

# 軽水炉の理想像を極限まで追求した ABWR(改良型沸騰水型原子力発電設備)



本社原子力事業部杉野次長

日立製作所は、東京電力株式会社をはじめとするBWRユーザー電力各社の指導と支援の下に、米国GE社及び株式会社東芝との共同研究によるABWRの最適化設計を完了、引き続き昭和70年初頭の運転開始を目指して本設備の詳細設計を進めている。インターナルポンプ、改良型制御棒駆動装置、52in長翼タービン、湿分分離加熱器などキーコンポーネントの採用により、BWRの信頼性・経済性を飛躍的に高めるもので、電気出力も改良標準型(昭和59年2月から営業運転を開始した東京電力株式会社福島第二原子力発電所2号機)の1,100MWから約1,350MWへとスケールアップされることになる。原子力事業部杉野栄美次長、日立工場原子力計画部高島義衛副部長の話聞いてみよう。

—ABWR開発の経緯は。

「我が国の軽水炉はアメリカからの導入炉で、当初はいろいろなトラブルがあり、設備利用率も42%と極めて低い時代があった。そこで信頼性の向上を図るために、50~52年第一次、53~55年第二次、56~60年第三次と改良標準化のためのナショナルプロジェクトが組まれた。特に第二次からの改良標準化計画は単なる導入炉の改良ではなく、国産技術による軽水炉の標準化と定着を図ったもので、上記福島第二発電所2号機の国産化率は99%に達している。国際協力によるABWR開発は、これと並行して進められてきたもので、53~54年に概



日立工場原子力計画部高島副部長

念設計を行い、56年から本格的な開発研究(基本設計と最適化設計)を進めた。具体的には、参加各社による運営委員会の下に、10以上のワーキンググループを設けて、炉心、制御棒駆動装置、インターナルポンプ、非常用炉心冷却システム、鉄筋コンクリート製格納容器などの基本技術分野毎に技術評価を進めて基礎を固め、更に各技術の間のインタフェースを統合してプラント全体計画をまとめた。特にキーコンポーネントについては試作、試験を反復してその効果を確認するなど、開発段階から信頼性の高い技術の積み重ねを図ってきた。56年以降の研究は、第三次改良標準化計画の一環ともなっており、電力各社からの援助だけでなく、国からのサポートも受けている。」

—設計上の基本ポリシーは。

「発電設備全体の単純化である。これによって経済性と性能の改善を生み出し、併せて信頼性・安全性が著しく向上した。それを端的に示しているのがインターナルポンプの採用である。これによって、従来使われていた2種類のポンプが1種類になると共に、大口径再循環配管が不要となり、原子炉システムが非常に単純な構成となった。それに従って、格納容器がコンパクトとなり、原子炉建屋

そのもよも縮小できること、またいかなる配管の破断を想定しても炉心の露出がないこと(万一の場合でも完全に水づけの状態が保たれる)、再循環配管からの放射能がないこと(被ばく線量の低減)など、設備の安全性、経済性につながる数々のメリットが得られるようになった。改良型制御棒駆動装置、非常用炉心冷却系、鉄筋コンクリート製格納容器なども同様にこのようなメリットを生み出している。」

—52in長翼タービンというのは。

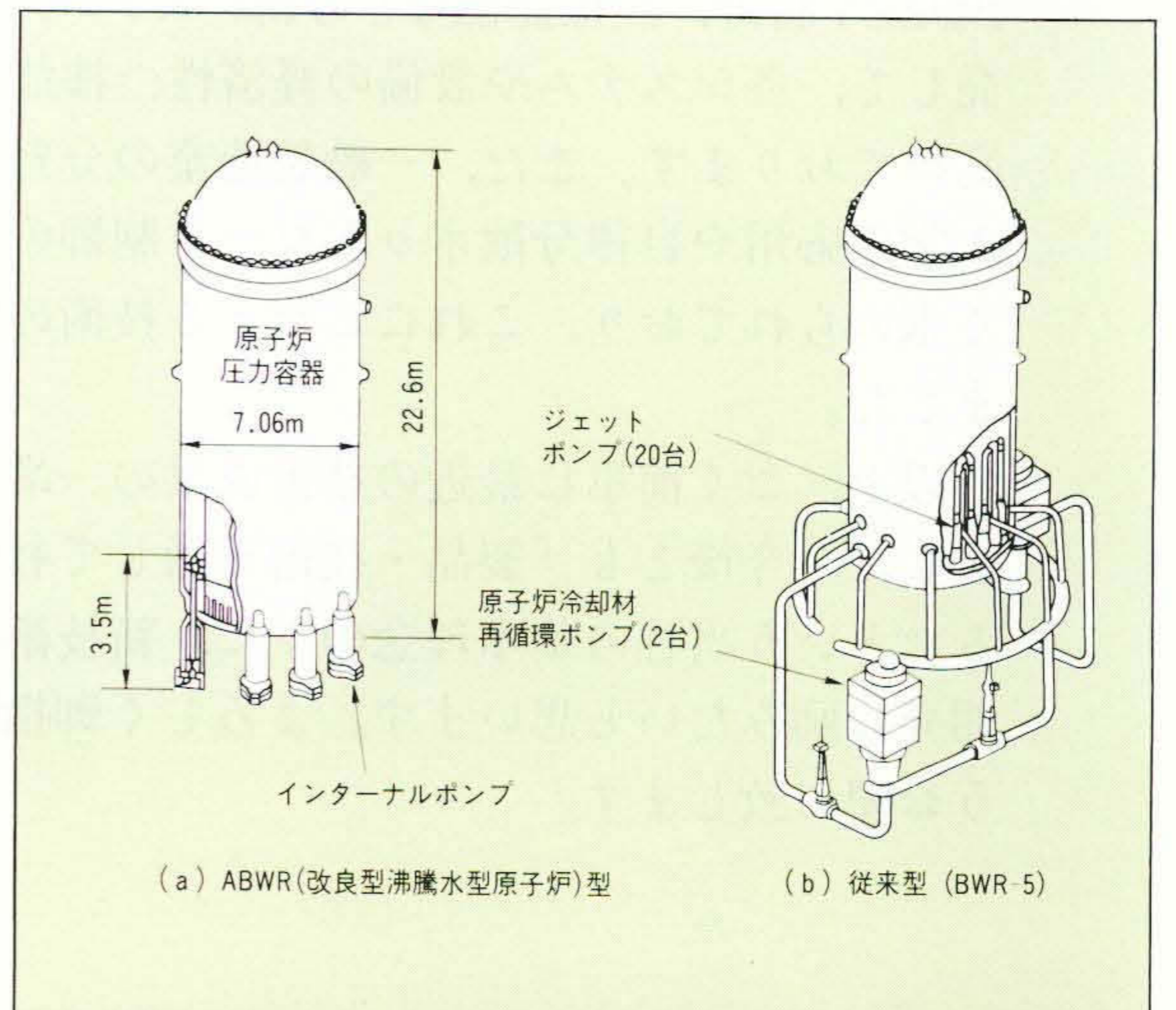
「これは従来の41inから52inへと大きくすることによってタービンの発電効率を高めたもので、1,100MWから約1,350MWへのスケールアップに見られるようにABWRの経済性向上に大きく役立っている。これは当社独自の技術で開発した。」

—その他のプラント特性は。

「改良標準型と比較してみよう。設備利用率は約80%から87%(将来目標90%)、定期検査期間は88日から55日(45日)、被ばく線量(人・rem/年)は100から50以下(将来目標40)、岩盤検査から運転開始までの建設工程は58箇月から48箇月(将来目標45箇月)へといずれも向上している。また、応答性の良いインターナルポンプによる炉心流量調整と改良型制御棒駆動装置の採用で、従来型にない100%—50%の日間負荷追従運転も可能になった。」

—今後の課題は。

「21世紀に入ってからも、なおしばらくは軽水炉の時代が続くと思われるので、詳細設計などを通じて、よりいっそうの質的向上を図っていきたい。」



ABWRは従来型のBWR-5に比べてジェットポンプと再循環ポンプをなくし、インターナルポンプを採用してプラントとして経済性、安全性及び信頼性をよりいっそう向上させている。



