

# (0093) 油汚染サイトにおけるリスク評価モデル (SERAM) 評価事例

○白川 武<sup>1</sup>・山本義男<sup>1</sup>・田中宏幸<sup>1</sup>・奥田信康<sup>1</sup>・中島 誠<sup>1</sup>・サステイナブル・アプローチ部会<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 土壌環境センター

## 1. はじめに

土壌・地下水汚染対策の本来の目的は、汚染土壌や汚染地下水をすべてなくすことではなく、汚染土壌や汚染地下水に起因する人の健康、生活環境および、生態系への悪影響のおそれ、すなわち環境リスクを許容されるレベルまで低減し、管理していくことにある。

土壌環境センター技術委員会サステイナブル・アプローチ部会では、わが国の土壌汚染対策におけるリスク評価の活用について普及・啓発を図るため、これまでリスク評価方法検証部会やリスク評価モデルの普及・ツール化検討部会等で開発・作成してきたサイト環境リスク評価モデル (Site Environmental Risk Assessment Model : 以下、「SERAM」と略す。) とその計算ツール、土壌汚染対策のリスク評価におけるガイダンス (案)<sup>1) 2) 3)</sup>を用い、リスク評価手法を活用促進する方策を検討している。これまでに、基本的な考え方については、「リスク評価を活用した土壌・地下水汚染対策の考え方 (ガイダンス)」を作成し、土壌環境センターの Website にて公開した。

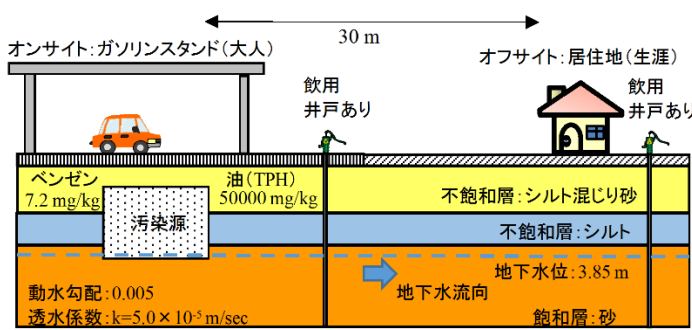
SERAM は、汚染源における土壌含有量を起点として土壌・地下水・空気の媒体間移動後の曝露濃度を算出し、評価シナリオに基づく摂取量と有害物質の毒性値を用い、人の健康リスクを計算するモデルである。評価では多くの式と入力値を用いた一連の計算作業をリスク評価担当者の責任で実施することが原則であるが、全ての計算工程をはじめから実施することには作業の負担が大きいという問題点がある。そこで、モデルに沿ってリスク評価を実施するためのリスク評価計算ツール SERAM-software を作成した。本稿では、油汚染サイト (ガソリンスタンド) において SERAM を用いたリスク評価事例と、それに基づいた対策方針検討を行った事例について報告する。

## 2. 検討内容

### 2.1 対象サイトの汚染状況

対象サイトは、営業中のガソリンスタンドであり、油 (無鉛ガソリン) の漏洩に起因する油およびベンゼンによる土壌・地下水汚染が確認された。汚染範囲は、対象サイト約 3,000 m<sup>2</sup> の内の約 200 m<sup>2</sup> で、各物質の最高濃度は、全含有量として TPHs (Total Petroleum Hydrocarbons) で 50,000 mg/kg、ベンゼンで 7.2 mg/kg であった。地表面は、現状ではすべて舗装されている。また、これらの汚染物質は地下水流れによって敷地外に移流・拡散しており、30 m 下流側に存在する住宅への影響が懸念された。

評価対象となる受容体は、オンサイト (現在: ガソリンスタンド、将来: 駐車場) を考慮して「商工業地 (大人)」、オフサイトでは「居住地 (生涯)」を選択した。また、オフサイトの住宅では、床下に空間を有する建築物に居住し、敷地内にある井戸水 (地下水) を飲用や浴用に使用していた。



項目	内容		
対象地用途	現在: ガソリンスタンド、将来: 駐車場		
敷地面積	3,000 m <sup>2</sup>		
汚染濃度	深度	油分 (TPHs)	ベンゼン
	1.0~2.0 m	22,000 mg/kg	3.0 mg/kg
	2.0~3.0 m	50,000 mg/kg	7.2 mg/kg
	3.0~4.0 m	1,000 mg/kg	0.01 mg/kg
汚染面積	200 m <sup>2</sup>		
地盤構成	GL-0.0~2.0 m: シルト混じり砂		
	GL-2.0~3.5 m: シルト		
	GL-3.5~7.0 m: 砂		

