



JAEA-Testing

2016-003

DOI:10.11484/jaea-testing-2016-003

JAEA-Testing

土壌流亡予測式 USLE を用いた土砂及び Cs 移動解析プログラム SACT (Soil and Cesium Transport) 利用マニュアル

User Manual of Soil and Cesium Transport (SACT),
a Program to Predict Long-term Cs Distribution
using USLE for Soil Erosion, Transportation and Deposition

齊藤 宏 山口 正秋 北村 哲浩

Hiroshi SAITO, Masaaki YAMAGUCHI and Akihiro KITAMURA

福島研究開発部門

福島環境安全センター

Fukushima Environmental Safety Center
Sector of Fukushima Research and Development

December 2016

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発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。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 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
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, 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

土壌流亡予測式 USLE を用いた土砂及び Cs 移動解析プログラム
SACT (Soil and Cesium Transport)
利用マニュアル

日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島環境安全センター
齊藤 宏、山口 正秋^{※1}、北村 哲浩

(2016 年 10 月 28 日 受理)

本マニュアルは、土砂及び Cs 移行解析プログラム SACT (Soil and Cesium Transport) の利用方法、手順、注意点や最低限必要となる情報を提供し、SACT が広く利用されるよう促進するものである。

SACT は、東京電力福島第一原子力発電所事故後に地表に降下した ^{137}Cs を長期移行評価することを目的に、日本原子力研究開発機構が開発した、主要な移行経路である土砂移動を考慮した土砂及び Cs 移行解析プログラムである。既往のソフトウェアである米国 ESRI 社 “ArcGIS” 上で動作する。

計算手順としては、米国農務省を中心に開発された式である土壌流亡予測式 USLE (Universal Soil Loss Equation) を用いて土砂の流亡土量を計算する。流亡土量計算の際には、既往の計算式を用いて、土砂のうち砂には掃流砂を、シルト及び粘土には浮流砂の計算を行う。さらに、各粒度の土粒子に吸着した ^{137}Cs の濃度比を考慮することで ^{137}Cs の移動量を計算する。

SACT は、以下の特徴を持つ。1) USLE 等のシンプルな数式を用いて計算を行うため、地形や土地利用等の公開データのみを用いて必要なパラメータを設定し、迅速に広範囲かつ長期の計算を行なうことができる。2) 着目する領域の土地利用や土壌、降雨特性等の地域性を考慮してパラメータの値を設定することにより、別途現場で取得されたデータを反映した計算が可能である。

福島県環境創造センター：〒963-7700 福島県田村郡三春町深作 10-2

※1 任期付研究員

User Manual of Soil and Cesium Transport (SACT),
a Program to Predict Long-term Cs Distribution
using USLE for Soil Erosion, Transportation and Deposition

Hiroshi SAITO, Masaaki YAMAGUCHI^{※1} and Akihiro KITAMURA

Fukushima Environmental Safety Center,
Sector of Fukushima Research and Development,
Japan Atomic Energy Agency
Miharu-machi, Tamura-gun, Fukushima-ken

(Received October 28, 2016)

This manual provides useful and necessary information to users of “SACT” (Soil and Cesium Transport), which Japan Atomic Energy Agency (JAEA) has developed to predict a long-term distribution of Cs deposited on the land surface of Fukushima due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident on March 11, 2011.

SACT calculates soil movement (erosion, transportation and deposition) and resulting Cs migration, and predicts its future distribution, with the assumption that Cs is adhered to soil initially. SACT uses USLE (Universal Soil Loss Equation) for potential soil loss and simple hydraulic equations for soil transportation and deposition in which soil is divided into coarse-grained sand and fine-grained silt/clay. The amount of Cs moved with soil is predicted by the amount of above-mentioned soil movement and concentration ratio of Cs for each grain-size. SACT utilizes the “ArcGIS” software and the GIS (Geographical Information System).

SACT is characterized by its simplicity which enables fast calculation for wide area for long-term duration, using existing simple equations including USLE. Data for used parameters are widely available, and site-specific calculations are possible by using data obtained from the targeted area.

Keywords: SACT, Simulation Program, Cs, Soil Loss, USLE, Soil Movement, GIS

※1 Senior Post-Doctoral Fellow

目 次

はじめに	1
1. SACT に係る基本的考え方及び概要	2
1.1 開発経緯	2
1.2 解析対象領域	2
1.3 想定した主要な移行経路	2
1.4 計算手順	3
2. SACT の全体構成	5
2.1 インプットフォルダ（「Input_Shapefiles」）及びカーネルファイル（「Kernels」）	7
2.2 パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）	7
2.3 ツールボックス（「Toolbox.tbx」）	8
2.4 アウトプットフォルダ（「Outputs」）	10
2.5 結果とりまとめファイル（「Data_Reduction_Macro.xlsm」）	10
3. インプットフォルダ（「Input_Shapefiles」）及びカーネルファイル（「Kernels」）の準備	11
3.1 シェープファイル及びラスターデータ	11
3.1.1 シェープファイル及びラスターデータの構成	11
3.1.2 湖沼ポリゴンデータ: lake_poly.shp	12
3.1.3 河川ラインデータ: river_line.shp	12
3.1.4 標高値ラスターデータ（任意のメッシュサイズ）: dem	12
3.1.5 標高値ラスターデータ（10mメッシュサイズ）: dem_10m	13
3.1.6 土壌ラスターデータ: soil	13
3.1.7 土地利用ラスターデータ: landuse	13
3.1.8 ¹³⁷ Cs 蓄積量分布ラスターデータ: Cs137	13
3.2 カーネルファイル	13
3.3 留意点	14
4. パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）への入力	15
4.1 「Parameter_Control」シート	15
4.1.1 「Case」	15
4.1.2 「Basin Type」	15
4.1.3 「Symbols」カラム	15
4.1.4 「Value」カラム	15
4.1.5 「Unit」カラム	15
4.1.6 「Parameters」カラム	16
4.2 「Area_Selection」シート	21
4.2.1 「Area」カラム	21
4.2.2 「対象領域候補リスト」カラム	21
4.3 「K_factors」シート	24
4.4 「C_factors」及び「P_factors」シート	26
4.5 「Lake_depth」シート	28

4.6 「Input for ArcGIS」シート	29
5. ツールボックス（「Toolbox.tbx」）を用いた計算の実行	30
5.1 整合性の確認	30
5.2 計算の実行	30
5.2.1 0_Step_0_Extract_Study_Area	30
5.2.2 1_Step_1_Calculate_Cell_Based_Soil_Erosion	33
5.2.3 2_Step_2_Calculate_Cell_Based_Transport_and_Deposition.....	34
5.2.4 3_Step_3_Calculate_Inter-Cell_Sediment_Transport	36
5.2.5 4_Step_4_Calculate_Inter-Cell-Cs_Transport	37
5.2.6 5_Step_5_Create_Spreadsheets	39
5.3 計算が実行できない場合の留意点	40
5.4 計算における仮定	40
6. アウトプットフォルダ（「Outputs」）における出力結果の確認	42
6.1 0_Step_0_Extract_Study_Area	42
6.2 1_Step_1_Calculate_Cell_Based_Soil_Erosion	44
6.3 2_Step_2_Calculate_Cell_Based_Transport_and_Deposition	45
6.4 3_Step_3_Calculate_Inter-Cell_Sediment_Transport	48
6.5 4_Step_4_Calculate_Inter-Cell-Cs_Transport	50
6.6 5_Step_5_Create_Spreadsheets	53
7. 結果とりまとめファイル（「Data_Reduction_Macro.xlsm」）を用いたマクロによる 結果集約	54
8. その他の注意事項	63
参考文献	64
付録	67

Contents

Introduction	1
1. Outline of SACT	2
1.1 Background	2
1.2 Study area	2
1.3 Model of soil movement and Cs migration	2
1.4 Calculation procedure	3
2. Whole structure	5
2.1 Input data folders (<i>Input_Shapefiles</i> and <i>Kernels</i>)	7
2.2 EXCEL file for setting value (<i>Input_Parameters.xlsx</i>)	7
2.3 Calculation model “Model Builder”(<i>Toolbox.tbx</i>)	8
2.4 Output folders (<i>Output</i>)	10
2.5 EXCEL file for output compilation (<i>Data_Reduction_Macro.xlsm</i>)	10
3. Preparation of input data	11
3.1 Input_Shapefiles	11
3.1.1 Shapefiles and Rasters	11
3.1.2 Lake and dams (<i>lake_poly.shp</i>)	12
3.1.3 Rivers (<i>river_line.shp</i>)	12
3.1.4 Elevation (<i>dem</i>)	12
3.1.5 Elevation (<i>dem_10m</i>)	13
3.1.6 Soil (<i>soil</i>)	13
3.1.7 Landuse (<i>landuse</i>)	13
3.1.8 ¹³⁷ Cs accumulation (<i>Cs137</i>)	13
3.2 Kernels	13
3.3 Notes	14
4. Setting value for each parameter	15
4.1 Sheet “ <i>Parameter_Control</i> ”	15
4.1.1 “ <i>Case</i> ”	15
4.1.2 “ <i>Basin Type</i> ”	15
4.1.3 Column “ <i>Symbols</i> ”	15
4.1.4 Column “ <i>Value</i> ”	15
4.1.5 Column “ <i>Unit</i> ”	15
4.1.6 Column “ <i>Parameters</i> ”	16
4.2 Sheet “ <i>Area_Selection</i> ”	21
4.2.1 Area	21
4.2.2 Candidate area	21
4.3 Sheet “ <i>K_factors</i> ”	24
4.4 Sheet “ <i>C_factors</i> ” and “ <i>P_factors</i> ”	26
4.5 Sheet “ <i>Lake_depth</i> ”	28

4.6 Sheet “ <i>Input for ArcGIS</i> ”	29
5. Calculations using Model Builder	30
5.1 Ensuring data integrity	30
5.2 Calculations	30
5.2.1 0_Step_0_Extract_Study_Area	30
5.2.2 1_Step_1_Calculate_Cell_Based_Soil_Erosion	33
5.2.3 2_Step_2_Calculate_Cell_Based_Transport_and_Deposition.....	34
5.2.4 3_Step_3_Calculate_Inter-Cell_Sediment_Transport	36
5.2.5 4_Step_4_Calculate_Inter-Cell-Cs_Transport	37
5.2.6 5_Step_5_Create_Spreadsheets	39
5.3 Troubleshooting	40
5.4 Assumed conditions	40
6. Confirmations of output files	42
6.1 0_Step_0_Extract_Study_Area	42
6.2 1_Step_1_Calculate_Cell_Based_Soil_Erosion	44
6.3 2_Step_2_Calculate_Cell_Based_Transport_and_Deposition	45
6.4 3_Step_3_Calculate_Inter-Cell_Sediment_Transport	48
6.5 4_Step_4_Calculate_Inter-Cell-Cs_Transport	50
6.6 5_Step_5_Create_Spreadsheets	53
7. Output compilation using Macro in EXCEL file	54
8. Additional notes	63
References	64
Appendix	67

はじめに

日本原子力研究開発機構は、東京電力福島第一原子力発電所事故後に地表に降下した ^{137}Cs について、土砂移動に着目した長期移行評価を行うことを目的として、米国農務省を中心に開発された土壌流亡予測式 (USLE : Universal Soil Loss Equation) ^{1),2)} に基づく土砂及び Cs 移行解析プログラム SACT (Soil and Cesium Transport) を開発した。SACT は、米国 ESRI 社の地理情報システムソフトウェア “ArcGIS” 上で動作する。

SACT は、USLE 等のシンプルな数式を用いて計算を行なうため、地形や土地利用等の公開データのみを用いて必要なパラメータを設定し、迅速に広範囲の計算を行なうことができる点の特徴である。

計算においては、土粒子を大きく 2 つに大別し、砂と、シルト及び粘土に対し異なる式を用いる。比較的大きい土粒子である砂には Duboys 式を適用し掃流砂量を計算し、比較的小さい土粒子であるシルト及び粘土には、Partheniades-Krone 式を適用し浮流砂量を計算する。さらに、これらに各粒度の土粒子に吸着した ^{137}Cs の濃度比を考慮することで ^{137}Cs の移動量を計算する。

本マニュアルは、特に経験のない利用者が SACT を利用することを念頭において、具体的な利用方法、手順、注意点やそのほかの参考となる情報について記述した。SACT を構成するフォルダやファイル群は、ArcGIS のカタログ上で表示される状態に基づき記述している。SACT で行う計算や用いるパラメータ等についての概念や基本的な考え方は本マニュアルに示したが、詳細については、参考とすべき既往報告書を報告書末に示した ^{3),4),5)}。

1. SACT に係る基本的考え方及び概要

1.1 開発経緯

東京電力福島第一原子力発電所事故後に地表に降下した ^{137}Cs は、表流水、地下水、土砂の移動により環境中を移動し、周辺環境に長期的な影響を及ぼす可能性がある。したがって、地表に沈着した ^{137}Cs による被ばく線量等の長期的な変化を評価するためには、放射性壊変による減衰に加え、 ^{137}Cs の移行経路とその程度や変化を長期的に評価する必要がある。

^{137}Cs は、土壌（特に粘土鉱物）に強く吸着する性質があることから、 ^{137}Cs が吸着した土壌が表流水等により侵食を受け河川を通じて下流側へ移動する経路が主要な経路となっている可能性が高い。そこで、土壌への吸着と、その侵食、運搬及び堆積からなる河川での下流側への移動（これらを「土砂移動」と呼ぶ）に着目し、これらを計算することができるプログラムを開発した。

1.2 解析対象領域

福島第一原子力発電所事故に空間線量率が高くなっていることが認められた領域である³⁾発電所から北西方向及び阿武隈低地沿いの、 ^{137}Cs の主要な経路であると思われる河川を含む範囲を、解析対象領域として設定した（図 1-1）。

解析対象領域には、阿武隈川流域及び太平洋に流入する 13 河川（北から宇多川、真野川、新田川、太田川、小高川、請戸川、前田川、熊川、富岡川、井出川、城戸川、夏井川及び鮫川）が含まれており、福島第一原子力発電所からの距離は概ね 100km 以内である。勾配は、太平洋側に直接流入する河川や阿武隈川上流及び支流は平均勾配が 1%を超えるが、その他は 0.1%程度である。

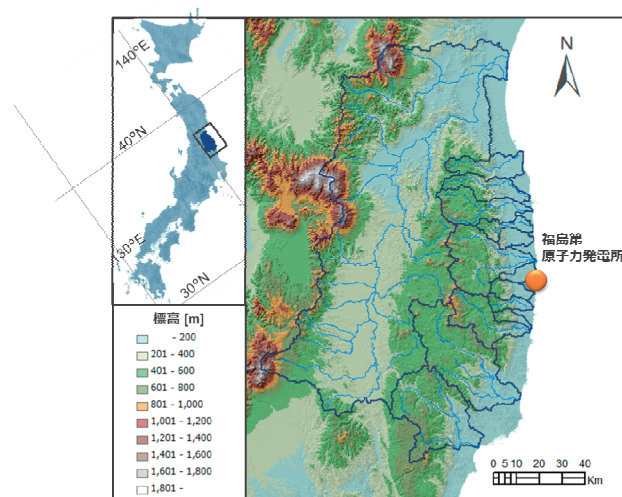


図 1-1 解析対象領域³⁾一部加筆

1.3 想定した主要な移行経路

^{137}Cs が吸着した土壌が表流水等により侵食を受け河川を通じて下流側へ運搬され、その過程で堆積しつつ太平洋へ流下する経路を主要な経路とした（図 1-2）。

このうち侵食は、既往調査により土壌に沈着した ^{137}Cs が概ね深さ 5cm 以内に留まっている⁶⁾ことを考慮し、深さ数 cm で生じる面状侵食やリル侵食による土壌流亡を想定した。土壌のうち対象としたのは、砂、シルト及び粘土である。

運搬は、土粒子の粒度により大きく掃流と浮流に分けられるとした。堆積は下流側へ土砂が運搬される途中で起きる。

河川以外での移行については、地形の最大傾斜方向に向かい起きるとした。

なお、土壌に吸着した ^{137}Cs は脱離せず、深度方向へも移動しないとした。侵食や堆積による地形変化も起きず、移動量への影響はないとした。

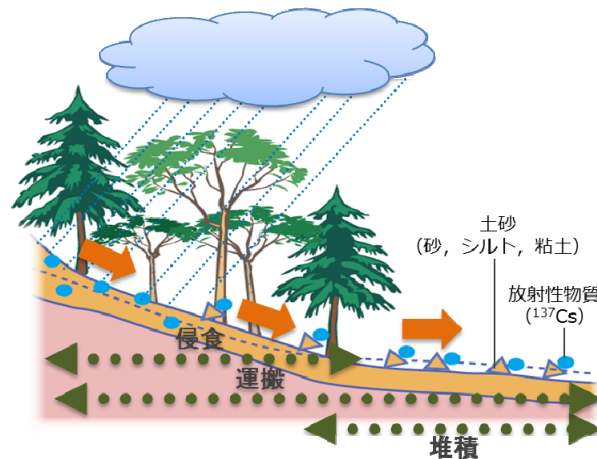


図 1-2 想定した ^{137}Cs の主要な移行経路

1.4 計算手順

計算は、6 つの Step（Step0～Step6）に分けて行う（図 1-3）。

Step0 では、以降の Step での計算結果を格納するフォルダを作成するとともに、解析対象領域内の標高データから集水域や流出点を作成する。

Step1 では、解析対象領域内に設定したメッシュ（100m×100m）上の各セルから 1 年間に侵食される土砂の量である「流亡土量」を計算する。

計算には、面状侵食やリル侵食による土壌流亡を計算できる土壌流亡予測式（USLE）^{1),2)}を用いる。USLE では、5 つの係数（降雨係数 R、土壌係数 K、地形係数 LS、作物係数 C 及び保全係数 P）の積により流亡土量を計算するものであるが、いずれの係数も、地形や土地利用等の公開文献から得られるデータや実測値を用いてシンプルな数式を用いて計算できる。

Step2 では、各セルにおいて運搬及び堆積する土砂量を、水理公式を用いて計算する。

対象とする砂、シルト及び粘土は移動形態が異なるため、砂は「掃流」（土粒子に及ぼす流水の流れ方向の抵抗力による土砂移動）の形態で移動すると仮定し、これに対しシルト及び粘土は「浮流」（流水の乱れによる拡散現象による土砂移動）の形態で移動すると仮定する。

前者及び後者の計算には、それぞれ多くの適用事例がある Duboy 式^{7),8),9)}及び Partheniades-Krone 式^{8),9),10)}を適用する。これらは、要求されるパラメータが少なく結果的に不確実性を低くできる、現地のデータを用いずに計算を行うことが可能である、比較的迅速に計算を行うことができるという特徴を有する公式である。また、多くの適用事例がある。

Step3 では、Step1 及び 2 の結果を用いて、上流から順番にセル間の土砂移動量を計算する。

土砂移動は、河川におけるセルでは下流側にあるセルに、それ以外のセルでは地形の最大傾斜方向にあるセルに起きるとする。計算は、砂、シルト及び粘土それぞれについて行う。セル間の土砂移動量は、上流側から当該セルに流入する土砂量、セル当たりの侵食量、流砂量、再浮遊フラックス及び堆積フラックスから計算される。なお、侵食や堆積による地形変化も起きず、移動量への影響はないとしているため、土砂移動量は全ての計算年で同一となる。

Step4 では、 ^{137}Cs が吸着した土砂が表流水による土砂移動に伴い移動すると仮定し、Step3 で計算した土砂移動を ^{137}Cs の移動に置き換え、流域全体での計算を行う。また、既往文献³⁾に示されている ^{137}Cs 及び ^{134}Cs （両者の存在比から計算）との関係を表す回帰式から 1m 空間線量率を計算する。なお、土壌に吸着した ^{137}Cs は深度方向に指数関数に従い減少するとし、土壌から脱離せず、深度方向へも移動しないとする。また、 ^{137}Cs の放射性壊変については考慮する。計算の結果、示される結果は以下のとおりである。

- ・ セル間の ^{137}Cs 移動量
- ・ セル毎の ^{137}Cs 蓄積量
- ・ セル毎の 1m 空間線量率

Step5 では、Step4 までに得られた計算結果を Excel®マクロにて Excel®ファイルに集約する。集約される結果は以下の通りである。

- ・ 河川毎の土砂移動量（各粒度）
- ・ 湖沼毎の堆積量（各粒度）
- ・ 流域毎の ^{137}Cs 移動量
- ・ 流域毎の ^{137}Cs 蓄積量
- ・ 湖沼毎の ^{137}Cs 蓄積量

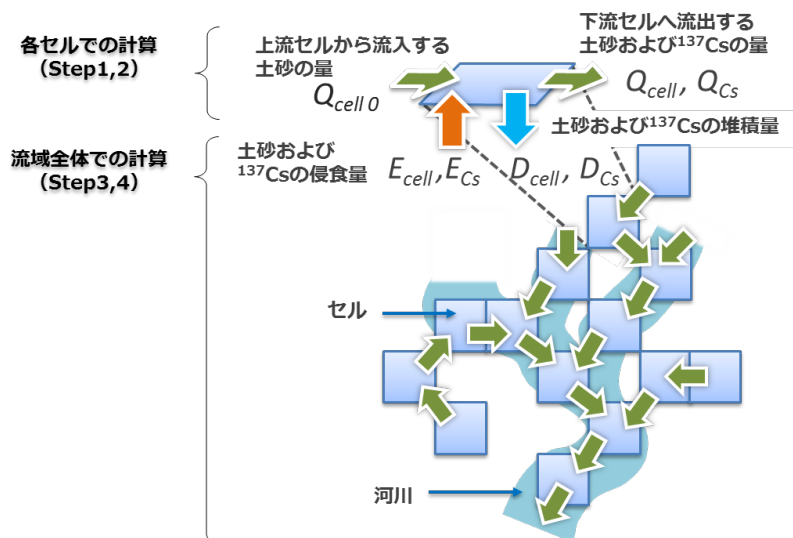


図 1-3 Step1～4 の考え方

2. SACT の全体構成

SACT は、「インプットフォルダ」、「カーネルファイル」、「パラメータ設定ファイル」、「ツールボックス」、「アウトプットフォルダ」、「マップドキュメント」及び「結果とりまとめファイル」から構成される（図 2-1、表 2-1）。当章においては、これらそれぞれについて、SACT を利用する場合の手順に従った順序で、概要及び詳細について説明する。

なお、本章で示す全体構成、今後本マニュアル内で示すそれぞれのフォルダ及びファイルの目的、これら全てを含めた計算の流れや相互の関係等を理解できるよう、マニュアル末に付録として全体構成図を添付している。



