

髪の毛の安定同位体比からわかる食生活

陀 安 一 郎
(総合地球環境学研究所)

1. はじめに

私たち人間が生きていくためには、食べ物を食べなければいけません。言うまでもないことですが、私たちの体は食べ物によって作られています。私たちが食べるのは、野菜や果実などの植物、キノコなどの菌類、肉や魚などの動物といったようにいろいろあります。しかし、これらはすべて植物が太陽エネルギーを用いて光合成した産物を出発点としています。つまり、私たちの体はもとをた

だせば、
二酸化炭素→植物→（動物）→人間
という経路をたどっています。生物の体を構成する元素は、バクテリアからカビ・キノコ、植物、動物、もちろん私たち人間も含めてほぼ共通であり、水素（H）、炭素（C）、窒素（N）、酸素（O）、リン（P）、イオウ（S）といった元素に加え、カルシウムやマグネシウムといったミネラル類で

す。私たちは、食事からこれらの元素を取り入れているので、私たちも生態系の「食物網」のつながりのなかに位置づけられます。特に、「軽元素同位体」の項で述べた、炭素・窒素同位体比の図を使いますと、食べ物の傾向がわかります。

2. 日本人の髪の毛の同位体比

私たちの体の同位体比を測定するにあたって、よく使われるのが、髪の毛か爪です。これらは、ケラチンというタンパク質を主成分とし、刻々と成長することからサンプリングもしやすい組織です。少し前のことになりますが、2007 年から 2010 年に地球研のプロジェクト「日本列島における人間—自然相互関係の歴史的・文化的検討（プロジェクトリーダー湯本貴和教授）」の一環で日本の 47 都道府県から 1305 名の方の髪の毛をいただいて分析しました。その髪の毛の炭素・窒素

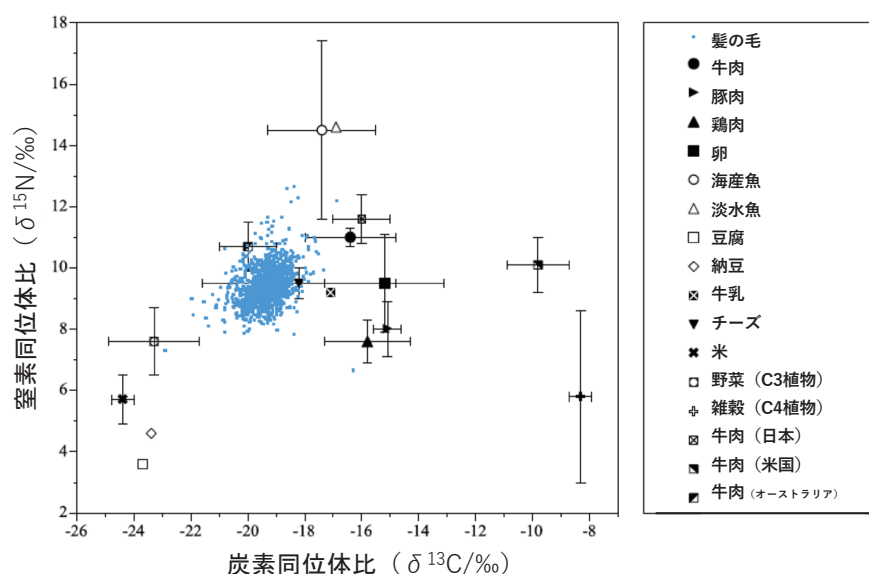


図 1. 1,305 名の日本人の髪の毛および食べ物の同位体比。食べ物の同位体比には髪の毛に対する栄養濃縮係数（「軽元素同位体」の項目参照：髪の毛の場合は、 $\delta^{13}\text{C}$ については 2.5‰、 $\delta^{15}\text{N}$ については 4.1‰）を加えてあるため、単純に比較することができます（Kusaka et al. 2016 を改変）。

同位体比を測定したところ、全体としては

$$\text{炭素同位体比 } (\delta^{13}\text{C}) = -19.4 \pm 0.6\%$$

$$\text{窒素同位体比 } (\delta^{15}\text{N}) = -9.4 \pm 0.6\%$$

となりました。

次に、いくつかの食べ物の同位体比と比較しましょう。実際にどのような同位体比を示すかは、同じ食材でも採集された産地、植物では肥料の与え方、動物では餌や飼育方法によっても異なりますので、必ずしもこれが一般的とは言えません。ここでは、滋賀県在住の私（陀安）の食卓にのぼる食材、および近辺で購入出来る食材に加え、文献値も併せて記載しました。図1では、各自の髪の毛の同位体比（青い点）に対して、それぞれの「食べ物候補」のうち、より近い方に位置するものの影響を、より強く受けていると言えます。

