

JAERI-M  
93-003

HTTRの黒鉛受入検査における超音波探傷試験

1993年1月

大岡 紀一・伊与久達夫・石井 敏満  
多喜川 昇・塩沢 周策・神戸 護\*  
三木 俊也\*・緒方 隆昌\*\*・河江 秀俊\*\*

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。  
入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division  
Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura,  
Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1993

編集兼発行 日本原子力研究所  
印 刷 いばらき印刷株

## H T T R の黒鉛受入検査における超音波探傷試験

日本原子力研究所大洗研究所高温工学試験研究炉開発部  
大岡 紀一・伊与久達夫・石井 敏満<sup>+</sup>・多喜川 昇  
塩沢 周策・神戸 護<sup>\*</sup>・三木 俊也<sup>\*</sup>・緒方 隆昌<sup>\*\*</sup>  
河江 秀俊<sup>\*\*</sup>

(1993年1月5日受理)

高温工学試験研究炉（H T T R）の炉心及び炉心支持黒鉛構造物に使用される原子炉級微粒等方性IG-110黒鉛素材に対しては、非破壊検査として超音波探傷試験を計画している。金属材料に対する超音波探傷試験の実績は充分有り、その検査基準は確立されている。しかしながら、多孔質材料の黒鉛材料は金属材料と特性が異なるため、金属材料の超音波探傷検査基準はそのまま黒鉛材料に適用できない。このため、IG-110黒鉛素材を対象とした、黒鉛受け入れ検査における超音波探傷試験の方法及び条件を検討した。

---

大洗研究所：〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町字新堀3607

+ 東海研究所高温工学部

\* 富士電機株式会社

\*\* 川崎重工業株式会社

Ultrasonic Examination of Nuclear Graphite  
for Acceptance Test in HTTR

Norikazu OOKA, Tatsuo IYOKU, Toshimitsu ISHII<sup>+</sup>  
Noboru TAKIKAWA, Shusaku SHIOZAWA, Mamoru KAMBE<sup>\*</sup>  
Toshiya MIKI<sup>\*</sup>, Takamasa OGATA<sup>\*\*</sup> and Hidetoshi KAWAE<sup>\*\*</sup>

Department of HTTR Project  
Oarai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Oarai-machi, Higashibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received January 5, 1993)

Nondestructive inspection with ultrasonic testing is planned for the core and core support graphite components made of IG-110 graphite; fine-grained isotropic nuclear-grade graphite, in the High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR). Ultrasonic testing is widely applied to metallic components and its method has been already established. On the contrary, the characteristics of graphite are quite different in micro-structure from metals. Therefore, the ultrasonic testing method provided for metallic components can not be applied directly to graphite components.

The ultrasonic examination condition and method for the IG-110 graphite is evaluated.

Keywords: HTTR, Graphite, Gas-cooled Reactor, Nondestructive Inspection,  
Ultrasonic Test

---

+ Department of High Temperature Engineering

\* Fuji Electric Co., Ltd.

\*\* Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 実機で用いる超音波探傷試験 .....	3
2.1 対象機器 .....	3
2.2 関連基準及び規格等 .....	3
2.3 検査時期 .....	3
2.4 検査手順 .....	4
2.5 超音波探傷試験実施要領 .....	5
2.6 判定対象範囲 .....	6
2.7 判定基準 .....	6
3. 検査条件の検討 .....	10
3.1 超音波探傷器及び探触子 .....	10
3.2 探傷スキャナ .....	10
3.3 接触媒質の適用 .....	11
3.4 探傷器の調整方法 .....	12
3.5 探触子の走査方法 .....	12
4. 超音波探傷試験の欠陥検出能力 .....	24
5. おわりに .....	26
謝 辞 .....	26
参考文献 .....	26

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Ultrasonic Examination Method for HTTR Graphite Components ....	3
2.1 Components Subject to Examination .....	3
2.2 Related Standard and Criteria .....	3
2.3 Inspection Time .....	3
2.4 Inspection Procedure .....	4
2.5 Outline of Ultrasonic Examination .....	5
2.6 Scanning Field .....	6
2.7 Acceptance Criteria .....	6
3. Evaluation for Inspection Condition .....	10
3.1 Ultrasonic Detector and Probe .....	10
3.2 Scanner .....	10
3.3 Couplant .....	11
3.4 Adjustment .....	12
3.5 Scanning Condition .....	12
4. Flow Detectable Ability of Ultrasonic Testing .....	24
5. Concluding Remarks .....	26
Acknowledgements .....	26
References .....	26

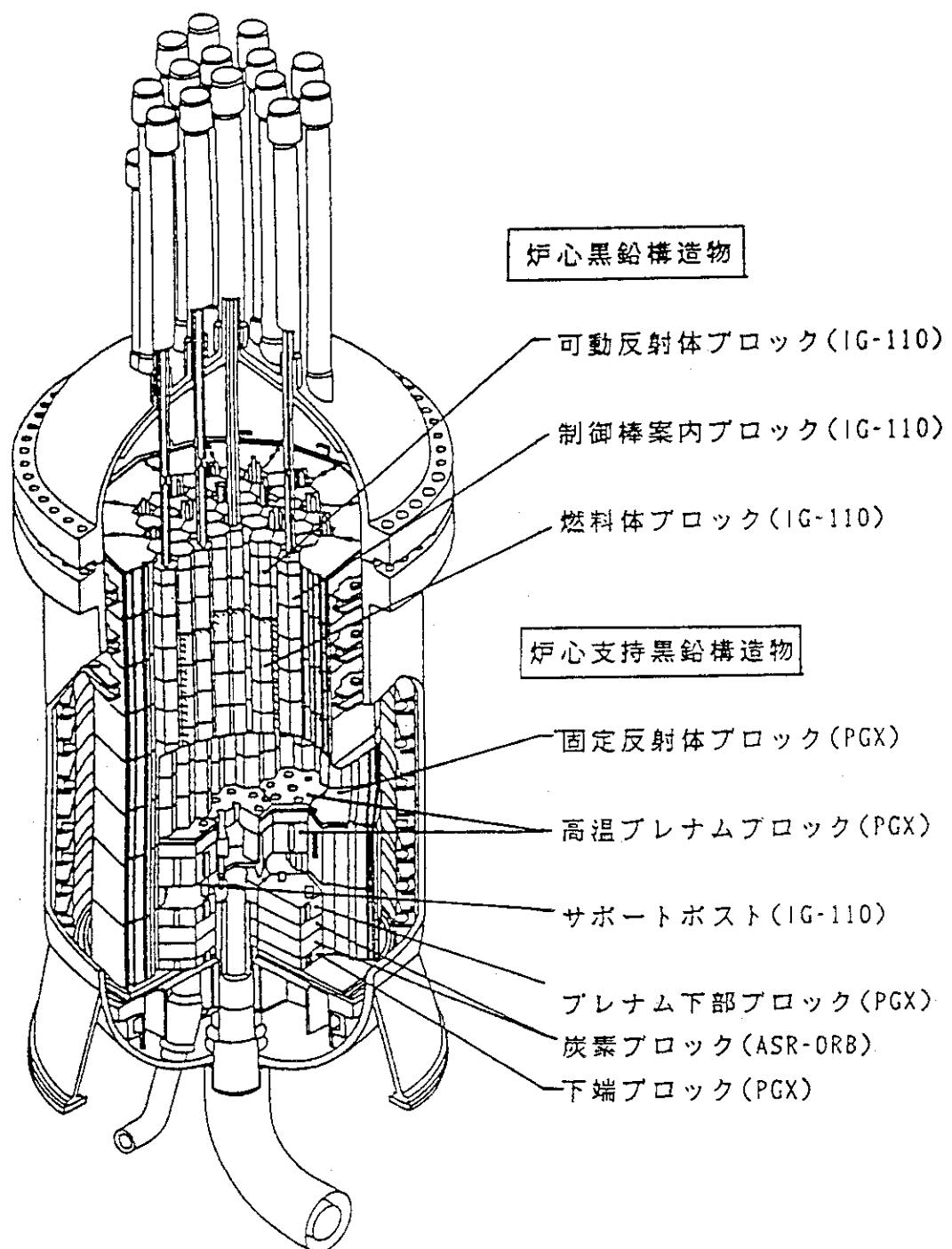
## 1. はじめに

高温工学試験研究炉（以下、HTTRという。）の炉心は高温となるため、炉内の構造物には、耐熱性に優れた黒鉛、炭素などを主要材料として使用する。炉心は、六角柱状の黒鉛ブロックである燃料体の黒鉛ブロック、制御棒案内ブロック、可動反射体ブロック等を円柱状に積上げたものである。さらに、炉心を支持し荷重を圧力容器へ伝えるとともに熱遮へい、放射線遮へい等のために、固定反射体ブロック、高温プレナムブロック、サポートポスト、炉床部断熱層等からなる炉心支持黒鉛構造物を設けている。HTTR炉心及び炉内構造物の構造図を第1.1図に示す。

これら黒鉛及び炭素製の構造物の設計、使用材料の選定及び検査は、「高温工学試験研究炉の黒鉛構造設計方針」<sup>(1)</sup>に基づいて行う。しかしながら、参考文献(1)では、使用材料は別途定める「黒鉛検査基準」に適合するものとする、としているのみである。そこで、日本原子力研究所(原研)では、これら構造物の品質を保証するために、所内外の専門家の協力も得て、黒鉛検査基準を検討した<sup>(2)</sup>。文献(2)の黒鉛検査基準は、銘柄検査、不純物検査、機械的強度検査からなる材料検査、非破壊検査、寸法検査及び外観検査から構成される。ここで、黒鉛構造物の素材及び加工品に対しては、構造物の健全性を保証するため非破壊検査による欠陥検査を行うこととしている。素材の段階としては、表面欠陥はその後の加工により取除かれるため、内部欠陥の検出を目的とした超音波探傷試験を、原子炉級微粒等方性IG-110黒鉛製の制御棒案内ブロック及びサポートポストの素材を対象に選定している<sup>(2)</sup>。超音波探傷検査における判定基準は、ノイズの高さとの比較において、有意な欠陥エコー高さが無いことをいい、具体的には、欠陥エコー高さ（S）と黒鉛材料の最大ノイズエコー高さ（N<sub>max</sub>）との比が4以上（S/N<sub>max</sub>≥4）としている。金属材料による構造物に対しては超音波探傷検査の実績は充分あり、その検査方法は確立されている。しかしながら、黒鉛材料に対しては実績例も少なく検査方法も確立されていない。また、多孔質材料の黒鉛材料は金属材料と特性が異なるため、金属材料の超音波探傷検査基準はそのまま黒鉛材料に適用できない。

このため、制御棒案内ブロック及びサポートポストのIG-110黒鉛素材に対して原研及びメーカーが行う超音波探傷試験での検査方法、検査条件等を、IG-110黒鉛を用いた各種条件下の超音波試験に基づいて検討した。

