

## 6. 実証試験結果

本章では、実証試験の結果について示した。なお、日間水質試験①、②においては、流入水の装置内における滞留時間を考慮し、処理水のデータは採水された時刻の4時間前の流入水のデータに対応するものとして結果の解析を行った。

### 6.1 水質実証項目及び水質監視項目の試験結果

#### (1) ほう素

##### ① 日間水質試験①

日間水質試験①におけるほう素濃度およびほう素吸着量（実ほう素吸着量、予想ほう素吸着量、吸着性能）をそれぞれ図6-1、図6-2に示す。

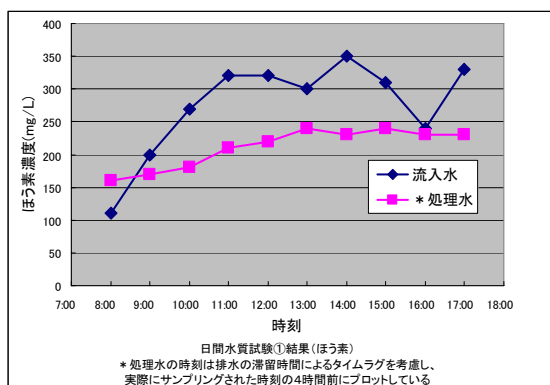


図6-1 日間水質試験①におけるほう素濃度

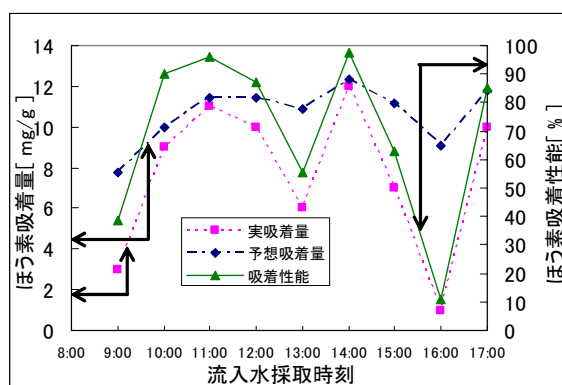


図6-2 日間水質試験①におけるほう素吸着量

日間水質試験①では流入水のほう素濃度は大きく変動した(110 mg/L~350 mg/L)。8:00、9:00のほう素濃度はそれぞれ110 mg/L、200 mg/Lと低い値であったが、10:00以降は16:00を除き、平均310 mg/L程度で推移した。

処理水のほう素濃度は160 mg/L~240 mg/Lであり、10:00以降は概ね200 mg/L~240 mg/L(平均220 mg/L)で推移した。8:00、9:00のデータについては、流入水のほう素濃度が処理水のほう素濃度よりも低い値であった。これは、装置内に前日に運転した時の処理水が残留したこと等が影響した可能性がある。

また、流入水のほう素濃度の変動の大きさに対して、処理水のほう素濃度は非常に変動が小さい。これは、本実証試験装置では、処理中の排水が滞留する槽が4基存在することから、濃度変動の影響が緩和されたものと考えられる。

従って、実ほう素吸着量は1.0~12.0 mg/gであり、予想ほう素吸着量と比較して11~97%のほう素吸着性能と、数値が大きく変動した(8:00のデータからは吸着量および吸着性能は算出不能であった)。しかしながら、8:00、9:00、16:00の値を特異値として除くと、実ほう素吸着量は平均で9.3 mg/g、ほう素吸着性能は平均で82%であった。

以上より、ボロン-C添加率1%w/vで排水処理を行った場合、本実証試験における温泉排水(ほう素濃度310 mg/L程度)に対しては、ボロン-Cは9.3 mg/gのほう素を吸着しており、予想ほう素吸着量と比較して概ね82%のほう素吸着性能であった。