図-1 対象サイトの汚染状況

Evaluation case of risk assessment model (SERAM) in oil contaminated site

Takeshi Shirakawa<sup>1</sup>, Yoshio Yamamoto<sup>1</sup>, Hiroyuki Tanaka<sup>1</sup>, Nobuyasu Okuda<sup>1</sup>, Makoto Nakashima<sup>1</sup>, and Study Group for Sustainable Approach (<sup>1</sup>GEPC)

連絡先: 〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-5 KS ビル 3F (一社) 土壌環境センター

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

## 2.2 リスク評価のための各種パラメーター

本ケーススタディでは、ベンゼン、油（TPHs）を対象物質として、土壌・地下水・空気・建物を介する有害物質の移行を評価した。健康リスク評価に必要なパラメーターとしては、汚染物質固有の物理化学的なものと毒性学的なもの、曝露対象特有のもの、距離、高さ、長さ等の空間的なもの、および土質等の条件を扱うものがある。また、リスク評価の実施にあたっては、各対象物質の最高濃度が汚染範囲全体に分布しているものとしている。

### 1) 物質固有のパラメーター

リスク評価を行う場合には、対象物質ごとに、土壌含有量（全含有量）、物理化学パラメーター、毒性パラメーターを適正に設定する必要がある。SERAM-software では、土壌汚染対策法の特定有害物質の他、トルエン、キシレン、脂肪族・芳香族炭化水素（EC5～35）の各々7画分について参考となるデフォルト値を準備している。ただし、リスク評価の実施に際しては、リスク評価者自ら適切なパラメーターを使用できているかについて、確認する必要がある。

本ケーススタディでは、ベンゼンと油が対象であり、油の画分ごとの入力値の設定に留意した。油（油種：ガソリン）は、主に炭素数が5～12相当の脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素の混合物であり、個々の成分の存在比率は一定ではない。さらに、土壌への浸透後、ある程度の期間が経過し揮発・希釈・吸着・生物分解等の影響を受け、その組成は新油状態から変化する。そのためリスク評価を行う場合には、対象サイトの土壌を採取し、脂肪族および芳香族炭化水素の炭素数による画分ごとの含有量を測定する必要がある。試験方法としては、米国テキサス州のTexas Natural Resource Conservation Commission による TNRCC1005 および 1006 に従い、大まかに脂肪族と芳香族に類別したうえで EC5～35 を7つの画分（脂肪族・芳香族 計 14画分）に分けて定量化する方法をとる。

なお、現在、ISO/TC190（地盤環境）では石油系炭化水素で汚染された土壌のリスクを評価するための ISO 規格の検討が行われており、SC7/WG4にて TPHs の炭素数レンジによる画分の設定やリスク評価で取り上げる曝露経路等に関する ISO 規格として ISO11504（地盤環境-石油系炭化水素で汚染された土壌からの影響のアセスメント）が成立し、SC3/WG6にてそのリスク評価に用いる TPHs 試験方法が提案されている<sup>4)</sup>。

リスク評価実施の際にはこれらの分析方法に従うべきであるが、本ケーススタディにおいてはこれらの分析方法で TPHs を算出していないことより、新油状態の TPHs 画分組成データ<sup>5)</sup>を用いて、それぞれの画分の濃度を決定した。

なお、評価対象の炭素数レンジは EC5～35 であるが、ガソリンは EC13～35 が存在しないため、物質固有のパラメーターを示した表-2からは省き、EC5～12の4つの画分（脂肪族・芳香族 計 8画分）についてパラメーターを表示した。

