

II-4 BREMSSTRAHLUNG ATTENUATION MEASUREMENTS IN VARIOUS SHIELDING MATERIALS

Gorou Tanaka, Kanou Hayashi, Takuya Tsujimura

Takio Tomimasu*, Tomohisa Mikado* and Tetsuo Yamazaki*

Giken Kogyo Co., Ltd., Hachioji, Tokyo

*Electrotechnical Laboratory, Tanashi, Tokyo

Experimental attenuation curves have been obtained in quasi- broad beam condition for bremsstrahlung radiation, incident on various shielding materials (ordinary concrete, heavy concrete, aluminium, iron and lead). Measurements were made at bremsstrahlung maximum energies of 6, 10, 15, 20, 25, 30 and 34 MeV, using a quantameter(ELM2) with a detection area of 20 cm dia..

Tenth-value thicknesses obtained from these attenuation curves were compared with previously published values. It was found that the effective attenuation coefficient calculated from the tenth-value thickness obtained at energies above 30 MeV has an intrinsic value equal to the minimum attenuation coefficient of each material.

高エネルギー制動放射X線を使用する施設の遮蔽設計を行なう場合、現状では、その基礎的データが不足しており、効率の良い遮蔽計算の作業が非常に困難となっている。

これまで、高エネルギー制動放射X線に対する種々の物質中での減弱については、NBS NRC、放医研、電総研等で実験がなされているが、これらの実験はほとんど5~40MeVのエネルギー範囲のものであり、しかも、その減弱データには差がみられる。また、40MeV以上での実験は非常に少なく、減弱特性は不明確なものとなっている。

そこで、我々は電総研40MeV電子リニアックを使用し、高エネルギーX線の各物質中での減弱測定を実施し、5~40MeVでの減弱データの確認と40MeV以上での減弱特性の推定を行なったので、その結果について報告する。

リニアックからの電子ビームを、Wターゲット(1mm厚)によりX線に変換した最大エネルギー6.0、10、15、20

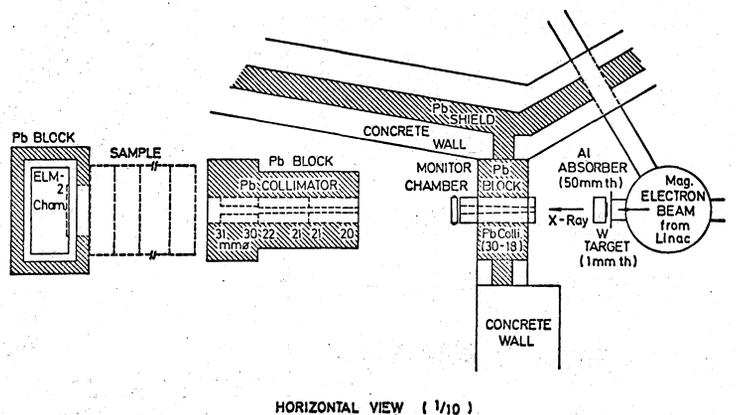


図-1 測定配置

25、30 および 34 MeV の制動放射 X 線を用いて、図-1 に示した配置で測定を行なった。

実験サンプルとして、鉛、鉄、アルミニウム、普通コンクリートおよび重コンクリートを使用した。測定方法としては、図-2 に示したように、Broad Beam 条件で、透過線路中に Small Chamber を置き、透過線量の一部分を測定する

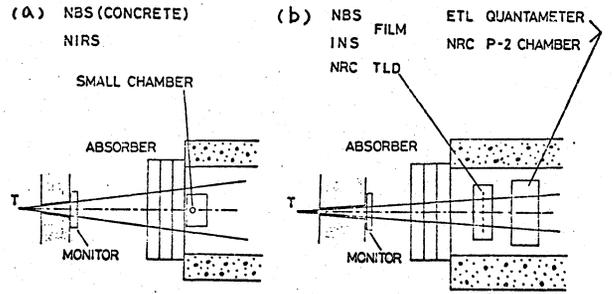


図-2 種々の測定方法

方法と、Film、TLD 素子または Large Chamber を用いて、透過線路全体をカバーして、透過全線量を測定する方法があるが、実際には Broad Beam 状態で実験をすることはほとんど不可能である。そこで我々は後者の方法で、“I. 測定方法”でその特性を詳しく述べた

