



thyssenkrupp
NUCERA

塩酸電解

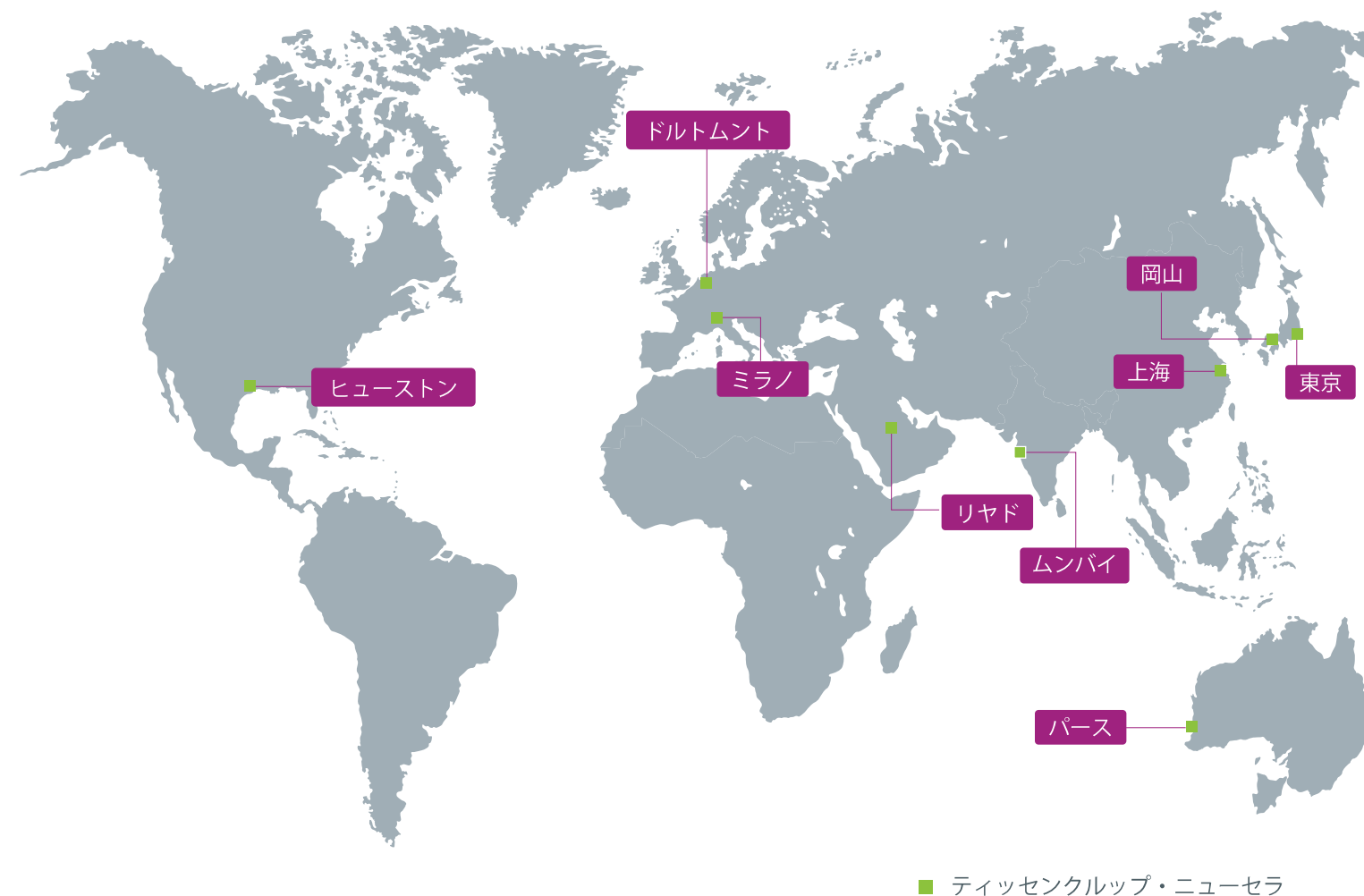
塩素回収による持続可能性向上



世界9都市からグローバルなサービスを展開

目次

EPCサービス/プロセス	04-05
TDI/MDIプラント/ポリウレタン産業	06-07
塩素回収技術：その他の適用	08-09
ガス拡散電極法技術	10-13
隔膜法塩酸電解技術	14-17
包括的サービスの提供	18-19



工場内塩素回収による
余剰塩酸の有効活用

- + - + - + - + - + - + - + - +
 + - + - + - + - + - + - + - + - +
 - + - + - + - + - + - + - + - + - +
 + - + - + - + - + - + - + - + - +
 - + - + - + - + - + - + - + - + - +
 + - + - + - + - + - + - + - + - +
 - + - + - + - + - + - + - + - + - +

業界最高レベルであり続ける理由

ティッセンクルップ・ニューセラは、電解プラントにおける業界最高レベルの技術を提供しています。電解プラントの設計、調達、建設に関する豊富な知識を駆使し総計で設備規模 10GW 超におよぶ 600 件以上のプロジェクトを実行してきました。

さらに当社はカーボンニュートラルに向けた大きな一歩として工業規模のグリーン水素製造用水電解技術により、グリーンバリューチェーン構築のためのソリューションを提供しています。

ワンストップショップでプラントに関する技術とEPCサービスを提供

ティッセンクルップ・ニューセラは世界各国で EPC 契約を含む 600 件超の電解プラントプロジェクトの実績があります

当社では、ライセンス供与・設計・調達からターンキーまでさまざまな契約形態で小規模プラントから年産 80 万トン規模の電解プラントプロジェクトを実行しています。常に最高の品質基準を満たし期限内に完成させることで高い専門性を実証してきました。

