

# 調査報告

## ヨーロッパ塩業視察報告

長谷川 正巳

### Investigation of European Salt Making Factories

Masami HASEGAWA

#### 1. まえがき

平成8年9月7日から9月16日まで、塩工業会および日本海水学会海水利用工学研究会主催の欧州塩業視察団に加わり、スイスのシュバイツハレ、リープルグ（ラインザリーネン社）工場とドイツのベルンブルグ（カリザルツ社）工場を調査したので報告する。

#### 2. 調査結果

##### 2.1 ラインザリーネン社

スイスは欧州唯一の専売制度によって塩の生産が行われており、国内に製塩企業が2社ある。今回調査したラインザリーネン社は、Fig. 1に示すスイス北西部のバーゼルにあり、年間約30万トンを生産し、輸入を含めるとスイス国内の90%を独占している。もう1社はローザンヌ近郊のバーにあり、年間5万トン規模で、販売地域も限定されているようだ。

ラインザリーネン社にはシュバイツハレ工場とそれに近接したリープルグ工場の2つがある。本社はシュバイツハレ工場にあり、国内25州とリヒテンシュタイン公国から1名ずつ選出された評議委員会が塩の価格決定を含めて経営にあたっている。同社の資本金は約8億円、年間の総売上は50億円程度と、国内製塩企業と大差ないように思われる。

総従業員数は155名、内30名は管理者であり、シュバイツハレ工場にあるオフィスに勤務している。操作員はシュバイツハレ工場に50名、リープルグ工場に45名おり、その他の30名は両工場のメンテナンスに従事している。プラントの操作は4人1組の3直4交代制で、せんごう工程（晶析、遠心分離、乾燥）2人、かん水精製工程1人、溶解採鉱工程1人で構成される。

製品の用途をTable 2に示すが、主として、シュバイツハレ工場は食用および農業用塩を、リープルグ工場は工業用および道路用塩を生産している。

工場の休転は年1回2週間ほどで、週末は工程を停止しているらしい。これは、同社が生産計画を労働力、

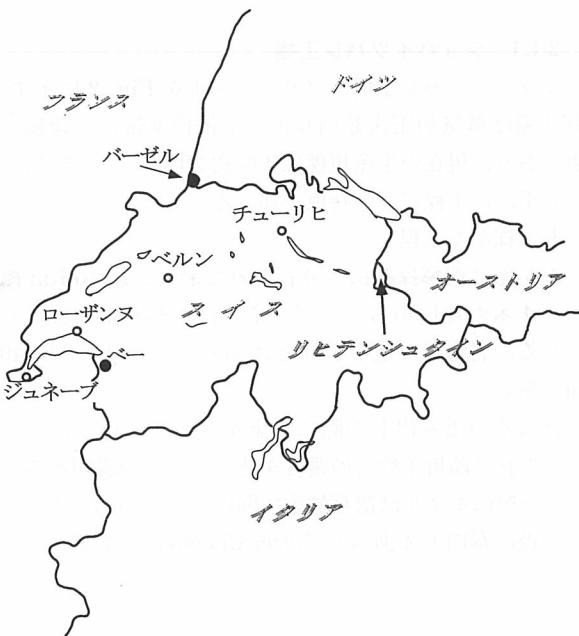


Fig. 1 ラインザリーネン社の位置

Table 1 ラインザリーネン社の沿革と変遷

1837年	同地域での塩の生産開始
1909年	ラインザリーネン社生産開始
1941年	リープルグ工場建設 (150 t/day)
1943年	シュバイツハレ工場建設 (150 t/day)
1950~1960年	両工場増設 (500 t/day)
1963年	シュバイツハレ工場新設 (400 t/day)
1972年	リープルグ工場新設 (1000 t/day) シュバイツハレ工場2缶増設

エネルギー、マーケットの3つの調和によって決定しているためと説明を受けた。確かに、年間生産量30万トンで2工場は過剰設備と思われ、専売制ならではという思いを持った。しかし、EU加盟によって専売制の廃止もあり得るとの話をクラッツ氏から聞き、世界的にも専売制はなくなる方向にあるものと感じた。

