

(S5-6) わが国のリスク評価の対象とする曝露経路選定について

○佐々木哲男¹・菱川絢子¹・リスク評価活用方法検討部会¹

¹ (社) 土壤環境センター

1. はじめに

土壤汚染問題を環境リスクとして捉え、土壤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ふリスクベースの考え方は、欧米では早くから取り入れられており、土壤汚染対策において一般的に行われている。わが国においても、平成15年2月に土壤汚染対策法が施行されたことや、同法の改正法が今年（平成22年）の4月より施行されたことにより、土壤汚染による健康リスクを人の健康被害のおそれのないレベルまで低減し、汚染土壌を適切に管理していくという考え方が浸透しつつある。

このような背景の下、(社) 土壤環境センター（以下、「GEPC」とする）では、平成14～15年度の自主事業「海外アセスメント・評価検討部会」や平成16～19年度の「リスク評価適用性検討部会」および平成20～21年度の「リスク評価活用方法検討部会」において、欧米におけるリスク評価の実態や土壤汚染対策で果たしている役割を把握し、実際にわが国ではどのような場面でリスク評価が適用できるのか、その時の課題は何か、などについて取りまとめた^{1)~7)}。

これらの検討のひとつとして、平成20～21年度の「リスク評価活用方法検討部会」の「モデル要件検討ワーキンググループ」では、わが国のリスク評価モデルにおいて考慮すべき曝露経路を明確化する検討を行った。本稿では、その検討経緯と選定した曝露経路について報告する。

2. 検討手順

検討は、①全ての曝露経路の洗い出し、②考慮すべき曝露経路の絞込み、および③考慮すべき曝露経路の整理・図化、の3段階で行った。①では、ブレインストーミングを実施して、考えられる全ての曝露経路の洗い出しを行った。②では、絞込み条件として、同一媒体に戻る経路（ループ経路）の除外や寄与が限定的と考えられる経路の除外など、4つの条件を設定して考慮すべき曝露経路の絞込みを行った。③では、①②をもとにわが国のリスク評価モデルに必要な曝露経路の検討を行った。さらに、③で整理・図化を行った曝露経路を元に、国内外の曝露経路の考え方や既存の評価式（計算式）の考え方などを考慮した修正を加えた上で、わが国のリスク評価モデルにおいて優先的に検討する曝露経路として取りまとめた。検討手順を図-1に示す。

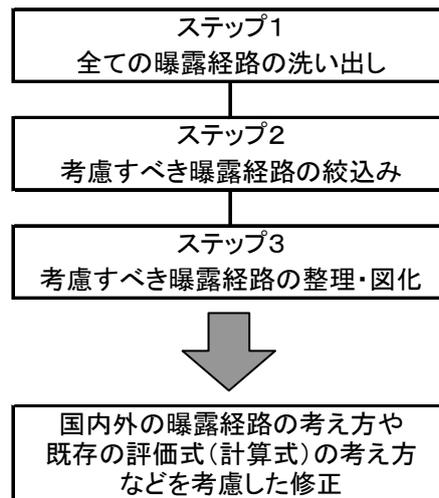


図-1 検討手順

A study of the determination of the exposure pathways for the risk assessment for soil contamination in Japan

Tetsuo Sasaki,¹ Junko Hishikawa¹ and Study Group of Method of Using Risk Assessment¹ (¹GEPC)

連絡先：〒102-0083 東京都千代田区麹町4-2 第二麹町ビル7階 (社) 土壤環境センター

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

3. 曝露経路の検討

3.1 曝露経路の洗い出し (ステップ1)

