



# GoldSim による余裕深度処分を対象とした 地下水シナリオ評価ツールの作成

Development of the Assessment Tool for Groundwater Scenario  
concerning Sub-surface Disposal

酒谷 圭一 菅谷 敏克 中谷 隆良 船橋 英之

Keiichi SAKATANI, Toshikatsu SUGAYA, Takayoshi NAKATANI and Hideyuki FUNABASHI

バックエンド推進部門

バックエンド技術開発ユニット

Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit

Nuclear Cycle Backend Directorate

November 2013

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency.  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2013

GoldSim による余裕深度処分を対象とした  
地下水シナリオ評価ツールの作成

日本原子力研究開発機構  
バックエンド推進部門 バックエンド技術開発ユニット  
酒谷 圭一、菅谷 敏克、中谷 隆良、船橋 英之

(2013 年 7 月 17 日受理)

余裕深度処分の安全評価においては、処分施設閉鎖後、数十万年に渡る超長期的な時間軸での被ばく線量を評価し、現在のみならず、将来の公衆に対する安全性を確認することが必要である。

日本原子力研究開発機構では、保有する原子力施設等の運転及び解体に伴い発生する放射性廃棄物の内、余裕深度処分対象廃棄物の安全な処分の実現を目指し、平成 20 年度より一次元移流分散方程式をベースとした核種移行解析が可能な汎用シミュレーションソフトウェア「GoldSim」を用いて被ばく線量評価ツールを作成するとともに、対象廃棄物を処分した場合の被ばく線量評価を進めてきた。また、評価ツールについては、旧原子力安全委員会の安全審査指針など、最新の評価の考え方を反映しながら、随時改良を加えてきた。

本報告書は現在までに作成した評価ツールの内、“地下水シナリオ”（処分施設から漏出した核種が地下水を介して生活環境へ移行し、その地下水を利用する経路に関し評価するシナリオ）を対象に作成した評価ツールについて、想定する処分システムの機能、バリアの構成や性能に基づいた核種移行モデルの考え方、地下水による核種移行に係る評価式及び被ばく線量評価式、評価ツールの構成を解説したものである。

Development of the Assessment Tool for Groundwater Scenario  
concerning Sub-surface Disposal

Keiichi SAKATANI, Toshikatsu SUGAYA, Takayoshi NAKATANI  
and Hideyuki FUNABASHI

Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit  
Nuclear Cycle Backend Directorate  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received July 17, 2013)

The safety assessment of the sub-surface disposal system should ensure that calculated dose will be lower than the dose assigned to the scenario in question during the period from now to future.

In order to realize the safety disposal, we have developed several assessment tools on the GoldSim platform and calculated doses since 2008, and these assessment tools have been improved reflecting the last view of assessment.

This report describes safety functions of the disposal system, idea of nuclide migration, formulas for nuclides migration, formulas of exposure dose and structure of assessment tool for groundwater scenario.

Keywords: Sub-surface Disposal, Groundwater Scenario, GoldSim



## 目次

1. 緒言 .....	1
2. 地下水シナリオ評価モデルの概要.....	2
2.1 処分施設.....	2
2.1.1 処分施設の基本構成.....	2
2.1.2 処分システムについて想定する機能.....	3
2.2 核種移行モデルの考え方 .....	4
2.2.1 人工バリア中の核種移行体系 .....	4
2.2.2 施設浸入水量の設定 .....	5
2.2.3 廃棄体層の設定 .....	5
2.2.4 コンクリートピットの設定 .....	6
2.2.5 低拡散層の設定 .....	6
2.2.6 ベントナイト系材料層の設定 .....	7
2.2.7 EDZ の設定 .....	7
2.2.8 岩盤の設定.....	8
2.3 被ばく経路 .....	8
2.4 評価式.....	8
2.4.1 地下水による核種移行に係る評価式.....	8
2.4.2 被ばく線量評価式.....	13
2.5 評価対象核種.....	17
3. 地下水シナリオ評価ツール .....	19
3.1 GoldSim について .....	19
3.2 評価ツール .....	21
3.2.1 評価ツールの構成.....	21
3.2.2 パラメータの定義・設定.....	22
3.2.3 評価計算 .....	27
3.2.4 評価結果出力 .....	28
参考文献 .....	30
付録.....	31

Contents

1. Introduction .....	1
2. Outline of assessment model for groundwater scenario .....	2
2.1 Disposal facility .....	2
2.1.1 System components of disposal facility .....	2
2.1.2 Capability of disposal system .....	3
2.2 View of nuclide migration assessment .....	4
2.2.1 Nuclide migration system in EBS (Engineered Barrier System) .....	4
2.2.2 Infiltration-percolation flow through facility .....	5
2.2.3 Waste package zone .....	5
2.2.4 Concrete pit .....	6
2.2.5 Low diffusion layer .....	6
2.2.6 Bentonite .....	7
2.2.7 EDZ (Excavation Disturbed Zone) .....	7
2.2.8 Host rock .....	8
2.3 Exposure pathway .....	8
2.4 Formulas .....	8
2.4.1 Formulas for groundwater pathway .....	8
2.4.2 Formulas for exposure dose .....	13
2.5 Radionuclides .....	17
3. Assessment tool for groundwater scenario .....	19
3.1 About GoldSim .....	19
3.2 Assessment tool .....	21
3.2.1 Structure of the assessment tool .....	21
3.2.2 Parameter set-up .....	22
3.2.3 Calculation .....	27
3.2.4 Result .....	28
References .....	30
Appendix .....	31

## 1. 緒言

余裕深度処分の安全評価においては、処分施設閉鎖後、数十万年に渡る超長期的な時間軸での被ばく線量を評価し、現在のみならず、将来の公衆に対する安全性を確認することが必要である。

日本原子力研究開発機構では、保有する原子力施設等の運転及び解体に伴い発生する放射性廃棄物の内、余裕深度処分対象廃棄物の安全な処分の実現を目指し、平成 20 年度より被ばく線量評価ツールを作成するとともに、対象廃棄物を処分した場合の被ばく線量評価を進めてきた。また、評価ツールについては、旧原子力安全委員会の安全審査指針など、最新の評価の考え方を反映しながら、随時改良を加えてきた。

評価ツールは一次元移流分散方程式をベースとした核種移行解析が可能な汎用シミュレーションソフトウェア「GoldSim」<sup>1)</sup>をプラットフォームとして作成している。また、人工バリア（廃棄体層、コンクリートピット、低拡散層、ベントナイト系材料層）、天然バリア（岩盤）及び生活環境の複数の物理的・化学的特性の異なる領域を連結し、各領域の特性に応じた核種移行や被ばく線量評価に係るパラメータを設定することで、公衆に対する被ばく線量を評価できる構造としている。

本報告書は現在までに作成した評価ツールの内、“地下水シナリオ”を対象に作成した評価ツールについて、想定する処分システムの機能、バリアの構成や性能に基づいた核種移行モデルの考え方、地下水による核種移行に係る評価式及び被ばく線量評価式、評価ツールの構成を解説したものである。

## 2. 地下水シナリオ評価モデルの概要

低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関して、旧原子力安全委員会は、平成 22 年 4 月に「余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方」<sup>2)</sup>（以下、「安全評価に関する考え方」という）を公表し、その中で、埋設施設の管理期間終了以後における長期の安全評価の考え方及びシナリオ設定の考え方を示した。「安全評価に関する考え方」に示されたシナリオのうち“地下水シナリオ”とは、処分された廃棄物中に含まれる核種が地下水を介して生活環境へ移行し、人が影響を受ける可能性を想定するものである。地下水を介して生活環境へ移行した放射性核種の影響は、その地下水を含む水を人間が直接的・間接的に摂取することによる影響として評価される。本評価ツールにおいて考慮した地下水シナリオ評価モデルを以下に示す。

### 2.1 処分施設

#### 2.1.1 処分施設の基本構成

処分施設の設置位置条件及び処分システム<sup>注1)</sup>については、「安全評価に関する考え方」に基づく埋設施設<sup>注2)</sup>の概念及び処分空洞内部の概念を踏まえて、以下の通り想定した。

- ①一般的な地下利用が行われず、放射性核種の移行抑制機能の高い地下数十 m 以深に埋設するという処分概念に基づき、深度 50m 以深に処分施設が設置されると想定する。
- ②岩盤は 1 種類とし、処分施設と岩盤の境界には掘削影響領域 (Excavation Disturbed Zone。以下、「EDZ」という) を想定する。
- ③図 2.1-1 に処分空洞内部の概念図を示す。廃棄体はコンクリートピット中に定置され、セメント系材料が充填される。
- ④コンクリートピットの外面に、拡散抑制効果を期待する低拡散層を設置する。
- ⑤処分施設に浸入する地下水量を低減させるため、低拡散層の周囲にベントナイトを用いた低透水層を設置する。

注1) **処分システム**：人工バリア（処分施設において、処分空洞の外部に放射性核種が漏出しないような機能を有する部位）と天然バリア（処分施設周辺の岩盤）によって放射性廃棄物の生活環境への影響を防止するための仕組み。

注2) **埋設施設**：余裕深度処分を目的とする埋設施設は、廃棄体の受入施設、放射線管理施設等の地上施設と、廃棄体を埋設する処分空洞、その周辺に廃棄体や建設資・機材の搬送等のために設置される周辺坑道、地上と周辺坑道を接続するアクセス坑道等の地下施設等によって構成されることを基本とする（図 2.1-2）。

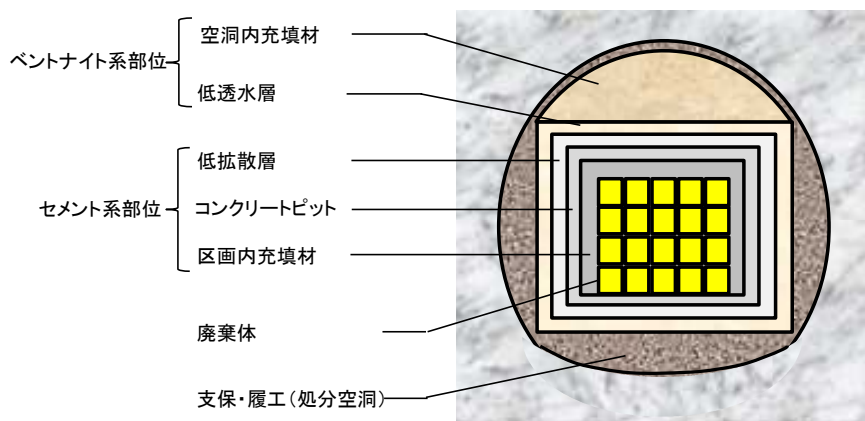


図 2.1-1 処分空洞内部の概念図

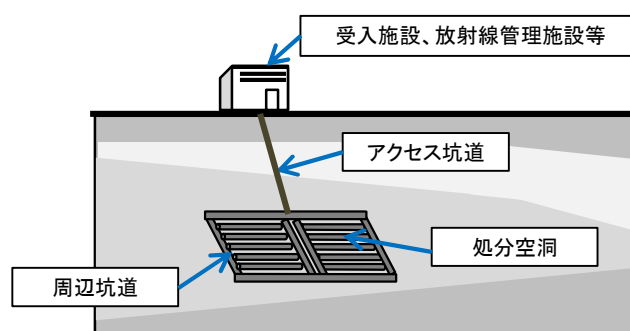


図 2.1-2 埋設施設の概念図

### 2.1.2 処分システムについて想定する機能

評価モデルは処分システムの各バリア材のバリア性能に基づき、それらの性能を反映した核種移行が反映されるモデルを設定した。各バリア材に想定したバリア性能を以下に示す。

- ① 廃棄体層には、廃棄物を収納した廃棄体と廃棄体の周囲に充填されたセメント系材料（充填モルタル）が存在する。廃棄物には、放射性核種で汚染されたもの（汚染廃棄物）と、放射化金属のような廃棄物の母材中に放射性核種が含まれているものがある。後者の放射化金属のように放射性核種が金属内部に閉じ込められているものについては、放射性核種は母材である金属の腐食に伴い溶出すると考えられる。このため、廃棄物からの放射性核種の放出は、瞬時放出（汚染廃棄物）及び腐食溶出（放射化金属廃棄物）を想定する。また、充填モルタルには収着効果を想定し、廃棄物から漏出した放射性核種は廃棄体層中で収着平衡になるとする。
- ② コンクリートピットにはセメント系材料に対する収着効果を想定する。
- ③ 低拡散層には低い拡散係数による放射性核種閉じ込め性能を想定する。ただし、打継などの潜在的界面への外力の作用などにより、貫通ひび割れが発生し卓越した移行経路となる可能性を考慮し、健全な部分と局所的に劣化した部分の二つの領域を設定する。健全部にはセメント系材料に対する収着効果を想定するが、劣化部には充填物はないものとし収着効果は想定しない。

- ④ベントナイト系材料層には、低い透水係数により、放射性核種の移行が拡散に支配される程度まで施設への浸入水量を抑制する効果を想定する。また、経年劣化により亀裂が発生し卓越した移行経路となる可能性を考慮し、健全な部分と局所的に劣化した部分の二つの領域を設定する。健全部にはベントナイト系材料に対する収着効果を想定するが、劣化部には充填物はないものとし収着効果は想定しない。
- ⑤岩盤は割れ目の少ない多孔質媒体として考慮し、収着効果を想定する。

## 2.2 核種移行モデルの考え方

処分システムにおける各バリア材に想定したバリア性能を反映し、移流、拡散及び分散による放射性核種の移行を評価できる評価ツールを作成した。評価ツール上での核種移行モデルの考え方について以下に示す。核種移行モデルは一次元体系とし、岩盤からの核種フラックスは全て河川等の地表水系へ放出されるとした（図 2.2-1）。

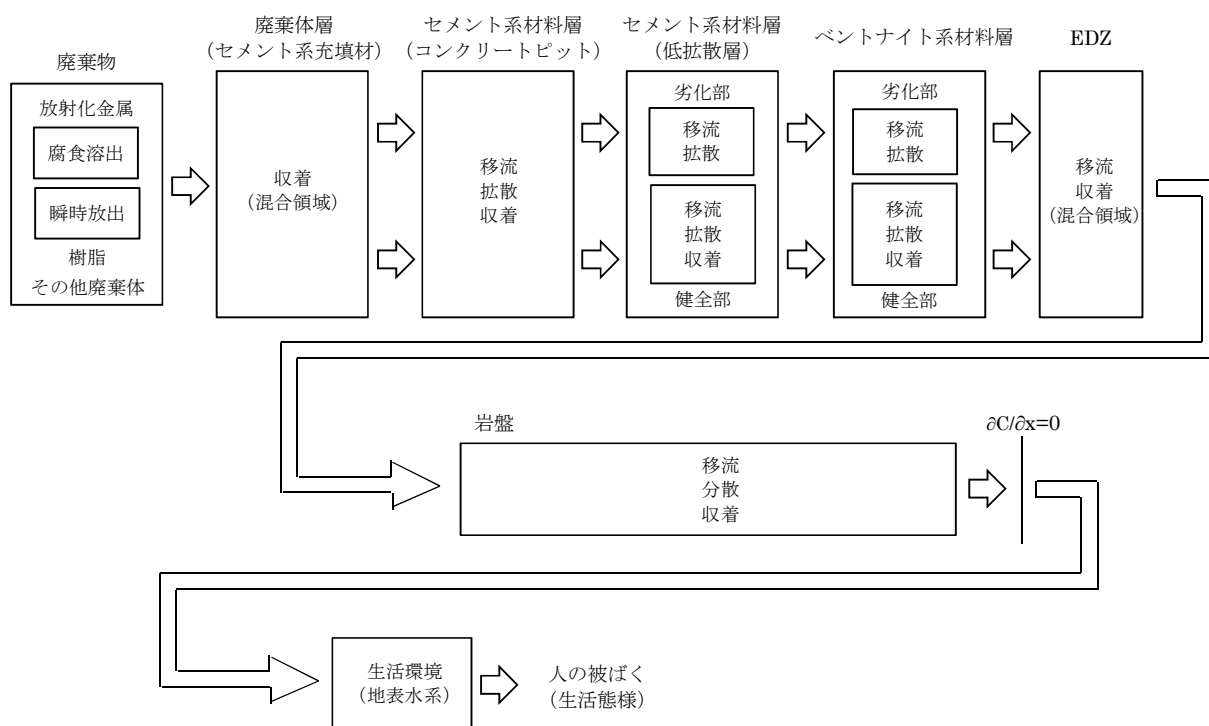


図 2.2-1 核種移行モデルの概念図

### 2.2.1 人工バリア中の核種移行体系

人工バリア中の核種移行は移流及び拡散によるとし、各バリア材をいくつかの領域に分割し、それぞれの領域間で物質のやり取りが行われるとした。本評価モデルでは、拡散は領域の外周（上下面、側面の4面）で起こるものとした。なお、中心の廃棄体層から人工バリアの外側へ行くに従い外周の面積が増加することを反映し、徐々に拡散面積及び領域体積を大きくした。移流は各領域を流れる地下水の水量（施設浸入水量）が保存されるとした。人工バリア中の核種移行モデルの概念図を図 2.2-2 に示す。

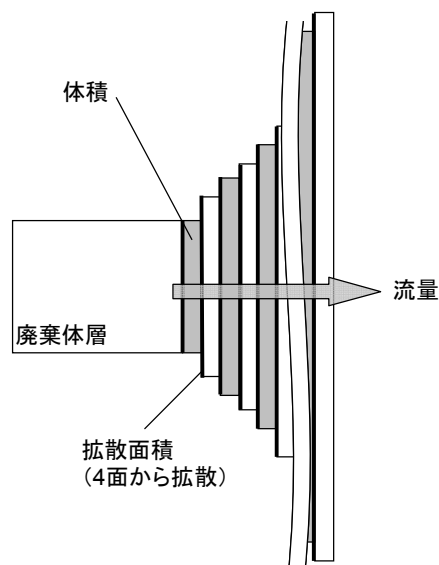


図 2.2-2 人工バリア中の核種移行モデルの概念図

### 2.2.2 施設浸入水量の設定

処分施設内を通過する施設浸入水は、人工バリアであるコンクリートピット、低拡散層及びベントナイト系材料層を通過するため、施設浸入水量は各層の透水係数に依存する。しかしながら、コンクリートピット及び低拡散層についてひび割れ等の影響を考慮すると、ベントナイトの低透水性が顕著であること、及びベントナイト系材料層は人工バリアの最も外側に位置することから、本評価モデルでは施設浸入水量はベントナイト系材料層の透水係数に依存することとした。また、ベントナイト系材料層の経年劣化等による透水係数の経時変化によって、施設浸入水量が経時変化することとした。

### 2.2.3 廃棄体層の設定

廃棄体層には廃棄物を収納した廃棄体と廃棄体の周囲に充填されたセメント系材料（充填モルタル）が存在する。廃棄体層中のモルタルの量は、本評価ツールではモルタル割合により設定される。ここでは、モルタル割合は廃棄体層中の間隙以外の固相部分に対する充填モルタルの割合とし、廃棄体層の間隙率は廃棄体層全体に対する間隙率とした。廃棄体層中のモルタル割合と間隙率の概念図を図 2.2-3 に示す。

廃棄体層からコンクリートピットへの核種移行は移流及び拡散によるものとした。また、廃棄体層には充填モルタルに対する収着を考慮した。

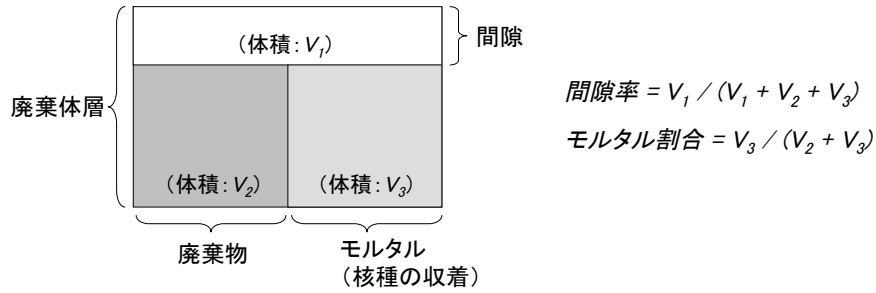


図 2.2-3 廃棄体層中のモルタル割合と空隙率の概念図

2.2.4 コンクリートピットの設定

コンクリートピット中の核種移行は移流及び拡散によるとした。また、セメント系材料に対する収着を考慮した。廃棄体層からの核種移行は移流のみによるとし、低拡散層への核種移行は移流及び拡散によるとした。

2.2.5 低拡散層の設定

低拡散層中の核種移行は健全部、劣化部ともに移流及び拡散によるとし、コンクリートピットからの核種移行及びベントナイト系材料層への核種移行も移流及び拡散によるとした。また、健全部にはセメント系材料に対する収着を考慮した。なお、健全部と劣化部の間での核種のやり取りはないものとした。

