

日本産業機械工業会会長賞 「使用薬品（次亜塩素酸）を電解自家生成で 賄う脱臭装置（ISEC 式）」 株式会社一芯

1. 装置の詳細説明

本申請装置は、主にし尿処理場、下水処理場、ゴミ処理場で利用される脱臭装置である。

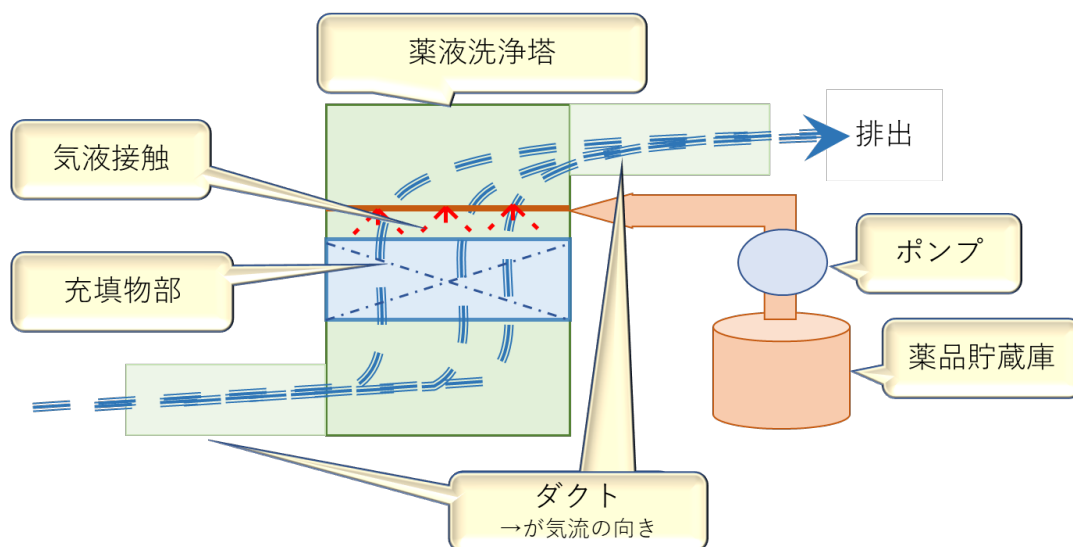
上記のような施設では一般的に、生物脱臭法・薬液洗浄法・活性炭吸着法をそれぞれ適宜組み合わせた複合装置が利用される。本方式は、この中の薬液洗浄法について、従来購入・保管していた次亜塩素酸ナトリウム（以下、次亜塩と呼ぶ）を反応副成物である食塩を電気分解して自家生成する、資源循環プロセスを内包したシステムである。

本装置の詳細説明に入る前に、薬液洗浄法の基本的な方式と考え方を説明しておく。

（1）薬液洗浄法の基本構造

薬液洗浄法とは、主に以下のような特徴を持つ方式である。

- ・臭気ガスを、塔内（薬液洗浄塔と呼ぶ：図表 1）にて化学薬品と反応させ無臭化する。
- ・臭気ガスは気相・薬品は液相であるが、気液接触効率を高めるために、内部に充填物を充填する。充填物はプラスチック製であったり、セラミック製であったりと、各社により異なる。
- ・上記のような施設では、主にアンモニア・硫化水素・トリメチルアミン・メチルメルカプタン・硫化メチル・二硫化メチルを対象としている装置がほとんどである。



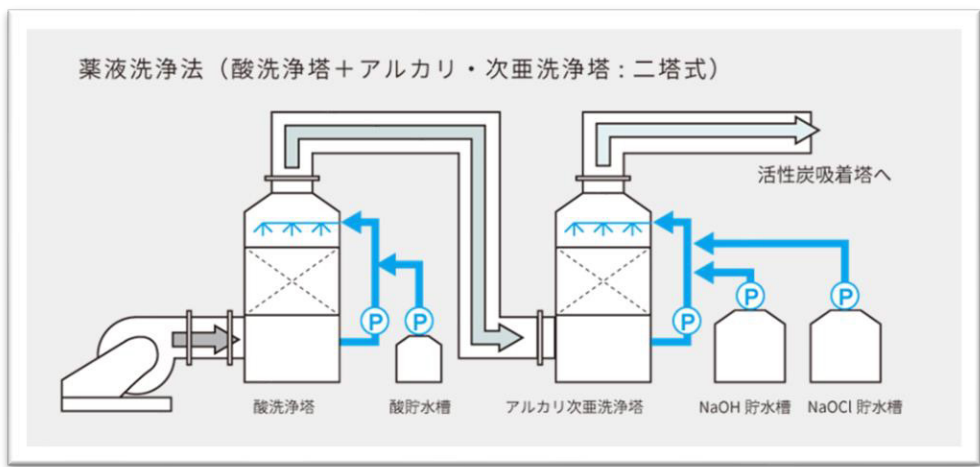
図表 1 薬液洗浄塔の基本構造

(2) 現在主流の方式の特徴

現在主流である、酸洗浄塔とアルカリ・次亜洗浄塔からなる二塔式の基本構造を図表 2 に示す。この方式では、アンモニア及びトリメチルアミンは酸洗浄塔にて硫酸で除去し、硫化水素・メチルメルカプタン・硫化メチル・二硫化メチルはアルカリ・次亜洗浄塔にて次亜塩にて除去している。

