

腸内菌叢と健康のかかわり

東京大学大学院農学生命科学研究科 附属食の安全研究センター長・教授

平山 和宏



はじめに

我々は1～2kg、約100兆個という膨大な細菌と共生している。その大半は腸内に生息しており、1gのヒト糞便には10¹¹個以上、種類にして500～1000種にも及ぶ細菌がいる。これがいわゆる腸内菌叢である。

これらの細菌は無秩序に定着しているわけではない。生物の分類は、大きい方から門、綱、目、科、属、種となっており、細菌には30以上の門が知られているが、ヒトの腸内に常在しているのはそのうちの11門のみで、特にBacteroidota (Bacteroidetes) 門、Bacillota (Firmicutes) 門、Actinomycetota (Actinobacteria) 門、Pseudomonadota (Proteobacteria) 門の4門が大きな割合を占めている。ヒトの腸内に定着しているのは、細菌の中でもごく限られたグループと言える。また、腸内菌叢のバランスや菌種構成には大きな個人差があり、それぞれの個人が固有の腸内菌叢を持っているが、それらの腸内細菌が持つ遺伝子の機能に注目してみると、驚くほどその構成が類似している。菌種は異なっても、代謝活性や果たしている役割でみると、個人差は小さい。ヒトと腸内細菌はお互いに適応や選択をし、長い共生の歴史の中でともに進化してきたのである。

腸内細菌の種類と構成

細菌には、酸素があると死滅する偏性嫌気性(嫌気性)菌、酸素が生存に必須な偏性好気性(好気性)菌、酸素の有無にかかわらず生育できる通性嫌気性菌および酸素を必要とするが大気中の酸素濃度よりも低い特定の酸素濃度でのみ生育できる微好気性菌がある。ヒトの腸内は酸素がほとんどない特殊な環境であるために、腸内細菌には嫌気性菌が圧倒的に多い。Bacteroides、Eubacterium、Clostridium、Bifidobacterium(ビフィズス菌)などである。大腸菌のような通性嫌気性菌も存在するが、その名に反して健康なヒトの大腸内には全体の数千分の一から1万分の1以下の菌数でしか存在しない。

腸内菌叢は消化管の部位によって大きく異なる。口腔内には細菌が多く(唾液1ml当たり約10⁷)存在するが、胃では胃酸の影響で内容物1g当たり10³～10⁵個と激減する。十二指腸では胃酸は中和されるが、胆汁の殺菌作用のために菌数は10³/gほどである。小腸上部にも菌は少なく(10⁴/g)、小腸下部から菌数が増加(10⁷/g)しはじめて、大腸で菌数やバリエーションが大きく増加して糞便とほぼ同様の菌叢が形成される。一般に腸内菌叢と言うと、この大腸または糞便の菌叢を指すことが多い。

腸内菌叢の重要性

腸内菌叢は、多彩で活発な代謝活性を持ち、我々の健康に大きな影響を与えている。病原菌や日和見病原菌となってしまふ細菌がいる一方で、日和見菌や外来病原菌の増殖を抑制することによって感染症から我々を防御するバリアとして働く。発がん物質や変異原物質、腐敗産物などの有害な物質を生成することもあれば、有害物質を分解・不活化したり吸着して体外に排出したりするものもある。短鎖脂肪酸やビタミンのようにヒトに有用な物質を生成する菌もある。

腸内細菌は免疫の成熟や調節にも重要である。免疫機能を活性化して感染防御力を高める一方で、過度な炎症を抑える作用も持つ。消化管局所だけでなく、全身の免疫やアレルギーなどにも重要な影響を与えている。近年では、肥満や糖尿病などへの腸内菌叢の関与も注目されている。さらに、消化管からはるかに離れた脳と腸内菌叢の関連も示されるようになっており、認知機能や精神疾患への影響に関する研究が進められている。

腸内菌叢の制御と健康

このように腸内菌叢は宿主にとって有益にも有害にも働く。従って、腸内菌叢を良好な状態に保つことは我々の健康維持と疾病予防に重要である。腸内菌叢の構成やバランスには明らかな個人差があり、各個人の菌叢は長期にわたって安定に保たれているものの、年齢、便秘や下痢などの腸管の生理状態、食事、薬物、生活環境、ストレス、外来微生物などの様々な要因で変動する。そこで、腸内菌叢を良好な状態に保つための努力が必要となる。ストレスのない規則正しい生活、偏りのない適切な食事、適度な運動による生体生理機能の維持、などは腸内菌叢を良好に保つために大事である。腸内の有用菌を増やして有害菌を抑制するために、プロバイオティクスやプレバイオティクスを利用することも有効である。プロバイオティクスは、摂取することにより健康に良い効果が期待できる生きた微生物のことであり、医薬品から食品、飲料など様々な形態のものが商品化されている。プレバイオティクスは、消化管上部で消化・吸収されずに大腸に到達して特定の腸内細菌の栄養となることにより、腸内環境に良い影響を与えるものである。これらを組み合わせたシンバイオティクスという考え方も提唱されている。