Table 2 製品の用途

用途	比率	備考
食用	15%	スパイスソルトを含む
農業用	6%	
工業用	43%	工業用 33% 再生用 9% 医薬用 1%
道路用	24%	
塩水利用	4%	
その他	8%	海塩の輸入

### 2.1.1 シュバイツハレ工場

シュバイツハレ工場のフローシートを Fig. 2 に示す。同工場は蒸気加圧式並列 6 缶、全缶標準缶にて運転されており、現在の生産規模は年間約 20 万トンである。

以下に、工程ごとの特色を述べる。

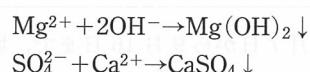
#### 1) 採かん工程

採かんは溶解採鉱により行われており、約 10 Km 離れた 4 本の井戸からパイプラインにてかん水を移送している。岩塩層は地下 150 m にあり、その厚み 30~40 m と薄い。

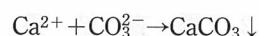
かん水の汲み出しの際に窒素を封入しているらしいが、これは晶析工程での腐食を防ぐためとの説明があった。一般にモネルは溶存酸素に弱いことがいわれているが、後に案内人であった Sulzer Chemtec のクラッツ氏

が、溶存酸素による腐食はチューブでのインレットアタックが多く、その濃度を ppm 以下にする必要があると教えてくれた。また、溶存酸素の管理については銅錯体による方法だとは教えてくれたが、詳細は教えられないとのことだった。最近日本の製塩工場でもモネルを装置材料として採用する企業が増えているが、真空式の場合には外気からの酸素混入を防ぐことが難しいことから、モネルの導入は装置内が負圧でない系に限られるようにも思われた。

かん水は工場内にある前処理工程に送られるが、reactor 1 では水酸化カルシウムおよび塩化カルシウムを添加し、次反応によってマグネシウム、および硫酸イオンを除去している。



reactor 2 では炭酸ナトリウムを添加し、これにボイラーからの煙道ガス ( $\text{CO}_2$ ) も導入して、次反応によってカルシウムイオンを除去している。



こうして処理されたかん水は、精製かん水タンクに送られ、静置後晶析工程に供給される。また、これら前処理によって排出されたスラッジは工場近郊の古井戸に廃棄されている。

