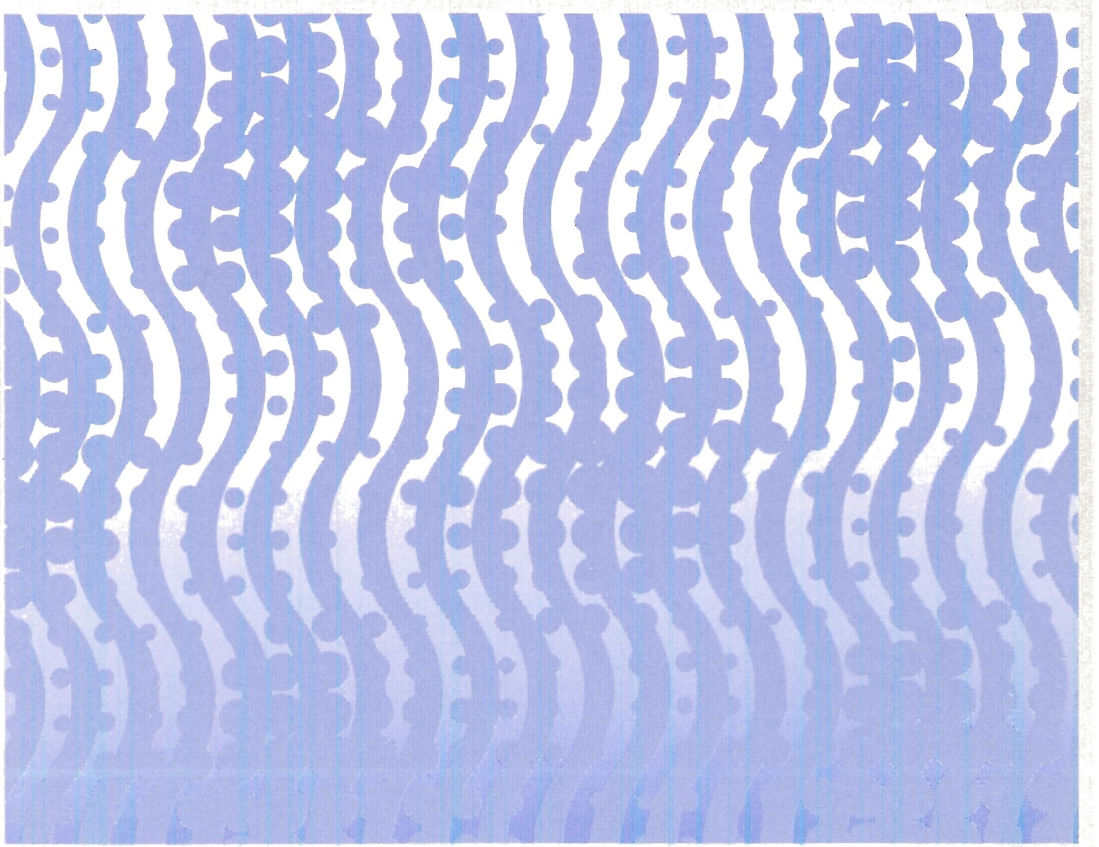


| そるえんす |



No.30

— 目次

巻頭言	1
第8回助成研究発表会の総括	2
海水ヲ煮テ 塩ヲツクル	15
「塩の味」はどんな味	25
イスラエルにて学ぶ	27
塩漫筆 塩の言語学	36
第8回助成研究発表会が開催される	38
第17回研究運営審議会が開催される	
平成9年度助成研究を募集	39
JT塩専売事業本部、(財)塩事業センターが事務所を移転	
財団だより	40
編集後記	

古き良き時代の“院試”



荒井 綜一

前東京大学教授

“院試”というのは大学院入学試験の学生言葉である。今年もその時期（9月）がやってきた。が、昨年度末に定年退官した私は、久しぶりに気楽な初秋を迎えている。

私が所属していた東京大学の農芸化学分野（応用生命化学専攻・応用生命工学専攻）の院試を受ける学生は、年ごとに増え続け、昨年などは定員約80名のところへ120名も押しかけた。その半数近くは外部（他大学）からの応募学生であるから、内部の学生も安閑としてはいられない。だから、自分の直接指導している卒論の学生が合格するかどうか、この時期ともなると、内心は不安でいっぱいになる。その不安から今年は解放されたというわけだ。

と申す私自身、実は、外部扱いで院試を受けた経験をもつ。というのも、東大農芸化学を昭和34年に卒業した私は、民間企業に就職し、4年後に、大学へ戻る気になって院試を受けたので、内部扱いにはされなかったのだ。そのことが少々心配だったので、当時食糧化学講座を担当されていた櫻井芳人教授にあらかじめお目にかかり、自分の意をお伝えしたところ、「いいだろう」と一言、受験のお許しをいただき、ほっとしたものだった。が、そのあとに、エピソードとしていま書こうとしている出来事が待っていた。

櫻井先生とのしばしの雑談で、「会社では何をやってるの」と聞かれたので、「コーヒーの苦味の本体であるクロロゲン酸について研究しています」と申し上げ、その内容を得意になってしゃべりまくった。そこまではよかったのだが、若気の至りで、「先生がお書きになった物の中に“コーヒーの苦味はカフェインによる”とあるのは間違いです」と、つい口を滑らせてしまった。すると、先生、ブスッとした顔をされたので、「受験を前にヤバイことを言ってしまった」と、ひどく後悔したものだ。

いよいよ9月の院試の日になって、何科目かあったが、櫻井先生出題の「食糧化学」の問題をみると、

「次の項目について知るところを述べよ。

(1)クロロゲン酸、(2)……」。

というわけで、院試に見事(?)合格した私は、直接には藤巻正生助教授(当時)のご指導を受け、30数年間の研究生生活の第一歩を踏み出すことができたのである。

毎年、初秋になると、古き良き時代のこの出来事を思い出す。が、現役時代は、受験生の手前、口に出すのを躊躇していた。それを、今年は、もう追及(?)されることもなかろうから、安心して“公開”させていただいた次第である。

第8回助成研究発表会の総括

当財団では平成8年7月25日に全共連ビルにおいて、平成7年度に財団が助成した研究の成果を報告する「第8回助成研究発表会」を開催しました。当誌では昨年からの、多くの皆さんからのご要望にお応えして、発表会の最後に行われた、恒例の「総括」でのお話の内容を掲載しています。

「総括」は、当日行われたすべての発表について、研究の総体的な傾向や感想、特徴的な研究の解説、今後の研究に対する要望などのお話を、当財団の研究顧問の先生方をお願いしているもので、大矢晴彦研究運営審議会議長(横浜国立大学工学部教授)を座長として行われました。総括時間が1時間という制約もあり、全発表に触れていただくことは不可能ですが、先生方の平易な解説と示唆に富んだお話は、参加者のご好評をいただいています。

なおこの記事は、先生方のお話の内容を財団でまとめたものです。またそれぞれの研究の詳しい内容は、平成9年3月に発行する『助成研究報告集』をご覧ください。



1. 理学・工学関係

木村 尚史 研究顧問 (大阪大学基礎工学部教授)

理工学関係では、合計14件の発表がありました。その内容はいわゆる膜に関するもの、晶析関係、分析関係、吸着剤関係に分類されます。

膜関係の研究は4件ありまして、先ず山口大学

の佐田先生は、従来からハロゲンイオンの選択透過性を有する膜を研究されていて、特に塩素イオンと臭素イオンの分離の良い膜を探されていますが、篩効果では分離が難しいということで、親水性・疎水性を使って分離しようとされています。現在エチレングリコール等を含浸させた膜が、選択性が出るということですが、エチレングリコール等が溶解して出てしまうということで、



木村研究顧問

これを固定するような膜を開発すべきであるという話をされました。

次にバイポーラー膜に関する報告であります。バイポーラー膜というのは、陽イオン交換膜と陰イオン交換膜をあわせたようなものでありますが、先ず広島大学の都留先生は、圧力を加えて透過させることによって、1価・2価塩類の選択透過性を得るということを提案されました。通常はいわゆる合成膜を使いますが、都留先生はこれを無機材料で作るということで、かなりできあがりつつあります。

本当の意味でのバイポーラー膜については、日本大学の妹尾先生を中心としたグループが、基礎的な研究をされています。中性塩を電気透析することによって酸とアルカリに戻そうというものがありますが、非常に速い速度で水分解が起こっているということで、そのメカニズムあるいは触媒作用について研究されました。

関西大学の浦上先生は、能動輸送ということで、酸あるいは塩基の濃度勾配を使ったアップヒル・トランスポートというものを研究されています。今回はキトサンを使った膜でアミノ酸の分離をする、あるいはポリスチレンスルホン酸を使った膜で核酸類を分離するという研究をされました。

次は晶析関係であります。結晶が晶析装置の中で大きくなるメカニズムには、まだよく分かっていないことが多いそうで、岩手大学の久保田先生は、成長とともに粉碎等も起こって、きれいな形では成長が起こらないが、それを顕微鏡の下で観察して、いわゆる微結晶が配列を変えていくような現象が起こるということと、大きな結晶に小

さな結晶が付着した場合に非常に成長速度が速くなり、大きな結晶に吸収されて成長していくというプロセスについて報告されました。

同じく結晶に関する研究で、結晶表面に水が付着することに関する研究がありました。これはいわゆる食塩の固結防止に関係がありますが、中央大学の新藤先生は、結晶表面に水が吸着して、それが単分子吸着から2次元の凝集、3次元の凝集というように成長していく過程について、原子間力顕微鏡等を使って研究されています。更に食塩だけでなく、水への溶解性が違ういろいろな結晶を使って研究をされています。

少し変わった研究として、無機塩を水の中に溶解するのではなく、ポリエーテル（ポリエチレンオキシド PEO）の中に溶解するという研究をされているのが、東京農工大学の野先生であります。水では0～100℃の範囲しか使えないけれども、このPEOでは-60～200℃の範囲でいろいろな実験ができるということと、温度に対する非常に大きな負の溶解度変化を示す、つまり温度が上がると溶解度が非常に小さくなるので、常温で溶かして温度を上げると塩が晶析して出てくるという、非常に面白い性質を示す系であります。これを使っていろいろな多成分系の分離法を考えられ、分離のしにくい希土類なども、この方法を使って分離することができるという面白い研究をされています。

分析関係では、一つは山梨大学の山根先生は、フローインジェクション・アナリシスで、従来から海水中のマグネシウム、カルシウム、アンモニア態窒素、鉄などの分析をされて、従来の化学分析に比べて簡便であるということを言われていますが、今回はマンガンについて、大容量サンプルを注入するシステムAと、イオン交換カラムを直結したシステムBというものを考えられて、両システムともそれぞれ感度良く分析されるという結果を報告されています。

次にクラウンエーテルと呼ばれる、あるイオンを選択的に取り込むようないわゆるイオノフォアを合成して、例えば電極にするといった研究が従

来からありますが、今回は慶応大学の鈴木先生が、高選択性のナトリウムイオンのセンサーについて発表されました。

先生は、従来のクラウンエーテルでは、想像している穴径と違うイオンを取り込んでしまうということで、そのようなことがないように、端に壁を付けたような形のクラウンエーテルを合成されて、非常に優れたナトリウムに対するイオノフォアを作られました。またそれが溶剤層に取り込まれた時に感知できるような、色素を持った分子と結合することによって発色するというシステムを作られて、非常に感度良く測定できるということでもあります。

同様な研究として、リチウムに対するイオン選択電極について、新居浜高専の小廣先生が研究されています。

選択的な吸着剤としてイオン記憶材料というものがあります。これは予めリチウムを結合した吸着剤を作った後にリチウムを溶かし出しますと、その場所を憶えているように、リチウムが選択的に吸着するというような材料ですが、鶴岡高専の阿部先生は、従来のものは脱着ができないという欠点があるということで、簡単に吸脱着ができるような吸着剤の開発をされています。従来のアンチモン酸系の吸着剤に、ニオブ酸あるいはタンタル酸を混合したような吸着剤を合成されて、所期の性能が出ているということでもあります。

九州大学の中塩先生は、これは新しいアイデアですが、高選択性鑄型樹脂というものをご設計されて、海水中のレアメタルを分析しようという研究を発表されました。界面鑄型重合法という方法（方法の詳細は省略します）で、うまくあるイオンを取り込んだ状態で固めてしまう方法です。その後イオンを取り除いて、樹脂を粉砕して吸着剤として使います。その結果例えば亜鉛・銅系について、非常に選択性の良い吸着剤ができたということでもあります。

同じく吸着剤の研究で、佐賀大学の井上先生は、キチン・キトサンをベースとして、これにさらに

従来溶媒抽出に使われていた抽出剤の基を化学修飾することによって、更に優れた性能の吸着剤を開発するというこで、海水中の鉛の吸着剤を開発されています。

最後に上智大学の井上先生は、岩塩中のランタノイドおよびアクチノイド元素の定量ということで、これは非常に基礎的な研究ではありますが、7個の岩塩サンプルの中のランタノイド元素・アクチノイド元素の定量をされました。中性子放射化学分析法で分析をされて、ppbからpptオーダーのこれらの元素を検出され、相対的な存在比のパターンが、全体的には海水の蒸発残渣に対して予想されるパターンとほとんど同じであったという結論を得ておられます。

以上簡単にご紹介しましたが、初期の頃に比べて研究がかなり新しい方向に向かっているという印象でありまして、今後とも皆さんの研究が活発に行われることを期待しています。

2. 農・生物・環境関係

杉 二郎 研究顧問（東京農業大学名誉教授）

私の担当は、今年から始まったプロジェクト研究を含めて16件で、発表をお聞きしあるいは論文を拝見しましたが、個々にご紹介をするのではなく、いくつかのテーマに分けてそれらのご研究にも触れながら、なにか感想を申し上げたいと思います。

まず沿岸の問題であります。陸圏と水圏の、中でも海圏との境目が沿岸地帯になるわけですが、日本のような島国では、海岸線が長くても陸地が小さいので、沿岸というのはたいへん大事であるということになります。

沿岸問題にもいろいろありますが、一つは河川水などの陸水と海水とが会うところの問題であります。河川水にしても陸水にしても、海水と組成が全然違うわけですが、なぜ違うかということについては、まだよく分かっていないところがあるようでもあります。いずれにしても海水の



杉研究顧問

組成は、ナトリウムと塩素が中心でありますから、それらはほとんどが電解質でありますから、陸から流れてくる水の中に入っているいろいろな物質が海水に会えば、途端に変化を起こすわけであり

ます。ご承知のように地球上の溶剤で、いちばん大きな力を持っているのは水でありますから、どんなものでも大体溶かしてしまふ。したがって陸から流れてくる水の中には、あるいは耕地、あるいは山林、あるいは都市、そういった所から、いろいろなものが水に溶けて、あるいは浮遊して、海に出て変化をするわけであります。その変化が非常に面白いというか、あるいはある意味では環境問題を起こすわけであります。

今日発表があったプロジェクト研究は、この沿岸の環境の問題に関する研究の初年度でありますから、堀部先生のチームが4人で分担して、細かいことを基礎的にきちんとやっておられました。

その研究の中で、陸の中の森林とかいろいろなところから来る特に有機物、あるいは重金属とかそういったものが、水に溶けたりあるいはエマルジョンになったりして出てきた時に、電解質がある海に来たらどのようなようになるか、そしてそれが、海にいる生き物に対してどうだろうかというようなことを、細かくやっておられるわけでありまして、非常に面白いし今後も大事な事だと思ひます。

森林から出てくる有機酸で非常に面白く伺ったのは、フルボ酸（あるいはフミン酸）の話であります。普通ならば鉄というのは、人間……哺乳動物皆そうありますが……は、2価の鉄でないとな腸で吸収できません。星先生のお話では、胃から

胃酸を出すのとは別に、腸にも薄い塩酸を出す組織があるということが分かっているそうでありますが、そうでないと3価の鉄では吸収されないわけであります。ところが今日のお話ですと、フルボ酸のようなものは、あらゆる鉄を2価の形で、安定な錯塩にして持っているそうであります。そうすると、そういうものが海に流れて来るか来ないかで、沿岸での生物の環境は変わってくるわけでありますから、たいへん大事な事だと思ひます。

