

自主事業

RBCA研究WGの活動について

(社) 土壌環境センター RBCA研究WG なかしま まこと
中島 誠

1. はじめに

欧米では、土壌汚染による環境リスクを定量的に評価し、その低減を図るというリスクベースの取り組みが土壌汚染対策において一般的に行われており、そのためのリスク評価の方法としてC-soil（オランダ）、RBCA（アメリカ）、CLEA（イギリス）等が開発されてきた。

一方、わが国では、欧米のリスクアセスメント手法を理解するための研究はこれまでも行われてきたが、浄化および封じ込めのみが恒久対策として位置付けられてきたために、実際の土壌汚染対策にこれらのリスクアセスメント手法が活用されることはこれまでほとんどない状況にあった。しかしながら、2003年2月に施行された土壌汚染対策法では環境リスクの低減を主眼とするリスクベースの考え方が取り入れられており、土壌汚染による問題を環境リスクで考える時代が到来したといえることができる。

このような背景の下、海外におけるアセスメント評価手法の調査研究の一環として、リスクベースの土壌汚染対策のプロセスとしてアメリカを中心に広く用いられているRBCA（Risk-Based Corrective Action；リスクに基づく修復措置）の手法を研究するため、自主事業として「海外アセスメント・評価調査部会」の中に「RBCA研究ワーキンググループ」（以下、RBCA研究WG）を立ち上げ、平成14年度から平成15年度までの2年間研究活動を行ってきた。

本稿では、研究対象としたRBCAの概要と活動成果の一部を紹介する。

2. RBCA研究WGの活動内容

RBCA研究WGでは、RBCAの手法について、ケーススタディー等も行うことによりその適用性を検討するとともに、リスク計算に適用されているパラメーターの現状を把握し、海外におけるリスクアセスメントの動向について考察することを目的に研究活動を行ってきた。

研究活動で実施してきた項目は、以下のとおりである。

- ① RBCA講習会への参加による基礎知識習得
- ② ASTM E2081-00¹⁾（リスクに基づく修復措置のための規格ガイド）の和訳
- ③ パラメーター調査
- ④ ケーススタディー検討
- ⑤ リスク評価結果の適用性に関する検討
- ⑥ 研究成果の発表

これらの内、②ASTM-2081の和訳については、(株)インターリスク総研との共同事業として実施し、成果物²⁾を(株)インターリスク総研より出版した。また、⑥の研究発表については、第9回および第10回の地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会において、計5編の発表を行った^{3~7)}。

3. RBCAの概要

本WGの研究対象としたRBCAの概要を以下に示す。

3.1 RBCA開発の経緯

RBCAは、石油漏出サイトの浄化に使用するために米国材料試験協会（ASTM）が開発したリスクに基づく意志決定（RBDM；Risk-Based Decision-Making）の標準手法であり、1995年にASTM E1739-95（石油漏出サイトに適用されるリスクに基づく修復措置のための規格ガイド）^{8),9)}として規格化された。

米国環境保護庁（U.S.EPA）の地下貯蔵タンク課（OUST）は、PIRI（Partnership In RBCA Implementation）と呼ばれる公共および民間のパートナーシップを設立し、州プログラムのトレーニングの引き渡しを援助しており、PIRIおよびASTMとの協力協定を通じて1998年7月までに49の州およびアメリカ領土でRBCAプロセスについてもトレーニングを実施した。現在、RBCAはアメリカ40州以上で採用されている¹⁰⁾。PIRIは、U.S.EPA、ASTM、州の規制当局および産業界代表から構成されており、産業界代表はアモコ、BP、シェブロン、エクソン、モービルおよびシェルの各石油会社であった。

その後、2000年には化学物質全般に対するRBCAの規格ガイドASTM E2081-00（リスクに基づく修復措置のた

めの規格ガイド)^{1),2)}も規格化されており、これらの規格に基づいた取り組みが行政機関や企業によって現在行われている。

最近では、生態学的資源の保護のためのRBCA (Eco-RBCA) の開発も行われており、2002年にはASTM E2205-02 (生態学的資源の保護のためのリスクに基づく修復措置の規格ガイド)¹⁾として規格化されている。

3.2 ASTM-RBCAの概要

ASTM E2081-00におけるRBCA (以下、ASTM-RBCA) の概要を紹介する。

ASTM E2081-00は、リスクに基づく修復措置 (RBCA) の開発のための手引きであり、生態リスクと人の健康に対するリスクに基づく意志決定の科学を修復措置プロセスに統合するものである。

3.2.1 階層的アプローチ

RBCAによる修復措置は図-1に示す階層的アプローチで実施される。RBCAの特徴は、土壤汚染によって引き起こされる環境リスクの低減に主眼を置き、そのために実現可能な方法を階層別の検討によって合理的に決定し、実施することであり、基本的にサイト特性の評価、対策目標の設定、対策方法の選定・実施、モニタリングという順で進められる。

