

# 豊富な実績と最新技術でニーズに応える日立の化学プラント

Hitachi's Accumurated Experiences and Advanced Technology in Chemical Plants

佐野 強\* *Tsuyoshi Sano*

高木真人\* *Masato Takagi*



新日鐵化学株式会社納め20万t/年スチレンモノマープラント 世界最初のユノカル・ルーマス法スチレンモノマープラントの全容を示す。

日立製作所の化学プラントの歴史は古く1931年までさかのぼるが、化学工業の発展に伴い、その業容を拡大してきた。

日立製作所の得意とする主要な化学プラントには、

- (1) 独自のプロセスノウハウを提供するプラント：ポリエステルプラント、深冷分離装置
- (2) 優位なエンジニアリングノウハウを保有するプラント：培養・医薬プラント、スチレンモノマープラント、ポリスチレンプラント、ポリプロピレンプラント
- (3) 高度なハードウェア製作技術を核とするプラント・装置：高圧法ポリエチレンプラント、エチレン

用熱分解設備

などがある。また、これらのほかに、顧客プロセスに基づき日立製作所のプロジェクトマネジメントにより、全体プラントを取りまとめ納入する場合もある。

日立製作所は、これらの最新プラントで、長年培ってきたエンジニアリングおよびハードウェアのノウハウを反映させ、たゆまぬ原単位の向上、原料・製品のフレキシビリティの向上、高機能マンマシンシステムの高度コンピュータ制御の採用を図るとともに、21世紀に向けてのニューケミカル、地球環境保護対応のプロセス改良にも積極的に取り組んでいる。

\* 日立製作所 機電事業部

## 1 はじめに

日立製作所は、化学プラントの分野でその誕生以来時代時代のニーズ・潮流に適応した新しい技術、製品およびプラントを開発して信頼性を確立し、現在多岐にわたるプラントの納入実績、蓄積されたノウハウを持っている。

そこで、日立製作所が取り扱う主要な化学プラントに関する最近の市場・技術動向を考察し、この動向に対応する日立製作所の化学プラントの最近の技術・実績、今後の技術の展望について述べる。

## 2 日立的化学プラントの歴史と製品系譜

日立製作所の化学プラントの歴史は古く、昭和肥料株式会社(現在の昭和電工株式会社)川崎工場納めアンモニア製造用水電解槽(昭和6年)をはじめ、第二次世界大戦前から数多くの実績がある。

日立製作所は、戦後の復興期・高度成長期には、ペニシリンをはじめとする抗生物質・培養プラント、エチレンなどの石油化学一次製品プラント、各種の石油化学二次製品プラント、合成樹脂・合成繊維プラントおよび空気分離プラントを納入してきた。

これらで培ってきた化学・産業プラントの代表的なものに関して、その歴史と製品系譜を図1に示す。

## 3 化学プラントの市場と技術の動向

化学工業全般の日本国内の市場成長率は、過去10年間GNP実質成長率と同程度であった<sup>1)</sup>。今後の中・長期的成長率もマクロ的にはGNP成長率程度は見込まれるが、ミクロ的にはコモディティよりもファインケミカルズの成長率がより大きくなると考えられる。

また、化学工業での最近の技術のマクロ的動向と、その具体例には下記がある。

- (1) 製品の高機能化が図られ、ファインケミカルズ、エンジニアリングプラスチックなどが伸長する。：新素材、ポリマーアロイ
- (2) 少品種大量生産から、多品種少量生産へ移行する。：バッチプロセス、FA、CIM(Computer Integrated Manufacturing)の生産システム
- (3) 環境保護、環境への負荷低減を目的とする新素材、新プロセスの開発・導入が行われる。：脱硫・脱硝装置、生分解プラスチック、代替フロン
- (4) 使用済み製品・材料の再生・リサイクルシステム、有効エネルギーとしての回収システムの開発が行われ

る。：廃プラスチックのリサイクル、産業廃棄物焼却・発電システム、産業廃棄物リサイクルシステム

(5) バイオテクノロジー応用による常温・常圧下での高効率生産システムなどの、パラダイムの転換による新たなプロセスの開発が進められる。：ニューケミカルの開発

このような状況で、おのおのの化学プラントのプロセス面から見た最近の技術動向を、納入した代表的プラントを例にとり以下に述べる。

### 3.1 石油化学・基礎原料プラント

#### 3.1.1 エチレンプラント

日本の石油化学の基幹原料であるエチレンの生産は、昭和62年の特定産業構造改善臨時措置法の指定対象からの解除後、平成景気による需要の増大に対応し、各社既設の改造・増設またはスクラップ アンド ビルドを通して増強が行われてきた。さらにいっそうの需要増大に対処するため、大形エチレンプラントが建設または計画されている。

