

# Salience ソルトサイエンス

12

DEC. 2007 No.75

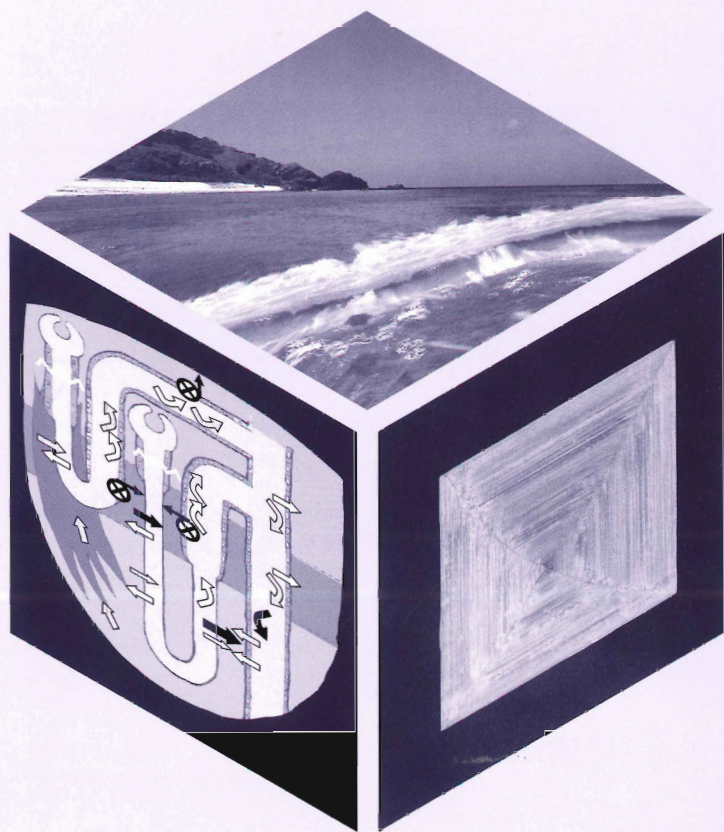
ソーダ工業の原料塩事情 村上正樹

ソルト・サイエンス・シンポジウム2007  
「塩の味と健康」開催について

『塩田製塩法の発達』（その3・完） 村上正祥

岩松善次郎考案の「流動塩田」覚書 太田健一

相模湾海底模型 齊藤 博



## 目次

巻頭言 ソーダ工業の原料塩事情 1

村上 正樹

ソルト・サイエンス・シンポジウム2007  
「塩の味と健康」開催について 2

『塩田製塩法の発達』（その3・完） 19

村上 正祥

岩松善次郎考案の「流動塩田」覚書 24

太田 健一

相模湾海底模型 31

斉藤 博

塩漫筆 『明治、塩業の進展』 36

塩 車

財団だより 39

編集後記



村上 正樹

日本ソーダ工業会 専務理事  
財ソルト・サイエンス研究財団  
評議員

## ソーダ工業の原料塩事情

今年の夏頃、塩素に関する資料の依頼があった。滅菌用に使われる塩素が、時に誤解されることが多く、塩素の正しい理解を得るために、塩素についての、分かり易いパンフレットを作成するのだと言う。塩素関連製品について正しい理解を得るということは、当会の広報活動の一環でもあるので、早速、多くは持っていないが、当会にある、塩素に関する解説資料をお送りした。

その後、何度か、当会の担当者と質問等の遣り取りがあり、最近、その原案が送られてきた。イラスト入りの、大変分かり易いパンフレットである。「塩素は天然の塩から作られる」というのがキャッチフレーズだと言う。一般の方からの質問で多いのが、塩素は安全ですか、という問だそうである。そこで、「塩素は天然の塩からできています。それも海水からできる」と答えると、びっくりすると共に、安心するとのことである。今流行の天然物嗜好をイメージしたのかもしれないが、業界に身を置く者にとって、天日塩を、このように表現するのは、かなり大胆な発想だと思う。し

かし、担当の方は、このくらい大胆に言い切らないと、分かってもらえないと言う。当会の広報資料作りにも大いに参考になった次第である。

この例に限らず、一般の人はもちろんだが、企業人であっても、ソーダ工業を知らない方々が、原料の塩が、実は日常食している塩と同じで、しかも国内需要の8割近くがソーダ工業用に使われていると聞くと、ほとんどの方が驚かれる。塩は、人間が生きて行く上で必要不可欠なものだからこそ、昔、専売品として特別扱いされていたという思いがあると推察する。塩の多くが、化学工業の原料として使われているという事実は、あまり知られていない。実際、ソーダ工場を見学に来られる多くの方が、塩の山を見て、これが原料だと説明され、びっくりされる。

わが国のソーダ工業は、明治初期に創業され、現在まで120年以上経過しているが、現在でも、原料塩の安定確保が大きな課題となっている。今日の、メキシコ、オーストラリア2大供給ソース体制が出来上がったのは、昭和40年以降のことで、それ以前は、世界中に塩のソースを求めてきた。戦後以降でも40地域に上ると言われる。

世界の塩の生産は、先程天然の塩と称した天日塩が約3割、岩塩が約4割、残りが天然かん水と言われている。欧米の多くは、天然かん水を汲み上げて、それを原料にしているが、日本は、全量を輸入している。最近、韓国、台湾に加えて、塩の供給国である中国が塩を輸入するようになってきた。毎年、100万トンを超える電解ソーダ工業の拡大に対処するためである。安定供給体制が崩れる懸念もあり、今後の環太平洋地域の塩の需給状況には油断ができない。

オイルショック時に、「油断」という言葉が使われたが、1トンのか性ソーダを生産するのに、15トンの塩を消費することを考慮して、このまま猛スピードで中国のソーダ工業の拡大が続くと、今に、「塩断」という言葉がニュースに載るようになるかもしれない。

# ソルト・サイエンス・シンポジウム2007 「塩の味と健康」開催について

第5回目となるソルト・サイエンス・シンポジウム2007を9月27日(木)に早稲田大学国際会議場で開催しました。

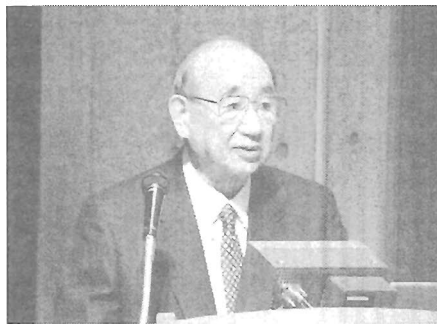
当財団では、従来から研究助成事業の一環として毎年、助成研究発表会を開催するとともに、最近ではインターネットによる研究助成の成果の公開も進めております。また、「月刊ソルト・サイエンス情報」を毎月発行するなど、塩に関する科学的な情報の社会への提供に努めてまいりました。2003年(平成15年)からは私たちの生命を維持し現在の文明社会に不可欠な塩についての理解をより深めていただくために、助成研究の成果に加え時宜にかなった塩に関する科学的な情報を提供する本シンポジウムを開催しています。

今回は、「塩の味と健康」をテーマとして、「味覚の相互作用」、「こわい低ナトリウム血症—そのしくみと対策」、「農業における塩の利用—美味しい野菜づくり」の3題の講演により味覚と健康に関わる塩の働きについて、最新の科学的な情報を分かりやすく解説しました。シンポジウム当日は129名の参加者があり、座長の先生方のご尽力により活発な質疑応答がなされ、盛会のうちに終えることができました。

本号はその質疑応答を盛り込んだシンポジウム特集号となっています。講演要旨は開催時に既に発行していますので、それを抄録として本号に掲載し、質疑応答とつながるように編集しました。なお、本シンポジウムの講演要旨を財団のホームページで2008年1月に公開の予定です。



早稲田大学 国際会議場



藤巻正生 シンポジウム企画委員長による  
開会のあいさつ

## 講演－1

# 味覚の相互作用

駒井 三千夫 東北大学大学院教授

座長：木村 修一 昭和女子大学大学院特任教授

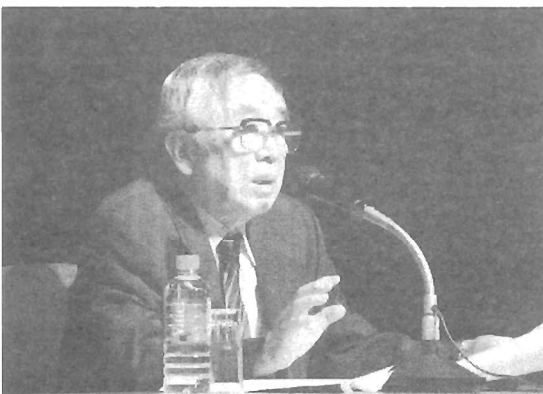


駒井 三千夫 東北大学大学院教授

## 1. 味覚の受容・認知メカニズム

### 1.1 五つの基本味(basic taste)

現在、塩味(salty)・酸味(sour)・苦味(bitter)・甘味(sweet)・うま味(umami)の五つが基本味と考えられており、それぞれの味を引き起こす化学物質が味細胞によって受け取られるしくみは異なっている。ここ約10年間の分子生物学技術の発展によって、味物質の信号が受け取られるしくみが次第に明らかにされつつあるものの、なお未解明の部分も多い。塩味と酸味はイオンチャネル型受容体で、苦味・甘味・うま味はそれぞれのGタンパク質共役型受容体(GPCR)で受け取られてその情報が細胞内カルシウムイオン濃度の増大につながり、味神経にインパルス放電を引き起こすという図式である。なお、2006年11月に新しいタイプの酸味受容体が提案されるなど(TRPチャネルファミリー)、まだまだ解明されるべき点が多い。



座長 木村 修一 昭和女子大学大学院特任教授

### 1.2 塩味受容体

塩味は、基本的には、食塩などに含まれるナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )が味細胞の受容膜にあるチャネル(特定のイオンを一定方向に通す通路を形成するタンパク質構造体)を通過することによって起こる。このチャネルの詳細はなお研究途上にあるが、アミロライド感受性の上皮性ナトリウムチャネル(ENaC)がその候補として考えられている。

この上皮性ナトリウムチャネルは、細胞膜を2回貫通する構造を持った四つのメンバー(二つの $\alpha$ サブユニットと1個ずつの $\beta$ と $\gamma$ サブユニット)から構成されている。一般に、味を受容しないときの味細胞内の電荷状態(電位)は負に、外部は正に荷電している(静止膜電位=非刺激時に既に分極した状態にある)が、一旦 $\text{Na}^+$ がこのチャネルを通過すると、細胞内外の電気的な平衡状態が崩れてしまう。この電位変化(脱分極)によりタイトジャンクション(細胞間密着結合帯)の下方にあるナトリウムチャネルが開き、さらにシナプス(味細胞と神経の隙間)付近の味細胞膜のカルシウムチャネルが開いて、細胞外からカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )を流入させる。これが引き金になって神経伝達物質と呼ばれる化学物質が味細胞から味覚神経に向けて放出され、神経のインパルス放電の電気信号に変えられて味の情報が脳に伝えられる。味の刺激が強いほどこの脱分極の頻度(回数)が多くなる。細胞内カルシウムイオン濃度の上昇以後のプロセスは、どのような味物質の場合も同様である。ただし、介在する神経線維の種類は、一部は重複するものの大体は異なっているグループに分けられる。

アミロライドという物質は上皮性ナトリウムチャネルをふさいでしまうので、この溶液を舌の上にかけて作用させると塩味を感じなくなってしまう。アミロライドが効かない上皮性ナトリウムチャネルも存在しているが、その正体はなお不明である。そのほかにカリウムイオン( $K^+$ )などは塩味というよりはほろ苦いような(純粋な塩味と異なる)味を生ずるが、その機構などについても明らかになっていない。また、酢酸ナトリウムが塩味を持たないことから明らかのように、ナトリウムを含めば必ず塩味を引き起こすとは限らないことから、塩を形成する陰イオン(食塩の場合は $Cl^-$ )も、何らかの形で塩味の感覚の形成に関わっていると推測される。味細胞のすきまから味蕾に入り込み、味細胞の周囲から影響を与えていると考えられているが、詳細についてはなお不明であるが、まもなく解明されることであろう。

### 1.3 食塩に対する嗜好性

生体にとって食塩( $NaCl$ )は、必要不可欠のものである。しかも、血液中や組織液など細胞外液の $Na$ イオン濃度は厳密に0.9%程度を維持しされなければ生きていけない。そして、 $Na$ イオンを貯蔵する場所がないので、身体が必要とする $Na$ イオンを食塩摂取という形で補充する必要がある。一般においしいと感じる時は、身体が必要とするものを補充した時であり、身体が要求しない時にはおいしさは低減し、むしろまずく感ずる場合が多い。リジン欠乏時のリジン嗜好、糖尿病時のピオチン嗜好(ピオチンは糖尿病改善因子)、過重運動時の酸味(TCAサイクルの基質となる有機酸)嗜好が好例である。

食塩の供給が不足したり過剰に $Na$ イオンが排泄されてしまうと、身体は食塩欠乏状態になる。これを食塩飢餓といい、この時に食塩を強く欲求するので、食塩欲求と呼ぶ。色々な生理実験から、 $Na$ イオンが充足時にはラットの口腔内に高濃度の食塩水を注入すると嫌悪応答が生じ、ほとんど摂取しない。逆に、 $Na$ イオン欠乏時には動物は高濃度食塩水を活発に摂取し、嫌悪反応はほとんど現れない。つまり、 $Na$ イオン充足時には高濃度食塩水は動物にとっては不快であるが、 $Na$ イオン欠乏時には快に感

じられることがわかった(山本隆らの総説より)。

舌から味の情報を伝える味覚神経の中で、食塩に最も強く応答する単一神経線維の活動が、食塩欠乏や副腎摘出後に(ナトリウム貯留ホルモンであるミネラルコルチコイドが分泌されなくなるので腎臓における $Na$ イオンの再吸収が阻害され、 $Na$ イオンが尿中に多量に排出されるために不足状態になる)、正常動物と比べて減少することが明らかにされた。しかも、神経活動の減少は食塩に最もよく応じる線維だけに選択的に生じ、他の味質に特異性を持つ線維では応答の変化は生じなかった。このことから、食塩欠乏時には食塩に対する感受性が減少して、通常では拒否するような高濃度の食塩水をも摂取するようになることの説明が成り立つ。

岡崎生理研の渡辺らの検討などから、舌で感じる塩味のほかに脳の中に塩分濃度検出機構が存在するものと考えられている。脳室内に高張食塩水を打ち込むだけで、動物の食塩摂取行動は停止してしまう。これには、脳室周囲器官と呼ばれる中枢神経系の特殊な感覚器官が重要な役割を演じている。脳室周囲器官には、 $Nax$ と呼ばれる $Na$ チャネルが特異的に発現しており、脳室周囲器官の $Na$ イオンの受容に必須の働きをしている。 $Nax$ の遺伝子を欠損したマウスを作ると脳室周囲器官の細胞は、 $Nax$ を発現しなくなる。山本らは、この $Nax$ チャネルのない細胞を持つマウスがどのような食塩摂取行動を示すのかを調べた。その結果、野生型マウスとは異なり遺伝子欠損マウスでは、食塩水と真水を区別なく摂取するという異常な摂水行動を示した。すなわち、 $Nax$ チャネル欠損マウスは、食塩が必要なきも食塩が不要なきも、野生型マウスと比較して食塩摂取過剰の行動を示したのである。