本報告は、HTTRの黒鉛受入検査における超音波探傷試験の検査方法、検査条件等に対する検討結果をまとめたものである。



第1.1図 HTTRの黒鉛構造物

## 2. 実機で用いる超音波探傷試験

### 2.1 対象機器

H T T R に使用する黒鉛の超音波探傷試験は、炉心構成要素では制御棒案内ブロック、炉内構造物ではサポートポスト及びポストシートについて行い、それぞれの探傷試験時の概略寸法を下記に示す。

設備名	対象機器	概略寸法(mm)	材 料 名
炉心構成要素	制御棒案内ブロック	$\phi 450 \times L670$	
炉内構造物	サポートポスト	$\phi 200 \times L980$ $\phi 280 \times L980$	IG-110黒鉛
	ポストシート	$\phi 255 \times L980$	

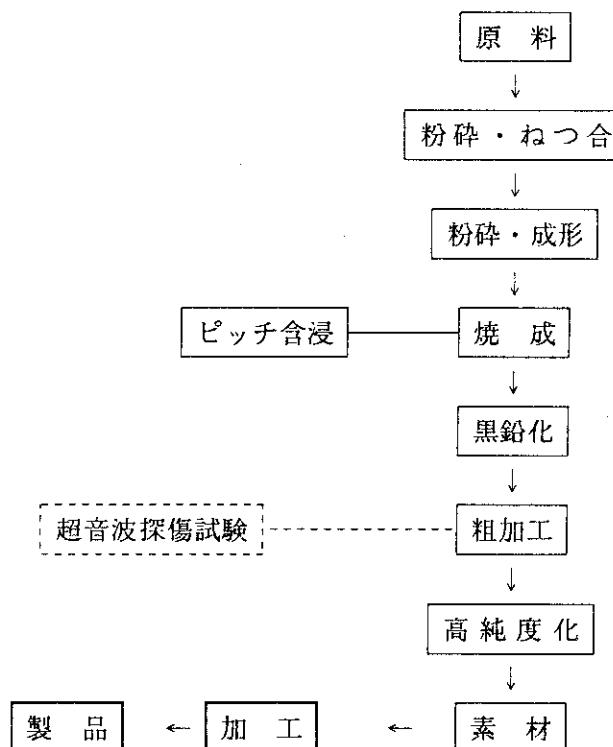
### 2.2 関連基準及び規格等

本試験を行うにあたって、下記の基準及び規格等を適用する。

- (1) 「高温工学試験研究炉・炉心支持黒鉛構造設計方針の解説」JAERI-M 91-070(1991).
- (2) 「高温工学試験研究炉・炉心黒鉛構造設計方針の解説」JAERI-M 91-083(1991).
- (3) 日本工業規格 (JIS Z 2345(1987)「超音波探傷用標準試験片」)
- (4) 黒鉛検査基準の検討(平成元年3月(財)原子力安全研究協会)

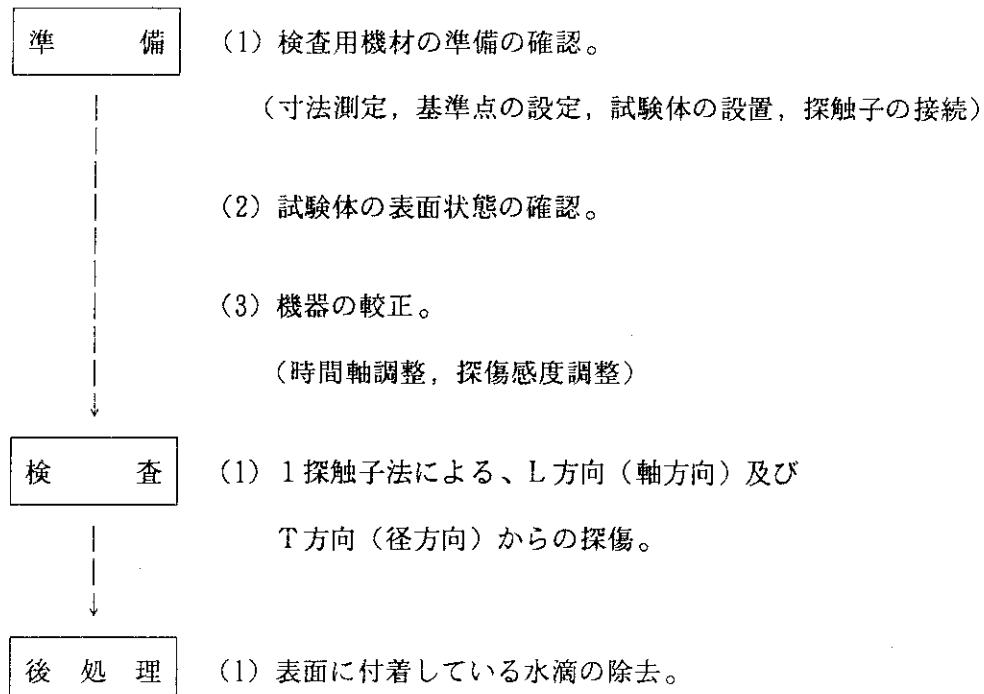
### 2.3 検査時期

黒鉛の原料から製品までの製造フローを下記に示す。ここで、高純度化処理を行うことで、黒鉛素材中の不純物量は減少するのみで機械的強度特性等は、高純度化前後で変化せず、黒鉛素材の健全性は高純度化処理で損なわれない<sup>(3)</sup>。このため、黒鉛構造物の健全性を保証する本試験は、黒鉛化後、高純度化前の粗加工段階において実施する。



## 2.4 検査手順

超音波探傷試験の手順を下記に示す。



## 2.5 超音波探傷試験実施要領

黒鉛の超音波探傷試験は、1探触子法によるギャップ法あるいは直接接触法とし、自動走査又は手動走査により実施する。その検査方法を以下に示す。

### (1) 検査装置

#### ① 超音波探傷器

原則として、下記の超音波探傷器又は同等のものを使用する。

機器名称	超音波探傷器
制御棒案内ブロック	USIP12（クラウトクレーマー社製）
サポートポスト・シート	SFA-662（帝通電子研究所製）

#### ② 探触子

原則として、下記の探触子又は同等のものを使用する。

機器名称	公称屈折角	周波数	サイズ	型 式	メー カ
制御棒案内ブロック	垂直	0.5 MHz	38 mm	A389S(狭帯域型)	パナメリックス社製
サポートポスト・シート	垂直	0.5 MHz	34 mm	B0.5SL(狭帯域型)	クラウトクレーマー社製

### (2) 接触媒質

ギャップ法又は直接接触法を適用する場合には、接触媒質として水を適用する。

### (3) 対比試験片

JIS Z 2345(1987)「超音波探傷用標準試験片」のSTB-A1(超音波探傷用A1形標準試験片)を対比試験片として使用する。第2.1図に対比試験片の形状を示す。

### (4) 探傷方法

#### ① 探傷面の表面状態

探傷面の表面状態は、清潔でかつ滑らかとする。

#### ② 接触媒質の探傷面への適用

超音波が安定して送受信されるような状態が得られるように、探傷面に接触媒質を適用する。接触媒質としては、水を使用する。

#### ③ 探傷方向と探傷範囲

肉厚が400 mm以下の探傷については、原則として片面よりの探傷とする。

##### (a) L方向(軸方向)探傷

第2.2図(a)に示すA及びA'の両面から探傷を行う。探傷範囲は、それぞれの面から1/2 Lまでの範囲とする。第2.2図(a)の斜線部は、A面から探傷したときの探傷範囲を示している。

(b) T方向(径方向)探傷( $400 < \phi$ )

第2.2図(b)に示すC面から探傷を行う。探傷範囲は、C面からブロック中心までの範囲とする。

第2.2図(b)の斜線部は、C面の一部であるC'点から探傷したときの探傷範囲を示している。

(c) T方向(径方向)探傷( $400 \geq \phi$ )

第2.2図(c)に示すC面について、円周の1/2範囲の全表面を探傷する。第2.2図(c)の斜線部は、

C面の一部であるC'点から探傷した時の探傷時期を示している。

## ④ 基準点の設定

黒鉛ブロック上の部位を表示する場合は、黒鉛ブロック上に基準点を設定し、全てこの基準点を基にして行う。

## ⑤ 超音波探傷器の調整

## (a) 探傷感度の調整及び検出レベル

探傷感度の調整は、予め調べた黒鉛材料の最大ノイズエコー高さの距離振幅特性に応じてD A C(距離振幅補償)回路を作動させ、STB-A1試験片の肉厚25mm、あるいは100mm方向の底面エコーの底面エコー高さを用いて調整する。D A C回路を用いない場合には、予め調べた黒鉛材料の最大ノイズエコー高さの距離振幅特性曲線をCRT上に描いて探傷を行う。