## ② 日間水質試験②

日間水質試験②におけるほう素濃度およびほう素吸着量（実ほう素吸着量、予想ほう素吸着量、吸着性能）を図6-3、図6-4に示す。

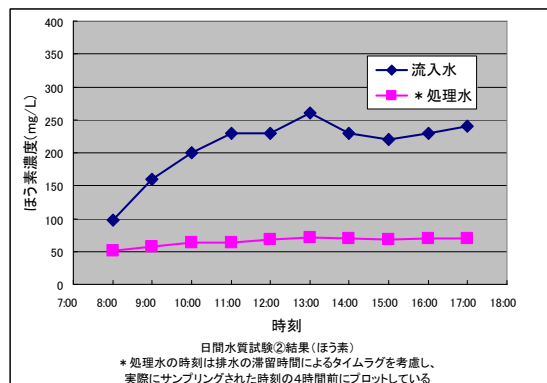


図6-3 日間水質試験②におけるほう素濃度

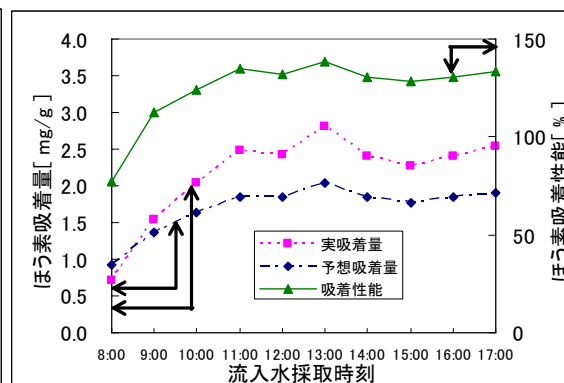


図6-4 日間水質試験②におけるほう素吸着量

日間水質試験②における流入水のほう素濃度は、8:00、9:00の濃度は日間水質試験①と同様に比較的低い値であったが、10:00以降は概ね200 mg/L～260 mg/L（平均230 mg/L）で推移した。

処理水のほう素濃度は51 mg/L～72 mg/Lであり、概ね65 mg/L程度であった。すなわち、流入水の8:00、9:00のほう素濃度が低い値にもかかわらず、処理水のほう素濃度は1日を通してほぼ一定であった。これは、本実証試験装置では、処理中の排水が滞留する槽が4基存在することから、濃度変動の影響が緩和されたものと考えられる。

実ほう素吸着量は0.7～2.8 mg/gであり、予想ほう素吸着量と比較して77～138%のほう素吸着性能であった。8:00、9:00の値を特異値として除くと、実ほう素吸着量は平均で2.4 mg/g、ほう素吸着性能は平均で131%であった。

以上より、ボロン - C添加率6.68%w/vで排水処理を行った場合、本実証試験における温泉排水（ほう素濃度230 mg/L程度）に対しては、ボロン - Cは2.4 mg/gのほう素を吸着しており、予想ほう素吸着量と比較して概ね131%のほう素吸着性能であった。

なお、2日間ともに、流入水のほう素濃度は8:00、9:00の段階では低い値であったが、後述のとおり塩化物イオン濃度、Na濃度、電気伝導率の値も、8:00、9:00では低かった。このことから、同時間帯には、浴室洗浄等により希釈度の高い温泉排水が流入水として採取されたと推測される。

## ③ 排水基準対応試験結果

排水基準対応試験における流入水・処理水のほう素濃度、ほう素除去率を図6-5に示す。

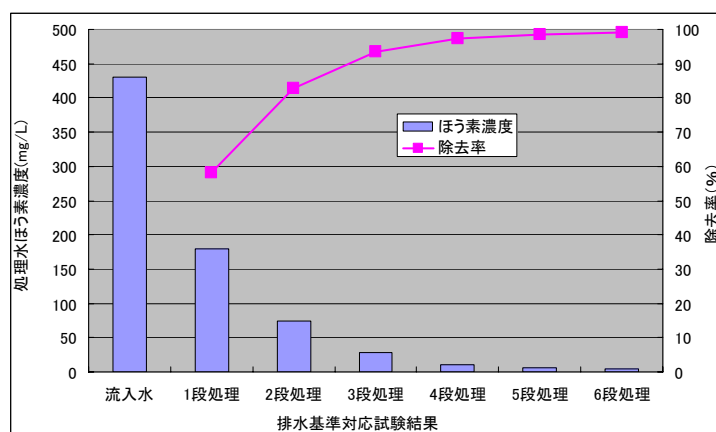


図6-5 排水基準対応試験におけるほう素濃度およびほう素除去率

4段処理後、5段処理後、6段処理後のほう素濃度は11 mg/L、6.6 mg/L、4.3 mg/Lであった。また、4段処理後、5段処理後、6段処理後のほう素除去率はそれぞれ97.4%、98.5%、99%であった。

