

コンクリートからの後方散乱ガンマ線を低減させる表面材の研究(1)

Study on Some Surface Materials Reducing the Backscattered γ Rays from Concrete (1)

斉藤 秀雄*・佐藤 乙丸*
Hideo SAITO and Otomaru SATO

1. ま え が き

放射線使用施設においては、放射線源から二次的に生成する散乱X線、ガンマ線をできる限り少なくすることが望まれている。特に理工学や核医学などで使用されている密封された放射性同位元素およびX線管球を利用する装置からの、一次放射線によって二次的に発生する散乱X線、ガンマ線成分を減らすことは放射線防護上特に重要である。

このような観点から筆者らは無限厚のコンクリートからの散乱ガンマ線成分を低減させる目的で、薄い鉄板と鉛箔を表面材として用い、密封ガンマ線源 ^{51}Cr 、 ^{75}Se からのガンマ線に対して、その散乱線低減効果を調べたので、以下にその結果を述べる。

2. 実験方法

図1に示した密封線源(^{51}Cr 、 ^{75}Se)を円筒型鉛照射容器に収容し、そのガンマ線ビームを20mm ϕ に絞り、無限厚コンクリート表面に鉄板または鉛箔を低減材として貼りつけたものの中心部へ垂直に照射し、135°方向に散乱してくるガンマ線成分を2" ϕ \times 2" NaI(Tl)シンチレーターで検出し、これをマルチチャンネル波高分析器(Northern Econ II Series)に接続した。

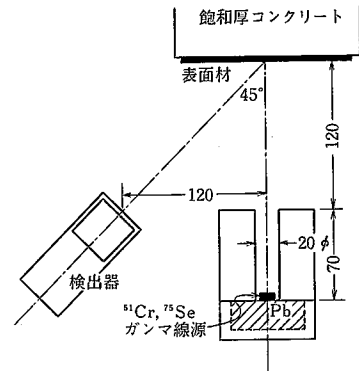


図1 ^{51}Cr 、 ^{75}Se ガンマ線の測定配置図

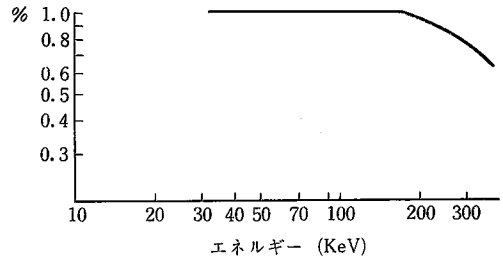
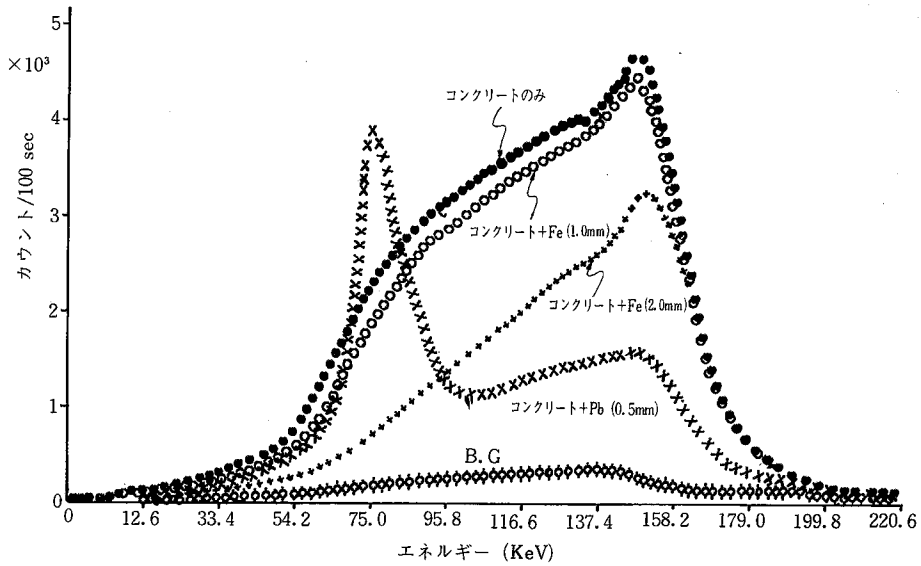


