

年次大会ポスター発表から (8)

塩化カリウムを用いた新規密度測定法の構築及び放射線教育への利用

藤野 秀樹

1. はじめに

カリウムは3大栄養素であり、様々な食物として経口摂取されるほか、地殻を構成する鉱石や土壌にも多く含まれている。またカリウムの同位体であるカリウム40 (^{40}K) は放射性であり、約13億年の物理的半減期にて ^{40}Ca へと β^- 壊変し、その際に1.31 MeVの β 線エネルギーを放出する。 ^{40}K の同位体比率は0.012%と比較的高く、比放射能も約265 Bq/mgであることから、塩化カリウム等のカリウムを含有する試薬には多くの ^{40}K が存在すると考えられる。実際、500 gの塩化カリウムには約8,000 Bqの ^{40}K が含まれていると見積もられる。これらの背景より、比較的高いエネルギーを有する ^{40}K は自然界に多く存在する特徴も合わせて、幅広い分野での利用が期待できる。そこで塩化カリウムを用いて面線源を作成し、天然核種を利用した β 線ラジオルミノグラフィーによる密度測定及び放射線教育への利用について紹介する。

2. 試験方法

市販品のインクジェット用印画紙(Lサイズ)を塩化カリウム水溶液(250 mg/mL)に浸潤させて風乾させたものを紙面線源とした。また塩化カリウムを微粉化して圧縮成型した平面線源をそれぞれ ^{40}K 面線源として用いた。次に0.1 mm厚の各種試料板(アクリル樹脂、アル

ミニウム)の密度(mg/cm^2)を求め、両者を複数枚重ねた試料を密度検量線に用いた。検量線用試料及び ^{40}K 面線源をイメージングプレート(IP)とともに0.5~16時間密着露光し、バイオイメージアナライザー(BAS-5000, GEヘルスケア・ジャパン(株))にて測定した。得られたラジオルミノグラムに関心領域(ROI)を設定し、輝尽発光値(Photo stimulation: PSL)を求め、バックグラウンド(BG)を減算して β 線吸収量を算出した(図1)。

3. 結果及び考察

3.1 新規密度測定法の構築

^{40}K 面線源と密着露光したアクリル樹脂及びアルミニウム試料板を用いた密度検量線は広い範囲で直線性($y = -0.0044x + 2.967$)と高い相関性($R^2 = 0.999$)を示した(図2)。また、検量線の傾き($-\mu_m/2.303$)より求められる ^{40}K の減弱係数(μ_m)は $0.010 \text{ cm}^2/\text{mg}$ であり、 $69.3 \text{ mg}/\text{cm}^2$ の密度にて β 線が半減すると算出された。これらの成績より、本法の定量範囲の上限は約 $500 \text{ mg}/\text{cm}^2$ と推定され、より広範囲での密度定量が可能と考えられた。

さらに、本法は1時間未満の露光時間では日内変動が大きくなるものの、2時間以上の露光では良好な再現性を示した。日間変動として3回繰り返し測定によるバリデーション試験で

