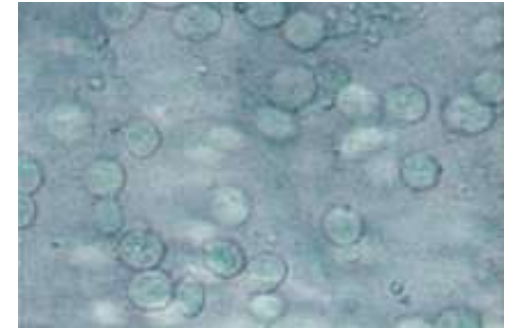
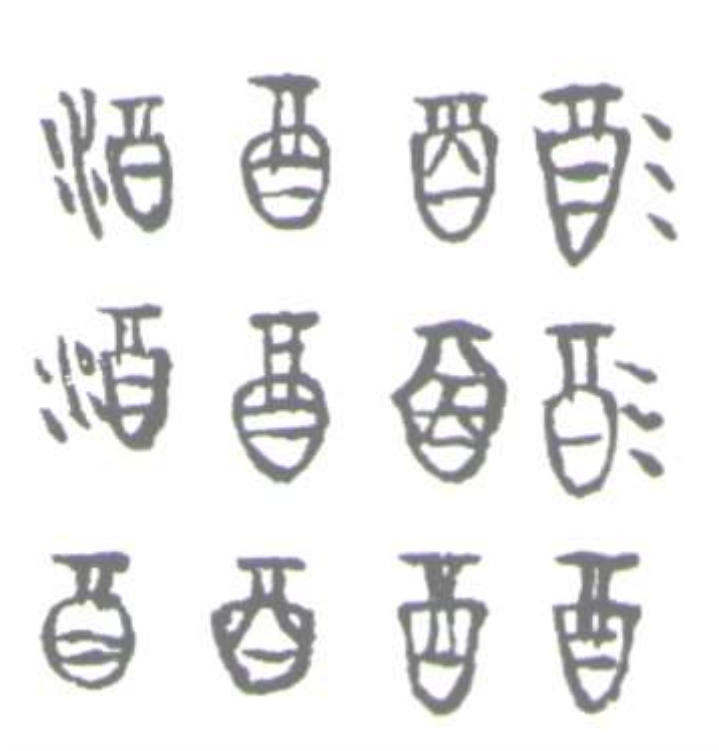


微生物と食の温故知新

－食の機能を紡ぐ発酵醸造と腸内細菌－



小川 順

京都大学大学院農学研究科 応用生命科科学専攻

日本は資源に乏しい国と言われています。しかし、微生物に関しては世界に冠たる資源大国であることをご存知でしょうか？

日本は国土が南北に長く、山あり河あり地形も変化に富んでいるうえ、四季の移り変わりもあります。つまり、変化に富んだ自然があるわけです。このことが他国には見られない微生物の多様性を創出しているのです。

環境中にいろいろな微生物が存在することは、わが国の発酵・醸造技術を高度化させる原因ともなりました。

日本酒醸造に見られる生酏づくり、並行複発酵、段仕込み、などの技術は、微生物の存在が認識される以前からの技術とは思えない、精緻な微生物制御技術といえます。

一方、発酵中に微生物が行っていることは、原料となる食品の成分から糖・アルコール・アミノ酸・ビタミンなどの有用化合物を作り出す物質代謝です。

最近になり、この発酵と同じような物質代謝が私たちの体内で腸内細菌により行われていること、腸内細菌の物質代謝が私たちの健康に影響を与えていることが解かってきました。

本講演では、古来の発酵・醸造技術に見られる微生物制御の匠と、微生物の物質代謝能力のすばらしさをお話しするとともに、今後の健康社会の形成に向けた微生物機能利用の取り組みを、「新しい食品機能開発への展開」と、「腸内細菌の機能利用」を軸に紹介したいと思います。

