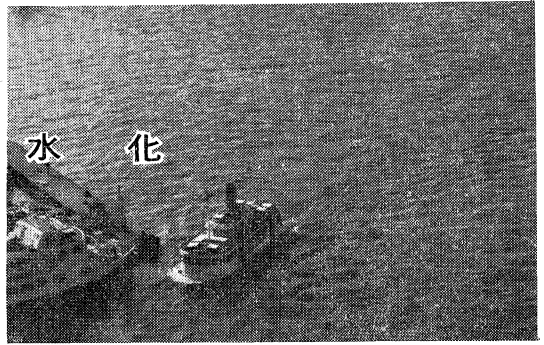


海水の淡水化

永岡乙哉*



1. はしがき

最近の水不足は深刻であってこの対策は世界各国の共通課題となっている。昨年発表された「所得倍増計画」においても、農業、工業、上水道用水の需要は10年後には4~5倍に達すると見込まれ、計画達成の重要なキーポイントとなっている。また、アメリカでは現在まで60年間に水需要は7倍になり、なお今後15年間は現在の2倍になるといわれている。

この需要に対処して、ダムの開発、農業用水の合理化などによって淡水源の開発が計画されているが、この開発にも技術的、経済的限界がある。

従って近き将来生ずる淡水源のせっぱくに対処して、淡水源の回収をはかるとか、海水を淡水化するなどの研究を促進する必要がある。海水の淡水化は夢ではない。すでに世界各国が研究に着手してから数年たっている。現在では淡水源のない砂漠とか、船では、飲料用として利用している。ただ、コスト高のため一般に実用化し得ず、海水の淡水化の問題点は、いかにして大量にかつ淡水の単位当たりコストに近づけるかの技術研究にある。

海水を淡水化する基本的なことは、海水中にふくまれている塩分を除去することである。海水にふくまれる塩分は非常にまちまちであって、太平洋においては平均35000ppm(1/100万)であり、おおむね一様であるが、ペルシャ湾では40000ppm、バルチック海では7000ppmである。太平洋より塩分が少なく、1000ppm以上のものを半塩水 Brackish Water というが、これはアメリカ大陸に非常に多い。淡水として塩の許容量は、使用用途により様々であるが、飲料水の場合は500ppm以下(日本の飲料用水の許容限度は200ppm以下)であり、農業用水は1500ppm以下といわれている。また工業用水では業種と用途により異なるが、ボイラー用水(2~3ppm以下の純水)を除いては200ppm以下であることが望ましい。

塩水を脱塩し、淡水化するためには、水中にとけている塩はそれぞれ陽イオンと陰イオンに帯電し、水分子と

結合しているから、この水分子とイオンを分離すればよい。しかし、この場合多量のエネルギーを必要とする。例えば蒸溜により平均値程度の塩分をふくむ海水を純水にするためには、理論的に計算すると1t当り7.4kWhの熱量を必要とする。

これを実際に応用する場合にはロスがあるので、前記の数倍の熱量を必要とするが、現在の実験段階でもっともよい効率のよいプロセスで2.5~4kWhの熱量を要するといわれている。従って、海水淡水化の技術問題としては、いかに低廉な効率のよいエネルギー源を得るか、大きなテーマであろう。

2. 海水の淡水化方法

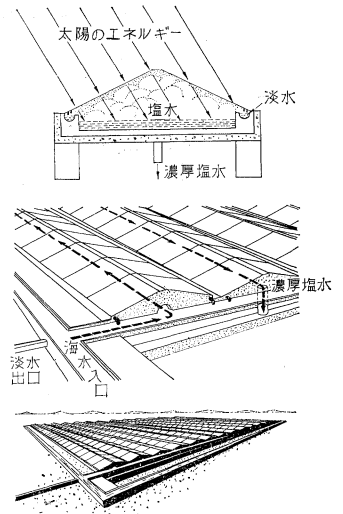
現在まで、世界各国で研究されている脱塩法としては大体次の方法がある。

(1) 天然蒸溜法(図-1参照)

ばく大なエネルギーを有する太陽熱を利用する方法で、装置は簡単である。プラスチックまたはガラスの傾斜板を有する槽であって、その底は熱絶縁性として浅い塩水層をおくと日光は透明な板をおしてさし込み、65~70°Cの温度の水を蒸発させ、水は板の内側に凝結する。この装置の最高効率