検出レベルは、黒鉛材料の最大ノイズエコーの距離振幅特性の高さに対して、12dB高いレベルとする。

## (b) 時間軸の調整方法

第2.3図に示す通り、黒鉛ブロックを探傷して得られる第1回目の底面エコー(B1)が、CRT時間軸のフルスケール上に表示されるように調整を行う。

## ⑥ 探触子の走査方法

## (a) L方向(軸方向)探傷

第2.2図に示したA面及びA'面について、第2.4図(a)あるいは(b)に示す要領で探触子の走査を行う。

## (b) T方向(径方向)探傷

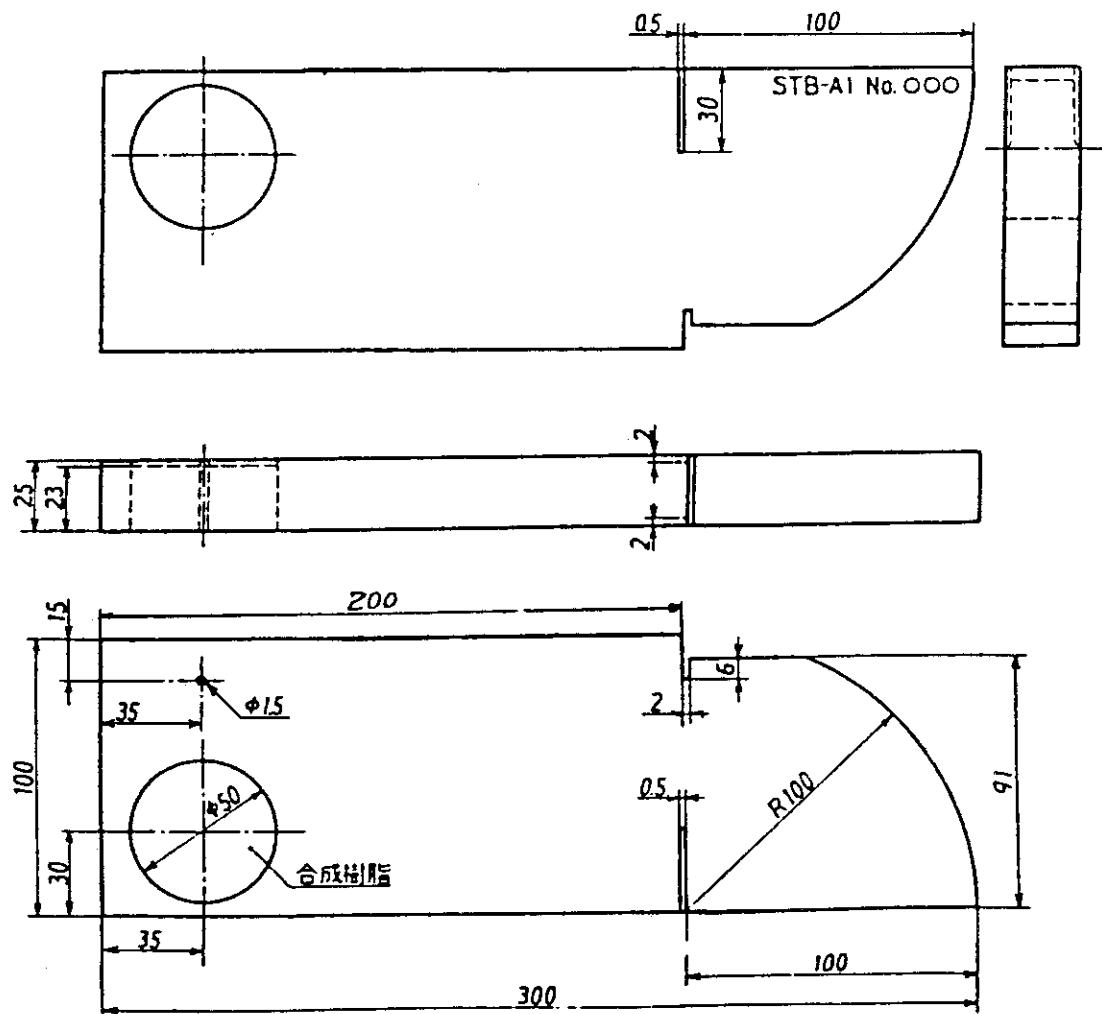
第2.2図に示したC面について、第2.5図に示す要領で探触子の走査を行う。

**2.6 判定対象範囲**

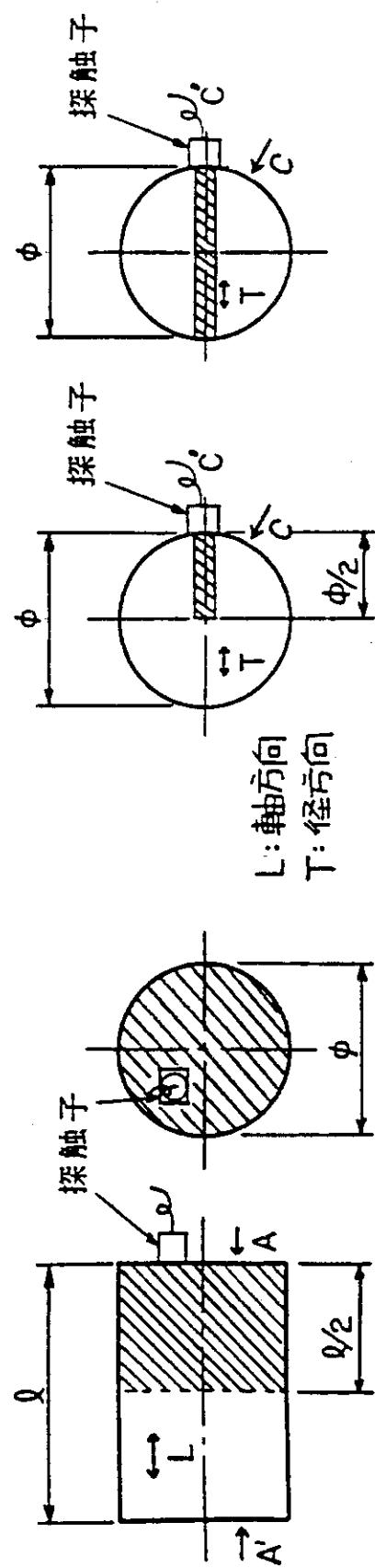
探傷は粗加工段階で実施するため、製品に関わらない余肉を含む形状で行うが、判定は、製品部分を対象とする。

**2.7 判定基準**

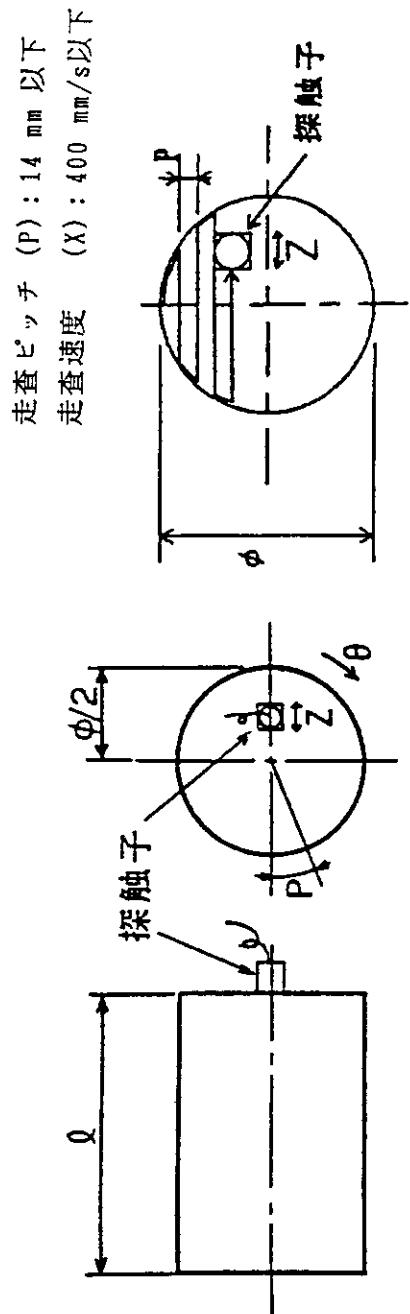
欠陥エコー高さ(S)と予め調べた黒鉛材料の最大ノイズエコー高さ(N<sub>max.</sub>)との比が4以上( $S/N_{max.} \geq 4$ )となる、即ち検出レベルを超える欠陥エコーが検出されない場合に合格とする。



第2.1図 対比試験片(STB-A1)

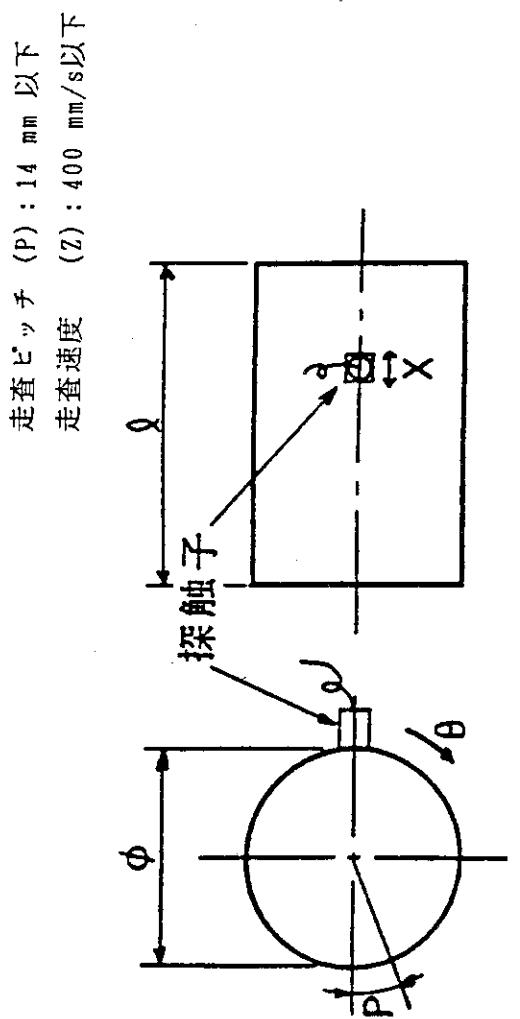


第2.2図 探傷方向と探傷範囲



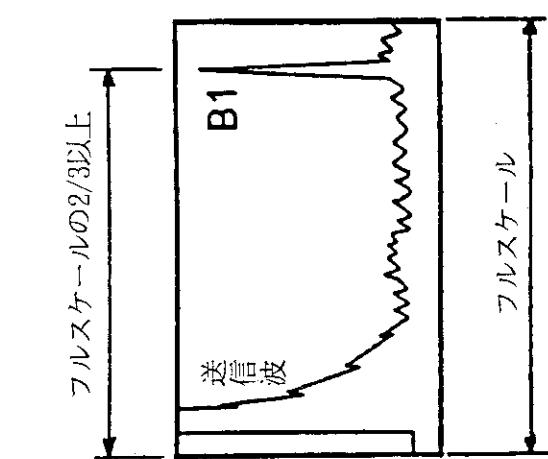
(b)

第2.4図 L方向 (軸方向) 探傷における探触子の走査方法



第2.3図 時間軸の調整

第2.5図 T方向 (径方向) 探傷における探触子の走査方法



### 3. 検査条件の検討

#### 3.1 超音波探傷器及び探触子

黒鉛材料は、従来の鉄鋼材料に比べ粗粒のため超音波の減衰が大きく、試験材からのノイズエコーが高く得られる。従って、IG-110黒鉛材料の超音波探傷試験において、安定した高い感度の欠陥エコーを得るには、欠陥エコーに対するノイズエコーの比、すなわちS/N比が高く得られる試験周波数を選定することが重要である。減衰が大きい厚肉のIG-110黒鉛材料の検査においては、鋼材における一般的な試験周波数（約2MHz～5MHz）に比べ、低い周波数が有効である。ここでは、実機検査を想定して、試験周波数0.5MHz程度の送受信が可能で、かつ送信パルスが高く得られるタイプの超音波探傷器と探触子の組み合せにより試験を行った。実験に用いた超音波探傷器は、USIP12（クラウトクラーマー社製）及びSFA-662（帝通電子研究所製）の2機種で、探触子は、公称周波数0.5MHzで振動子寸法が34mm（クラウトクラーマー社製）及び38mm（パナメトリックス社製）の2種類の低周波数の探触子を用いた。試験に供したIG-110黒鉛材料の試験体形状を第3.1図及び第3.2図に示す。第3.1図は、円形平面欠陥を模擬して平底穴を加工したもので、穴を加工した面の反対の面から探傷を行った。

第3.3図は、直径5mmの平底穴を探傷した場合の探傷器の感度余裕値を示す。これより、感度余裕値はビーム路程が長くなるにしたがって低下しているが、本実験に使用した超音波探傷器及び探触子であれば、実機の探傷において使用が予定されるビーム路程約500mm程度までの範囲では、余裕のある送信パルス強度と反射音圧が得られ、十分探傷可能であることが分かる。