- 1. 発酵とは**
- 2. 和食と発酵**
- 3. 物質代謝としての発酵**
- 4. 微生物の物質代謝能力の活用**

「新しい食品機能開発への展開」

- ①発酵産物が創出する食品機能
- ②微生物酵素が創出する食品機能
- ③微生物菌体が創出する食品機能

5. 腸内細菌の機能利用

―食・腸内細菌機能・健康相関―

食事脂質の腸内細菌代謝と機能性食品素材開発

1. 発酵とは

発酵

食べられる



美味しくて栄養豊富



有益

腐敗

食べられない

有害



無益・有害

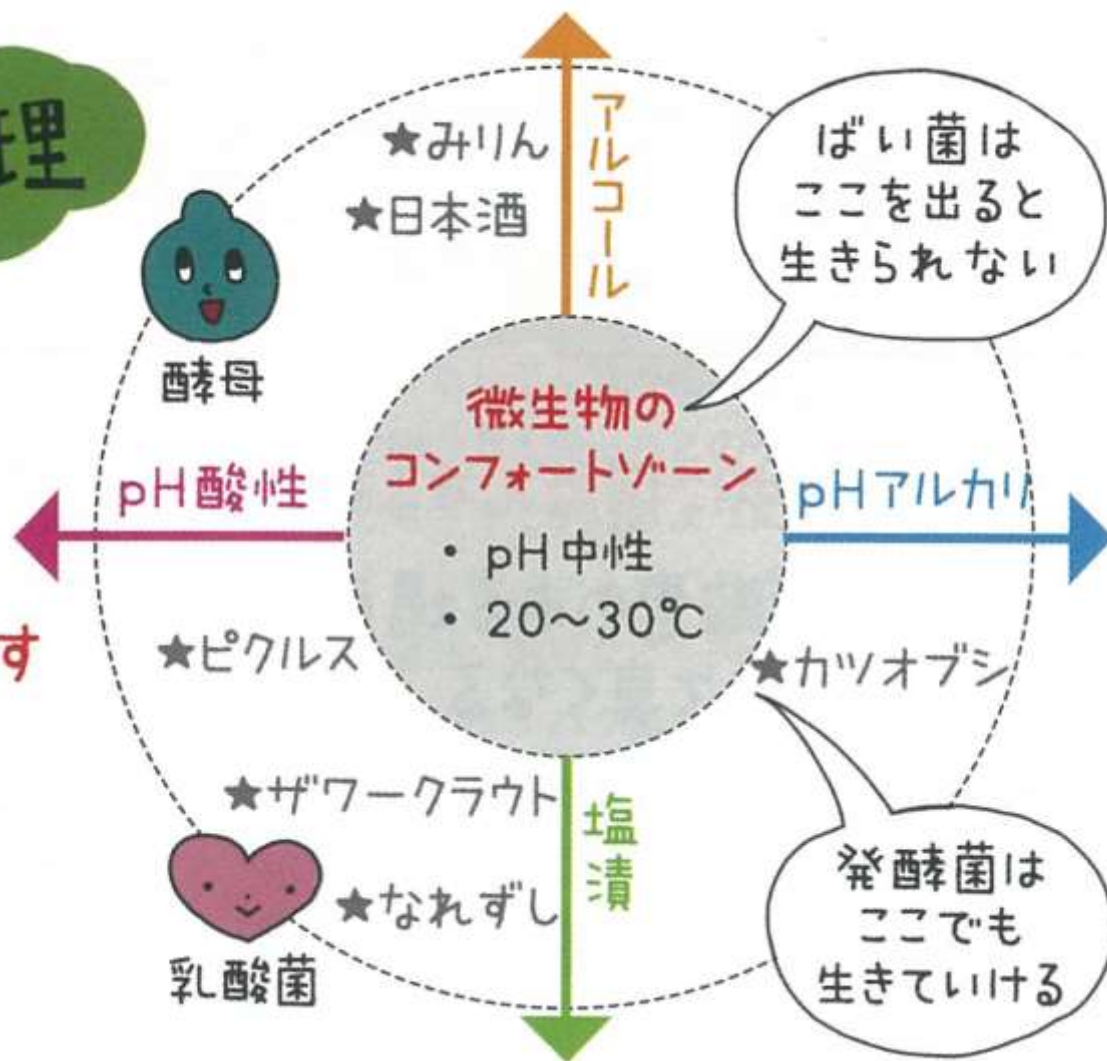
発酵の防腐原理

ばい菌が生きられない
環境をつくる。

=コンフォートゾーンをずらす

★ pH 酸性 / アルカリ

★ 塩漬 ★ アルコール



発酵の特徴

1. 保存性が高まる

拮抗作用（ある微生物が他の菌の繁殖を抑える現象）により、腐敗菌の増殖が抑えられ、**保存性**が良くなる

2. 味わい深く、風味豊かになる

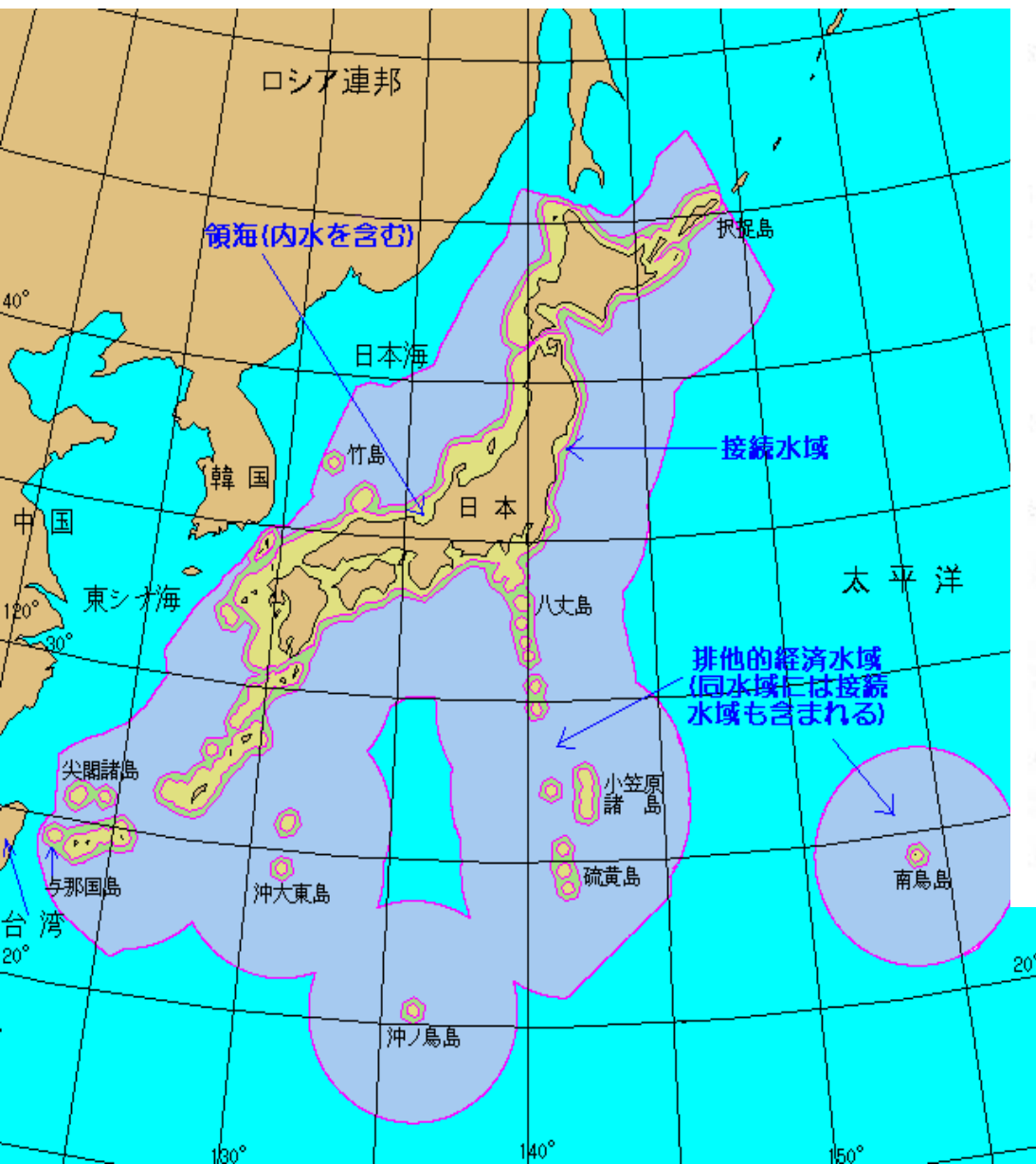
微生物による発酵によって独特の風味が生まれたり、タンパク質や核酸の分解により**うまみ物質**が生成される

グルタミン酸 イノシン酸
 グアニル酸

3. 体によい栄養成分が増える

微生物が生産する**酵素**の作用が多種類の栄養成分を生み出し、機能を変化させる

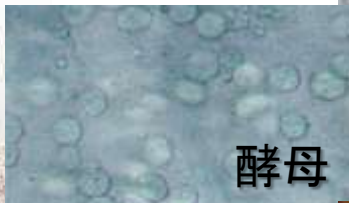
2. 和食と発酵 –日本の微生物多用性が源泉–



Japan has a centuries old tradition of using natural processes such as fermentation to manufacture foodstuff and basic chemical derivatives. In addition, being an archipelago of 1,000 miles, stretching over 20 degrees of latitude, they have a very diverse collection of habitats both terrestrial and marine, including mountains of high elevation (up to 3,776 metres) and deep marine trenches (>8,000 metres).

This history and location make them ideally suited to exploit natural microbiology. However, their location also means they are natural resource limited with no large, indigenous energy resource. This means they are a significant energy importer and user, consequently very susceptible to world oil prices.

日本には豊かな微生物資源があります



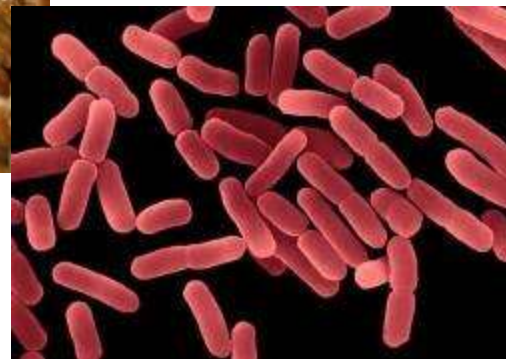
酵母
(*Saccharomyces cerevisiae*)



糸状菌 (*Aspergillus oryzae*)



乳酸菌
Lactic acid bacteria



納豆菌 *Bacillus subtilis* var. *natto*

米の栽培法確立(縄文時代:約3000年前)

日本での酒の存在を記す最古の記録:西暦1世紀頃、中国の思想書『論衡』

近代酒造は16世紀から17世紀に確立された。



秋里籬島「摂津名所図会」1798年

発酵工業の歴史

古代からの醸造

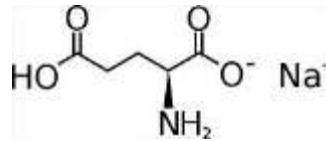
アルコール発酵

アセトン・ブタノール・アルコール発酵

有機酸発酵

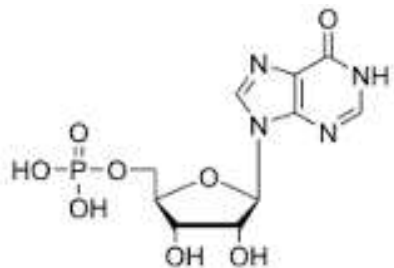
抗生物質生産

アミノ酸発酵



1955~ 木下祝郎博士 & 鵜高重三博士

核酸発酵



1957~ 国中明博士

油脂発酵
(Single cell oil)

1985~ 山田秀明博士 & 清水昌博士



醸造酒の製造工程

並行複発酵式

米（でん粉）

糖化



ブドウ糖

発酵



アルコール

【日本酒】

単行複発酵式

大麦（でん粉）

糖化



麦芽糖

発酵



アルコール

【ビール】

単発酵式

ぶどう（糖）

発酵



アルコール

【ワイン】

日本酒は酒米を麹菌*Aspergillus oryzae*で糖化し、その糖を清酒酵母*Saccharomyces cerevisiae*がアルコールにすることによって造られる（並行複発酵）