は快晴の正午で65%程度であり、普通は35~50%である。この方法の特徴は、エネルギーが無償であるが、広い面積を必要としてイニシャルコストが高いことである。砂漠地帯のように土地の価格も安く、太陽エネルギーが豊富などころでは有利な方法で、実用化されている。

図-1 天然蒸溜器の例



* 正員 通産省企業局工業用水課

太陽熱利用法のアイデアと同じことで、太洋の表面と深部との温度差を利用して、海水から水を蒸溜する方法がある。海水の温度は 400~800 m の深さで 20°C 程度の差がある。この場合 1t の淡水を得るのに 6t の海水と同量の凝縮用冷温海水を必要とし、このためのポンプ動力が 9 kWh/t となるので、ポンプ作業とエネルギー的に困難な問題があるといわれている。

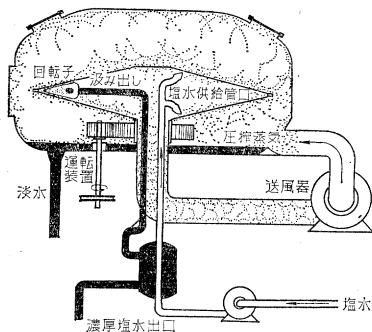
なお太陽蒸溜方法の経済的な装置についてアメリカ、北アフリカ、オーストラリア、スペイン、イタリアなどで研究され、一部は実施されている。

(2) 蒸溜法

前記の蒸発凝集を燃料または、動力を使用して行なう方法で、加圧蒸溜式と多階程式とがある。これは蒸溜の効率を増加させるための方法であり、機械的製塩に利用されている。わが国においても製塩目的のため多くの研究がある。

加圧蒸溜式とは蒸気を大気圧よりも高い圧力で圧縮すると蒸気の温度は上昇し、この熱をさらに水の蒸発に利用する方法である。本法の新型式として Kemreth, C.D. Hickman が考えた装置は(図-2 参照)、凝縮形成限度以下の温度の加圧面に薄い塩水膜を高い温度で噴射させ蒸発させるのであるが、大きさに制限があって、はたして工業化できるかどうか疑問がもたれている。

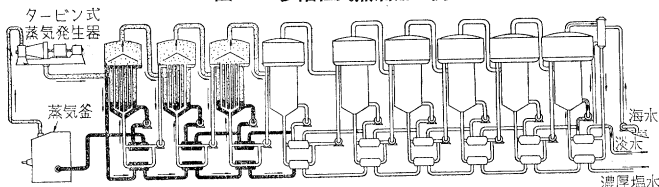
図-2 加圧蒸溜器の例



多階程式(図-3 参照)とは各階程で蒸発した水の凝縮により放出された潜熱を、次の階程に用いる方法である。例えば第一階程では海水は大気圧かそれ以上の圧力のもとで蒸発し蒸気になる。この蒸気は第2の蒸溜器で凝縮し蒸溜水として集められるが、この時の潜熱がその容器中の海水を蒸発させる。このように本法はエネルギーを有効に利用するため有望な方法といわれている。

これらの二方法の問題点は、腐食と缶石形成であって

図-3 多階程式蒸溜器の例



腐食防止については防食技術の進歩により問題は少なくなっているが、缶石形成による効率低下防止に対してはまだ完全な対策が完成されていない。

(3) 冷凍法

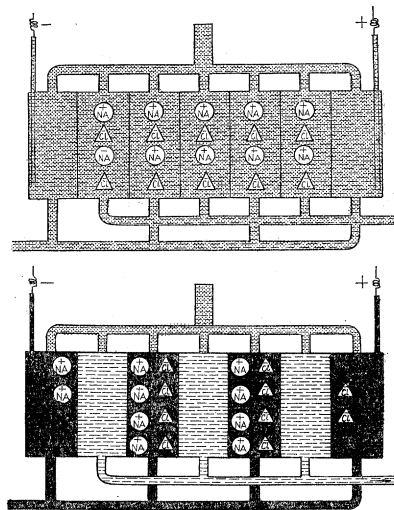
塩水を氷結させてその氷を分離し淡水を得る方法である。本法の利点は分離に必要な潜熱が、水の融解潜熱は 80 cal であるから蒸溜法に比較して約 1/7 ですむことである。本法には水を外部から冷却する間接法と冷媒を塩水中に入れて冷却する直接法とがある。