#### 3.2 探傷スキャナ

探傷走査は、手動により行うことも可能であるが、探傷結果の安定性及び信頼性の観点からは、機械装置によるスキャンが望ましい。

第3.4図は、制御棒案内ブロックの探傷用スキャナの例を示している。このスキャナでは、探触子を組み込んだ探傷ヘッド部を3箇所（軸方向探傷用2個及び径方向探傷用1個）有し、試料回転用のローラ上に置かれた黒鉛ブロックを所定の探傷ピッチで探傷可能である。また、探傷中に安定したカップリング状態を保つために、探傷ヘッド内の探触子と黒鉛ブロックの隙間（ギャップ）を一定に保つことができる。

第3.5図は、サポートポスト／シートの探傷用スキャナの例を示している。このスキャナにおいても、探傷ピッチの設定が可能であり、安定したカップリング状態を保つことが可能である。

上記に示した探傷スキャナは一例であり、所定の探傷ピッチが設定できて、安定したカップリング状態が保持できるものであれば、探傷結果の安定性及び信頼性は得られると考えられる。

なお、手動探傷による場合は、一定のスキャンピッチを確保するために、ガイドレールなどを用い

て探傷することが望ましい。ガイドレールを用いない場合は、探傷ピッチを密にして探傷漏れがおきないようにすれば、通常の手探傷による検査を行うことが可能である。

### 3.3 接触媒質の適用

接触媒質としては、黒鉛材料へ適用した後の除去が容易なことから水を選定した。ここでは、IG-1 10黒鉛材料の探傷における水の有効性について検討するために、接触媒質の適用時間とエコー高さの変化の関係を調べた。試験に供したのは、第3.2図に示した試験体で、ドリル穴の加工していない試験体である。

第3.6図は、探触子を固定した状態で、水道水を脱気せずに、直接適用した場合の適用時間とエコー高さの関係を示している。エコー高さとしては、試験体の底面エコー高さ及びノイズエコー高さについてのデータを採取しており、各プロットは平均値を、バーは標準偏差を示している。これより、探触子を固定した状態で、水道水を直接適用して探傷する場合、底面エコーやノイズエコーのエコー高さは、約60秒（1分）程度で最大値に収束しており、エコー高さは水道水の適用直後から徐々に上昇していることが分かる。ただし、20秒程度の時間経過時のエコー高さで、ほぼ最大エコー高さと数%の差異となっており、さらに、S/N比の時間変化はないと考えられる。

上記のように探触子を固定させて水を供給した場合、ギャップ部への水の完全な充填に時間がかかるのではないかという問題と試験体表面のぬれ性が低下するのではないかという問題が考えられたために、探触子を移動させて停止した直後の時間経過と底面エコー高さの関係を調べたのが第3.7図である。この手法による実験の方が実際の探触子走査時の接触媒質の適用状況に近いと考えられた。この図より、探触子を移動させて水を適用した場合には、水が探触子に先行して試験体表面をぬらすために、探触子を最初から固定した場合のエコー高さの時間経過による上昇率に比べ、エコー高さの変化が少なく、供給直後においても最大値から2dB程度以内の安定したエコー高さを示していることが分かる。また、事前に試験体表面をぬらし、その後に探触子を走査して固定した際のエコー高さ変化を計測した場合には、探触子の固定直後からエコー高さは最大値を示すことが分かる。

さらに、脱気していない水道水に変えて、一度容器に貯めて15時間程度放置した水を用いて、探触子を走査して固定した際のエコー高さの変化を調べた結果を第3.8図に示す。これより、一定時間放置して、ある程度脱気した水を接触媒質として供給した場合には、事前に試験体表面をぬらさなくても、接触媒質適用直後からほぼ安定したエコー高さが得られることが分かった。

なお、一度煮沸した水を接触媒質として適用した場合には、探触子を走査せずに、最初から固定した場合でも、時間経過によるエコー高さの変化はみられなかった。

従って、探触子を走査して検査する場合には、水道水を直接用いてもエコー高さの低下は2dB程度であり、事前に試験体表面をぬらさなくても、ぬらした場合と比べ大差ないと考えられる。

### 3.4 探傷器の調整方法

#### (1) 時間軸調整方法

探傷範囲において、超音波が十分な強度で伝搬していることを確認するために、黒鉛ブロックを探傷して得られる底面エコーが、超音波探傷器のCRT時間軸のフルスケールの約2/3以上の位置に現れるように、時間軸を調整するのが望ましい。時間軸の調整は、検査対象となる黒鉛ブロックの底面エコーを用いて調整するか、STB-A1等の音速が明確な材料を用いて調整することができる。黒鉛ブロック以外の試験体により時間軸を調整する場合には、調整に使用する試験体の材質及び設定条件を記録しておくことが望ましい。

#### (2) 探傷感度の調整方法

黒鉛材料では、探傷部位によって試験体の減衰状況が異なるために、探傷感度の設定を行う対比試験片としては、安定した減衰状況を示す試験体の使用が望ましい。そこで、材料が均質で超音波の減衰が少ないSTB-A1あるいはN1のような材料で感度設定を行えば、安定した感度設定が可能であると考えられる。

## 3.5 探触子の走査方法

#### (1) 探触子走査速度

実機黒鉛材料の超音波探傷試験においては、探傷速度及び探傷ピッチなどの具体的な探傷条件の決定が必要となる。これらの探傷速度及び探傷ピッチについては探傷器の繰り返し周波数と試験体寸法との関係等から計算で決定できる。

探傷速度は、探傷器の繰り返し周波数、試験体寸法及び超音波のビーム寸法を基に、以下により求められる。

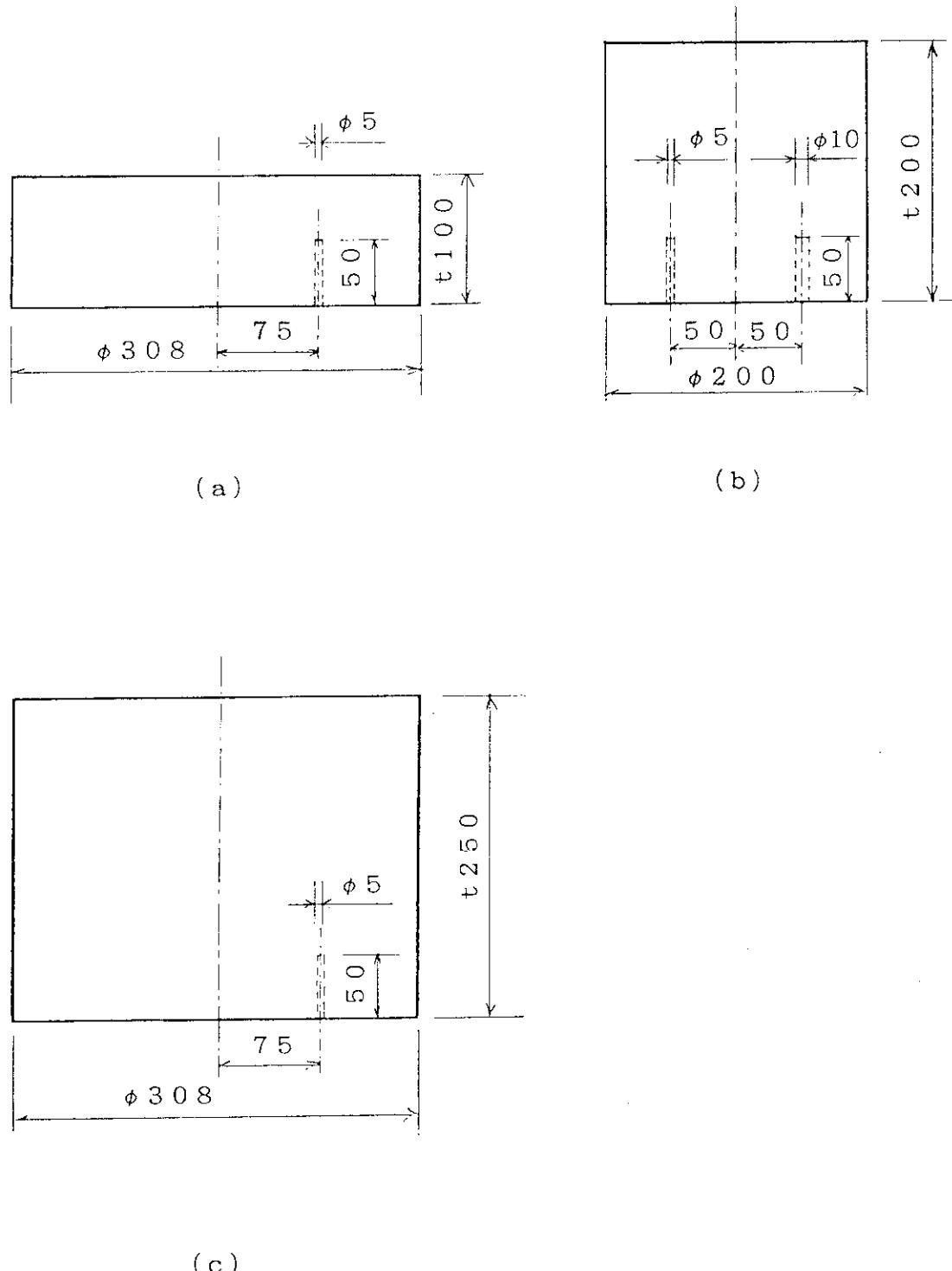
IG-110黒鉛材料の試験体の最大寸法が約1000mm以下の場合、試験体の音速を2200m/s とすると、超音波が底面で反射して戻って来るまでに要する時間は、約0.001秒である。ここで、長さ1000mmの試験体の場合には、第2回目の底面エコー(B2)以降のエコーは、ノイズに埋もれて充分には観察されないと考えると、約500Hz以下の繰返し周波数で探傷すれば、底面エコーが残留エコーとしてCRT上に現れることはないと考えられる。

最小となる超音波の有効ビーム寸法Tdは、近距離音場限界距離の位置であると考えられるので、この位置でのTdを計算すると、探触子の振動子寸法が25mm～38mmの範囲では、Td=10～15mmの範囲となり、ビームは約10mm以下のピッチで入射すればよいことになる。ここで、安全側の設定として、ビーム寸法の1/2以下である5mmピッチで超音波を入射させたと仮定すると、繰返し周波数に5mmを乗じた2500mm/sec以下の探傷スピードで探傷すれば良いことになる。さらに、これに安全率を考慮しても、通常の自動探傷の探傷速度(50mm/sec～400mm/sec)で充分に探傷可能であると考えられる。