定評ある品質

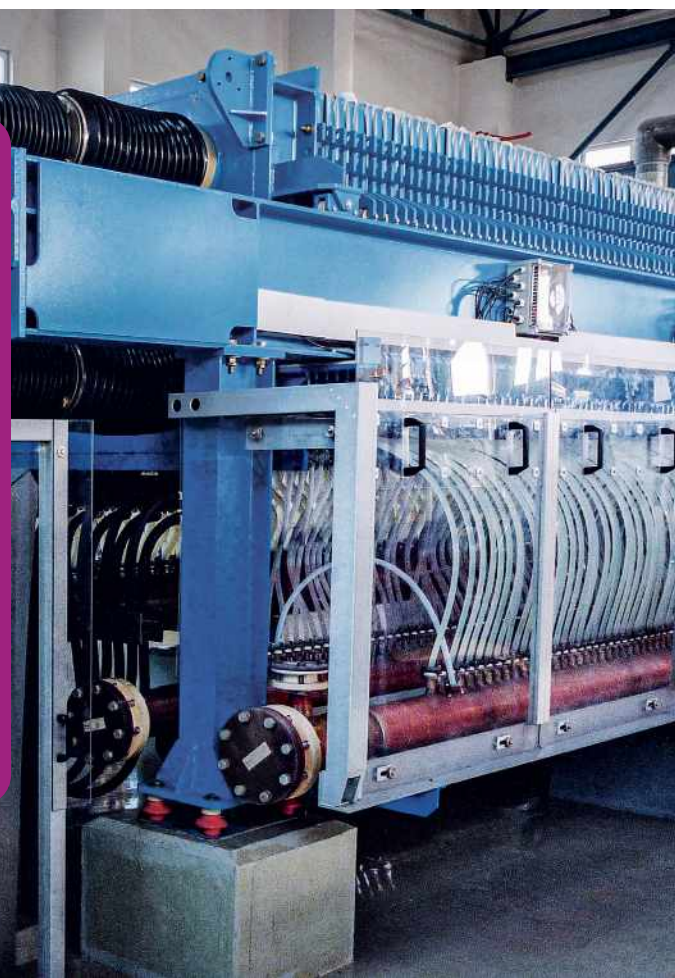
ティッセンクルップ・ニューセラは、パートナーやお客様との協力により培った技術知見にもとづき経済性・環境・安全性を考慮した高品質のエンジニアリングと製品を提供しています。

付加価値とプロセスチェーン

ティッセンクルップ・ニューセラは、原料の調達から製品の処理にいたるまでクロール・アルカリプラントに関するサービスを包括的に提供しています。また、ティッセンクルップ・ウーデ社との協力により電解プラントで製造する塩素を原料とする塩化ビニル製造設備の設計・建設も提案することができます。

塩化水素または塩酸からの塩素回収のメリット

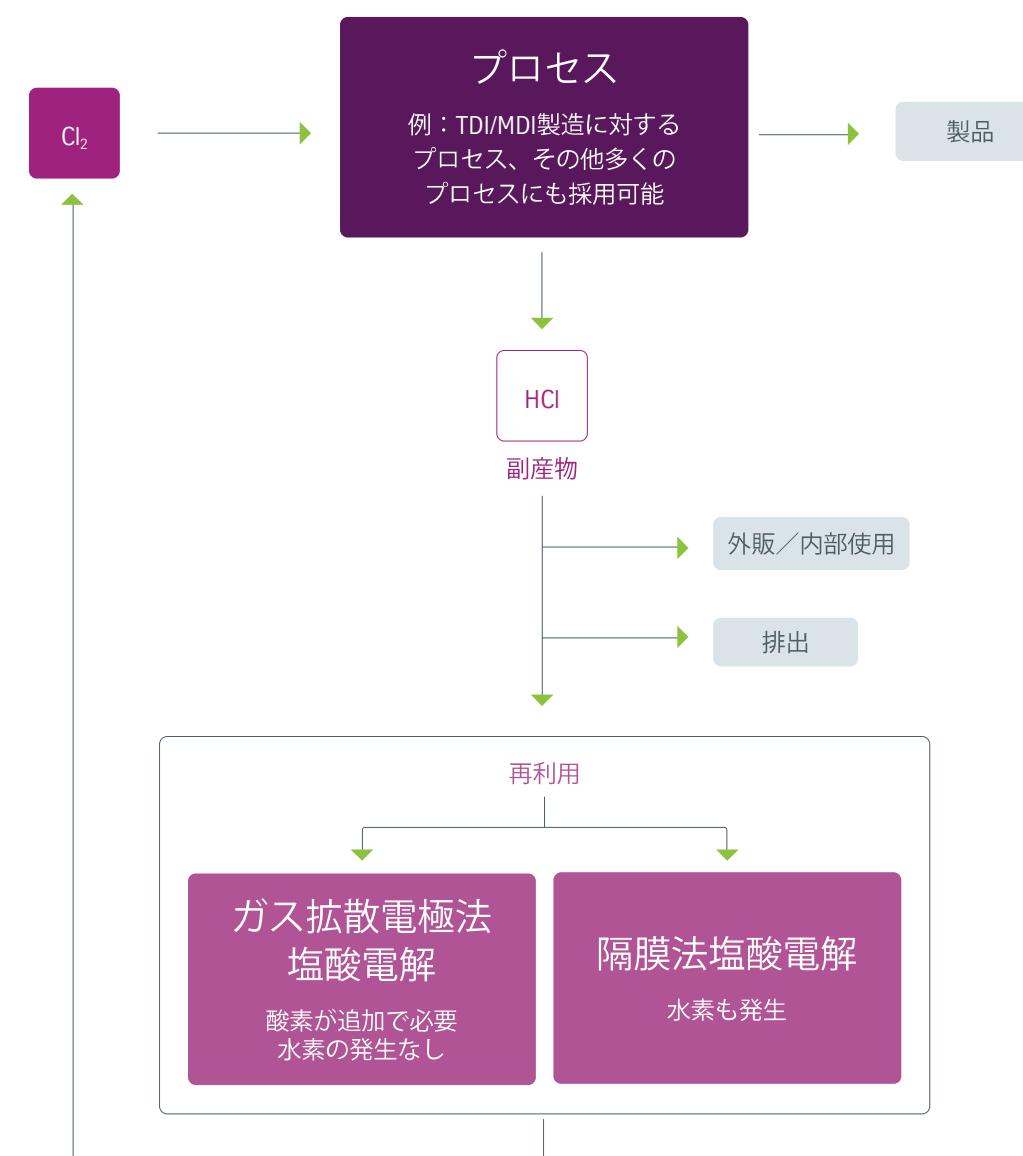
- 持続可能性・環境責任の観点から企業の社会的責任を示すことができる
- 塩素および塩酸の市場価格に左右されない
- 従来型の食塩電解プラントを別途建設する必要がない
- 塩素需要が高く苛性ソーダが供給過剰の地域に適している
- 塩素輸送のリスクを回避
- 塩酸の中和や廃棄コストが発生しない