エチレンプラントの中核となる熱分解炉について、日立製作所はフレキシビリティの高く、高収率が得られる熱分解反応管(日立U-コンバインドコイル)と二重管式急冷熱交換器から成る熱分解システムを開発し、日本国内だけでなく米国、東南アジアなど海外にも納入実績を広げつつある。

また、ハードの面でも積極的な開発を行い、その製作技術の粋を集めた世界最初の完全モジュール工法による大形熱分解炉(図2)をサウジアラビアに納入した。

さらに現在、ガスタービンとコンバインした最新鋭のエチレン用高効率熱分解システムの展開を行っている。

#### 3.1.2 スチレンモノマープラント

日立製作所は、現在まで企業化されている代表的プロセスのすべてを建設してきており、わが国で最も実績の多いスチレンモノマープラントメーカーとして信頼されている。

スチレンモノマー製造の技術開発・ノウハウは、従来主として脱水素反応工程での高温技術に集中していた。しかし、プロセスに対する「省エネルギー、環境適合化」の要求により、アルキル化工程での新触媒開発へと広がりを見せている。

これらのプロセスの中でも最新技術であるユノカル・ルーマス法プロセスを世界で初めて採用した新日鐵化学株式会社向け国内最大級の20万t/年スチレンモノマープラントを短納期で建設した。完成納入後の試運転で、



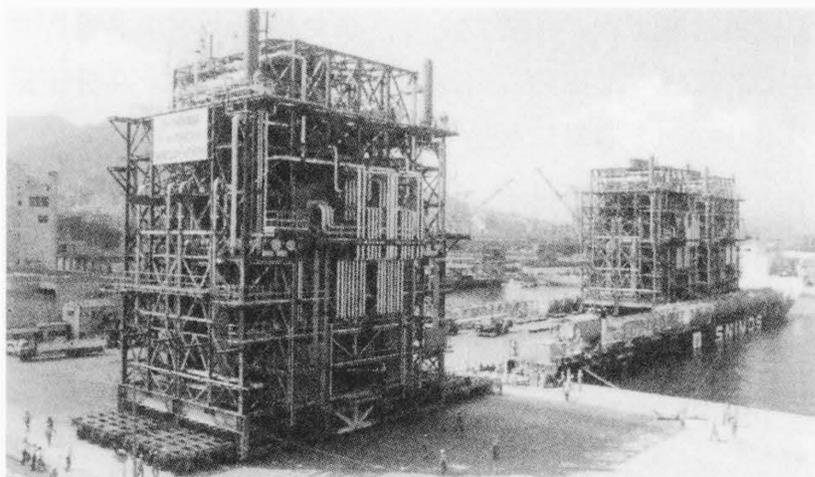


図2 完全モジュール工法による大形熱分解炉 現地工事をなくすサウジアラビア向けエチレン用熱分解炉の出荷状況を示す。

わずか1週間で製品が得られ、日立製作所の高信頼性エンジニアリングが高く評価された。

このプロセスは、エチルベンゼン工程に、

- (1) 従来の方法とは異なり、塩化アルミニウム触媒を使用しないことから廃液処理の問題がなく、使用材料もハステロイから一般炭素鋼にすることができること。
  - (2) 新触媒を使用する液相反応であり、副生キシレンの生成はなく製品収率が高いこと。
- などの特徴を持つ。口絵にユノカル・ルーマス法スチレンモノマープラントの外観を示す。

これらのプロセス改良とは別に、日立製作所はスチレンモノマープラント用として独自に次の技術を開発し採用している。

- (1) 環境保護：脱水素反応工程の高温技術の中心であるスチーム過熱炉の熱効率向上、および低空燃比燃焼による低NO<sub>x</sub>燃焼技術
- (2) 省エネルギー：同スチーム過熱炉にヒートパイプシステムを採用し、熱の有効利用を図る技術
- (3) 廃熱の高度利用：蒸留・精製工程での塔頂蒸気圧縮機式ヒートポンプによる低レベル廃熱の高度利用技術
- (4) 省力化：各バッチ操作の連続・自動シーケンス化およびコンピュータ制御方式を採用した高信頼性制御システムならびに省力化技術

