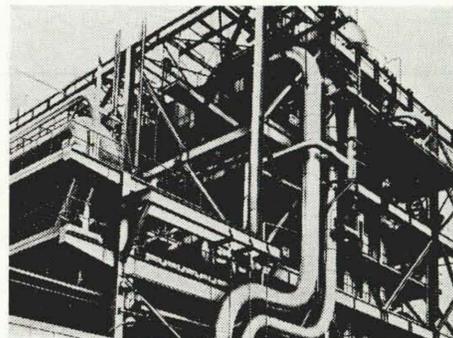


4

化学プラント

Chemical Plants



総説

日立製作所が、わが国では初めて F. R. I. (Fractionation Research Inc.) に加入してその技術を消化吸収し、活用を始めてからすでに久しいが、それ以前より実用化された日立無せき多孔板の技術や、空気分離・ガス分離装置用の精留塔の長い豊富な研究の成果をもこれに加えて、特色のある蒸留プラントを今まで数多く建設してきた。昭和45年は特にこの分野において注目されている大形のスチレンモノマー蒸留塔を2基建設する機会を得て、特殊蒸留装置のメーカーとしての実績をさらに豊富にした。また H. T. R. I. (Heat Transfer Research Inc.) のメンバーとしても日本より最初の資格者となり、現在さらに化学プラントのみならず広くその適用を拡大し、計算プログラムの活用の件数も数多く、海外よりも H. T. R. I. 加入会社としての評価を受け、この分野における技術レベルが注目されている。Battelle 研究所の耐熱材料に関するメンバー会社として、特にエチレン関係の過酷な条件に対応する材料問題について積極的な活動を行なっている。

天然ガス工業の発展に伴って、IGT (Institute of Gas Technology) に加入するなど単なる技術提携とは異なった別のアクティビティを持ち始めたことを示している。この問題は、エンジニアリングの合理化、機械化のために独自に CAD 化の推進を強力におし進めていることにも顕著に現われている。昭和44年9月に完成発表された HiCADIP (配管自動製図) のプログラムは、昭和45年実地に適用した結果をこれに組み入れ、改善が加えられ、経済効果はいちだんと高まってきた。実プラントの適用においては配管のプレファブ리케이션のみならず、現地建設作業そのものまで大幅な合理化を必然的にすすめることになり、エンジニアリングの技法の改善にも大きく寄与した。

また、古くよりパイロットプラントから本プラントへと数多くの建設を行なってきた歴史に、昭和45年も日曹化成株式会社のポリブタジエンの建設の成功を加えることができ、低温液状重合反応の困難な制御にも成功した。さらにチューブラリアクタを中心としての幾つかの高圧ポリエチレンプラントの建設技術は、一列5万tのプラントの設計・製作をついに可能とし、さらに独自の攪拌(かくはん)装置、駆動、シーリング装置を持つ大形ベッセルリアクタ(槽式重合槽)の開発にも成功し国産第1号機を送り出した。昭和44年日立工場より笠戸工場に製品移管を行なった低温装置は設計・製作が軌道に乗り、昭和45年9月には笠戸第1号機として TO-プラント(酸素製造装置) 15,000 Nm³/h の精留塔が出荷された。製鉄業界の旺盛(おうせい)な需要のほかに原料炭事情も加わり、高炉への酸素富化の空気吹込みも本格化し、大形の酸素プラントの需要はいよいよ増大するため、工場設備の新営・合理化が着々実行され始めた。液体酸素の需要もこれに伴って増大したため、プラントを構成する機械類をすべて回転機器として床面積を少なくするのみならず、保守整備の便を図り液酸プラントの一つのネックでもあった長期の連続運転を可能ならしめた。

■ ブタン改質オキシガスプラント

協和油化株式会社霞ヶ浦製造所納オキシガスプラントは、改質部門に日立-Selas ブタン改質プロセスを採用し、ガス精製部門には、熱原単位が良く、精製能力が高い Benfield Process を組み合わせたわが国最大のオキシガスプラントである。このプラントの特長は