塩素回収による持続可能性向上とコスト削減

塩素は広く使用されている基礎化学品のひとつであり、主に有機化合物の生産に使用されています。しかし原料として使用された塩素が最終製品に含まれることは稀であり、通常副産物として塩化水素または塩酸が製造されます。副生された塩酸を外販または同一工場内で再利用することは困難な場合が多く、廃棄物としての処理も環境に悪い上費用が掛かります。この解決法として塩酸電解により塩素を回収する方法があります。塩素回収により現場での食塩電解による塩素製造および塩素の外部からの輸送が不要となります。

塩素回収の原理



TDI/MDIプラント ポリウレタン産業のソリューション

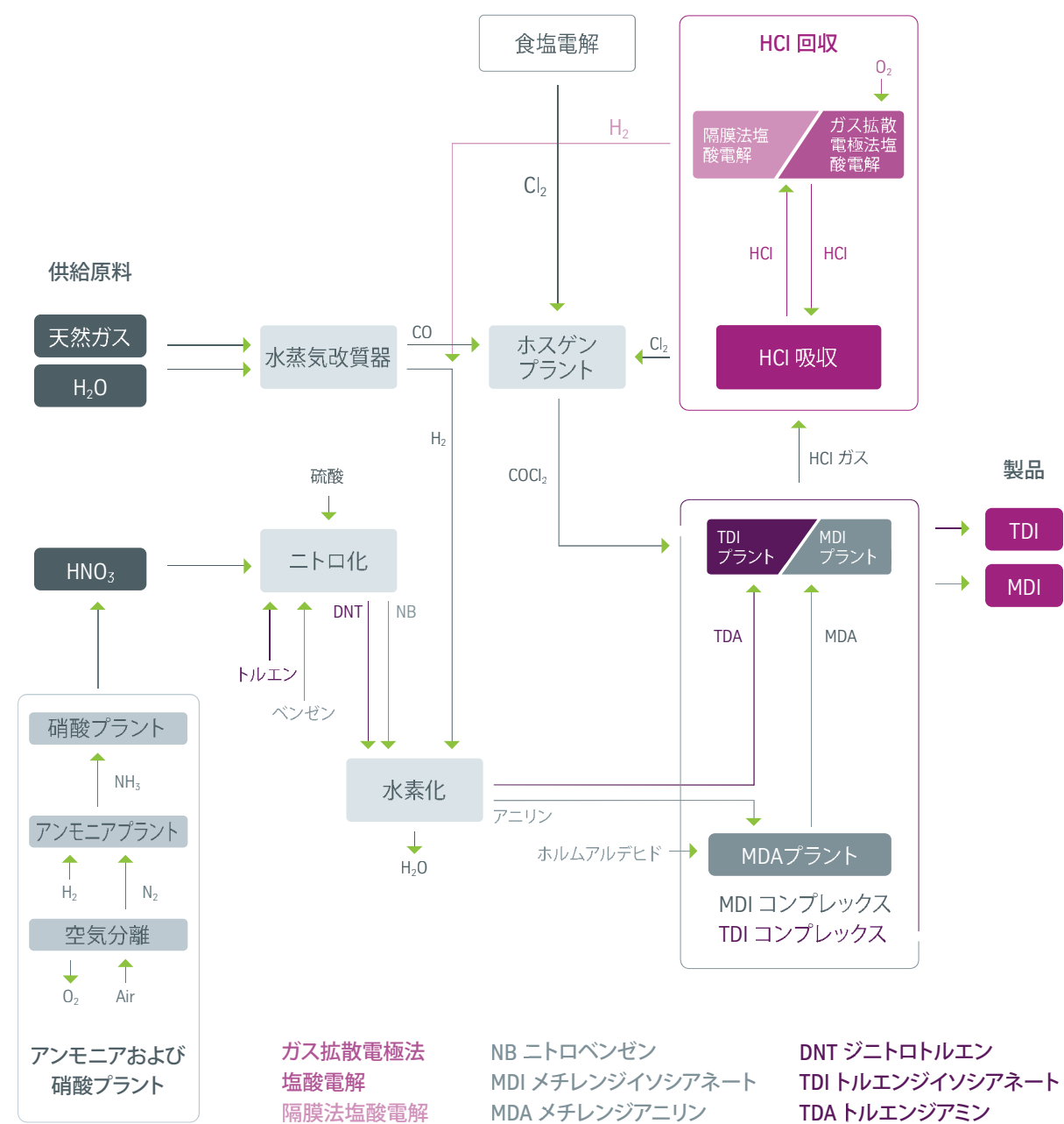
当社の塩酸電解技術による塩素回収は、既存のTDI/MDIプラントの一部として組み込むことが可能です。



+ - + - +
- + - + -
+ - + - +
- + - + -
+ - + - +
- + - + -
+ - + - +
- + - + -
+ - + - +
- + - + -
+ - + - +
- + - + -

TDI/MDI 製造において、原料の塩素は多くの場合併設されている食塩電解プラントで製造、もしくは近隣の食塩電解プラントから供給されます。許可されている場合は、塩素を輸送して供給される場合もあります。アミンのホスゲン化によるイソシアネートの製造では、反応に使用された塩素の大部分は塩酸となります。副生された塩酸はプラント内での用途がなく、経済性や輸送の観点から外販にも適していません。環境への意識が高まる中、塩酸を苛性ソーダで中和し廃棄物として処理することは決して良い解決策ではありません。

