

# 坑水処理対策の取り組み (接触酸化ろ過及び生物処理)

(2019.3.15 第20回鉱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  
核燃料・バックエンド研究開発部門  
人形峠環境技術センター

# はじめに

人形峠環境技術センターは現在の水処理システムを見直し、今後、新たなシステムを構築を目指しています。

本報告では、その一環として、2016年9月から2018年7月にかけて実施してきました、高速ろ過方式の水処理装置を使って露天採掘場跡地から発生している坑水処理実証試験の結果を報告します。

# 坑水処理対策の取り組み

【閉山措置に向けての坑水処理に関する課題】

- ①旧坑道から発生する坑水の低減  
(発生源対策 例; 坑道閉塞)
- ②鉱さいたい積場地下水流入量の低減  
(例; 地下水回避工)
- ③閉山措置として鉱さいたい積場の措置



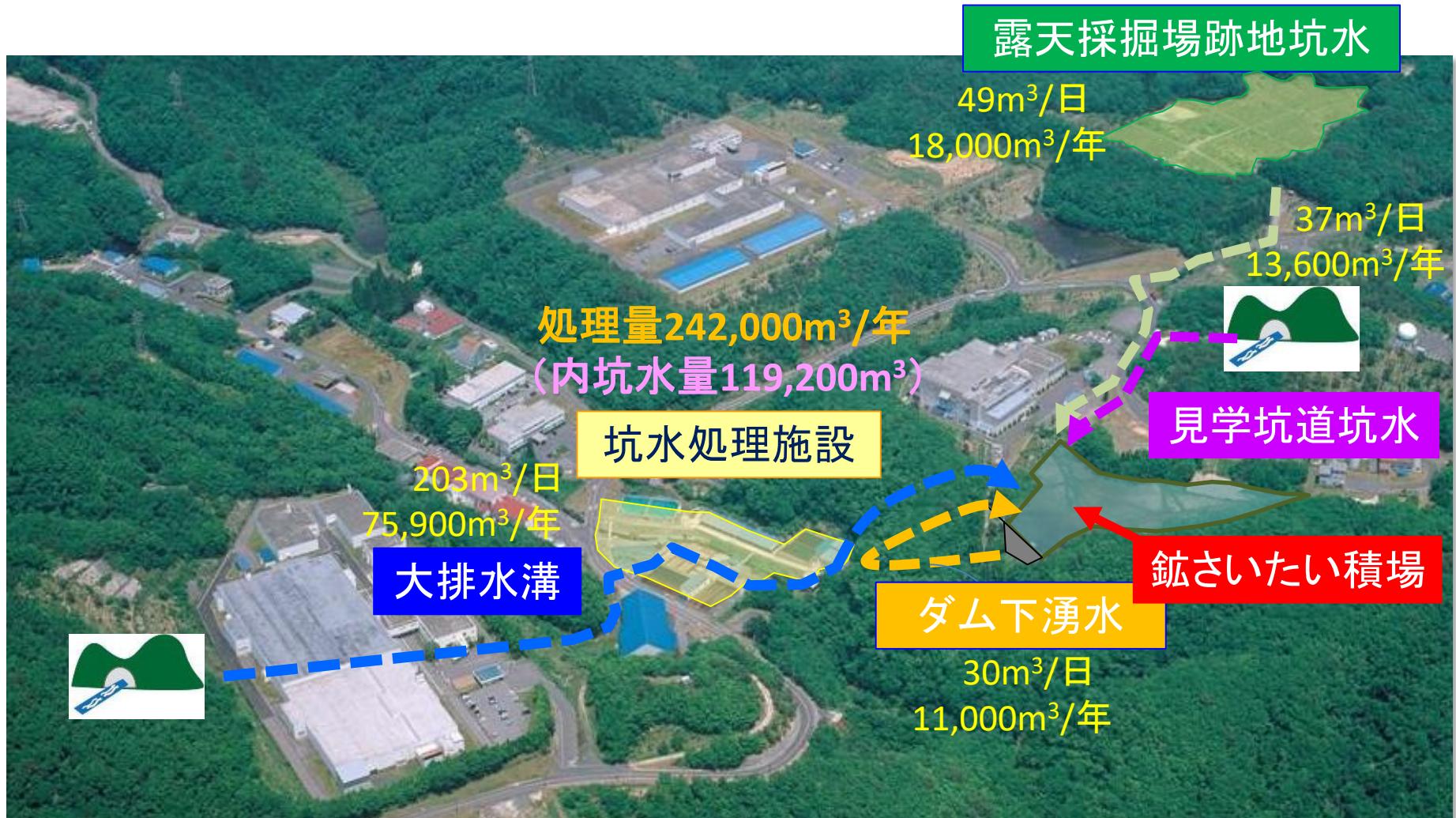
・現在の坑水(鉱さいたい積場水)よりも濃度の高い水の処理が必要

Fe, Mn, As, U, RaそしてSSの高濃度化が予想

・処理全体のシステム検討中

⇒重金属等の濃度が高い露天採掘場跡地坑水の個別処理実証試験 が最適

# 人形峠環境技術センターの 主な坑水分布図



注)数値はH25年度～H29年度の平均

## 坑水原水



## 鉱さいたい積場



## 坑水処理施設



## 放流



**鉄**  
0.20～21.3

**砒素**  
<0.0005～0.13

**ウラン**  
 $3.6 \times 10^{-5}$   
～ $5.9 \times 10^{-5}$

**ラジウム**  
 $2.9 \times 10^{-5}$ ～  
 $2.3 \times 10^{-3}$

**マンガン**  
0.050～3.7

**鉄**  
 $\leq 7.1$

**砒素**  
 $\leq 0.0044$

**ウラン**  
 $\leq 6.5 \times 10^{-5}$

**ラジウム**  
 $\leq 3.1 \times 10^{-4}$

**マンガン**  
 $\leq 3.0$

**鉄**  
 $\leq 1.08$

**砒素**  
 $\leq 0.0030$

**ウラン**  
 $\leq 7.5 \times 10^{-5}$

**ラジウム**  
 $\leq 1.9 \times 10^{-5}$

**マンガン**  
 $\leq 1.4$

**鉄**  
 $\leq 0.65\text{mg/L}$

**砒素**  
0.005未満※

**ウラン**  
 $\leq 4.7 \times 10^{-5}$

**ラジウム**  
 $\leq 1.3 \times 10^{-5}$

**マンガン**  
 $\leq 0.01$

### 排出基準

**鉄**  
1.0

**砒素**  
0.02

**ウラン**  
 $1.1 \times 10^{-3}$

**ラジウム**  
 $3.7 \times 10^{-5}$

**マンガン**  
5.0

**単位：**ウラン、ラジウム  $\text{Bq}/\text{cm}^3$

**その他**  $\text{mg}/\text{L}$

**統計期間：平成25.4～平成30.3**

※試験方法が異なるため定量下限が高くなっています。

# 個別処理実証試験の実施経緯

2015年度

化学・凝集沈殿法  $10\text{m}^3/\text{h}$   
バッチ処理

- 一般的な酸化剤でpH調整
- Fe, Mn, As, U除去可
- Ra除去不十分

2016年度～2018年度

高速ろ過装置  
接触酸化ろ過・生物処理  
 $3\sim 29\text{m}^3/\text{日の連続処理}$

- 酸化剤不要？
- pH調整不要？
- Fe, As, Mn, Raが同時除去可能？  
特にRa除去可能？

## 実証試験の課題

- ・安定的かつ十分なラジウム除去は可能？
- ・ろ過砂・濾物の性状、発生量などの把握
- ・アルカリ剤の使用は不可欠？  
pH6でもpH調整が必要？
- ・装置の安定的な作動の条件は？
- ・馴養期間の短縮条件は？

