

高純度Ge検出器の遮蔽体自作とその性能

Self-making of a shielding for a HP-Ge detector and its performance

緒方良至^A、中村嘉行^A、岸 琢真^B、塚原嘉住夫^C

名大RIC分館^A、(有)えのきエンジニアリング^B、(株)塚原製作所^C

【緒言】 γ 線スペクトロメトリーに用いられる高純度Ge(HP-Ge)検出器は、周囲からの放射線の影響を低減するため遮蔽体で囲われている。通常、10～15cm厚の鉛で囲われ、更に、その鉛からのX線・放射線を遮蔽する内張が用いられる。内張として、日本では、5mm厚の無酸素銅および5mm厚のアクリルの組み合わせが採用されていることが多い。本研究では、様々な内張の効果を実験的に検証した。また、自作遮蔽体では、サンプルの交換のため、一部の鉛ブロックを移動する必要がある。10cm×20cm×5cmの鉛ブロックは、1個11.3kgあり、その移動には、相当の力を必要とする上、作業上の危険を伴う。スベリ機構を採用し簡便で安全な移動方法の開発を試みた。

【方法】使用したHP-Ge検出器(GEM-35190-S, Ortec)は、p型で相対効率35%、FWHMは、1.33MeVで1.9 keV、マグネシウム製のエンドキャップであった。Fig. 1に検出器・遮蔽体およびクライオスタットの略図を示す。検出器は、地上10階、地下2階の鉄筋コンクリート製の建物の1階に設置しており、上方向のコンクリート厚およびグランドからのコンクリート厚の合計は、それぞれ180cm、174cmであった。設置場所の空間線量率は0.05 μ Sv/hであった。鉛遮蔽体の厚さを10cmとした。鉛ブロックは20年以上前に購入したものを使用した。内張として、①内張なし、②Sn:1mm+Cu:1mm、③Cu:5mm+アクリル5mm、④Cd:1mm、⑤Cd:1mm+ Cu:3mm、⑥Cu:5mm、⑦Cd:1mm+Cu:3mm+アクリル5mmの7種類を試し、遮蔽なしの場合のバックグラウンド(BG)と比較した。1回の測定時間は16万秒以上とした。

鉛遮蔽蓋のスベリ機構として、蓋の底面とその支持部の上面に①敷居スベリ、②オイレスシート(1.2mmt)を貼った。潤滑油塗布の効果も含めて蓋を開閉するために必要な力をバネばかりで計測した(Fig.2)。

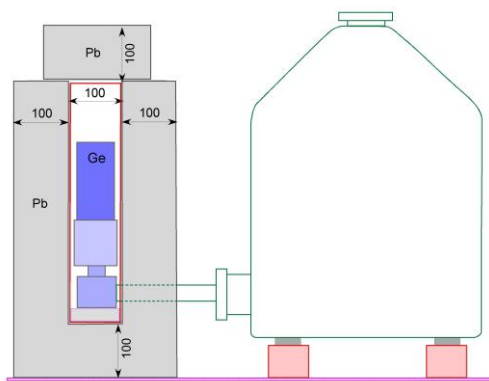


Fig. 1 Crossection of the detector and shields.

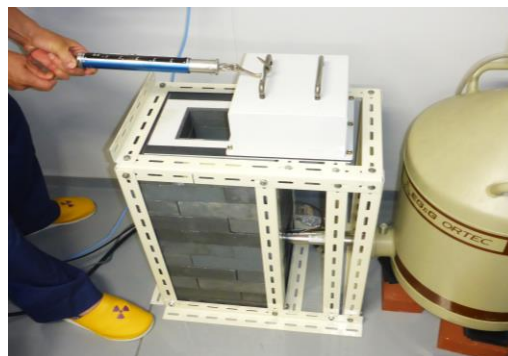


Fig. 2 Sliptool and the test.

【結果と考察】Table 1に γ 線エネルギー領域における各々の内張に対する計測結果を、Table 2に代表的なX/ γ 線ピークに対する計測結果を、Fig.3 にBGのエネルギースペクトルを示す。10cm厚の鉛と内張を組み合わせることにより1500keV以下の領域で、BGをほぼ100分の1以下にできることが分かった。この領域で、もっとも効果的な内張は、「⑦Cd:1mm+Cu:3mm+アクリル5mm」であった。よく使われている「③Cu:5mm+アクリル5mm」は、特に0～150keVの領域で、BGが⑦に対し17%多かった。1500keV以上の領域では、内張の違いによる効果にほとんど差はなかった。 γ 線ピークに対する効果では、 ^{40}K 、 ^{214}Bi 、 ^{208}Tl のピークに対しては、「⑤Cd:1mm+Cu:3mm」が効果的であった。消滅放射線に対しては、内張の効果に差はあまりなかった。

鉛遮蔽蓋をずらすために必要な力は、①敷居スベリ、②敷居スベリ+CRCグリス、③オイレスシート、④オイレスシート+シリコングリスで、それぞれ、①~19kg、②~9kg、③7.5~9kg、④3.5~4kgであった。

