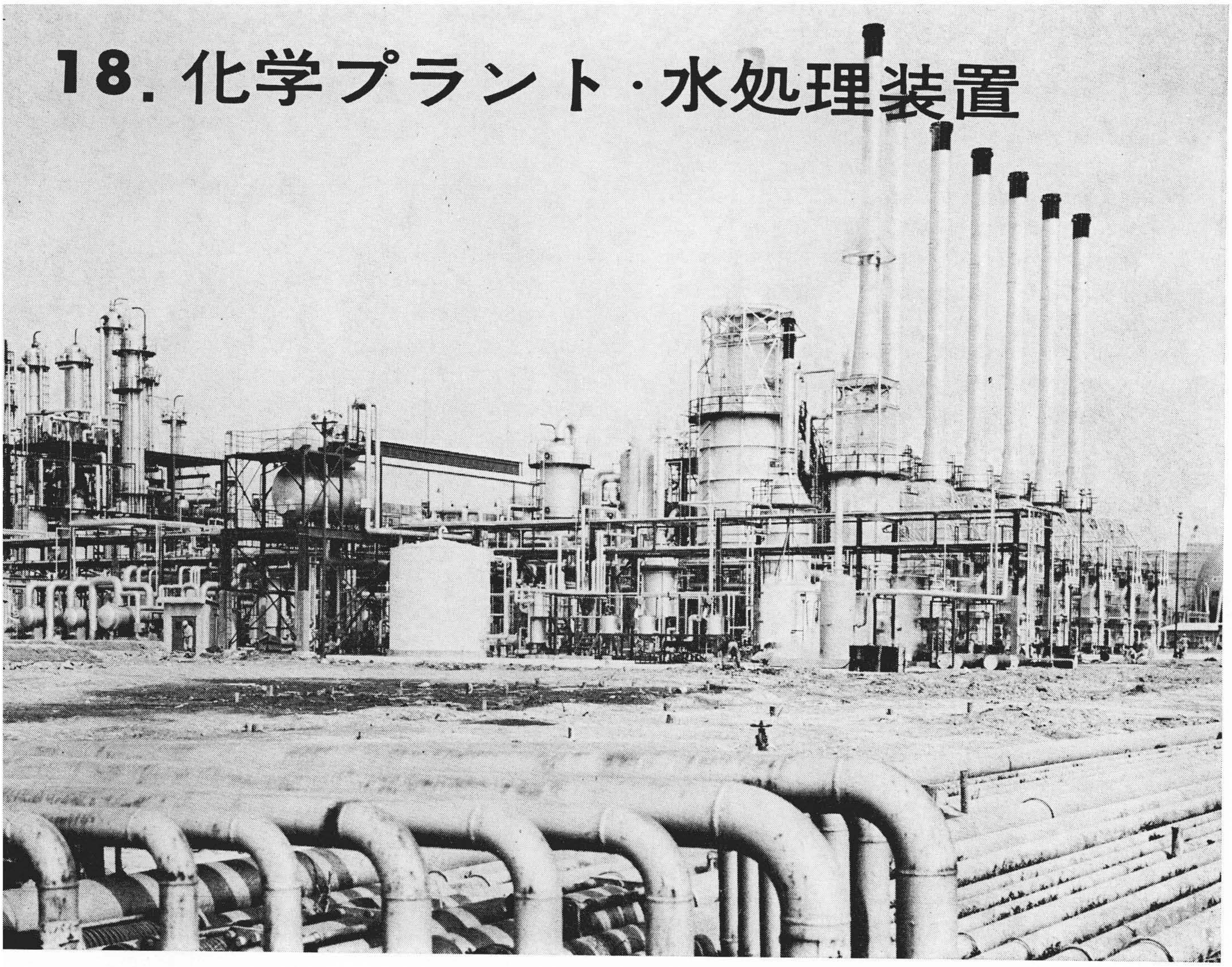
18. 化学プラント・水処理装置



化学プラント

近代の化学工業は，石油化学工業を中心に，めざましい発展と展開を繰り広げつつあるが，これらはいわゆる，典型的な装置産業であって，設備能力の大形化ということで，コストの低下を計り，国際競争に耐えていこうとしているのが，世界を通じての一般的傾向である。日本においても，その例外ではなく，各所で，巨大なプラントが生みだされつつあるが，これに対応して日立製作所では，技術の向上と革新に努力してきた結果，千葉県五井地区，丸善石油化学株式会社千葉工場に昭和41年3月，年産10万トンに及ぶ，わが国最大級の規模と能力を誇るエチレンプラントを完成した。このプラントは着工以来わずか13個月という驚異的短期間で完成されたもので，電子計算機の駆使，パート図形の利用による工程管理など，エンジニアリングに関する話題も豊富なプラントである。また現在プラントの巨大化ということで，エチレンとともに常に話題にのぼるアンモニアプラントに関しても，日産500トンという大形プラントを建設中である。さらに千葉県五井，丸善石油化学コンビナートの一翼をになう，日産石油化学株式会社千葉工場に，オキソ合成による高級アルコールのプラントを建設した。このプラントの原料ガスの製造部内には日立製作所が技術提携した，アメリカシーラス社のシーラス炉を採用，合成部門には日産石油化学株式会社の提携した，フランスクールマン社の技術を採用するなど，技術レベルの高い優秀プラントである。合成樹脂プラントとしては，わが国における新しいナフサセンターの一つである岡山県水島地区に，旭ダウ株式会社のスチレンモノマプラントを完成した。また，抗生物質の培養プラントに関しては，日立製作所は古くから，その豊富な経験とすぐれた技術により，わが国において圧倒的なシエアを誇っているが，このほど，完成した北興化学株式会社の培養プラントは，農薬用の抗生物質として，昭和38年微生物化学研究所の梅沢博士により発見された，稲のいもち病に絶大な効力を有するカスガマイシンの培養パイロットプラントである。このプラントには，菌体乾燥用として，優秀な性能を誇る，日立真空凍結乾燥装置と，アメリカKONTRO社との技術提携による，日立コントロ装置の採用がみられる。

日立製作所は技術の幅を広げるため，たゆまない努力を続けているが，イギリス，ICI社とのアンモニア合成ならびにナフサのスチームリフォーミングの技術提携および先に述べた，アメリカシーラス社との技術提携に引続き，アンモニア合成用そのほかのガス精製に関し，イタリアのG. VETROCOKE社との提携，ナフサの脱硫技術に関するBRITISH PETROLEUM社との提携を実現し，ここにエチレンプラントならびにアンモニアプラントにおける一連の技術の確立を図った。また化学プラントの設計技術として重要な単位操作の一つとしての蒸溜に関しては，日立無堰多孔板塔の開発以来その技術レベルの高さを誇ってきたが，今回，FRI (FRACTIONATION RESEARCH INSTITUTE) への加入はその技術の厚みを，ますます増すものであり，単品機器に関しては，日立コントロ装置のプロセス面への応用に多大の効果を収めた。また科学技術長官賞，溶接学会佐々木賞に輝く，特殊材料のライニング方法であるハブ爆発圧接を用いた機器類は，全面爆発圧着によるクラッドの併用により，その応用範囲を増大し，国内はもちろん，輸出面においても幾多の実績を積みかさねている。

水処理装置

41年度の水処理部門は，わが国の環境衛生施設整備計画および公害防止対策に呼応して，ますます活況を呈した。すなわち公共事業費は，工業用水がほぼ横ばいであるほかは，40年度に比べいずれも

25% 以上の増加である。厚生省は,42年度を初年度とする新生活環境施設整備5個年計画を発表し，特に下水道関係では，従来の中，大規模のものに加えて小規模汚水処理施設費をも今後さらに増額すると思われる。またすでに施行されている排水規制法および水質保全法により各地域の水質基準が決定され，具体的な規制が実施されつつあるので，一般産業における水処理関係事業費も逐次増加するはずである。このような需要情況に応じて各社とも外国からの技術導入を行なっているが，日立製作所は，10年間の水処理機器の製作技術を基礎に数年前からエンジニアリングとプラント建設の能力の育成につとめ，実績の積み重ねによって地位を確立した。

41年度の生産実績は，下水，上水および工水処理などのプラントものが順調に伸長をみせた。

下水処理装置では，沈砂池より塩素混和池にいたる汚水処理プラントを完成し，コミュニティプラントも2個所完成した。新製品としては，沈砂池のスクリーンかすと沈砂を衛生的に処理するスクリーンかす粉砕・脱水設備および洗砂装置を納入した。

また下水機械では，ダブルチエーンコンベヤ応用の自動除じん機沈砂かき揚げ機および汚泥かき集め機などが，各都市38個所に納入し，引き続き業界第一の生産量を維持している。

上水，工水処理装置としては,40年に引続いて浄水場用薬品注入設備を完成した。新製品としては，バルブレス形急速ろ過装置を完成したが，中・小規模の浄水場ではろ過装置の自動化でしきりと計画されつつある現在きわめて意義深い。

産業用廃水処理装置としては,食品工場,機械工場廃水処理装置および製紙工場用水処理装置などを完成した。

日立ハイロック急速除鉄装置は，水中に溶解している鉄分を特殊除鉄剤の酸化・吸着作用によって除鉄するもので，次のような特長をもっている。（1）建設費が低廉である。（2）運転経費がわずかである。（3）処理水が安定している。（4）PH調整装置を付設することにより除マンガンも可能である。41年は35個所に納入され，いずれも好成績で連転されている。

ガス，空気分離・ごみ焼却装置および電気集じん装置

ガス，空気分離装置関係では，他社にさきがけて純国産技術で，アルミ化を実施した。特に主凝縮器をサーモサイフォン形とし，その技術確立を行なった。マラヤヤハタTOプラントは，使用先の特殊稼動条件において，最適の製造装置として注目を集めている。また低温液体(液酸，液窒そのほか)を大量に貯蔵する大形球形タンクを受注した。注目すべき受注品としは，八幡製鉄株式会社，共同酸素株式会社向それぞれ10,000TOプラント，株式会社ほくさん向6,000TOプラントがあった。なかでも“ほくさん”のものはオンサイト方式のもので，中圧液化装置回路を備えたものである。

環境衛生機器としては，大阪市清掃局八尾工場に国内最大処理能力600 t/dayのごみ焼却装置を完成した。このほか，沼津市役所および松戸市役所にそれぞれ，225 t/dayの焼却装置を完成した。また，水上・月夜野・新治組合に15 t/dayの高速堆肥化装置を完成した。なお，主たる受注品としては，高槻市役所150 t/day，日立市役所150 t/day，習志野市役所90 t/dayなどがあげられる。

集じん装置としては，ごみ焼却炉排ガス清浄用第1号機を，大阪市清掃局八尾工場に納入した。また，電気集じん装置の高能率運転を目的として，スパーク数によって荷電を制御する，パルスカウント方式を開発し，常磐共同火力株式会社勿来発電所6号缶用電気集じん装置に納入した。一方画期的な新製品として，PC-MC形集じん装置を研究開発した。これはマルチサイクロン(MC)に，従来の電気集じん装置の数分の一程度の静電凝集器(PC)を前置したもので，現地試験の結果，重油燃焼排ガス，黒液燃焼排ガスなどに含まれる0.1ミクロン以下の微粒子を90% 以上捕集できることが実証された。このPC-MC形集じん装置は，重油専焼ボイラ排ガス，黒液焼ボイラ排ガス，非鉄金属再製錬炉排ガス，そのほか化学反応排ガスに含まれる微粒子の分離捕集に最も適している。