#### 2) 晶析工程

晶析工程は前述したように標準缶 6 缶の並列運転で

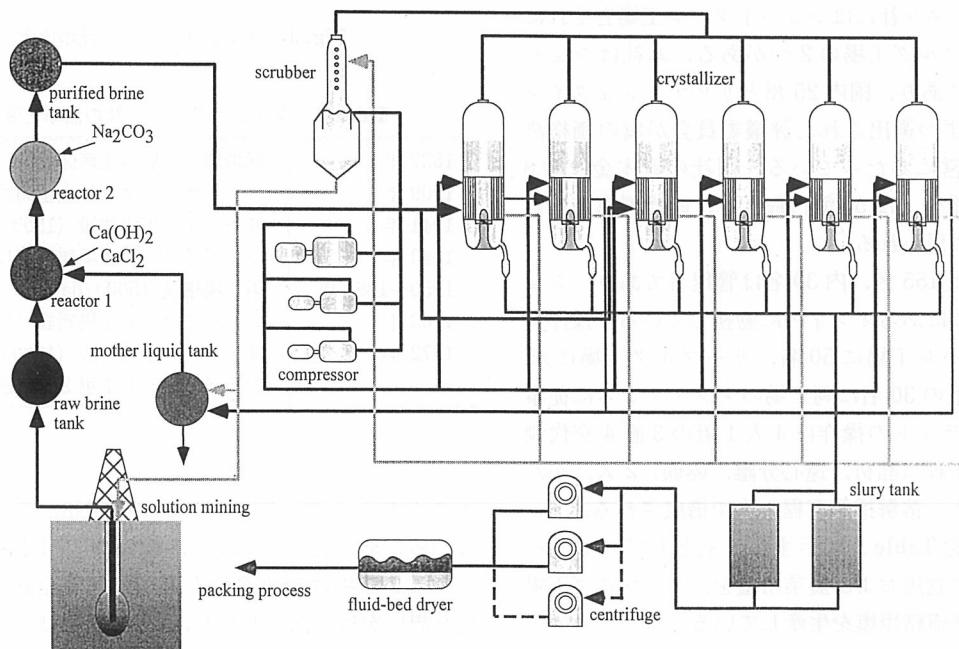


Fig. 2 ラインザリーネン社 (Schweizerhalle 工場) のフローシート想像図

ある。1缶の伝熱面積は300 m<sup>2</sup>であり、材質は加熱缶がモネル、缶体がモネルクラッドで、30年以上経過した今でも腐食はないらしく、腐食防止のためにかん水のpHを弱アルカリとし、それに伴って缶内液のpHも弱アルカリにしているとの説明があった。

缶の構造で特徴的なのはFig. 2中に示す通り、減速機付攪拌機の軸受けが缶の下部にあったことであり、軸受けにメカニカルシールを導入したためと説明を受けた。

給液方法はFig. 2中の左側2缶と右側4缶が独立しており、それぞれ左側の缶よりかん水が供給され、次の缶へと母液が送られているようだ。苦汁は母液槽に供給され、一部が前処理工程に送られて再循環している。かん水の予熱には非常に気を使っており、大型の縦型チューブ式予熱器が多数あった。

蒸発蒸気は1つの配管に集められ、スクラバーにて洗浄された後、4.4 Mwh 1基、2.2 MWh 2基の蒸気圧縮機にて加圧されて缶に供給されている。蒸気ドレンはスクラバーにて洗浄水として利用された後、溶解採鉱用の圧力水に再利用されている。このスクラバーでの洗浄によって蒸気中のCl濃度は1 ppm以下まで減少するらしい。

各缶の採塩操作は、Fig. 3に示すような機構で、ピストンの上下動をタイマー制御しているものと思われる。なお、調査を行った際の採塩時間は30秒であった。採塩の際には、詰まり防止、洗塩、スラリー温度の低減のために、かん水の注入を同時にしているようと思われたが、定かではない。採塩スラリーのスラリー濃度は30%程度であるとの説明があった。

### 3) 製品化工程

#### 3-1) スラリータンク関係

晶析工程からのスラリーは、5 m<sup>3</sup>ほどのスラリータンク2基に送られて全量混合されている。スラリータンクの構造はFig. 4の通りで、約30°という鋭角のコ

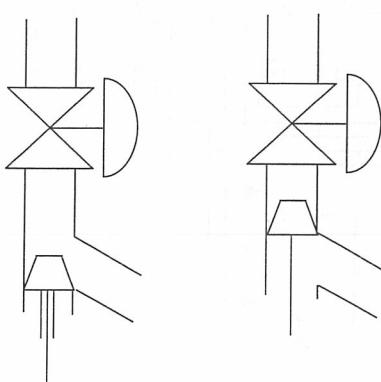


Fig. 3 採塩機構

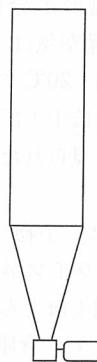


Fig. 4 スラリータンクの外観

ーン下部にモーターが設置されていて、これがゆっくり回転することによりスラリーが排出されて遠心分離機に供給しているようだ。なお、このときのスラリー濃度は50~60%である。排出スラリー温度が50°Cと低いが、これは遠心分離機での腐食を防ぐためとの説明があった。タンク中のスラリー量を検知する機構があり、制御室の表示ではそれぞれのタンクについて55%, 35%と表示されていた。タンク上部には攪拌機があり、タンク内のスラリーを攪拌しているものと推定できることから、差圧式ではないかと思われた。

#### 3-2) 遠心分離機関係

遠心分離機はエッシャーウイス社製3台が設置されており、内2台が稼働し、1台が予備である。遠心分離機の材質はモリブデン強化ステンレスらしい。日本国内の製塩企業で使用されているコンタベックスでは分離機前面への塩の飛散が多く見受けられるが、同工場では少ないように感じた。ただし、予備の遠心分離機を持っていることで洗浄ピッチが短く(4時間ごと)、単純には比較できないようにも思えた。洗浄は自動洗浄ではなく、手動との説明があった。

