

JAERI-M
8364

多目的高温ガス実験炉の供用期間中検査
— 実施可能性の検討 —

1979年8月

江崎 正弘・宮本 喜晟・武藤 康

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

多目的高温ガス実験炉の供用期間中検査

—実施可能性の検討—

日本原子力研究所 動力炉開発・安全性研究管理部

江崎 正弘・宮本 喜晟・武藤 康

(1979年7月10日受理)

多目的高温ガス実験炉の供用期間中検査 (ISI) の実施可能性を、本炉に関する第1次供用期間中検査指針ならびに第1次概念設計に基づき検討した。検査対象箇所への接近性および指針で要求されている試験法の技術的難易性の検討、ISI実施に必要な総人工数 (人・日) の試算ならびにISIに伴う作業員被曝の予測などがとり挙げられている。

この結果、指針の検査間隔 (不均等間隔; 3, 7, 10 年間) それぞれでの総人工数は約 2,000 人・日であり、その間の作業員被曝量は 500 人・rem であると予測し、この被曝をさらに低減すべく機器構造の改良点を示した。また、ISI技術の問題点として、中間熱交換器内部構造で障壁を形成する箇所での表面検査技術を挙げた。

これらの検討に基づき、実施可能と判断できるISI計画ならびに伴う構造設計上の要求を結論として示した。

In-Service Inspection of the Very High Temperature Gas-Cooled
Reactor - Feasibility Studies -

Masahiro EZAKI, Yoshiaki MIYAMOTO, and Yasushi MUTOO

Division of Power Reactor Projects, JAERI

(Received July 10, 1979)

For the guidelines of inservice inspection (ISI) and the first conceptual design of the Very High Temperature Gas-Cooled Reactor, ISI feasibility is described: accessibility to the location of inspection, practicability of examination methods, manpower for ISI, and ISI occupational radiation exposure.

Following are the results. About 2,000 man-days are required during each inspection interval (3, 7, 10 years respectively), with about 500 man-rem ISI occupational radiation exposure; this exposure may be lowered by advanced designs of components. There are some problems in the surface examination of pressure retaining welds of inner-bodies in an intermediate heat exchanger.

From the above, practicable ISI plans and associated structural design requirements are presented.

Keywords: In-Service Inspection, Manpower, Inspection Interval,
Accessibility, Radiation Exposure, Feasibility Study,
VHTR Plant

目 次

1. はじめに	1
2. 前提条件	1
2.1 試験時の接近性	1
2.2 探傷法	2
2.3 マニピュレータ	2
2.4 検査技術の難易性	7
3. 供用期間中検査の検討	17
3.1 検査対象箇所の調査	17
3.2 検査実施可能性の検討	17
3.2.1 実験炉のISIの作業量と被曝量	17
3.2.2 探傷技術の難易性	18
4. 供用期間中検査実施の為にプラント機器設計への要求事項	65
4.1 一般要求事項	65
4.2 実験炉構造ならびに機器設計に対する要求事項	73
4.3 保温材構造に対する要求	80
5. 結び	86
付録A 試験カテゴリ	88

C O N T E N T S

1. Introduction	1
2. Assumptions for feasibility studies.....	1
2.1 Accessibility to areas subject to examination	1
2.2 Examination method.....	2
2.3 Manipulator	2
2.4 Practicability of examination method	7
3. Feasibility studies of ISI	17
3.1 Areas subject to examination	17
3.2 Feasibility of examination	17
3.2.1 Manpower and radiation exposure for ISI	17
3.2.2 Discussion of examination methods	18
4. Structural design requirements from ISI.....	65
4.1 General requirements.....	65
4.2 Specific requirements to each component and the structure	73
4.3 Requirements to thermal insulator structure.....	80
5. Conclusion.....	86
(References)	
Appendix A:Examination categories.....	88

1. はじめに

多目的高温ガス実験炉（熱出力；50MW，原子炉出口冷却材温度 1,000°C，鋼製压力容器）の安全を保証するには，耐圧機器ならびにその支持構造物の溶接部の健全性を定期的に検査する供用期間中検査が不可欠である。この検査の内容を規定する「多目的高温ガス実験炉第1次供用期間中検査指針」⁽¹⁾が“trial use”の形式で公開されている。本報は，この指針に基づく多目的高温ガス実験炉第1次概念設計プラント⁽²⁾の供用期間中検査の実施可能性の検討報告であり，上記指針が要求する各検査箇所に対する試験実施可能性，適用する探傷法，概略の工数などについてまとめるとともに，実験炉の構造設計に対し供用期間中検査を実施する立場からの要求事項を明らかにした。

試験可能性については，試験対象箇所の環境条件（対象物表面温度，同表面線量率，雰囲気温度，接近性など）ならびに具体的な対象部近の形状，材質および長さ（または個数）から判断した評価結果を示す。探傷法については，前述の指針が要求する試験方法に合わせ設定し，その結果を踏えて自動化の必要度，マニピュレータへの要求機能（要求仕様）を明らかにする。供用期間中検査に必要とする概略工数は，上記環境条件ならびに探傷法に基づき，試験を行った場合の作業量を示す。

以上の評価作業で，既存の試験機器で十分な探傷ができない場合は，R & Pで解決すべき事項として採り上げ，現状技術から観た位置づけおよび開発必要期間について触れた。

なお，この供用期間中検査の検討は，昭和51年3月に「多目的高温ガス実験炉の供用期間中検査システム設計」として三菱重工業株式会社と契約した設計から始まった。この契約に基づくシステム設計は，その後検査指針の改訂⁽¹⁾，機器設計の変更⁽²⁾ならびに通常時の安全性評価の進展⁽³⁾に伴い加筆訂正され，本報としてまとめられた。

2. 前提条件

供用期間中検査指針⁽¹⁾に基づき，多目的高温ガス実験炉の構成機器の検査対象箇所（具体的に部位名で示す）に関して，部位の特徴（形状，材質および溶接線長さまたは個数），試験のカテゴリ（付録A参照），試験箇所の環境条件，探傷法および概略工数などについて検討する。

この検討の前提条件（検査対象部位ならびに試験環境条件など）は多目的高温ガス実験炉第1次概念設計等^{(2), (3)}に基づき設定され，かつ検討を容易にするために次に示す事項を設定した。

2.1 試験時の接近性

次の3つのクラスで分類する。

A；I S I時に接近でき，探傷は手動にて実施可能な環境であり，機器表面での線量率が

1. はじめに

多目的高温ガス実験炉（熱出力；50MW，原子炉出口冷却材温度 1,000°C，鋼製圧力容器）の安全を保証するには，耐圧機器ならびにその支持構造物の溶接部の健全性を定期的に検査する供用期間中検査が不可欠である。この検査の内容を規定する「多目的高温ガス実験炉第1次供用期間中検査指針」⁽¹⁾が“trial use”の形式で公開されている。本報は，この指針に基づく多目的高温ガス実験炉第1次概念設計プラント⁽²⁾の供用期間中検査の実施可能性の検討報告であり，上記指針が要求する各検査箇所に対する試験実施可能性，適用する探傷法，概略の工数などについてまとめるとともに，実験炉の構造設計に対し供用期間中検査を実施する立場からの要求事項を明らかにした。

試験可能性については，試験対象箇所の環境条件（対象物表面温度，同表面線量率，雰囲気温度，接近性など）ならびに具体的な対象部近の形状，材質および長さ（または個数）から判断した評価結果を示す。探傷法については，前述の指針が要求する試験方法に合わせ設定し，その結果を踏えて自動化の必要度，マンピュレータへの要求機能（要求仕様）を明らかにする。供用期間中検査に必要とする概略工数は，上記環境条件ならびに探傷法に基づき，試験を行った場合の作業量を示す。

以上の評価作業で，既存の試験機器で十分な探傷ができない場合は，R & Pで解決すべき事項として採り上げ，現状技術から観た位置づけおよび開発必要期間について触れた。

なお，この供用期間中検査の検討は，昭和51年3月に「多目的高温ガス実験炉の供用期間中検査システム設計」として三菱重工業株式会社と契約した設計から始まった。この契約に基づくシステム設計は，その後検査指針の改訂⁽¹⁾，機器設計の変更⁽²⁾ならびに通常時の安全性評価の進展⁽³⁾に伴い加筆訂正され，本報としてまとめられた。

2. 前提条件

供用期間中検査指針⁽¹⁾に基づき，多目的高温ガス実験炉の構成機器の検査対象箇所（具体的に部位名で示す）に関して，部位の特徴（形状，材質および溶接線長さまたは個数），試験のカテゴリ（付録A参照），試験箇所の環境条件，探傷法および概略工数などについて検討する。

この検討の前提条件（検査対象部位ならびに試験環境条件など）は多目的高温ガス実験炉第1次概念設計等^{(2), (3)}に基づき設定され，かつ検討を容易にするために次に示す事項を設定した。

2.1 試験時の接近性

次の3つのクラスで分類する。

A；ISI時に接近でき，探傷は手動にて実施可能な環境であり，機器表面での線量率が

100 mrem/hr 以下である。

B ; I S I 用検査機移動用レールを予め設置し、検査機の脱着のみが可能な環境であり、探傷は自動的に行われる。機器表面での線量率が 100 ~ 200 mrem/hr である。

C ; 人間が検査対象に近寄ることが原則として許可されず、遠隔にて検査機の移動、脱着ならびに探傷を行う。機器表面での線量率が 200 mrem/hr 以上である。

2.2 探傷法

次の8つの探傷法の利用を前提とする。

RT ; 放射線透過試験法

UT ; 超音波探傷法

MT ; 磁粉探傷試験法

ECT ; 過電流探傷法

VT ; ITV (テレビ装置) 等による間接又は直接目視試験法

ERT ; 電気抵抗探傷法

PT ; 液体浸透試験法

2.3 マニピュレータ

試験に用いるマニピュレータとして次の9つの型式の利用を前提とする。

(1) 鏡貫通部溶接線探傷用マニピュレータ (施回ならい型 -1型-)

1) 基本的条件

- ① 燃料交換貫通部にあらかじめ円周レールを設ける。
- ② ツール搬送用レールを取りつけておく。
- ③ 搬送レールへの装着が人手で可能である。(2m^w × 3m^ℓ × 2m^Hのスペース)

2) 概要(原子炉圧力容器上鏡貫通部溶接線) - 探傷法 UT -

ツール搬送用レールに装着した搬送装置には、Fig 2. 3. 1 に例を示す通り、遠隔操作装置が取り付け可能であり、被探傷貫通部に運ばれる。ここで遠隔操作装置はピストンによって下降し、円周レールに装着される。その後チャックを解放すると、遠隔操作装置は貫通部回りを施回する(θ動作)。また、探触子は送りネジとガイド軸により(Z動作)に動き、溶接部全域を探傷する。

また、圧力容器本体と貫通部との溶接線は、3次元ならいを要する。したがって、遠隔操作装置の先端に、更に2自由度を有するトランスデューサベースを取りつける。

一つの貫通部が終ると、チャックによって円周レールにより取りはずし、他の貫通部に案内する。

3) 概略仕様

- ① 装置重量 : 30 kg
- ② 形状寸法 : 200^w × 200^ℓ × 500^H

- ③ 施 回 : θ 軸 $0 \sim 360^\circ$
- ④ 上下ストローク : Z 軸 400 mm
- 4) その他
貫通部への接近が可能であれば、遠隔操作装置の取り付けは、人によることも可能。
- (2) フランジリガメント探傷用マニピュレータ (直角座標施回型 - 2 型 -)
- 1) 基本条件
- ① 容器上蓋は取りはずせるものとする。
- ② 装置装着時には、人がリガメント部に近よれるものとする。
- ③ 吊り込みクレーンが設置されるものとする。(5 ton 程度)
- 2) 概要 (圧力容器フランジリガメント) - 探傷法 UT -
- Fig.2.3.2 に示すようにフランジ締めつけ用ボルト穴を利用して、3本のレール固定用ボルトを、R/V に装着する。その後組み立ての完了した探傷装置をクレーンに吊り下し、ボルトに固定する。円周レールには施回キャリッジがあり、レール上を施回 (θ 動作) する。またキャリッジには、上下動用の送りネジがあり、モータによって X 軸駆動ボックスが移動 (Z 動作) をする。この θ 、Z、X の操作により、リガメント部の走査が可能となる。
- この場合、カプラントのシール (原子炉圧力容器内へカプラントが流れないため) を必要とするため、内側の探傷に若干の開発項目がある。
- 3) 概略仕様
- ① 装置重量 : 2 ton
- ② レール径 : 4.5 m
- ③ Z ストローク : 300 mm
- ④ X ストローク : 800 mm
- ⑤ θ 軸動作 : $0 \sim 360^\circ$
- (3) 圧力容器胴部溶接線探傷用マニピュレータ (有軌道自走型 - 3 型 -)
- 1) 基本条件
- ① あらかじめ溶接線に沿った軌道を設置すること。
- ② シャヘい壁に搬入口 (550 ϕ) を設けること。個数は溶接線と同数とする。
- 2) 概要 (R/V 垂直および円周溶接線) - 探傷 UT -
- Fig.2.3.3 に例を示す如く、搬入口より挿入された移動キャリッジは、ガイドレール上を移動する。動力は X 軸駆動用モータによっており、ガイドレールに設けられたチェーン、およびキャリッジ上のスプロケットを組み合わせ、X 動作となる。
- また、キャリッジには X 軸 (軌動方向) と垂直方向に、スライドするトランスデューサベースがあり、Y 軸駆動用モータによって移動する。
- 上記 2 方向 (X 軸、Y 軸) によって、必要な溶接線部を探傷できる。
- R/V 長手方向と周方向は、軌道方向を違えるだけで可能である。但し、搬入口より軌道にキャリッジを装着する方向が互いに直交するので、取付用の治具は 2 種類必要となる。またトランスデューサベースも曲率補正を行う必要がある。

3) 概略仕様

- ① 装置重量 : 40 kg
- ② 形状寸法 : $200^W \times 300^L \times 400^H$
- ③ Y軸ストローク : 300 mm

(4) 圧力容器胴貫通部溶接探傷用マニピュレータ (施回ならい型 - 4型 -)

1) 基本条件

- ① 装着時に人が作業できるスペースがあること。
- ② 保温材は、装着取付部も含めて取りはずせること。
- ③ 探傷部分のパイプは溶接部センタより2mは直管である。

2) 概要 (原子炉圧力容器計測用スタンド・パイプ溶接線) - 探傷法UT -

Fig. 2. 3. 4に例を示す如く、2分割にしたレールをスタンド・パイプに取り付け、その上に施回騒動部を載せる。レールにはラックが設けてあり、施回動作 (θ 軸) が可能である。また、トランスデューサベースは、スライド用送りネジによって、水平方向に移動する。(X軸動作)

配管部はこの方法で探傷できるが、圧力容器とスタンド・パイプ取付溶接部はくら形となるため、ローラを被検面におしあてて探傷する方法 (2自由度の追加) とする必要がある。

3) 概略仕様

- ① 装置重量 : 50 kg
- ② 形状寸法 : $600^W \times 1,000^L$
- ③ X軸ストローク : 800 mm
- ④ 施回角 θ : $0 \sim 360^\circ$

注) (1) 圧力容器取付溶接部と配管溶接部の2種の装置が必要。

(2) 再現性を明確にするために、取付部に合マーク等を有するのが望ましい。

(5) 炉内構造物の支持構造物溶接線探傷マニピュレータ (多関節アーム型 - 5型 -)

1) 基本条件

- ① R/V下部鏡中心に400 ϕ の搬入口を設ける。
- ② ヘリウム雰囲気を破らないためのヘリウムチャンバ ($3m^W \times 3m^L \times 5m^H$) を設ける。
- ③ 内部ヘリウム圧力は常圧とする。

2) 概要 (炉内構造物の支持構造物溶接線) - 探傷法目視 -

Fig. 2. 3. 5に例を示す如く、マンホール部に取りつけた支持アームは、騒動モータによって施回する (θ 動作)。また、支持アーム先端には、首振り動作 (φ 動作) を有するアームI, IIを直線状にして挿入するためのものである。アームIIはアームIに取りつけられ施回 (α 動作) する。

以上 $\theta - \alpha - \varphi$ を組み合わせることにより、圧力容器底部を貫通する2本のパイプをさけながら、先端のITVによって探傷ができる。

3) 概略仕様

- ① 装置重量 : 40 kg
 - ② 形状寸法 : $300^\circ \times 1,500^\ell$ (アーム I, II)
 - ③ 施回角 θ : $0 \sim 360^\circ$
 - ④ 施回角 α : $0 \sim 360^\circ$
 - ⑤ 首振り角 φ : $0 \sim 120^\circ$
- (6) 容器鏡部ノズル溶接線探傷用マニピュレータ (施回伸縮型 - 6型-)

1) 基本条件

- ① 装着時に人が作業できるスペースがあること。
- ② 組み立て用のクレーン等を有すること。
- ③ 保温材は装着取付部も含めて、取りはずせること。(溶接線をはさんで鏡側に 2 m, 二重管側 2 m)

2) 概要 (原子炉圧力容器入口ノズル溶接線) - 探傷法 UT -

Fig. 2. 3. 6に例を示す如く、配管上に取りつける施回用大歯車は2分割になっており、取付輪を用いて管に固定できる。フィクスチャは、施回騒動モータによって施回 (θ 動作) する。フィクスチャには送りねじとガイドパイプがあり、キャリッジを往復 (R 動作) させる。トランスデューサベースはキャリッジ先端に設けられるが、曲率の変化およびキャリッジと被検面距離の変化に追従するために、ならい機構 (Z , φ 動作) を付加する。

3) 概略仕様

- ① 装置重量 : 150 kg
- ② 形状寸法 : $2,000^\circ \times 1,000^\ell$
- ③ 施 回 : $\theta = 0 \sim 360^\circ$
 $\varphi = \pm 15^\circ$
- ④ スライドストローク : $R = 600 \text{ mm}$
 $Z = 500 \text{ mm}$

4) その他

取付用合マークにより再現性を確保する。

(7) 熱交換器伝熱管母材探傷用マニピュレータ (多関節アーム型 - 7型-)

1) 基本条件

- ① 上部に2個の搬入口部断熱材は取りはずせること。
- ② 伝熱管と壁部 (もしくは断熱材部) との最小距離 100 mm。
- ③ 吊り込み用クレーン等を有すること。

2) 概要 (伝熱管母材) - 探傷法 ECT -

Fig. 2. 3. 7に例を示す如く、搬入口に取りつけられた回転アームの先端は、施回動作 θ , および伏仰動作 φ を行う。したがって支持柱に取りつけた伸縮ロッドも施回する。このロッドは伸縮 (R 動作) し、管板面との距離を一定に保つ。

原理的には、上記 θ , φ , R で全ての管板面走査できる。しかし容器中心部の配管が障害

となるので、これを避けるために、伸縮ロッドの先端は、施回（ α 動作）アームとし、先端にセンサ案内用の案内管を設置する。

施回アームは、管板に対して一定角度とする必要があるので、アーム φ の変化に応じて、首振り（ β 動作）させる。案内管にはセンサのガイドチューブを取付け、搬入口部でヘリウムをシールした後、ヘリウムチャンバ内に導びく。挿引装置は、このチューブの端に設けられ、センサを挿引する。

3) 概略仕様

- ① 装置重量 : 100 kg
- ② 自由度 : $\theta = 0 \sim 360^\circ$
 $\varphi = 0 \sim 90^\circ$
 $\alpha = \pm 90^\circ$
 $\beta = \pm 180^\circ$
 $R = 600 \text{ mm}$

4) その他

- ① ヘリウム雰囲気を完全に保つためには、挿引装置を含め全てをチャンバ内に入れる必要がある。
- ② 装置目視用としてITVを用いる。

(8) 配管円周溶接線探傷用マニピュレータ（二重テレスコープ型 - 8型-）

1) 基本条件

- ① 配管に近接し、あらかじめ配管長手方向に沿ってガイドレールが敷設できるものとする。
- ② 保温材は溶接部付近1mに渡って取りはずせるものとする。

2) 概要（二重配管円周溶接線）-探傷法UT-

Fig. 2.3.8に示す如く、ガイドレールに沿って自走する台車上にマニピュレータを取り付け、このマニピュレータを台車スペース内で二重配管長手方向に移動させると共に、二重配管に倣わせる機構を有する。マニピュレータは円弧状をしており、二重テレスコープ方式により円周方向に移動しうる。探傷時マニピュレータは二重配管と同心に倣い機構によって保持され、二重配管長方向及び円周方向に移動する。

3) 概略仕様

- ① 台車騒動範囲 : ガイドレール長さ範囲内
- ② 倣い機構ストローク : 40 mm
- ③ 長手方向ストローク : 200 mm
- ④ 円周方向ストローク : $\pm 180^\circ$
- ⑤ 重量 : 250 kg

4) その他

人が容易に接近でき、取付け場所が確保されれば、マニピュレータを配管に取り付けることも可能。（溶接線毎に取付け、取はずしを行う）

(9) 配管ライナ&断熱材探傷用マニピュレータ（無軌道自走式 - 9型）

1) 基本条件

- ① ライナよりの引き出し口を有し、ヘリウム雰囲気を破らず機器を搬入できること。
- ② ヘリウム圧力は常圧とする。
- ③ 装置装着用スペースおよびヘリウムチャンバ（ $2m^{\phi} \times 4m^{\ell}$ ）が必要。

2) 概要（二重配管ライナー）-探傷法目視-

Fig.2.3.9に例を示す如く、挿入治具によって、内管に挿入された装置は、騒動モータによってライナ内を自走する。動輪はテンションアームにより、ライナ壁に密着し、その摩擦力によって装置は自走する。

装置先端は、施回ミラーとなっており、探傷ボックス内に内蔵されたITVカメラで、ライナ面を目視することができる。

また装置は、中央部がピン構造となっているので、管の曲り部も通過できる。

更に探傷ボックス内に放射源を有することにより、断熱材のRTも可能となる。

3) 概略仕様

- ① 装置重量 : 30 kg
- ② 形状寸法 : $200^{\phi} \times 400^{\ell}$
- ③ 施回ミラー : $0 \sim 360^{\circ}$

4) その他

- ① 挿入距離、施回角度を知るためのマークを、ライナ内に設けることにより目視位置を正確に把握することができる。
- ② ヘリウム雰囲気を破らずに装置を挿入する装置の開発を必要とする。

2.4 検査技術の難易性

軽水型発電炉の現有の検査技術の到達度を基準に次に示す3つの検査技術の難易性で検討する。

難易度〔I〕；軽水型発電炉の現有のISI技術又は類似の技術であり、VHTR用に確立すればよい技術。

難易度〔II〕；現有のISI技術の改良で適用可能な技術であり、1～2年のR&Dで適用が可能と判断される技術。

難易度〔III〕；現有のISI技術にない技術であり、かつ技術的困難性が伴ない長期間のR&Dが必要と判断される技術。

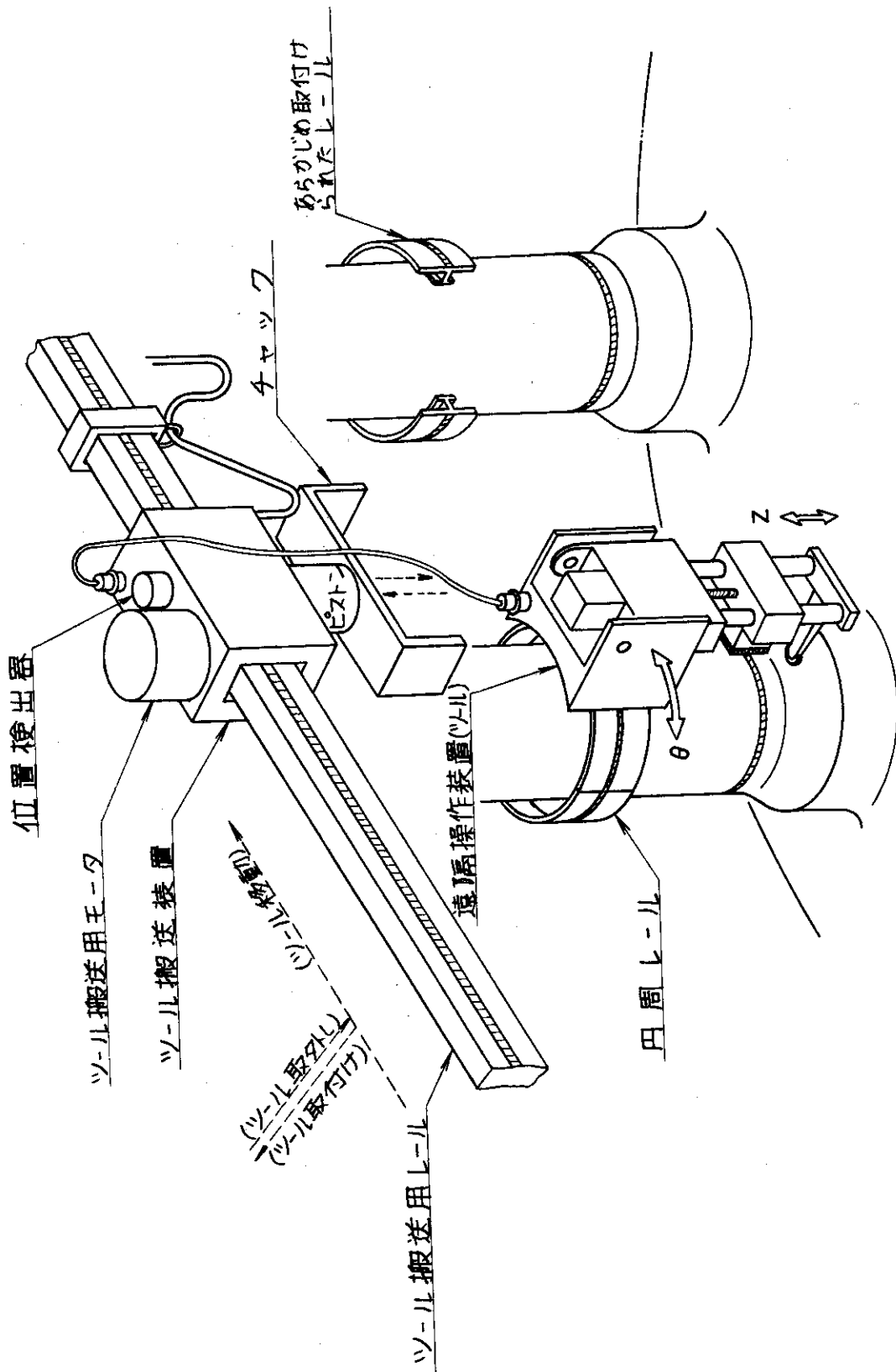


Fig. 2.3.1 鏡貫通部溶接線探傷用マニピレータ概念図

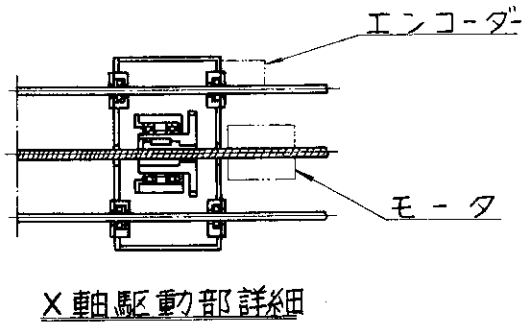
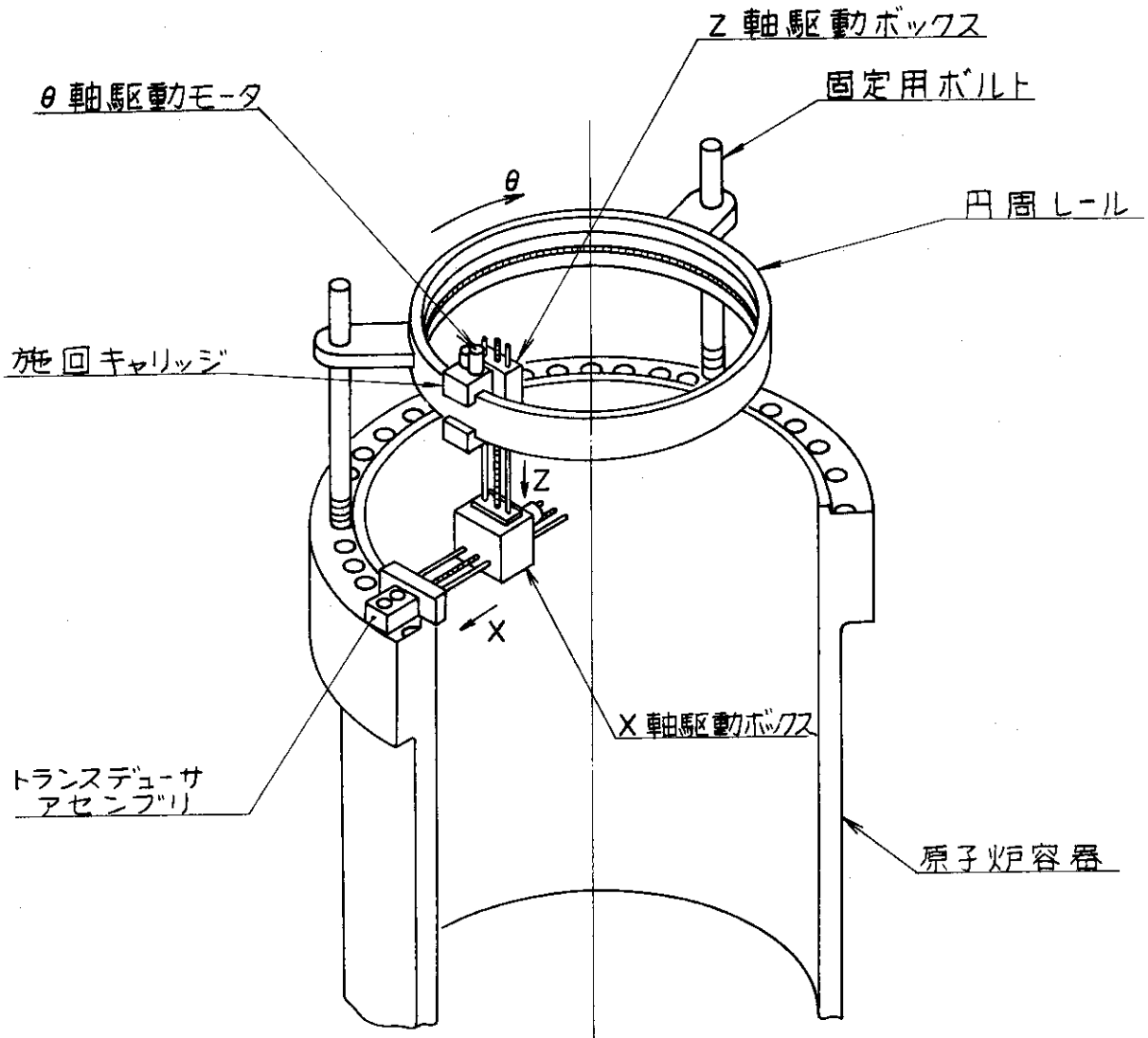


