

## 総合的なリスクを考慮した汚染現場の管理値設定手法

(株) 鴻池組 土木本部技術部 正会員 ○藤長愛一郎, 松久裕之  
正会員 笹本 謙, 正会員 吉田幸司

### 1. はじめに

土壌・地下水汚染の有無の基準として、日本では環境基準値があり、日本全域で同じ値が使用されている。この基準を用いると、有害物質の調査さえすれば汚染の有無を判断できるというメリットがあるが、浄化対策を行う場合、現場の状況を考慮できないので、過剰な浄化となり、コスト面でデメリットとなる可能性がある。一方、欧米のように現場ごとにリスクアセスメントを行って人の健康リスクを評価すれば現場の状況を考慮できるが、調査のたびにリスク計算を行わなければならない。

そこで本論文では、現場の様々の条件を考慮した管理値を設定するために、現場に特異な条件をフロー図から選択することによってリスク管理値を設定する手法を考案した。そして、汚染現場以外の不特定汚染源由来の大気中の有害物質（バックグラウンド）を考慮して、テトラクロロエチレン(PCE)、トリクロロエチレン(TCE)、cis-1,2-ジクロロエチレン(cDCE)で複合汚染された現場を例に、各有害物質のリスク管理値を検討した。

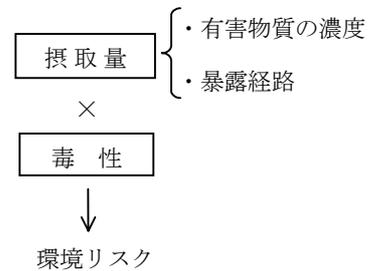


図-1 リスクアセスメントの概念

### 2. リスクアセスメントの概念 (図-1参照)

健康リスクアセスメントでは、まず、汚染現場の有害物質の濃度と暴露経路から摂取量を計算し、そして、有害物質の毒性によりリスクを数値として算出する。

#### 2.1 有害物質の摂取量

例として、地下水の飲料による有害物質の摂取量の計算式を式(1)に示す<sup>1)</sup>。

$$I = \frac{C_{GW} \cdot I_W \cdot Ef \cdot Ed}{Bw \cdot At} \quad (1)$$

$I$ : 有害物質の摂取量 (mg/kg・日),  $C_{GW}$ : 有害物質の地下水中濃度 (mg/L),  
 $I_W$ : 飲料水の日摂取量 (L/日),  $Ef$ : 摂取頻度 (日/年),  $Ed$ : 摂取期間 (年),  
 $Bw$ : 体重 (kg),  $At$ : 影響期間 (日)

#### 2.2 リスクの算出

健康リスクは、癌と癌以外の病気に分けて評価する。以下に癌以外の発病リスク（危害指数）の計算式を示す<sup>1)</sup>。

$$HI = \sum_{i=1}^n \frac{I}{RfD_i} \quad (2)$$

$HI$ : 有害物質  $n$  種類の合計の危害指数,  $RfD_i$ : 有害物質  $i$  の発病の閾値 (mg/kg・日)

$HI$ が1以上になると、人の健康に危害を与える可能性が高いことを示す。そして、 $HI=1$ となる $C_{GW}$ を逆算した値を地下水飲料に関するリスク管理値とする。また、発癌リスク( $Risk_T$ )についても別途計算する。

### 3. リスク管理値設定手法

#### 3.1 暴露ケースの設定

有害物質の摂取量は暴露経路ごとに計算するので、まず暴露経路を設定する必要がある。そこで、汚染現場特有の条件（井戸の使用状況、川・湖沼の有無、土壌の露出の有無）に対応する暴露経路をフロー図（図-2）を用いて選択する。そして、選択した暴露経路の組み合わせにより暴露ケース（表-1）を決める。住宅地においては、地下水の使用状況、表流水の有無、表層土壌の露出の有無によって、

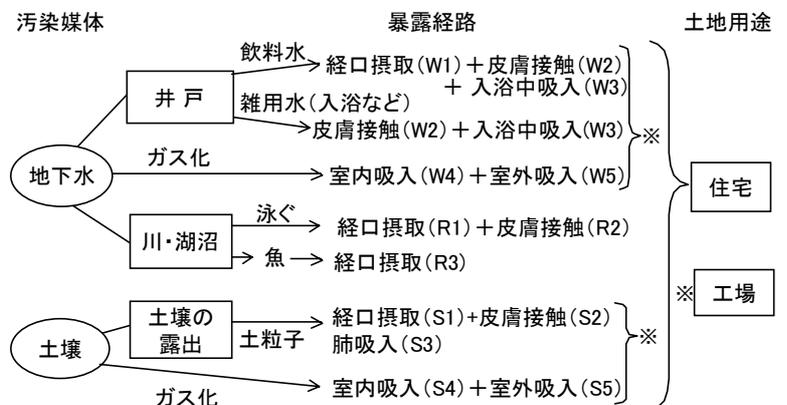


図-2 暴露経路フロー

キーワード：リスク管理値, リスクアセスメント, 現場条件, 土壌・地下水複合汚染, バックグラウンド, 揮発性有機化合物  
 連絡先：〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 Tel.06-6244-3675 Fax.06-6244-3676

暴露経路の組み合わせが No.1~12 の 12 ケース設定される。また、工場または商用地においては、地下水の飲料の有無、表層土壌の露出の有無によって、暴露経路を組み合わせが No.13~16 の 4 ケースであり、合計で 16 通りの暴露ケースを設定した。

