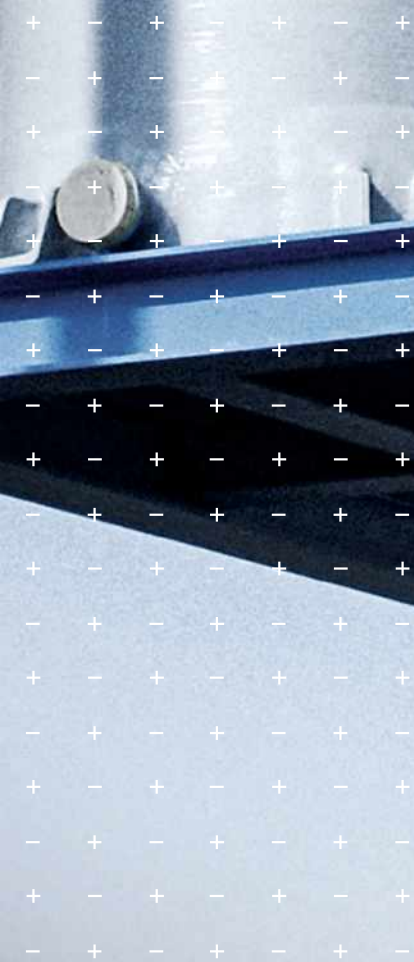




thyssenkrupp  
nucera

# 食塩電解

最先端技術を結集した電解槽



# 世界 9 都市からの グローバルなサービス展開

## 目次

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 ..... 04-05

### 最先端技術を結集した電解槽：

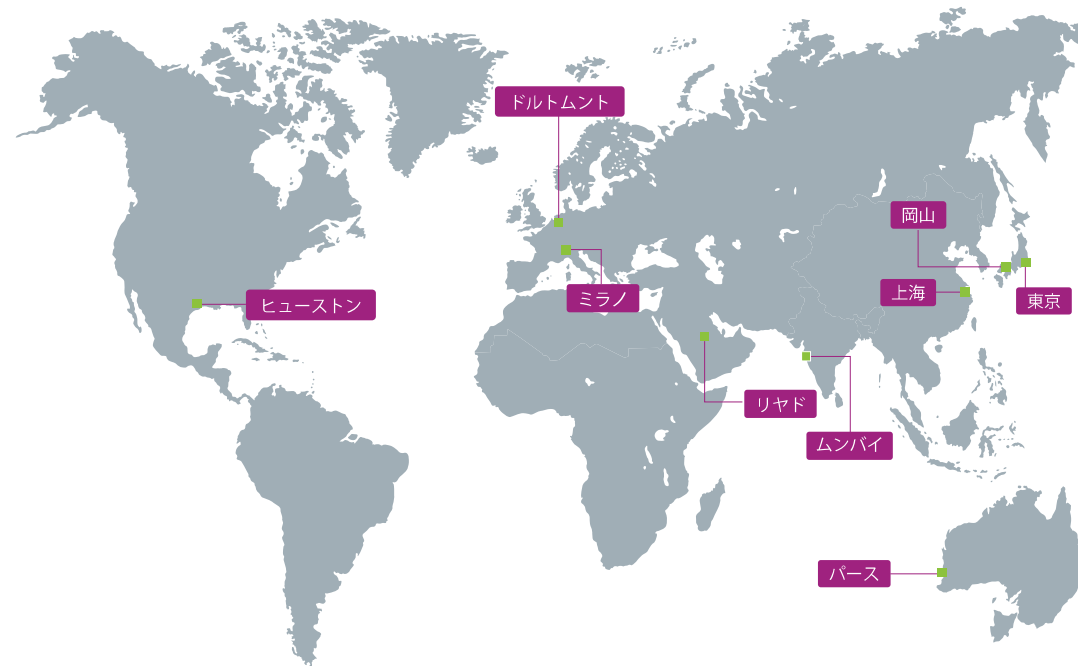
1. BITAC シリーズ (フィルタープレス) ..... 06-09

2. BM 2.7 シリーズ (シングルエレメント) ..... 10-13

3. ガス拡散電極技術 ..... 14-17

費用対効果に優れた塩素製造のソリューション ..... 18-19

包括的サービスの提供 ..... 20-21



■ ティッセンクルップ・ニューセラ

“  
 グローバルネットワークの  
 活用により最先端技術を設計  
 から建設までワンストップ  
 パッケージで提供  
 ”