健全部及び劣化部へのコンクリートピットからの移流の有無はユーザーが任意に設定できるよう作成した。また、健全部及び劣化部の面積割合についてもユーザーが任意に設定できるよう作成した。劣化部の面積は、低拡散層の全周方向に発生した貫通ひび割れを集約したと仮定した面積を想定し、その劣化部の面積割合が、処分システムの状態変化により経時変化するとした。この面積割合の変化によって、低拡散層全体の核種移行性能の経時変化をモデル化した。

図 2.2-4 に低拡散層の健全部及び劣化部のモデル概念図を示す。

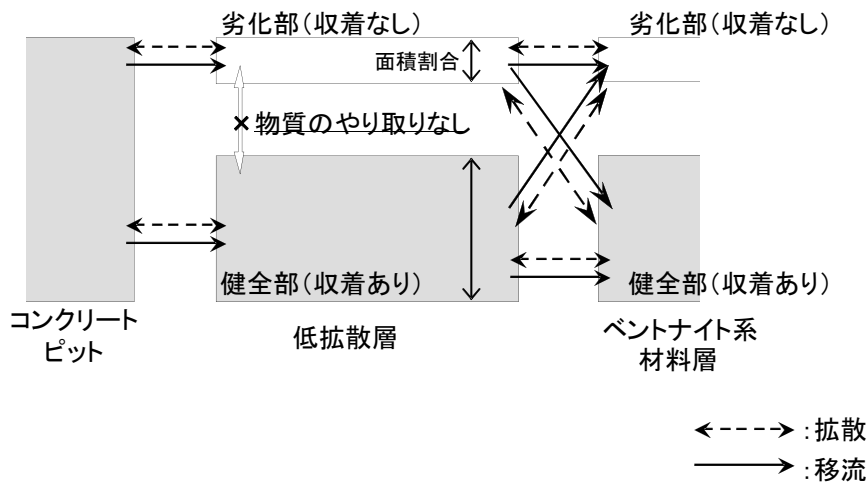


図 2.2-4 低拡散層の健全部及び劣化部のモデル概念図



### 2.2.6 ベントナイト系材料層の設定

ベントナイト系材料層中の核種移行は健全部、劣化部ともに移流及び拡散によるとし、低拡散層からの核種移行及び EDZ への核種移行も移流及び拡散によるとした。また、健全部にはベントナイト系材料に対する収着を考慮した。なお、健全部と劣化部の間での核種のやり取りはないものとした。

健全部及び劣化部への低拡散層からの移流の有無はユーザーが任意に設定できるよう作成した。また、健全部及び劣化部の面積割合についてもユーザーが任意に設定できるよう作成した。劣化部の面積は、ベントナイト系材料層の全周方向に発生した経年劣化を集約したと仮定した面積を想定し、その劣化部の面積割合が、処分システムの状態変化により経時変化するとした。この面積割合の変化によって、ベントナイト系材料層全体の核種移行性能の経時変化をモデル化した。

図 2.2-5 にベントナイト系材料層の健全部及び劣化部のモデル概念図を示す。

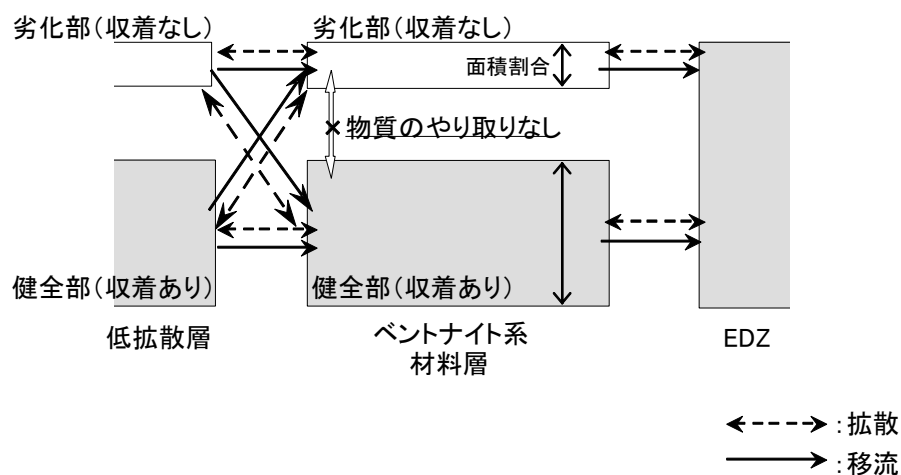


図 2.2-5 ベントナイト系材料層の健全部及び劣化部のモデル概念図

### 2.2.7 EDZ の設定

EDZ 中の核種移行は移流によるとした。また、EDZ に対する収着を考慮した。ベントナイトから EDZ への核種の移行は移流および拡散によるとし、ベントナイトと EDZ の境界の面積はベントナイト外周の面積とした。EDZ の厚さはユーザーが任意に設定できるよう作成し、EDZ の体積は、この面積と EDZ 厚さから算出されるよう作成した。間隙率、分配係数等の物性は、岩盤と同じであるとした。

EDZ を通過する流量は、岩盤の流量と等しいとした。ここで、岩盤の流量は、岩盤の移行距離を移行時間で除して得られる岩盤のダルシー流速と岩盤の流路断面積と間隙率の積から算出した。

EDZ から岩盤への核種移行は移流のみによるとした。

### 2.2.8 岩盤の設定

核種移行は移流及び分散によるとした。また、岩盤に対する収着を考慮した。EDZ から岩盤への核種移行は、本評価ツールでは処分施設に浸入する地下水の方向は特に考慮せず、EDZ から浸出する方向も特定せず、放出フラックスを岩盤に線接続することとした。

また、岩盤中の移行距離を固定した条件で移行時間を変化させることで、地下水流速（岩盤中のダルシー流速）の変動を考慮した。

### 2.3 被ばく経路

被ばく経路については、「安全評価に関する考え方」の中では詳細に設定されていない。そこで、「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について（平成 19 年 5 月、原子力安全委員会）」<sup>3)</sup>の中で余裕深度処分の濃度上限値の算定に用いた、河川水利用経路、河川岸建設作業経路、河川岸居住経路、河川岸農耕経路である表 2.3-1 に示した被ばく経路を評価対象とした。

表 2.3-1 被ばく経路

評価経路	利用、被ばく形態
河川水利用経路	・地表水飲用による内部被ばく
	・灌漑水利用農作物摂取による内部被ばく
	・灌漑水利用農耕作業による外部被ばく
	・灌漑水利用農耕作業中の粉塵吸入による内部被ばく
	・飼育水利用畜産物摂取による内部被ばく
	・水産物摂取による内部被ばく
河川岸居住経路 河川岸農耕経路 河川岸建設作業経路	・河川岸利用による外部被ばく
	・河川岸利用中の粉塵吸入による内部被ばく
	・河川岸農作物摂取による内部被ばく <sup>※</sup>
	・河川岸栽培飼料利用畜産物摂取による内部被ばく <sup>※</sup>

※これらの利用、被ばく形態は河川岸農耕経路についてのみ考慮する。

### 2.4 評価式

#### 2.4.1 地下水による核種移行に係る評価式

地下水移行経路における放射性核種移行の評価式を以下に示す。評価式については、一般的な一次元移流分散方程式を基本とし、各バリア材に期待されるバリア性能に基づき、それらの性能を反映した評価式を用いた。

#### (1) 廃棄体層

##### a. 放射化金属からの核種の溶出量

$$R_{WM}(t, i) = \sum_n A_{WMn0} \cdot \eta_n(t) \cdot \exp\{-(\lambda(i) + \eta_n(t)) \cdot t\}$$

ここで、

$R_{WM}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の溶出量 (Bq/y)

- $A_{WMn0}$  : 放射化金属  $n$  中の放射性核種  $i$  の初期放射能量 (Bq)  
 $\eta_n(t)$  : 時間  $t$  における放射化金属  $n$  の溶出率 (1/y)  
 $\lambda(i)$  : 放射性核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)

b. 廃棄体層内の放射性核種の濃度

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{WA} \cdot V_{WA} \cdot R_{JWA}(i) \cdot \frac{dC_{WA}(t,i)}{dt} \\ &= S_{CP} \cdot De_{CP} \cdot \left. \frac{\partial C_{CP}(x,t,i)}{\partial x} \right|_{x=0} - Q_{EB} \cdot C_{WA}(t,i) - \lambda(i) \cdot \varepsilon_{WA} \cdot R_{JWA}(i) \cdot V_{WA} \cdot C_{WA}(t,i) \\ & \quad + \lambda(i-1) \cdot \varepsilon_{WA} \cdot R_{JWA}(i-1) \cdot V_{WA} \cdot C_{WA}(t,i-1) + R(t,i) \\ & R_{JWA}(i) = 1 + \frac{1 - \varepsilon_{WA}}{\varepsilon_{WA}} \cdot \rho_{WA} \cdot Kd_{WA}(i) \end{aligned}$$

ここで、

- $C_{WA}(t,i)$  : 時間  $t$  における廃棄体層内間隙水中の放射性核種  $i$  の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)  
 $C_{CP}(x,t,i)$  : 時間  $t$  におけるコンクリートピット中の領域  $x$  の間隙水中の放射性核種  $i$  の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)  
 $De_{CP}$  : コンクリートピット中の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)  
 $V_{WA}$  : 廃棄体層の体積 (m<sup>3</sup>)  
 $\varepsilon_{WA}$  : 廃棄体層の間隙率 (-)  
 $\rho_{WA}$  : 廃棄体層の真密度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $R_{JWA}(i)$  : 時間  $t$  における廃棄体層中の放射性核種  $i$  の遅延係数 (-)  
 $Kd_{WA}(i)$  : 時間  $t$  における廃棄体層中の放射性核種  $i$  の分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)  
 $\lambda(i)$  : 放射性核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)  
 $Q_{EB}$  : 施設内地下水通過流量 (m<sup>3</sup>/y)  
 $R(t,i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の溶出量 (Bq/y)  
 $S_{CP}$  : コンクリートピットの断面積 (m<sup>2</sup>)

(2) コンクリートピット内の放射性核種の濃度

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{CP} \cdot R_{JCP}(i) \cdot \frac{\partial C_{CP}(x,t,i)}{\partial t} = De_{CP} \cdot \frac{\partial^2 C_{CP}(x,t,i)}{\partial x^2} - \frac{Q_{EB}}{S_{CP}} \cdot \frac{\partial C_{CP}(x,t,i)}{\partial x} \\ & \quad - \lambda(i) \cdot \varepsilon_{CP} \cdot R_{JCP}(i) \cdot C_{CP}(t,i) + \lambda(i-1) \cdot \varepsilon_{CP} \cdot R_{JCP}(i-1) \cdot C_{CP}(t,i-1) \end{aligned}$$

$$R_{JCP}(i) = 1 + \frac{1 - \varepsilon_{CP}}{\varepsilon_{CP}} \cdot \rho_{CP} \cdot Kd_{CP}(i)$$

ここで、

- $C_{CP}(x,t,i)$  : 時間  $t$  におけるコンクリートピット中の領域  $x$  の間隙水中の放射性核種  $i$  の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)  
 $De_{CP}$  : コンクリートピット中の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)

$\varepsilon_{CP}$	: コンクリートピットの間隙率 (-)
$\rho_{CP}$	: コンクリートピットの真密度 (kg/m <sup>3</sup> )
$R_{fCP}(i)$	: 時間 $t$ におけるコンクリートピット中の放射性核種 $i$ の遅延係数 (-)
$Kd_{CP}(i)$	: 時間 $t$ におけるコンクリートピット中の放射性核種 $i$ の分配係数 (m <sup>3</sup> /kg)
$\lambda(i)$	: 放射性核種 $i$ の崩壊定数 (1/y)
$Q_{EB}$	: 施設内地下水通過流量 (m <sup>3</sup> /y)
$S_{CP}$	: コンクリートピットの断面積 (m <sup>2</sup> )

(3) 低拡散層内の放射性核種の濃度

(健全部)

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{MBu} \cdot R_{fMBu}(i) \cdot \frac{\partial C_{MBu}(x,t,i)}{\partial t} \\ &= De_{MBu} \cdot \frac{\partial^2 C_{MBu}(x,t,i)}{\partial x^2} - \frac{Q_{MBu}}{S_{MBu}} \cdot \frac{\partial C_{MBu}(x,t,i)}{\partial x} - \lambda(i) \cdot \varepsilon_{MBu} \cdot R_{fMBu}(i) \cdot C_{MBu}(t,i) \\ & \quad + \lambda(i-1) \cdot \varepsilon_{MBu} \cdot R_{fMBu}(i-1) \cdot C_{MBu}(t,i-1) \\ R_{fMBu}(i) &= 1 + \frac{1 - \varepsilon_{MBu}}{\varepsilon_{MBu}} \cdot \rho_{MBu} \cdot Kd_{MBu}(i) \end{aligned}$$

(劣化部)

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{MBd} \cdot \frac{\partial C_{MBd}(x,t,i)}{\partial t} \\ &= De_{MBd} \cdot \frac{\partial^2 C_{MBd}(x,t,i)}{\partial x^2} - \frac{Q_{MBd}}{S_{MBd}} \cdot \frac{\partial C_{MBd}(x,t,i)}{\partial x} - \lambda(i) \cdot \varepsilon_{MBd} \cdot C_{MBd}(t,i) \\ & \quad + \lambda(i-1) \cdot \varepsilon_{MBd} \cdot C_{MBd}(t,i-1) \end{aligned}$$

ここで、

$C_{MBu}(x,t,i)$  : 時間  $t$  における低拡散層 (健全部) 中の領域  $x$  の間隙水中の放射性核種  $i$  の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

$C_{MBd}(x,t,i)$  : 時間  $t$  における低拡散層 (劣化部) 中の領域  $x$  の間隙水中の放射性核種  $i$  の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

$De_{MBu}$  : 低拡散層 (健全部) 中の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)

$De_{MBd}$  : 低拡散層 (劣化部) 中の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)

$\varepsilon_{MBu}$  : 低拡散層 (健全部) の間隙率 (-)

$\varepsilon_{MBd}$  : 低拡散層 (劣化部) の間隙率 (-)

$\rho_{MBu}$  : 低拡散層 (健全部) の真密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$R_{fMBu}(i)$  : 時間  $t$  における低拡散層 (健全部) 中の放射性核種  $i$  の遅延係数 (-)

$Kd_{MBu}(i)$  : 時間  $t$  における低拡散層 (健全部) 中の放射性核種  $i$  の分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)

$\lambda(i)$  : 放射性核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)

$Q_{MBu}$  : 低拡散層健全部内地下水通過流量 (m<sup>3</sup>/y)

- $Q_{MBd}$  : 低拡散層劣化部内地下水通過流量 (m<sup>3</sup>/y)  
 $S_{MBu}$  : 低拡散層 (健全部) の断面積 (m<sup>2</sup>)  
 $S_{MBd}$  : 低拡散層 (劣化部) の断面積 (m<sup>2</sup>)

(4) ベントナイト系材料層内の放射性核種の濃度

(健全部)

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{BEu} \cdot R_{fBEu}(i) \cdot \frac{\partial C_{BEu}(x,t,i)}{\partial t} \\ &= De_{BEu} \cdot \frac{\partial^2 C_{BEu}(x,t,i)}{\partial x^2} - \frac{Q_{EBu}}{S_{BEu}} \cdot \frac{\partial C_{BEu}(x,t,i)}{\partial x} - \lambda(i) \cdot \varepsilon_{BEu} \cdot R_{fBEu}(i) \cdot C_{BEu}(t,i) \\ & \quad + \lambda(i-1) \cdot \varepsilon_{BEu} \cdot R_{fBEu}(i-1) \cdot C_{BEu}(t,i-1) \end{aligned}$$

$$R_{fBEu}(i) = 1 + \frac{1 - \varepsilon_{BEu}}{\varepsilon_{BEu}} \cdot \rho_{BEu} \cdot Kd_{BEu}(i)$$

(劣化部)

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{BEd} \cdot \frac{\partial C_{BEd}(x,t,i)}{\partial t} \\ &= De_{BEd} \cdot \frac{\partial^2 C_{BEd}(x,t,i)}{\partial x^2} - \frac{Q_{BEd}}{S_{BEd}} \cdot \frac{\partial C_{BEd}(x,t,i)}{\partial x} - \lambda(i) \cdot \varepsilon_{BEd} \cdot C_{BEd}(t,i) \\ & \quad + \lambda(i-1) \cdot \varepsilon_{BEd} \cdot C_{BEd}(t,i-1) \end{aligned}$$

ここで、

$C_{BEu}(x,t,i)$  : 時間  $t$  におけるベントナイト (健全部) 中の領域  $x$  の間隙水中の放射性核種  $i$  の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

$C_{BEd}(x,t,i)$  : 時間  $t$  におけるベントナイト (劣化部) 中の領域  $x$  の間隙水中の放射性核種  $i$  の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

$De_{BEu}$  : ベントナイト (健全部) 中の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)

$De_{BEd}$  : ベントナイト (劣化部) 中の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)

$\varepsilon_{BEu}$  : ベントナイト (健全部) の間隙率 (-)

$\varepsilon_{BEd}$  : ベントナイト (劣化部) の間隙率 (-)

$\rho_{BE}$  : ベントナイトの真密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$R_{fBEu}(i)$  : 時間  $t$  におけるベントナイト (健全部) 中の放射性核種  $i$  の遅延係数 (-)

$Kd_{BEu}(i)$  : 時間  $t$  におけるベントナイト (健全部) 中の放射性核種  $i$  の分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)

$\lambda(i)$  : 放射性核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)

$Q_{BEu}$  : ベントナイト健全部内地下水通過流量 (m<sup>3</sup>/y)

$Q_{BEd}$  : ベントナイト劣化部内地下水通過流量 (m<sup>3</sup>/y)

$S_{BEu}$  : ベントナイト (健全部) の断面積 (m<sup>2</sup>)

$S_{BEd}$  : ベントナイト (劣化部) の断面積 (m<sup>2</sup>)

(5) EDZ 内の放射性核種の濃度

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{EDZ} \cdot V_{EDZ} \cdot R_{jEDZ}(i) \cdot \frac{dC_{EDZ}(t,i)}{dt} \\ &= -S_{BE} \cdot De_{BE} \cdot \frac{\partial C_{BE}(x,t,i)}{\partial x} + Q_{EB} \cdot C_{BE}(t,i) - Q_{RO} \cdot C_{EDZ}(t,i) \\ & \quad - \lambda(i) \cdot \varepsilon_{EDZ} \cdot R_{jEDZ}(i) \cdot V_{EDZ} \cdot C_{EDZ}(t,i) + \lambda(i-1) \cdot \varepsilon_{EDZ} \cdot R_{jEDZ}(i-1) \cdot V_{EDZ} \cdot C_{EDZ}(t,i-1) \\ R_{jEDZ}(i) &= 1 + \frac{1 - \varepsilon_{EDZ}}{\varepsilon_{EDZ}} \cdot \rho_{EDZ} \cdot Kd_{EDZ}(i) \end{aligned}$$

ここで、

$C_{EDZ}(x,t,i)$	: 時間 $t$ における EDZ 中の領域 $x$ の間隙水中の放射性核種 $i$ の濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )
$C_{BE}(x,t,i)$	: 時間 $t$ におけるベントナイト中の領域 $x$ の間隙水中の放射性核種 $i$ の濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )
$\varepsilon_{EDZ}$	: EDZ の間隙率 (-)
$V_{EDZ}$	: EDZ の体積 (m <sup>3</sup> )
$\rho_{EDZ}$	: EDZ の真密度 (kg/m <sup>3</sup> )
$R_{jEDZ}(i)$	: 時間 $t$ における EDZ 中の放射性核種 $i$ の遅延係数 (-)
$Kd_{EDZ}(i)$	: 時間 $t$ における EDZ 中の放射性核種 $i$ の分配係数 (m <sup>3</sup> /kg)
$De_{BE}$	: ベントナイト中の実効拡散係数 (m <sup>2</sup> /y)
$S_{BE}$	: ベントナイトの断面積 (m <sup>2</sup> )
$Q_{EB}$	: 施設内地下水通過流量 (m <sup>3</sup> /y)
$Q_{RO}$	: 地下水流量 (m <sup>3</sup> /y)
$\lambda(i)$	: 放射性核種 $i$ の崩壊定数 (1/y)

(6) EDZ から岩盤への放射性核種の放出量

$$f_{EDZ}(t,i) = Q_{RO} \cdot C_{EDZ}(x,t,i)$$

ここで、

$f_{EDZ}(t,i)$	: 時間 $t$ における EDZ から岩盤への放射性核種 $i$ の放出量 (Bq/y)
$C_{EDZ}(x,t,i)$	: 時間 $t$ における EDZ 中の領域 $x$ の間隙水中の放射性核種 $i$ の濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )
$Q_{RO}$	: 地下水流量 (m <sup>3</sup> /y)