階層的アプローチにおける各階層 (Tier) では、それぞれアセスメントと評価が行われ、それまでの階層で得られた情報に基づいて、リスク評価結果をもとに設定される浄化目標値と実際の汚染濃度の対比により修復対策の必要性が判定され、その階層までの評価に基づき対策を実施することが得策か、さらに高次の階層に進んでより経済効率の高い対策方法を選択すべきか、あるいはモニタリングのみを継続していけばよいか判断される。

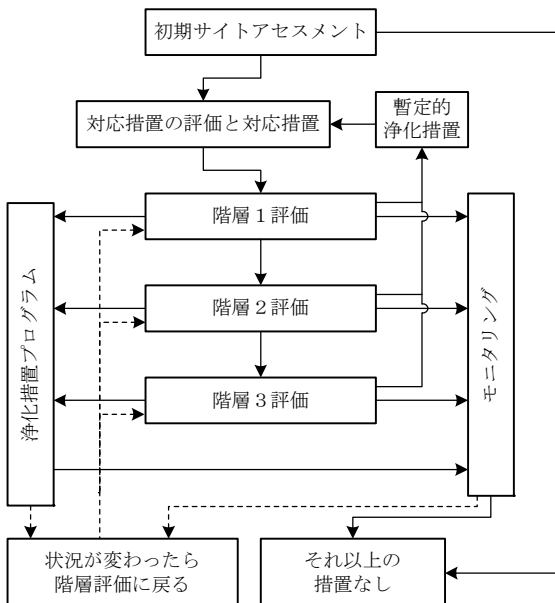


図-1 RBCAにおける階層的アプローチのフロー

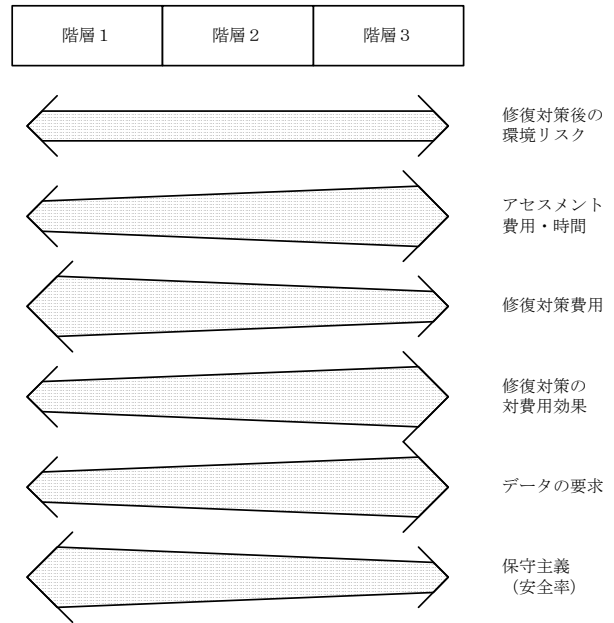


図-2 階層的アプローチの特徴

このように、環境リスクの低減という目的の下でサイト特性に応じた修復対策を柔軟かつ効率的に選択できるといのがRBCAの特徴である。

RBCAでは、図-2に示すように階層1、階層2、階層3のいずれの評価から修復対策に進んでも修復対策実施後に残存する環境リスクは同等の大きさであることが原則となっている。また、階層が高次になるにつれてデータ収集のレベルと解析のレベルは複雑になり、経済性の高い修復対策方法の選定が可能になる代わりに、要求されるデータの量およびアセスメントの費用と時間は多く要求されることになる。

初期アセスメントおよび各階層のアセスメントおよび評価で行う内容は次のとおりである。

(1) 初期アセスメント

初期アセスメントでは、対象サイトの特性や汚染物質の最高濃度等、最小限の情報に基づいて人の環境リスクの緊急度を評価し、必要な対応措置 (暫定対策) を行う。

(2) 階層1アセスメント

階層1アセスメントでは、想定しうる暴露経路と暴露シナリオ、汚染物質の最高濃度から最も安全側に見積もった対策目標、すなわち影響対象 (受容体) が汚染源の位置に存在すると仮定した場合の目標レベル (RBSL; Risk-Based Screening Level) を設定し、対象サイトにおける最高濃度と比較して修復対策の必要性を評価する。RBCAにおいて考慮されている暴露経路についてのフローチャートを図-3に示す。