運転時の pH 値は概ね酸洗浄塔において pH2.0 前後、アルカリ・次亜洗浄塔において pH9.5～11.0 程度である。

この場合、塔内では化学反応は、図表 3 のような反応がそれぞれ起こっている。



図表 2 現在主流である、酸洗浄塔＋アルカリ・次亜洗浄塔：二塔式の基本構造

図表 3 二塔式薬液洗浄法での塔内での反応

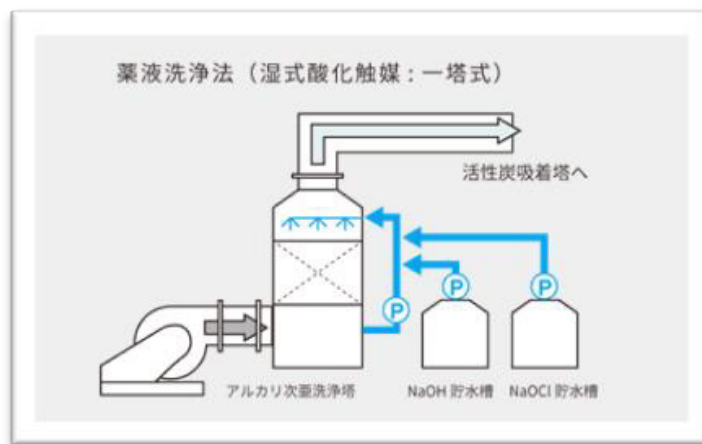
酸洗浄塔内		
	アンモニア	$2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	トリメチルアミン	$2(\text{CH}_3)_3\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow ((\text{CH}_3)_3\text{NH})_2\text{SO}_4$
アルカリ・次亜洗浄塔内		
	硫化水素	① $\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ② $\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{S} + \text{NaCl} + 2\text{NaOH}$ ③ $\text{Na}_2\text{S} + 4\text{NaOCl} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{NaCl}$ ※ 弱酸性物質である H_2S は、先に式①により Na_2S を生成する。 次に式②、③に従って次亜塩素酸ソーダと反応し、イオウと硫酸ナトリウムと生成する
	メチルメルカプタン	$\text{CH}_3\text{SH} + 3\text{NaOCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{SO}_3\text{Na} + 3\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	硫化メチル	$(\text{CH}_3)_2\text{S} + 2\text{NaOCl} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}_2 + 2\text{NaCl}$
	二硫化メチル	$(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + 5\text{NaOCl} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{SO}_3\text{Na} + 5\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

(3) 当社標準の薬液洗浄法

当社の一塔式薬液洗浄塔の模式図を図表 4 に示す。当社では、充填物をセラミック製湿式酸化触媒とし、反応効率を飛躍的に向上させることでアルカリ・次亜洗浄塔においてアンモニア・トリメチルアミンも除去可能とし、既に酸洗浄塔を不要とする一塔式を標準化している。

運転時の pH 値は概ねアルカリ・次亜洗浄塔内で pH8.5～9.0 程度である。

この方式では、塔内で図表 5 のような反応が起こっている。



図表 4 当社標準の一塔式薬液洗浄塔 模式図

図表 5 当社標準の一塔式薬液洗浄塔内での反応

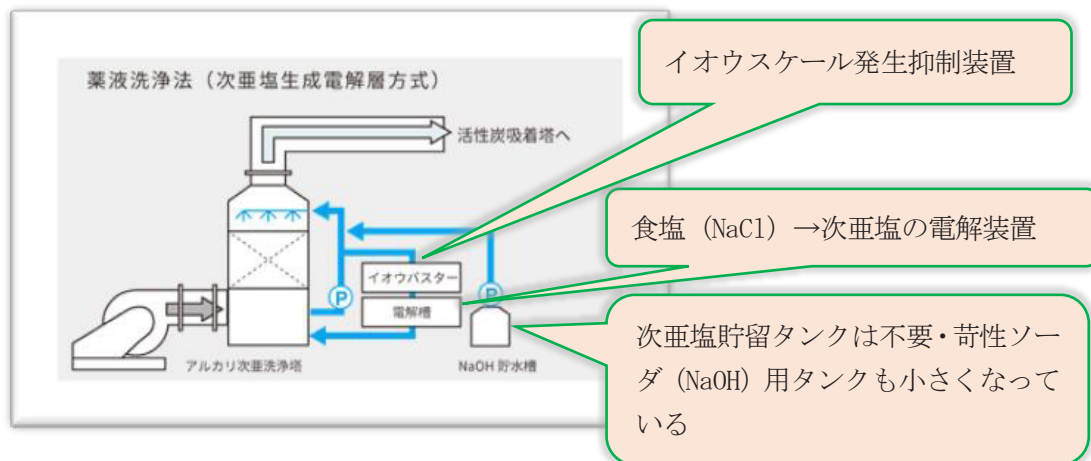
アルカリ・次亜洗浄塔内（一塔式）		
	硫化水素	$\text{H}_2\text{S} + 4\text{NaOCl} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (4/5)$ $\text{H}_2\text{S} + \text{NaOCl} \rightarrow \text{S} + \text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (1/5)$
	メチルメルカプタン	$\text{CH}_3\text{SH} + 3\text{NaOCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{SO}_3\text{Na} + 3\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	硫化メチル	$(\text{CH}_3)_2\text{S} + 2\text{NaOCl} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}_2 + 2\text{NaCl}$
	二硫化メチル	$(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + 5\text{NaOCl} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{SO}_3\text{Na} + 5\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	アンモニア	$2\text{NH}_3 + 3\text{NaOCl} \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O}$
	トリメチルアミン	$2(\text{CH}_3)_3\text{N} + 21\text{NaOCl} \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{CO}_2 + 21\text{NaCl} + 9\text{H}_2\text{O}$
	炭酸ガス（※）	$\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ （※）し尿・下水処理場の臭気は概して大気中の 10 から 30 倍程度の炭酸ガス濃度となる。このため、苛性ソーダの消費ロスが大きくなる。 これは薬品使用コストに大きく効いてくるため、あえて記載した