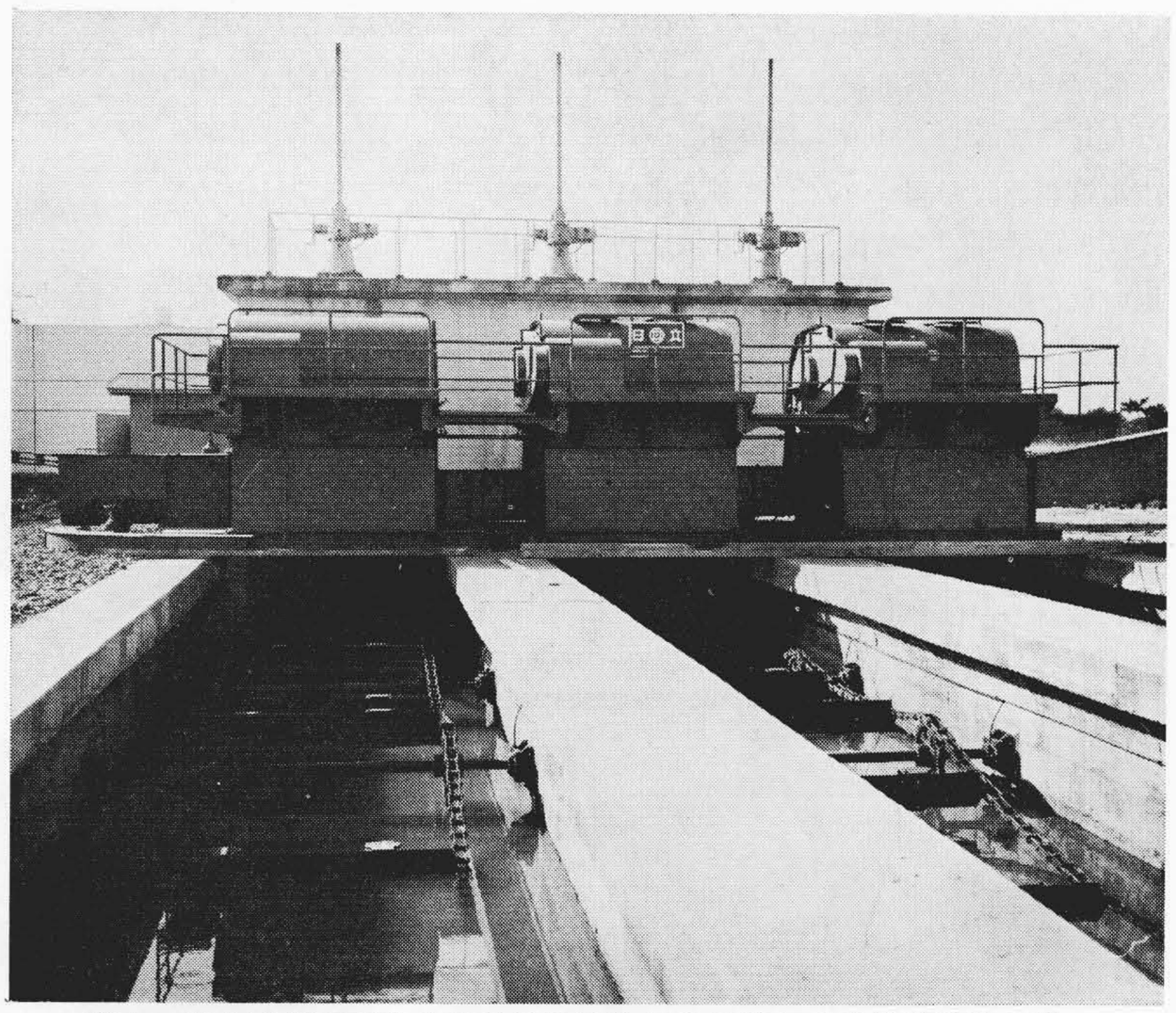


図1　仙台市役所南蒲生処理場納沈砂かき揚機および自動除じん機

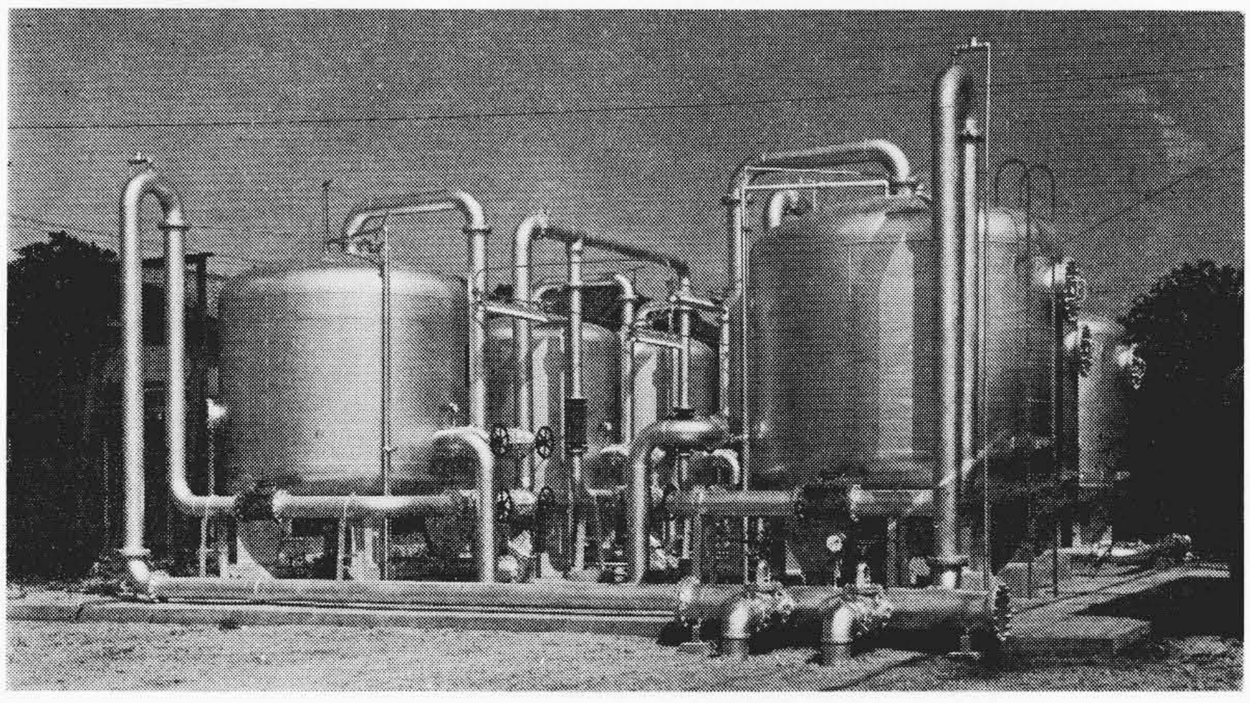


図2　平田紡績株式会社納 400 m³/h ハイロック

■ 下水処理装置

(1)　沈砂池設備

市街地の中心部や風致地区に設置されるものでは，臭気やスクリーンかすと沈砂の取り扱いに対し，環境衛生の面での特別の配慮が必要となった。最大計画水量510 m³/minの東京都銭瓶町ポンプ所は，都心のビルの地下室に設けられたもので，その沈砂池設備は，かき揚げた沈砂に対しては，洗砂装置，スクリーンかすに対しては，粉砕，脱水装置を備えることにより，これらの処分がいっそう容易で，衛生的なものとなった。青森市蜆貝ポンプ場の沈砂池設備は，屋外設置で，スクリーンかす粉砕，脱水装置を池側に据付けたコンパクトな設備である。浜松市馬込ポンプ場では，従来手かきのあら目スクリーンを機械化し，細目スクリーンでかき揚げたかすは粉砕して下水へ戻す方法を用い，運転管理を簡易化した。

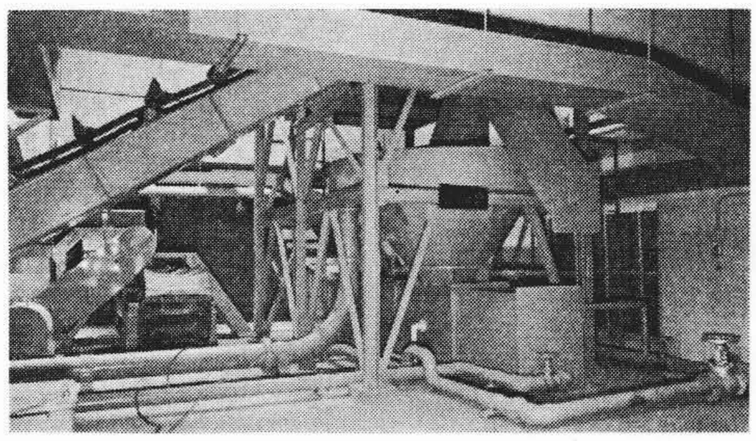


図1　東京都銭瓶町ポンプ所洗砂装置

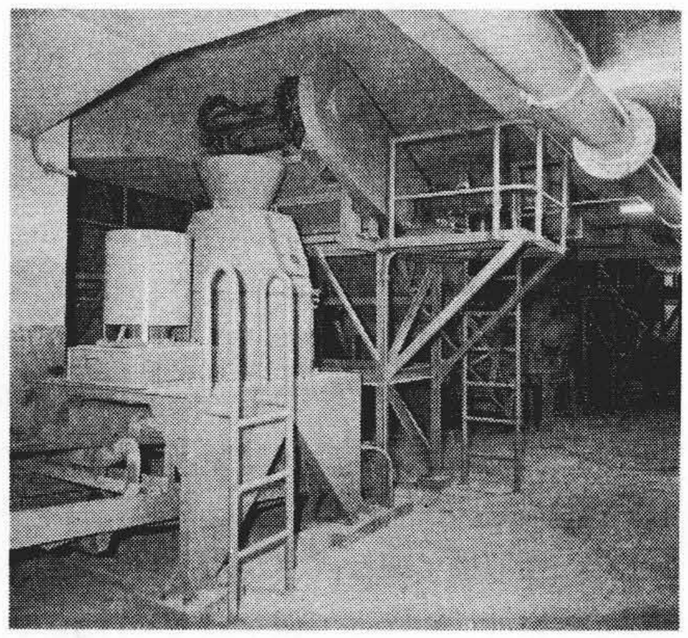


図2　東京都銭瓶町ポンプ所
スクリーンかす粉砕脱水装置

(2)　下水終末処理場設備

福岡市中部下水処理場の第一期計画17万人分の沈砂池より塩素混和池にいたる汚水処理装置を完成した。処理方法は，ステップエアレーション方式による活性汚泥法で，片側散気旋回流式高圧エアレーション法を用いた。散気体には，散気板を用い，2枚を一組としてホルダに取り付け，8組ずつつり下げる構造とし，経済的で保守管理が便利なものとした。沈殿池への汚水流路にも散気装置を設け，汚泥の沈積防止とプリエアレーションを兼ね，処理を安定した確実なものとした。大阪市住吉および大野処理場の2段向流式洗浄タンクの汚泥かき寄せ機は，かき寄せ板を単一対数渦線構造とし，かき寄せと濃縮の効率向上をはかった。

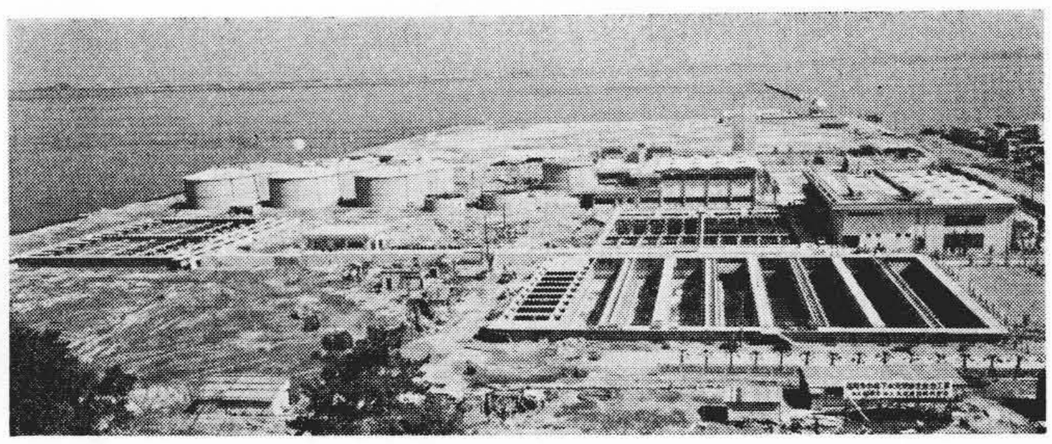


図3　福岡市中部処理場全景

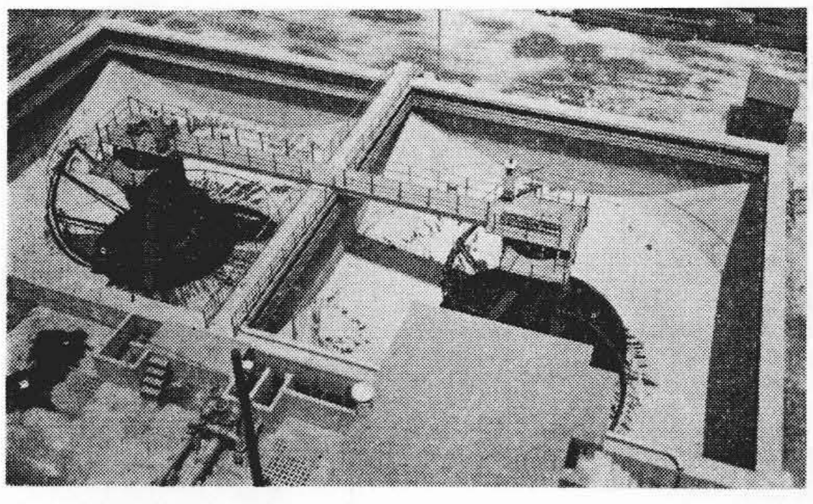


図4　大阪市住吉処理場洗浄タンク

(3)　コミュニティプラント(小規模汚水処理施設)

長崎市滑石団地用第二期1万人分と日通伊豆富士見ランド用5千人分のものが完成した。処理方式としては，いずれも小規模に適したコンタクトスタビリゼーション方式による活性汚泥法を用い，処理タンクをコンパクトな単一構造とした。汚泥は，操作簡易な好気性消化により安定化し，濃縮・脱水して容易に処分できるようにした。

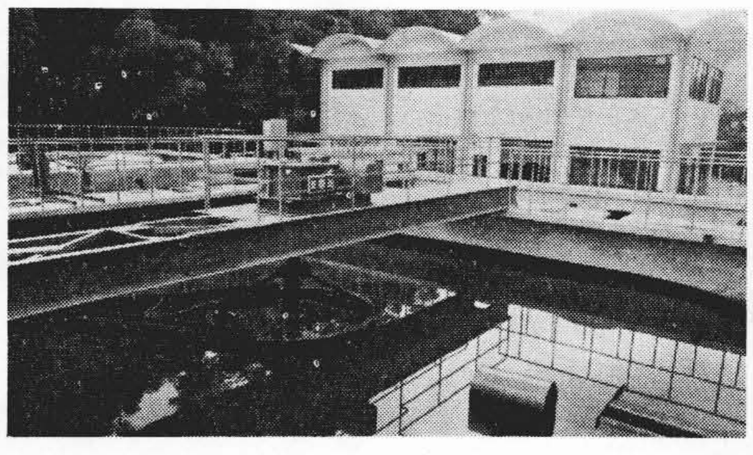


図5　長崎市滑石団地コミュニティプラント

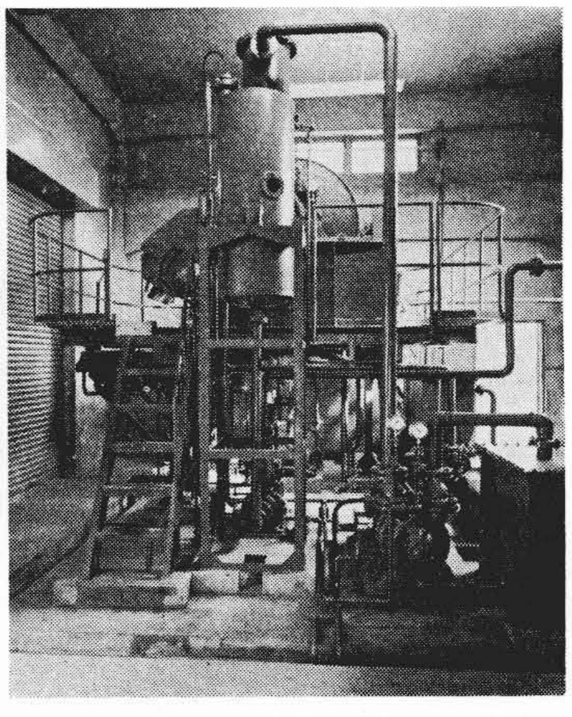


図6　日通伊豆富士見ランドコミュニティプラント汚泥脱水装置

■ 上水，工水処理装置

(1)　大阪市柴島浄水場石灰注入設備

大阪市柴島浄水場(1日処理能力98,200 m³/day)に消石灰注入設備を納入した。

今回納入分は，第一，第二石灰注入設備より成り，第一は2 t/h，第二は3.2 t/hの能力を持つ。

装置はスクリューコンベヤ，ケースコンベヤ，バケットエレベータなどの輸送機と，サイロ，各槽，計量機などの合理的な組合せによるもので，受入，貯蔵関係は手動，分配，計量，移送関係は自動で能率よく行なわれる。

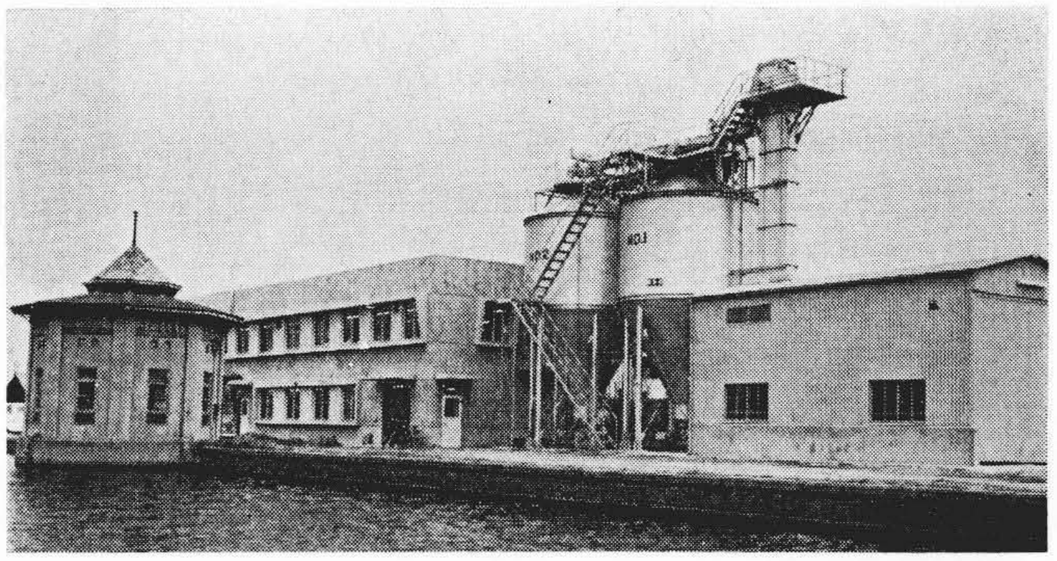


図1　大阪市柴島浄水場第一石灰注入設備

大規模浄水場では各種設備の自動化，運転経費の低減が計画され，本設備のようなものへの要望が高まって来ている。

（2）　小千谷市浄水場バルブレス形急速ろ過装置

新潟県小千谷市ガス水道課へハイセットラー（高速凝集沈殿装置）とともに 2,000 m^3/day の処理能力をもつ鋼板製円筒立形のバルブレス形急速ろ過装置を納入した。