RBSLは全てのサイトにおいて一律な値を用いるのではなく、サイトの状況に応じた値を算定し、設定することが必要である。階層1では、RBSLの代わりに関連生態

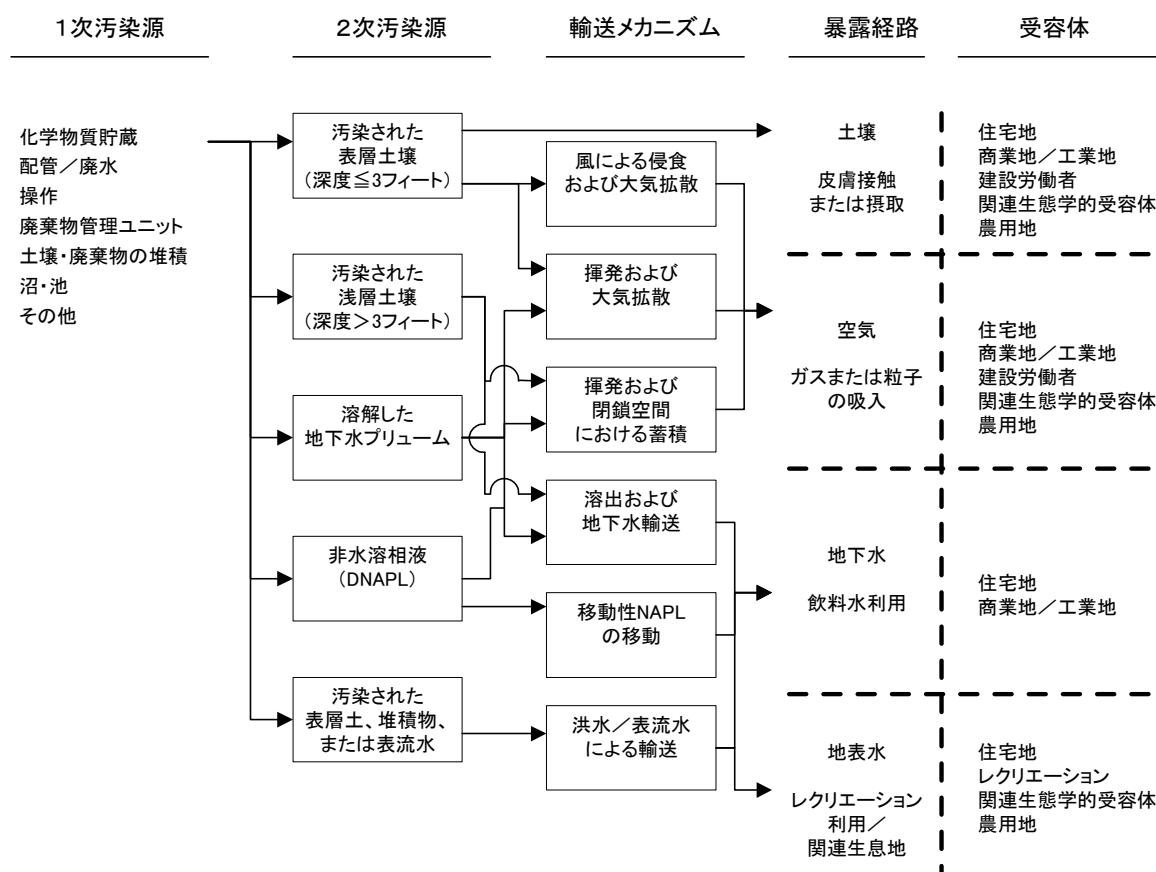


図-3 暴露シナリオ評価フローチャートの例

系スクリーニング基準 (RESC ; Relevant Ecological Screening Criteria) や他の関連する測定基準 (ORMC ; Other Relevant Measurable Criteria) が用いられることもある。

わが国での適用を考える場合には、土壌や地下水の基準をORMCとして用いるかどうかを検討する必要がある。

(3) 階層2アセスメント

階層2アセスメントでは、主として現地調査の結果によるサイト特有の詳細な情報から、サイトの水文地質構造と地下水の特性、汚染物質の分布と濃度の変化、受容体における対象物質の濃度等、受容体までの移動経路における汚染物質の拡散や吸着等による濃度減衰を考慮した目標レベル (SSTL ; Site Screening Target Level) を設定し、より現実的な評価を行う。階層2では、SSTLの代わりにサイト特有の生態系基準 (SSES ; Site-Specific Ecological Criteria) やORMCが用いられることもある。

わが国での適用を考える場合には、階層1の場合と同様に、土壌や地下水の基準をORMCとして用いるかどうかを検討する必要がある。

(4) 階層3アセスメント

階層3アセスメントでは、詳細な現地のパラメーターに基づく地中での汚染物質の移行シミュレーションや自然減衰の評価、受容体に対する詳細なリスク評価等、より精度の高い方法を用いて評価対象点の目標レベル

(SSTL) を設定し、評価を行う。

(5) 各階層のアセスメントにおける評価

各階層のアセスメントにおける評価では、評価対象点について暴露経路毎に目標レベル (RBSL, SSTL, またはRESC, SSEC, ORMC) と対象汚染物質濃度を比較し、対象汚染物質濃度が目標レベルを超過している場合に浄化措置や暫定的浄化措置、または次の階層の評価を行うことになる。

3.2.2 浄化措置

(1) 暫定的浄化措置

各階層の評価において、暫定的浄化措置により人の健康と生活環境に対する短期的な脅威を低減または除去すべきであると判断された場合には、次の階層に進む前に暫定的浄化措置を採用すべきである。

(2) 浄化措置

浄化措置は、暴露点での汚染物質の濃度を低減し、暴露経路を除去するためか、あるいは関連する生態学的受容体に対して潜在的に受容できないリスクに対処するために計画・実施される。

浄化措置には、暴露経路の除去、汚染源の除去・処理、封じ込め処理、活動と使用の制限を組み合わせたものがあり、例として土壌掘削除去、ソイルベンティング、バイオベンティング、エアースパーキング、水理的制御のための揚水、不溶化、被覆、工場・作業場の保護策、自然減衰等が挙げられている。浄化措置は、対象化学物