(イ) スチーム/カーボン比が非常に小さい。

これにより動力、燃料原単位的大幅低減および建設費の低減ならびに用地面積の縮小がもたらされた。

(ロ) オキシリフォーマとしては高圧である。

(ハ) 運転負荷の幅が非常に大きい(50%以下でも操業可能)。

なおまた、廃熱回収にも細心の考慮がなされ、機器の巧妙な組合せが図られた。本プラントの主要部であるブタン改質炉には、次のような考慮が払われた。

本改質炉は、ブタンガスとオフガスの混焼用として設計された Selas Duradiant Burner が約 200 個取り付けられており、Zone-

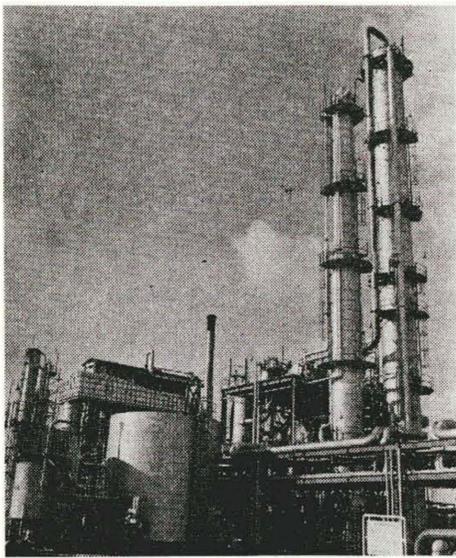


図1 オキシガスプラント

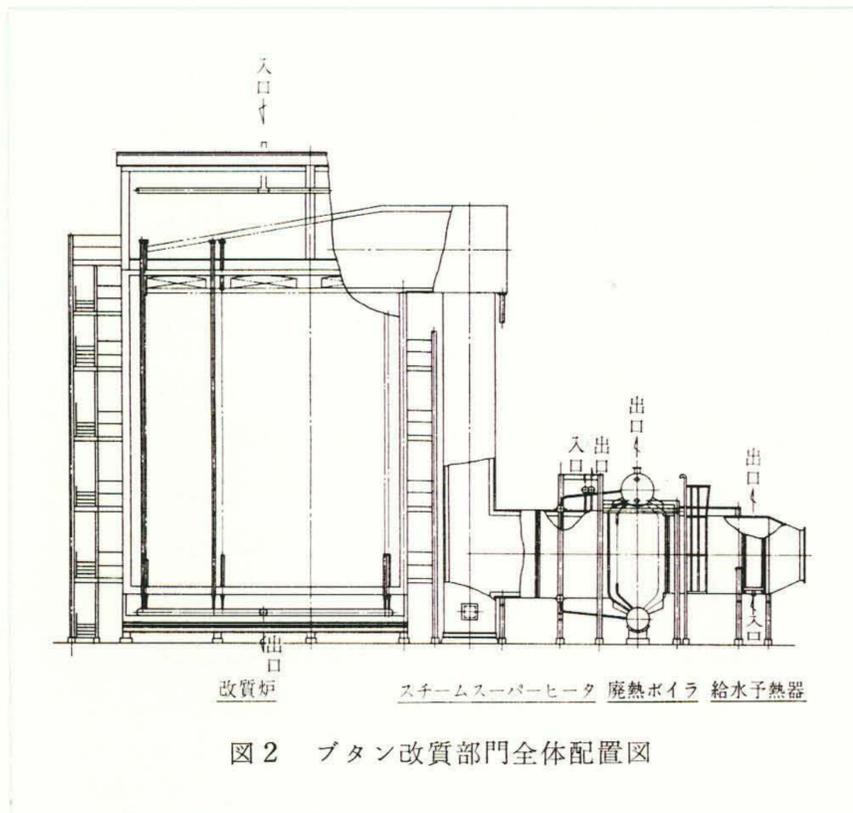


図2 ブタン改質部門全体配置図

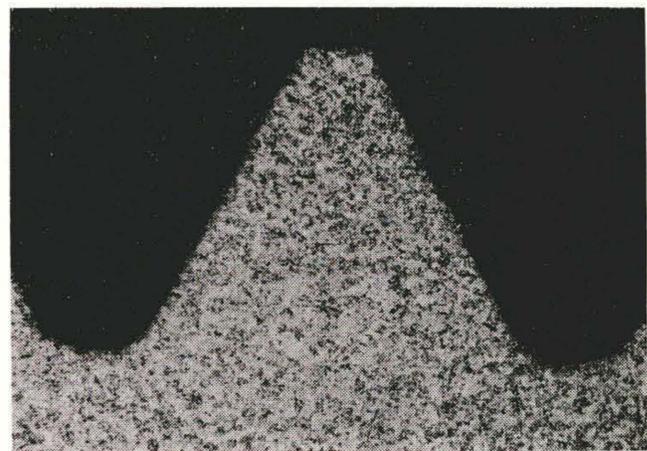
Control をじゅうぶん考慮した配置となっており、反応に必要な温度まで加熱し改質反応を起こさせる。反応管出口温度は約 830°C であり、反応管には ASTM・A 351 Gr HK-40 の遠心鑄造管が装備されている。反応管出口部は従来のピッグテールエルボ方式を改良

し図2に示す構造が採用されたが、今後ますます大形化するリフォーミングプラントにおいて、特に注目されるべき点である。

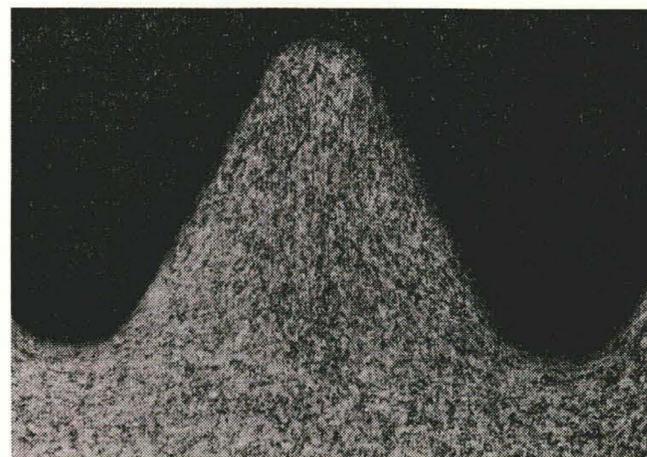
■ 大形高圧ポリエチレンプラントおよび槽形リアクタの完成

エチレンの主要誘導品である高圧ポリエチレンも生産5万tプラント時代にはいった。4万t Aプラントを昭和45年4月、5万t Bプラントを同年7月に建設を終わり、いずれも順調に実働にはいった。管式リアクタは、設計段階でコンピュータによる反応シミュレーションが行なわれ、構造および運転条件を決定した。上記2プラントの計画に際し、特に留意し検討を加えた技術的な点は、①直接形圧力脈動シミュレータを開発し、圧力脈動の解析を行なったこと。解析結果は実機での圧力脈動の測定によく一致することが確認され、また配管内の圧力脈動の振幅を±3%に押えることに成功した。②管材料に引張強さ100kg/mm²、耐力90kg/mm²のAISI4340形低合金鋼を使用したこと。③管ネジ部の疲労強度向上のため、転造ネジを採用したこと。図3に示す転造ネジは、金属繊維の流れが外力の作用方向と直角のネジ山に沿った方向となり、疲労強度の向上は明らかである。④ジャケットのシール方式に、日立製作所が開発した溶接ジャケットエンドプレート方式を採用したことなどである。

槽形リアクタについては、エンドシール構造の試作研究などの成果を採り入れ1号機が製作された。構造の特徴を列記すると①従来のモータ室と反応室を分離した形式ではなく、仕切板のはめ込み方式を採用し中間継手をなくした。②胴外径をそろえて、鍛造の切削加工を容易にし構造の簡単化を図った。③フランジ締付け方式を採用するとともに、ブリッジマンガスケットを採用した。④攪拌(かくはん)翼には、日立製作所が考案した特殊翼を採用したなどである(特許申請中)。



切削ネジ (×30)



転造ネジ (×30)

図3 ネジ部顕微鏡組織図

■ 大形アンモニアプラント用機器の工場完成

(1) 改質ガス熱回収蒸気発生系機器

大形プラントでは、蒸気発生部はそのプロセスの最重要部門の一つであり、アンモニアプラントの生産性は蒸気発生部の機能に左右されるとさえいわれる。今回納入した二次改質炉出口に直結する一次ボイラは、強制循環式Uチューブ形と自然循環式ボイラでいずれも、高圧・高温の改質ガスに対して耐火断熱材を内張りした压力容器を構成し自立構造をとっており、伝熱管には水管形が採用され、高温ガス側の管板、伝熱管の熱膨張に対し考慮が払われている。

(2) 二次改質炉および高温改質ガスダクト

大形高圧容器の製作技術に加えて、内張り耐火断熱材の構造設計、施工はきわめて重要な問題である。すなわち、① 低 SiO₂、低 Fe 分の高アルミナ質耐火材の選択 ② H₂ 分含有による断熱材の熱伝導率上昇の影響 ③ 容器の低温保持、ホットスポット発生防止のための断熱材構成の問題 ④ 耐火断熱材の温度こう配の設定と熱膨張による内部応力の発生とその影響 ⑤ アンカーの配置と形状の選択 ⑥ 耐火断熱材の施工特性と施工管理など多くの問題点を有し、単に経験に基づくほかない面も多い。

■ 大形シーラス形 EDC 分解炉の完成

本分解炉は EDC を 450~550℃ で熱分解し、塩化ビニルと塩化水素を生成する管式反応炉であるが、反応上、同一な加熱性、反応管各部に対する加熱速度の制御性の良い炉が要求される。今回納入した分解炉は、炉中央に 2 列千鳥形に配置された反応管を、加熱速度を考慮して配置された多数のシーラス無輝炎輻射バーナによって加熱する、輻射加熱方式とした良好な温度制御性をもつ炉であり、欧米では広く EDC 炉に採用されているものである。また本反応炉は副生塩化水素による腐食・応力腐食ふん囲気下であるため、高温強度とともに、耐腐食・耐応力腐食材料の選定・構造・溶接加工などに高度のノウハウを必要とする。日立製作所では、ナフサ分解炉において蓄積した高温設計・製作技術を生かし、鹿島塩ビモノマー株式

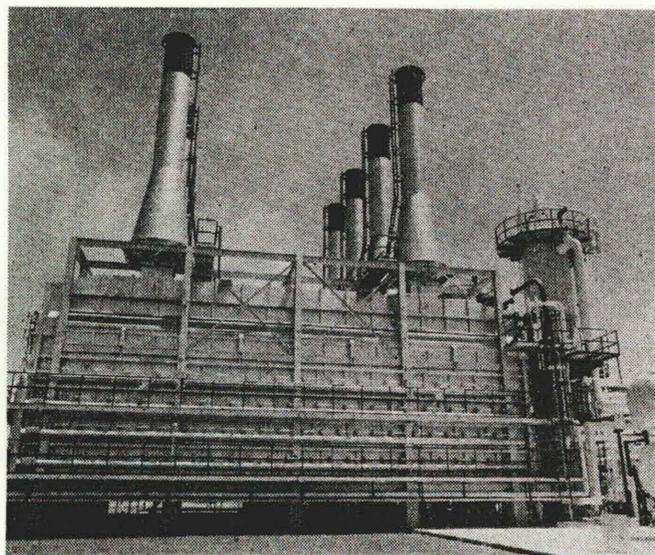


図4 大形シーラス形 EDC 分解炉

会社ならびに千葉塩ビモノマー株式会社にそれぞれ、大形の分解プラントを納入した。

■ 多孔板トレイを使用した大形スチレン蒸留塔

スチレンモノマーを製造する際に、エチルベンゼンとスチレンの混合物を蒸留して純度の良いスチレンを得ることが必要であるが、この操作はスチレンの重合を防ぐため減圧下で行なわれ、蒸気圧の比が小さいため相当な段数を必要とする。そのためには圧力損失が少なく、効率の高いトレイが必要であるとともに大形化してもじゅうぶん経済的に製作できる安価な蒸留塔であることを要する。従来は泡鐘(ほうしょう)塔、バルブトレイ、リンドトレイなどが使用されてきたが、大形化に際して技術的、価格的に見て満足すべきものではない。多孔板は減圧蒸留用としては圧力損失が少なくかつ安価であってきわめて好ましい特性を有するが、設計が困難である、操作が不安定であるなどの理由から、スチレン蒸留塔としては今まで少数の実績があるのみであった。今回納入したスチレン蒸留塔は、今まで数多く積み重ねられた日立製作所の多孔板トレイの設計技術の集大成ともいえるべきもので、基本計画よりすべて行なわれた。そのおもな特長は下記のとおりである。

(1) 塔径約 6 m、高さ約 60 m の大形塔で、多孔板形式のスチレン蒸留塔としては国内最大である。

(2) 設計にあたってはまず小形塔を使用して実液による蒸留テストを行ない、効率や操作条件を確認してからスケールアップした。

(3) トレイの設計は F.R.I. の技術をじゅうぶんに消化したのちに、日立製作所独自のノウハウを加味して行なった。

(4) 圧力損失を最小に抑え、しかも効率は他種のトレイ以上高い値を得ている。

(5) バルブトレイやリンドトレイに比べはるかに安価である。

(6) リボイラは液の滞留時間を最小にし、重合を防止するために特殊な構造を採用した。

現在、これとほぼ同一な規模の塔をさらに 1 基建設中である。

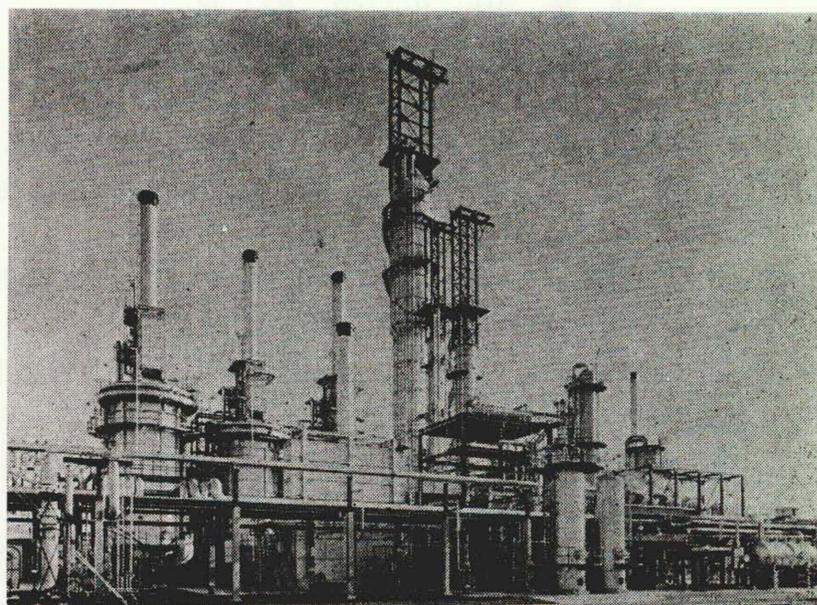


図5 大形スチレン蒸留塔

■ 東ドイツ向 チタン製リアクタの製作

このほど東ドイツ向け、チタンクラッド製機器 2 基を納入したが、本機器は DIN 規格に基づく設計を行なったもので、おもな仕様は次のとおりである。

概略寸法	内径	3,400 φmm
	全長	9,970 mm
	肉厚	110 mm + 3 mm チタンクラッド
設計圧力		81 kg/cm ²
設計温度		315°C
重量		85 t

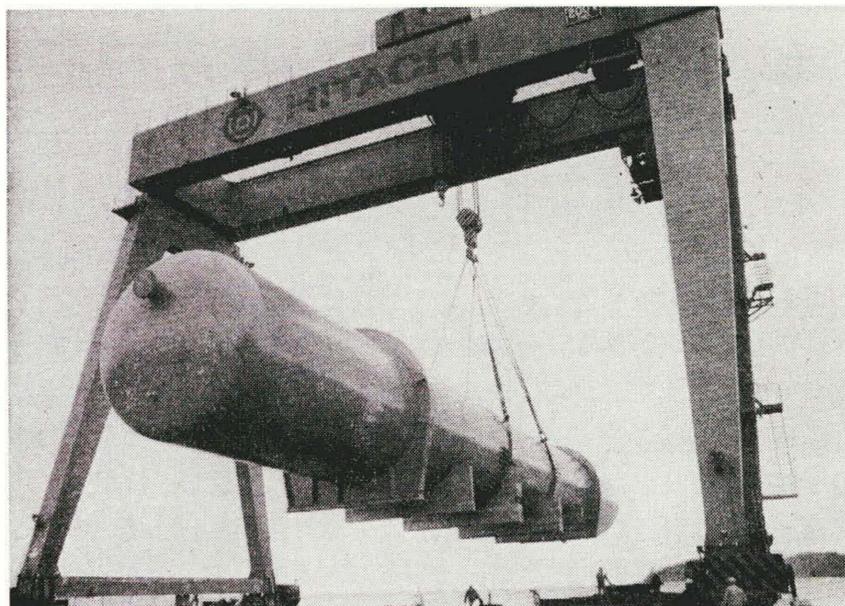


図 7 大形横置分離槽



図 6 チタンクラッド製リアクタ

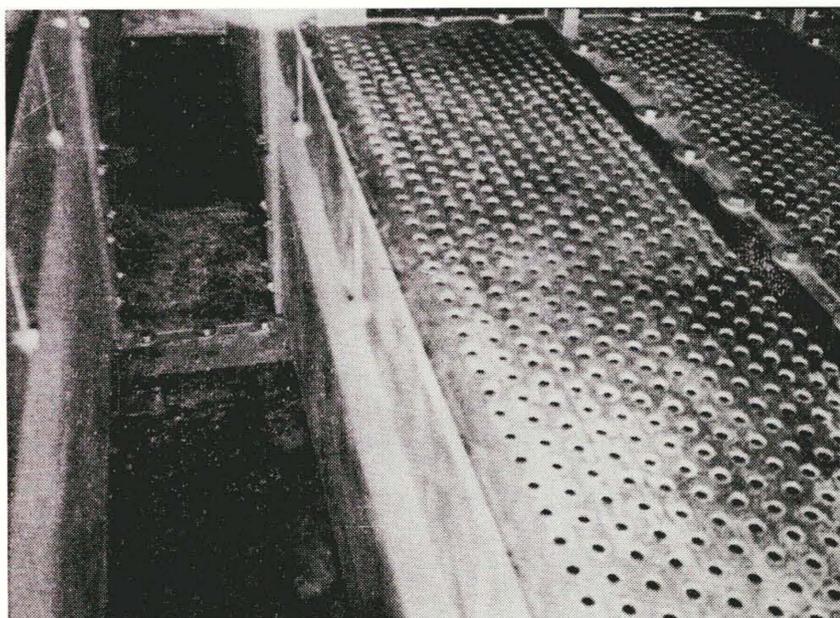


図 8 シーブトレイ

■ 日立テーパーロール

実液応用実験により、設計仕様を具体的に検討し、次のような操作に適用される日立テーパーロールを受注製作した。表 1 は標準日立テーパーロールの概略仕様を示したものである。

- | | |
|---------------|---------------|
| ① 合成繊維用重合装置 | ④ 合成樹脂用顔料添加機 |
| ② 合成樹脂用脱モノマー機 | ⑤ 合成接着剤用溶剤除去機 |
| ③ 合成繊維用濃縮機 | ⑥ 食品工業用反応器 |

■ 輸 出 化 学 機 械

昭和 45 年度輸出された化学機械の特徴は、高温高压機器、大形槽、爆発クラッド製機器、アンモニア合成塔内部装置などから成り、高度の設計製作技術が必要とされている。

- (1) ARAMCO サウジアラビア向けに、内径 4,810 mm、全長 45,720 mm、重量 228 t の大形横置分離槽 4 基を納入した。
- (2) CHEMICO インド向けに、850 t/d アンモニアプラント用 CO₂ 再生塔をトレイ込みで納入した。還流部 3 段はバルブトレイ、そのほかは図 8 に示すようなシーブトレイであり、シーブトレイは FRI に基づいて設計された。
- (3) CHEMICO-Dupont 向けに、900 t/d 硝酸プラント用アンモニア燃焼器・廃熱ボイラ・過熱器・冷却器・接触反応器など 22 基を納入した。