本装置は，原水を通水しろ層の目詰まりが所定設定値に達するとサイフォン現象によって，タンク上部にたくわえられていた処理水が逆洗に使われ，逆洗終了後，再び自動的に原水通水にもどるものである。本装置は，機能上のバルブが一つもなく，自動的にろ過逆洗を行なうので，人手をわずらわさないことであり，したがって建設費も運転費も安くなることである。

中小規模の浄水場では管理の簡易化を図るため，自動式ろ過装置を使用する傾向が見られ，今後バルブレス形急速ろ過装置の発展が期待される。

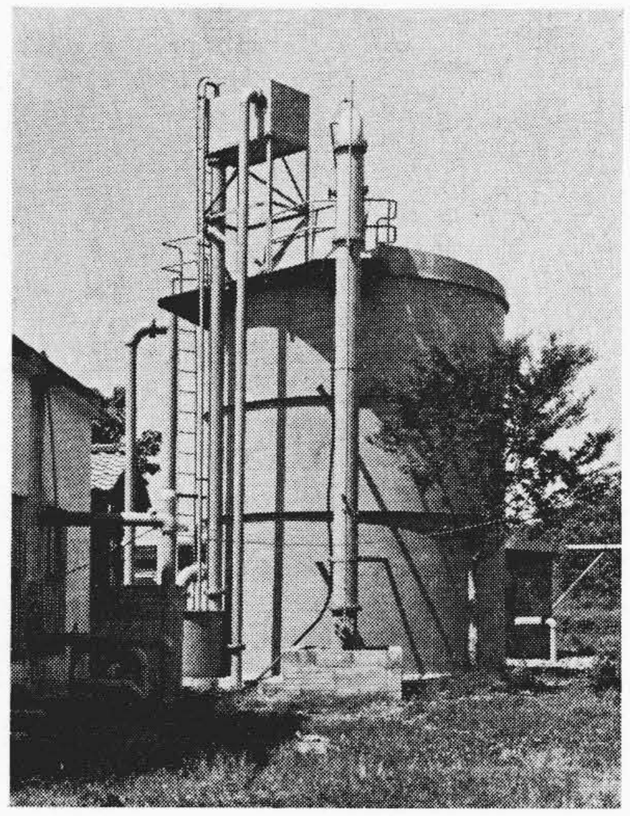


図2　新潟県小千谷市浄水場バルブレス形急速ろ過装置

■　産業用廃水処理装置

（1）　高砂香料工業株式会社平塚工場に香料合成廃水処理装置を納入した。特殊な有機性廃水で生物化学的な処理が非常に困難であったが，栄養源を添加して活性汚泥を馴致することによりその処理に成功したものである。余剰汚泥の脱水処理まで一連の設備を網羅した総合廃水処理装置である。

（2）　ブラザー工業株式会社刈谷工場に廃水回収処理装置を納入した中和凝集沈殿ろ過することにより塗装廃水を処理して塗装工程用水として再使用するためのものである。公害防止と用水費節減の一石二鳥の役割を果たしている。

（3）　手塩川製紙株式会社名寄工場に用水処理装置を納入した。名寄川表流水を凝集沈殿ろ過することにより処理するもので，処理水は純水装置を通してボイラ用水として使用される。厳寒期における凍結防止には特に考慮がはらわれている。

図1　ブラザー工業株式会社刈谷工場納廃水回収処理装置

■　爆発圧接法による耐食クラッド機器

日立製作所のハブ爆発圧接法による耐食ライニング機器および全面爆発圧接法による耐食クラッド機器をはじめ爆発成形法や爆発拡管法などの新しい耐食金属の爆発加工技術を総合的に活用した特色ある化学プラント機器はその性能，品質，経済性において優秀性が実証され，広く内外の注目を集めている。

とくに全面爆発圧接法による耐食クラッド機器としては，高圧反応器，かくはん槽，貯槽，蒸留塔，熱交換器など各種化学装置をすでに 100 基以上も製作納入している。たとえば図1に示すステンレスクラッド製の高圧反応器は欧米先進国向に輸出されたものであり，また図2は海水用熱交換器の管板に使用される ABP クラッドの一例を示したものである。

爆発圧接法によると，従来の圧延法では十分な性能が得られなかった *Ti*, *Zr*, *Ta*, *Al*, *Cu*, などはもちろん，*Ni*, 高 *Ni* 合金，ステンレスなどについても接合強さ，加工性，耐食性などの性能が優秀なクラッド鋼が製作可能である。なかでも *Ti* クラッド鋼の場合，従来の圧延法では 5～15 kg/mm^2 程度のせん断強さであったものが，爆発法では 30～40 kg/mm^2 に改善されている。そのうえ価格面でも割安となり，高価な耐食金属を使用する場合にとくにその経済効果が大きい。

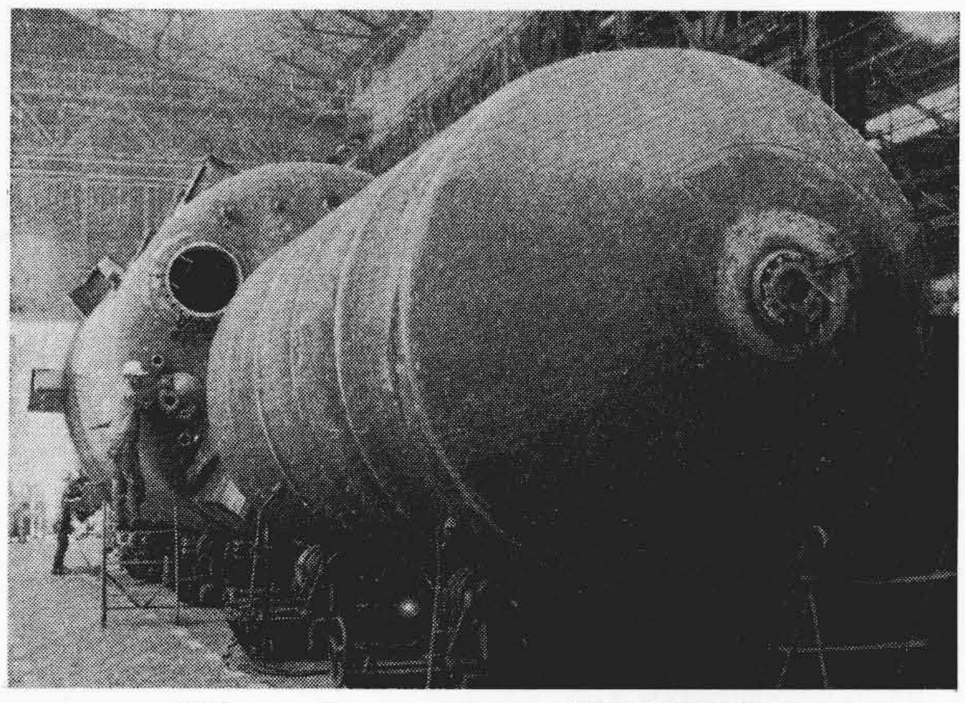


図1　ステンレスクラッド製高圧反応器

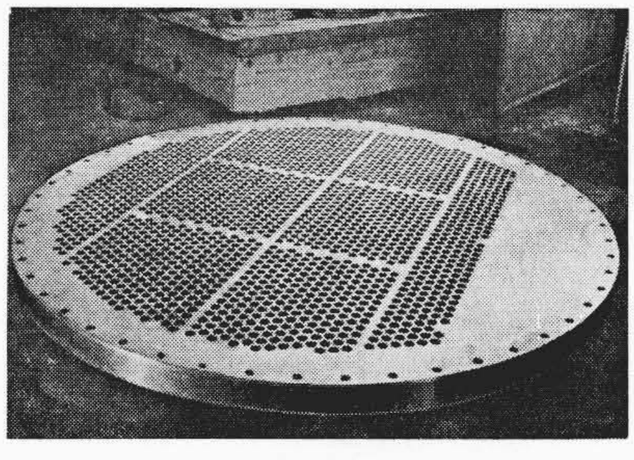


図2　海水熱交換器用 ABP クラッド管板

■ 大　形　機　器

41年度は多くの大形機器を製作したが，その代表的なものは次のとおりである。

（1） 大形タワー

日本における最大級のアンモニアプラント用大形機器の一つである。図1は製作中のCO_2放散塔を示したもので，径3,700 mm，高さ45 m，重量130 tに及ぶものである。

（2） 125 t 培養槽

抗生物質用の培養槽としては，国内最大容量のもので，径4,150，高さ13,350 mm，かくはん動力210 kWである。図2は工場にて試運転中の125 ℔ 培養槽である。

（3） 回転円板式抽出塔

巨大なタワーの中を全長にわたり回転する回転円板にて炭化水素より種々の物質を抽出する回転円板式抽出塔である。図3の右側が径1,675，高さ18,300 mmで，60段の回転円板を備え，左側は径610，高さ10,400 mmで，50段の回転円板を備えている。