図 2-1 全体のフォルダ構成

表 2-1 SACT を構成するフォルダやファイル群

フォルダ及びファイルの名称	概要	備考
インプットフォルダ (「Input_Shapefiles」) カーネルファイル (「Kernels」)	入力データとなるシェープファイル（ベクターデータを格納）、ラスターデータ及びカーネルファイルからなるフォルダ群。	2.1 参照 3. 参照
パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」)	USLE の計算に必要なパラメータ等を設定する 6 つのワークシートを含む 7 つのシートから構成される Excel®ファイル。	2.2 参照 4. 参照
ツールボックス (「Toolbox.tbx」)	SACT の処理プログラムが格納されているファイル。処理は、ArcGIS の主要アプリケーションである “ArcMap” 上から行う。	2.3 参照 5. 参照
アウトプットフォルダ (「Outputs」)	処理した出力結果であるファイルやそのまとまりであるフォルダが格納されるフォルダ。	2.4 参照 6. 参照
結果とりまとめファイル (「Data_Reduction_Macro.xlsm」)	計算によりアウトプットフォルダに作成された結果のうち主な dBASE ファイルを集約する Excel®ファイル。	2.5 参照 7. 参照
マップドキュメント (「Soil_transport_model.mxd」)	インプットフォルダ、ツールボックス及びアウトプットフォルダの表示を行うマップ。	

2.1 インプットフォルダ（「Input_Shapefiles」）及びカーネルファイル（「Kernels」）

入力データが含まれている。入力データは、以下の通りである。

- ・ シェープファイル（道路や建物等を表現したベクターデータを格納するファイル）
- ・ ラスタデータ
- ・ カーネルファイル

当フォルダを直接開く、あるいはマップドキュメント（「Soil_transport_model」）の画面右側「カタログ」において内容を確認することができる（図 2-2）。

ここで、SACT がカバーしており解析を行うことができる地域は、福島県の浜通り～中通りである。測地系には、「日本測地系 2000（JGD2000）」（通用名は“世界測地系”）を採用しており、この中でIX系の適用区域に含まれる。座標系には、投影法にユニバーサル横メルカトル（UTM）図法を用いた「UTM 座標系」を採用しており、この中で第 54 帯 Nに含まれる。

これ以外の地域であらたに解析を行う際には、該当する地域をカバーする入力データを別途用意し、当フォルダに格納する必要がある。計算結果の誤差が増大しないよう、同じ座標系を用いることが望ましい。詳細は 3 章に示す。

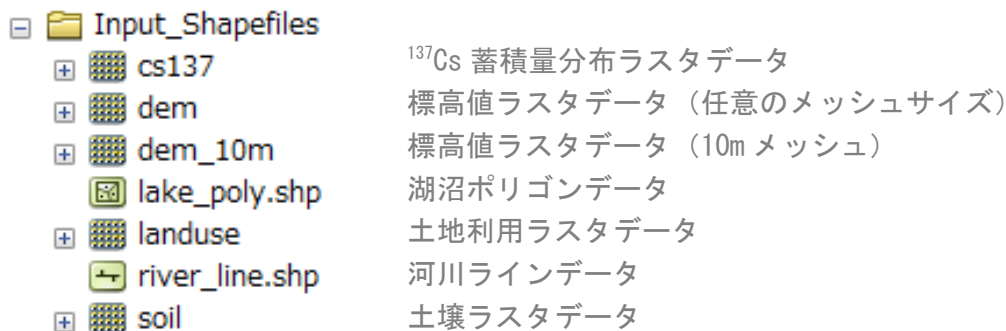


図 2-2 インプットフォルダの構成

2.2 パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）

SACT において必要な、上記 USLE に用いる係数を含むパラメータや解析領域を設定する。

6 つのワークシート「Parameter_Control」、「Area_Selection」、「K_factors」、「C_factors」、「P_factors」、「Lake_depth」及び 1 つのシート「Input for ArcGIS」から構成される。

ここで、USLE は以下の式で表される^{1), 2), 3)}。

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

ここに、A：流亡土量（soil loss^{1), 2)}、単位面積 1ha から 1 年間に流出し得る平均的な土砂の量。セル間の移動は考えない。）、R：降雨係数、K：土壌係数、LS：地形係数、C：作物係数、P：保全係数である。

このうち、「Parameter_Control」は、USLE に用いる係数である R（降雨係数）を含む主たるパラメータの設定を行うためのシートである。「Area_Selection」は、解析対象領域を設定するためのシートである。「K_factors」、「C_factors」及び「P_factors」は、それぞれ K（土壌係数）、C（作物係数）及び P（保全係数）を設定するためのシートである。「Lake_depth」は、対象領域に湖沼を含む場合に、計算の過程で湖沼の深度ラスタを作成するためのシートである。なお、LS（地形係数）は標高値ラスタデータ（10m メッシュサイズ）から算出されるため、いずれのワークシートでも設定されない（3.1.5 参照）。

また、「Input for Arc GIS」は、「Parameter_Control」への入力内容が自動的に ArcGIS が参照する形式に変更され示されるシートである。したがって、当シートへの入力を行う必要はない。詳細は 4 章に示す。

2.3 ツールボックス（「Toolbox.tbx」）

SACT で行う計算の、6 つのメインモデル (0_Step_0～5_Step_5) と、各メインモデルの下位の 35 個のサブモデル (s0_1～s5_4) が示されている。サブモデルについては、“s” の次の数字が上位のメインモデルの番号で、次の数字がメインモデル内でのそのサブモデルの計算順を示している。マップドキュメント（「Soil_transport_model」）の画面右側「カタログ」において確認することができる（図 2-3）。詳細は 5 章に示す。

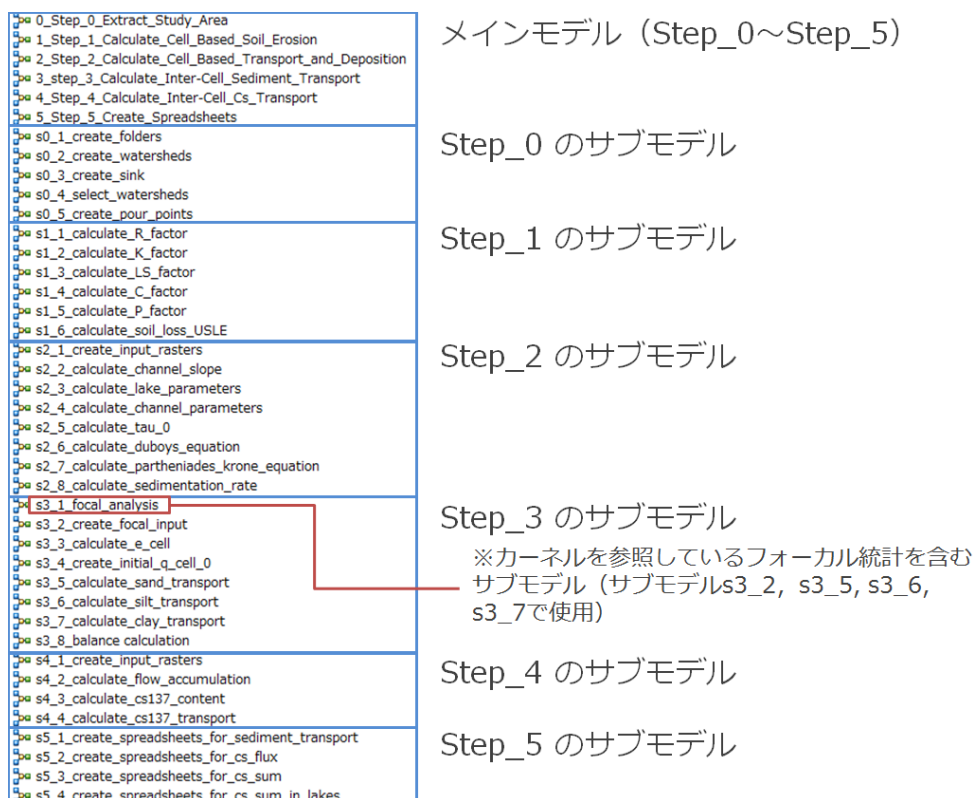


図 2-3 ツールボックスの構成

これらのメインモデル及びサブモデルは、ArcGIS の主要アプリケーションである“ArcMap”のウィンドウ内で構築できる処理フローモデル“Model Builder”により計算される。計算フローは、通常 3 種に色分けされた「モデルエレメント」と呼ばれる要素からなる図により示され、主として入力データ（青楕円）、ツール（黄色四角）及び出力データ（緑楕円）とこれらを接続するコネクタから構成される（図 2-4）。さらに、計算の実行の可否や実行状況が色の違いにより把握できる仕組みとなっている（図 2-5）。

詳細は、ArcGIS を開発した米国 ESRI 社の下記ウェブサイトに記載されている^{11), 12)}。

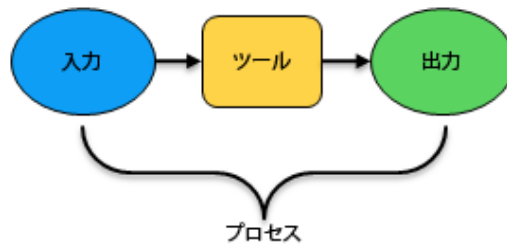


図 2-4 Model Builder の計算フロー

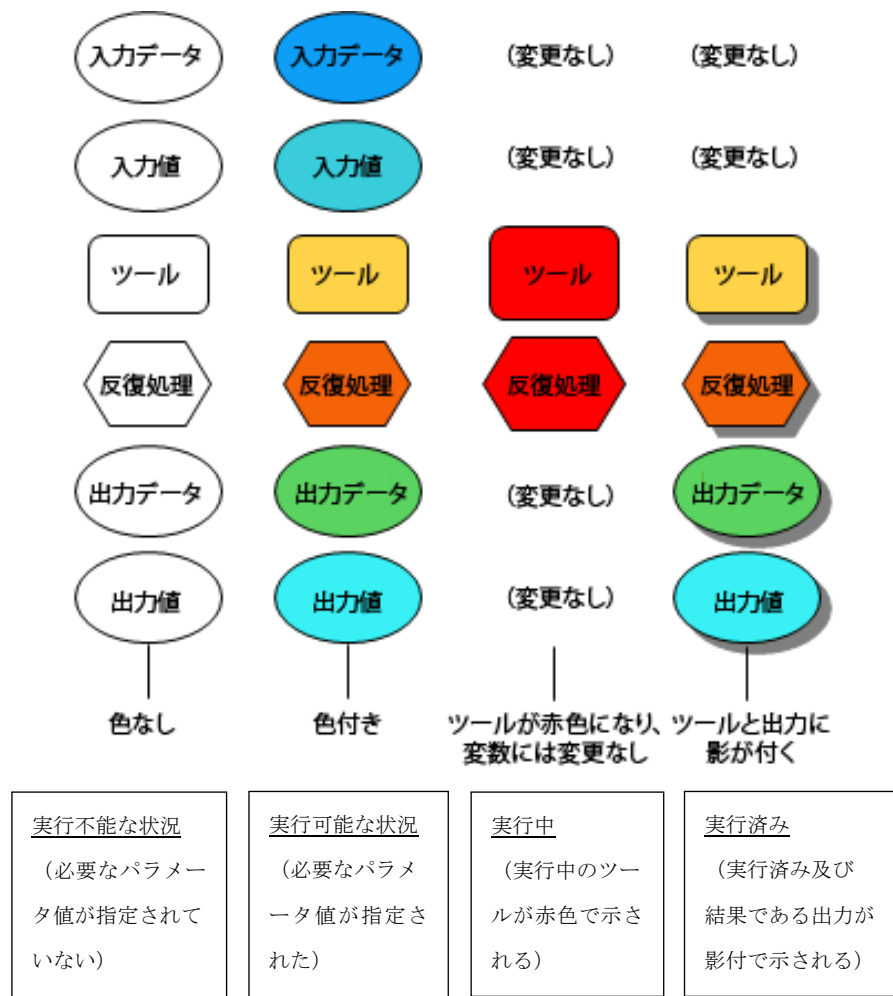


図 2-5 Model Builder の状態による色の表示

2.4 アウトプットフォルダ（「Outputs」）

上記 2.3 に示したメインモデル及びサブモデルが実行されるごとに出力される結果であるファイルやそのまとまりであるフォルダが格納される。これらの概要は、表 2-2 に示すとおりである。詳細は 6 章に示す。

表 2-2 アウトプットフォルダ内のフォルダやファイル群

種類及び名称		概要
ファイル		計算の過程で生成されるラスタデータ、シェープファイル及びレイヤファイル（表 6-1～6-6 参照）。
フォルダ	Outputs_Bq_flux	セル毎の ^{137}Cs 移動量について、年毎に計算した結果が保存されている（5.2.5(4)、表 6-5 参照）。
	Outputs_Bq_m2	^{137}Cs 蓄積量について、年毎に計算した結果が保存されている（5.2.5(4)、表 6-5 参照）。
	Outputs_Sv	^{137}Cs 蓄積量から、文部科学省の簡易式によって計算された空間線量率を年毎に計算した結果が保存されている（5.2.5(4)、表 6-5 参照）。
	Outputs_Spreadsheets	主な計算結果を Excel®形式に変換するための dBASE ファイルが、本フォルダ及び以下に示す下位の 3 つのフォルダ内に保存されている（5.2.6(1)～(4)、表 6-6 参照）。 ・「Bq_flux」 ・「Bq_sum」 ・「Bq_sum_lake」
	Info	利用者が用いることはない。ArcGIS のカタログでは表示されないが、表示設定等が引き継がれるので、他のフォルダ等にコピー等をする際は同時にコピーした方が良い。

2.5 結果とりまとめファイル（「Data_Reduction_Macro.xlsm」）

上記 2.3 において行われ、2.4 に示すアウトプットフォルダに出力された計算結果のうち主な拡張子 dbf を有する dBASE ファイルを、マクロで集約しとりまとめるファイルである。詳細は 7 章に示す。

3. インプットフォルダ（「Input_Shapefiles」）及びカーネルファイル（「Kernels」）の準備

インプットフォルダ「Input_Shapefiles」内には入力データが納められている（2.1 参照）。これらはシェープファイル及びラスタデータから構成される（図 3-1、3.2 参照）。前者は、湖沼ポリゴンデータ及び河川ラインデータの 2 つから構成される。後者は、標高値ラスタデータ（任意のメッシュサイズ）、標高値ラスタデータ（10m メッシュサイズ）、土壌ラスタデータ、土地利用ラスタデータ及び ^{137}Cs 蓄積量分布ラスタデータの 5 つから構成される。

カーネルファイル「kernels」内にはカーネルファイルが納められている（3.1 参照）。

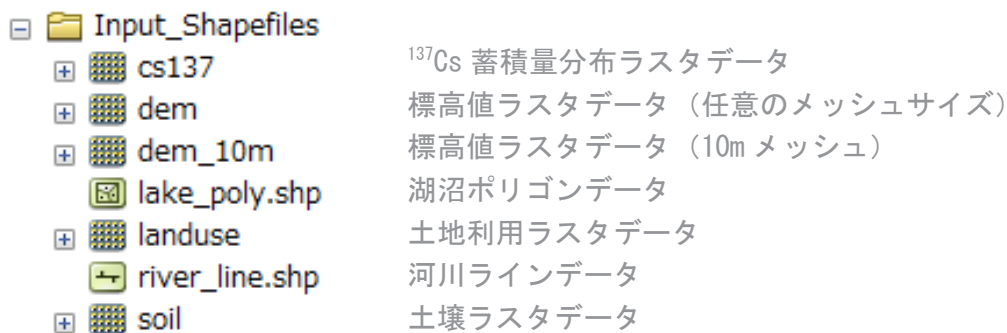


図 3-1 インプットフォルダの構成（再掲）

3.1 シェープファイル及びラスタデータ

3.1.1 シェープファイル及びラスタデータの構成

(1) シェープファイル

シェープファイルとは、道路や建物等を座標及び属性情報を持つ以下の 3 つの要素（点、線及び面）で表現したベクターデータを格納するファイルである。これら 3 つの要素に対応するファイルは、それぞれ「」、「」及び「」のアイコンで表現される。拡張子は、“shp”である。

- ポイント（点）
- ライン（線）
- ポリゴン（面）

マップドキュメント（「Soil_transport_model」、表 2-1 参照）の画面右側「カタログ」上では 1 つのファイルのように表示されるが、実際には以下の複数のファイルから構成されている。別のフォルダ等に移動・コピーの際は、全てのファイルをあわせて行う。

filename.shp	図形データ（必須）
filename.shx	インデックスデータ（必須）
filename.dbf	属性データ（必須）
filename.sbn	空間インデックスデータ
filename.sbx	空間インデックスデータ
filename.prj	投影情報
filename.shp.xml	メタデータ

(2) ラスタデータ

ラスタデータは、一つ一つに数値情報を含む格子状に並んだセルで構成されるデータである。「」のアイコンで表現される。

上記シェープファイルと同様に、「カタログ」上では、1つのファイルのように表示されるが、実際には以下の複数のファイルとフォルダから構成されている。これも、別のフォルダ等に移動・コピーの際は、全てのファイルをあわせて行う。

filename.ovr	ピラミッドレイヤデータ
filename.aux.xml	カラーマップ等補助情報
filename	以下のファイルを格納するフォルダ
- dblbnd.adf	グリッドの最大、最小を含む境界データ
- hdr.adf	セルの解像度等を含むヘッダファイル
- prj.adf	投影情報
- sta.adf	統計情報
- vat.adf	属性値テーブル
- w001001.adf	タイルによる各セル値
- w001001x.adf	各タイルの対応するブロックインデックス

3.1.2 湖沼ポリゴンデータ: lake_poly.shp

ダム、湖沼、溜池等に関するデータである。形式はシェープで、要素はポリゴン（面）である。

計算において値を設定するには、後述「4. パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）」の「Parameter_Control」シート「D_{lake}」カラムに“0”を入力し、「Lake_depth」シートに任意の値を入力する。この場合、「Lake_depth」シートのカラム名（「LAKE_NAME」）及びそのカラムにおける湖沼名は、このデータの属性テーブル内のカラム名及びそのカラムにおける湖沼名に一致させる必要がある（4.5 参照）。

同様に、上記ファイルの「Area_Selection」シートで解析領域の設定を行うためには、同シートの「対象領域候補リスト」カラムにおける湖沼名は、このデータの属性テーブル内の湖沼名に一致させる必要がある（4.2 参照）。

3.1.3 河川ラインデータ: river_line.shp

陸域における河川等の水の流れに関するデータである。形式はシェープで、要素はライン（ポリライン）（線）である。

後述「4. パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）」の「Area_Selection」シートで解析領域の設定を行うためには、同シートの「対象領域候補リスト」カラムにおける河川名は、このデータの属性テーブル内の河川名に一致させる必要がある（4.2 参照）。

3.1.4 標高値ラスタデータ（任意のメッシュサイズ）: dem

集水域を作成するための標高値データである（5.2.1(1), 5.2.3(2) 参照）。形式はラスタである。

通常、「数値標高モデル」（DEM: Digital Elevation Model、以下「DEM」という。）と呼ばれる既存データを用いる。解像度は、USLE 計算用の標高値ラスタデータ（3.1.5 参照）と同じかそれよりも低いものを用いる。

なお、DEM については多くのウェブサイト上で公開されている^{13), 14), 15), 16)}。

3.1.5 標高値ラスタデータ (10m メッシュサイズ) : dem_10m

USLE を用いた流亡土量の計算で「LS」(地形係数)を求めるために用いられる標高値データである (5.2.2(3)参照)。形式はラスタである。

日本では小さい耕作地が多数存在するため、10m より高い解像度を持つことが望ましい。後述する「4. パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」)」の「Parameter_Control」シートの「L」及び「S」カラムに“0”を入力しておく。

3.1.6 土壌ラスタデータ: soil

土壌の種類とその分布状況に関する、USLE を用いた流亡土量の計算に用いられるデータである (5.2.2(2)参照)。形式はラスタである。

計算において値を設定するには、後述「4. パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」)」の「Parameter_Control」シート「K」カラムに“0”を入力し、「K_factors」シートに任意の値を入力する。この場合、「Input_Parameters.xlsx」のパラメータ設定表における「K_factors」シートのカラム名 (「Soil_type」) 及びそのカラムにおける土壌種は、このデータの属性テーブル内のカラム名及びその土壌種に一致させる必要がある (4.3 参照)。

なお、これについても、DEM 同様 (3.1.4 参照) に広く公開されている^{13), 14), 15), 16), 17)}。

3.1.7 土地利用ラスタデータ: landuse

土地利用区分とその分布状況に関する、USLE を用いた流亡土量の計算に用いられるデータである (5.2.2(4)～(5)参照)。形式はラスタである。

計算において値を設定するには、後述「4. パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」)」の「Parameter_Control」シート「C」及び「P」カラムに“0”を入力し、「C_factors」シート及び「P_factors」シートに任意の値を入力する。この場合、「Input_Parameters.xlsx」のパラメータ設定表における「C_factors」シートおよび「P_factors」シートにおけるカラム名 (いずれも「Landuse」) 及びそのカラムにおける土地利用区分は、このデータの属性テーブル内のカラム名とその土地利用区分に一致させる必要がある (4.4 参照)。

なお、これについても、DEM 同様 (3.1.4 参照) に広く公開されている^{13), 14), 15), 16), 18)}。

3.1.8 ¹³⁷Cs 蓄積量分布ラスタデータ: Cs137

¹³⁷Cs の土壌蓄積量に関するデータである。データ形式はラスタである。

3.2 カーネルファイル

カーネルファイルは、土粒子の移動方向を特定するためのファイルで、テキストで作成されている。8つの方向 (図 3-2) を特定するため、8つのファイルから構成されている。通常は、修正等を行う必要はない。

北西	北	北東
西		東
南西	南	南東

図 3-2 カーネルファイルで特定する 8 つの方向

3.3 留意点

入力データについては、以下の点に留意する必要がある。

- ・ 入力データを用いるにあたっては、計算結果の誤差が増大することのないよう、全ての入力データの測地系及び座標系を、それぞれ JGD2000 及び UTM 座標系 第 54 帯 N に統一していることが望ましい (2.1 参照)。
- ・ 長い名称、日本語表記 (ひらがな及びカタカナ) を用いた名称を有するデータは、のちに行うゾーン統計等で文字化けが起き正しく処理されないことがある。
- ・ 計算に用いる地形データの解像度が上がるにつれ、計算量及び出力データの増加、計算の長時間化が発生する。またデータのサイズが大きすぎる場合には計算できないことがある。これを避ける方法の 1 つとして、予めラスタ等の入力データを計算範囲より若干大きい程度にしておく方法もある。

4. パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）への入力

当ファイルは 6 つのワークシート（「Parameter_Control」、「Area_Selection」、「K_factors」、「C_factors」、「P_factors」、「Lake_depth」）及びシート「Input for ArcGIS」の合計 7 つのシートから構成される。SACT において必要な入力パラメータや解析領域は、全て上記「Input for ArcGIS」を除く 6 つのワークシートで設定する（2.1 参照）。以下に、各ワークシートにおけるパラメータ設定方法等を示す。

4.1 「Parameter_Control」シート

計算方法や、USLE 計算に用いる各パラメータ（R, K, L, S, C, P factors）及びその他のパラメータ（例えば、土粒子の粒径、せん断応力、沈降速度、¹³⁷Cs 半減期）の値の設定を行う。シート及びその設定例を図 4-1 及び表 4-1 に示す。

また、表 4-1 に示されているパラメータの解説（日本語名やその後の計算における他パラメータとの関係等）を表 4-2 に示す。さらに、詳細な計算について参照が必要な場合のため、計算式等が示されている文献³⁾における章及び節番号もあわせて表 4-2 に示す。