直接冷凍法については、わが国(通産省東京工業試験所)で、すでに昭和 28~35 年までに基礎研究が実施され、その成果は世界的に知られている。この基礎研究方法は、海水に冷媒を直接に接触させながら気化させると、その冷媒の気化潜熱で海水の温度が低下し、氷の結晶が折出し、これを分離してその融解の際の潜熱を利用して冷媒を液化させる方法で、冷媒としてブタンが使用された。

本法の特徴としては (a) 冷媒が直接に海水に接触し、分散状態で熱が伝わるから伝熱面も伝熱係数も大きい。(b) 腐食の心配がない。(c) 缶石は出ない。(d) 回転するエネルギー量が少ない。(e) 施設費が安い。などである。またこのほかに真空式冷凍法がある。これは真空に近い減圧状態の装置内に海水を噴霧状に降らせると水の一部は蒸発し、その気化潜熱により気化した水の約 7 倍の水が氷となって折出する。本法は理論的に可能であるが装置に問題があるといわれている。

(4) イオン交換膜法(図-4 参照)

図-4 イオン交換分離



陽イオンまたは陰イオン交換樹脂膜をとおし分離する方法であって、それぞれ陽・陰イオンに対し交換性を有する 2 種類の膜を交互に入れた中に塩水をとおし、両端に電極を置き直流電

流を流すと塩水中の各イオンはそれぞれの電極の方向に移動し、各膜の間から淡水を折出する。本法の特徴は、電力の消費量は少ないが抵抗損による損失、膜のもれ、などの損失があり、塩水の濃度の低いものが有利とされている。

(5) イオン交換法

ボイラー給水の調整法として用いられる方法であるが、塩水が樹脂またはほかの材料をとる間に塩のイオンがほかのイオンに置きかえられる。本法の特徴はエネルギー消費が少ないことである。塩分の低いときは有利であるが、再生用薬剤を使用するので濃度が高いと高価になる。工業化するには、特定のイオンを除去するか、またはほかの脱塩法と組み合わせるなどの場合に効力がある。

(6) 加圧吸着法

分子フルイ型の多孔物質として特につくったプラスチック膜などの中を加圧浸透させることにより脱塩する方法である。実際には合成ゼオライトを使用し相当効果があることが認められている。

(7) 溶剤抽出法

ある種類の溶剤を海水に接触させると水は吸収するが塩分は吸収しない。この溶剤としてアミン誘導体とグリコール エーテルが発見されたが、本法には溶剤の回収に問題が残されている。

(8) 原子力の利用

原子力エネルギーを蒸溜に利用する方法である。原子炉の第2次ボイラー内に塩水を送水し、フラッシュ蒸発による蒸気を送り、この蒸気で多階程式蒸溜器を移動させ淡水を抽出する方法である。

以上の各種の方法が世界各国で研究され、一部は実用化している現状であるが、これらの方法で飲料または工業用として利用できる程度に淡水化するために試算されたコストは表-1に示すとおりである。

表-1 試算価格表

用水製造方法	用水価格 (円/t)			
	200 t/日以下	2 000 t/日	20 000 t/日	
蒸溜法	単一缶	277	925	69.3
	多重缶	185	46.2~92.5	27.7~46.2
	蒸気圧縮法	167	111	74
	太陽熱	277	231	185
高温高圧法	大洋熱	—	—	185
	—	—	277	185
冷抽出法	70~185	46.3~92.5	23.1~46.2	
浸透法	吸着法	277	231	185
	海水	278	185	139
イオン交換法	海水	1 390	1 110	925
	海水熱回収	554	277	185
	3 500 ppm	554	370	277
イオン交換膜法	海水	139	925	55.4~92.5
	3 500 ppm	27.8	23.1	13.9

この表から海水から淡水を得るためには現在の研究段階

では特殊のものを除いておおむね 100 円/m³ 以上の費用がかかる。

わが国の飲料水または工業用水の淡水の価格と比較すると 10~20 倍程度の費用であり、実用化するにはほど遠い。従って海水を淡水化し利用するためには、現在まで相当の実績と効果をあげている基礎研究を進展させ、大量に安く淡水化し得る研究が必要であろう。

