

里山からキツネが消えた日
—豊田市小手沢町の地蔵堂から見つかったキツネの遺骸—

The day when a fox disappeared from Sato-yama: ^{14}C dating of a fox remains found from the space under the floor of the Jizo-temple in Kodenosawa, Toyota

鈴木和博*・中村俊夫・南 雅代・池田晃子
Kazuhiro Suzuki*, Toshio Nakamura, Masayo Minami and Akiko Ikeda

名古屋大学年代測定総合研究センター
Center for Chronological Research, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan

*Corresponding author, e-mail: suzuki@nendai.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Japanese Red foxes (*Vulpes vulpes japonica*) establish stable home ranges within particular areas or are itinerant with no fixed abode around human habitations. They are popular wild animals and feature prominently in the folklore of human culture. The population, however, was decreased until the beginning of the 1970's, and no fox has been seen since about 1975 in Kodenosawa, a small habitation about 17km NE from the urban area of Toyota City. A fox remains was found from the under floor of the Jizo-temple together with a ragged package of Nissin Chicken-Ramen which was used from 1971 to 1983. The fox's remains is c. 50 cm in body length. The left half of the remains exhibits soft tissues including skin and dried muscle, but the right half facing to the ground is completely decayed.

To determine when the fox died, we measured ^{14}C concentration in collagen extracted from a tooth and a rib of the remains. The $\delta^{13}\text{C}$ (-18 ± 1 ‰) normalized ^{14}C concentrations are 129.2 ± 0.4 pMC for the tooth and 129.0 ± 0.4 pMC for the bone. Although the values intersect the calibration curve at 1962 and 1979, the 1979 age only agrees with the time span supported by the envelope of Chicken-Ramen. Drying of muscle tissue without rotting was likely to take place in cold winter. Thus, the fox's death is reasonably definable in the period from late November 1979 to early January 1980.

The $\delta^{13}\text{C}$ (-18 ± 1 ‰) values suggest a diet containing a significant amounts of C4 food or protein with higher isotopic values. There is little C4 plants in Kodanosawa, but sizable amounts of cone were constantly brought from outside for cow's and chicken's food. A possible protein source is the herbivore and the omnivorous feeder within the area. An alternative may be marine fish and the derivatives including dog- and cat-food. To test whether the fox took food brought from outside or not, we analyzed the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio of the remains. The $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios, 0.709439 ± 0.000016 for the tooth and 0.749464 ± 0.000014 for the bone, are distinctly lower than those of wild boar's bone (0.709944 ± 0.000016 and 0.709912 ± 0.000012), river water (0.710079 ± 0.000016) and the granite (0.710218 ± 0.000016) that underlies the wide area of Toyota City. The initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio of 0.7096 ± 0.0001 constrains the lowest isotopic ratio of water, plants and animals within the area. The distinctly lower $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ values documents that the fox took sizable external food with higher $\delta^{13}\text{C}$ values.

After the disappearance of foxes from Kodenosawa around 1980, wild boars swelled in population.

Voracious scavengers dug slope of hills side and paddy fields as they foraged for bulbs, yams, earthworms and grubs, and eventually ate voraciously paddy, sweet potatoes and beans in the field. This triggered the abandonment of cultivation of fields that face mountains. It is likely presumed that foxes were preventing wild boars from invading the human habitation through attacking Uribou, young wild boars.

Keywords: fox; ^{14}C dating; bomb effect; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$; diet, wild boar

キーワード: キツネ; 炭素 14 年代測定; 大気中核実験効果; Sr 同位体比; 食性; イノシシ

1. はじめに

愛知県豊田市小手沢（こでのさわ）町（旧東加茂郡足助町大字小手沢）は 18 戸の家からなる小さな山間集落であり，市街地から北東に約 17km 離れた所に位置する（図 1A, B）. この集落に「お地蔵さん」と親しまれている仏堂（地蔵堂）がある（図 2A, $35^{\circ}09.975'N$, $137^{\circ}19.277'E$ ）. この仏堂には背丈約 30cm の地蔵菩薩像と阿弥陀如来像が安置されており（図 2B），集落の家々は毎日交代で「おぶくさん」（御仏供，御仏飯）を供えてお参りしている. このお参りは，少なくとも江戸時代末まで遡る「お地蔵さん」の創建から，絶えること無く続けられている.



図 1A. 愛知県豊田市小手沢町の位置.

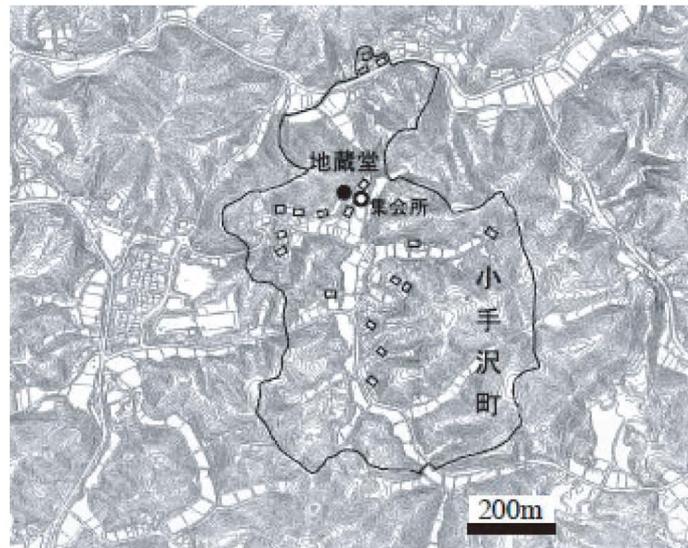


図 1B. 小手沢町の集落と地蔵堂の配置.

黒丸:地蔵堂, 白丸:集会所, 四角:住居

地蔵菩薩像は木彫なので，創建当初から風雨をしのぐ堂があったと思われるが，どのようなものであったかを示す記録や伝承は残っていない. 1935（昭和 10）年に建築された仏堂（図 3A, 以降，旧地蔵堂と称す）は，仏像を安置するほか，集落の集会場としても子供の遊び場としても利用されてきた. 1960 年代に農林産物の集荷場（後に場所を換えて集会所）が建設され，旧地蔵堂は集落の交流拠点としての役割を終えた. 本来の仏堂となった旧地蔵堂は，毎日のお参りと月毎の清掃作業で守られてきたが，1990 年頃から老朽化が目立つようになった. 集落の人々は，補修にも限界があると判断し，十数年に渡って費用を積み立てて，2010 年に新しい地蔵堂を建築した（図 2B）.

新しい地蔵堂を建築するために，旧地蔵堂が 2010（平成 22）年 1 月 17 日（日）に取り壊された. この解体作業中，床下からキツネの遺骸が見つかった. 小手沢では，1960 年頃まで集落の各所にキツネが生息していたが，現在では全く目撃されなく（夜間の鳴き声も聞こえなく）なっている.

