

環境省

令和元年度環境技術実証事業

大気環境保全領域

悪臭対策技術

実証報告書

《詳細版》

令和2年3月

実証機関 : 公益社団法人 におい・かおり環境協会
実証対象技術 : ISEC 式脱臭装置
実証申請者 : 株式会社一芯
製品名・型番 : ISEC 式脱臭装置
試験実施場所 : 長崎市西部下水処理場内 沈砂池からの臭気脱臭施設室
実証番号 : 150-1901



本実証報告書の著作権は、環境省に帰属します。

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
2.1 実証の内容、方針、実証項目等	1
2.2 試験実施場所の概要	2
2.3 実証対象技術における試験機の仕様及び目標	2
2.4 実証のスケジュール	2
3. 実証結果	3
3.1 実証結果の概要	3
4. 参考情報	6
4.1 製品データ	6
4.2 その他メーカーからの情報	7
○本編	8
1. 導入と背景、実証の体制	8
1.1 導入と背景	8
1.2 実証参加組織と実証参加者の分掌	8
2. 実証対象技術の概要	11
2.1 実証対象技術の原理と機器構成	11
3. 試験実施場所の概要	16
3.1 実証の概要	16
3.2 試験工程	17
3.3 試験機設置概要	18
3.4 試験スケジュール	20
4. 実証項目	21
5. 試験結果	22
5.1 悪臭物質の除去率	22
5.2 使用薬品などの削減効果	23
6. 試験結果に基づく実証結果	27
7. 実証結果に関する考察	31

○全体概要

実証対象技術	ISEC 式脱臭装置
実証申請者	株式会社一芯
実証機関	公益社団法人におい・かおり環境協会
実証試験期間	令和元年 12 月 10 日(火)～令和 2 年 2 月 13 日(木)
本技術の目的	実証対象技術(以下、ISEC 式という)が既存方式の薬液洗浄方式(以下、湿式酸化触媒方式という)と同等もしくはそれ以上の悪臭物質の除去率を有することを実証の目的としている。

1. 実証対象技術の概要

原理（フロー）：従来の薬液洗浄塔は、酸洗浄塔とアルカリ次亜塩素酸洗浄塔の 2 塔で構成されるのが一般的であるが、ISEC 式は酸洗浄塔を必要としない湿式酸化触媒方式の洗浄塔と次亜塩素酸ナトリウムを生成する装置（電解槽）及びイオウスケール発生抑制装置（イオウバスター）を組み合わせたシステムである。非常にコンパクトに構成され既存の薬液洗浄方式と比較して、酸性薬液（主に硫酸）の使用量をゼロとし、また使用次亜塩素酸ナトリウムの全量を自家生成し、更に次亜塩素酸ナトリウム・水酸化ナトリウムの薬品使用量を大幅に削減することが期待できる。

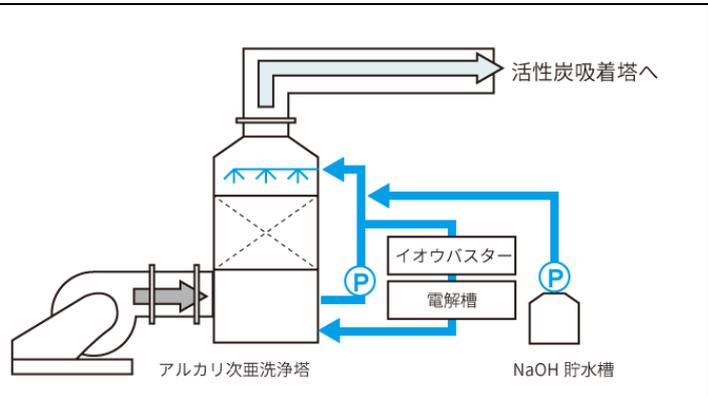


図 1-1 実証対象技術 構成図

2. 実証の概要

2.1 実証の内容、方針、実証項目等

ISEC 式の脱臭装置の試験機と実機として現地で使用されている湿式酸化触媒洗浄方式の脱臭装置を用いて、約 2 か月間稼働させ、特定悪臭物質のアンモニア、トリメチルアミン、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル（全 6 物質）の測定を 3 回行い、除去率や環境負荷の低減について比較検討を行った。

2.2 試験実施場所の概要

業種	下水処理場
施設規模	供用開始年月日：平成4年7月1日 水処理能力（現況）：69,500 立方メートル/日
所在地	長崎県長崎市神ノ島町1丁目367-11
排ガス特性	沈砂池等からの排ガスを対象

2.3 実証対象技術における試験機の仕様及び目標

区分	項目		ISEC 式	(参考) 湿式酸化触媒洗浄方式
機器 概要	脱臭塔径		200 φ	1800 φ
	塔内流速		LV=0.8 m/s	LV=0.8 m/s
	脱臭処理風量		1.5 m ³ /min	120 m ³ /min
	散水量		3.75 L/min	300 L/min
	使用 薬品 等	苛性ソーダ	購入品(20%)	購入品(20%)
		次亜塩素酸ソーダ	電解槽による自家生成	購入品(12%)
食塩		市販食塩 (工業的に製造されたもの)	不要	
性能 条件	目標		ISEC 式の脱臭装置が湿式酸化触媒洗浄方式の脱臭装置と同等もしくはそれ以上の悪臭物質の除去率を有し、かつ使用薬品等を削減する。	

2.4 実証のスケジュール

日程	10/21	12/10-11	12/16	1/8-9	2/12-13	2/27	3/31
実施内容	第1回 検討会	試験 1回目	第2回 検討会	試験 2回目	試験 3回目	第3回 検討会	報告書提 出
試料採取・ 分析		←●→		←●→	←●→		

3. 実証結果

3.1 実証結果の概要

実証結果の概要は、ISEC 式の脱臭装置と湿式酸化触媒洗浄方式の脱臭装置の入口と出口の悪臭物質の除去率を比較したところ、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチルの除去率はいずれも湿式酸化触媒洗浄方式の脱臭装置の除去率と同等もしくはそれ以上の結果が得られた。（ただし、アンモニアとトリメチルアミンについては入口側で不検出であったので評価対象外とした。）図 3-1 から図 3-4 に測定結果のグラフを示す。