汚染土からレセプターに至るまでの考えられる全ての曝露経路の洗い出しをブレインストーミングにより行った。その結果を図-2に示す。

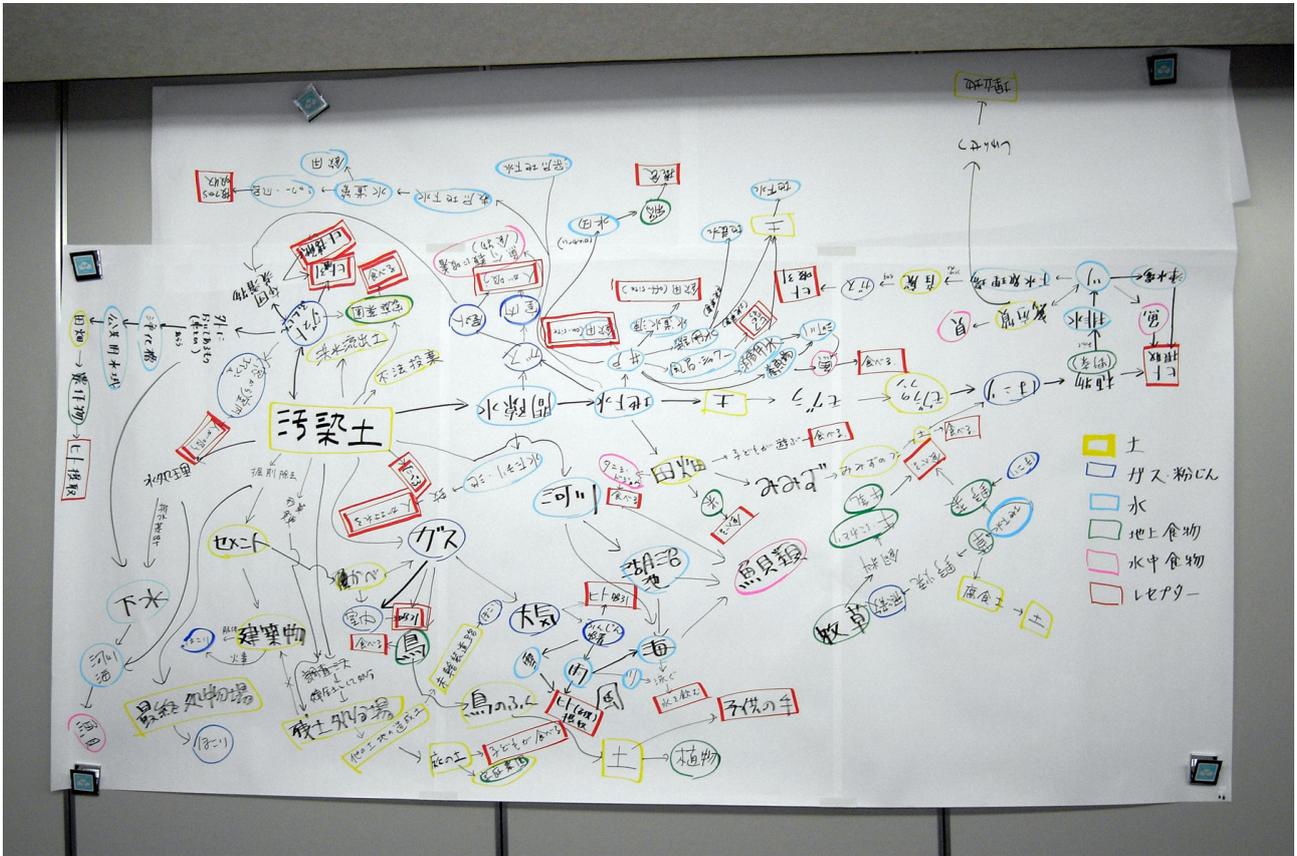


図-2 曝露経路の洗い出し(ステップ1)の結果

3.2 考慮すべき曝露経路の絞り込み (ステップ2)

ブレインストーミングにより抽出した曝露経路から、考慮すべき曝露経路の絞り込みを行った。絞り込んだ曝露経路を図-3に示す。なお、絞り込み条件として下記の4つを設定した。

- 1) 同一媒体に戻る経路 (ループ経路) を除外。ただし、同一媒体でも on-site から off-site へ移動する経路は除外しない。
- 2) 寄与が限定的と考えられる経路 (表-1 参照) を2つ以上含む曝露経路を除外。
- 3) 対象とする土壤汚染地から特定のレセプターへの曝露に直接的な因果関係が無い経路を除外。
- 4) わが国において現実的でない曝露経路を除外。

表-1 寄与が限定的と考えられる経路

媒体	移動先	備考
粉塵	公共水域	大量の希釈
	雨、雪	大量の希釈
雨、雪	公共水域	大量の希釈
セメント・建物(壁)	ガス・大気	高温で焼成
ガス・大気	鳥	大量の希釈
蚊に刺される	ヒト	頻度小

