

平成 2 5 年度

温泉排水処理技術開発普及等調査業務

実証試験報告書

新安比温泉

平成 2 6 年 3 月

P O L Y - G L U S O C I A L B U S I N E S S 株式会社

目次

1. 実証試験の背景と目的	1
2. 実証試験実施場所の概要	2
2.1 実証試験実施場所の名称等	2
2.2 実証試験実施場所の状況.....	2
2.3 実証試験の平面配置図及び現地写真.....	3
3. 実証試験の実施計画	5
3.1 実証対象技術の原理及びシステムの概要	5
3.2 主な消耗品、電力消費量等	7
3.3 実証対象機器の運転及び維持管理に必要な作業項目	7
3.4 汚泥及び廃棄物発生量とその取扱い.....	7
3.5 実証対象機器の使用者に必要な運転及び維持管理技能.....	8
3.6 騒音・におい対策と建屋の必要性	8
3.7 期待される効果	8
4. 実証試験の方法と実施状況	9
4.1 試験期間	9
4.2 実証対象機器の立ち上げ.....	9
4.3 実証水質項目	9
4.4 監視項目	11
4.5 水質分析方法.....	12
4.6 参考実証項目の実証試験.....	13
4.7 環境負荷実証項目の実証試験	14
4.8 運転及び維持管理実証項目の実証試験.....	14
4.9 発生汚泥の性状試験	16
5. 実証試験結果	17
5.1 オンサイト分析による実証試験結果.....	17
5.2 ラボ分析による実証試験結果	20
5.3 廃泥の結果	21
5.4 その他の環境配慮事項の結果	23
6. 処理費用に関する検討	25
6.1 コスト試算条件	25
6.2 処理施設設置に関するイニシャルコストの試算	26
6.3 処理施設設置に関するランニングコストの試算	27

6.4 一般的温泉施設におけるコスト	27
6.5 排出汚泥の再利用について	27
6.6 寒冷地対策について	28
6.7 オンサイト分析について	28
6.8 その他	29
7 まとめ	30

1. 実証試験の背景と目的

ほう素、ふっ素及び硝酸性窒素等については平成13年に水質汚濁防止法による有害物質として排水基準が設定されているが、旅館業（温泉を利用するものに限る。）（以下「温泉旅館」と称す。）に対しては、経過措置として、ほう素及びふっ素の暫定排水基準が設定されている。

温泉旅館より排水されている排水（以下「温泉排水」と称す。）には、ほう素及び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成分として含まれる場合があり、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及びふっ素の除去が難しいのが現状である。ほう素及びふっ素の暫定排水基準は3年毎に見直すこととされ、平成25年7月1日から新たな暫定排水基準が適用されているが、その期限は平成28年6月末までとなっており、温泉排水を対象とした排水処理技術の開発普及等が必要となっている。

本業務では、ほう素に関して、温泉排水を対象とした新しい排水処理技術の実証試験を実施し、温泉旅館における導入の可能性を検証することを目的とするものである。

2. 実証試験実施場所の概要

2.1 実証試験実施場所の名称等

実証試験実施場所の名称は表 2-1 に示すとおりである。

表 2-1 実証試験実施場所の名称、所在地等

目的	内容
名 称	新安比温泉 静流閣
所在地	〒028-7533 岩手県八幡平市叭田 43-1

2.2 実証試験実施場所の状況

実証試験実施場所の状況については、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 実証試験実施場所の状況

項目	内容
対象温泉地	新安比温泉
平均的な排水量 (m ³ /日)	103
pH	7.0-8.0
ほう素濃度 (mg/L)	973 (342~1612)
ふっ素濃度 (mg/L)	—
砒素濃度 (mg/L)	—
溶解性鉄 (mg/L)	—
溶解性マンガン (mg/L)	—
シリカ (mg/L)	26.7 (19.9~31.0)
カルシウムイオン (mg/L)	163.8 (71.8~243.9)
塩化物イオン (mg/L)	6,512 (2,669~9,642)
試験機器設置可能スペース	2.2m×3.3m 程度

—実証試験対象水質等の概況 本事業公募資料より—

2.3 実証試験の平面配置図及び現地写真

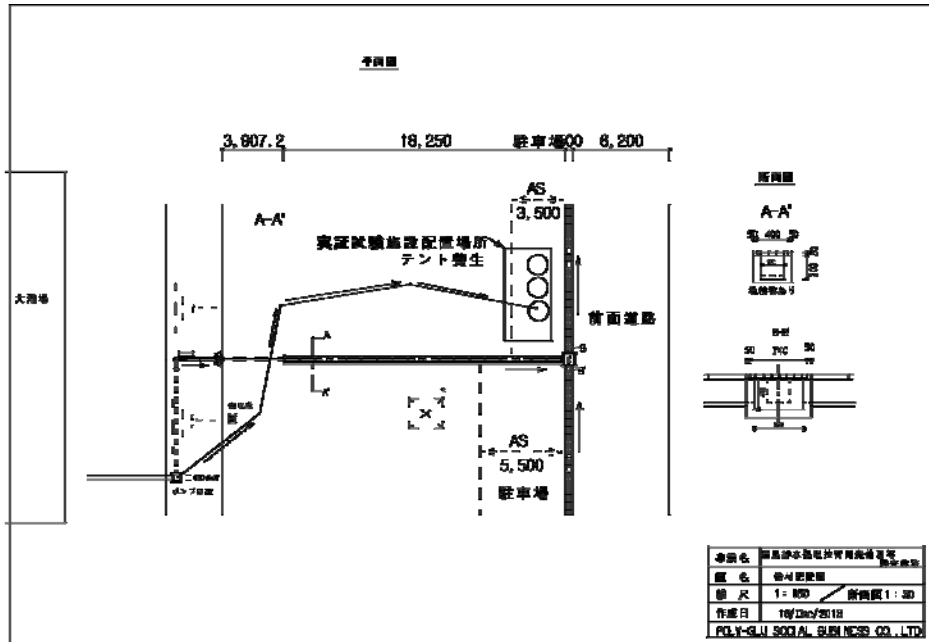


図 2-1 実証試験実施場所の平面配置図



写真 2-1 対象旅館施設全体写真



写真 2-2 機器設置場所（北側より望む）



写真 2-3 機材設置場所養生（プラントはテント内に設置）

3. 実証試験の実施計画

3.1 実証対象技術の原理及びシステムの概要

<原理・仕組み>

本技術の提案企業体であるポリグルソーシャルビジネス株式会社が使用する凝集剤は、日本ポリグル株式会社が、産業排水処理、ため池、河川等の表層水を浄化する、安全な凝集剤（製品名 PG α 21Ca）（以下「凝集剤」と称す）として開発したものである。

この凝集剤は、他の凝集剤と比較して処理速度が速く取り扱いが簡単である。

さらに、凝集剤に有害物質を含んでいない事と、凝集剤による pH 変動が無い事から、処理水は後処理無しで河川に放流できる。また、処理可能な pH 領域が pH 3 から 12 pH 前後であり、pH 調整を用いる除去手法でも利用することが出来る。

提案企業体は産業廃棄物処分場からの難解な浸出水処理にも実績を有し、この経験を活かして温泉排水中のほう素を吸着凝集処理により除去する技術である。

本提案は、安全性の高い高機能凝集剤を用いるほう素除去システムであり、凝集剤の性能に重点を置くとともに、事前に凝集補助剤を検証し、最大限の処理効果を実現しようとするものである。

