

これまでの温泉排水処理技術開発普及等に向けた取組状況

1. 実証試験の実施状況

温泉旅館から排出される排水には、ほう素・ふっ素の他にも多種多様な共存物質が比較的高い濃度で含まれる場合があります、これらの共存物質が排水処理を阻害すること等により、既存の排水処理技術では、ほう素・ふっ素の除去が難しいのが現状である。

このことから、環境省では、平成 18 (2006) 年度より、温泉排水を対象とした新しい排水処理技術の開発を支援し、温泉旅館における処理技術導入の可能性を検証することを目的とした実証試験に取り組んできた。

平成 18 年度～平成 29 年度にかけて実証事業・試験の対象となったほう素、ふっ素処理技術は以下のとおりであり、ほう素処理で 6 技術、ふっ素処理で 4 技術について、実際の温泉排水を用いた実証実験を行った。

(1) ほう素

ほう素の処理技術については、これまで以下の取組を行ってきた(表 1)。

表 1 実証試験対象技術 (ほう素処理)

年度	処理技術		処理方式
H18	B-1 技術	ボロン-C ほう素処理システム	吸着、凝集沈殿 (吸着剤注入式)
H21	B-2 技術	グルカミン基を結合させた樹脂を用いた吸着	吸着 (カラム通水式)
H21	B-3 技術	粉末の無機性天然鉱物をペレット状にした「アドソープ」を用いた吸着	吸着 (カラム通水式)
H23	B-4 技術	新型キレート繊維と高濃度対応型凝集法*	吸着 (カラム通水式)
H25	B-5 技術	天然素材凝集剤を用いた凝集法	凝集沈殿 (バッチ式)
H29	B-6 技術	ヒドロキシアパタイト結晶法	凝集沈殿 (バッチ式)

*：実証機関が自社負担で追加的に行った実証試験

(2) ふっ素

ふっ素の処理技術については、これまで以下の取組を行ってきた(表2)。

表 2 実証試験対象技術 (ふっ素処理)

年度	処理技術		処理方式
H18	F-1 技術	重金属吸着剤「アドセラ」	吸着 (カラム通水式)
H21	F-2 技術	貝殻処理材を用いた吸着	吸着 (カラム通水式)
H23	F-3 技術	NEF-1 法	凝集沈殿
H24	F-4 技術	リン酸ジルコニウム微結晶を利用した吸着	吸着 (吸着剤注入式)

2. 実証試験結果の概要

(1) 処理後目標水質の達成状況

全ての処理技術において、温泉排水を対象とした場合でも、ほう素、ふっ素の処理後水質目標を達成することができた(表3, 表4)。

表 3 処理後水質目標の達成状況 (ほう素処理技術)

年度	処理技術	実証試験地	処理前排水中ほう素濃度	処理後水質目標	目標の達成状況	処理条件
H18	B-1 技術	A 温泉	平均 500mg/L 程度 pH7~8 程度	10mg/L 以下 まで処理	達成	凝集剤添加率：33.4% 滞留時間：10hr
H21	B-2 技術	A 温泉	平均 500mg/L 程度 pH7~8 程度	10mg/L 以下 まで処理	達成	SV [*] ：4、5 (1/hr)
H21	B-3 技術	B 温泉	平均 240mg/L 程度、 pH6~7 程度	10mg/L 以下 まで処理	達成	設計 SV [*] ：0.05 (1/hr)
H23	B-4 技術	C 温泉	平均 10mg/L 程度、 pH2~4 程度	—	—	SV [*] ：9.3 (1/hr)
H25	B-5 技術	A 温泉	平均 500mg/L 程度、 pH7~8 程度	900mg/L 超を 概ね 1/3 以下	達成	凝集剤添加率：100mg/L 助剤添加率：3%
H29	B-6 技術	D 温泉	平均 20mg/L 程度、 pH8 程度	10mg/L 以下 まで処理	達成	りん酸添加量：1% 消石灰添加量：1%