(4) ISEC 式脱臭装置

本装置（ISEC 式脱臭装置）の模式図を図表 6 に示す。本装置では、図表 7 の NaCl に着目した。

海水の電気分解による次亜塩生成は離島などで広汎に使われているシステムである。

本装置ではこの海水電解法を応用し、臭気ガスと次亜塩素酸の反応副成物である食塩（NaCl）を電気分解することで次亜塩（NaOCl）を再生成し、これを主反応に用いるという資源循環プロセスを脱臭装置に組み込んだ。運転時の pH 設定値は任意である。



図表 6 ISEC 式脱臭装置 模式図

図表 7 ISEC 式脱臭装置内での反応

アルカリ・次亜洗浄塔内（ISEC式）		
	硫化水素	$\text{H}_2\text{S} + 4\text{NaOCl} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (4/5)$ $\text{H}_2\text{S} + \text{NaOCl} \rightarrow \text{S} + \text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (1/5)$
	メチルメルカプタン	$\text{CH}_3\text{SH} + 3\text{NaOCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{SO}_3\text{Na} + 3\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	硫化メチル	$(\text{CH}_3)_2\text{S} + 2\text{NaOCl} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}_2 + 2\text{NaCl}$
	二硫化メチル	$(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + 5\text{NaOCl} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{SO}_3\text{Na} + 5\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	アンモニア	$2\text{NH}_3 + 3\text{NaOCl} \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O}$
	トリメチルアミン	$2(\text{CH}_3)_3\text{N} + 21\text{NaOCl} \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{CO}_2 + 21\text{NaCl} + 9\text{H}_2\text{O}$
	炭酸ガス（※）	$\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
電解槽内		
	次亜塩の生成	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{電気分解}} \text{NaOCl} + \text{H}_2$

電解槽内で、洗浄塔内で副生成された NaCl を次亜塩（NaOCl）へと再生成する。

2. 開発経緯

(1) 開発経緯（本装置開発開始～実稼働）

処理場の運営体職員や実際の運転員と対話を重ねる中で、現在の彼らの悩みは脱臭性能が担保されていることを前提として、コストダウンと省スペース化にあることを知った。また、複数の離島の現場に行った際、特に上水などで多量の次亜塩を使う場合には薬品輸送に課題があるため海水の電気分解による次亜塩生成が広く行われていることを知った。

これらにヒントを得て、食塩の電気分解による次亜塩自家生成を脱臭装置内にインライン化し循環的にすることで、コストダウン・省スペース化両方の課題に応えることができるのではないかというアイデアに至った。本装置は以下のようなスケジュールで実機稼働にまで至った。

2014 年 4 月～	「海水電解法」の脱臭装置への組込み検討開始
2015 年 2 月～	電解装置の電極形状による次亜塩発生量評価及びコスト比較
2015 年 10 月～2016 年 1 月	テスト機・テスト用電解装置製作
2016 年 2 月～2017 年 2 月	自社試験・テスト機改良
2017 年 5 月～2017 年 9 月	関東地方 某バイオマスセンターにおける実証試験
2017 年 3 月～2018 年 3 月	長崎市 三重下水処理場における実証試験
2019 年 12 月～2020 年 2 月	長崎市 西部下水処理場における実証試験（環境省 ETV 事業）
2020 年 3 月	西条市 ひうちクリーンセンターへ第 1 号機納入

(2) 共同開発

無し

(3) 技術導入

無し

3. 独創性

本方式の独創性は、次の二点である。この二つの必要性を、下記に説明する。

- ・薬液洗浄塔が 1 塔式であること
 - ・次亜塩をインラインで食塩電解により自家生成する資源循環装置であること
- また、これにより薬品貯留槽がほぼ不要となること

(1) 課題の整理

上述したとおり、本方式は課題解決型アプローチによって産み出されたものである。過去から現在までの脱臭装置が抱える課題を重要度順に整理すると、下記のとおりとなる。

- 1) 性能担保の信頼性
- 2) 運転コスト
- 3) 省スペース化
- 4) 更新コスト

(2) 課題1及び2についての説明

一般に、臭気ガスは常時同レベルの濃度で排出されると誤解されがちだが、実際にはそうではない。例えばし尿処理場ならばバキュームカーが入場し、し尿受入槽にし尿を投入した直後、下水処理場では特定の時間帯（人々や企業などが水道を多く使う時間）にピークを迎える。図表8は実際の某所での日中時系列の硫化水素濃度変化のデータ例であるが、硫化水素濃度が一定ではないことが明らかである。