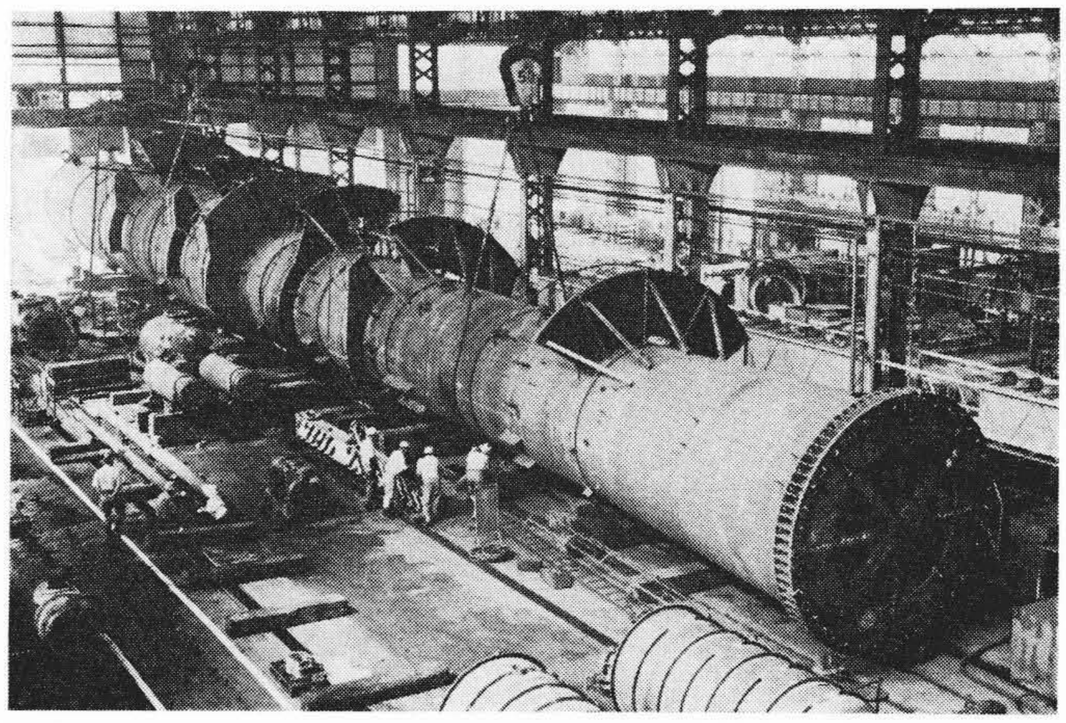


図1　製作中の大形タワー

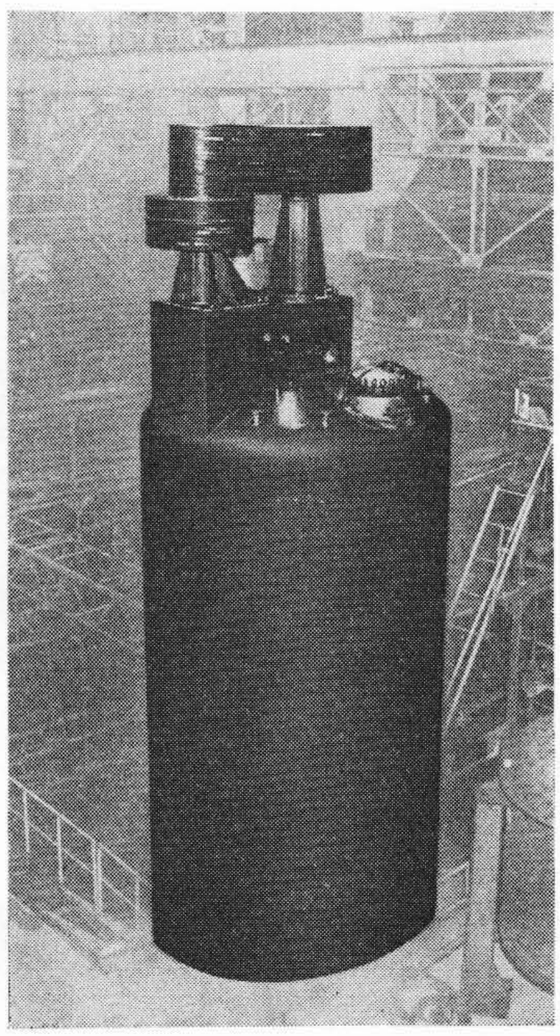


図2　125 t 培養槽

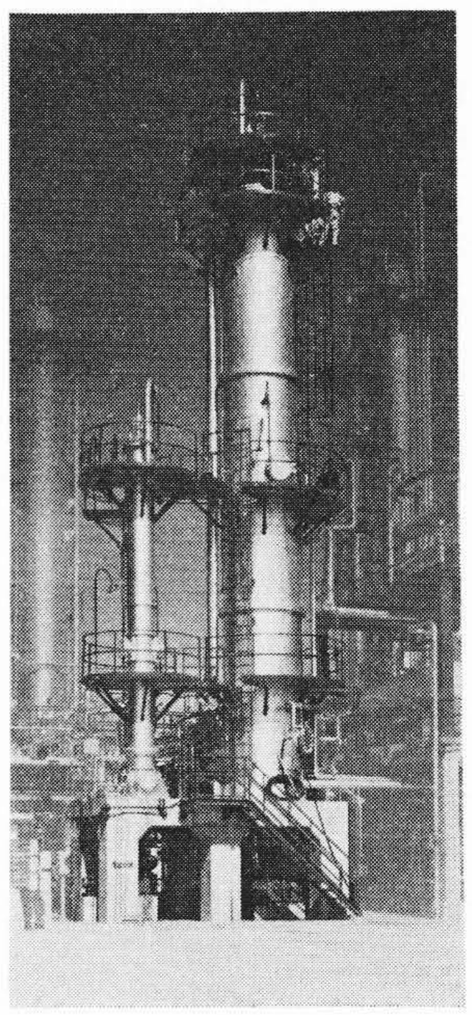


図3　稼動中の回転円板式抽出塔

■ 高圧オートクレーブ

41年度に製作した高圧オートクレーブのうちで特色のあるものは次のとおりである。

（1） 誘導加熱式高温高圧反応釜

圧力300 kg/cm²，温度450℃にて独特のメカニカルシールを使用した誘導加熱式反応釜である。

（2） 高圧反応釜

圧力132 kg/cm²，温度180℃，容量10 m³でかくはん機は，出力37 kWの日立直交軸減速機とユニットメカニカルシール付である。

（3） 熱交換器式リアクタ

伝熱面積2,000 m²の多管式熱交換器の管外に温度450℃の熱媒を循環させるかくはん装置を取り付けたリアクタである。

（4） 重　合　釜

内面バフ仕上した圧力12 kg/cm²，容量20 m³の重合釜である。

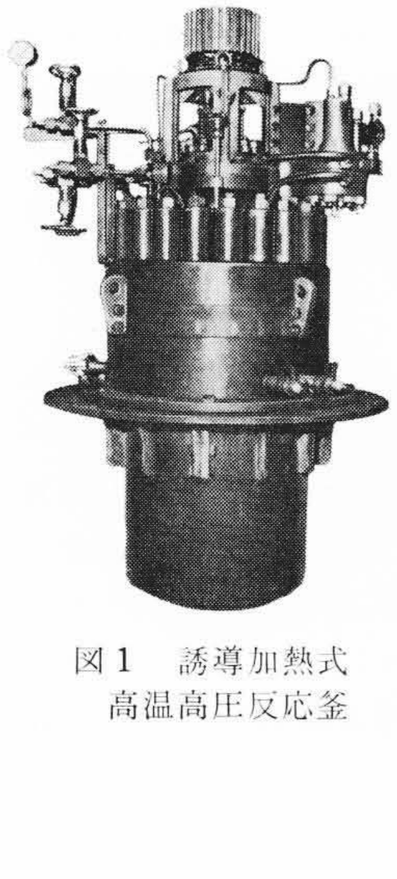


図1　誘導加熱式高温高圧反応釜

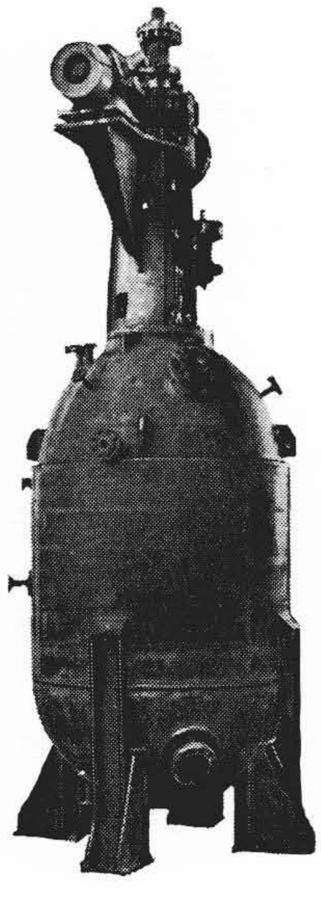


図2　高圧反応釜

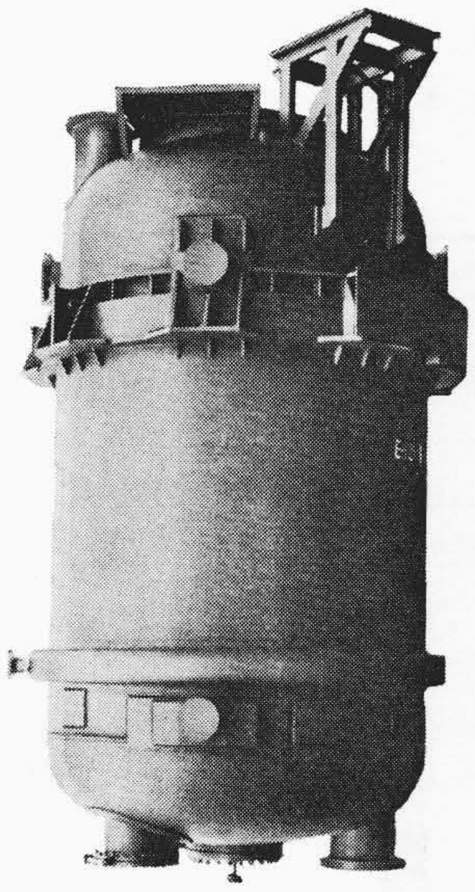


図3　熱交換器式リアクタ

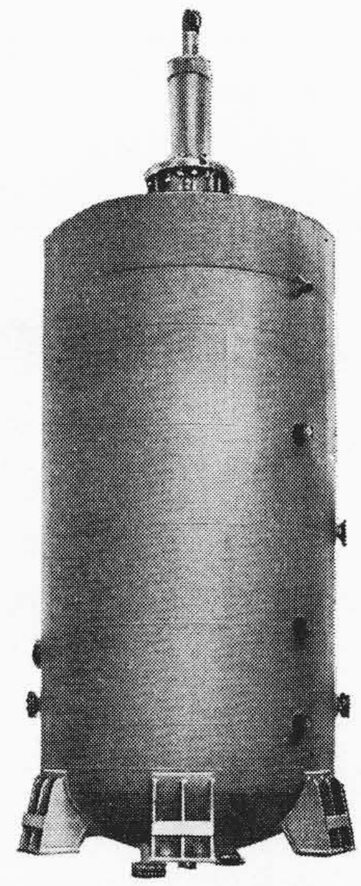


図4　重　合　釜

■　日立コントロ装置

近年，化学工業，医薬品工業，食品工業などの濃縮，蒸溜などのプロセスにおいて，装置の合理化，製品の向上のために遠心薄膜蒸発器の使用が開始され，今後さらに増加する傾向にある。そこで遠心薄膜蒸発器の中でも特にユニークな特長を有する日立コントロ装置をアメリカ KONTRO 社と技術提携をして開発した。この装置の特長は伝熱部胴体が液入口より次第にせまくなるようなコーン状になっており，そこに内蔵したかくはん翼も胴体と同じくコーン状でかつ外部より簡単に左右に移動できる構造になっていることで，今胴体の傾斜角度を θ，かくはん翼の回転による遠心力を F とすれば，液入口側に $F \sin \theta$ の背圧力が作用することになる。そのために他の遠心薄膜蒸発器に比べて液のかくはん効果も大きく，液の滞溜時間，濃縮比の調節が可能でかつ製品の品質劣化に直接影響するドライスポットもできず，非常に能率がよく，安定した運転が可能である。

現在，立形および横形の実験機を設置し，ユーザーの依頼により各種実液テストを行ない応用技術資料，スケールアップ資料の整備と蓄積を行なっている。また機器の振動，液の流動機構の解析，および伝熱機構の解析などの基礎研究も行ない，応用分野の拡大に努力している。

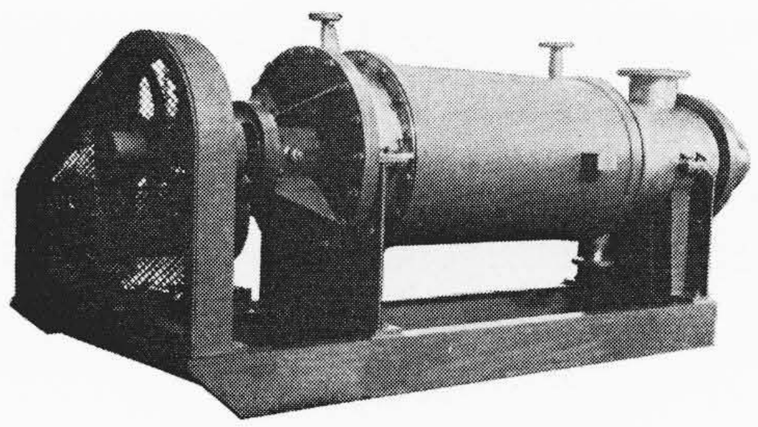


図1　チタン製 2m² 日立コントロ装置

本装置を開発後すでに 50 台以上納入しているがその用途は広く化学工業，医薬品工業，食品工業，油脂工業などあらゆる分野に納入している。このうち特に大形の立形日立コントロ装置によるラクタム精製プラント，合成樹脂の溶剤回収プラント，チタン製日立コントロ装置，酢酸エチルの回収装置などの開発を行ない日立コントロ装置の優秀性を十分発揮している。

今後とも日立コントロ装置を中心としたユニットプラントに重点をおき日立コントロ装置の効果を十分発揮させるプロセスを開発してゆくこととなろう。

■　HE-80G 誘導加熱反応缶

近来，化学工業の発展につれ製品の品質向上，人件費の低減がますます要求されるようになり，従来の熱媒体による間接加熱方式では温度制御などにおいて種々不十分な点が生じて来た。

日立の総合技術により開発された本誘導加熱反応缶は缶体外側に一次コイルを巻き，誘導電流により缶壁自体を発熱させるもので，従来の熱媒体による間接加熱方式に比べ，下記に示すような特長を備えている。

（1）　ボイラおよび熱媒体が不要であるから設備費が低廉である。
（2）　自動運転ができ，品質向上と作業の合理化ができる。
（3）　温度制御が非常にシャープにでき，局部加熱がない。
（4）　起動時，運転時とも，電気的に十分なインターロック回路が作られているので，きわめて安全である。

電源には商用低周波をそのまま使用している各種溶液の加熱反応用に適し，特に樹脂塗料の反応用には最適である。本誘導加熱反応缶の概略仕様は下記のとおりである。

（1）　全　容　量
　　11 m³（張込み 8m³）
（2）　概略寸法
　　内径 2 m×高さ（かくはん機含む）6.2m
（3）　設計圧力
　　（本体）FULL VAC.
　　～3 kg/cm²
（4）　設計温度　　300℃

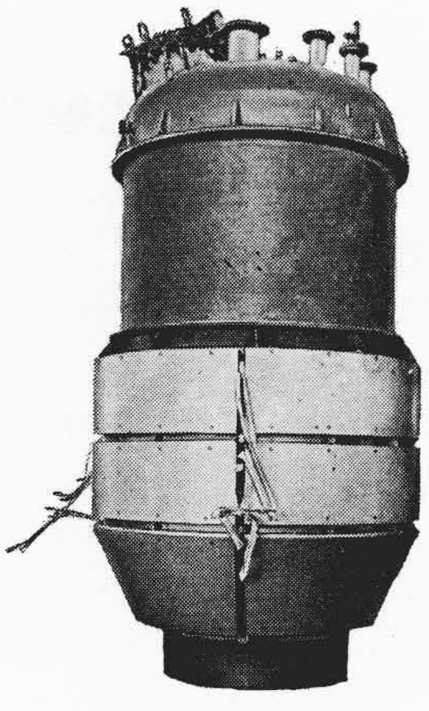


図1　HE-80G 誘導加熱反応缶外側へ誘導加熱コイルを組み込んだ外観

（5）攪拌機　11 kW 立形ギヤードモートル 45 rpm
（6）軸封装置　水冷式グランドシール
（7）材　質　（缶体）SUS 32 クラッド鋼
（8）誘導加熱コイル容量　336 kW（3×112kW）

■ 大形アンモニア合成胴の製作

大容量化の傾向が著しいアンモニア合成プラントにおいて，プラントの中心となる合成胴は必然的に大形化し厚肉のものとなる。日立製作所では水素脆化に対処して開発した高抗張力低合金鋼板(Mn–Mo–Cr 鋼板)を使用して，溶接構造合成胴を多数納入したが，今回容量 500 t/day, 内径 1,700 mm, 全高 16.61 m の大形アンモニア合成胴を製作し，S 社に納入した。

本合成胴は胴板厚さが 188 mm に達するもので，鋼板の均質性および経済性の見地より，前述の低合金高抗張力鋼板の中厚板を使用して三層の日立式層成胴構造(日立評論 Vol. 48, No. 1, 186 頁)とし，下部鏡板と上部フランジには同質の鍛造材を使用した。その構造を図 1 に示す。

胴の層成様式適用については日本溶接協会，日本高圧力技術研究会の特別認定委員会の認定を得たうえで製作したものである。

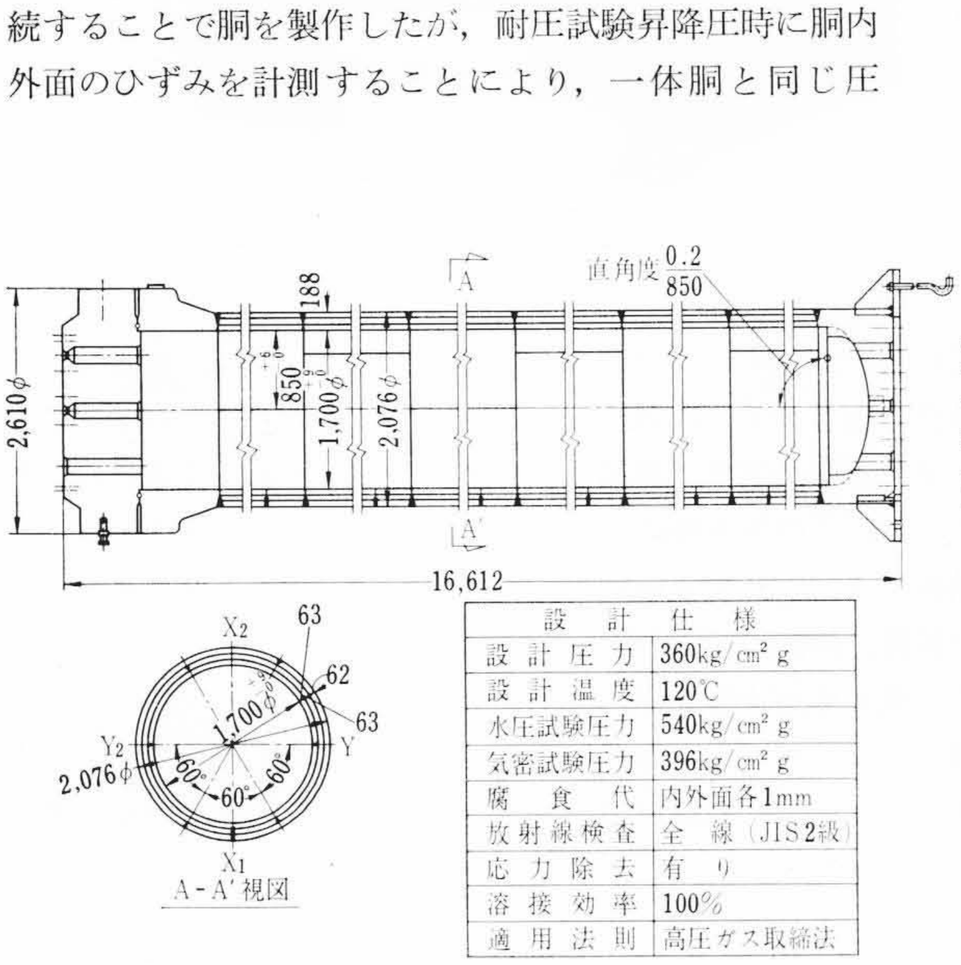
各層は層ごとにプレス成形加工，長手溶接，放射線検査を行ない締代を持たせ焼ばめ様式で焼ばめした。この層成円筒を軸方向に接続することで胴を製作したが，耐圧試験昇降圧時に胴内外面のひずみを計測することにより，一体胴と同じ圧力-ひずみの関係を確認した。その動向を図 2 に示す。

本合成胴は内部にそう入する内部装置との関連上，内径と曲りにつき軸心に対し 850 mm (+6 mm, −0 mm)，内部装置用座面と軸心につき直角度を 850 mm に対し 0.2 mm とする必要があったが，胴内面を機械加工するとともに慎重な作業管理と検査法により所定公差を満足することを得た。

本合成胴製作により品質均一で重量当たり低価格の中厚板を使用し，全溶接効率 100% の合計板厚を法規厚さと同一としうる経済的で合理的な大形圧力容器の製作法を確立するとともに，より高圧，大径厚肉の高圧容器に対し生産体勢を整えることができた。

ボイラ耐圧部の設計には，すでに 250,000 kW 級自然循環ボイラにも採用されている最新の計画をとり入れ，特に水壁への缶水の分配には，多数の供水管による方式を採用し，炉内の熱負荷分布に見合った流量分布としている。

このように，随所に新しい計画を盛り込んだ結果，運転の暁にはこの種ボイラとしては，飛躍的な成果を発揮し，この方面の期待に十分こたえ得るものと確信している。



設計仕様	
設計圧力	360kg/cm² g
設計温度	120℃
水圧試験圧力	540kg/cm² g
気密試験圧力	396kg/cm² g
腐食代	内外面各1mm
放射線検査	全線（JIS 2級）
応力除去	有り
溶接効率	100%
適用法則	高圧ガス取締法