もう一つは、沿岸での海水そのものの挙動であります。この研究では、物理的あるいは工学的に問題を解いておられますが、これは組成云々ではなくて、どういう力学的な挙動をするかということであります。かなりしっかりしたシミュレーションをやっておられまして、いろいろ応用ができるような段階になっているように思ひますが、できれば今後はラグーン（潟）……ここには海の水が入って湖水になっていたりと、あるいは池になったりしているところがあって、そういうところは上げ潮と引き潮によって、その水の状態が変わるわけでありまして……そういう面白いラグーンとか、あるいは大きな湾の中で、今勉強されたような沿岸の海水の挙動が、そういう特殊な地形あるいは場所によってどうなるだろうかといったように、今度は場所を、もう少し人間生活に密接するような、あるいは産業に密接するような点を頭に入れていただいて、展開していただきたいと思ひます。

次に沿岸で生育する植物と河川水や海水との関係でありますから、ご承知のように海岸の塩水が来る所でちゃんと生きている高等植物には、マングローブがあります。これには50種類（草などを入れると100種類以上）ぐらいあると思ひますが、マングローブはそれらの総称であります。このマングローブについて発表された先生がおられましたから、その方のお話では、後ほど触れますが耐塩性という問題で、今のところは4%（40,000ppm）位までの塩水だったら大丈夫生きていけるような品種があるということであります。

ところで大体そういう木は河川に沿って生える、

いわゆるゾーン形成をします。河口から川上の方に行くにしたがって、当然濃度が違ってくるわけですが、とくに上げ潮の時には、比重の差によって重たい海水が川底に沿って川上に上がって行きます。そうすると川の水が押し上げられる形で、水位が上がります。その上がった水がマングローブの森林の中に入ってきて、そして森林が水に浸るわけでありました。

この理屈は3,000年位前に南米のインディオがちゃんと考えていて、「上げ潮で川の水が上がる。その上がった水は真水なんだ。だからそれは灌漑に使える。」ということで「ポルダール」という方式を考えて、立派に島を作った例がすでに3,000年前にあるわけでありました。今日ポルダールの話も聞きましたが、ポルダールというのはそういう時の農地構造をいいます。極端な事をいえば、オランダは全部干拓地でありますから、オランダの農地は皆ポルダールであります。

そのような事ではありますが、上げ潮の時に川の水がどのように川に沿って河口から川上まで上がってきて、その時に真水がどの程度マングローブの森林の中に入って行くかといったことについては、従来は細かい実験はされていないと思いますので、そのようなこともやっていただきたいと思います。

もう一つ沿岸で重要な問題は、地下水であります。地球の上にある水の97%は海水で、真水はわずかに3%であります。その3%の中の4分の3が氷山でありますから、われわれが自由に使える水というのは、1%位であります。しかもその中で7割ぐらいは地下水でありますから、地下水というのはいかに大事かということでもあります。それを先進国では道を舗装したりして、地下水に対する影響が今非常に問題になっています。また日本のように平地が30%しかなくて、川が急峻な国では、折角降った水はほとんど直接海に流れてしまいます。したがって水を有効に使うということは、非常に難しい問題であります。そのような状態でわれわれ日本人は生きているわけですが、今日の発表の中にも、それに関連したようなお話がいくつかありました。

地下水に関連して、河口付近の海岸で塩分濃度が3% (30,000ppm) 以上ある所に、本来10,000ppm以下くらいでなければ育たないような品種のマングローブが育っているのを見つけられたという報告がありました。しかもそれが1本だけというのではなくて、ある程度の集団で生えている。これはどう考えても、理論的に合わないわけでありました。その先生は、理論的に合わないけれども、もし地下水が根の方に来ていれば、生育が可能であろうと考えられました。

先ほど、上げ潮の時には、塩水と真水とが楔形になって川を遡るので、上の方の水は真水であるということを申し上げましたが、今度は逆に、真水が地下水の形で来ていれば、そういう植物も生育するということがあります。そしてその考えを、実験と現場調査の測定結果から、まず8割通り証明をされているわけでありました。そういう面白い報告を聞かせていただきました。

次に耐塩性のお話を、少ししたいと思います。ご承知のように、あらゆる生き物が海水から生まれてきたということを考えますと、いまさら耐塩性云々ということ进行うのは、おかしいようではありますが、現実にはたいへん大事な問題なのであります。

まず最初に、今さかんに使われているこの「耐塩性」という言葉であります。植物や動物が、本当に「耐塩性」なのか、「好塩性」なのかということの定義は、実ははっきりしていないわけでありました。私の経験したところでは、塩がなければ一人前になれないという生物があります。プランクトンの中にも、わずか0.5%程度でもいいから塩がないと、卵が孵化しないものがあります。海の中の動物はなかなかデリケートでありまして、pHも7.0とか7.5とか以下の酸性になると、孵化しないものもあります。

先ほど申し上げたマングローブでもそうでありまして、真水でもマングローブは育ちますが、花が咲いて実がなるということにはなりません。このように、体だけ大きくなって子孫を残さないということは、生き物としては一人前ではないわけ

であります。したがって塩を必要とする「好塩性」と、塩は要らないけれども堪え忍ぶという「耐塩性」についての勉強を、今後きちんとしていただいて、私達に提案をしていただきたいと思いますのであります。

次に耐塩性品種の開発の問題であります。私達は従来は選択育種・選抜育種というようなことをやっておりましたが、最近はそうでなくて、いろいろな新しい考え方で研究をされた成果の発表が、今日たくさんありました。単純にポンプだけの問題ではなくて、酵素の問題とか、あるいは遺伝子の問題とかという非常に先端的なものを、耐塩性の要素の中に組み入れて、しかも良い成績をお出しになりつつあります。

私が驚きましたのは、イネについての研究であります。従来私達は、もし作物に、2,000ppmの塩分を含んだ水で灌漑ができるとすれば、これはすごい利益であると考えていました。ところが遺伝子その他でやられたこの研究では、10,000ppm以上、とても従来の私では考えられないような濃度でも生きていけるような、そのような品種改良ができるということでありました。

このような方法を使って、天然の植物ではない、人間がこれまでにいろいろ改良をしてきた作物で、2,000ppmとか5,000ppmとかというような塩分を含んだ水で生育させられるような耐塩性のものができれば、これはすごい利益であります。また灌漑の仕方（少量間欠灌漑）で、2,000ppm位でも可能であるという話もありました。

今日発表された研究の中には、塩類土壌についてのお話もありましたが、その塩分が海から来るのではなくて、岩塩が溶けた水から来る所があります。塩類土壌というのは、地球の上で9億ヘクタール位ありまして、つまり9億ヘクタールが遊んでいるというか、全く使えないわけでありまして。それがあつた程度塩分を含んだ水でも灌漑ができるということの目処がいつたら、これはすごい研究であり、すごい産業開発につながるものであります。そういう意味で私は今日はたいへん嬉しく思い、また今後の期待は非常に大きいと思います。

最後に、これはいままでお話した耐塩性とも関連がありますが、もう少し広く植物の環境適応のお話をしたいと思えます。植物を含めて生き物というのは、本当によくできていまして、例えばマングローブでは、ご存じないかも知れませんが、先ず人間の口に相当する根で塩分をセレクションします。しかし中にはどうしようもなく、海水が入ってきてしまう場合もありますが、入ったものをそのままにするかということ、ちゃんとその植物が処理をするわけであります。ちょうど人間の汗腺と同じような器官を持っておりまして、気孔とは別のその器官から食塩を吹き出すわけであります。

今日の発表の中でも、葉に塩の結晶が出るということをおっしゃられた方がありましたが、マングローブでも品種によっては、結晶を出すものがあります。結晶が出て、夕方になって露点になりますと、その結晶が露に溶けて、そして溶液が葉から落ちて植物から離れて行きますから、何の障害も起さない。そういう知恵を持っているのであります。もっと驚くのは、私はこれは人間にも応用できると思っていますが、植物が体内に有機酸を作ります。そしてその有機酸がナトリウムを捕まえるわけであります。非常に感心するのは、この時に同じ有機酸でもリンゴ酸などの多塩基酸を作ることあります。リンゴ酸は3塩基酸でありますから、ナトリウムを3個捕まえられるわけで、そういう酸をちゃんと作るわけであります。

また、今日はグリセリンの話も出ておりましたが、マングローブなども必ずグリセリンを作ります。何故かということ、例えばアッケシ草のような寒い所でも生育できる仲間は、寒さに抵抗するためにグリセリンを作るわけであります。そして南の方の仲間の場合には、体の中に水を蒸発させないようにするものを作ります。

もっと面白い、マングローブに知恵があると思うことは、ご承知のように一般の植物は光合成をして、酸素は要らないから皆出してしまふ。その酸素で動物が生きているわけであります。あるマングローブは、条件が悪いためにエネルギーが

要るわけでありませう。そこで空気から酸素を取り込んで、自分で作った有機物を分解してエネルギーにするということをやするために、特殊な根を出します。その特殊な根から酸素を吸うがそれでも足りない。そこでそういう根は、非常に薄いかれども葉緑素の層を持っています。そしてそこで光合成でできた酸素は、外へ出さないで自分の体内で使うわけでありませう。このように植物は、人間や動物以上に知恵をたくさん持っていますので、今後植物に教わることが、さらに必要ではないかと思ひます。

自然の生態や自然の環境から、まだまだ学ぶことがたくさんあります。私達はこれから、自然環境あるいは自然エコシステムといったものを、生物学の立場でさらに勉強をして、その結果ある方向を出して、それをインダストリーに應用していただく必要がありますが、その意味でもいろいろと成果をあげておられることを、今日はたいへん嬉しく拝聴した次第でありませう。

3. 食塩嗜好・食品関係

藤巻 正生 研究顧問 (東京大学名誉教授)

私の担当分野は、生物を含めた食品の分野でありませうが、ごく簡単にご報告申し上げたいと思ひます。担当分の全部の研究を拝聴しさらに論文も拝見しまして、さすがに厳重な選考を経て助成を受けられたお仕事だけに、すべて立派なご研究であり非常な成果を上げておられることを、まことに同慶の至りと存ずる次第でありませう。

本年からこの分野でもプロジェクト研究が始まりました。女子栄養大学の足立先生をリーダーとしたものがそれでありませう。

足立先生の調べられたデータでは、世界各地での食塩の摂取量というのは、非常に広範囲にわたっているようでありませうして、成人1人1日当り1g未満から、多いところでは40gにまで及ぶということで、これにはいろいろな要因が考えられるわけでありませう。日本では1人1日10gまたはそれ

以下が健康上望ましいと認識されているようでありませうが、最近の発表では、平成4年から6年までの全国平均は12.8gであるということでありませう。

これが適正であるかどうかということは非常に難しい問題であろうと思ひますが、足立先生は生理面、味などを含めた精神面、あるいは生活面などを含めて、一体日本人にとって食塩摂取の適量とはどういうものであろうかということを考えられて、この問いに対する解明の手がかりの一つが、実はこの「食塩選択行動と環境要因の構造に関する食生態学的研究」というプロジェクト研究でありませう。

このプロジェクト研究は、5本の柱からなっております。その一つは世帯および地域の食塩選択と食環境ということで、地理学的なあるいは食生態学的なアプローチでありませう。2番目は、味覚応答の生態学的役割を明らかにするという人類生態学的アプローチで、3番目が食塩嗜好の獲得に関する行動様式を明らかにするという発達心理学的なアプローチ、4番目は健康・食塩摂取・食事パターンなどの関連を追求する栄養学的アプローチ、最後に5番目が料理の調理形態あるいは加工形態の変化と食塩の動態ということで、調理学的なあるいは食品加工学的なアプローチでありませう。

初年度ではありませうが、それにもかかわらずたいへん進捗した成果を上げられております。例えば足立先生は、幸いこの財団から既にかつて研究助成を受けられたデータがありませうして、それはトンガ王国の離島と都市地域における食塩摂取量と栄養・健康の関係でありませうが、このデータを再解析された結果、このような自給中心の地域では、食塩の「入手可能性」が食塩摂取量に及ぼす影響がかなり大きいということでありませう。

これに対して近代化され食料品店の多様化が進んだような地域、これは神奈川県内の地域とかあるいは東京都下の地域でありませうが、これらの地域では、どちらかという世帯の「利用可能性」が食塩摂取量を支配するというので、外食の利用など、一般的に言えば消極的な食態度というも



藤巻研究顧問

のが、案外食塩摂取量を増大させる傾向があると言っておられます。それからこれは心すべきことかと思いますが、食塩摂取量が例えば10g未満、とくに7.5g未満の場合には、食事からの主要な栄養素の摂取が非常に不足していることが、明らかになっているということでもあります。

味覚応答の生態学的役割としては、東京大学の柏崎先生のグループは、味覚応答の評価の一つとして広く用いられている「味覚閾値」についていろいろ実験をされまして、一つの最適な方法を発表されています。

塩味噌好獲得ということでは、これは広島修道大学の今田先生のグループのご研究であります、これもたいへん面白いデータを拝聴したわけでありまして、比較研究を行う手段の立場から、「塩味噌好測定尺度」というものの標準化を試みておられます。

女子栄養大学の長谷川先生のグループは、健康—食塩摂取—食事パターンの関連について、環境的には非常によく似ているけれども民族あるいは食事供与パターンの異なっている2つの地域、これは沖縄と中国の福建省福州市であります、これらの住民の方々を対象にして比較検討しておられます。例えば摂取した食塩量と排泄される尿中の食塩濃度の関係について、いろいろと面白い結果が出ているようであります。

料理の調理形態あるいは加工形態の変化と食塩の動態につきましては、これもたいへんなお仕事でありまして、高知大学の針谷先生と女子栄養大学の吉田先生のグループが担当されています、一つには食材料の種類とサイズの変化に注目する

必要があるということ、そしてもう一つは市販の惣菜の食塩量の問題であります。

後者についてはもちろん惣菜を作るメーカーによって、食塩含有量にかなりの差が見られるということは、ある意味では当然かも知れませんが、このお仕事によりまして、市販の惣菜を取り入れて1回の食事を作った時の食塩の摂取量は5～8gになるそうで、これに主食と吸物などが加わるとさらに1～2gは加わって、かなりexcessになるということが発表されました。これからのデータが注目されるところであります。

このプロジェクト研究は非常に注目をされるテーマでありまして、例えば本日の討論でも、筑波大学の鈴木先生から非常にいろいろ有意義なコメントが提出・提案されました。恐らく研究リーダーの足立先生をはじめ共同研究者の方々も、そういったコメントを、取り入れられるものは取り入れられて、ますます立派な成果をお上げになることは間違いないだろうと思います。皆さん方からも、是非温かいコメントあるいはご教示をお寄せいただきますと、たいへん有難いことだと思います。

次に私の担当では、一つは味覚生理部門で3つの研究発表が、大阪大学の志村先生、京都府立医科大学の鷹股先生、長崎大学の岡田先生からありました。

大阪大学の志村先生のご発表は、「食塩要求の発現に関与する脳の部位と神経伝達物質」ということで、これは実験的に食塩欠乏状態にしたラットでは、食塩に対する嗜好性が非常に変化して、その結果不足した食塩量を越す程の量の食塩水を積極的に摂るようになるということで、脳のどの部位がこのような食塩の要求行動に関係するか、どのような神経伝達物質が行動の発現に関係しているかということを研究されています。一つはラットの大脳皮質の味覚野のアセチルコリンの放出に注目をされて、例えばラットが非常に嫌悪するキニーネの苦い溶液を与えると、アセチルコリンの放出が非常に促進されますが、このアセチルコリンの放出が、食塩の要求行動にどのように関係す

るかということ調べられました。

その結果、アセチルコリンのレベルが、味刺激が動物にとって好ましい場合もあるいは嫌悪すべき場合も大きく変化するということが、しかしその両者によってそのレベルの変化が違うことが分かったということでありました。そしてこのような食塩要求の研究がさらに進展すると、味覚に関する動機付けとか、快・不快あるいは好き・嫌いといった行動の発現に対する神経伝達機構の理解に、貢献するであろうと言われていました。

他の両先生のご発表の内容は割愛させていただきます。最後に食品の分野であります。香蘭女子短期大学の豊崎先生のご研究、これは昨年からの継続かと思いますが、血清のLDL (Low Density Lipoprotein) に関する研究であります。LDLは俗称では悪玉コレステロールでありまして、動脈硬化の発症と関係があると言われております。動脈硬化の形成には、酸化LDLが問題になるわけですが、このLDLの酸化を食塩が抑制することを見出しておられまして、しかも抗酸化効果がよく現われるのは、食塩の濃度が0.15M位までだそうで、それ以上になるとまたかえってその効果は減少するそうです。

この0.15Mの食塩濃度というのは、生理的食塩水の濃度に近いということでありまして、この食塩の抗酸化作用は、どうもナトリウムイオンの関与の可能性があるとのことではあります。現在非常に問題になっている生体内の脂質の過酸化という問題にも、食塩が関与あるいは抑制しているということ、いわゆるラジカル消去の可能性にもつながるであろうという、極めて面白いご発表でありました。今後期待したいと思っております。

