〈特集：法令改正に伴うマニュアルの概要〉

「放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル 2000」について

中 村 尚 司^{*1}

Outline of a Practical Manual on Shielding Calculation of Radiation Facilities

Takashi NAKAMURA^{*1}

I は じ め に

国際放射線防護委員会 (ICRP) の 1990 年勧告を取り入れて改正された放射線障害防止関係法令が、平成 13 年 4 月 1 日から施行される。この改正法令では、放射線業務従事者等の線量限度を定める量は、「実効線量」及び「等価線量」とし、管理区域に係る基準線量、しゃへい物に係る限度等、使用施設等に係る基準を定める量は、「実効線量」としている。この実効線量への換算係数については、ICRP Publ. 74 で示された照射方向別の換算係数のうち、安全側の評価値となる人体の前方正面から後方への照射条件（前方－後方 (AP) ジオメトリ）での実効線量への換算係数が用いられる。

なお、事業者などが、該当施設の利用状況を考慮した適切な入射条件を設定することが可能な場合には、その条件を採用できる。中性子に関しては、ICRP Publ. 74 では 180 MeV までの換算係数が示されているが、法令では中性子のエネルギー範囲を 20 MeV 以下としている。これは 50 MeV を越えると後方－前方 (PA) ジオメトリの方が換算係数が大きくなるためである。光子に関しても、エネルギーは 10 MeV 以下が規定されている。法令で規定される範囲を越えるエネルギーの放射線については個別審査される。

このような改正に伴って、これまで(財)原子力安全技術センターから出版されていた「放射線施設の γ (X) 線しゃへい計算実務マニュアル 1989」, 「放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル II 1990」, 「放射線施設のし

ゃへい計算実務マニュアル III 1991」の 3 冊（以下「旧マニュアル」）を 1 冊にまとめて、新しくこのマニュアル（改訂マニュアル）が平成 13 年 1 月に出版された。このマニュアル中のしゃへい計算用のデータは日本原子力研究所の報告書 (JAERI-Data/Code 2000-044) から引用されている。

II 構成及び範囲

改訂マニュアルは、6 つの章から成る本文と 5 つの章から成る解説編及び参考資料から構成され、その目次は以下の通りである。

本文 第 1 章 しゃへい計算の基本的な方法

- 1.1 放射線防護と線量限度等
- 1.2 γ 線 (X 線) のしゃへい計算方法
- 1.3 放射性同位元素からの β 線により発生した制動 X 線のしゃへい計算方法
- 1.4 中性子及び二次 γ 線のしゃへい計算方法
- 1.5 加速器等に関するしゃへい計算方法

第 2 章 しゃへい計算の際のいくつかの考察

- 2.1 エネルギーの異なる複数の放射線が放出される場合
- 2.2 多重層しゃへいの実効線量評価法
- 2.3 迷路
- 2.4 スカイシャイン

第 3 章 密封された放射性同位元素取扱事業所におけるしゃへい計算例

- 3.1 医療用腔内照射施設の例
- 3.2 診断用装置の校正線源の例
- 3.3 非破壊検査施設の例
- 3.4 製板工場内圧延ラインにおける γ 線

^{*1} 東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻；仙台市青葉区荒巻字青葉 (〒980-8579)
Department of Quantum Science and Energy Engineering, Tohoku University; Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan.

厚さ計の例

- 3.5 化学工場における γ 線レベル計の例
- 3.6 蛍光 X 線分析計の事業所内随時移動使用の例
- 3.7 塗装工場内塗装ラインにおける β 線膜厚計の例
- 3.8 複合線源の評価
- 3.9 フィルム工場における β 線厚さ計の例
- 3.10 密封中性子源使用施設の例
- 第4章 密封されていない放射性同位元素取扱事業所におけるしゃへい計算例
 - 4.1 密封されていない放射性同位元素取扱施設（小規模施設）
 - 4.2 特別な条件を設定したしゃへい計算
 - 4.3 超短半減期核種の数量
- 第5章 放射線発生装置取扱施設におけるしゃへい計算例
 - 5.1 医療用リニアック（10 MeV）の計算例
 - 5.2 医療用リニアック（6 MeV：対向板付）の計算例
 - 5.3 事業所の境界等の合算計算例
- 第6章 しゃへい計算のためのデータ集
 - 6.1 しゃへい体の標準組成
 - 6.2 実効線量への線量換算係数
 - 6.3 単色 γ 線に対するしゃへい計算用の定数
 - 6.4 放射性同位元素からの γ 線に対するしゃへい計算用の定数
 - 6.5 放射性同位元素からの β 線による制動放射線に対するしゃへい計算用の定数
 - 6.6 中性子に対するしゃへい計算用の定数
 - 6.7 高エネルギー電子線による制動放射線に対するしゃへい計算用の定数
- 解説編 第1章 しゃへい計算の基本的な方法
- 第2章 しゃへい計算の際のいくつかの考察
- 第3章 加速器のしゃへいについて
- 第4章 しゃへい材料その他
- 第5章 その他
- 参考資料 密封されていない放射性同位元素取扱施設における代表核種に換算した数量の設定について

