

坑水処理対策の取り組み (接触酸化ろ過及び生物処理)

(2017.3.27 第18回鈷山跡措置技術委員会 資料)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
バックエンド研究開発部門
人形峠環境技術センター



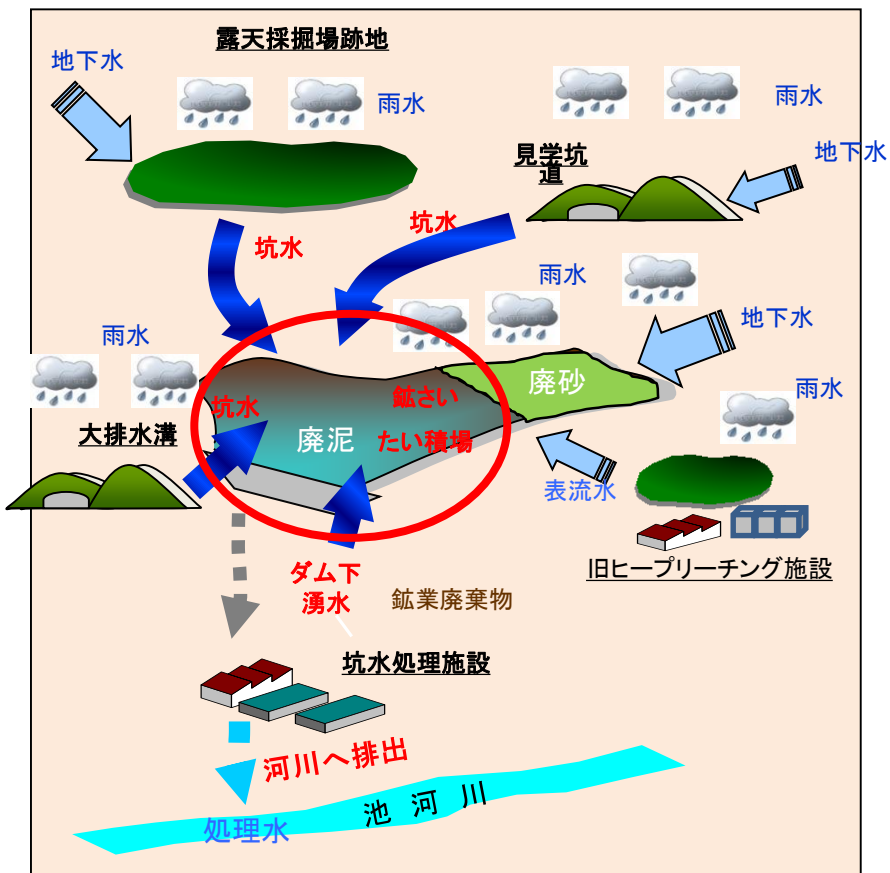
目 次

I 坑水処理の全体像

II 露天採掘場跡地坑水での個別処理試験

III 鉍さいたい積場での坑水浄化メカニズム

I 坑水処理の全体像



現状

項目	露天採掘場跡地	見学坑道	大排水溝	ダム下湧水
坑水量※ ¹ (m ³ /年)	116,019 (100%)			
	18,129 (15.6%)	13,274 (11.4%)	73,770 (63.6%)	10,846 (9.4%)
²³⁸ U※ ² (Bq/cm ³)	7.03 × 10 ⁻⁴ 5.86 × 10 ⁻⁴	2.28 × 10 ⁻⁴ 2.00 × 10 ⁻⁴	1.93 × 10 ⁻⁴ 1.19 × 10 ⁻⁴	2.24 × 10 ⁻⁴ 9.48 × 10 ⁻⁵
²²⁶ Ra※ ² (Bq/cm ³)	1.73 × 10 ⁻³ 1.59 × 10 ⁻³	1.53 × 10 ⁻⁴ 1.06 × 10 ⁻⁴	3.23 × 10 ⁻⁴ 2.27 × 10 ⁻⁴	1.56 × 10 ⁻⁴ 7.92 × 10 ⁻⁵
Fe※ ² (mg/L)	18.7 17.0	0.6 0.3	5.1 3.1	0.7 0.4
As※ ³ (mg/L)	0.11 0.088	0.0008 0.0005	0.0061 0.0051	0.0047 0.0023

注) 上段: 最大値 下段: 平均値

*1: 平成21年度～25年度の年平均値

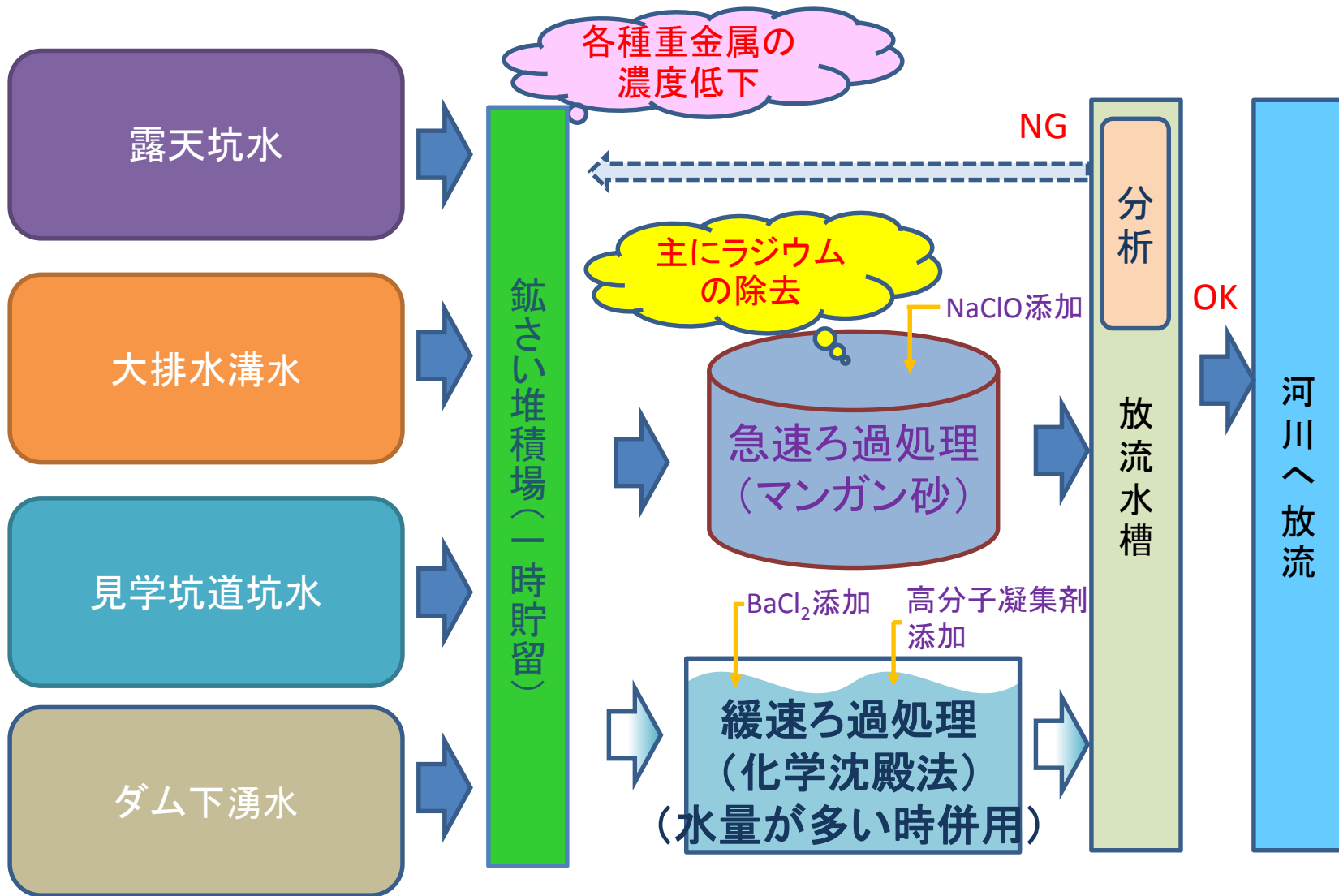
*2: 四半期毎の分析結果: 平成22年度第4四半期～平成26年度第2四半期: 15件

