

クロロエチレン基準化による地下水汚染広域化  
および  
地下水循環嫌気バイオ法の実用化検討

鹿島建設(株) 技術研究所

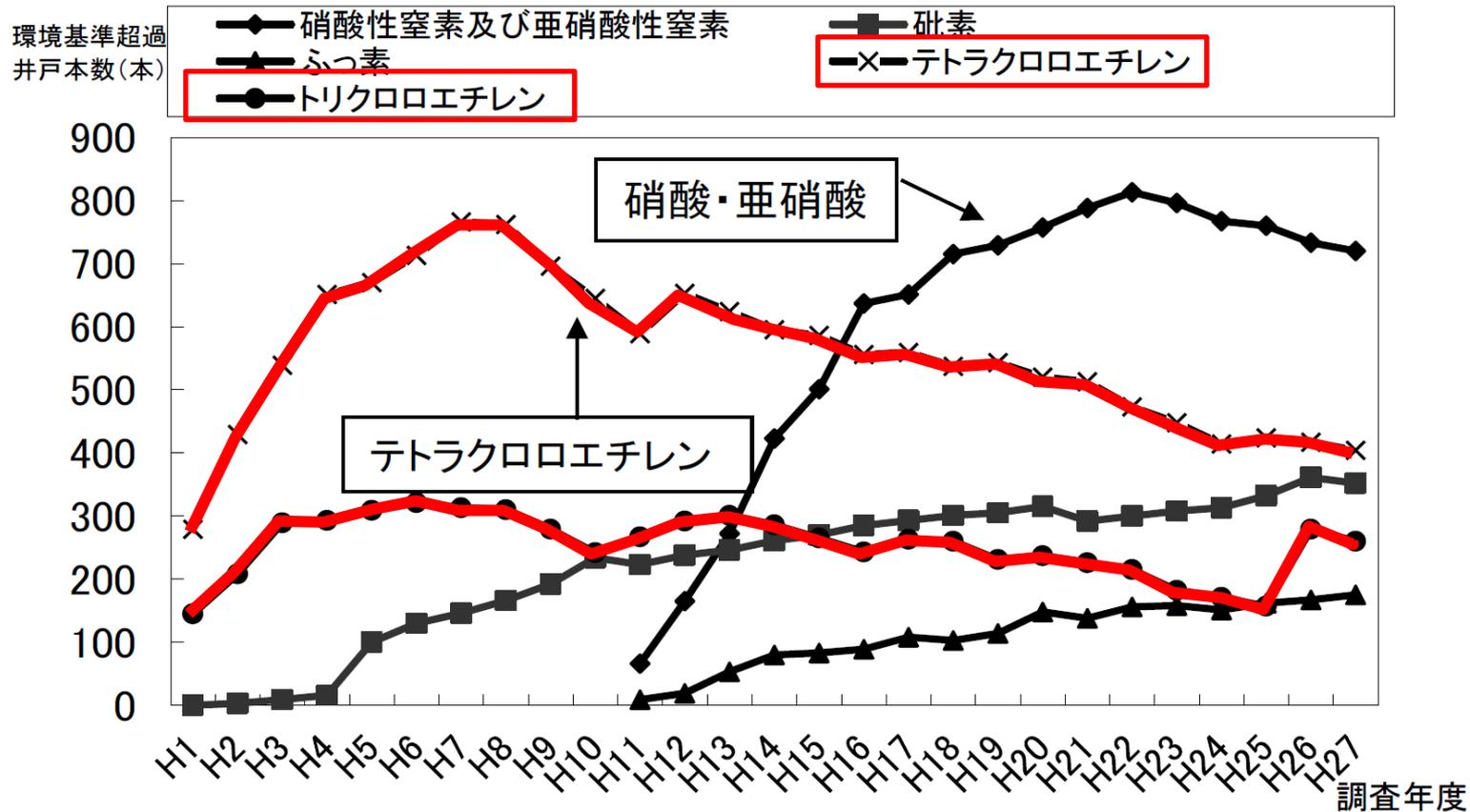
伊藤圭二郎

# 研究概要 VOC地下水汚染と規制の近況

環境省の全国約4500本の井戸での地下水質継続監視調査結果(主な項目)

➤ VOC(テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン)の基準超過は依然として多い

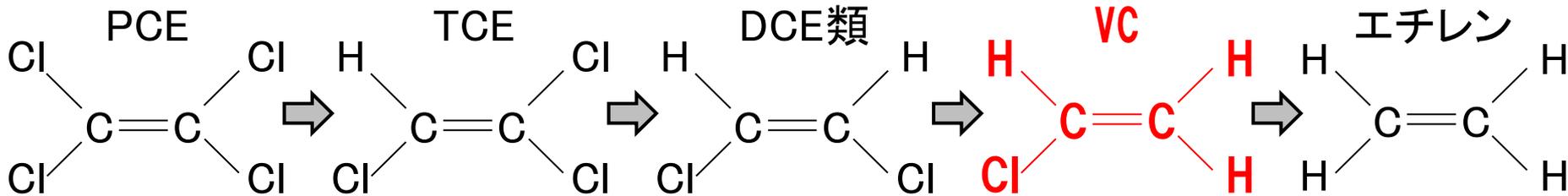
## ■ 継続監視調査の環境基準超過井戸数の推移(主な項目)