# マルチカラー液晶投射式 大形ディスプレイ装置の開発



開発の推進を行ってきた日立研究所第9部川上部長

「科学万博—つくば'85」での各パビリオンの展示が示すように、高度情報社会への移行が進むにつれて、大形画面のディスプレイに対する社会のニーズが高まってきた。日立製作所が世界に先駆けて開発したマルチカラー液晶投射式大形ディスプレイ装置は、まさにこうしたニーズにこたえたもので、2m角の大形スクリーン上に2,000ドット×2,000ドットの超高精細・高輝度のマルチカラー(7色)画像を表示することができる。コンピュータからの情報に応じて、画像(静止画)の一部を書き替えることも容易で、電力、鉄鋼、交通、金融などコンピュータネットワークによる広域管理を必要とする分野の系統制御盤など、幅広い分野での活用が期待されている。早速、大みか工場を訪ね、本装置の製品化を担当した同工場電子制御装置設計部の下山和彦主任技師、及び本装置の開発を進めてきた日立研究所第9部の川上英明部長、森 祐二研究員の話聞いた。

一本装置の基本的な構想は。

「赤、緑、青の3原色に対応する3枚の液晶素子(4cm角)に、レーザービームで必要な情報(画像)を書き込み、これらの画像を強力な光源(キセノンランプ)を使って、2m角のスクリーン上に拡大・投射してマルチカラー画像とするもので、基本的には書き込みを行うための光学系と液晶素子の画像を正確に合成しながら拡大・投射するための光学系、及びこれらの動作を制御するためのコントローラ(制御用コンピュータ)の三つの部分で構成されている。」

一開発に着手したのは。

「昭和56年12月である。この液晶投射式ディスプレイは、スメクチックA相液晶の熱電気光学効果、ごく簡単な言い方をすれば、室温で透明状態を保つ液晶の配列が急激な加熱・冷却によって光散乱性の強い(一定の色を示す)配列に変わる性質を利用したものである。この性質を使えば新しいタイプのディスプレイができるということは、1972年のIEEE(米国電子電気技術者協会)の学会で、京都大学の佐々木先生と米国のカーン博士によって同時に発表されたが、液晶そのものの研究や半導体レーザーを使う技術が不十分だったために、ごく初歩的な原理実験の段階にとどまっていた。そこで、56年12月から日立研究所の研究としてこれを採り上げたもので、モノクロームでの書込み、投射がうまくいったので、58年から更にマルチカラーディスプレイの開発に取り組むこととなった。59年11月の日立技術展に出展したマルチカラー液晶投射式ディスプレイがその成果である。今回製品化した装置は、このプロトタイプに改良を加えたもので、性能、機能ともに格段に進歩したものとなっている。」

一プロトタイプとの一番大きな違いは。

「プロトタイプの場合は3分割系といって、液晶素子1枚ごとに投射レンズ、投射



製品開発を行ってきた大みか工場電子制御装置設計部下山主任技師

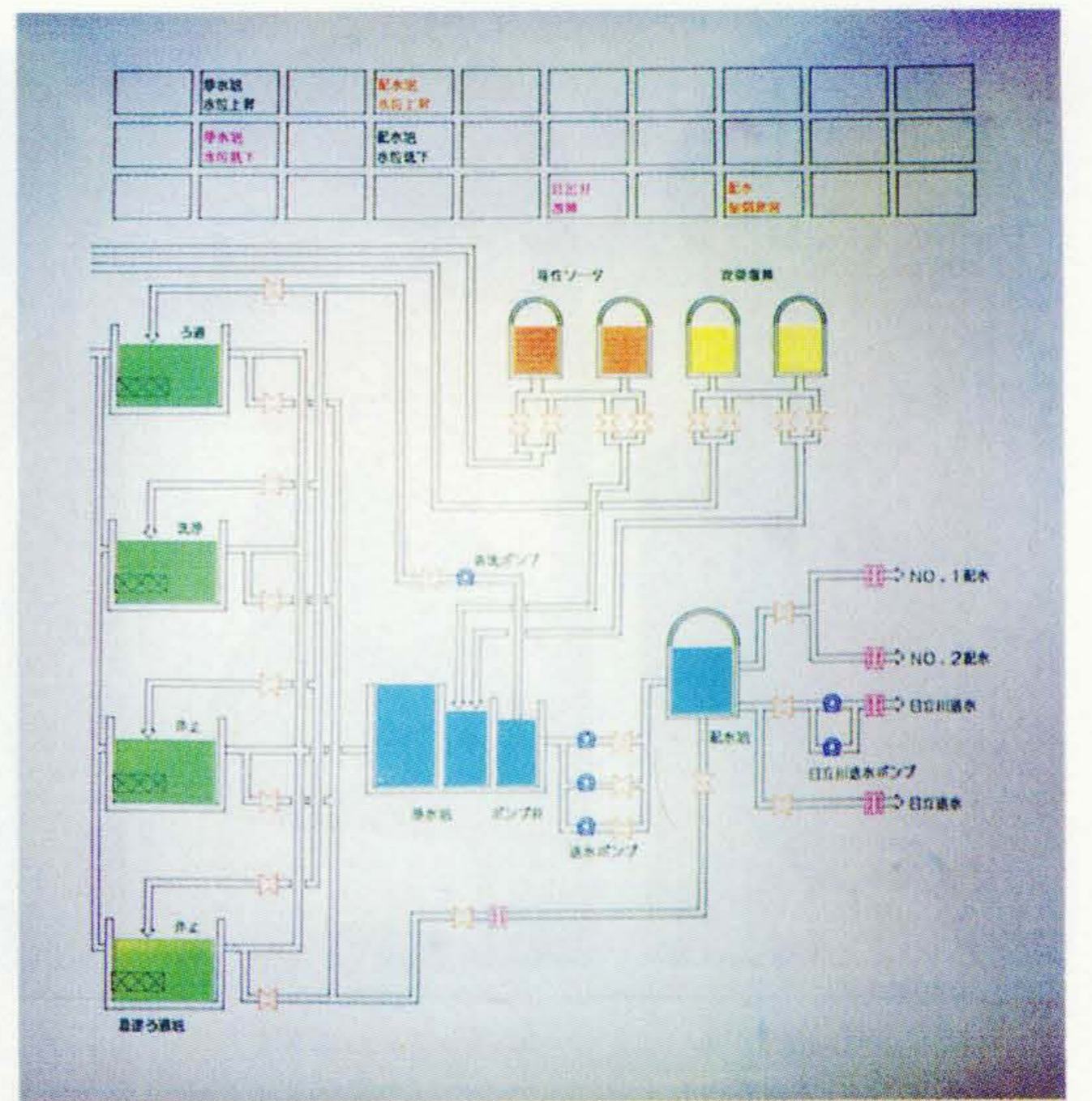
光源を設けていたが、この場合はスクリーン上での画像の合成が難しいことの外に投射光源が3個必要なので、消費電力も大きくなるし装置も大きくなってしまおうという問題点があった。今回の装置は、3枚の液晶素子からの反射光を一つの投射レンズに集め、そこで合成された画像を1個の投射光源で投射するという方式でこの問題を解決している。新しい光学系の開発によるものである。」

一本装置の特長は。

「スメクチックA相液晶を初めて本格的に実用化した装置で、液晶のメモリ性が高く、長期間安定した画像を保つことができるほか、(1) 2m×2mの大画面、(2) 50ft-Lと高輝度で明るい場所でも良く見える、(3) 一般テレビジョンの16倍、高品位テレビジョンの4倍という高解像度、(4) 7色のマルチカラー、(5) 部分書込みや消去も可能で、その速度も5~10m/sと高速、(6) 完全な静止画なので、CRT画像のようなちらつきがなく、長時間見ても目が疲れにくい、などの特長がある。各方面での幅広いご利用をお願いしたい。」