Fig. 2.3.2 フランジリガメント探傷用マニピレータ概念図

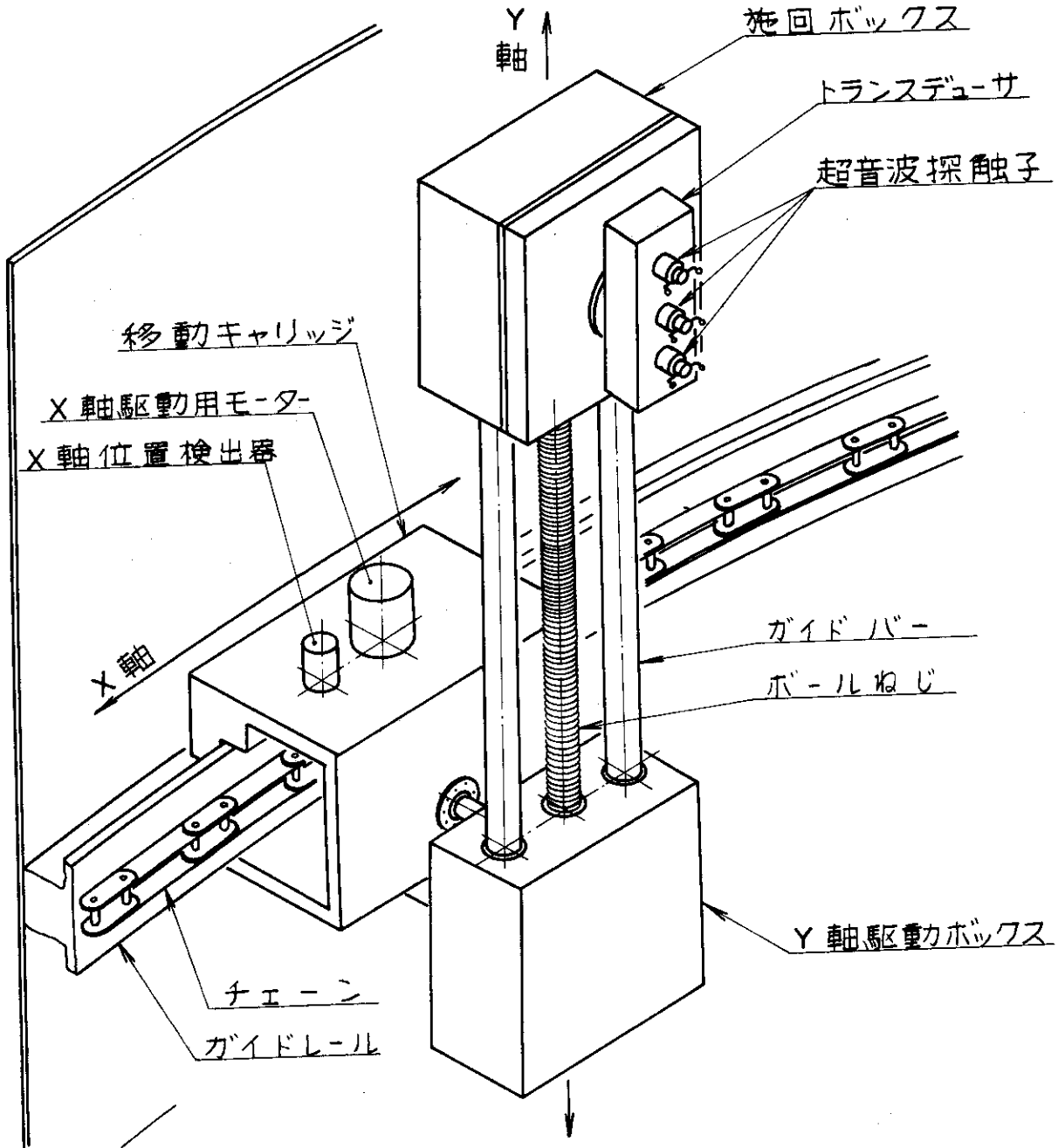


Fig. 2.3.3 圧力容器胴部溶接線探傷用マニピレータ概念図

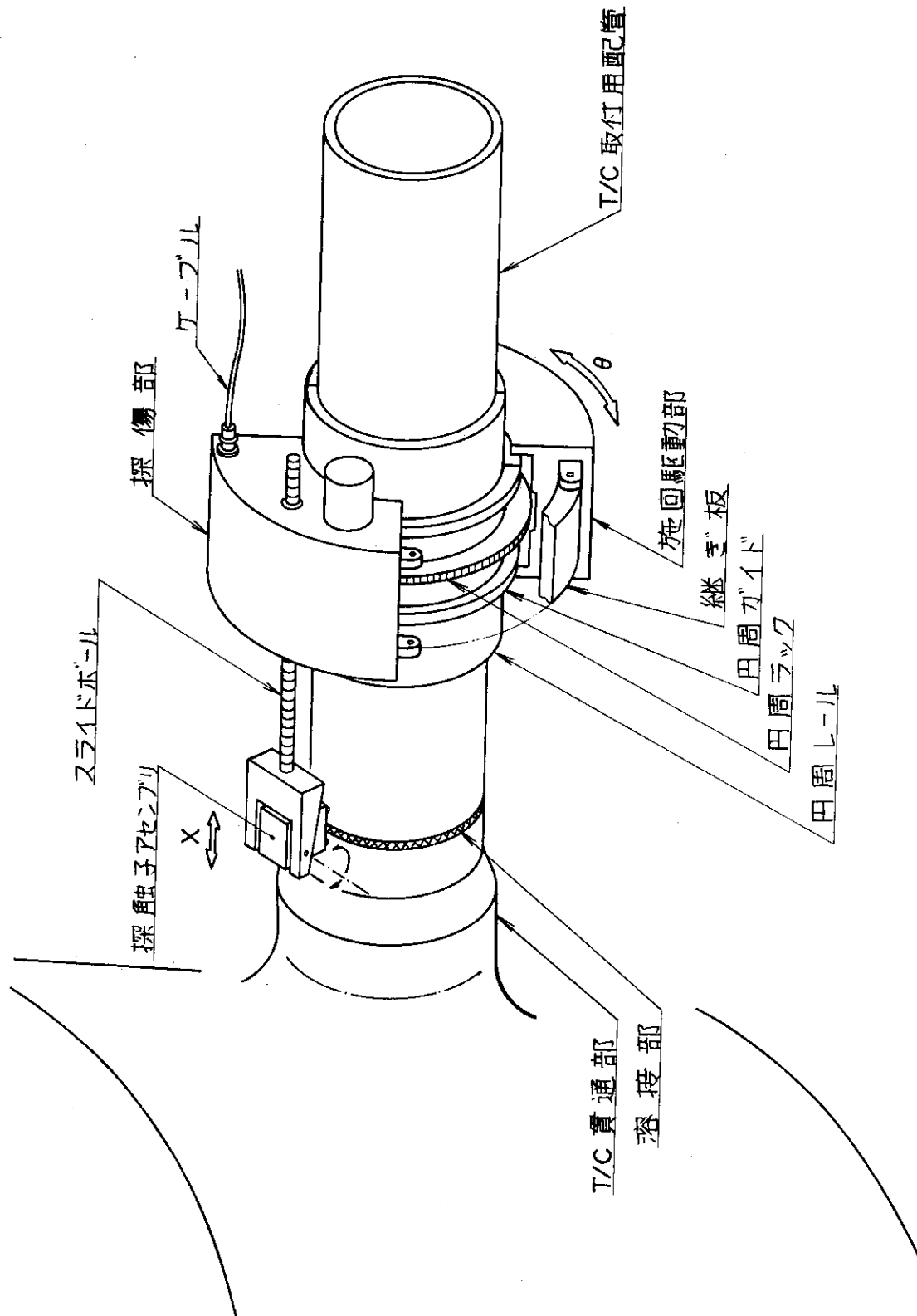


Fig. 2.3.4 圧力容器貫通部溶接線探傷用マニピレータ概念図

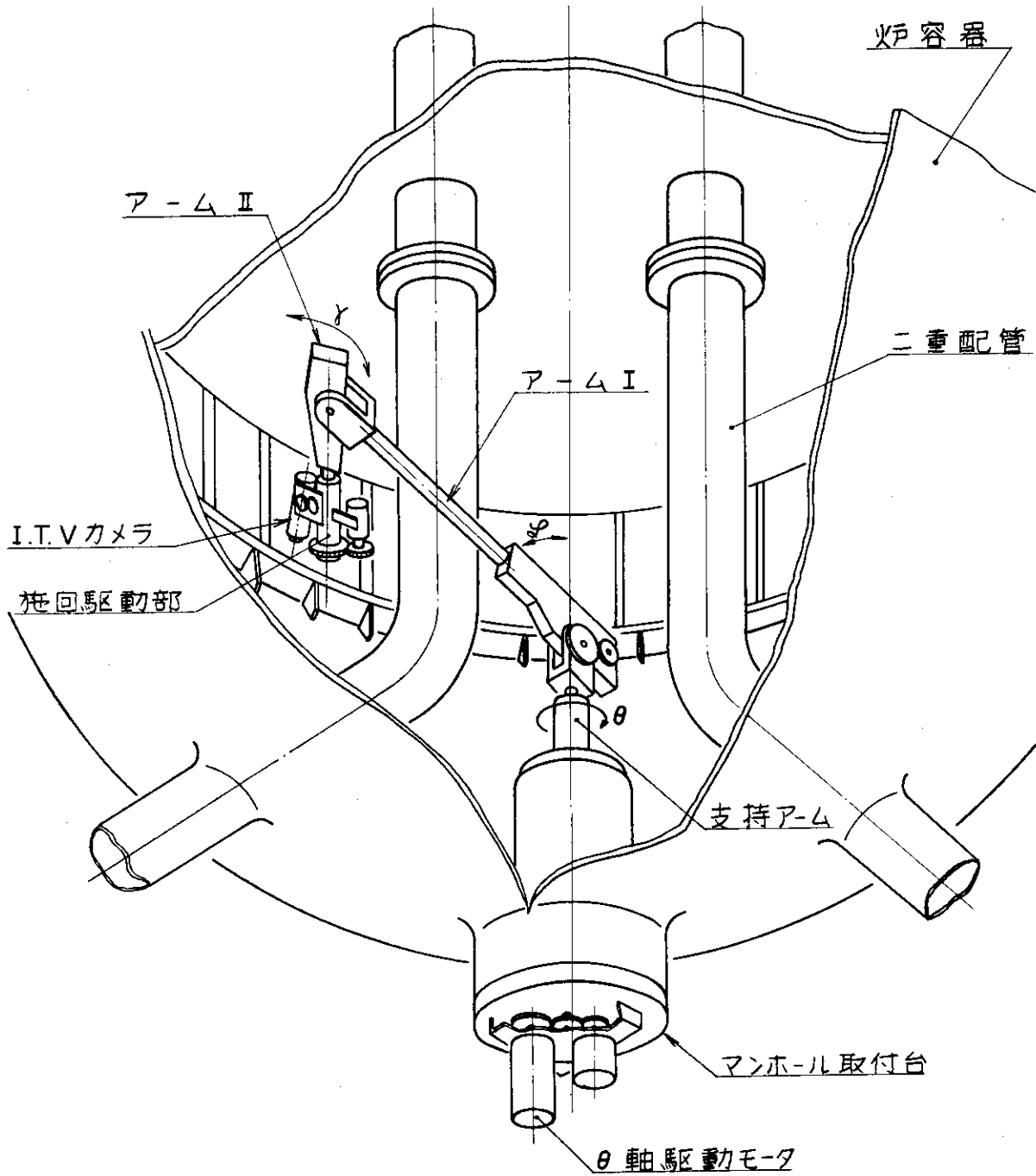


Fig. 2.3.5 炉内構造物の支持構造物溶接線探傷用
マニピレータ概念図

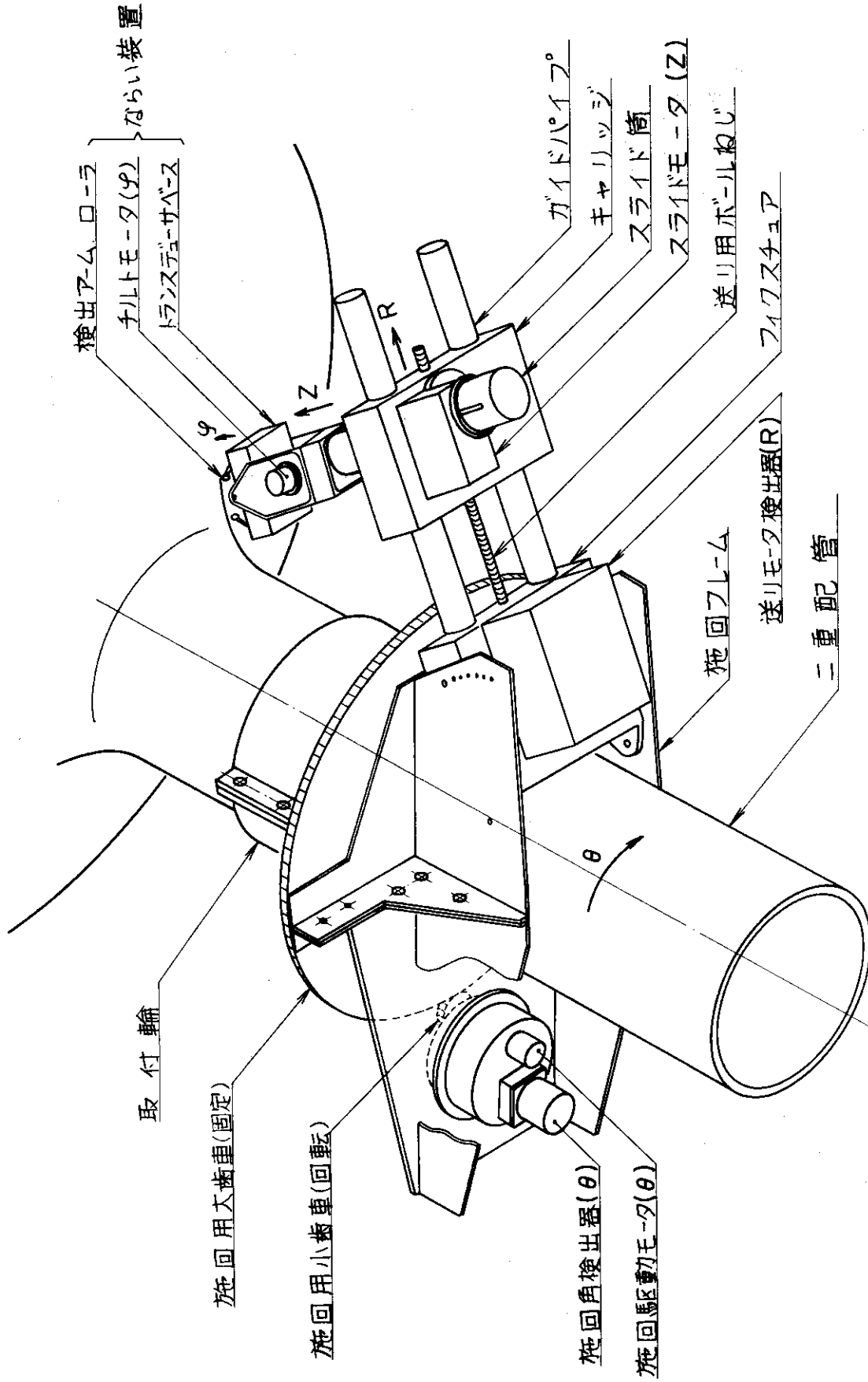


Fig. 2.3.6 容器鏡部ノズル溶接線探傷用マニピュレータ概念図

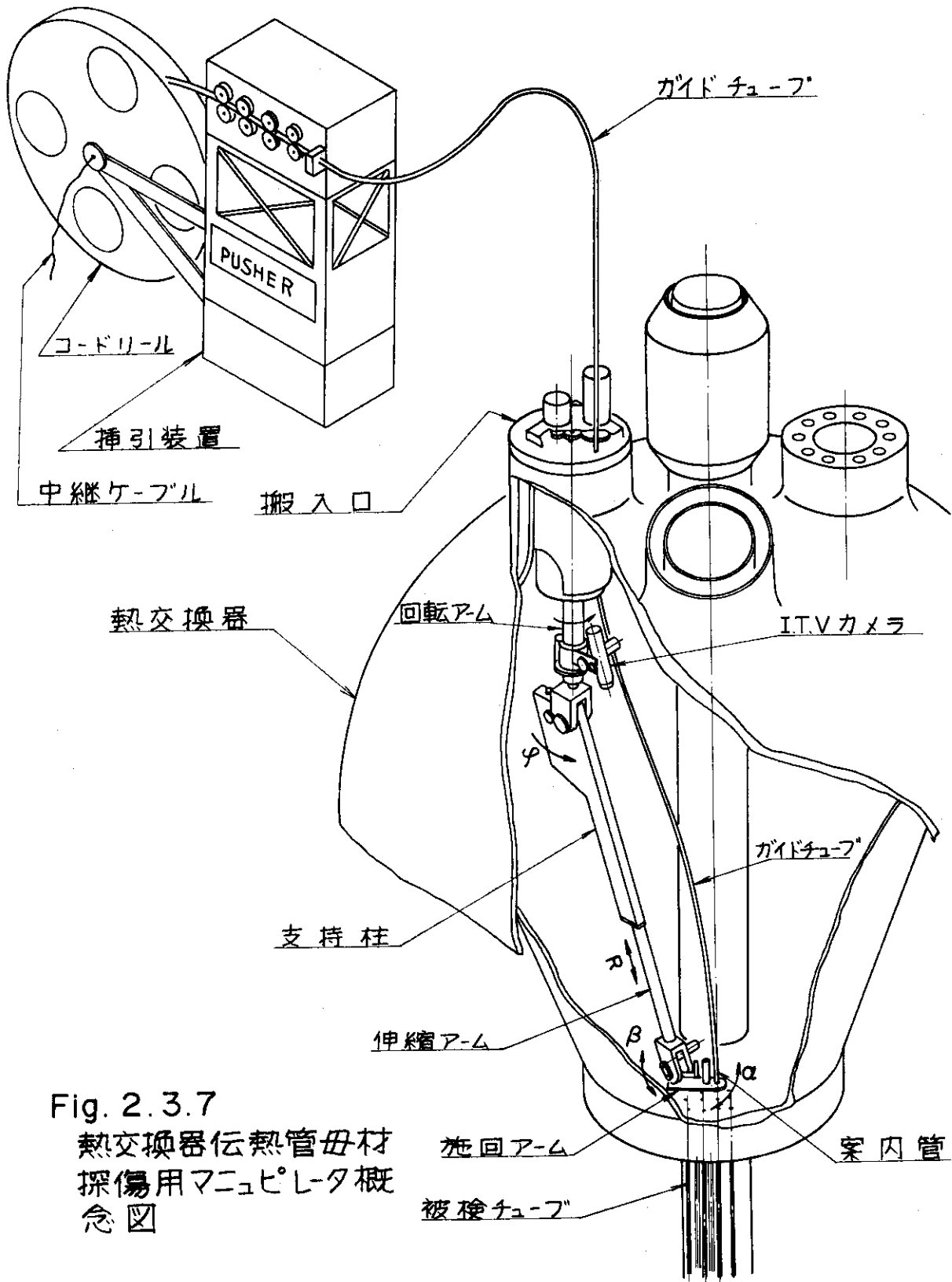


Fig. 2.3.7
 熱交換器伝熱管母材
 探傷用マニピレータ概
 念図

Fig. 2.3.7 熱交換器伝熱管母材探傷用マニピレータ概念図

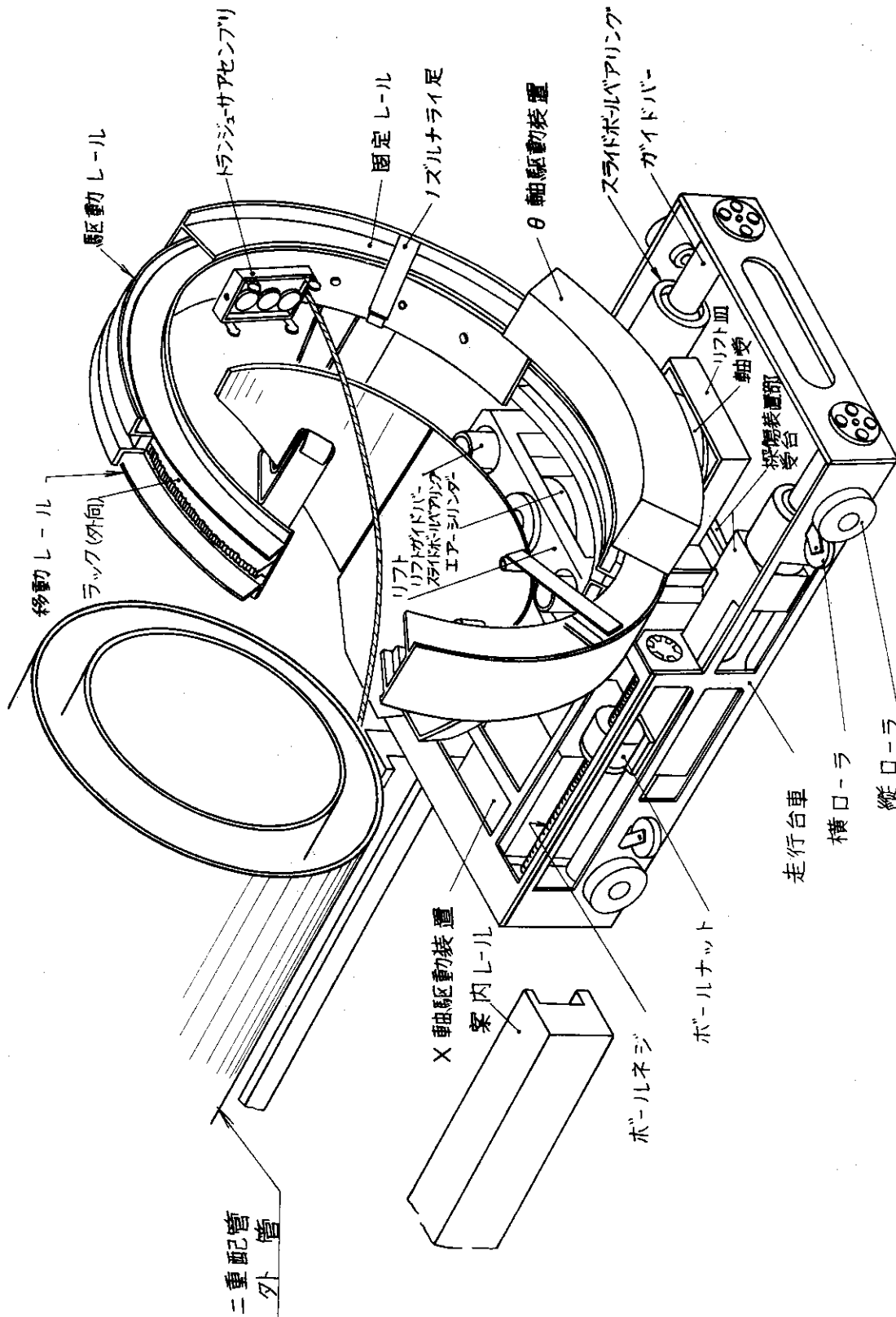


Fig. 2.3.8 配管円周溶接線探傷用マニピレータ概念図

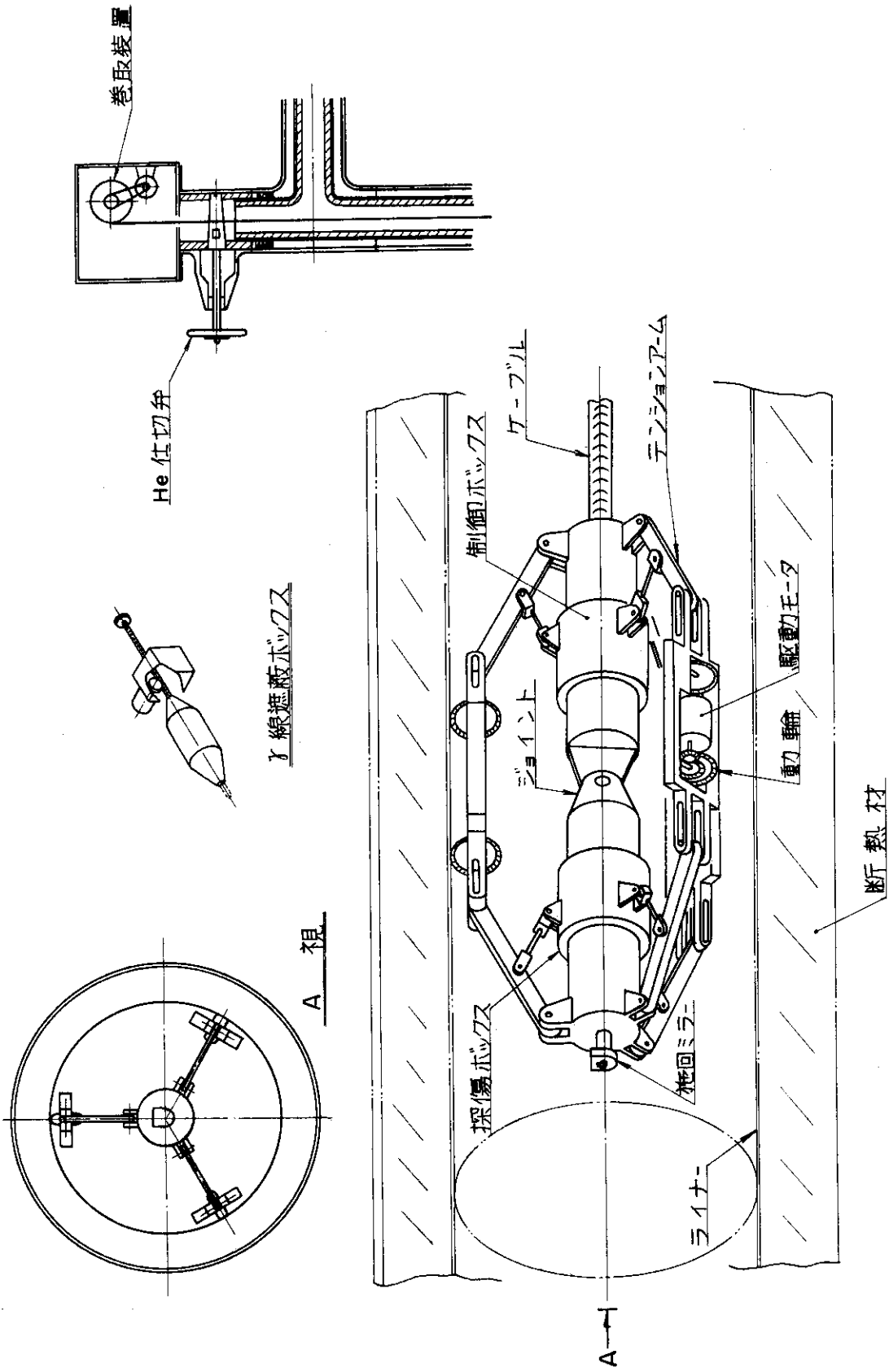


Fig. 2.3.9 配管円周溶接探傷用マニピレータ概念図

3. 供用期間中検査の検討

3.1 検査対象箇所の調査

多目的高温ガス実験炉プラントに関する供用期間中検査対象箇所のそれぞれについての調査結果を Table 3.1.1 に示す。ここで示す試験カテゴリならびに安全クラスは供用期間中検査指針⁽¹⁾に従う。なお、それらに関する抜粋を付録Aにレビューしたので参照されたい。

また、検査対象部位の作業環境の推定は、実験炉プラントの機器表面線量の推定を文献(3)に、作業場温度などを文献(2)に基づき行われており、次の条件下で行われている。

- (1) 高放射能環境下の作業場所の線量設定は少なくとも原子炉停止後1ヶ月の冷却が行われた後を想定する。
- (2) 原子炉圧力容器のISIは、炉の燃料が総て取り出されているか又は新燃料に交換された状態で実施する。
- (3) 中間熱交換器などの内部構造（伝熱管、管盤を含む）のISI時にはマンホールが開かれていることとする。

とくに、上記(3)の前提条件は中間熱交換器の内部構造の試験時の環境を悪くしていることに注意されたい。

3.2 検査実施可能性の検討

3.2.1 実験炉のISIの作業量と被曝量

前節3.1に示したTable 3.1.1の結果に基づき、ISIの作業量（人工数）を推測した結果をTable 3.2.1に示す。すなわち、検査プログラムTable 3.2.2に示す検査回数当り約1,997人・日の作業量が必要と考えられる。しかし、Table 3.2.1中の系統の1次純化系および後備冷却系に関してはISI指針⁽¹⁾の「2.1.2又は3.1.2の試験対象機器」の規程に示される「(2)試験免除機器」に該当させうることも考えられ、この場合の総作業量は1,850人・日に減少する。

この作業に伴う作業員被曝を予測した結果をTable 3.2.3に示す。この作業員被曝の予測はTable 3.1.1に示す各々のISI対象部位の線量率の予測値に基づくと共に、次の仮定を設けている。

- (1) 自動化装置による試験実施時の作業員被曝時間は装置準備ならびに復旧作業時のみであり、かつその期間の $\frac{1}{3}$ の時間内に抑えうる。
- (2) 遠隔手動による試験実施時の被曝時間を、試験作業時間（試験準備、探傷、復旧作業を含む）の $\frac{1}{10}$ の時間内に抑えうる。
- (3) 手動による探傷試験実施時の線量率を部分遮蔽などで $\frac{1}{3}$ 以下に抑えうる。

以上の仮定*に基づき作業員被曝の総計はTable 3.2.2に示す如く、約520人・remになると予測される。この内容を分析すると次の事項が明らかになった。

- (1) 原子炉圧力容器の探傷は積極的に自動化が試みられ、被曝が低減化されると考えられるが、なお高い被曝量を示している。この原因は自動化装置の準備、復旧の作業が多いためであり、この面での改善の努力が必要と判断される。
- (2) 中間熱交換器の圧力障壁の探傷を自動化しないとした結果、若干の被曝（2基で77人・rem）が予測されるが、必ずしも自動化の必要性を示唆していない。
- (3) 1次冷却系配管に関して、圧力障壁形成の周方向溶接線の探傷の自動化により、被曝低減に一応の成果を挙げると予測できる結果となったが、内部断熱構造の探傷には30人・rem程度の被曝を余儀無くされよう。
- (4) 純化系探傷試験はその構造上自動化には困難が伴う為、高い線量率でありながら遠隔手動で対処するとせざるえなかった。その為、予測される作業員被曝は約90人・remになり、探傷対象が1系統でありながら原子炉圧力容器の被曝に次ぐ高い値になった。また、その方法も遠隔手動のため、探傷作業の難渋が予想される。したがって、ISI指針で規定されている試験免除機器にするべくシステム設計が進展することが強く望まれる。これと同様に、後備冷却系のRTも煩雑であり、試験免除機器の条件を満たす方策をたてるべきであるとの判断を得た。

以上の結果に依ると、ISI間隔の3年、7年、10年間のそれぞれで、約520人・remの作業員被曝が予測される処であり、期間的に最も厳しい第1回目のISI間隔3年間の1年間当りの作業員被曝は約170人・remになる。また、前述のように純化系ならびに後備冷却系を試験免除にできるならば、この値を約140人・remに低減できる。

しかし、この予測は次に示す点で過大な見積り（安全余裕を大きくする）をしているとも云える。すなわち、

- (1) 探傷時の被曝時間ならびに被曝線量を実際に抑えうると考えられる値より大きく仮定している、
 - (2) 探傷前に行う除汚の効果を考慮していない、
- である。これらの効果により実際の作業員被曝はより低減できると考える。

3.2.2 探傷技術の難易性

実験炉の探傷技術の難易性の分析結果をTable 3.2.4に示す。このなかでとくに問題（技術難易度：Ⅲに格付け）になるのは中間熱交換器の内部構造で1次系と2次系の障壁の部位である。この試験方法は主にMT又はERTならびにVTであるが、この試験の実現性は不可能に近く、この部位の安全クラス3に下げうるシステム設計を行うか、その部位の構造を変更して溶接線をなくするか、又は断熱構造を取り外し可能にするのいずれかの方策が考えられるべきである。

* この仮定は、原研ならびに軽水炉メーカーの探傷担当者の意見を聴取した結果に基づき、被曝に関し安全側の設定であると著者等は判断する。

また、技術難易度；Ⅱに格付けされた技術の多くは、接近性の改良を目指したマニピュレータ又は自動位置決め装置の開発に絞られている。これらは開発費用と期間の問題として処理でき、上記の問題に対する方策がとられれば、探傷技術はISI指針に適うと判断できる。

Table 3.1.1 (I) 検査対象箇所 の 調査

機器名	対		象			部		位		環境条件	ISI 機器		ISI 実施の検討		技術難易度
	部位名	安全クラス	試験カテゴリ	形状	材質	その他	探傷法	手動/自動	マニピュレータ分類		実施条件	機器開発の程度	ISI時の概略工数		
1)-(1) 原子炉圧力容器 (一次冷却系)	(R-1)	1	B-E B-O	120φ×10t 140φ×10t 274φ×12t 470φ×25t R 2,755の球面上 (mm)	SA-336	31個	UT+VT	自動	1型	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤配列ピッチ; 約700mm程度	探傷法, データ処理法, 機械表とも要基礎 R&D	①設置準備 10人×3日 (前準備と平行作業) ②探傷 5人×10日 ③復旧作業 4人×3日 期間: 21日間 計: 92人・日	(II)		
	(R-2)	1	B-A	約φ5,300 160t (mm)	(上鏡) SA387 (フランジ) SA336 (ボルト)	(全長) 約16,650 (mm)	UT+VT	自動	2型	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B	機械装置, 要詳細設計	(R-1と平行作業) ①探傷 5人×2日 計: 10人・日	(I)		
	(R-3)	1	B-G-1			64本	UT+VT (ECT)	手動		①放射線; 200mrem/hr ②雰囲気温度; 30°C ③接近性; B 〔同上〕	E C T 要 R & D	①探傷 4×5日 計: 60人・日	(II)		
	(R-3')	1	B-G-1				UT	遠隔手動			機械装置 要 R & D	(R-3と平行作業) ①探傷 3人×5日 期間: 15日 30人・日 計: 30人・日	(II)		
	(R-4)	1	B-A	約φ5,764 127t (mm)	(フランジ) SA336 (胴) SA387	(全長) 約18,108 (mm)	UT+VT	自動	3型	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B	探傷法, データ処理法, 機械とも要応用 R & D	(R-1と平行作業) ①探傷 5人×2日 計: 10人・日	(I)		
(R-5)	1	B-A	127t 約φ5,764の円筒上 (mm)	SA387		UT	自動	3型	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B	同上	①前準備 10日×10人 ②探傷 20日×5人 (R-12) ③復旧作業 R-7, R-9 5日×10人 (も含める) 期間: 35日 計: 250人・日	(II)			

Table 3.1.1 (3)

機器名	対象		部位				環境条件	ISI 機 器		ISI 実 施 の 検 討			技 術 難 易 度
	部 位 名	安 全 クラス	試 験 カテゴリ	形 状	材 質	そ の 他		探 傷 法	手 動 自 動	実 施 条 件	機 器 開 発 の 程 度	I S I 時 の 概 略 工 数	
	(R-15) 下部鏡内周 方向溶接部	1	B-A	R 2.882 127 t 115 t (mm) 段有り	SA 387	(全長) 12,806 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B			{ R - 1 3 と 同 じ }		{ II }	
	(R-16) 原子炉入口 ノズル溶接 部	1	B-D	∅ 660.4 115 t 20 t X 開先	FA 336	2 個	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B	UT+VT 自動	6 型	簡易装着装置要 R&D ○スカート部にマンホール 要。(1,000mmφ以上) ○ノズルにレール永久設 置不可に付, 迅速取付 法要開発 ○接近性確保 ○要高温対策	期間: 4 日 探傷: 2 人×3 日 計: 18 人・日	{ I }	
	(R-17) 下部鏡貫通 部	1	B-E B-O	∅ 216.3 ∅ 267.4 ∅ 318.5 115 t X 開先	FA 336	4 個	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B			{ R - 1 1 と 同 じ }			
	(R-18) 下部鏡ノズ ル管フランジ ジゴルト	1	B-G-1				①雰囲気温度; 30°C ②放射線; 200 mrem/hr	PT+ECT 手動 ECT			期間: 2 日 探傷: 2 人×2 日 計: 6 人・日	{ I }	
	(R-19) 耐圧ハウジ ング	1	B-E B-O	∅ 426 25 t	SA 336	19 個	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B	UT 自動	1 型	{ R - 1 と 同 じ }		{ II }	

Table 3.1.1(4)

機器名	対象			象部			位置		環境条件	ISI 機		器		実施の検討		技術 難易度 (I)
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他	探傷法	手動 自動		マニピュ レータ分類	実 施 条 件	ISI 時の概略工数	機器開発の程度			
1)→(2) 主中間熱交 換器 (一次冷却系)	(HX-1) 2次ヘリウム ム入口ノズ ル溶接部(1)	2	C-B	φ750円筒上 の周開 20t (mm)	ASTM A387D		UT+MT	手動		○接近性確保 ○高温対策 ○着脱容易な保温材構造 の採用	計：3.5人・日	簡易位置検出機 構および簡易自 動記録装置要開 発				
	(HX-2) 2次ヘリウム 入口ノズル溶 接部(2)	2	C-B	φ750円筒上 の周開 20t (mm)	ASTM A387D											
	(HX-3) 2次ヘリウム 入口ノズル溶 接部(3)	2	C-B	R1,107球面 上約φ750の 周開 57t (mm)	ASTM A387D											
	(HX-4) 2次ヘリウム 出口ノズル	2	C-B	R1,107球面 上約φ650 の周開 57t (mm)	STPA24		PT or MT + UT				計：1.5人・日				(I)	
	(HX-5) IHX 上部 鏡フランジ 溶接部	1	B-B	R1,050 上57t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約6,600 (mm)	UT VT	遠隔 手動		○十分なスペース確保 ○レール付グレンチング の要設置 ○着脱容易な保温材	○前準備3人×2日 ○探傷5人×3日 ○後処理3人×1日 期間：6日 計：24人・日	レール付グレン チングの要詳細 設計			(II)	
	(HX-16) 胴-フラン ジ溶接部	1	B-B	φ2,214の円 筒上65t (mm)	ASTM A182 F 22											

Table 3.1.1 (5)