以上より、流入水の430 mg/Lから5段処理を行うことによって、ほう素濃度を一律排水基準値未満の6.6 mg/Lまで低減した。

## (2) pH

日間水質試験①、②におけるpHの推移を図6-6、図6-7に示す。

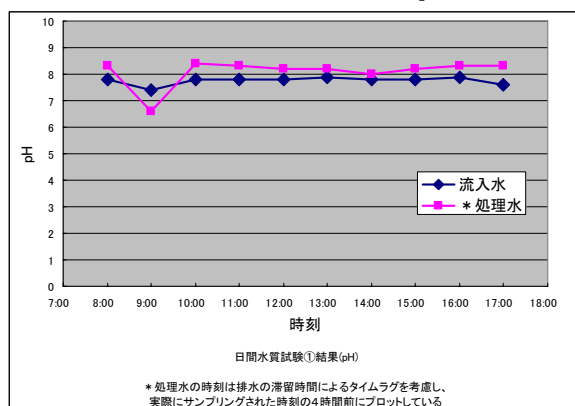


図6-6 日間水質試験①における pH 推移

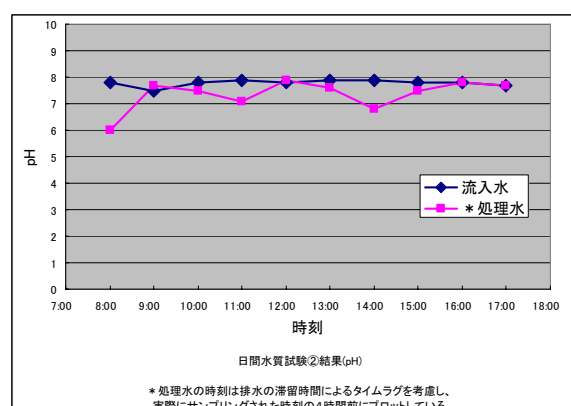


図6-7 日間水質試験②における pH 推移

流入水のpHは、日間水質試験①、②ともに概ね7.7~7.9で推移しており、ほぼ中性の排水であった。一方、処理水のpHは、日間水質試験①、②ともに概ね8.0であり、pH管理が適切に行われていたと言える。

次に、排水基準対応試験におけるpHの推移を表6-1に示す。流入水はほぼ中性であったが、処理水のpHは9.8~10.2とアルカリ性を示した。

表 6 - 1 排水基準対応試験におけるpHの推移

採水時刻	採取対象	pH(水温℃)
9:30	流入水	7.2(14)
12:15	処理水 (1 段処理後)	9.8(15)
13.25	処理水 (2 段処理後)	9.8(15)
15:30	処理水 (3 段処理後)	9.8(15)
17:10	処理水 (4 段処理後)	10.0(15)
18:40	処理水 (5 段処理後)	10.0(15)
19:30	処理水 (6 段処理後)	10.2(15)

