



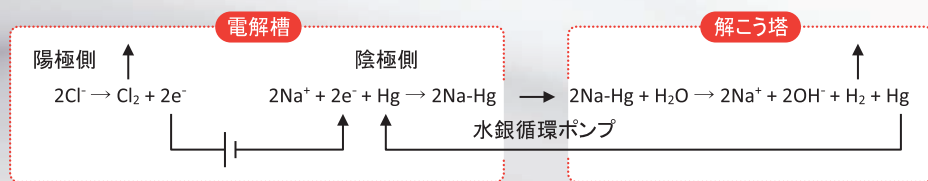
液体電極として利用される水銀

工業用化学品の製造技術は日進月歩である。こうした製造技術の中で最も単純なものの一つとして「電気分解」がある。学生実験でも簡単にできるので、水から水素と酸素を取り出した経験のある人も多いだろう。ただ、工業的には、水素や酸素は水の電気分解で生産されている訳ではなく、電気分解が工業的に広く行われているのは、主に食塩水から塩素と苛性ソーダを製造するプロセス（塩素アルカリ製造工程と呼ばれる）においてである。

ご承知のとおり、食塩は「NaCl」の化学組成を持っており、ここから塩素ガス（Cl₂）と苛性ソーダ（NaOH）を得る化学式は、比較的簡単に立てることができるだろう。苛性ソーダは石鹼やガラスなどの製造、塩素は殺菌の他にも漂白剤や塩化ビニルなどの樹脂製造における基礎化学品として安定した需要がある。電気を通す物質である水銀は、この塩素と苛性ソーダを製造するプロセスにおいて、液体電極として利用されている。

●食塩電解～食塩水から塩素と苛性ソーダを製造するプロセス

食塩電解に水銀電極を用いる水銀法（イラスト参照）は、今から百数十年ほど前に開発されたものだ。電気分解の陽極側では、塩素イオン（Cl⁻）が電子を失って塩素ガス（Cl₂）となる。水銀は陰極として用いられ、ナトリウムイオン（Na⁺）が金属ナトリウム（Na）になったところで、この金属ナトリウムと作用しアマルガムという一種の合金を作る。生成されたナトリウムアマルガム（Na-Hg）を解こう塔に送り、水（H₂O）と接触させると、イオン化傾向の強いナトリウムは水中の水素イオンに電子を渡して再びナトリウムイオンとなり、ここで水素ガス（H₂）が発生する。この解こう塔内の溶液を濃縮したものが、苛性ソーダ溶液として製品となる。



水銀法の化学式

還元・析出（溶液から特定の物質が分離して出てくること）した金属ナトリウムと合金を作った水銀は、解こう塔内で再び水銀に戻ると、水銀循環ポンプで電解槽へと循環する。このとき、液体の水銀電極に析出したナトリウムは、攪拌されて水銀と混合するため、電極表面は常に新鮮な状態に保たれる。このような機能を持ち、常温で安定している物質は、水銀の他に思いつかない。さらに、この水銀法で製造された苛性ソーダは、同時期に開発された隔膜法に比べて高濃度で高品質という特長を有していた。ちなみに、この解こう塔の「こう」は、「汞」と書き、中国語で水銀を意味する。

●水銀法からイオン交換膜法へ

食塩電解技術のキモは、陰極側で発生するナトリウムの陽極側への逆流を防止することである。水銀法では、ナトリウムをアマルガムとして固定して電解槽から取り除くことで、その問題をクリアしていた。しかし、水銀が水俣病の原因物質であることが明らかになると、水銀電極の安全性に対する懸念が指摘されるようになる。「塩素アルカリ製造工程」は、水俣病の原因となった「アセトアルデヒド製造工程」と異なり無機化学であるため、水銀のメチル化は起こりにくとも考えられたが、それでも水銀を使用しない技術へのニーズは高まりを見せ、新たにイオン交換膜法が開発された。イオン交換膜法では、ナトリウムイオンを陰極側に選択的に透過する膜で陽極側と陰極側を分離し、陽極側に食塩水を供給することによって、逆流問題に対応している。

●技術の進歩が水銀需要を減少させる

このイオン交換膜法は、エネルギー効率にも優れ、有害物質を使用しない技術として水銀法からの2025年までの転換が世界中で進められている。実際、イオン交換膜法は、水銀法と比較して苛性ソーダ製造1トン当たり約1000kWhもの電力が削減できる。このような技術イノベーションは、水銀を用いていた多くの産業で進められ、日本の水銀需要に大きな変革をもたらした。国内の塩素アルカリ産業は、1990年代にこうしたプロセス転換が完了し、現在運転されている工場は全てイオン交換膜法を採用している。国内の水銀需要は、ピーク時の約2,500トンから現在は約5トン以下と大幅に減少しているが、それはこうした化学品製造技術の進歩によるものと言えるだろう。