

4

化学プラント

Chemical Plants



総説

日本の化学工業界の大形化への脱皮はここ両3年、目を見張らすものがあり、これに伴い化学プラント関係のエンジニアリング、機器の製作、現地建設工事上の諸問題は、従来にも増してその比重が高まり、急速に近代化・合理化の努力が払われはじめた。

日立製作所の化学プラント関係の昭和44年度の重要な動向とその成果を列記してみると、この間の努力の一端を伺うことができる。

- (1) 従来ディテールエンジニアリング以降の業務が多かったが、ベーシックエンジニアリングを含む高度の一貫したプラントの建設が増加し、必然的にコンピュータが広範に活用されはじめた。
- (2) 計算機制御が本格的に化学プラントの反応制御に採用され、運転コストの低減、品質の一定化、高収率運転のための生産量の増大など、経済性の追求の新しい解決策として“コンピュータコントロール”がじゅうぶんな機能を果たしうることを実証し得た。
- (3) 配管設計の技法として、コンピュータ、XYプロッタの利用による、日立独自のプログラムが開発され実施段階にはいった。
- (4) 化学機器製作工場の大形化・近代化が進み直径7m全長70m重量400tの大形塔が工場内で一体製作が行なわれ、フローティングクレーンを使わず直接船積み出荷され、輸送費、建設費の大幅低減が図られた。
- (5) 空気分離装置(TO-プラント)、ガス分離装置などの低温装置の製作工場が化学機械専門工場の笠戸工場へ移管され、技術の集中管理、開発の効率化がいちだんと進んだ。
- (6) 高粘度処理装置(テーパーロール)が開発され、高分子工業プラントに有力な武器を提供し、また一方異色ある製品としての遠心抽出機の受注が大きく増加し、欧米へ種々の特色ある機器が輸出されるなど、低調な日本独自の化学機器装置の中で特異な存在を示した。
- (7) EDC分解炉として世界最大級の炉の製作が開始され、エチレンのハイシビアリティの炉、アンモニアの改質炉と並び、高度の技術が工業用炉に要求されるようになり、それにこたえる体制が確立されてきた。
- (8) プラント建設の工法の近代化が目ざましく進み、配管材料のプレハブレーションの成果は業界の注目を受けはじめ、最高最大の建設機材を有する建設専門部門の能力評価がますます高まってきた。

従来、日立製作所は蒸留関係、熱交換器の設計・製作に関する国際的研究機関であるFRI(Fractionation Research Inc.)およびHTRI(Heat Transfer Research Inc.)の2協会に、わが国では唯一(ゆいいつ)の参加会社として参画していたが、その効果はまことに大きく、特に設計の合理化、機械化に早くより役だっておった。さらにADS(Automatic Drafting System)計画としてプラント設計の全面合理化、機械化の第一歩として、コンピュータ、プロッタの利用による配管の立体組立図、ワンスプール図、各種材料表の自動作図技法としてのHiCADIPプログラムを完成し、69年ケミカルプラントショーにこれを発表し多大の反響を呼んだ。これは配管のプレハブ工法の進歩とあいまって、プラントエンジニアリングの効率を高め、さらに建設工事の近代化に大きく寄与するものといえよう。

■ 大形化学機器の製作

化学機器の大形化は好調に伸び、過去1年間に、多種多様の大形化学機器が製作納入された。ここでは代表的な大形機器、400 t級の塔、2,300 m²の大形熱交換器、胴径 3,100 mm のチタンクラッド製反応器、300 m³の超大形培養槽(そう)、130 m³の大形重合かんなどについて紹介する。

塔関係については、内径 4,300 mm、全長 76,200 mm、胴の最大板厚さ 60 mm、機器重量(トレイ重量を除く)410 t のものを2基納入した。このような大形機器であるため、従来の抗張力ベースの設計では機器重量が大幅に増大し、製作、船積み、輸送および据付けなどに多くの費用が必要となるので、温度による降伏点の変化、降伏比の影響などを検討して降伏点ベースによる設計を採用した。その結果、抗張力ベースでの設計に比べて1基当たり約 30 t の重量を低減することができた。一方、製作面においては全面的にブロック工法を採用して合理化を図った。

熱交換器類については、胴径 4,000 mm、伝熱管本数約 11,000 本、伝熱面積 2,300 m² の大形熱交換器、また高温の大形熱交換器としては、胴径 4,000 mm、管板厚さ 200 mm、伝熱面積 800 m²、温度 750℃ のものを製作納入した。

特殊材料チタン製反応器として、胴径 3,100 mm、長さ 7,000 mm、板厚さ 21 mm (SB 42) + 2 mm (チタン) の爆接クラッド材を使用したチタン製としては大形の反応器をアメリカのエンジニアリング会社を通じ I. C. I. (イギリス) に輸出した。

