



イオン交換膜

イオン交換膜

海中の資源を 取り出して活用する

海水には塩分だけでなくさまざまな成分が溶け込んでいます。これをうまく活用することができれば、資源に乏しい日本にとって有用なものになるでしょう。日本では古くから海水から塩分を取り出して利用してきました。現在ではさまざまな物質を海水から取り出して、産業に使っています。

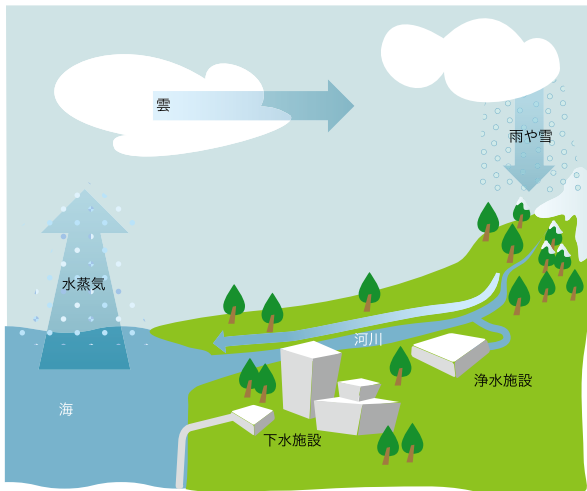
水の循環

地球の表面の約70%は海です。地球には14億立方kmの水があると計算されていますが、そのうち97%が海水です。

海水に溶け込んでいる塩分は、はるか昔に大気や岩石に含まれていた成分が雨に溶けて海に流れ込んだものといわれています。海水は太陽によって暖められて水蒸気となり、雲となって雨や雪を降らせ、川の水となり海に流れていきます。海水が水蒸気になるとき、水分のみが蒸発して塩分が海に残り、次第に海水が塩辛くなっていったと考えられています。

また川を流れる水には塩分のほか、上流の岩石や土から溶けだしたさまざまな成分を含んでいます。そのおかげで長い年月の間に塩素やヨウ素、ナトリウムやカルシウム、マグネシウムや鉄などが流れ込んで、海水中に溶け込んでいます。

水の循環図



海→雲→雨(雪)→山間部→河川→人の生活→河川→海

Let's Research

海水がどのように産業に利用されているのか調べてみよう。

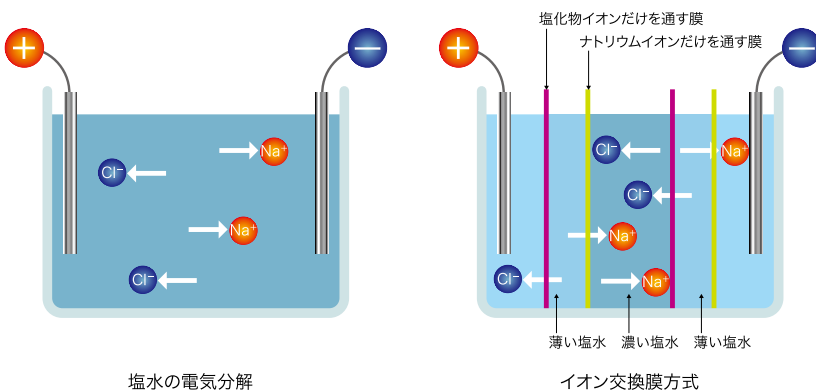
海水から塩を作る

家庭で利用する食塩(塩化ナトリウム)は、海水から作られています。かつては塩田と呼ばれる浅い池に海水を入れて、太陽熱で水を蒸発させていました。最近ではより効率的に海水から塩化ナトリウムを取り出すため、電流を利用した「イオン交換膜方式」が使われています。

塩化ナトリウムが水に溶けているとき、「塩化物イオン」と「ナトリウムイオン」という、電気を帯びた2種類の粒子に分かれています。塩化物イオンはマイナスの電気を、ナトリウムイオンはプラスの電気を帯びているため、海水に電流を流すと、プラスの電極(陽極)側に塩化物イオンが、マイナスの電極(陰極)にナトリウムイオンが移動します。これが塩化ナトリウム水溶液の電気分解です。