生醗造り

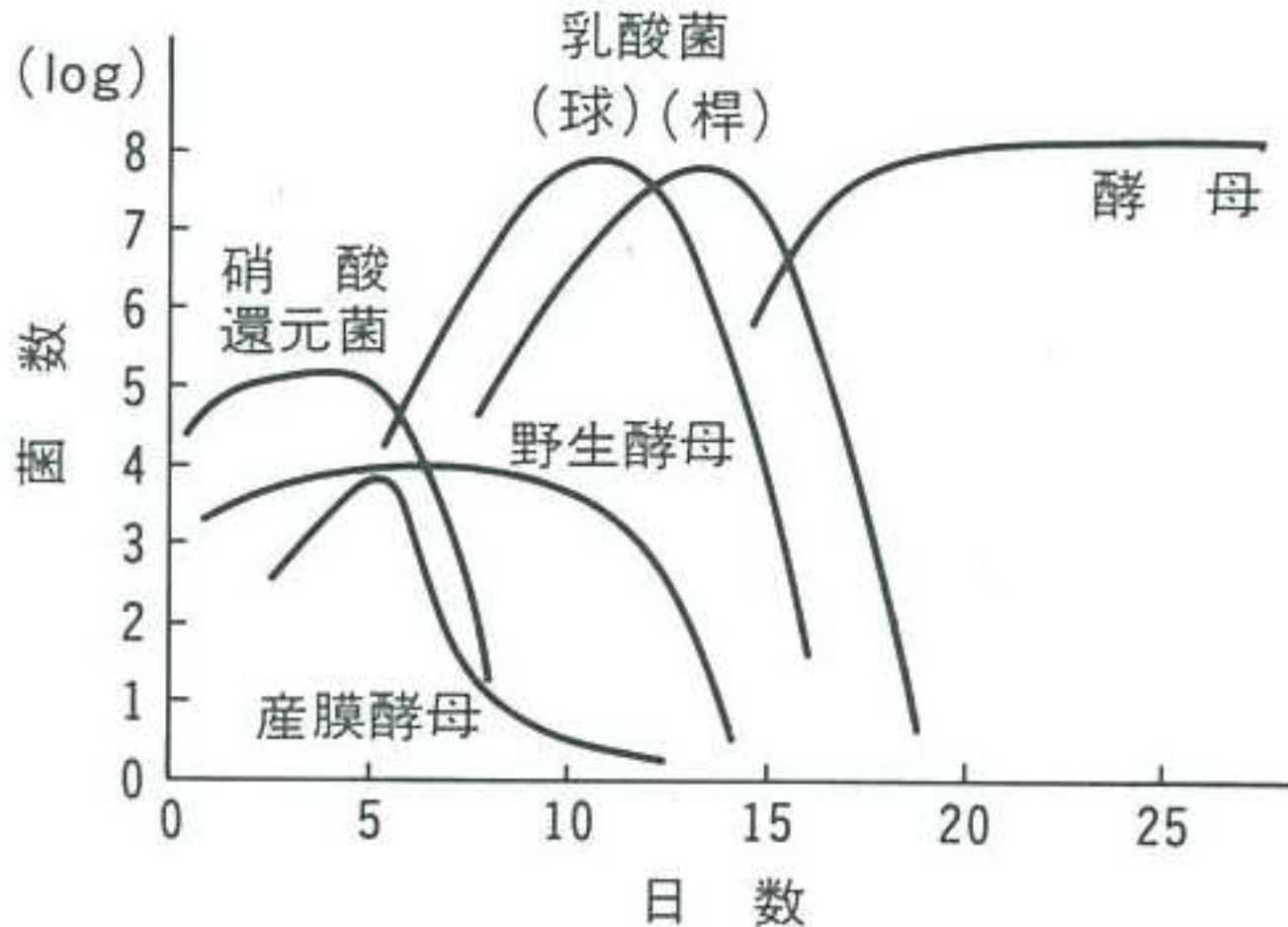
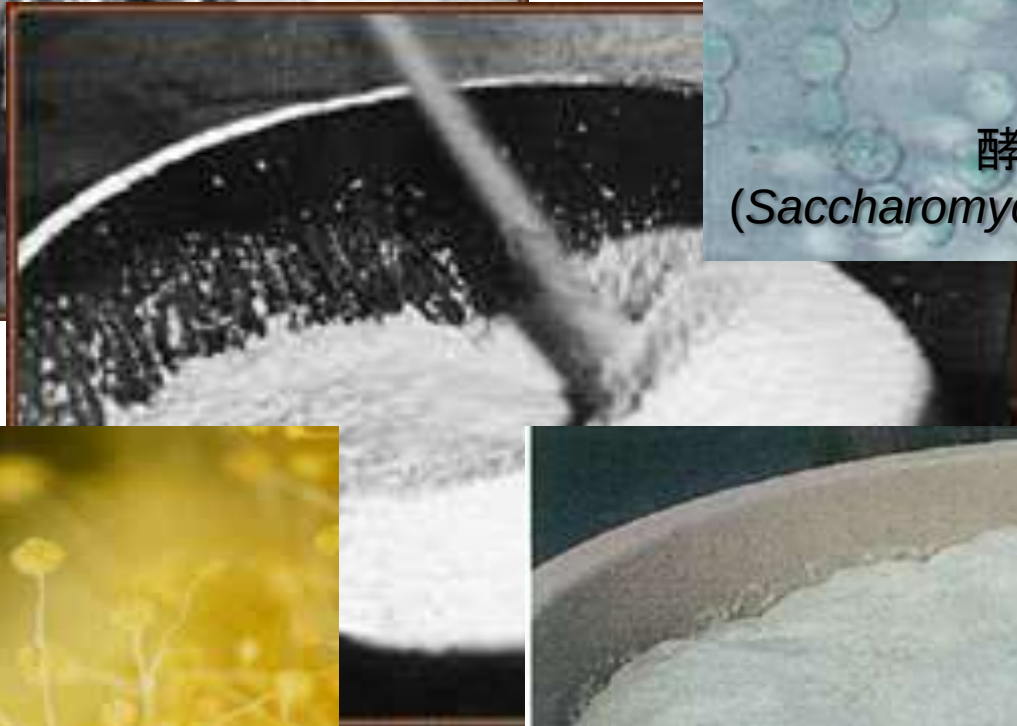


図 6-2 山廃酒母における微生物の遷移モデル (秋山)

段仕込み



酵母
(*Saccharomyces cerevisiae*)



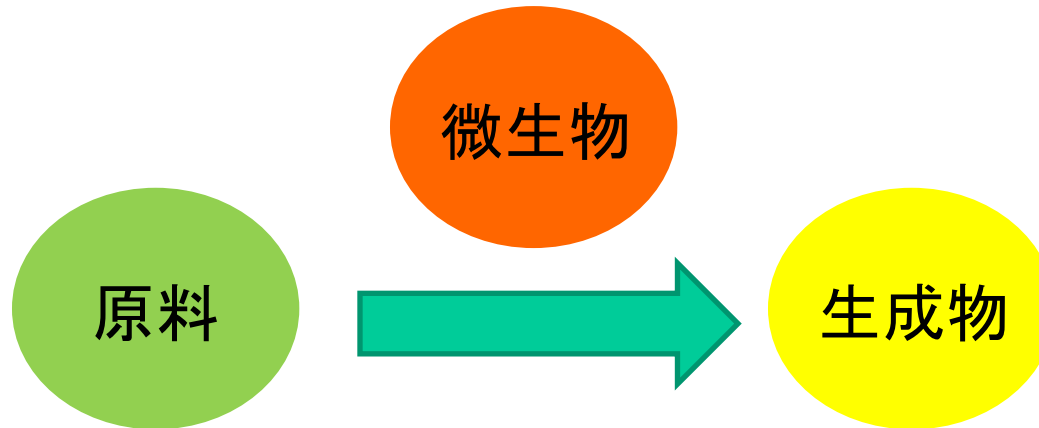
糸状菌 (*Aspergillus oryzae*)



