小特集·新型原子炉

## U.D.C. 621.039.526:621.039.562/.563

# 高速増殖炉用計装制御装置の開発 Development of Instrumentation and Control System for Fast Breeder Reactor

我が国で開発中の高速増殖炉は、冷却材としてナトリウムを使用しているため、 軽水炉あるいは新型転換炉などとは異なる特有の計装制御技術を必要とする。本論 文では、最近の研究開発の成果の一端として、次の3種類について紹介する。

(1)ナトリウム計器では、ナトリウム・カリウム(NaK)圧力計にオンラインで校正 できる機能を付与し、ナトリウム液面計は校正点付の構造とし、更に性能の改良を 行なった。(2)炉出力を一定に保つために設けられる3本の微調整棒相互の位置偏差 の制御,及び微調整棒の駆動速度の制御を行なう装置として、高い信頼性と保守性 を得るため、制御用計算機を適用した装置を試作開発した。また、(3)プラントの安全 かつ効率の良い運転を行なう目的で開発している炉心性能予測・監視システムのため に、オンラインで使用可能な炉心出力分布計算手法を開発した。本研究開発は、主 として動力炉・核燃料開発事業団からの委託研究などにより行なわれたものである。

工藤 満*	Mitsuru Kudô
葛西省三**	Syôzô Kasai
三田敏男***	Toshio Sanda
岩崎敏夫****	Toshio Iwasaki
佐藤隆雄***	Takao Satô
漆原 広*****	Hiroshi Urushibara

1 緒 言

高速増殖原型炉「もんじゅ」(以下,「もんじゅ」と略す。)は 電気出力280MWのプラントであり,動力炉・核燃料開発事 水・蒸気系に分離されること、及びNa機器には予熱設備とNa 漏洩検出設備が設けられることから、軽水炉に比べて多数の

業団を中心に開発を進めている。冷却材としてNa(ナトリウム)を使用しているため,軽水炉あるいは新型転換炉などの従来の原子炉にはない特有の技術を必要とする。ウラン資源を有効活用する次世代の原子力発電所の原型炉として,「もんじゅ」に大きな使命が期待されているが,その運転に必要な計装制御システムの重要性は,実験炉「常陽」(以下,「常陽」と略す。)にもまして大きいものがある。

以下に, 高速増殖炉の計装制御技術の特徴と, 最近の研究 開発の一端について紹介する。

## 2 高速増殖炉の計装制御の特徴と課題

高速増殖炉プロセス計装の特徴は、冷却材が化学的に活性 なNaであることに起因している。すなわち、Naバウンダリ の信頼性を高めるために、計装配管を可能な限り少なくする こと、及び万一Naバウンダリに損傷があった場合、それを早 期に検出することが必要である。前者の機能を備えた計測器 として、電磁流量計、誘導コイル形液面計及びNaK(ナトリ ウム・カリウム)置換器付圧力計が開発され、後者の異常検 出機能を備えた計測器として、微量のNaエアロゾルを検出す るNa漏洩検出器、及びNaと水の反応により発生する水素を 検出するNa中水漏洩検出器が研究・開発されている。これら は、保守の容易化及び信頼性の向上に力点が置かれている。

次に高速増殖炉のプラント制御は、制御棒制御、ポンプ駆動制御、ブロワ駆動制御、調節弁制御などの技術が必要であるが、プラントの機器構成、運転法などからの要求を満足するように、実績のある制御機器を組み合わせて構成し、試作・試験を行なって性能・信頼性の向上を図っている。このほか、高速増殖炉特有のNaバウンダリ予熱ヒータ制御は、制御点が多数あることから計算機制御が採用される方向にある。 また、高速増殖炉は、冷却系統が一次Na系、二次Na系、 計測・制御点が存在する。このため、1対1の直接配線方式 では、ケーブル量が多くなるだけでなく、建設工程が長期化 する。これを避けるため、耐放射線、耐高温性のある多重伝送 装置(リモートマルチプレクサ)の開発を進めている。上記の 多量のプロセス変量を運転員が容易に監視できるように、高速 度の演算処理能力をもつ計算機、及びCRT(Cathode Ray Tube)を中枢とする運転監視システムを開発中である。

以下に、上記の課題に対処するため開発したプロセス計装、 プラント制御装置及び運転監視システムの各々での最近の成 果の一例として、NaK圧力計、Na液面計、微調整棒制御装置 及びオンライン出力分析計算手法について紹介する。

