

# EXPACS: Excel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum 利用の手引き

日本原子力研究開発機構 放射線防護研究グループ 佐藤達彦

[nsed-expacs@jaea.go.jp](mailto:nsed-expacs@jaea.go.jp)

## I. はじめに

EXPACS とは , Excel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum の略で , 大気中の任意の地点における宇宙線由来の中性子スペクトル及びその中性子による被ばく線量を計算可能なプログラムである。EXPACS は , 同時に 4 つの条件に対する計算・結果表示を行うことができ , 赤・青・緑・黄カラムの必要箇所に高度・Cut-off Rigidity・太陽活動周期・周辺条件などを入力すると , その条件に対する中性子スペクトルがグラフ上の同色ラインとして表示される。EXPACS の概要は下記ホームページ <http://www3.tokai-sc.jaea.go.jp/rphpwww/radiation-protection/expacs/expacs.html> で説明されており , その詳細な計算方法は参考文献[1]に記載されている。そこで , 本稿では , その使用方法に的を絞って説明する。

## II. 入力データ

ユーザーは , 以下に示す 6 つの情報を 7~12 行目に入力する必要がある。

7 行目: Title: 計算条件のタイトルを入力

8 行目: Configuration: 計算する地点の周辺環境 ( 地上もしくは航空機内 ( パイロットもしくはキャビン ) ) を選択

9 行目: Altitude: 海拔高度(km もしくは ft), もしくは大気圧(g/cm<sup>2</sup>)を入力。高度 20km ( 約 65000ft , 55g/cm<sup>2</sup> に対応 ) 以上に対しては , 中性子スペクトルの予測精度が著しく低下するので注意が必要。

10 行目: Cut-off Rigidity: 計算する地点における cut-off rigidity を入力。Cut-off Rigidity とは , 地磁気の強さを表す指標で , ある宇宙線が地球に向かって垂直に入射したときに大気上空に到達できる荷電粒子の Rigidity( 曲がりにくさ : 高エネルギーかつ電荷の小さい放射線ほど大きい ) の下限値を表す。この値に馴染みのないユーザーは , "Cut-off rigidity" シートに示した地図( 参考文献[2] ) より読み取った値を入力すればよい。

11 行目: Solar Modulation Potential: 太陽活動の強さを表す deceleration potential(MV)を入力。EXPACS では , 太陽活動極小及び極大期における deceleration potential をそれぞれ 465 及び 1700 (MV)に設定している。太陽活動は約 11 年周期で , 前回の極小期は 1996 年頃。中性子フラックスと deceleration potential は負の相関関係があり , 465(MV)を入力すれば安全側の評価が可能となる。

12 行目: Local Effect Parameter: Configuration で地上( ground )を選択した場合 ,

地面の水分含有割合を入力。通常，0.15 程度。航空機内（pilot or cabin location）を選択した場合，航空機の質量(100ton)を入力。大型旅客機の場合は2(100ton)程度。ただし，どちらの量も，理想的な環境におけるスペクトルからの「ゆがみ」の大きさを表すためのパラメータであり，純粋な物理量ではなく，条件により調整が必要となることに注意する必要がある。詳しくは，参考文献[1]を参照。

### III. 出力データ

前節で入力した条件に対して，EXPACS は以下の4つの情報を出力する。

13 行目:  $H^*(10)$ : 得られた中性子スペクトルより導出した 1cm 線量当量。その際，フルエンスから線量への換算係数として，200MeV 以下の中性子に対しては ICRP74 に掲載された値を，それ以上のエネルギーに対しては PHITS で計算した値を採用した。出力の単位は，( $\mu\text{Sv/h}$ )及び( $\text{mSv/year}$ )から選択できる。

14 行目: Effective Dose: 得られた中性子スペクトルより導出した実効線量。その際，フルエンスから線量への換算係数として，20MeV 以下の中性子に対しては ICRP74 に掲載された値を，それ以上のエネルギーに対しては PHITS で計算した値（参考文献[3]）を採用した。また，人体への照射条件として，等方照射を仮定した。出力の単位は，( $\mu\text{Sv/h}$ )及び( $\text{mSv/year}$ )から選択できる。

15 行目: User Response: 検出器の応答など，ユーザーが必要とする任意の情報を出力する。その際，灰色のカラム(M66-M186)に，各エネルギーに対応した応答関数を入力する必要がある。

66-186 行目: Neutron Spectrum: 各条件に対する中性子フラックス。左右のカラムの単位は，それぞれ，( $/\text{cm}^2/\text{s}/\text{lethargy}$ )及び( $/\text{cm}^2/\text{s}/\text{MeV}$ )である。

### IV. まとめ

上記の情報をまとめて図 1 に示す。本プログラムの使用方法に関する質問・改良の要望などは [nsed-expacs@jaea.go.jp](mailto:nsed-expacs@jaea.go.jp) までお願いいたします。

