

省エネルギー型食塩電解槽の開発

重	本	浩	伸 ^{*1}
篠	原	彰	太 ^{*1}
金	子	幸	生 ^{*1}
阿	部	祐	紀 ^{*2}
柴	崎	嘉	郎 ^{*3}

Development of energy saving chlor-alkali electrolyzer

Hironobu SHIGEMOTO
 Shota SHINOHARA
 Sachio KANEKO
 Yuki ABE
 Yoshiro SHIBASAKI

The latest electrolyzer was developed by Tosoh Corporation and thyssenkrupp Uhde Chlorine Engineers (Japan) Ltd., named nx-BiTAC for chlor-alkali electrolysis. The energy saving technology applied to nx-BiTAC was developed in improvement of conventional electrolyzer ; BiTAC[®] series. nx-BiTAC started commercial operation in 2014 in our company and the operation has been continued favorably still now for 4 years. nx-BiTAC achieves about 3% saving energy compared with the former electrolyzer ; n-BiTAC.

1. はじめに

苛性ソーダは様々な産業の基礎素材として重要な役割を担っている化学製品であり、原料である食塩を電気分解する電解ソーダ法で製造している。電解ソーダ法には水銀法、隔膜法、イオン交換膜法があるが、国内では環境面から水銀法、隔膜法は淘汰され、現在では全てイオン交換膜法食塩電解（以下、IM 食塩電解）に転換されている。

IM 食塩電解は、従来の水銀法、隔膜法と比較して電力消費量が低減され、環境面だけでなく経済面でも優れた製法であるものの、電解ソーダ工業の電力消費量は化学工業全体の約 20%を占めていることから、エネルギー多消費型産業のひとつに位置付けられてお

り、IM 食塩電解の省エネルギー化は環境問題解決の重要課題である。IM 食塩電解の国内最大手である当社は、1995 年にティッセンクルップ・ウーデ・クロリンエンジニアズ(株)（2015 年にクロリンエンジニアズ(株)から社名変更）とゼロギャップ型複極式食塩電解槽（BiTAC[®]）を共同開発し、実プラントで商業運転を開始した。また、2007 年から実プラントで商業運転を行っている n-BiTAC 電解槽は、従来の BiTAC[®] 電解槽より大幅な省エネルギー化、かつ高電流密度でも安定した運転を可能とし、IM 食塩電解の生産性向上、省エネルギー化に貢献している。

本稿では、既存電解槽の更なる高性能化を目指して開発した BiTAC[®] 電解槽の省エネルギー化改造技術と、その技術を最適化して新規開発した最新型電解槽 nx-BiTAC の特徴について紹介する。

* 1 ソーダ製造部 電解グループ
 * 2 ソーダ製造部 電解課
 * 3 ソーダ製造部

2. 既存電解槽の省エネルギー化改造

[1] 電解電圧の構成

BiTAC[®] 電解槽における電解電圧のうち、電解槽の構造に由来または構造の変更により低減可能な電圧は、「構造体抵抗による電圧ロス」と「極間抵抗による電圧ロス」であり、全体の 25% を占める (Fig. 1)。したがって、これらを低減しエネルギーコストを削減することが既存電解槽の省エネルギー化改造のポイントである。

[2] BiTAC[®] 電解槽の省エネルギー化改造

BiTAC[®] 電解槽は、電流密度の上昇に比例して増加する液の電気抵抗を抑えるため、矩形パネで陰極メッシュをイオン交換膜に押し付け、それまでの常識であった $3 \sim 4 \text{ kA/m}^2$ を超える 6.0 kA/m^2 での高電流密度運転を実現したゼロギャップ電解槽¹⁾²⁾³⁾ である。

しかし、BiTAC[®] 電解槽は、線径が太く硬いラスメッシュを陰極に使用していたため、イオン交換膜との間に局所的な隙間が生じ、完全なゼロギャップは達成していなかったため、さらに液の電気抵抗を削減する余地があった。そこで、陰極メッシュ形状を線径の細いファインメッシュに変更、また、陰極メッシュをイオン交換膜に押し付けるための弾性体を矩形パネからムカデバネに変更する改造を施した (i-BiTAC 電解槽)。

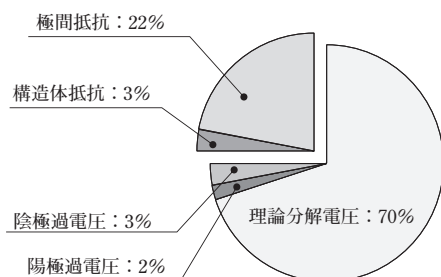


Fig. 1 Composition of cell voltage in BiTAC[®]

本改造により、陰極を押し付ける点数が増加し、陰極とイオン交換膜の密着性向上による液抵抗低減と、陰極と構造体間の給電点数増加による電気抵抗低減効果が得られ、約 30 mV ($@5.0 \text{ kA/m}^2$) の電圧を低減した。

さらに、陰極弾性体にコイル状のクッション材 (コイルクッション) を使用し、陰極メッシュを押し付ける点数をさらに増加させた改造を施した (i-BiTAC2 電解槽)。これにより、完全なゼロギャップが達成され、i-BiTAC 電解槽と比較し約 30 mV ($@5.0 \text{ kA/m}^2$)、従来の BiTAC[®] 電解槽と比較すると約 60 mV の電圧低減に成功した。