集落内のキツネは1960年から1970年代初めにかけて少なくなったと言われているが、見かけることができなくなった時期については確かではない。本研究では、旧地蔵堂の床下から見つかったキツネ遺骸の ^{14}C 濃度を測定して死亡年代を決定するとともに、CとSrの安定同位体比を測定してキツネの食性を推定した。



図 2A. 豊田市小手沢町の地藏堂
2010年5月竣工



図 2B. 地藏堂の阿弥陀如来像（中央）と
地藏菩薩像（左）

2. キツネ遺骸の産出状況

1935年に建築された旧地藏堂（図3A）は8.75坪（約28.9m²）の平屋建てであり、1畳の囲炉裏と3.5畳の縁側がついていた（図3B）。縁側のついた部分の床下は開いているが、残りの三方は土台まで土壁で塞がった構造である。囲炉裏は板で塞がれて、その上にカーペットが敷いてあった。解体するために床板を取り去っていったところ、図3Bの○印の床下地面にキツネの遺骸が横たわっていた。この場所は、囲炉裏をつくるために石を敷いた上に砂をのせて防湿してあり、しかも縁側下の開口部とは囲炉裏で遮蔽されているので、キツネの格好の寝座になりそうな所である。しかし、この床下にキツネが持続的な巣を構えたという痕跡は見つからなかった。



図 3A : 1935年に建築された旧地藏堂。
2009年 三宅経夫氏提供

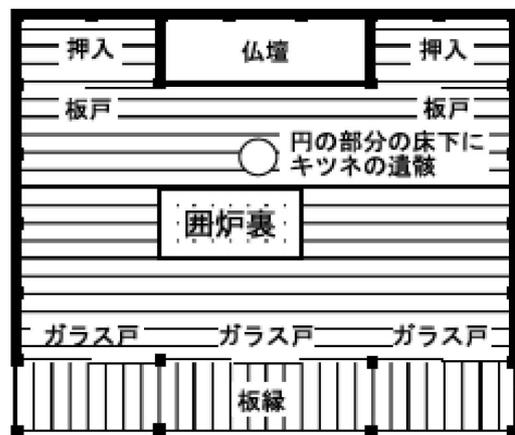


図 3B : 1935年に建築された旧地藏堂の
平面図。

キツネの遺骸の地面に接した右側半分は骨まで溶けて失われていたが(図4A), 左側半分は耳や皮膚も残して保存されていた(図4B). 尾は残っていない. 口先から骨盤までの長さは約50cmであり. 若い成獣と思われる. 雌雄の判定はできなかった. 骨は白骨化し, 黒色に乾涸びた筋組織様のものが前足の付け根の皮膚に付着している. 皮膚に体毛は残っていない. キツネの遺骸の周りに積もった埃からも体毛らしきものは見いだせなかった. 遺骸の横に破損したチキンラーメンの袋(ちびっ子キャラクターで色の薄く左上に斜めの帯, 1971年から1983年まで使用)があった.

遺骸は, 形体からみて, キツネと判断された. 念のために, 遺骸を名古屋市東山動物園に保管されているホンドギツネ(*Vulpes vulpes japonica*, 赤キツネの亜種)と比較して, 両者の頭骨と歯は相似形であることを確認した. また, 奈良文化財研究所埋蔵文化財センター松井研究室の所蔵標本とも照合した. 旧地蔵堂の床下から見つかった遺骸はホンドギツネと推定される.



図4A: 体の右半分が溶けて失われたキツネの遺骸.



図4B: キツネの遺骸の左半分. 耳や皮膚が保存されている.

3. キツネ遺骸の ^{14}C 濃度測定

3.1. 核実験による大気中 ^{14}C 濃度の異常変化 (Bomb effect)

地球大気中の ^{14}C は, 地球に降り注ぐ宇宙線によって二次的に作られた中性子と窒素原子核の核反応で地表 1cm^2 あたり毎秒2個程度の割合で生成され, 一方, 半減期 5568 ± 30 年で壊変している(Libby, 1960, 現在, ^{14}C の半減期は 5730 ± 40 年が採用されているが, 炭素14年代測定ではLibbyの半減期を使って記述する). この生成量と壊変量が釣り合って, 大気中では ^{14}C 濃度はほぼ一定の自然値(全炭素の約1兆分の1)に保たれてきた. しかし, 第二次世界大戦後の一時期, 大気中核実験で放出された中性子により人工の ^{14}C が作り出された(Rafter and Fergusson, 1957). 大気中の人工 ^{14}C は1963年から1964年に約1000‰(パーミル, 試料の ^{14}C 濃度と自然値の差を自然値で割って1000倍した値, 1000‰は自然値の2倍の濃度を意味する)という最大値に達した(Nydal and Lövseth, 1983). その後, 部分的核実験禁止条約が発効(1963年10月)して人工 ^{14}C の生成が激減したため, 海水に溶存している炭酸ガスと交換することにより, 大気中の ^{14}C 濃度は急速に自然値のレベルに戻りつつある. この急激な変化は日本列島の植物(木曾ヒノキの年輪や松葉)にも1964年をピークとして記録されている(Nakamura et al., 1987). ^{14}C 濃度ピークの大きさは, 大気中核実験が行われた場所との位置関係で, 南北半球や緯度の違いによる差がある. しかし, 大気の大循環によって, ^{14}C 濃度は経年と共に地球規模で一様化して, 1960年代後半から2000年頃までは, 試料の ^{14}C 濃度と西暦年が一

対一の関係になっている (Hua and Barbetti, 2004). 旧地藏堂の床下で見つかったキツネの死亡時期がBomb effectの範囲内であれば, その年を年単位で決定することができる.

3.2. 実験方法

キツネの歯と骨を採取し, 表面の汚れを取り除いた後, 蒸留水中で繰り返し超音波洗浄し, さらに0.2M-NaOH中で超音波洗浄してアルカリ可溶性不純物を除去した. そして, 蒸留水で洗浄後, 試料を凍結乾燥しステンレス乳鉢で粉碎した. この後, 主に池田・中村 (2001) や南・中村(2002)の方法により, 以下のような手順でCO₂に精製した.

- (1) 約500mgの粉末試料を長さ約150mmのセルロースチューブに詰め, これをビーカーに入れた0.4M-HClに浸して4°Cで24時間脱灰 (歯や骨の炭酸カルシウムやリン酸カルシウムの溶解) する.
- (2) ビーカー内の溶液を捨て, 蒸留水に換えてセルロース内の塩酸を透析除去した後, 残ったコラーゲンを洗い出し, 約20mlの蒸留水を加え, 加熱してゼラチンを抽出する.
- (3) バイコール管 (径6mm, 長さ5cm) に線状酸化銅約0.5gと凍結乾燥したゼラチン粉末約7~8 mg および数本の1cm長銀線を入れ, これを線状還元銅約500mgの入った径9mmのバイコール管に入れて排気した後, 焼き切って封管する.
- (4) 封管済みバイコール管をマッフル炉で850°C・4時間加熱した後, 一夜かけて150~100°Cになる程度の速度で除冷して, コラーゲン中の炭素をCO₂に酸化, 窒素をN₂に還元する.
- (5) 常温まで冷却した封管済みバイコール管を真空ラインに接続する.
- (6) 直径6mm のバイコール管にモレキュラーシーブス(13X, 1/16)を数粒入れて真空ラインに接続し, バイコール管をバーナーであぶってモレキュラーシーブスを焼き出す.
- (7) ラインに試料ガスを導入し, 3箇所液体窒素トラップを段階的にくぐらせてCO₂やH₂Oを取り除いた後, N₂を液体窒素で冷却したモレキュラーシーブスにトラップさせて封じ切る.
- (8) ラインに残っている試料ガスを液体窒素トラップ(-196°C), ペンタントラップ(-128°C), エタノール—液体窒素トラップ(約-100°C)を通してCO₂を精製する.