# 研究背景 クロロエチレン(VC)の基準追加

- 2017年4月にクロロエチレン(VC)が土対法に追加指定
- 基準超過の多いPCE、TCEからVCは生成するが多い
- PCE、TCE、DCEと比較して厳しい基準値

## 地盤中でのPCE等のVOCの自然分解経路



## VC基準値と等モルで計算した各VOC濃度

物質名	分子式	分子量	土壤汚染対策法 指定基準値	VCの基準値と等モルの 各VOC濃度
		[—]	[mg/L]	[mg/L]
PCE	$\text{C}_2\text{Cl}_4$	165.834	0.01	> 0.0053
TCE	$\text{C}_2\text{HCl}_3$	131.389	0.03	> 0.0042
DCE	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$	96.944	0.04(※)	> 0.0031
VC	$\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$	62.499	0.002	—

**基準値以下のPCE～  
DCEから生成したVCが  
基準超過する恐れ**

※ 最も基準値の低いシス-1,2-ジクロロエチレンの値を示す

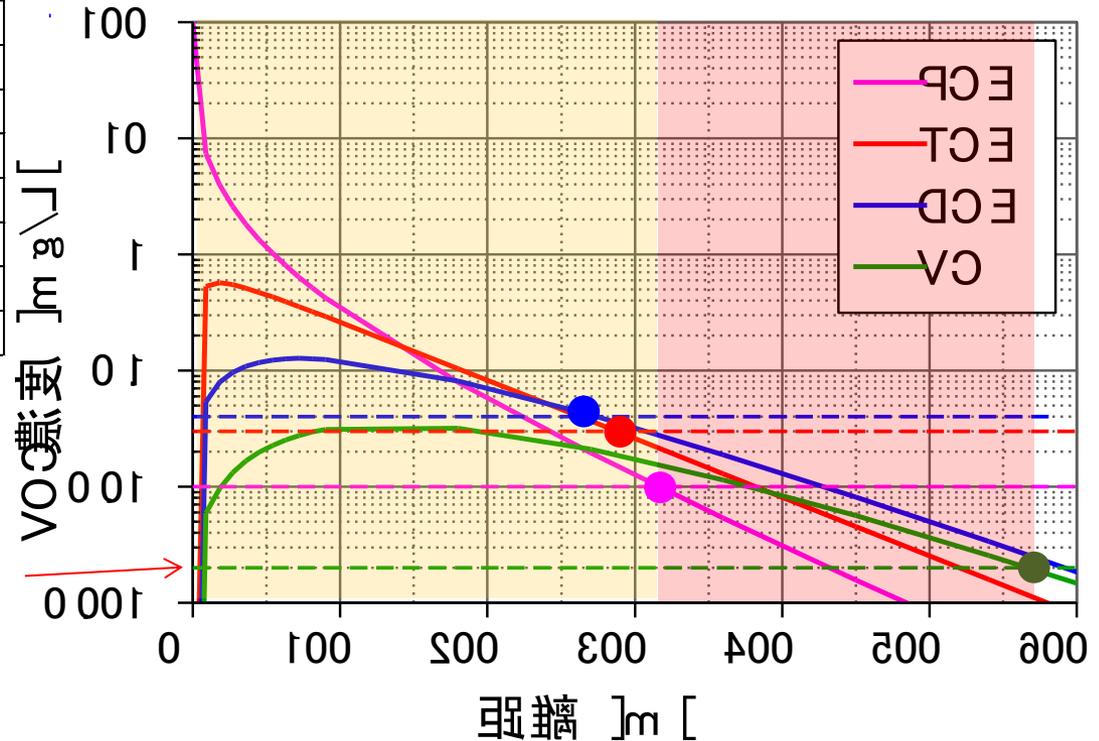
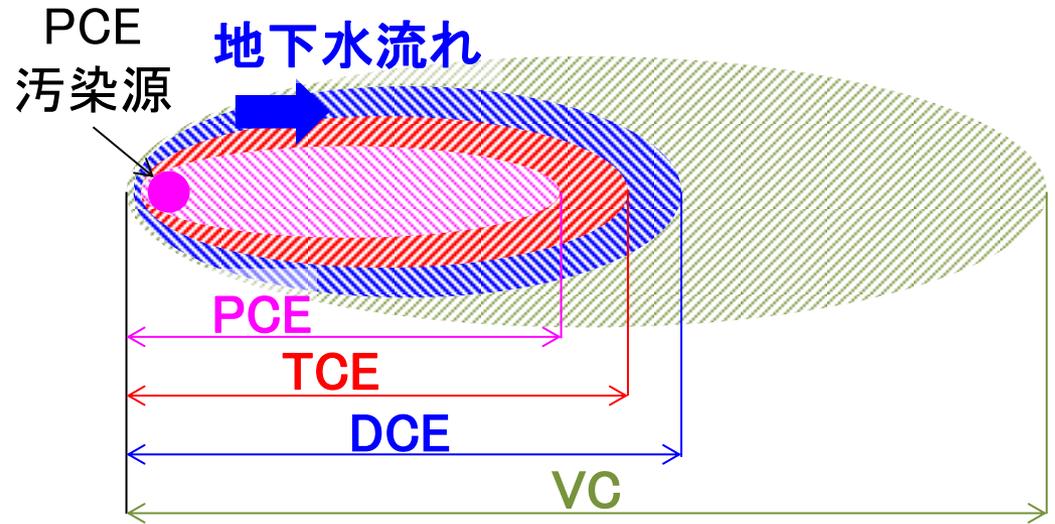
# 研究背景 クロロエチレン(VC)の地下水汚染範囲イメージ