[3] n-BiTAC 電解槽の省エネルギー化改造

n-BiTAC 電解槽は、陽極室内の構造を見直すことで BiTAC[®] 電解槽の定格電流密度 6.0 kA/m^2 を超える商業運転では世界最高レベルの 8.0 kA/m^2 の高電流密度運転を実現した電解槽⁴⁾⁵⁾ である。

n-BiTAC 電解槽は当初から陰極メッシュにファインメッシュ、陰極弾性体にムカデバネを採用していた。その改造型である n-BiTAC2 電解槽⁶⁾ では、弾性体をコイルクッションに変更し、また、生成した苛性をイオン交換膜表面から効率的に抜き出して液の電気抵抗を低減するため、苛性内部循環の促進を目的としたダウンカムプレート陰極室内に設置した。本改造により、従来の n-BiTAC 電解槽からさらに約 60 mV ($@8.0 \text{ kA/m}^2$) の電圧低減に成功した。

3. nx-BiTAC 電解槽の開発と運転実績

[1] nx-BiTAC 電解槽の概要

BiTAC[®] 電解槽、n-BiTAC 電解槽の省エネルギー化改造では、陰極メッシュ形状、陰極弾性体の変更等、陰極側の改造により電圧を低減してきた。これらの省エネ技術に加え、nx-BiTAC 電解槽では、陽極側の改良により電圧低減を図っている。

	BiTAC	i-BiTAC	i-BiTAC2
メッシュ			
弾性体			

Fig. 2 Cathode side structure of BiTAC[®] series electrolyzer

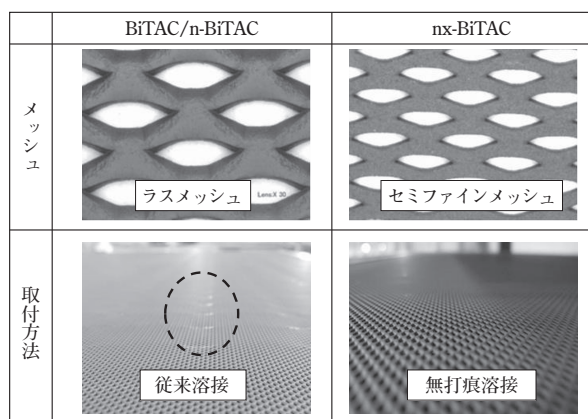


Fig. 3 Anode side structure of BiTAC[®] series electrolyzer

まず、陽極メッシュを従来のラスメッシュからセミファインメッシュ⁷⁾に変更し、発生した塩素ガスを効率的にイオン交換膜表面から抜き出すことで、ガスによる電気抵抗削減を図った。また、最新の溶接技術(無打痕溶接)を用いて陽極を取り付けることで陽極表面の凹凸を低減し、電流分布を均一化することで電圧低減を図っている。なお、BiTAC[®] 電解槽、n-BiTAC 電解槽の運転実績の中で、陽極の凹凸部でイオン交換膜の損傷が多く発生していたため、無打痕溶接による陽極表面の凹凸低減は、イオン交換膜保護の効果も期待できる。

[2] nx-BiTAC の運転実績

2014 年より、当社実プラントで nx-BiTAC 電解槽の商業運転を電流密度 $6.3\text{kA}/\text{m}^2$ で開始し、現在までの約 4 年間、安定に運転を継続している。電解槽の電力消費効率を示す電力原単位は、nx-BiTAC 同様に $8.0\text{kA}/\text{m}^2$ の高電流密度運転に対応した n-BiTAC 電解槽と比較して約 3% 低減しており、nx-BiTAC 電解槽は世界最高レベルの省エネルギー電解槽である。

4. おわりに

当社はティッセンクルップ・ウーデ・クロリンエンジニアズ(株)と共同で、 $8\text{kA}/\text{m}^2$ の高電流密度運転に対応した nx-BiTAC 電解槽を開発し、電流密度 $6.3\text{kA}/\text{m}^2$ で長期安定運転が可能であること実証した。当該電解槽は現在も順調に運転を継続している。更に 2017 年 8 月からは nx-BiTAC 電解槽を世界最高レベルの電流密度 $8.0\text{kA}/\text{m}^2$ で新規に稼働開始し、商業運転ベースでの実績を積み上げている。今後も電解技術の向上に向けてチャレンジを続け、ソーダ工業の省エネルギーに貢献していきたい。

<引用文献>

- 1) ソーダ工業会、ソーダ技術ハンドブック、43-45、(2009)
- 2) 特開平 5-306484 (1992 年 4 月 30 日出願)
- 3) 東ソー研究報告、第 39 巻、65-69 (1995)
- 4) ソーダ工業会、ソーダ技術ハンドブック、46-47、(2009)
- 5) 特開 2004-91834 (2002 年 8 月 30 日出願)
- 6) 特開 2012-140654 (2010 年 12 月 28 日出願)
- 7) 再表 2015-108115 (2015 年 1 月 15 日出願)