わが国においては前述のとおり、昭和 27 年から冷凍法による海水淡水化研究を実施し、その基礎研究は数種の特許を得ている。またイオン交換膜方法でも、イオン交換樹脂膜を生産する会社で実施され、相当の効果をあげている。このような情勢から化学の専門家の間では、今後のわが国の研究課題として、前述した各種の方法のうち蒸溜法、冷凍法、イオン交換膜法の 3 方法について、大規模な工業化試験を実施することを強調している。

3. 海外の状況

海水淡水化研究について世界各国の現状を国連ユネスコで調査した報告書 (1958 年) によると、フランス 9、ハンガリー 1、インド 4、イラク 1、イスラエル 3、イタリヤ 2、日本 9、スペイン 1、スイス 2、北アフリカ 1、イギリス 9、アメリカ 37、ユーゴスラビア 1、オーストラリヤ 1、など合計 85 件の研究がある。研究の種類としては蒸溜法 39 件が最も多く、次にイオン交換法 32 件、冷凍法 11 件となっている。

それぞれのその研究目的から、塩分の除去目標を 1~500 ppm においている。このうちとくにアメリカでは、内務省所管のもとに研究に関する審議を行ない、また各研究機関に対して研究費補助制度が確立され、国外からも協力が行なわれている。

これは 1952 年にアメリカ合衆国議会が、海水淡水化の重要性を認めて、その問題の研究と発展をはかるため「塩水転換法」を制定したからである。この法律は 1955 年にはその一部修正を行なっている。

「塩水転換法」のおもな内容は、

- (1) 海水または塩水から農業、都市上水などの用途に適する水を製造するため、大規模な開発の可能性を検討する。
- (2) 内務長官は、基礎研究、技術開発研究の承認と契約を行ない、研究の一さいの権利を取得できる権限をもつこと。また、その研究のためには化学、物理などのあらゆる関係技術者、および教育研究機関を動員できる。
- (3) 内務省はまた国防省と共同研究すること。
- (4) 研究費は 5 年間に 200 万ドルとし、そのほか調査調整費として 50 万ドルが使用できる。

1955 年国会で同法の一部改訂が行なわれ、なお一そう強化することになった。そのおもな内容は

- (1) 5カ年計画を11カ年に延長し、1953~1963年
度を研究期間とし必要があれば3カ年延長が許さ
れる。
- (2) 14カ年の研究計画に対して予算は1000万ドル
(36億円)である。
- (3) 連邦化学研究所の施設を使用することが許可さ
れ、その予算は260万ドルである。
- (4) アメリカの研究計画に必要な外国への研究調査
委託費が、毎年度予算の10%まで認める。
- (5) 原子力委員会と民間の協力がとくに承認され
た。

この改訂により研究は急激に活発化し、ただちに中型
の K.C.D. Hickman 式の蒸気圧縮プラントが建設さ
れ、そのほか数パイロットプランが計画された。

また、イオン交換膜法の実験の一部を Bureau of Re-
clamation で行なうことにした。またさらに国会の強力
な要請で、技術顧問と省委員の組織とその運用を再検討
し、人員を増加するとともに研究が促進されるように強
化した。

この法令が施行後、500以上の研究の申込みを受け、
1954年には内務省はその中から22を選び、研究および
試験契約を結び、さらに1955年には8研究を追加し合
計30件になっている。

そのおもなものは、下記のとおりである。

- (1) 天然蒸溜法
 - (a) 1段階の屋根式蒸溜器
 - (b) 傾斜ガラス蒸溜器
 - (c) プラスチック式蒸溜器
- (2) 蒸溜法
 - (a) 蒸気圧縮法
 - (b) 蒸気圧縮および多階程式
 - (c) 臨界圧法

{	塩水を加熱して、臨界圧まで上昇 させると、塩水は濃度の希薄な相 と濃厚な相に分離する
---	--------------------------------------------------
- (3) イオン交換膜法
 - (a) 電解透析槽の応用
 - (b) 膜の合成
 - (c) 膜の基礎研究
- (4) 浸透法
 - (a) 圧力浸透法
 - (b) 空気皮膜浸透法
 - (c) イオン浸透法
 - (d) 吸着浸透法
- (5) 冷凍法
 - (a) 圧縮分離