大阪市立大学の西成先生・高谷先生の食品ゲルと塩の役割の問題、あるいは鹿児島大学の青木先生の牛乳のカゼインミセルの構造と機能に対する食塩の影響というような問題のご発表もありました。

また、酵素作用と食塩ということで、日本獣医畜産大学の麻生先生は、プロテアーゼつまり蛋白分解酵素を用いて、近頃問題になっている有用な

ペプチドを合成する場合に、塩類の効果がどうかというのを研究されました。結論を簡単に言えば、食塩は望むペプチドの合成の収率を非常に上げる効果があるということで、そのメカニズムについてもいろいろきちんと調べておられます。

広島大学の西村先生・三原先生が発表された、食肉の加工品のフレーバーの問題では、食肉の熟成と関連して、熟成中に遊離のアミノ酸やペプチドが増加するということが、フレーバーに対して非常に大きな効果を示しているということでありまして、このペプチドの増加に対してはカテプシン-Bおよび-Lの作用、また遊離アミノ酸の増加に対してはアミノペプチダーゼ-Cおよび-Hの作用を明らかにして、食塩の影響をきれいにデータで示しておられまして、食肉の重要なプロセスである塩漬というものを改めて見直すよすがになるであろうと考えられます。

最後は、お茶の水女子大学に来られて、かつて博士論文も作られたノーリタ・サンセダ先生でありまして、独特のfish sauceに対する食塩の影響についての発表がありました。すでにこれまでに、fish sauceを特徴付ける香気成分というのは、揮発性の有機酸であるということをはっきりとされていますが、今回はfish sauceを作る時の食塩として、純度の高い食塩と現地のいわゆるnatural salt (天日塩) を使った場合の違いを、化学的なデータおよび官能検査で検討しておられます。ご本人に伺ったところでは、その違いは人によっても違うけれども、やはりnatural saltを使ったfish sauceというものが捨てられないものであるということでありました。

また、塩化ナトリウムを塩化カリウムで置き換えられないかということで検討された結果、natural saltのNaClを25%までKClに置換しても、風味その他嗜好的には変わらないということでありました。さらに発表は、にがりの成分の影響なども考えると、fish sauceの嗜好特性が、使用した塩類によってある程度コントロールなり改変できるのではなかろうかということにまで及んでいるよ

うでありました。

以上私が担当した、大まかな意味での食品分野のご研究では、皆さんそれぞれ非常な成果をあげておられるということで、たいへん嬉しく感じた次第であります。

4. 生理学・医学関係

星 猛 研究顧問 (静岡県立大学学長)

生理学・医学関係の発表は16題ありましたが、研究の内容は膜のナトリウムやクロライドの輸送に関する機能的エレメント、即ちキャリア・ポンプ・チャネル・レセプターの分子生物学的な研究から、臨床における疾病あるいは病態の治療の問題に至るまで、幅の広い分野にまたがっていました。したがって以下の6つの分野に分けて、概説いたします。第1は食塩感受性の規定因子の問題、第2は臨床的な問題、即ち疾病あるいは病態の食塩負荷による改善の問題、第3は食塩・水代謝の調節機構に関連した研究、第4はナトリウムやクロライドの輸送調節の細胞内機構の問題、第5は膜の輸送体(トランスポーター)の分子生物学的研究、第6はこれらの範疇以外の研究であります。

まず第1の食塩感受性の規定因子の問題ですが、食塩感受性というのは、食塩負荷によって血圧が上昇しやすいという体内機構の問題であります。これは基本的には腎臓のナトリウムの排泄能の低下、あるいはナトリウムを体内に貯留させるホルモンの分泌異常などによって起こるものでありますが、腎臓や副腎皮質自体の変化のほかにも、生体にはいろいろそれらに間接的に影響する機構が存在します。それらの因子がどのように影響し、どの程度重要であるかという問題は、今日必ずしもまだ充分には整理されていない状況であります。

宮崎医科大学の河南先生のグループは、中枢神経を介する交感神経の役割を明らかにする目的で、脳室内に高張の食塩水を注入した時に、正常の動物では腎臓の交感神経の活動が抑制されて、その

結果腎臓からのナトリウムの排泄が増加するのがあります。Dahlのラット(これはDahlが分離した食塩感受性のラットと食塩抵抗性のラットと2種類がありますが)について効果を比較してみると、食塩抵抗性のラットでは交感神経の活動の抑制が起こるが、食塩感受性のラットでは起こらないということを明確に示しました。そのことから、中枢を介し交感神経を含めた調節機構に異常があって、食塩感受性が生まれるという可能性のあることを示しました。

京都大学の中尾先生のグループは、ナトリウム利尿ペプチドとして、現在ANP, BNP, CNPの3種類のペプチドが知られており、これは食塩を多く摂った時に分泌されて利尿を起こし、体内のナトリウム貯留を修正するという作用をもつことが知られていますが、これらの異常がどのように食塩感受性に関連しているかという問題を調べました。この研究では、ペプチドホルモン遺伝子の過剰発現するトランスジェニックマウスの作成と、これらホルモンの遺伝子の欠損したマウス(ノックアウトマウス)の作成にチャレンジしています。このような研究は、ナトリウム利尿ペプチドの本来の役割を明らかにする上で、決定的な意味をもつ重要な研究であります。たいへん労力と資金を要する研究であります。

現在までにBNPの過剰発現マウスの作成には成功しており、同マウスでは明らかに血中のBNPが高く、対照の大体100倍位まで上昇しており、腎臓でも10倍位に上がっているということでもあります。また同ホルモンのメッセンジャーであるcGMPの尿中への排泄も増えて、明らかにBNPの生産が上がっていることを示しています。またこのような動物では血圧は低く維持されていることから、血圧の調節・安定化にも関係があることを示しました。ノックアウトマウスについては、目下精力的に研究中の由であります。これが成功すれば、食塩感受性の要因としてのこの種のペプチドホルモンの役割が、一層明らかになるものと期待されます。

第2の臨床的な問題については、ある種の疾病



星研究顧問

や病態が、食塩負荷によって改善されるという2題の研究が報告されました。従来一般に食塩摂取は、人間の健康には少ない方が良くと言われており、臨床栄養学的にも食塩の摂取は控えたほうが良いとされてきています。今回の発表はそれと逆で、食塩負荷が、むしろある病態の改善に有効であるという興味ある報告でありました。

一つは浜松医科大学の菱田先生のグループで、急性の腎不全が起こった時に、食塩水を投与するとその進行が有意に抑えられ、病態が改善されることが知られていますが、そのメカニズムの解明を目指した研究であります。ラットに抗ガン剤の一つであるシスプラチン（これはしばしば人間でも腎不全を起こす）を与えて腎不全を起こさせた時に、食塩水を負荷すると明らかに腎不全の症状が軽くなることをまず確かめ、その際に、心房性ナトリウム利尿ホルモン、レニン・アンジオテンシンがどうなるかを調べています。結果は、それらはいずれもこの改善効果には関係がないということでもあります。しかし副腎皮質ホルモンを同時に与えると、より強力な改善効果があるので、今後はこの点の解析が必要であるとしています。

なおこの報告に関連して、今問題になっているO-157による急性腎不全に対する効果について後刻座長の今井先生に伺ったところ、腎透析も効かないくらい強力に毒素が腎臓の細胞に結合して細胞を傷害するため、食塩負荷は恐らく効かないであろうということでありました。

もう一つの研究は、東京医科歯科大学の東先生のグループのもので、いったん血管の内壁をはぎ取ったあとの修復過程で内皮の肥厚が起こるが、

飼料中の食塩を多くしておく（3%の高食塩食）と、その肥厚が著しく抑えられるという研究であります。血管内皮の肥厚は動脈硬化の重要な初期病変でありますので、これが食塩負荷で抑制されるということがはっきりすれば、臨床栄養学上あるいは成人病の予防の食生活を考える上において、新たな問題を提起することになると思われれます。この血管内皮の肥厚抑制効果がなぜ起こるかということについて検討した結果、内皮由来の弛緩因子（nitric oxide）が、食塩負荷により高いレベルに維持されることと、逆の作用をもつエンドセリンが、食塩負荷で抑制されるということを示しています。

第3分野の食塩・水代謝の調節機構に関連した研究であります。京都工芸繊維大学の宮田先生のグループは、脱水や高張液を動物に持続的に与えると、中枢神経、とくに水・電解質代謝に関係の深い下垂体後葉で、神経組織のc-fosの発現が増えてくることを示しています。c-fosというのは、神経細胞で興奮に伴う遺伝子発現を調節しているもので、これが出てくると、例えばニューロンの成長・発育、あるいはニューロン間のシナプス形成なども増加してきます。そのようなことが起こると、その部の神経機能の活性が上がりますが、これは生体の一種の適応現象であると考えられます。

京都府立大学の解剖の河田先生のグループは、副腎皮質ホルモンの糖質コルチコイドとミネラルコルチコイドの受容体を、大腸菌で大量に発現させて免疫抗体を作り、免疫組織化学的に脳内の同受容体の分布を調べると、旁室核の領域の細胞の細胞質内に、そのような受容体が存在することを示しました。その生理的な役割はまだ明かではないが、推論としては神経細胞のアポトーシスと関係があるのではなからうかということでありました。

北里大学の河原先生は、新生児期の腎臓の発達と輸送体の発現の経過を観察しています。動物が胎内にある時には、腎臓はまだ水・電解質の代謝に十分な働きをしていませんが、生まれると同時に

に、水・電解質の代謝調節にただちに働かざるを得なくなります。輸送体が、どのように形態とともに発育していくかということ、免疫抗体法で検討していますが、今回は、新生児腎臓の形態学的発育に平行して、輸送体の一つである uK_{ATP-1} (ATP依存性のKチャンネル) が発現されてくることを示しました。

自治医科大学の武藤先生のグループは、平滑筋を使ってナトリウムポンプの発現に対するアルドステロンの影響について報告し、アルドステロンは、 $Na^+/K^+ATPase$ のサブユニットの遺伝子のmRNA (α_1 -mRNAと β_1 -mRNA) を著しく増加させること、および同ホルモンは糖質コルチコイド、ミネラルコルチコイド受容体の双方を介してmRNAの発現を調節しており、かつその作用は Na^+ 依存性であることを示しました。

第4の分野はナトリウムとクロライド輸送調節の細胞内機構であります。各種ホルモンや神経伝達物質の作用のメッセンジャーとそれの標的分子への究極的な反応の問題であります。静岡県立大学の鈴木先生のグループでは、大腸上皮でのナトリウムの吸収にはアミロライド感受性のナトリウムチャンネル、ナトリウムポンプと、カリウムチャンネルが連繋して働いているが、それらの細胞内調節機構としては、まずcAMPの上昇が重要で、それがプロテインkinaseを刺激し、これがA-kinaseに働いて輸送体にそれぞれ働くというモデルを示しました。しかしどれがどのように特異的に働くかという問題は、今後の問題だとしています。

同じく静岡県立大学の桑原先生は、大腸での分泌(Cl^- の能動輸送)に、サブスタンスPとVIPが調節的に働くが、前者は細胞内カルシウムの上昇、後者はcAMP依存性のプロテインkinaseの活性化が関与していること、その異なった2つの機構の間にはクロストークがあることを示しました。

富山医科薬科大学の酒井先生は、胃の酸分泌にはユニークな特性をもつ Cl^- チャンネルが働いており、そのチャンネルがプロスタグランジン E_2 で活性化されることが分かっていますが、プロスタグラ

ンジン E_2 は、胃の細胞の保護作用をもつ(胃潰瘍を防止するという機能がある)ことも分かっていますので、この Cl^- チャンネルがどのように保護作用に関係しているかを調べました。PGE $_2$ は細胞内のカルシウムを上昇させ、それはNOの産生を促し、それがcGMPを高めて Cl^- チャンネルを開くが、結局は Cl^- チャンネルのハウスキーピング作用、即ち細胞電位(膜電位)を安定に保つことが保護作用に関係があるのではなかろうかとしています。

第5の分野は輸送体の分子生物学的な研究であります。自治医科大学の薬理の鈴木先生は、腎臓の遠位尿細管の起始部のマクラデンサ(密集斑)と呼ばれる特殊な細胞部分で腎臓の糸球体に接して、濾過をフィードバック調節しているところの細胞群の Cl^- チャンネルの解析結果を報告しました。この部の細胞には $ClC3$ チャンネルが存在し、その開口確率は細胞内 Ca^{2+} で調節され、 Ca^{2+} 濃度に依存した2種類のコンダクタンスをもつものであることを明らかにしました。

杏林大学の金井先生は、 Na^+ 依存性中性アミノ酸輸送担体ファミリーの一つであるマウス精巢から単離されたASCT2が、腎臓の近位尿細管で発現されているか否かを検討しました。ヒト腎cDNAライブラリーのスクリーニングの結果、ヒトASCT2 (hASCT2) が分離され、ヒト腎でも発現されていることを確認し、ヒト癌細胞から分離した他のファミリーのhASCT1とは基質特異性、 Li^+ 依存性、 Na^+ の化学量論比の上で著しく異なった性質をもつことを明らかにしました。

また徳島大学の武田先生は、伴性・家族性・低リン酸血症ビタミンD抵抗性くる病(XLH)の病態の分子生物学的解明を目指した研究をされています。この疾患は血漿リン酸濃度調節に最も重要な役割を果たす腎尿細管でのリン酸再吸収のシステムの異常によって骨軟化症等を呈する先天性の疾患であります。その原因としてはこれまでに、近位尿細管刷毛縁膜での Na^+ /リン酸共輸送担体の発現量の低下と、それによる輸送活性の低下によるものであろうということが示唆されています。

リン酸輸送体としてはNaPi-1, NaPi-2, NaPi-

3などが知られていますが、ヒトではNaPi-3と演者らの発見したNPTの2種が発現されていることと、それらの遺伝子はX染色体ではなく、別の染色体上にあることから、上記疾患はPi輸送体遺伝子そのものの異常ではなく、腎での発現過程に異常がある可能性を示しました。そこでこれら遺伝子の発現調節機構を検討した結果、1,25-ジヒドロキシビタミンD₃は遺伝子の転写促進作用を、副甲状腺ホルモンは、その促進作用を抑制することを明らかにしました。

第6のその他の演題としては、帝京大学の石田先生は、リンパ球T細胞にはカルシウム依存性カリウムチャネルがあり、それがT細胞の活性化のメカニズムに重要な役割を果していること、その活性化は恐らく細胞膜の過分極と関連していることを示し、このチャネル遺伝子のクローニングを行った結果について報告しました。

最後に以上の研究とは異なる範疇の研究として、川崎医療福祉大学の小野寺先生は、腰痛予防対策の運動処方に係わる基礎的な研究について発表さ

れました。その結果によりますと、腹筋や背筋の力が低下している腰痛予備群に対して、腰痛対策の水中運動を実施する場合に、淡水では頭部の位置によっては腰痛を促進させる場合があるのに対して、塩濃度を調節した水では、体全体を一様に浮かせ、体全体を水平に近く保つのに適していること、いろいろな流速で泳ぎ手が受ける抵抗(pas-sive drag)も、淡水では大きくなるのに対して、塩水では抵抗が小さくなるなど、塩溶液が腰痛予防の水中運動法に適していることを示しました。

以上生理学・医学関係の助成研究も、いずれもかなりレベルの高いものでありまして、食塩あるいはNa⁺, K⁺の生体とのからみについての知識も拡大されつつあります。食塩については身近な食品成分でもあり、生体の健康維持、活力の維持との関係が重要であります。特に今後高齢社会になるに伴い、高齢者(老人)の食と健康との関連で、食塩の果たす役割を明確にする研究の発展が望まれます。



発表会終了後の懇親会

『海水ヲ煮テ 塩ヲツクル』

——海水直煮製塩法——

村上 正祥

「海の水は、なぜからいの？」

「海の水には、塩がとけているからよ。」

シオ、食塩の大本は海水である。現在、世界塩生産の3分の1は海水から、残りの3分の2が岩塩や地下かん水（塩井）から造られているが、岩塩も地下かん水も元をたどれば地質年代の太古の海水である。海洋は地球表面の3分の2以上をしめ、その海水量は無尽蔵であるが、ただその塩分濃度が約3%と淡いのが塩資源としては難点である。

20℃の水1ℓを100℃まで温度を上げるには、80Kcalの熱量を要し、さらにこれを蒸発させるには540Kcalもの熱量（蒸発潜熱）を必要とする。これが海水であれば、やっと30gの塩ができる計算になる。（もっとも、この蒸発潜熱が大きいことが、水蒸気が近代工業で熱源流体として多く利用される最大の理由でもある）。