表-1 物質固有のパラメーター（土壌含有量、物理化学パラメーター、毒性パラメーター）

名称	単位	ベンゼン	脂肪族				芳香族			
			EC>5-6	EC>6-8	EC>8-10	EC10-12	EC5-7	EC7-8	EC8-10	EC10-12
土壌全含有量	mg/kg	7.2	23.700	8.500	3.050	550	5.450	2.400	6.050	300
①物理化学パラメーター										
ヘンリー定数	cm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> O/ cm <sup>3</sup> -air	0.233	33	48	81	121	0.23	2.70	0.48	0.14
飽和溶解度	mg/L	1.880	360	54	0.43	0.034	1.800	520	65	25
有機炭素-水分配係数	cm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> O/g-OC	66.1	790	4.000	32.000	250.000	79	25	1.600	2.500
土壌-水分配係数	cm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> O/g-soil									
空気中の拡散係数	m <sup>2</sup> /s	8.8E-06	1.E-05	1.E-05	1.E-05	1.E-05	1.E-05	1.E-05	1.E-05	1.E-05
水中の拡散係数	m <sup>2</sup> /s	9.8E-10	1.E-09	1.E-09	1.E-09	1.E-09	1.E-09	1.E-09	1.E-09	1.E-09
水蒸気の気相物質輸送定数	m/h	29.88	29.88	29.88	29.88	29.88	29.88	29.88	29.88	29.88
分子量	g/mol	78.1	81	100	130	160	78	92	120	130
オクタノール-水分配係数	(mol/kg)/(mol/dm <sup>3</sup> )	2.13	3.28	3.99	4.89	5.78	2.28	1.78	3.59	3.78
揮発のための平均時間	y	30	30	30	30	30	30	30	30	30
水の液相物質輸送定数	m/h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
①毒性パラメーター										
RfD(経口)	mg/(kg・day)		0.06	0.06	0.1	0.1	0.004	0.1	0.04	0.04
RfC(吸入)	mg/m <sup>3</sup>		18	18	0.2	0.2	0.03	1	0.2	0.2
RfDd(皮膚吸収)	mg/(kg・day)		0.06	0.06	0.1	0.1	0.004	0.1	0.04	0.04
SF	1/(mg/(kg・day))	0.025								
UR	1/(μg/m <sup>3</sup> )	0.000003								
ED	y	30	30	30	30	30	30	30	30	30

注) 炭素数レンジは EC5～35 だがガソリンは EC13～35 が存在しないため、EC5～12の画分（脂肪族・芳香族 計 8画分）のみとした。

### 2) 曝露条件のパラメーター

オフサイトの曝露条件は、「居住地（生涯）」である。特に、有害物質に曝露される期間（ED）を30年と設定し、リスク評価のための平均曝露濃度を算出するための平均化時間として発がんは70年、非発がんではEDと同じ期間の30年とした。曝露条件に用いたパラメーターを表-2に示す。

表-2 暴露条件のパラメーター

項目	単位	入力値
平均化時間(発ガン)	y	70
平均化時間(非発ガン)	y	30
体重	kg	50
曝露時間(土壌・水)	y	30
曝露頻度(土壌・水)	d/y	365
屋外での1日あたりの曝露時間年間平均値	h/d	1.29
表層土壌の摂取率	mg/d	109
体内への吸収率	-	1
屋外での皮膚単位面積あたりの付着土壌量	kg/m <sup>2</sup>	0.005
皮膚吸収率	1/hr	0.0054
マトリクスファクター、土壌片の皮膚接触率	-	0.15
屋外での露出皮膚面積	m <sup>2</sup>	0.48
水の飲用量	L/d	1.9
水からの有害物質の吸収率	-	1
ガス吸入平均時間	y	30
屋外での呼吸量	m <sup>3</sup> /d	15
オフサイトでの曝露頻度	d/y	250
土粒子由来の空気中有害物質の肺での吸収率	-	1
屋内での1日あたりの曝露時間年間平均値	h/d	22.71
屋内滞在時間		22.71