入力は、薄水色の「Case」、「Basin Type」及び「Value」カラムで行う。

4.1.1 「Case」

計算の名称である。計算には用いず、計算結果のファイル名にも反映されない。

4.1.2 「Basin Type」

解析対象領域の種類を設定する。後述する「Area_Selection」シート（4.2 参照）で与える解析対象領域が、河川のみである場合は“1”、湖沼のみである場合は“2”、河川と湖沼の両者である場合は“3”とする。

4.1.3 「Symbols」カラム

各パラメータの記号である。

4.1.4 「Value」カラム

各パラメータに与える値である。このカラムに直接値を入力する。

USLE 計算に用いる各パラメータのうち「K」（土壌係数）、「C」（作物係数）及び「P」（保全係数）については別途ワークシートを用いて設定するため、“0”と入力する（3.1.6～3.1.7 及び 4.3～4.4 参照）。「LS」（地形係数）については DEM（10m メッシュ）から計算されるため同様に“0”を入力する（3.1.5 参照）。なお、「R」（降雨係数）については USLE 計算に用いる他のパラメータと異なり別途ワークシートが用いられることはなく、直接値を入力する。

USLE 計算に用いるパラメータではないが、湖沼の深度（「D_{lake}」）についても別途ワークシートを用いて設定するため、“0”を入力する（3.1.2 及び 4.5 参照）。

4.1.5 「Unit」カラム

各パラメータの単位である。

4.1.6 「Parameters」 カラム

各パラメータに関する説明である。また、当カラムの左側のカラムには、SACT において各パラメータを示す名を示している。計算結果に疑問があるときなどに、プログラム内でパラメータがどの部分でどう使用されているかを追跡する際に用いる。

パラメータ設定表 (メインシート)

Case	Basin Type	Parameters	Remarks
1	NORMAL		
2	1		
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

解析領域を河川名で指定する場合は“1”を、湖沼名で指定する場合は“2”を、両者が混在する場合は“3”を入力

“0”を入力すると土地利用や土壌毎に別表から個別の値が設定される。その他の値を入力するとその値が全域に適用される

Parameter_Control

図 4-1 「Parameter_Control」 シート

表 4-1 「Parameter_Control」 設定例

Case	NORMAL				
Basin Type	1				Select "1"for river、 "2" for lake、 "3" for combination

Symbols	Value	Unit		Parameters	Remarks
R	336.6	$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$	r_factor	Rainfall and Runoff Factor for USLE	
K	0	$\text{t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$	k_factor	Soil Erodibility Factor for USLE	If "0" is selected, values on the appended table will be used.
L	0	m	l_factor	Slope-length Factor for USLE	If "0" is selected, the value will be set automatically using topography data.
S	0	%	s_factor	Slope-steepness Factor for USLE	If "0" is selected, the value will be set automatically using topography data.
C	0	–	c_factor	Cover and Management Factor for USLE	If "0" is selected, values on the appended table will be used.
P	0	–	p_factor	Support Practice Factor for USLE	If "0" is selected, values on the appended table will be used.
C_{nt_sand}	40	%	sd_cont	Sand content	
C_{nt_silt}	40	%	si_cont	Silt content	
C_{nt_clay}	20	%	cl_cont	Clay content	
d_{sand}	3.50E-04	m	sd_size	Particle size of sand	
d_{silt}	1.50E-05	m	si_size	Particle size of silt	
d_{clay}	1.00E-06	m	cl_size	Particle size of clay	
τ_c	0.18	N m^{-2}	tau_c	Critical shear stress for sand	
τ_{ce_silt}	0.06	N m^{-2}	tau_ce_si	Critical shear stress for silt erosion	
τ_{cd_silt}	0.043	N m^{-2}	tau_cd_si	Critical shear stress for silt deposition	
τ_{ce_clay}	0.06	N m^{-2}	tau_ce_cl	Critical shear stress for clay erosion	
τ_{cd_clay}	0.043	N m^{-2}	tau_cd_cl	Critical shear stress for clay deposition	
τ_{c_slope}	0.26	N m^{-2}	tau_c_slo	Critical shear stress for sand at slope	
$\tau_{ce_silt_slope}$	0.26	N m^{-2}	tau_ce_si	Critical shear stress for silt erosion at slope	
$\tau_{cd_silt_slope}$	0.26	N m^{-2}	tau_cd_si	Critical shear stress for silt deposition at slope	
$\tau_{ce_clay_slope}$	0.26	N m^{-2}	tau_ce_cl	Critical shear stress for clay erosion at slope	
$\tau_{cd_clay_slope}$	0.26	N m^{-2}	tau_cd_cl	Critical shear stress for clay deposition at slope	
Ψ_D	3.912	$\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$	duboy's_co	Duboy's coefficient	
E	4.00E-06	$\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	erd_coef	Erodibility coefficient	
C_{ss}	0.35	kg m^{-3}	sed_conc	Suspended solid concentration	
W_{s_sand}	5.00E-02	m s^{-1}	ws_sd	Settling velocity of sand	
W_{s_silt}	2.02E-04	m s^{-1}	ws_si	Settling velocity of silt	
W_{s_clay}	8.98E-07	m s^{-1}	ws_cl	Settling velocity of clay	
T_{flood}	40	h	t_flood	Flooding time	
n	0.03	–	n_river	Manning roughness factor at Slope	
n_{slope}	0.03	–	n_slope	Manning roughness factor at River	
ρ_s	2650	kg m^{-3}	s_density	Sediment density	
ρ_w	1000	kg m^{-3}	w_density	Water density	
ϕ	0.5	–	prosimy	Porosity	
g	9.8	m s^{-2}	gravity	Acceleration of gravity	
V_{lake}	0.01	m s^{-1}	lake_v	Flow rate at lake	
D_{lake}	0	m	lake_dep	Lake depth	If "0" is selected, values on the appended table will be used.
C_f	0.0032	–	fric_coef	Coefficient of friction at lake bed	
α	1.2	–	alfa_valu	α -value for Cs-137 profile	
$T_{1/2}$	30.2	y	half_life	Half-life of Cs-137	
Note	This is a reference case.				

表 4-2 「Parameter_Control」において設定するパラメータ

Symbols	Unit	Parameters	Remarks		参考文献 ³⁾ 記載箇所
R	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ y ⁻¹	Rainfall and Runoff Factor for USLE	降雨係数	解析領域内で欠測の少ない 23 地点における 2001～2011 年の、全ての気象庁 10 分間雨量データを平均した値を採用。降雪量も含む。	2. 4. 1 (1)
K	t h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	Soil Erodibility Factor for USLE	土壌係数	国交省 20 万分の 1「土地分類基本調査 (土壌図) ^{19), 20)} 」の土壌分類のうち該当する分類に、今井・石渡(2007) ²¹⁾ の定めた値を採用。	2. 4. 1 (2)
L	m	Slope-length Factor for USLE	斜面長係数	10m より高い解像度を持つ標高値データから得られる斜面長及び勾配から算出。あわせて「地形係数」(Topographic Factor)。	2. 4. 1 (3)
S	%	Slope-steepness Factor for USLE	斜面勾配係数		
C	–	Cover and Management Factor for USLE	作物係数	国交省「国土数値情報」 ²²⁾ の土地利用区分のうち該当する区分に、鶴木ほか(2009) ²³⁾ 及び今井ほか(2007) ²⁴⁾ の定めた値を採用。	2. 4. 1 (4)
P	–	Support Practice Factor for USLE	保全係数	国交省「国土数値情報」 ²²⁾ の土地利用区分のうち該当する区分に、鶴木ほか(2009) ²³⁾ 及び R. P. C. Morgan(2005) ²⁴⁾ の定めた値を採用。	2. 4. 1 (5)
C_{nt_sand}	%	Sand content	【砂】土砂中の重量比	砂:シルト:粘土=2:2:1 と仮定して算出。	2. 4. 2 (1)
C_{nt_silt}	%	Silt content	【シルト】		
C_{nt_clay}	%	Clay content	【粘土】		
d_{sand}	m	Particle size of sand	【砂】代表粒径 (粒径幅 (2mm～63 μ m) の中間値)	ストークスの式で沈降速度 (W_s) の計算に用いる (※へ)。【シルト・粘土のみ】 土壌の比表面積 [m ² /g] (S_p)、 ¹³⁷ Cs 濃度 [mBq/g] (C_p) 及びこれらから求められる ¹³⁷ Cs 濃度比 (R_{α}) の計算に用いる。	2. 4. 4 (3)
d_{silt}	m	Particle size of silt	【シルト】 (粒径幅 (63 μ m～4 μ m) の中間値)		
d_{clay}	m	Particle size of clay	【粘土】 (粒径幅 (4 μ m～) の中間値)		
τ_c	N m ⁻²	Critical shear stress for sand	【砂】〔河川〕 限界せん断応力	Dubois 式で流砂量 (g_s) の計算に用いる。	2. 4. 2 (2)
τ_{ce_silt}	N m ⁻²	Critical shear stress for silt erosion	【シルト】〔河川〕 再浮遊 (Erosion) 限界せん断応力	Partheniades-Krone 式で再浮遊フラックス (S_d) の計算に用いる。	2. 4. 2 (3)
τ_{cd_silt}	N m ⁻²	Critical shear stress for silt deposition	【シルト】〔河川〕 堆積 (Deposition) 限界せん断応力	Partheniades-Krone 式で堆積フラックス (S_d) の計算に用いる。	
τ_{ce_clay}	N m ⁻²	Critical shear stress for clay erosion	【粘土】〔河川〕 再浮遊 (Erosion) 限界せん断応力	Partheniades-Krone 式で再浮遊フラックス (S_d) の計算に用いる。	
τ_{cd_clay}	N m ⁻²	Critical shear stress for clay deposition	【粘土】〔河川〕 堆積 (Deposition) 限界せん断応力	Partheniades-Krone 式で堆積フラックス (S_d) の計算に用いる。	
τ_{c_slope}	N m ⁻²	Critical shear stress for sand at slope	【砂】〔斜面〕 限界せん断応力	Dubois 式で流砂量 (g_s) の計算に用いる。	2. 4. 2 (2)
$\tau_{ce_silt_slope}$	N m ⁻²	Critical shear stress for silt erosion at slope	【シルト】〔斜面〕 再浮遊 (Erosion) 限界せん断応力	Partheniades-Krone 式で再浮遊フラックス (S_d) の計算に用いる。	2. 4. 2 (3)
$\tau_{cd_silt_slope}$	N m ⁻²	Critical shear stress for silt deposition at slope	【シルト】〔斜面〕 堆積 (Deposition) 限界せん断応力	Partheniades-Krone 式で堆積フラックス (S_d) の計算に用いる。	
$\tau_{ce_clay_slope}$	N m ⁻²	Critical shear stress for clay erosion at slope	【粘土】〔斜面〕 再浮遊 (Erosion) 限界せん断応力	Partheniades-Krone 式で再浮遊フラックス (S_d) の計算に用いる。	
$\tau_{cd_clay_slope}$	N m ⁻²	Critical shear stress for clay deposition at slope	【粘土】〔斜面〕 堆積 (Deposition) 限界せん断応力	Partheniades-Krone 式で堆積フラックス (S_d) の計算に用いる。	
Ψ_D	m ³ kg ⁻¹ s ⁻¹	Duboy’s coefficient	流砂量係数	Dubois 式で流砂量 (g_s) の計算に用いる。	2. 4. 2 (2)
E	kg m ⁻² s ⁻¹	Erodibility coefficient	侵食係数	Partheniades-Krone 式で再浮遊フラックス (S_d) の計算に用いる。	2. 4. 2 (3)
C_{ss}	kg m ⁻³	Suspended solid concentration	浮遊物質濃度	Partheniades-Krone 式で堆積フラックス (S_d) の計算に用いる。	
W_{s_sand}	m s ⁻¹	Settling velocity of sand	【砂】 沈降速度	堆積率 (S_{rate}) の計算に用いる。	2. 4. 2 (2) Table4 のみ
W_{s_silt}	m s ⁻¹	Settling velocity of silt	【シルト】	ストークスの式により計算される (※から)。 堆積率 (S_{rate}) の計算に用いる。	2. 4. 2 (3)
W_{s_clay}	m s ⁻¹	Settling velocity of clay	【粘土】	Partheniades-Krone 式で堆積フラックス (S_d) の計算に用いる。	
T_{flood}	h	Flooding time	平均出水	解析領域内 18 地点における 2000～2010 年の、流量 Q が平均流量の 3 倍を上回った時間を平均した値を採用。セルあたり流砂量 (G_{cell})、再浮遊フラックス (R_{cell})、堆積フラックス (D_{cell}) の計算に用いる。	2. 4. 2 (5) (Q)
			継続時間		2. 4. 3 (2)～(4) (T_{flood})
n	–	Manning roughness factor at slope	〔斜面〕マンニング粗度係数	マンニングの式で流速 (V) 及び径深 (R_h) の計算に用いる。	2. 4. 2 (5)
n_{slope}	–	Manning roughness factor at river	〔河川〕		
ρ_s	kg m ⁻³	Sediment density	【シルト・粘土】粒子の密度	土壌の比表面積 [m ² /g] (S_p)、 ¹³⁷ Cs 濃度 [mBq/g] (C_p) 及びこれらから求められる ¹³⁷ Cs 濃度比 (R_{α}) の計算に用いる。	2. 4. 4 (3)
ρ_w	kg m ⁻³	Water density	流体の密度	ストークスの式で沈降速度 (W_s) の計算に用いる (※へ)。	2. 4. 2 (3)
ϕ	–	Porosity	空隙率	土壌中の ¹³⁷ Cs 蓄積量 [Bq/m ²] (R_h) の計算に用いる。	2. 4. 4 (2)
g	m s ⁻²	Acceleration of gravity	重力加速度	Dubois 式やストークスの式に用いる。	2. 4. 2 (3)
V_{lake}	m s ⁻¹	Flow rate at lake	湖沼の流速	湖沼底面のせん断応力 (τ_o) の計算に用いる。	2. 4. 2 (4)
				マンニングの式で設定できない湖沼の水深・幅・流速の設定に用いる。	2. 4. 3 (6)
D_{lake}	m	Lake depth	湖沼の水深	解析セルのうち湖沼部分の作成に用いる。	2. 4. 3 (6)
C_f	–	Coefficient of friction at lake bed	湖沼の底面摩擦係数	湖沼底面のせん断応力 (τ_o) の計算に用いる。	2. 4. 2 (4)
α	–	α -value for Cs-137 profile	放射能濃度分布の特徴を表す係数	任意の深度における放射能濃度 [Bq/kg] (C_d) の計算に用いる。	2. 4. 4 (2)
$T_{1/2}$	y	Half-life of Cs-137	¹³⁷ Cs 半減期	壊変定数 (λ) に換算したのち、放射能量 [Bq] (N_t) の計算に用いる。	2. 4. 4 (4)

4.2 「Area_Selection」シート

解析の領域の設定を行う。シート及びその設定例を図 4-2 及び表 4-3 に示す。

4.2.1 「AREA」カラム

対象となる解析領域である。「対象領域候補リスト」カラムに示されている河川及び湖沼から選定したものをコピーし、当カラムに貼付ける。他のワークシートでは入力を行うのは背景が薄水色となっているセルのみであるが、当シートでは、背景が緑色のセルにおいて作業を行う。

ここで、選定においては、集水域が重ならないように注意する必要がある。ある河川とその流域にあるダムを同時に設定することはできない(例えば、「富岡川」及び「滝川ダム」)。また、ある河川の本川と支川を同時に設定することもできない(例えば、本川「請戸川」及び支川「高瀬川」)。

4.2.2 「対象領域候補リスト」カラム

解析対象となる河川及び湖沼が示されている。

ここで、当カラムに示されていない河川や湖沼であっても、インプットフォルダに収められている湖沼ポリゴンデータ(3.1.2 参照)や河川ラインデータ「river_line.shp」(3.1.3 参照)に形状及び名称が存在すれば計算は可能である。

ただし、名称が存在する場合でも同一名称の対象が複数存在する場合(例えば、「名称不明」)は、解析結果がそれらを全て合算して提示するため、注意が必要である。

この右側のカラムには、対象領域が「河川」のみか、「湖沼」のみか、あるいはその両者なのかの種別が示されている。この種別(河川のみ、湖沼のみ、河川と湖沼の両者)は、「Parameter_Control」シートの「Basin Type」カラム(4.1.2 参照)での設定と整合していないてはならない。

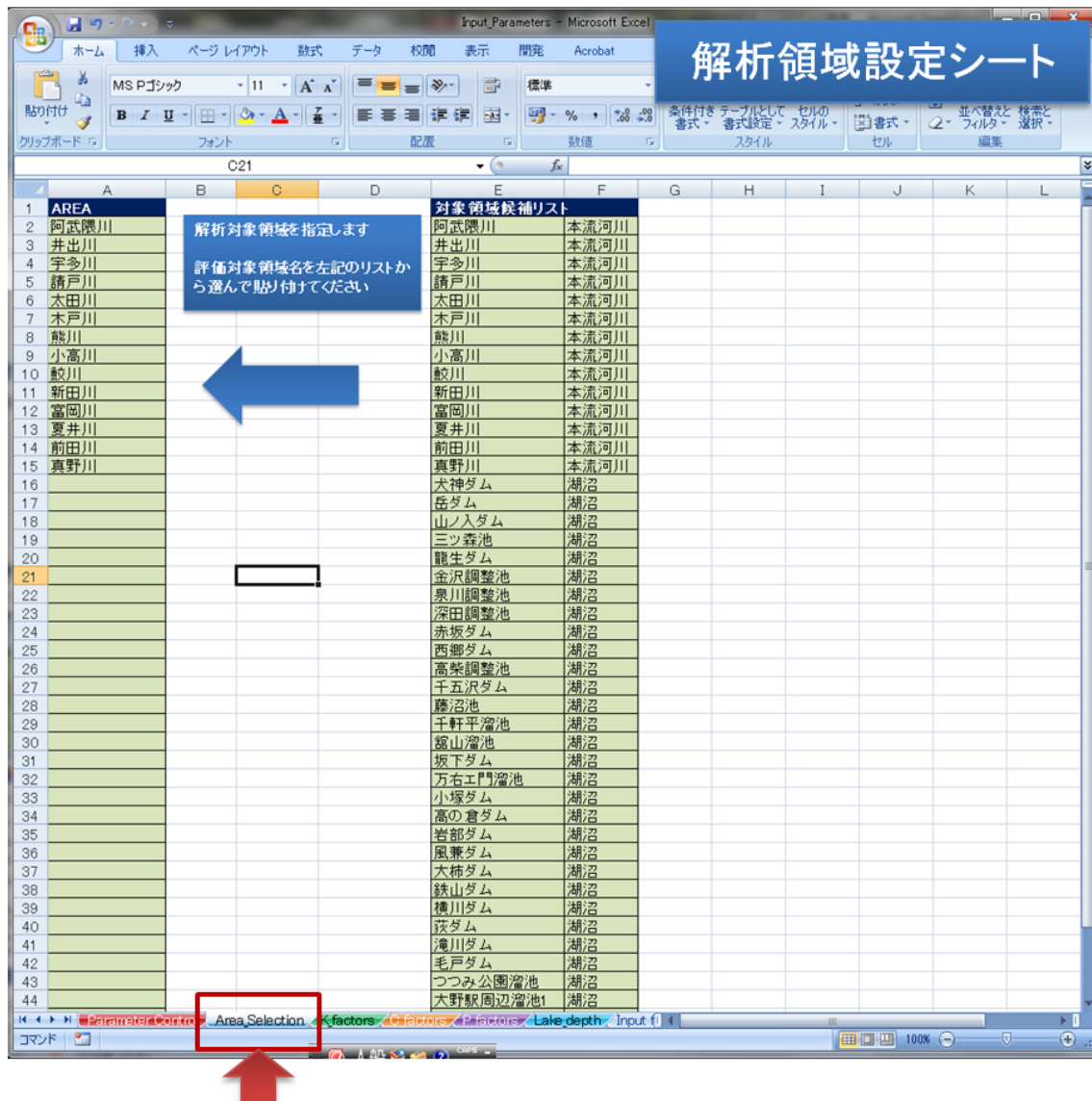


図 4-2 「Area_Selection」シート

表 4-3 「Area_Selection」 設定例

AREA	対象領域候補リスト					
阿武隈川	阿武隈川	本流河川			西郷ダム	湖沼
井出川	井出川	本流河川			高柴調整池	湖沼
宇多川	宇多川	本流河川			千五沢ダム	湖沼
請戸川	請戸川	本流河川			藤沼池	湖沼
太田川	太田川	本流河川			千軒平溜池	湖沼
木戸川	木戸川	本流河川			館山溜池	湖沼
熊川	熊川	本流河川			坂下ダム	湖沼
小高川	小高川	本流河川			万右エ門溜池	湖沼
鮫川	鮫川	本流河川			小塚ダム	湖沼
新田川	新田川	本流河川			高の倉ダム	湖沼
富岡川	富岡川	本流河川			岩部ダム	湖沼
夏井川	夏井川	本流河川			風兼ダム	湖沼
前田川	前田川	本流河川			大柿ダム	湖沼
真野川	真野川	本流河川			鉄山ダム	湖沼
	犬神ダム	湖沼			横川ダム	湖沼
	岳ダム	湖沼			荻ダム	湖沼
	山ノ入ダム	湖沼			滝川ダム	湖沼
	三ツ森池	湖沼			毛戸ダム	湖沼
	龍生ダム	湖沼			つつみ公園溜池	湖沼
	金沢調整池	湖沼			大野駅周辺溜池 1	湖沼
	泉川調整池	湖沼			大野駅周辺溜池 2	湖沼
	深田調整池	湖沼			大野駅周辺溜池 3	湖沼
	赤坂ダム	湖沼			大蔵ダム	湖沼
					加倉溜池	湖沼

「対象領域候補リスト」 カラムからコピーし、「AREA」 カラムに貼付ける。

4.3 「K_factors」シート

土壌種毎に USLE 計算の K factor を設定する。シート及びその設定例を図 4-3 及び表 4-4 に示す。「Parameter_Control」シートで「K」に“0”を入力した場合に（4.1.4 参照）、「Soil_type」カラムに記載された土壌名毎に「K_factor」カラムに記入した値が読み込まれる。

ここで、「Soil_type」カラムは、土壌ラスタデータ「soil」（3.1.6 参照）の属性テーブルにおけるカラム名とその土壌種に一致している必要がある。

value	K factor	Soil_type
1	0.050	灰色低地土壌
2	0.033	乾性褐色森林土壌
3	0.011	黒ボク土壌
4	0.033	湿性褐色森林土壌
5	0.059	褐色低地土壌
6	0.047	グライ土壌
7	0.049	細粒灰色低地土壌
8	0.033	乾性褐色森林土壌(黄褐色系)
9	0.041	細粒グライ土壌
10	0.030	黒泥土壌
11	0.019	砂丘未熟土壌
12	0.048	粗粒褐色低地土壌
13	0.012	多量黒ボク土壌
14	0.033	褐色森林土壌(黄褐色系)
15	0.019	高位泥炭土壌
16	0.046	粗粒灰色低地土壌
17	0.019	岩屑性土壌
18	0.019	乾性ポドゾル化土壌
19	0.019	岩石地
20	0.033	褐色森林土壌(暗褐色系)
21	0.033	褐色森林土壌
22	0.019	低位泥炭土壌
23	0.019	湿性ポドゾル化土壌
24	0.033	青色土壌
25	0.032	淡色黒ボク土壌
26	0.033	乾性褐色森林土壌(赤褐色系)
27	0.019	残積性未熟土壌
28	0.033	褐色森林土壌(赤褐色系)
29	0.013	厚層黒ボク土壌
30	0.011	粗粒黒ボク土壌
31	0.047	粗粒グライ土壌
32	0.019	赤色土壌
33	0.032	高山岩屑性土壌
34	0.011	粗粒淡色黒ボク土壌