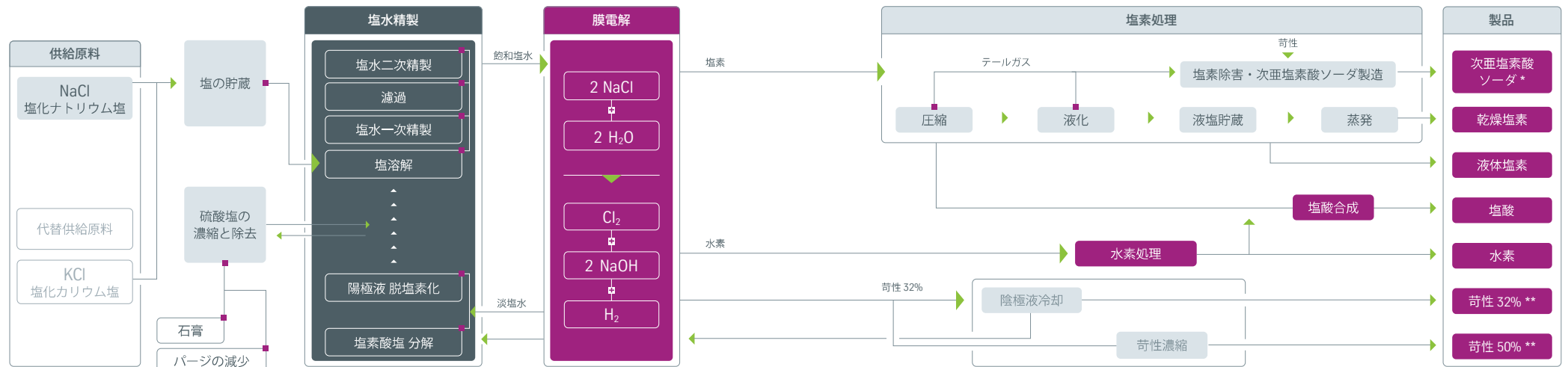
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-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

## 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



\*NaClO または KClO \*\*NaOH または KOH

## 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。



## BiTAC シリーズ： フィルタープレス技術による エネルギー低消費型電解槽

BiTAC の実績：  
Ningxia Risheng 社、中国  
(2018 年、2019 年に商業運転開始)  
生産能力：苛性ソーダ 年産 320,000 トン

2 つの異なる世代の BiTAC (nx-BiTAC, nx-BiTAC plus) が単一のセルルームに格納されており、各生産量は 160,000 トンです。

BiTACは長年培ってきた経験と知識を駆使して開発されたフィルタープレス技術を採用しています。

1994年に販売開始したフィルタープレス型複極式イオン交換膜電解槽 BiTAC はゼロギャップ方式を採用しており、世界初の高電密:6kA/m<sup>2</sup>、2,200kWh/t-NaOH という低消費電力を実現した画期的な電解槽でした。この BiTAC 設計思想は次世代の n-BiTAC, nx-BiTAC に継承され、いずれも同反応面積 (3.276m<sup>2</sup>) を保持し電解槽構成部品の互換性を考慮した設計となっています。

2005年に導入した n-BiTAC は、陽極室構造のグレードアップやファイン陰極メッシュによりさらに低消費電力を改善し 2,060kWh/t-NaOH を達成しました。さらに 2013年に導入された nx-BiTAC は、陽極メッシュのファイン化などの改良により 2,010 ~ 2,025kWh/t-NaOH を達成し、新たなマイルストーンを打ち立てました。この nx-BiTAC は、販売開始から3年間で世界 20 プロジェクトで採用されるという記録的な実績を達成しています。そして 2019年には e-BiTAC v7 の商業運転を開始しました。エネルギー消費量については 2,000kWh/t の壁を突破し、1,960-1,979kWh/t (6kA/m<sup>2</sup>) という記録的な低消費電力を実現しています。

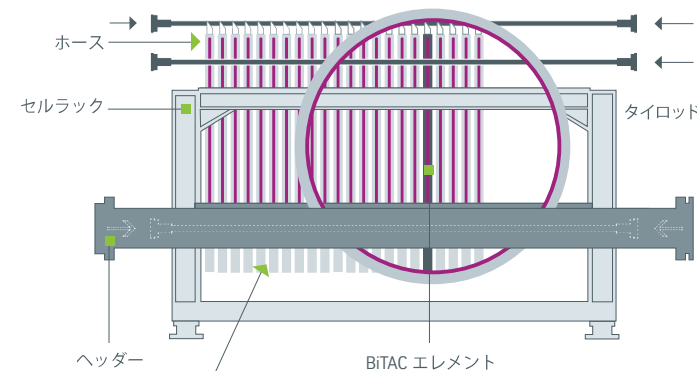
### e-BiTAC v7 のメリット

- 陽極メッシュのファイン化による電圧低減
- 独自のスポット溶接チップ採用により凹凸のない陽極表面
- 優れた気液分離構造
- 一体化型の陰極メッシュ採用により陰極メッシュ間のギャップをなくし実反応面積を最大化
- 多数の電気接点を有し、優れた弾性を誇る MWX スプリング構造により IR ドロップを低減し均一な電流分布を実現
- 優れた陽極室の内部循環により均一な陽極液濃度分布