<システムの構成>

処理のフロー及び機材の配置概要は図 3-1 (1)・図 3-1 (2) に示すとおりとした。尚、本実証試験では以下の 2 種類の処理方法を検証した。

- 1、システム 1： 弊社により本実証事業に向けて開発した助剤 A（詳細は未公開）と凝集剤の組み合わせによる処理。

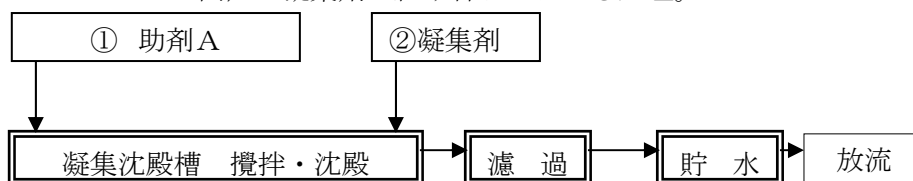


図 3-1 (1) 処理の流れ

- 2、システム 2： 市販品として市場に広く流通している、炭酸カルシウム及び水酸化カルシウムを助剤に用い、凝集剤との組み合わせ処理。

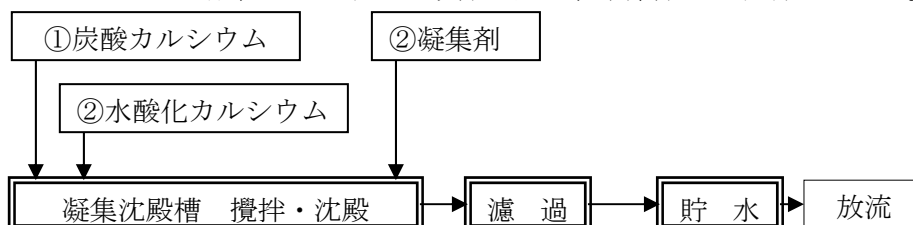


図 3-1 (2) 処理の流れ

<施設概要図>

施設概要は図 3-2・写真 3-1 に示すとおりとした。

貯水量 1 トンのプラスチック製の円形タンク 3 本を利用し、それぞれ「凝集沈殿槽」、「濾過槽」とし、「貯水槽」を併設する。「濾過槽」では、凝集槽で形成されたフロックの中でも微細なものが凝集沈殿槽で除去できずに流れ出すことを防ぐため、不織布や濾過砂を準備した。

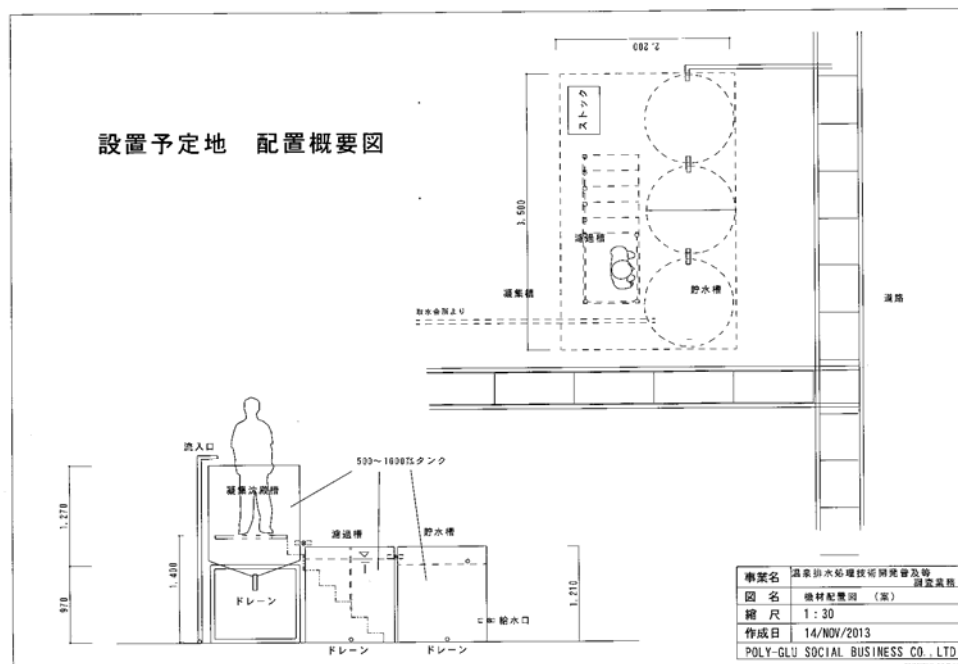


図 3-2 施設概要図

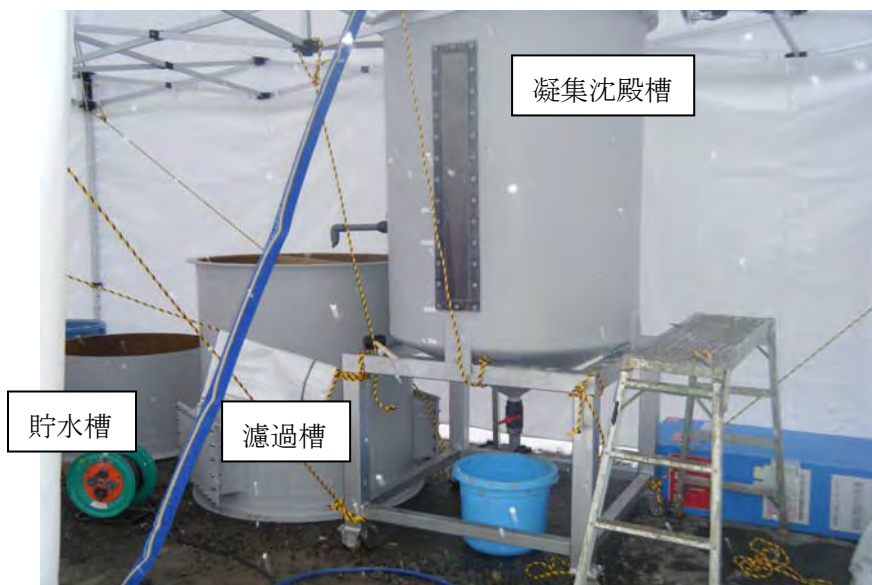


写真 3-1 プラント設置写真

3.2 主な消耗品、電力消費量等

試験期間中の消耗品及び電力消費量を表 3-1 に示した。

表 3-1 消耗品及び電力消費量

項目	消費量	
消耗品消費量	凝集剤 (PG α 21Ca) 助 剤 水酸化カルシウム 炭酸カルシウム 助剤 A※ 濾過材 不織布 濾過砂	水量比：80ppm～200ppm 凝集補助 pH調整 凝集補助
電力等消費量	電力は原則発電機による 攪拌モーター 単相 100V 取水ポンプ 単相 100V	0.20kw 0.55kw

※平成 26 年度 3 月時点に於いて、企業秘密のため助剤 A の詳細は公表不可。

3.3 実証対象機器の運転及び維持管理に必要な作業項目

実証対象機器の運転及び維持管理に必要な作業項目を表 3-2 に示した。点検は試験毎に実施した。

表 3-2 運転及び維持管理項目

項目	内容	頻度
取水ポンプ	漏電防止 ブレーカー確認	作業開始前 終了時
	詰り確認、動作チェック	作業開始前 終了時
	入止スイッチの設置	作業開始前 終了時
	ホース配管の確認	作業開始時
	送水時 満水時間の確認	注水時
攪拌装置	漏電防止ブレーカー確認	作業時 随時
	過熱、攪拌に過負荷の確認	作業時 随時
	機材固定部分の確認	緩み はずれの確認
配 管	漏水 つまり 破損の確認	作業開始前
タンク	亀裂 ゆがみ 変色等の確認	随時
架 台	緩み 破損 の確認	随時
作業時間	1 サイクルタイムの把握	毎回

3.4 汚泥及び廃棄物発生量とその取扱い

汚泥中に含有する凝集剤は処理水量に対して 100ppm 程度であるが、処理対象水中に含まれる SS の量によって発生汚泥の量は大きく異なる。

実施期間中に発生すると予想される汚泥及び廃棄物発生量を表 3-3 に示した。

表 3-3 実施期間中に発生する汚泥及び廃棄物発生量

項目	内容
凝集剤による汚泥発生	5 kg (実測結果より処理 1 トン当り)
実証期間中 処理対象水量	2 トン (目標値 2 トン/日)
実証期間中 薬剤使用量	1.0 kg
含水状態の廃棄物	4 kg (含水率 300%)
脱水状態の廃棄物	1.85 kg (含水率 85%)
処分方法	産業廃棄物処理
濾過槽への充填材	不織布 0.5 m ³ * (フィルターマット)
	砂 0.5 m ³ (ろ過砂)

