

# FlexID ユーザーマニュアル

## 1. はじめに

本書は、ICRP2007 年勧告に基づく内部被ばく線量評価コード FlexID (Flexible code for Internal Dosimetry) のユーザーマニュアルである。FlexID は、ICRP2007 年勧告に基づく体内動態モデルを臓器・組織ごとに組合せ、放射性核種の人間の体内での移行を計算し、子孫核種も含めた体内動態、及び線量評価を行う。入力データの変更だけで体内動態モデルの組合せや移行係数等を変更でき、ICRP の体内動態モデルの変更に迅速かつ容易に対応可能な汎用コードである。

## 2. 動作環境

プログラムの動作環境を以下に示す。

○.NET Framework 4.6.2 以降がインストール済みの Windows OS パソコン

## 3. 開発環境

プログラムの開発環境を以下に示す。

○OS : Windows 10

○IDE : Microsoft Visual Studio 2019

○使用言語 : C#

○対象フレームワーク : .NET Framework 4.6.2

## 4. 導入方法

FlexID フォルダを任意の場所にコピーすることで FlexID プログラムを導入できる。以下に FlexID フォルダの構成を示す。

### FlexID

- └ inp
  - | └ EIR
    - | └ 元素ごとの公衆の構成員 (EIR) に対するインプットファイル
  - | └ OIR
    - | └ 元素ごとの職業人 (OIR) に対するインプットファイル
- └ lib
  - | └ EIR
    - | └ 元素ごとの EIR に対する SEE ファイル
  - | └ OIR
    - | └ 元素ごとの OIR に対する S-Coefficient ファイル
- └ FlexID.Calc.exe (残留放射能・線量計算プログラム：ユーザーは使用しない)
- └ FlexID.exe (入力画面プログラム)
- └ FlexID.Viewer.exe (出力画面プログラム)

以下に FlexID プログラムで使用する S-Coefficient ファイル作成に必要なとなる S-Coefficient.exe プログラムのフォルダの構成を示す。

### S-Coefficient

- └ lib (S-Coefficient 計算に使用するライブラリデータ (※))
  - | └ NuclideList.txt (計算対象核種名リスト)
  - | └ S-Coefficient\_Tmp.xlsx (計算出力のテンプレートファイル)
- └ S-Coefficient.exe (S-Coefficient 計算プログラム)
- └ S-Coefficient 計算.xlsx (その他の組織の S-Coefficient 計算用 Excel ファイル)
- └ S 係数ソート.xlsm (IDCA Dose2.1 プログラムと同じ臓器順に計算した S-Coefficient を並び替える Excel マクロファイル)
- └ out (計算結果出力フォルダ)

※ 以下のファイルは、ユーザーの責任において入手して lib フォルダ直下に配置して使用する。

- ICRP-07.BET, ICRP-07.RAD : ICRP Publication 107 Supplemental Material から入手
- rcp-af\_alpha\_2017-03-07.SAF, rcp-af\_electron\_2017-03-07.SAF, rcp-af\_neutron\_2017-03-07.SAF, rcp-af\_photon\_2017-03-07.SAF, rcp-am\_alpha\_2017-03-07.SAF, rcp-am\_electron\_2017-03-07.SAF,

rep-am\_neutron\_2017-03-07.SAF, rep-am\_photon\_2017-03-07.SAF : ICRP Publication 133  
Supplemental Material から入手

## 5. 主な機能

FlexID の主な機能を以下に示す。

- 臓器／組織ごとの残留・積算放射エネルギーの計算（添付資料 1 参照）
- 臓器／組織ごとの等価線量、積算線量、及び線量率の計算（添付資料 2 参照）
- 預託実効線量、積算線量、及び線量率の計算（添付資料 2 参照）

## 6. 入力画面の操作方法

「FlexID\FlexID.exe」をダブルクリックする。

FlexID

OIR EIR ①

Output File Path out¥ Browse

Nuclide

Application of Progeny Nuclide ☐ Yes ☒ No

Route / Chemical Form

Calculation Time Mesh lib¥time.dat Browse

Output Time Mesh lib¥out-time.dat Browse

Commitment Period 50 years

Run

① 被ばく対象のタブを選択する。

OIR：職業人の内部被ばく（Occupational Intakes of Radionuclides）

EIR：公衆の構成員の内部被ばく（Environmental Intakes of Radionuclides）

## 7. OIR の場合

The screenshot shows the FlexID software window with the 'OIR' tab selected. The interface contains the following elements:

- Output File Path:** A text box containing 'out¥' and a 'Browse' button.
- Nuclide:** A dropdown menu.
- Application of Progeny Nuclide:** Radio buttons for 'Yes' and 'No', with 'No' selected.
- Route / Chemical Form:** A dropdown menu.
- Calculation Time Mesh:** A text box containing 'lib¥time.dat' and a 'Browse' button.
- Output Time Mesh:** A text box containing 'lib¥out-time.dat' and a 'Browse' button.
- Commitment Period:** A text box containing '50' and a dropdown menu set to 'years'.
- Run:** A large button at the bottom right.

新しい核種を追加するためのインプットファイル作成方法（S-Coefficient ファイル作成方法を含む）は、添付資料 3、4 を参照。

- ① 出力フォルダパスおよび出力ファイルの先頭につく共通ファイル名を記載する。

例：C:¥AAA¥BBB¥CCC¥Sr-90\_ing と入力した場合

C:¥AAA¥BBB¥CCC フォルダに

Sr-90\_ing \_Cumulative.out

Sr-90\_ing \_Dose.out

Sr-90\_ing \_DoseRate.out

Sr-90\_ing \_Retention.out

の 4 つのファイルが出力される（添付資料 5 参照）

拡張子は自動で設定されるため設定は不要。

- ② コンボボックスの中から計算対象核種を選択する。
- ③ 子孫核種の考慮の有無を選択する。
- ④ コンボボックスの中から摂取経路及び化学形態を選択する。
- ⑤ 計算タイムメッシュファイルを選択する。
- ⑥ 出力タイムメッシュファイルを選択する。
- ⑦ 預託期間を整数で入力後、コンボボックスの中から預託期間の単位を選択する。

計算タイムメッシュファイルの作成方法：添付資料 3 参照

出力タイムメッシュファイルの作成方法：添付資料 3 参照

## 8. EIR の場合

FlexID

OIR EIR

① Output File Path out¥ Browse

② Nuclide ▼

③ Application of Progeny Nuclide ☐ Yes ☒ No

④ Route / Chemical Form ▼

⑤ Calculation Time Mesh lib¥time.dat Browse

⑥ Output Time Mesh lib¥out-time.dat Browse

⑦ Commitment Period 50 years ▼

⑧ Intake Age ▼

Run

- ① 出力フォルダパスおよび出力ファイルの先頭につく共通ファイル名を記載する。

例：C:¥AAA¥BBB¥CCC¥test と入力した場合

C:¥AAA¥BBB¥CCC フォルダに

test\_Cumulative.out

test\_Dose.out

test\_DoseRate.out

test\_Retention.out

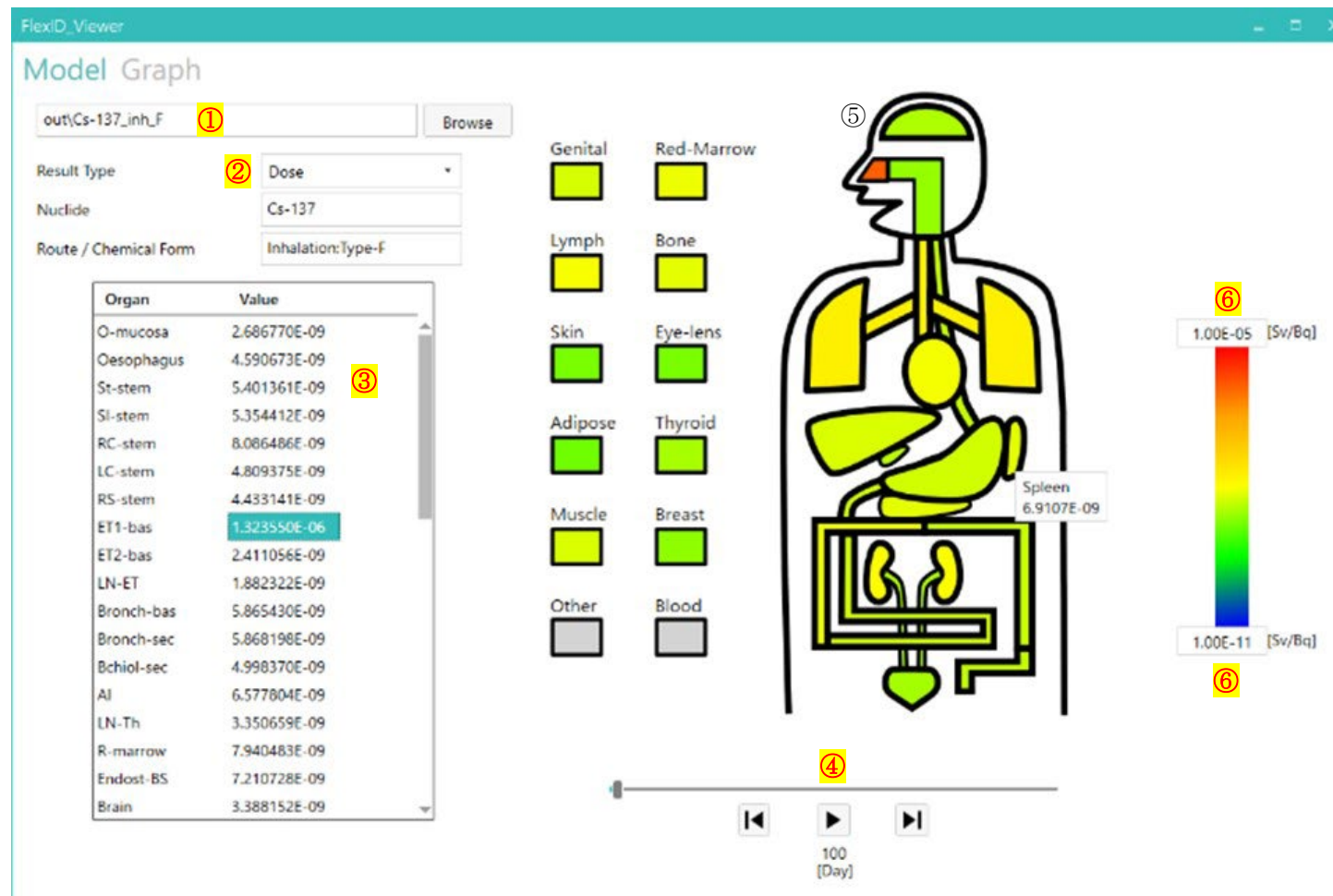
の 4 つのファイルが出力される（添付資料 5 参照）

拡張子は自動で設定されるため設定は不要。



- ② コンボボックスの中から計算対象核種を選択する。
- ③ 子孫核種の考慮の有無を選択する。
- ④ コンボボックスの中から摂取経路及び化学形態を選択する。
- ⑤ 計算タイムメッシュファイルを選択する。
- ⑥ 出力タイムメッシュファイルを選択する。
- ⑦ 預託期間を整数で入力後、コンボボックスの中から預託期間の単位を選択する。
- ⑧ コンボボックスの中から被ばく時の年齢（摂取時年齢）を選択する。

## 9. 結果表示画面(Model)の説明



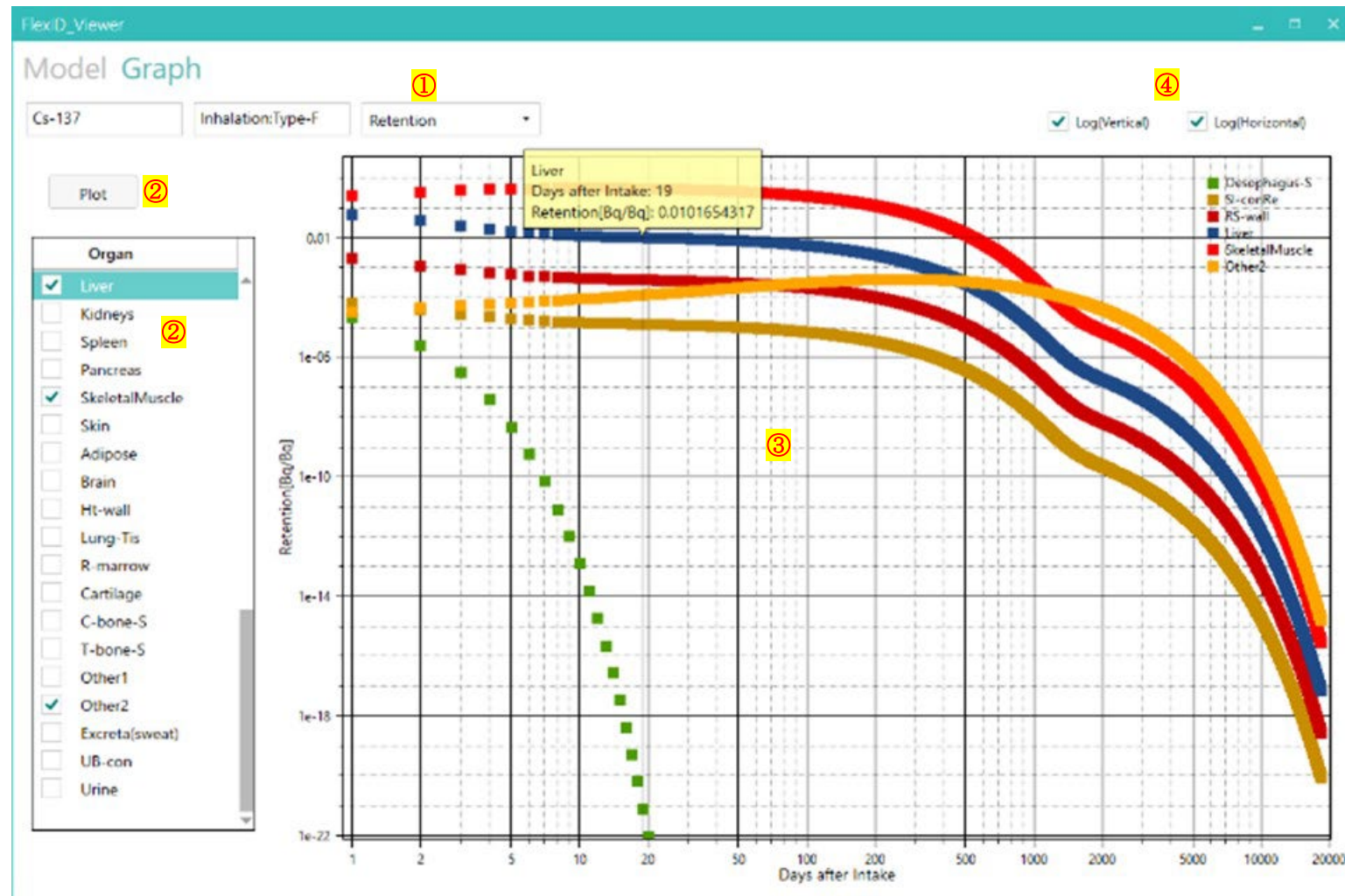
- ① 結果表示のために読み込むファイルを選択する。
- ② コンボボックスの中から表示するデータを選択する。

