

(S2-3) わが国におけるリスク評価モデル（案）の計算式

福浦清¹・奥田信康¹・伊貝聡司¹・リスク評価活用方法検討部会¹
¹ 土壤環境センター

1. はじめに

筆者らの成果の一つとして、わが国の土壌・地下水汚染対策において活用するためのリスク評価モデル（案）において使用する計算式を提案する。本部会の前身である「リスク評価適用性検討部会」から継続して調査対象としてきた国内外6つのリスク評価モデルで使用されている計算式を吟味し、わが国における活用方法に照らして適用性の高いものを選択し、独自の考え方に基づく式を加えて作成したものである。

土壌環境から受容体に至る曝露経路をいくつかの段階に分解して計算式を整理することにより、モデルの理解を容易にしてブラックボックス化することを防ぐとともに、将来の知見の集積による改訂や拡張も容易になるよう工夫した。

本報告では計算式の概要を紹介する。

2. 曝露経路と計算式グループ

図-1に本モデル案が対象とする曝露経路を示す。

リスク評価を行なう際には、汚染土壌中の全含有量濃度を元に、様々な曝露経路における媒体中の濃度を計算して最終的に受容体における曝露量を算出するが、本モデル案では汚染土壌から受容体へ至るまでの曝露経路を図-1中の丸数字で示した各段階に分解して、それぞれの段階に対応する計算式グループとして整理した。表-1に各計算式グループの主な入出力とベースとした既存モデルを示す。

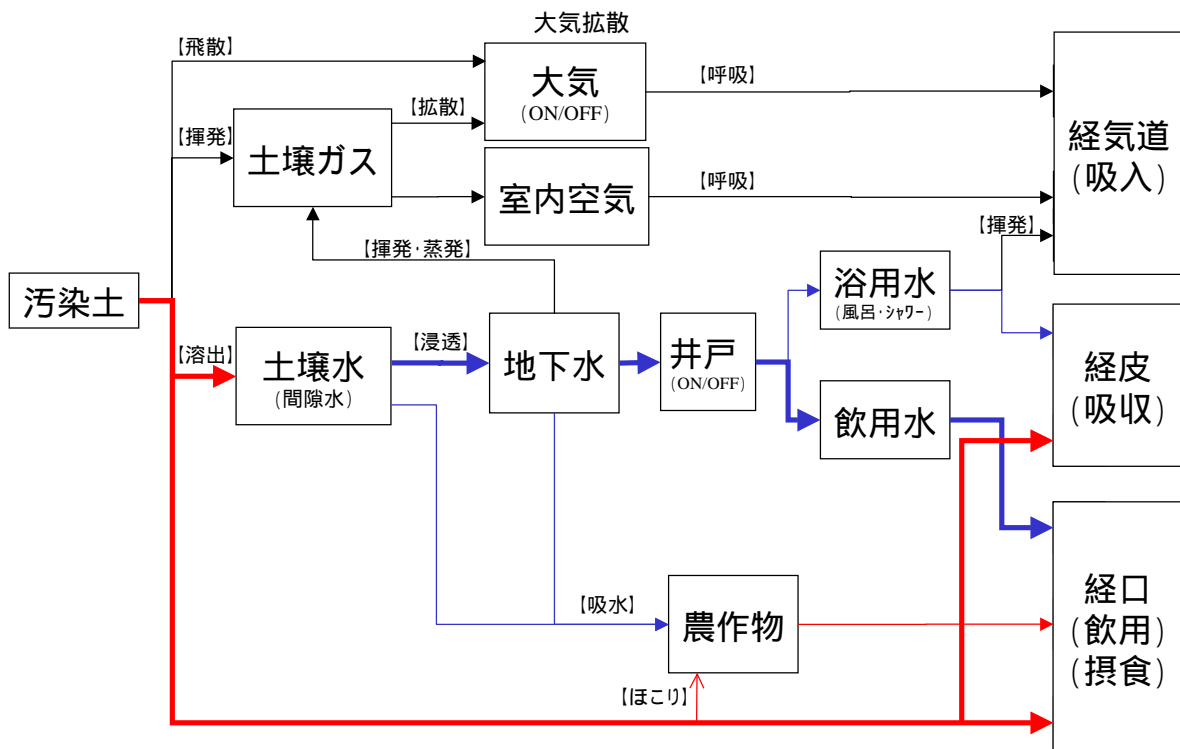


図-1 対象とする曝露経路

Formulation of a draft risk assessment model for soil contamination in Japan

Kiyoshi Fukuura¹, Nobuyasu Okuda¹, Satoshi Ikai¹ and Study Group of Method of Using Risk Assessment¹ (¹GEPC)