なお、図表8では、下の線を当初設計時の運転条件設定濃度とし、上の線を実際に運転した場合での最大濃度での運転条件設定濃度として示している。

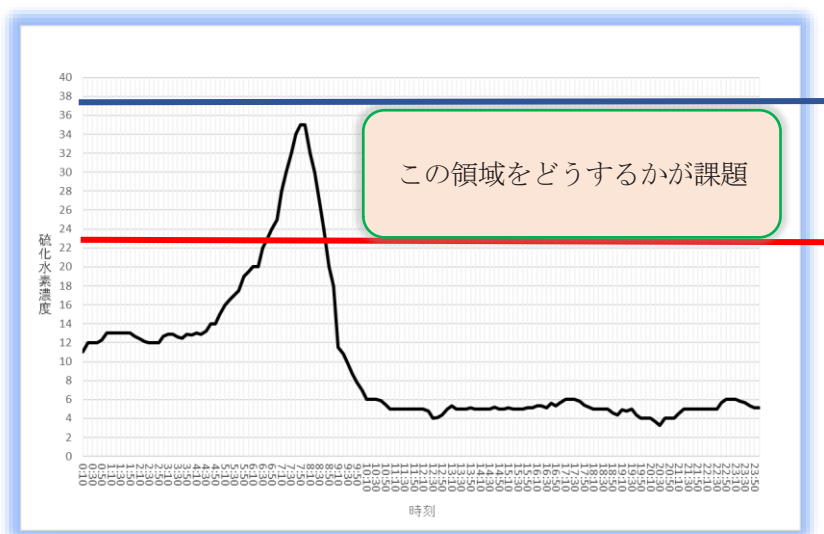
当初設計時より何らかの要因（人口の増減や対象地域の産業構造の変化・気候変動など）により臭気ガス濃度が上がった場合、当初設計時の設定濃度での運転では赤線より上の部分は薬液洗浄塔では処理できず（課題1）、後段の活性炭塔に過負荷をかけることになる。（その結果、当初の設定よりも活性炭の交換頻度が増えるという現象も発生している（課題2）。）

一方で、最高濃度で運転した場合、図表8の二線の間の部分が当初の設定より薬品を多く使うことになる（課題2）。

(3) 課題3及び4についての説明

脱臭装置に関する技術的対策がほぼ確立され、いわゆる Not In My Back Yard（NIMBY：ニンビー、施設の必要性は認めるが、我が家の近くにあると忌避感をおぼえる施設）といわれる施設からの悪臭苦情が少なくなった1990年代ごろには、既に脱臭装置の省スペース化は今後業界が乗り越えるべき課題として挙げられてきた。脱臭設備は何かを生産するわけではなく、一般的にはその施設の本質的な機能ではなく付帯機能であり、付帯機能に係る資源配分は少ない方がいい（課題3）、という考え方からである。

また、脱臭設備は概ね15年～20年程度の耐用年数を想定して当初設計されている。しかし、国庫財源の問題から、内閣府はじめ各中央官庁はインフラ長寿命化計画を運用している。これによれば、脱臭装置は、重要度中程度の付帯設備に分類され、出来るだけ補修により長く使うが比較的優先的に更新することとなっている。



図表8 臭気ガス濃度の経時変化

この際問題となるのが、スペースの問題である。当然、当該施設に悪臭公害防止機能は必要であり、脱臭設備更新中には既設・暫定・更新各設備をうまくスペース的に取り廻さないと更新そのものが出来かねるという状況になる（課題3）。また、財源的にも設置コストの負担が少ない方が望ましい（課題4）。

（4）各課題への対応（湿式酸化触媒の開発）

かつては薬液洗浄塔の充填物にはプラスチック製のものが汎用的に採用されていた。しかし、プラスチックには保水性がないため、本来機能である気液接触効率を上げるという機能を果たすだけに留まっていた。そこで充填物そのものを多孔質とし、保水性を持たせることで、薬液を充填物に保持でき、一時的な高濃度臭気にある程度対応できるのではないかとこの着想を得た。

さらに、金属酸化触媒を含有すれば従来のプラスチック充填物よりも飛躍的に反応効率が良くなるのではないかと考えた。充填物には耐薬品性が要求されるため、木材・綿花などの天然素材は使用できない。このことから、耐薬品性・機械的強度を有する素材としてセラミック素材を選定した。こうして多孔質で保水性を有するセラミック製の湿式酸化触媒を薬液洗浄塔の充填物として開発するという目標を持つに至った。

多孔質のセラミックということは技術的に非常に難しい。一般に高温焼成するとセラミック素材はガラス化し、滑らかになってしまうためである。これを回避するために、活性炭やポリエチレン、スチロール、おが粉、でんぷん、軽石などを混ぜ合わせた材料にて焼成試験を繰り返した結果、一定の材料を高温（1,000～1,200℃）で焼成することで、保水性と耐薬品性を持つセラミック製酸化触媒を完成させた。

（5）各課題への対応（1塔式洗浄塔の開発）

その後の環境変化により、また配合比率の変更による触媒効率の向上や形状変更による気液接触効率向上などの試行錯誤を経て、1塔式薬液洗浄塔を開発、以後弊社標準として現在に至っている（1塔式洗浄塔）。

（6）各課題への対応（電解次亜生成法（ISEC 式）の開発）

上述までのアプローチで、ある程度までは課題1～4に対する解決を一旦導き出したものの、その後の気候変動や国のインフラ長寿命化計画により、更なる省スペース化及び各段階でのコストダウンが求められるようになった。

現在主流となっている薬液洗浄方式では、薬品を購入・保管することが前提となっており、弊社標準の湿式酸化触媒方式もこれを踏襲している。更なる省スペース化を図るためには、機器類やダクト・配管類の極小化が効果的である。脱臭設備のうち、薬品貯留槽及びその配管類は大きな割合を占めており、また運転コストの多くは薬品購入量であるため、次亜塩を自家生成することで課題1を担保しつつ課題2～4に更に強烈的な解決案を示すことができると考えた。

