

炉内検査装置および炉内観察装置の機器仕様

— 高放射性廃液固化研究報告 —

1997年10月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松4-33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 技術開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section, Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, 4-33 O-aza-Muramatsu, Tokai-mura, Naka, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

炉内検査装置および炉内観察装置の機器仕様

—— 高放射性廃液固化技術研究 ——

実施責任者：宮本 陽一¹⁾

報告者：小林 洋昭¹⁾ 下田 良幸²⁾

小林 博美³⁾

要 旨

ガラス固化プロセスにおける主要機器であるガラス溶融炉は、高温で運転するため、溶融ガラスとの接触により耐火物および電極部に侵食が生じる。溶融炉は、接ガラス材として十分な侵食代を有する設計がなされているが、二次廃棄物の低減の面から溶融炉の寿命を合理的に判断する必要がある。

本報では東海事業所ガラス固化技術開発施設（TVF）に設置されている溶融炉内部の外観観察と侵食量測定をするための、炉内検査装置および簡易、軽量の炉内観察装置の機器仕様についてまとめた。

1) 環境技術開発部 環境技術第一開発室

2) 株式会社原燃環境

3) 原子力技術株式会社

目 次

I	はじめに	1
II	炉内検査装置機器仕様	2
1.	概要	3
1.1	目的	3
1.2	検査方法	3
1.3	装置概要	3
2.	設計条件	3
2.1	設計方針	3
2.2	検査対象	4
2.3	使用環境条件	4
2.4	装置のハンドリング	4
2.5	装置の寸法・重量	5
2.6	検査性能	5
2.7	装置の保守・管理	6
3.	機器仕様	7
3.1	全体システムの構成	7
3.2	制御装置	7
3.3	計測装置	8
3.4	モニタ装置	9
3.5	駆動装置	9
3.6	その他	9
4.	添付資料	11
5.	引用資料	11

Ⅲ 炉内観察装置機器仕様	24
1. 概要	25
1.1 目的	25
1.2 観察方法	25
1.3 装置概要	25
2. 設計条件	25
2.1 設計方針	25
2.2 観察対象	26
2.3 使用環境条件	26
2.4 装置のハンドリング	26
2.5 装置の寸法・重量	27
2.6 観察性能	27
2.7 装置の保守・保管	28
3. 機器仕様	28
3.1 全体システム	28
3.2 撮像装置	29
3.3 駆動装置	29
3.4 制御装置	29
3.5 モニタ装置	30
3.5 その他	30
4. 添付資料	32
5. 引用資料	32

図表リスト

II 炉内検査装置機器仕様

図1-1 ファイバースコープ方式	12
図1-2 レーサ三角測量法	13
図1-3 システムの概要と検討範囲	14
図2-1 TVF 溶融炉原料供給ノズルフランジ	15
図2-2 溶融炉天井部の構造	16
図2-3 操作手順	17
図2-4 インパクトレンチの構造	18
図2-5 検査手順	19
図3-1 炉内検査装置の全体系統図	20
図4-1 炉内検査試験装置	22
図4-2 仮置き架台の構造	23
表3-1 炉内検査装置セル内ケーブルリスト	21
表3-2 炉内検査装置セル内ケーブル取り合いリスト	21

III 炉内観察装置機器仕様

図1-1 ファイバースコープ方式	33
図1-2 ミラー方式	34
図1-3 システムの概要と検討範囲	35
図2-1 TVF 溶融炉原料供給ノズルフランジ	36
図2-2 溶融炉天井部の構造	37
図2-3 操作手順	38
図2-4 インパクトレンチの構造	39
図3-1 炉内観察装置の全体系統図	40
図4-1 炉内観察装置（ファイバースコープ方式）	42
図4-2 仮置き架台の構造	43
表3-1 炉内観察装置セル内ケーブルリスト	41
表3-2 炉内観察装置セル内ケーブル取り合いリスト	41

I. はじめに

本仕様書は動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所内ガラス固化技術開発施設（TVF）に設置されているガラス溶融炉の内部構造物の健全性を評価するための、炉内検査装置および炉内観察装置の機器仕様に関するものである。

高レベル廃棄物のガラス固化プロセスにおける主要機器であるガラス溶融炉は、高温で運転するため、溶融ガラスとの接触により耐火物および電極部に侵食が生じる。溶融炉は接ガラス材料として十分な侵食代を有する設計がなされているが、二次廃棄物の低減の面から溶融炉の寿命を合理的に判断するため、供用期間中に炉内状況を検査し、溶融炉の健全性を確認するための炉内検査装置の開発を進めている。

本報ではレーザ三角測量法による侵食量測定と外観観察機能を有する炉内検査装置および外観観察機能に目的を限定した簡易・軽量の炉内観察装置の機器仕様についてまとめた。

Ⅱ 炉内検査装置機器仕様

1. 概要

1.1 目的

高レベル廃棄物のガラス固化プロセスにおける主要機器であるガラス溶融炉は、高温で運転するため、溶融ガラスとの接触により耐火物および電極部に侵食が生じる。溶融炉は接ガラス材料として十分な侵食代を有する設計がなされているが、二次廃棄物の低減の面から溶融炉の寿命を合理的に判断ため、供用期間中に炉内状況を検査し、溶融炉の健全性を確認する必要がある。

以上の理由により、TVFに設置されている溶融炉を対象とした炉内観察および、炉内構造物の侵食量を測定するための、炉内検査装置の機器仕様についてまとめた。

1.2 検査方法

(1) 外観観察方法

炉内観察方法としてTVカメラ直接方式、ファイバースコープ方式、ファイバースコープ屈曲方式、ペリスコープ方式、テレスコープ方式、ミラー方式が考えられるが、耐放射線性、耐熱性、観察性能、小型軽量化、装置の簡素化、侵食量測定等との検査ヘッドの兼用の観点からファイバースコープ方式を選定する。

ファイバースコープの対物部を炉内に挿入し、炉外のファイバースコープ接眼部に取り付けたTVカメラで観察する。対物部先端に可動式のミラーを取り付け炉壁面下部プレナム部、および天井面を観察可能とする。ファイバースコープ方式の概念を図1-1に示す。

(2) 侵食量測定方法

侵食量測定方法として、レーザ三角測量法、光波距離測定法（位相差測定方法）、光波距離測定法（反射時間測定方法）、超音波法が考えられるが、耐放射線性、測定精度、小型軽量化の観点からレーザ三角測量法を選定する。

レーザ三角測量法はレーザ光を対象物に照射し、その反射光を撮像管で受光し、結像位置の変位から対象物までの距離を測定する。レーザ三角測量法の原理を図1-2に示す。

1.3 装置概略

検査装置のシステム概念と検討範囲を図1-3に示す。観察装置はセル内で溶融炉に設置され、炉内観察および侵食量測定を行う検査装置本体とその駆動機構、セル外でそれらの制御および計測を行う計測制御装置、セル内の機器と計測制御装置間の動力/信号ケーブルから構成される。

2. 設計条件

2.1 設計方針

炉内検査装置は、供用期間中におけるガラス溶融炉の健全性を確認するため、炉内状況を精度良く、高い信頼性で把握する必要がある。また、使用環境は高放射線環境であるとともに設置および計測に関わるスペースが制約されるため、以下の設計方針に従って設計を行うものとする。

- ①セルへの搬入および据付け場所の取り合い等の制約から、できる限り装置は小型軽量であること。
- ②故障時の対策等、装置の信頼性を考慮し、極力シンプルな構造であること。
- ③炉内の必要な検査範囲にアクセスできること。
- ④使用環境の放射線レベルに対して、必要な耐放射線性を有すること。
- ⑤装置の設置、炉内検査、および保守点検等が遠隔で容易に行えること。
- ⑥作業員の被曝および二次廃棄物の発生量を極力抑えるシステムであること。

2.2 検査対象

ガラス溶融炉の接液部を重点領域とし、プレナム部を含めた炉内表面（電極接液部を含む）を観察対象とする。溶融炉の標準的な運転では、Lレベルまでガラスが残留した状態で運転を停止するが、ドレンアウト状態での検査も可能とする。

2.3 使用環境条件

以下に装置の使用環境条件を示す。

(1)セル内制御室

雰囲気	空気
気圧	大気圧
温度	室温
湿度	10%~80%（結露無し）

(2)セル内環境

雰囲気	空気（風速ほぼゼロ）
気圧	負圧 -80mmAq
温度	40±5 °C
放射線量	約10 ⁴ R/h
明るさ	セル床面 600 lx セル窓近傍 3600 lx

(3)炉内環境

温度	炉停止後5日後、オフガス系流量30m ³ /hの条件で 180°C以下 (添付資料*1 参照)
放射線量	約10 ⁶ R/h
明るさ	照明無し（暗黒）

(4)溶融炉への取付け部構造

溶融炉上部への装置の据付け、撤去はTVカメラで監視しながら両腕型マニプレータ等での遠隔操作で行う。装置を取付ける溶融炉原料供給フランジの構造を図2-1 に示す。

2.4 装置のハンドリング

装置のハンドリングは既設のTVF設備を使用するものとする。

(1)既設移送・ハンドリング設備

①両腕型マニプレータ

取扱重量 15kgf/片腕
操作方法 制御室からの遠隔操作

補助ホイス

取扱重量 450kg
操作方法 制御室からの遠隔操作

②インセルクレーン

取扱重量 主巻き20t, 補巻き1t
操作方法 制御室からの遠隔操作

(2)装置の搬送経路

セルへの搬送は天井セルポートを介して行うものとする。

①搬入経路

トラックロック⇒搬送室⇒保守室⇒機器保守室⇒除染セル⇒固化セル

②搬出経路

固化セル⇒除染セル⇒機器保守室⇒保守室⇒搬送室
(拭取り除染) (保管)

装置自体の自立が困難なため、移送時の仮置きおよび保管時のための架台の設計製作を行う。

装置の表面は除染し易いように、平滑な形状のものとする。

2.5 装置の寸法・重量

(1)寸法制限

- ①装置の幅は天井セルポートを通過できるものとする。
- ②装置の高さは既設のハンドリング設備により溶融炉への据付け、取外し、が可能な高さとし、3.5m以下とする。
- ③検査ヘッドはφ300mm（原料供給ノズル）と干渉しないものとする。
- ④溶融炉上部への設置条件は溶融炉上構造物（リッドヒータ、フランジ等）と干渉しない配置寸法とする。溶融炉天井部の構造を図2-2 に示す。

(2)重量制限

装置重量（溶融炉搭載部）は450kg 以下とする。（添付資料*2 参照）尚、溶融炉に搭載する機器は最少限とし、照明用の光源、レーザ発振装置等は別置きとし、本体と分離した構造とする。

2.6 検査性能

(1)外観観察性能

①観察範囲

観察範囲は溶融ガラスの接液部を重点領域とし、プレナム部のできるだけ広い表面（電極接液部表面を含む）とし、プレナム部天井のオフガス系出口部も観察対象範囲とする。

検査ヘッドから350～600mmまでの観察を可能とし、観察視野はφ100mm程度とし、必要な場合は合焦機構を設ける。

②観察精度

溶融炉接液部レンガの亀裂や剝離の認識が可能なものとする。（添付資料*3参照）

③照明

溶融炉接液部レンガの亀裂や剝離の認識に必要な照度を有し、ハレーションの発生を最小にする照明角度を選択する。（添付資料*4 参照）

(2)侵食量測定性能

①測定範囲

測定範囲は溶融ガラスの接液部を重点領域としたプレナム部のできるだけ広い表面（電極接液部を含む）とする。

検査ヘッドから350～600mmまでの距離測定を可能とする。

②測定精度

測定精度：±5mm以下

面分解能：±5mm以下

2.7 装置の保守・管理

(1)使用条件

使用頻度 1回/年

(2)操作方法

①装置の据付けおよび撤去

搬入～据付け～検査～撤去～搬出までの操作手順を図2-3に示す。以上の操作はセル外からの遠隔操作で実施できるものとする。

装置の溶融炉および架台への結合および解除にはインパクトレンチを使用するものとする。インパクトレンチを使用するためには、ボルト周りφ100mm程度のスペースが必要となる。インパクトレンチの構造を図2-4に示す。

②検査方法

検査手順を図2-5に示す。以上の操作はセル外に設置したパーソナルコンピュータからの指示で実施できるものとする。

③キャリブレーション方法

侵食量測定モードにおけるキャリブレーションは架台に設置されたキャリブレーションプレートの距離測定により実施する。キャリブレーションはセル内搬送後の装置の健全性を確認するため、セル外のみではなく、セル内でも実施できるものとする。

る。セル内では装置、架台等の設置精度を人手で確認できないため、これらの設置精度を自動的に検知し、補正できるシステムとする。(添付資料*5参照)

(3)保守方法

本装置の故障に対しては、部品交換等の保守作業はセル外実施を前提とするが、TVカメラ、モータ等の主要機器についてはモジュール化し、遠隔での交換保守を可能とする。

使用中に駆動系のモータが故障した場合は、モータの遠隔交換および磁気ブレーキ解除後にインセルクレーンで駆動軸を引き上げること等により溶融炉からの取出しを可能なものとする。

(4)装置の保管

通常の不使用時はセル外保管とする。セルからの搬出時は拭取り除染等により、所定の基準まで除染することを前提とする。

セル内での遠隔操作に対して、できるだけ軽量で脱着可能なカバー等により汚染を防止する。

(5)耐震

セル内外の機器は一般耐震設計とする。

3. 機器仕様

3.1 全体システムの構成

全体のシステムを図3-1に示す。本計測システムは以下の機器に分類される。

- ①制御装置 : パーソナルコンピュータ、モータドライバ、センサプロセッサ、インタロック回路、
- ②計測装置 : 撮像装置、ファイバスコープ、照明装置(キセノン光源、ライトガイド)、レーザ投光器、LDコリメータ、LDドライバ、
- ③モニタ装置 : モニタ、スーパーインポザ、ビデオタイマ、ビデオレコーダ、画像改善装置、
- ④駆動装置 : モータドライバ、ステップモータ、
- ⑤その他 : ラック、ケーブル、架台