#### 3-3) ベルトコンベア関係

遠心分離機からの排出された塩はベルトコンベアで流動層乾燥機に輸送されるが、同行した日本の製塩企業の方の話ではスピードが速いらしい。また、ベルトコンベアの落ち口にはブラシ状の自転式クリーナーがあり、コンベア上の塩を綺麗にかき取っていたのが特徴的で、日本で見られるようなコンベアの返しで塩が落下することが少ないとと思われた。固結防止剤であるフェロシアノ化ナトリウムはコンベア上で噴霧しており、製品中の濃度は3 ppmである。なお、フェロシアノ化ナトリウムを噴霧しないラインもあり、両ラインを消費者のニーズで区分けしているようである。

#### 3-4) 乾燥機関係

乾燥機はFig. 5に示すような振動型流動層乾燥機であり、日本のものに比べて非常にコンパクトであった。

乾燥機入り口での塩の水分値は2%程度、出口で0.05%であった。乾燥空気は100°Cで塩の入り口から供給し、出口側からは20°Cの冷却空気を供給している。温・冷廃棄は乾燥機中央部のダクトから排出されており、これも日本では見られないものであった。

### 3-5) 包装関係

包装工程については、小物(500, 1,000 g)と袋詰め(25, 50 kg)の2つのラインがあったが、機械が昼休みで停止しており、説明もほとんどなかったために、記述する事項がない。ただし、倉庫は50, 100年前に建設されているとは思えないほど綺麗な木造で、虫害、鳥害もないらしい。なお、虫害についてはイタリア南部で見られるとの話であった。また、倉庫には列車が横付けでき、欧州では貨物列車での輸送が主流なのかと感じた。製品は小物にフッ素、ヨウ素を強化したものがあった。製品はすべて並塩、食塩程度の粒径であり、標準缶であるためか、分布幅が広く、形状も不均一なように感じた。

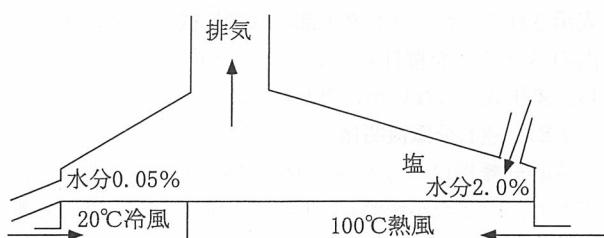


Fig. 5 乾燥機の概略構造

### 3-6) 付帯設備

他の付帯設備としては5t/h規模のボイラーがあり、工程の立ち上げなどに使用されている。

### 2.1.2 リーブルグ工場

リーブルグ工場の工程フローシートをFig. 6に示す。同工場はシュバイツハレ工場に比べると新しく、晶析工程は加圧式晶析装置1基で23万トンの生産能力を持っている。また、乾燥機はなく、散塩として工業用、道路用塩を生産している。

以下に工程別の特徴を述べる。

#### 1) 採かん工程

採かんはシュバイツハレ工場と同様に溶解採鉱にて行われている。井戸は2本で、その距離については明確ではないが、晶析工程建屋の屋上で見る限りでは2~3km程度は離れているように思われる。かん水の前処理についてはシュバイツハレ工場と同様である。

#### 2) 晶析工程

循環パイプがダブルの強制循環式外側加熱型晶析装置で、その総伝熱面積は2,500m<sup>2</sup>である。2本の循環パイプの吐出口は、缶体に対して対角で、かつ、タンゼンシャルに入っている。混合状態は良好と思われる。材質は加熱缶チューブがモネル、缶体はモネルクラッドである。蒸気圧縮機は4.4MWhのものが2基ある。

スラリー濃度の検出にはγ線式密度計が使用されていたが、クラッツ氏の話では循環ポンプの吐出側からスラリーをバイパスし、それを吸込側に戻しているらしい。したがって、測定手法としては日本国内で使用されている振動型密度計と同一である。また、クラッツ氏の話で