並行複発酵

3. 物質代謝としての発酵

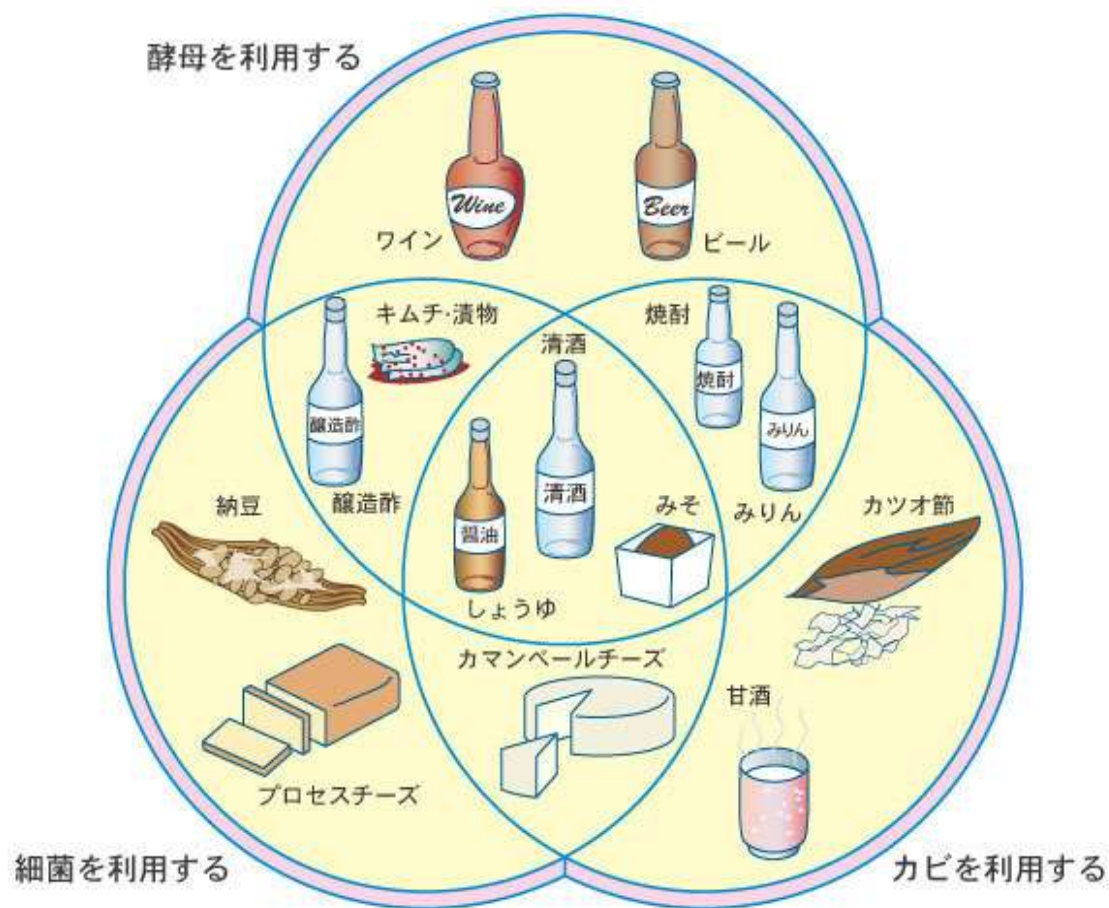
－その産業利用と腸内細菌－



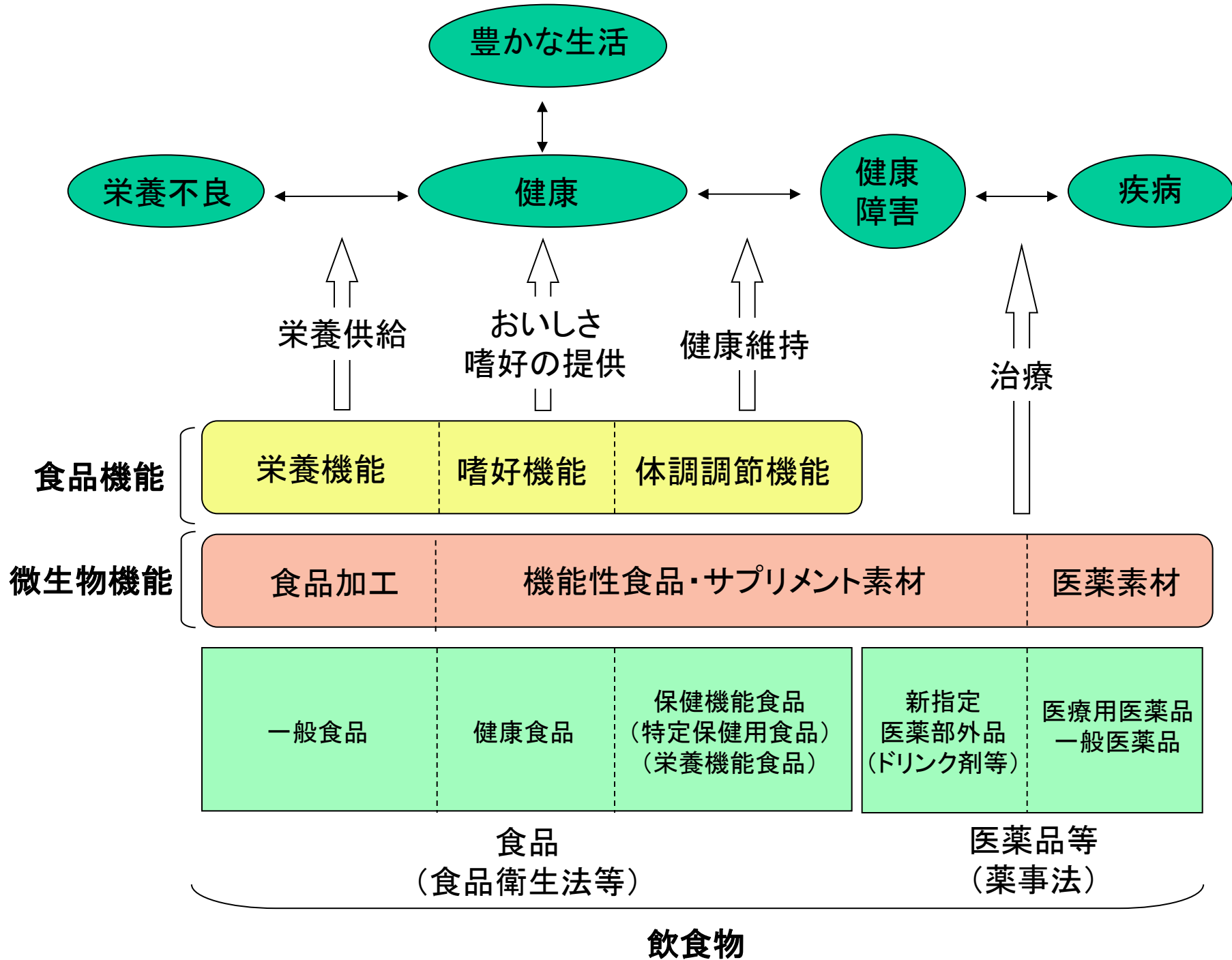
発酵生産とは・・・



古来よりの醸造・発酵食品



物質代謝を活用した食品機能の創出



腸内細菌の数は、ヒトの体細胞数
37兆に対し100兆を超えるとされ、
その種も100種を超える。

食品
成分

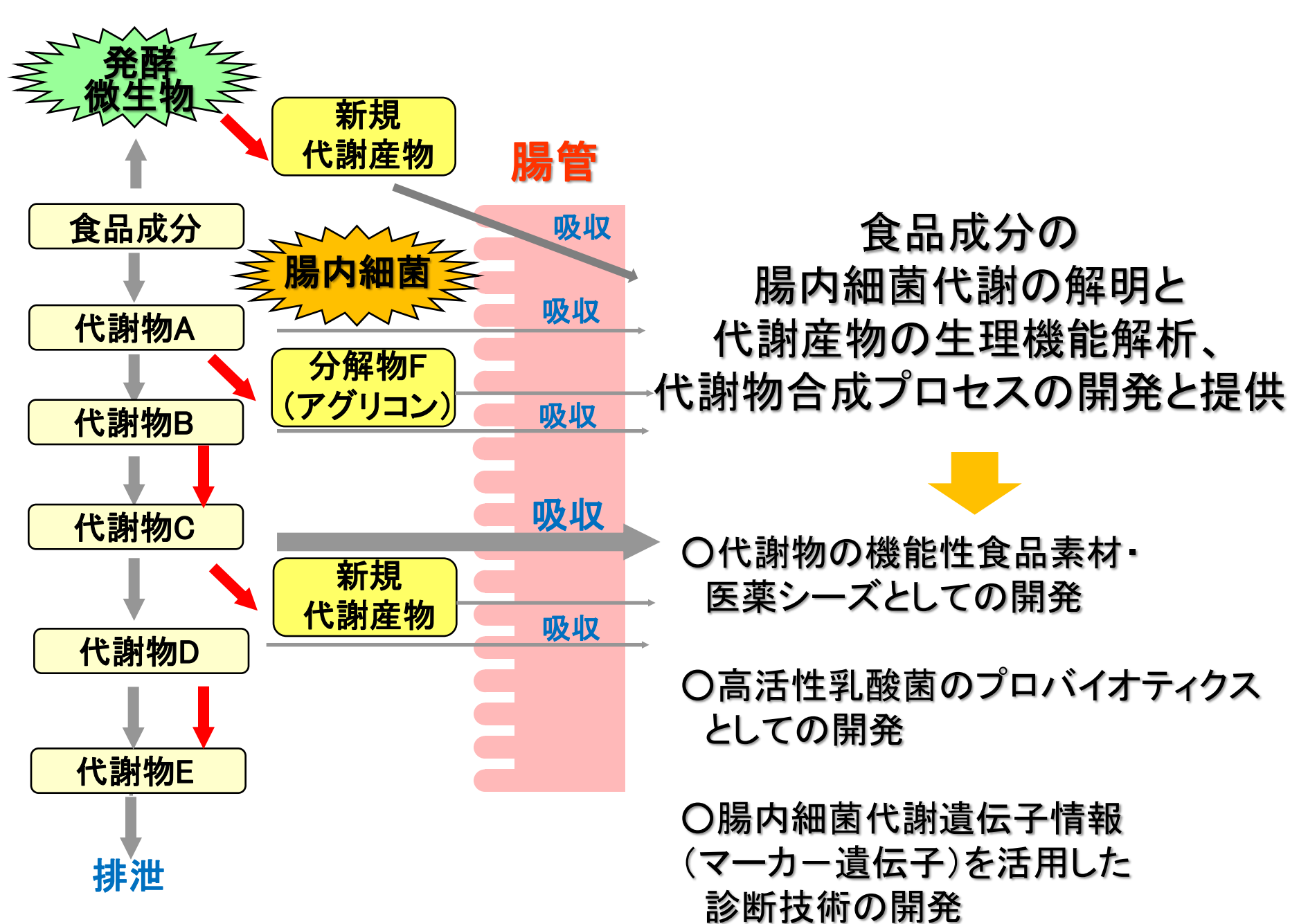
微生物

有用
化合物



June 2012, ScientificAmerican.com

腸内細菌の物質代謝がヒトの健康に影響を与える



4. 微生物の物質代謝能力の活用

「新しい食品機能開発への展開」

①発酵産物が創出する食品機能

