

放射線工学部会セッション

放射線遮蔽ハンドブックに基づく初心者のための遮蔽設計
Shielding design for beginners based on a Handbook of Radiation Shielding

(4) ストリーミングとスカイシャイン計算

(4) Radiation Streaming and Skyshine Calculation

*平尾 好弘¹¹国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所

1. はじめに

ストリーミングとスカイシャイン現象は、簡易計算手法に基づいて評価することが多い。さまざまな手法とそれを適用する際の注意点を紹介する。放射線の経路を個別に評価する方法をとる。

2. ストリーミング安全評価技術

ダクト（継ぎ目、貫通部、ボイド等を含む）のある遮蔽壁に対して、壁外線量率を保守的に評価する汎用的な考え方を示す（図1）[1]。評価点の場所が特に指定されない場合、壁外で最大の線量率を示す位置を検討する。評価点が決定したら、線源位置から評価点まで遮蔽壁を透過する透過線とダクトを通ってくるストリーミング線に分けて線量寄与を評価する。ダクトストリーミング線を二種に分けて、ダクトの入口から出口までダクト内を通ってくる全ストリーミング線と、ダクトの途中から壁側に抜けたり入ってきたりする部分ストリーミング線を考慮する（図2）。両者に対する線量評価の考え方、及び評価点がダクトの出口付近から離れている場合の評価の考え方を示す。最終的に全ての経路からの線量寄与を合算して評価点の線量率を求める。

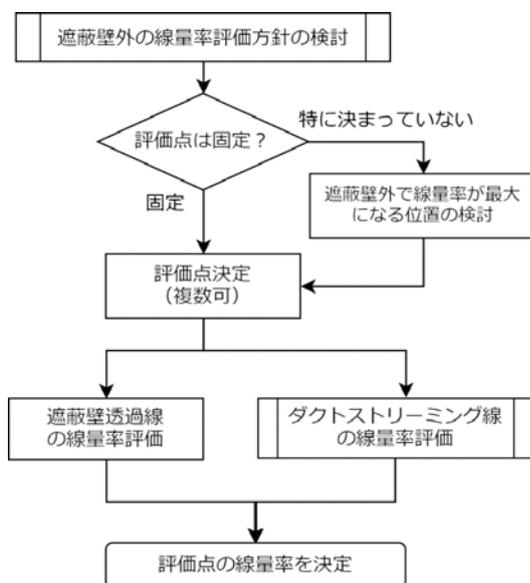


図1. ダクト付き遮蔽壁の簡易線量評価手順例

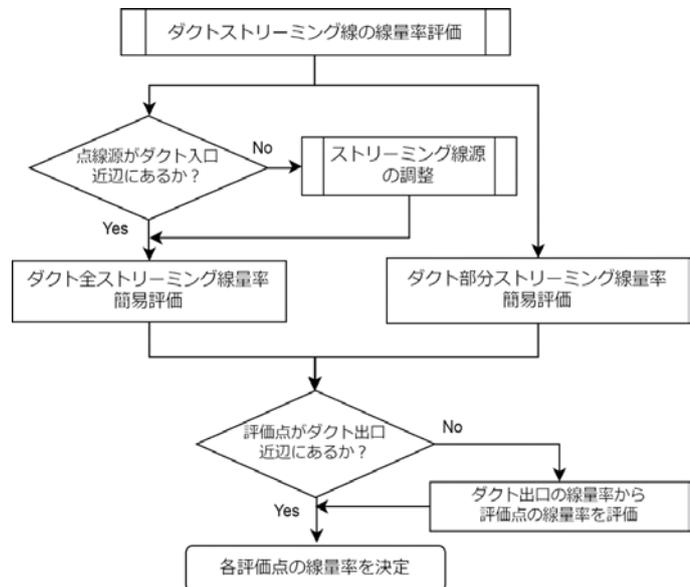


図2. ダクトストリーミング線量率の簡易評価例

迷路構造はダクトの一種であり、照射室等の線源を扱う部屋の入出路を屈曲させることで、そこを通過して部屋の外に漏れる放射線を抑える体系を指す。迷路のストリーミングの特徴は、壁が厚く透過線を大抵無視できること、またダクト設計と比べて入出路の断面積が大きく全ストリーミング線の寄与が支配的なことである。これまでに提案されたアルベド法（Line of Sight 法含む）ベースの簡易線量評価の例を示し、適用性に関する注意を行う。

