

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(2)

Study on Some Surface Materials Reducing the Backscattered γ Rays from Concrete (2)

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

1. ま え が き

コンクリートからの後方散乱ガンマ線を表面材料によって低減させることは放射線防護上重要である。この目的で前報¹⁾では200 keV前後の一次ガンマ線について検討したが、今回は⁵⁷Coと²⁴¹Amの両ガンマ線源を用い、²⁾鉛、鉄、錫、銅を表面材料としたときについて検討したので以下に報告する。

2. 実験方法

約10 mCiの密封線源⁵⁷Coと²⁴¹Amを用い、これらを円筒型鉛照射容器に収容して固定し、そのガンマ線束を20 mm ϕ に絞り、散乱体に対して垂直に照射し、135°方向に散乱してくるガンマ線を図1の計数効率特性を持つBe窓の31.25 ϕ ×6 mm NaI(Tl)シンチレーターで測定した。すなわち、無限厚コンクリート表面に鉛(Pb)、鉄

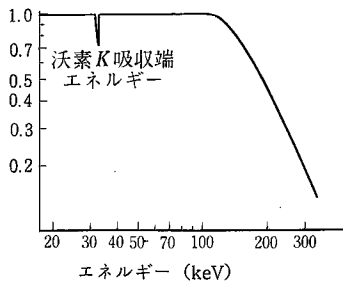


図1 Be窓の31.25 ϕ ×6 mm NaI(Tl)シンチレーターの相対計数効率特性

(Fe)、錫(Sn)、銅(Cu)箔を貼布し、それらの厚さを変えて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て全散乱ガンマ線計数率(cpm)を求めた。このときの検出器側に内径40 mm ϕ の鉄製コリメーターを取り付けた。なお、⁵⁷Coの場合の測定配置は前報¹⁾と全く同じであるが、²⁴¹Amの場合は線源と検出器との距離を100 mmとしたため、照射野の大きさは48 mm ϕ であった。

3. 実験結果と考察

3-1 低減材料PbおよびFeをコンクリート表面に貼布した散乱ガンマ線スペクトル

図2(a)は⁵⁷Co線源を用い、無限厚のコンクリート(●印)のみと、その表面に厚さ12.0 mmの鉄板(+印)または厚さ2.0 mmの鉛板(○印)を貼布したときの後方散乱ガンマ線スペクトルである。図の86.6 keV付近のピークは1回散乱ガンマ線成分であり、コンクリートのみと、その表面に鉄板を貼布した場合に見られる。鉛を貼布した場合は1回散乱ガンマ線が見られず、75 keV付近にPb KX線ピークが生じている。またそのエスケープピーク47 keVも生成されている。

図2(b)は、²⁴¹Amの場合で無限厚コンクリート(●印)のみと、その表面に厚さ10.0 mmの鉄板(○印)または厚さ1.0 mmの鉛箔(+印)を貼布したときの後方散乱ガンマ線スペクトルである。図の49.6 keVは60 keVのガンマ線からの1回散乱ガンマ線成分であり、

表1 使用したアイストープの核特性³⁾と散乱ガンマ線エネルギー

線源	放射線強度(mCi)	半減期	照射線量率定数 R·h ⁻¹ Ci ⁻¹ at 1m	入射ガンマ線エネルギー(keV)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)
⁵⁷ Co	10	270 d	0.09	14 (9) 122 (87) 136 (11)	86.6	38~220
²⁴¹ Am	10	433 y	0.0116	26 (3.1) 59.5 (38.4) N _p X-rays	49.6	42~253

* 東京大学生産技術研究所 第4部

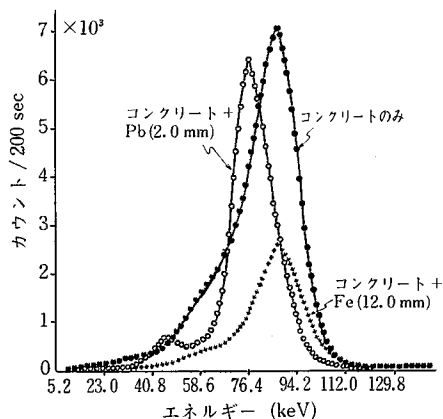


図2(a) ^{57}Co ガンマ線源を用い、無限厚のコンクリートのみと、その表面に厚さ12.0 mmの鉄板および厚さ2.0 mmの鉛箔を貼付したときの散乱ガンマ線エネルギースペクトル