微生物による機能性脂質生産

②微生物酵素が創出する食品機能

微生物酵素（ラッカーゼ）の機能性食品酵素としての利用

③微生物菌体が創出する食品機能

乳酸菌の核酸代謝の活用

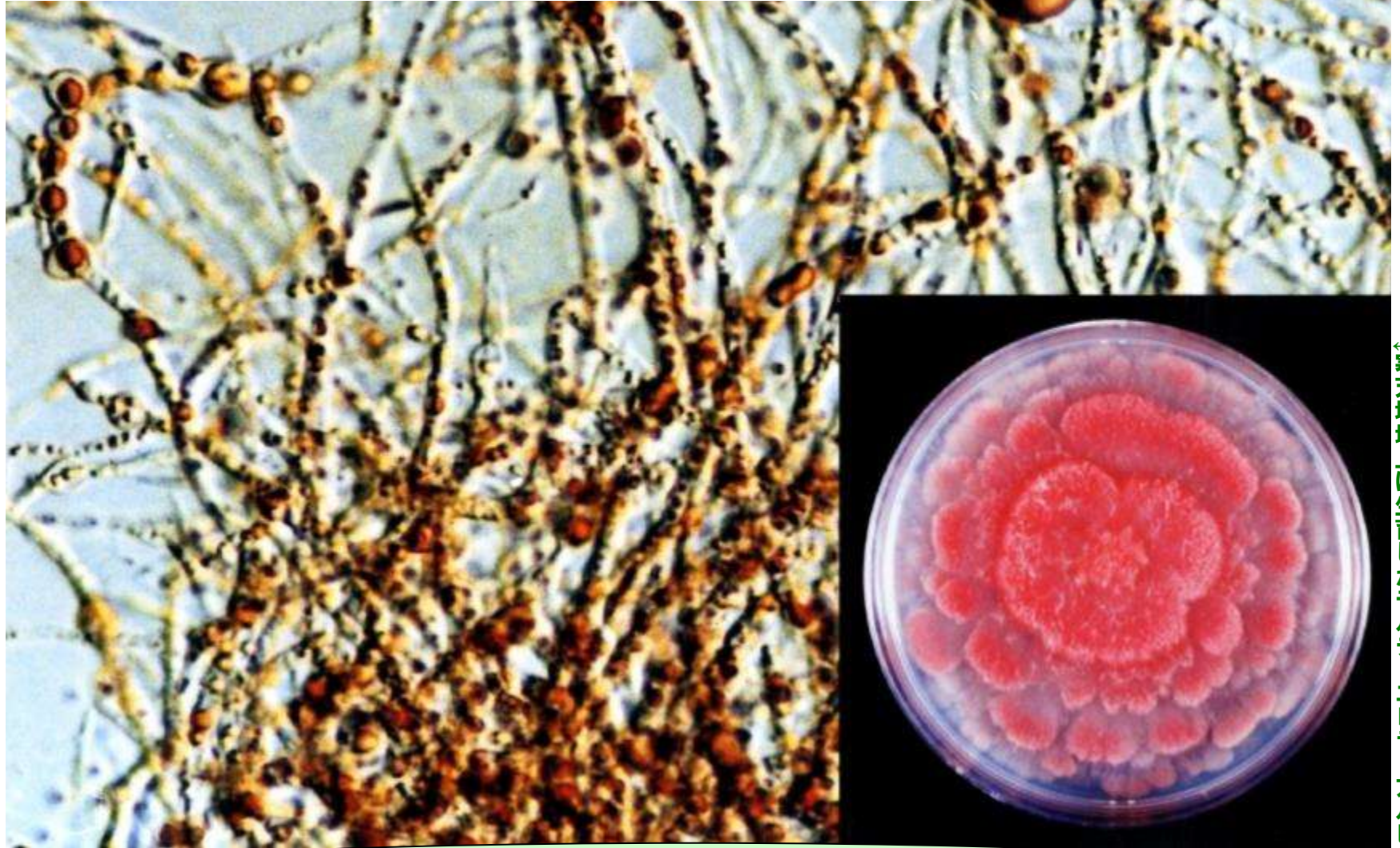
5. 腸内細菌の機能利用

―食・腸内細菌機能・健康相関―

食事脂質の腸内細菌代謝と機能性食品素材開発

4 - ①発酵産物が創出する食品機能

微生物による機能性脂質生産



→高度不飽和脂肪酸の油滴が見られる顕微鏡写真

←寒天培地上に生育したモルティエラ・アルピナ

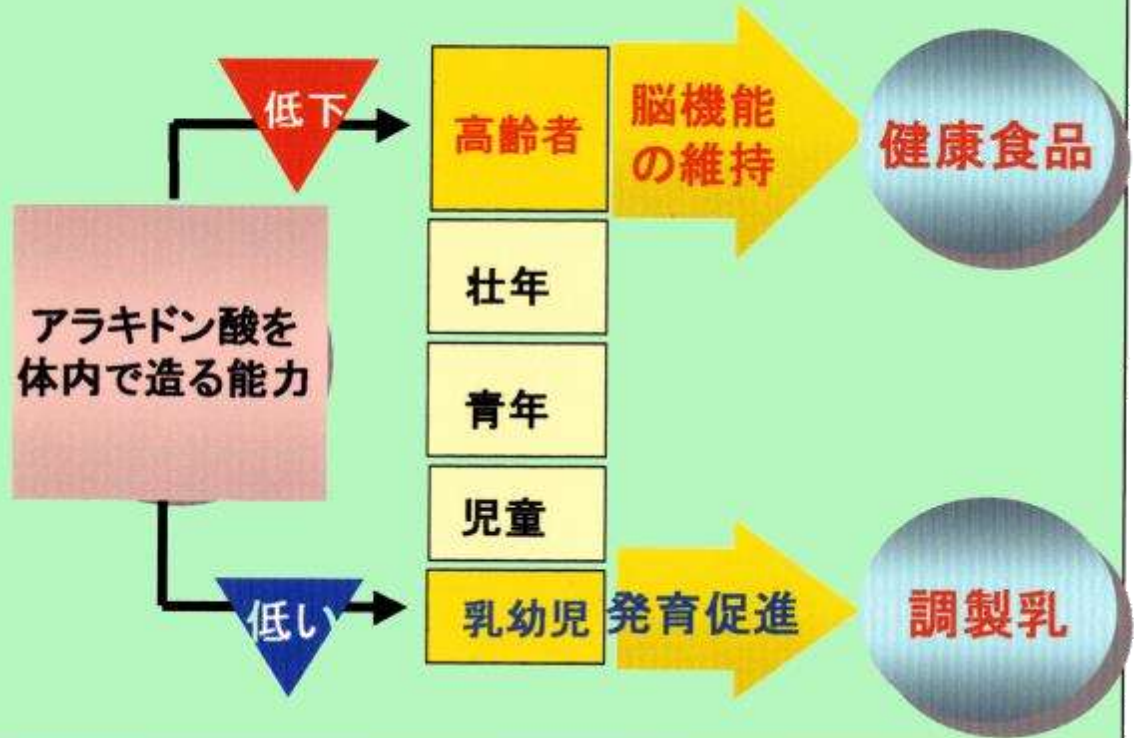
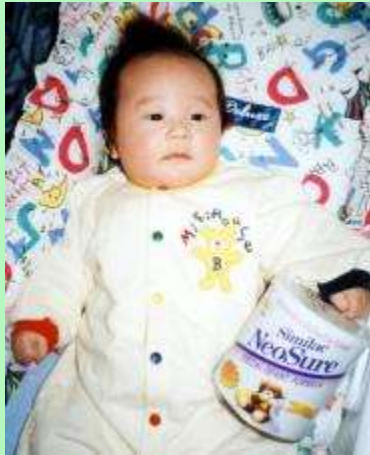
京都大学農学部のキャンパスから分離された“肥満のカビ”モルティエラ・アルピナ