当社の塩素回収は、この余剰塩酸を循環使用することで持続的な解決方法を提供します。塩酸電解は原料塩素の代替供給源であり、TDI/MDIの原料として再利用することができます。この技術はTDI/MDIやその他の塩酸製造プロセスの一部として組み込むことが可能です。



塩素回収技術 その他の適用



塩素を回収する前にすべてのプロセスで不純物进行处理する必要があります。有機物の混入はよく見られますが、肥料生産における高濃度の硫酸塩、金属酸洗浄からの金属などといった無機物も混入することがあります。塩酸がプロセスから液体として排出される場合は、回収が困難となります。

製造プロセスにおける塩素回収の適用：

- 乾式シリカ製造
- 塩化ビニルの製造
- 塩化ビニルの塩素化
- 肥料製造（硫酸カリウムなど）
- 金属の酸洗浄

水収支を解決するための対策：

- 塩酸の外部への放出
- 希塩酸の外販
- 塩酸ガスと塩酸液の混合運転
- 希塩酸の内部使用

ガス拡散電極法塩酸電解に適しているかを確認する3つのオプション

副生塩酸に含まれる不純物は塩酸電解、特にガス拡散電極法塩酸電解の運転性能に影響を与えます。ティッセンクルップ・ニューセラでは、塩酸がガス拡散電極法塩酸電解に適しているかを確認する3つのオプションをご用意しております。



①

ラボセルでの試験

お客様のプラントから製造された塩酸を直接当社の1dm²ラボセルに供給し、性能への影響を試験します。塩酸中の不純物の影響を確認するための加速試験の実施も可能です。



②

モバイル型ガス拡散電極法塩酸電解試験装置

モバイル型ガス拡散電極法塩酸電解試験装置は、ご希望の場所に持ち込みその場で種々の塩酸をテストすることで、お客様のプラントでの使用可否を確認することができます。試験装置は数週間以内に納入が可能です。

試験装置使用における要求事項：

入口：IBCコンテナ内に入れられた濃塩酸および苛性ソーダ、冷却水、工程水、酸素、窒素

出口：IBCコンテナ内に入れられた希塩酸および次亜塩素酸溶液、DCSへの警報およびトリップ信号



③

ドイツの試験設備：次世代のプロセス改善に貢献

CABB社のガストホーフェンサイトにある当社開発センター内の高負荷試験設備（HLT-4）は2017年に稼働開始しました。

- 最大7kA/m²の電流密度での運転が可能
- 陽極液サーキットを個別に2サーキット設けており、2種類の塩酸を同時に運転し評価することが可能
- お客様のプラントに導入する塩酸前処理の試験・評価が可能

エネルギー消費量を最小限にする ガス拡散電極法塩酸電解

運転実績例：
Yantai Juli 社
(Laiyang, China)
2011年運転開始
製造能力：塩素年産 10 万トン

従来プロセスに比べ約30%のエネルギー消費量削減を可能とし、間接的に二酸化炭素排出量削減にも貢献

ガス拡散電極法塩酸電解は、エネルギー消費量削減に寄与する他水素が生成されないため、プラント内での水素の需要がない場合に最適な技術です。

先進的な技術であるガス拡散電極法塩酸電解により製造された塩素は非常に高純度であるため、下流プロセスでの使用に適しています。

この革新的な技術は、Covestro社およびIndustrie De Nora社との共同で開発されました。ガス拡散電極の原理は食塩電解技術にも採用されており、大幅なエネルギー消費量削減を実現しています。