このとき、二つの電極の間にプラスイオン(陽イオン)だけを通す膜とマイナスイオン(陰イオン)だけを通す膜をはさむことで、塩水を真水と濃い塩水に分けることができます。この濃い塩水を煮詰めることで食塩を製造できるので

イオン交換膜方式の模式図



塩水の電気分解

イオン交換膜方式

海は資源の宝庫

海水には塩化ナトリウム以外の物質も溶け込んでいて、古くから利用されてきました。代表的なものでは「にがり」があります。にがりは海水を蒸発させて得られる粗塩から塩化ナトリウムを除いた、塩化マグネシウムや塩化カルシウムなどで、豆腐を固めるのに使用されています。

現在では、食塩やにがり以外にもさまざまな資源を海水から取り出すことに成功しています。電気分解を利用して海水から塩素と水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）を取り出し、産業に利用しています。塩素は電子部品や合金、ビニールやプラスチックの製造などで幅広く利用されています。水酸化ナトリウムはガラスや洗剤、医薬品の製造に利用され、工業製品にとっていずれも不可欠なものです。

にがりの成分である塩化カリウムや塩化マグネシウムもさまざまな工業製品の原料になるほか、臭素やリンなどの物質も海水から取り出して産業に利用されています。

海水 1kg に含まれる主な資源

塩素	19350mg
ナトリウム	10780mg
マグネシウム	1280mg
カルシウム	412mg
カリウム	388mg
臭素	67mg
ストロンチウム	7.8mg
モリブデン	0.01mg
ウラニウム	0.0032mg
マンガン	0.000002mg
金	0.00000002mg

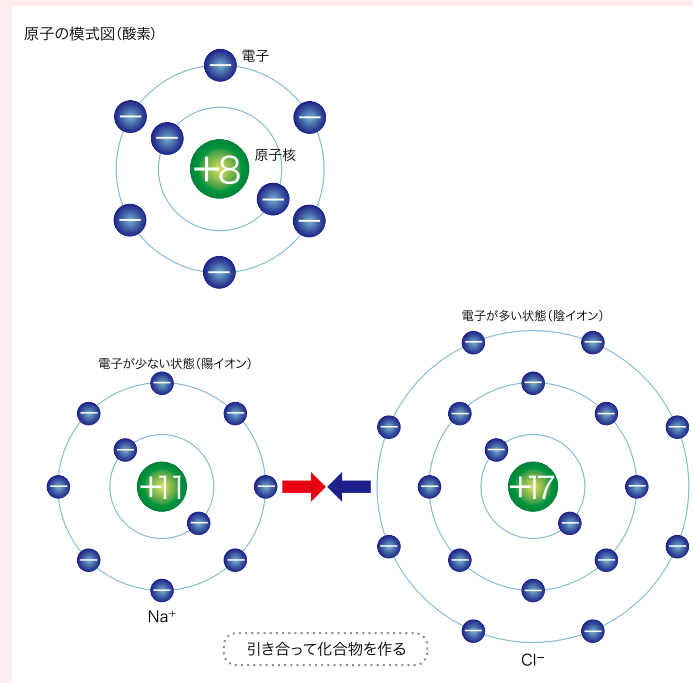
(mg は 1 ミリグラム : 1000 分の 1g)

コラム 原子とイオン

原子は、原子核と電子というさらに小さな粒子からできています。電子はマイナスの電気を帯びており、たとえば水素原子は 1 個の電子を、酸素原子は 8 個の電子を持っています。また、原子核はその原子がもっている電子と等しい数のプラスの電気を帯びており、原子全体として電気的には中性となっています。