これらの研究報告によれば、実験はいちじるしく進歩
し、あるものは実用化し、またあるものは成功しなかつ
た。

とくに目立った研究は蒸気圧縮法とイオン交換膜法で

あった。

また一般に蒸溜法では蒸溜缶の缶石防止が重要である
が高温、高圧の臨界点以上で蒸溜すれば、缶石は防止
し、実用化し得ることがわかった。

太陽熱蒸溜法では、ガラス槽の方が有利であり、イオ
ン交換膜法では小型のパイロットプラントで研究され
ている。これら各種の研究結果、一般に海岸と内陸とで
適、不適があり、例えば蒸溜法は海岸地方に適し、イオ
ン交換膜法は内陸地方に適しているという結果を得てい
る。

以上の研究報告に対して、実際に実用化した例は下記
のとおりである。

「蒸溜法」の例はカリブ海の Amba 島とペルシャ湾
のクエートで12000~10000t/日のプラントが設置さ
れている。

「イオン交換膜法」は4t/日程度のものが販売され、
リビヤのトブルク市では40t/日(200枚の交換膜)の能
力のものが使用されている。アメリカでは前記研究補助
金により研究促進された塩水転換装置が、テキサス州フ
リーポートに1961年から設置される予定であり、本装
置は能力が3800t/日のもので飲料水として95円/m³で
供給することになっている。

またカリフォルニア州では飲料用水源に半塩水を使用
している。そのほかマサチューセッツ州ケンブリッジで
はベレハム製鉄所からイオニクス商会まで多くの会
社が塩水の転換について努力している。なお、内務省
塩水局の物理学者である A.L. Miller 博士は、数年前
はごく小数の会社しか塩水転換について考えてなかつた
が、最近では100余の研究機関および会社が年々5000
万ドルの研究資金を投じているといっている。そして実
用化されたものは、例えばイオニクス社の小型の転換装
置は40以上も市販され、現在全世界で建設された装置
で75000t/dの水が淡水化されている。

しかしいずれの装置もほかの安い水源が得られるとこ
ろでは競走できず、結局大量に安く淡水化できる装置を
研究中である。

カリフォルニア大学のエバレット・ハウ教授は蒸溜法
がもっとも有望な淡水化方法であり、ここ数年で大体
95円/m³以下にできるだろうといっている(アメリカの
上水道用水は9.5~76円/m³である)。

しかし蒸溜法で淡水を得ることは容易であるが、燃料
が大量に必要であり、塩水がチューブを腐食させ、また
被熱面にスケールを形成し熱効率を低下させるので、こ
れらの問題の解決には新しい金属材料とプラントの設計
が必要であるとしている。

次に欧州においても海水淡水化は真剣にとりあげら
れ、とくにオランダが熱心であった。1952年に欧州経
済協力機構(O.E.E.C.)の下部組織の中に専門委員会を

つくり、その代表はベルギー、デンマーク、オランダ、イギリス、フランス、ドイツなどであって、蒸気圧縮法、太陽熱蒸溜法、イオン交換電解透析、冷凍法について研究方法、および生産コストを検討した。その結果蒸溜法についてはイギリス、イオン交換はフランスとドイツ、太陽熱はフランス、電気透析はオランダが担当することになった。

4. 冷凍法による海水の淡水化方法

前述したとおりわが国の冷凍法による研究（通産省東京工業試験所）は世界的に知られている。そこでとくに冷凍法による海水淡水化研究について紹介することにする。

冷凍法の本質的利点は、低温操作で腐食が少なく、融解熱は蒸発熱の約 1/7 であるから蒸溜法および電気透析法と十分競走し得ることである。冷凍法は日本以外に、アメリカ、イスラエル、ユーゴスラビヤ、フランスおよびソ連などでも研究が行なわれている。

アメリカの研究機関はコーネル、ワシントン、シャトル、テキサス各大学および Applied Science Laboratories, Battelle Memorial Institute などである。これらの機関はいずれも塩水局から援助を受けている。

1960 年前半には Carrier（製造メーカー）が、パイロットプラントをつくる計画をもち、塩水局の処理能力の目標は 4 円/m³ としている。

Carrier 法の原理は、循環冷媒を用いての間接冷却法と異なり、直接に水を凍らせることである。すなわち真空室に塩水を噴射させると約 15% の塩水が蒸発する。残りは塩水中で比較的純粋な水のスラリーとして残る。このスラリーは別の塔で水と向流し洗滌する。洗滌した純粋の水の上に冷凍室から水蒸気をコンデンスさせ同時に水を融解させる。