行動異常の原因として、味覚異常の可能性が考えられる。ところが、舌を食塩で刺激して味を伝える神経である鼓索神経から電気的活動を記録したが、遺伝子欠損マウスと野生型マウスの間には差は認められなかった。さらに、この味神経の切断実験などによって、この行動異常は中枢性のものであることが示唆された。さらに、高張食塩水を直接脳室内に注入する実験を行ったところ、野生型マウスでは食

塩の摂取行動が強く抑制されたが、欠損マウスでは全く応答しなかった。これらの結果から、脳室周囲器官からの情報と味覚神経からの情報が統合される中枢部位で、味覚ニューロンの応答性が変化していることが示唆される。つまり、脳で働くナトリウムセンサーがあることが分かり、塩分摂取調節を行っていることが示された。このことから、受容サイトの塩味受容の修飾作用の研究も重要であることは否めないが、この種の研究では中枢での調節系も考慮に入れる必要があることが示されたといえる。つまり、その時の動物の(ひいては人間の)生理状態(や心理状態)が塩味嗜好に大きな影響を及ぼしているしくみの一部が明らかにされたことは、今後の味覚受容の相互作用を理解するうえでも大きな因子であるといえよう。

体内のNaイオンは適切な濃度で存在することが要求される。しかも体内に貯蔵できないので、常に必要量を摂取しなければならない。これは、Naイオンに対する味覚効果(実際には食塩の味)を手掛かりとして、中枢における快・不快の判断のもとで、食塩を摂取しているしくみがある。

## 2. 塩味を中心とした味覚の神経科学的相互作用

### 2.1 辛味物質による塩味修飾作用

#### 2.1.1 神経生理学的検討

顔面神経の舌に分布する枝である鼓索神経は舌の前3分の2の味覚を伝達するが、ほぼ同じ領域の一般体性感覚は三叉神経舌枝が受容・伝達する。これらの神経は末端で合流しているため、嗅覚とは違い、末梢での相互作用が観察される。カプサイシンは赤唐辛子に含まれる物質で、様々な調理を通して口に入れる機会が多いが、カプサイシンは口腔内粘膜を刺激し、いわゆる「辛味」を引き起こす。カプサイシンは三叉神経を刺激する物質であり鼓索神経はほとんど刺激しない。

Cowartらの報告によれば、1~2 ppmのカプサイシンは塩味や酸味に対して、非常に限られた影響しか示さない。しかしながら我々は生活の中で、より高濃度のカプサイシンを含む食品を摂取することが

しばしばある。タイのクワイ側流域には世界で最も高濃度のカプサイシンを摂取する人々が住んでおり、その濃度は140 ppmに達する。またタバスコなどのペッパーソースなどでは400 ppmも含まれているという。この様な高濃度のカプサイシンでは味神経にも影響を与えることが知られている。たとえば前出のタバスコは唐辛子と岩塩を食酢につけ込んで作られるものであるが、タバスコの酸味に気がつく人は多いと思うが、そこにさらに0.3 MものNaClが含まれていることに気がつく人は少ないであろう。このようにカプサイシンの味神経に対する作用は塩味に特に強く表われる。長田らはラットの鼓索神経応答を検出し、塩味に対するカプサイシン(100 ppm)同時投与の影響を調べた。その結果、カプサイシンとNaClを同時にマウスの舌に投与するとNaClの応答は有意に低下した。その中でもナトリウムイオンに特異的に反応する神経線維(N-線維)の応答に対する抑制効果が顕著であった。複数の電解質に対して非特異的に反応する神経線維(E-線維)対しては抑制、促進あるいは不変など複雑な変化を示した。このことはカプサイシンが塩味の、それもナトリウムの味を特異的に抑制することを意味している。さらにカプサイシンの抑制効果は、カプサイシンが三叉神経を刺激したことによる間接的な現象である可能性もある。三叉神経の神経伝達物質であるcalcitonin gene-related peptide(CGRP; 神経ペプチドの一種で、侵害受容神経の伝達物質の一種)、サブスタンスPなどが隣接する鼓索神経に影響を与え、神経応答を修飾するというものである。Wangらは三叉神経舌枝に対する電気刺激が、100 mMのNaClによる鼓索神経線維の応答強度を変化させること、すなわち大部分の単一鼓索神経応答(29本中26本)は抑制されることを明らかにした。この研究が三叉神経に含まれるカプサイシン感受性神経の活性化が鼓索神経応答を抑制する直接証拠となっている。

また風邪薬などに入っている解熱鎮痛剤であるイブプロフェンも口腔内やのどに強い刺激を発生させる。イブプロフェンはカプサイシンよりも刺激認知までにより長い潜時があり、通常の辛味とは違った不快な刺激感を生じさせる。このイブプロフェンを

塩化ナトリウムと同時にラット舌表面に接触させると数秒間のタイムラグのあと、強烈な味覚抑制作用(甘味受容も大きく抑制される)が観察されることが、ヒトの官能評価試験とラットの鼓索神経応答を記録した検討の両方により明らかとなった。このような例からも、基本味の受容・認知は、三叉神経刺激性成分(辛味、炭酸刺激味などの刺激味成分)によっても大きな影響を受けていることがわかる。

### 2.1.2 カプサイシン溶液の舌上への塗布が食塩嗜好とカテコールアミン分泌に及ぼす影響

我々が観察したもう一つの興味ある現象は、ラットの口腔内(舌の上)をカプサイシン溶液(140 ppm in 6% HCO-60)を含んだ綿棒で、1日1回10秒間刺激した。すると、溶媒対照群と比べて、食塩水の選択摂取率が有意に低下した。どうしてこういう現象が起きるかを検証したところ、脳への味覚刺激によってカテコールアミン分泌が増えることが観察されたので(エピネフリン、ノルエピネフリン)、この分泌効果によって食塩水の嗜好率が低下するものと推察された。口腔内刺激だけでなく、胃内投与によっても同様の効果が得られることがわかった。さらに、脳卒中易発性の高血圧ラットでカプサイシン添加食(0.014%)を与え続けると、食塩嗜好が低下する現象が再確認されたほかに、血圧は飼育2週間目から有意に低下し、3週間目の解剖によって心臓の冠状動脈血管壁の中膜の肥厚が軽減され、動脈硬化症が改善されることも示した。

### 2.1.3 ヒト脳血流量と血圧のモニターによるカプサイシン溶液が食塩の味刺激に及ぼす影響

上と同じような条件下で、ヒトを対象にした実験も行ってみた。官能評価法などの主観評価については以前から行われてきているが、非侵襲的生理応答記録装置を用いた成果については、近年農水省森林総合研究所の宮崎らによって、木材の香りや肌触りが人間の快適感に及ぼす影響について報告されている。すなわち、人間が心地よい(快の)木の香りを嗅ぐことによって、脳の活動は沈静化して脳血流量は低下し、収縮期血圧も下がることが証明されてきた。

脳血流量の測定は、低照射光量の近赤外光を前頭部(両側額)から脳へ照射し戻ってくる光を受光することによって、組織酸素を1秒毎に連続的に測定する近赤外線酸素モニター装置(NIRO-300, NIRS)を使用する方法によって行った。これは、脳血液中を流れるヘモグロビン(酸化型、還元型、総)濃度を連続的に測定し、血流量の変化によって人間の中枢神経活動の変化を探るものである。

我々は、この装置が味覚刺激時の脳活動のモニターにも適用できるのではないかと考え、宮崎、畠山らと共同で、東北福祉大学の感性福祉研究所において検討を行った。その結果、口腔内をカプサイシン刺激すると、次に口を含む溶液が水だと、食塩の場合よりも脳の血流量は有意に低下して、「快」として認識されていると予測されるデータが得られた。なお、現在ではより進歩した機器の多チャンネルのものが使われており、fNIRSの実用化セミナー等の情報は手に入る時代になってきた。

### 2.2 にがり溶液の舌上への塗布が食塩嗜好に及ぼす影響

カプサイシンと同じような実験系で、口腔内への1日1回の「にがり」刺激によって塩味の嗜好が低下することが示された。「にがり」刺激30分後に脳の扁桃体中ドーパミン濃度の有意な低下と、ノルエピネフリン濃度の有意な増加が認められた。これらのことから、1日1回の舌への「にがり」刺激によって、中枢を介した食塩の選択摂取調節系への影響があるものと推察された。

### 2.3 口腔内への固形塩の刺激応答と炭酸の受容への影響

まず固形塩(食塩・並塩・粉碎塩・海洋深層水乾燥物(塩))自体の三叉神経応答を記録し、その後固形塩を舌の上に置くことが炭酸の受容に与える影響を観察した。その結果をまとめると、以下のようになった。

- 1) 固形塩を舌に載せることで三叉神経舌枝がじわじわと興奮する場合(興奮の潜時が長い)があることを初めて証明した。しかし、刺激と同時に発生する即座型応答成分はないことが分かった。



- 2) 口腔内の刺激味(炭酸のピリピリ・チクチク感)に対する三叉神経舌枝応答は、各種塩類固形物の前処理(舌の上に載せておくこと)によって大きく修飾を受けることを実証した。その修飾のされ方は、前処理した固形塩の種類によって異なることを示した。
- 3) 鼓索神経の応答から、固形物濃度がNaClと同じに設定した深層海水塩が引き起こす味応答は低いことがわかった。

#### 2.4 亜鉛欠乏と食塩嗜好(オキシトシン分泌)・食品中の亜鉛シグナルと摂食調節

栄養素が欠乏すると味覚に変化が生ずることが知られている。鼓索神経のインパルス放電からみた味覚受容の変化については、食塩欠乏時のラットを用いたContrerasの研究がある。彼は、ラットに10日間食餌中のナトリウムを欠乏させた食餌を与えてから、舌への食塩水溶液の刺激に対する鼓索神経の応答を記録したところ、その応答が下がることを単一神経(single fiber)レベルで示した。Hillらの研究でも、ラットへのナトリウム制限食(低ナトリウム食)の給餌によって(母親の妊娠期間から生後40~60日までの間)、味受容膜におけるNa<sup>+</sup>チャネル存在密度が対照ラットの値の10%量以上の減少がみられることが示された。

筆者らも、亜鉛欠乏食給餌4日目からの食塩欲求の増大や亜鉛欠乏時(長期飼育時)の食塩の鼓索神経応答の低下等を観察し、ナトリウム以外のミネラルもナトリウム欲求等の食塩代謝調節に大きく影響していることが示されてきている。なお、低タンパク質食摂取時や、鳥居らの必須アミノ酸(リジン)欠乏時の食塩嗜好性の増大に見られるように、必須栄養素の欠乏等のストレス負荷時に、食塩の異常な嗜好(欲求)が共通して認められることは興味ある現象であり、この機構の解明も重要であろう。

筆者らは、実験食中の亜鉛含量シグナルが食塩水嗜好に及ぼす影響を明らかにした。さらに、このシグナルが摂食調節にも関わっていることを、京大との共同研究で明らかにしつつある。これらの実験成果の一部を紹介する。

先ずSD系ラットに亜鉛欠乏食を与え、種々の味溶液の選択実験を行った。その結果、亜鉛欠乏食(2.2ppmまたは4.1ppm)を与えて4日目の直後から食塩水溶液の嗜好が高まることを観察した。そして、これには中枢におけるオキシトシン分泌が最も関与していることを予測できた。また、亜鉛欠乏の餌のシグナルが、摂食量自体を低下させ、これには視床下部領域における摂食調節ペプチドが関与していることと、消化管内容物中の亜鉛存在情報(亜鉛シグナル)が内臓神経を介して視床下部領域へ達していること、等を明らかにしつつある。

味覚の修飾や相互作用の認知は、単に受容サイトにおける出来事が反映されているだけではなく、中枢が果たす役割も重要であるため、このことを念頭に入れて研究が行われる必要がある。センサーや細胞レベルでの研究情報は重要ではあるが、全貌を解明したとはいえない。

#### 質疑応答

【座長】 どうもありがとうございました。ただいまの講演の内容はいろいろありましたが、簡単に要約してみますと、味覚というものはほかの条件によって変わる。例えば亜鉛結合という場合にも変わるし、あるいはカプサイシンのような物質があった場合にも、味が濃くなったり薄くなったりする。温度によってもかなり異なる。例えば温度によって甘さが強くなったり弱くなったりする。食塩もそうなる。こういうことも出てきました。

そこで一つ非常におもしろいというか、重要な知見というのは、口の中に入れてだけでも効果があるということです。味というのは、今まではどちらかという飲み込んでしまうことによって起こる変化のほうに力点がありました。しかし、口の中に入れて吐き出すというだけでも効果があるということがわかってきました。

胃に直接外から入れて栄養を補給します。口を通すか通さないかということが非常に問題になっていますが、口で味わうということだけでも意味があるということが、今回の発表の中でも出てきました。

例えばおいの場合には飲み込めませんので、おいというのは刺激だけなのですが、これも最近いろいろわかってきて、例えばグレープフルーツのにおいをかぐと代謝が盛んになるとか、ラベンダーのにおいをかぐとむしろそれを抑えるということで、脂肪の代謝などにも関係してくるということがわかってきました。味とかにおいというのは、飲み込まなくても、そういった感覚刺激だけでも代謝に関係するということが、最近いろいろわかってきて、そういう中での味覚の問題というのは非常に興味ある問題だと思います。

それでは何問か質問を受けたいと思います。皆さんのほうから質問がありましたらどうぞ。

【会場】このテキストの中には、にがりの効果のようなことを書かれていましたが、一つだけお聞きしたいのですが、よろしいでしょうか。にがりが入ったときに塩味がある程度抑制される、あるいはピリ辛味的なものが抑制されるということがよく言われます。

その原因についてはいろいろな議論がありますが、その中の一つに、苦味を感じるレセプターの反応が速くて、先にバンとそれが効いてしまうので、あとの塩味が抑制されて感じる。そういう言い方をされる方がありますが、味によってそういうレセプターの反応の速さというか、そういうものがかなり変わってくるのでしょうか。

それから、最初に受けた刺激というのがその後ずっと永続して影響を及ぼしていくのか。口の中でどんどん塩味が減っていくはずなのですが、最初に

受けた苦味の影響のようなものが持続するということがありうるのでしょうか。そのあたりのところの見解があったら教えてもらいたと思います。

【回答】まず最初は受け取るスピードですが、五つの基本味に関しては刺激して興奮するというのが速いので、あまり違いはないと思います。私が鼓索神経の応答を取って感じてるのは、甘味と苦味は食塩に比べると少し遅いのではないかという気がしています。それは、基本味の場合は、味受容膜にただけですぐシグナルが行くので速いのですが、先ほど言った炭酸ガスとか辛味のほうは、10秒とか、そういう秒単位です。カプサイシンなどは神経終末に到達するまでの時間が非常にかかります。こういうことが言えるかと思います。

二つ目のほうは、最初の刺激の影響が持続するかどうかということです。私もにがりのほうの助成を受けていて、近々発表できるかと思って省かせていただきました。少し濃い目のものでしかやっていないのですが、かなり継続して影響を受けています。毎日刺激を与えるのですが、やはりかなりの時間継続して影響を受けているというデータを得ています。ですから、最初の刺激がかなり影響を与えているということです。先生がおっしゃったような条件で神経応答解析ができれば、なおはっきりした答えが出せるかと思いますが、まだ途中です。

