



乾燥昆布に含まれる ^{40}K の放射能は、 本当に 2,000 Bq/kg ?

河野 孝央

Kawano Takao

1. はじめに

小, 中, 高校生そして一般を対象にした放射線教育では, 自然に存在する放射線や放射性物質を説明するために, 身の周りのいろいろな物質が教材に用いられる。例えば乾燥昆布¹⁻³⁾や化学肥料などである。これらはいずれも自然起源の放射性物質(核種)である ^{40}K を含んでおり, そこから放出される放射線は, GMサーベイメータなどで, 容易に測定することができる。このような物質は数多くあるが, その中で乾燥昆布は, 身近な食品の例として受け入れやすく, 2,000 Bq/kgの ^{40}K が含まれていると説明される場合が多いように思われる⁴⁻⁶⁾。しかしながら, どの昆布にも, また昆布のどの部位にも, 本当に2,000Bq/kgの ^{40}K が含まれているだろうか。そこで, こうした疑問に答えるため, 最近発表した論文³⁾のデータから一部を引用し, また新たに測定したメージングプレートによる放射線画像(IP画像)に基づいて, 2,000 Bq/kgの持つ実際の意味を考察した。

2. 乾燥昆布 18 種

前出の論文で取り扱われた乾燥昆布 18 種の商品名, 昆布の部位, 製造者などを表 1 に示す。表 1 で葉状部と付着器部はそれぞれ, 植物の葉と根の部分に相当する⁷⁾。また 6, 11, 12, 16 番のがごめ昆布はコンブ科・トロロコンブ

属, ほかは全てコンブ科・コンブ属に分類される^{8,9)}。ただし 18 番の昆布ふりかけは, ラウス昆布 (37.5%), 利尻昆布 (37.5%), 長昆布 (25%) の 3 種混合であり²⁾, ほかの 17 種はいずれも単一種の乾燥昆布である。

3. 乾燥昆布に含まれる ^{40}K

3.1 ディスク試料と γ 線エネルギースペクトル

市販の乾燥昆布は, 平らであったり, 丸まっていたり, 反っていたり, また小さくカットされているなど, 様々である。前出の論文ではこれらの形状を揃えるために, それぞれの乾燥昆布から約 20 g を切り出して微粉化し, 圧縮機にかけて, 直径約 35 mm, 厚さ約 14 mm のディスク状に固形化している。また, この個体のことをディスク試料と呼び, Ge 半導体検出器 (ORTEC-GMX20-S, EG&G MCA7600) を用いて, γ 線スペクトル測定が行われた。結果の代表例としてラウス産根昆布 (7) と日高産根昆布 (10) のスペクトルを図 1 に示す。測定時間は 1 万秒である。なお, 昆布名の後に続く番号は, 表 1 のリスト番号である。以後, 乾燥昆布の表記にはこの方法を使用する。

図 1 のいずれのスペクトルにおいても, ^{40}K から放出される γ 線 (1,461 keV) と, 宇宙線に起因する陽電子消滅 γ 線 (511 keV) のピーク

表1 ⁴⁰Kの含有量を比較した乾燥昆布18種

リスト 番号	商品名称	コンブ科			製造者	
		コンブ属		トロゴ コンブ属		
		葉状部	付着器部			
1	釧路産昆布	○				
2	道南産真昆布	○				
3	日高切り出し昆布	○				
4	利尻切り出し昆布	○				
5	徳用ラウス産昆布	○				
6	徳用がごめ昆布			○	ヤマト タカハシ(株) 工場 ^{*1}	
7	ラウス産根昆布		○			
8	道南産根昆布		○			
9	利尻産根昆布		○			
10	日高産根昆布		○			
11	がごめ根昆布			○		
12	道南産がごめ昆布カット			○		
13	日高産昆布(みついし昆布)	○				敦賀昆布館 ^{*2}
14	道南産真昆布(養殖)	○				
15	利尻産利尻昆布(養殖)	○				
16	道南産がごめ昆布			○		
17	切り出し利尻昆布	○			小倉屋 ^{*3}	
18	昆布ふりかけ	○			一道富田 ^{*4}	