## **3** ナトリウム特殊計器の開発

高速増殖炉に使用されるNa用特殊計器の代表例として、 NaK E力計とNa液面計の開発状況について述べる。

#### 3.1 NaK 压力計

NaK置換器付圧力計の開発は昭和43年に始められ、「常陽」 を経て、日立製作所の圧力計はこれまで約100台の使用実績 をもっている。Naに接する置換器へのNaK封入方法には改良 が加えられ、現在では安定な計器として使用されている。表 1に昭和48年から約6年間の季節差による温度影響を含めた 経年変化を示す。NaK圧力計は、Naバウンダリの信頼性を高 めるため、測定対象に溶接により直接取り付けられるため、 従来設置後の計器校正は困難であった。これに対処するた め、オンラインで校正可能な校正端付NaK圧力計を昭和54年 に開発した。この校正には、基準圧力計として精度0.03%の ディジタルマノメータを使用し、校正精度は±1%以内を実 現した。

#### 3.2 Na液面計

Na液面計は、精度と安定性の良い電磁誘導式液面計の開発

15

# \* 日立製作所大みか工場 \*\* 日立製作所那珂工場 \*\*\* 日立製作所エネルギー研究所 \*\*\*\* 日立製作所原子力事業部 \*\*\*\*\* 日立製作所日立工場

#### 714 日立評論 VOL. 62 No. 10(1980-10)

年月	昭和48年10月		昭和50年7月		昭和54年3月	
項日	零点	スパン	零点	スパン	零点	スパン
压力計No.	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
А	0	0	+0.5	0	+0.5	0
В	0	0	0	0	-0.2	_ *
С	0	0	+0.2	-0.2	0	-*
D	0	0	+0.3	0	+0.7	0
E	0	0	0	0	+1.3	0
F	0	0	-0.5	0	+0.1	_*

NaK圧力計の経年変化 表丨 昭和48年からの経年変化を示す。測定誤 差には季節差による温度影響も含まれている。

注:\*は、データ取得なしを示す。

を行なっている。本液面計は、Na中のうず電流を利用してい るので、Naの温度変化による抵抗値変化を補正する必要があ る。このため、温度影響値が重要な性能のひとつとなる。図 1に開発したNa液面計を、図2に温度特性を示す。Na温度 200~600°Cで、温度影響値が±1%以内の優れた特性をもっ ていることが分かる。また、このNa液面計は、液面測定のた めの連続式液面検出器と、校正のためのポイント測定用検出 器とを一体として構成したことを特長としている。校正点は

ナトリウム液面計の温度特性 × 2 ナトリウム温度200~600℃で温 度影響値が土1%以内の優れた特性をもっていることが分かる。

#### 微調整棒制御装置の開発 4

「もんじゅ」の制御棒は、微調整棒3本、粗調整棒10本及び 後備炉停止棒6本の,計19本である。昭和52年から昭和54年 に,「もんじゅ」の研究開発として, 微調整棒と粗調整棒の各



精度±10mm, 再現性±5mm, 温度影響值±3mm/200~600°C と非常に良好な特性が得られた。校正点は任意の位置に複数 個設けることができ、校正だけでなく警報用としても利用が 可能である。

また、「もんじゅ」を考慮した信頼性強化のため、下記の改 善を行なった。

(1) ケーブル長及び他のケーブル間の影響の低減

(2) 耐ノイズ性の向上

16

(3) 信号出力回路のアイソレーション





1本と、その制御装置を試作し、各種の試験を行ない性能を 確認した。以下, 試作装置について, 微調整棒の制御を中心 に述べる。

#### 4.1 制御系の構成

「もんじゅ」では、使用目的の異なる3種、19本の制御棒が あり、そのうちの3本の微調整棒は、原子炉出力30~100% の範囲で自動操作され、原子炉の出力を一定に保つために使 用される。このため、原子炉出力設定値信号に対し、実際の 原子炉出力信号をフィードバックし、その差である偏差信号 の大きさに比例した毎分30~300 mmの速度で、微調整棒は駆 動される。