脂肪酸の生理機能が続々と解明されてきた

アラキドン酸

老人での脳機能改善

乳幼児の発育に必須



ジホモ- γ -リノレン酸

アトピー性皮膚炎改善

ミード酸

関節炎予防効果

小腸炎症予防

和食素材（イワシ・納豆）による機能性脂質生産

魚油



発酵食品

油脂発酵食品
(ex. ドレッシング)



酵素(P450)

納豆菌

プロバイオ ティクス



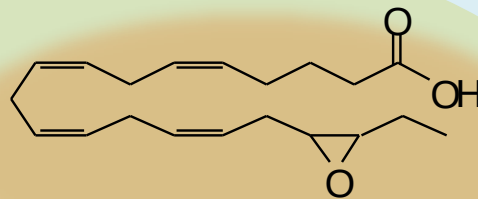
納豆菌培養物
(ex. 納豆)



発酵食品
(ex. 納豆粉末)



サプリメント
カプセル



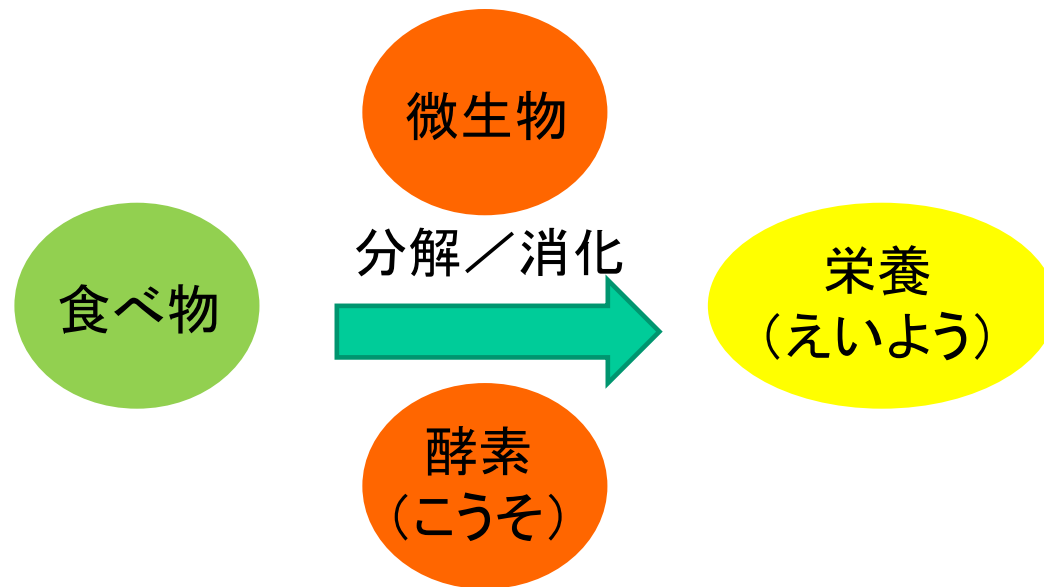
17,18-EpETE

抗炎症
活性化合物

機能性食品

4－②微生物酵素が創出する食品機能

微生物酵素（ラッカーゼ）の機能性食品酵素としての利用



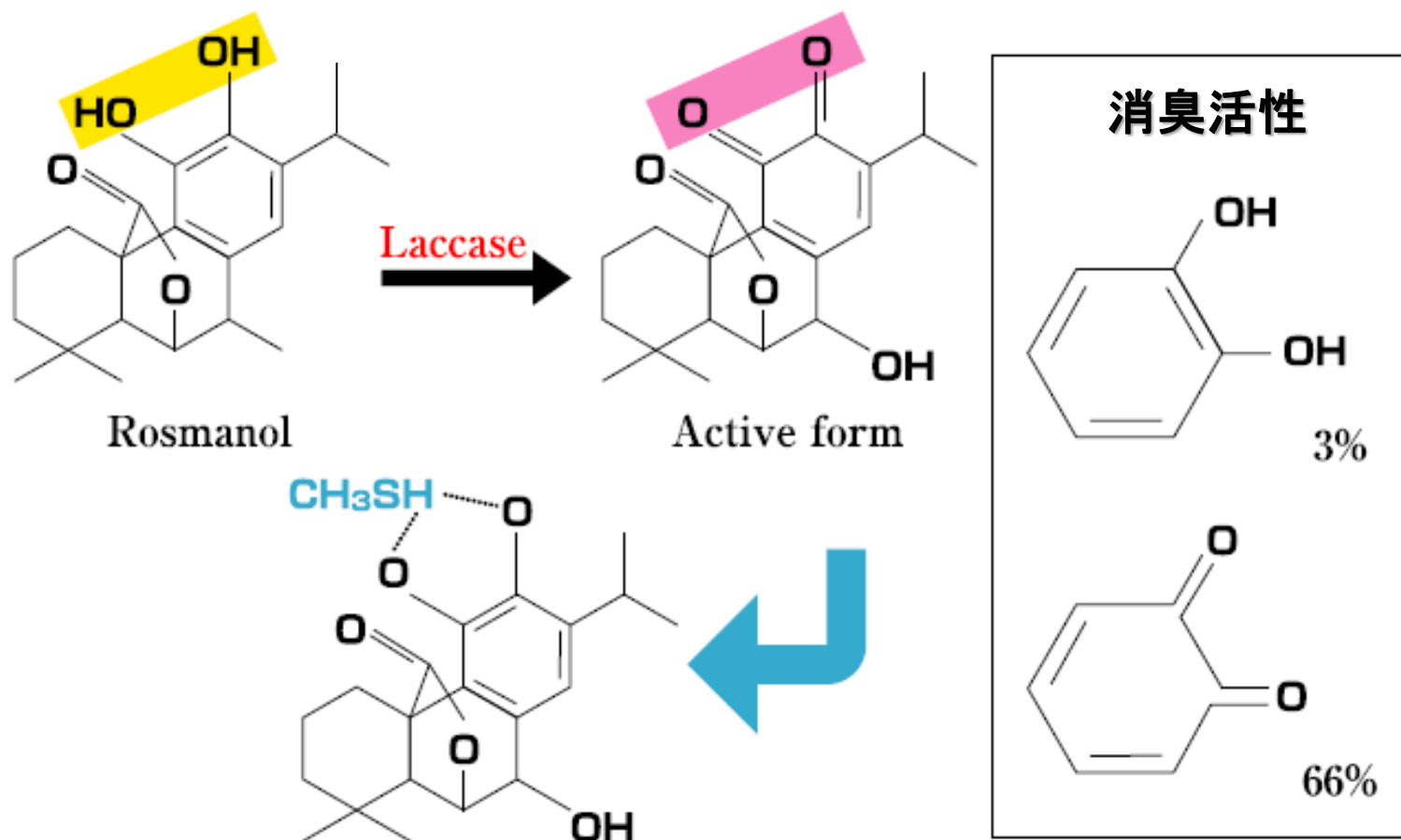
人間の胃にも消化酵素ってあるよね。



木を分解するキノコの消化酵素（ラッカーゼ）

■ ローズマリーとラッカーゼによる メチルメルカプタン消臭

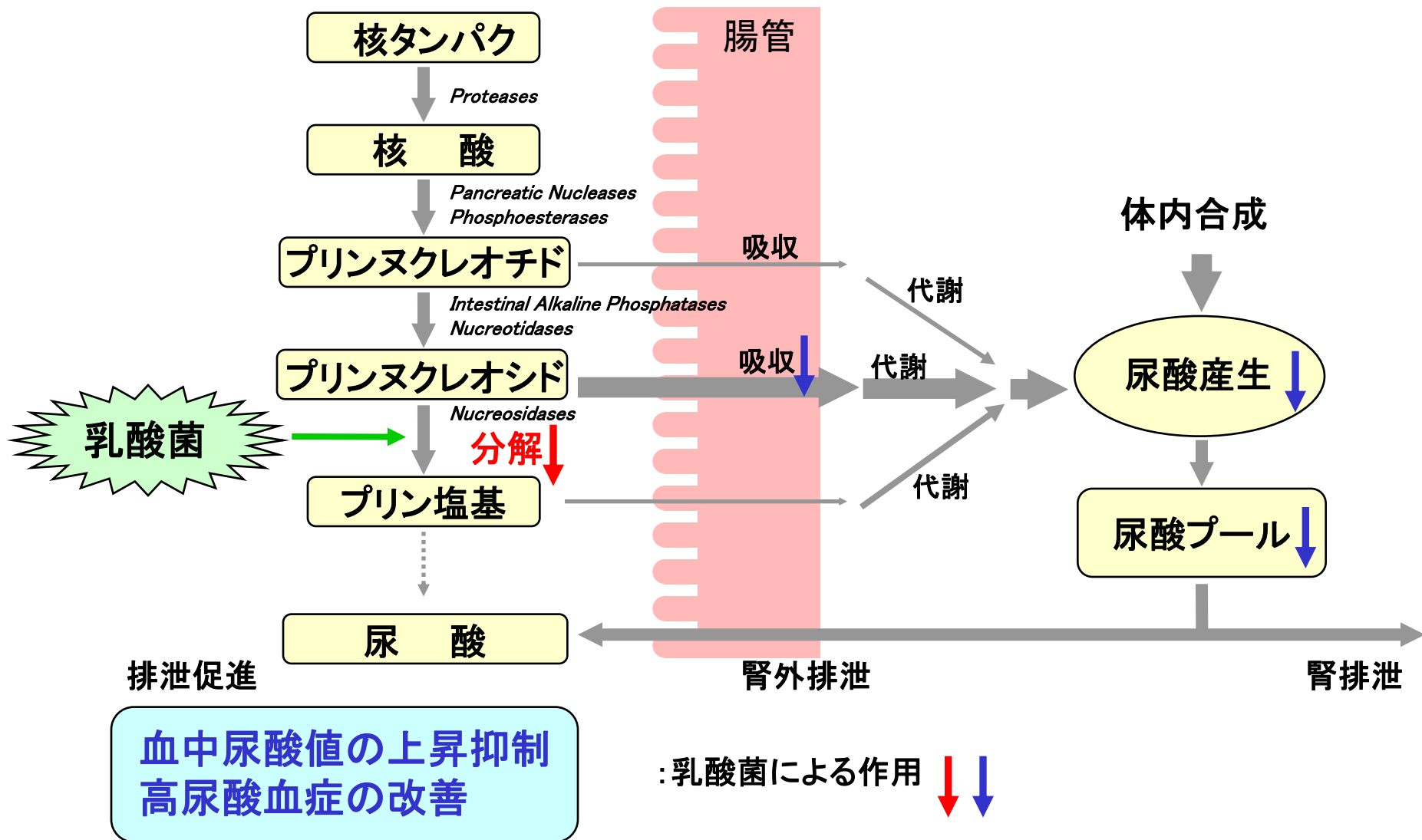
ハーブ抽出物に含まれる消臭成分（ローズマノールなど）がラッカーゼによって活性型化合物に変化し、この化合物が口臭原因成分（メチルメルカプタンなど）をトラップすると推測される。



