



EDCによる国内外におけるVOC汚染浄化の浄化実績

「2007土壌・地下水浄化技術展」 「出展製品・技術発表会」

2007年9月12日 東京ビッグサイト

 エコサイクル株式会社



EDC製品とは

- 現場に生息している嫌気性微生物を利用して汚染を浄化する技術（バイオレメディエーション）。
- 食品材料で構成され、汚染の浄化に関わる微生物群の栄養源（餌）となる。
- 嫌気性微生物が活動しやすい環境（嫌気状態）を整え、嫌気性微生物による汚染浄化を促進する。



VOCsバイオ浄化剤



六価クロムバイオ浄化剤

EDC工法と浄化実績

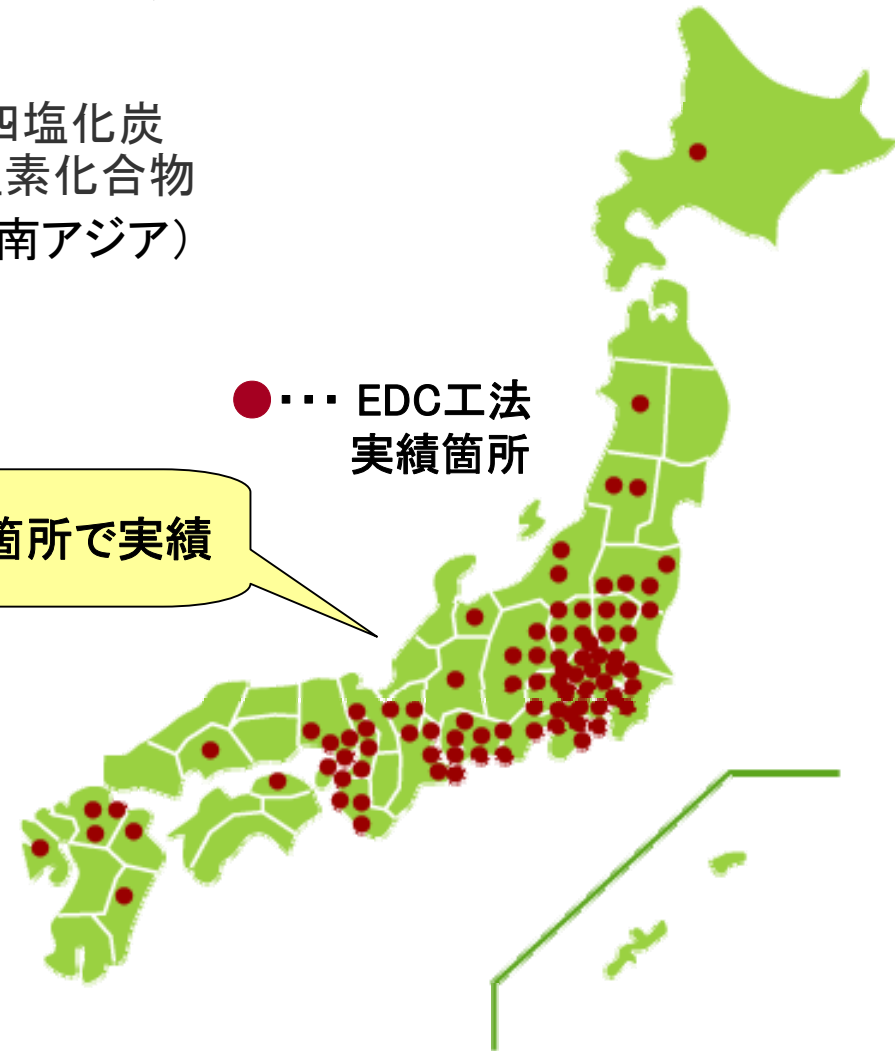
EDC(VOC用)

- 対象物質: テトラクロエチレン、トリクロエチレン、四塩化炭素、ジクロロメタン、トリクロエタンなどの有機塩素化合物
- 日本、海外でも実績(アメリカ、インド、東南アジア)
- 濃度: 最大340mg/Lでも実績あり
- 土質: 砂礫～粘性土まで
- 規模: 最大700万 m^3 の実績あり

EDC-M(六価クロム用)