## 実証実験の概要及び結果

**実験期間：2016年9月～2018年7月**

**実験場所：露天採掘場跡地坑水集水井**

**実験方法：**

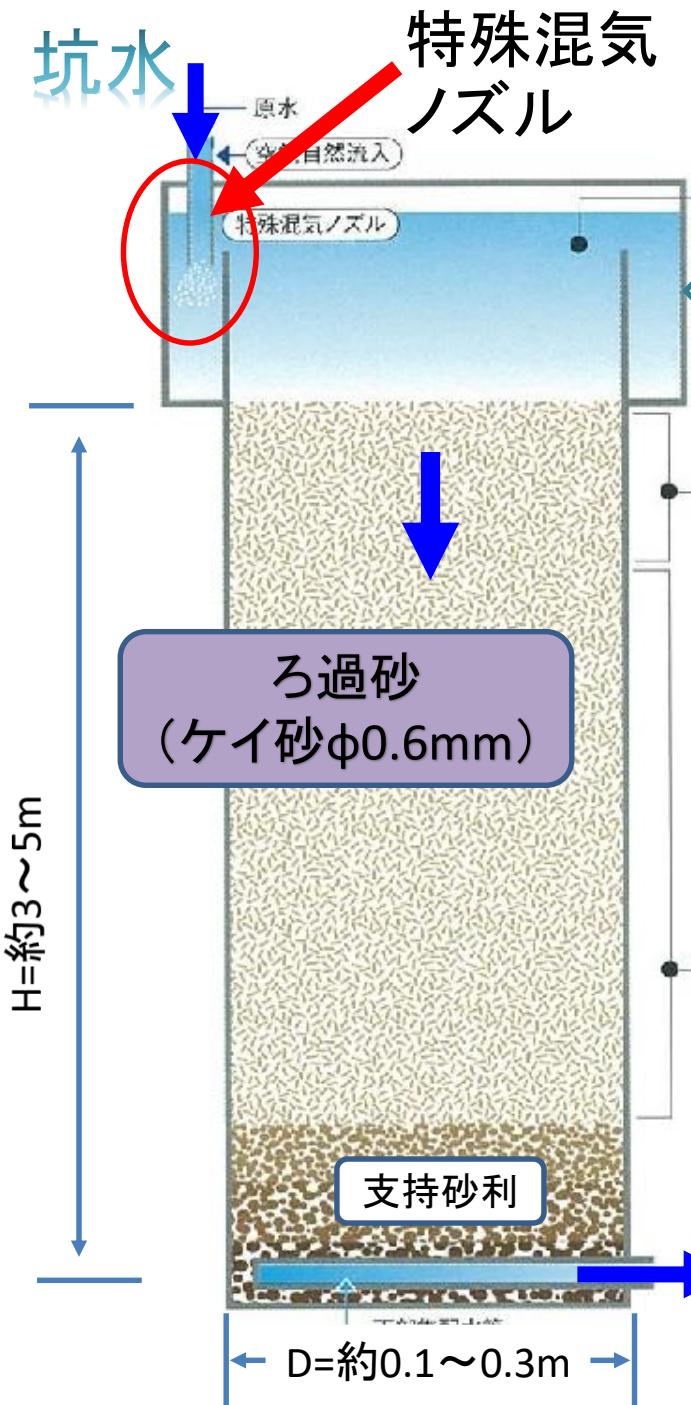
○処理水の水質分析

○ろ過砂、洗浄廃水濾物の分析

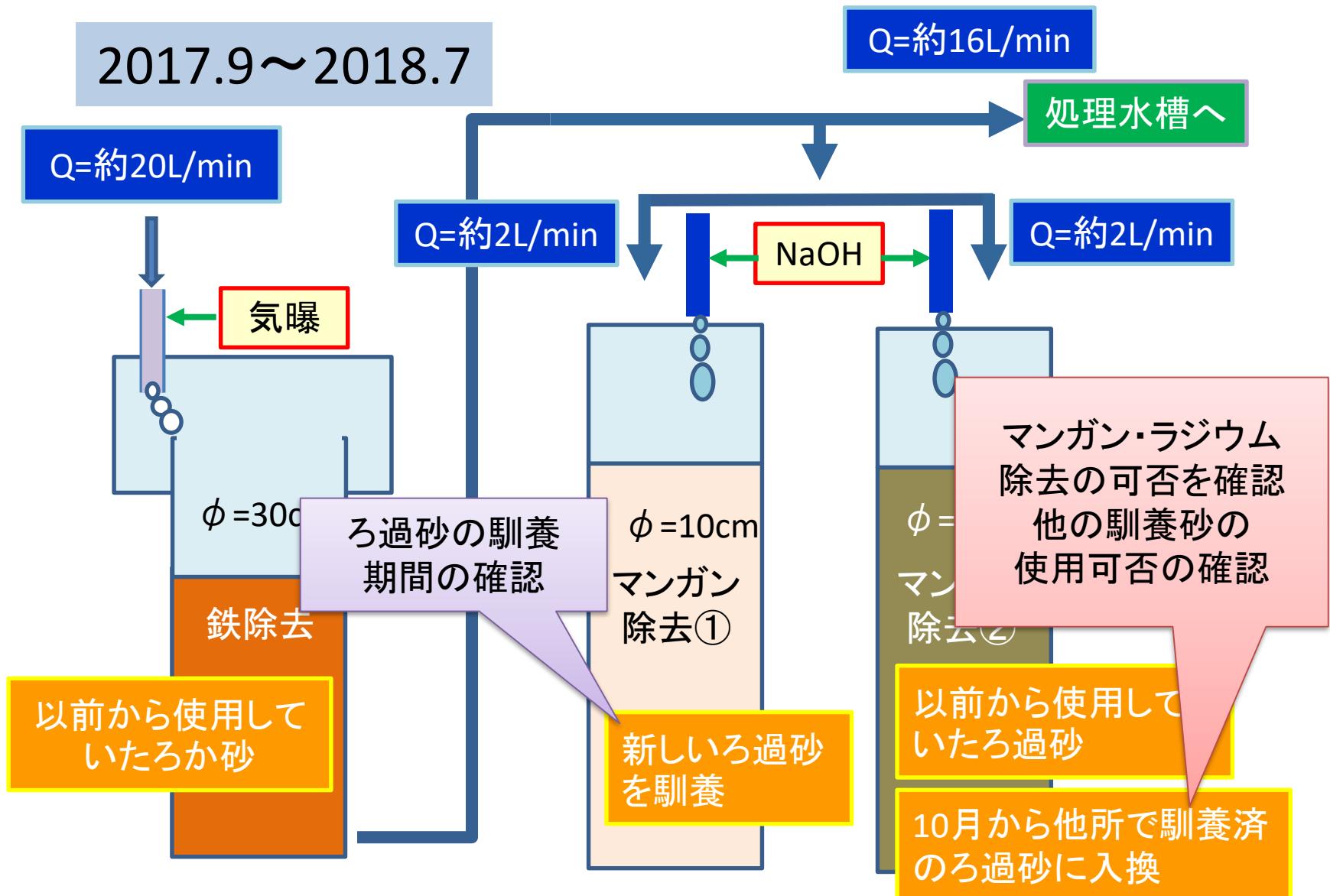
