

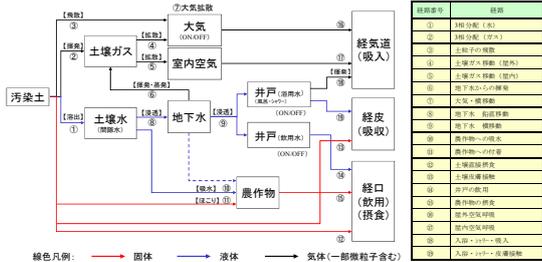
○奥田信康・佐々木哲男・村上淑子・小森敦史・中島誠
(社) 土壌環境センター リスク評価方法検証部会

1. 目的

(社)土壌環境センター リスク評価方法検証部会で作成したSERAM(Site Environmental Risk Assessment Model: サイト環境リスク評価モデル)の評価特性の把握

○実施項目

SERAMで使用する108個の変動パラメーターの中から主要な81個を選択し、これらのパラメーターの入力値の変動が結果に及ぼす影響の大きさの評価(感度解析評価)を実施し、結果に大きな影響を及ぼすパラメーターを特定した。



2. リスク評価対象サイト(ベースケース)

VOCによる土壌汚染サイトを想定した。ベースケース(リスク評価を行うサイトの土壌汚染状況を設定し、個々のパラメーターを決定した感度解析の基本となるケース)

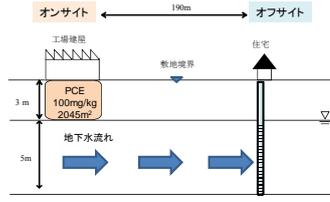


表-1 曝露経路毎のリスク(ベースケース)

| 経路 | 経路名 | HQ | オンサイト | オフサイト |
|------|----------|---------|-------|-------|
| 経口摂取 | 経口摂取(食品) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(飲料) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(土壌) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(空気) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(水) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(土壌) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(空気) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(水) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(土壌) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(空気) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| 経口摂取 | 経口摂取(食品) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(飲料) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(土壌) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(空気) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(水) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(土壌) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(空気) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(水) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(土壌) | 1.5E+01 | ○ | ○ |
| | 経口摂取(空気) | 1.5E+01 | ○ | ○ |

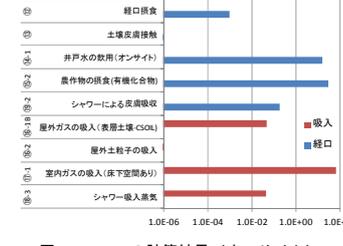


図-4 HQの計算結果(オンサイト)

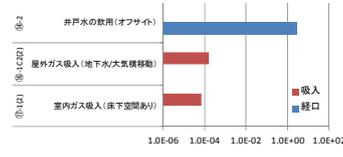


図-5 HQの計算結果(オフサイト)

【結果:HQのHQの大きい経路】
オンサイト:
⑪室内空気の吸入、⑮農作物の摂取、⑭井戸水の飲用の順にHQが大きく、1を超過した。

オフサイト:⑭井戸水の飲用でのHQが1を超過した。

・評価対象サイト(ベースケース)の特徴
地下水および室内空気のリスクが高い傾向がある

3. 感度解析

【感度解析手順】
①各パラメーターの取りうる最大値と最小値を設定。
②ベースケースの入力値セットに対し、一つのパラメーターのみを最大値または最小値に変更して、リスク計算を行い、各曝露経路毎にハザード比(HQ)を算出。
③HQの変動の大きさ(ΔHQと示す)を式-1の方法で各パラメーター毎に算出し、個々の評価を行った。

$$\Delta HQ = (HQ_{max} - HQ_{min}) \div HQ_{base} \quad \dots (式-1)$$

HQ_{max}: 最大値を入力したHQの計算結果
HQ_{min}: 最小値を入力したHQの計算結果
HQ_{base}: ベース値を入力したHQの計算結果

【結果1 変動の大きいパラメーター : 表-2、表-3】
ΔHQ ≥ +200% : Cs(1), Fbi(23), I(43), IRveg_bg(73)
+200% > ΔHQ ≥ +50% : H(4), Dair(13), W(44), EF(62), ED(63), IRveg_albg(72), IRamb(74), Tii(76)
ΔHQ ≤ -200% : foc(6), ER(24), Lst(25), Vgw(42), BW(66)
-200% < ΔHQ ≤ -50% : pd(2), thws(3), koc(7), b(45)

【結果2 重要パラメーターの変動状況: 図-6、図-7】
Csは入力値に比例してHQが増加し、Fbi、IRveg_bgは、オンサイトでは正の相関がある。一方、foc、Vgw、BWは、入力値が小さくなると反比例してHQが増加する傾向を確認。

