

# 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(4)

Study on Some Surface Materials Reducing the Backscattered  $\gamma$  Rays from Concrete (4)

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

## 1. ま え が き

放射線施設において、 $^{137}\text{Cs}$  を照射中に壁面から散乱されるガンマ線は、X線領域<sup>1,2)</sup>と異なった挙動を示すと考えられる。このために前報<sup>2,3,4)</sup>と同様に、無限厚層のコンクリートおよび鉛を密着した場合の散乱ガンマ線スペクトルを調べ、散乱ガンマ線低減効果について検討したので、その結果を報告する。

## 2. 実験方法

図1は $^{137}\text{Cs}$ 密封ガンマ線源約70mCiを、鉛照射容器内に收容し、そのガンマ線ビームを16mm $\phi$ に絞り、散乱体表面に垂直に照射して、135°方向に散乱してくるガンマ線成分を、電離箱線量率計でその線量率を測定するほかに、Be窓の1'' $\phi$ ×1mmNaI(Tl)シンチレーターおよび2'' $\phi$ ×2''NaI(Tl)シンチレーターで検出し、その出力をマルチチャンネル波高分析器に導いてエネルギースペクトルを求めた。使用した散乱体のうちコンクリートと木材は無限厚であり、その表面に鉄板または鉛箔を貼布し、それらの厚さを変えてコンクリートおよび木材からの散乱ガンマ線計数率の変化を調べ、前報<sup>2,4,5)</sup>と同様に散乱ガンマ線の低減効果を比較検討した。

## 3. 実験結果と考察

### 3-1 鉄および鉛をコンクリート表面に貼布したときの散乱ガンマ線スペクトル

図2(a)(b)は2'' $\phi$ ×2''NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層のコンクリート表面に鉄板または鉛箔を貼布し、その厚さを変えて散乱ガンマ線スペクトルの変化を調べた結果である。図2(a)は鉄板の厚さを1.0, 2.0, 3.0mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトルで、200keV付近の1回散乱ガンマ線成分は殆んど変化がなく、多重散乱ガンマ線成分(120keV付近)のみが厚さとともに幾分低減している。

図2(b)は鉛の厚さを0.5, 1.0, 1.5mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトルで、1回散乱ガンマ線成分(200keV付近)とPbKX線(75keV付近)とに分かれ、ピーク計数率から言えば、後者の方が大きい。このような傾向は測定配置の異なる大段<sup>6)</sup>、加藤<sup>7)</sup>らの実験値とはほぼ一致している。

図3(a)(b)はBe窓の1'' $\phi$ ×1mmNaI(Tl)シンチレーターを用いた場合の散乱ガンマ線スペクトルで、検出器の計数効率の関係から1回散乱ガンマ線成分は殆んど計数されないので多重散乱ガンマ線のみを求めたものである。図3(a)は鉄板を貼布した場合で厚くなるにつれて散乱ガンマ線計数率が低減し、厚さ10.0mmでコンクリートのみの場合の半分以下になる。また、この散乱ガンマ線スペクトルのピークは鉄板を重ねていくにつれてエネルギーの高い方にずれていく傾向にある。これは低エネルギー成分が鉄板によって吸収されるからと考えられる。

図3(b)は鉛を貼布した場合で、厚さが0.1, 0.3, 1.0mmのときの散乱ガンマ線スペクトルである。そのピークの低エネルギー側の成分が、コンクリートのみのときと同程度の計数率を示しているが、これはPbKX線が励起されることと、検出器の計数効率のエネルギー特性によるものと考えられる。

### 3-2 鉄および鉛を木材の表面に貼布したときの散乱ガンマ線スペクトル

図4(a)(b)は2'' $\phi$ ×2''NaI(Tl)シンチレーターを

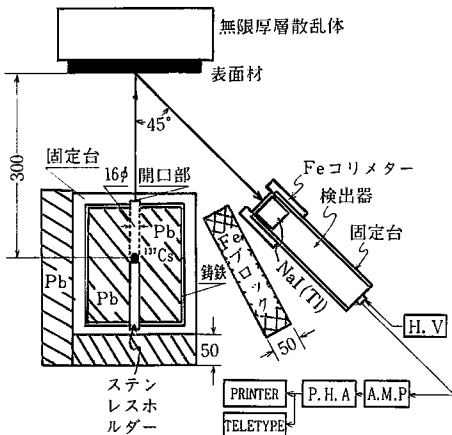


図1  $^{137}\text{Cs}$ ガンマ線を用いた後方散乱低減効果の測定配置図

\* 東京大学生産技術研究所 第4部

用い、無限厚層の木材の表面に鉄板または鉛箔を貼布したときの散乱ガンマ線スペクトルである。図4(a)は鉄板の厚さをそれぞれ1.0, 3.0, 5.0 mmにしたときの散乱ガンマ線スペクトルで、計数率は殆んど変わらない。これは散乱断面積の大きい物質の表面に密度の大きい鉄板を密着したため、その散乱ガンマ線が鉄板によって吸収されたからである。鉛の場合(図4(b))は図2