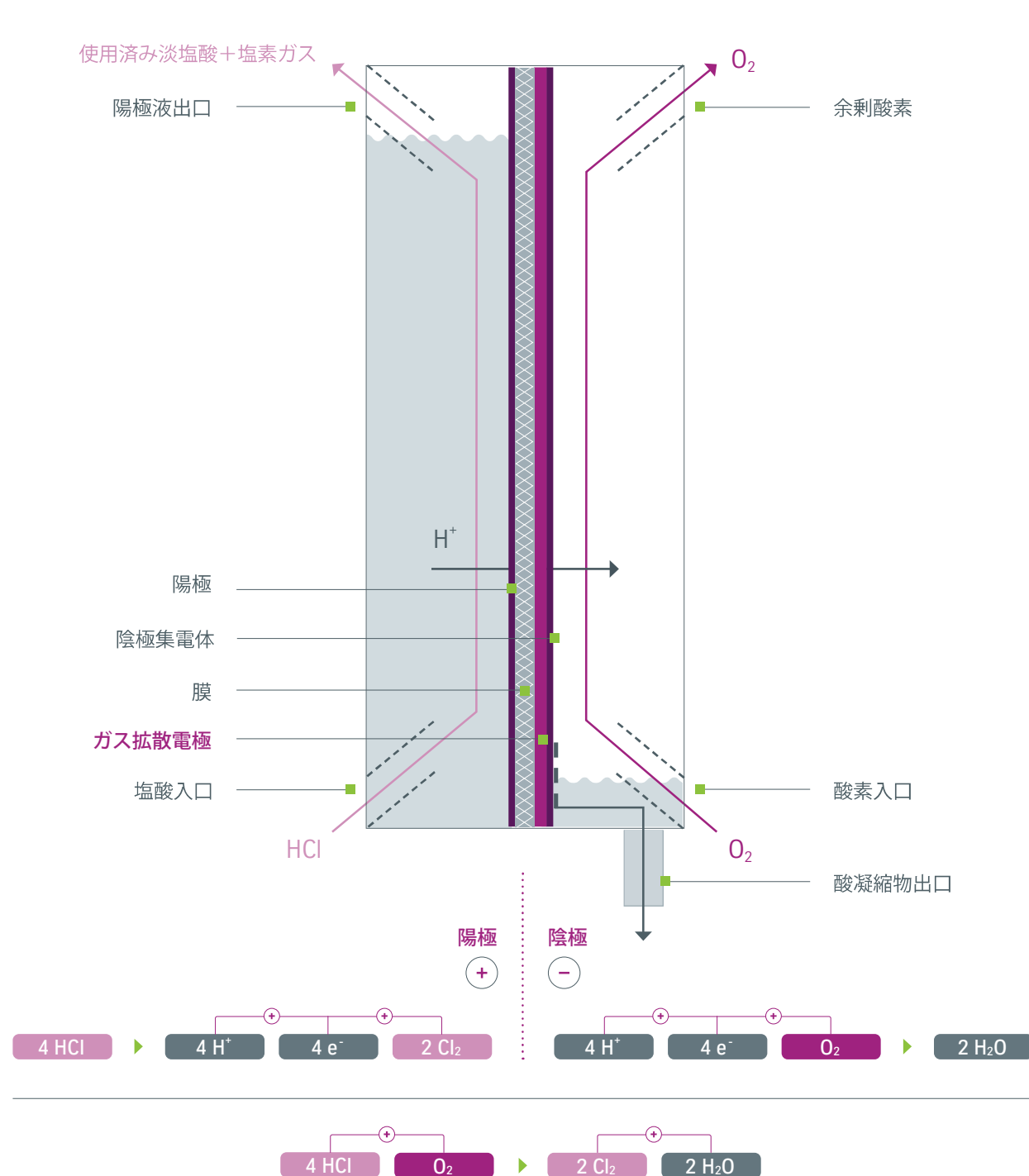
ガス拡散電極法塩酸電解のメリット：

- 従来型隔膜法塩酸電解に比べ>30%のエネルギー消費量削減
- 水素を生成しないため水素の需要がない場合に最適
- 環境責任を考慮した資源の持続的再使用
- TDI/MDIプロセスに対する柔軟な運転適応性
- 最適なメンテナンスを可能とする柔軟性&増産が容易な電解槽設計
- 腐食環境下での高耐久性
- 高稼働率の実績&信頼性の高い技術

ガス拡散電極法塩酸電解の原理

ガス拡散電極の原理は陰極での酸素還元反応に基づいています。

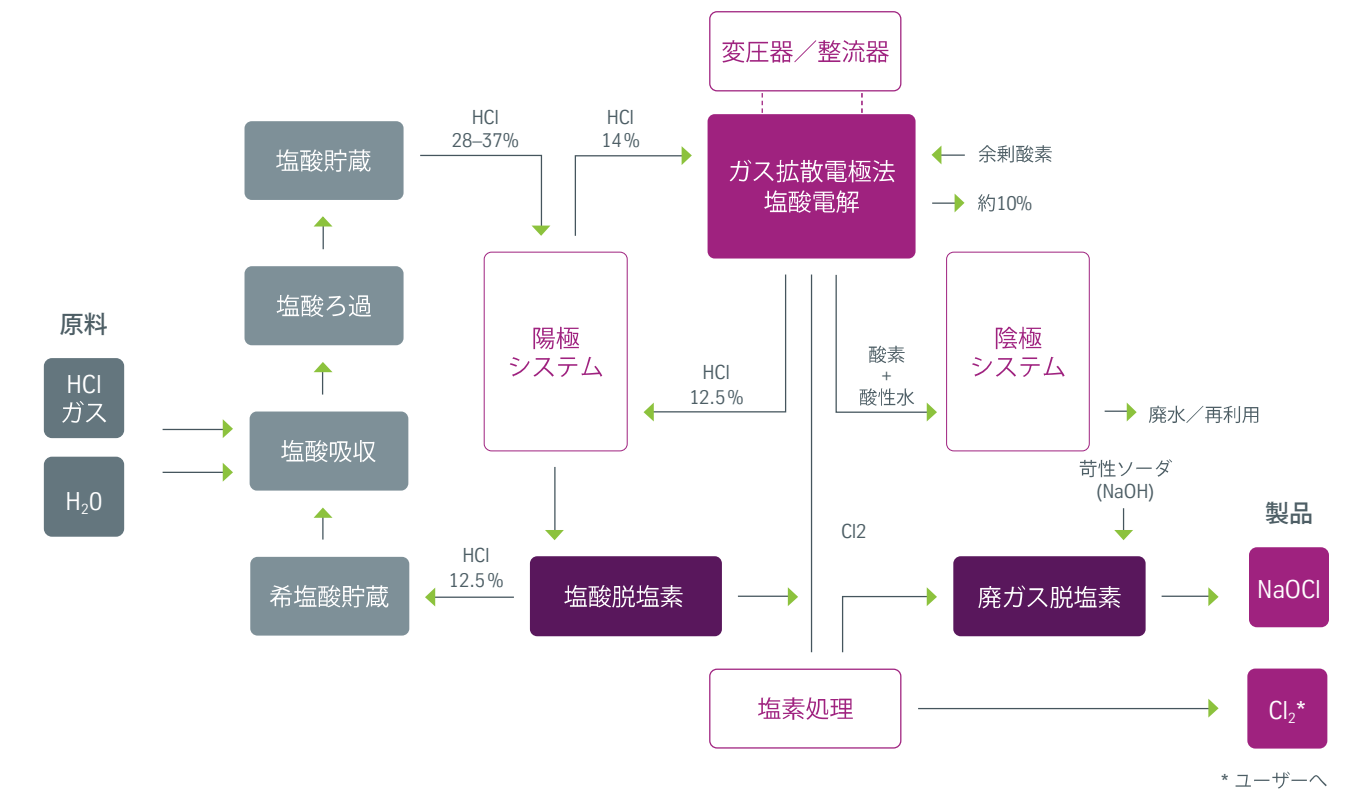
陰極側の酸素が陽極側から膜を透過する水素イオンと反応します。これにより水素の生成が抑制され、水が生成されます。水素を発生させる標準的な電解反応と比較すると、ガス拡散電極プロセスは運転電圧が約1ボルト減少し、その結果エネルギー削減につながります。



