

S1-18 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

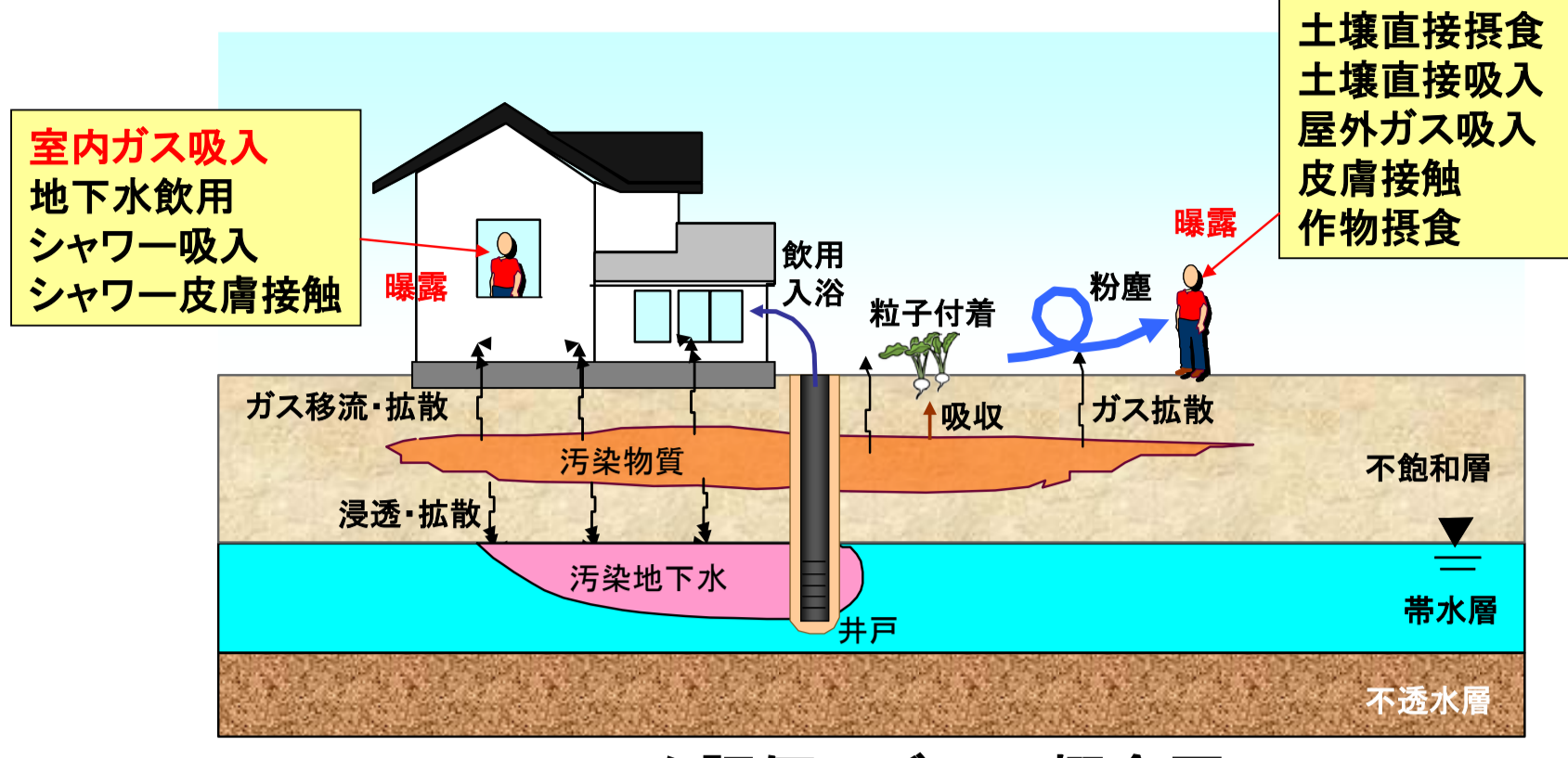
○¹伊貝聡司・¹村上淑子・¹リスク評価活用方法検討部会
¹(社) 土壌環境センター