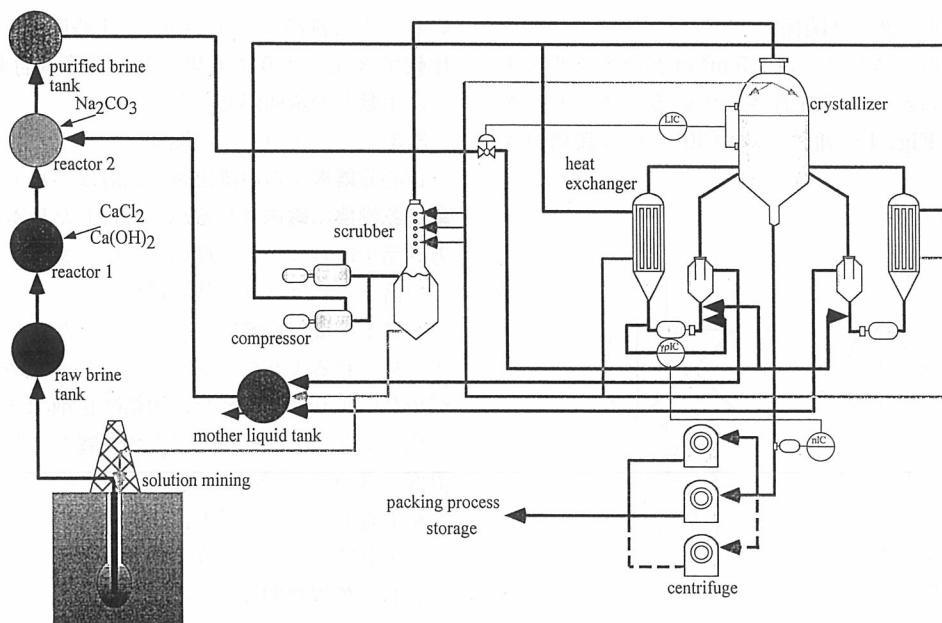


Fig. 6 ラインザリーネン社 (Ryburg 工場) のフローシート想像図

は母液濃度は硫酸イオン濃度を分析して行っているらしく、その濃度は4.5%と言っていた。同行した村上氏に聞いたところ、妥当な値ではないかと言われた。分析は過去には吸光度法が用いられていたが、現在はイオン電極を用い、その測定頻度は直に1回ということであった。

### 3) 製品化工程

シュバイツハレ工場ではスラリータンクが見られたが、リープルグ工場ではなく、連続採塩を行っていた。採塩用配管の中途でかん水を注入しており、遠心分離機へ供給するスラリー温度を50°C程度まで下げていた。この操作は恐らく配管の閉塞防止にも役立っているものと考える。

遠心分離機は3台あり、シュバイツハレ工場同様2台が稼働し、1台が予備のようである。

遠心分離機から排出された塩はベルトコンベアにて倉庫まで移送されるが、その距離が非常に長く、その間に水分が減少するらしい。最終的な製品水分は1.5%程度と聞いた。

倉庫は散塩を山積みする3万5,000トン規模のものが2基あり、いずれも木製であった。築後30年近くを経過しているが、最近日本でも流行しているログハウスを思わせ、非常に綺麗であった。恐らく、金属製の釘などは使われていないと思われる。白蟻などの被害はまったくないようだ。

視察時、山積みされた塩を観察した。場所ごとに粒径、粒径分布が異なっているが、総じて並塩程度の粒径で粒径分布幅が広いようだ。晶析装置での粒径コントロールはまったくされていないのだろう。製品の水分は1.5%より低く、倉庫内に保管されている間に乾燥しているのではないかと思われた。

## 2.2 カリーザルツ社

今回視察したカリーザルツ社のベルンブルグ工場は、Fig. 7に示すようにマクデブルグから車で1時間半ほど離れた所にある。

カリーザルツ社の沿革と変遷をTable 3に示す。東ドイツ時代には年間330万トンの生産量を誇り、東欧圏に輸出していたようだが、東西ドイツ統一後は環境問題から生産量が縮小され、現在では年間105万トン程度の生産量になっている。内、80万トンがかん水として工業用、25万トンが食用塩である。

