

塩を中心とした海水利用の歴史

党 弘之

一般社団法人日本塩工業会 技術部長

1. はじめに

海は人類の誕生よりもはるか以前から存在しており、移動などの障害となる一方、大きな恵みを与えける存在でもあった。人類は海を積極的に利用する努力を継続し、様々な挑戦、技術開発などを通じてその恵みを受してきた。

海水には地球上に存在するほとんどの元素が含まれているが、その内訳は、約 96.6%が水で、残りの 3.4%が溶存塩である。溶存塩の中で最も多いのは塩化ナトリウムで溶存塩の約 78%を占めている。他には塩化マグネシウム、硫酸マグネシウム、硫酸カルシウム、塩化カリウムの順に存在し、これらの 5 塩で 99.8%を占めている¹⁾。溶存塩の中で人類が利用してきたものは、岩塩層、塩湖などや海水を煮詰めることで得ることのできる塩化ナトリウムが中心であった。その際、それぞれの時代、供給源、製法などによって得られる塩化ナトリウムの組成や物性は異なるが、同じ作用を持つ「塩(しお)」として取り扱われてきた。本稿では、海水中の溶存塩の中で塩化ナトリウムを「塩」と表記し、他の溶存塩は化合物名で表記する。

塩は生命の維持に欠かすことができない物質であり、太古の人類は鳥獣や魚介から摂取していた。その後、岩塩や塩湖の利用、土器による煮詰めなどによって塩を意識して採取、製造するようになり、調味や食料などの保存に利用してきた。

一方、19 世紀になると、塩を原料としたソーダ工業が始まり、塩の需要と供給量が増大した。その後、ソーダ工業は科学技術の進歩によって発達し、現在では幅広い産業分野の原料、副原料、反応剤などに使われる化学薬品を製造することによって日常生活に欠くことのできない産業となっている。

このほかにも海水および塩は様々な用途に利用されてきた。本稿では、塩を中心とした海水利用の歴史について紹介する。

2. 海水

人類は、海を積極的に利用してきた。その利用の概要を図1「海水利用の木」に示す²⁾。本項では図1の NaCl (塩)よりも下部について記す。

2.1 環境への役割

海水は生物発生の母体となり、地球環境そのものを形成してきた。地球表面はその 2/3 が海で覆われ、海水のもつ潜熱や比熱の大きさなどの特性により地球全体や地域的气象に大きな影響を与えている。また、地球温暖化の原因物質の一つとされている CO₂ 収支の極めて大きな部分を支配しており、その役割は極めて重要である。

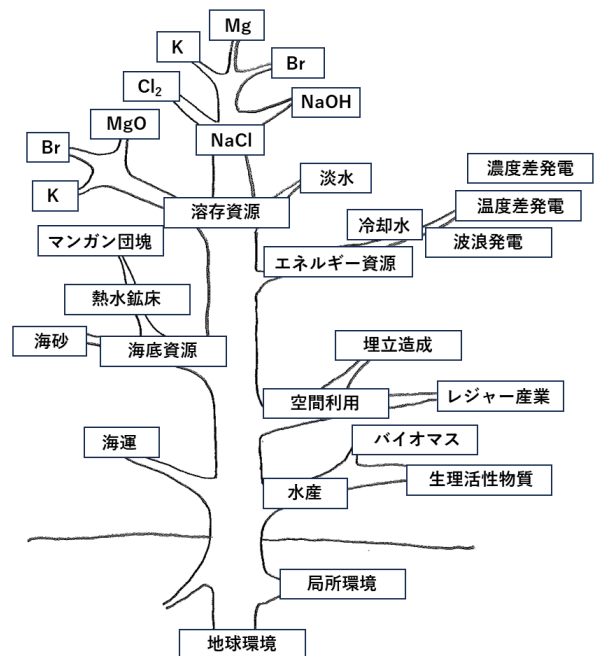


図1 海水利用の木

2.2 海運

海は人類にとって移動の障害であったが、挑戦者の存在もあり古くから移動や輸送の手段としても活用され、人や文化などの交流が行われてきた。このため、探検・貿易・移民・戦争・漁業・観光など、文明の発展と生活の基盤を形成する重要な要素となってきた。過去には移動、輸送の手段として最も効率的な手段であったが、人類の移動に関しては航空機利用が主流となり、海上輸送の多くは貨物輸送に変化している。