○最適な pH調整

●同時並行でマンガン酸化菌の共同研究を  
実施

## 試験設備の概要

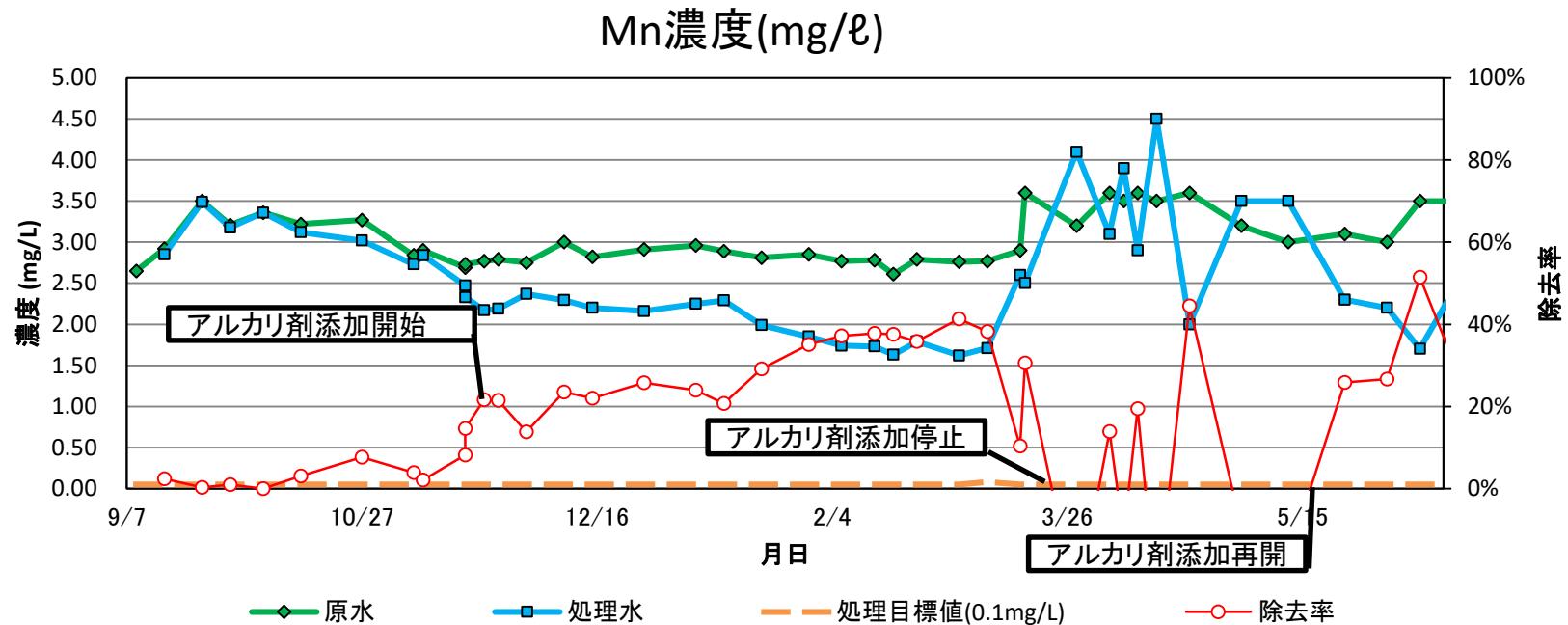
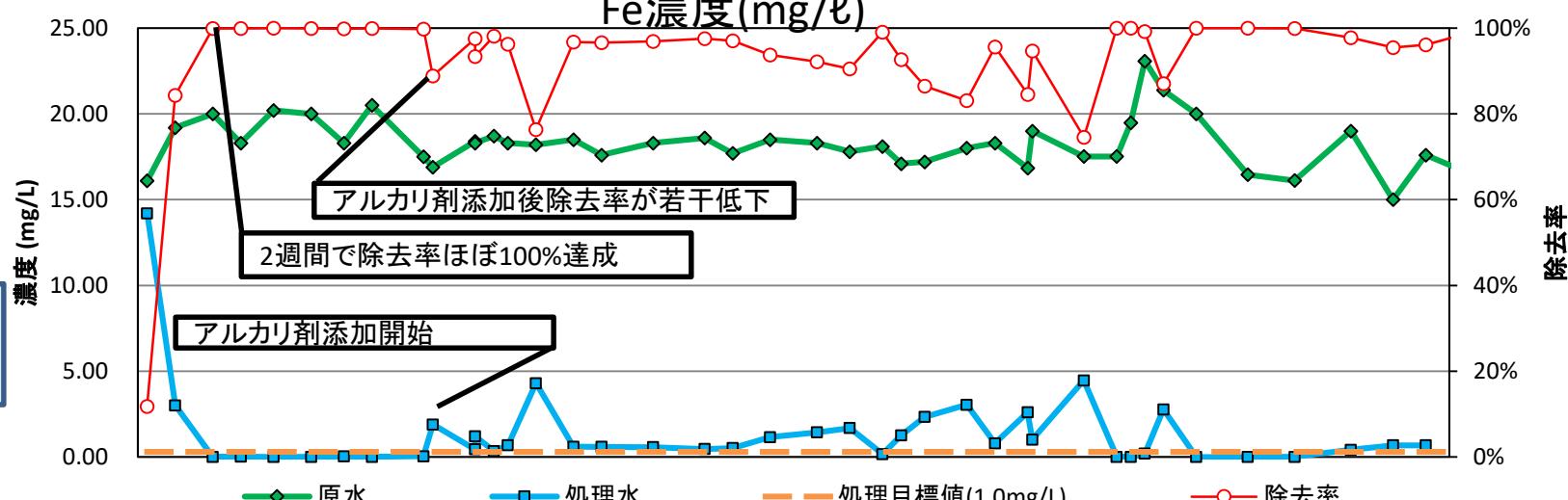
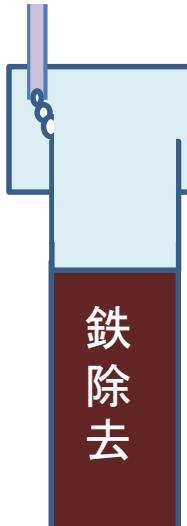


