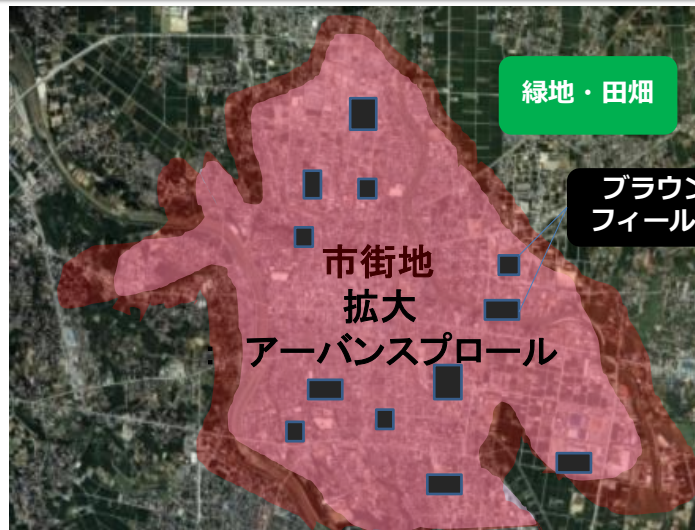


SRに関する国際組織の取り組み と国際標準（ISO）化の動向

古川 靖英

株式会社竹中工務店 技術研究所 主任研究員
Sustainable Remediation コンソーシアム 運営委員
ISO TC190/SC7/WG12 Guidance on Sustainable Remediation/Expert

都市のブラウンフィールド*とアーバンスプロール



日本国内の汚染土壌が存在する土地は113,000ha
このうちブラウンフィールドは28,000ha

環境省(2007) より

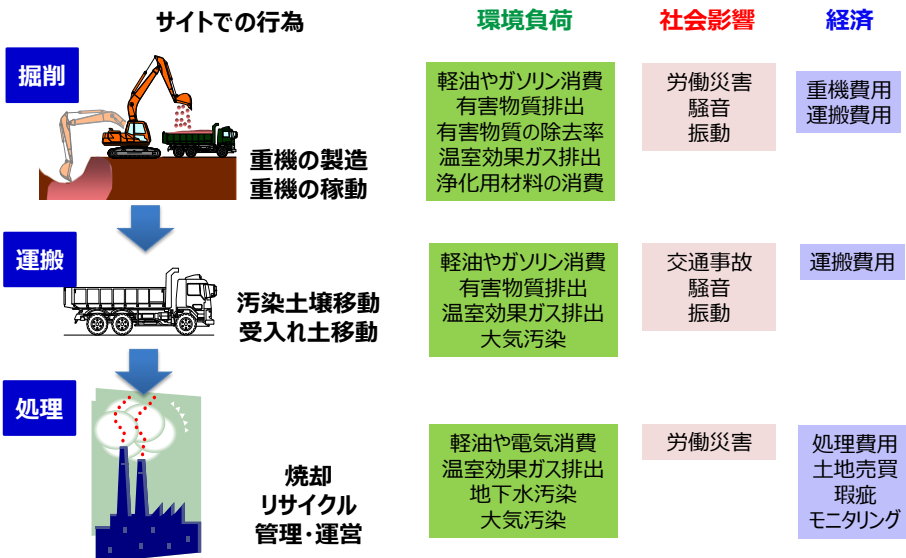
* “汚染の可能性”があることで、
“未利用地となる可能性がある”土地

汚染土壌対策の現状



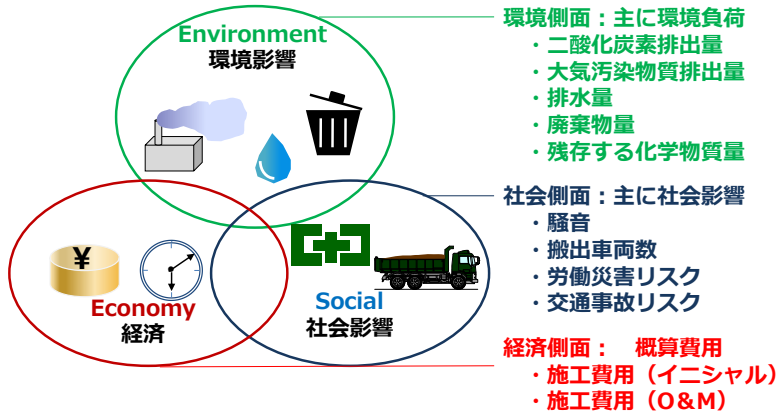
掘削除去は最も確実な工法と言ってよいが・・・

汚染土壌対策による影響



サステナブルレメディエーションとは？

(ステークホルダーと共に) 安全や時間的な制約の中で、許容できないリスクをコントロールし、環境、社会、経済の価値を最適化する考え方



今までは経済的な側面を重視 ⇒ 3つの側面にバランスの良い対策を選択する考え方 (アプローチ)

4

概要

◆ 背景

- ・汚染土壌対策において、これまで見ていなかった環境負荷等の因子が顕在化
- ・他分野でのキーワード“持続可能性”の浸透 (CASBEE等)
- ・健康リスクベースのアプローチがわかりにくい

◆ ニーズ

- ・海外への工場進出増加
- ・企業への情報開示圧力 (CSR)
- ・後工事につながる提案や評価
- ・統一性のない評価ツール



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)
の議論と標準化

5

発表内容

- ISO(国際標準規格) の活動
- ISOガイダンス (Guidance on Sustainable Remediation) の内容
- 適用例と進め方
- 今後の方向性

6

ISOとASTM

ASTM

- American Society of Testing and Materials (米国材料試験協会)
- 材料試験方法、ガイドライン等に関する標準化を担当する標準化開発組織
- 1902年に設立
- 同協会の発行する規格は、米国の国内だけでなく、他国も多く適用
- 日本工業規格 (JIS) も、石油類に限っていえばその規格は ASTM 規格に準拠

主にグリーンレメディエーション

ISO

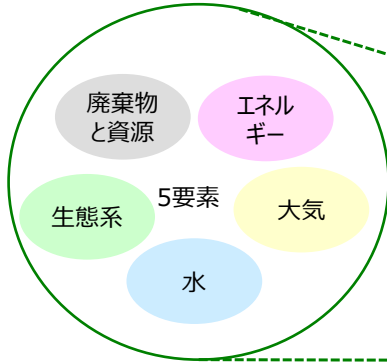
- International Organization for Standardization (国際標準化機構)
- 国際的にさまざまな分野の規格の作成を行い、国際取引の円滑化等を図っている組織
- 1947年に設立
- 日本はWTO加盟により、ISO規格制定等に関する適正実施の受入れ確保 (JIS化) を義務づけ

主にサステナブルレメディエーション

7

GRとSR

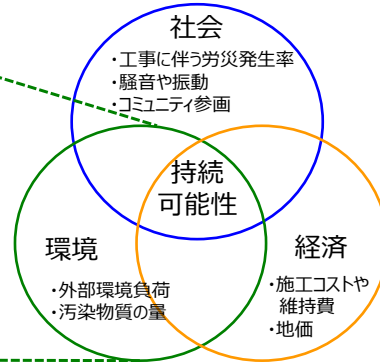
グリーン・レメディエーション (GR)



環境フットプリント (EF) を定性的あるいは定量的に評価

国内での検討事例あり

サステイナブル・レメディエーション (SR)

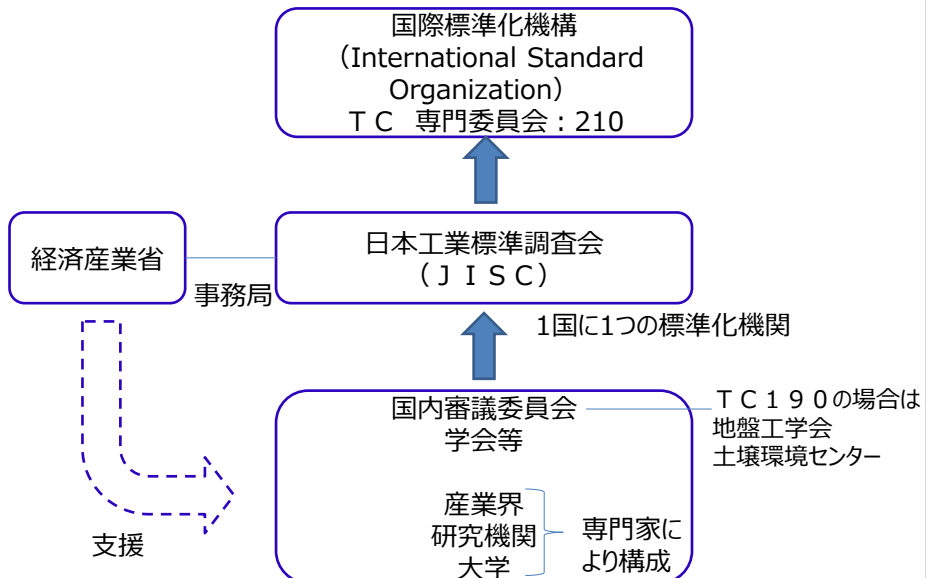


EFだけではなく、社会的・経済的な影響を含めて浄化活動を評価

国内での検討事例なし

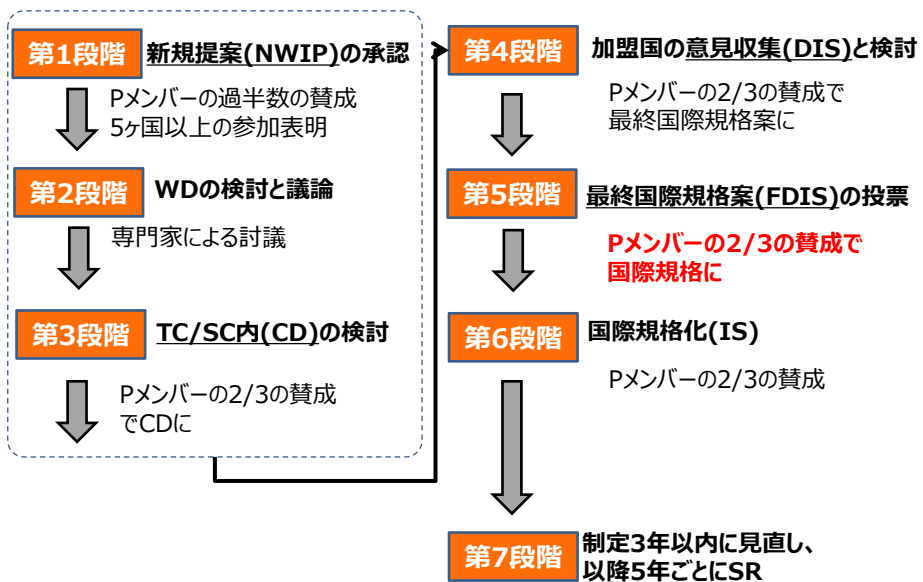
8

ISOへの対応



9

ISO規格化の進め方



10

発表内容

- ISO(国際標準規格)の活動
- ISOガイダンス (Guidance on Sustainable Remediation) の内容
- 適用例と進め方
- 今後の方向性

11

ISOの中の“サステナブルレメディエーション”

- サステナブルレメディエーション（SR）に関する規格はTC190/SC7/WG12にて審議中

技術委員会 TC		小委員会 Sub Committee		作業部会 Working Group	
TC1	Screw thread (ネジ)	SC1	Terminology	WG1	
⋮	省略	SC2	Sampling	WG2	
TC 190	Soil Quality (地盤環境)	SC3	Chemical methods	WG3	
⋮	省略	SC4	Biological methods		
TC 293	Feed Machinery	SC5	Physical methods		
		SC7	Soil and Site assessment	WG 1 2	Guidance on Sustainable Remediation

12

進捗

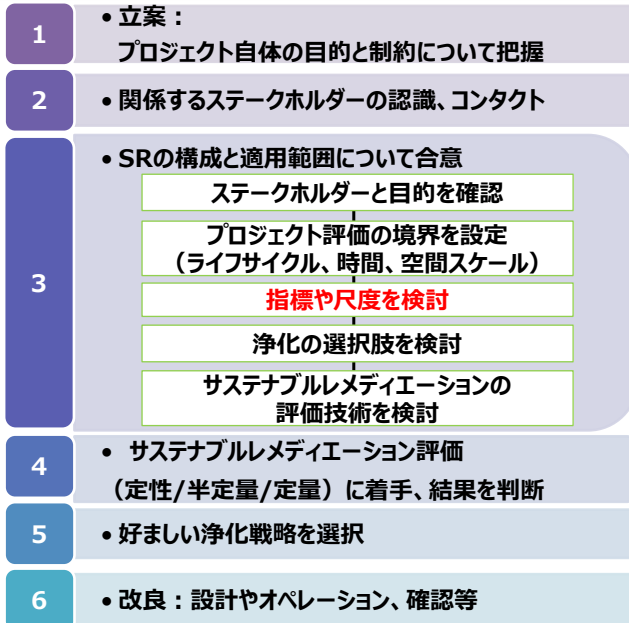
- ・2012年 イギリスから発案 “Guidance on Sustainable Remediation”
- ・2012年末 関係者やエキスパートの間で、関係する議論開始
- ・2014年 ドラフトが完成
- ・2015年 ISO内でVoting（投票）⇒可決（100%の賛成）
- ・2016年 ドラフトに関わるコメントを反映し、国際規格として
発効直前の段階

議長 : P. Nathanail (英), Secretary: G. Goetsche (独)

主な参加者 : G. Smith(豪), Y. Furukawa(日), A. Nardello(伊), M. Smith(英)
ときどき参加 : P. Bardos (英) , J. Smith(英)

13

サステナブルレメディエーションの進め方



出典：Paul Bardosら (2011)
CL:AIRE (2009)

14

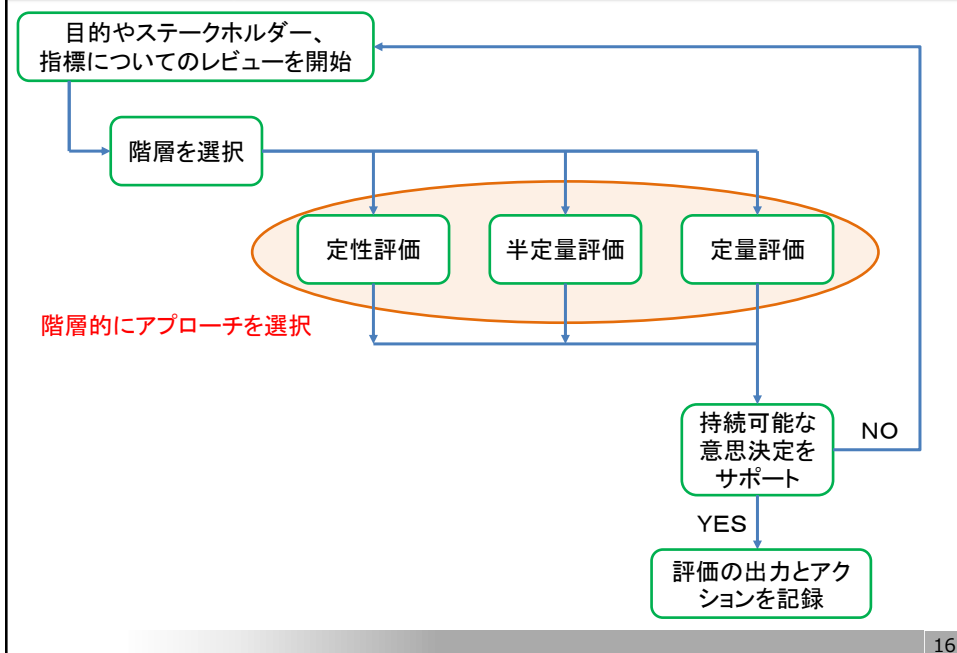
サブカテゴリーの例

カテゴリー	サブカテゴリー(例)
環境	大気
	土壌と土地の状況
	地下水と表層水
	自然資源と廃棄物
	生態系
経済	直接の費用と利益
	間接の費用と利益
	雇用と雇用資本
	プロジェクト期間と柔軟性
社会	人の健康と安全
	公平性
	近隣やサイト周辺への影響
	住民参画

出典：Paul Bardosら (2011)
CL:AIRE (2009)

15

サステナブルレメディエーションの進め方



16

定性評価の例

措置の選択肢	* メリットのある措置にマーク						
	エネルギー (CO ₂)	水質 汚染	大気 汚染	土地と 生態系	廃棄物 と資源	作業員 の安全	措置 コスト
A. 掘削除去 (埋め立て)							
B. オンサイト処理							
C. 原位置浄化							
D. 揚水曝気							
E. モニタリング							

海外では、この表を使って、ステークホルダーと方向性の打ち合わせをすることで、「サステナブルレメディエーションをやった」という場合もあり。

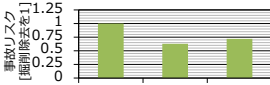
17

半定量評価の例

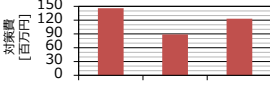
対策を予定している土壌汚染地に対する工法比較や対策方針の検討



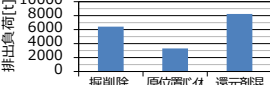
【社会側面】 簡易評価



【経済側面】

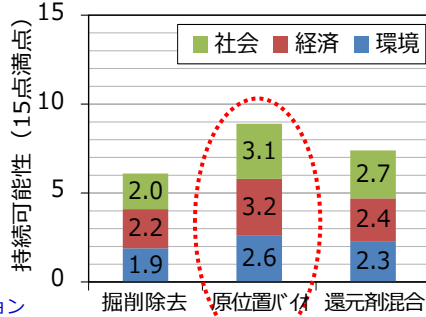


【環境側面】

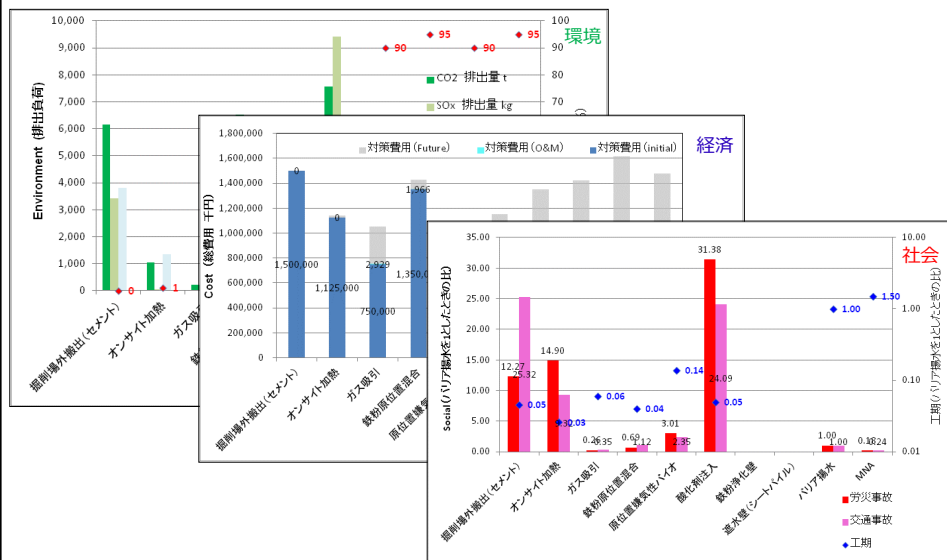


* 統合化

* オプション



定量評価の例



<http://www.takenaka.co.jp/news/2016/06/04/index.html>

世界中にさまざまな評価ツールが存在 (多くは民間企業)

発表内容

- ISO(国際標準規格) の活動
- ISOガイダンス (Guidance on Sustainable Remediation) の内容
- 適用例と進め方
- 今後の方向性

20

既往研究 SRのケーススタディ例

対象サイトの概要	汚染物質	比較対象の技術	評価項目 (カテゴリーごと)			備考 (引用)
			環境	経済	社会	
面積8.1haの廃棄物処分場	CVOC, SVOC	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削除去 - 場外搬出 ・掘削 - 場内処理戻し ・原位置電気加熱 	処理土量, 再生土量, 受入れ土量, CO ₂	-	トラック台数	<i>Nick M. Petruzzi</i>
17m厚さの帯水層、汚染源は1,600m ² と2,400m ²	BTEX	<ul style="list-style-type: none"> ・ファイトレメディエーション ・揚水処理 ・遮水壁 ・透過性浄化壁 ・自然的減衰 	除去された汚染物質	浄化期間、処理期間、総費用	-	費用対効果で評価 <i>T.Compernelle</i>
1,500m ²	BTEX	<ul style="list-style-type: none"> ・自然的減衰 ・バイオレメディエーション ・スパーキング+ガス吸引 ・揚水処理 	CO ₂ , 水量, 廃棄土壌, 井戸材料, 燃料油の消費量	直接費用、家の価格、給油所の価格、浄化期間	社会カテゴリーはすべて定性評価	遮水壁併用、MCAで統合化 <i>R.T. Gillis</i>
23,500m ³ の土壌と1.32×10 ⁶ m ³ の地下水	CVOCs	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス吸引 ・掘削除去 ・揚水処理 ・オイル注入 	エネルギー消費量、CO ₂ , NO _x , SO _x , PM ₁₀ , 処理された汚染物質の量	浄化期間	事故リスク	ツールの比較 <i>Joel.L.Kohn</i>
各技術を適用した3つのサイト	主に PAH, BTEX	<ul style="list-style-type: none"> ・固化不溶化 ・土壌洗浄 ・掘削パイル ・覆土 (リサイクル材) ・掘削場外搬出 	GHG, NO _x , SO ₂ , PM ₁₀ , 汚染物質, 運搬距離, リサイクル土壌, 使用した資源, 騒音, 浄化場所	浄化期間	健康リスク、将来の土地利用スコア、労働者の労働時間	主に定性評価 <i>Harbottle5</i>

社会や経済に関する評価は不十分

21

海外での検討事例 ステークホルダーによる評価結果の例

◆サイトでの工法比較

Site A	A 何もしない	B 原位置バイオ	C オンサイトでの 掘削-地上 処理	D 掘削-P. クラスターサイ トでの処理	E 掘削場外 搬出処理
土地所有者	64.1	57.5	50.4	49.2	51.1
近隣	34.6	35.8	42.9	40.1	40.5
ローカル ビジネス	38.4	38.5	45.8	42.3	43.3
法・規制者 (ローカル)	59.1	52.8	54.6	52.0	52.3
法・規制者 (環境局)	57.2	51.2	53.2	49.6	50.7
総合	253.4	235.8	246.9	233.2	237.9
平均	50.68	47.16	49.38	46.64	47.58

Brownfield Remediation Conference -12 Naomi Regan より

22

海外での検討事例 サイト間の比較結果の例

Site A	A 何もしない	B 原位置バイオ	C オンサイトでの掘削 -地上処理	D 掘削-P. クラ スターで処理	E 掘削場外 搬出処理
総合	253.4	235.8	246.9	233.2	237.9
平均	50.68	47.16	46.64	46.64	47.58
Site B	A 何もしない	B オンサイトでの 掘削-洗浄	C 掘削-P. クラス ターで処理	D 掘削場外搬出 処理	E
総合	253.4	254.7	236.3	248.8	
平均	50.68	50.94	47.26	49.76	
Site D	A 何もしない	B 原位置バイオ	C オンサイトでの掘削 -地上処理	D 掘削-P. クラ スターで処理	E 掘削場外搬 出処理
総合	256.5	240.2	255.5	252.2	251.9
平均	51.3	48.04	51.1	50.44	50.38

- ・4つのプロジェクトで97,000マイルの移動距離を削減
- ・109トンの二酸化炭素排出量を削減

23

国内での試算例（モデルサイト条件）



項目	適用	項目	適用
土地利用	工業専用地域	土質	ローム主体 (地下水位GL-30.0m)
掘削土量 (汚染土)	約50,000m ³	TCE 土壌溶出量	最大 130mg/L 基準 0.03mg/L
掘削土量 (非汚染土)	約110,000m ³	cis-1,2-DCE 土壌溶出量	最大2.7mg/L 基準 0.04mg/L
処理工法	生石灰混合加熱吸引	地下水汚染	なし 深部まで汚染が拡散しているため、揚水やモニタリングを対策として、考慮
処理場所	オンサイト処理 (場内)		
掘削工法 対象はGL-0~18m	オープン掘削 (一部山留め)		

古川靖英ら, 土木学会G (2013) より

24

対策技術の候補

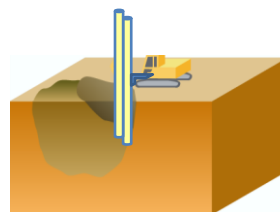
掘削除去 (セメント)



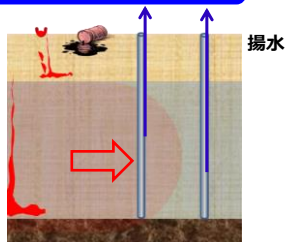
オンサイト処理 (加熱)



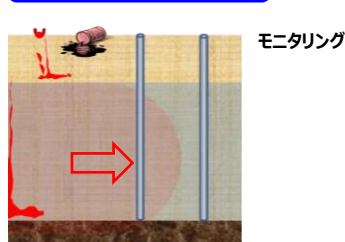
原位置浄化 (鉄粉攪拌)



地下水揚水



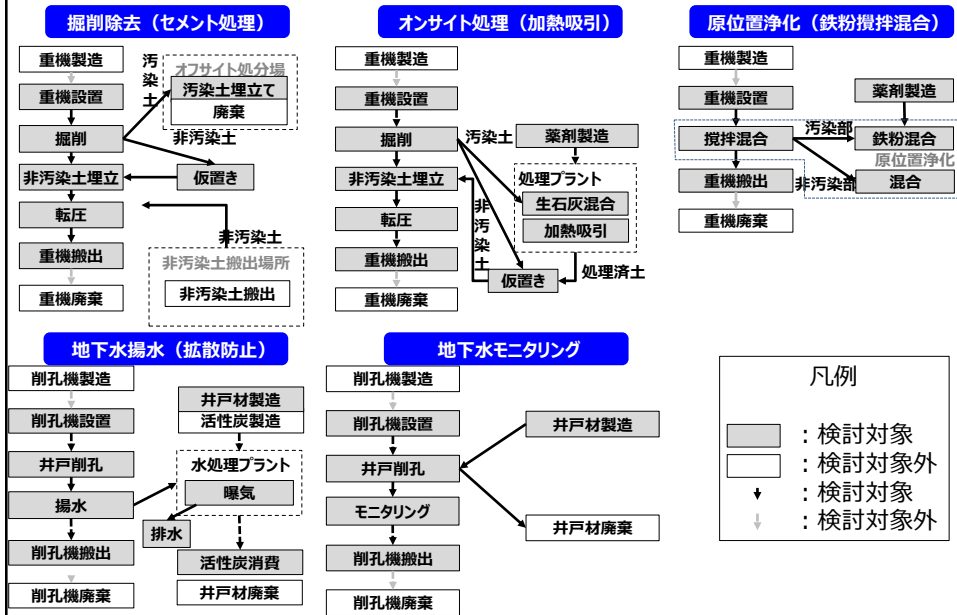
地下水モニタリング



25

STEP 1. システム境界の設定

負荷の大部分を占める重機の運搬～搬出までをシステム境界に設定



STEP 2. 判断基準 (サブカテゴリー) の選択

凡例 ○: 検討する △: 一部のみ考慮 -: 検討しない

カテゴリ	サブカテゴリー	本報告での検討範囲
環境	大気	○
	土壌と土地の状況	○
	地下水と表層水	△
	生態系	-
	自然資源と廃棄物	○
経済	直接の費用と利益	○
	間接の費用と利益	△
	雇用と雇用資本	△
	刺激される経済費用と利益	-
社会	プロジェクト期間と柔軟性	△
	ヒトの健康と安全	○
	道義と公平性	-
	近隣やサイト周辺	△
	地域コミュニティと住民参画	-
	不確実性と合理的な根拠	-

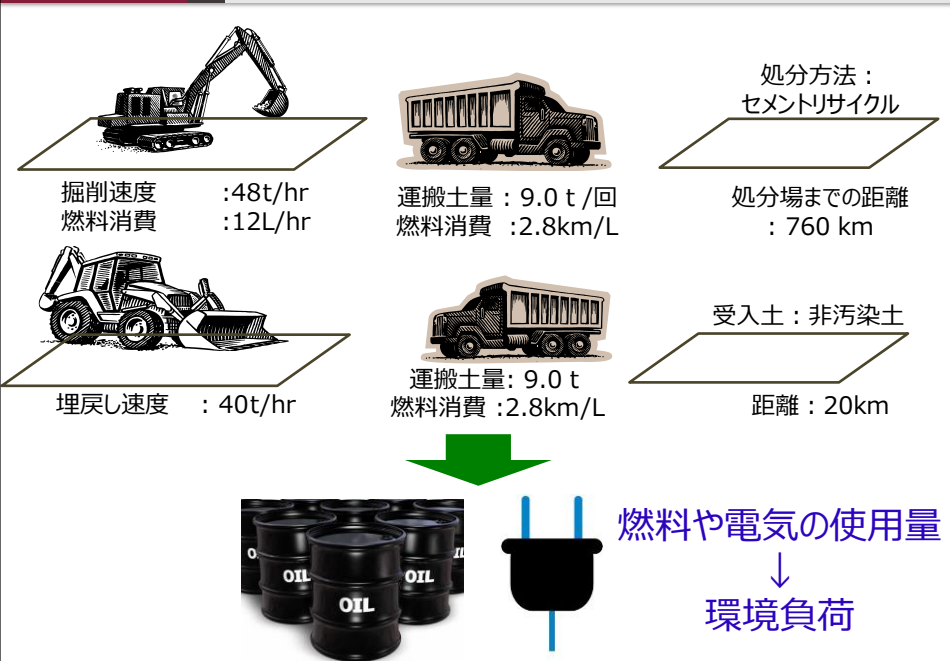
ステークホルダーと共に対象サイトで重要視されるサブカテゴリーを選択
 ⇒ 本報告では定量評価に資すること、国内状況に合わせてデータ収集が可能であることからパラメータを選択

STEP 3. 出力するパラメーターの検討

カテゴリー	SuRF-UKのサブカテゴリー	本報告で選択したパラメーター	パラメーターの選択・判断理由 (これら以外のパラメーターについては、本報告では考慮していない)
環境	大気	SO ₂ 排出量、NO _x 排出量、PM ₁₀ 排出量	一般的な大気汚染物質から措置と関係の深いものを選択
	土壌と土地の状況	CVOC濃度(地盤強度)	地盤強度は検討を行ったが、本ケーススタディで選択した措置では、原地盤と同様とするとして対象から除外。ステークホルダーが理解しやすいことからCVOC濃度は措置の除去率で考慮。
	地下水と表層水	CVOC濃度	CVOCによる地下水汚染が将来発生する想定にて試算。窒素やリン等の負荷は非考慮。
	自然資源と廃棄物	CO ₂ 排出量、廃棄物量、浄化材量	地球温暖化に関わる指標として、CO ₂ 排出量を選択。廃棄物量や浄化材料は対策に伴うものを選択し、CO ₂ 排出量に換算。
経済	直接の費用と利益	対策費用	土地売却時のスティグマは考慮しないものとし、直接関係の深い措置費用のみを選択。
	間接の費用と利益	将来の対策費用、外部費用	措置による周辺地価への影響やスティグマの影響等は非考慮。将来発生する汚染土壌の掘削除去(セメント)処理としての費用を措置費用とし、併せて、環境負荷に伴う外部費用を選択。
	雇用と雇用資本	労働時間	直接的な雇用を示すパラメーターとして、対策に伴う労働者の労働時間を使用。
	プロジェクト期間と柔軟性	プロジェクト期間	柔軟性は定量化困難であることから、検討せず。各技術固有のプロジェクト期間を固定値として使用。
社会	人の健康と安全	労働災害発生リスク、交通事故発生リスク	CVOCによる健康リスクは環境カテゴリーでのCVOC濃度とし、工事による労働災害の発生リスクと交通事故の発生リスクを選択。
	近隣やサイト周辺	(騒音、振動)	対策時に苦情のでることの多い騒音、振動を検討したが、敷地が広く、全措置で敷地境界にて騒音60dB以下、振動65dB以下であることから、本サイトでは対象から除外。

赤字の出力パラメータは国内の浄化工事で問題となることが多いため
パラメーターとして導入

試算根拠の一部



STEP 4. 各出力パラメータの算出

共通情報の入力(約20個)

各対策技術の情報入力 (各技術につき、20-30個)

投入番号	項目	数値	単位
1	対象地全体面積	3,000	m ²
2	掘削等の土工事面積	600	m ²
3	汚染対象区画面積	600	m ²
4	対象の汚染土までの平均深さ	7.5	m
5	汚染深度の平均	15.5	m
6	地下水水位までの深さ(帯水層までの深さ)	7.5	m
7	帯水層の底までの深さ	15.5	m
8	東西方向の長さ	20	m
9	南北方向の長さ	30	m
10	帯水層の間隙率	0.35	
11	透水係数	0.00041	cm/s
12	密度(土の比重)	1.85	t/m ³
13	最高汚染物質濃度(溶出)	10	mg/L
14	平均濃度(溶出)	1	mg/L
15	措置前土地価格	10,000	Yen/m ²
16	措置後土地価格	30,000	Yen/m ²
17	周辺土地価格	30,000	Yen/m ²

対策技術A

対策技術B

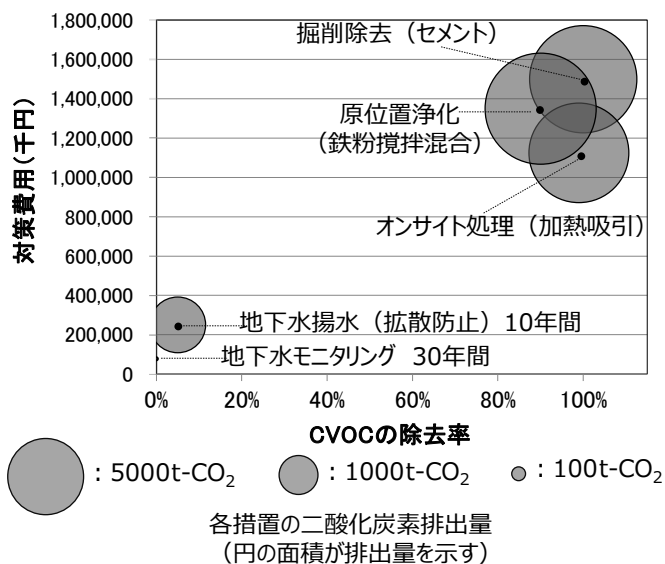
対策技術C

環境パラメータ	単位	掘削場外搬出	オンサイト加熱	鉄粉混合	バリア揚水	MNA
軽油使用量	L	54,528	21,647	46,114	13,742	3,326
使用電力量	kWh	0	19,347	70,000	1,695,060	0
PVC使用量	t	0	0	0	0.0	0.0
.....	t	0	444	0	0	0

Milca等のインベントリを用い、算出

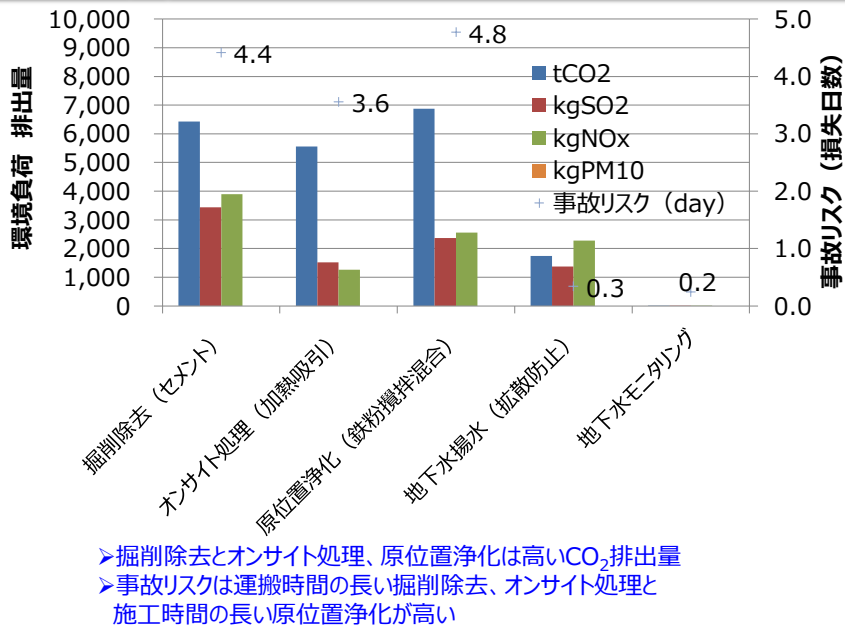
30

結果 各出力パラメータの算出結果の一部



31

結果 環境負荷および事故リスク



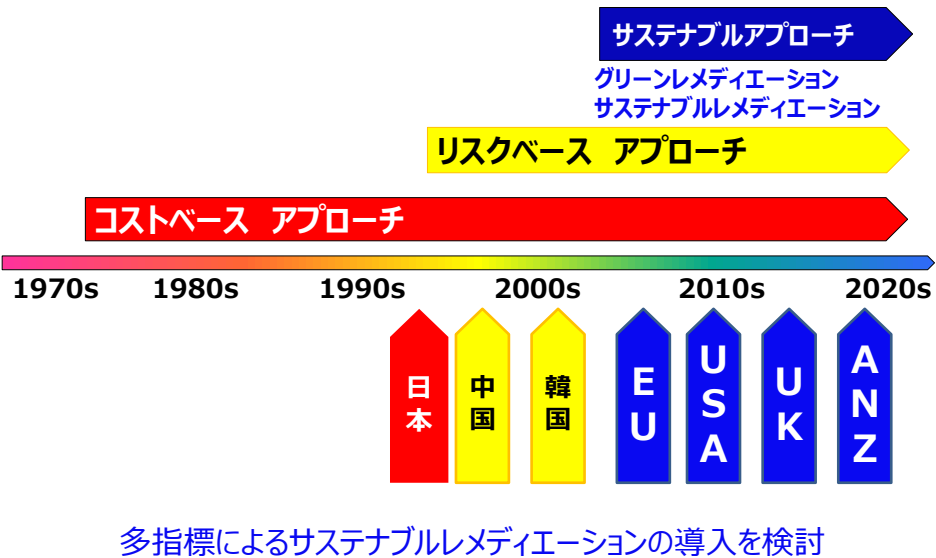
32

発表内容

- ISO(国際標準規格) の活動
- ISOガイダンス (Guidance on Sustainable Remediation) の内容
- 適用例と進め方
- 今後の方向性

33

3つのアプローチ



34

各アプローチの特徴比較

アプローチ	主に使用する主体	特徴	評価対象期間	課題
コストベースアプローチ	土地保有者	売却時の地価や対策費用により、 判断が容易	主に浄化工事の期間やモニタリング期間	地価の低い地域でのプラウンフィールドの発生には 対応困難 。
リスクベースアプローチ	行政・事業者	作業員や近隣住民のリスクを相対的に評価可能	化学物質の 暴露期間 (土地用途限定)	リスク自体の共通認識・リスクコミュニケーションが重要 。
サステナブルレメディエーション	主体は事業者 (早い段階で様々な関係者から意見収集)	化学物質以外のリスクを考慮可能 地上部の利用方式と併せて、将来の土地利用のあり方を検討	浄化～ 跡地利用を含む期間	評価指標が多数あり、 評価自体に時間が必要 。

35

サステナブルレメディエーションに残された課題

<技術的な課題>

- 評価指標が多く複雑（余計にお金がかかる）
- 予測が困難なリスクや評価項目への対処

<社会的な課題>

- 「インセンティブ（補助金や税制優遇、環境認証制度での加点）のあり・なし」が大きい
- ステークホルダー（特に地域住民や購入者）の理解が得やすい手法が必要
- 不動産価値への影響が読めない
- 必要な対策をSRによって“やらないこと”の理由”にしてはいけない



◆解決の方向性

- 標準的な出力パラメータ（評価指標）の一覧が必要
- ステークホルダーの意見集約と社会の認知と進め方
- SR導入へのインセンティブ付与（事業者にとってのインセンティブ）、跡地利用に付加価値を出せる方策、法規制や届け出による導入の検討

36

ISRAでの議論

INTERNATIONAL SURF GROUPS AND PARTNERS (www.claire.co.uk/surfinternational)

The chairs of the international Sustainable Remediation Forums (SURF) and associated partners meet on a quarterly basis to share progress and learning amongst the different networks and develop opportunities for collaboration. It is intended to help raise the awareness of the work that each group is undertaking in their different countries and help drive where appropriate.

「ブラウンフィールドがそこにあることをチャンス」と思い、
都市再生のキーゾーンと位置付ける

- SuRF Netherlands represented by Laurent Bakker and Hans Slenders www.surf-nl.com
- SuRF Italy represented by Claudio Albano www.surfitaly.it
- SuRF Brazil represented by James Henderson Brazilian Forum of Sustainable Remediation
- SuRF Taiwan represented by Colin S. Chen www.surf-taiwan.org.tw
- SuRF Colombia represented by Alfonso Rodriguez <http://surfcolombia.org/>
- SuRF Japan represented by Yasuhide Furukawa <https://staff.aist.go.jp/t.yasutaka/SuRF-JAPAN/home.html>
- NICOLE Sustainable Remediation Working Group represented by Laurent Bakker and Hans Slenders <http://20Remediation%20WG.html>
- China represented by Mengfang Chen

37