図2 2" ϕ \times 2" NaI(Tl)シンチレーターの相対計数効率特性

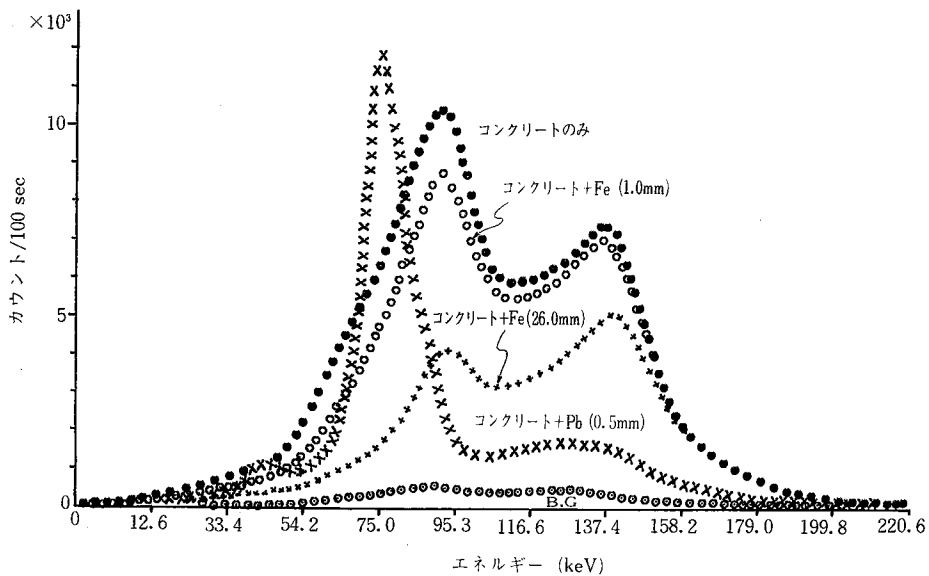
表1 ^{51}Cr 、 ^{75}Se ガンマ線源の核特性²⁾

線源	放射線強度 mCi	半減期 $T_{1/2}$	照射線量率定数 $R \cdot h^{-1} \text{Ci}^{-1}$ at 1m	ガンマ線放出エネルギーと放出割合 (%)	1回散乱ガンマ線エネルギー (keV)	エネルギー積分範囲 (keV)
^{51}Cr	50	27.8d	0.016	320 (9) 5.0 (V-KX)	154	4 ~ 220
^{75}Se	5	120.4d	0.2	24 (0), 66 (1), 96 (3) 120 (15), 140 (54), 200 (1.5) 270 (56), 280 (23) 310 (1.4), 400 (12.5)	141 90.6	4 ~ 220

* 東京大学生産技術研究所 第4部



(a) ^{51}Cr ガンマ線を用い、無限厚層のコンクリートのみと、その表面に厚さ 1.0 mm, 2.0 mm の鉄板または厚さ 0.5 mm の鉛箔と散乱体なしの場合の散乱ガンマ線エネルギースペクトル(2" ϕ \times 2" NaI(Tl))



(b) ^{75}Se ガンマ線を用い、無限厚層のコンクリートのみと、その表面に厚さ 1.0 mm, 26.0 mm の鉄板または厚さ 0.5 mm の鉛箔と散乱体なしの場合の散乱ガンマ線エネルギースペクトル(2" ϕ \times 2" NaI(Tl))

図 3

研究速報

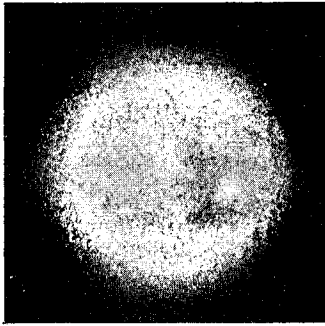


写真1 鉛照射容器の開口部から120 mm離れたところにX線フィルムを設定して撮った⁵¹Crと⁷⁵Seの照射の大きさ(直径52 mmφ)