※「m³」は材料を容積で示した。

3.5 実証対象機器の使用者に必要な運転及び維持管理技能

本実証の主たる工程は、原水の取水、凝集攪拌、沈殿槽以下への排水であり、複雑な作業は存在しない。従って、機材設置後において、特殊な技能は必要ない。

3.6 騒音・におい対策と建屋の必要性

ポンプによる取水時並びに攪拌装置のモーター音が発生する。

しかし、発生音そのものは、屋外ではさほど大きなものではない。

また、実証試験における臭いは発生しない。

3.7 期待される効果

- 1、本実証では、これまで簡易な方法では除去が困難とされてきたほう素を大規模な設備及び資材を用いずに取り除く技術を提供する。
- 2、除去プラントからの騒音や臭いは旅館経営に特に問題無いレベルである。

4. 実証試験の方法と実施状況

4.1 試験期間

現地事前調査 平成 25 年 11 月 11 日～11 月 12 日

実証試験実施 平成 25 年 12 月 06 日～12 月 10 日

4.2 実証対象機器の立ち上げ

平成 25 年 12 月 5 日に現地資材搬入及び据付を行った。

同時に凝集剤などの資材も搬入した。搬入に際しては、雨天等を考慮し、薬剤等の湿気対策を行った。具体的には、薬剤を密閉ケースに収納し、必要量を逐次利用するようにした。電力供給は対象温泉施設の電気系統が 1 系統のため、別途発電機を準備し、同施設への影響に配慮した。

4.3 実証水質項目

- (1) 水質実証項目及び水質目標を表 4-1 に示す。

表 4-1 水質目標

項目		内容
ほう素	現 状	平均 973mg/L (本事業公募資料より)
	目 標	320mg/L

現状発生しているほう素含有量を 3 分の 1 以下に削減すること。

- (2) 試料採取

試料の採取に当たっては、原水及び処理水について、以下の要領で行った。

【原 水】

[採取場所]排水ピット

[採水方法]人力による採水器具を使う方法

[採水器具]ポリ容器

[採取量] 2 L

【処理水】

[採取場所]処理システムにより浄化された処理水

[採水方法]人力による採水器具を使う方法

[採水器具]ポリ容器

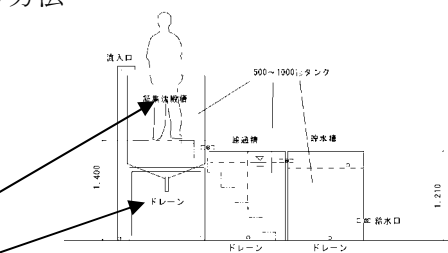
[採取量] 2 L

【処理水採取位置について】

採取位置を右図で示す。

タンク上 (処理水面下)

タンク下 (ドレン排水)



タンク下では、一部サンプルを採取した。

(3) 実験スケジュール

実験スケジュールは、表 4-2 の日程で実施した。

表 4-2 実験スケジュール

工程表		工事名		作成日 2013.10.18																															
		平成25年度温泉排水処理技術開発普及等調査業務																																	
		10月			11月			12月			1月			備考																					
2013.10.8~2014.1.17		8	11	14	17	20	23	26	29	1	4	7	10		13	16	19	22	25	28	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	3	6	9	12
		火	金	月	木	日	水	土	火	金	月	木	日	水	土	火	金	月	木	日	水	土	火	金	月	木	日	水	土	火	金	月	木	日	水
準備工	現地確認 計画書作成	基本設計																							11/11~12 現地調査										
施設工	装置製作	機材製作																							調整			搬送							
	現地設置 撤去																								搬入12/4			撤去12/11							
実証実験工																									実証12/6										
分析工	原水確認																								原水採水 新設計 現地調査										
	実証データ採取																																		
報告工	報告書作成																											データ確認 社内検討			報告書提出 1月下旬				
	社内検討																																		
																									11/5.										
																									施設繁忙期 受人可能期										
																									現地調査			試験実施			試験終了				

(4) 試料の保存

採取した試料は、以下の要領で保存した。

- [試験における試料採取] 試験における試料は、採取後、冷暗所で保存し、分析機関に移送した。
- [試料保存用容器] 採取毎に準備した。
- [分種器具] ポリ容器
- [試料保存方法] ①試料採取直後 冷暗保存した。
②実証試験場所から分析機関までの移送の間
試料保存容器に充填した試料は、採取直後の状態で分析機関まで車両により移送した。
③分析機関 分析作業が行われるまでの間、冷暗保存した。

4.4 監視項目

(1) 水質監視項目

実証機器への原水及び処理水についての監視項目は、それぞれ以下のとおりである。(オンサイト)

【原 水】 pH、ふっ素、ほう素、濁度

【処理水】 pH、ふっ素、ほう素、濁度

(2) 流量の監視地点、監視方法及び監視スケジュール

本実証試験では、処理工程がバッチ処理になるため、1回あたりの処理時間より水量を判定した。ただし、施設からの総排水量は、タンクへの流入時間(0.5トンがタンクが充填される時間)及び排水ピットへの流入量から推定した。

(3) 水質監視項目の監視地点、監視方法と監視装置、監視スケジュール

監視地点と監視スケジュールは後述する水質実証項目と同じである。

[監視対象とする試料の採取日] 平成25年12月6日～12月10日の5日間

[監視対象となる試料の採取時刻] 各バッチについて静置後90分を基本とし、場合により12時間静置後の採水を実施した(12時間静置は、フロックの沈降による水質の改善が時間により変化するかを判断するため実施した)。なお、攪拌時間は概ね20分程度を基準とした。

4.5 水質分析方法

(1) 分析頻度

水質実証項目及び水質監視項目の分析頻度は試験で採取した試料について分析を行った。

オンサイトにおいて簡易分析を行い、ラボにおいて公定法に準拠した分析方法で詳細分析を行った。

(2) 分析方法及び分析スケジュール

【分析方法】

①オンサイト分析における実施項目を表 4-3 に示す。

表 4-3 分析項目

分析項目	分析方法
pH	多項目水質計
ほう素	パックテスト
ふっ素	パックテスト
濁度	多項目水質計
温度	温度計
水温	温度計
色相	水質所見
外観	水質所見
臭気	水質所見

②分析機関における分析方法を表 4-4 に示す。

表 4-4 分析方法

分析項目	分析方法
pH	JIS K 0102 12.1 ガラス電極法
SS	JIS K 0102 14.1 懸濁物質 (GFP ろ過法)
電気伝導度 (EC)	JIS K 0102 13 電気伝導率 (白金黒電極法)
ほう素	JIS K0102 47.3 ICP 発光分光分析法
ひ素	JIS K0102 61.3 水素化物発生 ICP 発光分光分析法
溶解性鉄	JIS K0102 57.2 フレーム原子吸光法
溶解性マンガン	JIS K0102 56.2 フレーム原子吸光法
シリカ①	河川法水質試験法 (ICP 発光分光分析法)
シリカ②	JIS K 0101 44.3.1 炭酸ナトリウムによる融解 (モリブデン黄吸光度法)
カルシウムイオン	JIS K0102 50.2 フレーム原子吸光法
塩化物イオン	JIS K0102 35.3 イオンクロマトグラフ法

【分析スケジュール】

オンサイト分析は、試料採取時にその場で測定した。

詳細分析は、平成 25 年 12 月 20 日から平成 26 年 2 月 20 日にかけて実施した。
最終分析報告書は、平成 26 年 2 月 28 日に分析機関より受領した。