原理を語る日立研究所第9部森研究員



2m角の大形画面に拡大投射された画像 高精細なマルチカラー(7色)表示で輝度が高く、普通の事務室程度の照明下でも見やすい。



# 読売新聞社ニューメディア編集配信システム「SUMMIT」の開発

「科学万博一つくば'85」の日立グループ館でも紹介しているように、日立製作所は、読売新聞社と共同で、サミット“SUMMIT: Systematic Up-to-the-minute Mass Media Information Transmission”と呼ぶニューメディア編集配信システムを開発した。読売新聞社のホストコンピュータとキャプテン、テリドン、CATV、文字多重放送などの各メディアセンターとをオンラインで結び、文字・図形・画像を含むニュースをはじめ諸情報を効率よく配信するためのシステムである。ニューメディア時代での新聞社の在り方を先取りした世界初の本格的マルチメディア対応システムとして注目されている。本システムの開発に参画した当社システム事業部システム開発部の金田玄一技師、加藤俊路技師と大森ソフトウェア工場産業第3システム部の上田英則技師の話聞いてみよう。一本システム開発のポイント。

「各メディアは、異なったコード体系、プロトコルなど、それぞれ固有の特性を持っている。したがって、一般的には、それぞれ個別に、情報の収集・加工・入出力・送信を行うことになるが、それでは膨大な人員とシステム投資が必要となり、決して効率的なシステムとはいえない。そこでこの問題をどう解決するかが、本システム開発

の最大のポイントとなった。具体的には、入力された各情報を「共通コード」として一元的に扱い、配信する各メディアに対しては、コンピュータによる自動変換を行うことで、この問題を解決している。」

—システム全体の機能は。

「文字・図形による記事を作成し、更に各メディア対応の画面情報として編集加工するデータ作成・メディア変換機能、各入力装置と端末から情報を集める入力・集信機能、これらの情報を素材情報の段階から最終番組の段階まで各加工状況に応じて蓄積したり、番組としての管理を行うためのデータベース機能、配信先との契約に基づいて各番組の送出スケジュールを作成する送出管理機能、記事データや画面情報の登録・利用統計、配信先別の番組送出記録などの管理資料を日報・月報として作成するシステム管理機能の五つがある。」

—そこで使用されている装置は。

「図に示すとおりで、ホストコンピュータとなるHITAC M-240Dを中核として、文字・図形・メロディなどのデータの作成・編集やメディア変換を行うための文字図形入力装置、CATV局向けにカラー写真などの画像入力を行うための自然画入力装置、並びにデータベースを構成するための磁気ディスク装置、磁気テープ装置などが使わ

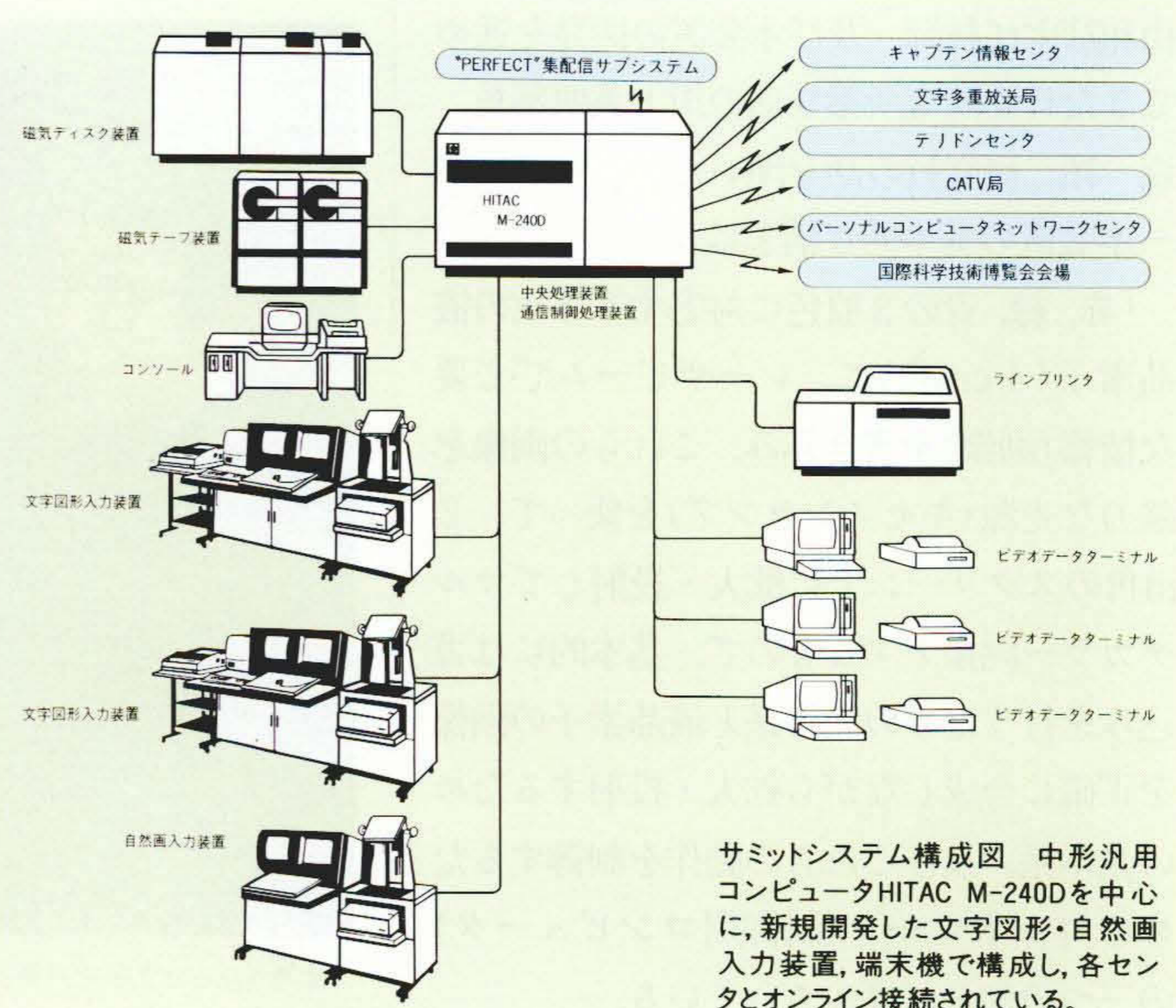
れている。このうち、文字図形入力装置は、本システム専用で日立電子株式会社が製作したもので、高度の画像作成機能を持ち、キャプテン、テリドン、文字多重放送に必要なフォトグラフィック、モザイク、ジオメトリックなどの文字・図形表現をすべて入力・作画できるようになっている。」

—本システムの主体となる文字情報の作成方法は。

「読売新聞社の新聞制作システム“PERFECT: Progressive Electronic Rapid Flexible Editing & Co-ordinated Technology”の集配信サブシステムからオンラインで直接取り込んだ記事データをコード変換・編集する方法と、文字図形入力装置又は端末のワードプロセッサ機能を使って独自に作成する方法の二つで作られている。」

—本システム開発の意義は。

「読売新聞社から本システムの開発の話があったのが昭和59年3月。ニューメディアという言葉は盛んに使われていたが、実際には各メディアの仕様もはっきりしないなど問題が山積していた。文字どおり暗中模索しながらシステムの構築を進めていったわけで、読売新聞社にとっても当社にとってもニューメディアの開拓者としての役割を果たしたことの意義は大きいと思う。この経験を通じてニューメディアがどういふものかの姿も見えてきたし、ソフト、ハードの両面にわたっていろいろな派生効果も生まれた。よりいっそう努力して、社会のニーズにこたえるシステムの開発を進めていきたい。」





# エキスパートシステム構築ツールと知識処理言語の開発

人工知能や第5世代コンピュータの研究と並んで、知識工学を使ったシステムの開発が盛んに進められるようになってきた。その代表的な例がエキスパートシステムである。専門家の知識やノウハウを推論のベースとしているので、専門家でない人でも専門家並みのスピードで、知的な作業ができるようになった。コンピュータ利用の新分野として、製造業のほか、金融、証券、流通などのビジネス分野でも、エキスパートシステムへの期待が高まっている。

日立製作所のエキスパートシステム構築ツールES/KERNELは、こうしたニーズに応じて開発し商品化したものである。また、今後エキスパートシステムの利用が高度化し、扱う知識が増大することが予想される。それに対応して現在研究段階であるが複合多機能形知識処理言語S-LONLIを開発した。システム開発研究所第5部の増位庄一主任研究員、工学博士中所武司主任研究員、それにソフトウェア工場AIプログラム部の磯辺 寛主任技師は次のように語っている。