機器名	対象		部位			環境条件	ISI		機器		実施の検討		
	部位名	安全クラス	試験力テゴリ	形状	材質		その他	探傷法	手動/自動	モニタ分類	実施条件	機器開発の程度	ISI時の概略工数
	(HX-6) IHX支持部	1	B-H		ASTM A387D	IHXとスカーと溶接部全長約6,600 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要 ⑥HX-19に近接している。	UT+VT	遠隔 手動		(同上) ○胴への取付位置をテーパー部中心にずらす。	(探傷HX-5と同じ)	(II)
	(HX-7) テーパー部 長手溶接部	1	B-B	57t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約500 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)
	(HX-8) テーパー部 接部(下部)	1	B-B	φ1,896の円筒上 57t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約5,953 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)
	(HX-9) 胴長手方向 溶接部	1	B-B	φ1,896の円筒上 48t (mm)	ASTM A387D		①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)
	(HX-10) 胴周方向 溶接部	1	B-B	φ1,896の円筒 48t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約5,953 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)
	(HX-11) (HX-17) 胴長手方向 溶接部	1	B-B	φ1,896の円筒上 48t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約5,953 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)
	(HX-12) 下部鏡-胴 溶接部 (HX-13を 含む)			φ1,896の円筒 48t (mm)	ASTM A387D		①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)

Table 3.1.1 (5)

機器名	対象			部位			環境条件	ISI		機器	実施の検討			
	部位名	安全クラス	試験カテゴリ	形状	材質	その他		探傷法	手動/自動		実条件	機器開発の程度	ISI時の概略工数	技術的難易度
	(HX-6) IHX支持部	1	B-H		ASTM A387D	IHXとスカーとの溶接部全長約6,600 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要 ⑥HX-19に近接している。	UT+VT	遠隔 手動		(同上) 。胸への取付位置をテーパ一部中心にずらす。	(探傷HX-5と同じ)	(II)	
	(HX-7) 胸テーパ部 長手溶接部	1	B-B	57t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約500 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)	
	(HX-8) テーパ胸溶接部(下部)	1	B-B	φ1,896の円筒上 57t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約5,953 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)	
	(HX-9) 胸長手方向溶接部	1	B-B	φ1,896の円筒上 48t (mm)	ASTM A387D		①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)	
	(HX-10) 胸周方向溶接部	1	B-B	φ1,896の円筒 48t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約5,953 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)	
	(HX-11) 胸長手方向溶接部	1	B-B	φ1,896の円筒上 48t (mm)	ASTM A387D	(全長) 約5,953 (mm)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)	
	(HX-12) 下部第一胸溶接部 (HX-13) を含む)			φ1,896の円筒 48t (mm)	ASTM A387D		①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動		(同上)	(探傷HX-5と同じ)	(II)	

Table 3.1.1 (6)

機器名	対象		部位		環境条件	ISI 機器		実施条件		実施の程度		検討	
	安全クラス	試験カテゴリ	形状	材質		探傷法	手動/自動	マニピュレータ分類	実施条件	機器開発の程度	ISI時の概略工数	技術難易度	
(HX-14) 1次ヘリウム出口ノズル	1	B-D	約φ756の周 囲48t (mm)	ASTM A387D	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材取外しが必要。	UT	遠隔 手動			計: 1.5人・日	(I)		
(HX-15) 胴フランジ ボルト	1	B-G-1			①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B	UT+VT	手動	○He雰囲気をごわさぬ こと。 ○ボルトが取りはずせるこ と。		計: 2人・日	(I)		
(HX-18) 1次He入口 ノズル	1		約φ1,200 の周 囲 65t (mm)	ASTM A182 F22	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動			計: 12人・日	(I)		
(HX-19) テーパ-胴 溶接部 (上部)	1	B-D	φ2,480の周 囲 65t (mm)	ASTM A387D	①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; B ⑤保温材の取外しが必要。	UT	遠隔 手動			(探傷HX-5に同じ)	(I)		
(HX-20) HX管板 -伝熱管溶 接部 (高温側)	2	C-H		伝熱管; ハステロイ X管板; ハステロ イX	①メタル温度; 185°C ②放射線; 500 mrem/hr ③接近性; C	E C T	自動	○装着時He雰囲気を破る ○装着用マンホールと作 業スペース ○クレーン ○下部内胴の貫通装置を 必要とする。 ○高温対策	○探傷, データ 処理, 機械装 置要基礎 R & D	探傷: 4人×5日 計: 25人・日	(II)		

Table 3.1.1 (7)

機器名	対象			部位			環境条件	ISI		機器	実施の検討		技術 難易度
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他		探傷法	手動 自動		実 施 条 件	機器開発の程度	
(HX-21) 下部管板取 付管台-下 プレナム鏡 板溶接部 (高温側)	1	B-F	円形 φ1,150 8t (mm)	ハステロ 1X A82F304	(全長) 約3,611 (mm)	①メタル温度; 185°C ②放射線; 500 mrem/hr ③接近性; C	UT+MT or ERT	遠隔 手動	外面からのUTのみ可能		計：10人・日	(II)	
	(HX-22) 伝熱管母材 部	2	C-H	ハステロ 1X		①メタル温度; 185°C ②放射線; 500 mrem/hr ③接近性; C	ECT	自動	ヘルカルコイル状の部分は 試験範囲から除かれるた め, HX-20, HX-23 の試 験時に同時に行う。				
(HX-23) IHX管板(上 部)-伝熱 管の溶接部 (低温側)	2	C-H	伝熱管; ハステロ 1X; 管板 ASTM A82F304			①メタル温度; 185°C ②放射線; 500 mrem/hr ③接近性; C							
(HX-24) 上部管板取 付管台と管板 との溶接部	2	C-C	ハステロ 1X	(全長) 約5,000 (mm)	①メタル温度; 185°C ②放射線; 500 mrem/hr ③接近性; C ④内側断熱材取外しが必要。	MT or ERT	遠隔	◎断熱材の部分的着脱可 能とする。 ○装置の接近性 ; 設計変更	断熱材の着脱 機構の開発		計：10人・日	(III)	
(HX-25) 上・下部フ ランジと鏡 又は胴との 溶接部	1	B-B	フランジ ASTM A82F304 鏡又は胴; ASTM A82F304	(全長) 約6,900 (mm)	①メタル温度; 185°C ②放射線; 100 mrem/hr ③接近性; A	UT+VT	手動				計：4人・日	(I)	
(HX-26) IHX 1次側 ; 内側容器 溶接部	2	C-C	ASTM A387D		①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③接近性; B	MT or ERT	手動	○装置の接近可能な構造 に設計変更			計：10人・日	(III)	

Table 3.1.1 (8)

機器名	対象				部位			環境条件	探傷法	機器		実施条件			機器開発の程度	ISI時の概略工数	技術 難易度
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他	手動 自動			マニピュ レータ分類	実 施 条 件	機 器 開 発 の 程 度	I S I 時 の 概 略 工 数	技 術 難 易 度			
D)-(3) 1次冷却系 配管 (1次冷却系)	(1CD-1~25) 二重管外管 円周方向, 及長手方向 溶接部	1	B-J-1	660.4 φ 22 t (mm)	STPA 24	25 本/ループ (円周方 向溶接 部)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 100 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; A ⑤断熱材の取外しが必要。	UT+MT or ERT	自動	8 型	○要常設レール ○装着場所の接近性確保 ○高温対策 ○クレーン	準備: 5人×10日 復旧: 5人×6日 探傷: 2人×10日 計: 100人・日	(I)				
	(1CS-1~96) 単管円周方 向、及長手 方向溶接部	1	B-J-1	406.4 φ × 12.7 t 216.3 φ × 8.2 t (mm)	STPA 24	97 本/ループ (円周方 向溶接 部)	①メタル温度; 70°C ②放射線; 100 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; A ⑤断熱材の取外しが必要。	UT+MT or ERT	自動	8 型	(同上)	(準備, 復旧は ICD-1~25に含 む) 探傷: 2人×15日 計: 30人・日	(I)				
(1CD-26) 二重管内管 断熱構造の ライナー		2	C-F-2		ライナー; ハステロイ X断熱材; カルツ& シルス, グラスロ ック	一次系 企二重管	①ライナー温度; 185°C ②放射線; 500 mrem/hr ③雰囲気温度; 185°C ④接近性; C	VT or RT	遠隔 手動		○断熱材のマクロ的な状 況観察 ○要有資格者	計: 20人・日					
	(1CD-28) 二重管内外 管の間のリ ブ	2	C-F-3		STPA 24		①メタル温度; 70°C ②放射線; 500 mrem/hr ③接近性; C	RT	遠隔 手動			計: 5人・日	(II)				
(1CD-28) 配管サポー ト	1	B-K-1 B-K-2					①メタル温度; 70°C ②放射線; 100 mrem/hr ③接近性; A	UT+MT or ERT + VT	手動			計: 20人・日	(I)				

Table 3.1.1 (9)

機器名	対象			部位			環境条件	ISI		機器		実施の検討		技術 難易度	
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他		探傷法	手動 自動	モニタ 種類	実 施 件 件	機器開発の程度	ISI時の概略工数		計
D)-(4) 主一次冷却 系弁 (一次冷却系)	(1V-1) 弁耐圧溶接 部	1	B-M-1			10 台/グループ	①メタル温度; 70°C ②放射線; 100 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; A ⑤保温材の取外しが必要。	UT+VT	手動			計: 2人・日	(I)		
	(1V-2) 弁本体耐圧 部内表面	1	B-M-2			10 台/グループ	①雰囲気温度; 70°C ②放射線; 2,500 mrem/hr ③接近性; C	VT (含ボア スコープ)	手動			計: 1人・日	(II)		
	(1V-3) 支持部	1	B-K-1			10 台/グループ	①メタル温度; 70°C ②放射線; 100 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; A ⑤保温材の取外しが必要。	VT	手動			計: 1人・日	(I)		
(1)-(5) 主一次冷却 系へリウム 循環機 (一次冷却系)	(1GC-1) 主, 補助循 環機ケーシ ング耐圧溶 接部	1	B-L-1			2台/ グループ	①メタル温度; 70°C ②放射線; 100 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; A ⑤保温材の取外しが必要。	VT (含ボア スコープ)	手動			計: 5人・日	(I)		
	(1GC-2)	1	B-L-2			2台/ グループ	①メタル温度; 70°C ②放射線; 100 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; A (G/C取外 し後分解)	VT (含ボア スコープ)	手動			計: 2人・日	(II)		
	(1GC-3) 支持部	1	B-K-1 B-K-2			2台/ グループ	①メタル温度; 70°C ②放射線; 100 mrem/hr ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; A ⑤保温材の取外しが必要。	VT	手動			計: 2人・日	(I)		

Table 3.1.1 (10)

機器名	対象			部位			実施の検討						
	部位名	安全クラス	試験カテゴリ	形状	材質	その他	環境条件	ISI		実施条件			
								探傷法	機器				
1)-(6) 補助冷却器 (一次冷却系)	(AHX-1) 容器耐圧溶接部	1	B-B				①メタル温度；70℃, 185℃ ②放射線；100 mrem/hr ③接近性；B ④保温材取外しが必要。	UT	手動		計：20人・日	(I)	
	(AHX-2) 容器の不連続溶接部	1	B-B				(AHX-1)と同じ。	UT					
	(AHX-3) 容器の耐圧ノズル	1	B-D	φ216.3 (mm)			(AHX-1)と同じ。	UT					
	(AHX-4) 容器支持部	1	B-H				(AHX-1)と同じ。	UT+VT					
	(AHX-5)	1	B-Q				①接近性；C ②放射線；500 mrem/hr ③メタル温度；70～185℃ ④管内、水、容器側；He	ECT	自動			探傷：2人×4日 計：20人・日	(II)
	(AHK-6) 伝熱管と管板の溶接部	1	B-Q				(AHX-5)と同じ。	ECT					

Table 3.1.1 (1)

機器名	対象			部位			環境条件	ISI 機器		ISI 実施の検討		
	部位名	安全クラス	試験カテゴリ	形状	材質	その他		探傷法	手動/自動	実条件	機器開発の程度	ISI時の概略工数
2)-(1) 蒸気発生器 (二次冷却系)	(SG-1) 伝熱管	3		25.4 φ 2.3 t (mm)	伝熱管; STBA 24	252 本/1台 1台/ループ	①接近性; A				計: 10人・日	(I)
	(SG-2) 伝熱管と管 板との溶接 部	3		伝熱管 25.4 φ 2.3 t (mm)	伝熱管; STBA 24 管板,	①接近性	①接近性; A					
	(SG-3) 伝熱管と連 絡管との溶 接部	3		25.4 φ 2.3 t (mm)	伝熱管; STBA 24 連絡管; ハステロイ X		①接近性; A					
	(SG-4) 容器、ノズル 等の溶接部 (但し水系 に限)	3					①メタル温度; 30°C ②雰囲気温度; 30°C ③接近性; A ④保温材の取外しが必要。					
	(SG-5) 容器出入口 ノズル部 (但し2次 He系)	2	C-B	入口; φ660.4 ×12 t, 40 t 出口; φ457.2 ×14.3 t 30 t (mm)	S F 5 0 その他	二重容器 内側	①接近性; A ②入口ノズル内面断熱材有 り	UT+VT 手動			計: 3人・日	(I)
	(SG-6) 容器耐圧溶 接部(但し 2次He系)	2	C-A		S B 4 2 その他		①入口側に断熱材装着。	UT (外側より)			計: 2人・日	(I)
	(SG-7) 内側容器振 れ止め	3	C-C		S S 4 1 その他		(SG-5)の①~③に同じ。	UT (外側より)		○外側に要マーキング	計: 2人・日	(I)

Table 3.1.1 (12)

機器名	対象			部位			環境条件	ISI		機器		実施の検討			技術 難易度
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他		探傷法	手動 自動	モニタ データ分類	実 施 条 件	機器 開発の 程度	ISI時の概略工数		
2)-(2) 主二次冷却系 系配管 (二次冷却系) 接部	(2CD-1~)	2	C-F-1	φ812.8 ×25.4t (mm)	STPT42		①メタル温度; 70°C ②放射線; ~0 ③雰囲気温度; 30°C ④接近性; A ⑤保温材取外しが必要。	UT+MT or ERT	手動			計: 20人・日	(I)		
	(2CS-1~)	2	C-F-1	φ318.5 ×10.3t (mm)	STPT42		①接近性; A ②保温材取外しが必要。	(同上)	(同上)			計: 10人・日	(I)		
(2CD-2) 一重管内管 断熱構造の ライナー		2	C-F-2		ライナー; ハステロイ X断熱材; グラスロ ック&カル ツシリス		①接近性; C	VT				計: 20人・日	(II)		
	(2CD-3) 二重管内外 管の間のリ ブ	2	C-F-3		STPA24		①メタル温度; 70°C ②接近性; C	VT		外管にリブ位置のマーキ ング要。		計: 5人・日	(II)		
(2CDE-1~) 配管サポー ト		2	C-E-1				①接近性; A ②保温材の取外しが必要。	VT+MT or ERT	手動			計: 5人・日	(I)		

Table 3.1.1 (13)

機器名	対象				部位			環境条件	ISI 機器		実施の検討			技術 難易度
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他	探傷法		手動 自動	実 施 条 件	機器開発の程度	ISI 時の概略工数	計	
2)-(3) 主二次冷却 系 弁 (二次冷却系)	(2V-1) 弁耐圧溶接 部	2	C-G				PT or MT				計: 3人・日	(1)		
	(2V-2) 締め付け部 -ボルト	2	C-D				UT	手動			計: 10人・日	(1)		
2)-(4) 主二次冷却 系へリウム 循環機 (二次冷却系)	(2V-1~) 弁・支持部	2	C-E-1				PT or MT+VT	手動			計: 5人・日	(1)		
	(2GC-1) ケーシング 支持部	2	C-G				PT or MT				計: 5人・日	(1)		
	(2GC-2) 支持部	2	C-E-1 C-E-2				PT or MT+VT				計: 3人・日	(1)		

Table 3.1.1 (14)

機器名	対 象			部 位			I S I 機 器			I S I 実 施 の 検 討			
	部 位 名	安 全 クラス	試 験 カテゴリ	形 状	材 質	そ の 他	探 傷 法	手 動 / 自 動	マニピュレータ分類	実 施 条 件	機 器 開 発 の 程 度	I S I 時 の 概 略 工 数	技 術 難 易 度
3)-(1) 再生熱交換器, その他の熱交換器 (一次系純化系)	(EA-1) 压力容器耐圧溶接部	2	C-A-1				UT	手動				計: 10人・日	(I)
	(EA-2) 压力容器の構造的不連続部の耐圧溶接部	2	C-A-1				UT						
	(EA-3) 压力容器の耐圧ノズル	2	C-B	肉厚; 12mm以下			UT+VT						
	(EA-4) 容器支持部	2	C-C				PT+MT	手動				計: 3人・日	(I)
	(EA-5) 伝熱管	3					耐圧, 漏洩試験					計: 5人・日	(I)
	(EA-6) 伝熱管と管板との溶接部	3											

Table 3.1.1 (15)

機器名	対象		象部			位置		実施の検討			技術 難易度			
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他	環境条件	探傷法	ISI 機	器		実 施 条 件	機器開発の程度	ISI時の概略工数
3)-(2) プレチャコ ルトラップ (PCT)及び チタンスボン ジトラップ (TST) (一次系純 化系)	(PCT-1) 圧力容器耐 圧溶接部	2	C-A				①メタル温度; 70°C ②放射線; >500 mrem/hr ③接近性; C ④保温材取外しが必要。	UT	遠隔 手動				計: 5人・日	(II)
	(PCT-2) 圧力容器の 構造的不連 続部溶接部	2	C-A				(PCT-1)と同じ。	UT	遠隔 手動				計: 5人・日	(II)
	(PCT-3) 圧力容器の 耐圧ノズル	2	C-B	肉厚; 12 mm 以下			(PCT-1)と同じ。	MT or PT	遠隔 手動				計: 10人・日	(II)
	(PCT-4) 容器支持部	2	C-C				(PCT-1)と同じ。	UT+MT or PT	遠隔 手動				計: 3人・日	(II)
3)-(3) コールドト ラップ (一次系純 化系)	(CT-1) 圧力容器耐 圧溶接部	2	C-A				①メタル温度; 70°C ②放射線; >500 mrem/hr ③接近性; C ④保温材取外しが必要。	UT	遠隔 手動				計: 5人・日	(II)
	(CT-2) 圧力容器の 構造的不連 続部溶接部	2	C-A				(CT-1)と同じ。	UT	遠隔 手動				計: 5人・日	(II)

Table 3.1.1 (16)

機器名	対 象			部 位			実 施 の 検 討					
	部 位 名	安 全 クラス	試 験 カテゴリ	形 状	材 質	其 他	環 境 条 件	I S I 機 器		機 器 開 発 の 程 度	I S I 時 の 概 略 工 数	技 術 難 易 度
								探 傷 法	手 動 自 動			
配 管 (一次系純 化系)	(CT-3) 圧力容器耐 圧ノズル	2	C-B	肉厚; 12mm以下			(CT-1)と同じ。	PT or MT	遠隔 手動		計: 10人・日	(II)
	(CT-4) 容器支持部	2	C-C				(CT-1)と同じ。	PT or MT	遠隔 手動		計: 3人・日	(II)
	(PSP-1) 配管耐圧容 接部 (第2隔離弁 まで, その 弁を含む)	1	B-J-1	100φ未満 (mm) (60.5%×3.9t or 34.0%×3.4t)			①メタル温度; 70°C (推定値) ②放射線; 200 mrem/hr ③接近性; B ④雰囲気温度; 30°C	PT or MT	遠隔 手動		計: 10人・日	(II)
	(PSP-2) 配管耐圧容 接部 (上記以外)	2		100φ未満 (mm) (60.5%×3.9t or 34.0%×3.9t)			①メタル温度; 70°C ②放射線; 200 mrem/hr ③接近性; B ④雰囲気温度; 30°C	PT or MT	遠隔 手動		計: 5人・日	(II)
(PSP-3) 配管サポート (第2隔離弁 まで, その 弁を含む)	1	B-K-1 B-K-2				①接近性; A	UT+MT or PT	手動			計: 5人・日	(I)
	2	C-E-1 C-E-2				①接近性; A	MT or VT	手動			計: 3人・日	(I)

Table 3.1.1 (17)

機器名	対象			対象			位置			環境条件			ISI 機		ISI 実			検討		技術 難易度					
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他	探傷法	手動 自動	マニピュ レータ分類	実 施 件	機器開発の程度	ISI 時の概略工数	機	器	実	施	件	機	器		開	発	の	程	度
3)-(5) 純化系ガス 循環機及び 再生用ガス 循環機 (一次系純 化系)	(PGC-1) ケーシング 耐圧溶接部	2	C-G				PT or MT	手動			①メタル温度；70℃ ②放射線；500 mrem/hr ③接近性；A ④雰囲気温度；30℃	計：10人・日													(II)
	(PGC-2) ケーシング 内表面	2	C-G				VT	遠隔			①雰囲気温度；30℃ ②放射線；500 mrem/hr ③接近性；C ④G/C取外し、分解後の 検査を想定	計：10人・日													(II)
3)-(6) 弁 (一次系純 化系)	(PCG-3) 循環機支持 部	2	C-E-1 C-E-2				VT+MT or PT	手動			①メタル温度；70℃ ②放射線；200 mrem/hr ③接近性；A	計：3人・日													(II)
	(PVA-1) 弁耐圧溶接部 第2隔離弁 (まで、その 弁を含む)	1	B-M-1 B-M-2				UT+PT or MT	遠隔 手動			①メタル温度；70℃ ②放射線；200 mrem/hr ③雰囲気温度；30℃ ④接近性；B	計：3人・日													(II)
	(PVB-1) 弁本体耐圧 部内表面 (上記以外)	2	C-G				PT or MT	遠隔 手動			①雰囲気温度；70℃ ②放射線；200 mrem/hr ③接近性；B	計：5人・日													(II)

Table 3.1.1 (18)

機器名	対		象			部			位		環境条件	ISI 機器		ISI 実施の		技術 難易度
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他	探傷法	手動 自動	マニピュレ ータ分類	実 施 条 件		機器開発の程度	ISI時の概略工数			
4)-(1) 冷却パネル (後備冷却系)	(BCCP-1)	2	C-A				UT	手動				計：3人・日	(I)			
	ヘッド															
	(BCCP-2)	2	C-H				RT	手動				計：5人・日	(I)			
	パネル伝熱管 支持部															
4)-(2) 配管 (後備冷却系)	(BCPI-1)	2	C-F-1	肉厚； 12mm以下			PT or MT	手動				計：2人・日	(I)			
	配管接続部															
	(BCPI-2)	2					VT					計：1人・日	(I)			
	配管サポート															

Table 3.1.1 (19)

機器名	対象部位			部位			環境条件	ISI機器			実施条件			機器開発の程度	ISI時の概略工数	技術 難易度	
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他		探傷法	手動 自動	マニピュ レータ分類	実 施 条 件	実 施 条 件	実 施 条 件				実 施 条 件
4-(3) 熱交換器 (後備冷却系)	(BCHK-1)	2		肉厚; 12mm以下			PT or MT	手動							計: 3人・日	(I)	
	(BCHX-2)	2		(同上)			PT or MT	手動							計: 3人・日	(I)	
	(BCHX-3)	2					VT+MT								計: 2人・日	(I)	
	(BCHX-4)	3					耐圧, 漏洩試験								計: 3人・日	(I)	
	(BCHX-5)	3															

Table 3.1.1 (20)

機器名	対象			部位			環境条件	探傷法	ISI 機器		実施の検討			技術 難易度
	部位名	安全 クラス	試験 カテゴリ	形状	材質	その他			手動 自動	モニタ データ分類	実 施 条 件	機器開発の程度	ISI時の概略工数	
4)-(4) ポンプ (後備冷却系)	(BCPM-1) ケーシング	2	C-G			4台	①メタル温度; 30℃ ②接近性; A(外から探傷)	PT or MT	手動			計: 3人・日	(I)	
	(BCPM-2) 支持部	2	C-E-1 C-E-2			4台	①接近性; A ②雰囲気温度; 30℃	PT or MT+VT	手動			計: 1人・日	(I)	
4)-(5) 弁 (後備冷却系)	(BCVA-1~) 耐圧溶接部	2	C-G				①接近性; A ②雰囲気温度; 30℃ ③メタル温度; 30℃	PT or MT	手動			計: 2人・日	((I)	
	(BCVA-2~) 支持部	2					(BCVA-1)と同じ。	PT or MT+VT	手動			計: 1人・日	(I)	

Table 3.2.1. 実験炉の I S I に費す作業量 (予測値)

系 統	機 器	員 数	I S I 工数 (人・日)	小 計
1次冷却系	原子炉圧力容器	1 基	732	1,675 人・日
	中間熱交換器	2 基	397	
	配 管	2 系統	350	
	弁	0 個	80	
	循環機 (生, 補)	24 基	36	
	補助冷却器	2 基	80	
2次冷却系	蒸気発生器	2 基	17*	175 人・日
	配 管	2 系統	60*	
	弁	5 種類	90*	
	循環機	2 基	8*	
1次純化系	熱交換器類	2 系統	18*	118 人・日
	トラップ装置類	2 系統	46*	
	配 管	2 系統	23*	
	循環機	2 基	23*	
	弁	4 種類	8*	
後備冷却系	冷却パネル	2 系統	8*	29 人・日
	配 管	2 系統	3*	
	熱交換器類	2 系統	11*	
	ポンプ	2 基	4*	
	弁	2 種類	3*	
			*	

合計 1,997 人・日

注* 機器の安全クラスが2又は3に属するため、I S I は同一の系統または同種の機器に対して一つを選び行われるとした工数。

Table 2.3.2 供用期間中検査プログラム⁽¹⁾

検査回数	検 査 時 間 (カレンダー年)	最小の試験終了量 (%)	最大試験量 %
1 回目	3	100	100
2 回目	7	33	67
	10	100	100
3 回目	13	16	34
	17	50	67
	20	100	100

Table 3.2.3 (1) ISI実施時の機器別の被曝量(予測値)

機 器 名	部 位 名 記 号	放 射 線 量 (rem/時間)	ISI 時被曝工数(方法) (時 間 × 人)	(人・rem)	
原子炉压力容器	R1, R2, R4, R19	0.2	98.0 (自)	19.6	
	R3, R3'	0.2	24.5 (遠手)	4.9	
	R5, R7, R8, R9, R10, R12	0.2	350.0 (自)	70.0	
	R6	0.2	9.7 (自)	1.9	
	R11	0.2	70.0 (自)	14.0	
	R13, R15	0.2	46.7 (自)	9.3	
	R14	0.2	176.0 (自, 遠手)	35.2	
	R16, R17	0.2	56.0 (自)	11.2	
	R18	0.2	9.3 (手)	1.9	
			(小計; 168.0 人・rem)		
中間熱交換器 (2 基)	HX-1, HX-2, HX-3 HX-4	0.1	11.7 (手)	1.2	
	HX-5, HX-5, HX-7, HX-9, HX-10, HX-11, HX-12, HX-13, HX-16, HX-19	0.2	79.8 (遠手)	16.0	
	HX-14, HX-18	0.2	9.5 (遠手)	1.9	
	HX-15	0.2	4.7 (手)	0.9	
	HX-20, HX-22, HX-23	0.5	11.7 (自)	5.9	
	HX-21	0.5	7.0 (遠手)	3.5	
	H-24	0.5	7.0 (遠手)	3.5	
	HX-25	0.1	9.3 (手)	0.9	
	HX-26	0.2	23.2 (手)	4.7	
				(小計; 38.5 人・rem × 2 基)	
	1次冷却系配管 (2 系統)	ICD-1 ~ 25 ICS-1 ~ 96	0.1	186.7 (自)	18.7
ICD-26		0.5	14.0 (遠手)	7.0	
ICD-27		0.5	3.5 (遠手)	1.8	
ICD-28		0.1	46.7 (手)	4.7	
				(小計; 32.2 人・rem × 2 系統)	
1次冷却系弁 (20 個)	1V-1	0.1	4.7 (手)	0.5	
	1V-2	0.5	2.3 (手)	1.2	
	1V-3	0.1	2.3 (手)	0.2	
			(小計; 1.9 人・rem × 20 個)		
1次冷却系機 循 (4 基)	IGC-1	0.1	11.7 (手)	1.2	
	IGC-2	0.5	4.7 (手)	2.4	
	IGC-3	0.4	4.7 (手)	0.5	
			(小計; 4.1 人・rem × 4 基)		

Table 3.2.3 (2)

機器名	部位名記号	放射線量 (rem/時間)	ISI時被曝工数(方法) (時間×人)	被曝量 (人・rem)
補助冷却器 (2基)	AHX-1, AHX-2, AHX-3, AHX-4	0.1	46.7 (手)	4.7
	AHX-5, AHX-6	0.5	28.0 (自)	14.0
			(小計; 18.7 人・rem × 2 基)	
1次純化系熱交換器類 (2系統)	EA-1, EA-2, EA-3	0.1	23.3	2.3
	EA-4	0.1	7.0	0.7
			(小計; 3.0 人・rem × 1 系統*)	
1次純化系 トラップ装置類 (2系統)	PCT-1	0.5	3.5 (遠手)	1.8
	PCT-2	0.5	3.5 (遠手)	1.8
	PCT-3	0.5	7.0 (遠手)	3.5
	PCT-4	0.5	2.1 (遠手)	1.1
	CT-1	0.5	3.5 (遠手)	1.8
	CT-2	0.5	3.5 (遠手)	1.8
	CT-3	0.5	7.0 (遠手)	3.5
	CT-4	0.5	2.1 (遠手)	1.1
			(小計; 16.4 人・rem × 1 系統*)	
1次純化系配管 (2系統)	PSP-1	0.2	7.0 (遠手)	
	PSP-2	0.2	3.5 (遠手)	
	PSP-3	0.1	11.7 (手)	
	PSP-4	0.1	7.0 (手)	
			(小計; 29.4 人・rem × 1 系統*)	
1次純化系循環機 (2系統)	PGS-1	0.1	23.3 (手)	
	PSG-2	0.5	7.0 (遠手)	
	PSG-3	0.1	7.0 (手)	
			(小計; 37.3 人・rem × 1 系統*)	
1次純化系弁 (4種類)	PVA-1	0.2	2.1 (遠手)	
	PVB-1	0.2	3.5 (遠手)	
			(小計; 5.6 人・rem × 4 種類)	
後備冷却系	BCCP-2	0.2	11.7 (手)	
			(小計; 11.7 人・rem)	

総計 521.2 人・rem

(注) * ; 検査対象は1系統相当である。

Table 3.2.4 I S I 技術難易性の分析結果

系 統	機 器	構成部位の I S I 技術難易度分布		
		I	II	III
1 次 冷 却 系	原子炉压力容器	6	14	0
	中間熱交換器	7	10	2
	1 次 系 配 管	3	2	0
	弁	2	1	0
	循環機（主，補）	2	1	0
	補助冷却器	4	2	0
2 次 冷 却 系	蒸 気 発 生 器	4	0	0
	2 次 系 配 管	3	2	0
	弁	3	0	0
	循 環 機	2	0	0
1 次 純 化 系	熱 交 換 器 類	5	0	0
	ト ラ ッ プ 装 置 類	0	8	0
	配 管 系	2	2	0
	循 環 機	0	2	0
	弁	0	2	0
後 備 冷 却 系	冷 却 パ ネ ル	3	0	0
	配 管 系	2	0	0
	熱 交 換 器 類	4	0	0
	ポ ン プ	2	0	0
	弁	2	0	0

4. 供用期間中検査実施の為のプラント 機器設計への要求事項

第3章で述べた検査可能性の検討結果は次の要求事項が機器設計上配慮されるとの前提で得られている。

4.1 一般的要求事項

本節ではプラント設計に於いて一般的に考慮する必要があると考えられる項目を一般的要求事項として整理した。

(1) 材料上の要求事項

- 1) 重要機器の材料としてその使用が必須でない限りにおいてはオーステナイト系金属の採用を避けること。
- 2) 材料は受け入れ検査に於いて無欠陥なものを使用する。ISIの一貫として材料製造工程でのNDI手法を確認することが必要である。
- 3) 熱交換器の伝熱管については、ISIに於けるNDI手法上残留磁性の無い様にする必要がある。

(2) 一般的なスペース上の要求事項

- 1) 機器内側からISIを実施することが想定される場合には、機器内部にISI上必要なスペースを設ける。
- 2) 検査員が機器に接近してISIを実施する場合には必要なグレーチング、足場を確保する。検査員の検査上、安全上必要なスペースを設ける。
- 3) 必要な場所にISI機器の組立、設置スペースを設ける。
- 4) ISI上必要なマンハッチ、マシンハッチを設ける。
- 5) 主一次冷却系機器内部に持ち込んだISI機器の除染スペース及び保管スペースを設ける。
- 6) ISI機器の保管場所、遠隔操作室、データ処理等のISIに必要な部屋の確保の為に、全体配置計画の見通しが要求される。

(3) 冷却材ヘリウム雰囲気に関する要求事項（総上の要求）

- 1) ヘリウム内へISI機器を挿入、検査する場合に発生する不純物混入に対してプラント側で不純物除去対策を設ける。

(4) 溶接に関する要求事項

- 1) 溶接材料の品質管理を厳しくする。全数検査を行う。
- 2) 溶接法としては熱入力小さく、周辺母体への熱影響の少ない手法を採用する。出来れば電子ビーム溶接法を導入する。
- 3) 溶接部開先寸法精度を向上させる。
- 4) 溶接部開先は熱影響部を狭くする為、成るべく狭開先とする。

- 5) 芯ずれ等について施行後に詳細な記録を取る。
 - 6) 溶接部の数を出来るだけ減らす。出来るだけロングエルボ、シームレスパイプを採用する。容器に成るべく鍛造品を使う、特に長手方向溶接線はこれを無くする。
 - 7) ノズルの溶接部はISIのやり易い位置に設ける。
 - 8) 中性子累積照射量の低い方に溶接部を設ける。
 - 9) 埋設配管溶接部は成るべく避ける。
 - 10) ISI実施箇所近傍には十分なスペースを設ける。機器支持部（配管ハンガ等）の場所が動かせない場合にはISI実施箇所（溶接箇所）の位置を動かすこと。
 - 11) 基本的に応力レベルの低い方、冷却材の腐食性物質の少ない場所に溶接部を設ける。
 - 12) 冷却材バウンダリにはフランジ構造は採用しない。設置が不可避な場合にはフランジ板溶接部はフランジ板よりできるだけはなし、ISI用スペースが周囲に十分ある位置とすること。
 - 13) 容器支持スカート取付け方法は容器本体側に鍛造による取出し部とスカートを溶接する方法とすること。
 - 14) 管と管板との溶接法は拡管溶接法ではなく、管板に削り出して立てた管との突合わせ溶接とし、溶接位置は管板より遠ざけること。
- (5) 機器表面仕上げに関する要求事項
- 1) 溶接ビード部表面は削り、凹凸を無くして滑らかなものとする。
 - 2) 母材表面仕上げは滑らかなものとする。
 - 3) ISI探傷面にうねりが無いこと。
 - 4) 表面仕上げは一般的にITV解像度以上の仕上げとすること。
- (6) 保温材に関する要求事項
- 1) ISI実施箇所に装着された保温材は極く短時間に取りつけ取り出しが出来る構造とすること。試験員の作業が困難な場合、機器と断熱材との間に必要な空間をあげ、そこでISI機器を遠隔で動かす構造とすること。
- (7) 機器取り外しに関する要求事項
- 1) 機器を取り外してISIを実施するものについては、移動、検査の治具、スペースを周囲に設ける。
 - 2) 機器取り外し、取り付けが短時間に出来ること。
 - 3) 主一次冷却系機器の場合には、放射性物質の拡散、吸入、被曝を防止するに必要な設備を設けること。
- (8) 放射能対策に関する要求事項
- 1) ISI実施時には放射性物質を除去し、部屋間の移動を規制する空調、換気設備を設け、検査員の内部被曝を防止できるシステムを作り上げる。
 - 2) ISI実施場所には必要な電源、圧力源を設けること。
 - 3) ISI作業者の放射線規制区域内作業に対して被曝管理システムを確立すること。
- (9) その他の要求事項
- 1) 水系コンポーネントの水による圧力試験時に、漏洩水の排出等の処理が出来るように