Retention	:	単位摂取放射エネルギー (1[Bq]) 当たり、計算時間 ステップ当たりの残留放射エネルギー [—]
CumulativeActivity	:	臓器/組織ごとの積算残留放射エネルギー [Bq]
Dose	:	等価線量 [Sv/Bq]
DoseRate	:	等価線量率 [Sv/Bq/h]

- ③ 対象時刻の計算結果のデジタル値を表示する。
- ④ ボタン操作により体内を模擬したコンター図の動画が表示される。
- ⑤ 臓器/組織ごとのデータをコンター表示する。
- ⑥ コンターの閾値を設定する。

なお、計算済みの結果を表示する場合は、「FlexID\FlexID.Viewer.exe」をダブルクリックする。

## 10. 結果表示画面(Graph)の説明



- ① コンボボックスの中から表示するデータを選択する。

Retention	:	単位摂取放射エネルギー (1[Bq]) 当たり、計算時間 ステップ当たりの残留放射エネルギー [—]
CumulativeActivity	:	臓器/組織ごとの積算残留放射エネルギー [Bq]
Dose	:	等価線量 [Sv/Bq]
DoseRate	:	等価線量率 [Sv/Bq/h]

- ② 表示したい臓器にチェックを入れ、「Plot」ボタンをクリックする。  
③ ②で選択された臓器の計算結果の摂取後の時系列データが表示される。  
④ 軸のオプションを選択する。(線形(Linear)表示 と 対数(Log)表示 の切り替え )

グラフ画面において、マウスによるドラッグやスクロールにより、グラフの移動、拡大縮小、軸レンジの変更が行える。また、グラフ画面の変更後に再度「Plot」ボタンをクリックすると、全てのプロットデータの収まる最小範囲の軸レンジによる表示に戻る。

軸位置でスクロール	:	軸レンジの拡大縮小
グラフエリア内でのスクロール	:	グラフ全体の拡大縮小
プロット上で左クリック	:	対象臓器名称とデジタル値の表示
右ドラッグ	:	グラフデータ全体の移動
ホイールボタンによる範囲選択	:	選択範囲内の拡大表示
ホイールボタンのダブルクリック (=「Plot」ボタン押下)	:	全てのプロットデータの収まる最小範囲の軸 レンジによる表示

## 添付資料 1

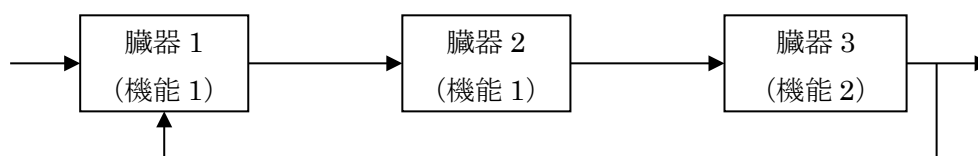
「体内残留放射能の計算方法」

## 1. FlexID の体内残留放射能の計算方法

放射性物質摂取（経口摂取／吸入摂取）時の各臓器／器官／組織の放射性物質の放射能と被ばく線量を ICRP OIR シリーズの体内動態モデルに基づき算出する内部被ばく線量評価コード FlexID の計算方法を示す。

### 1.1 残留放射能計算方法の概要

- (1) 各臓器等を機能毎に分類し、その分類に基づき計算機能（入力（摂取：仮想ノードである摂取ノードにのみ設定可能）、混合、蓄積）を作成。その計算機能を組み合わせることで体内挙動モデルを形成する。
- (2) 計算は時間を分割し、先ず親核種について各臓器等の放射能が収束するまで繰り返し計算を行う。これを時間分割について行う。次に子孫核種について順次同様の収束計算を実施する。



臓器 1, 2 は計算機能 1 を、臓器 3 は計算機能 2 を使用する。

臓器 3 から臓器 2 へ入力があるため、収束計算を行う。

機能：入力、混合、蓄積（流入、流出、蓄積）、排出

(3) 各計算機能は図 1 のように入力と出力に分けて取り扱う。子孫核種も同様に取り扱う。(子孫核種への移行も臓器等の間での移行として取り扱う。)

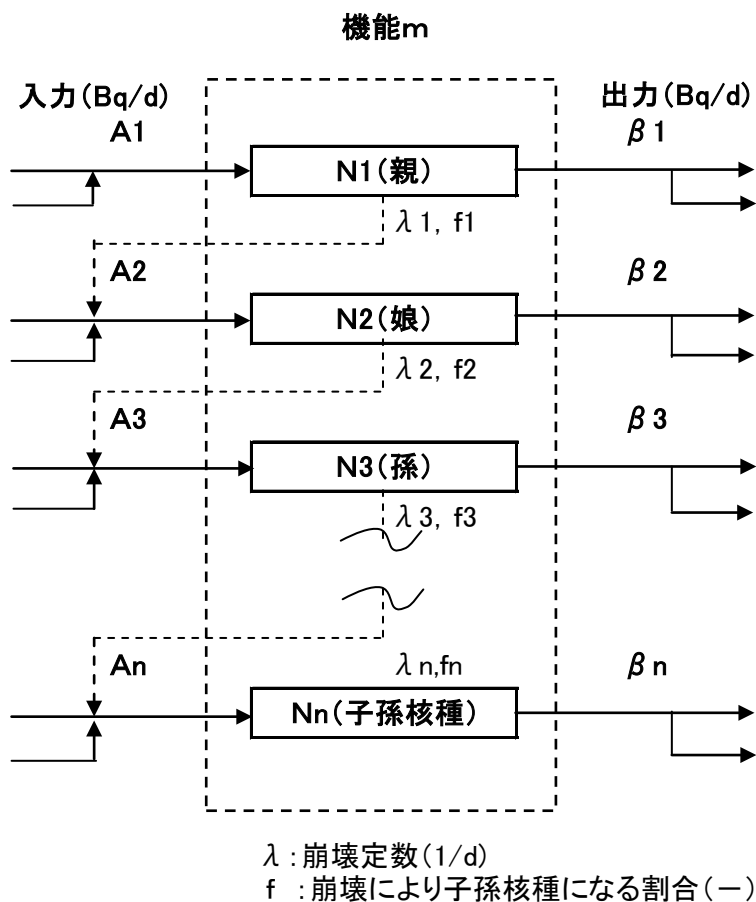


図 1 コンパートメントのノーディング図の例

(4) 核種により体内での挙動が異なる場合の取扱

親核種と子孫核種で挙動が異なる場合 (例えば、 $\text{Te-131} \Rightarrow \text{I-131}$ ) は、核種の分類によりその流出先を指定することで対応する。

## 1.2 基本計算式

以下の方法で体内の時系列放射能分布を計算する。

計算方法にはノード・ジャンクション法を採用し、臓器等の間での接続パス (ジャンクション) に設定された移行係数と移行割合から、各臓器等 (ノード) の放射能を時間メッシュ毎に計算する。各時間メッシュにおいては、全てのノードの放射能が収束するまで繰り返し計算を実施する。

また、ノードは蓄積機能と混合機能のどちらかを選択でき、混合機能では複数の流入に対して平均値を計算し、その後、流出ジャンクションから移行割合に応じて流出させる。蓄積機能については、以下の基本式によりノード内の放射能の蓄積を計算する。



- ・蓄積機能における前提条件

流入放射能（A[Bq/d]）は時間メッシュ期間中一定と仮定する。

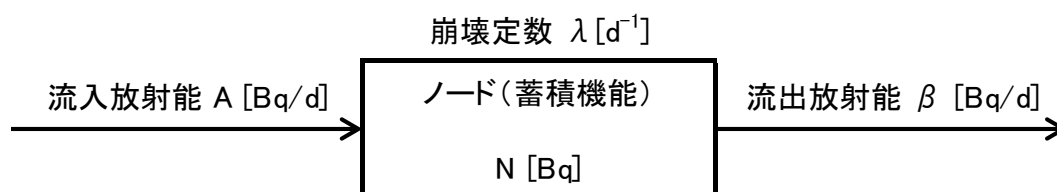


図 2 蓄積機能イメージ図

- ・放射能Nの計算

$$\frac{dN}{dt} = A - (\lambda + \beta) \cdot N$$

$$N = A \cdot \frac{1 - \exp\{-(\lambda + \beta) \cdot t\}}{\lambda + \beta} + N_0 \cdot \exp\{-(\lambda + \beta) \cdot t\}$$

ここで、

$\lambda$  : 崩壊定数 [d<sup>-1</sup>]

$\beta$  : 流出放射能 [Bq/d]

$N_0$  : 当該時間メッシュにおける初期放射能 [Bq]

- ・時間積分放射能Qの計算

$$Q = \int_0^T N_i dt$$

$$= N_0 \cdot \frac{1 - \exp\{-(\lambda + \beta) \cdot T\}}{\lambda + \beta} + A \cdot \frac{T - \frac{1 - \exp\{-(\lambda + \beta) \cdot T\}}{\lambda + \beta}}{\lambda + \beta}$$

- ・時間平均放射能 $\bar{N}$ の計算

$$\bar{N} = \frac{Q_i}{T}$$

$$= N_0 \cdot \frac{1 - \exp\{-(\lambda + \beta) \cdot T\}}{(\lambda + \beta) \cdot T} + A \cdot \frac{1 - \frac{1 - \exp\{-(\lambda + \beta) \cdot T\}}{(\lambda + \beta) \cdot T}}{\lambda + \beta}$$

ここで、

T : 時間メッシュインターバル [d]

FlexID の計算処理フローチャートを図 3 に示す。

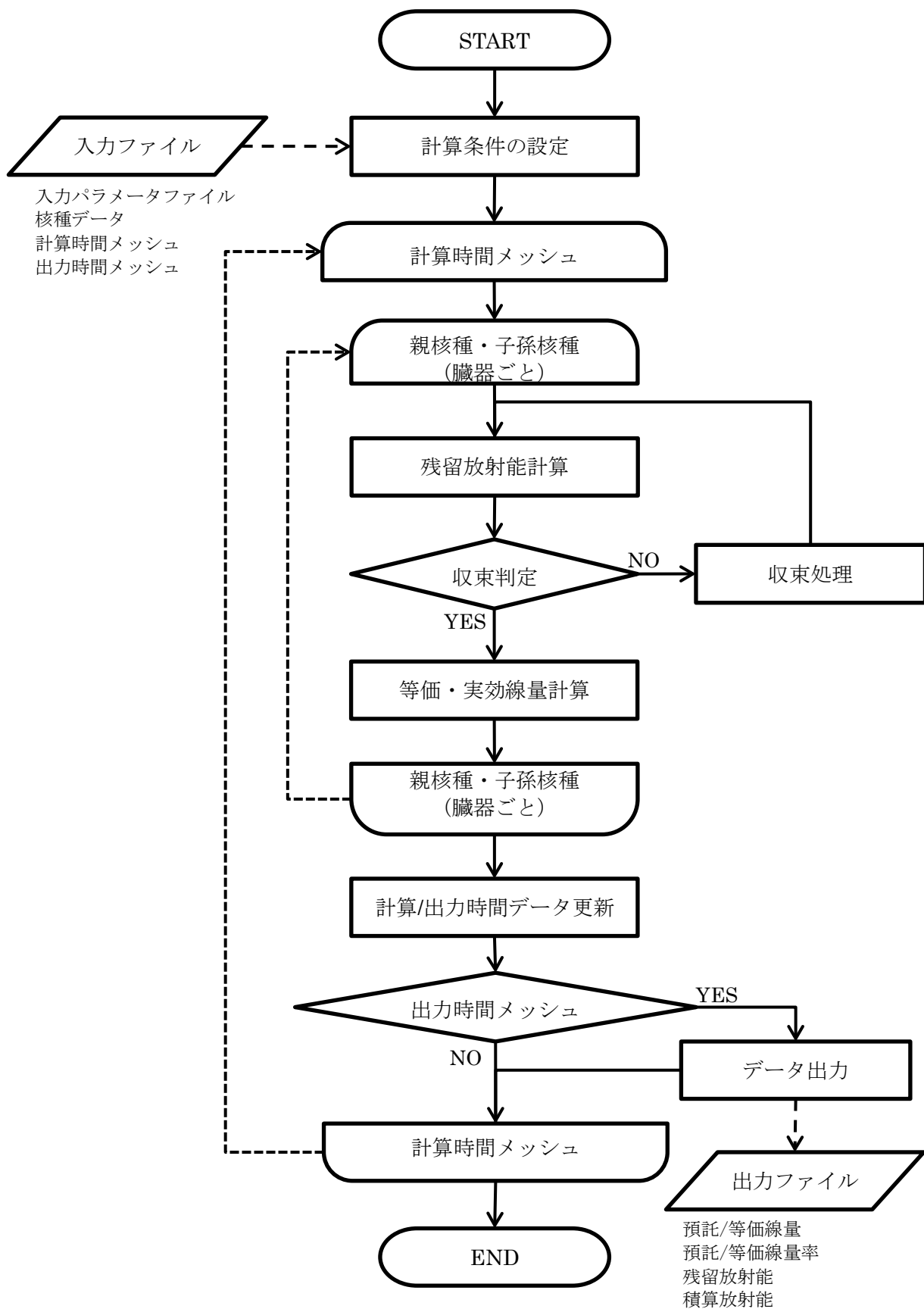


図 3 FlexID の計算処理フロー

## 2. 組織ごとの重量比の算出

ICRP Electronic Annex OIR Data Viewer で出力される「Lungs」と「Alimentary Tract」の残留放射能のデータと、ノード・ジャンクション法で算出したコンパートメント毎の放射能を比較するため、肺と消化管における放射能を計算するため、組織ごとの質量比を導出した。

トリチウムを例として説明する。トリチウムの HTO モデルと OBT モデルにおいて、「有機結合トリチウム 1」「有機結合トリチウム 2」「血管外トリチウム水」の 3 つのコンパートメントがある。これらのコンパートメントは体内に一樣に分布していると仮定されている(ICRP Publication 133 OIR Part2 Table 2.5 の注釈を参照)ため、肺と消化管の放射能計算には、全身に対する呼吸気道と消化管の質量比から、それらの放射能を計算し、これを残留放射能の計算結果とする必要がある。