## 一次元移流分散反応モデル での計算条件

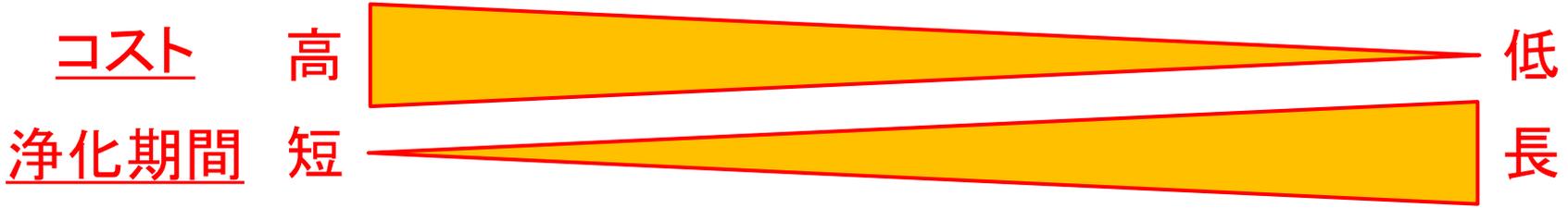
- 砂層
- 平野部

設定項目	単位	設定値	
透水係数	[m/s]	$1 \times 10^{-4}$	
動水勾配	[-]	1/100	
有効間隙率	[-]	0.35	
遅延係数	[-]	1.0	
縦分散長	[m]	10	
縦横分散長比 (横/縦)	[-]	1/25	
分解速度定数	PCE → TCE	[y <sup>-1</sup> ]	1.1
	TCE → DCE	[y <sup>-1</sup> ]	1.2
	DCE → VC	[y <sup>-1</sup> ]	1.2
	VC → エチレン	[y <sup>-1</sup> ]	1.7
汚染源物質	[-]	PCE	
汚染源濃度	[mg/L]	100	

