

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

苛性ソーダ（水酸化ナトリウム）は、私たちの暮らしに欠かせない化学物質です。この製造には、食塩水を電気分解し、苛性ソーダ、塩素、水素を得る製造プロセスには、「水銀法」、「隔膜法」、「イオン交換膜法」があります。しかし、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」の施設の数は大幅に減少しています。

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年末までに停止**することが定められています（ただし、一部の締約国では、2030年までの猶予が認められている場合もあります）。

技術概要

日本における塩素アルカリ産業における製造プロセスの種類と経緯

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、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。しかし、環境への影響から1986年に完全に廃止されました。その後「隔膜法」が使用されていましたが、現在では水銀を使用しない「イオン交換膜法」が日本で全面的に採用されています。

水銀法

その名のとおり、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。

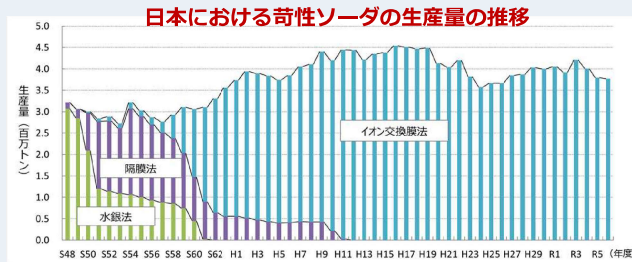
隔膜法

水銀を使用しない製法で、アスベスト（石綿）等で構成された隔膜を使用し、苛性ソーダと塩素を陰極と陽極に分離させる方法です。

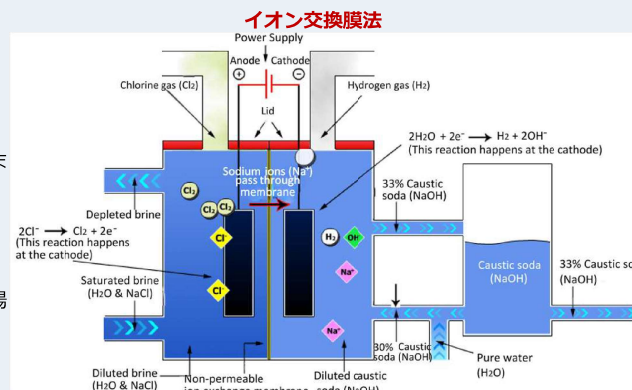
イオン交換膜法

水銀を使用しない製法で、イオン交換膜（陽イオンが通過できる膜）を使って、電解槽を2つのセクションに分けます。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るのが特徴です。

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」が電力消費が最も少なく、経済的でエネルギー効率に優れています。



出典：水俣病の教訓と日本の水銀対策（環境省）を一部修正
https://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/ja_full.pdf

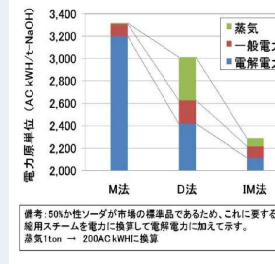


出典：AGC株式会社

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は、高いエネルギー消費量と苛性ソーダの品質の2つの問題がありました。しかし、研究開発を進めた結果、電流効率は96%まで向上されました。現在、日本のイオン交換膜技術は、高品質（高純度）の製品の製造と、高い省エネ効果（水銀法や隔膜法の電力消費量の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、これに要する濃縮用スチームを電力に換算して電解電力に加えて示す。
 濃縮1ton → 200kWh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。また、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、中国、EU諸国、米国等世界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

イオン交換膜法は長期的な視点で見れば、省エネ効果があり、収益性の高いプロセスですが、初期投資が高額になり、投資コストの回収に時間を要するという課題があります。しかし、近年では、省エネ型のイオン交換膜が開発されており、更なる電力コスト削減が可能となっています。

また、水銀法の施設を解体した後に発生する余剰水銀は、環境上適正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、製法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)
- 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8年3月
 環境省 環境保健部 水銀・化学物質国際室
 〒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
<https://www.env.go.jp/chemi/tmms/index.html>