ちょうど半世紀の昔、戦乱で国内の塩生産は激減し、国民は塩飢饉に落ち込んだ。そこで海岸に、半切りのドラム缶や、古鉄板を折り曲げて塩釜と

し、海水を煮つめて貴重な塩を造ったものである。海水を煮て水分を蒸発させれば塩ができる、理屈は誠に単純である。しかし、これとて鉄板製の塩釜が手に入る現代ならではのことであり、そのような資材がない時代なら、お手あげであろう。

また少々の自家用塩をつくるならまだしも、業としての塩造りに海水直煮法は簡単には成立しなかった。古来からの海塩製造は塩浜法や天日塩田法等、太陽や風などの自然エネルギーを最大限に利用して海水を蒸発させ、濃縮させて塩の結晶を取る方法が行われてきた。

1. 「煮海為塩」——古代中国の海塩

古代より塩は水・食料と共に人の生活に欠かせないものであった。人が集まり村や町を成すところ、必ず塩の供給源が存在した。ややオーバーな言い方をすれば「塩の無いところに古代文明は成立しない」。

古代文明の一つ、黄河流域の塩事情をみると、¹²⁾今から4~5,000年前といわれる仰詔時代、^{ヤンシヤオ}海水を煮つめて塩をつくったと伝えられている。この原典は、

〔説文〕古者夙沙初作¹⁾鬻²⁾海鹽³⁾。

〔字彙〕煮海為鹽³⁾。

〔説文〕古者夙沙初作煮海為鹽⁴⁾。

また春秋時代(今から2,600年余前)齊国の宰相管仲が塩官を設け煮塩を管理させたという。当時沿海地域で生産された海塩は13,000トンに達したと推定されている¹⁾。西周時代、今の山西省運城県の解池という塩湖で大規模な湖塩の生産が行われ、黄河中流域の塩需給を賄っており、一方内陸部の四川省では戦国時代に井塩の生産が盛んであった。

冒頭の「煮海為塩」は、湖塩(塩湖、^{てんび}天日結晶)および井塩(地下かん水、煎塩)に対して、海水を原料として塩釜で煮つめた海塩のことを言っているのであって、海水を直ちに釜で煮つめたわけではない。渤海の沿岸に広大な塩地が拓かれ(〔尚書〕²⁾、塩浜法によって濃い鹹水^{かんすい}を採り、そのかん水を塩釜で煮て塩をつくっていた。これが「煮海」と記された海塩の製法であり、古代中国でも海水直煮製塩は存在しなかったのである。

明治期防長塩田の指導者、秋良貞臣は永年にわたって日本塩業の調査、考究を進めた結果、『煮海私記』⁵⁾と題した大部の著作を遺している。その『煮海私記』の冒頭に、わが国の製塩の始まりとして、「塩土爺始メテ海ヲ煮、塩ヲ造ル」〔神代卷算疏〕をあげ、「煮海」を表題に取り入れている。この字句が中国の故事原典そのままの転用であることは言うまでもない。

中国で始めて海塩をつくった人の名は夙沙(また宿沙)。^{シュク}夙〔中国音su〕は朝はやくなどの(はやい)であり、同音の宿〔su, siu〕は(やどる)の他に(もとからの、古い、久しい)の意がある。沙〔サ、シャ、sha〕は(砂、みぎわ、砂浜)であるから、⁶⁾⁷⁾夙(宿)沙は海浜の塩砂を利用して始めて海塩をつくった人にふさわしい名前であり、わ

が国の塩土爺と軌を一つにするネーミングである。

2. 日本の古代製塩

考古学上、わが国で最初の製塩遺物は土器である。最古のものは霞ヶ浦南部の遺跡から出土した多量の土器片で、縄文後期後葉(今から3,500~3,000年前)の製塩土器と認定されている。それまでの縄文人は、魚介や海藻から所要の塩分を摂っており、さらに干した海藻を焼いた灰を丸めた「灰塩」も使われていた。この海藻灰の塩分を海水で抽出すると濃い塩水が採れ、それを土器で煮つめると塩の結晶ができる。縄文人が手にした最初の塩であり、製塩の始まりである。

原理的には海水を煮沸して水分を蒸発させれば塩がとれるはずであるが、軟質の土器でこの作業を行うことは非常に難しい。すでに海藻を焼くことを知っていた彼等が、灰塩から濃い塩水を採る手法を会得するのは連続した進展であり、この方法によって海水濃度の3倍程度の塩水を採ることは比較的簡単である。かりに濃度が3倍とすると、所要蒸発量は3分の1でよいことになり、土器製塩が可能となる。縄文晩期の東日本で行われた製塩法が、これである。

採鹹法は、次の弥生時代になると藻塩法が、古墳時代には塩砂法へと進展し、煮つめ容器も土器に替って塩竈(土釜)が使われるようになった。始めは自然の干潟を利用した塩砂法も、次第に生産性の高い塩浜が開発され、平安時代以降、塩浜で採ったかん水を塩釜で煮て塩をつくるという製塩法が全国的に行われた。

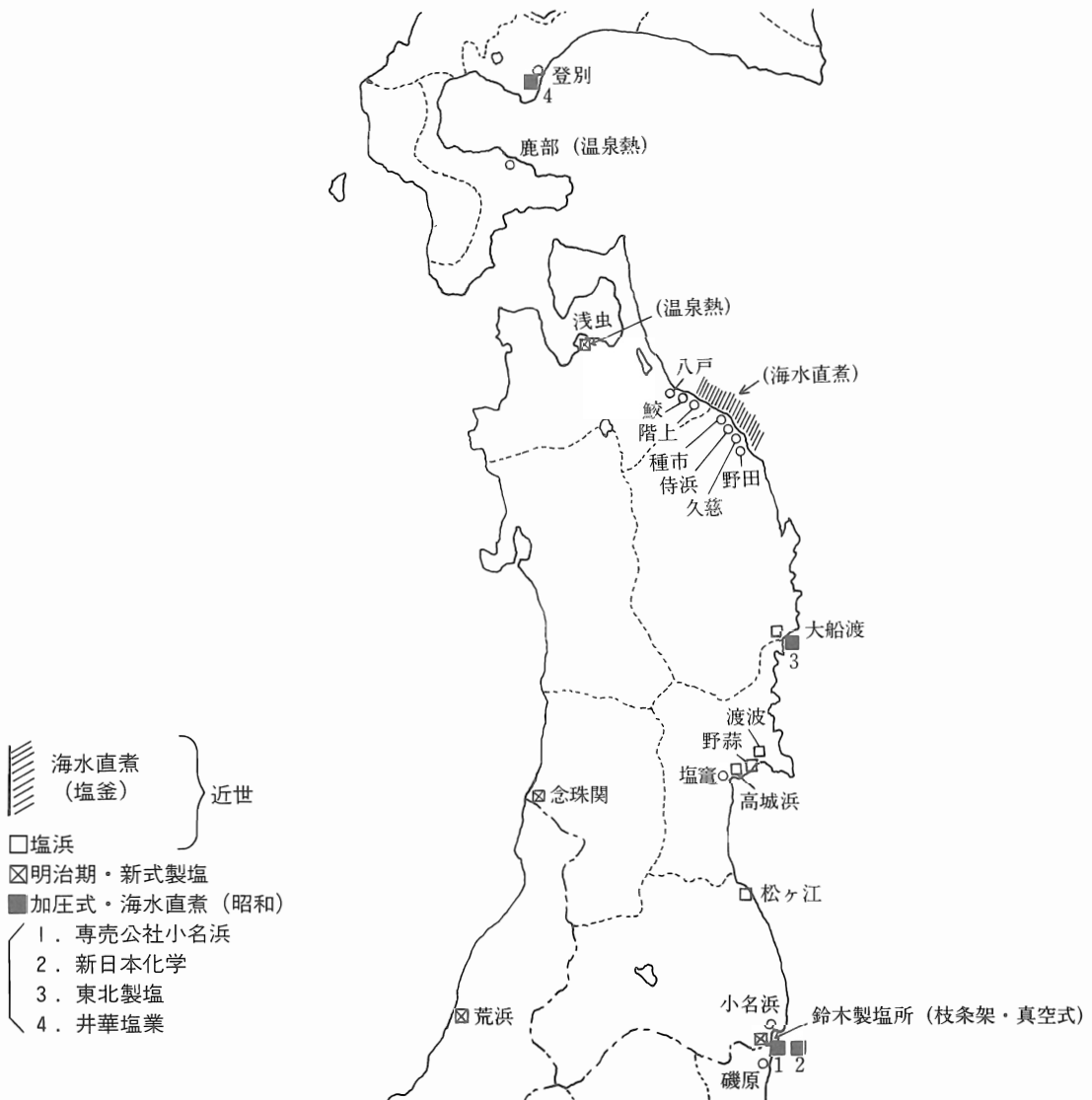
3. 近世の塩業振興と 三陸海岸の直煮製塩⁸⁾

織田、豊臣の天下統一によって戦国の世も治まると、各地の大名で殖産興業に努める者も現れた。各地の塩浜開拓が始まったのもこの頃からである。

江戸に入った徳川家康は下総行徳の製塩を奨励し、阿波鳴門の「斉田七島」塩浜群が開築されたのは慶長12年（1607）のことであった。播州赤穂で正保3年（1646）に完工した御崎新浜は、今われわれが「いりはましきえんでん入浜式塩田」と称している大規模操業の新形式塩浜であった。この新形式塩浜は、立地条件に恵まれた瀬戸内沿岸の各地に相次いで開築され、その産塩は全国の市場へ出荷された。とくに製塩の盛んな瀬戸内沿岸十カ国を一括して「十州塩田」

と称し、近世末期、その産塩は全国需要の7割余を賄うに至った。

東北地方の気象条件は製塩には不適であるが、生活必需品である塩は各地の海岸でつくられていた。現在の福島県の北端、松ヶ江の塩浜は、元和元年（1615）下総行徳の人の指導によって開拓されたという。下総行徳は東国随一の塩どころであり、江戸の台所を賄っていた製塩地であった。仙台湾の高城浜が開拓されたのも元和年間と伝えら



図一 1 東北地方の製塩

れているが、その北側の万石浦に行徳から技術者を招いて塩浜の開築が進められ、寛永13年(1636)45町歩^{わたのほ}の渡波塩浜が完工した。

岩手県南端の大船渡の塩浜は、伊達政宗(1567~1636)が伊達郡(前述の松ヶ江)から製塩技術者を呼んで開築させたというから、年代は1630年頃のことと推定される。また安永年間(1772~80)には、野蒜^{のびる}の塩浜が開拓された。

近世に開拓された、これらの塩浜は全て伊達領内のものであった。中でも大船渡は、干潟を利用する塩浜としては最北にある。塩浜築造の一要件として海潮の干満差がある。本州太平洋岸の干満差は、緯度が高い程小さくなり、わが国塩浜の北限である大船渡では最大干満差で0.9m程度である。なお、本州の日本海側は干満差が極めて小さい(大潮差0.3m以下)ため、通常の塩浜法は成立しない。

岩手県の太平洋側は、いわゆるリアス式海岸で、塩浜法に適した砂浜も少ないため、その北部の野田から青森県八戸の鮫町に至る海岸で海水直煮製

塩が行われていた。この地域での創めは明暦2年(1656)久慈近くの侍浜村大字白前の孫兵衛という人が³、鞍置場と横沼の2カ所に塩釜を築造したと伝えられている。これを皮切りに野田から八戸に至る海岸線に海水直煮の釜場が設けられ、盛岡藩および八戸藩の塩造りが盛んに行われた。文政天保の頃(1818~43)八戸藩内に48基の塩釜があったという。久慈から種市までの九戸郡(岩手県)に40釜、階上から鮫までの三戸郡(青森県)に8釜。

明治35年頃、政府は全国各地の製塩を調査し、これを整理編集して、『大日本塩業全書』⁸⁾を刊行した。これに記載された三陸海岸の海水直煮の状況を図-2に掲げる。

これに示された情景は藩制の昔とほとんど変わっていないと思われる。製塩の設備や器具は単純なものであるが、主体となる塩釜は独特なものである。幅5寸、長さ1尺、厚さ1分5厘程度の和鉄の板を、鉄釘で継ぎ合わせて、図-2のような、円い塩釜をつくる。塩釜は直径1丈2尺~1丈5

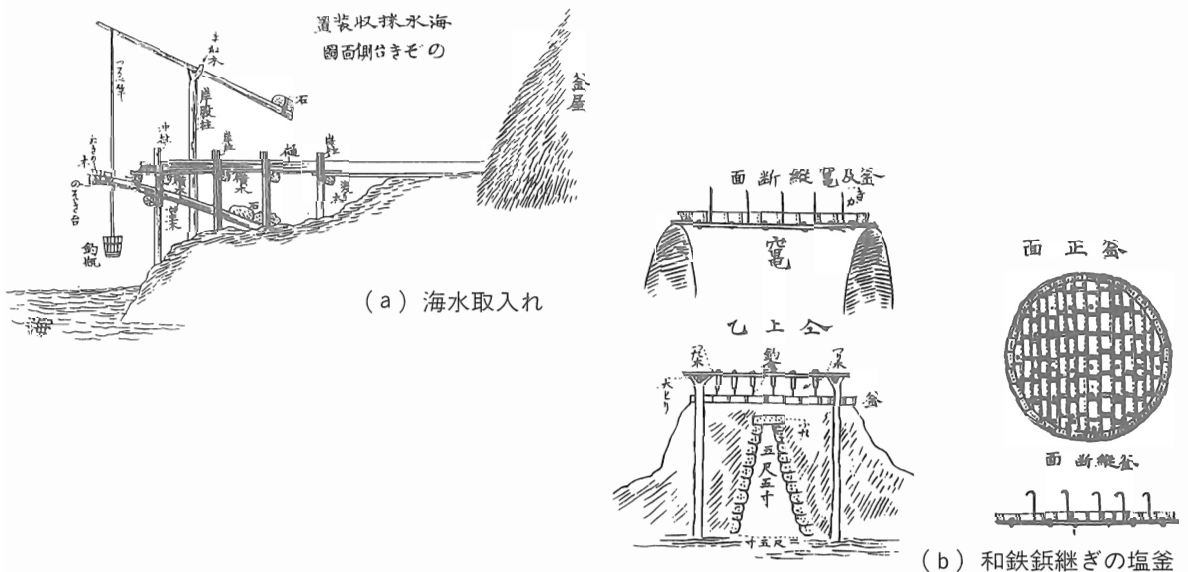


図-2 陸中海岸の海水直煮製塩……『大日本塩業全書』

尺、深さ5～6寸で、内容量は4.5～5石という巨大なものである。竈に据えられた塩釜の底面は何本もの吊り金で上の梁に吊ってある。

中世以来、一般の製塩に多く使われたのは土釜である。山粘土に貝殻を焼いた灰や塩竈の灰等を混ぜ、水あるいは、塩水で練り合わせた漆喰で、下の竈と一体に塗り上げた塩竈であった。近世、塩生産の主流となった十州塩田では釜底に平石を塗り込んだ石釜が使われており、三河や伊勢の塩浜では鉄釜を使う所もあった。この鉄釜は口径4尺程度の小容量で鑄鉄製だった。

「黄金花咲く」といわれた古代みちのくは、また鉄の産地であった。陸奥一ノ宮の塩竈神社には、文治3年(1187)藤原忠衝が奉獻した鉄燈が現存し、また14世紀以前に奉納された鉄の塩釜がある。これらはいずれも鑄鉄製であるが、鍛鉄も含めた高度の鉄器技術の現れである。図一2の和鉄板継ぎ釜は三陸海岸だけに見られる独特な塩釜であり、三陸の海水直煮製塩を支えたのはこの大容量の和

鉄継ぎ釜であった。

4. 明治期の機械製塩と海水直煮⁸⁾⁹⁾

明治期に入ると欧米の科学、産業技術が取り入れられ、製塩技術の開発改善も盛んになった。とくに十州塩田以外の地に、入浜式塩田に伍して塩をつくりたいという願望が強く、新技術による製塩が数多く試みられた。入浜に替る海水濃縮(蒸発)法として枝条架、流動塩田等の開発が進められ、石釜に替って大型の洋式塩釜やカナワ式塩釜等を試みる者が現れた。中でも日本の発明王といわれた鈴木藤三郎は、海水を枝条架法で濃縮し、そのかん水を4重効用真空蒸発缶で煮つめて製塩する、年産3万石の工場を福島県小名浜に建設した。(明治40年稼働開始)。