(3) SS

日間水質試験①、②におけるSS濃度をそれぞれ図6-8、図6-9に示す。

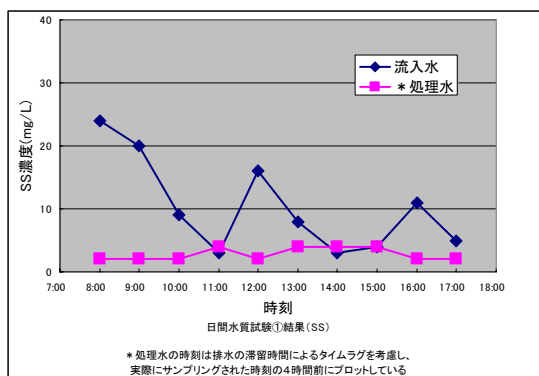


図6-8 日間水質試験①におけるSS濃度

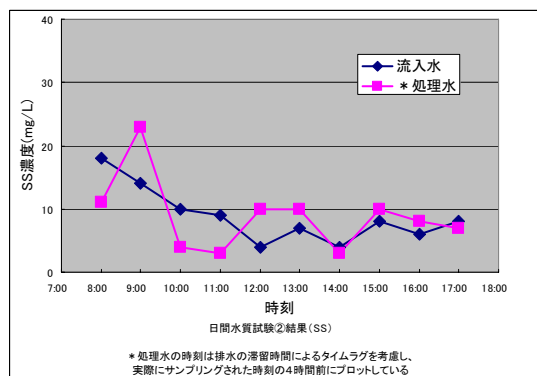


図6-9 日間水質試験②におけるSS濃度

日間水質試験①では、流入水SS濃度は3 mg/L～24 mg/Lの間で変動したが、処理水のSS濃度は2 mg/L～4 mg/Lと大きく低下した。

日間水質試験②では、流入水SS濃度は4 mg/L～18 mg/Lの間で変動し、8:00の18 mg/Lから徐々に減少し、12:00以降は6 mg/L付近でほぼ一定であった。一方、処理水のSS濃度は3 mg/L～23 mg/Lの間で大きく変動し、流入水の値と比較してあまり変化が見られなかった。

なお、処理水中のSS分はボロン-Cに由来するものであり、流入水中のSSとは別成分であると考えられる。

排水基準対応試験におけるSS濃度を表6-2に示す。

表6-2 排水基準対応試験におけるSS濃度

採取対象	SS濃度 [ mg/L ]
流入水	24
処理水 (1段処理後)	29
処理水 (2段処理後)	21
処理水 (3段処理後)	4
処理水 (4段処理後)	170
処理水 (5段処理後)	77
処理水 (6段処理後)	64

2段階処理まではほぼ一定であったSS濃度が、3段階処理において急激に減少後、4段階処理において急激に上昇し、5段階処理、6段階処理においても流入水の倍以上のSS濃度であった。これは、本試験ではろ過袋を用いて汚泥の脱水（固液分離）を行っていることから、ろ過袋の網目から固体分が分離液中に混入したことが影響した可能性がある。

#### (4) 塩化物イオン

日間水質試験①、②における塩化物イオン濃度をそれぞれ図6-10、図6-11に示す。

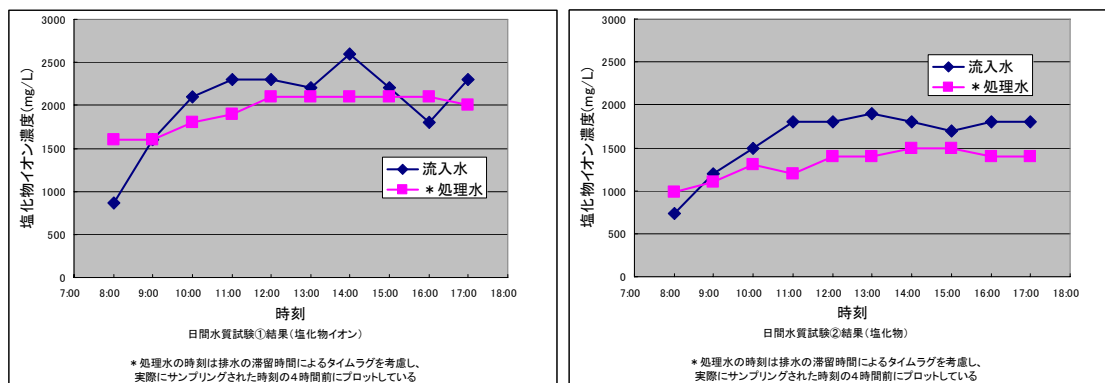


図6-10 日間水質試験①における塩化物イオン濃度 図6-11 日間水質試験②における塩化物イオン濃度

流入水の塩化物イオン濃度は、日間水質試験①では8:00の860 mg/Lから徐々に上昇し、11:00以降は2,300 mg/L付近で推移した。日間水質試験②では8:00の730 mg/Lから徐々に上昇し、11:00以降は1,800 mg/L付近で推移した。

