

みんなで勉強しよう！ わかりやすい腸内細菌と化学物質

去る7月29日、東京で開催されたダイオキシン・環境ホルモン対策国民会議の2018定時総会に併せて、記念講演会「みんなで勉強しよう！ わかりやすい腸内細菌と化学物質」をおこないました。台風の直撃が心配されましたが、たくさんの方々にご参加いただき、著名な3名の先生に、たいへん興味深いお話をうかがうことができました。講演の要旨をここにご報告いたします。(広報委員会)

松井三郎氏 (京都大学名誉教授)

生態系と人体にとっての微生物の働き ——有機農業と腸内環境での善玉菌・悪玉菌

はじめに

私は農業循環サイクル(図1)の確立のための研究に従事してきた。その中で、微生物の働きについて面白いことがわかってきたので、本日はその話をしたい。

人の食と健康

人が健康を維持するには、腸内環境を整えることが大切であるといわれるようになってきた。人は一生涯で70トン(米6トン、小麦2.6トン、野菜7.5トン、乳3.4トン、魚3トン、ミネラル、水分など)という膨大な食品を摂取するといわれているが、健康を維持するために大事なことは、これらの食品をバランス良く食べることであり、腸内細菌のバランスを保つということである。

人の体内に棲む細菌数は約38兆個以上、重さにして約1.5kgといわれている。これらの細菌には、大きく分けて①善玉菌、②悪玉菌、③日和見菌がある。これは人間にとって都合が良いかどうかで分類したもののだが、その比率は概ね2:1:7であ

るといわれている。

デンマークの研究者のグラムは染色によってグラム陽性菌とグラム陰性菌に分類しているが、グラム陽性菌には乳酸菌、放線菌など概ね善玉菌が含まれ、グラム陰性菌には大腸菌など概ね悪玉菌が含まれている。日和見菌は、人の体が弱ってなければ特に悪さはしないが、人の体が弱ってきたら、悪玉菌と一緒に人々を病気にさせてしまう。

腸管免疫のしくみ

人は食品から栄養を摂取しているが、これらの食品には、善玉菌のみならず悪玉菌・日和見菌や、さらには有害化学物質なども含まれている。病原細菌も、食品同様に、タンパク質、炭水化物、脂質から作られているが、病原細菌を吸収しないようにするためには、悪玉菌や有害化学物質を排除するしくみが必要だ。これを担っているのが小腸、中でもM細胞とパイエル板である。ここで善玉・悪玉や有害化学物質の判定を行うと同時に、リンパ系の作動や抗体反応の指示を行っている。このような免



図1 | 農業循環サイクル

疫システムの働きに重要な役割を果たしているのが腸内細菌なのである（木村・黒田純子氏の講演録も参照）。

プロバイオティクス医学の発展

プロバイオティクスとは、腸内フローラを改善して、その健康の維持に貢献する微生物群のことである。腸内フローラは、健全な状態であれば、菌の構成もバランスがとれ生体に良い影響を与える菌が生息している。しかし、さまざまな要因によりバランスが崩れると生体に悪い影響を与える菌が優勢となり、健康の維持に好ましくない。プロバイオティクスはさまざまな要因で変化しがちな腸内フローラを健全な状態に保つために投与される。

図2は、人の糞便1g当たりの細菌数の経年変化を見たものだが、年齢とともに腸内フローラが変化していることがわかる。人の糞は、未消化物質（主に繊維質）、剥離小腸細胞、腸内細菌が約3分の1ずつを占めている。小腸の細胞は約3日で剥離され新しい細胞に代わることが知られている。