ガス拡散電極法塩酸電解プロセスの仕組み

TDI/MDIプラントに連結した場合、本プロセスは無水塩酸ガスを吸収ユニットで処理することから始まります。水または希塩酸中での塩酸ガスの解離は強い発熱反応によるものです。一般的には、濃度28%~37wt%の塩酸が必要です。塩酸ガスの吸収には等温または断熱吸収の2つの方法があります。下記のプロセスフロー図は、高濃度で塩酸を供給する方式に対し採用される等温塩酸吸収プロセスを示しています。ここでは純水または12.5wt%塩酸が、流下膜式吸収塔で37wt%塩酸をつくるための吸収液として使用さ

れます。37wt%塩酸は、有機物を吸着除去するための活性炭フィルターなどを通して不純物除去された後に貯蔵されます。分離塔が塩酸吸収ユニット内で不純物除去に使用されます。分離塔には有機化合物と塩素の大部分が含まれており、洗浄塔などで処理する必要があります。断熱吸収は通常希薄塩酸ガスに対して適用され、棚段塔または充填塔が使用されます。断熱吸収プロセスでは、より高濃度の塩酸を生成することはできません。



電解槽

電解槽は膜とガス拡散電極が最適な接触を維持するよう、陽極側が200ミリバールの圧力で運転されます。循環される淡塩酸と37wt%塩酸を陽極液タンク内で混合し、自動的にコントロールします。電解槽からの淡塩酸(12wt%)の一部が吸収ユニットへ戻されます。

陽極室

電解槽の陽極室に14wt%塩酸が供給されます。陽極室では陽極酸化反応が起こり、塩酸が消費され塩素が発生します。生成した塩素ガスは12.5wt%の淡塩素と分離され、塩素ガスヘッダーに集められます。淡塩素は陽極液タンクへ導かれます。一定量の水が水素イオンや塩素イオンと同様の膜を透過し、陰極室に移行します。

陰極室

電解槽の陰極室に酸素が供給されます。ガス拡散電極では、酸素は陰極反応により消費され、陽極室から移行する水素イオンと反応し水が生成されます。陰極室から排出される供給された酸素の一部は酸素サイクルでの窒素や他の微量汚染物質の蓄積を防止するため系外へ排出されます。陰極で生成される酸性凝縮水は廃水処理設備に送るかもしくは陽極システムへ戻すことができます。

製品の取り扱い

高純度のため直接下流設備に供給可能
塩素ガスの品質は非常に高いため、下流設備に直接送ることができます。塩素の液化や気化処理は不要であり、通常は湿塩素ガスの冷却や水分除去で十分です。塩素は液化しての貯蔵や、塩素ユーザーへ戻すために、乾燥や圧縮することも可能です。

隔膜法塩酸電解 水素も必要な場合に最適な技術

当社の隔膜法塩酸電解は陽極側から塩素、陰極側から水素が製造されます。この技術は水素も必要とする場合に理想的な技術です。

すべてのセルエレメントは、特殊PVCまたはPVC/PVDF隔膜で分離された複極式黒鉛電極から構成されています。個々のエレメントはフィルタープレス型複極式電解槽と同様の方式で組み立てられます。ガスの放出を容易にするため、電極には縦に多くの溝が設けられています。個々の電極は塩酸および塩素に耐食性のある合成樹脂製のフレームに取り付けられています。

このプロセスは前Hoechst社および前Bayer社（現Covestro社）との共同で開発されました。

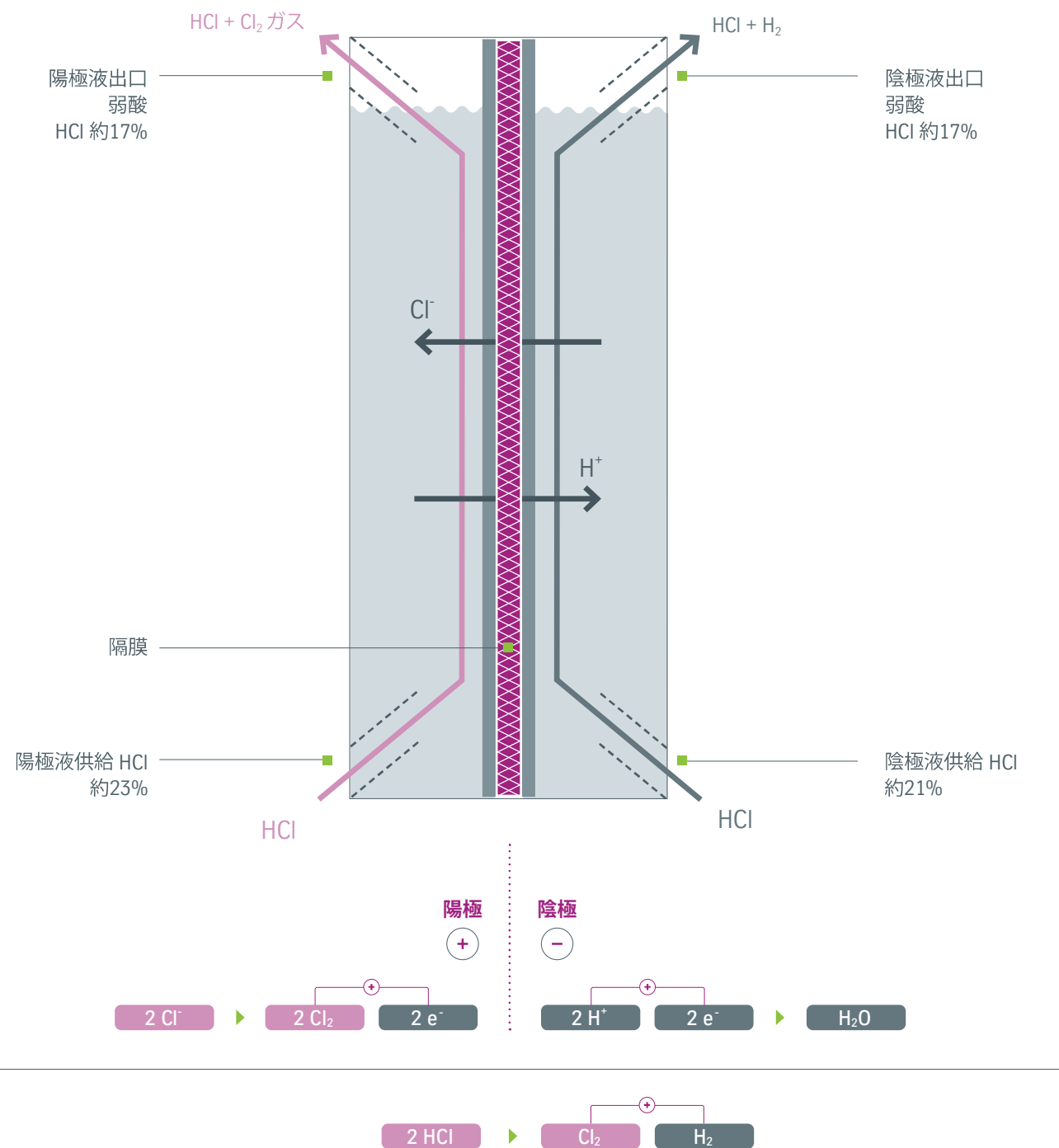
運転実績例：
CUF-QI 社
(ポルトガル、エシュタレジャ)
2008年運転開始
製造能力：塩素年産4万トン