表-3 土質・地下水・空気・建物パラメーター

名称	単位	入力値
①汚染源土壌		
汚染源の深さ(汚染土上端の深さ)	m	1
汚染土下端の深さ	m	4
地下水の深さ(地下水水位)	m	3.85
汚染源の面積	m <sup>2</sup>	200
植生や舗装・覆土による被覆率	-	0
不飽和土層の土質		3 Silty sand
土壌乾燥密度	kg-soil/L-soil	1.7
不飽和帯の体積含水率	cm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> O/cm <sup>3</sup> -soil	0.12
有機炭素含有量	g-C/g-soil	0.004
土壌真比重	kg/L	2.88
毛管帯の厚さ	m	0.09
毛管帯体積含水率	cm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> O/cm <sup>3</sup> -soil	0.369
粉塵発生率	mg/(m <sup>2</sup> ・s)	7E-07
表層土壌の厚さ	m	0.5
土壌の透過度	m <sup>2</sup>	1E-13
②地下水		
透水係数	cm/s	0.005
動水勾配	m/m	0.005
帯水層の間隙率	-	0.41
地下水流速	m/y	19.23
地下水涵養量	cm/y	30
地下水流向に沿った汚染源の長さ	m	20
帯水層の厚さ	m	3.5
土壌-水分配係数	cm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> O/g-soil	10
帯水層の有機炭素含有量	g-C/g-soil	0.004
③-1空気(屋外)		
地上の大気混合層における平均風速	m/s	1.2
大気混合層の高さ	m	2
境界層厚さ	m	0.1
汚染土壌の平均深さ	m	2.425
土壌からの蒸発水の流束	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ・d)	0.001
点煙源の排出風量	m <sup>3</sup> /s	9.6
呼吸ゾーンの高さ	m	1.5
汚染源の幅(流動方向)	m	50
③-2空気(屋内):日本の木造家屋		
床下空間から室内空間への寄与率	-	0.1
室内空気交換率	1/h	0.5
汚染源の深さ	m	1
床下空気交換率	1/h	0.5
床下容積と地下空気浸透面積の比	m	0.45

3) 土質・地下水・空気・建物のパラメーター

汚染源における汚染土壌の存在位置、不飽和土壌・毛管帯土壌等の土質、地下水の移動に関する各種パラメーターは、表-3 に示すように設定した。

オフサイトの建物の床形式については、戸建住居であることから通気性の高い日本の木造家屋タイプとした。

オンサイトの地表面は、ガソリンスタンド運用時は舗装で被覆されていたが、駐車場では舗装が除去されることから、被覆率を0%として計算を行った。

3. 計算結果

3.1 人の健康リスク

ベンゼンは発がんリスクで評価し、目標リスクを1×10<sup>-5</sup>とした。油は非発がんリスクで評価し芳香族と脂肪族のTPHs 画分の合計として目標ハザード比を1とした。SERAMによる評価結果として、曝露経路ごとのリスクを図-2 に示す。

ベンゼン：オンサイトでは地下水の飲用摂取で目標リスクを超過し、オフサイトでは地下水の飲用摂取、シャワーでの皮膚吸収、蒸気吸入の曝露経路で目標リスクを超過した。

油（ガソリン）：オンサイトでは地下水の飲用摂取に加えて屋外空気の蒸気吸入が目標リスクを超過し、オフサイトでは、地下水の飲用摂取、シャワーでの皮膚吸収、蒸気吸入、屋外空気の蒸気吸入が目標リスクを超過した。