—ES/KERNELというのは。

「エキスパートシステムの開発は、これまでSE(システム エンジニア)あるいはKE(ナレッジ エンジニア)と呼ばれるソフトウェアの専門家とそれぞれの分野の専門家との協力によって行われてきた。しかし、「ソフトウェア危機」という言葉もあるように、SE、KEの絶対数は限られており、こ

れまでのようなやり方では、なかなか専門家の知識やノウハウが一般のものとならない。そこで、SE、KEの力を借りずに、それぞれの分野の専門家が、自分自身でエキスパートシステムを構築できるようにしたのがES/KERNELである。当社のクリエイティブワークステーション2050にプログラムを搭載してあるので、それぞれの専門家は、ふだん自分が使っている言葉を使い、ワープロで論文を書くような感覚でエキスパートシステムを構築することができる。」

—知識表現の仕方に文法のようなものがあるのではないか。

「専門家の知識は、基本的にルールとフレームで構築されている。ルールというのは“IF-THEN”(もし…なら…しなさい)という形で表現される条件、フレームはそれに対応する事実やデータなどである。だからあまり難しいことを考えずに、自分の持っている知識やノウハウをルールとフレームの形で入れてもらえれば、あとはコンピュータ自身が、ルールとフレームを照合しながら推論し、専門家でない人にも専門家と同じような結論や実行指示を出してくれるわけである。」

—実際上の効果は。

「大みか工場で出している各種の制御システムや私どもで開発した融資エキスパートシステムなどで実証済みで、ルールとフレームの照合の仕方に独自の工夫が加えて

あるので、1,000ルールまでの範囲ならばほぼ専門家なみのスピードで必要な推論を行うことができる。また、プログラム自身は、はん(汎)用性の高いC言語で書かれているので、UNIX\*を搭載したコンピュータならどれにでも移植できるという利点もある。」

—S-LONLIというのは。  
「いま述べたように、ES/KERNELは1,000ルールぐらいの規模までなら対応できるが、それ以上の規模になると知識の管理が難しくなる。そこで、システムが5,000ルール、10,000ルールといった大規模なものになっても、実用に耐えるものにしようということで開発したのがS-LONLIである。」

—どうしてそれが可能になったのか。  
「知識表現には、ルール形、論理形、関数形などいろいろあるが、これまではどれか一つを基準にしていたため大量の知識を構造化することが難しく、推論のスピードも遅かった。そこで、知識を全体構造と詳細構造に分けて記述する『2階層モデル』という新技法を開発し、オブジェクト指向の概念の中で必要に応じてどの知識表現でも使えるようにすることでこの問題を解決した。まだ研究の段階であるが、2、3年以内には構築ツールとして実用化したい。」

\*UNIXは、米国AT&T社ベル研究所が開発したオペレーションシステムです。



システム開発研究所第5部  
増位主任研究員



同研究所工学博士中所主任  
研究員



ソフトウェア工場A—プログラ  
ム部磯辺主任技師

対象にするプランを選択して下さい。  
もうその必要がなければ、相談は終了です。

プラン	法定相続 (千円)
プラン1	48,000
プラン2	16,000
プラン3	16,000
プラン4	16,000
プラン5	16,000
プラン6	16,000
計	96,000

プラン	相続人	相続額	贈与額	小計	相続税額	贈与税額	小計	差引残高
プラン1	配偶者	38,000	10,000	48,000	0	0	0	48,000
	長男	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
プラン2	配偶者	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
	次男	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
プラン3	長男	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
	次男	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
プラン4	長女	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
	次女	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
プラン5	長女	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
	次女	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
プラン6	長女	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
	次女	16,000	0	16,000	1,376	0	1,376	14,624
計		96,000	0	96,000	5,274	0	5,274	90,726

相続相談エキスパートシステム  
エキスパートシステムからの問いに從って資産、相続人数な  
どの情報を入力していくと、適切な贈与プランが提案され  
る。標準的なプラン以外の種々の代替プランも出るので、総  
合的に見落としのない相続相談が可能である。



# 年間50%の効率向上を実現した 高速スクロール圧縮機搭載 インバータパッケージエアコン



開発経緯を語る清水工場設計部寺田主任技師

高速スクロール圧縮機搭載インバータパッケージエアコンは、日立製作所の店舗・オフィス用エアコンの代表製品である。昭和62冷凍年度の製品は、可変周波数範囲を従来の30~90Hzから30~115Hzに拡大し、冷暖房能力やSEER(年間エネルギー消費効率)などの特性を一段と高めている。現在に至るまでの歩みや62冷凍年度製品の特長などを紹介しよう。清水工場設計部開発プロジェクトの寺田浩清主任技師は次のように語っている。

—日立がスクロール圧縮機に着目したのはいつごろからか。

「昭和50年に渡米した機械研究所の新井部長が、おもしろい原理のものがある、省エネルギーに役立つのではないかと考えたのが最初。そして、スクロール圧縮機とインバータを組み合わせたプロトタイプを昭和55年の第4回日立技術展に出品した。更に昭和58年3月、世界で初めてスクロール圧縮機を搭載したパッケージエアコンを製品化して、業界に大きな衝撃を与えた。」

—スクロール圧縮機の特長は。

「吸入弁、吐出し弁のない全く新しい機構で、圧縮効率が高く省エネに役立つ、部品点数が少なく信頼性が高い、振動、騒音が少ないなど多くの特長を備えている。反面、 $\mu\text{m}$ 単位の超精密加工が要求され、高い生産技術がないとなかなか製品化できない。」

—インバータの搭載は。

「59冷凍年度の製品からで、このときの可変周波数範囲は30~75Hzであったが、60冷凍年度から30~90Hzに拡大、今回更に30~115Hzに拡大してインバータスクロールエアコンとしての特性を高めた。もちろん習志野工場との共同研究によるものである。」

—最高周波数115Hz実現の効果は。

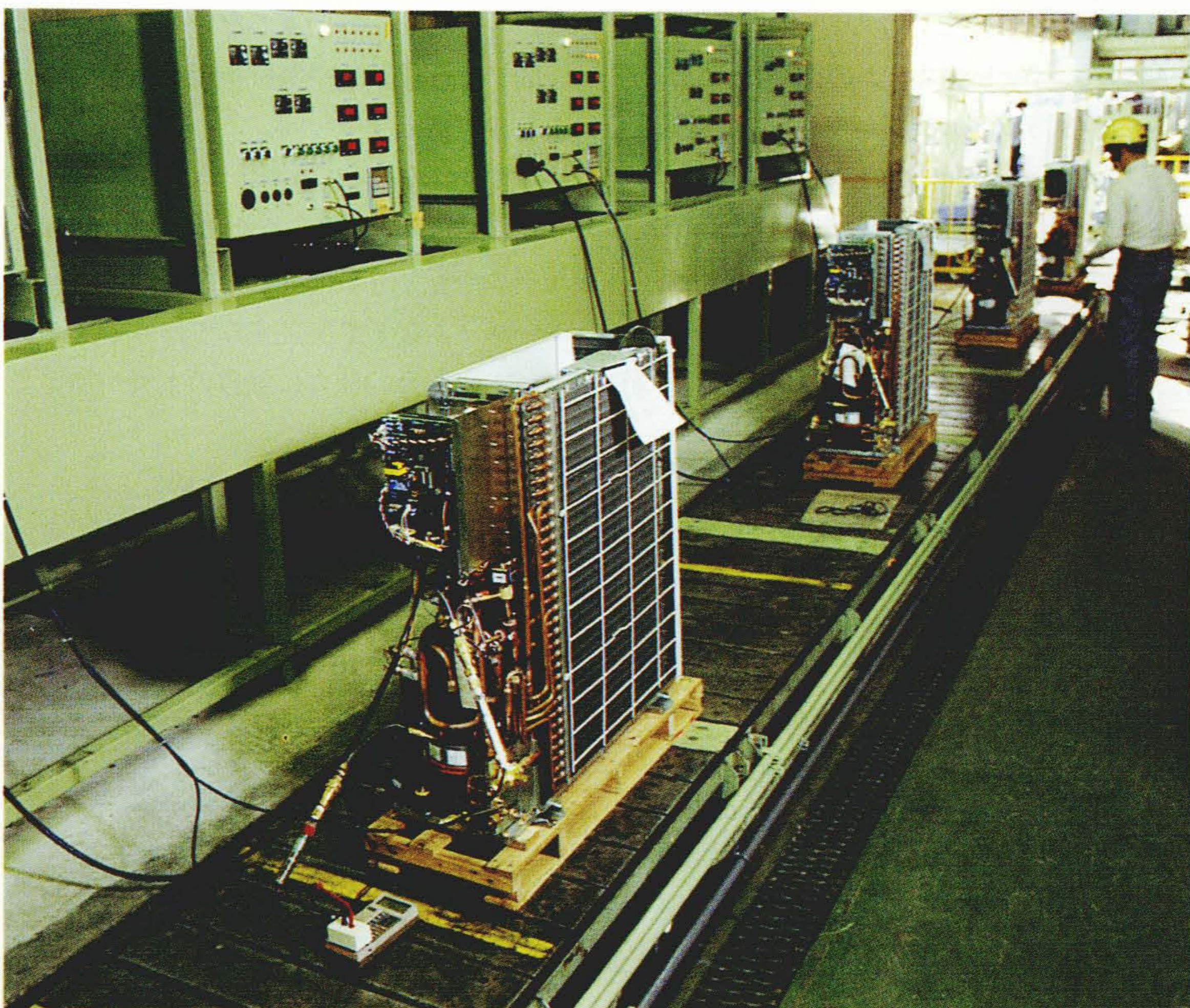
「第1は、冷暖房能力の向上。最高冷房能力は1万3,100kcal/hから1万4,000kcal/hに、最高暖房能力は1万5,000kcal/hから1万6,800kcal/hに高まった(JIS標準条件、5馬力インバータ従来機比)。これは5馬力で6馬力並みの能力を発揮することを意味する。第2は、年間エネルギー消費効率の向上。従来の60Hz定速スクロールヒータ付き機と比べ、年間50%の効率向上となっており、これを電気料金に換算すると、ヒータの有無による基本料金の違いもあるので、年間約8万円の節約になる。両機種の間隔差は約12万円弱なので、高いインバータ機を買っても1年半でその差を取り戻すこと