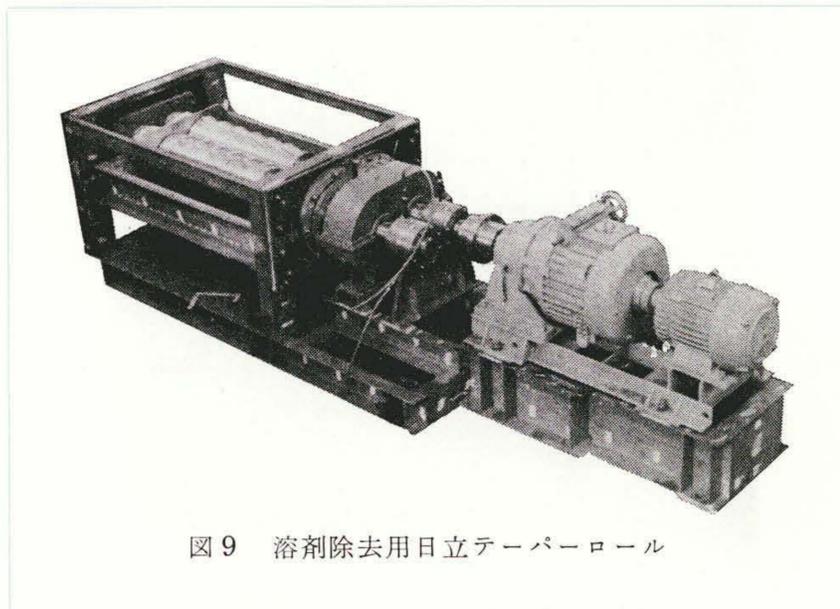


図 9 溶剤除去用日立テーパーロール

表1 日立テーパロール標準仕様

形式	ロール最大径 (φmm)	ロール段数	ロール表面積 (m ²)	所要動力 (kW)	処理量 (kg/h)
TP-100-3 (~6)	100	3 (~6)	0.1 (~0.2)	0.75~2.2	5~15
TP-160-3 (~6)	160	3 (~6)	0.25 (~0.5)	2.2~5.5	12~38
TP-250-3 (~6)	250	3 (~6)	0.6 (~1.2)	5.5~11	30~90
TP-400-3 (~6)	400	3 (~6)	1.6 (~3.2)	11~37	80~240
TP-630-3 (~6)	630	3 (~6)	4.0 (~8.0)	37~90	200~600
TP-1000-3 (~6)	1,000	3 (~6)	10.0 (~20.0)	90~200	500~1,500

注：(1) ()内の数値はロール段数が6段の場合を示す。
 (2) 形式 TP-100-3 (例)は、ロール最大径 100 mmφ、ロール段数3段の日立テーパロールを意味する。

■ 高圧クイックオープンマンホール

化学プラント、特にプラントの心臓部にあたる反応罐(かん)のメンテナンスの合理化の一策として、クイックオープンマンホールの出現は業界切望の的であった。

反応罐は一般の塔、槽、熱交などに比べると、高圧、高温での使用または、バッチ運転が多く、メンテナンスの合理化がより強く叫ばれる所以(ゆえん)である。

日立製作所はこの要望にこたえるべく、従来のボルト締付け構造のマンホールを改良し、ワンタッチ開閉マンホールの開発に力を注ぐとともに中低圧、高圧用(100K)のシリーズ化を進めていたが、このほど実用化に成功した。

すでに、中低圧用、高圧用とも多数納入し、現在好評裏に稼働している。図10は、その一例を示すものである。

内圧のシールは、合成ゴムの特殊パッキンで行なわれている。ふたの締付け機構は、中低圧用にシンプルで確実な締付けのできるクラッチリング方式を採用、高圧用には特殊2分割ロッキングリング方式を採用している。操作はすべてハンドル操作である。

特に、高圧用(たとえば100Kでは)は、従来の方式であれば、60φmm×20本のボルトで、開閉には約30分程度を要し、かつ、非常な労苦を要していたものが、わずか1人で3分以内で手軽に開閉できる。

さらに、人力によるハンドル操作を電気操作に切り替えることも可能で、今後ますます自動化されるであろう化学プラントに対処できる点も強みである。

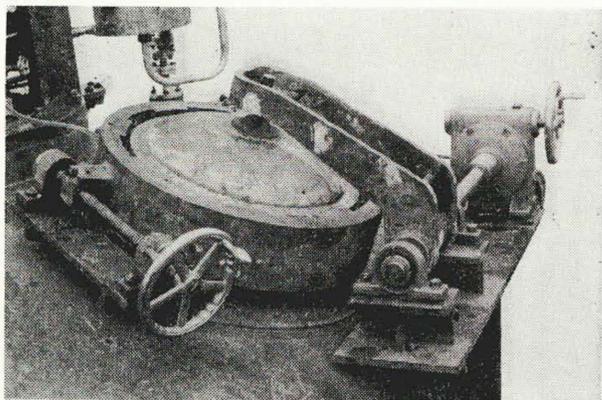


図10 クイックオープンマンホール

■ 高張力鋼を使用した大形塔完成

大形塔に高張力鋼などの高降伏比の材料を使用すれば高い応力まで許容できるので塔の板厚は薄くなり大形塔も軽量化できるが、高張力鋼使用の大形塔は材料の均質性、作業性、強度解析法などに問題があるので国内での製作実績は少ない。

このたび、三井石油化学株式会社に製作納入した蒸留塔は全長

63 m、重量 260 t もある大形であったが高張力鋼(HT 60)の材料特性および作業方法、応力解析、脆(ぜい)性破壊と検査方法の関連性などを検討して約 27% (SM 50 B 使用の場合に比べて) 軽量化した。



図11 船積み中の高張力鋼使用の大形塔

■ 大形 TO-プラントの完成

最近、特に鉄鋼業界の設備拡張大形化に伴い、製鉄製鋼用酸素の需要はますます増大しており、空気分離装置(TO-プラント)の大形化とともに完全な集中監視、遠隔操作方式を採用した運転操作の簡略化された高性能プラントが要求されている。

最近の大形 TO-プラントの特長は次のとおりである。

- (1) 完全な集中監視、遠隔操作方式の採用により保守、運転操作が簡略化し、長期連続運転が可能になっている。
- (2) アルミプレート式熱交換器の製造制限寸法の大形化に伴って、石材充てん式蓄冷器に代わってアルミプレート式可逆熱交換器の採用が目立ち、起動時間を約 24 時間に短縮して運転性を著しく向上させている。
- (3) 中圧液化回路または酸素ガス巻戻し再液化回路を付帯することによって、酸素ガスの需要にあわせ一部を液体酸素、窒素で採取してガス酸素発生量の増減ができるようになっている。
- (4) プラントの緊急停止、保守に備えて大容量液酸タンクが設備される傾向にあり、室蘭共同酸素株式会社納 20,000 Nm³/h