精製したCO₂を鉄—水素還元法 (Kitagawa et al., 1993) によりグラファイト化して, 乾燥した後, アルミニウム製のターゲットホルダーに圧入した. この試料の¹⁴C濃度とδ¹³Cを, 名古屋大学年代測定総合研究センターの加速器質量分析計(HVEE model 4130-AMS)で測定した. 測定の標準試料にはシュウ酸(NIST SRM4990C)を使用した.

4. キツネ遺骸の ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 同位体比測定

4.1. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr同位体比の地域変化

大地を構成する岩石や土壌は数10ppmないし数100ppmのRbやSrを含んでいる. Rbには⁸⁵Rb (現在の割合は72.1654%) と⁸⁷Rb (27.8346%) の同位体があり, 放射性の⁸⁷Rbは半減期488.1億年で⁸⁷Srに壊変する. 天然のSrには⁸⁴Sr (0.56%), ⁸⁶Sr (9.87%), ⁸⁷Sr (7.04%), ⁸⁸Sr (82.53%)の同位体がある. いずれも安定同位体であるが, ⁸⁷Rbの壊変で⁸⁷Srが作られるので, 同位体比が地質体ごとに違ってくる. この同位体比変化は, 通常, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr比の変化として記述される. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr比は, Rbの多い地質体ほど, また古い地質体ほど大きくなる. ある地域内の水は地質体の⁸⁷Sr/⁸⁶Sr比を反映し, 水を通じて植物や動物は地質体固有のSr同位体組成を持つことになる. 小手沢およびその周辺地域には, 今から約8千2百万年前(8.2×10⁷年前, Suzuki and Adachi, 1998)に固結した伊奈川花崗岩体の粗粒弱片状角閃石黒雲母花崗閃緑岩 (以降, 花崗閃緑岩と略称) が分布している(Nakai, 1976).

4.2. 実験方法

キツネの歯と骨および比較のために小手沢地内で自然死したイノシシの骨, および小手沢地内の新鮮な花崗閃緑岩, 川の砂, 川の水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を測定した。

歯や骨は, 炭素同位体測定の場合と同様, 表面の汚れを取り除いた後, 蒸留水中で繰り返し超音波洗浄し, さらに0.2M-NaOH中で超音波洗浄してアルカリ可溶な不純物を除去した。蒸留水で洗浄後の試料を凍結乾燥してステンレス乳鉢で粉碎した。この粉碎試料を大気条件下で825°C・8時間保って灰化(コラーゲン等を燃して除去)した。これを硝酸に溶解し, 乾固した後, 2.4M-HCl可溶成分を抽出して, 陽イオン交換カラム(AG50WX8)でSrフラクションを分離した。

新鮮な花崗閃緑岩は約1.2kgの塊を清浄なハンマーで粗砕きし, 鋳鉄乳鉢で2mm以下に細砕した。均質に混ぜ合わせた後, これから四分法で分取した約300gをメノウ乳鉢で粉碎した。川の砂は, 1000-500 μm , 500-300 μm , 300-180 μm , 180-75 μm , <180 μm , <75 μm に篩い分け, 900°Cで2時間焼いて有機物を除いた後, メノウ乳鉢で粉碎した。試料粉末約100mgをテフロン耐圧容器にとってHF/HClO₄混合液で溶解し, 乾固後, 2.4M-HCl可溶成分を抽出して, 陽イオン交換カラムでSrフラクションを分離した。川の水は0.45 μm のフィルターで濾過して懸濁物を取り除き, テフロン容器で蒸発乾固した後, 2.4M-HCl可溶成分を抽出して陽イオン交換カラムでSrフラクションを分離した。

Srフラクションを乾固してから, 濃硝酸を1滴加えて硝酸塩に変えて再び乾固した。これを水で溶かし, 約300ngを予め2M-H₃PO₄を塗布したTaフィラメントにロードして, 名古屋大学環境学研究所のVG Sector 54-30質量分析装置で同位体比を測定した。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の測定値は $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ に規格化した。なお, 新鮮な花崗閃緑岩と川砂の主要成分と代表微量成分は年代測定総合研究センターの蛍光X線分析装置(SFX 1800)を用いて, 中崎ほか(2004)の方法で定量した。