以上の日立製作所の独自技術と、最新のユノカル・ルーマス法プロセスの商業化エンジニアリング力とによって完成された世界最初のユノカル・ルーマス法プラントの安定運転の実績が高く評価され、引き続き千葉スチレンモノマー有限会社向け25万t/年スチレンモノマープラントを受注し、現在設計を推進中である。

## 3.2 合成樹脂・合成繊維プラント

### 3.2.1 ポリエチレンプラント、ポリプロピレンプラント

(1) 汎(はん)用プラスチックの中で最大の生産量があるポリエチレンの製造法には、低圧法と高圧法がある。設備費と原単位の良い低圧法のLLDPE(Linea Low Density Polyethylene)の伸長が特に著しく、日立製作所も旭化成工業株式会社に4万t/年のLLDPEプラントを1991年に納入している。

最近の低圧法および中圧法ポリエチレンプラントでは、一般的に、多種類の原料から数百種類の低密度から高密度までの性状の異なる多品種ポリマーを、同一プラントで多種類の触媒によって生産することができる。

一方、通常200 MPa{2,000 kgf/cm<sup>2</sup>}以上の超高压で生産される高圧法低密度ポリエチレンの需要は底固いものがある。この超高压下で信頼性の高い自家製作機器から構成される日立製作所の高圧法低密度ポリエチレンプラントは、国内各社での増設をはじめ、最近石油化学プラント建設が活発な韓国の三星総合石油化学に、9万2,000 t/年の新プラントを1991年に建設納入している。

(2) ポリプロピレンは、加工性に優れ、バンパーなどの自動車部品にも大量に使用され、汎用プラスチックの中でも需要の成長率が高く、国内外での増設が相次いでいる。

ポリプロピレンの最近の製造技術の革新は、触媒・助触媒の性能が向上し、純度の高い高品質ポリマーが得られるようになったこと、およびラバー含有量が多い(25~50%)共重合ポリマーのHI-PP(High Impact Polypropylene)が得られるようになったことである。

日立製作所は、各種のPP製造プロセスのプラント建設・納入経験を持ち、それぞれの重合反応に適したかくはん槽形反応器、ループ形反応器および流動層形反応器の製造ノウハウ・実績を多数持っている。最近では、1987年に出光石油化学株式会社へBASF法(気相法)のプラントを建設納入し、現在、昭和電工株式会社へHIMONT法(バルク+気相法)のポリプロピレンプラントを建設中である。

### 3.2.2 PETプラント

PET(ポリエステル)の需要は、日本、韓国、台湾および東南アジアで繊維・フィルム・ボトル用に急激に増大し、プラントの建設も長期にわたって盛んである。

日立製作所は、長年のPETの反応解析、優れた重合特性を持つメガネ翼重合装置、および数多くの重合プラントの設計から建設までの豊富な経験に基づき、高品質ポ

リマーを長期間安定して製造でき、しかも原料およびユーティリティ原単位の良いPET連続重合プラントを提供し、国内PETプラントの70%のシェアを持っている。

PETの用途は繊維だけでなく、フィルム、ボトルやエンジニアリングプラスチックにまで広がってきている。

このような高付加価値化、少量多品種の安定生産という新しいニーズにこたえるため、

- (1) フィルム用やボトル用の連続重合プラントの納入
- (2) エンジニアリングプラスチック用超高粘度対応の「ねじり格子翼重合機」を適用したバッチプラントの開発<sup>2)</sup>

などを行っている。

ポリエステルプラントの概観を図3に示す。

### 3.2.3 ポリスチレンプラント

スチレン系ポリマーには、GP-PS(General Purpose Polystyrene)をはじめ、HI-PS(High Impact Polystyrene), AS(Acrylonitrile Styrene)樹脂, ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)樹脂があり、電気機器、包装資材、自動車部品などに広く使用されている。

日立製作所は、各種ポリマー連続重合プラントおよび連続高粘度液処理プラントの豊富な納入実績に基づいて、低コストで高品質なポリスチレンのバルク重合プロセスを完成させている。

このプロセスは、横形連続重合機、薄膜蒸発機を主体とした無溶媒の連続バルク重合プロセス<sup>2)</sup>である。これは、他の懸濁重合プロセスのような洗浄、乾燥、脱水お