表2 最近の大形 TO-プラント

納入先 (敬称略)	プラント容量		稼働年月
	酸素発生量, 純度	窒素発生量, 純度	
新日本製鐵株式会社 君津製鐵所 5 号機	15,000 Nm ³ /h, 99.6%	15,000 Nm ³ /h, 99.999%	45 年 6 月
共同酸素株式会社 和歌山工場 10 号機	15,000 Nm ³ /h, 99.6%	10,000 Nm ³ /h, 99.999%	45 年 8 月
共同酸素株式会社 鹿島工場 2 号機	GO ₂ 13,800~ 15,000 Nm ³ /h, 99.6% LO ₂ 1,200~0 Nm ³ /h	GN ₂ 9,400~ 10,000 Nm ³ /h, 99.999% LN ₂ 600~0 Nm ³ /h	45 年 10 月
共同酸素株式会社 鹿島工場 3 号機	GO ₂ 13,800~ 15,000 Nm ³ /h, 99.6% LO ₂ 1,200~0 Nm ³ /h	GN ₂ 9,400~ 10,000 Nm ³ /h, 99.999% LN ₂ 600~0 Nm ³ /h	45 年 12 月
川崎製鐵株式会社 水島製鐵所 6 号機	<定格> GO ₂ 14,200 Nm ³ /h 99.6% LO ₂ 500 Nm ³ /h	GN ₂ 6,200 Nm ³ /h 99.99% LN ₂ 200 Nm ³ /h	46 年 1 月 (据付中)
	<増量> 17,500 Nm ³ /h, 99.6%	6,800 Nm ³ /h 99.99%	
室蘭共同酸素株式会社 1 号機	20,000 Nm ³ /h, 99.6% (LO ₂ 1,900 Nm ³ /h)	—	46 年 7 月 (製作中)

TO-プラントには1,000 tの地上二重殻平底円筒形液酸タンクが製作設置された。

(5) 製品酸素ガスは2,000 mmAqより25~30 kg/cm²Gまでワンタッチで起動できるターボ形酸素ブロワで圧縮されるため、運転操作面でいっそう簡略化されている。

(6) プラントの保冷材には、従来の岩綿に代わって断熱性能のすぐれているパーライト・パウダーを使用している。

2,000 Nm³/h 液酸プラントの完成

東洋酸素株式会社群馬工場に中圧液化回路利用による液酸プラント (TO-L プラント) を納入完成した。本プラントは全低圧式空気分離装置に操作圧力が25 kg/cm²G以下の中圧液化回路を組み合わせたもので、プラントに必要な寒冷な高効率の動力回収形中圧膨張タービンにより発生させるようにしたもので、プラントの仕様は表3のとおりである。

石材充てん式蓄冷器に代わってアルミプレート可逆熱交換器を採用し起動時間を約半分に短縮して運転性を向上させている。

本プラントは、従来の往復動形の原料空気圧縮機と膨張エンジンを用いた運転圧力が180~200 kg/cm²Gの高圧方式のプラントに比較して次のような特長を持っている。

(1) プラントの寒冷発生源として、高効率の動力回収形中圧膨張タービンを使用している。

(2) 最高操作圧力は中圧液化回路の25 kg/cm²Gで、このため圧縮機にターボ形の採用と中圧膨張タービンの採用によってすべて回転式の機械となり、運転保守が簡便となり長期連続運転が可能である。

(3) 原料空気中の炭酸ガス除去は、従来の高圧方式ではカ性ソーダによっていたが、本プラントでは空気中の炭酸ガス、水分はアルミプレート式可逆熱交換器による低温凝結法で除去されるためカ性ソーダなどの消費副資材が全く不要である。

(4) 従来の往復動機械と異なり、回転式機械であるため大容量液酸プラントになるほど製造原単位、設備費、据付所要面積などの面で有利である。

表3 プラントの仕様

	単位	操作(1)	操作(2)	操作(3)	操作(4)
液酸発生量	Nm ³ /h	2,000	1,000	1,950	1,000
純度	%	99.8	99.8	99.8	99.8
ガス酸発生量	Nm ³ /h	0	800	0	700
純度	%	—	99.7	—	99.7
液窒発生量	Nm ³ /h	0	1,000	0	950
純度	%	—	99.9999	—	99.9999
液アルゴン発生量	Nm ³ /h	0	0	42	36.5
純度	%	—	—	99.995	99.995
原料空気量	Nm ³ /h	11,200	11,200	11,200	11,200
原料空気圧縮機吐出圧	kg/cm ² G	4.9	4.9	4.9	4.9
循環空気圧縮機吐出圧	kg/cm ² G	25	25	25	25