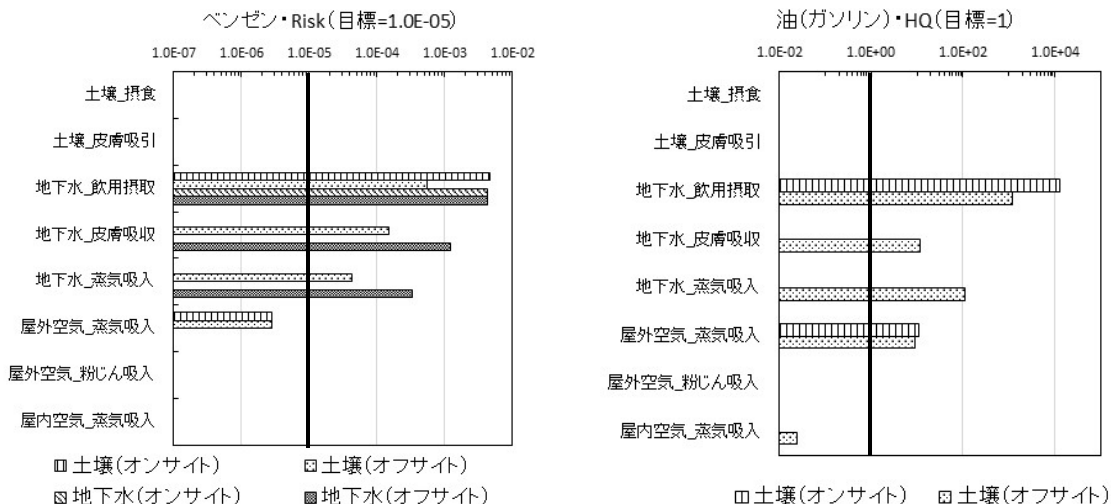


図-2 リスク評価結果

油のハザード比について、油の画分の比率を曝露経路ごとにまとめ、結果を図-3に示す。いずれの曝露経路においても、最もハザード比の比率が高い画分は芳香族 EC5~7画分であり、全体のハザード比の約81%~99%を占めている。これは、①新油状態のガソリンでは芳香族 EC5~7画分の含有比率が高い、②芳香族 EC5~7の毒性がその他の成分より強く、濃度の比率が低くてもハザード比に換算する場合に大きく寄与するためである。