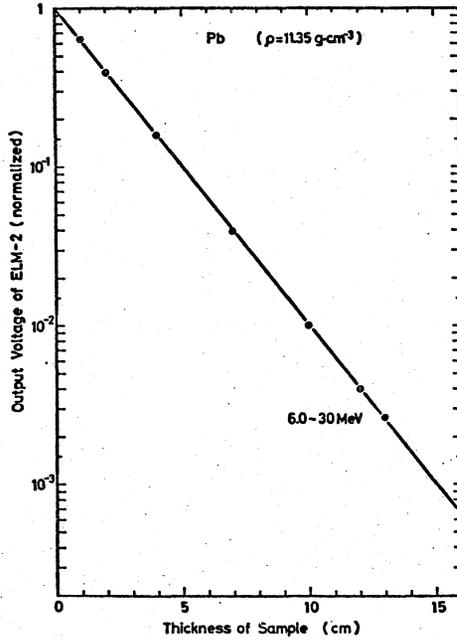


図-3 鉛中の減弱曲線

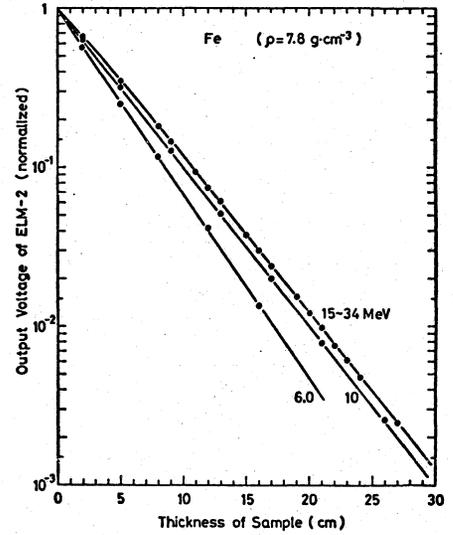


図-4 鉄中の減弱曲線

く述べた 電線研 M-II 型 カンタメータ (大面積広帯域エネルギー用) により減弱特性の評価を行なった。

測定の結果得られた減弱曲線を図-3~10 に示した。鉛では、6~30 MeV の間で一定の減弱特性を示し、他の物質でも、エネルギーの変化に伴って減弱特性が変化し、ある一定の減弱