最後に、ストリーミング線量評価を行う上での実際的な注意を与える。放射線の漏洩経路をダクトまたは迷路とみなすモデリング、評価の確認の仕方、線源の保守的な調整、あるいは本来の設計で意図しな

った最近のケースについて考察する。

3. スカイシャイン安全評価技術

建屋内の線源から屋外の線量率を評価する汎用的な手順を示す（図3）。評価点は法規に従うこととし、大抵は最も近い敷地境界上におかれる。図4に建屋内の線源から屋外の評価点に達する放射線の経路タイプを示す。図中の番号で示すとおり、論理上の経路タイプは数多くあるため、よく体系を観察して、個別に線量に与える影響を検討する。実際の施設では、天井のないサイロ、土壌等の自然物で線源を囲ったもの、遮蔽の薄い窓やシャッターの存在、複雑な地形等、条件は様々である。

スカイシャイン線とは一般に図4の⑦及び⑧を指し、天井が十分厚くない建屋で注目されるが、他にも建屋で後方散乱したスカイシャイン線、あるいは地面によるグランドシャイン線の影響は見落とされやすいので注意する。主な経路タイプに対しては、図5に示すスカイシャイン線の評価手順のように、線量評価法が開発されており、一般に専用の計算コードを用いて、線源のエネルギーまたは放出される空間の範囲にわたる積分が行われる。そうして求めたスカイシャインを含む有意な経路からの線量率を、図4の①に示す側壁を透過する直接線の線量率に加算して、最終的な評価点の線量率を求める。スカイシャイン線が注目される理由は、線源から距離が離れると、線量率で直接線の寄与を上回る可能性があるからである。

最後に、スカイシャイン線量計算のポイントとして、よく知られた一回散乱法（G33系列コード）、ラインビーム応答関数法（SHINE-IIIコード等）、及び S_N 離散座標法を含む詳細計算法の適用における注意点を与える。