3.2 制御装置

制御系はパーソナルコンピュータを最上位の制御装置とし、パーソナルコンピュータの制御を受ける下位の制御装置として、モータドライバ、センサプロセッサがある。

インタロック系のON/OFFを行うインタロック回路も制御装置に含む。

(1)パーソナルコンピュータ

①センサプロセッサの制御

カメラパラメータの変更、画像計測命令

②モータドライバの制御

検査ヘッドの動作(動作量、速度)をモータドライバに送信することにより間接的

に駆動装置に制御を行う。

インタロック系および各軸原点設定用のリミットスイッチの信号をモータドライバ側からパーソナルコンピュータに送信する。

③Z軸、 θ 軸原点の設定

原点設定用リミットスイッチの信号を受けZ軸、 θ 軸の原点設定を行う。

④ビデオデッキの制御

ビデオデッキの動作を制御する。

⑤スーパーインポザの制御

パーソナルコンピュータからスーパーインポザに検査ヘッドの位置情報を送信する。

⑥データ処理

測定データのワイヤフレーム図を表示する等のデータ処理をおこなう。

(2)TVカメラプロセッサ

①TVカメラの制御

TVカメラパラメータの変更、計測実施などのTVカメラ制御を行う。

②画像処理

測定画像を記憶し、画像情報とする。

(3)モータドライバ

①ステップモータの速度制御

指示された動作に対して適切な運転パターンをステップモータに与える。

②ステップモータの位置情報

指定されたステップ数をモータドライバに与え、検査ヘッドの位置決めを行う。

③インタロック系信号の監視

リミットスイッチのON/OFF信号をパーソナルコンピュータに送信する。

④原点設定用信号の監視

原点設定用リミットスイッチのON/OFF信号をパーソナルコンピュータに送信する。

(4)インタロック回路

以下の機能を付加する。

①Z軸オーバーランの防止機能

② θ 軸オーバーランの防止機能

3.3 計測装置

制御系は、計測ヘッドの構成機器である、撮像装置、ファイバースコープ、照明装置、レーザ投光、ライトガイドからなる。

(1)TVカメラ

耐放射線性の高い撮像管としてニュービコン等を組み込んだTVカメラを溶融炉外に設

置する検査装置の上部に設置し、炉内に挿入する検査ヘッドとはファイバースコープにより接続される。

カメラには磁気シールドをし、測定値が地磁気、周辺装置から発生する磁気の影響を受けないようにする。(添付資料*6参照)

(2)ライトガイド

熔融炉内外観観察にキセノンライト等を使用する。光源は検査装置と分離して設置し、ライトガイドを介して、炉内を照明する。ライトガイドと装置はケーブルベアを介して接続される。(添付資料*7参照)

(3)レーザ投光器

LDコリメータを検査装置と分離して設置し、レーザ投光器とはライトガイドにて接続される。

3.4 モニタ装置

観察画像の画像改善装置によるコントラスト改善後、観察位置、時刻、インタロック信号を重ね合わせて録画およびモニタできるものとする。

(1)モニタ

観察画像をモニタする。

(2)スーパーインポーズ

検査ヘッド、可動ミラーの位置情報、インタロック情報を、観察画像と重ね合わせてモニタに出力し、観察位置を確認できるものとする。

(3)ビデオタイマ

観察時刻を観察画面に重ね合わせて出力する。

(4)画像改善装置

観察画像のコントラスト改善を行う。

3.5 駆動装置

ステップモータはモータドライバの制御を受ける他、インタロック信号により非常停止の制御を受ける。

(1)ステップモータ

モータドライバの制御により検査ヘッドの旋回昇降を行う。

停止時は磁気ブレーキにより現在の位置を保持できるものとする。

3.6 その他

(1)ラック

制御装置およびモニタ装置は移動式のラックに収納する。

(2)セル内外接続ケーブル

①ケーブル配線

ケーブルの仕様を表3-1 に示す。

ケーブルは耐放射線用ケーブルを使用する。

②配線、接続方法

電力と信号線は可能な限り、統合化する。

コネクタはできる限り、統一仕様とし既施設の規格に合わせる。

コネクタは非使用時はキャップをかぶせて保管するものとする。

セル内電源は100Vであり、セル内予備コンセントからとるものとする。

セル内でのケーブル取り合いリストを表3-2 に示す。

(3)仮置き架台

架台はセル外保管用とセル内仮置き用を兼用するため、観察装置を固定した状態で天井セルポートの通過が可能な構造とする。(添付資料*8参照)

4. 添付資料

*1 炉内雰囲気温度

炉内に挿入される検査ヘッドはファイバースコープ、ミラーの耐熱性の観点から200℃未満にする必要がある。溶融炉雰囲気温度の解析結果では残留ガラスレベルの状態での炉内雰囲気温度は405℃となるが、オフガス系流量30m³/hで5日間冷却後は180℃まで低下するという結果が得られている。(引用資料1参照)

*2 溶融炉搭載部の装置重量

照明用の光源、レーザ発振装置を本体と別置きにすることにより、装置本体の重量を450kgまでの軽量化の見通しを得られている。(引用資料2参照)

装置の耐震性については、装置重量450kg、高さ3.5mのモデルに耐震解析を実施しており、この結果より、耐震上の問題はクリアできると考えられる。(引用資料2参照) 炉内検査装置の概略を図4-1に示す。

*3 観察精度

模擬試験より接液部耐火物表面の凹凸、クラック等を確認するためには0.5mm以下の解像度が必要と考えられる。(引用資料1参照)

*4 観察時の照明

観察時のハレーションを最少にするためには、観察方向に対して、照明の投光俯角を30~45deg.の範囲にする必要がある。(引用資料1参照)

*5 キャリブレーション時の設置誤差の補正

既設の炉内検査試験装置によりキャリブレーション用プレートおよびソフトウェアの改良により対応可能なことを確認している。(引用資料3参照)

*6 カメラの磁気シールド

耐放射線性を考慮し、カメラは撮像管タイプのものとする。炉内検査試験装置では地磁気等の影響による電子ビームの偏向が問題とされ、CO-NETIC AA alloy (MAGNETIC SHIELD CORP. 製; 厚さ0.5mm; 飽和磁束密度8000Gauss; 比透磁率3000)によりカメラ回りをシールドし、地磁気影響を除去した。

*7 ケーブルベア以外のケーブル収納方式の採用に関して

照明用のライトガイドはファイバースコープであるため、必要なR取りの関係でドラム巻取り方式は採用できない。

*8 架台のセルポートの通過に関して

保管用架台の構造を図4-2に示すセルポートが□1.5mを確保できれば転倒防止の脚は固定式とし、確保できない場合は引き込み方式とする。

5. 引用資料

- 1) PNC PJ 8055 95-002 「炉内観察技術に関する調査検討」
- 2) PNC PJ 8055 95-001 「炉内検査技術に関する調査検討」
- 3) PNC PZ 8055 97-002 「炉内検査装置におけるリブレーション技術の調査検討」

