

土壤汚染対策の現状と課題

和歌山大学 理事

平田健正

今なぜ土壌・地下水汚染の問題なのか？

人の健康を保護

大腸菌によるしらさぎ幼稚園児2名死亡事例(埼玉県, 1990年)
有機ヒ素による健康被害(茨城県, 2003年)

貴重な水資源

地下水依存率は全取水量の14%, 都市用水の28%
(関東内陸, 東海, 北陸, 山陰, 南九州では40~50%)

健全な水循環システムと地下水

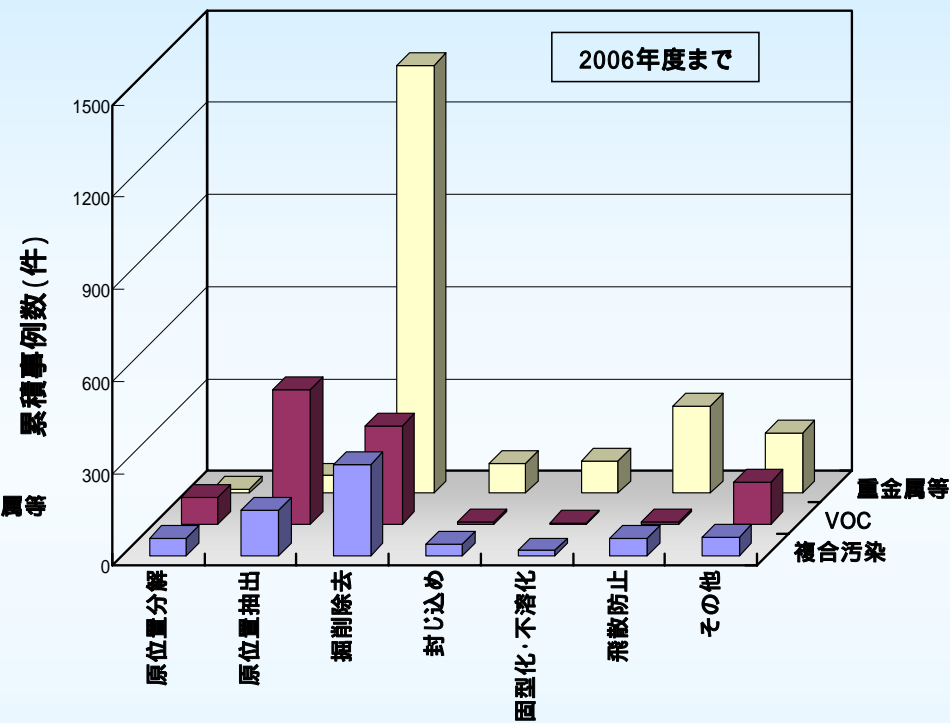
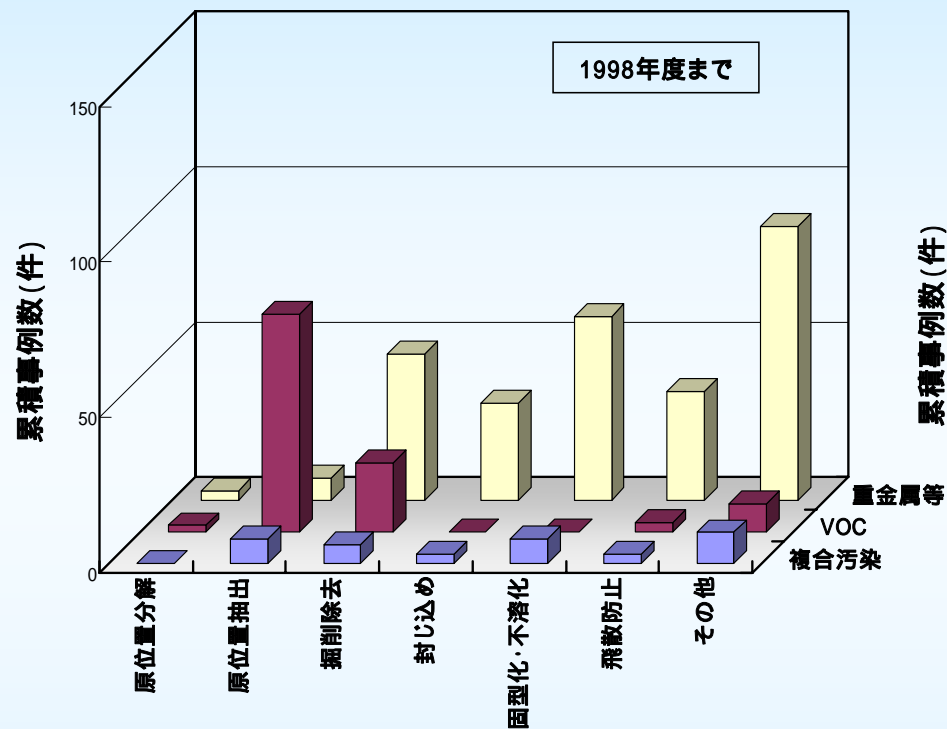
陸水のほとんどは地下水である

環境に配慮した企業活動

環境ISO(ISO14000s)取得にともなう環境情報の開示

不動産価値の尺度が変化

土壌汚染のリスクが不動産の資産価値に影響



汚染土壌の処理に用いられてきた対策技術の推移

掘削した汚染土壌の行方

土壌汚染対策で約300万トンを掘削処理

- ・セメント工場(221万トン)
- ・認定浄化施設(54万トン)
- ・認定浄化施設以外の中間処理場(18万トン)
- ・最終処分場(10万トン)
- ・内陸受入地残土処分場(6万トン)

出典:「平成18年度汚染土不適正処理に関する実態調査」
(財)産業廃棄物処理事業振興財団より

- ・これら以外にも自主調査の結果、掘削搬出した汚染土壌がある。
- ・こうした汚染土壌の行方はどのようになっているのか、さらには有害物質の人への暴露や水環境への流出は適切に管理されているのかどうか。

土壌汚染対策法の改正

汚染把握と管理の充実

調査機会の拡大(過去の有害物質使用事業場
3,000m²以上の土地改変など面積要件, 自
主調査の申請, など)

講ずべき措置の内容

土壌汚染が判明した時点で, 次の区域に指定される

- ・要措置区域(健康影響のおそれがある)

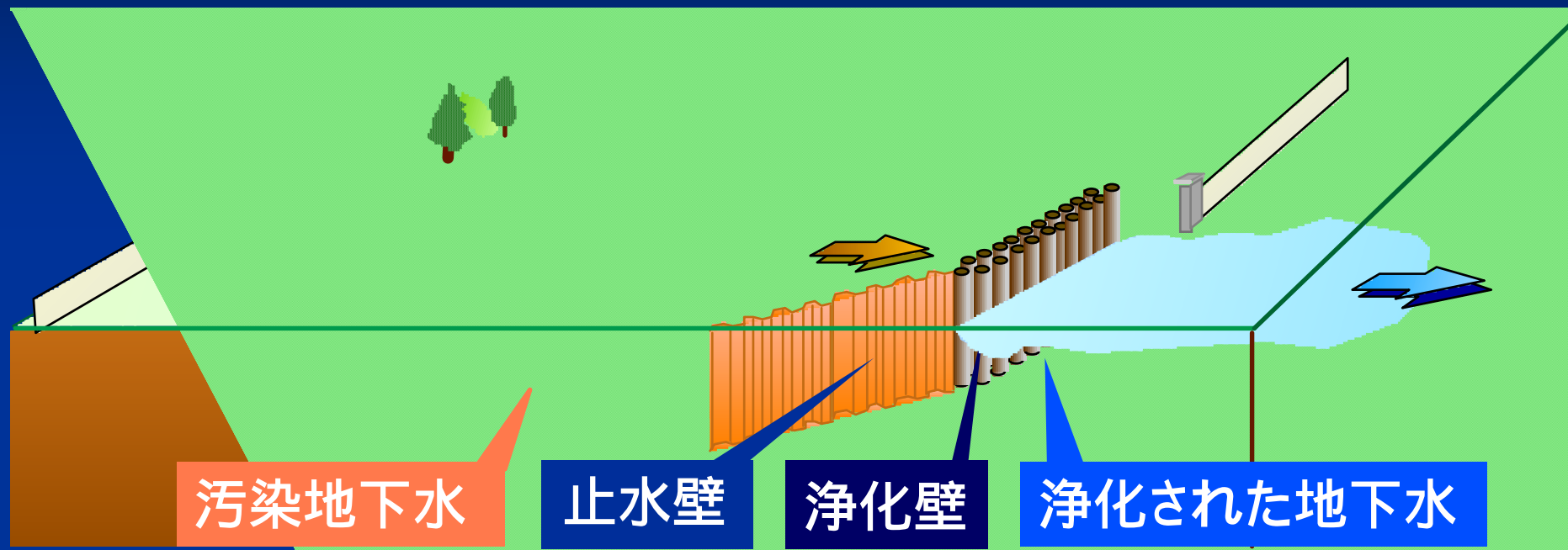
指示措置: 遮水工封じ込めが基本, バリア井戸や反応壁に
よる地下水 汚染の拡大防止

- ・形質変更時要届出区域(健康影響のおそれがない)