視察に際しては、完全自動化の新設工場だと注目したが、スタートが半年近く遅れたせいなのか、操作員の数が多く、まだ完全自動化という域に達していないようと思えた。

Fig. 8に工程フロー図を示す。また、以下に工程ごとの特色を述べる。

### 1) 採かん工程



Fig. 7 ベルンブルグ工場の位置

Table 3 カリーザルツ社（ベルンブルグ工場）の沿革と変遷

1870年	カリーザルツ社の創業
1912年	カリ工場としてスタート
1940年	岩塩生産工場としてスタート 330万t/y, チェコスロバキア, ハンガリー, ルーマニアなど東欧圏に輸出
1995年	110万t/y 環境問題で縮小
1996年	新設工場稼働開始 105万t/y 見通し

3.5km程度離れた深さ1,000mの井戸から溶解採鉱によってかん水を得ている。かん水の前処理はラインザリーネン社のものとほぼ同一と思われる。かん水の前処理工程で感じたのは、処理タンクが大気開放であり、採鉱の際に窒素封入しても意味がないように思う。推測ではあるが、窒素封入は行わず、脱酸素剤などを添加しているのではないかと思った。

### 2) 晶析工程

ラインザリーネン社リープルグ工場と同一の形式で、時間当たりの生産量も30トン程度であり、規模もほとんど変わらないように思われた。また、使用している材質も加熱缶チューブがモネル、缶体がモネルクラッドであり、この点も同じであった。異なるのは蒸気圧縮機で、リープルグ工場では4段であったものが1段となり、コンパクトだったことである。これにより、製塩電力原単位は130~140KW/t-NaClまで低減されたようである。