(7) 岩盤地下水中の放射性核種の濃度

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{RO} \cdot R_{jRO}(i) \cdot \frac{\partial C_{RO}(x,t,i)}{\partial t} \\ &= \varepsilon_{RO} \cdot D_{RO} \cdot \frac{\partial^2 C_{RO}(x,t,i)}{\partial x^2} - U_{RO} \cdot \frac{\partial C_{RO}(x,t,i)}{\partial x} - \lambda(i) \cdot \varepsilon_{RO} \cdot R_{jRO}(i) \cdot C_{RO}(t,i) \\ & \quad + \lambda(i-1) \cdot \varepsilon_{RO} \cdot R_{jRO}(i-1) \cdot C_{RO}(t,i-1) \end{aligned}$$

$$R_{jRO}(i) = 1 + \frac{1 - \varepsilon_{RO}}{\varepsilon_{RO}} \cdot \rho_{RO} \cdot Kd_{RO}(i)$$

ここで、

$C_{RO}(x, t, i)$  : 時間  $t$  における岩盤地下水中の領域  $x$  の間隙水中の放射性核種  $i$  の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

$\varepsilon_{RO}$  : 岩盤の間隙率 (-)

$\rho_{RO}$  : 岩盤の真密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$R_{jRO}(i)$  : 時間  $t$  における岩盤中の放射性核種  $i$  の遅延係数 (-)

$Kd_{RO}(i)$  : 時間  $t$  における岩盤中の放射性核種  $i$  の分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)

$D_{RO}$  : 岩盤中の分散係数 (m<sup>2</sup>/y)

$D_0$  : 岩盤中の分子拡散係数 (m<sup>2</sup>/y)

$U_{RO}$  : 岩盤中のダルシー流速 (m/y)

$\lambda(i)$  : 放射性核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)

#### 2.4.2 被ばく線量評価式

放射性核種が河川や沢などの地表水系に移行し、河川水利用、河川岸農耕利用、河川岸作業等の人間活動により一般公衆が被ばくすると想定される。この時の被ばく線量は、地表水系の放射能濃度の評価結果に基づいて計算した。以下に各被ばく経路における被ばく線量の評価式を示す。

##### (1) 地表水飲用による内部被ばく

$$D_{SW\ ing}(t, i) = C_{SW}(t, i) \cdot M_{SW} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

$D_{SW\ ing}(t, i)$  : 時間  $t$  における地表水飲用による放射性核種  $i$  の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)

$C_{SW}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の地表水中の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

$M_{SW}$  : 年間飲料水摂取量 (m<sup>3</sup>/y)

$DCF_{ing}(i)$  : 放射性核種  $i$  の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

##### (2) 灌漑水利用による被ばく

###### a. 灌漑水農耕土壌中の放射性核種の濃度

$$\frac{dC_{IR}(t, i)}{dt} = \frac{C_{SW}(t, i) \cdot V_{IR}}{(1 - \varepsilon_{IR}) \cdot \rho_{IR} \cdot \phi_{IR}} + \lambda(i-1) \cdot C_{IR}(t, i-1) - \lambda_E(i) \cdot C_{IR}(t, i)$$

$$\lambda_E(i) = \lambda(i) + \frac{R_{IN} + V_{IR}}{\phi_{IR} \cdot \{\varepsilon_{IR} + (1 - \varepsilon_{IR}) \cdot \rho_{IR} \cdot Kd_{IR}(i)\}}$$

ここで、

$C_{IR}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の灌漑土壌中の濃度 (Bq/kg)

- $C_{SW}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の地表水中の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)  
 $V_{IR}$  : 灌漑水量 (m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・y))  
 $\varepsilon_{IR}$  : 灌漑土壌の間隙率 (-)  
 $\rho_{IR}$  : 灌漑土壌の粒子密度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\phi_{IR}$  : 灌漑土壌の実効土壌深さ (m)  
 $\lambda(i)$  : 放射性核種  $i$  の崩壊定数 (1/y)  
 $R_{IN}$  : 降雨浸透量 (m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・y))  
 $Kd_{IR}(i)$  : 時間  $t$  における灌漑土壌中の放射性核種  $i$  の分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)

b. 農作物摂取による内部被ばく

$$D_{IRing}(t, i) = C_{IR}(t, i) \cdot T_{IR}(i) \cdot M_{IR} \cdot G_{IR} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

- $D_{IRing}(t, i)$  : 時間  $t$  における農作物摂取による放射性核種  $i$  の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)  
 $C_{IR}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の灌漑土壌中の濃度 (Bq/kg)  
 $T_{IR}(i)$  : 土壌から農作物への放射性核種  $i$  の移行係数 (Bq/kg-wet 農作物 / Bq/kg-dry 土壌)  
 $M_{IR}$  : 農作物の年間摂取量 (kg/y)  
 $G_{IR}$  : 農作物の市場希釈係数 (-)  
 $DCF_{ing}(i)$  : 放射性核種  $i$  の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

c. 農耕作業による外部被ばく

$$D_{IRext}(t, i) = C_{IR}(t, i) \cdot S_{IR}(i) \cdot t_{IR} \cdot DCF_{ext}(i)$$

ここで、

- $D_{IRext}(t, i)$  : 時間  $t$  における農耕作業による放射性核種  $i$  による外部被ばく線量 (Sv/y)  
 $C_{IR}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の灌漑土壌中の濃度 (Bq/kg)  
 $S_{IR}(i)$  : 農耕作業における放射性核種  $i$  の遮へい係数 (-)  
 $t_{IR}$  : 年間の農耕作業時間 (h/y)  
 $DCF_{ext}(i)$  : 放射性核種  $i$  の外部被ばく線量換算係数 (Sv/h/(Bq/kg))

d. 農耕作業中の粉塵吸入による内部被ばく

$$D_{IRinh}(t, i) = C_{IR}(t, i) \cdot d_{IR} \cdot B_{IR} \cdot t_{IR} \cdot DCF_{inh}(i)$$

ここで、

- $D_{IRinh}(t, i)$  : 時間  $t$  における農耕作業による放射性核種  $i$  の吸入による内部被ばく線量 (Sv/y)



- $C_{IR}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の灌漑土壌中の濃度 (Bq/kg)  
 $d_{IR}$  : 農耕作業時のダスト濃度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $B_{IR}$  : 農耕作業者の呼吸率 (m<sup>3</sup>/h)  
 $t_{IR}$  : 年間の農耕作業時間 (h/y)  
 $DCF_{inh}(i)$  : 放射性核種  $i$  の吸入内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

(3) 飼育水畜産物摂取による内部被ばく

$$D_{BRing}(t, i) = \sum_n C_{SW}(t, i) \cdot M_{BRwn} \cdot T_{BRn}(i) \cdot M_{BRn} \cdot G_{BRn} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

- $D_{BRing}(t, i)$  : 時間  $t$  における畜産物摂取による放射性核種  $i$  の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)  
 $C_{SW}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の地表水中の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)  
 $M_{BRwn}$  : 家畜  $n$  の 1 日あたりの飼育水摂取量 (m<sup>3</sup>/d)  
 $T_{BRn}(i)$  : 飼育水から家畜  $n$  への放射性核種  $i$  の移行係数(d/kg)  
 $M_{BRn}$  : 畜産物  $n$  の年間摂取量 (kg/y)  
 $G_{BRn}$  : 畜産物  $n$  の市場希釈係数 (-)  
 $DCF_{ing}(i)$  : 放射性核種  $i$  の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

(4) 水産物摂取による内部被ばく

$$D_{FSing}(t, i) = \sum_m C_{SW}(t, i) \cdot T_{FSm}(i) \cdot M_{FSm} \cdot G_{FSm} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

- $D_{FSing}(t, i)$  : 時間  $t$  における水産物摂取による放射性核種  $i$  の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)  
 $C_{SW}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の地表水中の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)  
 $T_{FSm}(i)$  : 放射性核種  $i$  の水産物  $m$  への濃縮係数 (m<sup>3</sup>/kg)  
 $M_{FSm}$  : 水産物  $m$  の年間摂取量 (kg/y)  
 $G_{FSm}$  : 水産物  $m$  の市場希釈係数 (-)  
 $DCF_{ing}(i)$  : 放射性核種  $i$  の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

(5) 河川岸利用による被ばく

a. 河川岸土壌中の核種濃度

$$C_{RS}(t, i) = \left( \frac{\varepsilon_{RS}}{(1 - \varepsilon_{RS}) \cdot \rho_{RS}} + Kd_{RS}(i) \right) \cdot C_{SW}(t, i)$$

ここで、

- $C_{RS}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の河川岸土壌中の濃度 (Bq/kg)

- $C_{SW}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の地表水中の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)  
 $\varepsilon_{RS}$  : 河川岸土壌の間隙率 (-)  
 $\rho_{RS}$  : 河川岸土壌の粒子密度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $Kd_{RS}(i)$  : 時間  $t$  における河川岸土壌中の放射性核種  $i$  の分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)

b. 河川岸利用による外部被ばく

$$D_{RS\ ext}(t, i) = C_{RS}(t, i) \cdot S_{RS}(i) \cdot t_{RS} \cdot DCF_{ext}(i)$$

ここで、

- $D_{RS\ ext}(t, i)$  : 時間  $t$  における河川岸利用による放射性核種  $i$  による外部被ばく線量 (Sv/y)  
 $C_{RS}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の河川岸土壌中の濃度 (Bq/kg)  
 $S_{RS}(i)$  : 河川岸利用における放射性核種  $i$  の遮へい係数 (-)  
 $t_{RS}$  : 年間の河川岸利用時間 (h/y)  
 $DCF_{ext}(i)$  : 放射性核種  $i$  の外部被ばく線量換算係数 (Sv/h/(Bq/kg))

c. 河川岸利用中の粉塵吸入による内部被ばく

$$D_{RS\ inh}(t, i) = C_{RS}(t, i) \cdot d_{RS} \cdot B_{RS} \cdot t_{RS} \cdot DCF_{inh}(i)$$

ここで、

- $D_{RS\ inh}(t, i)$  : 時間  $t$  における河川岸利用による放射性核種  $i$  の吸入による内部被ばく線量 (Sv/y)  
 $C_{RS}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の河川岸土壌中の濃度 (Bq/kg)  
 $d_{RS}$  : 河川岸利用時のダスト濃度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $B_{RS}$  : 河川岸利用者の呼吸率 (m<sup>3</sup>/h)  
 $t_{RS}$  : 年間の河川岸利用時間 (h/y)  
 $DCF_{inh}(i)$  : 放射性核種  $i$  の吸入内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

d. 農作物摂取による内部被ばく

$$D_{RS\ ing}(t, i) = C_{RS}(t, i) \cdot T_{RS}(i) \cdot M_{RS} \cdot G_{RS} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

- $D_{RS\ ing}(t, i)$  : 時間  $t$  における農作物摂取による放射性核種  $i$  の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)  
 $C_{RS}(t, i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の河川岸土壌中の濃度 (Bq/kg)  
 $T_{RS}(i)$  : 土壌から農作物への放射性核種  $i$  の移行係数 (Bq/kg-wet 農作物/Bq/kg-dry 土壌)  
 $M_{RS}$  : 農作物の年間摂取量 (kg/y)

$G_{RS}$  : 農作物の市場希釈係数 (-)  
 $DCF_{ing}(i)$  : 放射性核種  $i$  の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

e. 河川岸栽培飼料利用畜産物摂取による内部被ばく

$$D_{BRSing}(t,i) = \sum_n C_{RS}(t,i) \cdot T_{BRSf}(i) \cdot M_{BRSfn} \cdot T_{BRSn}(i) \cdot M_{BRSn} \cdot G_{BRSn} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

$D_{BRSing}(t,i)$  : 時間  $t$  における畜産物摂取による放射性核種  $i$  の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)  
 $C_{RS}(t,i)$  : 時間  $t$  における放射性核種  $i$  の河川岸土壌中の濃度 (Bq/kg)  
 $T_{BRSf}(i)$  : 河川岸土壌から飼料への放射性核種  $i$  の移行係数 (Bq/kg-wet 飼料/Bq/kg-dry 土壌)  
 $M_{BRSfn}$  : 家畜  $n$  の 1 日あたりの飼料摂取量 (kg-dry/d)  
 $T_{BRSn}(i)$  : 飼料から家畜  $n$  への放射性核種  $i$  の移行係数 (d/kg)  
 $M_{BRSn}$  : 畜産物  $n$  の年間摂取量 (kg/y)  
 $G_{BRSn}$  : 畜産物  $n$  の市場希釈係数 (-)  
 $DCF_{ing}(i)$  : 放射性核種  $i$  の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

## 2.5 評価対象核種

本評価ツールで評価対象とする核種は、「日本原子力学会標準 余裕深度処分の安全評価手法：2008」<sup>4)</sup>で対象とされている核種及び JAEA 廃棄物のインベントリを考慮し表 2.5-1 に示す核種とした。

C-14 についてはその起源や有機物か無機物かの違いなどにより、収着挙動が異なることが考えられるため、無機炭素 (C-14i)、汚染物起源の有機形態の炭素 (C-14o)、放射化物起源の有機形態の炭素 (C-14a) 及びガス炉起源の有機形態の炭素 (C-14g) といった 4 種類に分類した。

また、評価対象核種の内、Nb-93m、Po-210、Ra-228、Th-228 及び Pa-233 については、半減期が十数年以下で、親核種の半減期と比べて十分小さいことから、親核種と放射平衡であると仮定し、解析ツール上での核種移行を考慮しないこととした。これらの核種による被ばくは、親核種の被ばく線量中に含めることとした。具体的に Po-210 と Pb-210 の地表水飲用による内部被ばく線量の計算を例にとって説明する。

子孫核種の Po-210 の初期量は崩壊により短時間で消失するとして、インベントリは 0 とした。ツール中では Pb-210 の崩壊による減衰は考慮するが、崩壊により Po-210 は生じないものとした。処分施設内及び岩盤中の移行は Pb-210 のみを考慮し、分配係数などは Pb-210 の値を設定した。Pb-210 及び Po-210 の被ばく線量は地表水中での Pb-210 の濃度に、Pb-210 の線量換算係数に Po-210 の線量換算係数を加算したものを乗じて算出した。以下に地表水飲用により摂取された Pb-210 及び Po-210 による内部被ばく線量評価式を示す。

$$D_{SWing}(t, Pb210 + Po210) = C_{SW}(t, Pb210) \cdot M_{SW} \{ DCF_{ing}(Pb210) + DCF_{ing}(Po210) \}$$

ここで、

- $D_{SW\ ing}(t, Pb210 + Po210)$  : 時間  $t$  における地表水飲用により摂取された Pb-210 及び Po-210 による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{SW}(t, Pb210)$  : 時間  $t$  における Pb-210 の地表水中の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $M_{SW}$  : 年間飲料水摂取量 (m<sup>3</sup>/y)
- $DCF_{ing}(Pb210)$  : Pb-210 の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)
- $DCF_{ing}(Po210)$  : Po-210 の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

なお、結果は Pb-210 の被ばく線量として表示される。

表 2.5-1 評価対象核種

核種	半減期(y)	核種	半減期(y)
H-3	$1.23 \times 10^1$	Pb-210	$2.23 \times 10^1$
Be-10	$1.51 \times 10^6$	Po-210	$3.79 \times 10^{-1}$
C-14	$5.73 \times 10^3$	Ra-226	$1.60 \times 10^3$
Cl-36	$3.01 \times 10^5$	Ra-228	$5.75 \times 10^0$
Ca-41	$1.03 \times 10^5$	Ac-227	$2.18 \times 10^1$
Co-60	$5.27 \times 10^0$	Th-228	$1.91 \times 10^0$
Ni-59	$8.00 \times 10^4$	Th-229	$7.34 \times 10^3$
Ni-63	$1.00 \times 10^2$	Th-230	$7.54 \times 10^4$
Se-79	$6.50 \times 10^5$	Th-232	$1.41 \times 10^{10}$
Sr-90	$2.88 \times 10^1$	Pa-231	$3.28 \times 10^4$
Zr-93	$1.53 \times 10^6$	Pa-233	$7.38 \times 10^{-2}$
Nb-93m	$1.61 \times 10^1$	U-232	$6.89 \times 10^1$
Nb-94	$2.03 \times 10^4$	U-233	$1.59 \times 10^5$
Mo-93	$4.00 \times 10^3$	U-234	$2.46 \times 10^5$
Tc-99	$2.11 \times 10^5$	U-235	$7.04 \times 10^8$
Pd-107	$6.50 \times 10^6$	U-236	$2.34 \times 10^7$
Ag-108m	$4.18 \times 10^2$	U-238	$4.47 \times 10^9$
Sn-121m	$5.50 \times 10^1$	Np-237	$2.14 \times 10^6$
Sn-126	$2.07 \times 10^5$	Pu-238	$8.77 \times 10^1$
I-129	$1.57 \times 10^7$	Pu-239	$2.41 \times 10^4$
Cs-135	$2.30 \times 10^6$	Pu-240	$6.56 \times 10^3$
Cs-137	$3.01 \times 10^1$	Pu-241	$1.44 \times 10^1$
Ba-133	$1.05 \times 10^1$	Pu-242	$3.73 \times 10^5$
La-137	$6.00 \times 10^4$	Am-241	$4.32 \times 10^2$
Sm-151	$9.00 \times 10^1$	Am-242m	$1.41 \times 10^2$
Tb-157	$7.10 \times 10^1$	Am-243	$7.37 \times 10^3$
Ho-166m	$1.20 \times 10^3$	Cm-244	$1.81 \times 10^1$
Hf-182	$9.00 \times 10^6$	Cm-245	$8.50 \times 10^3$
Pt-193	$5.00 \times 10^1$		

### 3. 地下水シナリオ評価ツール

評価ツールは一次元移流分散方程式をベースとした核種移行解析が可能な汎用シミュレーションソフトウェア「GoldSim」をプラットフォームとして作成した。作成した評価ツールについて以下に示す。

#### 3.1 GoldSim について

##### (1)GoldSim のバージョン

評価ツール作成に使用した GoldSim バージョンは、Version 9.60 SP4 (2013/6 現在、2008/1/30 公開版) である。

##### (2)GoldSim 特有の用語

GoldSim は、ファイル上にエレメントまたはパスウェイという名称の様々な機能を配置・結合させることで核種移行解析を処理することができるソフトウェアである。これら各機能は、コンテナを用いることにより階層的に管理することができる。表 3.1-1 に、コンテナ、エレメント及びパスウェイの内、本評価ツールの作成に使用しているものの概要をまとめる。

※ GoldSim における階層の考え方と表記は、Microsoft Windows における Windows Explorer とよく似ており、コンテナ=フォルダ、エレメントやパスウェイ=ファイルと考えて差し支えない。(以降、“” で括られた場合にはコンテナ、’ で括られた場合にはエレメントであることを示す。)