(3) 測定機器ごとの校正方法及びスケジュールを表 4-5 に示す。

表 4-5 校正スケジュール

機器名	校正方法	校正スケジュール
pHメーター	標準溶液にてゼロ (pH7) スパン (pH4 または 9) 校正 計量法に係る検定・検査の実施	毎測定開始時 検定検査実施/年
ICP発光分光	測定開始時における装置備え付けの波長校正実施 標準溶液から混合標準溶液を調整し、濃度と応答値の関係から検量線作成	毎測定時 定期点検
イオンクロマトグラフ	標準溶液から混合標準溶液を調整し、濃度と応答値の関係から検量線作成	毎測定時 定期点検

4.6 参考実証項目の実証試験

参考実証項目は「ふっ素」とした。

①試験方法（オンサイトにおける試験手順）

【原水試験】

- ・原水を排水ピットより採水した。
- ・試験用プラスチック容器へ封入した。
- ・多項目水質計（水質チェッカ WQC-22A（東亜 DKK 製））とテストパックで簡易試験を行った。
- ・多項目水質計の測定値及びテストパック付属の比色用紙と確認し、濃度を判定した。

【処理水試験】

- ・処理システムにより浄化された処理水を採取した。
- ・試験用プラスチック容器へ封入した。
- ・多項目水質計（水質チェッカ WQC-22A（東亜 DKK 製））とテストパックで簡易試験を行った。
- ・多項目水質計の測定値及びテストパック付属の比色用紙と確認し、濃度を判定した。

※濁度については、多項目水質計を用いて、数値化したデータを採取した。

4.7 環境負荷実証項目の実証試験

廃棄する汚泥に関する環境負荷実証項目を表 4-6 に示す。

表 4-6 汚泥による環境負荷実証項目

項目	内容
産業廃棄物発生量	湿潤状態での廃棄物量
	乾燥状態での廃棄物量
臭気	湿潤状態における臭気
	乾燥状態における臭気
騒音	採水用ポンプ作動時の騒音
	攪拌機用モーターの騒音
作業性	汚泥の廃棄物の取り出し安さ。乾燥の容易さの判定

4.8 運転及び維持管理実証項目の実証試験

(1) 運転及び維持管理実証項目を表 4-7 に示す

表 4-7 運転及び維持管理実証項目

運転及び維持管理実証項目	消費電力量
	水質所見 オンサイト
	実証機器の運転開始に要する期間
	実証機器の運転停止に要する期間
	操作性評価
	処理システムの信頼性
	トラブル発生時の対処法

(2) 電力消費量の測定方法と測定装置、測定スケジュール

電気使用量は、施設の使用量を単独で測定する機器（電力計等）が現状では設置されていないため、以下の方法により求めた推計値とした。

[方 法]

機器の電力消費量に運転時間を積算し、試験期間中の電力使用量とした。

[測定頻度]

採水ポンプ稼働時間及び攪拌モーターの稼働時間を逐次測定した。

(3) 水質所見の測定方法と測定装置、測定スケジュール

水質調査時の観測を以下の方法により行った。

[方 法]

原水及び処理水についての色相、外観、臭気は観察により、気温は携帯用デジタル温度計により、原水及び処理水の水温、濁度はそれぞれ多項目水質計を用いて測定した。

(4) 実証機器の立ち上げに要する期間

実証機器の設置に要する時間を以下の方法により測定した。

[方 法]

資材の搬入から定位置に設置するまでの時間を測定した。

[測定頻度]

実証機器の設置の時のみとし、平成 25 年 12 月 5 日とした。

実証機器の通水試験に要する時間を以下の方法により測定した。

[方 法]

設置工事終了後、ポンプの設置を行い、ポンプを稼働させて採水し、事前凝集試験を行った。その際、漏れ等の異常が無くなり、使用可能な状態になるまでの時間を測定した。

[測定頻度]

実証機器の準備段階の時のみであり、平成 25 年 12 月 5 日とした。

(5) 実証機器の維持管理に要する期間

実証機器の維持管理に要する時間を以下の方法により測定した。

[方 法]

原水をポンプで採水して、凝集沈殿槽へ貯水、薬剤を加えて、攪拌し、反応を確認した後に濾過槽へ送水した。順次繰り返すことで、放流用の貯水槽が満水となるまでの時間を測定した。

[測定頻度]

システムの稼働時である、平成 25 年 12 月 6 日とした。

(6) 実証機器の停止に要する期間

実証機器の日々の稼働終了時の停止に要する時間を以下の方法により測定した。

[方 法]

実証システム中の全ての水を抜き取るまでの時間とした。

[測定頻度]

試験期間中に 1 回、実証作業終了時に測定した。

(7) 運転及び維持管理マニュアルの作成

運転及び維持管理マニュアルを実際に使用した結果から作成する。

[方 法]

システム構成が簡単である為、ポンプ類及びモーター類に関するマニュアル以外が必要かどうか検討した。

[測定頻度]

実証期間中の運転中とした。トラブル等の特異な事態の発生時に記録し、原因と供に記載した。

4.9 発生汚泥の性状試験

施設稼働に伴い、凝集沈殿することにより発生する汚泥の性状を確認し、適切な処理又は再利用に向けるため、分析を実施した。

(1) 分析方法

汚泥の分析は汚泥に含まれる成分を確認する「含有試験」と、汚泥から漏れ出る成分を確認する「溶出試験」とした。

含有試験、溶出試験の分析方法は公定法または底質調査法に準拠した方法とした。

①含有試験の項目及び分析方法を表 4-8 に示す。

表 4-8 含有試験 分析項目及び分析方法

分析項目	分析方法
F e	底質調査法（フレイム原子吸光法）
M n	底質調査法（フレイム原子吸光法）
ケイ素	JIS K0101 44.3 準拠 全シリカ（重量法）
塩化物イオン	※溶出試験結果と溶出液濃度により計算にて算出した
ほう素	底質調査法（ICP 発光分光分析法）
ひ素	底質調査法（ICP 発光分光分析法）

②溶出試験の項目及び分析方法を表 4-9 に示す。

溶出液作成は、産業廃棄物に含まれる金属等の検定法（昭和 48 年環境庁告示第 13 号）により、試料液は（試料に水を加え、その混合液に含まれる固形分の重量体積比が 3 パーセント）とした。

表 4-9 溶出試験 分析項目及び分析方法

分析項目	分析方法
F e	JIS K 0102 57.2 フレイム原子吸光法
M n	JIS K 0102 56.2 フレイム原子吸光法
ケイ素	JIS K 0101 44.3.1 炭酸ナトリウムによる融解（モリブデン黄吸光光度法）
塩化物イオン	JIS K 0102 35.3 イオンクロマトグラフ法
ほう素	JIS K 0102 47.3 ICP 発光分光分析法
ひ素	JIS K 0102 61.3 水素化物発生 ICP 分光分析法

(2) 汚泥の含水率等

汚泥を廃棄する場合、その重量が処理コストに影響を与えることから、含水率、乾重量等を確認した。

5. 実証試験結果

処理方法を以下の5つのパターンとし表5-1に示す。

表5-1 処理パターン

パターン名	助剤	pH 設定 確定値
パターン1	助剤A	無調整
パターン2	水酸化カルシウム Ca(OH) ₂ 、炭酸カルシウム CaCO ₃	11.2
パターン3	水酸化カルシウム Ca(OH) ₂ 、炭酸カルシウム CaCO ₃	10.9
パターン4	水酸化カルシウム Ca(OH) ₂ 、炭酸カルシウム CaCO ₃	8.1
パターン5	水酸化カルシウム Ca(OH) ₂ 、炭酸カルシウム CaCO ₃	8.8

本実証試験の結果を表5-2に示す。オンサイト及び分析機関における詳細は5.3以降にて記述する。

表5-2 分析結果総括表

項目\月日	単位	12月6日	12月7日	12月8日	12月9日	12月10日
ほう素処理前	I C P	340	310	350	330	460
ほう素処理後	mg/L	16	37	240	23	460
ほう素処理前	P A C	360	340	430	340	540
ほう素処理後	テスト mg/L	100	100	240	100	480
pH 処理前		7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
pH 処理後		7.7	11.2	10.7	7.3	8.5
水温 処理前	℃	19.0	22.2	22.0	11.1	26.1
水温 処理後	℃	15.0	13.3	18.3	10.2	21.4
SS 処理前	mg/L	74	113	53	31	22
SS 処理後	mg/L	1.1	5.6	8.3	3.2	81
電気伝導率 前	s /m	860	848	922	868	1140
電気伝導率 後	s /m	692	701	672	878	1140