また、薬品消費量及び電力使用量の削減については、湿式酸化触媒洗浄方式と比較して 50%以上の削減効果が確認された。3.2 項の（2）参照。

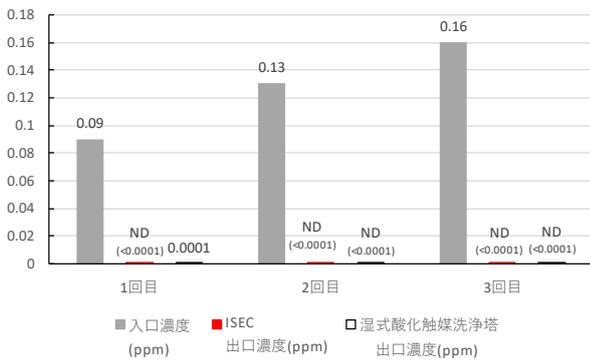


図 3-1 メチルメルカプタンの測定結果

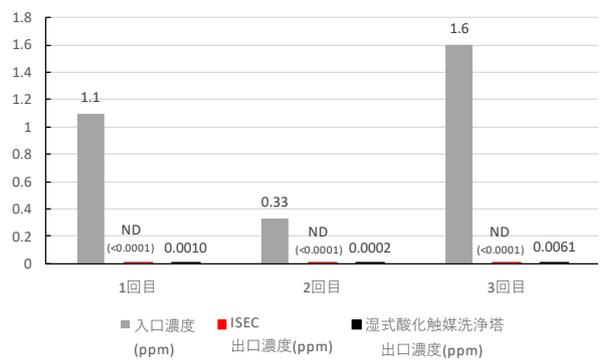


図 3-2 硫化水素の測定結果

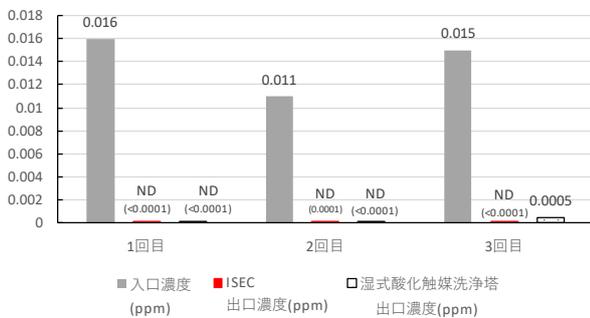


図 3-3 硫化メチルの測定結果

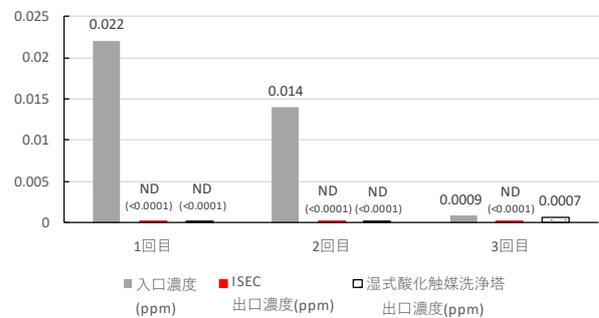


図 3-4 二硫化メチルの測定結果

3.2 監視項目

(1) 環境影響項目

項目	実証結果
騒音等	ファン異常音、振動、発熱等は見受けられなかった。

(2) 使用資源項目

ISEC 式脱臭塔の薬品使用量

項目	実証結果	
実証期間	令和元年 12 月 11 日～27 日	令和元年 12 月 27 日～令和 2 年 2 月 13 日
薬品・薬剤使用量	NaOH 使用量：0.104 kg	NaOH 使用量：0.104 kg
	食塩使用量：1.15 kg	食塩使用量：1.8 kg

薬品及び電力使用量からの消費コスト及びコスト削減率

	期間	湿式酸化触媒 洗浄塔	ISEC 式脱臭塔	コスト削減率	
小計	令和元年 12 月 11 日～ 令和元年 12 月 27 日	32,444 円 (7023 m ³ /h)	180.6 円 (90 m ³ /h) 14,093 円 (7023 m ³ /h)	-18,351 円	-56.6%
	令和元年 12 月 27 日～ 令和 2 年 2 月 13 日	84,182 円 (6925 m ³ /h)	517.1 円 (90 m ³ /h) 39,788 円 (6925 m ³ /h)		
合計		116,626 円	53,881 円	-62,745 円	-53.8%

(3) 運転及び維持管理性能項目

管理項目	実証結果
pH 値	pH7.0～8.0 の中性から弱アルカリ性で運転するが、試験中の平均 pH は 7.6 であった。

(4) 定性的所見

項目	所見
所見	出口側の臭気において入口側よりも臭気強度が低くなっていることが確認された。
実証対象製品の信頼性	試験期間において、実証対象技術に関わるトラブルは発生しなかった。
トラブルからの復帰方法	本体に関わるトラブル発生時には、メーカー（実証申請者）に連絡する。
運転及び維持管理マニュアルの評価	運転に対する専門的な知識は必要なく、マニュアルはユーザーが理解しやすい内容であった。
総括	<p>既存の湿式酸化触媒方式の脱臭装置を比較対象に、下水・し尿・ゴミ処理場から出る臭気物質の代表となるアンモニア、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル、トリメチルアミンの6物質について除去率について実証した。その結果、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチルの除去率はいずれも湿式酸化触媒洗浄方式の脱臭装置の除去率と同等もしくはそれ以上であることが確認された。</p> <p>また、使用薬品の削減については、試験期間中の実績としては、湿式酸化触媒洗浄方式の脱臭装置と比較して50%以上の削減効果が確認された。</p>
留意点	<p>実証期間が冬季で臭気の発生が少ないようで、入口のアンモニアとトリメチルアミンが不検出となったため、この2項目は、本試験の評価対象外とした。</p> <p>1回目の試験において、出口ガスの臭質を嗅いだところ、塩素臭が強かったことから次亜塩素酸ナトリウムによる残留塩素濃度の設定値を300～360mg/Lから230～270mg/Lに設定を下げる変更をした。実証対象技術を導入した際には、流入ガスの性状を把握して残留塩素濃度の設定を行う必要がある。</p>

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	記入欄				
製品の名称/形式	ISEC 式 脱臭装置				
製造(販売)企業名	株式会社一芯				
連絡先住所	〒651-2277 兵庫県神戸市西区美賀多台7丁目3の3				
TEL/FAX	TEL：078-997-9086 / FAX：078-959-9432				
E-mail	manabu.hamaguchi@1-sin.com				
Web アドレス	https://www.1-sin.com/				
サイズ	アルカリ・次亜塩洗浄塔本体：1200φ×3800H 1基 循環ポンプ：180L 洗浄塔充填剤：1800L 苛性ソーダ貯留タンク：0.5m ³ 1基 苛性ソーダ注入ポンプ：10cc/min 2台 ISEC 式電解装置(2型)：27kg イオウバスター(3型)：風量 50m ³ /min 350×680×750 ^H				
pH 適用範囲	運転時 pH は、必ずしも 7.0~8.0 に限らず、任意の pH 値を設定し、運転することが出来る。				
消耗品	項目	仕様	交換頻度(目安)		
	電極版	200×250	5年毎		
	ガスケット	電極版取付け部	5年毎		
	ガスケット	イオウバスター触媒出入口	5年毎		
コスト概算 (中濃度系臭気用を 想定)	費目		数量	単価(円)	金額(円)
	イニシャルコスト※				
	アルカリ・次亜塩洗浄塔本体		1基	5,800,000	5,800,000
	洗浄塔充填剤		1800L	1,800	3,240,000
	循環ポンプ		2台	1,200,000	2,400,000
	循環配管用各種バルブ類		1式	2,600,000	2,600,000
	苛性ソーダ貯留タンク		1基	1,400,000	1,400,000
	苛性ソーダ注入ポンプ		2台	750,000	1,500,000
	計装品(次亜塩濃度計、pH計他)		1式	3,000,000	3,000,000
	ISEC 式電解装置 (2型)		1基	5,800,000	5,800,000
	イオウバスター (3型)		1基	3,100,000	3,100,000
	合計金額		19,800,000		
ランニングコスト※					

項目	記入欄			
	アルカリ・次亜塩洗浄塔(15年毎) の充填剤交換代	1800L	1800	216,000
	苛性ソーダ	2213L	20.7	45,809
	電解槽電気代	3285 kWh	15	49,275
	電解槽 補充用食塩	48 Kg	150	7,200
	合計金額			318,284

※ コストなどは処理場の条件で変化する。

4.2 その他メーカーからの情報

(1) 環境保全効果

- ・酸性薬液（主に硫酸）を不要とし、薬品使用量がゼロとなる。
- ・次亜塩素酸ナトリウム・水酸化ナトリウムの薬品使用量を大幅に削減する。
尚次亜塩素酸ナトリウムは、使用全量を自家生成分で賄うため、購入費用を大幅に削減する。
- ・酸洗浄塔及びその薬品貯蔵タンク・付帯設備、次亜塩素酸ナトリウム薬品貯蔵タンク及び付帯設備等を削減し、装置総数を少なくする。また、これに付随する周辺ダクトや配管なども不要となり、省スペース化を実現する。電解槽・イオウバスターにも配管は存在するが、ポンプは小型あり、洗浄塔本体の大きさが違うため、所要総スペースとしては比較にならないほど小スペースとなる。