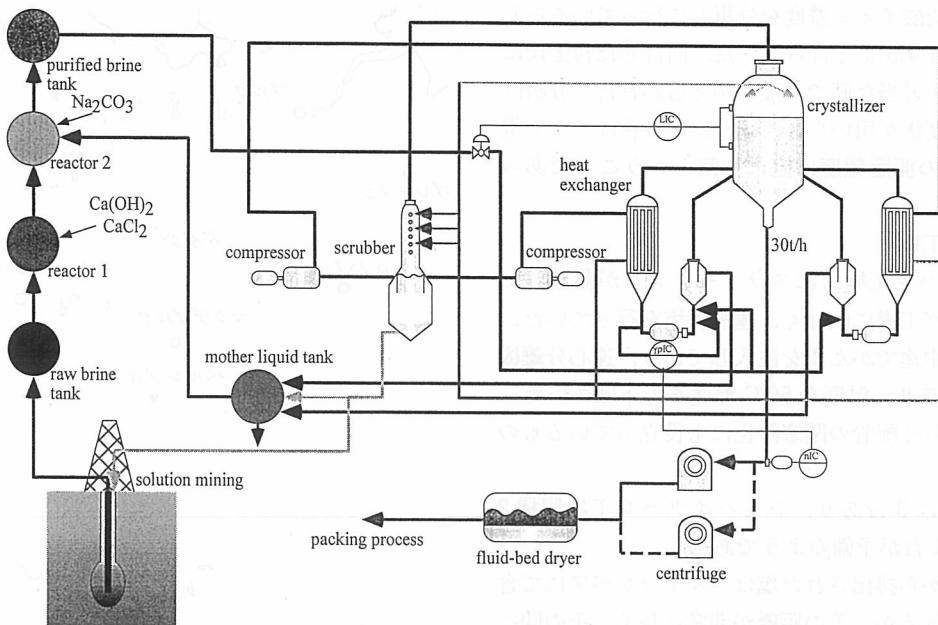


Fig. 8 カリーザルツ社 (Bernburg 工場) のフローシート想像図

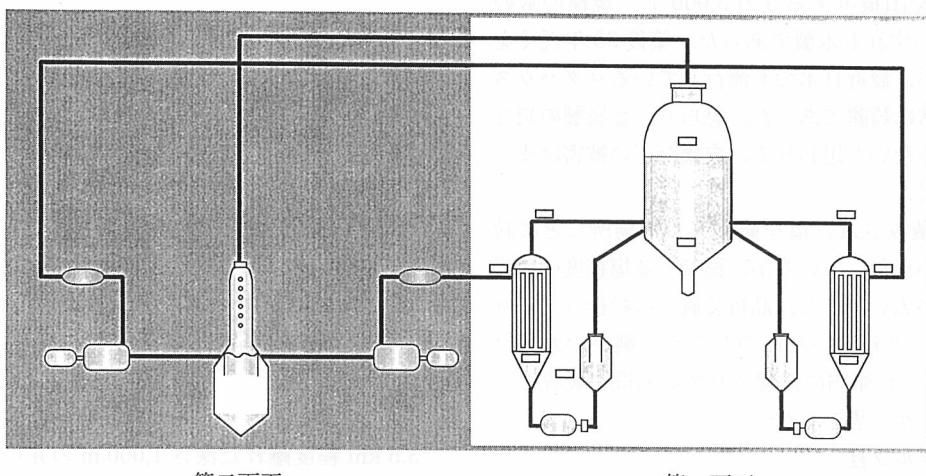


Fig. 9 集中制御室の概略 CRT 表示画面

工程は集中制御室においてモニタリングされていたが、その画面は4~5面あり、晶析工程についてはFig. 9に示すようなものであった。循環系へ $\gamma$ 線式密度計が設置されているらしく、その表示値は1,300 g/l程度であった。これはスラリー濃度で15%程度に相当する。クラッツ氏がモネルの場合にはエロージョン防止のためにスラリー濃度を下げる必要があると言っていたが、思ったよりスラリー濃度は高めに感じた。

採塩はラインザリーネン社リーブルグ工場と同様に連続採塩であり、スラリー抜き出し用の流調弁を $\gamma$ 線式密度計にてコントロールしているのではないかと考える。また、昨年の二宮の報告<sup>1)</sup>では粒径コントロールを考え

ていることが述べられていたが、実際には行われていないようだった。

### 3) 製品化工程

遠心分離機はラインザリーネン社リーブルグ工場と同様であったが、同社と比較すると塩の飛散による汚れが目立ち、新設工場とは思えなかった。乾燥機はガスバーナー式で、熱風温度は300°Cだったが、これがそのまま乾燥機に入るとは思えず、乾燥温度は不明である。

製品は100種類以上もあるとの説明を受けたが、Table 4に示すような製品の区分けをしており、粒径、包装および添加物が異なっているものと考える。

Table 4 製品の区分け

粒 径 別	
プレス法	ふるい分け法
8~15 mm	0.3~0.8 mm
3~8 mm	0.13~0.6 mm
1.5~3.2 mm	0.13~0.5 mm
0.8~1.6 mm	0.1~0.3 mm
その他 20 mm のタブレット塩	
乾燥機サイクロン捕集品	
	(0.1~0.3 mm)
包 装 別	
0.5, 1.2, 10, 25, 50, 500, 1000 kg	
添 加 物 別	
フェロシアン化カリウム 炭酸マグネシウム 炭酸カルシウム シリカ	

### 3. 視察における感想

今回調査を行った3工場はいずれも加圧式製塩であったが、イオン交換膜電気透析法では電力源単位が120~130 KW/t-NaClまで低減できなければ、導入が難しいようと思えた。

また、晶析装置の材質をモネルにすることは日本でも可能とは思われるが、真空式多重効用である以上、外部から酸素が吸引されることは充分考えられ、アクゾー社のように真空式多重効用工場を持っている企業ではどのような操作で溶存酸素の対策をとっているのか気になった。

今回の調査では時間、工程ともに制約が多く、充分に工場内を見ることができなかつた。特に新鋭工場であるベルンブルグ工場の見学はたった20分であり、集中制御室での工程モニターなどは操作員が次々と画面を替えてしまって、詳細なフローを見ることもできなかつたことが残念だった。

### 文 献

- 1) 二宮直義, 日本海水学会誌, 50, 31 (1996)