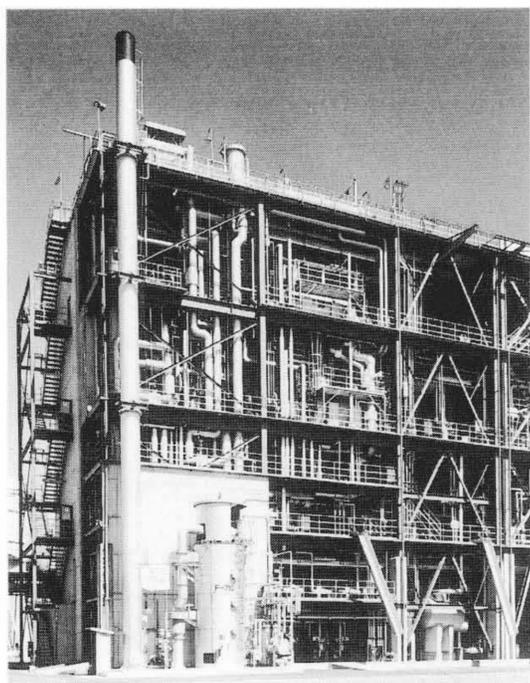


図3 2万t/年ポリエステルプラント 連続重合のポリエステルプラントの実績例を示す。

よび再溶融工程が不要であり、また従来のバルク重合プロセスに比べて除熱能力が非常に大きいため、高分子量のポリマーを容易に製造できるなどの優位性を持っている。

一方、これらのノウハウと信頼性の高い機器製作能力を生かして、他社のプロセスによる大形連続バルク重合ポリスチレンプラントを、原材料の受け入れから製品出荷ヤードまで含めた一括設備として、数多く建設している。

### 3.3 合成ガス製造プラント

水素、水素・一酸化炭素などの合成ガスは、石油の水添脱硫、高級アルコール製造のためのオキシ合成用副原料ガスとして大量に使用されている。

日立製作所は、独自の高効率の日立改質炉、膜分離、深冷分離の各技術を活用し、合成ガス製造プラントの基本プロセス設計からハードの設計まで行い、原料および製品合成ガスに最適な高効率で信頼性の高いプラントの建設納入を行っている。納入した合成ガスプラントの主要例を表1に示す。

最近の合成ガスプラントのプロセス改善としては、下記を行っている。

#### (1) 高耐熱材料による省資源設計

水蒸気改質反応管に、従来のHK材(20Ni-25Cr)よりも高級なHP材(25Ni-35Cr)を使用し、改質温度を上げることによる原料の製品ガスへの転換効率の向上

#### (2) 省エネルギー形ガス精製の採用

脱炭酸ガス・ガス精製工程での省エネルギー形のPSA(Pressure Swing Adsorption)法、膜分離法およびこれらの併用によるエネルギー原単位の向上

#### (3) 高温と極低温のハイブリッド技術

高温改質技術と極低温の深冷分離技術をインテグレー

表1 合成ガス製造設備納入実績 日立製作所が納入した主な合成ガスプラントの実績例を示す。

納入先	製造ガス	備考
日産石油化学株式会社	オキシガス	国内オキシ用第1号
日産化学株式会社	アンモニア	ICIプロセス
協和油化株式会社	オキシガス	国内最大オキシ
極東石油株式会社	石油脱硫用水素	ICIプロセス
マリンスケ社	Ni鉍石還元用水素	ICIプロセス
GSFC社	オキシガス	—
NSFC社	合成ガソリン用メタノール	世界最大合成ガソリンプラント

トした大形H<sub>2</sub>/CO併産プラントの商業化

### 3.4 培養・医薬品・ファインケミカルプラント

近年、バイオリジカル技術の革新は著しく、バイオテクノロジー技術利用の医薬品・食品・環境浄化関連の製品市場は、1989年に年間約1,200億円の規模であったものが、2000年には15兆円に上ると言われている。

このバイオリジカル技術の革新は、遺伝子組換え、細胞融合、動物細胞培養<sup>3)</sup>、酵素・菌体利用のバイオリアクタなどのニューバイオテクノロジーに展開されている。

日立製作所は、従来の培養技術利用のバイオプラントはもちろん、これらのニューバイオテクノロジーを利用した医薬品・食品・化粧品向けのニューバイオプラントに積極的に取り組んでいる。