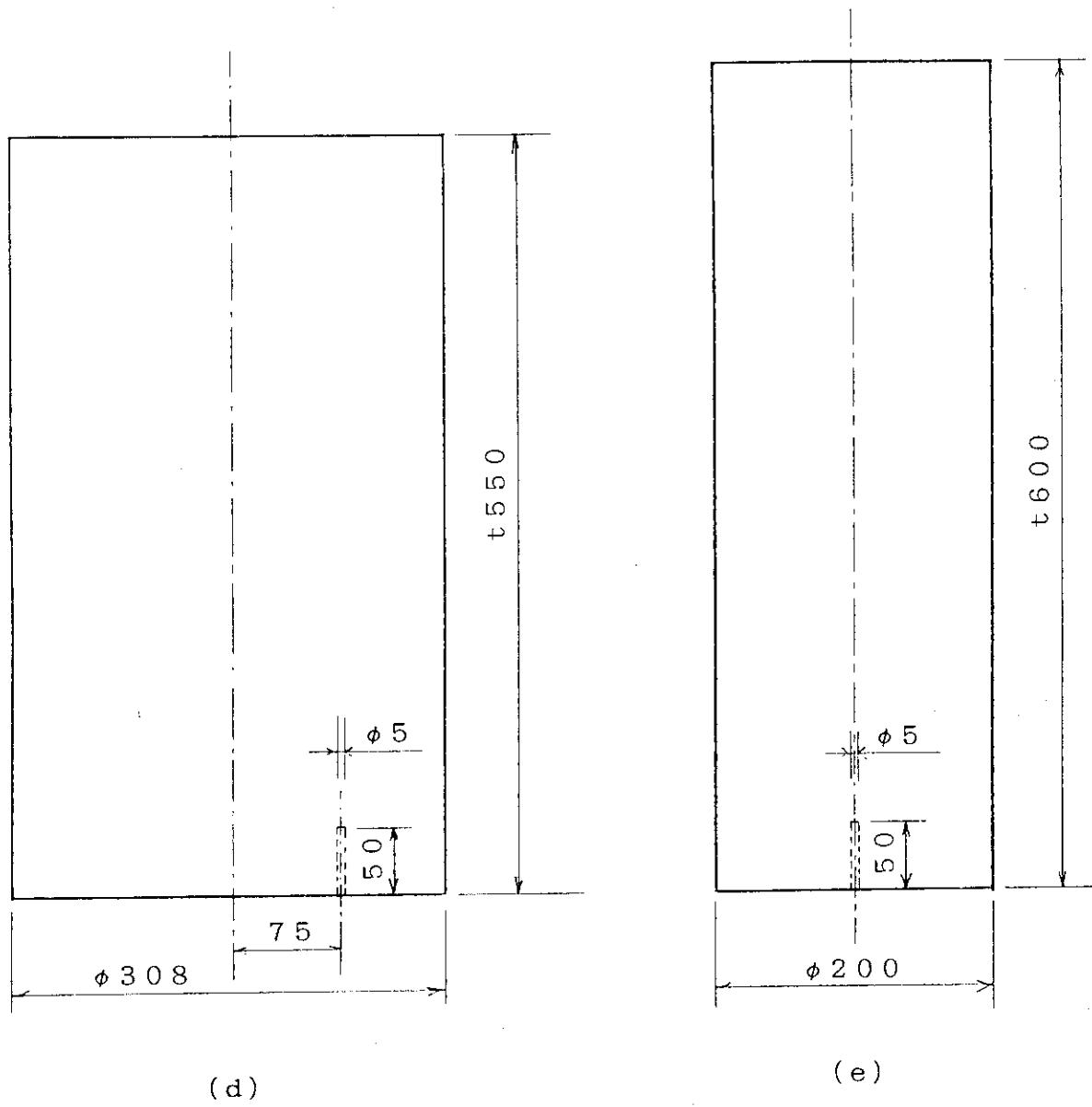
(2) 探傷ピッチ

上記のビーム寸法の観点からは、約10mm～15mm程度の探傷ピッチを適用すればよいと考えられるが、黒鉛材料では、通常の鋼材などの減衰の状況と異なることから、計算による有効ビーム寸法が確かでないことも考えられるために、実験による確認を行った。

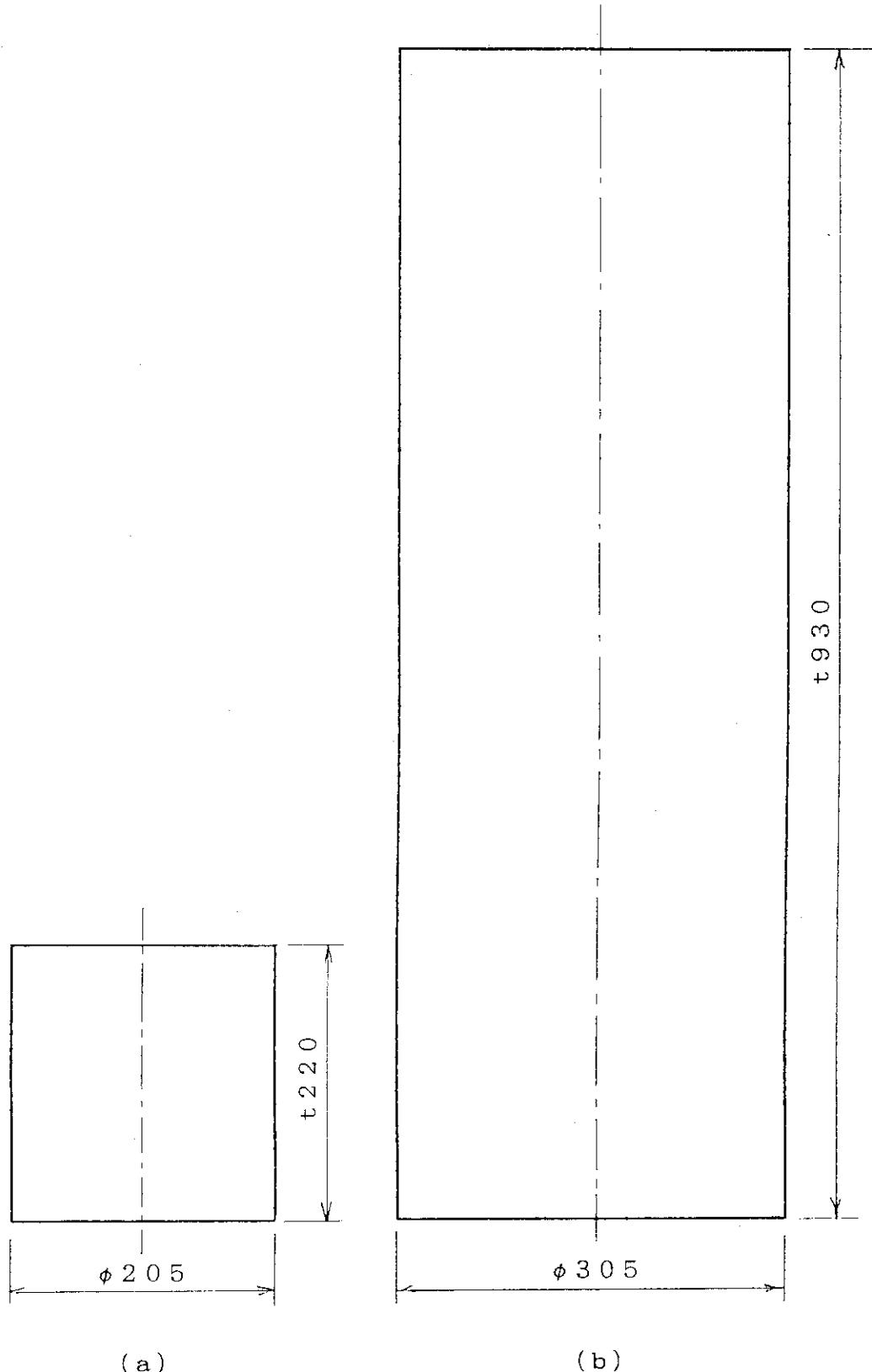
第3.9図は、探傷ピッチと直径5mmの平底穴のエコー高さの関係を示している。これより、実用的な探傷ピッチとしては、エコー高さの低下量が最大エコー高さから2dB以内に収まる14mm以下が適当であると考えられる。



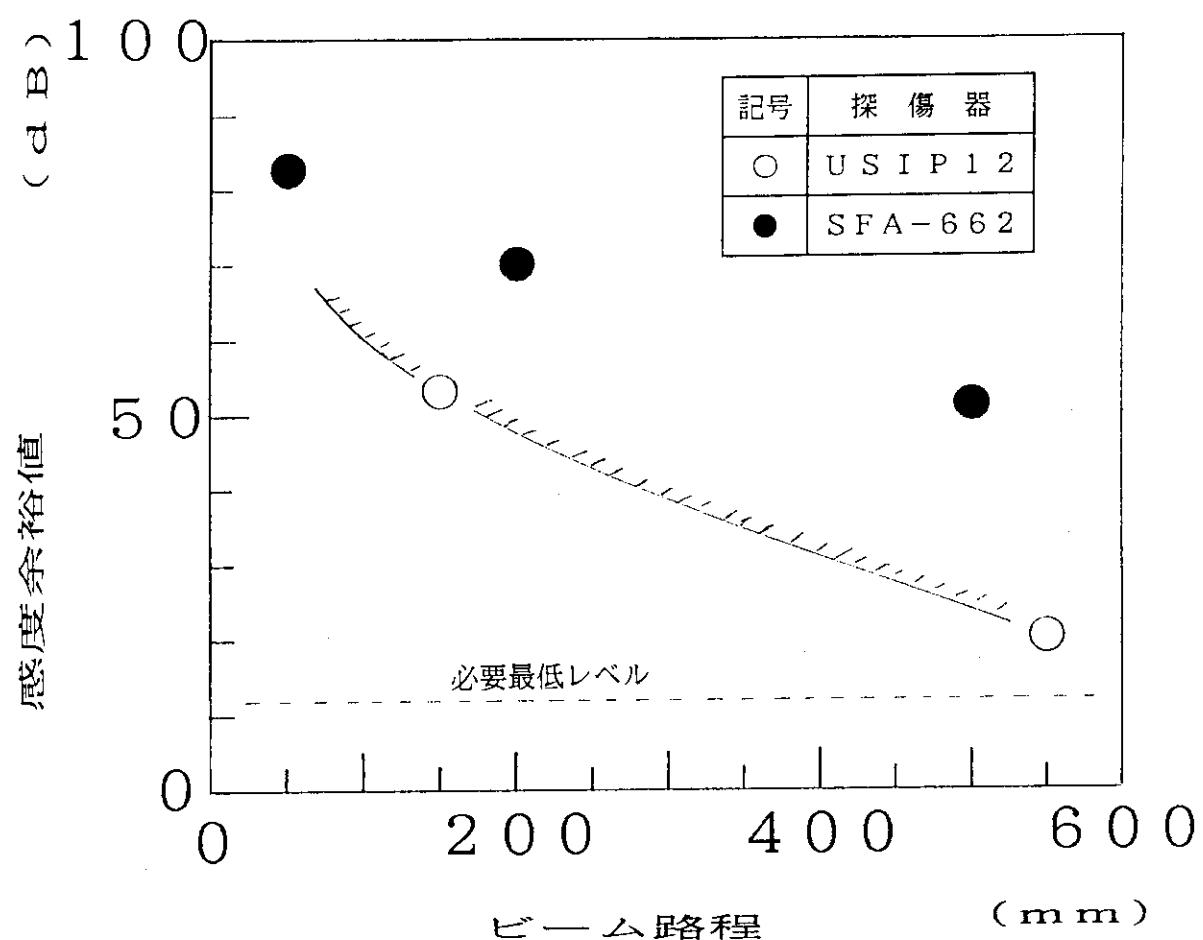
第3.1図 人工欠陥付き試験体の形状 (a ~ c)



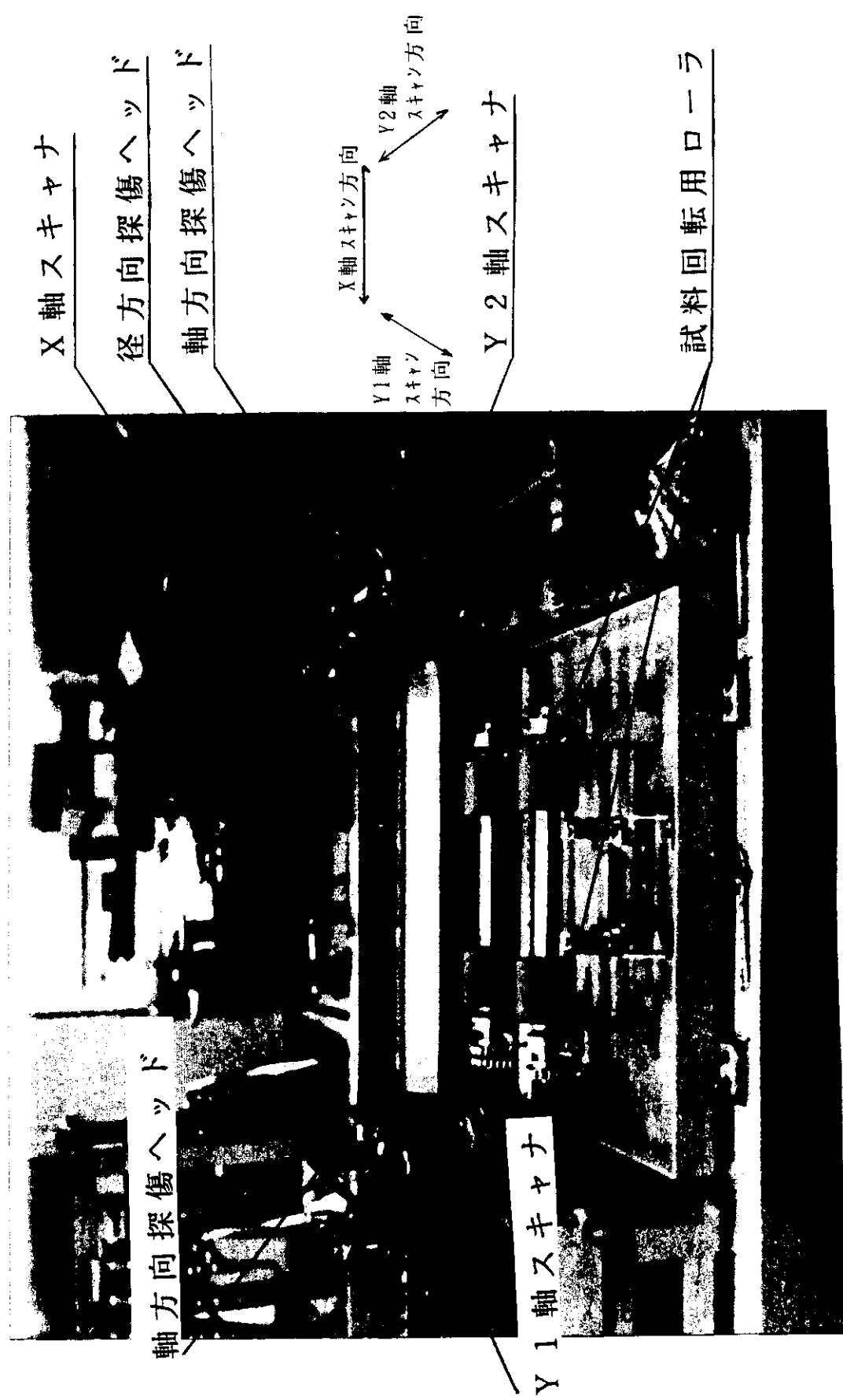
第3.1図 人工欠陥付き試験体の形状 (d~e)



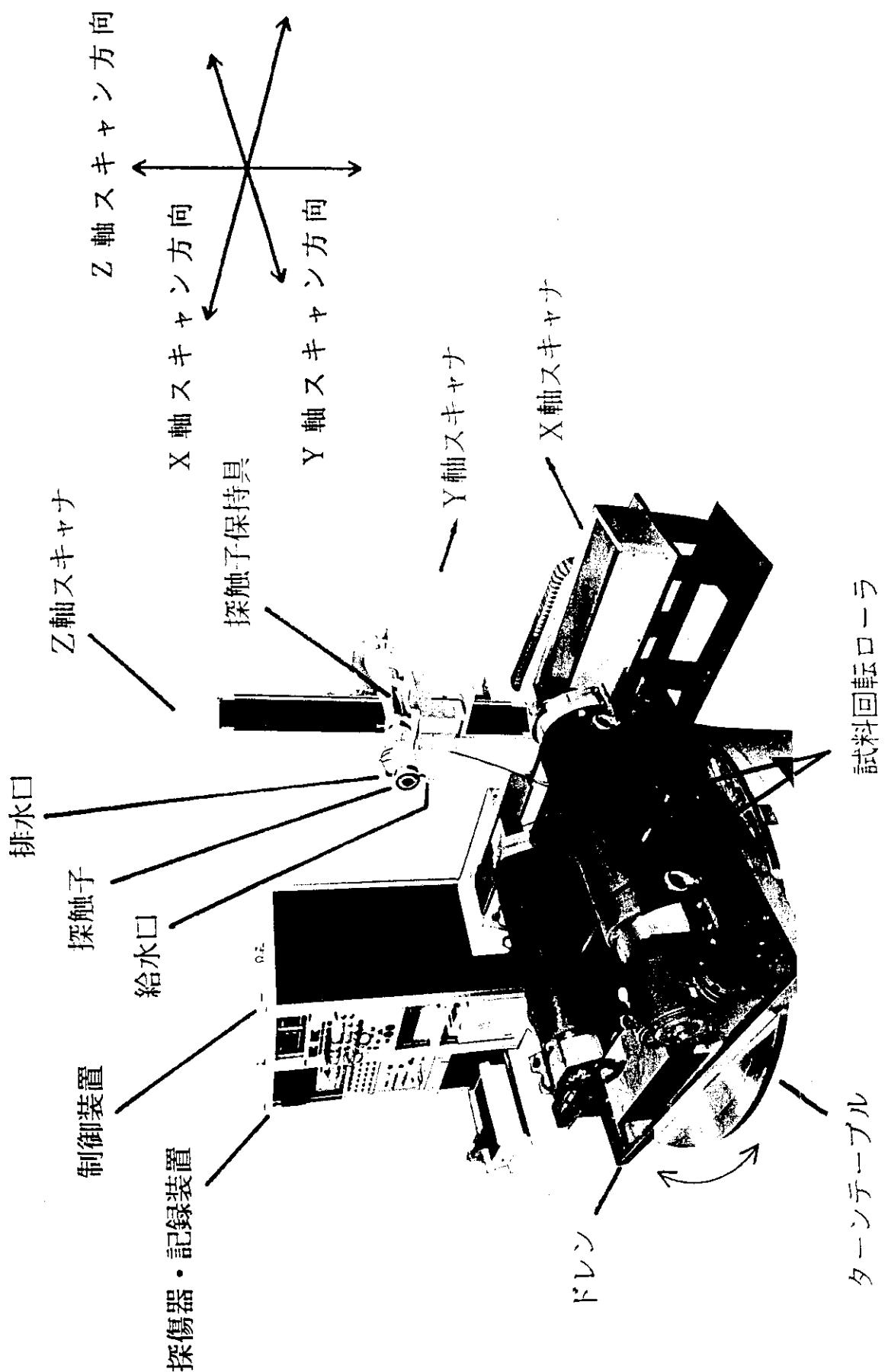
第3.2図 円柱状試験体の形状



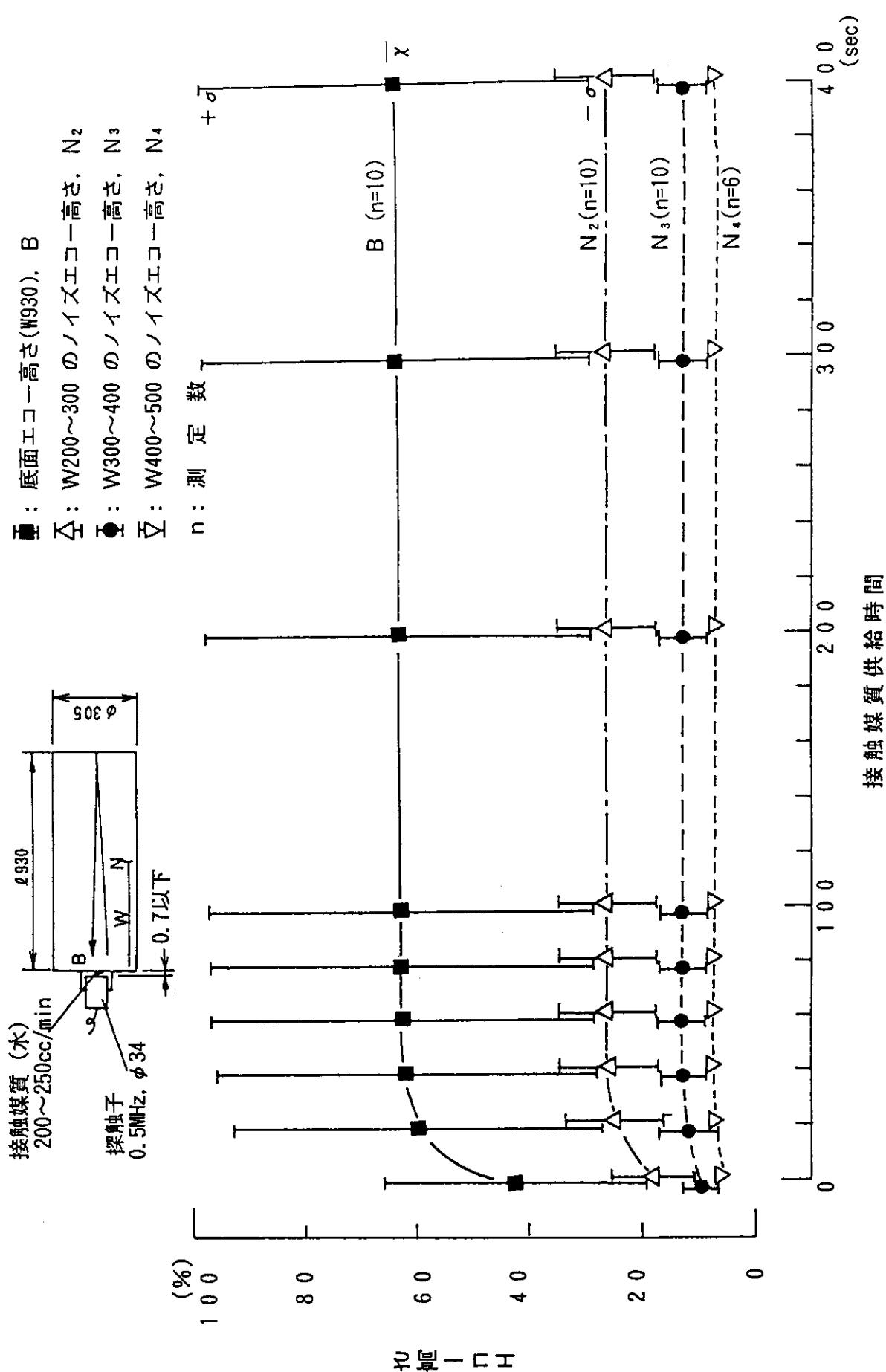
第3.3図 感度余裕値の測定結果



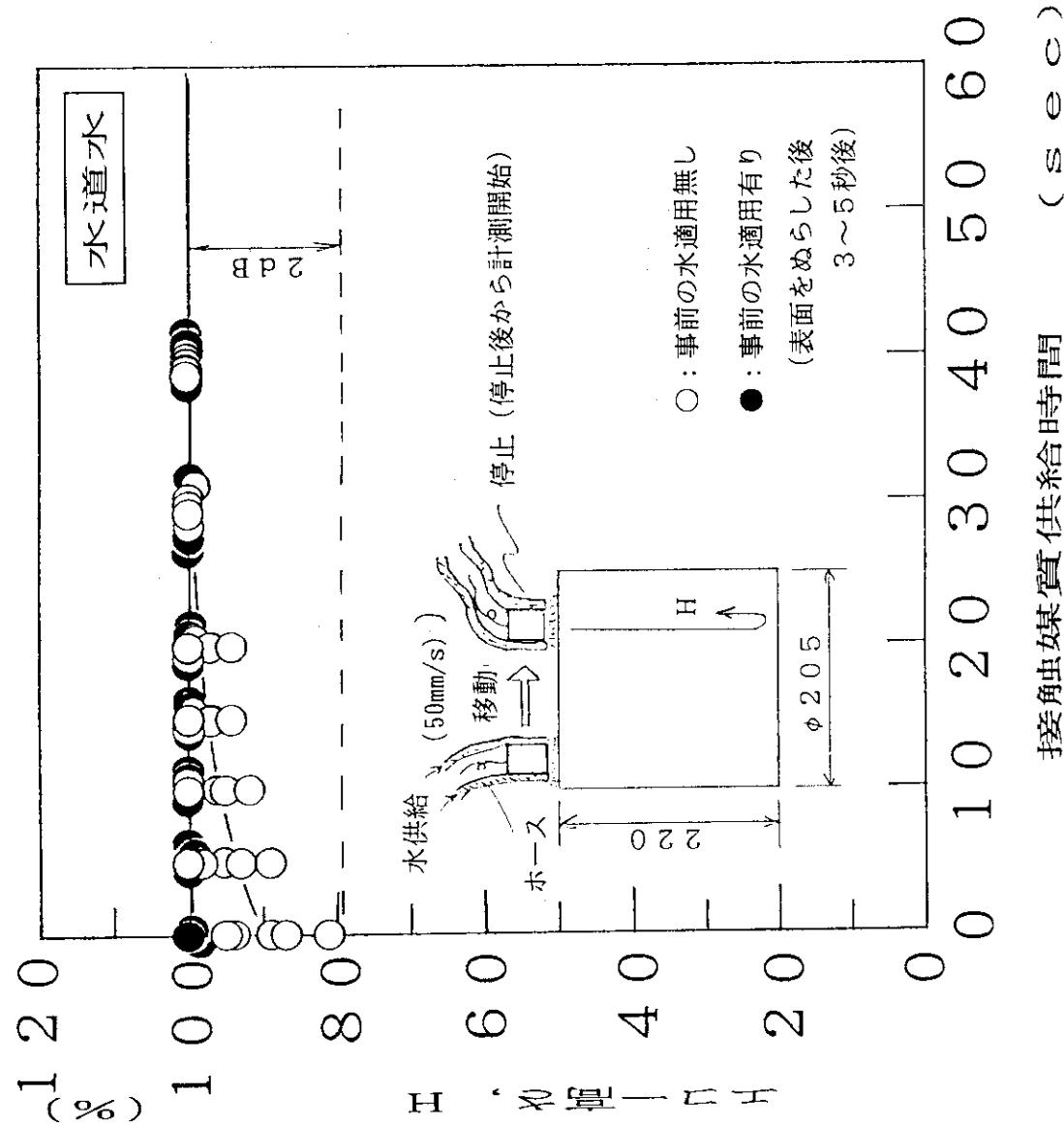
第3.4図 制御棒案内プロックの探傷用スキヤナの例



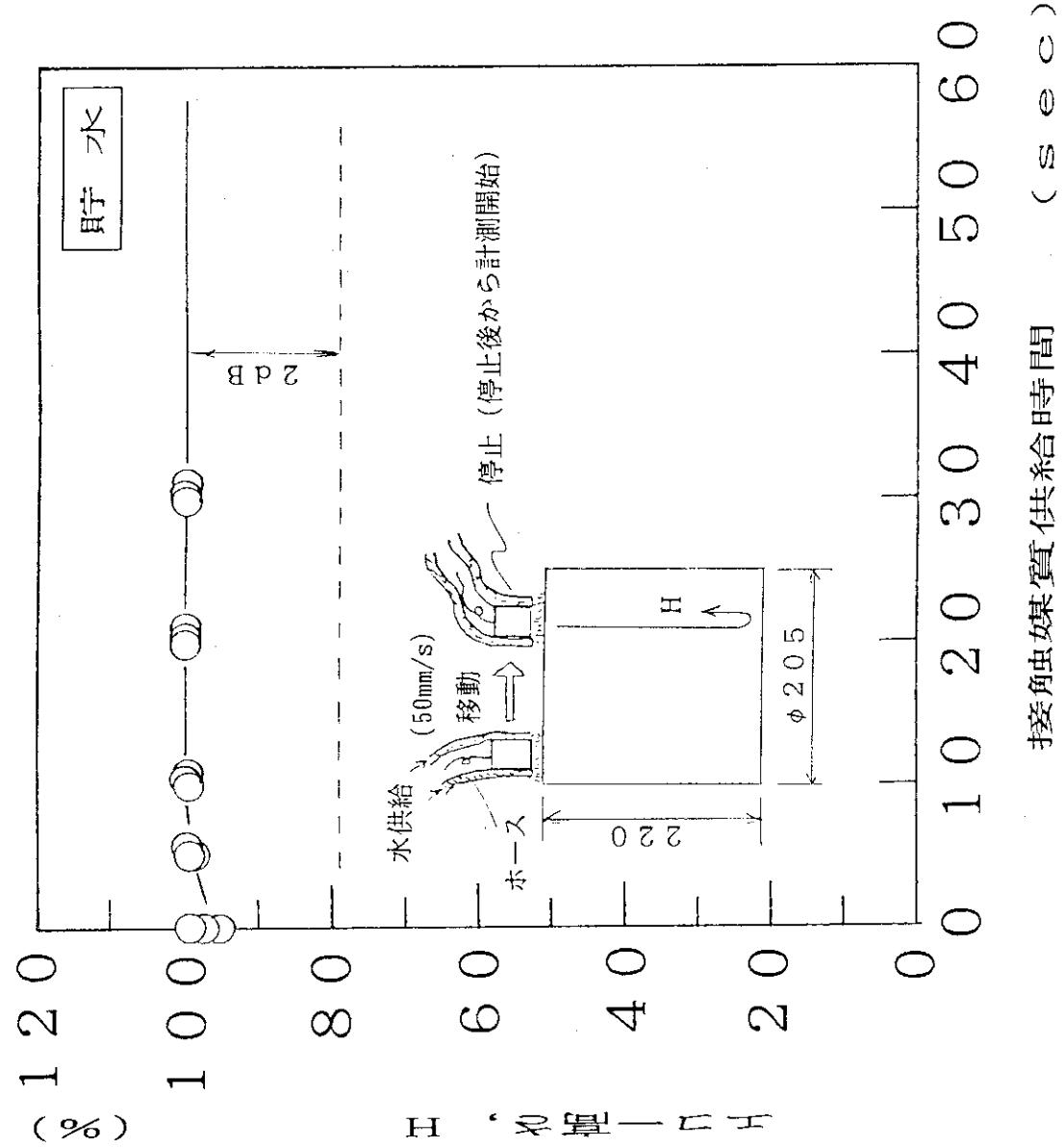
第3.5図 サポートポスト／シート探傷用スキャナの例



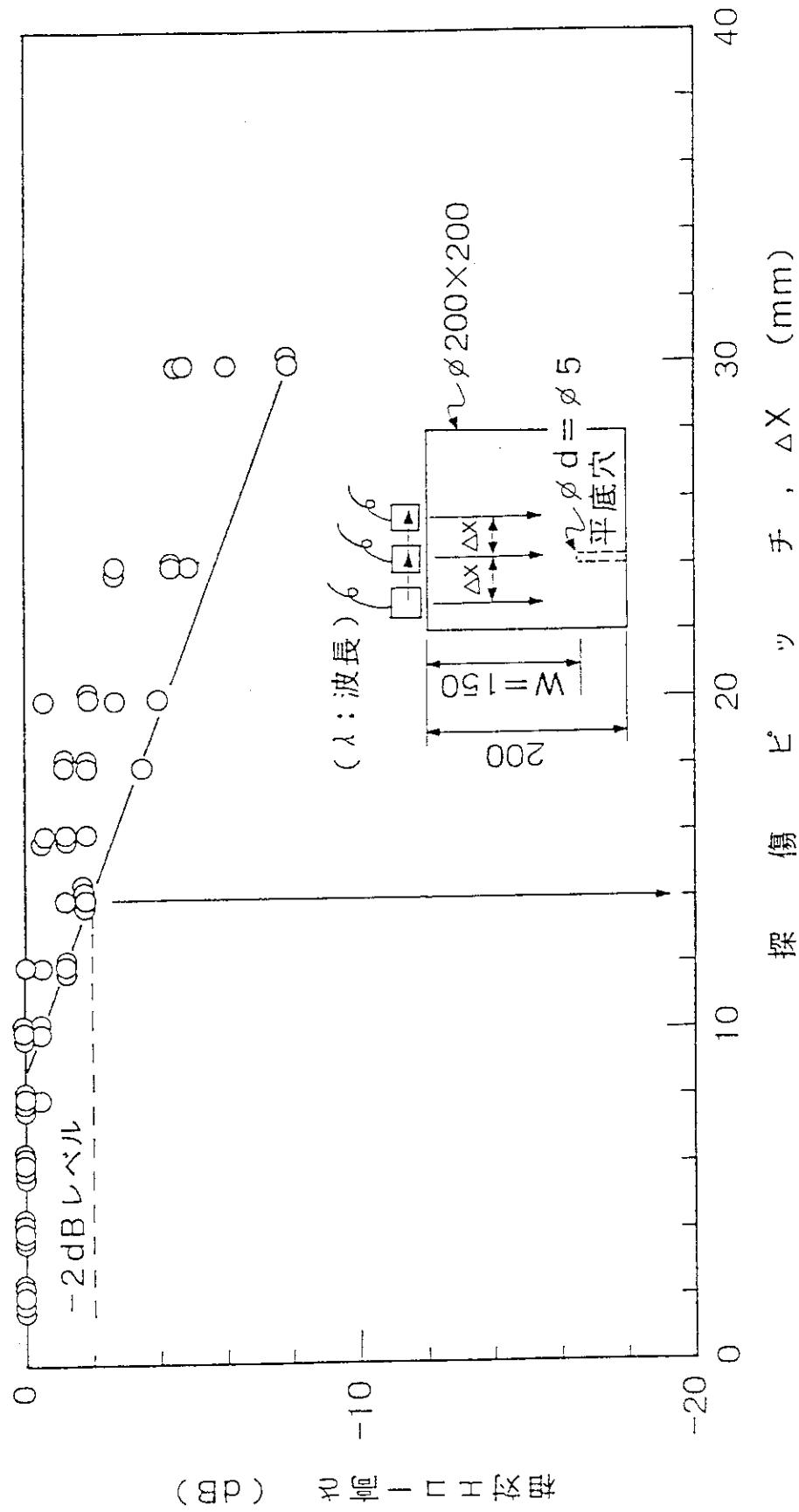
第3.6図 IC-110黒鉛材の接觸媒質連続供給における底面エコー高さとノイズエコー高さの変動状況



第3.7図 探触子を走査して固定した場合のエコー高さ変化(水道水)



第3.8図 探触子を走査して固定した場合のエコー高さ変化(貯水)



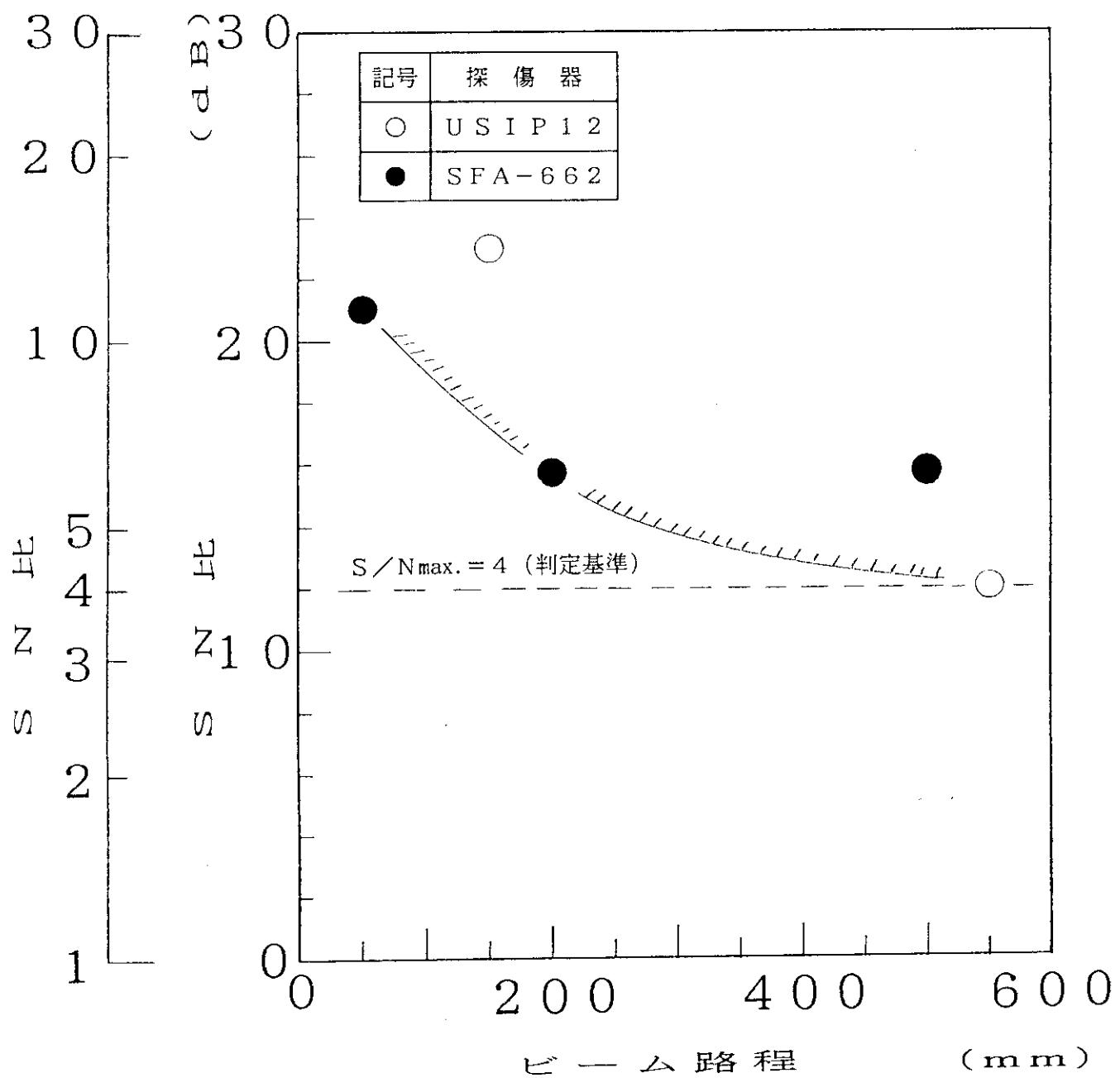
第3.9図 探傷ビッヂが欠陥エコー高さに及ぼす影響

#### 4. 超音波探傷試験の欠陥検出能力

検出可能な欠陥寸法の検討を行うために、第3.1図に示した個々の試験体におけるノイズエコー高さ及び直径 5mm の平底穴のエコー高さを調べ、直径 5mm の円形平面欠陥に対する S/N 比を調べた。

超音波探傷器及び探触子は、3.1 項に示したものを使用し、探傷は自動探傷スキャナによる方形走査により探傷を行った。

第4.1図は、直径 5mm の円形平面欠陥に対する S/N 比を求めたものである。これより、S/N 比はビーム路程が長くなるにしたがって低下する傾向にあるが、S/N 比 4 以上を欠陥エコーとして判定した場合、USIP 1.2 及び SFA - 6.6.2 のいずれの超音波探傷器を用いた場合にも、ビーム路程が約 600mm までの範囲で、直径 5mm の円形平面欠陥は検出可能となる。実機の探傷における最大ビーム路程が約 500mm 以下であることを考慮すると、これらの直径 5mm の円形平面欠陥は検出可能であると考えられる。



第4.1図 平底穴の探傷結果

## 5. おわりに

多孔質材料の黒鉛材料は金属材料と特性が異なるため、金属材料の超音波探傷検査基準をそのまま黒鉛材料に適用できない。このため、IG-110黒鉛素材の受入検査で行う超音波探傷試験の方法及び条件を明確にした。本試験方法は、HTTRで使用するIG-110黒鉛材料について、各種条件で実施した超音波探傷試験結果に基づいて策定した。

## 謝 詞

本報告をまとめるにあたり、有益な御助言を頂いた高温工学試験研究炉開発部 斎藤 伸三 部長及び田中 利幸 次長、燃料・材料工学部界面工学研究室 新藤 雅美 室長、高温工学部 石山 新太郎 副主任研究員並びに関係各位に深謝致します。

## 参 考 文 献

- (1) 高温工学試験研究炉の黒鉛構造設計方針、JAERI-M 89-006(1989).
- (2) 豊田 純二、伊与久 達夫、石原 正博、多喜川 昇、塙沢 周策：高温工学試験研究炉の黒鉛検査基準、JAERI-M 91-102(1991).
- (3) 伊与久 達夫、多喜川 昇、塙沢 周策、沢 和弘、辻 延昌、山田 邦貴、杉原 哲哉：高温工学試験研究炉の黒鉛検査基準における材料検査の検討、JAERI-M 93-002(1993).

## 5. おわりに

多孔質材料の黒鉛材料は金属材料と特性が異なるため、金属材料の超音波探傷検査基準をそのまま黒鉛材料に適用できない。このため、IG-110黒鉛素材の受入検査で行う超音波探傷試験の方法及び条件を明確にした。本試験方法は、HTTRで使用するIG-110黒鉛材料について、各種条件で実施した超音波探傷試験結果に基づいて策定した。

## 謝 詞

本報告をまとめるにあたり、有益な御助言を頂いた高温工学試験研究炉開発部 斎藤 伸三 部長及び田中 利幸 次長、燃料・材料工学部界面工学研究室 新藤 雅美 室長、高温工学部 石山 新太郎 副主任研究員並びに関係各位に深謝致します。

## 参 考 文 献

- (1) 高温工学試験研究炉の黒鉛構造設計方針、JAERI-M 89-006(1989).
- (2) 豊田 純二、伊与久 達夫、石原 正博、多喜川 昇、塙沢 周策：高温工学試験研究炉の黒鉛検査基準、JAERI-M 91-102(1991).
- (3) 伊与久 達夫、多喜川 昇、塙沢 周策、沢 和弘、辻 延昌、山田 邦貴、杉原 哲哉：高温工学試験研究炉の黒鉛検査基準における材料検査の検討、JAERI-M 93-002(1993).

## 5. おわりに

多孔質材料の黒鉛材料は金属材料と特性が異なるため、金属材料の超音波探傷検査基準をそのまま黒鉛材料に適用できない。このため、IG-110黒鉛素材の受入検査で行う超音波探傷試験の方法及び条件を明確にした。本試験方法は、HTTRで使用するIG-110黒鉛材料について、各種条件で実施した超音波探傷試験結果に基づいて策定した。

## 謝 詞

本報告をまとめるにあたり、有益な御助言を頂いた高温工学試験研究炉開発部 斎藤 伸三 部長及び田中 利幸 次長、燃料・材料工学部界面工学研究室 新藤 雅美 室長、高温工学部 石山 新太郎 副主任研究員並びに関係各位に深謝致します。

## 参 考 文 献

- (1) 高温工学試験研究炉の黒鉛構造設計方針、JAERI-M 89-006(1989).
- (2) 豊田 純二、伊与久 達夫、石原 正博、多喜川 昇、塩沢 周策：高温工学試験研究炉の黒鉛検査基準、JAERI-M 91-102(1991).
- (3) 伊与久 達夫、多喜川 昇、塩沢 周策、沢 和弘、辻 延昌、山田 邦貴、杉原 哲哉：高温工学試験研究炉の黒鉛検査基準における材料検査の検討、JAERI-M 93-002(1993).