（7）本装置の開発にあたっての諸課題

薬液洗浄塔に、インライン循環にて次亜塩自家生成用電解槽を組み込むために、主な課題となったのは下記のとおりである。

- ・電極選定、使用する向き（縦型・横型）

- ・ハウジング形状・構造及び漏水防止対策シール部に使用するパッキンの材質・形状
- ・循環水の流入・流出方法及び本体脱臭装置との接続方法
- ・使用する処理場の規模により次亜塩の必要量が大幅に異なるため、次亜塩必要量クラスを 8 段階に分け、それぞれに対応できるハウジングの製作可否
- ・食塩の電気分解に伴い発生する水素が、電解槽ハウジングに滞留しないようにするための排气方法
- ・電解槽ハウジング内で電極に対して均一に循環水を流す方法

いずれも、複数回にわたり且つ地理的にも離れた条件でテストすることによってクリアし、2020 年 3 月に第 1 号機を納入することができた。すなわち、課題 1 を担保しつつ課題 2～4 に対応するという当初の目的を達成した。

（８）新たな価値の創出

本装置にて電解次亜塩が購入次亜塩と遜色ない作用があることをテストで確かめていくうちに、従来薬液洗浄法では除去できないとされてきたアルデヒド類臭気の除去が本方式ではできることが分かった。

これは、購入次亜塩と電解次亜塩の状態の差に起因するものである。図表 9 に購入次亜塩と電解次亜塩の比較の比較を簡単にまとめる。

購入次亜塩素酸ナトリウムは、そもそも不安定な物質であるため、逆反応による分解反応を起こしやすい。そのため、販売・貯蔵する際には分解抑制剤として通常苛性ソーダを添加している。このためアルカリ域にある。したがって、従来の購入次亜塩素酸ナトリウムを使用する薬液洗浄塔内も、当然アルカリ域にあり、通常 pH9.5～11 付近で運転される。

ところが、本装置にて用いる電解次亜塩は、作った分を貯蔵することなくその場で利用するいわば取って出しのような利用方法になる。このため、逆反応の心配をする必要がなく、当然苛性ソーダも添加する必要がない。

なお、ここまでの論では、「次亜塩素酸ナトリウム」を「次亜塩」として表記してきたが、厳密に言えば電解次亜塩は次亜塩素酸水（酸性）と次亜塩素酸ナトリウム（アルカリ性）の混成状態であり、pH7～8 前後をうろうろしていると推定している。

このことはすなわち、本装置では次亜塩素酸ナトリウムのみならず次亜塩素酸水も、臭気成分除去に利用される場合があるということだが、一般に「次亜塩素酸水」の殺菌力は「次亜塩素酸ナトリウム」の 80 倍とされ、非常に酸化力が強い物質である。この酸化力の強さと、前述の湿式酸化触媒の触媒力を相乗させ、更に中性付近での運転を行うことによって従来の洗浄塔では除去できなかった安定性の高いアルデヒド類の除去が可能という新しい価値を創出することとなった。

図表 9 購入次亜塩と電解次亜塩の比較

	電解次亜塩	購入次亜塩
薬液洗浄塔内での次亜塩の状態	次亜塩素酸と次亜塩素酸ナトリウムの混成状態	次亜塩素酸ナトリウム＋苛性ソーダ（安定剤として）
pH 域	中性域付近	アルカリ域

(9) まとめ

ここまでをまとめると、従来は「利用薬品を自家生成で賄い、購入・保管しない」という発想そのものが全くなく、脱臭システムとしてインライン化したことは極めて独創的であり、それによっても従来除去できなかったアルデヒド類の除去を可能とした点は大きな価値があると考えている。

4. 特許の有無

次のとおり、特許3件を取得済み、1件を出願中。

特許番号：第6430451号 / 名称：湿式脱臭装置および脱臭方法

特許番号：第5756307号 / 名称：触媒塔及びこれを用いた湿式脱臭装置

特許番号：第5824569号 / 名称：湿式脱臭装置のメンテナンス方法

公開番号：特開2019-058655 / 名称：湿式脱臭装置及び脱臭方法

5. 性能

一般に、脱臭装置とは悪臭公害防止のための仕組みである。こうした観点から見た場合、本方式がターゲットとしているし尿・下水・ごみ処理場における従来方式の性能満足率は図表10のとおり非常に高く、実数で二桁、割合も悪臭苦情全体の0.3%程度と非常に低い。

ただし、従来の薬液洗浄法では運転pH域の問題から、アルデヒド類が除去できないという課題があった。上述したとおり、本方式では運転pH域を任意で設定できる。中性域で運転すればアルデヒド類の除去が可能であることが試験中に実証された（図表11）。