(2) 申請技術がもたらす副次的な環境影響

【電気使用量の削減】

- ・次亜塩素酸ナトリウム貯蔵タンクがなくなることにより、薬液注入ポンプ稼動用電気の削減が期待できる。

【CO₂排出量の削減】

- ・原材料の調達、製品デザイン、製造、使用及び廃棄の各段階でのCO₂の排出量の削減は、メーカーの試算によると48.6%の削減となる。
 - －酸洗浄塔及び他付帯設備の制作材のFRP減少により48.2tの削減となる。
 - －硫酸、水酸化ナトリウム、次亜塩素酸ナトリウム購入減少及び次亜塩素酸ナトリウム自家生成における電力使用量の増加部分を比較すると16.83t/年の削減となる。
 - －従来の薬液洗浄方式では原臭ガス中のCO₂が一部目的外吸収されていたが、この吸収量は同条件下での試算によると3.40t/年である。本装置は、中性域で使用するためCO₂の吸収は見込めない。これを加味しても合計のCO₂排出量が61.63t/年の削減となる。

○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（「環境保全効果等」）を第三者が客観的に実証することにより、環境技術の利用者による技術の購入、導入等の際に、環境保全効果等を容易に比較・検討し、適正な選択を可能にし、もって環境技術の普及を促進し、環境保全に寄与し、中小企業の育成も含めた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、環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室が策定した実証要領※1に基づいて審査され、採用した「ISEC 式 脱臭装置」について、以下に示す実証項目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脱臭効果
- 運転に必要な物資及び可能な限りコスト
- 運転及び維持管理にかかる労力

本報告書は、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、実証対象技術の実証項目について検討し、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, (平成 31 年 4 月 1 日), 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室

1.2 実証参加組織と実証参加者の分掌

実証業務の実施体制を図 1-1 に示す。技術実証検討会は、脱臭技術の有識者、臭気測定の利用者等で構成された専門家で構成した。実証計画や実証方法について意見を得て実証を実施した。実証参加者とその責任分掌を表 1-1 に示す。

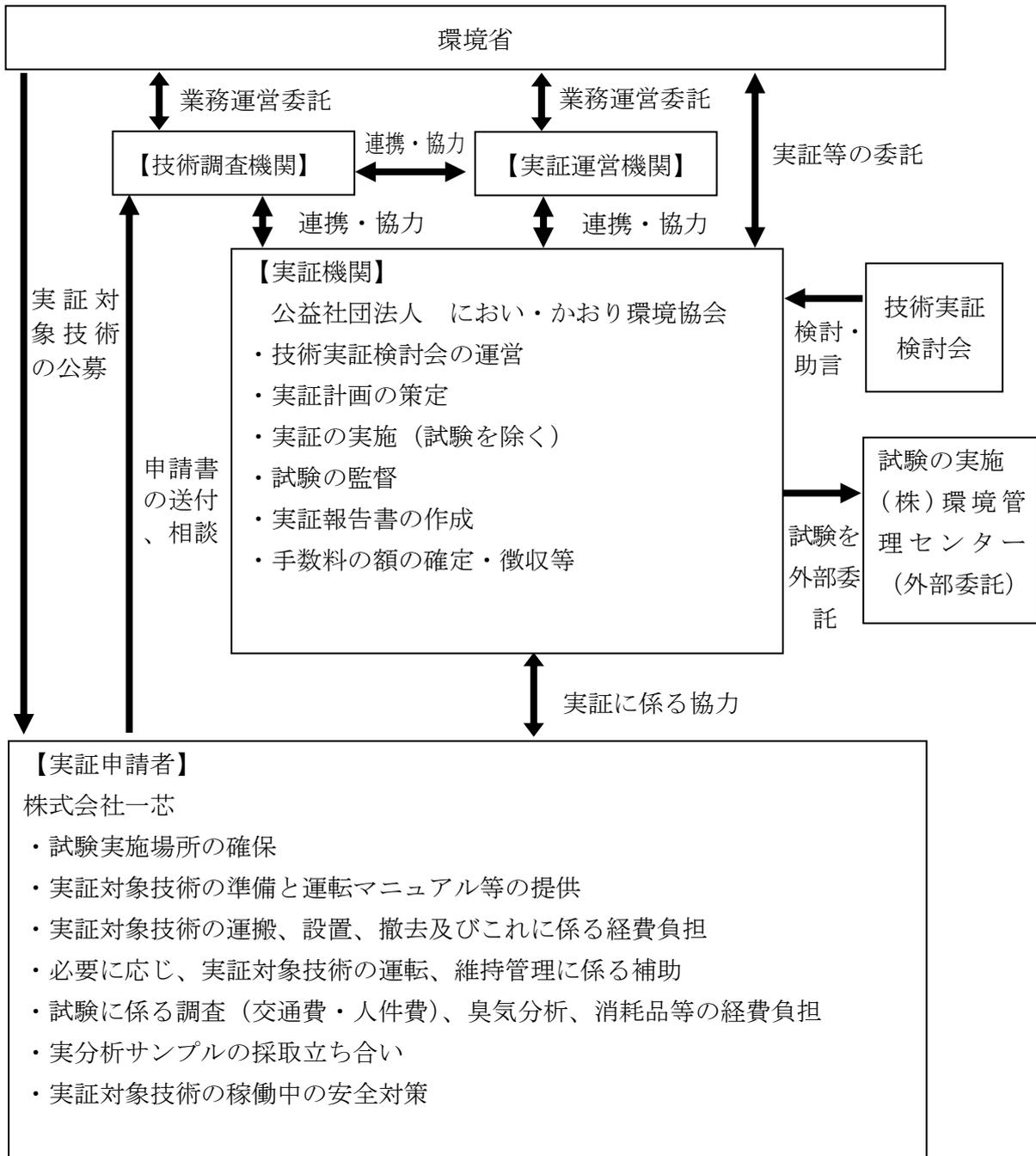


図 1-1 実証業務の実施体制

表 1-1 実証参加者の責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌	参加者名
実証機関	公益社団法人 におい・かおり 環境協会	・技術実証検討会の運営	太田 進
		・実証計画の策定	重岡久美子
		・実証の実施（試験を除く）	中辻 康
		・試験の監督	
		・実証報告書の作成	
		・手数料の額の確定・徴収等	大京寺信隆 石井 進
実証申請者	株式会社一芯	実証対象技術の準備と運転マ ニュアル等の提供	濱口正明
		実証対象技術の運搬、設置、撤 去及びこれに係る経費負担	岡村昌美
		必要に応じ、実証対象技術の運 転、維持管理に係る補助	濱口学
		試験に係る調査（交通費・人件 費）、臭気分析、消耗品等の経 費負担	
		分析サンプルの採取立ち合い	尾縣克博
		実証対象技術の稼働中の安全 対策	川中浩

2. 実証対象技術の概要

2.1 実証対象技術の原理と機器構成

(1) 実証対象技術の原理

既存の薬液洗浄法との大まかな違いは、下記二点である。

- 酸洗浄塔を必要としない。
- アルカリ・次亜洗浄塔での使用薬品である次亜塩素酸ソーダを自家生成する。

現在、一般的に使用されている薬液洗浄方式は、図 2-1 に示すような酸洗浄塔+アルカリ・次亜洗浄塔である。

酸洗浄塔ではアンモニアやトリメチルアミンを除去する。通常 pH2.0~3.0 程度で運転されており、アンモニアとの反应用薬品には硫酸を利用する。

アルカリ・次亜洗浄塔では硫化水素・メチルメルカプタン・硫化メチル・二硫化メチルを除去する。通常 pH10 程度で運転されており、上記臭気成分との反応には次亜塩素酸ナトリウムを利用する。更に、次亜塩素酸ソーダの安定及び酸化反応促進のための pH 調整用として、苛性ソーダが投入される。

