

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23657018

研究課題名（和文） ニホンザルのキノコ食を通じた菌類の孢子散布機構の解明

研究課題名（英文） Spore dispersal through mycophagy by Japanese macaques

研究代表者

半谷 吾郎 (HANYA GORO)

京都大学・霊長類研究所・准教授

研究者番号：40444492

研究成果の概要（和文）：キノコ(子実体)は、菌類が次世代を残すために孢子を生産する繁殖器官である。キノコの化学成分、とくに毒性の生態的意義を解明するためには、ジェネラリスト的傾向が強く、広範囲を動き回り、バイオマスも大きい哺乳類のキノコ食について、基礎的な知見を積み重ねていく必要がある。本研究では、(1)屋久島のニホンザルを対象に、サルが採食するキノコの多様性を明らかにし、毒性に着目して、サルによるキノコ選択の基準を明らかにすること、(2)キノコを採食したサルが有効にその菌の孢子散布を行うことを実験的に証明することを目的とした。屋久島のニホンザルは、14ヶ月の観察期間中、年間を通じて67種(31属)という多様なキノコを食べていた。ニホンザルが検査行動なしにすぐに食べるキノコは毒キノコである割合が低く、ニホンザルが途中で採食を止めたキノコは毒キノコである割合が高かった。これらのことから、ニホンザルはキノコにたいしてある程度事前の知識を持っており、味覚とあわせて毒キノコ回避に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。一方、孢子散布については、サルに対してキノコの給餌実験を行うことが困難だったため、本研究期間内に実証することはできなかった。

研究成果の概要（英文）：Mushroom (fruiting body) is a reproductive organ of fungi. To clarify the ecological significance of the chemical content, in particular toxins, we need to accumulate basic natural historical information of mycophagy by generalist mammals. The aims of this study is (1) to clarify species diversity of mushroom eaten by wild Japanese macaques in Yakushima and mushroom selection with respect to toxicity and (2) to prove experimentally that Japanese macaques disperse fungi spore effectively through mycophagy. According to our behavioral observation of wild Japanese macaques in Yakushima lasting 14 months, macaques ate 67 species (31 genera) of mushrooms. The proportion of toxic mushroom tended to be lower for the mushrooms that were eaten immediately (without examining behavior) and those that macaques ate whole of them (without stopping eating it). This suggests that macaques have previous knowledge on the toxic mushroom and it works to avoid toxic mushrooms, along with the on-site judgment based on the taste. We could not prove spore dispersal by experiment because it was difficult to feed mushroom to captive or provisioned macaques.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学 生態・環境

キーワード：種間関係

## 1. 研究開始当初の背景

キノコ(子実体)は、菌類が次世代を残すために胞子を生産する繁殖器官である。植物の繁殖器官である果実と同様、一見すると、キノコはヒトにとっても食用になり、胞子を遠くに散布するために食べられるように進化してきたという説明が成り立ちそうである。ところが、キノコには毒をもつものがあり、しばしば動物にとって致命的である。植物では果肉に毒をもつものはまれで、あったとしても致命的なほどの毒をもつものはごく少数である。また、動物がキノコ食によって菌類の胞子を有効に散布しているかどうかは、一部の昆虫での研究(Tuno 1998)を除いてよくわかっておらず、特に哺乳類についてはまったく不明である。しかし、昆虫よりジェネラリスト的傾向が強く、広範囲を動き回り、バイオマスも大きい哺乳類についての研究は、多様なキノコの形態・化学的特質を説明する上でも、実際の生態系での潜在的な重要性を考慮しても、欠かすことができない。

## 2. 研究の目的

本研究での具体的な目標は、以下の二点である。(1)直接観察とサルが落としたりしたキノコの断片を分子同定して、屋久島のニホンザルが採食するキノコ、忌避するキノコを明らかにし、化学的成分、特に毒性に着目して、サルによるキノコ選択の基準を明らかにする。(2)キノコを採食したサルが有効にその菌の胞子散布を行うことを実験的に証明する。

## 3. 研究の方法

### (1) 行動観察

屋久島西部地域の AT 群という群れのニホンザルの行動を調査した。行動観察中、サルが食べたキノコおよび一度は手にとったものの食べなかったキノコのサンプルを採取した。サルがキノコを手にとった場合、口にするか拒否するまでビデオで撮影し、その直前の行動(においをかぐ、なめるなど)、およびその周辺の個体がそれを観察しているか、についても行動を記録した。