ただし、プロバイオティクスやプレバイオティクスの多くは疾患に罹患する前あるいは疾患との境界線上の人を対象としたものであって、疾病の治療を目的としたものではない。多く摂れば摂るほど効果が増すというわけでもない。正しく知って適正に摂取することで、腸内環境を良好に維持することに活用したい。

編集後記	SFSS食のリスクコミュニケーター養成講座を今年も開講いたします(第5期:2026年)。昨年までの修了者は63名に達しており、今後もリスクリテラシーの向上に努めてまいります。不安な消費者に共感する対話から信頼が生まれ、専門性と誠実性の重要性が学べるコースですので、ご関心のある方は事務局までお問い合わせください。	SFSS理事長 山崎 毅
-------------	--	--------------

当NPO法人の事業活動は会員の皆様の会費および寄付金で運営されております。食に関する研究に従事する方には正会員を、食に関する企業様には賛助会員をお願いしております。寄付金も随時受け付けておりますので、ご興味のある方は下記までお問い合わせください。	賛助会員リスト(順不同) キユーピー株式会社 旭松食品株式会社 カルビー株式会社 株式会社セブン-イレブン・ジャパン
---	--

 SFSS science of food safety and security 食の安全と安心を科学する会	特定非営利活動法人食の安全と安心を科学する会
本部・研究室 TEL・FAX：03-6886-4894 〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部フードサイエンス棟405-1号室	E-mailアドレス info@nposfss.com ホームページURL https://nposfss.com/ <input type="text" value="食の安全と安心"/> <input type="button" value="検索"/>



食の安全と安心通信 Vol.60

2026年冬号

NPO法人 食の安全と安心を科学する会 季刊誌 第60号



INDEX
■表示目安である微量の定義設定の経緯とアレルギー検査法の動向について
■食由来腸内細菌代謝物と肥満
■企業や市民団体の食への取り組み バイオテック情報普及会
■腸内菌叢と健康のかかわり

表示目安である微量の定義設定の経緯とアレルギー検査法の動向について

星薬科大学 薬学部 創薬科学科長・教授

穂山 浩



微量の定義と検査法検出性能から設定された食物アレルギー表示の閾値

食物アレルギーは年々社会的関心が高まり、リスク管理と食物アレルギー表示制度の重要性が一層増している。我が国のアレルギー表示制度の特徴は、「微量の定義」を明確化した上で数値基準を設けている点にある。表示対象となる特定原材料等について、食品1g当たり10 µg (10 ppm)以上の総タンパク質が含まれる場合に表示が必要とされる。この値は、特定原材料の検査法の検出性能と運用を踏まえて設定されたものであり、単なる行政判断ではなく、検査法の検出限界に基づく閾値である。

この閾値設定の背景には、「どこまでを“微量”とみなすか」という課題があった。食品表示研究班の検討において、ELISA法など既存の検査法の検出限界、加工食品中でのタンパク質の抽出性、偽陽性・偽陰性の問題などが総合的に議論され、結果として10 µg/gを実務的かつ保守的な表示判断基準とする現在の考え方が形成された。この「微量の定義」は、可能性表示 (may contain) を禁止し、消費者の選択肢を担保するという、日本の食物アレルギー表示制度の理念とも密接に関係している。

特定原材料の検査法の課題

特定原材料の検査法として現在主に用いられているのは、ELISA法を中心とした免疫化学的手法である(表)。ELISA法は特定原材料のタンパク質に対する特異抗体を利用して総タンパク量を測定するスクリーニング法であり、定量性と行政実務上の適合性に優れる。一方で、加工・加熱によるタンパク質変性や抽出性の低下といった課題や標準品の違いによる課題も問題になった。これを解決するため、我が国の公定法では還元剤や界面活性剤を含む抽出液を採用し、加工食品中の熱変性タンパク質の可溶化、また標準品の統一を図るなど、実試料に適合した抽出液と標準品の規格化を行った。

ELISA法のスクリーニングで陽性となった場合の確認試験としては、卵・乳ではウエスタンブロット法、小麦・そば・落花生・えび・かに・くるみ等ではPCR法が位置付けられている(表)。PCR法は遺伝子配列を標的とするため特異性が高く、偽陽性の低減に寄与している。この二段階検査体系は、科学的妥当性と行政監視制度を両立させる日本の特徴的な仕組みであり、国際的にも類を見ない。