あわせて、中性域で運転することで、従来起こっていた臭気中の炭酸ガスと苛性ソーダとの反応が大幅に削減され、苛性ソーダの消費ロスがほぼなくなる。

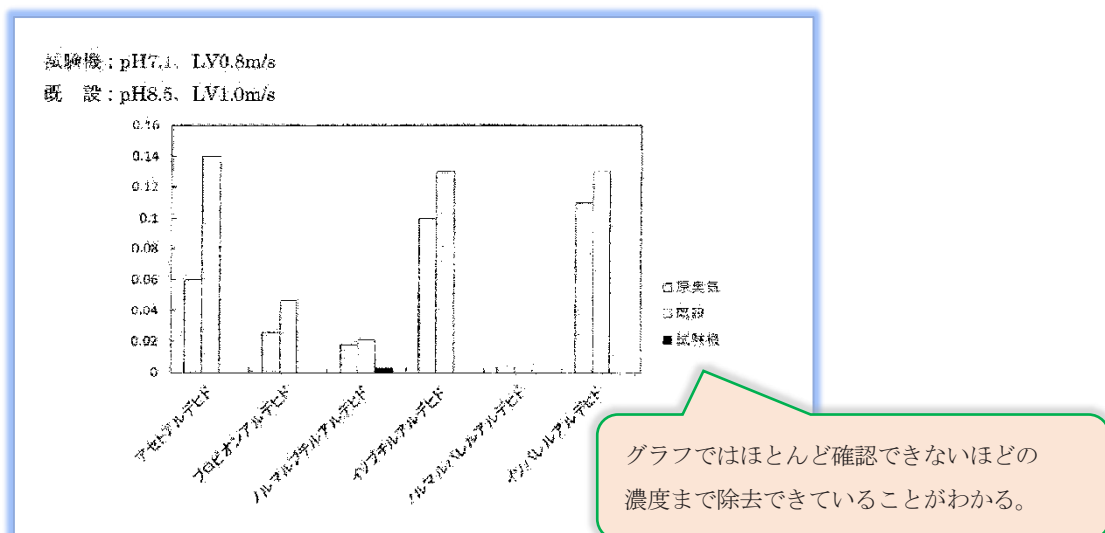
また、中性域で運転した場合でも従来ターゲットとしていた臭気ガスに対しても、弊社標準である一塔式の薬液洗浄法と同等もしくはそれ以上の結果が試験によって実証された（図表12）。

つまり、性能面を総合的に見て、本方式は従来の薬液洗浄方式や当社標準方式の1塔式薬液洗浄塔よりも優れた装置であると言える。

図表10 業種別悪臭苦情処理状況（規制区域内・規制区域外合計）

行政対応		苦情数	立入検査
業種			
サービス業・その他	廃棄物最終処分場	14	2
	ごみ焼却場	25	1
	下水処理場	5	0
	し尿処理場	6	1
	飲食店	669	185
	その他	1,123	169
	野 外 焼 却	3,593	361
	そ の 他	3,713	234
	合 計	12,020	1,496

（出典）環境省：令和元年度悪臭防止法施行調査



図表 11 関東地方 某バイオマスセンターでの実証試験結果抜粋
アルデヒド類の除去について

図表 12 ETV 実証試験結果

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。

(出典：環境技術実証事業 実施報告書概要版 p. 3：実証番号 150-1901)

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

(出典：環境技術実証事業 実施報告書概要版 p. 22：実証番号 150-1901)

6. 経済性

経済性については、省スペース化、設置・運転コストの低下を下記に示す。

(1) 省スペース化

図表 13（再掲）を見ると分かるように、本方式では現在主流の薬液洗浄法に比べて、その構成機器が格段に少ない。これは、個別機器の設置場所そのものが小さくなることとともに、装置周りの配管やダクト類に割かれていたスペースが丸々不要となることを意味している。設置面積がどれほど小さくなるかは、その装置や処理場の規模によって大きく違うが、装置全体としての設置面積は概ね 1/2～1/3 程度になる。

(2) 設置コストの削減

稼働中の九州地区某し尿処理場で実際に使われている装置について、従来型と本方式・ISEC 式の両方について設計・設置・運転について試算した。（図表 14～18）

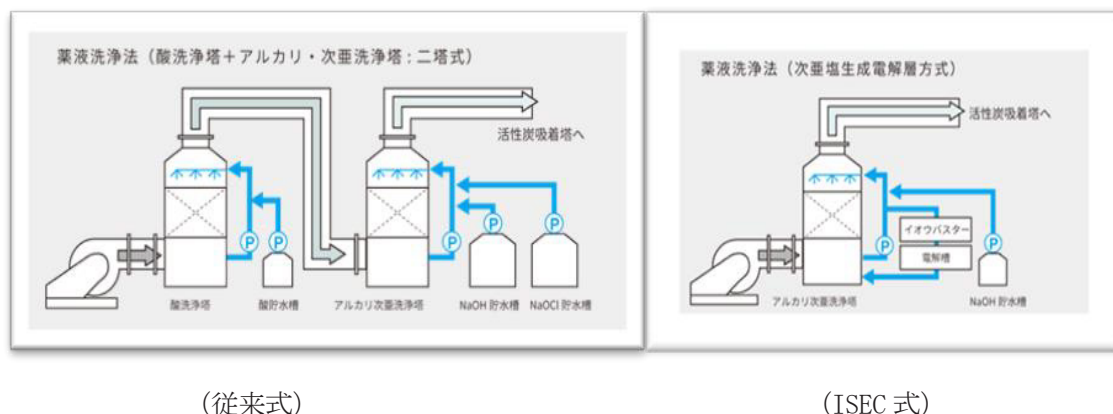
物件の大きさによって大幅に異なるが、上記の試算によると、イニシャルコストは 34.2% の削減となる（図表 17）。ほとんどの物件において、少なくともこの程度の数値を見込めると考えている。また、例えばし尿処理施設やバイオマスセンターのように、建物ごと新設する場合には、この省スペース化により建物の建設コストが削減される可能性が高い。