図 1　500 t/day アンモニア合成胴構造図

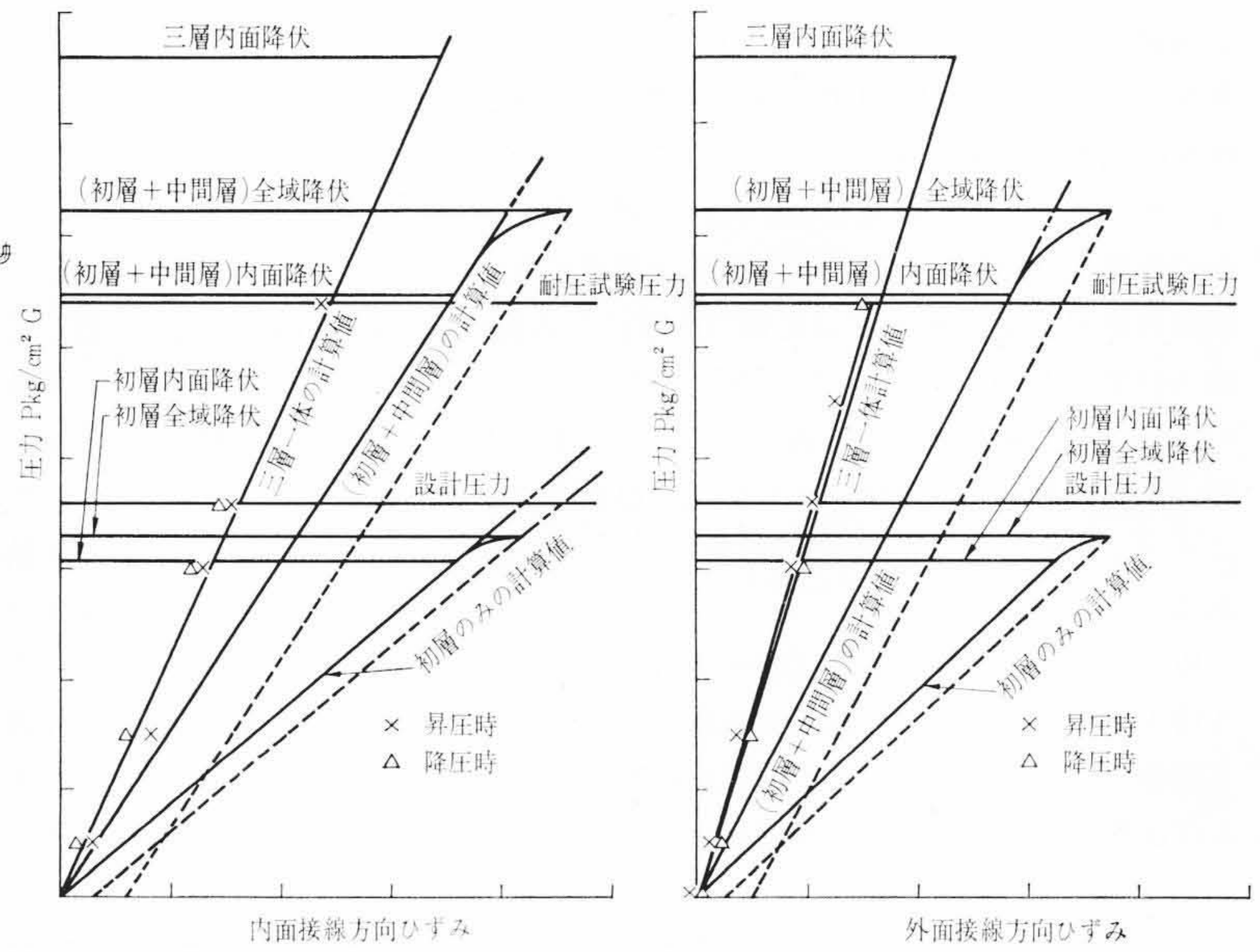


図 2　合成胴「圧力—ひずみ」測定結果

■ 高張力鋼管による高圧配管の施行

最近，世界のアンモニア合成工業界は，設備の大形化により，原価の低減を図るため，すでにイギリス，アメリカをはじめ，諸外国においては，500 t/day ないし 1,000 t/day のアンモニアプラントが稼動し，また各所に続々建設されつつある。わが国においても，40年来，各社により，500 t/day クラスの大形アンモニアプラントの建設が計画され，実施に移されてきている。わが国でのアンモニア合成プラントの経済規模は数年前までは，せいぜい 150 t/day 前後であったものが一挙に 500 t/day クラスに飛躍することとなり，大形プラント建設のために各種の解決せねばならない問題が浮び上がってきた。この中の一つに，合成部門の動脈である 300 kg/cm² 高圧配管の設計施行がある。

500 t/day クラスのプラントでは，主配管のパイプ内径は 200 mm

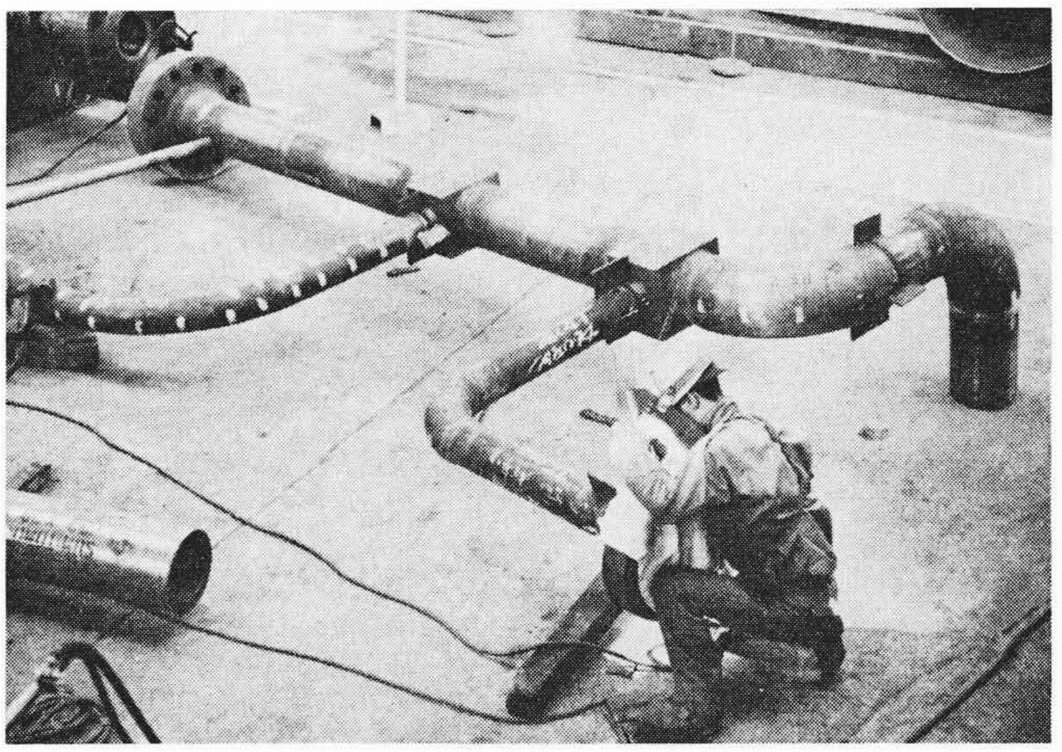


図 1　高張力鋼管による高圧配管の施行

以上となり，今まで使用してきた，冷間引抜鋼管は製作できず，熱間引抜鋼管の使用しかない。また肉厚も非常に厚くなるので，従来の炭素鋼管 STS-42 を使用することは，重量の上から問題となり，設備費へ影響する割合をすこぶる大きくした。

このような背景から，日立製作所では高圧配管材料として，高張力鋼を使用すべきであるとして，各種の検討を進めるとともに，国内材料メーカーに試作を依頼した。その対象とした鋼種は，Si-Mn 系の 50 kg/mm² 級，55 kg/mm² 級高張力鋼管および Si-Mn-Mo 系の 60 kg/mm² 級高張力鋼管の 3 種類であり，加工性，溶接性を中心とした，各種の検討が行なわれた。その結果，60 kg/mm² 級の高張力鋼管は，Ceq の価がやや高いこと，および調質材であることから，現地での配管作業に，やや問題があるとし，現在時点では，溶接性，加工性とも良好な，50～55 kg/mm² 級の高張力鋼管を使用するのが得策である。

日立製作所笠戸工場では，以上の結果を，S 社納の 500 t/day アンモニアプラントに応用し，国内での最大級大形配管に高張力鋼管を用いて完成した。使用鋼種は Si-Mn 系 50 kg/mm² 級高張力鋼管であり，使用圧力 360 kg/mm² 配管材使用総重量 120 ₸，延長 700 m である。

配管作業は，模型による綿密な，プレハブ計画に始まり，1 ブロック，5 ₸ 以下の形で，現地へ搬入した。大形厚肉配管ゆえ現地での移動には常に大形レッカーを必要とし，配管材の取扱いには，多くの困難がともなった。しかし，配管順序の明確化，開先，溶接，焼鈍，清掃などの各作業管理を強化することにより，約 3 個月で配管作業を完了した。

■　プロセスガス冷却器

本冷却器は，プロセスガスの冷却と廃熱回収とを兼ねた冷却器または蒸気発生器で，エチレンプラント・アンモニアプラントなどの Transfer Line に用いられる。冷却器には，一般に水管式と煙管式とがあり，後者には二重管式と多管式とがある。従来，Transfer Line 熱交換器として，二重管式の西ドイツ Schmidt'sche 社のものが，かなり採用されているが，コスト及び構造的に問題があった。そこで日立製作所は，ガス圧力が高い場合に適した多管式固定管板形熱交換器を採用している。一般のボイラと比較して，コンパクトで熱効率がよいので製作費が安いこと，従来種々問題を起した管板の熱応力に対して，伝熱管と胴との補強効果を計算式と実験から裏付けし，管板肉厚を薄くし熱応力を小さくしていること，伝熱管入口部にエロージョンを減少するためまたは伝熱管の過熱を防ぐため，フェルールを用いていること，カーボンの伝熱管への付着を少なくするため，ガス流速を上げていること，ガスには水素を多量に含んでいるので，漏れに対して十分な考慮を払っていることなどは本冷却器の特長である。現在，ガス圧力 30 kg/cm², ガス入口温度 950 ℃, ガス出口温度 500℃，給水圧力 85 kg/cm²，スチーム発生量 35 t/h の冷却器を設計製作中である。このスチームは，動力に用いられ，給水側の制御はもちろん，ガス温度の制御も内部バイパス管に設けられたバタフライバルブで行なっている。図 1 は，昭和 40 年 11 月に製作した某社納エチレンプラント用強制循環式冷却器の外観である。仕様は，ガス圧力 1 kg/cm²，ガス入口温度 746℃，ガス出口温度 288℃，給水圧力 35kg/cm²，スチーム発生量 5 t/h で機器寸法は，内径約 600 mm，全長約 11 m である。

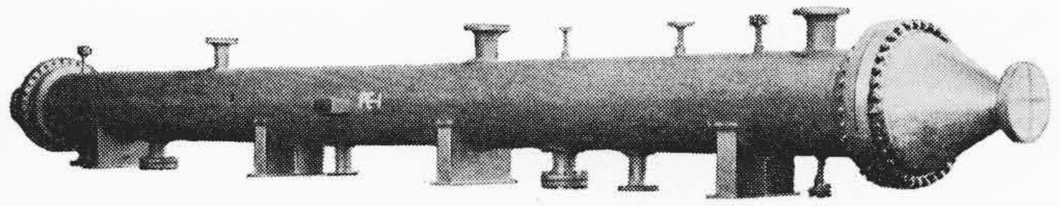


図 1　エチレンプラント用ガス冷却器

■　大容量アンモニアプラント用ナフサ改質炉と廃熱回収装置

アンモニア合成およびメタノール合成プラントは，年々高圧化，大容量化の傾向が著しい。現在建設中の N 社納 370 t/day のアンモニア合成用ナフサ一次改質炉は，I.C.I.-SELAS 技術による圧力 34 kg/cm²g の高圧大容量プラントである。

高圧の採用は装置の小形化，建設費の低減，合成原料ガス圧縮動力の節減などをもたらし，製造原価の著しい低減を可能にした。

昭和 41 年頭初に完成した丸善石油化学納 100,000 t/year エチレンプラントのナフサ分解炉の完成に引続き，本改質炉の建設により本格的な，日立-SELAS 技術提携としての分解炉，ならびに改質炉を完成した意義は大きい。以下主要機器について説明する。

（1）　一　次　改　質　炉

本改質炉は SELAS 社との技携資料に基いて設計，製作したもので，ガスとナフサの混焼用として設計された SELAS, Duradiant Burner が約 300 個取り付けられており，Zone-Contro を十分考慮した配置となっている。

反応管出口温度は約 790℃ であり，反応管には ASTM-A297 Gr. HK の遠心鋳造管 132 本が装備されている。本反応管の大半はドイツ D.E.W. 社より輸入され，一部が国産反応管である。出口連絡配管およびヘッダにはインコロイ 800 が使用されている。

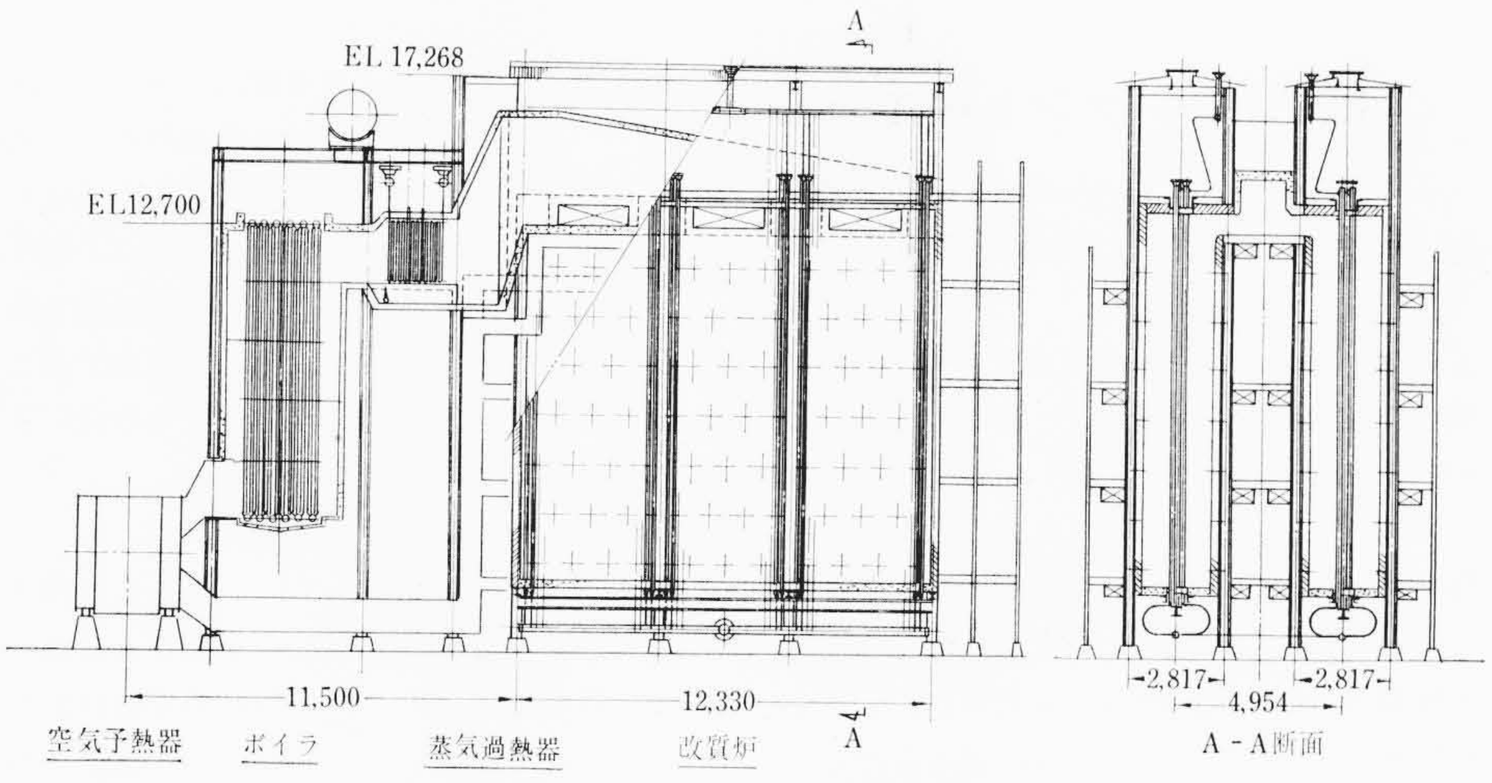


図 1　SELAS ナフサ改質炉と廃熱回収装置

また二次改質炉までの配管には内面保温配管が用いられた。

（2）　燃焼ガス廃熱回収装置

一次改質炉よりの燃焼排ガスダクト中には，バブコック日立株式会社の設計，製作によるボイラ，スーパーヒータ，およびエアヒータが組み込まれた。ボイラの仕様は設計圧力84.5 kg/cm²g，蒸気発生量22 t/hで，この蒸気は過熱後ターボコンプレッサ駆動用として用いられ，排気後はスーパーヒータで圧力38.5 kg/cm²g，温度650℃まで過熱されてプロセススチームとして用いられる。エアヒータにはユングストロームエアヒータを採用し，一次改質炉の燃焼用空気の予熱に用いられる。

