

環境省

令和2年度環境技術実証事業

資源循環技術領域

## 実証報告書

令和3年3月

実証機関 : 一般社団法人 埼玉県環境検査研究協会  
実証対象技術名 : 浸出水の副生塩リサイクルを目的とした消毒剤生成技術  
実証申請者 : クボタ環境サービス 株式会社  
実証番号 : 140-2001



本実証報告書の著作権は、環境省に属します。

－ 目 次 －

○全体概要	1
1. 実証対象技術の概要	1
2. 実証の概要	1
3. 試験に基づく実証結果及び考察	2
4. 参考情報	4
○本編	5
1. 導入と背景、実証の体制	5
1.1 導入と背景	5
1.2 実証参加組織と実証参加者の分掌	6
2. 実証対象技術及び実証対象製品の概要	8
2.1 実証対象技術の原理とシステムの構成	8
2.2 実証対象製品の仕様	11
3. 試験実施場所及び試験に用いた濃縮塩水（実証対象製品への流入水）の情報	14
3.1 試験実施場所の情報	14
3.2 試験に用いた濃縮塩水（実証対象製品への流入水）の情報	14
4. 既存データ活用を検討	15
4.1 既存データ	15
4.2 既存データの活用	15
5. 実証方法	16
5.1 実証全体の実施日程	16
5.2 監視項目	16
5.3 実証項目及び参考項目	17
5.4 環境影響、運転及び維持管理項目	20
5.5 試料の採取、試験スケジュール及び分析手法	22
6. 試験に基づく実証結果及び考察	26
6.1 監視項目	26
6.2 実証項目	33
6.3 参考項目	34
6.4 環境影響、運転及び維持管理項目	43
6.5 所見（結果のまとめ）	49
○付録（品質管理）	50
1. データの品質管理	50
2. 品質管理システムの監査	51
○資料編	52
1. 有効塩素濃度と電流値の関係や電流効率について	52
2. 用語の解説	54
3. 現地測定の様子	55

## 〇全体概要

実証対象技術	浸出水の副生塩リサイクルを目的とした消毒剤生成技術
実証申請者 (所在地)	クボタ環境サービス 株式会社 (東京都中央区京橋 2-1-3 京橋トラストタワー)
実証機関 (所在地)	一般社団法人 埼玉県環境検査研究協会 (埼玉県さいたま市大宮区上小町 1450 番地 11)
試験機関	株式会社 環境分析研究所／株式会社 総合水研究所／株式会社 環境管理研究所
試験期間	令和2（2020）年7月20日～8月17日
本技術の目的	埋立浸出水の脱塩過程で発生する高濃度濃縮塩水を対象として電気分解を行うことで、主に消毒剤である次亜塩素酸ナトリウムを生成することを目的とする。

### 1. 実証対象技術の概要

原理と効果:

実証対象技術は、埋立浸出水の脱塩過程で発生する高濃度濃縮塩水を対象として電気分解を行うことで、主に消毒剤である次亜塩素酸ナトリウムを生成する技術である。陽極では主に塩素が、陰極では水酸化ナトリウムが発生し、電解槽内でそれぞれが混合することで次亜塩素酸ナトリウムが生成される。本原理に基づき生成された次亜塩素酸ナトリウム（以降、「エコ次亜」）は、下水処理場等で消毒剤として使用することができる。

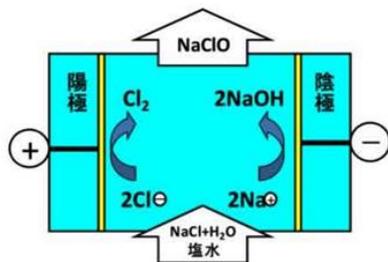


図 電気分解の反応イメージ

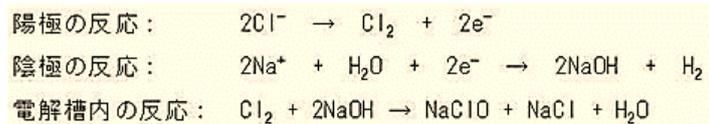


図 電気分解の主要な反応式

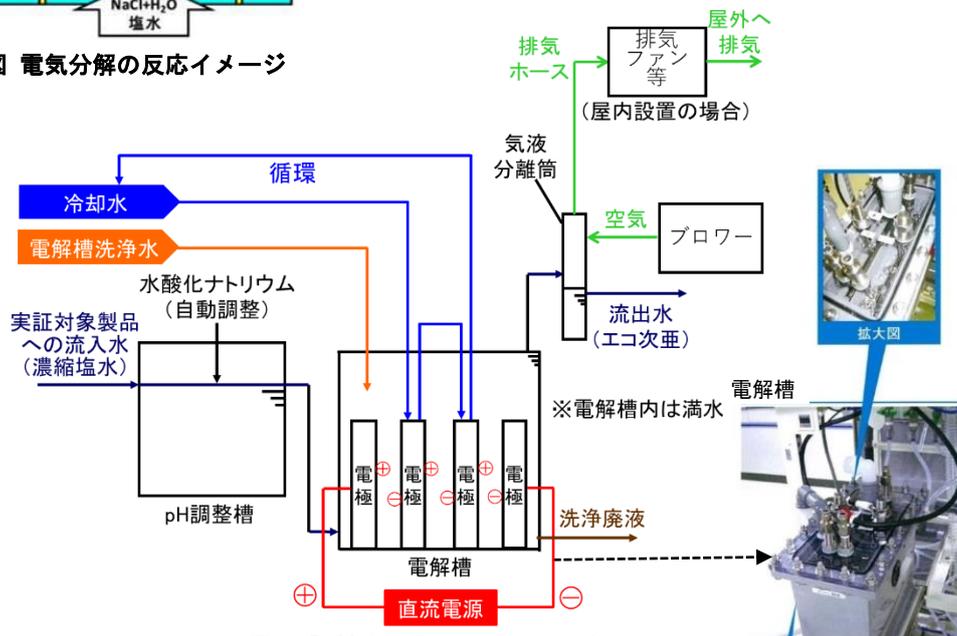


図 実証対象製品のシステム構成、フロー

### 2. 実証の概要

#### 2.1 試験実施場所及び試験に用いた濃縮塩水（実証対象製品への流入水）の情報

試験実施場所	飯坂クリーンサイト 第2期最終処分場 浸出水処理施設
濃縮塩水入手先	一般廃棄物最終処分場（中国地方）
濃縮塩水の性状	Cl 濃度：92,000mg/L、Ca 濃度：160mg/L、NH <sub>4</sub> -N 濃度：52mg/L

## 2.2 実証対象製品の仕様

装置全体の大きさ／重量	700×700×2,000mm／約300kg
電極の材質	チタン（陽極及び陽極面：貴金属系のコーティング有）
電極の構造／面積	複極・平板式／165cm <sup>2</sup>
処理能力	144L/d
有効塩素濃度	下水処理場等のエコ次亜の利用先の処理水量等を勘案して、1,000～4,000mg/Lの範囲で調整（製造）する。
実証対象製品への流入水質	塩濃度：Clとして20,000mg/L以上 NH <sub>4</sub> -N濃度：100mg/L以下、Ca濃度：150mg/L以下
技術の適用先	埋立対象が主に焼却灰や燃え殻等であり、塩濃度の高い浸出水が得られる一般廃棄物及び産業廃棄物最終処分場
エコ次亜の利用先	下水処理場に代表されるような、安定的にある程度の水量が排出される排水処理施設

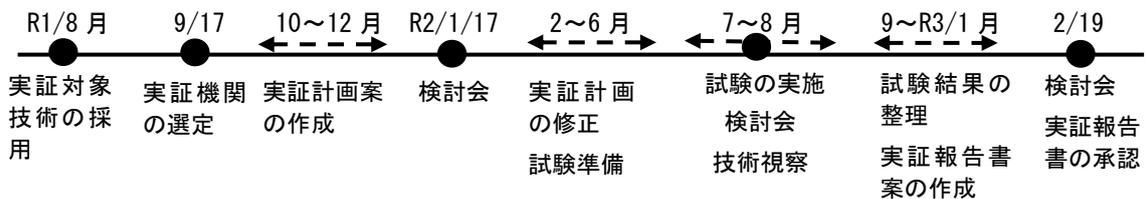
※大きさ等は、試験で使用した機器の仕様を示している。技術の導入先により調整する。

## 2.3 実証項目および実証する性能

実証項目	実証する性能
有効塩素濃度	設定濃度*以上

\*1週目：1,000mg/L、2週目：2,000mg/L、3週目：3,000mg/L、4週目：4,000mg/L

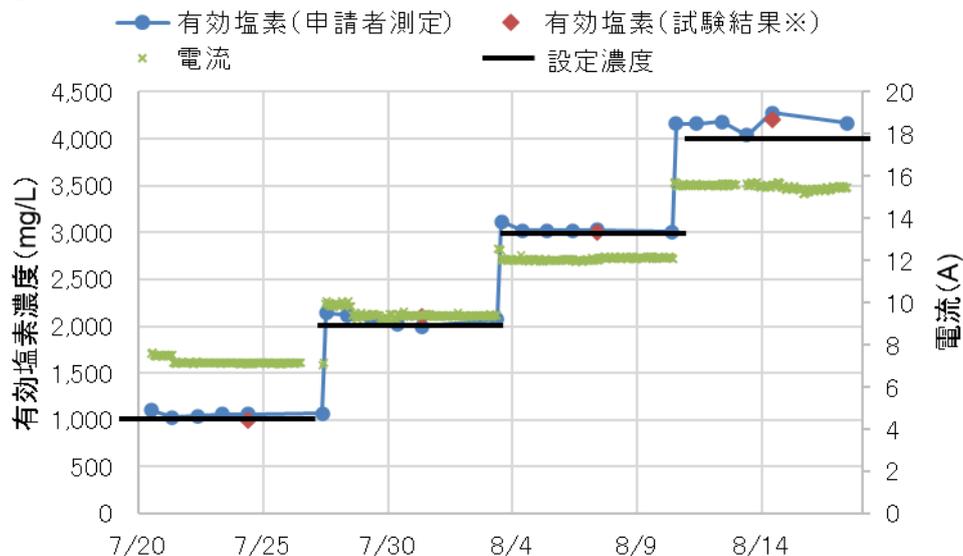
## 2.4 実証のスケジュール



## 3. 試験に基づく実証結果及び考察

### 3.1 実証項目（詳細は本編33頁6.2項参照）

電流値を制御することで、エコ次亜の有効塩素濃度は安定して設定濃度以上の値で推移し、実証する性能を満たした。



※試験機関（第三者機関）による測定結果

図 エコ次亜の有効塩素濃度の推移

### 3.2 参考項目（詳細は本編 34～42 頁 6.3 項 参照）

参考項目	結果の概要
エコ次亜の品質	市販の次亜塩素酸ナトリウムの分析結果や日本水道協会規格 JWWA K 120 「水道用次亜塩素酸ナトリウム」における品質の規格値と比較すると、エコ次亜は、密度、臭素酸、NaCl が高い傾向にあったが、その他の項目は同等または規格値を満たす値であった。なお、臭素酸等は排水基準未設定の項目である。
エコ次亜の安定性	同濃度、同 pH 条件下においては、エコ次亜の安定性は市販の次亜塩素酸ナトリウムと同等であった。
エコ次亜の消毒性能	下水処理水を対象として消毒性能試験を実施した結果、同濃度、同 pH 条件下においては、エコ次亜の消毒性能は市販の次亜塩素酸ナトリウムと同等であることがわかった。また、エコ次亜の使用による下水処理水の pH 上昇は確認されなかった。

### 3.3 環境影響、運転及び維持管理項目（詳細は本編 43～48 頁 6.4 項 参照）

項目	結果の概要
エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響	排水基準設定項目及びダイオキシン類を対象にエコ次亜の水質を調査した結果、pH を除き、各種排水基準を超過する項目はなかった。pH についても、実際にエコ次亜を使用する際には、排水によって大幅に希釈されるため、排水基準を超過することはないと考えられる。
運転の安定性 (連続運転可能性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>有効塩素濃度：設定濃度付近で安定していた。</li> <li>pH：11.3～12.0 の範囲で安定していた。</li> <li>電解電圧：各設定濃度において、多少の変動はあるものの、監視時の目安となる初期値の 150% を超過するような上昇は確認されなかった。</li> <li>電極の外観：流入水のカルシウム濃度（160mg/L）は、仕様の流入水質（150mg/L）を超過していたが、電極や電解槽内に明らかなスケール（ミネラル等の付着物）の発生は確認できなかった。</li> <li>電極の乾燥重量の変化：試験前後で 4 枚の電極重量の増加量は僅かであり（0.32 g）、電解に影響を及ぼすようなスケールは発生していなかったと推測される。</li> </ul> <p>以上のことから、実証対象製品は安定して連続運転可能であると判断できる。</p>

### 3.4 所見

項目	所見
技術全体	実証対象製品は、埋立浸出水の処理過程で発生する濃縮塩水を原水（原材料）として用いて、電流の設定に応じた濃度の次亜塩素酸ナトリウム（エコ次亜）を安定して生成することができる。また、エコ次亜の安定性や消毒性能は、市販次亜と同等である。
その他 留意事項	エコ次亜は、市販の次亜塩素酸ナトリウムよりも有効塩素濃度が低く、輸送に係るコスト・エネルギーが懸念されるため、近隣の下水処理場等での使用が適している。また、下水処理場等においてエコ次亜を導入する際には、放流先の利水状況等を考慮することが望まれる（詳細は本編 34 頁参照）。

#### 4. 参考情報

注意：このページに示された情報は、技術広報のために全て実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、実証の対象外となっています。

##### 4.1 製品データ

項目	環境技術開発者 記入欄	
技術の名称	浸出水の副生塩リサイクルを目的とした消毒剤生成技術 Hypochlorite generation technology using byproduct salt of leachate treatment	
製造(販売)企業名	クボタ環境サービス株式会社 (KUBOTA Environmental Service Co., Ltd)	
連絡先	TEL/FAX	TEL 03-6281-9914 / FAX 03-3272-5259
	Web アドレス	https://www.kubota-ksk.co.jp/
	E-mail	taro.takimoto@kubota.com
適用条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設置条件：屋内（要換気）</li> <li>・ 対象液：最終処分場の浸出水由来の濃縮塩水</li> <li>・ 液温：10～30℃</li> </ul> ※その他の適用条件は、概要版2頁にも記載しています。	
設置期間	通常、配管工事に1日、電気工事に1日、試運転に5日を要します。 ※導入設備の規模によって増減します。	
コスト概算	本システムは受注生産になります。エコ次亜の生成量により、その都度設計を行い最適な規模で製作します。 コスト概算等の相談は、連絡先欄のTEL また e-mail まで連絡ください。条件毎に最適な設計を行い、コスト概算を提示します。	

##### 4.2 その他メーカーからの情報

###### ● 地域資源循環システムの構築

エコ次亜の利用先として近隣の終末処理場を想定しています。本システムは濃縮塩水の全量をエコ次亜として利用することができ、地域の資源循環に貢献するリサイクル技術です。

###### ● CO<sub>2</sub>削減効果

エコ次亜技術の導入により、CO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減できます。

その理由は、エコ次亜技術は従来技術の蒸発乾燥処理に比べて重油等の化石燃料の使用が不要になり、濃縮塩水をエコ次亜として液体のまま再利用できるからです。

弊社で行った試算では、従来技術と比較してCO<sub>2</sub>排出量を95%程度削減できました。

<試算範囲>

蒸発乾燥技術：ボイラー運転に必要な重油と処分先までの乾燥塩運搬にかかる軽油のCO<sub>2</sub>排出量

エコ次亜技術：電気分解に必要な消費電力量と利用先までのエコ次亜運搬にかかる軽油のCO<sub>2</sub>排出量

※両技術とも、メンテナンスなどのCO<sub>2</sub>排出量は含まれていません。

###### ● エコ次亜の安全性

エコ次亜の生物毒性は市販の次亜塩素酸ナトリウムと同程度であり、安心してご使用いただけます。

生物毒性は、ゼブラフィッシュ、ニセネコゼミジンコ、ムレミカツキモを用いたWET試験により確認しました。本試験は、第三者試験機関で行いました。

## ○本編

### 1. 導入と背景、実証の体制

#### 1.1 導入と背景

環境技術実証事業は、既に実用化された先進的環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響、その他環境の観点から重要な性能（以下「環境保全効果等」という。）を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的とするものである。

本実証では、環境技術実証事業実施要領<sup>(1)</sup>に基づいて選定された実証対象技術「浸出水の副生塩リサイクルを目的とした消毒剤生成技術」について、以下に示す環境保全効果等を客観的に実証した。

- 実証申請者が定める技術仕様の範囲での、実際の使用状況下における環境保全効果
- 使用に必要なエネルギー、物資、廃棄物量及び可能な限りコスト
- 適正な運用が可能となるための使用環境
- 使用及び維持管理にかかる労力

専門家で構成される技術実証検討会において、試験結果に基づき、実証対象技術の環境保全効果等について検討を行った。本報告書はその結果を取りまとめたものである。

(1)：環境技術実証事業実施要領（環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室）  
令和2年4月13日