処理水の塩化物イオン濃度は、日間水質試験①では8:00の1,600 mg/Lから徐々に上昇し、12:00以降は2,100 mg/L付近で推移した。日間水質試験②では8:00の980 mg/Lから徐々に上昇し、12:00以降は1,400 mg/L付近で推移した。

以上より、処理水の塩化物イオン濃度は、流入水の塩化物イオン濃度より多少低下することが分かった。

排水基準対応試験における塩化物イオン濃度を表6-3に示す。

表6-3 排水基準対応試験における塩化物イオン濃度

採取対象	塩化物イオン濃度 [ mg/L ]
流入水	3,300
処理水 (1段処理後)	2,900
処理水 (2段処理後)	2,800
処理水 (3段処理後)	2,300
処理水 (4段処理後)	2,200
処理水 (5段処理後)	2,100
処理水 (6段処理後)	1,900

処理が進むにつれて、塩化物イオン濃度は漸減していることがわかった。

(5) Na

日間水質試験①、②におけるNa濃度をそれぞれ図6-12、13に示す。

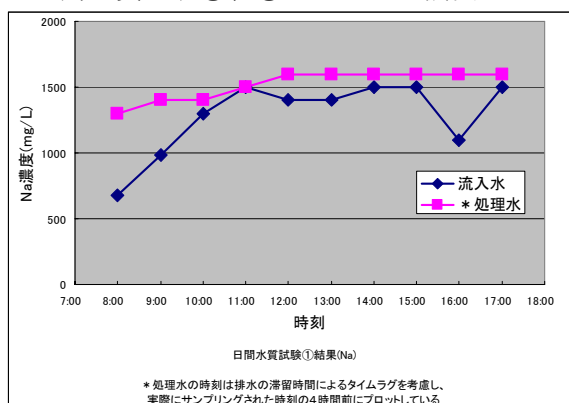


図6-12 日間水質試験①におけるNa濃度

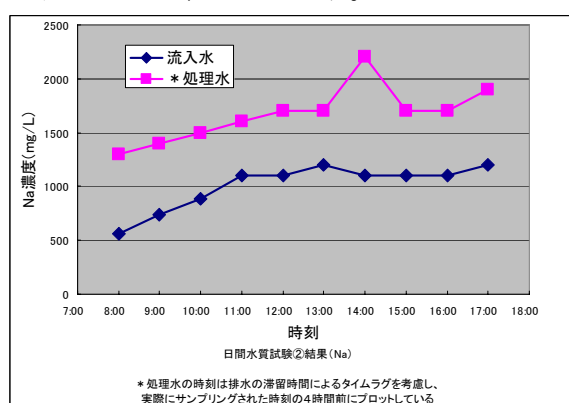


図6-13 日間水質試験②におけるNa濃度

流入水のNaの濃度については、日間水質試験①では8:00の段階で680 mg/Lであったが、そこから徐々に上昇し、11:00以降は1,400 mg/L付近で推移した。日間水質試験②では8:00の560 mg/Lから徐々に上昇し、11:00以降は1,100 mg/L付近で推移した。

処理水のNaの濃度については、日間水質試験①では8:00の段階で1,300 mg/Lであったが、そこから徐々に上昇し、12:00以降は1,600 mg/L付近で推移した。日間水質試験②では1,300 mg/L～2,200 mg/Lであり、8:00の1,300 mg/Lから徐々に上昇し、12:00以降は1,700 mg/L付近でほぼ一定であった。

排水基準対応試験結果を表6-4に示す。

表6-4 排水基準対応試験におけるNa濃度

採取対象	Na濃度 [ mg/L ]
流入水	2,000
処理水 (1段処理後)	2,900
処理水 (2段処理後)	3,700
処理水 (3段処理後)	4,200
処理水 (4段処理後)	4,700
処理水 (5段処理後)	5,400
処理水 (6段処理後)	5,700