■　酸素液化装置付TOプラント

日立製作所ではマラヤヤハタ製鉄株式会社に酸素液化装置付TOプラントを納入した。本プラントはTOプラントと有機的につながった酸素液化装置を有し，酸素使用量が断続的になるなど変動の大きい場合に最適のプラントである。

マラヤヤハタ製鉄株式会社は八幡製鉄株式会社とマレーシア連邦との間に合弁で設立された新製鉄所であり，設備が完全にそろい一貫生産を行なうまでは昼間16時間は酸素を必要とするが，夜間8時間は酸素需要が零となる変則的操業となる。このような条件に最適な方法として製作されたのが本装置である。図1にその系統を示す。

本プラントは容量100トンの液酸タンクをそなえており，昼間の16時間は液化装置は運転せず発生したガス酸素および夜間8時間に蓄積した液酸を液酸ポンプで昇圧し液酸蒸発器でガス化して必要量を使用端に供給し，夜間は発生したガス酸素をすべて液化装置で液化，蓄積する方式である。設備が一貫して完成した際には，TOプラントは2基となり発生した酸素はすべて使用端に送られ，余剰酸素が生じたときのみ液化装置を運転して液酸として貯蔵，売酸または危急時の酸素源として使用されることになる。

本プラントの特長を列挙すれば次のようになる。

（1）　酸素の使用が断続的となる場合にプラントコスト，原単位の面で最適なプラントであり，TOプラントとしては平均化した消費量の容量をもたせればよい。

（2）　液化装置を有することにより液酸貯蔵が可能でホルダ容量を最小にできるとともに，突発的事故に対する設備として兼ねることができる。

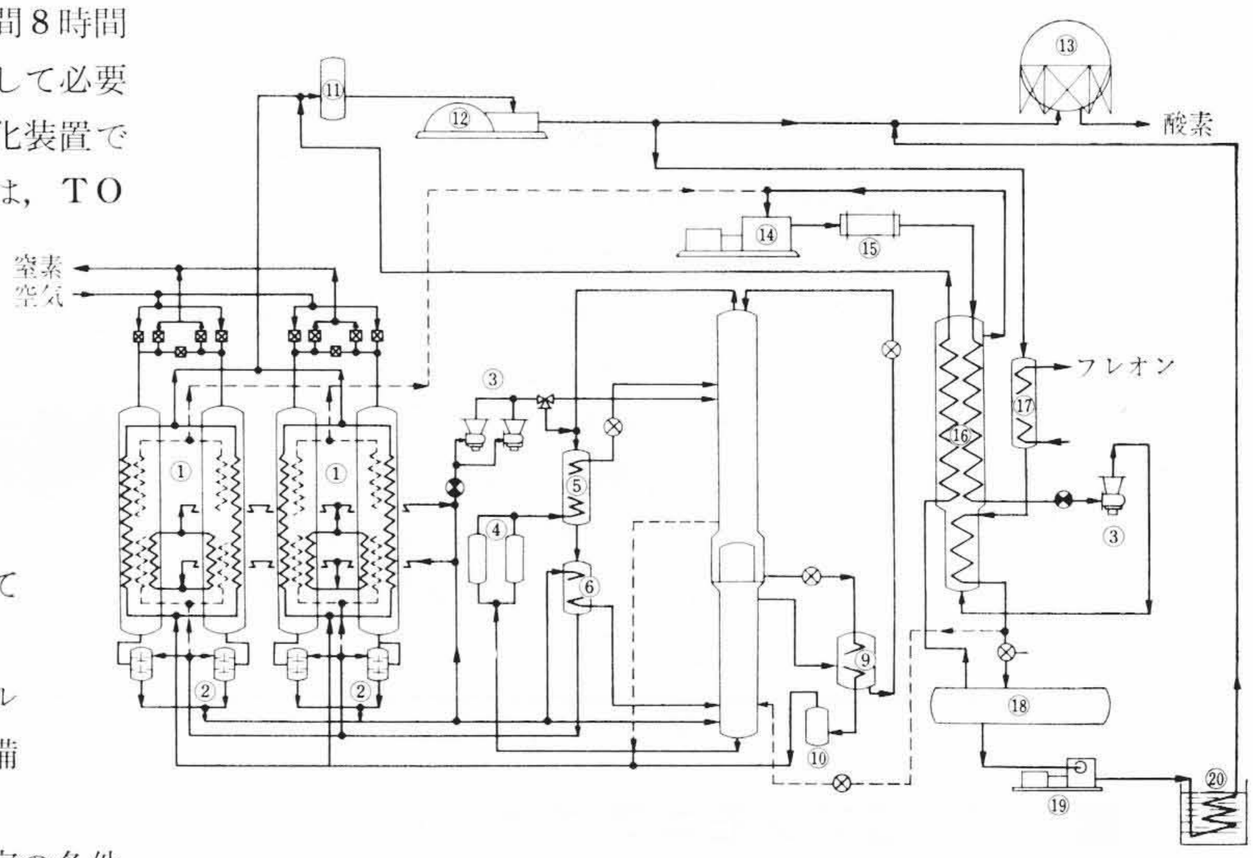
（3）　TOプラントは需要量の増減に左右されず常に一定の条件下で連続運転できる。これは事故の大部分がプラントの起動，停止時，運転操作の大幅な変更時に生じやすいことから考えて非常に大きな利点である。

（4）　TOプラント起動時，液化装置の強力な冷却能力を利用することが可能のため，プラント起動時間を半分以下に短縮できる。

（5）　液化装置は常時液酸タンクでガス化した低温酸素ガスで冷却されているため急速起動が可能で，急激な需要変動に対処できる。

（6）　液化装置が膨張タービンサイクルにより構成されていることとTOプラント蓄冷器で処理した完全ドライ窒素ガスを冷媒として使用しているため取扱いが容易で故障が少ない。

本プラント形式は工場新設などで最初の数年間は酸素の需要が断続的となる場合や，TOプラントを数基設置する場合などに最適の方式であり，今後本方式によるプラント計画が増加するものと期待されている。



①蓄冷器　②逆止弁　③膨張タービン　④炭化水素吸着器　⑤液空過冷却器　⑥液化器　⑦精溜塔　⑧主凝縮器　⑨副凝縮器　⑩アセチレン除去器　⑪サージタンク　⑫酸素圧縮機　⑬酸素ガスホルダ　⑭窒素圧縮機　⑮アフタークーラ　⑯窒素熱交　⑰酸素冷却器　⑱液酸タンク　⑲液酸ポンプ　⑳液酸蒸発器

図1　酸素液化装置付TOプラント

■　TOプラント用主凝縮器の改良

TOプラントには，約5 kg/cm²gで運転される下部塔と約0.5 kg/cm²gで運転される上部塔の間に主縮凝器を介した複精留塔が使用されている。

従来，この主凝縮器には直径が約10 mm，長さが1,500 mm前後の銅管を容量に応じ数千～数万本配列した，いわゆる垂直管構造のものが使用されてきた。しかしながら垂直管構造の場合，プラント容量が大きくなるにともない管板が非常に大きくなることから製作が困難になるなど種々の欠点があった。

これらの欠点に対し，日立製作所では液酸がガス化する際に生ずる駆動力（driving force）を利用して新しくハンプソン形主凝縮器を開発し，全面的に採用するに至った。

ハンプソン形主凝縮器は伝熱管を蛇管状に巻きつけたもので，垂直管構造の場合とは逆に管内に液酸を送入し，管外に導入した窒素ガスの凝縮熱により液酸を気化，循環させるもので，主凝縮器内で液酸が完全にガス化しアセチレン，炭化水素などを析出させないように実機について種々の実験を行ない管内流通抵抗，液ヘッドなどについて最適の値を確立し，十分な循環量をもたせて常に伝熱管内面を液酸で洗浄するようにしたものである。

現在まで本形式によるTOプラントはすでに5基好調に運転されているが，ハンプソン形主凝縮器を採用した場合次のような利点がある。

（1）　管板を分割することが可能であり容量による制限はなく，製作が容易である。

（2）　熱交換性能が垂直管構造方式に比べすぐれている。

（3）　万一漏えい事故を起こしても部分的補修が容易である。

（4）　容量による製作制限がない。

■　500トン球形液酸タンクの製作

国内酸素製造所では多量の酸素を大きな容器に液体酸素として，常に貯蔵しておき，いつでも必要量の酸素が供給できる態勢をとれるようにしようとしている。このため液体酸素用の大容量貯槽が要求される。この要求により，今回共同酸素株式会社(和歌山工場)より500トンの液酸用貯槽を受注した。この大容量液酸タンクは，国内では初めての球形極低温貯槽で，極低温液体の熱損失を最小にし，わが国の地震条件に対しても十分安全性が保証されなければならない。特に保冷槽内に設置される内部タンクの支持方法については，日立製作所の特許申請中の構造を採用している。この設計に当たり，電子計算機による膜応力の分布，荷重による応力，地震，風力，積雪荷重による応力，温度差による熱応力などと，実際の確認試験による実測値を検討するため，1/4の球形モデルタンクを製作した。

このモデルタンクにより静的試験はもちろんのこと振動試験機によって動的試験も実施した。この試験により計算では示されない局部応力の発生点およびその強さなどが完全に明確に示された。この結果はすべて許容値以下であり問題点が解決された(図1)。

500トン球形液酸タンクは，外球は11,600 mm，内球は9,800 mmの2重タンクで，内球と外球の間は特殊支持方法により熱損失を小さくし，内球支持に無理な局部応力が生ぜぬ構造にしてある。保冷層内にパーライトを充てんし，−181 ℃の液体酸素の熱損失もきわめて小さく，経済的な液化ガス貯槽として液体酸素以外に多方面に利用できるものである(図2)。

内球には低温に強い9 % Ni鋼を使用し，最小の肉厚で内圧はもちろん外圧にも十分に耐えることができる。したがって貯槽として安全性が非常に高く，球形の特長がすべての面で生きている。

今後ますますこの種の大形貯槽の建設希望が各所にあらわれる状勢下にあるので，この新製品が開発の一端となることは必然的である。

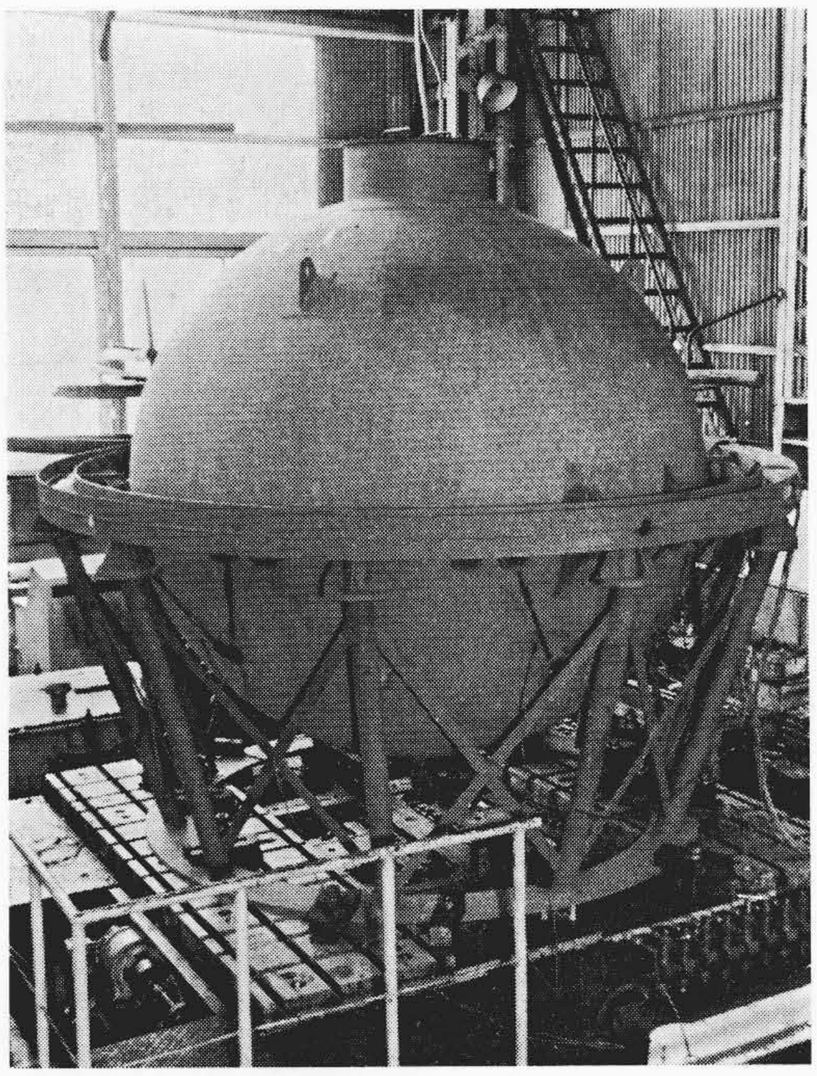


図1　振動試験中の球形モデルタンク

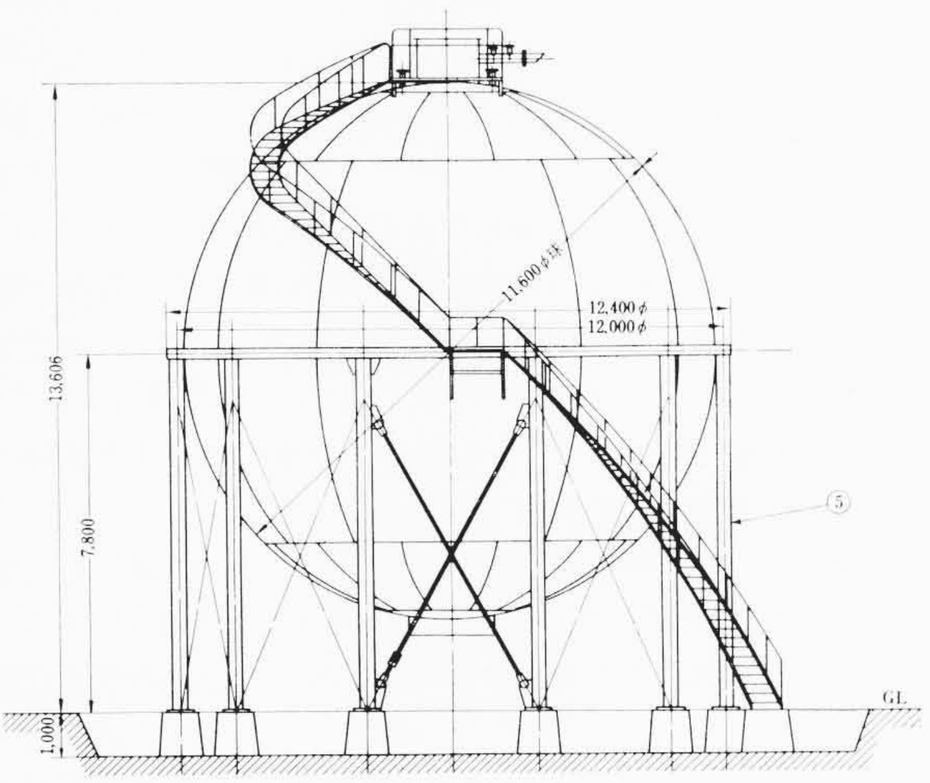


図2　共同酸素株式会社(和歌山工場)に建設する500トン球形液酸タンク

■　石原産業株式会社納カルサイナ排ガスクーラ

本装置は昭和28年に納入したカルサイナを排ガススクラバーに接続して，41年新たに日立製作所日立工場製作の電気集じん装置とともに公害防止の目的で設置された。カルサイナの排ガスは高温で，酸化チタン，亜硫酸ガス，水蒸気などを含み，その煙が純白で目だつため，公害防止上特に問題とされていた。しかし本装置の設置により白煙は完全にとまり，地元では大きく取り上げて報道されている。大量のガスを効率よく冷却するために，内部には日立製作所日立研究所で開発した独特の垂直平板充てん物を充てんし，小さい圧力損失で，大きな冷却効果を上げている。また排ガスは腐食性を有するので胴体にはゴムライニングを施し，充てん物に木材を使用す