図 4-3 「K_factors」シート

表 4-4 「K_factors」 設定例

value	K_factor	Soil_type
1	0.050	灰色低地土壌
2	0.033	乾性褐色森林土壌
3	0.011	黒ボク土壌
4	0.033	湿性褐色森林土壌
5	0.059	褐色低地土壌
6	0.047	グライ土壌
7	0.049	細粒灰色低地土壌
8	0.033	乾性褐色森林土壌（黄褐色）
9	0.041	細粒グライ土壌
10	0.030	黒泥土壌
11	0.019	砂丘未熟土壌
12	0.048	粗粒褐色低地土壌
13	0.012	多湿黒ボク土壌
14	0.033	褐色森林土壌（黄褐色）
15	0.019	高位泥炭土壌
16	0.046	粗粒灰色低地土壌
17	0.019	岩屑性土壌
18	0.019	乾性ポドゾル化土壌
19	0.019	岩石地
20	0.033	褐色森林土壌（暗褐色）
21	0.033	褐色森林土壌
22	0.019	低位泥炭土壌
23	0.019	湿性ポドゾル化土壌
24	0.033	黄色土壌
25	0.032	淡色黒ボク土壌
26	0.033	乾性褐色森林土壌（赤褐色）
27	0.019	残積性未熟土壌
28	0.033	褐色森林土壌（赤褐色）
29	0.013	厚層黒ボク土壌
30	0.011	粗粒黒ボク土壌
32	0.047	粗粒グライ土壌
34	0.019	赤色土壌
35	0.032	高山岩屑性土壌
36	0.011	粗粒淡色黒ボク土壌

4.4 「C_factors」及び「P_factors」シート

土地利用区分毎に USLE 計算の C factor 及び P factor を設定する。シート及びその設定例を図 4-4 及び表 4-5 に示す。「Parameter_Control」シートで対象パラメータ「C」及び「P」に“0”を入力した場合に（4.1.4 参照）、「Landuse」カラムに記載された土地利用名毎に「C_factor」及び「P_factor」カラムに記入した値が読み込まれる。

ここで、「Landuse」カラムは、土地利用ラスタデータ「landuse」（3.1.7 参照）の属性テーブルにおけるカラム名とその土地利用名に一致している必要がある。

また、いかなる場所においても、その場所の土地利用を表す「Landuse」は、「C_factor」と「P_factor」で同一のものとなる。

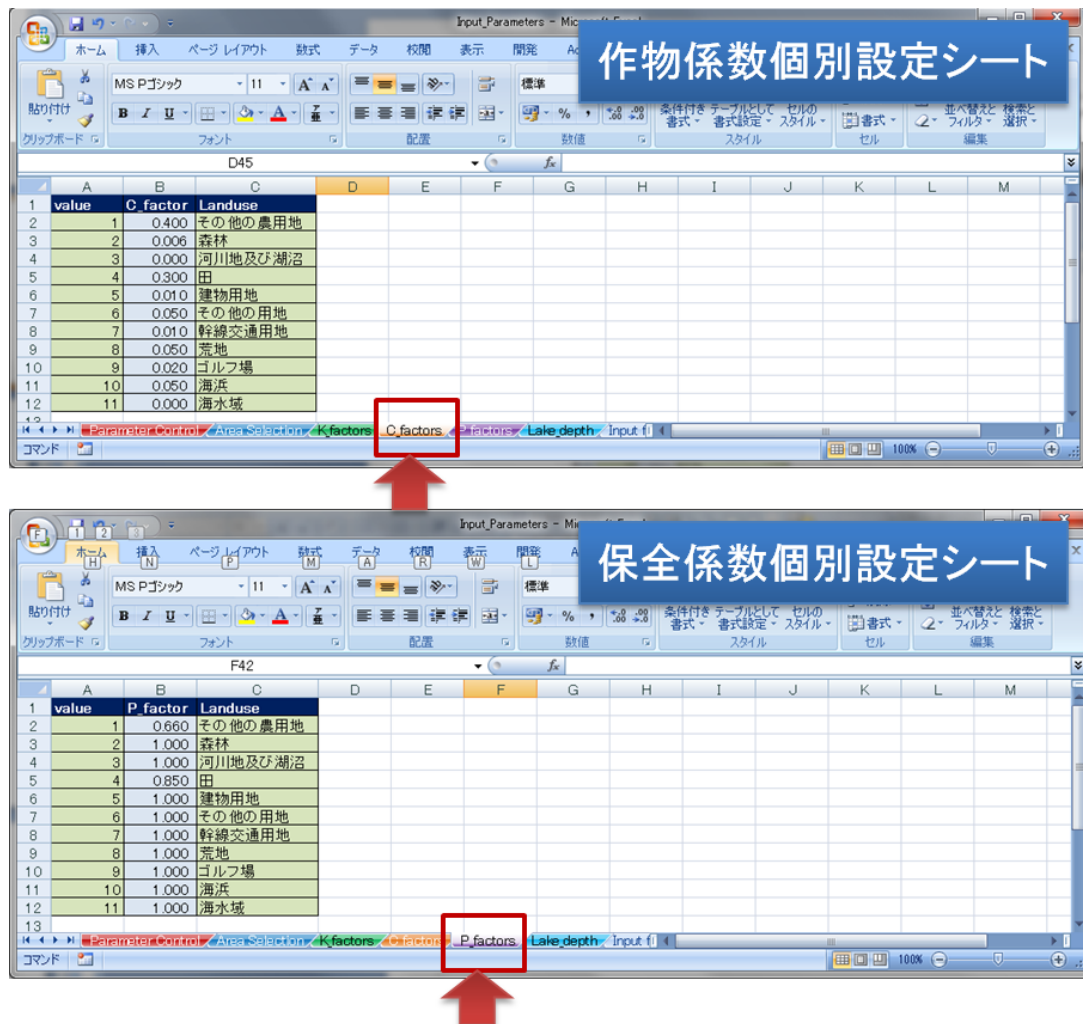


図 4-4 「C_factors」シート及び「P_factors」シート

表 4-5 「C_factors」及び「P_factors」設定例

value	C_factor	Landuse
1	0.400	その他の農用地
2	0.006	森林
3	0.000	河川地及び湖沼
4	0.300	田
5	0.010	建物用地
6	0.050	その他の用地
7	0.010	幹線交通用地
8	0.050	荒地
9	0.020	ゴルフ場
10	0.050	海浜
11	0.000	海水域

value	P_factor	Landuse
1	0.660	その他の農用地
2	1.000	森林
3	1.000	河川地及び湖沼
4	0.350	田
5	1.000	建物用地
6	1.000	その他の用地
7	1.000	幹線交通用地
8	1.000	荒地
9	1.000	ゴルフ場
10	1.000	海浜
11	1.000	海水域

4.5 「Lake_depth」シート

湖沼毎に深度を設定する。シート及びその設定例を図 4-5 及び表 4-6 に示す。「Parameter_Control」シートで対象パラメータ「D_{lake}」に“0”を入力した場合に（4.1.4 参照）。「LAKE_NAME」カラムに記載された湖沼名毎に「LAKE_DEP」カラムに記入した値が読み込まれる。

ここで、「LAKE_NAME」カラム名及びそのカラムにおける湖沼名は、湖沼ポリゴンデータ「lake_poly.shp」（3.1.2 参照）の属性テーブルにおけるカラム名及びそのカラムにおける湖沼名に一致している必要がある。

「REFERENCE」カラムには、その湖沼の深度の根拠となるデータが示されている。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	LAKE NAME	LAKE DEP	REFERENCE								
1											
2	大神ダム	23.16	福島県農村基盤整備課データ								
3	岳ダム	23.5	福島県農村基盤整備課データ								
4	山ノ入ダム	16	福島県農村基盤整備課データ								
5	三ツ森池	15	福島県農村基盤整備課データ								
6	龍生ダム	14.78	福島県農村基盤整備課データ								
7	金沢調整池	18	福島県農村基盤整備課データ								
8	泉川調整池	9	福島県農村基盤整備課データ								
9	深田調整池	27	福島県農村基盤整備課データ								
10	赤坂ダム	10.5	福島県農村基盤整備課データ								
11	西郷ダム	24	福島県農村基盤整備課データ								
12	高柴調整池	7.4	福島県農村基盤整備課データ								
13	半田沼	14.09	福島県農村基盤整備課データ								
14	六郎沼	9.24	福島県農村基盤整備課データ								
15	千五沢ダム	18.1	福島県農村基盤整備課データ								
16	藤沼池	12.9	福島県農村基盤整備課データ								
17	松ヶ房ダム	24	福島県農村基盤整備課データ								
18	千軒平溜池	18.8	福島県農村基盤整備課データ								
19	竈山溜池	14.62	福島県農村基盤整備課データ								
20	坂下ダム	20.9	福島県農村基盤整備課データ								
21	万右エ門溜池	9.5	福島県農村基盤整備課データ								
22	小塚ダム	22	福島県農村基盤整備課データ								
23	高の倉ダム	27.85	福島県農村基盤整備課データ								
24	岩部ダム	15.95	福島県農村基盤整備課データ								
25	風兼ダム	14.68	福島県農村基盤整備課データ								
26	大柿ダム	33.5	福島県農村基盤整備課データ								
27	鉄山ダム	17	福島県農村基盤整備課データ								
28	横川ダム	37.5	福島県農村基盤整備課データ								
29	荻ダム	18.1	福島県農村基盤整備課データ								
30	滝川ダム	33.6	福島県農村基盤整備課データ								
31	毛戸ダム	12.3	福島県農村基盤整備課データ								
32	つつみ公園溜池	10	深度データなし								
33	大野駅周辺溜池1	10	深度データなし								
34	大野駅周辺溜池2	10	深度データなし								
35	大野駅周辺溜池3	10	深度データなし								
36	大蔵ダム	10	深度データなし								
37	加倉溜池	10	深度データなし								
38	名称不明	10	深度データなし								

図 4-5 「Lake_depth」シート

表 4-6 「Lake_depth」 設定例

LAKE_NAME	LAKE_DEP	REFERENCE
犬神ダム	23.16	福島県農村基盤整備課データ
岳ダム	23.5	福島県農村基盤整備課データ
山ノ入ダム	16	福島県農村基盤整備課データ
三ツ森池	15	福島県農村基盤整備課データ
龍生ダム	14.78	福島県農村基盤整備課データ
金沢調整池	18	福島県農村基盤整備課データ
泉川調整池	9	福島県農村基盤整備課データ
深田調整池	27	福島県農村基盤整備課データ
赤坂ダム	10.5	福島県農村基盤整備課データ
西郷ダム	24	福島県農村基盤整備課データ
高柴調整池	7.4	福島県農村基盤整備課データ
半田沼	14.09	福島県農村基盤整備課データ
六郎沼	9.24	福島県農村基盤整備課データ
千五沢ダム	18.1	福島県農村基盤整備課データ
藤沼池	12.9	福島県農村基盤整備課データ
松ヶ房ダム	24	福島県農村基盤整備課データ
千軒平溜池	18.8	福島県農村基盤整備課データ
館山溜池	14.62	福島県農村基盤整備課データ
坂下ダム	20.9	福島県農村基盤整備課データ
万右エ門溜池	9.5	福島県農村基盤整備課データ
小塚ダム	22	福島県農村基盤整備課データ
高の倉ダム	27.85	福島県農村基盤整備課データ
岩部ダム	15.95	福島県農村基盤整備課データ
風兼ダム	14.68	福島県農村基盤整備課データ
大柿ダム	33.5	福島県農村基盤整備課データ
鉄山ダム	17	福島県農村基盤整備課データ
横川ダム	37.5	福島県農村基盤整備課データ
萩ダム	18.1	福島県農村基盤整備課データ
滝川ダム	33.6	福島県農村基盤整備課データ
毛戸ダム	12.3	福島県農村基盤整備課データ
つつみ公園溜池	10	深度データなし
大野駅周辺溜池 1	10	深度データなし
大野駅周辺溜池 2	10	深度データなし
大野駅周辺溜池 3	10	深度データなし
大蔵ダム	10	深度データなし
加倉溜池	10	深度データなし
名称不明	10	深度データなし

4.6 「Input for ArcGIS」 シート

「Parameter_Control」 への入力内容が、自動的に ArcGIS が参照する形式に変更され示されるシートである。当シートへの入力を行う必要はない（2.2 参照）。

5. ツールボックス（「Toolbox. tbx」）を用いた計算の実行

SACT の計算は、Step0～Step5 の 6 つの Step から構成される。各 Step は、全ての計算を含むメインモデル及びその下位のサブモデル群から構成される。

計算の実行に先立ち、モデルの整合性の確認を行い、シェープファイルやラスタデータ（3.1 参照）及びカーネルファイル（3.2 参照）が入力データとして参照できていることを確認する（5.1 参照）。整合性を確認したのち、計算を実行する（5.2 参照）。SACT は、全ての Step を連続で処理する形を取っていないことから、Step0 より始め順次 Step5 まで順番に計算を実行していく。

なお、計算結果は、「Outputs」フォルダ内に作成される（6 章参照）。その後、全ての計算が終了し「Outputs」フォルダに作成されたことを確認したのち、Excel®マクロを実行して代表的な結果を Excel®ファイルに集約し終了することとなる（7 章参照）。

5.1 整合性の確認

マップドキュメント（「Soil_transport_model」、表 2-1 参照）の「カタログ」内の toolbox. tbx に示される、実行しようとするモデルまたはサブモデルを右クリックののち「開く」を選択し、画面上側の「✓」をクリックする。ModelBuilder が表示され（2.3、図 2-4～2-5 参照）、整合性が取れている場合は、パラメータデータ（入力データや出力データ、右肩に“P”と表示）を除くモデルエレメント（2.3、図 2-4～2-5）に色が付く。整合性が取れていない場合は、 と表示され色が付かないので、必要な対策を講じる（5.3 参照）。

5.2 計算の実行

整合性確認ののち、計算を実行する。具体的には、マップドキュメント（「Soil_transport_model」）の「カタログ」内の toolbox. tbx に示される当該プログラムを右クリックして「実行」を選択する。各ステップはメインモデルとサブモデルのいずれで実行することもできる。

5.2.1 0_Step_0_Extract_Study_Area （6.1 参照）

アウトプットフォルダ（「Outputs」）（2 章, 2.4 参照）の中に、計算の結果 Step4 及び Step5 で出力されるファイルを格納するフォルダを作成する。

次に、与えられた標高値ラスタデータ（3.1.4 参照）から集水域（watershed）を作成する。これらの集水域に対して、隣接する 8 つのセルのどれよりも標高の低い局所的な凹地（sink、以下「シンク」という。）をなくすなどして水の流れが妨げられないような標高の調整を行うとともに、湖沼での堆積を評価できるような集水域となるよう必要なシンクを該当セルの null 化により別途作成する。最後に、作成した全ての集水域に名称を与えると同時にそれぞれに流出点（pourpoint）を設定し、リストラスタを作成する。

当 Step のサブモデル毎に行われる計算の概要を、図 5-1 に示す。

なお、Step0 を開始する前に、解析対象領域に含める河川や湖沼を「Parameter_Control」シートにおいて指定しておく必要がある（4.1.2 及び 4.2.3 参照）。

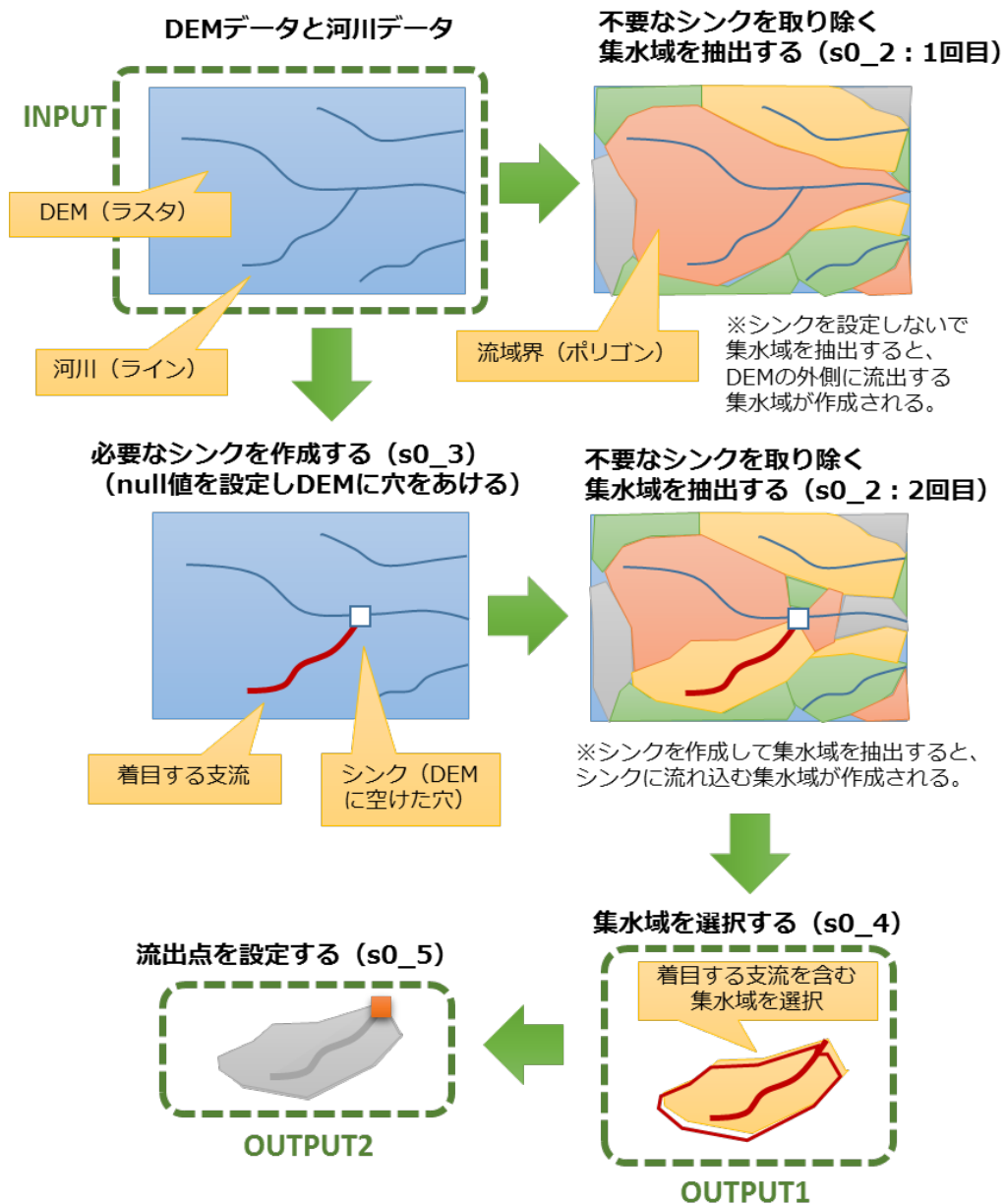


図 5-1 0_Step_0 の概念図

(1) s0_1_create_folders

アウトプットフォルダ (「Outputs」) (2 章, 2.4 参照) の中に、Step4 及び Step5 で出力されるファイルを格納するフォルダを作成する。作成するアウトプットフォルダとその階層を表 5-1 に示す。フォルダが既に存在する場合には、エラーとなって終了する。

あわせて、集水域作成用の DEM (3. 1. 4 参照) をコピーし、ラスタデータを作成する (s0_1_dem)。

表 5-1 作成するフォルダとその階層

Outputs	Outputs_Bq_flux	
	Outputs_Bq_m2	
	Outputs_Sv	
	Outputs_Spreadsheets	Bq_flux
		Bq_sum
		Bq_sum_lake

(2) s0_2_create_watersheds

標高値ラスタデータ (3.1.4 参照) から集水域 (watershed) を作成する (6.1 参照)。こののち、作成された集水域を湖沼ポリゴンデータ (3.1.2 参照) 及び河川ラインデータ (3.1.3 参照) と比較する。比較の結果から必要と判断されれば、

- ・ 河川または湖沼が存在する場所の標高を本来よりも低い標高に変える
- ・ 隣接する 8 つのセルの最も標高の低いセルまで当該セルの標高を嵩上げする

等の方法により不要なシンクを取り除く (s0_3 で作成する必要なシンクとは異なる) 「サーフェス平滑化」と呼ばれる作業を行い、水の流れが妨げられないようにする。

(3) s0_3_create_sink

ここでは、流域 (河川及び湖沼のいずれも含む。以降同様。) 内の任意の点を流出点とする集水域を抽出し、解析対象領域として設定するために、流出点となる本流／支流の合流点やダム等に隣接するセルに対して、標高値ラスタに意図的にシンクを作成する (s0_2 で取り除く不要なシンクとは異なる)。

シンクを作成する上では、こののち再度行われる s0_2 において不要なシンクを再度取り除く際に本サブモデル s0_3 で作成する必要なシンクもあわせて取り除かれることのないように、s0_2 と同様な方法とはらず、「null 値」を設定する。null 値は、選定した解析対象領域 (SACT では任意の河川や湖沼の集水域を選択可能) ごとに最大累積流量を持つセルを流出点として特定したのち、当該セルに隣接するセルのうち、下流側にあたるセルに null 値を設定する。

なお、流出点は、本流であれば河口、支流であれば本流への合流点、湖沼であればその最も下流側にあるダムまたは流出する河川の始点となる。

ここで、s0_2 が再度行われる。s0_3 で行った null 化によるシンクは取り除かれないことから、解析領域の外側への水の流出がなくなるとともに、湖沼での土砂の堆積を評価できるような集水域の作成が行われる。

なお、s0_2 以外には、このように複数回行われるサブモデルはない。

(4) s0_4_select_watersheds

ここでは、「Area Selection」シートであらかじめ指定された河川名または湖沼名に一致する、河川のラインデータまたは湖沼のポリゴンデータを検索し、これと s0_3 で作成した集水域をテーブル結合することにより、該当する河川及び湖沼（いずれもある場合は両者）を包含する集水域を選択する。さらに、選択した集水域それぞれに名称を与え、「リストラスタ」を作成する。

(5) s0_5_create_pour_points

s0_4 で抽出した集水域それぞれにおいて累積流量最大値を有するセルを求め、流出点として設定する (s0_5_pour_pts)。さらに、解析対象領域内にある全ての流出点が入力された「リストラスタ」を作成する。

5.2.2 1_Step_1_Calculate_Cell-Based_Soil_Erosion (6.2 参照)