処理が進むに伴い、Naの濃度が上昇していく傾向が見られた。

## (6) 電気伝導率

日間水質試験①、②における電気伝導率の値をそれぞれ図6-14、15に示す。

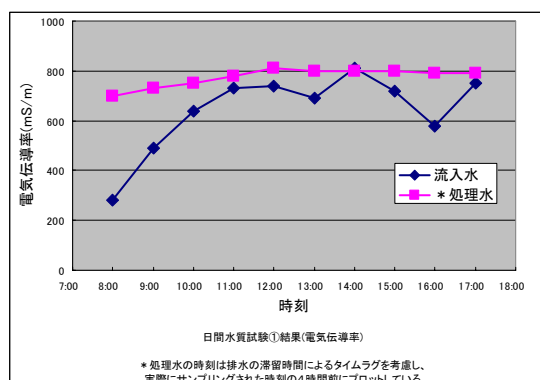


図6-14 日間水質試験①における電気伝導率

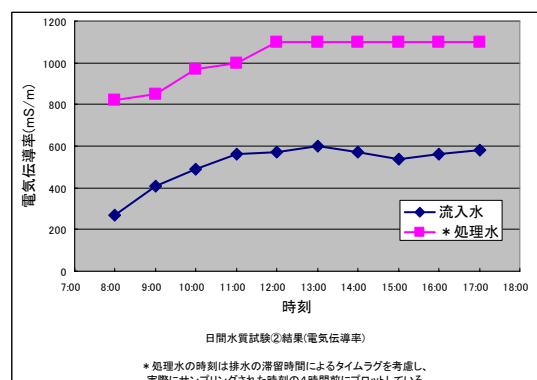


図6-15 日間水質試験②における電気伝導率

流入水の電気伝導率は、日間水質試験①では8:00の280 mS/mから徐々に上昇し、11:00以降は600~800 mS/mの間で推移した。日間水質試験②では8:00の280 mS/mから徐々に上昇し、11:00以降は600 mS/m程度で推移した。

処理水の電気伝導率は、日間水質試験①では8:00の1,300 mS/mから緩やかに上昇し、12:00以降は1,600 mS/mでほぼ一定であった。日間水質試験②では8:00の800 mS/mから徐々に上昇し、12:00以降は1,100 mS/mでほぼ一定であった。

排水基準対応試験結果を表6-5に示す。

表6-5 排水基準対応試験における電気伝導率

採取対象	電気伝導率 [ mS/m ]
流入水	980
処理水 (1段処理後)	1,400
処理水 (2段処理後)	1,700
処理水 (3段処理後)	3,300
処理水 (4段処理後)	3,800
処理水 (5段処理後)	4,300
処理水 (6段処理後)	4,600

処理が進むにつれて、電気伝導率が上昇していく傾向が見られた。



(7) Mg

日間水質試験①、②、排水処理試験におけるMg濃度を表6-6に示す。処理が進むにつれて、Mgの濃度が上昇していく傾向が見られた。

表6-6 日間水質試験①、②、排水処理試験におけるMg濃度

試験種類	流入水採水時刻	Mg 濃度	処理水採水時刻	Mg 濃度
日間水質試験① 11/6	9:00	37 mg/L	13:00	160 mg/L
	13:00	50 mg/L	17:00	150 mg/L
	17:00	56 mg/L	21:00	130 mg/L
排水基準対応試験	9:30	73 mg/L	19:30	5,660 mg/L
日間水質試験② 11/12	9:00	36 mg/L	13:00	460 mg/L
	13:00	48 mg/L	17:00	700 mg/L
	17:00	45 mg/L	21:00	720 mg/L

(8) Ca

日間水質試験①、②、排水処理試験におけるCa濃度を表6-7に示す。処理が進むにつれて、Caの濃度が上昇していく傾向が見られた。

表6-7 日間水質試験①、②、排水処理試験におけるCa濃度

試験種類	流入水採水時刻	Ca 濃度	処理水採水時刻	Ca 濃度
日間水質試験① 11/6	9:00	50 mg/L	13:00	340 mg/L
	13:00	63 mg/L	17:00	300 mg/L
	17:00	72 mg/L	21:00	360 mg/L
排水基準対応試験	9:30	90 mg/L	19:30	470 mg/L
日間水質試験② 11/12	9:00	50 mg/L	13:05	850 mg/L
	13:00	61 mg/L	17:05	780 mg/L
	17:00	61 mg/L	21:20	740 mg/L

