

散乱ガンマ線スペクトルの挙動 2

—多重散乱ガンマ線とその応用—

Behaviour of Backscattered Gamma-Ray Spectrum

— Multiple Backscattered Gamma Ray and its Applications —

斉藤 秀雄*・佐藤 乙丸*

Hideo SAITO and Otomaru SATO

1. ま え が き

第1報では検出器側に内径の異なる鉄製コリメーター(内径50, 40, 30, 20, 10mm ϕ)を取りつけた場合について、各種散乱材の飽和厚さ、一次ガンマ線エネルギーの相異による散乱スペクトルの変化、および放射線源(S)と検出器(D)の距離を固定したときの1回散乱ガンマ線エネルギースペクトルの様子を述べた。

従来、 ^{60}Co , ^{137}Cs などを用いてアルミニウムの半無限厚層からの多重散乱ガンマ線スペクトルの実験例が発表されているが¹⁾、さらに小さい原子番号物質の測定例は発表されていない。そこで筆者らは第1報に引きつづき検出器側に内径50mm ϕ の鉄製コリメーターをつけ、前回と同様、低原子番号物質(アルミニウム・コンクリート・カーボン・水・木材)を用いて調べ、多重散乱ガンマ線が1回散乱ガンマ線とちがった挙動を示すことが明らかになったので、以下にその結果を報告する。

2. 実 験 方 法

^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir 密封ガンマ線源を150 \times 150 \times 150mmの鉛照射容器の中心部に収容して固定し、そのビームを20mm ϕ ²⁾の線束に絞り、散乱体に対して45 $^\circ$ の角度で入射させ、135 $^\circ$ 方向に散乱してくるガンマ線のエネルギースペクトルを測定した。このとき散乱したガンマ線が入射しやすいように検出器側の前面に内径50mm ϕ の鉄製コリメーターを用いた。この多重散乱ガンマ線スペクトルの測定方法およびジオメトリーは第1報で述べた方式と同一であるので省略する³⁾。

3. 実 験 結 果

多重散乱ガンマ線スペクトル

① x mm(S-D間の距離)を変えたときの散乱スペクトル

図1(a),(b),(c),(d),(e)は ^{137}Cs ガンマ線源を用い、各種散乱材の厚さを無限層厚にし、それぞれアルミニウム・コンクリート・カーボン・水・木材からの散乱スペクトルを、20mmずつ右の方に検出部を移動して

測定した。図1(a)は $x=0\sim 60$ mmまでは多重散乱ガンマ線成分(100keV)と1回散乱ガンマ線成分(206keV)の両成分がみられるが、 $x=80$ mm以上になると多重散乱ガンマ線成分のみとなる。さらに $x=160$ mm以上離れると計数率のバラツキが多く検出できない状態になる。図1(b),(c)のスペクトルもこのような傾向になっているが、コンクリートとカーボンはアルミニウムより密度が小さいため、散乱ガンマ線の量が多くS-D間の距離をはなしても計数率のバラツキが少ない。このうち1回散乱ガンマ線成分は低原子番号のカーボンの方に大きく見られ、計数率も全体的に多くなっている。図1(d)は $x=0$ mmで多重散乱ガンマ線成分と1回散乱ガンマ線とが等しく、 x を大きくすると、しだいに1回散乱ガンマ線成分が消失し、 $x=200$ mm以上では多重散乱ガンマ線成分が主となる。また図1(e)は水よりも低密度物質であるため、コンプトン散乱が殆んどで $x=0\sim 60$ mmまでは多重散乱ガンマ線成分よりも1回散乱ガンマ線成分の方が多く、両成分とも等しくなる距離は $x=120, 140$ mmで、 $x=160, 180, 200$ mmになると多重散乱ガンマ成分がしだいに多くなる。

これらの散乱ガンマ線スペクトルを全体的にみた場合、低密度物質(木材・水)では両成分とも著しく変化し、高密度物質(アルミニウム・コンクリート・カーボン)では1回散乱ガンマ線のみが変化している。

このようにS-D間の距離を変化することによって多重散乱ガンマ線と1回散乱ガンマ線の両成分を同時に測定したり、また多重散乱ガンマ線のみを選別測定したりすることができる。

② 各種散乱材の散乱スペクトル

図2(a),(b),(c)は ^{137}Cs 線源を用い、S-D間の距離がそれぞれ240, 300, 380mmのとき、アルミニウム・コンクリート・カーボン・水・木材の厚さが無限層厚のときの散乱ガンマ線エネルギースペクトルである。図2(a)のスペクトルによれば木材をのぞいたアルミニウム・コンクリート・カーボン・水の多重散乱ガンマ線成分はほぼ同一計数率であるが、1回散乱ガンマ線成分はい

