

# JRR-3 の利用による野生ニホンザル (*Macaca fuscata*) の食物中の元素分析

福島 美智子<sup>1</sup>・辻 大和<sup>2</sup>

## Trace Element Neutron Activation Analysis by JRR-3 in Food Samples for Japanese macaques (*Macaca fuscata*)

Michiko FUKUSHIMA<sup>1</sup> and Yamato TSUJI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Engineering, Ishinomaki Senshu University, Miyagi 986-8580, Japan

<sup>2</sup>Department of Biological Sciences, Faculty of Science and Engineering, Ishinomaki Senshu University, Miyagi 986-8580, Japan

### Abstract

It is important to obtain multi element levels in food samples of wild animals for their conservation. Several reports on behavior and estimations of nutritional intake for wild Japanese macaques (*Macaca fuscata*), endemic species in Japan, have been published. Though primates need trace elements in addition to basic nutritional terms (e.g. protein and energy), there have been less information on their intake of trace elements from natural foods. Y. Tsuji collected 121 species of food of 17 female wild macaques inhabiting Kinkasan Island, Ishinomaki, Miyagi in 2004-2005. Kinkasan is isolated from main island about 0.7 km away, and there are no residents. Intake of trace elements can be estimated by subtracting amounts of elements in feces from those of foods. Trace elements in 25 of 121 food samples were analyzed by neutron activation using JRR-3 (Japan Research Reactor No.3, Japan Atomic Energy Agency, Ibaraki, Japan).

### 1. 序

野生動物の栄養摂取量の検討は、基礎分野に、また応用分野において希少種の保全施策の策定に重要である。霊長類を対象とした研究分野では、エネルギーやタンパク質といった基礎成分の摂取量を評価した事例がいくつか報告されてきた<sup>(1-3)</sup>。霊長類は、その生命を維持するためにエネルギーやタンパク質といった基礎成分に加えて、微量元素（ミネラル分）も必要とする。飼育下の実験で、これらのミネラル分の必要量が推定されているが<sup>(4)</sup>、野生化のサルが食物からどの程度ミネラルを獲得しているのか、これまでのところ知見がほとんど得られていない。そのため、この知見は、霊長類学・哺乳類学において有用な資料となる。

第二著者の辻は、2004年から2005年にかけて、宮城県石巻市金華山島に生息する、人付けされた野生ニホンザル (*Macaca fuscata*、以下サル) が採

食した食物、ならびに糞を採集した。金華山は宮城県牡鹿半島から0.7 km離れた島で、神社があるだけで住民はいない。そのため、純野生個体の採食行動を詳細に記録できる、稀有なフィールドである。これらの試料に含まれる微量元素濃度分析によるサルの摂取元素量の推定を、本研究の目的とする。

### 2. 実験

#### 2.1 サルの食物試料

2004年6月から2005年5月にかけて、成獣メス (n=17) を対象に行動観察を行い、各個体の採食品目と量を記録した（詳細は文献1, 2を参照）。サルによる採食が確認された146品目中121品目をサンプリングし、熱乾燥後に粉末試料に調整した。これらのうち、採食割合の高い分析に用いたサルの食物25品目を選出した。内訳は果実・種子：5品目、花：3品目、葉：10品目、冬芽：1品

<sup>1</sup>石巻専修大学理工学部食環境学科

<sup>2</sup>石巻専修大学理工学部生物科学科

JRR-3 の利用による野生ニホンザル (*Macaca fuscata*) の食物中の元素分析

表 1 分析に用いた放射性同位体

定量目的元素	生成放射性核種	γ線エネルギー (keV)	半減期
Co	Co-60	1173	5.27 y
Cr	Cr-51	320.1	27.7 d
Cs	Cs-134	604.7	2.062 y
Fe	Fe-59	1099	44.5 d
Rb	Rb-86	1077	18.66 d
Sc	Sc-46	889	83.81 d
Se	Se-75	136	119.77 d
Zn	Zn-65	1115	243.9 d

目、樹皮：1 品目、堅果：3 品目、貝類：1 品目であった。試料を中性子照射のため、電気炉内でセラミック製のつぼに入れて 600℃ で加熱して灰にした。

2.2 中性子放射化分析

600℃ で灰にしたサル の食物 0.2-0.3 g をポリエチレンシートで作成した袋に二重に封じた。それら試料と、同様の形状にした比較標準物質をカプセルに封入し、独立行政法人日本原子力研究開発機構研究用原子炉 JRR-3 の PN-1 あるいは 2 で 10 分間照射した。一月間の冷却後に、カプセルを開封して、外側のポリエチレン袋を除去、新しい袋に封入して、試料のガンマ線をゲルマニウム検出器で計測した。分析に用いた放射性核種の性質を表 1 に示す。濃度を算出するために含有濃度既知の比較標準物質には NIST-SRM 1646 Estuarine Sediment および NIST SRM 1648 Urban Particulate を用いた。