USLE 計算に必要な各 factor のデータを読み込み、セル単位で計算を実行し、各セルにおける「流亡土量」を求める。日本における山間地等の微細な起伏を再現するため、10m 程度の高解像度の DEM を用いることが望ましい (3.1.4~3.1.5 参照)。なお、流亡土量とは単位面積 1ha から 1 年間に流出し得る平均的な土砂の量であり (2.2 参照)、Step1 のみで扱われる概念である。

(1) s1_1_calculate_R_factor

パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」) の「Parameter_Control」シートに入力された値を参照し、R factor (降雨係数、4.1.4 参照) を与えるラスタを作成する (s1_1_r_factor)。

降雨量は観測年や観測点により値が異なるものの、現状では、解析領域内で欠測の少ない 23 地点における 2001~2011 年の全ての気象庁 10 分間雨量データ (降雪量含む) の平均値を、一律に解析対象領域に与えている³⁾。

(2) s1_2_calculate_K_factor

K factor (土壌係数、4.1.4 参照) を与えるラスタを作成する (s1_2_k_factor)。パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」) の「Parameter_Control」シートで「K」に“0”を入力した場合、同ファイルの「K_factors」シートを参照し値が読み込まれる (4.1.4, 4.3 参照)。

“0”以外の場合には、「Parameter_Control」シートに入力された一様な値でのラスタを作成する。

(3) s1_3_calculate_LS_factor

L factor (斜面長係数) 及び S factor (斜面勾配係数) を与えるラスタを作成する (s1_3_l_factor, s1_3_s_factor)。パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」) の「Parameter_Control」シートで「L」及び「S」に“0”を入力した場合、上記標高値ラスタデータ (3.1.5 参照) を参照し斜面長 l [m] 及び傾斜角 θ [%] を計算する。そののち、それぞれの値から L factor 及び S factor を算出しラスタを作成する (4.1.4 参照)。さらに、これらの積である LS factor (地形係数、4.1.4 参照) を算出する。

“0”以外の場合には、上記(2)同様に一様な値でのラスタを作成する。

(4) s1_4_calculate_C_factor

C factor（土壌係数、4.1.4 参照）を与えるラスタを作成する（s1_4_c_factor）。パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）の「Parameter_Control」シートで「C」に“0”を入力した場合、同ファイルの「C_factors」シートを参照し値が読み込まれる（4.1.4, 4.4 参照）。

“0”以外の場合には、上記(2)同様に一樣な値でのラスタを作成する。

(5) s1_5_calculate_P_factor

P factor（保全係数、4.1.4 参照）を与えるラスタを作成する（s1_5_p_factor）。パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）の「Parameter_Control」シートで「P」に“0”を入力した場合、同ファイルの「P_factors」シートを参照し値が読み込まれる（4.1.4, 4.4 参照）。

“0”以外の場合には、上記(2)同様に一樣な値でのラスタを作成する。

(6) s1_6_calculate_soil_loss_USLE

(1)～(5)で作成したラスタを用いて、USLE 式により流亡土量（A） $[t\ ha^{-1}\ y^{-1}]$ を計算する（s1_6_a_0）^{1), 2), 3)}。

ここで、Step0 において「河川及び湖沼」として設定されたセルの一部は土地利用データにおいて「河川及び湖沼」とされていないために、計算の結果得られる流亡土量が“0”とならない場合がある。したがって、すべての「河川及び湖沼」として設定されたセルに対し流亡土量を“0”と設定する（s1_6_a_ha）。

5.2.3 2_Step_2_Calculate_Cell-Based_Transport_and_Deposition（6.3 参照）

Step1 の USLE 計算で得られた流亡土量を基に、各セルにおいて移動・堆積し得る土砂量及び堆積率の計算を行う。

ここで、土砂を粒度で砂（粒径：63 μm ～2mm）、シルト（粒径：4 μm ～63 μm ）及び粘土（粒径：～4 μm ）に区分し、砂は「掃流」（粒子に及ぼす流水の流れ方向の抵抗力による移動）、シルト及び粘土は「浮流」（流水の乱れによる拡散現象による移動）により移動すると仮定する³⁾。砂には Dubois 式を用いて、単位断面（セル）あたりの流砂量（フラックス）を計算する。シルト及び粘土には Partheniades-Krone 式を用いて、単位底面積（セル）あたりの年間堆積及び再浮遊量（フラックス）を計算する³⁾。

(1) s2_1_create_input_rasters

移動・堆積土砂量の計算を行うために必要な、上記 5.2.2 で設定した USLE 計算に必要なパラメータ以外のパラメータに値を与えるラスタを作成する。

パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）の「Parameter_Control」シートに入力された計算に必要なパラメータの値を参照し値が読み込まれる。

(2) s2_2_calculate_channel_slope

斜面及び河川について、s0_1 で DEM をコピーし作成したラスタ（s0_1_dem）を用い s0_2 で作成した河川ラスタ（s0_2_riv_ras）や流向ラスタ（s0_2_flowdir）等から、傾斜角（ θ ）[%]のラスタ（s2_2_slope）を作成する。このうち河川には、1 km 毎に平均化した傾斜角[%]を用いる。

(3) s2_3_calculate_lake_parameters

パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）の「lake_depth」シート（4.5, 図 4-5 参照）を参照し値を読み込み、湖沼の深度ラスタ（s2_3_lake_dep）を作成する。あわせて、湖沼の水深の 4 倍を湖沼の幅と仮定し計算した湖沼幅ラスタ（s2_3_lake_wid）を作成する。

(4) s2_4_calculate_channel_parameters

s0_2 で計算した累積流量（s0_2_flowacm）ラスタや s0_4 で作成した集水域ラスタ（s0_4_bsn_ras）から、各セルの集水域面積[km^2]（s2_4_area）及び出水時流量[$\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$]（s2_4_r_disch）を計算する。あわせて、各セルの斜面における流路本数（s2_4_ch_num）を計算する。そのうち、これらの結果と s2_2 で作成した傾斜角ラスタ（s2_2_slope）等から、マニングの式を用いて流路を半円形の断面と仮定し各流路の径深(R_b) [m]（s2_4_hydrorad）及び流速[m s^{-1}]（s2_4_riv_v）を計算するとともに、流路幅[m]（s2_4_riv_wid）を計算する。

(5) s2_5_calculate_tau_0

湖沼、河川及び斜面に対し、上記(2)で計算した傾斜角（ θ ）や s2_4 で計算した径深（ R_b ）[m] から、せん断応力（ τ_0 ）[N m^{-2}]（s2_5_tau_0）を計算する。

(6) s2_6_calculate_dubois_equation

砂が「掃流」により移動すると仮定する。Dubois 式を用いて単位幅及び単位時間あたりの流砂量(g_s) [$\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$]（s2_6_g_s_0）を計算する。そのうち、s2_1 で作成した出水継続時間(T_{flood}) [h] ラスタ（s2_1_t_flood）及び河川及び当サブモデルで作成した湖沼幅ラスタ[m]（s2_6_rv1k_wid）とあわせ、単位断面（セル）あたりの流砂量（フラックス）(G_{cell}) [t y^{-1}]（s2_6_g_cell）を計算する。

(7) s2_7_calculate_partheniades_krone_equation

シルト及び粘土が「浮流」により移動すると仮定する。シルト及び粘土それぞれについて、Partheniades-Krone 式を用いて単位面積あたりの堆積量[$\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$]（s2_7_s_d_si, s2_7_s_d_cl）及び再浮遊フラックス[$\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$]（s2_7_s_r_si, s2_7_s_r_cl）を計算する。そのうち、そのうち、s2_1 で作成した出水継続時間（ T_{flood} ）ラスタ（s2_1_t_flood）及び s2_6 で作成した河川及び湖沼幅ラスタ[m]（s2_6_rv1k_wid）とあわせ、単位底面積（セル）あたりの年間堆積量（フラックス）[t y^{-1}]（s2_7_d_cell_s 及び s2_7_d_cell_c）及び再浮遊量（フラックス）[t y^{-1}]（s2_7_r_cell_s 及び s2_7_r_cell_c）を計算する。

(8) s2_8_calculate_sedimentation_rate

s2_1 で作成した湖沼平均流速ラスタ[m s^{-1}]（s2_1_v_lake）及び s2_4 で作成した河川流速ラスタ[m s^{-1}]（s2_8_flow_v）を統合する（①）。次に、s2_3 で作成した湖沼深度ラスタ[m]（s2_3_lake_dep）及び s2_4 で作成した河川の径深ラスタ[m]を等しいと仮定し水深ラスタ[m]（s2_8_depth）を作成する（②）。

次に、上記①及び②と、s2_1 で作成した沈降速度ラスタ(W_s) [m s⁻¹]（s2_1_ws_sd, s2_1_ws_si

及び s2_1_ws_cl) から、推定される土砂堆積量と実際の堆積量の割合である「堆積率」(S_rate) (s2_8_ws_sd, s2_8_rat_si 及び s2_8_rat_cl) を計算する。

5.2.4 3_Step_3_Calculate_Inter-Cell_Sediment_Transport (6.4 参照)

Step2 で行った各セルにおいて移動・堆積し得る土砂量の計算結果に基づき、砂、シルト及び粘土それぞれについて上流からセルに流入する土砂移動量の初期値及びその後の移動量を計算する。

なお、侵食及び堆積による土砂の移動に伴う地形変化は考慮していない。また、地形変化による侵食及び堆積量への影響も考慮していない。したがって、土砂移動量は全ての計算年で同じ値となる。

(1) s3_1_focal_analysis

土砂が周囲のどのセルから移動してきたかを明確にするため、当該セルを中心とする近傍の 3 セル×3 セルの、当該セル自身を除く 8 方向 (3.2 参照) に対しフォーカル統計 (focal statistics) を計算する。

(2) s3_2_create_focal_input

対象領域の流向データを抽出してラスタを作成する (s3_2_direct_x)。これと、上記 s3_1 のフォーカル統計結果を用いて、作成したラスタを上記 8 方向に分解するとともに、8 方向のセルのうち対象セルに流入する (つまり上流側となる) セルを識別する。

(3) s3_3_calculate_e_cell

s1_6 で得られた USLE の計算結果である流亡土量 (s1_6_a_ha) と、パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」) の「Parameter_Control」シートから読み込まれる砂、シルト及び粘土の粒度組成 (40:40:20 としている) に基づき、各セルの砂、シルト及び粘土の侵食量 (E_cell) (それぞれ s3_3_e_cell_sd, s3_3_e_cell_si, s3_3_e_cell_cl) を計算する。このうち、シルト及び粘土の侵食量 (E_cell) 計算にあたっては、s2_7 で計算したセルあたり再浮遊量 (フラックス) [t y⁻¹] (s2_7_r_cell_s 及び s2_7_r_cell_c) も参照される。

(4) s3_4_create_initial_q_cell_0

砂、シルト及び粘土それぞれについて、上流からセルに流入する土砂移動量の合計値ラスタ (ゼロラスタ) (Q_cell_0) (それぞれ s3_4_q_cell0sd, s3_4_q_cell0si, s3_4_q_cell0cl) を作成する。

(5) s3_5_calculate_sand_transport

s2_8 で計算した堆積率 (S_rate) (s2_8_s_rat_sd) 及び上流セル (群) から流入する土砂量の合計値 (s3_4_q_cell0sd) から、砂の最小通過量 (G_min) [t y⁻¹] (s3_5_g_min_d) を計算する。そののち、これを s2_6 で計算した単位断面あたりの流砂量 (フラックス) (s2_6_g_cell) と比較し多い方を、砂の移動量 (G_cell) (s3_5_g_cell_r) として決定する。

最後に、s3_3 で計算した各セルでの侵食量 (s3_3_e_cell_sd) 及び上流セル (群) から流入する土砂量の合計値 (s3_4_q_cell0sd) とあわせ、砂のセル間移動量 (Q_cell) [t y⁻¹] を計算する。

ここで、上流セル（群）から流入する土砂量の合計値（s3_4_q_cell0sd）は、s3_1で行ったフォーカル統計結果を参照し、当該セルへの入力がある隣接セルのフラックスを合計することで計算される。

(6) s3_6_calculate_silt_transport

s2_8で計算した堆積率（S_rate）（s2_8_s_rat_si）及び上流セル（群）から流入する土砂量の合計値（s3_4_q_cell0si）から、シルトの最大堆積量（D_max）[t y⁻¹]（s3_6_d_max_s）を計算する。そののち、これを s2_7 で計算した単位底面積あたりの堆積・再浮遊量（フラックス）（s2_7_d_cell_s）と比較し多い方を、シルトの移動量（D_cell）（s3_6_d_cell_s）として決定する。

最後に、s3_3で計算した各セルでの侵食量（s3_3_e_cell_si）及び上流セル（群）から流入する土砂量の合計値（s3_4_q_cell0si）とあわせ、シルトのセル間移動量（Q_cell）[t y⁻¹]（s3_6_q_cell_si）を計算する。ここで、上流セル（群）から流入する土砂量の合計値（s3_4_q_cell0si）は、s3_1で行ったフォーカル統計結果を参照し、当該セルへの入力がある隣接セルのフラックスを合計することで、計算される。

(7) s3_7_calculate_clay_transport

粘土のセル間移動量を、s3_6同様に計算する。

(8) s3_8_balance calculation

(5)～(7)の結果に基づいて、砂、シルト及び粘土それぞれについて土砂収支（B_cell）[t y⁻¹]を計算する（それぞれ s3_8_b_cell_sd, s3_8_b_cell_si, s3_8_b_cell_cl）。

次に、これらの結果を用いて正味侵食量（E_net_cell）[t y⁻¹]（それぞれ s3_8_e_net_sd, s3_8_e_net_si, s3_8_e_net_cl）を計算する。同様に、正味堆積量（D_net_cell）[t y⁻¹]（それぞれ s3_8_d_net_sd, s3_8_d_net_si, s3_8_d_net_cl）を計算する。

最後に、砂、シルト及び粘土の全粒径について上記結果を合計する（s3_8_b_cell, s3_8_e_net, s3_8_d_net）。

5.2.5 4_Step_4_Calculate_Inter-Cell-Cs-Transport (6.5 参照)

Step3で計算したセル間の土砂収支、正味侵食量及び正味堆積量から、これらの累積量の計算を行う。あわせて、各粒度の密度、粒径から比表面積、さらに ¹³⁷Cs 濃度を計算し、その結果と粒度組成（5.2.4(1)参照）から、各粒度の土壌粒子への吸着量の比（以下、“¹³⁷Cs 濃度比”という。）を計算する。これらの結果を用いて、各セルにおける年毎の ¹³⁷Cs の移動量 [Bq y⁻¹]を計算する（結果はフォルダ「Outputs_Bq_flux」に格納）。

あわせて、単位面積当たり ¹³⁷Cs 蓄積量[Bq m⁻²]の計算を年毎に行う（結果はフォルダ「Outputs_Bq_m2」に格納）

また、1m 空間線量率[μSv h⁻¹]の計算も年毎に行う（結果はフォルダ「Outputs_Sv」に格納）。

なお、計算には ¹³⁷Cs の半減期から求められる壊変定数λを用いるとともに、¹³⁷Cs は深度方向に指数関数に従い減少し、また、深さ方向への移動はないと仮定するとともに、河口付近での海水との混合による脱離や粘土の凝集については考慮していない³⁾。

(1) s4_1_create_input_rasters

s0_4 で作成した解析対象集水域ラスタ (s0_4_bsn_ras) と文部科学省が 2011 年 6～7 月に行った ^{137}Cs 沈着量調査¹⁴⁾ 結果から、解析対象領域内の ^{137}Cs 蓄積量ラスタを作成する (s4_1_cs137_x)。あわせて、s0_2 で作成した湖沼及び河川ラスタ (s0_2_riv.lk) に基づき、河川及び湖沼に該当するセルを抽出する (s4_1_riv_lkx)。

こののち、湖沼及び河川に該当するセルについては ^{137}Cs の初期値を 0 にする (s4_1_cs137_0)。(理由: USLE では水域における土壌流亡を考慮できず、事故当時の水域へのフォールアウトの影響の挙動に不明な点が多いため)

(2) s4_2_calculate_flow_accumulation

s3_2 で得られた上流側となるセル識別結果 (s3_2_direct_x) と、s3_8 で得られた砂、シルト及び粘土の移動量及び堆積量から、それぞれの粒径に対し累積堆積量 ($\Sigma D_{\text{net_cell}}$) [t y^{-1}] (s4_2_d_sd_acm, s4_2_d_si_acm, s4_2_d_cl_acm) と累積侵食量 ($\Sigma E_{\text{net_cell}}$) [t y^{-1}] (s4_2_e_sd_acm, s4_2_e_si_acm, s4_2_e_cl_acm) を計算する。

(3) s4_3_calculate_Cs137_content

砂、シルト及び粘土それぞれに対して、土粒子の粒径 (d) [m] 及び密度 (ρ_s) [kg m^{-3}] から比表面積 (S_{sp}) [$\text{m}^2 \text{g}^{-1}$] (s4_3_s_sp_sd, s4_3_s_sp_si, s4_3_s_sp_cl) を、さらに ^{137}Cs 濃度 [mBq g^{-1}] (s4_3_c_n_sd, s4_3_c_n_si, s4_3_c_n_cl) を計算する。

次に、計算した ^{137}Cs 濃度と、砂、シルト及び粘土それぞれの粒度組成を用いて、 ^{137}Cs の濃度比 (s4_3_r_c_sd, s4_3_r_c_si, s4_3_r_c_cl) を計算する。

粒径、密度及び粒度組成については、パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」) の「Parameter_Control」シートに入力された値が参照され読み込まれる (4.1, 表 4-1 参照)。

(4) s4_4_calculate_Cs137_transport

s3_8 で得られた全粒径の正味侵食量 ($E_{\text{net_cell}}$) (s3_8_e_net) 等から、累積 ^{137}Cs 流出量 (ΣE_{Cs}) [Bq y^{-1}] (s4_4_e_cs_acm) を計算する。さらに、この結果と、粒度ごとに s4_2 で得られた累積侵食量 ($\Sigma E_{\text{net_cell}}$) [t y^{-1}] (s4_2_e_sd_acm, s4_2_e_si_acm, s4_2_e_cl_acm) 及び同様に粒度ごとに s4_3 で得られた濃度比 (s4_3_r_c_sd, s4_3_r_c_si, s4_3_r_c_cl) を用いて、各セルにおいて土砂に吸着する累積 ^{137}Cs 堆積量 (ΣD_{Cs}) [Bq y^{-1}] (s4_4_d_cs_ac) を計算する。

最後に、これらの差分 ($\Sigma E_{\text{Cs}} - \Sigma D_{\text{Cs}}$) 等から、各セルにおける ^{137}Cs の移動量 [Bq y^{-1}] を計算する。この計算は年毎に行い、結果はフォルダ「Outputs_Bq_flux」に格納される。

また、上記の過程で計算される各セルにおける ^{137}Cs 堆積量 (D_{Cs}) [Bq y^{-1}] (s4_4_d_cs) 及びセル面積 [m^2] (s4_4_cel_area) から、単位面積当たり ^{137}Cs 蓄積量 (R_A) [Bq m^{-2}] (s4_4_r_a) を計算する。この計算は年毎に行い、結果はフォルダ「Outputs_Bq_m2」に格納される。

さらに、この結果を、文部科学省が 2011 年 6～7 月に行った ^{137}Cs 沈着量調査結果²⁵⁾ における回帰式に基づき、経過時間 [y] (s4_4_time) も加味して、1m 空間線量率 [$\mu\text{Sv h}^{-1}$] (s4_4_mcrSv_hr)

に換算する。この計算も年毎に行い、結果はフォルダ「Outputs_Sv」に格納される。

なお、計算にあたっては、パラメータ設定ファイル（「Input_Parameters.xlsx」）の「Parameter_Control」シートに入力された¹³⁷Csの半減期 $T_{1/2} = 30.2\text{y}$ ⁶⁾が参照され（4.1, 表 4-1 参照）、これから求められる壊変定数 λ が用いられる。また、¹³⁷Csの深さ方向の分布については、深度方向に移動せず濃度は指数関数に従い減少すると仮定する³⁾。放射能濃度の分布を表す係数“ α ”²⁶⁾も同様に、「Parameter_Control」シートに入力された値が参照され読み込まれる。また、河口付近での海水との混合による脱離や粘土の凝集については考慮していない³⁾。

5.2.6 5_Step_5_Create_Spreadsheets (6.6 参照)

Step4 までに得られた結果についてゾーン統計 (zonal statistics) 等を行い、結果を、拡張子 dbf を有する dBASE ファイルとして出力する（6.6, 表 6-6 参照）。このうち代表的な結果については、のちに Excel®マクロにて Excel®ファイルに集約される（7. 参照）。

なお、ゾーン統計においてラスタデータの属性テーブルにおける名称が日本語表記（ひらがな及びカタカナ）である場合、文字化け等が起き名称が dBASE ファイルに正しく引き継がれないことがある。また、データ名称が長い場合も末尾が切れることが多い（3.3 参照）。

ただし、dBASE ファイルの名称に上記のような問題が起きたとしても、Excel®ファイルに出力された結果と元のデータの属性テーブルと比較することで、ほとんどの場合は識別可能である。またほとんどの場合、属性テーブルの表示順は dBASE ファイルや Excel®ファイルに引継がれる。

(1) s5_1_create_spreadsheets_for_sediment_transport

ゾーン統計により、各項目を集計し、10 個の dBASE ファイルを作成する。ファイルは、フォルダ「Outputs_Spreadsheets」内に格納される（表 2-2, 表 6-6 参照）。

(2) s5_2_create_spreadsheets_for-Cs_flux

s0_5 で計算した流出点 (s0_5_pour_pts) でのセル間移動量を取得し、¹³⁷Cs の流域毎かつ年毎のセル間移動量 (s4_4_q_cs_0~s4_4_q_cs_t) の dBASE ファイルを作成する（表 2-2, 表 6-6 参照）。ファイルは、フォルダ「Outputs_Spreadsheets」内の「Bq_flux」フォルダに格納される。

(3) s5_3_create_spreadsheets_for-Cs_sum

s4_4 で計算した単位面積あたりの¹³⁷Cs 蓄積量 (R_A) [Bq m⁻²] (s4_4_r_a) から換算したセルあたりの蓄積量 (s5_3_r_a_cel) から、流域毎（湖沼も含む）かつ年毎の¹³⁷Cs 蓄積量の総和を計算し、dBASE ファイルを作成する（表 2-2, 表 6-6 参照）。ファイルは、フォルダ「Outputs_Spreadsheets」内のフォルダ（「Bq_sum」）に格納される。

(4) s5_4_create_spreadsheets_for-Cs_sum_in_lakes

s5_3 同様に、s4_4 で計算した単位面積あたりの¹³⁷Cs 蓄積量 (R_A) [Bq m⁻²] (s4_4_r_a) から換算したセルあたりの蓄積量 (s5_3_r_a_cel) から、湖沼ごとかつ年毎の¹³⁷Cs 蓄積量の総和を計算し、dBASE ファイルを作成する（表 2-2, 表 6-6 参照）。ファイルは、フォルダ「Outputs_Spreadsheets」内のフォルダ（「Bq_sum_lake」）に格納される。