^{*1} ☎ 041-1102 亀田郡七飯町字峠下 32-1

^{*2} ☎ 914-0038 敦賀市坂の下小河田 3-1

^{*3} ☎ 573-1132 枚方市沼堤田近 3-9

^{*4} ☎ 930-0083 富山市総曲輪 4-9-14

が観測されるが、そのほかにピークは見られない。したがって、乾燥昆布に含まれるγ線核種は⁴⁰Kのみであることが分かる。またここで注目したいのは、1,461 keVのピークの高さである。その違いから、ラウス産根昆布(7)には日高産根昆布(10)よりも多くの⁴⁰Kが含まれているといえる。ほかの乾燥昆布についても同様であり、18種全てのスペクトルから511 keVと1,461 keVのγ線ピークが観測されたが、これ以外のピークは見られなかった。また1,461 keVのピークの高さが、必ずしも同じではないことから、⁴⁰Kの含有量は、昆布によって異なることが分かった。

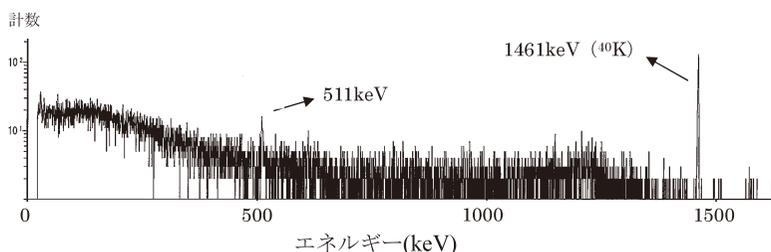
3.2 ⁴⁰K含有量の評価

γ線エネルギースペクトルに観測される1,461 keVのピーク面積から、乾燥昆布1 kgに含まれる⁴⁰Kの放射能を求めた。結果を図2に

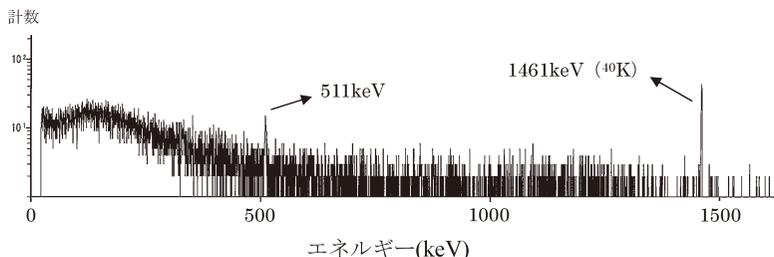
示す³⁾。図2で横軸の数字は、表1のリスト番号に対応する。また縦軸は、乾燥昆布1 kgに含まれる⁴⁰Kの放射能である。図2において含有放射能は、日高産根昆布(10)の975 Bq/kgからラウス産根昆布(7)の3,101 Bq/kgの範囲に広がっていることが分かる。ただし全体の平均値は1,969 Bq/kg、相対標準偏差は33%であった。このことから、18種の乾燥昆布に含まれる⁴⁰Kは昆布によって、最大3倍程度異なるが、平均値は、多くの資料に見られる2,000 Bq/kgにほぼ等しいといえる。

4. IP画像による放射能分布の測定

前章に引き続き本章では、昆布の部位による含有量の違いを調べるため、イメージングプレートを用いて、1枚の昆布における輝尽発光量の面分布(IP画像)を調べた。ここで輝尽発



(a) ラウス産根昆布 (7)



(b) 日高産根昆布 (10)

図1 Ge半導体検出器で測定したエネルギースペクトルの例
(文献3)より一部変更)