4 - ③ 微生物菌体が創出する食品機能

乳酸菌の核酸代謝の活用

乳酸菌による血中尿酸値の上昇抑制作用

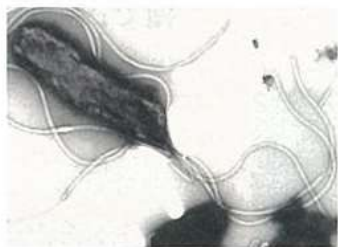


5. 「腸内細菌の機能利用」

－食・腸内細菌機能・健康相関－

食事脂質の腸内細菌代謝と機能性食品素材開発

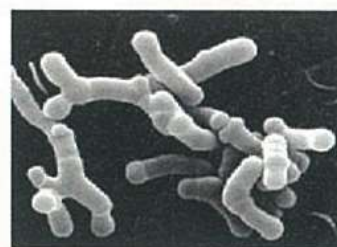
ヒトの消化管と腸内細菌
生息する体内の部位によって
常在菌の種類や組成比、菌の
数は異なり、それぞれの場所
で細菌叢を形成している。



ピロリ菌



ストレプトコッカス, ラクト
バチルスなど



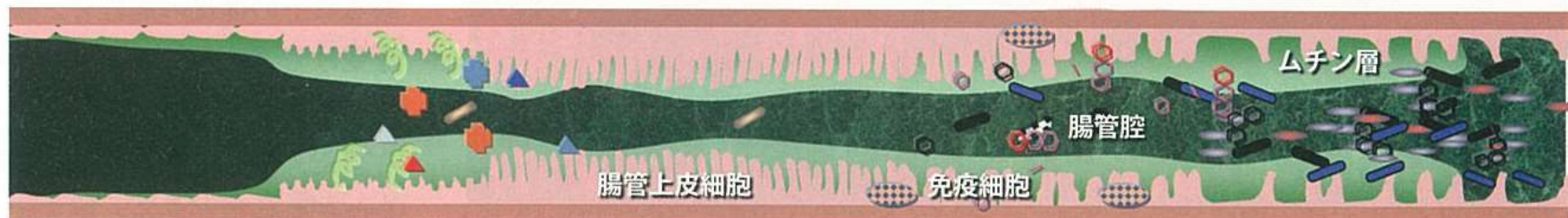
ビフィズス菌, クロストリジウム, バクテロイデス, ルミ
ノコッカス, 大腸菌など



約1000種

約200種

約700種



10¹¹

10¹²

10⁷

10⁵

～10⁴

10¹⁰

菌数
(ml当たり)

大腸

回腸

小腸

空腸

十二指腸

胃

食道

口腔

もう一つの臓器とも言われる腸内細菌が、
代謝物を介して宿主におよぼす影響が解明されてきている。

腸内細菌の機能発現様式

菌体成分そのものの影響(死菌でも機能発現)

- ・菌体構成成分(LPSなど)と宿主受容体(TLRなど)の相互作用による機能発現(免疫調節など)