そのため、本項では以下の 2 つの質量比を算出した。

- ・ 血液を除いた呼吸気道組織の質量 / 全身の血液を除いた質量
- ・ 血液を除いた消化管組織の質量 / 全身の血液を除いた質量

質量の計算には、Publication 133 Table A.3 に記載の値を用いた。

### (1) 全身組織質量の算出

Table A.3 に記載の以下の組織の質量を合計した。

- |                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| ・ Brain                          | ・ Thyroid         |
| ・ Pituitary gland                | ・ Heart           |
| ・ Lens of eye                    | ・ Adrenals        |
| ・ Salivary glands                | ・ Gall bladder    |
| ・ Tongue                         | ・ Kidneys         |
| ・ Tonsils                        | ・ Liver           |
| ・ Oesophagus                     | ・ Pancreas        |
| ・ Brest                          | ・ Testes          |
| ・ Stomach wall                   | ・ Ovaries         |
| ・ Small intestine wall           | ・ Ureters         |
| ・ Right colon wall               | ・ Urinary bladder |
| ・ Left colon wall                | ・ Uterus          |
| ・ Rectosigmoid colon wall        | ・ Prostate        |
| ・ ET2 bound region               | ・ Muscle          |
| ・ ET2 sequestered region         | ・ Adipose         |
| ・ Bronchial bound region         | ・ Skin            |
| ・ Bronchial sequestered region   | ・ ET1 wall        |
| ・ Bronchiolar bound region       | ・ ET2 wall        |
| ・ Bronchiolar sequestered region | ・ Lung tissue     |

## Lung

これは気管支、細気管支、胸部リンパなどの合算項目であると推測され、ダブルカウントとなるため除いた。

以上の結果、全身組織の質量は、男性で 55.635922kg、女性で 46.943301kg となった。

### (2) 肺の質量比の算出

肺の質量として、Table A.3 に記載の以下の組織の質量を合計した。

- Bronchial bound region
- Bronchial sequestered region
- Bronchiolar bound region
- Bronchiolar sequestered region
- Lung tissue

以上の結果、肺の質量は、男性で 0.508162kg、女性で 0.427712kg となった。

以上の結果から、肺の質量比は、男性で  $0.508162 / 55.635922 = 0.009133703$ 、女性で  $0.427712 / 46.943301 = 0.009111247$ 、男女平均で 0.009122475 となった。

これを HTO/OBT モデルにおける有機結合トリチウム 1、有機結合トリチウム 2、血管外トリチウム水の計算結果の合計に乗じることで、3 つのコンパートメントの肺に対する放射能の寄与を求めることができる。

### (3) 消化管の質量比の算出

消化管の質量として、Table A.3 に記載の以下の組織の質量を合計した。

- Stomach wall
- Small intestine wall
- Right colon wall
- Left colon wall
- Rectosigmoid colon wall

以上の結果、消化管組織の質量は、男性で 1.17kg、女性で 1.1kg となった。

以上の結果から、質量比は、男性で  $1.17 / 55.635922 = 0.021029579$ 、女性で  $1.1 / 46.943301 = 0.023432523$ 、男女平均で 0.022231051 となった。

これを HTO/OBT モデルにおける有機結合トリチウム 1、有機結合トリチウム 2、血管外トリチウム水の計算結果の合計に乗じることで、3 つのコンパートメントの消化管に対する放射能の寄与を求めることができる。

## 添付資料 2

「等価線量・預託実効線量の計算方法」

## 1. S-coefficient の計算

### 1.1 計算方法

ICRP Publ.133 において公開された最新の比吸収割合 (SAF) データから、以下の計算方法により S-coefficient を算出した。

$$S\text{-coefficient}(T \leftarrow S) = \sum_i (Y_i \cdot E_i \cdot SAF(T \leftarrow S)_i \cdot w_{Ri}) \text{ [MeV/kg/nt]}$$

ここで、

$S\text{-coefficient}(T \leftarrow S)$  : ある核種がある線源臓器で 1 壊変したときの標的臓器 1kg 当たりに吸収されるエネルギー [MeV/kg/nt]

$Y_i$  : 壊変あたりの放射線 $i$ の放出割合 [nt] (ICRP Publ.107 データを使用)

$E_i$  : 放射線 $i$ の平均または単一エネルギー [MeV] (ICRP Publ.107 データを使用)

$SAF(T \leftarrow S)_i$  : 線源領域 $S$ 内で放出されるエネルギー $E_i$ の放射線から、標的領域 $T$ の単位質量あたりに吸収されるエネルギーの割合 (比吸収割合) [kg] (ICRP Publ.133 データを使用)

$w_{Ri}$  : 放射線 $i$ の放射線加重係数 [-] (ICRP Publ.103 Table2 データを使用)

なお、FlexID で使用する S-coefficient データの作成方法は、添付資料 3 を参照。

## 2. 預託線量の計算

### 2.1 預託等価線量の計算方法

標的領域  $T$  の預託等価線量 ( $H_T(\Delta t)$ ) [Sv]は、S-coefficient [MeV/kg/nt]を用いて以下のように計算した。

$$H_T(\Delta t) = \sum_S U_S(\Delta t) \cdot S\text{-coefficient}(T \leftarrow S) \cdot f(r_T, T) \cdot C$$

ここで、

$U_S(\Delta t)$  : 摂取した放射性物質が、預託期間 $\Delta t$ の間に線源領域 $S$ で壊変する総数

$f(r_T, T)$  : 標的組織の部分的な重量 (ICRP Publ.133 Table2.3)

$C$  : MeV/kg から Gy (J/kg) への換算係数 ( $1.60218 \times 10^{-13}$  [J/MeV])

この時、コンパートメントモデル図で明確にされていない線源領域 (その他線源領域) のうち、骨を除く (※1) 軟組織を合計した  $S\text{-coefficient}(T \leftarrow Other)$  も計算対象とする。

$$S\text{-coefficient}(T \leftarrow Other) = \frac{1}{M_{Other}} \cdot \sum_S M_S \cdot S\text{-coefficient}(T \leftarrow S)$$

ここで、

$M_{Other}$  : コンパートメントモデルで明確にされていない軟組織の合計質量 (ICRP Publ.133 TableA3.3 ※1)

$M_S$  : コンパートメントモデル図で明確にされていない骨を除く個々の線源領域の質量

※1  $M_S$ は「骨を除く」コンパートメントなので、以下のコンパートメントは $M_S$ から常に除外する。

- C-bone-S
- T-bone-S
- C-bone-V
- T-bone-V

## 2.2 預託実効線量の計算方法

預託実効線量 $E(\Delta t)$  [Sv]は、預託等価線量 $H_T(\Delta t)$ を用いて以下のように計算した。

$$E(\Delta t) = \sum_T H_T(\Delta t) \cdot w_T$$

ここで、

$w_T$  : 組織加重係数 [-] (ICRP Publ.103 Table3 データを使用 ※2)

※2 **Remainder tissues** について、内訳は男女いずれも 13 個の標的組織となっている。そのため与えられた組織加重係数  $w_T=0.12$ を 13 等分した  $0.12/13 \div 0.00923$  を、**Remainder tissues** に含まれる標的領域毎の実際の組織加重係数として使用する。

ICRP Publ.133 Table2.2 に含まれない標的領域については、組織加重係数=0 とし、線量計算に影響ないものとして扱った。

## 添付資料 3

「インプットファイル等の作成方法」



## 1. インプットファイルの作成

インプットファイルは作成対象の核種が記載されている ICRP OIR の  $f_A$  値および移行係数を参考とする。

作成したインプットは以下のように保存する。

(例：Sr-90 の場合)

「FlexID¥inp¥OIR¥Sr-90」フォルダ内にインプットファイルを置く。

### 1.1 入力フォーマット

以下に入力フォーマットとサンプルインプットを示す。

行番号	内容	備考
1	核種名	例：Cs-137
1	摂取経路/化学形態等	入力画面の「Route/Chemical Form」に表示され、識別される。 例：Inhalation:Type-F
1	崩壊定数 [1/day]	$=\ln(2)/\text{半減期 [day]}$
1	親核種からの分岐比 [-]	親核種の場合は 0 を入力
2 以降	臓器番号	重複しない任意の番号
2 以降	臓器名	
2 以降	臓器機能記号 <記号> <機能> inp：入力 acc：蓄積 mix：混合 exc：排出	排泄機能(exc)を設定するコンパートメントは、排泄先コンパートメントとなる。即ち、尿や糞などの排泄量を計算するコンパートメントに設定する。
2 以降	臓器の生物学的半減期 [1/day]	
2 以降	流入元となる臓器の数	
2 以降	流入元となる臓器の臓器番号	
2 以降	流入元臓器からの流入割合	
2 以降	対象臓器のコンパートメントと S-Coefficient ファイルの S 係数データとを紐づけるための臓器名称	lib フォルダに置く対象核種の S-Coefficient ファイルの線源臓器の名称を入力する。また、OIR で「その他の臓器」として定義されているコンパートメントには、線源臓器の名称として「Other」を入力する。なお、S-Coefficient ファイルで線源臓器となっていないコンパートメントには名称として「-」を入力する。
最終行	end：入力終了 cont：子孫核種の情報を継続して入力	子孫核種を考慮する場合、「cont」以降に親核種同様の情報を入力する。 (FlexID¥inp¥OIR¥Sr-90¥Sr-90_ing-Other.inp を参照)

Cs-137_inh-TypeF.inp									
核種名	臓器番号	摂取経路/化学形態等	崩壊定数= $\ln(2)/\text{半減期}(\text{day})$	親からの分岐比 親の場合は0					
		Cs-137 Inhalation:Type-F	6.295048E-05	0.0					
1	1	input	inp	0.0	0	0	0.0	-	
2	6	Oesophagus-S	acc	2160.0	1	32	50.0	Oesophagus-s	
3	7	St-wall	acc	4.589	1	111	1.4902	St-wall	
4	8	St-con	acc	20.57	1	6	100.0	St-cont	
5	9	St-conRe	acc	20.57	2	7	4.5762	St-cont	
6						111	1.9082		
7	10	SI-wall	acc	10.599	1	111	14.9022	SI-wall	
8	11	SI-con	acc	600.0	1	8	100.0	SI-cont	
9	12	SI-conRe	acc	600.0	4	9	100.0	SI-cont	
10						10	1.9813		
11						111	0.4433		
12						113	5.0155		
13	13	RC-wall	acc	7.431	1	111	2.3852	RC-wall	
14	14	RC-con	acc	2.0	4	11	1.0	RC-cont	
15						12	1.0		
16						13	2.826		
17						111	0.0084		
18	15	LC-wall	acc	7.431	1	111	2.3852	LC-wall	
19	16	LC-con	acc	2.0	2	14	100.0	LC-cont	
20						15	2.826		
21	17	RS-wall	acc	7.431	1	111	1.1947	RS-wall	
22	18	RS-con	acc	2.0	2	16	100.0	RS-cont	
23						17	2.826		
24	19	Faeces	exc	0.0	1	18	100.0	-	
25	31	ET1-F	acc	2.1	1	1	47.94	ET1-sur	
26	32	ET2-F	acc	200.0	3	1	25.76836	ET2-sur	
27						31	71.4286		
28									
94	119	Adipose	acc	1.77	1	111	3.7277	Adipose	
95	120	Brain	acc	0.0848	1	111	0.179	Brain	
96	121	Ht-wall	acc	8.07	1	111	5.9524	Ht-wall	
97	122	Lung-Tis	acc	1.47	1	111	1.8659	Lung-Tis	
98	123	R-marrow	acc	0.706	1	111	2.2374	R-marrow	
99	124	Cartilage	acc	0.2	1	111	1.2665	Cartilage	
100	125	C-bone-S	acc	0.212	1	111	0.4475	C-bone-S	
101	126	T-bone-S	acc	0.212	1	111	0.6712	T-bone-S	
102	127	Other1	acc	0.762	1	111	4.0992	Other	
103	128	Other2	acc	0.00141	1	111	0.0015	Other	
104	129	Excreta(sweat)	exc	0.0	1	118	1.8009	-	
105	130	UB-con	acc	12.0	1	114	5.003	UB-cont	
106	131	Urine	exc	0.0	1	130	100.0	-	
107		cont							
108	Cs-137m Inhalation:Type-F								
109	132	input	inp	0.0	0	0	0.0	-	
110	136	Oesophagus-S	acc	2160.0	2	162	83.3333	Oesophagus-s	
111						6	-1.0		

臓器名

臓器機能名称  
inp: 入力  
acc: 蓄積  
mix: 混合  
exc: 排泄

生物学的半減期

流入臓器数

流入元臓器番号

S係数との紐付け名称

流入元臓器からの流入割合

「end」又は「cont」を入力。「end」で入力終了。「cont」に続けて子孫核種の入力を追加。

## 1.2 生物学的半減期および移行割合の計算方法

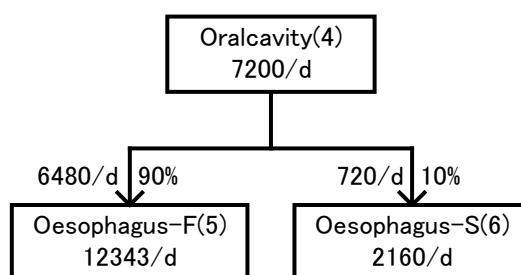
コンパートメント毎の生物学的半減期およびコンパートメント間における移行割合の導出方法を示す。コンパートメント間の移行割合の導出方法は、全ての核種で共通となる。

表 1 にコンパートメント間の移行係数の例を示す。

表 1 コンパートメント間の移行係数の例

From	To	移行係数[/d]
Oralcavity	Oesophagus-F	6480
Oralcavity	Oesophagus-S	720
Oesophagus-F	Stomach-con	12343
Oesophagus-S	Stomach-con	2160

Oralcavity を例とすると



$$\begin{aligned}
 \text{Oralcavityの生物学的半減期} &= \text{Oralcavityからの全ての流出 (Publ.130 Table3.4参照)} \\
 &= \text{Oesophagus-Fへの流出}[6480] + \text{Oesophagus-S}[720] \\
 &= 7200/\text{d}
 \end{aligned}$$

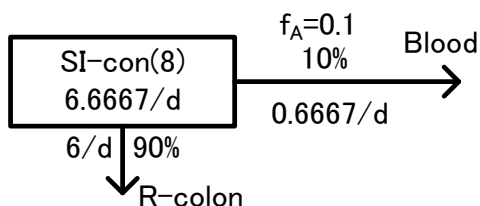
消化管から血液への吸収を伴う場合の生物学的半減期及び移行割合を導出する場合は、消化管から血液への吸収割合を示す  $f_A$  値を考慮する必要がある。

表 2 に消化管から血液への吸収割合を示す  $f_A$  値の例を示す。

表 2 消化管から血液への吸収割合を示す  $f_A$  値の例

Inhaled particulate materials	Absorption parameter values			Absorption from the alimentary tract ( $f_A$ )
	$f_r$	$s_r(/d)$	$s_s(/d)$	
F	1	100		1
M	0.2	3	0.005	0.2
S	0.01	3	0.0001	0.01
Ingested materials				
All forms	-	-	-	0.1

- $f_A$  値 (SI から Blood への吸収値) を伴う場合の生物学的半減期及び移行割合の計算方法



SI-con から Blood への移行割合は、 $f_A=0.1$  より 10%となり、「SI-con」から「Blood」への移行係数は、下記の方法で導出する。

$$\begin{aligned}
 \text{SI-con の生物学的半減期} &= \text{Blood を除く SI-con からの全ての流出} \\
 &\quad (\mathbf{f_A \text{ 値} \times \text{SI-con} \rightarrow \text{R-colon} \text{ への流出}}) \text{ / } (1 - \mathbf{f_A \text{ 値}}) \\
 &= 6 + (0.1 \times 6) \text{ / } (1 - 0.1) \\
 &= 6 + 0.6 \text{ / } 0.9 \\
 &= 6.6667/d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SI-con から Blood への移行割合} &= \text{Blood への流出} \text{ / } \text{SI-con からの全ての流出} \\
 &= 0.6667 \text{ / } 6.6667 \\
 &= 0.1 = 10\%
 \end{aligned}$$