この図1では限られた食べ物のデータしかありませんが、一般的に「左下」（窒素同位体比と炭素同位体比が低い）の方向にいくほど「植物性タンパク（C3 植物）」の影響を受けており、「上」（窒素同位体比が高い）の方向に行くほど「海産魚」の影響を受けており、「右」（炭素同位体比が高い）

の方向に行くほど「トウモロコシなどの C4 植物飼料を餌に育てられた肉類」の影響を受けているといえます。日本人全体としては流通が発達した社会で暮らしているので、非常に均一な分布をしていると見ることはできますが、個人としてはどちらよりの傾向があることがわかります。この調査に参加していただいた方には、それぞれ「ご自身の髪の毛の炭素・窒素同位体比」の値をお伝えしましたので、ご自身の傾向がわかったと思います。

次に、年齢・性別を見てみましょう（図2）。女性においては年齢が高くなるほど炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）が低くなる傾向がありました。炭素同位体比が低い食べ物は植物性タンパク（C3 植物）ですので（図1）、女性は年齢が高い方ほど植物性タンパクの影響をより受けているといえます。一方、男性については、年齢の高い方で窒素同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）に幾分高い方が多くなっていました。窒素同位体比が高い食べ物は海産魚ですので（図1）、男性については年齢の高い方が、よりたくさんの魚を食べておられるのでしょうか。また、男

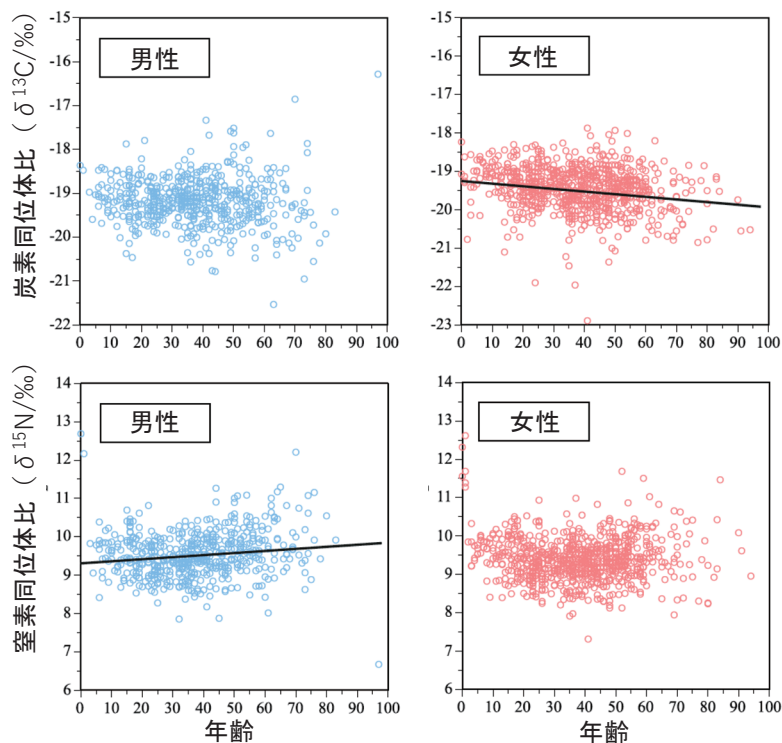


図2. 1,305名の日本人の髪の毛の年齢・性別の炭素・窒素同位体比（Kusaka et al. 2016を改変）。年齢に沿って有意な関係があるもののみ線が引いてあります。

性・女性に関わらず、乳児の方（年齢 = 0 の線上の点）は、それより年齢の高い子どもさんに比べて高い値を示していました。これは「母乳」の影響だと考えられます。つまり、お母さんの体の窒素同位体比を反映している「母乳」を消化して体を作ると、栄養濃縮係数のために、乳児の髪の毛はお母さんの窒素同位体比よりも高い窒素同位体比になります。「軽元素同位体」の項目の図 2 を参考にすれば、「お母さんの体を食べている」のと同じ意味になり、窒素同位体比は仮想的な栄養段階につれて高くなっているといえます。

この研究では、髪の毛の同位体分析と同時に、「牛肉、豚肉、鳥肉、卵、海産魚、淡水魚、豆腐、納豆、牛乳、チーズ」の 10 種類の食事を 1 週間に何度食べるか？ というアンケート調査を行いました。アンケート結果と、髪の毛の窒素・炭素の安定同位体比の関係を調べたところ、「統計的に有意 ($p < 0.05$)」であるものは以下のようになりました。

炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を高くする方向の食べ物が牛肉、卵、海産魚で、低くする方向の食べ物が豆腐、納豆でした。また、窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) を高くする方向の食べ物が牛肉、海産魚で、低くする方向の食べ物が豆腐、納豆でした (Kusaka

et al. 2016)。この中でも海産魚の食事の頻度が窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) を高くする効果が一番高いという結果が出ました。