また、これらバイオテクノロジー研究のための支援機器およびシステムとして、高密度動物細胞培養装置のほか、レーザ式セルプロセッサ、蛍光式DNA(Desoxyribonucleic Acid)シーケンサ、バイオ分析システムなどを提供している。

商業生産が行われているバイオプラントでは、日立製作所が長年培ってきた無菌化技術、および高度のコンピュータバリデーションに裏打ちされた、安全かつ高品質の生産を確保する運転制御システム技術が活用されている。

### 3.5 エネルギー関連プラント

産業のエネルギー源として、石油、LNG(液化天然ガス)、石炭、原子力、水力がある中で、地球温暖化の原因の一つであるCO<sub>2</sub>の排出量の少ないLNGは、クリーンなエネルギー源として中小の地方都市ガス会社での都市ガスの高カロリー熱量転換のための原料として、今後ますます需要は増大していく。

日立製作所は、これらの地方都市ガスプラントの高カロリー熱量転換に適した、省エネルギーでメンテナンスの容易な日立DV&M<sup>®</sup> 熱量調整装置を数多く納入している。

また、有限の化石燃料の効率よい利用としてガスタービン利用のコンバインドサイクル、ガスタービン排気の化学プロセスへの有効利用、LNGの持つ冷熱による発電、地域冷暖房、FCC(流動接触分解装置)動力回収、燃料電池の開発など、多くの省資源・省エネルギープラントに取り組んでいる。

一方、可採埋蔵量が約30年と言われる石油に対し10倍以上の埋蔵量のある石炭の有効利用として、日立製作所は石炭のガス化発電、石炭ガス化による水素製造などの

将来に向けたプロセス開発を推進している。

### 3.6 地球環境保護プラント

近年の酸性雨、地球温暖化、オゾン層の破壊、産業廃棄物の氾濫(はんらん)など地球規模での環境破壊が問題となっている。

これらの地球規模での環境対策として、日立グループでは乾式脱硫装置、脱硝装置の提供だけでなく、これらの先進技術の欧米諸国へのライセンス供与も行っている。

また、オゾン層を破壊するフロンガス対策として、日立製作所は昭和電工株式会社向け代替フロンプラントの設計・製作・建設を行い、1992年1月に完成し、この社会的要請に貢献している。

一方、工場から発生する産業廃棄物および一般家庭からの大形廃棄物の量はますます増大し、地上は言うに及ばず海洋まで地球規模の環境汚染が心配されている。このような廃棄物の処理の解決には、

- (1) 製品製造の設計段階から、自然分解またはリサイクルしやすく地球環境への負荷の小さい材料・構造にする。
  - (2) 廃棄物を効率的に収集する社会的システム・法体系・税制の構築
  - (3) 廃棄物を有用物にリサイクルするか、または有効なエネルギーとして回収するシステムの開発、廃棄物を安全に処理する装置の開発
- が必要である。

以上の産業廃棄物の処理に関し、スラッジ焼却炉、焼却発電システム、電気式集じん装置、バグフィルタ、塩酸回収装置などの提供と、プラスチック再生、プラスチック油化、プラスチックの固形燃料化などの開発推進を行い、地球環境保護の一助を担っている。

### 3.7 深冷分離装置

日立製作所は、1952年に酸素発生量300 Nm<sup>3</sup>/hのパイロットプラントの建設以来、酸素、窒素などの工業ガス用プラント、機器装置類を通して鉄鋼・エレクトロニクス・化学・食品など、さまざまな業界に深冷分離装置を納入してきた。

近年、各業界の酸素・窒素などのガスの需要はきわめて活発で、特に大形深冷分離装置では鉄鋼、工業ガス用のリプレース時期にあり、新装置へは高効率、省エネルギー形が要求されている。

一方、シールガス用あるいは置換ガスとしての窒素の需要は、長期的には堅調な伸びが予想されるとともに、

半導体業界を中心に、より純度の高い窒素ガスが必要となるであろう。

これらのニーズに対応し、夜間電力利用と希ガス回収を採用した共同酸素株式会社向け3万Nm<sup>3</sup>/h酸素装置、および日立酸素株式会社向け超高純度(不純物3ppb)の納入実績を持っている。