## 2. S-Coefficient ファイルの作成

### 2.1 事前準備

1. 「S-Coefficient」フォルダを任意のフォルダにコピーする。
2. 「S-Coefficient¥S-Coefficient.exe」をダブルクリックして起動。
3. 「S-Coefficient¥lib¥NuclideList.txt」を開き、計算対象とする核種名（例：Sr-90、計算対象とする核種は ICRP-07.RAD ファイルに記載されている核種のみ）を入力後、保存して閉じる。なお、複数核種の計算を実施する場合は、1 核種毎に改行して入力する（図 1 参照）。

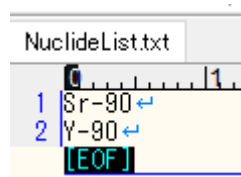


図 1 NuclideList.txt

4. 計算方法を選択し、男性と女性の 2 回の計算を実行する。
5. 「S-Coefficient¥out」に計算結果が出力される。

※ S-Coefficient プログラム (S-Coefficient.exe) の詳細仕様については添付資料 4 を参照。

### 2.2 S-Coefficient の算出

Sr-90 を例に説明する：

1. S-Coefficient 計算.xlsx を開く。このとき、Excel 内の G29:CI72 の表を表 1、CL29:FL72 の表を表 2、FO29:IQ72 の表を表 3、IT29:LT72 の表を表 4 とする。
2. 2.1 節で計算した「Sr-90\_AdultMale.xlsx」の「total」シートの値部分のみを表 2 に、「Sr-90\_AdultFemale.xlsx」の「total」シートの値部分のみを表 4 に貼り付ける。
3. 表 1 の「Other」列を基準に Sr-90 のコンパートメントモデルに明示されている臓器の列を「Other」列よりも左側に、コンパートメントモデルにない臓器を右側に列ごと移動（Excel 列の「切り取り」→「切り取ったセルの挿入」）させる（図 2 を参照）。この時、「骨 (T-bone-S, T-bone-S, C-bone-V, C-bone-V)」が右側に移動した場合は対象外とする（「Other」列のセルの計算から除く）。

AD	AE	AF	AG	AH
骨梁骨	膀胱内容物	その他	口腔粘膜	歯表面
T-bone-V	UB-cont	Other	O-mucosa	Teeth-S
2.42489411E-15	2.03764806E-17	1.68308157E-15	6.73026277E-13	3.46582818E-13
1.76335544E-15	1.21848726E-16	1.99691231E-15	2.56380281E-15	1.80292920E-15
9.58678323E-16	4.12047749E-16	2.04172614E-15	3.02555008E-16	3.07313472E-16
1.25272577E-15	6.73474886E-15	2.28138881E-15	9.34789871E-17	9.56034732E-17
1.02891774E-15	1.55669070E-15	2.20851570E-15	1.26741773E-16	1.30194464E-16
1.00720825E-15	8.93886306E-16	2.05528921E-15	1.62797153E-16	1.69510272E-16
1.63934698E-15	2.11295035E-14	2.32511675E-15	2.20507550E-17	2.44636328E-17
1.22805226E-15	1.90707067E-17	9.12784065E-16	2.43675022E-14	3.38940436E-14
1.82007249E-15	1.65488809E-17	1.53668729E-15	4.80156271E-14	2.57261479E-14
1.96474903E-15	2.86196786E-17	1.53311855E-15	3.66626046E-14	1.54662903E-14
1.39467861E-15	1.21116532E-16	1.80060319E-15	1.01698153E-15	9.24407768E-16
1.39467861E-15	1.21116532E-16	1.79528557E-15	1.01698153E-15	9.24407768E-16
1.66434093E-15	1.32363810E-16	1.78231380E-15	8.94078567E-16	8.00191025E-16
1.66434093E-15	1.32363810E-16	1.73362391E-15	8.94078567E-16	8.00191025E-16
1.67844009E-15	6.78601851E-17	1.63789328E-15	2.26467646E-15	1.73852171E-15
4.95392970E-15	3.47047449E-15	2.14690587E-15	2.13393886E-15	1.83737600E-15
8.91499063E-15	1.93847333E-15	1.65411374E-15	2.14419279E-15	2.01089171E-15
2.12144189E-15	7.48424702E-18	1.65958943E-15	5.80468541E-15	4.79098835E-15
1.47494765E-15	4.03363952E-22	1.06085033E-15	1.36185001E-14	1.45235696E-14
2.13105495E-15	5.04973985E-18	1.80681444E-15	1.65136331E-14	1.20276991E-14
2.49250596E-15	2.17142979E-17	1.49720980E-15	3.93077979E-13	1.16377293E-13
2.14739715E-15	6.39925311E-18	1.84358559E-15	4.14290796E-14	2.01794129E-14
1.68564988E-15	1.83465230E-17	1.60072166E-15	1.67107008E-14	1.18219796E-14
1.51416893E-15	4.09067701E-17	1.87519998E-15	4.53624229E-15	3.31362141E-15
8.17446465E-16	1.36558309E-16	1.54060303E-15	7.48841268E-16	7.54849430E-16
1.60842498E-15	6.55113944E-17	1.86077963E-15	2.32299569E-15	1.93911420E-15
1.18951991E-15	1.62396609E-16	1.88348272E-15	7.50347314E-16	6.89224281E-16
1.51968042E-15	4.38723987E-16	2.45200611E-15	2.06792919E-16	2.17159001E-16

図 2 S-Coefficient 計算.xlsx の一部

4. G:29 から Other の最終行までをテキストファイルに貼り付け、「Sr-90\_AM\_S-Coefficient.txt」(核種名\_性別\_S-Coefficient.txt, 子孫核種の場合:核種名\_性別\_prg\_S-Coefficient.txt)として保存。
5. 表 3 にも同様の処理をして「Sr-90\_AF\_S-Coefficient.txt」として保存。

### 2.3 S-Coefficient の後処理

1. 2 章で作成したテキストファイルを「PostProcessing¥file」フォルダに移動する。
2. 「PostProcessing¥PostProcessing.exe」をダブルクリックすると「PostProcessing¥file」フォルダにあるテキストファイルが FlexID で使用できるフォーマットに変換される(※元々あったテキストファイルは上書きされるため要注意)。成型前のテキストを図 3、成型後のテキストを図 4 に示す。
3. 変換後のファイルを「FlexID¥lib¥OIR」フォルダに移動して S-Coefficient ファイルの作成は完了となる。

成型前.txt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
		S	O-cavity	Oesophagus-s	Oesophagus-f	St-cont	SI-cont	RC-cont	
1	0-mucosa	2.60497875E-13	2.55859302E-15	2.55859302E-15	3.05166555E-16	1.25083521E-16	1.25083521E-16	1.25083521E-16	
2	Oesophagus	2.56380281E-15	8.90986366E-13	2.21212508E-13	6.48657173E-15	1.64159003E-15	1.64159003E-15	1.64159003E-15	
3	St-stem	3.02555008E-16	6.99125732E-15	6.99125732E-15	6.84417752E-14	1.01472246E-14	1.01472246E-14	1.01472246E-14	
4	SI-stem	9.34789871E-17	9.56755711E-16	9.56755711E-16	4.99350346E-15	2.32283547E-14	2.32283547E-14	2.32283547E-14	
5	RC-stem	1.26741773E-16	8.34685884E-16	8.34685884E-16	2.31802894E-15	9.44659279E-15	9.44659279E-15	9.44659279E-15	
6	LC-stem	1.62797153E-16	1.31200630E-15	1.31200630E-15	1.30373907E-14	1.60297758E-14	1.60297758E-14	1.60297758E-14	
7	RS-stem	2.20507550E-17	1.39849179E-16	1.39849179E-16	4.47584023E-16	2.64423207E-15	2.64423207E-15	2.64423207E-15	
8	ET1-bas	2.43675022E-14	8.48192232E-16	8.48192232E-16	2.31065893E-16	1.11905619E-16	1.11905619E-16	1.11905619E-16	
9	ET2-bas	4.80156271E-14	1.10013448E-14	1.10013448E-14	2.95617584E-16	1.25926265E-16	1.25926265E-16	1.25926265E-16	
10	LN-ET	3.66626046E-14	1.86733670E-14	1.86733670E-14	4.53960686E-16	1.42132281E-16	1.42132281E-16	1.42132281E-16	
11	Bronch-bas	1.01698153E-15	1.30665503E-14	1.30665503E-14	4.26964012E-15	1.22414294E-15	1.22414294E-15	1.22414294E-15	
12	Bronch-sec	1.01698153E-15	1.30665503E-14	1.30665503E-14	4.26964012E-15	1.22414294E-15	1.22414294E-15	1.22414294E-15	
13	Bchiol-sec	8.94078567E-16	9.20578566E-15	9.20578566E-15	4.25858510E-15	1.30841743E-15	1.30841743E-15	1.30841743E-15	
14	AI	8.94078567E-16	9.20578566E-15	9.20578566E-15	4.25858510E-15	1.30841743E-15	1.30841743E-15	1.30841743E-15	
15	LN-Th	2.26467646E-15	4.98597323E-14	4.98597323E-14	2.04085241E-15	7.00663821E-16	7.00663821E-16	7.00663821E-16	
16	R-marrow	2.13393886E-15	5.25593997E-15	5.25593997E-15	2.05895700E-15	2.63013292E-15	2.63013292E-15	2.63013292E-15	
17	Endost-BS	2.14419279E-15	1.97500296E-15	1.97500296E-15	7.91411098E-16	1.09249210E-15	1.09249210E-15	1.09249210E-15	
18	Brain	5.80468541E-15	6.31978515E-16	6.31978515E-16	1.04703836E-16	4.78506030E-17	4.78506030E-17	4.78506030E-17	

図 3 成型前ファイル

成型後.txt										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	T/S	O-cavity	Oesophagus-s	Oesophagus-f	St-cont	SI-cont	SI-cont	RC-cont		
1	0-mucosa	2.60497875E-13	2.55859302E-15	2.55859302E-15	3.05166555E-16	1.25083521E-16	1.25083521E-16	1.25083521E-16	1.45094705E-16	
2	Oesophagus	2.56380281E-15	8.90986366E-13	2.21212508E-13	6.48657173E-15	1.64159003E-15	1.64159003E-15	1.64159003E-15	1.00270613E-15	
3	St-stem	3.02555008E-16	6.99125732E-15	6.99125732E-15	6.84417752E-14	1.01472246E-14	1.01472246E-14	1.01472246E-14	4.00512078E-15	
4	SI-stem	9.34789871E-17	9.56755711E-16	9.56755711E-16	4.99350346E-15	2.32283547E-14	2.32283547E-14	2.32283547E-14	8.19737578E-15	
5	RC-stem	1.26741773E-16	8.34685884E-16	8.34685884E-16	2.31802894E-15	9.44659279E-15	9.44659279E-15	9.44659279E-15	6.34125432E-14	
6	LC-stem	1.62797153E-16	1.31200630E-15	1.31200630E-15	1.30373907E-14	1.60297758E-14	1.60297758E-14	1.60297758E-14	4.32283238E-15	
7	RS-stem	2.20507550E-17	1.39849179E-16	1.39849179E-16	4.47584023E-16	2.64423207E-15	2.64423207E-15	2.64423207E-15	1.01086121E-15	
8	ET1-bas	2.43675022E-14	8.48192232E-16	8.48192232E-16	2.31065893E-16	1.11905619E-16	1.11905619E-16	1.11905619E-16	1.28685213E-16	
9	ET2-bas	4.80156271E-14	1.10013448E-14	1.10013448E-14	2.95617584E-16	1.25926265E-16	1.25926265E-16	1.25926265E-16	1.36556706E-16	
10	LN-ET	3.66626046E-14	1.86733670E-14	1.86733670E-14	4.53960686E-16	1.42132281E-16	1.42132281E-16	1.42132281E-16	1.84907188E-16	
11	Bronch-bas	1.01698153E-15	1.30665503E-14	1.30665503E-14	4.26964012E-15	1.22414294E-15	1.22414294E-15	1.22414294E-15	9.52461878E-16	
12	Bronch-sec	1.01698153E-15	1.30665503E-14	1.30665503E-14	4.26964012E-15	1.22414294E-15	1.22414294E-15	1.22414294E-15	9.52461878E-16	
13	Bchiol-sec	8.94078567E-16	9.20578566E-15	9.20578566E-15	4.25858510E-15	1.30841743E-15	1.30841743E-15	1.30841743E-15	1.02154773E-15	
14	AI	8.94078567E-16	9.20578566E-15	9.20578566E-15	4.25858510E-15	1.30841743E-15	1.30841743E-15	1.30841743E-15	1.02154773E-15	
15	LN-Th	2.26467646E-15	4.98597323E-14	4.98597323E-14	2.04085241E-15	7.00663821E-16	7.00663821E-16	7.00663821E-16	5.61963403E-16	
16	R-marrow	2.13393886E-15	5.25593997E-15	5.25593997E-15	2.05895700E-15	2.63013292E-15	2.63013292E-15	2.63013292E-15	1.96619098E-15	
17	Endost-BS	2.14419279E-15	1.97500296E-15	1.97500296E-15	7.91411098E-16	1.09249210E-15	1.09249210E-15	1.09249210E-15	8.39396283E-16	
18	Brain	5.80468541E-15	6.31978515E-16	6.31978515E-16	1.04703836E-16	4.78506030E-17	4.78506030E-17	4.78506030E-17	5.53551976E-17	

図 4 成型後ファイル

### 3. タイムメッシュファイルの作成

タイムメッシュファイルのフォーマットを以下に示す。

時間は小数点以下 6 桁の指数で表示されており、単位は[day]。並び順は昇順。

※ 出力タイムメッシュを作成する際は、出力タイムメッシュが計算タイムメッシュに含まれていることを確認する。(含まれていない場合は、計算エラーとなる。)

データ間に空白が必要

time.dat	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	6.944444E-04	1.388889E-03	2.083333E-03	2.777778E-03	3.472222E-03	4.166667E-03			
2	4.861111E-03	5.555556E-03	6.250000E-03	6.944444E-03	7.638889E-03	8.333333E-03			
3	9.027778E-03	9.722222E-03	1.041667E-02	1.111111E-02	1.180556E-02	1.250000E-02			
4	1.319444E-02	1.388889E-02	1.458333E-02	1.527778E-02	1.597222E-02	1.666667E-02			
5	1.736111E-02	1.805556E-02	1.875000E-02	1.944444E-02	2.013889E-02	2.083333E-02			
6	2.291667E-02	2.500000E-02	2.708333E-02	2.916667E-02	3.125000E-02	3.333333E-02			
7	3.541667E-02	3.750000E-02	3.958333E-02	4.166667E-02	4.375000E-02	4.583333E-02			
8	4.791667E-02	5.000000E-02	5.208333E-02	5.416667E-02	5.625000E-02	5.833333E-02			
9	6.041667E-02	6.250000E-02	6.458333E-02	6.666667E-02	6.875000E-02	7.083333E-02			
10	7.291667E-02	7.500000E-02	7.708333E-02	7.916667E-02	8.125000E-02	8.333333E-02			
11	8.541667E-02	8.750000E-02	8.958333E-02	9.166667E-02	9.375000E-02	9.583333E-02			
12	9.791667E-02	1.000000E-01	1.020833E-01	1.041667E-01	1.062500E-01	1.083333E-01			
13	1.104167E-01	1.125000E-01	1.145833E-01	1.166667E-01	1.187500E-01	1.208333E-01			
14	1.229167E-01	1.250000E-01	1.270833E-01	1.291667E-01	1.312500E-01	1.333333E-01			
15	1.354167E-01	1.375000E-01	1.395833E-01	1.416667E-01	1.437500E-01	1.458333E-01			