こういった情勢の中で、全国各地にいくつかの海水直煮製塩場がつくられた(表一1参照)。明治

表一1 明治期の機械製塩と海水直煮

	所在地	製塩場	操業開始	概要
機械製塩 (蒸気利用)	新潟県荒浜村	高浜製塩場	明治34	装置は岩松善次郎考案、日産30石、重油40石余
	山形県温海村	羽越炭炭(株)	36	カナワ式塩釜。創立は明治12年、枝条架法を試みたが休業
	宮城県気仙沼町	吉田 正章	33	機械は葦川三郎、特許
	福島県小名浜	鈴木製塩所	40	鈴木藤三郎、枝条架法と4重効用真空式。日産300石、燃料は石炭
	" "	警城炭鉱(株)	39	小規模真空式製塩
	福岡県箱崎町	安増製塩場	38	尾崎式製塩装置
	佐賀県満島村	高島製塩(株)	34	海水ボイラ(径6尺、長20尺)2基、日産3,000斤
	長崎県福田村	長崎製塩(株)	32	小達与吉創立、日産3,000斤。設備は下の西大分と同方式
	" 高浜村	端島製塩場	38	}三菱合資会社、日産70～75石。淡水採取を主目的とす。(海水淡水化事業)
	" 高島村	高島製塩場	38	
	大分県西大分	塩釜器械製塩所	36	密閉釜(ケートル)2基、開放釜4基、日産塩10～11石、石炭4,000斤
その他	福島県小名浜	平井 太郎	28	大規模洋式塩釜(底面積326㎡)。石炭焼き海水直煮
	兵庫県州本	※江井	35年、稼働中	10段階の濃縮盤、石炭焼き。日産塩1石4斗、石炭1,100斤を要す
	青森県浅虫	※米田、野村合名会社	36	温泉熱利用製塩、創業は明治12年。年産2,400石

元資料 9) 『日本塩業大系、近代(稿)』第3章、明治期における製塩技術

(注)塩1石はほぼ100kg(0.1トン)

8) 『大日本塩業全書』(I-6、I-12)- (※印)

28年常盤炭鉱の平井太郎は洋式大型塩釜（底面積326㎡）による海水直煮製塩を始めた。

水を蒸発させるには多大なエネルギーを要する。このエネルギー（潜熱）は水蒸気が保有しており、水に戻る時これを放出する。塩釜を密閉型にして蒸気を集め、別の加熱器の熱源に利用すれば、燃料消費量はほぼ半減できる。このような蒸発装置を蒸気利用式と称し、開放型の塩釜に較べて高度な機器であるため、蒸気利用式蒸発装置による製塩を機械製塩と称した。

表一のように、明治30年代、東北、九州の産炭地に数多く設立された。海水直煮は燃料費がコストの大半をしめるので、炭鉱関係者による製塩場が多いのはもっともなことである。長崎県の高島と端島は炭鉱の島であり、その生活用水として海水の蒸発水分を採取し、併せて製塩を行うという事業所であった。海水淡水化事業としては世界でも最初ではなからうか。

温泉国日本にふさわしいのは、青森県浅虫の温泉熱利用の製塩所である。浅い鉄鍋に海水を入れ、66℃の温泉に浮かべて蒸発濃縮し、そのかん水を塩釜で煮て塩にした。最盛期には年産2,400石の塩をつくっていたという。

明治38年塩専売法が施行され、国内塩業の改善振興を進める一方では、明治43年と昭和3年の2回にわたって零細塩産地の整理が行われた。これによって全国各地に散在していた近世以来の在来製塩や、明治に興った各種製塩場も、そのほとんどが整理の対象となり、前述した海水直煮製塩もすべて消滅した。

しかしながら、明治期に芽生えたこれらの製塩技術は絶えることなく、さらに改良開発が進められて昭和期の十州塩田に取り入れられ、その後の日本塩業発展の主軸となった。石釜は洋式の鉄製平釜にかわり、さらに蒸気利用式および真空式の大規模蒸発装置が開発されて昭和11年「合同機械製塩」の実施に至った。また、採かん工程では流下盤と枝条架を併設した流下式塩田法が台頭し、昭和27年以降「流下式転換」が進められ、赤穂御崎新浜以来300年の入浜式塩田にとって替った。

5. 加圧式蒸発法と近代海水直煮製塩

多重効用真空式⁹が、缶の蒸発蒸気を減圧した次缶の熱源として利用するのに対し、蒸発蒸気を加圧して高温にし、元の缶の熱源として利用する方法がある。これが加圧式蒸発法であり、自己蒸気圧縮法ともいう。この蒸発法の理論は1841年パレタン教授が提唱し、オーストリアのRittingerが1853年から実験を重ね、最初の製塩装置が1856年Ebenseeに建設されたものの、余り好成績とはいえなかった。

ところが、1880年に至りピッカルトがスイスのBex製塩場で稼働に成功し、続いてEbensee製塩場でも実施した。ピストン型の蒸気圧縮機の動力には水車を利用したという¹⁰。

モーター駆動の蒸気圧縮機による加圧式製塩場は、1920年スイスのEscher Wyss社によって建設された日産30トンの製塩場(Basel)が最初である¹¹。以来、水力発電が盛んなアルプス周辺で加圧式蒸発法が多く採用されて現在に至っている。

日本では専売局中央研究所（大正9年開設）が加圧式蒸発法に着目し、大正10年（1921）茨城県磯原に海水直煮試験部を開設して試験を開始した。その主要装置は図一3のように、海水予熱器2基、濃縮缶（膜面蒸発型）6基と結晶缶1基を設え、蒸気の加圧は275馬力モーター1台で軸の両側に連結したターボ・ブロー2台を駆動するというもので、日産塩6トンの計画であった¹²。

当時としては各機器は最高水準のものであり、計画全体も斬新すぎた感があつて、十分な成果をあげることなく閉場となり、加圧式蒸発法の開発は三田尻試験場へ引き継がれた。そうして昭和9年に三田尻向島工場で、往復動型蒸気圧縮機（75馬力）による加圧式蒸発缶が操業を開始し、海水直煮を行なった¹³。

さきの太平洋戦争の後、国内塩生産の復興は国の重要課題の一つであった。その一環として、塩田を必要としない海水直煮製塩が取り上げられた。

それには加圧式蒸発法で、ある規模以上の大型プラントであれば、経済的にも実現可能という見通しが得られた。昭和24年専売公社が発足すると、さっそく小田原製塩試験場(現在の貯塩事業センター海水総合研究所)を開設し、福島県小名浜に加圧式製塩のパイロット・プラントの建設を始めた。

年産10,000トン規模の小名浜工場の主要設備は、

海水予熱器 多管式 16.8m²×36, 605m²

濃縮部 蒸気圧縮 ターボ・ブロー
1,300HP×3

蒸発缶 横型外側加熱 500m²×3

結晶部 蒸気圧縮 ターボ・ブロー
900HP×3

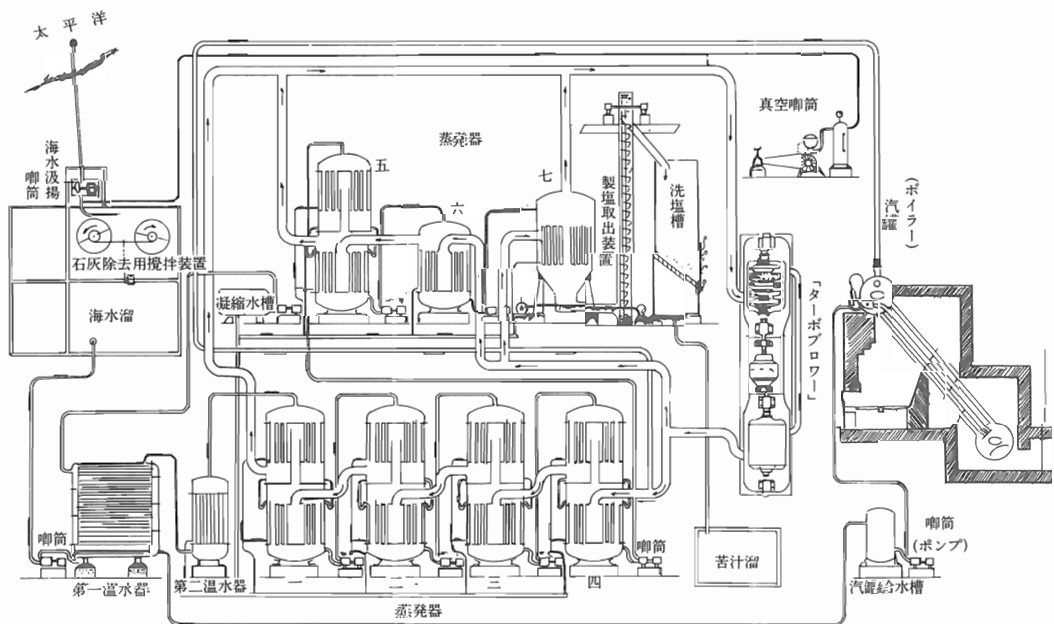
蒸気缶 標準型 350m²×3

であり、昭和27年に操業を開始した。(写真一1、2)

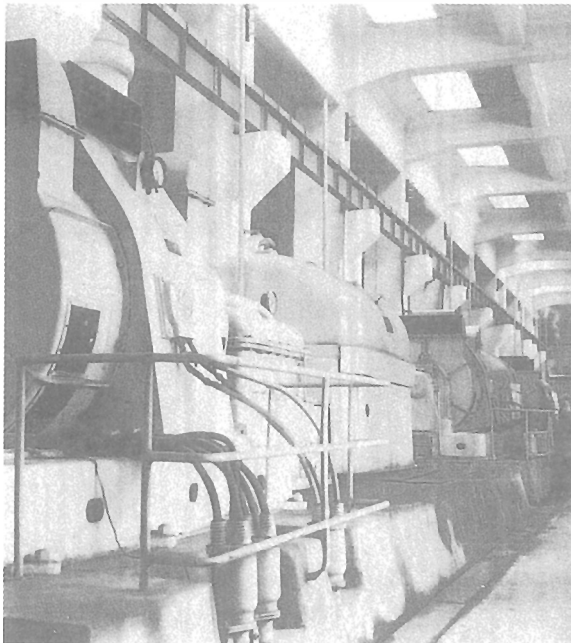
海水中溶存塩分の約80%が塩(塩化ナトリウム)

であり、残り20%はMg、K、Ca等の成分である。海水を塩釜で濃縮すると、早い段階でCaCO₃、CaSO₄等の結晶が加熱面(釜底など)に析出し、湯垢(スケール)となる。このスケールは伝熱を阻害するので、塩釜であれば時々スケール落しをする必要がある。ところが、伝熱面が銅管など複雑な構造の蒸発缶であれば、運転不能となり、スケール落しもお手入れとなる。前に述べた明治期の機械製塩が工業化が定着できなかった一要因は、このスケール問題であった。

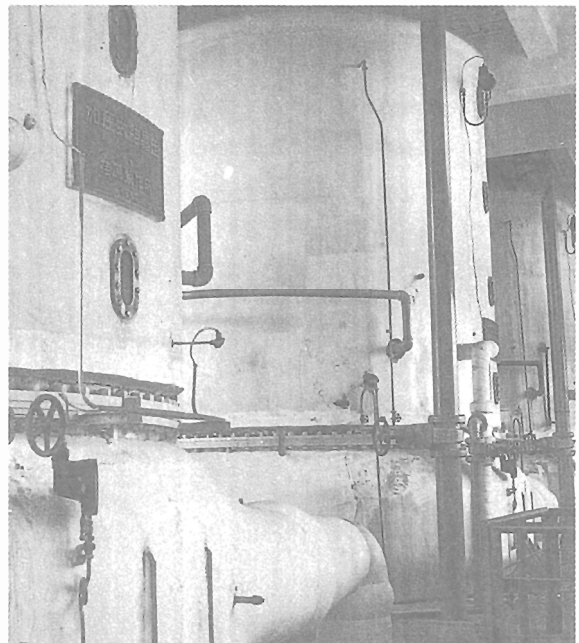
昭和初期、十州塩田に導入された機械製塩では、予めスケールを析出させ除去する「元缶」を設けたが、ちょうどその頃「母液注加法」と称するスケール防止法が確立され、真空式工場で実施された。小名浜工場のスケール対策もこの方法によることとし、濃縮部で10°Béまで濃縮したかん水を母液濃度28°Bé以上で運転している結晶缶へ給液



図一3 専売・中央研究所海水直煮製塩場



写真一 蒸気圧縮機（小名浜工場）



写真二 結晶缶（小名浜工場）

しながら製塩するように設計されていた。

塩水には沸点上昇という性質がある。水は100℃で沸騰するが、塩水は塩分が濃いほど沸騰温度が高くなり、飽和塩水は110℃近くまで沸騰しない。このため、塩水蒸発缶の加熱蒸気はその分高温高圧にする必要がある。一方、蒸気圧縮の動力は圧縮比に比例するので、海水直煮の濃縮段数を多くし、かつ最終かん水濃度を高くするほど、全体の所要動力は少なくなり製塩コストが下がる。

昭和30年石膏種添加法という新しいスケール防止法が考案され、さっそく小名浜工場でも実施されてその効果が実証された。これによって海水濃縮の濃度制約がなくなり、自在に濃縮段数を設定できるようになった。近代海水直煮法の幕開けである。¹⁰⁾

電力事情のよい東北や北陸地方に加圧式製塩工場が相次いで建設され、さらに当時の石炭業界の情勢から製塩事業に参入する石炭企業が相次いだ。自社の石炭を燃料としての海水直煮製塩であり、大型石炭ボイラーの高圧蒸気によって蒸気タービン

駆動の蒸気圧縮機をまわす。しかも、この方式ではタービン駆動後の低圧蒸気を真空式蒸発缶の熱源として利用することが可能であり、加圧・真空併用の製塩プラントも建設された。(表一2、図一4)¹⁴⁾¹⁵⁾

加圧式蒸発法によって近代の海水直煮製塩が成立し、最盛期（昭和34年）には年間20万トンもの塩が海水直煮でつくられたのである。この間に蒸発させた水分量は約1,000万トンと計算される。水事情の悪い崎戸製塩（現在のダイヤソルト㈱）では、計画の当初から製塩と造水を目的として設立され、事業用水はもとより住民の生活用水まで賅ってきた。

このような海水直煮製塩の進展と時を同じくして、主流の十州塩田にも大きな変革が起こった。流下式塩田への転換である。先に転換した流下式塩田は着実に実績をあげ、その生産力は入浜式（年間100トン/ha）の約2.5倍と見込まれるに至った。したがって従来の入浜式塩田を全て流下式に転換すると、国内塩需要を遙かに超過して生産過

剰は必至となる。そこで昭和34年塩業整備が実施され、入浜塩田の約半分が整理され、海水直煮製塩の一部も廃止となった(表-2参照)。

その後の国内製塩は流下式塩田と真空式製塩工場、および加圧式海水直煮製塩場とによって生産されることとなった。古代中国の「煮海為塩」、文字通りの海水直煮製塩は、約2,000年後の日本で近代工業として実現したのである。

ところが、日本塩業の技術革新は急速に進展し

た。かねてより開発に勉めていたイオン交換膜法が工業化段階に達し、大規模製塩プラントに集約すれば、輸入塩再製のコストと競合できる見通しが得られるに至った。そこで昭和47年、国内製塩はイオン交換膜製塩7社に統合し、流下式塩田も海水直煮工場も全て廃止した。なお、現在の製塩プラントは、高压の蒸気でタービンを回してイオン交換膜用の電力を賄い、その低压蒸気を真空式蒸発缶の熱源とする方式でまとめている。図-4-

表-2 海水直煮製塩工場一覧

会社名	工場名	完成年月	方式別	平年生産力(トン)
※三国製塩(株)	三国	昭和22年7月	電気	6,800
日本専売公社	小名浜	27 7	〃	12,000
新日本化学工業(株)	〃	29 10	〃	30,000
崎戸製塩(株)	崎戸	31 5	石炭	29,500
三井塩業(株)	大牟田	31 8	〃	24,400
井華塩業(株)	登別	31 12	〃	23,550
北陸製塩工業(株)	黒部	32 7	電気	31,700
東北製塩化学工業(株)	大船渡	33 9	〃	22,200
※江迎製塩(株)	江迎	33 9	石炭	26,600
※佐世保製塩(株)	—	(未)	(未)	(未)

※印-昭和34、35年の塩業整備で廃止

日本専売公社『十年の歩み』(昭和34)