- VCの基準値が厳しい
- 汚染の広域化の恐れ



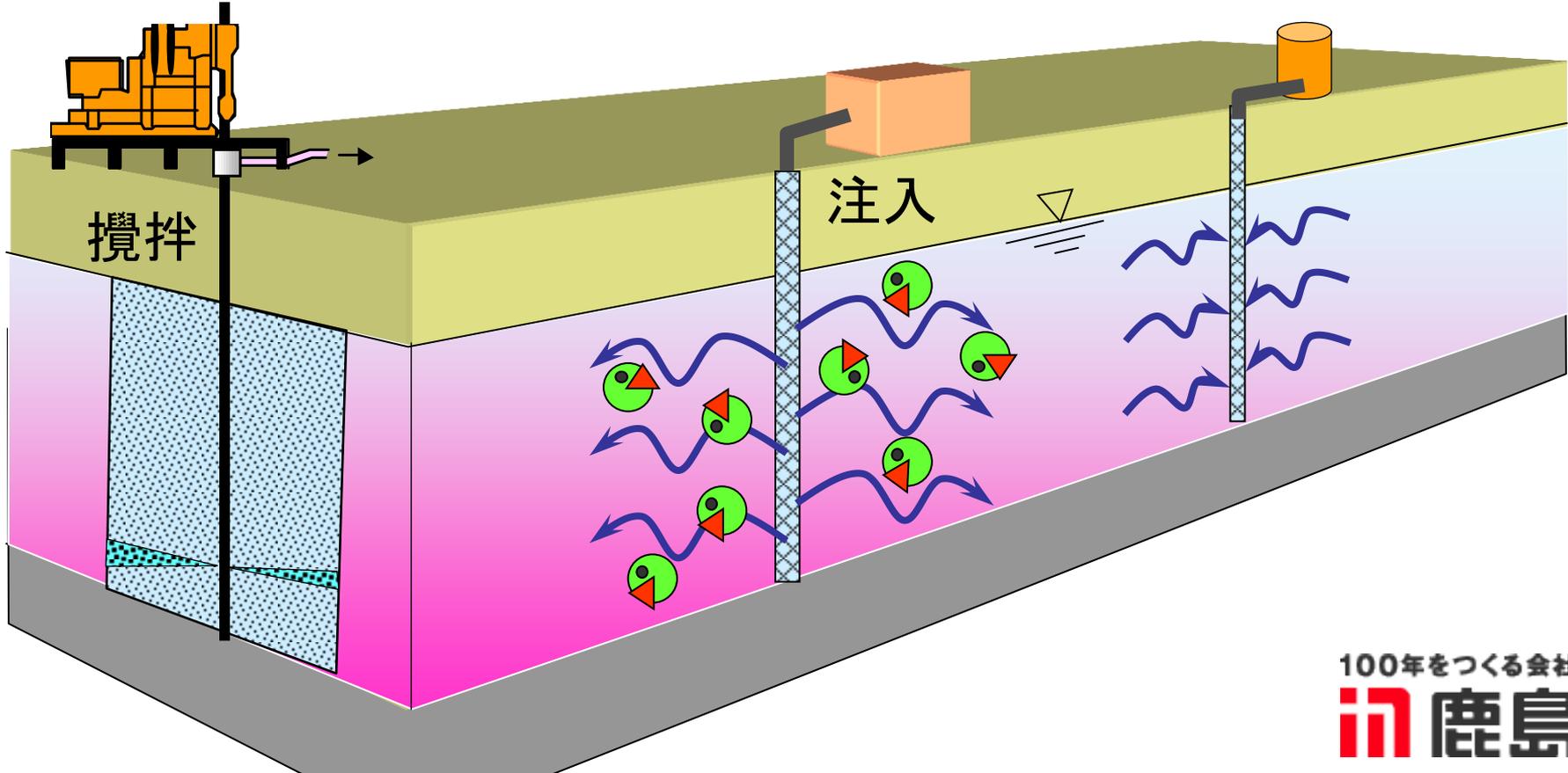
# 研究概要 