菌体の発酵生産物の影響

- ・食物繊維(多糖類)の発酵による短鎖脂肪酸生産
酢酸／プロピオン酸／酪酸による代謝制御(抗肥満)・抗炎症作用

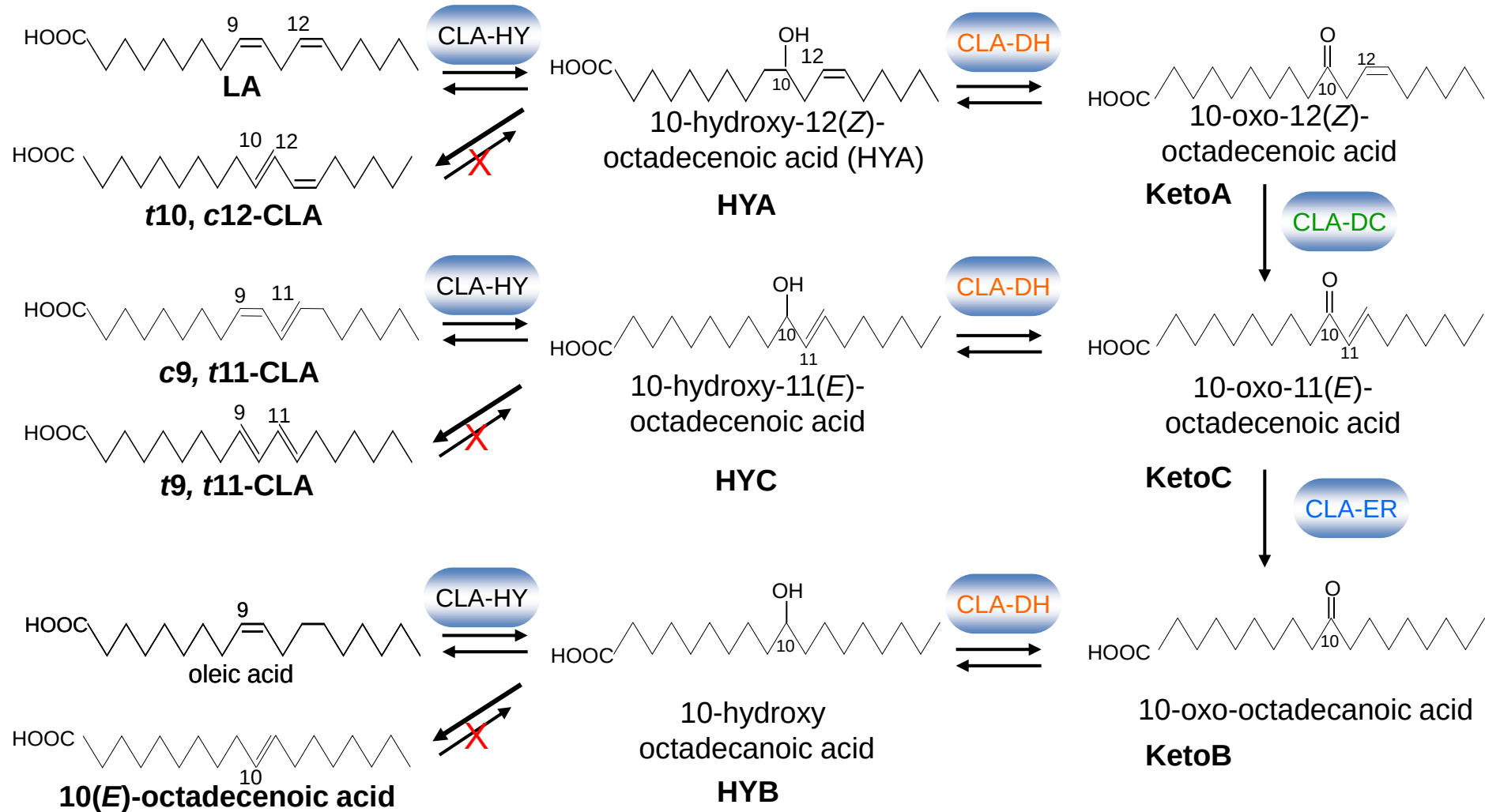
菌体の代謝活性・代謝産物(食品成分の代謝産物)がもたらす影響

- ・宿主代謝の増強・抑制 → 食品成分の吸収促進・抑制
- ・宿主にはない代謝を介した影響
 - ・食品成分の潜在機能の顕在化
 - ・食品成分の新たな機能の創出

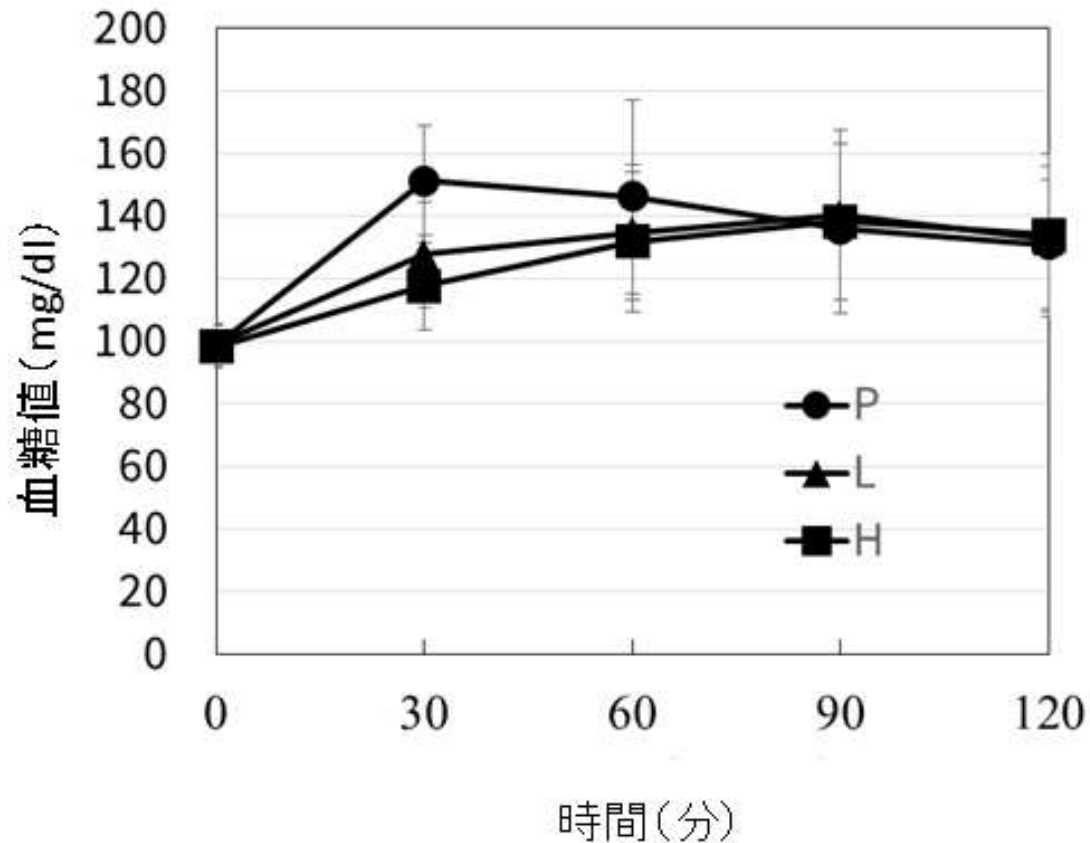
和食素材・漬物発酵菌



乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum*)に見いだされた
あらたな脂肪酸代謝経路 (脂肪酸飽和化経路)



腸内細菌脂質代謝物の血糖値上昇抑制効果



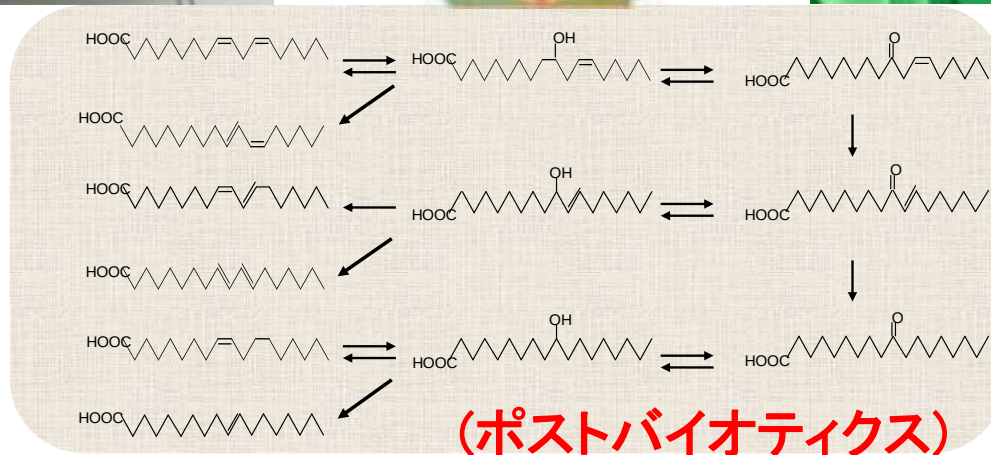
P : 機能性脂肪酸HYAを摂取していない場合
L : 機能性脂肪酸HYAを1000mg摂取した場合
H : 機能性脂肪酸HYAを2000mg摂取した場合

グラフ1 血糖値の推移

食事成分：油脂・ビタミンなど
(プレバイオティクス)



乳酸菌
(プロバイオティクス)



腸内細菌代謝産物
・機能性食品素材
・医薬品シーズ

腸内細菌と食事脂質のバランス制御による
生活習慣病予防への新たな展開



人類生存に大きく貢献し
犠牲となれる無数億の菌の
霊に対し至心に恭敬して
茲に供養のじんを
捧ぐるものなり

(京都・曼殊院)

-THE LAWS OF APPLIED MICROBIOLOGY-

D. PARLMAN /1979

Microorganisms are always right.

微生物はいつも誠実です。

They are your friend and sensitive partner.

微生物とても気の利く相棒です。

There are no stupid microorganism.

間が抜けているなど、決してありません。

They { can
will } do anything.

大概のことはやっけてのけます。

They are { smarter
wiser
more energetic } than chemists and engineers.

スマートで、機転が利き、
積極的です。

If you take care of your microbial friends, they will take care of your future (and you will live happily ever after).

微生物との良きつきあいが、
我々の未来に幸をもたらすであろう。