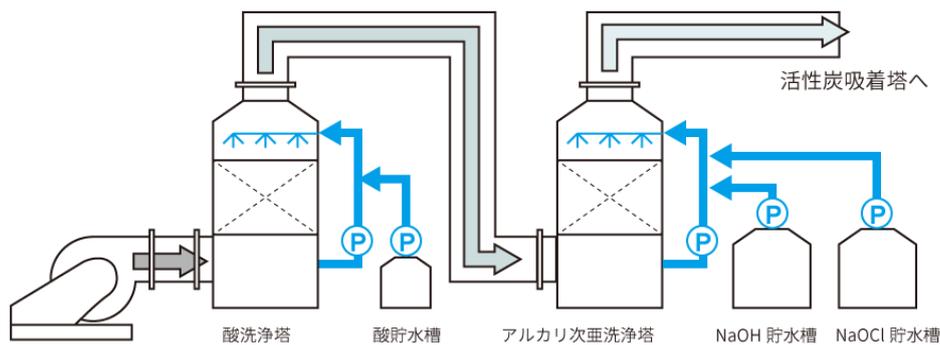


図 2-1 薬液洗浄法（従来型）

次に、実証技術の比較対象となる湿式触媒式薬液洗浄方式の原理を記す。湿式酸化触媒式薬液洗浄方式は、アルカリ・次亜洗浄塔内の充填物をプラスチック充填物から申請者が独自に開発した触媒に変更したものである。

この触媒の働きにより、アルカリ・次亜洗浄塔内における各種臭気成分の酸化反応速度が速くなり、pH8.5～9.0程度で運転が可能となる。このpH域で運転させることにより入口濃度30ppm程度までのアンモニアであれば、アルカリ・次亜洗浄塔内にて十分処理可能となる。このため、酸洗浄塔が不要となっている。

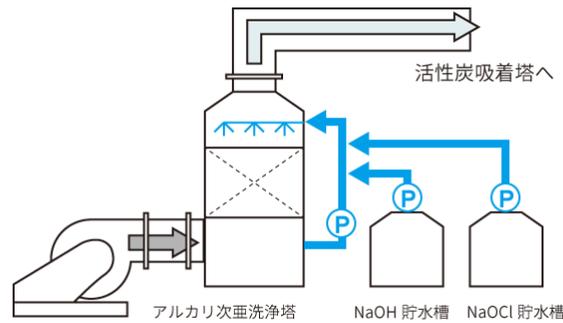


図 2-2 湿式酸化触媒法



写真 2-1 湿式酸化触媒洗浄塔



写真 2-2 苛性ソーダタンク (左)
次亜塩素酸ソーダタンク (右)

申請技術では、副生物としてのNaClに着目し、「海水の電気分解」の技術を転用することにより、「電解槽」において次亜塩素酸ソーダを自家生成が可能となる。これまでのシステムでは、市販の次亜塩素酸ソーダ（安定剤として数%程度の苛性ソーダが含まれている）を使用するのが一般的で、pH8.5以下での運転は困難であったが、電解次亜塩素酸ソーダはアルカリを含まないため、中性のpH域（実用化されている装置ではpH8.0前後）での運転が可能となる。尚、循環水などの定量引き抜きによって、液中のNaCl濃度が薄まるため、定期的に市販の食塩（工業的に精製されたもの）を投入する必要がある。

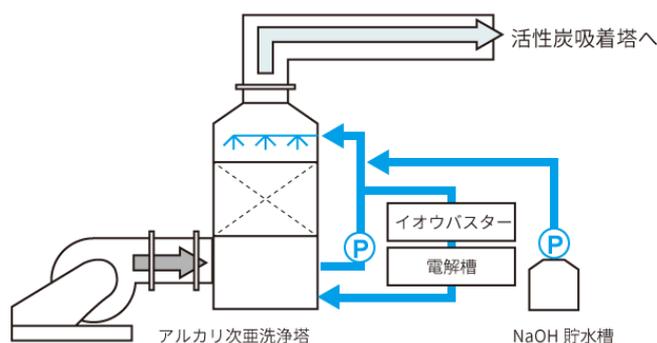


図 2-3 電解層方式（ISEC 式 脱臭装置）



写真 2-3 ISEC 式洗浄塔



写真 2-4 イオウバスター



写真 2-5 次亜塩素酸ソーダ生成電解槽

(2) 技術の特徴

本実証技術の大きな特徴は、下記二点である。

- ・酸洗浄塔を必要としない。
- ・アルカリ・次亜塩素酸での使用薬品である次亜塩素酸ソーダを自家生成する。

その他の特徴は以下の通り。

- ・アルカリ性物質であるアンモニアやトリメチルアミンは、高い pH 値である従来方式のアルカリ洗浄塔では除去できなかったが、当装置は pH=7.0~8.0 の中性~弱アルカリで運転するため、除去可能である。
- ・し尿処理場の臭気は炭酸ガス濃度が高く、高 pH の従来方式では苛性ソーダの消費ロスが大きかった。しかし、本装置の pH は中性付近のため、炭酸ガスの吸収が抑えられる。
- ・既存の薬液洗浄方式と比較して、酸性薬液(主に硫酸)の使用量をゼロとし、次亜塩素酸ナトリウム・水酸化ナトリウムの薬品使用量を大幅に削減できる。
- ・洗浄塔内循環水の一部を分岐し、イオウバスター内にて発生するイオウを硫酸イオン化することにより、イオウスケールの発生を予防し、電極に付着して電解効率が低下することが防げる。

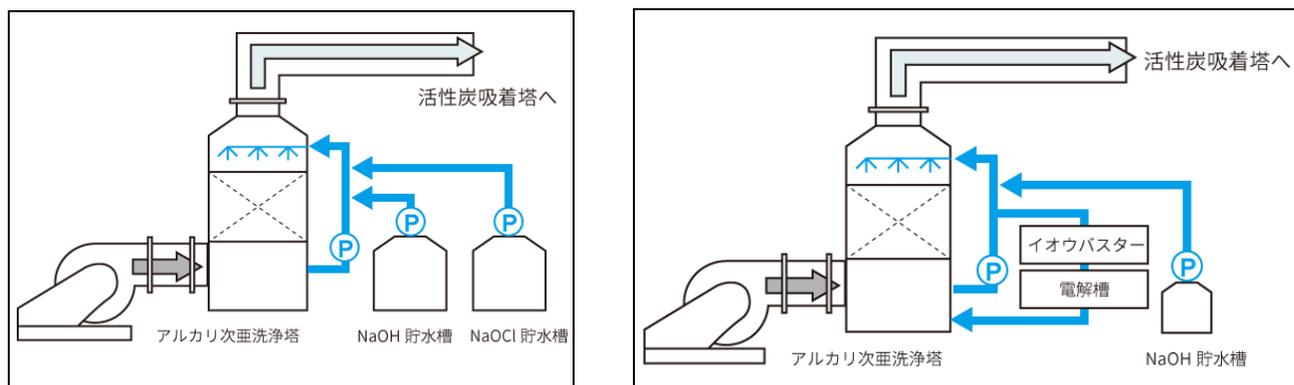


図 2-4 湿式酸化触媒洗浄概略図（左図）及び ISEC 式脱臭装置概略図（右図）

(3) 装置や周辺機器の構成

下水・し尿・ゴミ処理場から出る悪臭防止のための脱臭技術としての薬液洗浄方式である。構成機器は以下の通り。

- ・脱臭装置本機（アルカリ・次亜塩素酸洗浄塔 1台）
- ・薬品タンク（苛性ソーダタンク）
- ・脱臭ファン（1基）
- ・循環ポンプ（アルカリ、次亜塩素酸洗浄塔用循環ポンプ 2台）
- ・薬品注入ポンプ（苛性ソーダ 2台）
- ・次亜塩素酸生成電解槽（単層式電解槽 1台）
- ・イオウバスター（1台）