3. 結果及び考察

中性子放射化分析法の検出下限は、試料に含まれる元素の種類と濃度によってバックグラウンドが異なる。今回用いた NIST-SRM 1646 Estuarine Sediment に対して得られた検出下限は、Co, Cr, Cs, Fe, Rb, Sc, Se, Zn について、それぞれ、0.05, 0.31, 0.045, 34.4, 6.8, 0.005, 0.059, そして 1.66 μg であった。Co, Sc, Se などは検出下限の値が小さく、高感度な分析が可能であることがわかる。

得られた結果のうち、サル の食餌品目に含まれ

表 2 サル の食餌品目に含まれる元素濃度 (単位: mg/kg, dry weight)

品目	部位	Co	Cr	Fe	Rb	Sc	Se	Zn
カキノキ	果実・種子	0.09	3.9	118.7	58.3	0.058	ND	8.2
サンショウ	果実・種子	0.18	1.1	12.5	107.0	ND	ND	59.1
アオハダ	果実・種子	0.09	ND	62.8	215.2	0.031	ND	131.2
ウラジロノキ	果実・種子	0.04	ND	19.0	173.0	0.009	0.03	23.9
カマツカ	果実・種子	0.62	0.2	56.4	203.3	0.005	ND	95.1
サクラ (ソメイヨシノ)	花	0.11	1.3	335.2	17.9	0.086	ND	74.6
カマツカ	花	1.74	0.5	112.6	237.8	ND	0.38	195.3
フジ	花	0.45	3.7	720.3	231.9	0.422	ND	196.5
エノキ	葉	ND	ND	136.8	17.8	0.027	ND	39.7
サクラ (ソメイヨシノ)	葉	0.28	0.7	154.9	26.7	0.034	ND	26.4
サンショウ	葉	0.60	0.6	165.4	25.3	0.052	ND	73.7
ムラサキシキブ	葉	0.28	0.2	166.9	3.5	0.059	0.21	46.7
アオダモ	葉	0.11	0.1	179.1	80.2	0.039	0.46	107.5
ササ	葉	10.54	2.4	313.0	19.7	ND	ND	38.8
シナダレスズメガヤ	葉	0.07	14.2	736.9	23.6	0.273	ND	115.9
ツルウメモドキ	葉	ND	ND	191.6	101.8	0.035	0.46	36.6
サワタギ	葉	0.17	ND	574.4	74.3	0.346	ND	95.2
ノイバラ	葉	0.08	1.7	140.2	263.4	0.004	ND	146.6
サンショウ	冬芽	ND	1.1	11.6	11.7	0.040	ND	93.6
イワガラミ	樹皮	0.22	0.7	128.2	46.9	0.073	0.36	145.6
コナラ	堅果	0.03	ND	19.2	58.0	0.000	ND	20.2
ミズナラ	堅果	0.02	0.1	24.9	46.2	ND	ND	21.0
クリ	堅果	0.11	0.3	41.7	45.1	ND	0.08	37.8
穂貝類	-	ND	7.6	783.7	10.7	0.150	ND	279.4

ND: 検出できず。

る元素濃度を表 2 に示す。分析を行う予定であった Cs に関しては、中性子放射化後に生成する Cs-134 の 602 keV のピークを用いて定量する予定であった。しかし、食餌に本来含まれるのか、あるいは土壌由来なのか、Sb から生成する Sb-124 の 604 keV との重なりが考えられるため、分析値からは除外した。

表 2 に示した分析値を得た元素のうち、多くの品目に対して値が得られた元素 Co, Fe, Rb, そして Zn について部位別に表示して図 1 に示す。図 1 の箱ヒゲ図の横線は中央値を、上下のバーはそれぞれ 75%、25% 四分位点を意味する。今回分析した試料のうち、冬芽、樹皮、そしてその他は各 1 試料であったため、統計処理を行う対象からははずれるが、果実・種子、そして花についてはこれら 4 元素の濃度がまとまった範囲に含まれることがわかる。それに対して、葉に含まれる Co, Fe, および Rb は突出して高い値を示す試料があることが見て取れる。このことより、季節によって採食できる葉が異なると、サル の摂取微量元素も差異が生じることが推測できる。