2.3 漁業

古くは貝塚の遺跡が示すように、貝、海藻、沿岸魚類の採取漁業が起源とされている。日本では生活の中で大きな役割を果たしてきており、比較的近年まで海水利用の中心であった。近年、外洋航海技術、魚類の保存技術や漁法の進歩により漁獲量が増加した。しかし、漁獲量の増大は資源枯渇の危惧感を生み、また漁業権に関する国際的摩擦を増大させ更なる発展は困難となった。現在、日本は養殖漁業に比重を移してきているが、漁業総生産量は減少を続けている³⁾。

一方、世界を見渡すと1950年の生産量1700万トンが2020年には1億1200万トンに増加している。この中で、1990年頃には捕獲漁業の生産量は頭打ちとなり、その後は養殖漁業の生産量が増加している⁴⁾。

2.4 エネルギー資源

海水をエネルギー資源として利用してきた最大のものは、電力を主とする冷却水としての利用である。主に、沿岸部に立地する火力や原子力の発電所において発生した水蒸気を水に戻す復水器において冷却水として利用されている。利用後の海水は、取水したときの温度より水温が上昇して放水され、環境への影響が懸念されている。その影響を軽減するため、水温が低い海水を取水するなどの方法で、放水温度と放水口付近の海水との温度差を小さくしている。さらに、一部魚介類の養殖にも利用されている⁵⁾。

一方、図1に示すように発電などの資源となりうるエネルギー源として波浪、温度差、濃度差などの検討が進められてきたが大規模な実用例はない。

2.5 海底資源

海底資源の利用は、コンクリート原料としての砂の採取から始まり、1960年頃から石油、天然ガスなどのエネルギー採掘が活発に行われるようになった。今日では、中東、ロシア、北米、欧州などで大規模な採掘が行われている。このほかにも有望な資源は数多く存在するが、採掘法やコストなどの課題が解決されていない。

2.6 溶存資源

海水中には多くの溶存資源が含まれている。溶存資源の採取についてはその総量の大きさから注目されてきたが、海水中の濃度は極めて低く工業規模で利用されてきた成分は限られている。その中で最大の利用は塩であり、古くから食用など様々な用途で利用されてきた。この他には、比較的濃度が高いマグネシウム、臭素、カリウムなどが利用されている。

2.7 淡水

海水からの淡水の工業規模の製造は1944年に始まり、世界的な人口増加、産業用、大都市圏での生活用水などの水需要の増加に対応するため、1970年頃から大規模な海水淡水化のプラントが次々と建設され、淡水の製造量が増加してきた。現在、プラントは中東、北米、アジア、オーストラリア、アフリカなど世界中で稼働しており、その生産能力は、図2に示すように2023年には1億2600万m³/日となっている⁶⁾。

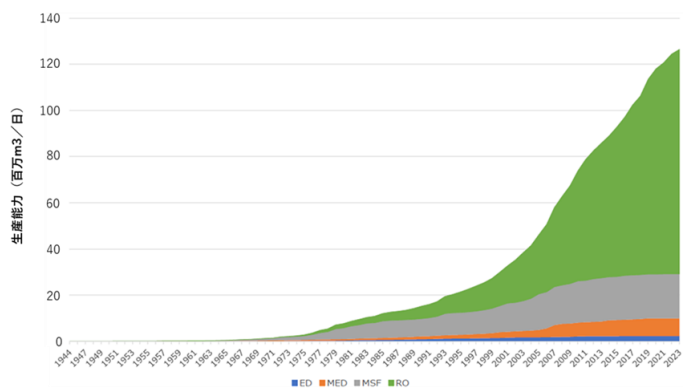


図2 世界の脱塩プラントの生産能力の推移

比較的淡水資源に恵まれた日本国内でも、1968年から小規模な脱塩プラントが稼働し、大規模なものでは1996年から沖縄県北谷町で4万m³/日、2005年から福岡で5万m³/日の設備が導入され淡水が製造されている⁷⁾。