3. 試験実施場所の概要

3.1 実証の概要

試験実施場所はすでに湿式酸化触媒洗浄塔が運転されている長崎市西部下水処理場を借用し実施した(表 3-1)。試料ガスについては図 3-1 で示す A, B, C 点において表 3-2 に示す日程で採取し、採取翌日までに測定を実施する事とした。測定は表 3-3 に示す特定悪臭物質及び測定の方法（昭和 47 年 5 月 環境庁告示第 9 号）に基づき、実証期間内で 3 回測定を実施した。また、入口ガスに評価対象とした臭気成分以外の他の成分が存在する可能性も考えられるため、参考として臭気指数の測定を実施した。

表 3-1 試験実施場所

業種	下水処理場
施設規模	供用開始年月日：平成 4 年 7 月 1 日 水処理能力（現況）：69,500 立方メートル/日
所在地	長崎県長崎市神ノ島町 1 丁目 367-11
排ガス特性	沈砂池からの排ガスを対象

表 3-2 試験日及び試験機関

実証試験日	試験機関	所在地	ISO/IEC17025
令和元年 12 月 11 日	株式会社 環境管理センター 技術センター におい・かおり Lab	東京都日野市日野 304-9	認定*
令和 2 年 1 月 9 日			
令和 2 年 2 月 13 日			

※試験機関の ISO/IEC17025 の認定について

特定悪臭物質の測定及び嗅覚試験は認定外であるが、業務の受付から報告までの記録など認定に準じた管理手順で実施している。

表 3-3 特定悪臭物質の測定の方法

臭気成分	測定方法
アンモニア	吸光光度法またはイオンクロマトグラフ法
メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル、トリメチルアミン	ガスクロマトグラフ法



(A 点：脱臭装置 入口、B 点：ISEC 式脱臭装置 出口、C 点：湿式酸化触媒洗浄方式 脱臭装置出口)

図 3-1 試料採取場所

3.2 試験工程

- ・ 下記工程を、試験開始日(12/11)、中日(1/9)、最終日(2/13)と3回に分けて行う。
- ・ 試料採取時間は、臭気成分濃度が高くなる正午～16時ごろまでに行う。
- ・ 試料採取は、実証機関立ち合いのもと、分析機関が行うこととする。
 - ① 実証機関は、試験開始時に、A点にて風速計による風量確認及びマノメータによる静圧確認を行い、通風を確認する。必要があれば、申請者が風量、圧力をダンパ弁にて調整する。
 - ② 臭気ガス採取用袋に日時、検体名（試験機・実機入口・試験機出口・実機出口）を記載する。
 - ③ 確認後、A点、B点、C点のコックを開き、臭気ガスを同時に採取する。
アンモニアとトリメチルアミンは吸収液採取、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル及び臭気指数は試料採取袋で試料採取を行う。
 - ④ 採取後、A点、B点、C点のコックを閉める。
 - ⑤ 分析機関は、採取試料等の破損に十分留意し、それぞれの試料を持ち帰り分析する。

《留意点》

- ・ 試料採取時、可能な限り全物質同時に採取することが望ましいが、物理的に難しい場合は、物質ごとに同時に採取することとする。
- ・ 試料採取時、臭気と外気が混合しないよう十分留意すること。
- ・ 実証機関は、試験データ品質の担保のため、試料採取時に適正な手順での採取が行われているか立ち合い者を置くこと。
- ・ 申請者は、必要に応じて試料採取に立ち会うこと。
- ・ 申請者は各試料採取の前に、装置が正常に動いていることを確認すること。実証機関は必要に応じてそれに立ち会うこと。
- ・ 申請者は、硫酸または次亜塩素酸ソーダの使用あるいは食塩の追加投入が発生した際、これを即時適切に記録する。

3.3 試験機設置概要

- ・実稼働設備の薬液洗浄塔入口直前から 150φ のバイパスダクトを設け、その先に本試験機を 80φ のダクトにてつなぐ。（同じバイパスダクトから、同時に試験を行う中空炭塔/4φ ペレット炭塔試験機を設けるため、分岐がある）。
- ・風量・圧力は、マノメータによる静圧計測を行うことで通風を確認し、風量、圧力をダンパ弁にて調整する。
- ・バイパスダクト分岐直後に硫化水素濃度計（測定範囲 1~100ppm、1 分間隔での測定）、試験機出口に硫化水素濃度計（測定範囲 1~10ppm、測定 1 分間隔）を設け、常時ガスが流れていることを確認できる状態としておく。
- ・その他、主な仕様は下記の通り。

表 3-4 ISEC 式脱臭装置 試験機仕様一覧

項目	試験機仕様	(参考) 実稼働設備の 薬液洗浄塔仕様	
脱臭塔径	200φ	1800φ	
塔内流速	LV=0.8m/s	LV=0.8m/s	
脱臭処理風量	1.5 m ³ /min	120 m ³ /min	
散水量	3.75 L/min	300 L/min	
使用 薬品 等	苛性ソーダ	購入品（20%）	購入品（20%）
	次亜塩素酸ソーダ	電解槽による自家生成	購入品（12%）
	食塩	市販食塩（工業的に製造されたもの）	不要

表 3-5 ISEC 式脱臭装置 試験機監視・計測項目一覧

項目	単位	監理・計測方法	備考
ガス流量	m ³ /min	風速計にて計測	設定値 1.5m ³ /min
ガス温度(流入時)	℃	硫化水素測定器にて計測	データロガーにて記録する。
ガス温度(処理ガス)	℃	硫化水素測定器にて計測	データロガーにて記録する。
設置場所の空気温度	℃	温湿度計にて計測	データロガーにて記録する。
設置場所の相対湿度	%	温湿度計にて計測	データロガーにて記録する。
硫化水素濃度	ppm	硫化水素測定器にて計測	データロガーにて記録する。 入口・試験機出口の二か所。
給水量 [※]	L	積算流量計にて計測	-
電解槽用電力使用量	kwh	制御盤内使用電力計による測定	-
薬品使用量 (苛性ソーダ)	L	使用残量にて測定	-
食塩投入量	kg	当初投入量 1 kg. 追加投入時には運転員により記録	試験開始時に投入する。その後塩分濃度が低下したら投入する。

※ 給水量は次亜塩素酸の濃度変更のため途中からテスト機の洗浄用に使用した水と合計になって、テストに使用した水量が不明になり計測が難しくなったことと、実機の使用水量が不明のため、ランニングコストの「水量部分」が比較できないことから、試験の管理・計測項目から除外した。

表 3-6 ISEC 式脱臭装置 試験機機器構成表

機器名称	機能
①電解装置	食塩（NaCl）を電気分解し、電解次亜塩を生成する。
②触媒塔	アルカリ・次亜洗浄塔に相当する。臭気成分を分解する。
③苛性ソーダ供給ユニット	pH 制御用に苛性ソーダを供給する。貯留タンク+注入ポンプを含む。
④電解水移送ポンプ	電解水を電解槽から触媒塔に注入するためのポンプ。
⑤イオウバスター	イオウスケールの発生を抑える。
⑥循環ポンプ	触媒塔内の循環水の循環用ポンプ。
⑦定量引抜きポンプ	循環水の定量引き抜きを行う。
⑧給水用電磁弁	循環水の給水を行う。
⑨積算流量計	給水量の把握。
⑩ユニット制御盤	触媒塔内の pH の調整、電解槽への電気供給の調整を行う。
(⑪吸着塔) (仮設)	本試験に直接関係ないが、試験機出口排気内に臭気成分が残っている可能性を考慮して活性炭吸着塔を付設する。 尚、試験開始前の条件設定期間（準備期間）中に、残存臭気成分が発生するかどうかを確認し、仮に臭気漏れの可能性があれば塔内に活性炭を充填する。

3.4 試験スケジュール

日程	10/21	12/10-11	12/16	1/8-9	2/12-13	2/27	3/31
実施内容	第1回 検討会	試験 開始	第2回 検討会		試験 終了	第3回 検討会	報告書提出
サンプル採取・分 析		←●→		←●→	←●→		