(上図は、6.944444E-04, 1.388889E-03, 2.083333E-03,・・・の順にタイムメッシュが並ぶ。)

以下のように上から順に一行のフォーマットにも対応している。

time_sample.dat	0	1	2
1	6.944444E-03		
2	1.388889E-02		
3	2.083333E-02		
4	4.166667E-02		
5	6.250000E-02		
6	8.333333E-02		
7	1.041667E-01		
8	1.250000E-01		
9	1.458333E-01		
10	1.666667E-01		
11	1.875000E-01		
12	2.083333E-01		
13	2.291667E-01		
14	2.500000E-01		
15	2.708333E-01		
16	2.916667E-01		
17	3.125000E-01		
18	3.333333E-01		
19	3.541667E-01		
20	3.750000E-01		
21	3.958333E-01		

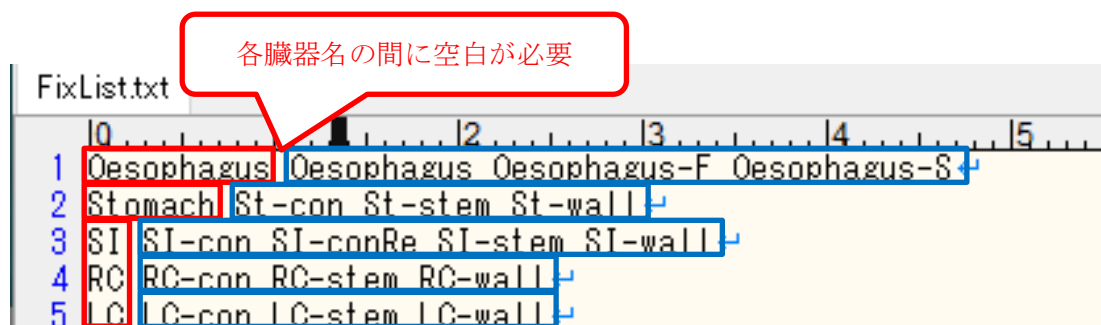


#### 4. 臓器名称統一ファイルの編集

臓器名称統一ファイルである「lib¥FixList.txt」のフォーマットを以下に示す。

このファイルを参照し、「FlexID 結果表示画面(Model)」に結果が出力される。

赤枠内に記載された名称が統一後の名称、青枠内に記載された名称が統一前の名称であり、これらの積算値が赤枠内の統一名称の結果として出力される。



	10	11	12	13	14	15
1	Oesophagus	Oesophagus	Oesophagus-F	Oesophagus-S		
2	Stomach	St-con	St-stem	St-wall		
3	SI	SI-con	SI-conRe	SI-stem	SI-wall	
4	RC	RC-con	RC-stem	RC-wall		
5	LC	LC-con	LC-stem	LC-wall		

## 添付資料 4

「S-Coefficient プログラム詳細仕様書」

## 1. はじめに

本資料は、ICRP Publ.133 SAF データ及び ICRP Publ.107 核崩壊（放出放射線）データを用いて、S 係数（S-Coefficient）を算出するための計算方法とその計算プログラム S-Coefficient の設計書である。

## 2. 動作環境

S-Coefficient プログラムの動作環境を以下に示す。

- .NET Framework 4.6.2 以降がインストール済みの Windows OS パソコン

## 3. 開発環境

S-Coefficient プログラムの開発環境を以下に示す。

- OS : Windows 10
- IDE : Microsoft Visual Studio 2019
- 使用言語 : C#
- 対象フレームワーク : .NET Framework 4.6.2

## 4. システム概要

### 4.1 計算の流れ

- (1) 各パラメータ（放射線加重係数、放出放射線データ、SAF データ）を読み込む。
- (2) 各パラメータを用いて、式(1)により線源器官から 1 つの標的器官への S-Coefficient を計算する。
- (3) (2) を線源器官から標的器官の全てのパターン（79\*43 通り）について実施する。

図 1 に S-Coefficient プログラムの概略フローを示す。

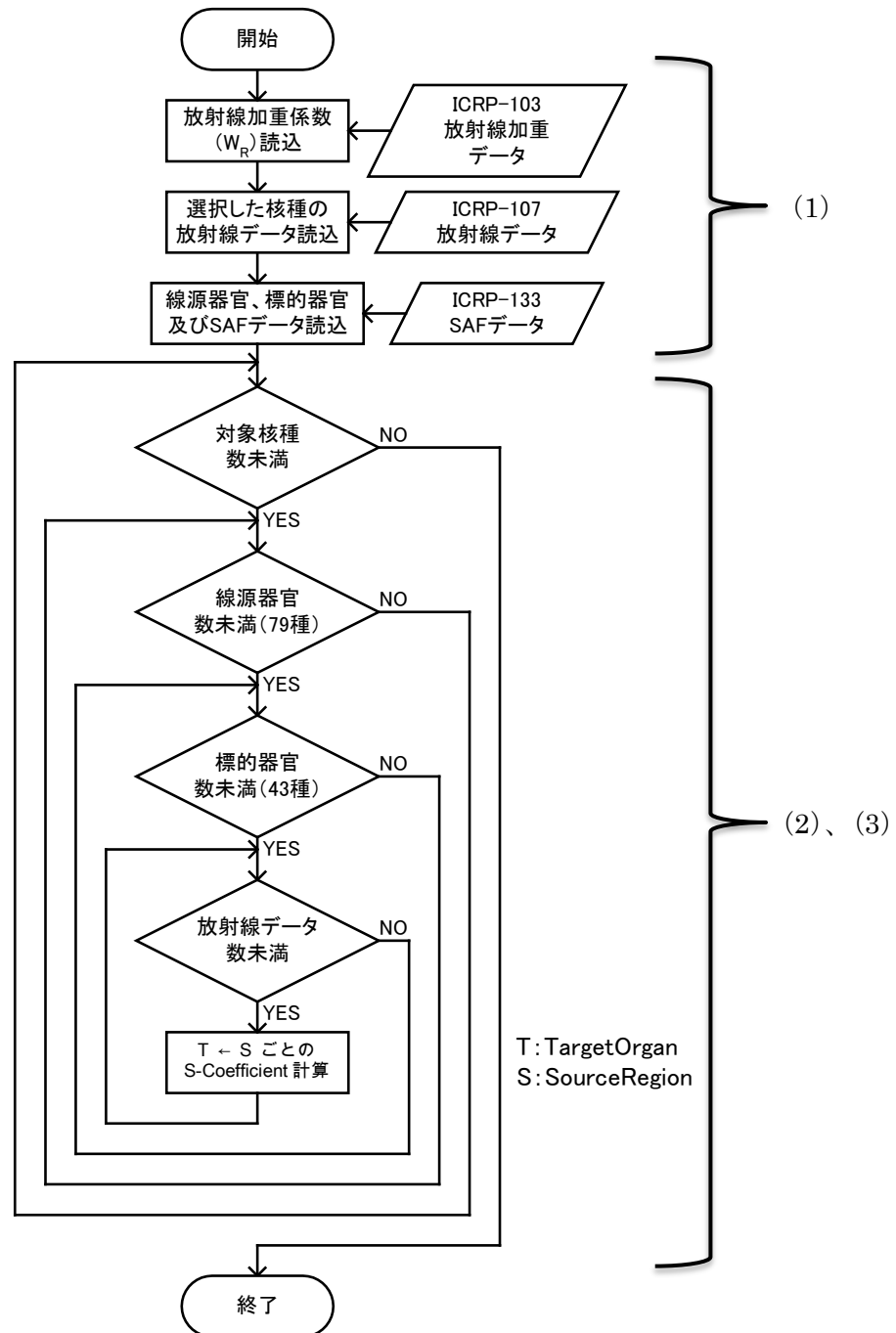


図 1 概略フロー図

#### 4.2 使用データ

ICRP Publ.103 の放射線加重データ <sup>1)</sup>

ICRP Publ.107 の核崩壊（放出放射線）データ <sup>2)</sup>

ICRP Publ.133 の SAF データ <sup>3)</sup>

## 5. S-Coefficient の計算方法

### 5.1 光子・単一エネルギー電子・α線

光子、単一エネルギー電子、及びα線の  $Y_i$ 、 $E_i$ 、及び  $w_{Ri}$  を用いて、式(1)から核種毎の S-Coefficient を計算する。

$$\text{S-Coefficient}(T \leftarrow S) = \sum_i (Y_i * E_i * \text{SAF}(T \leftarrow S)_i * w_{Ri}) \quad [\text{MeV/kg/nt}] \quad (1)$$

ここで、

$Y_i$  : 壊変あたりの放射線  $i$  の放出割合 [nt]

$E_i$  : 放射線  $i$  の平均または単一エネルギー [MeV]

$\text{SAF}(T \leftarrow S)_i$  : 放射線  $i$  の比吸収割合 [kg]

$w_{Ri}$  : 放射線  $i$  の放射線加重係数 [-]

### 5.2 $\beta^-$ ・ $\beta^+$ 線スペクトル

$\beta^-$ 、及び  $\beta^+$ 線スペクトルの S-Coefficient は、スペクトル全体で積分して、式(2)から計算される。

$$\text{S-Coefficient}(T \leftarrow S) = w_R * \int_0^{E_{\max}} Y(E) * E * \text{SAF}(T \leftarrow S, E) dE \quad [\text{MeV/kg/nt}] \quad (2)$$

ここで、

$E$  : スペクトルデータ点のエネルギー [MeV]

$Y(E)$  : スペクトルデータ点  $E$  [MeV] における壊変あたりの  $\beta$  粒子の放出割合 [nt]

$\text{SAF}(T \leftarrow S, E)$  :  $E$  [MeV] における比吸収割合 [kg]

$w_R$  : 放射線  $R$  (電子、陽電) の放射線加重係数 [-]

### 5.3 自発核分裂中性子スペクトル

ICRP Publ.133 では、自発核分裂中性子放出核種 (28 核種) については、核種毎に核分裂中性子スペクトルの平均エネルギーで正規化されたスペクトル平均の SAF が記載されている。従って、以下の方法により、核種毎の S-Coefficient ( $T \leftarrow S$ ) を計算することができる。

$$\text{S-Coefficient}(T \leftarrow S) = \overline{\text{SAF}(T \leftarrow S)} * \overline{w_R} \quad [\text{MeV/kg/nt}] \quad (3)$$

ここで、

$\overline{\text{SAF}(T \leftarrow S)}$  : スペクトル平均の比吸収割合 [kg]

$\overline{w_R}$  : 対象核種におけるスペクトル平均の中性子の放射線加重係数 [-]

## 6. ICRP Publication 103 放射線加重係数データ

ICRP Publication 103 に示されている放射線加重係数 ( $W_R$ ) を表 1 に示す。

表 1 放射線加重係数

放射タイプ	$W_R$
光子	1
電子	1
$\alpha$ 粒子	20
中性子	図 2 参照

S-Coefficient 計算の為に光子、電子及び $\alpha$ 粒子の  $W_R$  は表 1 に示す値を用いる。しかし、中性子については、ICRP Publ.133 の SAF データにおいて、中性子スペクトル平均の  $W_R$  が用いられている為、その値から S-Coefficient を計算する。

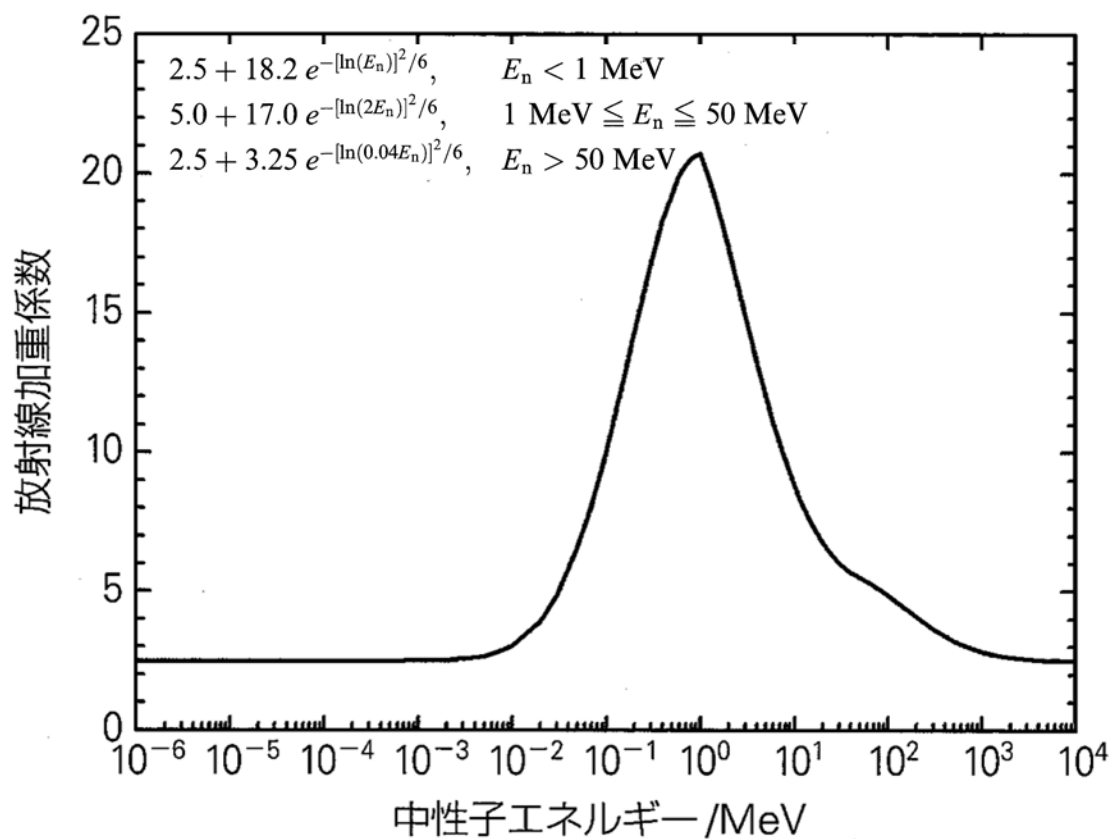


図 2 中性子スペクトル平均の放射線加重係数

## 7. ICRP Publication 107 核崩壊データファイルの仕様

### 7.1 ICRP-07.RAD ファイル

ICRP-07.RAD ファイル（以下 RAD ファイルと呼ぶ）には、放射性核種の壊変で放出された各放射線のエネルギーと収率に関するデータが含まれている。このファイルの放射線にはカットオフエネルギーが適用されていない。RAD ファイルのデータフィールドを表 2 に示す。