# e-BiTAC v7 のメリット

## BiTAC シリーズで採用されるフィルタープレス技術のメリット

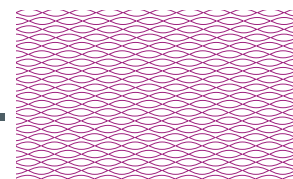
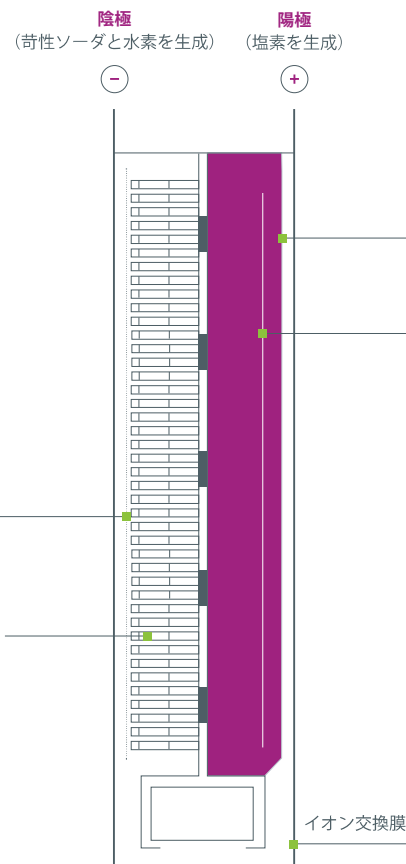
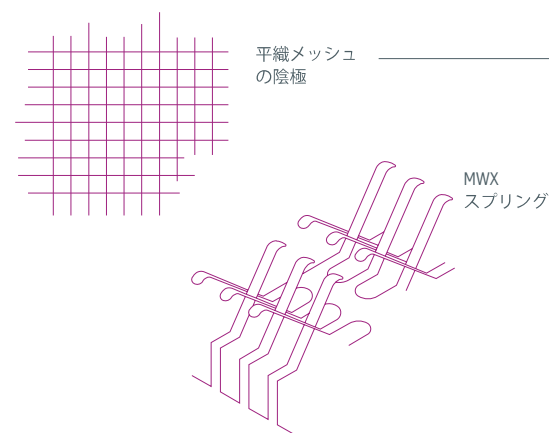
- 低いガスケット締付力、タイロッドのみでイオン交換膜を締付
- 電解槽ごとの迅速な膜交換
- 小スペースで可能なメンテナンス
- 爆着クラッド採用した陽陰極室の接合により IR ドロップを長期に渡り低減



## MWX スプリングと平織り陰極メッシュの組み合わせ

e-BiTAC v7 の陰極表面は、全面を高密度の平織メッシュで覆い活性陰極コーティングを施しています。この平織メッシュにより、陰極側のスプリングと陽極メッシュの性能の効果を弱めることなく電流を流すことができます。平織メッシュの下に固定されているスプリング・コンダクターである MWX スプリングは、陰極メッシュとイオン交換膜を最適な圧力で陽極面に優しく押し付けるためイオン交換膜の機械的損傷を防ぐことができます。

MWX スプリングは、ゼロギャップ技術における重要な特徴の一つです。スプリング圧縮のすべての過程で最適な弾力を維持するように設計されているため、イオン交換膜の動作環境を向上させることができます。同時に各エレメントに 30,000 もの接点を作ることで電気抵抗が低減され、セル電圧の低下に貢献します。



## なめらかな表面のセミファイン陽極メッシュ

セミファイン陽極メッシュは、陽極メッシュ表面からのガスの放出を助け電圧低下に貢献します。そのため金属構造全体で優れた電流分布と電圧低下が得られます。新たに採用された「無打痕スポット溶接」技術により、陽極メッシュ表面全体で完全にフラットな面が実現されます。これらはイオン交換膜との接触を均一にし、イオン交換膜の耐用年数を長くする上でも有効です。

## ダウンカマー

ダウンカマーは特殊なV字型により、ガスリフト効果を利用した高度なエレメント内部循環を作り出すことができます。これにより、陽極室内の密度と濃度は均一になります。

塩化ナトリウム水溶液を電解することで、陽極からは塩素、陰極からは苛性ソーダおよび水素が発生します。この反応全体の化学式：



## BM2.7 シリーズ： シングルエレメント技術による エネルギー低消費型電解槽

BM2.7 の実績：Vestolit Marl 社、ドイツ  
(2007 年に商業運転開始)  
生産能力：苛性ソーダ 年産 236,900 トン  
塩素 年産 210,000 トン

その他多くの参考事例を、ご要望に応じて  
提供しています。

発売から約 30 年を迎えた BM2.7 シリーズから新たに「6 plus」が開発されました。BM シリーズは全世代で互換性があり同じ電解槽ラックに格納可能です。

1997 年に発売した BM2.7 v3 は初めてレーザー溶接を採用し、強酸性下での陽極液運転を可能とした陽極室内部構造による電解槽でした。2019 年に発売した BM2.7 v6 plus はエラスティック陰極メッシュ構造を有する完全ゼロギャップ型電解槽であり、食塩電解槽の基準を確立してきました。第 6 世代となる BM2.7 v6 plus 電解槽は、電密  $6\text{kA/m}^2$  において  $1,980\text{kWh/t-NaOH}$  まで消費電力を抑えることができます。

### ① シングルエレメント+エラスティック陰極メッシュ=ゼロギャップ

BM2.7 v6 plus の最大の特徴は、シングルエレメント構造とエラスティック陰極メッシュの組み合わせにより実現したイオン交換膜全面にわたる完全ゼロギャップです。また、メッシュ陰極デザインと最先端のコーティング技術により低消費電力を実現し、逆圧や圧力異常に対して高い耐性を確保しています。