図1　垂直平板充てん物

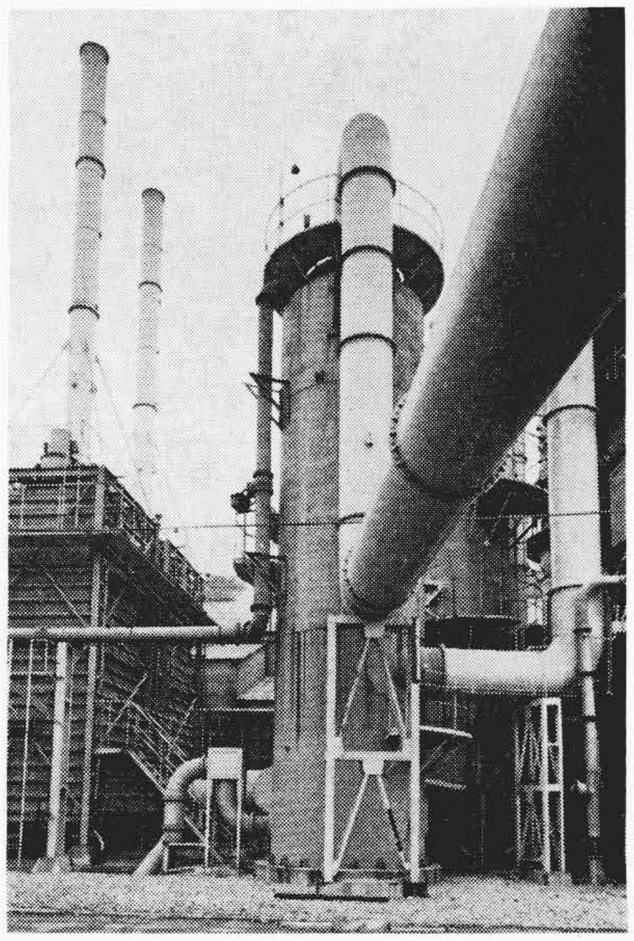


図2　カルサイナ排ガス用クーラ

るなど，材料の選択には注意が払われている。

寸　　法	3,200φ×14,450H
出口ガス温度	350℃
冷却水・海水	約300 m³/h
圧力損失	50 mmAq

■ ゴミ焼却炉用集じん装置ほか化学装置用集じん装置の開発

（1） ゴミ焼却炉用電気集じん装置

各家庭，工場から廃棄されるゴミの処理は都市の環境衛生上重要な課題である。わが国においても各都市に大容量の機械式ゴミ焼却装置が建設されつつあるが，ゴミの採集と運搬の関係上，住宅および工場地域に近い郊外に設置されるため，炉から排出されるばい煙が公害の対象となる。このため，ばい煙に対する十分な防止対策が必要になってきた。

このたび大阪市清掃局が八尾市に建設した焼却能力600 t/dayの機械式ゴミ焼却炉用として，電気集じん装置（EP）を納入し，出口ばいじん量は保証値0.1 g/Nm³を大幅に下回る0.06 g/Nm³以下の好成績で運転中で，公害防止の目的を十分に達成した。

本EPの計画に当たっては，ゴミの性質とそれを燃焼した際に発生するばい煙の性状について，モデル試験装置により十分な調査を行なった。これらの調査結果からEPで処理されるばいじんは平均粒子径が数μ程度の微粒子で，非常に凝集性に富み，電気集じん状態におけるダストのかさ密度は非常に小さく，空げき率は98%程度であることがわかった。したがって再飛散しやすく，EP内ガス流速が高くなると再飛散率が急激に増加する傾向にあるので，この選定に特に留意した。

また最近のゴミの中には包装用ビニールなどが増加しているため，排ガス中にはわずかではあるが塩素イオンが含まれているが，これによる装置の腐食を防止するため，ホッパを加熱空気で予熱するとともに，装置全体を十分保温し，長期安定運転を可能にした。図1に本装置の外観を示す。

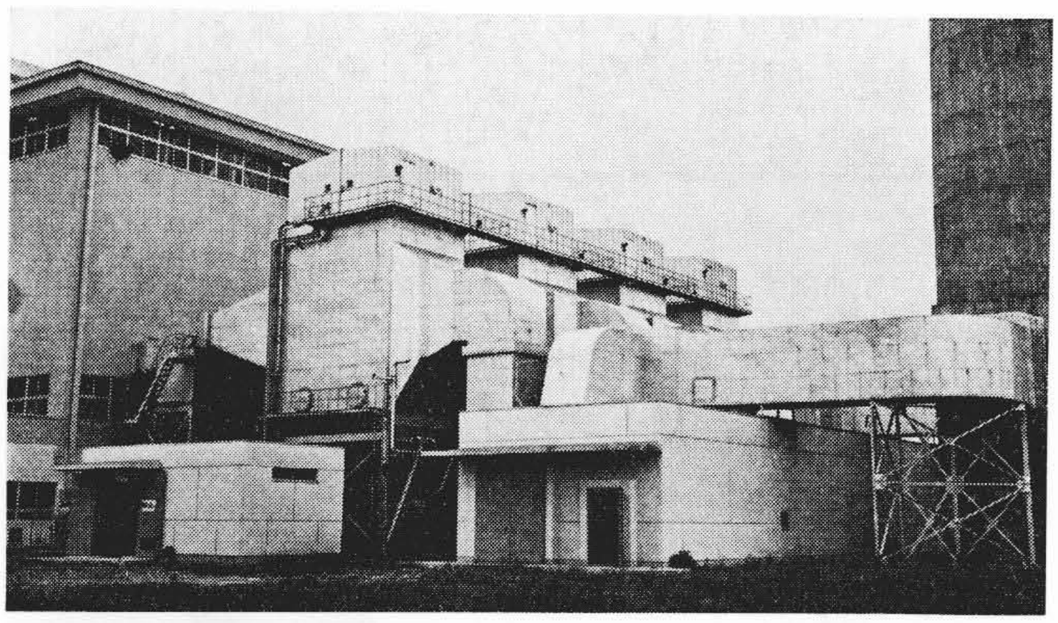


図1　大阪市清掃局八尾工場納 ゴミ焼却炉用電気集じん装置

（2） 酸化チタン製造装置排ガス用電気集じん装置

産業の発展に伴い，大気汚染による公害は大きな社会問題となっている。三重県四日市地区は国内でもこの問題で注目されている地域であるが，同市にある石原産業株式会社四日市工場では酸化チタン製造プラントから微量酸化チタンを含む蒸気が白煙となり排出され，これが視界をさえぎるなど，近郊に及ぼす影響はかなり大きかった。同社では公害防止の一環としてこの白煙除去に取り組み，日立製作所との共同研究で，現地において白煙の性状調査ならびにモデルテストを実施した。

この白煙は酸化チタン製造プラントで，チタンスラッグと硫酸と混合したものをキルンで焼成する際排ガスとともに1μ以下の微粒子として排出されるが，これをスクラバーで洗浄，冷却しガス温度70℃程度にして煙突から大気に放出していた。このため，チタン蒸気が大気温度との差により白煙となり，前記のような問題となっていることが判明した。このことから今回スクラバーのあとに，ガスクーラを設けガス温度を35℃以下に冷却することにより蒸気をミスト化させたのち，共存しているチタンとともに，電気集じん装置に導入するよう計画し，ミストとチタンを完全に除去することに成功した。

現在きわめて好調に運転中で同地区の公害防止の一環として十分な威力を発揮している。図2はガスクーラおよび電気集じん装置より成る本装置の外観を示したものである。

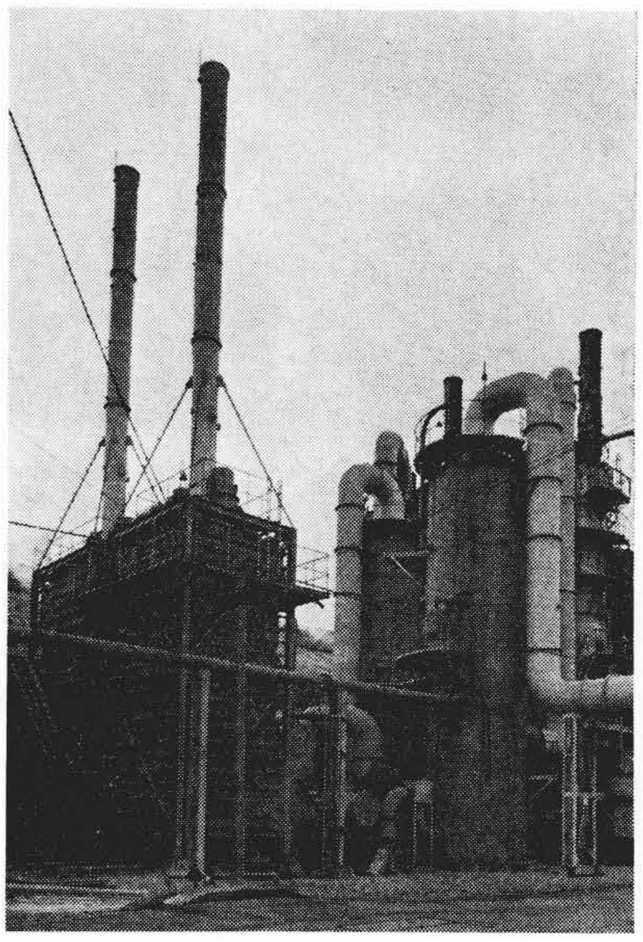


図2　石原産業株式会社四日市工場納カルサイナキルン排ガス清浄用電気集じん装置

■ PC-MC形集じん装置および高能率運転制御装置の開発

PC-MC形集じん装置

重油専焼大容量火力発電所の建設にともない，この排ガス中に含まれるばいじんによる公害は近年ますます問題になりつつあるが，このばいじんはカーボンブラックが主成分であるため，電気固有抵抗が低く，従来の電気集じん装置では再飛散が著しく，高い集じん効果が期待できない。したがって煙害防止の立場から，高能率の集じん装置の開発が望まれていた。

このような低抵抗のばいじんについて，電気集じん装置の静電凝集作用を利用して，電気集じん装置で凝集したばいじんを後置のサイクロン集じん装置で除去すれば，かなりの集じん効果が得られることがわかった。このことから低抵抗のばいじんの捕集用として，静電凝集式2ステージ形電気集じん装置（PC）とマルチサイクロン（MC）を組み合わせたPC-MC形集じん装置を新たに開発した。

静電凝集式2ステージ形ＥＰは図1に示すように，その凝集作用を十分発揮させるために，コロナ放電によりばいじん粒子の帯電を行なう帯電部と，帯電したばいじんを捕集・凝集させる凝集部とに分けられている。帯電部は従来の電気集じん装置と同様，放電極と，接地極とから成り立っているが，粒子の凝集をより促進するため，凝集部を平行平板電極配置とし，電界を強める方式を採用している。これにより集じん装置内のガス速度を従来の2～3倍に早めても，凝集部分に層状にたい積したばいじんは片状にハク離し，後置サイクロンで効果的に捕集されることが確認され，装置の小形化が可能となった。本装置は，工場内試験に引続き，重油専焼ボイラプラント，およびパルプ工場における黒液回収ボイラプラントにおいて，長期連続運転を行なった結果きわめてよく，実用化の見通しをつけることができた。図2はその現地試験結果の一例を示したものである。

一方，石炭専焼ボイラ排ガス中のばいじんの捕集には，従来マルチサイクロンと電気集じん装置を組み合わせた，MC-EP 形集じん装置が採用されて来たが，ばいじんの電気固有抵抗がボイラ燃焼効率の向上に伴い，近年ますます上昇し，電気集じん装置の経済的適用範囲を逸脱するため，電気集じん装置の運転が不安定となる場合がしばしば起こった。これを改善するため，新たに，EP-MC 形集じん装置を開発し，その1号機を，常磐共同火力株式会社勿来発電所6号缶用として納入した。これは，電気集じん装置で処理するばいじんはきわめて微細なものばかりになるため，集じん極，放電極へのばいじんの付着力が強く，通常の槌打ではハク離困難となるためであった。このハク離性がばいじんの高抵抗に基づく逆電離現象などの，高抵抗障害を起こし，電気集じん装置の性能を著しく低下させることが明らかとなったことから，これを防ぐため前置マルチサイクロンを取り除き，電気集じん装置へ粗粒子を送り込み電気集じんの機能を十分に発揮させるとともに，槌打時の再飛散を少なくするため，マルチサイクロンを後置したもので図3はその外観を示したものである。

電気集じん装置の高能率運転制御装置

（1）　定火花ひん度制御方式

電気集じん装置は高い電圧で運転すればコロナ電流が増大して集じん効率を高めることができるが，反面あまり高い電圧になると火花放電がひん発して，放電後ふたたび充電が行なわれるまでは集じん機能を失ない，かえって集じん効率が下がる。このため高電圧で運転される電気集じん装置を効率よく運転するには，火花せん絡ひん度がある範囲にはいるように，印加電圧を決めることが望しい。

この点から，電気集じん装置の火花せん絡ひん度を検出して運転電圧を制御する方式を製品化し，常磐共同火力株式会社勿来発電所第6号缶用として4セット納入した。検出回路は負荷電流が充電時ピークとなるとき，一定大きさの電流を取り出すもので，0～5,000 カウント/分の間で放電回数にほぼ比例した電流がとり出せた。これを2段の磁気増幅器で増幅し，電圧調整用の可飽和リアクトルを制御している。火花ひん度は300～3,000 カウント/分の間に設定できる。図4は日立製作所日立研究所における模凝装置を制御したときのオシログラムで，火花せん絡が多くなると可飽和リアクトル制御電圧が絞られ，常にほぼ設定値の火花ひん度に保たれている。