ができるわけである。第3は、急速暖房による快適性の向上。新形機は、従来の60Hz定速ヒータレス機に比べ約23%暖房能力が大きく、立ち上がり時間を大きく短縮できるようになった。また、ホットガスバイパス除霜方式の採用で、115Hz運転時は、室内の暖房を中断することなく除霜できるので、この面からも快適性を大きく高めている。」

—ホットガスバイパス除霜方式というのは。「115Hzで高速回転すると冷媒の循環量が増加するので、その一部を室内の暖房に使いながら除霜する方式。従来は逆サイクル除霜方式なので、1時間に2、3分冷房運転をするような形となり、それがヒートポンプ式の大きな泣き所の一つとなっていたが、これによってその弱点を解消することができた。パッケージエアコンに採用したのはこれが初めてである。」

—今後の課題は。

「2~6馬力の製品は90%以上スクロールエアコンとなっているが、今後更に大きい馬力まで広げていきたい。これまで当社だけの製品化であったが、本年度からほかにも製品化するところが出てきたので、スクロールエアコンの市場拡大につながるものと期待している。また、新形機の特長を訴えて、インバータ機の比率を高めることに力を入れていきたい。」



続々生産される高速スクロール圧縮機搭載インバータパッケージエアコン



## '86「I・R100賞」に選ばれた カラービデオプリンタ

「I・R100賞」は、米国の“Industrial Research/Development”誌が、毎年、工業技術分野の最先端技術・新製品・新プロセスの中から、最も優れたもの100点を選び、「世界の新技术・新商品100」として表彰しているものである。日立製作所は、初参加の昭和49年以来、毎年受賞し、技術開発力の高さを示しているが、1986年度も、カラーグラフィックプリンタCGP-400、カラービデオプリンタVY-50の2点が「I・R100賞」に選ばれた。ここでは、後者のカラービデオプリンタについて紹介しておこう。家電研究所第4部主任研究員の半間謙太郎工学博士は、次のように語っている。

—いつから研究を始めたのか。

「要素技術の研究は昭和57年ごろに本格化させ、当初は電子スチルカメラ用のハードコピー装置を目標にしたが、そのうちにテレビ、VTRなど、すべての映像信号に対応できるのではないかと考え、日立研究所、機械研究所、営業本部、家庭電子事業部、東海工場とともにプロジェクトチームを作り、マーケットリサーチと並行しながら、商品化のための研究を進めた。その第1弾が、59年の日立技術展に出展したカラービデオコピー。これが大変好評だったので、更に約50台のマーケティングサンプルを作って全世界を回り、ユーザーと目される人たちの意見を聞いた。そして、その結果をもとに開発したのが、昭和61年5月に発売

したVY-50(フィールド画メモリ方式)と8月に発売したVY-100(フレーム画メモリ方式)である。このようにカラービデオプリンタの開発は、綿密なマーケティング戦略のもとに行われたもので、今回のI・R100賞の受賞も世界初というだけでなく、その辺のところが高く評価されたものと思う。」

—開発に当たって特に重視した点は。

『リーズナブルな価格と優れた画質の2点。「限りなく写真に近づけよう」というのが我々プロジェクトチームの合言葉で、高解像度と中間色の再現を目標に研究を進めた。いろいろな方式の中から、昇華性染料による熱転写方式を採用したのもそのためである。これは、加える熱量によってインクの濃度を制御できるという昇華性染料の特性を生かしたもので、感熱ヘッドの発熱素子1ドット当たり64階調というきめ細かい多階調印画を行うことによって、高画質・高解像度のプリントが得られるようになった。』

—濃度の制御はどのように行うのか。

「映像信号の振幅に応じて制御する。まずアナログ信号をデジタル信号に変換し、これを感熱ヘッドに加えることによって発熱素子の発熱量をコントロールしている。この場合、同じエネルギーの信号を加えても、周囲温度により発熱量が大きく変わってくるので、周囲温度に応じて印加エネルギーを変える補正回路の開発など、高度の



家電研究所第4部半間主任研究員

制御技術によってこの問題を解決した。」

—そのほかどのような技術が。

「全く前例のない製品だけに、信号処理の技術、発熱素子のばらつきの少ない高精度の感熱ヘッド、高純度のカラーインクや受像紙、転写のメカニズムなど、すべて1からの出発といってよく、4事業所合わせて200件以上の特許の申請を行っている。」

—メカニズムの特徴は。

「チャックレスフリクションフィード方式といって、紙とドラムの摩擦力だけで受像紙を高精度搬送し、色ずれなくプリントする機構を開発したことで、装置の小形・コンパクト化、低コスト化の大きな要因の1つとなっている。」