5. 結果と考察

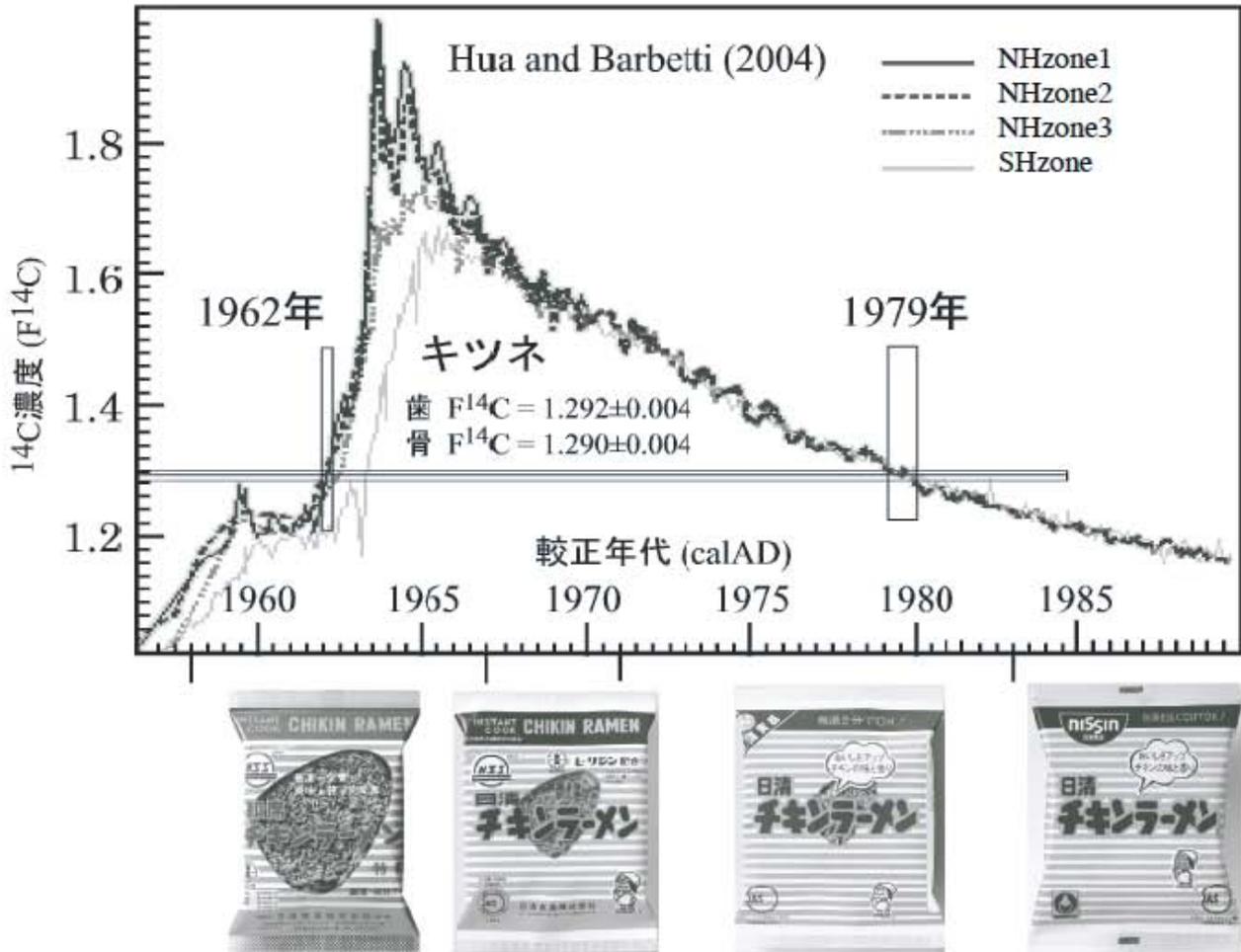
5.1. ^{14}C 濃度と年代

加速器質量分析装置で測定した ^{14}C 濃度を, $\delta^{13}\text{C} = -25\text{‰}$ に規格化して, 表1に示す。 $\delta^{13}\text{C}$ 値(AMS測定値)は歯も骨も $-18 \pm 1\text{‰}$ である。キツネの歯は 129.2 ± 0.4 pMC (パーセント モダンカーボン, 129.4 pMCは1950年の自然値の1.294倍を意味する), 骨は 129.0 ± 0.4 pMCである。この値を大気中 ^{14}C 濃度変化曲線(Hua and Barbetti, 2004;北半球の夏期に熱帯収束帯になる地域より北で北緯40°以南をNHzone2と定義, 北緯約35°の小手沢はNHzone2に属する)に投影すると, ^{14}C 濃度が急上昇してピークに達する前の1962年とピークを過ぎて降下中の1979 (~1980)年にNHzone2の変化曲線と交叉する(図5)。この2つの交叉年代は同じ重さ(可能性)を持つので, 炭素14年代測定だけでは, キツネの死亡年が1962年であるのか, あるいは1979 (~1980)年であるのかを決めることができない。そこで, キツネの遺骸の横にあったチキンラーメンの袋が年代決定の鍵になる。袋のデザインは1971-1983年に使われたものであるので, キツネの死んだ時期を1979 (~1980)年と特定した。

表1. キツネの歯と骨の ^{14}C 濃度と $\delta^{13}\text{C}$. ^{14}C 濃度は $\delta^{13}\text{C} = -25\text{‰}$ に規格化してModern Carbon に対する百分率 (pMC)で表示。

試料名称	試料材料	^{14}C 濃度 /pMC	$\delta^{13}\text{C}$ by Tande II /‰	測定番号
KSFOX-1	獣骨(キツネ・歯)	129.2 ± 0.4	-18 ± 1	NUTA2-16366
KSFOX-2	獣骨(キツネ・骨)	129.0 ± 0.4	-18 ± 1	NUTA2-16367

キツネの遺骸は乾燥して地面に接する右半分が溶けているが、腐敗した証拠は無い。これは、キツネが死んでから乾燥するまで、低温に保たれていたことを示唆する。小手沢地域は12月から2月まで、最低気温が氷点下（厳寒期は $-5\sim-6^{\circ}\text{C}$ ）で、最高気温も 10°C に達しないことが多い。しかし3月に入ると氷点下になる日は稀になる。キツネの死は、1979年11月下旬から1980年1月上旬の間であった可能性が高い。この ^{14}C 年代測定により、目撃の記憶とは独立に、1979年までは小手沢にキツネが棲息していたことが明らかになった。



チキンラーメンの袋の変遷 [画像提供: 日清食品ホールディングス株式会社]

図5. キツネの歯と骨の較正年代 (本文参照) およびチキンラーメンの袋のデザインとその使用期間 (図の年代範囲では1967年, 1971年, 1983年に変更). $F^{14}\text{C}$ 濃度はpMC濃度の100分の1.

5.2. キツネ遺骸の $\delta^{13}\text{C}$

$\delta^{13}\text{C}$ は安定炭素の同位体 ^{12}C と ^{13}C の比が標準試料からずれている程度を表す指標 (パーミル, ‰) であり、マイナスの符号が付くと標準物質より ^{12}C の割合が多いことを意味する。イネやムギなど大部分の植物(C3植物)の $\delta^{13}\text{C}$ は $-24\sim-34\text{‰}$ であるが、トウモロコシなど(C4植物)の $\delta^{13}\text{C}$ は $-14\sim-8\text{‰}$ と重くなる。大気の $\delta^{13}\text{C}$ は -7‰ である。動物の体(ゼラチンコラーゲン)の $\delta^{13}\text{C}$ は食べた食物の $\delta^{13}\text{C}$ で決まる(呼吸で軽い ^{12}C が体外に出て行くので、食物より数‰重くなる, Yoneda *et al.*, 2004). 草食動物のシカは $-24\sim-21\text{‰}$, やや雑食性のイノシシは $-22\sim-20\text{‰}$ 程度(鳥嶺部では -19‰ もある)である(Minamigawa *et al.*, 2005). また、海産の魚は $-18\sim-12\text{‰}$ (Minami, 1995; Yoneda *et al.*, 2004に引用), 配合飼料で飼育されたウシ・ブタ・ニワトリ等は $-18\sim-16\text{‰}$ (Jahren and Kraft, 2008)の

値をとることが多い。

キツネの歯と骨のゼラチンコラーゲンの $\delta^{13}\text{C}$ は $-18 \pm 1\%$ (AMS測定値であるが、実際の値に近いと考えて差し支えない) である。この値になり得る食物として、(1) C3植物とC4植物の両方、(2) 草食動物、(3) 雑食動物、(4) 海産魚、等の組合せが考えられる。ただし、小手沢地内にはキツネが常に食べられるほどのC4植物が無いので、地域内の植物摂取だけで $\delta^{13}\text{C} = -18 \pm 1\%$ になったとは考えにくい。草食動物 (昆虫、野ウサギ) や雑食動物 (野ネズミ、カエル、野鳥、ニワトリ) は小手沢地内で捕食することができるが、トウモロコシや海産魚は人の手を介したものでないと恒常的に食べることができない。