## 1.2 実証参加組織と実証参加者の分掌

実証に参加した組織を図1-1に示した。また、実証参加者とその責任分掌を表1-1に示した。

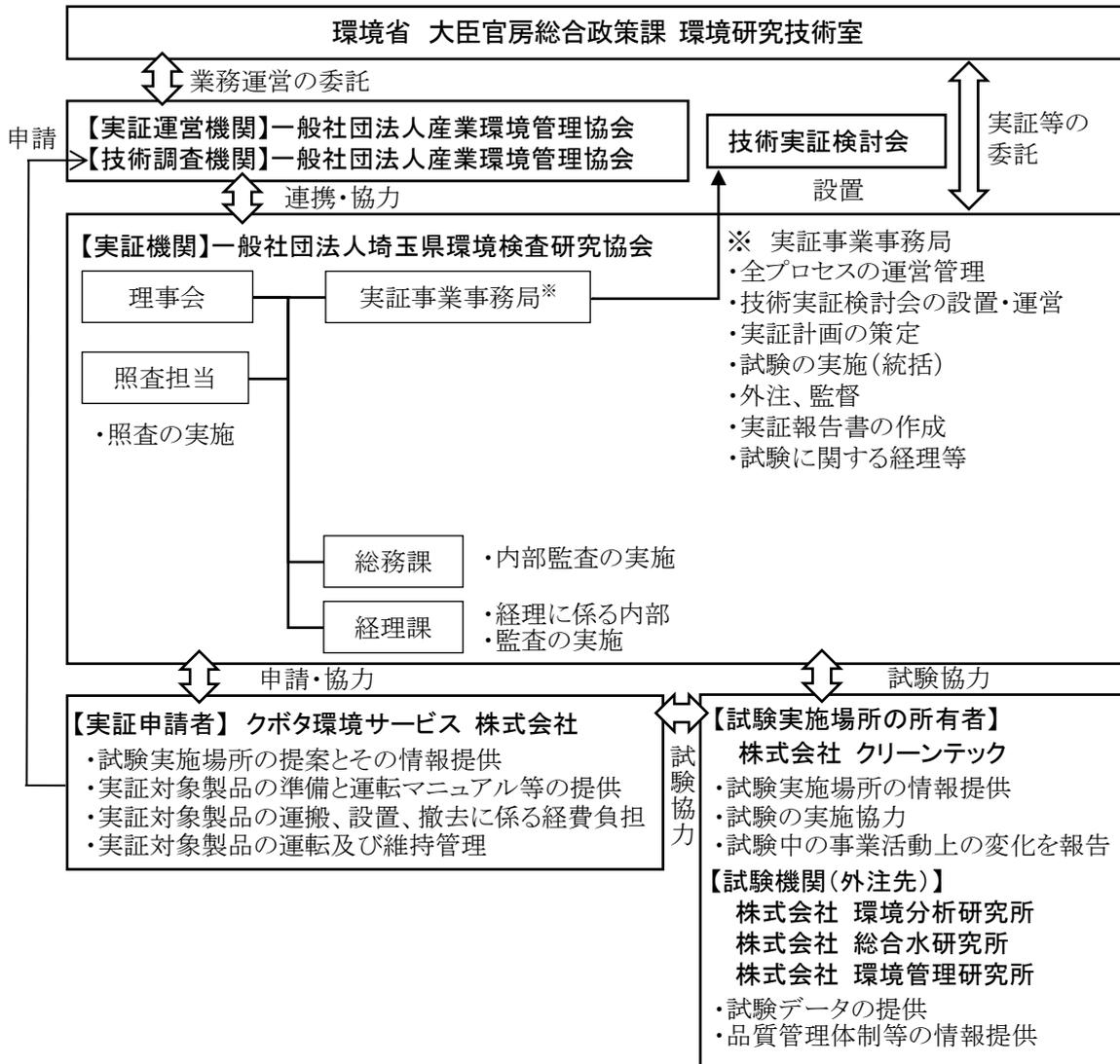


図1-1 実証参加組織と関係

- ・ 実証機関：一般社団法人 埼玉県環境検査研究協会  
(住所：埼玉県さいたま市大宮区上小町 1450 番地 11)
- ・ 実証申請者：クボタ環境サービス株式会社  
(住所：東京都中央区京橋 2-1-3 京橋トラストタワー)

表 1-1 実証参加組織と実証参加者の分掌

区分	実証参加機関	責任分掌	参加者	
実証機関	一般 社団法人 埼玉県環 境検査研 究協会	統括・ 計画管理	実証事業の全プロセスの運営管理	実証事業事務局 長濱 一幸 大塚 俊彦 岸田 直裕
			技術実証検討会の設置・運営	
			実証計画の策定	
			試験の実施（統括）	
			外注・監督	
		実証報告書の作成		
	内部監査	内部監査の実施	総務課 ISO 担当 榊原 稔	
	経理	実証に関する経理等	実証事業事務局 岸田 直裕	
経理監査	経理に係る内部監査の実施	財務本部長 田島 照久		
照査	実証に関する照査の実施	代表理事 野口 裕司		
実証 申請者	クボタ環境サービス 株式会社	既存データと試験機関の情報の提供	水処理技術部 滝本 太郎 中嶋 昂	
		既存データの検証費用の負担		
		実証対象製品の各種情報と維持管理マニュアル等の提供		
試験 実施場所 の所有者	株式会社 クリーンテック	試験実施場所の情報の提供	株式会社 クリーンテック	
		試験の実施協力		
		試験中の事業活動上の変化を報告		
試験機関	株式会社 環境分析研究所	サンプリング、有効塩素濃度・pHの分析	理化学検査部 課長 西原 鉄兵 所長 橋本 毅	
		試験データの情報提供		
		品質管理体制等の情報提供		
	株式会社 総合水研究所	有効塩素濃度、pH以外の水質項目の分析	分析部 部長 鍋島 是知 品質保証室 課長 粉川 猛	
		試験データの情報提供		
		品質管理体制等の情報提供		
	株式会社 環境管理研究所	消毒性能試験（一部の水質分析を含む）	技術部 分析課 課長代理 齊藤 純輝	
		試験データの情報提供		
		品質管理体制等の情報提供		

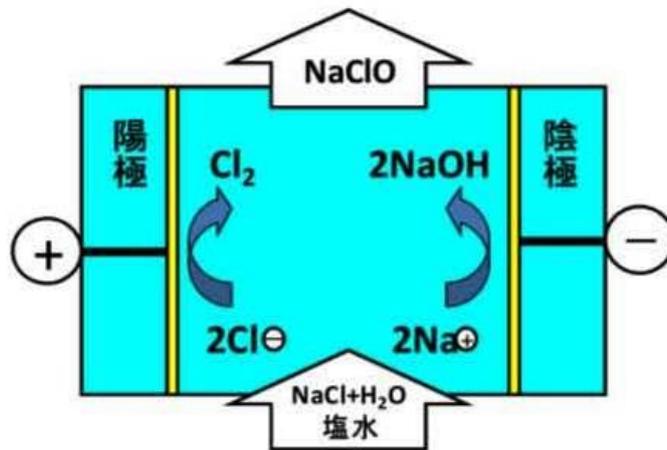
## 2. 実証対象技術及び実証対象製品の概要

### 2.1 実証対象技術の原理とシステムの構成

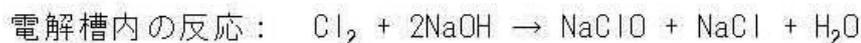
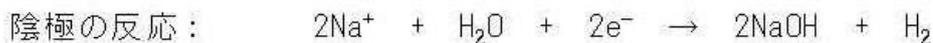
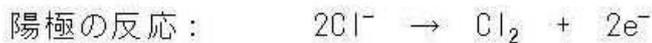
#### (1) 原理

実証対象技術は、埋立浸出水の脱塩過程で発生する高濃度濃縮塩水を対象として電気分解を行うことで（図2-1）、主に次亜塩素酸ナトリウムを生成する技術である。陽極では塩素が、陰極では水酸化ナトリウムが発生し、電解槽内でそれぞれが混合することで次亜塩素酸ナトリウムが生成される。本原理に基づき生成された次亜塩素酸ナトリウム（以降、「エコ次亜」）は、近隣の下水処理場等で消毒剤として使用することができる。

愛媛県松山市において、一般廃棄物最終処分場の浸出水を対象とした、エコ次亜の製造及び下水処理場での消毒剤としての利用が行われている（実用化）。



【電解槽内の反応イメージ図】



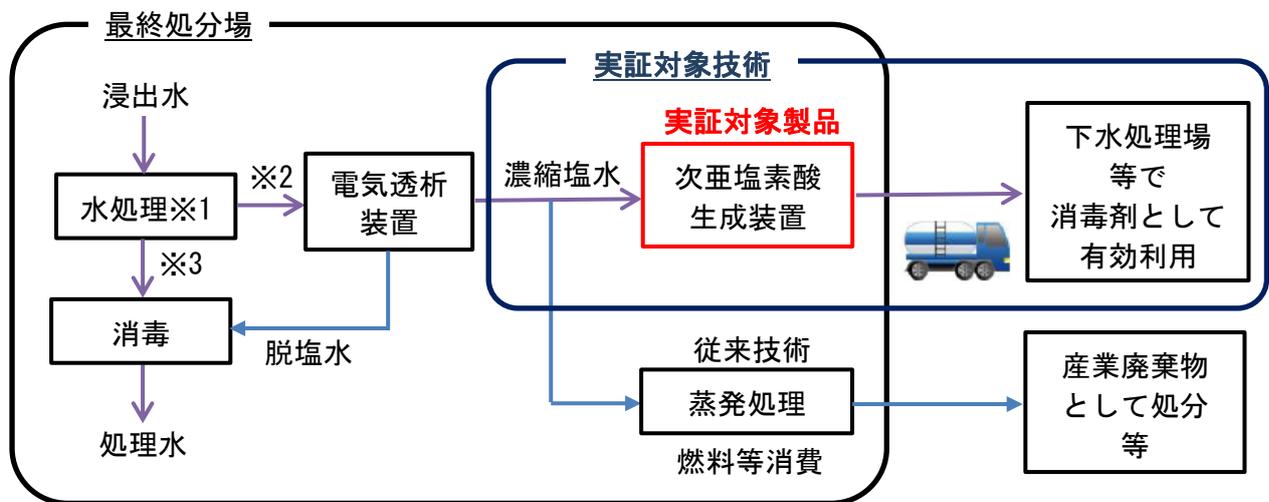
※陽極では、水の電気分解に伴い、酸素も発生する。

図2-1 実証対象技術の原理（イメージ図）と電気分解の主要な反応式

## （２）システムの構成

最終処分場における埋立浸出水の処理フロー及び実証対象技術の関係を図2-2に示す。高濃度の塩素イオン含有排水を放流できない場合、従来技術では濃縮塩水の蒸発処理（固形化）を必要としていたが、実証対象技術では不要となるため、燃料等のエネルギー使用量を削減することができる<sup>1)</sup>。

<sup>1)</sup> 樋口（2013）平成24年度環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書「廃棄物処理処分に伴い排出される副生塩のリサイクルシステムの構築に関する研究」



※1：凝集沈殿、生物処理、砂ろ過、活性炭吸着、キレート吸着等

※2：高濃度の塩素イオン含有排水を放流できない場合

※3：高濃度の塩素イオン含有排水を放流できる場合

図2-2 埋立浸出水の処理フローと実証対象技術の関係

### （3）実証対象製品の構成

実証対象製品は、図2-3に示すとおり、主に直流電源装置、電解槽、電極冷却装置、電解槽洗浄装置、pH調整槽より構成され、通常は浸出水処理装置の近傍に設置される。

物理化学的手法であるため、原理的には実証対象製品の立ち上げのための期間を要しないが、技術の性能は処理対象の濃縮塩水の性状や流量等に影響を受けるため、電解電圧の安定性、生成されるエコ次亜の有効塩素濃度等を監視しながら、徐々に負荷を上昇させることが推奨される。

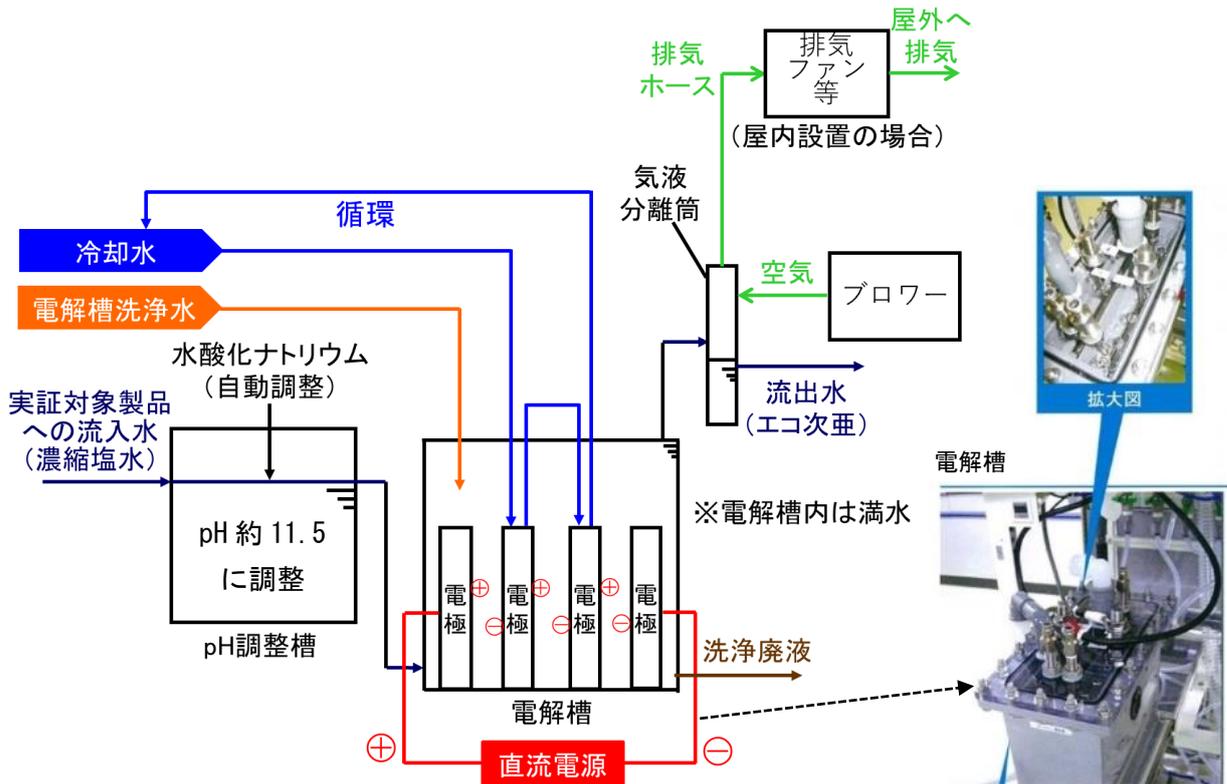


図2-3 実証対象製品の構成、外観

## 2.2 実証対象製品の仕様

### (1) 実証対象製品の主な仕様

実証対象製品の主な仕様を表2-1に示す。

表2-1 実証対象製品の主な仕様

項目	内容	
装置	大きさ	700×700×2,000mm
	重量	約300kg
	電極の材質	チタン（陽極及び陽極面：貴金属系のコーティング有）
	電極の構造	複極・平板式
	電極面積	165cm <sup>2</sup>
	処理能力	6L/h（144L/d）
	整備頻度	電極：5年に1度 電解槽パッキン：1年に1度 電解槽の電気部品類：10年に1度
エコ次亜の有効塩素濃度		下水処理場等のエコ次亜の利用先の処理水量等を勘案して、1,000～4,000mg/Lの範囲で調整（製造）する。
実証対象製品への流入水質	塩濃度	Clとして20,000mg/L以上
	NH <sub>4</sub> -N濃度	100mg/L以下
	Ca濃度	150mg/L以下
技術の適用先		埋立対象が主に焼却灰や燃え殻等であり、塩濃度の高い浸出水が得られる一般廃棄物及び産業廃棄物最終処分場
エコ次亜の利用先		下水処理場に代表されるような安定的にある程度の水量が排出される排水処理施設

※装置の大きさ、処理能力等は、試験で使用した機器の仕様を示している。技術の導入先により調整する。

### (2) 消耗品、消耗材

消耗品、消耗材は表2-2に示すとおりである。

表2-2 消耗品、消耗材

項目	量
25wt% 水酸化ナトリウム （濃縮塩水のpH調整用）	実証対象製品への流入流量の約1/500の量
5wt% 塩酸 （電解槽洗浄用）	電解槽1回洗浄あたり4L
25wt% 水酸化ナトリウム （電解槽洗浄廃液中和用）	電解槽1回洗浄あたり約0.7L

※薬品使用量は、濃縮塩水の性状、pH調整値、処理流量等に大きく依存する。

### （３）廃棄物

実証対象技術では、次亜塩素酸ナトリウムを含む実証対象製品からの流出水（エコ次亜）の全量を回収し、そのまま下水処理場等で全量利用（リサイクル）することができるため、濃縮塩水の蒸発残留物が廃棄物として発生する従来技術と比べ、廃棄物量を減少することができる。一方、表2-3に示すとおり、電解槽を洗浄する際に洗浄廃液が発生する。洗浄廃液は、中和してから、浸出水処理設備の原水槽へ返送する。

表2-3 廃棄物の発生

項目	単位	詳細
電解槽の洗浄廃液	12kg/回	電解槽を清水（水道水等）、塩酸等で洗浄する際に、廃液が発生する。

### （４）実証対象製品が必要とする条件の制御

エコ次亜の生成効率を確保するため、実証対象製品に供給する濃縮塩水の塩濃度は、Clとして20,000mg/L以上とすることが必要である。

アンモニア態窒素は、生成後のエコ次亜と反応し、エコ次亜の濃度の低下等を招くことから、100mg/L以下の濃度とすることを推奨している。また、電極等へのスケール発生及びそれに伴う電解効率の低下を防止するため、カルシウムも150mg/L以下の濃度とすることを推奨している。

電解槽に流入させる前に、濃縮塩水のpHを約11.5に調整する必要がある。さらに、エコ次亜の品質を確保するため、実証対象製品に供給する前に、凝集沈殿、生物処理、砂ろ過、キレート吸着等によって、浸出水から有機物、重金属等を除去する必要がある。実証対象製品に供給する濃縮塩水の性状の一例を表2-4に示す。

電気分解に伴い水素ガス等が発生するため、屋内で使用する場合には、図2-2に示したとおり、屋外への排気等が必要となる。また、エコ次亜は、市販の次亜塩素酸ナトリウム（以降、「市販次亜」）と比べ、有効塩素濃度が低いため、輸送に係るエネルギー消費が懸念されることから、近隣の下水処理場等での利用が望ましい。