4. 実証項目

本申請技術の実証では特定悪臭物質の除去率と消耗品などの削減率を実証項目とした。なお、実証項目の悪臭物質の除去率については式1により求めた。

$$\text{除去率} = (\text{入口濃度} - \text{出口濃度}) / \text{入口濃度} \times 100 \dots \dots \dots (\text{式1})$$

表 4-1 実証の方針

視点	実証項目
除去率	特定悪臭物質 6 物質での比較
環境負荷の軽減	消耗品などの比較

表 4-2 実証項目及び試験方法の概要

実証項目	試験方法の概要
悪臭物質の除去率	悪臭防止法に定める特定悪臭物質のうち、下水・し尿・ゴミ処理場における悪臭の主成分である 6 成分（アンモニア、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル、トリメチルアミン）について試験装置への入口・出口濃度を測定し、その除去率を既存の湿式酸化触媒方式の薬液洗浄塔と ISEC で比較を行う。
消耗品などの比較	既存の湿式酸化触媒方式を脱臭の根本方式としながら、付帯設備をよりコンパクトな装置としたことで、湿式酸化触媒洗浄方式と同等以上の悪臭防止性能を担保することで、これまで同様に環境保全に資することができる。 また、既存の湿式酸化触媒方式と比較して、酸性薬液（主に硫酸）の使用量をゼロとし、次亜塩素酸ナトリウム・水酸化ナトリウムの薬品使用量を大幅に削減されるため比較を行う。

表 4-3 実証項目

臭気成分	A 入口濃度 (ppm)	B, C 出口濃度 (ppm)	目標値（実証値）：除去率 (入口濃度－出口濃度) / 入口濃度 × 100
アンモニア	2.0	1.0	50.0% または分析下限値以下
メチルメルカプタン	0.20	0.0020	99.0% または分析下限値以下
硫化水素	5.0	0.020	99.6% または分析下限値以下
硫化メチル	0.050	0.010	80.0% または分析下限値以下
二硫化メチル	0.030	0.0090	70.0% または分析下限値以下
トリメチルアミン	0.010	0.0050	50.0% または分析下限値以下

5. 試験結果

5.1 悪臭物質の除去率

試験は経時変化をみるため、12月から2月の間に3回実施した。悪臭物質の測定結果を表5-1及び表5-2に示す。

表5-1 ISEC式脱臭装置の測定結果

臭気成分	1回目		2回目		3回目	
	入口濃度 (ppm)	出口濃度 (ppm)	入口濃度 (ppm)	出口濃度 (ppm)	入口濃度 (ppm)	出口濃度 (ppm)
アンモニア	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
メチルメルカプタン	0.090	<0.0001	0.13	<0.0001	0.16	<0.0001
硫化水素	1.1	<0.0001	0.33	<0.0001	1.6	<0.0001
硫化メチル	0.016	<0.0001	0.011	<0.0001	0.015	<0.0001
二硫化メチル	0.022	<0.0001	0.014	<0.0001	0.0009	<0.0001
トリメチルアミン	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005

表5-2 湿式酸化触媒洗浄塔方式脱臭装置の測定結果

臭気成分	1回目		2回目		3回目	
	入口濃度 (ppm)	出口濃度 (ppm)	入口濃度 (ppm)	出口濃度 (ppm)	入口濃度 (ppm)	出口濃度 (ppm)
アンモニア	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
メチルメルカプタン	0.090	0.0001	0.13	<0.0001	0.16	<0.0001
硫化水素	1.1	0.0010	0.33	0.0002	1.6	0.0061
硫化メチル	0.016	<0.0001	0.011	<0.0001	0.015	0.0005
二硫化メチル	0.022	0.0001	0.014	<0.0001	0.0009	0.0007
トリメチルアミン	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005

5.2 使用薬品などの削減効果

使用薬品の削減については試験を実施した12月から2月の期間で比較を行った。ただし、試験期間中に濃度設定の変更を行ったため、設定変更前と後を分けてコストを計算している。なお、取得したデータは実証申請者から提出されたものである。

表 5-3 薬品ランニングコスト

項目	期間	湿式酸化触媒洗浄塔	ISEC 式脱臭塔
風量	令和元年 12 月 11 日～	117.05 m ³ /min	1.5 m ³ /min
	令和元年 12 月 27 日	(7023 m ³ /h)	(90 m ³ /h)
	令和元年 12 月 27 日～	115.42 m ³ /min	1.5 m ³ /min
	令和 2 年 2 月 13 日	(6925m ³ /h)	(90 m ³ /h)

計算単価は、苛性ソーダ(20%)を 57 円/kg、次亜塩素酸ソーダ(12%)を 52 円/kg、食塩を 50 円/kg、電気代を 15.1 円/kW としてコストを計算している。計算比重は苛性ソーダ(20%)を 1.21kg/L、次亜塩(12%)を 1.2kg/L で計算している。

表 5-4 使用薬品

			湿式酸化触媒洗浄塔	ISEC 式脱臭塔
使用薬品 (令和元年 12 月 11 日～ 12 月 27 日)	NaOH	使用量	27.3 kg (20%)	0.104 kg (4%)
		金額	1,556 円	1.1 円
	12% NaOCl	使用量	594 kg	-
		金額	30,888 円	-
	食塩	使用量	-	1.15 kg
		金額	-	57.5 円
	電解槽 電気代	使用量	-	8.06 kW
		金額	-	122 円
使用薬品 (令和元年 12 月 27 日～ 令和 2 年 2 月 13 日)	NaOH	使用量	75.6 kg (20%)	0.104 kg (4%)
		金額	4,310 円	1.1 円
	12% NaOCl	使用量	1,536 kg	-
		金額	79,872 円	-
	食塩	使用量	-	1.8 kg
		金額	-	90 円
	電解槽 電気代	使用量	-	28.22 kW
		金額	-	426 円

電解槽の消費電力及び添加食塩量の記録データを表 5-5 に示す。

表 5-5 電解槽の消費電力及び添加食塩量

	チェック日			電解槽消費電力量(kW)		添加食塩量(g)	備考
	年	月	日	通算 電力量(kW)	測定間 電力量(kW)		
開始	令和元年	12	11	168.77	-	-	次亜塩素酸ソーダ の残留塩素濃度設 定変更前 300～ 360mg/L
			17	171.80	3.03	500	
			24	175.37	3.57	650	
終了	令和2年		27	176.83	1.46	100	12月24日 次亜塩素酸ソーダ の残留塩素濃度設 定変更後 230～ 270mg/L
			28	177.32	0.49	150	
		1	7	183.40	6.08	400	
			16	189.70	5.67	250	
			22	192.51	3.44	250	
			28	195.89	3.38	100	
			2	2	198.87	2.98	
		11		204.01	5.14	350	
		13		205.05	1.04	-	
合計				36.28		2,950	

以上の薬品の使用量等から算出した消費コスト及びコスト削減率を表 5-6 に示す。

表 5-6 消費コスト及びコスト削減率

	期間	湿式酸化触媒洗浄塔	ISEC 式脱臭塔	コスト削減率	
小計	令和元年 12 月 11 日～ 令和元年 12 月 27 日	32,444 円 (7023 m ³ /h)	180.6 円(90 m ³ /h) 14,093 円(7023 m ³ /h)	-18,351 円	-56.6%
	令和元年 12 月 27 日～ 令和2年 2 月 13 日	84,182 円 (6925 m ³ /h)	517.1 円(90 m ³ /h) 39,788 円(6925 m ³ /h)		
合計		116,626 円	53,881 円	-62,745 円	-53.8%

以上の結果から使用薬品の削減については、試験期間中の実績としては、湿式酸化触媒洗浄方式の脱臭装置と比較して 50%以上の削減効果が確認された。

参考データ

入口ガスに評価対象とした臭気成分以外の他の成分が存在する可能性も考えられるため、参考として臭気指数の測定を実施した。

なお、脱臭効率は臭気指数の測定結果から臭気濃度を算出して次式で求めた。

$$\text{脱臭効率} = \frac{(\text{入口臭気濃度} - \text{出口臭気濃度})}{\text{入口臭気濃度}} \times 100$$