すること。

- 2) I S I 実施場所には必要な電源、圧力源を設けること。
- 3) 容器フランジリガメントは面をフラットにし、テーパ、段付きをさけること。
- 4) I S I データ処理を発電所大型計算機で行えるように、ケーブル敷設等を行うこと。
又、I S I 実施箇所に近い場所に空調設備を有するミニコン設置場所を設けること。
- 5) 熱交換器の伝熱管は成るべく直管とし、途中で溶接箇所が無いようにする。
- 6) I S I 実施場所では検査員の作業上及び I S I 機器の設置上必要な温度、湿度等の条件が得られる空調、換気設備を設けること。

(10) I S I 探傷手法上の要求事項

具体的に探傷手法を原子力プラントに適用する場合の要求事項を Table 4.1.1 に示す。

Table 4.1.1(1) ISI 探傷手法上の要求事項

	被 検 体				ス ペ ー ス				電 源		空 気 源	除 染 施 設	保 管 施 設	備 考		
	材 質	母 材 表 面	溶 接 ビ ー ド 表 面 状 況	溶 接 ビ ー ド 底 面 状 況	曲 率	プ ラ ン ト コ ン ポ ー ネ ン ト 間 ス ペ ー ス	I S I 機 器 設 置 ス ペ ー ス	I S I 機 器 設 置 ス ペ ー ス	探 傷 足 場 用 ス ペ ー ス	配 管 用 ダ ク ト ス ペ ー ス					100 V	200 V
			オーステナイト系 0.5mm フェライト系; 1mm	可能な限り 平坦とする											100R 以上	必要 ①探傷器 用
(1) 超音波探傷試験 (UT)	25S以上		オーステナイト系 0.5mm フェライト系; 1mm	可能な限り 平坦とする	100R 以上		(探傷器) ; max 約800×500 (mm) 2個 (試験用高温炉); 約800×500 (mm) (試験片); 約2000×2000 (mm) (その他); ケージ用	(探傷器) ; 約800×500 ×1800 (mm) (試験用高温炉) ; 探傷器と同程 度 (試験片); max 1000× 1000×150 (mm)	各対象箇所に 近接, 作業 出来る程 度	(ミニコン との連絡) ; 200mm× 200mmの口 程度	必要 ①探傷器 用	必要 ①カプラ ント供給 回収 装置用 ②試験用 高温炉 用	主1次冷 却系の場合 には必要	必要 (高温, 多 湿を避ける)		
(2) 放射線透過試験 (RT)	アングラー ピットの無い こと		フィルム判 定を妨げな い程度	同 左			二重管用の場合 問題無し	同 左	1.に同じ		必要	必要		必要		
(3) 磁粉探傷試験 (MT)	ピット等の 無いこと		滑らかな仕 上げ								必要	必要		必要		
(4) 液体浸透探傷試験 (PT)	ピット等の 無いこと		滑らかな仕 上げ								必要 (フラット クランプ 用)			必要		
(5) 過電流探傷試験 (ECT)	非磁性金 属材 (磁 性金属は R & Dに よる)	10S以上 (付着物 の除去)	ビーダ切削 が必要	U字管 の場合, 管直径 の4倍 以上		管の場合27mm 離す必要有り	(挿入コン トラ, 記録 装置, 分析 装置); い ずれも 1000W×1000 D×2000H (mm) (分析装置); 4000W×2000 D×2500H (mm)	(挿入コン トラ), (記 録装置); いずれ も1000W×1000 D×2000H (mm)		同 左	(分析表 置用); 300×300 mm 口	必要 ①探傷器 用 ②挿入コ ントラ用 ③記録表 置用 ④分析表 置用		必要 (高温, 多 湿を避ける)	分析装置用 空調室が必要	

Table 4.1.1(2) ISI 探傷手法上の要求事項

	被 検 体				ス ペ ース				電 源		除染施設	保管施設	備 考		
	材 質	母材表面	溶接ビード表面状況	溶接ビード底面状況	曲 率	プラントコンポーネント探傷スペース	ISI 機器 機入スペース	ISI 機器 設置スペース	探傷足場 用スペース	配管用ダクトスペース				100 V	200 V
(6) 電気抵抗試験 (ERT)	導電材質	25 S 以上 (錆, 不 着物の 除去)	ビード切削 が必要	ビード切削 が必要	20 R 以上	20 × 20 (mm)					必要				
(7) 肉眼試験 (VT)		25 S 以上 (不着物の 除去が望ま しい)	ビード切削 が必要	ビード切削 が必要		(ITVカメラ用 スペース); 500 × 500 (mm)	(モニターTV 用スペース); 2000W × 2000D × 2000H (mm)	同 左			必要 ①試験器 用 ②ITVカ メラ用 ③モニタ -TV 用		必 要 (高温, 多湿を 避ける)		
(8) データ処理装置						(ミニコンCPU 端末装置, プロ ッタ, プリンタ, ディスプレイ, 磁気テープ記録 装置用); 2000W × 3000H (mm)	(ミニコンCPU 用); 2000W × 2000D × 2500 H (mm) (プロッタ用); 2000W × 2000D × 2000H (mm) (プリンタ, デ ィスプレイ, 磁 気テープ記録装 置用); 各々 1000W × 1000D × 2000H (mm)	同 左	必 要	必 要 ①ミニコ ンCPU ②プロッ タ ③プリン タ ④ディス プレイ ⑤磁気テ ープ記 録装置 ⑥その他	必 要	必 要 (高温, 多湿を 避ける)	空 気 源	空 気 源	空 気 源

4.2 実験炉構造ならびに機器設計に対する要求事項

Table 3.1.1 に示す I S I 実施上の条件をより具体的に以下に示す。

(1) 原子炉圧力容器設計に対する要求事項

(R-1) 上鏡貫通部

(i) 接近性及びスペースに対する要求

マニピュレータ取付の為の搬入通路，取付作業用足場を設ける。

(ii) 貫通部溶接方法の検討

鏡鍛造部として貫通部を含む一体化された物を作ることが必要である。

(iii) 貫通部内機器の取外し検討（貫通部内側からの I S I 検討）

本貫通部のうちで，可能なものについては貫通部内機器の取外し，更に内側からの I S I を実施する。この為に短時間に貫通部内機器の取外し，取付けが行えるようにすること。

(R-2) 上鏡フランジの溶接部

(i) スペース確保

対象部と冷却パネルとの間に 400 mm 程度の隙間を設ける必要がある。探傷器移動に必要な空間である。

(ii) 溶接部位置

溶接部とフランジとの間に約 200 mm の距離を設ける必要がある。溶接部の体積検査 (UT) を実施するにはこの空間が必要である。

(iii) 探傷器走行用レールの位置

(i), (ii) が実現される前提で自動探傷を想定して探傷器走行用レールを冷却パネル内側に設ける。

(R-3) 植込ボルト部

(i) 植込ボルトは短時間に取付，取外しが出来るようにすること。

(ii) 植込ボルトは I S I 時に探傷対象物全数を取り替え，新品と交換する。

(R-3') フランジリガメント部

試験員の接近できる経路を確保し，探傷子の設定が出来るスペースを設けること。

(R-4) 胴フランジ溶接部

(R-2) に同じ。

(R-5) 胴長手方向溶接部

鍛造により長手方向溶接部が無いピースにより容器を作り上げることが望ましい。

(R-6) 振れ止め部

(i) 接近性及びスペースの確保

④ VTを行う為のスペースを設ける（全般に 300 mm）。

⑤ マニピュレータ取付の為に必要な足場，通路を設ける。

(ii) 外側から体積検査を実施する全体形状及び溶接部形状に必要がある。

(R-7) 胴円周方向溶接部

(i) スペース確保

対象部と冷却パネルとの間の隙間を 350 mm 程度に広げる。

(ii) 溶接部位置の検討

中性子束の低い方へ位置をずらす。

(iii) 探傷用レールの位置

探傷器を走行させる為に冷却パネル上に走行レールを常設する。

(iv) I S I 準備室の位置

(R-7) の検査機設定, 遠隔操作の為 I S I 準備室を原子炉圧力容器室に隣接して設置する。

(R-8) 胴長手方向溶接部

(R-5) に同じ。

(R-9) 胴円周方溶接部

(R-7) に同じ。

(R-10) 胴長手方向溶接部

(R-5) に同じ。

(R-11) 炉心出口 T/C 用貫通部

(R-1) に同じ。

(R-12) 下部鏡一胴溶接部

(i) スカート溶接部との距離を広げる。

300 mm 程度の距離を設けること。

(ii) 探傷器走行レールの設置

冷却パネル上に (R-12) 探傷用レールを設置する。

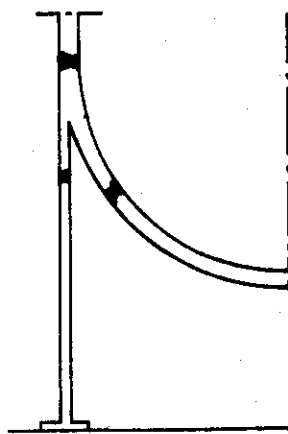
(iii) スペース確保

本溶接部と冷却パネル間に 350 mm 程度の隙間をあける。

(R-13) スカート溶接部

(i) スカート溶接方法

現設計ではスカートと容器との溶接方法は, スカート部を容器に直接溶接する方法を採用しているが, 溶接部形状が UT 実施上不適格であり, 下図の構造が望ましい。



(ii) 溶接部位置

スカート取付溶接部と下部鏡一同溶接部との間を 300mm 程度離すこと。UT検査法の場合、溶接部周囲にこの程度のスペースが必要である。

(iii) スペース

スカート取付溶接部と周辺冷却パネルの間には 350mm 程度の探傷器移動用スペースを設けること。

(iv) 探傷器走行レールの設置

スカート取付溶接部周囲に、探傷器走行用レールを設置すること。

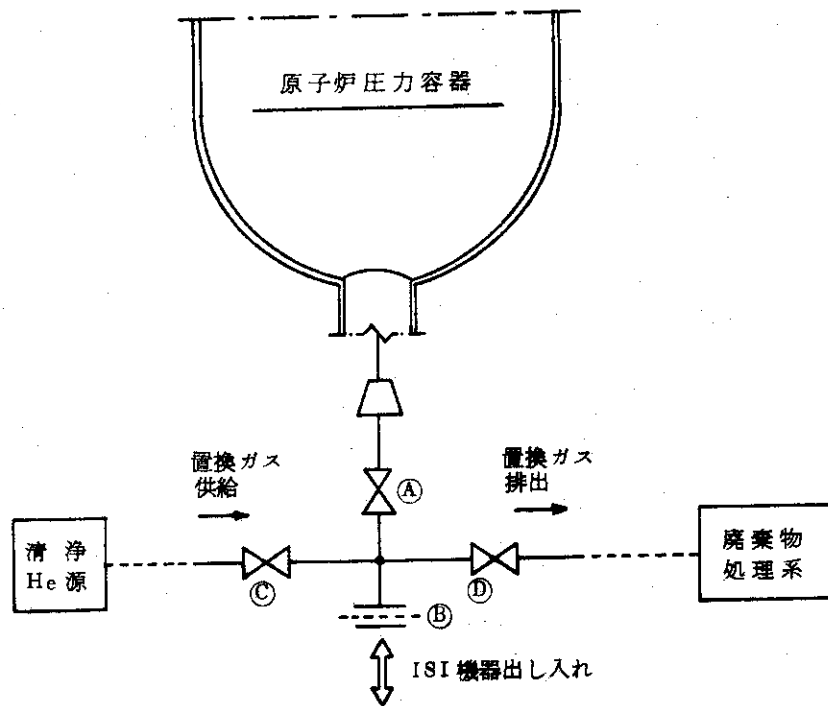
(R-14) 炉内構造物支持構造物

(i) ISI用ノズル及びISI機器挿入系統の設置

炉内表面検査機器 (ITV) を原子炉圧力容器内に挿入する為に ISI用ノズル (16B), 及び ISI 機器の挿入系統を設けること。本系統は機能として以下を有するものとする。

- ① ヘリウムを外部漏洩させず、F.P. を拡散させない。
- ② ヘリウム全体をダンプさせない。
- ③ 外から機器を持ち込む場合異物混入を極力避ける。

以下に凡例を示す。



常時は、弁 A, C, D 各々開、閉、閉としフランジ B を盲シール溶接しておく、ISI 時に A 閉、C 開、D 開として A ~ B 間のガスを抜き、清浄ガスと置換する。後、B の盲シールを切り ISI 機器挿入機を B にセットし A ~ B 間に挿入する。この時 C, D の系統より A ~ B 間にヘリウムガスを満たし、A を開として炉内に ISI 機器を搬入する。

(ii) I S I 機器挿入系統室の設置

(i)の系統を収納し、I S I 機器のセッティング等 I S I の作業を行う為に原子炉圧力容器真下に I S I 機器搬入系統室を設ける。

(iii) ブラケット溶接部体積検査上の要求

- Ⓐ 支持スカート，下部鏡の間にブラケット部探傷用レールを設置する。
- Ⓑ 体積検査（U T）探傷器の移動用スペースを支持スカート，下部鏡の間に設けること。
- Ⓒ プランケット溶接部はフルペネトレーションとすること。U T 上溶け込み溶接は好ましくない。

(R-15) 下部鏡円周方向溶接部

本溶接をなくす構造が望ましい。

(R-16) 原子炉入口ノズル溶接部

(i) 容器への取付溶接部形状

溶接部近傍には片側 200 mm のフラットな面を設けること。

(ii) 接近性

入口ノズル部への探傷器走行レール設置，探傷器取付の為に人間の接近，作業を容認し得る様にマンホール等を設置する。

(R-17) 下部鏡貫通部

(R-16)に同じ。

(R-18) 下部鏡貫通部フランジボルト

定期取り替で対処する。

(R-19) 耐圧ハウジング

(R-1)に同じ。

(2) 中間熱交換器設計に対する要求事項

(H X-1) 2次ヘリウム入口ノズル溶接部(1)

(i) 接近性およびスペースに対する要求

一般的要求事項を参照。

(ii) 断熱材に関する要求事項

一般的要求事項を参照。

(H X-2) 2次ヘリウム入口ノズル溶接部(2)

(H X-1)に同じ。

(H X-3) 2次ヘリウム入口ノズル溶接部(3)

(H X-1)に同じ。

(H X-4) 2次ヘリウム出口ノズル溶接部

(H X-1)に同じ。

(H X-5) 上部鏡フランジ溶接部

(H X-1)の(i), (ii)に同じ。

- (iii) レール付グレーチングが必要。
 - (HX-6) 支持部
- (i) 胴への取付位置をテーパ部中心にずらすこと。
 - (HX-7) 胴テーパ部長手方向溶接部
 - (HX-5) に同じ。
 - (HX-8) テーパ胴溶接部 (下部)
 - (HX-5) に同じ。
 - (HX-9), (HX-11), (HX-17) 胴長手方向溶接部
 - (HX-5) に同じ。
 - (HX-10) 胴周方向溶接部
 - (HX-5) に同じ。
 - (HX-12) 下部鏡一胴溶接部
 - (HX-5) に同じ。
 - (HX-14) 1次ヘリウム出口ノズル
 - (HX-1) に同じ。
 - (HX-15) 胴フランジボルト
 - ヘリウム雰囲気をこわさずにボルトを取外せること。
 - (HX-16) 胴フランジ溶接部
 - (HX-5) に同じ。
 - (HX-18) 1次ヘリウム入口ノズル
 - (HX-1) に同じ。
 - (HX-19) テーパ胴溶接部 (上部)
 - (HX-5) に同じ。
 - (HX-20) 管板-伝熱管溶接部 (上部)
- (i) I S I 機器搬入口 (400 ϕ × 2 個) を上部鏡板部に設けること。
- (ii) I S I 機器の搬入 (クレーン), 組立設置および作業員の作業安全上必要なスペースを設けること。(グレーチング…… 5m × 3m × 8m^H および GL + 15m ライン…… 5m × 5m × 3m^H)
- (iii) ヘリウムチャンバーの取付け取外し時にはヘリウム雰囲気を破るものとする。
- (iv) 伝熱管と上部水室内胴, 上部管板取付け管台とのスペースは最低 100mm あること。
 - (HX-21) 下部管板取付台-下部プレナム鏡板溶接部
 - 外面からの UT で対処できるように構造変更必要。
 - (HX-22) 伝熱管母材部
 - (HX-20) に同じ。
 - (HX-23) 管板-伝熱管の溶接部 (下部)
 - (HX-20) に同じ。
 - (HX-24) 上部管板取付管台-管板の溶接部
- (i) (HX-20) (i) に同じ

- (ii) (HX-20) (ii)と同じ
- (iii) " (iii)と同じ
- (V) 断熱材は容易に取外し、取付けが可能なこと。
 - (HX-25) 下部フランジ-鏡又は胴との溶接部 (HX-5)と同じ。
 - (HX-26) 1次側内側容器溶接部
ERT装置の接近が可能な構造に変更するのが望ましい。
- (3) 主一次冷却系弁に対する要求事項
 - (1V-1)
 - (i) 溶接部形状
溶接部両側に各 200 mm のフラットな面を設けること。
 - (ii) 保温材の装着
短時間で溶接部保温材の取付、取外しが出来るようにすること。
 - (iii) 接近
弁本体への試験員の接近が可能な様に通路を設けること。弁耐圧溶接部周囲に検査に必要な空間を設けること。
 - (1V-2)
 - (i) ISI用ノズル及びISI機器挿入系統の設置
弁本体耐圧部内表面検査機器（ボアスコープ等）を弁本体内に挿入する為にISI用貫通部及びISI機器挿入系統を設けること。本系統は機能として以下を有するものとする。
 - Ⓐ ヘリウムを外部漏洩せず、F.P.を拡散させない。
 - Ⓑ 主一次系ヘリウムはダンプしない。
 - Ⓒ 外から機器を持込む場合、異物混入を極力避けられるものとする。
 - (ii) スペース及び接近性
弁周囲スペースに(i)の系統を収め、そこで試験員がISI機器操作、モニタリング、データ収録を行えるスペースを取ること。試験員が接近出来る通路を設けること。
 - (1V-3) 弁支持部
 - (i) スペース及び接近性
ISI検査上必要なスペースを支持部近傍に設けること。又、試験員が検査箇所容易に近寄れること。
 - (ii) 保温材装着
支持部近傍の保温材は短時間に取付、取外が出来ること。
- (4) 主一次冷却系配管設計に対する要求事項
 - (1CD-1 ~ 1CD-25) 二重配管外管円周方向、及び長手方向溶接部
 - (i) 原子炉圧力容器周辺部
ここではISI全自動探傷によるものとし、配管周囲に案内管を設け、これに常設レーンを敷設すること。レーンと配管との間には 300 mm 程度のスペースを設ける。案内管は原子炉圧力容器隣接室に導く。走行台車装着、遠隔騒動の為に必要なスペースを有する部

屋を設ける。

(ii) (i)以外の場所

(i)以外の場所ではISIは半自動探傷によるものとする。検査箇所では保温材は短時間に取付、取外しが出来るようにすること。試験員が検査箇所に到達、検査機設定を行える足場、スペースを設けること。探傷対象溶接部の両側に200mmのフラットな部分を設けること。

(1CS-1~-96) 単管円周方向、及び長手方向溶接部

(1CD-1~-25)の(ii)に同じ。

(1CD-26) 二重管内管断熱構造ライナー

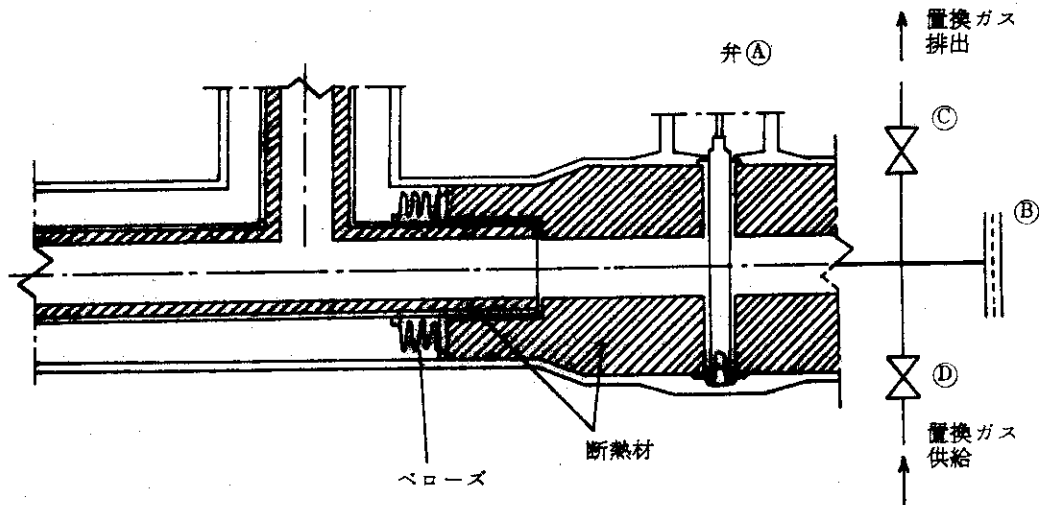
(i) ISI検査機の断熱構造内挿入系統の設定

2.3節(8)にて検討した機構を二重配管エルボ部分に設置する。ただし設置箇所は最小限に止めることが必要であると考えられ、配管の応力上厳しい場所、重要な箇所に限定するものとする。

本系統は以下の機能を有するものとする。

- ㊶ ヘリウムを大量に漏洩させず、F.P.を拡散させない。
- ㊷ 主一次冷却系ヘリウムをダンプしない。
- ㊸ 外から機器を持ち込む場合、異物混入を極力避ける。

以下に凡例を示す。下記機構設定場所は配管エルボ部分とする。



常時は弁A、C、Dを開、閉、閉とし、フランジBをシール溶接で盲としておき、ISI時に弁A、C、Dを各々閉、開、開としてC、Dの系統によりA~B間のヘリウムを清浄ガスに置換する。更にBのシールを切って、Bに挿入するISI機器を接置しA~B間に清浄ヘリウムを供給する。弁Aを開としてISI機器を挿入する。C、Dは各々廃ガス処理系、清浄ヘリウム供給系に連絡し、必要ならばA~Dは外部から常時冷却(ガス冷却)をする。

㊶、㊷、㊸周辺には必要な作業空間を設けること。

以上の様に本設置箇所はエルボをティーにすること。

(1CD-27) 二重管内外管の間のリブ

現状では外管側のリブについてのみ、体積検査が想定される。保温材をこの部分だけ取外せるようにしておき、検査空間、足場を周囲に設けること。

(1CD-28) 配管支持部

(i) 接近性

配管支持部周囲には目視検査の出来る空間を設けること。配管保温材取外しは容易に出来ること。

(ii) 溶接部位置

支持部の配管への溶接部、接続部は配管円周方向溶接部と400 mm以上離すこと。

(5) ヘリウム循環機設計に対する要求事項

- 1) 分解可能な構造とすること。
- 2) ヘリウムのページ、注入のシステムを設置のこと。
- 3) 保温材は取外し可能な構造であること。

以上の機器設計ならびに構造設計上の要求をFig. 4.2.1からFig. 4.2.4に示す。

4.3 保温材構造に対する要求（保温材簡易取外し方法の検討）

I S I実施時に試験員の接近、手動探傷を実施する場所では、プラント機器側にその為の配慮が必要である。I S I実施箇所が保温材で覆われている場合は、保温材の取外しが必要となる。

配管の溶接部でI S I実施箇所には短時間のうちに外面保温材が取外せる構造を採用すべきであり、Fig. 4.3.1の構造を提案する。

1) 配管保温材の施工要領

(1) 配管円周方向溶接部（Fig. 4.3.1参照）

- (i) 配管円周方向溶接部の取外し箇所の取外し箇所の両端に探傷装置用の常設レールを溶接した2つ割りの支持金具をボルト締めする。自動探傷する場合を想定して常設レールは位置が移動しない構造として固定する。
- (ii) 取外しが必要な保温材は配管径・重量・接近性を考慮して分割方法を採用し、たとえば24B配管では3分割した保温材をセットしバックルで止め、固定する。

(2) 配管長手方向溶接部（Fig. 4.3.1参照）

- (i) 基本的には配管円周方向の場合と同様であり、自動探傷用の常設レールを装備した2つ割りの支持金具をボルト締めする。常設レールは位置が移動しない構造とし、固定する。
- (ii) 長手方向溶接部の取外し保温材は、配管径・重量・接近性を考慮した長手方向の分割を採用し、溶接線に沿って保温材を取外す構造とする。保温材のセットおよび固定方法は円周方向の場合と同様である。

2) その他の実施箇所の保温材

I H Xを初め大部分の機器表面に取付けられている保温材は、取外しが必要である。これらの箇所は基本的に、配管保温材と同様な構造を採用することを提案する。

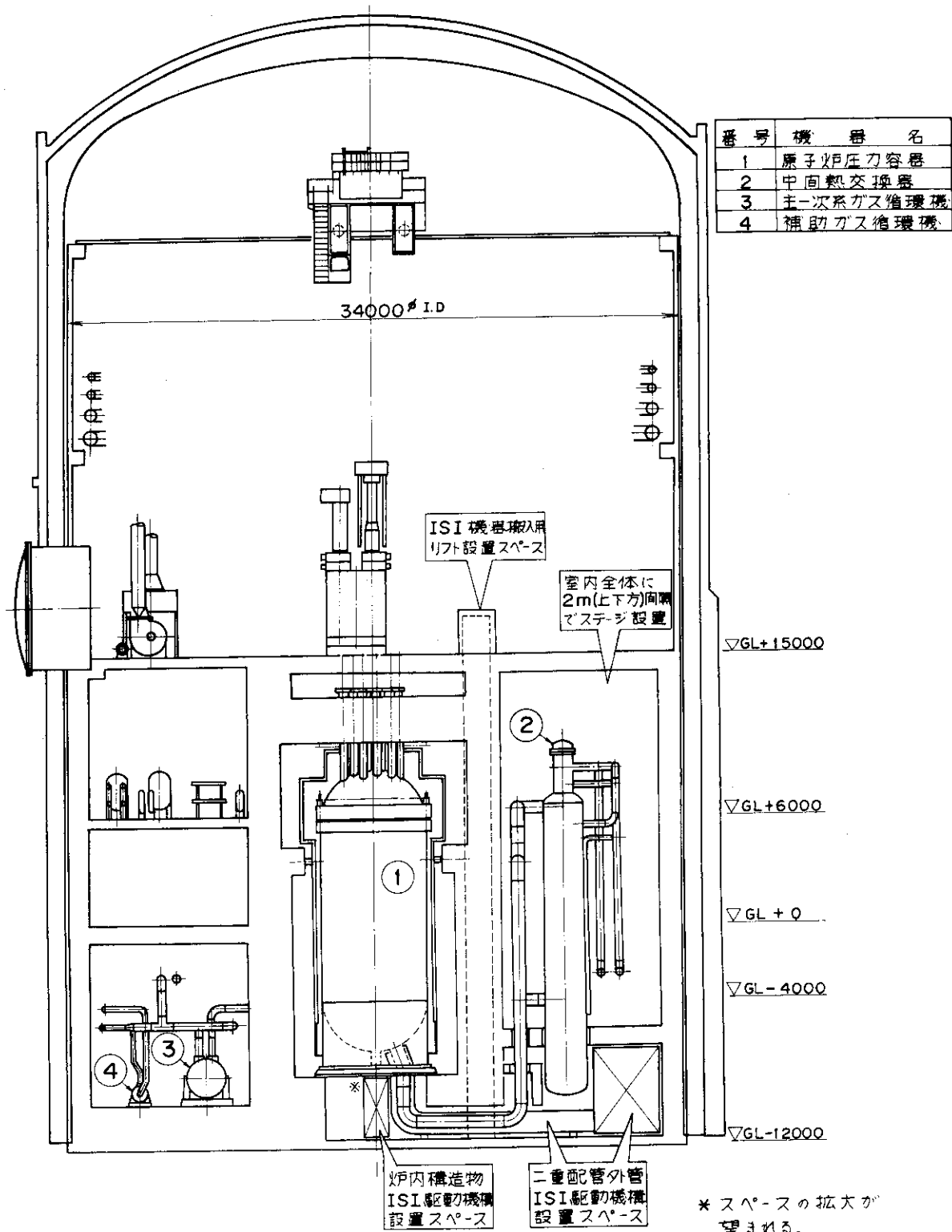
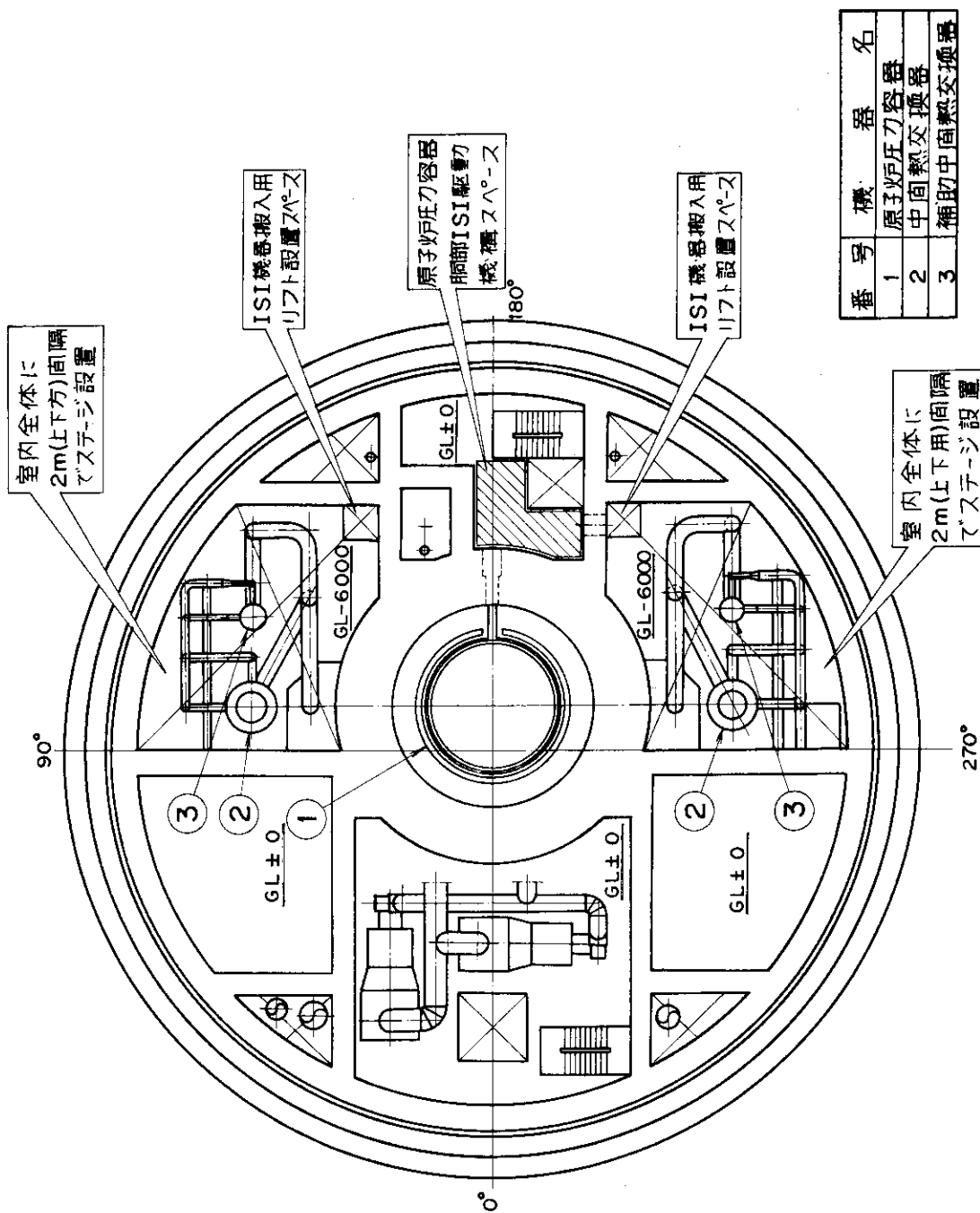
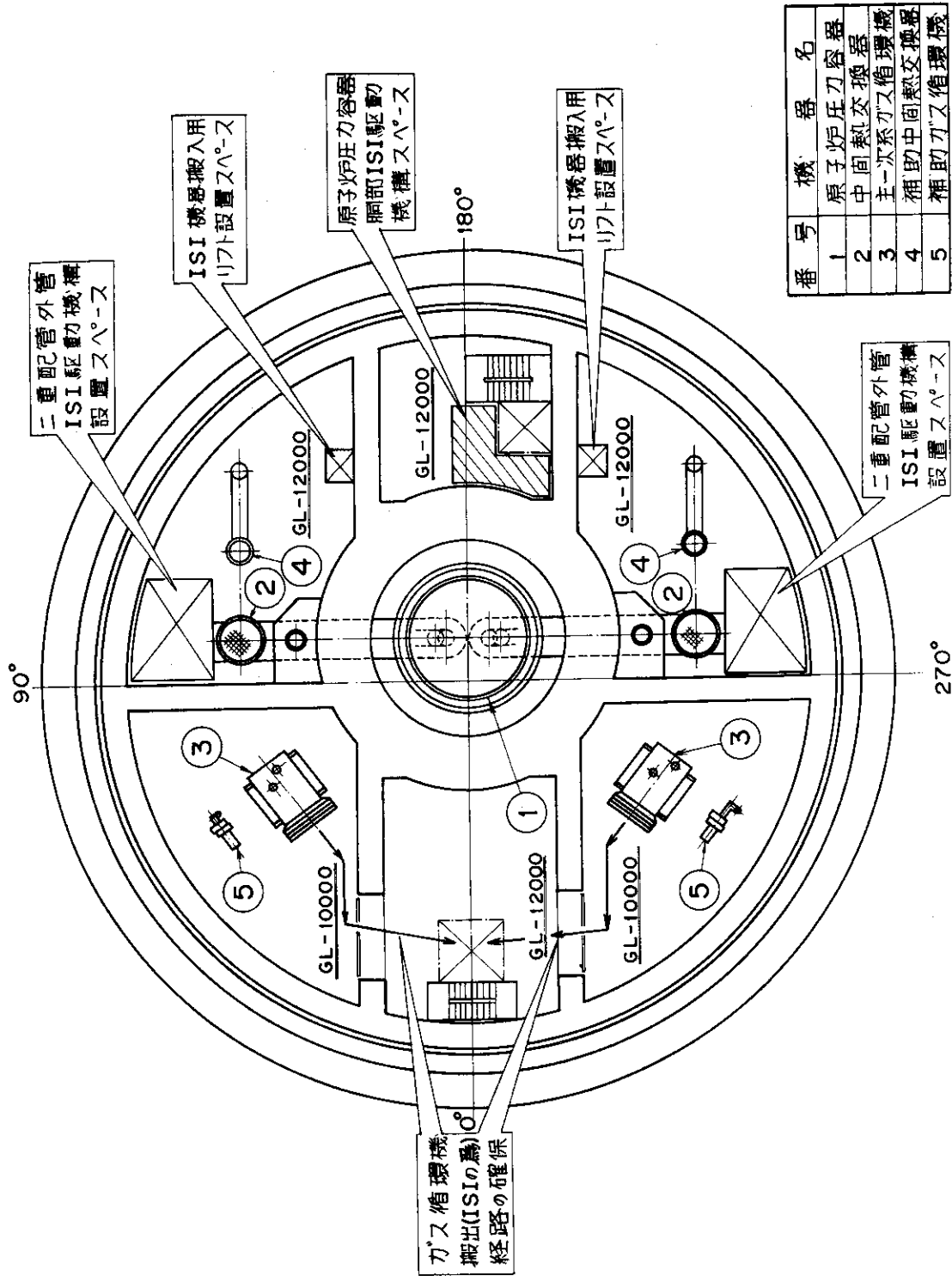