(3) 運転コストの削減

これも物件の処理風量によって大幅に異なるが、上記の試算によると、使用薬品減少によるコスト削減は、電解槽電気代使用量及び購入食塩代の増分を含めても 72.5% 減となる（図表 18）。

(4) 総コストの削減

耐用年数を 20 年と想定した場合、上記の試算によると設置コスト＋運転コスト合計で年間 50.8% の減少となる。ただし、現状では、20 年を超えて利用されている脱臭装置が非常に多く、その場合には設置コストが低減したレベルで平準化されるため、更なるコスト削減効果が期待できる。



図表 13 従来式と ISEC 式の設置スペースの比較

図表 14 試算前提とした仕様

単位：ppm

脱臭風量		60m ³ /min	
臭質		し尿処理場 中濃度系臭気	
臭気 の 条 件		脱臭装置入口濃度	脱臭装置出口濃度
	アンモニア	3.0	1.0 以下
	硫化水素	4.0	0.02 以下
	メチルメルカプタン	0.1	0.002 以下
	硫化メチル	0.1	0.01 以下
	二硫化メチル	0.1	0.009 以下
	備考	—	臭気強度 2.5以下

図表 15 構成機器の一覧（1）

		一般洗浄塔方式	ISEC方式
脱臭ファン		脱臭ファン 一基	
酸洗浄塔	酸洗浄塔本体	1200φ×3000H 1基	不要
	洗浄塔用循環ポンプ	180ℓ×1.5Kw 2台	
	酸洗浄塔充填剤	(PP製) 1130ℓ	
	硫酸貯留タンク	0.5m ³ 1基	
	硫酸注入用ポンプ	10cc/min 2台	
	酸洗浄塔計装品	1式	
アルカリ・次亜塩素酸洗浄塔	アルカリ・次亜塩素酸洗浄塔本体	1200φ×3800H 1基	1200φ×3800H 1基
	洗浄塔用循環ポンプ	180ℓ×1.5Kw 2台	180ℓ×1.5Kw 2台
	アルカリ・次亜塩素酸洗浄塔充填剤	(PP製) 1800ℓ	(触媒) 1800ℓ
	苛性ソーダ貯留タンク	3.0m ³ 1基	0.5m ³ 1基
	苛性ソーダ注入用ポンプ	120cc/min 2台	10cc/min 2台
	アルカリ・次亜塩素酸洗浄塔計装品	1式	1式
	次亜塩素酸貯留タンク	1.0m ³ 1基	不要
	次亜塩素酸注入用ポンプ	40cc/min 2台	
	次亜塩素酸生成電解槽	—	2型×1基
	イオウ・パスター	—	3型×1基

図表 16 構成機器の一覧（２）及び運転条件

		一般洗浄塔方式	ISEC方式
脱臭ファン		脱臭ファン 一基	
酸洗浄塔	充填剤	プラスチック充填剤	不要
	酸洗浄塔 pH	2.5～3.5	
アルカリ・次亜塩素酸洗浄塔	充填剤	プラスチック充填剤	湿式酸化触媒（セラミック製）
	洗浄塔 pH	10.0～10.5	7.0～8.0
	次亜塩素酸ソーダ濃度	400～500 ppm	400～500 ppm

図表 17 設置コスト比較表

件名：九州地区某し尿処理場 中濃度系臭気用脱臭方式比較表 イニシャル・コスト比較

株式会社 一芯

			一般洗浄脱臭方式			ISEC 式脱臭方式				
			数量、単位	単価	金額	数量、単位	単価	金額		
建設費	酸 洗 浄 塔	酸洗浄塔本体	1	基	5,000,000	5,000,000			不 要	
		洗浄塔充填剤	1130	ℓ	150	169,500				
		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	2,400,000	2,400,000				
		硫酸貯留タンク（PE製）	1	基	1,600,000	1,600,000				
		硫酸注入ポンプ	2	台	900,000	1,800,000				
		計装品（PH計他）	1	式	500,000	500,000				
		合 計 金 額	—			13,869,500				—
	ァ ル カ リ ・ 次 亜 塩 素 洗 浄 塔	ァルカ・次亜塩洗浄塔本体	1	基	5,800,000	5,800,000	1	基	5,800,000	5,800,000
		洗浄塔充填剤	1800	ℓ	150	270,000	1800	ℓ	1,800	3,240,000
		循環ポンプ	2	台	1,200,000	2,400,000	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	1	式	2,600,000	2,600,000
		苛性ソーダ貯留タンク	1	基	2,900,000	2,900,000	1	基	1,400,000	1,400,000
		苛性ソーダ注入ポンプ	2	台	900,000	1,800,000	2	台	750,000	1,500,000
		次亜塩貯留タンク	1	基	1,700,000	1,700,000	—	基	—	—
		次亜塩注入ポンプ	2	台	900,000	1,800,000	—	台	—	—
		計装品（次亜塩濃度計、PH計他）	1	式	3,000,000	3,000,000	1	式	3,000,000	3,000,000
		ISEC式電解装置（2型）	—	基	—	—	1	基	5,800,000	5,800,000
		イオウ・パスター（3型）	—	基	—	—	1	基	3,100,000	3,100,000
		合 計 金 額	—			16,200,000	—			19,800,000
建設費合計			—		30,069,500	建設費削減率 34.2%		19,800,000		