【スパイダー図】 相対的にΔHQの大きいパラメーターを選択し、入力値をベース値の-50%~+50%の範囲で変動させた場合のHQを算出し、各々の挙動をスパイダー図で表示。

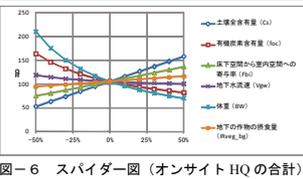


図-6 スパイダー図(オンサイトHQの合計)

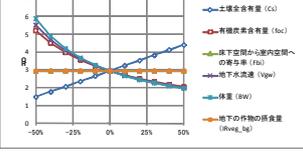


図-7 スパイダー図(オフサイトHQの合計)

表-2 感度解析対象パラメーター一覧およびΔHQ(ハザード比)の変動の大きさ

| パラメーター名 | 単位 | ベース値 | 最大値 | 最小値 | ΔHQ (%) |
|------------|-------|------|------|------|---------|
| Cs | Bq/kg | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| Fbi | Bq/kg | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| I | Bq/kg | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| IRveg_bg | Bq/kg | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| H | Bq/m³ | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| Dair | Bq/m³ | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| W | Bq/m³ | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| EF | h/d | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| ED | d | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| IRveg_albg | Bq/kg | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| IRamb | Bq/kg | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| Tii | Bq/kg | 10 | 1000 | 1 | +2000 |
| foc | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |
| ER | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |
| Lst | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |
| Vgw | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |
| BW | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |
| pd | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |
| thws | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |
| koc | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |
| b | kg/d | 10 | 1 | 1000 | -2000 |

表-3 各パラメーターが曝露経路毎のHQに及ぼす結果一覧

| 経路 | パラメーター | ベース値HQ | 最大値HQ | 最小値HQ | ΔHQ (%) |
|--------|------------|---------|---------|---------|---------|
| 経口摂取 | Cs | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | Fbi | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | I | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | IRveg_bg | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | H | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | Dair | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | W | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | EF | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | ED | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| | IRveg_albg | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |
| 井戸水の飲用 | BW | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | foc | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | ER | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | Lst | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | Vgw | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | pd | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | thws | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | koc | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | b | 1.5E+01 | 1.5E-01 | 1.5E+03 | -2000 |
| | IRveg_bg | 1.5E+01 | 1.5E+03 | 1.5E-01 | +2000 |

4. 考察・まとめ

【主要パラメーター: 表-4】

- ・Cs(土壌濃度)、EF、ED、BW、Tdoなど汚染物質を含む媒体の曝露頻度に関係するパラメーターは、ほとんどの曝露経路に影響を及ぼすため、入力値を決定する際には、十分な検討が重要となる。
- ・経口経路では、計算結果に変動を及ぼすパラメーターは少ないが、吸入経路では曝露経路毎に各々固有のパラメーターが計算結果に変動を与える。

【まとめ】

- ・SERAMによるリスク評価にて、結果に大きな影響を及ぼすパラメーターを特定。
- ・重要パラメーターの特定により、入力必要項目数が減り、解析者の負担を軽減して作業効率の向上が期待。
- ・異なる汚染サイト条件においても同様の感度解析を実施し、評価の妥当性について検証が必要。

表-4 HQ計算結果に影響を及ぼすパラメーター

| パラメーター | オンサイト | オフサイト |
|-------------------------|-------|-------|
| 土壌含有量 Cs | +++ | +++ |
| 地下空間から室内空間への空気移動係数 Dair | +++ | +++ |
| 地下水濃度 I | +++ | +++ |
| 地上の作物の摂取量 IRveg_bg | +++ | +++ |
| ベンリ一定数 H | ++ | ++ |
| 空気中の移動係数 Dair | ++ | ++ |
| 曝露頻度 EF | ++ | ++ |
| 曝露時間 ED | ++ | ++ |
| 地上の作物の摂取量 IRveg_albg | ++ | ++ |
| 屋外呼吸量 IRamb | ++ | ++ |
| 室内ガス吸入時間 Tin | ++ | ++ |
| 有機炭素含有量 foc | --- | --- |
| 室内空気交換率 ER | --- | --- |
| 汚染源の長さ Ls | --- | --- |
| 地下水濃度 Vgw | --- | --- |
| 位置 BW | --- | --- |
| 土壌収縮率 pd | + | + |
| 不飽和土壌の体積含水率 thws | --- | --- |
| 有機炭素水分分配係数 koc | --- | --- |
| 雨水量の長さ b | --- | --- |

【凡例】 ++: 正の影響、-: 負の影響。
3+: 最も大きい(ΔHQ≥200% or ΔHQ<-200%)
2+: 大きい(200%>ΔHQ≥50% or -200%<ΔHQ<-50%)
1+: 中(50%>ΔHQ≥10% or -50%>ΔHQ>-10%)