したがって, 駆動, 停止の動作頻度が高く, かつ速度制御 を行なうため、微調整棒の駆動には次の条件を備えたパルス モータを使用する。

(1) パルスモータ自体が保持トルクを発生するため,通常停 止用のブレーキが不要である。

(2) 広範囲に速度を可変できる。

(3) 整流子がなく、構造的にシンプルで、保守性・耐環境性 に優れている。

ここで述べる微調整棒制御装置は、上位のシステムである プラント出力制御システムからの炉出力偏差信号に基づき, 微調整棒を駆動するものである。また,原子炉の緊急停止時 に, すべての制御棒を駆動機構から切り離し, 炉心内に加速 落下により急速挿入し、原子炉を安全に停止させる動作は、 本制御系とは完全に独立した別システムにより行なわれる。

今回試作開発した微調整棒制御装置のブロック図を図3に, その仕様を表2に示す。

オペレータコンソールでは、制御棒の選択・操作, 運転モ

図 | ナトリウム液面計 本液面計は, 高速増殖炉日米計測セミナー取 決めにより米国 ETEC (Energy Technology Engineering Center) で試験されて いる。

ード(自動,手動)の切替,手動操作時の駆動速度の設定など を行なう。主制御回路では,挿入,引抜許可のインタロック 演算やパルスモータの速度制御などを行なう。また、炉出力 の空間分布をひずませぬように、3本の微調整棒相互の位置 偏差を所定の範囲内に収めるための制御を行なう。これには 数値演算が必要である。



図3 試作微調整棒制御装置のブロック図 主制御装置には、日立制御用計算機HIDIC 08Eを適用している。



図4 速度制御方法 炉出力偏差の大きさに対応した速度で,パルスモータを駆動する。

主制御装置は,次に述べるような特長を考慮して,ディジ タル方式とした。

(1) 位置偏差及び駆動速度の数値演算が容易に,正確にできる。
 (2) アナログ方式にありがちな,ドリフトの発生や複雑な回路調整などの煩わしさがない。

(3) 冗長構成や故障診断機能を実現し,高信頼性,保守性の 良さの点で優れている。

(4) 軽水炉用の制御棒制御装置では、オンラインの故障診断 機能をもつ、半導体化されたディジタル方式の装置<sup>1)</sup>が開発 されており、ディジタル装置の信頼性も向上している。

今回の試作制御装置の主制御装置には,多数の実績があり, 信頼性が高く,パルスモータ制御装置として高速演算が可能

表2 試作微調整棒制御装置の主要仕様 実機装置では,3本の微調 整棒の制御を行なう。

項目	仕様
駆動電動機	5 相パルスモータ(約400W)
駆動速度	毎分30~300mm
制御ストローク	−30~+1,000mm
位置検出器	2 速シンクロ位置発信機及びリードスイッチ
位置指示精度	± 1 mm
制御計算機機種	HIDIC 08E
メモリ容量	32k語
保護診断機能	脱調検出回路, 自動テスト機能ほか
ケーブル長さ	ドライブユニット〜パルスモータ間 約150m

な16ビットの日立制御用計算機HIDIC 08Eを採用した。

図4にパルスモータの速度制御方法を示す。

主制御回路は不感帯,最大速度制限の処理を行ない,炉出 力偏差信号に対応した制御棒の速度を演算し,加減速制御回 路を介して,パルス発生回路へパルス周期データを出力する。 パルス発生回路は,この信号を瞬時にパルス列に変換して, 同軸ケーブルにより,現場のドライブユニットに伝送する。 ドライブユニットは,このパルス列信号によりパルスモータ を駆動する。一方,駆動方向は炉出力偏差信号の極性を判別 して決定される。

パルスモータは、図5に示すように所定の変化率で徐々に 加速・減速する必要があり、この制御は主制御回路で行なう ようにした。

制御棒が最高設計速度以上で駆動されることは, 炉心にとって好ましくない。この防止のため, たとえ主制御回路が故障したとしても, 最高設計速度以上の信号を発生できないように, パルス発生回路を独立に設け, フェイルセーフな装置とした。更に, ドライブユニットも最高設計速度以上でパルスモータを駆動できないものとした。

ドライブユニットは現場に設置される電子装置で,パルス モータの回転・停止保持に必要な電力エネルギーを供給し, 中央制御室からのパルス列信号に従いパルスモータを回転さ せる機能をもつ。一般に,ドライブユニットとパルスモータ 間の距離は数メートル~十数メートルが普通であるが,今回, 150mまで可能なものを開発し,保守が行ないやすく環境の良 い場所にドライブユニットを設置することができるようにした。 通常パルスモータは,停止時は自分で保持トルクを発生す るためブレーキを必要としないが,回転中に制御装置が故障 した場合や過負荷時には,保持トルクを発生できない。この ため,バックアップ用の電磁ブレーキを設けて確実に回転を