質の濃度の低減や暴露の低減、および階層評価の再実施のために実施される場合もある。

4. RBCAにおけるリスク評価の方法

4.1 有害性評価と暴露評価

環境リスクは一生涯に渡って増分する危険の判定基準であり、有害性（ハザード）と暴露の2つの要素があつて初めて発生するものである。

有害性の取り扱いの対象とする化学物質に発がん性があるかどうかで異なる。非発がん性に分類される化学物質の場合は、閾値ありの場合に該当し、経口・経皮摂取に対する参照用量（*RfD*）と吸引に対する参照濃度（*RfC*）について評価する。*RfD*は、人が生涯にわたって毎日摂取しても健康影響がないと考えられる体重1 kgあたりの化学物質の摂取量である。発がん性に分類される化学物質の場合は、閾値なしの場合に該当し、経口・経皮摂取に対する勾配係数（*SF*）について評価する。*SF*は低用量側における用量-反応曲線の勾配である。

暴露評価では、個々の暴露経路について化学物質毎の摂取量（暴露量）を評価する。

4.2 リスク評価の方法

4.2.1 環境リスクの定量化

リスク評価では、発がん性物質と非発がん性物質でリスクの定量化手法が異なり、発がん性物質は生涯における発がんのリスク（*Risk*）で、非発がん性物質は平均摂取量と*RfD*の比であるハザード比（*HQ*）でそれぞれ定量化する。

$$\text{発がん性物質} \quad Risk = ALI \times SF \quad (1)$$

$$\text{非発がん性物質} \quad HQ = AI / RfD \quad (2)$$

ここに、*ALI*：平均生涯摂取量（mg/(kg・日)）、*SF*：勾配係数（mg/(kg・日)⁻¹、*AI*：平均摂取量（mg/(kg・日)）、*RfD*：参照用量（mg/(kg・日)）である。

4.2.2 RBSLおよびSSTLの決定

RBCAの階層1で使用されるRBSL、階層2で使用されるSSTLは次式で算定される。

$$RBSL = RBEL \times NAF_{CM} \quad (3)$$

$$SSTL = RBSL \times NAF_{LT} \quad (4)$$

ここに、*RBEL*；化学物質の暴露限界、*NAF_{CM}*：縦方向への（異なる媒体間を跨った）輸送における自然減衰

係数、*NAF_{LT}*：横方向への輸送（空气中や地下水中での拡散等）における自然減衰係数である。

*RBEL*は、発がん性物質および非発がん性物質に対してそれぞれ次式で設定される。

$$\text{発がん性物質} \quad RBEL = TR / (E \times SF) \quad (5)$$

$$\text{非発がん性物質} \quad RBEL = (THQ \times RfD) / E \quad (6)$$

ここに、*TR*：発がん性物質の目標確率（リスク）（10⁻⁴～10⁻⁶）、*THQ*：非発がん性物質の目標ハザード比、*E*：有効暴露量（例えば、体重1 kgあたり1日あたりの土壤摂取量（mg/(kg・日)））である。

4.2.3 RBSLおよびSSTLの評価式

階層1で使用されるRBSLは、対象とする暴露経路の違いにより空気、地下水、土壤の各媒体中における対象化学物質の濃度や含有量として表される。ASTM-RBCAでは、図-3に示される暴露経路の内、表層土壤、浅層土壤および地下水を2次汚染源とする暴露経路について、RBSLの算定式の例が示されている。

階層2で使用されるSSTLは、式(4)に示されるように、RBSLと*NAF_{LT}*から求められる。*NAF_{LT}*の具体的な評価方法について、ASTM E1739-95では地下水輸送の*NAF_{LT}*算定にはDomenicoモデルが使用されているが、ASTM E2081-00では水平方向の輸送について評価方法が示されていない。アメリカ等ではASTM-RBCAに従って解析を行うための各種ソフトウェアが開発・市販されているが、その一つであり、アメリカ、カナダ等で広く使用されているRBCA Tool Kit⁽¹²⁾では、地下水輸送の*NAF_{LT}*算定にはDomenicoモデルが、水平大気拡散の*NAF_{LT}*算定には3次元ガウス拡散式がそれぞれ用いられている。

5. リスク評価で使用するパラメーター

5.1 RBSL算定に必要なパラメーターの種類と区分

階層的アプローチにおいてリスク評価を行うためには、様々なパラメーターの設定を行わなければならない。表-1(1)～(2)に階層1のRBSL算定に必要なパラメーターの一覧表を示す。これらのパラメーターは暴露パラメーター、毒性パラメーター、物理化学パラメーター、建物パラメーター、表層パラメーター、土壤パラメーター、地下水パラメーターの6つに大別される。

5.2 RBSL算定に必要なパラメーターの種類と区分

上記の暴露、毒性、物理化学、建物、表層、土壤に関する各パラメーターについて、本WGではわが国でリスク評価を行う場合に使用するデフォルトを検討し、デ

表-1(1) 階層1のRBSL算定に必要な
パラメーター(1)