5.3. キツネ遺骸の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

キツネの歯と骨の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比は 0.709439 ± 0.000016 と 0.709464 ± 0.000014 である。この値は小手沢地内のイノシシの骨の同位体比より有意に小さい (表2)。

植物は水にとけたSrを体内に取り込み、動物は食物や飲み水を通してSrを体内に取り込む。小手沢とその周辺の湧水や河川水は天水起源であり、地域内の花崗閃緑岩やその風化土壌に降り注いだ雨水が流れ出したものである。従って、そのSrは花崗閃緑岩から溶け出したものであるが、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比は花崗閃緑岩と同じにはならない。

花崗閃緑岩の構成鉱物にはRbの多いもの (黒雲母、カリ長石、斜長石の熱水変質で生じた白雲母) と少ないもの (角閃石、斜長石) があり、Rb/Sr比が大きい鉱物ほど年代効果で $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が大きくなっている。そして、これら鉱物の水に溶解する速度は一定ではない。図6は、斜長石のX線回折 (約 3.20\AA) と石英の回折 (3.34\AA) の比、およびカリ長石の回折 (約 3.25\AA) と石英の回折 (3.34\AA) の比をとって、鉱物の相対的な溶解易さを示したものである。小手沢の新鮮な花崗閃緑岩の斜長石/石英比を100とすると、その上の堅硬さを失った風化岩で65、さらに地表に近い真砂土で50以下になる。これに対して、カリ長石/石英比は風化岩で80以上、表層土壌で約20となり、明らかに斜長石よりカリ長石の方が水に溶けにくいことを示している。この傾向は花崗閃緑岩の風化帯を浸透した井戸水の化学組成 (Ca: 4.2-15.6 ppm, Na: 5.2-13.0 ppm, K: 0.44-0.76 ppm, 鈴木ほか, 1977) から示唆される。この差別溶解のために、花崗閃緑岩が分布する地域では、年代効果の小さい斜長石が水に溶け、年代効果が大きいカリ長石は真砂土に残る。真砂土は水に

表 2. キツネとイノシシの遺骸および小手沢地内の地質体の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比。

試料名		$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	分析誤差
キツネの歯		0.709439	± 0.000016
キツネの骨		0.709464	± 0.000014
イノシシ骨外側		0.709944	± 0.000016
イノシシ骨内側		0.709912	± 0.000015
川の水		0.710079	± 0.000016
新鮮花崗閃緑岩		0.710218	± 0.000016
粒径別川砂下流	<75 μm	0.710138	± 0.000016
	<180 μm	0.709927	± 0.000015
	180-75 μm	0.709940	± 0.000015
	300-180 μm	0.709957	± 0.000014
	500-300 μm	0.710048	± 0.000013
	1000-500 μm	0.710457	± 0.000013
粒径別川砂上流	<75 μm	0.710264	± 0.000013
	<180 μm	0.710002	± 0.000016
	180-75 μm	0.709916	± 0.000013
	300-180 μm	0.709916	± 0.000014
	500-300 μm	0.710009	± 0.000014
	1000-500 μm	0.710062	± 0.000014

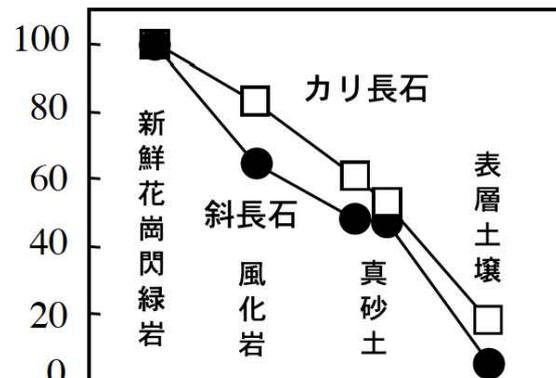


図 6. 風化による花崗閃緑岩構成鉱物の減少の割合。

運ばれて川砂になる。

小手沢の川砂は径が1000 μm を超える粗い粒子が多い。この粗い粒子にカリ長石が集まっている。500 μm から75 μm の粒子は、花崗閃緑岩に比べて、斜長石と角閃石の割合が多い。75 μm 以下の粒子には風化で生じた粘土鉱物と白雲母の割合が多い。新鮮花崗閃緑岩と川砂と川の水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比の関係(図7)は、構成鉱物の差別的溶解モデルと調和する。斜長石と角閃石の割合が多い500 μm から75 μm の粒子群のSr同位体比は川の水の値(0.710079)より小さい。これは、花崗閃緑岩中には川の水よりSr同位体比が小さい鉱物が存在することを意味する。もし、この鉱物を選択的に溶かした水が存在すれば、そのSr同位体比は川の水(0.710079)より小さくなっているはずである。花崗岩地域で考えられるSr同位体比の最小値は初生値(Rbの放射壊変による年代効果のない値、花崗閃緑岩のマグマのSr同位体比)である。初生値は、次式で与えられる。

$$\text{新鮮花崗閃緑岩の現在値 (0.71028)} - \frac{{}^{87}\text{Rb}}{{}^{86}\text{Rb}} (\exp(\lambda t) - 1)$$

この式の、 λ は ^{87}Rb の壊変定数(1.42×10^{-11} /年)、 t は花崗閃緑岩ができてからの年代(8.2×10^7 年)である。表3の新鮮花崗閃緑岩の全岩含有量と同位体の存在比から $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} = 0.574$ となるので、初生値は0.7096と計算できる。小手沢周辺の地域も伊奈川花崗岩(粗粒弱片状角閃石黒雲母花崗閃緑岩)で構成され(Nakai, 1976)、その地域の粒径180 μm 以下の川砂の $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比は0.70990~0.71005(Asahara *et al.*, 2006)である。このSr同位体比は小手沢の同じ粒径の川砂(0.70993と0.71003)と同等なので、周辺地域の伊奈川花崗岩の初生値も0.7096と推定できる。従って、小手沢およびその周辺地域の水の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は0.7096以下にはなり得ない。このような水で育った植物は、生体中のSr同位体分別が無視できるので、0.7096より大きな $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を持つ。