浄化対策の現状と研究目的



化学処理  
(鉄粉・酸化剤)

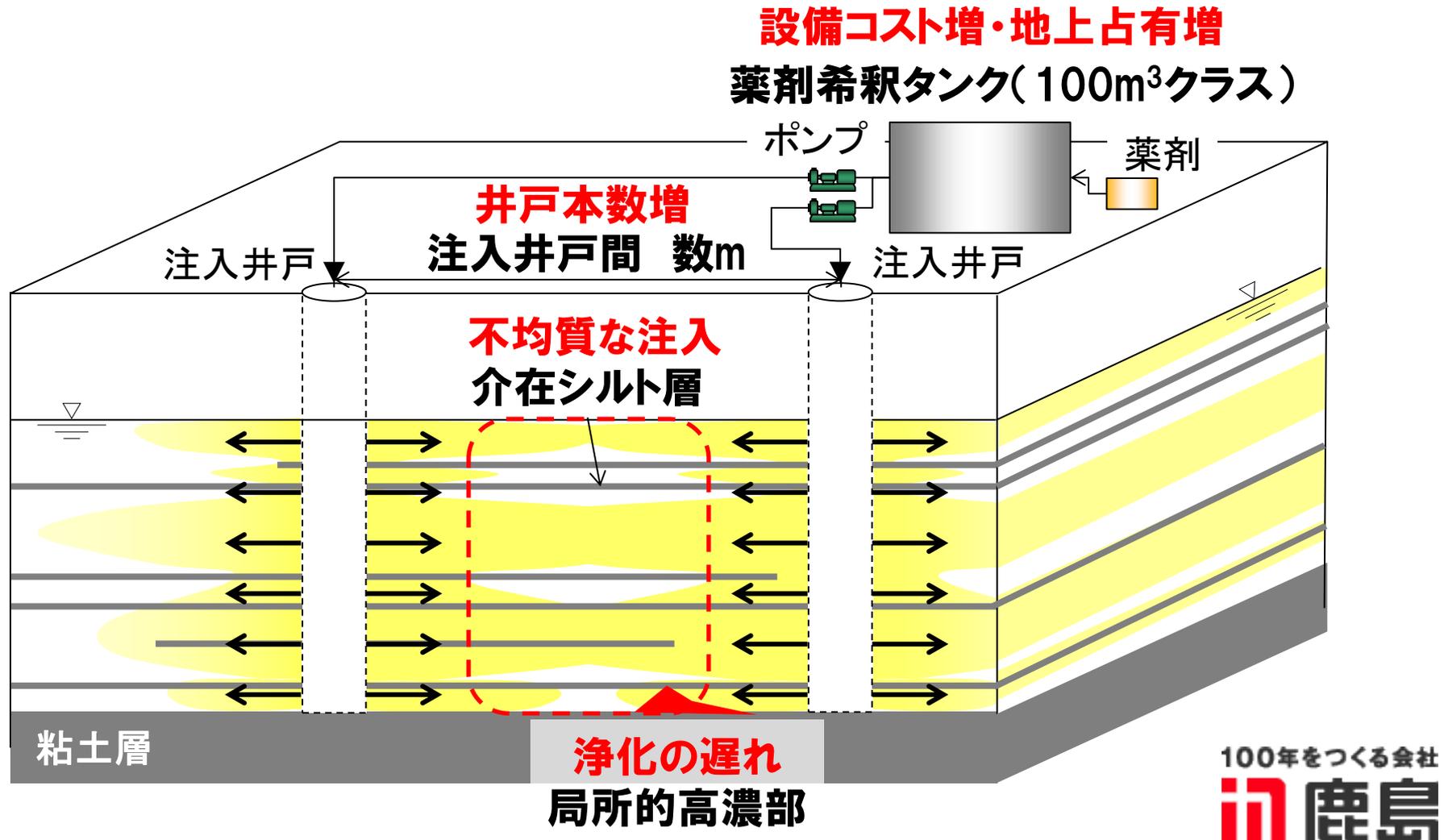
微生物処理  
(嫌気バイオ)