連絡先：〒102-0083 東京都千代田区麹町4-2 第二麹町ビル7階 (社) 土壤環境センター

TEL 03-5215-5955 FAX 03-5215-5954 E-mail info@gepc.or.jp

表-1 計算式グループ

番号	計算式グループ	主な入力項目	主な出力項目	ベースとした既存モデル						
				R B C A	C S O IL	C L E A	C C M E	G E R A S	K T- R I S K	独 自 式
	3相分配(水)	土壌含有量濃度	土壌間隙水濃度, 土壌ガス濃度	○			○		○	
	土粒子の飛散	土壌含有量濃度	屋外空気濃度 (土粒子)	○					○	
	土壌ガス移動(表層土壌)	土壌含有量濃度	屋外空気濃度	○	○			○	○	
	土壌ガス移動(屋外)	土壌ガス濃度	屋外空気濃度	○					○	
	土壌ガス移動(屋内)	土壌ガス濃度	室内空気濃度	○						○
	地下水からの揮発	地下水濃度	屋外空気濃度, 室内空気濃度	○					○	
	大気中水平移動	屋外空気濃度	屋外空気濃度 (オフサイト)	○					○	
	地下水への鉛直移動	土壌間隙水濃度	地下水濃度	○					○	
	地下水水中水平移動	地下水濃度	地下水濃度 (オフサイト)	○					○	
	農作物の吸水	土壌含有量濃度, 土壌間隙水濃度	農作物濃度		○					
	農作物への付着	土壌含有量濃度	農作物濃度		○			○		
	土壌直接摂食	土壌含有量濃度	曝露量	○	○	○	○	○	○	
	土壌皮膚接触	土壌含有量濃度	曝露量		○	○		○		
	地下水の飲用	地下水濃度	曝露量	○	○		○		○	
	農作物の摂食	農作物濃度	曝露量		○	○	○	○		
	屋外空気呼吸	屋外空気濃度	曝露量	○					○	
	室内空気呼吸	室内空気濃度	曝露量	○					○	
	シャワーによる吸入	地下水濃度	曝露量		○					
	シャワーによる皮膚接触	地下水濃度	曝露量		○					

3. 各計算式グループの概要

3.1 三相分配式

土壌環境を構成する三相(固相、液相、気相)の間での平衡状態を仮定して、土壌含有量濃度を固相濃度として土壌間隙水(液相)と土壌ガス(気相)中の濃度を計算する三相分配式は、フガシティーを用いないRBCA型とフガシティーを用いるCSOIL型に大別できるが、理解のしやすさ等からRBCA型とした。

RBCA Toolkitでサポートしている二重平衡吸着の影響、解離性物質の影響、および複数物質共存下のNAPLの存在判定および存在率の算出¹⁾については、今回の提案式には含めず将来の検討課題とした。

3.2 土粒子の飛散

表層土壌から飛散した土粒子に由来する有害物質の屋外空気中濃度の計算式は、舗装面を除いた単位面積あたりの土粒子発生率を屋外空気中の希釈率で除して表層土壌濃度を掛けたものである。屋外空気中の希釈率は完全混合を仮定したボックスモデルにより求める。これはRBCA²⁾をベースとしており、CSOIL³⁾やCLEA⁴⁾では「空気中の土粒子濃度」を出発点として計算しているが、わが国における活用方法から、地表面の舗装状態や屋外空気中の希釈率について現場特有の設定を可能とする「土粒子発生率」を元に計算する式とした。