### 参考文献

- [1] T. Sato and K. Niita, “Analytical Functions to Predict Cosmic-Ray Neutron Spectra in the Atmosphere”, *Radiat. Res.* **166**, 544-555 (2006)
- [2] European Radiation Dosimetry Group: "Cosmic radiation exposure of aircraft crew: compilation of measured and calculated data", A report of EURADOS Working Group 5. European Commission: Luxembourg, 2004
- [3] T. Sato, S. Tsuda, Y. Sakamoto, Y. Yamaguchi and K. Niita, “Analysis of Dose-LET Distribution in the Human Body Irradiated by High Energy Hadrons”, *Radiat. Prot. Dosim.* **106**(2), 145-153 (2003)

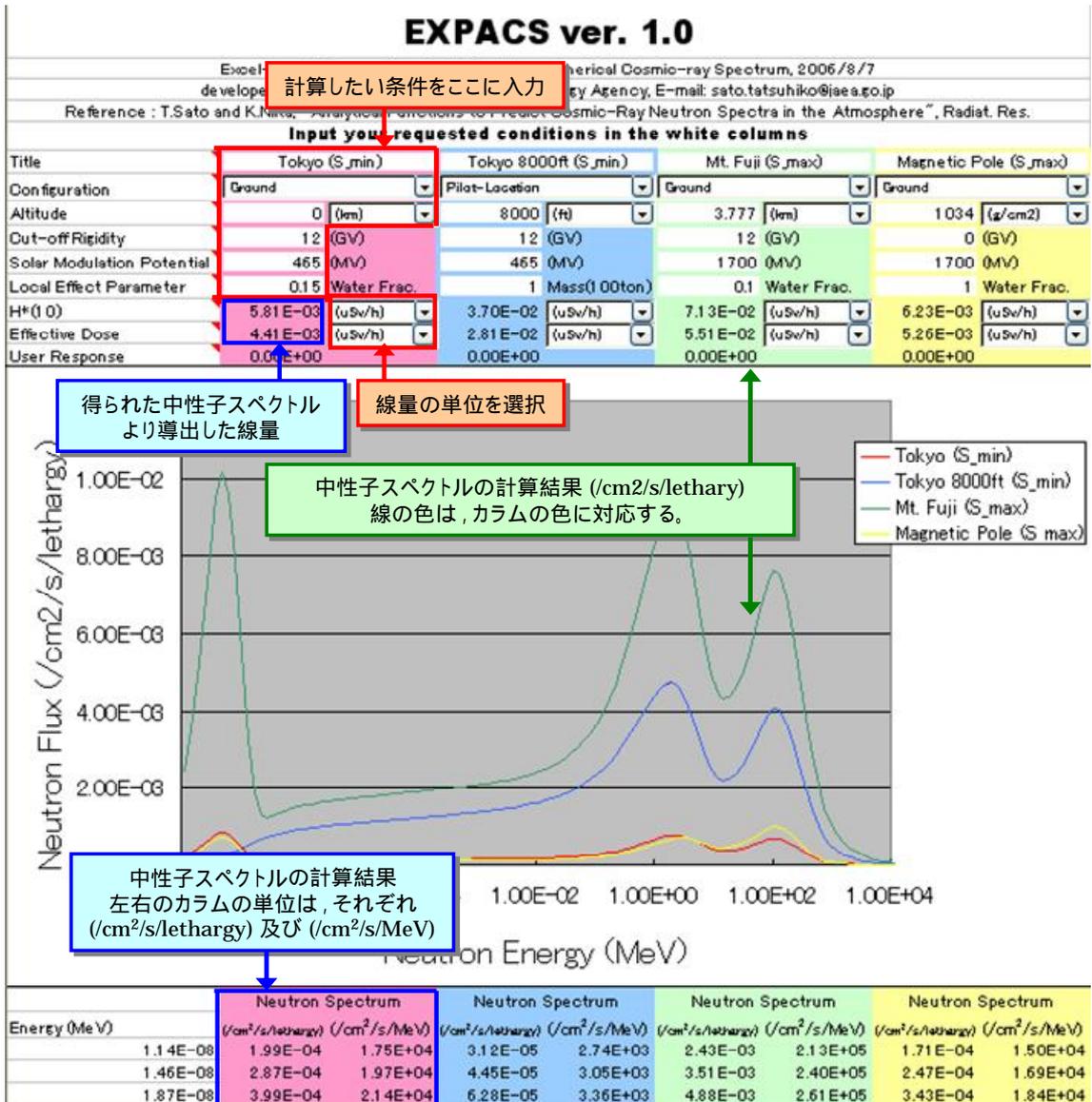


図1 EXPACS 使用方法に関するまとめ