

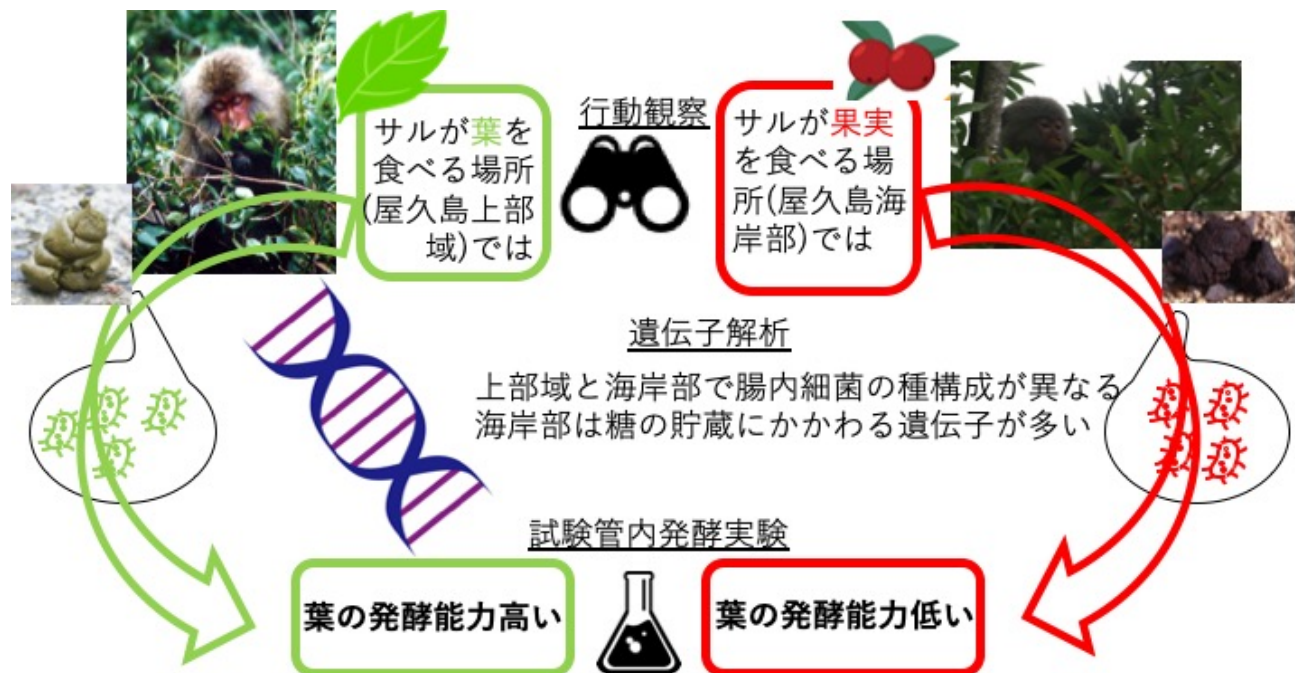
葉をたくさん食べるニホンザルの腸内細菌は、葉の発酵能力が高いことを証明 —動物の消化への腸内細菌の寄与—

概要

京都大学霊長類研究所の半谷吾郎准教授らの研究グループは、屋久島の野生ニホンザルの新鮮な糞と葉を混ぜて試験管内で発酵させたところ、葉をよく食べている地域のほうが発酵が多く行われることがわかりました。

ニホンザルの腸内細菌の種構成は、葉をよく食べる地域と果実をよく食べる地域で分かれており、果実をよく食べる地域では、糖の貯蔵にかかわる遺伝子が多く腸内細菌に含まれていました。多くの種類の食物を食べるジェネラリスト(広食性)の動物では、自分自身の遺伝子ではなく、腸内細菌を柔軟に変化させて、その場所に応じた食物の消化能力を身につけている可能性が示唆されました。

本研究成果は、2020年4月24日に国際学術誌「Microbial Ecology」のオンライン版に掲載されました。



腸内細菌は、柔軟に変化するジェネラリストの動物の食物の消化に貢献!

背景

動物の中には、特定の食べ物だけを食べるように特殊化したスペシャリスト(狭食性)もいれば、多くの種類の食物を食べるジェネラリスト(広食性)もいます。野菜、果物、肉、魚、乳製品、キノコ、昆虫、海藻、と、ありとあらゆるものを食べるヒトは、もっとも典型的なジェネラリストだといえるでしょう。

スペシャリストの代表であるアイアイは、硬いものの中に隠されている栄養豊富な食べ物、例えば硬い木の実の殻の中身を食べるために、一生伸び続ける切歯、大きな耳、一本だけ細くて長い中指を持っています。殻の外側を指でたたいてその音を聞き、中身があることを確かめてから、硬い歯で殻に小さな穴をあけ、細い中指で中身を掻き出して食べます。ヒトが道具を使ってクルミの殻をあけるように、彼らは自分自身の体を精妙に作り変えて、ほかの動物には食べられない食物を食べるように進化したのです。