接触流動層式反応器としては、胴径 6,000 mm、長さ 27,000 mm、機器重量 200 t のものを2基製作納入した。

かくはん機器類についても各種の重合かん、培養槽、反応器、回転円板抽出塔など、かずかずの記録品が製作納入された。代表的な

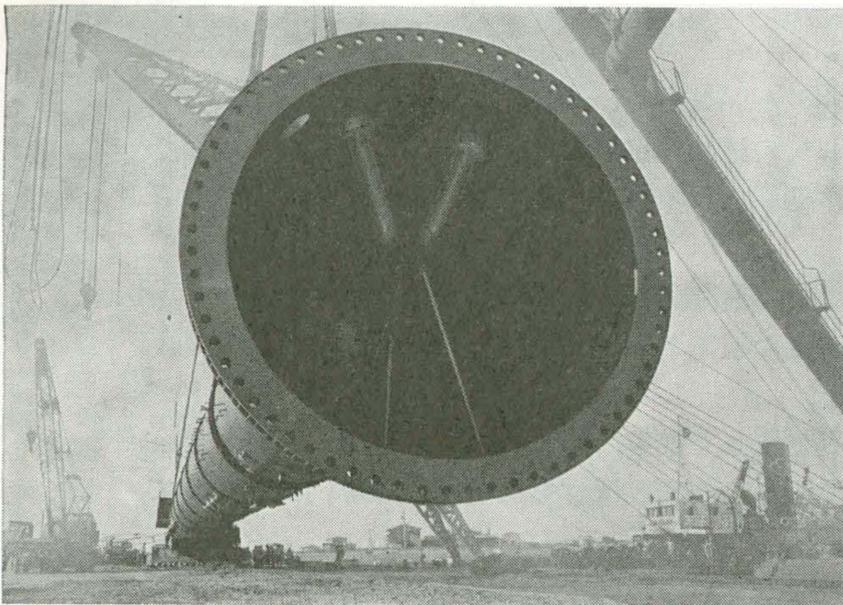


図1 製作中の大形塔

ものとして、容量 300 m³ の超大形培養槽を工場製作および現地溶接組立技術により完成した。そのほか 240 m³、120 m³ 級の大形培養槽も多数納入した。また回転円板抽出塔(R. D. C.)については、内径 3,050 mm、全長 31,600 mm、ロータ段数 70 段と記録的な大形製品を納入した。合成樹脂プラント用重合かんとしては、容量 130 m³、圧力 10 kg/cm²、回転数 100 rpm、減速装置：モータ+トルクコンバータ+ギヤ減速機、軸封装置：メカニカルシールの仕様で世界で類を見ない大形重合かんを設計製作し納入、現在

好評のうちに運転されている。このほか大形直交軸かくはん機 7D タイプ、動力 150 kW のもの数基を製作し納入した。



図2 世界最大の 300 m³ 培養槽

■ ニッケルモネル製機器の製作

最近の化学工業の発展により装置に非鉄高級耐食材が多く使用されるようになった。特にニッケルおよびモネルは塩酸などを使用するプラントの材料として近年注目されている。

一方、爆接クラッド鋼の開発により、大形で過酷な使用条件に耐える高級耐食材質の機器の製作が容易になった。またこれと同時に溶接技術の改良・開発により高品質、高能率の作業が可能となり大形機器の製作技術が確立された。

特に昭和 43 年以來笠戸工場では、多数のモネルおよびニッケルの精留塔、熱交換器、回転機、特殊機器、配管などが製作された。これを機会に設計・製作・検査に関する技術的問題を総合的に再検討してこれら非鉄高級耐食材を使用した機器の製作技術の確立が図られた。これらの実績はわが国の非鉄高級耐食材質化機に対する技術水準の評価を大いに高めた。なおこれらの機器はいずれもプラントの中核装置を占めるものであり納入後もトラブルなく稼働中である。今後も鋭意耐食材質の需要に対処していくものである。

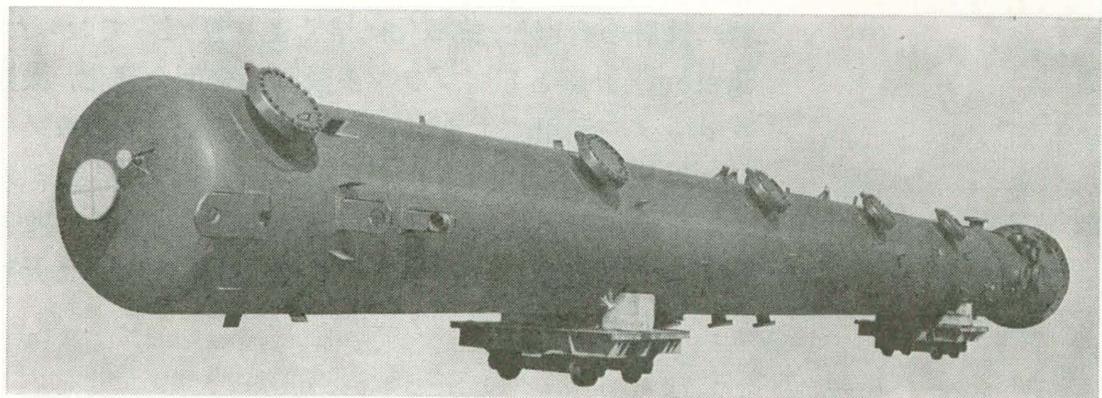


図3 モネルクラッド製精留塔

■ 技術提携による新製品

1. 日立遠心抽出機 (HITACHI-QUADRONIC)

日立遠心抽出機は従来の重力による抽出装置に対して、重力の2,000~5,000倍の遠心力を利用して液-液の接触分離を行なわせるもので、今般、アメリカ LIQUID-DYNAMIC 社と技術提携を行ない、開発したものである。その特長としては

- (1) 比重差の小さい物質系($\Delta\rho=0.02$)も処理できる。
- (2) 滞留時間が小さく、変化しやすい物質を処理できる。
- (3) 大きい処理容量でも小形となる。

などの一般的特長に加えて、さらに次の特長を有している。

- (4) 円板柱の使用により、大きな容量変化に対応できる。
- (5) 導液管の使用により、混合域、分離域の大きさが自由に調節できる。
- (6) 導液管の使用により、簡単に、加圧状態でも使用できる遠心分離機となる。