3.3 土壌ガス移動(表層土壌)

表層土壌濃度から屋外空気濃度を算定する式として、RBCA型^{1),2)}とCSOIL型⁵⁾が提案されている。わが国のモデ

ル式として使用する場合、現時点ではどちらかに決定することが困難なので、両者の特徴を考慮してサイト状況に合わせ解析者が選択するものとした。

$$(RBCA \text{ 型-1}) \quad C_{amb} = (2 \times \rho_s / DF_{amb}) \times \sqrt{D_s^{eff} \times H / \pi \times \tau \times 31536000 \times (\theta_{ws} + k_d \times \rho_s + H \times \theta_{as})} \times C_{ss} \times 10^3$$

$$(RBCA \text{ 型-2}) \quad C_{amb} = (\rho_s \times d_s / \tau \times DF_{amb} \times 31536000 \times C_{ss} \times 10^3$$

$$(CSOIL \text{ 型}) \quad C_{amb} = J / DF_{amb}$$

$$J = \min \{ J2, J3 + J4 \}$$

$$J2 = D_{air}/d \times C_{sa} \times 10^3$$

$$J3 = Ev/24 \cdot 3600 \times C_{sw} \times 10^3$$

$$J4 = D_s^{eff} \cdot \rho_s / dp \times C_{ss} \times 10^3$$

C_{amb} : 屋外空気中の濃度(mg/m ³)	J : 屋外大気への全流束 (mg/m ² /sec)
C_{ss} : 表層の土壌固相濃度(mg/kg)	$J2$: 地表面境界層から屋外大気への流束 (mg/m ² /sec)
DF_{amb} : 屋外における希釈項(m/sec)	$J3$: 土壌間隙水の蒸発に伴う地表面への流束 (mg/m ² /sec)
d_s : 表層土壌の厚さ(m)	$J4$: 土壌間隙ガス拡散移動による地表面への流束 (mg/m ² /sec)
D_s^{eff} : 不飽和帯土壌の有効拡散係数(m ² /sec)	d : 境界層厚さ(m)
ρ_s : 土壌乾燥密度(kg-soil/L-soil)	dp : 汚染土壌の平均深さ(m)
k_d : 土壌-水分係数(cm ³ -H ₂ O/g-soil)	D_{air} : 空気中の拡散係数(m ² /sec)
θ_{ws} : 不飽和帯土壌の体積含水率(cm ³ -H ₂ O/cm ³ -soil)	Ev : 土壌からの蒸発水の流束 (m ³ /m ² /day)
θ_{as} : 不飽和帯土壌の体積含気率(cm ³ -air/cm ³ -soil)	D_s^{eff} : 不飽和土壌中の拡散係数 (m ² /sec)
H : ヘンリー一定数(cm ³ -H ₂ O/cm ³ -air)	C_{sa} : 表層の土壌間隙空気中の濃度(mg/L)
τ : 揮発のための平均時間(year)	C_{sw} : 表層の土壌間隙水中の濃度(mg/L)

RBCA 型は、汚染源の減衰がないものとして地表面からの濃度拡散による放散量を計算する式 (RBCA 型-1) と、既知の汚染源が有限の時間で全て揮発するものとした計算式 (RBCA 型-2) の二つの計算により、小さい方の計算結果を採用する。これは過度に安全側の評価を避けるための措置であり、結果的に前者の計算式が第二種特定有害物質のような比較的揮発性の低い物質に、後者の計算式が第二種特定有害物質のような揮発性の高い物質に適用されることになる。

CSOIL 型は、汚染土壌から地上空気への揮発流束を土壌と大気との境界層を通過する境界流束 J2、土壌から境界層への水の蒸発流束 J3、土壌から境界層への揮発拡散流束 J4 に分解したうえで、J2 若しくは J3 + J4 の値の小さい方として求める (CSOIL 型)。表層土壌濃度から屋外空気濃度の計算式として、土壌ガスの濃度拡散に加えて土壌間隙水の蒸発による影響をも考慮している点に特徴がある。