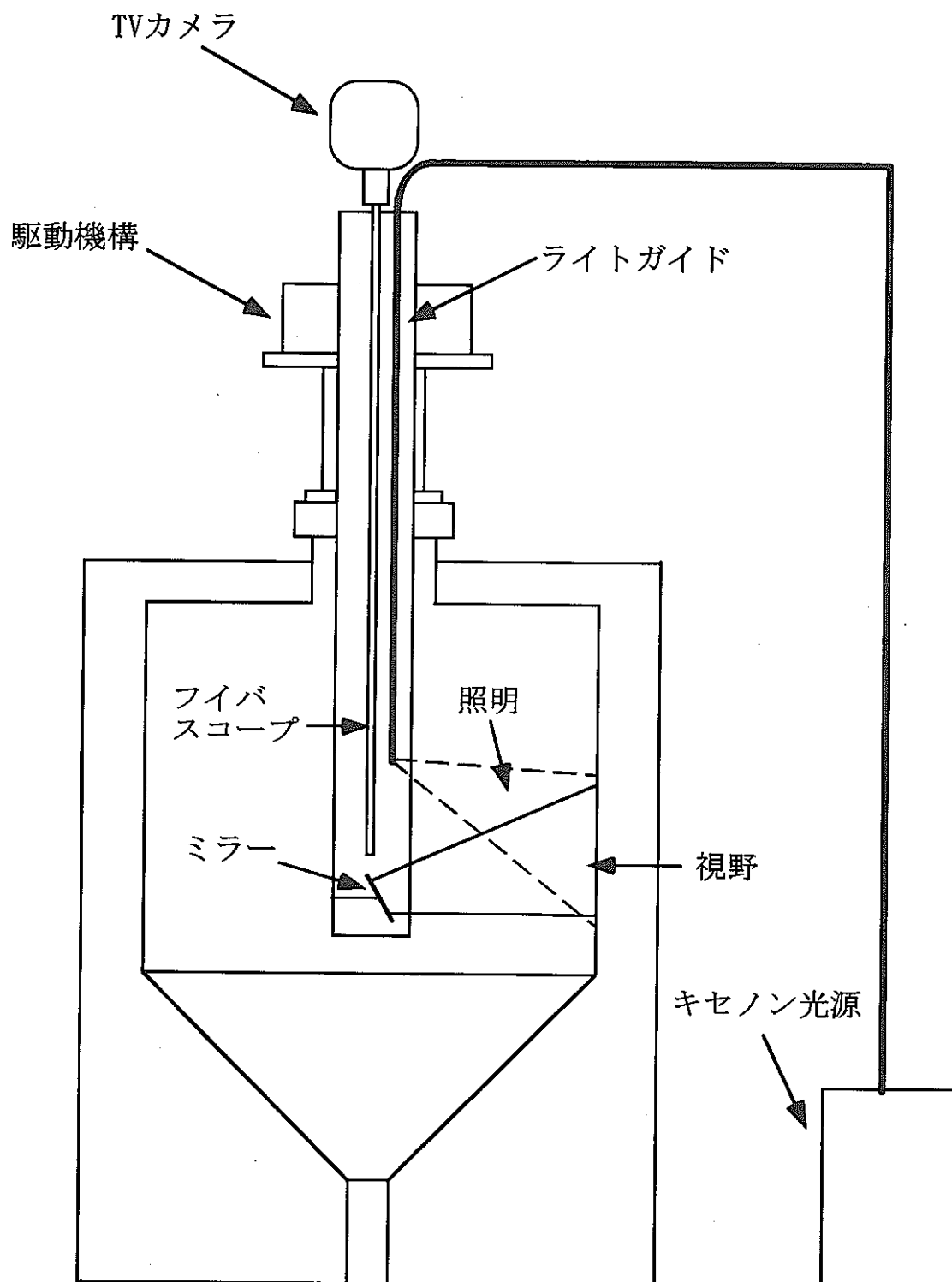


図 1-1 ファイバースコープ方式

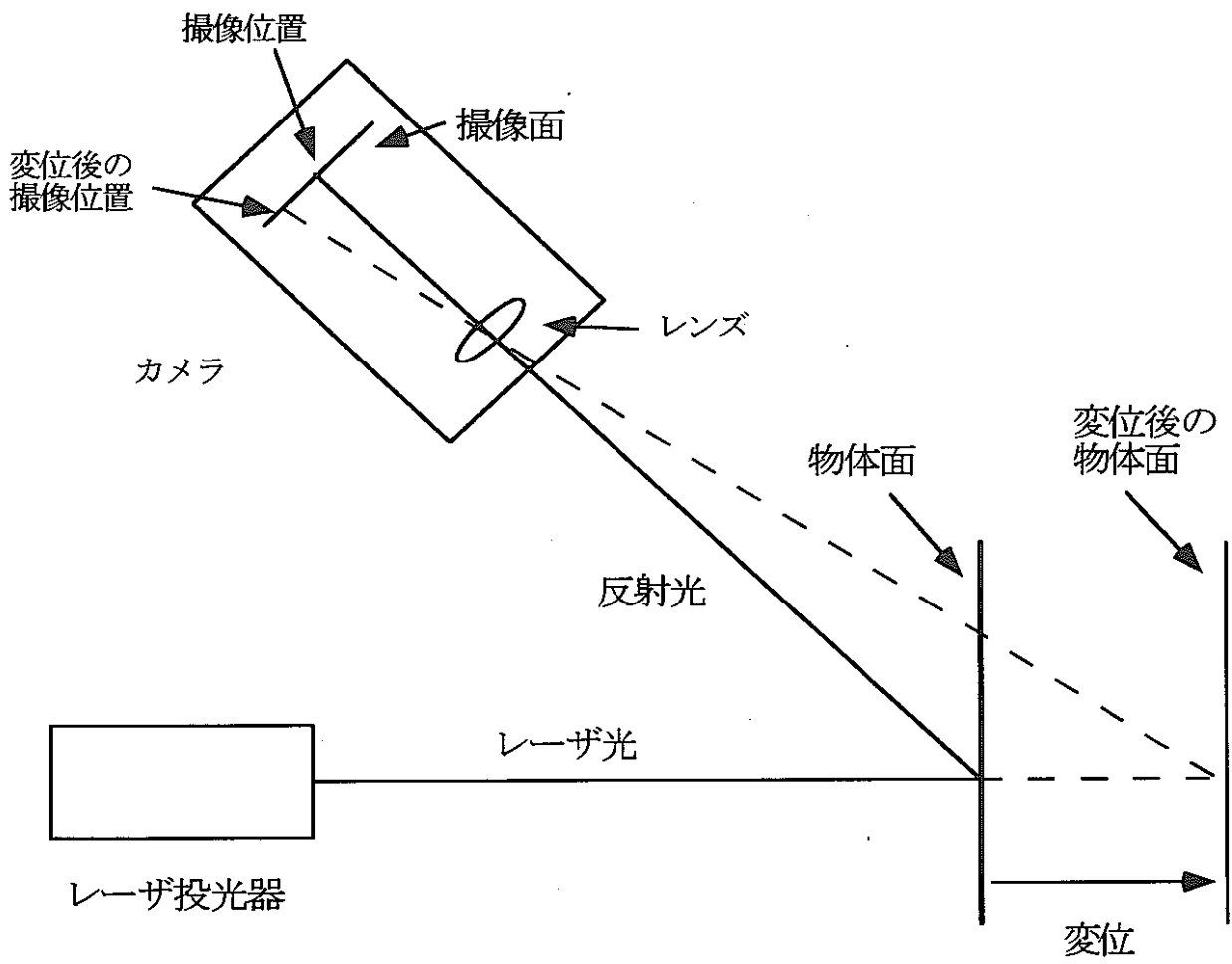


図 1-2 レーザ三角測量法

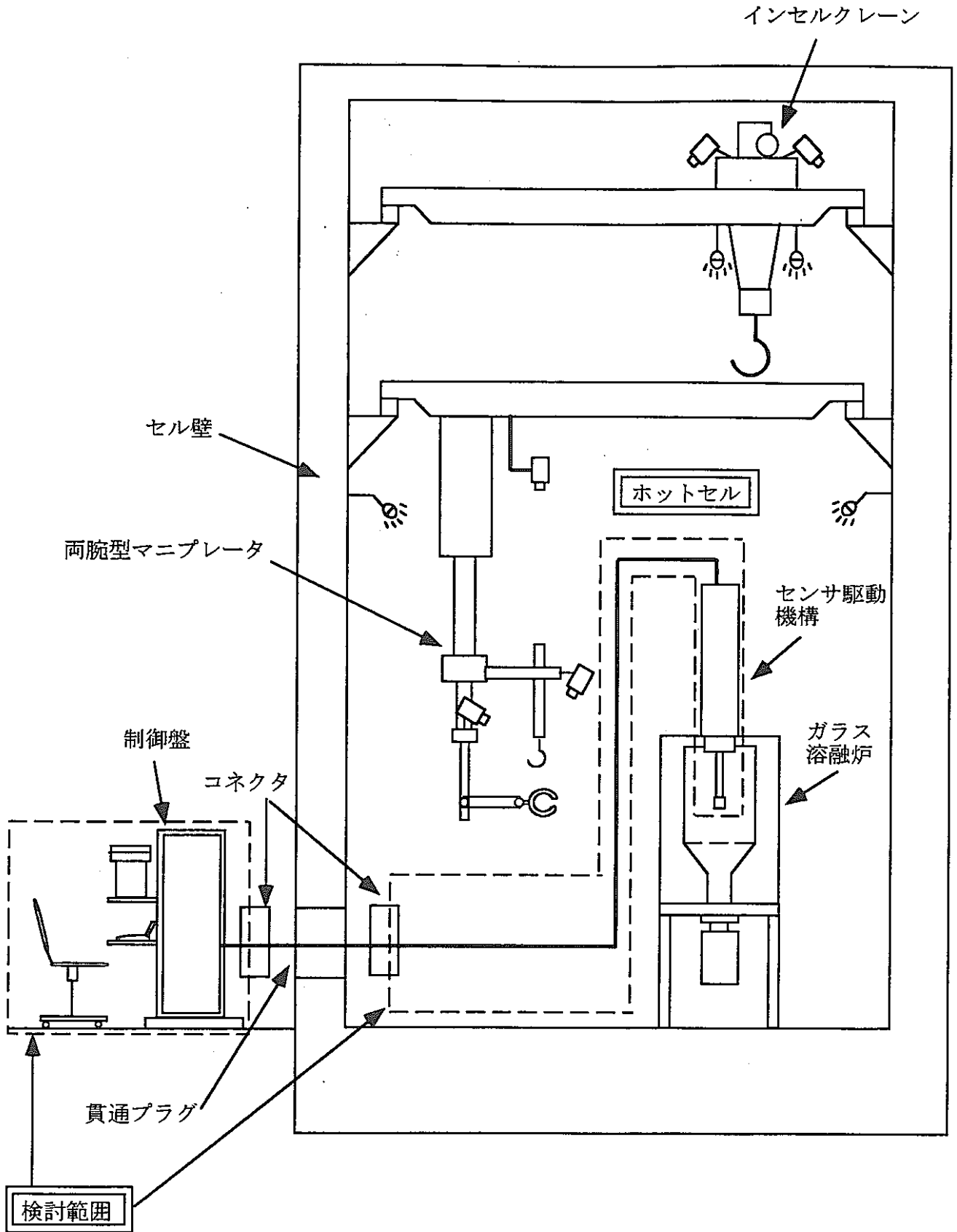


図1-3 システムの概要と検討範囲

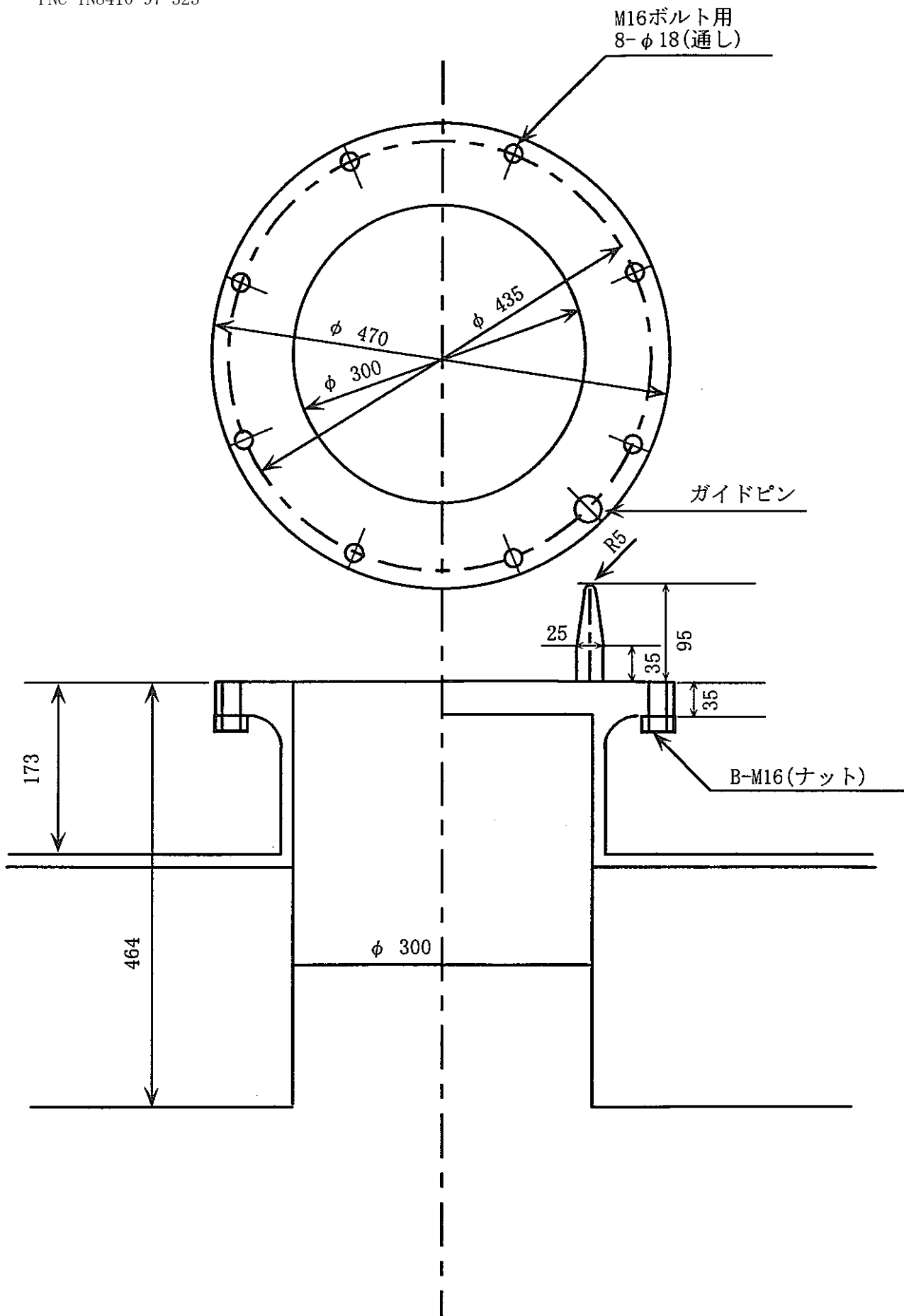


図 2-1 TVF溶融炉原料供給ノズルフランジ

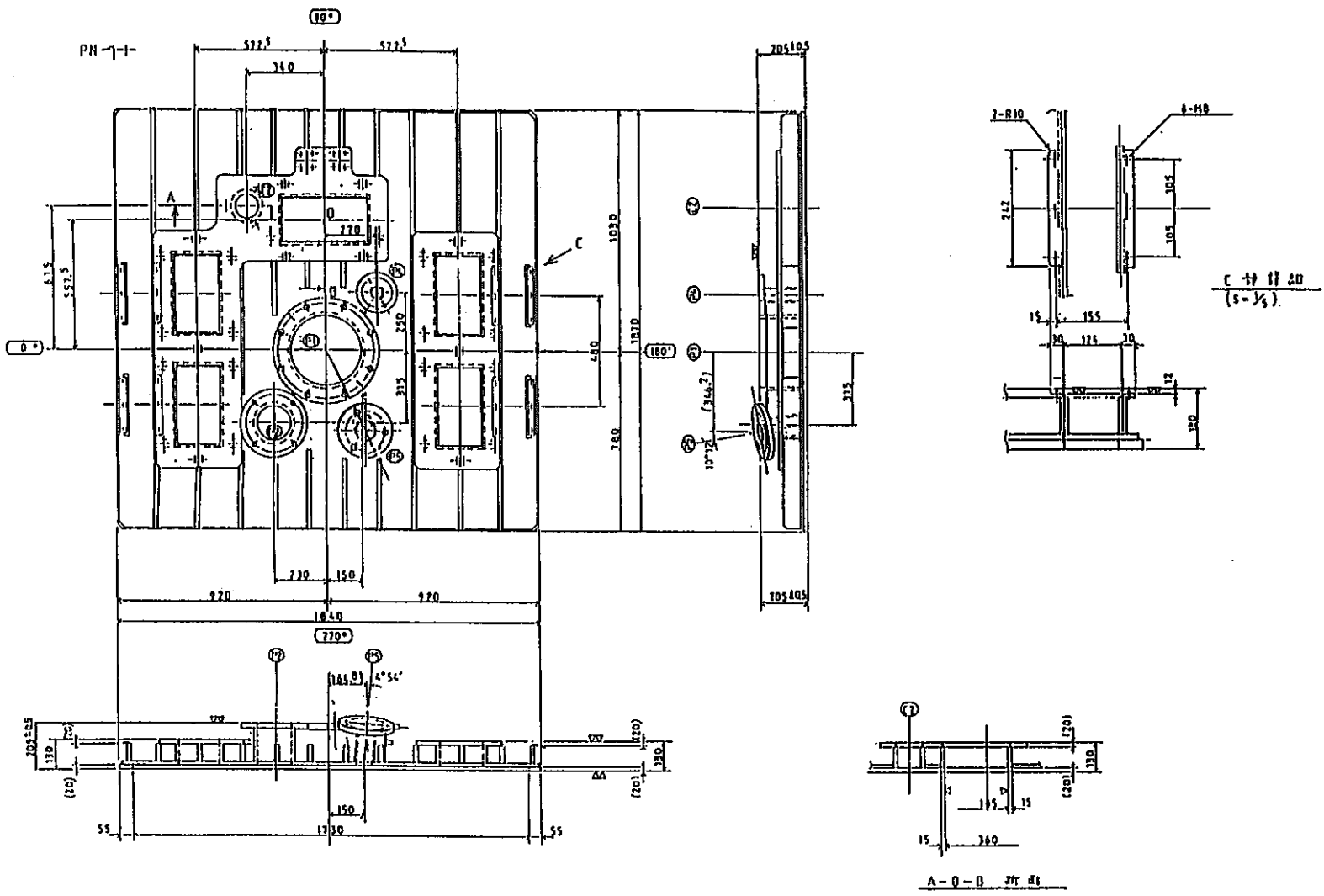


図2-2 溶融炉天井部の構造

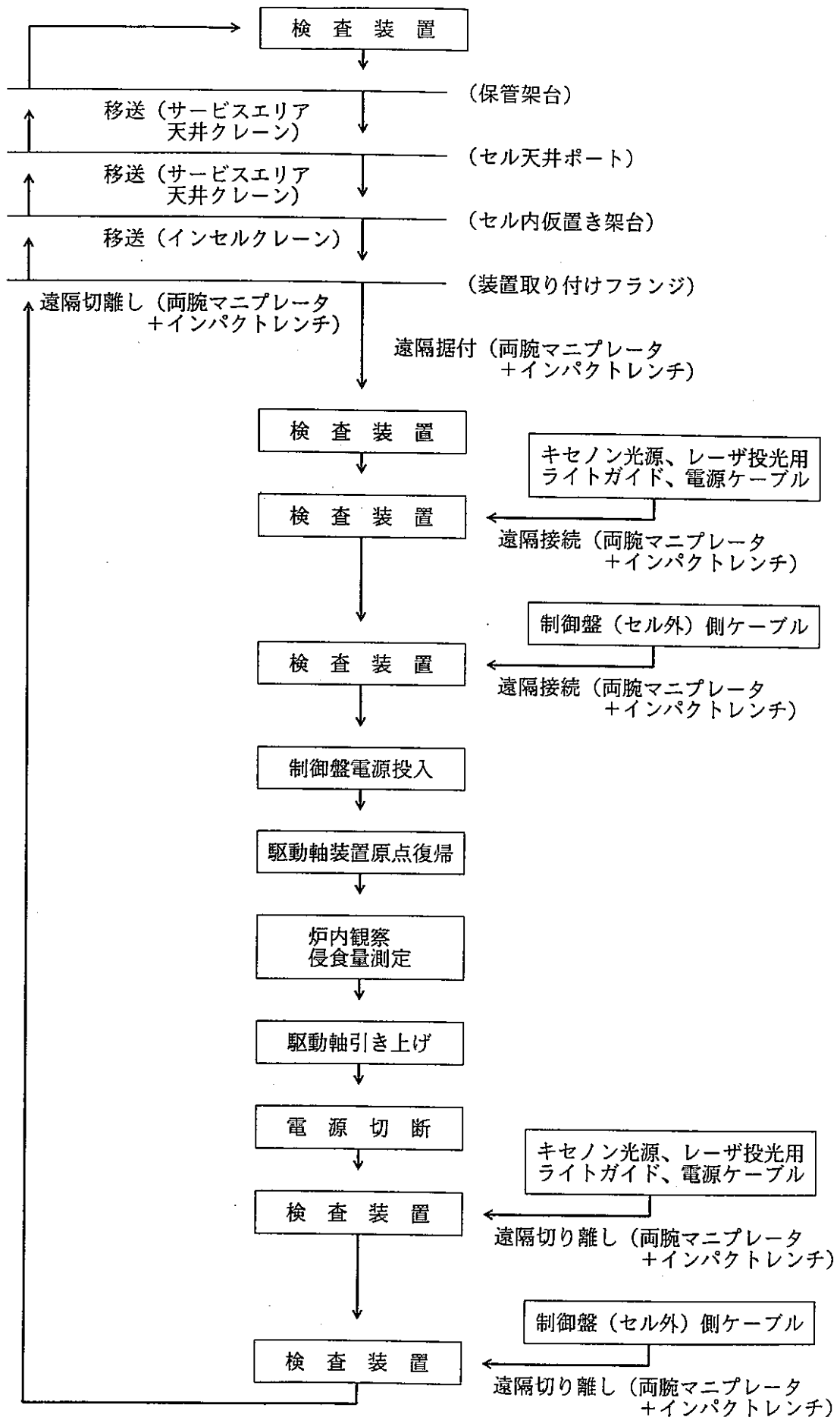
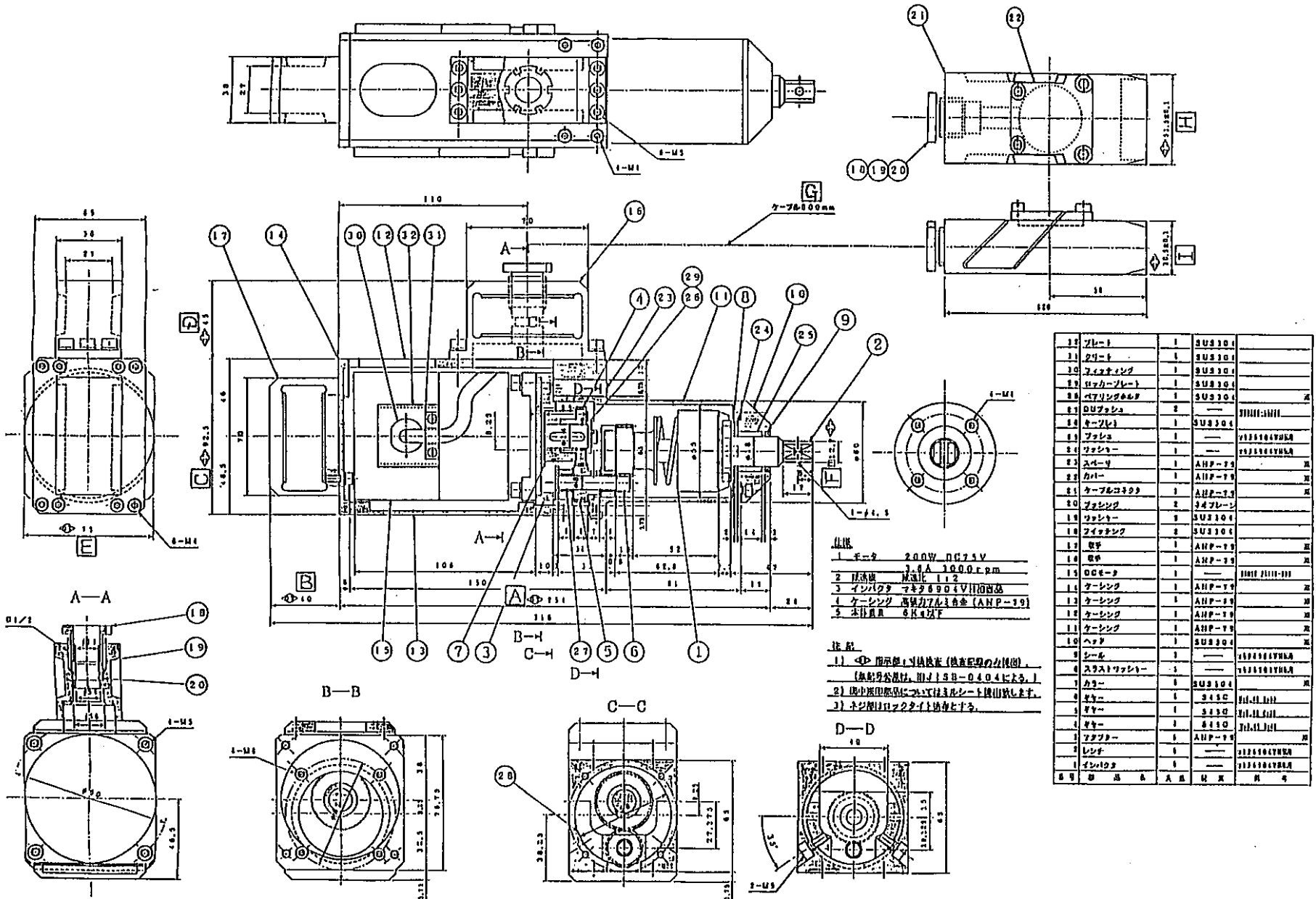