※公共用水域: 川、海、湖沼などを指す

- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→■表土→★経口
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→★経口(口を開けていたら入る)
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→★経皮
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→●室内→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→●室内→★経皮
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→●布団・洗濯物→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→●布団・洗濯物→★経皮
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→★経皮
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→●室内→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→●室内→★経皮
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→●布団・洗濯物→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→●布団・洗濯物→★経皮
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→●粉塵→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→●粉塵→★経口(口を開けていたら入る)
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→●ガス→●粉塵→★経皮
- ☆on/off ■汚染土→■洪水流出→◆地下水→◆井戸→★経口
- ☆off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→◆川→★経口
- ☆off ■汚染土→■洪水流出→●粉塵→◆海→★経口
- ☆off ■汚染土→■洪水流出→◆川→★経口
- ☆off ■汚染土→■洪水流出→◆海→★経口
- ☆on/off ■汚染土→▲家庭菜園→▲農作物(家庭用)→★経口
- ☆on/off ■汚染土→●ガス・大気→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→●ガス・大気→●室内→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→●ガス・大気→●粉塵→★吸入
- ☆on ■汚染土→★経口
- ☆on/off ■汚染土→●粉塵→▲家庭菜園→▲農作物(家庭用)→★経口
- ☆on/off ■汚染土→●粉塵→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→●粉塵→●布団・洗濯物→★吸入
- ☆off ■汚染土→●粉塵→●室内→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→◆井戸→◆風呂・シャワー→★経口
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→◆井戸→◆風呂・シャワー→★経皮
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→◆井戸→◆風呂・シャワー→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→◆井戸→★経口
- ☆off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→◆井戸→◆水道水源→★経口
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→●ガス→●室内→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→●ガス→●室内→▲食べ物→★経口
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→●ガス→●屋外→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→●ガス→●屋外→●布団・洗濯物→★吸入
- ☆off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→▲草→●野焼き(燃え殻)→●粉塵→★吸入
- ☆off ■汚染土→◆間隙水→◆地下水→▲草→■腐植土→■土→●粉塵→★吸入
- ☆off ■汚染土→◆間隙水→●ガス→●室内→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→●ガス→●室内→▲食べ物→★経口
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→●ガス→●屋外→★吸入
- ☆on/off ■汚染土→◆間隙水→●ガス→●屋外→●布団・洗濯物→★吸入

【凡例】

■:土 ●:ガス・粉塵 ◆:水 ▲:地上食物 ▼:水中食物 ★:レセプター ☆on:オンサイトでの摂取 ☆off:オフサイトでの摂取

図-3 曝露経路の絞込み結果(ステップ2)

3.3 考慮すべき曝露経路の整理・図化（ステップ3）

ステップ1およびステップ2において絞り込んだ曝露経路に基づき、ステップ3として、わが国のリスク評価モデルにおいて考慮すべき曝露経路の整理・図化を行った。曝露条件としては、人（性別、年齢、体重等）、場所（住居、工場、事務所、学校、公園、対策工事現場等）、期間（短期、長期等）を考慮した。

