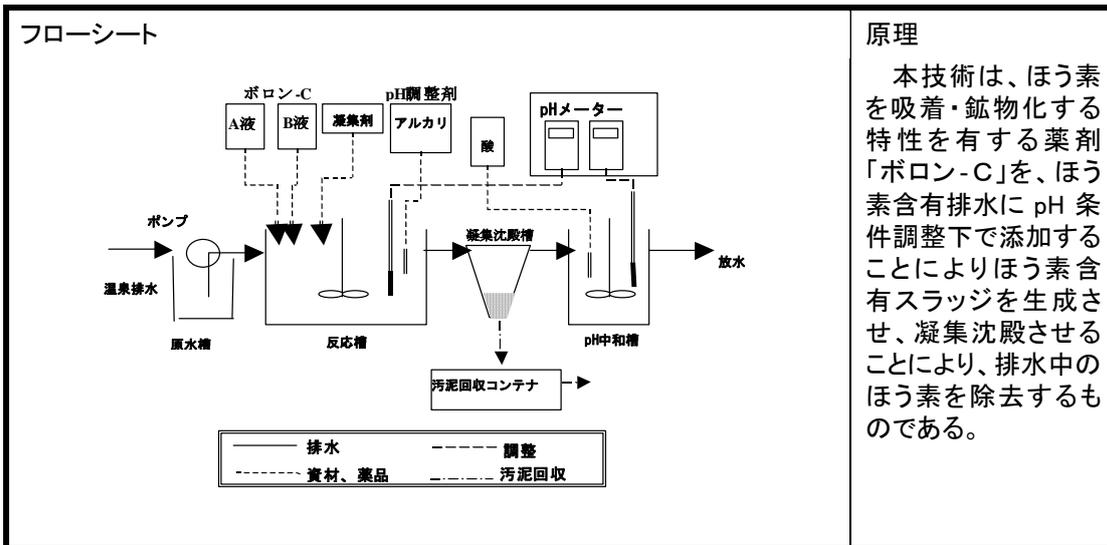


## ○ 全体概要

実証対象技術／環境技術開発者	ボロン-Cほう素処理システム／株式会社ソフィア
実証機関	環境省水・大気環境局水環境課
試験実施期間	平成18年11月4日～平成18年11月14日のうち3日間
本技術の目的	高濃度のほう素を含み処理が困難な温泉排水から、簡易な技術により一定以上ほう素を除去すること。

### 1. 実証対象技術の概要



### 2. 実証試験の概要

#### ○ 実証試験実施場所の概要

項目	内容
名称	新安比温泉
泉質	含硫黄・鉄・二酸化炭素－ナトリウム－塩化物温泉
源泉	温度：53℃、pH：7.6、ほう素濃度：1,709 mg/L
排水の性質 <sup>※1</sup>	pH：8.1、ほう素 <sup>※2</sup> ：72 mg/L (ICP-MS)、ふっ素：0.066 mg/L (イオンクロマトグラフ)
排水量	103 m <sup>3</sup> /日

※1：環境技術開発者による測定結果

※2：過去の環境省調査では、ほう素濃度498 mg/Lという分析結果も報告されており、排水中のほう素濃度が大きく変動することが知られている。

#### ○ 実証対象機器の標準的仕様

施設概要	サイズ(mm)	W:3,000 D:2,100 H:1,500(薬剤タンクを除く)
	機器構成	原水槽(容量300 L)、反応槽(容量500 L)、凝集沈殿槽(容量500 L)、pH中和槽(500 L)
設計計算	ボロン-Cの物性	A液(白色粉体の水溶液、中性)とB液(アルカリ性、pH 10～12)の2液を一定比率で添加する資材であり、粘土の構成要素であるSi等を主成分とした無機薬剤である。 2液の添加比 A/B:重量比 4.92、容量比 5.84
	ほう素処理性能	ボロン-C2液合計1 kgあたり、最大約 970 mg (2液合計 1 Lあたり、最大約 1,190 mg)

#### ○ 本実証試験条件・試験日程

本実証試験では、実証対象排水の特異性、および実証対象排水と実証対象技術の最適条件との違いを考慮し、2種類の試験を実施した。

##### 【日間水質試験】

排水中ほう素濃度が極めて高く、かつ時間変動が大きい条件下で、一定のボロン-C添加率に対して吸着されるほう素の量を実証するために、午前8時から午後9時まで連続的に試験を実施した。試験条件は2種類設定し、日間水質試験①ではボロン-Cを1%w/v、日間水質試験②ではボロン-Cを6.68%w/v添加した。