(9) T-Hg

日間水質試験①、②、排水処理試験におけるT-Hg濃度を表6-8に示す。流入水、処理水ともに、水銀分は概ね検出限界未満の濃度であった。

表6-8 日間水質試験①、②、排水処理試験におけるT-Hg濃度

試験種類	流入水採水時刻	T-Hg 濃度	処理水採水時刻	T-Hg 濃度
日間水質試験① 11/6	9:00	ND	13:00	ND
	13:00	ND	17:00	ND
	17:00	ND	21:00	ND
排水基準対応試験	9:30	0.0008mg/L	19:30	ND
日間水質試験② 11/12	9:00	ND	13:05	ND
	13:00	ND	17:05	ND
	17:00	ND	21:20	ND

(10) Cu

日間水質試験①、②におけるCu濃度を表6-9に示す。流入水、処理水ともに、銅分は概ね検出限界未満の濃度であった。

表6-9 日間水質試験①、②におけるCu濃度

試験種類	流入水採水時刻	Cu 濃度	処理水採水時刻	Cu 濃度
日間水質試験① 11/6	9:00	ND	12:00	ND
日間水質試験② 11/12	9:00	ND	12:05	ND

(11) Pb

日間水質試験①、②におけるPb濃度を表6-10に示す。流入水、処理水ともに、鉛分は概ね検出限界未満の濃度であった。

表6-10 日間水質試験①、②におけるPb濃度

試験種類	流入水採水時刻	Pb 濃度	処理水採水時刻	Pb 濃度
日間水質試験① 11/6	9:00	ND	12:00	ND
日間水質試験② 11/12	9:00	ND	12:05	ND

## 6.2 参考実証項目の試験結果

日間水質試験①、②で発生した汚泥を、ろ過袋にて重力脱水を行った後、手作業による圧搾を行い脱水した。こうして得られた汚泥について、環境庁告示第13号溶出試験を行った。その結果を表6-11に示す。

表6-11 汚泥からのほう素溶出試験の結果

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℃)	43 mg/L
11月12日	日間水質試験②	80.7%	9.3(19℃)	15 mg/L

日間水質試験①における汚泥は、溶出ほう素濃度が43 mg/Lであった。日間水質試験②における汚泥は、溶出ほう素濃度が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。

## 6.3 環境負荷実証項目の試験結果

### (1) 廃棄物の種類と発生量

実証試験(11月6日、11日、12日に実施)において凝集沈殿により発生した汚泥を、それぞれ凝集沈殿槽下部より抜き取り、ろ過袋にて重力脱水後、単一の大型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表6-12の通りであった。

表6-12 廃棄物の種類および発生量

項目	発生量	処理した水量
汚泥	総量 680 kg (推定含水率 80%)	6.9 m <sup>3</sup>

なお、含水率については、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である。また、処理した水量の内訳は、日間水質試験①、②(11月6日、11月12日の2日間)における流入水量3.25 m<sup>3</sup>×2日、および排水基準対応試験における流入水量0.4 m<sup>3</sup>である。

### (2) 騒音

本試験では諸般の事情(試験期間および回数の減少、悪天候等)により、分析機関による測定は実施できなかった。しかしながら、装置運転に伴い発生する音は、ポンプおよび攪拌モーターの動作音であり、試験実施中、騒音はほとんど発生しなかった。

(3) におい

本試験では諸般の事情（試験期間および回数の減少、悪天候等）により、分析機関による測定は実施できなかった。しかしながら、装置運転に用いる薬剤は無臭であるとともに、処理水中和に用いる希硫酸は極めて微量である。従って、水質所見にもあるとおり、試験実施中の臭いの発生はほとんどみられなかった。

#### 6.4 運転及び維持管理実証項目の試験結果

(1) 電力消費量の測定方法と測定装置、測定スケジュール

実証対象機器についての電気使用量は、施設の使用量を単独で測定する機器（電力計等）が設置されていないため、表4-4 消耗品及び電力消費量より、以下の方法によって求めた推計値とした。

$$\begin{aligned} \text{電力消費量} &= \text{運転時間（日）} \times \text{機器設備電力消費量} \\ 9.9 \text{ kWh} &= (13[\text{時間}] \times 2[\text{試験}] + 10\text{時間} \times 1[\text{試験}]) / 24[\text{時間/日}] \times 6.6[\text{kWh/日}] \end{aligned}$$

