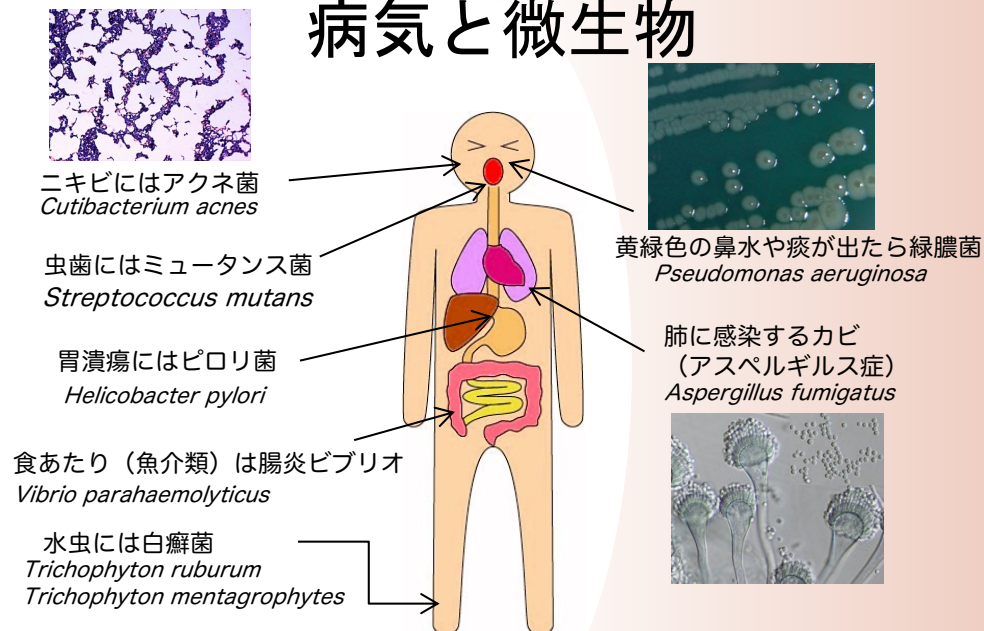
ヨーグルトは牛乳に乳酸菌を混ぜて発酵させて作る発酵食品です。ヨーグルトに含まれている乳酸菌が腸に様々なよい影響を与えることがこれまでの研究で分かっています。

- 整腸作用
- 免疫バランスを整える（アレルギーが改善される）
- ピロリ菌を減らす効果があるものもある
- ヨーグルトの乳酸菌は腸内に定着しないので、定期的にヨーグルトを食べることが大切です。



ヨーグルト売り場に行くとたくさんの商品が並んでいますね。ヨーグルトの容器がプラスチックだったり紙だったり、商品によって容器が違うことにお気づきですか？乳酸菌と一口に言っても実に様々な種類があります。ヨーグルトに入っている菌も製造メーカーによって異なります。乳酸菌の中には酸素のあるところでは生育できない *Bifidobacterium* 属 という菌も含まれます。*Bifidobacterium* 属の菌が入っているヨーグルトの容器には酸素を透過しないプラスチックの容器が使われています。今度ヨーグルトを買ったときにチェックしてみてくださいね。

病気と微生物



虫歯の原因も微生物が関係してるんだね。イターイ！

お口の病気のお話

◆虫歯菌

食べた物に含まれる砂糖を口の中にいるミュータンス菌が食べると“酸”を作り歯を溶かします。通常は唾液によって元に戻るのですが、食事の回数が多かったり、アメをなめ続けたり、口の中が不潔であったりすると口の中は歯の溶ける酸性状態が続き、最終的には歯に穴があく“むし歯”となってしまいます。

