

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-934 改2
提出月日	平成30年8月29日

V-5-12 計算機プログラム（解析コード）の概要
・G33-GP2R

目次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
3. 解析コードの特徴	5
3.1 計算方法	5
3.2 引用文献	6

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）G33-GP2Rについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-1-7-3	中央制御室の居住性に関する説明書	1.00
V-1-8-1	原子炉格納施設の設計条件に関する説明書	1.00
V-1-9-3-2	緊急時対策所の居住性に関する説明書	1.00

2. 解析コードの概要

項目	コード名 G33-GP2R
使用目的	中央制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価 ベント実施に伴う作業等の作業員の被ばく評価
開発機関	日本原子力研究開発機構（（財）高度情報科学研究機構）
開発時期	2001年（初版開発時期 1964年）
使用したバージョン	1.00
コードの概要	<p>G33-GP2R（以下「本解析コード」という。）は、Los Alamos Scientific Laboratoryで開発されたガンマ線多群散乱計算プログラム「G33」をベースとし、旧日本原子力研究所がICRP1990年勧告の国内関連法令・規則への取入れに合わせて、実効線量を計算できるように改良した最新バージョンである。</p> <p>本計算機プログラムは、点等方線源からの一回散乱を計算する。散乱は、クライナー仁科の式に基づき計算する。散乱が起こる領域は直角、球、円筒座標により指定し、遮蔽体は平板、球、円筒又は二次曲面により入力することができる。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本計算機プログラムの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・ 本計算機プログラムの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 ・ 本計算機プログラムは、線量率評価を実施するコードであり、計算に必要な主な条件は線源条件、幾何形状条件である。これら評価条件が与えられれば線量率評価は可能であり、使用目的に記載する評価に適用可能である。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本計算機プログラムの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ スカイシャインガンマ線について、米国Radiation Research Associates (RRA) が1977年に米国カンザス州立大学において⁶⁰Co線源を用いたベンチマーク試験を実施している。 ・ このRRAでの実験値と計算値を比較の詳細が、ガンマ線遮蔽設計ハンドブック（1988年1月、社団法人 日本原子力学会）に示されている。

	<ul style="list-style-type: none">・その結果は、天井遮蔽がないケースでは計算値は実験値とよい一致を示しているが、天井遮蔽があるケースでは、計算値は実験値を過小評価となっている。・この原因は、G33コードが天井透過中の散乱成分を考慮していないためであり、この成分を考慮するため、天井遮蔽までをANISNコードで計算することを推奨している。今回の重大事故等時における中央制御室のスカイシャインガンマ線線量評価では、この計算手法を採用している。・今回の重大事故等時における中央制御室のスカイシャインガンマ線線量評価は、上記妥当性確認内容と合致している。・また、原子力発電所放射線遮へい設計規程（J E A C 4 6 1 5 - 2008）（日本電気協会 原子力規格委員会 平成20年6月）では、事故時の中央制御室遮蔽のための点減衰核積分コード／散乱線計算コードとして、QADコード／G33コードが挙げられている。
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. 解析コードの特徴

G33-GP2R コード⁽¹⁾は、Los Alamos Scientific Laboratory で開発されたガンマ線多群散乱計算プログラムである。本コードは、点等方線源からの一回散乱を計算する。散乱は、クライナー仁科の式に基づき計算する。散乱が起こる領域は直角、球、円筒座標により指定し、遮蔽体は平板、球、円筒又は二次曲面により入力することができる。このコードには質量減衰係数のライブラリが入っている。

出力として、評価点でのエネルギー別の直接線及び散乱線による線量率が得られる。

3.1 計算方法

図 1 に、線源、散乱点、評価点により形成される三角形を示す。

(1) 直接線

エネルギー E のガンマ線を等方に放出する強度 S の線源による直接線の線量率は次式で与えられる。

$$D_1(E) = \frac{S(E)}{4\pi\rho_d^2} \cdot K(E) \cdot B(x, E) \cdot e^{-x}$$

ここで、

$D_1(E)$: 評価点での直接線による線量率

$S(E)$: 線源強度

ρ_d : 線源から評価点までの距離

$K(E)$: 線量率換算係数

$B(x, E)$: ビルドアップファクタ

x : 実効透過距離 (平均自由行程)

$$x = \sum_m \mu_m \cdot \rho_m$$

μ_m : 物質 m の線減衰係数

ρ_m : 物質 m の透過距離

(2) 散乱線

散乱点でのガンマ線束は、次式で与えられる。

$$\phi(E) = \frac{S(E)}{4\pi\rho^2} \cdot e^{-x}$$

ここで、

$\phi(E)$: 散乱位置でのガンマ線束

ρ : 線源から散乱点までの距離

散乱後，評価点に到達するガンマ線の線量率は次式で与えられる。

$$D_2(E) = \frac{\phi(E)}{\rho_s^2} \cdot K(E') \cdot B(x, E') \cdot N \cdot \frac{d\sigma}{d\Omega}(E, \theta) \cdot e^{-x}$$

