

マリネリ容器に充填した試料の量と放射能値に関する考察

— 試料の高さに関して —

木原 敏博 恵花 孝昭 佐藤 稔 大内 格之
菊地由生子

要 旨

マリネリ容器に充填した試料の高さと、測定される放射能値との関係について考察を行った。対象核種は ^{137}Cs 、 ^{40}K の2核種、測定試料は4種類である。その結果、試料の高さは、 γ -線計数率とは正の相関を、放射能濃度とは負の相関を持っていた。

また、試料の高さとピーク効率との関係においては、放射能濃度の高い試料では、種類によらずほぼ一致したパターンを持っていることが分かった。

1. 緒 言

食品中の放射能濃度を灰化などの処理をせず生試料のまま測定する場合、測定試料は粉碎、裁断、熔融等の手段により均一化、細密化される。次にこの試料はマリネリと呼ばれる容器に充填され測定器にかけられる。

この方法は、複雑な前処理を必要とせず迅速に測定できる、また処理による回収率の低下がない等の利点がある。しかしその反面大量の試料が必要となる。

測定時に用いるマリネリ容器は、容量ほぼ1リットル、アクリル製の円筒形容器で、底部中央は検出器のゲルマニウム結晶を納めるためにくぼみがつくられている。マリネリ容器の形状、サイズを図1に示した。

試料中の放射性核種の同定、定量をするためには標

準線源が必要である。標準線源は、既知の放射能を持つ単一核種または混合核種よりなる密封線源¹⁾で、機器のエネルギー校正、効率校正等に用いられる。当所の用いた標準線源は、複数の核種をアルミナ粉末に付着させマリネリ容器に密封してある。容量は1リットルであり、高さとしてはマリネリ容器の底から105mmである。含まれている核種と、その半減期、主な γ -線エネルギーを表1に示した。²⁾

測定試料は、形状が標準線源の形状と一致している必要があるため、容量として1リットルをマリネリ容器に充填しなくてはならない。しかし1リットルという量は試料量としては決して少ないものではなく、時として研究試料が十分入手できないことも予想される。

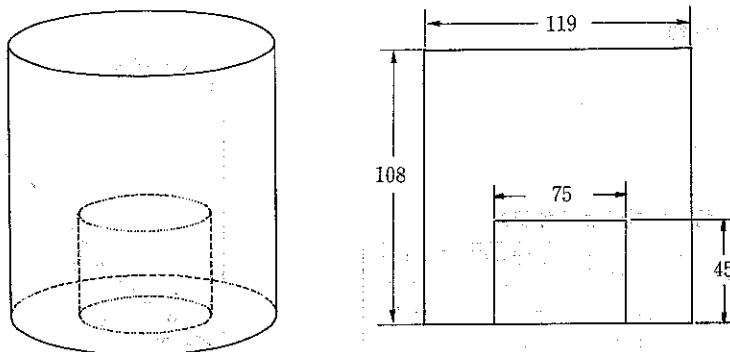


図1 マリネリ容器の形状とそのサイズ (単位: mm)

表1 標準線源AL-275-1に含まれる核種とその性質

核種	半減期	γ線エネルギー (KeV)	
Ba -133	10.7年	356.04,	80.998
Cd -109	453日	88.03	
Ce -139	137.2日	165.8	
Co -57	271.7日	122.06	
Co -60	5.27年	1,332.47,	1,173.21
Cs -137	30.17年	661.64	
Mn -54	312.2日	834.83	
Sr -85	64.93日	514	
Y -88	106.6日	1,836.1	898

試料が規定の量である1リットルに満たない場合、すなわちマリネリ容器に試料を充填した際に試料の高さが標準線源の高さに満たなかった場合、測定される放射能濃度、計数率等がどのような値となるかを知っておくことは重要であると考えられる。

今回は、試料の量が規定の量に達しない場合、そのことが測定結果にどのような影響を及ぼすかを明らかにするため、4種類の試料を用いておのおのその試料量を変え、そのときの各試料の高さと、計数率、放射能濃度等との関係を¹³⁷Cs、⁴⁰Kの2核種について考察し、若干の知見を得たので報告する。

2. 方法

2-1 試料

用いた試料の状態、放射能濃度を表2に示した。試料の数は4検体で、うち3件は固体試料であり、1件は液体試料である。

固体試料は、ミキサーで粉碎し顆粒状、または粉末状とした。また液体試料は、固体試料を乾燥後、硫酸で湿式灰化して作成した。

2-2 器具及び装置

標準線源 AL-275-1

(日本アイソトープ協会)