1. はじめに

筆者らは、我が国の土壌汚染対策に合ったリスク評価モデル(案)の作成に取り組んでいる。

多くの曝露経路は、土壌の性質や対象物質の物理化学的性質を考慮することにより曝露量の算定が可能であるが、室内空気曝露では、建物構造により曝露量は大きく異なることが予測される。

本報告では、我が国の建物構造を考慮した室内空気経路の曝露評価モデルの検討経緯と提案するモデル・計算式について報告する。



リスク評価モデルの概念図

2. 既存のリスク評価モデルで採用されている室内空気経路の曝露

既存のリスク評価モデルでは、モデル毎に異なる計算式が採用されており、国やモデルにより異なる考え方が採用されている。

汚染土壌から室内空気への移動過程は、大きく、①土壌中の移動、②建物基礎中の移動、③建物内の移動に分類される。土壌中の移動では、拡散または蒸発による移動が考慮されており、大きな違いは認められないが、建物基礎中の移動と建物内の移動は建物構造により異なる計算式が設定されている。

建物基礎中の移動は、拡散のみにより移動する場合と室内外の気圧差により生じる移流も考慮する場合の2種類がある。建物内の移動は、閉鎖空間での拡散のみで、いずれも完全混合を仮定したBOXモデルが採用されているが、床下空間を考慮する場合と考慮しない場合の2種類がある。床下空間から室内空間へは、拡散と室内外の気圧差により生じる移流により移動するという考えと実測値に基づき低減率を定めているものがある。

移動プロセス毎の計算式の比較

タイプ	汚染土壌から室内空気濃度への移動過程							
	土壌中の移動		建物基礎中の移動		建物内の移動			
	計算の出発点	土壌中の移動媒体	土壌中の移動	建物基礎の通過箇所	建物基礎中の移動	床下空間での拡散	床材中の移動	室内空間での拡散
A	汚染土壌	土壌間隙空気	拡散	コンクリートスラブ内の亀裂	拡散	(なし)	(なし)	BOXモデル
A'	汚染土壌	土壌間隙空気	拡散	コンクリートスラブ内の亀裂	拡散移流	(なし)	(なし)	BOXモデル
B	汚染土壌	表層土壌あるいは地下土壌中の汚染物質が、一定期間(住宅地で30年、工業地で25年)内に全て揮発すると仮定						BOXモデル
C	建物直下の汚染土壌	(なし)	(なし)	コンクリートスラブの間隙	拡散移流	(なし)	拡散移流	BOXモデル
C'	建物直下の汚染土壌	(なし)	(なし)	建築材料の間隙	拡散移流	BOXモデル	拡散移流	BOXモデル
D	汚染土壌	土壌間隙空気	拡散	コンクリートスラブの間隙	拡散	BOXモデル	拡散移流	オランダでの実測値に基づき、室内濃度は床下空間濃度の1/10とする。
E	汚染土壌	土壌間隙水	拡散・蒸発	コンクリートスラブの間隙	拡散	BOXモデル	拡散移流	
F	汚染土壌	土壌間隙空気	拡散	コンクリートスラブの間隙	拡散移流	BOXモデル	拡散移流	BOXモデル

各国で採用されている計算式

国	モデル名	計算式のタイプ							
		A	A'	B	C	C'	D	E	F
アメリカ	RBCA	○	○	○	×	×	×	×	×
オランダ	CSOIL	×	×	×	×	×	○	○	×
	VOLASOIL	×	×	×	×	×	×	×	○
イギリス	CLEA	×	×	×	○	○	×	×	×
カナダ	CCMC	×	○	×	×	×	×	×	×
日本	GERAS	×	×	×	×	×	○	○	×
	KT-RISK	○	○	○	×	×	×	×	×

3. 我が国の代表的な建物構造について

我が国では、多湿という気象条件を考慮し、戸建住宅では木造で床下空間を設けた「木造在来工法」の住宅が多く普及している。一方、近年は、気密性の高い住宅のニーズが高まってきており、床下空間に換気口を設けない基礎断熱工法を採用した木造住宅も普及してきている。また、マンションなどの鉄筋コンクリート構造の共同住宅の割合も増加している。