隔膜法塩酸電解のメリット：

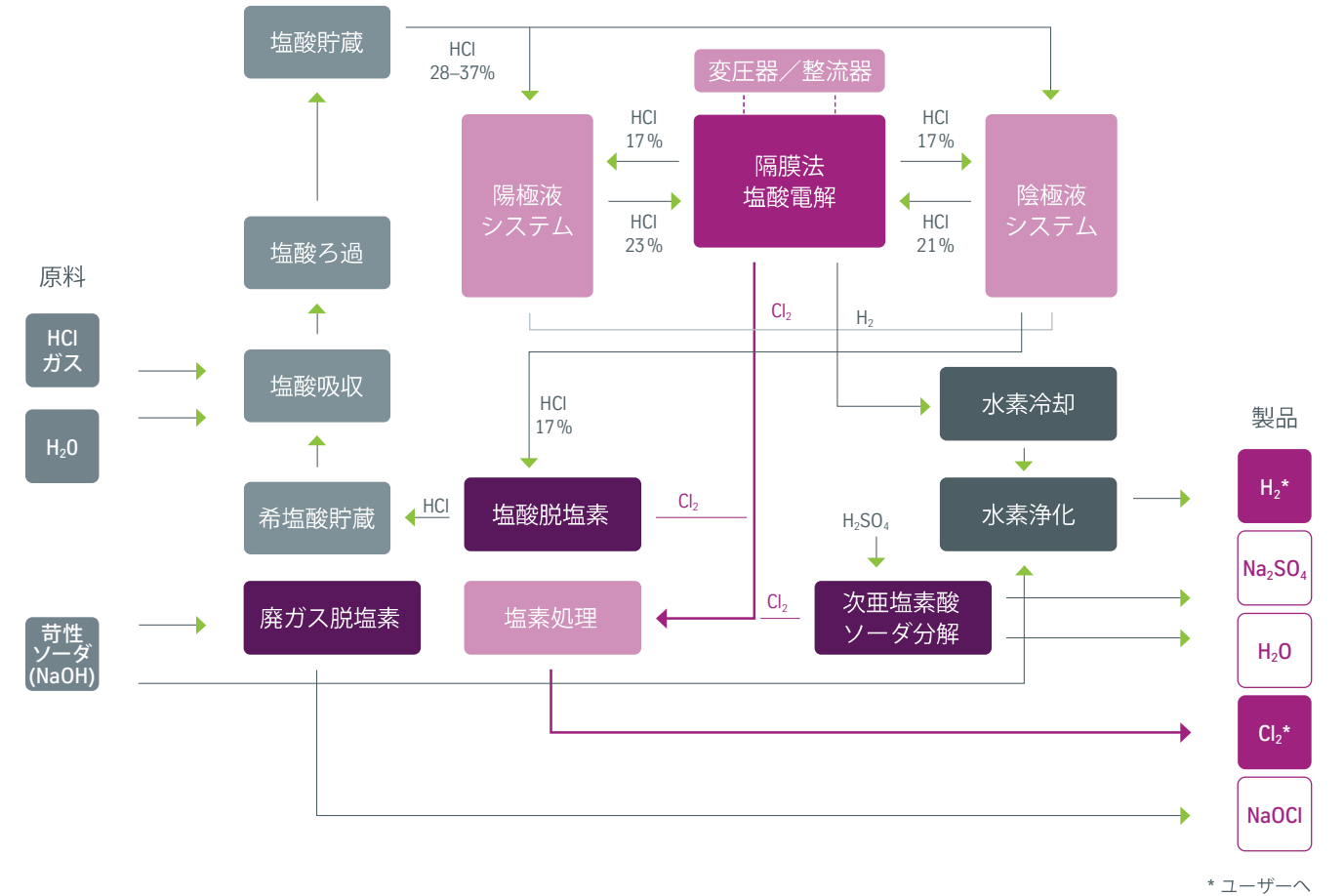
- 水素を生成し酸素の供給が不要
- 環境責任を考慮した資源の持続的再利用
- 関連する製造工程に容易に適応可能
- 最適なメンテナンスを可能にする高い柔軟性&増産が容易な電解槽設計
- 腐食環境下での高耐久性
- 高稼働率に対する実績&信頼性の高い技術

隔膜法塩酸電解の原理

隔膜法電解槽は主にPVCまたはPVC/PVDF 製隔膜で隔てられる2枚の黒鉛電極からなっています。この隔膜は透過性があり、水素イオンと同様塩素イオンも透過させます。個々のセルはフィルタプレス式複極式電解槽と同様の方法で組み立てられます。