ここで，

$D_2(E)$: 評価点での散乱線による線量率

ρ_s : 散乱点から評価点までの距離

$K(E')$: 散乱後のエネルギー E' のガンマ線線量率換算係数

$B(x, E')$: ビルドアップファクタ

N : 散乱体の原子数密度

$\frac{d\sigma}{d\Omega}(E, \theta)$: 微分散乱断面積 (クライン-仁科の式)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(E, \theta) = \frac{r_0^2}{2} \cdot \frac{(1 + \cos^2\theta)}{[1 + \alpha(1 - \cos\theta)]^2} \left\{ 1 + \frac{\alpha^2(1 - \cos\theta)^2}{(1 + \cos^2\theta)[1 + \alpha(1 - \cos\theta)]} \right\}$$

r_0 : 古典的電子半径

θ : 散乱角度

α : コンプトン波長の逆数

3.2 引用文献

- (1) R I S T NEWS No. 33 「実効線量評価のための遮蔽計算の現状」
2002. 3. 31, (財) 高度情報科学技術研究機構

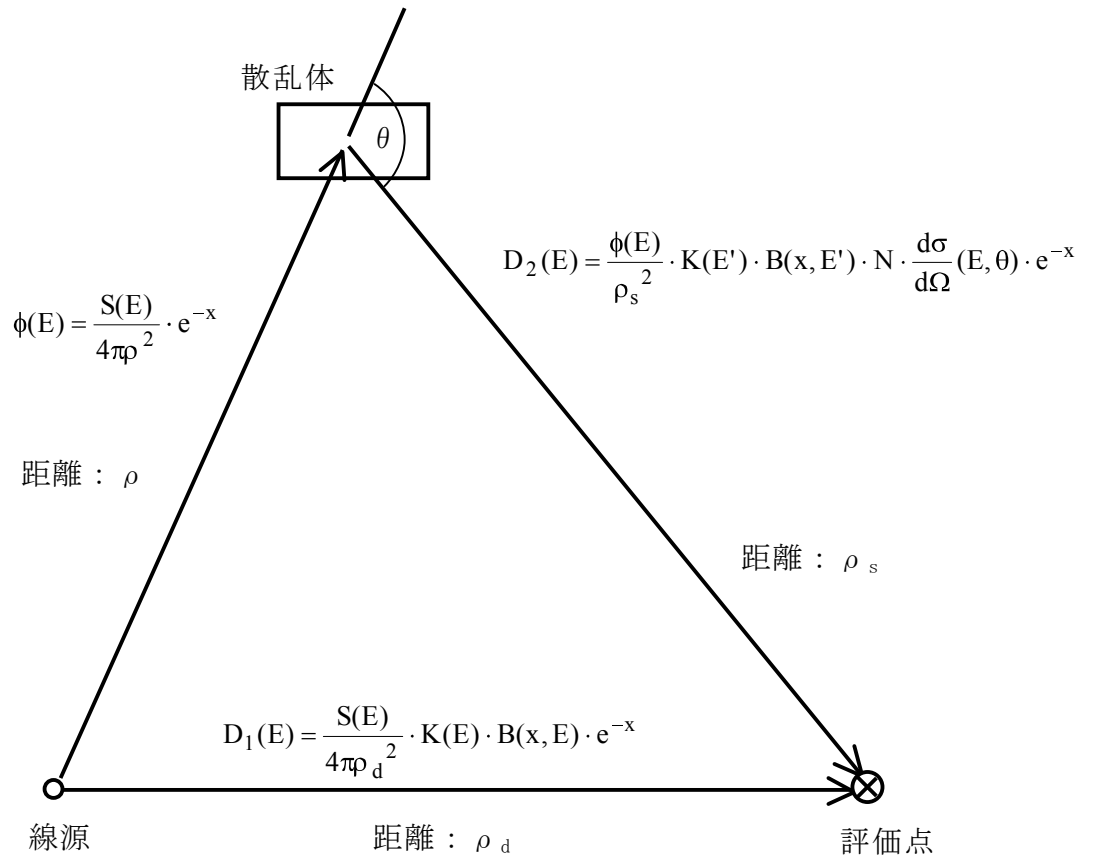


図1 G33-GP2R の計算方法