2017.9～2018.7

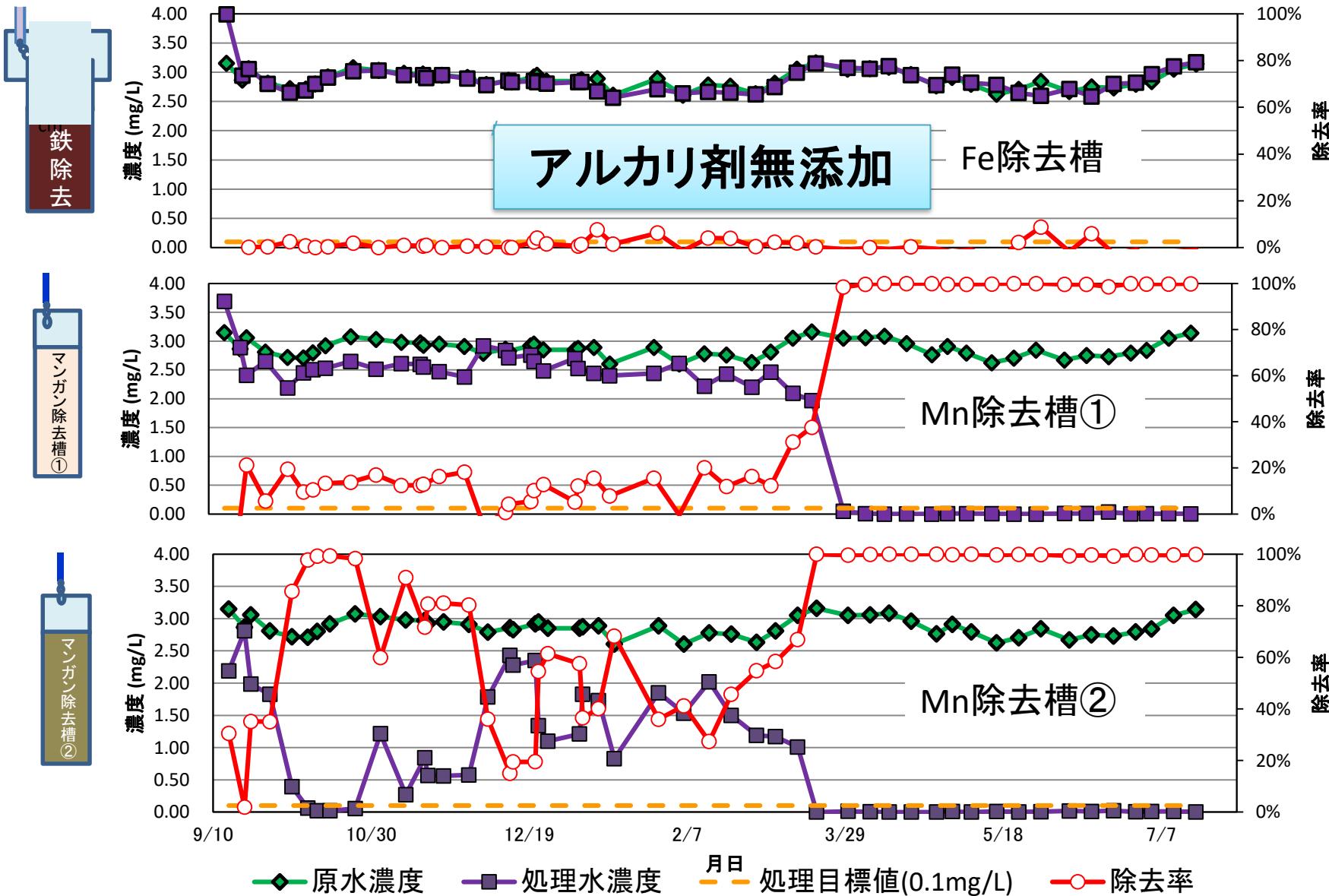


※2016年の実証試験でpH調整で発生する鉄水酸化物の生成が鉄・砒素除去の性能を低下させることが判明。

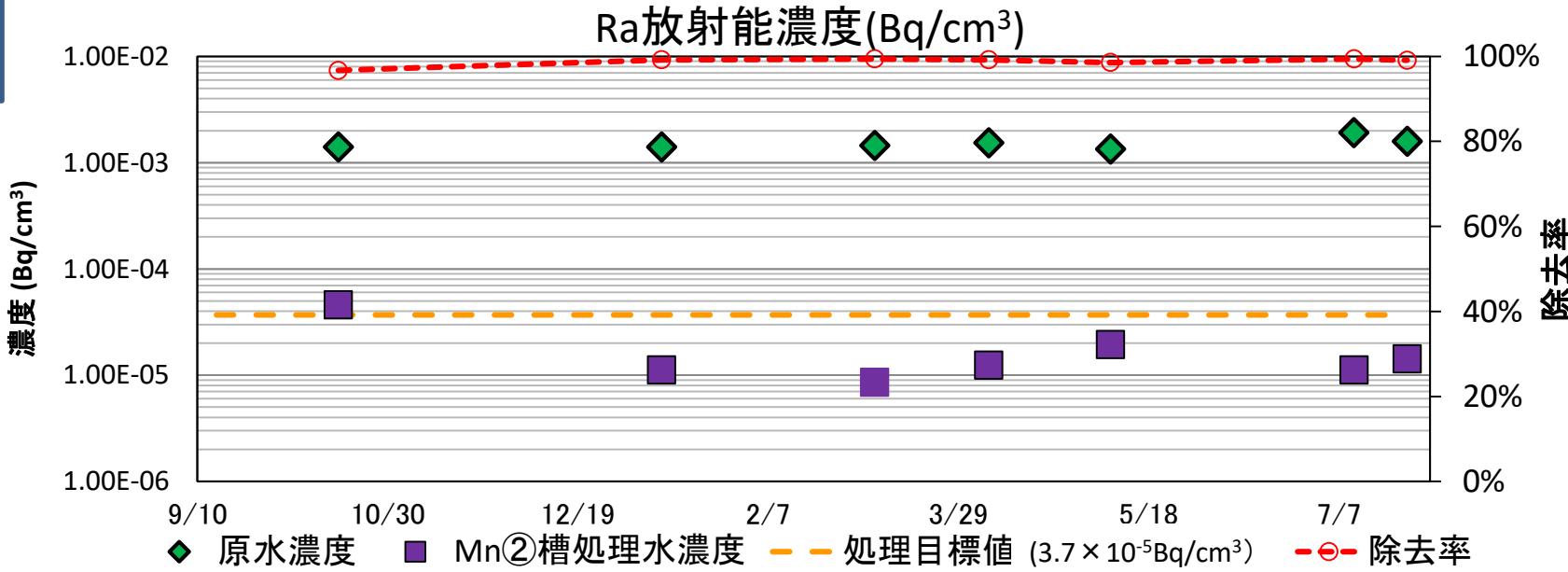