検出器 GEM-25185

表2 用いた試料とその状態

試料名	状態	密度 (g/mm)	放射能濃度 (Bq/kg)	
			K-40	Cs-137
試料A	液体	11	56	16.9
試料B	顆粒	11.2	85.1	19.2
試料C	粉末	4.7	524.4	2.1
試料D	粉末	8	700	229.3

(ORTEC社製)

マルチチャンネルアナライザー MODEL 7800

(SEIKO EG & G社製)

データ処理装置 PC-9801RX4

(日本電気製)

2-3 測定条件

測定時間はライブタイムで60,000秒に設定した。また測定が長期間にわたったので¹³⁷Csに関しては、測定期間中の崩壊補正を行った。⁴⁰Kは自然界に存在し、その影響は結果に正の誤差を与えるので、バックグラウンド補正を行った。

3. 結果

3-1 試料の高さと重量の関係

マリネリ容器に試料を充填したときの試料高さと重量との関係を図2にプロットした。これは試料を充填するときに均一に充填されているかどうかをチェックするために求めたものである。全試料ともよい比例関係となっており、充填時にむらなく詰まっていることが分かる。試料の高さ45mmところで傾きが変化しているのは、マリネリ容器の形状がくぼみの部分で変化していることを反映している。

3-2 試料の高さと計数率の関係

試料の高さと計数率の関係を、⁴⁰Kに関しては図3に、¹³⁷Csに関しては図4にプロットした。

計数率は、検出器でカウントされたγ線の数を測定時間で割ったものであり、放射能濃度を算出するための基本的な量である。

図3、図4をみると、どの試料も高くなるにつれて、計数率が高くなっている。これは、試料の量がふえるにしたがって、含まれている核種の絶対量も増えるの

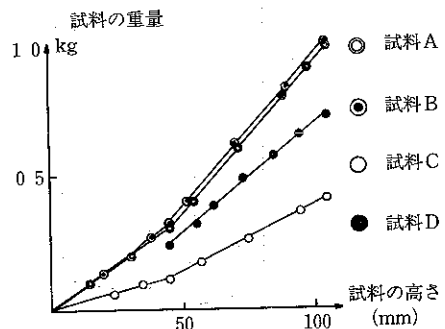


図2 試料の高さと重量の関係

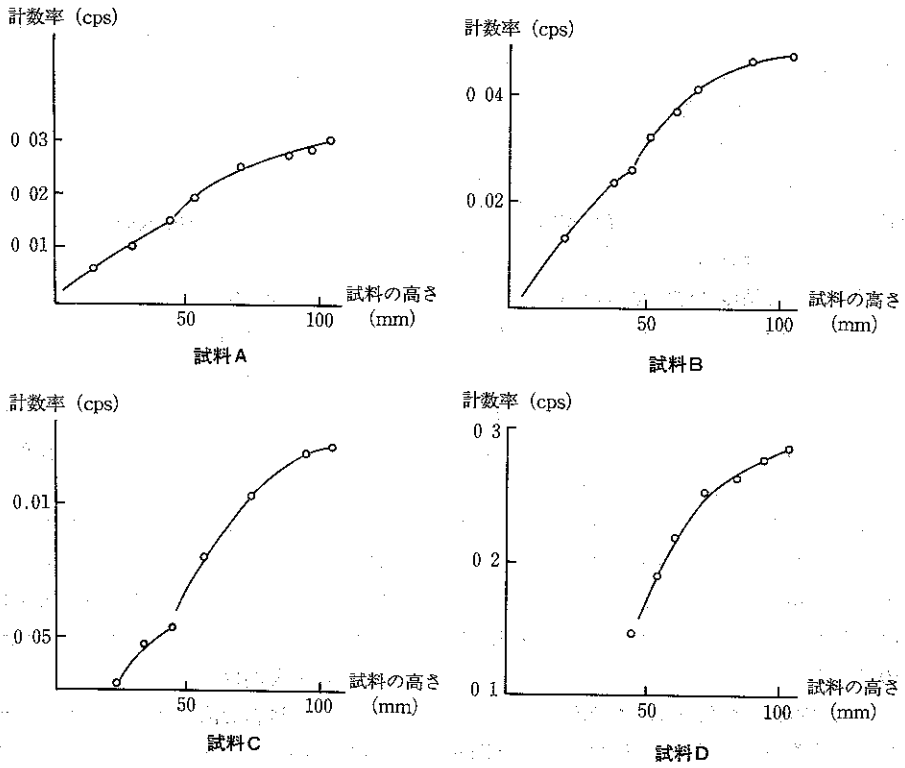


図3 試料の高さと計数率の関係 ^{40}K

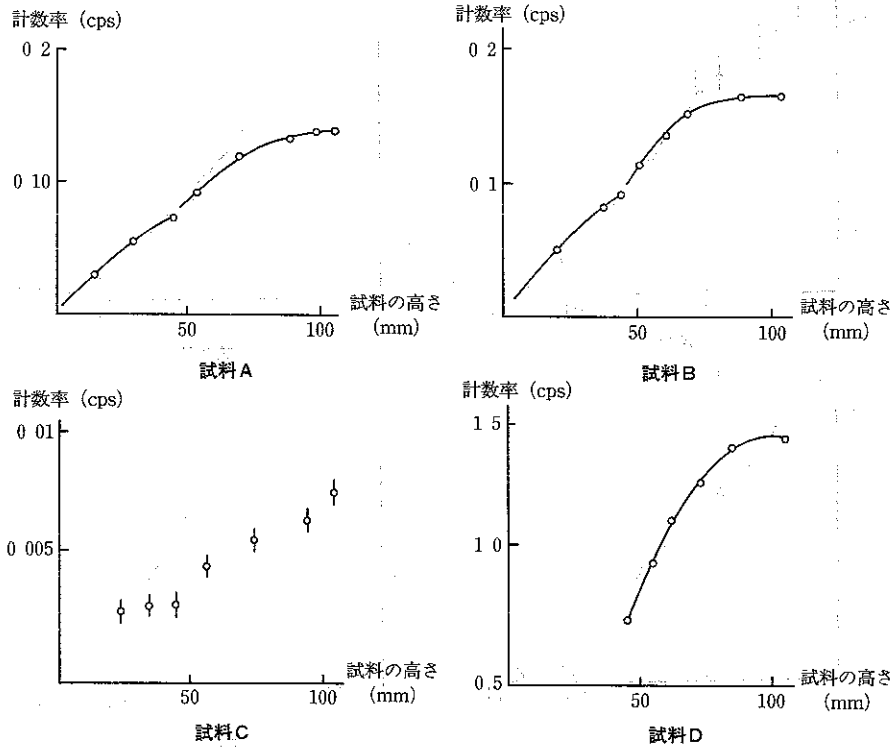


図4 試料の高さと計数率の関係 ^{137}Cs

で当然である。しかし増加のパターンは、高さ重量の関係のような比例ではなく、増加しながらも増加率は減少している。この減少は、試料量が増えるにしたって試料上部と検出器との距離が離れていくことと、試料自体による γ -線の吸収が主な原因と考えられる。

図4の試料Cについては、他の3種の試料と振舞いが異なっている。これは試料Cに含まれる ^{137}Cs の放射能濃度が低く十分な精度で測定できないために、測定結果のばらつきが大きくなっていることが原因である。

^{40}K と ^{137}Cs との比較において、放射能濃度に関しては ^{40}Cs のほうが ^{137}Cs より高いにもかかわらず、計数率に関しては ^{137}Cs のほうが ^{40}K より高い。これは、それぞれの核種から放出される γ -線のエネルギーが異なると、検出器の感度が異なるからである。

試料の高さが45mmのところパターンが変化しているのは、前項と同様マリネリ容器の形状変化を反映したものである。

3-3 試料の高さと放射能濃度の関係

試料の高さと計数率の関係を、 ^{40}K に関しては図5

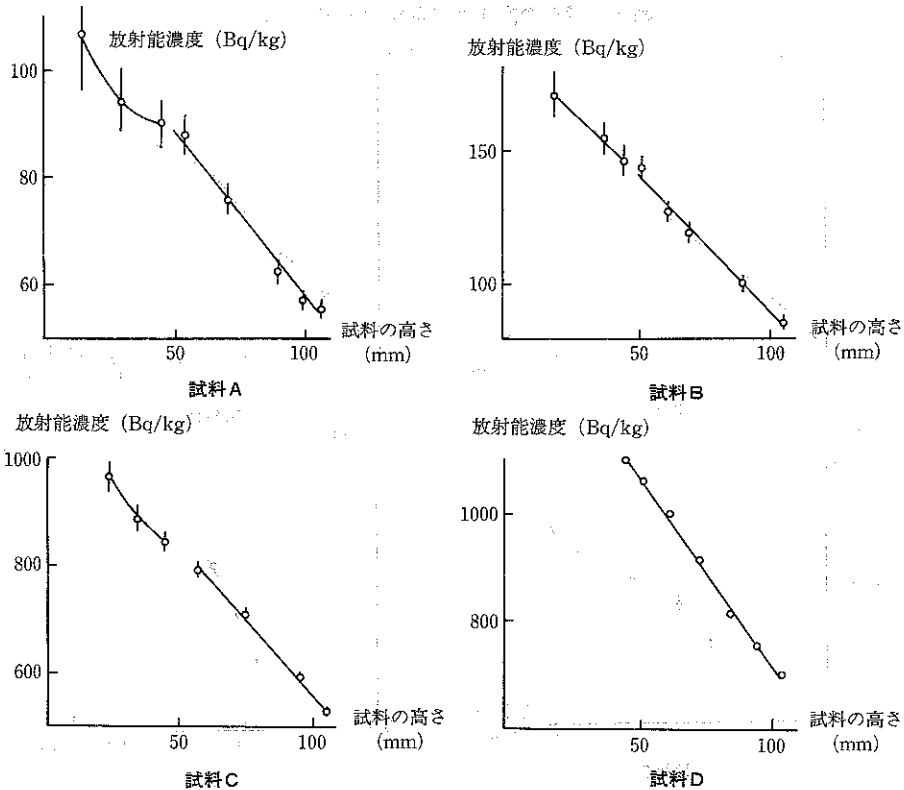


図5 試料の高さと放射能濃度の関係 ^{40}K

に、 ^{137}Cs に関しては図6にプロットした。

放射能濃度は、計数率、試料重量等を用いて次式により求められる。

$$I = \frac{n_{net}}{a \times \varepsilon \times W} \quad \text{①}$$

I : 放射能濃度 (Bq/Kg)

n_{net} : 計数率 (Count/Sec)

a : 放出比 (定数)

ε : ピーク効率 (定数)

W : 試料重量 (kg)

図5, 図6をみると前項の関係とは逆に、試料高さが高くなるにしたがって、放射能濃度の値は低くなっている。

式を見るとわかるとおり、放射能濃度は計数率に比例して、試料重量に反比例している。それにより、試料高さの増加による、計数率の増加分より、試料重量の増加分の方が大きいと、試料高さと放射能濃度の関係は負の相関関係を示す。

3-4 試料の高さとみかけのピーク効率の関係

試料の高さとみかけのピーク効率の関係を、 ^{40}K に

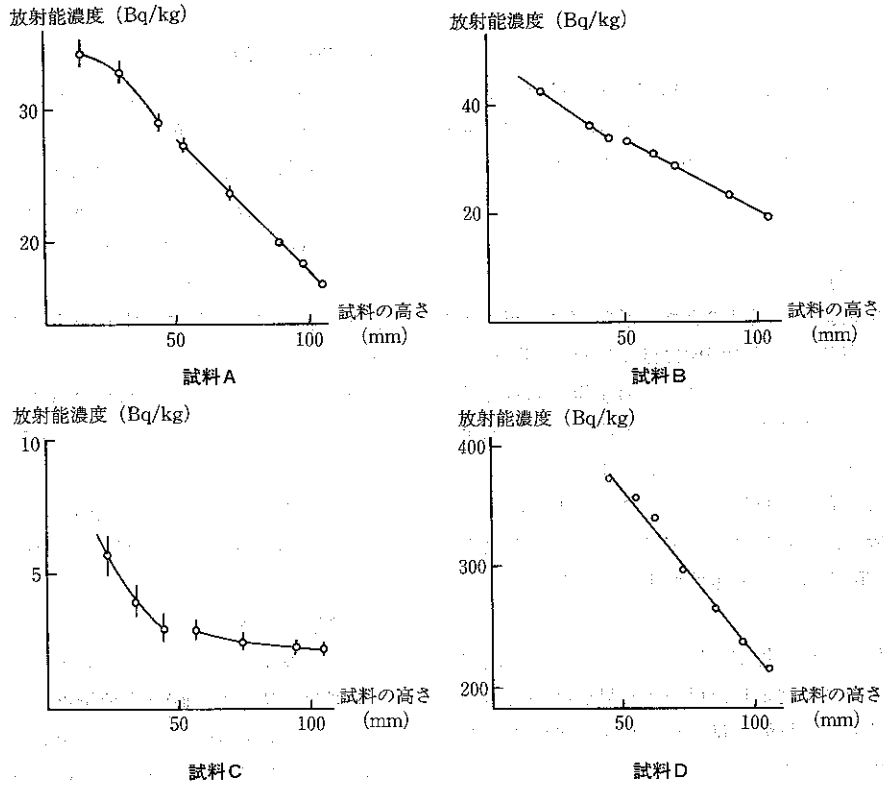


図6 試料の高さと放射能濃度の関係 ^{137}Cs

関しては図7に、 ^{137}Cs に関しては図8にプロットした。

ピーク効率は、検出器の感度を表すもので、 γ -線のもつエネルギー、試料の幾何学的形状、自己吸収等の効果により異なる値を持つ。

ピーク効率は次式により計算される。

$$\varepsilon(h) = \frac{n_{\text{net}}(h)}{I_0 \times W_0 \times a} \quad \text{②}$$