表 3.1-1 評価ツールに使用しているコンテナ、エレメント、パスウェイ

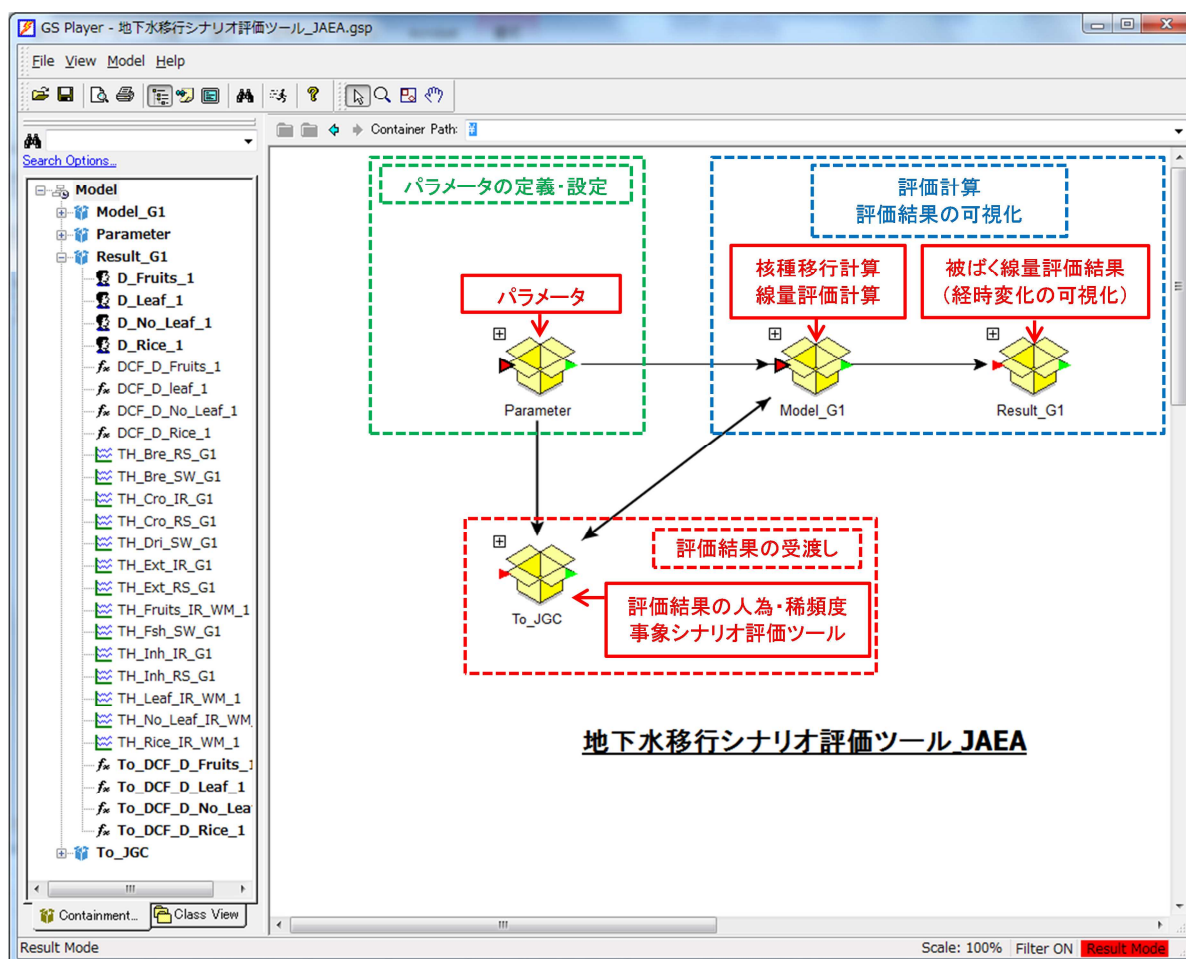
機能名称		アイコン	機能
コンテナ			エレメントやパスウェイを階層的に管理する。Windowsのフォルダに相当。
エレメント	Species		評価対象核種を定義する。核種名、原子量、半減期(もしくは壊変定数)、子孫核種と各子孫核種への分岐比を設定する。
	Source		汚染物質が格納された廃棄体の特性を定義する。汚染物質のインベントリ及び放出方法を設定する。
	Fluid		液相を定義する。拡散係数と溶解度を定義する。
	Solid		固相を定義する。乾燥密度、間隙率、屈曲度、分配係数を設定する。
	Data		データ値を定義する。スカラー、ベクトル及びマトリクスが定義できる。
	Expression		数式または理論式を用いて、入力されたデータを加工する。
	Time Series		データ値を時系列として定義する。
	Selector		条件文(if...then文)を用いて複雑な数式を定義する。
	Sum		多数のデータの合計を計算する。
	Spreadsheet		MS-Excelファイル内のシートと動的にリンクしてデータの受渡しを行う。
Time History		計算結果のタイムヒストリー(経時変化データ)を表示する。	
パスウェイ	Cell Pathway		主に拡散または移流による物質の移行を計算する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・崩壊／生成の取り扱いが可能</li> <li>・複数の液相と固相、並びに各相への分配係数が定義できる</li> <li>・瞬時混合、平衡を仮定</li> <li>・溶解度制限並びに同位体存在比に応じた溶解度分割が可能</li> <li>・物質の移行プロセスとして、拡散と移流のみならず、移行係数等の定義が可能</li> <li>・パラメータの時間変化の取り扱いが可能</li> </ul>

### 3.2 評価ツール

#### 3.2.1 評価ツールの構成

図 3.2-1 は本評価ツールの最上階層である。

評価計算に必要なパラメータは、全て“Parameter”内で定義・設定される。評価計算は“Model\_G1”で実施される。“Model\_G1”は“Parameter”より評価に用いる各種データを受け取り、核種移行に関する計算及び被ばく線量計算を実施する。“Model\_G1”で算出された被ばく線量は“Result\_G1”で可視化される。ここでは核種毎及び全核種の合計の被ばく線量の経時変化が示される。また、“To\_JGC”は別途作成した人為・稀頻度事象シナリオ評価ツールへ地下水移行シナリオ評価ツールで行った核種移行計算の結果を受け渡すためのコンテナである。ここでは、廃棄体層中の核種全量、人工バリア中の核種全量、EDZ中の核種全量、廃棄体層と天然バリア亀裂境界のフラックス及び廃棄体層とボーリング孔境界のフラックスをMs-Excel形式のファイルに出力する。



※ GoldSim における階層の考え方と表記は、Microsoft Windows における Windows Explorer とよく似ており、コンテナ=フォルダ、エレメント=ファイルと考えて差し支えない。例えば上図は本評価ツールの最上階層であり、そのパス (Windows Explorer のアドレスに相当。GUI 上部に Container Path と表記されており、これは Windows Explorer のアドレスバーに相当する。) は『¥』と表記される。また、“Parameter”を参照している場合、そのパスは『¥Parameter』と表記される。

図 3.2-1 評価ツールの最上階層

### 3.2.2 パラメータの定義・設定

評価計算に用いられるパラメータは“Parameter”において定義・設定される。パラメータは‘Spreadsheet’を用いて定義されており、その数値は Excel ファイルから引用される形式となっているため、パラメータの設定や変更は Excel ファイルで行う。

図 3.2-2 に“Parameter”の作業画面を示す。ここでパラメータは種類毎（核種、インベントリ、媒体の特性など）に定義され、Excel ファイルから引用するよう定義された‘Spreadsheet’から、数値を受け取る。

なお、本評価ツールにおいて Excel ファイルの名称は<Parameter.xls>（以降、<>で括られた場合には Excel ファイルであることを示す）と設定されている。また、核種の定義及び核種の特性（半減期など）については、評価ツール内の‘Species’（Container Path¥Parameter¥Materials）で直接入力されている。

図 3.2-2 に示されているとおり、“Parameter”内では、‘Spreadsheet’によって参照されたデータがいくつかの項目ごとにコンテナにまとめられたパラメータ定義エレメントへ引き渡されている。表 3.2-1 に“Parameter”で行われているパラメータ定義の概要を示す。

なお、ここでのパラメータ定義エレメントとはパラメータ項目毎に用意されたエレメントであり、‘Spreadsheet’で参照された数値を引き受けた後、評価計算のためのエレメントに数値を引き渡す役目を負う。GoldSim のシステム上、必ずしも必要ではないエレメントであるが、本評価ツールではパラメータ変更を簡便なものにするため、また評価計算のためのパラメータの受け渡しを明確にするために用意したエレメントである。

以下に、評価上考慮しなくてはならない、評価期間の考え方、評価期間中に時間で変化するパラメータや条件で変化するパラメータについて記述する。



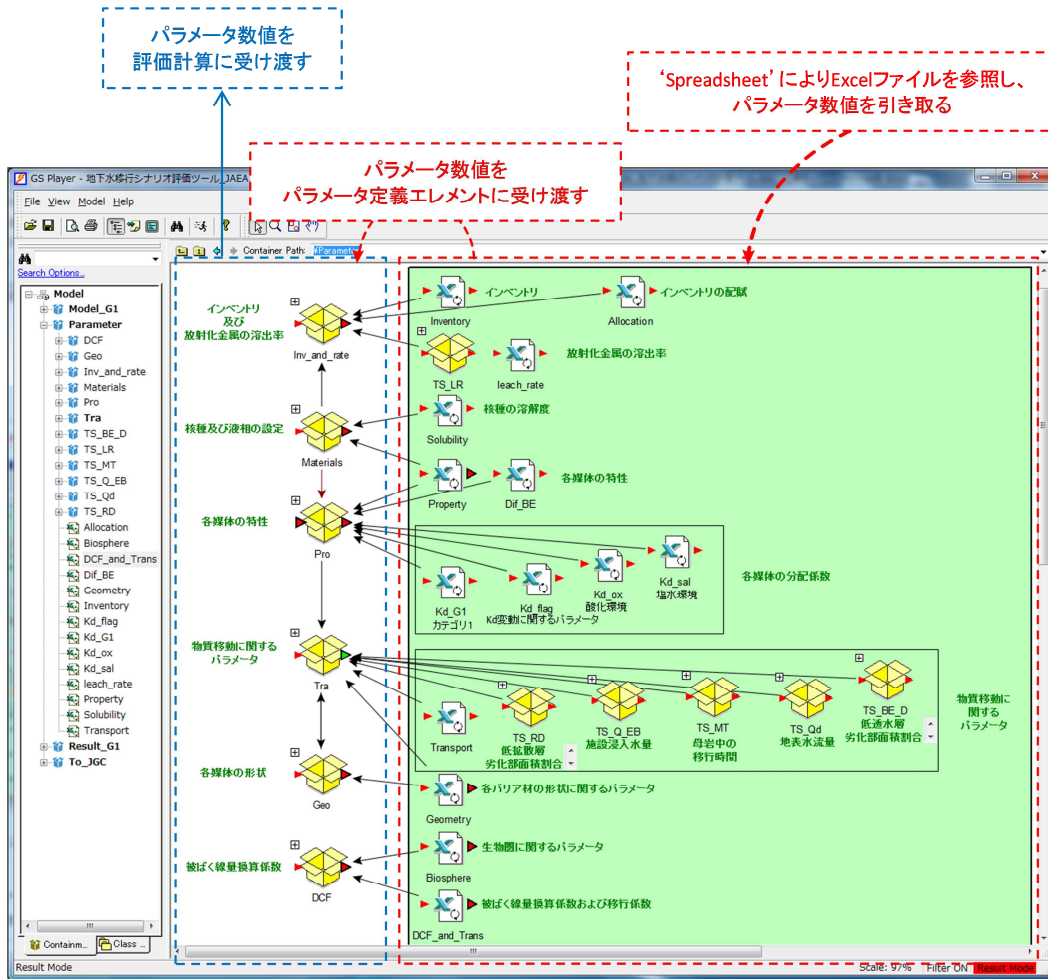


図 3.2-2 “Parameter” の作業画面 (¥Parameter)

表 3.2-1 “Parameter” におけるパラメータ定義の概要

項目	Container Path	概要
インベントリ及び放射化金属の溶出率	* ¥Inv_and_rate	放射化金属のインベントリ 放射化金属の溶出率 放射化金属以外の廃棄物のインベントリ
核種及び液相の設定	* ¥Materials	核種の定義 <i>'Species'</i> 地下水特性の定義 <i>'Fluid'</i>
各媒体の特性	* ¥Pro	媒体毎の土壌 <i>'Solid'</i> 媒体ごとの土壌特性
物質移動に関するパラメータ	* ¥Tra	拡散面積 セル長さおよび拡散距離 移行断面積 施設浸入水量
各媒体の形状	* ¥Geo	各媒体の寸法、断面積、体積など
被ばく線量換算係数	* ¥DCF	被ばく経路毎の被ばく線量換算係数

※Container Pathの「\*」は「¥Parameter」の意  
 ※*'斜体エレメント'* は評価計算における必須エレメント

(1) 評価期間、埋設施設の管理期間終了年の設定

本評価ツールは、埋設施設の管理期間終了以後における長期の被ばく線量評価を行うものであり、その評価計算の期間は100万年までとした。また、地下水移行の評価計算は、埋設施設の管理期間終了年から開始する設定とし、地下水移行の評価計算が開始する時期について、管理期間終了年を‘Tet’として定義し、パラメータとして変更できるようにした。この埋設施設の管理期間中は、放射性核種の地下水移行は行われませんが、核種の放射能の崩壊による減衰は考慮した。

(2) 時間で変化するパラメータの設定

評価計算に用いられるパラメータの中には、時間で変化するパラメータが存在し、前述のパラメータ同様“Parameter”において定義・設定される。表 3.2-2 に時間で変化するパラメータを示す。これらのパラメータは‘Time Series’を用いて定義されており、やはり前述のパラメータ同様その数値は Excel ファイルから引用される形式となっているが、パラメータは1つの数値ではなく、時間とその時点での数値の表として整理されている。また、ここで入力されたパラメータは、各設定時間の間を線形的に変化する設定となっている。例として、図 3.2-3 に施設浸入水量“TS\_Q\_EB”の作業画面を、図 3.2-4 に<Parameter.xls>の時間で変化するパラメータのワークシート「Transport 1」の入力例（以降、「」で括られた場合は Excel ファイルのワークシートであることを示す。）を示す。時間-パラメータセットの入力数に制限はないが、最終セットは評価期間100万年を越えた時間を入力（例えば  $1.0 \times 10^7$  年）し、また最終行を必ず空欄とする必要がある。詳細な設定方法については付録に示す。

表 3.2-2 時間で変化するパラメータ

パラメータ	ツール内での取り扱い (入力パラメータ)
放射化金属からの核種溶出率	溶出率
低拡散層の拡散係数	低拡散層劣化部面積割合
ベントナイト系材料層の透水係数	施設浸入水量
ベントナイト系材料層の拡散係数	ベントナイト系材料層劣化部面積割合
地下水流速	移行時間
処分施設から河川までの距離	移行時間
生活環境における希釈水量	河川流量

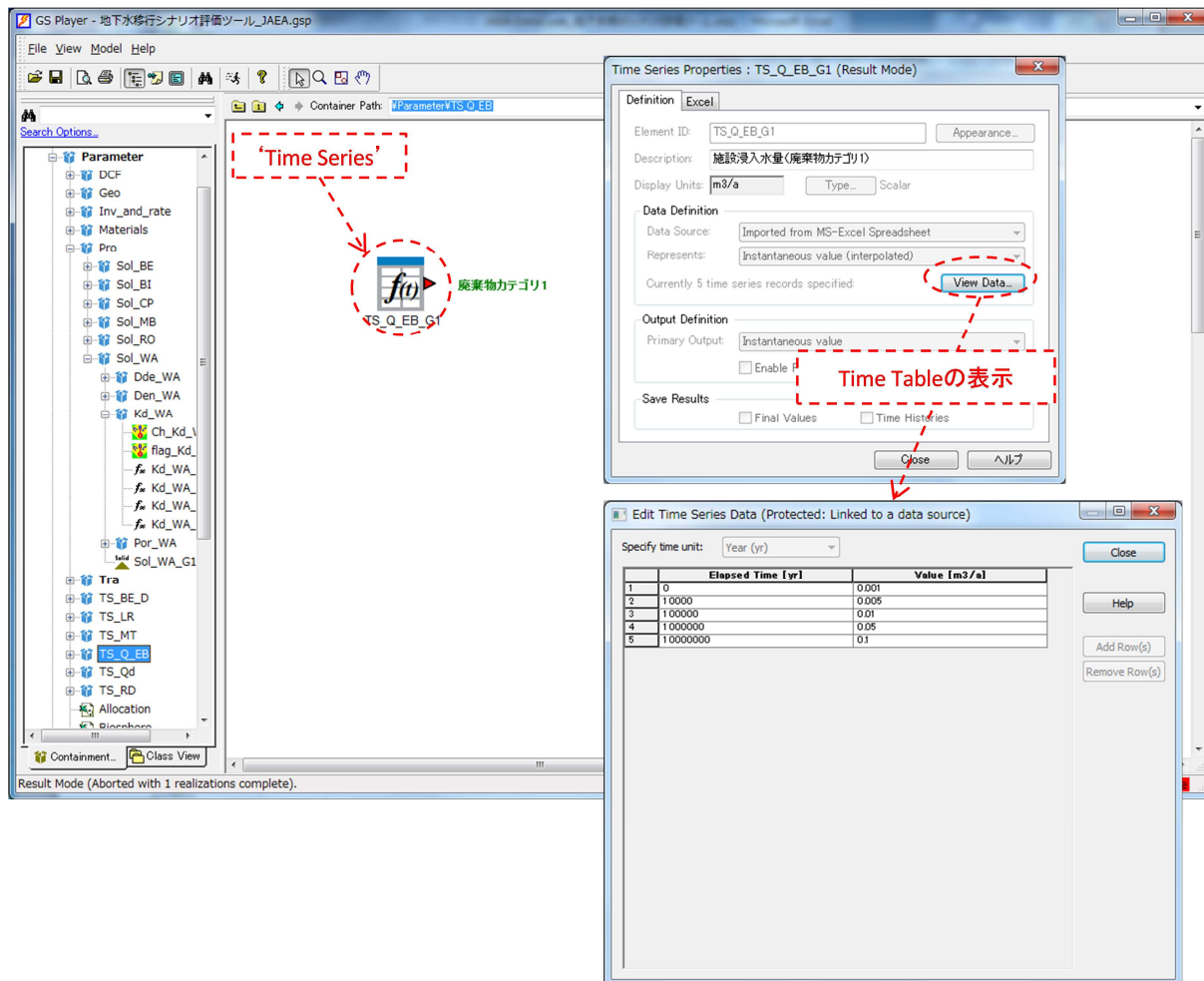


図 3.2-3 “TS\_Q\_EB” の作業画面 (¥Parameter¥TS\_Q\_EB)

‘Time Series’ の内容

変動する時期 [yr]	低拡散層劣化部面積割合 [-]	変動する時期 [yr]	施設浸入水量 [m <sup>3</sup> /yr]	変動する時期 [yr]	
T_0	0.0E+00	T_0	0.0E+00	T_0	0.0E+00
T_1	1.0E+04	T_1	1.0E+04	T_1	1.0E+03
T_2	1.0E+05	T_2	1.0E+05	T_2	1.0E+05
T_3	1.0E+06	T_3	1.0E+06	T_3	1.0E+07
T_4	1.0E+07	T_4	1.0E+07		

最終行を空欄にする

図 3.2-4 <Parameter.xls> の時間で変化するパラメータのワークシート (「Transport 1」の例)

(3) 条件で変化するパラメータの設定

本評価ツールにおけるパラメータのうち、分配係数 **Kd** は化学的な処分環境の変化により変動することが考えられる。

評価ツールでは、**Kd** はリファレンス状態のデータのほか、酸化性環境時及び塩水性環境

時のデータが用意されている。Kd の変化を表現するために条件判定を用いており、以下の手順でパラメータが選択される。表 3.2-3 では一例として、廃棄体層における Kd 変化の条件判定について示す。また、Kd 変化の条件設定について表 3.2-4 及び図 3.2-5 に示す。

これによる Kd の変化はステップ式に行われる。

なお、リファレンス状態のデータのまま変更しない場合は、Kd 変化時間を評価期間以上の時間に設定すること。

表 3.2-3 分配係数の条件判定（廃棄体層 Kd の例）

判定順位	条件判定	条件判定概要
1	Kdに関するflagの確認	<Parameter.xls>の「Kd_flag」を参照し、セルE4を確認する。
2	Kd変化内容の確認	セルE4が0の場合には<Parameter.xls>の「Kd_ox」で示されている廃棄体層のKdを、1の場合には<Parameter.xls>の「Kd_sal」で示されている廃棄体層のKdを参照しに行く条件が成立する。
3	Kd変化時間の確認	<Parameter.xls>の「Kd_flag」を参照し、セルF4を確認する。
4	Kdの読み込み①	セルF4が0yr以上の場合、Kdは<Parameter.xls>の「Kd_G1」で設定された値が反映される。
5	評価計算の実行①	セルF4で指定された時間まで評価計算が実行される。
6	Kdの読み込み②	セルF4で指定された時間に到達した時点で、判定順位2に従い、Kdは「Kd_G1」から「Kd_ox」または「Kd_sal」を参照する。
7	評価計算の実行②	セルF4で指定された時間以降、Kdを「Kd_ox」または「Kd_sal」として評価計算が継続される。

表 3.2-4 分配係数変化のための条件設定について（入力方法）

Kdの変化の内容	設定方法
Kdを酸性性環境の値に変化させる	flagのセルに0を入力する。
Kdを塩水性環境の値に変化させる	flagのセルに1を入力する。
Kdは変化しない	変動時期のセルに評価期間以上の時間を入力する。

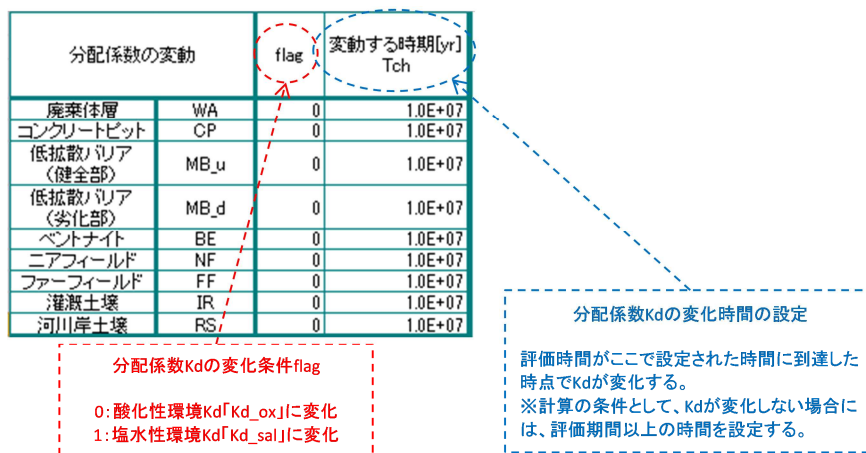


図 3.2-5 分配係数変化のための条件設定について（「Kd\_flag」）

### 3.2.3 評価計算

評価計算は坑道 1 本単位で行われ、廃棄体層（発生源）→人工バリア層→天然バリア層→生活環境における核種移行計算及び各被ばく経路における被ばく線量計算から構成される。