Fig. 4.2.1 ISI用機器の基本配置図(1)



番号	機器名
1	原子炉圧力容器 中固熱交換器
2	補助中固熱交換器
3	

Fig. 4.2.2 ISI 用機器の基本配置図(2)



番号	機器名
1	原子炉圧力容器
2	中間熱交換器
3	主一次系ガス循環機
4	補助中間熱交換器
5	補助ガス循環機

Fig. 4.2.3 ISI用機器の基本配置図(8)

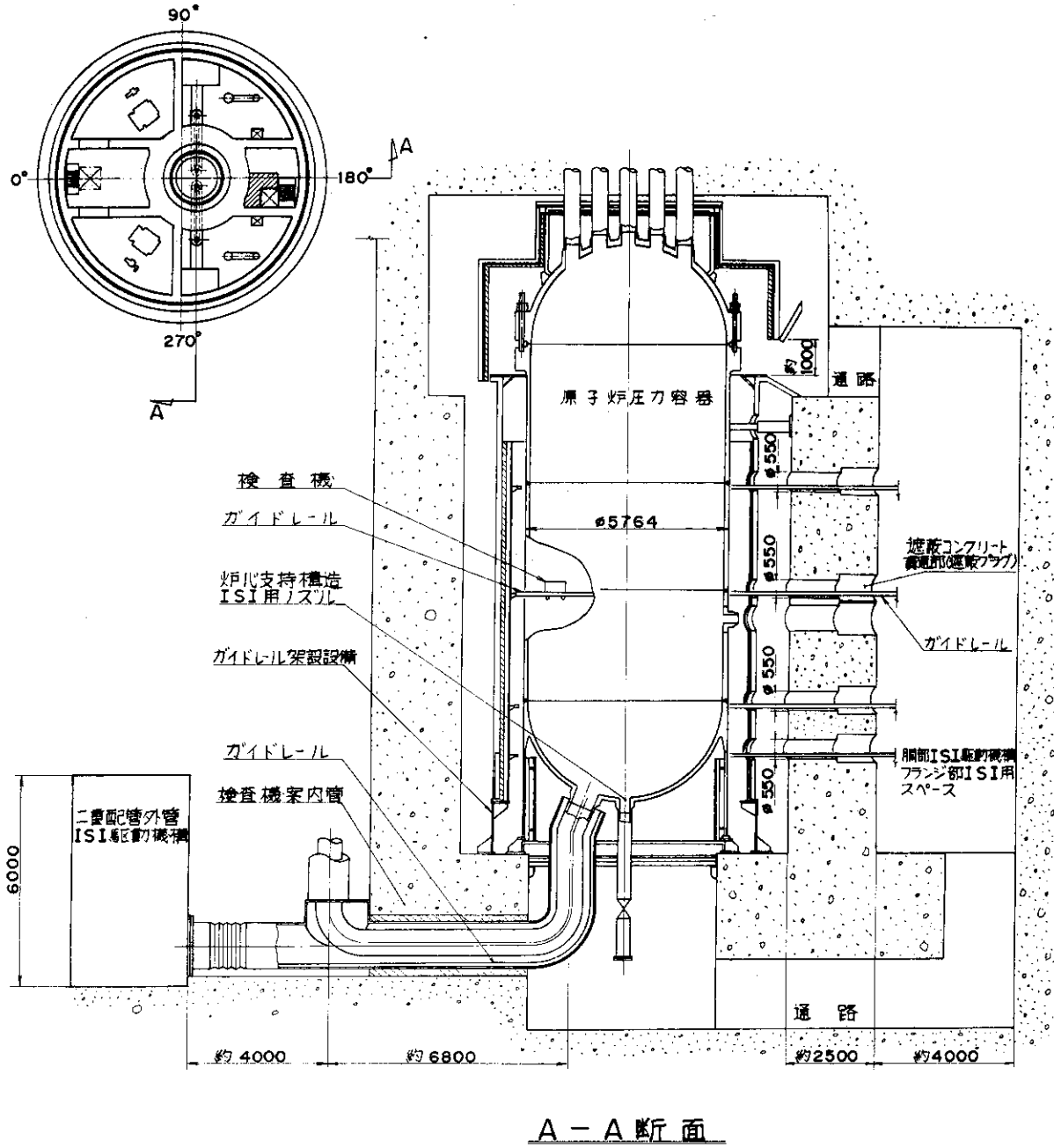


Fig. 4.2.4 ISI用機器の基本配置図(4)

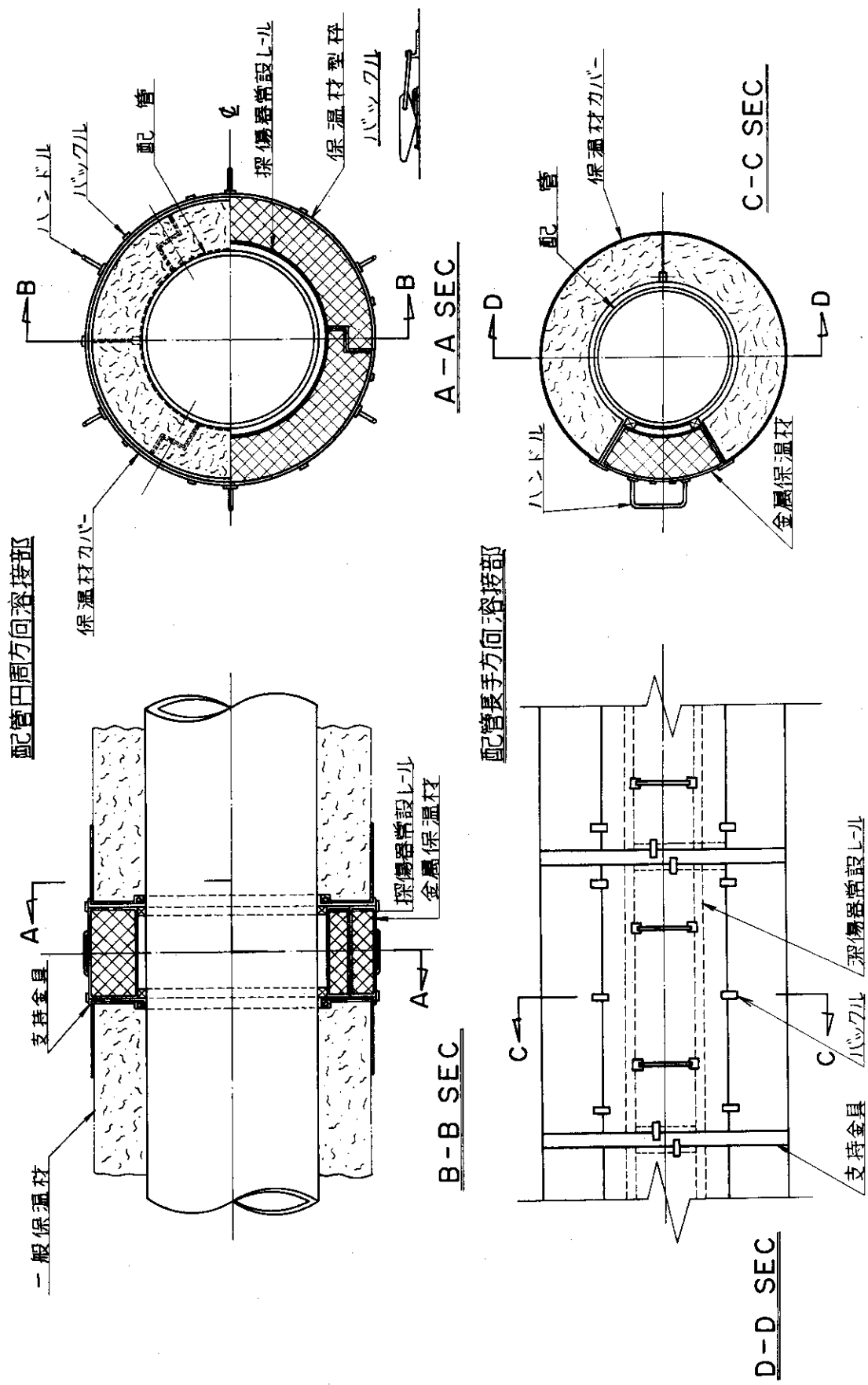


Fig. 4.3.1 配管溶接部保温材に関する I S I からの要求構造図

5. 結 び

多目的高温ガス実験炉のISI実施可能性をISI工数(人・日)、作業員被曝(人・rem)ならびにISI技術の難易性の観点で、実験炉の概念設計、平常時のプラント放射能の推定値ならびにISI技術の現状調査結果などのデータに基づき検討した。その結果、概ね1回の検査間隔(3, 7, 10年間)当りのISI工数は2,000人・日、作業員被曝は500人・remと推定できた。また、そのISI技術の難易性も中間熱交換器等の内部構造で1次系と2次系の障壁を形成する部位(管盤、伝熱管を除く)の表面検査ならびに肉眼検査の実施が、断熱構造材に邪魔され、技術的に困難であることが判明したが、他の部位は難位度Ⅱ以内に収まった。従って、その問題部位の安全上の機能を低下させ機器クラス3にするシステム設計上の変更、又は断熱構造の取り外しを可能とする設計上の変更が必要と判断された。

一方、上記のISI工数ならびに作業員被曝の予測値は、軽水型発電炉の現状⁽⁴⁾(Table 5.1 参照)と較べ決して小さくない。出力比で校正すれば、3年間の検査間隔の場合で米国の1976年の作業員被曝と較べ約11倍の作業員被曝がISI実施のみで発生する計算となる。ただし、基数当りでは $\frac{1}{5}$ 以下の作業員被曝となる。

以上の結果から、実験炉のISIの実施可能性に関し明白な結論を導き出すには、検討の基礎としたデータの信頼性に関し未知の部分が多い現状では、予測の域を出ないが、第3章ならびに第4章で指摘したR&Dならびにシステム設計および構造設計上の要求事項が満されるならば“可能”との結論ができる。

Table 5.1 米国における職業人の平均被曝量⁽⁴⁾

年	炉の基数	年間平均(人・rem/GW(e)y)
1969	7	1100
1970	9	1700
1971	11	1200
1972	17	1200
1973	23	1800
1974	32	1300
1975	44	1100
1976	53	1200

参 考 文 献

- (1) 大岡, 江崎, 古平, 村岡, 「多目的高温ガス実験炉第1次供用期間中検査指針」, JAERI-M 7638, (1978).
- (2) 青地, 他, 「多目的高温ガス実験炉第1次概念設計」, JAERI-M 6845, (1977).
- (3) 鈴木, 齊藤, 高谷, 小倉, 「多目的高温ガス実験炉の安全特性の検討 - 実験炉第1次概念設計の放射能安全特性について -」, JAERI-M 6613, (1976).
- (4) L. A. Johnson, Occupational Radiation Exposure at Light - Water Cooled Powers 1976, US Nuclear Regulatory Commission, NUREG - 0323, March 1978.

付録A 試験カテゴリ

以下に示す試験カテゴリは I S I 指針⁽¹⁾の抜粋である。

A.1 クラス1機器に対する試験カテゴリ

Table A.1.1 試験のカテゴリ

試験範囲	試験程度および実施時期
<p>B-A 原子炉容器の耐圧溶接部</p> <p>試験範囲は、容器胴の長手および円周方向溶接部ならびに容器鏡板溶接部であり、試験すべき体積をFig.A.1.1～Fig.A.1.3に示す。</p> <p>試験範囲は、容器フランジ間、鏡板フランジ間の溶接部であり、試験すべき体積をFig.A.1.4とFig.A.1.5に示す。</p> <p>原子炉容器炉心外周域の耐圧溶接部で、母材が溶接補修され、その深さが呼び板厚の10%を越える場合には、その部分の試験を行なうこと。溶接補修部の位置が明確でない場合は、その溶接補修部を含む板、鍛造あるいは単胴全体を試験範囲とする。その炉心外周域とは、その容器内に熱しゃへい体を使用されているものではその熱しゃへい体の長さ、熱しゃへい体を使用されていないものでは核燃</p>	<p>次に示す試験を各検査間隔の間に行なわなければならない。</p> <p><u>第1回目の検査間隔における試験</u></p> <p>容器胴の長手および円周方向溶接部、胴フランジ間溶接部、鏡フランジ間溶接部、ならびに容器鏡の円周方向および子午線方向で接近可能な溶接部の全長の100%について試験すること。</p> <p>原子炉容器炉心外周域で母材が溶接補修されている部分の100%について試験すること。</p> <p><u>第2回目以降の検査間隔における試験</u></p> <p>試験は次の対象について実質的に100%行なうこと。</p> <p>(a) 1つの容器炉心外周域の円周方向溶接部（もし、構造的不連続部にあればその中か</p>

試 験 範 囲	試 験 程 度 お よ び 実 施 時 期
<p>料の有効長さに対向する原子炉容器胴の長手および円周方向溶接部とする。</p>	<p>ら選ぶこと)</p> <p>(b) 1つの容器炉心外周域の長手方向溶接部</p> <p>(c) 容器炉心外周域で母材が溶接補修された部分があればその中から1つ</p> <p>(d) 胴-フランジ溶接部</p> <p>(e) 鏡-フランジ溶接部</p> <p>(f) 容器鏡のそれぞれについての上記(d), (e)を除く1つの子午線方向溶接部ならびに1つの周方向溶接部</p> <p>以上の選定された溶接部は引き続き行なわれる検査間隔でも再試験すべきである。</p> <p>容器胴の溶接補修された部分, 円周方向および長手方向溶接部, ならびに下部鏡板の円周方向および子午線方向溶接部の試験はそれぞれの検査間隔の終りまたは終り近くで行なうこと。</p>
<p>B - B 容器の耐圧溶接部 (原子炉圧力容器を除く)</p>	
<p>試験範囲は, 容器胴の長手および円周方向溶接部ならびに容器鏡板溶接部とする。</p> <p>試験すべき体積は, Fig A.1.1 ~ Fig A.1.6 に示す通りである。</p>	<p>次に示す試験を各検査間隔で行なわなければならない。</p> <p><u>第1回目の検査間隔における試験</u></p> <p>胴の各長手方向および円周方向溶接部ならびに各容器鏡の円周方向および子午線方向溶接部の100%について試験を行なう。</p> <p><u>第2回目以降の検査間隔における試験</u></p> <p>1つの容器の胴の各長手方向および円周方向溶接部の各々1つの溶接部, ならびに1つの容器鏡の円周方向および子午線方向溶接部の各々1つの溶接部について試験すること。その1つの容器の選定は同一の機能をもち, 同一の雰囲気下にある容器グループ毎に行なうこと。また, 選定された容器は各検査間隔で試験されるべきである。</p>

試 験 範 囲	試験程度および実施時期
B-D 容器のノズルの完全溶け込み溶接部	
<p>試験の範囲は、各ノズルと容器の溶接部および第 Fig.A.1.7～Fig.A.1.9すノズル溶接部の隣接部とする。</p>	<p>各ノズルの試験範囲は、Fig.A.1.7～Fig.A.1.9に示された試験されるべき体積の100%を実施し、各検査間隔中にすべてのノズルを試験すること。これらの試験は、各検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p>
B-E 容器の部分溶け込み耐圧溶接部	
<p>各貫通部周辺は、耐圧試験時に漏洩の有無について試験を行なうこと。</p>	<p>各検査間隔中に行なわれる試験は、同等の寸法、機能を持つ貫通部の各グループに対し少なくとも25%を累積的に実施すること。</p>
B-F 異種金属の耐圧溶接部	
<p>試験範囲は、フェライト鋼（炭素鋼、低合金鋼、高張力鋼）とオーステナイトステンレス鋼、Ni-Cu-Fe合金、Ni-Fe-Cr合金およびNi-Cu合金鋼との異種金属溶接部とする。</p> <p>試験は、Fig.A.1.10に示す範囲について行なうこと。</p>	<p>各異種金属溶接部の100%について、体積試験および表面試験を行なうこと。</p> <p>容器の異種金属溶接ノズル（たとえばセーフエンド溶接部）についてはカテゴリB-Dの試験と整合させること。</p>
B-G-1 直径50mmを越える圧力保持用ボルト締め付け部	
<p>この試験範囲は、ボルト、植込みボルト、ナット、母材金属のねじ部およびねじの切られた植込みボルト孔間のフランジリガメントとする。ボルト、植込みボルト、フランジリガメントの試験すべき体積は、Fig.A.1.4およびFig.A.1.14に示す範囲について行なうこと。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、ボルト、植込みボルト、ナット、母材金属のねじ部およびねじの切られた植込みボルト孔間のフランジリガメントの全数について行なうこと。</p> <p>フランジのねじ部およびリカメントの試験は、フランジの結合が分解された状態で実施する。ボルトは装着されて引張りのかかっているとき、ボルトがはずされているときのいずれかの場合に試験を行えばよい。</p> <p>ボルトおよび植込みボルトの表面試験は検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p> <p>熱交換器、循環機、弁のボルトおよび植込み</p>

試験範囲	試験程度および実施時期
	<p>ボルトの表面試験および体積試験はそれらのB-B, B-L-1, およびB-M-1のカテゴリの試験程度で制限してよい。また、それら試験は各検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p>
<p>B-G-2 直径50 mm以下の圧力保持用ボルト締め付け部</p>	
<p>試験範囲は、ボルト、植込みボルトおよびナットとする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、ボルト、植込みボルトおよびナットの全数について行なうこと。 ボルトは装着されて引張りのかかっているとき、ボルトがはずされているとき、またはボルトによる結合が分解されているときのいずれかの場合に試験を行えばよい。</p>
<p>B-H 容器支持部</p>	
<p>試験範囲は、容器に一体溶接した容器支持部の容器への溶接部で、Fig.A.1.15～Fig.1.17に示す通りである。ただし、ノズルに一体溶接された支持パッドを除く。</p>	<p>容器との周溶接部ならびに铸造または鍛造の一体溶接された支持付属物の試験可能な溶接線の100%について検査すること。 同一の設計、寸法および機能をもつ複数容器については、試験を1つの容器の支持構造に限定してよい。</p>
<p>B-J-1 配管の耐圧溶接部</p>	
<p>試験範囲は、配管中の長手および円周方向溶接部ならびに肉厚の半分に相当する幅または10mmのいずれか大きい方の隣接母材とする。 長手方向溶接部については、試験の対象とした円周方向の溶接部との交点から計って少なくとも300mmの長さを試験すること。 枝管接続部は、全溶接金属、溶接部の端から少なくとも肉厚の半分の幅または10mmのいずれか大きい方の主管母材および枝管側母材の範囲を試験すること。 試験は、Fig.A.1.10～Fig.A.1.13に示す範囲について行なうこと。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、円周方向の全継手（および隣接した長手方向の溶接部）数の50%について行なうこと。 枝管接続部溶接継手については、溶接部の100%の試験を行なうこと。ただし、原子が冷却系ループへの結合されている形状が実質的に同一で、かつ同一の機能を果している継手グループには、そのグループから1つの継手を冷却ループ別に選定して試験してよい。 第1回目の検査間隔で選定した箇所はそれ以降の検査間隔でも試験されること。</p>

試験範囲	試験程度および実施時期
B-J-2 配管の内表面	
<p>試験範囲は、配管耐圧部内表面の内部断熱構造ライナー表面で、試験のための接近が可能となる領域とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、試験カテゴリB-J-1 で選んだ試験対象の配管また枝管接続部とする。</p>
B-J-3 配管の内部取付物および内部配管	
<p>試験範囲は、配管内表面に溶接された取付物および耐圧機能をもたない内部配管の内部断熱構造ライナー表面で、試験のための接近が可能となる領域とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、試験カテゴリB-J-1 で選んだ試験対象の配管または枝管接続部とする。</p>
B-K-1 配管、弁、循環機の支持部材	
<p>試験範囲は、耐圧部へ一体溶接された支持部材のうち、耐圧部との溶接部、溶接部の下の母材および支持部材とする。</p> <p>試験は、Fig.A.1.15～Fig.A.1.17 に示す範囲について行なうこと。</p>	<p>カテゴリB-J に従って試験すること。</p>
B-K-2 配管、弁、循環機の支持構造物	
<p>試験範囲は、配管、弁、循環器の支持構造物とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、すべての支持構造物について行なうこと。</p> <p>固定または可変のスプリング型ハンガ、スナップ、ショックアブソーバなどの支持構造物の取付け状態を確認すること。</p>
B-L-1 循環機ケーシングの耐圧溶接部	
<p>試験範囲は、Fig.A.1.18に示す体積の溶接金属と母材とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、系の中において同様の機能をもつ各循環機グループ（たとえば1次系ガス循環機）それぞれについて少なくとも1台の循環機（耐圧溶接部があるもの）の耐圧溶接部の全長について行なうこと。</p> <p>この試験は、検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p>

試 験 範 囲	試 験 程 度 お よ び 実 施 時 期
B-L-2 循環機ケーシングの内表面	
<p>試験範囲は、循環機ケーシングの耐圧部の内表面（内部断熱構造部についてはライナー表面）で試験のための接近が可能となる領域とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、系の中において同様の機能をもつ各循環機グループそれぞれについて、少なくとも1個の循環機について行なう。</p> <p>この試験はカテゴリB-L-1の試験に選ばれた循環機について行なうことができる。</p> <p>また、この試験は、検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p>
B-M-1 弁本体の耐圧溶接部	
<p>試験範囲は、Fig.A.1.19に示す体積の溶接金属と母材とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、系の中において同一の機能（たとえば、格能容器隔離弁、系の圧力上昇止弁）をもつ同一構造設計（たとえば、玉形弁、仕切弁または逆止弁）、同一製法同一メーカーの各弁グループそれぞれについて、少なくとも1個の弁（耐圧溶接部があるもの）の耐圧溶接部の全長について行なうこと。</p> <p>この試験は、各検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p>
B-M-2 弁本体の内表面	
<p>試験範囲は、呼び径100mmを越える弁における耐圧部の内表面（内部断熱構造部についてはライナー表面）で試験のための接近が可能となる領域とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、系の中において同一の機能をもつ同一構造設計（たとえば、玉形弁、仕切弁または逆止弁）、同一製法、同一メーカーの各弁グループそれぞれについて1個の弁について行なうこと。</p> <p>この試験は、カテゴリB-M-1の試験に選ばれたものと同一の弁について行なうことができる。また、この試験は、各検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p>

試 験 範 囲	試 験 程 度 お よ び 実 施 時 期
B-N-1 原子炉容器の内部	
<p>試験範囲は、通常の燃料交換のために、内容物を除去した状態で試験のための接近が可能となる炉心上部および下部とする。</p>	<p>試験は、最初の燃料交換時および引続いて行なわれる燃料交換時であって約2年毎に行なうこと。</p>
B-N-2 一体溶接された炉心支持構造物と原子炉容器への内部取付物	
<p>試験範囲は、原子炉容器壁に溶接された取付物および炉心支持構造物とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、肉眼試験可能な取付物および炉心支持構造物の表面100%について行なうこと。</p> <p>この試験は、各検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p>
B-O 制御棒駆動ハウジングの耐圧溶接部	
<p>試験範囲は、Fig.A. 1.20に示す体積の溶接金属と母材とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、制御棒駆動ハウジングのうち周辺の25%のハウジングの全溶接部について行なうこと。</p> <p>この試験は、検査間隔の終りまたは終り近くに行なうことができる。</p>
B-P 2.1.2(2)項 ⁽¹⁾ によって試験を免除される部材	
<p>2.1.2(2)項⁽¹⁾によって体積試験および表面試験を免除される部材とする。</p>	<p>すべての部材は2.5項⁽¹⁾によって要求される系の耐圧試験時に、1.10項⁽¹⁾に従って試験を行なうこと。</p>
B-Q 熱交換器伝熱管	
<p>直管型伝熱管については、全長の伝熱管母材を試験範囲とする。U字型伝熱管については、高温部、曲り部については全長を、低温部についてはその一部を試験範囲とする。</p>	<p>各検査間隔中に全伝熱管の5%について試験すること。2回目以降の検査間隔での検査は第1回目の検査と同一の伝熱管を速ぶこと。</p>

Table A.1.2 機器、部品および試験方法

項目	Table A.1.1 による試験の カテゴリ	試験される機器および部品	試験方法
B 1 原子炉容器			
B 1.1	B-A	容器胴の長手および円周方向溶接部 容器鏡の子午線方向および円周方 向溶接部 容器とフランジおよび鏡板とフラン ジとの円周方向溶接部	体積 体積 体積
B 1.2	B-D	1次側ノズルと容器との溶接部およ びノズルと容器との接続部内面の丸 みの部分	体積
B 1.3	B-E	制御棒駆動用貫通部および計測用貫 通部を含む容器の貫通部	肉眼 (1.10項)
B 1.4	B-F	ノズルとセーフエンドとの溶接部	体積および表面
B 1.5	B-G-1	ナット	表面
B 1.6	B-G-1	植込みボルト (着装時)	体積
B 1.7	B-G-1	植込みボルト (取外し時)	体積および表面
B 1.8	B-G-1	ねじ付き植込みボルト孔間のリガメ ント	体積
B 1.9	B-G-1	上蓋用ワッシャ	肉眼
B 1.10	B-G-2	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼
B 1.11	B-H	一体溶接された容器支持部	表面または体積
B 1.12	B-N-1	容器の内部	肉眼
B 1.13	B-N-2	内部取付物および炉心支持構造物	肉眼
B 1.14	B-N-3	炉心支持構造物	肉眼
B 1.15	B-O	制御棒駆動ハウジング	体積
B 1.16	B-P	除外部材	肉眼 (1.10項) ⁽¹⁾
B 2 補助冷却器および中間熱交換器			
B 2.1	B-B	1次側の管板-鏡または胴の溶接部 を含む、長手方向ならびに円周方向 溶接部	体積

項目	Table A.1.1 による試験の カテゴリ	試験される機器および部品	試験方法
B 2.2	B-D	ノズルと容器鏡板との溶接部および ノズルと鏡板との接続部内面の丸み の部分	体積
B 2.3	B-F	ノズルとセーフエンドとの溶接部	体積および表面
B 2.4	B-G-1	圧力保持用ボルトおよび植込みボルト (着装時)	体積
B 2.5	B-G-1	圧力保持用ボルトおよび植込みボルト (取外し時)	体積および表面
B 2.6	B-G-1	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼
B 2.7	B-H	容器支持構造物	表面または体積
B 2.8	B-P	除外部材	肉眼 (1.10項) ⁽¹⁾
B 2.9	B-G-2	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼
B 2.10	B-Q	伝熱管	体積
B 3 配管耐圧部			
B 3.1	B-F	配管とセーフエンドとの溶接部なら びに枝管とセーフエンドとの溶接部	体積および表面
B 3.2	B-G-1	圧力保持ボルトおよび植込みボルト (着装時)	体積
B 3.3	B-G-1	圧力保持ボルトおよび植込みボルト (取外し時)	体積および表面
B 3.4	B-G-1	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼
B 3.5	B-J-1	呼び径 100mm 以上の配管の円周お よび長手方向溶接部	体積および表面
B 3.6	B-J-2	内部断熱構造ライナー	肉眼
B 3.7	B-J-3	内部取付物および内部配管	肉眼
B 3.8	B-J-1	呼び径 100mm 未満の配管の円周お よび長手方向溶接部	表面
B 3.9	B-J-1	枝管接続溶接部	表面
B 3.10	B-J-1	ソケット溶接部	表面

項目	Table A.1.1 による試験の カテゴリ	試験される機器および部品	試験方法
B 3.11	B-K-1	一体溶接された支持部	表面または体積
B 3.12	B-K-2	支持構造部	肉眼
B 3.13	B-P	除外部材	肉眼 (1.10項)
B 3.14	B-G-2	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼
B 4 循環機耐圧部			
B 4.1	B-G-1	圧力保持ボルトおよび植込みボルト (着装時)	体積
B 4.2	B-G-1	圧力保持ボルトおよび植込みボルト (取外し時)	体積および表面
B 4.3	B-G-1	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼
B 4.4	B-K-1	一体溶接された支持部	表面または体積
B 4.5	B-K-2	支持構造物	肉眼
B 4.6	B-L-1	循環機ケーシングの溶接部	体積(一部に表面を追加)
B 4.7	B-L-2	循環機ケーシングの内表面	肉眼
B 4.8	B-P	除外部材	肉眼 (1.10項) ⁽¹⁾
B 4.9	B-G-2	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼
B 5 圧力弁の耐圧部			
B 5.1	B-G-1	圧力保持ボルトおよび植込みボルト (着装時)	体積
B 5.2	B-G-1	圧力保持ボルトおよび植込みボルト (取外し時)	体積および表面
B 5.3	B-G-1	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼
B 5.4	B-K-1	一体溶接された支持部	表面または体積
B 5.5	B-K-2	支持構造物	肉眼
B 5.6	B-M-1	弁本体の溶接部	体積(一部に表面を追加)
B 5.7	B-M-2	弁本体の内表面	肉眼
B 5.8	B-P	除外部材	肉眼 (1.10項) ⁽¹⁾
B 6.9	B-G-2	圧力保持用ボルト締め付け部	肉眼

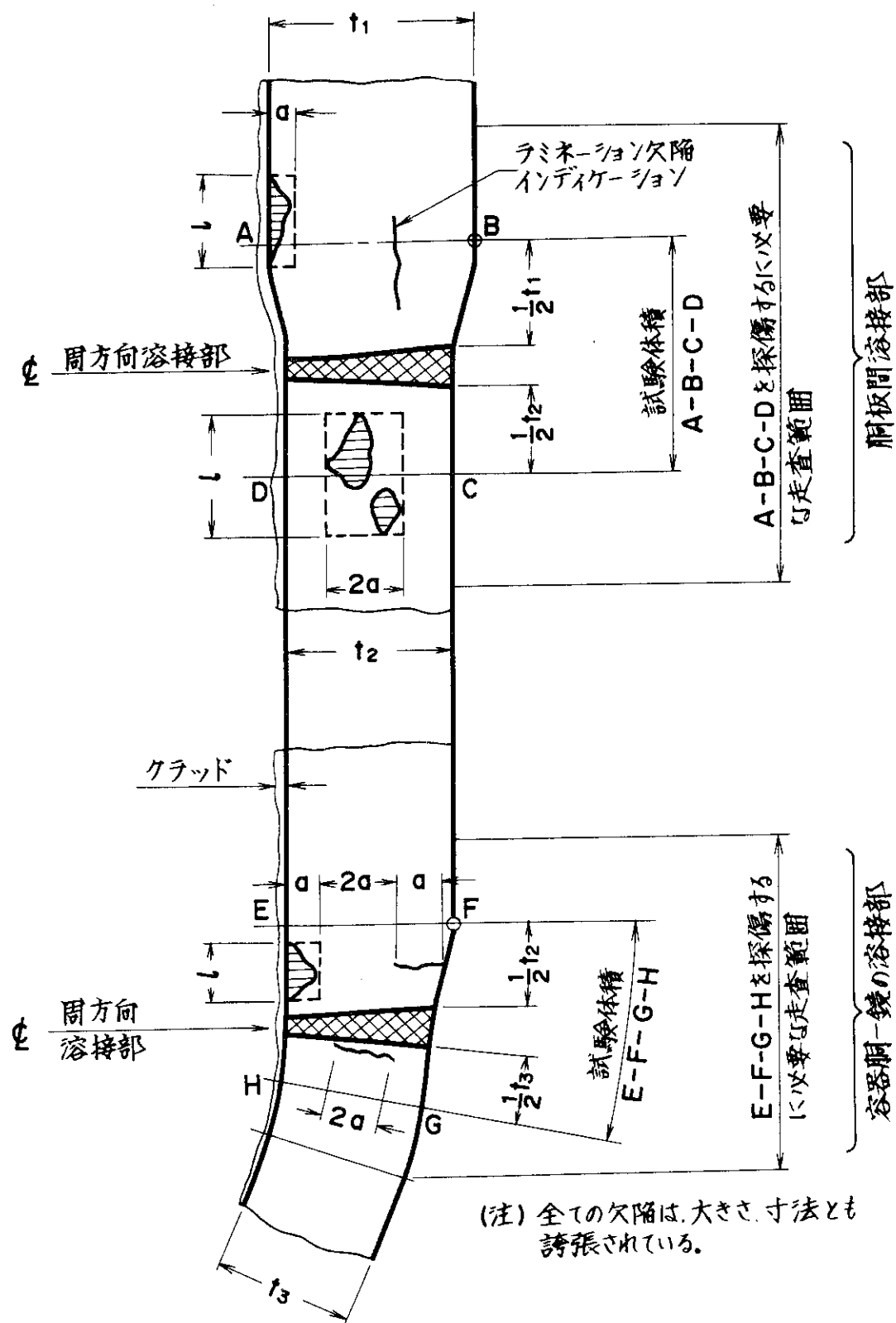
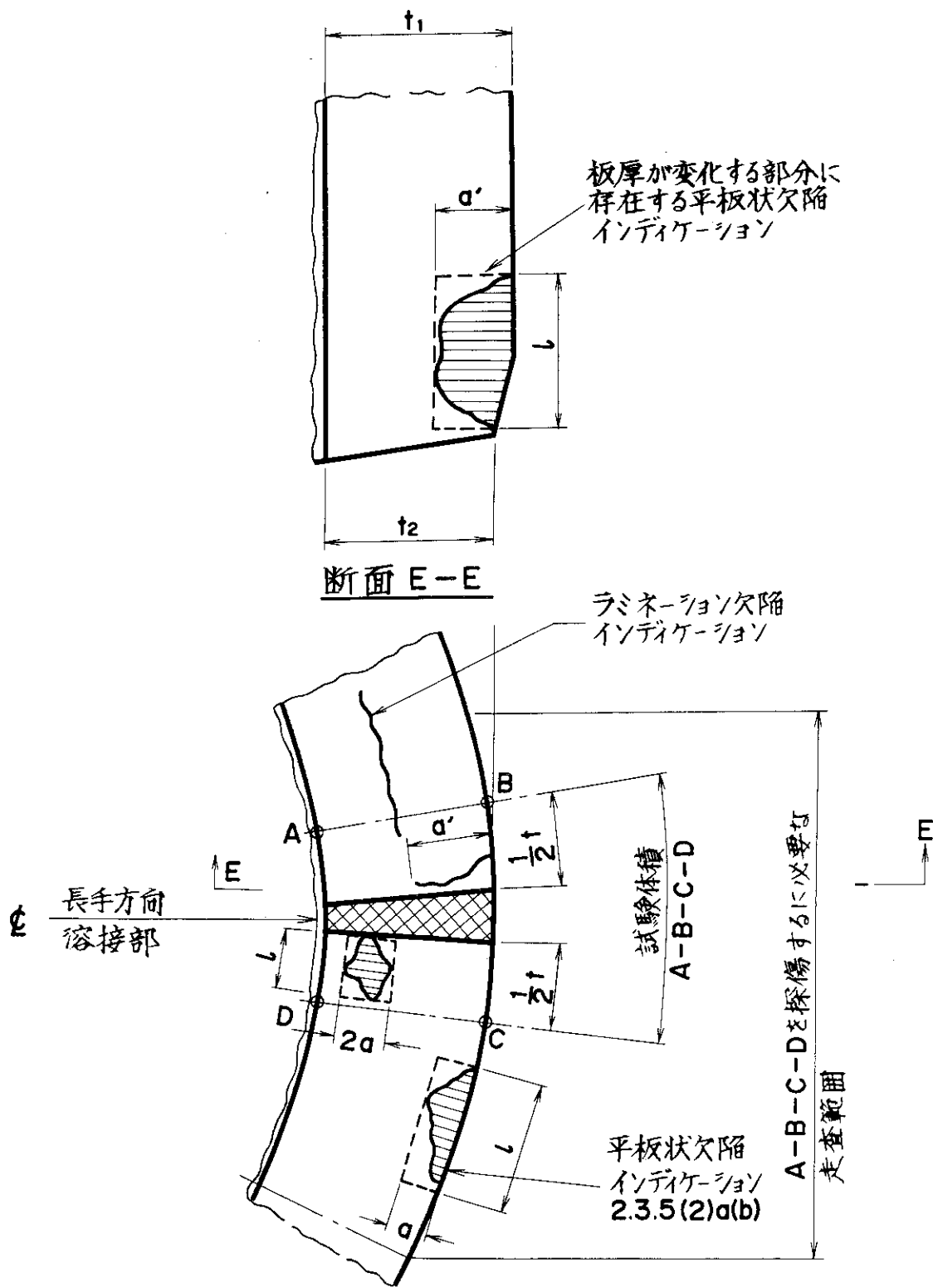