近年では、LC-MS/MS法(液体クロマトグラフ質量分析法)を用いたアレルギー測定が国内外で急速に進展している(表)。ペプチドマーカーを直接同定する本法は、複数アレルギーの同時分析や加工影響を受けにくい分析性能などの利点を持ち、今後の検査法の高度化を担う技術として期待される。ただし、定量性・装置・コスト・標準化などの面で課題も残り、現行のELISA法を直ちに置き換える段階にはない。

国際的動向と今後の課題

国際的規格を策定するCODEXでは「参照用量(Reference Dose)」の考え方が議論されており、摂取量ベースのリスク評価に基づく閾値設定が進みつつある。日本における定量基準10 µg/gは、こうした国際的議論とも整合性を取りながら、患者の安全性と食品企業の運用可能性の両立を目指した実践的な数値である。

今後の課題として、①現実的な摂取量データの蓄積、②加工影響を考慮した標準物質の整備、③国際的整合化を視野に入れたリスク評価視点の表示の検討、④消費者へのリスクコミュニケーションの充実が挙げられる。食物アレルギー表示制度と検査法は単なる技術問題にとどまらず、「安全・安心」への信頼を支える制度である。科学的根拠に基づく継続的な検証と改善を進めつつ、実態に即した現場運用を支えることが今後ますます重要になると考えられる。

 SFSS science of food safety and security	我々は「食の安全と安心の最適化」を目指します。	
---	--------------------------------	---

食由来腸内細菌代謝物と肥満

東京農工大学 大学院農学研究院

宮本 潤基



1. 腸内細菌

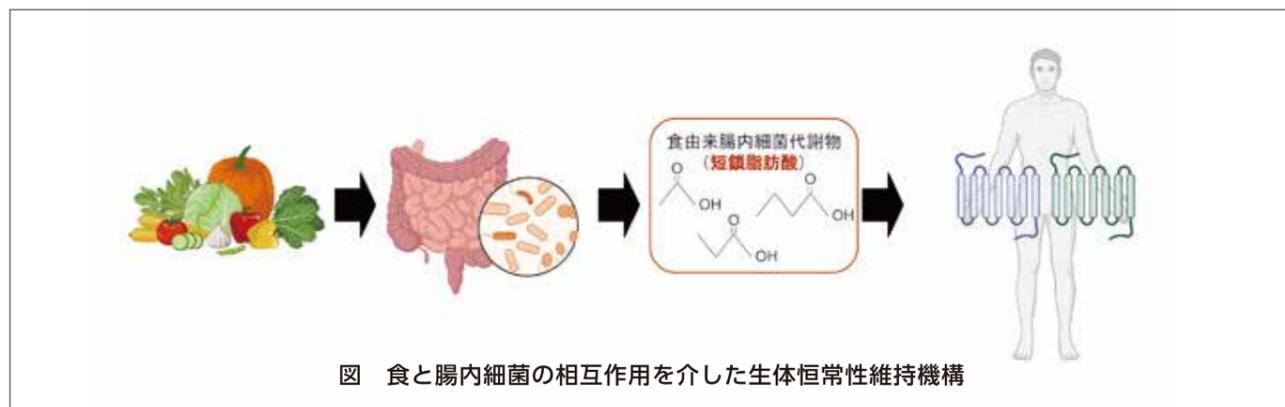
ヒトの消化管には、およそ100兆個、重量にして1～2kgにも及び膨大な数の微生物から構成される腸内細菌叢が形成されている。近年の研究により、腸内細菌叢は宿主のエネルギー代謝や免疫機能をはじめとする生体恒常性の維持に深く関与していることが明らかとなっている。腸内細菌叢の構成は、食生活、遺伝的背景やストレスなどの環境因子によって影響を受けることも良く知られている。特に食事は腸内細菌叢に対して強い影響を及ぼし、その変化は短期間で劇的に生じる。動物性食品の摂取は、胆汁酸耐性を有する菌種 (*Alistipes*属、*Bilophila*属や*Bacteroides*属など) の増加を促進する一方、植物性食品の摂取は、食物繊維を資化する菌種 (*Roseburia*属や*Eubacterium*属など) の増加と関連することが報告されている (David et al. *Nature*, 2014)。また、地中海食のように野菜や穀類を中心とした食事様式では、難消化性多糖を分解する *Prevotella*属や*Lachnospira*属が豊富に存在し、それらの代謝産物である短鎖脂肪酸が体内に高濃度で認められることが示されている (De Filippis et al. *Gut*, 2016)。今後の腸内細菌研究においては、摂取する食事の質や種類を考慮しつつ、腸内細菌叢と宿主との相互作用を統合的に理解することが求められる。近年では、食物繊維などの栄養成分を基質として腸内細菌が産生する代謝物、特に短鎖脂肪酸が、宿主の生体調節機構に寄与する実質的な分子実体として注目を集めている。