【座長】時間がなくなっておりますが、今の質問は非常に重要な意味があります。例えば鼓索神経の場合には比較的速く、三叉神経の場合にはかなり遅い。しかし、どこまで持続するかというのはまた別なこととしてあると思うのです。ですから、前に食べたものの影響がどうかという場合に、どこの神経なのかということもあるだろうと思いますし、生体内の条件というものも多分あるだろうと思います。実は駒井先生は、炭酸ガスの問題をいちばんやっていらっしゃいます。そこは少ししか出てきませんでしたが、炭酸ガスがあるかないかによって、ずいぶん感覚が違ってしまうようなこともあるようです。そういった問題の研究もこれから進んでほしいところです。



## 講演－2

# こわい低ナトリウム血症－そのしくみと対策

石川 三衛 自治医科大学附属さいたま医療センター教授  
座長：今井 正 自治医科大学名誉教授



石川 三衛 自治医科大学附属さいたま医療センター教授

### 血清ナトリウム濃度の規定因子

体液の調節は、細胞外液量を保持する機能である。細胞外液とは、細胞の外側にある液体成分で、具体的には血管、毛細血管、組織間などに分布する体液をさす。これには水とナトリウムが重要な構成成分である。体の成分の約60%は水で、その3分の1が細胞外液として存在する。たとえば、体重が60kgの人の場合細胞外液は12リットルほどになる。

ナトリウムは主に細胞外液に存在し、水とナトリウムは切っても切れない関係にあり、臨床的にはヘマトクリットや血清総蛋白とともにナトリウム濃度をみることにより細胞外液量が多いか少ないかを推測している。

体内のナトリウムは90%以上が細胞外液に存在し、浸透圧の構成の保持に関わる。細胞内外のナトリウムの移動はごく僅かで、腎におけるナトリウムの調節系に依存してその恒常性を維持している。同様に、細胞外液の水成分も腎の尿細管機能と下垂体後葉ホルモンのアルギニンバソプレシンにより調節される。したがって、血清ナトリウム濃度はナトリウム含量と水分量により規定される。一般にナトリウム含量は変化しないので、血清ナトリウム濃度は細胞外液量に依存することになり、水が多くなれば希釈されて低下し、水が少なくなれば濃縮して増加する。

### ナトリウム代謝の調節系

ナトリウムの代謝は、主に腎臓で行われる。腎臓

からのナトリウム排泄を調節して、生体内のナトリウム含量を一定に保持するように作動している。これに関わる因子は、糸球体濾過量、レニン・アンギオテンシン・アルドステロン系、ナトリウム利尿ペプチド、腎髄質膠質浸透圧、腎交感神経系、カリクレイン・キニン系、腎プロスタグランジン系等があげられる。糸球体濾過量は循環血液量に依存して、増加すると腎からのナトリウム排泄が亢進し、減少するとナトリウム排泄が低下する。他の因子は腎尿細管に作用してナトリウムの排泄を促進するもの、ナトリウムの再吸収を促進するものなどそれぞれの特異性を有する。ほかに体外因子として、水や食塩の摂取があげられる。

### 水代謝の調節系

水代謝の調節は大きく二つの因子が関与する。尿濃縮機構と飲水行動である。尿濃縮機構は、体液を保つために最も重要な役割をもつもので、腎臓の機能と下垂体ホルモンのアルギニンバソプレシン(AVP)が関与する。腎臓では血液の濾過が糸球体を通じて行われ、1日に約150リットルに達する。糸球体で濾過された原尿の約90%は近位尿細管で受動的に再吸収されて血液中に還元される。残りの10%が、集合尿細管においてAVPの作用により能動的に再吸収される。この結果、尿量は最終的に1-2リットルの間に調節される。このようにして体液量が保持されている。しかし、この機構が破綻すると体液量が枯渇したり、過剰になったりして血清ナトリウム濃度の異常をきたす。

水代謝調節の律速因子となるのが下垂体後葉からのAVPの分泌である。AVPの産生は視床下部にある視上核と室傍核にあるAVP産生細胞で行われ、その細胞末端(軸索)に相当する下垂体後葉から血中に分泌される。このAVPの分泌は、血漿浸透圧の変化を感受する浸透圧受容器と、体液量の変化を感受する圧受容器を介して調節される。浸透圧受容器は前視床下部に存在し、血漿浸透圧が増加するとAVPの分泌を増加させる。また圧受容器は頸動脈洞、大動脈弓や左房に存在し、体液量の低下、血圧の低下や左房圧の減少に反応してAVPの分泌を促進させる。分泌されたAVPは腎臓の集合尿細管細胞のAVP受容体(抗利尿作用に関わるAVP V2受容体)に結合して、細胞内情報伝達物質サイクリックAMP(cAMP)を増加させてアクアポリン-2(AQP-2)水チャネルを動員し、水の再吸収を促進する。この結果、水の再吸収が促進されて体液量が増加して血漿浸透圧が低下すると、AVPの分泌刺激は抑制される。血漿浸透圧と血漿AVP濃度の間には正の相関がみられ、臨界浸透圧を280mmol/kgとしてAVPの分泌が増加する(臨界浸透圧以下ではAVPの分泌刺激はおこらない)。

## 低ナトリウム血症の病型

ナトリウムは生体内では主に細胞外液に存在するので、血清ナトリウム濃度は細胞外液のナトリウム含量と水によって規定される。低ナトリウム血症の病態は次の3型に分類される。体液量の減少を伴う低ナトリウム血症、体液量のほぼ正常な低ナトリウム血症、そして体液量の増加する低ナトリウム血症である。体液量の減少を伴う低ナトリウム血症は、腎性あるいは腎外性にナトリウムを喪失して、このため細胞外液量が減少して低ナトリウム血症となる病態である。水分の喪失とそれを上回るナトリウムの喪失をきたすもので、理学的に体液量減少の所見をみる。皮膚や口腔粘膜、舌の乾燥、低血圧、頰脈等が認められる。その原因は腎性ナトリウム喪失と腎外性ナトリウム喪失に分けられる。前者は、鉍質コルチコイド欠乏、ナトリウム喪失性腎炎などのため尿中ナトリウム排泄が持続的に亢進する。後者は、

食事摂取量の低下、下痢や嘔吐などによる消化管からのナトリウム喪失によるものである。

体液量の増加する低ナトリウム血症は、浮腫性疾患による低ナトリウム血症で、臨床的に最もよく遭遇するものである。うっ血性心不全、非代償期肝硬変、ネフローゼ症候群等に伴ってみられる。体内の水分量は増加しているが、いわゆる有効循環血液量が減少するため圧受容器を介してレニン・アンギオテンシン・アルドステロン系、AVP、交感神経系が賦活される。このため、腎におけるナトリウムや水の再吸収が亢進して、体液量が増加する。水貯留がナトリウム貯留を上回るため希釈性低ナトリウム血症に陥る。これらの病態では、原疾患の病歴とそれぞれに特有な身体所見、浮腫、胸腹水を認めることが多い。また、尿中ナトリウム排泄は減少する。

体液量の正常な低ナトリウム血症は、浮腫も脱水もない低ナトリウム血症で体液量は±10%以内におさまるものである。バソプレシン不適切分泌症候群(SIADH)、下垂体前葉機能低下症、甲状腺機能低下症、鉍質コルチコイド反応性低ナトリウム血症(MRHE)などが含まれる。SIADHや下垂体機能低下症ではAVPの不適切分泌が低ナトリウム血症の招来に大きな役割をもつ、これに対して、MRHEは軽度の体液量減少を示すものと考えられる。

## 低ナトリウム血症の病態

(1)体液量の減少を伴う低ナトリウム血症(例、副腎不全)

副腎皮質機能低下症は糖質コルチコイドと鉍質コルチコイドホルモンの分泌低下により著しい低ナトリウム血症を生ずる。鉍質コルチコイドであるアルドステロンは腎臓の遠位尿細管と皮質部集合尿細管に作用してナトリウムの再吸収を促進するが、この分泌が低下するためナトリウムの再吸収が障害されて体内のナトリウムの不足が引き起こされる。また、食欲低下など二次的要因によるナトリウム摂取の減少などもこれに加担することになる。ナトリウム不足に伴って細胞外液の浸透圧が保持できず、細胞外液量が減少する。したがって副腎不全では脱水をと

もなう低ナトリウム血症となる。

### (2)体液量の正常な低ナトリウム血症(例、SIADH)

SIADHではAVPの不適切な分泌により腎集合尿管からの水の再吸収が亢進して、体内水分量が増加する。AVPの分泌には、異所性ホルモン産生腫瘍と下垂体後葉由来の分泌亢進に分けられる。前者は、肺癌などの悪性腫瘍からAVPが異所性に産生、分泌されるため血中AVPが高値になるものである。後者は、中枢神経疾患や胸腔内疾患などの原因で分泌刺激されたAVPが下垂体後葉から分泌されるものである。いずれも腎集合尿管におけるAVPの作用が増強されて、水の再吸収が亢進して体内水分量が増加して希釈性低ナトリウム血症を惹起する。この病態が完成する頃には体液量の増加は僅かになり、体液量の増加をとまわらない低ナトリウム血症となる。

### (3)体液量の増加する低ナトリウム血症(例、うっ血性心不全)

低ナトリウム血症を起こす頻度の高い病態は、浮腫性疾患に伴うものである。この代表が心不全で、低ナトリウム血症の発症機序は以下ようになる。全体の循環血液量は増加しているが、心拍出量が低下するためいわゆる有効循環血液量が減少する。有効循環血液量は実際に測定することはできないが、概念的には圧受容器が体内の血漿量を認識する重要な指標となる。有効循環血液量が低下すると、頸動脈洞、大動脈弓や左房にある圧受容器が体液量が少ないと誤認してAVPの分泌を促進させる。通常は圧受容器はAVPの分泌を抑制するように働いているが、体液量が減少したり、血圧が下がったり、左房圧が低下すると、その抑制が解除されてAVPの分泌を促進するように働く。また同時に交感神経系やレニン・アンギオテンシン・アルドステロン系が賦活される。カテコラミンやアンギオテンシンなどの血管収縮物質が増加するため、腎臓の血漿流量が低下した近位尿管でのナトリウムの再吸収が高まる。また、糸球体濾過量の減少とあいまって遠位尿管に流れるナトリウムや水の量が減少して、遠位尿管や集合尿管でのアルドステロンやAVPによりナトリウムや水の再吸収がさらに助長される

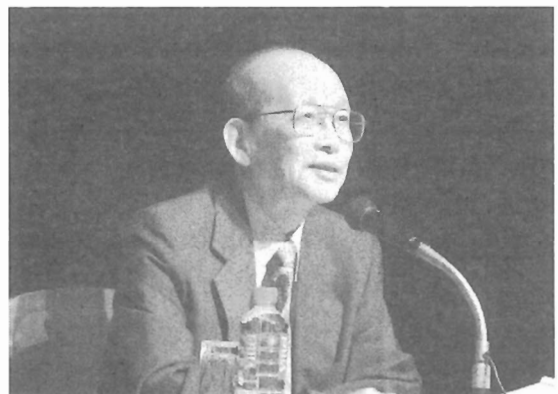
結果浮腫の病態が形成される。

## 低ナトリウム血症の治療と対策

前述したように低ナトリウム血症の原因は多岐にわたるので、原因をきちっと診断することが先決で、これによって治療法は自ずと決まってくる。基本的に低ナトリウム血症の大部分は水代謝の異常によるので、水の管理が重要になる。体液量の減少を伴う低ナトリウム血症の場合のみナトリウムの補充や保持を助長する薬剤での治療が行われる。体液量のほぼ正常な低ナトリウム血症では、分泌過剰のAVPの作用を阻害する治療がキーとなる。ここにAVP V2受容体拮抗薬の臨床応用が切望される。体液量の増加を伴う浮腫性疾患の低ナトリウム血症では、同様に不適切に分泌過剰となるAVPの作用を阻害することと同時に原疾患の治療を行うことは必須である。

## 質疑応答

【座長】 どうもありがとうございました。まず石川先生は、体内のナトリウムというのは、細胞外液でのナトリウムと水とのバランスによってその濃度が決まるというお話をされ、それを一定に維持する機構に関してご説明いただきました。そして、細胞外液が減る場合、変わらない場合、増える場合に分けて病的な低ナトリウム血症の病態をご説明いた



座長 今井正 自治医科大学名誉教授

き、その治療法を説明していただきました。

「こわい」というタイトルですが、実は私に責任があります。ナトリウムを取りすぎると危ないということが一般的にあまりにも言われていますので、低くてもこわいのだということを素人的にも強調したいのでつけましたが、お聞きになったように、石川先生は低ナトリウム血症の大権威ですから、石川先生にとってはちっとも低ナトリウム血症はこわくないという病態です。一般の人たちはナトリウムが多すぎるといけないと思いますが、少なすぎても悪いという考え方をここで少し強調していただきかけたということがあります。

あまり時間がありませんが、5分ほどありますので、会場からご質問がありましたら、せっかくの機会ですでお受けしたいと思います。

【会場】わかりやすいお話をありがとうございました。初歩的な質問かもしれないが恐縮ですが、食塩を過剰摂取した場合に血圧が上がるというのは、一般的には食塩の排出を促進しようとして圧が上がっているのではないかと思います。例えばそこでレニン・アンジオテンシン薬などで血圧を下げた場合、それに合わせてナトリウムの排出というのは促進されるのか。それとも圧が下がるからナトリウムの排出は促進されないのか。どちらになるのでしょうか。

【回答】ナトリウムを過剰に摂取すると、体液量が増えることになります。つまり体液量が増えるために起きる高血圧というかたちになってきます。そうすると、体の中の例えばレニン・アンジオテンシン系は抑制されてくることになります。ですから、ナ

トリウムの再吸収を腎臓でしないように行くわけです。

ですから、たくさん摂取すればするだけ尿中のナトリウム排泄が増えてきます。しかし、それを過剰に加えると体液量が増えて、いわゆる volume expansion というか、体液量増加の高血圧になってきます。体の中でそれと同じような病気はどのようなものかという、原発性アルドステロン症という病態がそれに近いと思います。

【会場】例えばレニン・アンジオテンシン系を阻害した場合に、バゾプレッシンなどのフィードバックというのはどのようになるのでしょうか。

【回答】レニン・アンジオテンシン系とバゾプレッシンは、近くにあるようで、まったく independent なものであって、必ずしもそれは行きませんが、たぶんそこで薬剤を使うとバゾプレッシンの動きはもちろん変わります。しかし、体液量が増えている状態のときには、バゾプレッシンは抑制されるように働いているはずですが、ただ、病態が加わって心不全などの病態が加わると、まるっきり病態は変わってしまって、これは水をためるように働きますから、心不全の方にナトリウムをどんどん補うと、どんどん病気が悪くなります。

【会場】ありがとうございました。

【座長】非常にいい質問だと思います。ほかにごありますか。せっかくの機会ですのでどうぞ。よろしいですか。

私から少し伺いたいののですが、高齢者の人というのは低ナトリウム血症になりやすいということを一般に聞きます。高齢者が低ナトリウム血症になりやすい素因というか、メカニズムというか、そういうものはどのようにお考えですか。