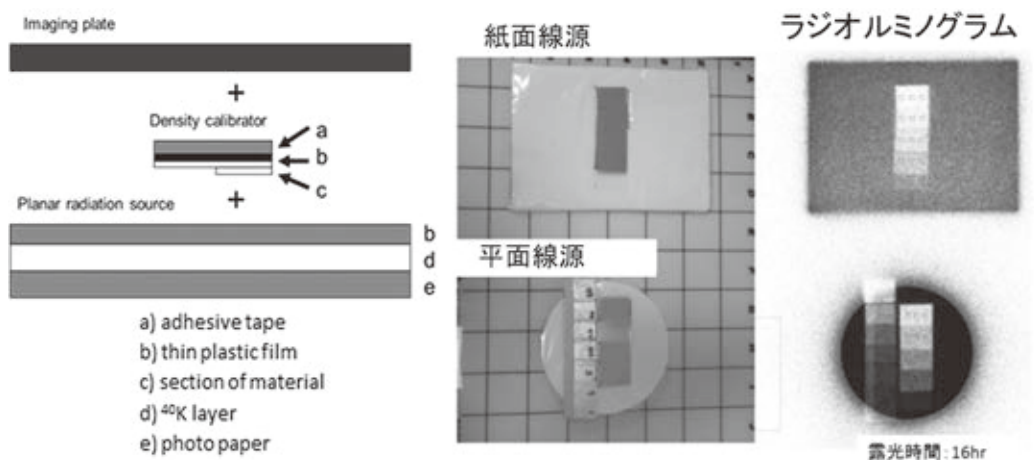


図1 ^{40}K 面線源による β 線ラジオリミノグラフィーの概略

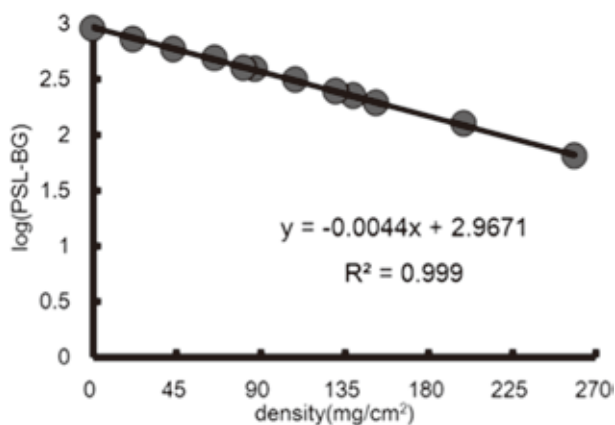


図2 各種試料板を用いた密度検量線

は、3 時間以下の露光時間で変動係数 (C.V. 値) は最大 9.5% であったが、4 時間以上の露光時間では、C.V. 値は 1.3% 以下、実測値との真度 (Accuracy) は 100.5~103.2% の範囲であった (表 1)。以上の結果から、本法は比較的短時間で高い測定精度を有する密度定量が可能であると考えられた。

3.2 放射線教育への利用

^{40}K は塩化カリウム等の試薬として入手可能であり、安価かつ廃棄が容易なほか、放射線管理が不要なために使用区域も制限されない。特に機材持ち込みが制限される管理区域の外で放射線教育が行える意義は非常に大きいと考えられる。よって、高校生を対象としたオープンキャンパス等の学内行事や学外での模擬講義にて ^{40}K の放射線計測を交えた放射線教育への利用についても紹介したい。塩化カリウムから放出される β 線の飛程は長く、線源より約 10 cm 離れても数百 cpm の計数率を示し、GM 計数管にて容易に放射線が検出できる。これらの特性を利用した、a) 線源からの距離による放射線の減衰、b) 各種カリウム含有試薬 (塩化カリウム、リン酸二水素カリウム) の同定、c) チームによる除染体験に関する実習を紹介する (図 3)。

実習 a) では GM 計数管の計数率は塩化カリウム線源からの距離とともに減衰し、逆二乗の法則に従うことが見出された。また、実習 b) で

表 1 ^{40}K 面線源を用いた密度測定法のバリデーション（日間変動）試験

Actual density (mg/cm^2)	Exposure time	Calculated density (mg/cm^2)			Exposure time	Calculated density (mg/cm^2)		
		Mean	S.D.	C.V. (%)		Mean	S.D.	C.V. (%)
258	2 hr	258.0 $\pm$ 3.7	1.4	100.0	3 hr	257.6 $\pm$ 0.9	0.4	99.8
152		156.5 $\pm$ 2.6	1.7	103.0		158.3 $\pm$ 1.9	1.2	104.1
43		44.0 $\pm$ 2.8	6.4	102.4		43.8 $\pm$ 4.2	9.5	101.8
258	4 hr	266.3 $\pm$ 0.4	0.1	103.2	16 hr	261.5 $\pm$ 0.3	0.1	101.4
152		154.8 $\pm$ 0.3	0.2	101.9		154.5 $\pm$ 0.1	0.1	101.7
43		43.2 $\pm$ 0.1	0.2	100.5		44.2 $\pm$ 0.6	1.3	102.7

(n=3)

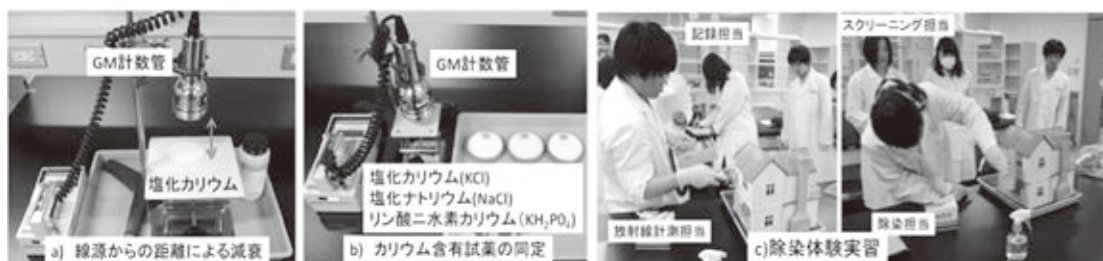


図 3 ^{40}K を用いた放射線の体験型実習

は試薬のカリウム含有率が計数率に影響することから、化合物の分子量やモル計算の重要性を理解させることができた。実習 c) は塩化カリウム水溶液を噴霧して乾燥させた市販品の家屋玩具を用いており、複数の担当者（スクリーニング、放射線計測、除染及び記録）で構成されたチームによる体験型実習である。余談ではあるが、家屋の下には人工芝が敷き詰められており、除染が困難な状態としている。本実習を通じて実際の除染作業には膨大な時間と人員が必要であり、さらに除染に伴い発生した廃棄物は全て放射性廃棄物となることを参加者に理解し

てもらった。

4. まとめ

カリウムは面線源の作製が容易であり、イメージングプレートと組み合わせた β 線ラジオリミノグラフィーにより密度定量が可能である。またカリウムは管理区域外で使用でき、放射線の基本的な特性を理解する実習にも利用可能であり、放射線教育の優れた教材になり得ると考えられる。

(兵庫医療大学薬学部)