$\varepsilon(h)$ 試料高さ h でのみかけのピーク効率

$n_{\text{net}}(h)$ 試料高さ h での計数率
 I_0 規定の高さでの放射能濃度
 W_0 規定の高さでの試料重量
 a 放出比

図7を見ると、試料の高さと見かけのピーク効率の関係は、試料の種類によらずある線上に分布していることがわかる。また、この分布のパターンは試料高さと計数率の関係とよく似ている。この理由はピーク効率の式の分母が定数で、分子が計数率に比例しているこ

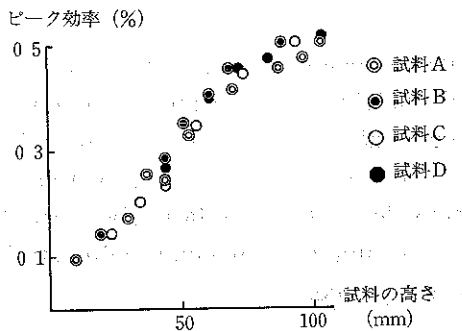


図7 試料の高さとピーク効率の関係 ^{40}K

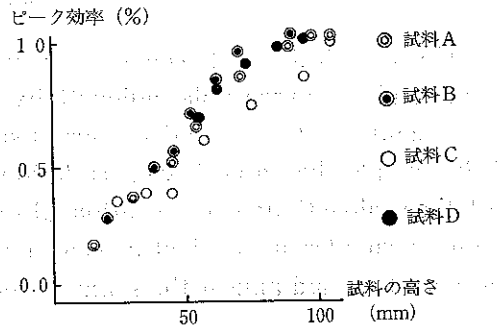


図8 試料の高さとピーク効率の関係 ^{137}Cs

とによる。

図8をみると、試料A、試料B、試料Cはパターンが似ているが、試料Cははずれている。これは、試料Cの放射能濃度が低いせいで測定誤差が大きくなっているためであろう。

4. 考 察

以上の結果より、試料の高さと計数率には正の相関が、試料の高さと放射能濃度には逆に負の相関があることがわかった。このことは、試料を規定の量に達しないままで測定すると、真の放射能濃度の測定値より大きな値になってしまうことを意味する。

また試料の高さと見掛けのピーク高率との関係は、放射能濃度の高い試料については、試料の種類によらず、正の相関をもってある曲線上に分布していることがわかった。

すなわち、試料を規定の量に達しないままで測定すると、規定の量で測定した場合より見かけの検出感度が落ち、微量の放射能を見逃してしまう可能性があることを意味している。

5. 結 語

試料の量を「マリネリ容器に充填した場合の試料の高さ」という幾何学的量に置き換えて、放射能測定に関する各量と、試料の量との関連を調べた。

この結果、試料量が規定の量に満たない場合、測定に与える影響は次の通りである。①微量の放射能が検出できなくなる可能性がある。②測定された放射能濃度は、規定量の試料で測定した場合より高い値が示される。

以上より、マリネリ容器を用いて放射能を測定する場合は規定量の試料が必要であることが明かとなった。

なお本研究の一部を、日本食品衛生学会第60回学術講演会(1990年9月 札幌)にて発表した。

6. 文 献

- 1) 科学技術庁・ゲルマニウム半導体検出器を用いた機器分析法, 28, (財)日本分析センター, 1987.
- 2) Lederer, C.M. et al, ed: Table of Isotopes (seventh edition), Wiley-Interscience Pub, 1978.

A Study of the Correlation between Sample Amount Packed in Marinelli Beaker and Radioactivity — Regarding Height of Samples —

Satohiro Kihara, Takaaki Ebara, Minoru Sato,
Kakuyuki Ouchi and Yukio Kikuchi

ABSTRACT

The correlation between sample amount (standing height) packed in a marinelli beaker and the measurable radioactivity was examined. The examination was conducted for 2 nuclides, ^{137}Cs , ^{40}K and 4 kinds of samples. The results were as follows: The height of the samples had a positive correlation with the count rate and a negative correlation with the radioactivity concentration. Moreover, in considering the correlation between the height of samples and peak efficiency, it was shown that samples with a high radioactivity concentration had almost the same pattern regardless of type.