ニホンザルは、葉や果実、種子、昆虫、キノコなど、さまざまな食物を食べるジェネラリストです。彼らは、亜熱帯性の照葉樹林の広がる鹿児島県屋久島の低地の森にも、世界有数の豪雪地帯である北アルプスの山岳地帯にも住んでいます。豊富な木の実をおなかいっぱい食べられるときもあれば、ごくごく小さな木の芽や、樹皮をはがして食べるしかないときもあります。彼らは、さまざまな食べ物を食べるために、自分自身の体をなにか特定の食物に特殊化させてしまうわけにはいきません。彼らは、食物条件が大きく異なるときに、どうしているのでしょうか？

近年、自分自身の体を作り変えずに、さまざまな食物を食べるための適応として、腸内細菌の役割に注目が集まっています。たとえば、海藻を常食する日本人の腸内細菌には、海藻特有の炭水化物を分解する酵素を持つものがいることが知られています。ヒトには 2 万種類あまりの遺伝子しかないのに対し、ヒト 1 個体の持つ、500-1000 種に上る腸内細菌には、300 万以上の遺伝子が含まれると推定されています。動物がこの膨大な数の腸内細菌を、自分の生存のためにどのように利用しているか、近年急速に研究が進められています。

成果

本研究では、動物の持つ腸内細菌の発酵能力を明らかにするため、新鮮な糞と基質となる食物を混ぜ合わせて試験管内で発酵させる試験管消化試験を行いました。長年ニホンザルの研究が行われ、野生のサルを間近に観察できる屋久島で、排泄直後の新鮮な糞を採取し、それを京都大学野生動物研究センターの観察ステーションの実験室にすぐに持ち帰り、糞を、ヒサカキの葉の粉末と混ぜ、消化管の中を模した、二酸化炭素を充填し 37 度に保った試験管の中で 24 時間発酵させました。

この実験は、京都大学大学院理学研究科生物科学専攻の学生実習として行われました。彼らは、インド、ブラジルから参加したふたりの招へい学生とともに、フィールドワークに加えて、6 時間に 1 回のガス発生量の測定のため、ときには夜中に及ぶ実験を 1 週間にわたってやり遂げました。

葉をよく食べる屋久島上部域のニホンザルと、果実をよく食べる屋久島海岸部のニホンザルで、葉の発酵能力を比較すると、上部域のほうがガスの発生量が多く、発酵の産物のうち、酪酸の産生量が多くなっていました。

糞と、発酵後の懸濁液を遺伝子解析して腸内細菌の種構成を調べてみたところ、上部域と海岸部では、種構成が異なっていました。また、どのような遺伝子が含まれているのかを調べてみると、どちらの地域でも、植物の細胞壁成分であるセルロースなどの多糖を分解する遺伝子を持っていました。ニホンザルをはじめとする脊椎動物はこの遺伝子を持っておらず、ニホンザルは、腸内細菌のはたらきを借りて葉を消化していることが確認されました。また、海岸部のニホンザルの腸内細菌には、グリコーゲン合成にかかわる遺伝子が、上部域より多く含まれていました。果実を主に食べる海岸部では、グルコースを多く摂取したときに、それをグリコ

ーゲンに変えて、肝臓に貯蔵する、という反応が多く行われている可能性があります。

試料中に含まれる複数の種類の遺伝子を丸ごと読む次世代シーケンス技術の進展によって、1 個体あたり数百種にもものぼる、きわめて多様な生物群集である腸内細菌の種構成に関する報告が、近年相次いでいます。そのような膨大な知見とは裏腹に、「その腸内細菌は、それを持つ宿主の動物の生存に、どのように貢献しているか」という、生態学にとって重要な問いに、簡明に答える研究は存在していませんでした。本研究は、試験管消化試験と遺伝子解析を組み合わせ、葉を常食する個体の腸内細菌は、葉の発酵能力が高いことを明瞭に示しました。自分自身の体を変えずに、多様な食物を食べるジェネラリストの動物が、変動する食物環境に適応する手段の一つとして、腸内細菌の重要性を示唆するものです。

<論文のタイトルと著者>

タイトル : Fermentation ability of gut microbiota of wild Japanese macaques in the highland and lowland Yakushima: in vitro fermentation assay and genetic analyses

著者 : Goro Hanya, Janko Tackmann, Akiko Sawada, Wanyi Lee, Sanjeeta Sharma Pokharel, Valdevino Gisele de Castro Maciel, Akito Toge, Kota Kuroki, Ryoma Otsuka, Ryoma Mabuchi, Jie Liu, Masaomi Hatakeyama, Eri Yamasaki, Christian von Mering, Rie Shimizu-Inatsugi, Takashi Hayakawa, Kentaro K. Shimizu, Kazunari Ushida

発表雑誌: Microbial Ecology

D O I : 10.1007/s00248-020-01515-8