搬出土砂の適正処理

- ・搬出土砂の管理票
- ・搬出土壤の処理業の許可制度

透過性地下水浄化壁を用いた浄化対策



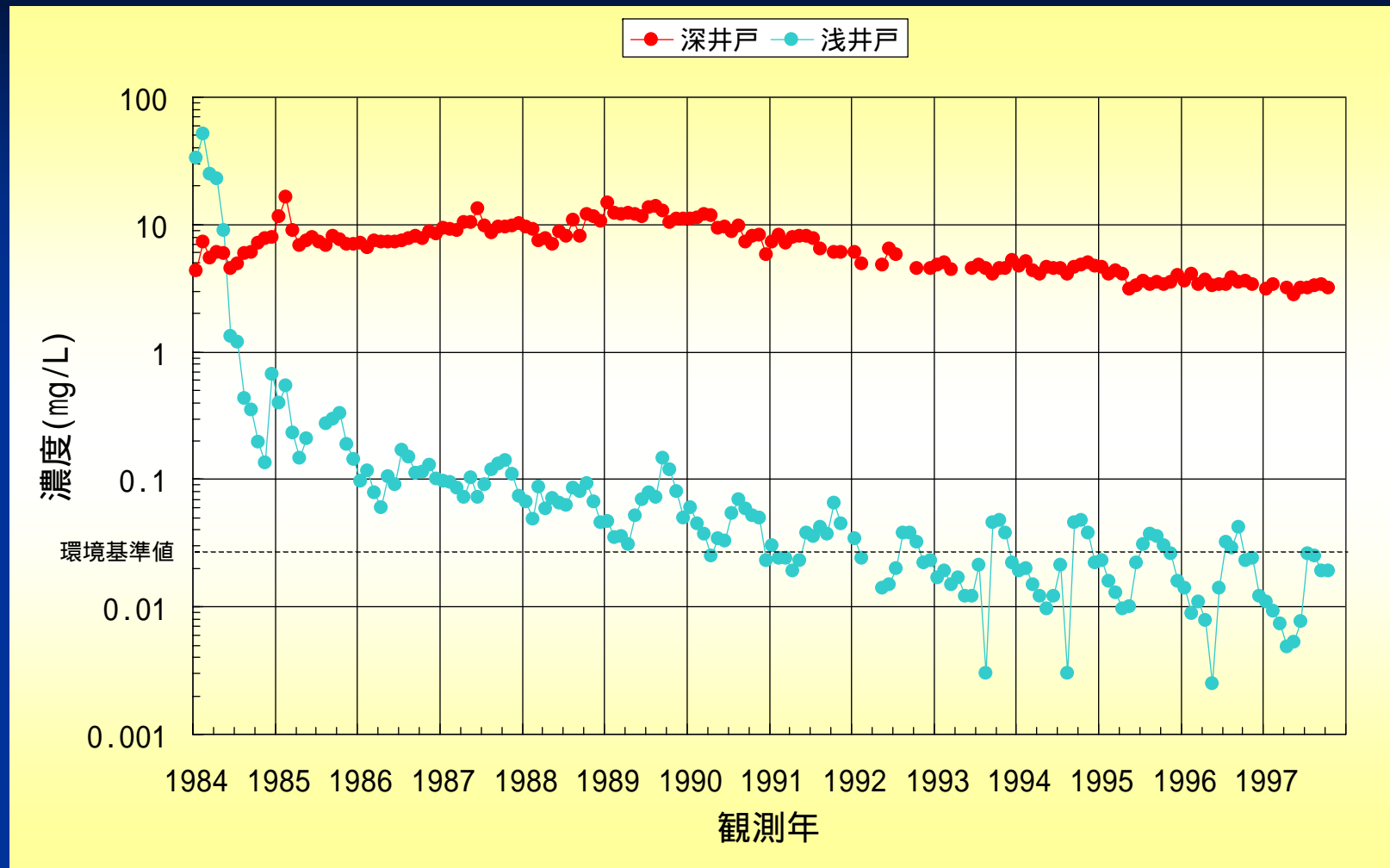
- ・地下水を透過させ、汚染物質のみを無害化あるいは安定化
- ・地上設備を必要とせずメンテナンスフリー

土壌地下水汚染事例(1)

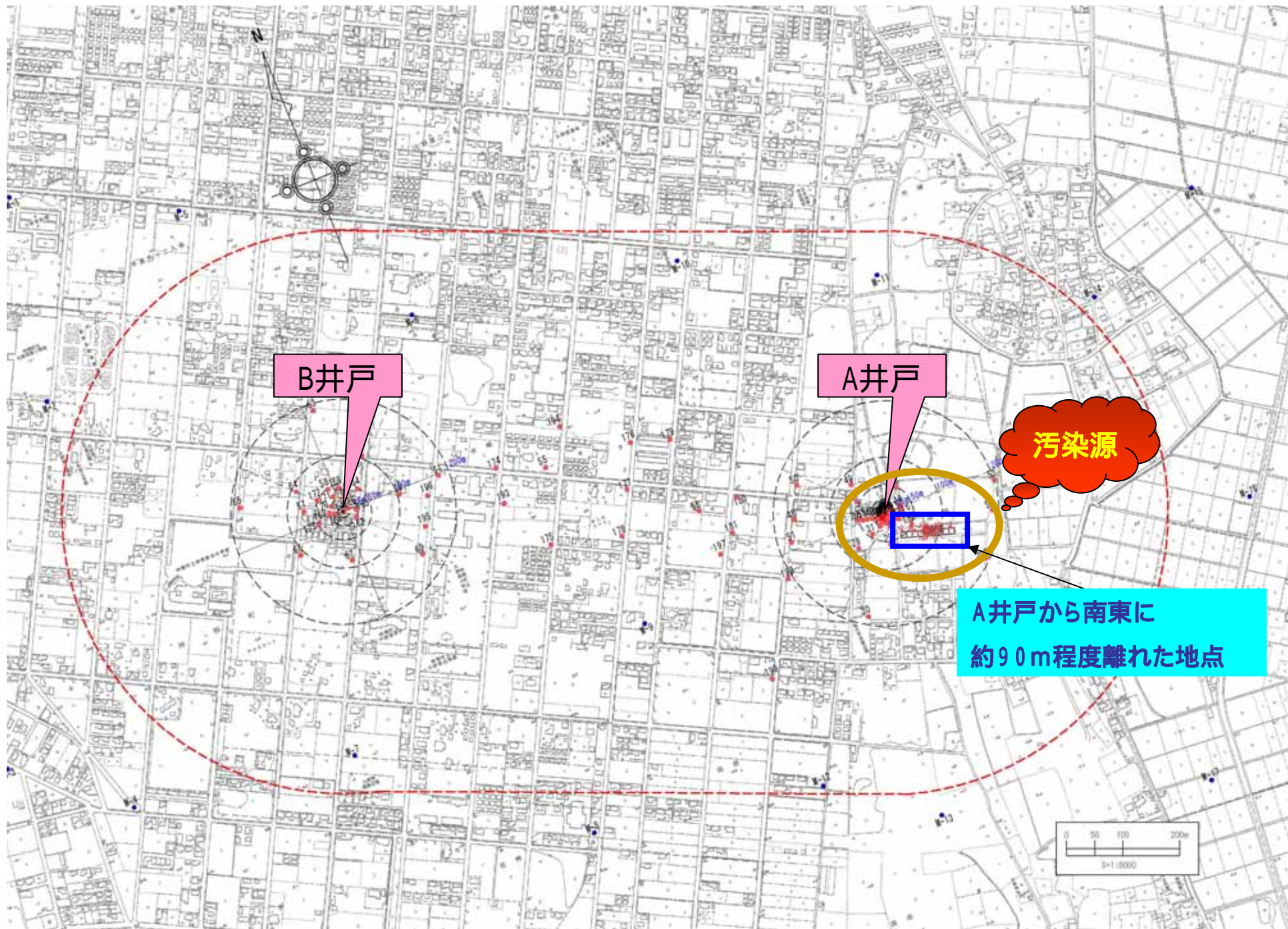
- ・環境庁地下水汚染調査(1982)
- ・兵庫県・太子町の地下水汚染(1983)
1982年の環境省地下水汚染調査を受けての水道水源調査により発見
地下水揚水対策の重要性を指摘, 時間はかかるが確実に浄化できる.
- ・熊本県・熊本市の地下水汚染(1994)
電話機器洗浄工場におけるトリクロロエチレン地下水汚染
土壌ガス調査を用いた調査と土壌ガス吸引・地下水揚水の二重抽出
土壌ガス吸引技術の限界
- ・土壌ガス調査とボーリングを組み合わせた汚染源探査手法
山形県・米沢市・東根市, 熊本県・熊本市など
- ・和歌山県・橋本市のダイオキシン汚染(1998)
廃棄物の野焼きによるダイオキシン類土壌汚染
ガラス固化による汚染土壌の無害化(100トン炉)

土壤地下水汚染事例(2)

- ・茨城県・神栖市の有機ヒ素汚染(2003)
地下水飲用により健康影響発現
コンクリートにジフェニールアルシンを混入させ投棄
- ・大阪アメニティパークの重金属汚染(2004)
金属精錬跡地の再開発
ヒ素・セレン等重金属による土壤地下水汚染
- ・フェロシルトによる土壤汚染(2005)
クロムを含む汚泥の投棄
- ・都市ガス製造工場跡地(豊洲埋立地)の土壤汚染評価(2007)
ベンゼン・シアンによる汚染
土壤地下水汚染の調査のあり方, 土壤汚染対策法の改正案の提出