—今後の課題は。

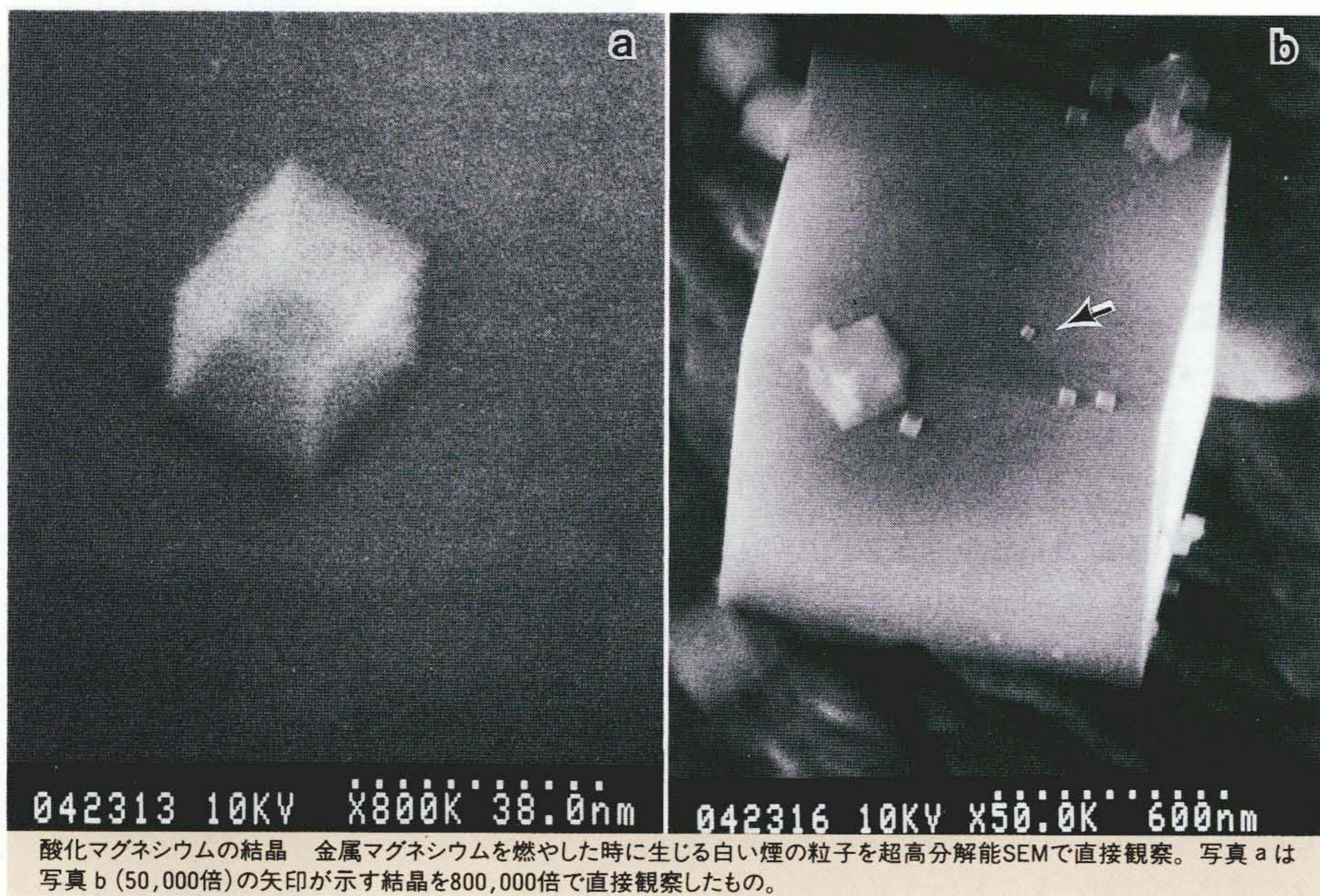
「発売以来、テレビ、VTR、ビデオカメラ、パソコンなどのハードコピーばかりでなく電子顕微鏡や超音波診断装置用、あるいは各種催事用など需要の広がりや予想以上に大きい。なおいっそう価格の低減を図るとともに、プリントサイズの大形化などを実現し、ユーザーの要望にこたえていきたい。」



「限りなく写真に近づけよう」がプロジェクトチームの合言葉。今日もその研究に余念がない。



# SEMの世界を大きく広げた 超高分解能走査形電子顕微鏡S-900形



酸化マグネシウムの結晶 金属マグネシウムを燃やした時に生じる白い煙の粒子を超高分解能SEMで直接観察。写真 a は写真 b (50,000倍)の矢印が示す結晶を800,000倍で直接観察したもの。

走査形電子顕微鏡(以下、SEMと略す。)は、細く絞った電子線で試料の表面を走査し、試料の各点から出てきた二次電子の信号を電氣的に処理して、ブラウン管の上に試料表面構造を立体的に描かせる方式の電子顕微鏡である。試料を透過してきた電子線の濃淡(蛍光板上の像)によって試料の断面を観察する透過形電子顕微鏡(以下、TEMと略す。)と違って、試料の作製に熟練を要しない、3次元の立体構造が観測できるなどの利点があり、医学生物学の研究ばかりでなく、エレクトロニクス、新素材、バイオテクノロジーといった先端分野の研究に不可欠の装置となっている。

ただ、分解能という点では、TEMに比べ



超高分解能SEMの用途は広いと語る那珂工場  
応用技術センター 永谷センター長

一けた低く、従来は20ÅがSEMの限界とされていた。S-900形は、この限界を破って世界最高の分解能8Åを実現したばかりでなく、1kVで40Åと低加速電圧時の分解能も高く、SEMの世界を大きく広げたものとして世界の注目を集めている。S-900形の開発に当たった日立製作所中央研究所第4部の黒田勝広主任研究員、同那珂工場応用技術センター長の永谷 隆理学博士の話を聞いてみよう。

—8Åの超高分解能実現に取り組んだのは。

「生物、特に解剖をやっている先生方の強い要望によるものである。高分解能の像を得ようとする、どうしてもTEMを使う必要があるが、生物関係の試料の作製はたいへん難しく、薄膜化の過程で試料が変形したり異物が混入したりして、なかなか正しい像が得られない。それで試料の作製が容易なSEMに高分解化が強く求められるようになった。具体的には、鳥取大学医学部田中教授の要請に基づいて製作し、昭和56年10月同教授のもとに納入したUHS-T1形という装置がS-900形の原型となっている。」

—技術上のポイントは。

「電界放射形電子源(以下、FEと略す。)を使ったFE-SEMの技術とTEMで開発した

インレンズ方式(強励対物レンズの間に試料を入れる方式)の技術とを組み合わせることによって実現した。FEは、シカゴ大学のクルー教授が開発した電子源で、昭和45年に同教授と技術契約を結んで導入した。FE-SEMは高価格のため、一般にはあまり普及しなかったが、SEMの進歩に果たした役割は大きく、当時100Å程度だった分解能を一挙に20Åまで高めることとなった。一方のインレンズ方式は、FEによらずに高分解能化を図るために導入された。これはS-570形として製品化されている。したがって、技術的にはUHS-T1形、S-900形はインレンズFE-SEMである。」

—8Å実現の効果は。

「原子レベルの表面観測が可能になったことが大きい。田中教授も、UHS-T1形を使ってエイズのウイルス像など次々に新しい研究成果を発表されている。」

—低加速電圧による高分解能化のメリットは。

「低加速電圧によるSEM像の特色は、試料に損傷を与えることなく、表面構造の高忠実度観察ができるということである。例えば、半導体素子の観察をする場合、30kVの高圧で加速すると、電子線のエネルギーが強いため、内部に浸透して回路を損傷するおそれがあるが、1kV程度の低加速電圧ではその心配も少ない。したがって、通常のFE-SEMであるS-800形で1kV時100Å(倍率数万倍)であった分解能が40Å(倍率10万倍)となったことは、次世代素子などの開発に従事している人にとってはたいへん大きなメリットで、従来の常識では観察できないものが見えるようになったと喜ばれている。超高分解能SEMの用途は広がるばかりなので、なおいっそうユーザーの望む方向へと開発を進めてゆきたい。」



開発に当たった中央研究所第4部 黒田主任研究員



# OEIC(光電子集積回路)による 1Gビット/秒光伝送の実証試験に成功

日立製作所は、昭和61年3月、高速情報管理サブシステムの実証試験を行い、世界で初めてOEIC(光電子集積回路)による1Gビット/秒の光伝送に成功した。通商産業省工業技術院の大型プロジェクト「光応用計測制御システムの研究開発」の一環として開発したものである。

1Gビット/秒の光伝送は、電話なら1万5,000回線、工業用テレビジョンなら30チャンネル、カラーテレビジョンなら10チャンネル、高精細テレビジョンなら2チャンネルの情報を同時に送れることを意味する。実証システムのまとめに当たった光技術開発推進本部開発部の主管技師長古寺(こでら)博理学博士と薬袋(みない)康雄主任技師の話聞いてみよう。

—プロジェクトの開始は。

「昭和54年度に開始され、60年度まで7年間にわたって進められた。当社はその最初から参加しており、石油などの大規模プラントの中に分散・設置された装置間を超高速の光伝送で接続・制御する高速情報管理サブシステム、具体的には送・受信OEICを核とする1Gビット/秒光伝送システムの開発と、送信OEIC開発のキーとなる超高速変調半導体レーザの開発を担当した。」