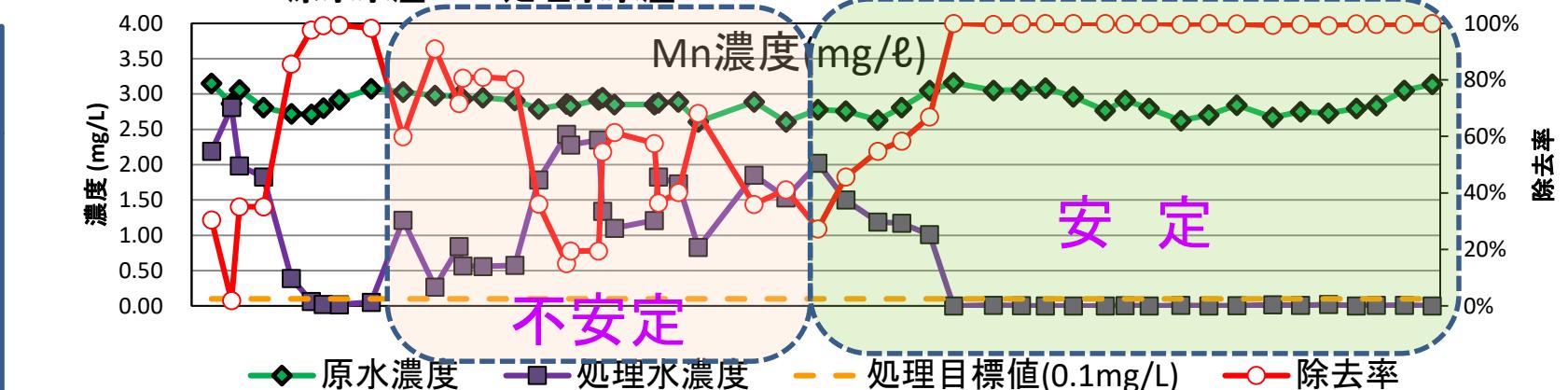
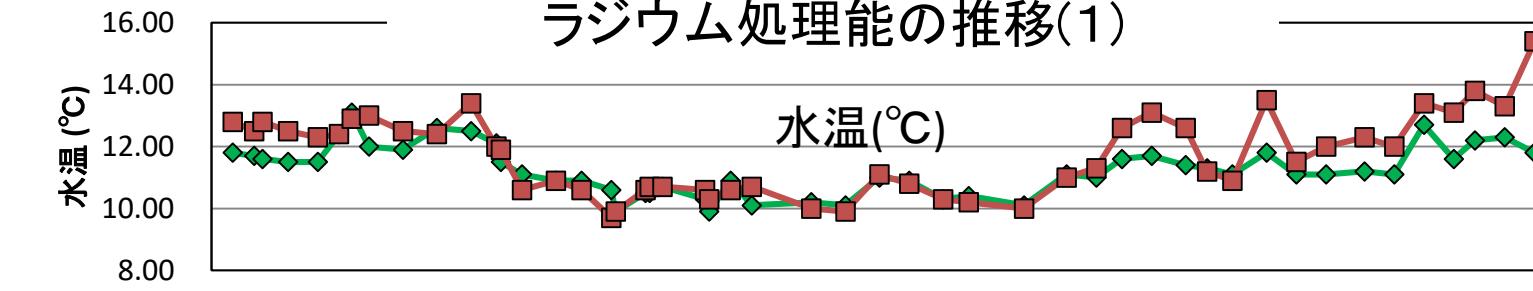
# 初年度実証試験での鉄、マンガン処理能の推移 2016.9～2017.6