### 6 plus & 次世代の開発

2012 年に最初の完全ゼロギャップ型電解槽 "v6" が発売されて以来 v6 plus が新たな基準を打ち立てました。最適化された設計により、電密  $6\text{kA/m}^2$  において  $1,980\text{kWh/t-NaOH}$  の壁を突破しました。最大の特徴は  $2.85\text{m}^2$  の有効面積と  $6\text{kA/m}^2$  を超える高電流密度運転による膜の長寿化です。当社では現在さらなる次世代電解槽の開発を進めています。

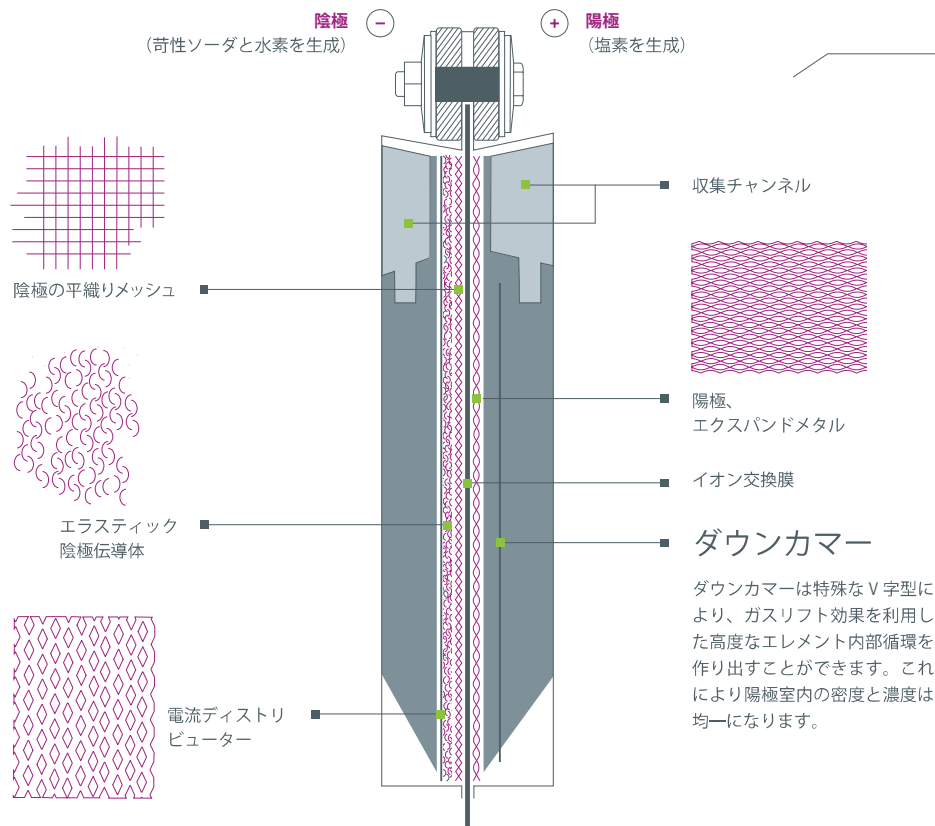
## BM2.7 シングルエレメントシリーズのメリット

- 省エネ：イオン交換膜の有効エリア拡大とゼロギャップ構造の採用により電力消費を大幅に削減
- エネルギー効率の改善：電流分布の均一性向上と電解面での気泡放出の改善により高いガスリリス効果を実現
- 完全密閉：シングルエレメント構造と独自のシール構造およびホースシステムにより運転ライフに渡り 100% 漏れが起きない完全密閉を実現
- 独立した陽陰極間の締付：イオン交換膜の締付固定と無関係に陽極室と陰極室間の接触圧力を独自に調整可能
- イオン交換膜耐用年数の延長：イオン交換膜と電極面の均一な接触によりゼロギャップ構造保持とイオン交換膜耐用年数の延長を実現

# BM2.7 シングルエレメントは 電解槽スタックへの据付前に 組立・試験を完了

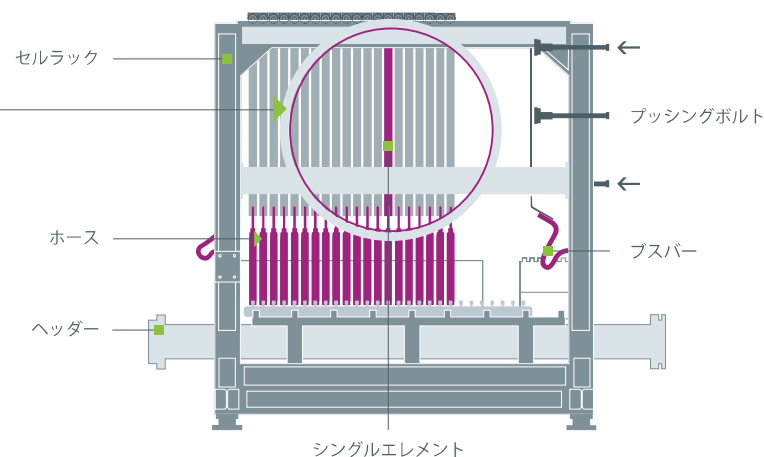
## ゼロギャップ

エクスパンドメタル陽極・平織メッシュ・エラスティック陰極伝導体を組み合わせることで、イオン交換膜全面に渡るゼロギャップを達成しました。これにより大幅なエネルギー節約とイオン交換膜の耐用年数長期化が可能になります。