* 東京大学生産技術研究所 第4部

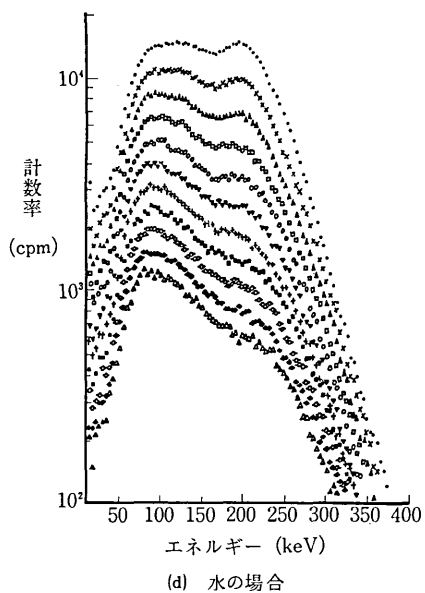
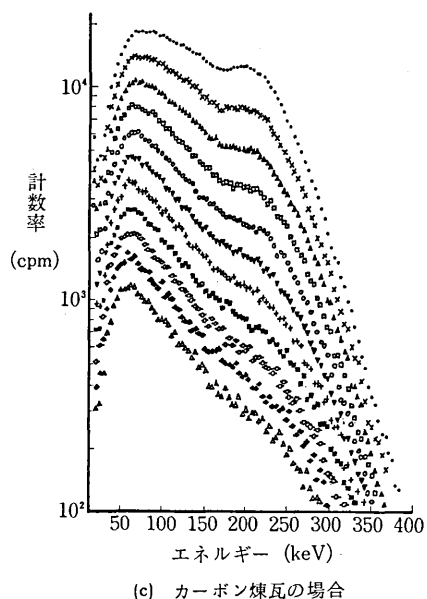
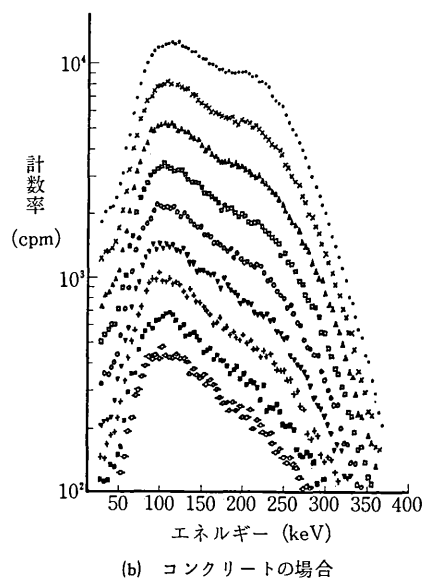
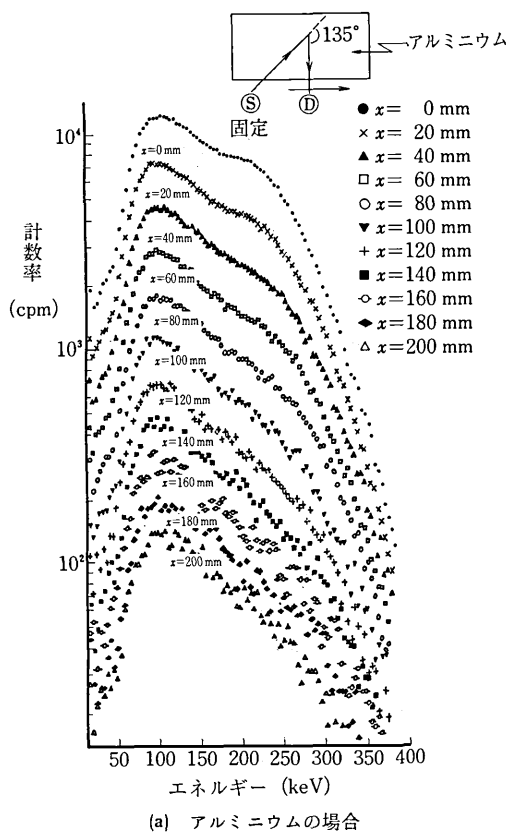