3. 国別・時代別比較

最後になりましたが、これら 2007-2010 年の日本人の髪の毛の炭素・窒素同位体比の値は世界的に見てどのあたりに位置するのでしょうか？

2007-2010 年の調査では、数は少ないですが、韓国・モンゴル・インドの方々についても分析しましたので、図 3 に加筆しました。図 1 のままで重ねると見にくいので、平均値と標準偏差で簡略化して示しています。

インドは「左下」(窒素同位体比と炭素同位体比が低い) に位置します。これは、先ほど図 1 でも説明しましたように、「植物性タンパク (C3 植物)」の影響が多い傾向を示します。一方、モンゴルは「左上」(窒素同位体比は高く、炭素同位体比は低い) という、先ほどは説明しなかった位置にあります。これはおそらく、内陸に位置して海産物も C4 植物の影響も受けず、ほぼ C3 植物由来の家畜の影響を受けているからだと考えられます。韓国は、ほぼ日本と同じ位置にあります。

文献データを見ると、米国が先ほど議論した

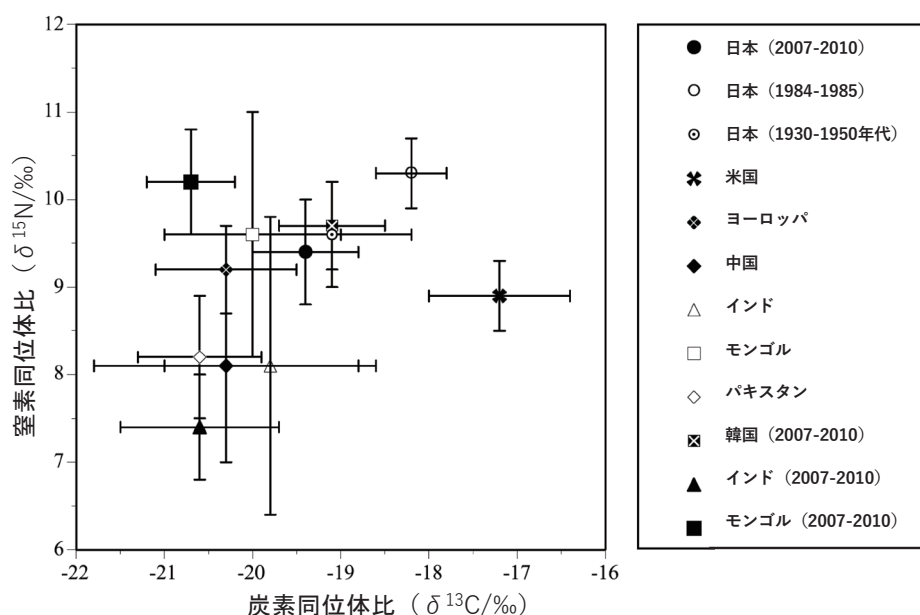


図 3. 日本・韓国・インド・モンゴルの 2007-2010 年に採取された髪の毛のデータ（平均値と標準偏差）と、その他の文献値の比較 (Kusaka et al. 2016 を改変)。

「右」（炭素同位体比が高い）の位置にあり、「トウモロコシなどの C4 植物飼料を餌に育てられた肉類」の影響が強いことがわかります。また、歴史的なデータと比較すると、1984-1985 年当時の日本人のデータ（Minagawa 1992）は、より「上」（窒素同位体比が高い）の方にあり、「海産魚」の影響をより強く受けていたことがわかります。ほんの数十年でも人の食べ物の傾向は変わるもので、これは政府の統計にも出ています。

「人の髪の毛」の炭素・窒素同位体比は、健康診断のように健康状態を表すものではありませんが、個人がどのような食生活を送っているのかを大まかに判断する材料になります。それは、地球の物質循環の中で、個人として「どの位置」を占めているかを表すもので、地球の中の「私」を考える材料になるのではないのでしょうか。

文献

Kusaka, S., Ishimaru, E., Hyodo, F., Gakuhari, T., Yoneda, M., Yumoto, T. and Tayasu, I. (2016) Homogeneous diet of contemporary Japanese inferred from stable isotope ratios

of hair. Scientific Reports 6:33122.

<https://doi.org/10.1038/srep33122>

Minagawa, M. (1992) Reconstruction of human diet from $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in contemporary Japanese hair: a stochastic method for estimating multi-contribution by double isotopic tracers. Applied Geochemistry 7: 145-158.

[https://doi.org/10.1016/0883-2927\(92\)90033-Y](https://doi.org/10.1016/0883-2927(92)90033-Y)

著者情報



陀安一郎（総合地球環境学研究所研究基盤国際センター教授）1997 年京都大学大学院理学研究科修了、博士（理学）。日本学術振興会特別研究員・日本学術振興会海外特別研究員を経て 2002 年総合地球環境学研究所助手、2003 年京都大学生態学研究センター助教授・准教授、2014 年より現職。

（2020 年 3 月 31 日掲載）