III 主 な 内 容

密封されていない放射性同位元素取扱施設のしゃへい計算については、次の遠藤氏の解説に述べられているので、ここでは変更された主な点についてのみ全般的に述べる。

- 1) しゃへい計算の対象が1 cm 線量当量から実効線量へ変更されたことに伴い、新たに以下の定数が与えられた。
 - イ) 放射性同位元素（39 核種）に対する実効線量率定数
 - ロ) 単色光子（0.015 MeV から 10 MeV の点等方及び面平行線源）、放射性同位元素からの γ 線、X 線（33 核種）、中性子源 4 種類（ ^{252}Cf 、 ^{241}Am -Be、d-T、d-D）に対する実効線量透過率
 - ハ) 単色光子に対する実効換算係数、実効線量ビルドアップ係数、有限媒質係数
 - ニ) 放射性同位元素（13 核種）からの β 線による制動放射線の実効線量透過率
 - 2) しゃへい体として、 γ 線、X 線に対しては、鉄、鉛、水、普通コンクリートを選び、中性子に対しては、この4つに加えて、ポリエチレン、重コンクリートを選んでいる。また、コンクリートの密度を2.30 g/cm³ から 2.10 g/cm³ に変更している。なお、密度が異なる場合の換算方法も述べている。
 - 3) β 線のターゲットにプラスチック（ルサイト）を追加した。
 - 4) 迷路から漏洩する放射線の評価は、 γ 線については、これまでの日本医学放射線学会の方法とアルベド方式に加えて、DIN の方法を、中性子については、日本医学放射線学会の方法に加えて、中村・上養の方法を示した。
- しゃへい計算の基本的な方法の概略は以下の通りである。
- 1) γ 線、X 線のしゃへい計算

これには3つの方法が示されている。

 - イ) しゃへい体がない時の実効線量を求め、それに実効線量透過率を掛ける方法
 - ロ) しゃへい体を透過する非衝突線の実効線量を求め、それに実効線量ビルドアップ係数を掛ける方法
 - ハ) 照射線量ビルドアップ係数を用いてしゃへい体透過後の照射線量を求め、それに実効換算係数を掛ける方法

2) β 線による制動放射線のしゃへい

原子番号 20 のターゲットとアクリルターゲットに対する β 線による制動放射線の実効線量率定数を用いる。実効原子番号 20 以外のターゲットについては、制動放射効率比を用いて換算する。制動放射線の実効線量透過率を掛けて求める。

3) 中性子及び 2 次 γ 線のしゃへい

マニュアルに与えられている 4 種の線源については、中性子、1 次 γ 線、2 次 γ 線それぞれについて、実効線量透過率を用いて求める。

4) 加速器等のしゃへい

エネルギーが 4 MeV から 25 MeV までの X 線照射用電子線加速器については、利用線錐中及びガントリーヘッドから漏洩する光子のエネルギースペクトルと実効線量透過率が与えられているので、それを用いて求める。

その他の注意事項としては次のものがある。

- 1) 平成 12 年 10 月 23 日付けの放射線安全課長通知によると、「人が常時立ち入る場所及び管理区域境界に係る線量評価について、計算に用いる時間数は、時間数を決めて許可を受ける場合はその時間数とし、それを定めずに許可を受ける場合は、年間の実労働時間 2,000 時間を考慮した 500 時間（以上）/3

カ月間（40 時間（以上）/1 週間）とする。」となっているので、しゃへい計算や申請書作成において留意すること。この評価におけるしゃへい計算条件の内容は、申請書や添付書類に記載されるので、施設の使用を開始する時はその計算条件を遵守することが要求される。

- 2) 密封線源使用施設であるフィルム工場における β 線厚さ計の例で注記したように、使用する β 線源がフレーム上を往復運動する場合、厚さ計検出器の移動スピード等の実際の使用条件が明確であれば、往復運動することを考慮して評価点の線量を算出することが出来る。

- 3) 放射線発生装置では性能及び使用の方法等がしゃへい計算の主な条件になっている。医療用リニアックでは、最大エネルギー、最大吸収線量率での 1 週間当たりの使用時間の設定に加えて、最大エネルギーにおいて、3 カ月間当たりの吸収線量（線量率と使用時間の積）でも評価できるようになる。他の加速器でも最大エネルギー（MeV）、最大電流（ μA ）ではなく、その積である最大出力（kW）での許可を 1 週間当たりや 3 カ月間当たりでとる事が出来る。この方法を用いる時は、積算吸収線量や積算出力量の管理が必要になる。