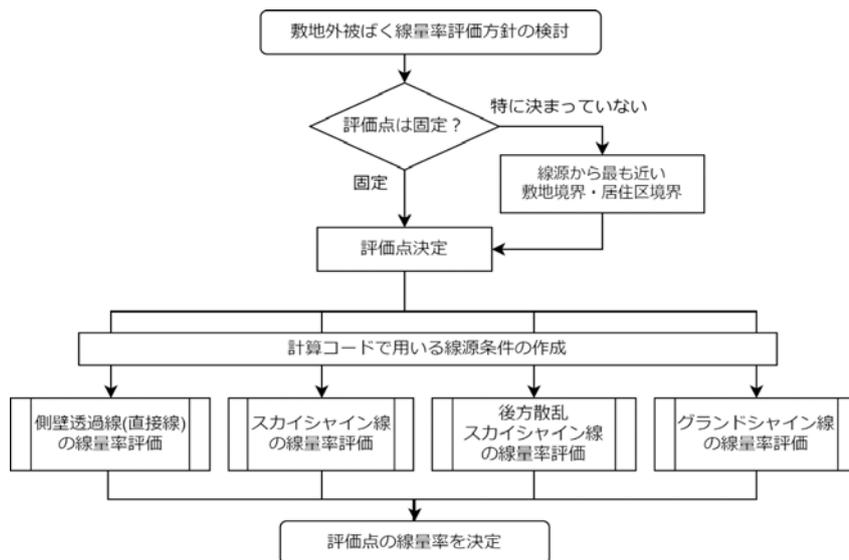


図3. スカイシャイン線を含む屋外線量率評価手順の例

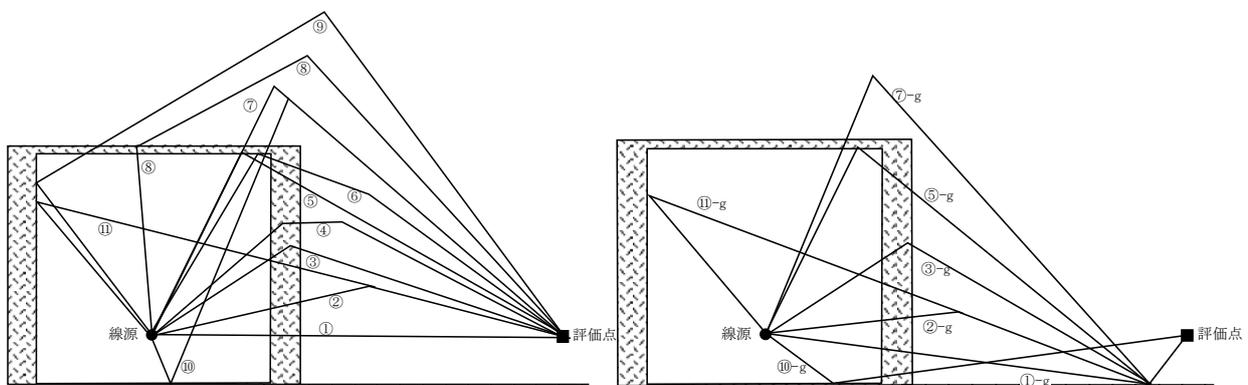


図4. 建屋の線源から2回まで散乱して屋外評価点に到達する放射線経路（右：グランドシャイン経由）

2020年春の年会

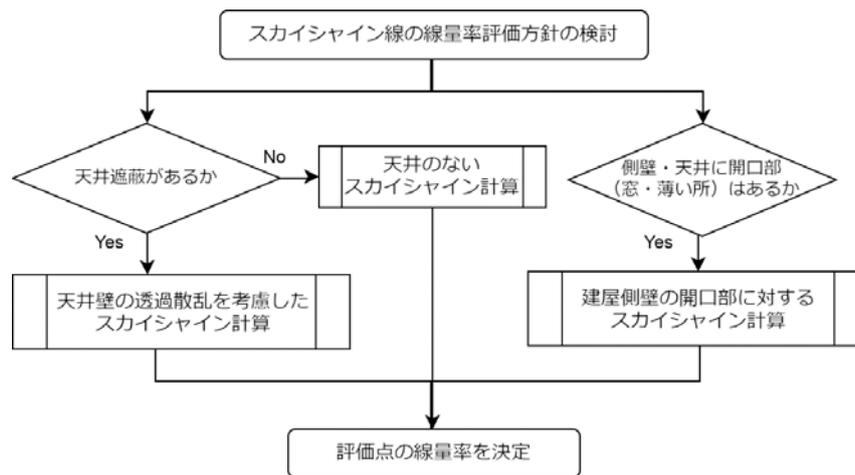


図 5. スカイシャイン線の簡易線量評価手順の例

4. まとめ

ダクトストリーミング及びスカイシャイン状況に対して、放射線の経路に拘って線量を安全評価する技法とポイントについて説明した。経路を明らかにして、それぞれの寄与が過小評価しないように積み上げて最終的な結果の保守性を示すことこそ、安全評価の基礎であり伝統である。放射線はいきなり評価点に線量として現れるわけではない。詳細計算法は強力であるが、計算の無謬性や出力の保守性を個別のケースで分かりやすく説明するのが容易でない。万一の評価ミスによって不利益を被るのも、また施設の規制や受け入れに係る担当者らも多くは非専門家である。当方は、経路を用いた透明性の高い直感的な説明こそが理解と安心を与えるものと信じており、また専門家であっても、詳細計算の結果を確認する代替手法としてそうした考え方をしておくことが肝要と考える。

* Yoshihiro Hirao¹¹National Maritime Research Institute, National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology.