

土壌汚染のリスク (リスクの考え方と備え)

産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地圏資源環境研究部門
保高徹生

自己紹介



土壌汚染・廃棄物等の
リスク評価・マネジメント



モニタリング方法や環境
材料の開発・標準化



汚染物質の環境動態評価



リスクコミュニケーション
・合意形成

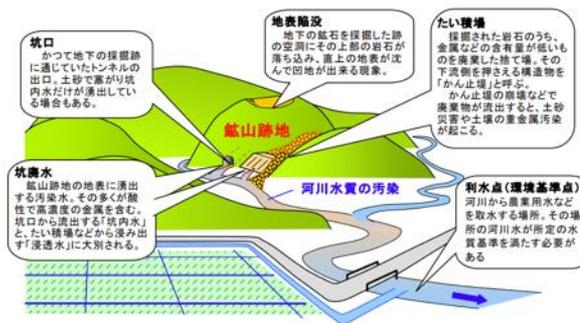


図1-1: 鉦山跡地が原因で起こる鉦害問題の概要

経済産業省HPより

休廃止鉦山の
リスクマネジメント



	全体	市町村 除染	直轄除染	
			全体	(帰還困難)
シナリオ1	2.95兆円	1.7兆円	1.3兆円	(0.33兆円)
シナリオ2	3.93兆円	2.1兆円	1.8兆円	(0.6兆円)
シナリオ3	5.13兆円	3.1兆円	2.0兆円	(0.63兆円)

環境対策のオプションの
費用便益評価・
持続可能性評価

土壌汚染対策のアプローチの変遷

ステークホルダーの意見を取り入れ、より適切な意思決定を目指す考え方

サステイナブル アプローチ

- ・浄化方法/目標を複数指標で評価
- ・サステイナブルレメディエーション
- ・グリーンレメディエーション

リスクベース アプローチ

- ・浄化目標をリスクベースで評価
- ・概念 : RBCA等
- ・法 : CERCLA
- ・モデル : C-soil、GERAS

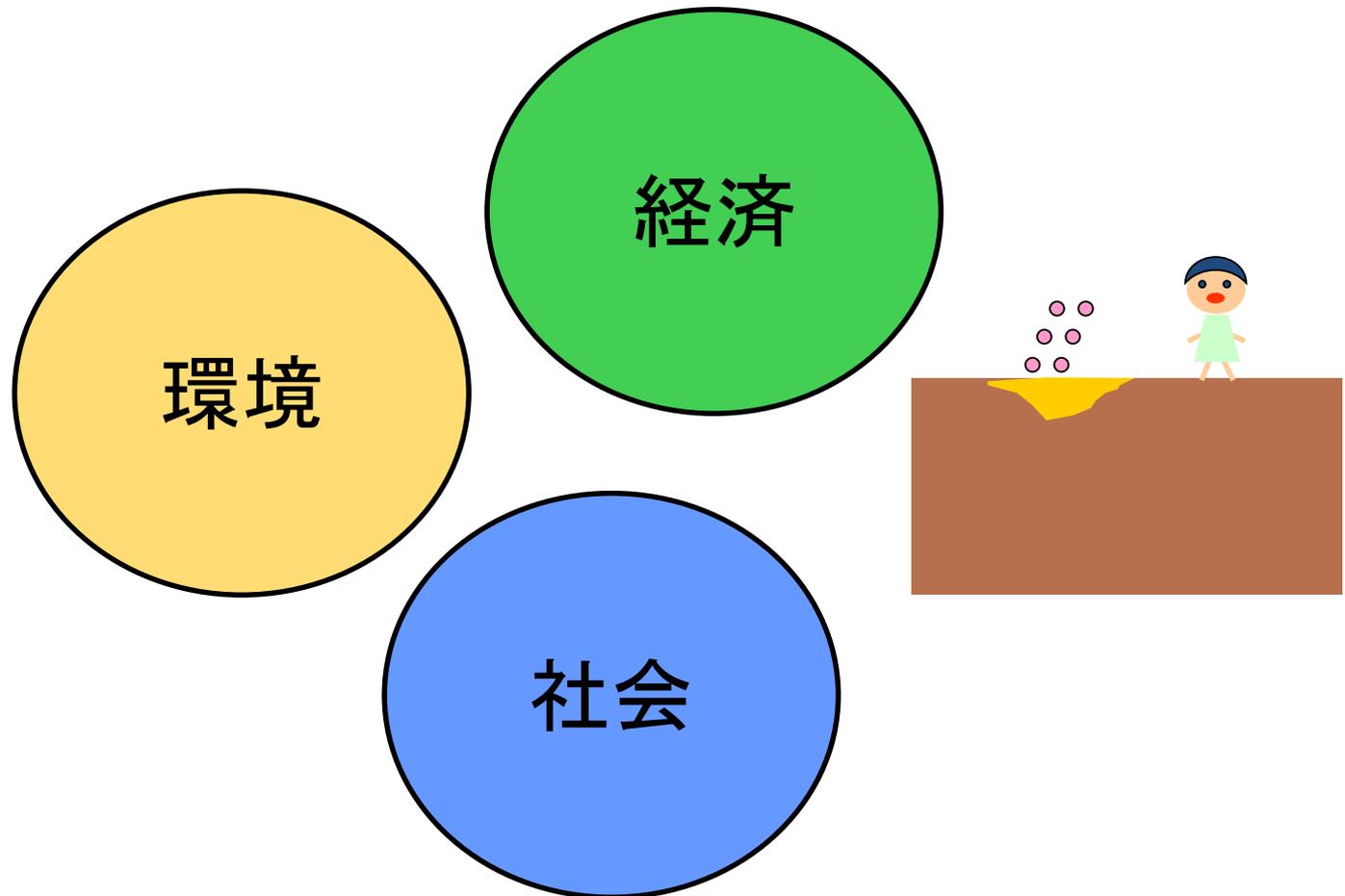
コスト/基準値/技術ベース アプローチ

- ・浄化目標は一律
- ・浄化目標を達成する技術開発
- ・低コスト化



一概にどの方法が良いとはいえない。コンセプトが異なる。

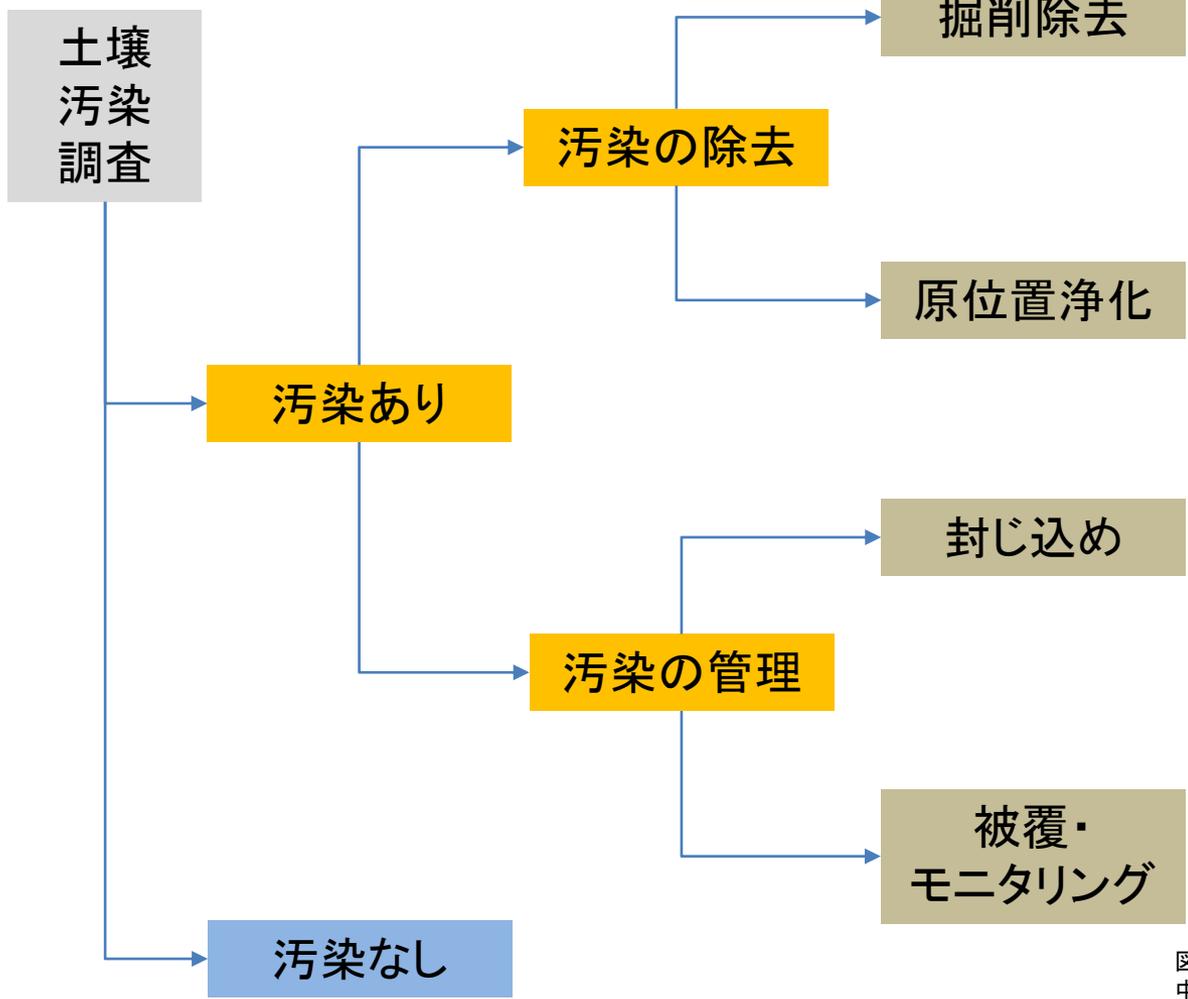
サステナブル・アプローチ サステナブル・レメディエーション



環境・社会・経済を考慮して、
ステークホルダーの意見を取り入れより適切な意思決定を目指す

土壌汚染対策のフロー

- 契機
- 土地売買
- 土地改変
- 土地賃借
- 資産評価
- 法・条例
- ISO・自主的調査



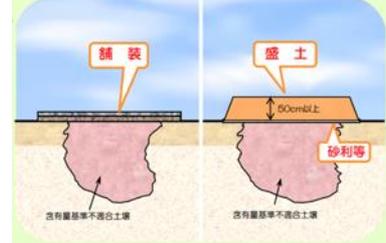
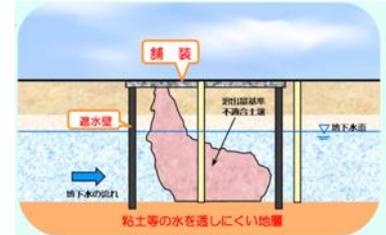
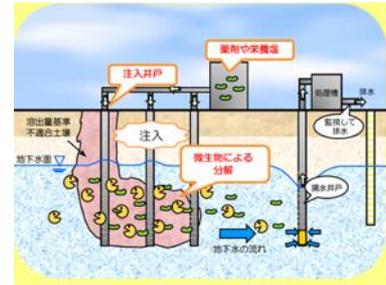
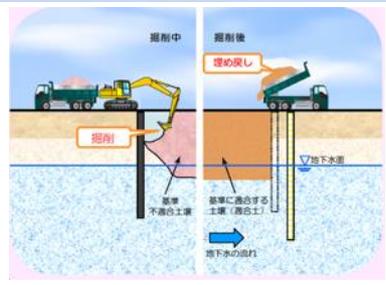
対策方法

掘削除去

原位置浄化

封じ込め

被覆・モニタリング



図の出典: 東京都環境局
 中小事業者のための土壌汚染対策ガイドライン
 令和2年12月 改訂第3.00版発行

それぞれの対策には、環境面/社会面/経済面でのメリット/リスクがある。
 いろんな選択肢を知っておくこと、選択肢を検討する時間があることが重要

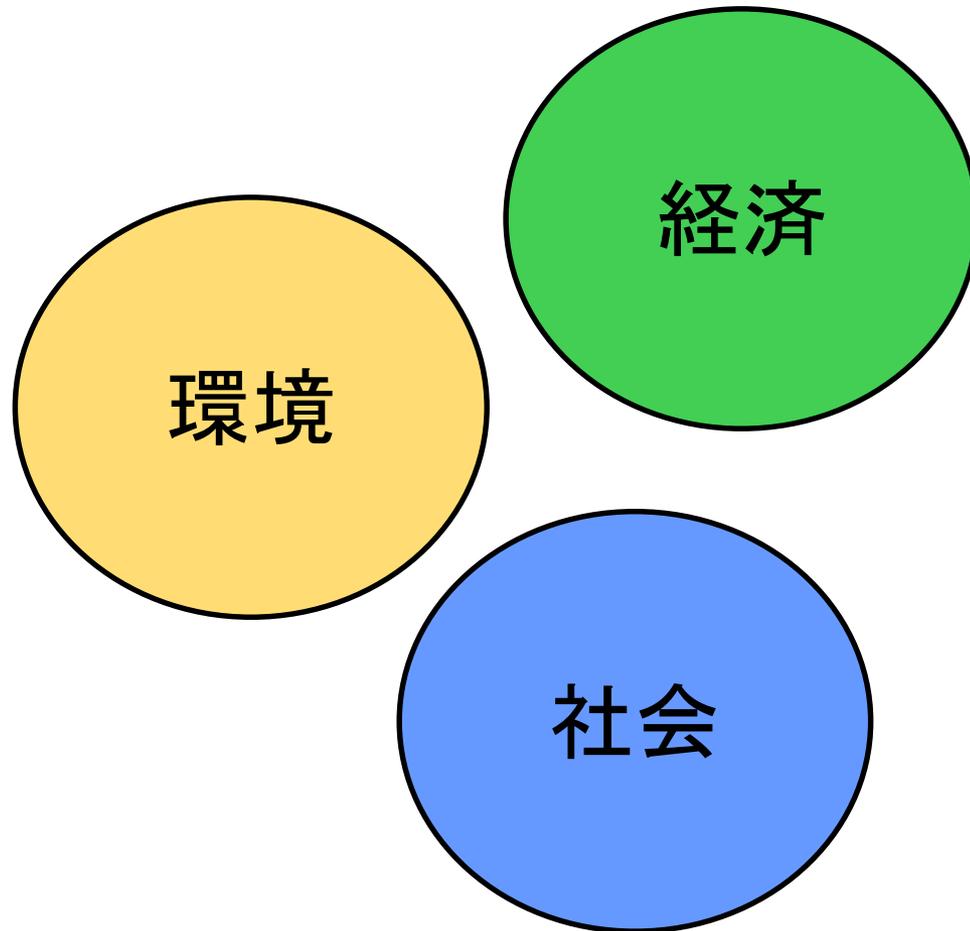
本日の流れ

1. 土壌汚染のリスクの考え方と備え
2. 土壌汚染対策の歴史と現状
3. 汚染土壌を残して活用した事例
4. 土壌汚染の環境リスクを評価する

自分／自社が持っている土地で
「土壤汚染が存在した場合のリスク」
と聞いて何を思い浮かべますか？？？

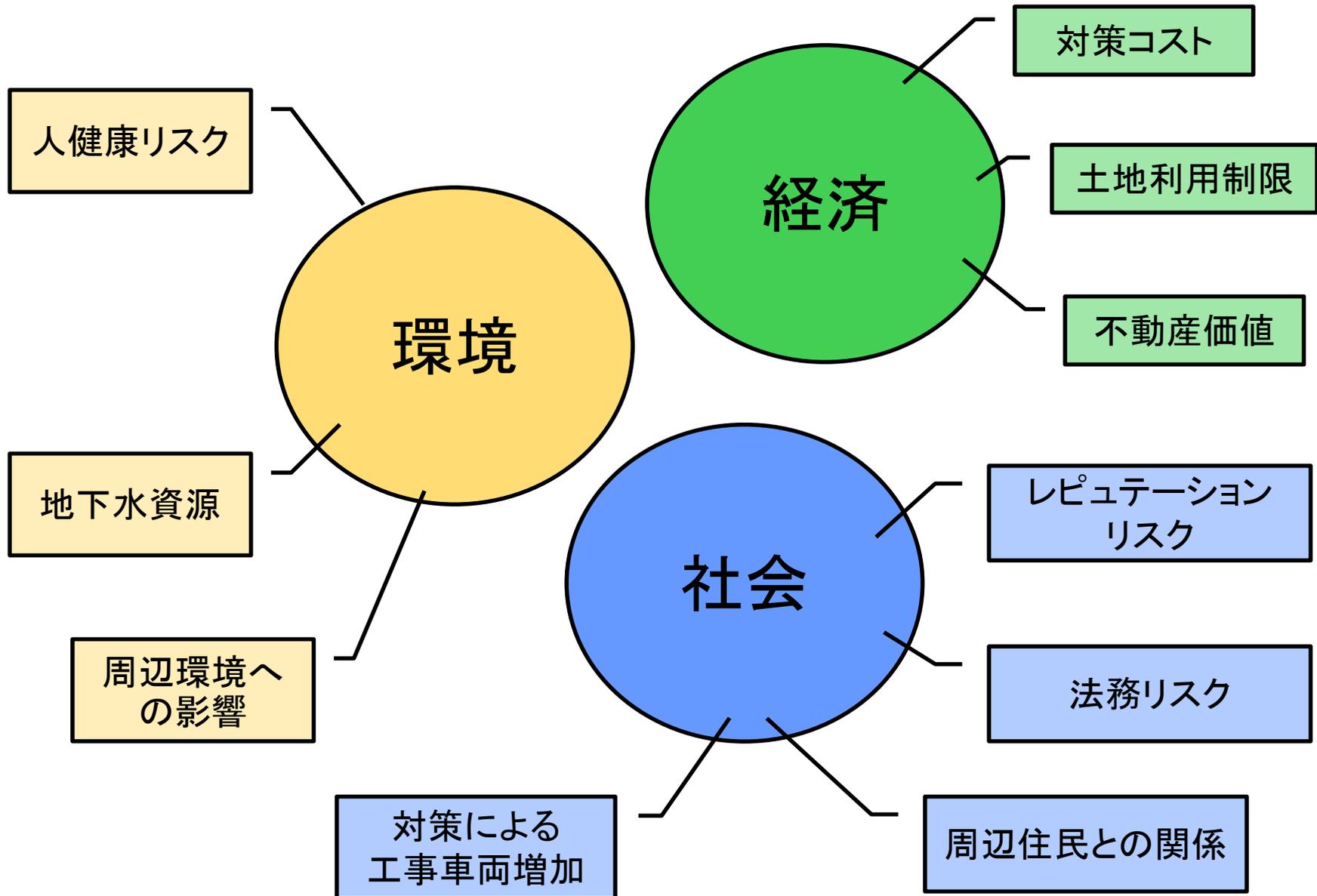
3個、書いてください。

土壌汚染のリスクの例



記載したリスクは環境・社会・経済のどこに分類されますか？

土壌汚染のリスクの例(他にもあると思います。)

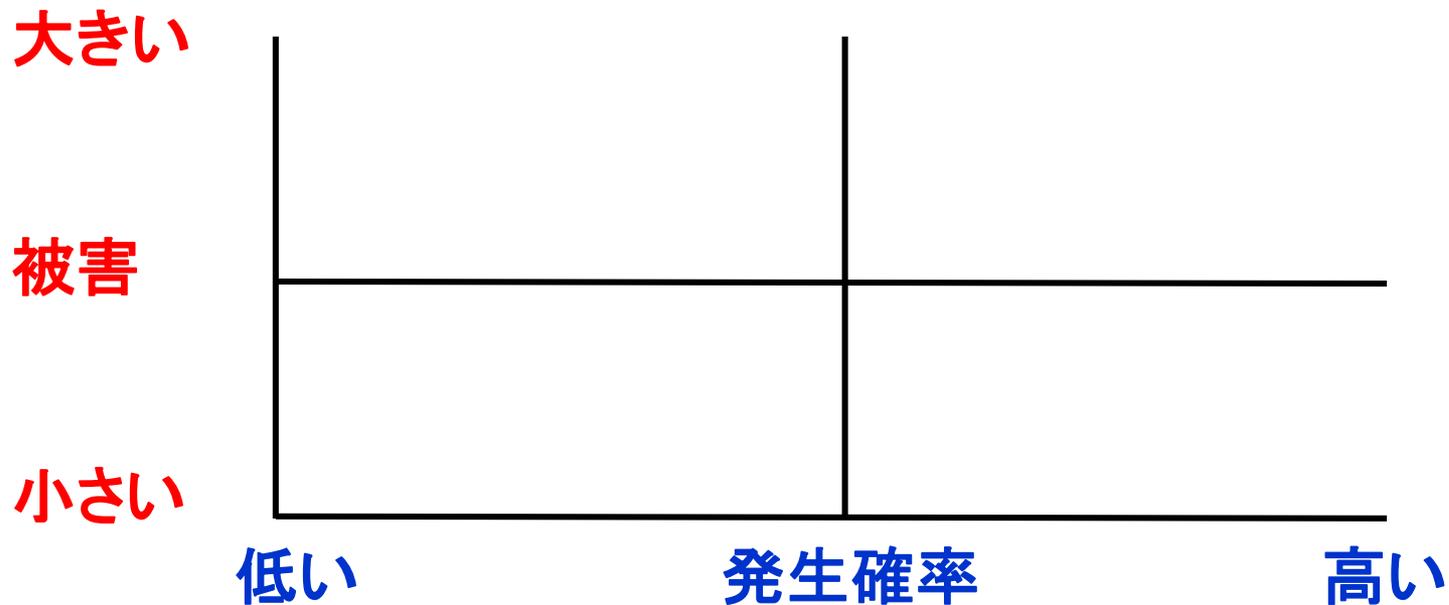


「リスク」とは何か

良くない出来事が
起きる可能性
(確率)

×

良くない出来事の
重大さ
(被害)



化学物質のリスク評価

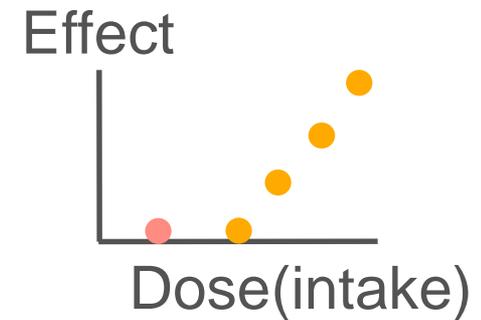
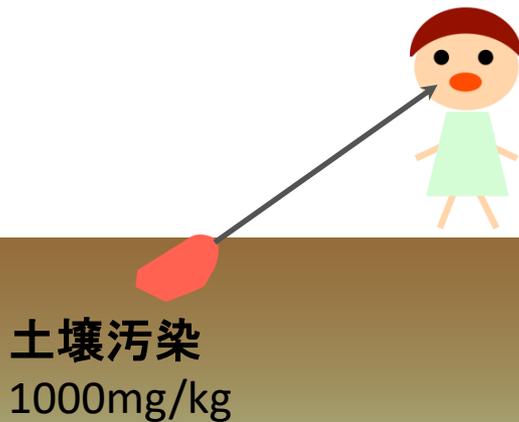
$$\text{リスク} = \text{曝露量} \times \text{有害性}$$

曝露評価



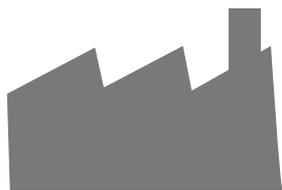
用量反応関係

1日の有害物質の
摂取量算定



化学物質のリスク評価

環境



汚染源 ⇨ 環境媒体 ⇨

- 工場
- 実験室

- 水
- 空気
- 土壌
- 食物

曝露

- 吸入
- 接触
- 皮膚等

人



⇨ 吸収 ⇨ 影響

- 肺
- 胃
- 腎臓
- etc.....



- 発がん
- 急性毒性
- 慢性毒性

曝露量を評価(曝露評価)

用量反応関係(有害性を評価)

土壌汚染による人健康リスク

土壌・地下水中の
汚染物質の有害性

×

土壌・地下水中の
汚染物質の摂取量

=

土壌・地下水汚染
の人健康リスク

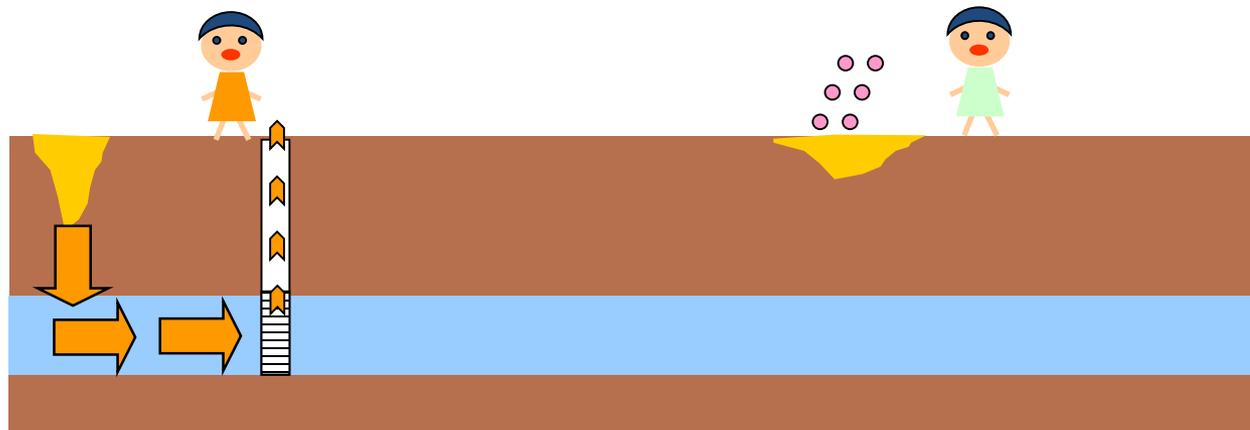
- 土壌汚染対策法では、地下水飲用リスクと土壌の直接摂取のリスクを考慮。
- 農用地の土壌汚染の防止等に関する法律では、作物経由のリスクを考慮。

◆汚染地下水の飲用リスク
70年間1日2L、汚染された地下水を
摂取した場合の摂取量

土壌溶出量基準

◆汚染土壌の直接摂取リスク
70年間居住する場合の汚染土
壌の摂取量

土壌含有量基準



土壌・地下水汚染による人健康リスク

◆汚染地下水の飲用リスク
70年間1日2L、汚染された地下水を
摂取した場合の摂取量

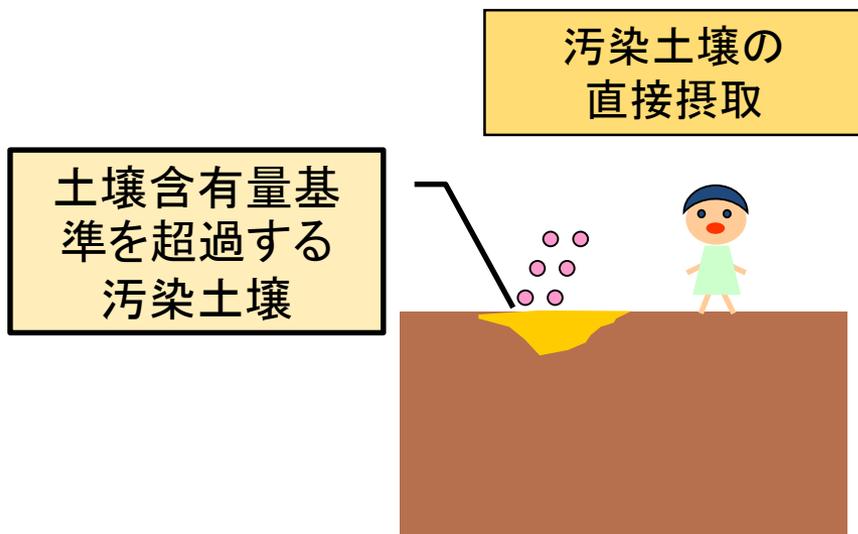
曝露評価

- 基準値 (0.01 mg/L) の鉛を含んだ地下水
- $0.01 \text{ mg/L} \times 2\text{L/日} \times 365\text{日} \times 70\text{年}$
 $/(365\text{日} \times 70\text{年} \times \text{体重}60\text{kg})$
- 曝露量 : $0.00033 \text{ mg/kg / 日} = 0.33\mu\text{g/kg / 日}$

毒性評価

- TDI(耐容一日摂取量) = $3.57\mu\text{g/kg/日}$

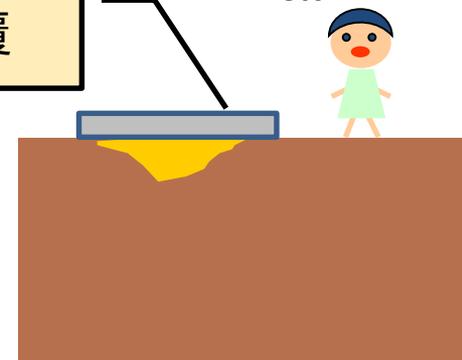
対策により土壌汚染によるリスクはどう変わる？



管理型対策

- 健康リスク防止
- 工期短い
- コスト安い
- 汚染残る
- etc

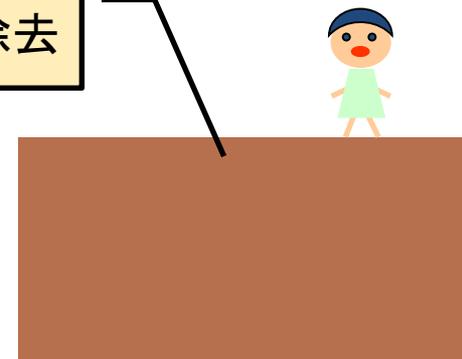
被覆



除去型対策

- 健康リスク防止
- 工期長い
- コスト高い
- 汚染残らない
- etc

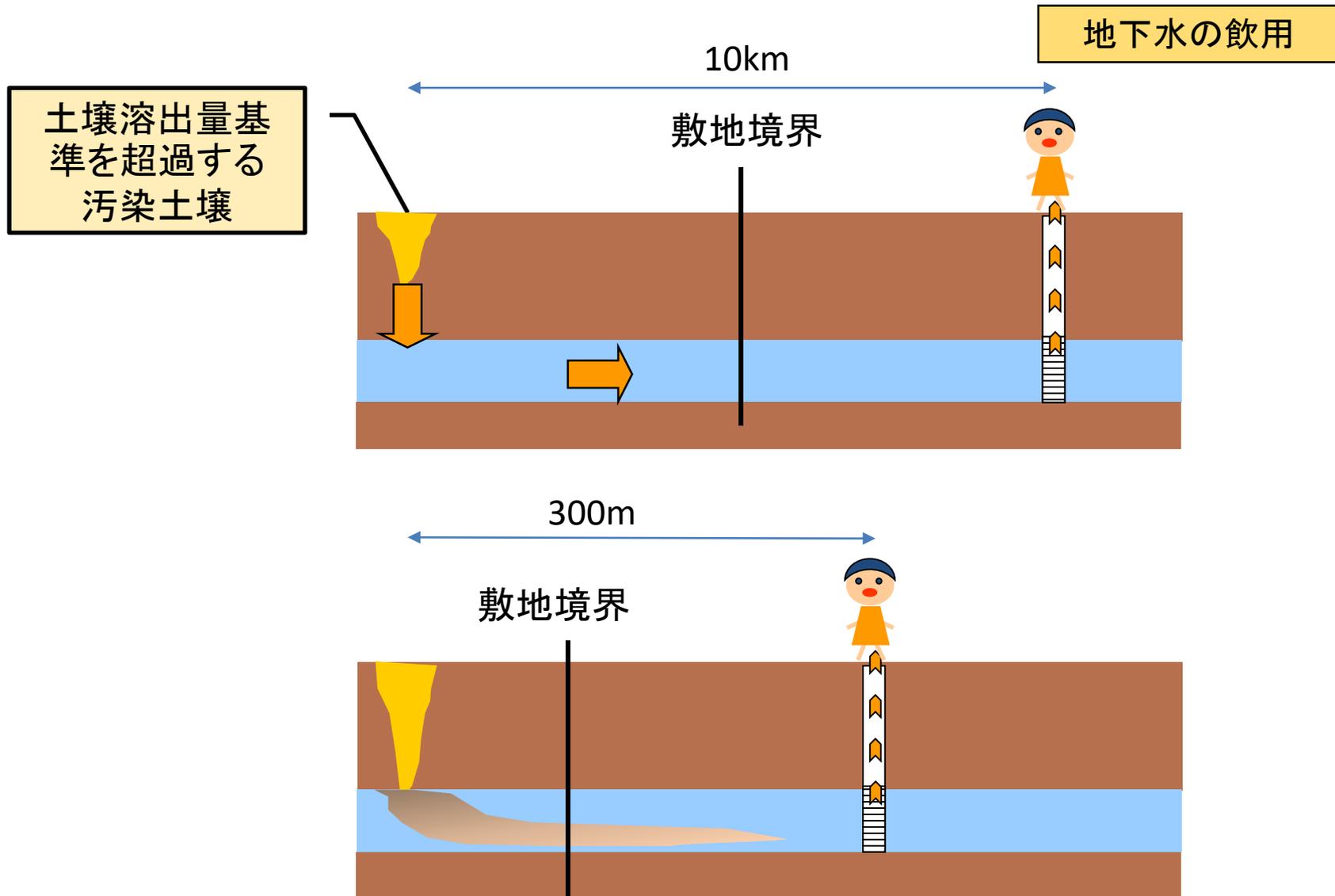
汚染除去



どちらの対策が良いかは、
将来的な当該地の利用方法、
や関係するステークホルダー
の立場によって変わります。

地下水飲用経路のリスクを考える

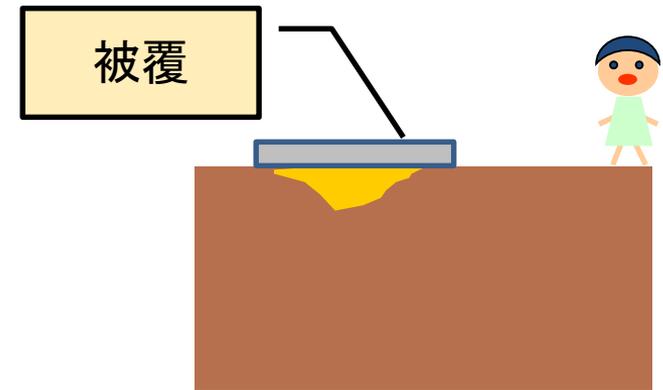
土壤溶出量基準を超えている土壤が存在した場合でも
飲用井戸の場所や汚染物質の種類、濃度、地質等によって人の健康リスクは大きく異なる。



質問

「あなたは、自分が居住する家から1km先で基準値の10倍の鉛を含んだ土が確認されたと聞きました。事業者は、その汚染土壌を残して被覆対策をして、“安全に” ショッピングセンターを建築すると聞いた場合、どう思いますか？」

1. 問題ない。
2. 嫌だ。



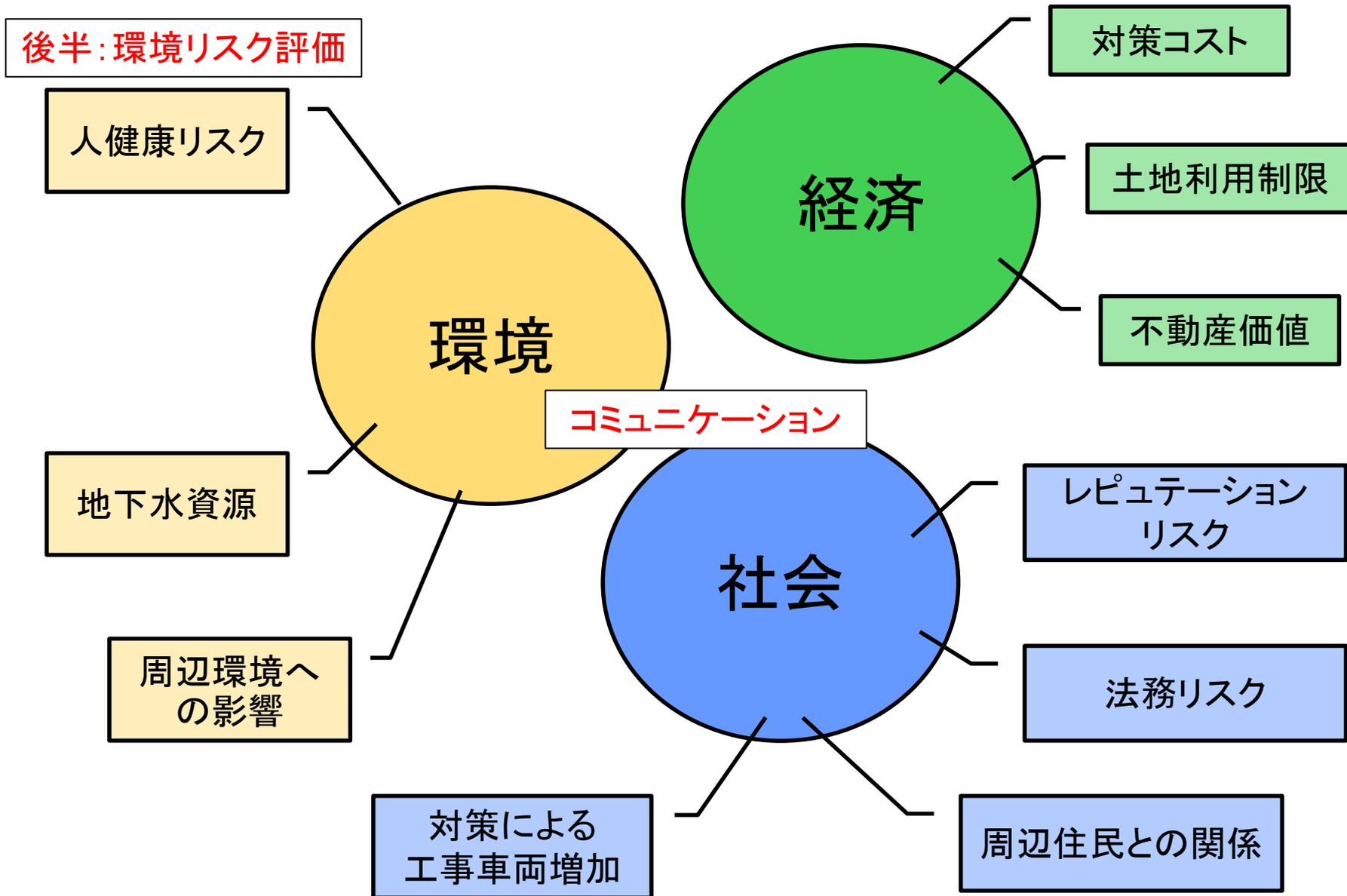
その理由はなんでしょう？？

汚染を残すして活用する場合は
コミュニケーションをしっかりと、
関係者の理解をはかることが重要

また、不動産価値の視点も
理解をしておくことが重要

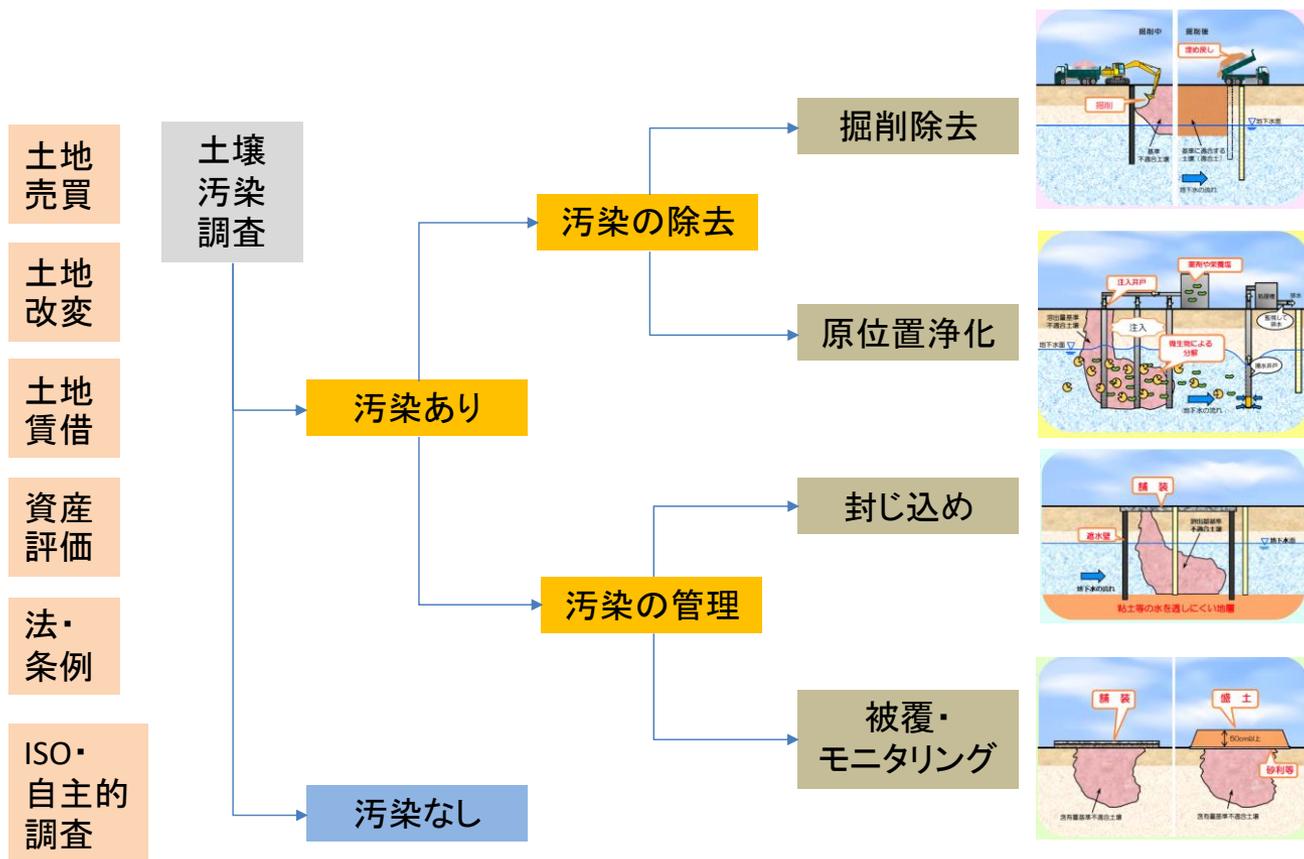
土壌汚染のリスクへの備え

◆土壌汚染対策の方法によって残存するリスクは変わる事を知っておく。



土壌汚染のリスクへの備え

- ① 土壌汚染対策の方法によって残存するリスクは変わる事を知っておくこと
- ② 複数の土壌汚染対策のメリット/デメリットを比較すること
- ③ 早めに状況把握し、対策の意思決定にしっかり時間をかけること
- ④ 土壌汚染を発生させないことが重要
- ⑤ ステークホルダー(利害関係者)により重要視する項目が異なる。
ステークホルダーとの対話を早い段階から実施すること



図の出典: 東京都環境局
中小事業者のための土壌汚染対策ガイドライン
令和2年12月 改訂第3.00版発行

本日の流れ

1. 土壌汚染のリスクの考え方と備え
2. 土壌汚染対策の歴史と現状
3. 汚染土壌を残して活用した事例
4. 土壌汚染の環境リスクを評価する

土壌汚染による人健康リスク

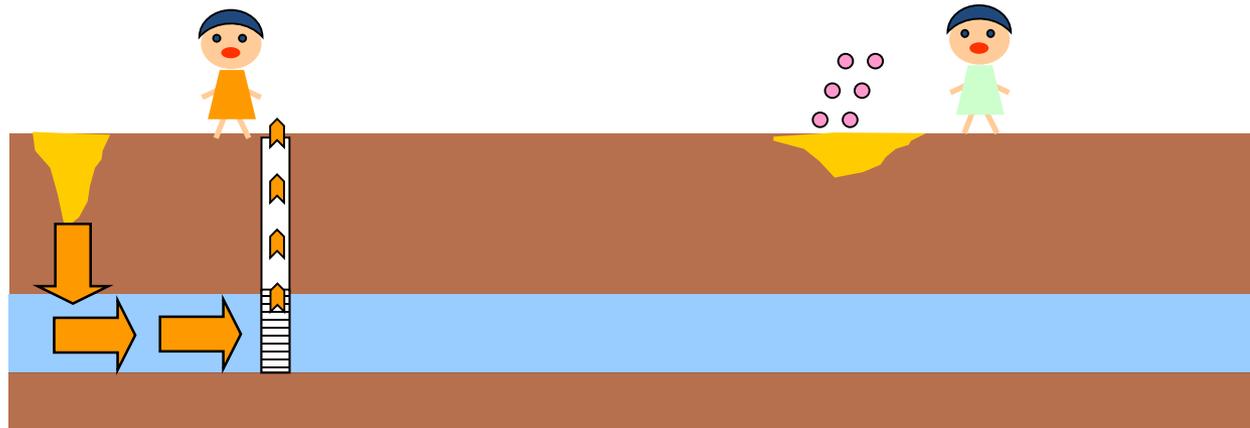
- 土壌汚染対策法では、地下水飲用リスクと土壌の直接摂取のリスクを考慮。
- 農用地の土壌汚染の防止等に関する法律では、作物経由のリスクを考慮。

◆ 汚染地下水の飲用リスク
70年間1日2L、汚染された地下水を
摂取した場合の摂取量

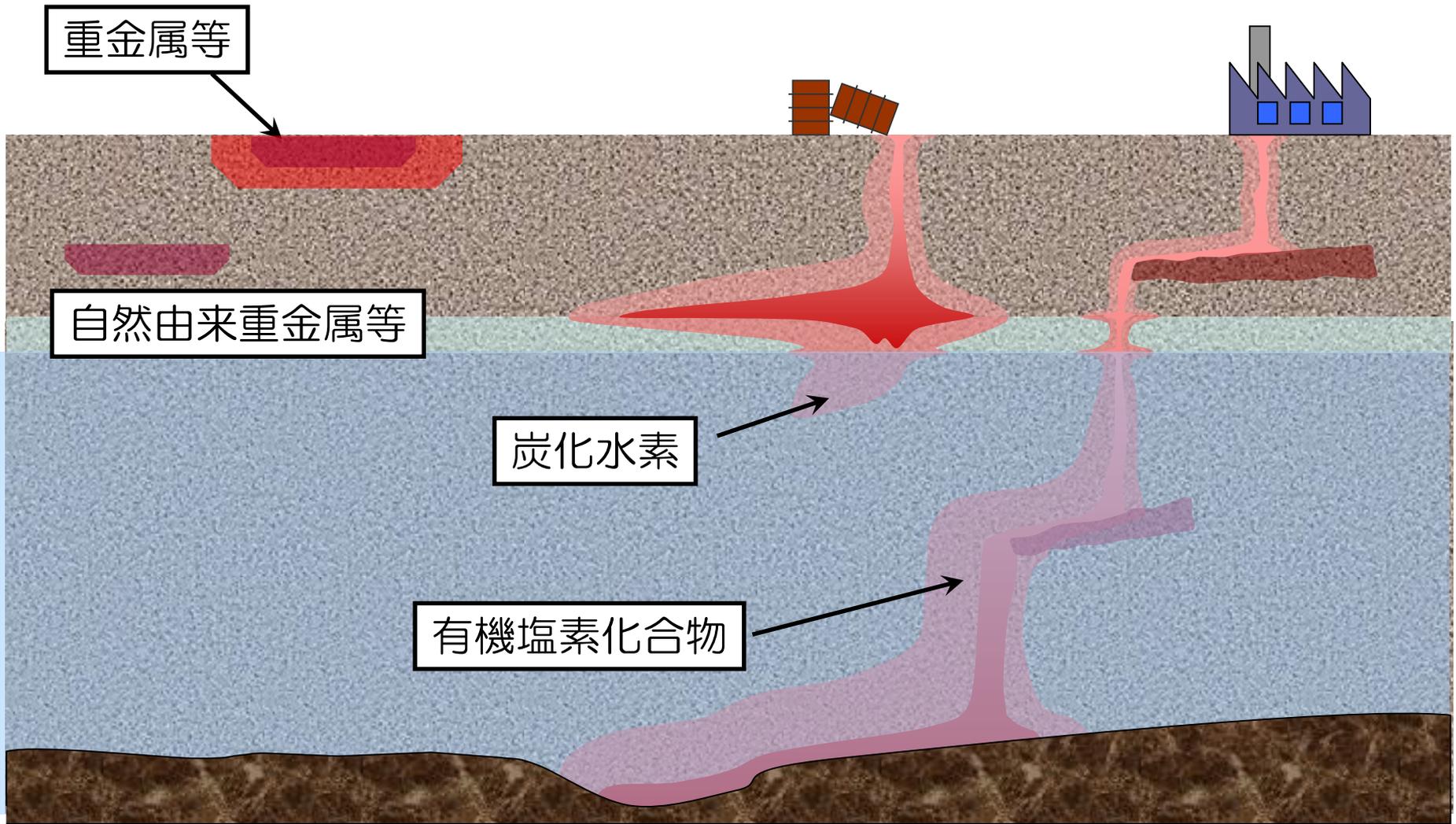
土壌溶出量基準

◆ 汚染土壌の直接摂取リスク
70年間居住する場合の汚染土
壌の摂取量

土壌含有量基準

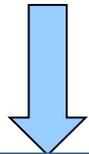


様々な土壌汚染物質



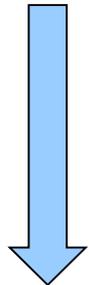
土壤汚染対策の長期的な変遷

1980年代後半より:市街地における地下水汚染が顕在化



- ・人の健康リスク
- ・飲用地下水源

人の健康リスクを防止するための対策



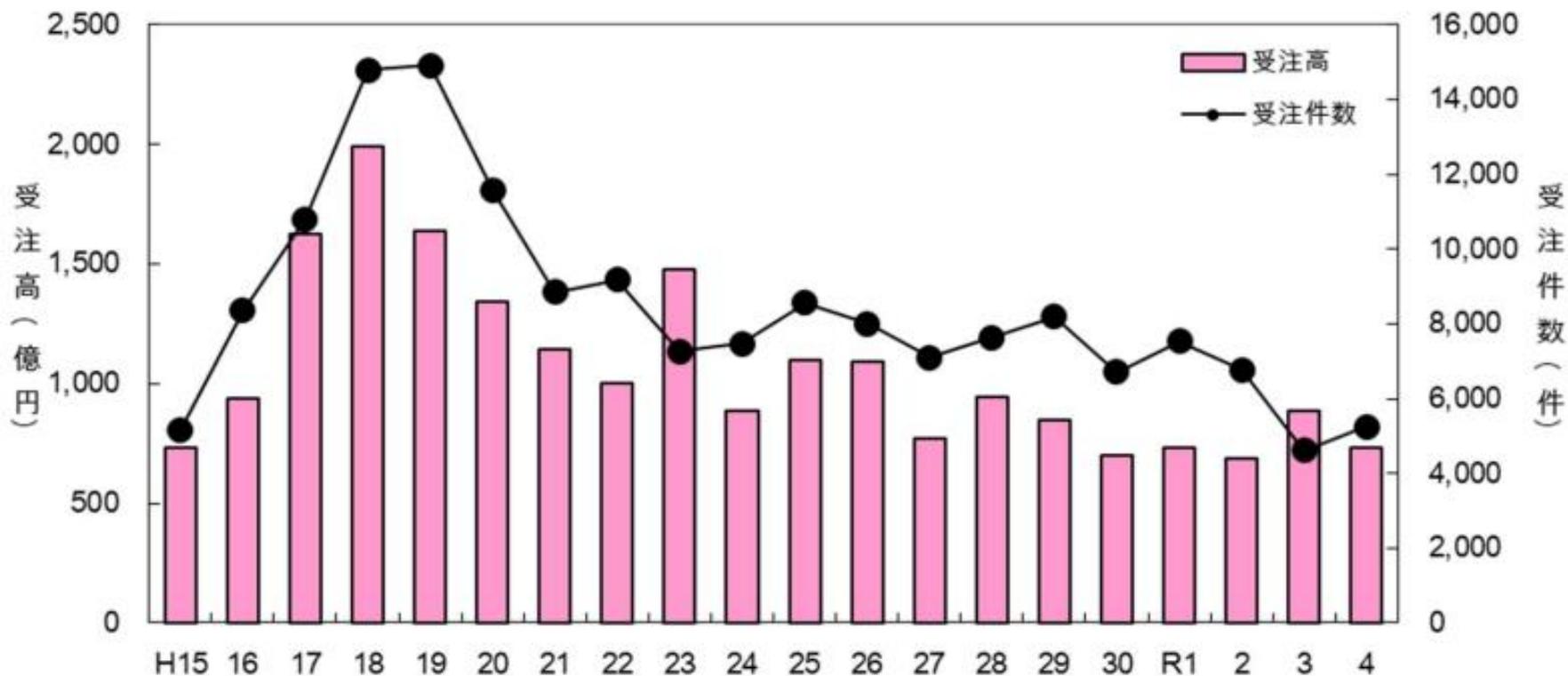
- ・1991年:土壤環境基準制定
- ・2003年:土壤汚染対策法施行
- ・調査、対策数の大幅な増加
- ・土壤汚染対策方法の掘削除去への偏り

土壤汚染に起因する社会・経済的な影響

- ・高額な土壤汚染対策費用
 - 中小事業者への負担、未利用地問題(BF問題)
- ・汚染土壤の処分先の問題

土壌汚染対策の実態：調査・対策件数・金額

土壌環境センターの調査によると、2022年度は
土壌調査件数は4414件（77億円）
対策件数は831件（731億円）

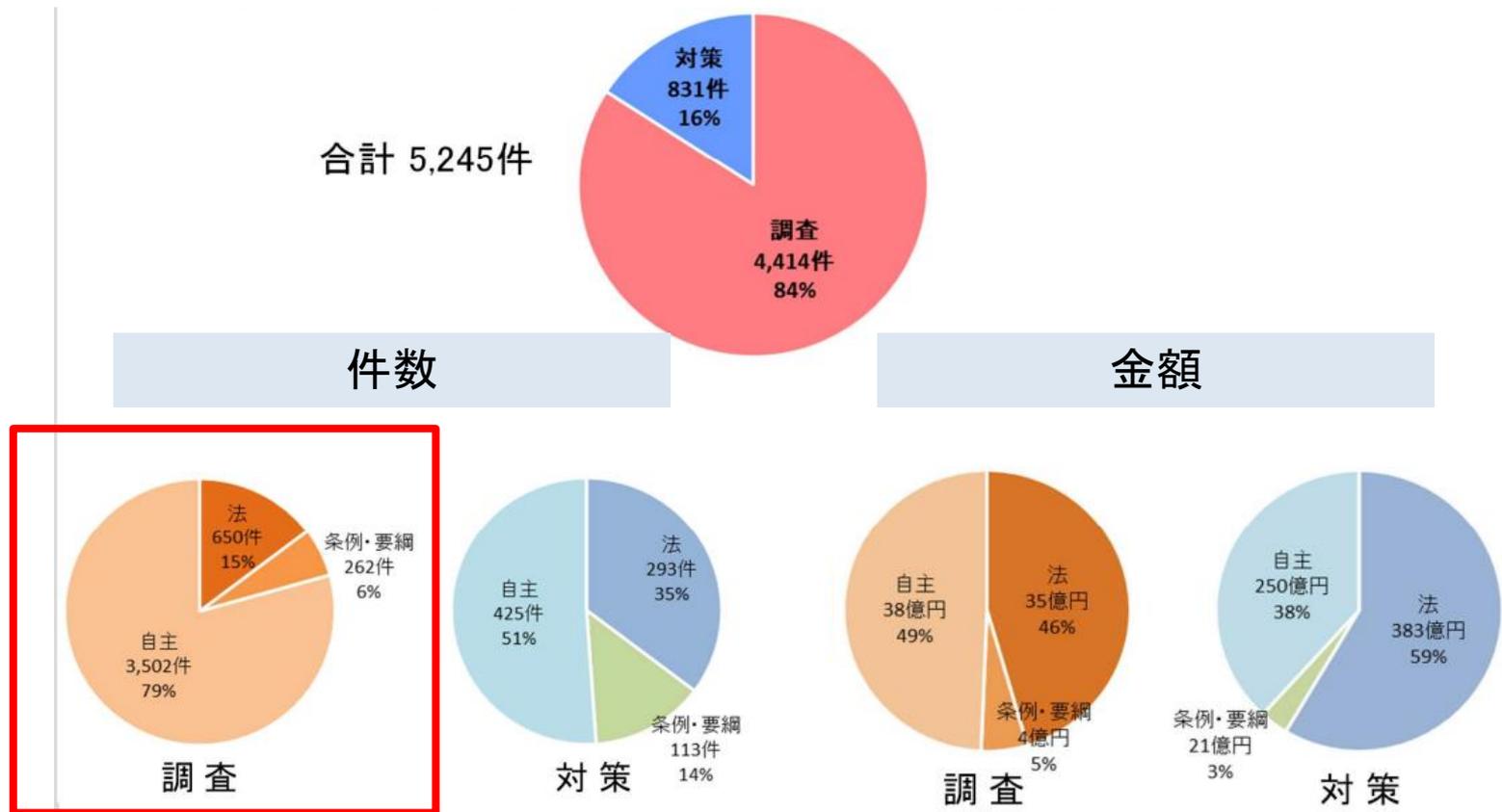


土壌環境センター 土壌汚染状況調査・対策に関する実態調査

https://www.gepc.or.jp/04result/press_2022.pdf

土壤汚染対策の実態：調査・対策件の契機

土壤環境センターの調査によると、
土壤調査で、土対法に基づく調査は15%、条例・要項に基づく調査は6%であり、
自主調査が全体の79%をしめる。



土壤環境センター 土壤汚染状況調査・対策に関する実態調査

https://www.gepc.or.jp/04result/press_2022.pdf

土壤汚染対策の実態：調査・対策件の契機

土壤環境センターの調査によると、調査の大部分を締める自主調査では、土地売買を契機とする調査が圧倒的に多い。

		契機別受注件数（件）（複数回答あり）							3.1項の 自主調査件数 （件）	
		土地売買	土地賃借	土地改変	土地資産評価	ISO、事故、 自主的環境調査	法第14条関連	左記以外の契機		不明
今回調査分	令和四年度	2,404	28	270	190	227	16	434	47	3,502
昨年調査分 （参考）	令和三年度	1,151	42	361	263	289	12	390	45	2,404

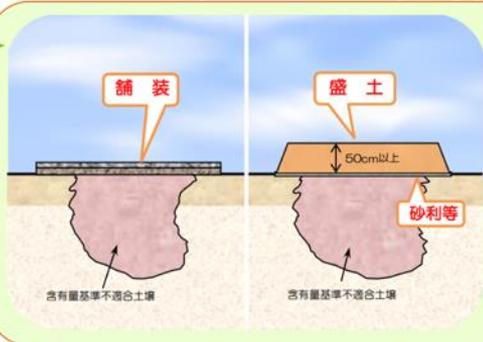
（注） 1. 複数回答 : 1件の調査において複数の契機があった場合は、それぞれ1件ずつとしてカウントした。

土壤汚染の対策方法

図の出版：東京都環境局
中小事業者のための土壤汚染対策ガイドライン
令和2年12月 改訂第3.00版発行

https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/chemical/soil/support/guideline.files/r2dojyoguideline_all.pdf

*P.43



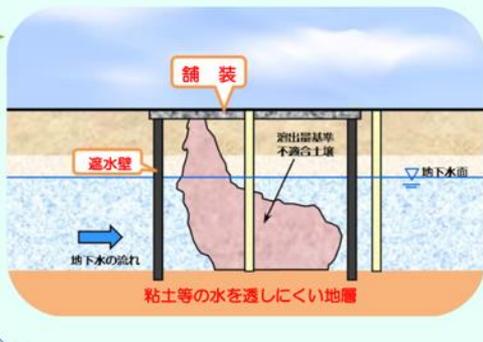
舗装・盛土*

含有量基準に適合しない土壤を盛土や舗装により覆い、土壤に直接触れないようにします。



含有量基準不適合

*P.47



封じ込め*

(例：原位置封じ込め)

人工の壁(遮水壁)と水を通さない地層で基準不適合土壤に含まれる有害物質を封じ込めます。この例の他にも、シート等の遮水材を用いた「遮水工封じ込め」等があります。



溶出量基準不適合

*P.45



地下水の水質の測定*

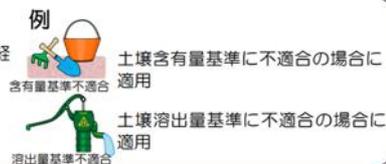
地下水の汚染状況を的確に把握できると認められる地点もしくは対象地の境界線周辺の地点に観測井戸を設け、定期的に地下水を採取および分析し、地下水中の特定有害物質の濃度を監視します。



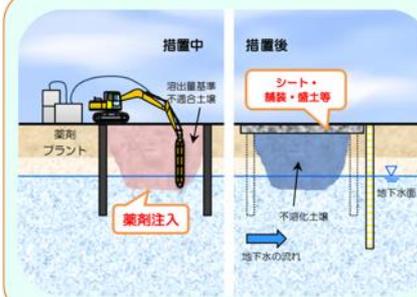
溶出量基準不適合

凡例

- 管理型** 有害物質が人の体に取り込まれる経路を遮断し、適切に管理する対策
含有量基準不適合
- 除去型** 有害物質の濃度を基準に適合するレベルまで下げる対策
溶出量基準不適合



*P.46



不溶化*

(例：原位置不溶化)

薬剤を注入し、溶出量基準に適合しない土壤から有害物質が水に溶け出さないようにします。この例の他にも、いったん基準不適合土壤を掘削し、プラント等で不溶化して埋め戻す「不溶化埋め戻し」もあります。



溶出量基準不適合

*P.49
~51



原位置浄化*

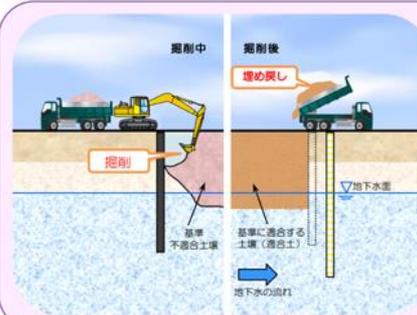
(例：原位置分解、左図：生物的分解)

以下の3つに区分されます。
原位置抽出：有害物質をガスや地下水を通して回収します。
原位置分解：化学反応や微生物の働きにより有害物質を分解します。
原位置土壤洗浄：有害物質を洗浄剤に溶け出させ、回収します。



含有量基準不適合 溶出量基準不適合

*P.51



掘削除去*

基準不適合土壤を掘削除去し、基準に適合した土壤で埋め戻します。掘削した土壤は場内又は場外で適正に処理します。この対策方法は、基準不適合土壤の運搬や処理に際して、有害物質が周辺に拡散することのないよう注意が必要です。



含有量基準不適合 溶出量基準不適合

土壌汚染の対策方法のコストと期間の例

https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/chemical/soil/support/guideline.files/r2dojyoguideline_all.pdf

本ガイドラインに掲載した代表的な対策方法、対策費用及び対策に要する期間(工期)の目安は、次表のとおりです。

土壌汚染対策方法一覧(対策費用と工期)						
No.	基準不適合		ページ	対策方法	対策費用 (対策体積 m ³ あたり)	工期
	含有量	溶出量				
1	○	—	P43	舗装	数千円以上 (対策面積 m ² あたり)	数日以上
2	○	—	P43	盛土	数千円以上 (対策面積 m ² あたり)	数日以上
3	○	—	P44	土壌入換え(区域内)	数千円以上	数日～数週間以上
4	○	—	P44	土壌入換え(区域外)	3～5万円以上	数日～数週間以上
5	○	—	P45	立入禁止	数千円以上 (対策面積 m ² あたり)	数日以上
6	—	○	P45	地下水の水質の測定	数千円以上 (水質測定 1回あたり)	数ヶ月～数年以上
7	—	○	P46	原位置不溶化	3～5万円以上	数日～数週間以上
8	—	○	P46	不溶化埋め戻し	3～5万円以上	数週間～数ヶ月以上
9	—	○	P47	原位置封じ込め	3～5万円以上	数週間～数ヶ月以上
10	—	○	P47	遮水工封じ込め	5～10万円以上	数週間～数ヶ月以上
11	—	○	P48	地下水汚染の拡大防止	1～3万円以上 (対策断面積 m ² あたり)	数週間～数ヶ月以上
12	—	○	P48	遮断工封じ込め	10万円以上	数ヶ月～1年以上
13	—	○	P49	土壌ガス吸引	3～5万円以上	数ヶ月～1年以上
14	—	○	P49	地下水揚水	3～5万円以上	数ヶ月～数年以上
15	—	○	P50	生物的分解	1～3万円以上	数ヶ月～数年以上
16	—	○	P50	化学的分解	1～3万円以上	数日～数週間以上
17	○	○	P51	原位置土壌洗浄	3～5万円以上	数週間～数ヶ月以上
18	○	○	P51	掘削除去	5～10万円以上	数日～数週間以上

※舗装と盛土、立入禁止、地下水汚染の拡大防止では、m³あたりの単価を、地下水の水質の測定では、水質測定1回あたりの単価を示しています。

図の出典: 東京都環境局
中小事業者のための土壌汚染対策ガイドライン
令和2年12月 改訂第3.00版発行

第二溶出量基準に適合であれば、費用・工期が変わる可能性があります。
対策の目標を第二溶出量基準の適合とした場合、上表より費用・工期が減となる可能性があります。

土壌汚染対策の実態：採用されている対策手法1

土壌環境センターの調査によると、土対法契機の対策では、掘削除去が選定される割合が高い。

(複数回答あり)

	項目	地下水の水質測定 (件)	地下水汚染の拡大 の防止 (件)	掘削を伴う措置 (件)			掘削を伴わない措置 (件)			措置後の 地下水モニタリング (件)	2.1項の受 注件数 (件)	
				掘削場外 搬出	場外搬出を伴わない措置		原位置浄 化	原位置 封じ込め /不溶化	その他			
					区域内浄化	それ以外						
今回調査分	令和四年度	指定された 区域の対策	59	59	224	1	8	9	4	3	50	293
昨年調査分 (参考)	令和三年度	指定された 区域の対策	31	39	241	0	12	12	2	7	74	364

土壌汚染対策の実態：採用されている対策手法2

土壌環境センターの調査によると、自主対策では、地下水汚染の拡大防止や原位置浄化の件数・割合が法対象調査と比較して多い。

(複数回答あり)

	項 目	地下水の水質測定 (件)	地下水汚染の拡大の防止 (件)	掘削を伴う措置 (件)			掘削を伴わない措置 (件)			措置後の地下水モニタリング (件)	4.1項の受注件数 (件)	回答企業数 (社)	
				掘削場外搬出	場外搬出を伴わない措置		原位置浄化	原位置封じ込め/不溶化	その他				
					区域内浄化	それ以外							
今回調査分	令和四年度	条例・要綱契機の対策	20	41	35	1	0	2	1	4	56	113	20
		自主対策	56	136	161	3	3	42	1	21	79	425	39
		合計	76	177	196	4	3	44	2	25	135	538	
昨年調査分 (参考)	令和三年度	条例・要綱契機の対策	29	33	50	2	2	12	0	12	39	145	29
		自主対策	55	276	167	6	4	64	3	32	143	660	37
		合計	84	309	217	8	6	76	3	44	182	805	

本日の流れ

1. 土壌汚染のリスクの考え方と備え
2. 土壌汚染対策の歴史と現状
3. 汚染土壌を残して活用した事例
4. 土壌汚染の環境リスクを評価する

中小事業者のための 土壌汚染対策ガイドライン

～土壌汚染対策を円滑に進めるために～

(改訂第3.00版)

令和 2 年 1 2 月



東京都環境局



含有量基準不適合

管理型

ケース1：建物（基礎）を残し、土壌を掘削しないで対応

対策方法：舗装

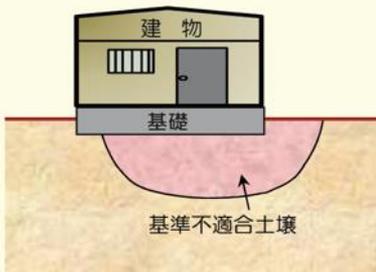
土地利用：引き続き建物（基礎）を利用

対象物質：重金属等（含有量基準不適合）

※地下水流向下流側に飲用井戸がない等、状況に応じて自然由来の溶出量基準に適合しない土壌でも適用可

ポイント

- 建物の基礎を解体せずに活用することにより、不必要な基準不適合土壌の掘削・搬出を減らし、基準不適合土壌の拡散を防止・対策費用を削減

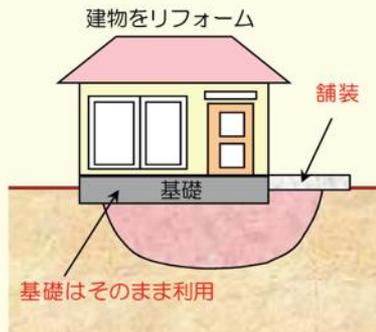


①工場・事業所の廃止

工場建物の下部に、基準不適合土壌が分布

②建物の基礎を引き続き利用して、リフォーム

建物や建物の基礎を解体せずに利用し、リフォームを行う。



③露出部分の舗装

基準不適合土壌が露出している部分については、新しく舗装により覆い、土壌に直接触れないようにする。

図の出典：東京都環境局
中小事業者のための土壌汚染対策ガイドライン
令和2年12月 改訂第3.00版発行



溶出基準不適合

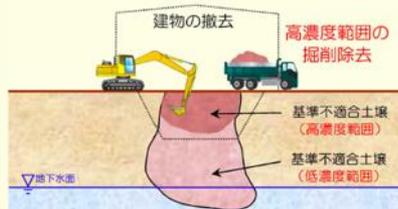
管理型

ケース5：土壌中の有害物質の濃度を考慮し、 対策を組み合わせる実施

対策方法：原位置不溶化＋掘削除去
土地利用：建物を建替え
対象物質：重金属等（溶出基準不適合）

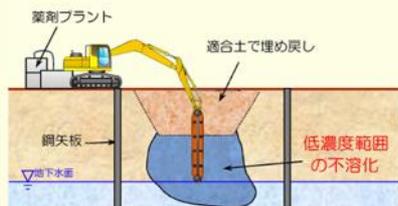
ポイント

- ・汚染状況や地質条件等を考慮して、状況に応じた対策を組み合わせることにより、掘削・搬出する基準不適合土壌の量を減らし、対策費用を削減



①工場・事業場の廃止

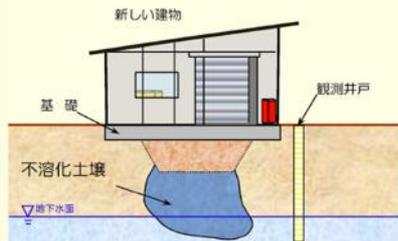
浅い部分には高濃度の基準不適合土壌が、深い部分には低濃度の基準不適合土壌が分布



②複数の対策を組み合わせる実施

浅い部分にある高濃度の基準不適合土壌を掘削除去後、深い部分にある低濃度のものは、原位置不溶化により対策

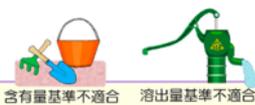
掘削除去部分を基準に適合土で埋め戻し



③建物の新築

地下水流向下流側に観測井戸を設置し、地下水の監視を実施（2年間継続）

図の出典：東京都環境局
中小事業者のための土壌汚染対策ガイドライン
令和2年12月改訂第3.00版発行



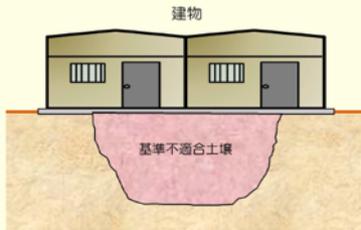
含有量基準不適合 溶出量基準不適合

ケース6：今後の土地利用を考慮し、 再掘削が予想される深度まで土壌入換え

対策方法：土壌入換え
土地利用：建物を建替え
対象物質：全物質

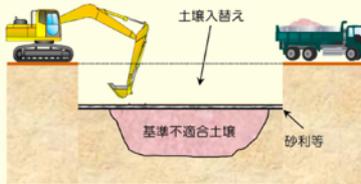
ポイント

- 埋設管の布設替え等により再掘削が想定される深度まで土壌入換えを行い、再掘削時に基準不適合土壌が拡散するおそれを回避
- それより深い部分の基準不適合土壌は残置することにより、掘削・搬出する基準不適合土壌の量を減らし、対策費用を削減



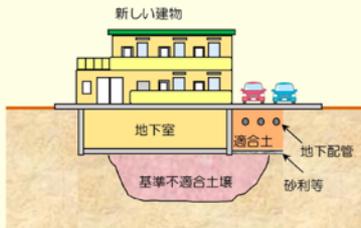
①工場・事業場の廃止

地下数mの深度まで基準不適合土壌が分布



②今後の土地利用を考慮して土壌入換え

埋設管の布設替え等により再掘削が想定される深度までの基準不適合土壌を除去。基準不適合土壌と適合土壌を区別できるよう、掘削した底面に砂利等を布設



③建物の新築

基準不適合土壌を除去した部分を適合土で埋め戻し
施工時の出来形図面を引継ぎ、再度掘削を行う際には布設された砂利等で基準不適合土壌の範囲を確認する。

注意点

- 残置する基準不適合土壌の汚染状態（第二溶出量基準不適合等）によって、別途対応が必要な場合がある。

図の出典：東京都環境局
中小事業者のための土壌汚染対策ガイドライン
令和2年12月改訂第3.00版発行



溶出量基準不適合

ケース7：今後の土地利用を考慮し、基準不適合土壌を集約

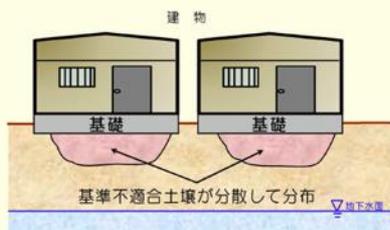
対策方法：遮水工封じ込め

土地利用：建物を建替え

対象物質：全物質（溶出量基準不適合）

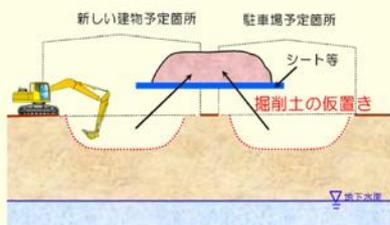
ポイント

- 将来的な土地利用で支障が生じない位置に、基準不適合土壌を集約して封じ込めることにより、搬出する基準不適合土壌の量を減らし、対策費用を削減



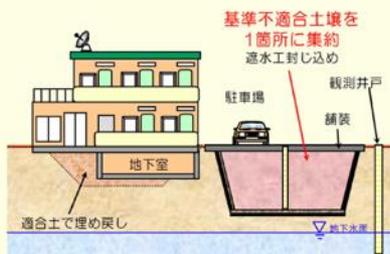
①工場・事業場の廃止

基準不適合土壌が分散して分布



②建物の解体・建替え

建物の解体後、基準不適合土壌を全て掘削し、他の土壌と区分して敷地内に仮置きする。



③基準不適合土壌を集約して封じ込め

仮置きした基準不適合土壌を将来的な土地利用で支障が生じない位置に集約して、遮水工封じ込めを行う。観測井戸を設置し、地下水の監視を実施（2年間継続）。封じ込めた箇所は、定期的に対策機能を維持点検

注意点

- 封じ込めは、地下水面より浅い部分に行うことが望ましい。

図の出典：東京都環境局
中小事業者のための土壌汚染対策ガイドライン
令和2年12月改訂第3.00版発行



溶出量基準不適合

ケース8：土地を利活用しながら地下水の継続監視

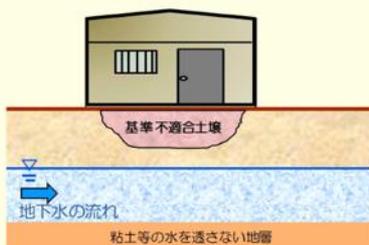
対策方法：地下水の水質の測定

土地利用：駐車場として利用

対象物質：全物質（溶出量基準不適合）

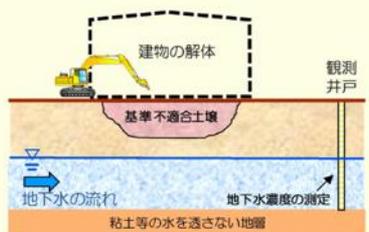
ポイント

- 基準不適合土壌を残置した状態で、定期的に地下水の水質の測定を実施し、地下水汚染の拡大がないことを確認しながら土地を利活用する。



①工場・事業所の廃止

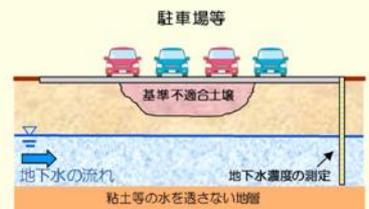
工場建物の下部に溶出量基準に適合しない土壌が存在



②地下水の水質の測定・土地の利活用

既存建物の解体後、土壌表層を舗装し、駐車場等として利用

地下水流向下流側に観測井戸を設置し、定期的に地下水濃度の測定を実施することで、地下水汚染の拡大がないことを確認



注意点

- 地下水流向下流側の地下水濃度が基準を超えるおそれがある場合には、地下水揚水等、別途対応が必要になる場合がある。

図の出典：東京都環境局
中小事業者のための土壌汚染対策ガイドライン
令和2年12月改訂第3.00版発行

本日の流れ

1. 土壌汚染のリスクの考え方と備え
2. 土壌汚染対策の歴史と現状
3. 汚染土壌を残して活用した事例
4. 土壌汚染の環境リスクを評価する

土壌汚染による人健康リスク

土壌・地下水中の
汚染物質の有害性

×

土壌・地下水中の
汚染物質の摂取量

=

土壌・地下水汚染
の人健康リスク

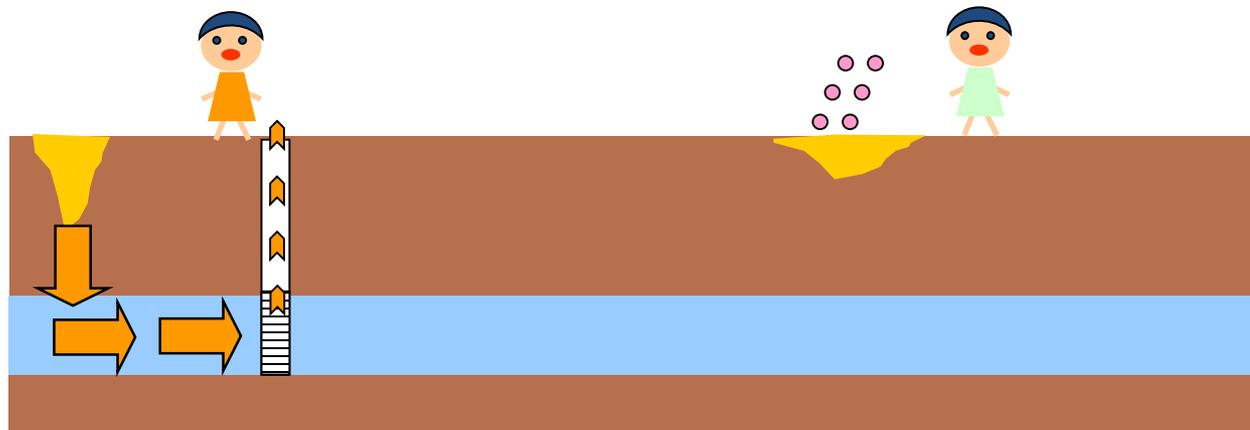
- 土壌汚染対策法では、地下水飲用リスクと土壌の直接摂取のリスクを考慮。
- 農用地の土壌汚染の防止等に関する法律では、作物経由のリスクを考慮。

◆汚染地下水の飲用リスク
70年間1日2L、汚染された地下水を
摂取した場合の摂取量

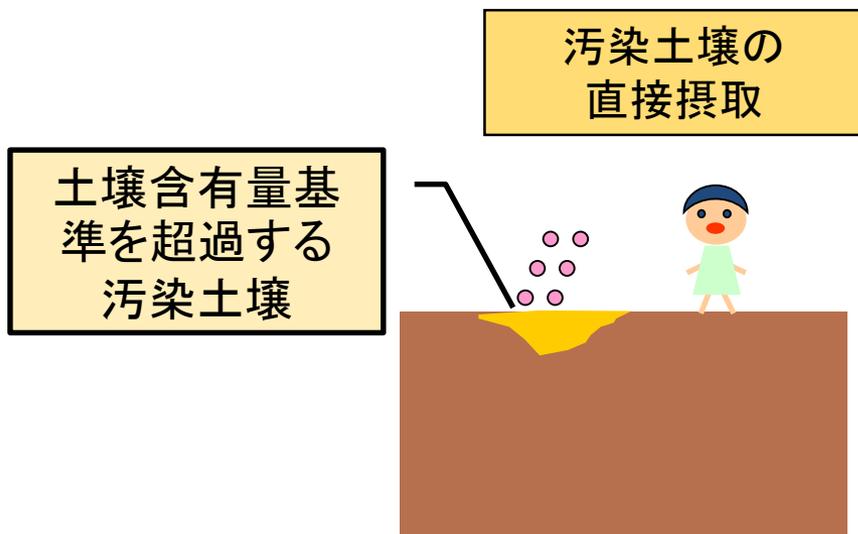
土壌溶出量基準

◆汚染土壌の直接摂取リスク
70年間居住する場合の汚染土
壌の摂取量

土壌含有量基準



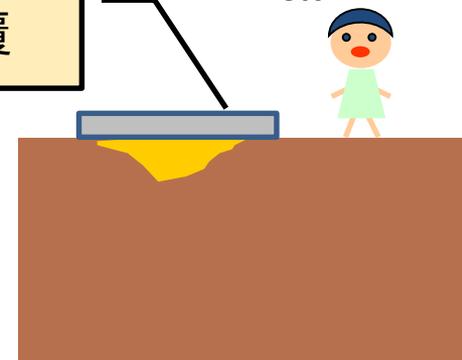
対策により土壌汚染によるリスクはどう変わる？



管理型対策

- 健康リスク防止
- 工期短い
- コスト安い
- 汚染残る
- etc

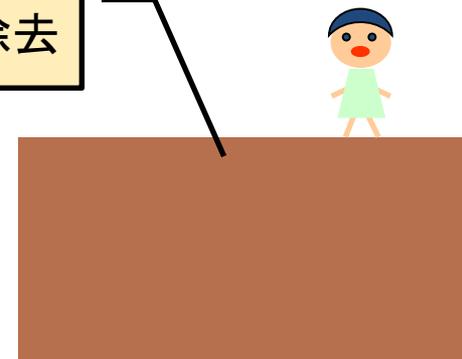
被覆



除去型対策

- 健康リスク防止
- 工期長い
- コスト高い
- 汚染残らない
- etc

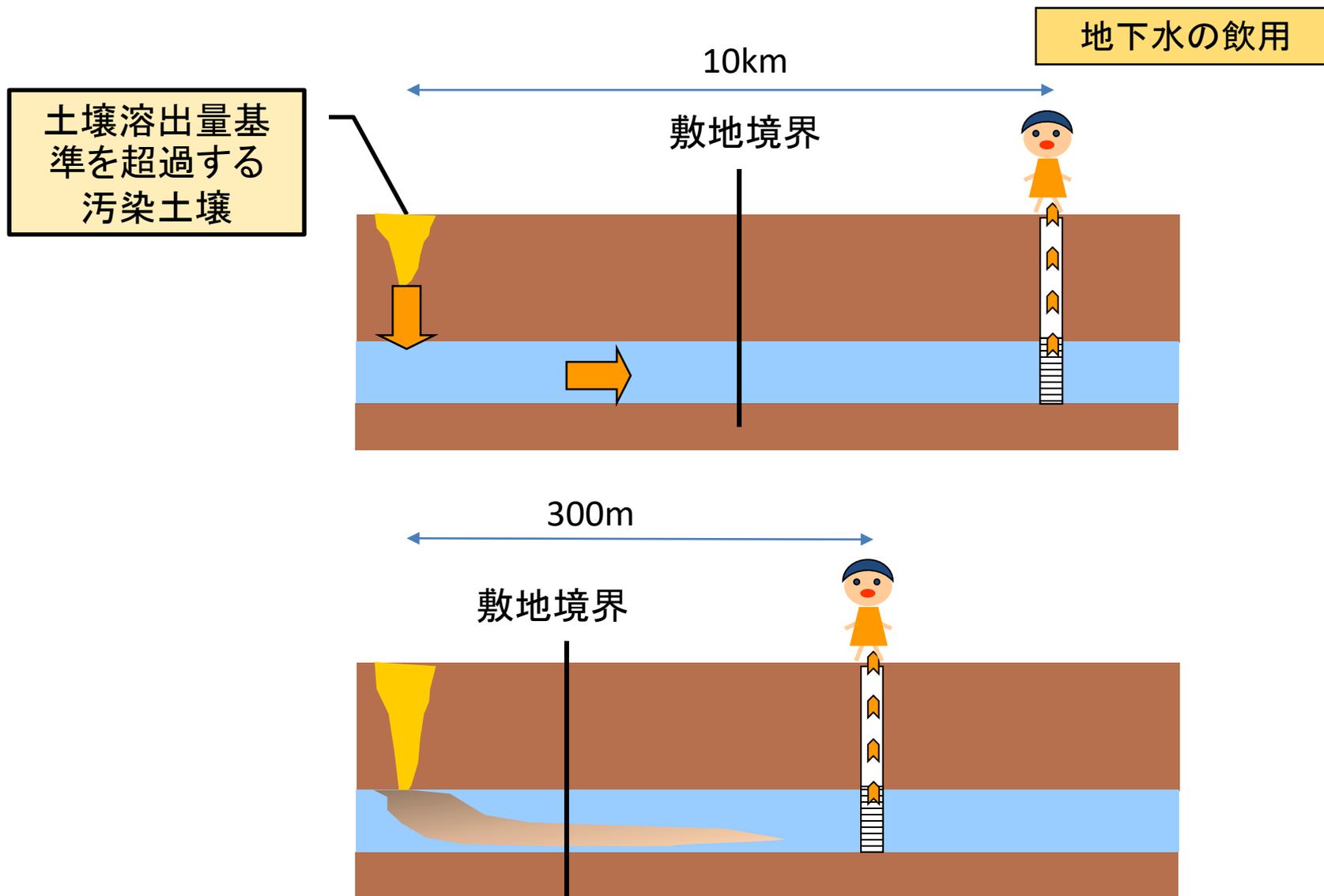
汚染除去



どちらの対策が良いかは、将来的な当該地の利用方法、や関係するステークホルダーの立場によって変わります。

地下水飲用経路のリスクを考える

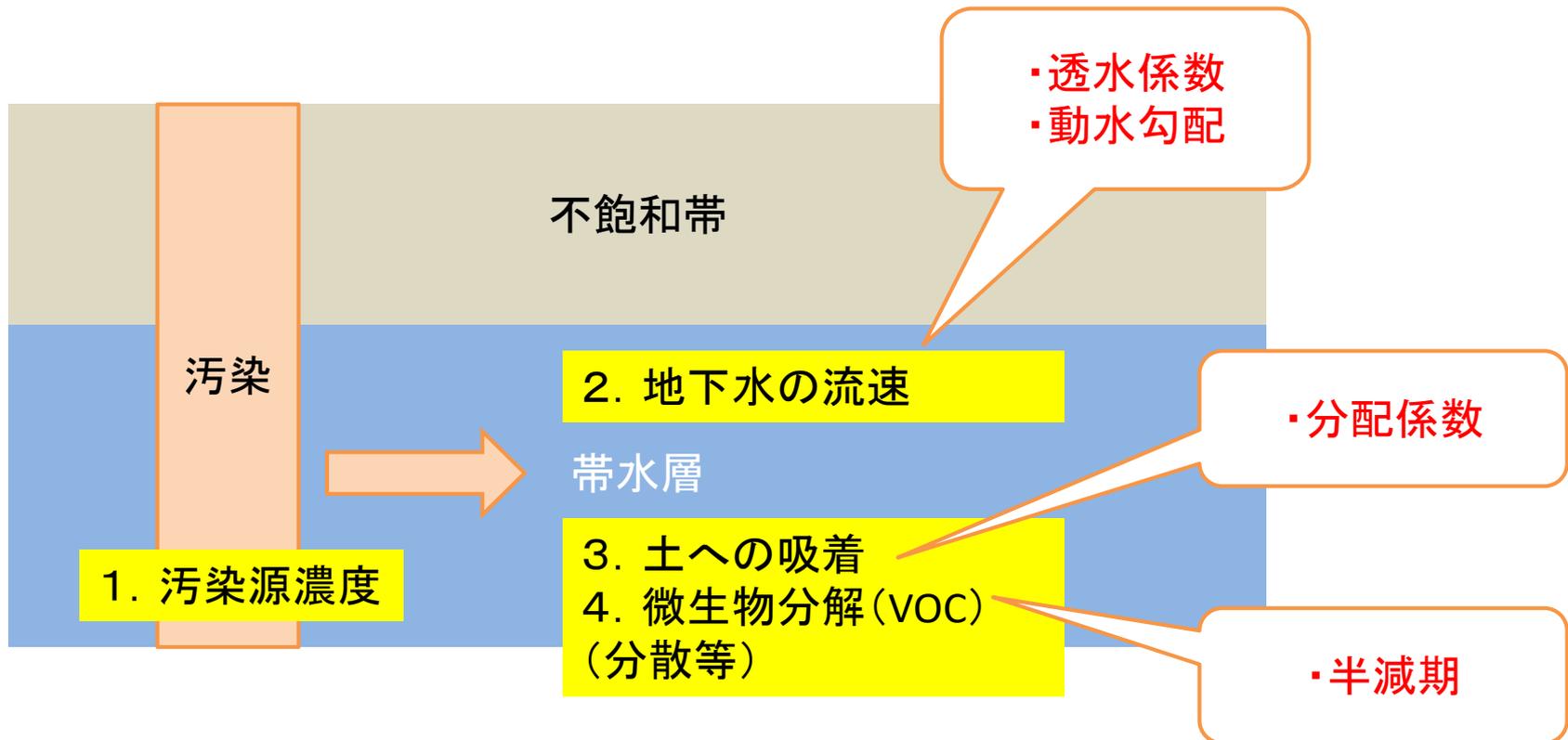
土壤溶出量基準を超えている土壤が存在した場合でも
飲用井戸の場所や汚染物質の種類、濃度、地質等によって人の健康リスクは大きく異なる。



移動距離は(だいたい)何で決まるか？



移動距離は(だいたい)何で決まるか？



土質の種類によって、透水係数は1000倍も異なる

【土質の種類一覧】

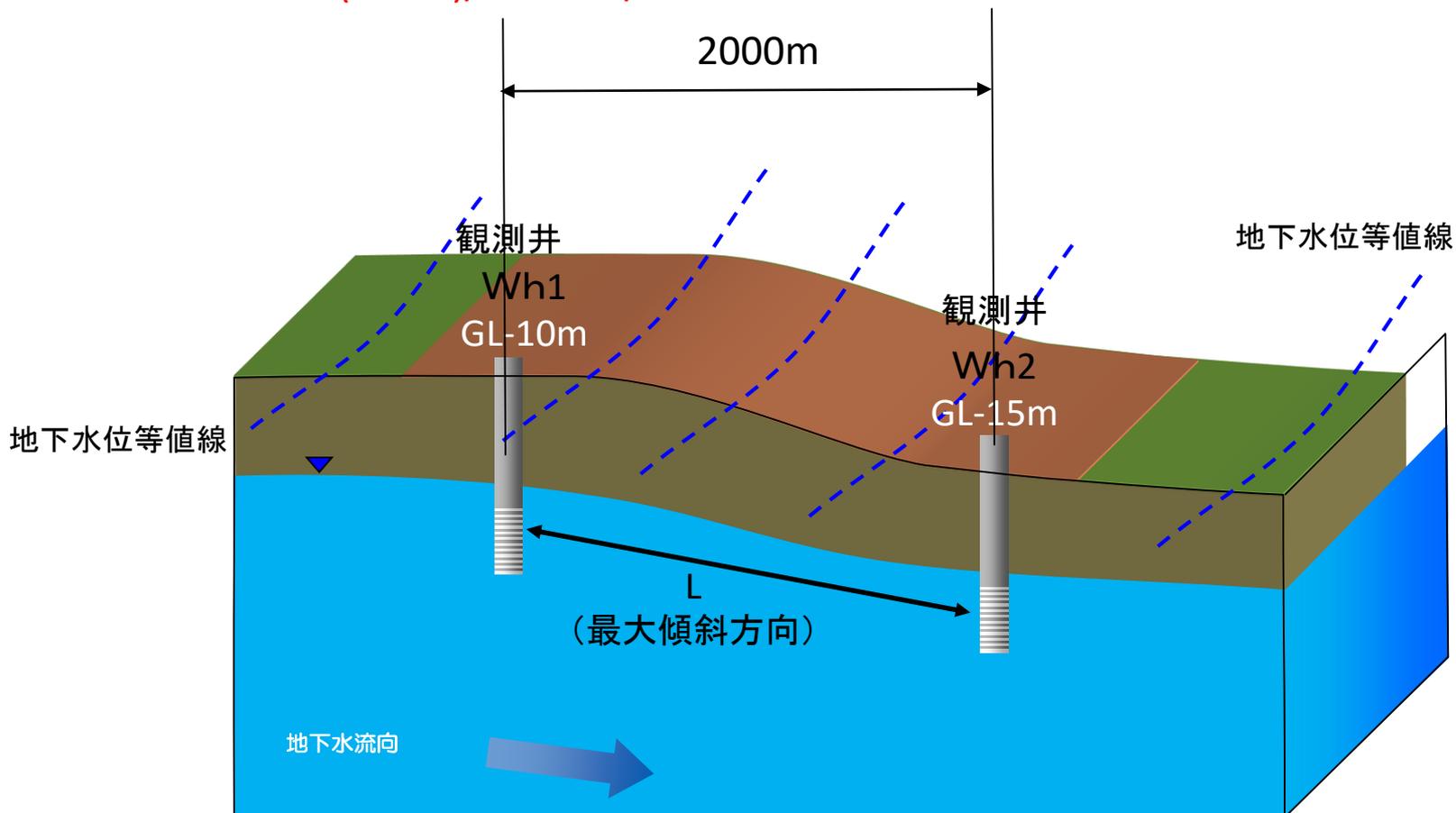
土質の種類	土質に係るパラメーター			該当する土質の種類の例	
	透水係数 (m/sec)	有効間隙率 (-)	間隙率 (-)		
礫	1×10^{-3}	 大 ↑ ↓ 小	0.2	0.4	玉石、礫(粗礫、中礫、細礫を含む)
砂礫	1×10^{-4}		0.2	0.4	砂礫、礫質土
砂	3×10^{-5}		0.3	0.4	砂質土、砂(細砂、中砂、粗砂を含む)
火山灰質土	1×10^{-5}		0.2	0.6	関東ローム、火山灰質粘性土、凝灰質シルト
シルト質砂	1×10^{-6}		0.15	0.45	シルト、粘性土、有機質土、シルト質砂

環境省水・大気環境局土壌環境課 地下水汚染が到達し得る距離の計算ツールの操作マニュアル
措置完了条件(目標土壌溶出量・目標地下水濃度の計算)の計算ツールの操作マニュアル

https://www.env.go.jp/water/dojo/law/kaisei2009/tool_man.pdf

動水勾配

動水勾配 = 2点間の地下水位の高さの差 / 2点間の水平距離
= (15-10)/2000 = 1/400



元図の出典: 環境省水・大気環境局土壌環境課 地下水汚染が到達し得る距離の計算ツールの操作マニュアル
措置完了条件(目標土壌溶出量・目標地下水濃度の計算)の計算ツールの操作マニュアル
https://www.env.go.jp/water/dojo/law/kaisei2009/tool_man.pdf

動水勾配

地形区分					
	さまざま	2cm以上	3cm～ 1cm	1cm～ 0.3mm	0.3mm以下
河川材料の代表粒径 d_R	さまざま	2cm以上	3cm～ 1cm	1cm～ 0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出ていることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物	シルト・粘土	
勾配の目安	さまざま	1/60～1/400	1/400～1/5000	1/5000～水平	
蛇行程度	さまざま	曲りが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行または島の発生	蛇行が大きいものもあるが小さいものもある。	
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中、河川材料が大きいほうが水路はよく動く。	弱、ほとんど水路の位置は動かない。	
低水路の平均深さ	さまざま	0.5～3m	2～8m	3～8m	

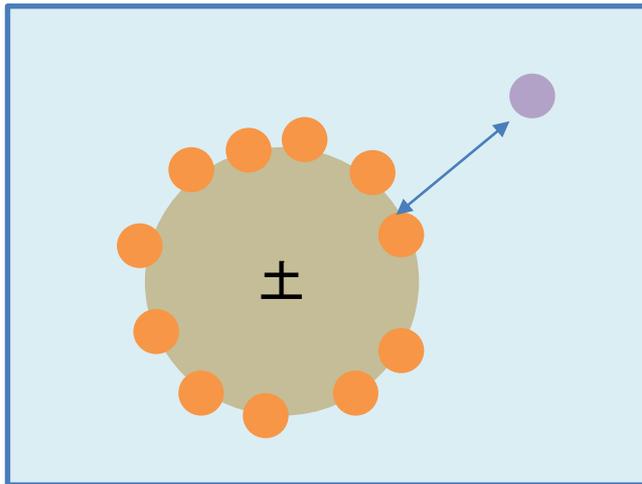
注：河床勾配は地形勾配よりも緩くなる傾向がある

元図の出典：環境省水・大気環境局土壌環境課 地下水汚染が到達し得る距離の計算ツールの操作マニュアル
措置完了条件（目標土壌溶出量・目標地下水濃度の計算）の計算ツールの操作マニュアル

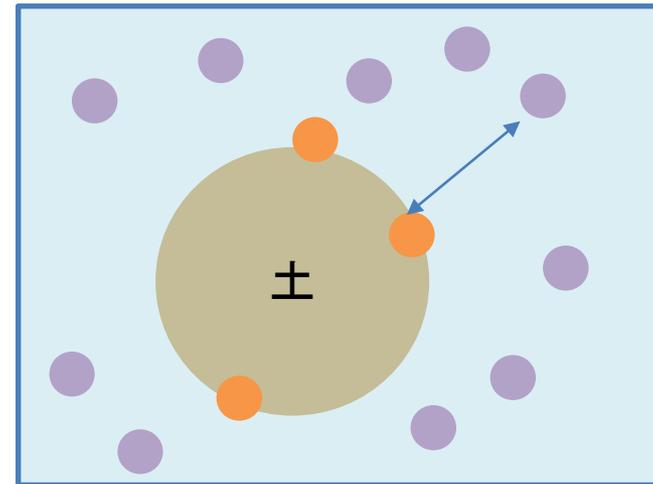
https://www.env.go.jp/water/dojo/law/kaisei2009/tool_man.pdf

- ・汚染物質の土壌への吸着のしやすさ。
- ・吸着しやすいほど、移動が遅い。
- ・一般に、**重金属類 > フッ素・ホウ素・六価クロム > VOC**
- ・一般に、**粘性土 > 砂質土**

吸着しやすい物質



吸着しにくい物質



環境省のツール

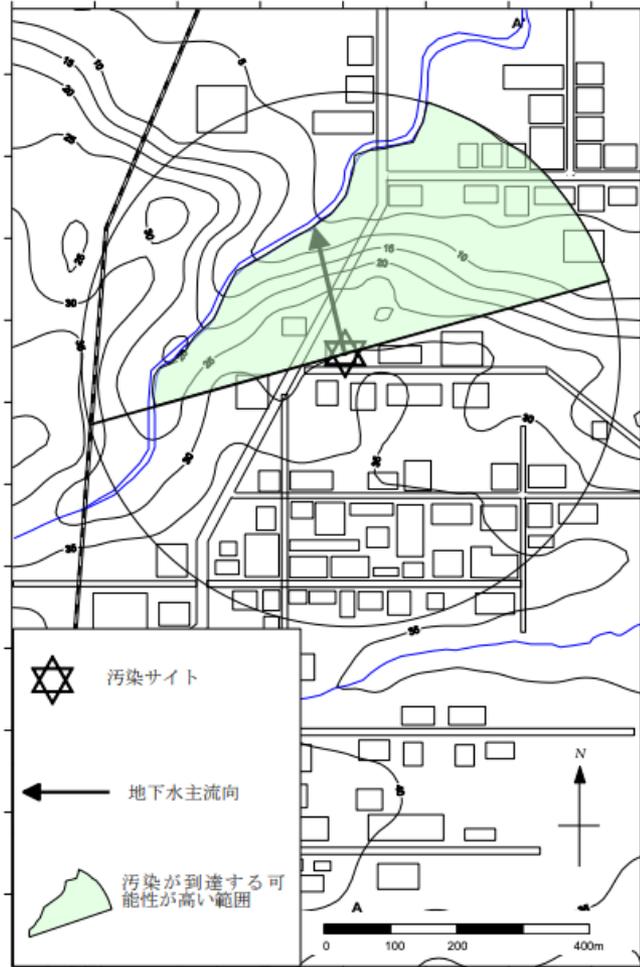
1. 地下水汚染が到達し得る距離の計算ツールの操作マニュアル
自治体が評価・確認を実施

2. 措置完了条件(目標土壌溶出量・目標地下水濃度の計算)の
計算ツールの操作マニュアル(暫定版)
事業者が目標を設定し、自治体が確認を実施

3. 自然由来等土壌構造物利用施設における新たな地下水汚染
を引き起こさないための措置の決定に係る個別サイト評価の計算
ツールの操作マニュアル(暫定版)
事業者が評価を実施し、自治体が確認を実施

1. 地下水汚染が到達し得る距離の計算ツールの 操作マニュアル

特定有害物質を含む地下水が到達し得る「一定の範囲」の考え方



特定有害物質の種類	一般値(m)
第一種特定有害物質	概ね 1,000
六価クロム	概ね 500
砒素、ふっ素、ほう素	概ね 250
シアン、カドミウム、鉛、水銀及びセレン並びに第三種特定有害物質	概ね 80

今回の改正

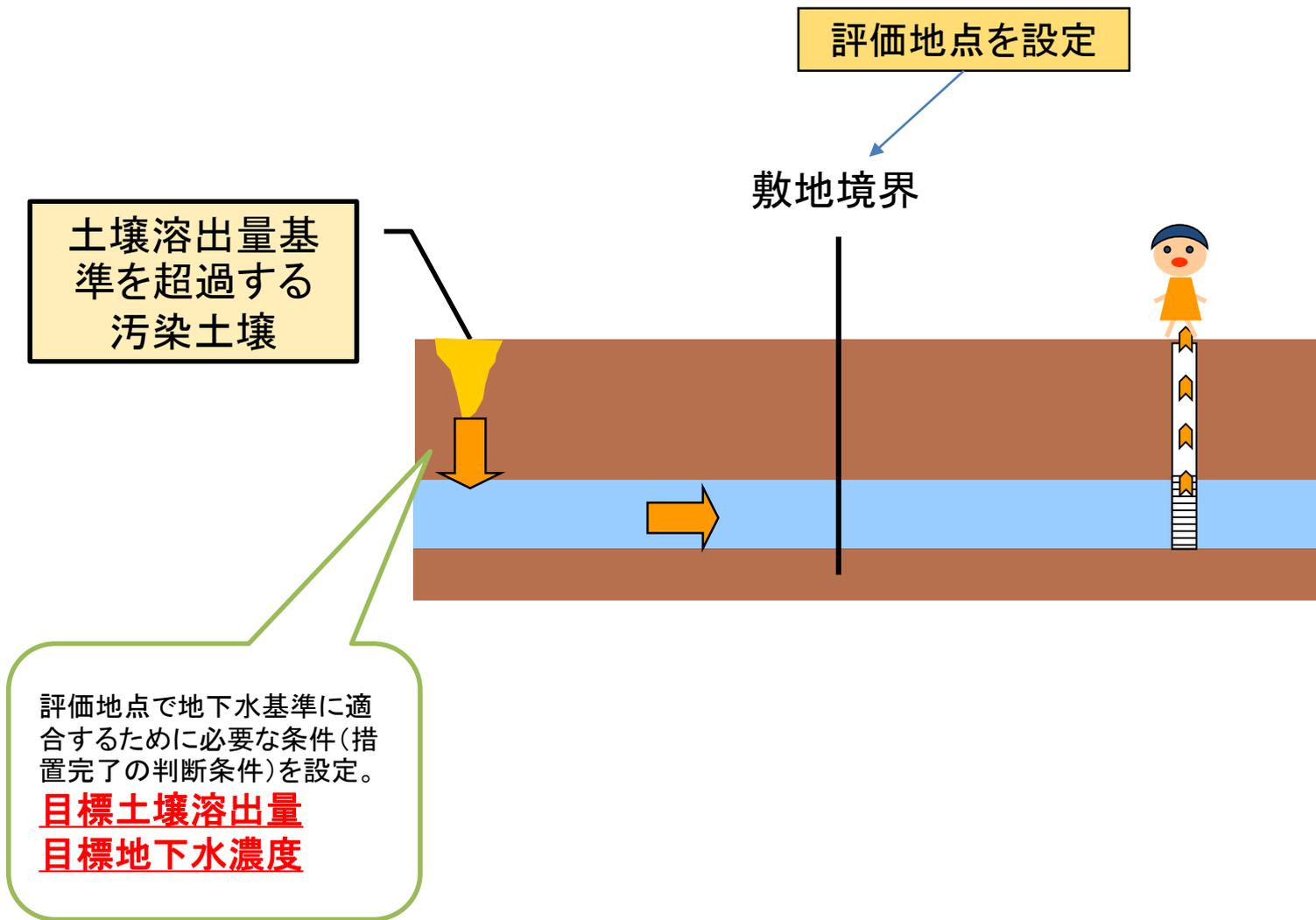


この区域は、特定有害物質の種類や地下水の流向・流速等に関する諸条件により大きく異なると考えられることから、**原則として個々の事例ごとに設定することとする。**(地下水汚染の到達距離の計算ツールを環境省HPに公開する。)

- ✓ ただし、一般値が地下水汚染の到達距離の実例を踏まえて設定されたことを踏まえ、ツールにより算出された地下水汚染の到達距離が一般値を超える場合には、一般値を参考にして判断することが適当と考えられる。

2. 措置完了条件(目標土壌溶出量・目標地下水濃度の計算)の計算ツールの操作マニュアル(暫定版)

事業者が目標を設定し、自治体を確認を実施



1. 地下水汚染が到達し得る距離の 計算ツールの操作マニュアル

自治体が評価・確認を実施

地下水汚染が到達し得る距離 計算シート

【区域情報】

文書番号 文書-98-765-43

状況調査報告書提出日 2019年4月10日 水曜日

計算実施日 2019年4月15日 月曜日

所在地 東京都 千代田区 霞が関 1-2-2

自由設定項目 ※ この項目は項目タイトルを自由に設定することが

【入力値】

指定に係る特定有害物質の種類

① 物質種類 カドミウム 物質を選択

② 土質 砂 土質を選択

礫

砂礫

砂

シルト質砂

火山灰質土

③ 地形情報(動水勾配)	数値	単位
	0.001	m/m

数値を入力

【計算結果】

地下水汚染が到達し得る距離 30 m

100年後の汚染の到達し得る距離

印刷レポートへ

計算パラメーター

① 物質種類パラメーター

名称	記号	数値	単位
土壤汚染範囲・汚染源幅	Sw	5	m
汚染源地下水濃度	Cgw	10	mg/L
土壤-水分配係数	Kd	11	L/kg
有機炭素分配係数	Koc	-	L/kg
半減期	T _{1/2}	-	y
縦分散長	α_x	8	m
横分散長	α_y	0.8	m
地下水基準		0.01	mg/L

② 土質パラメーター

名称	記号	数値	単位
透水係数	k	3.0E-05	m/s
有効間隙率	ne	0.3	m ³ /m ³
間隙率	n	0.4	m ³ /m ³
土粒子密度	ρ_s	2.7	t/m ³
乾燥土壌密度	ρ_d	1.62	t/m ³
有機性炭素含有率	foc	0.001	g/g

③ 地形情報パラメーター

名称	記号	数値	単位
実流速	Vs	3.1536	m/y
遅延係数	Rd	60.4	

地下水汚染が到達し得る距離 計算シート

【区域情報】

文書番号 文書-98-765-43

状況調査報告書提出日 2019年4月10日 水曜日

計算実施日 2019年4月15日 月曜日

所在地 東京都 千代田区 霞が関 1-2-2

自由設定項目 ※ この項目は項目タイトルを自由に設定することが

【入力値】 指定に係る特定有害物質の種類

① 物質種類 カドミウム

② 土質 砂

③ 地形情報(動水勾配)	数値	単位
	0.001	m/m

物質を選択

土質を選択

礫

砂礫

砂

シルト質砂

火山灰質土

数値を入力

【計算結果】

地下水汚染が到達し得る距離 30 m

100年後の汚染の到達し得る距離

印刷レポートへ

計算パラメーター

① 物質種類パラメーター

名称	記号	数値	単位
土壌汚染範囲・汚染源幅	Sw	5	m
汚染源地下水濃度	Cgw	10	mg/L
土壌-水分配係数	Kd	11	L/kg
有機炭素分配係数	Koc	-	L/kg
半減期	T _{1/2}	-	y
縦分散長	α_x	8	m
横分散長	α_y	0.8	m
地下水基準		0.01	mg/L

② 土質パラメーター

名称	記号	数値	単位
透水係数	k	3.0E-05	m/s
有効間隙率	ne	0.3	m ³ /m ³
間隙率	n	0.4	m ³ /m ³
土粒子密度	ρ_s	2.7	t/m ³
乾燥土壌密度	ρ_d	1.62	t/m ³
有機性炭素含有率	foc	0.001	g/g

③ 地形情報パラメーター

名称	記号	数値	単位
実流速	Vs	3.1536	m/y
遅延係数	Rd	60.4	

値の入力(2)物質種類

地下水汚染が到達し得る距離の計算ツール Ver 1.0

地下水汚染が到達し得る距離 計算シート

【区域情報】

文書番号

文書-98-765-43

状況調査報告書提出日

2019年4月10日 水曜日

計算実施日

2019年4月15日 月曜日

所在地

東京都 千代田区 霞が関 1-2-2

自由設定項目

※ この項目は項目タイトルを自由に設定することができます。

【入力値】

指定に係る特定有害物質の種類

① 物質種類

カドミウム

物質を選択

② 土質

1,1,2-トリクロロエタン

トリクロロエチレン

テトラクロロエチレン

1,3-ジクロロプロペン

ベンゼン

鉛

カドミウム

水銀

砒素

六価クロム

ふっ素

ほう素

【計算結果】

地下水汚染が到達し得る距離

100年後の汚染の到達し得る距離

印刷レポートへ

カドミウムの パラメーター

計算パラメーター

① 物質種類パラメーター

名称	記号	数値	単位
土壤汚染範囲・汚染源幅	Sw	5	m
汚染源地下水濃度	Cgw	10	mg/L
土壤-水分配係数	Kd	11	L/kg
有機炭素分配係数	Koc	-	L/kg
半減期	T _{1/2}	-	y
縦分散長	αx	8	m
横分散長	αy	0.8	m
地下水基準		0.01	mg/L

計算パラメーター

クロロエチレン のパラメーター

① 物質種類パラメーター

名称	記号	数値	単位
土壤汚染範囲・汚染源幅	Sw	10	m
汚染源地下水濃度	Cgw	100	mg/L
土壤-水分配係数	Kd	0.19	L/kg
有機炭素分配係数	Koc	19	L/kg
半減期	T _{1/2}	7.9	y
縦分散長	αx	200	m
横分散長	αy	20	m
地下水基準		0.002	mg/L

計算結果の確認

地下水汚染が到達し得る距離 計算シート

【区域情報】

文書番号	文書-98-765-43
状況調査報告書提出日	2019年4月10日 水曜日
計算実施日	2019年4月15日 月曜日
所在地	東京都 千代田区 霞が関 1-2-2
自由設定項目	※ この項目は項目タイトルを自由に設定すること

物質を選択

【入力値】

指定に係る特定有害物質の種類

① 物質種類	カドミウム				
② 土質	砂				
③ 地形情報(動水勾配)	<table border="1"> <tr> <th>数値</th> <th>単位</th> </tr> <tr> <td>0.0025</td> <td>m/m</td> </tr> </table>	数値	単位	0.0025	m/m
数値	単位				
0.0025	m/m				

土質を選択

数値を入力

結果

【計算結果】

地下水汚染が到達し得る距離	60	m
---------------	----	---

100年後の汚染の到達し得る距離

印刷レポートへ

計算パラメーター

① 物質種類パラメーター

名称	記号	数値	単位
土壌汚染範囲・汚染源幅	Sw	5	m
汚染源地下水濃度	Cgw	10	mg/L
土壌-水分配係数	Kd	11	L/kg
有機炭素分配係数	Koc	-	L/kg
半減期	T _{1/2}	-	y
縦分散長	α_x	8	m
横分散長	α_y	0.8	m
地下水基準		0.01	mg/L

② 土質パラメーター

名称	記号	数値	単位
透水係数	k	3.0E-05	m/s
有効間隙率	ne	0.3	m ³ /m ³
間隙率	n	0.4	m ³ /m ³
土粒子密度	ρ_s	2.7	t/m ³
乾燥土壌密度	ρ_d	1.62	t/m ³
有機性炭素含有率	foc	0.001	g/g

③ 地形情報パラメーター

名称	記号	数値	単位
実流速	Vs	7.884	m/y
遅延係数	Rd	60.4	

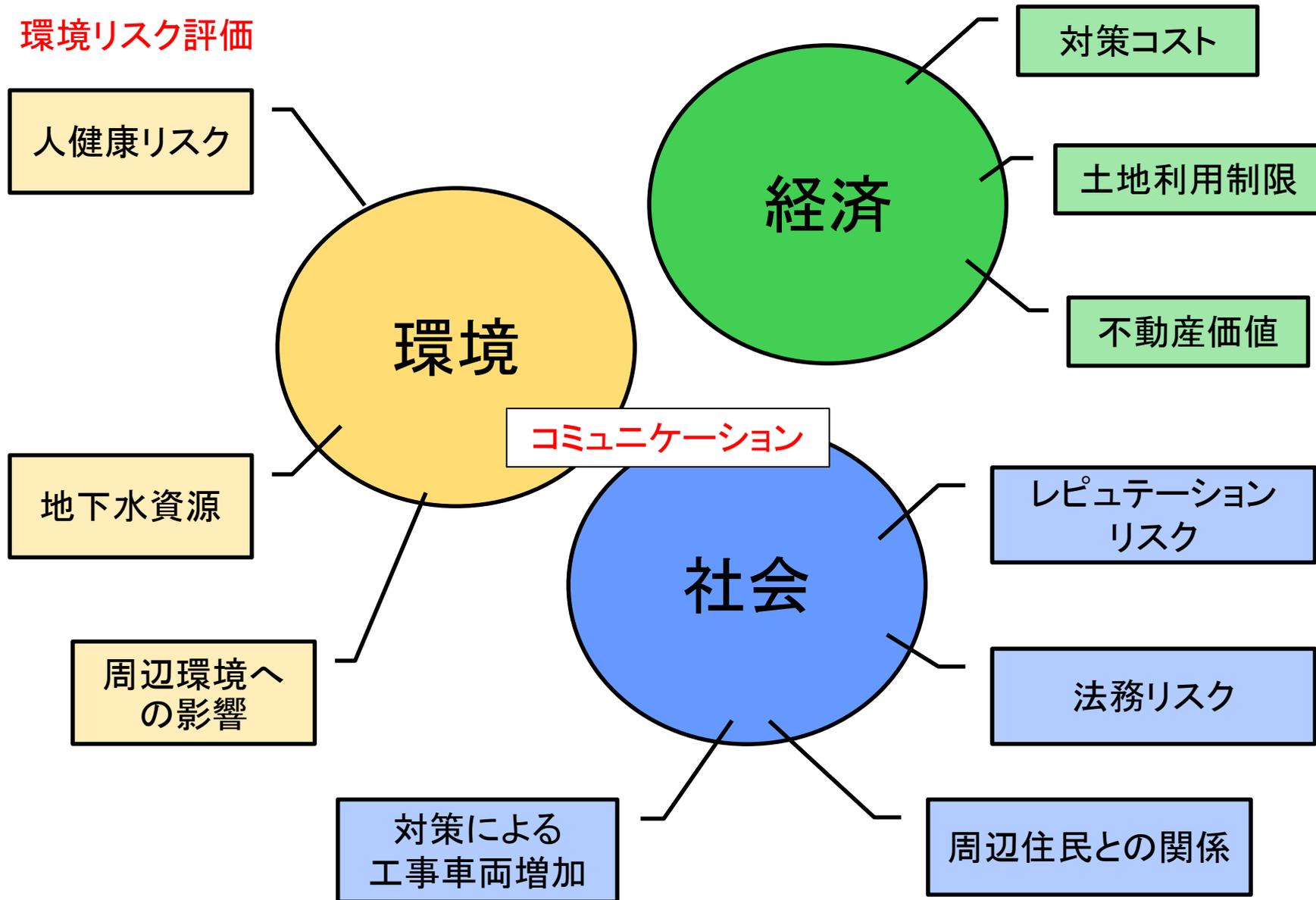
本日の流れ

1. 土壌汚染のリスクの考え方と備え
2. 土壌汚染対策の歴史と現状
3. 汚染土壌を残して活用した事例
4. 土壌汚染の環境リスクを評価する

土壌汚染のリスクへの備え

◆土壌汚染対策の方法によって残存するリスクは変わる事を知っておく。

環境リスク評価



リスクコミュニケーション

化学物質のリスクコミュニケーション

環境リスクなどの化学物質に関する情報を、
市民、産業、行政等のすべてのものが共有し、意見交換などを通じて
意思疎通と相互理解を図ること。(環境省HPより)

土壌汚染に関するリスクコミュニケーション

土壌汚染が判明したとき、土壌汚染対策を実施する前、
実施中および完了時などの適切なタイミングで、
事業者と周辺の住民の方々が土壌汚染やそれによる健康リスク、対策の必要性
などについて情報を共有し共通の理解をもつための双方向のコミュニケーション。
(事業者が行う土壌汚染リスクコミュニケーションのためのガイドライン(日本環境協会)より)

決して、住民に事業などを了承させることではない
市民(地域住民、市民団体、社会)、行政(自治体、国)、企業、銀行や株主
などの多様なステークホルダー

相互理解と信頼関係の構築が大事

企業・行政等のための7つの基本原則(米国EPA)

1. 市民団体・地域住民等を**正当なパートナー**として受け入れ、連携すること。
2. コミュニケーション方法を注意深く立案し、そのプロセスを評価すること。 **(結果だけでなくプロセスが重要)**
3. 人々の声に耳を傾けること。
4. 正直、率直、オープンになること。 **(公表できる情報は積極的に開示)**
5. 他の信頼できる人々や機関と協調、協働すること。
6. メディア(マスコミ)の要望を理解して応えること。 **(前向きに答える)**
7. 相手の気持ちを受けとめ、明瞭に話すこと。

Risk and Decision Making, U.S. Environmental Protection Agency, April, 1988, OPA87020

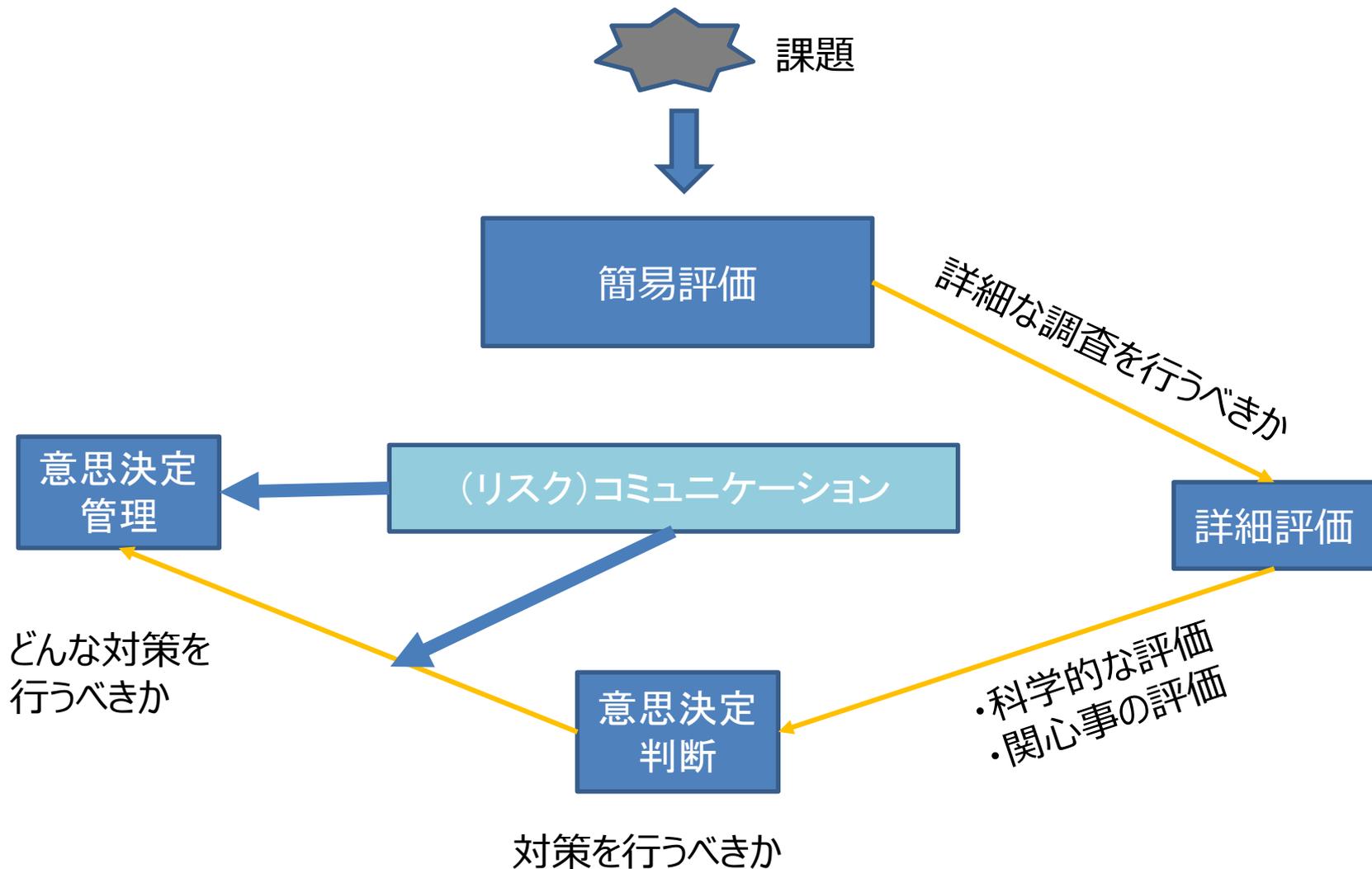
※参考:市民団体等のための7つの基本原則

(化学物質のリスクコミュニケーション手法ガイド 日本化学会リスクコミュニケーション手法検討会 浦野紘平編)

※平時のリスクコミュニケーション以外に、緊急時のクライシスコミュニケーションも大事

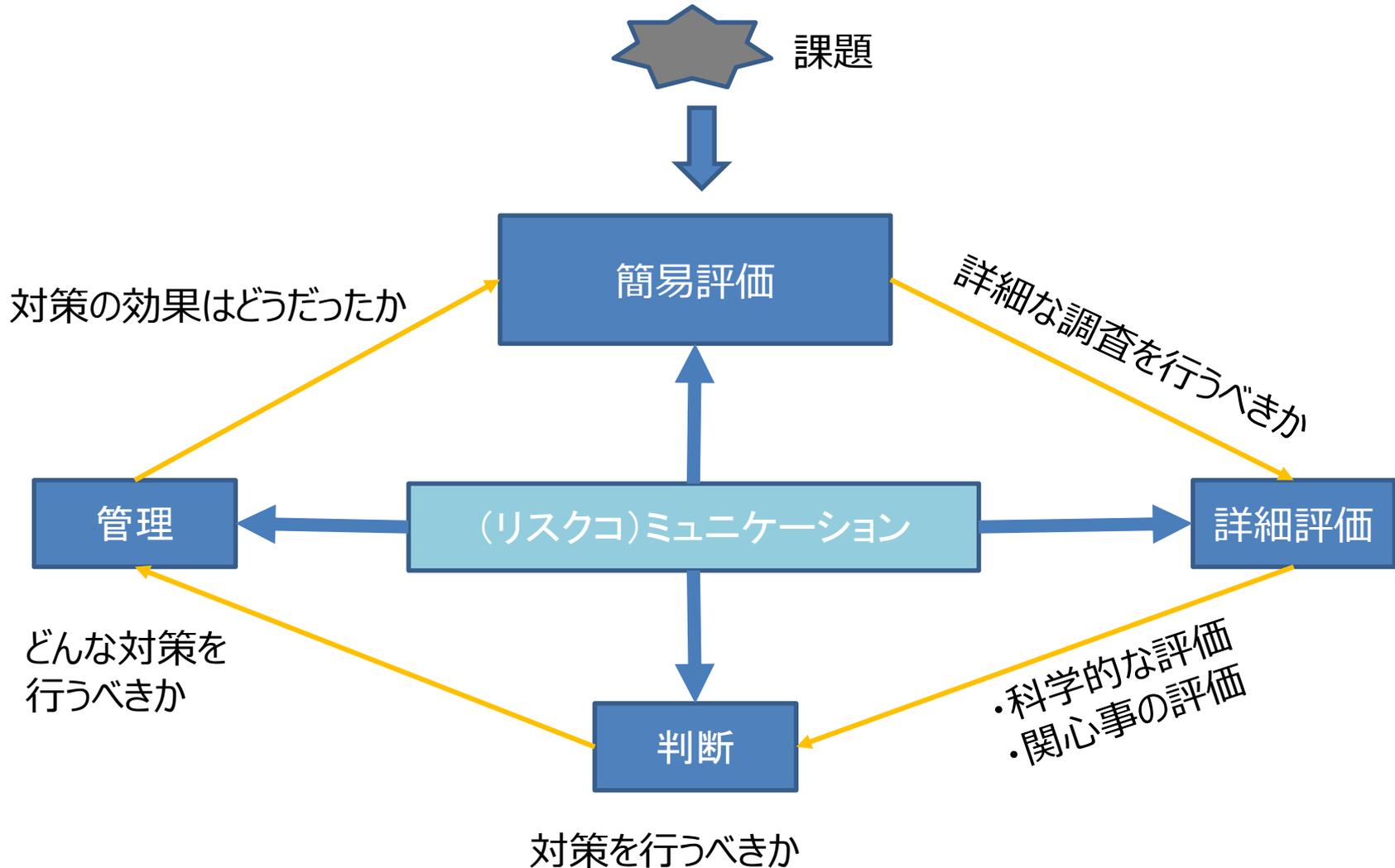
(これまで)いつリスクコミュニケーションをするのか？

従来の(リスク)コミュニケーションの時期
意思決定をした後に情報を伝達する形が多かった。



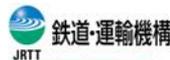
(あるべき姿)いつリスクコミュニケーションをするのか？

(リスク)コミュニケーションはできるだけ、意思決定の早期のフェーズから実施されるべき。



(参考) 土壌汚染対策法外の土壌汚染 トンネル発生土

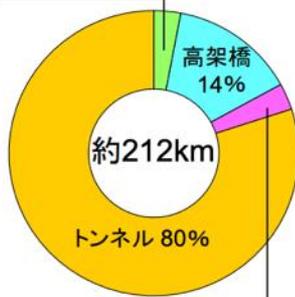
北海道新幹線(新函館北斗・札幌間)



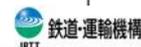
● トンネル区間が約80%

切土・盛土	約 7.4km
高架橋	約 30.3km
橋りょう	約 3.3km
トンネル	約 168.9km

切土・盛土 3%



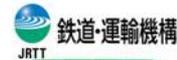
対策工(例)



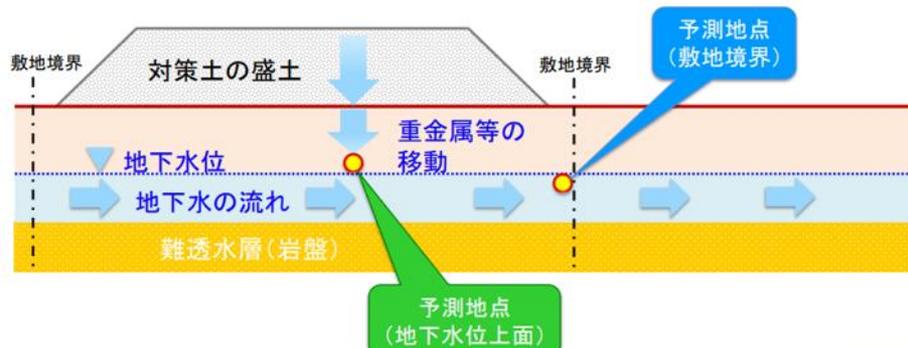
<p>① 原地盤活用(覆土対策)</p>	<p>② 吸着層(天然材料・人工材料)</p>
<p>③ 不溶化処理(天然材料・人工材料)</p>	<p>④ 遮水工封じ込め</p>
<p>⑤ 浸透抑制</p>	<p>⑥ 洗浄処理</p>

※上記6つのいずれの対策も取れない場合は、中間処理施設や処分場、セメント工場等において場外処分を行う。

調査結果に基づく予測



- トンネル発生土と発生土受入候補地の地質調査等の結果に基づき、対策を実施することによる影響を予測します。
- 発生土受入候補地周辺の状況に応じて発生土受入地の敷地境界または地下水に触れる前の地点において、地下水環境基準を満足する計画とします。



土壌汚染のリスクへの備え

- ◆ 土壌汚染対策の方法によって残存するリスクは変わる事を知っておくこと
- ◆ 複数の土壌汚染対策のメリット/デメリットを比較すること
- ◆ 早めに状況把握し、対策の意思決定にしっかり時間をかけること
- ◆ 土壌汚染を発生させないことが重要
- ◆ ステークホルダー(利害関係者)により重要視する項目が異なる。
ステークホルダーとの対話を早い段階から実施すること