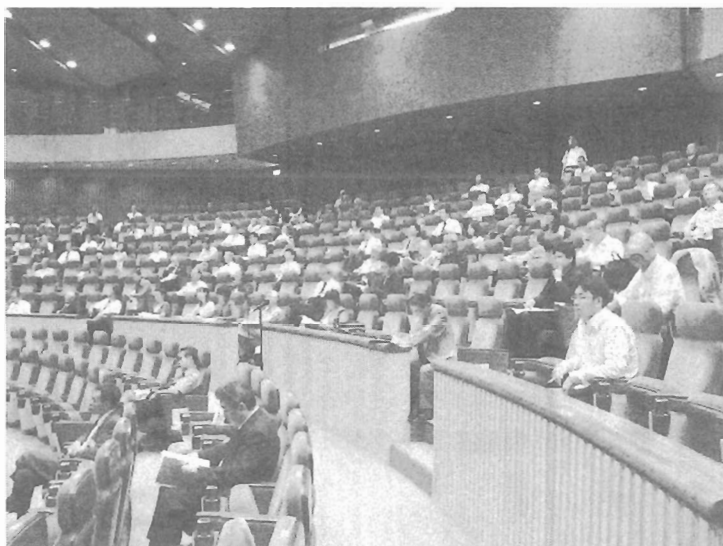
【回答】非常に大切な質問だと思います。今日はその話は一切触れませんでした。実は高齢者は低ナトリウム血症が非常に多くて、救急外来などに来られると7.5%ぐらいの患者さんが低ナトリウム血症を持っておられます。救急外来に来た病気とはまったく関係なく、そういうことがあります。

実はそういう病態を提唱している病気があるのですが、高齢者になると腎臓でのナトリウム保持能が



ガタッと落ちてくるということが一つあると思います。そのために、ある程度の塩分を補わないとむしろ低ナトリウム血症になってしまう。つまり高齢者場合にはナトリウムの保持能力が悪くなって、体液量が減ってくるような低ナトリウム血症が起きやすいということだろうと思っています。

それをバックグラウンドとして、ナトリウムが少なければ、副腎系のレニン・アンジオテンシン系を介して、ナトリウムを保持する能力が当然あっていいわけですが、それに対する腎臓の反応性も意外と悪くなっているのではないかと。だから、バックアップシステムができていないということが基本にあるのではないかと考えています。



【座長】 どうもありがとうございました。ほかに質問はありませんか。ないようですので、どうも貴重なお話をありがとうございました。

## 講演－3

# 農業における塩の利用－美味しい野菜づくり

北野 雅治 九州大学大学院教授  
座長：蔵田 憲次 東京大学大学院教授



北野 雅治 九州大学大学院教授

### 1. 植物栽培への海水と塩の利用

#### (1) 農業への利用の歴史

「日本農業全書」によると、海に囲まれた日本では江戸時代から身近にある資源として海水や海藻が農業に使われています。例えば、以下のような事例が記録されています。

- ①寒中に海水を汲み取ってムギ畑の肥料にすると良い。満潮の時にくんで桶に入れ、これに風呂の残り湯を混ぜる。これを下肥に混ぜて使うとムギの細根が十分に広がる(16巻, 百姓伝記, 静岡・愛知)。
- ②ナスが青枯れするようなときは、塩汁や海水などをかけるとよい(41巻続物粉, 高知)。
- ③ミカンの木の根元に海水をかけるとよい。ミカンの根に下肥を施し、5月の頃には枯れたイネの苗を置き、寒中には海水をかける(16巻百姓伝記, 静岡・愛知)。
- ④ナシ栽培用の下肥、いわし肥、にしん肥の肥料などをつくるときは、塩を加える(46巻, 梨栄造育秘鑑, 新潟)。
- ⑤サツマイモを作る土地がやせていたら、海岸に打ち上げられた海藻を冬のうちに拾って置いて腐らせ、それを根元にひとつまみずつ置いて植えれば芋が良く出来る(33巻, 砂島菜伝記, 福岡)。
- ⑥山間の畑に植えたサツマイモには磯の付近に生えている海藻を取ってきて、乾燥してウネ間に入れると効く(29巻, 農業巧者江御問下ヶ並に御答書, 山口)。

⑦ムギの肥料には水肥の中に海水を2割ばかり入れると良く、すべての肥料はたべものの塩味程度に塩分を加えたほうが良い(29巻, 農業巧者江御問下ヶ並に御答書, 山口)。

⑧海藻はすべての作物に効く。良く干して雨にあたらないように貯えておき、作物に施します(23巻, 農稼録, 愛知)。

いずれも当時の農民の努力が偲ばれる秘伝の農法です。①の「海水に風呂の残り湯を混ぜる」などは絶妙かつ奇抜な方法であり、何がどういう理屈で効いているのか科学的には説明できませんが、当時の農民は、「海の水に含まれる何かが効いている」ことだけは確信していたに違いありません。

#### (2) 海水と塩の種類と利用方法

海水の成分は、水が96.6%で塩分が3.4%です。海水に含まれる塩分の内、77.9%が塩化ナトリウム、9.6%が塩化マグネシウム、6.1%が硫酸マグネシウム、4.0%が硫酸カルシウム、2.1%が塩化カリウムで、残りの0.3%が約70種類とも90種類とも言われている微量元素です。海水には多くのミネラル類が含まれており、それらのミネラル類の施用効果を「海のミネラル力」と称して、海水、自然塩、ニガリなどが農業に利用されています。

海水に最も多量に含まれるミネラルであるナトリウムは、植物の生育にとって必須元素ではありません。しかしながら、同じ仲間のアルカリ金属であるカリウム(植物にとって多量必須元素)が欠乏しているときには、欠乏障害を軽減したり生育を促進することも認められていることから、農学的有用元素と



されています。また、アニオンとして最も多量に含まれる塩素は、植物にとっては必須元素ですが、ごく微量しか要求されません(微量必須元素)。したがって、海水に大量に含まれるナトリウムと塩素に対する植物側の要求性は低く、海水や塩を植物栽培に利用する場合には、ナトリウムや塩素の致命的な過剰障害を回避した利用法が求められます。

植物栽培に利用可能な海水と塩の種類を示します。表層海水は身近にある「ただ」のミネラル資源として植物栽培に利用されています。海洋深層水は、極地で冷やされた海水が深海底を長い年月をかけて循環する過程で、海底の地形などによって湧昇流が発生する場所で、水深200m以深から取水される海水です。深層水の特徴である低温性、富栄養性、清浄性は、表層海水よりも優れた資源性として知られ、高知県室戸岬をはじめ日本各地で採取され、多方面での利用が展開されており、農業への利用も種々取り組まれています。にがりとは、海水を濃縮し、食塩を析出させた後の残液で、塩化マグネシウムを主成分とするものです。

塩としては、ナトリウム以外のミネラル成分(マグネシウム、カルシウム、カリウムなど)を多く含み、安価(25kgで1,500円程度)で入手しやすい並塩、原塩、粉碎塩が植物栽培に多く利用されています。

いずれも、生育促進、食味向上、病害抑制などの効果を狙って、植物体への散布(適当な濃度の希釈液)、土壌や有機肥料への施用(希釈液または原液または塩)などの方法で利用されています。しかしながら、希釈倍率や塩の撒き方によってはマイナスの影響が出ることもあります。渡辺は経験的に、海水の希釈倍率が100倍以上は安全ではあるが何の効果もないかもしれない濃度であり、原液から40倍までは注意が必要な濃度としていますが、10倍希釈液や原液を散布して効果をあげた事例も報告されています。下記のように、作物によって塩に対する耐性が異なるので、すべての作物で効果があるわけではなく、希釈倍率や施用法などもそれぞれの作物にふさわしい方法を見出す必要があります。

耐塩性が強い作物：アスパラガス、サトウダイコン、プロ

ッコリー、ワタ、オオムギ、トマト、キャベツ、ホウレンソウ

耐塩性が弱い作物：トウモロコシ、エンドウ、インゲン、ダイコン、キュウリ、タマネギ、ニンジン

### (3)現在の利用例

海水が多く含まれる干拓地や台風による高潮の害を受けた田畑で、品質の良い作物が収穫できる例はよく知られています(例えば、高知市の徳谷トマト、八代市干拓地の塩トマトなど)。ここでは、野菜の品質向上などのために海水や塩を積極的に施用している事例をごく一部ですが紹介します。

- ①ネギ(千葉県)：成育中期(彼岸過ぎ)から後期にかけて、海水の10倍希釈液を10a当たり150リットル以上、10~15日おきに5回以上散布。「海っ子ネギ」として2006年から販売。葉折れが少なく太く重くなる。鉄分、カロテンが増加。甘くてやわらかくなる。
- ②キャベツ(茨城県)：収穫まえのキャベツに海水を散布。夕方なら50倍液、日中なら100倍液を10a当たり100リットル散布。「汐菜キャベツ」として販売。糖度が最大4度上昇(通常4度が8度になる)。硝酸態窒素が減少。日持ちが向上。
- ③タマネギ(兵庫県)：塩の場合は元肥と一緒に10a当たり25kgすき込み。海水の場合は50倍液を10a当たり150リットル5日おきに散布。糖度上昇。1個250円で販売。
- ④トマト(茨城県)：海水原液を3段目の着果後に30坪当たり1,000リットルを土壌施用。その後、生育を見ながら同量を施用。病気に強くなる。海水トマトとして販売。
- ⑤ナス(高知県)：室戸海洋深層水を利用。「竜馬なす」として販売。まろやかさ、甘味向上。
- ⑥ナス・トマト・キュウリ(秋田県)：並塩を、定植1週間後から7~10日ごとに3回、株の周りを囲むように軽く一握り程度散布。散布後は必ずかん水。甘みが増す。長雨時でも病気に強くなる。

- ⑦ミニトマト(青森県)：原塩を50坪当たり元肥として12.5～25kg、定植後25kgを、株の周りに散布。無農薬栽培。生育良好。日持ち向上。
- ⑧トマト・キュウリ・ナス・サツマイモなど野菜全般：天日粉碎塩(塩事業センター)を元肥および追肥として10a当たり25kg手散布。収量増。甘み、うま味向上。
- ⑨サトイモ(大阪府)：天然塩を株元にバラバラとまく。連作が可能になった。
- ⑩九条ネギ(京都府)：粉碎塩を10a当たり50kg手散布。葉の青み、色つや増加。
- ⑪キャベツ苗(近畿中国四国農業研究センター)：セルトレイでの育苗終了前の5日間、塩化ナトリウムを0.3%になるよう添加した液肥を、1日1回底面給水。硬く締まった苗(塩締め)。徒長が抑制され、乾燥に強い苗。

野菜の他にも、イネ、柑橘類、リンゴ、ブドウ、キウイ、イチゴ、チャなどで多くの利用例が知られています。

## 2. 海水と塩の施用効果

上記の利用例での海水と塩の施用効果は、(1)ミネラル効果、(2)塩素効果、(3)塩ストレス効果によってもたらされていると考えられます。

### (1)ミネラル効果

植物の生育にとって多量必須元素(炭素、水素、酸素、窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、硫黄)および微量必須元素(鉄、マンガン、亜鉛、銅、ホウ素、モリブデン、塩素、ニッケル)の多くが、海水および海水塩に含まれるミネラル類です。したがって、海水や海水塩を植物に施用することは、必須元素であるミネラル類を施肥することになります。ミネラル効果を考える際には、施肥における大原則である最少養分律と報酬漸減の法則を念頭に置く必要があります。最少養分律は、「生育に必要な因子の一つでも不足すると、他の因子が十分であっても、植物の生育はその不足している一つ

の因子に支配される」というもので、ドベネックの要素樽で説明されます。また、報酬漸減の法則は、「ある養分の施用効果は、その養分が不足しているときほど大きく、その養分の施用量を増していくと、増収効果は次第に減少する」というものです。海水や海水塩を利用する栽培方法が、どこでも、どのような条件下でも通用する「普遍的な農法」として普及していない理由は、この二つの原則にあるように思います。

海水、海水塩およびにがりの主要成分であるマグネシウムは、光合成をおこなう葉緑素の中心的な構成元素であるとともに、葉緑体における炭酸ガスの固定(光合成)を活性化し、活性酸素の発生を抑える働きもし、海水や海水塩の施用で最も期待されるミネラル効果をもたらします。

例えば、マグネシウムが制限要素になっている場合には、海水、海水塩およびにがりの施用で、顕著なマグネシウム効果が期待できますが、マグネシウムが十分に施肥されている植物においては、大きなマグネシウムの効果は期待できません。その他に、ミネラル効果としては、品質向上、病害抑制、土壌微生物活性化、有機肥料発酵促進などが経験的に知られていますが、必ずしも科学的に検証されているわけではないようです。

### (2)塩素効果

塩素はアニオンとして最も多量に海水含まれていますが、植物の微量必須元素として最近認知され、植物側からの要求度は高くありません。光合成の一部のプロセスでの触媒機能、気孔の孔辺細胞でのカリウムイオンの随伴イオンとしての機能および生育促進効果が知られています。

渡辺は、標準の液体肥料に海水の20倍希釈液、食塩の600倍希釈液を加えた場合に、キュウリの生育が促進されたことから、塩分を低濃度にするナトリウム過剰の害が緩和され、代わりに塩素による生育促進効果が表れることを示しています。また、塩素の殺菌作用による病害抑制効果や農薬減量効果が知られています。いずれにしても、このような塩素の効果は、ナトリウムの過剰障害を引き起こさない

ような低濃度での施用(葉面散布)によってもたらされる効果です。

### (3)塩ストレス効果

海水や海水塩を高濃度で植物に施用すると、ナトリウム、塩素、マグネシウムの過剰によるイオンストレスと、さらに、土壌などの根圏の溶質濃度の上昇による浸透圧の高まりによって、根の水吸収が阻害されて、萎れや枯死にいたる水ストレスが引き起こされます。これらの環境ストレスはさらに、種々の活性酸素による酸化ストレスを植物体に引き起こします。これらのストレスに対する生き残り戦略として、植物は抗酸化機能、浸透圧調節機能などの防御機能を発揮します。植物の主な活性酸素消去系を示します。

SODなどの酵素(活性酸素不活化酵素)やビタミンC(アスコルビン酸)などを介して、ストレスによって生じたスーパーオキシドアニオン、過酸化水素などの活性酸素を不活化するとともに、抗酸化機能を有するアミノ酸(GABAなど)などが産生されます。

浸透圧調節機能とは、水ストレスによる根の吸水阻害による萎れを回避するために、植物が細胞内の糖、アミノ酸、カリウムイオンなどの溶質(浸透圧調節物質)の濃度を高め、細胞内への水の浸透流入によって、細胞の膨圧を維持して萎れを回避する機能です。

致命的なストレス障害を生じない程度の濃度で海水や海水塩を植物に施用することで、抗酸化機能や浸透圧調節機能を植物体に発現させ、糖、アミノ酸、抗酸化物質などの有用物質を収穫対象器官に高濃度に集積させることが期待されます。水ストレスや塩ストレスに対する耐性の強いトマト植物においては、水ストレスや塩ストレスを応用することによって、高糖度のトマトを生産することが農法として認知されています。

## 3. 海洋深層水を利用した高糖度トマト栽培の研究例

ソルト・サイエンス研究財団のプロジェクト助成

研究(平成17~19年度)の一環として実施されている「海洋深層水濃縮廃液を活用した高品質高糖度トマトの多段周年栽培の実用化」の成果の一部を紹介します。

高知県室戸岬で採取されている海洋深層水を、養液栽培のトマト果実がピンポン玉ぐらいの大きさに肥大した頃に2週間だけ施用した例です。トマトは受粉後(着果後)8週間程度で収穫されますが、果実の肥大が最も活発で、師管を通して糖などの有用物質が果実に盛んに集積する時期に、海洋深層水を3倍~4倍希釈した濃度で施用しました。果実に集積する師管液中の溶質濃度(スクロース、アミノ酸、ミネラルなど)の経時変化です。海洋深層水の施用によって浸透圧調節機能が発現した結果、師管内の溶質濃度が高まったと考えられます。