図1 ^{137}Cs ガンマ線源を用い、 x mm (S-D間の距離) を変えたときの散乱ガンマ線エネルギースペクトル

ずれも異なっている。すなわち、木材・水およびカーボン・コンクリート・アルミニウムはそれぞれほぼ同一の散乱スペクトルを示し、その差も前者の方が大きい。木

材のみに限って言えば、S-D間の距離が小さいので散乱回数が少ないため、多重散乱ガンマ線のピークは殆んどでていないが、カーボン煉瓦に関しては100 keVより

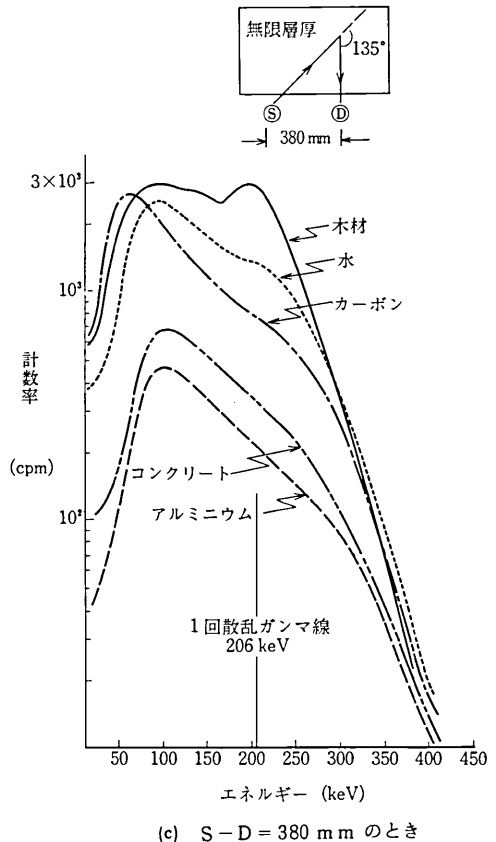
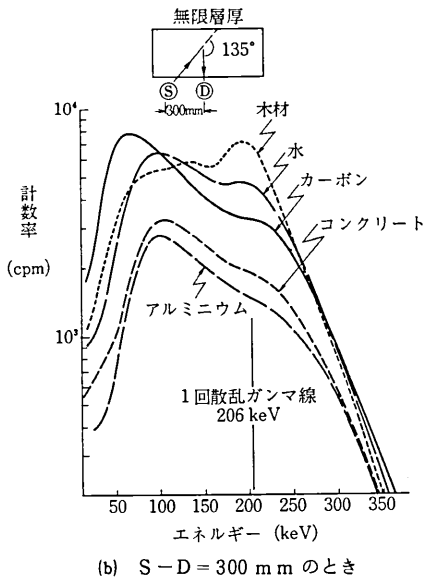
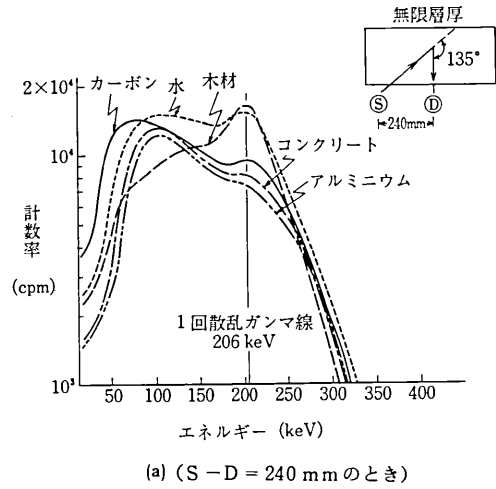
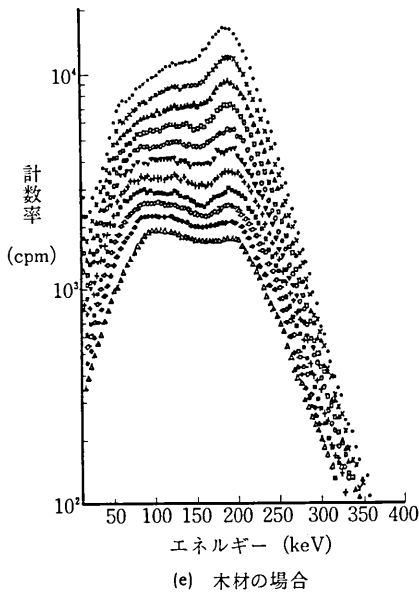


図2 ^{137}Cs ガンマ線源を用い、各種物質の飽和厚さによる散乱ガンマ線エネルギースペクトルである。

も 75 keV 前後に見られるのが特徴的である。これは他の物質よりはカーボン煉瓦の吸収係数 (0.161cm²/g) が 70~80 keV 付近で比較的小さく、また低エネルギーガンマ線に対する散乱断面積が光電効果断面積⁴⁾より大きいというカーボンの特性によるものと考えられる。両断面積がほぼ同一となるのが約 20 keV で、それ以上のガンマ

線に対しては散乱する確率の方が大きくなり、70 keV 付近では光電効果よりコンプトン散乱を起こす確率が約 80 倍大きい。

次に S-D 間の距離を 300, 380 mm (図 2 (b), (c)) にするとカーボン煉瓦も同様に変化し、多重散乱ガンマ線成分の計数率は図 2 (a) よりも減少するが、一方 x mm

研究速報
 を大きくすると1回散乱ガンマ線成分は次第に消失する傾向を持っている。図2(c)になると各種物質ごとの計数率の変動も大きくなり、特にアルミニウムとコンクリ