**【排水基準対応試験】**

高濃度ほう素排水(最大で約500 mg/Lと想定される)に対して、本技術で排水基準以下に低減することを実証するための試験を行った。具体的には、貯留した流入水を、バッチ式で多段処理(一旦反応槽でポロン-Cを加えたのち凝集沈殿槽で汚泥を分離し、再度反応槽に戻してポロン-Cを加える処理)を行い、各段階での処理水中のほう素濃度を測定した。なお、多段処理は6回行った。

排水中のほう素濃度が高い場合、ポロン-Cの添加量も増加させる必要があるが、標準仕様である1段処理では吸着平衡濃度の関係からほう素濃度低減効果に限界がある。そのため、多段処理を行い少量ずつポロン-Cを添加することで、ほう素濃度を段階的に低減した。

種類	日間水質試験①	日間水質試験②	排水基準対応試験
実施日	11月6日	11月12日	11月11日
設計ほう素濃度 <sup>※1</sup>	20 mg/L	72 mg/L	500 mg/L
処理水量	250 L/hr(総量3.25m <sup>3</sup> )	250 L/hr(総量3.25m <sup>3</sup> )	400 L
処理方式	連続式	連続式	バッチ式
ポロン-C添加率 <sup>※2</sup>	1 %w/v	6.68 %w/v	6.68 %w/v × 6回
pH調整剤:10%消石灰ミルク	6.99 L/m <sup>3</sup>	46.7 L/m <sup>3</sup>	46.7 L/m <sup>3</sup> × 6回
0.2%アニオン系高分子凝集剤	2.3 L/m <sup>3</sup>	15 L/m <sup>3</sup>	15 L/m <sup>3</sup> × 6回
pH中和剤:95%硫酸	0.055 L/m <sup>3</sup>	0.055 L/m <sup>3</sup>	0.055 L/m <sup>3</sup>

※1 設計ほう素濃度:実証試験条件の設定(ポロン-C添加率設定)にあたって想定した排水中のほう素の濃度。

※2 ポロン-C添加率:設計ほう素濃度の排水を一律排水基準(10 mg/L)まで低減するための所要量。

○ 水質実証項目及び水質目標

日間水質試験①、②: 実証試験におけるほう素吸着量(以下、実ほう素吸着量)、及び流入水ほう素濃度(C<sub>0</sub>)と設定したポロン-C添加率から予想されるほう素吸着量Q(以下、予想ほう素吸着量)<sup>※1</sup>に対する実ほう素吸着量の割合(ほう素吸着性能<sup>※2</sup>)

排水基準対応試験 : 処理水のほう素濃度。水質汚濁防止法の一貫排水基準値(10 mg/L)以下を目標値とする。

※1  $Q = 0.6687 \times (C_0 / 10M)^{0.8197}$  (環境技術開発者による内部試験結果からの近似式、Mはポロン-C添加率(%w/v))

※2 ほう素吸着性能 = (実ほう素吸着量) ÷ (予想ほう素吸着量) × 100

ただし、実ほう素吸着量及び予想ほう素吸着量はポロン-C 1gあたりの量を示すものとする。

○ 実証試験実施状況



図 装置及び試験作業全景



図 凝集沈殿槽における汚泥沈殿の様子

**3. 実証試験結果**

○ 水質実証項目及び水質目標

試験種類	流入水ほう素濃度(mg/L)	処理水ほう素濃度(mg/L)	ポロン-C 1gあたりの実ほう素吸着量(mg/g)	ほう素吸着性能(%) <sup>※1</sup>
日間水質試験①	110~350 (約 310) <sup>※2</sup>	160~240 (約 220) <sup>※2</sup>	1.0~12.0 (9.3) <sup>※2</sup>	59~96 (82) <sup>※2</sup>
日間水質試験②	100~260 (約 230) <sup>※2</sup>	51~72 (約 65) <sup>※2</sup>	0.7~2.8 (2.4) <sup>※2</sup>	77~138 (131) <sup>※2</sup>
排水基準対応試験	430	6.6 (5回処理後)		

※1 ほう素吸着性能 = 実ほう素吸着量 / 予想ほう素吸着量 [  $0.6687 \times (C_0 / 10M)^{0.8197}$  ] × 100

※2 ( )内は、特異値を除いた平均値を表記している。

日間水質試験①においては、ほう素濃度を310 mg/L程度から220 mg/L程度まで低減した。実ほう素吸着量は、平均 9.3 mg/gであり、予想量と比較して概ね 82%程度のほう素吸着性能であった。日間水質試験②においては、ほう素濃度を230 mg/L程度から65 mg/L程度まで低減した。実ほう素吸着量は、平均 2.4 mg/gであり、予想量と比較して概ね 131%程度のほう素吸着性能であった。