表2-4 実証対象製品に供給する濃縮塩水（流入水）の水質の一例  
（実証申請者提供資料）

水質項目	測定値
Na <sup>+</sup>	47,000 mg/L
K <sup>+</sup>	22,000 mg/L
Cl <sup>-</sup>	88,100 mg/L
Ca <sup>2+</sup>	39 mg/L
Mg <sup>2+</sup>	2 mg/L
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	8,360 mg-SO <sub>4</sub> /L
Fe	<0.1 mg/L
Cu	<0.1 mg/L
Zn <sup>2+</sup>	<0.1 mg/L
Mn	<0.1 mg/L
Cr	<0.1 mg/L
Cd <sup>2+</sup>	<0.01 mg/L
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.01 mg-As/L
Pb	<0.01 mg/L
Se <sup>2-</sup>	<0.01 mg/L
B <sup>3+</sup>	<0.2 mg/L
SS	16 mg/L

#### （6）建屋の必要性

実証対象製品は基本的に屋内仕様である。屋外に設置する場合には、建屋等が必要である。

### 3. 試験実施場所及び試験に用いた濃縮塩水（実証対象製品への流入水）の情報

#### 3.1 試験実施場所の情報

表3-1に試験実施場所の名称等を示す。

表3-1 試験実施場所の名称、所在地、所有者

名称	飯坂クリーンサイト 第2期最終処分場 浸出水処理施設
所在地	福島県福島市飯坂町中野字赤落 27 番
所有者	株式会社クリーンテック

#### 3.2 試験に用いた濃縮塩水（実証対象製品への流入水）の情報

表3-2に示す中国地方に位置する一般廃棄物最終処分場において濃縮塩水を入手し、試験実施場所まで運び、試験に供した。本試験においては、濃縮塩水の採取は一度だけ行い、室温にて保管したものを実証対象製品への流入水として継続して用いた。図3-1に試験に用いた濃縮塩水の入手先における浸出水の処理フローを示す。

計画段階では表3-1に示した試験実施場所で発生する埋立浸出水の処理水を、電気透析によって処理した後に発生した濃縮塩水を実証対象製品への流入水として使用する予定であったが、本濃縮塩水はNH<sub>4</sub>-N濃度が比較的高く、実証対象製品への流入水として適さなかったため、変更した。なお、試験実施場所における通常の浸出水の処理は適切に行われており、排水基準を満たす処理水が放流されている。

表3-2 試験に用いた濃縮塩水（実証対象製品への流入水）の入手先の情報

処分場の種類	管理型一般廃棄物最終処分場
構造	クローズド型 準好気性埋立構造
埋立容量	約 30,000m <sup>3</sup>

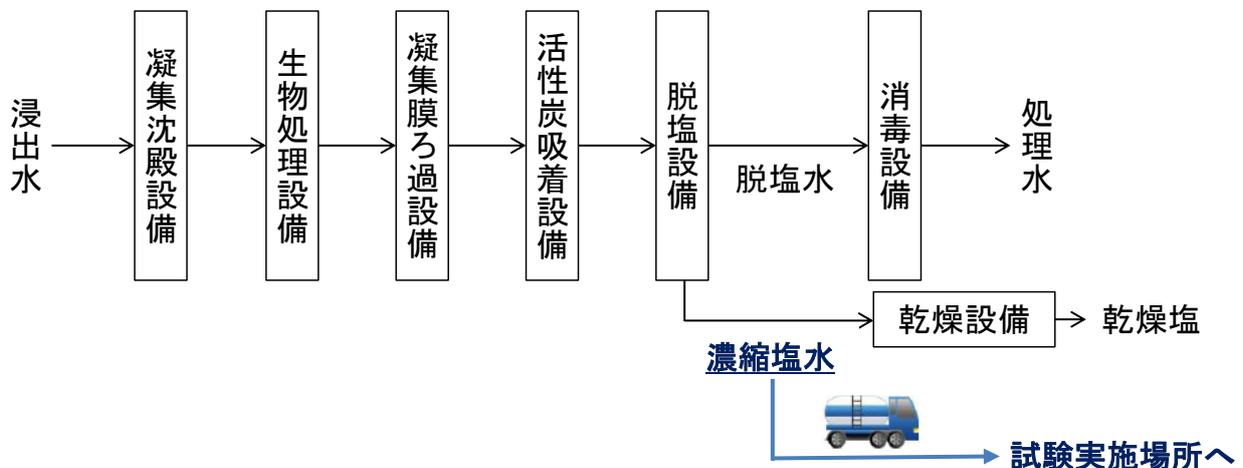


図3-1 濃縮塩水の入手先の浸出水処理フロー

## 4. 既存データ活用の検討

### 4.1 既存データ

実証対象技術については、環境省環境研究総合推進費補助金 研究事業の一環で、様々な基礎データが取得されている。実証申請者は本研究事業に研究協力者として参画していた。

得られた試験結果の一部を抜粋して示す。詳細については以下の引用文献を参照されたい。

（引用文献）樋口（2013）平成24年度環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書「廃棄物処理処分に伴い排出される副生塩のリサイクルシステムの構築に関する研究」

#### 【実証対象技術による次亜塩素酸ナトリウムの生成試験結果】

- 試験の種類：ラボ試験
- 電解槽：ダイソーエンジニア株式会社製；無隔膜；電極面積：1dm<sup>2</sup>；直流電流：15A；供給流量：3L/hr
- 電解時間：約800時間
- 供試塩水：最終処分場浸出水を電気透析または逆浸透膜で処理した濃縮塩水を試験に供した。
- 試験結果：表4-1に示すとおり、有効塩素濃度は2,500～5,200mg/Lであり、下水処理場等で使用するために海水から製造される次亜塩素酸ナトリウムの平均的な濃度である1,000～2,000mg/Lを上回る高濃度の次亜塩素酸ナトリウムが得られた。また、通電過程で電解電圧の顕著な上昇は認められず\*、連続運転可能であることが確認された。

\* 電極にスケール（ミネラル等の付着物）が析出すると電気抵抗が上昇し、電解電圧が上昇することが知られている。電解電圧があまり上昇しなかったことから、スケールの発生が少なかったと示唆される。

表4-1 実証対象技術による次亜塩素酸ナトリウムの生成試験結果

副生塩	塩水濃度 (wt%)	Ca濃度 (mg/kg)	有効塩素濃度 (mg/L)	電圧 (V)	運転状況
電気透析膜	3	3.2	2,500～3,300	4.1～4.4	797時間通電で強制停止
逆浸透膜	3	25.9	3,700～5,200	4.1～4.6	773時間通電で強制停止

### 4.2 既存データの活用

上記の既存データは、実地での試験データではなく、また第三者試験により取得されたデータでもないことから、実証を行う上で参考情報として活用することとした。

## 5. 実証方法

実証対象技術は、高濃度濃縮塩水を対象として電気分解を行うことで、主に次亜塩素酸ナトリウムを生成する技術である。

試験では、最終処分場の埋立浸出水の脱塩過程で発生した濃縮塩水を対象として、次亜塩素酸ナトリウムの生成試験を実施し、エコ次亜の有効塩素濃度、消毒効果等を調査した。また、エコ次亜の利用先、放流先への影響についても調査した。

実証対象製品の運転の安定性等を調査するため、約4週間の連続試験を実施した。

### 5.1 実証全体の実施日程

実証の全日程は図5-1のとおりである。

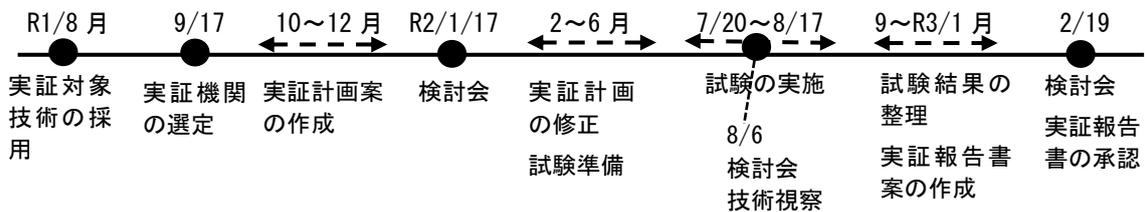


図5-1 実証の全日程

### 5.2 監視項目

監視項目を表5-1に示した。

表5-1 監視項目

監視項目	内容
実証対象製品への流入水量	流量計を用いて確認した。
実証対象製品への流入水の性状	Na、K、Ca、Cl <sup>-</sup> 、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 濃度を測定した。また、後述する「エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響」に関する水質項目（表5-7）についても測定を行った。
実証対象製品の流入水・流出水の外観等	実証対象製品の流入水、流出水（エコ次亜）の色相、外観を確認した。
実証対象製品からの排出ガスの水素濃度	排出ガスの危険性を調査するため、排出ガスの水素濃度を検知管によって測定した。
室内空気温度	実証対象製品近傍の空気温度を測定した。
水温	実証対象製品の流入水、流出水の水温を測定した。

### 5.3 実証項目及び参考項目

#### (1) 実証項目及び実証する性能、参考項目

実証項目及び実証する性能、参考項目は、それぞれ表5-2、5-3に示すとおりとした。また、測定対象試料（エコ次亜）のサンプリングの様子を図5-2に示す。

表5-2 実証項目及び実証する性能

実証項目	実証する性能
有効塩素濃度	設定濃度*以上

\* 1週目：1,000mg/L、2週目：2,000mg/L、3週目：3,000mg/L、4週目：4,000mg/L

表5-3 参考項目

参考項目	内容
エコ次亜の品質	日本水道協会規格 JWWA K 120「水道用次亜塩素酸ナトリウム」に設定された項目*を測定し、規格値（2級）や市販次亜の分析結果と比較した**。
エコ次亜の安定性	生成後のエコ次亜の安定性を評価する。試験方法の詳細は以下の（2）のとおりとする。
エコ次亜の消毒性能	エコ次亜の消毒性能を確認する。試験方法の詳細は以下の（3）のとおりとする。

\*（有効塩素濃度）、外観、密度、遊離アルカリ、臭素酸、塩素酸、塩化ナトリウム濃度

\*\*排水処理等に使用する次亜塩素酸ナトリウムの一般的な規格がないため、参考として「水道用次亜塩素酸ナトリウム」の規格値（中間的な等級である「2級」）と比較した。

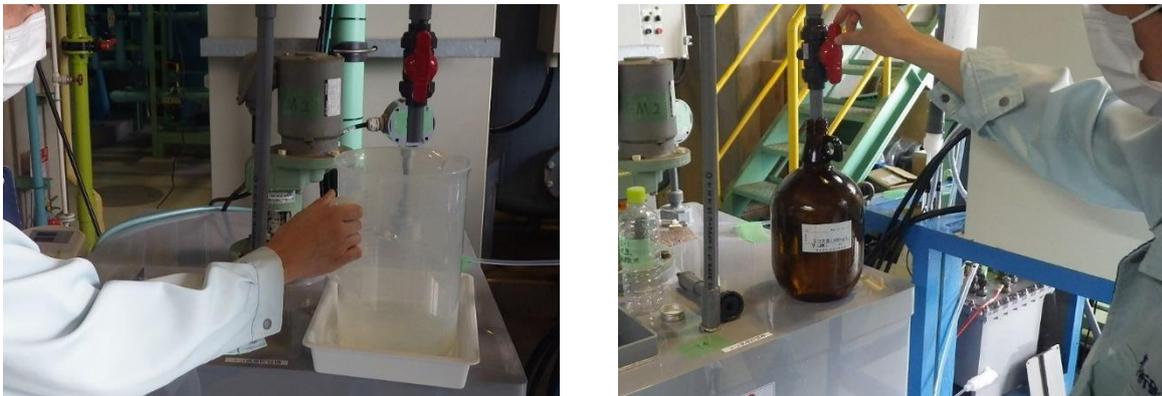


図5-2 測定対象試料（エコ次亜）のサンプリングの様子

## （２）生成後のエコ次亜の安定性確認試験

生成された後のエコ次亜及び市販次亜（日本水道協会規格2級）の有効塩素濃度、pHの経日変化を比較することで、エコ次亜の安定性を評価した。

表5-4に示すとおり、有効塩素濃度の設定値が異なる各週でエコ次亜をポリエチレン製の容器に約250mL採取し、3段階のpH調整を行った後（図5-3）、水温30℃のウォーターバスに静置した（図5-4）。その後、有効塩素濃度、pHの経日変化を測定した。ポリエチレン製容器のフタは半開の状態とした。pHの調整には10%水酸化ナトリウム及び10%塩酸を用いた。エコ次亜の有効塩素濃度は比較的变化し易いことから、サンプリング当日に測定を行った。

市販次亜についても同じ試験条件とした。

表5-4 エコ次亜の安定性試験の条件

週	有効塩素濃度の設定値*	pH条件
1週目	1,000mg/L	調整なし** 11 12
2週目	2,000mg/L	
3週目	3,000mg/L	
4週目	4,000mg/L	

\*市販次亜については、エコ次亜と同じ有効塩素濃度となるように希釈を行った

\*\*市販次亜については、1週目は調整せずに試験を行ったが、エコ次亜と市販次亜のpHに差が見られたため、2週目以降は、エコ次亜（pH調整なし）と同じpHに調整した。



図5-3 pH調整の様子



図5-4 ウォーターバス内での試料の保管の様子

### （3）エコ次亜の消毒性能試験

消毒前の下水処理水を対象として、エコ次亜及び市販次亜（日本水道協会規格2級）を用いた消毒試験を実施し、結果を比較することで、エコ次亜の消毒性能を評価した。国内3箇所の下水処理場に協力していただき、消毒前の下水処理水を入手し、試験に供した。

消毒前の下水処理水に対し、実証対象製品で生成したエコ次亜、市販次亜を表5-5に示す5種類の注入率で添加し（図5-5）、室温で15分間攪拌後にサンプリングし、大腸菌群数、大腸菌数、pH、残留塩素濃度（水中に残存した有効塩素濃度）を測定した。試験期間中の試料水の水温は $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ であった。大腸菌群数、大腸菌数の測定用試料については、サンプリング直後にチオ硫酸ナトリウムを添加して中和することで、大腸菌群数、大腸菌数が減少するのを防止した。なお、ユーザーからのニーズが多い有効塩素濃度が約 $2,000\text{mg/L}$ の時（試験2週目）のエコ次亜を試験に供した。

市販次亜は、エコ次亜と有効塩素濃度が同濃度となるまで精製水で希釈するとともに、水酸化ナトリウムを用いてpHも同じ値に調整してから注入した。

下水処理水質は比較的变化し易いことから、サンプリング後に速やかに測定を開始した。試験精度を確保するため、各試料につき2回試験を行った。

表5-5 エコ次亜の消毒性能試験の条件

週	有効塩素濃度の設定値	塩素注入率の条件
2週目	2,000mg/L	0.0mg/L 1.0mg/L 1.5mg/L 2.0mg/L 2.5mg/L



図5-5 消毒試験の様子（例：市販次亜添加中の写真）

#### 5.4 環境影響、運転及び維持管理項目

環境影響、運転及び維持管理に関する項目については、表5-6に示す。

表5-6 環境影響、運転及び維持管理項目

分類	項目	内容・測定方法等
環境影響項目 運転上の	電解槽洗浄排水量	試験期間中に発生した電解槽洗浄排水の量を確認した。
	騒音	実証対象製品の稼働音を騒音計で確認した。
環境影響項目 エコ次亜利用上の	エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響	エコ次亜の利用先（下水処理場等）の水質に及ぼす影響を調査するため、表5-7に示す各種水質項目の測定を行った。
資源使用	薬品使用量	pH調整や電解槽洗浄に使用した薬品の使用量を測定した。
	消費電力	積算電力量計を用いて実証対象製品の消費電力を確認した。
維持管理性能 運転及び	電解槽の洗浄頻度	電解槽の洗浄頻度を確認した。
	運転の安定性 (連続運転可能性)	生成されたエコ次亜の有効塩素濃度及びpHを毎日測定し*、運転の安定性を確認した。また、電解電圧をロガーで記録し、監視することで、電極へのスケールの発生状況や電解槽洗浄の有効性を推測した。さらに、試験実施前後の電極の外観及び乾燥重量の変化を確認し、スケールの発生状況を明らかにした。
	実証対象製品の運転及び維持管理に必要な人員数と技能	作業項目毎の最大人数と作業時間(人・日)、管理の専門性等を記録した。
	実証対象製品の信頼性	異常発生時の原因を調査した。
	トラブルからの復帰方法	異常発生後の復帰操作の容易さ、課題を評価した。
	運転及び維持管理マニュアルの評価	運転及び維持管理マニュアルの読みやすさ、理解しやすさ、課題を評価した。