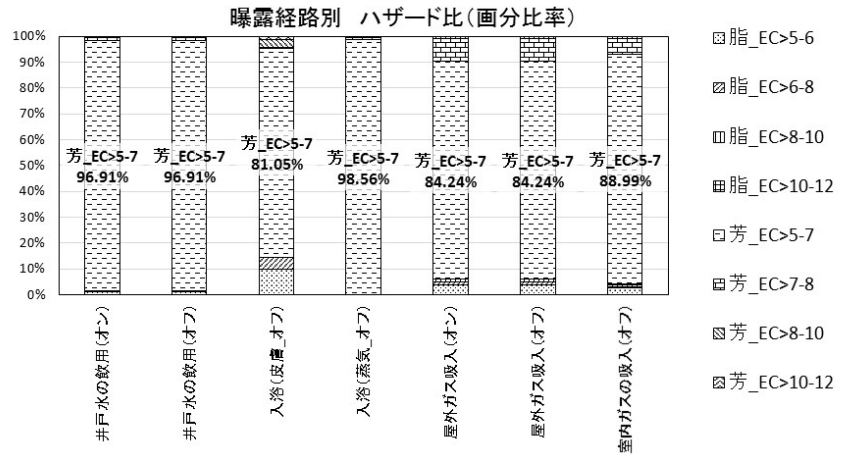


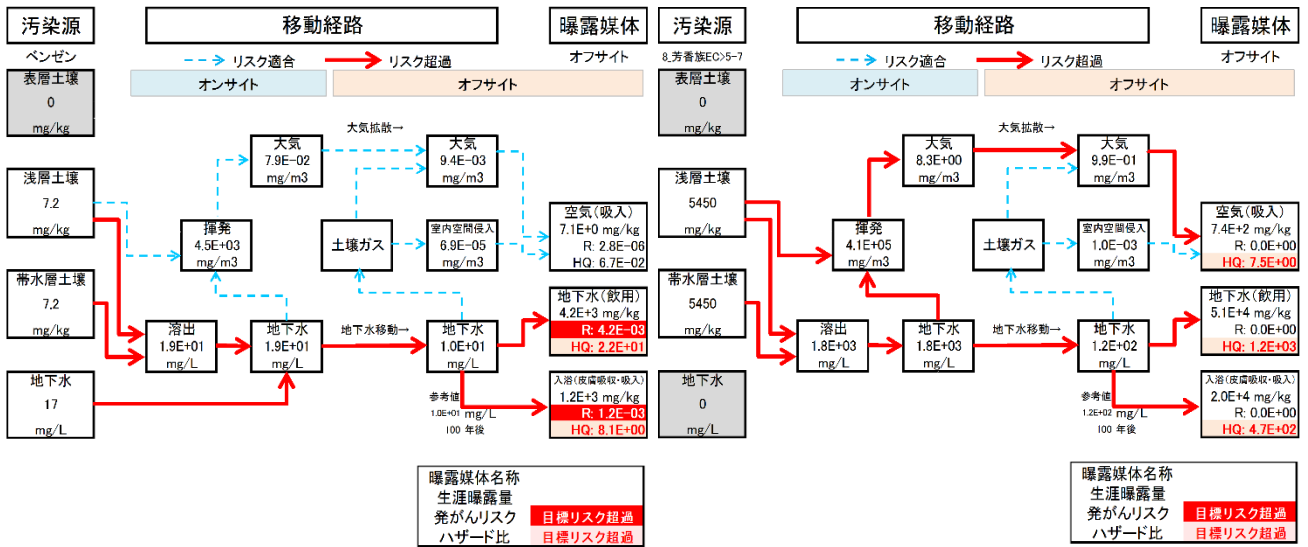
図-3 曝露経路別 非発がんハザード比の画分比率

また、芳香族 EC5~8画分は揮発性および水溶解度が高く、土壌等への吸着性が低いため、環境中の移動速度が速くリスク評価の計算でも結果に及ぼす影響が大きくなる。

### 3.2 曝露経路

ベンゼンと油の画分（芳香族 EC5~7：最も毒性の高い画分）の曝露フローを図-4に示す。目標リスクを超過する曝露経路は赤色実線で、目標リスクに適合する曝露経路は青色点線で示されている。

最も影響の大きい曝露経路は、土壌（浅層、帯水層）より溶出し地下水を経由するものと、汚染された地下水を飲用する経路である。対策方法は、汚染源の除去・濃度の低減、移動経路の遮断、地下水飲用の中止等が挙げられ、サイトの状況に応じて最適な方法を選択することが必要である。



ベンゼンの曝露フロー

油の画分（芳香族 EC5~7）の曝露フロー

図-4 リスク評価結果（オフサイト受容体への曝露経路）

### 3.3 対策目標値

SERAMの計算結果として、発がんリスク、非発がんハザード比、対策目標値を表-4に示す。対策目標値とは、曝露経路ごとに目標リスクを満足する汚染源での各物質の土壌全含有量、地下水中の濃度を求めたものである。

オンサイトでは、地下水・飲用摂取が最大曝露経路であり、各物質の対策目標値は、ベンゼン土壌含有量が0.015 mg/kg、ベンゼン地下水濃度が0.041 mg/L、油（ガソリン）土壌含有量が0.5 mg/kgとなる。

オフサイトでも、地下水・飲用摂取が最大曝露経路であり、各物質の対策目標値は、ベンゼン土壌含有量が0.13 mg/kg、ベンゼン地下水濃度が0.041 mg/L、油（ガソリン）土壌含有量が5.8 mg/kgとなる。

表-4 SERAM 計算結果（発がんリスク、非発がんハザード比、対策目標値）

オンサイト	ベンゼン 土壌 7.2 mg/kg		ベンゼン 地下水 17 mg/L		油（ガソリン）土壌 50,000mg/kg	
	発がんリスク	対策目標値	発がんリスク	対策目標値	ハザード比	対策目標値
商工業地・建物なし						
地下水・飲用摂取	4.7×10 <sup>-3</sup>	0.015 mg/kg	4.2×10 <sup>-3</sup>	0.041 mg/L	13,000	0.5 mg/kg
屋外空気・蒸気吸入	2.8×10 <sup>-6</sup>	対策不要	1.8×10 <sup>-8</sup>	対策不要	11	610 mg/kg
評価結果	4.7×10 <sup>-3</sup>	0.015 mg/kg	4.2×10 <sup>-3</sup>	0.041 mg/L	13,000	0.5 mg/kg

オフサイト	ベンゼン 土壌 7.2 mg/kg		ベンゼン 地下水 17 mg/L		油（ガソリン）土壌 50,000mg/kg	
	発がんリスク	対策目標値	発がんリスク	対策目標値	ハザード比	対策目標値
居住地・木造						
地下水・飲用摂取	5.4×10 <sup>-4</sup>	0.13 mg/kg	4.2×10 <sup>-3</sup>	0.041 mg/L	1,200	5.8 mg/kg
地下水・皮膚吸収	1.5×10 <sup>-4</sup>	0.48 mg/kg	1.2×10 <sup>-3</sup>	0.15 mg/L	12	600 mg/kg
地下水・蒸気吸入	4.3×10 <sup>-5</sup>	1.7 mg/kg	3.3×10 <sup>-4</sup>	0.51 mg/L	110	66 mg/kg
屋外空気・蒸気吸入	2.8×10 <sup>-6</sup>	対策不要	8.9×10 <sup>-8</sup>	対策不要	9.0	730 mg/kg
屋内空気・蒸気吸入	7.4×10 <sup>-9</sup>	対策不要	5.7×10 <sup>-8</sup>	対策不要	0.025	対策不要
評価結果	5.4×10 <sup>-4</sup>	0.13 mg/kg	4.2×10 <sup>-3</sup>	0.041 mg/L	1,200	5.8 mg/kg