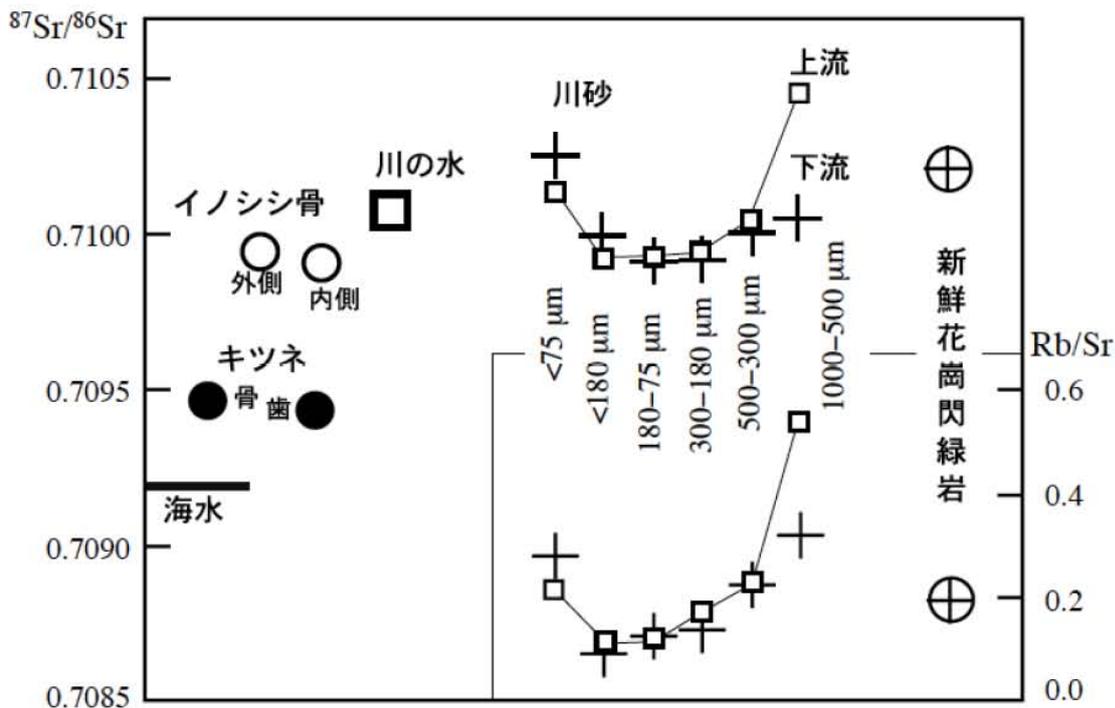


図7. キツネ, イノシシ, 河川水, 粒径別川砂および新鮮な花崗閃緑岩の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比とRb/Sr濃度比. 海水の値(0.7092, MacArthur *et al.*, 2001).

イノシシの骨のSr同位体比は、イノシシが小手沢あるいは周辺地域産の植物・動物を餌にしていたと考えて矛盾しない。しかし、キツネのSr同位体比（花崗閃緑岩の初生値0.7096より小さい0.70945）は外来の餌を摂取しないと実現しない値である。キツネが摂取する小手沢産餌のSr同位体比をイノシシと同じ（0.70993）と仮定して、キツネのSr同位体比が0.70945になるために必要な外来餌の割合を推定した（表4）。同位体比が0.7092（海産魚を想定、海水は0.7092, MacArthur *et al.*, 1982）の場合、Sr含有量が小手沢産餌の10倍でも約16%を摂取する必要がある。一方、Sr含有量が小手沢産餌と同じでも、同位体比が0.7080なら25%、0.7060なら12%の外来餌を摂取するだけで、キツネのSr同位体になる。仮定によって外来餌の割合は大きく変わるが、キツネが人の手を介した食料を相当量摂取していたことは疑いない。

海水のSr同位体比は、約4億年前から約2500万年前までの期間、現在値より小さい0.7082-0.7067の範囲であった（Barako *et al.*, 1982; MacArthur *et al.*, 2001）。この時代の海水組成を強く反映した堆積岩（例えば石灰岩など）が分布する地域では、水を通して植物や動物が0.708程度のSr同位体比をもつことができる。アメリカの穀倉地帯であるGreat Plains (Gosselin *et al.*, 2001)やミシシッピ川下流 (Goldstein and Jacobsen, 1987)の水のSr同位体比は0.708程度のものであり、米国产小麦にはSr同位体比が0.708以下のものもある（齋崎ほか, 2010）。このようなSr同位体比が小さい穀物が、人間の食料や家畜の飼料として、小手沢に入ってきていると思われる。そして、キツネが、人の手を介した食料を得ていたことは遺骸脇のチキンラーメンの袋からも想像できる。キツネは、屋内のチキンラーメンより、家畜の飼料や犬小屋ドッグフードに簡単に近づけたと想像できる。

表3. 小手沢地内の新鮮な角閃石黒雲母花崗閃緑岩と粒徑別川砂の蛍光X線分析値。

Sample No.	新鮮 花崗 閃緑岩	粒徑別川砂 下流 (粒徑単位µm)						粒徑別川砂 上流 (粒徑単位µm)					
		<75	<180	180 -75	300 -180	500 -300	1000 -500	<75	<180	180 -75	300 -180	500 -300	1000 -500
SiO ₂	68.83	59.83	63.27	63.51	67.29	69.88	74.02	58.17	61.07	62.83	65.23	66.09	66.29
TiO ₂	0.33	0.55	0.36	0.35	0.29	0.33	0.49	0.60	0.46	0.36	0.29	0.42	0.53
Al ₂ O ₃	16.52	24.02	21.34	21.11	19.17	17.09	13.76	26.40	23.08	21.41	20.35	19.05	18.36
Fe ₂ O ₃	3.07	4.62	3.30	3.20	2.76	3.00	4.21	5.31	4.24	3.26	2.81	3.64	4.63
MnO	0.05	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.10	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06
MgO	0.52	0.73	0.57	0.56	0.45	0.48	0.67	0.87	0.67	0.56	0.48	0.63	0.76
CaO	4.40	4.67	5.16	5.29	4.27	3.50	1.97	3.72	4.72	5.38	4.78	4.23	3.76
Na ₂ O	3.41	3.00	3.88	3.95	3.50	2.85	1.60	2.41	3.37	3.91	3.82	3.24	2.82
K ₂ O	2.28	1.64	1.45	1.44	1.70	2.02	2.83	1.65	1.50	1.44	1.54	1.83	2.17
P ₂ O ₅	0.06	0.14	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.16	0.09	0.05	0.03	0.03	0.04
Total	99.46	99.29	99.44	99.51	99.49	99.22	99.63	99.38	99.26	99.26	99.38	99.20	99.42
V	18.7	38.6	26.9	28.5	18.6	16.9	23.4	44.1	35.1	30.9	23.2	26.7	26.0
Cr	8.5	16.2	16.6	14.1	11.2	10.1	8.9	22.5	21.4	18.2	9.9	13.6	10.0
Co	8.5	15.0	8.4	8.1	6.8	7.6	14.3	18.2	13.1	8.4	6.2	10.8	15.7
Ni	0.6	2.5	1.7	1.6	1.5	0.9	0.0	12.5	9.4	3.2	1.9	4.5	0.3
Cu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zn	45.9	78.8	52.6	50.4	45.5	47.4	57.0	100.5	72.1	52.4	45.9	58.6	72.2
As	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	4.9	2.4	3.3	0.0	5.1
Rb	75.4	76.4	53.4	50.4	67.2	77.3	94.8	92.6	38.1	52.7	58.4	80.5	99.8
Sr	380.1	360.5	423.0	423.7	385.4	329.0	176.0	325.1	394.7	424.7	422.5	353.2	309.7
Y	22.7	62.8	41.6	43.4	17.2	13.5	13.7	55.5	48.3	41.5	24.6	24.0	23.4
Zr	237.1	2696.5	1249.5	1275.7	86.4	120.9	203.6	1261.1	1419.6	1100.8	276.3	313.4	276.9
Ba	1154.6	870.0	669.2	634.2	670.5	758.8	921.2	984.1	778.3	665.0	644.4	708.1	794.0
Pb	14.7	19.9	18.2	19.6	18.6	18.2	15.8	23.4	18.9	17.4	17.7	17.3	17.9
Th	11.3	21.9	6.8	7.0	2.5	1.8	4.3	21.6	13.4	8.2	5.6	3.5	6.8