海洋深層水施用区で高濃度の師管液が果実に集積した結果、果実の糖度が9%以上に達し、果実の旨味に関与すると考えられているカリウムやマグネシウム(深層水由来のミネラル)の濃度も有意に高まり、高品質の高糖度トマトが生産されました。

SOD活性は、海水や食塩の施用による塩ストレスによって高まる傾向がありますが、深層水の施用では、塩ストレスによる酸化ストレスが緩和される傾向がみられました。機能性アミノ酸(GABAおよびプロリン)の濃度も、海水や食塩の施用で有意に高まりました。トマトの旨味の評価は、グルタミン酸・アスパラギン酸比と相関があり、海水や食塩の施用によって有意に高まりました。トマトにおいては、糖度6%以上、酸度0.5%以上で、KとMgの濃度も高いことが「おいしいトマト」の条件とされています。さらに、糖度8%以上の高糖度トマトでは、果実重が100g以上のトマトが高い品質評価を受けています。深層水の短期間施用によって栽培されたトマトは、これらの条件をいずれも満足し、食味においても、「旨みのあるおいしいトマト」の評価を得ました。

上記のような海水や塩の施用効果のメカニズムは、十分に解明されているとは言えませんが、今後、多面的かつ科学的に検証されることによって、海水や塩を利用した栽培方法が、普遍的な農法として定

着することが期待されます。

## 質疑応答

【座長】 どうもありがとうございました。塩化ナトリウム自体は植物にはほとんど必要ないということですが、海水を散布すると、普遍化できないかもしれないけれども、効果があるというお話から、海水の利用によってミネラル効果、塩ストレス効果ということで、おいしくて非常に有効成分の多いトマトができるというお話でした。

それでは、時間があまりありませんが、何か質問がありましたらお受けしたいと思います。

糖度が10近いという非常に甘いトマトができるようです。まだ一般の市場には出ていないですね。

【回答】 いや、もう売られていると思います。

【座長】 たぶん東京には出ていないと思います。

【回答】 そうですか。

【座長】 何かご質問がありますか。

【会場】 硝酸態窒素が低いというデータがありましたが、あれはどんな理由が考えられるのでしょうか。

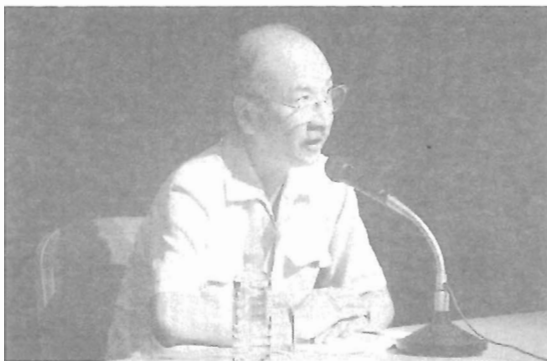
これからの野菜などについては非常に重要なことだと思います。

【回答】 あの硝酸態窒素が低いというのは、先ほども紹介した雑誌に出ていたのですが、私はもう一つ、塩ストレスではなく、低温ストレスを与えて、葉っぱを食べる葉菜類を栽培しています。それでもやはり硝酸態窒素の濃度が低下します。やはり吸収量が減っているのだと思います。硝酸態窒素というのは水と一緒に吸われていますから、吸水が多ければ余計に吸われますが、吸水制限がかかって硝酸態窒素が減っているのではないかと考えています。

【座長】 窒素の吸収は成長には非常に効果があつて必要なのですが、成長も遅くなるわけですね。

【回答】 そうですね。でも、普通では与えすぎているのではないかと思います。だいたい吸水と比例して吸われますので、通常の野菜は吸いすぎているのだらうと思います。

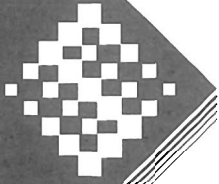
【座長】 ほかに何か質問はありますか。よろしいですか。それでは、時間になりましたので、これで北野先生の講演を終わらせていただきます。



座長 蔵田 憲次 東京大学大学院教授



楠目 齊 ソルト・サイエンス研究財団理事長による  
閉会のあいさつ



# 『塩田製塩法の発達』

(そのⅢ・完)

村上 正祥

元日本専売公社 塩技術担当  
調査役

## 4. イオン交換膜法製塩

### 1. イオン交換膜(海水濃縮)法<sup>1)</sup>

昭和27年以來の「流下式転換」によって、塩田生産力は倍増し、昭和32年には国内塩の過剰生産が問題となり、第3次塩業整備へと進展した。この塩業整備の一環として、イオン交換膜法の企業導入が始まった。

〔膜メーカー〕	〔工場〕	〔塩量〕 t
旭硝子	一日化塩(香川県坂出)	11,300 (昭36.3)
旭化成	新日本(福島・小名浜)	50,300 ( 36.12)
徳山ソーダ	錦海(岡山)	17,000 ( 39. )

昭和36年、相次いで稼働を始めたイオン交換膜工場が、先ず突き当たったのが透析槽の目塞りであった。イオン交換膜は海水や塩類イオン等は透すが、固形の懸濁物、微結晶等は透さない<sup>かんすい</sup>ので、これらは膜面に付着・集積し海水や鹹水の流れを阻害する。こうなると精密構造の透析槽は運転に支障を来だし、解体、洗浄、膜の補修を迫られた。

このトラブルの原因と、その対策は次の3点である。

- ①原料海水中の固形懸濁物 — (対策)海水の砂濾過
- ②アルカリ・スケール — 酸添加法(pHコントロール)
- ③CaSO<sub>4</sub>・スケール — 膜の改良(選択透過性)

こういった各社の改善対策が進み操業が軌道にのったのは昭和40年頃であり、さらに膜、透析装置の改良も進んで、昭和44年には流下式塩田を凌ぐ業績をあげるに至った。(図-1, 2参照)<sup>1)</sup>

昭和40年代、各地の産業開発が活況を呈し、海沿いの広大な平坦地を占める塩田は格好な候補地として狙われた。工業用地等に塩田を提供し、その代替としてイオン交換膜法を導入する製塩企業が、赤穂、鳴門等と相ついだ。その結果、昭和44年度(1969)には、國産塩の23%、塩量にして21万トンがイオン交換膜法のかん水から製塩されるに至った。このように、散発的に

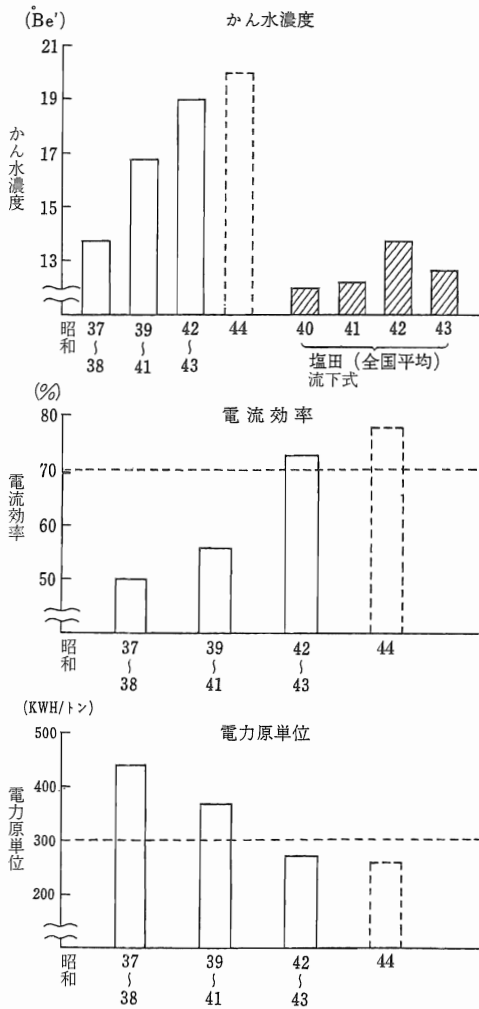


図-1 イオン交換製塩技術の進展

廃止する塩田の代替としてイオン交換膜法を入れるのは、たゞ採かん設備・方式の入替えに過ぎない。

## 2. イオン交換膜法製塩

イオン交換膜法の透析層1基は、流下式塩田数十haに匹敵し、大規模製塩場の建設も自在となった。

イオン交換膜法製塩プラントを図-3に示す。

イオン交換膜法製塩プラントの主動力源は大型蒸気ボイラーである。その高圧蒸気でタービン駆動の発電機を稼動し、透析用電力を賄う。

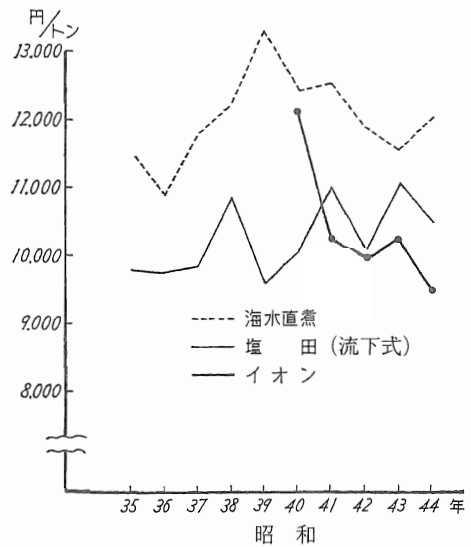


図-2 方式別製塩コストの推移 (並塩ベース)

表-1 イオン交換膜法の導入 (許可、塩量 t)

製塩企業	昭和35	41	42	44	45 (2月現在)
新日本	t 6月 50,270				50,270
日化塩	8月 11,271				11,271
赤穂海水		8月 25,000	→	2月 53,290	53,290
錦海		12月 16,932	→	2月 58,636	58,636
味野		12月 3,140			3,140
鳴門			7月 10,905	→	1月 26,992
内海				3月 19,689	19,689
合計	61,541	106,613	—	207,201	223,338

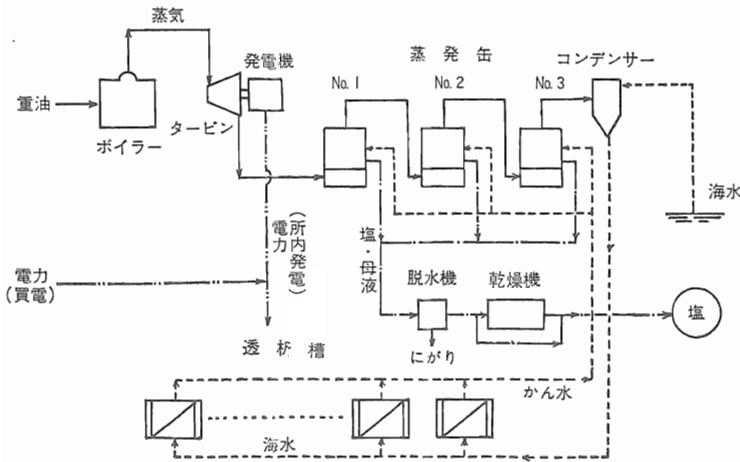


図-3 イオン交換膜法製塩場

界では「原塩」と称された。

昭和43年度の一般用塩需要は143万トンであり、その内訳は、図-6の如く、国産塩95万トン、その他は輸入天日塩で賄っている。(ソーダ工業原料塩は480万トン)

用途別の需要量、塩種、価格(コスト)等を整理すると、図-5が得られた。塩田製塩に替えて原塩再製となる。(当時の流下式塩田のコストは1万1000円/トン)

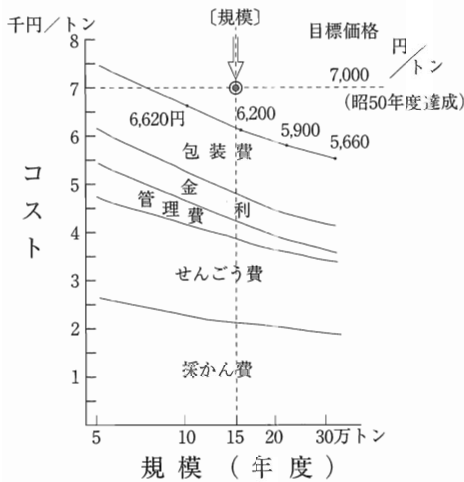


図-4 規模とコスト

〔用途〕	〔塩種〕	〔価格見込〕 (円/トン)
家庭用	再製塩	7,778
漬物・みそ等	粉碎塩	6,534
しょう油	原塩	5,829
水産	粉碎塩	6,534
一般工業用等	原塩	4,460

### 3) イオン交換膜法製塩工場

図-5の輸入塩想定価格から、イオン交換膜法製塩の目標価格を7,000円/トンとし、規模15万トン工場とすればこれが達成可能と見込まれた。(図-4参照)

これによって、日本塩業の宿願であった「食用塩分野において、輸入塩との競争力を持つこ

タービンの排蒸気は真空式蒸発缶(3~4効)の熱源とする。こうして、高性能、低コストの製塩が実施段階に至った。

#### 1) 規模別製塩コスト試算

年産10~30万トンの製塩工場を想定し、その建設費、製塩コストを算定すると、図-4のようになった。

工場規模(万トン)	10	15	20	30
製塩コスト(円/トン)	6,620	6,200	5,900	5,660

#### 2) 輸入塩の国内想定価格

欧米の製塩工場は、岩塩、あるいは天日塩田の産塩(天日塩)を原料として稼動している。天日塩は製塩及びソーダ工業の原材料であり、業

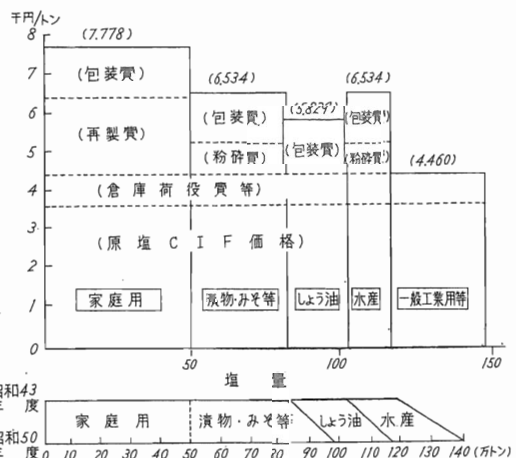


図-5 輸入塩の国内想定価格と昭和50年度需要見込

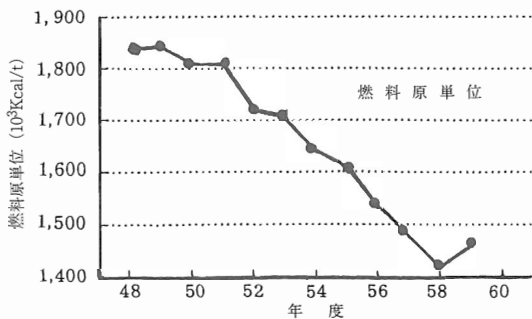
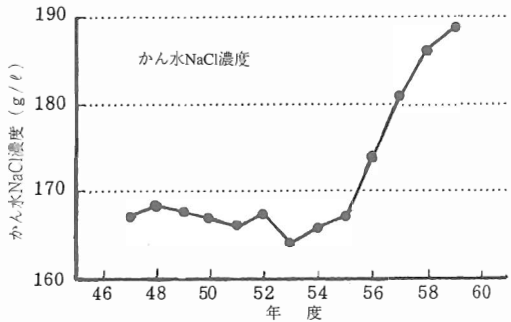
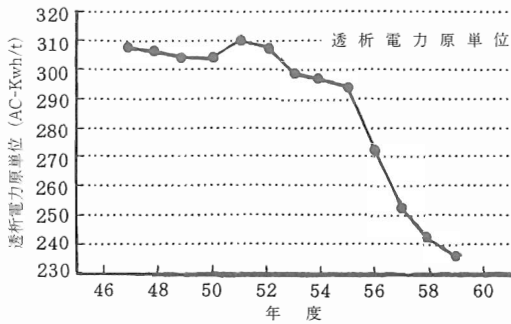