※評価結果とは、各項目で採用された値を示す。

※**太字**は各物質の発がんリスク、ハザード比の最も大きい値を示し、**太字**は各物質の対策目標値として設定した値を示す。

#### 4. 対策工の検討

対策方法としては、汚染源の除去・濃度の低減、移動経路の遮断、地下水飲用の中止等が挙げられ、サイトの状況に応じて最適な方法を選択することが必要である。本ケーススタディにおいては、実際の対策工法として、汚染源の土壌の除去と地下水揚水を実施したが、地下水中のベンゼン濃度が地下水基準に適合するまでには、多くの時間と費用がかかっている。

本ケーススタディについてSERAMを適用すると、土壌の対策目標値がベンゼンでは0.015 mg/kg、TPHsでは0.5 mg/kgと小さい値となり、土壌の対策目標値に対して原位置浄化のみで目標を達成するのは困難な結果となるが、地下水についてはベンゼンの対策目標が0.041 mg/Lとなり、地下水基準の0.01 mg/Lまで低減する必要はないという結果が得られた。

##### 1) 地下水対策に対してのリスク評価の活用

本ケーススタディの参考とした事例では、実際の対策工法として汚染源の土壌の除去と地下水揚水を採用し、地下水は地下水基準適合となるまで実施した。実際には、地下水中のベンゼン濃度が地下水基準に適合するまでには、多くの対策期間と費用を要した。揚水の継続により、徐々に地下水濃度が低減するが、濃度が下がり地下水基準をやや上回る濃度で推移する期間が長くなることが多い。リスク評価結果に基づき、地下水の対策目標を0.041 mg/Lとすれば、対策期間を短縮し、費用を低減できた可能性がある。

##### 2) 曝露経路遮断に対してのリスク評価の活用

リスク評価結果から、目標値を超過している曝露経路の多くは、地下水を経由したものであった。対策工の一つとしてその経路を遮断するもしくは地下水の飲用の中止を採用すれば、リスクの目標値を超過する曝露経路としては、屋外空気の蒸気吸入のみとなり、汚染源に対する対策工の費用や時間を削減することが出来る（ただし、受容体以外のリスクは評価していない）。

曝露経路を遮断する工法は、リスクを低減するための対策工であるが、これは、その状態が維持されていてこそのものであり、その状態を継続して監視する必要がある。また、曝露経路の遮断とともに、汚染源への対策を実施しなければ、汚染の状態は現状維持となる可能性があり、土地の改変等で汚染土壌に触れるようなケースが出た場合には、汚染源に対する対策も必要となり費用が多くかかる可能性がある。曝露経路遮断の対策工を実施する場合には、今後の土地の利用方法等も考慮することが重要となる。

##### 3) 油分の原位置対策に対してのリスク評価の活用

本ケーススタディでは、油を新油状態のガソリンと設定し、リスク評価を行った。油の画分の中で、毒性が強かつ環境中の移動性の高い芳香族 EC5~7 画分が多く含まれることにより、油の対策目標値が小さくなっている。しかし、土壌ガス吸引工法やランドフェーミング工法などの原位置対策方法を採用したとすると、油の画分の中でも炭素数が小さく、毒性の高い芳香族 EC5~7 画分等の濃度を優先的に低減させることができる可能性が高い。掘削除去の代替としてこれらの原位置対策工法を採用しうる可能性があると考えられる。

本ケーススタディについて、オンサイトの汚染を封じ込め等により下流側への供給を遮断したうえで、オフサイトに原位置バイオレメディエーションを適用したと想定し、田中らの文献<sup>6)</sup>を参考として設定した措置後の画分比率を図-5に示し、措置後の再リスク評価結果を表-5にまとめる。

原位置浄化の措置後は、炭素数の小さい成分が優先して分解および分離されるため、毒性の高い脂肪族 EC5~6 や芳香族 EC5~7、芳香族 EC8~10 等が大きく減少し、措置前後で画分比率が変化する。措置後の油画分比率を用いたリスク評価の結果として、対策目標値は措置前の 0.5 mg/kg から措置後の 57 mg/kg となり、油の対策目標を緩和することができた。