# マンガン除去能の推移 2017.9～2018.7

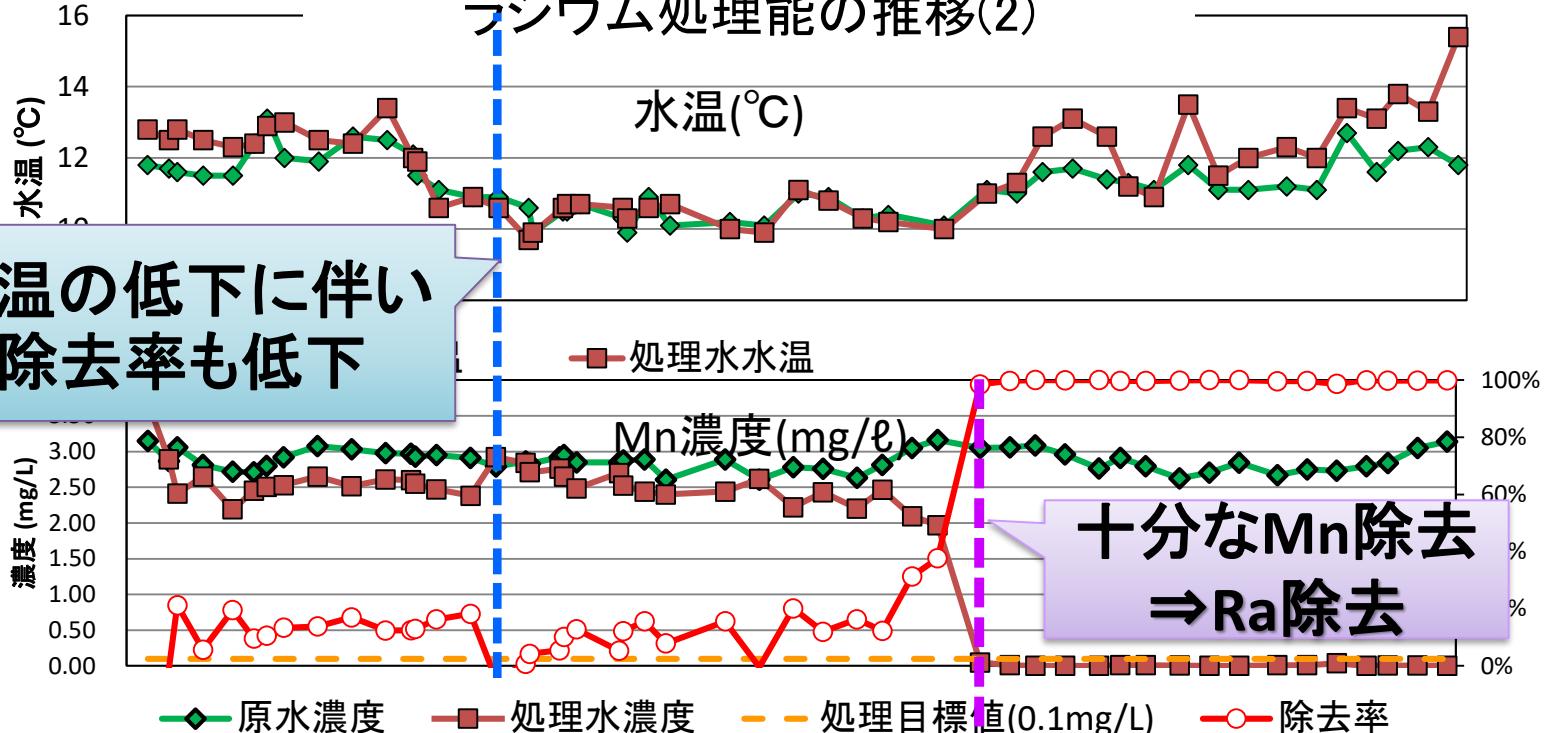


# ラジウム処理能の推移(1)

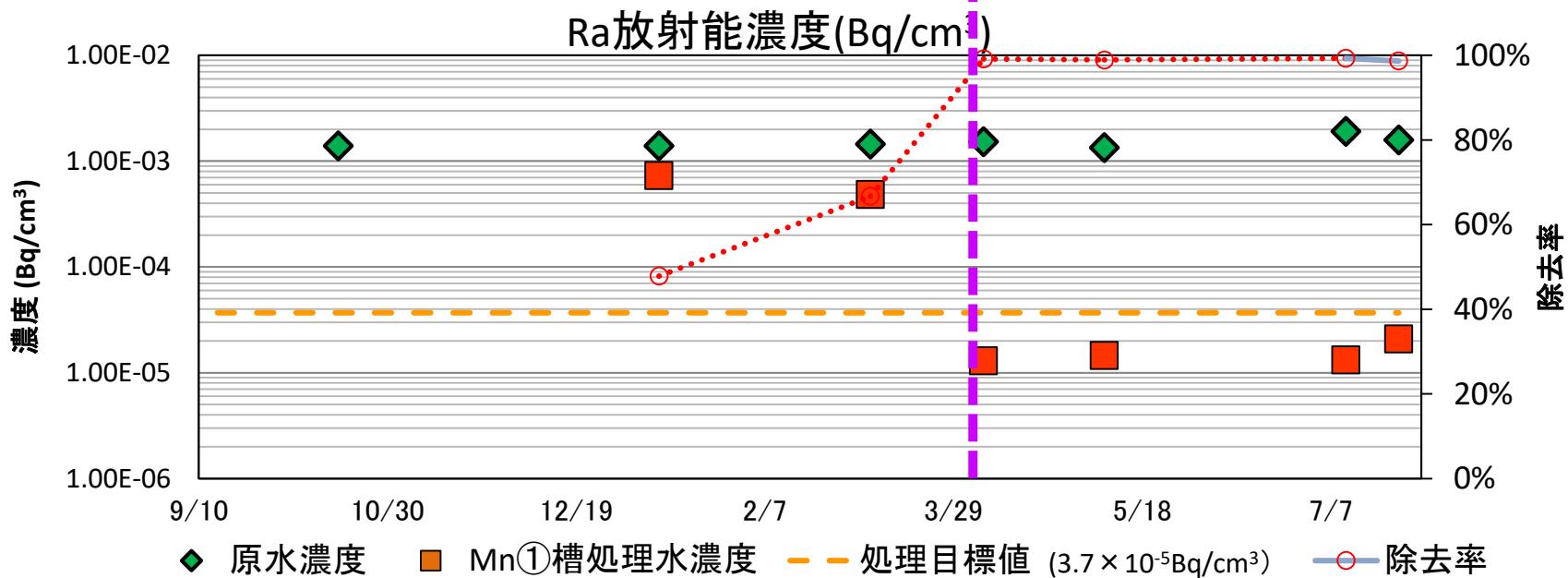


## ラジウム処理能の推移(2)

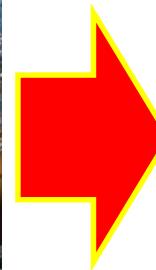