（2）　高能率運転制御装置

定火花ひん度制御装置の製作に引続き，さらに次のような高能率運転制御装置を開発した。

（i）　最適の火花せん絡ひん度を知るために，負荷電流中の有効コロナ電流の平均値を直接読み取れる有効電流計を開発した。これは電気集じん装置の印加電圧から集じんが行なわれている期間と，火花せん絡などによる電圧降下で休止している期

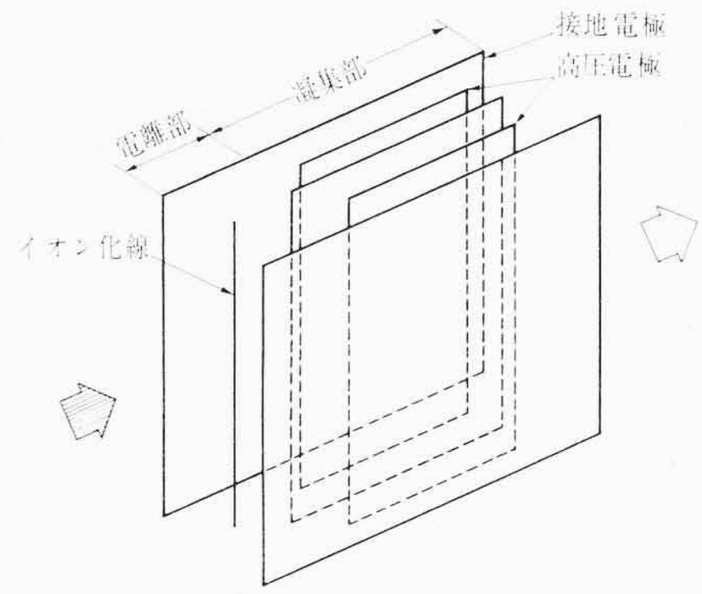


図1　静電凝集式2ステージ形電気集じん装置の構造

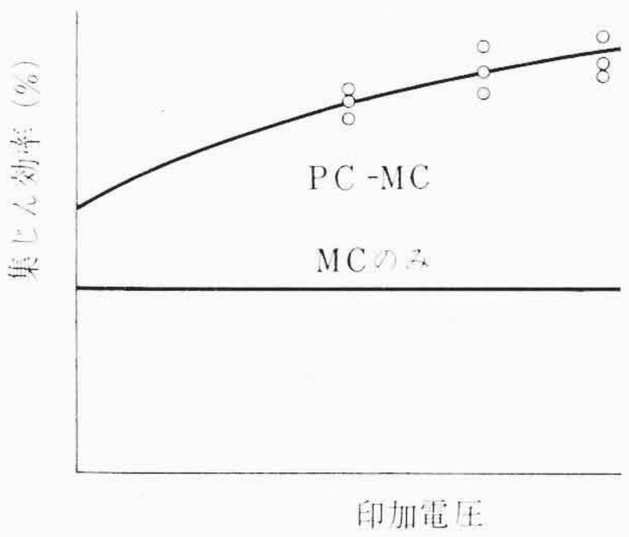


図2　PC-MC 形集じん装置の現地試験結果例

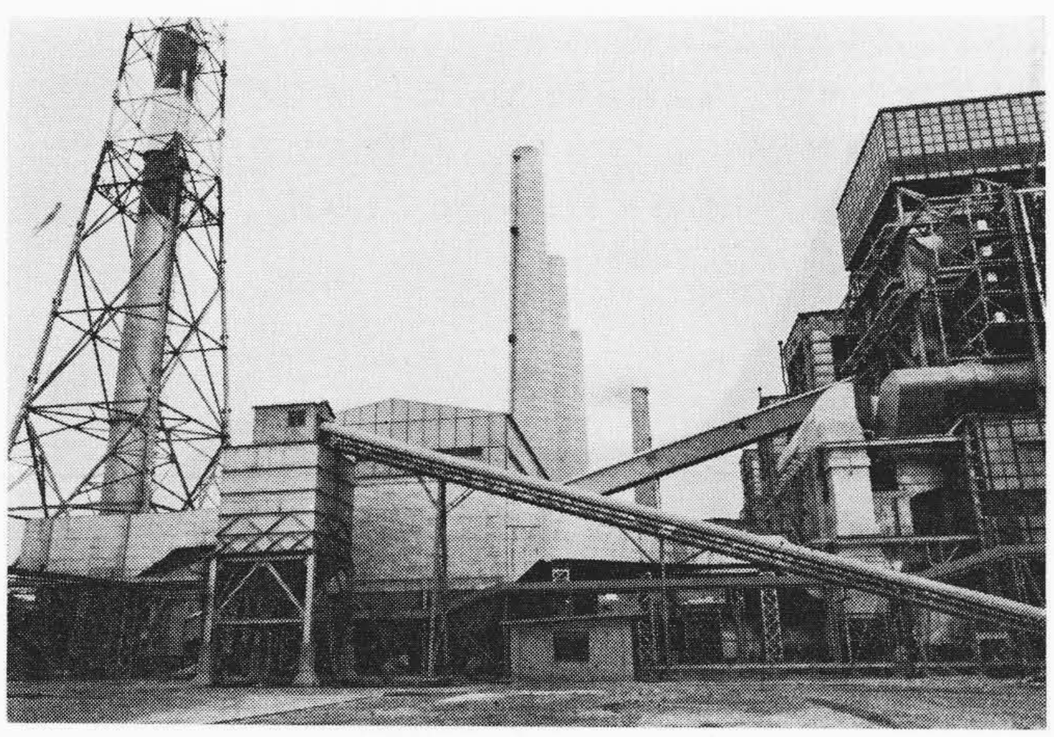


図3　常磐共同火力株式会社勿来発電所納 EP-MC 形集じん装置

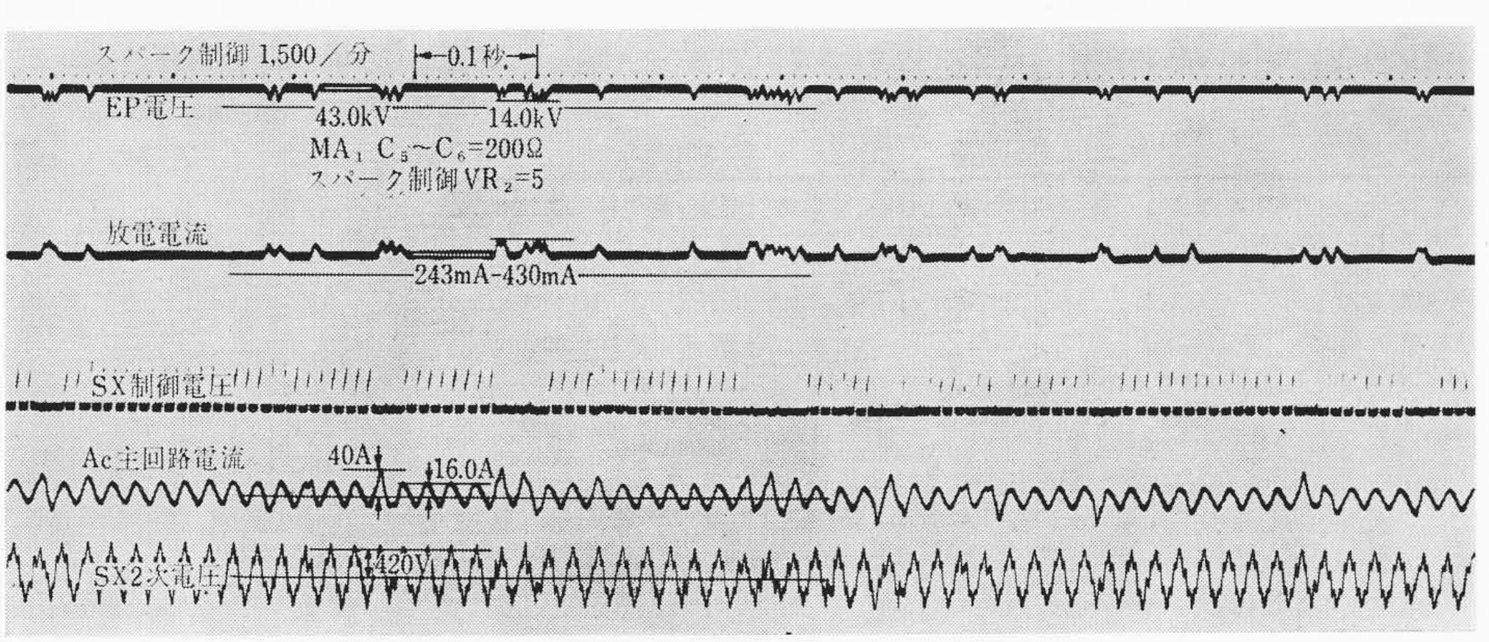


図4　定火花ひん度制御オシログラムの一例

間を判別し，前者の期間のみの集じん装置の電流を測るようにしたものである。

(ii)　可飽和リアクトルの制御をサイリスタで行なうことにより，小形で信頼度の高い制御回路を研究開発した。これは磁気増幅器に比べ容易に大電流がとれるので，応答の早い制御が可能となるほか，電弧短絡発生時は可飽和リアクトルに負電圧をかけて回生運動することにより，早い消弧が可能となった。

■ 600 t/24 h ごみ焼却装置の運転実績

ごみ焼却装置の機械化が盛んに行なわれており，人口の都市集中により，焼却装置の規模もますます大形化の傾向にある。

この要望に応じて完成した大阪市清掃局八尾工場納600 t/24 h ごみ焼却装置は，国内では最大容量のものであり，41年5月に性能試験を行なったが，結果はいずれも計画値を上回るすぐれた性能を発揮した。

仕　　様

炉　数　量　150 t/24 h×4基

焼　却　能　力　600 t/24 h (6.25 t/h/1基)

焼却能力は4基合計で621 t/24 h と計画値を上回るものであり，とくに負荷の変動に対する追従性では，12時間連続平均で5.87 t/h から8.23 t/h と広範囲に安定した燃焼を持続した。

燃焼ガス温度は800～1,000℃，炉出口ガス温度も800℃～900℃であり，燃焼状態はきわめて安定したものであった。

灰中の未燃物は非常に少なく，灰残さ中の腐敗物含有量(乾燥重量比)は0.129% と保証値を十分に満足するものであり，これは階段ストーカによるすぐれたかくはん効果と，燃焼ガスの流れがごみと並行流であるため，後燃焼が完全に行なわれていることを実証したものであり，前述の安定した燃焼もこれに関係あるものと考えられる。

煤煙による公害防止対策としては，マルチサイクロン集じん器と電気集じん器を備えており，電気集じん器出口排ガス中の含じん量は0.052 g/Nm³ と，保証値0.1 g/Nm³ 以下であった。

本装置の運転実績により，さらに大形の焼却装置の要求にこたえることができる。(日立評論 Vol. 47, No. 7, 139頁)

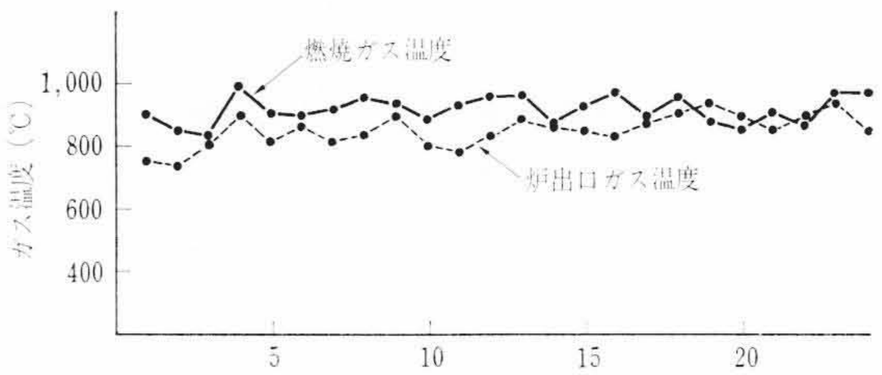


図1　大阪市清掃局八尾工場納ごみ焼却装置燃焼ガス温度

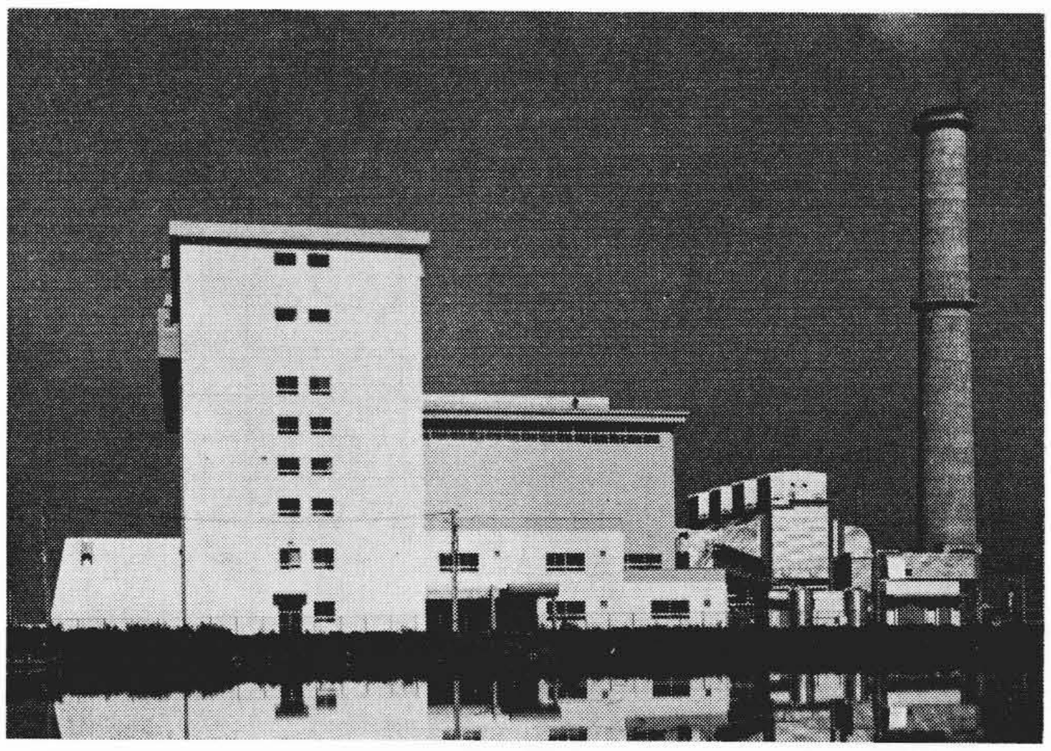


図2　大阪市清掃局八尾工場納600 t/24 h ごみ焼却装置

日立製作所の工業所有権増減表

日立製作所所有の特許権，実用新案権，意匠権，商標権の昭和40年10月より昭和41年9月末日までの1年間の増減は下期のとおりである。

	昭和40年9月末現在	当期間増	当期間減	差引増減	昭和41年9月末現在
特　許　権	4,848	1,007	386	621	5,469
実用新案権	9,076	1,937	1,010	927	10,003
意　匠　権	2,027	476	513	−37	1,990
商　標　権	704	124	0	124	828
計	16,655	3,544	1,909	1,635	18,290

日立製作所の外国特許権，商標権について

日立製作所が昭和41年9月末現在で諸外国に所有している特許権，商標権は次のとおりである。

特許権458件（アメリカ，イギリス，ドイツ，フランス，インド，台湾，スイスなど）

商標権796件（アメリカ，イギリス，カナダなど86か国において登録）