*3: 四半期毎の分析結果: 平成23年度第4四半期～平成26年度第2四半期: 11件

■: 法令値を超過 ■: 排出基準を超過(協定値) ■: 排出基準を超過(届出値)

坑水量(116,019m³) + 雨水・地下水(120,490m³) → 鉱さいたい積場からの発生水(236,509m³/年)

現在の人形峠の坑水処理概要



本取り組みについて

【現状】

- 鉱さいたい積場には、常時4,000m³～6,000m³の坑水を貯留
- 豪雨等によりコンクリートかん止堤からの越流等の懸念



【対策】

- ①安全上の観点で管理水位を下げる管理
- ②旧坑道から発生する坑水の低減
- ③跡措置として廃泥さい積場の措置

対策を実施するためには、以下の項目について把握が必要

- ①坑水処理全体のシステム検討
⇒露天採掘場跡地での個別処理試験
- ②鉱さいたい積場内で何が起きているのか？
⇒鉱さいたい積場での浄化メカニズムの検証

昨年の成果

全体の坑水処理負荷が軽減できる。

- ・露天坑水を見学坑道坑水のレベルまで水質改善可能
- ・鉄、ヒ素については、排水基準を満足。

課題

ラジウムは基準を未達成⇒再処理が必要

副産物の発生

澱物の発生 坑水10m³の処理に対して2kg程度の固形物が発生。
原水よりも高濃度な脱水廃液の発生。

アルカリ剤・凝集剤の使用⇒恒常的なコストの発生

解決に向けて

今年度の実験

Ⅱ 露天採掘場での個別処理

➤ 個別処理試験の目的

- ・全体の廃水処理システムの検討には、現在最も影響負荷が大きい露天坑水の現実的な処理量や処理後の水質について把握しておく必要がある。

昨年度

化学・凝集沈殿法での露天坑水の
処理実験

処理能力10m³/h バッチ処理

今年度

超高速ろ過装置(ケミレス)での露天坑水の
処理実験

処理能力26m³/日 連続通水処理

装置の特徴

- ・鉄分:最大40mg/ℓまで除去可能
- ・マンガン:4mg/ℓの除去も可能(砂の馴養が必要)
- ・ヒ素の除去も可能
- ・ろ過面積が小さく最大LV=最大500m/日
(装置がコンパクト)
- ・洗浄水量が大幅に少ない
- ・ろ材は珪砂(φ0.6mm)(一般的なろ材で除去可能)
- ・原水のpH⇒6.5~7.5(中性領域)

ラジウムも除去可能
ではないか？

- ・ケミレスが人形峠の坑水処理に**適用可能**？
- ・水処理(対象物質の除去)能力はどれほどか？
- ・**ラジウム**の除去は可能か？
- ・どの程度馴養期間が必要か？