表 2 ICRP-07.RAD ファイルの構造

フィールド	フォーマット	説明
<u>核種フィールド</u>		
核種	A7	核種名 例：Tc-99m
半減期	E11.0	核種の物理的半減期
時間単位	A2	半減期の時間単位： $\mu$ s・マイクロ秒、ms・ミリ秒、s・秒、m・分、d・日、y・年
N	I9	放射線データの数
<u>データフィールド</u>		
ICODE	A2	放射線のタイプ（表 3 参照）
収率	E12.0	放射線の収率 (/nt)
エネルギー	E12.0	放射線のエネルギー (MeV)
JCODE	A3	放射線のタイプ（表 3 参照）

表 2 に示す核種フィールドには核種名、半減期、放射線データの数に記載されている。データフィールドは、放射線タイプを識別する整数コード (ICODE)、壊変あたりの放射線収率、放射線の固有エネルギーまたは平均エネルギー、放射線の種類を示す 2 文字の簡易標記 (JCODE) が記載されている。

- ・光子-ICODE1-3 : X 線、 $\gamma$  線、消滅光子、即発及び遅発光子
- ・ $\beta$  粒子-ICODE4-5 : 各  $\beta$  遷移の平均エネルギー
- ・電子-ICODE6-7 : 内部転換電子、オージェ電子
- ・ $\alpha$  粒子-ICODE8
- ・ $\alpha$  反跳核-ICODE9
- ・核分裂片-ICODE10
- ・中性子-ICODE11

表 3 ICODE 変数の説明

ICODE	JCODE	説明
1	G	$\gamma$ 線
	PG	遅発 $\gamma$ 線
	DG	即発 $\gamma$ 線
2	X	X 線
3	AQ	消滅光子
4	B+	$\beta^+$ 粒子
5	B	$\beta$ 粒子
	DB	遅発 $\beta$ 粒子
6	IE	内部転換電子
7	AE	オージェ電子
8	A	$\alpha$ 粒子
9	AR	$\alpha$ 反跳核
10	FF	核分裂断片
11	N	中性子

Tc-99m の一部の核崩壊データのサンプルを図 3 に示す。データフォーマットは表 2 に従っており、データはエネルギーの小さい順に並んでいる。

Tc-99m	6.015h	143
2 5.49690E+00	7.87678E-06	X
2 1.34360E-04	8.90978E-06	X
2 9.07474E-06	3.31522E-05	X
2 2.95618E-10	3.63497E-05	X
2 2.19455E-10	1.20300E-04	X
2 3.93222E-14	1.33100E-04	X
2 2.90440E-07	2.24500E-04	X
2 3.27065E-11	2.32100E-04	X
2 6.90809E-04	2.53797E-04	X
2 1.71356E-08	2.77874E-04	X
2 1.93175E-06	3.44800E-04	X
2 2.27624E-10	3.65200E-04	X
2 3.90368E-04	2.14418E-03	X
1 6.65489E-11	2.17260E-03	G
2 1.69925E-06	2.23236E-03	X
2 1.61107E-06	2.25265E-03	X
2 1.04684E-04	2.26447E-03	X
2 5.50352E-08	2.26467E-03	X
2 2.45387E-10	2.35665E-03	X

図 3 ICRP-07.RAD サンプル

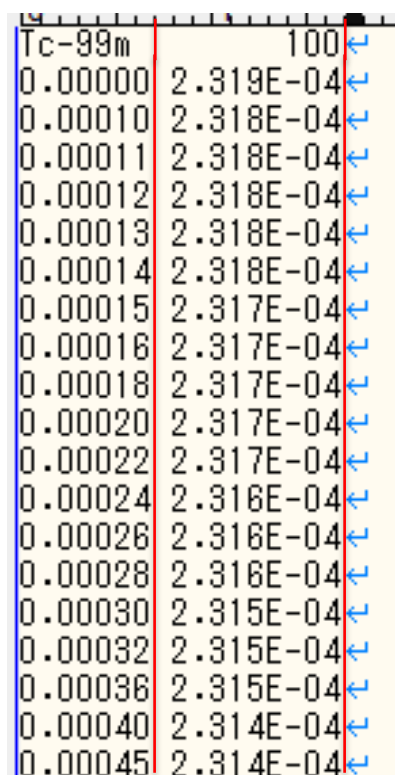


## 7.2 ICRP-07.BET ファイル

ICRP-07.BET（以下、BET ファイルと呼ぶ）には、RAD ファイルに含まれる  $\beta$  粒子のスペクトルデータが含まれている。スペクトルデータは任意のエネルギー幅毎の積算値で示されている。核種フィールドには、核種毎に核種名とその核種の全放射線データが記録されている。データフィールドには、このエネルギー幅で放出される 1 壊変当たり、1MeV 当たりの電子エネルギーE (MeV) と  $\beta$  粒子の数が含まれている。BET ファイルのデータフィールドを表 4 に示す。

表 4 ICRP-07.BET ファイルの構造

フィールド	フォーマット	説明
<u>核種フィールド</u>		
核種	A7	核種名 例：Tc-99m
N	I10	データレコード数
<u>データフィールド (1...n)</u>		
エネルギー	F7.0	エネルギーグリッドポイント (MeV)
$\beta$ 粒子数	E10.0	エネルギーにおける壊変 1MeV あたりの $\beta$ 粒子数



核種名	データレコード数
Tc-99m	100
0.00000	2.319E-04
0.00010	2.318E-04
0.00011	2.318E-04
0.00012	2.318E-04
0.00013	2.318E-04
0.00014	2.318E-04
0.00015	2.317E-04
0.00016	2.317E-04
0.00018	2.317E-04
0.00020	2.317E-04
0.00022	2.317E-04
0.00024	2.316E-04
0.00026	2.316E-04
0.00028	2.316E-04
0.00030	2.315E-04
0.00032	2.315E-04
0.00036	2.315E-04
0.00040	2.314E-04
0.00045	2.314E-04

図 4 ICRP-07.BET サンプル

## 8. ICRP Publication 133 比吸収割合 (SAF) データファイルの仕様

### 8.1 $\alpha$ 粒子、電子および光子の SAF ファイル

$\alpha$  粒子、電子及び光子の SAF ファイル名を表 5 に示す。

表 5  $\alpha$  粒子、電子及び光子の SAF ファイル名

女性	$\alpha$	rcp-af_alpha_2016-08-12.SAF
	$\beta$	rcp-af_electron_2016-08-12.SAF
	$\gamma$	rcp-af_photon_2016-08-12.SAF
男性	$\alpha$	rcp-am_alpha_2016-08-12.SAF
	$\beta$	rcp-am_electron_2016-08-12.SAF
	$\gamma$	rcp-am_photon_2016-08-12.SAF

ここで、AF は標準成人女性 (Adult Female)、AM は標準成人男性 (Adult Male) を表わす。それぞれのファイルには 5 つの見出しレコードがあり、6 番目以降のレコードが対象となる全ての線源器官と標的器官に対応する全ての SAF レコードとなる。これらのファイルは、79 の線源器官から 43 の標的器官に対する SAF が示されており、レコードの総数は  $43 \times 79 + 5$  の 3402 である。ファイル内のレコードはすべて同じ長さである。電子と光子のレコードの長さは 315 で、 $\alpha$  の SAF レコードの長さは 270 である。それに伴うキャリッジリターンとラインフィード (CrLf) は、これらの値に含まれていない。SAF ファイルのデータフィールドを表 6 に示す。

表 6 SAF ファイル ( $\alpha$  粒子、電子及び光子) の構造

フィールド	フォーマット	説明
1～3 行目		ファイルの説明
4 行目		
標的の数	I4	標的器官の数
線源の数	I4	線源器官の数
空白	空白 14 文字	
放射線エネルギー	F10.5	SAF 値に対する放射線エネルギー (1～n 個)
5 行目		区切り線
6 行目以降		
標的器官	10 文字	標的頭字語 ; 例えば UB-wall
ダミー	2 文字	記号「<」
線源器官	10 文字	線源頭字語 ; 例えば UB-cont
SAF (1...n)	E10.0	n 個の SAF 値 ( $\text{kg}^{-1}$ )
Ecut	E10.0	ゼロでない SAF の最低エネルギー
Icut	I3	Ecut のエネルギー指数
CrLf	2 文字	改行

電子と光子の SAF ファイルのエネルギー数  $n$  は 28 であり、 $\alpha$  の SAF ファイルは 24 のエネルギーについて示されている。前述のとおり、 $\alpha$  の SAF ファイルの  $E_{cut}$  パラメータは長さが 5 (F5.0) である。

各ファイルの 4 番目のレコードは、SAF の値に対応する放射線エネルギーを表示するものである。エネルギーの単位は MeV である。

$I_{cut}$  フィールドには、ゼロでない SAF (T $\leftarrow$ S) 値が示されているエネルギーの低エネルギー側からの順番が示されている。SAF がすべてゼロであれば、 $I_{cut}$  は 0 に設定される。 $I_{cut}$  が  $j$  であれば、レコードには  $E(j)$  から  $E(n)$  までの範囲のエネルギーのゼロでない SAF 値が含まれている。ここで、 $n$  は電子と光子の SAF ファイルで 28、 $\alpha$  の SAF ファイルで 24 である。つまりゼロでない SAF 値の数は、 $n-j+1$  である。

Specific absorbed fractions of energy (1/kg)											2016-08-12	
Adult Female Reference Computational Phantom												
Photons												
43	79	0.0	0.001	0.005	0.010	0.015	0.020	0.030	8.000	10.000	Ecutoff	ID
Target	Source											
O-mucosa	<-O-cavity	0.0	9.391E-04	1.284E+00	2.878E+01	1.660E+01	9.674E+00	9.930E+00	1.841E-01	1.520E-01	0.001	2
Oesophagus	<-O-cavity	0.0	7.341E-08	3.684E-06	1.989E-05	1.777E-03	7.340E-03	1.783E-02	8.022E-03	7.445E-03	0.001	2
St-stem	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.695E-07	2.207E-05	7.720E-04	7.583E-04	0.020	6
SI-stem	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.094E-06	3.379E-04	3.343E-04	0.030	7
RC-stem	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.430E-07	3.252E-04	3.115E-04	0.030	7
LC-stem	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.443E-07	2.677E-04	2.698E-04	0.030	7
RS-stem	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.322E-04	1.354E-04	0.050	9
ET1-bas	<-O-cavity	0.0	2.272E-06	3.784E-04	3.425E-03	6.200E-02	1.149E-01	1.438E-01	5.401E-02	4.858E-02	0.001	2
ET2-bas	<-O-cavity	0.0	5.753E-05	2.964E-02	4.364E-01	8.371E-01	9.263E-01	6.733E-01	8.389E-02	7.248E-02	0.001	2
LN-ET	<-O-cavity	0.0	1.060E-04	6.765E-02	1.092E+00	2.049E+00	1.958E+00	1.222E+00	1.065E-01	9.020E-02	0.001	2
Bronch-bas	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.808E-05	7.305E-04	2.659E-03	2.640E-03	0.020	6
Bronch-sec	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.808E-05	7.305E-04	2.659E-03	2.640E-03	0.020	6
Bchiol-sec	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	4.157E-07	4.367E-05	1.038E-03	2.565E-03	2.448E-03	0.015	5
AI	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	4.157E-07	4.367E-05	1.038E-03	2.565E-03	2.448E-03	0.015	5
LN-Th	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	6.313E-04	6.233E-03	2.019E-02	8.908E-03	8.344E-03	0.015	5
R-marrow	<-O-cavity	0.0	8.346E-07	9.793E-05	7.624E-04	1.978E-03	4.103E-03	7.998E-03	4.428E-03	4.094E-03	0.001	2
Endost-BS	<-O-cavity	0.0	1.093E-06	1.410E-04	1.143E-03	2.659E-03	5.037E-03	8.879E-03	3.914E-03	3.607E-03	0.001	2
Brain	<-O-cavity	0.0	1.809E-09	2.487E-08	7.692E-08	6.890E-05	6.385E-04	5.706E-03	1.005E-02	9.505E-03	0.001	2
Eye-lens	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	9.968E-04	8.757E-03	2.538E-02	2.189E-02	2.100E-02	0.015	5
P-gland	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	1.675E-04	2.807E-03	3.157E-02	2.738E-02	2.518E-02	0.015	5
Tongue	<-O-cavity	0.0	4.991E-04	5.471E-01	1.115E+01	8.535E+00	6.213E+00	3.066E+00	1.910E-01	1.553E-01	0.001	2
Tonsils	<-O-cavity	0.0	1.223E-04	8.204E-02	1.353E+00	2.276E+00	2.191E+00	1.356E+00	1.320E-01	1.109E-01	0.001	2
S-glands	<-O-cavity	0.0	3.137E-05	1.307E-02	1.757E-01	3.170E-01	3.576E-01	2.908E-01	4.983E-02	4.453E-02	0.001	2
Thyroid	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	1.227E-04	5.309E-03	3.293E-02	1.577E-02	1.481E-02	0.015	5
Breast	<-O-cavity	0.0	2.345E-08	7.897E-07	3.591E-06	2.032E-04	1.154E-03	3.135E-03	2.617E-03	2.459E-03	0.001	2
Thymus	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	1.967E-05	9.390E-04	6.361E-03	6.503E-03	6.174E-03	0.015	5
Ht-wall	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.424E-05	7.473E-04	2.267E-03	2.156E-03	0.020	6
Adrenals	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.483E-06	7.166E-04	7.504E-04	7.504E-04	0.030	7
Liver	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.326E-07	6.563E-05	9.494E-04	9.203E-04	0.020	6
Pancreas	<-O-cavity	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.176E-05	6.264E-04	6.135E-04	0.030	7

図 5 rcpraf\_photon\_2016-08-12.SAF サンプル

## 8.2 中性子の SAF ファイル

中性子の SAF ファイル名を表 7 に示す。

表 7 中性子の SAF ファイル名

女性	N	rcpraf_neutron_2016-08-12.SAF
男性	N	rcpram_neutron_2016-08-12.SAF

ここで、AF は標準成人女性、AM 標準成人男性を表わす。中性子の SAF ファイルは、Publ.107 (ICRP、2008 年)にある自発核分裂崩壊モードの放射性核種に関する、43 の標的器官と 79 の線源器官について、核分裂中性子スペクトルの平均エネルギーで正規化されたスペクトル平均の SAF を表示するものである。中性子の SAF ファイルに示されている 28 の核種は U-238、Pu-236、Pu-238、Pu-240、Pu-242、Pu-244、Cm-240、Cm-242、Cm-244、Cm-245、Cm-246、Cm-248、Cm-250、Cf-246、Cf-248、Cf-249、Cf-250、Cf-252、Cf-254、Es-253、Es-254、Es-254m、Es-255、Fm-252、Fm-254、Fm-255、Fm-256、および Fm-257 である。