表 5-7 脱臭効率

ISEC 式洗浄塔	入口臭気指数 (臭気濃度)	出口臭気指数 (臭気濃度)	脱臭効率
湿式酸化触媒方式洗浄塔	44 (25000)	22 (160)	$\frac{(25000 - 160)}{25000} \times 100 = 99.4\%$
		24 (250)	$\frac{(25000 - 250)}{25000} \times 100 = 99.0\%$
1 回目	44 (25000)	22 (160)	$\frac{(25000 - 160)}{25000} \times 100 = 99.4\%$
		24 (250)	$\frac{(25000 - 250)}{25000} \times 100 = 99.0\%$
2 回目	42 (16000)	25 (320)	$\frac{(16000 - 320)}{16000} \times 100 = 98.0\%$
		20 (100)	$\frac{(16000 - 100)}{16000} \times 100 = 99.4\%$
3 回目	44 (25000)	24 (250)	$\frac{(25000 - 250)}{25000} \times 100 = 99.0\%$
		21 (130)	$\frac{(25000 - 130)}{25000} \times 100 = 99.5\%$

試料採取袋に採取した試料の臭気強度と臭質を現場で確認した。また、分析を行ったオペレーターの臭気強度と臭質も確認した。その結果を表 5-8 及び表 5-9 に示す。

表 5-8 臭気強度の評価（現場での評価）

採取場所	検体名	臭気強度[臭質]		
		1 回目 (12/11)	2 回目 (1/9)	3 回目 (2/13)
A	入口(共通)	3.5[下水臭]	3.5[下水臭]	3.5[下水臭]
B	ISEC 式 出口	2.5[塩素臭。A の臭 質から変化有り]	2.5[塩素臭]	3[塩素臭]
C	湿式酸化触媒 方式出口	2.5[塩素臭。A の臭 質から変化有り]	2.5 [埃っぽい塩素臭]	2.5[薄い塩素臭]

表 5-9 臭気強度の評価（分析室での評価）

採取場所	検体名	臭気強度[臭質]		
		1 回目 (12/11)	2 回目 (1/9)	3 回目 (2/13)
A	入口(共通)	4[下水臭]	4[下水臭]	4[下水臭]
B	ISEC 式 出口	3[塩素処理臭]	3.5[塩素処理臭]	3[塩素処理臭]
C	湿式酸化触媒 方式出口	3[下水臭]	3.5[下水臭及び塩 素処理臭]	3.5[下水臭及び塩素 処理臭]

6. 試験結果に基づく実証結果

装置入口側において、アンモニアとトリメチルアミンの濃度が低く検出されなかったため、それら以外の4物質について、除去率を比較することとした。また、出口濃度が定量下限値未満の場合は、定量下限値を出口濃度とみなして、除去率を計算した。結果を表6-1～表6-4及び図6-1～図6-4に示す。

表 6-1 メチルメルカプタンの除去率

	共通		ISEC 式洗浄塔		湿式酸化触媒方式洗浄塔	
	A. 入口濃度 (ppm)	B. 出口濃度 (ppm)	除去率		C. 出口濃度 (ppm)	除去率
1 回目	0.09	<0.0001	99.9%以上		0.0001	99.9%
2 回目	0.13	<0.0001	99.9%以上		<0.0001	99.9%以上
3 回目	0.16	<0.0001	99.4%以上		<0.0001	99.9%

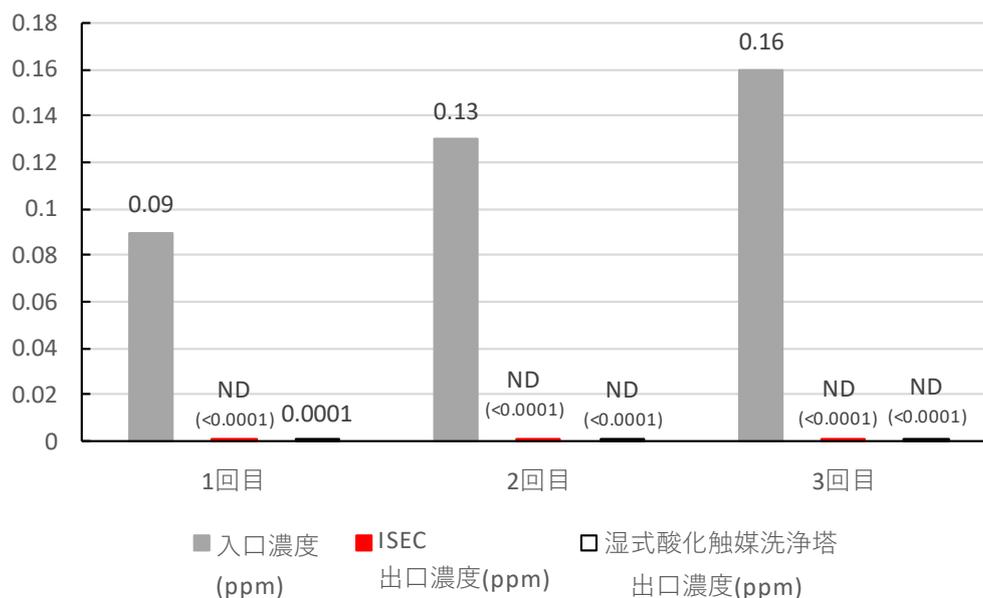


図 6-1 メチルメルカプタンの測定結果

メチルメルカプタンの目標除去率は99.0%で設定されていたが、1回目、2回目、3回目の測定において、いずれも99.0%以上の除去率であった。

表 6-2 硫化水素の除去率

	共通	ISEC 式洗浄塔		湿式酸化触媒方式洗浄塔	
	A. 入口濃度 (ppm)	B. 出口濃度 (ppm)	除去率	C. 出口濃度 (ppm)	除去率
1 回目	1.1	<0.0001	99.9%以上	0.0010	99.9%
2 回目	0.33	<0.0001	99.9%以上	0.0002	99.9%
3 回目	1.6	<0.0001	99.9%以上	0.0061	99.6%

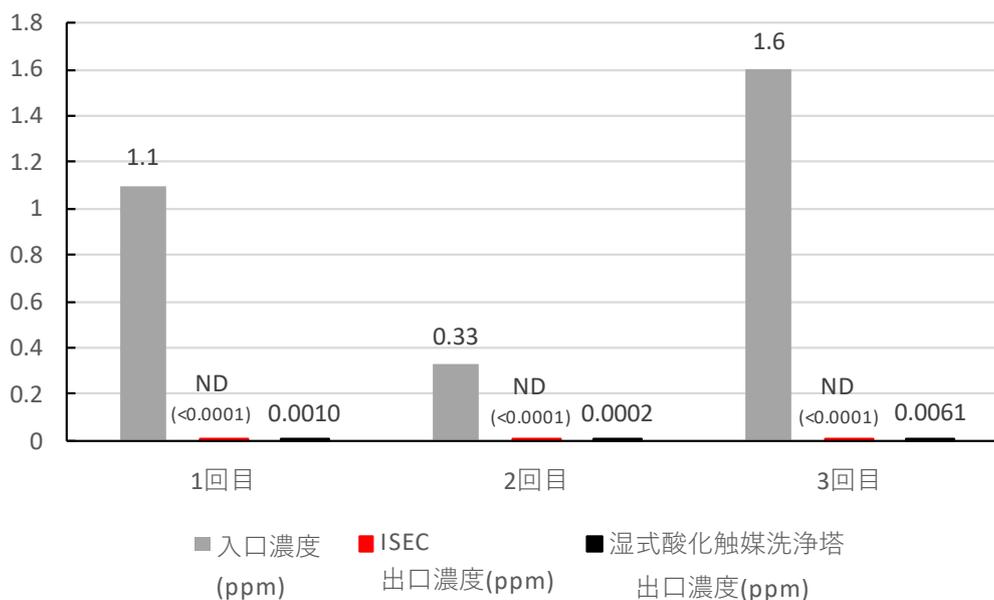


図 6-2 硫化水素の測定結果

硫化水素の目標除去率は 99.6% で設定されていたが、1 回目、2 回目、3 回目の測定において、いずれも 99.6% 以上の除去率であった。

表 6-3 硫化メチルの除去率

	共通		ISEC 式洗浄塔		湿式酸化触媒方式洗浄塔	
	A. 入口濃度 (ppm)	B. 出口濃度 (ppm)	除去率	C. 出口濃度 (ppm)	除去率	
1 回目	0.016	<0.0001	99.4%以上	<0.0001	99.4%以上	
2 回目	0.011	<0.0001	99.1%以上	<0.0001	99.1%以上	
3 回目	0.015	<0.0001	99.3%以上	0.0005	96.7%	