#### 4 高度技術のプラントシステムへの適用

以上では、プラントのプロセスに関する最新の技術動向について述べてきたが、最新技術の化学プラントシステムへの適用例を以下に述べる。

##### (1) プラントの高度運転制御システム

化学プラントの神経系統を成すプロセス制御システムでの高度化は著しく、日立製作所では計算機による統合生産CIM、EIC(電気制御・計装制御・計算機制御)統合システム、AI応用知的プラント運転支援システム、音声出力・高精細ディスプレイを具備する人に優しい高度マンマシンシステムなどを駆使し、高度なプロセス管理と工場経営を可能にしている。

##### (2) モジュール工法

化学プラントの建設では、最近の人手不足によって配管・架構工事が全体建設費の中の大きな割合を占めている。このため、建設現場での作業を最小限にするか、またはなくし、かつ工場内製作による製品の品質向上を図るため、機器製作工場内で機器・配管・架構・電気計装工事を含めてプラントを一括組み立て後、現地へ輸送するモジュール工法が採用されている。日立製作所でのモジュールの代表例を表2に示す。

このように、日立製作所は化学プラントを構成する機器、配管、電気機器、計装・制御装置、コンピュータシステム、建設工事およびこれらを有機的に結合させるためのエンジニアリングを一社で行える総合力を保持しており、今後ますます化学プラントの高度な発展にさらに貢献できるものと確信している。

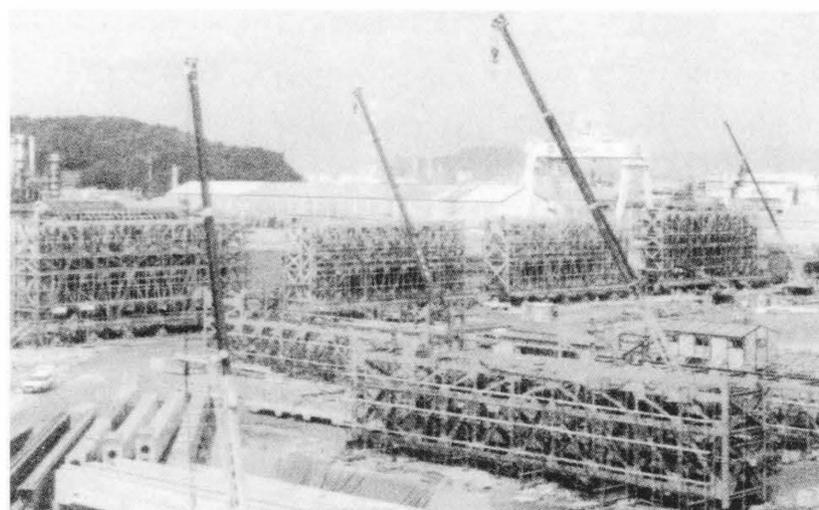


図4 2,200 t/dメタノールプラント用廃熱回収ユニットモジュール状況 モジュール工法によるプラント建設費低減を図る例を示す。

表2 大形モジュール納入実績 大形モジュールの代表例に関する規模を示す。

プラント名	製品名	モジュール数	質量/モジュール(t)	寸法/モジュール(幅×奥行き×高さ)(m)
1,000 t/d アンモニア	補助ボイラ	1	110	6.5×9×10
2,200 t/d メタノール	廃熱回収設備 (2系列)	10	440~570	10×30×15
670,000 t/年 エチレン	エタン分解炉 (8炉)	4	1,580	22×26×31
300,000 t/年 スチレンモノマー	丸形ボイラ炉 (5炉) 角形蒸気過熱炉 (3炉)	3	340 640 1,350	14×23×26 16.5×34×26 22×27×35
500,000 t/年 エチレン	エタン分解炉 (6炉)	3	1,600	22×26×30

#### 5 おわりに

日立製作所の化学プラントの長い歴史に培われた豊富な実績とノウハウは、その時々の社会の潮流・ニーズに即応して開発された最新技術とともに常に最新の製品に生かされてきた。

今後、21世紀に向けての地球環境とエネルギーの問題を解決するテクノロジーは、ニューケミカルテクノロジーにほかならないと言われている中で、日立製作所は、その研究開発力、エンジニアリング力および総合力をもって、この方面でも社会に貢献していく考えである。

#### 参考文献

- 1) 沢村：新たな挑戦を求められるわが国化学工業の課題，化学経済，39，1，2~9(平4-1)
- 2) 木下，外：高粘度重合装置，日立評論，73，6，615~622(平3-6)
- 3) 村上，外：高密度動物細胞培養装置，日立評論，73，6，623~630(平3-6)