隔膜法塩酸電解の仕組み



塩酸吸収と処理

TDI/MDI プラントの一部として組み込む場合、本プロセスは無水塩酸ガスを吸収ユニットで処理することから始まります。水または希塩酸中での塩酸ガスの解離は強い発熱反応です。一般的には、28%～37wt%の塩酸濃度が必要です。塩酸ガスの吸収には等温または断熱吸収の2つの方法があります。上記のプロセスフロー図は、高濃度で塩酸を供給する場合に採用される等温塩酸吸収プロセスを示しています。ここでは、純水または17wt%の塩酸のいずれかを液膜式吸収塔内で吸収剤として使用します。37wt%塩酸は、有機物を吸着除去するための活性炭フィルターなどを通し、連続的に不純物が除去され貯蔵されます。分離塔が塩酸吸収ユニット内で不純物除去に使用されます。分離廃ガスには、有機化合物と塩素の大部分が含まれており、例えば洗浄塔で処理する必要があります。断熱吸収は通常希薄塩酸ガスに対して適用され、棚段塔または充填塔が使用されます。断熱吸収プロセスでは、より高濃度の塩酸を生成することはできません。

陰極液と陽極液循環を伴う電解槽

凝縮された塩酸は陽極液システムと陰極液システムに供給されます。本プロセスでは陽極と陰極の塩酸循環があり、陽極室には約23wt%、陰極室には約21wt%という異なる濃度の塩酸が供給されます。塩素と水素が電解槽内で発生し、17wt%の淡塩酸がセルの陽極室から排出されます。陽極循環液は並列に接続された陽極室を通して流れ、陰極循環液も同様に陰極室を通して流れます。固形不純物フィルターですべて除去し、プロセスの熱バランスは熱交換機を使用し維持されます。陰極循環からの17wt%塩酸の一部が吸収ユニット内で塩酸により約28-37wt%に濃縮され、その後両極循環ラインへ戻されます。

製品の取り扱い

湿塩素ガスは冷却および水分除去された後、直接下流のユーザーに送るか、乾燥・圧縮して塩素ユーザーに直接戻されるか、液化した後タンクに貯蔵されます。副産物である水素は、冷却および苛性ソーダでの洗浄後、水素添加プラントなどの水素ユーザーに供給されます。

グローバルネットワークを駆使した 包括的サービスの提供



長期的なオペレーションサポート

お客様のご要望である「既存設備の耐用年数を通しての高効率かつ安全な操業」に応えるため、当社ではプラントライフサイクルを通じて、電力消費量を最低限に抑え稼働率・安全性・品質を継続的に改善する包括的なサービスを提供しています。

スペアパーツ

ティessenクルップ・ニューセラの革新的な電解槽であれば、必要なメンテナンス作業を最小限に抑えることができます。ただし、プラントを経済的で効率的かつ高い信頼性で稼働するためには当社が認定した高品質なスペアパーツを使用することが極めて重要です。当社は、定評のあるサプライチェーンを活用し納期をできる限り短縮します。

性能向上と改造

当社では、プラント性能の向上を実現するための幅広いサービスを提供しています。電解ルーム全体もしくは電解槽ごとに性能向上や改造を行うことができ、苛性ソーダ1トン当たりの電力源単位を大幅に削減することが可能です。

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |
| + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + |
| - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |
| + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + |
| - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |
| + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + |
| - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |
| + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + |
| - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |
| + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + |
| - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |

お客様

ティessenクルップ
ニューセラ

- エレメント製造会社
- 膜サプライヤー
- 物流パートナー
- コーティングサプライヤー
- 組み立てパートナー
- スペアパーツサプライヤー
- エレメントのリース

- ⚙️ アセット
マネジメント
- 🔧 スペアパーツの
供給と管理
- 🏭 改造
- 🏠 サービスセンター
と現場サービス

電解プラントに関する技術と知見を駆使し世界中にあるプラントのオペレーションを包括的にサポート

デジタルプラント監視および最適化

nucera evaluator

nucera evaluator は、電解槽の電圧と運転パラメータを測定解析します。最大限の安全性を確保するため、精度 3mV で 1 秒間に 125 回の測定を行います。これらの正確な測定値にもとづき、将来的なエレメントの状態を予測します。その結果により安全なプラント運転、適時適正なメンテナンス、明瞭なレポート、シンプルなトラブルシューティングを実現します。

遠隔モニタリング

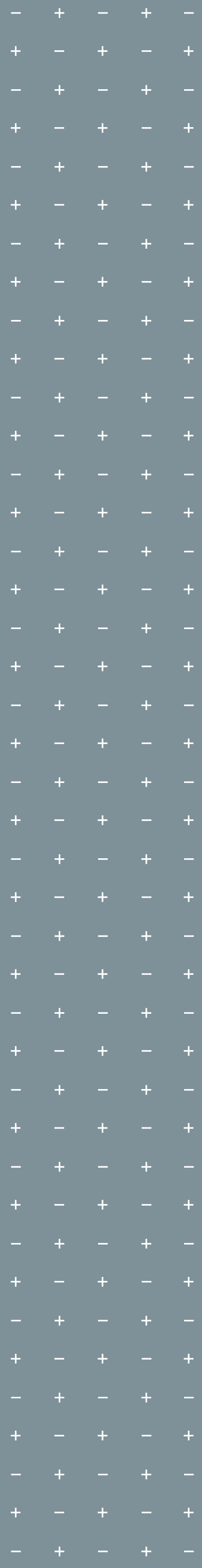
nucera evaluator や nucera administrator などさまざまなツールから測定された運転データは、当社技術サービスセンターのスペシャリストにより解析されます。このサービスによりプラントの運転最適化および性能向上を実現します。これらのツールによる予防分析は、プラントの稼働率を高め適切なメンテナンスの計画立案を可能にします。

包括的サービス提供による 設備停止期間最短化

電解槽運転保守の課題は、最短の停止期間内に高品質な保守作業を実行することです。ティessenクルップ・ニューセラの包括的サービスは、専門知識と経験、高品質な保守技術にもとづき、保守作業の責任を一括でお受けします。



thyssenkrupp
nucera



Copyright 11/2023 thyssenkrupp nucera AG & Co. KGaA