*pH及び水温はオンサイト測定結果を記載した。

5.1 オンサイト分析による実証試験結果

オンサイトにおけるほう素の動向は、パックテストを用いて測定した。

オンサイトでの分析結果は表5-3に示すとおりであった。

表 5-3 オンサイトにおける分析結果

種類		原水	処理水 ①	処理水 ②	処理水 ③	原水	処理水 ④	原水	処理水 ⑤	原水	処理水 ⑥	原水	処理水 ⑦	原水	処理水 ⑧
調査月日	単位	12月6日			12月7日			12月8日		12月9日			12月10日		
pH	—	7.7	7.7	7.2	7.4	7.7	11.6	7.7	10.7	7.7	7.3	7.7	10.4	7.7	8.5
濁度	NTU	229	5	19	2	421	9	242	7	90	7	92	14	80	15
ほう素	mg/L	360	100>	100>	100	340	170	430	240	340	100>	480	230	540	480
ふっ素	mg/L	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>	0.4>
		パターン1			パターン2			パターン3		パターン1			パターン4		パターン5

※1「原水」とは、温泉排水ピットからの処理前の排水。

2「処理水①」とは、凝集剤+助剤Aによる処理、静置後の上澄み液を処理タンク上の薬剤投入側から採取した。

3「処理水②」とは、凝集剤+助剤Aによる処理、静置後の上澄み液を処理タンク下の排水バルブから採取した。

2と3の違いは凝集沈殿が安定化しており、上澄み状態と排水バルブ側から採取しても、凝集沈殿をとりのぞけ

ば同じ程度の結果となるかを判断するため実施した。

4「処理水③」とは、凝集剤+助剤Aによる処理水について12時間静置後上澄み液を処理タンク上から採取した。

5「処理水④」とは、凝集剤+助剤としてCa(OH)₂とCaCO₃を用いた処理、静置後の上澄み液を処理タンク上から採取した。

6「処理水⑤」とは、凝集剤+助剤としてCa(OH)₂とCaCO₃を用い、pHを10.7に調整した処理、静置後の上澄み液を処理タンク上から採取した。

7「処理水⑥」とは「2」と同じ

8「処理水⑦」とは、凝集剤+助剤としてCaCO₃とCa(OH)₂を用い、pHを10.7に調整した処理、12時間静置後の上澄み液を処理タンク上から採取した。

9「処理水⑧」とは、凝集剤+助剤としてCaCO₃とCa(OH)₂を用い、pHを8.5に調整した処理、静置後の上澄み液を処理タンク上から採取した。

*「処理水⑦」については、ICPによる分析結果と相関が得られなかったため、分析結果総括表から除外した。

オンサイトの分析結果では凝集剤+助剤Aを用いた場合、ほう素が100mg/L以下(本実証実験の目標である3分の1以下)になることが判明した。その他の助剤との組み合わせでも、3分の1にはならないものの、効果が現れた。ふっ素については、本温泉の原水のふっ素濃度が0.4mg/L未満と低いことから、その効果は確認できなかった。

次ページの図5-1はほう素と濁度について各処理方法ごとにオンサイト分析による削減効果を図式化した。なお、ほう素の100mg/L未満については100mg/Lで作成した。また、一晩後の分析は形式上処理後720分(12時間後)として表した。

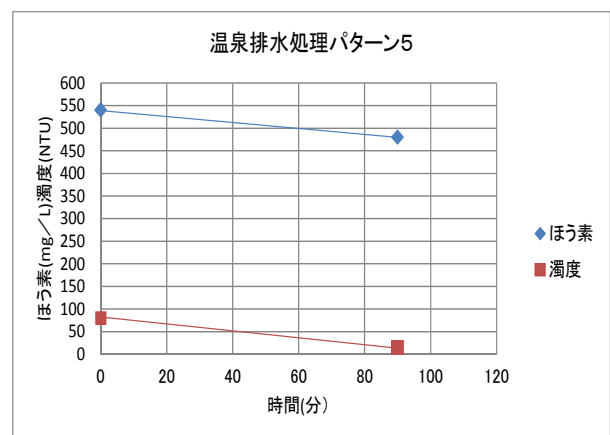
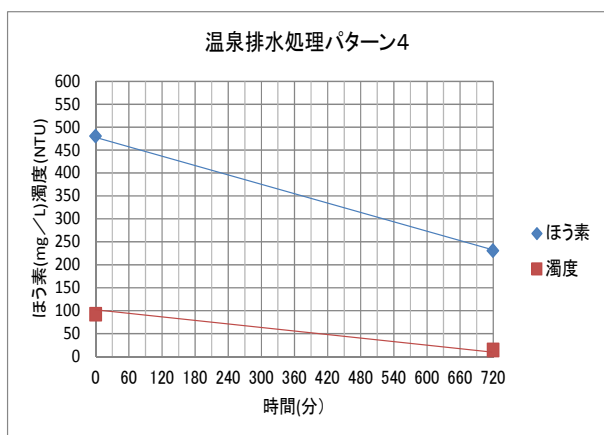
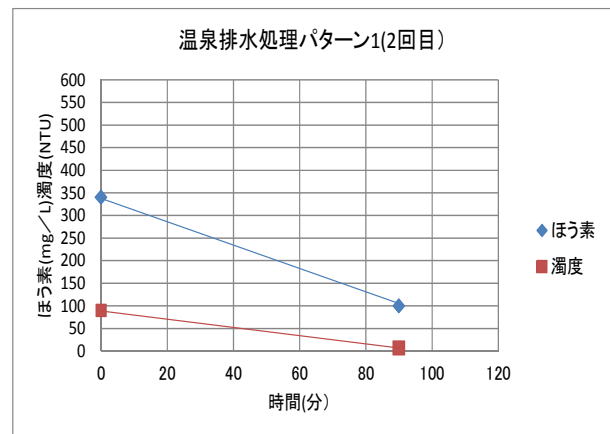
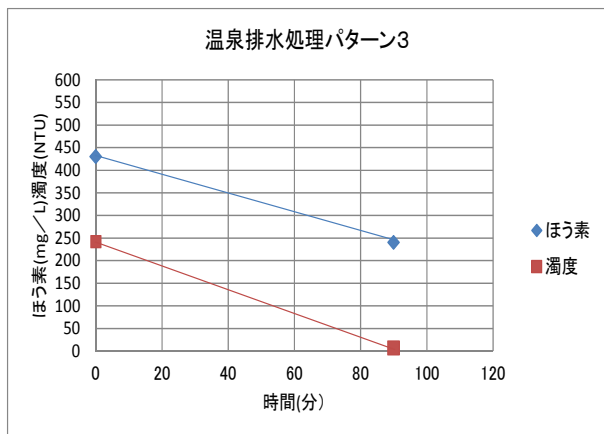
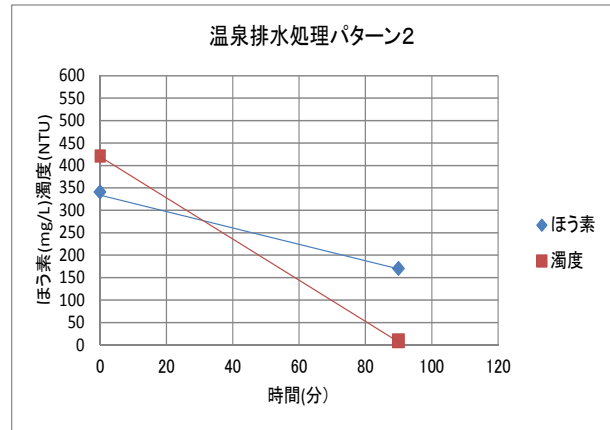
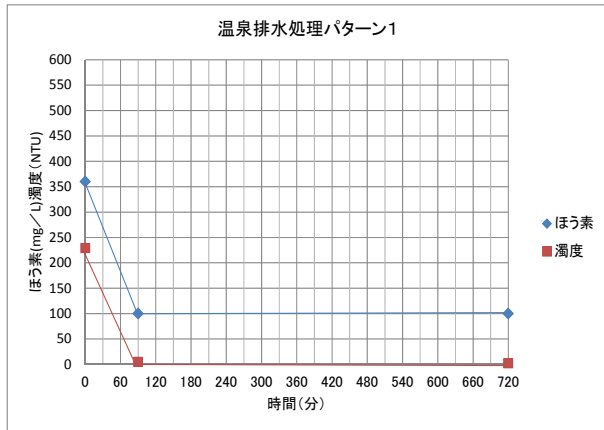