RBCA 型は対象物質の揮発性の高低にあわせて式が選択でき、比較的少ない入力値で結果を得ることができる利点がある。CSOIL 型には間隙空気中の濃度拡散に加え、間隙水の蒸発による影響が考慮されている利点があるが、必要なパラメーター数が RBCA 型よりも多くなる。

3.4 土壌ガス移動 (屋外)

地下の土壌ガス濃度から屋外空気濃度を算定する式は、前項 (土壌ガス移動 (表層土壌)) の RBCA 型の式に類似し、汚染源の減衰がないものとして地下からの濃度拡散のみを考慮する計算式と、既知の汚染源が有限の時間で全て揮発するものとした計算式の二つの計算により、小さい方の計算結果を採用する^{1),2)}。

3.5 土壌ガス移動 (屋内)

地下の土壌ガス濃度から室内空気濃度を算定する式は、我が国の建物構造を勘案して、床下空間を持ちコンクリートスラブのないモデルと、コンクリートスラブのあるモデルの二つのモデルにより作成した⁶⁾。

床下空間を持ちコンクリートスラブのないモデルでは、地下の土壌ガスが床下空間まで拡散により移動し、床下空間で希釈されるものとし、希釈率は完全混合を仮定したボックスモデルで計算する。更に床下空間から室内空間への移動においては、室内での換気率が国内の換気基準⁷⁾ (一時間当たり 0.5 回) に等しい場合は CSOIL や GERAS と同様に床下空間の濃度の 1/10 を室内空間の濃度とし、換気率が換気基準を超える場合には換気率に反比例して室内空間の濃度が減少する独自の式⁶⁾とした。

コンクリートスラブのあるモデルは RBCA や KT-RISK をベースとし、地下の土壌ガスがコンクリートスラブ (基礎) 底面まで拡散により移動し、そこからコンクリートスラブ (基礎) の亀裂を拡散および室内外の気圧差により生じる移流により室内空間に移動して、室内空間で完全混合を仮定したボックスモデルによる希釈率で希釈される。

3.6 地下水からの揮発

地下水濃度から室内空気濃度を算定する式は、3.4 土壌ガス移動（屋外）のRBCA型の式の中の、汚染源の減衰がないものとして地下からの濃度拡散のみを考慮する計算式と同様だが、毛管帯の存在を考慮して地下水から地表までの有効拡散係数の計算において不飽和帯と毛管帯の厚さ・含水率・空隙率を考慮している^{1),2)}。

毛管帯では不飽和帯に比べ含水率が高くなるので、毛管帯においてガス拡散速度が抑制されるモデルとなっているが、地下水中の汚染物質も共に吸い上げられ、毛管帯の表面と地下水表面の汚染状況がほぼ同等と考えられる場合には、毛管帯厚さの分地下水が上昇したとみなして計算方法を修正することが望ましい。

3.7 大気中水平移動

汚染源直上（オンサイト）の屋外空気濃度から、オフサイトの受容体が曝露する屋外空気中濃度を計算する。わが国では有風時と無風時の予測手法としてそれぞれプルームモデルとパフモデルが広く用いられているが、このうちのガウス型プルームモデル¹⁾を標準手法として採用した。

プルームモデルは計算が容易で汎用性があり、これまでの調査・研究の資料が豊富に蓄積され、他の手法と比べて検証が十分になされている。予測には実測や実験に基づいて設定された拡散幅等を与えるので、統計モデルあるいは経験式といった性格を有している。詳細調査を実施し、現地条件に則したパラメーターを用いることにより、広範囲にわたる適用が可能であると考えられる。

3.8 地下水への鉛直移動

土壌間隙水濃度から汚染源直下（オンサイト）の地下水濃度の計算は、地下水表面までの移動による濃度変化と地下水による希釈の二つに分けて考える。

地下水による希釈は、汚染源の上流側からの地下水流入量（地下水流速×地下水混合層の厚さ）と汚染源における鉛直移動による汚染地下水の供給速度（地下水涵養量×地下水流に沿った汚染源の長さ）の比を計算し、1を加えて希釈率とする¹⁾。例えば比が0であれば1倍（希釈なし）、比が1であれば2倍に希釈される。