図 3.2-6 は“Model\_G1”の作業画面である。核種移行計算は廃棄体層と人工バリアのバリア材毎、天然バリア及び生活環境のそれぞれ（“WA\_G1”、“CP\_G1”、“MB\_G1”、“BE\_G1”、“EDZ\_G1”、“RO\_G1”、“BI\_G1”）に分割して実施される。

図 3.2-7 はコンクリートピット“CP\_G1”の作業画面である。ここでは、コンクリートピットの厚みに対してセルパスウェイによる分割を行い、その間を移流、拡散による接続で定義した。また、図 3.2-8 は低拡散バリア“MB\_G1”の作業画面である。健全部と劣化部を設定し、それぞれ厚みに対してセルパスウェイによる分割を行い、その間を移流、拡散による接続で定義した。

ここで、生活環境は被ばく経路によって計算内容が異なるが、生活環境以外は被ばく経路に関係なく同一の計算が行われる。また、“Ac\_G1”では、地表水中、河川岸土壤中、灌漑土壤中の質量濃度から放射能濃度への単位変換が行われ、“Do\_G1”では放射能濃度から被ばく経路毎の被ばく線量への換算が行われる。

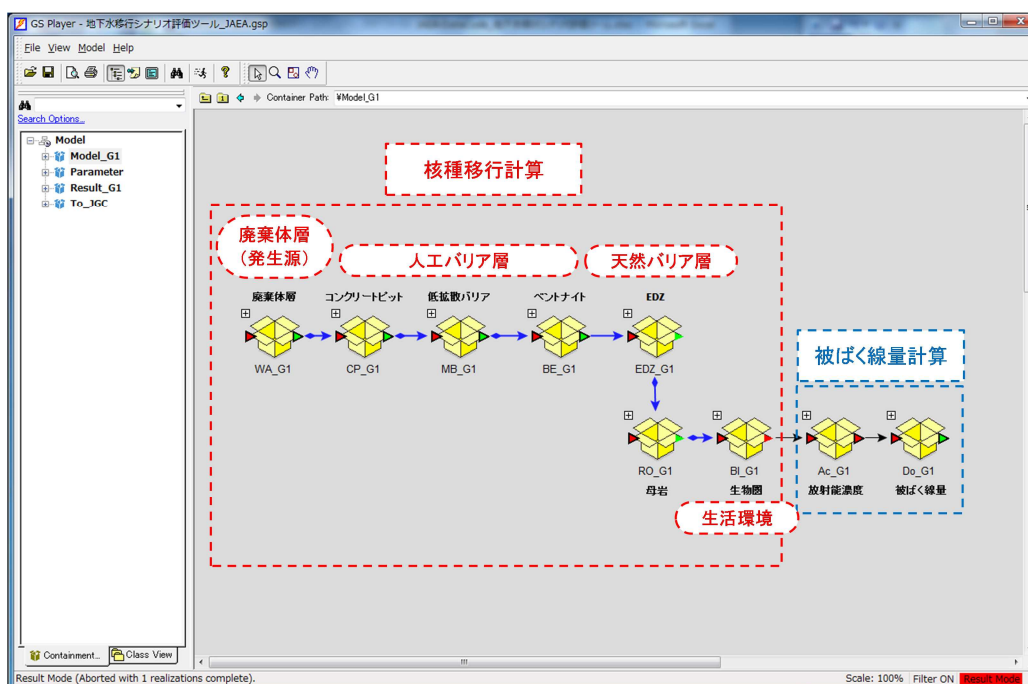


図 3.2-6 “Model\_G1”の作業画面 (Container Path¥Model\_G1)

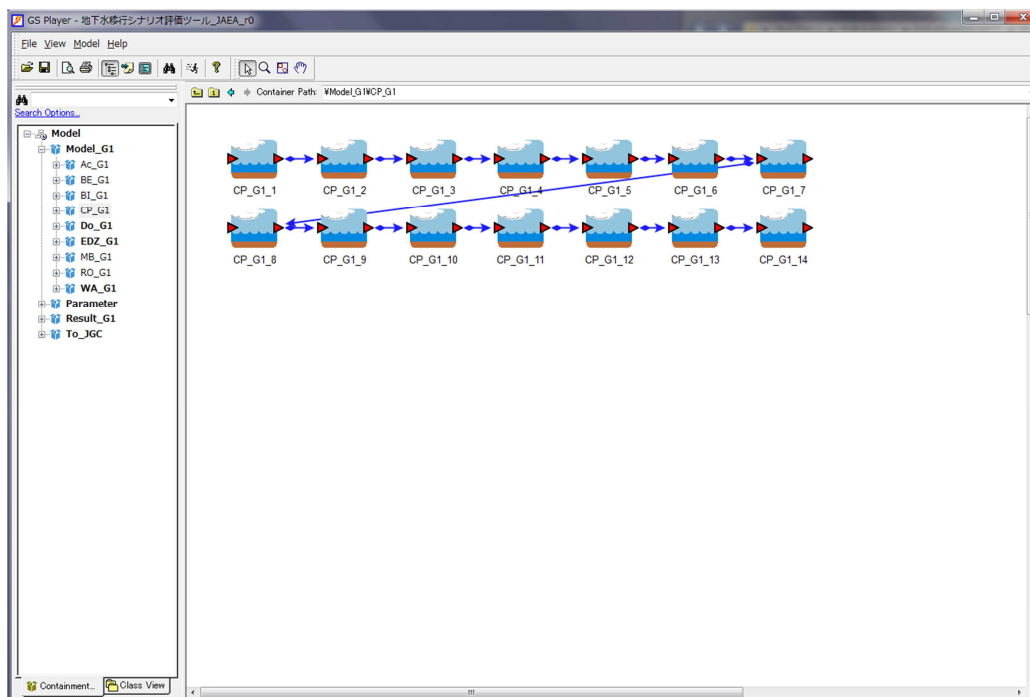


図 3.2-7 “CP\_G1” の作業画面 (Container Path¥Model\_G1¥CP\_G1)

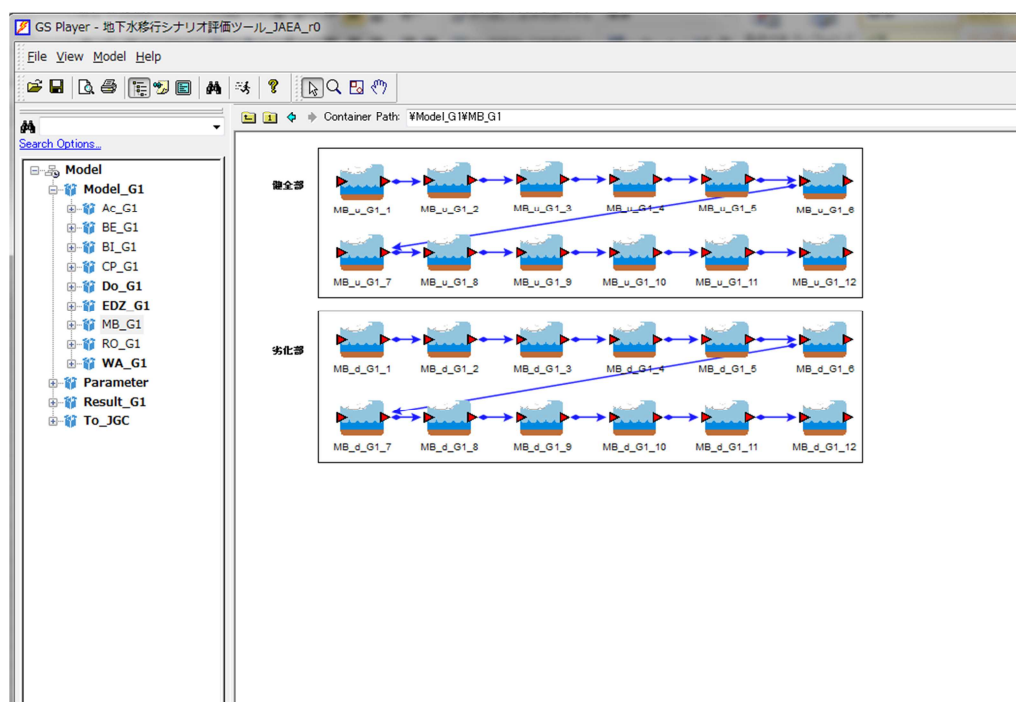


図 3.2-8 “MB\_G1” の作業画面 (Container Path¥Model\_G1¥MB\_G1)

### 3.2.4 評価結果出力

評価計算の結果は“Result\_G1”において処理される。

図 3.2-9 は“Result\_G1”の作業画面である。評価計算結果は‘Time History’に受け渡され、被ばく線量の経時変化のグラフ (Chart View) またはデータシート (Table View) として



出力される。出力データは核種毎及び全核種合計の被ばく線量の経時変化である。

これらの出力は、2章で示したそれぞれの被ばく経路について行われる。また、灌漑水利用農作物摂取による内部被ばくについては、その内訳として摂取する農作物を米、葉菜、非葉菜及び果実に分けたときの内部被ばく線量についても出力される。

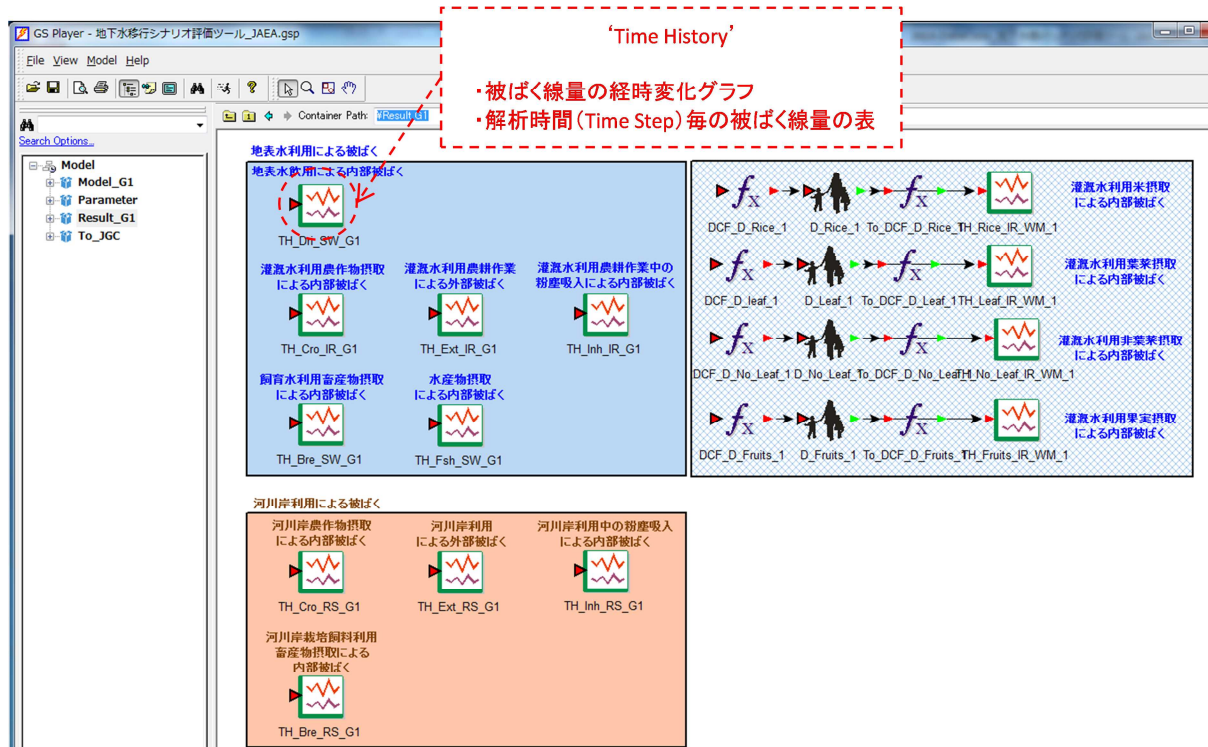


図 3.2-9 “Result\_G1” の作業画面 (Container Path¥Result\_G1)

参考文献

- 1) GoldSim Technology Group LLC : GoldSim Contaminant Transport Module User's Guide、GoldSim Technology Group LLC (2009).
- 2) 原子力安全委員会：余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する考え方、(2010).
- 3) 原子力安全委員会：低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について、(2007).
- 4) 日本原子力学会：日本原子力学会標準 余裕深度処分の安全評価手法：2008 (AESJ-SC-F012-2008)、(2009).



付録

1. 評価パラメータ

ここでは、評価ツールを用いた被ばく線量評価を実施するにあたって必要な入力ファイル<Parameter.xls>の作成について整理する。

パラメータに関する情報は、以下の例のように示されている。なお、評価ツールにおいてパラメータの経時的な変化や条件での変化を考慮するよう設定されている場合、あらかじめそのパラメータの項の冒頭でパラメータ設定手法を示す。また、そのようなパラメータには、項目題名に（時間変化パラメータ）または（条件変化パラメータ）と付記する。

《パラメータの記述例》

パラメータ名	分配係数	
エレメント名	Kd_G1	①
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）②	
Container Path	¥Parameter ③	
各バリア層における分配係数の設定。 単位:[ml/g]		
①廃棄体層	:Kd_WA_G1 ④	:Kd_G1!B3:B62 ⑤
②コンクリートピット	:Kd_CP_G1	:Kd_G1!C3:C62
③低拡散層(健全部)	:Kd_MB_u_G1	:Kd_G1!D3:D62
④低拡散層(劣化部)	:Kd_MB_d_G1	:Kd_G1!E3:E62
⑤ベントナイト系材料層	:Kd_BE_G1	:Kd_G1!F3:F62
⑥EDZ	:Kd_NF_G1	:Kd_G1!G3:G62
⑦岩盤	:Kd_FF_G1	:Kd_G1!H3:H62
⑧灌漑土壌	:Kd_IR_G1	:Kd_G1!I3:I62
⑨河川岸土壌	:Kd_RS_G1	:Kd_G1!J3:J62

《各項目の内容》

- ①評価ツールにおいて、当該パラメータの設定値を呼び出すエレメントに与えられている呼称。
- ②評価ツールにおいて、当該パラメータの設定値を呼び出すために使用されているエレメントが‘Spreadsheet’であるとき、その‘Spreadsheet’が参照する Excel ファイルのファイル名。
- ③当該パラメータの設定値を呼び出すエレメントの Container Path。
- ④評価ツールにおいて、当該パラメータに与えられている呼称。
- ⑤‘Spreadsheet’が参照する Excel ファイルにおいて、当該パラメータが記述されているワークシート及びセル（記述：ワークシート!セル範囲）。

《記述例の説明》

本評価ツールでは、ほとんどのパラメータは Excel ファイルで整理されており、‘Spreadsheet’を用いて、Excel ファイルから評価ツールへ呼び出されている。‘Spreadsheet’は分配係数、インベントリ等パラメータの種類で括られている。

記述例の場合、核種移行計算における各核種の分配係数は‘Spreadsheet’を用いて読み込まれており、その‘Spreadsheet’は「Kd\_G1」と命名されている。

「Kd\_G1」は“Parameter”内に存在しており、「Kd\_G1」内部において Excel ファイル <Parameter.xls>が引用先 Excel ファイルとして登録されている。

「Kd\_G1」内部では、分配係数について、さらに移行媒体ごとに分配係数が設定されている。例えば、廃棄体層での分配係数は Kd\_WA\_G1 と命名されており、その内容は<Parameter.xls>の「Kd\_G1」のセル B3～B62 の範囲の数値である。

更に、付表 1 から付表 14 に入力ファイル<Parameter.xls>の中でパラメータを入力している sheet を示す。以下にそのリストを示す。

付表 1…inventory  
 付表 2…leach\_rate  
 付表 3…Transport1  
 付表 4…Transport2  
 付表 5…Geometry  
 付表 6…Property  
 付表 7…Dif\_BE  
 付表 8…Kd\_flag  
 付表 9…Kd\_G1  
 付表 10…Kd\_ox  
 付表 11…Kd\_sal  
 付表 12…Solubility  
 付表 13…Biosphere  
 付表 14…DCF\_and\_Trans

なお、本報告書において付表 1 に示すインベントリは旧 JNC 及び旧原研の廃棄物を対象としている。また、付表 2 から付表 14 に示す各パラメータは、主として「日本原子力学会標準 余裕深度処分の安全評価手法：2008」<sup>注 1)</sup>を参考としている。

---

注 1) 日本原子力学会：日本原子力学会標準 余裕深度処分の安全評価手法：2008 (AESJ-SC-F012-2008)、(2009).

## 1.1 基本パラメータ

ここでは、GoldSim を利用した核種移行・被ばく線量評価における必須エレメント及びそのエレメント内で設定されているパラメータについて示す。

### 1.1.1 評価対象核種に関する設定

パラメータ名	評価核種、評価核種の原子量、評価核種の半減期、崩壊連鎖
エレメント名	Species
エレメント種類	Radionuclide Transport Moduleのデフォルトエレメント
Container Path	¥Parameter¥Materials
評価対象核種の設定を行う。	
①元素名	
②原子量(モル質量) 単位:[g/mol]	
③半減期 単位:[yr]または[day]または[sec]	
④放射性崩壊による子孫核種の分岐比	

### 1.1.2 基本的な地下水の特性の設定

パラメータ名	基本的な地下水の特性
エレメント名	Wtr
エレメント種類	Fluid
Container Path	¥Parameter¥Materials
基本的な地下水の特性に関する設定を行う。各パラメータの設定は、後述の設定方法を参照のこと。	
①分子拡散係数	
②溶解度	

## 1.2 インベントリ

ここでは、廃棄物のインベントリの設定について示す。

### 1.2.1 放射化金属のインベントリ

パラメータ名	放射化金属のインベントリ	
エレメント名	Inventory	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
想定する1本の坑道に埋設する廃棄物のインベントリのうち、放射化金属廃棄物に存在する核種のインベントリを設定。 表面汚染等のインベントリは、瞬時放出欄に入力、金属からの溶出を想定したインベントリは、設定した溶出率毎に入力。 単位:[Bq] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表1に示す。		
①瞬時放出ケース	:Inv_WM0	:inventory!B4:B63
②溶出率ケース1	:Inv_WM1	:inventory!C4:C63
③溶出率ケース2	:Inv_WM2	:inventory!D4:D63
④溶出率ケース3	:Inv_WM3	:inventory!E4:E63
⑤溶出率ケース4	:Inv_WM4	:inventory!F4:F63
⑥溶出率ケース5	:Inv_WM5	:inventory!G4:G63
⑦溶出率ケース6	:Inv_WM6	:inventory!H4:H63
⑧溶出率ケース7	:Inv_WM7	:inventory!I4:I63

1.2.2 放射化金属からの核種溶出率（時間変動パラメータ）

パラメータ名	放射化金属からの核種溶出率	
エレメント名	TS_LR1～TS_LR7	
エレメント種類	Time Series（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter¥TS_LR	
放射化金属からの核種溶出率の設定。廃棄物の材質、比表面積などにより必要に応じ、7種類の溶出率の設定が可能。また、時間ごとの変化を設定することができ、各設定時間の間は、溶出率は線形的に変化する。 変動時間の設定においては、必ず開始時間は0年、終了時間は評価期間100万年を越える値とすること。 単位：[1/yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表2に示す。		
①溶出率ケース1	:—	: leach_rate!B3:B10
②溶出率ケース2	:—	: leach_rate!C3:C10
③溶出率ケース3	:—	: leach_rate!D3:D10
④溶出率ケース4	:—	: leach_rate!E3:E10
⑤溶出率ケース5	:—	: leach_rate!F3:F10
⑥溶出率ケース6	:—	: leach_rate!G3:G10
⑦溶出率ケース7	:—	: leach_rate!H3:H10

1.2.3 放射化金属以外の廃棄物のインベントリ

パラメータ名	放射化金属以外の廃棄物のインベントリ	
エレメント名	Inventory	
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter	
想定する1本の坑道に埋設する廃棄物のインベントリのうち、放射化金属以外の廃棄物中に存在する核種のインベントリを設定。 単位：[Bq] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表1に示す。		
①	:Inv_G1	: inventory!J4:J63
②	:Inv_G2	: inventory!K4:K63
③	:Inv_G3	: inventory!L4:L63
④	:Inv_G4	: inventory!M4:M63
⑤	:Inv_G5	: inventory!N4:N63
⑥	:Inv_G6	: inventory!O4:O63

1.3 核種移行に関するパラメータ

ここでは、核種移行に関するパラメータとして、移行媒体の物性、処分施設、天然バリアの構造や物性等のパラメータの設定について示す。

1.3.1 管理期間

パラメータ名	管理期間	
エレメント名	Tct	
エレメント種類	Data（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter¥Tra	
処分場の管理を行う期間（管理終了時間）。 単位：[yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表4に示す。		
①	:—	: Transport2!C6

1.3.2 各バリア層の寸法

パラメータ名	廃棄体層の形状	
エレメント名	Geometry	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
廃棄体層の形状(高さ、幅、長さ)は、コンクリートピット内側寸法である。ここで廃棄体層とは、廃棄体とその間隙の充填材を含む。 単位:[m] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表5に示す。		
①廃棄体層長さ	: Len_WA	: Geometry!D3
②廃棄体層高さ	: Hig_WA	: Geometry!D4
③廃棄体層幅	: Wid_WA	: Geometry!D5