これらのファイルの 4 番目のレコードは、Publ.103 (ICRP、2007 年)に示すスペクトル平均の中性子の  $W_R$  を表示するものである。長さ 302 の SAF レコードのデータフィールドを表 8 に示す。

表 8 SAF ファイル (中性子) の構造

フィールド	フォーマット	説明
1~2 行目		ファイルの説明
3 行目		
線種	10 文字	線種名 (Neutron)
空白	空白 14 文字	
核種	10 文字	核種名 ; 例えば U-238
4 行目		
標的の数	I4	標的器官の数 (43)
線源の数	I4	線源器官の数 (79)
W <sub>R</sub> 記号	14 文字	「w_R=」
放射線加重係数	F10.5	スペクトル平均の放射線加重係数
5 行目		区切り線
6 行目以降		
標的器官	10 文字	標的頭字語 ; 例えば UB-wall
ダミー	2 文字	記号 「<」
線源器官	10 文字	線源頭字語 ; 例えば UB-cont
SAF (1...28)	E10.0	28 個の SAF 値 (kg <sup>-1</sup> )
CrLf	2 文字	改行

Specific absorbed fractions of energy (l/kg)						2016-08-12			
Adult Male Reference Computational Phantom									
Neutrons		U-238	Pu-238	Pu-238	Pu-240	Fm-254	Fm-255	Fm-256	Fm-257
43 79	w_R =	17.49	16.67	16.99	17.12	17.02	17.02	17.02	17.02
Target	Source								
O-mucosa	<-0-cavity	1.793E+00	2.018E+00	1.934E+00	1.900E+00	1.930E+00	1.930E+00	1.930E+00	1.930E+00
Oesophagus	<-0-cavity	1.077E-02	1.212E-02	1.161E-02	1.140E-02	1.159E-02	1.159E-02	1.159E-02	1.159E-02
St-stem	<-0-cavity	5.233E-04	5.890E-04	5.644E-04	5.544E-04	5.633E-04	5.633E-04	5.633E-04	5.633E-04
SI-stem	<-0-cavity	1.087E-04	1.223E-04	1.173E-04	1.152E-04	1.170E-04	1.170E-04	1.170E-04	1.170E-04
RC-stem	<-0-cavity	1.476E-04	1.661E-04	1.592E-04	1.563E-04	1.588E-04	1.588E-04	1.588E-04	1.588E-04
LC-stem	<-0-cavity	2.092E-04	2.354E-04	2.256E-04	2.216E-04	2.251E-04	2.251E-04	2.251E-04	2.251E-04
RS-stem	<-0-cavity	2.180E-05	2.453E-05	2.351E-05	2.309E-05	2.346E-05	2.346E-05	2.346E-05	2.346E-05
ET1-bas	<-0-cavity	1.336E-01	1.503E-01	1.441E-01	1.415E-01	1.438E-01	1.438E-01	1.438E-01	1.438E-01
ET2-bas	<-0-cavity	2.951E-01	3.319E-01	3.181E-01	3.124E-01	3.175E-01	3.175E-01	3.175E-01	3.175E-01
LN-ET	<-0-cavity	2.166E-01	2.437E-01	2.336E-01	2.294E-01	2.331E-01	2.331E-01	2.331E-01	2.331E-01
Bronch-bas	<-0-cavity	2.739E-03	3.083E-03	2.956E-03	2.902E-03	2.951E-03	2.951E-03	2.951E-03	2.951E-03
Bronch-sec	<-0-cavity	2.739E-03	3.083E-03	2.956E-03	2.902E-03	2.951E-03	2.951E-03	2.951E-03	2.951E-03
Bchiol-sec	<-0-cavity	2.297E-03	2.585E-03	2.477E-03	2.433E-03	2.472E-03	2.472E-03	2.472E-03	2.472E-03
AI	<-0-cavity	2.370E-03	2.667E-03	2.556E-03	2.510E-03	2.551E-03	2.551E-03	2.551E-03	2.551E-03
LN-Th	<-0-cavity	7.899E-03	8.887E-03	8.519E-03	8.364E-03	8.500E-03	8.500E-03	8.500E-03	8.500E-03
R-marrow	<-0-cavity	1.020E-02	1.148E-02	1.100E-02	1.081E-02	1.098E-02	1.098E-02	1.098E-02	1.098E-02
Endost-BS	<-0-cavity	1.185E-02	1.333E-02	1.278E-02	1.255E-02	1.275E-02	1.275E-02	1.275E-02	1.275E-02
Brain	<-0-cavity	2.821E-02	3.175E-02	3.043E-02	2.988E-02	3.037E-02	3.037E-02	3.037E-02	3.037E-02
Eye-lens	<-0-cavity	6.716E-02	7.558E-02	7.244E-02	7.114E-02	7.230E-02	7.230E-02	7.230E-02	7.230E-02
P-gland	<-0-cavity	1.070E-01	1.204E-01	1.154E-01	1.133E-01	1.152E-01	1.152E-01	1.152E-01	1.152E-01
Tongue	<-0-cavity	1.431E+00	1.610E+00	1.543E+00	1.515E+00	1.540E+00	1.540E+00	1.540E+00	1.540E+00
Tonsils	<-0-cavity	2.602E-01	2.929E-01	2.807E-01	2.756E-01	2.802E-01	2.802E-01	2.802E-01	2.802E-01
S-glands	<-0-cavity	8.871E-02	9.980E-02	9.566E-02	9.396E-02	9.547E-02	9.547E-02	9.547E-02	9.547E-02
Thyroid	<-0-cavity	1.649E-02	1.856E-02	1.778E-02	1.747E-02	1.775E-02	1.775E-02	1.775E-02	1.775E-02

図 6 rcp-am\_neutron\_2016-08-12.SAF サンプル

### 8.3 標的器官と線源器官の索引ファイル

ファイル `torgans_2016-08-12.NDX` と `sregions_2016-08-12.NDX` にそれぞれ、SAF データファイルと同じ順序で線源器官と標的器官が示されている。これらの SAF ファイルには 79 の線源器官によって照射される 43 の標的器官の SAF データが示されている。i 番目の標的器官と j 番目の線源器官の SAF ファイルのレコードは、次式のとおりである。

$$irec = 43(j - 1) + i + 5$$

ここで、43 はこれらのファイルの中に記録されている標的器官の数の合計量である。例えば、脳は `torgans_2016-08-12.NDX` ファイルの 18 番目の標的器官であり、胃の内容物は `sregions_2016-08-12.NDX` ファイルの 10 番目の線源領域である。したがって、SAF (Brain←St-cont) のレコード番号は  $43 \times 9 + 23$  の 410 番目のレコードである。`sregions_2016-08-12.NDX` ファイルのレコードには、線源器官の実質組織質量とその他の組織の線源器官の一部の領域を識別する「ID」フィールドがある (ID=1:「その他の組織の線源器官の一部」の対象、ID=0:対象外)。`torgans_2016-08-12.NDX` ファイルには、様々な標的器官の質量がある (図 7 参照)。

Source Regions					Targets		
See notes below					43		
#	Mass (kg)		ID			Male	Female
79	Male	ID	Female	ID			
O-cavity	0.0	0	0.0	0	O-mucosa	3.583E-02	2.245E-02
O-mucosa	3.583E-02	1	2.245E-02	1	Oesophagus	9.500E-05	8.800E-05
Teeth-S	0.000E+00	0	0.000E+00	0	St-stem	6.160E-04	6.160E-04
Teeth-V	5.000E-02	1	4.000E-02	1	SI-stem	3.711E-03	3.446E-03
Tongue	7.300E-02	0	6.000E-02	0	RC-stem	1.346E-03	1.188E-03
Tonsils	3.000E-03	1	3.000E-03	1	LC-stem	1.256E-03	1.157E-03
Oesophag-s	0.000E+00	0	0.000E+00	0	RS-stem	7.590E-04	6.990E-04
Oesophag-f	0.000E+00	0	0.000E+00	0	ET1-bas	2.000E-05	1.700E-05
Oesophag-w	4.000E-02	1	3.500E-02	1	ET2-bas	4.500E-04	3.900E-04
St-cont	2.500E-01	0	2.300E-01	0	LN-ET	1.595E-02	1.270E-02
St-mucosa	4.639E-03	0	4.639E-03	0	Bronch-bas	4.300E-04	3.900E-04
St-wall	1.500E-01	1	1.400E-01	1	Bronch-sec	8.800E-04	7.800E-04
SI-cont	3.500E-01	0	2.800E-01	0	Bchiol-sec	1.900E-03	1.900E-03
SI-mucosa	3.696E-02	0	3.432E-02	0	AI	1.100E+00	9.040E-01
SI-wall	6.500E-01	1	6.000E-01	1	LN-Th	1.595E-02	1.270E-02
SI-villi	1.252E-02	0	1.252E-02	0	R-marrow	1.394E+00	1.064E+00
RC-cont	1.500E-01	0	1.600E-01	0	Endost-BS	5.800E-01	4.327E-01
					Brain	1.517E+00	1.349E+00

図 7 `sregions_2016-08-12.NDX` 及び `torgans_2016-08-12.NDX` サンプル

表 9 標的器官の名称

略称	器官名	英名
O-mucosa	口腔粘膜	Oral mucosa
Oesophagus	食道	Oesophagus
St-stem	胃	Stomach
SI-stem	小腸	Small intestine
RC-stem	右結腸	Right colon
LC-stem	左結腸	Left colon
RS-stem	直腸 S 状結腸	Rectosigmoid colon
ET1-bas	胸郭外領域 1 (ET1) 基底細胞	Extrathoracic region1 basal cells
ET2-bas	胸郭外領域 2 (ET2) 基底細胞	Extrathoracic region2 basal cells
LN-ET	胸郭外のリンパ節	Extrathoracic lymph nodes
Bronch-bas	気管支基底細胞	Bronchi basal cells
Bronch-sec	気管支分泌細胞	Bronchi secretory cells
Bchiol-sec	細気管支分泌細胞	Broncholar secretory cells
AI	肺胞間質	Alveolar-interstitial
LN-Th	胸部リンパ節	Thoracic lymph nodes
R-marrow	赤色 (活性) 骨髄	Red (active) marrow
Endost-BS	骨内膜の細胞	Endosteal cells
Brain	脳	Brain
Eye-lens	水晶体	Lens of eyes
P-gland	下垂体	Pituitary glang
Tongue	舌	Tongue
Tonsils	扁桃腺	Tonsils
S-glands	唾液腺	Salivary glands
Thyroid	甲状腺	Thyroid
Breast	乳房	Breast
Thymus	胸腺	Thymus
Ht-wall	心臓壁	Heart wall
Adrenals	副腎	Adrenals
Liver	肝臓	Liver
Pancreas	膵臓	Pancreas
Kidneys	腎臓	Kidneys
Spleen	脾臓	Spleen
GB-wall	胆嚢	Gall bladder
Ureters	尿管	Ureters
UB-wall	膀胱	Urinary bladder

略称	器官名	英名
Ovaries	卵巣	Ovaries
Testes	精巣	Testes
Prostate	前立腺	Prostate
Uterus	子宮	Uterus
LN-Sys	全身リンパ節	Systemic lymph nodes
Skin	皮膚	Skin
Adipose	脂肪組織	Adipose tissue
Muscle	筋肉	Muscle

表 10 線源器官の名称

略称	器官名	英名
O-cavity	口腔	Oral cavity
O-mucosa	口腔粘膜	Oral mucosa
Teeth-S	歯表面	Teeth surface
Teeth-V	歯体積	Teeth volume
Tongue	舌	Tongue
Tonsils	扁桃腺	Tonsils
Oesophag-s	食道 slow	Oesophagus - slow
Oesophag-f	食道 fast	Oesophagus - fast
Oesophag-w	食道	Oesophagus
St-cont	胃内容物	Stomach contents
St-mucosa	胃粘膜	Stomach contents
St-wall	胃壁	Stomach wall
SI-cont	小腸内容物	Small intestine contents
SI-mucosa	小腸粘膜	Small intestine mucosa
SI-wall	小腸壁	Small intestine wall
SI-villi	小腸絨毛	Small intestine villi
RC-cont	右結腸内容物	Right colon content
RC-mucosa	右結腸粘膜	Right colon mucosa
RC-wall	右結腸壁	Right colon wall
LC-cont	左結腸内容物	Left colon content
LC-mucosa	左結腸粘膜	Left colon mucosa
LC-wall	左結腸壁	Left colon wall
RS-cont	直腸 S 状内容物	Rectosigmoid colon content
RS-mucosa	直腸 S 状粘膜	Rectosigmoid colon mucosa
RS-wall	直腸 S 状壁	Rectosigmoid colon wall



略称	器官名	英名
ET1-sur	胸郭外領域 1 (ET1) 表面	Extrathoracic region1 surface
ET2-sur	胸郭外領域 2 (ET2) 表面	Extrathoracic region2 surface
ET2-bnd	胸郭外領域 2 (ET2) 境界領域	Extrathoracic region2 bound region
ET2-seq	胸郭外領域 2 (ET2) 隔離領域	Extrathoracic region2 sequestered region
LN-ET	胸郭外のリンパ節	Extrathoracic lymph nodes
Bronchi	気管支表面	Bronchial surface
Bronchi-b	気管支境界領域	Bronchial bound region
Bronchi-q	気管支隔離領域	Bronchial sequestered region
Brchiole	細気管支表面	Bronchiolar surface
Brchiole-b	細気管支境界領域	Bronchiolar bound region
Brchiole-q	細気管支隔離領域	Bronchiolar sequestered region
ALV	肺胞間質	Alveolar-interstitial
LN-Th	胸部リンパ節	Thoracic lymph nodes
Lungs	肺	Lungs
Adrenals	副腎	Adrenals
Blood	血液	Blood
C-bone-S	皮質骨表面	Cortical bone surface
C-bone-V	皮質骨	Cortical bone
T-bone-S	骨梁表面	Trabecular bone surface
T-bone-V	骨梁	Trabecular bone
C-marrow	皮質骨髓	Cortical bone marrow
T-marrow	骨梁骨髓	Trabecular bone marrow
R-marrow	赤色 (活性) 骨髓	Red (active) marrow
Y-marrow	黄色 (非活性) 骨髓	Yellow (inactive) marrow
Brain	脳	Brain
Breast	乳房	Breast
Eye-lens	水晶体	Lens of eye
GB-wall	胆嚢壁	Gall bladder
GB-cont	胆嚢内容物	Gall bladder content
Ht-wall	心臓壁	Heart wall
Kidneys	腎臓	Kidneys
Liver	肝臓	Liver
LN-Sys	全身リンパ節	Systemic lymph nodes
Ovaries	卵巣	Ovaries
Pancreas	膵臓	Pancreas
P-gland	下垂体	Pituitary gland