図 5-1 各処理パターン別 ほう素及び濁度の削減状況図

5.2 ラボ分析による実証試験結果

詳細分析として、ラボにおける分析を実施した。分析方法は前出 12 ページに示すとおり公定法に準拠した。

分析結果は表 5-4 に示すとおりとなった。

表 5-4 ラボ分析による詳細分析結果

種類		原水	処理水①	処理水②	処理水③	原水	処理水④	原水	処理水⑤	原水	処理水⑥	原水	処理水⑦	原水	処理水⑧
採水月日	単位	12月6日				12月7日		12月8日		12月9日			12月10日		
pH	—	8.0	7.9	7.4	7.6	7.8	11.2	7.9	10.9	7.8	8.1	7.9	10.5	8.1	8.8
SS	mg/L	74	1.1	11	5.6	113	18	53	8.3	31	3.2	20	50	22	81
電気導率	ms/cm	860	699	692	701	848	289	922	672	868	878	1240	1210	1140	1140
ほう素	mg/L	340	16	36	38	310	37	350	240	330	23	500	480	460	460
ほう素除去率	%		95.3	89.4	88.8		88.1		31.4		93.0		4.0		0.0
		パターン1				パターン2		パターン3		パターン1			パターン4		パターン5

※1「原水」とは、温泉排水ピットからの処理前の排水。

2「処理水①」とは、凝集剤+助剤Aによる処理、静置後の上澄み液を処理タンク上の薬剤投入側から採取した。

3「処理水②」とは、凝集剤+助剤Aによる処理、静置後の上澄み液を処理タンク下の排水バルブから採取した。

2と3の違いは凝集沈殿が安定化しており、上澄み状態と排水バルブ側から採取しても、凝集沈殿をとりのぞけば同じ程度の結果となるかを判断するため実施した。オンサイトでは、沈殿物と一緒に採取したほうの数値が高かった

4「処理水③」とは、凝集剤+助剤Aによる処理水について12時間静置後上澄み液を処理タンク上から採取した。

5「処理水④」とは、凝集剤+助剤としてCa(OH)₂とCaCO₃を用いた処理、静置後の上澄み液を処理タンク上から採取した。

6「処理水⑤」とは、凝集剤+助剤としてCa(OH)₂とCaCO₃を用い、pHを10.7に調整した処理、静置後の上澄み液を処理タンク上から採取した。

7「処理水⑥」とは「2」と同じ

8「処理水⑦」とは凝集剤+助剤としてCa(OH)₂とCaCO₃を用い、pHを10.4に調整した処理、12時間静置後の上澄み液を処理タンク上から採取した。

9「処理水⑧」とは、凝集剤+助剤としてCaCO₃とCa(OH)₂を用い、pHを8.5に調整した処理、静置後の上澄み液を処理タンク上から採取した。

詳細分析から、凝集剤+助剤Aを使用した場合(パターン1)には、ほう素を十分除去でき(除去率93~95%)、本実証実験の目標である3分の1以下を満足する結果となった。その他の除去方法では、処理水④(パターン2)の凝集剤+助剤Ca(OH)₂+CaCO₃による方法に効果が認められた(除去率88%)が、その他の方法では殆んど効果を認められなかった。なお、整置時間による変化は90分以降では12時間まで沈渣に殆ど影響が無かった。

図 5-2 はほう素と S S について各処理方法ごとに詳細分析による削減効果を図式化した。また、一晩後の分析は形式上処理後 720 分(12 時間後)として表した。

なお、処理水⑦について、処理前が若干高い結果となったのは、希釈時の誤差によると思われ、殆んど効果は出ていない。

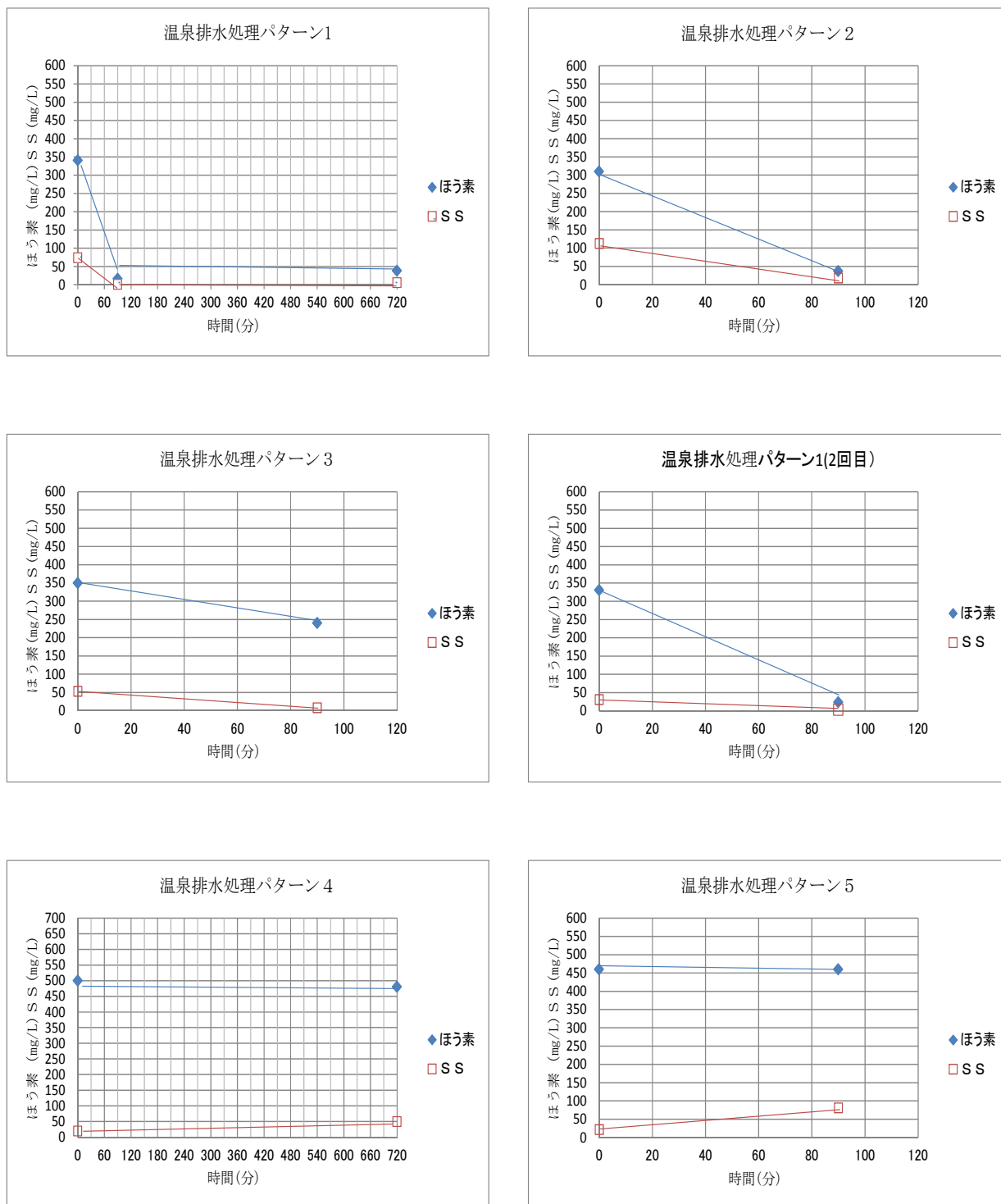


図 5-2 各処理パターン別 ほう素及び S S の削減状況図

ほう素除去作業に伴い、発生した廃泥の分析結果は、表 5-5 (1) 及び (2) となった。(1) は底質調査法による含有量試験であり、(2) は溶出試験である。使用した汚泥は、水質調査パターン 3 の試験の際に発生した汚泥とした。

