

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	HE Tianmeng
論文題目	The digesta particle size of Japanese macaques in Yakushima: Variation, determinants and its potential influence on digestion (屋久島におけるニホンザルの消化物粒子径：変動パターン，決定要因および消化への潜在的影響)		
(論文内容の要旨)			
<p>As a result of chewing, digesta particle size reflects the interaction between food properties and chewing ability while influencing digestion. Focusing on animals that consume leaf-dominated diets, previous studies showed reducing digesta particle size improves digestion. The mechanical properties of food and chewing ability are important factors behind the intraspecific variation of digesta particle size in these species. These conclusions indicate measuring digesta particle size can provide insight into connecting diet, chewing behavior, and digestion in herbivores. However, it is difficult to generalize these conclusions to omnivorous primates as their diet is complicated which poses difficulties in using digesta particle size to understand the feeding ecology and digestion in primates. This thesis aims to reveal the variation pattern, the determinants, and the potential influence of digesta particle size on digestion in omnivorous primates by using the Japanese macaques in Yakushima, Japan as a model. Chapter 2 documented the seasonal and regional variation of digesta particle size in Japanese macaques by comparing their fecal particle size in the lowland, the highland, and the summit zone of Yakushima in different seasons. To reveal the determinants, Chapter 3 examined the effects of diet composition, dietary toughness, and age-sex class on fecal particle size in the lowland zone of Yakushima. Chapter 4 examined the influence of digesta particle size on digestion by conducting in vitro digestibility and fermentation assays on five foods from the Japanese macaque diet. Chapter 2 found that although there were variations in digesta particle size, these were limited to specific conditions. Fecal particle size only in the summit zone was found to be significantly higher than it was in the other zones in autumn. In Chapter 3, although variations in diet composition and dietary toughness were found, fecal particle size showed limited variation across months and no difference among age-sex classes. The influences of diet composition, dietary toughness, age, and sex were not important factors in the variation of digesta particle size, while the physical structure of fruits may be important. Chapter 4 demonstrates that, for the five foods in the Japanese macaque diet, the influence of particle size on digestion is less obvious in fruits and young leaves than in mature leaves and seeds. These results show that the determinants and the potential influence of digesta particle size are different in Japanese macaques in Yakushima compared to folivorous primates and ungulates. The mechanical properties of foods and chewing ability were not important in the variation of digesta particle size, while whether a food requires chewing to improve digestion may be more relevant. Accordingly, predicting food quality from digesta particle size should be treated with caution. In omnivorous primates, large digesta particle size does not necessarily correspond to low-quality food. Such results may help us to understand food selection in herbivores. While selecting leaves that can be more easily reduced to small digesta particle size may be critical when eating leaves, selecting foods that do not require chewing may be important when eating an omnivorous diet. These two factors connect to the toughness and fiber contents of foods, which can help to explain the avoidance of tough and fiber-rich food in primates. Moreover, the factors that influence digesta particle size may influence chewing behavior and therefore change feeding behavior. Further studies in more primate species are necessary to confirm the factors that influence digesta particle size in this taxon. The influence of chewing on digestion is an aspect that requires more attention in such studies. The results of this thesis urge caution when generalizing conclusions from studies of digesta particle size in folivores to omnivorous primates. Further exploration of the relation between food properties and digesta particle size is necessary to provide a more comprehensive understanding of digestion and feeding ecology in primates.</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、これまで採食生態学で数々の知見が積み重ねられたニホンザルについて、咀嚼によって食物を細かくする行動と、それが消化効率に与える影響を探った研究である。屋久島各地での食物の粒子径を比較した第2章、屋久島低地のニホンザルの食物粒子径の季節変異、性年齢差を検討した第3章、屋久島低地のニホンザルが採食する食物を、粒子の大きさが異なる粉末にしたときに、試験管内で消化率がどう異なるかを実験的に検討した第4章の、三つの論文がその主要な内容である。

第1章では、採食生態学における咀嚼の重要性について、これまで草食動物を中心に行われてきた研究をレビューし、霊長類の研究、特に果実を多く採食するジェネラリストでの研究の必要性を概説している。

第2章では、海岸近くの照葉樹林から、中腹の針葉樹林、山頂近くのヤクシマヤダケの草原まで、さまざまな環境に生息する屋久島のニホンザルを対象にして、糞中の食物残滓の粒子径の変異を検討した。ヤクシマヤダケを採食する夏の山頂の糞では、粒子径が大きく、繊維性の食物の採食が卓越する特殊な条件下では、粒子径の大きさに評価したときの咀嚼効率が下がることを示した。霊長類では、消化後の食物粒子径を調べた研究そのものが少なく、研究の貴重な開始点であると言える。

第3章では、屋久島低地で1年間、野生ニホンザルの採食行動の観察と糞および食物試料の採取を行い、食物の堅さの季節変異が、消化後の食物粒子径に与える影響、および咀嚼能力の異なる性年齢個体間での食物粒子径の差を検討した。食物の堅さには季節変異があったが、予想と反し、食物が固いときに粒子径が大きくなる傾向はなく、むしろ柔らかい食物であるタブノキの果実を食べるときに粒子径が大きくなっていった。また、性年齢による粒子径の差は見られなかった。これまで葉食性の動物の先行研究で示されていたのとは異なり、ジェネラリストであるニホンザルでは、食物の物理的特性や、個体の咀嚼能力が食物の粒子径に影響しないことを示した点で、重要である。

第4章では、屋久島のニホンザルが食べる5種の食物を対象にして、さまざまな大きさの粒子に破碎した上で、試験管内での消化実験を行った。葉と種子に関しては、粒子が小さいほど消化率が上昇したが、果実に関しては粒子径と消化率のあいだに関係はなく、第3章で得られた、ニホンザルはタブノキの果実が主要な食物である時期に、食物が細かくなるまで咀嚼しない、という結果と、整合する知見が得られた。葉、種子、果実では、組織の構造が異なり、果実では、必ずしも細かくしなくても効率的な消化が可能であるためと考えられた。二つの章の結果をあわせると、動物は常に食物を細かくしているのではなく、食物を細かくしなくても消化できるときには、食物を小さくしようとはしていないと考えられる。これは、これまで主に研究が行われてきた、堅くて咀嚼に手間がかかる食物を食べる葉食性の動物での結果とは異なり、果実などの柔らかい食物を多く食べる、ジェネラリストの動物の咀嚼行動を理解する、重要な発見である。

第5章では、得られた知見をもとにして、霊長類の咀嚼の消化における意義や、咀嚼の行動学的側面の研究の必要性など、今後の研究の発展の方向性について、意義深い考察を行っている。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和4年7月6日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行い、その結果をもって令和4年7月13日に霊長類学・野生動物系教員会議で合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降