5.3 計算が実行できない場合の留意点

計算の途中で終了している場合は、その Step のメインモデルを再度実行する。あるいは、出力ファイルの有無を確認することでどのサブモデルで終了したかを確認し、そのサブモデルから実行する。ただし、後者の場合、同一 Step 内のそれ以降のサブモデルもそれぞれ同様に実行する必要がある。

5.1 に示した整合性の確認が取れていない場合には、マップドキュメント（「Soil_transport_model」）の「カタログ」内の toolbox.tbx に示される当該プログラムの先頭のアイコンが  と表示される。これは、ArcGIS が破損している場合、カーネルファイル（3.1 参照）及びシェープファイルやラスタデータ（3.2 参照）が参照できていない場合、サブモデルが認識できていない場合等に起きる。これらの場合は、当該サブモデルを右クリックして「開く」を選択し、どのモデルエレメント（データの右肩に“P”と表示されているパラメータデータを除く）に問題があるかを確認する。問題があるモデルエレメントには色が付かず表示されているため、これをダブルクリックし、正しいデータの所在を与える。この作業を色の付かないモデルエレメントがなくなるまで繰り返し、そののちファイルを保存して閉じる。

なお Step0 のメインモデル “0_Step_0_Extract_Study_Area” では、サブモデル s0_2 がその後のサブモデル s0_3 終了後にも再度行われる（5.2.1(2)参照）ため、s0_2 の途中で終了した場合は、s0_3 の出力ファイル（6.1 参照）の存在を確認し、s0_3 の前後のうちいずれで計算が中断したか、確認する必要がある。

同様に、Step3 の “3_Step_3_Calculate_inter-cell_Sediment_transport” において、複数のサブモデル（s3_5～s3_7）計算時にサブモデル s3_1 が参照される。しかしながら、サブモデル s3_1 の出力はないため（6.4 参照）、サブモデル s3_5～s3_7 の計算が途中で終了した場合には、s3_5～s3_7 の出力結果を確認するだけで良い。

以上を実行しても問題が解決されず、モデルエレメントに色が付かないまま、またカタログでのアイコンが  のままである場合は、ArcGIS の破損等であるため、開発元に連絡する必要がある。

5.4 計算における仮定

本章においてこれまでに示したとおり、SACT においてはいくつかの条件が仮定されている。例えば、

- ・ 土砂移動は 1 年単位で計算しているが、侵食及び堆積による土砂移動に伴う地形変化は起きないものと仮定しており、土砂移動量は全ての計算年で同じ値となる。
- ・ ^{137}Cs は土壌に吸着したのち脱離しないものとしており、河口付近での海水との混合による固液分配比に基づく ^{137}Cs の吸脱着を考慮していない。
- ・ ^{137}Cs は深度方向へ移動せず、濃度は指数関数に従い減少すると仮定している。
- ・ ^{137}Cs の河川及び湖沼における初期値は 0 と仮定している。

これらの仮定については、今後の現場観測データの蓄積や、それを受けた現象理解の進展に合わせて適宜見直す予定である。

6. アウトプットフォルダ（「Outputs」）における出力結果の確認

計算の結果、出力されるファイルの名称とその内容を、Step ごとに表 6-1～6-6 に示す。

これらのうち、拡張子がないファイルはラスタデータである。

拡張子“shp”を付したものは、シェープファイルである（赤字）。

拡張子“lyr”を付したものは、ArcGIS でデータの「表示」に関する情報が保存されているレイヤファイルである（赤字）。

拡張子“dbf”を付したものは、主なもの Excel®マクロにより Excel®ファイルで集約される dBASE ファイルである（緑字、7. 参照）。これらと、s4_4 で作成されるファイルの一部は、s0-1 で作成されるフォルダ（5.2.1(1)参照）に格納される（緑色セル）。

また、計算結果のうち以降の計算に用いられる結果については、記号が定められており、表 6-1～6-6 の中で網掛けにより強調した。

6.1 0_Step_0_Extract_Study_Area

表 6-1 Step0 で作成されるファイル（1/2）

	ファイル名	内容
s0_1	s0_1_dem	元のデータを改変しないように、集水域作成用 DEM をコピーし Outputs フォルダに保存したラスタ
s0_2	s0_2_major_lakes.lyr	面積が 1ha を上回る湖沼レイヤ
	s0_2_lake_z	湖沼ごとに固有の ID を持つゾーンラスタ
	s0_2_lake_min	湖沼のゾーンラスタ毎の標高の最小値ラスタ
	s0_2_lake_ins	各湖沼の最低標高値から 50m を減じた標高値ラスタ
	s0_2_demunif	DEM と湖沼部分の DEM を統合したラスタ
	s0_2_riv_dem	河川ラインデータを用いて DEM をマスク抽出し作成した、標高値を持つ河川 DEM ラスタ
	s0_2_riv.ins	河川 DEM の標高値から 100m を減じたラスタ
	s0_2_demunif2	湖沼を統合した DEM に河川 DEM を統合したラスタ
	s0_2_dem_fill	統合した DEM を用いてサーフェス平滑化を行い、局所的な凹地を埋積したラスタ
	s0_2_flowdirc	流向ラスタ（s0_1_dem 範囲内）
	s0_2_basin	流向データを用いて作成した流域ラスタ
	s0_2_basin_poly.shp	作成した集水域のポリゴンデータ（s0_1_dem 範囲内）
	s0_2_flowacm	流向データを用いて作成した累積流量ラスタ（s0_1_dem 範囲内）
	s0_2_riv_ras	河川 DEM ラスタを用いて河川部分を“1”とした河川ラスタ（s0_1_dem 範囲内）
	s0_2_riv_lk	河川及び湖沼を統合し河川及び湖沼部分を“1”とする河川湖沼ラスタ（s0_1_dem 範囲内）
	s0_2_lake_dem	標高値を持つ湖沼 DEM ラスタ

表 6-1 Step0 で作成されるファイル (2/2)

	ファイル名	内容
s0_2	s0_2_lake_ras	湖沼 DEM ラスタを用いて湖沼部分を“1”とした湖沼ラスタ（解析対象範囲内）
	s0_2_lake_lst	名称を持つ湖沼リストラスタ（s0_1_dem 範囲内）
s0_3	s0_3_lake_lst	検索された湖沼のラスタ
	s0_3_riv_list	検索された解析対象河川のラスタ（解析対象範囲内）
	s0_3_riv_max	河川毎に計算した最大累積流量ラスタ（解析対象範囲内）
	s0_3_riv_fcl	3×3 のフォーカル統計により作成した、河川の最大累積流量ラスタより一回り大きいラスタ（解析対象範囲内）
	s0_3_riv_sink	河川の最大累積流量より大きい値を持つ周囲のラスタに“1”を設定し出力した、解析対象河川のシンクラスタ（解析対象範囲内）
s0_4	s0_4_lake_bas_sct. shp	面積が 20ha 以上の流域と、リストで指定し抽出された湖沼を保存したレイヤを空間結合したレイヤ
	s0_4_riv_sct. lyr	リストで指定し抽出された河川を保存したレイヤ
	s0_4_riv_bas_sct. shp	面積が 20ha 以上の流域と下記の河川レイヤ(s0_4_riv_sct. lyr)を空間結合したレイヤ
	s0_4_bas_union. shp	下記の湖沼レイヤ及び河川レイヤを統合した、解析対象集水域のポリゴンデータ
	s0_4_bsn_list	流域ポリゴンをラスタ化し作成した、領域名を持つ解析対象集水域別ラスタ
	s0_4_bsn_ras	ラスタ演算により作成した、選択流域を“1”とする解析対象集水域を統合したラスタ
s0_5	s0_5_acm_x	指定領域で抽出した累積流量ラスタ
	s0_5_acm_fcl	3×3 でフォーカル統計を行い計算した、隣接する 8 セルの累積流量最大値ラスタ
	s0_5_ppts	累積流量が上記最大値（s0_5_acm_fcl）と一致するラスタに対し作成した、流出点“1”で示す流出点ラスタ
	s0_5_pour_pts	流域リストラスタを流出点ラスタで抽出し作成した、流域名を持つ解析対象集水域の流出点ラスタ

6.2 1_Step_1_Calculate_Cell_Based_Soil_Erosion

表 6-2 Step1 で作成されるファイル (1/2)

	ファイル名	内容
s1_1	s1_1_r_factor	流域ラスタを用いて作成した、一定の降雨係数を持つ降雨係数(R)ラスタ (解析対象範囲内) [$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$] → USLE 計算に用いられる
s1_2	s1_2_k_set	土壌係数(K)一様ラスタ ※
	s1_2_soil	土壌分類データから作成した土壌分類ラスタ
	s1_2_k_tb	土壌係数の設定値 (4.3 参照) を参照し作成した土壌係数ラスタ
	s1_2_k_blk	土壌係数平均値ラスタ
	s1_2_tb_2	土壌分類が未分類 (Null 値) のラスタに対し平均値を適用し作成したラスタ
	s1_2_k_tb_3	土壌係数ラスタを流域ラスタでマスク抽出したラスタ
	s1_2_k_factor	土壌係数ラスタ [$\text{t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$] → USLE 計算に用いられる
s1_3	s1_3_dem_10m	10mDEM を指定領域でマスク抽出したラスタ
	s1_3_flwdir	10mDEM を用いて作成した流向ラスタ
	s1_3_slen	流向ラスタを用いて作成した波長ラスタ[m]
	s1_3_slen_x	斜面長 0m のラスタに 1m を指定したラスタ
	s1_3_slen_30	斜面長 30m のラスタに 30m を指定したラスタ
	s1_3_slope_pc	10mDEM を用いて計算した傾斜角[%]ラスタ
	s1_3_m02	上記 s1_3_slope_pc で得られた傾斜角をラスタ演算して得られた結果
	s1_3_m03	
	s1_3_m04	
	s1_3_m05	
	s1_3_m_value	傾斜角に応じて m 値を設定したラスタ
	s1_3_l_set	斜面長係数(L)一様ラスタ ※
	s1_3_l_10m	USLE の定義に従い計算した斜面長係数(L)ラスタ
	s1_3_l_xm	斜面長係数を DEM でリサンプリングしセルサイズを DEM にあわせた結果のラスタ
	s1_3_l_factor	斜面長係数ラスタ[-] → USLE 計算に用いられる
	s1_3_s_set	斜面勾配係数(S)一様ラスタ ※
	s1_3_dem	DEM を指定領域でマスク抽出したラスタ
	s1_3_slp_deg	10mDEM を用いて傾斜角[°]を計算した結果のラスタ
	s1_3_s_10m	USLE の定義に従い計算した斜面勾配係数(S)ラスタ
	s1_3_s_xm	斜面勾配係数(S)を DEM でリサンプリングしセルサイズを DEM にあわせた結果のラスタ

表 6-2 Step1 で作成されるファイル (2/2)

	ファイル名	内容
sl_3	sl_3_s_factor	斜面勾配係数ラスタ[-] → USLE 計算に用いられる
	sl_3_hillshad	10mDEM を用いて作成した陰影起伏ラスタ
sl_4	sl_4_landus	土地利用ラスタデータを指定領域でマスク抽出した土地利用ラスタ
	sl_4_c_tb	作物係数の設定値 (4.4 参照) を参照して作成した作物係数ラスタ
	sl_4_c_set	作物係数(C)一様ラスタ ※
	sl_4_c_factor	作物係数ラスタ[-] → USLE 計算に用いられる
sl_5	sl_5_p_set	保全係数(P)一様ラスタ ※
	sl_5_p_tb	保全係数の設定値 (4.4 参照) を参照して作成した保全係数ラスタ
	sl_5_p_factor	保全係数ラスタ[-] → USLE 計算に用いられる
sl_6	sl_6_rv_lkx	s0_2 で作成した河川湖沼ラスタ (s0_2_riv_lk) を指定領域でマスク抽出したラスタ
	sl_6_a_0	USLE 計算により得られた流亡土量 (A) [t ha ⁻¹ y ⁻¹]ラスタ → USLE 計算に用いられる
	sl_6_a_ha	河川及び湖沼の値をゼロにし得られた流亡土量ラスタ [t ha ⁻¹ y ⁻¹] (5.2.2(6)参照)

※ 「Parameter_Control」シートに値を入力した場合のみ (4.1 参照)

6.3 2_Step_2_Calculate_Cell_Based_Transport_and_Deposition

表 6-3 Step2 で作成されるファイル (1/3)

	ファイル名	内容
s2_1	s2_1_e_value	侵食係数(E)ラスタ[kg m ⁻² s ⁻¹] ※
	s2_1_t_flood	出水継続時間(T_flood)ラスタ ※
	s2_1_g_value	重力加速度(g)ラスタ[m s ⁻²] ※
	s2_1_c_f	湖沼の底面摩擦係数(C_f)ラスタ[N m ⁻²] ※
	s2_1_ws_si	シルト沈降速度(W_s)[m s ⁻¹] ※
	s2_1_ws_cl	粘土沈降速度(W_s)[m s ⁻¹] ※
	s2_1_ws_sd	砂沈降速度(W_s)[m s ⁻¹] ※
	s2_1_v_lake	湖沼平均流速ラスタ[m s ⁻¹] ※
	s2_1_rho_w	水の密度(ρ_w)ラスタ[kg m ⁻³] ※
	s2_1_c_ss	浮遊物質濃度(C_ss)ラスタ[kg m ⁻³] ※
	s2_1_psi_d	Dubois 流砂量係数(Ψ_D)ラスタ[m ³ kg ⁻¹ s ⁻¹] ※
	s2_1_tau_cdsr	臨界せん断応力(τ_cd)ラスタ[N m ⁻²] (シルト、河川堆積) ※
	s2_1_tau_cdss	〃 (シルト、斜面堆積) ※
	s2_1_tau_cdsi	上記 2 つを統合したラスタ[N m ⁻²]

表 6-3 Step2 で作成されるファイル (2/3)

	ファイル名	内容
s2_1	s2_1_tau_cdcr	臨界せん断応力(τ_{cd}) ラスタ[N m ⁻²] (粘土、河川堆積) ※
	s2_1_tau_cdcsl	〃 (粘土、斜面堆積) ※
	s2_1_tau_cdcsl	上記 2 つを統合したラスタ[N m ⁻²]
	s2_1_tau_c_sl	臨界せん断応力(τ_{cd}) ラスタ[N m ⁻²] (砂、河川堆積) ※
	s2_1_tau_c_rv	〃 (砂、斜面堆積) ※
	s2_1_tau_c	上記 2 つを統合したラスタ[N m ⁻²]
	s2_1_n_slope	マニング係数ラスタ[-] (斜面) ※
	s2_1_n_river	〃 (河川) ※
	s2_1_n_value	上記 2 つを統合したラスタ[-]
	s2_1_tau_cecs	臨界せん断応力(τ_{cd}) ラスタ[N m ⁻²] (粘土、斜面再浮遊) ※
	s2_1_tau_cecr	〃 (粘土、河川再浮遊) ※
	s2_1_tau_cecsl	上記 2 つを統合したラスタ[N m ⁻²]
	s2_1_tau_cess	臨界せん断応力(τ_{cd}) ラスタ[N m ⁻²] (シルト、斜面再浮遊) ※
	s2_1_tau_cesr	〃 (シルト、河川再浮遊) ※
	s2_1_tau_cesi	上記 2 つを統合したラスタ[N m ⁻²]
s2_2	s2_2_dem_x	下記①の作業用に対象領域を切り抜いて作成したラスタ
	s2_2_slp_1	上記ラスタから傾斜角[%]を算出したラスタ (①)
	s2_2_slp_2	さらに傾斜角を 0.01 倍し無次元化したラスタ (①)
	s2_2_slp_3	さらに傾斜角 0.001 未満を 0.001 に切り上げたラスタ (①)
	s2_2_slp_x	さらに河川に相当するセルの傾斜角ラスタを抽出したラスタ
	s2_2_riv_rasx	対象領域を切り抜いて作成したラスタ (②)
	s2_2_direc_x	下記③の作業用に対象領域を切り抜いて作成したラスタ
	s2_2_flwlen	河口からの流路長[m]を算出したラスタ (③)
	s2_2_len_x	上記②を上記①で切り抜いたラスタ
	s2_2_len_km	流路長[m]を 0.001 倍して単位を[km]に換算したラスタ
	s2_2_int	さらに小数点以下を切り捨てたラスタ
	s2_2_reg_g	さらに 1km 区間毎にリージョングループを作成したラスタ
	s2_2_riv_slp	ゾーン (1km セグメント) 毎に傾斜角[%]を平均化したラスタ
	s2_2_slope	s2_2 の全ての計算から選択された傾斜角 (θ) ラスタ[%]
s2_3	s2_3_lk_d_set	湖沼深度一様ラスタ[m] (「Parameter_Control」シートに値を入力した場合のみ (4.1 参照))
	s2_3_lkd_tb	湖沼深度の設定値 (4.5 参照) を参照し作成した湖沼深度ラスタ
	s2_3_lake_dep	湖沼深度用ラスタ[m]
	s2_3_lake_wid	流路を半円形を仮定して計算した湖沼幅ラスタ[m]
	s2_3_lake_dep.1yr	湖沼深度用レイヤ
s2_4	s2_4_ch_num	計算により求めた斜面における流路本数ラスタ
	s2_4_acm_x	トリミングした対象領域ラスタ
	s2_4_area	計算により求めた各セルの集水域面積ラスタ[km ²]

表 6-3 Step2 で作成されるファイル (3/3)

	ファイル名	内容
s2_4	s2_4_mean_dch	経験式を用いて求めた基底流量ラスタ [$\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$] (基底流量＝平均流量と仮定)
	s2_4_fld_dch	経験式を用いて求めた出水時の平均流量ラスタ [$\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$]
	s2_4_r_disch	斜面の出水時流量ラスタ [$\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$] (出水時流量か基底流量を減じて算出)
	s2_4_hydrorad	マンニングの式を用いて求めた径深 (R_b) ラスタ [m]
	s2_4_riv_wid	半円形の流路断面を仮定して計算した河川流路幅ラスタ [m]
	s2_4_riv_v	マンニングの式を用いて求めた河川流速ラスタ [m s^{-1}]
s2_5	s2_5_tau_lake	計算により求めた湖沼のせん断応力 [N m^{-2}] ラスタ
	s2_5_tau_riv	計算により求めた河床及び斜面のせん断応力 [N m^{-2}] ラスタ
	s2_5_tau_0	湖沼、河床及び斜面にせん断応力を割り当てたラスタ
s2_6	s2_6_rvlk_wid	湖沼及び河川流路幅を統合したラスタ [m] (①)
	s2_6_g_s_0	Duboy 式により求めた単位幅及び単位時間あたりの流砂量ラスタ (g_s) [$\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$]
	s2_6_g_s	上記計算によりマイナスとなった場合のラスタをゼロにしたラスタ (②)
	s2_6_g_cell	上記①及び②から計算されたセル当たりの流砂量 (G_{cell}) [t y^{-1}] ラスタ
s2_7	s2_7_s_d_si	Partheniades-Krone 式を用いて求めた堆積フラックス [$\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$] (シルト)
	s2_7_s_d_cl	〃 (粘土)
	s2_7_s_r_si	Partheniades-Krone 式を用いて求めた再浮遊フラックス [$\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$] (シルト)
	s2_7_s_r_cl	〃 (粘土)
	s2_7_d_cell_s	セル当たり年間堆積フラックスラスタ [t y^{-1}] (シルト)
	s2_7_d_cell_c	〃 (粘土)
	s2_7_r_cell_s	セル当たり年間再浮遊フラックスラスタ [t y^{-1}] (シルト)
	s2_7_r_cell_c	〃 (粘土)
s2_8	s2_8_flow_v	湖沼の流速と河川の流速の統合ラスタ
	s2_8_depth	河川の径深≡湖沼平均水深と仮定して作成した水深 [m] ラスタ
	s2_8_s_rat_si	上記ラスタ等から計算した堆積率 (S_{rate}) ラスタ [-] (シルト)
	s2_8_s_rat_sd	〃 (砂)
	s2_8_s_rat_cl	〃 (粘土)

※パラメータ設定ファイル (「Input_Parameters.xlsx」) における設定値から作成したラスタ

6.4 3_Step_3_Calculate_Inter-Cell_Sediment_Transport

表 6-4 Step3 で作成されるファイル (1/3)

	ファイル名	内容
s3_1	s3_1_focal_in	s3_2 (s3_2_direc_x) で抽出した流向データをコピーし、フォーカル統計用インプットとして保存したデータ
	s3_1fcl_out1	土砂が周囲のどのセルから移動してきたか明確にするためのフォーカル統計結果
	s3_1fcl_out2	
	s3_1fcl_out3	
	s3_1fcl_out4	
	s3_1fcl_out5	
	s3_1fcl_out6	
	s3_1fcl_out7	
	s3_1fcl_out8	
s3_2	s3_2_direc_x	解析対象領域の流向データを抽出したラスタ[-]
	s3_2_fcl_in_1	s3_1 における#1～#8 それぞれの方向のフォーカル統計結果に対しラスタ演算を行い抽出したラスタ[-]
	s3_2_fcl_in_2	
	s3_2_fcl_in_3	
	s3_2_fcl_in_4	
	s3_2_fcl_in_5	
	s3_2_fcl_in_6	
	s3_2_fcl_in_7	
	s3_2_fcl_in_8	
s3_3	s3_3_e_cel_si	「Parameter_Control」シート (4.1 参照) から取得した粒度組成[%]等から計算した、セル当たりの侵食量 (E_cell) ラスタ[t y ⁻¹ cell ⁻¹] (シルト)
	s3_3_e_cel_sd	〃 (砂)
	s3_3_e_cel_cl	〃 (粘土)
s3_4	s3_4_q_cel0si	演算により作成した、上流からセルに流入する土砂移動量の合計値 (Q_cell_0) ラスタ (ゼロラスタ) [t y ⁻¹] (シルト)
	s3_4_q_cel0cl	〃 (粘土)
	s3_4_q_cel0sd	〃 (砂)
s3_5	s3_5_q_cel_up	s3_1 のフォーカル統計結果 (s3_1fcl_outx) 及び s3_2 のラスタ演算結果 (s3_2_fcl_in_x) から計算した、上流側からの流入量 (Q_cell) ラスタ [t y ⁻¹]
	s3_5_g_min_d	s3_4 のセル間移動の初期値 (Q_cell_0) と s2_8 の堆積率 (S_rate) から計算した、砂の最小移動量 (G_min) [t y ⁻¹]

表 6-4 Step3 で作成されるファイル (2/3)