2. 食由来腸内細菌代謝物と肥満

腸内細菌の主要な食由来代謝物として知られる短鎖脂肪酸は、炭素数2～6個の脂肪酸の総称であり、主に酢酸、プロピオン酸および酪酸が代表的である。近年の研究により、生体内における短鎖脂肪酸の受容・認識機構が分子レベルで明らかとなり、細胞膜上の受容体であるGタンパク質共役型受容体 (G-protein coupled receptor; GPCRs) が同定された。これらの知見から、難消化性多糖類の摂取や腸内細菌による宿主恒常性維持機構は、腸内細菌によって資化された短鎖脂肪酸とその受容体を介した作用によるものであることが示唆されている。すなわち、短鎖脂肪酸は単なるエネルギー源としてのみならず、受容体を介したシグナル分子としても機能することが明らかになりつつある。我々はこれまでに、短鎖脂肪酸受容体であるGPR41 および GPR43 が、食事、腸内細菌、ならびに宿主の恒常性維持を制御する重要な因子として機能することを明らかにしてきた。特に、母親の腸内細菌叢が胎児の発達および出生後の疾患感受性に及ぼす影響に着目し、妊娠中の母親の食事と腸内細菌との相互作用によって産生される短鎖脂肪酸が、胎児期の成長に影響を与え、その結果として出生後の子供の肥満を予防することを示した。さらに、胎児に発現するGPR41およびGPR43が母親由来の短鎖脂肪酸によって活性化されることで、神経細胞、腸内分泌細胞、膵β細胞の分化が促進され、代謝・内分泌系の正常な成熟に寄与することを明らかにした (Kimura et al. *Science*, 2020)。さらに近年、我々は食の欧米化に伴う糖質、特にスクロース摂取量の増加に着目し、腸内細菌によるスクロースを基質とした菌体外多糖 (EPS; exopolysaccharides) 産生への影響を検討した。健康者および肥満者由来の便検体を用いてヒト腸内細菌由来 EPS産生菌の探索を行った結果、ヒト消化管常在細菌の一種である *Streptococcus salivarius* を肥満バイオマーカーとして単離・同定した。*S. salivarius*がスクロースを基質として産生するEPSの摂取は、短鎖脂肪酸産生を亢進させ、GPR41およびGPR43を介して肥満および耐糖能異常を改善することを明らかにした (Shimizu et al. *Nat Commun*, 2025)。

3. おわりに

近年のオミクス解析技術の発展に伴い、腸内細菌研究は飛躍的な進展を遂げており、ヒトの健康維持に寄与する腸内細菌の機能解明が精力的に進められている。しかしながら、その作用機構には未だ不明な点が多く残されている。腸内細菌代謝物である短鎖脂肪酸は、宿主の代謝制御や免疫応答、さらには腸内環境の恒常性維持に重要な役割を果たすことが示唆されており、生体恒常性維持への関与が注目されている。今後、これらの知見を基盤として腸内細菌由来物質の機能解析をさらに深化させることで、代謝性疾患に対する新たな治療戦略の確立や、健康維持・増進に資する機能性食品の開発など、幅広い分野への応用展開が期待される (図)。



企業や市民団体の食への取り組み

遺伝子組換え作物商業栽培30周年

ー遺伝子組換え作物の貢献と安全性理解の歩みー

バイオテック情報普及会 事務局長

熊谷善敏

バイオテック情報普及会は、植物科学やバイオテクノロジー作物の研究・開発に取り組む企業で構成される国際組織「クロップライフ・インターナショナル」の傘下の団体として、2001年に設立されました。

私たちは、持続可能な農業と安定した食料供給の実現を目指し、遺伝子組換え作物に関する科学的根拠に基づく制度づくりへの貢献や、バイオテクノロジー作物への理解を深めていただくための情報発信を行っています。

遺伝子組換え作物の食料安全保障への貢献

1996年、除草剤に強いダイズや、害虫に強いトウモロコシ・ワタなどの遺伝子組換え作物が、本格的に商業栽培されました。これは、世界の農業にとって大きな転換点でした。それから30年が経過し、遺伝子組換え作物は世界各地で広く栽培され、現在では私たちの食生活を支える重要な存在となっています。日本においても、遺伝子組換え作物は日常の食生活と深く関わっています。例えば、輸入されるトウモロコシやダイズの多くは、畜産物を支える飼料として利用されているほか、食用油や液化糖などの加工食品原料として幅広く用いられています。こうした形で、遺伝子組換え作物は私たちの食卓を支えています。