図2のビフィズス菌、乳酸桿菌^{かんきん}は代表的な善玉菌である。服部正平教授（東京大学大学院新領域創成科学研究科）の研究によ

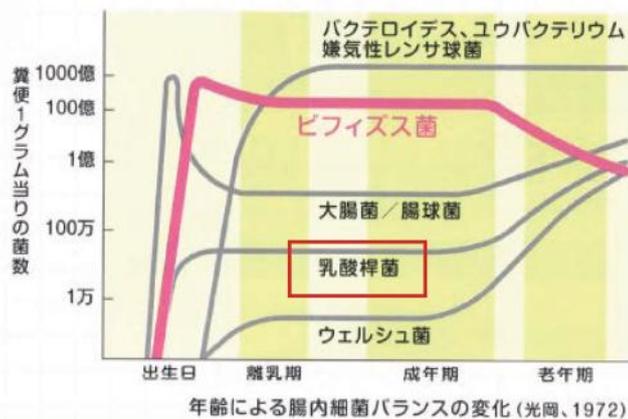
れば、ビフィズス菌の中には酢酸を出すものがあり、この酢酸によって腸壁の細胞を傷つける悪玉大腸菌を殺して大腸細胞を保護していることがわかっている。日本の食文化であるお寿司は、このような酢（酢酸）による病原菌からの防護作用を利用したものである。

下水汚泥の「資源」としての活用

では、次に、人の排泄物の処理について考えてみよう。人の排泄物は下水処理場で処理されているが、その処理システムの中核は微生物による分解作用である。図3のように、下水は、活性汚泥中の微生物群による分解と沈澱を繰り返した後、その上澄み水を消毒して処理場から河川に放流するシステムである。沈澱物の汚泥は、脱水して焼却され、焼却灰がセメント材料としてリサイクルされているが、下水汚泥中には大量の微生物群が含まれており、焼却して灰にするだけではもったいない。下水汚泥を「廃棄物」ではなく、「資源」として見る見方が必要である。

資源として見れば、下水汚泥をメタン発酵させてエネルギー（メタンガス）を回収し、残渣物を堆肥化するのが最も効率的な

腸内細菌叢 人の免疫、神経(脳内ホルモン)



プロバイオティクス医学が急速に発展中

善玉菌：悪玉菌：日和見菌が2：1：7

人の糞：1/3 未消化物質、1/3 剥離小腸細胞、1/3 腸内細菌

図2 | 人のライフサイクルにおける腸内細菌叢の変化

利用法だ。しかし、汚泥の堆肥化は簡単ではなく、技術開発が必要だった。また、仮に技術開発ができて、はたしてそれを農家を買ってくれるかという問題があった。

ところが、最近、堆肥化の技術開発が進展し、汚泥の埋肥化を実践する下水処理場も現れた。佐賀市の下水処理場で、国土交通大臣賞を受賞している。ここでも活躍しているのは枯草菌・放線菌群の微生物だ。これらの善玉菌は発酵によって100℃以上まで温度を上昇させることができる。グラム陰性菌の悪玉菌は熱に弱いので、100℃以上の高温環境に耐えられず死滅するが、これらの善玉菌は100℃以上の高温状態でも生き残り、下水汚泥を分解し、良質の有機肥料(堆肥)を作ることができるのである。

堆肥にすることがなぜ良いのか

堆肥としての利用には4つの利点がある。

その1は、チッ素、リン、カリを含む肥料としての価値である。リンは、リン鉱石から作られているが、日本にはリン鉱石はなく、100%輸入に頼っているのが現状だ。しかも、リン鉱石も今世紀末には枯渇するといわれており、下水汚泥からリンを調達できるというのは画期的なことだ。

その2は、腐植質(フミン質)が多いことである。フミン質とは、有機物を微生物が分解しきった残物で、これ以上どの微生物も分解できない物質のことだが、だからといって有用性がない訳ではない。フミン質にはイオン交換能力があるため、チッ素、リン、カリ、マグネシウム等を保持することができる。すると、植物は、クエン酸、酢酸等の有機酸を分泌して、これらアンモニア・硝酸、リン、カリ等を溶かして体内に取り込むのだ。また、フミン質は水分保持に優れ、土壌の団粒状態の形成に寄与している。そのため土壌の保水力が増し、干ばつを防ぐ効果がある。