—参加した事業所は。



開発経緯を語る光技術開発推進本部  
開発部長薬袋主任技師

「サブシステムは、大みか工場、日立研究所、システム開発研究所と当社が、要素技術の超高速変調半導体レーザは、中央研究所が担当した。」

—なぜOEIC化が必要だったのか。

「現在の実用化光通信には、半導体レーザやホトダイオードなどの光素子とその周辺電子回路をハイブリッドに構成した光送信器や光受信器が使われているが、こうしたハイブリッド構成の場合は、配線や実装に起因する寄生容量や寄生インダクタンスが生じ、光伝送の高速化を阻む大きな要因となっている。これに対してOEICというのは、光素子と電子素子を同一半導体基板上にモノリシックに集積化したものことで、上のような障害要因を大幅に低減して高速応答を可能にすることができる。また、トランジスタからIC、LSIと進んできたシリコ



実証システムのまとめに当たった光技術  
開発推進本部古寺主管技師長

ン半導体の歩みが示すように、光デバイスの小形化、低コスト化、高信頼性化を実現するためにも、優れたOEICの開発が必要となっている。」

—本システムのOEICは。

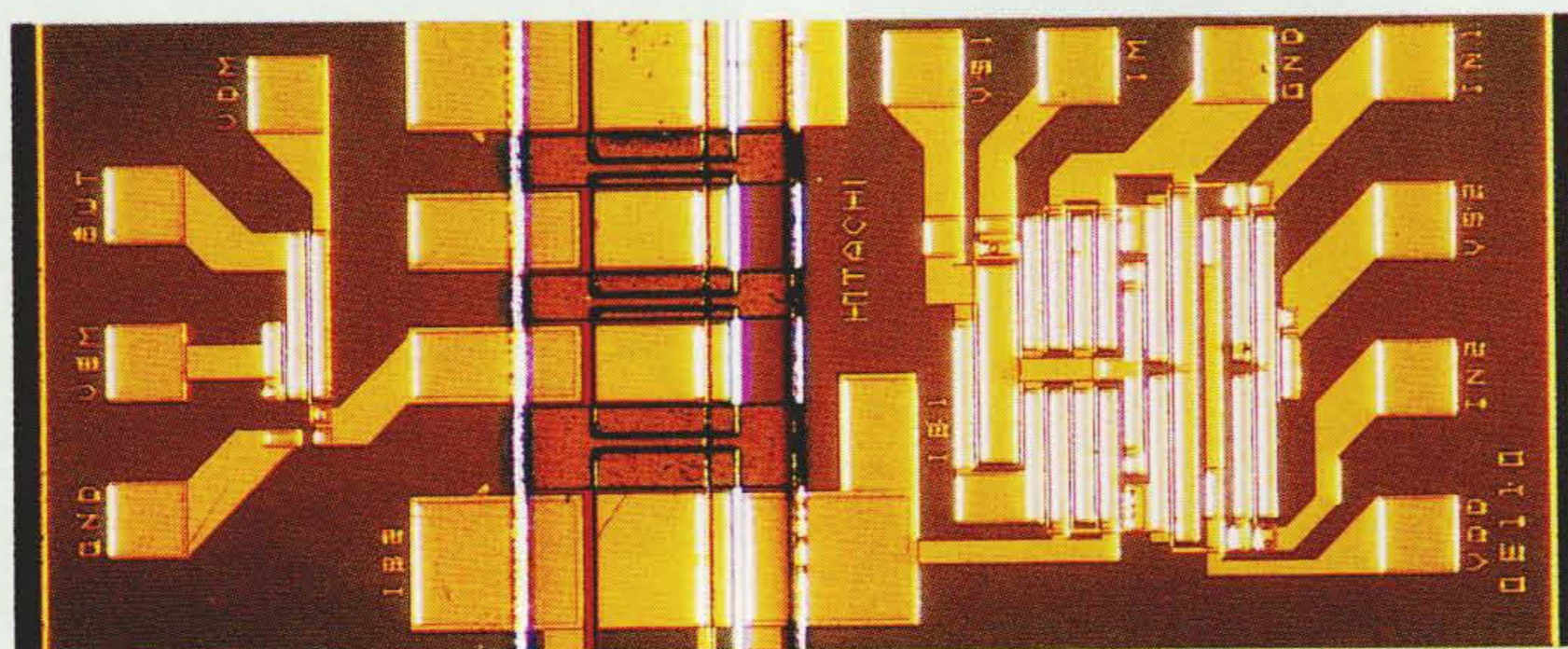
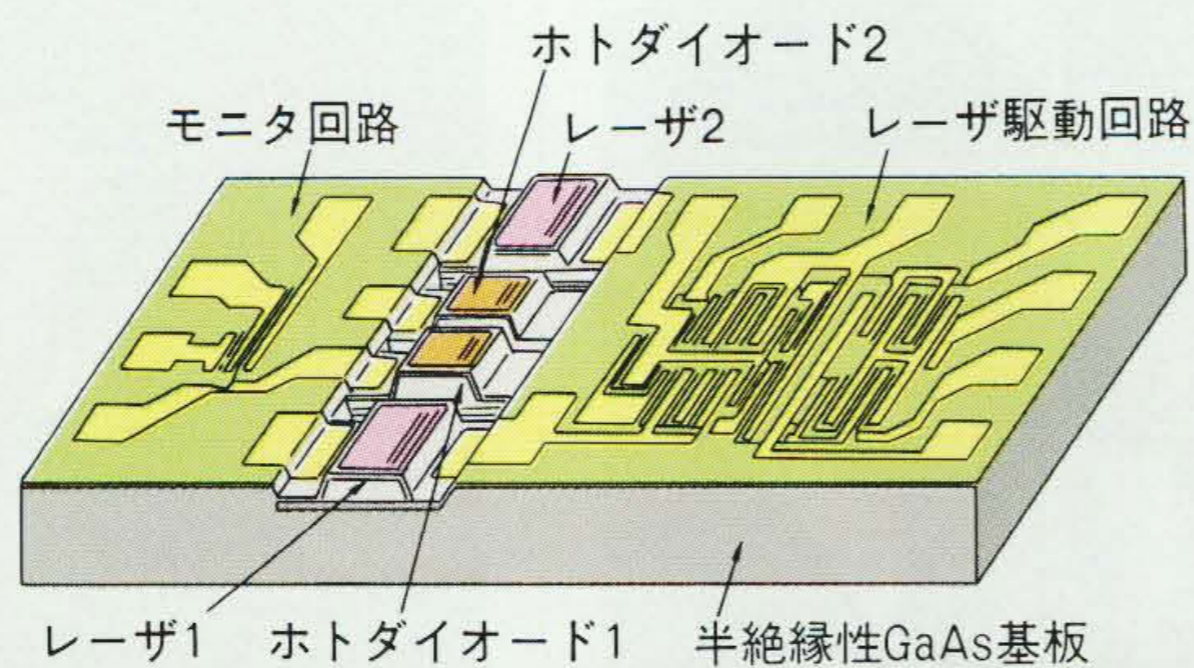
「送信OEIC、受信OEICともに半絶縁性ガリウムヒ素基板を用い、横形集積構造としたのが特徴である。送信OEICのチップサイズは1.9mm×0.85mmで、レーザ、ホトダイオード、10個のFETによるレーザ駆動回路、2個のFETによるモニタ回路をモノリシックに集積化した。ここでは量産に適したMOCVD結晶成長法、ドライエッチングによるレーザ端面形成などのプロセス技術や超高速回路技術といった開発技術が駆使されている。また受信OEICのチップサイズは1.15mm×1.2mm、回路構成はトランスインプीडダンス形で、PINホトダイオードと3個のFET、5個のショットキーダイオードをモノリシックに集積化している。光素子部の埋め込みによる表面平坦化、高純度液相成長、精密拡散などのプロセス技術やモジュール実装技術を開発して作製したものである。」

—実証試験はどのように行ったのか。

「送信側と受信側を1kmの光ファイバで結び、VTRあるいは工業用テレビジョンカメラからの画像信号とパソコン信号を32Mビット/秒のデジタル信号に帯域圧縮し、これを符号器で1Gビット/秒に変換して送・受信OEICによる光伝送を行った後、復号器で元の情報に戻すという方法を使った。光減衰器を使った実験では、5kmまでの使用が可能であることを確認している。」