## BM2.7 v6 のメリット

- 独自のシール構造とホースシステムにより 4.7barg まで密閉性を保持 (運転圧力は 0.5barg)
- シングルエレメントのローラーサスペンションが陽極～陰極室間の接触力の調整を確保
- 硬質、耐久性に優れた PTFE ガasket
- 電解ルーム外のクリーンエリアでエレメントにイオン交換膜を組込・試験の実施
- 組立エレメントを長期に渡り保管が可能
- シングルエレメントごとに容易に交換が可能
- 1種類のエレメントのみを使用 (エンドアノードやエンドカソードは不要)



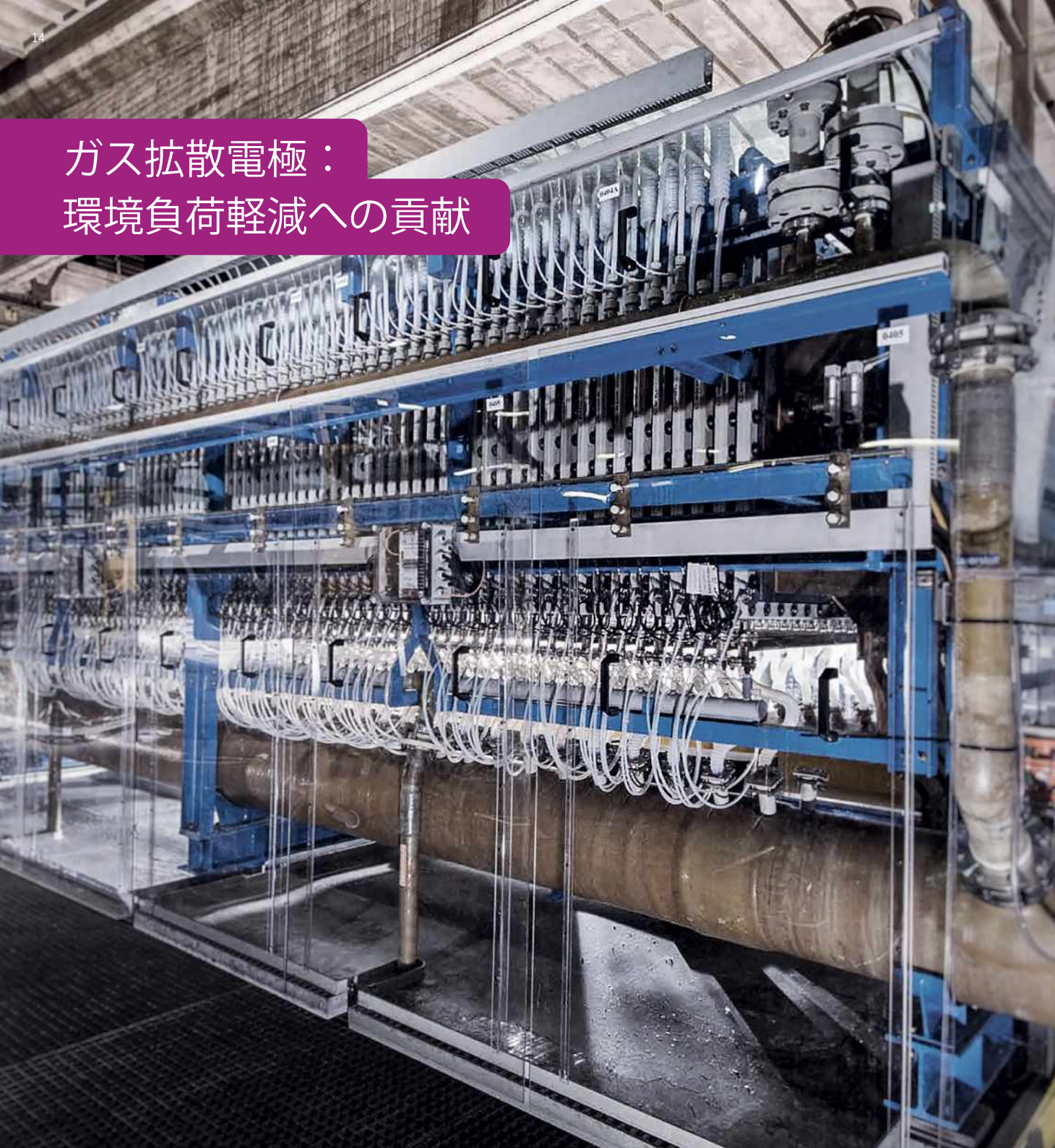
## スムーズな気液の流れと安全操業

陽極室では塩水と塩素、陰極室では苛性ソーダと水素が底部にあるフィードパイプから上部にある収集チャンネルに向かって連続的に流れることでイオン交換膜の機能が最大限に発揮されます。ガスと液は収集チャンネルで完全に分離された層状流となることで陽極および陰極室内の圧力変動が最小限に抑えられ、イオン交換膜の耐用年数向上に寄与します。陽極および陰極室は常に液が保持されるため、イオン交換膜を通して水素ガスと塩素ガスが混合することはありません。