コーネル大学の Wiegardt, H.F. 教授は、ほかの直接冷凍法の研究を進めている。本法はイソブタンのような不溶性冷媒を塩水中で直接蒸発させ、得られる氷の結晶を水と向流洗滌する。本法は現在実験段階であるが近くパイロットプラントの運転に入る計画である。

Applied Science Laboratories では結晶の径を大きくしたり、洗滌に水以外の液体を用いる基礎研究を行なっている。

以上のほかにイスラエル政府が工場を建設中であり、ユーゴスラビヤでは、雪の結晶をつくる方法によりパイロットプラントの試験を行なっている。またフランスはスイスと協力し基礎研究中であり、ソ連は自然の凍結条件を利用した研究が行なわれている。

わが国の冷凍法による基礎研究は次のとおりである。

本法の原理は一般の化学工業が天然物から有用な物質を分離する工業であり、分離方法として蒸発、蒸溜、分

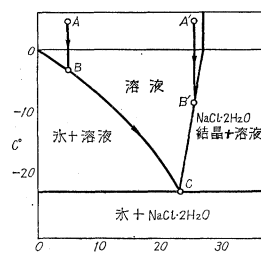
溜および晶出などの基本的考え方があるが、このうち溶液が氷結すると溶媒が分離されるという原理を応用したものである。

最近まで本法は工業化に成功しなかったが、その原因は、伝熱係数を工学的速度にまで高められなかったこと、氷の母液の分離が経済的に成立しなかったことによるといわれている。

蒸発によって溶質と溶媒を分離し得るのはその間に蒸気圧の差があるからである。これと同じく冷凍により、溶質と溶媒に分離し得るのは、その氷点に達すると氷ができる。この氷は真水であってなお冷却すると氷を折出しながら温度が降下し、溶液の濃度は上ってくる。

図-5 はこの関係を

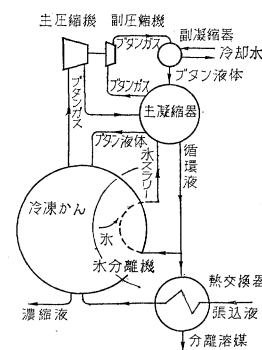
図-5 NaCl の例



NaCl について示したものである。冷凍の場合、折出するのは溶質の濃度いかんにかかわらず、水または一定組成の化合物であって、水中に変動する量の溶質をふくむことはない。しかし、この際単一物質を冷凍すれば巨大な単結晶ができるが、溶液を冷凍したときは、あたかも溶液を濃縮または冷却して溶質の結晶を折出させる際と同様に氷は小さい結晶となって折出する。この水を大きく育てることが、技術上の問題である。

これらの基礎的問題を、次記プラントで研究している。本プラントの機構は図-6 に示すとおりである。溶液は熱交換器をとおり冷却され冷凍かんに入る。この中で凝縮器から入る液状ブタンと混合されその状態で冷媒を気化させる。この際混合は十分緊密にし、溶液中にブタンをよく分散させる。これによって伝熱面積はいちじるしく広げることができる。ブタンを気化させる速度は圧力により加減できるが、あまり速度を小にすると液に過冷の部分が出て核をつくり水結晶が小さくなる。

図-6 冷凍法のフローシート



また圧縮比を増して動力が多くなる。溶液の温度と冷媒の蒸発温度との差は僅少に止める。溶液中にできた氷を分離機により母液と分離する。一方冷凍かんで蒸発したブタンは圧縮機で加圧し、分離機より出た氷を氷融解水に浮遊させた液と凝縮塔で直接解水させ、氷の融解潜熱でブタンを液化し、再び冷凍かんに返す。この冷凍

サイクルは張込液の熱交換の不十分、圧縮機の無効動力、その他によって外部から熱入力があり永續させることはできない。そこで冷凍かんで蒸発した冷媒の一部は別に液化させなければならない。このため凝縮塔から一部冷媒ガスを抜き出し、副圧縮機により冷却水によるコンデンサーで液化回収する。

以上がわが国で行なっている試験であるが、昭和 27～35 年までのおおむね 4 000 万円の研究費を投入し、基礎研究の段階は終り、工業化試験が残されている現況である。このように冷凍法については各国で研究しているが本法は今後数年間でほかの方法より経済的な淡水化方法になるかどうかかわかるといわれている。