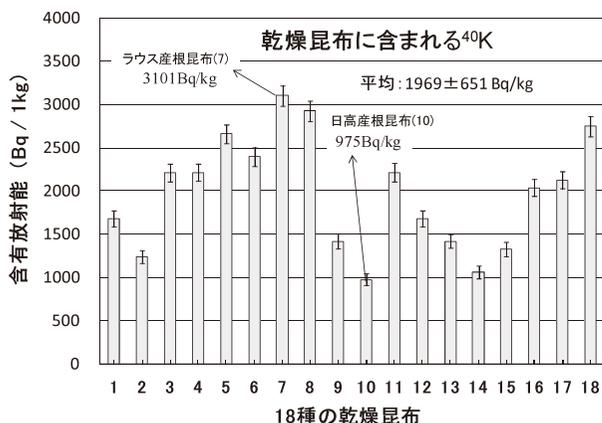


図2 18種の乾燥昆布に含まれる⁴⁰Kの放射能 (Bq/kg)

光量は、⁴⁰Kの含有量に対応する。なおIP画像測定には平面試料が必要であるため、比較的平らな道南産真昆布(2)と養殖の道南産真昆布(14)、そして養殖の利尻産利尻昆布(15)の3種を測定試料にした。図3に、道南産真昆布(2)での結果を示す。図3(a)は昆布試料そのものの写真、(b)は露光時間20日のIP画像、

(c)は(b)のI~II断面に沿った輝尽発光量の分布である。なおIP画像測定に使用したイメージングプレートは富士フイルム(株)製BAS-MS2025、読み取り装置と解析ソフトはGEHealthcare製Typhoon FLA7000とImageQuantTLである。

図3(a)より試料の乾燥昆布は、12.5 cm×17.5 cmの平らな形状をした葉状部の一部であることが分かる。(b)はそのIP画像である。輝尽発光量の違いから、中心部に⁴⁰Kが多く含まれ、両端部で少ないといえる。(c)に示す(b)のI~II断面に沿った輝尽発光量分布からも、⁴⁰Kの含有量は、中心の約5 cmの部位が左右両端約2 cmの部位に比べて、多いことが分かる。(b)において四角で囲った同じ面積の領域R-1(中心部)とR-2(周辺部)の輝尽発光量を数値的に比較したところ、3倍程度の差が認められた。この結果は、⁴⁰Kの含有量が部位によって、少なくとも3倍程度異なることを意味