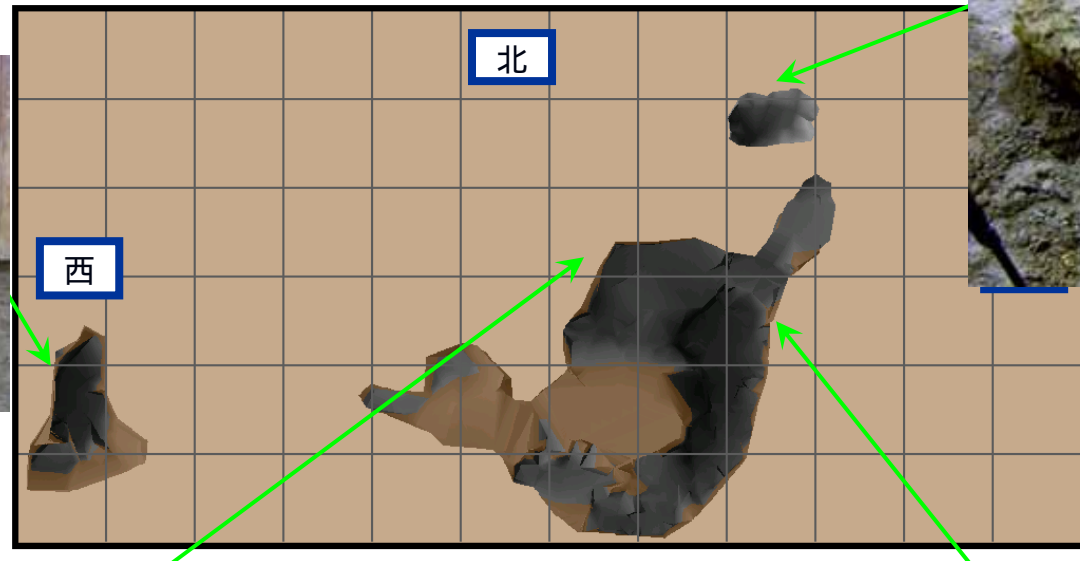
地下水揚水処理によるトリクロロエチレン汚染地下水の修復



塊
GL-1.5~2mに存在



12m



24m



塊
(東側より見る)

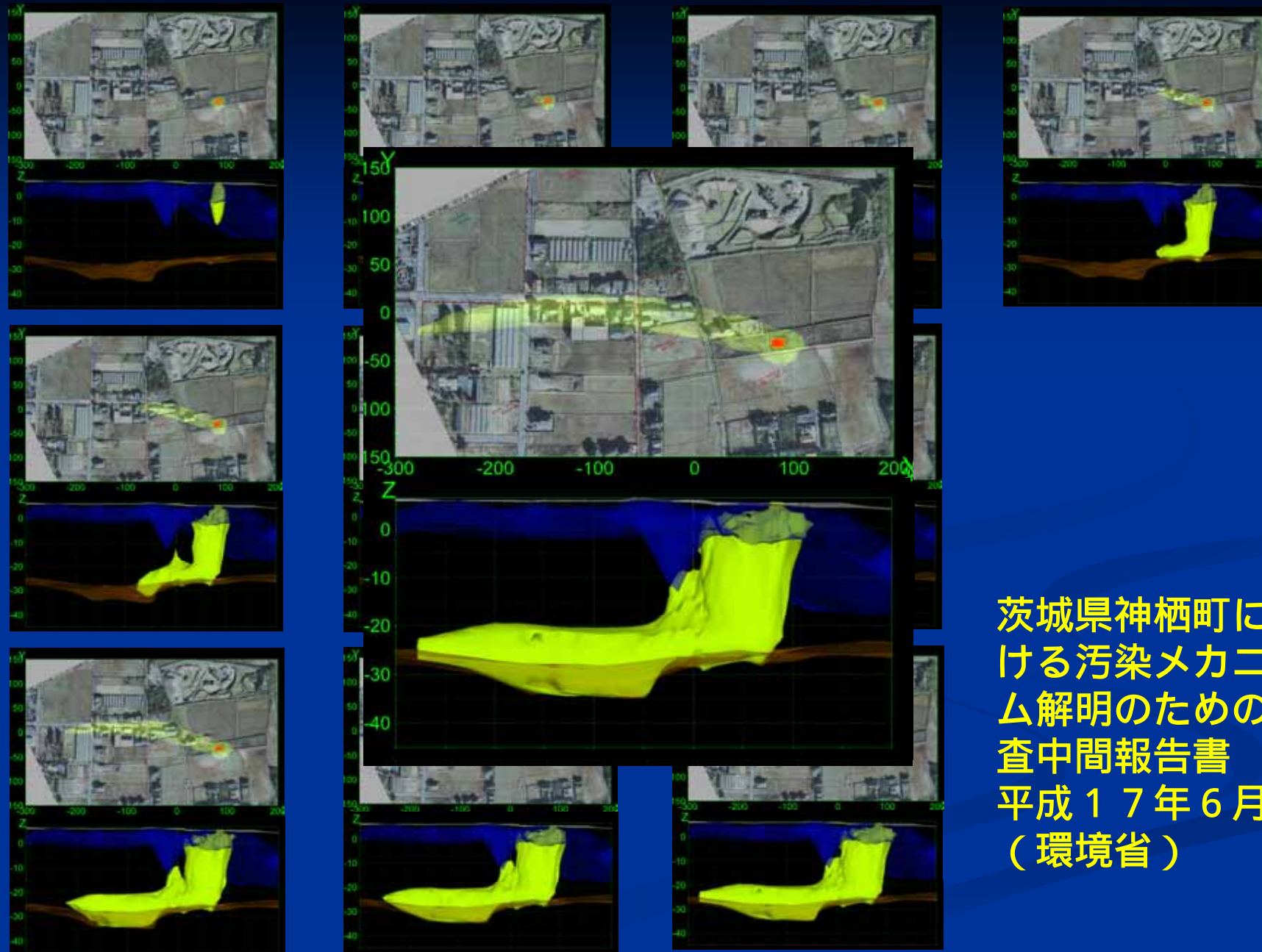


塊 (南側上より見る)

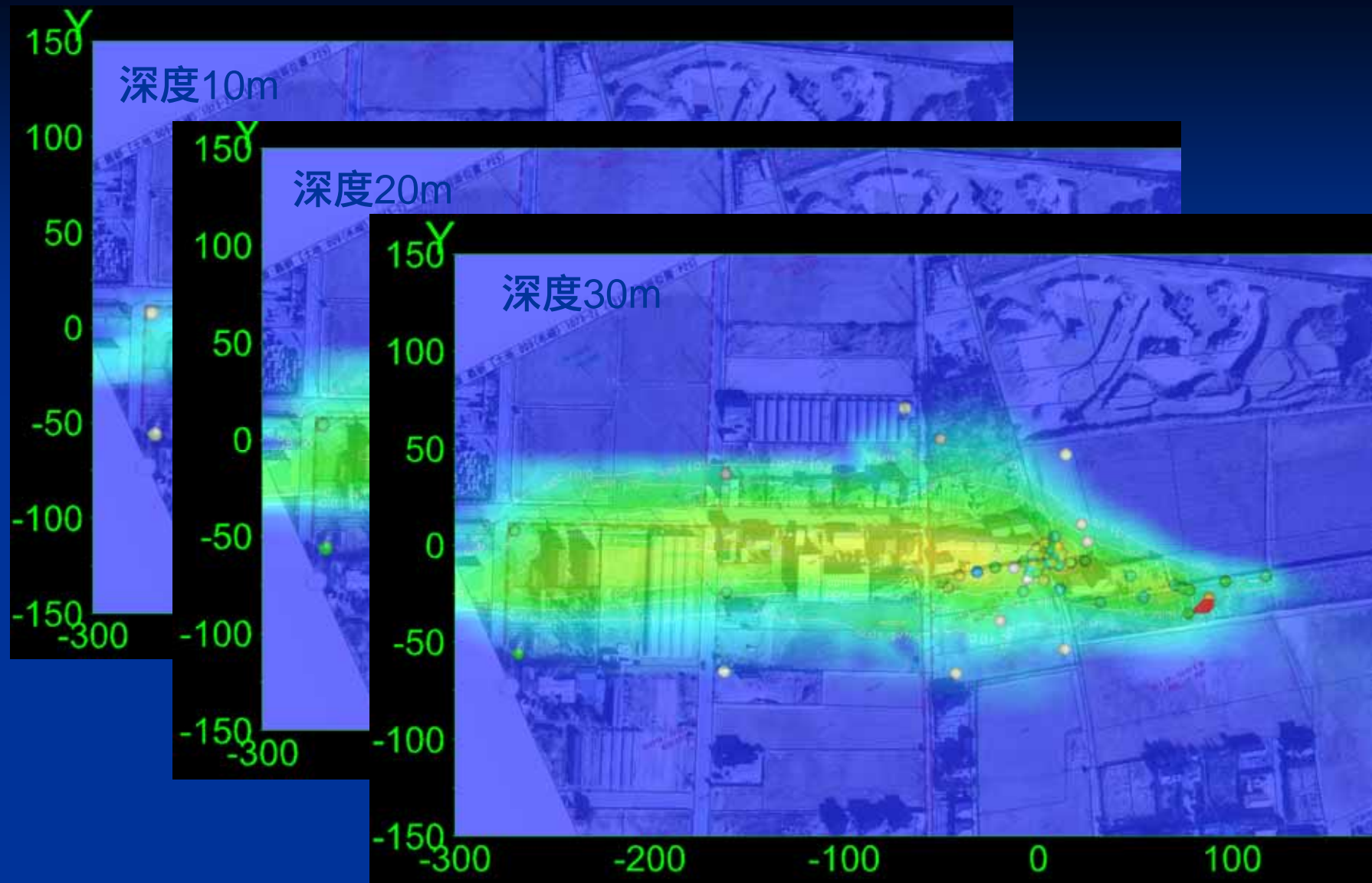


塊 (西側より見る)





茨城県神栖町における汚染メカニズム解明のための調査中間報告書
 平成17年6月
 (環境省)

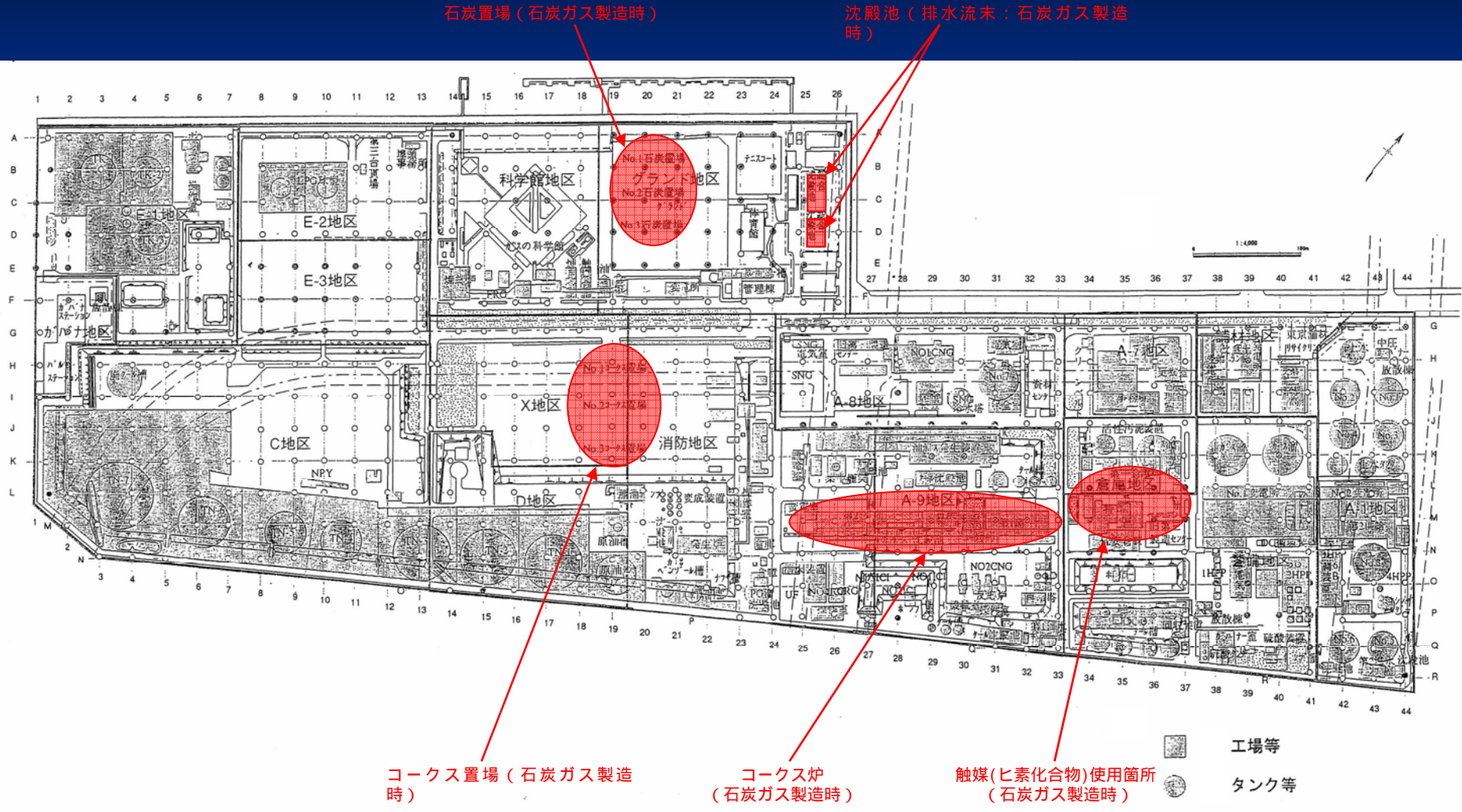


茨城県神栖町における汚染メカニズム解明のための調査
中間報告書 平成17年6月（環境省）

豊洲埋立地の位置

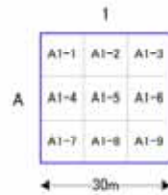


都市ガス製造工場配置図



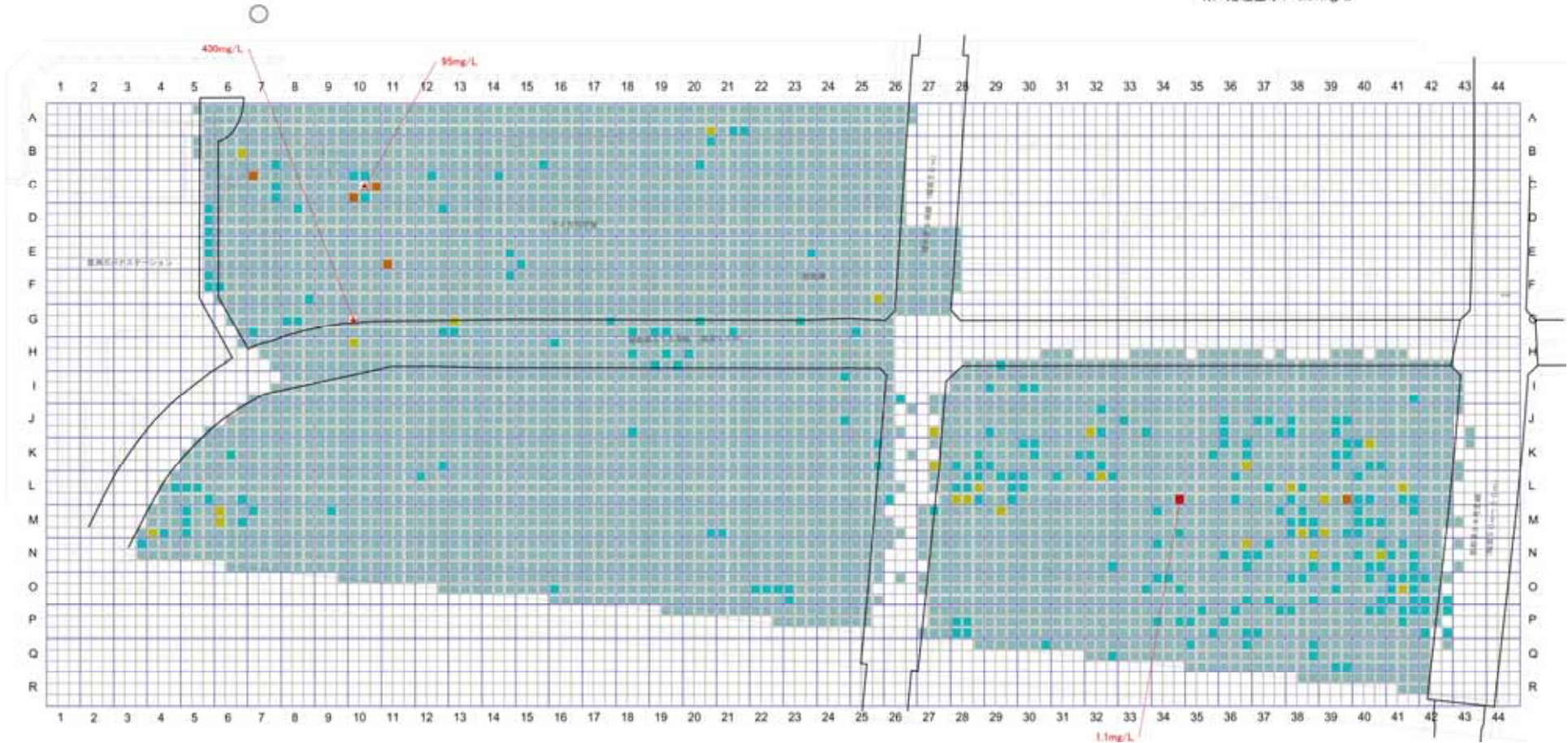
詳細調査結果(1)表層土壌のベンゼン

地点名のつけ方(例)



- ★ HHHH 1000倍 \leq 分析値
- HHH 100倍 \leq 分析値 $<$ 1000倍
- HH 10倍 \leq 分析値 $<$ 100倍
- H 処理基準 $<$ 分析値 $<$ 10倍
- L 定量下限値 \leq 分析値 \leq 処理基準
- LL 分析値 $<$ 定量下限値

※ 処理基準: 0.01mg/L

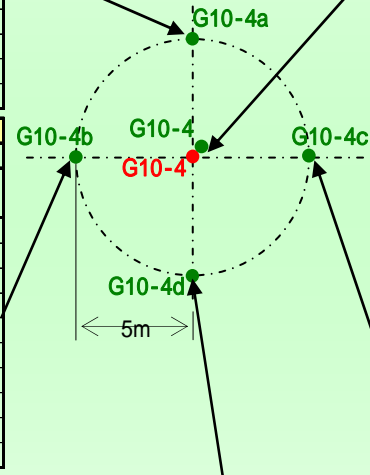


詳細調査結果(2)G10-4周辺調査

G10-4a						
標高 (A.P.m)	深度 (m)	ベンゼン		シアン化合物		
		地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	土壌含有量 (mg/kg)
+4.5	+0.5		0.001未満		不検出	0.5未満
+3.5	-0.5	0.013	0.084	0.2	0.1	3.7
+3.0	-1.0		1.1		0.7	16.0
+2.0	-2.0		3.3		0.7	0.6
+1.0	-3.0		0.32		0.1	0.5未満
+0.0	-4.0	1.0	0.052	不検出	不検出	0.5未満
-1.0	-5.0		0.31		0.1	1.5
-2.0	-6.0		0.026		0.1	0.5未満
-3.0	-7.0		0.002		不検出	0.5未満
-4.0	-8.0		0.009		不検出	0.5未満

G10-4						
標高 (A.P.m)	深度 (m)	ベンゼン		シアン化合物		
		地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	土壌含有量 (mg/kg)
+4.5	+0.5		0.001未満		不検出	0.5未満
+3.5	-0.5	0.13	430	0.4	86	70
+3.0	-1.0		0.003		不検出	0.5未満
+2.0	-2.0		0.075		不検出	0.5未満
+1.0	-3.0		0.001未満		0.2	0.5未満
+0.0	-4.0	0.001未満	0.022	0.4	不検出	0.5未満
-1.0	-5.0		0.054		不検出	0.5未満
-2.0	-6.0		0.38		不検出	1.3
-3.0	-7.0		0.024		不検出	0.5未満
-4.0	-8.0		0.001		不検出	0.5未満

凡例
 ● : 詳細調査地点
 ○ : 周辺調査地点

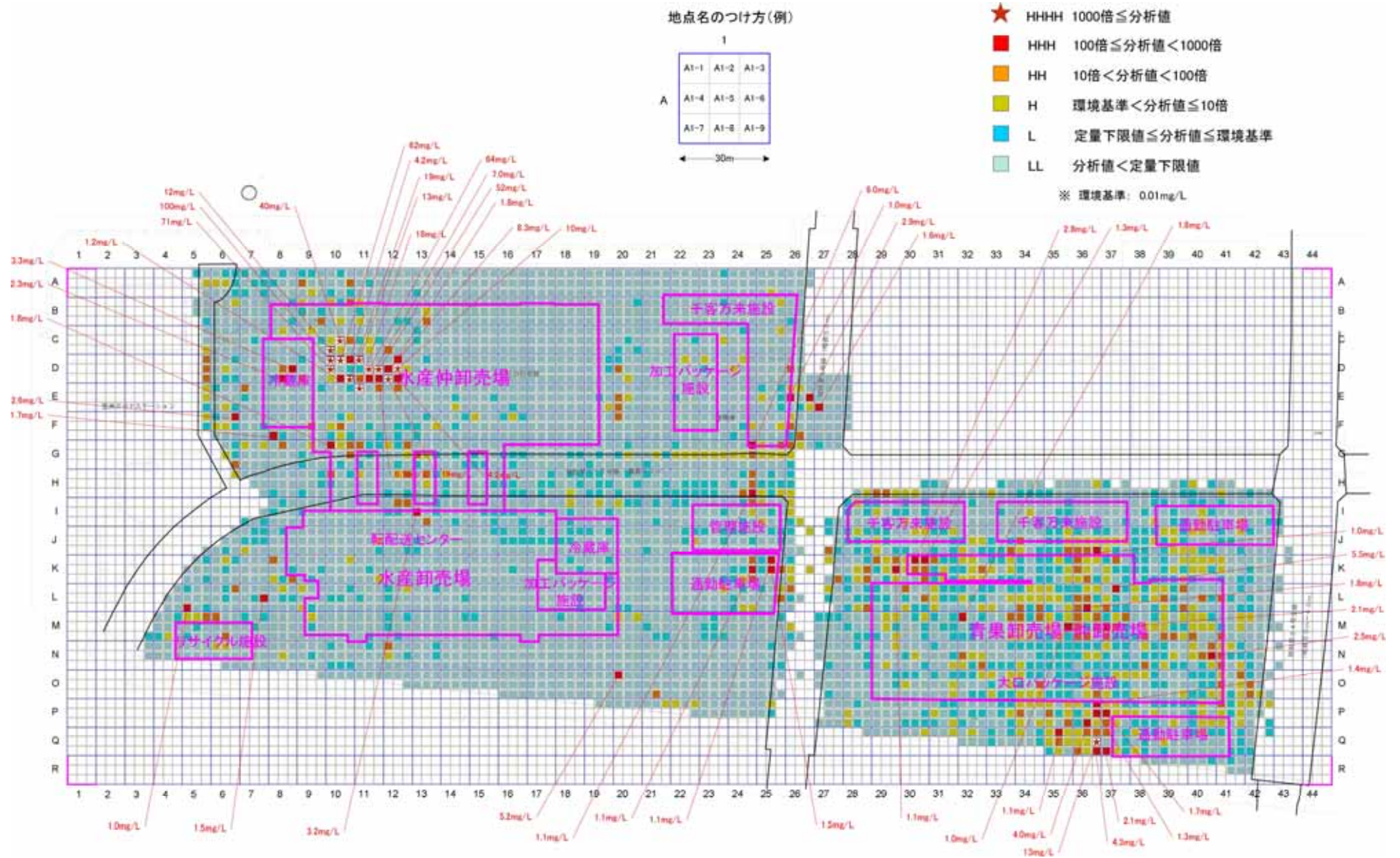


G10-4b						
標高 (A.P.m)	深度 (m)	ベンゼン		シアン化合物		
		地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	土壌含有量 (mg/kg)
+4.5	+0.5		0.001未満	不検出	不検出	0.5未満
+3.5	-0.5	0.005	0.004	不検出	0.2	0.8
+3.0	-1.0		0.001未満		不検出	0.5未満
+2.0	-2.0		0.001		不検出	0.5未満
+1.0	-3.0		0.001未満		不検出	0.5未満
+0.0	-4.0	0.006	0.004	0.2	不検出	0.5未満
-1.0	-5.0		0.001		0.2	1.2
-2.0	-6.0		0.001未満		不検出	0.5未満
-3.0	-7.0		0.001未満		不検出	0.5未満
-4.0	-8.0		0.001未満		不検出	0.5未満

G10-4c						
標高 (A.P.m)	深度 (m)	ベンゼン		シアン化合物		
		地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	土壌含有量 (mg/kg)
+4.5	+0.5		0.001未満		不検出	0.5未満
+3.5	-0.5	0.002	0.001未満	不検出	不検出	0.5未満
+3.0	-1.0		0.001未満		不検出	0.5未満
+2.0	-2.0		0.001		不検出	0.5未満
+1.0	-3.0		0.001未満		不検出	0.5未満
+0.0	-4.0	0.001	0.030	不検出	不検出	0.5未満
-1.0	-5.0		0.23		0.2	1.3
-2.0	-6.0		0.16		不検出	0.5未満
-3.0	-7.0		0.001		不検出	0.5未満
-4.0	-8.0		0.001未満		不検出	0.5未満

G10-4d						
標高 (A.P.m)	深度 (m)	ベンゼン		シアン化合物		
		地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	地下水 (mg/L)	土壌溶出量 (mg/L)	土壌含有量 (mg/kg)
+4.5	+0.5		0.001未満		不検出	0.5未満
+3.5	-0.5	0.001未満	0.001未満	0.2	不検出	0.5未満
+3.0	-1.0		0.001未満		不検出	0.5未満
+2.0	-2.0		0.001未満		不検出	0.5未満
+1.0	-3.0		0.001未満		不検出	0.5未満
+0.0	-4.0	0.001未満	0.001未満	0.2	不検出	0.5未満
-1.0	-5.0		0.001未満		不検出	0.5未満
-2.0	-6.0		0.001未満		不検出	0.5未満
-3.0	-7.0		0.001未満		不検出	0.5未満
-4.0	-8.0		0.001未満		不検出	0.5未満

詳細調査結果(3)地下水のベンゼン



対策の概要

対象		対策の内容	
全体		<p>各街区の周縁部を止水矢板でそれぞれ囲むことにより、市場予定地と外部との間での汚染物質の移動を防止。</p> <p>各街区とも、建物の周囲を止水矢板等で囲むことにより、建物建設地とそれ以外の部分の間での汚染物質の移動を防止。</p>	
建物建設地	土壌	A.P.+2.0mより上部	旧地盤面（A.P.+4.0m）から2m（A.P.+2.0m）までの土壌を掘削し、入れ換え。 さらに上部に2.5mの盛土。
		A.P.+2.0mより下部	操業由来により処理基準を超過した土壌を処理基準以下に処理。
	地下水	地下水中のベンゼン、シアン化合物の濃度が地下水環境基準に適合することを目指した地下水浄化を建物建設前に行う。 地下水管理を行い、地下水位の上昇を防止。	
建物建設地以外	土壌	A.P.+2.0mより上部	残地構造物撤去、地盤改良を実施することから、旧地盤面（A.P.+4.0m）から2m（A.P.+2.0m）までの土壌を掘削し、入れ換え。 さらに上部に2.5mの盛土。
		A.P.+2.0mより下部	操業由来により処理基準を超過した土壌を処理基準以下に処理。
	地下水	地下水管理を行い、地下水位の上昇を防止する。 揚水した際に処理を行うことなく下水に放流できる濃度レベル（排水基準に適合する濃度）で地下水管理を実施し、将来的にベンゼン、シアン化合物の濃度が地下水環境基準を達成することを目指す。 液状化対策として地盤改良工事を行う際に、合わせて地下水中のベンゼン、シアン化合物の濃度の低下を図る。	

新市場予定地は、その大部分が建物建設および道路・駐車場用地であり、厚さ25～40cmのコンクリート床または厚さ30～40cmのアスファルトで覆われる計画である。

土壤汚染と土地汚染

土壤汚染

健康影響の防止

暴露経路の遮断(リスクの概念)

土地汚染

経済活動

資産評価(ゼロリスク, 環境基準をクリア)

企業の社会的責務とは何か

企業倫理とガバナンス

事業活動と社会貢献

法令遵守はあたりまえ

環境配慮は利潤追求の免罪符となりうるか

このような状況の中で持続的発展を確保し、どのようにして新しい価値観に対応しつつ地域社会と共存するのか

不断の地域とのコミュニケーションが不可欠

リスクコミュニケーション？

リスクコミュニケーション

化学物質のリスクに関する正確な情報を、市民、事業者、行政、専門家、マスコミ、議会などの利害関係者が共有し、相互の理解を深めること。



利害関係者間で意思疎通を図り、醸成された信頼関係の下で、化学物質の理解とリスク低減に役立てる。



地域への説明・施設見学、インターネットを活用した双方向情報提供、地域の防災活動・教育活動・清掃などへの参加、従業員の教育と苦情への迅速対応、などなど日常的なコミュニケーションが極めて重要。

化学物質のリスクを伝える

リスクとは何？

化学物質のリスク,あるいは環境基準の意味や決定方法などを科学的に説明

閾値がある物質とない物質

発癌性物質に閾値はなく,リスクで評価(WHOやわが国では 10^{-5})

10^{-5} とは一生涯暴露されて,10万に1人が発ガンする割合

ただし,相手を説得するのではない

学術的に攻撃するわけでもない

相手の話に耳を傾け,相互に理解を深めることが重要

むやみに難しい専門用語はできるだけ避け,

平易な説明に努める.

その意味で,研究者とりわけ大学人には荷が重い役割

横文字は好きではないが,所謂,ファシリテータ・

インタープリタが必要

リスクの評価

- ・ 土壌・地下水汚染に由来する暴露量評価
- ・ 閾値のない物質

発ガンリスク = 生涯暴露量 × スロープファクター
(例えば, 発ガンリスク(水道水基準) : 10^{-5})

- ・ 閾値のある物質

ハザード比 = 平均摂取量 / 耐容一日摂取量

用量反応関係

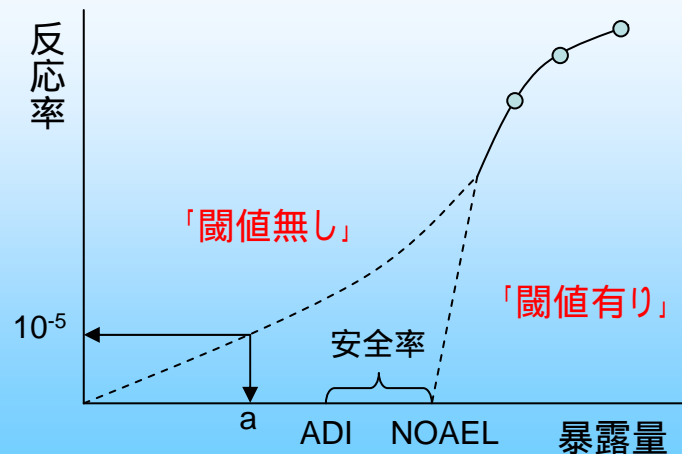
一般に化学物質は、その暴露量が低い領域では有害な影響を生じないが、暴露量が増加するに伴い、影響の生ずる確率が増大する。

暴露量と反応率(有害影響の出現率)の関係を明らかにすることが環境リスク評価の鍵になっている。

最重要ポイント

用量反応関係に閾値(しきいち)が有るか、閾値がないかを区別すること

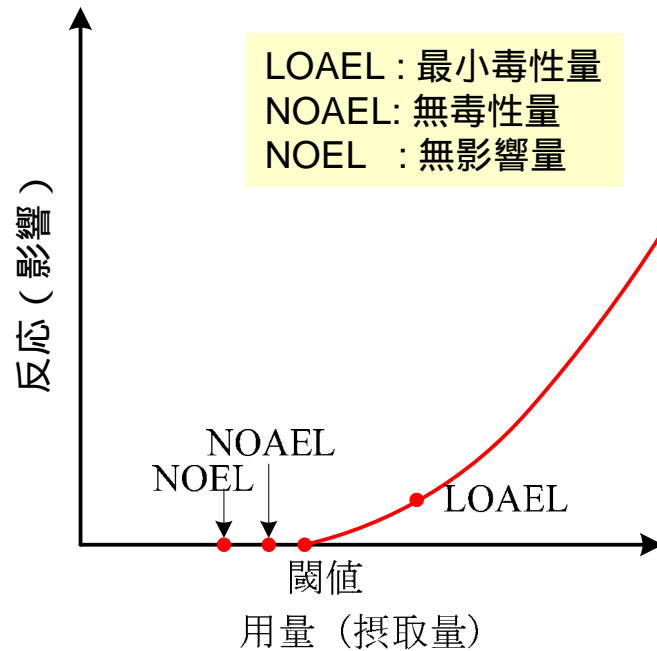
閾値: その用量以下では反応率がゼロであるような用量



閾値有りの場合
無毒性量(NOAEL, no observed adverse effect level)を定義可能

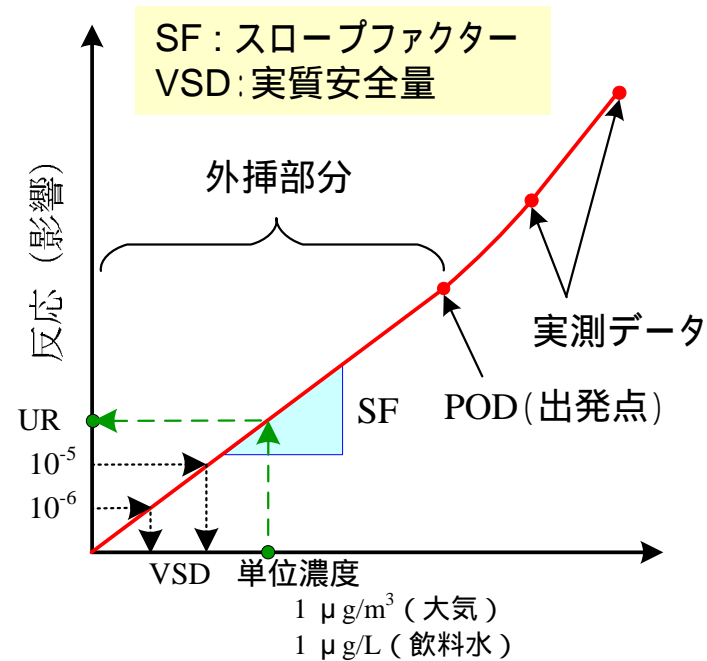
閾値無しの場合
NOAELを定義できず、どんなに暴露量が小さくても、それなりのリスクが残る

汚染物質の有害性の評価



閾値がある物質
(非発がん性物質)

ハザード比

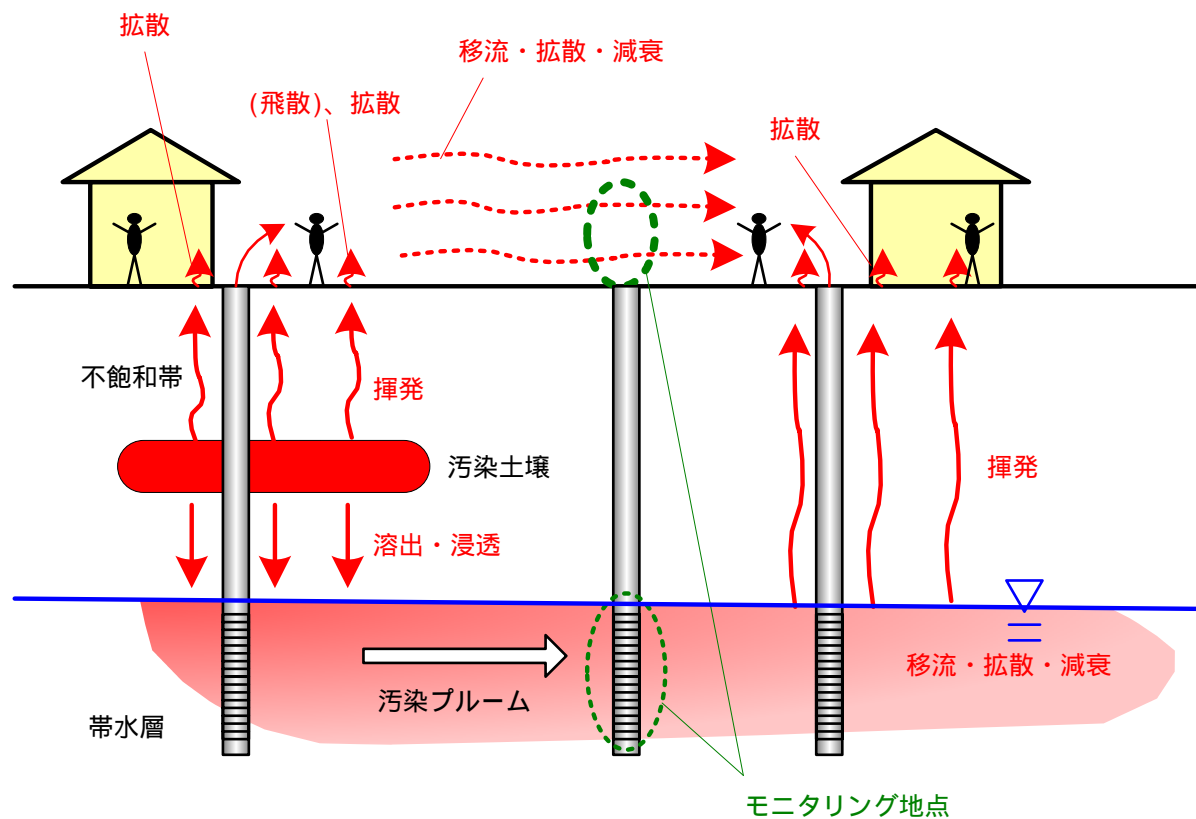


閾値がない物質
(発がん性物質)

発がんリスク

汚染物質の暴露量評価

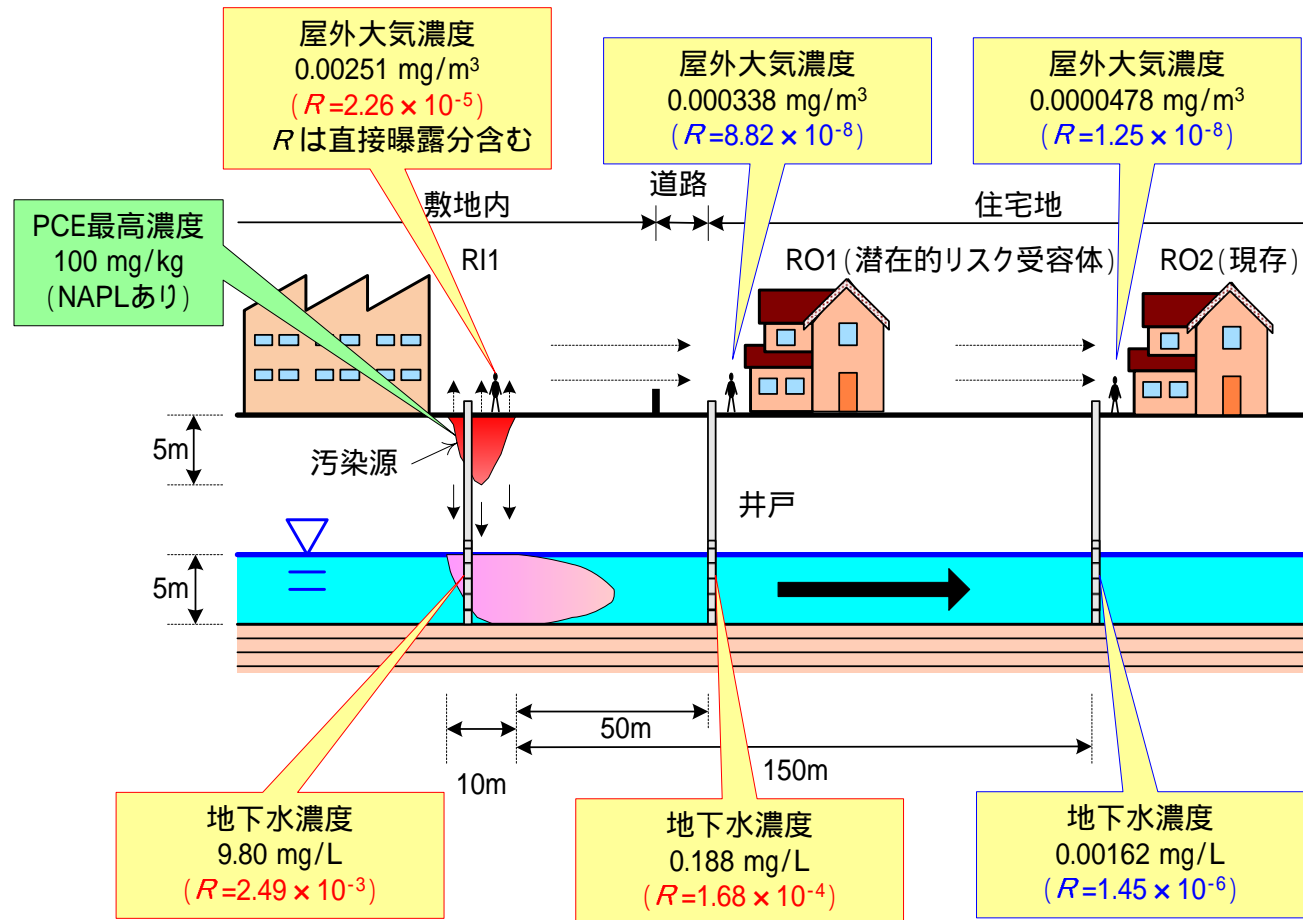
- 想定される汚染物質毎に暴露経路をすべて抽出して暴露シナリオを構築し、それぞれ暴露量を算定



KT-RISK(土壌・地下水汚染リスク評価システム)の曝露シナリオ概念図
国際環境ソリューションズ・中島作成

ケーススタディー 現況リスク評価

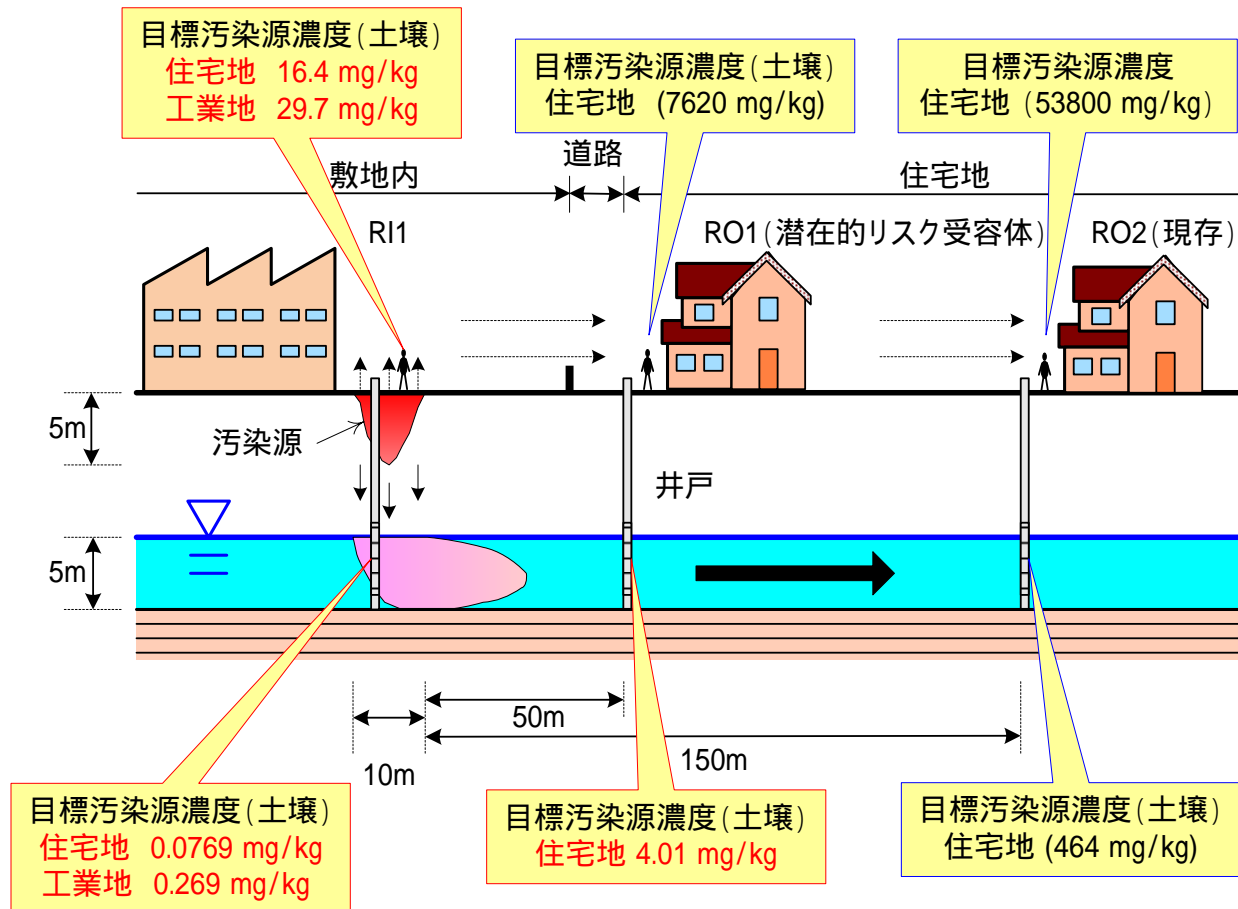
- 摂取(暴露)媒体中PCE濃度(全含有量)・現況リスク



国際環境ソリューションズ・中島作成

ケーススタディー 浄化目標の設定

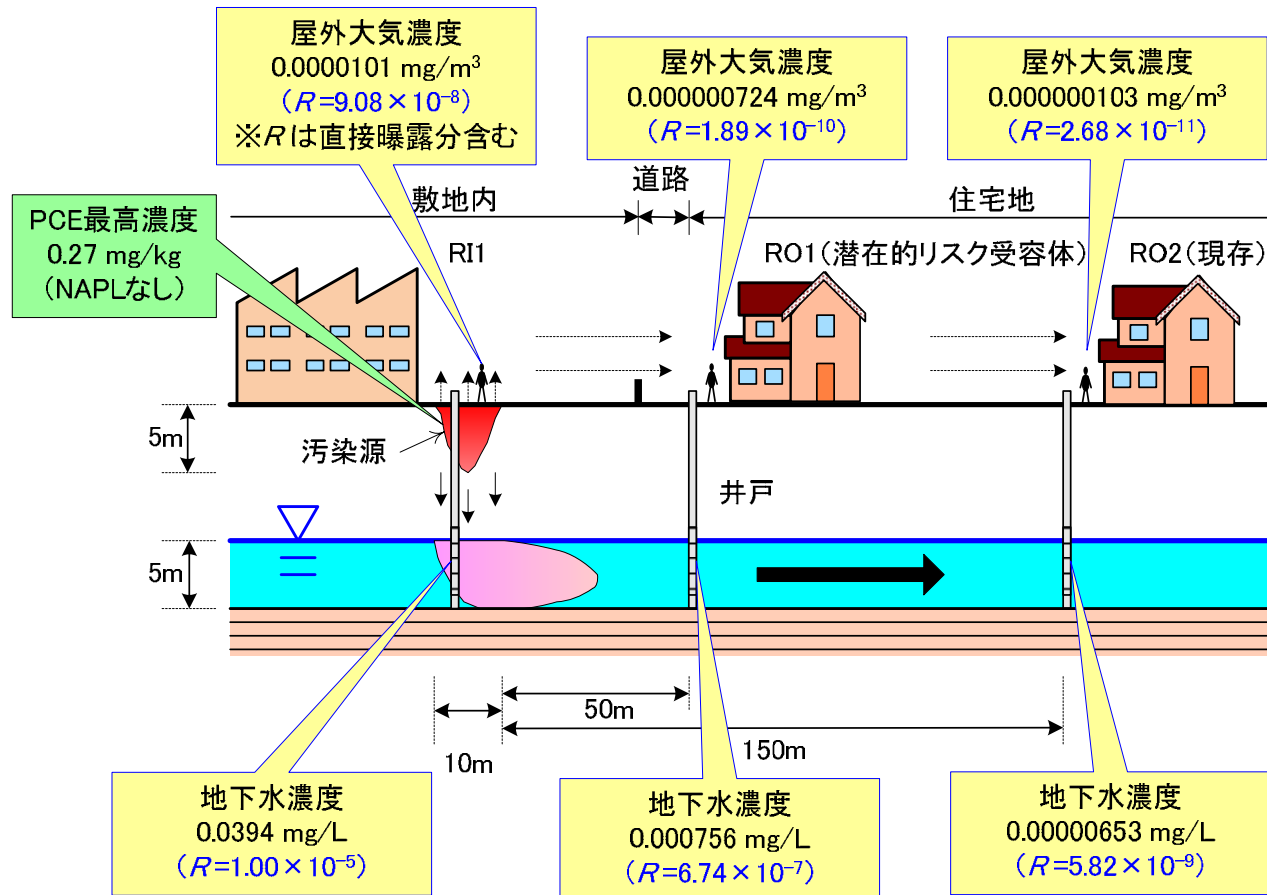
- 各暴露媒体に対する目標汚染源PCE濃度(全含有量)



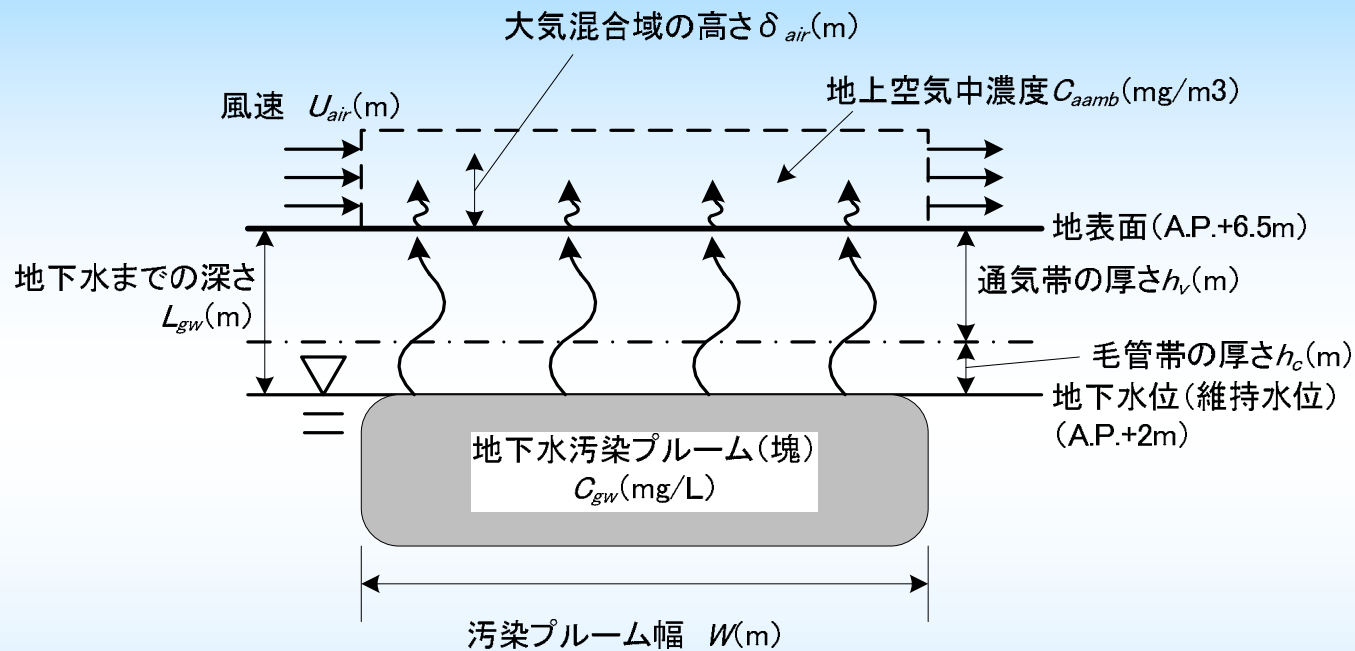
国際環境ソリューションズ・中島作成

ケーススタディー 対策実施後の残存リスクの評価

- 土壌浄化(敷地内外で目標リスク達成)



国際環境ソリューションズ・中島作成



暴露量評価に用いる揮発性物質の移動モデル

アメリカ : RBCA

RBCA (Risk-Based Corrective Action **リスクに基づく修復措置**)
: 現実的で経済性の高い浄化対策を達成し、汚染源によって引き起こされる環境リスクを解消することに主眼を置いた修復措置の決定プロセス。ASTM(米国材料試験協会)によって1995年に石油汚染サイトのための適用が規格化

RBCA開発の経緯

1994年 ASTM E1739-95 規格化

「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」

PIPR (Partnership In RBCA Implementation) の設立とRBCAプロセスのトレーニング
US-EPA、ASTM、米州規制当局、産業界代表(主として石油会社)から構成され、1998年までに米国49州でRBCAトレーニングを実施し、現在40州以上で採用されている。

2000年 ASTM E2081-00 規格化

「化学物質全般に対するRBCA標準ガイド 通称 Chemical Version」

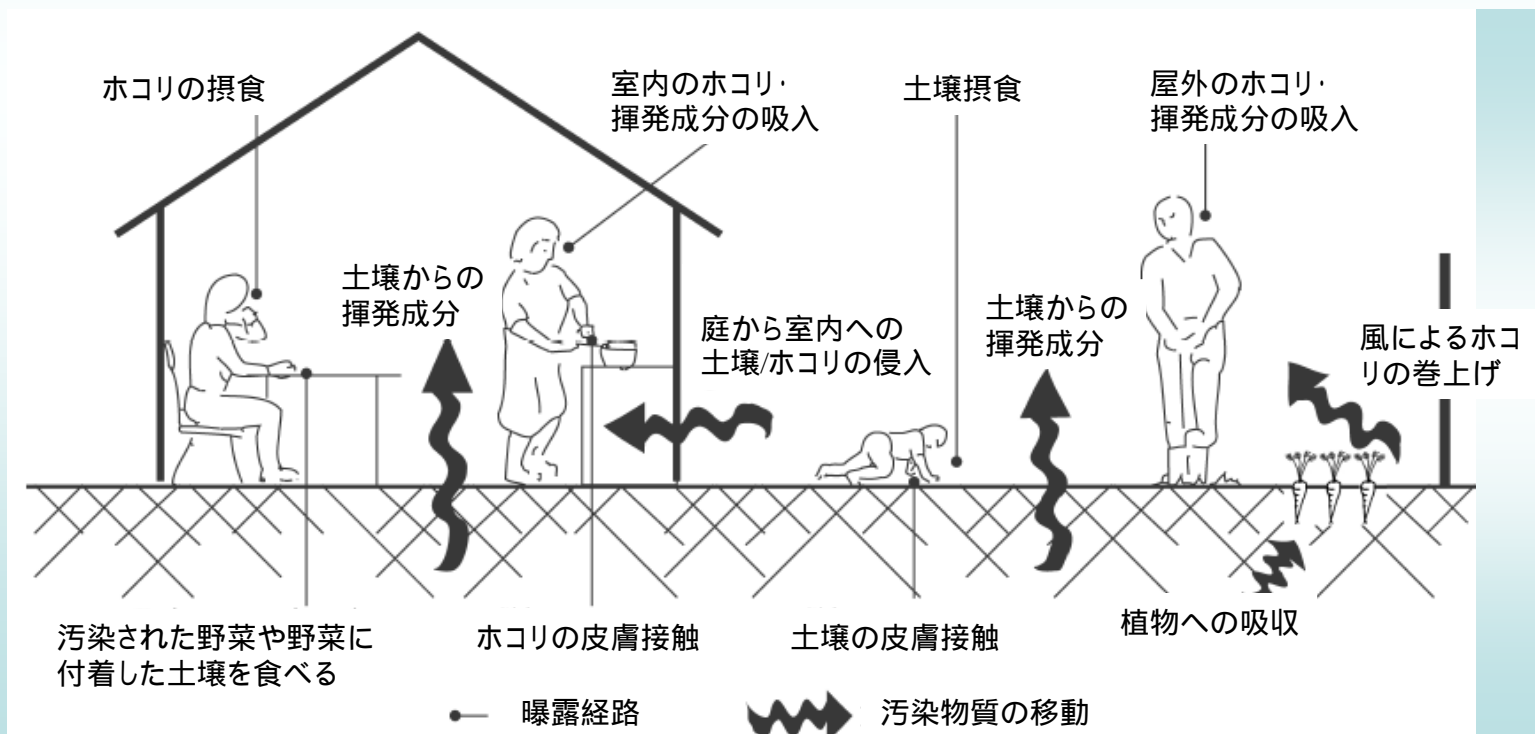
2002年 ASTM E2205-02 規格化

「生態学的資源の保護のためのRBCA (Eco-RBCA)」

コンピュータープログラム : RBCA Tool Kit (Groundwater Service Inc.)他

イギリス : CLEA

- 開発国 : イギリス 環境・食料・農村地域省と環境庁(DEFRA & EPA)
- 目的:人の健康影響のリスク評価
- 経緯:土壌ガイドライン値(SGVs:Soil Guidline Values)算定のため開発
- コンピュータープログラム : CLEA2002 CLEA UK(版)



リスク評価の必要性と課題

- ・土地利用や地下水利用に関係しない一律基準の見直し
- ・対策必要性の判定
- ・暴露経路を考慮したより柔軟な対策の立案
- ・浄化目標や終了判定の合理的決定
(特にブラウンフィールド問題の解決など)
- ・リスクコミュニケーションや合意形成に果たす役割

これらに対して、

- ・どのように評価システムの客観性や信頼性を確保するか
- ・モデルの選択とパラメータの設定(恣意的になる可能性)
- ・誰が評価するのか