地下水表面までの移動による濃度変化は基本的にはないものとし、汚染源における土壌間隙水の濃度で地下水表面に供給されると考える。ただし、汚染源と地盤情報が十分に把握され、かつNAPLが存在しないことが明らかかな場合に限って、地下水表面までの移動による濃度減衰を考慮する式^{1),8)}をオプションとして使用できるものとした。

上記のほか、RBCA¹⁾では高次の評価に用いる減衰項として生物分解による減衰や時間平均による減衰の記載があるが、著しく安全側の評価となる可能性があると考え除外した。

3.9 地下水中水平移動

汚染源直下（オンサイト）の地下水濃度から、オフサイトの受容体が曝露する地下水濃度を計算する。この計算にRBCA¹⁾で用いられている三次元物質輸送モデルであるドミニコモデル⁹⁾を採用した。汚染源量を無限かつ地下水流向を一定と仮定して、地下水中に溶解した汚染物質の移流、拡散・分散、吸着に伴う濃度減衰、一次減衰および遅延効果を考慮した計算式である。

3.10 農作物の吸水

本モデル案では適用対象を自家製の農作物（家庭菜園の農作物）とし、対象農作物を地上の野菜（可食部が地上に育つもの/葉菜）及び地下の野菜（可食部が地下に育つもの/根菜）の2種類とした。また、対象物質を重金属と有機化合物とした。

重金属については土壌含有量濃度に生物濃縮係数を乗じて、有機化合物については土壌間隙水濃度に生物濃縮係数を乗じて、根からの吸収による農作物中の汚染物質濃度を計算する。

生物濃縮係数は、実測等による定数または対象物質の物性値を用いた計算式により得られるが、既存のリスク評価モデル毎に異なる定数、異なる計算式が示されている^{1),3),4)}。

3.11 農作物への付着

屋外空気中に存在している土壌粒子が様々なプロセスにより植物の葉へ付着することにより、土壌中の汚染物質は植物へ吸収されうる³⁾。これらのプロセスは多くの要因に影響されるが、パラメーターのデフォルト値にオランダのデータ³⁾を使用することにより、土壌含有量濃度の一定割合が付着により農作物へ吸収される式とした。

3.12 土壌直接摂食

表層の土壌含有量濃度と1日あたりの土壌摂食量、吸収率の積で1日あたりの曝露量を計算し、これに曝露頻度（1年間の曝露日数）と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を計算する。

曝露モデル全体として土壌含有量濃度は全含有量を使用するが、本計算式でのみ環境省告示第19号による土壌含有量も使用できるものとした。その場合の吸収率は1とする。

$$\text{単位体重あたりの生涯曝露量} = \frac{\text{曝露頻度} \times \text{曝露時間}}{\text{体重}} \times \text{土壌摂食率} \times \text{吸収率} \times \text{土壌含有量濃度}$$

3.13 土壌皮膚接触

CSOIL 型の式³⁾と CLEA 型の式⁴⁾を併記し、別途感度解析等の結果をもって最終選択を行うものとした。

どちらも表層の土壌含有量濃度に露出皮膚面積、単位面積の付着土壌量、皮膚吸収率等を用いて 1 日あたりの曝露量を計算し、これに曝露頻度（1 年間の曝露日数）と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を計算する。

（CSOIL 型） 単位体重あたりの 1 日曝露量曝露量

$$= (\text{皮膚付着土壌量} \times \text{皮膚吸収率} \times \text{アトリシファクター} \times \text{露出皮膚面積} \times \text{曝露時間} \times \text{含有量}) / \text{体重}$$