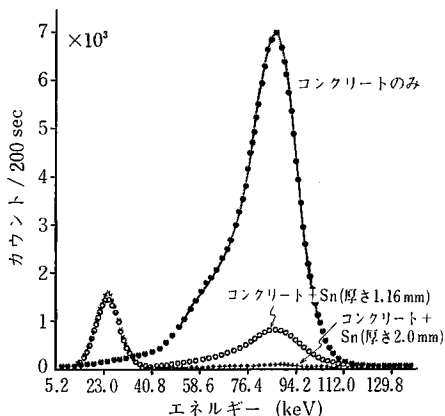


図3(a) ^{57}Co ガンマ線源を用い、無限厚のコンクリートのみと、その表面に厚さ1.16 mmおよび2.0 mmのSn箔を貼付したときの散乱ガンマ線エネルギースペクトル

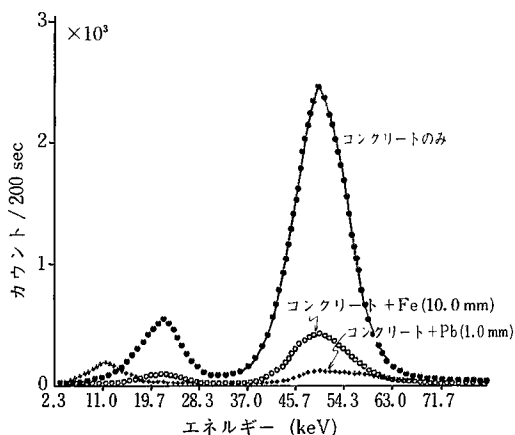


図2(b) ^{241}Am ガンマ線源を用い、無限厚のコンクリートのみと、その表面に厚さ10.0 mmの鉄板および厚さ1.0 mmの鉛箔を貼付したときの散乱ガンマ線エネルギースペクトル

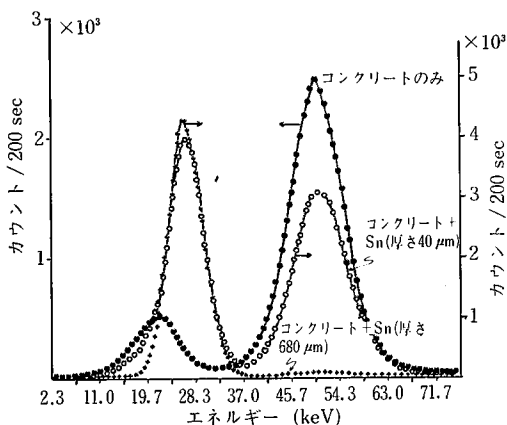


図3(b) ^{241}Am ガンマ線源を用い、無限厚のコンクリートのみと、その表面に厚さ40 μmおよび680 μmのSn箔を貼付したときの散乱ガンマ線エネルギースペクトル

約20 keV付近のところのピークは49.6 keVのガンマ線のエスケープピークと26.0 keVの一次ガンマ線からの1回散乱ガンマ線成分23.9 keVとが重なったものである。また鉛を貼付した場合はPb LX線10.55 keVおよび1回散乱ガンマ線成分がわずかに生成しているにすぎない。

3-2 表面材料 Sn の厚さを変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

図3(a)は ^{57}Co を用い、無限厚コンクリート上に厚さ1.16 mm(○印)および2.0 mm(+印)のSn箔を貼付したときの後方散乱ガンマ線スペクトルである。図の86.6 keV付近は1回散乱ガンマ線成分であり、厚いSn箔の場合には完全に吸収されてしまう。しかし、Snの厚さを変えてもSn KX線の生成量はほぼ同程度である。

図3(b)は ^{241}Am を用い、厚さ40 μm(○印)および680 μm(+印)のSn箔を貼付したときの後方散乱ガンマ線スペクトルである。Snの厚さが薄い場合には、1回散乱ガンマ線とSn KX線25.3 keVの両成分が生成するが、厚い場合にはコンクリートからの1回散乱ガンマ線成分がSn箔で吸収されるため、SnのKX線だけとなる。

3-3 Pb, Fe, Sn, Cu の散乱ガンマ線低減効果について

Pb, Fe, Sn, Cuの4種類の表面材料の厚さを変えて、図2または図3のような散乱スペクトルを求め、この散乱スペクトルから全散乱ガンマ線計数率(cpm)を算出して縦軸とし、表面材料の厚さを横軸に示すと図4(a),