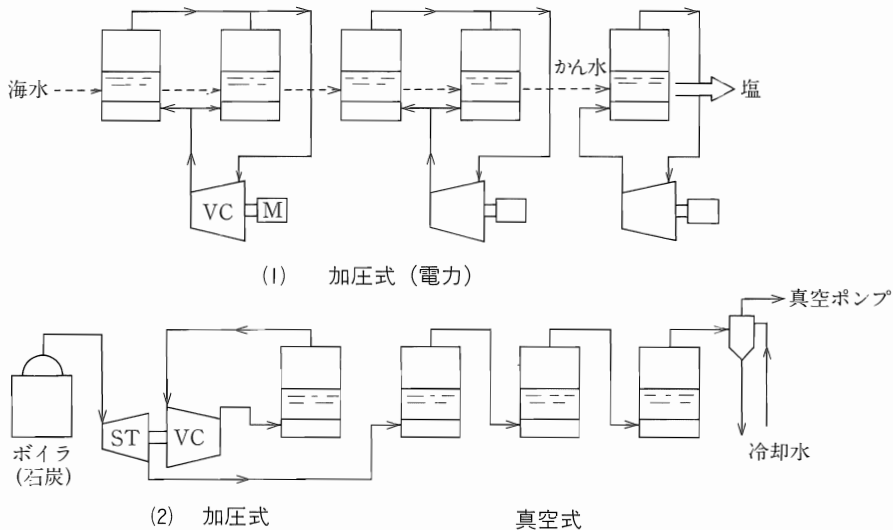


図-4 近代の海水直煮プラント

(2)の蒸気圧縮ブロワーを発電機に置き換えた形に相当する。
(元日本専売公社塩技術担当調査役)

参考文献

- 1) 『中国塩業簡介』、中国政府刊行物 (1973年頃)
- 2) 戸出一郎；『中国に於ける産塩の沿革と分布』日本齒科医史学会誌、第8巻2号 (昭和56)
- 3) 諸橋轍次；『大漢和辞典』大修館 (昭和35)
- 4) 『康熙字典』卷之四十、
- 5) 秋良貞臣；『煮海私記』、塩業組合中央会発行 (昭和39)
- 6) 貝塚、藤野、小野；角川『漢和中辞典』 (昭和35)
- 7) 石山福治；『支那語大辞典』第一書房 (昭和10)
- 8) 『大日本塩業全書』
- 9) 『日本塩業大系、近代 (稿)』日本専売公社 (昭和57) 第3章 明治期における製塩技術 (村上)
- 10) 村上；明治以降の製塩法の発達、
日本海水誌、Vol.36、No.2 (1982)
- 11) E.W.Kratz；Production of salt by MVR Application in Europe. 海水学会講演会要旨 (於早大)、(1995)
- 12) 専売局中央研究所、海水直煮試験報告 (昭和8)
- 13) 日本専売公社；『製塩技術の歩み—防府製塩試験場の記録』 (昭和47)
- 14) " ; 『日本塩業史』 (昭和33)
- 15) " ; 『十年の歩み』 (昭和34)



「塩の味」はどんな味

森永倅生

塩の味など「辛（鹹）い」に決まっているはずなのだが、本当にそうなんだろうか。

以前、単身赴任で自炊生活をしていた頃の話である。どうしても元気が出ない、居てもたってもいられない気分が何日も続く上に、口の周りがムズムズする、ということがあった。何か不足しているからそうなるのだろうかとは思ったが、何が足りないのかわからない。

しかし多分ビタミンC不足なんだろうと、とりあえず、果実と野菜をタップリ食べ、ジュースも飲んでビタミンCを補給してみたが、一向によくない。そこで、コマーシャルではないが、「蛋白質が足りない」のではないかと、ピフテキや魚などを腹一杯食べてみたが、やっぱり同じで、状況は改善しない。

そのとき、フト気がついて、ひよっとすると塩分が不足しているのではないかと、試しに塩を舐めてみた。すると、このやりきれなかった居てもたってもいられない不快感が、一瞬にして吹っ飛び、口の周りのムズムズしたのも消えてしまった。

「一瞬」とは、一回マバタキする間という意味であり、ほぼ百分の一秒に相当する。

まさに、一瞬にして、何日にもわたる不快感から解放された、という劇的な経験をしたことがあった。

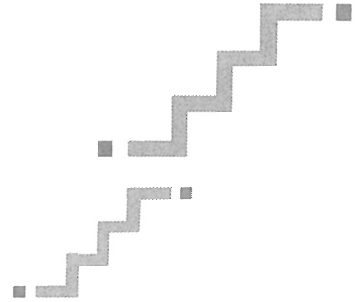
このとき舐めた塩の味は今でも忘れられない。「味の素」を精撰し、さらに濃縮したような「旨さ」そのものといった味だった。塩分が不足してくると、草食動物は、塩を求めて何百キロも移動するといわれているが、その気持ちがわかったという感じだった。

そこで、この「旨さ」をもう一度味わってやろうと嘗めてみたところ、今度は塩が「甘い」のである。ほのかで上品な、塩ならではの甘さだった。それまでにも、夏場に、塩が甘いなど感じるものが時々あったから、あゝこれは塩の甘味だなと、すぐ気がついた。

続いてもう一度嘗めてみると、今度は「辛い」。「塩はもう足りている」ということである。

こんな塩分不足状態がおきていたのは、夏の日中、太陽に照らされ、朝から晩まで草取りに精を出し、タオル二本位はしぼれる程の大汗を毎日かいていたからである。

どうやら、塩分が不足してくると、その程度に



よって、「塩の味」は変るものらしい。塩は「辛い」ばかりではなく、「旨い」場合も「甘い」場合もあるということである。身体が塩分不足の程度を、その味で教えてくれているということであろう。だから、塩辛いものが無性に欲しいし、また旨いと感じられるようなときは、身体が塩を要求しているんだと考えていいのだろうかと思う。

しかし、このところ世間から、塩は目の仇にされたり、まるで有害物質のように扱われたりすることが多く、成人病検査などに出かけたりしようものなら、塩気は少なければ少ないほど健康のためには良いといった言われ方をされる。うどんの汁は飲むな、醤油やソースはかけない方がいい、漬物、梅干、佃煮はあまり食べるな、などいわれ

るのはその例である。

うどんの汁を全部飲むのは、実は、塩分が不足しているから身体が飲ませているのかも知れないな、と推定してもいいはずのものなのだが、クーラーの利いた診察室で患者を診る医者からみると、塩分不足の人間が世の中に居るなどということは、どうやら想像の外の奇想天外な話であるらしい。

そこで、こういうことがいえないだろうかと思ってみた。

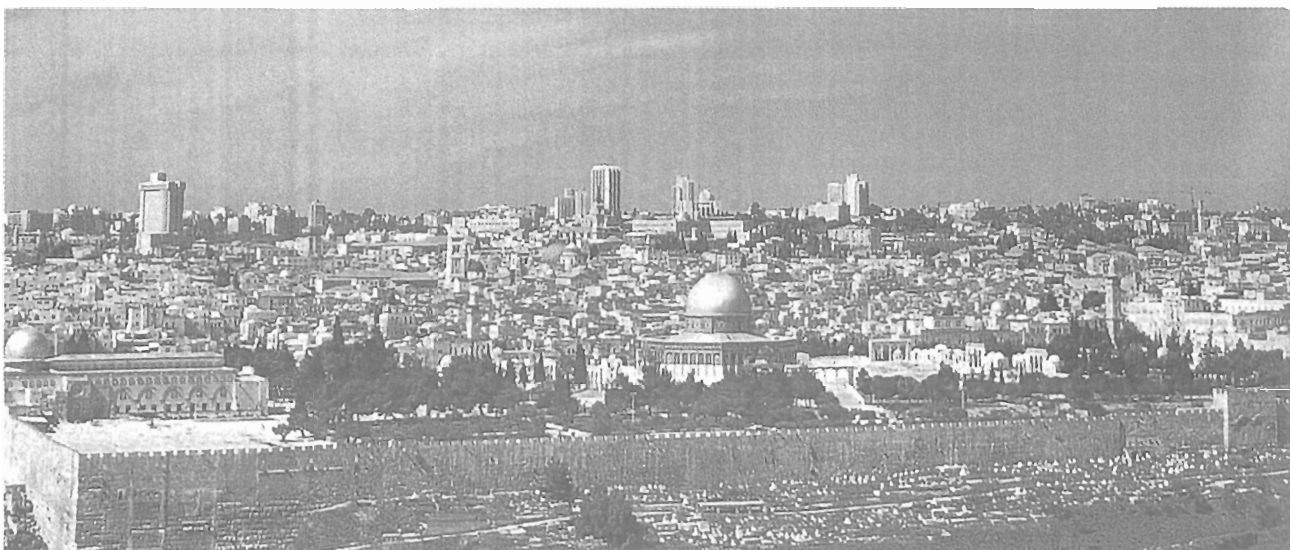
辛いものが欲しいというのは、元気な証拠である。だから、「大汗かいて辛いものを食べていれば、毎日健康で長生きできる」と。

(元日本専売公社高崎支社長)

イスラエルにて学ぶ

——ベングリオン大学砂漠研究所留学記(2)——

平林 征四郎



聖都エルサレム全景（オリブ山より）

前号では、イスラエルにおける私の湾岸戦争体験とそこでの生活振りやまた古都エルサレム、死海での浮遊体験等について紹介しました。今回は少し視点を変えて、中東の水問題や死海運河構想、イスラエルの農業、更に砂漠開発に関する研究プロジェクト等についても触れてみたいと思います。そして最後に私がベングリオン大学・ヤコブ・ブラウシュタイン研究所で取り組んでいた微細藻類（Microalgae）の大量培養の研究について紹介します。

中東の水問題

水資源開発戦略

中東は世界でも広大な乾燥地帯の一つである。モロッコからイラクまで、土地のほぼ4分の3が砂漠であり、都市と定着農業を支えるだけの水資源がない。東地中海沿岸地域ではレバノンから南、シリアから東へ行くに従って水不足の問題が深刻

である。現在、レバノンとシリアは多少の余裕があるが、これと対照的にヨルダン、イスラエルは水不足に悩んでいる。

年間降雨量は、アラビア砂漠の100ミリ以下から、レバノン、シリアの1,000ミリ以上と地域によって大きく異なる。この地域では降雨を利用した農業が広く行われているが、収穫量は雨まかせで、雨期の集中豪雨でワジ（涸れ谷）が一時的に溢れることもある一方、日照りの年には水不足で作物が大打撃をうけることもしばしばである。あてにならない降雨量と水不足とがこの地域の経済発展の阻害要因となっている。

イスラエルとヨルダンが接する南のアラバ地方は年平均降雨量は20～50ミリで、蒸発率が高く、地下水は塩分の多いブラキッシュ・ウォーターである。今後50年間のこの中東地域の年間推定消費量からみると、この地域の多くの国々で、早くも紀元2000年には著しい水不足が予想されている。何らかの対策を講じなければ水不足は悪化の一途をたどることになるだろう。そこで現在、水資源の開発戦略として次のようなアプローチが検討されている。

- (1) 貯水及び水の輸送法の改善による水損失の局限化
- (2) アラバ地区等の乾燥地の地下水開発
- (3) 下水の再処理利用
- (4) ラン・オフ水の利用（雨期にワジから溢れ出る大水の利用）
- (5) 人工降雨
- (6) ブラキッシュ・ウォーターの脱塩化
- (7) 海水の脱塩化
- (8) 外国からの水の輸入

これらの内、長期的にみて有効なのは海水とブラキッシュ・ウォーターの脱塩化であろう。年間5億トンの水を海水の脱塩によって生産するとすれば、この10年間で約32億5,000万ドルの開発コストを要するが、現在、サウジアラビアでは脱塩淡水化で年間20億トンの水を生産している。これは

実に需要の20～30%に相当する量である。しかしこの方法には高い生産コストがかかるため、これを採用できる国は限られている。そのため安価に海水およびブラキッシュ・ウォーターから淡水を大量生産できる技術革新が期待されている。

一方、下水の再処理は今のところ農業用として一番コスト効果の優れた方法である。現在、下水1リットルにつき0.6リットルのリサイクルが可能で、イスラエルでは幾つかの地区で農業用に使われている。1トンの再処理水を得るのに約0.16～0.42ドルのコストがかかるが見積もられている。

また最近、死海周辺には未だ未開発の地下水源があることがわかり、開発すれば1～2億トンの水を生産できるとの予測がされている。

● 死海運河構想

イスラエルにとって安定なエネルギー源の確保は極めて重要な国家的課題である。それは長年にわたって周辺アラブ国家との対立のため、石油資源をアラブ諸国から輸入することができないという政治的理由によるものである。

そのため、イスラエル政府のエネルギー省はかねてより死海運河計画の構想をもっていた。それは現在の死海の海拔はマイナス400mで、世界で最も低地にある海水湖であることから、この死海と地中海または紅海との間に運河を作ることにより、落差利用の発電や年々減り続けている死海の水位上昇など、イスラエル、ヨルダンにとって大変有益で魅力ある構想である。

しかし、資金難を理由にこの壮大なプロジェクトは一時中止されていた。最近の中東和平への進展を機に再びこのプロジェクト構想が再浮上してきている。これには大別して三案がある。第一は地中海から北部のガリラヤ湖南方のベトシヤン付近へ運河をひいてヨルダン川と連結させるもの、第二はやはり地中海からイスラエル南部の内陸部

を通過して死海へつなげるもの、第三は紅海と死海とを結ぶ運河である。

今のところ第三の案が有力であると言われている。膨大な建設費用がかかるこのプロジェクトも中東和平の今後の進展によっては資金的にもまた技術的にも国際協力の期待がもてることから、その実現の可能性が出て来ている。このプロジェクトの成否は今後の中東経済圏の形成に向けて大きな意義をもつだろう。

イスラエルの農業

僅かな資源を最大限に活用

イスラエルの農業は、僅かな耕地と乏しい水資源をいかにして最大限に活用できるかに対する飽くなき挑戦によって発展してきた。

国土の半分以上が半乾燥地であり、残りの大部分の土地も何世紀にもわたる森林伐採や土壌浸食、放置によって耕作不能の状態となっていたが、19世紀末期からユダヤ人達は歴史上の祖国に入植し始め、土地の開墾に献身的努力を注いできた。石の多い畑地を整備し、丘陵地帯を平坦地に作り変え、湿地を干拓し植林を行った。また塩害地では土壌を洗浄して塩類濃度を下げたのである。その結果1948年のイスラエル国独立達成以来、耕地面積は16万5千ヘクタールから、今日の44万ヘクタールへと拡大し、その間の農業生産は16倍に増大し、同期の人口増加率の3倍以上の伸びであった。

一方、水資源は常に供給不足の状態にある。降雨のあるのは11月から4月の間で、年間降雨量は北部で約800ミリ、南部で約50ミリ以下で、利用可能な水資源は約16億立方メートルで、その75%が農業に使われている。

イスラエルでは利用可能な水資源の地域的不均等を避けるため、全国の淡水源の殆どはナショナル・ウォーター・キャリアーに接続されている。これは揚水場、貯水地、用水路、導水管を統轄した全国的配水網で、水源の豊富な北部から乾燥地

帯の南部へとくまなく水を運んでいるのである。

また、農業用水の消費量を減らすため、作物の根元に直接水を必要量のみ供給する革新的な節水灌漑システム（ドリップ・イリゲーション・システム）の導入が進んでおり、また温室栽培も広く普及している。最近ではより多くの水資源を求めて、ネゲブ砂漠の地下に貯えられている莫大な量のブラキシユ・ウォーターの利用が始まっている。この水はある種の作物栽培に大変有用であることが判っている。

農業の共同化

イスラエルの農業の大半は、20世紀初期の入植者達の間には芽ばえた共同原則のうえに立って営まれている。そしてキブツとモシャブという2種類の独特な形態をもつ農業共同体が創られた。簡単に言えば、キブツは生産手段を共同所有し、メンバー各自の労働収益を全体の収入とする共同体であり、モシャブは各農家が自ら家を所有し、自らの土地を耕す一方、購入と販売は共同で行う農業共同体である。

どちらも、社会的平等、共同作業、相互援助に基づく農村共同体を実現しようとするものである。今日この両者はイスラエルの国内市場及び輸出入の生鮮食料、加工食品の約75%を生産している。