\*毎日測定が必要な項目は自社試験として実証申請者が担当した。

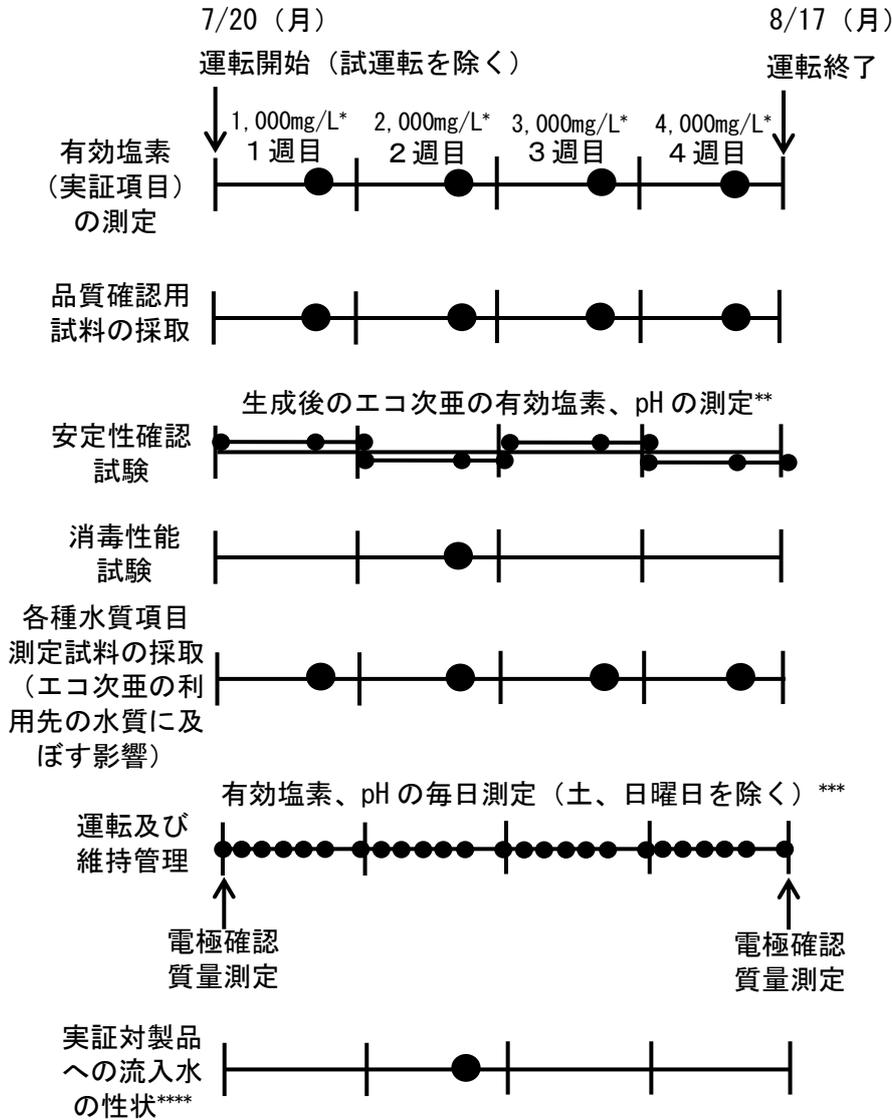
表5-7 調査対象項目（エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響）

項目	
有害物質	カドミウム及びその化合物
	シアン化合物
	有機燐化合物
	鉛及びその化合物
	六価クロム化合物
	砒素及びその化合物
	水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物
	アルキル水銀化合物
	ポリ塩化ビフェニル
	トリクロロエチレン
	テトラクロロエチレン
	ジクロロメタン
	四塩化炭素
	1,2-ジクロロエタン
	1,1-ジクロロエチレン
	シス-1,2-ジクロロエチレン
	1,1,1-トリクロロエタン
	1,1,2-トリクロロエタン
	1,3-ジクロロプロペン
	チウラム
	シマジン
	チオベンカルブ
	ベンゼン
	セレン及びその化合物
	ほう素及びその化合物
	ふっ素及びその化合物
	アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物
	1,4-ジオキサン
	ダイオキシン類
	その他項目
生物化学的酸素要求量（BOD）	
化学的酸素要求量（COD）	
浮遊物質（SS）	
大腸菌群数	
窒素含有量	
リン含有量	
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（鉱油類含有量）	
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（動植物油脂類含有量）	
フェノール類含有量	
銅含有量	
亜鉛含有量	
溶解性鉄含有量	
溶解性マンガン含有量	
クロム含有量	

## 5.5 試料の採取、試験スケジュール及び分析手法

### (1) 試料の採取及び試験スケジュール

試料の採取及び試験スケジュールは図5-6に示すとおりである。



注) ●は試験機関による測定のタイミングを示している (「運転及び維持管理」を除く)。

\*有効塩素濃度の設定値

\*\*試験機関による測定に加え、申請者が毎日測定を実施した (土、日曜日を除く)。

\*\*\*すべて申請者が測定した。

\*\*\*\*塩化物イオン、カルシウムイオン、アンモニウムイオン濃度については、試験機関による測定に加え、申請者が毎日測定を実施した (土、日曜日を除く)。

図5-6 試料の採取及び試験スケジュール

## （2）分析手法

表5-8～5-13に示す方法で分析を行った。

**表5-8 有効塩素（実証項目）の分析方法**

項目	分析方法
有効塩素濃度	JIS K 0102-33.3 よう素滴定法

※申請者による測定も上記分析方法によって行われた。また、測定方法、手順が妥当であることを実証機関が確認した。

**表5-9 エコ次亜の品質に関する項目の分析方法**

項目	分析方法
有効塩素	JWWA K 120: 2008 5.4.1 有効塩素
外観	JWWA K 120: 2008 5.4.2 外観
密度	JWWA K 120: 2008 5.4.3 密度
遊離アルカリ	JWWA K 120: 2008 5.4.4 遊離アルカリ
臭素酸	JWWA K 120: 2008 5.4.5 臭素酸
塩素酸	JWWA K 120: 2008 5.4.6 塩素酸
塩化ナトリウム	JWWA K 120: 2008 5.4.7 塩化ナトリウム

**表5-10 消毒性能試験に関する項目の分析方法**

項目	分析方法
大腸菌群数	下水試験方法 第6編 第4章 第2節 デソキシコール酸塩培地による平板培養法及び 特定酵素基質培地による最確数法*
大腸菌数	下水試験方法 第6編 第4章 第2節 特定酵素基質培地による最確数法
pH	JWWA K 120: 2008 5.4.3 JIS K 0102-12.1 ガラス電極法
残留塩素	下水試験方法 第2編 第1章 第37節 DPD法

※大腸菌群数については「デソキシコール酸塩培地による平板培養法」にて分析を行ったところ、すべての塩素注入率において不検出となったため、より検査水量が多く検出感度が高い「特定酵素基質培地による最確数法」による分析結果を採用した。

**表5-11 実証対象製品への流水水質に関する項目の分析方法**

項目	分析方法
ナトリウムイオン	下水試験方法 第3編 第2章 第19節2 ICP 発光分光分析法
カリウムイオン	下水試験方法 第3編 第2章 第27節2 ICP 発光分光分析法
カルシウムイオン	JIS K 0102-50.3 ICP 発光分光分析法
塩化物イオン	JIS K 0102-35.3 イオンクロマトグラフ法
硫酸イオン	JIS K 0102-41.3 イオンクロマトグラフ法

※カルシウムイオン、塩化物イオンの自社測定は、吸光光度計を用いた簡易分析法にて実施した。

表5-12 エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響に関する項目の分析手法（その1）

項目	分析方法
カドミウム及びその化合物	JIS K 0102-55.4 ICP 質量分析法
シアン化合物	JIS K 0102-38.1.2, 38.5 4ピリジンカルボン酸-ピラゾール発色 CFA 法
有機燐化合物	昭和49年 環境庁告示第64号付表1 GC 法
鉛及びその化合物	JIS K 0102-54.4 ICP 質量分析法
六価クロム化合物	JIS K 0102-65.2.5 前処理後 65.1.5 ICP 質量分析法
砒素及びその化合物	JIS K 0102-61.3 水素化物発生 ICP 発光分光分析法
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	昭和46年環境庁告示第59号付表2 還元気化原子吸光法
アルキル水銀化合物	昭和46年環境庁告示第59号付表3 GC 法
ポリ塩化ビフェニル	昭和46年環境庁告示第59号付表4 GC 法
トリクロロエチレン	JIS K 0125-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS 法
テトラクロロエチレン	
ジクロロメタン	
四塩化炭素	
1,2-ジクロロエタン	
1,1-ジクロロエチレン	
シス-1,2-ジクロロエチレン	
1,1,1-トリクロロエタン	
1,1,2-トリクロロエタン	
1,3-ジクロロプロペン	
チウラム	昭和46年環境庁告示第59号付表5 固相抽出 HPLC 法
シマジン	昭和46年環境庁告示第59号付表6(第1) 固相抽出 GCMS 法
チオベンカルブ	
ベンゼン	JIS K 0125-5.2.1 ヘッドスペース・GC-MS 法
セレン及びその化合物	JIS K 0102-67.3 水素化物発生 ICP 発光分光分析法
ほう素及びその化合物	JIS K 0102-47.3 ICP 発光分光分析法
ふっ素及びその化合物	JIS K 0102-34.4 蒸留・ランタン-アリザリンコンプレキソン発色 CFA 法
アンモニア、アンモニウム化合物 (NH <sub>4</sub> -N)、亜硝酸化合物及び硝酸 化合物※	JIS K 0102-42.6, 43.1.3, 43.2.6 CFA 法
1,4-ジオキサン	昭和46年環境庁告示第59号付表8(第3) ヘッドスペース・GCMS 法
ダイオキシン類	JIS K 0312 (2020)

※NH<sub>4</sub>-N の自社測定は、吸光光度計を用いた簡易分析法にて実施した。

表5-13 エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響に関する項目の分析手法（その2）

項目		分析方法
その他項目	水素イオン濃度（水素指数）(pH)	JIS K 0102-12.1 ガラス電極法
	生物化学的酸素要求量（BOD）	JIS K 0102-21 及び 32.3 隔膜電極法
	化学的酸素要求量（COD）	JIS K 0102-17 滴定法
	浮遊物質（SS）	昭和46年環境庁告示第59号付表9ろ過重量法
	大腸菌群数	昭和37年厚生省・建設省令第1号別表第1定型的集落数平均値法
	窒素含有量	JIS K 0102-45.6 ペルキソニ硫酸カリウム分解・カドミウム還元吸光光度CFA法
	リン含有量	JIS K 0102-46.3.4 酸化分解前処理モリブデン青発色CFA法
	ノルマルヘキサン抽出物質含有量（鉱油類含有量）	JIS K 0102-附属書1（参考）補足II 1 重量法
	ノルマルヘキサン抽出物質含有量（動植物油脂類含有量）	JIS K 0102-附属書1（参考）補足II 2 重量法
	フェノール類含有量	JIS K 0102-28.1.1 及び 28.1.2 4-アミノアンチピリン吸光光度法
	銅含有量	JIS K 0102-52.4 ICP 発光分光分析法
	亜鉛含有量	JIS K 0102-53.3 ICP 発光分光分析法
	溶解性鉄含有量	JIS K 0102-57.4 ICP 発光分光分析法
	溶解性マンガン含有量	JIS K 0102-56.4 ICP 発光分光分析法
	クロム含有量	JIS K 0102-65.1.5 ICP 質量分析法

## 6. 試験に基づく実証結果及び考察

### 6.1 監視項目

#### (1) 実証対象製品への流入水量（エコ次亜生成量）

図6-1に示すとおり、機器トラブルで流入が停止していた期間を除き、設定流量(6L/h)付近で実証対象製品へ流入し、電解により安定してエコ次亜が生成されていた（機器トラブルの詳細については、後述の46頁、表6-10参照）。

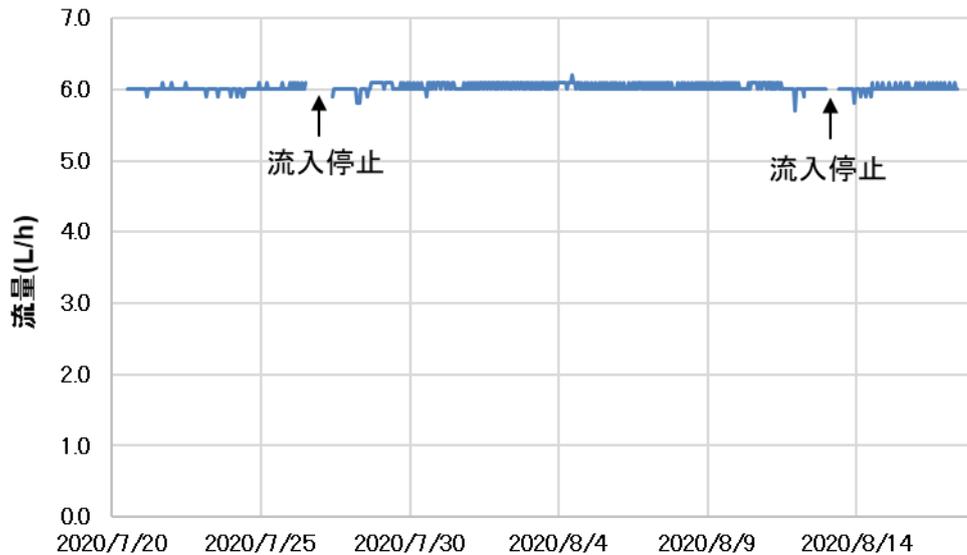


図6-1 実証対象製品への流入水量の推移

## （２）実証対象製品への流入水（濃縮塩水）の性状

実証対象製品への流入水（濃縮塩水）の性状（一般的な項目）を表6-1に示す。表2-1に示した実証対象製品の仕様と比較すると、塩化物イオン、アンモニア及びアンモニウム化合物濃度については、仕様の水質を満たしていたが、カルシウムイオン濃度については若干超過していた。

濃縮塩水の入手先における過去の調査結果を見ると（表6-1）、濃縮塩水の水質濃度変化は比較的小さく、試験に使用した濃縮塩水については、カルシウム濃度が若干高いものの、入手先における平均的な水質であると判断できる。また、国内の他の最終処分場で発生した濃縮塩水の性状と比較すると、本試験で用いた濃縮塩水のアンモニア及びアンモニウム化合物濃度、カルシウムイオン濃度は高い値であり、比較的エコ次亜の生成が困難な条件で試験が行われたと推測される。

有害物質等の測定結果を表6-2、6-3に示す。

表6-1 実証対象製品への流水水質（濃縮塩水）の測定結果（一般的な項目）

項目	測定結果 (mg/L)						排水基準 <sup>※2</sup> (mg/L)	
	濃縮塩水入手先における過去の調査結果				本試験	処分場 A <sup>※1</sup>		
	採取日 2019/7/3	採取日 2019/12/6	採取日 2020/3/25	採取日 2020/7/3	採取日 2020/7/31			
一般的な項目	ナトリウムイオン	39,000	— <sup>※3</sup>	— <sup>※3</sup>	— <sup>※3</sup>	45,000	— <sup>※4</sup>	
	カリウムイオン	20,000	— <sup>※3</sup>	— <sup>※3</sup>	— <sup>※3</sup>	22,000	— <sup>※4</sup>	
	カルシウムイオン	80	— <sup>※3</sup>	110	150	160	18	
	アンモニア、アンモニウム化合物 (NH <sub>4</sub> -N)	89	47	32	52	52	1.3	
	塩化物イオン	91,000	— <sup>※3</sup>	97,000	96,000	92,000	66,000	
	硫酸イオン	3,400	— <sup>※3</sup>	— <sup>※3</sup>	— <sup>※3</sup>	1,800	— <sup>※4</sup>	
	生物化学的酸素要求量 (BOD)	<1	<1	<1	<1	4	<1	160 (日間平均 120)
	化学的酸素要求量 (COD <sub>Mn</sub> )	54	80	58	37	40	5	160 (日間平均 120)

※1国内の他の最終処分場で発生した濃縮塩水の測定結果（参考値）

※2水質汚濁防止法に基づく一律排水基準

※3未測定

※4水質汚濁防止法に基づく一律排水基準が未設定

表6-2 実証対象製品への流水水質（濃縮塩水）の測定結果（有害物質）

項目	測定結果 (mg/L <sup>*1</sup> )	排水基準 <sup>*2</sup> (mg/L <sup>*1</sup> )	
有害物質	カドミウム及びその化合物	0.003 未満	0.03
	シアン化合物	0.1 未満	1
	有機燐化合物	0.1 未満	1
	鉛及びその化合物	0.01 未満	0.1
	六価クロム化合物	0.02 未満	0.5
	砒素及びその化合物	0.01 未満	0.1
	水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	0.0005 未満	0.005
	アルキル水銀化合物	不検出 <sup>*3</sup>	検出されないこと <sup>*3</sup>
	ポリ塩化ビフェニル	0.0005 未満	0.003
	トリクロロエチレン	0.002 未満	0.1
	テトラクロロエチレン	0.0005 未満	0.1
	ジクロロメタン	0.002 未満	0.2
	四塩化炭素	0.0002 未満	0.02
	1,2-ジクロロエタン	0.0004 未満	0.04
	1,1-ジクロロエチレン	0.002 未満	1
	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.004 未満	0.4
	1,1,1-トリクロロエタン	0.0005 未満	3
	1,1,2-トリクロロエタン	0.0006 未満	0.06
	1,3-ジクロロプロペン	0.0002 未満	0.02
	チウラム	0.0006 未満	0.06
	シマジン	0.0003 未満	0.03
	チオベンカルブ	0.002 未満	0.2
	ベンゼン	0.001 未満	0.1
	セレン及びその化合物	0.01 未満	0.1
	ほう素及びその化合物	0.2 未満	海域以外の公共用水域に排出されるもの：10 海域に排出されるもの：230
	ふっ素及びその化合物	0.8	海域以外の公共用水域に排出されるもの：8 海域に排出されるもの：15
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	100	100	
1,4-ジオキサン	0.005 未満	0.5	
ダイオキシン類	0.00018 pg-TEQ/L	10 pg-TEQ/L	