5. む す び

以上のように海水を淡水化できることは確実である。しかし現在最も問題となるのはその生産コストであって、淡水が得られてもコストが高ければ使用することはできない。わが国では少なくとも 10～20 倍のコストでなければ海水から淡水を得られない。

海外では、淡水源のないところ、あるいは淡水源があってもコストの高いところでは十分海水から淡水を得ても採算がとれるところもある。

しかし、現在の装置はいずれも小規模のプラントであり、大規模のプラントはない。

また海水を 1 000 ppm までに淡水化し、淡水を 1 万 t/日得るためには、塩が 15 万 t/年生産されることになる。淡水 20 万 t/日得るためには塩が 300 万 t/年生産される。

わが国の年間塩の消費量は食料用 100 万 t、工業用 100 万 t、計 200 万 t であるから、鉄鋼一社の需要を満たす工業用水淡水を海水から求めると、わが国年間塩消費量を十分賅う。塩が副産物として生ずる。

従って海水を大規模に淡水化するための設備は淡水を

得るのみで副産物の効果に期待することは困難であるから、結局生産コスト高になると考えられる。

しかし最近道路舗装などに塩を使用するとか、塩の用途が広くてきた場合には、生産コストが低下するかも知れない。

このように生産コストを下げるために必要なエネルギーをできるだけ有効に利用する方法として、多階程式蒸溜、冷凍法などの基礎研究が行なわれているのである。またイオン交換膜法でも、膜が 1 枚 15 000 円であり、寿命は 3 年といわれ、大規模なプラントでは数 1 000 枚の膜が必要となるから、その経費を下げることは容易でない。冷凍法においても動力量、冷媒損失、各機器の損耗などを経済的にするための研究が残されている。

わが国においてこれらの企業化研究を行なうための試験費を試算してみると、それぞれ 1 000 t/日の淡水を得るモデルプラントで蒸溜法において約 4 億、冷凍法で約 3 億、イオン交換膜法で約 5 000 万円、計 7 億 5 000 万円を必要とする。またこの研究期間として少なくとも 5 年はかかるであろう。

しかもこの研究は、ほかの工業試験と異なり、ただちに生産効果に影響しない非生産的な研究であるため、民間で行なうことは困難である。従ってアメリカの例にあるごとく、国で研究費を予算化し、民間の協力を得て研究を実施する以外に方法はない。

アメリカのケネディ大統領は、ロケット技術においては、先を越されたが、海水の淡水化技術で、ソ連に打ち勝つと宣言している。

有史以来の技術革新が行なわれている今日、わが国においても早急に海水の淡水化の実用化の研究に着手しなければ技術的に遅れをとるのみならず、近き将来の淡水源の枯渇に対してなんら施す策がないことになる。

(原稿受付：1961.9.21)

グラウト試験器具の申込受付について

土木学会ではプレストレストコンクリート設計施工指針の改訂とともに、グラウト指針案を制定いたしました。そのうち 1 章、3 の試験器具について申込みを受け付けます。なお試験器具については所定の試験目的を達せられることを確認した学会の検定保証の添付してある器具を御使用下さい。学会が一切の手続きを行なっております。学会の保証証のないものは試験器具性能について責任を負いかねます。流下方法試験器具は、製作寸法の誤差、グラウト流下面の表面仕上げ誤差、耐久性についての欠陥の有無、材料の品質について、また体積方法試験器具ではポリエチレン袋の寸法、材質につき規定に合格するよう検定を行ないます。

記

1. 申 込 先：東京都新宿区四谷 1 丁目 土木学会事業課 [TEL 351—5138 (代表)]
2. 申 込 方 法：料金 (別掲、現金書留、為替) に申込書式 (学会誌 46 巻 10 号または 11 号会告 参照) に示された所定事項を書込んだ書類を同封のこと。
3. 送 付 時 期：申込受付の日より 1 週間以内に申込者に製作所より直接発送する予定 (ただし品切の場合は送付予定日を通知します)
4. 料 金：

○グラウト指針案 第 1 章 流下方法試験器具	7 500 円 (送料とも)
○グラウト指針案 第 3 章 ポリエチレン方法試験器具	400 円 (100 枚一組、送料とも)