研究速報

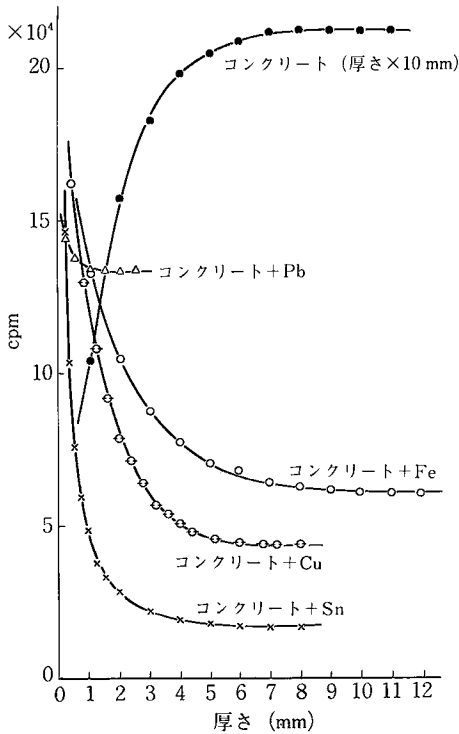


図4(a) ^{57}Co ガンマ線源による、コンクリートの飽和特性とコンクリート+Pb, Fe, Cu, Sn の散乱線低減効果特性

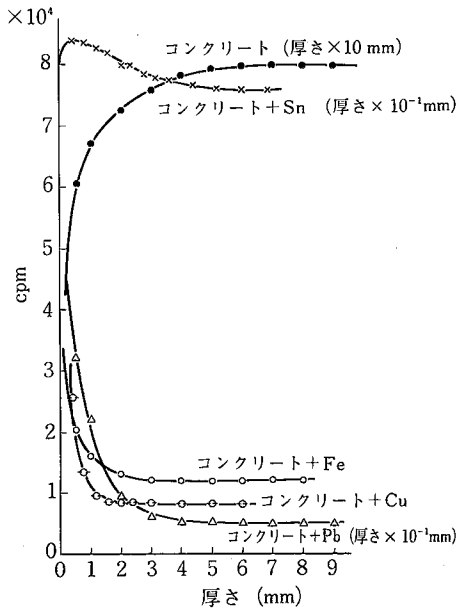


図4(b) ^{241}Am ガンマ線源による、コンクリートの飽和特性とコンクリート+Pb, Fe, Cu, Sn の散乱線低減効果特性

表2 ^{57}Co と ^{241}Am ガンマ線源による、コンクリートの後方散乱飽和計数率(100%)と表面材料の低減効果最大ときの後方散乱計数率

線源名 物質	^{57}Co		^{241}Am	
	後方散乱計数率 (cpm)	低減率 %	後方散乱計数率 (cpm)	低減率 %
コンクリート	21.15×10^4	100	8.00×10^4	100
Pb	13.3×10^4	62.88	0.50×10^4	6.25
Sn	1.65×10^4	7.80	7.60×10^4	95.00
Cu	4.40×10^4	20.80	0.80×10^4	10.00
Fe	6.05×10^4	28.61	1.20×10^4	15.00

(b) が得られる. 図4(a)は ^{57}Co を用いた場合で、Pbの場合はKX線を大量に生成するため、低減率が一定になる計数率から見ると、散乱線低減効果が4種類のうち最も悪い値を示している. しかし、たとえば、表面材料の厚さを0.1mmに限定して考えてみるならば、Pb箔が最も低減効果が大きいことがわかる.

図4(b)は ^{241}Am を用いた場合で、低減率が一定となったときの飽和計数率からみても、また、厚さを限定した場合においても、Pb箔が最も低減効果が大きい. しかし、KX線生成率の大きいSn箔の場合は、厚さが0.035~0.2mmまでは後方散乱ガンマ線を逆に増大させる効果があるが、厚さ0.2mm以上になると、1回散乱ガンマ線成分の吸収効果がきいてくるため、若干の低減効果を示すようになる.

表2は図4(a),(b)の無限厚コンクリートのときの後方散乱飽和計数率を100%とし、表面材料による散乱効果が一定に達したときの後方散乱ガンマ線計数率を%で表したものである. この表から、 ^{57}Co の場合はSnが低減材料として最も良く、Pbは悪くなっているが、ガンマ線エネルギーの異なる ^{241}Am の場合は逆転している. この理由はKX線やLX線の生成割合がガンマ線のエネルギーによって変わるからである. しかし、FeとCuの場合、そのKX線(6~8keV)が少ないので、主に1回散乱ガンマ線成分のみとなり、両線源に対してほぼ同じ低減効果を示している. (1980年5月17日受理)

参考文献

- 1) 齊藤, 佐藤; 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), 生産研究 32(8) p.32~35 1980.
- 2) 佐藤, 齊藤; ^{241}Am からの γ 線の後方散乱について, 第14回理工学における同位元素研究発表会要旨集, p. 27. 1977.6
- 3) ラジオアイソトープ手帳, p. 23~46 日本アイソトープ協会製 1977. 5