Fig. A. 1.1 容器胴周方向溶接部



(注) 全ての欠陥は、大きさ、寸法とも誇張されている。

Fig. A. 1.2 容器胴長手方向溶接部

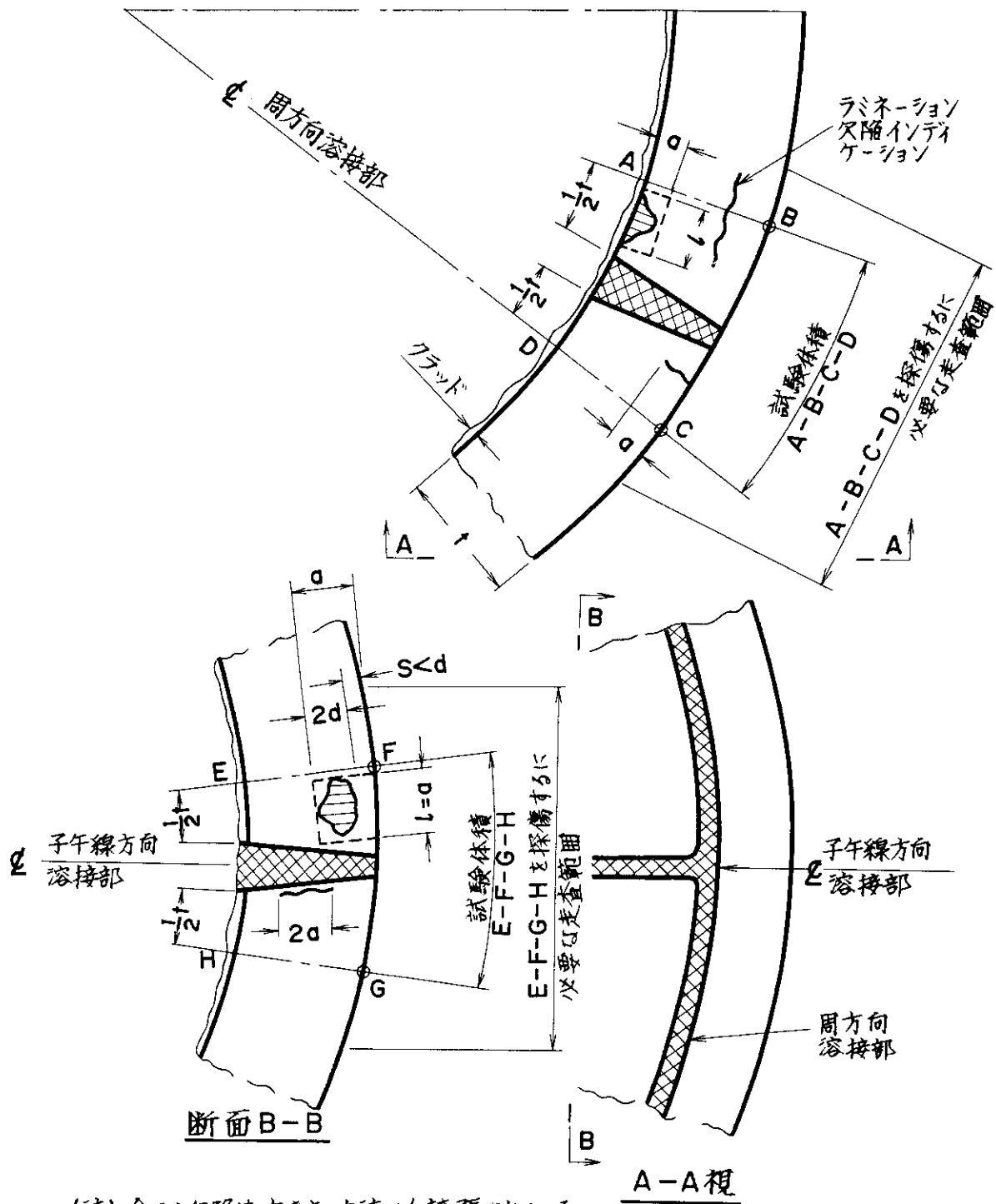


Fig. A. 1.3 球状容器上蓋一周方向および子午線方向溶接部

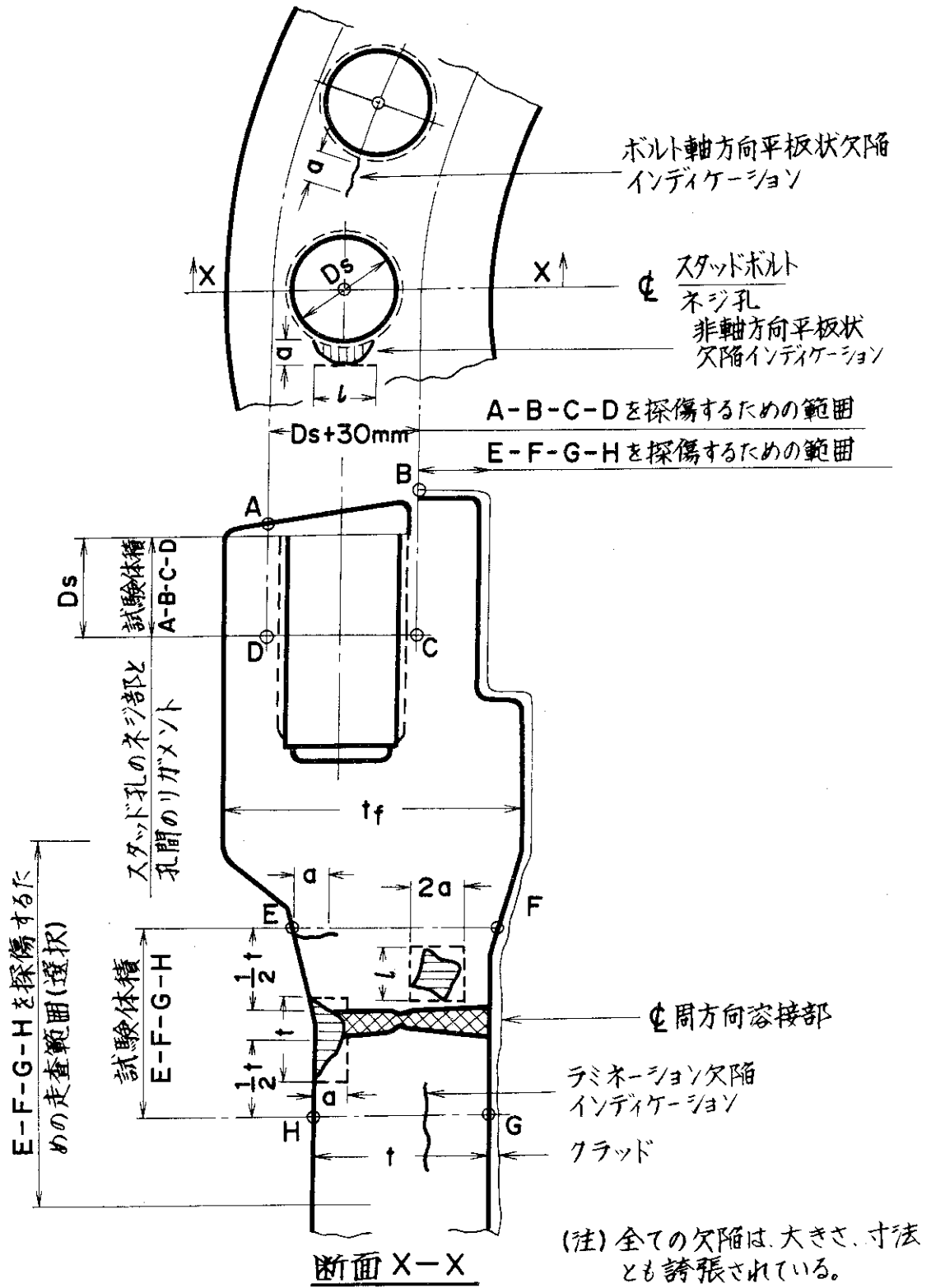
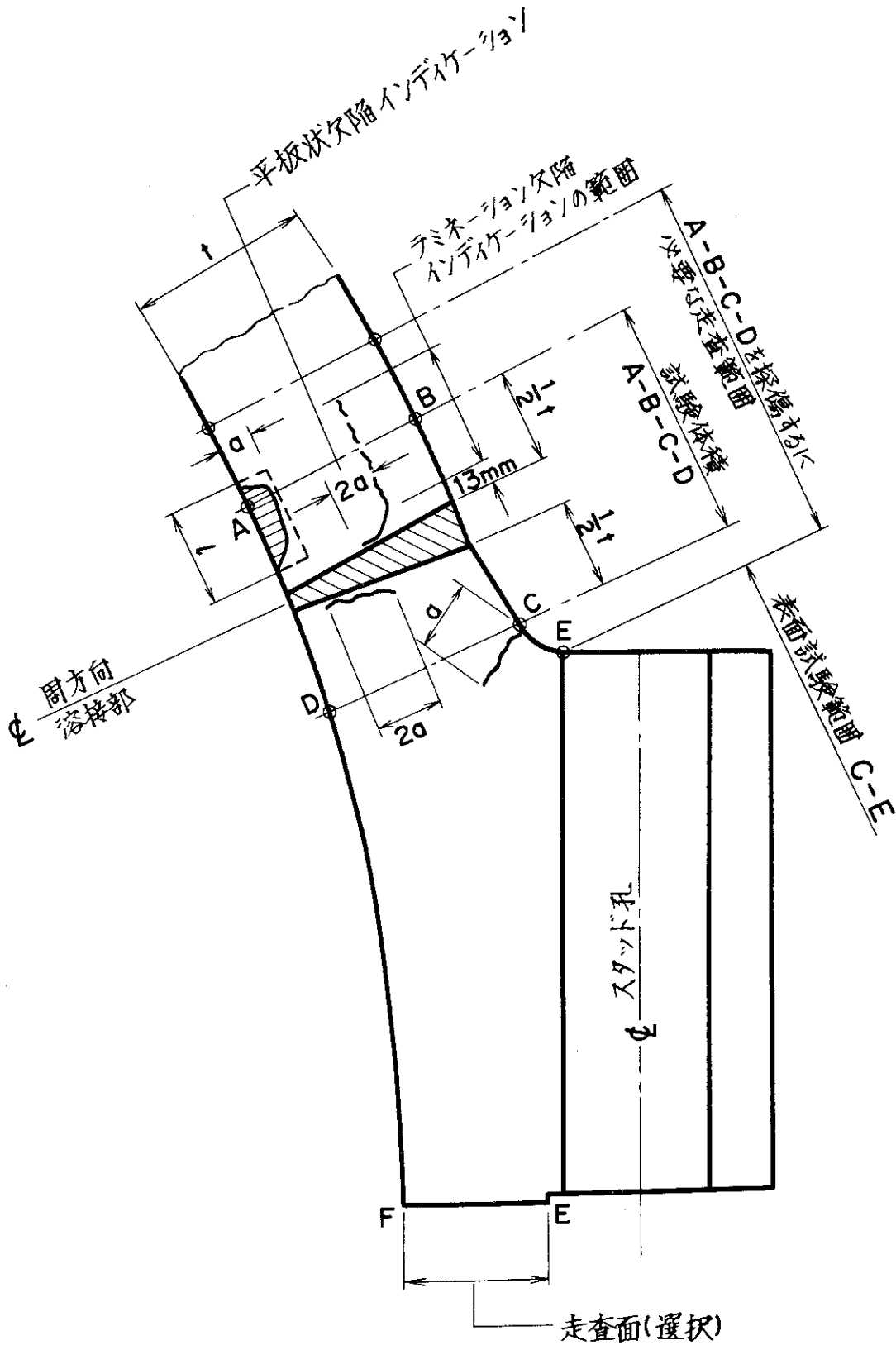
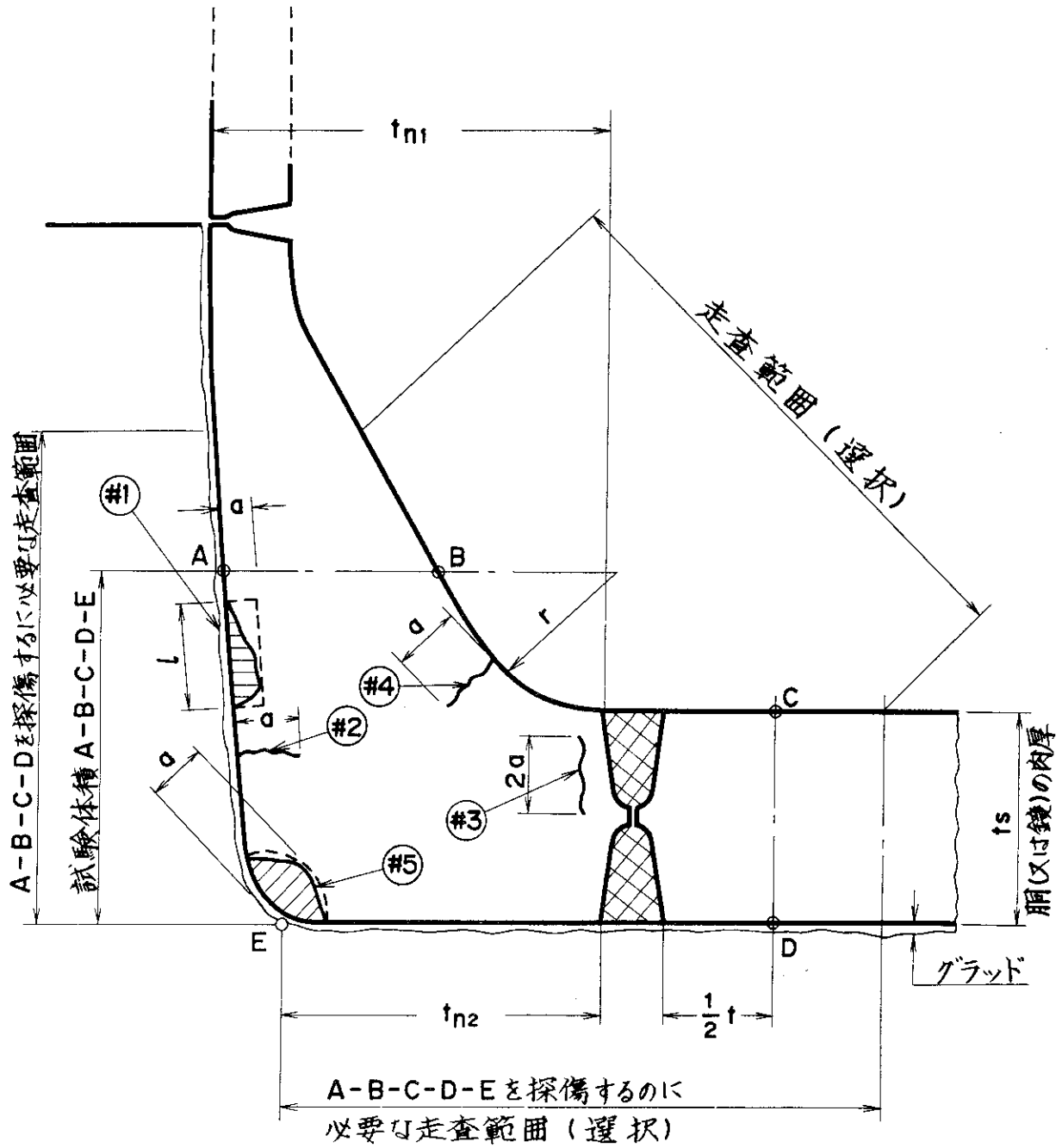


Fig. A.1.4 胴-フランジ溶接部



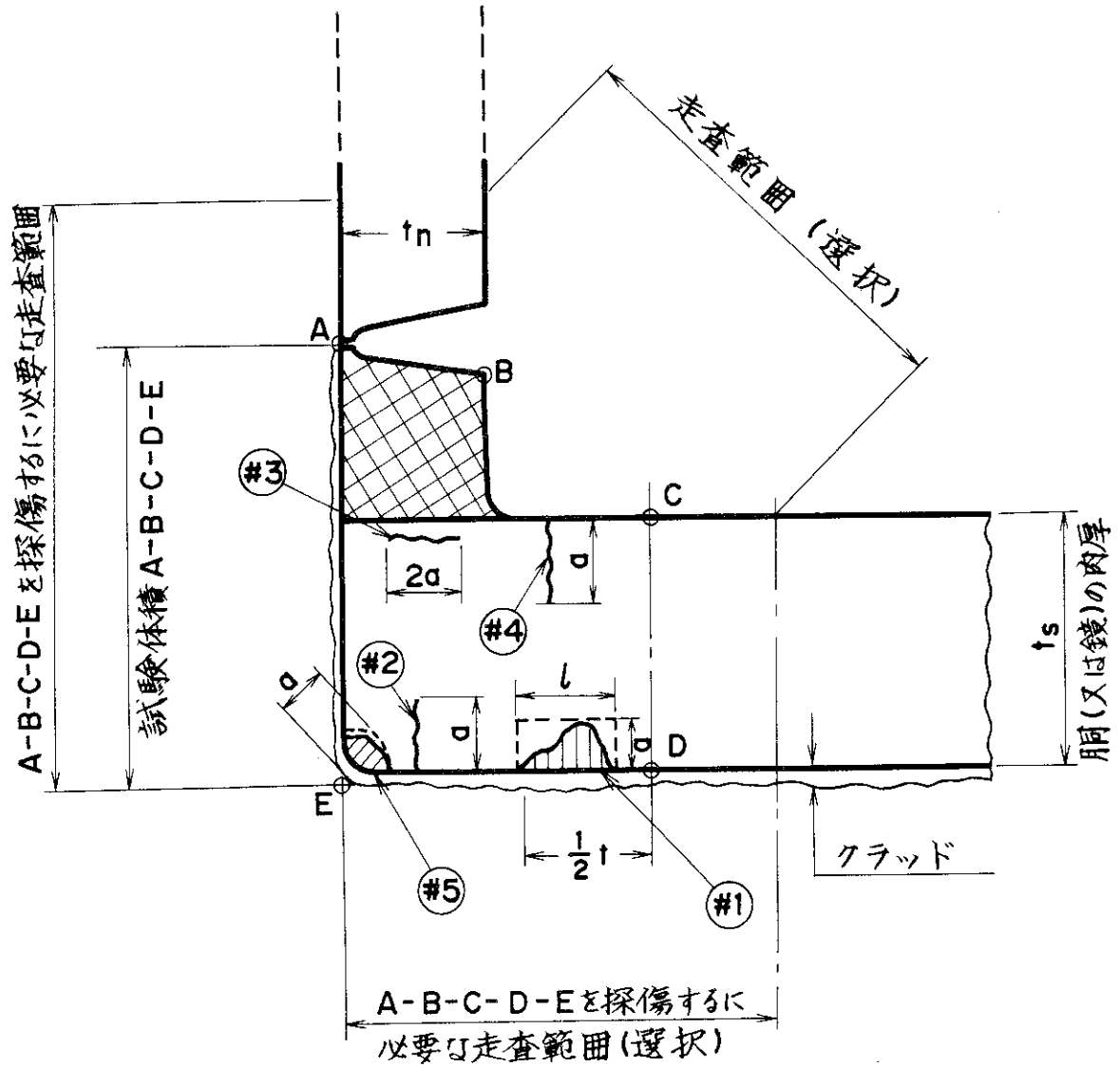
(注) 全ての欠陥は、大きさ、寸法とも誇張されている。

Fig. A. 1.5 鏡 - フランジ溶接部



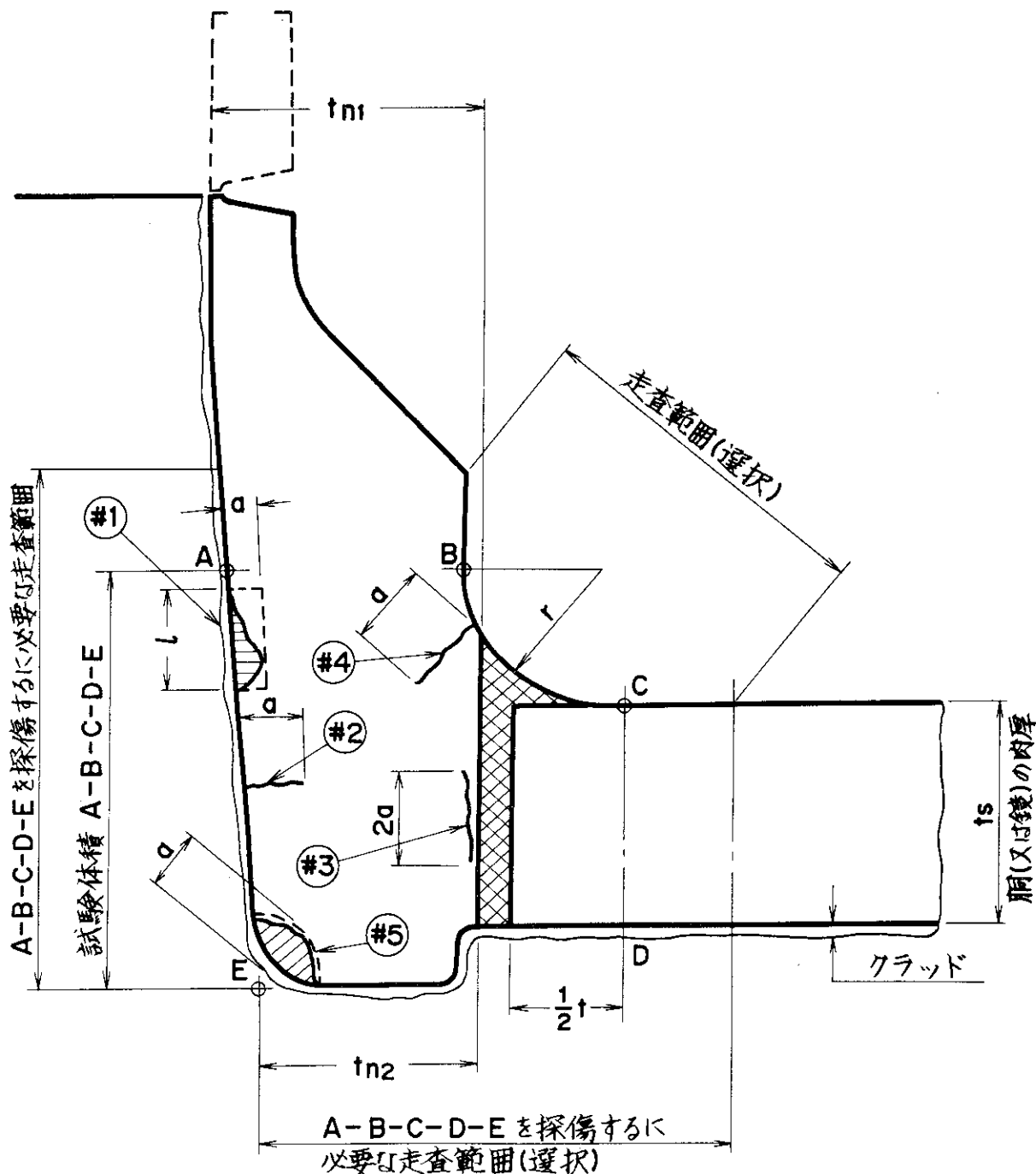
(注) 全ての欠陥は、大きさ、寸法とも誇張されている。

Fig. A. 1.7 ノズル-胴または鏡接部 (その1)
 (内部補強の有無にかかわらず
 ノズルに適用する)



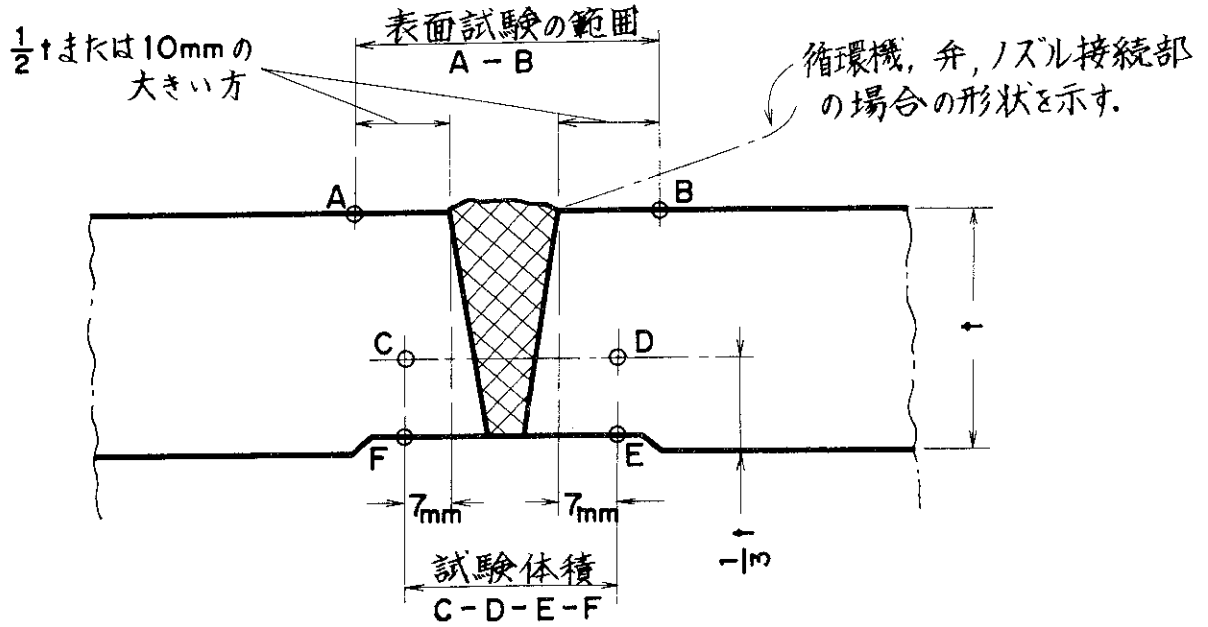
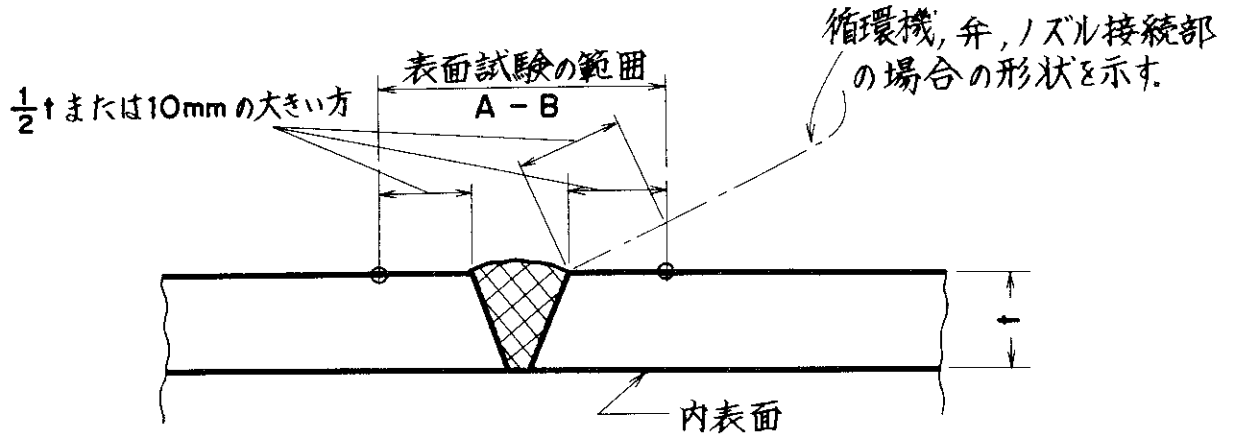
(注) 全ての欠陥は、大きさ、寸法とも誇張されている。

Fig. A. 1.8 ノズル-胴または鏡溶接部 (その2)
 (内部補強の有無にかかわらずノズル
 に適用する)



(注) 全ての欠陥は、大きさ、寸法とも誇張されている。

Fig. A. 1.9 ノズル-胴または鏡溶接部 (その3)
 (内部補強の有無にかかわらず
 ノズルに適用する)



公称管径が100mm以上の配管の溶接部

Fig. A.1.10 配管溶接部

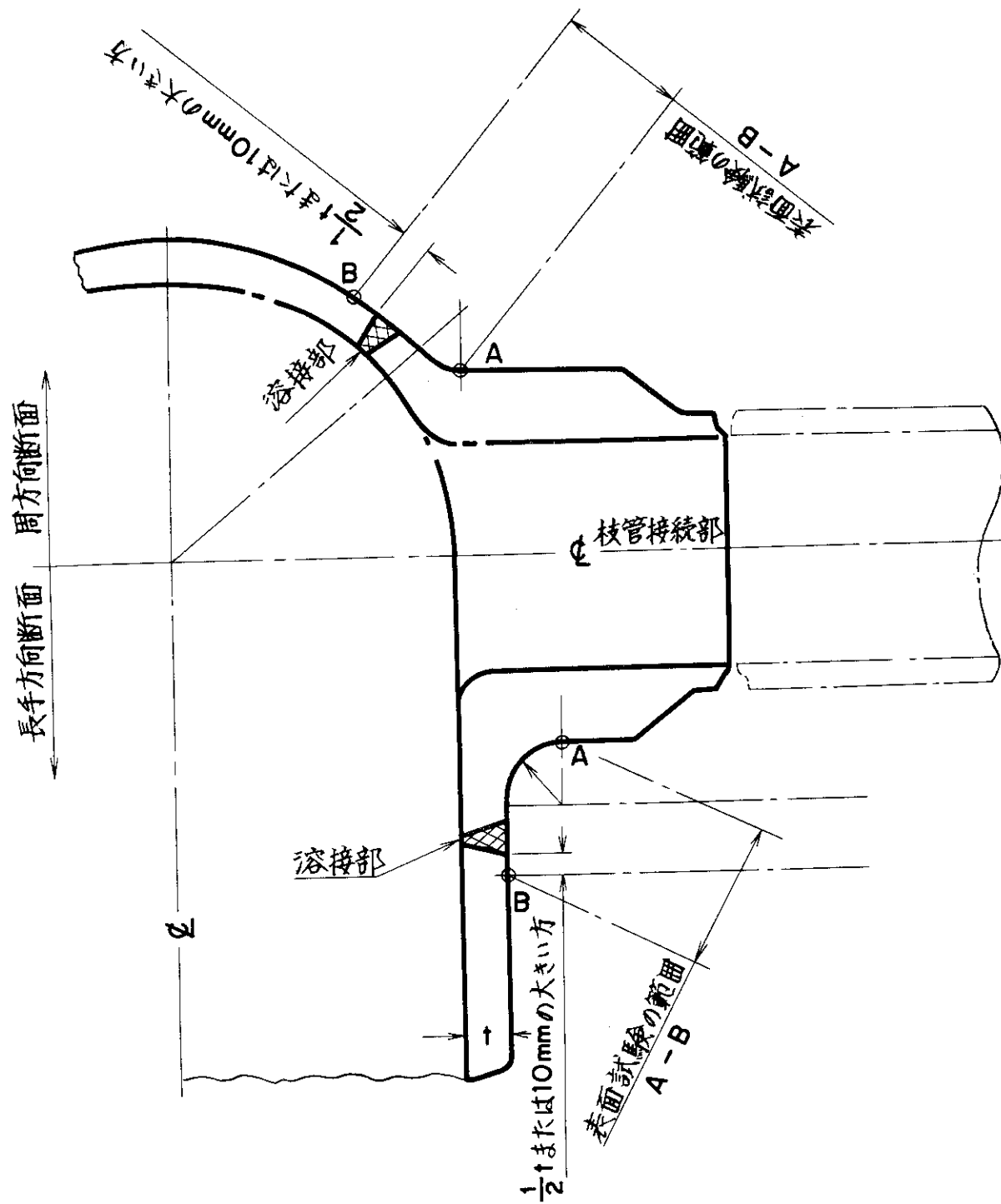


Fig. A. 1.11 枝管接続部 (その1)

