

## I - A

# デハロコッコイデス属細菌UCH007株を用いる 塩素化エチレン類で汚染された 地下水の浄化技術の開発



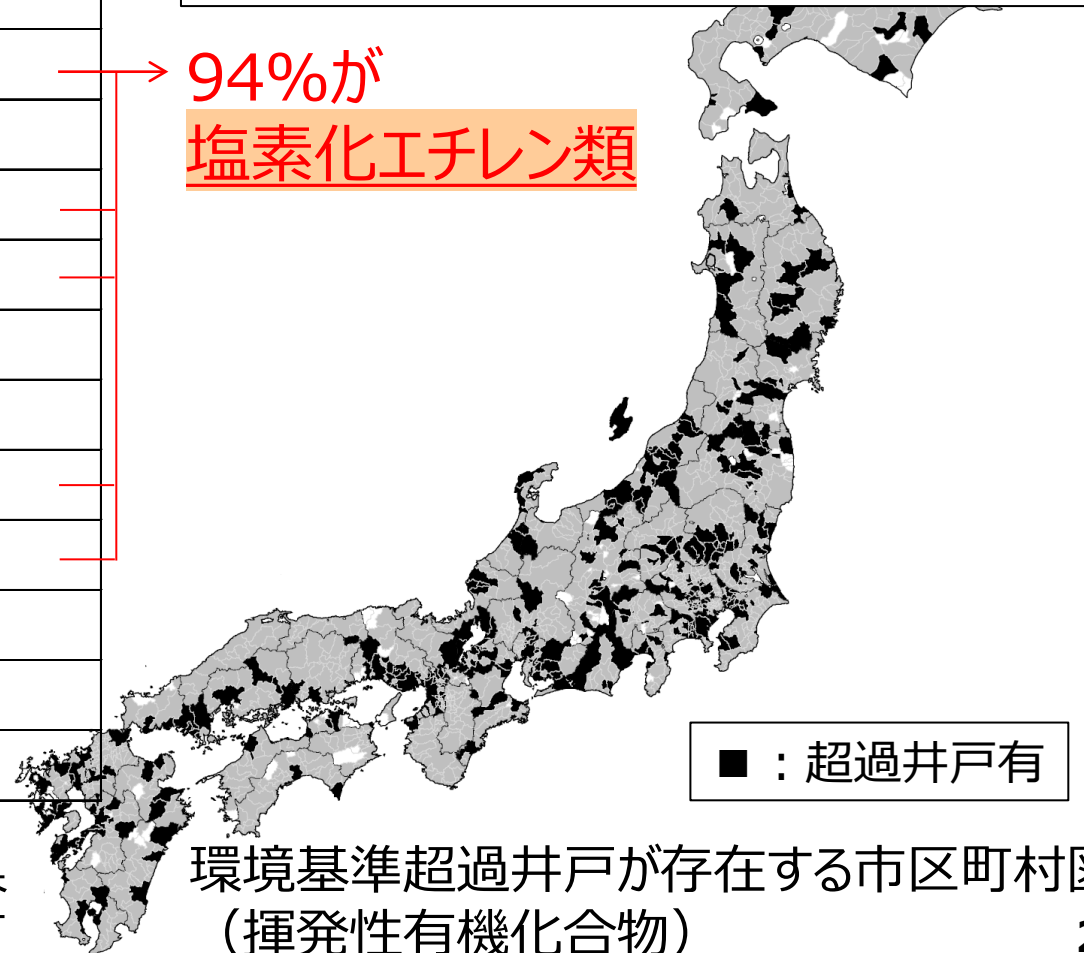
nite

独立行政法人 製品評価技術基盤機構

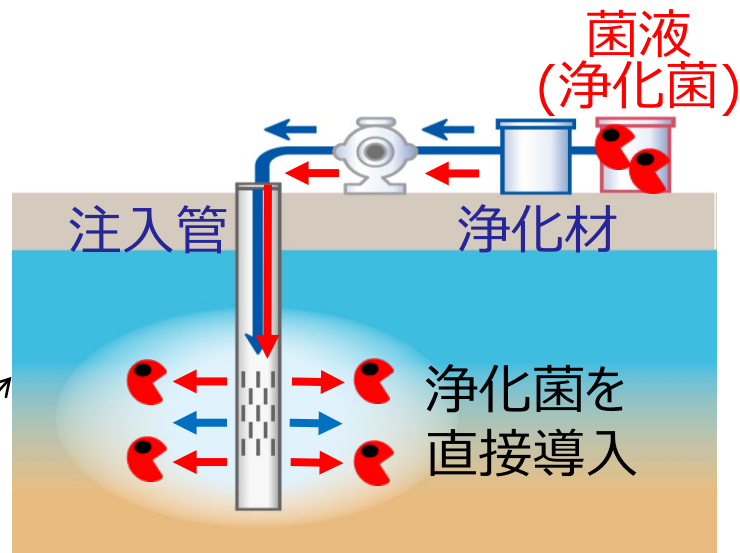
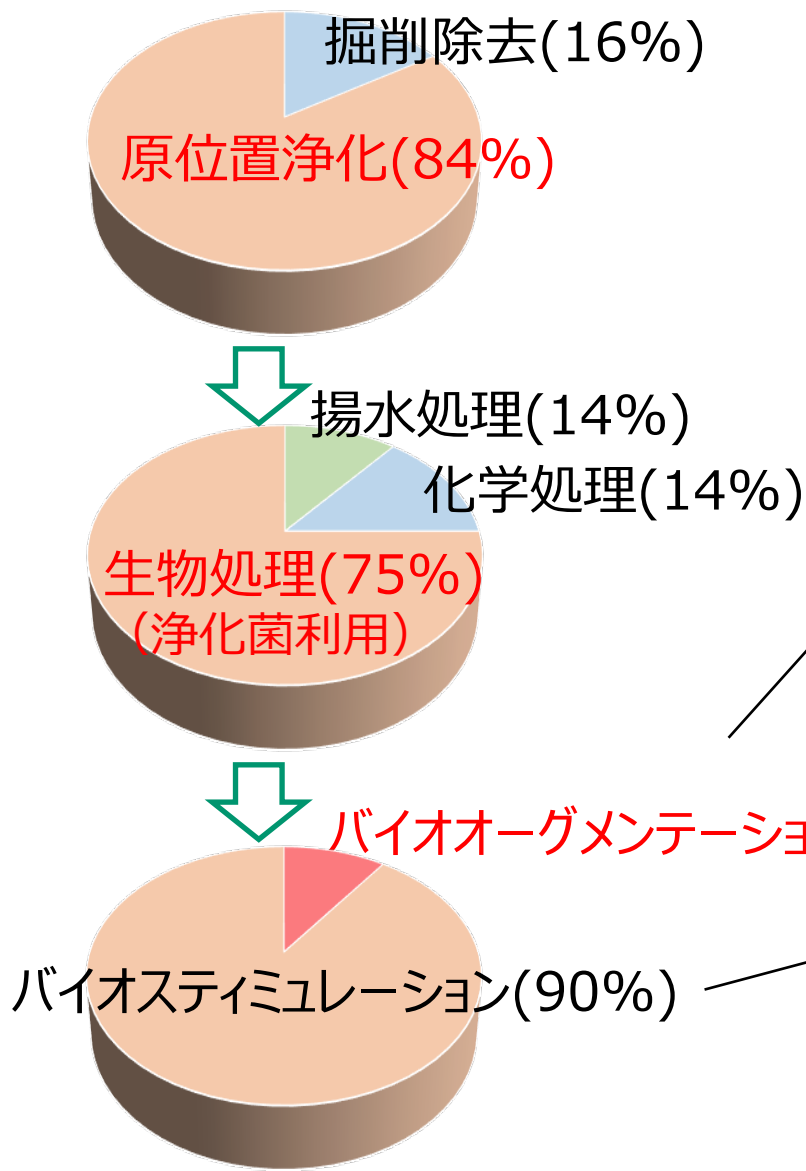
# 塩素化エチレン類による地下水汚染