図2-3 操作手順



1	プレート	1	SUS304	
2	クワート	1	SUS304	
3	フィニッシング	1	SUS304	
4	シフタープレート	1	SUS304	
5	ボルト	1	SUS304	
6	ワッシャー	2		YHHL1111
7	キー	1	SUS304	
8	ワッシャー	1		YHHL1111
9	スベリ	1	AHP-73	M
10	カバー	1	AHP-73	M
11	ケーブルコネクタ	1	AHP-73	M
12	ボルト	2	24フレキシ	
13	ワッシャー	1	SUS304	
14	フィニッシング	2	SUS304	
15	螺母	1	AHP-73	M
16	螺母	1	AHP-73	M
17	ワッシャー	1		YHHL1111
18	ワッシャー	1		YHHL1111
19	ワッシャー	1		YHHL1111
20	ワッシャー	1		YHHL1111
21	ワッシャー	1		YHHL1111
22	ワッシャー	1		YHHL1111
23	ワッシャー	1		YHHL1111
24	ワッシャー	1		YHHL1111
25	ワッシャー	1		YHHL1111
26	ワッシャー	1		YHHL1111
27	ワッシャー	1		YHHL1111
28	ワッシャー	1		YHHL1111
29	ワッシャー	1		YHHL1111
30	ワッシャー	1		YHHL1111
31	ワッシャー	1		YHHL1111

仕様
 1 モーター 200W DC7.5V
 2 圧油機 3.4A 1000rpm
 3 インパクト マキタ6904VH10000
 4 ケーシング 高強度アルミ合金 (AHP-73)
 5 本体質量 6kg以下

注記
 1) <D> 指示値は寸法公差 (公差範囲の中心値)。
 (無記号公差は、JIS B 1301-0404による。)
 2) 図中実印部分については裏シール付品となります。
 3) キーは引付クワート品とする。

図2-4 インパクトレンチの構造

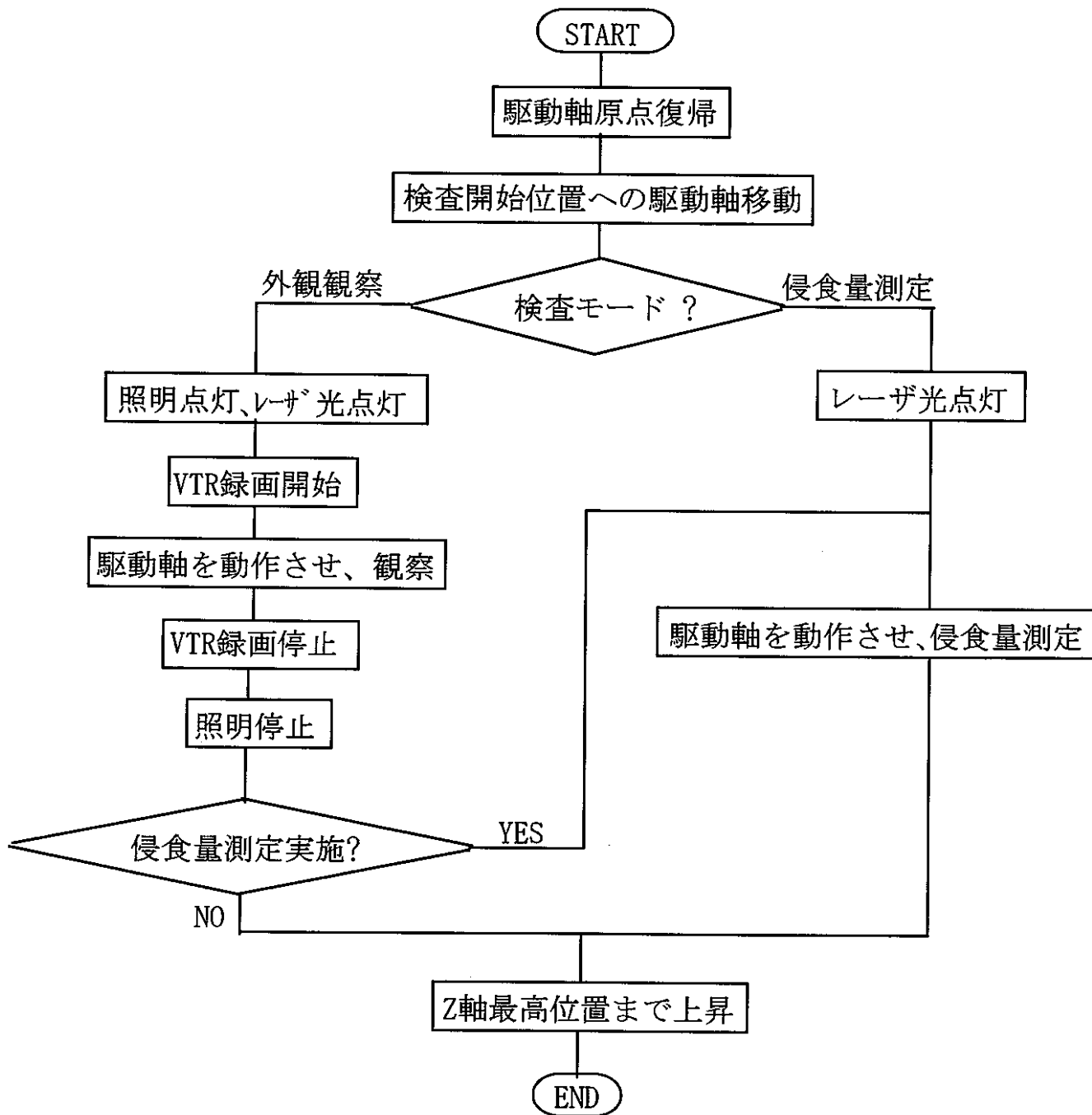


図 2-5 検査手順

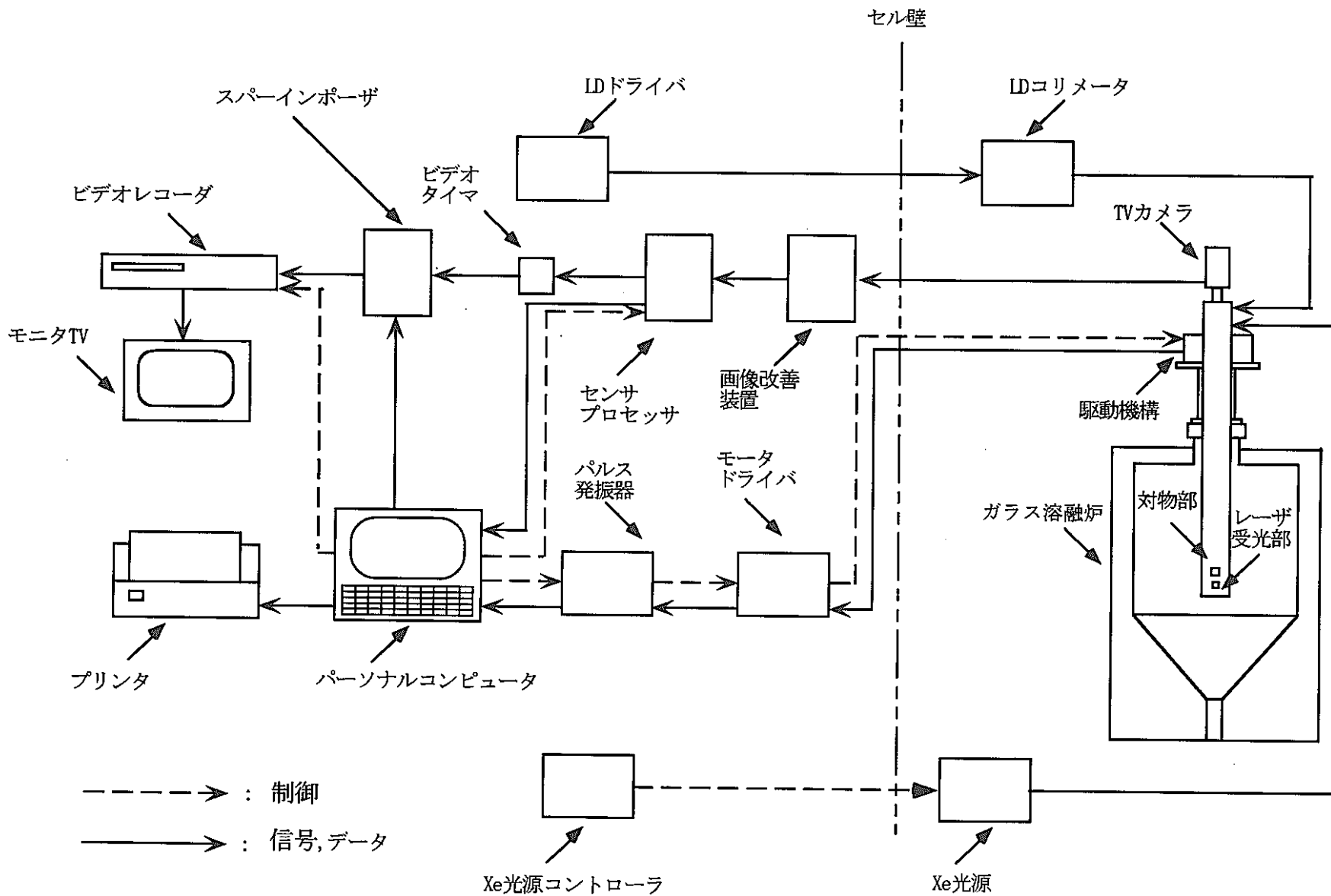


図 3-1 炉内検査装置の全体系統図

表3-1 炉内検査装置セル内ケーブルリスト

機器	種類	芯数
カメラ	映像線	2
	合焦機構	6
	電源(AC 100V)	2
可動式ミラー駆動用モータ	動力線	4
	計装(LS)	2
検査ヘッド駆動用モータ ×2	動力線	8
	計装(LS)	8
キセノン光源	調光	6
	電源(AC 100V)	4
レーザ投光器	電源(AC 100V)	2

表3-2 炉内検査装置セル内ケーブル取り合いリスト

TVF プラグ No.	機器	種類	芯数
B112 12G (19 芯)	カメラ 可動式ミラー駆動用モータ 検査ヘッド駆動用モータ ×2	映像線	2
		合焦機構	6
		計装(LS)	2
		計装(LS)	8
			(計 18)
B119 19D (19 芯)	可動式ミラー駆動用モータ 検査ヘッド駆動用モータ ×2	動力線	4
		動力線	8
			(計 12)
B119 19G (19 芯)	キセノン光源	調光	6 (計 6)
セル内コネクタ	カメラ キセノン光源 レーザ投光器	電源(AC 100V)	2
		電源(AC 100V)	4
		電源(AC 100V)	2 (計 8)

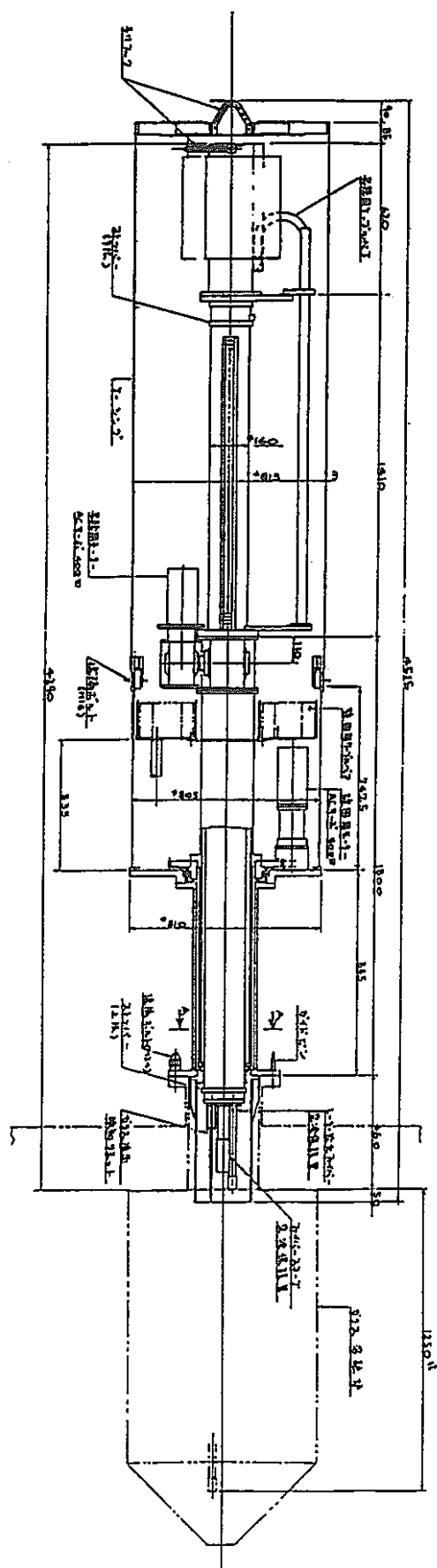


図4-1 炉内検査試験装置

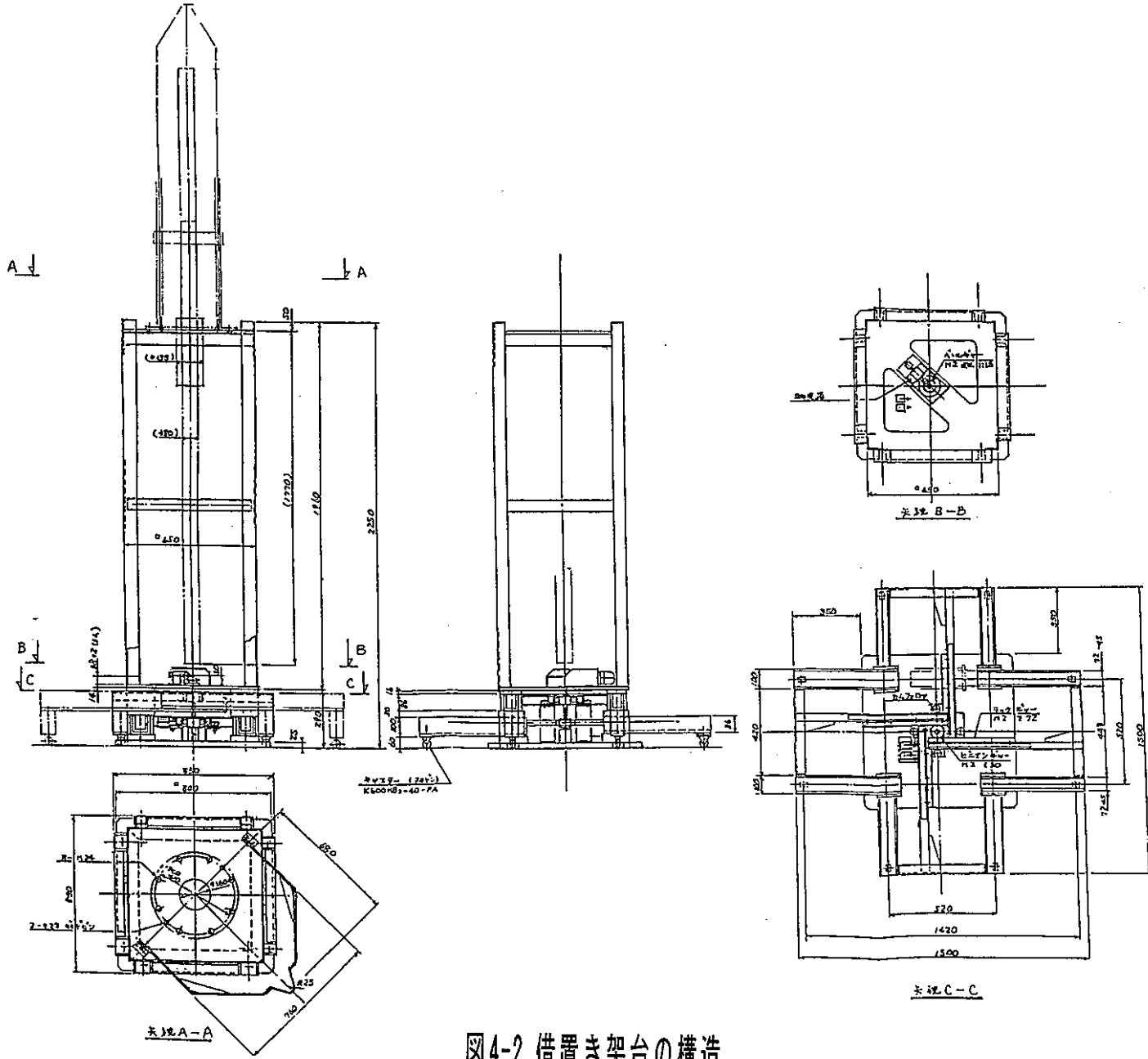


図4-2 借置き架台の構造

Ⅲ 炉内観察装置機器仕様

1. 概要

1.1 目的

高レベル廃棄物のガラス固化プロセスにおける主要機器であるガラス溶融炉は、高温で運転するため、溶融ガラスとの接触により耐火物および電極部に侵食が生じる。溶融炉は接ガラス材料として十分な侵食代を有する設計がなされているが、二次廃棄物の低減の面から溶融炉の寿命を合理的に判断するため、供用期間中に炉内状況を検査し、溶融炉の健全性を確認する必要がある。

以上の理由により、TVFに設置されている溶融炉を対象とした炉内観察を行うための簡易、軽量の観察装置の機器仕様についてまとめた。

1.2 観察方法

炉内観察方法としてTVカメラ直接方式、ファイバースコープ方式、ファイバースコープ屈曲方式、ペリスコープ方式、テレスコープ方式、ミラー方式が考えられるが、耐放射性、耐熱性、観察性能、小型軽量化、装置の簡素化の観点からファイバースコープ方式またはミラー方式を選定した。

(1)ファイバースコープ方式

ファイバースコープ方式はファイバースコープの対物部を炉内に挿入し、炉外のファイバースコープ接眼部に取り付けたTVカメラで対物部先端に取り付けられたミラーを撮影することにより炉内を観察する。ファイバースコープ方式の概念を図1-1に示す。

(2)ミラー方式

ミラー方式は可動式のミラーを先端に取り付けた検査ヘッドを炉内に挿入し、炉外に設置したTVカメラでミラーを直接撮影することにより、炉内を観察する。ミラー方式の概念を図1-2に示す。

1.3 装置概略

観察装置のシステム概念と検討範囲を図1-3に示す。観察装置はセル内で溶融炉に設置され、観察を行う観察装置本体とその駆動機構および照明装置およびセル外でそれらの制御および計測を行う計測制御装置、セル内の機器と計測制御装置間の動力/信号ケーブルから構成される。

2. 設計条件

2.1 設計方針

炉内観察装置は、供用期間中におけるガラス溶融炉の健全性を確認するため、炉内状況を精度良く、高い信頼性で把握する必要がある。また、使用環境は高放射線環境であるとともに設置および計測に関わるスペースが制約を受けるため、以下の設計方針に従って設計を行うものとする。

①セルへの搬入および据付け場所の取り合い等の制約から、できる限り装置は小型軽量であること。

②故障時の対策等、装置の信頼性を考慮し、極力シンプルな構造であること。

- ③炉内の必要な観察範囲にアクセスできること。
- ④使用環境の放射線レベルに対して、必要な耐放射線性を有すること。
- ⑤装置の設置、炉内観察、および保守点検等が遠隔で容易に行えること。
- ⑥作業員の被曝および二次廃棄物の発生量を極力抑えるシステムであること。

2.2 観察対象

ガラス溶融炉の接液部を重点領域とし、プレナム部を含めた炉内表面（電極接液部を含む）を観察対象とする。溶融炉の標準的な運転では、Lレベルまでガラスが残留した状態で運転を停止するが、ドレンアウト状態での観察も対象条件とする。

2.3 使用環境条件

以下に装置の使用環境条件を示す。

(1)セル内制御室

雰囲気	空気
気圧	大気圧
温度	室温
湿度	10%～80%（結露無し）

(2)セル内環境

雰囲気	空気（風速ほぼゼロ）
気圧	負圧 -80mmAq
温度	40±5 °C
放射線量	約10 ⁴ R/h
明るさ	セル床面 600 lx セル窓近傍 3600 lx

(3)炉内環境

温度	炉停止後5日後、オフガス系流量30m ³ /hの条件で 180°C以下 （添付資料*1参照）
----	--

放射線量	約10 ⁶ R/h
明るさ	照明なし（暗黒）

(4)溶融炉への取付け部構造

溶融炉上部への装置の据付け、取外しはカメラで監視しながら両腕型マニプレータ等での遠隔操作で行う。装置を取付ける溶融炉原料供給フランジの構造を図2-1 に示す。

2.4 装置のハンドリング

装置のハンドリングは既設のTVF設備を使用するものとする。

(1)既設移送・ハンドリング設備

①両腕型マニプレータ

取扱重量	15kgf/片腕
操作方法	制御室からの遠隔操作
補助ホイスト	
取扱重量	450kg
操作方法	制御室からの遠隔操作

②インセルクレーン

取扱重量	主巻き20t, 補巻き1t
操作方法	制御室からの遠隔操作

(2)装置の搬送経路

セルへの搬送は天井セルポートを介して行うものとする。

①搬入経路

トラックロック⇒搬送室⇒保守室⇒機器保守室⇒除染セル⇒固化セル

②搬出経路

固化セル⇒除染セル⇒機器保守室⇒保守室⇒搬送室
(拭取り除染) (保管)

装置自体の自立が困難なため、移送時の仮置きおよび保管時のための架台の設計・製作を行う。参考図を図4-2 に示す。

装置の表面は除染し易いように、平滑なものとする。

2.5 装置の寸法・重量

(1)寸法制限

- ①装置の幅は天井セルポートを通過できるものとする。
- ②装置の高さは既設のハンドリング設備で溶融炉への取付け、取外し、が可能な高さとし、3.5m以下とする。
- ③検査ヘッドの寸法はφ300mm（原料供給ノズル）に干渉しないものとする。
- ④溶融炉上部への設置条件は溶融炉上構造物（リッドヒータ、フランジ等）と干渉しない配置、寸法とする。（添付資料*2 参照）溶融炉天井部の構造を図2-2 に示す。

(2)重量制限

装置重量（溶融炉搭載部）は200kg（既設原料供給ノズル）未満とする。（添付資料*3参照）尚、溶融炉に搭載する機器は最少限としできるだけ軽量化を図り、照明用の光源等は別置きとし、本体と分離した構造とする。

2.6 観察性能

(1)観察範囲

観察範囲は溶融ガラスの接液部を重点領域とし、プレナム部のできるだけ広い表面とし、プレナム部天井のオフガス系出口部も観察対象範囲とする。

検査ヘッドから350～600mmまでを観察範囲とし、観察視野はφ100mm程度で、必要な

場合は合焦機構を設ける。

(2)観察精度

熔融炉接液部レンガの亀裂や剝離の認識が可能なものとする。(添付資料*4 参照)

(3)照明

熔融炉接液部レンガの亀裂や剝離の認識に必要な照度を有し、ハレーションの発生を最少にする照明角度を選択する。(添付資料*5 参照)

2.7 装置の保守・保管

(1)使用条件

使用頻度 1 回/ 年

(2)操作方法

搬入～据付け～観察～撤去～搬出までの操作手順を図2-3 に示す。以上の操作はセル外からの遠隔操作で実施できるものとする。

装置の熔融炉および架台への結合および解除にはインパクトレンチを使用するものとし、インパクトレンチを使用するためには、ボルト周りにφ100mm 程度のスペースが必要となる。インパクトレンチの構造を図2-4 に示す。

(3)保守方法

本装置の故障に対しては、部品交換等の保守作業はセル外実施を前提とするが、TVカメラ、モータ等の主要機器についてはモジュール化し、遠隔での交換保守を可能とする。

使用中に駆動系のモータが故障した場合は、モータの遠隔交換および磁気ブレーキ解除後にインセルクレーンで駆動軸を引き上げること等により熔融炉からの取出しを可能なものとする。

(4)装置の保管

通常の不使用時はセル外保管とする。セルからの搬出時は拭取り除染等により、所定の基準まで除染することを前提とする。

セル内での遠隔操作に対して脱着可能なカバー等により汚染を防止する。

(5)耐震

セル内外の機器は一般耐震設計とする。

3. 機器仕様

3.1 全体システムの構成

全体の系統図を図3-1 に示す。本計測システムは以下の機器に分類される。

- ①撮像装置: TVカメラ、ファイバースコープまたはミラー案内管
照明装置 (キセノン光源、ライトガイド)、
- ②駆動装置: ステップモータ (+減速機)、モータドライバ、
- ③制御装置: パーソナルコンピュータ、モータコントローラ、
インターロック回路

- ④モニタ装置: モニタ、スーパーインポザ、ビデオタイマ、
ビデオレコーダ、画像改善装置
- ⑤その他: ラック、ケーブル、架台

3.2 撮像装置

撮像装置は検査ヘッドの構成機器でありTVカメラ、ファイバースコープまたはミラー案内管、照明装置から構成され2.7項に示した観察性能を有するものとする。

検査ヘッドは 200℃までの耐熱性を有するものとする。

(1)TVカメラ

耐放射線の高いニュービコン等の撮像管を組み込んだモノクロカメラを使用し、必要な場合は合焦機構を設ける。

(2)ファイバースコープ（ファイバースコープ方式の場合）

耐環境性に優れた石英製のファイバースコープを使用し、対物部に所定のレンズを取り付け、TVカメラに観察画像を伝送する。

(3)ミラー案内管（ミラー方式の場合）

案内管先端に設けられたミラーを上記TVカメラで直接撮影し観察画像を得る。ミラーはステップモータ等により視野方向を移動できるものとする。

ミラーの材質は耐放射線性、観察性能（反射率）に優れたアルミ蒸着ミラー等を使用する。

(4)照明装置

軽量化のためキセノン光源は検査装置と分離して配置し、ライトガイドを介して炉内を照明する。ライトガイドと装置はケーブルベアを介して接続される。（添付資料*6参照）

2.7項に示した観察性能に必要な照度、照明範囲を有するものとする。

3.3 駆動装置

駆動装置による検査ヘッドの旋回、昇降およびミラーの可動により 2.5項に示した観察範囲へのアクセスが可能な構造とする。

(1)ステップモータ

モータドライバからの制御により検査ヘッドを駆動する。

静止時は磁気ブレーキにより検査ヘッドを保持する。

(2)モータドライバ

モータコントローラの制御を受けてステップモータを駆動する。

3.4 制御装置

制御装置はパーソナルコンピュータを最上位制御装置としモータコントローラおよびインタロック回路よりなり、それぞれ以下の制御を実施するものとする。

(1)パーソナルコンピュータ

- ①駆動装置の制御
- ②昇降軸（Z軸）、旋回軸（ θ 軸）の原点設定
- ③VTRの制御
- ④スーパーインポザの制御
- ⑤可動式ミラーの制御
- ⑥合焦機構の制御

(2)モータドライバ

- ①ステッピングモータの制御
- ②インタロック系信号の監視
- ③原点信号の監視

(3)インタロック回路

- ①Z軸オーバーラン防止機能
- ② θ 軸オーバーラン防止機能

3.5 モニタ装置

観察画像の画像改善装置によるコントラスト改善後、観察位置、時刻、インタロック信号を重ね合わせて録画およびモニタできるものとする。

(1)モニタ

観察画像をモニタする。

(2)スーパーインポザ

検査ヘッド、可動ミラーの位置情報、インタロック情報を、観察画像と重ね合わせてモニタに出力し、観察位置を確認できるものとする。

(3)ビデオタイマ

観察時刻を観察画面に重ね合わせて出力する。

(4)画像改善装置

観察画像のコントラスト改善を行う。

3.6 その他

(1)ラック

制御装置およびモニタ装置は移動式のラックに収納する。

(2)セル内外接続ケーブル

①ケーブル配線

ケーブルの仕様を表3-1に示す。ケーブルの芯数は42本となる。

ケーブルは耐放射線用ケーブルを使用する。

②配線、接続方法

電力と信号線は可能な限り、統合化する。

コネクタはできる限り、統一仕様とし既設施設の規格に合わせる。

コネクタは非使用時はキャップをかぶせて保管するものとする。
セル内電源は100Vであり、セル内予備コンセントからとるものとする。
セル内でのケーブル取り合いリストを表3-2 に示す。

(3)仮置き架台

架台はセル外保管用とセル内仮置き用を兼用するため、観察装置を固定した状態で天井セルポートの通過が可能な構造とする。(添付資料*7参照)

4. 添付資料

*1 炉内雰囲気温度

炉内に挿入される検査ヘッドはファイバースコープ、ミラーの耐熱性の観点から200℃未満にする必要がある。熔融炉雰囲気温度の解析結果では残留ガラスLレベルの状態では炉内雰囲気温度は405℃となるが、オフガス系流量30m³/hで5日間冷却後は180℃まで低下するという結果が得られている。(引用資料1参照)

*2 熔融炉搭載部の装置重量

照明用の光源、レーザ発振装置を本体と別置きにすることにより、装置本体の重量を450kgまでの軽量化の見通しを得られている。(引用資料2参照)

装置の耐震性については、装置重量450kg、高さ3.5mのモデルに耐震解析を実施しており、この結果より、耐震上の問題はクリアできると考えられる。(引用資料2参照) 炉内検査装置の概略を図4-1に示す。

*3 観察精度

模擬試験より接液部耐火物表面の凹凸、クラック等を確認するためには0.5mm以下の解像度が必要と考えられる。(引用資料1参照)

*4 観察時の照明

観察時のハレーションを最少にするためには、観察方向に対して、照明の投光俯角を30～45deg.の範囲にする必要がある。(引用資料1参照)

*5 キャリブレーション時の設置誤差の補正

既設の炉内検査試験装置によりキャリブレーション用プレートおよびソフトウェアの改良により対応可能なことを確認している。(引用資料3参照)

*6 カメラの磁気シールド

耐放射線性を考慮し、カメラは撮像管タイプのものとする。炉内検査試験装置では地磁気等の影響による電子ビームの偏向が問題とされ、CO-NETIC AA alloy (MAGNETIC SHIELD CORP. 製;厚さ0.5mm;飽和磁束密度8000Gauss;比透磁率3000)によりカメラ回りをシールドし、地磁気影響を除去した。

*7 ケーブルベア以外のケーブル収納方式の採用に関して

照明用のライトガイドはファイバースコープであるため、必要なR取りの関係でドラム巻取り方式は採用できない。

*8 架台のセルポートの通過に関して

保管用架台の構造を図4-2に示すセルポートが□1.5mを確保できれば転倒防止の脚は固定式とし、確保できない場合は引き込み方式とする。

5. 引用資料

- 1) PNC PJ 8055 95-002 「炉内観察技術に関する調査検討」
- 2) PNC PJ 8055 95-001 「炉内検査技術に関する調査検討」
- 3) PNC PZ 8055 97-002 「炉内検査装置におけるリブレーション技術の調査検討」