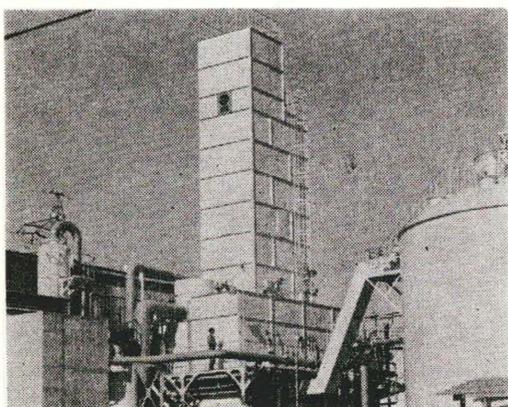


図12 2,000 Nm³/h TO-L プラント

東京瓦斯株式会社日立支社納 LNG(液化天然ガス)受入設備の完成

昭和45年10月、日立製作所が東京瓦斯株式会社日立支社に納入したLNG受入設備は、根岸基地からタンクローリで運ばれてきたLNGを貯槽に受け入れ、需要に応じて気化させ都市ガスとして使用するための設備で現在順調に運転中である。

タンクローリで運ばれてきたLNGは、フレキシブルホースを通じてLNG貯槽に供給される。LNG貯槽はアルミ合金製でパーライト粉末により保冷されている。LNGは上部より取り出されてLNG蒸発器にはいり、ここで蒸気により加熱され約4 kg/cm²Gの圧力でガスとして取り出され都市ガスマ管に供給される。LNG貯槽で自然蒸発したボイルオフガスは、LNG蒸発器によって常温まで加熱されたのち、既設のガスホルダにためられ、圧縮後都市ガスとして供給される。

図14は東京瓦斯株式会社のLNG受入設備系統図である。

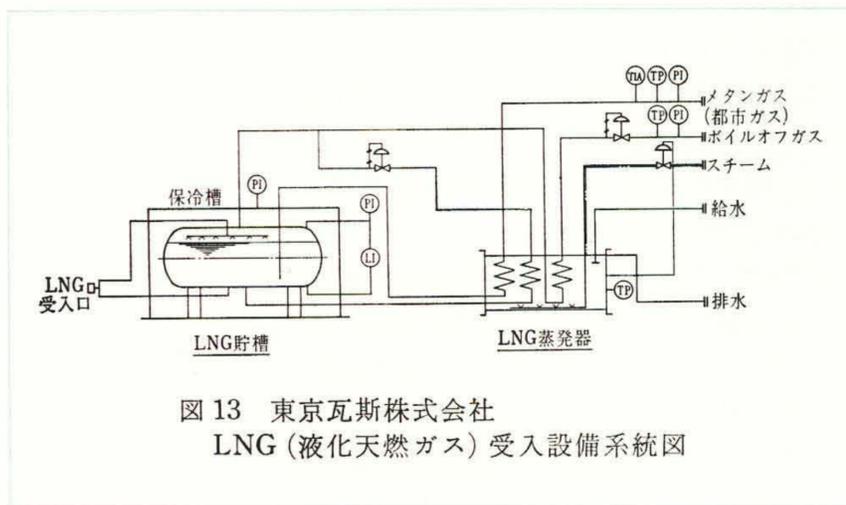


図13 東京瓦斯株式会社 LNG(液化天然ガス)受入設備系統図

粉体用大形日立ザンバイ装置

日立ザンバイ装置の受注も順調に伸び、現在製作中のものも含め約40台に達した。ここでは最近製作納入した粉体用としては最大容量の20 m²日立ザンバイ装置について紹介する。

- 1 伝熱面積 20 m²
- 2 胴内径 1,250 mm
- 3 幅×高さ 約3.5m×10m
- 4 翼枚数 12枚/段×20段
- 5 羽根形式 ストレート
- 6 軸封 グランドシール
- 7 用途 DMTの脱水

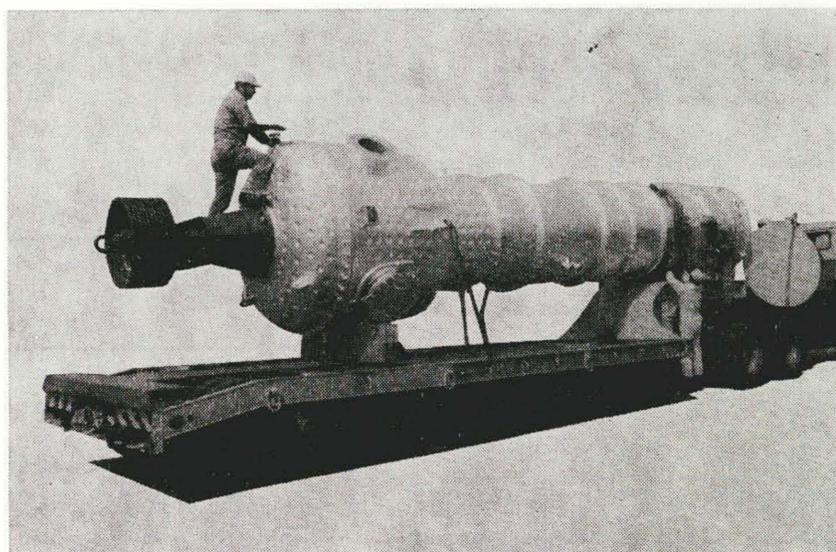


図14 工場発送時の粉体用20 m²日立ザンバイ装置