(b)と同じような散乱ガンマ線スペクトルとなる。鉛の厚さが0.5および1.0 mmの場合を図2(b)と比較すると、殆んどスペクトルに変化が見られず、鉛によって散乱成分が支配されることを示している。

図5(a)(b)はBe窓1"φ×1 mm NaI(Tl)シンチレーターを用いた場合で、それぞれ鉄板の厚さ1.0, 3.0, 10.0 mmおよび鉛箔の厚さ0.1, 0.3, 1.0 mmに変えたときの多重散乱ガンマ線スペクトルである。厚さ1.0 mmのとき両スペクトルを比較すると、鉄板より鉛箔の方がいく

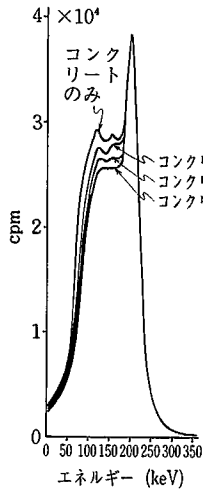


図2(a) 2"φ×2" NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層のコンクリート表面に鉄(Fe)の厚さ1.0, 2.0, 3.0 mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

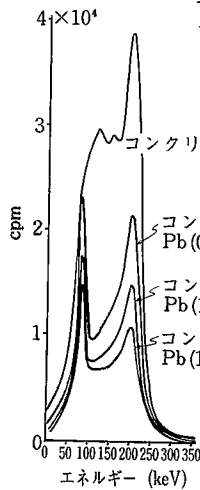


図2(b) 2"φ×2" NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層のコンクリート表面に鉛(Pb)の厚さ0.5, 1.0, 1.5 mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

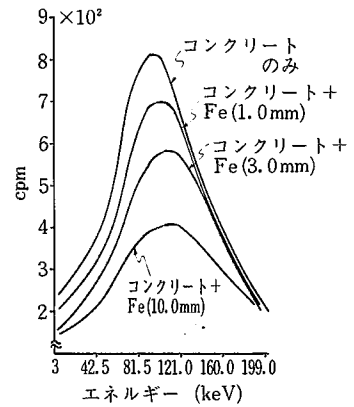


図3(a) Be窓の1"φ×1 mm NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層のコンクリート表面に鉄(Fe)の厚さ1.0, 3.0, 10.0 mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

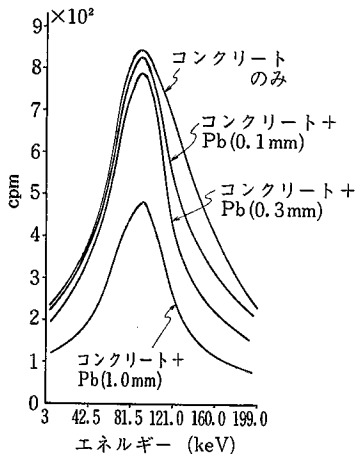


図3(b) Be窓の1"φ×1 mm NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層のコンクリート表面に鉛(Pb)の厚さ0.1, 0.3, 1.0 mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

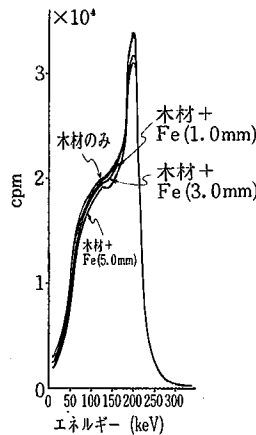


図4(a) 2"φ×2" NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層の木材の表面に鉄(Fe)の厚さ1.0, 3.0, 5.0 mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

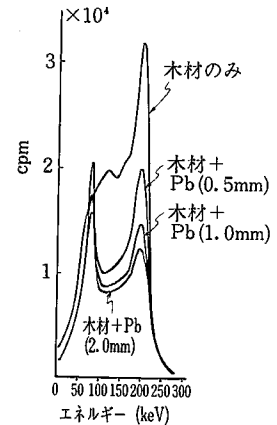


図4(b) 2"φ×2" NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層の木材の表面に鉛(Pb)の厚さ0.5, 1.0, 2.0 mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