図-6 イオン交換膜法製塩の進展

と」ができるという見通しが得られたので、こゝで塩業の再編成を断行し、塩田を廃止して、大規模・イオン交換膜法製塩工場に集約することゝなった。

### 3. イオン交換膜法製塩の進展

昭和46年(1971)、臨時塩業近代化措置法が制定・施行され、塩業の大改革が行われた。これによって、2,200ha余の塩田は全て廃止され、25の製塩企業は7社に統廃合されて、年産15万トン以上の大規模イオン交換膜法製塩プラント7工場が発足した。(塩業の近代化)

このイオン交換膜法製塩プラントが稼動を開始して間もない昭和48年、「オイル・ショック」が発生し、世界的に石油価格が高騰した。これを受けて、塩業界では重油ボイラを石炭・その他の燃料に切替えた。

この間においても、膜メーカー3社の高性能膜の開発、透析装置の改良は進展し、その成果は各工場に導入された。また、全製塩工程の装置、操作の改良・開発も進められて、昭和56年には「イオン交換膜法製塩工場」が完成した。(図-6参照)

昭和46年、15万トン工場・7社で始まったイオン交換膜法製塩は、年々業績をあげて昭和60年には生産量140万トン(即、1社平均20万トン)に達した。塩需要量も拡大し180万トンとなっている。(図-7参照)

平成9年(1997)塩専売法が廃止され、百年に亘る塩専売制は終りとなり、製塩業は2次産業の一翼を担っている。

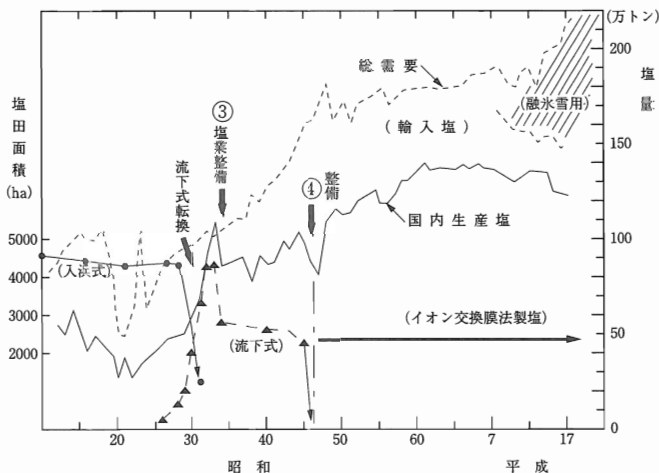
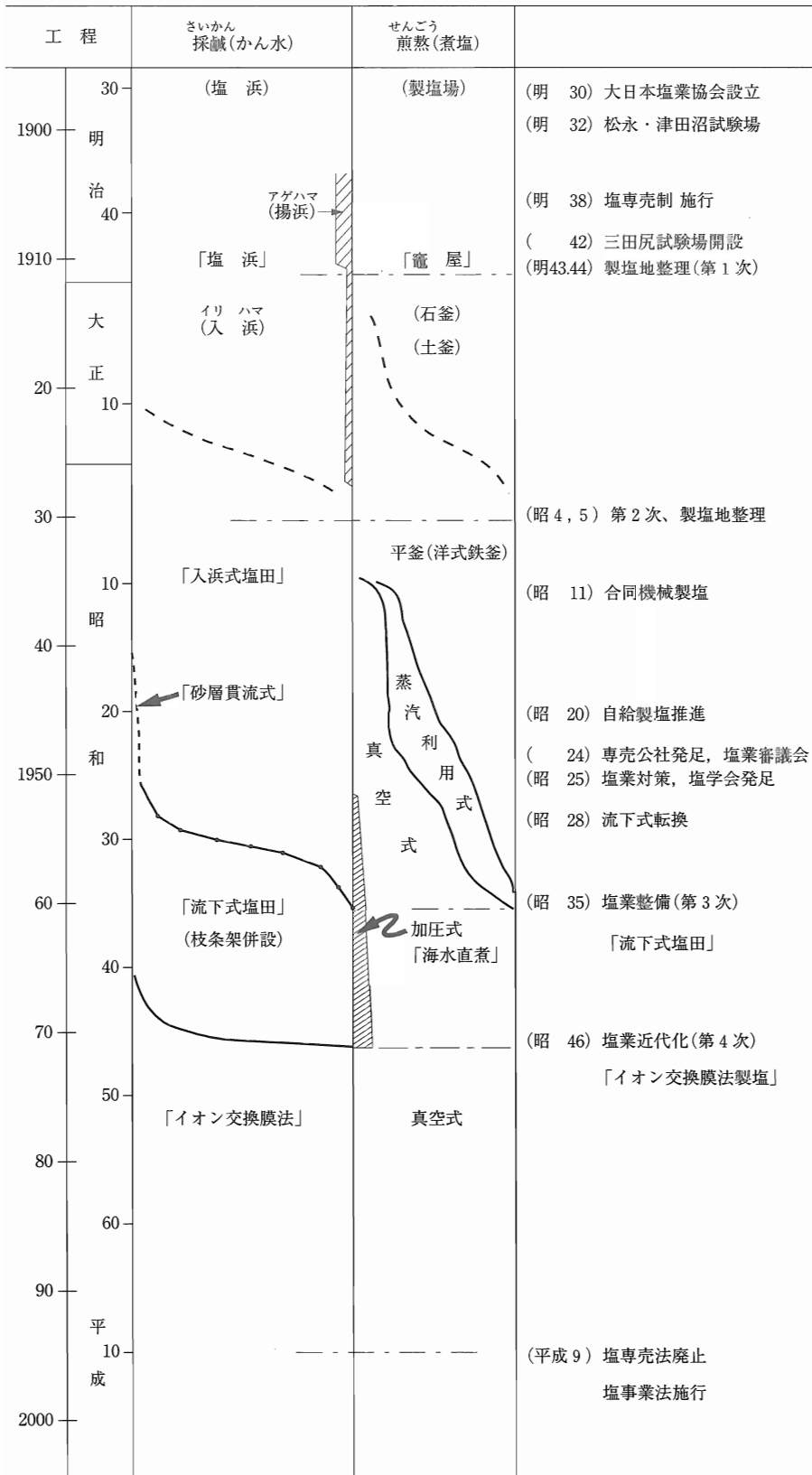


図-7 近代塩業の進展



## 近代塩業の進展





# 岩松善次郎考案の「流動塩田」覚書

太田 健一

山陽学園大学特任教授

## はじめに

『そるえんす』前々号(2007年6月号, No.73)に村上正祥氏が「塩田製塩法の発達」(そのI)を執筆され、その中で岩松善次郎が考案し、明治29年児島味野の野崎浜で試験を行ったことを紹介されている。しかし、その詳細は史料的に制約があり、事実の指摘のみで、その製法の詳細や野崎浜での試作の結果などには言及されていない。したがって、本稿では若干の補足説明をおこない、「流動塩田」の誕生の意義を日本塩業の近代化(特に採鹹工程)との関連で試みたいと思う。

## 1. 契約の締結

明治29年(1896)4月30日、野崎武吉郎は岩松善次郎・中村富郎と試験場貸与に関する契約書を取り交わした。

契約書の全文(全8条)は次の通りであった。

### 契約書

今般岩松善次郎・中村富郎ノ製塩ニ係ル發明ヲシテ有効ナラシムル為メ、野崎武吉郎ニ於テ試験場ヲ貸与スルニ付、双方ノ間ニ契約シタル条項左ノ如シ

一、岩松・中村ハ同人ガ目下特許出願中ニ係ル流動塩田貯溜池改良等ニ因テ、食塩ヲ経済的ニ採取スル發明ノ方法ヲ野崎ノ所有地内ニ於テ其承諾ヲ經テ壹千式百坪以内ノ試験場ヲ設ケ慎重ニ計画作業スル事

一、右ニ要スル土地ハ無料使用トシ、尚塩田ノ構造附属物ノ建設及原料人夫等必要ヲ定度トシ、総テノ費用ハ特ニ野崎ニ於テ之ヲ負担スル事

但、費用総額ハ概算壹千七百円ト予定シ、野崎ヨリ特ニ命ジタル係リ員ノ承諾ヲ經テ設計スベキ事

一、試験終了ノ時ハ明細正確ニ其成績ヲ記述報告スベク、其試験場ハ現形ノ俣野崎へ返却スベシ、試製中ニ係ル取得物ハ野崎ノ領有タルベキ事

一、野崎ノ都合ニヨリ試製中ト雖モ中止ヲ申込ムコトアルベシ、此場合ニ於テハ岩松・中村ハ毫モ異議ナク承諾スベク、之レガ為メニ其労力ノ償ヲ求メザル事

一、岩松・中村ノ往復旅費等ハ自弁タルベク、岩松ノ試製中ノ宿料・食料ハ野崎に於テ之ヲ負担スル事

一、岩松・中村ハ特許許可ニ至ル迄他ニ試製場ヲ設ケザル可ク、又製塩ノ事ニ付テハ野崎ノ承諾ヲ得ザレバ他人ト契約ヲ為ス可ラザル事

一、試製ノ成績良好ニシテ有益ト認ムル時ハ、野崎武吉郎・野崎定次郎ハ随意ニ其所有塩田一般ニ之ヲ応用ス可シ、且つ特許許可ヲ得ルモ、岩松善次郎・中村富郎ハ今回試製場ヲ貸与シ費金ヲ扶助セラレタル特志ニ酬ル為メ、野崎武吉郎・野崎定次郎ノ所有塩田ニ対シテハ其特許使用料及之ニ類似ノ料金ハ毫モ請求セザル事

一、岩松・中村ニ於テ今回ノ試製ヲ畢リタル後チ、目下出願ノ通り特許ヲ得ルカ又ハ年月ヲ経テ多少ノ改良ヲ加へ、出願ノ方法ヲ異ニシ特許ヲ得タル場合アルモ、其方法ニ於テ全く異リタル者ニ非ル限りハ、此契約ノ精神ヲ推シ及シ野崎ニ対シテ今回ノ特志ニ報ル為メ、前条ノ如ク特許使用権ヲ無料トスベキ事

右ノ通り契約シタル証拠トシテ各自記名調印シ、証書式通ヲ作り双方壺通ヅ、所有スル者也

追記

本文ノ契約ハ将来野崎武吉郎・野崎定次郎ノ財産ヲ相続シ又ハ譲受ケタル野崎家モ之ニ準ズル事

明治廿九年四月三十日

岡山県児島郡味野村六拾八番邸  
野崎武吉郎 ㊞

東京市京橋区竹川町三番地

岩松善次郎 ㊞

東京市京橋区竹川町四番地

中村富郎 ㊞

岡山県児島郡味野村五拾九番邸

野崎定次郎 ㊞

流動塩田の発明者である岩松・中村は、「契約書」では共同発明者として連帯責任を負うているが、「補遺」によると「流動塩田創設者岩松善次郎」とあり、発明者は岩松善次郎であり、中村富郎はどちらかと言えば協力者の立場にあったものと推定される。

そして、岩松については履歴が多少判明する。すなわち、彼は東京市の硝子商人であり、かつて米国に渡航した時に、甲板上に立ててあった硝子板が潮水に洗滌されて乾燥した後、そこに塩が残留しているのを見て、これにヒントを得て流動塩田の計画を創案したと云う（「補遺」）。

## 2. 流動塩田の構造

岩松・中村が発明した流動塩田の全体図をみると（資料一）、その内部は流動塩田・再流動塩田・貯溜池（タンク・結晶室）・釜場の4部分より構成されている。これに付加して、海水を流動塩田に汲み上げる懸樋（かけひ）がある。

基本となる「流動塩田」は「本流動田」と称し、縦（タテ）70間（126メートル）、幅（ハバ）10間（18メートル）で、これを左右2つの部分に分けている（70間×5間×2）。したがって、1つの区画はタテ126メートル・ヨコ9メートルの可成りの長方形の平坦な地盤であるが、海水を徐々に流通させる目的で $\frac{1}{160}$ の勾配に築造している。築造に際しては、その基礎には厚さ5寸（15cm）余の埴土を敷きつめ、その上に2寸（6cm）余の山土を置いて十分に打ち固めて平坦にし、その上にセメント（セメント1、砂利2、白埴土1の割合で混合したもの）を厚さ6分（1.8cm）

で全面に塗り付けて地盤は完成する。地盤の一部に「小溝」を掘って、これに地盤上を流過してきて濃厚となった鹹水を通して「貯溜池」に送り込む。

「本流動田」と「再流動塩」の関係は、先ず本流動田には海水を「直灌漑」し、貯溜池に流れ込んで或る程度水分蒸発して濃厚となった鹹水を更に一層濃厚ならしめる必要がある際に「再流動塩田」に「注射」としてしている。したがって再流動塩田の活用は鹹水の出来具合や天気の状態によって臨機応変に活用されるものであったと推定される。

次に「貯溜池」については、「甲貯溜池」(タンク)と「乙貯溜池」(結晶室又は沈澱所)の2つが設置される。甲貯溜池は本流動塩田を一度通過してきた鹹水を貯溜するもので、深さ6尺(1.8m)、幅2間(3.6m)・縦20間(36m)の規模である。造りは堅牢で、四壁及び底は山土に石灰を混合した漆喰を厚さ1尺(30cm)に打ち固め、上部はセメント(セメント1、山砂利2)で塗蔽して、しかも水分の蒸発を速成するために屋根をガラス張りに構築する。

「乙貯溜池」(沈澱所又は結晶室)は再流動塩田を通過してより濃厚となった鹹水を更に水分を蒸発させると共に、鹹水中に含有されている有害の硫酸石灰及びその他の夾雑物を沈澱させて除去する。その規模は深さ3尺(90cm)、幅3間(5.4m)、縦18間(32.4m)で、築造はタンクと全く同様であるが、屋根はガラス張りではないというものである。

釜場は1か所で、4間×2間(8坪)の敷地に建てられた藁葺小屋である。この中に竈を築き、塩釜を設置する。火力を強めるために竈の組立を工夫している。すなわち、周囲の竈縁に「小煙道」を設けて焚口の下に気洞を拵へ、また中央に「ロストル」鉄棒を架している。炭煙は小煙道を過ぎ、長さ4間(7.2m)、内径1尺1寸(33cm)の「大煙道」に入り高さ20尺(6m)・口径8寸8分(26.4cm)の煙突より空中に飛散する。