実験の概要

実験期間：平成28年9月～平成29年3月

実験場所：露天採掘場跡地坑水

実験方法：

- ・センター内に実験機器設置/24時間連続運転

確認項目

- ・週1回程度 水質測定（現地測定）

測定項目：Fe、Mn、As、pH、DO

- ・期間中3回程度 水質測定（室内分析）

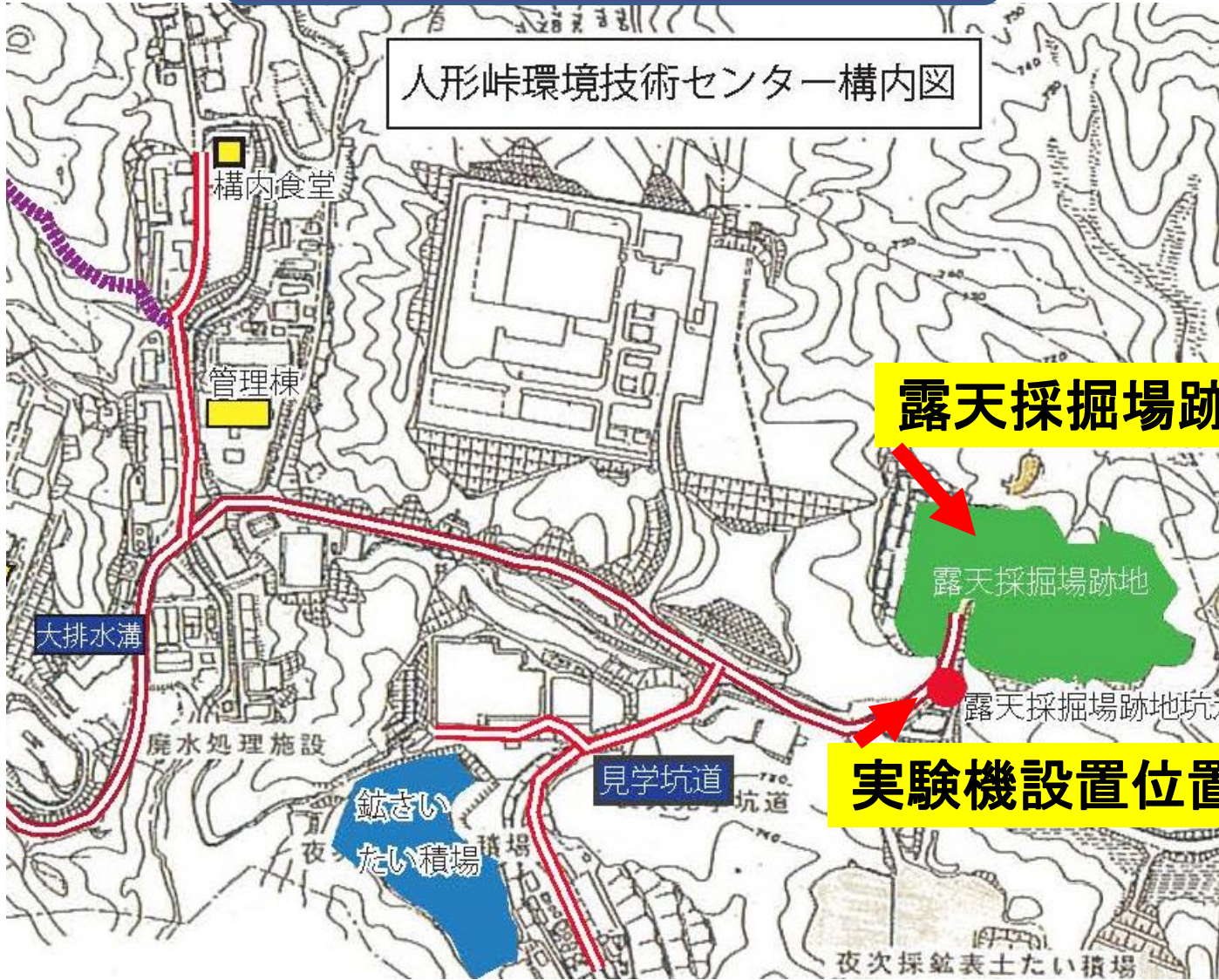
測定項目：Fe、Mn、As、U、Ra

- ・ろ過砂、副産物の分析