	ファイル名	内容
s3_5	s3_5_g_cell_r	s2_6 のセル当たりの流砂量 (G_cell) (s2_6_g_cell) と上記 G_min (s3_5_g_min_d) とを比較した結果決定される砂の移動量 (G_cell) [t y ⁻¹]
	s3_5_q_cel_sd	s3_3 のセル当たりの侵食量 (s3_3_e_cel_sd)、s3_4 のセル間移動の初期値 (s3_4_q_cel0sd) 及び上記砂の移動量 (s3_5_g_cell_r) から計算される砂の移動量ラスタ (Q_cell) [t y ⁻¹]
s3_6	s3_6_q_cel_up	s3_1 のフォーカル統計結果 (s3_1fcl_outx) 及び s3_2 のラスタ演算結果 (s3_2_fcl_in_x) から計算した、上流側からの流入量 (Q_cell) ラスタ [t y ⁻¹]
	s3_6_d_max_s	s3_4 のセル間移動の初期値 (Q_cell_0) と s2_8 の堆積率 (S_rate) から計算した、シルトの最大堆積量 (D_max) [t y ⁻¹]
	s3_6_d_cell_s	s2_7 のセル当たりの年間堆積フラックス (s2_7_d_cell_s) と上記 D_max (s3_6_d_max_s) とを比較した結果決定されるシルトの移動量 (D_cell) [t y ⁻¹]
	s3_6_q_cel_si	s3_3 のセル当たりの侵食量 (s3_3_e_cel_si)、s3_4 のセル間移動の初期値 (s3_4_q_cel0si) 及び上記シルトの移動量 (s3_6_d_cell_s) から計算されるシルトの移動量ラスタ (Q_cell) [t y ⁻¹]
s3_7	s3_7_q_cel_up	s3_1 のフォーカル統計結果 (s3_1fcl_outx) 及び s3_2 のラスタ演算結果 (s3_2_fcl_in_x) から計算した、上流側からの流入量 (Q_cell) ラスタ [t y ⁻¹]
	s3_7_d_max_c	s3_4 のセル間移動の初期値 (Q_cell_0) と s2_8 の堆積率 (S_rate) から計算した、粘土の最大堆積量 (D_max) [t y ⁻¹]
	s3_7_d_cell_c	s2_7 のセル当たりの年間堆積フラックス (s2_7_d_cell_s) と上記 D_max (s3_7_d_max_s) とを比較した結果決定されるシルトの移動量 (D_cell) [t y ⁻¹]
	s3_7_q_cel_cl	s3_3 のセル当たりの侵食量 (s3_3_e_cel_cl)、s3_4 のセル間移動の初期値 (s3_4_q_cel0cl) 及び上記粘土の移動量 (s3_7_d_cell_c) から計算される粘土の移動量ラスタ (Q_cell) [t y ⁻¹]
s3_8	s3_8_b_cel_cl	上流側からの粘土流入量ラスタ (Q_cell) (s3_7_q_cel_up) 及び移動量ラスタ (Q_cell) (s3_7_q_cel_cl) から計算される、粘土の収支ラスタ (B_cell) [t y ⁻¹] (※1)
	s3_8_d_net_cl	上記収支ラスタ (B_cell) から計算される、粘土の正味堆積量ラスタ (D_net_cell) [t y ⁻¹] (※2)
	s3_8_e_net_cl	上記収支ラスタ (B_cell) から計算される、粘土の正味侵食量ラスタ (E_net_cell) [t y ⁻¹] (※3)

表 6-4 Step3 で作成されるファイル (3/3)

	ファイル名	内容
s3_8	s3_8_b_cel_sd	上流側からの砂流入量ラスタ (Q_cell) (s3_5_q_cel_sd) 及び移動量 (Q_cell) ラスタ (s3_5_q_cel_sd) から計算される、砂の収支ラスタ (B_cell) (s3_5_q_cel_up) [t y ⁻¹] (※1)
	s3_8_d_net_sd	上記収支ラスタ (B_cell) から計算される、砂の正味堆積量ラスタ (D_net_cell) [t y ⁻¹] (※2)
	s3_8_e_net_sd	上記収支ラスタ (B_cell) から計算される、砂の正味侵食量ラスタ (E_net_cell) [t y ⁻¹] (※3)
	s3_8_b_cel_si	上流側からのシルト流入量ラスタ (Q_cell) (s3_6_q_cel_si) 及び移動量 (Q_cell) ラスタ (s3_6_q_cel_up) から計算される、シルトの収支ラスタ (B_cell) [t y ⁻¹] (※1)
	s3_8_d_net_si	上記収支ラスタ (B_cell) から計算される、シルトの正味堆積量ラスタ (D_net_cell) [t y ⁻¹] (※2)
	s3_8_e_net_si	上記収支ラスタ (B_cell) から計算される、シルトの正味侵食量ラスタ (E_net_cell) [t y ⁻¹] (※3)
	s3_8_b_cel	上記砂、シルト及び粘土の土砂収支から計算される (3 つの上記※1 の合計)、全粒径の土砂収支 (B_cell) ラスタ [t y ⁻¹]
	s3_8_d_net	上記砂、シルト及び粘土の正味堆積量から計算される (3 つの上記※2 の合計)、全土砂の正味堆積量 (D_net_cell) ラスタ [t y ⁻¹]
	s3_8_e_net	上記砂、シルト及び粘土の正味侵食量から計算される (3 つの上記※3 の合計)、全土砂の正味侵食量 (E_net_cell) ラスタ [t y ⁻¹]

6.5 4_Step_4_Calculate_Inter¥Cell-Cs_Transport

表 6-5 Step4 で作成されるファイル (1/3)

	ファイル名	内容
s4_1	s4_1_riv_lkx	s0_2 で作成した河川湖沼ラスタ (s0_2_riv_lk) から抽出した、対象領域内における河川及び湖沼の位置ラスタ
	s4_1_cs137_x	s0_4 で作成した解析対象集水域ラスタ (s0_4_bsn_ras) 及び既往文献 ¹⁴⁾ に記載の ¹³⁷ Cs 蓄積量から作成した、解析領域内の ¹³⁷ Cs 蓄積量ラスタ
	s4_1_cs137_0	上記河川及び湖沼位置ラスタ (s4_1_riv_lkx) 及び ¹³⁷ Cs 蓄積量ラスタ (s4_1_cs137_x) から作成した、河川及び湖沼セルの ¹³⁷ Cs 蓄積量をゼロにしたラスタ (5.2.5(1)参照)
s4_2	s4_2_d_si_acm	s3_2 で抽出した対象領域の流向ラスタ (s3_2_dirac_x) と、s3_8 で抽出した砂、シルト及び粘土の正味堆積量ラスタ (s3_8_d_net_sd, s3_8_d_net_si, s3_8_d_net_cl) から計算した、各粒度の累積堆積量ラスタ (ΣD_net_cell) [t y ⁻¹]
	s4_2_d_sd_acm	
	s4_2_d_cl_acm	

表 6-5 Step4 で作成されるファイル (2/3)

	ファイル名	内容
s4_2	s4_2_e_si_acm	s3_2 で抽出した対象領域の流向ラスタ (s3_2_direc_x) と、s3_8 で抽出した砂、シルト及び粘土の正味侵食量ラスタ (s3_8_e_net_sd, s3_8_e_net_si, s3_8_e_net_cl) から計算した、各粒度の累積侵食量ラスタ (ΣE_{net_cell}) [$t\ y^{-1}$]
	s4_2_e_sd_acm	
	s4_2_e_cl_acm	
s4_3	s4_3_rho_s	「Parameter_Control」シート (4.1 参照) から取得した堆積物粒子密度 ρ_s [$kg\ m^{-3}$] から作成したラスタ
	s4_3_s_sp_si	「Parameter_Control」シート (4.1 参照) から取得した堆積物粒径 d [m] と、上記堆積物粒子密度ラスタ (s4_3_rho_s) から計算した、各粒度の比表面積 S_{sp} [$m^2\ g^{-1}$] ラスタ
	s4_3_s_sp_cl	
	s4_3_s_sp_sd	
	s4_3_c_n_cl	上記の各粒度の比表面積 (s4_3_s_sp_sd, s4_3_s_sp_si, s4_3_s_sp_cl) から計算した ^{137}Cs 濃度 [$mBq\ g^{-1}$]
	s4_3_c_n_sd	
	s4_3_c_n_si	
	s4_3_r_c_cl	「Parameter_Control」シート (4.1 参照) から取得した全粒度の組成 [%]、上記の ^{137}Cs 濃度 (s4_3_c_n_sd, s4_3_c_n_si, s4_3_c_n_cl) から計算した、各粒度の ^{137}Cs 濃度比ラスタ
	s4_3_r_c_sd	
	s4_3_r_c_si	
s4_4	s4_4_hflife	「Parameter_Control」シート (4.1 参照) から取得した半減期 ($T_{1/2}$) から作成した半減期ラスタ
	s4_4_lambda	半減期から計算により求めた壊変定数ラスタ
	s4_4_r_a_n	上記壊変定数から計算した、1 年経過後の ^{137}Cs 蓄積量 (R_A) [$Bq\ m^{-2}$] ラスタ
	s4_4_alfa	s0_4 で作成した解析対象集水域ラスタ (s0_4_bsn_ras) から作成した α ラスタ
	s4_4_c0	上記 R_A ラスタ、 α ラスタ及び「Parameter_Control」シート (4.1 参照) から取得した空隙率 ϕ や堆積物粒子密度 [$kg\ m^{-3}$] から計算した、地表面における放射能濃度 C_0 [$Bq\ kg^{-1}$] ラスタ (5.2.5(1) 参照)
	s4_4_cel_area	s3_8 で作成される正味侵食量 (s3_8_e_net) ラスタに含まれるセルサイズ情報から計算したセル面積 [m^2] ラスタ
	s4_4_M_kg	さらに計算した侵食土砂量 [kg/m^2] ラスタ
	s4_4_ers_rate	s3_8 で計算される正味侵食量 (s3_8_e_net)、上記セル面積 (s4_4_cel_area) から計算される侵食速度 [m] ラスタ
	s4_4_x_1	侵食速度の単位を [cm] に換算したラスタ
	s4_4_e_cs	上記の計算結果から計算した、面積 $1m^2$ あたりの ^{137}Cs 流出量 (E_{Cs}) [$Bq\ y^{-1}$] ラスタ
	s4_4_e_cs_cel	上記 ^{137}Cs 流出量 (E_{Cs}) をセルあたりの量に変換したラスタ

表 6-5 Step4 で作成されるファイル (3/3)

ファイル名	内容
s4_4_e_cs_acm	s3_2 で抽出した対象領域の流向ラスタ (s3_2_direc_x) と、上記の面積 1m ² あたりの ¹³⁷ Cs 流出量 (E_Cs) から計算した ¹³⁷ Cs の累積流出量 (ΣE_Cs) ラスタ
s4_4_e_cs_acs	上記 ¹³⁷ Cs の累積流出量 (ΣE_Cs) と、s4_3 で計算した各粒度の ¹³⁷ Cs 濃度比 (s4_3_r_c_sd, s4_3_r_c_si, s4_3_r_c_cl) から計算した、各粒度の ¹³⁷ Cs 累積流出量 (ΣE_Cs) [Bq y ⁻¹] ラスタ
s4_4_e_cs_acd	
s4_4_e_cs_acc	
s4_4_d_cs_si	上記各粒度の ¹³⁷ Cs 累積流出量 (ΣE_Cs)、s3_8 で計算した各粒度の正味堆積量 (s3_8_d_net_sd, s3_8_d_net_si, s3_8_d_net_cl)、s4_2 で計算した各粒度の累積侵食量 (s4_2_e_sd_acm, s4_2_e_si_acm, s4_2_e_cl_acm) (ΣE_net_cell) から計算した、各セルにおける ¹³⁷ Cs 堆積量 (D_Cs) [Bq y ⁻¹]
s4_4_d_cs_sd	
s4_4_d_cs_cl	
s4_4_d_cs	上記各粒度への ¹³⁷ Cs 堆積量を合計した、全粒度の ¹³⁷ Cs 堆積量 (D_Cs) [Bq y ⁻¹]
s4_4_d_cs_ac	上記全粒度の ¹³⁷ Cs 堆積量 (D_Cs) と、s3_2 で抽出した対象領域の流向ラスタ (s3_2_direc_x) から計算した、各セルにおける ¹³⁷ Cs 累積堆積量 [Bq y ⁻¹] (ΣD_Cs)
フォルダ Outputs_Bq_flux	¹³⁷ Cs の累積流出量 (ΣE_Cs) (s4_4_e_cs_acm) と上記累積堆積量 (ΣD_Cs) 等から計算した ¹³⁷ Cs 移動量 (Q_Cs) のラスタ [Bq y ⁻¹] (年毎) (年毎のファイル「s4_4_q_Cs_*」(*: 0~計算終了年) を格納)
s4_4_r_a_er	¹³⁷ Cs 蓄積量 (R_A) (s4_4_r_a_n) から面積 1m ² あたりの ¹³⁷ Cs 流出量 (E_Cs) (s4_4_e_cs) を減じた値のラスタ
s4_4_d_cs_m2	セル面積 [m ²] (s4_4_cel_area) と全粒度の ¹³⁷ Cs 堆積量 (D_Cs) (s4_4_d_cs) から計算される、1m ² あたりの ¹³⁷ Cs 堆積量 [Bq m ⁻²]
s4_4_r_a_ersd	¹³⁷ Cs 蓄積量 (R_A) (s4_4_r_a_er) に上記堆積量 (s4_4_d_cs_m2) を加算した値のラスタ
s4_4_r_a_p	上記値がマイナスであった場合、その値を除去したラスタ
s4_4_r_a	¹³⁷ Cs 蓄積量 (R_A) (s4_4_r_a_n) から単位面積あたりの ¹³⁷ Cs 蓄積量 (R_A) [Bq m ⁻²] を計算したラスタ
フォルダ Outputs_Bq_m2	単位面積あたりの ¹³⁷ Cs 蓄積量のラスタ [Bq m ⁻²] (年毎) (年毎のファイル「s4_4_r_a_*」(*: 0~計算終了年) を格納)
s4_4_time	経過時間 [y] のラスタ
s4_4_mcrsv_hr	単位面積あたりの ¹³⁷ Cs 蓄積量 (R_A) (s4_4_r_a) と上記経過時間 [y] から、回帰式に基づき ¹³⁷ Cs 蓄積量を空間線量率 [μSv h ⁻¹] に換算した値のラスタ
フォルダ Outputs_Sv	1m 空間線量率のラスタ [μSv h ⁻¹] (年毎) (年毎のファイル「s4_4_dose_*」(*: 0~計算終了年) を格納)

6.6 5_Step_5_Create_Spreadsheets

表 6-6 Step5 で作成されるファイル

	ファイル名	内容
s5_1	s5_1_a_cel	s1_6 で作成した流亡土量 (A) ラスタ (s1_6_a_ha) をセルあたりに変換したラスタ
	s5_1_lake1stx	s0_2 で作成した湖沼リストラスタ (s0_1_dem 範囲内) (s0_2_lake_1st) をマスク抽出し作成したラスタ
	フォルダ Outputs_ Spreadsheets	basin_landuse. dbf 河川ごと各土地利用面積[km ²]ゾーン統計
		basin_soiltype. dbf 河川ごと各土壌分類面積[km ²]ゾーン統計
		basin_soil. dbf 河川ごと流亡土量[t ha ⁻¹ y ⁻¹]ゾーン統計
		landuse_soil. dbf 土地利用ごと流亡土量[t ha ⁻¹]ゾーン統計
		out_flux_cl. dbf 河川ごと移動量 (粘土) (Q _{cell}) [t y ⁻¹]ゾーン統計
		out_flux_si. dbf 河川ごと移動量 (シルト) (Q _{cell}) [t y ⁻¹]ゾーン統計
		out_flux_sd. dbf 河川ごと移動量 (砂) (Q _{cell}) [t y ⁻¹]ゾーン統計
		lake_sed_cl. dbf 湖沼ごと堆積量 (粘土) (D _{net_cell}) [t y ⁻¹]ゾーン統計
		lake_sed_si. dbf 湖沼ごと堆積量 (シルト) (D _{net_cell}) [t y ⁻¹]ゾーン統計
		lake_sed_sd. dbf 湖沼ごと堆積量 (砂) (D _{net_cell}) [t y ⁻¹]ゾーン統計
s5_2	フォルダ Outputs_ Spreadsheets	フォルダ Bq_flux 流域ごと ¹³⁷ Cs 移動量[Bq]ゾーン統計 (年毎の dBASE ファイル「s4_4_q_Cs_*. dbf」(*: 0～計算終了年) を格納)
s5_3	s5_3_r_a_cel	s4_4 で作成したフォルダ「Outputs_Bq_m2」内に格納したファイル「s4_4_r_a_0」等から、セルあたりの ¹³⁷ Cs 蓄積量に変換したラスタ
	フォルダ Outputs_ Spreadsheets	フォルダ Bq_sum 流域ごと ¹³⁷ Cs 蓄積量[Bq m ⁻²] ゾーン統計 (年毎の dBASE ファイル「s4_4_r_a_*. dbf」(*: 0～計算終了年) を格納)
s5_4	フォルダ Outputs_ Spreadsheets	フォルダ Bq_sum_lake 湖沼ごと ¹³⁷ Cs 蓄積量[Bq m ⁻²] ゾーン統計 (年毎の dBASE ファイル「s4_4_r_a_*. dbf」(*: 0～計算終了年) を格納)

7. 結果とりまとめファイル（「Data_Reduction_Macro.xlsm」）を用いた マクロによる結果集約

ツールボックス（「Toolbox.tbx」）を用いた計算（5. 参照）により得られた出力結果をアウトプットフォルダ（「Outputs」）で確認（6. 参照）したのち、結果とりまとめを行う。

とりまとめは、事前に作成しておいた Excel®ファイル（「Data_Reduction_Macro.xlsm」）のマクロである「ArcGIS 土砂移動計算結果の取りまとめマクロ」（表 2-1 参照、図 7-1）で実行すると、Step5 で作成された拡張子 dbf を有する dBASE ファイルのうち 1 つを除き Excel®ファイルに集約される。

結果集約の手順を表 7-1 に示す。

表 7-1 結果集約の手順

手順	内容
1	上記 Excel®ファイルを開く。マクロを開いた際に「セキュリティの警告」が表示された場合は、「コンテンツの有効化」をクリックしてマクロを有効化する。
2	表示された画面（図 7-1）の「 Step 1 」の空欄に、参照するフォルダ（6. に示したアウトプットフォルダ（「Outputs」）や 3. に示したインプットフォルダ（「Input_Shapefiles」）等）の上位のフォルダを入力する、あるいは「参照」により指定する。
3	「 Step 2 」の空欄に、マクロにより新たに作成され集計結果がとりまとめられる Excel®ファイル名を入力する。ファイルは、手順 2 で指定したフォルダ内に作成される。
4	「 Step 3 」の「データとりまとめ開始」をクリックする。
5	手順 3 で名前を決定した Excel®ファイルが、手順 2 で指定したフォルダ内に作成されていることを確認する。
6	作成された Excel®ファイルに、表 7-2 に示す 8 つのシートが作成され、「Graphs」を除くシート全てにとりまとめ結果が示されていることを確認する（表 7-3～7-9）。

※表 7-1 及び図 7-1 における“Step”は、ツールボックス（「Toolbox.tbx」）においてメインモデル及びサブモデルを用いて計算を行う場合の“Step”（2. 3, 5 章, 6 章参照）とは異なる。

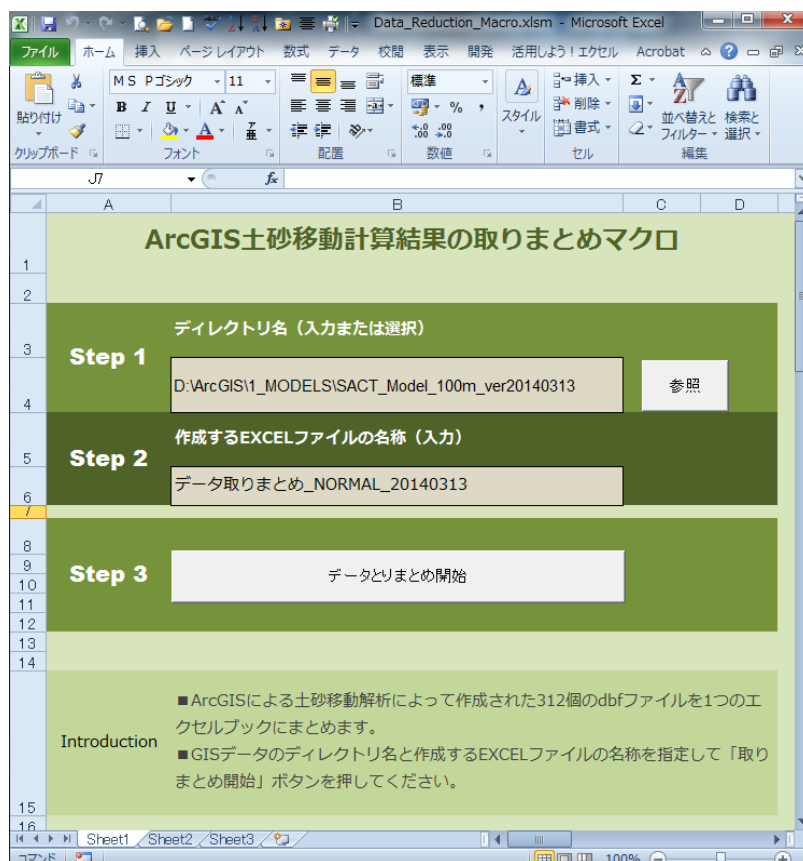


図 7-1 「Data_Reduction_Macro.xlsm」 設定画面

作成される Excel®ファイル中のシートを表 7-2 に示す。同表には、あわせて各シートに対応する dBASE ファイルを示す（表 6-6 参照。同表中の dBASE ファイルのうち「**landuse_soil.dbf**」のみ結果集約で使われていない）。また、表 7-3～7-9 に、シート「Graphs」を除くシートに示される結果集約例を示す。

なお、Excel®マクロにより適切に結果集約が行われたかを確認するため、ラスタデータと比較して、正しい値と単位で集約されているか等確認する必要がある。

表 7-2 結果集約で作成されるファイル中のシート
及び対応する dBASE ファイル（表 6-6 参照）

シート名	内容	対応する dBASE ファイル
landuse_type	河川ごと各土地利用面積[km ²]	basin_landuse.dbf
soil_type	河川ごと各土壌分布面積[km ²]	basin_soiltype.dbf
soil_erosion &_transport	<左側の表> 河川ごと流亡土量[t ha ⁻¹ y ⁻¹]	basin_soil.dbf
	<右側の表> 河川ごと移動量 [t ha ⁻¹ y ⁻¹] (それぞれ粘土、シルト、砂)	out_flux_cl.dbf out_flux_si.dbf out_flux_sd.dbf
lake_ deposition	湖沼ごと堆積量[t y ⁻¹] (それぞれ粘土、シルト、砂)	lake_sed_cl.dbf lake_sed_si.dbf lake_sed_sd.dbf
Bq_flux	流域ごと ¹³⁷ Cs 移動量[Bq] (毎年)	フォルダ「Bq_flux」中の dBASE ファイル
Bq_sum	流域ごと ¹³⁷ Cs 蓄積量[Bq m ⁻²] (毎年)	フォルダ「Bq_sum」中の dBASE ファイル
Bq_lake_sum	湖沼ごと ¹³⁷ Cs 蓄積量[Bq m ⁻²] (毎年)	フォルダ「Bq_sum_lake」中の dBASE ファイル
Graphs	空であり、何も記入されない。	