\*1ダイオキシン類以外の単位

\*2ダイオキシン類以外：水質汚濁防止法に基づく一律排水基準（業種により適用除外となる項目あり。）

ダイオキシン類：ダイオキシン類対策特別措置法に基づく排水の基準

\*3環境大臣が定める方法により排水の汚染状態を検定した場合において、その結果が当該検定方法の定量限界を下回った（下回る）ことを意味する。

表 6-3 実証対象製品への流水水質（濃縮塩水）の測定結果（その他の項目）

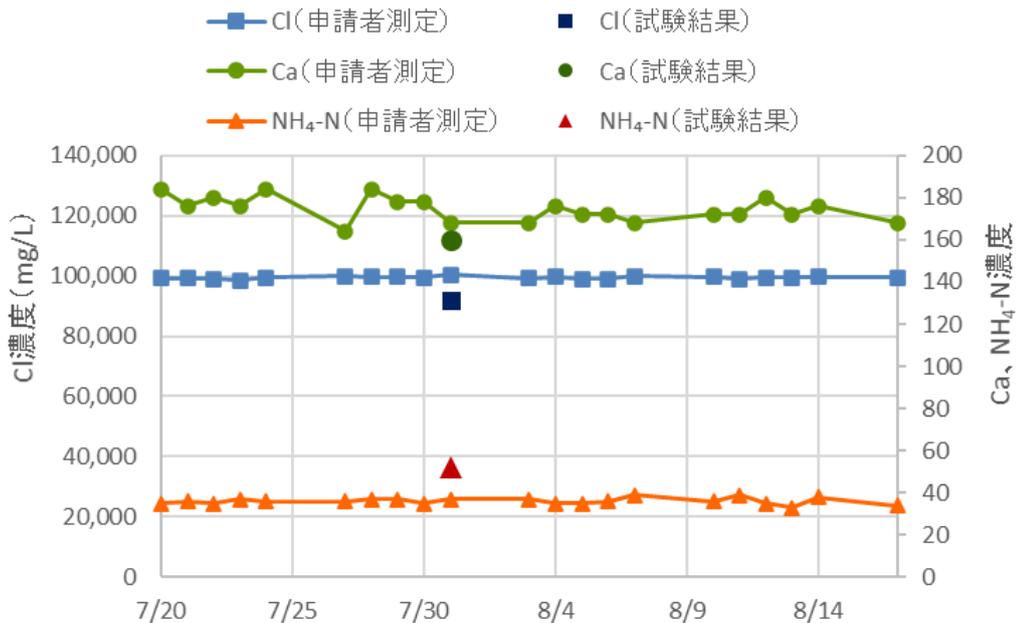
項目		測定結果 (mg/L <sup>※1</sup> )	排水基準 <sup>※2</sup> (mg/L <sup>※1</sup> )
その他の項目	水素イオン濃度（水素指数）(pH)	11.2 <sup>※3</sup>	海域以外の公共用水域に 排出されるもの： 5.8以上8.6以下 海域に排出されるもの： 5.0以上9.0以下
	浮遊物質量 (SS)	2 未満	200 (日間平均 150)
	大腸菌群数	0 個/cm <sup>3</sup>	日間平均 3000 個/cm <sup>3</sup>
	窒素含有量	140	120 (日間平均 60)
	燐含有量	0.2	16 (日間平均 8)
	ノルマルヘキサン抽出物質 含有量（鉱油類含有量）	2 未満	5
	ノルマルヘキサン抽出物質 含有量（動植物油脂類含有量）	2 未満	30
	フェノール類含有量	0.2 未満	5
	銅含有量	0.1 未満	3
	亜鉛含有量	0.1 未満	2
	溶解性鉄含有量	0.1 未満	10
	溶解性マンガン含有量	0.1 未満	10
	クロム含有量	0.02 未満	2

※<sup>1</sup>pH、大腸菌群数以外の単位

※<sup>2</sup>水質汚濁防止法に基づく一律排水基準（業種や排出先の水域によって適用除外となる項目あり。）

※<sup>3</sup>pH 調整後の数値

図6-2に実証対象製品への流入水（濃縮塩水）の性状の経日変化を示す。本試験においては、前述のとおり濃縮塩水の採取は一度だけしか行わず、室温保管したものを継続して流入させたが、少なくとも試験結果に大きな影響を及ぼす可能性がある塩化物イオン、カルシウムイオン、アンモニア及びアンモニウム化合物濃度については、試験期間中にほとんど変化が見られず、水質が安定していた。なお、申請者による測定は簡易分析法にて実施したため、試験機関による測定と若干異なる値を示した。



注)「申請者測定」は、申請者自身が実施した測定の結果を示している。以降の図も同様。  
「試験結果」は、試験機関が実施した測定の結果を示している。以降の図も同様。

図6-2 実証対象製品への流入水の性状の経日変化

図6-3に示すとおり、実証対象製品への流入水（濃縮塩水）は無色透明であったが、流出水（エコ次亜）は濁りのない淡黄色に変化していた。日本水道協会規格 JWWA K 120「水道用次亜塩素酸ナトリウム」において、次亜塩素酸ナトリウムの外観は「淡黄色の透明な液体」とされており、この色の変化は品質に問題を生じるものではないと考えられる。

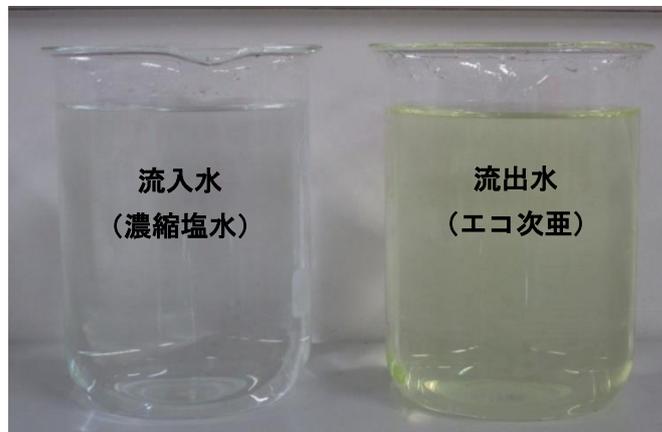


図6-3 実証対象製品への流入水（濃縮塩水）と流出水（エコ次亜）の外観

### （3）実証対象製品からの排出ガスの水素濃度

図2-1に示したとおり、電解槽の陰極からは爆発の危険性がある水素ガスが発生する。一方、図2-3に示したとおり、電解槽からの排出ガスは、ブローアからの空気によって希釈された後に排気ファン（換気扇等）付近に排出されるため、排出ガス中の水素濃度は薄まることとなる。実際に、図6-4に示すとおり、排出ガスの水素濃度を検知管によって測定したところ、0.5%未満であった。空気中における水素の爆発限界濃度は、4~75%であると知られており<sup>\*</sup>、この濃度と比べ十分に低いことから、排出ガスによる爆発の危険性は低いと考えられた。

<sup>\*</sup>三宅（1997）水素の爆発と安全性. 水素エネルギーシステム, Vol. 22, No. 2, pp. 9-17.



※吸引後に色の変化が見られなかったことから、検知限度（0.5%）未満と考えられた。

図6-4 検知管による排出ガスの水素濃度測定結果

#### （４）室内空気温度、水温

図6-5に示すとおり、実証対象製品近傍の室内空気温度は、20～31℃の範囲で推移した。試験実施期間中の平均温度は26.6℃であった。

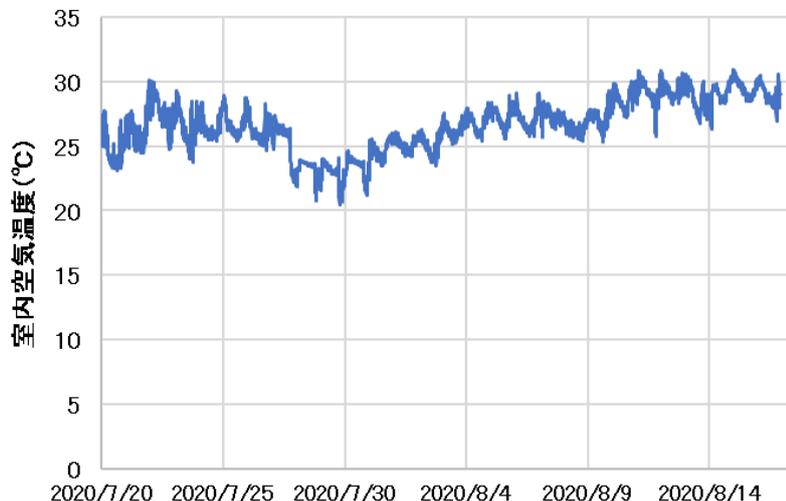


図6-5 実証対象製品近傍の室内空気温度の推移

表6-4に示すとおり、試験期間中の実証対象製品への流入水（濃縮塩水）と流出水（エコ次亜）の水温の平均値は、それぞれ26.0℃、26.2℃であった。電解処理では、電極反応に伴う発熱によって水温が上昇することがあるが、実証対象製品には電極の冷却機能が備わっていることもあり、明確な水温上昇は認められなかった。

表6-4 実証対象製品への流水水・流出水の測定結果

	水温 (°C)	
	流入水 (濃縮塩水)	流出水 (エコ次亜)
平均値	26.0	26.2
最大値	27.7	27.8
最小値	23.5	23.9

## 6.2 実証項目

図6-6にエコ次亜の有効塩素濃度の推移を示す。電流値を制御することで、有効塩素濃度は安定して設定濃度以上の値で推移し、実証する性能を満たした。

このことから、実証対象製品は、埋立浸出水の処理水を原水（原材料）として用いて、設定濃度どおりの次亜塩素酸ナトリウムを安定して生成できることが示された。

なお、電流値の上昇に伴い、有効塩素濃度が増大する傾向は見られたが、電流値と有効塩素濃度との間に直線関係は見られなかった。この理由の一つとしては、アンモニアによる塩素消費が挙げられる（詳細は資料編52～53頁参照）。

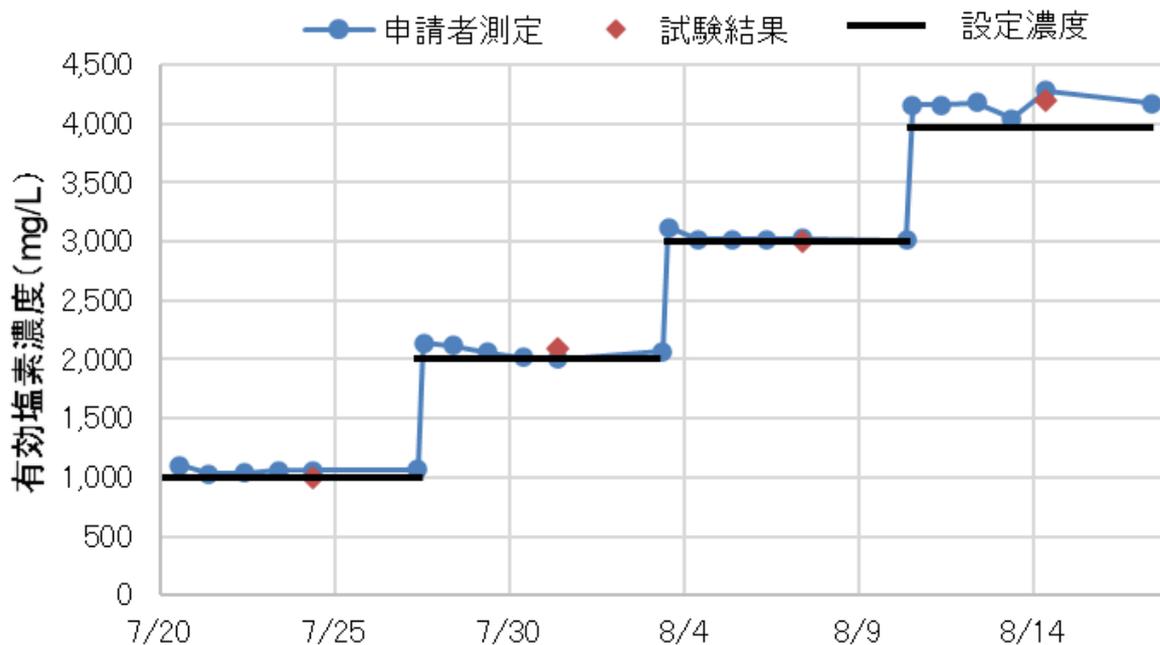


図6-6 エコ次亜の有効塩素濃度の推移

### 6.3 参考項目

#### (1) エコ次亜の品質

品質項目の測定結果を表6-5に示す。市販次亜の分析結果や日本水道協会の規格値と比較すると、エコ次亜は、密度、臭素酸、NaClが高い傾向にあったが、その他の項目は同等または規格値を満たす値であった。臭素酸等の項目は、排水基準等に含まれていないため、エコ次亜で消毒した排水等を放流する際に、問題となる項目ではない。浄水場等で水道用の薬品として用いる際に問題となるために、設定されている項目である。

日本水道協会の規格書\*には、塩素酸の含有量が高い理由で通常の浄水処理で使うことができなくなった場合には、「産業廃棄物として廃棄することなく、有効利用することが望ましい。それには、含有する塩素酸量を考慮しない施設、例えば下水処理施設等で活用してもらえれば最良といえる。」と記載されており、臭素酸やNaClについても、同様に他の施設での利用は可能であると考えられる。ただし、排水処理施設の放流先の近傍に浄水場の取水口があるケース等では、放流水の臭素酸やNaCl濃度を勘案してエコ次亜の使用量を検討する必要がある。

密度、臭素酸、NaClが高かった原因については、基本的には、実証対象製品への流入水（原材料）である埋立浸出水処理水に由来するものと考えられる。臭素酸については、WHO飲料水水質ガイドライン（第4版）\*\*に「臭化物を含む塩を電気分解することにより生成される次亜塩素酸塩溶液中で、臭素酸イオンが生成されることがある。」との記載があり、埋立浸出水処理水中の臭化物濃度が高いために、電気分解により高濃度で生成されたと推測された。

\*日本水道協会（2008）「水道用次亜塩素酸ナトリウム JWVA K 120」 p. 30

\*\*WHO「飲料水水質ガイドライン第4版（日本語版）」（2012） p. 338

表6-5 エコ次亜の品質項目の測定結果

項目	単位	エコ次亜				市販次亜	JWVA 品質規格値（2級）*		
		設定濃度（mg/L）					製品 I	製品 II	案分値**
		1,000	2,000	3,000	4,000				
有効塩素濃度	%	0.10	0.20	0.29	0.41	0.41	12.0 以上	12.0 未満	0.4
外観	—	淡黄緑色濁り無	微黄色濁り無	無色濁り無	淡緑色濁り無	無色濁り無	淡黄色の透明な液体		—
密度（比重）	—	1.113	1.112	1.113	1.110	1.011	1.16 以下	案分値 以下	1.005 以下
遊離アルカリ	%	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	2 以下		—
臭素酸	mg/kg	29	71	110	220	5 未満	100 以下	案分値 以下	3.3 以下
塩素酸	mg/kg	250 未満	250 未満	250 未満	250 未満	250	10,000 以下	案分値 以下	330 以下
NaCl	%	15.6	15.6	15.4	15.4	0.22	4.0 以下	案分値 以下	0.13 以下

\*日本水道協会規格 JWVA K 120「水道用次亜塩素酸ナトリウム」における品質の規格値（2級）

\*\*エコ次亜及び市販次亜の分析結果と比較しやすいように、有効塩素濃度が 0.4%の時の案分値を示した。

## （２）エコ次亜の安定性

安定性試験の結果を図6-7～6-10に示す。

初期 pH が 11 の時のエコ次亜のみ、有効塩素濃度の大幅な低下が確認された。市販次亜と異なり、エコ次亜の pH は 11 以上であったため、pH を 11 まで低下させるために、塩酸を添加して調整したが、この塩酸が次亜塩素酸ナトリウムと反応することで、有効塩素濃度が低下したと推測された。実際、市販次亜においても、塩酸を添加したところ、有効塩素濃度の低下が確認された（実証申請者提供データ、図6-11）。有毒な塩素ガスが発生するおそれがあることから、作業安全上の観点でも pH 調整のために強酸は用いるべきではない。