研究と開発

イスラエルの農業が今日の繁栄を築いたのは、当初から続けられて来た応用志向型の研究開発に拠るところ大である。今日のイスラエルの農業はほぼ全面的に研究開発に基盤を置いており、政府機関、学術機関、農業共同体がお互いに協力し、種々の問題解決や新たな技術革新に挑んでいる。植物遺伝学から乾燥地農業、病害虫コントロールまでの広範囲にわたってイスラエルの農業研究開発は、科学的な技術開発を積み重ね、収量と品質の向上に貢献してきた。その成功の鍵は、研究者と農家相互の整備された情報ネットにある。農地での問題は解決を求めて直接研究者のもとへ持ち込まれ、研究結果は速やかに農地へ返され、試さ

れ、適用されるシステムがあるのである。

私のいた研究所でも作物の環境適応研究室において、盛んに海水やブラキッシュ・ウォーターを作物栽培に利用する研究が盛んに行われていた。稲をはじめ、トマト、ウリ類、桃などの栽培にどのようにブラキッシュ・ウォーターや海水を利用するかについて、育種から栽培技術に至るまで、世界各国から研究者がやって来て研究に取り組んでいた。トマトや桃などは生育期間中のある時期に塩水を利用することによりその果実の甘みが増すことがすでに実証されている。

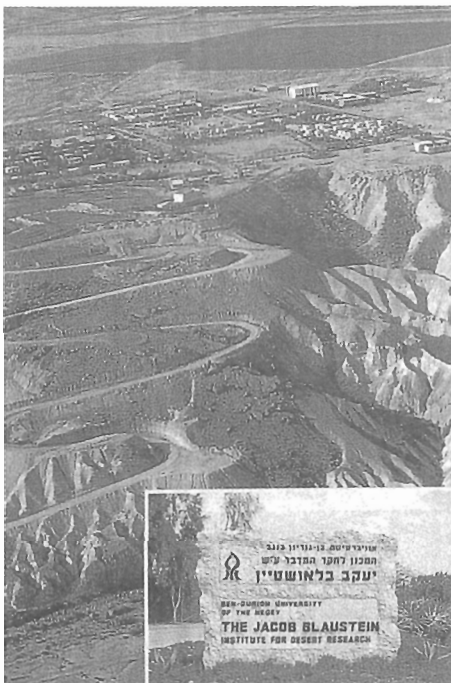
土地の真価はその利用の仕方にある

今日のイスラエルの食料自給率は実に95%である。農業の繁栄は、国土の約60%の荒涼たる乾燥地を緑の農地に変えようと決意した農民や研究者らの献身的努力と創意工夫によってもたらされた

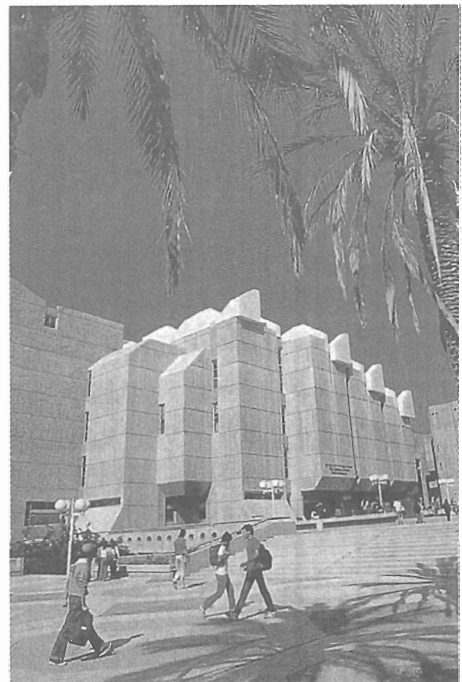
ものである。農耕には不適な厳しい自然条件との長い闘いと、乏しい水資源と僅かな耕地を最大限に利用する知恵の成果であると言えよう。そして彼らは、土地の真価はその利用法にあるということを実証してみせたのである。

イスラエルにおける砂漠研究

砂漠の開発研究に関して今や世界的最先端をゆくベングリオン大学のヤコブ・ブラウシュタイン研究所は、ネゲブ地方唯一の都市ベールシェバから南へ更に50キロ程下ったネゲブ砂漠のほぼ中央に位置している。ここで精力的に取り組まれている砂漠開発研究の目的は、この不毛の土地を人間が居住できる土地に、すなわち生産性のある土地



ステデホケルのヤコブ・ブラウシュタイン砂漠研究所の全景



ベングリオン大学キャンパス内の図書館

に変革することである。そのためにあらゆる研究分野において多様な技術革新への挑戦が続けられている。

太陽エネルギーの研究

ご存知のように砂漠における唯一の資源は豊富な太陽エネルギーである。これをいかにわれわれ人間にとって有効なエネルギーに変換するか、それがこの分野の研究の共通のテーマである。

現在、この地球上には約3億年かかって貯えられた化石燃料が石炭、石油、天然ガスの形で埋蔵されている。われわれ人類はこれらを採掘して、われわれの生産に必要な大部分のエネルギーを確保しているが、その埋蔵化石燃料の全エネルギー量は、高々現在太陽がこの地球上に降り注いでいる日射量の僅か10日分にしか過ぎない。それ程太陽エネルギーはわれわれの想像以上に膨大なものなのである。

もし、これを10%の効率で集め貯蔵することができれば、800km平方の地表で、人類すべてが必要とするエネルギー需要を満たすことができるとの予測がある。全陸地の8分の1を占める砂漠を用いれば、これは充分可能である。遠からぬ将来“われわれはより一層有効に太陽エネルギーを使いこなすための技術革新を成し遂げる”というのが研究者達の目標である。そのためには、核エネルギーを使いこなすための努力と同じような努力が望まれている。

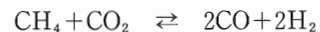
現在、文明先進国ではやがて枯渇する化石燃料に替わるエネルギー源として原子力発電の利用がすでに進められているが、その安全性にはまだまだ多くの問題点が存在している。しかし代替エネルギー源として、われわれはもっと太陽エネルギーの利用に注目する必要がある。視点を変えて考えれば、太陽は、われわれ人類が地球上でいつ実現できるかどうかかわからない、長期間、安全に作動している核融合装置だと考えることができる。われわれ人類はそれを地球から約1億5,000万キロ離れたかたにすでに持っていると言えるだろう。

現在イスラエルのワイツマン研究所では、次の

ような2つの太陽エネルギー研究プロジェクトが進行中である。

1) ガス反応への変換

その1つは、巨大な64基の反射鏡（ヘリオスタット）を用い、それらを1点に集光して得られる約1,000°Cの太陽エネルギーを、メタン（CH₄）と炭酸ガス（CO₂）の混合ガスに照射して反応させ、一酸化炭素（CO）と水素（H₂）の混合ガスに変換させるという方法である。この反応で得られた一酸化炭素と水素の混合ガスをパイプラインで生産現場まで運び、そこで触媒を用いてこの混合ガスを燃焼させ、エネルギーを取り出すというもの。この実験施設は大変大規模なもので野球場ほどの規模で行われている。



2) レーザー光線への変換

これは、前項1)で述べたヘリオスタットを用いて得られる約1,000°Cの太陽エネルギーを、レーザー光線に変換して利用するという方法である。レーザー光線は移動中にエネルギーの減衰が極めて少ないという利点がある。しかし実際地上においてどのようにレーザー光線を輸送するかについてはまだ多くの解決すべき問題点がある。太陽エネルギーをレーザー光線に変えるというこの考え方は米国のNASAにおいても宇宙空間における戦略的兵器として研究されているものである。

死海海水による発電

前号で紹介したようにイスラエルの死海の海水は塩類濃度が普通の海水の約10倍も濃いため入水すると身体が浮いてしまう。うまくバランスさえ取れば胸から上を出したままで水の中を歩くこともできる。そして、この死海の底の水温は80～90°Cもある。それは濃度が濃いため海水に対流がおこ

らないので、入射した太陽エネルギーがそのまま蓄積されてしまうからである。

この特異な現象を利用して、死海の周辺では死海の海水を周囲の平坦な区域に導いて、広い面積の海水に太陽日射光を吸収させ、その海水中に蓄積された熱（80～90℃）で溶媒タービンをまわし発電している。これは世界中で最もコストの安い発電方法だそうである。

砂漠における風力発電

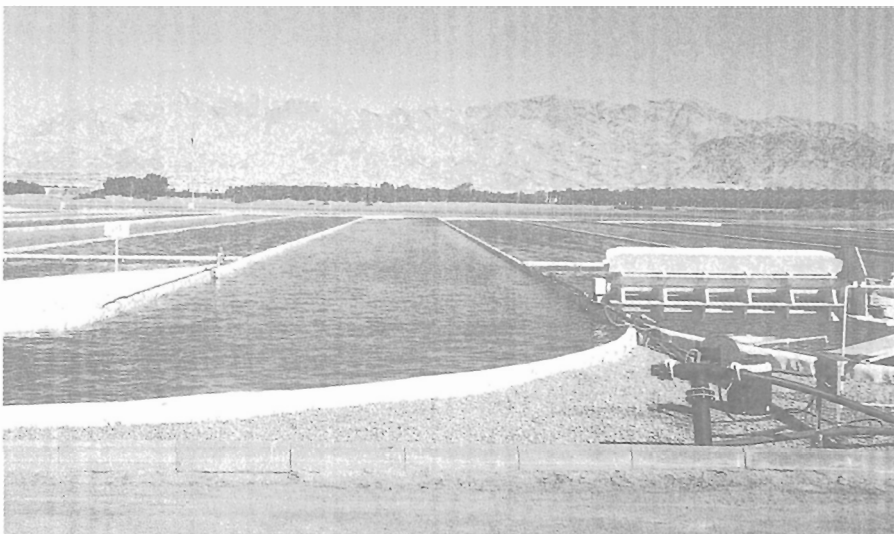
これはまだアイデアの段階で実現はしていないが、私がいた研究所のインターナショナルセンター内においてそのミニチュアを作り、センター内の空調に実際に応用されている。砂漠の空気はご存知のように大変乾いている。そこで、砂漠の真中に大きな高い空洞の塔（数百メートル）を建て、その上部から地下水または生活廃水を霧状に散布する。水は落下する途中で蒸発して潜熱を奪うので、この塔の上部と下部に大きな温度差がで

き、上部から下部へと強い風が生じ、この風を風力発電に利用するという考えである。

砂漠で魚類の養殖

私のいた研究所には魚類の養殖研究室があり、そこでは砂漠の地下水（ブラキッシュ・ウォーター）を用いて、高密度の魚類の養殖実験が行われている。砂漠で魚類の養殖とはいかにも突飛なアイデアに思えるが、このネゲブ砂漠で得られる塩水ブラキッシュ・ウォーターは温度が35℃以上と高いため、この水を利用して魚を養殖すると、魚類によっては生長が大変早まる利点がある。

例えば、うなぎや淡水性のメジロダイ等はすでに実用化され、幾つかのキブツ（生活共同体）において大量に養殖され、ヨーロッパ等へ輸出されている。また更に一定の養殖池の中でいかに高密度養殖を実現するかについても盛んに研究が行われている。



エイラートにあるドナリエラの大規模培養槽

* 1ユニット3,000㎡の培養槽が20セットほどあり、毎月4～5トンのドナリエラ乾燥粉体が日本へ輸出されβ-カロチンとして商品化されている。

微細藻類の大量培養を学ぶ

私が当研究所で最初に取り組んだ研究は、微細藻類の大量培養であった。それは以下に述べるような藻類培養研究のコンセプトとそのメリットに大いに共感するところが多々あったからである。

微細藻類 (Microalgae) 培養研究のコンセプト

21世紀を目前にして世界の人口は今なお急速に増え続けているが、こうした世界的人口増加に対処して、十分な食料供給体制の必要性が叫ばれているにもかかわらず、一方では自然環境破壊などによる自然的資源、特に水資源の減少が著しく、今日の農業は将来への展望という視点からみて大きな岐路に直面していると言える。

21世紀にはこの水資源をめぐる国家間に大きな争いが起こると予測している科学者もいるくらいである。特に、世界の陸地の8分の1を占める乾燥地帯の農業は今なお深刻であり、そのため世界人口の約6分の1が苦しい生活を強いられている。しかし日本で生活しているわれわれにとってはこうした世界の乾燥地帯の現状を実感できる機会は殆どない。

乾燥地帯の農業はわれわれ温帯地方の農業とは基本的に異なる考え方が必要である。即ち生産性の低い乾燥地帯の農業生産力を高めるためには、これまでの自然的資源重視の農業ではなく、より科学的農業 (Science-based agriculture) を導入する必要がある。そうした全く新しい農業形態として、微細藻類の大量培養がある。具体的に言えば、多様な経済的目的に応じた産物を生産する手段として、砂漠地帯にある地下水 (ブラッキッシュ・ウォーター) や海水を利用して、豊富に存在する太陽エネルギーと高い気温を活用した大規模な微細藻類培養である。微細藻類は繊維質以外は殆どの物質を生産する能力をもっている。

微細藻類培養の利点

有用なバイオマス資源として微細藻類を培養することの主なメリットは次のような点にある。

- ① 藻類はその光合成器官で有機化合物を生産する際、太陽エネルギーを非常に有効的に利用できる特殊な生物的仕組みを持っている。
- ② 藻類は非維管束植物 (体内に維管束が無い) で、通常複合再生器官 (根、葉、幹) が無く、収穫、加工しやすい完全なバイオマスを形成している。
- ③ 多くの種の藻類は蛋白質、炭水化物、脂質および色素のような商品価値のある化合物を特に高濃度で生産するよう誘導することができる。
- ④ 藻類は単純な細胞分裂サイクルを行う微生物で、多くの場合有性期が無く、遺伝的淘汰や系統選抜が比較的早く、やり易い。このことは、他の農作物よりもはるかに早い生産過程の発現と発達を可能にしている。
- ⑤ 痩せた土壌と良質の水不足が原因で生産力が低い乾燥地帯にとっては、海水やブラッキッシュ・ウォーターを使って生育させることができる藻類の培養は、そのような地帯で生産力を高めるための唯一の手段である。
- ⑥ 藻類バイオマス生産システムは単純な労働集約的生産施設から、多大な投資を要する完全自動システムに至るまでのいろいろなレベルの作業的および技術的な手法に適應できるシステムである。

私に取り組んだ研究の目的は、経済価値のある特殊な物質を生産するような特異な種類の微細藻類を大量培養するためのバイオテクノロジーを開発し、かつそれが経済的に成り立つことを証明することであった。私が手掛けた野外大量培養では、スピルリナ・プラテンシス (青色のフィコシアニン蛋白を生産)、イソクリセス・ガルバーナ (多価

不飽和脂肪酸DHAを生産)、ヘマトコッカス・プルビアリス(赤色色素アスタキサンチンを生産)の3種を、右の写真にしめしたような封閉型のチューブからなるフォトバイオリアクター(Tubular photobioreactor)を用いて大量培養実験を行った。

雪藻の利用研究に挑戦

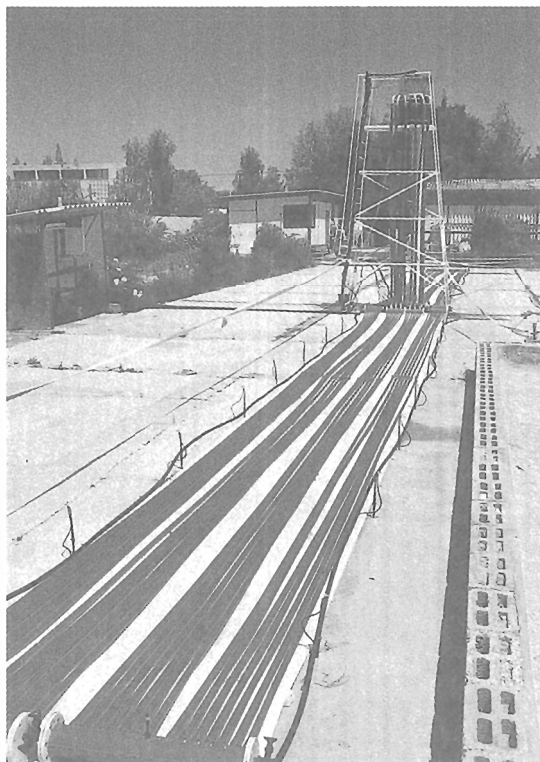
私が上記微細藻類の野外大量培養を手掛けてから約1年半が過ぎた頃、幸いにも糸川英夫氏(評論家)の尽力により、日本の富山県からの委託研究として雪藻の利用に関する研究プロジェクトに取り組むことになった。

雪藻(Snow algae)というのは、山岳部の雪の下でも生息することができる特異な微細藻類で、春から夏にかけて雪融けが始まると、ある種の雪藻はその水の中に鞭毛をもった遊走子を泳がせ、残雪の表面にまで到達し、そこで繁殖して、時には雪の表面を赤色や緑や黄色に染めることもある珍しい微細藻類である。