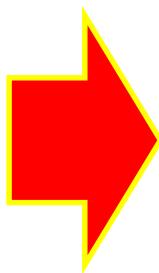
水温の低下に伴い  
除去率も低下



マンガン除去槽①



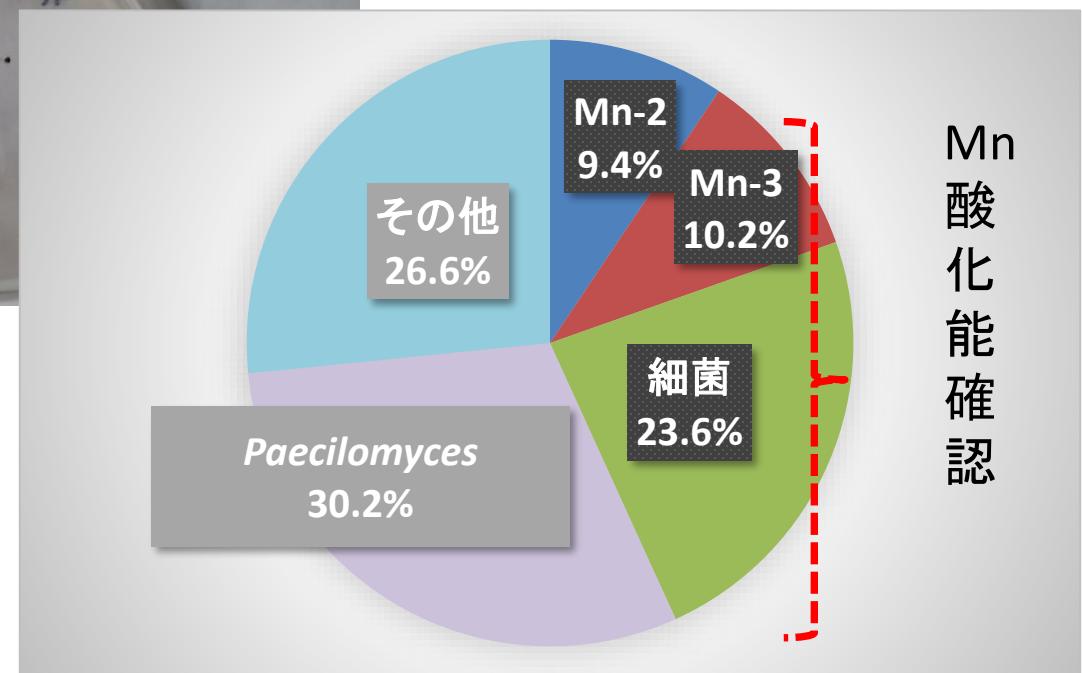
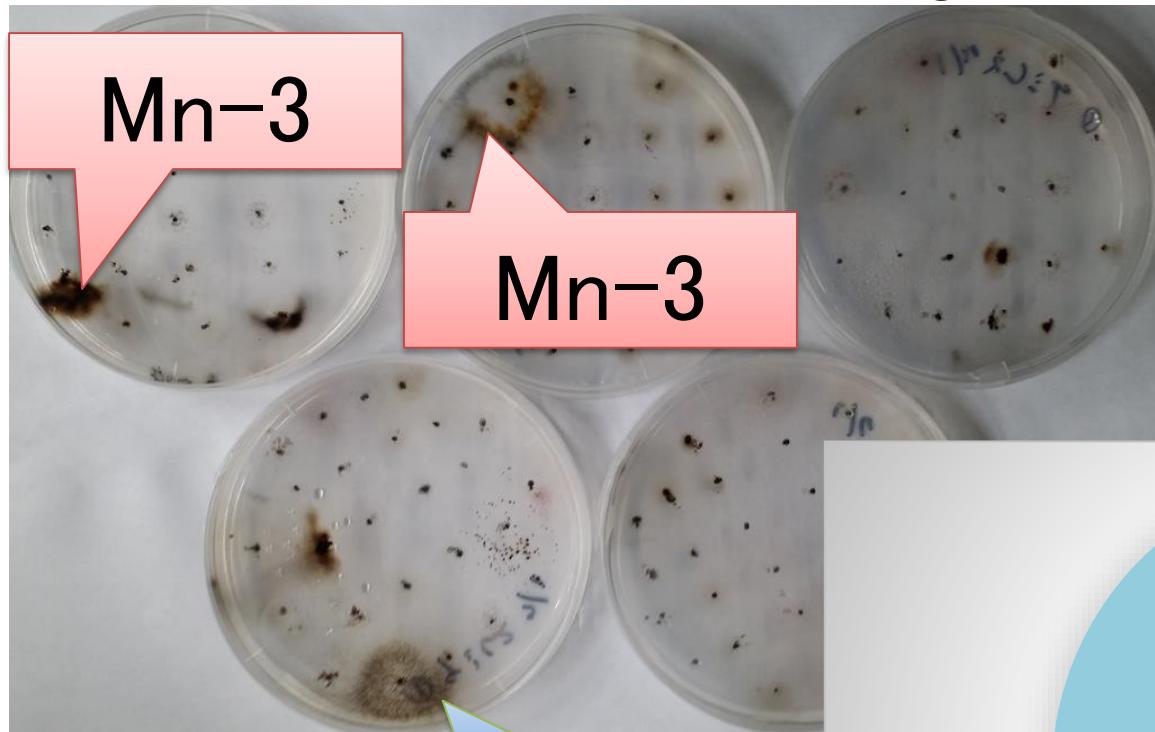
# 坑水処理試験機のMn酸化菌の存在確認