抽出処理  
(揚水処理)



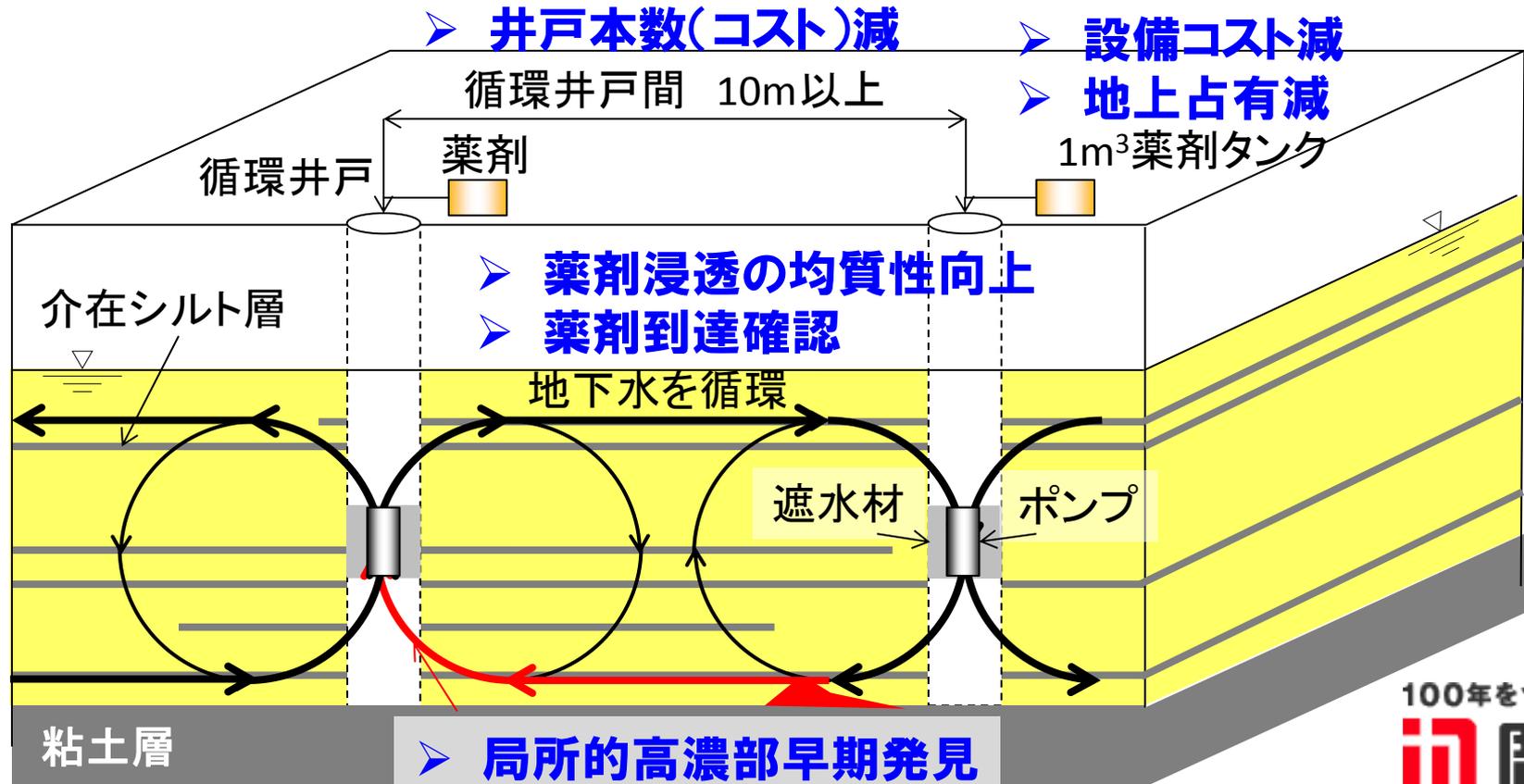
# 現状の嫌気バイオの課題

- 薬剤を水道水等で希釈注入が一般的: **大型タンク、設備コスト増、地上占有**
- 注入が不均質となるため注入井戸間隔狭い: **井戸本数増加、コスト増**



# 開発中の地下水循環による嫌気バイオ 目標とする効果

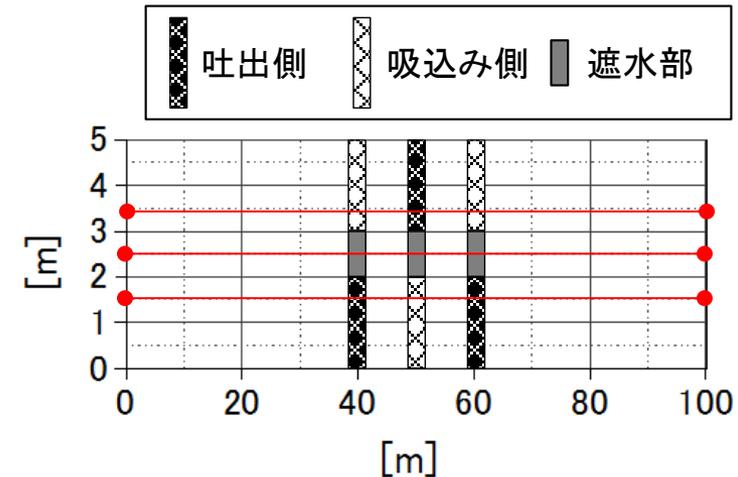
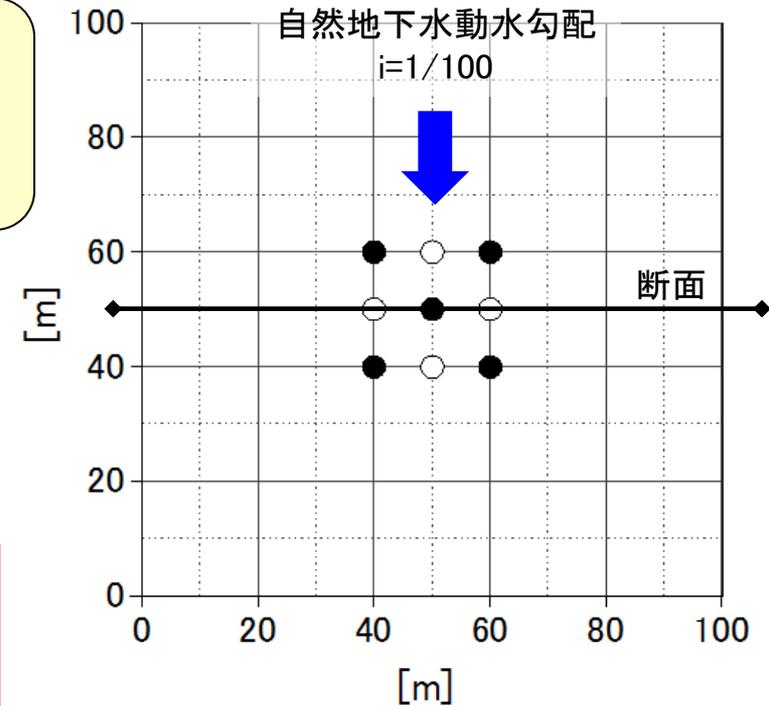
- 複数の井戸間を地下水循環させ井戸間隔を3倍程度 (**井戸本数: 約1/10**)
- 薬剤は循環している地下水に0.01~1%程度添加: タンク小型化 (**省スペース**)
- 自然にはない鉛直循環流により薬剤浸透の均質性向上、循環井戸でのTOC濃度により薬剤到達確認 (**浄化品質向上**)
- 循環井戸でのVOC分析により局所的な高濃度の早期発見 (**浄化の遅延防止**)