この30年間、世界の人口は増え続ける一方で、農地や水といった農業資源には限りがあります。さらに、気候変動や病害虫の被害といった課題も深刻化しています。こうした状況の中で、遺伝子組換え作物は、収量を安定させ、農業生産のリスクを軽減する手段として役立ってきました。トウモロコシやダイズなどの主要作物が安定して生産されることは、世界全体の食料供給を支え、食料不足を防ぐ上で重要な役割を果たしています。

世界の食料供給の安定は、日本にとっても無関係ではありません。2024年のデータによると、日本はトウモロコシやダイズなど多くの作物を海外からの輸入に依存しており、その多くが遺伝子組換え作物です。これら遺伝子組換え作物の輸入量は、推定で約1,850万トンに達し、コメの国内生産量(約734万トン)の2倍以上となっています (表1)。

遺伝子組換え作物の安全

遺伝子組換え作物について、多くの方が最も関心を持つのが安全性です。これまでの30年間、遺伝子組換え作物は各国で厳格な安全性評価を受け、た上で利用されています。日本においても、食品として利用される遺伝子組換え作物はすべて国の安全性審査を受け、承認されたものだけが輸入・流通しています。2025年11月時点で、日本で食品として安全性の確認と利用が認められている遺伝子組換え作物は9種・341品種にのぼります。

その結果、世界中で長年にわたり食べられてきたにもかかわらず、人の健康や環境に悪影響があったと科学的に確認された事例は一件もありません。こうした評価は、米科学アカデミー (National Academy of Sciences)をはじめとする各国の科学機関による包括的な報告においても示されており、遺伝子組換え作物は、従来の作物と同程度の安全性があることが認められています。この実績は、遺伝子組換え作物が慎重な評価のもと、安全性を確保しながら活用されてきた技術であることを示しています。

今後期待される遺伝子組換え作物

遺伝子組換え技術は、食料の生産量を増やすだけでなく、栄養価など「質」を高める取り組みにも活用されています。その代表例が、ビタミンA不足の解消を目的としたゴールデンライスです。栄養不足が深刻な地域では、主食を通じて必要な栄養素を補える可能性があり、子どもたちの健康改善などへの貢献が期待されています。

また、干ばつや高温といった気候変動の影響に強い作物の開発も進められており、将来の農業を支える技術として注目されています。

おわりに

遺伝子組換え作物の商業化から30年という節目は、これまでの歩みを振り返ると同時に、これからの食料と農業のあり方を考える大切な機会でもあります。

科学的な知見に基づいて正しく理解し、社会の中でどのように活用していくかを考えることが、将来の食料安全保障や持続可能な農業につながります。遺伝子組換え作物は、この30年間で積み重ねてきた経験を土台に、今後も私たちの食と暮らしを支える重要な技術の一つであり続けるでしょう。



表1 作物の日本の輸入状況 (2024年) 単位: 1,000 トン

作物	国内生産量 ¹⁾	輸入量 ²⁾	主要な輸入国 ²⁾ (遺伝子組換え作物栽培率 ³⁾)	遺伝子組換え作物の 推定輸入量 ⁴⁾
トウモロコシ	0.5	15,276	米国 (93%)、ブラジル (97%)、アルゼンチン (99%)	14,194
ダイズ	252	3,171	米国 (95%)、ブラジル (99%)、カナダ (81%)	2,981
セイヨウアブラナ (採油用)	3.1	2,104	オーストラリア (27%)、カナダ (95%)	1,223
綿実 (採油用)	—	97	米国 (97%)、ブラジル (99%)、オーストラリア (99%)	90
綿	—	60	米国 (97%)、オーストラリア (99%)、ブラジル (99%)	36
合計				18,524
参考: コメ	7,345	754	米国、タイ、オーストラリア	0

1) 農林水産省 令和6年度作物統計 ※Cornは青刈りとうもろこしの収穫量、綿実・綿は統計無し
2) 農林水産省 令和6年度農林水産物輸出入概況
3) AgbioInvestor GM monitor
4) バイオテック情報普及会が、国別輸入量に2023年の国別作物別GM採用率を掛け合わせ推定 (日本国内へは非遺伝子組換え作物を分別管理して輸入する場合がありますため、実際の数字とは異なる可能性があります。)



写真 ゴールデンライス
写真提供: バイオテック情報普及会