坑水処理実証試験マンガン除去槽①ろ過砂の変化

# 試験機器内からのMn酸化菌の確認

実験機の除マンガン槽①から分離したMn酸化菌



写真及びデータの提供:  
筑波大学 山路恵子氏

# ろ過砂及び洗浄で生じた濾物の分析

試料区分			マンガン(mg/g)	鉄(mg/g)	砒素(mg/g)	ウラン238(Bq/g)	ラジウム226(Bq/g)
ろ過砂	Fe除去槽	範囲	0.50～1.3	69～350	0.54～3.6	1.1～6.9	2.8～6.6
		平均	0.8	213	2.2	4.10	4.8
	Mn除去槽①	範囲	3.5～57	1.4～2.8	0.002～0.003	0.012～0.12	1.1～12
		平均	34	2.1	0.0024	0.057	5.7
Mn除去槽②	範囲	15～94	14～46	0.014～0.060	0.12～0.27	2.0～30	
	平均	43	31	0.033	0.18	12	
洗浄廃水	鉄除去槽		0.83	520	2.5	11.3	7.7
濾物	Mn除去槽		170	44	0.046	1.4	88



ろ過砂(使用前)

ろ過砂(鉄除去槽)

ろ過砂  
(Mn除去槽)

濾物  
(鉄除去槽  
洗浄で発生)

濾物  
(Mn除去槽  
洗浄で発生)

## 実証試験の成果

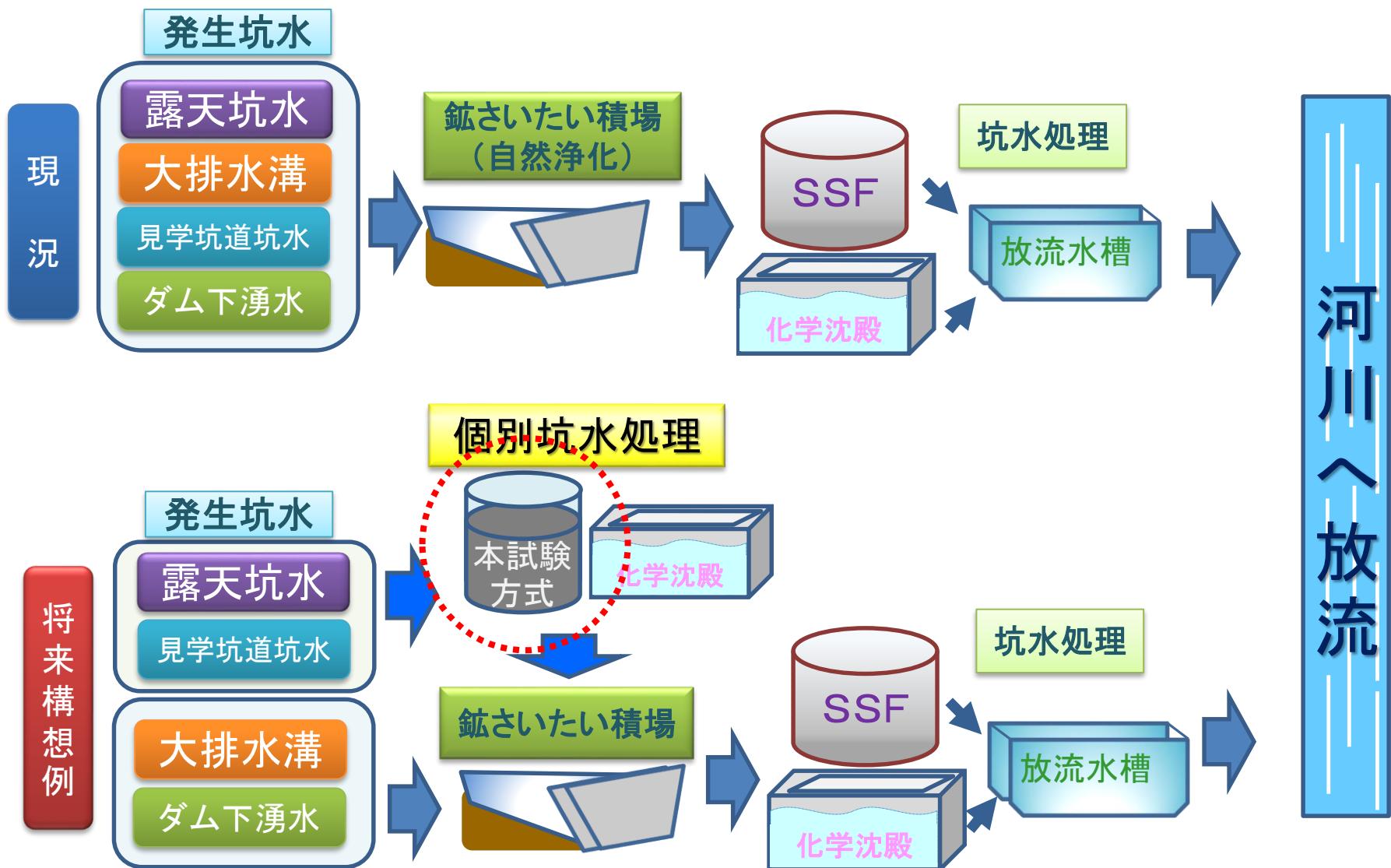
●同じ設備でFe、Mn、U、Raを同時に除去

●濃度が高い露天坑水⇒排出基準満足

- ・マンガン酸化物が形成されればラジウムは除去できる。
- ・マンガン酸化物の早期形成のためには水温が高い方が良い。
- ・pHの管理に注意が必要。  
⇒pHを安定的に中性に維持しなければ、マンガンの除去が安定しない。

●副産物⇒濾物、ろ過砂に高濃度にラジウムが蓄積  
⇒今後廃棄方法を検討する

# 現状坑水処理システムの検討



# 現状坑水処理システムの検討