研究速報

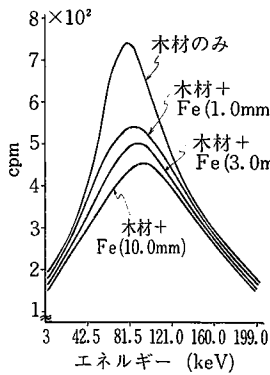


図5(a) Be窓の1"φ×1mm NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層の木材の表面に鉄(Fe)の厚さ1.0, 3.0, 10.0 mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

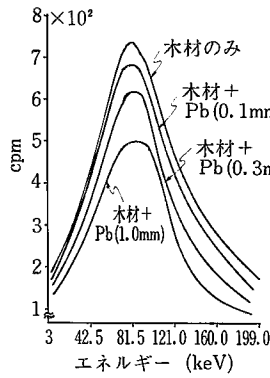


図5(b) Be窓の1"φ×1mm NaI(Tl)シンチレーターを用い、無限厚層の木材の表面に鉛(Pb)の厚さ0.1, 0.3, 1.0 mmに変えたときの散乱ガンマ線スペクトル

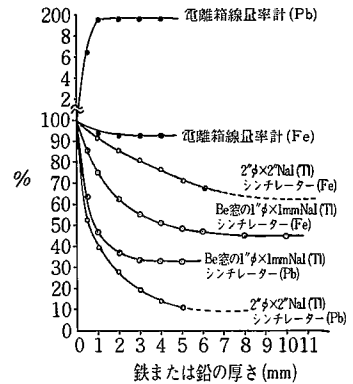


図6(a) <sup>137</sup>Cs ガンマ線を用い、電離箱線量率計および両シンチレーターによる無限厚コンクリート上に鉄板または鉛箔を変えたときの散乱ガンマ線低減率特性

ら散乱ガンマ線低減効果が大きい。しかし、鉛の場合はK X線が生成するために、散乱ガンマ線スペクトルの低エネルギー側の低減割合がみかけ上小さくなる。

3-3 <sup>137</sup>Csからのガンマ線の散乱低減効果について

散乱ガンマ線スペクトルを前報<sup>8)</sup>と同じエネルギー範囲について積分し、これを全散乱ガンマ線計数率(cpm)とした。なお電離箱線量率計(mR/hr)の場合は測定値をそのまま用いた。コンクリートおよび木材からの飽和散乱計数率を100%とし、表面材を貼布したときの計数率を%で表して、これを縦軸に、横軸にはそれぞれの鉄板と鉛箔の厚さ(mm)をとって求めた散乱ガンマ線低減率特性を図6(a)(b)に示した。図6(a)はコンクリートの場合で、電離箱線量率計と鉛の場合は200%に増大しているが、鉄の場合には約93%に低減している。この原因はPb特性X線の影響によるものと考えられる。一方、両シンチレーターの場合にはともに低減効果を示している。なお、2"φ×2"NaI(Tl)シンチレーターと鉄および鉛の場合、破線によって示してある部分は予想低減率である。上述の特性から、たとえば表面材料の厚さを0.5mmに限定した場合、両シンチレーターに対して、鉛の場合は50~65%、鉄は85~95%に低減しているので、鉛の方が低減効果が大きいことがわかる。さらにこの特性から、2"φ×2"NaI(Tl)シンチレーターを用いた散乱ガンマ線低減率が一定の飽和値になる厚さが、Be窓シンチレーターよりも大きくなっているのは、多重散乱ガンマ線と1回散乱ガンマ線の両成分が含まれているからである。

図6(b)は木材の場合で、図6(a)と同様の傾向を示

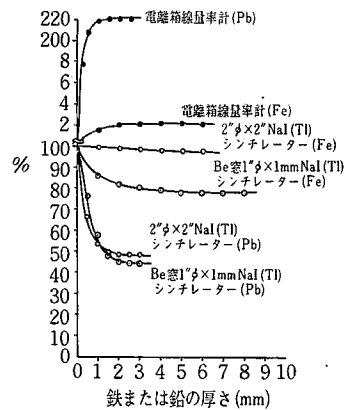


図6(b) <sup>137</sup>Cs ガンマ線を用い、電離箱線量率計および両シンチレーターによる無限厚木材上に鉄板または鉛箔の厚さをを変えたときの散乱ガンマ線低減率特性