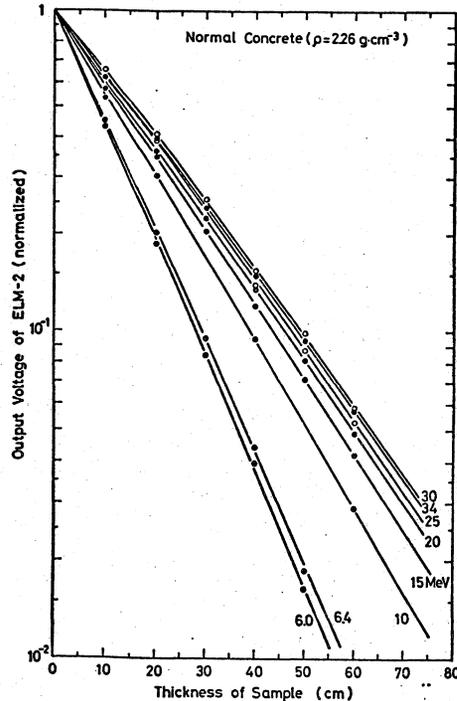


図-5 普通コンクリート中の減弱曲線

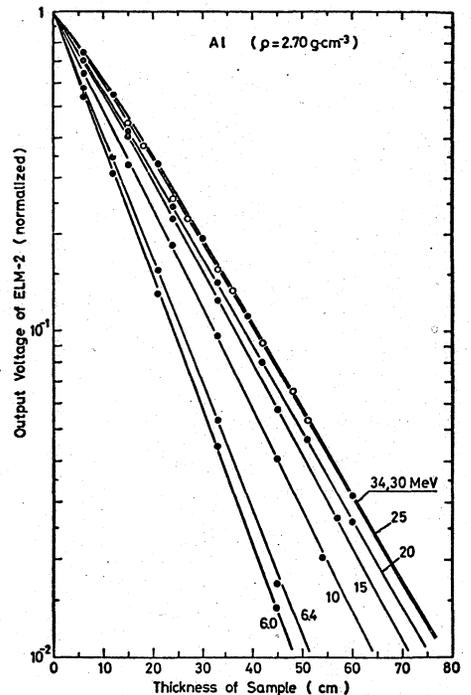


図-6 アルミニウム中の減弱曲線

カーブに近づいていくことがわかる。これらの減弱曲線より得られた $1/10$ 価層の値を図-11および12に示した。また現在までに報告されている各物質の $1/10$ 価層との比較を図-13に示した。鉛の $1/10$ 価層の値は、NBS (Pruitt ら) の値と一致しているが、NIRS (丸山ら) の値とは異なり、大きな差がみられる。また、普通コンクリートにおいても 20 MeV 以上で、NBS (Kennedy ら) および NIRS (丸山ら) の値との間に差が生じている。なお、Kennedy らおよび丸山らは図-1(a) の測定方法により減弱測定を行な