（運転時間は、各試験における採水開始時間から採水終了時間までと設定した。）

(2) 水質所見

水質所見は、全サンプルについて概ね以下の通りであり、定性的にも浄化効果が確認された。

項目	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

(3) 実証機器の立ち上げに要する期間

実証機器の設置と通水試験に要する時間を以下の方法により測定する。

[方 法] 実証機器を設置するためユニッククレーン付き4 tトラックを使用し、搬入開始から、ポンプを稼働させて通水させ、漏れなどの異常が無くなり、使用可能な状態になるまでの時間を測定した。

[測定日時] 実証機器の設置の時の平成18年11月4日（木）に測定した。

[測定結果]

- ・反応槽、凝集槽などで構成される基本装置部の搬入、据付は、9時から開始し、10時前に終了した。続いて、配管接続や装置の微調整を行い11時頃に作業が終了した。

#### (4) 実証機器の停止に要する期間

実証機器を、日々の稼働終了時に停止させる際に要する時間は以下のとおりであった。

- ・ポンプおよび攪拌機の電源を落とすのに5分程度。
- ・汚泥の抜き取りによる凝集沈殿槽清掃に1時間程度。

#### (5) 実証対象機器の信頼性

本装置は屋内設置用であったため、装置上部が開放系であり、かつポンプ、攪拌機モーター等の電気機器が保護されておらず、屋外設置に対応した形態ではなかった。しかし、試験では設置の都合上、屋外に設置したことに伴い、試験中に以下の不具合が発生した。

- ① 屋外からの混入物による配管閉塞
- ② 機器浸水による漏電

また、凝集沈殿槽の形や汚泥の性質から、汚泥分離、処理にあたって以下の問題が発生した。

- ③ 汚泥の抜き取りにあたって、凝集沈殿槽底部からの処理水の抜け出し

#### (6) トラブルからの復帰方法

上記①～③の不具合に対して、それぞれ下記のような対処を行った。

- ① 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。
- ② 故障機器の交換。
- ③ 処理水抜け出し分をフィルターバックに流し込みバケツ上に静置、下に貯まった水を中和槽へ投入。

## 7. データの品質管理

本実証試験を実施するにあたりデータの品質管理は、以下のように実施された。

### (1) データ品質指標

本水質実証項目の分析においては、JIS等公定法に基づいて作成した標準作業手順書の遵守の他、以下に示すデータ管理・検証による精度管理を実施した。

水質実証項目	精度管理方法
ほう素	全測定試料の10%程度に対し、二重測定を実施

その結果、それぞれの測定値の差は5.7%以内であった。以上より、データ品質は適切に確保されていることが確認された。

## 8. 付録

### 8.1 現場写真

#### <設置、準備>

4トントラックからの積卸開始



装置一式の設置状況



#### <試験>

側溝からの温泉排水採取



ボロン - C反応状況



凝集沈殿槽での上澄水越流状況



ろ過袋への汚泥抜き出し作業



ろ過袋による重力脱水



重力脱水後の汚泥



採水作業準備



流入水の採水





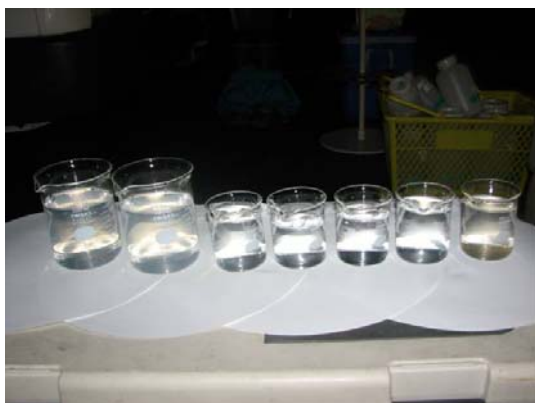
処理水の採水



処理水の透視度確認



採取した処理水



装置撤去後の現場