土壌間隙空気から室内空気への移動という観点からみると、大きく影響を与える要因として、①コンクリートスラブの有無、②床下空間の有無の2点が挙げられる。

我が国の代表的な建物の分類

	床下空間あり		床下空間なし
	床下換気口あり	床下換気口なし	
コンクリートスラブなし	独立基礎、布基礎の 木造住宅	(一般的でない)	(一般的でない)
コンクリートスラブあり	べた基礎の 木造住宅	基礎断熱工法の戸建住宅、二重床構造の マンションなどの気密性の高い住宅	マンション 店舗など商業施設 工場などの工業施設

4. 我が国の建物構造を考慮した室内空気経路の曝露評価モデル(案)

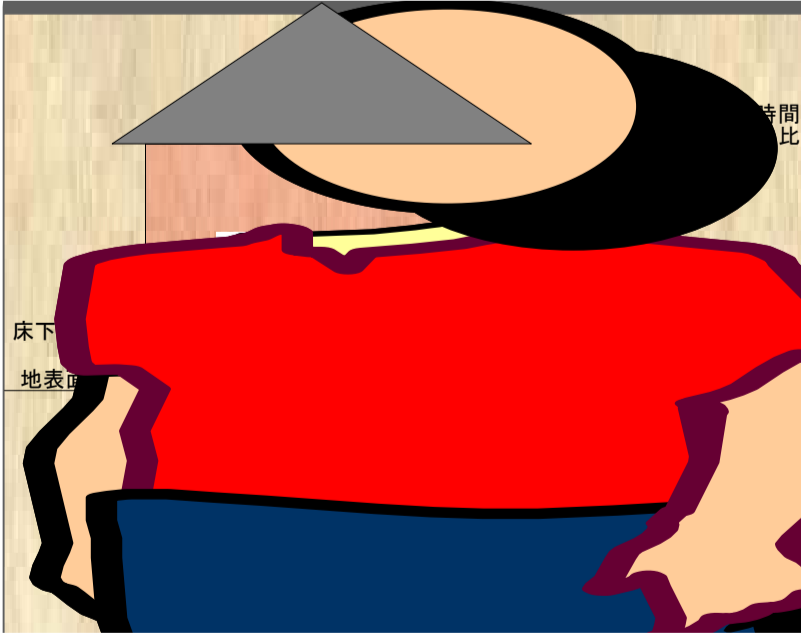
基礎断熱工法の戸建住宅や二重床構造のマンションなどの建物は、気密性が高く、床下空間と室内空間の空気は同質と考えられるため、コンクリートスラブのあるモデル(床下空間のないモデル)を用いて評価できると考える。べた基礎の木造住宅は、本来、床下空間での希釈が起こりうるが、安全側の評価となるため、コンクリートスラブのあるモデル(床下空間のないモデル)によって評価することが妥当と判断した。

① コンクリートスラブのないモデル

土壌間隙空気は、床下空間まで拡散により移動する。床下空間に達した土壌ガスは、床下空間で希釈される。希釈は、空気交換率と床下空間高さを定数とした完全混合を仮定したボックスモデルを用いる。床下空間から室内空間への移動は、CSOIL、GERASで採用されている寄与率を用いることとした。室内での換気対策を考慮できるよう、国内の換気基準(一時間当たり0.5回)に対する比率を考慮できる項を追加設定した。

$$C_{esp} = \frac{1}{1 + \frac{L_s \times DF_{craw}}{D_s^{eff}}} \times F_{bi} \times \frac{0.5}{3600 \times ER} \times C_a \times \dots$$

- C_{esp} : 室内空気中の濃度(mg/m³)
- C_a : 土壌間隙空気中の濃度(mg/L)
- DF_{craw} : 床下空間における希釈項(m/sec)
- F_{bi} : 床下空間から室内空間への寄与率
- ER : 室内空気交換率(1/sec)
- L_s : 汚染源の深さ(m)
- D_s^{eff} : 不飽和帯土壌の有効拡散係数(m²/sec)