区分	記号	定義	
暴露	AT_c	発がん性物質への平均暴露時間 (yr)	
	AT_n	非発がん性物質への平均暴露時間 (=ED) (yr)	
	BW	体重 (kg)	
	ED	暴露期間 (yr)	
	EF	暴露頻度 (d/yr)	
	IR_{soil}	土壌摂取率 (mg/d)	
	$IR_{air-indoor}$	室内での1日の空気吸入量 (m ³ /d)	
	$IR_{air-outdoor}$	屋外での1日の空気吸入量 (m ³ /d)	
	IR_w	1日の水の摂取量 (L/d)	
	SA	季節平均皮膚表面積 (cm ² /d)	
	M	土壌の皮膚付着係数 (mg/cm ²)	
	毒性	RfD_o	経口摂取の慢性参照用量 (mg/(kg・体重・d))
		RfC_i	蒸気吸入の慢性参照濃度 (mg/m ³)
SF_o		経口摂取による発がん性勾配係数 (L/(mg/(kg・体重・d)))	
SF_i		吸入による発がん性勾配係数 (L/(mg/(kg・体重・d)))	
$W of E$		発がん性の証拠の信頼性 (-)	
MCL		連邦による飲料水の最大許容濃度 (mg/L-水)	
RAF_o		経口相対吸収係数 (mg-吸収分/mg-暴露)	
RAF_d		皮膚の相対吸収係数 (mg-吸収分/mg-暴露)	
$PEL-TWA$		OSHA時間荷重平均暴露許容濃度 (mg/m ³ -空気)	
$TLV-TWA$		ACGIH時間荷重平均暴露許容濃度 (mg/m ³ -空気)	
物理化学		MW	分子量 (g/mol)
		D_{air}	空気中の分子拡散係数 (cm ² /s)
		D_{wat}	水中の分子拡散係数 (cm ² /s)
	K_{oc}	有機炭素/水分分配係数 (log ₁₀ (L-水/kg-有機炭素))	
	K_d	水/土壌分配係数 (log ₁₀ (L-水/kg-土))	
	H	ヘンリー定数 (atm・m ³ /molまたはL-水/L-空気)	
	P_v	蒸気圧 (mmHg)	
	S	水溶解度 (mg/L-水)	
	pK_a	酸イオン化平衡定数 (log ₁₀ (mol/mol))	
	pK_b	塩基イオン化平衡定数 (log ₁₀ (mol/mol))	
	建物	L_b	閉鎖空間の容積/浸透面積の比 (cm)
ER		閉鎖空間の空気交換速度 (1/d)	
L_{crack}		閉鎖空間の基礎または壁の厚さ (cm)	
η		亀裂の面積分 (cm ² -亀裂/cm ² -全面積)	
dP		室内/屋外の気圧差 (g/(cm ² ・s ²))	
k_v		土壌の透過度 (cm ²)	
Z_{crack}		スラブの底までの深さ (cm)	
X_{crack}		スラブの周囲の長さ (cm)	
A_b		スラブの面積 (cm ²)	

フォルト値またはその設定にあたっての考え方を提案している。本稿では、わが国におけるデフォルト値およびその設定方法の提案についての基本的な考え方を示す。

表-1(2) 階層1のRBSL算定に必要な
パラメーター(2)

区分	記号	定義
表層	τ	蒸気フラックスの表面放出平均時間 (yr)
	U_{air}	周辺混合層の風速 (cm/s)
	δ_{air}	混合層の高さ (cm)
	A	汚染源の面積 (cm ²)
	W	汚染源の幅 (cm)
	L_{ss}	表層土壌の厚さ (cm)
	Pe	地域的な全吸入可能土壌粒子飛散量 (g/(cm ² -空気・s))
	土壌	h_{cap}
h_v		不飽和帯の厚さ (cm)
θ_{wcap}		土壌体積含水率 (毛管水縁域) (cm ³ -水/cm ³ -土)
θ_{wvad}		土壌体積含水率 (不飽和帯) (cm ³ -水/cm ³ -土)
θ_{wcrk}		土壌体積含水率 (基礎の亀裂内の土壌) (cm ³ -水/cm ³ -土)
θ_{acap}		土壌体積空気含有率 (毛管水縁域) (cm ³ -空気/cm ³ -土)
θ_{avad}		土壌体積空気含有率 (不飽和帯) (cm ³ -空気/cm ³ -土)
θ_{acrk}		土壌体積空気含有率 (基礎亀裂内土壌) (cm ³ -空気/cm ³ -土)
ρ_s		土壌体積密度 (乾土) (g/cm ³)
f_{oc}		土壌有機炭素含有量 (g-有機炭素/g-土)
θ_T		土壌間隙率 (cm ³ -空隙/cm ³ -土)
L_{gw}		地下水の深さ (cm)
L_s		表層土壌の厚さ (cm)
pH	土壌/水のpH (-)	
地下水	δ_{gw}	地下水混合帯の高さ (cm)
	I	水の浸透速度 (cm/yr)
	U_{gw}	地下水のダルシー流速 (cm/d)