している。電離箱線量率計による鉄と鉛の場合はいずれも220および120%に増大している。この理由は前述<sup>8)</sup>のとおり、PbKX, LX線およびFeKX線が生成し、電離箱線量率計がこれらのX線を効率よく検出しているためである。このことを確かめる目的で厚さ50mmの鉛の上に鉄板を重ねて散乱ガンマ線量率を求めてみた。図7の実線のように、厚さ2.0mmで最小となり、その後は次第に増加する傾向を示している。そこで、この上にさらにアルミニウム(Al)2.0mmおよび6.0mmを重ねて、中間の鉄の厚さを変えて線量率を求めてみた結果、図7の破線および鎖線が得られた。すなわち、FeKX線を吸収できるようなアルミニウムの厚さを表面に貼布すると、散乱ガンマ線による線量率が急激に減少してくる。このような特性からK X線やL X線をしゃへいする低原子番

表1 無限厚のコンクリートおよび木材を100%にしたとき、鉄と鉛の散乱ガンマ線低減率の飽和値  
(カッコ内は鉄および鉛の厚さを1.0mmに限定したときの値)

(単位%)

検出器	2"φ×2" NaI(Tl) シンチレーション検出器	電離箱式線量率計	Be窓のシンチレーション検出器
物質			
コンクリートのみ	100 (100)	100 (100)	100 (100)
コンクリート+鉄	64.0 (91.5)	92.0 (94.0)	45.0 (75.0)
コンクリート+鉛	23.0 (39.0)	197.0 (197.0)	33.5 (48.0)

(単位%)

検出器	2"φ×2" NaI(Tl) シンチレーション検出器	電離箱式線量率計	Be窓のシンチレーション検出器
物質			
木材のみ	100 (100)	100 (100)	100 (100)
木材+鉄	98.0 (99.0)	120.4 (115.0)	78.0 (86.0)
木材+鉛	48.3 (53.5)	220.5 (218.0)	45.8 (57.5)

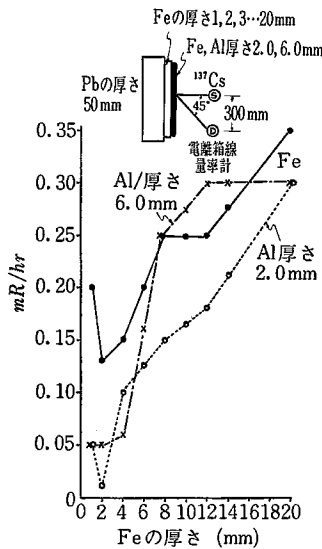


図7 電離箱線量率計を用いたPbKX線とPbLX線およびFeKX線成分を低減させる特性曲線

号物質を重ねて使用すると低減効果が著しく向上することがわかる。

次に図6(a)(b)に示した散乱ガンマ線低減率が飽和したときの%を求め、3種類の検出器についてまとめたものを表1に示した。この表から両シンチレーターともほぼ同じ傾向を示し、一般に鉄よりも鉛の方が低減率が大きいことがわかる。このような傾向は Д. Б. Позанев<sup>9)</sup> による、コンクリートに鉄および鉛を置いた場合にも見られ、筆者らとほぼ同じ値が得られている。なお、図6(a)(b)からの鉄と鉛の厚さを1.0mmに限定した場合の低減率は鉛の方が相対的に有効であることを示してい

る。

(1980年10月7日受理)

参考文献

- 1) 加藤, 佐藤, 田中, 山本, 園木: 後方散乱X線の低減効果について, 第7回理工学における同位元素発表会要旨集 p. 63, 1970
- 2) K. Göttel: Verringerung Der Strahlenbelastung in Röntgenräumen Durch Rückstreuarme Wandverkleidung. Proc. of a Conference of the Eurisotop office on Radiation and Isotope Techniques in Civil Engineering. Vol II p. 1123~1136, 1972
- 3) 斉藤, 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. 388~391 1980
- 4) 斉藤, 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(2), 生産研究 32 (9) p. 424~426 1980
- 5) 斉藤, 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(3), 生産研究 32 (10) p. 488~491 1980
- 6) 大段, 加藤, 佐藤: γ線およびX線の後方散乱に対する表面材の影響, 第4回日本アイソトープ会議報文集 p. 645~648, 1961
- 7) 加藤, 佐藤, 田中, 山本: セシウム137ガンマ線の後方散乱について, 第4回理工学における同位元素発表会要旨集 p. 35, 1967
- 8) 斉藤, 佐藤: <sup>137</sup>Csからのガンマ線による後方散乱飽和厚さの測定, 生産研究 33 (1) p. 33~38, 1981
- 9) П. Б. Позанев, С. Н. Савюк, М. А. Фазеев: Пространственное Спектрально-угловое Распределение Гамма-Квантов <sup>137</sup>Cs, Обратно Рассеянных от барьеров из Различных Сред. Kernenergie 21 (5) p. 144~149, 1978