

第2回委員会における提言・要望と事務局の対応

提言・要望等の内容(要旨)	対応
<p>【川本委員長】 複数の技術の組合せについても検討すること。</p> <p>【今野委員】 20mの掘削は不可能とは言えないが、難しいし、費用がかかる。慎重に検討する必要がある。</p> <p>【江種委員】 掘削は一般的に(地下水の)不飽和帯で行われ、飽和帯は原位置浄化が適している。</p>	<p>ご提言に基づき、資料を作成した。</p>
<p>【江種委員】 評価方法、検証方法込みでの提案を求めているかがか。</p> <p>【川本委員長】 技術提案要請は、ポイントを明確に示す必要がある。 浄化土壌の有効利用など、リサイクル、資源化の視点も技術提案の項目に入れてはかがか。</p>	
<p>【築田副委員長】 浄化目標(基準、期間、費用など)検討のため、事例収集に努めること。</p>	
<p>【今野委員】 選別施設の基礎杭も断面図に表示すること。 汚水処理施設下の撤去済み廃棄物は消去すること。 地下水の流れについての資料も示すこと。</p> <p>【颯田委員】 残存埋設廃棄物の位置と量、汚染範囲、浄化対象地層などを明示する必要がある。</p> <p>【江種委員】 対象とする地層はどこまでか、明示すること。</p>	