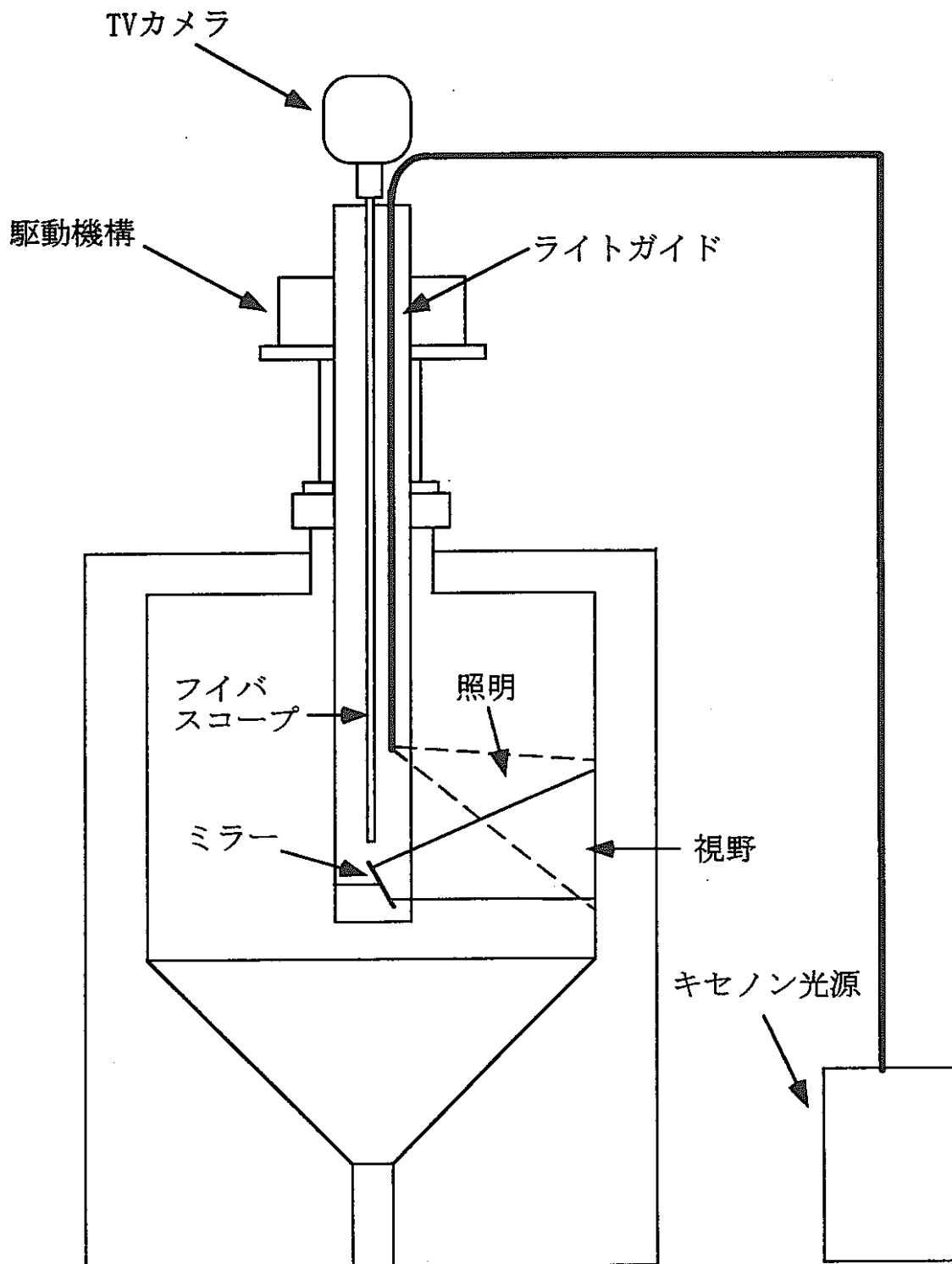


図 1-1 ファイバースコープ方式

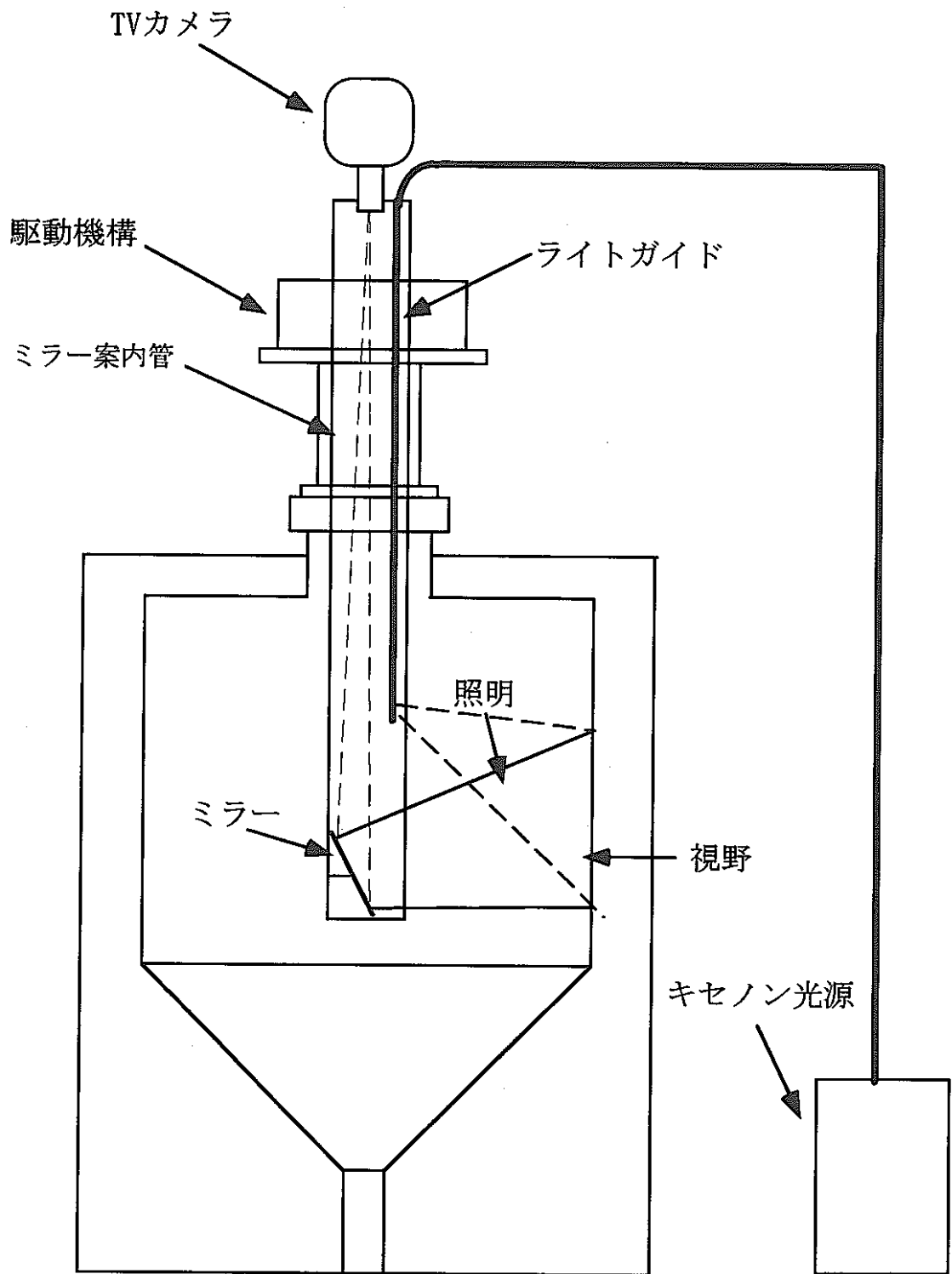


図 1-2 ミラー方式

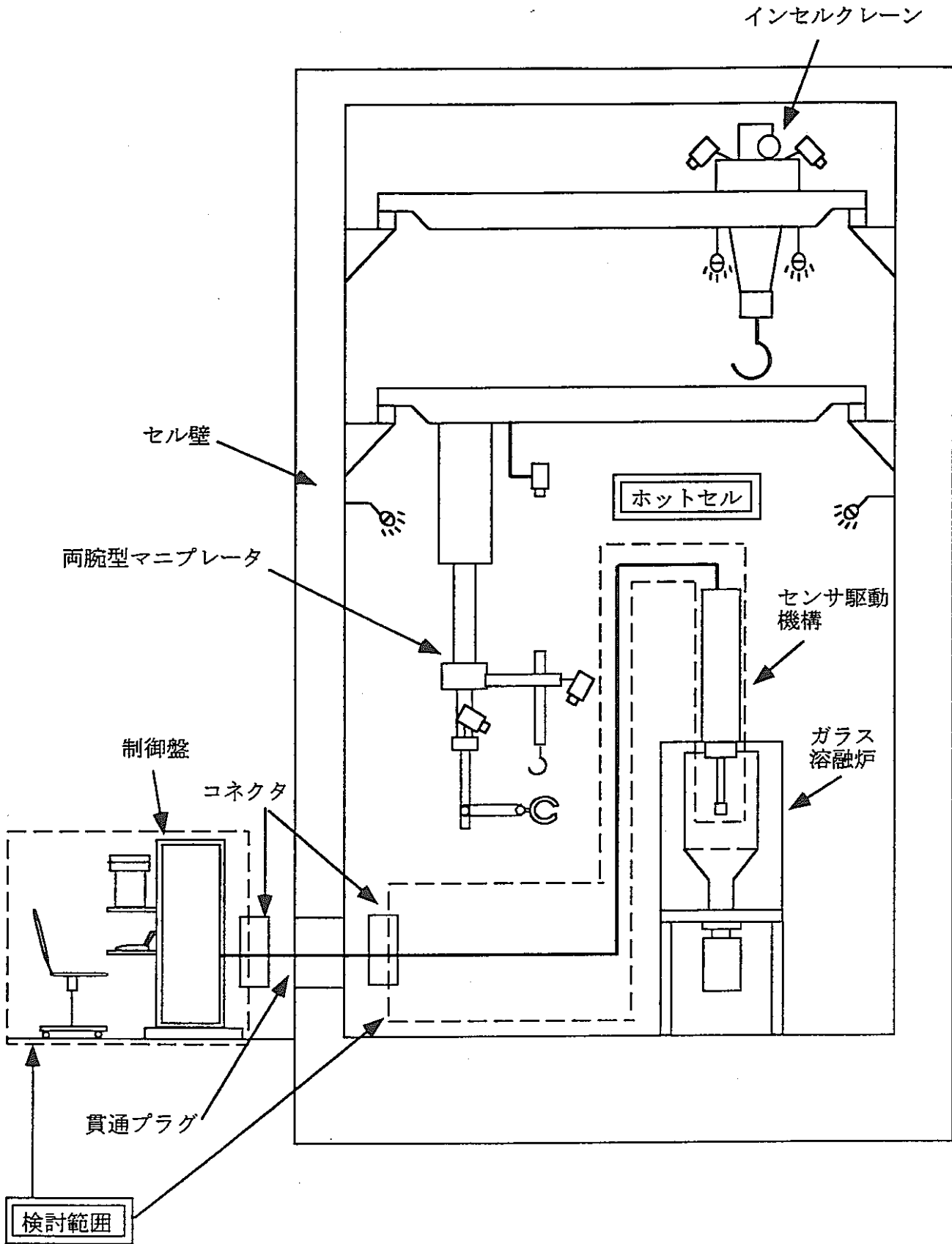


図1-3 システムの概要と検討範囲

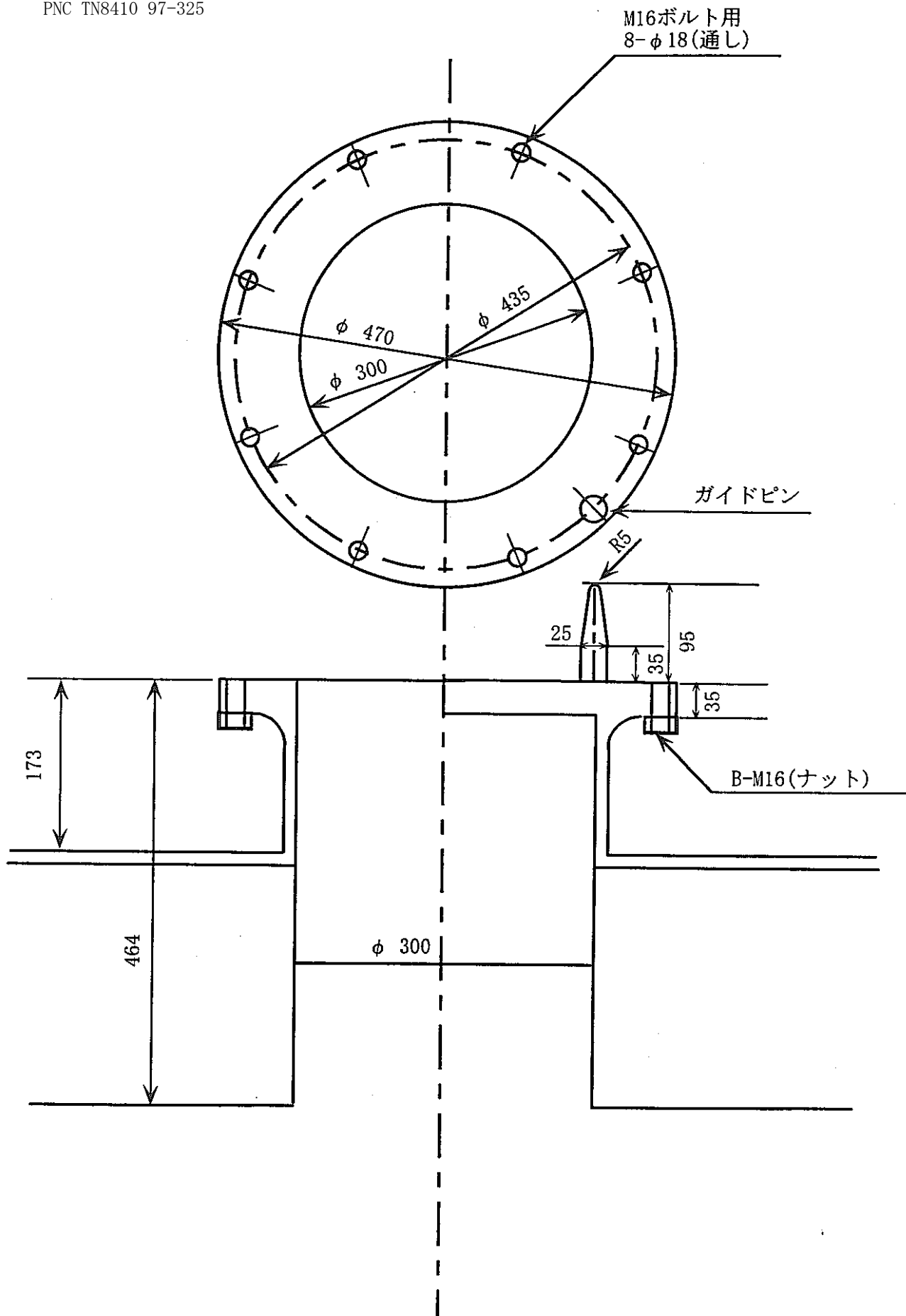


図 2-1 TVF溶融炉原料供給ノズルフランジ

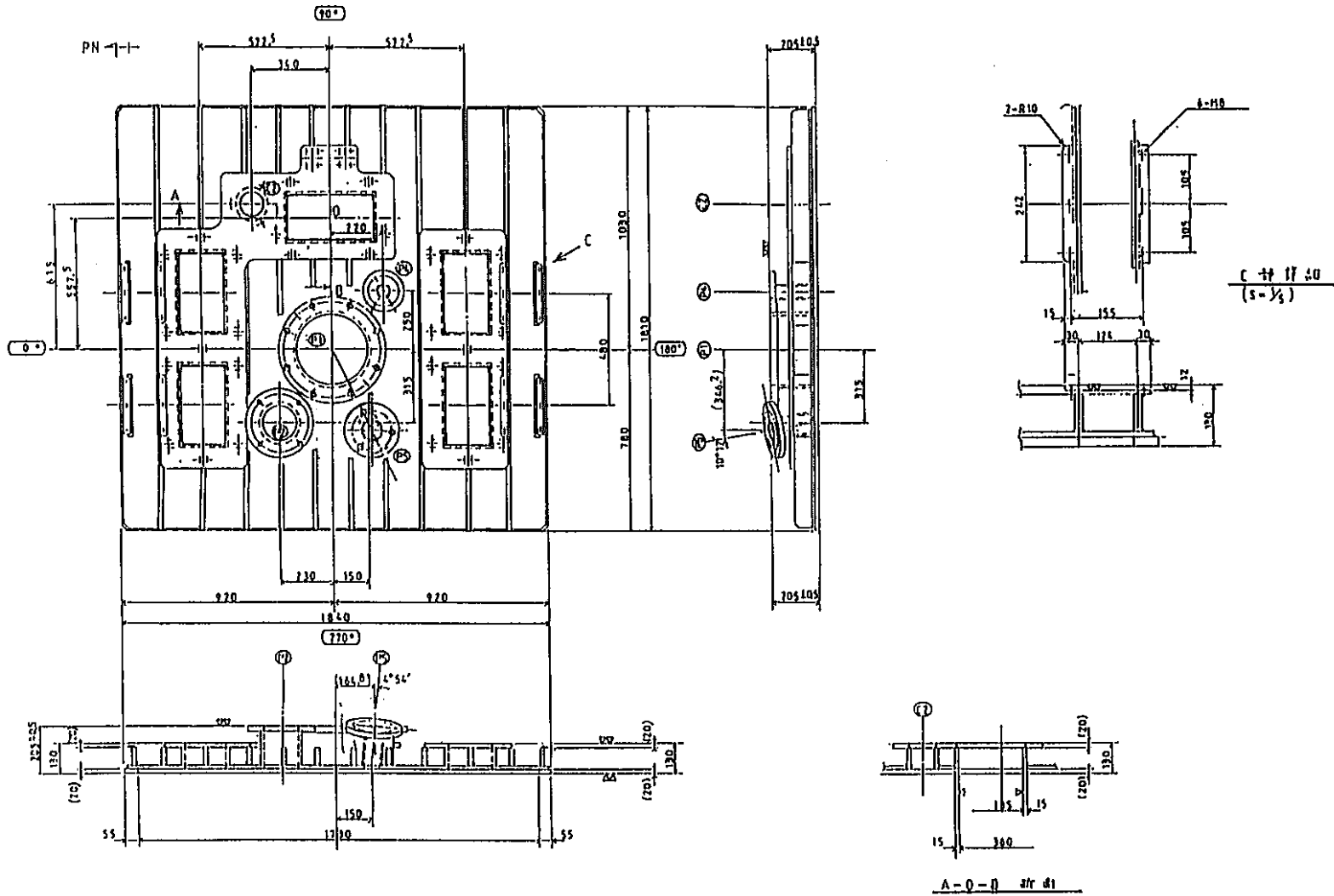


図2-2 熔融炉天井部の構造

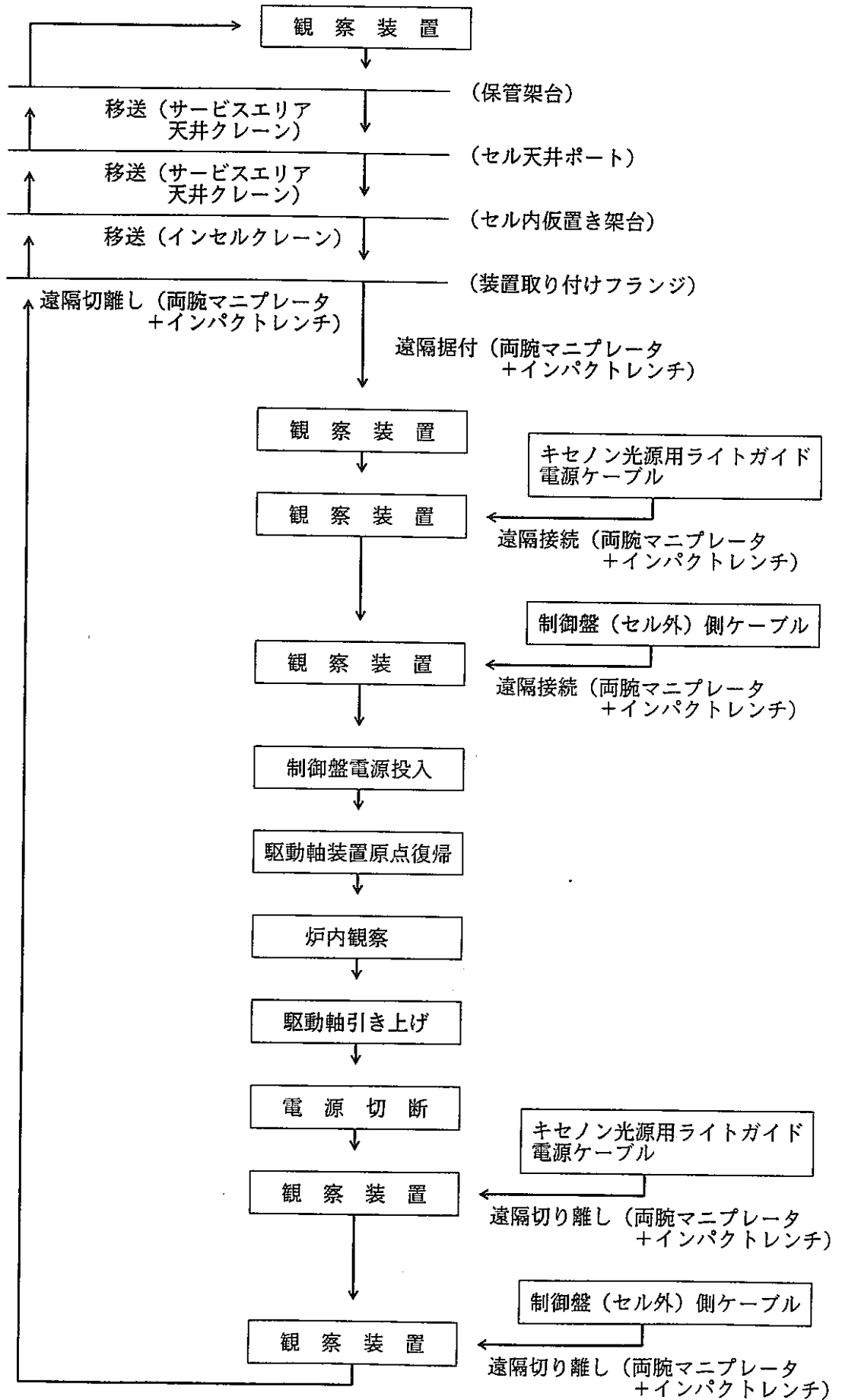
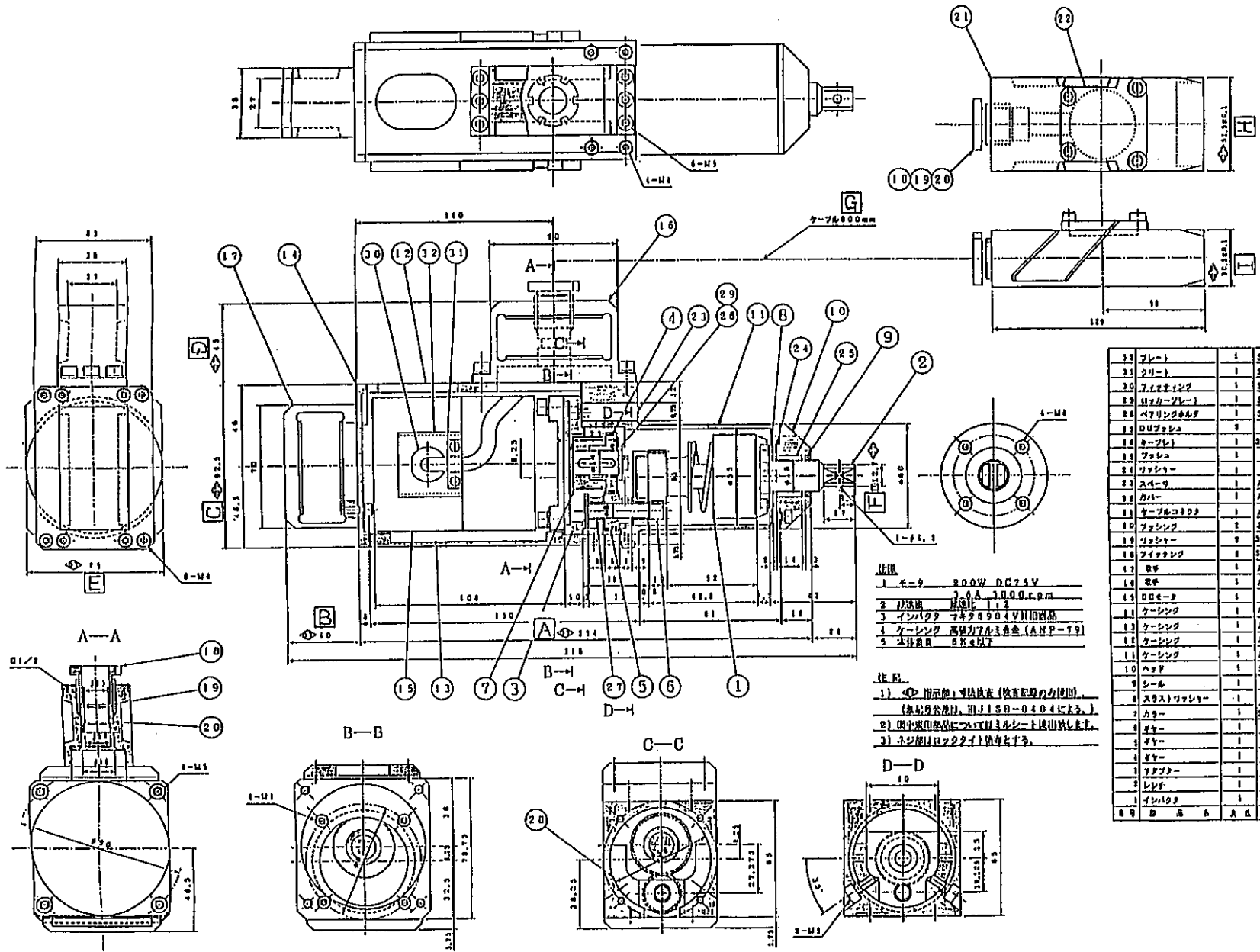