(1) 暴露パラメーター

暴露パラメーターについて、わが国ではダイオキシン類対策特別措置法におけるダイオキシン類の環境基準や土壌汚染対策法における土壌含有量基準を定める際に様々な文献値^{13)~15)}を参考にして値が設定された。デフォルト値としてはこれらの値が今後も使用されていくと考えられる。しかしながら、現状では土地利用の区別がなく、住宅地相当の安全側の値が全ての土地利用に対して使用されているため、土地利用別や受容体別のリスク評価を実施していくためにはそれぞれに応じたパラメーター値の設定が必要である。

(2) 毒性パラメーター

毒性パラメーターについて、ASTM-RBCAでは主としてU.S.EPAの毒性データベースIRISを中心に引用されている。近年、わが国でもPRTR等の化学物質管理の進歩に伴い毒性データを取りまとめたデータベースがまとめられつつあることが、耐用1日摂取量 (TDI) や1日許容摂取量 (ADI)、ユニットリスク、リスクレベル等について整理されたものが少ない。そのため、当WGでは、わが国における経口摂取や吸入に関する基準である水道

水の水質基準および大気環境基準を取り上げ、これらの基準の根拠となっているTDIまたはADI（以下、TDI等とする）およびリスクレベルと、わが国で定められたTDI等を調査し、わが国で使用する毒性パラメーターの提案を行うこととした。ただし、吸入については大気環境基準が定められていない項目が多いため、労働者の健康被害予防を目的として勧告されている日本産業衛生学会の許容濃度等を参考に提案した。また、発がん性については、国際的に評価が統一されていないため、わが国独自の評価として日本作業衛生学会の発がん性評価を選び、国際的評価である国際がん研究機構（IARC）およびIRISと合わせた3つの評価から、経済産業省・環境省資料¹⁶⁾を参考に化学物質毎の発がん性を提案した。毒性パラメーターの提案に関する詳細は、原元・RBCA研究WG⁶⁾を参照されたい。

(3) 物理化学パラメーター

物理化学パラメーターについて、ASTM-RBCAで使用されている値は全てU.S.EPA資料^{17),18)}からの出典である。わが国では、このようなパラメーターを公にオーソライズしたものがなく、環境省および経済産業省で運営されているPRTR法指定化学物質検索¹⁹⁾で何種類かの物性値を得ることができる。

物理化学パラメーターは、手法や国の政策による違いはなく有害化学物質毎の固有値であるため、本来は唯一の値であるはずである。しかしながら、実測データ等も含むために引用する文献毎によって値が異なる場合もあり、物質によっては文献値の得られないものもある。また、特に重金属等の無機化合物は環境中での化学形態が様々であり、一概に値を設定することができない。

リスク評価を行う上で、使用パラメーターの出典や根拠が明確である必要があると考えられるが、物理化学パラメーターのような膨大な情報量があるものを個人や民間レベルで管理するには限界があるため、行政機関やその委託機関により管理されるデータベースの構築・オーソライズが望まれる。

(4) 建物パラメーター

建物パラメーターは、浅層土壌および地下水を汚染源とする室内空気経路曝露のリスク計算に用いられる。日本では、特に縁の下の存在等、建物の構造がアメリカとは異なるためにASTM-RBCAで使用されているJohnson and Ettinger（以下、J&Eという）モデルをそのまま適用できるのかという疑問がある。また、アメリカにおいても、ここ数年J&Eモデルとは異なるアプローチで室内空気経路のリスク計算を試みる動きが見られる。

将来的には、日本の建物の構造を考慮したモデルを検討することが望ましいが、ASTM-RBCAの枠組みに沿ってリスク評価を行うことを想定し、ASTM-RBCAにおけるJ&Eモデルおよび物質収支による計算で使用するパ

ラメーターのデフォルト値の検討にとどめた。

わが国の建物パラメーターの検討において、その基本としたのは建築基準法であり、居室の最低高さ、空気交換速度、鉄筋コンクリート構造における床板の最小厚さ等を参考とした。デフォルト値は各パラメーターの一般的な値の範囲において、安全側の値を設定するようにした。

(5) 表層パラメーター

表層パラメーターは表層土壌または浅層土壌を汚染源とする屋外空気経路のリスクの算定に用いられ、 τ は浅層土壌を汚染源とする室内空気経路のリスクの算定および土壌から地下水への溶出の計算にも用いられる。

ASTM-RBCAでは、垂直方向の拡散を考慮しないボックスモデルが使用されている。一方、わが国における屋外空気経路のリスク計算に関しては、環境庁（当時）による「土壌中のダイオキシンに関する検討会」の中で垂直方向の拡散を考慮するブリュームモデルによる検討が行われており、より複雑な拡散モデルも提示されている。

表層パラメーターについても、建物パラメーターの場合と同様に、ASTM-RBCAの枠組みに沿ってリスク評価を行うことを想定し、ASTM-RBCAにおけるボックスモデルによる計算で使用するパラメーターのデフォルト値の検討・提案にとどめた。

(6) 土壌パラメーター

土壌パラメーターは、土壌の性質を表すパラメーターと土壌の状態を表すパラメーターからなっており、ASTM-RBCAでは各パラメーター1つずつのデフォルト値が示されている。