- 対象物質: 六価クロム
- 日本、インドで実績
- 濃度: 最大50mg/L
- 土質: 砂礫～粘性土まで

国内約100箇所で実績



本日のトピックス

- バイオレメディエーションによる浄化が困難とされている条件におけるEDC適用事例

エコサイクル株式会社 前田 信吾

- 難透水性土壌等へのEDC適用事例

新日本グラウト工業株式会社 川上 嘉充

- バイオ浄化剤の性能比較～海外での事例

GZA Geoenvironmental Inc. I. Richard Schaffner

一般的にバイオレメディエーションが困難とされている条件におけるEDCの適用事例紹介

バイオ浄化適用が困難な条件と課題

① VOCs濃度が高い

10mg/L程度が限界とされてきた。

② 硫酸イオン(SO₄²⁻)濃度が高い

VOCs、特に *cis*-1,2-ジクロロエチレン浄化が難しい。

③ 海岸地帯

淡水域と微生物叢が異なる為、浄化が難しい。

④ DHC菌(*Dehalococcoides* sp.)未検出

事前評価で不安が残る。

⑤ 難透水性土壌(シルト、粘土)

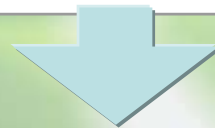
浄化剤を注入、拡散させることが難しい。

EDCによる高濃度VOCs汚染の浄化事例

バイオ浄化では、高濃度VOCs汚染の対策とならないのでは？

一般的に10mg/Lを超える場合には適用が困難とされている。

- ・VOCs分解に有効な微生物(耐性菌)がないのでは？
- ・VOCs分解にとっても長い期間が必要では？

