

## 塩素アルカリ産業における無水銀技術

### 背景

#### 塩素アルカリ産業における水銀使用

水銀法は塩素及び苛性ソーダの製造において用いられています。水銀を使用することによる環境への影響に対する社会的な懸念等から、水銀法の施設の数はいくつかの国で大幅に減少してきましたが、依然として使用されています。

#### 水銀に関する水俣条約における要件（第5条及び附属書B）

水俣条約の第5条では、水銀及び水銀化合物を使用する製造プロセスを規制しています。塩素アルカリ製造における水銀使用は**2025年までに**停止することが定められています。

### 技術概要

#### 塩素アルカリ製造プロセスの種類

苛性ソーダ（水酸化ナトリウム）と塩素の多くが、塩化ナトリウム溶液（塩水）を電気分解することで製造されます。これまでは、**水銀法**や**隔膜法**が使用されてきました。**イオン交換膜法**は、経済及び環境の側面から多くの利点があり、現在日本では全てのプロセスがイオン交換膜法になっています。

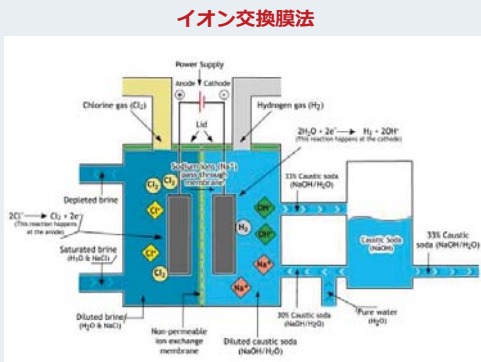
水銀法はその名の通り、製造プロセスにおいて水銀を使用する方法で、水銀を使用することによる環境への影響の懸念から、現在は日本では使用されていません。隔膜法は、アスベスト（石綿）等で構成された隔膜を使用して、苛性ソーダと塩素を陰極と陽極に分離させる方法です。

イオン交換膜法は、隔膜法とほぼ同じ製法ですが、陽イオンが通過できる膜がイオン交換膜として機能し、電解槽を2つのセクションに分けるといった点で異なります。ナトリウムイオンと少量の水のみが陰極側に膜を通過し、塩素は陽極にて生成されます。

3つの方法の電力消費量を比較した場合、イオン交換膜法が最もエネルギー効率の良いプロセスになります。隔膜法より効率的であることから、1980年代以降の新規の製造プラントの建設にあたっては、もっぱらイオン交換膜法が採用されています。

#### 日本における無水銀技術導入の経緯

1970年代の高度経済成長期においては、水銀法は塩素アルカリ産業において最も一般的な製造プロセスであり、当時の日本全体の水銀消費量の半分以上を占めていました。その後、産業界の努力の結果、1986年には水銀法は廃絶しております。1999年以降は、イオン交換膜法が日本で唯一使用されているプロセスとなっています。



出典: Euro Chlor (<http://www.eurochlor.org>)

#### 日本における苛性ソーダの生産量の推移

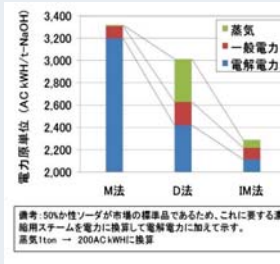


出典: 水俣病の教訓と日本の水銀対策 (環境省)  
[https://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/ja\\_full.pdf](https://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/ja_full.pdf)

#### 製法転換によるコベネフィット効果

日本の産業界がイオン交換膜法への転換を図った時期には、高いエネルギー消費量と苛性ソーダの品質の悪さの2つの問題に直面しました。しかし、研究開発を進めた結果、電流効率は96%まで改善されました。日本のイオン交換膜は、高品質（高純度）の製品の製造と、高い省エネ効果（隔膜法や水銀法の電力消費量の30%以下）の両方を達成できる技術となっています。

#### 製法別のエネルギー消費量の比較



備考: 50%苛性ソーダが市場の標準品であるため、これに異なる濃縮システムを電力に換算して電解電力に加えて示す。  
蒸気1ton → 200AC kWhに換算

出典: AGC株式会社

#### イオン交換膜の機器



写真提供: AGC株式会社

イオン交換膜法への転換は、「エネルギー消費量の削減」と「有害な化学物質（水銀やアスベスト）の使用削減」といった**コベネフィット効果**が期待できます。さらに、日本で製造されるイオン交換膜は、高耐久性のため製品寿命が長いという特色もあり、安定的なオペレーションを可能とします。これは、塩素アルカリ産業において収益性のあるオペレーションを行う上で大変重要な要素となります。

### 海外への適用性

#### 世界規模での使用

日本のイオン交換膜は、世界50カ国以上の電解施設で使用されています。

#### 技術の適用に係る課題

イオン交換膜は長期的に見れば、より省エネ効果があり、収益性の高いプロセスですが、初期投資が非常に高額になります。そのため、初期コストの回収には多くの年月が必要になります。また、水銀法の施設を解体した後に発生する余剰水銀は、環境に最適な方法での処分が必要になります。水銀廃棄物の管理は収益性はないため、全体の転換計画のフィジビリティスタディを実施するにあたっては、水銀廃棄物管理についても検討する必要があります。

### 参考文献

- 環境省「水俣病の教訓と日本の水銀対策」 ([https://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/ja\\_full.pdf](https://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/ja_full.pdf))
- UNEP世界水銀パートナーシップ「塩素アルカリセクターにおける水銀削減」 (<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/global-mercury-partnership/mercury-reduction-chlor-alkali-sector>)

編集・発行:



令和4年3月  
環境省 環境保健部 水銀対策推進室  
〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2  
Tel: 03-5521-8260, E-Mail: [suigin@env.go.jp](mailto:suigin@env.go.jp)  
<http://www.env.go.jp/en/chemi/mercury/mcm.html>