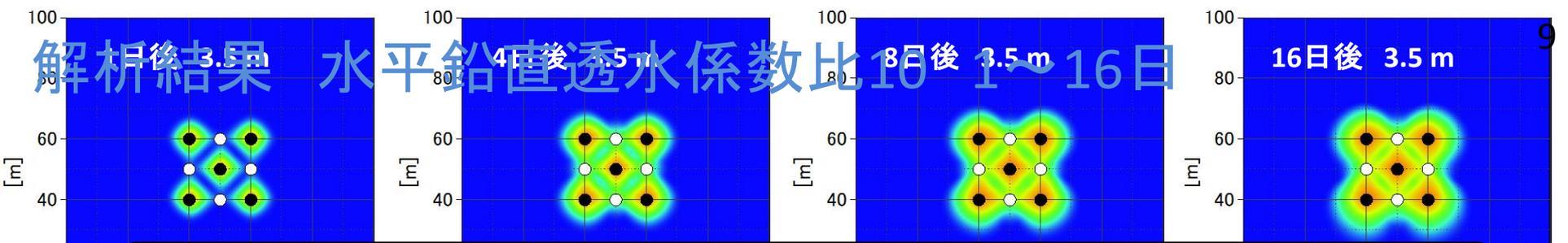
# 解析条件 地下水循環の実現性評価

- 水平鉛直透水係数比をパラメータとして検討
- 嫌気バイオ剤は1ヶ月で1/10程度に減衰、吸着はほぼしない

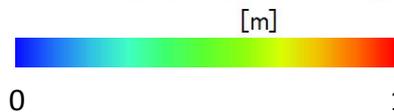
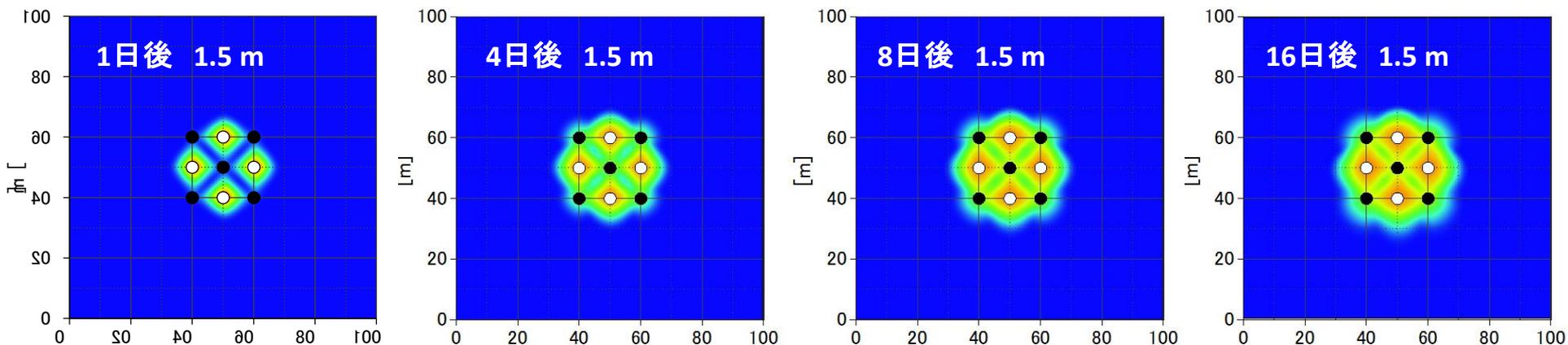
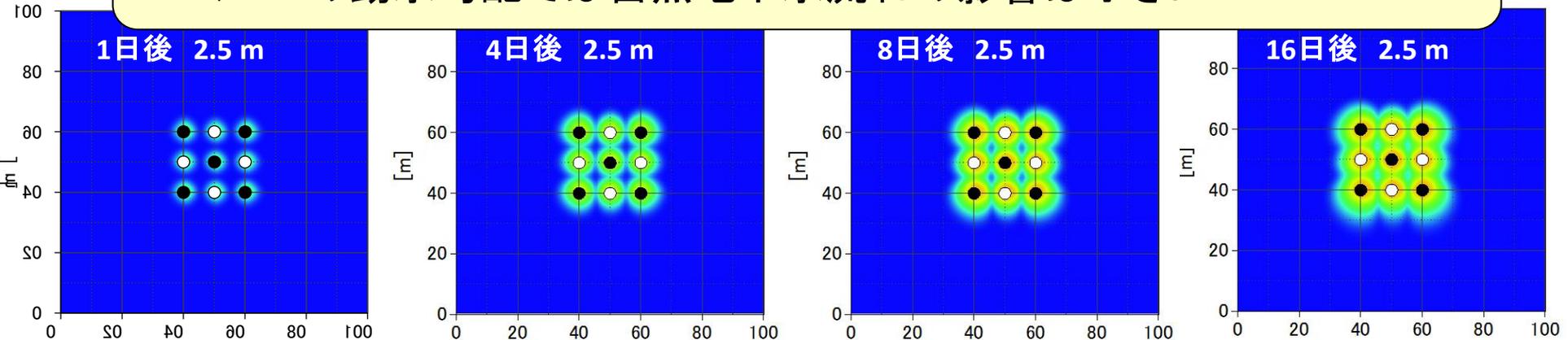
項目	単位	設定値	
循環井戸での流量	[m <sup>3</sup> /day]	72	
水平方向透水係数	[m/s]	$1 \times 10^{-4}$	
水平鉛直透水係数比 (水平/鉛直)	[-]	CASE1	10
		CASE2	3
		CASE3	1
嫌気バイオ剤の分解定数	[day <sup>-1</sup> ]	0.076	
嫌気バイオ剤の遅延係数	[-]	1.5	
間隙率	[-]	0.45	
有効間隙率	[-]	0.35	
縦分散長	[m]	1	
縦横分散長比(横/縦)	[m]	1/25	



# 解析結果 水平鉛直透水係数比 $10^{-1} \sim 10^{-2}$

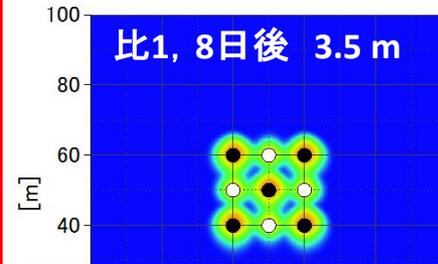
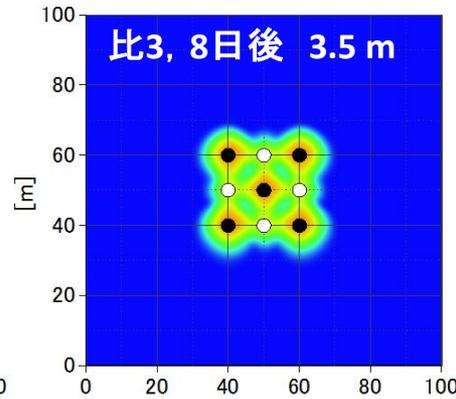
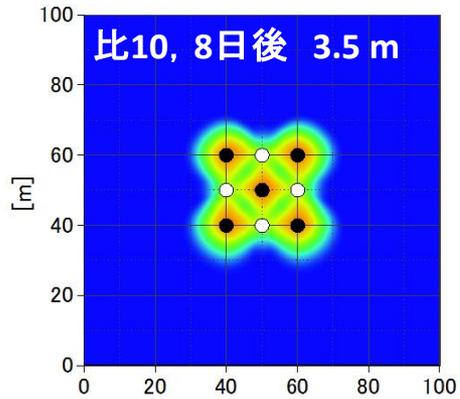