使用したガンマ線源は、クロム金属と酸化セレンをJRR-1で70時間照射したものを、外径19 mmφのアルミニウムカプセル中に密封し、表1に示したように使用時の放射能は50 mCiと5 mCiであった。⁵¹Crは320 KeVのガンマ線のみを放出し、⁷⁵Seは140 KeV, 270 KeVのガンマ線が主である。図2は2°φ×2° NaI(Tl)シンチレーターの相対計数効率特性を示し、線源(S)と検出器(D)との距離を100 mmにして求めた実測値である。⁵¹Crと⁷⁵Seの1回散乱ガンマ線エネルギーは表1に示すようにそれぞれ154 KeVおよび90.6 KeVと141 KeVである。したがって、図2から明らかなようにこれらのガンマ線エネルギーに対するシンチレーターの計数効率は等しいものと考えられるので、特に補正はしなかった。なお、S-D間の距離は図1に示すように両線源とも120 mmで測定し、このときの照射野の大きさを写真1に示した。

3. 実験結果と考察

(1) ⁵¹Crおよび⁷⁵Seの散乱ガンマ線エネルギースペクトル

図3(a), (b)はそれぞれ⁵¹Crと⁷⁵Seのガンマ線源を用い、無限厚コンクリートの場合、およびその表面に鉄板または鉛箔を貼りつけたときの散乱ガンマ線エネルギースペクトルである。(a)は無窮厚コンクリート(●印)の場合と、その表面に厚さ1.0 mm(○印)または2.0 mm(+印)の鉄板、および厚さ0.5 mm(x印)の鉛箔を置いたとき、さらに散乱体がないとき(φ印)のスペクトルである。図の154 KeV付近は、⁵¹Crの1回散乱ガンマ線成分であり、100 KeV付近は多重散乱ガンマ線成分でわずかに多くなっている。しかし鉄板の厚さが2.0 mmになると、厚さ1.0 mmのときよりも吸収される成分が増えるために、その成分は少なくなっている。このことからわかるように、鉄板を置くと、コンクリートからの

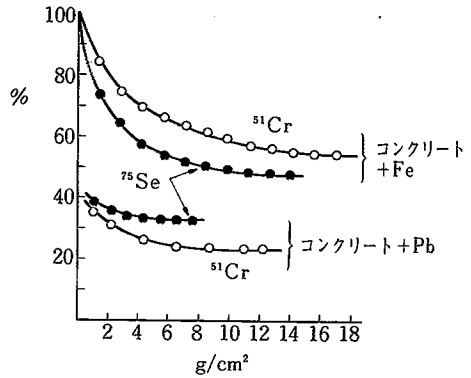


図4 ⁵¹Cr, ⁷⁵Seガンマ線によるコンクリート+Fe・Pbの散乱線低減効果特性(2°φ×2° NaI(Tl))

散乱ガンマ線成分のうち、低エネルギー成分ほどより多く吸収されている。また鉛の場合は⁵¹Crの320 KeVのガンマ線で励起された鉛のKX線が75 KeV付近に大量に生成し、1回散乱ガンマ線成分は相対的に減少している。これはこのガンマ線エネルギー領域における鉛の吸収断面積を考える場合、光電効果が支配的となっているためである。