パラメータ名	人工バリアの厚さ	
エレメント名	Geometry	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
各人工バリアの厚さ。 単位:[m] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表5に示す。		
①コンクリートピットの厚さ	: Thk_CP	: Geometry!D9
②低拡散層の厚さ	: Thk_MB	: Geometry!D10
③ベントナイト系材料層の厚さ	: Thk_BE	: Geometry!D11

パラメータ名	岩盤の幅	
エレメント名	Geometry	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
岩盤の幅。 単位:[m] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表5に示す。		
①	: Wid_FF	: Geometry!D23

パラメータ名	岩盤の厚さ	
エレメント名	Geometry	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
岩盤の厚さ。 単位:[m] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表5に示す。		
①	: Thk_FF	: Geometry!D28

パラメータ名	岩盤の距離(長さ)	
エレメント名	-	
エレメント種類	-	
Container Path	-	
岩盤の距離(長さ)。 単位:[m] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表5に示す。		
①	: -	: Geometry!D42

パラメータ名	EDZの厚さ	
エレメント名	Geometry	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
EDZの厚さ。 単位:[m] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表5に示す。		
①	: Thk_EDZ	: Geometry!D46

### 1.3.3 各バリア層の粒子密度

パラメータ名	粒子密度	
エレメント名	Property	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
各バリア層の粒子密度。 単位:[g/ml] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表6に示す。		
①	: Den	: Property!D3:D11

### 1.3.4 各バリア層の間隙率

パラメータ名	間隙率	
エレメント名	Property	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
各バリア層の間隙率の設定。 単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表6に示す。		
①	: Por	: Property!D15:D23

### 1.3.5 廃棄体層のモルタル割合

パラメータ名	廃棄体層のモルタル割合	
エレメント名	Property	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
廃棄体層容積に対するセメント系充填材の容積の割合。 単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表6に示す。		
①	: Mor	: Property!D53

### 1.3.6 コンクリートピットの鉄筋割合

パラメータ名	コンクリートピットの鉄筋割合	
エレメント名	Property	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
コンクリートピットの容積に対する、コンクリートピット内鉄筋容積の割合。 単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表6に示す。		
①	: RC	: Property!D54

1.3.7 低拡散層劣化部面積割合に関するパラメータ（時間変化パラメータ）

低拡散層は、長期間における経年劣化によって、その劣化部が増大する（劣化部面積割合が増加する）と考えられる。

パラメータ名	低拡散層劣化部面積割合	
エレメント名	TS_RD_G1	
エレメント種類	Time Series（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter¥TS_RD	
低拡散層の劣化部面積割合。時間ごとの変化を設定することができ、各設定時間の中で面積割合は線形的に変化する。 変動時間の設定においては、必ず開始時間は0年、終了時間は評価期間100万年を越える値とすること。 劣化部面積割合の単位：[-]、変化時間の単位：[yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表3に示す。		
①劣化部面積割合	: -	: Transport1!C14:C21
②変化時間	: -	: Transport1!B14:B21

1.3.8 ベントナイト系材料層劣化部面積割合に関するパラメータ（時間変化パラメータ）

低拡散層同様、長期間における経年劣化によって、その劣化部が増大する（劣化部面積割合が増加する）と考えられる。

パラメータ名	ベントナイト系材料層劣化部面積割合	
エレメント名	TS_BE_D_G1	
エレメント種類	Time Series（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter¥TS_BE_D	
ベントナイト系材料層の劣化部面積割合。時間ごとの変化を設定することができ、各設定時間の中で面積割合は線形的に変化する。 変動時間の設定においては、必ず開始時間は0年、終了時間は評価期間100万年を越える値とすること。 劣化部面積割合の単位：[-]、変化時間の単位：[yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表3に示す。		
①劣化部面積割合	: -	: Transport1!AA14:AA21
②変化時間	: -	: Transport1!Z14:Z21

1.3.9 溶解度

パラメータ名	溶解度	
エレメント名	Solubility	
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter	
地下水中への核種の溶解度。 単位：[mg/l] ここで、易溶性と設定する（沈殿を考慮しない）場合には-1を入力する。 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表12に示す。		
①	: So	: Solubility!B3:B62

1.3.10 施設浸入水量（時間変化パラメータ）

パラメータ名	施設浸入水量	
エレメント名	TS_Q_EB_G1	
エレメント種類	Time Series（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter¥TS_Q_EB	
<p>想定する1本の坑道に浸入する地下水の全量。時間ごとの変化を設定することができ、各設定時間の間で浸入水量は線形的に変化する。                  変動時間の設定においては、必ず開始時間は0年、終了時間は評価期間100万年を越える値とすること。                  浸入水量の単位:[m<sup>3</sup>/yr]、変化時間の単位:[yr]                  以下のパラメータを入力する&lt;Parameter.xls&gt;内のSheetを付表3に示す。</p>		
①浸入水量	: -	: Transport!G14:G21
②変化時間	: -	: Transport!F14:F21

1.3.11 分子拡散係数

パラメータ名	分子拡散係数	
エレメント名	Property	
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter	
<p>基本的な地下水特性として、分子拡散係数の設定。                  単位:[m<sup>2</sup>/yr]                  以下のパラメータを入力する&lt;Parameter.xls&gt;内のSheetを付表6に示す。</p>		
①	: Dp_Wtr	: Property!D49

1.3.12 各バリア層中の実効拡散係数

パラメータ名	実効拡散係数	
エレメント名	-	
エレメント種類	-	
Container Path	-	
<p>各バリア層中の実効拡散係数の設定。                  単位:[m<sup>2</sup>/s]                  引用先の&lt;Parameter.xls&gt;において屈曲率を算出する場合に参照される。                  以下のパラメータを入力する&lt;Parameter.xls&gt;内のSheetを付表6に示す。</p>		
①	: -	: Property!D39:D45

1.3.13 各バリア層の屈曲率

パラメータ名	屈曲率	
エレメント名	Property	
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter	
<p>各バリア層の屈曲率の設定。GoldSimでは、各媒体中の実効拡散係数を分子拡散係数、間隙率及び屈曲率の積として算出することから、屈曲率を設定する必要がある。本評価ツールでは、屈曲率をExcelファイル上で下式により算出している。</p> $\text{屈曲率} = \text{実効拡散係数} / \text{間隙率} / \text{分子拡散係数}$ <p>単位:[-]                  以下のパラメータを入力する&lt;Parameter.xls&gt;内のSheetを付表6に示す。</p>		
①	: To	: Property!D27:D33



1.3.14 ベントナイト中の実効拡散係数（核種毎の相対係数）

パラメータ名	ベントナイト中の実効拡散係数(核種毎の相対係数)	
エレメント名	Dif_BE	
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter	
核種毎のベントナイト中の実効拡散係数を入力し、ベントナイト中の実効拡散係数に対する核種毎のベントナイト中の実効拡散係数の相対係数を設定する。本評価ツールでは、Excelファイル上で相対係数を算出し、評価ツール内で先に設定した実効拡散係数に相対係数を乗することで、核種毎の実効拡散係数を算出している。 核種毎のベントナイト中の実効拡散係数の単位:[m <sup>2</sup> /s]、 相対係数の単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表7に示す。		
①ベントナイト中の実効拡散係数(核種毎)	: -	: Dif_BE!L3:L62
②核種毎の相対係数	: Dif_BE_G1	: Dif_BE!C3:C62

1.3.15 各バリア層の分配係数（条件変化パラメータ）

各バリア層の分配係数は、化学的な処分環境の変化のために変化することが考えられる。本評価ツールでは、任意の時間に化学的環境の変化が生じることを想定する。

分配係数を設定する場合、初めに「Kd\_flag」で分配係数を任意の時間に変化させるか否かを指定する。

パラメータ名	分配係数の変化に関する条件設定(flag)	
エレメント名	Kd_flag	
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter	
各バリア層の分配係数が任意の時間に変化する場合の、変化の内容(酸化性環境下と塩水性環境下のどちらに変化するか)についての条件判定を行う。0または1を入力することで、任意の時間に分配係数を変化させることができる。 0: 酸化性環境下における分配係数「Kd_ox」を参照する 1: 塩水性環境下における分配係数「Kd_sal」を参照する 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表8に示す。		
①	: flag_G1	: Kd_flag!E4:E12

分配係数を変化させる時間は次の通りとする。本評価ツールでは、評価計算時間がここで設定された時間に達した時点で、flagで設定された分配係数を参照する。

パラメータ名	分配係数の変化に関する条件設定(flag)	
エレメント名	Kd_flag	
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter	
各バリア層の分配係数が任意の時間に変化する場合の、変化の内容(酸化性環境下と塩水性環境下のどちらに変化するか)についての条件判定を行う。 ここで入力された時間に達すると、分配係数はflagで指定した分配係数に変化する。 なお、分配係数を変化させない場合は、評価期間以上の時間に設定すること。 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表8に示す。		
①	: Tch_Kd_G1	: Kd_flag!F4:F12

各バリア層の分配係数は以下の様に設定する。なお、前述のように、半減期が十数年以下で、親核種の半減期と比べて十分短い Nb-93m、Po-210、Ra-228、Th-228 及び Pa-233 に

については、親核種と放射平衡であると仮定し、評価ツール上では核種移行を考慮しない。このため、これらの核種の人工バリア及び天然バリアにおける分配係数は移行計算には使用されないが、セル構成の関係上、数値は入力しておく必要がある。また、これらの核種の灌漑土壌及び河川岸土壌の分配係数は、被ばく経路毎の被ばく線量換算係数を算出するために使用される。

パラメータ名	(リファレンス)分配係数	
エレメント名	Kd_G1	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
各バリア層における分配係数の設定。 単位:[ml/g] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表9に示す。		
①廃棄体層	:Kd_WA_G1	:Kd_G1!B3:B62
②コンクリートピット	:Kd_CP_G1	:Kd_G1!C3:C62
③低拡散層(健全部)	:Kd_MB_u_G1	:Kd_G1!D3:D62
④低拡散層(劣化部)	:Kd_MB_d_G1	:Kd_G1!E3:E62
⑤ベントナイト系材料層	:Kd_BE_G1	:Kd_G1!F3:F62
⑥EDZ	:Kd_NF_G1	:Kd_G1!G3:G62
⑦岩盤	:Kd_FF_G1	:Kd_G1!H3:H62
⑧灌漑土壌	:Kd_IR_G1	:Kd_G1!I3:I62
⑨河川岸土壌	:Kd_RS_G1	:Kd_G1!J1:J62

パラメータ名	(酸化性環境下における)分配係数	
エレメント名	Kd_ox	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
各バリア層における酸化性環境下における分配係数の設定。 単位:[ml/g] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表10に示す。		
①廃棄体層	:Kd_WA_ox	:Kd_ox!B3:B62
②コンクリートピット	:Kd_CP_ox	:Kd_ox!C3:C62
③低拡散層(健全部)	:Kd_MB_u_ox	:Kd_ox!D3:D62
④低拡散層(劣化部)	:Kd_MB_d_ox	:Kd_ox!E3:E62
⑤ベントナイト系材料層	:Kd_BE_ox	:Kd_ox!F3:F62
⑥EDZ	:Kd_NF_ox	:Kd_ox!G3:G62
⑦岩盤	:Kd_FF_ox	:Kd_ox!H3:H62
⑧灌漑土壌	:Kd_IR_ox	:Kd_ox!I3:I62
⑨河川岸土壌	:Kd_RS_ox	:Kd_ox!J1:J62

パラメータ名	(塩水性環境下における)分配係数	
エレメント名	Kd_sal	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
各バリア層における塩水性環境下における分配係数の設定。 単位:[ml/g] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表11に示す。		
①廃棄体層	:Kd_WA_sal	:Kd_sal!B3:B62
②コンクリートピット	:Kd_CP_sal	:Kd_sal!C3:C62
③低拡散層(健全部)	:Kd_MB_u_sal	:Kd_sal!D3:D62
④低拡散層(劣化部)	:Kd_MB_d_sal	:Kd_sal!E3:E62
⑤ベントナイト系材料層	:Kd_BE_sal	:Kd_sal!F3:F62
⑥EDZ	:Kd_NF_sal	:Kd_sal!G3:G62
⑦岩盤	:Kd_FF_sal	:Kd_sal!H3:H62
⑧灌漑土壌	:Kd_IR_sal	:Kd_sal!I3:I62
⑨河川岸土壌	:Kd_RS_sal	:Kd_sal!J1:J62

### 1.3.16 岩盤中の移行時間（時間変化パラメータ）

長期的な気候変動や隆起・浸食などの造構運動の結果として、地下水流速や岩盤中の核種移行距離が変化することが考えられる。評価ツールでは、これらの変化は岩盤中の移行時間を変化させることで反映している。

パラメータ名	岩盤移行時間	
エレメント名	TS_MT_FF_G1	
エレメント種類	Time Series（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter¥TS_MT	
核種が岩盤を移行するのに必要な時間。時間による変化を設定することができ、各設定時間の中で移行時間は線形的に変化する。 変動時間の設定においては、必ず開始時間は0年、終了時間は評価期間100万年を超える値とすること。 移行時間の単位：[yr]、変化時間の単位：[yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表3に示す。		
①移行時間	: -	: Transport1!O14:O21
②変化時間	: -	: Transport1!N14:N21

### 1.3.17 地表水流量（時間変化パラメータ）

長期的な気候変動や隆起・浸食などの造構運動の結果として、核種が放出される地表水の水量が変化することが考えられる。

パラメータ名	地表水流量	
エレメント名	TS_Qd_G1	
エレメント種類	Time Series（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter¥TS_Qd	
地表水（河川、沢等）の流量。時間ごとの変化を設定することができ、各設定時間の中で地表水流量は線形的に変化する。 変動時間の設定においては、必ず開始時間は0年、終了時間は評価期間100万年を超える値とすること。 地表水流量の単位：[m <sup>3</sup> /yr]、変化時間の単位：[yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表3に示す。		
①地表水流量	: -	: Transport1!S14:S21
②変化時間	: -	: Transport1!R14:R21

## 1.4 生活環境のパラメータ

ここでは、各被ばく経路における被ばく線量算出のためのパラメータの設定について示す。

### 1.4.1 地表水利用に関するパラメータ

パラメータ名	地表水飲用量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet（引用先ファイル<Parameter.xls>）	
Container Path	¥Parameter	
地表水の年間飲用量。 単位：[m <sup>3</sup> /yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: dri_w	: Biosphere!E2

パラメータ名	灌漑水量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕において1年間に灌漑に利用する水量。 単位:[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: Qii	: Biosphere!E4

パラメータ名	土壌水分飽和度	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農作物を栽培する土壌の水分飽和度。 単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: sat	: Biosphere!E5

パラメータ名	灌漑水浸透水量(降雨浸透量)	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕土壌へ1年間に浸透する灌漑水量。 単位:[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: Qio	: Biosphere!E6

パラメータ名	実効土壌深さ	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕土壌の実効土壌深さ。 単位:[m] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: Thk_soil	: Biosphere!E7

パラメータ名	放射性核種の土壌残留係数	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕土壌への放射性核種の土壌残留係数。 単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: res_soil	: Biosphere!E8

パラメータ名	農作物の栽培密度	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
栽培土壌における農作物の栽培密度。 単位:[kg/m <sup>2</sup> ] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: den_g	: Biosphere!E9

パラメータ名	灌漑水年間育成期間	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
1年間の内、農作物の灌漑水を用いた栽培の期間。 単位:[day] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	:time_g	:Biosphere!E10

パラメータ名	農作物の年間摂取量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
放射性核種を含む農作物を、人が1年間に摂取する量。 年間摂取量があらかじめ分かっている場合には、既定のセルに値を入力する。 年間摂取量を各農作物の年間の摂取量と市場係数を用いて<Parameter.xls> 内で算出する場合には、既定のセルはデフォルトのままにしておく。各農作物の 年間摂取量及び市場係数の設定は後述する。年間摂取量はExcelファイル上で 下式により算出している。  $\text{農作物の年間摂取量} = \text{各農作物の年間摂取量} \times \text{市場係数}$  単位:[kg/yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	:eat_cr	:Biosphere!E11

パラメータ名	各農作物の年間摂取量	
エレメント名	-	
エレメント種類	-	
Container Path	-	
放射性核種を含む各農作物を、人が1年間に摂取する量。引用先ファイル< Parameter.xls>において農作物の年間摂取量を算出する場合に参照される。 単位:[kg/yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: -	:Biosphere!G41:G44

パラメータ名	各農作物の市場係数	
エレメント名	-	
エレメント種類	-	
Container Path	-	
放射性核種を含む各農作物の、市場流通による希釈係数。引用先ファイル< Parameter.xls>において農作物の年間摂取量を算出する場合に参照される。 単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: -	:Biosphere!H41:H44

パラメータ名	農耕作業時の粉塵濃度	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕作業時に発生する粉塵の濃度。 単位:[g/m <sup>3</sup> ] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	:den_d_irr	:Biosphere!E13

パラメータ名	農耕作業者の呼吸量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕作業者の農耕業時の呼吸量。 単位:[m <sup>3</sup> /h] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	:bre_irr	:Biosphere!E14

パラメータ名	農耕作業時の遮へい係数	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕作業者に対する農耕作業時の遮へい係数。 単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	:shi_irr	:Biosphere!E15

パラメータ名	農耕作業の年間作業時間	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕作業者の1年間の農耕作業時間。 単位:[h/yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	:time_irr	:Biosphere!E16

パラメータ名	畜産物の年間摂取量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
放射性核種を含む畜産物を、人が1年間に摂取する量。 単位:[kg/yr]または[L/yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①牛肉	:eat_b	:Biosphere!E18
②豚肉	:eat_p	:Biosphere!E19
③鶏肉	:eat_c	:Biosphere!E20
④鶏卵	:eat_e	:Biosphere!E21
⑤牛乳	:dri_m	:Biosphere!E22

パラメータ名	家畜の飼育水摂取量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
家畜が飼育水として摂取する水の量。 単位:[L/d] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①肉牛	:w_b	:Biosphere!E23
②乳牛	:w_m	:Biosphere!E24
③豚	:w_p	:Biosphere!E25
④鶏	:w_c	:Biosphere!E26

パラメータ名	水産物の年間摂取量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
放射性核種を含む水産物を、人が1年間に摂取する量。 単位:[kg/yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①淡水魚	: eat_f	: Biosphere!E28
②淡水貝	: dri_s	: Biosphere!E29

1.4.2 河川岸利用に関するパラメータ

パラメータ名	河川岸での作業時の粉塵濃度	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
河川岸利用における作業(農耕や建設等)中に発生する粉塵の濃度。 単位:[g/m <sup>3</sup> ] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: den_d_rs	: Biosphere!E31

パラメータ名	河川岸利用作業者の呼吸量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
河川岸利用作業者の呼吸量。 単位:[m <sup>3</sup> /h] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: bre_rs	: Biosphere!E32

パラメータ名	河川岸作業時の遮へい係数	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
河川岸利用作業者に対する作業時の遮へい係数。 単位:[-] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: shi_rs	: Biosphere!E33

パラメータ名	河川岸での年間作業時間	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
河川岸利用作業者の1年間の作業時間。 単位:[h/yr] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①	: time_rs	: Biosphere!E34

パラメータ名	家畜の飼料摂取量	
エレメント名	Biosphere	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
家畜が河川岸で栽培した飼料を摂取する量。 単位:[kg-dry/d] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表13に示す。		
①肉牛	:f_b	: Biosphere!E36
②乳牛	:f_m	: Biosphere!E37
③豚	:f_p	: Biosphere!E38
④鶏	:f_c	: Biosphere!E39

1.4.3 農作物、畜産物及び水産物への核種移行係数

パラメータ名	土壌から農作物への移行係数	
エレメント名	DCF_and_Trans	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕土壌から農作物への放射性核種の移行係数。 単位:[(Bq/g-wet)/(Bq/g-dry soil)] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表14に示す。		
①	:Tra_crop	: DCF_and_Trans!B4:B63

パラメータ名	土壌から各農作物への移行係数	
エレメント名	DCF_and_Trans	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
農耕土壌から各農作物への放射性核種の移行係数。 単位:[(Bq/g-wet)/(Bq/g-dry soil)] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表14に示す。		
①米	:Tra_rice	: DCF_and_Trans!P4:P63
②葉菜	:Tra_leaf	: DCF_and_Trans!Q4:Q63
③非葉菜	:Tra_no_leaf	: DCF_and_Trans!R4:R63
④果実	:Tra_Fruit	: DCF_and_Trans!S4:S63