◆歯周病菌

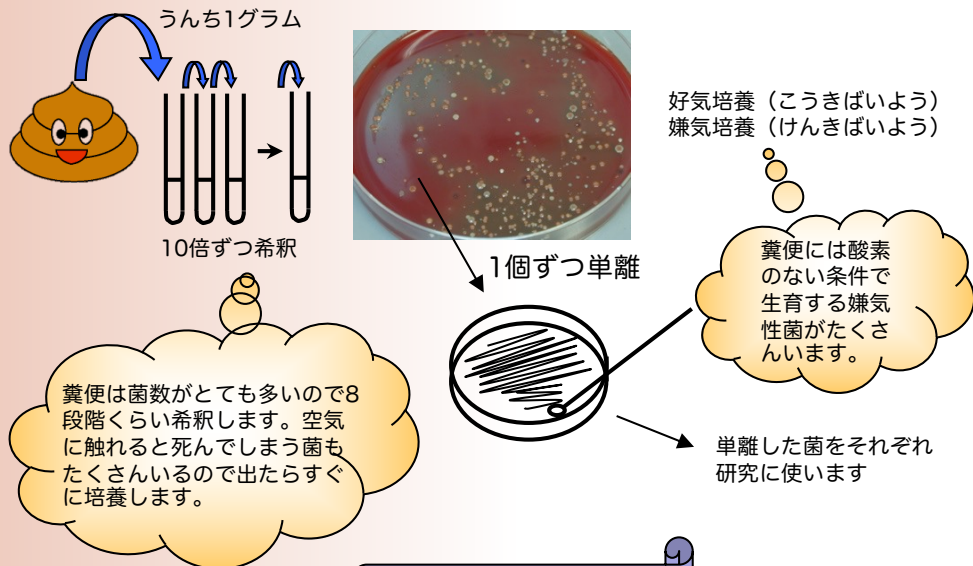
歯と歯の間の歯肉に炎症が起こっているものを歯肉炎、さらに、歯の周りに進行して歯槽骨や歯根膜にまで炎症が拡大したものを歯周炎といい、この両者を合わせて“歯周病”といいます。この病気では口の中にらせん型の細菌が多く見られるようになります。

微生物の分離法

微生物を分離（単離）するには、培地を使って培養するよ。培地、培養方法にはたくさんの種類があるからそれぞれの微生物に適切な培地、培養方法を選択することが重要なんだよ！

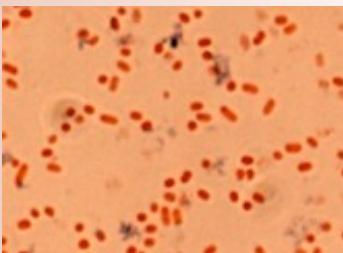


例：糞便からの微生物の分離



腸内細菌のお話

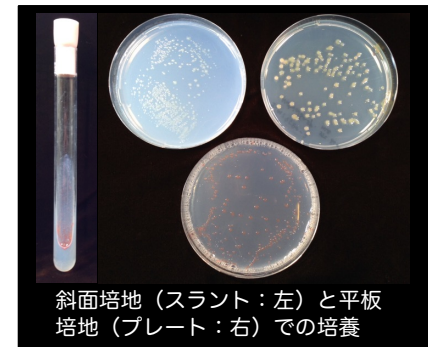
ヒトの糞便には1グラムあたり1兆（ 10^{12} 個/g）もの細菌がいると言われています。そしてそのうちの70%はまだ未知の細菌だとされています。細菌を分離し、その細菌がどのような役割をしているのかが明らかになることで腸内細菌がヒトの健康や病気にどのように関わっているのかも明らかになっていきます。



例えば左の写真は日本人の糞便から分離された嫌気性細菌です。2005年に論文発表され *Bacteroides plebeius* という名前がついています。その後の研究で *B. plebeius* は海藻の食物繊維を分解する酵素を持っており、米国人18人の腸内からは検出されず、日本人では13人中5人から検出された、と報告されています。古代から海藻を食べていた日本人ならではの腸内細菌かもしれません。

微生物の培養と保存

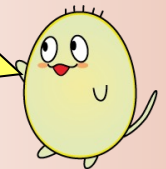
培養



簡易な嫌気性培養装置（左）。容器内にある試薬が酸素を除去し、特定の嫌気環境を作ります。また左側のように容器内の気相を予め嫌気ガスに置き換えてからゴム栓で密栓して培養する方法もあります。