略称	器官名	英名
Prostate	前立腺	Prostate
S-glands	唾液腺	Salivary glands
Skin	皮膚	Skin
Spleen	脾臓	Spleen
Testes	精巣	Testes
Thymus	胸腺	Thymus
Thyroid	甲状腺	Thyroid
Ureters	尿管	Ureters
UB-wall	膀胱壁	Urinary bladder
UB-cont	膀胱内容物	Urinary bladder content
Uterus	子宮	Uterus
Adipose	脂肪	Adipose
Cartilage	軟骨	Cartilage
Muscle	筋肉	Muscle
ET1-wall	胸郭外領域 1 (ET1) 壁	Extrathoracic region1 wall
ET2-wall	胸郭外領域 2 (ET2) 壁	Extrathoracic region2 wall
Lung-Tis	肺組織	Lung tissue
RT-air	呼吸器の空気	Respiratory tract air

## 9. 参考文献

- 1) ICRP: "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection"  
ICRP Publication 103 (2007)
- 2) ICRP : "Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations" ICRP Publication 107 (2008)
- 3) ICRP : "The ICRP computational framework for internal dose assessment for reference adults:  
specific absorbed fractions" ICRP Publication 133 (2016)

## 添付資料 5

「出力ファイルの仕様」

## 1. 出力ファイルの仕様

FlexID の各出力ファイルの仕様を示す。

- ① 実効線量/等価線量出力 (Cs-137 F(入力画面「Output File Path」で指定)\_Dose.out)  
時系列の実効線量及び臓器/組織ごとの等価線量を出力する。  
出力内容を表 1 に、出力サンプルを図 1 に示す。

表 1 出力内容(実効線量/等価線量出力ファイル)

行番号	出力項目	備考
1 行目	タイトル行	デフォルト表示： Effective/Equivalent_Dose ユーザー選択核種：Cs-137 ユーザー指定：Inhalation>Type-F (インプットファイルの 1 行目「摂取経路/化学形態等」の入力指定)
2 行目	臓器/組織の名称	
3 行目	出力単位	
4 行目以降	(1 列目)摂取後経過時間[day] (2 列目)実効線量 (3 列目以降)臓器ごとの等価線量	子孫核種が存在する場合は、親核種と子孫核種の合算値を出力する。

Cs-137F_Dose.out						
1	Effective/Equivalent_Dose	Cs-137 Inhalation>Type-F				
2	Time	WholeBody	O-mucosa	Oesophagus	St-stem	SI-stem
3	[day]	[Sv/Bq]	[Sv/Bq]	[Sv/Bq]	[Sv/Bq]	[Sv/Bq]
4	1.000000E+00	1.395264E-10	1.769386E-10	1.085041E-10	2.470978E-10	1.455303E-10
5	2.000000E+00	2.427461E-10	2.477516E-10	1.917617E-10	3.666546E-10	2.480720E-10
6	3.000000E+00	3.313430E-10	3.005035E-10	2.681229E-10	4.589116E-10	3.356070E-10
7	4.000000E+00	4.115714E-10	3.464312E-10	3.393987E-10	5.411294E-10	4.161869E-10
8	5.000000E+00	4.866102E-10	3.881504E-10	4.070600E-10	6.183863E-10	4.929406E-10
9	6.000000E+00	5.582171E-10	4.270091E-10	4.721728E-10	6.926599E-10	5.672689E-10
10	7.000000E+00	6.274288E-10	4.638884E-10	5.354556E-10	7.649153E-10	6.398970E-10
11	8.000000E+00	6.948850E-10	4.993688E-10	5.973788E-10	8.356943E-10	7.112424E-10
12	9.000000E+00	7.609936E-10	5.338293E-10	6.582485E-10	9.053263E-10	7.815626E-10
13	1.000000E+01	8.260212E-10	5.675167E-10	7.182644E-10	9.740205E-10	8.510230E-10
14	1.100000E+01	8.901457E-10	6.005933E-10	7.775588E-10	1.041914E-09	9.197331E-10
15	1.200000E+01	9.534888E-10	6.331673E-10	8.362204E-10	1.109098E-09	9.877676E-10
16	1.300000E+01	1.016136E-09	6.653125E-10	8.943100E-10	1.175638E-09	1.055178E-09
17	1.400000E+01	1.078147E-09	6.970803E-10	9.518703E-10	1.241577E-09	1.122002E-09
18	1.500000E+01	1.139569E-09	7.285074E-10	1.008932E-09	1.306950E-09	1.188267E-09
19	1.600000E+01	1.200434E-09	7.596208E-10	1.065518E-09	1.371779E-09	1.253994E-09
20	1.700000E+01	1.260769E-09	7.904407E-10	1.121646E-09	1.436084E-09	1.319199E-09
21	1.800000E+01	1.320595E-09	8.209831E-10	1.177329E-09	1.499879E-09	1.383894E-09
22	1.900000E+01	1.379929E-09	8.512602E-10	1.232578E-09	1.563177E-09	1.448091E-09
23	2.000000E+01	1.438785E-09	8.812823E-10	1.287402E-09	1.625988E-09	1.511798E-09
24	2.100000E+01	1.497175E-09	9.110576E-10	1.341809E-09	1.688320E-09	1.575023E-09

図 1 出力サンプル(実効線量/等価線量出力ファイル)

- ② 実効線量率/等価線量率出力 (Cs-137F (入力画面「Output File Path」で指定)\_DoseRate.out)  
時系列の毎時の実効線量率及び臓器/組織ごとの毎時の等価線量率を出力する。  
出力内容を表 2 に、出力サンプルを図 2 に示す。

表 2 出力内容(実効線量率/等価線量率出力ファイル)

行番号	出力項目	備考
1 行目	タイトル行	デフォルト表示 : DoseRate ユーザー選択核種 : Cs-137 ユーザー指定 : Inhalation:Type-F (インプットファイルの 1 行目「摂取経路/化学形態等」の入力指定)
2 行目	臓器/組織の名称	
3 行目	出力単位	
4 行目以降	(1 列目)摂取後経過時間[day] (2 列目)預託線量率 (3 列目以降)臓器ごとの等価線量率	子孫核種が存在する場合は、親核種と子孫核種の合算値を出力する。

Cs-137F_DoseRate.out							
1	0	1	2	3	4	5	6
2	DoseRate	Cs-137	Inhalation:Type-F				
3	Time	WholeBody	O-mucosa	Oesophagus	St-stem	SI-stem	
4	[day]	[Sv/h]	[Sv/h]	[Sv/h]	[Sv/h]	[Sv/h]	
5	1.000000E+00	5.813598E-12	7.372440E-12	4.521006E-12	1.029574E-11	6.063763E-12	
6	2.000000E+00	4.300824E-12	2.950541E-12	3.469066E-12	4.981533E-12	4.272571E-12	
7	3.000000E+00	3.691538E-12	2.197999E-12	3.181715E-12	3.844042E-12	3.647290E-12	
8	4.000000E+00	3.342848E-12	1.913651E-12	2.969827E-12	3.425740E-12	3.357499E-12	
9	5.000000E+00	3.126815E-12	1.738301E-12	2.819221E-12	3.219038E-12	3.198068E-12	
10	6.000000E+00	2.983623E-12	1.619114E-12	2.713032E-12	3.094734E-12	3.097014E-12	
11	7.000000E+00	2.883818E-12	1.536635E-12	2.636782E-12	3.010639E-12	3.026169E-12	
12	8.000000E+00	2.810675E-12	1.478353E-12	2.580135E-12	2.949128E-12	2.972727E-12	
13	9.000000E+00	2.754527E-12	1.435853E-12	2.536236E-12	2.901334E-12	2.930008E-12	
14	1.000000E+01	2.709482E-12	1.403641E-12	2.500685E-12	2.862255E-12	2.894183E-12	
15	1.100000E+01	2.671855E-12	1.378190E-12	2.470600E-12	2.828887E-12	2.862923E-12	
16	1.200000E+01	2.639298E-12	1.357251E-12	2.444232E-12	2.799361E-12	2.834767E-12	
17	1.300000E+01	2.610284E-12	1.339385E-12	2.420400E-12	2.772483E-12	2.808778E-12	
18	1.400000E+01	2.583817E-12	1.323658E-12	2.398347E-12	2.747479E-12	2.784340E-12	
19	1.500000E+01	2.559225E-12	1.309462E-12	2.377577E-12	2.723837E-12	2.761044E-12	
20	1.600000E+01	2.536048E-12	1.296390E-12	2.357755E-12	2.701212E-12	2.738614E-12	
21	1.700000E+01	2.513969E-12	1.284166E-12	2.338656E-12	2.679370E-12	2.716856E-12	
22	1.800000E+01	2.492760E-12	1.272597E-12	2.320124E-12	2.658146E-12	2.695638E-12	
23	1.900000E+01	2.472255E-12	1.261548E-12	2.302047E-12	2.637422E-12	2.674861E-12	
24	2.000000E+01	2.452333E-12	1.250920E-12	2.284345E-12	2.617114E-12	2.654457E-12	

図 2 出力サンプル(実効線量率/等価線量率出力ファイル)

- ③ 残留放射能出力 (Cs-137 F(入力画面「Output File Path」で指定)\_Retention.out)  
時系列の臓器ごとの残留放射能を出力する。  
出力内容を表 3 に、出力サンプルを図 3 に示す。

表 3 出力内容(残留放射能出力ファイル)

行番号	出力項目	備考
1 行目	タイトル行	デフォルト表示 : Retention ユーザー選択核種 : Cs-137 ユーザー指定 : Inhalation:Type-F (インプットファイルの 1 行目「摂取 経路/化学形態等」の入力指定)
2 行目	臓器/組織の名称	
3 行目	出力単位	
4 行目以降	(1 列目)摂取後経過時間[day] (2 列目以降)臓器ごとの残留放射能	子孫核種が存在する場合は、親核種の 計算結果の下方に出力される。

Cs-137F_Retention.out					
1	Retention	Cs-137 Inhalation:Type-F			
2	Time	input	Oesophagus-S	St-wall	St-con
3	[day]	[Bq/Bq]	[Bq/Bq]	[Bq/Bq]	[Bq/Bq]
4	0.000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
5	1.000000E+00	0.00000000E+00	2.06450824E-05	4.40872770E-03	2.41135690E-03
6	2.000000E+00	0.00000000E+00	2.52796332E-06	2.46056826E-03	2.95267549E-04
7	3.000000E+00	0.00000000E+00	3.09545872E-07	1.72914528E-03	3.61551333E-05
8	4.000000E+00	0.00000000E+00	3.79034958E-08	1.38834763E-03	4.42714979E-06
9	5.000000E+00	0.00000000E+00	4.64123453E-09	1.20031335E-03	5.42098824E-07
10	6.000000E+00	0.00000000E+00	5.68313227E-10	1.08511324E-03	6.63793071E-08
11	7.000000E+00	0.00000000E+00	6.95892271E-11	1.00977292E-03	8.12806117E-09
12	8.000000E+00	0.00000000E+00	8.52111177E-12	9.58087632E-04	9.95270685E-10
13	9.000000E+00	0.00000000E+00	1.04339923E-12	9.21115323E-04	1.21869621E-10
14	1.000000E+01	0.00000000E+00	1.27762900E-13	8.93580725E-04	1.49227791E-11
15	1.100000E+01	0.00000000E+00	1.56443673E-14	8.72251020E-04	1.82727524E-12
16	1.200000E+01	0.00000000E+00	1.91563275E-15	8.55096391E-04	2.23747514E-13
17	1.300000E+01	0.00000000E+00	2.34566778E-16	8.40818158E-04	2.73975966E-14
18	1.400000E+01	0.00000000E+00	2.87224017E-17	8.28570689E-04	3.35480063E-15
19	1.500000E+01	0.00000000E+00	3.51720132E-18	8.17793164E-04	4.10791043E-16
20	1.600000E+01	0.00000000E+00	4.30654758E-19	8.08106190E-04	5.03008373E-17
21	1.700000E+01	0.00000000E+00	5.27331238E-20	7.99247562E-04	6.15927313E-18
22	1.800000E+01	0.00000000E+00	6.45710350E-21	7.91031946E-04	7.54195110E-19
23	1.900000E+01	0.00000000E+00	7.90664057E-22	7.83325337E-04	9.23502256E-20
24	2.000000E+01	0.00000000E+00	9.68158016E-23	7.76028673E-04	1.13081669E-20
25	2.100000E+01	0.00000000E+00	1.18549710E-23	7.69667900E-04	1.39467056E-21

図 3 出力サンプル(残留放射能出力ファイル)

- ④ 積算放射能出力 (Cs-137 F(入力画面「Output File Path」で指定)\_Cumulative.out)  
時系列の臓器ごとの累積放射能を出力する。  
出力内容を表 4 に、出力サンプルを図 4 に示す。

表 4 出力内容(積算放射能出力ファイル)

行番号	出力項目	備考
1 行目	タイトル行	デフォルト表示: CumulativeActivity ユーザー選択核種: Cs-137 ユーザー指定: Inhalation: Type-F (インプットファイルの 1 行目「摂取 経路/化学形態等」の入力指定)
2 行目	臓器/組織の名称	
3 行目	出力単位	
4 行目以降	(1 列目)摂取後経過時間[day] (2 列目以降)臓器ごとの積算放射能	子孫核種が存在する場合は、親核種の 計算結果の下方に出力される。

Cs-137F_Cumulative.out					
1	2	3	4	5	6
CumulativeActivity	Cs-137	Inhalation: Type-F			
Time	input	Oesophagus-S	St-wall	St-con	
[day]	[Bq]	[Bq]	[Bq]	[Bq]	
0.000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
1.000000E+00	0.00000000E+00	1.29488471E-04	5.89188936E-03	1.34778654E-02	
2.000000E+00	0.00000000E+00	1.38084517E-04	9.15864162E-03	1.44854826E-02	
3.000000E+00	0.00000000E+00	1.39139541E-04	1.11996826E-02	1.46088640E-02	
4.000000E+00	0.00000000E+00	1.39268727E-04	1.27398033E-02	1.46239719E-02	
5.000000E+00	0.00000000E+00	1.39284546E-04	1.40258683E-02	1.46258219E-02	
6.000000E+00	0.00000000E+00	1.39286483E-04	1.51642651E-02	1.46260484E-02	
7.000000E+00	0.00000000E+00	1.39286720E-04	1.62092157E-02	1.46260761E-02	
8.000000E+00	0.00000000E+00	1.39286749E-04	1.71916213E-02	1.46260795E-02	
9.000000E+00	0.00000000E+00	1.39286752E-04	1.81302566E-02	1.46260799E-02	
1.000000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	1.90369760E-02	1.46260800E-02	
1.100000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	1.99194733E-02	1.46260800E-02	
1.200000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.07828618E-02	1.46260800E-02	
1.300000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.16306200E-02	1.46260800E-02	
1.400000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.24651719E-02	1.46260800E-02	
1.500000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.32882493E-02	1.46260800E-02	
1.600000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.41011205E-02	1.46260800E-02	
1.700000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.49047370E-02	1.46260800E-02	
1.800000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.56998293E-02	1.46260800E-02	
1.900000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.64869701E-02	1.46260800E-02	
2.000000E+01	0.00000000E+00	1.39286753E-04	2.72666164E-02	1.46260800E-02	

図 4 出力サンプル(積算放射能出力ファイル)