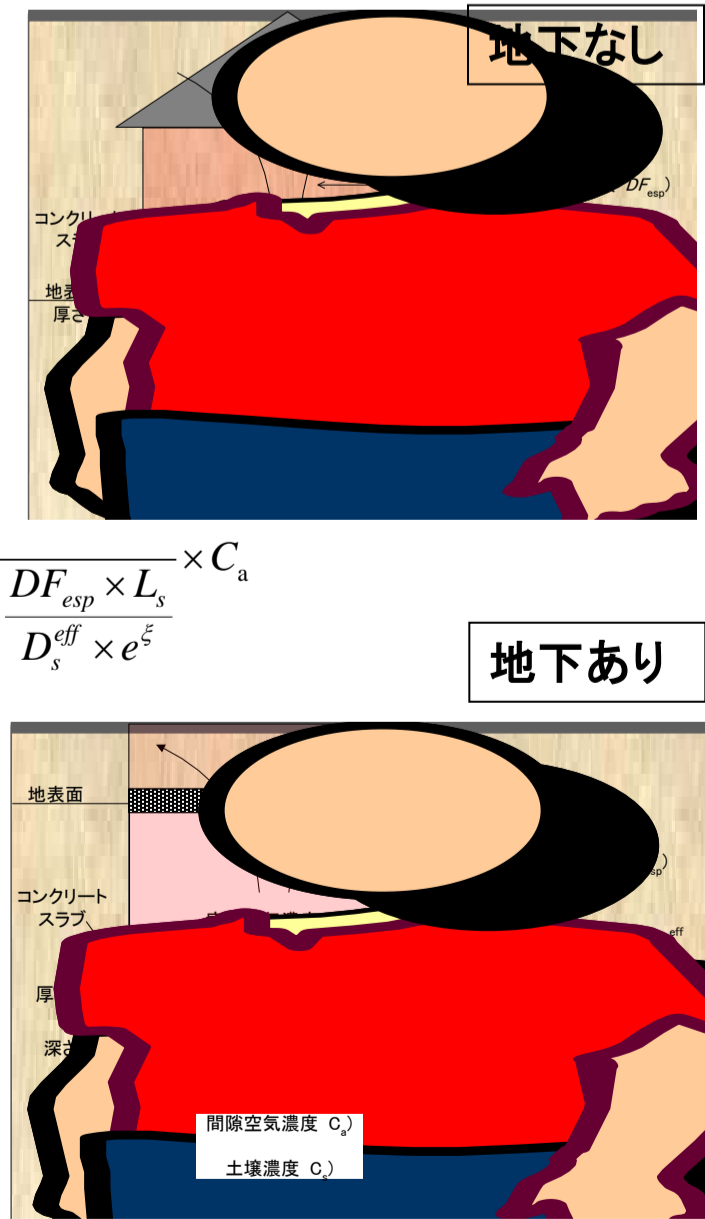


② コンクリートスラブのあるモデル

コンクリートスラブ底面に達した土壌ガスは、コンクリートスラブ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する。室内空間に移動した土壌ガスは、室内空間で希釈される。希釈は、空気交換率と室内空間高さ(床下空間が存在する場合は床下空間の高さと室内空間の高さの合計値)を定数とした完全混合を仮定したボックスモデルを用いる。

$$C_{esp} = \frac{1}{(e^{\epsilon} + \frac{D_s^{eff}}{DF_{esp} \times L_s} + \frac{D_s^{eff} \times A_b \times (e^{\epsilon} - 1)}{Q_s \times L_s})} \times \frac{DF_{esp} \times L_s}{D_s^{eff} \times e^{\epsilon}} \times C_a$$

- C_{esp} : 室内空気中の濃度(mg/m³)
- C_a : 土壌間隙空気中の濃度(mg/L)
- DF_{esp} : 室内における希釈項(m/sec)
- L_s : 汚染源の深さ(m)
- L_{ctk} : 建物基礎の厚さ(m)
- D_s^{eff} : 不飽和帯土壌の有効拡散係数(m²/sec)
- D_{ctk}^{eff} : 亀裂中の有効拡散係数(m²/sec)
- A_b : 建物基礎の面積(m²)
- Q_s : 建物基礎を通る空気流量(m³/sec)
- ϵ : 空気流の無次元数



5. まとめと今後の課題

既存リスク評価モデルの室内空気経路の計算式および我が国の代表的な建物構造について整理した結果に基づき、我が国の室内空気経路の曝露評価モデル計算式として、コンクリートスラブのあるモデルとコンクリートスラブのないモデルの2つのモデルを設定した。

今後の課題として以下の点が挙げられる。

- ① 設定したモデル・計算式の評価・検討
- ② 建物パラメータの設定
- ③ 実測データとの整合性の検討