ユニークな新種の発見

1992年の夏、私は研究室のスペシャリスト2人と共に富山県の立山に登り、標高約2,500メートル付近に残された残雪の下および周辺でサンプル採取を行い、それらをイスラエルの研究室まで持ち帰って、一体どのような種類の微細藻類が生息しているかについて基礎的調査に取りかかった。

そして1992年と93年の2年間で集めた興味深い多くのサンプルの中から、幸運にも大変ユニークな新種(緑藻類の一種)を発見することができた。何がユニークかと言うと、この新種は高度不飽和脂肪酸であるアラキドン酸を多量に蓄積する特性があることであった。微細藻類の中で高度不飽和脂肪酸としてアラキドン酸を含有する種は海洋性の褐色藻類ポルフィリディウム属を含め比較的少数の種に限られている。われわれのグループが立



実験用のチューブ式フォトバイオリアクター
(5,000リットル規模)

山から見つけ出した新種はその含有量が極めて高く、これまで報告されている微細藻類の中ではワールドチャンピオンに相当する程高い含有量(藻体乾物の約10%)を示した。しかもその含有アラキドン酸はその多くが細胞中の中性脂質の中に存在し、その化学的構造がトリアラキドニル・グリセロールという極めて特異な化学構造をもっていることもわかった。

多彩な生理的活性と用途のあるアラキドン酸

n-6系高度不飽和脂肪酸であるアラキドン酸は、多様な生理機能をもつ2シリーズのプロスタグランジン(血圧や炎症・免疫系の調節など)や4シリーズのロイコトリエンなどの前駆物質として、また単独で、皮膚保護、胃壁保護、免疫賦活、コレステロール降下、ガン細胞に対する殺細胞効果、胎児の発育増進など実に多くの生理作用を有

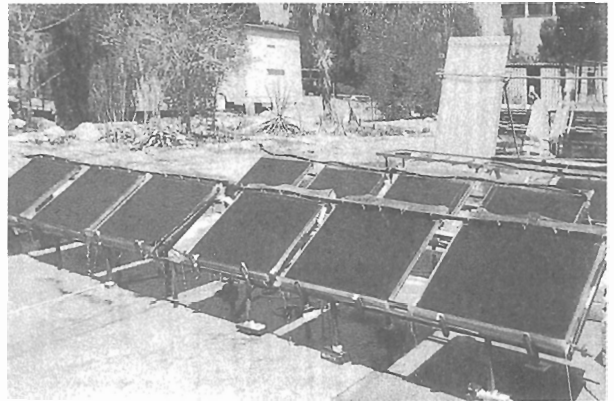
することが報告されている必須脂肪酸である。そしてその応用について、医薬品としては、成人病予防薬、肝保護作用または治療薬、胃・十二指腸粘膜保護・治療薬、学習能向上剤、老人性痴呆薬、IFN増強作用、皮膚病治療剤等々、また医薬部外品として、母乳代替品（調合添加剤）、保湿クリーム、皮膚美白剤、船舶の海洋汚染防止剤、栄養食品、口腔清浄剤等々多様な応用が国内外の企業によって検討されている。

新たなチャレンジ

今後は、上述したこのユニークな新種の藻類を密閉型のフォトバイオリアクターを用いて大量培養し、アラキドン酸を多量に含有する藻体の効率的、経済的生産を実現することを目的として、「微細藻類の大量培養によるアラキドン酸の工業的生産」というテーマの応用研究にチャレンジする。現在、そのための研究開発計画を作成し、われわれ研究グループとの共同研究に興味のある相手を探しているところである。

謝辞

以上2回にわたり、イスラエル国について断片的ながらさまざまな視点からの紹介と、また僭越



実験用のパネル式フォトバイオリアクター
(300リットル規模)

ながら私が取り組んだ研究についてもここに述べさせていただいた。

最後になりましたが、私にこのような機会を与えて下さったソルト・サイエンス研究財団の武本専務理事に、また私のイスラエル研究留学に際し、多大の励ましとご指導を下さった杉二郎先生（東京農業大学名誉教授・理事）にこの場をお借りして心から感謝申し上げます。

((株)ジェイ・シー・イー・オーバースーズ)

塩漫筆

塩車

『塩の言語学』

日本

現代の日本では塩（しお）という。新仮名遣いで（しお）となる前は、塩、潮とも同じく（しほ）であり、古くは「志^{しほ}本」（古事記、仁徳）、「志^{しほ}保」（万葉集）等の字が使われていた。¹⁾²⁾また、志波彦（男神）、志波姫（女神）という神の名前の「志^{しほ}波」は（しほ）と同じ意であるという。³⁾

一方、漢字では鹽、その略字が鹽および塩であり³⁾、現在の当用漢字では塩が使われていることとはご承知のとおりである。現在なお鹽の字が使われているのは、塩づくりの神を祀る陸奥一ノ宮、鹽竈神社の関係だけであろう。塩の音読み（エン）は製塩、塩業、食卓塩等とごく日常に使われている。

(注) 1) 化学用語としての塩（えん）。

化学の分野でマグネシウム塩、硫酸塩のように、塩という字がよく使われる。これは酸とアルカリの反応で水とともに生ずるものこと、「酸の水素原子を金属または金属性基で置換したものを塩」と定義される。例えば、



この場合は塩は（えん）と読み（しお）とはいわない。英語では（えん）はsaltであり、その最も代表的で身近にあるのが食塩であり、common saltというわけである。

(注) 2) 旧塩専売法における「塩」

第1条 この法律において「塩」とは、塩化ナトリウムの含有量が100分の40以上の固形物をいう。但しチリ硝石、カイニット、シルヴィニットその他大蔵省令で定める鉱物を除く。

ヨーロッパの言語⁴⁾

現代のヨーロッパ各国では、塩のことをそれぞれ次のようにいう。

sal (スペイン)	sale (イタリア)
sel (フランス)	salt (英)
salz (ドイツ)	

これらは、いずれもラテン語のsal〔①海、潮 ②塩〕からきた語である。ラテン語は6～16世紀にヨーロッパで広く使われたが、海水を蒸発させてつくった海塩をsalと称し、さらにこれと似た物質、すなわち水に溶けやすく、かつ燃えない固形物を、おしなべてsalと称した。

英語のsaltの綴りは9～10世紀以来ずっと見られるが、この他にも次のようにさまざまな綴りが使われたことがある。

11世紀以前	sealt
13世紀	salit, saltt
14～16世紀	salte
15世紀	sawte
16, 17世紀	saulte
18, 19世紀	saut, sawt

なお、食塩をとくにcommon saltというようになったのは、1460～70年の頃が最初であり、始めは天日塩solar saltに使われていたが、後にはすべての食塩に使われるようになった。現代英語のsaltも、日本の塩と同様、次の2つの語意をもっている。

(1) 食塩、塩化ナトリウム

(2) 化学用語としての塩（えん）……前述

ラテン語のsalをさらに遡ると、ギリシャ語のαλς=hals（海、海水、塩）にたどりつく。天然の塩の結晶である岩塩を、一般の英語ではrock salt、鉱物学ではhaliteという。最初にhalitesと命名したのは1847年Glockerであり、現代では英語でhalite、ドイツ語ではhalitである。いうまでもなく、これらはギリシャ語のhalからきている。

また、塩は塩素ClとナトリウムNaとの化合物である。そのClと同じ中間の元素はフッ素F、臭素Br、沃素I、アスタチンAtがあり、これらの元素を総称してハロゲンhalogen (英) という。これは(塩をつくる素)のギリシャ語(halo-gen)である。

このようにhalsは、鉱物学や化学の分野に名を留めるばかりでなく、ドイツ、オーストリアなどアルプス寄りの古い製塩地の地名として残っている。オーストリア西部の都市ザルツブルグは、モーツァルトの生まれた街として、日本の音楽ファンの間でとみに有名である。とくに、平成3年(1991)は、モーツァルト没後二百年ということで、盛大な音楽祭が行われた。市の名前は、ずばりそのものSalz-burg(塩の町)である。ここは古くからの製塩地であって、市の郊外のHallstattは紀元前からの塩産地である。地名はケルト語のhal(塩)・statt(場所)、すなわち(塩の出る場所)に由来しており、現代のSalzburgと同じである。

このHallstattでは、紀元前1000~500年盛んに岩塩の採掘が行われ、ヨーロッパで最初の鉄器文化、ハルスタット文化(紀元前8~5世紀)の中心地となった⁵⁾。Salzburg周辺は現代でもオーストリアの塩生産の中心地である。

この他にもHallein(オーストリア)、Hall(スイス)、Halle(ドイツ)、Reichenhall(ドイツ)等の地名があり、いずれも塩の生産地であった。

サラダ[salade(フランス)、salad(英)]やソース[sauce(フランス、英とも)、もとはラテン語のsalsus(塩からい)から]などの言葉が³⁾、塩からきていることはよく知られている。また、給料をサラリー(salary)といい、サラリーマンは日本語化しているが、salaryはラテン語のsalārium(給与として塩を渡すことから、給与金となった)から来たものである。

各地の「シオ」言葉

言葉は部族民族によって多種多様、また時代とともに変化するものがある。塩は、人類の歴史の太古の時代から日常生活の基盤に含まれているので、頭、手、足などの人体語と同様なかなか変化し難い言葉である。塩と似たものとしては、生存に欠かせない「水」もそうである。

ヨーロッパ諸国の中でも、ローマの流れをくむルーマニアでは塩のことを「サーレ」というが、その西隣のハンガリー⁶⁾はウラル・アルタイ語族を祖先とするとかで、塩は「シオ」、水は「ビズ」といい、日本語と大変よく似ている。この他、ロシア語では「ソーリ」、ヘブライ語⁷⁾ではセム語と同じく「メラハ」というそうである。

東南アジアでも、下のように実に多様である⁸⁾。

タイ	中央 チェンマイ	klíua[クリア] saw
ビルマ (ミャンマー)	一般 山地	iléa saw
ラオス		muai
カンボジア		[ルウ]
インドネシア		[ガラム]
ボルネオ		[シア、シオ]
スندا ⁹⁾		[ウジア]
ニューギニア ⁹⁾		[クム]

歴史的にみて、わが国が最も影響を受けたはずの中国では、塩は「エン」であり、距離的に一番近いお隣りの韓国では「ソクム」といって、日本語の「シオ」と違いがある。東南アジア各地の例の中で、なんとボルネオは同じであり、スダの「ウジア」は海水の「ウシオ」と似ていそうである。タイとビルマ(ミャンマー)の山地のsawも「シオ」に近いように思われる。これらの類似例といい、前述のハンガリーについても、古代日本人あるいは日本語の形成を考える上で見逃せない事柄であろう。

文献

- 1) 三省堂；『国語大辞典』上代編(昭和42)
- 2) 京都大学文学部編；『倭名類聚抄』本文編 臨川書店刊(昭和43)
- 3) 三浦鶴治編；『日本食塩回送史』(昭和4)
- 4) D.W.Kaufmann；『SODIUM CHLORIDE』(1960)
- 5) 山田 清；『新訂 塩と文化』ソーダ工業会(昭和45)
- 6) 朝日新聞, 昭和54.3.3.
- 7) 『聖書辞典』いのちのことば社
- 8) 矢野 暢, 民族とことばの多様性, NHK教育テレビ 昭和58.10.27.放映
- 9) 本多勝一；『専売』No.2(1964)

第8回助成研究発表会が開催される

去る7月25日（木）、東京・平河町の全共連ビルで第8回助成研究発表会が開催されました。

この発表会は、当財団が平成7年度に助成した研究の成果を発表するもので、一般公募研究54件とプロジェクト研究2件、合計56件の発表が行われました。

発表は午前10時から3会場に分かれて始まり、約240名の参加者のもとに活発な意見交換が行われ、午後5時過ぎに終わりました。

また、発表の終了後、当財団研究運営審議会研究顧問の木村尚史（大阪大学教授）、杉二郎（東京農業大学名誉教授）、藤巻正生（東京大学名誉教授）、星 猛（静岡県立大学学長）の各先生からそれぞれの分野についての総括（総括の内容は本誌2～14ページに掲載）がありました。引き続き同ビル6階の平河町マツヤサロンで懇親会が開かれ、研究者と参加者の交流が深められて盛会のうちに終了しました。

第17回研究運営審議会が開催される

平成9年度助成研究公募の締切日が例年より早まり1月10日に変更

去る9月4日（水）、東京・神谷町の虎ノ門パストラルにおいて第17回研究運営審議会が開催されました。

審議会では①第8回助成研究発表会の総括と

『平成7年度助成研究報告集』の作成、②平成8年度の助成研究状況と第9回助成研究発表会の実施構想、③平成9年度の研究助成構想と公募計画などについて審議が行われました。

なお平成9年度助成研究の公募は、締切日が従来より5日間早まり公募期間は、本年11月1日から平成9年1月10日までと決まりました。

平成9年度助成研究を募集

財ソルト・サイエンス研究財団では、平成9年度助成研究の公募を次のとおり行います。

〔助成の対象〕 海水濃縮プロセス、食塩結晶の製造および加工、海水資源の利用および環境問題、食塩やミネラルの生理作用、および食塩における塩の用法や役割などに関連する研究を助成します。とくに若手研究者の積極的な応募を期待しています。

〔助成期間〕 平成9年4月1日～平成10年3月31日

〔助成件数〕 50件程度

〔助成金額〕 1件当たり50～300万円以下

〔応募の方法〕 当財団の応募要領による。

申請書類用紙を電話・FAX・郵便で当財団に請求して下さい。

〔申込期間〕 平成8年11月1日～平成9年1月10日（申請書類必着）

〔申込先〕 〒106 東京都港区六本木7-15-14 塩業ビル3F

財ソルト・サイエンス研究財団

電話 03-3497-5711 FAX 03-3497-5712

JT塩専売事業本部、財塩事業センターが事務所を移転

JT塩専売事業本部と本年7月1日に設立された財塩事業センターでは、先頃事務所を千代田区の新霞が関ビルから下記に移転し、8月12日（月）から新事務所でそれぞれ業務を開始しました。

記

新住所 〒107 東京都港区赤坂 1-12-32
アーク森ビル24階

塩専売事業本部	電話番号(代表)	03-5562-7714
	FAX番号	03-5562-7776

塩事業センター	電話番号	03-5562-7711
	FAX番号	03-5562-7776

財団だより

1. 第8回助成研究発表会（平成8年7月25日（水）全共連ビル）
平成7年度の助成研究56件について、研究成果が発表されました。
2. 平成7年度『ソルト・サイエンス研究財団事業概要』の発行（平成8年7月）
研究助成をはじめとする、当財団が平成7年度に実施した事業などを周知するために、標記の事業概要を発行しました。
3. 第17回研究運営審議会（平成8年9月4日（水）虎の門パストラル）
平成9年度の研究助成の方針、助成研究の公募の方針などが審議されました。
4. 平成9年度助成研究の募集
財団では平成9年度助成研究を募集します。申込期間は、平成8年11月1日から平成9年1月10日までです。詳細は39ページをご覧ください。

（予定）

- ・塩の機能とその科学－食と健康を考える－公開講演会（平成8年10月26日（土）宮城県建設産業会館）
標記講演会が日本海水学会の主催、日本栄養改善学会、日本食品科学工学会、日本家政学会、日本栄養士会、日本水産学会、日本調理科学会および日本伝統食品研究会の共催、ソルト・サイエンス研究財団および塩事業センターの後援により開催されます。

編集後記

この夏、アトランタ・オリンピックを深夜のテレビで観戦しました。

日本の選手では、期待された柔道の選手が次々と惜敗したなかで、野村忠宏、中村兼三、恵本裕子の3選手が、このプレッシャーに耐えて金メダルを獲得し、ようやく本家柔道の面目を保ちました。また女子マラソンでは、有森裕子選手が3年間のブランクを克服しての銅メダル、彼女が笑顔でゴールした情景に思わず拍手を送りました。いずれも技術力と精神力の発揮がどれほど難しいものかを深く印象づけられました。

男女合わせて25の世界記録が生まれたそうですが、各競技のどの場面でも人間の進歩の可能性を改めて見せられました。実に素晴らしい感動と夢を与えてくれた17日間でした。

皆様からのご意見・ご要望と、積極的なご投稿をお待ちしております。

|そるえんす|

(SAL'ENCE)

第 30 号

発行日 平成 8 年 9 月 30 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 東京都港区六本木 7-15-14

塩業ビル

電 話 03-3497-5711

F A X 03-3497-5712