塩化ナトリウム水溶液を電解することで陽極からは塩素、陰極からは苛性ソーダおよび水素が発生します。この反応全体の化学式：



## ガス拡散電極： 環境負荷軽減への貢献



従来型技術と比較して最大25%のエネルギー消費量削減を可能とするコベストロ社との共同開発による技術

### 水素の生成を抑制

ガス拡散電極式食塩電解技術は、シングルエレメント電解技術（BM2.7の設計）に融合されたガス拡散電極にもとづく技術です。ガス拡散電極式食塩電解と従来型技術との決定的な違いは陰極にあります。陰極室に導入される酸素は水素の発生を抑えることでセルの電圧が約2Vに減少します。そのため消費電力を最大25%削減し、6 kA/m<sup>2</sup> 運転において苛性ソーダ1トンあたり1,550 kWhの低電力消費が実現可能です。また消費電力が一定に保たれている場合は、対応する電力容量の増加が可能です。ガス拡散電極式食塩電解技術は、エネルギー消費量の削減により温室効果ガス低減など地球環境の保全に寄与します。

### 容易なアップグレード&完全な互換性

従来型膜技術のプラントでも部分的もしくは完全なガス拡散電極式食塩電解技術への切替が可能です。エレメントと塩水プロセスには互換性があるためガス拡散電極式食塩電解と従来型イオン交換膜技術を一つのプラントに組み合わせることも可能です。

## ガス拡散電極のメリット

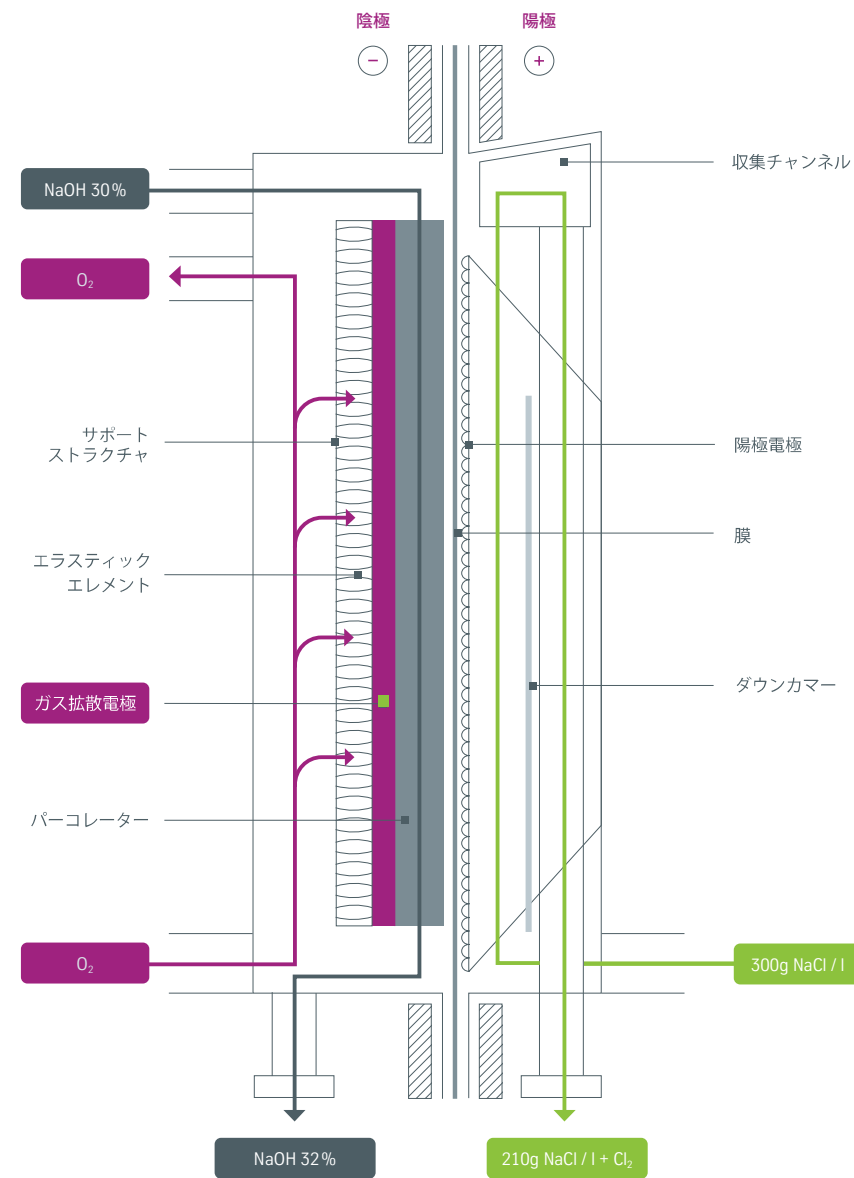
- 従来型の技術と比較してエネルギー消費量を最大25%削減
- CO<sub>2</sub> 排出量を削減する環境にやさしいソリューション
- BM2.7とガス拡散電極技術はエレメントと塩水プロセスの完全な互換性により1つのプラント内での統合も可能
- 実績ある技術
- 電気ならびに水素供給の観点から現場における高い柔軟性を実現