「④オイレスシート+シリコングリス」では、片手でも容易に移動させることができた。「②敷居スベリ+CRCグリス」で必要な力は、潤滑油なしの「③オイレスシート」とほぼ同じ値であった。鉛ブロックの移動には、力を要するとともに危険を伴う。比較的安価で設置も簡便なスベリ機構の採用は、実験者の負担を減らすばかりでなく、実験時の安全対策に役立つことが分かった。

Table 1 Count rate of background (cph/keV) and the ratio (in parenthesis) for continuous energy range

No	Shield/Lining	Energy range (keV)				
		0~150	150~600	600~1500	1500~2700	2700~4000
NS	No shield	736 (1/1)	334 (1/1)	54.1 (1/1)	5.85 (1/1)	0.079 (1/1)
HS	Half shield	82.0 (1/9)	48.7 (1/8)	8.5 (1/6)	1.04 (1/6)	0.075 (1/1.05)
L0	No lining	9.96 (1/74)	5.98 (1/56)	0.662 (1/82)	0.169 (1/35)	0.063 (1/1.26)
L1	Sn:1mm+Cu:1mm	5.45 (1/135)	4.10 (1/81)	0.612 (1/88)	0.165 (1/35)	0.063 (1/1.26)
L2	Cu:5mm+Acryl:5mm	5.06 (1/145)	3.67 (1/90)	0.579 (1/93)	0.158 (1/37)	0.062 (1/1.27)
L3	Cd:1mm	4.35 (1/169)	3.82 (1/88)	0.616 (1/88)	0.167 (1/35)	0.063 (1/1.25)
L4	Cd:1mm+Cu:3mm	4.36(1/169)	3.58(1/93)	0.604(1/90)	0.158(1/37)	0.062(1/1.29)
L5	Cu:5mm	4.39 (1/168)	3.38(1/99)	0.585 (1/92)	0.158(1/37)	0.062 (1/1.29)
L6	Cd:1mm+Cu:3mm+Acryl:5mm	4.31(1/171)	3.31(1/101)	0.578(1/94)	0.158(1/37)	0.062(1/1.29)

Table 2 Count rate of background (cph/peak) and the ratio (in parenthesis) for X-ray/gamma-ray peaks

No	Shield/Lining	Pb X-ray	511 keV	1461 keV	1764 keV	2614 keV
		(K α +K β)	(annihilation)	(⁴⁰ K)	(²¹⁴ Bi)	(²⁰⁸ Tl)
NS	No shield	178 (1/1)	533 (1/1)	4093 (1/1)	385 (1/1)	702 (1/1)
HS	Half shield	22.2(1/88)	167(1/5)	535(1/8)	50.9(1/8)	167(1/8)
L0	No lining	165 (1/1.1)	30.4 (1/17)	6.33 (1/647)	2.15 (1/179)	2.95 (1/238)
L1	Sn:1mm+Cu:1mm	1.17 (1/152)	31.6 (1/17)	6.27 (1/653)	1.18 (1/325)	2.84 (1/247)
L2	Cu:5mm+Acryl:5mm	N.D.	24.7 (1/22)	5.31 (1/771)	1.13 (1/340)	2.56 (1/274)
L3	Cd:1mm	5.42 (1/33)	30.7 (1/17)	6.28 (1/652)	1.19 (1/324)	3.07(1/228)
L4	Cd:1mm+Cu:3mm	N.D.	25.3(1/21)	5.18(1/790)	0.84(1/458)	2.55(1/275)
L5	Cu:5mm	N.D.	25.5(1/21)	5.16(1/793)	1.59(1/242)	2.75(1/255)
L6	Cd:1mm+Cu:3mm+Acryl:5mm	N.D.	27.2(1/20)	5.30(1/772)	0.87(1/441)	2.62(1/268)

【結語】鉛遮蔽体の内張には、総合的にみて上記のうち「⑦Cd:1mm+Cu:3mm+アクリル5mm」がもっとも効果的であることが分かった。

比較的安価で安全な鉛遮蔽蓋スベリ機構が簡便に設置できることを明らかにした。

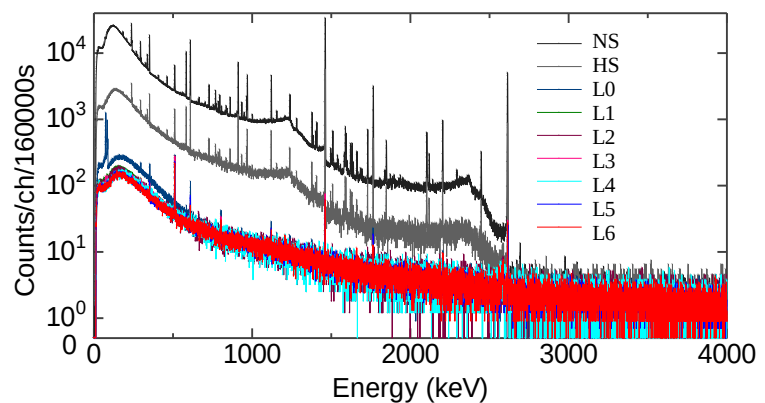


Fig. 3 Energy spectra of background for each lining.