排水基準対応試験については、430 mg/L の流入水をバッチ式で多段処理(一旦反応槽でボロン-Cを加えたのち凝集沈殿槽で汚泥を分離し、再度反応槽に戻してボロン-Cを加える処理)を実施した結果、5 回目ではほう素濃度 6.6mg/L(ほう素除去率 98.5%)となり、目標水質を達成した。

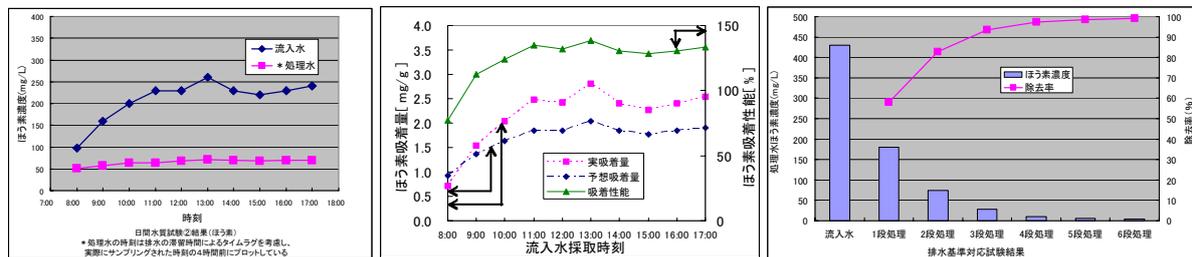


図: 左より、ほう素濃度例、ほう素吸着量・吸着性能例(日間水質試験②)、ほう素濃度・ほう素除去率(排水基準対応試験)

○ 水質監視項目

- ・pH: ①②ともに流入水 7.7~7.9→処理水 8.0 前後、排水基準対応試験では流入水 7.2→処理水 10.2(6 回処理後)
- ・SS: ①流入水 3~24 mg/L→処理水 2~4 mg/L、②流入水 4~18 mg/L→処理水 3~23 mg/L  
排水基準対応試験では流入水 24 mg/L→処理水 4~170 mg/L と大きく変動
- ・塩化物イオン: ①流入水 2,300 mg/L→処理水 1,800 mg/L ②流入水 2,100 mg/L→処理水 1,400 mg/L  
排水基準対応試験では流入水 3,300 mg/L→処理水 1,900 mg/L(6 回処理後)と減少
- ・Na: ①流入水 1,400 mg/L →処理水 1,600 mg/L ②流入水 1,100 mg/L→処理水 1,700 mg/L  
排水基準対応試験では流入水 2,000 mg/L→処理水 5,700 mg/L(6 回処理後)と大幅に増加
- ・電気伝導率: ①流入水 600~800 mS/m→処理水 1,600 mS/m ②流入水 600 mS/m→処理水 1,100 mS/m  
排水基準対応試験では流入水 980 mS/m→処理水 4,600 mS/m(6 回処理後)と大幅に増加

○ 参考実証項目

日間水質試験①、②で発生した汚泥について、重力脱水および手作業による圧搾を行った後、環境庁告示第13号溶出試験を行った。その結果、溶出ほう素濃度はそれぞれ43 mg/L、15 mg/Lであった。なお、日間水質試験①、②における処理水平均ほう素濃度は、それぞれ216.7 mg/L、65.2 mg/Lであり、汚泥中に含まれる処理水分(高濃度のほう素を含有)が溶出濃度に影響を与えた可能性がある。

試料採取日	試験種類	含水率	pH	溶出ほう素濃度
11月6日	日間水質試験①	79.3%	9.5(19°C)	43 mg/L
11月12日	日間水質試験②	80.7%	9.3(19°C)	15 mg/L

○ 環境負荷実証項目

11月6日、11日、12日の3日間の実験において発生した汚泥を、それぞれ重力脱水後、大型のフレキシブルコンテナバッグに投入し、屋外に静置した。その後、11月14日に消石灰 20kg を水分調整剤として混合した。その際の汚泥発生量は下記の通り。

項目	結果	処理水量
汚泥発生量	総量 680 kg(推定含水率 <sup>※1</sup> 80%)	6.9 m <sup>3</sup> <sup>※2</sup>

※1 ボロン-Cおよび消石灰の消費量から環境技術開発者が推計した値

※2 内訳: 日間水質試験 2 日間における処理水量 3.25 m<sup>3</sup> × 2 日、排水基準対応試験における処理水量 0.4 m<sup>3</sup>