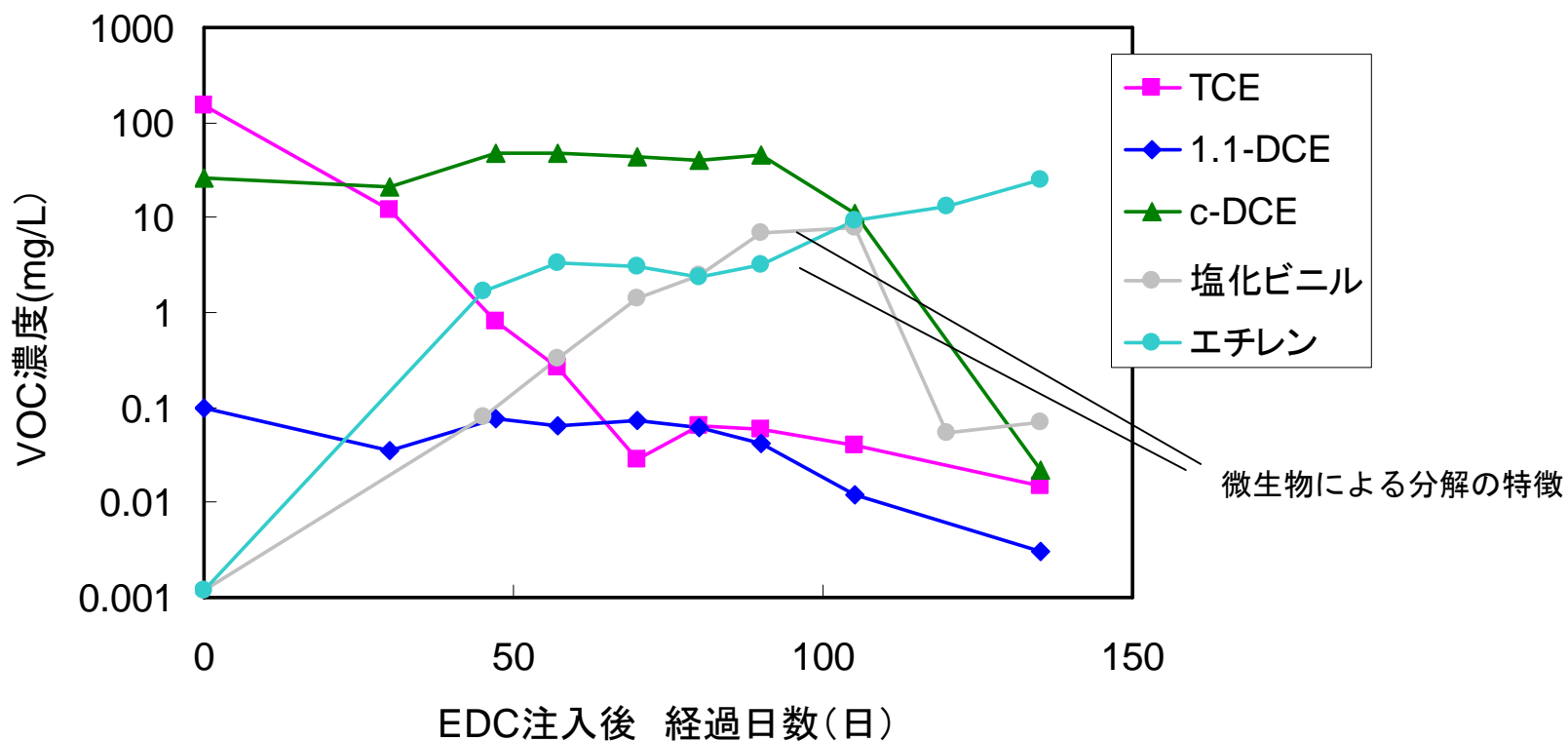


EDCは高濃度VOCs(100mg/L)にも対応できます。

EDCによる高濃度VOCs汚染の浄化事例-事例①

事例①

- ・粘性土
- ・加熱吸引法適用後
- ・EDCを井戸から定期的に注入



★100mg/l超の汚染を約4ヶ月で環境基準以下まで低減することができた。

MINDECO 提供

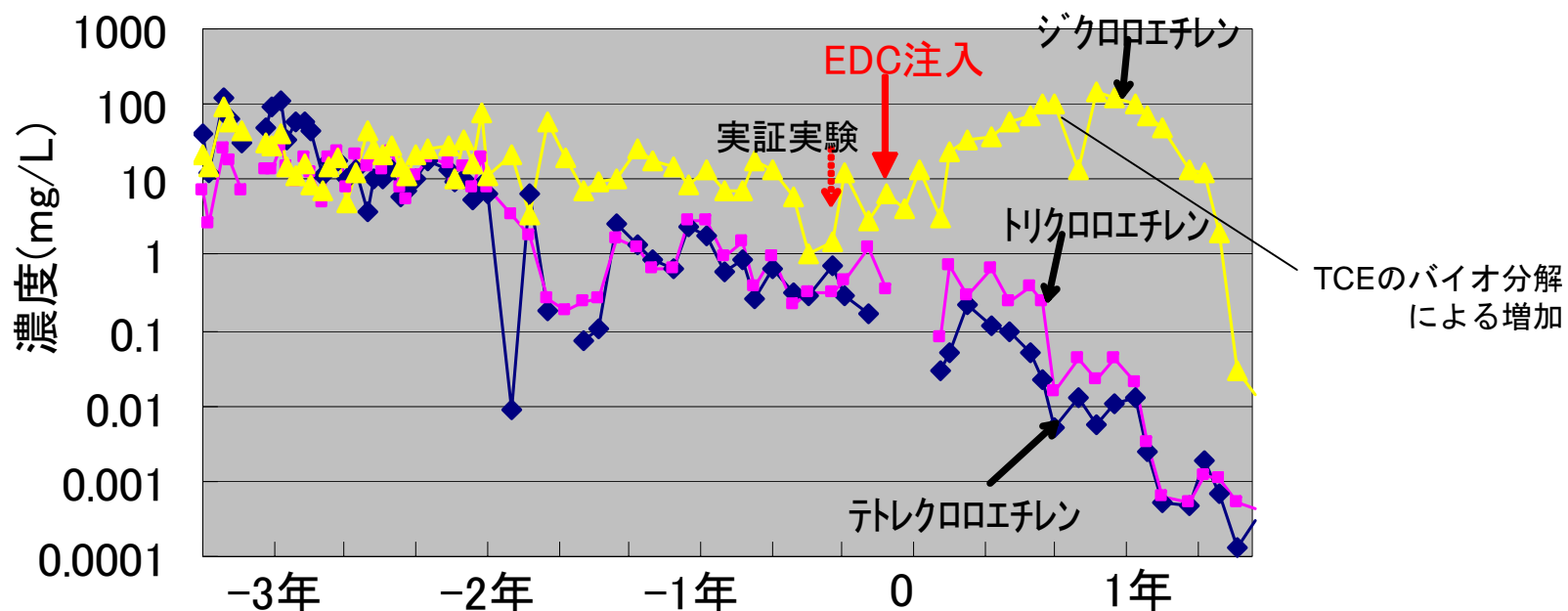
EDCによる高濃度VOCs汚染の浄化事例-事例②

事例②

土質:シルト

汚染物質:テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ジクロロエチレン

汚染濃度:環境基準の数千倍

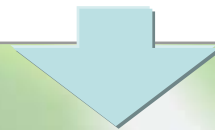


モニタリング井戸におけるテトラクロロエチレン濃度などの推移

高SO₄²⁻濃度地におけるVOCs浄化

硫酸イオンが高濃度の場合は・・・

- 硫酸イオンが障壁となり強い嫌気状態を作ること、維持することが困難になる。
- VOCs、特に強い嫌気状態を必要とするc-DCEの分解が進まない。



EDCは硫酸イオンが高濃度の場合にも対応できます。

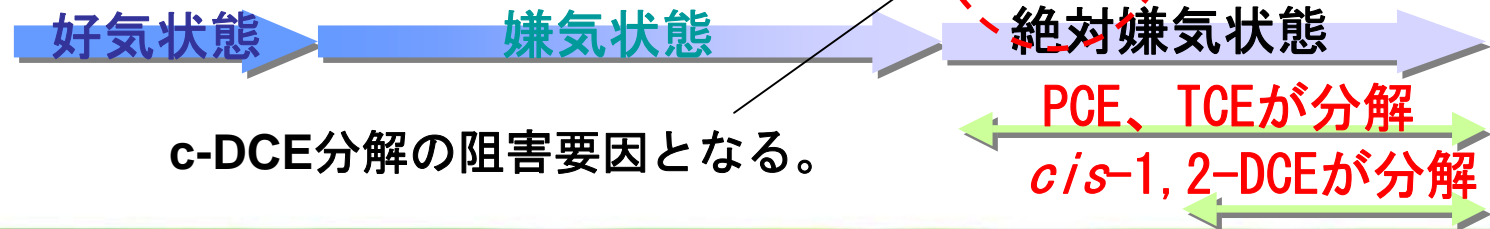
高SO₄²⁻濃度地におけるVOCs浄化

高SO₄²⁻がVOCsの浄化に及ぼす影響