土壌の性質を表すパラメーターには土壌体積密度（乾土）、毛管水縁の高さ、土壌中有機炭素含有量、土壌間隙率、毛管水縁域の土壌体積含水率、土壌体積空気含有率がある。また、これらの他に、基礎の亀裂内の土壌体積含水率および土壌体積空気含有率も本来は土壌の性質を表すパラメーターであるが、前述したRBCA Tool Kitでは土壌の種類に左右されないものとして取り扱われている。

土壌の性質を表すパラメーターは土壌の種類や性状によって異なると考えられるが、前述したRBCA Tool Kitでは米国土壌分類システム（USCS）の代表的な土壌タイプ毎のデフォルト値が示されている。一方、わが国ではJGS 0051-2000（地盤材料の工学的分類法）による土壌の分類がなされており、この土壌分類はUSCSにおける土壌分類と異なっている。しかしながら、RBCA Tool Kitで代表的なUSCS土壌タイプとして示されている9種類の土壌タイプについては、JGS 0051-2000の中にそれぞれ対応する土壌分類が同じ記号で存在しており、粒径区分や細粒分含有率に多少違いはあるもののほぼそのままJGS 0051-2000における土壌分類に対応している。

そのため、これら9種類の土壌タイプに該当する土壌については、JGS 0051-2000による土壌分類に基づき、対応するUSCSの土壌タイプについてのデフォルト値をそのまま使用しても良いと考えられる。なお、RBCA Tool KitではUSCSにおける有機質土や高有機質土についてのデフォルト値がなく、わが国の土壌分類における有機質、火山灰質および高有機質の土壌に対して参照できるデフォルト値は設定されていない。

土壌の状態を表すパラメーターには不飽和帯の厚さ、地下水の深さ、表層土壌の厚さ、土壌・水のpHがあり、不飽和帯の厚さの影響も受ける因子として不飽和帯の土壌体積含水率および土壌体積空気含有率がある。

土壌の状態を表すパラメーターについては、わが国とアメリカの水文地質構造や気象条件の違いを考慮してデフォルト値を検討していく必要があると思われるため、今後わが国の条件に合ったデフォルト値の検討を進めていくとともに、サイト毎にパラメーターを取得する等の対応を検討していく必要があると考えられる。

現在、土壌の状態を表すパラメーターについて、わが国の条件に合ったデフォルト値となるようなオーソライズされたものはなく、個別の文献を探らなければならないのが現状である。

(7) 地下水パラメーター

地下水パラメーターについては、いずれもサイトにより異なるため、特にデフォルト値の設定は必要ないと考えられる。

6. ケーススタディー

リスク評価ツールとしてのRBCAの有用性と問題点を検討するために代表的な汚染地域を想定した階層2レベルのリスク評価のケーススタディーを行うとともに、わが国の土壌汚染サイトにおける対策事例を対象としたケーススタディーを行い、浄化対策効果のリスクによる定量的評価を試みた。ケーススタディーの詳細については奥田・RBCA研究WG⁵⁾および島ほか⁷⁾を参照されたい。

7. リスク評価の適用性について

7.1 リスク評価の用途

リスク評価の適用性について、RBCAで行うリスク評価の用途と有効性を検討した。リスク評価の用途例を表-2に示す。

RBCAやその他のリスク評価手法が欧米で開発された背景として、一律の浄化基準や浄化目標値まで汚染を浄化しようと試みた結果、浄化費用が莫大であるために、

表-2 リスク評価の用途例

分類	用途
汚染サイトの調査・評価のツール	サイトの汚染状況の評価
	浄化対策実施の判断
	行政報告のための資料・根拠説明
	早期の意志決定
浄化対策の選定・評価に対するツール	浄化対策の優先順位付け
	対策方法選定, 対策規模設定(暴露経路遮断の選択, 対策効果の予測評価)
	敷地外への影響の定量的評価
浄化対策の判定に対するツール	MNA(科学的自然減衰)等へ移行する際の根拠
	浄化対策完了の判定
浄化工事の施工管理, 安全衛生管理のツール	作業員の安全確保
	作業工程への反映
リスクコミュニケーションのツール	自治体・住民等への説明, 対外折衝等
土地の資産価値評価, 損害保険の掛金算定等のツール	銀行による土地の資産価値評価
	ディベロッパー等による開発計画・買い付けの判断材料
	土地所有者や汚染原因者等の所有不動産の評価や対策費用試算等による企業努力のアピール材料(環境会計等)としての利用
	企業による自社の汚染サイト管理ツール
	保険会社による損害保険の掛金設定の根拠

浄化できずに何年もの間取り残される汚染サイトが生じたこと等がある。その反省から、暴露経路の有無、土地利用状況等のサイト状況を盛り込んで人の健康リスクを評価し、リスク低減の観点から浄化目標を決定してより効率的な浄化方法を選定しようとしてこれらのリスク評価方法が開発されてきた。したがって、RBCA等のリスク評価手法は、汚染サイトの調査・評価のツールあるいは浄化対策の選定・評価ツールとして有用である。また、これらから派生して、対策工事における作業員のリスク管理(安全衛生管理)や施工管理にも応用可能であると考えられる。