※コスト試算に関しては、令和元年頃の価格をベースとしているため、今後の情勢に応じて金額が変動する可能性がある。

※脱臭風量等仕様の相違によっても金額が変動する可能性がある。

図表 18 運転コスト比較表

件名 : 九州地区某し尿処理場 中濃度系臭気用脱臭方式比較表 ランニング・コスト比較

			一般洗浄脱臭方式			ISEC 式脱臭方式		
			数量、単位	単価	金額	数量、単位	単価	金額
建設費	建設費合計		—			30,069,500		
	建設費/20年		—			1,503,475		
ランニングコスト	充填剤 交換代	酸洗浄塔（4年毎）	1130 ℓ	150	42,375	— ℓ	—	—
		7%・次亜塩素酸（4年毎）	1800 ℓ	150	67,500	— ℓ	—	—
		7%・次亜塩素酸（15年毎）	— ℓ	—	—	1800 ℓ	1,800	216,000
	年間薬品 消費代	硫酸	420 ℓ	50	21,000	— ℓ	—	—
		苛性ソーダ	31221 ℓ	20.7	646,275	2213 ℓ	20.7	45,809
		次亜塩素酸ソーダ	8567 ℓ	44.4	380,375	— ℓ	—	—
		電解槽 電気代	— —	—	—	3285 KWh	15.00	49,275
		電解槽 補充用食塩	— —	—	—	48 Kg	150	7,200
	ランニングコスト		—			1,157,525		
						薬品代削減率 72.5%		
比較	建設費/20年		—			990,000		
	ランニングコスト		—			318,284		
	年間コスト		2,661,000			年間コスト削減率 50.8%		

* 電気代 : 15円/Kw

* 薬品単価 : 硫酸 50円/ℓ、苛性ソーダ 20.7円/ℓ、次亜塩素酸ソーダ 44.4円/ℓ

※コスト試算に関しては、令和元年頃の価格をベースとしているため、今後の情勢に応じて金額が変動する可能性がある。

※脱臭風量等仕様の相違によっても金額が変動する可能性がある。

7. 将来性

(1) 国内需要

脱臭装置はその性質上、し尿・下水・ごみ処理場などの付帯設備と位置付けられる。

図表 19 は全国のし尿処理施設の供用開始時期をグラフ化したものであるが、一般に 20～30 年と想定されている耐用年数を大幅に超過して稼働している施設が数多く占めることがわかる。

一方で、財源の制約を受け、内閣府はインフラ長寿命化計画を提案している。インフラ長寿命化計画とは、基幹設備をできるだけ補修等で大規模改修や更新時期を延ばすことを目指し、一方で付帯設備をランク付けし、そのうちリスク程度が大きな付帯設備については優先的に更新することで性能を満たしながら全体的な維持管理費用を低減することを目指している。これを受けた国土交通省の下水道ストックマネジメントガイドラインでは、悪臭防止設備（＝脱臭装置）は中間程度のリスク評価となっており、比較的優先的な更新・補修などが求められている。（参考：下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015 年版）

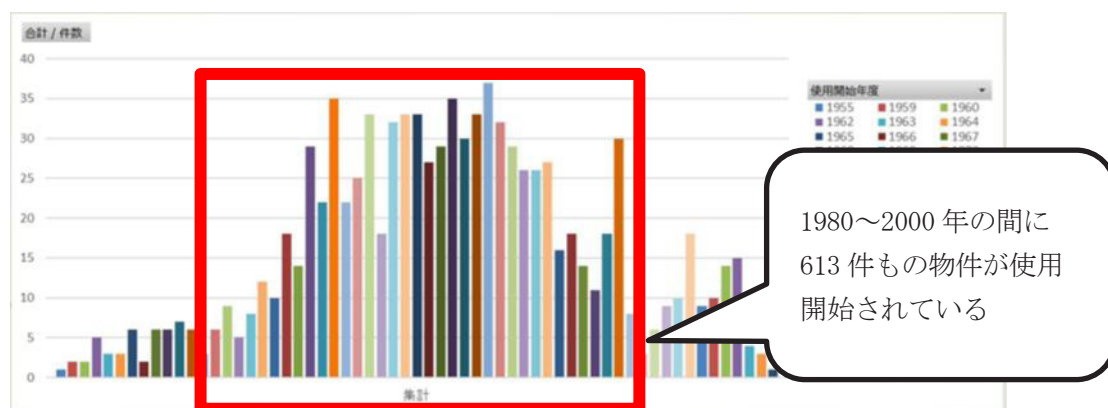
このことから、今後の更新需要に対してコスト面や後述する温室効果ガス削減効果から、ニーズにまさにマッチした方式であると考えている。

さらに、引き続き注目されているバイオマス施設においても、薬液洗浄法でアルデヒド類の除去が可能であることから、課題に対して本方式はクリティカルに対応できる方式である。

(2) 国際展開

データの掲載は省略するが、世界的にみて日本の脱臭技術は、既存の方式でも十分他国を圧倒するレベルにある。近年、欧州・中東・アジア各国において水処理の重要性が再認識されて

おり、国内プラントメーカーが相当数進出・施設受注を勝ち取っている。上述した地域にあっては、悪臭そのものは公害として捉えられていないため脱臭装置の引き合いはこれまでのところないが、仮にあったとすればプラントメーカーに技術供与するなどして日本の高い環境技術によって国際貢献することはコスト面や資源循環プロセスとして十分に競争力のある技術であると考えている。



図表 19 全国のし尿処理施設の供用開始時期（環境省：し尿処理施設一覧より独自作成）