揮発性有機化合物による汚染土壌の処理技術（事例1）

分類		技術の名称	対象	地盤	土壌（溶出量）汚染濃度 浄化効果	地下水汚染濃度 浄化効果	工法の概要
A 掘削・場外搬出、C、D併用	s	掘削除去及び生物処理法の併用	汚染サイト 浄化対象領域：約900m ² 浄化対象深度：最大深さ10m	～1.2m：盛土 ～3.1m：粘土 ～8.9m：玉石混じり砂礫 8.9m～：シルト 地下水位：3.5m	トクアロヒン：最大190mg/L トリクアロヒン：最大2.3mg/L シス-1,2-ジクロロヒン：0.40mg/L	トクアロヒン：最大18mg/L トリクアロヒン：最大0.093mg/L シス-1,2-ジクロロヒン：1.2mg/L 対策フェーズを7.5ヶ月間、対策フェーズを4.5ヶ月間実施により対策完了。	対策フェーズにおいて土壌ガス吸引、掘削除去、生物処理を実施。 掘削対象深度(1m～5m)以深の粘土層の一部に残存したVOCに対し対策フェーズとして掘削除去、ソイルラッシング、生物処理を実施。
B 掘削・場内処理施設処理	o	ホットソイルと光触媒シート	汚染サイト 浄化対象領域：100m ² 浄化対象深度：1m	記載無し	PCE(トクアロヒン)：(2週間後) <0.029mg/L <0.01mg/L	記載無し	掘出した汚染土壌に生石灰を混合して仮置きし光触媒シートで覆う。発熱により気散するVOCを光触媒の作用で酸化分解する。
	t	ホットソイル法	汚染サイト 浄化対象領域：約3,500m ² 浄化対象深度：3.5m～5.5m	～0.5m：砕石 ～3.5m：ローム ～5.5m：粘土(対象層) 5.5m～：砂混じりシルト	トリクアロヒン：<0.17mg/L シス-1,2-ジクロロヒン：<0.45mg/L 約2ヶ月間で対策完了(不検出)	記載無し	生石灰添加量：100kg CaO/m ³ 攪拌機械：自走式土質改良機
C 原位置浄化	c	バイオレメディエーション	汚染サイト 浄化対象領域：67,400m ² (工場敷地) 浄化対象深度：2m	～1.25m：埋土(礫質土) ～2m程度：砂質シルト ～8m：砂層(k=1.8×10 ⁻³ cm/s) 地下水位：1～2m程度	トリクアロヒン：最高0.14mg/L シス-1,2-ジクロロヒン：最高0.20mg/L	トリクアロヒン：最高0.18mg/L シス-1,2-ジクロロヒン：最高0.27mg/L	稼働中の工場であるため掘削処理困難、揚水処理は濃度が低いため非効率と判断し、本工法を採用(試験施工済み)
	g	斜め井戸を用いた浄化剤(スリ-状鉄粉)注入	汚染サイト 浄化対象領域：半径5mの円形領域 浄化対象深度：帯水層(砂礫)の飽和帯領域	～2m：埋土 ～10m：砂礫(k=約10 ⁰ cm/sec) 地下水面：深さ2.5m	PCE(トクアロヒン)： <0.001～0.07mg/L (6週間後)<0.001～0.1mg/L	PCE(トクアロヒン)：0.3～0.8mg/L <0.01mg/L	スリ-状の鉄粉を飽和層に注入し、還元反応領域を作成してVOCを還元分解する。
	h	酸化剤併用多孔間循環型浄化	汚染サイト 浄化対象領域：1500m ² の台形領域 浄化対象深度：帯水層(粗砂・砂礫)の飽和帯	～2m：盛土 ～4m：粘性土 ～7m：粗砂・砂礫(k=10 ⁻² ～10 ⁻³ cm/s) 7m～：粘性土 地下水面：2.5m	PCE(トクアロヒン)：<0.001～4.3mg/L TCE(トリクアロヒン)：<0.003～1.3mg/L cis-1,2-DCE(シス-1,2-ジクロロヒン)<0.004～0.64mg/L	PCE(トクアロヒン)： <0.001～0.087mg/L (54日間後)<0.001～0.017mg/L TCE(トリクアロヒン)： <0.003～0.32mg/L (54日間後)<0.003～0.015mg/L cis-1,2-DCE： <0.004～51mg/L (54日間後)<0.004～0.18mg/L	酸化剤(H ₂ O ₂)を飽和層に注入し、地盤中に存在する第一鉄を利用したFenton反応により土壌及び地下水中のVOCを分解する。
	i	コロイド鉄粉溶液(CI剤)注入	汚染サイト 浄化対象領域：95m ² 浄化対象深度：汚染層厚2.7m	(k=約10 ⁻⁴ cm/sec程度のシルト層まで施工可能)	記載無し	TCE(トリクアロヒン)： 7.5mg/L (1週間後)<0.03mg/L	スリ-状の鉄粉を飽和層に注入し、還元反応領域を作成してVOCを還元分解する。
	l	過酸化水素水注入法	汚染サイト 浄化対象領域：1,050m ² (工場敷地) 浄化対象深度：3m～10m(土壌) 14m(地下水)	～2m：シルト混じり砂礫(埋土) ～3m：シルト ～8m：砂礫主体(k=2×10 ⁻² cm/s) 8m～：シルトを含む細砂・砂礫 地下水位：2m～3m	トクアロヒン：約9倍×環境基準値 トリクアロヒン：約2.5倍×環境基準値 シス-1,2-ジクロロヒン：	トクアロヒン：0.14 mg/L トリクアロヒン：0.32 mg/L シス-1,2-ジクロロヒン：0.46 mg/L 6ヵ月後、3項目共環境基準適合	稼働中の工場において地盤中に0.5～2%濃度のH ₂ O ₂ を注入。地盤中に自然に存在する鉄分を利用するVOCの酸化分解法。
	n	金属触媒+酸化剤の混練法と酸化剤注入法の併用	汚染サイト 浄化対象領域：5,300m ² (工場跡地) 浄化対象深度：10m	～2m：粘性土主体の埋土 ～7m：砂質シルト ～10m：シルト質細砂 10m～：粘土層 地下水位：0.5～1.5m	トクアロヒン：最高49 mg/L シス-1,2-ジクロロヒン：最高40 mg/L 9ヵ月後、2項目共環境基準適合	記載無し	金属触媒と酸化剤を土壌に混練する原位置浄化法と地下水に酸化剤を注入する原位置浄化法を併用した。 混練法には攪拌翼2mの大型機を使用、施工後の地盤強度低下が課題。
	q	深層混合処理工法による酸化鉄と固化材の混合攪拌	汚染サイト 浄化対象領域：15m×15m 浄化対象深度：2.5m～5m	～1.7m：埋土 ～4.2m：ローム 4.2m～凝灰質粘土 地下水面：8m	PCE(トクアロヒン)： <0.001～0.046mg/L (4週間後)<0.007～0.021mg/L	記載無し	酸化鉄系のVOC汚染土壌浄化薬剤と石膏系固化材及び水を混合したスリ-を汚染土に注入・攪拌してVOCの分解と地耐力の確保を図る。
r	鉄粉法と地盤加熱法の併用	汚染サイト 浄化対象領域：277.5m ² 浄化対象深度：最大深さ10m	～4.5m：砂・シルト質砂 ～5.9m：シルト ～8.5m：砂・シルト質砂 8.5m～：シルト	トクアロヒン：230mg/L トリクアロヒン：49mg/L シス-1,2-ジクロロヒン：12mg/L 鉄粉法実施終了から150日経過で環境基準適合	記載無し	局所的に油汚染が存在。80%の土壌については鉄粉法で環境基準値を達成し、残り20%(5m×5m、最大深さ10m)について地盤加熱法を適用。スチーム注入は約250時間。	

揮発性有機化合物による汚染土壌の処理技術（事例2）

分類		技術の名称	対象	地盤	土壌（溶出量）汚染濃度 浄化効果	地下水汚染濃度 浄化効果	工法の概要
C 原位置浄化、A、B併用	m	ウォータージェットによる鉄粉の混合を用いた地下水浄化	汚染サイト 浄化対象領域：500m ² 浄化対象深度：7.1m～9.5m	～6m：砂 ～7.5m：細砂 ～9.5m砂（k=5×10 ⁻² cm/s） 9.5m～：粘土 地下水位：7.1m	記載無し	テトラクロロエチレン：0.14 mg/L 10日間以上経過後に、鉄粉混合体内部・下流側で環境基準値以下。	鉄粉混合量を室内試験から設計した結果の妥当性と、ウォータージェット工法により均質に混合できているか検討するための試験施工である。1本の注入工で3m程度の鉄粉混合体を作成された。
C 原位置浄化、D併用	a	水平井を用いたバイオスパーキング	実証サイト 浄化対象領域：20m×12m 浄化対象深度：7m～3m(地下水面)	～4m程度：盛土 ～9.5m程度：細砂・シルト混じり細砂（k=約10 ⁻³ cm/sec） 9.5m程度～：粘性土	ベンゼン：（3ヶ月後） <0.001～0.038mg/L <0.001mg/L （対象深度外で0.59mg/L 0.094mg/L 、対象領域外で最大4mg/L）	ベンゼン：1.6mg/L	飽和層に空気及び栄養塩を注入することにより、土壌・地下水からベンゼン等VOCを分離・除去するバイオスパーキングと、土着微生物の好気分解を促進させる効果を併せて浄化を行なう。
	j	土壌ガス吸引法と微生物分解法併用	汚染サイト 浄化対象領域：420m ² 浄化対象深度：8m	記載無し	記載無し	TCE(トリクロロエチレン)：0.8mg/L 概ね1年間<0.01mg/L cis-1,2-DCE：36mg/L 概ね1年間<0.001mg/L	不飽和層の汚染土壌浄化を土壌ガス吸引法により、汚染地下水浄化を飽和層に薬剤を注入する微生物分解法により浄化する。
	k	原位置バイオ処理	汚染サイト 浄化対象領域：15,000m ² (工場跡地) 浄化対象深度：3m～12mの範囲	～6m：第一帯水層 ～8m：シルト 8m～：第二帯水層	ベンゼン：最高26mg/L (16ヵ月後)0.3 mg/L	ベンゼン：最高85.6mg/L (14ヵ月後)0.0001 mg/L	上部3mまでは掘削・浄化済み。バイオスパーキング井戸から栄養剤を注入し、揚水は曝気処理。
D 原位置抽出	b	水平井を用いたスパーキング	汚染サイト 浄化対象領域：半径15mの円形領域 浄化対象深度：4.5m～1m(地下水面)	～13m程度：細砂	PCE(テトラクロロエチレン)：<0.0012～2.000mg/L (10週間後)<0.0012～0.008mg/L TCE(トリクロロエチレン)：<0.0012～0.230mg/L (10週間後)<0.0012～0.003mg/L	PCE(テトラクロロエチレン)：33mg/L TCE(トリクロロエチレン)：26mg/L	飽和層に空気を注入することにより、地下水中のVOCの気化を促進し、不飽和帯に設けた井戸から汚染物質を含むガスを吸引する。
	d	ウェルポイント工法等を用いた揚水と気散処理	汚染サイト 浄化対象領域：(工場敷地の一部) 浄化対象深度：8m	～7mないし8m付近：盛土・埋土、沖積砂質層	記載無し	1,1-ジクロロエチレン： テトラクロロエチレン： トリクロロエチレン： シス-1,2-ジクロロエチレン：最高87mg/L 3ヵ月後44 mg/L	稼働中の工場である。揚水は地表下7mないし8m付近までの地下水を対象としている。(実施中)
	e	地下水揚水・曝気処理	汚染サイト 浄化対象領域：11,500m ² (工場敷地) 浄化対象深度：6m	～1mないし2m：埋土・浚渫土 ～11m：シルト (k=26～5.2×10 ⁻⁴ cm/s)	トリクロロエチレン：最高0.092mg/L シス-1,2-ジクロロエチレン：最高1.0mg/L	1,1-ジクロロエチレン：最高0.055 mg/L 1,1,1-トリクロロエチレン：最高0.002 mg/L トリクロロエチレン：最高31 mg/L シス-1,2-ジクロロエチレン：最高41mg/L	地下水揚水により、汚染地下水が敷地外へ拡散することの防止を第一とし、揚水した地下水は曝気処理を行なっている。
	f	地下水揚水・曝気処理	汚染サイト 浄化対象領域：2,000m ² (工場跡地) 浄化対象深度：4m	～1m：盛土 ～3m：洪積粘性土層 ～8m：洪積礫質土 8m～第三紀礫質土 地下水位：6m～12m	テトラクロロエチレン：最高0.22mg/L 1,1,1-トリクロロエチレン：5.2mg/L 1,1-ジクロロエチレン：0.071mg/L	トリクロロエチレン：最高0.028mg/L テトラクロロエチレン：最高0.051mg/L シス-1,2-ジクロロエチレン：最高0.016mg/L	平面二次元浸透流解析を行なって最適な井戸配置(バリア井戸、揚水井戸)を決定。建物等の撤去が可能となる時期に、土壌の除去を計画。
	p	ウォータージェットを利用した超高压水による地層洗浄	汚染サイト 浄化対象領域：4m×4m 浄化対象深度：7m	～4m：ローム ～6m：凝灰質粘土 ～8m：細砂 8m～：粘性土 地下水面：6m	PCE(テトラクロロエチレン)：（1日後） <0.001～0.43mg/L <0.001mg/L	記載無し	高压水(200Mpa)により汚染地層を切削・破壊して土粒子を細粒化し、その後20Mpaの洗浄水で汚染地層を洗浄して揚水し、揚水中のVOCを曝気・活性炭吸着する。

出典：

a, b, g, h, p, q：「平成15年度低コスト・低負担型土壌汚染調査対策技術件当初」対象技術の評価について（環境省）

i, j, o：「第3回土壌汚染処理技術フォーラム」（東京都）

c, d, e, f, k：「土壌及び地下水汚染対策検討委員会資料」（名古屋市）

l, m, n, r, s：「地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会」（社）土壌環境センター、(社)日本水環境学会、日本地下水学会、廃棄物学会）

t：H社ホームページ