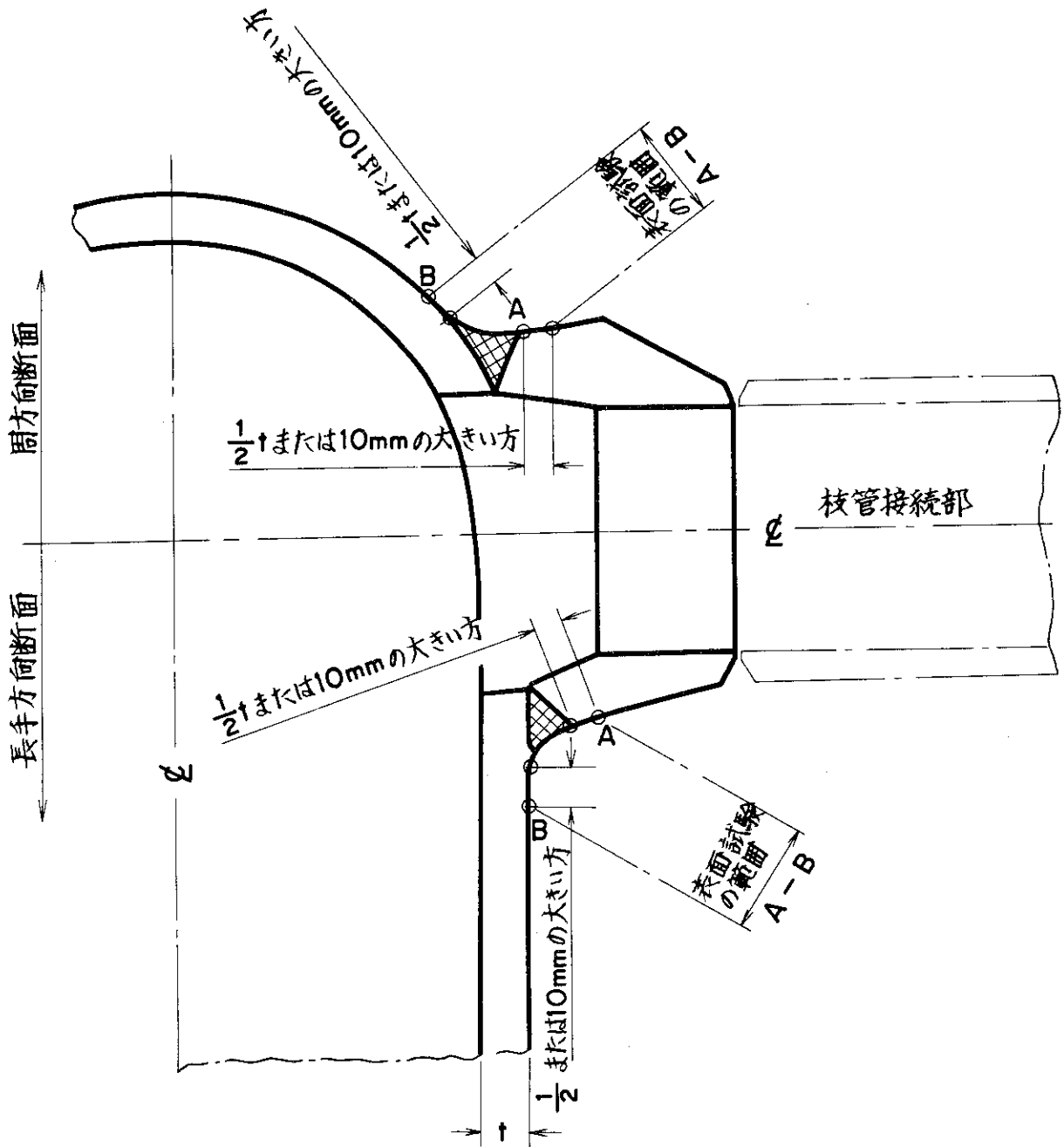


Fig. A. 1.12 枝管接続部 (その2)

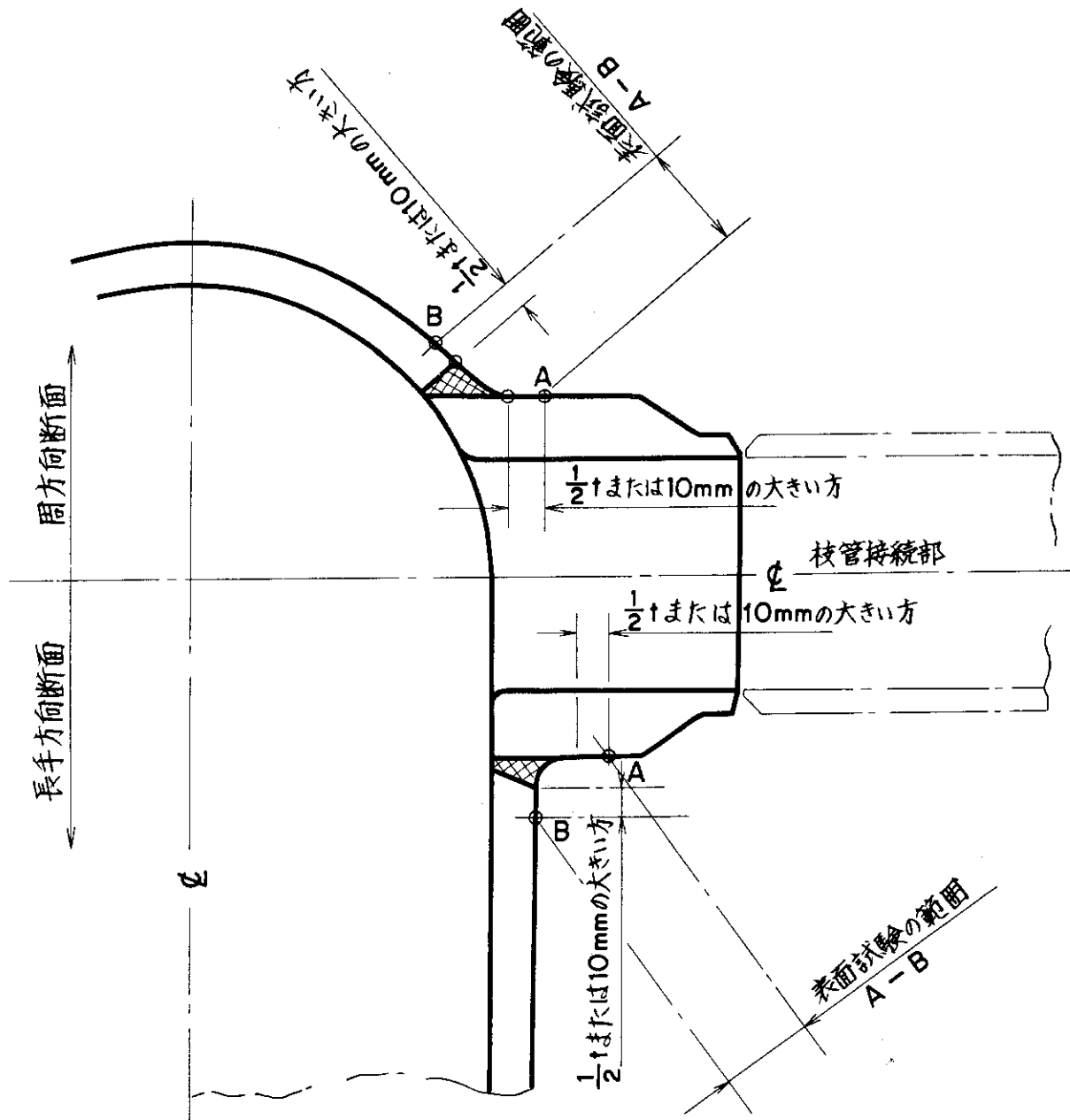
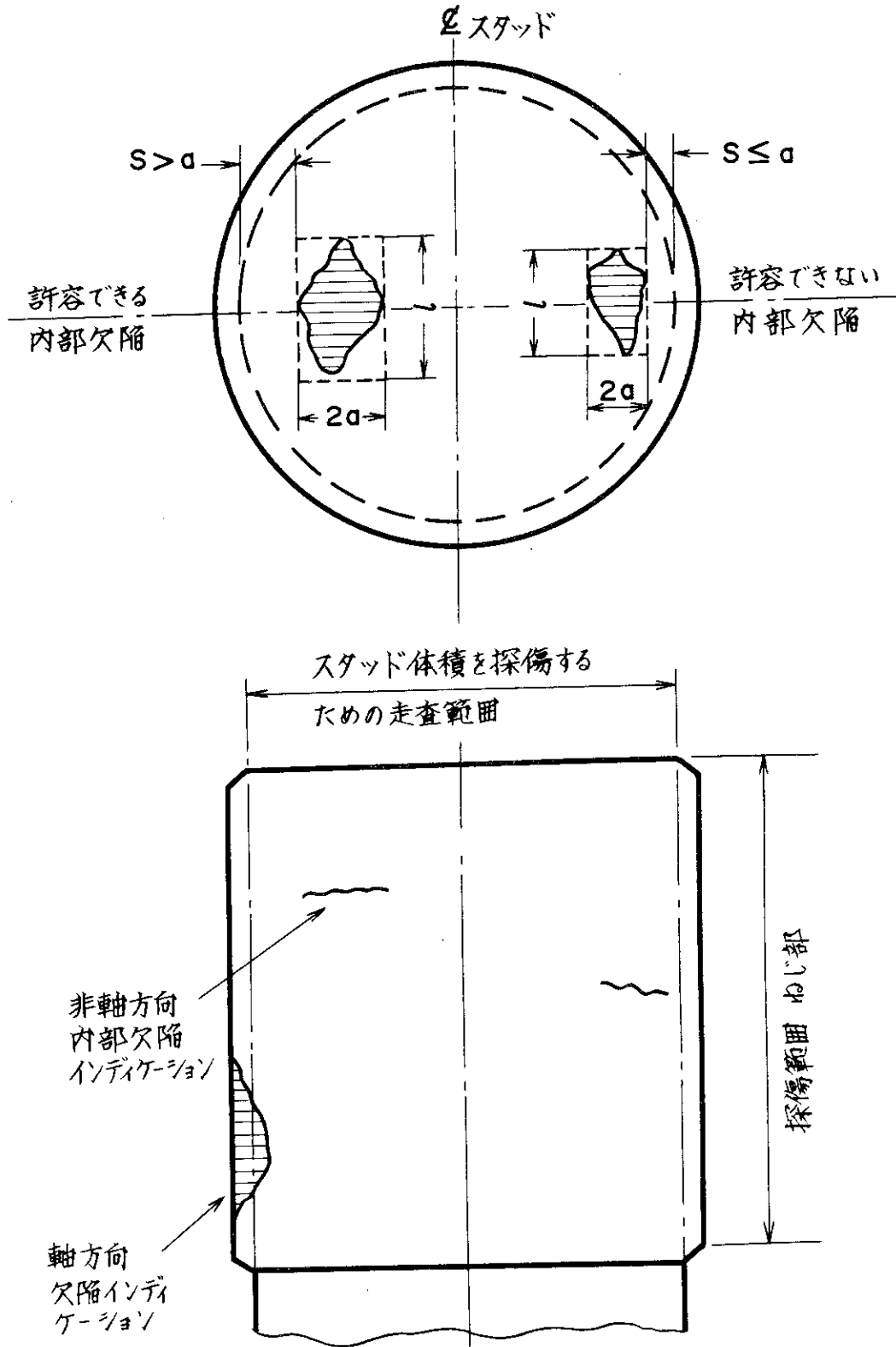


Fig. A.1.13 枝管接続部 (その3)



(注) 全ての欠陥は、大きさ、寸法とも誇張されている。

Fig. A. 1. 14 スタッドボルト内のインディケーション

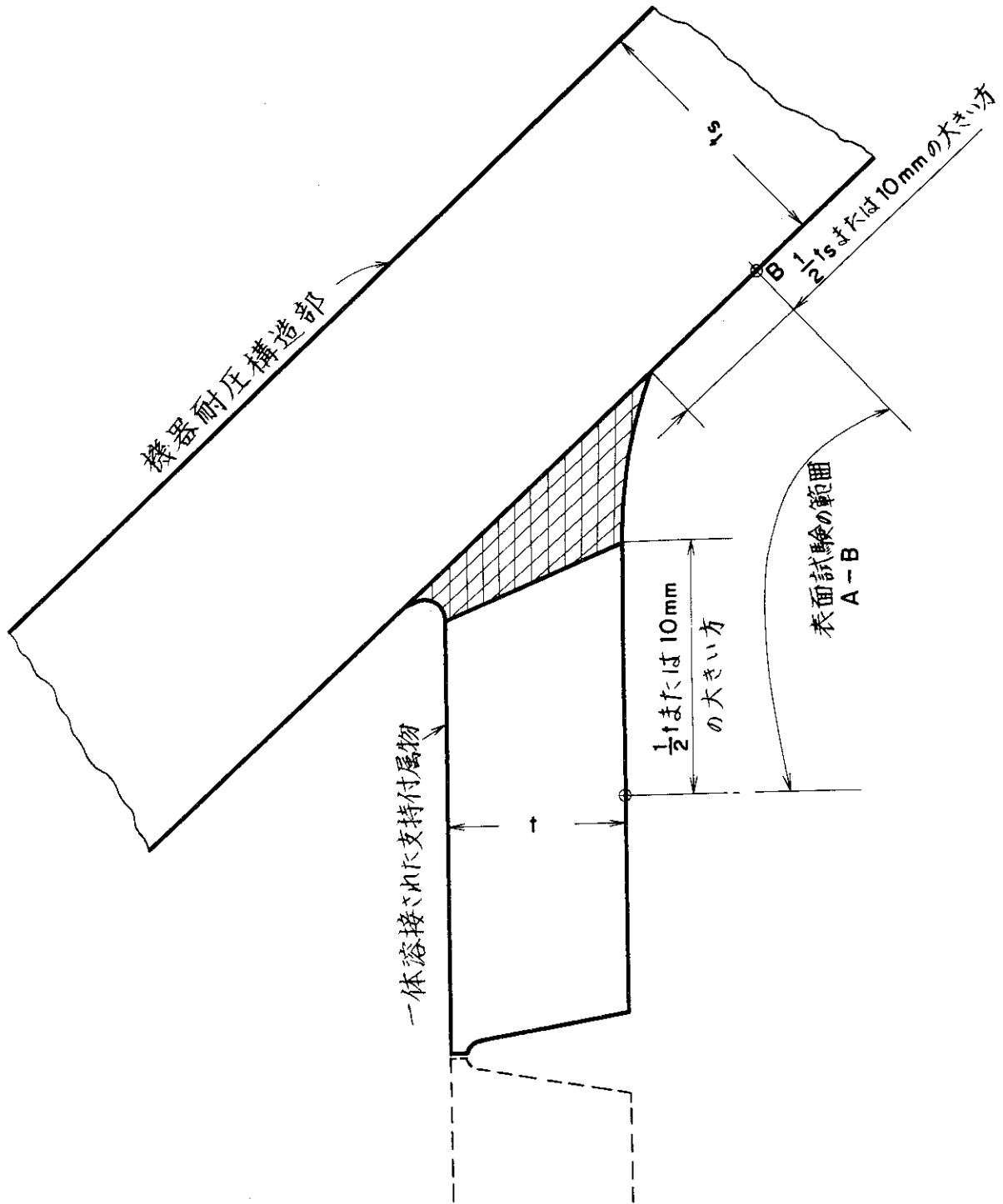
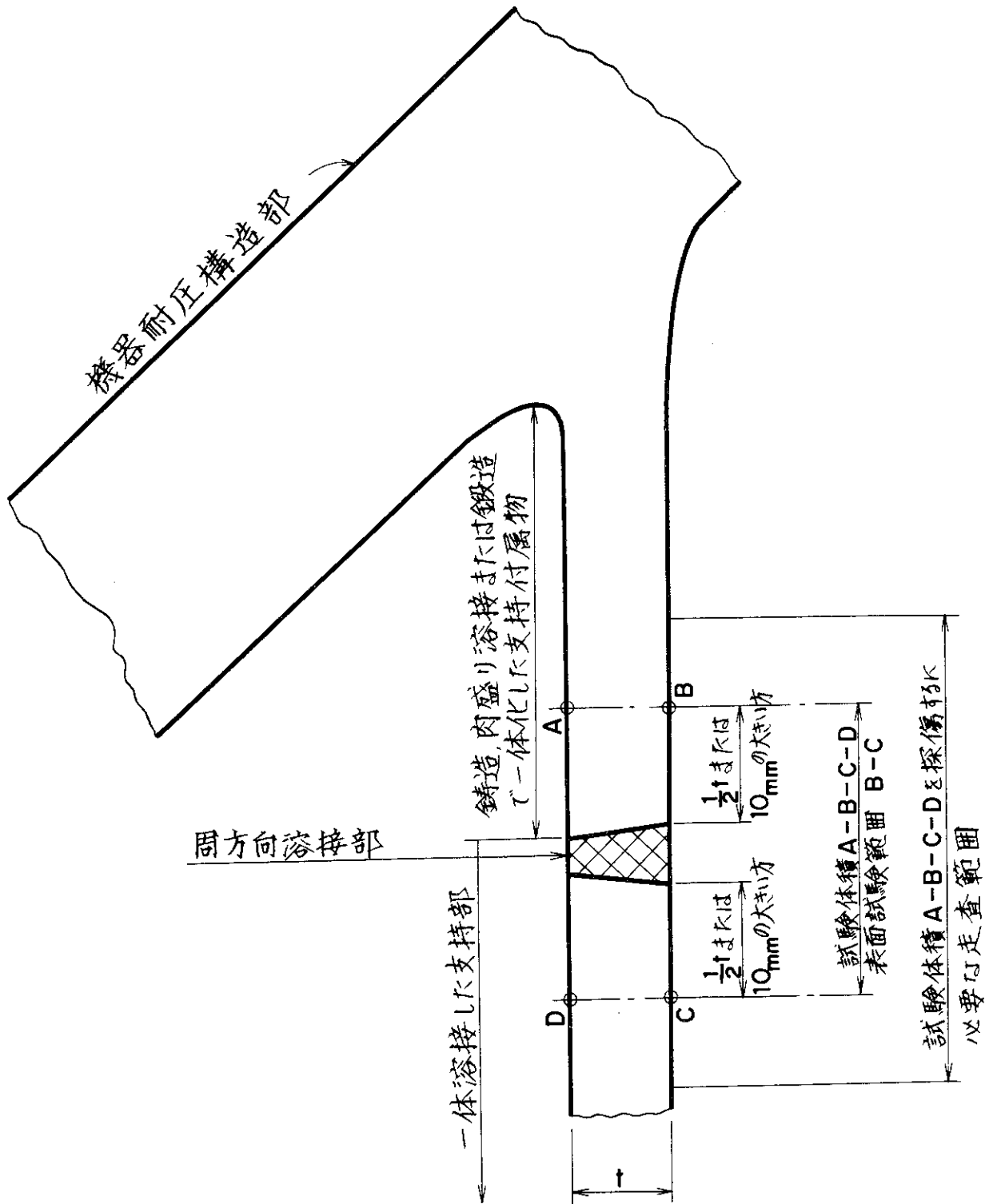


Fig. A. 1. 15 支持部の周方向溶接部



(注) 周方向溶接部に関し一つの側面(B-C)からの体積試験を表面試験の代替としてよい。

Fig. A. 1. 16 支持部の周方向溶接部

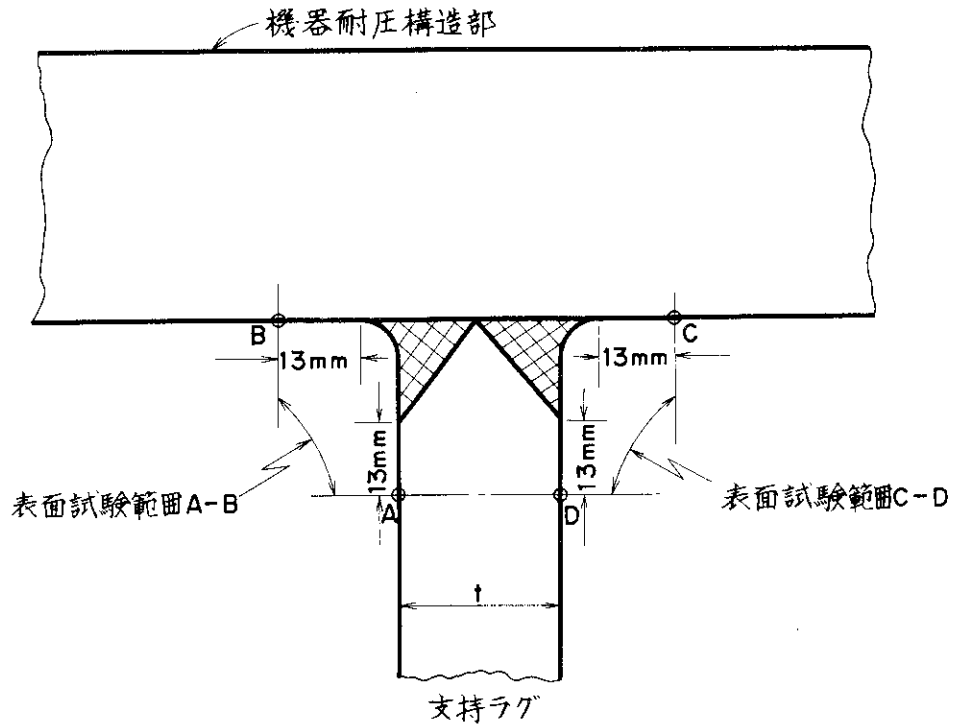


Fig. A. 1. 17 支持ラグ付属物

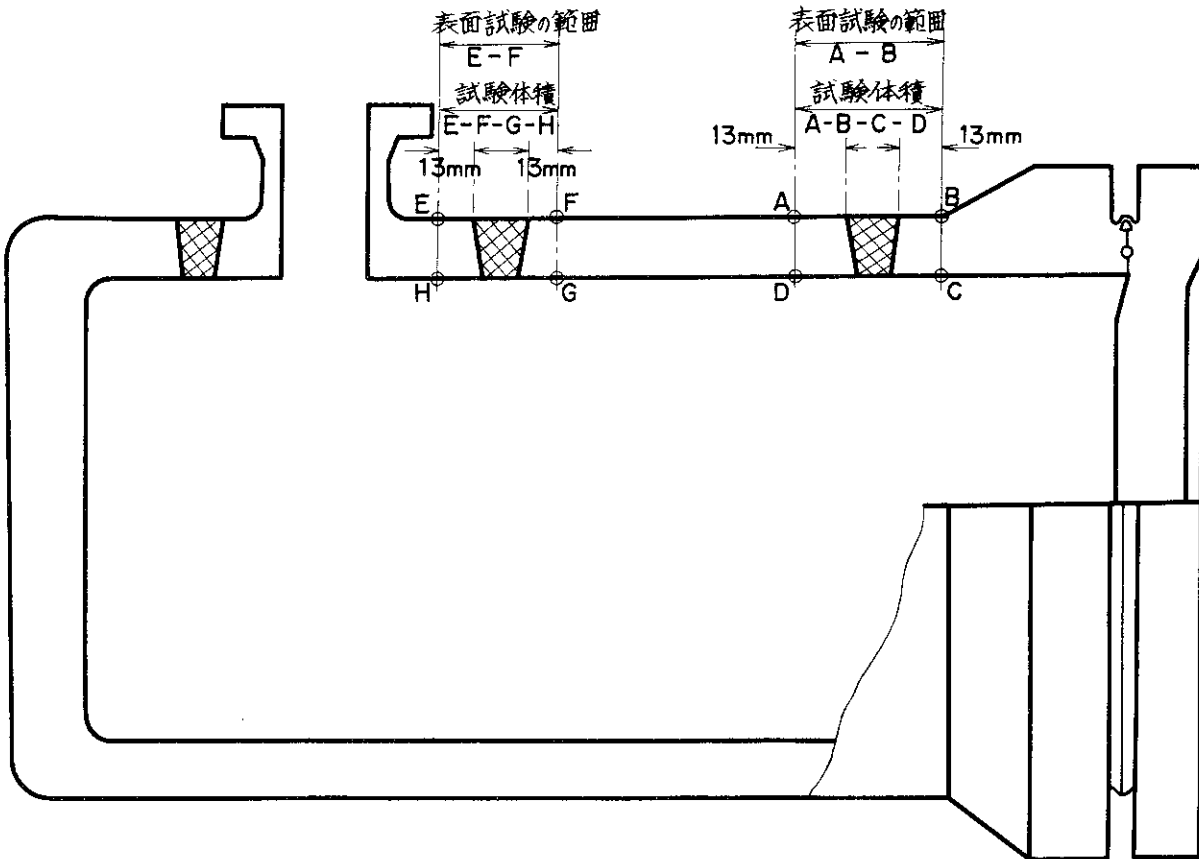


Fig. A. 1. 18 ガス循環機胴溶接部

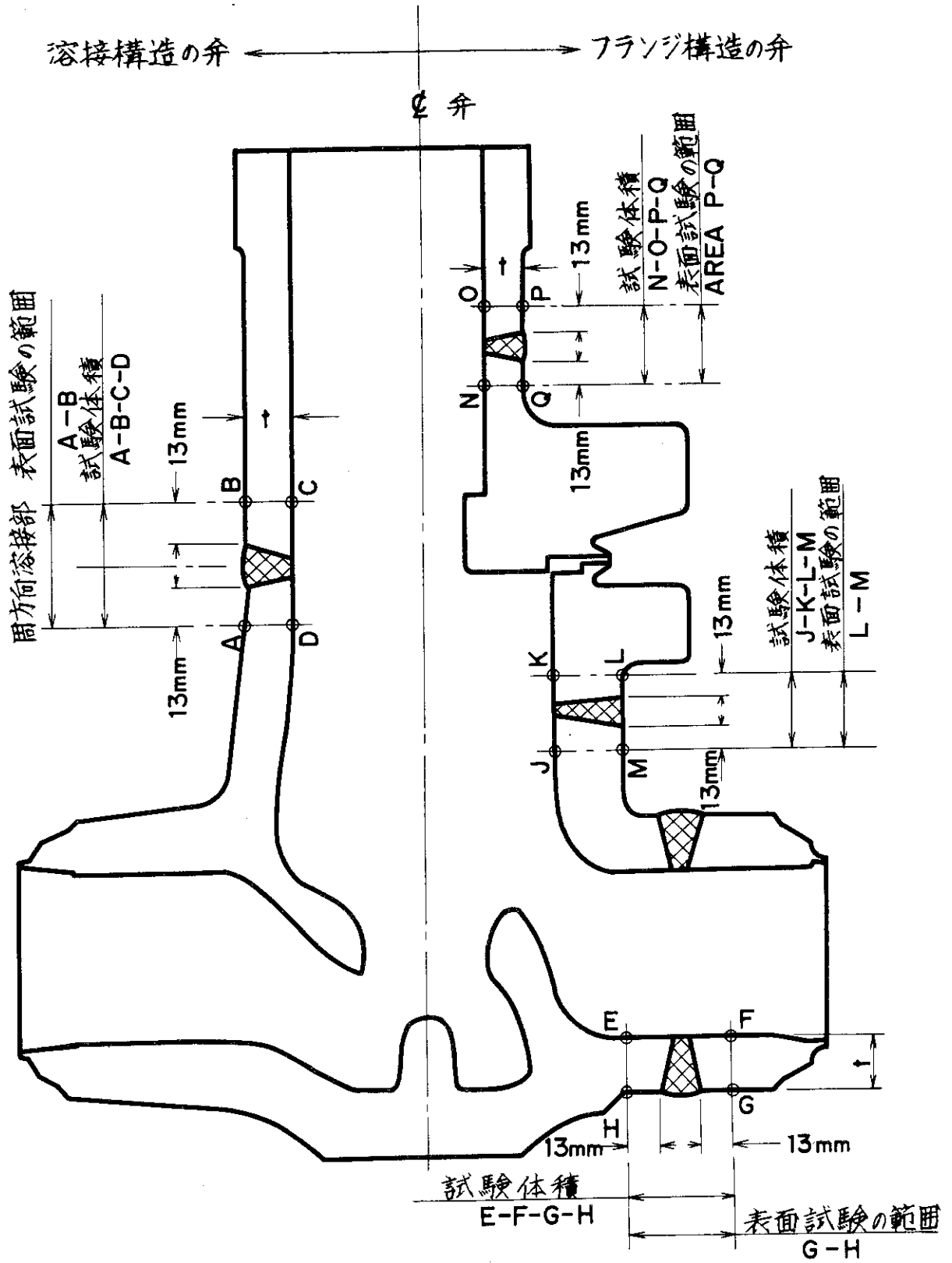
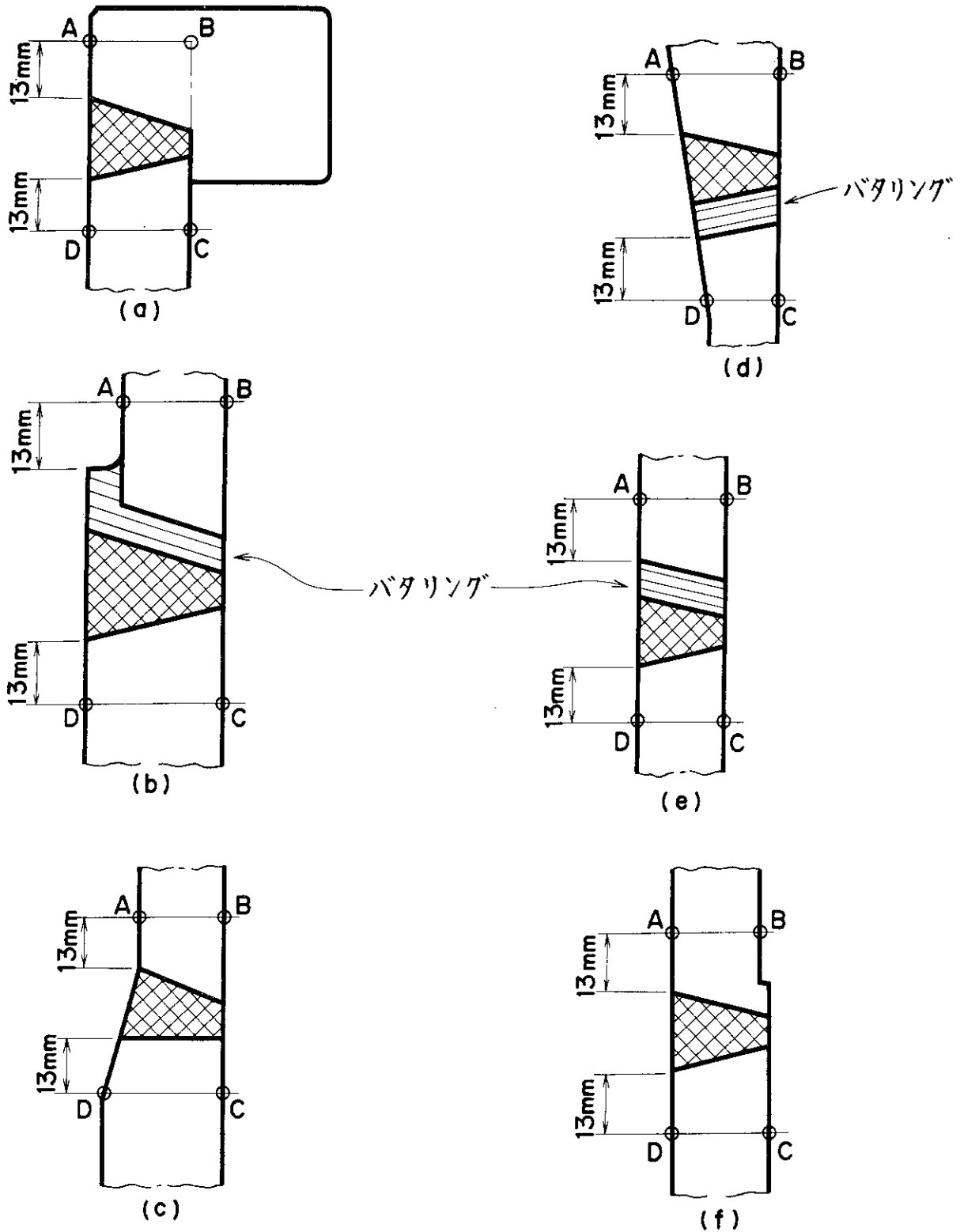


Fig. A. 1.19 弁胴溶接部



試験体積 A-B-C-D
表面試験の範囲 A-D

Fig. A. 1. 20 制御棒駆動機構の耐圧ハウジングの溶接部

A.2 クラス2 機器の試験カテゴリ

Table A.2.1 試験のカテゴリ

試験範囲	試験程度および実施時期
<p>C-A 圧力容器の耐圧溶接部</p> <p>試験範囲は、容器の胴および鏡部の円周方向溶接部で構造的に不連続箇所とする。</p> <p>試験は、Fig. A. 2.1およびFig. A. 2.2に示す範囲について行なうこと。</p>	<p>各検査間隔中に各溶接線の実質的に100%を行なうこと。同様の設計、寸法、および機能をもつ複数の容器については1つの容器の100%の溶接部またはそれ等の複数容器に分散させて実質的に100%としてよい。</p> <p>試験される溶接部は各検査間隔で同一の部分とすること。</p>
<p>C-B 容器とノズルの耐圧溶接部</p> <p>試験範囲は、ノズルと容器との溶接部とその周辺領域とする。</p> <p>試験は、Fig. A. 2.3およびFig. A. 2.4に示す範囲について行なうこと。</p>	<p>試験カテゴリC-Fの基で選定された配管系の配管端と結合するノズルの溶接部の100%について試験を行なうこと。</p> <p>第1回目の検査間隔で選定されたノズルをその後の検査間隔でも選定すること。</p>
<p>C-C 容器に一体溶接された支持付属物</p> <p>試験範囲は、容器に一体溶接された支持付属物（厚板-胴型支持溶接部および線形支持溶接部）でその母材の厚さが12mm以上の溶接部とする。</p> <p>その範囲は、Fig. A. 2.5に準ずること。</p>	<p>試験範囲の100%について各検査間隔で行なうこと。ただし、同様の支持構造設計をもち同様の機能を果す複数容器については、1つの容器についての試験でよい。この複数容器の試験では支持付属物の試験範囲を支持付属物単位で複数容器に分散し、実質的に1つの容器に関して100%の試験を行なったとすることもできる。</p> <p>第1回目の検査間隔で選んだ試験対象部はその後の検査間隔でも引き続き試験されること。</p>