表4. キツネの小手沢産餌の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を0.70993と仮定した場合の外来餌の割合推定

小手沢産餌の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比 0.70993		外来餌の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比		
		0.7092	0.7080	0.7060
外来餌のSr含有量	1	65	25	12
(小手沢産餌を1)	2	48	14	6
	5	27	6	2
	10	16	3	1

5.4. 旧地蔵堂床下のキツネの死因

里山からキツネが消えた理由として餌不足が指摘されることが多い。小手沢でも、野ネズミ・野ウサギや昆虫、ドジョウやタニシ・カワニナが1960年代までのホリドール散布で少なくなった（一部は全滅した）と言われている。1960年代はキツネが少なくなった時期でもある。餌の減少、農薬中毒あるいは農薬散布で死んだ小動物をたべたことによる二次的な中毒が、1960年代におけるキツネの減少を招いたこと疑いないであろう。

旧地蔵堂床下のキツネの死は、ホリドールや他の毒性の強い農薬の散布が中止されてから10年後であるので、農薬が直接の原因とは考えられない。また、体形から比較的若いキツネと推定されるので老衰とも考えにくい。餌不足か病死の可能性が高い。上で推定した外来餌の大きな割合は、餌不足に陥ったキツネが人家を漁ったとも、あるいは人の手を介した餌を採るキツネは深刻な餌不足に陥らなかったとも、導ける。小手沢では第二次大戦後の食糧難の時期でも、冬になると時々、わずかに残った麦飯にみそ汁をかけて戸外に置く家が少なからずあった。野ネズミ等を駆除してくれるキツネがいなくなっても困るし、餌に困ってニワトリを襲っても困るから、という理由らしい。1970年代になっても、魚の内臓や頭・骨などの残飯を、屋外に一定の場所を作り、夕方になってから捨てていた。残飯は夜のうちに無くなるのでキツネが食べたと考えられている。家畜の飼料や犬小屋のドッグフードも摂取可能な状況を考えると、キツネが餓死するほどの餌不足に陥ったかどうかには疑問が残る。旧地蔵堂の床下で見つかったキツネには体毛がなかった。体毛は比較的簡単に抜け落ちるので断定はできないが、旧地蔵堂床下のキツネの死因はダニに寄生された感染症の可能性が高い。1970年代半ばに疥癬と思われるキツネの死骸が見つまっている。

5.5. 里山からキツネが消えた日から

小手沢では谷間・尾根・山の斜面など僅かな平坦部も田畑に利用されていた。1970年代までは、イノシシはいても、これらの田畑が荒らされることは殆どなかった。しかし、1980年過ぎから、山沿いの田畑にイノシシが出没するようになった。イノシシの食害は年々ひどくなり、2000年以降は場所も作物も選ばずに荒らされるようになっていく。イノシシの食害のために、条件の悪い田畑の耕作放棄が進んでいる。

通常、山間地の過疎化のために休耕地が広がり、格好の餌場を提供したためにイノシシが人里まで出没するようになったと言われている。しかし、小手沢の人々はイノシシの増加はキツネがいなくなったためと考えている。キツネは人家に近い山を縄張りになっている。そして、機会があればイノシシの子“うり坊”を襲う。このため、キツネがいる時はイノシシが人里まで出てこられなかった。キツネという障害がいなくなった結果、うり坊の生存確率が高まると共に、田畑にある豊富な餌を漁ることが可能となり、これが更にイノシシの繁殖を促進する、と考えている。イノシシの被害は直接の食害だけに止まらない。1990年代まで、イノシシは田畑の土手を掘り返してミミズを漁っていたが、2000年以降はヘビやカエルも漁っているようである。人々は「ここ数年、草刈りでへ

ビヤカエルを切ることが少なくなった」と実感している。イネの穂を吸うカメムシの急増はカエルの減少によるものと推定されている。厳重な柵でイノシシを田から閉め出しても、カメムシの侵入は防げない。農薬を多用するか、米の品質を落とすか、あるいは米作りを止めるかの深刻な問題が持ち上がっている。

6. おわりに

愛知県豊田市小手沢町の旧地蔵堂の床下から皮膚の残ったキツネの遺骸が見つかった。このキツネの死亡時期は、 ^{14}C 年代測定により、1979年11月下旬～1980年1月上旬の期間であることが判明した。遺骸の安定炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)とSr同位体比($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)は、キツネが人の手を介した外来の食物を予想以上に摂取していたことを明らかにした。里山の人とキツネは、闘ぎあいながらの共生関係にあったとみなしても差し支えない。里山からキツネが消えた現在、田はイノシシの食害や間接的なカメムシの害に襲われ、耕作放棄も止むなしという状況になりつつある。里山にキツネを放てば元に戻るという単純な問題ではないと思われる。先に述べたように、里山の野ネズミや野ウサギは既に全滅に近い。1970年代まで、キツネが外来の餌を漁ったと推定した牛小屋や鳥小屋は殆ど無くなっている。カラス・サギ・ハクビシン・サル等との競合も生じ得る。イノシシや他の動物に対抗できる数のキツネが棲息できる余地が現在の里山には無いように見える。里山では疥癬がタヌキにも広がっている。里山に放ったキツネが人間の餌を頼って疥癬を運んでくる恐れさえある。我々は小手沢町の旧地蔵堂床下から見つかった一匹のキツネを通じて「里山の生態系が微妙なバランスの上に成り立っている」ことを学んだ。

謝辞

豊田市小手沢町の皆様にはキツネ遺骸の提供していただき、また、地蔵堂を新築した経緯・キツネの目撃例・イノシシ出没の顕在化とキツネの関係などの多岐にわたる情報を提供していただきました。本稿に記述した「キツネがイノシシの人里への進出を阻んでいた」という解釈は、小手沢町の方々が高年の現場観察に基づいて推論されたことです。奈良文化財研究所埋蔵文化財センターの松井章センター長と名古屋市東山動物園の橋川央副園長にはキツネの同定をしていただきました。本稿を取りまとめるにあたり、年代測定総合研究センターの宮田佳樹博士から数々の有益な助言をいただきました。日清食品ホールディングス株式会社にはチキンラーメンの袋の画像を、小手沢町の三宅経夫氏には旧地蔵堂の写真を提供していただきました。ここに記して、深く感謝いたします。

引用文献

- Asahara, Y., Ishiguro, H., Tanaka, T., Yamamoto, K., Miura, K., Minami, M. and Yoshida, H. (2006): Application of Sr isotopes to geochemical mapping and provenance analysis: The case of Aichi Prefecture, central Japan. *Applied Geochemistry*, **21**, 419-436.
- Bruke, W.H., Denison, R.E., Hetherington, E.A., Koepnick, R.B., Nelson, N.F. and Otto, J.B. (1982): Variation of seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ throughout Phanerozoic time. *Geology*, **10**, 516-519.
- Goldstein, S.J. and Jacobsen, S.B. (1987): The Nd and Sr isotopic systematics of river-water dissolved material: implications for the sources of Nd and Sr in seawater. *Chemical Geology, (Isotope Geoscience Section)*, **66**, 245-272.