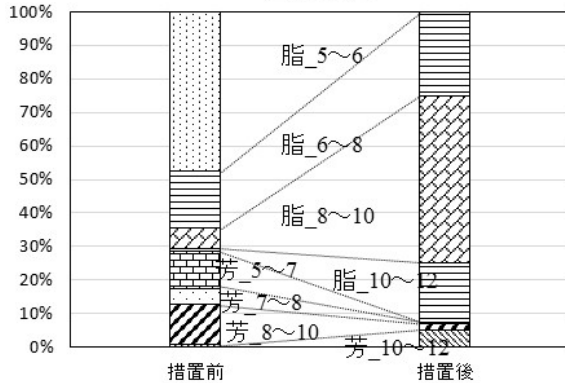


図-5 画分比率の変化

油分の原位置対策に対しては、原位置対策の実施段階でも現状を把握してリスク評価を行うことで、現状の対策を継続することが適正であるのか、それとも違う対策法を選定した方がいいのか判断するツールとして活用することが出来ると考える。

表-5 再リスク評価結果

オンサイト 商工業地・ 建物なし	処理前：土壌 50,000 mg/kg	
	対策目標値	
	措置前	措置後
地下水・飲用摂取	0.5 mg/kg	57 mg/kg
屋外空気・蒸気吸	610 mg/kg	960 mg/kg
評価結果	0.5 mg/kg	57 mg/kg

オンサイト 商工業地・ 建物なし	処理前：土壌 50,000 mg/kg	
	対策目標値	
	措置前	措置後
地下水・飲用摂取	5.8 mg/kg	790 mg/kg
地下水・皮膚吸収	600 mg/kg	5,200 mg/kg
地下水・蒸気吸入	66 mg/kg	11,000 mg/kg
屋外空気・蒸気吸	730 mg/kg	1,200 mg/kg
屋内空気・蒸気吸	対策不要	対策不要
評価結果	5.8 mg/kg	790 mg/kg

※対策目標値は、TPHs 100 mg/kg での油分画分でのハザード比で除して算出

## 5. おわりに

本報では、油汚染サイト（ガソリンスタンド）でのベンゼン、油（ガソリン）の土壌・地下水汚染に対して、SERAM を用いたリスク評価結果とその評価に基づく対策工の検討について示した。汚染サイトにおける汚染物質の挙動を網羅的に把握し、オンサイトおよびオフサイトの曝露対象に及ぼす影響を人の健康リスクとして評価することで、土壌汚染による当該サイトでの影響の程度を明確にすることができる。また、対策案の選定において、汚染の全体状況を把握したうえで主要な曝露経路をきちんと理解することが、汚染の影響の低減のために効果的な対策の遂行に有効となる。リスク評価手法やSERAM ツールを活用することで、オンサイトおよびオフサイトの汚染の状況の推定が可能になるため、よりの確な対策方法の選択や設計仕様の設定、コストや環境負荷の軽減につながると期待される。

今後は、リスク評価を用いて土壌汚染サイトの評価・対策を支援するツールとしてSERAMをブラッシュアップさせ、様々な場面で活用していきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 奥田信康・佐々木哲男・リスク評価モデル普及・ツール化検討部会 (2013) : サイト環境リスク評価モデル SERAM のツールの開発と活用方法, 第 19 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, pp.574~579.
- 2) 中島誠・山田優子・鈴木弘明・白井昌洋・伊藤豊・リスク評価モデル普及・ツール化検討部会 (2014) : 土壌・地下水汚染対策におけるリスク評価の活用についてのガイダンスの作成, 第 20 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, pp.511~516.
- 3) 奥田信康・佐々木哲男・田中宏幸・山田優子・向井一洋・リスク評価モデル普及・ツール化検討部会 (2014) : サイト環境リスク評価モデル (SERAM) ツールの開発と活用事例, 第 20 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, pp.81~86.
- 4) 中島誠・王寧・保高徹生・ISO/TC190 部会 (2013) : 石油系炭化水素汚染土壌によるリスクの影響評価に関する ISO 規格化の動き, 第 19 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, pp.440~445.
- 5) 環境省 (2007) : 平成 19 年度油汚染等汚染土壌対策促進調査報告書
- 6) 田中宏幸・吉浪賢史・松久裕之・野村暢彦・中島敏明・内山裕夫 (2013) : 油汚染土壌の原位置バイオレメディエーションによる油臭低減効果, 環境バイオテクノロジー学会 2013 年度大会講演要旨集, p.60. (ポスター)