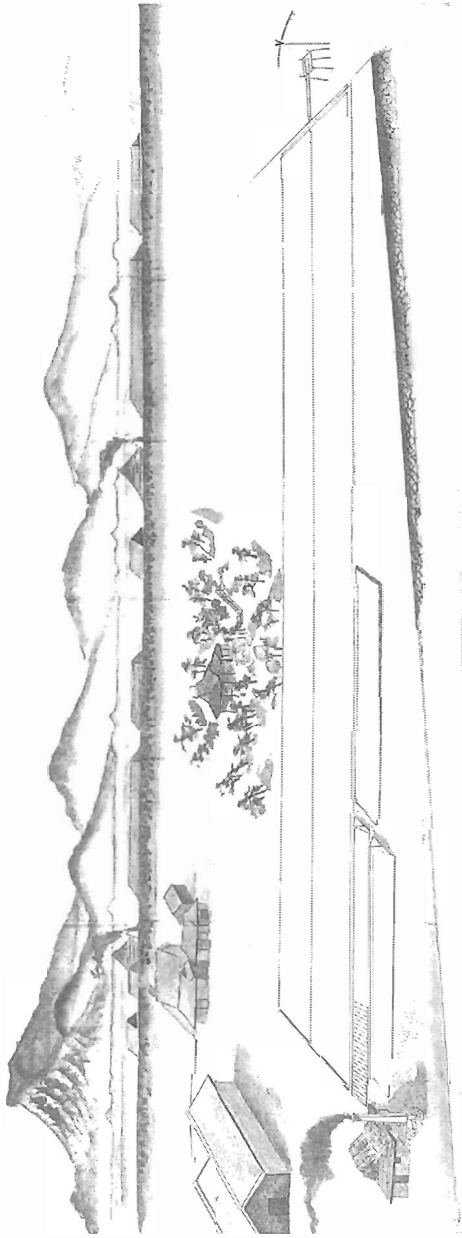
釜は厚さ2分5厘(7.5mm)・幅4尺(1.2m)、縦8尺(2.4m)の鉄板2枚を継ぎ合せて製造した

もので、継ぎ目には4吋<sup>インチ</sup>(10cm)の「ソケス鉄板」を「鉋留」する。なお、釜の凸凹を防止するために、釜縁は厚さ3分(9mm)、幅1寸8分(5.4cm)の鉄板で作成する。

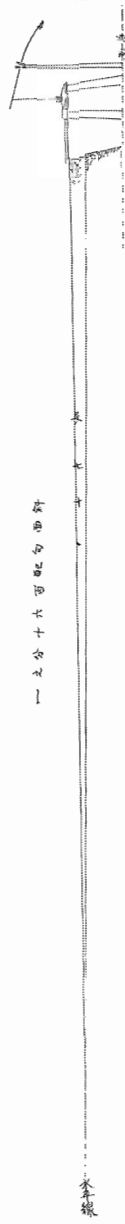
以上の如き構造上の特質をもつ流動塩田の「採塩法」について、岩松・中村は次のように結論付けている(資料-2参照)。

流動塩田ノ製塩法ハ、旧塩田ノ製塩法ニ比シ稍簡短ナリ、甲地盤ノ一端ニ設ケタル釣瓶(ツルベ)ヲモス潮水ヲ酌ミ揚ゲ、樋箱ニ滌グ潮水ハ樋箱ノ一方ニ穿チアル無数ノ小穴ヨリ地盤上ニ流出ス、潮水盤上ニ游流スルウチ、水気著シク蒸発スルガ故ニ、稍濃厚ナル鹹水トナリ、盤ノ一端ニ設ケアル小溝ニ流レ込ミ、小溝ヨリ甲貯溜池ニ入ル、而シテ玻璃(ガラス)屋蓋ヲ透射スル日光ハ、貯溜池ニアル鹹水ノ蒸発ヲ盛ナラシメ、貯溜数日又コレヲ乙地盤ニ滌ギ再ビ急激ニ蒸発セシメル事、恰モ潮水ノ甲地盤ニ於ケルガ如シ、乙地盤ヲ流過シタル鹹水ハ乙貯溜池ニ入ルナリ、コノ貯溜池ニアルコト数日ニシテ鹹水弥濃厚トナリ、煎煮ニ適スルモノトナル、鹹水煎煮ノ仕方ハ旧塩田ト異ルコト無シ、竈及ビ釜ノ構造法改良ガ如何ナル結果ヲ奏スベキカハ今断言シ難シ

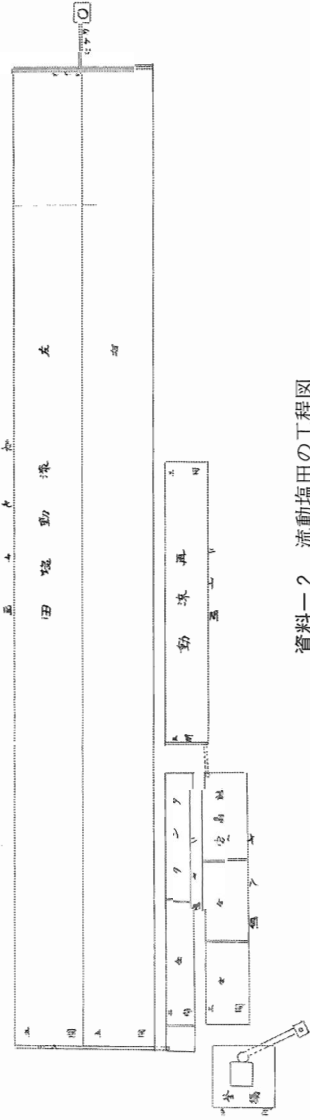
岩松・中村発明になる流動塩田は当事者自からの指摘の如く、在来の入浜塩田と比較すれば「稍簡短」であって、その採鹹工程は、①釣瓶(ツルベ、又は懸樋)で海水を汲み揚げる。②樋箱の小穴より海水は徐々に本流動塩田に流出し、傾斜した地盤( $\frac{1}{160}$ の勾配)を流れて小溝に流れ込む。③蒸散作用により濃厚となった鹹水は小溝より甲貯溜池(タンク)に自動的に流れ込み、ガラス屋根よりの日光の透射により蒸散作用が高まって、さらに濃厚な鹹水となる。④数日間滞留させた鹹水は人力によって再流動塩田に運ばれ、一方の端から「注射」(注ぎ込む)と $\frac{1}{160}$ の傾斜を流れて小溝に流れ出てくる。⑤再流動塩田の小溝に流れ出た鹹水は自動的に乙貯溜池(結晶室又は沈澱所)に運ばれ、ここで不純



資料一 1 流動塩田の景観図



一五分十六百配分面詳



資料一 2 流動塩田の工程図

物は沈澱して除去される。⑥結晶室の鹹水は人力によって釜場に運ばれ、鉄釜によって煎熬がなされて塩の結晶が生成される、というものである。その特徴は勾配をつけた2つの塩田の導入と、2つの塩田の間に2つの貯溜池を設置(しかも1つはガラス屋根)することによって、大幅な労働力の節約をはかろうとしたものであったと要約できる。いわば入浜塩田における採鹹工程のイノベーションを企図したものとして注目されるものがある。

### 3. 野崎家の質問と回答

野崎家は流動塩田の採用に当って、危惧する幾つかの疑問について発明者の岩村・中村に質問を提出し、その回答を求めた(「補遺」)。

第1点、硝子商を営む岩松善次郎がこの計画を創造するに至った事情は何か。

(回答) 岩松が米国に渡航した際、甲板上に立ててあった硝子板が潮水に洗滌され、それが乾燥した後に塩の結晶が残留していることにヒントを得たものである。

第2点、流動塩田築造法中に、下層に埴土を敷き、中層を山土で打ち固め、上部をセメント塗とすることについて、軟質の物と硬質の物を調和させることに不合理を感じるものがあるが。

(回答) セメント盤に亀裂が発生する場合は予期し、もし一部に亀裂が発生しても、山土・漆喰及び埴土によって流動鹹水の滲透を防止できると思う。

第3点、セメントの混交材料の内に白埴土を使用した意味が理解できないが。

(回答) 潮水の流動は $\frac{1}{160}$ の勾配に自然流下するようにしているが、セメント盤一面に流水しない傾向が生じている。これは白埴土を用いたこ

とに起因しているかも知れない。一面を均等に流れず、水道をつくる傾向を排除するための工夫として、棕指毛を付けた引子を用いて潮水の流下を誘導する工夫を施している。

第4点、採鹹量の見通しはどうか。

(回答) 正確なる記録は存在しないが、盛暑時は1日に14~15度の鹹水27~28石を得ることができ、春・秋両季には5~6度の鹹水12~13石を得ることができる。

第5点、貯溜池の硝子張屋根の構造と効用について説明をもとめる。

(回答) 貯溜池のガラス屋根は開閉自由の構造にしており、天候によって適宜に利用できる。盛暑時には15~16度の鹹水が深さ5~6寸に溜っている場合は1週間位の後は20度位には濃度が上がる。

以上示した5点について質疑が交換され、最終的に野崎家は流動塩田の実験的導入に踏み切ることとなった。

### 4. 流動塩田の築造費

野崎家と岩松・中村との契約は明治29年4月30日に締結され、早速に築造が開始された。年内には完成し、実験的に操業が開始され、翌30年には1年間の収支結果が明白となった。

築造費は契約書では、1200坪以内の試製場(野崎家提供)に概算1700円の費用をもって築造することとなっていた。結果的には予算を26%超過し、2142円68銭8厘をみた。いま、その内訳を列記してみると次のようになる。

(1)地盤築造費(流動塩田・再流動塩田 760坪)

	1111 <sup>円</sup> 、	40 <sup>銭</sup> 、	1 <sup>厘</sup>
・ 人夫(1325人)	310 <sup>円</sup> 、	05 <sup>銭</sup> 、	3 <sup>厘</sup>
・ 泥工(42人3分)	64	、	03
			、
			7

・割石(6艘代)	34 <sup>円</sup> 、59 <sup>銭</sup> 、0 <sup>匁</sup>
・石工(17人7分)	9、52、5
・セメント(111樽)	356、31、0
・赤土(52艘)	57、56、4
・石灰(760俵)	53、42、8

(2)硝子屋根貯溜池築造費(94坪)

	670、14、6
・人夫(232人7分)	58、19、4
・赤土(20艘)	22、15、9
・セメント(19樽半)	61、22、0
・硝子(50箱)	210、00、0
・石灰(232俵)	16、35、6
・屋根建築請負	282、03、0
・腰板及び大工手間	3、07、9
・泥工(30人)	13、50、0
・ペンキ代	3、60、8
・砂(18艘)	13、78、0
・沖埴(65艘)	26、35、3
・白土代及び粉末賃共	58、49、4
・地盤算及び水盛一切手間共	18、02、5
・地盤周囲垣	6、02、5
・日覆損料	13、65、0
・セメント大阪より積越運賃	18、75、0
・普請用竹木葎箒その他共	65、98、7
・錬板	4、83、0

(3)竈屋浜子納屋炭納屋建築費

189、15、1

(4)鉄釜新調費及び附属品一切

64、85、7

(5)竈及び煙突築造費

37、17、1

(6)竈屋器具

14、45、6

(7)刎釣瓶及び溜桶代

7、98、0

(8)悪水抜桶

4、40、6

(9)岩松善次郎宿泊料及び饂飩

43、12、0

総費用2142円68銭8匁の内、2つの流動塩田地盤築造費が1111円余(約52%)、2つの貯溜池

築造費が670円余(31%)、竈屋・納屋建築費が189円余(9%)、鉄釜・竈・煙突築造費・竈屋器具代が305円余(14%)をみている。この外には刎釣瓶・溜桶・悪水抜桶が12円余、岩松の試製中の宿泊料及び饂飩として43円余(岩松・中村の旅費は兩人自弁)が支出された。

## 5. 流動塩田の収支結果

流動塩田の操業は明治30年10月ないしは11月頃に開始されたものと推定される。

契約書の締結は明治29年4月30日であるので、築造には約1年6か月を要したものと思われる。岩松は契約書に則して明治31年度(31年1月~12月)の収支概算勘定書を提出し、野崎家の了解を求めた。その結果は次のような数字をみた。

A、収入 353<sup>円</sup>39<sup>銭</sup>1<sup>匁</sup>

内訳

・塩(157<sup>石</sup>5<sup>斗</sup>) 308<sup>円</sup>、39<sup>銭</sup>、1<sup>匁</sup>

※1石に付1円96銭

・塩(水汐6日焚き、1昼夜5石で30石) 45円

※1石に付1円50銭

B、支出 387<sup>円</sup>、31<sup>銭</sup>、8<sup>匁</sup>

・給金 219<sup>円</sup>、15<sup>銭</sup>、5<sup>匁</sup>

・石炭代 102、03、0

・雑費 48、32、3

・修繕費 17、81、0

差引(A-B) △33<sup>円</sup>、92<sup>銭</sup>、7<sup>匁</sup> (損)

結果は、収入として産出した187石5斗の塩代価は353円39銭1匁、支出は浜子給金219円余、石炭代102円余、その他の諸費用を合算して387円31銭8匁、差引して33円92銭7匁の損失となった。損金発生の理由について、野崎家・岩松両者共に「地盤ノ全面ニ多数ノ破損ヲ生シ、且ツ粗悪ノ現象ヲ呈シ、為ニ濃厚ノ鹹水ヲ得ル能ハズ、故ニ完全ナル地盤ニ改造スレバ採取額ヲ増加スルノ見込アリ」と総括した。

## おわりに

岩松善次郎及び中村富郎の発明になる「流動塩田」について、日本最大の塩業者である野崎家は果敢にもその実験的導入を試みた。

当初の計画では、その試製場は1700円の予算内で予定されていたが、結果的には2142円と大幅に超過した。当時、味野地域では上等塩田1軒前が6千円程度、中等塩田が5600円、下等塩田が4600円の価格で取引されており、従って、野崎家がこの計画に投じた2142円は下等塩田の半軒前程度のものであると思われる。

結果は33円余の損失をみることとなったが、その原因は塩田地盤の破損による粗悪品の製造ということが判明した。

当初、野崎家が期待した労賃及び燃料費の大幅な節減への夢は幻と化した。当時、野崎家の場合、石炭代は上等塩田で1石につき26銭、中等塩田で35銭、下等塩田で41銭程度をみており、

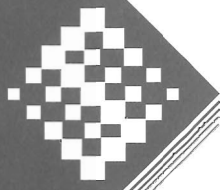
試製した流動塩田の場合の塩1石につき約55銭の数值は予想をはるかに裏切るものとなった。同様に流動塩田における塩1石当りの労賃1円17銭も、生産価額中に占める比率は約60%に及んでおり、これも失望感を得るに足る数值であったと思われる。

この結果、流動塩田の試製は明治32年になると中止され、契約にもとずいて事後処理がはかられていったものと推定される。

野崎家にとって流動塩田の実験的導入は、明治34年にはじまる台湾塩田の開発に当って、特に塩田地盤の築造に際して十分に活用されることとなる。一方、日本塩業界全体の動向としては、塩業改良の焦点はやや諦めた形で採鹹工程から煎熬工程に移行し、戦後における入浜式から流下式(枝条架)の転換まで採鹹工程の改良はまたなければならなかったといえよう。

〔付記〕 野崎家文書の利用に際しては、財団法人竜王会館理事長野崎泰彦氏の御厚恩に感謝すると共に、種々御助力賜った野崎家塩業歴史館の方々には深く謝意を表する次第です。