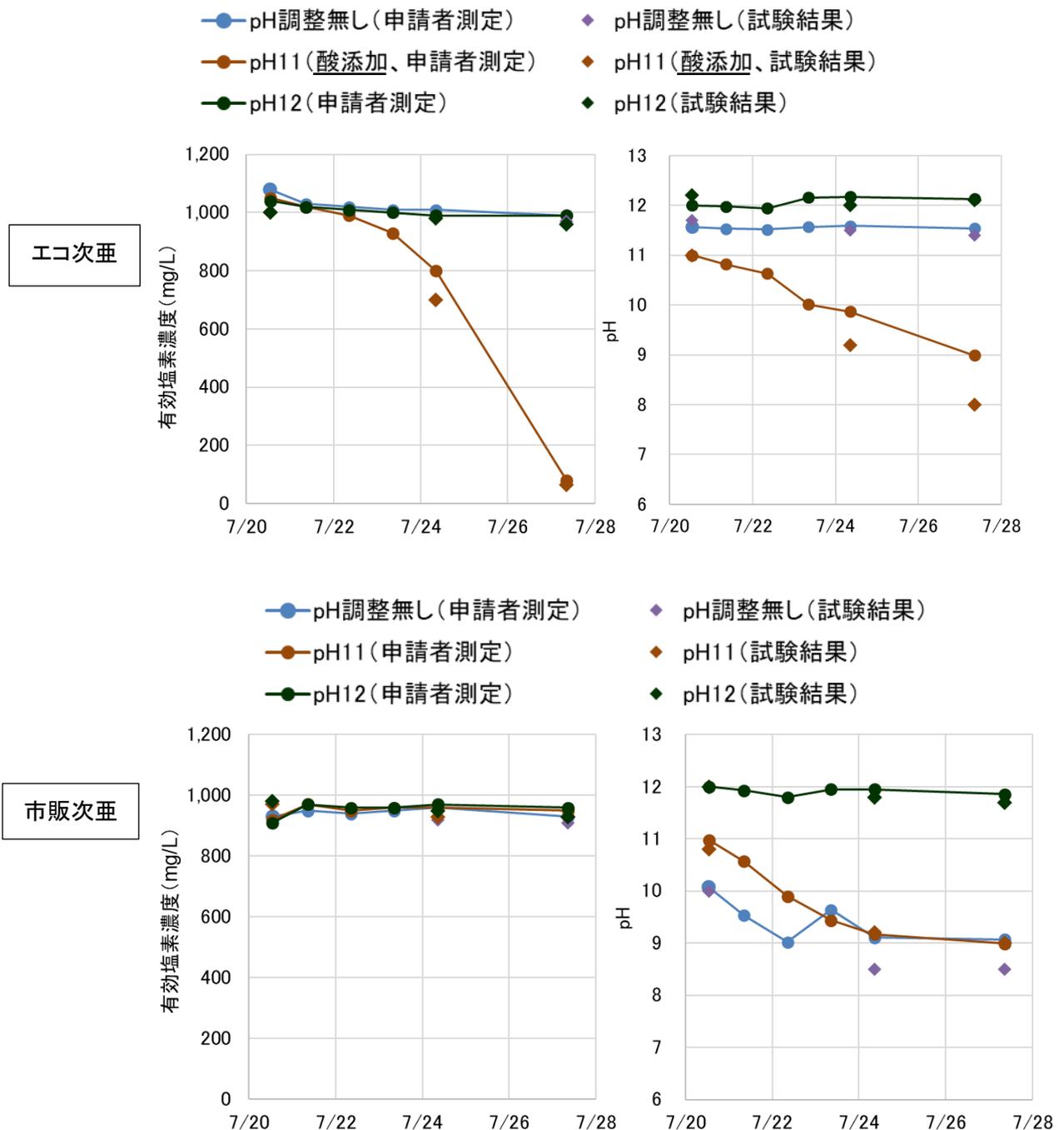


図6-7 エコ次亜の安定性試験結果（初期設定濃度：1,000mg/L）

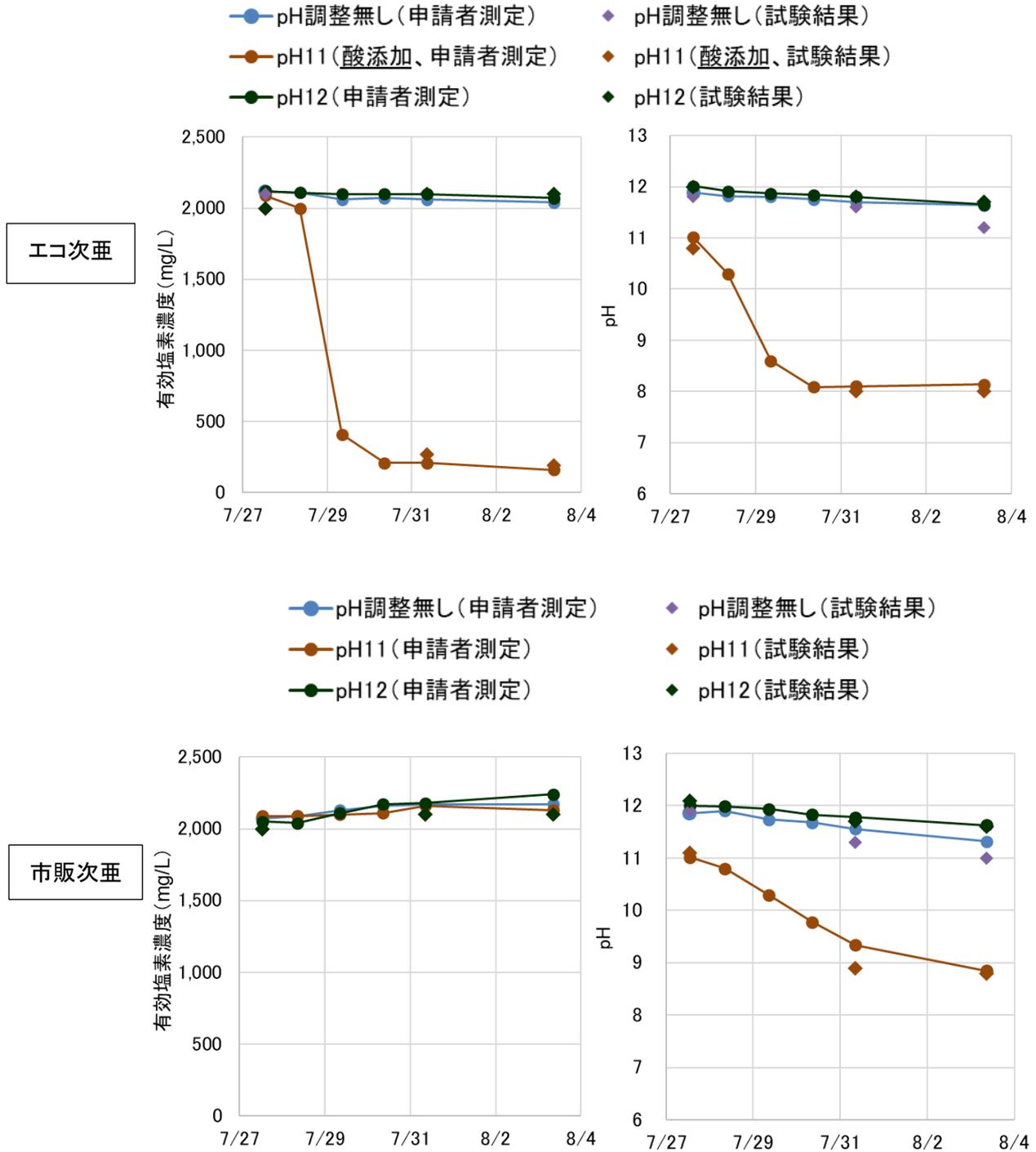


図6-8 エコ次亜の安定性試験結果（初期設定濃度：2,000mg/L）

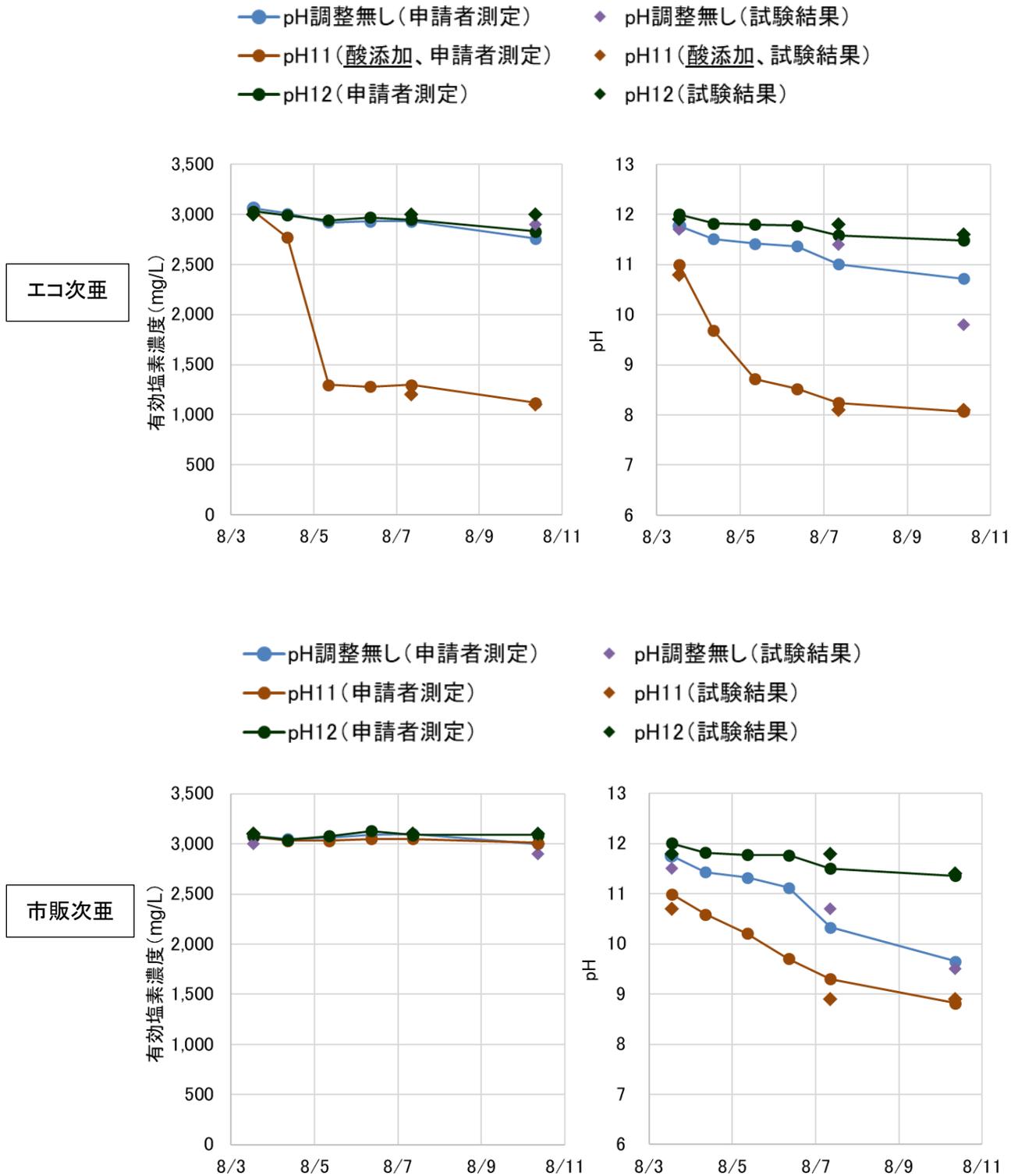


図6-9 エコ次亜の安定性試験結果（初期設定濃度：3,000mg/L）

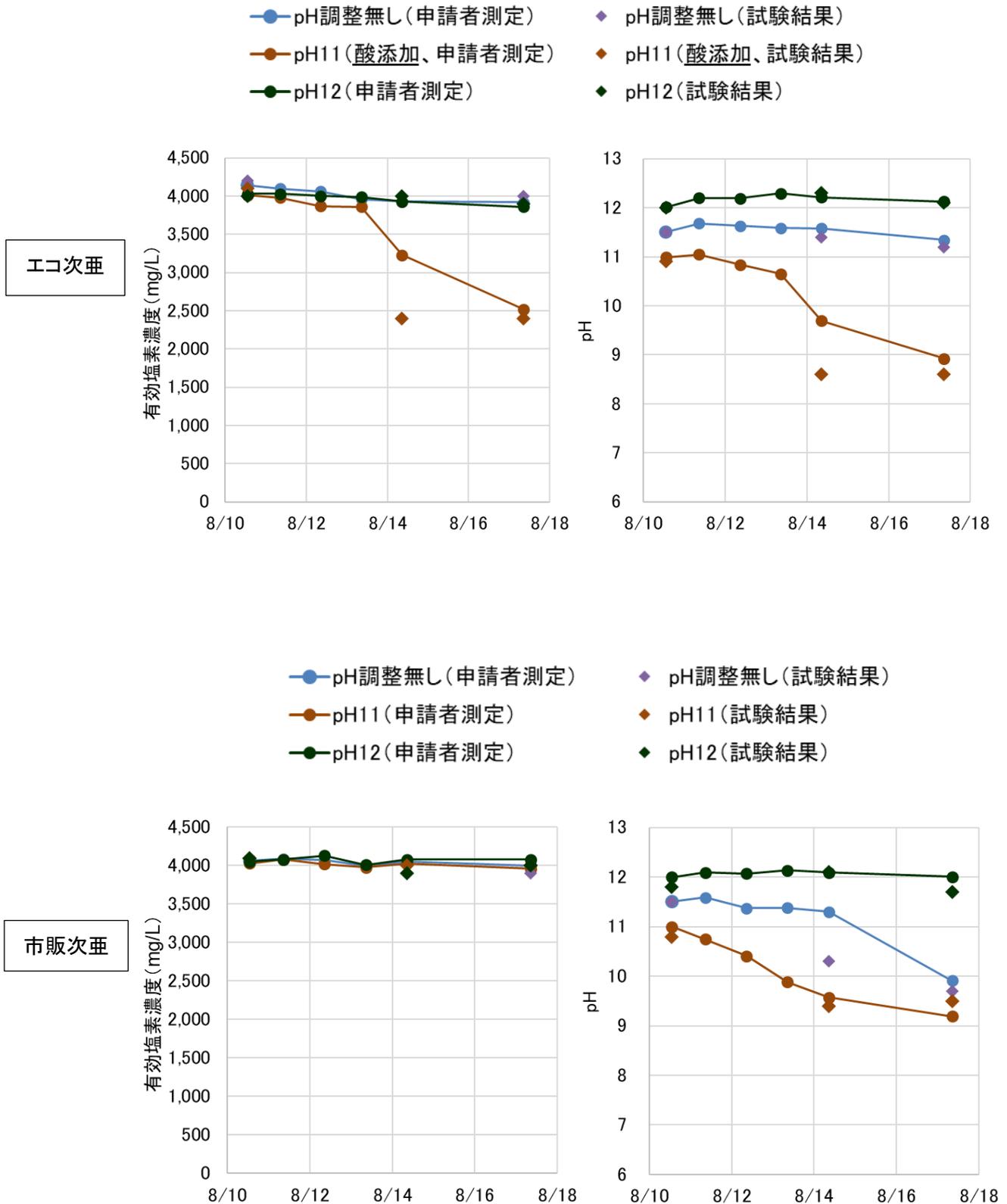
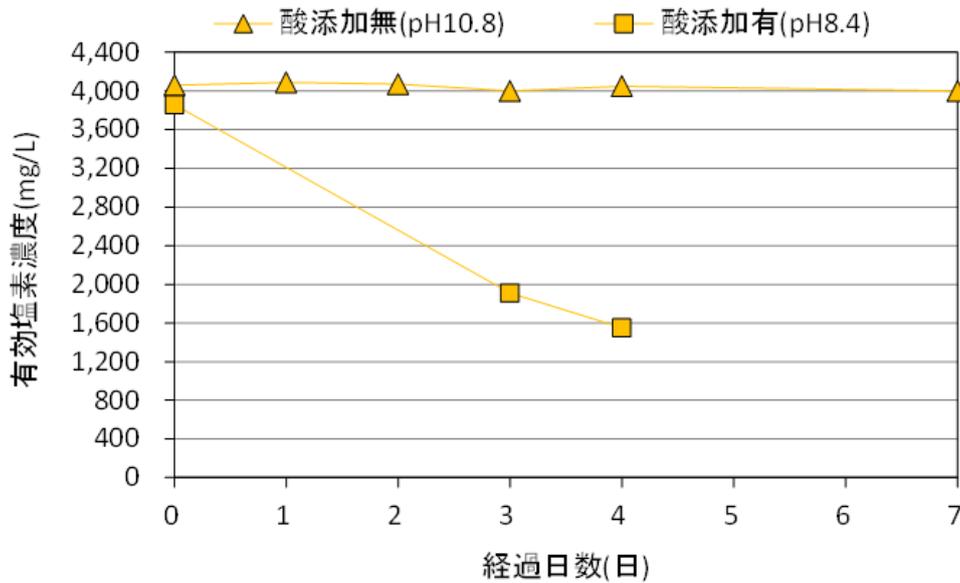


図6-10 エコ次亜の安定性試験結果（初期設定濃度：4,000mg/L）



※塩酸添加量は、エコ次亜と同量

図6-11 酸添加が市販次亜の有効塩素濃度の低下に及ぼす影響  
(※実証申請者提供データ：実証対象外)

表6-6に、各試験条件における、試験期間中（7日間の）有効塩素濃度の低下率\*を示す。塩酸を添加した条件を除き、エコ次亜と市販次亜の有効塩素濃度の低下率に差は見られなかった。

以上のことから、エコ次亜の安定性は市販次亜と同等であると判断できる。

$$\text{有効塩素濃度低下率 (\%)} = \frac{\text{初期の有効塩素濃度} * - \text{7日後の有効塩素濃度} *}{\text{初期の有効塩素濃度} *} \times 100$$

\*試験機関による測定結果を計算に用いた。

表6-6 エコ次亜の安定性試験における有効塩素濃度低下率（酸添加条件を除く）

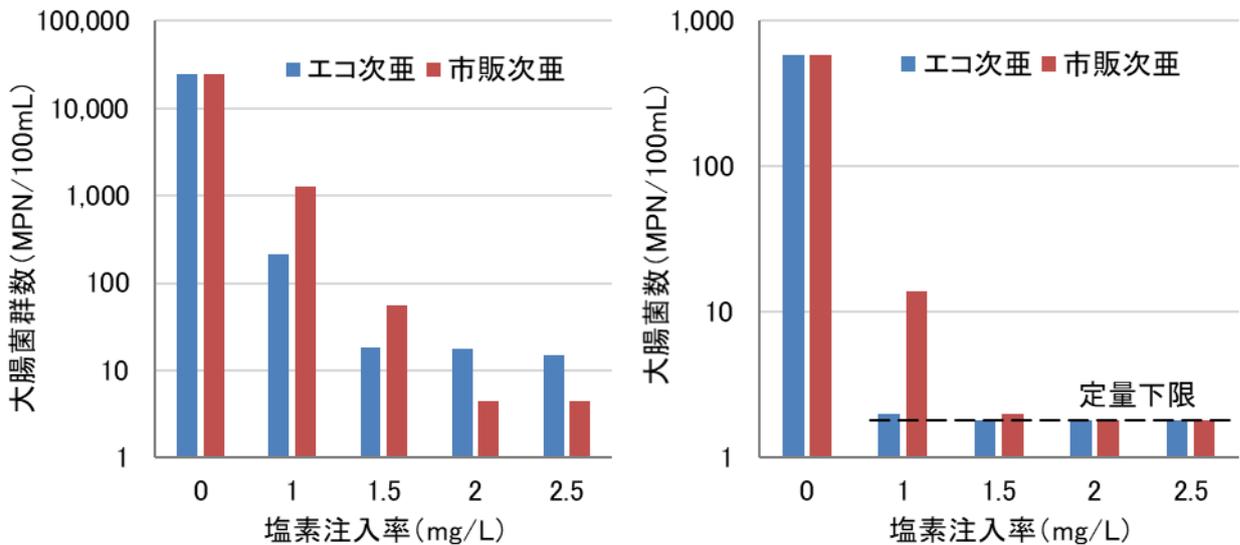
有効塩素 設定濃度	pH 調整無し*		初期 pH : 12	
	エコ次亜	市販次亜	エコ次亜	市販次亜
1,000mg/L	3.0%	7.1%	4.8%	5.1%
2,000mg/L	0.0%	-5.0%	-5.0%	-5.0%
3,000mg/L	3.3%	3.3%	0.0%	0.0%
4,000mg/L	4.8%	4.9%	2.5%	2.4%