図2-3 操作手順



19	プレート	1	SUS304	
21	ワザ	1	SUS304	
20	フィッティング	1	SUS304	
29	ロックプレート	1	SUS304	
28	ベアリングホルダ	1	SUS304	
19	ロッドワザ	1	---	21111-1111
14	ケーブル	1	SUS304	
13	ワザ	1	---	21111-1111
12	ワザ	1	---	21111-1111
11	ワザ	1	---	21111-1111
10	ワザ	1	---	21111-1111
9	ワザ	1	---	21111-1111
8	ワザ	1	---	21111-1111
7	ワザ	1	---	21111-1111
6	ワザ	1	---	21111-1111
5	ワザ	1	---	21111-1111
4	ワザ	1	---	21111-1111
3	ワザ	1	---	21111-1111
2	ワザ	1	---	21111-1111
1	ワザ	1	---	21111-1111

仕様
 1 ケーブル 200W DC24V
 2 回転数 7.6A 1000r.p.m
 3 インパクト マキタ6904VII加工品
 4 ケーシング 高硬度7A3合金 (ANP-19)
 5 本体重量 0.9kg以下

注記
 1) 示した寸法は、検査基準の寸法による。
 2) 図中の寸法は、寸法公差による。
 3) ネジはロックタイト仕立てとする。

図2-4 インパクトレンチの構造

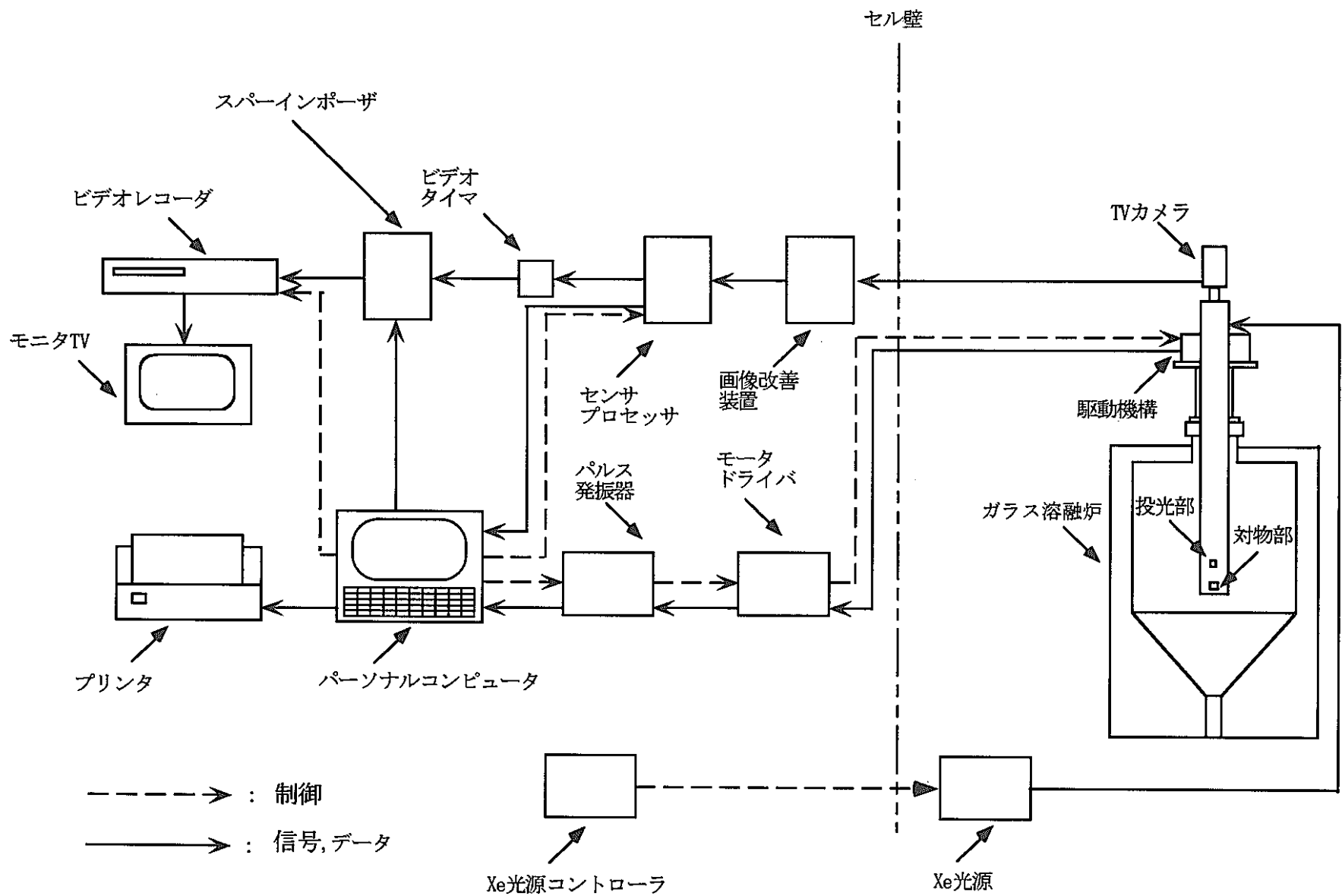


図 3-1 炉内観察装置の全体系統図

表3-1 炉内観察装置セル内ケーブルリスト

機器	種類	芯数
カメラ	映像線	2
	合焦機構	6
	電源(AC 100V)	2
可動式ミラー駆動用モータ	動力線	4
	計装(LS)	2
検査ヘッド駆動用モータ ×2	動力線	8
	計装(LS)	8
キセノン光源	調光	6
	電源(AC 100V)	4

表3-2 炉内観察装置セル内ケーブル取り合いリスト

TVF プラグ No.	機器	種類	芯数
B112 12G (19 芯)	カメラ	映像線	2
		合焦機構	6
	可動式ミラー駆動用モータ	計装(LS)	2
		検査ヘッド駆動用モータ ×2	計装(LS)
	(計 18)		
B119 19D (19 芯)	可動式ミラー駆動用モータ	動力線	4
		検査ヘッド駆動用モータ ×2	動力線
	(計 12)		
B119 19G (19 芯)	キセノン光源	調光	6
		(計 6)	
セル内コネクタ	カメラ	電源(AC 100V)	2
		キセノン光源	電源(AC 100V)
	(計 6)		

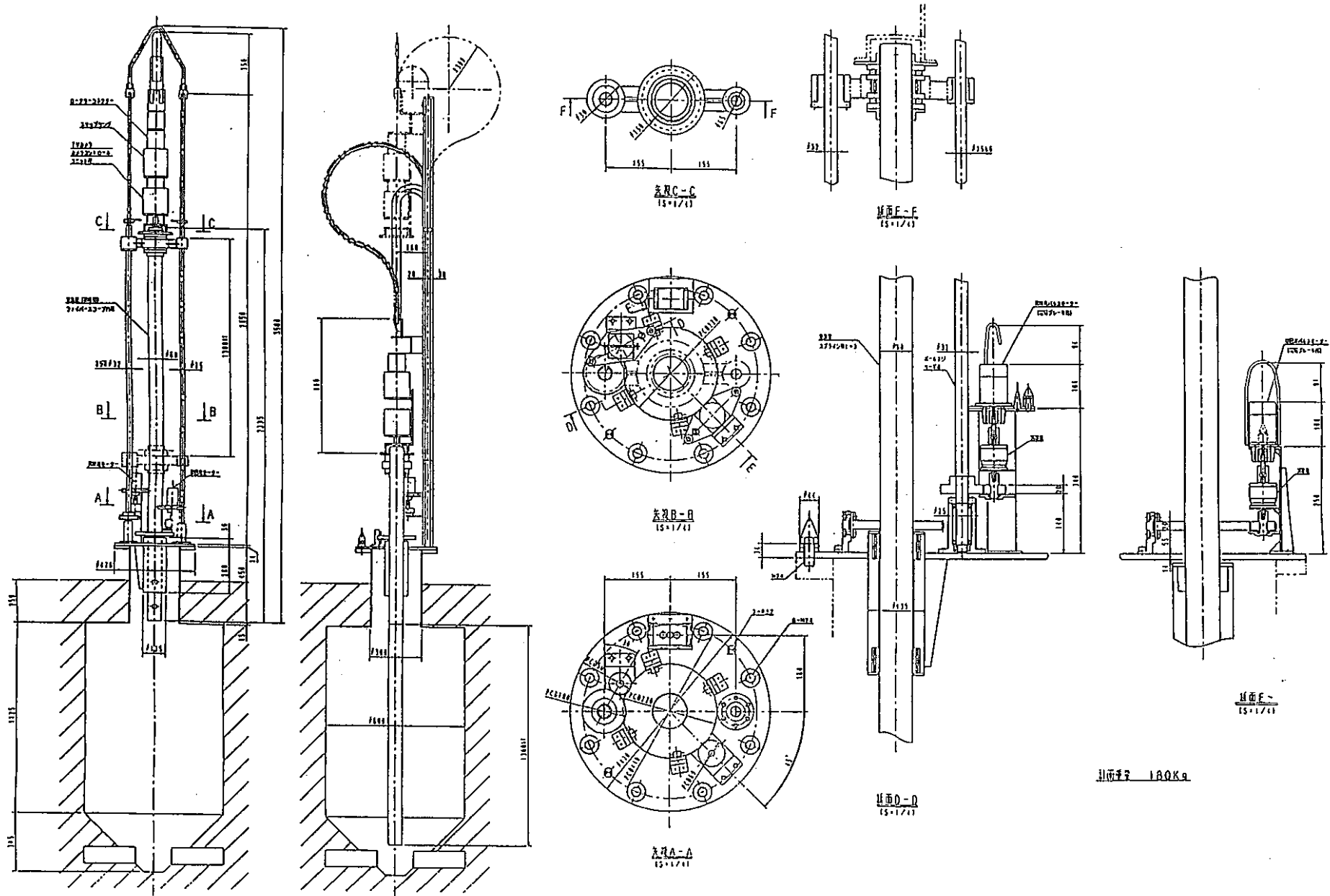


図4-1 炉内観察装置 (ファイバ스코ープ方式)

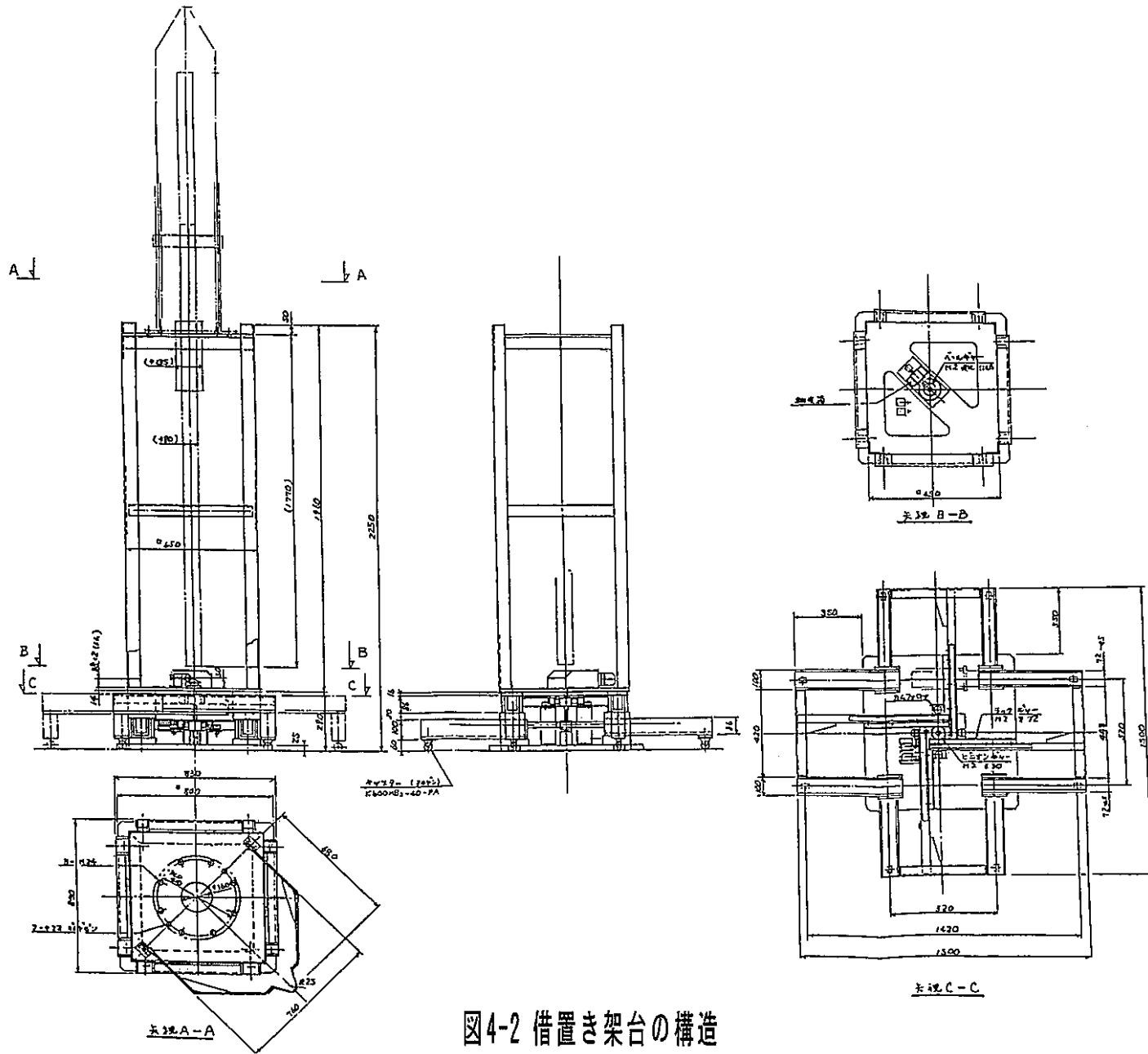


図4-2 借置き架台の構造