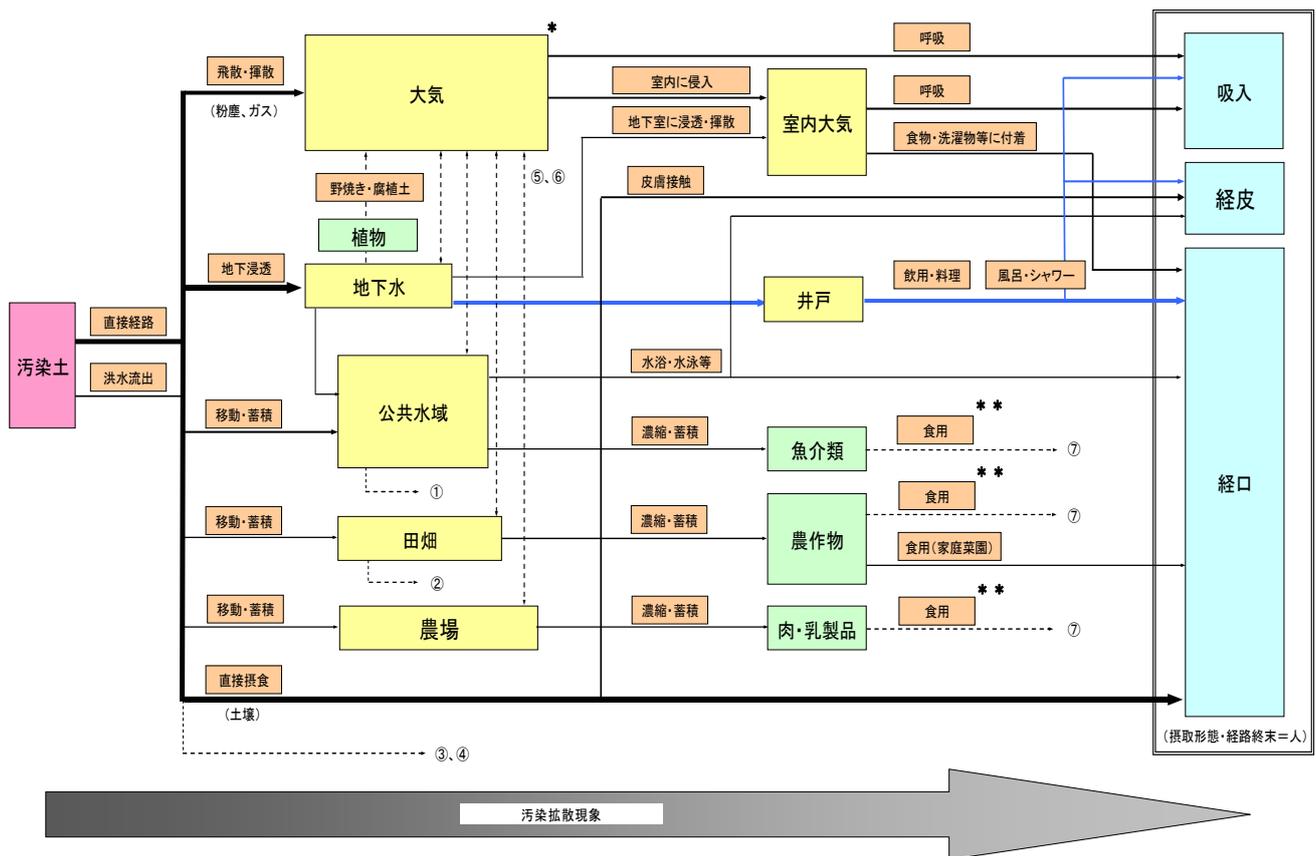
なお、ステップ3における経路の整理では、ステップ2と同様に次のような経路を除外した。

- ・ループ経路
- ・寄与が限定的と考えられる経路を2つ以上含む曝露経路
- ・対象とする土壤汚染地から特定のレセプターへの曝露に直接的な因果関係が無い経路
- ・わが国においては現実的でない経路

その結果、次のような経路が除外された。

- ①汚染された土地にある湖沼・池・水溜り等で生育した有害昆虫等からの感染
- ②土壤中に生息する小動物（モグラ・ミミズ等）の活動による汚染土壌の移動・拡散
- ③汚染された土地で育った植物（汚染物質付着／濃縮）が腐葉土に変化した後の移動・拡散
- ④汚染された土地で育った植物（汚染物質付着／濃縮）を食用とする草食動物での濃縮
- ⑤雨水による、大気中に拡散した汚染物質の地上・公共水面への落下
- ⑥地表面・水域からの大気中への揮散
- ⑦他の法律で規制がかかっている一般流通経路

検討結果を図-4に示す。



注) * : 大気環境基準で指定されていない物質が対象、水銀等
 ** : 食品に関しては、JAS等で規定されている

図-4 考慮すべき曝露経路の整理・図化の検討結果(ステップ3)

3.4 国内外の曝露経路の考え方や既存の評価式（計算式）の考え方などを考慮した修正

ステップ3で整理・図化した曝露経路に対し、国内外の曝露経路の考え方や既存の評価式（計算式）の考え方などを考慮し修正を実施した。その検討結果を「わが国のリスク評価モデルにおいて優先的に検討する曝露経路」として図-5に示す。