- Gosselin, D.C., Harvey, F.E. and Frostz, C.D. (2001): Geochemical Evolution of Ground Water in the Great Plains (Dakota) Aquifer of Nebraska: Implications for the Management of a Regional Aquifer System. *Natural Resources, School of Papers in Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln*. <http://digitalcommon.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1141&context=natrespapers>
- Hua, Q. and Barbetti, M. (2004): Review of Tropospheric bomb ^{14}C data for carbon cycle modeling and age calibration purposes. *Radiocarbon*, **46**, 1273-1298.
- 池田晃子・中村俊夫(2001): コラーゲンを含む試料の簡便な調製(5). 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書(XII), 220-223.
- Jahren, A.H. and Kraft, R.A. (2008): Carbon and nitrogen stable isotopes in fast food: Signatures of corn and confinement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **105**, 17855-17860.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993): A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS measurements. *Radiocarbon*, **35**, 295-300.
- Libby, W.F. (1960): Radiocarbon dating. *Nobel Lecture, December 12, 1960*. [http://www.awai.de/fileadmin/user_upload/Research/Research Divisions/Climates Sciences/Paleoclimate Dynamics/Modelling/Lessons/The global carbon?NobelPrize.pdf](http://www.awai.de/fileadmin/user_upload/Research/Research%20Divisions/Climates%20Sciences/Paleoclimate%20Dynamics/Modelling/Lessons/The%20global%20carbon?NobelPrize.pdf).
- MacArthur, J.M., Howarth, R.J. and Bailey, T.R. (2001): Strontium isotope stratigraphy: LOWESS Version 3. Best-fit line to the marine Sr isotope curve for 0 to 500 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age. *Journal of Geology*, **109**, 155-169.
- Minami, H. (1995): The migration pattern of shearwater in the Pacific. Ph.D. Thesis. Hokkaido University.
- 南雅代・中村俊夫(2002): 化石骨の脱灰処理条件の検討. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書(XIII), 13号, 177-184.
- Minamigawa, M., Matsui, A. and Ishiguro, N. (2005): Patterns of prehistoric boar *Sus scrofa* domestication, and inter-islands pig trading across the East China Sea, as determined by carbon and nitrogen isotope analysis. *Chemical Geology*, **218**, 91-102.
- Nakai, Y. (1976): Petrographical and petrochemical studies of the Ryoke granites in the Mikawa-Tono district, central Japan. *Bulletin of Aichi University of Education*, **25**, 97-112.
- Nakamura, T., Nakai, N. and Ohishi, S. (1987): Applications of environmental ^{14}C measured by AMS as a carbon tracer. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **B29**, 355-360.
- 中崎峰子・壺井基裕・金川和世・加藤文典・鈴木和博 (2004): X線分析装置XRF-1800による岩石の定量分析. 名古屋大学博物館報告, 20号, 79-91.
- Nydal, R. and Lövseth, K. (1983): Tracing bomb ^{14}C in the atmosphere 1962-1980. *Journal of Geophysical Research*, **88**, C6, 3621-3642.
- Rafter, T.A. and Fergusson, G.J. (1957): Atom bomb effect — Recent increase of carbon-14 content of the atmosphere and biosphere. *Science*, **126**, 557-558.
- 篠崎美由起・有山薫・川崎晃・平田岳史 (2010): 単一検出器型高分解能誘導結合プラズマ質量分析装置を用いる穀物のストロンチウムと鉛の同位体分析. *分析化学*, **59**, 1003-1011.
- 鈴木和博・都築芳郎・宮崎滋治(1977): 足助町北部地域の風化花崗岩のクリープ. 名古屋地学, No.33, 2-12.
- Suzuki, K. and Adachi, M. (1998): Denudation history of the high T/P Ryoke metamorphic belt, southwest Japan: constraints from CHIME monazite ages of gneisses and granitoids. *Journal of Metamorphic Geology*, **16**, 23-37.

Yoneda, M., Suzuki, R., Shibata, Y., Morita, M., Sukegawa, T., Shigehara, N., Akazawa, T. (2004): Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from the Boji site, Nagano, Japan. *Journal of Archaeological Science*, 31, 97–107.

日本語要旨

愛知県豊田市小手沢町にある地蔵堂を建替えるために旧堂を取壊したとき、床下から乾涸びたキツネの遺骸が見つかった。遺骸の横に 1971 年から 1983 年まで使用されたデザインのチキンラーメンの袋があった。口先から骨盤までの長さが約 50cm の成獣である。遺骸の地面に接した右側半分と尾は骨まで溶けて失われていた。左側半分には耳や皮膚も腐敗することなく保存されていたが、体毛は全く残っていなかった。骨は白骨化し、前足の付け根の皮膚にのみ黒色の筋組織様のものが付着していた。

キツネの歯と骨から抽出したゼラチンコラーゲンの ^{14}C 濃度 ($\delta^{13}\text{C}=-25\%$ に規格化) は 129.2 ± 0.4 pMC と 129.0 ± 0.4 pMC である。この校正年代 (1962 年と 1979 –1980) 年) とチキンラーメン袋の使用期間および腐敗の無いことを総合して、キツネの死亡時期を 1979 年 11 月下旬–1989 年 1 月上旬と特定した。キツネの $\delta^{13}\text{C}$ は $-18\pm 1\%$ である。小手沢地内には C4 植物が殆ど栽培されていないので、地域内の植物や小動物のみを食べていたと仮定すると、ほぼ完全な肉食をしない限り $\delta^{13}\text{C}=-18\%$ にならない。一方、キツネの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は 0.70745 であり、分析誤差を超えて小手沢のイノシシ (0.70993)・川の水 (0.71008)・花崗閃緑岩の初生値 (0.7096) より小さい。 $\delta^{13}\text{C}$ 値と $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比から、キツネは外来の餌 (残飯を含む人間の食料やトウモロコシ主体の家畜飼料) を相当量摂取していたと結論した。

地蔵堂の床下から見つかったキツネの死亡時期(1979 年)は、小手沢地内でキツネが減少した時期より約 10 年後で、イノシシの食害が顕在化する 1980 年代半ばに近い。人家に近い里山を縄張りとするキツネが、イノシシの人里進出を阻止していた可能性を考察した。