—今後の課題は。

「光LANはまだ100Mビット/秒の時代で、1Gビット/秒の実用化まではしばらく時間があるので、更に要素技術の研究を深めていきたい。中央研究所では61年度からスタートした基盤技術研究促進センターの第2世代OEICの研究にも参加している。」



送信OEICの外観図とチップ写真 半導体レーザ及びホトダイオード並びに駆動回路及びモニタ回路をモノリシックに集積化している



# 世界の最先端をゆく 超伝導デバイスの研究

超伝導デバイス、すなわち極低温の世界で起こる超伝導現象を利用した素子の研究は、次々世代の超高速・低消費電力用デバイス開発の最先端にあるもので、世界各国で激しい研究開発競争が展開されている。そうした中で、日立製作所中央研究所は、5.6psのスイッチング動作を確認したジョセフソン接合素子、半導体並みの高集積化を実現したジョセフソンゲートアレー、しきい論理回路を用いたジョセフソン乗算器の開発など、世界をリードする研究を進めているが、最近では更に量子磁束パラメトロン、超伝導トランジスタの研究で世界の研究者の注目を集めている。早速、中央研究所を訪ねて、同所第2部の主管研究員川辺 潮理学博士、量子磁束パラメトロン担当の原田 豊主任研究員、超伝導トランジスタ担当の西野寿一研究員の話聞いた。

—量子磁束パラメトロンというのは。

「パラメトロンは東京大学教授(理化学研究所主任研究員)の後藤英一博士が1954年に発明された高速素子である。フェライトと銅線のインダクタンスを組み合わせたものであるが、そのフェライトをジョセフソン接合素子、銅線を抵抗0の超伝導電線に置き換えて超伝導増幅器としたのが量子磁

束パラメトロンである。超伝導状態になった回路の中に生じる量子磁束を使って0か1かに対応させるもので、昭和59年3月の理化学研究所シンポジウムで後藤博士が発表されたアイデアを当所のシミュレーション技術で評価してみたところ、お話のとおり働きが確認されたので、理化学研究所と共同で開発し、実験することになった。半導体の微細加工技術がなければ、とても実現することはなかっただろう。」

—実験の結果は。

「3個の量子磁束パラメトロンと1個の否定トランスを直列に接続した分周回路を作り、 $\frac{1}{2}$ 分周期で1.8GHzの高速動作を確認した。また、交流量子干渉素子と量子磁束パラメトロンとを接続したメモリセルでも、読み出し・書き込み動作を確認している。」

—今後の研究は。

「量子磁束パラメトロンの特長は非常に増幅率が大きいのに、消費電力は半導体の100万分の1と少ない。1.8GHzというのはそのための測定器の限界を示すもので、シミュレーションでは10GHz以上という結果が出ている。このように素子としての極めて優れた特性を備えているので、今後は、新技術開発事業団の創造科学技術推進事業の一

つに取り上げられることになった。後藤博士が指揮する『後藤磁束量子情報プロジェクト』がそれで、原田主任研究員も個人の資格でこのプロジェクトに参加することになった。」

—超伝導トランジスタというのは。

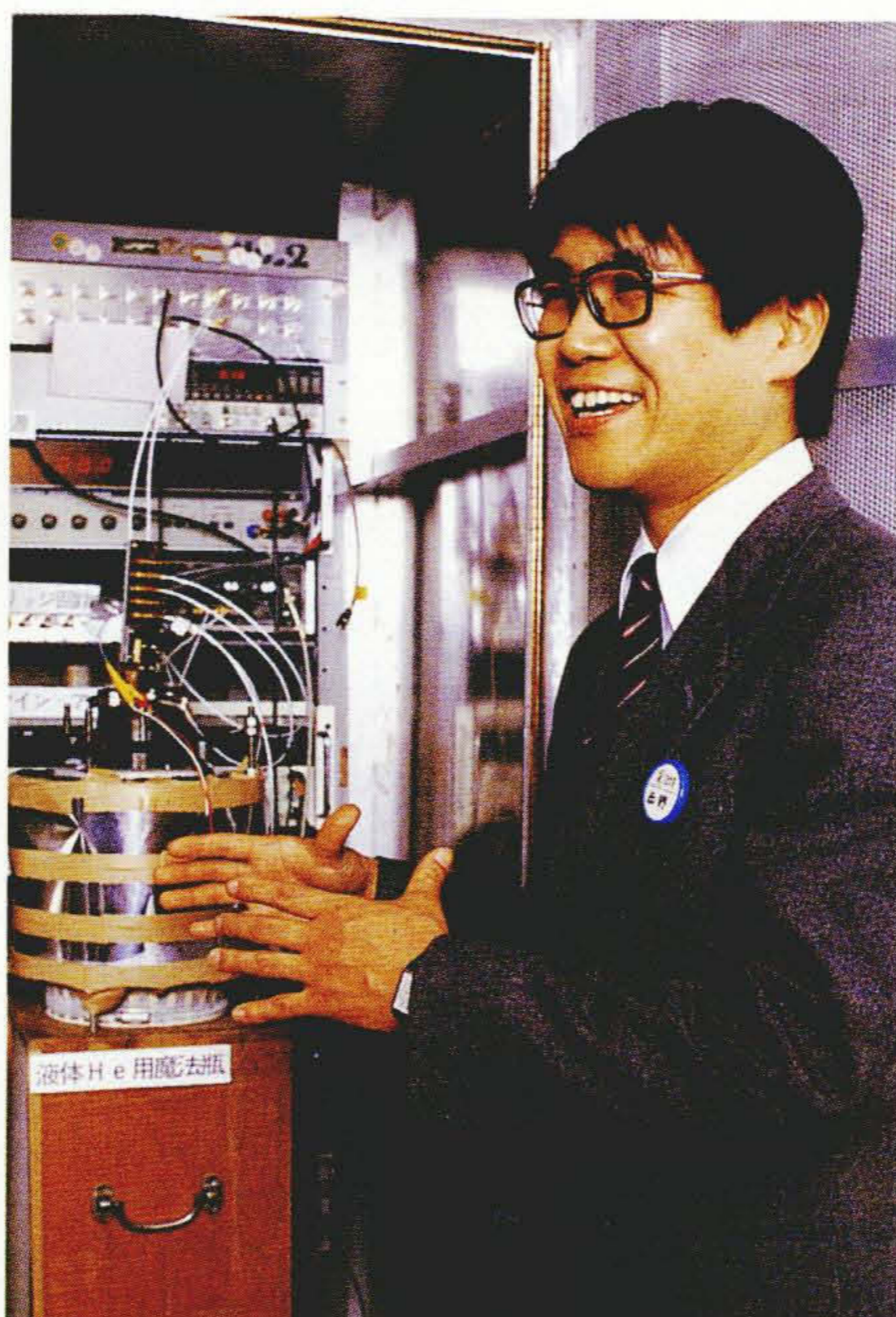
「 $0.2\mu\text{m}$ 以下に近接した超伝導体のソース電極とドレーン電極をシリコン基板の表面に作り、その裏に酸化物で絶縁した第3の電極(ゲート電極)を設けた電界効果形超伝導3端子素子である。ゲートに電圧を加えると、超伝導近接効果によってソース、ドレーンの両電極からしみ出してきた電子ペアの波が重なり、その間に超伝導電流が流れる現象を利用してON-OFF動作を行う。超伝導トランジスタのアイデアそのものは前から知られていたが、超伝導領域の制御が難しく、あまり実現性があるとは思われていなかった。実際に素子を作ってON-OFF動作を確認したのは当所が世界で初めてで、半導体及び超伝導研究の水準の高さを示すものである。昭和58年のことで、以来、世界の研究者がこぞって超伝導トランジスタの研究に取り組むようになった。昭和61年8月の国際会議でもその実験内容が高く評価されている。」

—今後の見通しは。

「基本的に2端子素子であるジョセフソン接合素子と違って、現在のコンピュータの構成がそのまま使える利点がある。超高速・低消費電力素子としての応用を目指して、更にその研究を深めてゆきたい。」



量子磁束パラメトロンを担当した中央研究所の原田主任研究員



超伝導トランジスタ担当の同所 西野研究員



超伝導デバイスの研究を語る同所 川辺主管研究員