測定項目：Fe、Mn、As、Ra

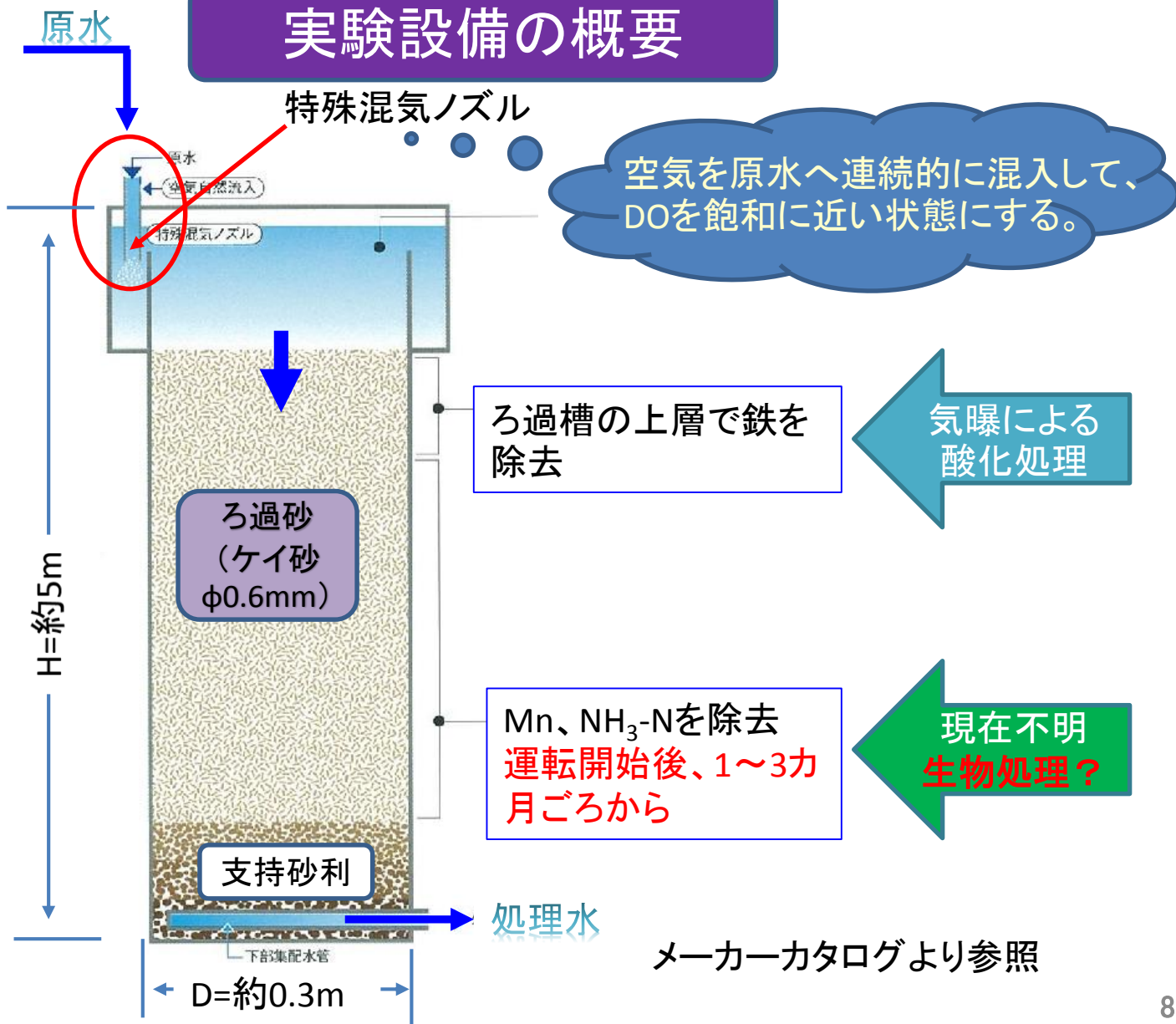
⇒サンプリングのみ、分析は4月以降

実験設備の設置場所



露天坑水を用いた坑水処理の実験

実験設備の概要



実験機の写真①

曝気
pH調整剤



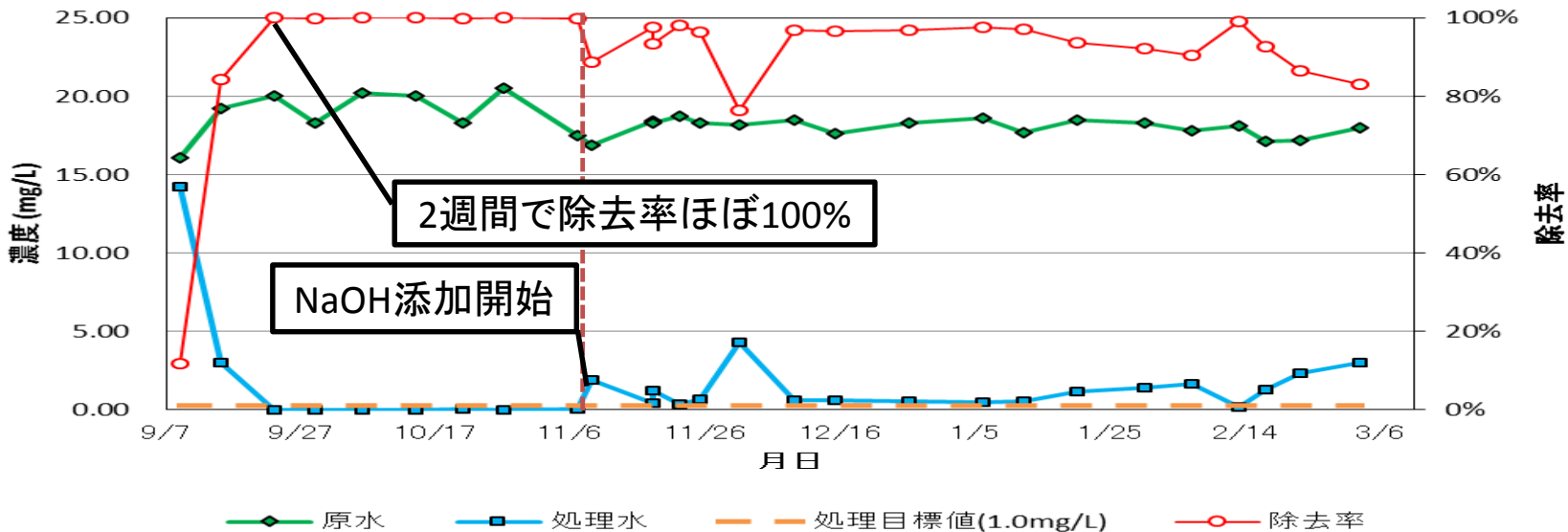
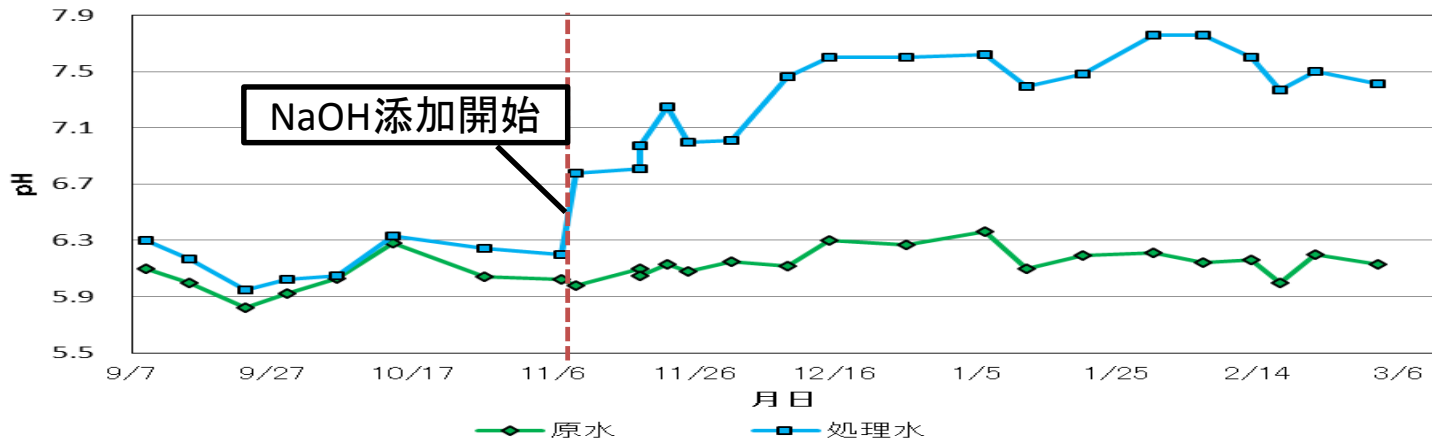
実験機の写真②