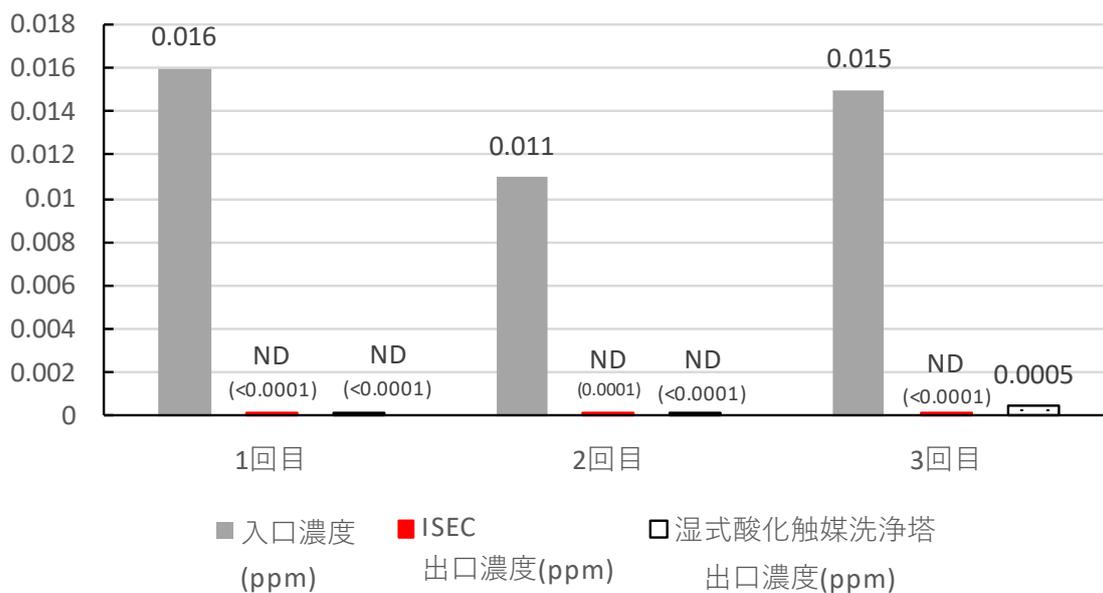


図 6-3 硫化メチルの測定結果

硫化メチル目標除去率の目標除去率は 80.0%で設定されていたが、1 回目、2 回目、3 回目の測定において、いずれも 80.0%以上の除去率であった。

表 6-4 二硫化メチルの除去率

	共通	ISEC 式洗浄塔		湿式酸化触媒方式洗浄塔	
	A. 入口濃度 (ppm)	B. 出口濃度 (ppm)	除去率	C. 出口濃度 (ppm)	除去率
1 回目	0.022	<0.0001	99.5%以上	0.0001	99.5%
2 回目	0.014	<0.0001	99.3%以上	<0.0001	99.3%以上
3 回目	0.0009	<0.0001	88.9%以上	0.0007	22.2%

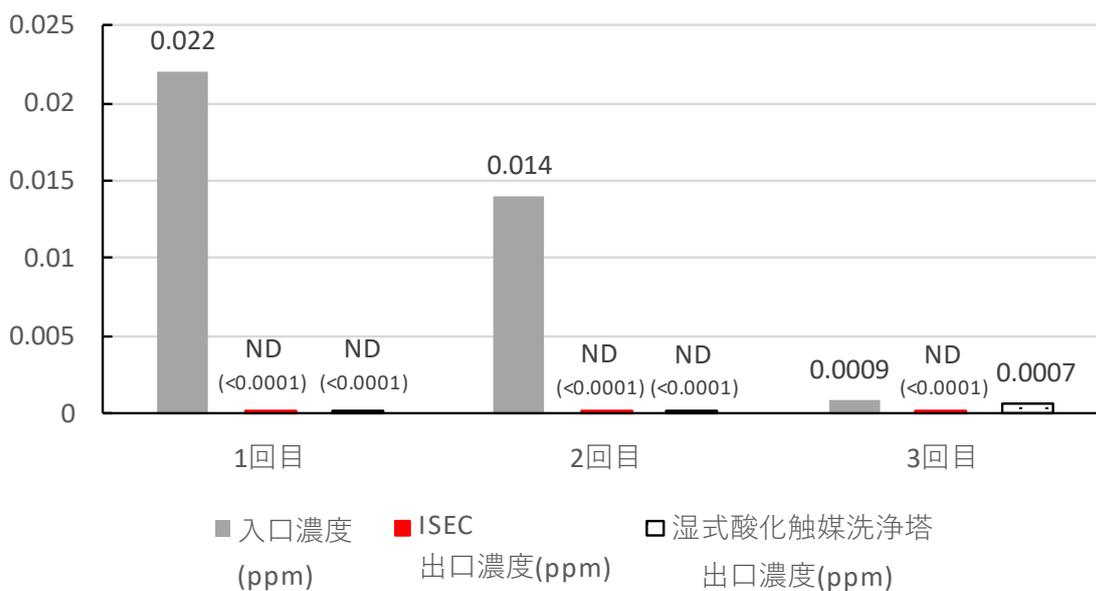


図 6-4 二硫化メチルの測定結果

二硫化メチル目標除去率の 70.0%で設定されていたが、1 回目、2 回目、3 回目の測定において、いずれも 70.0%以上の除去率であった。なお、3 回目の除去率が低いのは入口濃度が低かった影響である。

7. 実証結果に関する考察

7.1 期待される導入効果等

既存の薬液洗浄方式と比較すると、酸性薬液(主に硫酸)の使用量がなくなり、次亜塩素酸ナトリウム・水酸化ナトリウムの薬品使用量を大幅に削減することが確認できた。また、酸性薬液の取り扱いがなくなることで、既存の薬液洗浄方式よりも安全に運転・維持管理できることが確認できた。

7.2 技術としての新規性

従来の薬液洗浄塔は、酸洗浄塔とアルカリ次亜塩素酸洗浄塔の2塔で構成されるのが一般的である。しかし、ISEC 式は酸洗浄塔を必要としない湿式酸化触媒方式の洗浄塔と次亜塩素酸ナトリウムを自動生成する装置(電解槽)及びイオウスケール発生抑制装置(イオウバスター)を組み合わせたシステムである。次亜塩素酸ナトリウムの生成技術は船舶関係では古くからの技術であるが、それを処理水に適用し脱臭に応用する事例は少ない。

7.3 普及拡大に向けた課題等

本申請技術は下水・し尿・ゴミ処理場から出る悪臭防止のための脱臭技術としての薬液洗浄方式であるが、普及拡大に向けては適応業種を増やしていくことが必要と考えられる。

同じような臭気が排出される業種としては、堆肥化施設や畜産農業などが考えられるが、既存の薬液洗浄塔では設置場所の確保が難しいケースも多い。そこで、省スペースでの設置が期待できるISEC 式であれば、薬液のランニングコストも抑えられ、メンテナンスも安全にできるメリットがあり普及が期待できる。