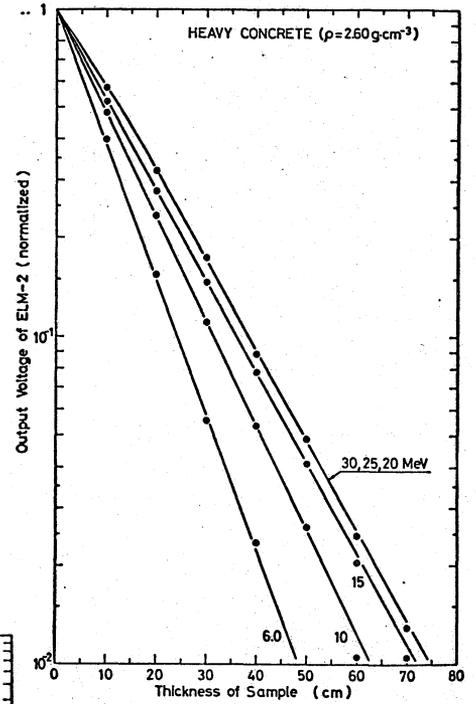


図-7 重コンクリート中の減弱曲線

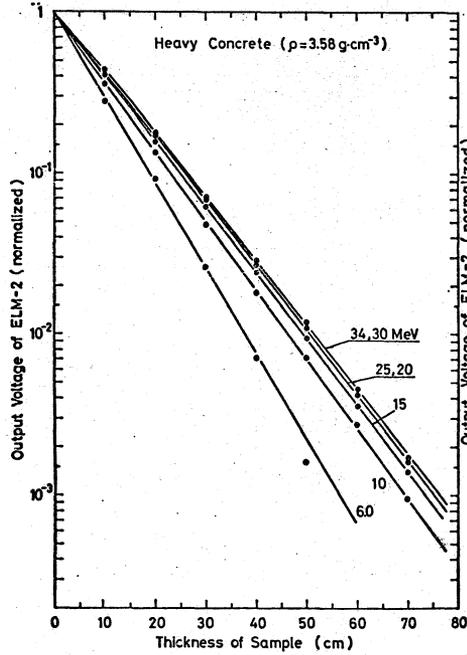


図-8 重コンクリート中の減弱曲線

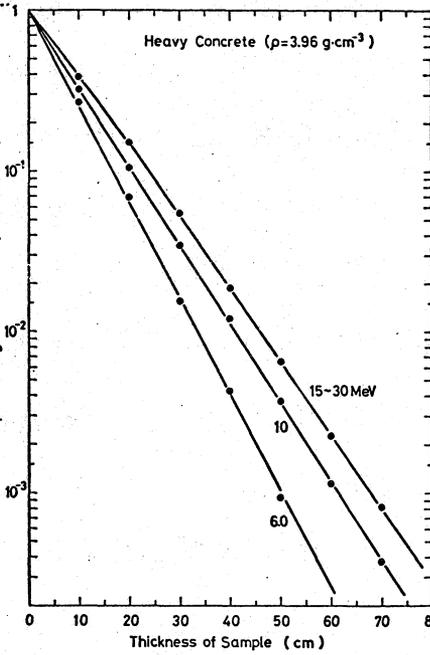


図-9 重コンクリート中の減弱曲線

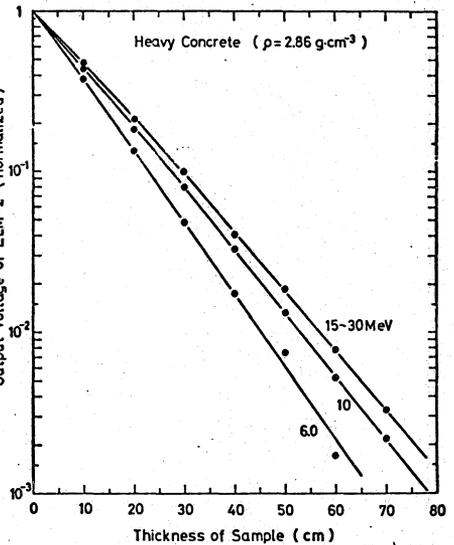


図-10 重コンクリート中の減弱曲線

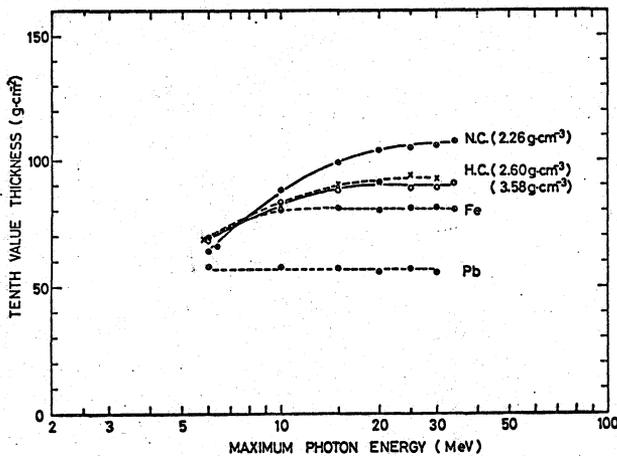


図-11 各物質の $1/10$ 価層

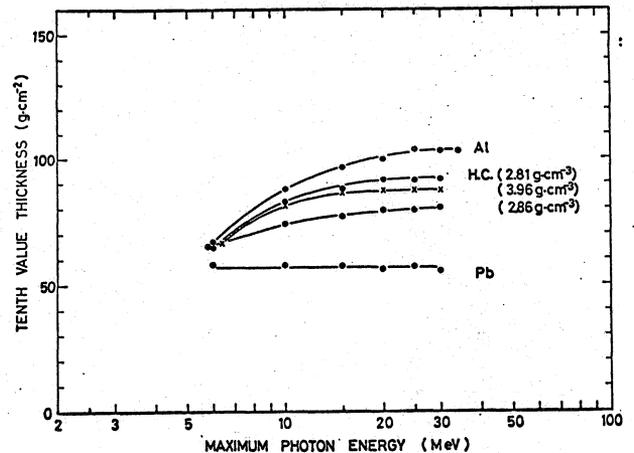


図-12 各物質の $1/10$ 価層

っており、Pruittらは図-1(b)の測定方法を用いている。このため、図-13でみられる $1/10$ 価層の差違は、上記測定方法の違いにより生ずるものと思われる。