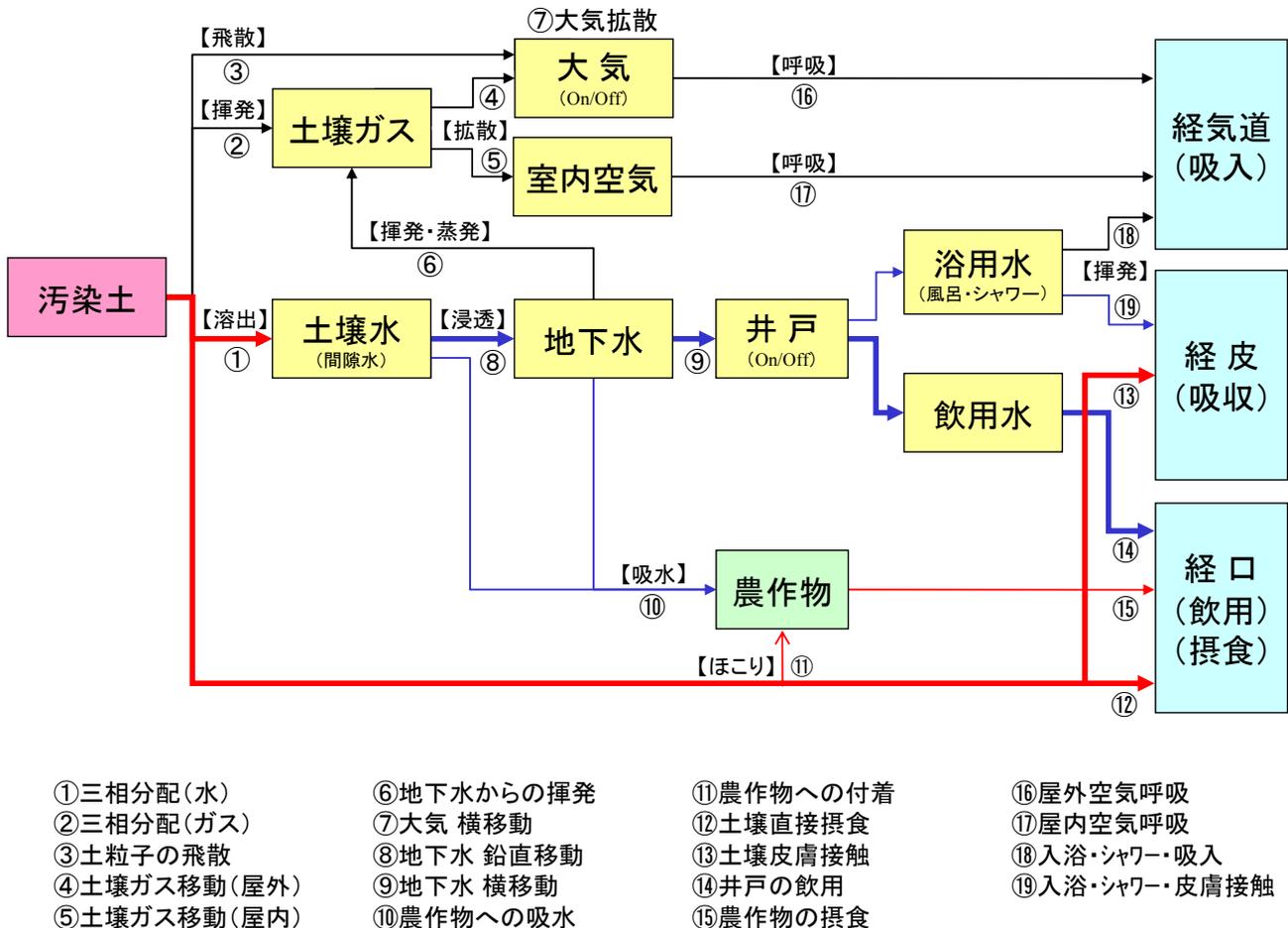


図-5 わが国のリスク評価モデルにおいて優先的に検討する曝露経路

4. 今後の課題

リスク評価活用方法検討部会のモデル要件検討ワーキンググループでは、ブレインストーミングにより、想定される全ての曝露経路を洗い出し、その後、関係者の意見を織込みながら絞込み・整理を実施し、わが国のリスク評価モデルにおいて優先的に検討する曝露経路としてとりまとめた。