（CLEA 型） 1 日あたりの曝露量 = 皮膚単位面積あたりの 1 日有害物質吸収量 × 露出皮膚面積

$$\text{皮膚単位面積あたり日摂取量} = \frac{\text{含有量} \times \text{濃縮係数} \times \text{土壌乾燥密度} \times \text{皮膚透過係数}}{\text{吸着による消失係数} + \text{揮発による消失係数}}$$

$$\times (1 - \exp(-(\text{吸着による消失係数} + \text{揮発による消失係数}) \times \text{曝露時間}))$$

$$\text{吸着による消失係数} = \frac{\text{皮膚透過係数} \times \text{土壌乾燥密度}}{\text{皮膚単位面積あたりの土壌付着量}} \times 1000$$

$$\text{揮発による消失係数} = \frac{\text{対象物質のヘンリー定数} \times \text{対象物質の空気中の分子拡散率}}{\text{皮膚単位面積あたりの土壌付着量} \times \text{土-水分係数} \times \text{土壌と大気の境界層の厚さ}}$$

CSOIL 型の式では皮膚吸収率を時間当たりの吸収率とし、1 日あたりの曝露時間を別パラメーターとしてこれらの積で 1 日あたりの吸収率を計算するのに対し、CLEA 型の式では土質と汚染物質の物性をパラメーターとして体内への吸収と揮発による消失速度を考慮した比較的複雑な式により皮膚吸収率を計算する。

3.14 地下水の飲用

地下水濃度と 1 日あたりの水の飲用量、吸収率の積で 1 日あたりの曝露量を計算し、これに曝露頻度（1 年間の曝露日数）と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を計算する。

地下水の飲用率はパラメーター設定が困難と考え、安全側の設定として水源に関係なく水の飲用量をパラメーターとした。

3.15 農作物の摂食

農作物濃度に 1 日あたりの農作物摂食量、自家製農作物の割合、吸収率を用いて 1 日あたりの曝露量を計算し、これに曝露頻度（1 年間の曝露日数）と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を計算する。

農作物摂食量は市場に流通する農作物も含めた全体の摂食量とし、別に「自家製農作物の割合」をパラメーターとした。

3.16 屋外空気呼吸

屋外での呼吸による曝露量は、ガス吸入によるものと土粒子の吸入によるものに別けて、それぞれの曝露量を計算する。

ガス吸入については、屋外空気濃度に屋外での呼吸率を用いて 1 日あたりの曝露量を計算し、これに曝露頻度（1 年間の曝露日数）と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を計算する。

土壌粒子吸入については、土粒子の屋外空気濃度に屋外での呼吸率と吸収率を用いて 1 日あたりの曝露量を計算し、これに曝露頻度（1 年間の曝露日数）と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を計算する。

曝露時間と曝露頻度は室内と屋外で時間を按分せず、365 日 24 時間を屋外で過ごすシナリオである。

ガス中有害物質の吸収率は 1（100%）と考えられるので、他経路と異なり吸収率をパラメーターとしない。

3.17 室内空気呼吸

室内での呼吸による曝露量は、ガス吸入による曝露量のみ計算する。わが国では土足で室内に入ることが稀であり、室内への土粒子の侵入は無視できる程度と考えた。

室内空気濃度に室内での呼吸率を用いて 1 日あたりの曝露量を計算し、これに曝露頻度（1 年間の曝露日数）と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を計算する。

曝露時間と曝露頻度は室内と屋外で時間を按分せず、365 日 24 時間を室内で過ごすシナリオである。

3.18 シャワーによる吸入

浴室空気濃度を、シャワー使用水量、地下水濃度、浴室容積と揮発率から計算するが、このうち揮発率は気相および液相の物質輸送係数のほか、水滴の半径や落下時間も考慮した比較的複雑な式³⁾である。有機化合物のみ考慮し、重金属および無機化合物は考慮しない。

$$Cbr = \frac{kwa * Vws * Cdw * 1000}{2 * Vbr}$$

$$kwa = \left\{ \frac{Hsh}{Rgas * Tsh} * kLcal * kGcal \right\} / \left\{ \left(\frac{Hsh}{Rgas * Tsh} * kGcal \right) + kLcal \right\} * \frac{tf * 3}{rd}$$