サル が摂取する食物の中に貝類が含まれるの

が、金華山の特徴といえる。含まれる元素濃度に関しては、福島が以前に分析した日本人の食材（葉物野菜、根菜類、キノコ類などの植物性食材 64 種類）の結果と比較すると、今回分析したサル（食物）の多くは高濃度の Rb を含んでいると言える。

表 2 で得られた値は、食物に含まれるものの、それらがすべてサルの栄養として吸収されるわけではない。これら食物を酵素で分解することにより、模擬的に消化吸収と思われる元素濃度を見積もる予定だったが、2022 年度後期に JRR-3 を利用できなかったため、実施できなかった。

金華山島に生息するサルは海草や貝類を摂取する行動が特異的であり、これら海洋生物に含まれる元素濃度が陸生植物と異なることが考えられる。今後、金華山島に生息するサルの摂取元素の特異性を検討するため、現地のサルが捕食する海草や貝類を生物種ごとに分析する予定である。

#### 4. 謝辞

この研究は独立行政法人日本原子力研究開発機構研究用原子炉 JRR-3 の供用利用制度を利用して行なった。試料の照射および測定に関し、施設のスタッフに感謝する。

#### 5. 参考文献

- (1) Tsuji Y., Kazahari N., Kitahara M., & Takatsuki S. (2008) A more detailed seasonal division of the energy balance and the protein balance of Japanese macaques (*Macaca fuscata*) on Kinkazan Island, northern Japan. *Primates* 49: 157-160.
- (2) Tsuji Y., Takatsuki S. (2012) Interannual variation in nut abundance is related to agonistic interactions of foraging female Japanese macaques (*Macaca fuscata*). *International Journal of Primatology* 33: 489-512.
- (3) Kurihara Y., Kinoshita K., Shiroishi I., Hanya G. (2020) Seasonal variation in energy balance of wild Japanese macaques (*Macaca fucata yakui*) in a warm-temperate forest: a preliminary assessment in the coastal forest of Yakushima. *Primates* 61: 427-442.

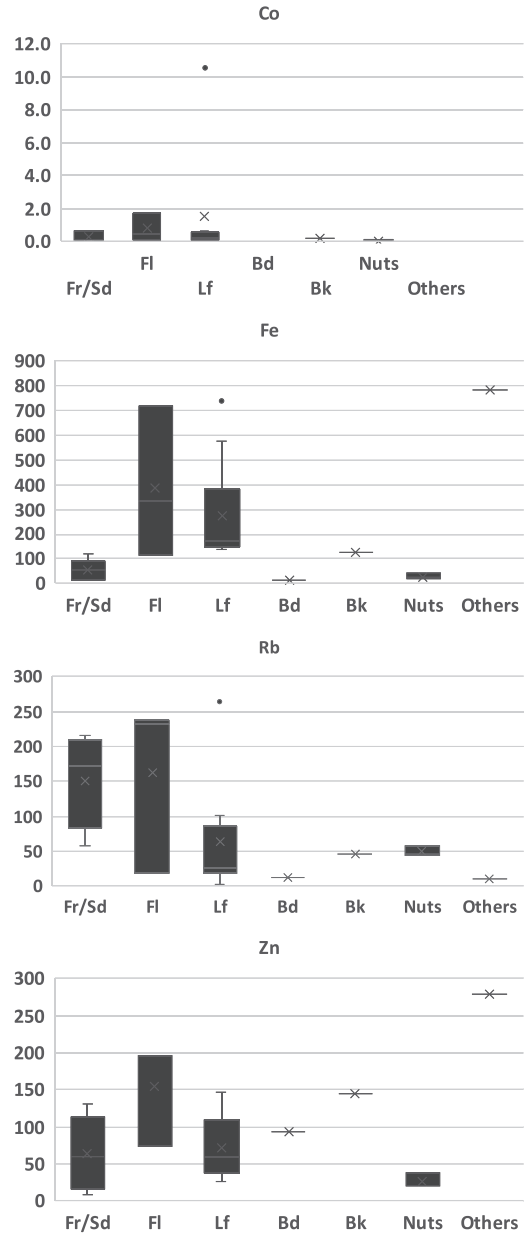


図 1 サルの食物に含まれる元素濃度（単位：mg/kg dry weight）。

Fr/Sd: 果実・種子、Fl: 花、Lf: 葉、Bd: 冬芽、Bk: 樹皮、Nuts: 堅果、Others: その他。

- (4) National Research Council (2003) National Academic Press.