これらの $1/10$ 価層の値より実効減弱係数を算出し、単色エネルギー光子に対する全吸収係数とともにプロットしたものを図-14に示した。その結果、鉛では、ETL-GK、NBSおよびDESYのデータより、6 MeV以上で一定の実効減弱係数をもち、しかもその値は単色エネルギー光子に対する全吸収係数の最少値 μ_{min} に一致することが判明した。このことから、鉄、アルミニウム、コンクリートにおいても、全吸収係数が最少となるエネルギー以上では、その実効減弱係数は μ_{min} なる一定値を持つことが推定できる。

我々の実験では、鉛の外に、アルミニウム、コンクリートについては一致することが確認された。しかし、鉄については、その一定値が μ_{min} より小さくなるという結果となった。なお、以前求めた銅についてのデータも同時に図-14にプロットしたが、これも鉄と同様な結果となった。

この原因としては、銅および鉄の全吸収係数が、実験で求めた実効減弱係数に問題があることが考えられる。この点に関しては、今後吸収係数の測定および減弱測定を行なって問題を究明していく。

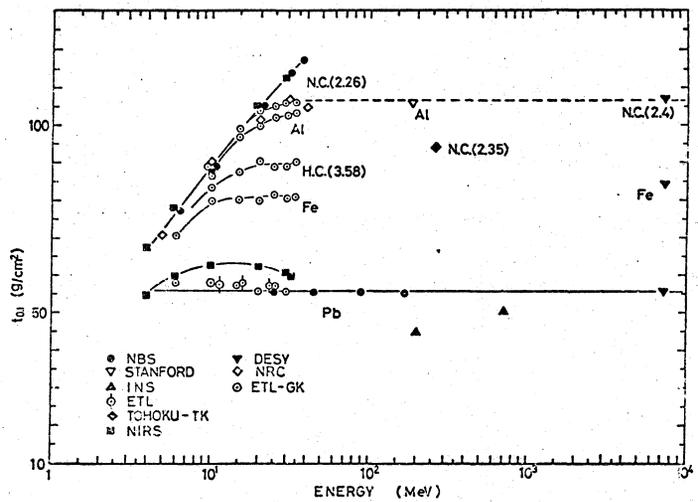


図-13 各物質の $1/10$ 価層の比較

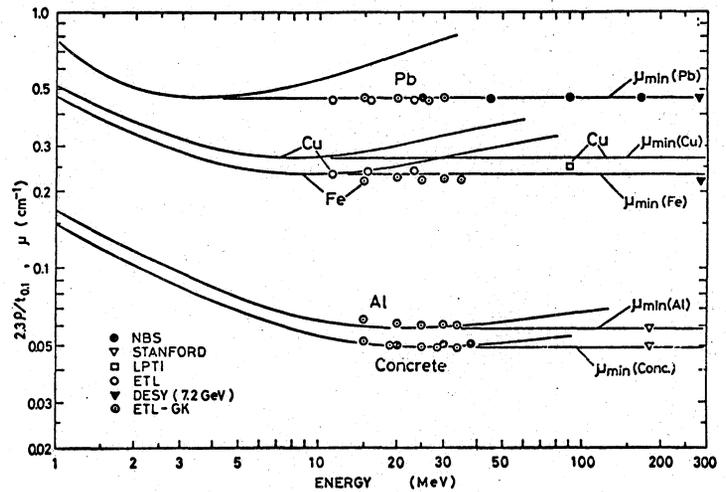


図-14 各物質の実効減弱係数