<i>Cbr</i>	: バスルーム大気中の濃度 (μ g/m ³)	<i>kwa</i>	: 揮発率 (-)
<i>Vws</i>	: シャワー中の水量 (m ³)	<i>Hsh</i>	: シャワー温度におけるヘンリー定数 (Pa*m ³ /mol)
<i>Cdw</i>	: 飲料水中の濃度 (μ g/L) C	<i>Rgas</i>	: 気体定数 (8.3144 Pa*m ³ /mol/K)
<i>Vbr</i>	: バスルーム容積 (m ³)	<i>Tsh</i>	: シャワー温度 (K)
<i>kwa</i>	: 揮発率 (-)	<i>kGcal</i>	: ガス物質輸送定数 (m/s)
		<i>kLcal</i>	: 液体物質輸送定数 (m/s)
		<i>tf</i>	: 水滴の落下時間 (s)
		<i>rd</i>	: 水滴の半径 (m)
		<i>3/rd</i>	: 水滴の面積 [m ²] / 水滴の体積 [m ³] = (4 rd ² / (4/3 rd ³))

シャワーに伴う蒸気吸入経路の曝露量を、上記浴室空気濃度に浴室滞在時間(脱衣からシャワーを浴びて体を乾燥させるまでの時間) 室内での呼吸量を乗じて 1 日あたりの曝露量を計算し、これに曝露頻度 (1 年間の曝露日数) と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を、室内空気呼吸とは別に計算する。

$$\text{単位体重あたりの生涯 曝露量} = \frac{\text{曝露頻度} \times \text{曝露年数} \times \text{浴室滞在時間}}{\text{体重}} \times \text{室内での呼吸量} \times \text{浴室空気濃度}$$

3.19 シャワーによる皮膚接触

シャワーによる皮膚吸収経路の曝露量を、地下水濃度にシャワー水と接触する皮膚面積、曝露する皮膚の割合、皮膚吸収率、シャワーを浴びる時間を乗じ、前項(シャワーによる吸入)と同じ計算式で算出する揮発率による減少分を考慮して 1 日あたりの曝露量を計算し³⁾、これに曝露頻度(1年間の曝露日数)と曝露年数を乗じ、体重で除して、受容体の単位体重あたりの生涯曝露量を計算する。

$$\text{単位体重あたりの生涯 曝露量} = \frac{\text{曝露頻度} \times \text{曝露年数} \times \text{浴室滞在時間}}{\text{体重}} \times \text{接触する皮膚面積} \times \text{曝露する皮膚の割合} \\ \times \text{皮膚吸収率} \times (1 - \text{揮発率})$$

シャワーによる吸入と同様、有機化合物のみ考慮し、重金属および無機化合物は考慮しない。

4. おわりに

本報告のモデル案を実際に土壌地下水汚染対策の検討において使用可能なものとするため、計算式を併記した場合の選択方法の提示や計算式グループ間の整合性の確認、パラメーターの整理とデフォルト値の整備等、モデルの検証および修正を行っていく予定である。

5. 参考文献

- 1) GSI Environmental Inc.,(2007) : RBCA Toolkit Vversion2 Manual (Appendix-B)
- 2) ASTM(2000) : E2081-00/Standard Guide for Risk-Based Corrective Action (Appendix-3)
- 3) R. van den Berg, RIVM(1994) : RIVM report No.725201011, Human exposure to soil contamination : a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values
- 4) Environmental Agency(2002) : The Contaminated Land Exposure Assessment(CLEA)Model: Technical Basis and Algorithms. Bristol
- 5) M.F.W.Waitz et al, RIVM (1996) : RIVM report No.715810014, The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds,pp.16-36.
- 6) 伊貝聡司, 村上淑子, リスク評価活用方法検討部会(2010) : リスク評価モデルにおける我が国の建物構造を考慮した室内空気経路の曝露, 第 16 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会講演集
- 7) 建築基準法施行令第二十条の八
- 8) J.A. Connor, R.L. Bowers, S.M. Paquette, C.J. Newell(1997) : Soil Attenuation Model for Derivation of Risk-Based Soil Remediation Standards,Groundwater Services, Inc., Houston, Texas
- 9) Domenico,P.A.(1987) : An analytical model for multidimensional transport of a decaying contaminant species, J.Hydrol., vol.91, pp.49-58