

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-933 改0
提出月日	平成30年7月12日

V-5-11 計算機プログラム（解析コード）の概要・ANISN

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 主要な出力	6
3.3 引用文献	6

1. はじめに

本資料は、添付資料において使用した計算機プログラム（解析コード）ANISN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資料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	ANISN-JR
V-1-8-1	原子炉格納施設の設計条件に関する説明書	ANISN-JR
V-1-9-3-2	緊急時対策所の居住性に関する説明書	ANISN-JR

2. 解析コードの概要

項目	コード名 ANISN
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	米国オークリッジ国立研究所（（財）高度情報科学研究機構）
開発時期	1977年（初版開発時期1967年）
使用したバージョン	ANISN-JR
計算機コードの概要	本計算機コードは、米国オークリッジ国立研究所で開発された、一次元多群輸送方程式を離散座標Sn法で解く計算プログラムである。本計算機コードの計算形状は、一次元形状（球、無限平板、無限円筒）であり、中性子及びガンマ線の輸送問題等を解くことができる。本計算機コードでは、計算形状内での中性子及びガンマ線の線束が計算され、線量率換算係数又はカーマ係数を乗じることにより、線量率又は発熱量を算出することができる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本計算機コードの検証の内容は、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。 ・ 本計算機コード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。 ・ 本計算機コードは、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>本計算機コード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、固体廃棄物貯蔵庫を線源とした線量評価が、ANISNコードとG33コードの結合計算法によって実施されている。 ・ この固体廃棄物貯蔵庫での測定値と計算値の比較の詳細が、原子力施設散乱放射線挙動専門委員会の成果報告会（昭和54年9月、財団法人 原子力安全研究協会）*に示されている。 ・ 測定値と計算値を比較した結果、概ね一致していることを確認している。

	<ul style="list-style-type: none"> ・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輸送計算コードとして, A N I S Nコードが挙げられている。
--	--

注記 * : 「ガンマ線スカイサンシャインの線量評価に関する研究」成果報告会・予稿集 (昭和54年9月 財団法人 原子力安全研究協会)

3. 解析コードの特徴

ANISNコード⁽¹⁾は、米国オークリッジ国立研究所で開発された線型ボルツマン輸送方程式を、Sn法を用いて解く計算プログラムである。本コードの計算形状は、一次元形状（無限平板，球，無限円柱）であり，中性子，ガンマ線の輸送問題等を解くことができる。計算には次のデータの入力が必要である。

① 線源データ

体積分布線源，境界線源，初回衝突線源の3つの形式で入力が可能。体積分布線源では，各空間メッシュにおける中性子発生数を与える。方法としては，各メッシュ各エネルギー群ごとに発生個数を与える方法と，空間分布とエネルギースペクトルを分離して入力する方法がある。

② 体系データ

空間メッシュ分割のデータであり，座標とともに領域番号の指定を通じて，各メッシュ点での媒質が指定される。

③ 断面積データ（群定数）

断面積データは，評価済核データより作成した群定数を用いる。

④ 角度分点

⑤ 計算条件

繰り返し計算の収束条件，境界条件等を指定する。

3.1 計算方法

中性子，ガンマ線の放射線束分布は，基本式であるボルツマンの輸送方程式を解くことにより求められる。

$$\begin{aligned} & \Omega \cdot \nabla \phi(r, E, \Omega) + \Sigma_t(r, E) \cdot \phi(r, E, \Omega) \\ & = \iint \Sigma_s(r, E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \cdot \phi(r, E', \Omega') dE' d\Omega' + S(r, E, \Omega) \end{aligned}$$

$$\phi(r, E) = \int \phi(r, E, \Omega) d\Omega$$

ここで，

- E : エネルギー (MeV)
- Ω : 進行方向の単位ベクトル
- $\phi(r, E, \Omega)$: 中性子及びガンマ線の角度分布束 (位置 r で単位ベクトル Ω 方向の単位立体角あたりに進む Ω に垂直な面を単位時間に通過する粒子の数) ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

$\Sigma_t(r, E)$: マクロ全断面積 (cm^{-1})

$$\Sigma_t(r, E) = \sum_i N_i(r) \cdot \sigma_{ti}(E)$$

ここで,

$N_i(r)$: 核種 i の原子数密度 (10^{24} cm^{-3})

$\sigma_{ti}(E)$: 核種 i の全断面積 (10^{-24} cm^2)

$$\begin{aligned} \Sigma_s(r, E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) &: \Sigma_s(r, E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \\ &= \sum_i N_i(r) \cdot \sigma_{si}(E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \end{aligned}$$

ここで,

$N_i(r)$: 核種 i の原子数密度 (10^{24} cm^{-3})

$\sigma_{si}(E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega)$

: 核種 i のエネルギーが E' から E , 進行方向ベクトルが Ω' から Ω に変化する散乱断面積, あるいは中性子による捕獲ガンマ線及び非弾性散乱ガンマ線の生成断面積 (10^{-24} cm^2)

$S(r, E, \Omega)$: 中性子及びガンマ線の発生量 ($\text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$)

$\phi(r, E)$: 中性子及びガンマ線の線束 ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

3.2 主要な出力

出力する主要なデータは, ①線束及び角度依存線束, ②領域ごとのバランス表である。①で出力された各メッシュ点での線束に線量率換算係数を乗じることで, 各メッシュ点での中性子, ガンマ線の線量率を算出することができる。

3.3 引用文献

- (1) W. W. Engle, Jr., A USERS MANUAL FOR ANISN: A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering, K-1693 (1967)