その3は、堆肥化で働いた微生物(善玉菌)を再活用することによって、連作障害を防止することができることである。連作障害はウイルスや寄生細菌、線虫が感染して発生する。堆肥中の枯草菌群(好気性超高温発酵菌)は、細胞中のタンパク質や脂質をエサにしており、食べることによって温度を上昇させる。残った細胞壁はキチン質・セルロース等でできており、これを放線菌群(好気性中温発酵菌)が分解する。また、やはり善玉菌の乳酸菌類(適性嫌気性高温発酵菌)も加わって、熱に弱い悪玉

ヒトの糞は下水処理場に集まる活性汚泥微生物群で、下水を処理して河川に放流する。

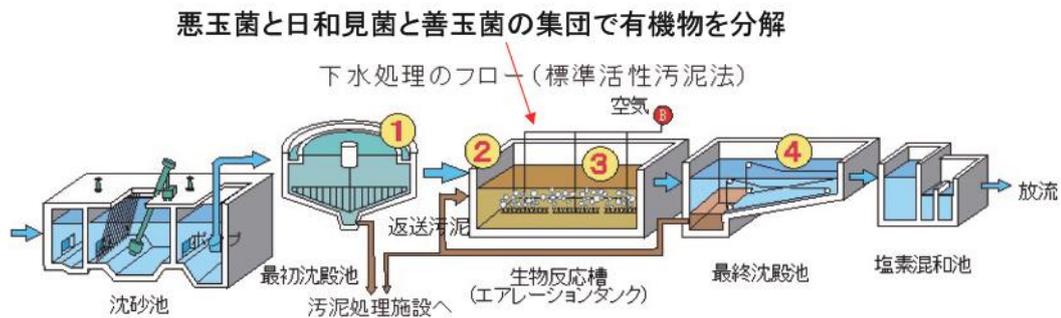


図3 | 下水処理システム

菌やウイルスを死滅させ、連作障害を防止することができるのである。

その4は、善玉菌が分泌する植物ホルモン作用によって、野菜・果実の味が良くなり、糖度が増すことである。枯草菌はオーキシシン、放線菌はサイトカイニン、乳酸菌類はサイトカイニンとオーキシシンの両方を、分泌することがわかっている。この作用は重要で、これにより糖度が高く、日持ちが良い果物等の高付加価値生産が可能になる。

善玉菌の王者「乳酸菌」の活用

乳酸菌は人の健康にも、動物・植物の健康にも良い影響を与えることがわかっている。私も乳酸菌を用いた水稻栽培にかかわっているが、乳酸菌を活用することで、稲の伸長が良くなり分けつ数が増える、茎が固くしっかりする、収穫数量が多くなることが証明されている。また、無農薬でメロンを栽培したいというマレーシア農業公社に対し、乳酸菌利用のアドバイスもしている。乳酸菌を使うことで、農薬を使わなくても、立派なメロンが栽培できている。

さらに、マレーシアとシンガポールで、抗生物質・抗菌剤を一切使わないニワトリ

や豚の飼育にも関わっている。エサに乳酸菌を混ぜて与えると、糞も臭わず、安全・安心で美味しい生産物ができるのである。

抗生物質は悪玉菌を殺すために開発されたものだが、そのもとは放線菌から作られている。抗生物質は人や家畜に多用されており、その耐性菌が数多く出現し、逆に人や家畜の健康を脅かしつつある。しかし、前述の例のように、乳酸菌やビフィズス菌（放線菌の一種）などの善玉菌を活用することにより、抗生物質や抗菌剤なしでも動物の飼育はできる。

プロバイオティクス環境農業を 発展させよう！

人も動物も植物も、その健康の基礎は免疫である。免疫を強化するには、善玉菌と人・動物・植物の共生関係を確立する必要がある。今、健康分野では、プロバイオティクスが発展中である。これを農業分野に広げることにより、農薬等による環境汚染問題の解決につなげることができる。安心・安全・美味の生産物はブランド化にもつながり、農業の高収益化をもたらす。今後も、このようなプロバイオティクス環境農業を皆さんとともに発展させたいと願っている。（文責・中下裕子）