表 7-3 「landuse_type」シート 結果集約例

各集水域における土地利用											
	A__他_農	森林	河川地及_	田	建物用地	A__他_用	幹線交通用	荒地	A__場	海浜	海水域
	その他の農用地	森林	河川地及び湖沼	田	建物用地	その他の用地	幹線交通用地	荒地	ゴルフ場	海浜	海水域
宇多川	1.115E+01	1.031E+02	4.820E+00	3.529E+01	1.183E+01	3.470E+00	1.490E+00	1.800E+00	1.700E-01	2.900E-01	6.350E+00
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
熊川	3.930E+06	5.266E+07	1.410E+06	1.026E+07	4.450E+06	6.200E+05	1.500E+05	5.000E+05	0.000E+00	5.000E+04	0.000E+00
富岡川	2.880E+06	4.500E+07	7.300E+05	8.010E+06	3.680E+06	1.100E+06	5.300E+05	6.800E+05	8.500E+05	0.000E+00	0.000E+00
井出川	1.270E+06	3.374E+07	2.000E+05	3.250E+06	7.000E+05	4.100E+05	1.200E+05	2.000E+05	1.500E+05	1.000E+04	1.000E+04
木戸川	1.027E+07	2.246E+08	1.630E+06	1.247E+07	1.950E+06	1.840E+06	4.700E+05	6.030E+06	6.400E+05	2.000E+04	0.000E+00
夏井川	3.262E+07	5.290E+08	6.550E+06	5.796E+07	3.459E+07	9.290E+06	6.110E+06	7.090E+06	1.710E+06	9.000E+04	9.000E+04
阿武隈	6.666E+08	3.141E+09	1.123E+08	8.568E+08	3.506E+08	1.097E+08	4.694E+07	1.092E+08	3.830E+07	9.000E+04	1.000E+04
鮫川	2.524E+07	4.810E+08	6.840E+06	3.564E+07	1.432E+07	9.400E+06	1.680E+06	1.510E+07	3.910E+06	0.000E+00	1.000E+04

※当シートにおける各列の名称は、「Parameter_Control」ファイルの「C_factors」及び「P_factors」シート（4.4,表 4-5 参照）における「Landuse」列の名称と同一でない。後者を、当表の緑色着色箇所を示す。

表 7-4 「soil_type」シート 結果集約例

各集水域における土壌分類																
	灰色低地土	乾性褐色森	黒__土壌	湿性褐色森	褐色低地土	A__土壌	細粒灰色低	乾性褐色_1	細粒__土	黒泥土壌	砂丘未熟土	粗粒褐色低	...	赤色土壌	高山岩屑性	粗粒淡色黒
	灰色低地 土壌	乾性褐色 森林土壌	黒ボク 土壌	湿性褐色 森林土壌	褐色低地 土壌	グライ 土壌	細粒灰色 低地土壌	乾性褐色 森林土壌 (黄褐色)	細粒 グライ土壌	黒泥土壌	砂丘 未熟土壌	粗粒褐色 低地土壌		赤色土壌	高山岩屑性 土壌	粗粒淡色 黒ボク土壌
宇多川	5.660E+00	5.250E+00	3.033E+01	2.220E+00	2.730E+00	3.420E+00	1.730E+01	0.000E+00	5.400E-01	7.520E+00	3.590E+00	0.000E+00	...	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
熊川	1.080E+06	9.300E+06	4.910E+06	3.580E+06	8.200E+05	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.900E+05	...	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
富岡川	1.680E+06	6.880E+06	3.000E+06	5.170E+06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.100E+05	0.000E+00	0.000E+00	...	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
井出川	0.000E+00	5.660E+06	3.660E+06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.070E+06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	...	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
木戸川	9.700E+06	2.825E+07	3.952E+07	1.096E+07	0.000E+00	2.760E+06	5.900E+05	2.600E+05	6.000E+04	0.000E+00	0.000E+00	3.300E+05	...	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
夏井川	2.352E+07	4.402E+07	9.964E+07	1.536E+07	1.770E+06	5.095E+07	2.685E+07	1.377E+07	4.880E+06	3.980E+06	0.000E+00	3.830E+06	...	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
阿武隈	2.518E+08	2.251E+08	6.121E+08	7.316E+07	7.306E+07	1.595E+08	2.944E+08	4.571E+07	1.471E+08	3.871E+07	1.580E+06	4.730E+07	...	7.770E+06	4.539E+07	6.910E+06
鮫川	2.580E+07	3.851E+07	5.783E+07	5.594E+07	3.480E+06	2.286E+07	8.450E+06	6.040E+06	2.230E+06	4.000E+04	1.100E+05	1.990E+06	...	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

※当シートにおける各列の名称は、「Parameter_Control」ファイルの「K_factors」シート（4.3,表 4-4 参照）における「Soil_type」列の名称と同一でない。後者を、当表の緑色着色箇所を示す。

表 7-5 「soil_erosion_&_transport」シート 結果集約例

土砂移動解析結果								
	流亡土量 (t/ha/y)				集水域からの土砂流出量 (t/ha/y)			
RIN	全粒径	砂	シルト	粘土	全粒径	砂	シルト	粘土
阿武隈	8.876E+05	3.550E+05	3.550E+05	1.775E+05		5.828E+04	1.100E+05	7.614E+04
...	...	...	...	(中略)		...	...	...
新田川	2.934E+04	1.174E+04	1.174E+04	5.868E+03		8.083E+03	5.044E+03	3.147E+03
真野川	1.441E+04	5.763E+03	5.763E+03	2.882E+03		2.467E+03	1.411E+03	1.586E+03
請戸川	6.359E+04	2.544E+04	2.544E+04	1.272E+04		1.353E+04	8.271E+03	6.306E+03
前田川	3.805E+03	1.522E+03	1.522E+03	7.611E+02		7.347E+02	4.944E+02	3.649E+02
太田川	5.867E+03	2.347E+03	2.347E+03	1.173E+03		4.716E+02	5.863E+02	6.841E+02
富岡川	6.676E+03	2.670E+03	2.670E+03	1.335E+03		6.403E+02	6.883E+02	6.319E+02
木戸川	2.387E+04	9.547E+03	9.547E+03	4.774E+03		7.826E+03	4.776E+03	2.765E+03

表 7-6 「lake_deposition」シート 結果集約例

湖沼における土砂堆積量 (t/y)			
LAKE_NAME	砂	シルト	粘土
つつみ公園溜池	3.535E-03	1.284E-03	3.173E-06
横川ダム	1.192E+03	5.373E+02	2.393E+00
...	(中略)	...	...
泉川調整池	5.194E+01	1.386E+01	4.554E-02
大柿ダム	5.232E+03	2.328E+03	1.216E+01
大野駅周辺溜池 1	1.024E+00	1.963E+00	6.823E-03
大野駅周辺溜池 2	9.333E+00	1.168E+00	3.073E-03
大野駅周辺溜池 3	1.390E+00	5.621E-02	2.357E-04
滝川ダム	8.772E+02	2.700E+02	1.100E+00
鉄山ダム	3.246E+02	6.169E+01	1.758E-01
藤沼池	1.750E+01	6.467E+00	2.493E-02
風兼ダム	2.641E+02	8.192E+01	3.131E-01
万右エ門溜池	2.507E+01	7.283E+00	2.351E-02
名称不明	1.750E+05	1.641E+04	8.065E+01
毛戸ダム	2.478E+02	5.938E+01	2.012E-01
龍生ダム	4.116E+02	1.194E+02	3.654E-01

表 7-7 「Bq_flux」シート 結果集約例

各集水域からの ¹³⁷ Cs 流出量の経年変化															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	98	99	100
宇多川	6.387E+10	5.968E+10	5.603E+10	5.280E+10	4.993E+10	4.735E+10	4.502E+10	4.289E+10	4.094E+10	3.914E+10	3.747E+10	...	2.289E+09	2.223E+09	2.160E+09
...	...	...	...	...	...	(中略)	...	...	...	...	...	...	...	...	...
木戸川	1.375E+11	1.292E+11	1.220E+11	1.156E+11	1.099E+11	1.047E+11	1.000E+11	9.568E+10	9.167E+10	8.794E+10	8.445E+10	...	5.283E+09	5.132E+09	4.984E+09
夏井川	1.110E+11	1.020E+11	9.443E+10	8.800E+10	8.243E+10	7.755E+10	7.323E+10	6.936E+10	6.586E+10	6.268E+10	5.976E+10	...	3.472E+09	3.372E+09	3.276E+09
阿武隈	3.040E+12	2.746E+12	2.502E+12	2.297E+12	2.122E+12	1.970E+12	1.837E+12	1.720E+12	1.615E+12	1.521E+12	1.437E+12	...	6.542E+10	6.349E+10	6.162E+10
鮫川	8.929E+10	8.018E+10	7.303E+10	6.723E+10	6.239E+10	5.827E+10	5.469E+10	5.155E+10	4.874E+10	4.622E+10	4.393E+10	...	2.212E+09	2.146E+09	2.082E+09

表 7-8 「Bq_sum」シート 結果集約例

各集水域の ¹³⁷ Cs 蓄積量の経年変化															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	…	99	100	101
宇多川	1.633E+13	1.590E+13	1.548E+13	1.507E+13	1.468E+13	1.429E+13	1.392E+13	1.356E+13	1.321E+13	1.287E+13	1.254E+13	…	1.340E+12	1.308E+12	1.276E+12
…	…	…	…	…	…	(中略)	…	…	…	…	…	…	…	…	…
木戸川	2.654E+13	2.580E+13	2.508E+13	2.439E+13	2.372E+13	2.307E+13	2.245E+13	2.184E+13	2.125E+13	2.067E+13	2.011E+13	…	1.944E+12	1.894E+12	1.846E+12
夏井川	1.907E+13	1.853E+13	1.801E+13	1.750E+13	1.702E+13	1.655E+13	1.610E+13	1.566E+13	1.523E+13	1.482E+13	1.442E+13	…	1.428E+12	1.392E+12	1.358E+12
阿武隈	4.004E+14	3.883E+14	3.767E+14	3.657E+14	3.551E+14	3.449E+14	3.351E+14	3.257E+14	3.166E+14	3.078E+14	2.993E+14	…	2.965E+13	2.891E+13	2.819E+13
鮫川	1.048E+13	1.015E+13	9.839E+12	9.543E+12	9.259E+12	8.986E+12	8.724E+12	8.472E+12	8.228E+12	7.992E+12	7.765E+12	…	7.036E+11	6.855E+11	6.678E+11

表 7-9 「Bq_lake_sum」シート 結果集約例

各湖沼の ¹³⁷ Cs 蓄積量の経年変化															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	…	99	100	101
名称不明	4.297E+08	2.003E+11	3.797E+11	5.417E+11	6.885E+11	8.219E+11	9.434E+11	1.054E+12	1.156E+12	1.248E+12	1.333E+12	…	9.344E+11	9.188E+11	9.033E+11
犬神ダム	0.000E+00	2.699E+08	5.219E+08	7.573E+08	9.772E+08	1.183E+09	1.375E+09	1.554E+09	1.722E+09	1.879E+09	2.024E+09	…	1.684E+09	1.656E+09	1.628E+09
…	…	…	…	…	…	(中略)	…	…	…	…	…	…	…	…	…
岳ダム	0.000E+00	3.288E+08	6.306E+08	9.076E+08	1.162E+09	1.396E+09	1.611E+09	1.808E+09	1.990E+09	2.156E+09	2.308E+09	…	1.584E+09	1.557E+09	1.531E+09
高の倉ダム	0.000E+00	6.427E+09	1.242E+10	1.802E+10	2.324E+10	2.812E+10	3.268E+10	3.692E+10	4.089E+10	4.458E+10	4.802E+10	…	3.968E+10	3.902E+10	3.838E+10
山ノ入ダム	0.000E+00	1.606E+06	3.134E+06	4.587E+06	5.969E+06	7.281E+06	8.526E+06	9.707E+06	1.083E+07	1.189E+07	1.289E+07	…	1.467E+07	1.446E+07	1.426E+07
風兼ダム	0.000E+00	9.308E+09	1.764E+10	2.511E+10	3.184E+10	3.791E+10	4.340E+10	4.837E+10	5.286E+10	5.694E+10	6.064E+10	…	4.079E+10	4.011E+10	3.945E+10
岩部ダム	0.000E+00	1.540E+09	2.937E+09	4.206E+09	5.358E+09	6.406E+09	7.359E+09	8.226E+09	9.015E+09	9.732E+09	1.038E+10	…	6.913E+09	6.796E+09	6.681E+09
滝川ダム	0.000E+00	8.112E+09	1.531E+10	2.175E+10	2.756E+10	3.283E+10	3.762E+10	4.201E+10	4.601E+10	4.968E+10	5.305E+10	…	3.808E+10	3.745E+10	3.682E+10

8. その他の注意事項

SACT はソフトウェア ArcGIS 上で動作するが、以下に ArcGIS についての幾つかの問題点やそれに対する対処方法を示す。

その他に、ArcGIS を開発した米国 ESRI 社から、パフォーマンスを向上させるための方法が同社ウェブサイトに掲載されている²⁷⁾（ただしユーザーのログインが必要）。

- Version が異なると、計算結果が多少変動する。特に集水域を作成する際に、期待と異なる集水域が作成されたり、流出点が河口やダムの放流孔と大きく異なる地点に作成されたりすることがある。この場合は、Basin 作成のオプションで“SYMPPLIFY”を“NO_SIMPLIFY”に変更することで避けられる場合もある。
- ArcGIS Version 10.2 以降では、シェープファイルの文字コードが UTF-8 に変更されている。シェープファイルの文字コードが他のコード（例えば Shift-JIS 等）である場合は、UTF-8 に変換してから使用するか、ArcGIS に他のコード対応用パッチを当てて対処する必要がある。
- ArcGIS では、ファイルの命名法に幾つかの制限がある。入力データを別に用意する場合、その制限に注意して名称を設定する必要がある。
- 入力ファイルやプログラム等が置かれているフォルダまでの絶対パスが長い場合、計算ができないことがある。そのためフォルダ名を簡素にし、作業フォルダも D ドライブの直下に作る等の工夫が必要である。

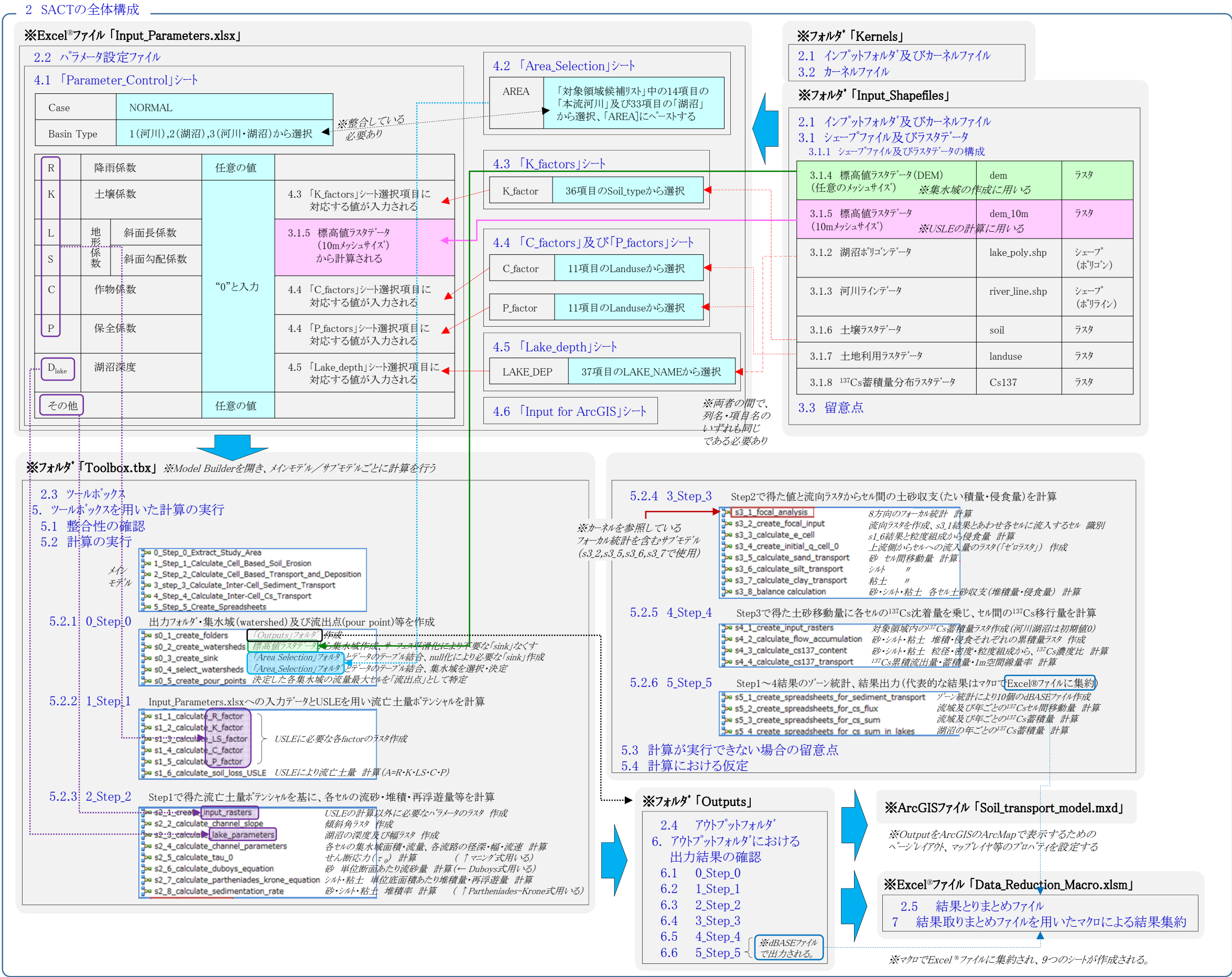
また、SACT を実行することはできないが、入出力 GIS データを表示させることができる既存のソフトウェアもある（例えば、地理情報システム“QGIS”²⁸⁾）。

参考文献

- 1) Wischmeier, W.H., Smith, D.D.: Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains - Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook No.282, 1965.
- 2) Wischmeier, W.H., Smith, D.D.: Predicting Rainfall Erosion Losses - a Guide to Conservation Planning, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No.537, 1978.
- 3) 山口正秋, 前川恵輔, 竹内真司, 北村哲浩, 大西康夫: 土壌移動に着目した福島第一原子力発電所事故後の放射性物質分布に関する解析手法の開発, 日本原子力学会, バックエンド部会, 原子力バックエンド研究, Vol. 20, No.2, pp.53-69, 2013.
- 4) Yamaguchi, M., Kitamura, A., Oda, Y. and Onishi, Y. : Predicting the Long-term ¹³⁷Cs Distribution in Fukushima after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident: a Parameter Sensitivity Analysis, Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 135, pp.135-146, 2014.
- 5) Kitamura, A., Yamaguchi, M., Kurikami, H., Yui, M. and Onishi, Y. : Predicting Sediment and Cesium-137 Discharge from catchment in Eastern Fukushima, Anthropocene, Vol.5, pp.22-31, 2014.
- 6) 文部科学省、農林水産省: 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果, 平成 23 年度科学技術戦略推進費「重要政策課題への機動的対応の推進及び総合科学技術会議における政策立案のための調査」「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」報告書, 2012.
- 7) Vanoni, V.A., (eds): Sedimentation Engineering, ASCE, p.745, 1975.
- 8) Onishi, Y., M., ASCE: Sediment Contaminant Transport Model, J. Hydraul. Div. 107, pp.1089-1107, 1981.
- 9) Onishi, Y., Graber, H.C., and Trent, D.S.: Preliminary Modeling of Wave-Enhanced Sediment and Contaminant Transport in New Bedford Harbor, Coastal and Estuarine Studies, 42, pp.541-557, 1993.
- 10) 小谷義将, 加藤誠, 塩野隆弘, 西村 拓: WEPP を用いた黒ボク土傾斜畑地における浸食量予測, 水土の知, 75, 825-829, 2007.
- 11) ESRI ジャパン: ウェブサイト, ArcGIS for Desktop, <http://desktop.arcgis.com/ja/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm> (参照: 2016 年 8 月 1 日).
- 12) ESRI ジャパン: ウェブサイト, ArcGIS ブログ, <http://blog.esri.jp/arcgisblog/2014/02/modelbuilder-1--a596.html> (参照: 2016 年 8 月 1 日).
- 13) 国土交通省 国土地理院: ウェブサイト, 基盤地図情報サイト, <http://www.gsi.go.jp/kiban/> (参照: 2016 年 8 月 1 日)
- 14) 国土交通省 国土政策局 国土情報課: ウェブサイト, 国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (参照: 2016 年 8 月 1 日)

- 15) 宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター: ウェブサイト, ALOS-2・ALOS, データセット, 全球高精度デジタル 3D 地図(ALOS World 3D),
<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d/index.htm> (参照: 2016 年 8 月 1 日).
- 16) 日本原子力研究開発機構: ウェブサイト, 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト,
<http://emdb.jaea.go.jp/emdb/> (参照: 2016 年 8 月 1 日).
- 17) 国土交通省 国土政策局 国土情報課: ウェブサイト, 土地分類調査・水調査,
<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html> (参照: 2016 年 8 月 1 日).
- 18) 宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター: ウェブサイト, ALOS-2・ALOS, データセット, 高解像度土地利用土地被覆図ホームページ,
http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/lulc_jindex.htm (参照: 2016 年 8 月 1 日).
- 19) 国土交通省国土政策局国土調査課: 20 万分の 1 土地分類基本調査(土壌図)「福島県」, 1998.
- 20) 国土交通省国土政策局国土調査課: 20 万分の 1 土地分類基本調査(土壌図)「宮城県」, 1998.
- 21) 今井 啓, 石渡輝夫: 統計資料等を用いて整理した都道府県別の土壌侵食因子の地域性について, 寒地土木研究所月報, 645, pp. 49-54, 2007.
- 22) 国土交通省国土計画局: 国土数値情報(土地利用細分メッシュデータ),
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (参照: 2016 年 8 月 1 日).
- 23) 鶴木啓二, 多田大嗣, 細川博明: USLE による畑地流域からの土砂流出解析, 北海道開発技術研究発表会, 2009.
- 24) R.P.C. Morgan: Soil Erosion and Conservation, Blackwell Publishing, 2005.
- 25) 自然科学研究機構 国立天文台: 理科年表, 2014.
- 26) Beck, H. L. : Environmental Gamma Radiation from Deposited Fission Products, 1960-1964, Health Phys., 12, pp. 13-32, 1966.
- 27) ESRI ジャパン: ウェブサイト, ArcGIS ブログ,
<http://blog.esri.jp/arcgisblog/2014/07/arcgis-for-desk-f12e.html>
(参照: 2016 年 8 月 1 日).
- 28) QGIS: ウェブサイト, <http://www.qgis.org/ja/site/> (参照: 2016 年 8 月 1 日).

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량	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 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(数字の) 1	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	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
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	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照射度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
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 ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ 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のみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてののみ使用される。

(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	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒 ニュートンメートル	Pa s N m	m ⁻¹ kg s ⁻¹ m ² kg s ⁻²
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
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)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	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=60 s
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/10 800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ 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 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ 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 ¹¹ 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 ⁵ 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 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	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
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオット	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe ≡ (10 ³ /4 π) A m ⁻¹

(a) 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 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g = 2×10 ⁻⁴ 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℃」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
ミクロン	μ	1 μ =1 μm=10 ⁻⁶ m