### (2) 遺伝子解析

DNA サンプルを京都大学霊長類研究所に持ち帰り、DNA バーコーディングにより、食べたキノコ・食べなかったキノコの分子種同定を行なう。CTAB 法により DNA を抽出し、精製を行なった後、リボソーム RNA の ITS2 領域を増幅するため、White et al.(1990)の手法を参考に、ITS3 フォワードプライマーならびに ITS4 リバースプライマーを用いて PCR を行ない、配列を決定した。解読できた ITS2 領域の塩基配列を、京都大学グローバ

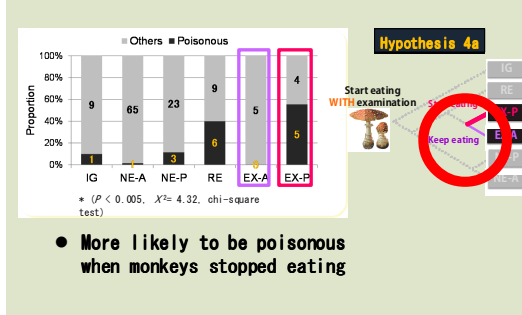
ル COE プログラム「生物の多様性と進化研究のための拠点形成」によって整備された屋久島産のキノコのデータベースと照合して種同定を行なった。

## 4. 研究成果

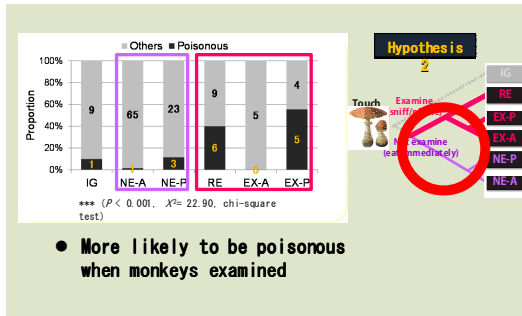
### (1) ニホンザルのキノコ食

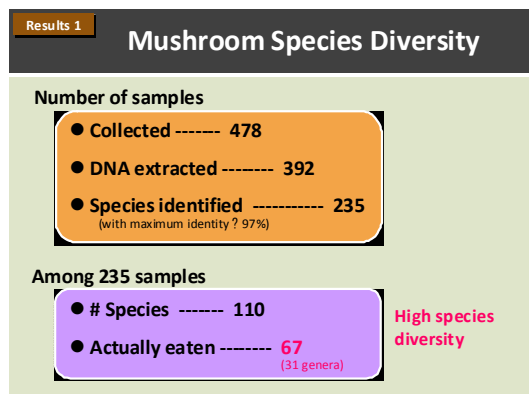
14ヶ月の観察期間中、キノコはニホンザルの採食時間のわずか 2.2%を占めるに過ぎなかったが、年間を通じて 67 種(31 属)という多様なキノコを食べていたことが分かった。採食時の行動に着目したところ、ニホンザルは手に取ったキノコに対して、匂いを確認する、かじって吐き出すという検査行動を取ることがあった。そこで、採食時の行動パターンを、ニホンザルがキノコに遭遇したとき、手に取ったとき、検査行動を見せたとき、食べたときと 4 段階に分けて分析した。その結果、ニホンザルが検査行動なしにすぐに食べるキノコは毒キノコである割合が低く、ニホンザルが途中で採食を止めたキノコは毒キノコである割合が高かった。これらのことから、ニホンザルはキノコにたいしてある程度事前の知識を持っており、味覚とあわせて毒キノコ回避に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

### Results 2 RATIO of Poisonous Mushrooms: Start eating with examination



### Results 2 RATIO of Poisonous Mushrooms: TOUCH





(2) ニホンザルによる孢子散布

当初、霊長類研究所で飼育しているニホンザルにキノコを給餌して実験を行う予定だったが、サルがキノコを食べることを拒絶したため、宮崎県幸島の餌付けニホンザルにシイタケを与え、その糞の懸濁液を寒天培地上に塗布し、数日後に菌糸が伸びてくるのを確認した。その菌糸を寒天ごと採取し、DNAを抽出し、ITS3/4をプライマとして配列を解読し、データベースに登録されている配列と照合したところ、シイタケではないことが確認され、孢子散布を実証することはできなかった。これは、人工的な給餌では十分な量のキノコを食べさせることができなかったためと考えられ、現在、屋久島の野生ニホンザルの糞を用いた新しい実験の準備を行っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

1. Sawada A, Clauss M, Sakaguchi E & Hanya G (2012) A pilot study on the ontogeny of digestive physiology in Japanese macaques (*Macaca fuscata*). *Mammalian Biology* 77: 455-458  
DOI: 10.1016/j.bbr.2011.03.031.