### 3.2 表流水中・土壌中濃度と地下水中濃度の関係式

表流水、土壌、地下水の各媒体中の有害物質濃度を変数として、リスクの許容値 ( $HI=1$ ) を満たす濃度 (リスク管理値) を算出するためには変数を 1 つにする必要がある。そこで、表流水中濃度 ( $C_{RW}$ ) は地下水中濃度 ( $C_{GW}$ ) の 1/10 に、土壌中濃度 ( $C_S$ ) は有害物質の土壌への吸脱着を考慮して  $C_{GW}$  で表した式を用いた<sup>2)</sup>。

### 4. バックグラウンドを考慮したリスク

不特定汚染源による大気中の有害物質によるバックグラウンドのリスクは、地方公共団体が平成 13 年度に約 400 地点で調査した結果の平均値<sup>3)</sup>、PCE  $0.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、TCE  $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を用いた。この大気を吸入することによるバックグラウンドのリスクは  $HI = 0.028$ 、 $Risk_T = 1.1 \times 10^{-6}$  となった。

PCE、TCE、cDCE の  $HI$  の割当ては、 $HI$  の許容値 1 からバックグラウンドの  $HI$  (0.028) を引いた値を 3 (3 種類) で割って、それぞれ  $(1 - 0.028) / 3 = 0.32$  とした。そして、その  $HI$  を与える有害物質濃度を逆算して、 $HI$  によるリスク管理値とした。 $Risk_T$  についても同様の計算を行い、2 つのリスク管理値の内、安全側の値、すなわち小さい方を総括的なリスク管理値とした。

### 5. リスク管理値の結果および考察

表-2 に PCE、TCE、cDCE、3 種類の有害物質で汚染されている現場の暴露ケースごとに算出した地下水のリスク管理値を示す。結果として以下のことが挙げられる。

- (1) 日本の大気バックグラウンドのリスクは、 $HI$  の許容値の 3%、 $Risk_T$  の許容値の 11% であった。
- (2) 住宅地で井戸水を飲料水として使用する場合のリスク管理値が最も厳しく、環境基準値と同レベルの値となった。
- (3) 井戸水を飲料水として利用しない場合のリスク管理値は、利用する場合の数倍以上となり、地下水飲料の暴露経路がリスク管理値に最も影響を与えた。
- (4) 住宅地と工場・商用地を比較すると、土地の使用状況が同じ場合、工場・商用地のリスク管理値の方が、住宅地より数倍大きくなった。

### 6. おわりに

本論文で示した手法を用いて、一度、各有害物質について暴露ケースごとにリスクに基づいた管理値を算出しておけば、汚染現場ごとのリスク管理値が即座に利用できる。そして、このリスク管理値を用いて対策を行えば、現在、コストの問題で手付かずになっている全国の汚染現場で合理的な対策を行うことができると考えている。

#### 参考文献

- 1) U. S. Environmental Protection Agency: Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I, EPA/540/1-89/002. 1989.
- 2) 藤長愛一郎, 松久裕之, 笹本謙, 吉田幸司: リスクアセスメントに基づいた土壌・地下水複合汚染の現場ごとの浄化目標値設定手法に関する検討, 土木学会論文集 No.727/VII-26, 39-47, 2003.2.
- 3) 環境省環境管理局: 平成 13 年度地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果, 2002.10.

表-1 暴露経路の組合せによる暴露ケースの設定

用途	使用条件			暴露ケース No
	井戸の使用状況	川や湖沼などの有無	土壌表面の露出の有無	
住宅	飲料水として使用: ・W1+W2+W3 +W4+W5	有: +R1+R2+R3	有:+S1+S2 +S3+S4+S5	1
			無:+S4+S5	2
		無	有:+S1+S2 +S3+S4+S5	3
			無:+S4+S5	4
	雑用水(入浴など)として使用: ・W2+W3 +W4+W5	有: +R1+R2+R3	有:+S1+S2 +S3+S4+S5	5
			無:+S4+S5	6
		無	有:+S1+S2 +S3+S4+S5	7
			無:+S4+S5	8
	使用しない: ・W4+W5	有: +R1+R2+R3	有:+S1+S2 +S3+S4+S5	9
			無:+S4+S5	10
		無	有:+S1+S2 +S3+S4+S5	11
			無:+S4+S5	12
工場 商用地	飲料水として使用: ・W1+W4+W5	無 (レジャー等に使用しない)	有:+S1+S2 +S3+S4+S5	13
			無:+S4+S5	14
	使用しない: ・W4+W5		有:+S1+S2 +S3+S4+S5	15
			無:+S4+S5	16

表-2 暴露別のリスク管理値 (地下水) 単位(mg/L)

暴露ケースNo.	PCE	TCE	cDCE
1	0.0044	0.021	0.061
2	0.0044	0.021	0.061
3	0.0044	0.021	0.061
4	0.0044	0.021	0.061
5	1.1	0.66	3.1
6	1.2	0.67	3.1
7	1.2	0.67	3.1
8	1.3	0.67	3.1
9	1.1	0.66	3.1
10	1.2	0.67	3.1
11	1.2	0.67	3.1
12	1.3	0.67	3.1
13	0.010	0.046	0.11
14	0.010	0.046	0.11
15	4.4	1.9	9.7
16	4.6	1.9	9.7
環境基準値	0.01	0.03	0.04