曝気
pH調整剤

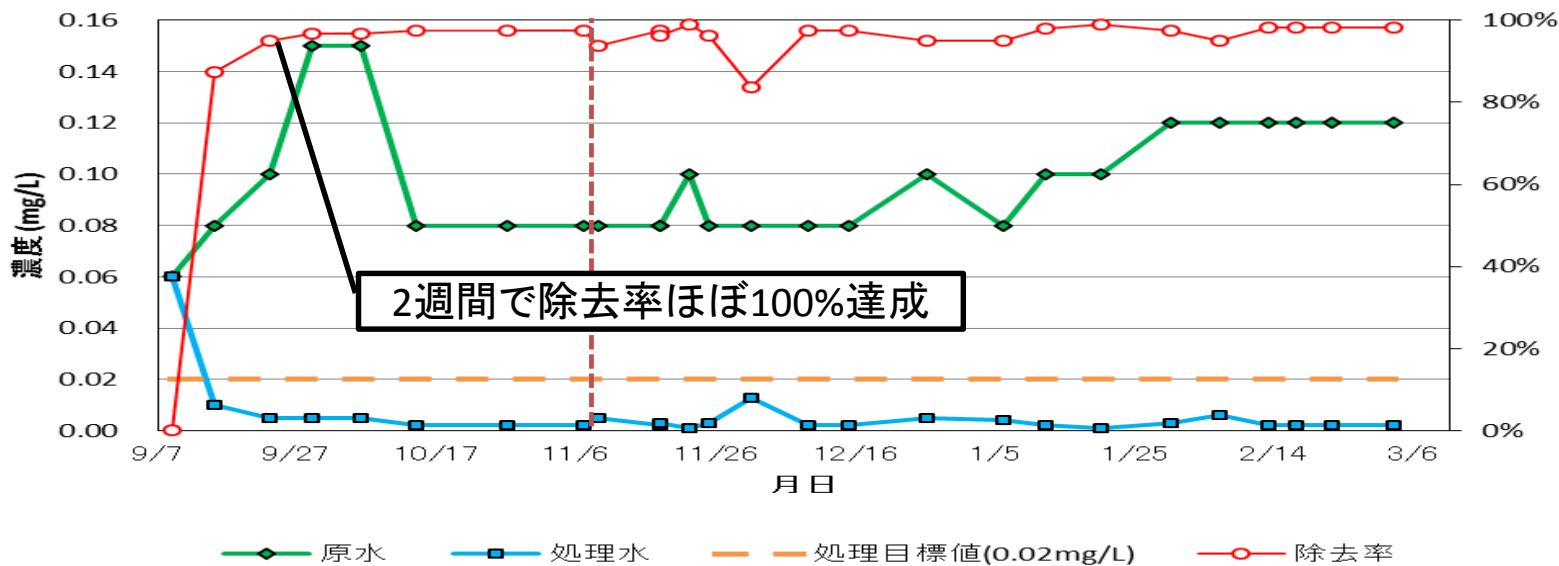
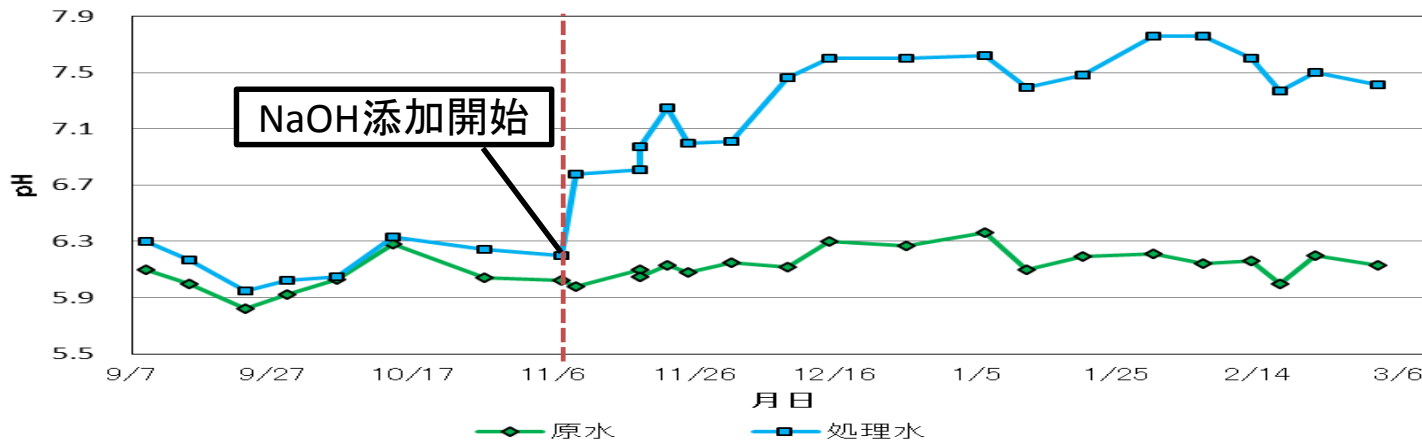
- 原水
- 処理水
- 洗浄水



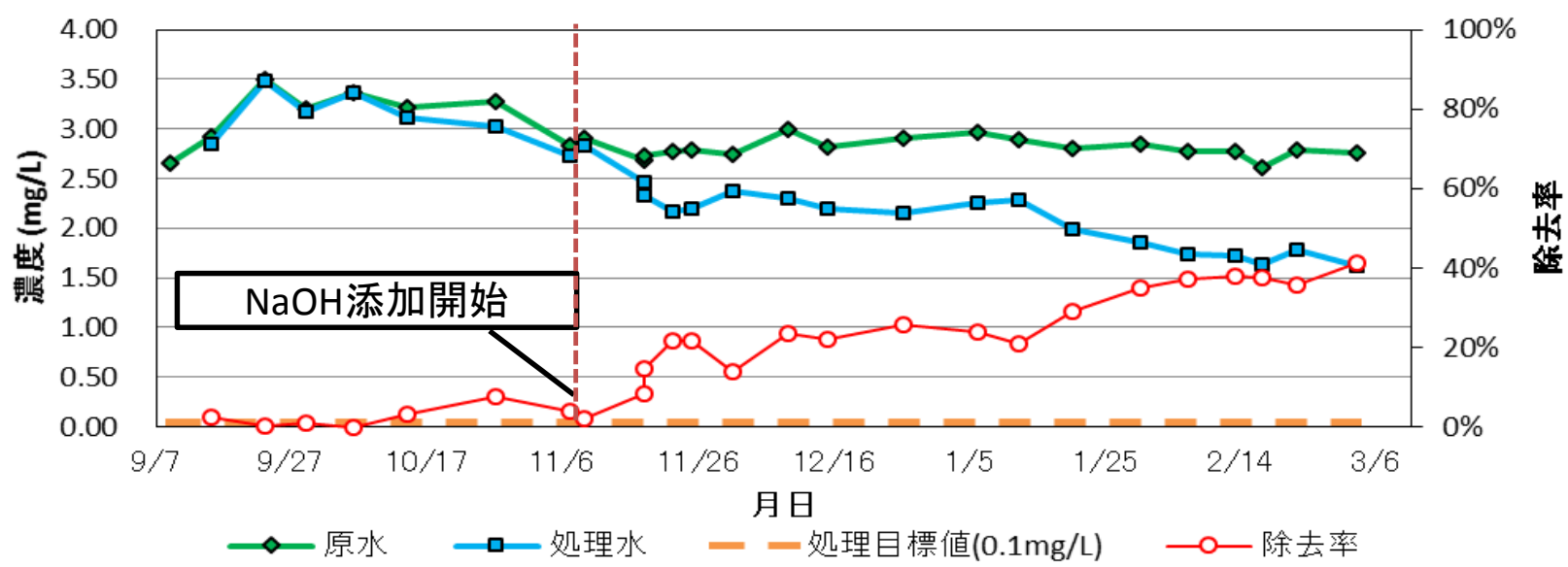
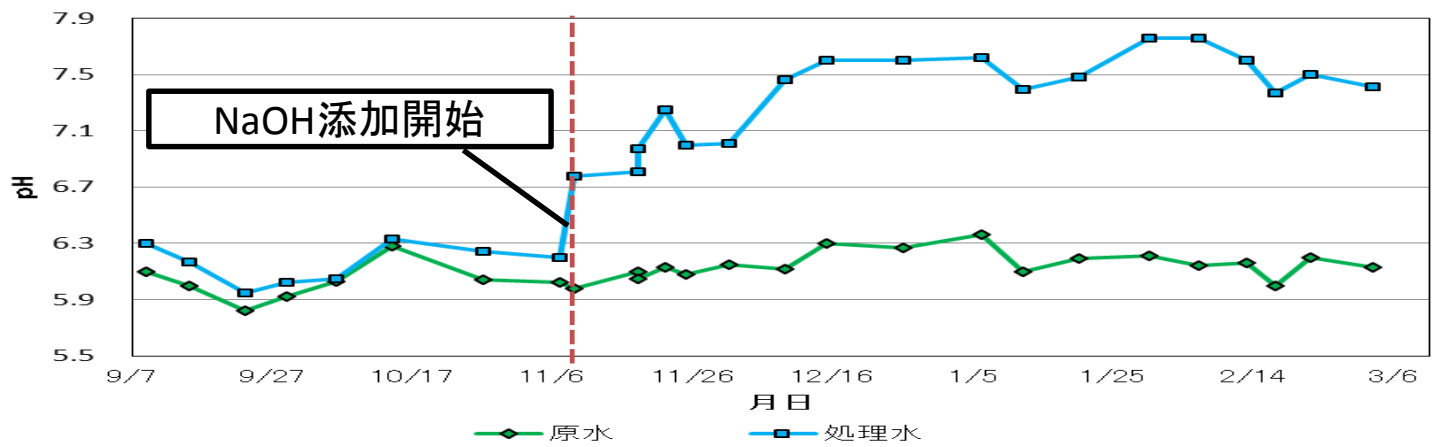
pH(上) 鉄濃度(下)