一般的に地下水に栄養源を注入すると、**栄養源を餌**として、種々の微生物の増殖が進む。この時、**各電子受容体を呼吸として消費する**。各電子受容体の消費により、嫌気性状態(ORP値の低下)が形成され、嫌気性微生物の増殖しやすい状態になる。嫌気性微生物が増殖、活性化されることにより、VOCsの分解が始まる。しかし、**高SO₄²⁻濃度域などのVOCs汚染地**では、嫌気性状態を形成、維持することが難しい。

電子受容体と酸化還元電位(ORP)

電子受容体	O ₂ (好気呼吸)	Mn(IV)	NO ₃ ⁻	Fe(III)	SO ₄ ²⁻	CO ₂ (CH ₄ 生成)
酸化還元電位 (ORP:mV)	+1,000~0	+500 ~0	+300~ -100	+50~ -500	-100~ -700	-300~ -900



c-DCE分解の阻害要因となる。

PCE、TCEが分解
cis-1, 2-DCEが分解

高SO₄²⁻濃度地におけるVOCs浄化-事例

現地試験

- 条件：（深度）4m区間、（土質）砂～砂礫
- 方法：半径3mを試験区画としてEDC/EDC-Eを125kg注入。
注入井戸から3m離れた観測井戸で定期水質分析
- 結果：

	初期値	60日後
TCE	0.2mg/L	<0.03mg/L
c-DCE	0.04mg/L	<0.04mg/L
硫酸イオン	2,000mg/L	N.D.

★高硫酸イオンのVOCs汚染地において
硫酸イオンの低減効果とVOCsの浄化を確認

海岸付近におけるVOCs浄化

海岸域の場合

- 塩分濃度が高く淡水域と微生物叢が異なる。
→ 有効微生物が少ない？
- 海水に含まれる硫酸イオンによりVOCsの分解が阻害される。



EDCは海岸域においても有効です。

海岸付近におけるVOCs浄化-事例

■ サイト情報:

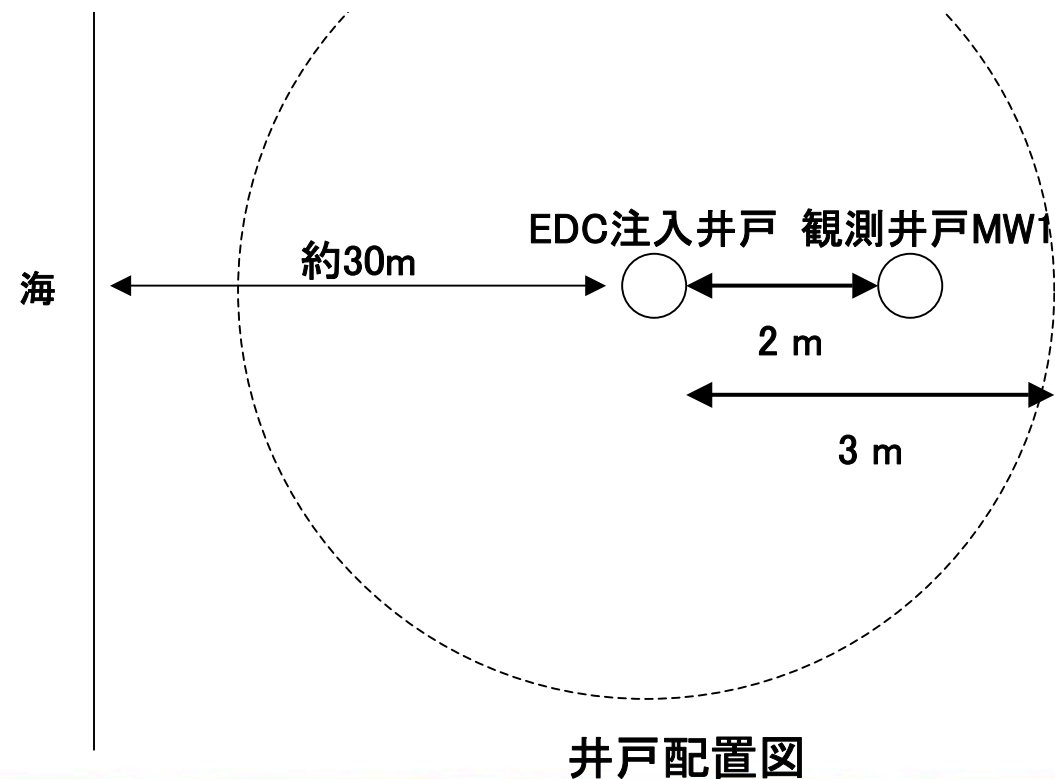
- ・海岸埋立地
- ・海から20~30mの地点
- ・土質:埋土(シルト)

■ 水質:

- ・四塩化炭素:0.1mg/L
- ・塩分量:18g/L
- ・ SO_4^{2-} :530mg/L

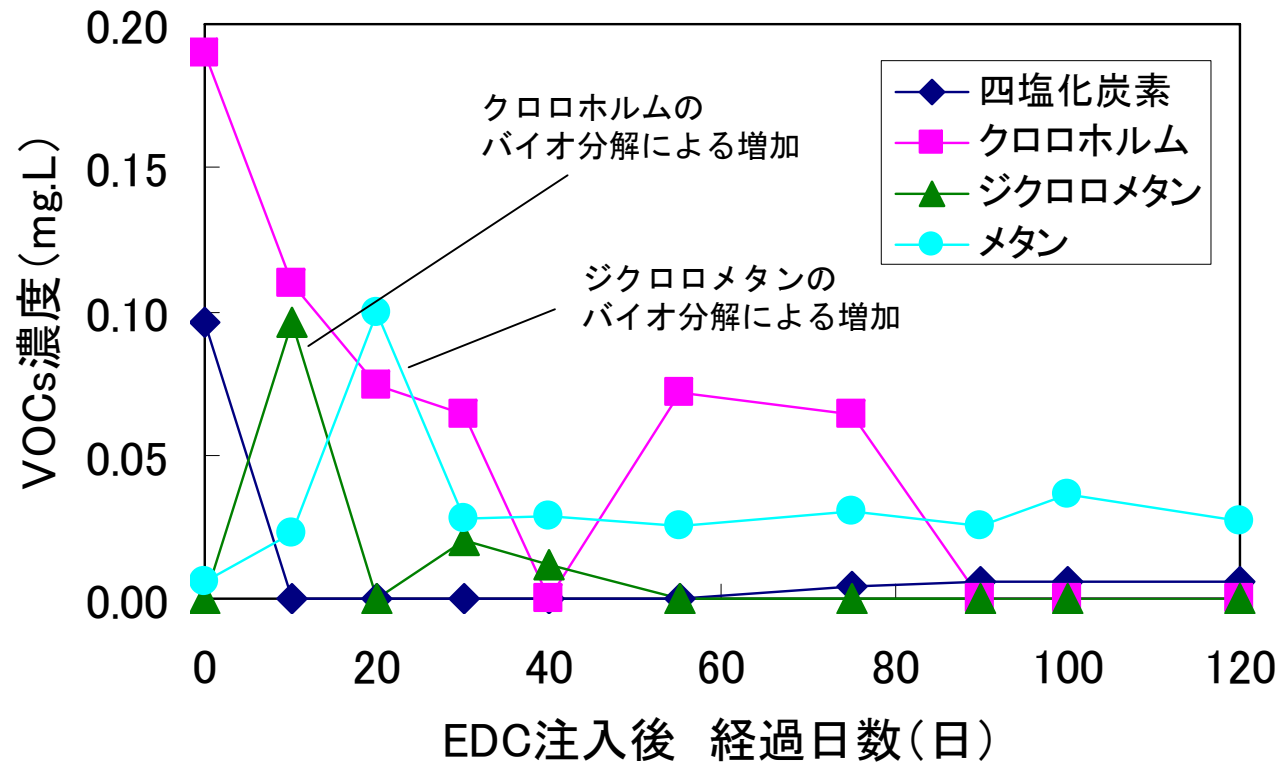
■ 試験設計:

対象深度2m、半径3mに対してEDC/EDC-E 75kgを注入



海岸付近におけるVOCs浄化-事例

■結果：観測井戸MW1（注入井戸から2m）



★沿岸部においてVOCsの浄化効果を確認

デハロコッコイデス属菌 (DHC菌) が未検出

事前調査でDHC菌が未検出の場合

- ・有効微生物がいなければ、バイオ浄化できないのでは？

DHC菌が少ない

DHC菌定量 (リアルタイムPCRによる16srDNA遺伝子定量) の下限以下

EDCは少ないDHC菌を
短期間で増殖させます。

DHC菌がない

未知のVOC分解微生物
の存在の可能性

DHC菌が検出されなくても
VOCsを浄化した事例があります。

デハロコッコイデス属菌 (DHC菌) とは

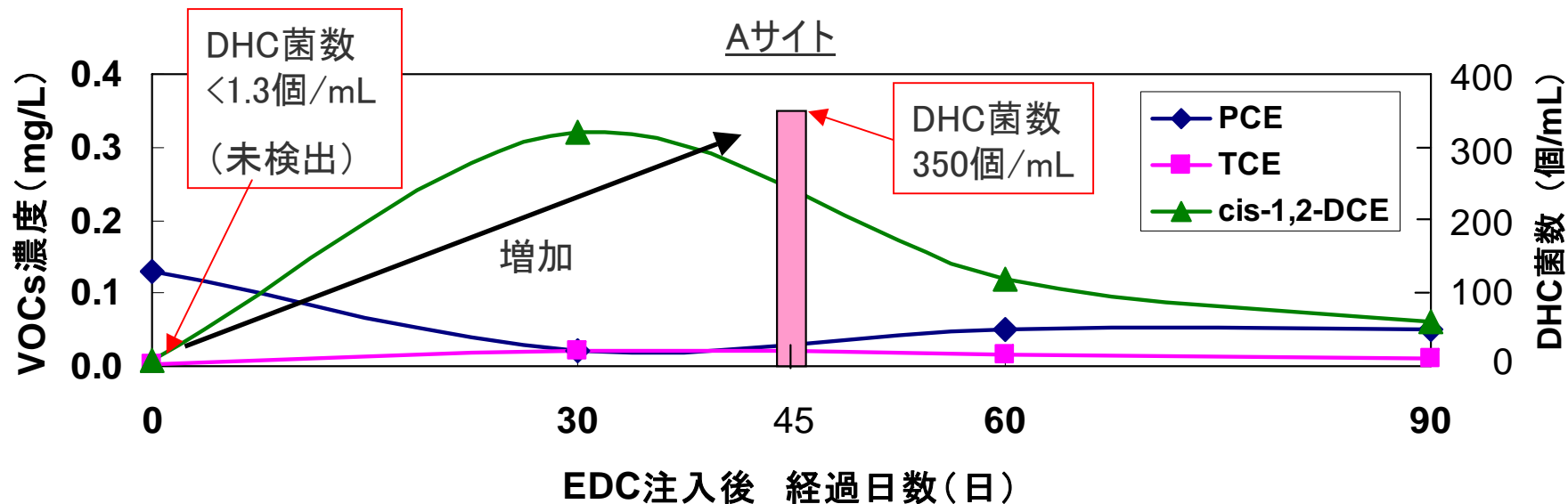
○・・・酵素を持つ

VOCs分解に有効な嫌気性微生物		PCE	TCE	<i>cis</i> -1, 2-DCE	VC
DHC菌	<i>Dehalococcoides ethenogenes</i> 195	○	○	○	×
	<i>Dehalococcoides</i> sp. FL2	×	○	○	×
	<i>Dehalococcoides</i> sp. BAV	×	×	?	○
	<i>Dehalobacter restrictus</i>	○	○	×	×
	<i>Dehalospirillum</i> sp.	○	○	×	×
	<i>Dehalospirillum multivorans</i>	○	○	×	×
VOCs分解菌	<i>Desulfitobacterium</i> sp.	○	○	×	×
	<i>Desulfomonile tiedjei</i>	○	○	×	×
	<i>Desulfuromonas</i>	○	○	×	×
	<i>Desulfuromonas chloroethenica</i>	○	○	×	×
	<i>Desulfitobacterium dehalogenans</i>	○	×	×	×
	<i>Desulfitobacterium</i> strain PCE1	○	×	×	×
	<i>Desulfitobacterium</i> strain PCE-S	○	○	×	×

人類が特定できている微生物は全体の5%であり、残りの95%は未知である。これら以外にもVOC分解に有効な微生物、微生物群はいるものと考えられる。

EDC工法とVOCs分解微生物

■DHC菌が少ない場合



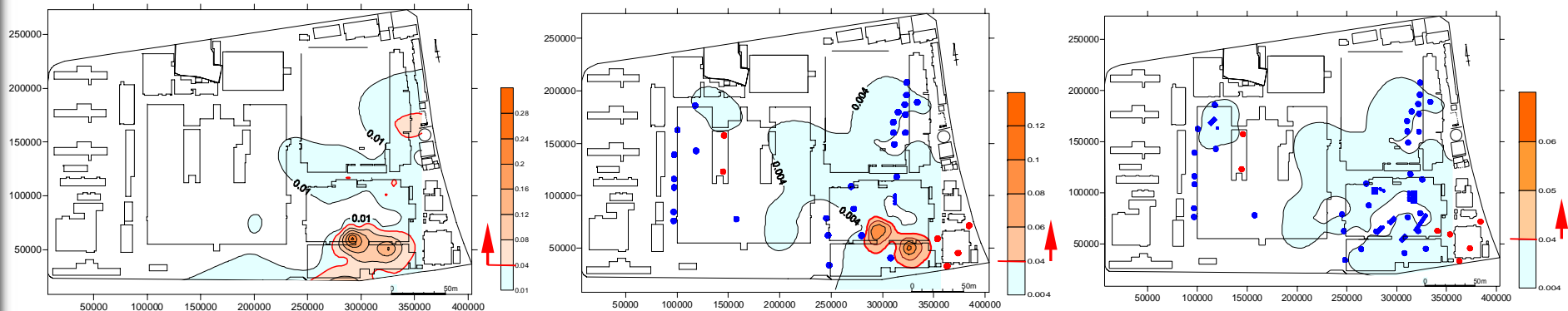
浄化剤注入後		0日後	45日後	60日後	90日後	増殖率
Bサイト	DHC菌数	<40個/mL	200個/mL	-	-	5倍以上
Cサイト	DHC菌数	<70個/mL	<70個/mL	450個/mL	<70個/mL	6倍以上

★DHC菌定量法(リアルタイムPCRによる16srDNA遺伝子定量)の下限の問題により少数のDHC菌を定量することができない。

EDC工法とVOCs分解微生物

■DHC菌が検出されない場合

cis-DCE濃度変化



2004.1.30(事前調査結果)

2004.12.17(第三工区浄化確認時)

2006.1.31(第二工区浄化確認時)

DHC菌数
<2個/mL
(検出せず)

DHC菌数
<2個/mL
(検出せず)

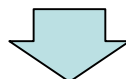
2年間のモニタリングで
浄化完了を確認

★DHC菌以外のVOCs分解菌が浄化に寄与した可能性。

(人類が把握している微生物は全体のわずか5%)

現地小規模試験による適用性評価

あるサイトにおいてEDCの効果があるのか？



エコサイクル社は、現地での小規模試験を推奨いたします。

■高難易度条件におけるEDC適用性を確認できる

現場固有の要因（高濃度VOCs、硫酸イオン、塩分、その他）を考慮して浄化剤の適用性を評価できる。

■VOC分解微生物の存在を確認できる

DHC菌の有無、また初期の個数によらず
c-DCEの分解生成物である塩化ビニル、エチレンの検出により
有効微生物の存在を確認することができる。

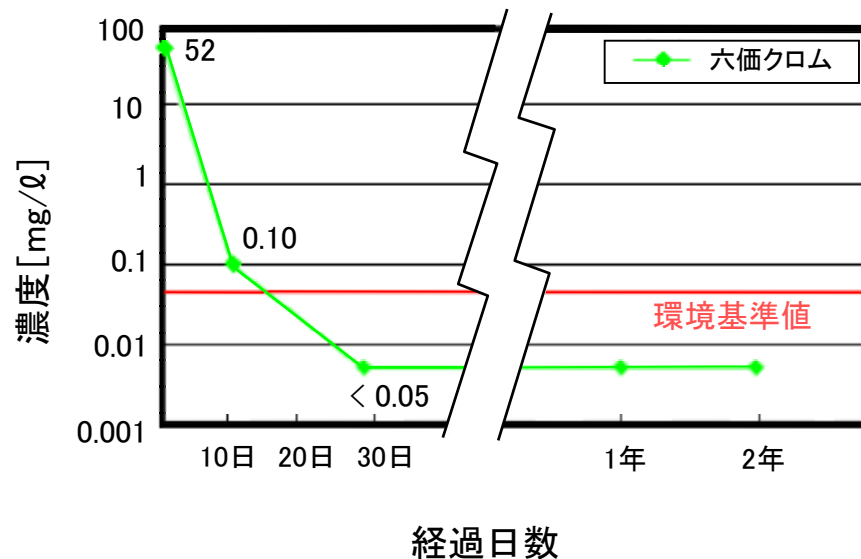
■浄化施工における最適設計のためのデータを収集できる

実際の施工現場で試験するため、地質・水理を加味した精度の高い
設計データを得ることができる。

六価クロムバイオ浄化剤EDC-Mの実績

事例①: 52mg/Lの高濃度汚染

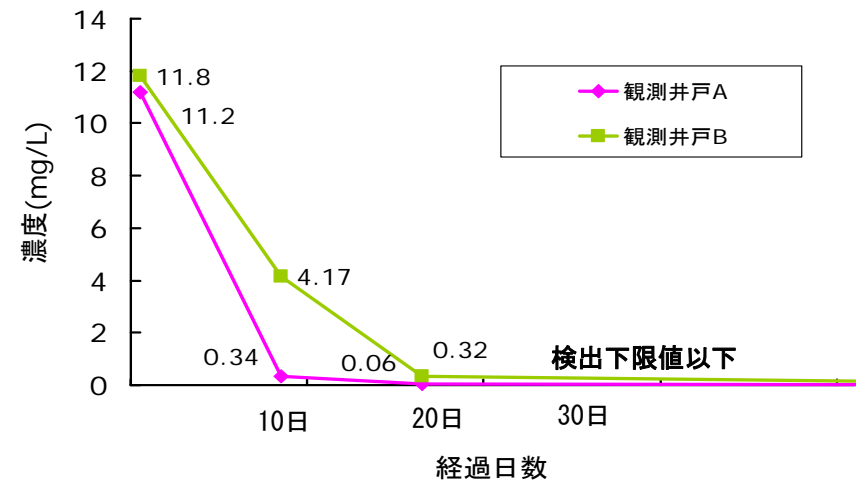
- EDC-M を水に溶かし注入したところ、30日間で六価クロム(初期濃度52 mg/ℓ)が環境基準以下となりました。



※ 2年経過現在も六価クロムに戻ることはなく安定しております。

事例②: 海外での事例

- EDC-M を六価クロム汚染地下水(初期濃度11.8mg/ℓ)に注入後、分析下限以下(0.005mg/ℓ)となりました。
※本プロジェクトはインド環境森林省管理下のサイトで行われました。



本展示会に出展しておりますので、ご質問等がございましたらお気軽に弊社ブースまでお越し下さい。

ご清聴有難うございました。