また(b)は上述と同様に⁷⁵Seについて求めたもので、無限厚コンクリート(●印)のみと、その表面に厚さ1.0 mm(○印)、26.0 mm(+印)の鉄板および厚さ0.5 mm(x印)の鉛箔を置いたときと散乱体がないとき(φ印)のスペクトルで、図の141 KeVと90.6 KeV付近の散乱ガンマ線成分は、それぞれ270 KeVおよび140 KeVのガンマ線の1回散乱ガンマ線である。また鉛の場合は⁵¹Crの場合と同様にPbKX線が発生し、その生成量は⁵¹Crより著しい。厚さ1.0 mmと26.0 mm鉄板の散乱スペクトルを比べてみると、高エネルギー側の141 KeVの散乱成分は無窮厚コンクリートの散乱成分とほぼ同じ計数率を示しているが、低エネルギー側の90.6 KeVの散乱成分はその差が大きく生じてくる。これは鉄のコンプトン散乱断面積よりも光電効果断面積の方が約2倍多く、かつ鉄板での吸収が著しいためである。このような効果は鉄板を厚くすると、いっそう著しく現れてくる。

(2) 鉄、鉛をコンクリートに貼ったときの散乱ガンマ線低減効果について

図3(a), (b)に示した無限厚のコンクリート表面にそれぞれ鉄板と鉛箔の厚さを変えて貼布し、後方散乱ガンマ線エネルギースペクトルを求め、表1に示したエネルギー範囲を積分し、全散乱ガンマ線計数率(cpm)を求めた。これを図4に示す。この図の縦軸は無窮厚コンクリートからの散乱成分を100%としたときの散乱成分の値

表2 各種物質の無限厚層による比飽和散乱成分
(コンクリート成分を100%とする)

散乱体 線源	単位%							
	コンクリート	Al	水	C	木材	Fe	Sn	Pb
^{51}Cr	100	110	104	103	69.5	21.5	9.4	12.4
^{75}Se	100	110	115	124	83.0	37.7	8.1	25.0

であり、また横軸は表面材(鉄板と鉛箔)の厚さを g/cm^2 で表したものである。この散乱ガンマ線低減率特性を示す値から明らかなように ^{51}Cr の鉄と鉛の場合、それぞれ $17.0 \text{ g}/\text{cm}^2$ (厚さ 24.0 mm) のとき 54.0%, $11.0 \text{ g}/\text{cm}^2$ (厚さ 10.0 mm) のとき 23.3% に低減している。同様に ^{75}Se は前者の物質の場合、 $14.0 \text{ g}/\text{cm}^2$ (厚さ 20.0 mm) のとき 47.0%, 後者では $6.5 \text{ g}/\text{cm}^2$ (厚さ 5.0 mm) で 32.0% にそれぞれ低減している。このように鉛の場合には入射ガンマ線エネルギーの小さい ^{75}Se よりも ^{51}Cr の方が低減率が小さくなっているが、鉄の場合には逆に ^{75}Se の方が小さくなっている。いずれの場合も両線源を用いた場合には鉄よりも鉛の方が低減効果が大いことがわかる。

(3) 無限厚層による各種物質の比飽和散乱

原子番号の異なる無限厚層の物質 8 種類(木材・水・カーボン・コンクリート・アルミニウム・鉄・錫・鉛)について散乱ガンマ線スペクトルを求め、表1に示した範囲を積分して後方散乱光子数を求めた。表2はその結果で、コンクリートの場合を100%に正規化したものである。この表によれば、 ^{51}Cr より平均エネルギーの低い ^{75}Se からの散乱ガンマ線成分がアルミニウム・水・カーボンなどの低原子番号物質のとき増大していること、および鉄と鉛を比較した場合、両線源に対して鉄より鉛の方が散乱成分が減少し、また後者の物質については ^{51}Cr より ^{75}Se の方が2倍も大きい。しかし、錫は両線源に対してほぼ同じ値を示し、これらの物質の中で散乱ガンマ線成分が最も低い値を示している。

(1980年5月8日受理)

参考文献

- 1) 佐藤, 斉藤, 加藤, 散乱ガンマ線低減材のエネルギー特性, 第15回理工学における同位元素研究発表会 p143, 1978. 6
- 2) ラジオアイソトープ手帳 p22~26, 日本アイソトープ協会, 1977

正誤表(7月号)

頁	種別	正
324	図面の配置	図6と図7とを交換する。
345	"	Fig. 3-6 と Fig. 3-7 とを交換する。