※ 空間速度(Space Velocity)：処理装置内を通過する1時間当たりの処理水量を、装置内のろ材容量で除したもの

表 4 処理後水質目標の達成状況（ふっ素処理技術）

年度	処理技術	実証試験地	処理前排水中ふっ素濃度	処理後水質目標	目標の達成状況	処理条件
H18	F-1 技術	C 温泉	平均 40mg/L 程度、pH2~4 程度	ふっ素除去率：50%	達成	SV*：0.5、1.0 (1/hr)
H21	F-2 技術			平均 39mg/L を 8mg/L まで除去	達成	SV*：0.5、1.0 (1/hr)
H23	F-3 技術			平均 36.1mg/L を概ね半減以下	達成	凝集剤添加率：1mg/L 滞留時間：4.3hr
H24	F-4 技術			40mg/L 超を概ね半減以下	達成	吸着剤添加率：0.5~1.5% 助剤添加率：0.12、0.5%

※ 空間速度(Space Velocity)：処理装置内を通過する 1 時間当たりの処理水量を、装置内のろ材容量で除したもの

(2) 処理コスト

実証試験を行った処理技術についてイニシャルコスト、ランニングコストを試算した。コストの試算条件は表 5 のとおりである。目標とするコストレベル(イニシャル：1,000 万円、ランニング：300 万円/年)に近い技術もあったが、達成している技術は現時点ではない。

表 5 コスト試算条件

項目	ふっ素処理技術		ほう素処理技術	
	処理規模	100m ³ /日		100m ³ /日
流入水質	40mg/L		900mg/L	
処理後水質	8mg/L	20mg/L	10mg/L	300mg/L
その他基本条件	<ul style="list-style-type: none"> ■処理施設は新設を基本とし、必要な施設・設備一式をイニシャルコストに含む。 ■ランニングコストには廃棄物(汚泥)処分費用を含む。 ■基礎工事費、建屋建設費、ユーティリティー建設費は含まず。 			

※ 平成 29 年度に実施した B-6 技術については、ほう素濃度 20mg/L を 10mg/L に低減する実証試験であったことから、上記コスト試算の条件と異なり、比較が困難であるため、以下の図 1、図 2 への反映はしていない。