\*市販次亜の設定濃度 2,000~4,000mg/L については、エコ次亜と同じ初期 pH に調整した際の試験結果を示している。

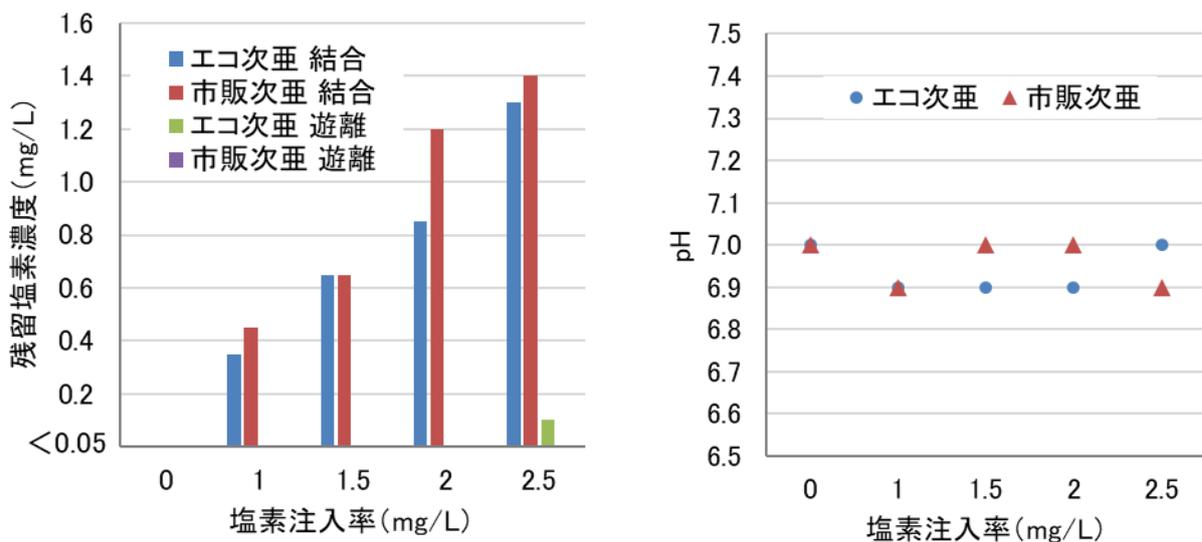
### （3）エコ次亜の消毒性能

下水処理水を用いた消毒性能試験結果を図6-12～6-14に示す。消毒後の大腸菌群数および大腸菌数は、試験条件によって変動はあるものの、エコ次亜と市販次亜で概ね同じオーダーの値を示したことから、エコ次亜に市販次亜と同等の消毒性能があることが確認された。また、塩素添加前後でpHの上昇はほとんど見られなかったことから（最大でも0.3の上昇）、エコ次亜の使用が放流水のpH上昇に及ぼす影響は小さいと考えられた。

なお、下水処理水中にはアンモニア、アンモニウム化合物(NH<sub>4</sub>-N)が残存(0.2～9.3mg/L)していたため、残留塩素はほとんどが結合態であった。



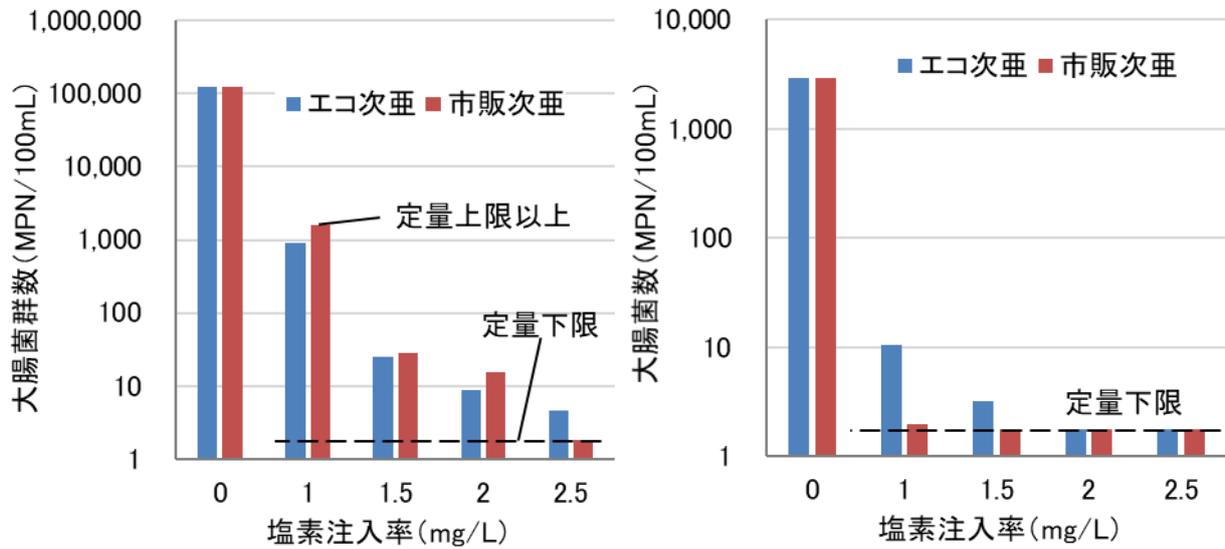
※2回実施した試験結果の平均値を表示している。定量下限値未満であった場合には、定量下限値と同じ値を入力して平均値を算出し、グラフに表示している。



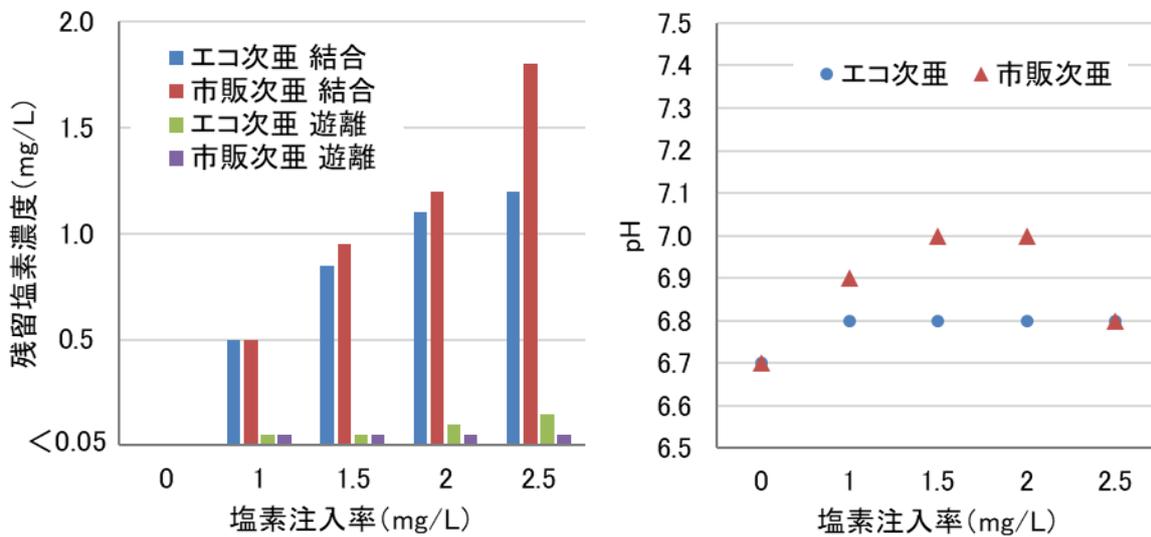
※2回実施した試験結果の平均値を表示している。

※塩素との接触時間は15分間である。

図6-12 エコ次亜と市販次亜の消毒性能の比較（A 下水処理場）



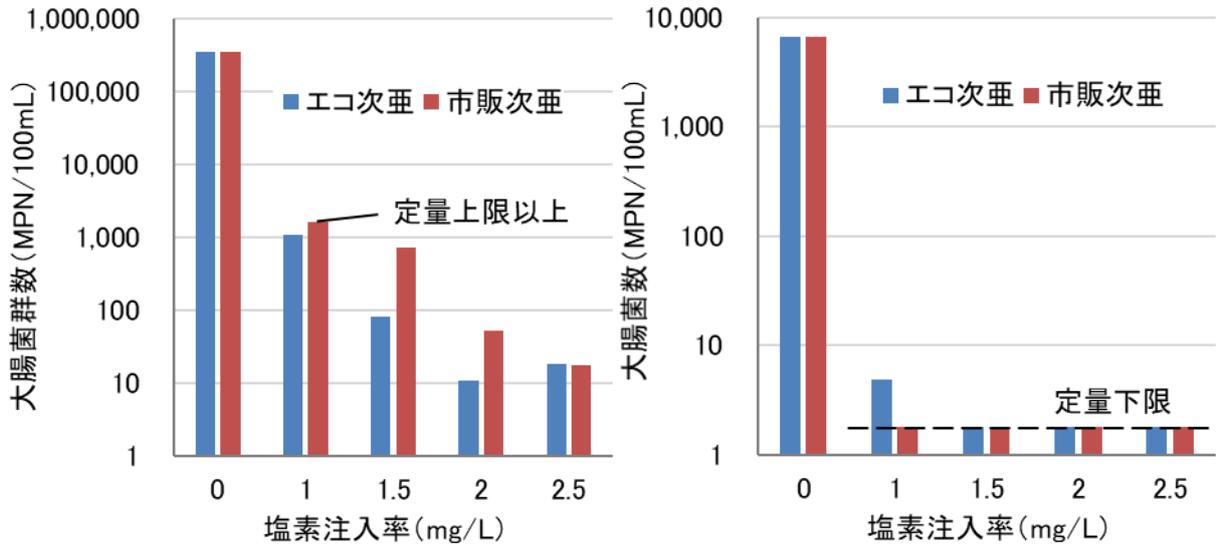
※平均値や定量下限値の取り扱いは図6-12記載のとおり。また、塩素注入率0mg/Lとその他の条件では、分析時の希釈倍率が異なるため、定量上限値も異なる。このことから、塩素注入率が0mg/Lの時よりも1mg/L（市販次亜）の時の方が分析値は低いにもかかわらず、塩素注入率1mg/L（市販次亜）の時だけ定量上限以上の値となった。



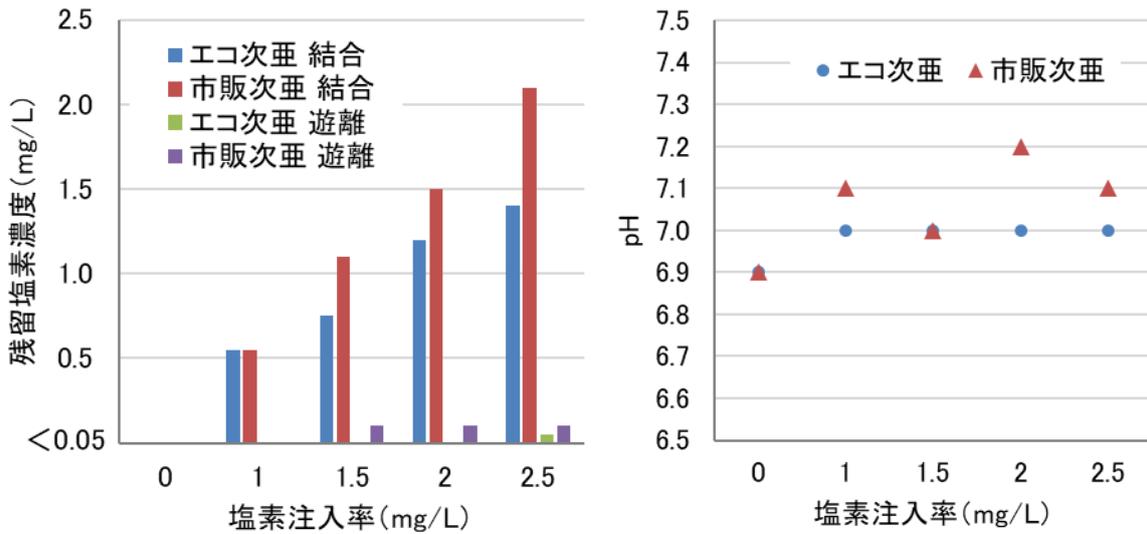
※2回実施した試験結果の平均値を表示している。

※塩素との接触時間は15分間である。

図6-13 エコ次亜と市販次亜の消毒性能の比較（B 下水処理場）



※定量下限値、上限値の取り扱い等は図6-12、13記載のとおり。



※2回実施した試験結果の平均値を表示している。

※塩素との接触時間は15分間である。

図6-14 エコ次亜と市販次亜の消毒性能の比較 (C 下水処理場)

#### 6.4 環境影響、運転及び維持管理項目

環境影響、運転及び維持管理項目の結果を表6-7～6-10に示す。

表6-7 環境影響、運転及び維持管理項目（その1）

分類	項目	内容・測定方法等
環境影響項目 運転上の	電解槽洗浄排水量	後述のとおり、試験期間中に電解槽を洗浄する必要がなかったため、洗浄排水は発生しなかった。
	騒音	実証対象製品周囲（50cm 以内）の等価騒音レベル（LAeq, 1min）は、70～74dB であった。最も稼働音が大きかったのは、流入ポンプ付近であった。 一方、実証対象製品が設置された室内には、他の埋立浸出水処理施設が稼働しており、室内の等価騒音レベルは70～86dB と大きい値であったことから、実証対象製品の設置環境下においては、実証対象製品が主要な騒音源になることはないと考えられた。
環境影響項目 エコ次亜利用上の	エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響	pH を除き、各種排水基準を超過する項目はなかった（表6-8、6-9）。pH についても、実際にエコ次亜を使用する際には、排水によって大幅に希釈されるため、排水基準を超過することはないと考えられる（図6-12～6-14参照）。
資源使用	薬品使用量	4週間の試験期間中に、実証対象製品への流入水のpH調整のために、25wt%NaOHを約8.4L使用した。電解槽洗浄は行わなかったため、洗浄用の薬品使用はなかった。
	消費電力	4週間の試験期間中の実証対象製品の消費電力量は約870kWhであった。試験途中で電流値を変更しているが、全消費電力に占める電解の電力消費割合は大きくないため、試験期間中に消費電力量の明確な変化は確認されなかった。

表6-8 エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響に関する項目（有害物質）

項目	測定結果 (mg/L <sup>※1</sup> )				排水基準 <sup>※2</sup> (mg/L <sup>※1</sup> )	
	有効塩素設定濃度					
	1,000mg/L	2,000mg/L	3,000mg/L	4,000mg/L		
有害物質	カドミウム及びその化合物	0.003 未満	0.003 未満	0.003 未満	0.003 未満	0.03
	シアン化合物	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	1
	有機磷化合物	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	1
	鉛及びその化合物	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.1
	六価クロム化合物	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.5
	砒素及びその化合物	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.1
	水銀及びアルキル水銀 その他の水銀化合物	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.005
	アルキル水銀化合物	不検出	不検出	不検出	不検出	検出されないこと <sup>※3</sup>
	ポリ塩化ビフェニル	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.003
	トリクロロエチレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.1
	テトラクロロエチレン	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.1
	ジクロロメタン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.2
	四塩化炭素	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.02
	1,2-ジクロロエタン	0.004 未満	0.004 未満	0.004 未満	0.004 未満	0.04
	1,1-ジクロロエチレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	1
	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04 未満	0.04 未満	0.04 未満	0.04 未満	0.4
	1,1,1-トリクロロエタン	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	3
	1,1,2-トリクロロエタン	0.006 未満	0.006 未満	0.006 未満	0.006 未満	0.06
	1,3-ジクロロプロペン	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.02
	チウラム	0.0006 未満	0.0006 未満	0.0006 未満	0.0006 未満	0.06
	シマジン	0.0003 未満	0.0003 未満	0.0003 未満	0.0003 未満	0.03
	チオベンカルブ	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.2
	ベンゼン	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.1
	セレン及びその化合物	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	0.1
	ほう素及びその化合物	0.2 未満	0.2 未満	0.2 未満	0.2 未満	海域以外の公共用水域に排出されるもの：10
						海域に排出されるもの：230
	ふっ素及びその化合物	1.0	0.6	0.5 未満	1.0	海域以外の公共用水域に排出されるもの：8
海域に排出されるもの：15						
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	85	93	84	74	100	
1,4-ジオキサン	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.5	
ダイオキシン類 <sup>※4</sup>	0 pg-TEQ/L	0.00027 pg-TEQ/L	0.000072 pg-TEQ/L	0.04 pg-TEQ/L	10 pg-TEQ/L	

※1ダイオキシン類以外の単位。

※2ダイオキシン類以外：水質汚濁防止法に基づく一律排水基準（業種により適用除外となる項目あり。）

ダイオキシン類：ダイオキシン類対策特別措置法に基づく排出水の基準

※3環境大臣が定める方法により排出水の汚染状態を検定した場合において、その結果が当該検定方法の定量限界を下回ることを意味する。

※4各々のダイオキシン類の実測濃度が定量下限値未満の場合には毒性等量を「0」として算出した後に、合計した数値である。

表6-9 エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響に関する項目（その他の項目）

項目	測定結果 (mg/L <sup>※1</sup> )				排水基準 <sup>※2</sup> (mg/L <sup>※1</sup> )	
	有効塩素設定濃度					
	1,000mg/L	2,000mg/L	3,000mg/L	4,000mg/L		
その他の項目	水素イオン濃度（水素指数）(pH)	11.7	11.6	11.5	11.8	海域以外の公共用水域に排出されるもの： 5.8以上8.6以下 海域に排出されるもの： 5.0以上9.0以下
	生物化学的酸素要求量 (BOD)	100 未満 <sup>※3</sup>	100 未満 <sup>※3</sup>	100 未満 <sup>※3</sup>	100 未満 <sup>※3</sup>	160（日間平均 120）
	化学的酸素要求量 (COD <sub>Mn</sub> )	10 未満	10 未満	100 未満 <sup>※3</sup>	100 未満 <sup>※3</sup>	160（日間平均 120）
	浮遊物質 (SS)	2	2	2	3	200（日間平均 150）
	大腸菌群数	0 個/cm <sup>3</sup>	0 個/cm <sup>3</sup>	0 個/cm <sup>3</sup>	0 個/cm <sup>3</sup>	日間平均 3000 個/cm <sup>3</sup>
	窒素含有量	87	94	100	100	120（日間平均 60）
	リン含有量	0.2 未満	0.2 未満	0.3	0.2 未満	16（日間平均 8）
	ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (鉱油類含有量)	2 未満	2 未満	2 未満	2 未満	5
	ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (動植物油脂類含有量)	2 未満	2 未満	2 未満	2 未満	30
	フェノール類含有量	0.2 未満	0.2 未満	0.2 未満	0.4	5
	銅含有量	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	3
	亜鉛含有量	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	2
	溶解性鉄含有量	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	10
溶解性マンガン含有量	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	10	
クロム含有量	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	2	