一方、同部会の曝露モデル検討ワーキンググループ等の他のワーキンググループでは、各国のリスク評価で採用されている曝露経路、計算式およびパラメーター等の検討が行われている。リスク評価モデルにおいて、多岐の曝露経路を考慮したとしても、計算式やパラメーターの設定が妥当でなければ、精度向上につながらない。また、パラメーター設定のために、過剰な調査（土壌環境、地下水環境、水域環境、大気環境、人的要因等）が必要な場合は、リスク評価モデルの活用自体が非現実的となる。

今後の課題としては、曝露経路毎に、計算式やパラメーター設定の妥当性と容易性を検証し、他のワーキンググループの検討内容や成果と調整を行いながら、考慮しなければならない曝露経路をひとつひとつ確認していく作業が必要となる。

5. おわりに

平成 20 年 3 月の環境省土壤環境施策に関するあり方懇談会報告⁸⁾では、今年 4 月より施行された改正土壤汚染対策法に直接関係する内容だけでなく、ブラウンフィールド問題を緩和する効果も期待されるものの 1 つとして、サイトリスクアセスメントが取り上げられた。

土壤汚染問題におけるサイトリスクアセスメント、すなわちリスク評価を実施するには、その土地に合った曝露評価シナリオと曝露評価モデルを選定することが必要不可欠である。一方で、それらの評価シナリオと評価モデルに合った環境パラメーターをどのように整備するかが重要となる。

本稿では、わが国のリスク評価モデルに必要な曝露経路について検討しその成果を得たことで、日本におけるリスク評価手法を構築する一助となれば幸いである。今後も、GEPC では当部会の活動を引き継ぐ「リスク評価方法検証部会」を立ち上げ、将来を見据えた検討を継続実施していく予定である。

参考文献

- 1) 福浦 情, 和知 剛, 白井昌洋, リスク評価適用性検討部会 (2006): 土壤汚染対策におけるリスク評価の適用性の検討 (その 1) - 諸外国におけるリスク評価の土壤汚染対策への適用について -, 第 12 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 231~235.
- 2) 畠 俊郎, 奥田信康, 川辺能成, 小山 孝, リスク評価適用性検討部会 (2006): 土壤汚染対策におけるリスク評価の適用性の検討 (その 2) - リスク評価モデルの特性比較 -, 第 12 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 341~344.
- 3) 白井昌洋, キンョールパラズリ, 菱川絢子, リスク評価適用性検討部会 (2007): 土壤汚染対策におけるリスク評価の適用性の検討 (その 3) - 米国におけるリスク評価の活用事例 -, 第 13 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 117~121.
- 4) 藤長愛一郎, 川辺能成, 福浦 清, リスク評価適用性検討部会 (2007): 土壤汚染対策におけるリスク評価の適用性の検討 (その 4) - 日欧米のリスク評価モデルにおける曝露評価方法の比較 -, 第 13 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 122~127.
- 5) 中島 誠, 奥田信康, 小口深志, リスク評価適用性検討部会 (2007): 土壤汚染対策におけるリスク評価の適用性の検討 (その 5) - わが国におけるリスク評価活用の概念と課題 -, 第 13 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 382~387.
- 6) 中島 誠, 奥田信康, リスク評価適用性検討部会, リスク評価活用方法検討部会 (2009): 土壤汚染対策におけるリスク評価の適用性の検討 (その 6) - わが国の土壤汚染対策におけるリスク評価の活用に向けて -, 第 15 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 262~267.
- 7) 中杉修身監修, 土壤環境センター編 (2008): 実務者のための「土壤汚染リスク評価」活用入門, 化学工業日報社.
- 8) 土壤環境施策に関するあり方懇談会 (2008): 土壤環境施策に関するあり方懇談会報告.
- 9) 土壤中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.
- 10) 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.
- 11) U.S.EPA (1989): Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1 Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final, EPA/540/1-89/002.
- 12) U.S.EPA (1991): Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I-Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals) Interim, EPA/540/R-92/003.
- 13) U.S.EPA (1991): Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I-Human Health Evaluation Manual (Part C, Risk Evaluation of Remedial Alternatives) Interim, Publication 9285.7-01C.