原子の持つ電子が通常より多い、あるいは少ない状態をイオンといい、たとえばナトリウム原子 (Na) から電子が 1 個不足した状態をナトリウムイオン (Na^+)、塩素原子 (Cl) に電子が 1 個余分にある状態を塩化物イオン (Cl^-) といいます。塩化ナトリウム (NaCl) が水に溶けると、ナトリウム原子この持つ電子 1 個が塩素原子に移動し、水溶液中ではそれぞれイオンの状態になって存在しているのです。

原子の構造模式図と塩化ナトリウムの模式図



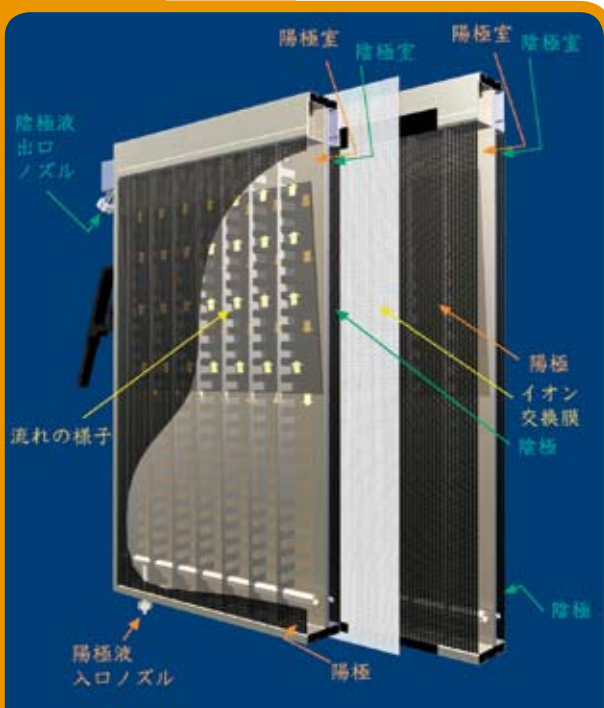
イオン交換膜法の開発

川崎市川崎区に製造所がある旭化成ケミカルズでは、1950年代からイオン交換膜の研究開発を続けてきました。1975年にはイオン交換膜を使って海水や岩塩を水にとかしたのから水酸化ナトリウム：(NaOH)や塩素(Cl₂)を製造する設備を世界で初めて稼働させました。

以前は水銀を電極として電気分解で水酸化ナトリウムや塩素を作っていました。けれども水銀は有毒で、工業排水が公害病を引き起こしたこともありました。そのため日本では国が指導をして、水銀を使わないイオン交換膜方式を開発しました。

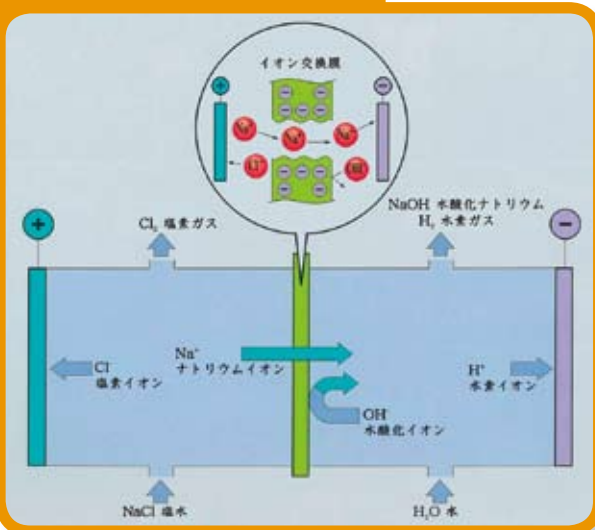
この方法はプラスイオンだけを通すイオン交換膜を使って、塩素ガスと水酸化ナトリウムを取り出しています。従来の方法に比べて省エネルギーで無公害である点が高く評価されています。