# ガス拡散電極プロセス

ガス拡散電極は陰極メッシュ、触媒およびバインダーから構成されます。反応の第1段階は、酸素が多孔質ガス拡散電極構造体に浸透することによって反応が開始され、第2段階では酸素が苛性電解液に溶解し触媒表面上に拡散します。次いで、酸素が化学的に消費され反応生成物である苛性ソーダは陰極室から排出されます。

このプロセスの特徴は、反応する触媒表面における液体、気体および固体の3相境界です。これは反応を得るために酸素、苛性および触媒を接触させる上で重要であり、当社のセル設計と他の技術との違いを生み出しています。

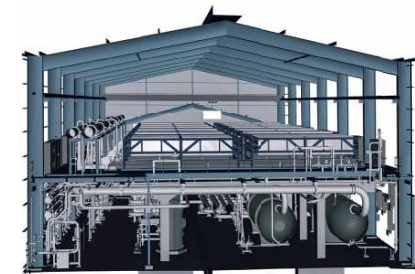


## 費用対効果に優れた塩素製造のための2つのソリューション

### 運転実績例：

Leuna-Harze GmbH 社  
ドイツ ロイナ (2012年に運転開始)  
生産能力：塩素年産 15,000 トン  
契約形態：EPC LSTK

## スペースを有効活用し費用対効果に優れた2つの革新的なソリューション



Solvay S.A. 社、フランス タヴォー (2012年に運転開始)；  
生産能力：苛性ソーダ 270,000 トン

### コンパクトな電解槽室の設計

当社が提供する電解槽室はコスト、スペース、メンテナンス性の確保に重点を置き、設計の最適化を行っています。電解槽が設置される床の下部空間に運転やメンテナンスに必要なタンク、ポンプを設置することで電解槽設置に必要な空間のコンパクト化を実現しています。

### スキッドマウント技術

塩素と苛性ソーダは各種産業に不可欠な基礎化学品であり、安定供給の確保は化学業界の重要課題となっています。当社では産業の発展に伴う塩素需要および液体塩素輸送の制約に対応するため、スキッドマウント方式の小規模塩素プラントを提供しています。

当社の小規模塩素プラントは標準化され事前に組み立てられたモジュールがスキッド内に収められています。各スキッドは標準的なコンテナに収まるサイズとなっており、容易に輸送することが可能です。プラントは年産 5,000 トンもしくは 15,000 トンの設備規模からお選びいただけます。この設備は塩水精製、食塩または塩酸電解、塩素冷却 / 乾燥 / 液化、塩素除害、次亜塩素酸ナトリウムの製造などさまざまな用途に対応可能です。

個々のユニットスキッドは既存設備に配置することが可能であり、設備の近代化やボトルネックの解消などの目的にも利用することができます。

### スキッドマウント型プラントのメリット

- エンジニアリングの標準化によるコスト最適化
- プロセス簡易化によるコスト削減
- 現場での土木工事や建設の軽減
- 設備投資リスクの低減
- 従来プラントと比較して迅速なプロジェクト工期

# 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

ティッセンクルップ・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。

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

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

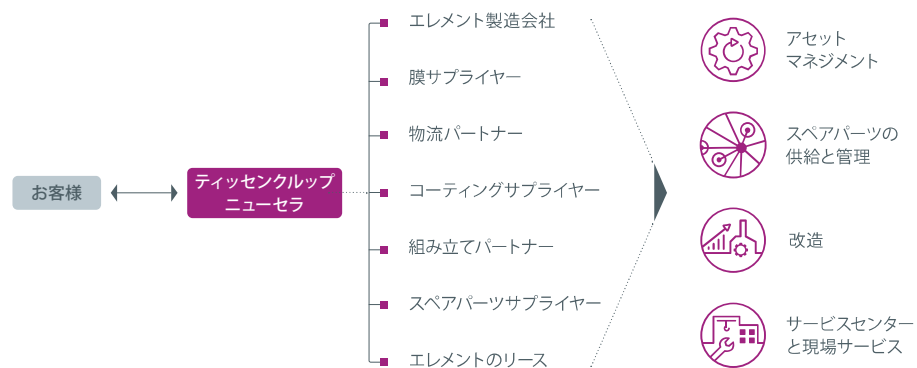
nucera evaluator は、電解槽の電圧と運転パラメータを測定解析します。最大限の安全性を確保するため、精度 3mV で 1 秒間に 125 回の測定を行います。これらの正確な測定値にもとづき、将来的なエレメントの状態を予測します。その結果により安全なプラント運転、適時適正なメンテナンス、明瞭なレポート、シンプルなトラブルシューティングを実現します。