パラメータ名	飼料・飼育水から畜産物への移行係数	
エレメント名	DCF_and_Trans	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
飼料・飼育水から畜産物への放射性核種の移行係数。 単位:[d/kg] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表14に示す。		
①牛肉	:Tra_beef	: DCF_and_Trans!E4:E63
②乳牛	:Tra_milk	: DCF_and_Trans!F4:F63
③豚肉	:Tra_pork	: DCF_and_Trans!G4:G63
④鶏肉	:Tra_chicken	: DCF_and_Trans!H4:H63
⑤卵	:Tra_egg	: DCF_and_Trans!I4:I63



パラメータ名	水産物への濃縮係数	
エレメント名	DCF_and_Trans	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
水産物への放射性核種の移行係数。 単位:[L/kg] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表14に示す。		
①淡水魚	:Tra_fish	:DCF_and_Trans!J4:J63
②淡水貝	:Tra_sf	:DCF_and_Trans!K4:K63

1.4.4 被ばく線量換算係数

パラメータ名	経口摂取による内部被ばく線量換算係数	
エレメント名	DCF_and_Trans	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
放射性核種を経口摂取することによる内部被ばく線量換算係数。 単位:[Sv/Bq] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表14に示す。		
①	:DCFing	:DCF_and_Trans!L4:L63

パラメータ名	吸入による内部被ばく線量換算係数	
エレメント名	DCF_and_Trans	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
放射性核種を吸入することによる内部被ばく線量換算係数。 単位:[Sv/Bq] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表14に示す。		
①	:DCFinh	:DCF_and_Trans!M4:M63

パラメータ名	外部被ばく線量換算係数	
エレメント名	DCF_and_Trans	
エレメント種類	Spreadsheet (引用先ファイル<Parameter.xls>)	
Container Path	¥Parameter	
放射性核種の外部被ばく線量換算係数。 単位:[(Sv/h)/(Bq/kg)] 以下のパラメータを入力する<Parameter.xls>内のSheetを付表14に示す。		
①	:DCFext	:DCF_and_Trans!N4:N63

付表 1 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : inventory

単位[Bq]	放射化金属								放射化金属以外の廃棄物					
	瞬時放出	溶出率							Inv G1	Inv G2	Inv G3	Inv G4	Inv G5	Inv G6
Species ID	Inv WM0	Inv WM1	Inv WM2	Inv WM3	Inv WM4	Inv WM5	Inv WM6	Inv WM7						
H3	9.26E+17	1.79E+14	0	0	0	0	0	0	1.60E+15	0	0	0	0	0
Be10	1.45E+12	2.77E+08	0	0	0	0	0	0	1.48E+10	0	0	0	0	0
C14i	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
C14o	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
C14a	3.41E+13	1.39E+14	0	0	0	0	0	0	2.89E+13	0	0	0	0	0
C14g	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
Cl36	7.39E+11	2.21E+12	0	0	0	0	0	0	7.87E+10	0	0	0	0	0
Ca41	3.28E+11	3.70E+10	0	0	0	0	0	0	2.77E+10	0	0	0	0	0
Co60	2.05E+16	9.20E+17	0	0	0	0	0	0	3.37E+16	0	0	0	0	0
Ni59	7.31E+13	6.70E+14	0	0	0	0	0	0	2.88E+13	0	0	0	0	0
Ni63	1.10E+16	1.08E+17	0	0	0	0	0	0	3.96E+15	0	0	0	0	0
Se79	2.75E+09	5.94E+10	0	0	0	0	0	0	3.69E+10	0	0	0	0	0
Sr90	1.15E+11	1.15E+12	0	0	0	0	0	0	5.92E+13	0	0	0	0	0
Zr93	4.19E+10	2.26E+12	0	0	0	0	0	0	1.89E+10	0	0	0	0	0
Nb93m	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
Nb94	1.29E+11	1.13E+14	0	0	0	0	0	0	3.25E+13	0	0	0	0	0
Mo93	3.39E+11	9.42E+13	0	0	0	0	0	0	3.64E+12	0	0	0	0	0
Tc99	6.77E+09	1.34E+12	0	0	0	0	0	0	1.41E+12	0	0	0	0	0
Pd107	4.85E+05	6.64E+06	0	0	0	0	0	0	2.31E+09	0	0	0	0	0
Ag108m	5.98E+12	2.83E+12	0	0	0	0	0	0	6.10E+11	0	0	0	0	0
Sn121m	0.00E+00	2.90E+12	0	0	0	0	0	0	5.23E+07	0	0	0	0	0
Sn126	2.59E+06	3.43E+07	0	0	0	0	0	0	2.10E+08	0	0	0	0	0
I129	6.89E+04	1.33E+06	0	0	0	0	0	0	1.54E+11	0	0	0	0	0
Cs135	6.60E+06	1.53E+08	0	0	0	0	0	0	1.71E+10	0	0	0	0	0
Cs137	2.07E+11	2.66E+12	0	0	0	0	0	0	2.66E+13	0	0	0	0	0
Ba133	5.13E+11	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	1.76E+11	0	0	0	0	0
La137	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
Sm151	0.00E+00	1.92E+11	0	0	0	0	0	0	2.08E+11	0	0	0	0	0
Tb157	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
Ho166m	3.47E+11	8.11E+11	0	0	0	0	0	0	9.18E+10	0	0	0	0	0
Hf182	6.24E+09	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	3.07E+07	0	0	0	0	0
Pt193	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
Pb210	6.21E+01	1.21E+04	0	0	0	0	0	0	1.53E+09	0	0	0	0	0
Po210	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
Ra226	1.76E+02	2.03E+03	0	0	0	0	0	0	3.50E+09	0	0	0	0	0
Ra228	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
Ac227	3.38E+05	1.72E+07	0	0	0	0	0	0	1.53E+09	0	0	0	0	0
Th228	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
Th229	3.11E+05	4.87E+06	0	0	0	0	0	0	2.74E+04	0	0	0	0	0
Th230	1.96E+04	4.93E+05	0	0	0	0	0	0	7.17E+04	0	0	0	0	0
Th232	2.85E+05	2.89E+06	0	0	0	0	0	0	3.09E+09	0	0	0	0	0
Pa231	1.08E+06	6.99E+07	0	0	0	0	0	0	6.11E+09	0	0	0	0	0
Pa233	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0	0	0	0	0
U232	3.50E+08	1.20E+10	0	0	0	0	0	0	1.09E+08	0	0	0	0	0
U233	1.47E+08	4.62E+09	0	0	0	0	0	0	2.80E+07	0	0	0	0	0
U234	1.93E+07	2.57E+08	0	0	0	0	0	0	3.54E+10	0	0	0	0	0
U235	7.21E+04	7.22E+05	0	0	0	0	0	0	2.15E+09	0	0	0	0	0
U236	1.11E+05	1.35E+06	0	0	0	0	0	0	1.80E+08	0	0	0	0	0
U238	1.82E+06	1.78E+07	0	0	0	0	0	0	4.00E+10	0	0	0	0	0
Np237	1.99E+05	3.75E+06	0	0	0	0	0	0	6.65E+09	0	0	0	0	0
Pu238	8.14E+09	5.85E+10	0	0	0	0	0	0	9.81E+11	0	0	0	0	0
Pu239	6.69E+08	3.42E+10	0	0	0	0	0	0	2.38E+11	0	0	0	0	0
Pu240	7.01E+08	1.05E+10	0	0	0	0	0	0	2.59E+11	0	0	0	0	0
Pu241	0.00E+00	1.17E+12	0	0	0	0	0	0	4.31E+13	0	0	0	0	0
Pu242	5.73E+06	9.54E+07	0	0	0	0	0	0	6.32E+08	0	0	0	0	0
Am241	3.12E+09	2.10E+10	0	0	0	0	0	0	2.59E+11	0	0	0	0	0
Am242m	6.08E+07	2.78E+08	0	0	0	0	0	0	3.57E+09	0	0	0	0	0
Am243	1.20E+08	2.21E+09	0	0	0	0	0	0	4.10E+09	0	0	0	0	0
Cm244	6.73E+10	1.04E+12	0	0	0	0	0	0	4.42E+11	0	0	0	0	0
Cm245	4.55E+06	1.79E+08	0	0	0	0	0	0	8.26E+08	0	0	0	0	0

付表 2 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : leach\_rate

溶出率[1/yr]	溶出率1	溶出率2	溶出率3	溶出率4	溶出率5	溶出率6	溶出率7
変動する時期[yr]	LR1	LR2	LR3	LR4	LR5	LR6	LR7
0.0E+00	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06
1.0E+03	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06
1.0E+05	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06
1.00E+07	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06	3.3E-06

付表 3 入力ファイル<Parameter.xls> sheet 名 : Transport 1

変動する時期 [yr]	低拡散層劣化部面積割合 [-]	施設浸入水量 [m <sup>3</sup> /yr]	変動する時期 [yr]	岩盤移行時間 [yr]	変動する時期 [yr]	地表面積割合 [-]	変動する時期 [yr]	地表水流量 [m <sup>3</sup> /yr]	変動する時期 [yr]	ペントナイト系材料層 劣化部面積割合 [-]
T.0	0.0E+00	1.8E-02	T.0	0.0E+00	3.0E+03	T.0	0.0E+00	1.0E+08	T.0	0.0E+00
T.1	1.0E+04	6.0E-02	T.1	2.5E+04	3.0E+03	T.1	2.5E+04	1.0E+08	T.1	1.0E+04
T.2	1.0E+06	1.8E-01	T.2	4.0E+04	3.0E+03	T.2	4.0E+04	1.0E+08	T.2	1.0E+06
T.3	1.0E+08	1.8E-01	T.3	1.0E+07	3.0E+03	T.3	1.0E+07	1.0E+08	T.3	1.0E+08
T.4	1.0E+07	1.8E-01				T.4	1.0E+07	1.0E+08	T.4	1.0E+07

付表 4 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : Transport2

管理期間終了年[yr]	Tct	300
-------------	-----	-----

付表 5 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : Geometry

	WA	廃棄体層形状 [m]
長さ	Len	100
高さ	Hig	10
幅	Wid	10
	Thk	厚さ [m]
コンクリートピット	CP	0.5
低拡散バリア	MB	0.5
ベントナイト	BE	1
	Wid	岩盤の幅 [m]
岩盤	FF	100
	Thk	岩盤の厚さ [m]
岩盤	FF	18
		距離 [m]
岩盤	FF	300
	Thk	EDZの厚さ [m]
EDZ	EDZ	2

付表 6 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名: Property

	Den	粒子密度[g/m]
廃棄体層	WA	2.5
コンクリートピット	CP	2.6
低拡散バリア (健全部)	MB_u	2.6
低拡散バリア (劣化部)	MB_d	2.6
ベントナイト	BE	2.7
EDZ	NF	2.8
岩盤	FF	2.8
灌漑土壌	IR	2.6
河川岸土壌	RS	2.6

	Por	間隙率
廃棄体層	WA	0.35
コンクリートピット	CP	0.2
低拡散バリア (健全部)	MB_u	0.2
低拡散バリア (劣化部)	MB_d	1
ベントナイト	BE	0.4
EDZ	NF	0.47
岩盤	FF	0.47
灌漑土壌	IR	0.38
河川岸土壌	RS	0.42

	To	屈曲率
廃棄体層	WA	1.0E+00
コンクリートピット	CP	1.0E+00
低拡散バリア (健全部)	MB_u	2.5E-03
低拡散バリア (劣化部)	MB_d	1.0E+00
ベントナイト	BE	2.5E-01
EDZ	NF	1.0E+00
岩盤	FF	1.0E+00

	De	実効拡散係数 [m <sup>2</sup> /s]
廃棄体層	WA	7.0E-10
コンクリートピット	CP	4.0E-10
低拡散バリア (健全部)	MB_u	1.0E-12
低拡散バリア (劣化部)	MB_d	2.0E-09
ベントナイト	BE	2.0E-10
EDZ	NF	9.4E-10
岩盤	FF	9.4E-10

分子拡散係数 [m <sup>2</sup> /s]	Dp_Wtr	2.0E-09
-------------------------------	--------	---------

その他		
廃棄体層の モルタル割合	Mor	0.5
コンクリートピット の鉄筋割合	RC	0

実効拡散係数・分子拡散係数  
= 屈曲率算出のための入力値

付表 7 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : Dif\_BE

ベントナイト拡散係数 核種の相対係数	Dif_BE_G1	ベントナイト拡散係数 核種ごと	
Species ID	WMI	Species ID	
H3	1	H3	2.0E-10
Be10	1	Be10	2.0E-10
C14i	1	C14i	2.0E-10
C14o	1	C14o	2.0E-10
C14a	1	C14a	2.0E-10
C14g	1	C14g	2.0E-10
Cl36	1	Cl36	2.0E-10
Ca41	1	Ca41	2.0E-10
Co60	1	Co60	2.0E-10
Ni59	1	Ni59	2.0E-10
Ni63	1	Ni63	2.0E-10
Se79	1	Se79	2.0E-10
Sr90	1	Sr90	2.0E-10
Zr93	1	Zr93	2.0E-10
Nb93m	1	Nb93m	2.0E-10
Nb94	1	Nb94	2.0E-10
Mo93	1	Mo93	2.0E-10
Tc99	1	Tc99	2.0E-10
Pd107	1	Pd107	2.0E-10
Ag108m	1	Ag108m	2.0E-10
Sn121m	1	Sn121m	2.0E-10
Sn126	1	Sn126	2.0E-10
I129	1	I129	2.0E-10
Cs135	1	Cs135	2.0E-10
Cs137	1	Cs137	2.0E-10
Ba133	1	Ba133	2.0E-10
La137	1	La137	2.0E-10
Sm151	1	Sm151	2.0E-10
Tb157	1	Tb157	2.0E-10
Ho166m	1	Ho166m	2.0E-10
Hf182	1	Hf182	2.0E-10
Pt193	1	Pt193	2.0E-10
Pb210	1	Pb210	2.0E-10
Po210	1	Po210	2.0E-10
Ra226	1	Ra226	2.0E-10
Ra228	1	Ra228	2.0E-10
Ac227	1	Ac227	2.0E-10
Th228	1	Th228	2.0E-10
Th229	1	Th229	2.0E-10
Th230	1	Th230	2.0E-10
Th232	1	Th232	2.0E-10
Pa231	1	Pa231	2.0E-10
Pa233	1	Pa233	2.0E-10
U232	1	U232	2.0E-10
U233	1	U233	2.0E-10
U234	1	U234	2.0E-10
U235	1	U235	2.0E-10
U236	1	U236	2.0E-10
U238	1	U238	2.0E-10
Np237	1	Np237	2.0E-10
Pu238	1	Pu238	2.0E-10
Pu239	1	Pu239	2.0E-10
Pu240	1	Pu240	2.0E-10
Pu241	1	Pu241	2.0E-10
Pu242	1	Pu242	2.0E-10
Am241	1	Am241	2.0E-10
Am242m	1	Am242m	2.0E-10
Am243	1	Am243	2.0E-10
Cm244	1	Cm244	2.0E-10
Cm245	1	Cm245	2.0E-10

付表 8 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名: Kd\_flag

分配係数の変動		flag	変動する時期[yr] Tch
廃棄体層	WA	0	1.0E+07
コンクリートピット	CP	0	1.0E+07
低拡散バリア (健全部)	MB_u	0	1.0E+07
低拡散バリア (劣化部)	MB_d	0	1.0E+07
ベントナイト	BE	0	1.0E+07
ニアフィールド	NF	0	1.0E+07
ファーフィールド	FF	0	1.0E+07
灌漑土壌	IR	0	1.0E+07
河川岸土壌	RS	0	1.0E+07

付表 9 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : Kd\_G1

Kd[ml/g]	廃棄体層	コンクリート ビット	低拡散バリア (健全部)	低拡散バリア (劣化部)	ベントナイト	EDZ	岩盤	灌漑土壌	河川岸土壌
Species ID	Kd WA G1	Kd CP G1	Kd MB u G1	Kd MB d G1	Kd BE G1	Kd NF G1	Kd FF G1	Kd IR G1	Kd RS G1
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Be10	0	0	0	0	0	0	0	3000	240
C14i	1	1	1	1	1	0.1	0.1	2	2
C14o	10	10	10	10	1	0.1	0.1	2	2
C14a	1	1	1	1	1	0.1	0.1	2	2
C14g	1	1	1	1	1	0.1	0.1	2	2
Cl36	0	0	0	0	0	0	0	27	1
Ca41	1	1	1	1	1	200	200	110	9
Co60	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	990	60
Ni59	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	1100	400
Ni63	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	1100	400
Se79	0	0	0	0	0	0	0	1800	150
Sr90	1	1	1	1	1	200	200	150	13
Zr93	2500	2500	2500	2500	1000	100	100	7300	600
Nb93m	0	0	0	0	100	100	100	2000	160
Nb94	0	0	0	0	100	100	100	2000	160
Mo93	0	0	0	0	0	0.1	0.1	27	7.4
Tc99	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0	1.5	0.14
Pd107	12.5	12.5	12.5	12.5	50	100	100	670	55
Ag108m	1	1	1	1	0	90	90	15000	90
Sn121m	2500	2500	2500	2500	1000	1000	1000	1600	130
Sn126	2500	2500	2500	2500	1000	1000	1000	1600	130
I129	1.25	1.25	1.25	1.25	0	0.1	0.1	27	1
Cs135	2	2	2	2	50	50	50	270	270
Cs137	2	2	2	2	50	50	50	270	270
Ba133	1	1	1	1	1	200	200	60	60
La137	10	10	10	10	1000	100	100	650	650
Sm151	10	10	10	10	1000	100	100	3000	240
Tb157	10	10	10	10	1000	100	100	650	650
Ho166m	10	10	10	10	1000	100	100	3000	240
Hf182	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	5400	450
Pt193	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	90	90
Pb210	12.5	12.5	12.5	12.5	50	100	100	22000	270
Po210	0	0	0	0	0	0	0	6600	150
Ra226	1.25	1.25	1.25	1.25	1	500	500	2400	490
Ra228	1.25	1.25	1.25	1.25	1	500	500	2400	490
Ac227	250	250	250	250	1000	5000	5000	5400	450
Th228	250	250	250	250	1000	1000	1000	89000	3000
Th229	250	250	250	250	1000	1000	1000	89000	3000
Th230	250	250	250	250	1000	1000	1000	89000	3000
Th232	250	250	250	250	1000	1000	1000	89000	3000
Pa231	250	250	250	250	1000	5	5	6600	540
Pa233	250	250	250	250	1000	5	5	6600	540
U232	250	250	250	250	5	5	5	400	33
U233	250	250	250	250	5	5	5	400	33
U234	250	250	250	250	5	5	5	400	33
U235	250	250	250	250	5	5	5	400	33
U236	250	250	250	250	5	5	5	400	33
U238	250	250	250	250	5	5	5	400	33
Np237	250	250	250	250	5	5	5	1200	4.1
Pu238	250	250	250	250	5000	50	50	1800	540
Pu239	250	250	250	250	5000	50	50	1800	540
Pu240	250	250	250	250	5000	50	50	1800	540
Pu241	250	250	250	250	5000	50	50	1800	540
Pu242	250	250	250	250	5000	50	50	1800	540
Am241	250	250	250	250	1000	5000	5000	110000	2000
Am242m	250	250	250	250	1000	5000	5000	110000	2000
Am243	250	250	250	250	1000	5000	5000	110000	2000
Cm244	250	250	250	250	1000	5000	5000	12000	4000
Cm245	250	250	250	250	1000	5000	5000	12000	4000