pH(上) 比素濃度(下)



pH(上) マンガン濃度(下)

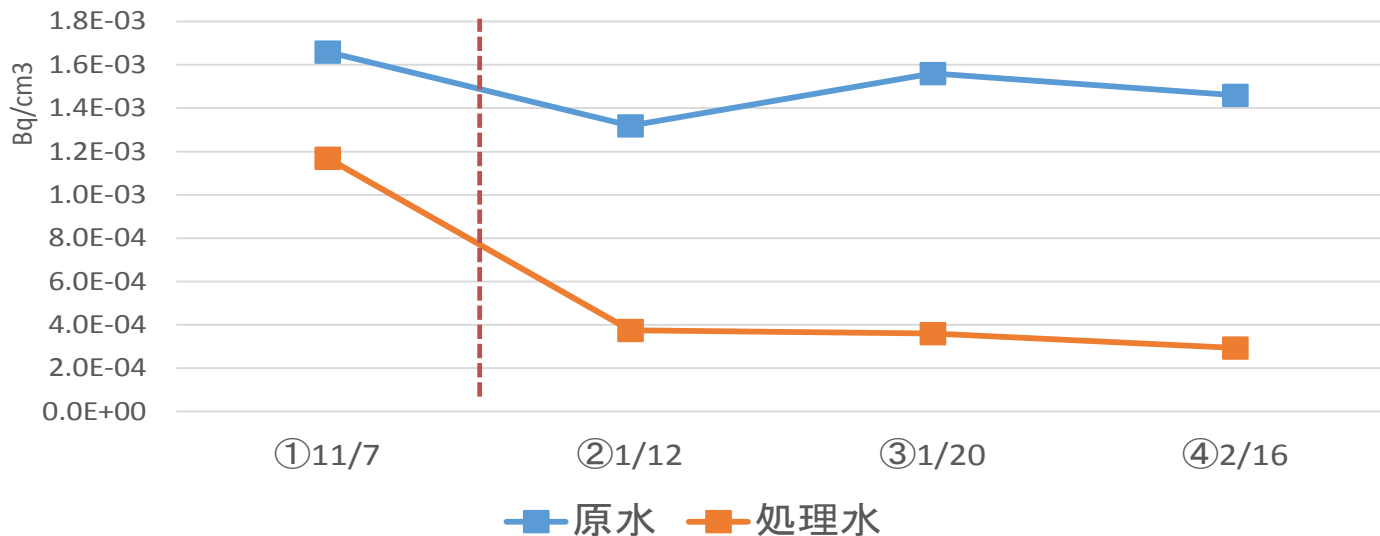
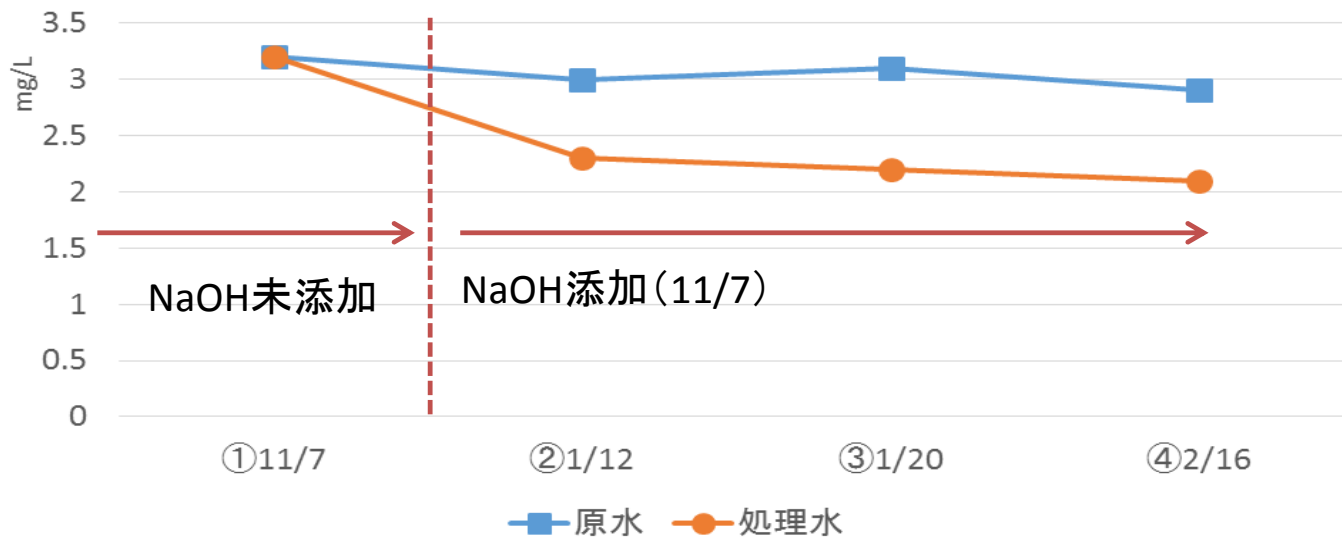