※1 pH、大腸菌群数以外の単位

※2 水質汚濁防止法に基づく一律排水基準（業種や排出先の水域によって適用除外となる項目あり。）

※3 有効塩素濃度が高いため、希釈して分析する必要があったため、通常の排水等の試料と比較して、定量下限値が高くなっている。表6-1に示したとおり、実証対象製品への流入水（濃縮塩水）のBOD、COD<sub>Mn</sub>濃度はそれぞれ、4、40mg/Lであったことから、流出水（エコ次亜）についても同等の濃度であると推測される。

表6-10 環境影響、運転及び維持管理項目（その2）

維持管理性能 運転及び	運転の安定性 (連続運転可能性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有効塩素濃度：設定濃度付近で安定していた（図6-6）。</li> <li>・pH：11.3～12.0の範囲で安定していた。</li> <li>・電解電圧：各設定濃度において、多少の変動はあるものの、監視時の目安となる初期値の150%（自社基準）を超過するような上昇は確認されなかった（図6-15）。</li> <li>・電極の外観：流入水のカルシウム濃度（160mg/L）は、仕様の流入水質（150mg/L）を超過していたが、目視では電極や電解槽内に明らかなスケール（ミネラル等の付着物）の発生は確認できなかった（図6-16、17）。</li> <li>・電極の乾燥重量の変化：試験前後で4枚の電極重量の増加量は僅かであり（0.32g）、電解に影響を及ぼすようなスケールは発生していなかったと推測される。</li> </ul> <p>以上のことから、実証対象製品は安定して連続運転可能であると判断できる。</p>
	電解槽の洗浄頻度	上記のとおり、電解に影響を及ぼすようなスケールの発生は確認されなかったため、試験期間中に電解槽の洗浄は行わなかった。
	実証対象製品の運転 及び維持管理に必要な 人員数と技能	作業項目毎の最大人数と作業時間（人・日）、管理の専門性・困難さを、表6-11にまとめた。
	実証対象製品の信頼性・ トラブルからの復帰方法	<p>試験期間中に2回トラブルが発生し、運転を停止した。</p> <p><b>【1回目】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・期間：2020/7/26 13時頃～7/27 9時頃</li> <li>・概要：電極冷却装置のトラブルで実証対象製品全体が自動停止した。</li> <li>・トラブルからの復帰方法：冷却水を入れ替えた後、実証対象製品を再稼働させた。なお、運転管理者が在中していない日曜日にトラブルが発生したため、停止期間が長くなったが、復帰作業自体は短時間（1時間以内）であった。</li> </ul> <p><b>【2回目】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・期間：2020/8/13 0時頃～8/13 9時頃</li> <li>・概要：瞬時停電に由来すると思われるトラブルにより実証対象製品全体が自動停止した。</li> <li>・トラブルからの復帰方法：再稼働させることで直ぐに通常運転に復帰した。なお、運転管理者が在中していない深夜にトラブルが発生したため、停止期間が長くなったが、復帰作業自体は短時間（1時間以内）であった。</li> </ul>
	運転及び維持管理 マニュアルの評価	運転及び維持管理マニュアルは、ユーザーが理解しやすい内容であった。

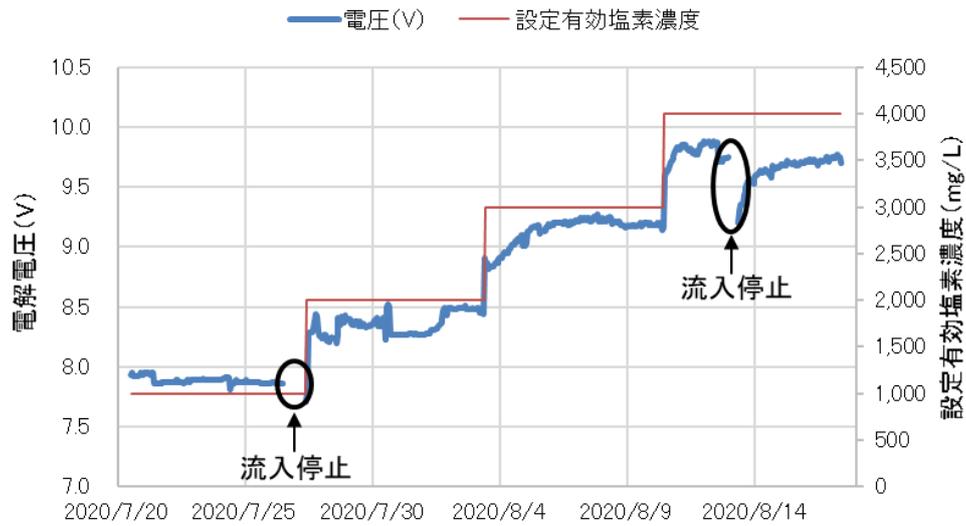


図6-15 電解電圧の推移

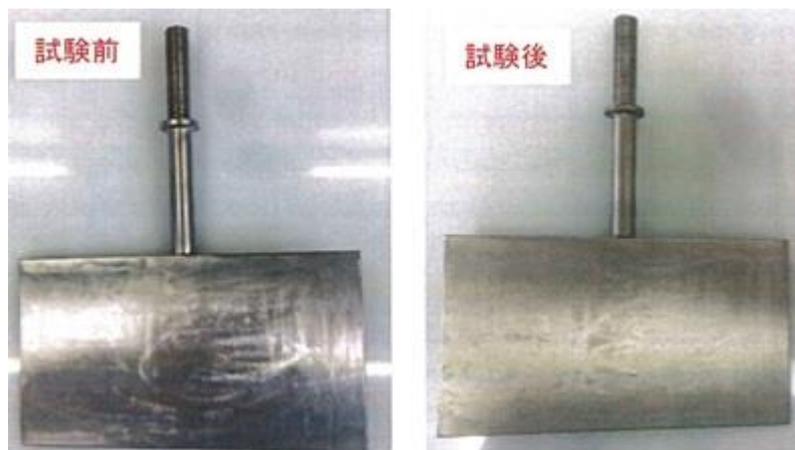


図6-16 試験前後の電極（陰極）の外観



図6-17 試験後の電極槽内の外観

表6-11 実証対象製品の運転及び維持管理に必要な人員と技能

作業項目	目的	最大人数 (人)	作業時間 (分/人・日)	管理の専門性や 注意点
装置電源スイッチ の ONOFF	—	1	5	特に無し。
装置電流・電圧・ 流量の監視	装置稼働状況 確認のため	1	5	特に無し。
エコ次亜の有効 塩素濃度測定	エコ次亜品質 確認のため	1	5 <sup>※1</sup>	分析作業に習熟 していること。
電極洗浄 <sup>※2</sup>	スケール対策 のため	1	60	薬品を取扱うので保護具 の着用が必要である。
薬品補給 <sup>※3</sup>	—	1	30	薬品を取扱うので保護具 の着用が必要である。

- ※1 簡易分析法における一般的な作業時間を示している。試験期間中は、公定法に基づく分析を行ったため、実証時の作業時間とは一致しない。
- ※2 試験期間中は電解電圧の上昇が見られなかったため、電極洗浄は実施されなかった。このため、実証申請者へのヒアリングに基づき記載した。
- ※3 試験期間中の薬品補充は実施されなかった。このため、実証申請者へのヒアリングに基づき記載した。

## 6.5 所見（結果のまとめ）

総括として、実証結果から見た実証対象技術の特徴について、次のとおりまとめた。

### （1）技術全体

実証対象製品は、埋立浸出水の処理過程で発生する濃縮塩水を原水（原材料）として用いて、電流の設定に応じた濃度の次亜塩素酸ナトリウム（エコ次亜）を安定して生成することができる。また、エコ次亜の安定性や消毒性能は、市販次亜と同等である。

### （2）その他留意事項

エコ次亜は、市販次亜よりも有効塩素濃度が低く、輸送に係るコスト・エネルギーが懸念されるため、近隣の下水処理場等での使用が適している。また、下水処理場等においてエコ次亜を導入する際には、放流先の利水状況等を考慮することが望まれる。

## ○付録(品質管理)

### 1. データの品質管理

試験を実施及び監視する際のデータの品質管理は、実証機関が定める品質マネジメントシステムに従って実施した。試験機関を訪問し、ヒアリングや資料調査によって確認した精度管理方法等を付表1-1に示す。何れの試験機関も、各種公定法に従い試験を実施し、適切な品質管理が行われていることを確認した。

以上のことから、本実証におけるデータの品質管理は適切に実施されていることが確認された。

付表1-1 各種分析項目の精度管理方法

分析項目	試験機関	精度管理方法等
有効塩素濃度（実証項目）	株式会社 環境分析研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>内部精度管理として、SOP 整備、日常・定期点検、二重測定等を実施。</li> <li>有効塩素濃度測定時の滴定にはファクターが記載された試薬を使用。</li> <li>ISO9001 に従った品質管理を実施。</li> </ul>
エコ次亜の品質に関する項目	株式会社 総合水研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>内部精度管理として、SOP 整備、日常・定期点検、二～三重測定等を実施。</li> <li>ISO9001 または 17025（一部の項目）に従った品質管理を実施。</li> </ul>
実証対象製品への流水水質に関する項目		
エコ次亜の利用先の水質に及ぼす影響に関する項目		
消毒性能試験に関する項目	株式会社 環境管理研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>内部精度管理として、SOP 整備、日常・定期点検、二重測定等を実施。</li> <li>ISO の認証取得はないものの、結果を二人以上で常に確認する等の品質管理を実施。</li> </ul>

## 2. 品質管理システムの監査

実証が適切に実施されていることを確認するために、実証機関が定める品質マネジメントシステムに従い、実証期間中に1回本実証から独立している部門による内部監査を実施した。

その結果、実証はマニュアルに基づく品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていることが確認された。

内部監査の実施状況の概要を付表1-2に示す。

**付表1-2 内部監査の実施概要**

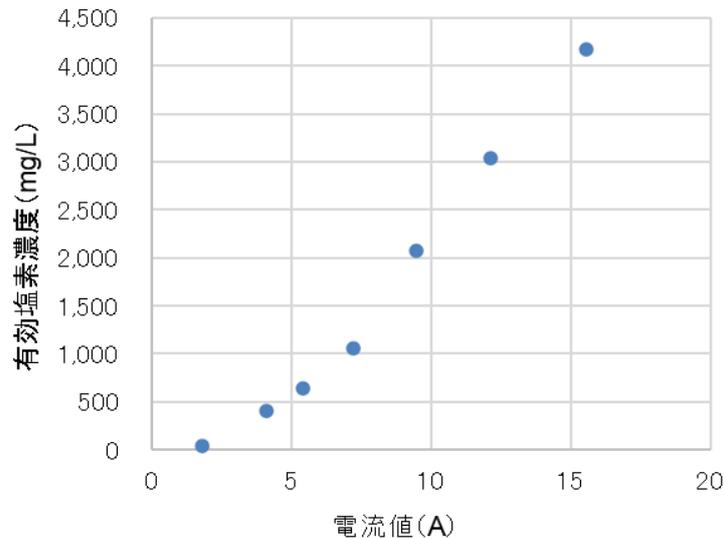
内部監査実施日	令和3年2月25日（木）
内部監査実施者	管理本部 総務課 ISO担当
被監査部署	実証に係る全部署
内部監査結果	品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていた。

## ○資料編

### 1. 有効塩素濃度と電流値の関係や電流効率について

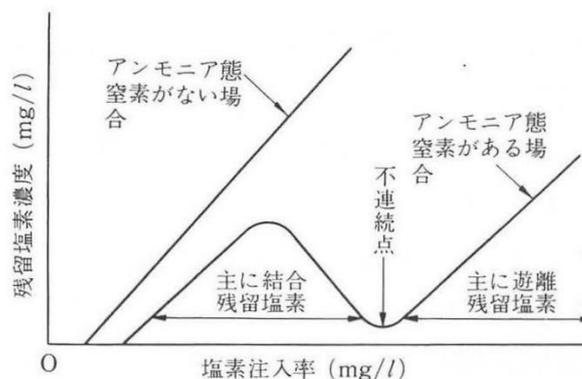
実証項目の試験結果（本編 33 頁）の理解を深めるために、電流値と有効塩素濃度に関する考察を行った。

図 1 に示すとおり、電流値が低い場合は、塩素が効率的に生成されていないことがわかる。この主な原因は、生成された次亜塩素酸が濃縮塩水に由来するアンモニア態窒素（52mg/L）によって消費されたためであると考えられる。図 2 に示すとおり、アンモニア態窒素を含む水に塩素を注入した場合には、結合塩素が生成されるため、塩素注入率が低い場合は、注入率よりも低い濃度の残留塩素しか検出されないことが広く知られている。



※電流値が低い3点については、試験終了日に短期的に実施した試験の結果を示している。その他の4点については、各設定濃度期間中の平均値を示している。

資料編 図 1 電流値と有効塩素濃度の関係



資料編 図 2 塩素注入率と残留塩素濃度の関係

（出典：川上和徳監修（2005）「上水道工学第4版」、森北出版、p. 123）

表1に各設定濃度における電流効率の計算結果を示す。陽極での反応が塩素の生成だけだと仮定すると、電流効率は100%となるはずだが、食塩水を原材料とした場合であっても58.7%であった。これは、主に陽極にて酸素が生成される反応も生じていたためであると考えられる。一方、濃縮塩水を電気分解した場合は（本試験結果の場合は）、食塩水と比べ、さらに低い電流効率と算出された。これは、先述のとおり、生成された有効塩素がアンモニア態窒素によって消費されてしまったためであると考えられた。

資料編 表1 電流効率

	有効塩素 設定濃度 (mg/L)				参考 <sup>※1</sup> (食塩水)
	1,000	2,000	3,000	4,000	
次亜塩素酸生成量 <sup>※2</sup> (mol/h)	0.09	0.17	0.25	0.34	0.52
次亜塩素酸生成理論量 <sup>※3</sup> (mol/h)	0.40	0.53	0.67	0.87	0.90
電流効率 <sup>※4</sup> (%)	22.2	33.3	37.9	38.7	58.7

※1 参考として、食塩水を原材料として用いた際の測定結果（実証申請者提供）を示した。試験時の有効塩素濃度は6,200mg/Lであった。

※2 (次亜塩素酸生成量) = (有効塩素濃度測定値) × (1時間あたりの流量) ÷ (分子量)

※3 (次亜塩素酸生成理論量) =  
(電流値) × (電極対数=3) × (電解時間=1時間) ÷ (2×ファラデー定数)

※4 (電流効率) = (次亜塩素酸生成量) ÷ (次亜塩素酸生成理論量)

注) 本頁は、実証申請者から提供されたデータに基づいて記載されており、実証の対象外（参考データ）である。

## 2. 用語の解説

用語	内容
実証対象技術	実証の対象となる技術を指す。
実証対象製品	実証対象技術を機器・装置として具現化したもののうち、試験で実際に使用したものを指す。
実証項目	実証対象技術の性能や効果を測るための試験項目を指す。
参考項目	実証対象技術の性能や効果を測る上で参考となる項目を指す。
監視項目	試験状況を監視するための項目を指す。
有効塩素*	酸化力、消毒力として働く各種塩素種の量を塩素分子 (Cl <sub>2</sub> ) に換算して表したものを指す。
残留塩素*	水に注入した塩素のうち、消毒効果を持つ有効塩素として消失せずに残留している塩素を指す。
遊離残留塩素*	残留塩素のうち、遊離形（次亜塩素酸またはそのイオン）で水中に溶存しているものを指す。同じ有効塩素濃度の場合、一般的に遊離塩素の方が結合塩素よりも消毒効果が大きい。
結合残留塩素*	残留塩素のうち、結合形（次亜塩素酸とアンモニア態窒素の反応で生成するクロラミン等）で水中に溶存しているものを指す。
スケール	電気分解の過程で電極表面に生じる付着物。カルシウム等の無機物成分が析出することが多い。スケールが付着すると電極の性能低下に繋がる。

\*参考資料：日本水道協会（2004）「水道用語辞典 第二版」

### 3. 現地測定の様子



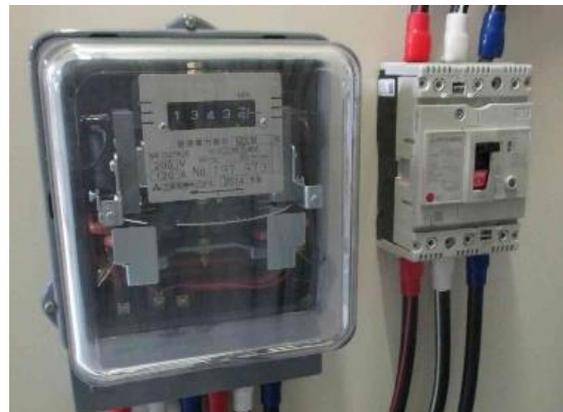
電解電圧の測定（監視）



流量の測定（監視）



気温の測定



電力量の測定



騒音の測定

環境技術  
実証事業

ETV 環境省

<http://www.env.go.jp/policy/etv/>