淡水を製造する際に溶存塩が濃縮され、これを排出する場合環境への負荷が大きいため、濃縮海水から有価物の回収などが検討されている。

3. 塩

塩は、ヒトを含むすべての動物の栄養や生理的過程において不可欠なものであり、古くから食品の保存や調味料として利用されてきた。また、その貴重性から、塩の生産、通商などが政治、経済、文化などの形成に大きく影響を与えてきた。一方、19世紀頃からはソーダ工業の原料としても利用され、現在では幅広い産業分野の原料、副原料、反応剤などに使われる化学薬品を製造することによって日常生活に欠くことのできない産業となっている。塩の利用状況の概要を図3「塩の木」に示す⁸⁾。

3. 1 食用

食用としての塩の使用は人類が肉食から混食あるいは菜食文化への移行に伴って始まったものと考えられている。農耕は1万年以上前から始まり、定住者が家畜を飼育するようになった。穀物と野菜を中心にして家畜の肉も食べる食生活の地域では、塩の獲得が不可欠であり、塩は象徴的な重要性和経済的な価値を帯びるようになった⁹⁾。食用の塩の利用は、その国や地域ごとに、栽培穀物、飼育動物、採取海産物などの特性に応じて始まりそれぞれ独自の食文化を形成してきた。本項では、国内の食用用途の推移について記す。

国内食品工業用塩消費量の推移を図4に示す¹⁰⁻¹²⁾。食品工業用塩の消費量は、1955年の330千トンが右肩上がりに増加して1980年代には1,000千トンとなった。2010年までは約1,000千トンを維持したが、その後は減少し2021年に694千トンとなった。主な分野別消費量は、図5¹⁰⁻¹²⁾に示すとおりであり最近の消費量減少の傾向が明確に表れている。

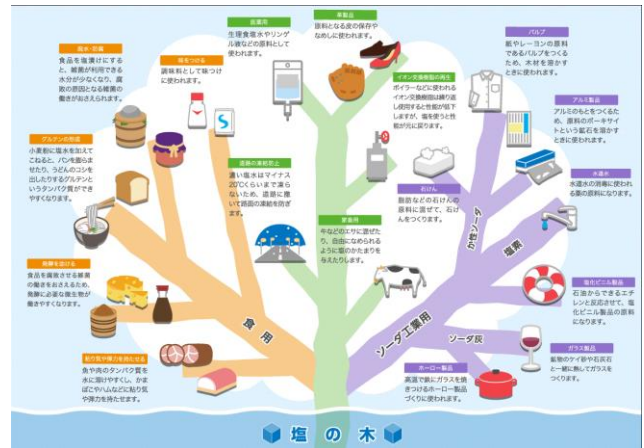


図3 塩の木

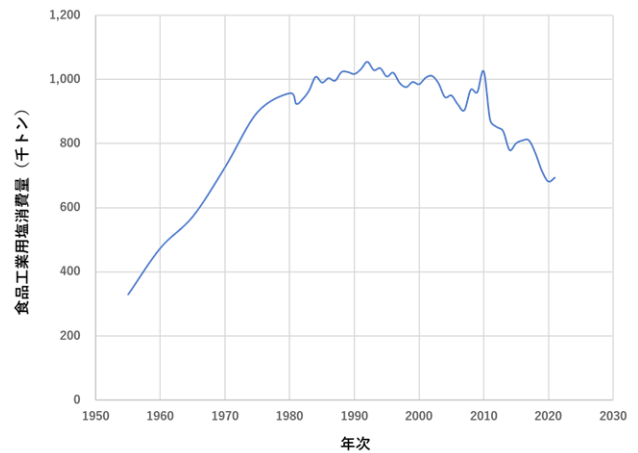


図4 食品工業用塩消費量の推移

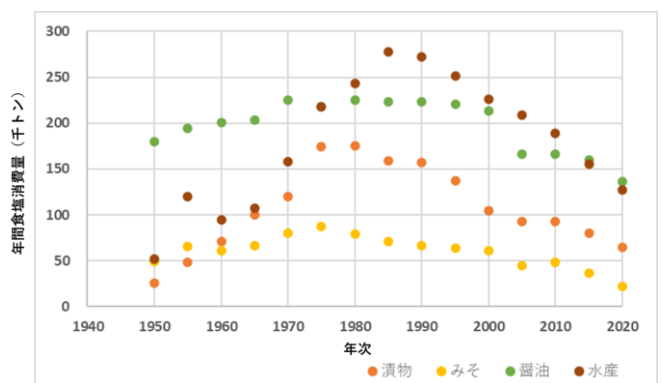


図5 主な食品工業用塩分野別消費量の推移

3.2 一般工業用

塩には様々な工業製品の原料、添加剤、製造助剤としての用途がある。その消費量は1955年に46千トンであったものが2005年に246千トンと最大となり2021年には161千トンに減少した。主要な用途は、イオン交換剤、皮革、化学薬品であり、これらの用途において消費量が10千トンを超えている。

3.3 ソーダ工業用

19世紀になると、ヨーロッパで塩を原料としてナトリウム化合物や塩素化合物などを製造するソーダ工業が始まり、技術の進歩に伴って塩の需要が増大した。

国内では、1881年に官営事業として大蔵省傘下の造幣寮(後の造幣局)と紙幣寮(後の印刷局)においてソーダ灰、さらし粉の製造から始まった。その後10年以内に民間に払い下げられ、民間事業として時代の要請や用途拡大、技術の進歩に伴って発展してきた¹³⁾。現在の国内ソーダ工業の概略図を図6に示す¹⁴⁾。国内ソーダ工業は、塩水を電気分解して苛性ソーダ、塩素、水素を製造する「電解ソーダ工業」と、同じく塩を原料に炭酸ガスやアンモニアガスを反応させてソーダ灰を製造する「ソーダ灰工業」から成立している。ここで製造される化学製品は、様々な産業分野で直接または間接的に使用され、生活に欠かせない各種製品を作るために貢献している。

ソーダ用塩の消費量は、図7に示すように1917年に約20千トンであったものが2021年には約6,500千トンに増加した¹⁵⁾。現在、ソーダ工業に用いられている塩のほとんどは輸入天日塩であり、2021年では塩消費量の77%を占めている。

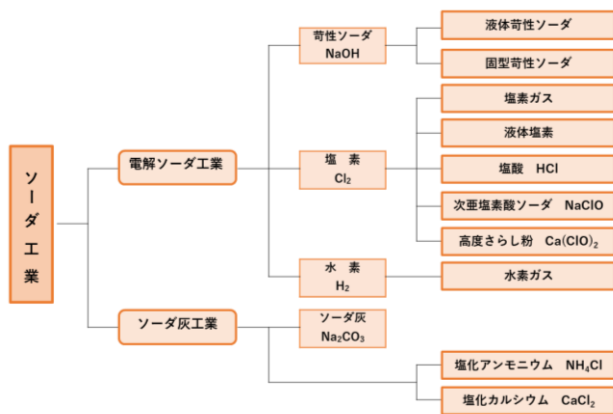


図6 国内ソーダ工業の概略図

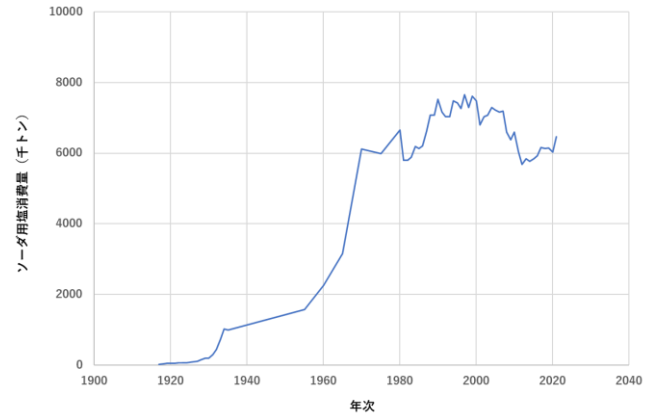


図7 ソーダ用塩消費量の推移

3.4 その他の用途

その他の塩の用途の主なものは融冰雪用、家畜用および医薬用である。

融冰雪用には、主として塩化カルシウムや塩化マグネシウムが利用されてきたが、道路公団が1972年から塩の利用を全面的に開始した¹⁶⁾。その後、図8に示すように高速道路の延長とともに消費量も増加し、1990年の100千トンが2021年には1,000千トンとなった^{12, 17)}。

家畜用は、1960年に10千トンの消費量が2000年には100千トンに増加し、その後は100千トンを維持している。

医薬用は、1960年に2千トンであったものが、2000年には70千トンとなり、その後も増加し2021年には150千トンとなった。

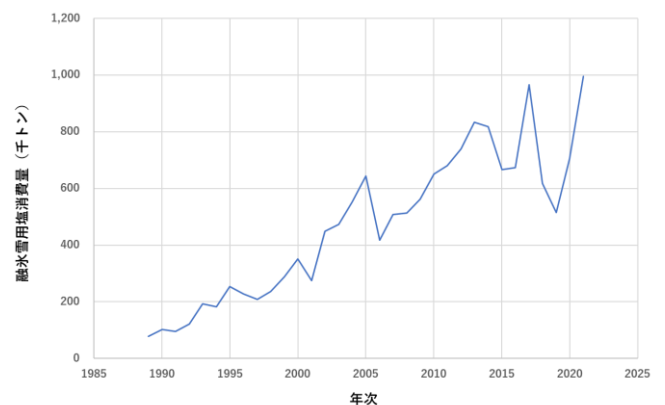


図8 融冰雪用塩消費量の推移

4. おわりに

塩を中心とした海水利用の歴史というテーマで調査を行ったが、利用という切り口の資料は思いのほか少なく、最終的に国内の専売制度下の統計資料に頼ったとりまとめとなった。海水や塩が、人類の営みに当たり前のよう存在し利用されてきたことの証なのかもしれない。

今後、食用としての塩の消費量は減少していくものと考えられるが、その重要性は変わらず、ナトリウムや塩素の供給源としての新たな用途開発にも期待したい。また、海水は環境問題への貢献や資源の供給源として大きな可能性を秘めており、今後の研究にも期待が寄せられる。

最後に、海水淡水化について資料を提供していただいたNPO法人JDA協会常任顧問 栗原優様、理事 竹内弘様並びに東レ株式会社に謝意を表す。

参考文献

- 1) (公財)塩事業センター, 海水と製塩—データブック—, p.17, 塩事業センター(2006)
- 2) 日本海水学会・ソルト・サイエンス研究財団共著, 海水の科学と工業, p.390, 東海大学出版会(1994)
- 3) <https://www.yoshoku.or.jp/graph/>
- 4) FAO, World Fisheries And Aquaculture 2022, (2022) [ブルートランスフォーメーションに向けて \(fao.org\)](https://www.fao.org/blue-transformation/)
- 5) 電気事業連合会ホームページ <https://www.fepc.or.jp/nuclear/chiiki/nuclear/onhaisui/index.html>
- 6) Created by Toray based on GWI/Desal Data in July 2023, (2023)
- 7) 大熊那夫紀, 造水技術 50年の歩みと現状, (一財)造水促進センター創立 50周年記念講演会(2023)
- 8) (公財)塩事業センターホームページ内「塩百科」 https://www.shiojigyo.com/siohyakka/img/usetto/01_L.gif
- 9) Mark Kurlansky, 翻訳 山本光伸, 「塩」の世界史, p.18, 扶桑社(2005)
- 10) 日本専売公社塩事業本部, 塩利用の現状(1979)
- 11) 日本たばこ産業株式会社塩専売事業本部, 塩利用の現状(1991)
- 12) 財務省報道発表「塩需給実績」
- 13) <https://www.jsia.gr.jp/history/>
- 14) <https://www.jsia.gr.jp/outline/>
- 15) https://www.shiojigyo.com/study/upload/senbai_jyukyuu.pdf
- 16) 吉江誠吾, 斎藤辰哉, 渡辺亨, 凍結防止剤(塩化ナトリウム)の品質基準に関する研究, 日本道路公団試験研究所報告, Vol.37,(2000)
- 17) 塩事業センター, 塩の需要分野の動向について(2000)

講演者略歴

党 弘之 (とう ひろゆき)

一般社団法人日本塩工業会技術部長。1975年久留米高専工業化学科卒業、同年日本専売公社入社、1988年日本たばこ産業海水総合研究所、1996年財団法人塩事業センター海水総合研究所、2005年同研究調査部、2010年同部長、2015年同退職、2017年秦野市役所会計年度職員を経て2021年10月より現職。海水総合研究所においては、分析、固結、加工適性などの研究に従事。1954年生まれ。