17

#### 716 日立評論 VOL. 62 No. 10(1980-10)



図 5 パルスモータの速度制御パターン パルスモータは, 起動・停止時に加速・減速制御を行なう必要がある。

停止できるようにした。この電磁ブレーキは、パルス信号と 位置信号とを取り込み制御棒の動きを監視する脱調検出回路 により作動するようにし、脱調検出回路は、制御装置が故障 しても作動するよう独立して設けた。

#### 4.2 位置指示系の構成

位置指示系は,駆動機構の位置をシンクロ発信機により検



図 6 試作制御装置の外観 本装置は、本文で述べた微調整棒の制御機能のほかに、粗調整棒の駆動及び試作制御棒の試験装置としての機能をも備えている。

出する系と,延長軸に取り付けられた永久磁石により作動す るリードスイッチによる検出系とで構成される。前者は通常 時の位置指示を目的とし,後者はスクラム時の位置指示を目 的としており,前者の冗長系になっている。

シンクロ発信機による位置指示系は、制御棒の位置を連続 的に検出するもので、停電後の復電時にも正しい位置を±1 mmの精度で表示できるように、検出側は精と粗の2台のシン クロ発信機を使用した。受信側機器は機構部分の一切ない信 頼性の高い装置とするため、シンクロ・ディジタル変換器を 使用し、ミリメートル単位のディジタル表示とし、完全に半 導体化した。位置の零点調整は、受信側機器内で電気的にで きるようにした。

## 4.3 故障診断機能

従来,パルスモータが停止しているとき発生したドライブ ユニットの故障は,パルスモータが駆動されるまで検出でき なかった。これは,制御棒の駆動の必要なときに駆動できな い可能性があることを意味し,プラントにとって好ましくな い。このため,パルスモータ巻線,ケーブルの断線及びドラ イブユニットの故障を発生後数秒で検出することができるオ ンライン「自動テスト」機能を開発し,適用した。

この「自動テスト」は、主制御装置からドライブユニット へ、パルスモータの励磁、無励磁を行なうテスト信号を送り、 そのアンサバック信号から故障を検出するものである。故障 を検出したときは、テストを繰り返し、正確に故障と判断す るようにした。

また、シンクロ位置指示系の診断、微調整棒の不作動・誤動作の検出などの各種診断機能を計算機処理により実現し、

なお、微調整棒は自動操作が行なわれるため、実機装置で は制御系に待機系を設けて、システムのダウンタイムを最小 にする方式としている。

#### 5 炉心性能予測・監視システムの開発

「もんじゅ」を安全かつ効率よく運転するために, プロセス 計算機を用いて炉心内出力分布と熱的余裕を監視し, 運転状 態を記録するとともに, 運転操作に起因する出力分布と熱的 余裕の変化を予測するための「炉心性能予測・監視システム」 を開発している。高速増殖炉の場合には, 他の原子炉のよう に炉心内に中性子束検出器を設置することは困難であり, 出 力分布の推定あるいは予測は, 計算によるところが大きいの で, 精度の良い計算手法を開発する必要がある。以下に, 本 システムの基本となる出力分布計算手法を中心に述べるとと もに, 計測データの利用法についての考え方について紹介 する。

#### 5.1 出力分布計算手法

本システムの主要部分である定期的に炉心状態を監視する 「周期監視」と,運転員が随時要求することのできる「予測監 視」について,その機能を考えて各々異なる計算手法を開発 した。

(1) 周期監視用計算手法

周期監視に適用する計算手法は,計算精度,計算時間及び 記憶容量を考えて決定した。計算精度は設計と同程度の精度 を,計算時間は10分程度以内を要求される。計算時間は,計 算機種により大きく異なるので,ここでは日立制御用計算機 HIDIC 80E を想定した。設計では,出力分布は多群(6群程 度)詳細メッシュ拡散計算で求めたものを基準としているが, この設計手法は,計算時間の点から,オンライン計算へ適用 することは不適当である。このため,1群粗メッシュ計算を ベースとし,精度向上のため修正1群法と修正粗メッシュ法 を開発した。修正1群法は,通常の1群拡散計算で,中性子

信頼性の高い装置とした。

# 4.4 試作装置

18

今回試作した制御装置の外観を図6に示す。本装置は、微調整棒の制御機能のほかに、粗調整棒の制御駆動をも行なう ことができる。単体機能試験、信頼性試験などを行ない、更 に試作制御棒との組合せ試験を実施し、十分実用化が可能で あることを確認した。



輸送断面積に関しては中性子流を重みとして1群化(縮約)す る方法である。この方法では、エネルギー1群縮約の誤差が 小さくなり、3群計算結果と同程度の精度が得られる。修正 粗メッシュ法は、集合体の中心に1個のメッシュ点を置く粗 メッシュ計算を補正するものである。すなわち、粗メッシュ 点に仮のメッシュ点を追加し<sup>2</sup>)、中性子束のバランスを考え て、群定数に補正を加えて詳細メッシュの効果を取り入れる。 図7に本手法の計算のフローを示す。この手法により、1集 合体当たり6メッシュ点を取る詳細メッシュ計算結果と同程 度の精度が、粗メッシュ計算でも得られた。

今回開発した手法による出力分布の推定誤差は約2%であり,必要な記憶容量は約350キロワードである。HIDIC 80E を想定した計算時間は,内部記憶装置だけの計算で約5分,外部記憶装置も用いた計算で約15分と推定される。以上の結果,本手法は実用化に耐える見通しを得た。

(2) 予測監視用計算手法

本手法では、その機能上計算時間が短いこと(1分程度)が 要求される。そのため、制御棒操作後の出力分布変化率を以 下に説明する方法(図8参照)で求め、これに操作前の出力分 布を掛けることにより、短時間で出力分布を予測する手法を 開発した。図8で、po(zA;z)は制御棒先端が全引抜位置から 軸方向位置zAまで挿入時の、隣接チャネルの出力分布変化率 (インフルエンス関数)である。任意の制御棒位置の場合には、 本関数を軸方向に平行移動して近似できると仮定すると、特 定の制御棒位置のインフルエンス関数のデータだけを記憶し ておけばよい。出力分布変化率は、操作前後のインフルエン ス関数の比率から求める  $\rho(z_A \rightarrow z_B; z)$ :

制御棒先端位置がz<sub>A</sub>からz<sub>B</sub>まで変化したときの出力分布変化率

図8 制御棒操作後の出力分布変化率の計算原理 ある代表的な挿入位置での出力分布変化率(インフルエンス関数)のデータρoから,任意の挿入 位置での変化率をρoを軸方向に平行移動して求める。制御棒操作後の出力分布 変化率ρは,操作前後の制御棒位置でのインフルエンス関数の比率から求まる。

却材温度測定用の熱電対と流量計が設置される。そこで,こ こでは、出力分布の計算値と冷却材の温度,流量の計測デー タとを有効に組み合わせて、炉心内の熱的余裕を監視する信 頼性の高いシステムを開発した。このシステムは、高速増殖 炉では直接出力分布に相当する量が測定できず、測定精度が 計算精度を必ずしも上回っていないので、各種のデータを統 計処理して最確値を求めるという考え方に基づく。このため、 各データにつき、系統誤差をあらかじめ差し引き、偶然誤差 を同一基準で評価しておく必要がある。本炉心監視システム のブロック図を図9に、主な機能を以下に述べる。

(1) 各集合体につき,集合体出入口温度差,熱出力,流量及 び冷却材物性値を,それぞれ計測データ及び計算値を使用し て各々独立に求め,かつこれらの間の関係を利用して,最小 二乗法により各々の最確値と誤差を求める。

(2) 直接計測できる値と計算により推定できる量がある場合は,最確値(重み付平均値)を求める。

19

ておけばよい。出力分布変化率は,操作前後のインフルエン ス関数の比率から求める。
本手法による出力分布予測精度は約3%,必要な記憶容量 は約30キロワード,計算時間は約1分と推定される。
5.2 計測データの利用と炉心監視システム 「もんじゅ」では,炉心内中性子束検出器は設置されず,炉 心及びブランケット領域の燃料集合体の一部に,燃料出口冷
(3) 最確値の誤差を用いて,被覆管及び燃料ペレットのホットスポット温度を評価する。
「常陽」の75MW運転時の実測データを用いて、本システムの機能を検証した。その結果、主要監視項目である被覆管温 度推定で、中心燃料集合体の入口温度と被覆管最高温度との 差の推定誤差を約27%から約10%に減少でき、本システムの 有効性が確認できた。 718 日立評論 VOL. 62 No. 10(1980-10)