ラジウム濃度とマンガン濃度

	原水	処理水	除去率	凡例
H28.11.7	1.66E-03	1.17E-03	29.5%	ラジウム Bq/cm ³
	3.2	3.2	0.0%	マンガン mg/L
H29.1.12	1.32E-03	3.75E-04	71.6%	
	3.0	2.3	23.3%	
H29.1.20	1.56E-03	3.60E-04	76.9%	
	3.1	2.2	29.0%	
H29.2.16	1.46E-03	2.93E-04	79.9%	
	2.9	2.1	27.6%	

マンガン濃度(上) ラジウム濃度(下)



実験の成果

- 鉄 ⇒2週間でほぼ100%除去可能
- ヒ素⇒2週間でほぼ100%除去可能
- マンガン⇒無薬注では除去できない
原因⇒原水pHが6.0～6.3であったため
⇒微量なpH調整が必要(pH6.5～7.5)
⇒pH調整を行ってやることで除去可能
- ラジウム⇒除去可能
⇒現段階でMn約30%除去に対しRa約80%除去

本装置でラジウムの除去ができる



マンガン除去が進めば直接河川へも可能？

今年度の取組みの紹介

- ・鉄、マンガン、砒素、ラジウム(高濃度)を効率よく除去したい
- ・坑水処理に係るコストを減らしたい
 人の手間、薬品の購入、ろ過砂の交換……
- ・ろ過槽の逆洗時に発生する副産物を減らしたい

実現する可能性がある超高速ろ過装置(ケミレス)