廃泥中の含有成分並びに、溶出成分を把握することで再利用時の影響に関する検討を行う。

含有成分が有効に働く分野として、セメント材料・建材・害虫忌避剤などへの利用を検討する。

特に除去されたほう素を有効に利用する方法を検討し、処理コストの圧縮を図る。

尚、含有量試験では、ケイ素とカルシウムが多量に含まれていた。溶出試験では、カルシウムと塩化物イオンが多く溶出していた。

含有試験では、ケイ酸とカルシウムが多量に含まれていたが、これは助剤として用いた水酸化カルシウムなどに由来すると考えられることから、試験対象温泉排水には鉄、塩化物イオン、ほう素が多いことが判明した。ほう素が多量に含有されていたことから、本実験での除去能力が高いと考えられる。一方、溶出試験では、含有試験で多量であった鉄、塩化物イオン、ほう素の溶出が僅かであることから、除去後も安定して、これらの物質を包括していると考えられる。

表 5-5 (1) 廃泥分析結果 (含有量試験)

試料名	含有試験 [mg/kg]							分析方法等
	鉄	マンガン	ケイ酸	カルシウム	塩化物イオン	ほう素	ひ素	
2013/12/8	1500	44	13000	65000	670	570	10未満	分析は底質調査法による

表 5-5 (2) 廃泥分析結果 (溶出試験)

試料名	溶出試験 [mg/L]							分析方法等
	鉄	マンガン	ケイ酸	カルシウム	塩化物イオン	ほう素	ひ素	
2013/12/8	0.02未満	0.01未満	7.3	42.7	20	6.9	0.01未満	分析はJIS公定法に準拠 溶出液作成は13号試験による

また、廃泥の含水率や乾重量の結果は、表 5-5 (3) 及び (4) となった。

12月7日の処理以外は乾重量に大きな差はなかったが、12月7日のみ、他に比べて半分の量であった。これは、現地における試料採取の際に行った脱水作業に起因するものと考えられる。また、含水率は27%から43%であった。(原水量500L)

表 5-5 (3) 廃泥含水率及び乾重量等の結果（上澄みを含む）原水 500L 当たり

採取日	(a)	(b)	(c) = 1-u	(a)*(c)
	発生廃泥量[g]	含水率 u	廃泥含有率	廃泥量(乾重量)[g]
2013/12/7	9385.0	0.52	0.48	4508.8
2013/12/8	12934.6	0.29	0.71	9203.1
2013/12/9	18482.4	0.43	0.57	10505.3
2013/12/10	15928.2	0.40	0.60	9500.0

表 5-5 (4) 廃泥含水率及び乾重量等の結果（上澄みを含まない）原水 500L 当たり

採取日	(a)	(b)	(c) = 1-u	(a)*(c)
	発生廃泥量[g]	含水率 u	廃泥含有率	廃泥量(乾重量)[g]
2013/12/7	6929.4	0.42	0.58	4012.1
2013/12/8	12468.8	0.27	0.73	9113.9
2013/12/9	16943.9	0.40	0.60	10154.9
2013/12/10	13914.8	0.35	0.65	9083.0

※試料「12月7日」は水質試験パターン2試験時発生汚泥とした。

試料「12月8日」は水質試験パターン3試験時発生汚泥とした。

試料「12月9日」は水質試験パターン4試験時発生汚泥とした。

試料「12月10日」は水質試験パターン5試験時発生汚泥とした。

「上澄み」の含むと含まないは、汚泥をオンサイトで重力脱水したものをポリ容器に入れてラボに郵送したが、郵送中にさらに脱水が起こり、上澄み液が発生した。「上澄みを含む」はオンサイトでの重力脱水の状況と同じ場合の含水率等であり、「上澄みを含まない」は、今後、処理場に搬入前に再度発生水を除いた場合の含水率をしめしている。

5.4 その他の環境配慮事項の結果

本業務では、温泉水内のほう素を除去するための施設を設置するが、その施設稼働時の環境への影響として、施設から発生する臭気及び施設から発生する騒音について確認した。

臭気については、表 5-6 に示すとおりであった。

温泉排水そのものに臭気が無く、特に施設から発生する臭気もなかった。

表 5-6 温泉排水の臭気結果

調査日	天候	気温 (°C)	臭気		外観	
			原水	処理水	原水	処理水
平成 25 年 12 月 6 日	晴のち曇	6.5	無臭	無臭	濃茶褐色	無色透明
平成 25 年 12 月 7 日	曇一時雪	1.8	無臭	無臭	赤茶褐色	無色透明
平成 25 年 12 月 8 日	曇一時雪	2.2	無臭	無臭	茶褐色	無色透明
平成 25 年 12 月 9 日	晴のち曇	4.2	無臭	無臭	茶褐色	無色透明
平成 25 年 12 月 10 日	曇のち雨	4.2	無臭	無臭	茶褐色	無色透明

施設から発生する騒音については、今回の規模は小型で、電源として発電機を使用したため、それらについても確認した。確認結果は、表 5-7 に示すとおりであった。

騒音の評価として、「騒音規制法の特定工場等に係る規制基準」(昭和 43 年 6 月 10 日 法律第 98 号)の第 2 種区域の昼間(8 時～19 時)の時間区分である 50dB を当てはめることとした。

表 5-7 施設からの騒音結果

項目	L ₅ (dB)	L _{eq}
発電機からの騒音騒音 (発電機から 5 m 地点)	67	66.3
取水ポンプ作業 (施設から 5 m 地点)	59	54.3
攪拌モーターによる騒音 (施設から 5 m 地点)	66	62.2
施設非稼働時	58	53.5

施設非稼働時と比較して 90%レンジ上端値(L₅)において発電機及び攪拌モーターの騒音が 10dB 程度高い値であった。また、騒音の評価値である、「騒音規制法の特定工場等に係る規制基準」の第 2 種区域の昼間(8 時～19 時)の時間区分である 50dB を当てはめると、各作業とも基準値を超過しているが、施設非稼働時においても基準値を超過していることと、ポンプによる取水作業中は、施設非稼働時とほぼ同程度であること、さらに、実際の施設では電源として発電機を使用しないこと、また攪拌モーターの代わりとして、今回はハンドミキサーを使用し、施設は簡易テント内設置しており、実機では防音用の建屋に設置することから、十分施設非稼働時と同程度に留められると思われる。