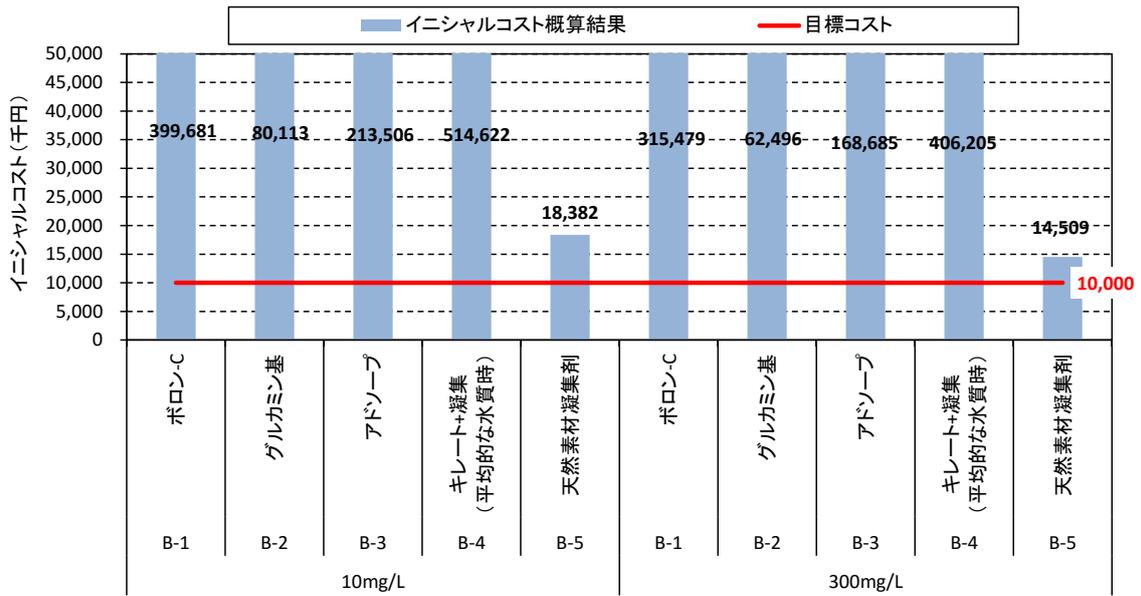


図 1 ほう素処理技術のイニシャルコスト概算結果

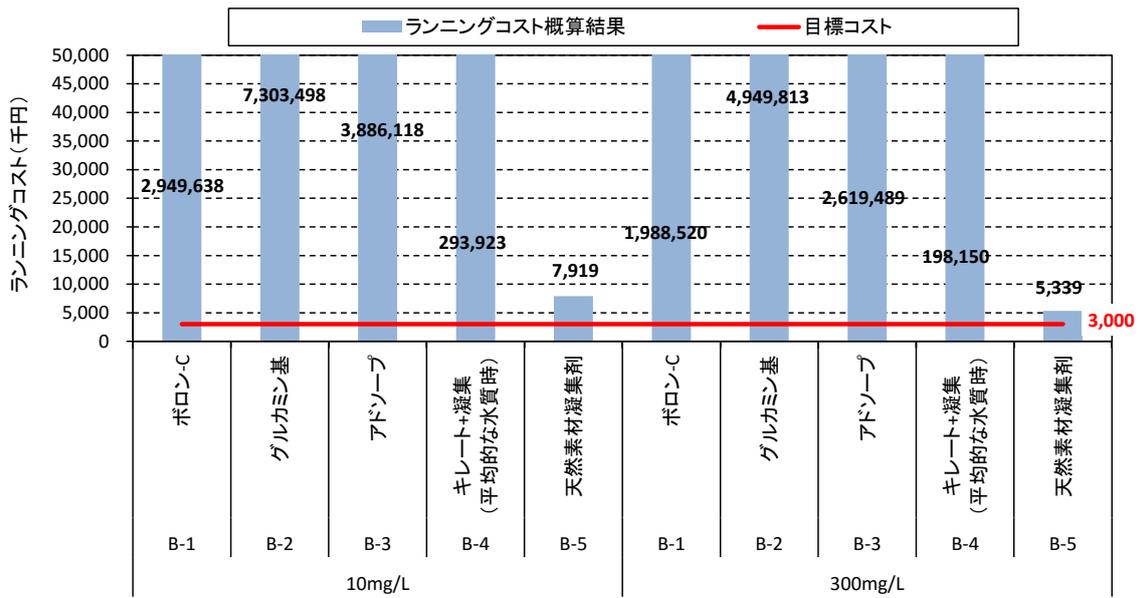


図 2 ほう素処理技術のランニングコスト概算結果

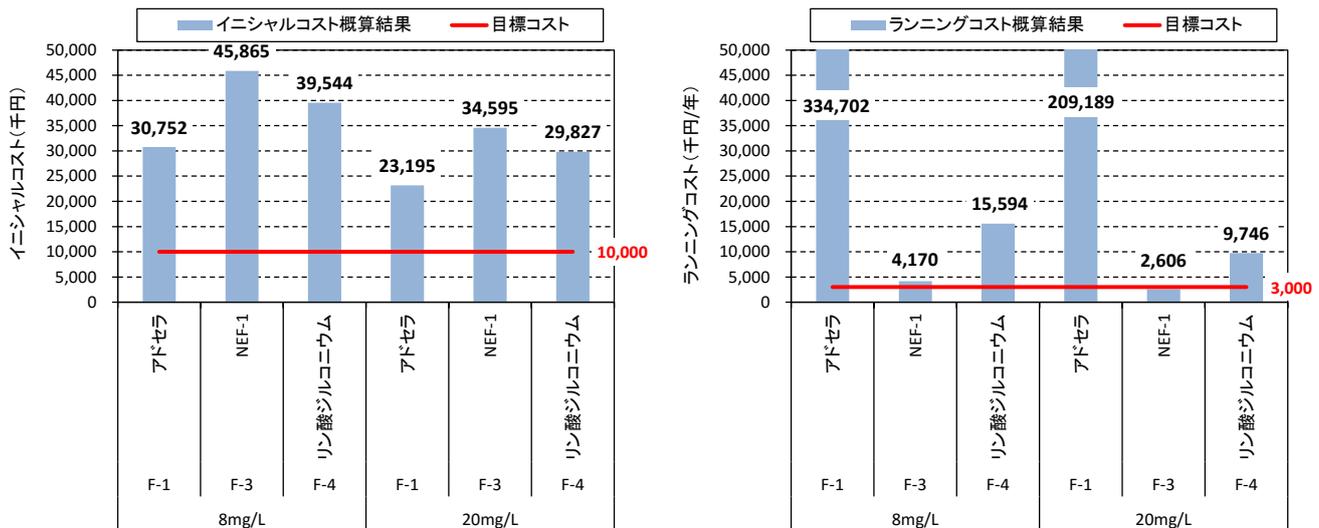


図3 ふっ素処理技術のイニシャルコスト、ランニングコスト概算結果

* : F-4 技術は F-2 技術を発展させたものであるため、両技術の処理コストは F-4 技術で代表した。

3. 現時点での評価

上記の結果をまとめると表6, 表7の通りとなり、これまで実証試験を行った技術について、処理目標（処理後水質、処理コスト）の達成、未達成の観点から総括すると以下のとおりである。