付表 10 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : Kd\_ox

Kd[ml/g]	廃棄体層	コンクリート ピット	低拡散バリア (健全部)	低拡散バリア (劣化部)	ベントナイト	EDZ	岩盤	灌漑土壌	河川岸土壌
Species ID	Kd WA WM	Kd CP WM	Kd MB u WM	Kd MB d WM	Kd BE WM	Kd NF WM	Kd FF WM	Kd IR WM	Kd RS WM
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Be10	0	0	0	0	0	0	0	3000	240
C14i	1	1	1	1	0	0.1	0.1	2	2
C14o	10	10	10	10	0	0.1	0.1	2	2
C14a	1	1	1	1	0	0.1	0.1	2	2
C14g	1	1	1	1	0	0.1	0.1	2	2
Ci36	0	0	0	0	0	0	0	27	1
Ca41	1	1	1	1	1	200	200	110	9
Co60	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	990	60
Ni59	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	1100	400
Ni63	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	1100	400
Se79	0	0	0	0	0	0	0	1800	150
Sr90	1	1	1	1	1	200	200	150	13
Zr93	2500	2500	2500	2500	1000	100	100	7300	600
Nb93m	0	0	0	0	100	100	100	2000	160
Nb94	0	0	0	0	100	100	100	2000	160
Mo93	0	0	0	0	0	0.1	0.1	27	7.4
Tc99	0.000003	0.000003	0.000003	0.000003	0	0	0	1.5	0.14
Pd107	12.5	12.5	12.5	12.5	50	100	100	670	55
Ag108m	0	0	0	0	0	0	0	15000	90
Sn121m	2500	2500	2500	2500	1000	1000	1000	1600	130
Sn126	2500	2500	2500	2500	1000	1000	1000	1600	130
I129	1.25	1.25	1.25	1.25	0	0.1	0.1	27	1
Cs135	2	2	2	2	50	50	50	270	270
Cs137	2	2	2	2	50	50	50	270	270
Ba133	1	1	1	1	1	200	200	60	60
La137	1	1	1	10	5	0.5	0.5	650	650
Sm151	10	10	10	10	1000	100	100	3000	240
Tb157	1	1	1	10	5	0.5	0.5	650	650
Ho166m	10	10	10	10	1000	100	100	3000	240
Hf182	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	5400	450
Pt193	12.5	12.5	12.5	12.5	50	10	10	90	90
Pb210	12.5	12.5	12.5	12.5	50	100	100	22000	270
Po210	0	0	0	0	0	0	0	6600	150
Ra226	1.25	1.25	1.25	1.25	1	500	500	2400	490
Ra228	1.25	1.25	1.25	1.25	1	500	500	2400	490
Ac227	250	250	250	250	1000	5000	5000	5400	450
Th228	250	250	250	250	1000	1000	1000	89000	3000
Th229	250	250	250	250	1000	1000	1000	89000	3000
Th230	250	250	250	250	1000	1000	1000	89000	3000
Th232	250	250	250	250	1000	1000	1000	89000	3000
Pa231	250	250	250	250	200	0.025	0.025	6600	540
Pa233	250	250	250	250	200	0.025	0.025	6600	540
U232	25	25	25	25	0.005	0.025	0.025	400	33
U233	25	25	25	25	0.005	0.025	0.025	400	33
U234	25	25	25	25	0.005	0.025	0.025	400	33
U235	25	25	25	25	0.005	0.025	0.025	400	33
U236	25	25	25	25	0.005	0.025	0.025	400	33
U238	25	25	25	25	0.005	0.025	0.025	400	33
Np237	250	250	250	250	0.005	0.025	0.025	1200	4.1
Pu238	25	25	25	25	5000	2.5	2.5	1800	540
Pu239	25	25	25	25	5000	2.5	2.5	1800	540
Pu240	25	25	25	25	5000	2.5	2.5	1800	540
Pu241	25	25	25	25	5000	2.5	2.5	1800	540
Pu242	25	25	25	25	5000	2.5	2.5	1800	540
Am241	250	250	250	250	1000	5000	5000	110000	2000
Am242m	250	250	250	250	1000	5000	5000	110000	2000
Am243	250	250	250	250	1000	5000	5000	110000	2000
Cm244	250	250	250	250	1000	5000	5000	12000	4000
Cm245	250	250	250	250	1000	5000	5000	12000	4000

※ここで示す酸化性環境下における収着分配係数は付表 9 に示した還元性環境における収着分配係数に、RAMDA<sup>注2)</sup>において得られる酸化性/還元性 Kd 比を乗じることで算出している。

注2) Mihara,M. and Sasaki,R. : RAMDA;Radio-nuclides Migration Datasets (RAMDA) on cement, bentonite and rock for TRU waste repository in Japan, JNC TN8400 2005-027

付表 11 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : Kd\_sal

Kd[ml/g]	廃棄体層	コンクリート ピット	低拡散バリア (健全部)	低拡散バリア (劣化部)	ベントナイト	EDZ	岩盤	灌漑土壌	河川岸土壌
Species ID	Kd WA WM	Kd CP WM	Kd MB u WM	Kd MB d WM	Kd BE WM	Kd NF WM	Kd FF WM	Kd IR WM	Kd RS WM
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Be10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C14i	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C14o	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C14a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C14g	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Co60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni59	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni63	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se79	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr90	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zr93	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb93m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb94	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mo93	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tc99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pd107	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ag108m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn121m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sn126	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I129	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs135	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs137	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba133	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La137	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sm151	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tb157	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ho166m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hf182	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pt193	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb210	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Po210	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ra226	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ra228	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac227	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Th228	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Th229	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Th230	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Th232	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pa231	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pa233	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U232	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U233	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U234	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U235	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U236	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U238	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Np237	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pu238	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pu239	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pu240	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pu241	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pu242	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Am241	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Am242m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Am243	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cm244	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cm245	0	0	0	0	0	0	0	0	0

付表 12 入力ファイル<Parameter.xls> sheet 名 : Solubility

溶解度 [mg/l]	
Species ID	So
H3	-1
Be10	-1
C14i	-1
C14o	-1
C14a	-1
C14g	-1
Cl36	-1
Ca41	-1
Co60	-1
Ni59	-1
Ni63	-1
Se79	-1
Sr90	-1
Zr93	-1
Nb93m	-1
Nb94	-1
Mo93	-1
Tc99	-1
Pd107	-1
Ag108m	-1
Sn121m	-1
Sn126	-1
I129	-1
Cs135	-1
Cs137	-1
Ba133	-1
La137	-1
Sm151	-1
Tb157	-1
Ho166m	-1
Hf182	-1
Pt193	-1
Pb210	-1
Po210	-1
Ra226	-1
Ra228	-1
Ac227	-1
Th228	-1
Th229	-1
Th230	-1
Th232	-1
Pa231	-1
Pa233	-1
U232	-1
U233	-1
U234	-1
U235	-1
U236	-1
U238	-1
Np237	-1
Pu238	-1
Pu239	-1
Pu240	-1
Pu241	-1
Pu242	-1
Am241	-1
Am242m	-1
Am243	-1
Cm244	-1
Cm245	-1

付表 13 入力ファイル<Parameter.xls> sheet名 : Biosphere

パラメータ		単位	ツール内 パラメータ名	設定値
表面水飲用量		m <sup>3</sup> /yr	dri_w	0.6
灌漑水量		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /yr	Qii	2.4
土壌水分飽和度			sat	1
灌漑水浸透水量(降雨浸透量)		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /yr	Qio	0.4
実効土壌深さ		m	Thk_soil	0.15
放射性核種の土壌残留係数			res_soil	1
農作物の栽培密度		kg/m <sup>2</sup>	den_g	2.3
灌漑水年間生育期間		d	time_g	60
農作物の年間摂取量		kg/yr	eat_cr	119.65
農耕作業時の粉塵濃度		g/m <sup>3</sup>	den_d_irr	5.00E-04
農耕作業者の呼吸量		m <sup>3</sup> /h	bre_irr	1.2
農耕作業時の遮へい係数			shi_irr	1
農耕作業の年間作業時間		h/yr	time_irr	500
畜産物の年間摂取量	牛肉	kg/yr	eat_b	6
	豚肉	kg/yr	eat_p	12
	鶏肉	kg/yr	eat_c	7
	鶏卵	kg/yr	eat_e	13
	牛乳	L/yr	dri_m	38
家畜の飼育水摂取量	肉牛	L/d	w_b	40
	乳牛	L/d	w_m	60
	豚	L/d	w_p	10
	鶏	L/d	w_c	0.3
水産物の年間摂取量	淡水魚	kg/yr	eat_f	10
	淡水貝	kg/yr	eat_s	1
河川岸での作業時の粉塵濃度		g/m <sup>3</sup>	den_d_rs	0.0005
河川岸利用作業者の呼吸量		m <sup>3</sup> /h	bre_rs	1.2
河川岸での作業時の遮へい係数			shi_rs	1
河川岸での年間作業時間		h/yr	time_rs	500
家畜の飼料摂取量	肉牛	kg-dry/d	f_b	7.2
	乳牛	kg-dry/d	f_m	16.1
	豚	kg-dry/d	f_p	2.4
	鶏	kg-dry/d	f_c	0.07

年間全摂取量 市場希釈係数

米の年間摂取量	kg/yr	eat_rice	29.25	58.5	0.5
葉菜の年間摂取量	kg/yr	eat_leaf	10.15	20.3	0.5
非葉菜の年間摂取量	kg/yr	eat_no_leaf	58.5	117	0.5
果実の年間摂取量	kg/yr	eat_fruit	21.75	43.5	0.5

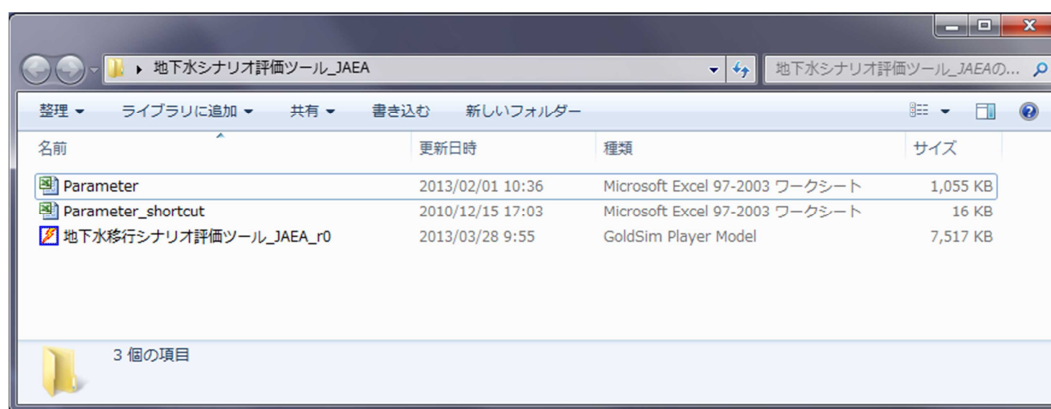


## 2. 評価ツールを用いた解析の実行

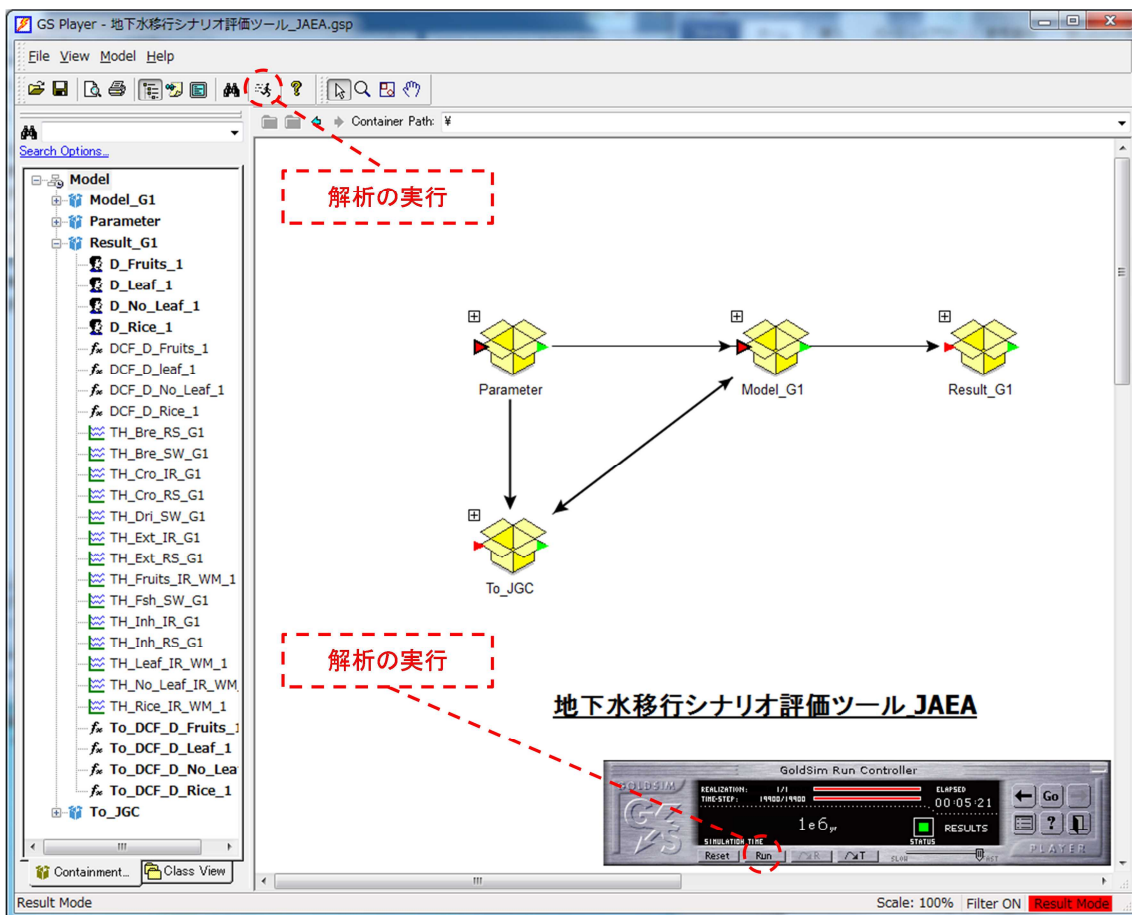
### 2.1 評価ツールを用いた解析の実行方法

評価ツールを用いた解析の実行手順を以下に示す。

- ① Excel ファイル<Parameter.xls>、人為・稀頻度事象シナリオ評価ツールヘデータを受け渡すための Excel ファイル<Parameter\_shortcut.xls>及び本評価ツールを PC 上の同じフォルダに格納する。付図 1 に必要なファイル、本評価ツールを格納したフォルダを示す。
- ② 評価ツール (GoldSim ファイル) を開く。
- ③ 以下のいずれかの操作により、評価ツールを用いた解析を実行する。
  - ・ GoldSim Run Controller 上の Run ボタンをクリックする (付図 2)。
  - ・ 実行ボタンをクリックする (付図 2)。
 付図 3 に示すように、解析を実行すると、GoldSim Run Controller 上のステータスが RUNNING と表示される。また、解析の状況が GoldSim Run Controller 上にリアルタイムで表示される。
- ④ 解析が終了すると、GoldSim Run Controller 上のステータスが RESULTS と表示される (付図 4) とともに、Simulation Complete ! のメッセージが表示される。
- ⑤ 本評価ツールを入れたフォルダ内に、人為・稀頻度事象シナリオ評価ツールへ受け渡すデータである Excel ファイル<To\_JGC\_G1>が自動的に作成される。



付図 1 評価ツール等を格納したフォルダ



付図 2 評価ツールを用いた解析の実行



付図 3 GoldSim Run Controller (解析実行中)





付図 4 GoldSim Run Controller (解析終了)

## 2.2 評価結果表示方法

評価ツールにおける評価結果の表示方法を以下に示す。

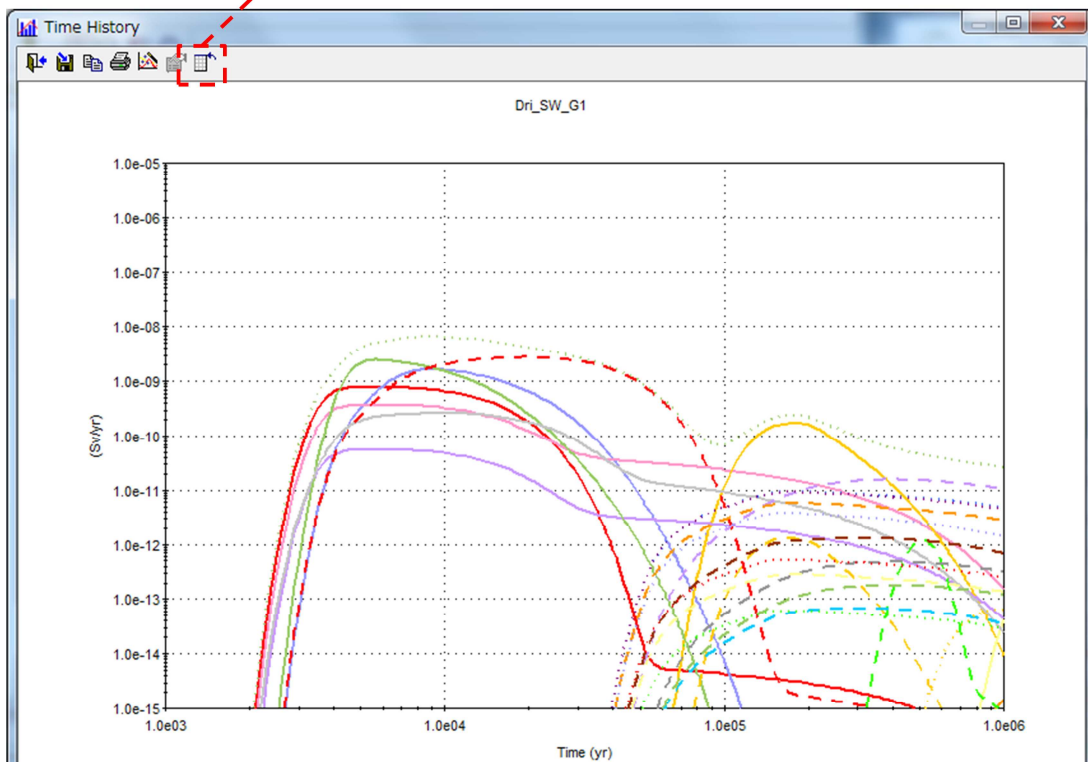
- ①評価ツール（GoldSim ファイル）を開き、初期画面（最上階層）を表示する。
- ② “Result\_G1” を開き、“Result\_G1” の作業画面を表示する。
- ③ “Result\_G1” の作業画面に示されている被ばく経路毎の ‘Time History’ をダブルクリックすることで、解析結果のグラフ（Chart View）またはデータシート（Table View）が表示される（付図 5）。グラフとデータシートの切り替えは次のボタンで行う。

 : グラフの表示

 : データシートの表示



データシート表示への切り替え



- Dri\_SW\_G1[H3]
- Dri\_SW\_G1[C14a]
- Dri\_SW\_G1[Co60]
- Dri\_SW\_G1[Sr90]
- Dri\_SW\_G1[Tc99]
- Dri\_SW\_G1[Sn126]
- Dri\_SW\_G1[Ba133]
- Dri\_SW\_G1[Ho166m]
- Dri\_SW\_G1[Ra226]
- Dri\_SW\_G1[Th232]
- Dri\_SW\_G1[U234]
- Dri\_SW\_G1[Np237]
- Dri\_SW\_G1[Pu241]
- Dri\_SW\_G1[Am243]

グラフ表示への切り替え

Time (yr)	Dri_SW_G1[H3] [Sv/yr]	Dri_SW_G1[Be10] [Sv/yr]	Dri_SW_G1[C14] [Sv/yr]	Dri_SW_G1[C14o] [Sv/yr]	Dri_SW_G1[C14a] [Sv/yr]	Dri_SW_G1[C14e] [Sv/yr]	Dri_SW_G1[C136]
1100	0	0	0	0	0	0	
1200	0	8.2111e-31	0	0	0	0	3.8
1300	0	6.4656e-28	0	0	0	0	3.00
1400	0	1.7377e-25	0	0	0	0	8.16
1500	0	2.0273e-23	0	0	9.0836e-31	0	9.55
1600	0	1.2127e-21	0	0	1.4569e-28	0	5.65
1700	0	4.1939e-20	0	0	1.2753e-26	0	1.93
1800	0	9.2247e-19	0	0	6.7158e-25	0	4.32
1900	0	1.3804e-17	0	0	2.2942e-23	0	6.48
2000	0	1.4881e-16	0	0	5.397e-22	0	6.98
2100	0	1.2087e-15	0	0	9.1754e-21	0	5.65
2200	0	7.6705e-15	0	0	1.1729e-19	0	3.60
2300	0	3.918e-14	0	0	1.1653e-18	0	1.82
2400	0	1.6511e-13	0	0	9.2514e-18	0	7.75
2500	0	5.861e-13	0	0	6.01e-17	0	2.1
2600	0	1.7839e-12	0	0	3.2607e-16	0	8.32
2700	0	4.7282e-12	0	0	1.5037e-15	0	2.21
2800	0	1.1062e-11	0	0	5.8864e-15	0	5.1
2900	0	2.3124e-11	0	0	2.0855e-14	0	1.08
3000	0	4.367e-11	0	0	6.4345e-14	0	2.0
3100	0	7.526e-11	0	0	1.7772e-13	0	3.55
3200	0	1.1946e-10	0	0	4.4369e-13	0	5.60

付図 5 評価結果の表示

This is a blank page.

# 国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立法メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。  
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N	m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s
電荷, 電気量	クーロン	C	s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウエーバ	Wb	Vs
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C	K
光照射度	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>
放射線量	グレイ	Gy	J/kg
放射線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg
酸素活性	カタール	kat	s <sup>-1</sup> mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。  
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。  
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。  
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。  
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。  
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。  
 (g) 単位シーベルト (PV.2002.70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s
表面張力	ニュートンメートル	N m
角速度	ニュートン毎メートル	N/m
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
電荷密度	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
電表面電荷	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
電束密度, 電気変位	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
誘電率	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
透磁率	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎キログラム	J/kg
吸収線量	ジュール毎キログラム	J/kg
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s
放射線輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)
	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>-2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>-3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>-9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクタ	h	10 <sup>-21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm <sup>2</sup> =(10 <sup>12</sup> cm) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベール	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エル	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe <sub>e</sub> =(10 <sup>3</sup> /4π) A m <sup>-1</sup>

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロ	μ	1 μ=1 μm=10 <sup>-6</sup> m