6. 処理費用に関する検討

6.1 コスト試算条件

1) 機材の設計条件を表 6-1 に示す。

処理装置の処理槽を 5,000 L と定め装置設計を行う。

目標処理量 原水 973mg/L → 320mg/L

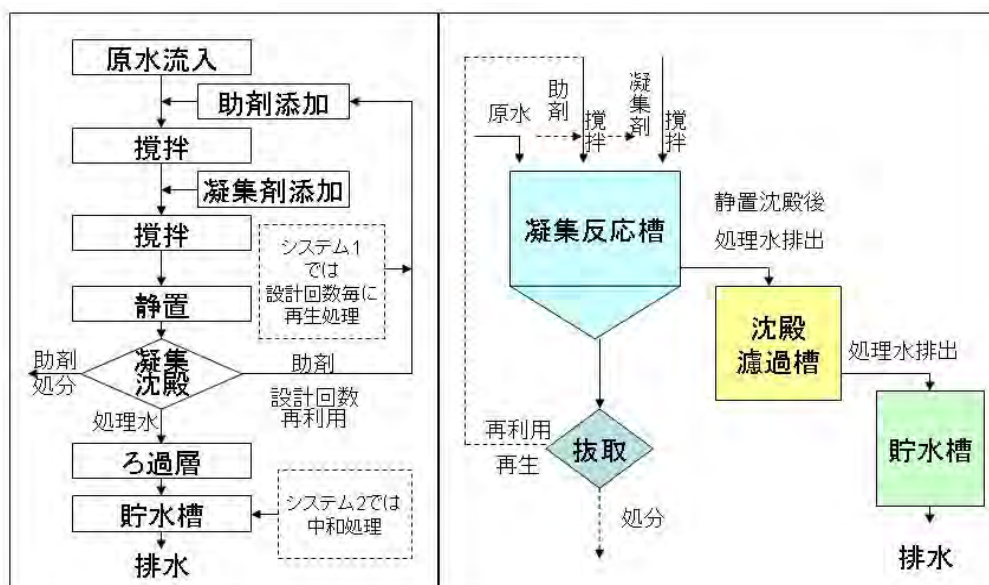
表 6-1 設計条件

項目	数 値	単 位	
対象処理量 日量	100,000	L	①
稼働時間	24	時間	②
処理時間 (1 バッチ)	1	時間	③
処理回数/日	24	回	④=②÷③
必要処理槽容量	4,166	L	⑤=①÷④
計画処理槽容量	5,000	L	⑥=⑤×1.2

* 処理時間は、実際の温泉施設における施工時間を設定した。

2) 処理システムを表 6-2 に示す。

表 6-2 システム ブロック図



3) コスト試算対象外の項目

○ 建屋建設費

本提案による処理施設は大きな場所を必要としないため、核施設の既存建屋に格納されることも可能であるため、試算から除外した。

○ 人件費

各温泉施設において、既存の人員で処理施設を運営する事例も考えられるため、試算から除外した。

○ 水道光熱費

本提案による処理施設は、その構成が全自動化される場合と、完全自動化される場合とでは、大きく電量使用量が異なる。試算では、採水に掛かるポンプが消費する電力を発電機で供給したが、実際は電力支給が想定されるため、試算から除外した。

○ 中和処理費

温泉処理施設毎に排水基準の pH が異なる。また、井戸などの自然水による中和処理も想定されるため、試算から除外した。

○ その他

借地料・自動化設備費用等本実証実験実施時に発生しない費用は試算から除外した。

6.2 処理施設設置に関するイニシャルコストの試算

装置に掛かる金額を表 6-2 に示す。

表 6-2 装置金額

項目	詳細	数	単位	金額 円	備考
処理槽	材工共	1	式	4,500,000	5 t × 3 基含
機材費	攪拌機等	1	式	2,500,000	
電気工事	受電設備等	1	式	2,000,000	
配管工事	管路接続	1	式	500,000	
運搬費		1	式	500,000	
諸経費		1	式	500,000	
				10,500,000	* 建屋別途

6.3 処理施設設置に関するランニングコストの試算

○ システム 1

処理概要：助剤は4回バッチ連続使用の後再生処理を行なう。

対象水量 100,000 L／日における 1年間ランニングコストは 3,005,000 円

内訳：薬剤費 1,910,000 円

凝集剤：1,460,000 円

助剤A： 450,000 円

再生費：1,095,000 円

*連続使用回数は、ラボにおけるビーカー実験により設定した。

○ システム 2

対象水量 100,000 L／日における 1年間ランニングコストは 3,737,600 円

処理概要：助剤 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ をpH調整剤、 CaCO_3 を吸着剤として用い、凝集剤で凝集沈殿処理を行なう。 CaCO_3 は連続3バッチ連続使用後に処分する。

内訳：薬剤費 3,080,600 円

凝集剤：1,460,000 円

助 剤：1,620,600 円

処分費 657,000 円

*連続使用回数は、ラボにおけるビーカー実験により設定した。

助剤投入量等の調整・作業の熟練によりさらに費用は抑えることが出来る。

6.4 一般的温泉施設におけるコスト

システム1及び2においては、実証試験時のほう素濃度300～900mg/Lを想定している。しかしながら、全国の温泉施設では、これまでの高濃度のほう素を含有していない。また、水量においても新安比温泉における想定水量は103m³であったが、実証試験では、48m³程度であった様に、100m³以下が多く存在すると考えられる。

従って、現場のほう素濃度並びに排水量を検討することにより、薬剤の投入量の削減、再利用回数の増加により処理費用は大幅に抑えることが出来ると考ええる。

6.5 排出汚泥の再利用について

排出汚泥については、今後、ほう素を含有している材料として、次に述べる有価処分する方法により、処理コスト削減に繋げる方策を検討する。

○ほう素の持つ害虫忌避効果を利用する方法。

ホウ酸団子に代表される、ほう素の持つ害虫忌避効果を利用する分野への材料としての供給。

○回収したほう素を利用した、中性子遮断材への利用。

環境省助成事業：石炭灰の資源回収を伴う洗浄無害化・有効利用技術の開発の中で「一般的に中性子線遮蔽体として用いられるコンクリートに比べ、中性子線を1/10に減衰でき、コンクリートよりも遮蔽性能が優れていることを確認できた。」との報告がある¹。

ほう素濃度が高いスラッジを回収することができれば、中性子線遮蔽材への適用も充分可能である。

過去の原発問題に代表されるように、日本では放射能に対する意識が高く、放射線の一種である中性子に対する意識も高く、遮断材料が安価に販売することが出来れば、大きな市場を形成すると思われる。

温泉排水処理技術の開発は、単に環境基準をクリアするという問題から、天然資源として排出されるほう素を利用して、放射能から身を守る素材の開発のための資源開発という側面を持つ。

中小の温泉施設では、多大の費用を投じて排水を処理することが出来ないが、温泉協会や組合を通じてほう素を次世代技術の大切な素材として利用することで、処理コストの削減が図れる。

6.6 寒冷地対策について

寒冷地では、温泉水を貯水する際に、凍結により施設の破損が生じる恐れがある。処理槽へ注入時点では15度以上の温泉水も、夜間凍結の恐れがある。本実証実験では、簡易テントにより風雪雨を防いだが、さらに温度の下がる季節には対策が必要である。当社では、FRPの保温性に着目して本実験では使用したが、さらに遮熱塗料による保温対策が可能である。(製品名セラミックカバーCC100)施設に塗布することで、保温保冷効果を持たせることが出来る。

6.7 オンサイト分析について

本実証事業では、オンサイトにおけるほう素分析に、株式会社共立理化学研究所のデジタルパックテスト(ほう素・高濃度)を使用した。事前実験において、ICP数値との相関が見られ、オンサイトでのほう素除去の判断材料として十分役立つと判断し使用した。結果、実証試験データに見られるように、十分利用できること

¹環境省：平成15年度次世代廃棄物処理技術基盤整備事業：石炭灰の資源回収を伴う洗浄無害化・有効利用技術の開発より

が判明した。

6.8 その他

本実証試験では、実際に現地に赴くことで、排水量の変化や気候の変化などの実情を理解することが出来た。処理技術は、机上で練り上げられるだけでは現場で効果を挙げるが出来ない。現場の実情に即した細かな対応が、処理費用を大きく左右する。今後、さらにシステム1とシステム2の併用などを検討して更なるコスト削減を図って行きたい。

7 まとめ

2種類の処理方法を本実証試験では検討した。いずれも条件を合わせることで効果を得ることが出来た。

イニシャルコストに関しては、今後さらに軽量小型化した装置の開発を進めたい。またランニングコストについては、システム1では助剤として用いる材料の設計・システム2では、pH調整などを綿密に行うことでさらに安価に実施できる。

以上