これら装置の納入先は、医薬品、有機合成、無機化学工業など広い分野にわたっており、実液-液系のテストを基に、設計・製作を行ない、多数納入しているものである。

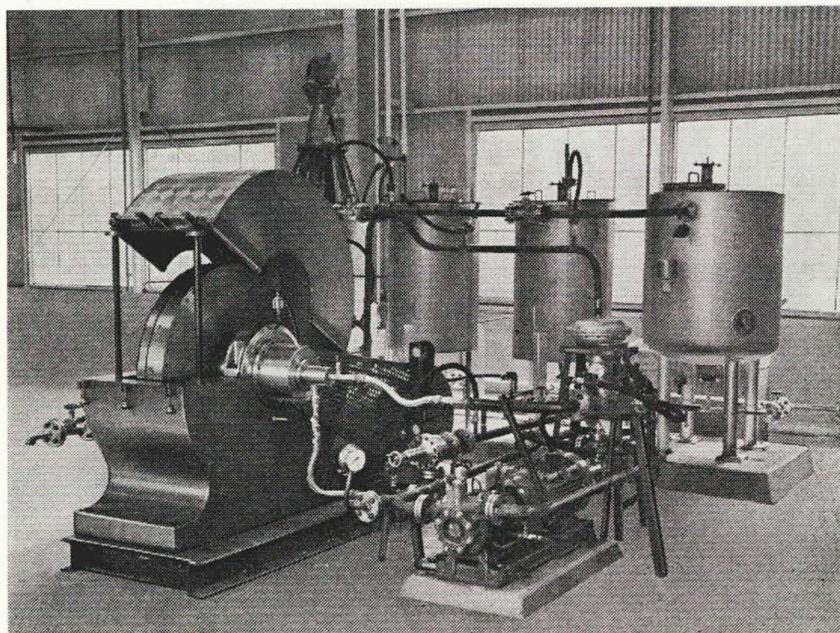


図4 日立遠心抽出機

2. 日立ザンバイ装置 (HITACHI SAMBAY)

日立ザンバイ装置は西ドイツの SMS 社と技術提携して開発された円筒立形かき取り式遠心薄膜蒸発機で、処理液によっては粉体まで連続的に処理可能であるという、従来の遠心薄膜蒸発機には見られない独自の特長を有する。なお最近化学機械の大形化の傾向は顕著であるが、本装置においても遠心薄膜蒸発機の姉妹品である日立コントロール装置の技術をじゅうぶんに生かし、遠心薄膜蒸発機としては世界最大容量の日立ザンバイ装置を製作し納入した。これは既設のバッチ式蒸発釜に対し1パスで連続的に高濃縮することを目的としたものである。ここにその記録品の概略仕様を記述する。

伝熱面積	20 m ²
胴内径	1,250 mm
幅 × 高さ	約 2 m × 11 m
翼枚数	320 枚
駆動装置	6D-B形日立直交軸減速機

日立ザンバイ装置は遠心薄膜蒸発機の一般的な特長を有するほか、次に示す特長を有している。

- (1) 製品の結晶化、粉体化およびスラリーを含むものも連続処理できる。
- (2) 濃縮物が操作条件により結晶化する液に対しても、安定した運転ができる。
- (3) 溶剤回収率が最大である。
- (4) 装置の大形化が容易である。

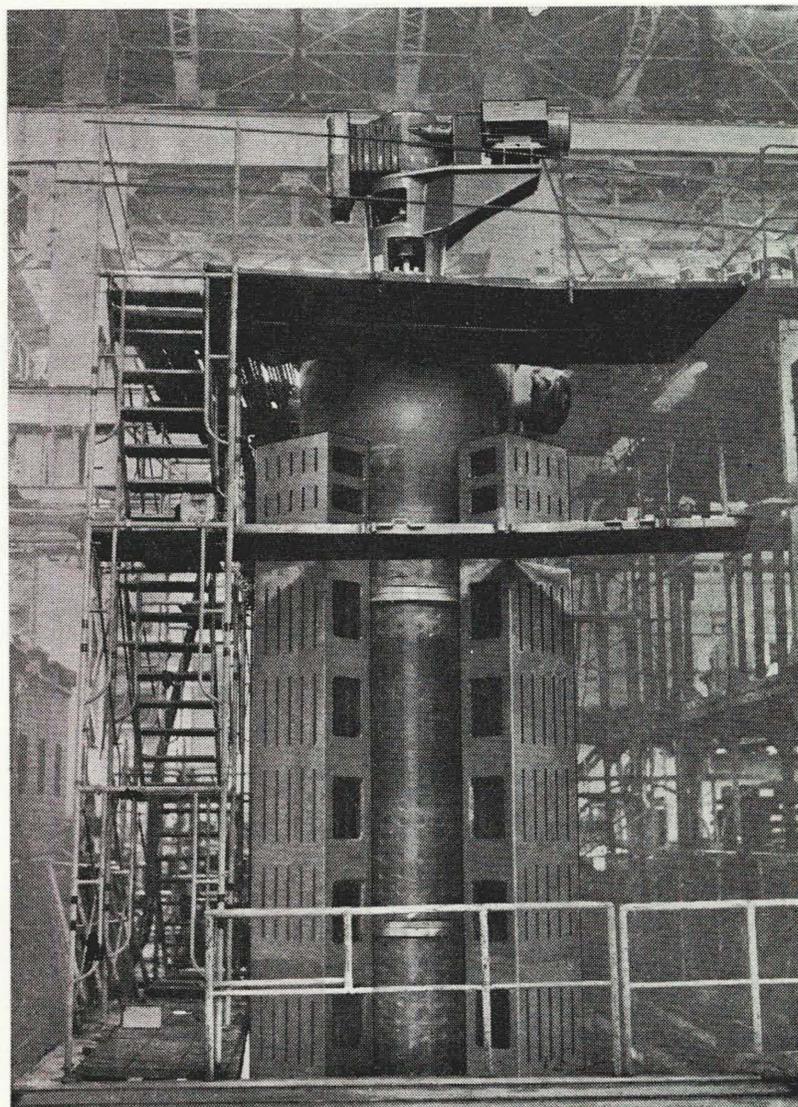


図5 工場内試験中の 20 m² 日立ザンバイ装置

■ 輸出化学機械

昭和44年度の輸出化学機械として、その主要なものに次のようなものがあげられる。

1. アセテートプラント用かくはん反応機

アセテートの原料処理方法は、従来酢酸を使用した酢化法によっていたが、数年前より帝人株式会社の手によってメチレンクロライド法による連続化、容量増大化に成功し、その品質の優秀性と経済性が世界的に注目されるようになった。

昭和42年帝人株式会社は、ベルギーの著名繊維メーカー Union Chimique Bedrijven 社にも、この製造技術を輸出することになり、帝人株式会社の推挙もあって、日立製作所はこのプラントの最中枢機器である3機種6基のかくはん反応機を受注製作し、さらに現地の据付け、試運転を行なった。これらの機器は、これまで数次にわたり帝人株式会社に納入し好評を受けている同機相当品で設計、製作、組立、いずれも高度の技術を要するものである。

これら3種のかくはん装置のうち、第1のかくはん機では、綿状にほぐした原料パルプをかくはん翼で回転させながら、スプレーノズルからの薬液を散布させて一様な湿潤状態にさせ、ついでこれを空気輸送によって第2のかくはん機に送り、さらに薬液が注入され

かくはん熟成される。熟成の終わった原料はさらに第3のかくはん機にはいり加水化されていっそうじゅうぶんな熟成が続けられる。これらのかくはん機にはいずれも高級ステンレス鋼が使用され、反応条件に最適であるような特異な形状をしたかくはん翼が有り、粘度アップに応じて軸回転数は可変で長寿命に耐える独自の軸封機構を有している。合成繊維工業国として、古い伝統のあるベルギー国の有力会社に対し、この技術が輸出されたことは特記に値するものであろう。

2. アンモニアプラントおよび尿素プラント用塔槽類

アメリカのエンジニアリング会社 CHEMICO よりサウジアラビアの肥料会社 SAFCO 向の 660 t/day アンモニアプラント用および 1,120 t/day 尿素プラント用塔槽類を受注した。

本機器は、塔槽およびリアクター 20 種 22 基、クリスタルメルター 1 種 4 基、アルミ製容器 1 種 1 基合計 22 種 27 基より成り、昭和 43 年に製作を完了し、サウジアラビア・ダマンに発送され、昭和 44 年 7 月から運転が行なわれている。本機器は、ASME BPVC SECT. VIII で設計・製作・検査が行なわれ、特に図 7 に示すステンレス製尿素用クリスタルメルターには、経済的に有利なディンプルジャケットを採用し、BACH の式に基づいた設計値の裏付けとして、水圧試験により応力を測定し、ほぼ一致する結果を得た。

なお本プラントは、日本をはじめ世界各国の有名会社の機器で構成されているが、塔類は、ほとんど日立製で占められている。

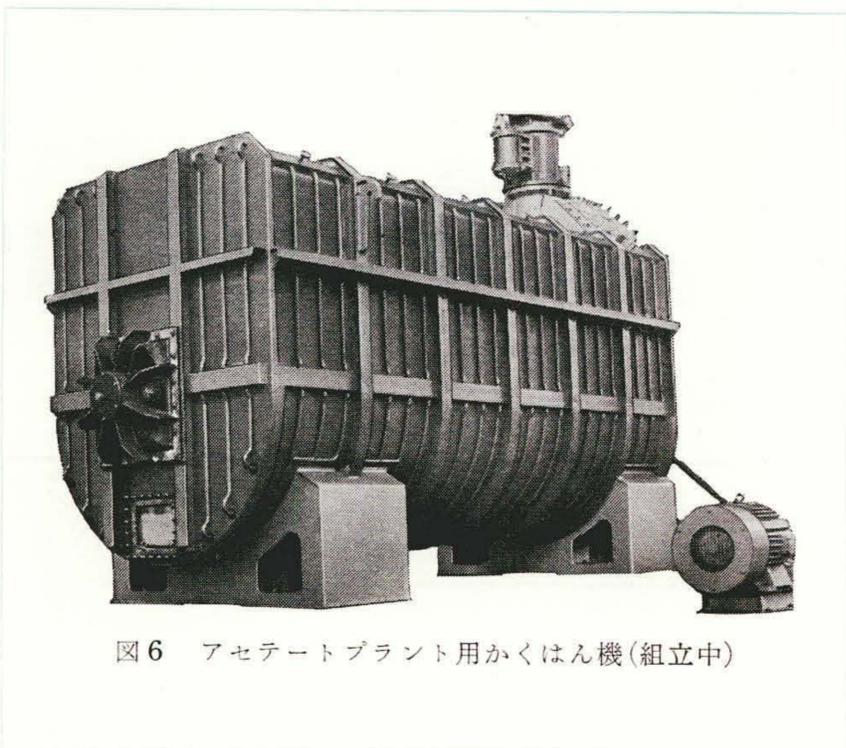


図 6 アセテートプラント用かくはん機(組立中)

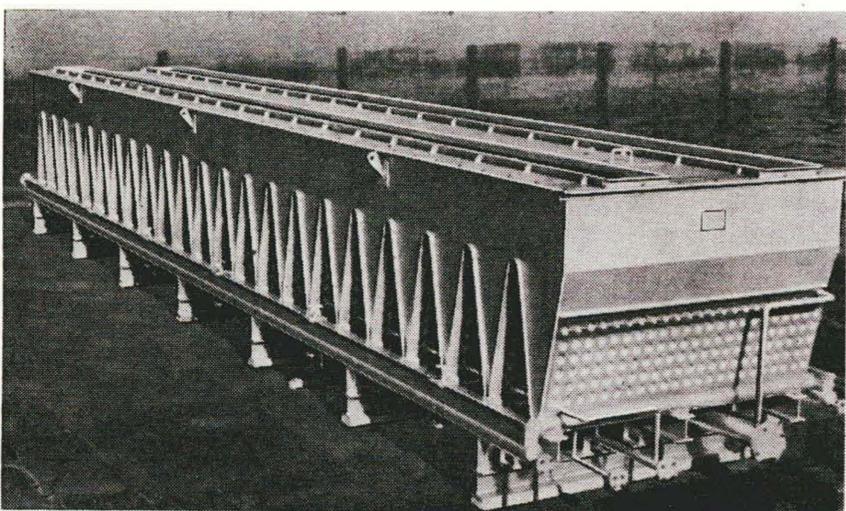


図 7 尿素プラント用クリスタルメルター

■ 高性能大形 TO-プラント続々完成

最近の設備の大形化に伴って空気分離装置 (TO-プラント) の容量もますます大形化しているが、日立製作所では新しい試みを随所にとり入れた高性能、大容量 TO-プラントを続々完成させた (表 1)。

空気分離装置の性能の優劣は、一般に電力原単位すなわち製品酸素を 1 Nm³ 採取するために要する電力消費量で評価されるが、圧縮機の効率向上、新設計の精留塔採用による分離効率の向上、高効率膨張タービンの開発などによって、従来の電力原単位の標準を大幅に下回った高性能のプラントが出現したことも装置の大形化とともに目だった特長となった。

表 1 最近稼働した大形 TO-プラント

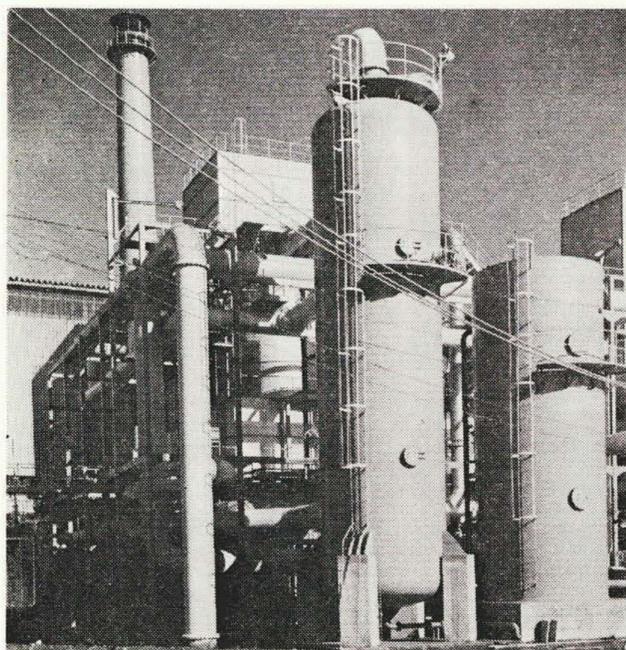
納入先 (敬称略)	プラント容量		稼働年月
	酸素発生量, 純度	窒素発生量, 純度	
八幡製鉄株式会社 君津製鉄所 2 号機	15,000 Nm ³ /h, 99.6%	15,000 Nm ³ /h, 99.999%	43 年 10 月
八幡製鉄株式会社 君津製鉄所 3 号機	15,000 Nm ³ /h, 99.6%	15,000 Nm ³ /h, 99.999%	44 年 6 月
八幡製鉄株式会社 君津製鉄所 4 号機	15,000 Nm ³ /h, 99.6%	15,000 Nm ³ /h, 99.999%	44 年 9 月
川崎製鉄株式会社 水島製鉄所 4 号機	GO ₂ 11,000 Nm ³ /h, 99.6% LO ₂ 400	4,000 Nm ³ /h, 99.999%	44 年 6 月
株式会社ほくさん 輪西工場 3 号機	GO ₂ 8,500~ 10,000 Nm ³ /h, 99.8% LO ₂ 1,500~0	LN ₂ 750 Nm ³ /h, 99.999%	44 年 9 月
共同酸素株式会社 和歌山工場 8 号機	10,000 Nm ³ /h, 99.6%	5,000 Nm ³ /h, 99.999%	43 年 12 月
共同酸素株式会社 和歌山工場 9 号機	10,000 Nm ³ /h, 99.6%	5,000 Nm ³ /h, 99.999%	44 年 3 月

(1) 八幡製鉄株式会社君津製鉄所納 15,000 Nm³/h TO-プラント

本プラントは完全な集中監視、遠隔操作方式を採用した最新鋭設備で、石材充てん式蓄冷器を用いたプラントとしては国内最大容量のものである。

本プラントの設計、製作に当たってプラントの心臓部に相当する精留塔について実物大モデルにより流動特性、強度面などについて徹底した研究が行なわれたが、実際の運転においてわれわれの期待どおり分離効率を示す原料空気量と製品酸素量の比、すなわち空気比が 5.2 と従来の 5.4~5.5 を大きく下回る性能があげられた。

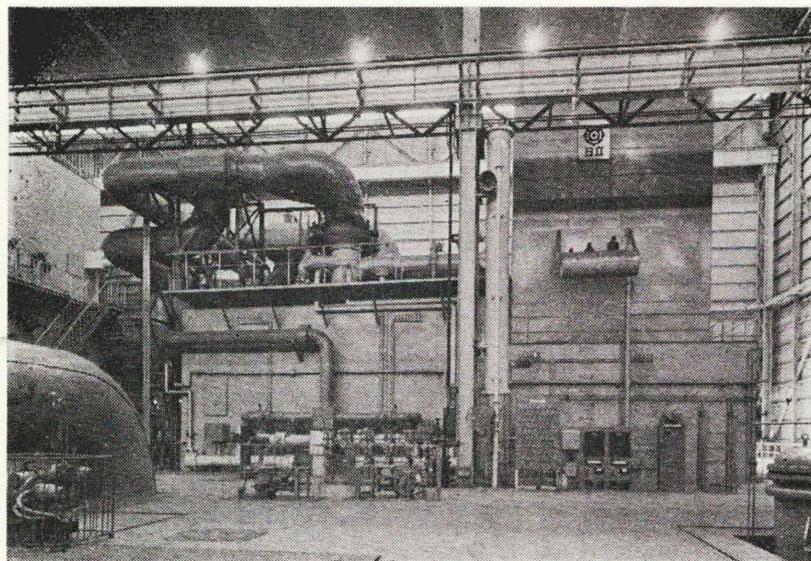
蓄冷器を使用したプラントは、最近多く採用されるようになったアルミ鋳(ろう)着プレート式可逆熱交換器を使用したプラントと比較して、切替時のパージロスが大きいなどから一般にプラント性能が劣ると言われているが、本プラントは電力原単位が 0.42~0.43 kW/Nm³ O₂ という画期的な性能を発揮した。また製品酸素ガスは、2,000 mmAq より 25 kg/cm²g までワンタッチで起動できるターボ形酸素ブロワで圧縮されるようになっており、保守、運転操作の面で簡略化されており長期連続運転が可能となっている。

図8 15,000 Nm³/h TO-プラント(2) 川崎製鉄株式会社水島製鉄所納 11,400 Nm³/h TO-プラント

本プラントは精留塔を低圧塔と中圧塔に分割し、循環ポンプで液酸を強制循環させるようにして装置の高さを低くした、いわゆる強制循環方式のプラントとして、またアルミ鑢着プレート式可逆熱交換器を用いたプラントとしても国内最大容量のプラントである。

大容量プラントにアルミ鑢着プレート式可逆熱交換器を採用した場合、熱交換器製作上の制限から比較的小さな寸法の熱交換器を多数並列に使用することになるため熱交換器相互の流量バランスが問題となり調整に多大の労力と時間を要するが、日立独自の配列をとることによりほとんど調整を必要としないで起動ができ、起動時間も約24時間と短くきわめて安定した運転実績を樹立した。

なお本プラントは酸素 11,400 Nm³/h のうち 400 Nm³/h は液体酸素として採取されるが、日立特許の膨張タービンに供給される低温空気で酸素ガスを液化させる巻戻し再液化方法の採用により電力原単位は液体酸素分を含め 0.43~0.44 kW/Nm³ O₂ という高性能が得られた。なお本プラントは、液酸の採取を行わないときには製品ガス酸素を最大約 14,000 Nm³/h 発生しうる能力がある。

図9 強制循環形 11,400 Nm³/h TO-プラント(3) 株式会社ほくさん輪西工場納 10,000 Nm³/h 中圧液化設備付 TO-プラント

本プラントは酸素需要にあわせ中圧液化設備を起動、停止することにより一部を液体酸素、窒素で採取してガス酸素発生量を増減できるものでさきに納入された同じ方式の 6,000 Nm³/h TO-プラント 2 基 (本誌 Vol. 50, No. 1 49 頁で紹介) の好実績に基づき容量を大きくして設置されたものである。本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・パウダーが使

用されている。

(4) 共同酸素株式会社和歌山工場納 10,000 Nm³/h TO-H プラント

共同酸素株式会社和歌山工場にはすでに 6,000 Nm³/h—2 基、10,000 Nm³/h—5 基が納入されており、今回納入された 10,000 Nm³/h 2 基を含めると 1 時間当たり酸素発生量は 82,000 Nm³ と単一工場としては国内最大の酸素工場になった。今回納入されたプラントは基本的には既納品と同形式のものであるが、保冷材には新しくパーライト・パウダーが採用されている。

■ パッケージ形保冷槽を採用した深冷分離装置

最近の化学プラントは大容量・大形化とともに、コンパクト・省力化の方向にも進んでいるが、パッケージ形保冷槽は試作ヘリウム液化冷凍装置に初めて試み、製品化の見通しを得たので協和ガス化学工業株式会社中条工場納コールド窒素装置、川鉄化学株式会社水島工場納水素精製装置、徳山曹達株式会社窒素増量装置に採用し優秀な成果を得た。これに引き続き輸出品として韓国機械工業株式会社納 200 TO-M プラントに採用された。

パッケージ形保冷槽の特長は

- (1) 機器、配管の組立てを工場で行なうので、作業は正確であり現地での不具合の発生がない。
- (2) 現地組立がなくなり据付けが容易であり、据付費が安い。
- (3) コンパクトな配置により、据付面積が小さい。
- (4) 基礎は低温を考慮しなくともよいので基礎工事が簡単にすむ。
- (5) 1 品ごとの荷造の必要がなく梱包費が安い。
- (6) 輸送は 1 車両にまとまるので運賃が安い。

などである。輸送中の振動による事故も適当なサポートを施すことによりじゅうぶん防止することができる。今後輸出には有望である。

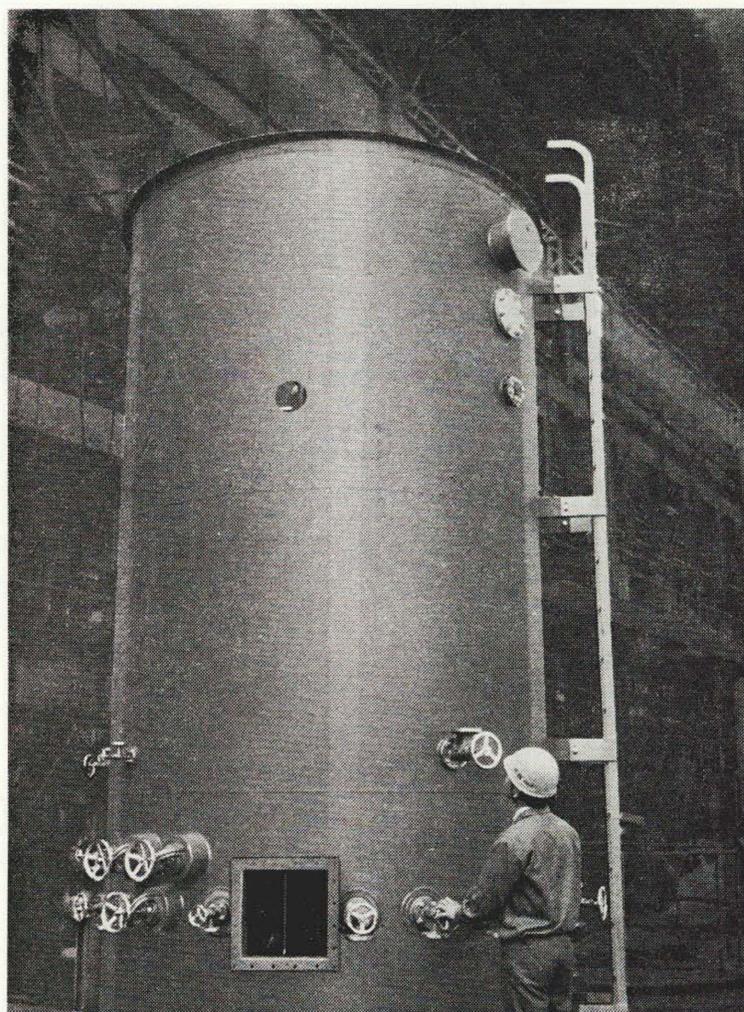


図10 工場組立中のパッケージ形保冷槽

■ アンモニア合成用ガスと同時に 一酸化炭素ガスを分離する装置の完成

本装置は日立製作所が昭和 35 年日産化学工業株式会社長岡工場に納入した窒素洗浄装置を改造し、従来燃料として使用していた廃ガス中に含有する一酸化炭素を回収する装置としたもので、現在順調に稼働中である。

装置に供給される原料ガスは、天然ガスのリフォーミングガスにメタノール合成パージガスを添加した混合ガスよりなっている。このガスはまず冷却後窒素洗浄塔で液体窒素洗浄によりアンモニア合成用混合ガスを分離し、塔底に蓄積した水素、窒素、一酸化炭素、メタンよりなる廃液を脱窒素塔、CO 塔の 2 本の精留塔で分離して 90% 以上の一酸化炭素ガスを採取する世界的にも類のない装置である。

また一酸化炭素を分離するに当たり、既設窒素洗浄装置より発生する常温、常圧の廃ガスを、圧縮機を新設して処理したのでは建設費原単位とも高くなるので、窒素洗浄塔塔底廃液を低温液状のまま脱窒素塔に供給する方式を採用するとともに、脱窒素塔、CO 塔精留操作に必要な窒素ガスも、既設窒素圧縮機を一部改造のみによって製造するよう計画したため、2 本の精留塔と 3 基の熱交換器を新設するだけで、アンモニア合成ガスと同時に一酸化炭素ガスを採取することのできる、非常に原単位の小さい経済的装置である。

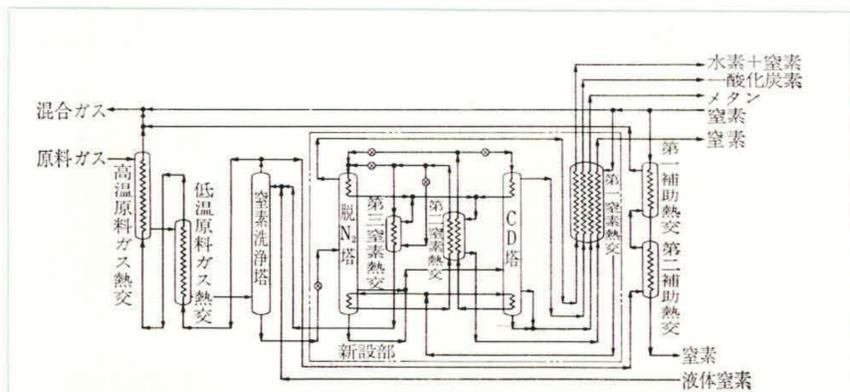


図 11 アンモニア合成用ガス、一酸化炭素を分離する装置フローシート

させる溶解法、型鍛造による製品形状に一致したファイバー・ブロー、それと溶接性を加味し適切な結晶粒度とする水靱処理の四つである。製品は溶接性もすぐれ、機械的性質も規格をはるかに上回るものが得られた。

溶接法としては勝田工場と日立研究所との共同開発による全自動 TIG 溶接法を採用した。HK-40 鋼への自動溶接法の導入は画期的とされ、溶接自体の信頼性と継手強度は一段と高いものが得られた。

(2) リフォーマ・チューブの材質面では、従来の HK-40 材遠心铸造管に比較しクリープ破断強度、高温靱性のすぐれた遠心铸造管を開発した。これは 25Cr-20Ni 鋼に二、三の特殊元素を微量添加したもので、Hi-Ka 1A と Hi-Ka 1B がある。この材料の特長は高温靱性が高く、たとえば 950°C での伸びは HK-40 の 20~40% に対し、Hi-Ka は 33~54% と大きい。クリープ破断強度は図 12 に示すように高く、とくに Hi-Ka 1B は高い。Hi-Ka のクリープ破断伸びは大きく、たとえば 982°C、10³ 時間で 10~25% である。

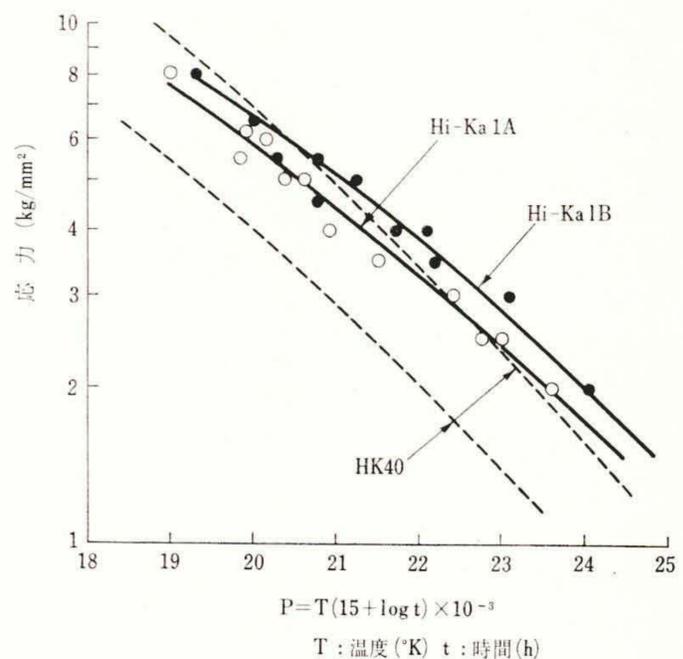


図 12 25Cr-20Ni 遠心铸造管のクリープ破断強度

■ 石油化学プラント用リフォーマ・チューブの製造

(1) 千代田化工建設株式会社納日本鉱業株式会社水島製油所向の重油脱硫装置用水素製造プラントに使用されるリフォーマ・チューブおよびコレクタ・チューブを一括受注し完成納入した。これらのチューブの製造には遠心铸造による ACI 規格 HK-40 鋼メイン・チューブの吹製とインコロイ 800 材鍛造品レジャーサの製造およびこれら各部品の突き合せ溶接が製造上の主要点である。

遠心铸造によるメイン・チューブの製造には铸込温度、耐火材の種類とあらさおよび塗布厚さ、それに金型予熱温度などにより製品性能が決定される。日立製作所勝田工場では独自の方式により健全性、高温強度および溶接性のすぐれた遠心铸造管を製造し、多くの納入実績を有している (図 13)。

インコロイ 800 材レジャーサの製造に当たっての要点は、強度と靱性とのバランスのとれる成分量の調整、介在物とガスを低減

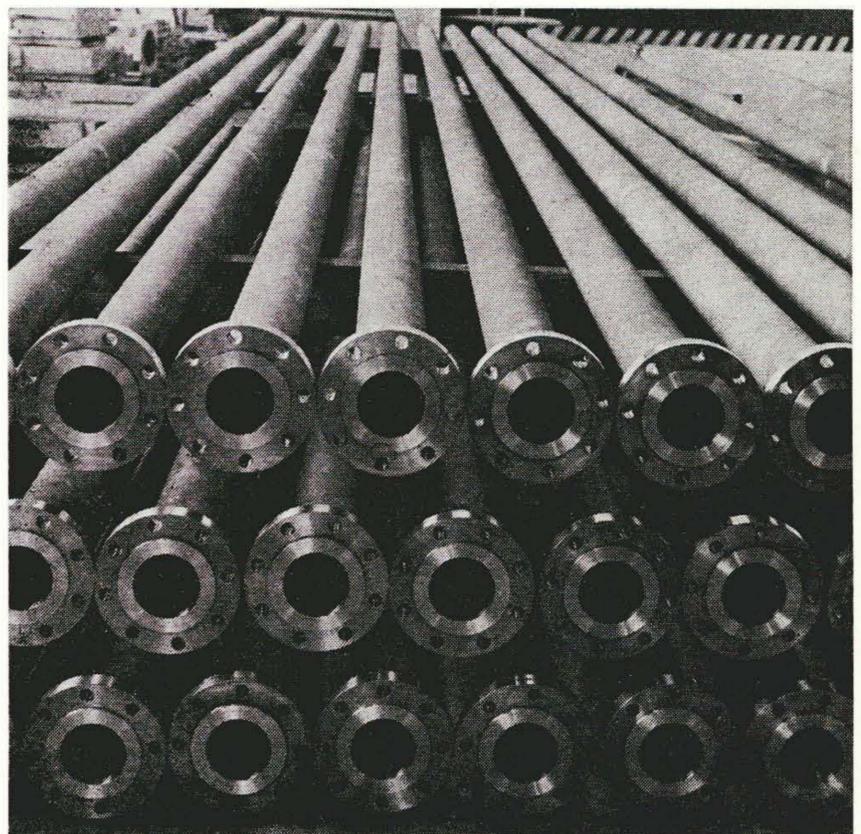


図 13 HK-40 遠心铸造管