ートの場合、1回散乱ガンマ線成分が消失し、多重散乱ガンマ線成分のみになる。

上記の特性を ^{60}Co 、 ^{192}Ir についても調べてみたが、前者の場合は一次ガンマ線エネルギーが大きいため、各種散乱材からの散乱スペクトルはあまり変わらない。また後者の場合は ^{60}Co よりも一次ガンマ線エネルギーが小さいため、S-D間の距離が小さいとき、各種物質からの散乱スペクトルの差も大きく、S-D間が380mmになるとアルミニウムとコンクリートはほぼ同一に近くなる。

このようにS-D間の距離を変えることによって各種散乱材からの散乱ガンマ線エネルギースペクトルが入射ガンマ線エネルギーに依存して変化する。

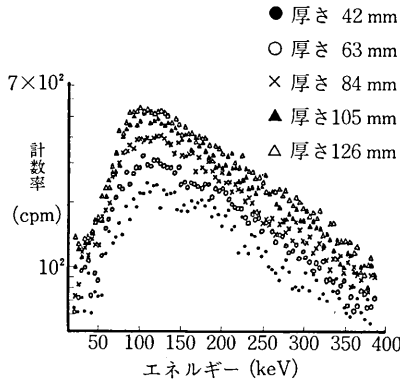
4. 考 察

内径50mmの鉄製コリメーターを用いて多重散乱ガンマ線エネルギースペクトルを測定した結果、前報で述べた1回散乱ガンマ線エネルギースペクトルとちがった挙動を示すことがわかった。図1、図2からもわかるように各種散乱材とS-D間の距離および使用するガンマ線源によって散乱ガンマ線エネルギースペクトルが異なる。すなわちアルミニウム・コンクリートおよびカーボンに対しては、1回散乱ガンマ線よりも多重散乱ガンマ線の方が、また水・木材に対しては、S-D間の距離が小さい場合に1回散乱ガンマ線の方が大きく変化する。しかし、水の場合はS-D間320mm以上、また木材ではS-D間420mmにおいて多重散乱ガンマ線成分の方の変化が次第に大きくなる。さらに図3(a),(b),(c)に示すように ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{192}Ir ガンマ線源を用い、S-D間の距離を340mmに固定し、アルミニウムの厚さを42から189mmまで変化したときの多重散乱ガンマ線スペクトルから、アルミニウムの飽和厚さは ^{60}Co の場合105mm、 ^{137}Cs は126mm、 ^{192}Ir は105mmであり、この厚さ以下の厚さ測定への応用の可能性を物語っている。(次報)

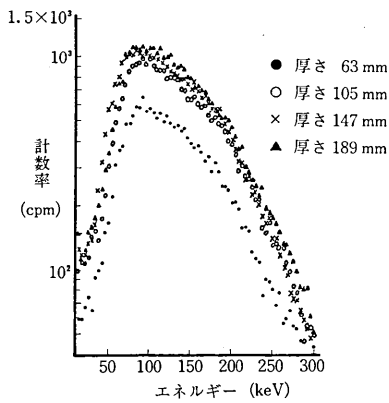
また、前節の②の結果からS-D間の距離を適当に選べば、低原子番号物質の密度に依存して多重散乱ガンマ線成分が変化している。すなわち密度測定への応用の可能性を示しているものと言える。(1978年3月24日受理)

参考文献

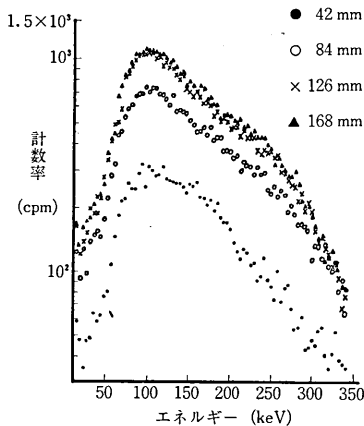
- 1) 上西：名古屋工業技術試験所報告 散乱ガンマ線に関する研究(第4報)p.438~449 第12巻 第9号 1964
- 2) 佐藤，齊藤，加藤：多重後方散乱ガンマ線によるカーボン煉瓦厚さの測定(第1報)生産研究 p.21~24 25巻12号 1974
- 3) 齊藤，佐藤：散乱ガンマ線スペクトルの挙動1—1回散乱ガンマ線とその応用—，生産研究 p.13~16 30巻 4号 1978
- 4) ラジオアイソトープ手帳 p.94~96 日本アイソトープ協会 1974



(a) ^{60}Co の場合



(b) ^{137}Cs の場合



(c) ^{192}Ir の場合

図3 S-D間の距離340mmに固定したときのアルミニウムからの多重散乱ガンマ線エネルギースペクトル