規制物質 (揮発性有機化合物)	基準値超過 井戸の本数
ジクロロメタン	0
四塩化炭素	15
<b>クロロエチレン</b>	<b>84</b>
1,2-ジクロロエタン	3
<b>1,1-ジクロロエチレン</b>	<b>14</b>
<b>1,2-ジクロロエチレン</b>	<b>96</b>
1,1,1-トリクロロエタン	0
1,1,2-トリクロロエタン	5
<b>トリクロロエチレン</b>	<b>176</b>
<b>テトラクロロエチレン</b>	<b>245</b>
1,3-ジクロロプロペン	0
ベンゼン	9
1,4-ジオキサン	8

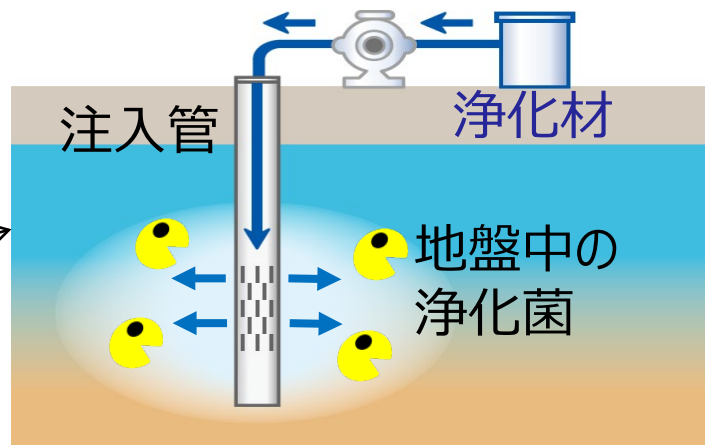
- ✓ 洗浄剤・溶剤として工場等で広く使用されてきた経緯がある
- ✓ 水より比重が重く、水溶性が高いため、地下水汚染が生じ易い



# 塩素化エチレン類による汚染地下水の浄化方法



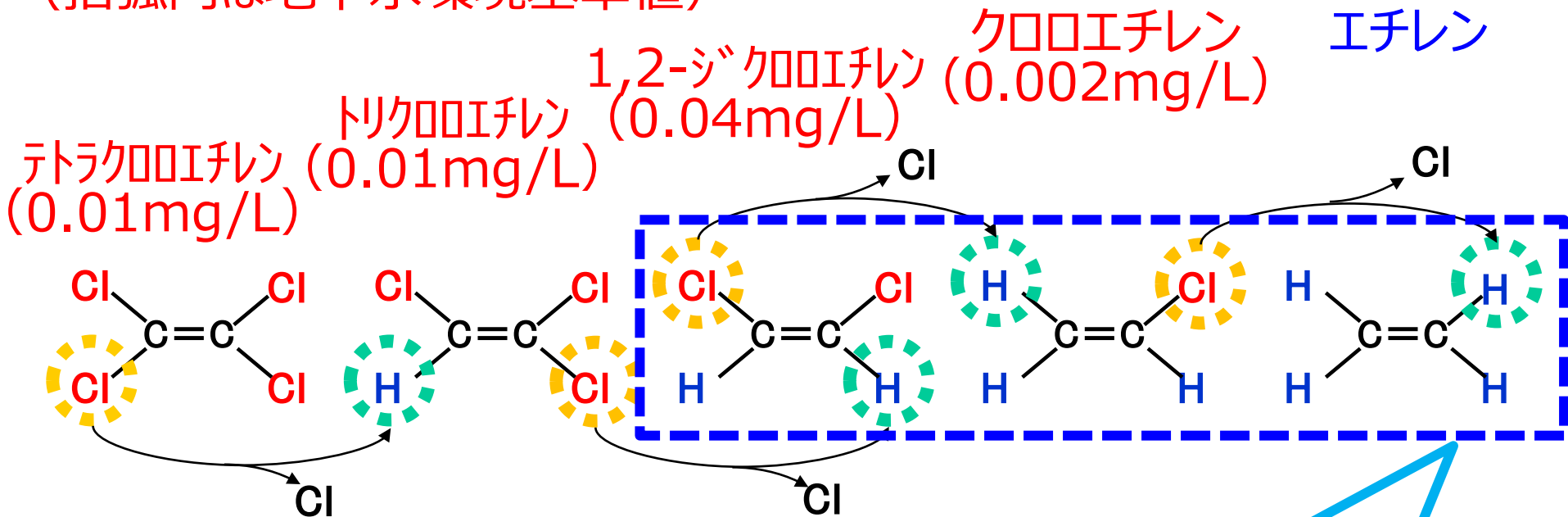
バイオオーグメンテーション



バイオスティミュレーション

# 脱塩素細菌による塩素化エチレン類の浄化

(括弧内は地下水環境基準値)



嫌気性の脱塩素細菌が塩素を水素に置換し浄化が進行

1,2-ジクロロエチレン以降の脱塩素化は  
*Dehalococcoides*属細菌 (デハロ菌) のみ可能

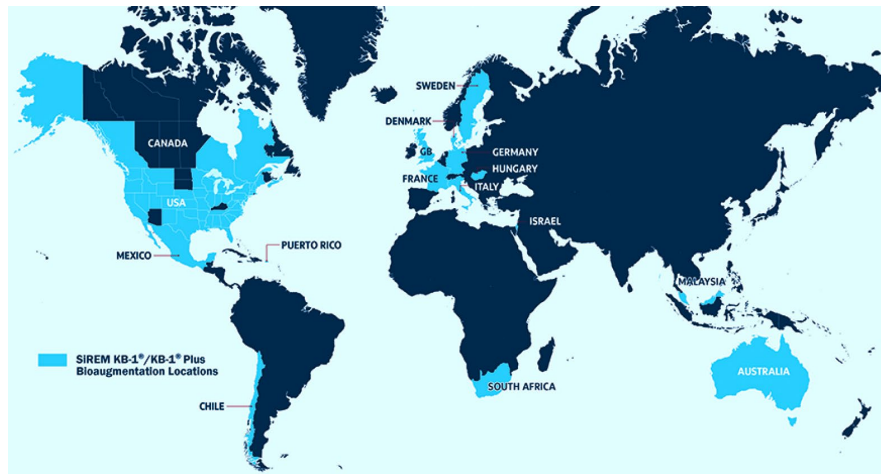
デハロ菌は地盤中に少なく、増殖が遅いため、浄化期間が長期化  
⇒デハロ菌を導入するバイオオーグメンテーションは非常に有効

# バイオオーグメンテーションが普及しない要因

SiREM's Bioaugmentation Value Proposition: Guaranteed Results – Competitive Pricing – Unrivalled Technical Support

KB-1

- ✓ 菌液を培養するための管理が難しく、1度に作成できる培養量が限られる
- ✓ 専用輸送容器に移し替えが必要  
⇒コストが大幅に増加



■ KB-1株によるバイオオーグメンテーションを適用した国  
(<https://www.siremlab.com/advanced-bioaugmentation-cultures/>)

デハロ菌を用いるバイオオーグメンテーションは海外企業を中心に国内外で行われている

デハロ菌は単離が困難  
⇒デハロ菌以外の様々な種類の細菌が混在する集積培養液を菌液として使用

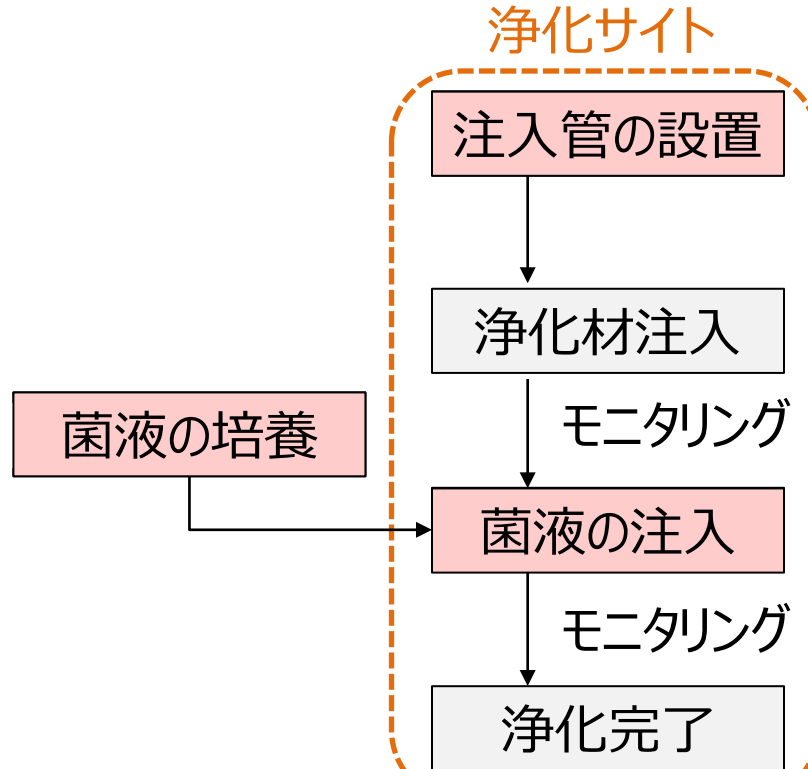
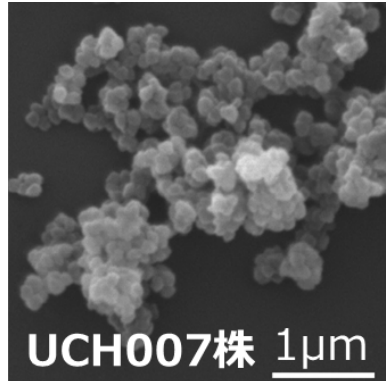


大型ファーマンター

従来のデハロ菌の培養装置

# 開発技術の概要

デハ口菌を用いる安価で汎用性の高いバイオオーグメンテーション技術を確立



デハ口菌を用いる浄化工程



菌液の供給状況

①デハ口菌の単離と大量培養方法の確立

②菌液の注入方法の効率化

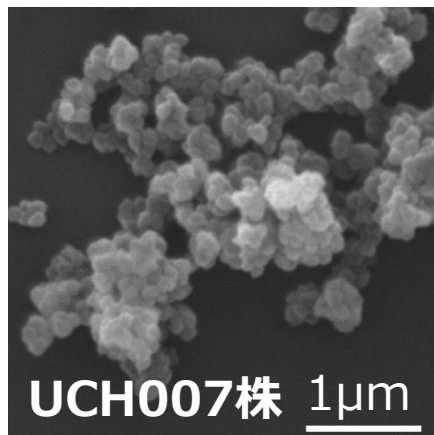
⇒一連の要素技術を組み合わせ、**浄化期間の短縮と50%以上のコスト縮減**を実現

---

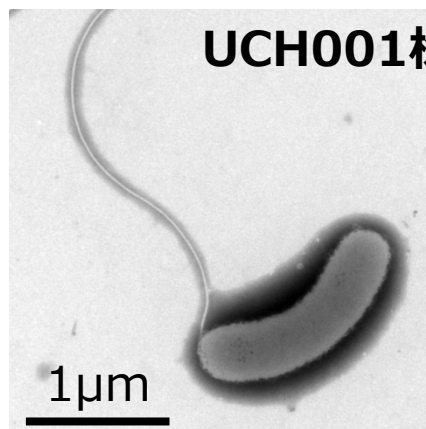
①デハ口菌の単離と  
大量培養方法の確立



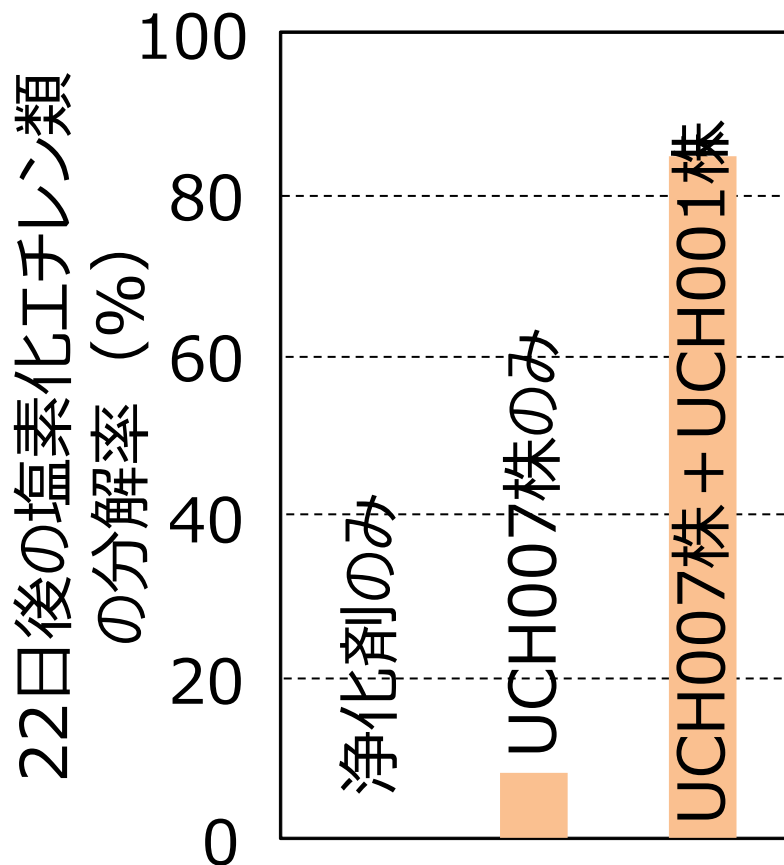
# デハロ菌「UCH007株」の特徴



新たな手法で  
(シェイクアガー法)  
国内で初めてデハロ菌  
の単離に成功  
(特許第6103518号)



デハロ菌の脱塩素  
反応を促進する  
細菌も発見



UCH007株の浄化効果  
(実汚染地下水を用いた室内試験)

UCH007株とUCH001株の共培養により  
✓ 塩素化エチレン類の浄化期間を短縮  
✓ 短時間で多くのデハロ菌を培養可能

※「微生物によるバイオレメディエーション利用指針」適合菌株 (国指針の安全性を確認) 8

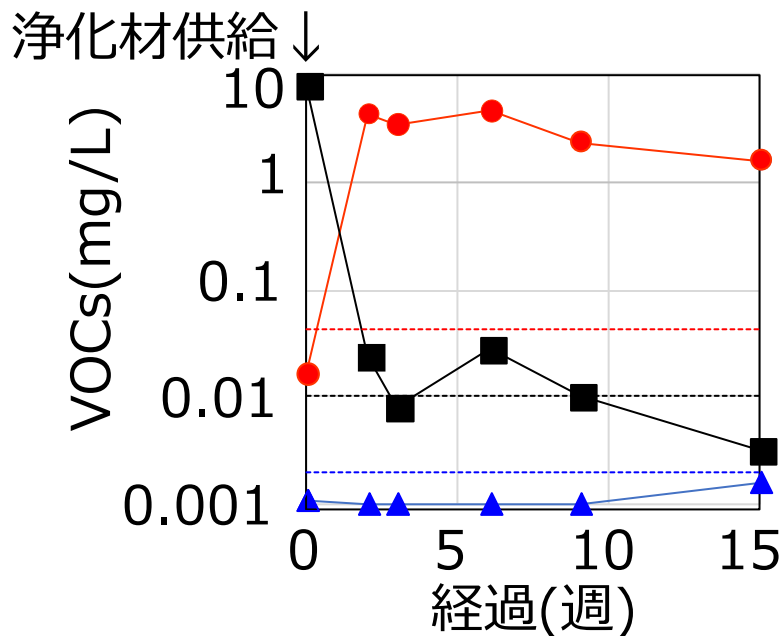


# 2株の菌液供給による浄化効果の確認（室内試験）

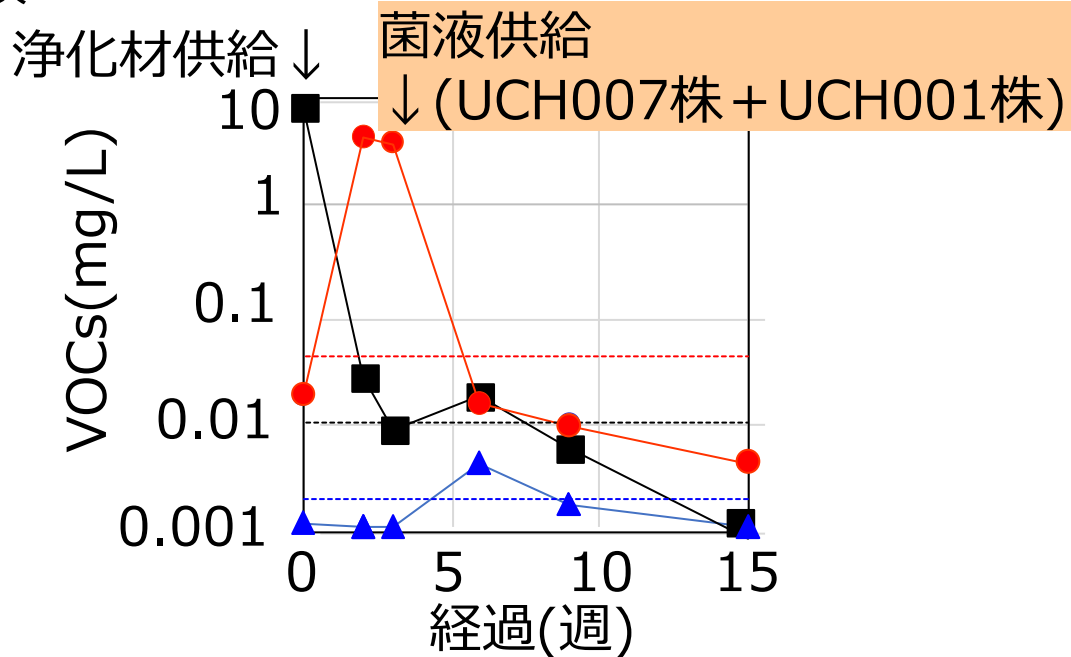


汚染帯水層を模擬したバッチ試験

- トリクロロエチレン (TCE)
  - 1,2-ジクロロエチレン (1,2-DCE)
  - ▲ クロロエチレン (VC)
- 地下水環境基準値 (---TCE ---1,2-DCE ---VC)



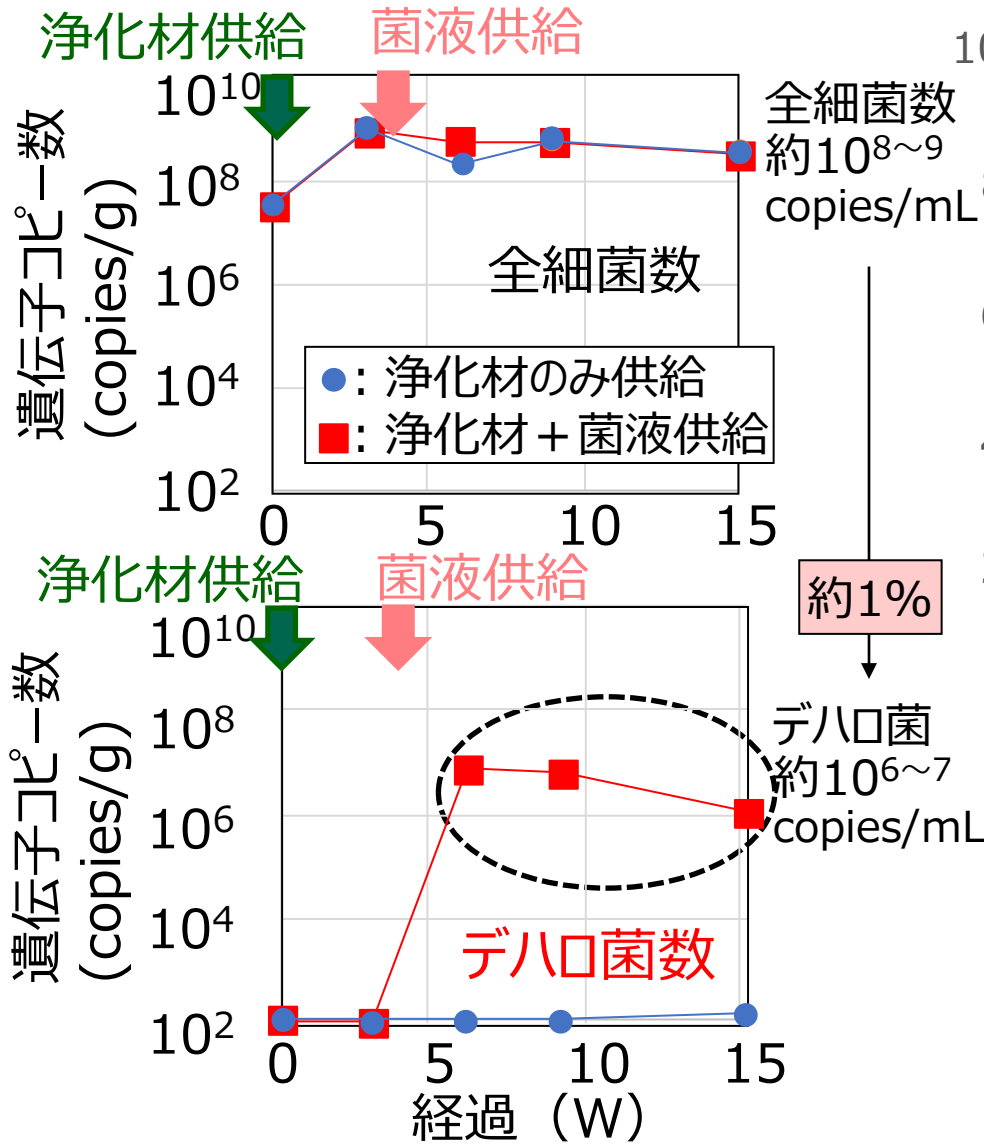
浄化材のみ供給  
(バイオスティミュレーション)



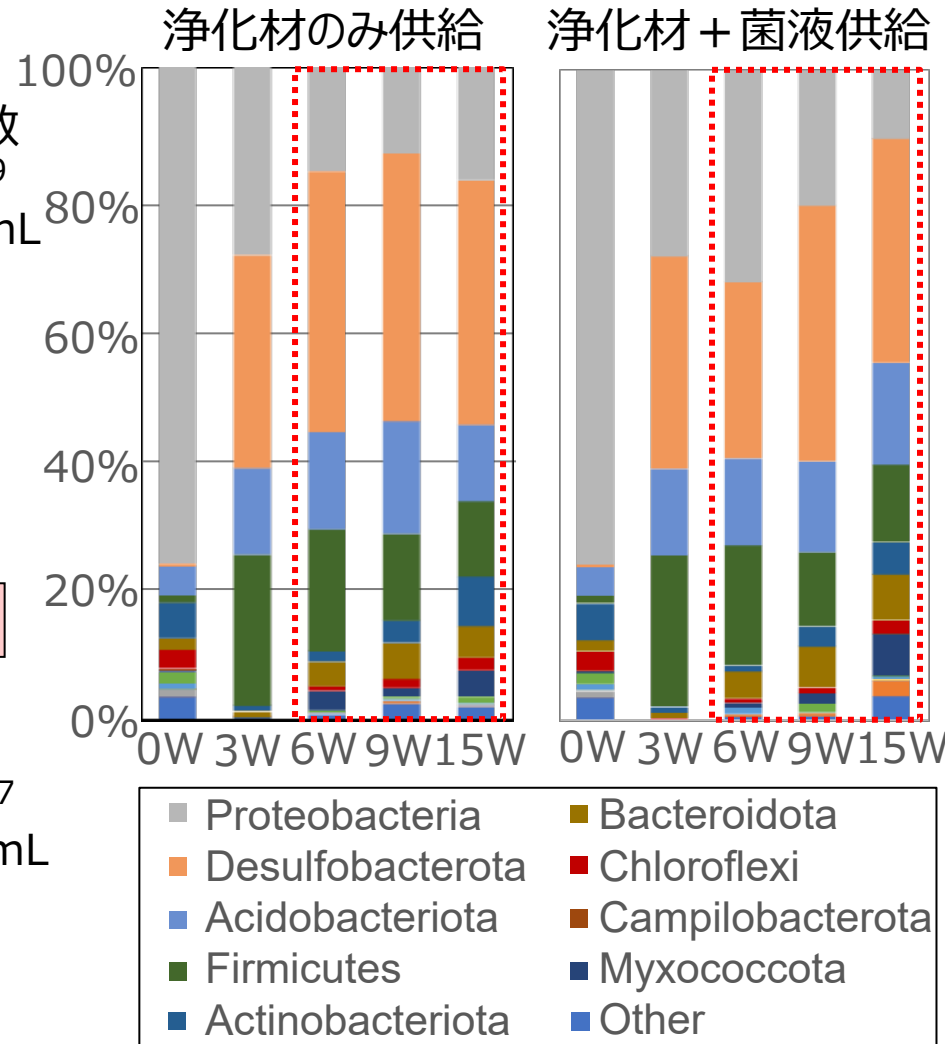
浄化材 + 菌液供給  
(バイオオーグメンテーション)

地下水(土壌間隙水)中の塩素化エチレン類濃度の推移

# 導入したデハ口菌の挙動と安全性の確認

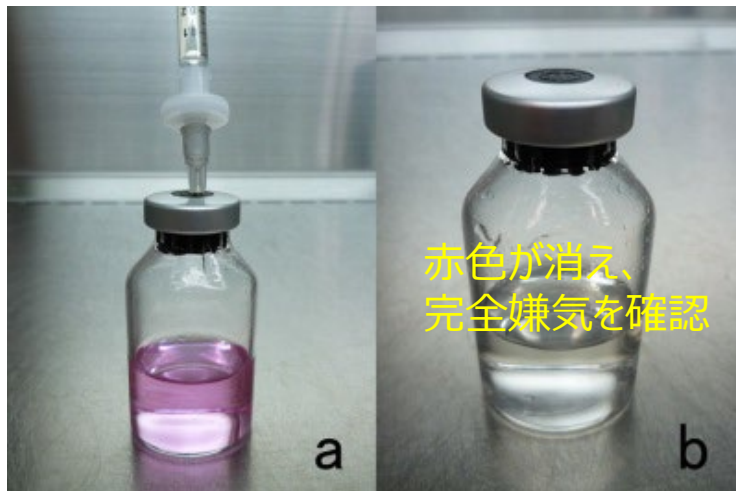


定量PCR法による菌数の測定



次世代シーケンサーによる菌叢解析  
(16S rRNA遺伝子に基づく門レベルによる評価)

# UCH007株の大量培養に用いる培養容器の検討



①バイアル瓶レベルでの検討  
(a:還元剤無し、b:還元剤添加)



市販のビア樽



サンプリング孔  
を取り付け

②加圧用ステンレスベッセル  
を用いた培養検討  
(スケールアップ)



大量培養でも試験管レベルと  
同様の安定した培養が可能

③安価な培養容器の検討

- ・市販のビア樽を培養容器として利用
- ・蓋部分のみ改造することで使用可能
- ・滅菌処理が可能で繰り返し使用可能

# UCH007株の大量培養方法の確立



培養液作成



滅菌処理



浄化菌の植菌



培養後に発送

- ✓ UCH007株の増殖量を高める**有機物**や**還元剤**を選定（特許2件出願済）
- ✓ 市販のオートクレーブで滅菌可能でCO<sub>2</sub>発生量を少なくできる
- ✓ 植菌後は**常温で静置培養**でき、そのまま輸送可能（可搬性に優れる）
- ✓ 単体量あたりの**培養コスト**は大型ファーマンターの約1/2

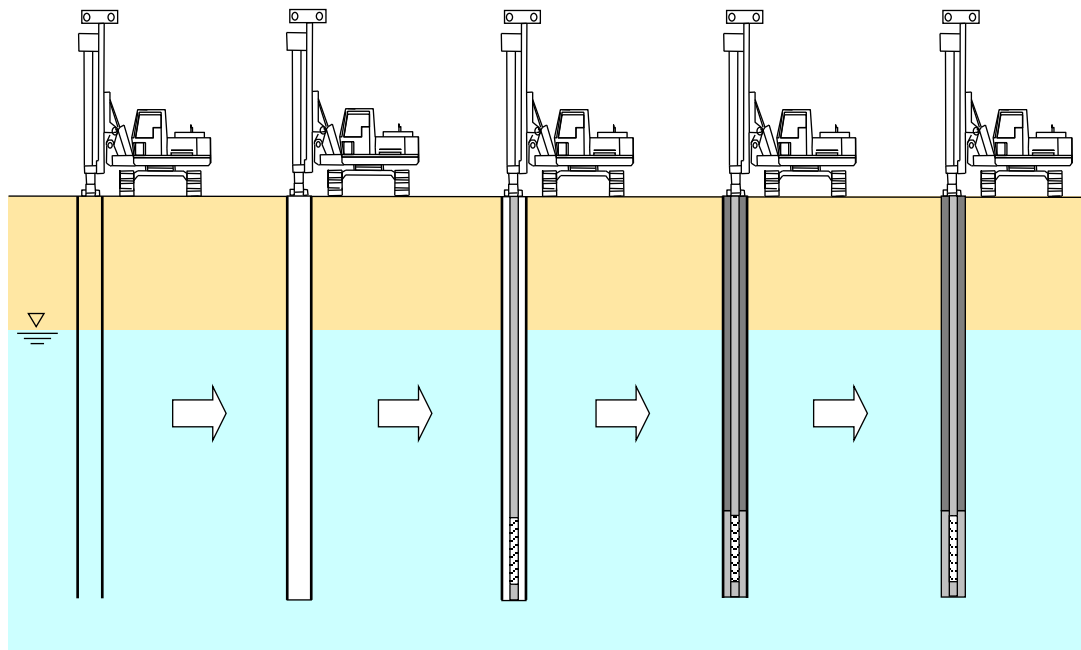
---

## ②菌液の注入方法の効率化

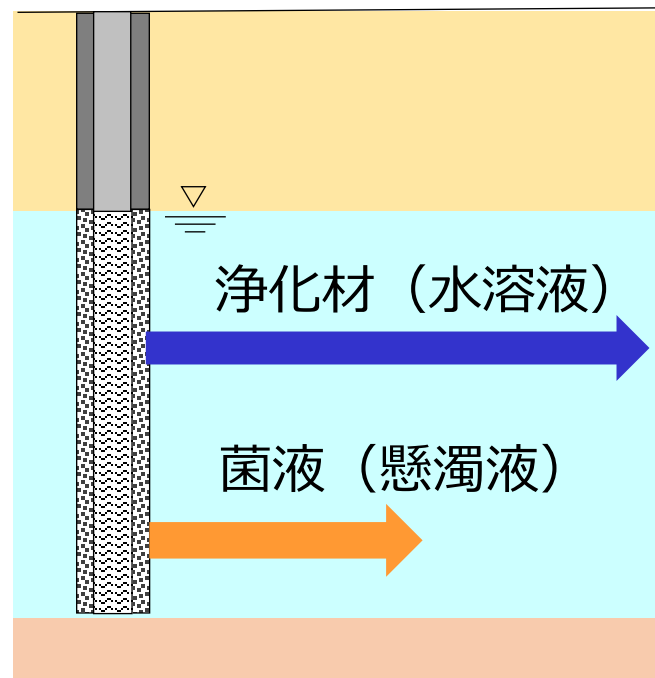


# 従来の注入管と本浄化技術で適用時の課題

- ①ケーシングの打ち込み ②土壌掘削 ③井戸管建込み ④充填材注入 ⑤ケーシング引抜き



従来の注入管（浄化井戸）の設置方法



注入液の到達範囲

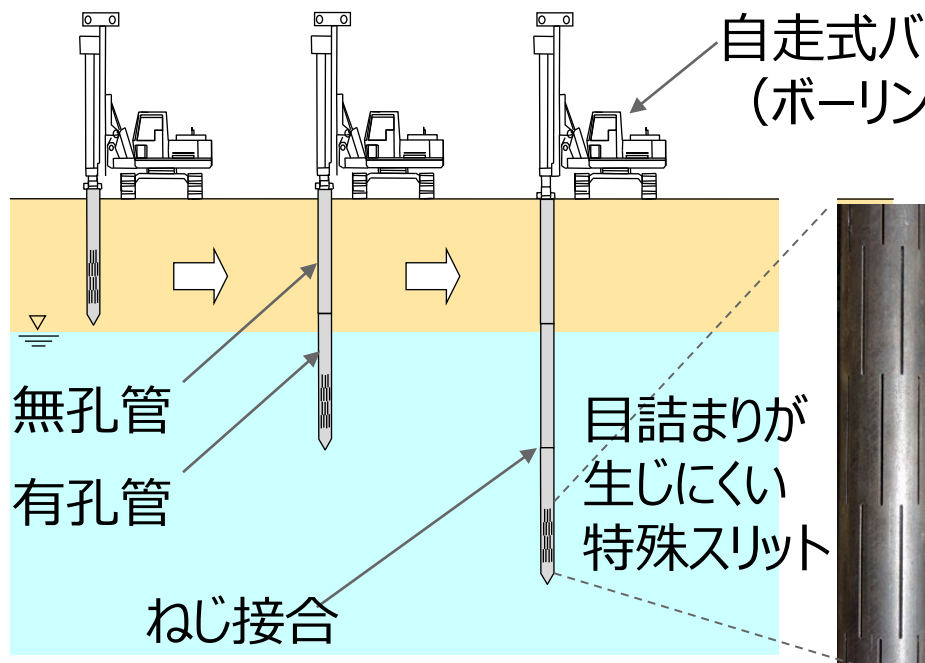
地盤内に満遍なく菌液を到達させるためには、多くの注入管が必要  
⇒施工期間が長くなり、コストも増加



# 打ち込み式注入管の開発

特許第6104961号 他3件

- ①有孔管の打ち込み ②無孔管の打ち込み ③所定位置まで打ち込み



打ち込み式注入管の設置方法

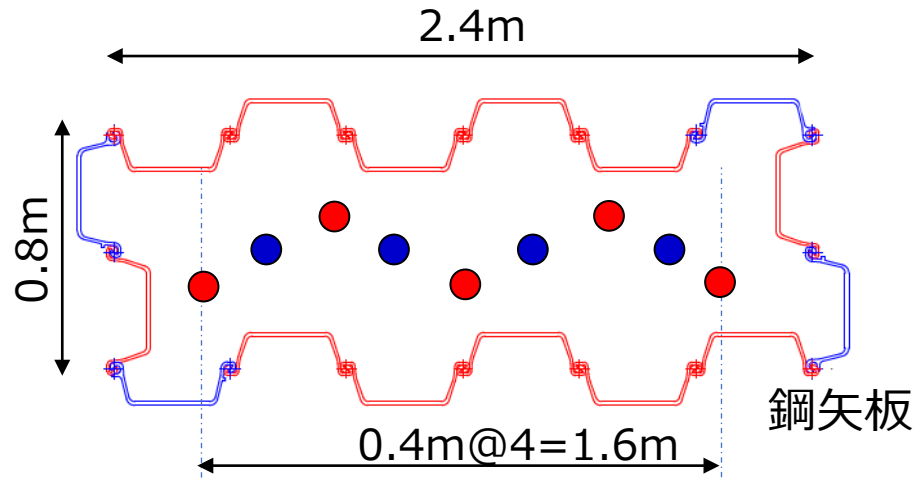
打ち込み式注入管の打設状況

## 打ち込み式注入管の特徴

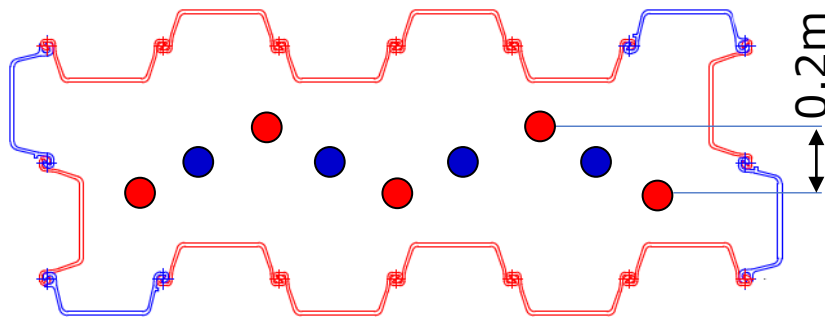
- ✓従来型の井戸より設置期間が1/10以下に短縮
- ✓汚染土が発生せず、注入管を引き抜いて再利用可能
- ✓これまでに約5,000本の施工実績

# 塩素化エチレン類汚染サイトでの実証試験

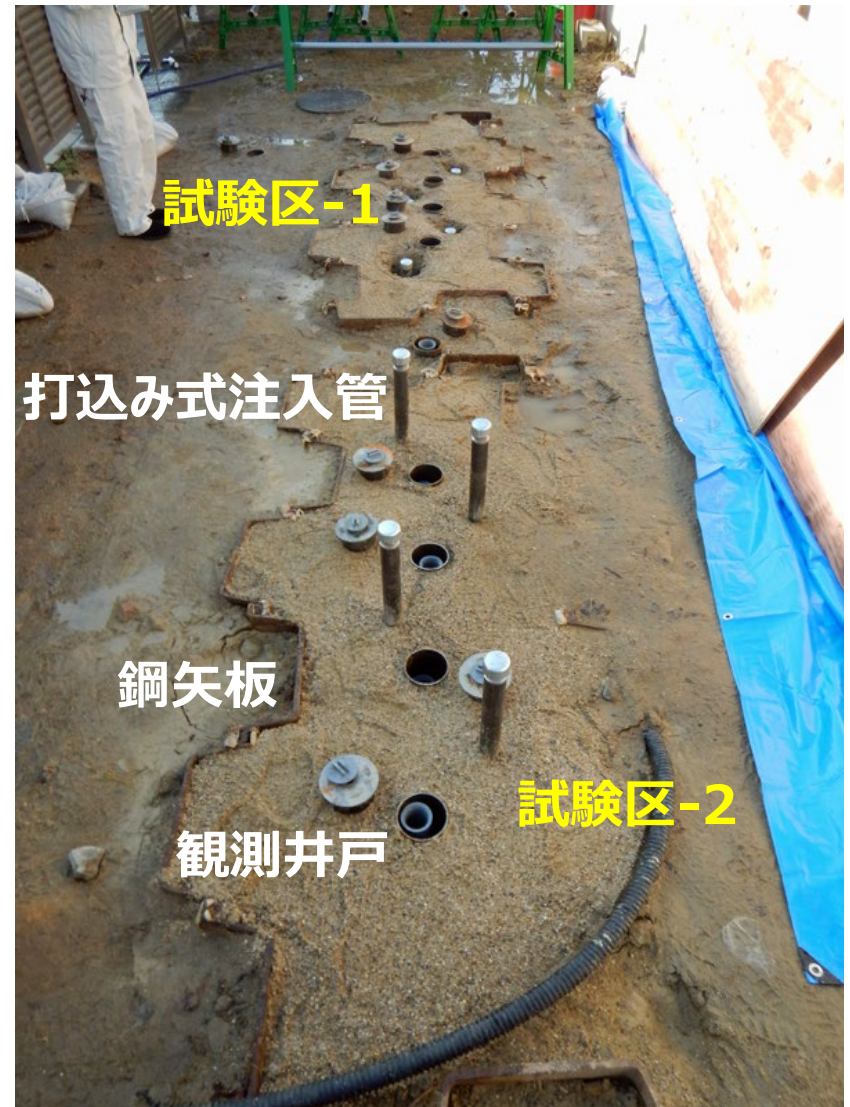
● : 打ち込み式注入管   ● : 観測井戸



試験区-1 浄化材+菌液供給  
(バイオオーグメンテーション)

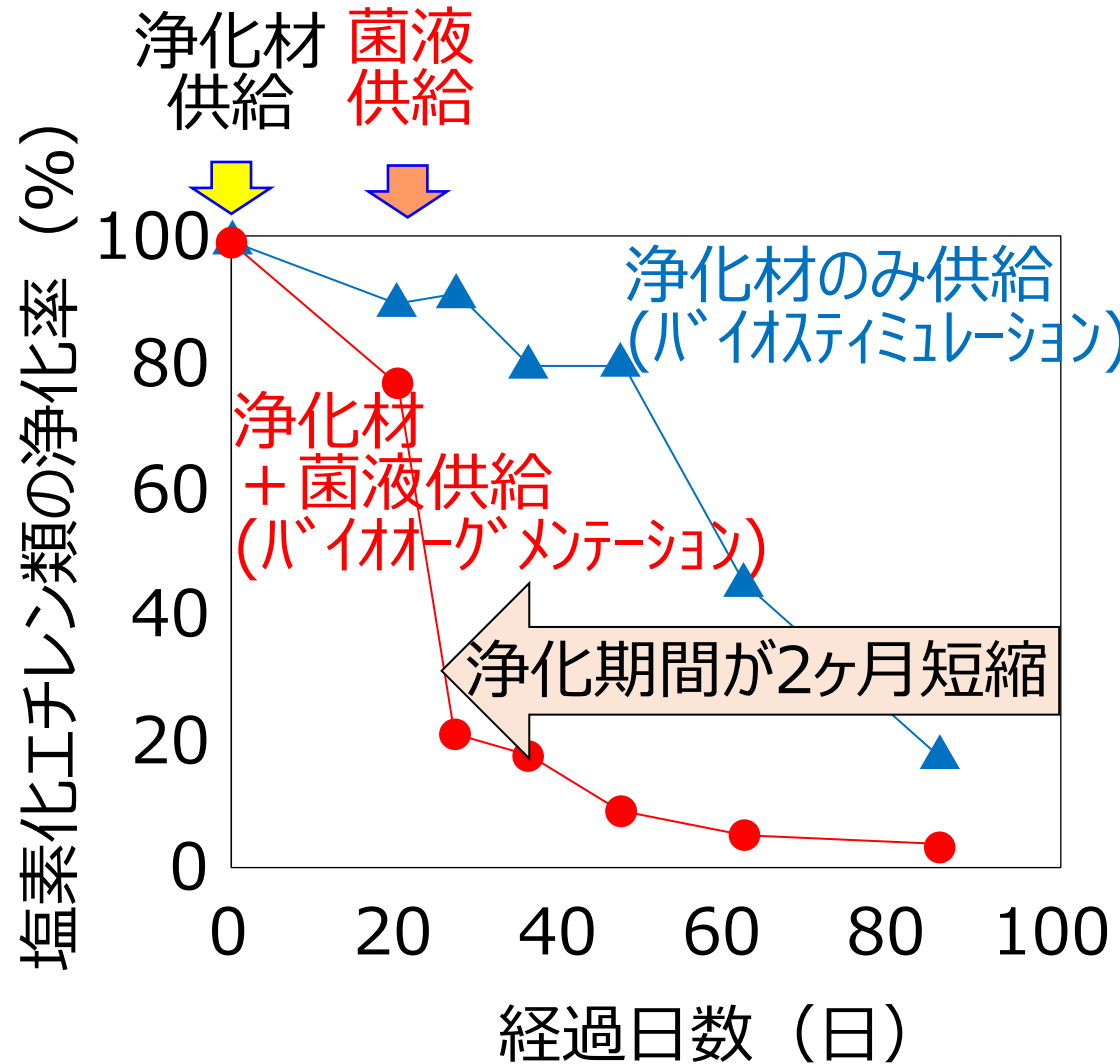


試験区-2 浄化材のみ供給  
(バイオスティミュレーション)



実証試験サイトでの打ち込み式注入管  
の設置状況

# 菌液注入状況と菌液供給効果の確認



PSA方式の窒素発生装置を用いる菌液の供給方法 (特許出願済)

浄化効果の比較



# UCH007株を用いる浄化技術の社会実装

製品評価技術基盤機構

大成建設

基礎研究

UCH007株の単離・バイレメ指針の申請（2010-14年度/経産省受託事業）

・UCH007株の単離

共同研究

・浄化性能の確認

応用研究

UCH007株の実用化技術の開発（2015-17年度）

・大量培養方法の開発

技術共有

・菌液注入方法の確立

実証試験

実汚染現場における実証試験（2018-19年度/環境省受託事業）

・菌液の大量培養

共同研究

・UCH007株の浄化実証

← 実用化段階に到達

社会実装

浄化菌の分譲

浄化技術の指導/監査

実施許諾（ライセンス供与）

培養機関

分譲された浄化菌を培養

浄化事業者A

浄化事業者B

浄化事業者C

# まとめ

## UCH007株の菌液を用いる地下水浄化技術

- ✓ 従来技術より安価に短時間で塩素化エチレン類で汚染された地下水を浄化することで、汚染された土地を早期に活用できインフラの整備に貢献
- ✓ 小型の重機や装置を用いて浄化ができるため、操業中の工場や都市部の狭隘な土地でも施工が可能

論文発表 : 24件 (査読論文3件を含む)

新聞発表 : 10件

特許出願 : 10件 (特許登録 : 5件、公開中 : 2件、出願中 : 3件)

表彰歴 : 1件 (平成29年度地盤工学会地盤環境賞  
「土壌・地下水浄化における施工時間の短縮と  
リサイクル可能な「打ち込み式注入管」の開発)