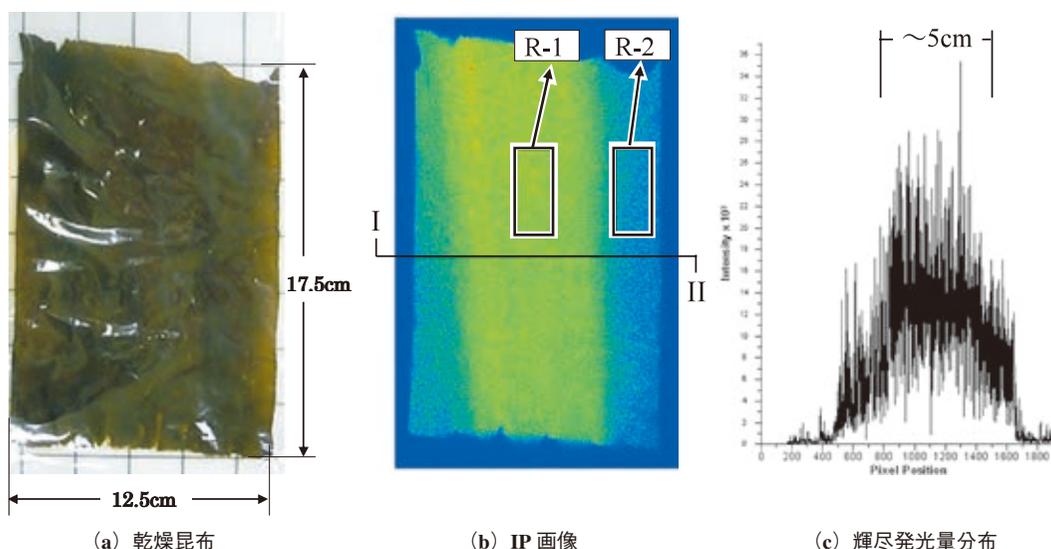


図3 イメージングプレートで測定した道南産真昆布(2)の輝尽発光量分布

する。養殖の道南産真昆布(14)と養殖の利尻産利尻昆布(15)においても同様で、輝尽発光量から評価される ^{40}K の含有量分布には、中心部と両端部とで1.6~3倍程度の差が見られた。

次に図3(b)を参考にしながら、道南産真昆布(2)の中心部と両端部からそれぞれ約7.5gを切り出し、ディスク試料を製作してGMサーベイメータで60分間の積算計数を測定した。その結果、中心部と両端部のバックグラウンド計数を差し引いた計数率に、1.2倍程度の差が認められた。しかしながらこの差は、輝尽発光量の違いである3倍の差を説明できるほど大きくはない。したがって図3(b)の中心部(R-1)と両端部(R-2)に見られる輝尽発光量の差は、昆布の単位重量(1kg)当たりの放射能ばかりでなく、昆布の厚さや密度の違いが反映されて生じたものと考えられる。そのため、IP画像は ^{40}K の放射能分布を表すが、それが昆布1kg当たりの含有量に直接対応しているわけではないといえる。

5. まとめ

乾燥昆布には自然起源の放射性物質(核種)

である ^{40}K が含まれており、多くの資料でその含有量は2,000 Bq/kgとされている。しかしながら18種の乾燥昆布を調べた結果、含まれる ^{40}K は昆布によって1,000~3,000 Bq/kg程度の範囲に広がっていることが分かった。ただし、全体の平均値は2,000 Bq/kgにほぼ一致していた。したがって、自然起源の放射能を含む食品として乾燥昆布を紹介する場合、“ ^{40}K の含有量は昆布によって3倍程度異なるが、平均値は約2,000 Bq/kgである”と説明するのが正しいと思われる。またIP画像で1枚の昆布における輝尽発光量の分布を調べた結果、中心部は両端部に比べ、3倍程度強いことが分かった。しかしながらこの違いには、昆布の厚さや密度が関係しているため、必ずしも1kg当たりの放射能濃度の違いを表しているわけではないことに、注意する必要がある。

【謝辞】

γ 線エネルギースペクトル測定とIP画像測定で日本環境調査研究所の泉雄一氏と安藤佳明氏にご協力をいただいた。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Kawano, T., Radiation sources fabricated from kelp powder for educational purposes, *Radiation Safety Management*, **8**, 1-7 (2009)
- 2) 河野孝央, 自然放射能線源—昆布ふりかけの場合—NIFS NEWS, 研究最前線 ISSN 1844-1600, No.192, pp.2-3 (2010)
- 3) 河野孝央, 乾燥昆布 18 種の自然放射能線源材料としての比較評価, *RADIOISOTOPES*, **64**, 123-131 (2015)
- 4) 電気事業連合会, 原子力・エネルギー図面集 2014 6-2-4, http://fepc-dp.jp/pdf/07_zumenshu_j.pdf
- 5) 環境科学技術研究所, <http://www.ies.or.jp/index.html>
- 6) 渡利一夫, 稲葉次郎 (編), 放射能と人体—くらしの中の放射線—, pp.44-45, 研成社, 東京 (2000)
- 7) 小倉屋山本, http://ogurayayamamoto.co.jp/know/lifetime_kelp/
- 8) 敦賀昆布館, <http://www.konbukan.co.jp/information/tsuruga.html>
- 9) 函館昆布館, <http://www.konbukan.co.jp/information/hokkaido.html>

((株)日本遮蔽技研)