### 遠隔モニタリング

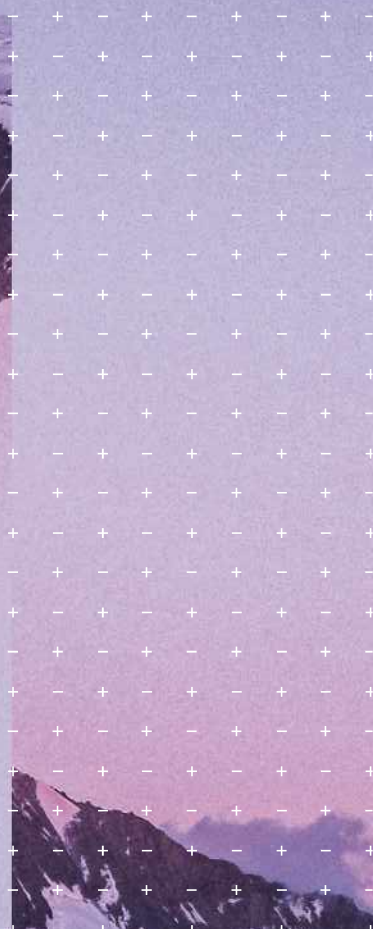
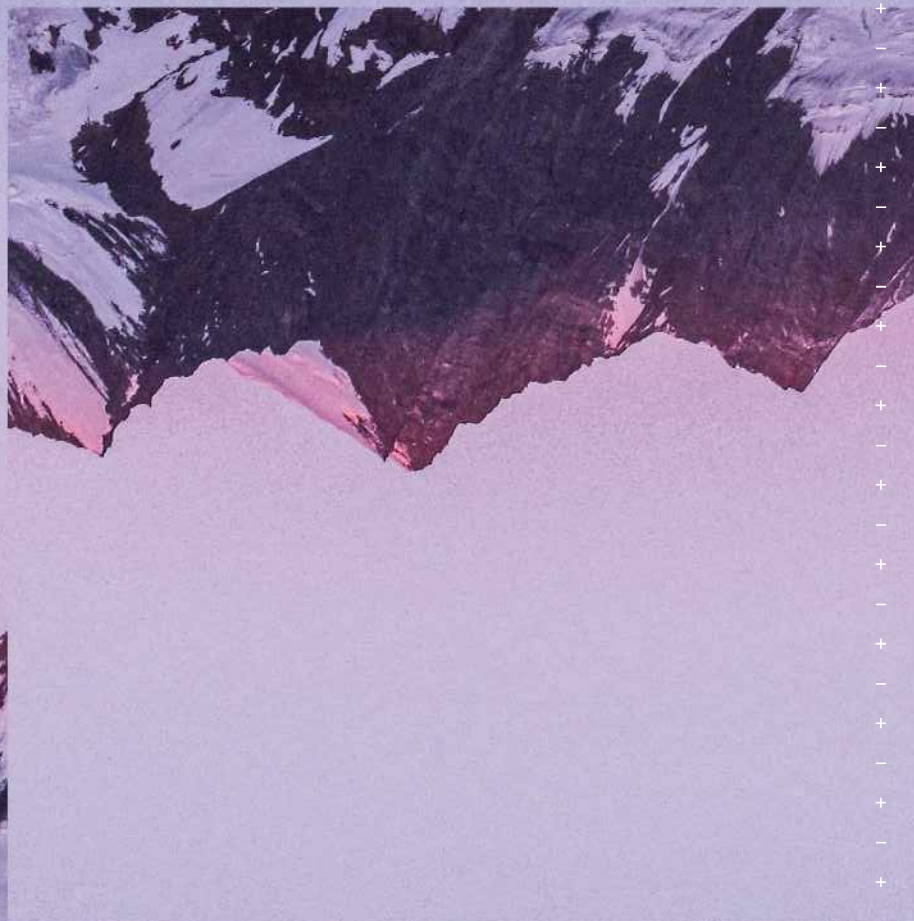
nucera evaluator や nucera administrator などさまざまなツールから測定された運転データは、当社技術サービスセンターのスペシャリストにより解析されます。このサービスによりプラントの運転最適化および性能向上を実現します。これらのツールによる予防分析は、プラントの稼働率を高め適切なメンテナンスの計画立案を可能にします。

## 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。ティッセンクルップ・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。

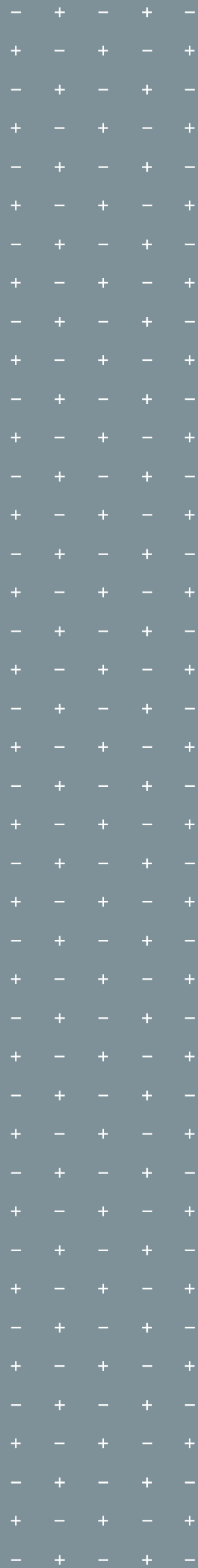


We shape  
the new era.





thyssenkrupp  
nucera



Copyright thyssenkrupp nucera AG & Co. KGaA