# 相模湾海底模型

齊藤 博

元(財)造水センター茅ヶ崎研究所主任研究員

元日本専売公社小田原製塩試験場研究員

## 1 制作の動機

よく晴れた日に、茅ヶ崎海岸の波打ち際に立って海を眺めると左に江ノ島、その奥に鎌倉の丘から長く伸びた三浦半島が続いて見える。右は大磯から小田原に続く丘陵が見え、その先は伊豆の山々が、霞むまで続いている。時には箱根連山の奥に富士が見える。スケッチは臨海研究所前の海岸で画いた風景である。江ノ島が近くに見え、釣り船が走っている。相模湾はこのような地形に囲まれた湾であり、沿岸は通称「湘南海岸」と呼ばれている。この秋に箱根に行く途中、湘南バイパスの下り線で道路工事が行われていた。夏の台風(2007年)により大磯の護岸壁が崩れたためであるが、相模湾の侵食が問題視されている中で、ここまで沿岸の侵食が迫っていることを実感した。侵食は、例えば、現在の海水総合研究所に勤務していた頃は前の海岸に十分な広場があって野球が出来たが、いまはテトラポットが積み、侵食を防御しているように、年々海岸が狭くなっていることに気が付く。

相模湾の沿岸には海水取水設備を有する研究所は小田原製塩試験場と茅ヶ崎臨海研究所があり、どちらも海水から有用成分を採取する研究を行ってきたが相模湾の海底にある堆積に興味を持った者はいなかった。ある日、海岸での作業中に、「もし、ここから海底を眺めることが出来たら深さ1000m以上の絶壁が見られるだろう」と話す友人がいた。彼は平塚の海岸近くに住み、釣りの名人である。この話には私はショックを覚えた。毎日のように海水に向かい合っているにも巨大な海水の容器については思い浮かばなかった。海水を入れておく容器も海水成分に影響がないわけではない。まして環境問題が叫ばれている昨今では……。このショックは海底模型制作の大きな動機になった。彼は研究所にいた当時、腰痛でそのリハビリのため、毎日、昼休みに海岸に出て波うち際を散歩しながら砂上に散らばっている珍しい漂流物を拾い見



臨海研究所前の海岸(湘南海岸のスケッチ)



相模湾海底模型

せてくれた。硝子の破片もその一つで、砂で磨かれて丸く平たい形になっていた。彼は退職して間もなくある珍品を私に送ってきた。それは、海岸で集めたあの破片を一個づつ接着剤で釣鐘状に固めてたもので、大変労力のいる貴重なものである。大きさは直径15cm、高さ30cm程度、硝子の破片は一個が長さ3～5mm、厚さ2mm程度の小破片というか粒であり、無色透明や不透明のもの、青色などで、ところどころ赤色が混じり、美しい形をしている。これを傘にして灯籠のような電気スタンドを作ろうと考え、写真のようなものを制作した。色ガラスを通過した光はスタンド硝子のようで実に美しく、かなり評判になった。相模湾の海底は果たして友人の言う通りなのか、その疑問を解明することでわくわくした。

## 2 事前調査

茅ヶ崎沿岸海水の性状などについては長年の測定結果があり簡単に示しておきたい。これは1997年～2005年の間に茅ヶ崎の造水促進センターで得られた値を参考とした。

- 1、平均水温は夏25℃、冬15℃で毎年ほぼ一定である。
- 2、塩分濃度は電気伝導度でみると夏低く、冬高い。この傾向は茅ヶ崎、平塚、小田原間はほぼ共通で水温も同様である。ただし、取水対象の表層水である。
- 3、濁りは分析法によって違いはあるが、膜でろ過する精密方法では夏に濁りが大きく、冬は清澄になる。

塩分の変動については雨や近くの相模川、酒匂川の影響とか、言われているが確認はない。濁りについては、微生物の影響も大きいと言える。このように海水の成分が河川水に影響されるとなれば海底も河川水の泥が堆積すると思われるが、確認のため平塚市博物館を訪ね専門家の意見を聞くことにした。しかし、それは全く異なる話であった。同館では2005年に「秋季

特別展・大地をめぐる石の旅」を開催しており、相模湾と周辺の河川の岩石などに関する研究を発表していた。研究をまとめた本も出版されており、以下に、関係箇所を要約した。本の内容は50万年前から現代までの相模湾及び沿岸の移り変わりや海底地層の変化などが詳細に述べられている。現在の相模湾沿岸は西の伊豆半島から熱海を経て湾曲し、小田原から東に伸びている。現在の沿岸を基準に考えると、50万年前は三浦半島が陸地から離れて大きな島であった。相模湾沿岸は相模原奥地から横浜の方に広がっており、相模湾は内陸の奥に入り込んでいた。30万年前になると三浦半島北部が陸に接続し、現在の相模湾沿岸が10km～20km内陸に入った状態になる。5～6万年前になると、ほぼ現代の海岸線に一致してくる。ただし、三浦半島南部は現代の大島のような大きさである。ところが2万年前になると箱根、伊豆の沿岸が箱根火山や富士火山が活発になり、相模湾に泥流を押し流し、小田原、伊豆の沿岸が現代の相模湾より一層狭くなった。同時に平塚、茅ヶ崎、藤沢などの海岸線も陸上から押され、湾は一回り小さくなった。その後、6000年前になると今度は平塚、茅ヶ崎、藤沢が現在の海岸線より再び北に後退し、三浦半島は現代の地域に落ち着いた。6000年前の海岸線の現象について、本ではこのよう説明している。「ウルム氷期の最盛期の後、氷河が縮小して気候が次第に温暖となり、これに伴って海水準も徐々に上昇した。約6000年前の気候は現在よりも暖かく、年平均気温で2度程高く、海面は現海水準より2～4m高かったと言われている。この海面上昇を縄文海進という。日本の平野はこの海進期に形成された。この次期の地層を沖積層といい、その海岸線は、縄文時代の貝塚の分布からも鑑定することも出来る。」

## 3 制作準備

相模湾の海底模型と言っても何をどう作って

いくのか方法が皆目わからずに始めた。まず、海底地図を購入する必要がある、海上保安庁に電話した。海洋情報部航海情報課図誌計画係に連絡され、相模湾海底地図について情報を得ることが出来た。実際の購入については財団法人日本水路協会に電話し、海図サービスセンターから送付してもらった。価格は2730円、送料1050円であった。

図は縮尺1/50000で大きさは約1m×1mである。陸上の範囲は東が三浦半島の大部分から西は小田原と大磯の間にある二宮町までである。等高線、すなわち深度線は100mまで10m刻みで細かい。100m以上は50m刻みである。ブルーのカラー印刷で、深くなると濃厚色になるため見やすい。

図中に海底の谷間や丘陵に名称がついているが、その谷の数は以下に示したように多く、東の方から、江ノ島海脚、鎌倉海脚、片瀬海底谷、葉山海底谷、三浦海底谷、宮田海脚、三崎海脚、三崎海底谷、亀城海脚、城ヶ島海脚、城ヶ島海底谷、などが見られる。海中にある丘は三崎海丘、三浦海丘、その他小さい丘が存在する。西の方は、平塚海底谷、大磯海脚、大磯海底谷があり、湾の中央部にある深いトラフは、相模海丘や相模舟状海盆の名が付いている。舟状とは細長い盆のような形をしている谷である。深度100m付近では、図面上(平面図)で鋸の歯のように凸凹している。その凸凹が谷の皺であり、皺は深さ約1000m以上まで伸び、すり鉢の底のような形の湾中央に集まっている。湾内最深の位置は三浦半島南端と伊豆の伊東を結んだ横の線と相模川から降ろした縦の線の交差点付近であり、ちょ

うど相模湾の南端といえる位置である。その辺りの深さは約1500mであるが、近くに相模海丘という深さ500m程度の広大な丘(長さ3km×幅2km)がある。こうして図面を眺めていると、海底は湾の南の出口から相模海溝につながり、大洋に深く落ち込んでいく流れが解り、その中に自分がいるような感じがしてくる。

#### 4 立体模型

平面図から立体模型を制作する際に考えるのは、深さと平面距離の関係と等高線(深度線)の間隔である。また、立体模型のサイズについて



電気スタンド

も予め考えておかなければならない。模型の設置場所を想定し、床面用か壁面用か決めておく必要がある。結局、場所を取らない壁掛け式にすることにした。そこで、模型のサイズは約70cm角とした。最大厚さ(深さ)5cmと仮定し、厚さ2mmの板1枚を深度100mとした。1500mは板15枚を重ねることになる。板の材料はいろいろ探し回ったが、条件は厚さ2mmであること、カットしやすいこと、安価であることなどを考え、床敷き用の軟質塩ビシートに決定した。次に、平面図から等高線ごとにコピーをとる。コピー紙はシートに写し取るため半透明紙を用いた。なにしろ、手持ちコピー機のサイズがA4版のため数十枚コピーすることになった。シートは等高線0mから1500mまで全て重ねることは実際上不可能であるため、部分的に重ね、接着材で固定した。最後に彩色して作業は完了し

た。ブルーの彩色は深海に行くにつれ濃厚色とした。海底模型の写真は手前が海岸線で左下部に江ノ島がある。海岸線中央が相模川である。白点、赤点は押しピンである。出来上がってみると以外に海底の深さが感じられない。その理由は水平距離と垂直距離の関係、すなわち、陸上の距離と海中の深さの比率を1:1にしたためであり、一般に、立体模型では1:4程度にして垂直距離を水平距離の4倍程度に大きくして、深さを強調するのが普通らしい。今回の結果から、今回は更に機能を付加することにして、例えば魚の生息地域と種類の関係を図中に取り入れ、太公望が知りたい情報を入れてみたいと思う。また、富士山及び丹沢山塊を立体図に挿入し、山の高さとの深さを比較することができれば一層興味深いものになると思う。

# 塩漫筆

塩車

## 『明治、塩業の進展』

### 1. 「十州塩田」の成立

#### 1) 瀬戸内諸国の塩浜同盟、集会

宝暦元年（1751） 備後、安芸、伊予の三ヶ国協定  
安芸國瀬戸田浜三原屋貞右衛門  
「二九法」

安永元年（1772） 周防、長門が加わり五ヶ国同盟  
三田尻浜田中藤六、「三八替持法」  
五ヶ国塩浜集会を例年安芸厳島で開催

文化9年（1812） 播磨が加盟し六ヶ国となる。  
「塩浜集会」は安芸・厳島と備前・瑜伽山で隔年ごと開催する

文政5年（1822） 阿波加盟

天保3年（1832） 備前加盟

嘉永6年（1852） 讃岐が加わり、以後九ヶ国の  
「諸国塩浜集会」が続く。

明治8年（1875） 備中を加えて十ヶ国とし、「十州塩浜会議」尾道にて開催

明治9年（1876） 「十州塩浜会議」高松にて開催

明治10年（1877） 「十州塩田会議」竹原にて開催

#### 2) 「十州塩田」

明治維新で世も改まった明治6年(1873)に地租改正が施行された。この時瀬戸内の塩浜は地目を「塩田」とされ、「塩田地主」「塩田面積」など、「塩田」の言葉が使われるようになった。安永元年(1772)以来続けられてきた諸国塩浜集会は、明治8年尾道で「十州塩浜会議」が開催され、次の10年には竹原で「十州塩田会議」が行われた。ここで初めて「十州塩田」の字句が登場した。しかしながら、「塩田」はその始まりの経緯からして、格式ばった公式用語の感があり、日常ではやはり「塩浜」「浜」が多く使われた。先の「十州塩田会議」の議事録でも、末尾の記名は〇〇浜何某となっている。

農商務省地質調査所のオスカー・コルシエルトと肥田密三の両名は、全国の塩産地を調査し、

明治16年「日本海塩製造論」と題した大部の報告書を発表した。この報告書では、塩浜は専ら「塩田」の字が使われており、さらに新方式の

「傾斜塩田」を提案し、また塩業者の組織として「十州塩田会社」や「大日本塩田会社」の構想まで提案している。



## 2. 明治政府の塩業対策

明治10		内務省勸業局、第1回内國勸業博、開催
明治14		農商務省設置、第2回内國勸業博、開催
明治15		農商務省地質調査所、製塩地調査 (所長：和田維四郎、分析係長：オスカー・コルシェルト) ・ 和田維四郎；「食塩改良意見」(明治16.6月刊) ・ コルシェルト、肥田密三；「日本海塩製造論」(明治17.6月刊)
明治17	2月 ／5～12日	農商務省主催「塩業諮問会」、神戸で開催(2月／5～12日)
	5月／2日	「十州塩田同業会」創立(認可)
	7月 ／19～26日	「十州塩田同業会」丸亀にて臨時大会
明治18	8月／1日	農商務省特達一「塩田案令」発令 1) 「十州塩田同業会」を「十州塩田組合」と改称 2) 年間6ヶ月操業(休浜法)一「三八替持」法
明治20	12月／20日	農商務省、「制限中止ノ特達」発令
明治22	1月	農商務省、「特達全廃」
明治23	5月	「十州塩田組合」消滅、一「十州同盟」の瓦解
明治26		農商務省、水産調査所、製塩試験場の適地を求めて十州地区調査
明治27		農商務省、大師河原試験場開設し、 主要製塩地(15ヶ所)に塩業気象観測所を設置 大日本塩業同盟会、宮島大会にて結成
明治28		農商務省、奥健藏、井上基太郎らを清國盛京省の塩業調査に派遣
明治29	3月	大日本塩業協会設立
明治30		第2回水産博覧会(神戸)、水産諮問会 大日本塩業協会第1回大会
明治31	8月	政府、塩業調査会設立(32年3月、塩業調査所とす)
明治32	3月	松永(広島)、津田沼(千葉)に製塩試験場開設
	4月	台湾で食塩専売法施行
	7月	奥健藏、欧米塩業調査に出発(～33／3月)
	8月	大師河原試験場閉鎖
明治36	年度末	両試験場移管。(松永→町塩田組合、津田沼→水産講習所)
明治38		塩専売法施行(6月1日)
明治42		三田尻試験場開設
明治43		} 製塩地整理(第1次塩業整備)
明治44		

明治38年塩専売法が施行され、塩業は大蔵省直轄となった。明治42年専売局三田尻試験場が開設され、塩技術開発を進めた。また明治43、

44年全国の零細製塩を整理し、十州塩田主体の製塩業に集約した。塩業近代化の始まりである。



# 財団だより

---

## 1. 第40回研究運営審議会(平成20年2月29日(金)KKRホテル東京)

平成20年度の研究助成の選考が行われる予定です。

## 2. 第41回評議委員会・第45理事会(平成20年3月14日(金)KKRホテル東京)

平成20年度の事業計画及び収支予算、次期理事等の選任が審議される予定です。

## 編集後記

今回で5回目となるソルト・サイエンス・シンポジウム2007も盛況のうちに終わることができました。座長をお願いした研究運営審議会の委員・顧問の先生方、ご講演いただいた先生方、ご参加いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。毎回、次回の演者・演題はシンポジウムが終わった後に開催するシンポジウム企画委員会で選定・推薦していただいております。回を重ねることは喜ばしいことですが、一方演題を選定していただくのも一苦勞です。また、参加者は約半数が塩関連業界の方で塩に関心の高い方々ばかりですので、内容は簡単過ぎず難し過ぎずでお話いただくよう演者の先生をお願いいたしております。なお、より多くの方々に本シンポジウムの内容を知っていただくために、今回のシンポジウム2007から講演要旨を財団のホームページに公開することといたしました(2008年1月掲載予定)。シンポジウムへの皆様のご参加と会場での活発な質疑をお願い申し上げます。

(池)

DECEMBER/2007/No.75

### 発行日

平成19年12月31日

### 発行

財団法人ソルト・サイエンス研究財団  
The Salt Science Research Foundation

〒106-0032  
東京都港区六本木7-15-14 塩業ビル

電話 03-3497-5711

FAX 03-3497-5712

URL <http://www.saltscience.or.jp>