- $10\text{m}$ ピッチ、 $1 \times 10^{-2} [\text{cm/s}]$ では1週間程度の連続循環で薬剤は浸透
- $1/100$ の動水勾配では自然地下水流れの影響は小さい

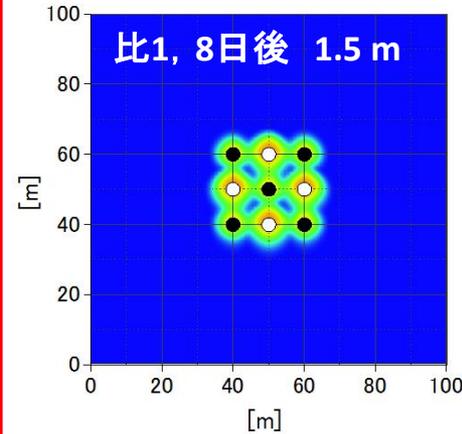
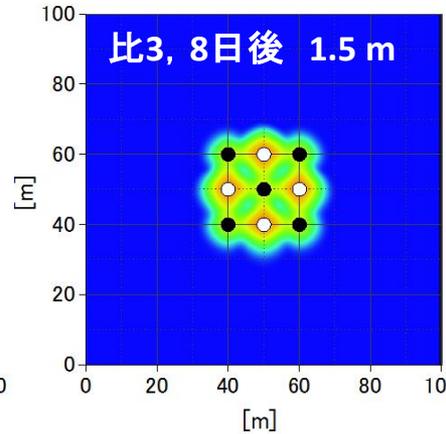
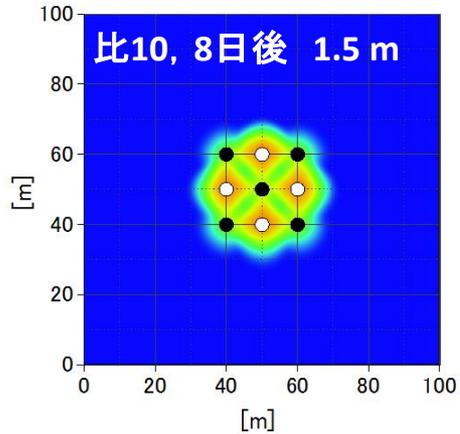
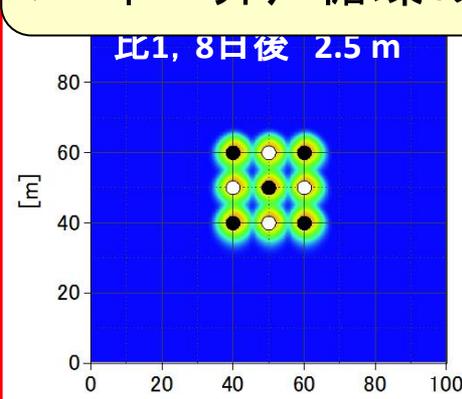
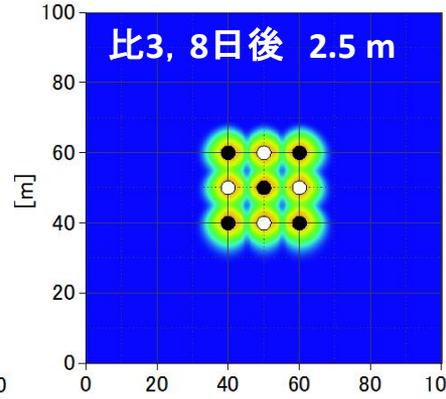
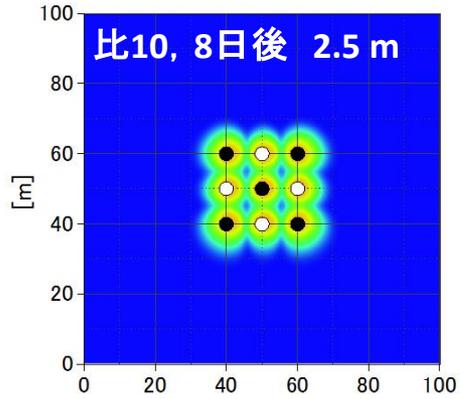


循環井戸で添加した時の嫌気バイオ剤濃度に対する比濃度

# 解析結果 水平鉛直透水係数比 10, 3, 1



- 隣接井戸間の循環ができていない
- 単一井戸循環のみ



## まとめ

- 低コスト化や施工性などのメリットがあると考え、地下水循環による嫌気バイオ技術の実現性を解析検討
- 本解析条件下では井戸ピッチ10mで水平鉛直透水係数比が3～10であれば、実現性がある結果
- 原位置で水平鉛直透水係数比の評価方法を検討
- 実地盤にて4～6である結果

今後は現場実証実験により浄化効果を検証予定