- 全ての処理技術において、実証試験で設定された処理後目標水質は達成されているものの、一般排水基準の水準に達していないものもある。
- イニシャルコストとランニングコストについての目標（イニシャル：1,000万円、ランニング：300万円/年）をともに達成した処理技術はなく、処理コストの観点からは、温泉排水に対するほう素、ふっ素処理に広く導入できる技術は見いだせていない。

以上のことを踏まえると、ほう素、ふっ素ともに、処理コスト等の理由から、現実的に導入可能な処理技術の開発・普及を引き続き進める必要がある。

表6 温泉排水処理技術実証試験の実施状況（ほう素）

	処理技術名・処理方式	実証試験地	排水中ほう素濃度	処理水質		コスト目標 ^{※1} の達成状況	
				目標	達成状況	達成状況	主な要因
H18	ボロン-C ほう素処理システム【吸着、凝集沈殿（吸着剤注入式）】	A 温泉	平均 500mg/L 程度 （最大 1000mg/L 超 ^{※3} ）、pH7～8 程度	一般排水基準 （10mg/L）以下	達成	未達成	吸着剤費、汚泥処分費等
H21	グルカミン基を結合させた樹脂を用いた吸着【吸着（カラム通水式）】			一般排水基準 （10mg/L）以下	達成	未達成	吸着剤費等
H21	粉末の無機性天然鉱物をペレット状にした「アドソープ」を用いた吸着【吸着（カラム通水式）】	B 温泉	平均 240mg/L 程度、 pH6～7 程度	一般排水基準 （10mg/L）以下	達成	未達成	吸着剤費等
H23	新型キレート繊維と高濃度対応型凝集法【吸着（カラム通水式）】	C 温泉	平均 10mg/L 程度、 pH2～4 程度	処理目標未設定（実証機関が自主実施した試験のため）		未達成	吸着剤費、処理薬剤費等
H25	天然素材凝集剤を用いた凝集法【凝集沈殿（バッチ式）】	A 温泉	平均 500mg/L 程度 （最大 1000mg/L 超 ^{※3} ）、pH7～8 程度	概ね 300mg/L 以下	達成	未達成	処理薬剤費、汚泥処分費
H29	ヒドロキシアパタイト結晶法【凝集沈殿（バッチ式）】	D 温泉	平均 20mg/L 程度、 pH8 程度	一般排水基準 （10mg/L）以下	達成	未達成 ^{※2}	汚泥処分費

※1 コスト目標（人件費等を除いた設備や排水処理そのもの等に係るコストに限る。）は、専門家等の助言を受け、イニシャルコスト 1,000 万円、ランニングコスト 300 万円／年（1日 100m³の排水量を想定）と設定

※2 排水処理のランニングコストのみなら当該実証試験を行った旅館の排水であれば達成相当のコストと試算

※3 過去3年度（平成 27～29 年度）で報告されている最大値

表7 温泉排水処理技術実証試験の実施状況（ふっ素）

年度	処理技術名・処理方式	実証試験地	排水中ほう素濃度	処理水質		コスト目標 ^{※1} の達成状況	
				目標	達成状況	達成状況	主な要因
H18	重金属吸着剤「アドセラ」【吸着（カラム通水式）】	C 温泉	平均 40mg/L 程度、pH2～4 程度	除去率 50%	達成	未達成	吸着剤費 等
H21	貝殻処理材を用いた吸着【吸着（カラム通水式）】			一般排水基準（8mg/L）	達成	未達成	吸着剤費 等
H23	NEF-1 法【凝集沈殿】			概ね半減以下	達成	未達成	処理薬剤費 等
H24	リン酸ジルコニウム微結晶を利用した吸着【吸着（吸着剤注入式）】			概ね半減以下	達成	未達成	吸着剤費 等

※1 コスト目標（人件費等を除いた設備や排水処理そのもの等に係るコスト限る。）は、専門家等の助言を受け、イニシャルコスト 1,000 万円、ランニングコスト 300 万円／年（1 日 100m³の排水量を想定）と設定