○ 定性的所見

項目	結果												
電力消費量	9.9 kWh(定格電力と運転時間からの推計値)												
水質所見	定性的にも浄化効果が確認された。 <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th>流入水</th> <th>処理水</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>色相</td> <td>茶色</td> <td>無色</td> </tr> <tr> <td>外観</td> <td>微濁</td> <td>透明</td> </tr> <tr> <td>臭気</td> <td>微硫黄臭</td> <td>微硫黄臭</td> </tr> </tbody> </table>		流入水	処理水	色相	茶色	無色	外観	微濁	透明	臭気	微硫黄臭	微硫黄臭
	流入水	処理水											
色相	茶色	無色											
外観	微濁	透明											
臭気	微硫黄臭	微硫黄臭											
立ち上げに要する時間	トラックからの荷降ろしおよび機器の据付、配管接続で 2 時間程度。												
終了に要する時間	・ポンプおよび攪拌機の電源を切る作業に 5 分程度。 ・汚泥の抜き取りによる凝集沈殿槽清掃作業に 1 時間程度。												
実証対象機器の信頼性	試験中に、屋外からの混入物による閉塞、機器浸水による漏電、汚泥抜取にあたって処理水の抜け出しが発生。												
トラブルからの復帰方法	閉塞等については、水位変化により異常箇所を特定、送水を停めてポンプを分解、異物を除去。漏電の際はモーター等の交換。												

(参考情報)

注意：このページに示された製品データは、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○ 製品情報

項目	環境技術開発者 記入欄					
名称	ポロン-C ほう素処理システム					
製造(販売)企業名	株式会社 ソフィア					
連絡先	TEL/FAX	TEL (03) 3947-1565 / FAX (03) 3947-1565				
	Web	http://ww.sophia-anp.co.jp/				
	mail	water@sophia-anp.co.jp				
製品仕様	コスト(標準) 運転費 <u>500~1,000 円/m<sup>3</sup></u> (下表参照)、装置費:500 万円 装置(標準) W:3,000・D:2,100 H:1,500(資材タンク別) (仕様詳細、本文参照)					
技術概要	<b>処理手順</b> 排水を pH10 前後に調整後、ほう素除去資材「ポロン-C」A液、B液を同時に添加することで、ポロン-Cが排水中で反応して粘土様の白色鉱物を生成し、ほう素を吸着、除去する。生成した鉱物については、凝集沈殿させ、汚泥として処理する。 <b>取扱上の注意</b> ポロン-C・A 剤:白色粉体。粗粒で水を含むため、粉塵の飛散の危険性は無い。吸湿性のため、密閉保管。水溶液は中性。 ポロン-C・B 剤:アルカリ性(pH 10~12)の液体資材。皮膚等への付着に注意。					
適応水質 前処理の有・無	<b>対象 pH</b> 処理時に pH 調整を行うため、酸性、アルカリ性を問わない。 <b>対象水質</b> カルシウム、鉄分等、SS の多い濁水も前処理なしで処理可能。 (但し、一部有機化合物、アンモニア等を高濃度に含む排水の場合、処理に影響する可能性がある) <b>対象規模</b> 当該装置は排水量 10 m <sup>3</sup> /h の仕様。 (大型排水では通常の濁水処理設備にて運用可能)					
付帯設備	ポロン-Cおよび薬剤貯留タンク					
コスト概算 設定条件 ほう素濃度 処理前:20 mg/L →処理後:10 mg/L ポロン-C添加率 1%(w/v)	費目		単価	数量	計	備考
	ポロン-C	A剤	90 円/kg	2.95kg	265 円	35.5wt%液で使用
		B剤	67 円/kg	1.69kg	113 円	
	薬剤費	pH 調整剤	30 円/kg	2.97kg	89 円	消石灰
		凝集剤	1,000 円/kg	0.041kg	41 円	
		pH 中和剤	30 円/kg	0.6kg	18 円	硫酸
	運転費	汚泥処理	18 円/kg*	21kg	378 円	*:本実証試験における実績値
電力消費量		9.8 円/kWh	0.39 kWh	4 円		
<b>処理水量 1m<sup>3</sup>あたり</b>		<b>908 円</b>				
その他 資料参考資料	<b>汚泥について</b> 排水基準値未満に処理後の汚泥は、ほう素溶出量も排水基準値未満のため、一般の汚泥として管理型処分場にて処理可能。 <参考例> ほう素濃度 72 mg/L の排水処理時の発生汚泥 → ほう素溶出値 7.4 mg/L (社内試験で発生した汚泥を、計量証明事業者が分析した値) <b>ポロン-Cのほう素吸着性能について</b> ポロン-Cは、対象排水中のほう素濃度が高いほど、その吸着能は高い。対象排水中のほう素濃度 x に対して、ポロン-C添加量 1g あたりのほう素吸着量 y は、 $y = 0.67x^{0.82}$ の式で簡易に計算可能。					