試験範囲	試験程度および実施時期
C-D 直径50mm以上の圧力保持用ボルト締め付け部	
<p>試験範囲は、耐圧機器のボルト、植込みボルトとする。その試験体積を第Fig.A.2.6に示す。</p>	<p>各検査間隔で各耐圧容器の各結合部のボルトおよび植込みボルトの100%について試験すること。</p> <p>ボルト材は、引張力のかかっている取付け状態、ボルト締めが分解されているとき、あるいはボルト材が取外されているときのいずれかに試験してもよい。</p> <p>同様の設計、寸法および機能を果す複数の容器、循環機、ポンプ、ならびに弁については、1つの容器、1つの循環機、1つのポンプ、1つの弁についての試験でよい。また、その中のボルトおよび植込みボルトが同様の設計、寸法をもつものであれば、その中の2個ずつについて試験すればよい。</p> <p>試験カテゴリC-Fに基づいて、選定された配管系で、同様の設計および機能である複数配管系については1つの配管系のフランジの結合についての試験でよい。</p>
C-E-1 配管、弁、循環機、ポンプの支持部材	
<p>試験範囲は、一体溶接された支持付属物でその支持部の母材の肉厚が19mm以上のものについて、Fig.A.2.5に示す範囲とする。</p>	<p>各検査間隔で、カテゴリC-FおよびC-Gで選定された機器の支持溶接部の100%について試験すること。</p>
C-E-2 配管、弁、循環機、ポンプの支持構造物	
<p>試験範囲は、配管、弁、循環機、ポンプの支持構造物とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、試験カテゴリC-C、C-FおよびC-Gで選ばれた全ての支持構造物とする。</p> <p>固定または可変のスプリング型ハンガ、スナッパ、ショックアプソーバなどの支持構造物の取付け状態を確認する。</p>
C-F-1 配管の耐圧溶接部	
<p>試験範囲は、円周方向溶接部、枝管結合溶接部、および円周方向溶接部を横切る点から</p>	<p>配管系および枝配系の試験範囲の100%について各検査間隔に試験すること。</p>

試 験 範 囲	試 験 程 度 お よ び 実 施 時 期
<p>$2\frac{1}{2}t$ 以内の領域の長手方向溶接部である。</p> <p>なお、円周方向溶接部として、その溶接部の破断が規定減圧事故相当の事故結果を与え得る部分ならびに配管系、枝管配管系の構造的に不連続な突き合わせ円周溶接部（配管と配管ノズル、配管と弁本体、配管と循環機ケーシング、配管とエルボ、配管とティ、配管とレジューサ、配管とフランジ、異った板厚のパイプどうしの溶接部）等を選ぶこと。</p> <p>試験範囲をFig.A.2.7とFig.A.2.9に示す。</p>	<p>なお、配管系および枝管系で、同様の設計寸法、機能ならびに使用雰囲気グループがあるならば、各グループ単位で1系統について100%の試験になるように配分してよい。</p> <p>この場合、第1回目の検査間隔で選ばれた溶接部がそれ以降の検査間隔でも試験されること。</p>
<p>C-F-2 配管の内表面</p>	
<p>試験範囲は、配管耐圧内表面の内部断熱構造ライナー表面で、試験のための接近が可能となる領域とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、試験カテゴリC-F1で選んだ試験対象の配管または枝管接続部とする。</p>
<p>C-F-3 配管の内部取付物および内部配管</p>	
<p>試験範囲は、配管内表面に溶接された取付物および耐圧機能をもたない内部配管の内部断熱構造ライナー表面で、試験のための接近が可能となる領域とする。</p>	<p>各検査間隔中の試験は、試験カテゴリC-F1で選んだ試験対象の配管または枝管接続部とする。</p>
<p>C-G 循環機、ポンプ、弁の耐圧溶接部</p>	
<p>循環機およびポンプのケーシング、ならびに弁本体の耐圧溶接部について内表面および外表面の双方について試験すること。</p> <p>試験表面をFig.A.2.8に示す。</p>	<p>各検査間隔で、試験カテゴリC-Fで選定した配管系に結合する全ての機器の溶接部の100%について試験すること。その系統で同様の設計、寸法、機能ならびに使用雰囲気の循環機、ポンプ、弁が複数個あるならば、そのグループの中で、1つの循環機、ポンプ、弁の試験でよい。</p> <p>第1回目の検査間隔で選定された循環機、ポンプ、弁はそれ以降の検査間隔でも試験されること。</p>
<p>C-H 熱交換器伝熱管</p>	
<p>伝熱管および伝熱管と管板との溶接部。</p>	<p>各検査間隔中に（5%×全数）個の伝熱管</p>

試 験 範 囲	試 験 程 度 お よ び 実 施 時 期
	溶接部ならびに伝熱管と管板との溶接について体積検査を実施する。ただし、異種金属溶接部については各検査間隔中に全数の伝熱管について検査対象とすること。 また、全数について耐圧試験を実施する。

Table A.2.2 試験方法

項 目	Table A.2.1 による試験の カテゴリー	試験されるべき機器および部分	試 験 方 法
C 1 圧 力 容 器			
C 1.1	C-A	容器胴および鏡溶接部，ならびに管板と胴との溶接部	体 積
C 1.2	C-B	ノズルと容器との溶接部—ノズル肉厚 12mm 以下	表 面
C 1.3	C-B	ノズルと容器との溶接部—ノズル肉厚 12mm を越えるもの	表面と体積
C 1.4	C-C	一体溶接された支持付属物	表 面
C 1.5	C-D	圧力保持用ボルト締め付け部—ボルト直径 50mm を越えるもの	体 積
C 1.6	C-E-2	支持構造物	肉 眼
C 2 配 管			
C 2.1	C-F-1	配管溶接部—公称管肉厚 12mm 以下	表 面
C 2.2	C-F-1	配管溶接部—公称管肉厚 12mm を越えるもの	表面と体積
C 2.3	C-F-1	枝管接続溶接部	表 面
C 2.4	C-F-2	内部断熱構造ライナー	肉 眼
C 2.5	C-F-3	内部取付物および内部配管	肉 眼
C 2.6	C-E-1	一体溶接された支持付属物	表 面
C 2.7	C-E-2	支持構造物	肉 眼
C 2.8	C-D	圧力保持用ボルト締め付け部—ボルト直径 50mm を越えるもの	体 積

項目	Table A.2.2 による試験の カテゴリー	試験されるべき機器および部品	試験方法
C 3 循環機 (またはポンプ)			
C 3.1	C-G	循環機 (またはポンプ) ケーシング溶接部	表面
C 3.2	C-D	圧力保持用ボルト締め付け部 - ボルト直径 50mm を越えるもの	体積
C 3.3	C-E-1	一体溶接された支持付属物	表面
C 3.4	C-E-2	支持構造物	肉眼
C 4 弁			
C 4.1	C-G	弁本体の溶接部	表面
C 4.2	C-D	圧力保持用ボルト締め付け部 - ボルト直径 50mm を越えるもの	体積
C 4.3	C-E-1	一体溶接された支持付属物	表面
C 4.4	C-E-2	支持構造物	肉眼

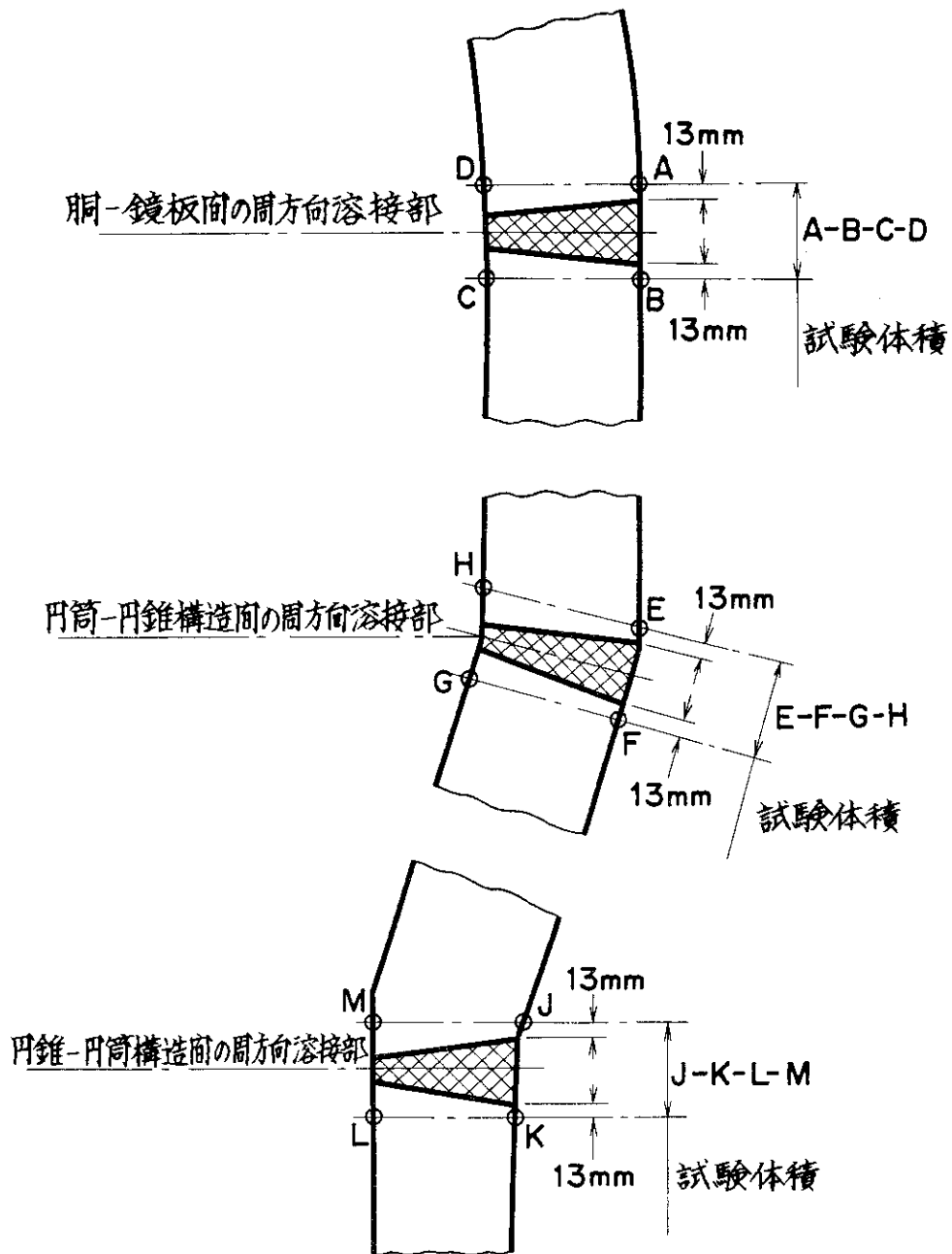


Fig. A. 2.1 容器の周方向溶接部
(たとえば中間熱交換器など)

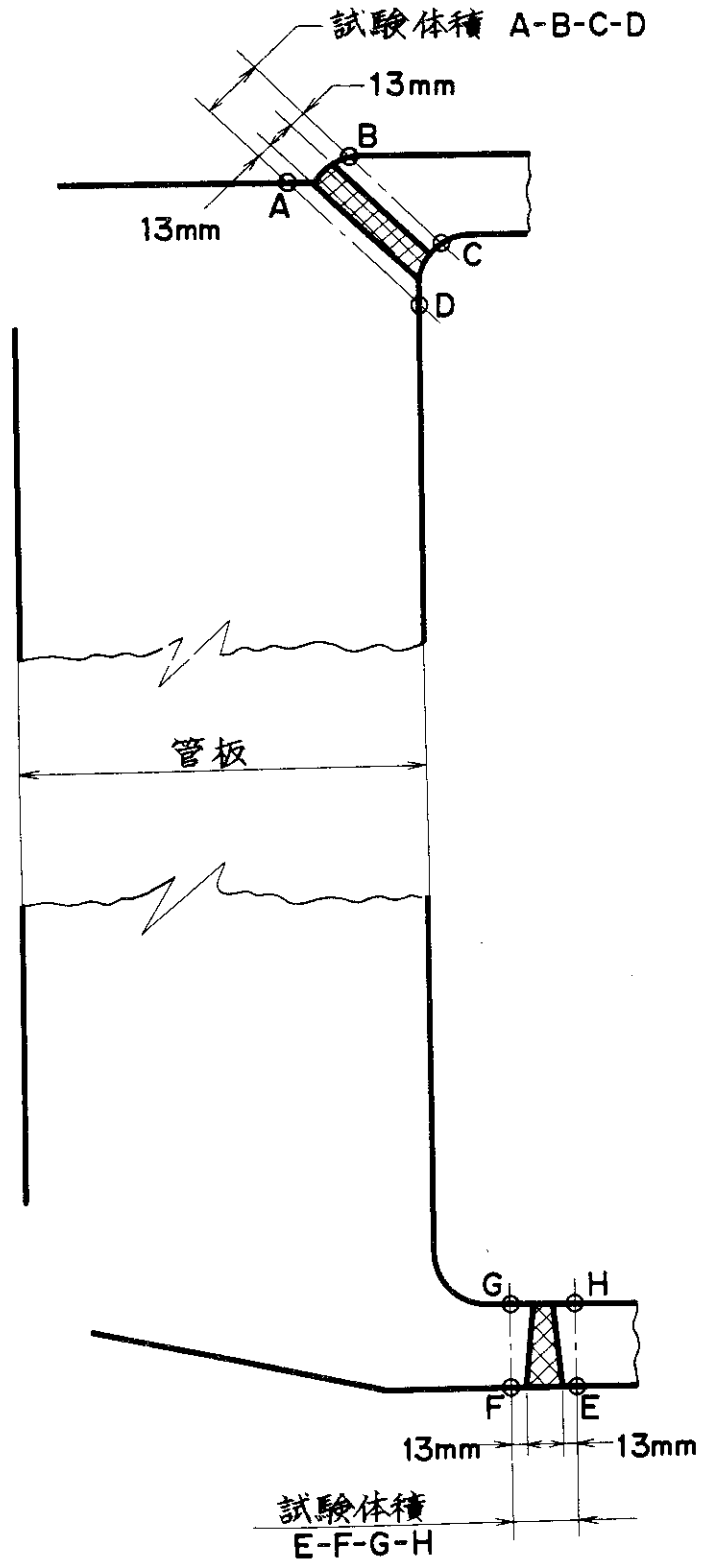
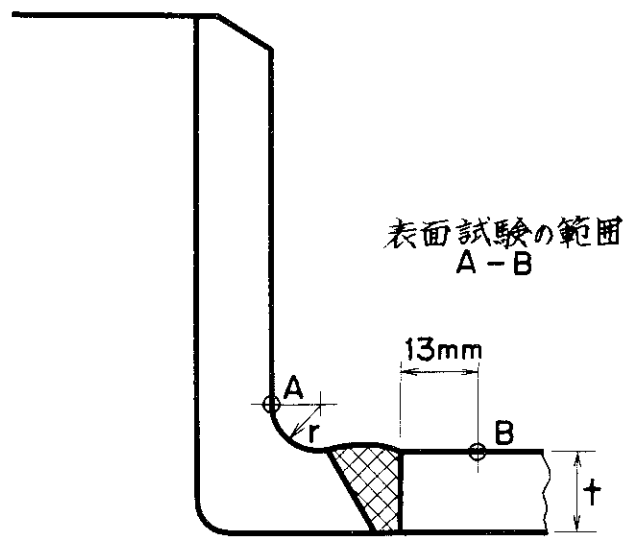
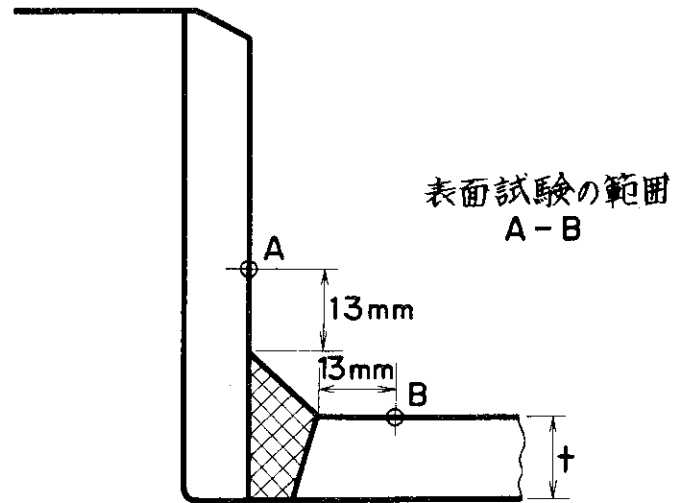


Fig. A. 2.2 代表的な管板-胴溶接部
(たとえば補助冷却器など)

容器肉厚が12mm以下の場合



(注) ヘリウム系に属するノズルについては規定 3.1 (2) 2) の(i)~(iii)に従って試験を免除できる。また水系については同じく(iv)に従い試験を免除できる。

Fig. A. 2.3 ノズル-容器溶接部

容器肉厚が12mmを越える場合

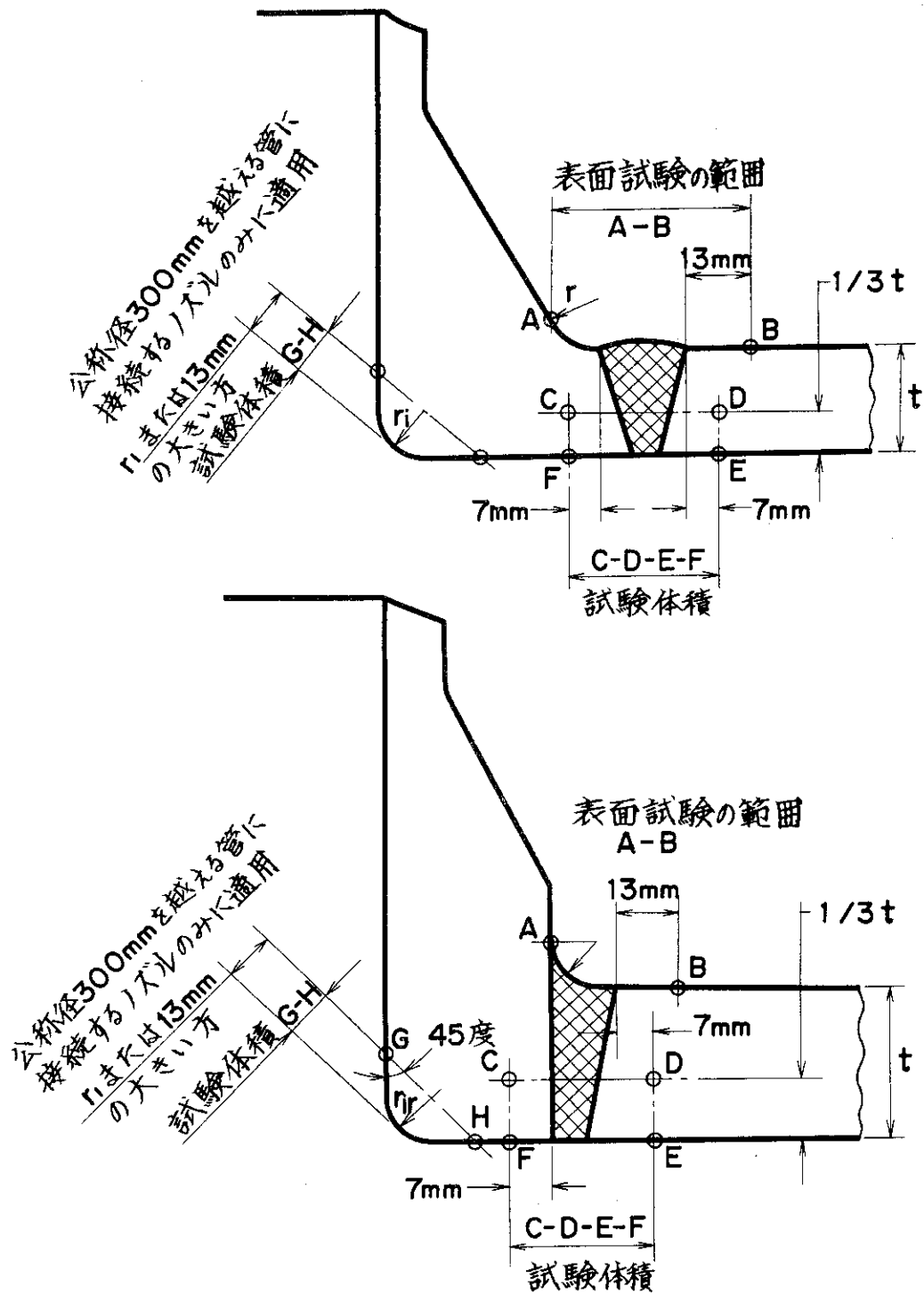


Fig. A. 2.4 ノズル-容器溶接部

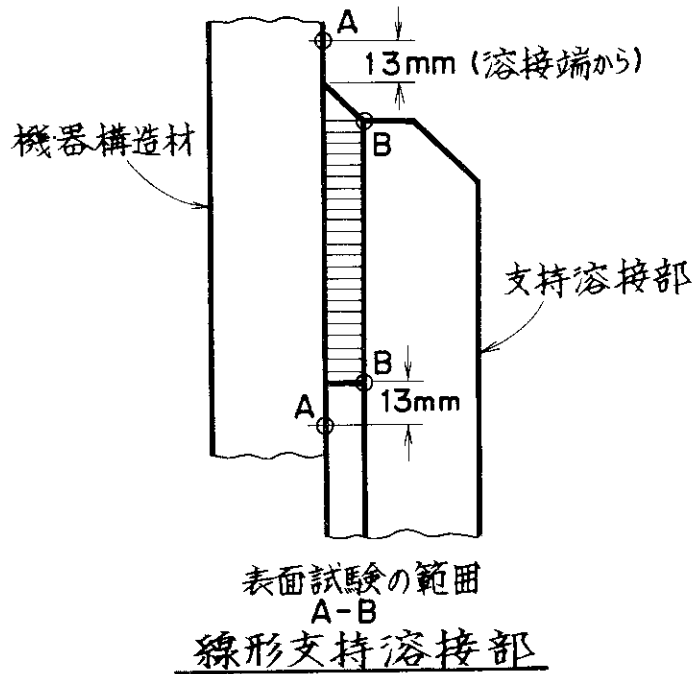
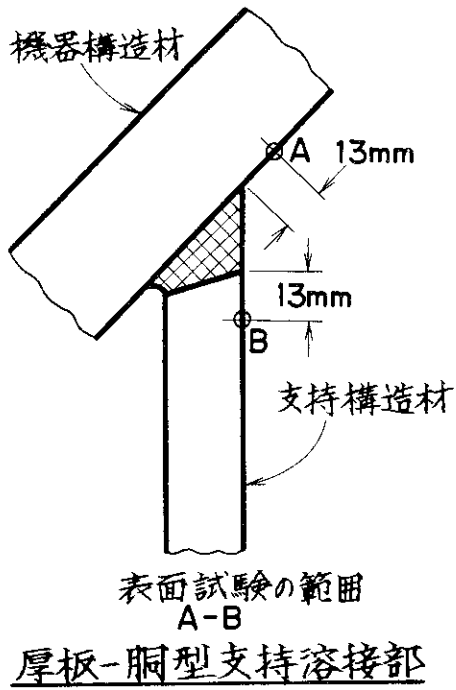
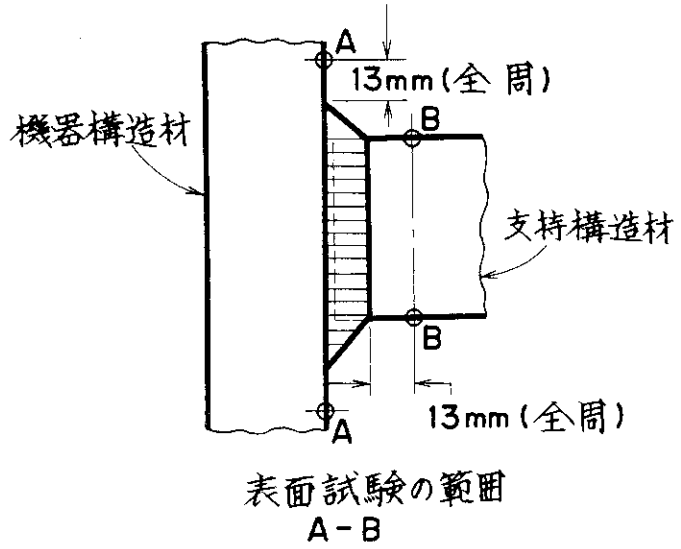
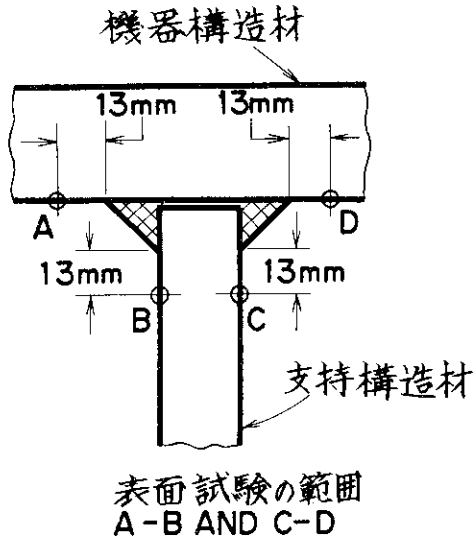


Fig. A. 2.5 一体溶接された機器の支持構造部

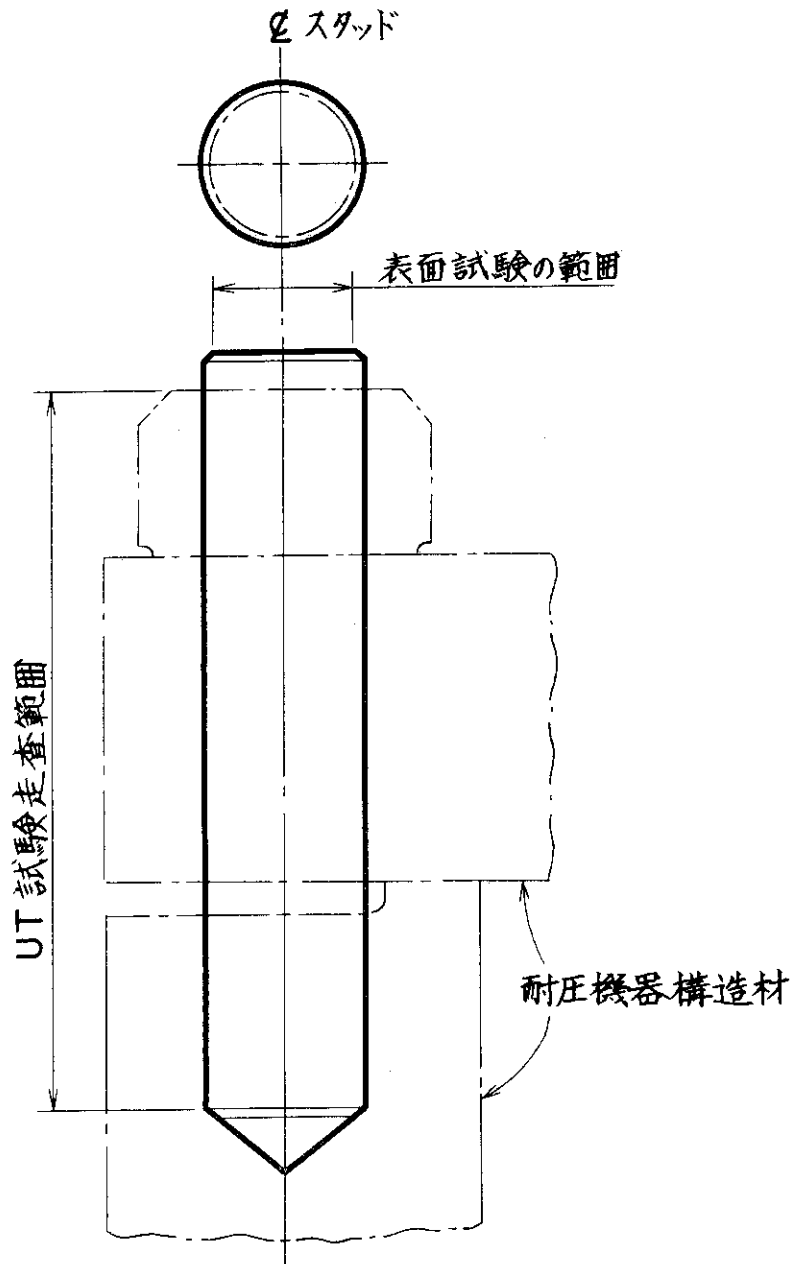


Fig.A. 2.6 耐圧用ボルト

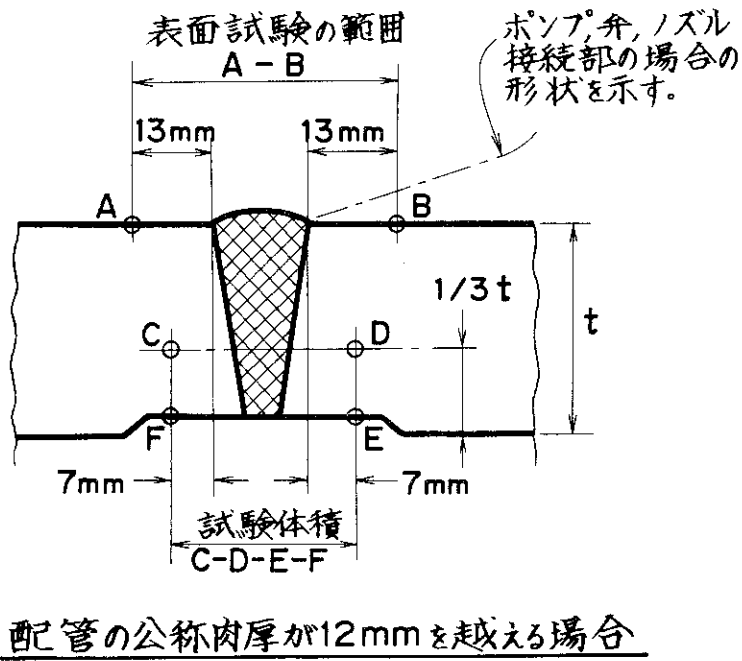
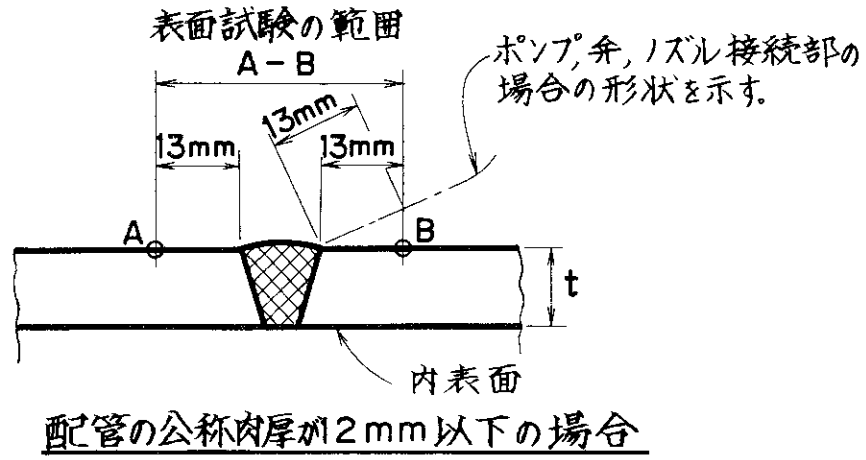


Fig. A. 2.7 配管の溶接部

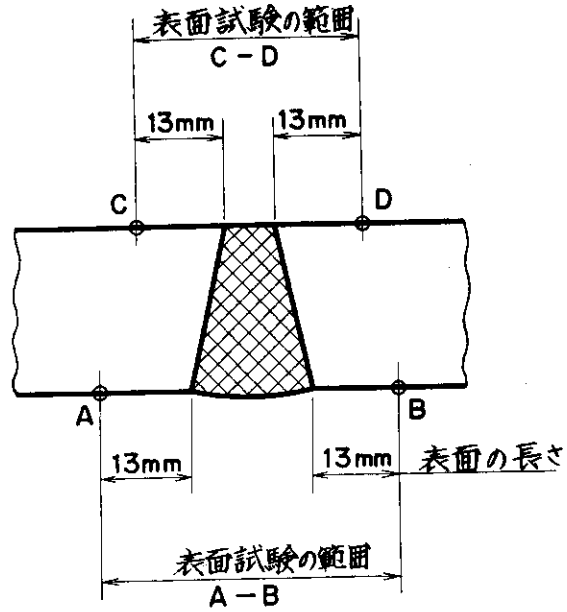
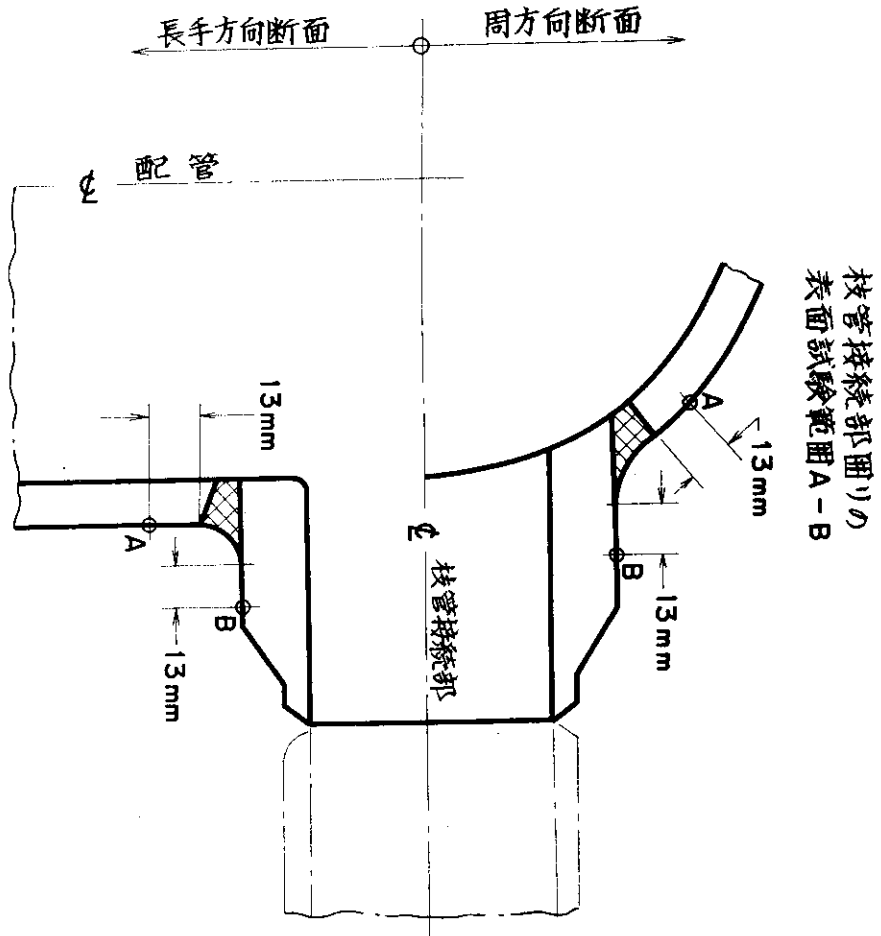


Fig. A. 2.8 循環機ケーシング, ポンプケーシング
および弁胴部の溶接部



枝管接続部周りの
表面試験範囲A-B

Fig. A. 2.9 容器の周方向溶接部
(たとえば中間熱交換器など)