計測データと組み合わせた炉心監視システムのブロック図 本システムは、計測及び計算から得られる各種のデータを統計処理して、その最 × 9 確値を求める手法を用いたシステムである。高速増殖炉の炉心監視システムの計測データの利用法のひとつの試みである。

#### 6 結 言

 $\mathbf{20}$ 

高速増殖炉用の計装制御システムのうち, 最近の技術成果

め関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

の一端について紹介した。今後もいっそう高速増殖炉の計装 制御での新技術の開発,技術の向上及び信頼性の向上に努 め、「もんじゅ」の設計・製作へ大いに寄与する考えである。

終わりに,終始,御指導をいただいた動力炉・核燃料開発 事業団高速増殖炉開発本部の関口信忠氏, 松野義明氏をはじ

参考文献

- 1) 甲斐,外:沸騰水型原子炉用制御棒の制御及び監視装置,日 立評論, 60, 101~106 (昭53-2)
- 2) Askew, J. R., et. al. : Methods for Three-dimensional Fuel Management Studies on High Temperature Reactors, CONF-720901 (1972)



小特集:非破壊検査技術の動向 III. 超音波による自動探傷システムB. 原子力分野 日立製作所 鈴木一道 電気学会雑誌 100-7, 586 (昭55-7)

商用運転を継続中の原子力発電所では, 原子炉圧力容器,配管などの耐圧溶接部, 蒸気発生器の細管などを毎年一定数ずつ非 破壊検査を行なうことが義務づけられてい る。この検査を供用期間中検査(以下, ISI と略記)と称し、毎年の定期検査時に実施 される。ISIの目的は, 原子力プラントの 運転期間中に, 圧力容器, 配管などの重要 な機器,構造材を定期的に検査することに より, 原子力プラントの健全性を確認する とともに, 万一欠陥が発生した場合でも, その評価,補修を的確に実施するためのデ ータを提供することにある。

ISIの手法としては、欠陥の検出感度が 化され,探触子の走査と同時にデータが記 高いこと,検査作業が比較的容易であるこ 録される構成となっている。 となどの理由により, 超音波探傷法が最も このような自動化はまた,検査員の個人 多く用いられている。原子力プラントでの 差による検査結果の質の低下を防止する。 歩に伴い、欠陥の大きさ、位置、形状など、 超音波探傷は従来から手動探傷が用いられ 更に,検査員が直観的に検査結果を判断で 欠陥に関する情報の精度を更に高める方向 ているが,この方法には、検査員の放射線 きるように、欠陥及び被検体形状をBスコ に進んでいくであろう。 被曝,検査結果の信頼性(各検査員の技術, ープ(断面図), Cスコープ(平面図)で映像 経験の差がデータの採取、結果の判定に影 として表示し,検査結果の信頼性を高める

響を与える可能性がある。),検査作業の効 率など改良すべき点がある。このような問 題点を改良するため、検査結果の映像化, 結果の作表,作図まで含めた検査の自動化 の開発が進められており,一部は実用化の 域に達している。

検査員の放射線被曝を低減するためには、 探触子走査及び探傷データの採取を遠隔自 動化することが不可欠である。探触子走査 の遠隔自動化に当たっては, 被検査部の形 状に最も適した走査が可能となるように, 各検査箇所に適した探触子駆動装置が用意 される。また、探傷データの採取は計算機

方式が採られている。また計算機の利用は 単にデータ採取だけにとどまらず、データ の処理, 整理及び結果の表示, 報告書の作 成など、従来手作業で行なっていたものを 機械化し,省力化を図っている。

現在の自動超音波探傷装置は、従来の手 動超音波探傷法を機械化することにより, 検査員の放射線被曝低減,工程短縮を図り, かつ検査結果の信頼性を向上させるという 観点から開発,実用化が進められてきた。 今後はこの方向に加え,万一欠陥が発見さ れた場合に, その有害性を評価できる手法 の開発が不可欠になってくる。このような 観点から,超音波ホログラフィー法,散乱 法など新しい手法の開発が進められている。 今後の非破壊検査の開発は,破壊力学の進