近年期待が大きいリスクコミュニケーションツールとしての有効性については、土地の利用状況や汚染の程度に関係のない一律基準に慣れているわが国において「容認できるリスク」の概念を如何に住民に理解させるか、汚染原因者や土地所有者、行政、住民の3者が合意形成できるリスク評価が可能かといったことが課題である。

さらに、2003年以上、わが国においても土壌汚染が土地の資産形成要因として認知されてきたことから、汚染サイトの定量的なリスク評価に基づき、土地の資産評価や保険掛け金の算定材料として用いられるようになっていくことも考えられる。

7.2 リスク評価適用における課題・問題点

わが国でリスク評価を適用しようとする場合に、リ

スク評価を行う契機や評価結果の取り扱い、既往の各種基準との関係や未規制物質の評価、モデルおよびパラメーターの精度や妥当性等が課題・問題になると考えられる。

これらの課題・問題点を解決していくためには、実際に欧米の土壤汚染対策においてリスク評価やその結果がどのような役割で使われているのかを把握し、わが国の土壤汚染対策におけるリスク評価の位置付けがどうあるべきかを検討することが必要である。

8. おわりに

当WGでは、RBCAの手法の研究を通じてリスクベースの土壤汚染対策プロセスについて検討してきた。当WGの研究活動は平成15年度末をもって完了とし、平成16年度からはより発展したかたちで自主部会「リスク評価適用性検討部会」を立ち上げることとなった。この自主部会は旧RBCA研究WGメンバーに新規メンバーを加えたかたちで構成する予定であり、今後はこの自主部会の研究活動を通じてわが国におけるリスクベースの土壤汚染対策のあり方を検討していく予定である。

謝辞：当WGの研究活動を行うにあたり、エクソン・モービルグループ主催のRBCA講習会への参加を承諾頂いた東燃ゼネラル石油(株)殿、同講習会の講師を担当されたExxonMobil Co.のMark W. Malander氏、共同事業としてASTM E2081-00の和訳出版を行うことに賛同頂いた(株)インターリスク総研殿をはじめ、多くの皆様にご協力頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1)ASTM (2000) : ASTM E 2081-00 Standard guide for risk-based corrective, p. 94.
- 2)インターリスク総研 (2003):リスクに基づく修復措置のための標準ガイド。
- 3)中島 誠・RBCA研究WG (2003) : RBCAによるリスク評価について (その1) -リスクアセスメントの考え方-, 地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会第9回講演集, pp.496~499.
- 4)藤長愛一郎・RBCA研究WG (2003) : RBCAによるリスク評価について (その2) -リスク計算に用いるパラメーターについて-, 地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会第9回講演集, pp.500~503.
- 5)奥田信康・RBCA研究WG (2003) : RBCAによるリスク

- 評価について (その3) -健康リスクの定量評価に基づく対策の考え方-, 地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会第9回講演集, pp. 504~507, .
- 6)原元利浩・RBCA研究WG (2004) : RBCAによるリスク評価について (その4) -我が国における毒性パラメーターの提案-, 地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会第10回講演集, pp.160~163.
- 7)島 俊郎・深田園子・RBCA研究WG (2004) : RBCAによるリスク評価について (その5) -サイトデータに基づくケーススタディー-, 地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会第10回講演集, pp. 450~453.
- 8)ASTM (1996) : ASTM E 1739-95 Standard guide for risk-based corrective action applied at petroleum release site, p.51.
- 9)住友海上リスク総合研究所 (2001):RBCA「石油漏出サイトに適用されるリスクに基づく修復措置のための標準ガイド」。
- 10)Wiedmeier, T.T, Rafai, H.S., Newell, C.J. and Wilson, J.T. (1999) : Natural attenuation of fuels and chlorinated solvents in the subsurface, John Wiley & Sons, pp.111~112.
- 11)ASTM (2002) : ASTM E2205-02 Standard guide for risk-based corrective action for protection on ecological resources, p.61.
- 12)Groundwater Services Inc. (2000) : RBCA Tool Kit chemical release software guidance manual.
- 13)土壤の含有量リスク評価検討会 (2001) : 土壤の直接摂取によるリスク評価等について, p.20.
- 14)環境庁 (1997) : ダイオキシン類に係る大気環境濃度低減のための目標値に関する検討会報告。
- 15)土壤中のダイオキシン類に関する検討会(1999) : 土壤中のダイオキシン類に関する検討会第一次報告, p.50.
- 16)経済産業省製造産業局化学物質管理課, 環境省環境保健部環境安全課 (2001) : 平成12年度PRTRパイロット事業報告書, p.513.
- 17)U.S.EPA (1994) : Air emissions models for waste and wastewater, EPA/453/R-94/080A.
- 18)U.S.EPA (1996) : Soil screening guidance technical background document, EPA/540/R-95/128.
- 19)環境省環境保健部環境安全課, 経済産業省製造産業局化学物質管理課 : PRTR法指定化学物質データ検索, <http://www.env.go.jp/chemi/prtr/7/7index.html>