微生物株の培養には培地成分、温度、pH、酸素要求性など様々な培養条件を設定する必要があるんだよ。

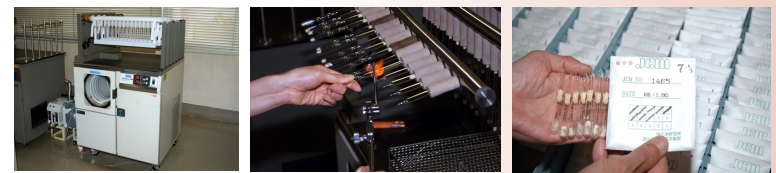


保存

微生物株はそのまま放置していればやがては死滅してしまいます。また、継代によって常に培養した状態で維持すると、変異をおこして性質が変化する可能性があります。そこで、凍結保存や乾燥保存によって保存する必要性があります。



微生物をそのまま凍結すると凍結傷害をおこしてしまいますのでグリセリン等を保護剤として使用します。凍結用チューブに分注してディープフリーザー（-80℃）または液体窒素タンク中に保存します。



乾燥保存では微生物をアンプル中に保護剤とともに凍結乾燥またはL-乾燥（液体状態から乾燥）します。アンプルは常温でも取り扱えるため、菌株を郵送で提供することができます。



微生物を使った研究

微生物の世界はまだまだ不思議がいっぱい



ノーベル賞にもなった微生物研究の例

カビ	アレクサンダー・フレミングはアオカビから初めての抗生物質であるペニシリンを発見（1945年生理学・医学賞）
大腸菌	ジャック・モノーとフランソワ・ジャコブは大腸菌を使って遺伝子発現調節に関するオペロン説を提案（1965年生理学・医学賞）
好熱菌	キャリー・マリスは好熱菌由来の耐熱性DNAポリメラーゼを使ってPCRによる遺伝子増幅技術を開発（1993年化学賞）
ピロリ菌	バリー・マーシャルとロビン・ウォーレンはピロリ菌の発見とその胃炎・消化性潰瘍における役割を解明（2005年生理学・医学賞）
酵母	ジェームズ・ロスマンらは酵母を使って細胞内の主要な物質輸送である小胞輸送の制御機構を発見（2013年生理学・医学賞）
放線菌	大村智博士は土壌に生息する放線菌からエバーメクチンを発見し、アフリカ等の寄生虫病の撲滅に貢献（2015年生理学・医学賞）
酵母	大隅良典博士は酵母を使って細胞内のリサイクルシステムを担うオートファジーの仕組みを解明（2016年生理学・医学賞）

微生物保存機関

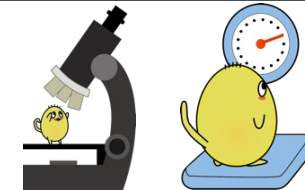
微生物保存機関（カルチャーコレクション）は研究・開発上有用な微生物資源（リソース）を収集、保存、提供する機関です。こうした保存機関の役割はまずこうした微生物株が失われないように保存し、そして品質管理をしっかりと行い、研究を希望する研究者に確かな状態で提供することです。

国内外の
研究機関
保存機関
教育機関

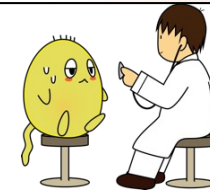
受付
(寄託)



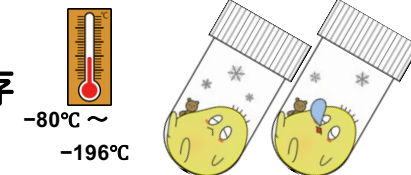
検査
同定



分類



保存



提供



国内外の
研究機関
保存機関
教育機関

理研バイオリソース研究センター微生物材料開発室（JCM）では健康と環境の研究に役立つ微生物リソースを中心に細菌、アーキア、酵母、糸状菌などの収集、保存、提供を行っています。本事業を通じて健康増進や環境保全など、21世紀に人類が直面している問題の解決に貢献できるように努めてまいります。



ハローMicrobes 第3.3版

編集・発行:

国立研究開発法人 理化学研究所

バイオリソース研究センター 微生物材料開発室

〒305-0074 茨城県つくば市高野台3-1-1

E-mail: inquiry.jcm@riken.jp



Microbe Division/Japan Collection of Microorganisms
RIKEN BioResource Research Center
<https://jcm.brc.riken.jp/ja/>

2019年7月発行 不許複製

RIKEN 2019-046