電解層の構造



イオン交換膜をはさんで2つの電極が配置されている。

イオン交換膜の基本的な役割と機能



コラム 海水から飲み水を作る

海水から塩を取り出すということは、塩分と真水（淡水）に分けることでもあります。海水から淡水を作ることができれば、雨や河川が少ない地域でも海があれば真水が得られます。中東の砂漠地帯や大きな河川のない離島などでは、さまざまな方法で海水から飲み水を作り出しています。火力発電所などの余熱を利用して海水を蒸発させる方式や、水は通すものの塩分などは通さない特殊なる過膜を使う方式が代表的ですが、イオン交換膜を利用した方式も使われています。



伊豆大島の海水淡水化装置
毎日 4500m³ の飲料水を供給しています。

イオン交換膜にもさまざまな種類があります。旭化成ケミカルズも以前は海水等から食塩を取り出し淡水化するタイプの膜や、血液の老廃物をこし取る医療用の膜も開発していました。現在それらは同じグループの関連会社で事業が行われています。

Let's Research

イオン交換膜が特定のイオンだけを通すしくみを調べてみよう。

川崎発の技術が世界のトップに

現在、旭化成ケミカルズは水酸化ナトリウムを生産するためのイオン交換膜を主に製造していますが、膜だけでなく電極や電解槽などを含めた装置全般についても、長年の経験から得た技術の蓄積があります。

世界で製造されるイオン交換膜の約50%、イオン交換膜を利用した塩素や水酸化ナトリウムの製造設備の約30%を占め、いずれも世界一の規模となっています。

イオン交換膜法の製造装置



ドイツ BASF 社で稼働中の苛性ソーダ生産設備。

インタビュー まだまだ進化するイオン交換膜

数十年前の話ですが、海水でイオン交換を行うと海水中のナトリウムイオンと同様にカルシウムイオンも電極に引っ張られてイオン交換膜に貼りついてしまい、効率が落ちるという問題がありました。ところが川崎事業所では、この問題がなぜか起きないのです。これは当時評価に使った海水にごく微量の洗剤などに使われている成分が含まれていて、それが膜に付着して、カルシウムイオンをはじくような作用をしていたためです。今ではこの技術はイオン交換膜で普通に使われています。

関係のない成分が混じってしまったのは理科の実験で言えば失敗ですが、失敗を分析することで新しい技術が見つかりました。こういった物質を選択的に通す



旭化成ケミカルズ株式会社 川崎製造所 交換膜製造部 部長 片寄 満さん

イオン交換膜技術はいつか金やウランのような資源を海から集めるために使われるかもしれません。

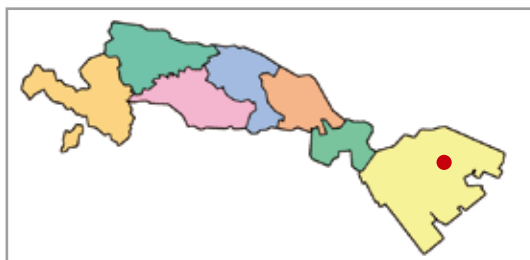
私は 25 年間イオン交換膜の開発と製造にたずさわってきましたが、まったく飽きません。まだまだ技術的にやることが残っていると思います。

旭化成ケミカルズ株式会社 川崎製造所

場所：〒210-0863 川崎市川崎区夜光 1-3-1

<http://www.asahi-kasei.co.jp/chemicals/>

問い合わせ先：044-271-2021



More Information

世界の塩・日本の塩 (たばこと塩の博物館)

<http://www.jti.co.jp/Culture/museum/sio/>

スーパーマーケットでさがせ！ 塩のひみつ (たばこと塩の博物館)

<http://www.jti.co.jp/Culture/museum/tokubetu/eventJuly06/>

塩についていろいろ調べてみよう。

日本原子力研究開発機構・高崎研究所

<http://www.jaea.go.jp/jaeri/jpn/publish/01/ff/ff43/topics.html>

海水からウランを取り出す技術を調べてみよう。

Keywords

次のキーワードを組み合わせ、インターネットの検索エンジンで調べてみよう。

海水の淡水化／海水中の資源／イオン交換膜／カチオン膜／アニオン膜／ソーダ工業／酸とアルカリ／再結晶