2. Hanya G & Bernard H (2012) Fallback foods of red leaf monkey (*Presbytis rubicunda*) in Danum Valley, Borneo. *International Journal of Primatology* 33: 322-337.  
DOI: 10.1007/s10764-012-9580-9

3. Hanya G & Aiba S (2011) Annual periodicity in fruiting in temperate forests in Yakushima, Japan. *Forestry Studies in China*.13: 112-122  
DOI: 10.1007/s11632-011-0206-7

4. Hanya G, Ménard N, Qarro M, Ibn

Tattou M, Fuse M, Vallet D, Yamada A, Go M, Takafumi H, Tsujino R, Agetsuma N & Wada K (2011) Dietary adaptations of temperate primates: comparisons of Japanese and Barbary macaques. *Primates*.52: 187-198  
DOI: 10.1007/s10329-011-0239-5

5. Sawada A, Sakaguchi E & Hanya G (2011) Digesta passage time, digestibility, and total gut fill in captive Japanese macaques (*Macaca fuscata*): effects of food type and food intake level. *International Journal of Primatology*32: 390-405.  
DOI:10.1007/s10764-010-9476-5

6. Hanya G Stevenson P, van Noordwijk M, Wong ST, Kanamori T, Kuze N, Aiba S, Chapman CA & van Schaik C (2011) Seasonality in fruit availability affects frugivorous primate biomass and species richness. *Ecography*34: 1009-1017  
DOI: 10.1111/j.1600-0587.2010.06775.x

[学会発表] (計 9 件)

1. Sawada A, Sato H, Inoue E, Otani Y, Hanya G (2012) Mycophagy among Japanese macaques: How do they avoid poisonous mushrooms? 2012/8/13, XXIV International Behavioral Ecology Congress, Lund, Sweden.

2. Tsuji Y, Hanya G, Grueter CC (2012) Feeding strategy of primates inhabit the Asian temperate forest: a comparison between Cercopithecine and Colobinae, 2012/8/13, XXIV Congress of International Primatological Society, Cancun, Mexico

3. 澤田晶子・佐藤博俊・井上英治・大谷洋介・半谷吾郎 (2012) ニホンザルは毒キノコを忌避しているのか：キノコの属性と採食行動パターン。2012/7/7, 第28回日本霊長類学会大会, 名古屋。

4. Hanya G, Maruyama A (2012) Mammal abundance affects the distribution of terrestrial blood-feeding leeches in Yakushima. 2012/3, Joint Meeting of The 59th Annual Meeting of ESJ & The 5th EAFES International Congress, Otsu

5. Otani Y, Sawada A, Fukunaga Y & Hanya G (2012) Ranging behavior of male Japanese macaque. 2012/3, Joint Meeting of The 59th Annual Meeting of ESJ & The

5th EAFES International Congress, Otsu

6. 半谷吾郎、Pablo Stevenson、Maria Van Noordwijk、Siew Te Wong、金森朝子、久世濃子、相場慎一郎、Colin A. Chapman、Carel van Schaik (2011) 果実生産の季節性が果実食霊長類のバイオマスと種数に影響する。2011/7/12 第27回日本霊長類学会大会，犬山。

7. 大谷洋介、澤田晶子、福永恭啓、半谷吾郎(2011) ニホンザル集団オスの一時的な離脱行動；採食、繁殖戦略の観点から。2011/7/11 第27回日本霊長類学会大会，犬山。

8. 澤田晶子、半谷吾郎(2011) 屋久島におけるニホンザルのキノコ食行動。2011/7/11 第27回日本霊長類学会大会，犬山。

9. 金森朝子、山崎彩夏、久世濃子、半谷吾郎、Henry BERNARD、Peter T. Malim、Siew Te Wong、幸島司郎(2011) ボルネオ島ダナムバレー森林保護区における果実生産量とオレンジウータンの個体群密度－3回の一斉結実を含む5年間の季節変化－。2011/7/11 第27回日本霊長類学会大会，犬山。

〔図書〕(計1件)

1. 半谷吾郎 (2012) 霊長類とほかの生物の関係－種子散布に着目して。京都大学霊長類研究所編「新・霊長類学のすすめ」第五章 pp54-66. 丸善出版、東京(分担執筆)。

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.pri.kyoto-u.ac.jp/shakai-seitai/colcons/hanya/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

半谷 吾郎 (HANYA GORO)

京都大学・霊長類研究所・准教授

研究者番号：40444492

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし