

令和4年度 土木学会 環境賞 内容説明会

【発表順8】Ⅱグループ

# 地下水汚染拡散防止技術「マルチバリア」の 継続的な実用展開と信頼性向上の取組み

2022年11月14日

大成建設株式会社

# プロジェクトの背景：我が国における地下水汚染問題



1980

半導体事業場等における塩素化エチレン類による地下水汚染が顕在化  
(ハイテク汚染)

揚水バリアでの対応

1990

有害汚染水の地下浸透の防止 (水質汚濁防止法改正; 1989年)

水質環境基準項目に塩素化エチレン類も追加 (1993年)

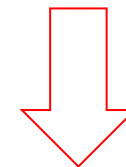
地下水汚染の措置命令が可能に (水質汚濁防止法改正; 1996年)

地下水環境基準の設定 (1997年)

透過性地下水浄化壁として初適用  
(1997年)

2000

ふっ素・ほう素・硝酸性窒素の追加



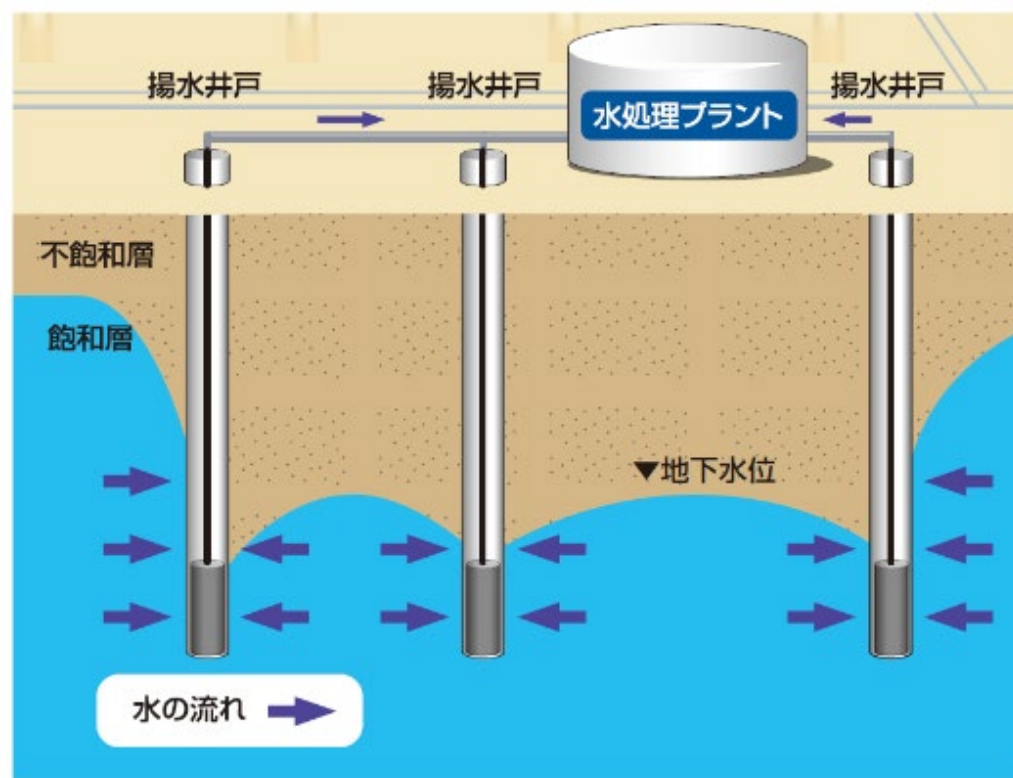
土壌汚染対策法 (2003年)

マルチバリアとして適用拡大



## 【概要】

- ✓ 汚染地下水の流下域に揚水井戸を配置
- ✓ 揚水後の汚染地下水は地上の水処理プラントで処理後に下水道等に放流



揚水バリア施設の模式図

## 【課題】

- ✓ 永続的な設備の運転や維持管理が必要
- ✓ 汚染地下水を敷地境界に引き寄せる懸念
- ✓ 揚水井戸設置間隔の設定が難しい（不均質地盤の場合）

# 透過性地下水浄化技術（マルチバリア）の概要



## 【技術の概要】

- ✓ 汚染物質の種類に応じた反応剤（分解・吸着）を選定
- ✓ 汚染地下水の下流側に透水性の浄化壁を構築

## 【技術の特徴】

- ✓ 多くの利点（メンテナンスフリー、面的に汚染地下水を受止める**確実性**）
- ✓ 課題点（施工方法、対応物質、**長期的な効果**）



塩素化エチレン類を対象とした鉄粉を反応剤として使用するマルチバリアの模式図

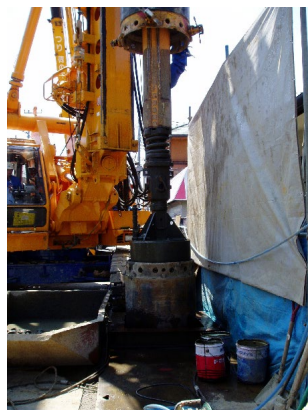
# マルチバリアの施工方法



- ✓ 汎用性の高い重機を利用して安全に施工
- ✓ 透水性が高い母材と反応剤を混合した浄化材と置換（透水性を確保）
- ✓ 掘削土は品質管理のうえ場内リサイクルなど



① 浄化材作成



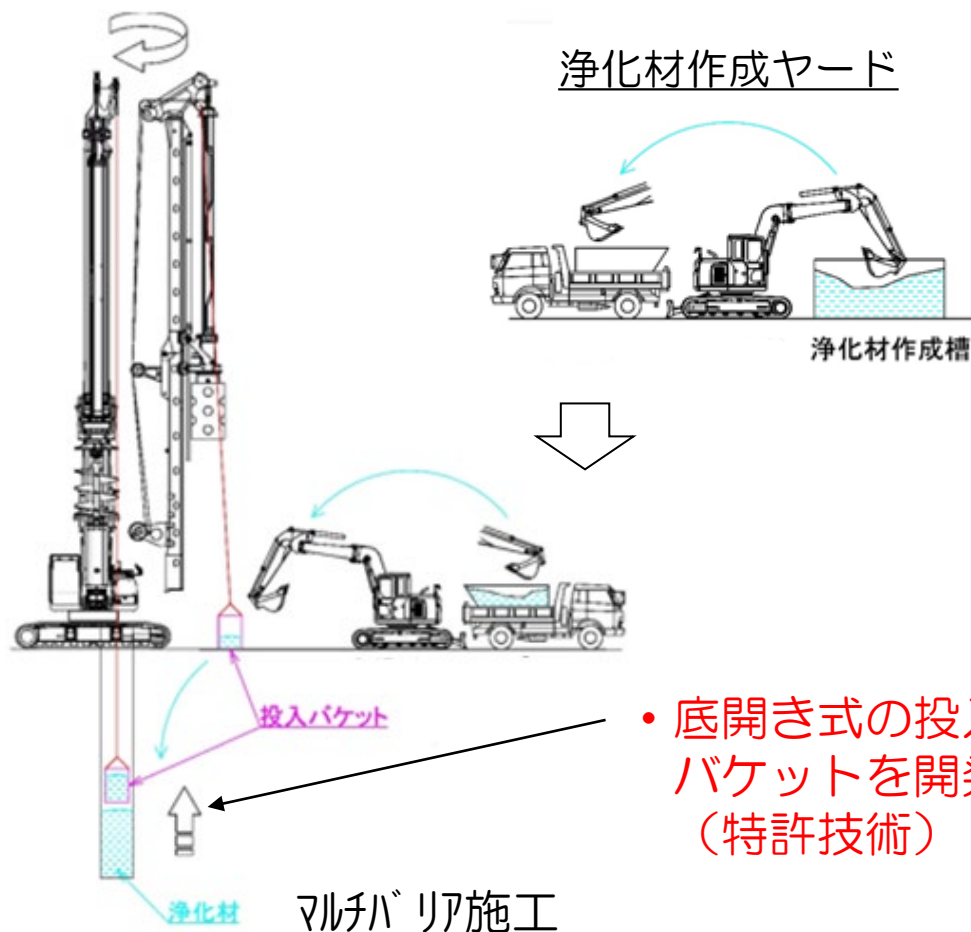
② ケーシング掘削



③ 浄化材投入



④ 浄化壁打設完了



- 底開き式の投入バケツを開発（特許技術）

# 対象物質と反応剤

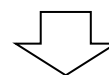


- ✓ マルチバリアとして多様な組合せで実績
- ✓ 塩素化エチレン対応で鉄粉を使用する方式（反応性バリア）が、適用歴も長く実績の60%以上を占める

表 施工実績がある組合せ

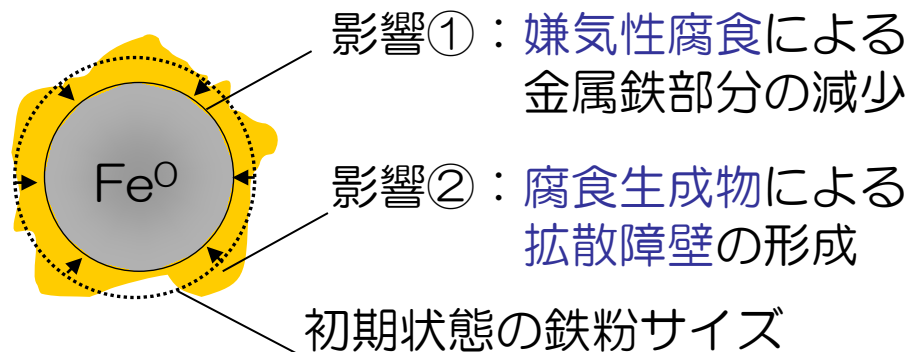
区分	対象物質	反応剤
VOCs	塩素化エチレン類	鉄粉
	ベンゼン	活性炭
重金属等	クロム	鉄粉
	ヒ素	鉄粉
	カドミウム	鉄粉
	鉛	鉄粉
	ふっ素	合成ハイドロタルサイト
その他	硝酸性窒素	生分解性ホリマ+還元剤
	農薬(ハクソンフェノール)	活性炭
	放射性Sr	アパタイト+ゼオライト
	アルカリ化対応	酸性土壌系資材
	酸性化対応	炭酸カルシウム

鉄粉による脱塩素反応は一般的



長期的な反応性の減衰予測に課題

影響①、影響②を検討





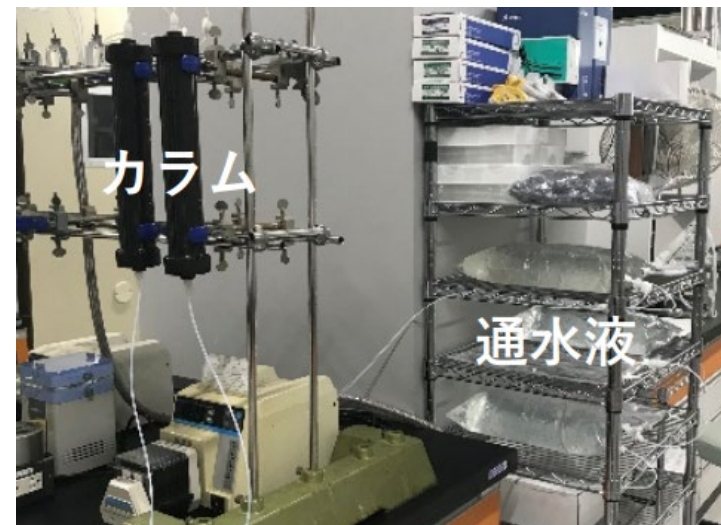
# 鉄粉の長期耐久性評価：脱塩素反応性の経年変化



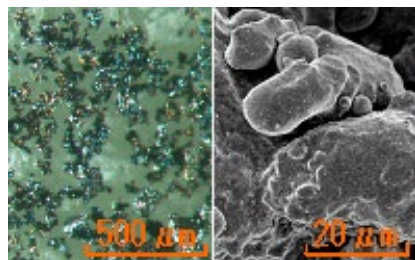
長期室内カラム試験により鉄粉の脱塩素反応性の経年変化をモデル化

- ✓ 粒径減少 (=反応面積の減少)
- ✓ 腐食皮膜 (=拡散障壁)

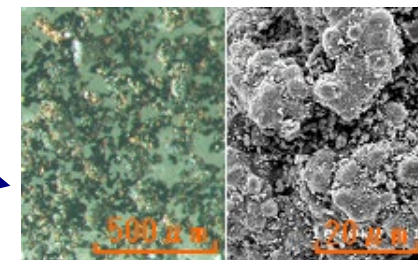
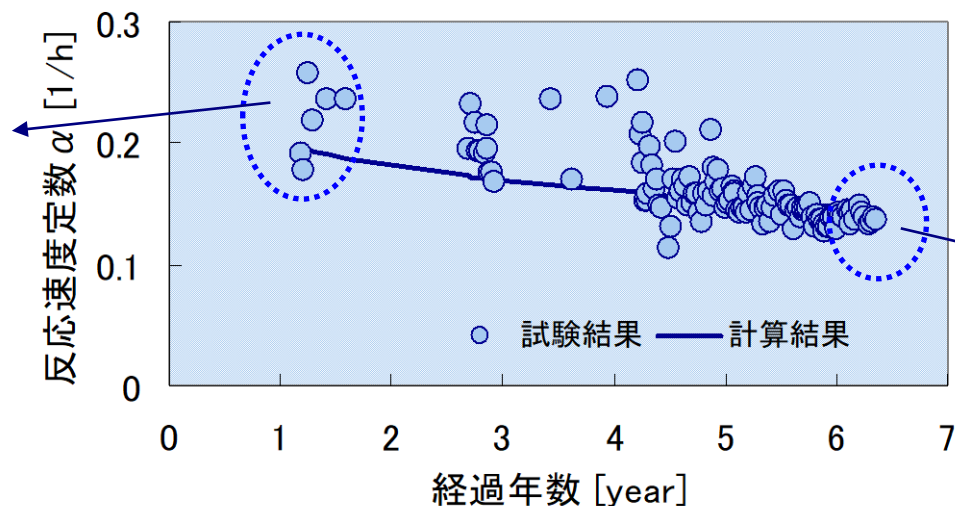
※鉄粉断面を観察し反応性とリンク



カラム試験の実施状況



初期状態の鉄粉



経年変化した鉄粉

TCE脱塩素反応性の経年変化

# 長期耐久性の実証：15年以上経過したサイトで確認



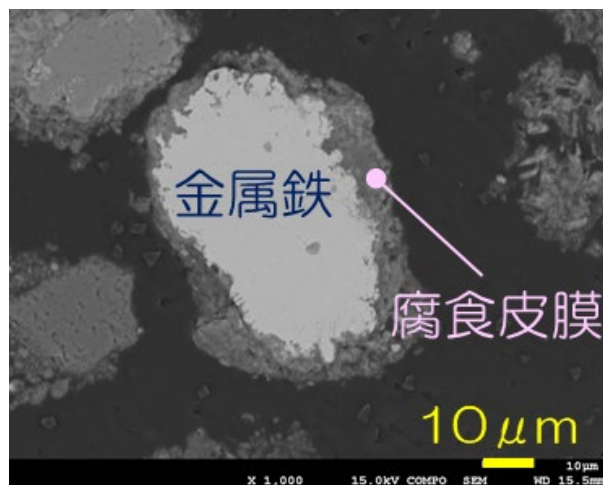
2004年施工済みプロジェクトのアフターケア調査⇒**拡散防止機能維持を確認**



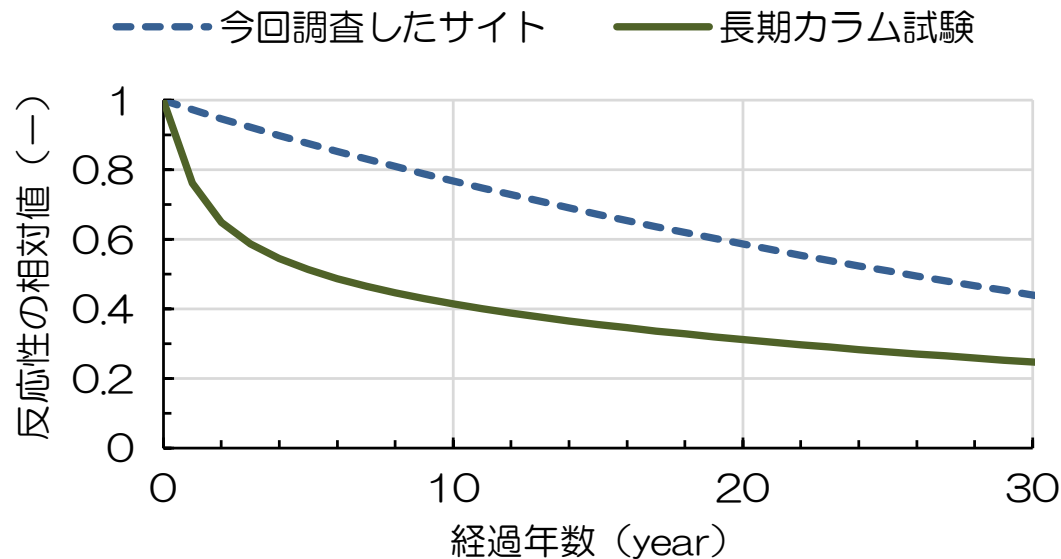
- ✓ 16年経過時点で設置時の60%以上の反応性
- ✓ 長期室内試験よりも良好な反応性を維持
- ✓ 更に10年以上は拡散防止機能を期待

↓  
• 外観は黒色を維持

経年変化した鉄粉断面を直接観察



• 腐食皮膜の厚さは当初想定より小さい



マルチバリア反応性の経年変化予測



# メンテナンスツールの開発



鉄粉を使用したマルチバリアに対して、**原位置で腐食皮膜を溶解し、反応性を回復させるメンテナンスツールを開発**



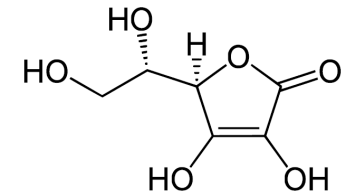
車載したタンクにアスコルビン酸溶液を調整



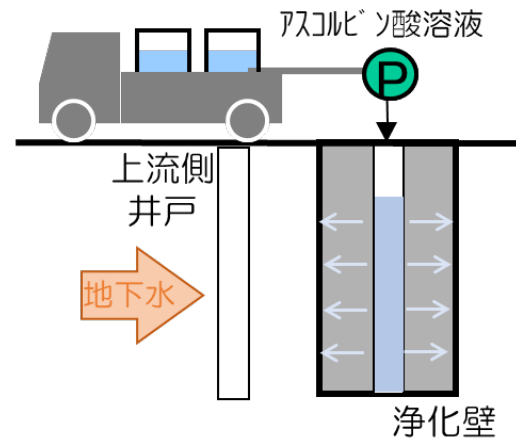
浄化壁内部に薬液供給



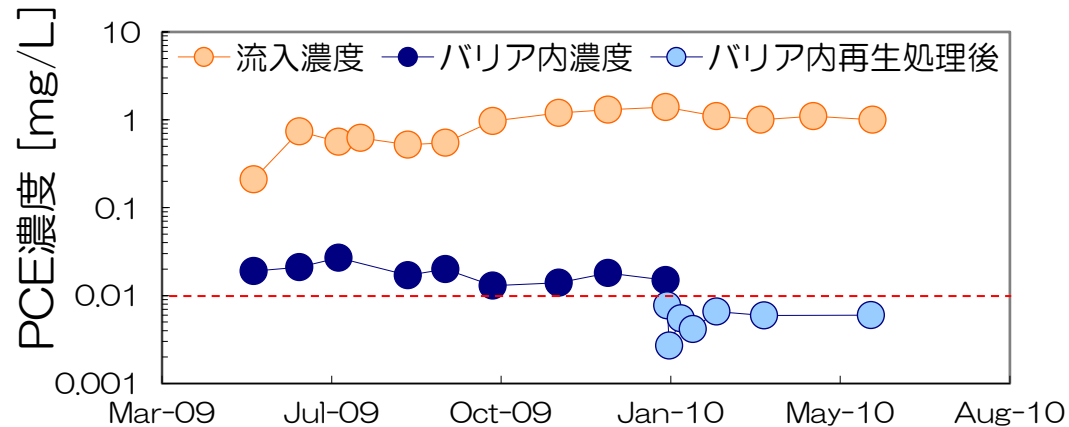
## アスコルビン酸



- 食品添加物（ビタミンC）
- 有機酸、還元作用
- 0.1 mol/Lで腐食皮膜を除去

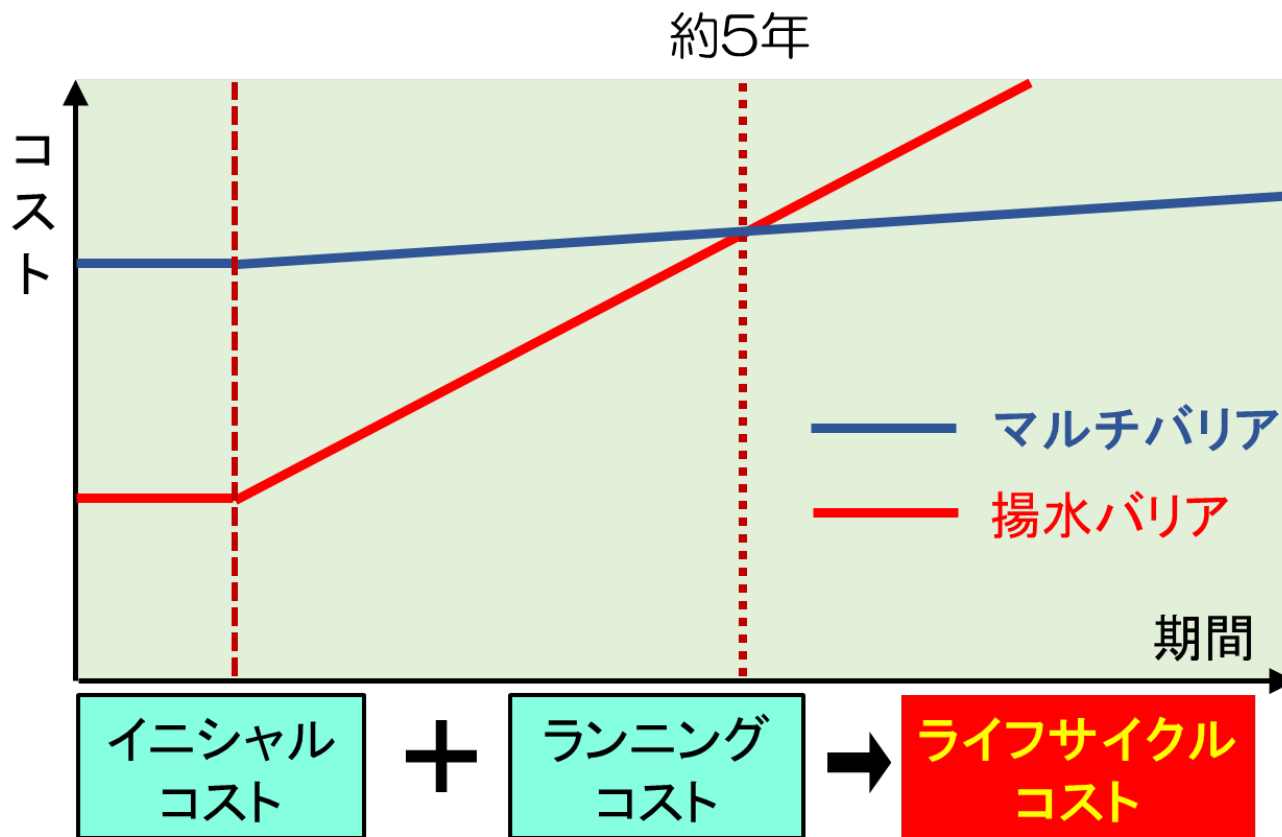


浄化壁内部に薬液供給



再生処理後のPCE濃度の経時変化

# 従来技術（揚水バリア）との比較



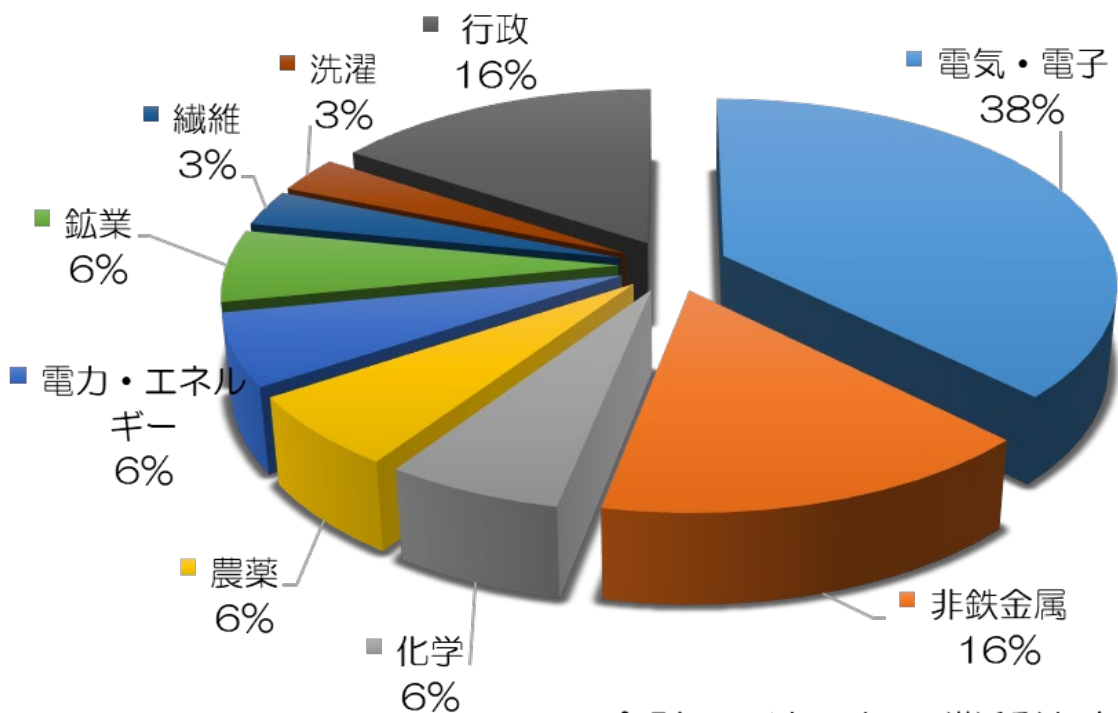
- ✓ 浄化壁と揚水対策でトータルコスト比較（延長100m深度10mの規模）
- ✓ ライフサイクルコストは約5年の供用期間で優位に
- ✓ 環境負荷（CO<sub>2</sub>発生量）も同様※

※揚水ポンプ、プラント稼働に関わる電力使用の積み重ね

# 地下水汚染プロジェクトへの導入実績



- ✓ 30以上の汚染サイトで延べ工事数およそ70件の実績（1997年-2021年）
- ✓ 浄化壁の延べ施工延長3.1 km（遮水壁含む拡散防止対策として5.6 km）
- ✓ 浄化壁の敷設面積5.2万m<sup>2</sup>（拡散防止対策敷設面積9.1万m<sup>2</sup>）



※合計32サイトの業種比率



- 学協会への情報提供

- 顧客へのプレゼンテーション
- 継続的な実用展開

- 技術展示会
- マスコミ発表

< 対外発信（主なもの） >

論文発表 12件

学会発表 24件

雑誌・書籍 4件

マスコミ発表 16件

関連特許取得 11件（出願多数）

土壌汚染対策法：「地下水汚染の拡大防止」のための措置として記載

東京都環境保護条例：2019年の改正で、条例上の措置として記載

※汚染地下水の拡散防止対策技術として標準的な工法へ