なぜマンガンが効率よく除去されるのかは不明

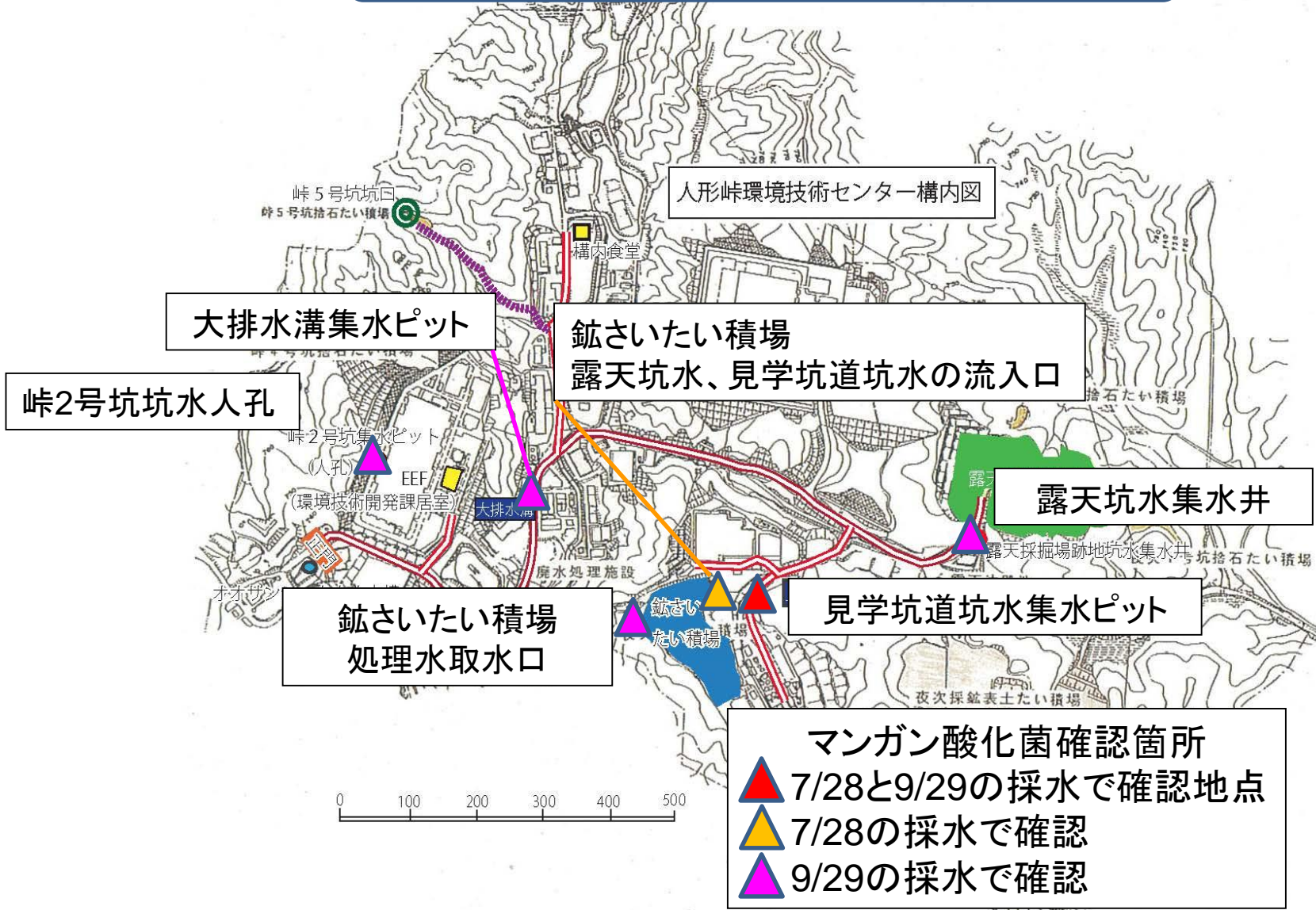
坑水中の微生物の分析を実施

坑水中にマンガン酸化菌を確認

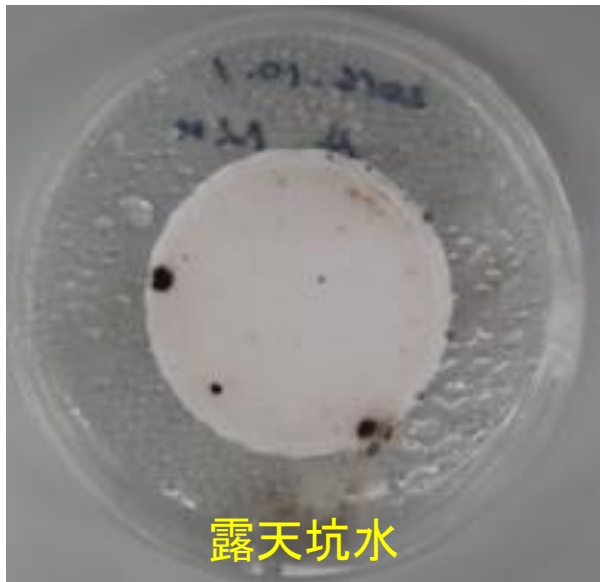
坑水中に含まれるマンガン酸化菌が除去に関与しているのではないか？

マンガン酸化菌の共同研究に着手

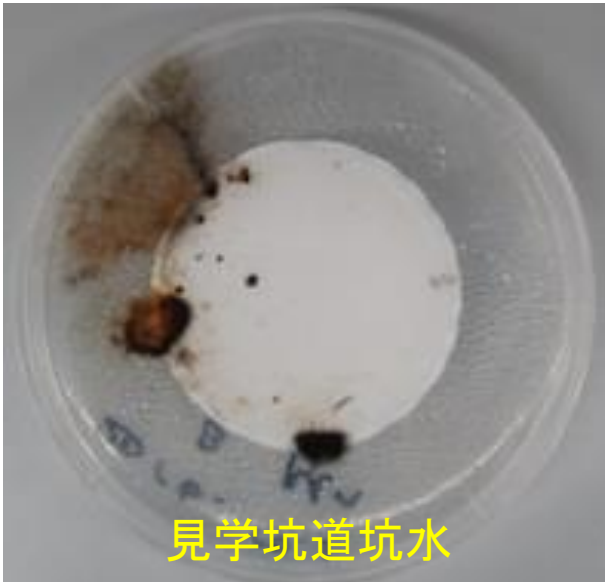
マンガン酸化菌の確認



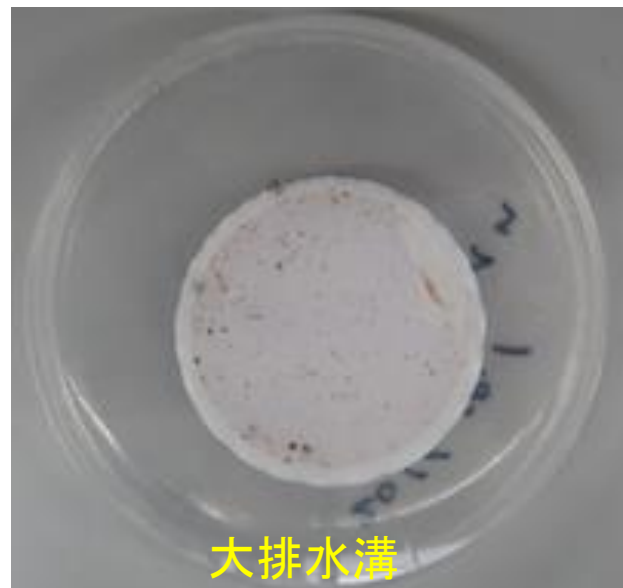
マンガン酸化菌の確認



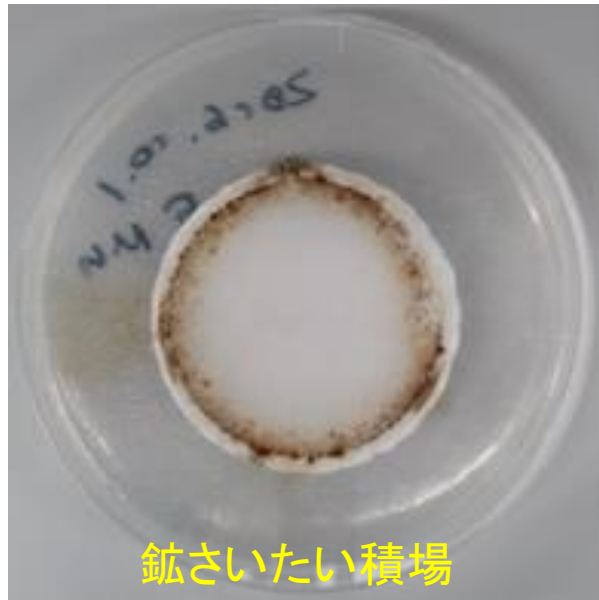
露天坑水



見学坑道坑水



大排水溝



鉱さいたい積場

平成28年9月29日採水試料
の培養結果

写真提供：
筑波大学 山路恵子氏

Ⅲ 鉍さいたい積場での坑水浄化メカニズム

昨年度

PHREEQCによる一次元等速移流拡散解析

鉄、砒素を中心にした化学平衡計算による鉍さいたい積場での水質変化を特定の流れ方向で再現

今年度～
来年度

物理シミュレーション

地下水・表流水連動3次元流動解析の実施

↓
移流拡散解析の実施

化学シミュレーション

上記の移流拡散モデルに化学平衡計算 (PHREEQC) の連成方法を検討

物理

化学

シミュレーション

鉍さいたい積場の浄化機構解明に向けた調査研究

区分	項目	解析方法	課題
稀釈/濃縮	降雨/蒸発	気象観測データ	
	地表水	地下水・地表水連動解析・物質移行解析	正確な解析には地下水と地表水の流れを連動した3次元解析を行う必要がある。
	地下水	同上	同上 未知の地下水の挙動を解析する。
除去/付加	沈殿/溶出	地球化学コードを用いた解析	現地調査を継続してデータを蓄積中 溶出については調査方法の検討も必要。
	吸着/脱着	同上	現地調査を継続してデータを蓄積中。

- 地下水・地表水流動解析/移流拡散解析 (GETFLOWS) に地球化学コード (PHREEQC) を連成検討

次年度の取組みについて

Ⅱ 露天採掘場跡地坑水での個別処理試験

- ・pH調整を行ってマンガン除去の確認(継続)
⇒マンガン除去状況に伴うラジウム除去の確認。
- ・鉄除去ろ過塔とマンガン除去ろ過塔に分けて実験
⇒鉄を除去した後、マンガンを除去することによる除去性能の確認及び廃棄物性状確認を行う。
- ・産生されるマンガン酸化物について調査。
⇒組成、産生条件など

Ⅲ 鉱さいたい積場での坑水浄化メカニズム

- ・地下水・地表水流動解析/移流拡散解析(GETFLOWS)と地球化学コード(PHREEQC)の連成に向けた検討