

JAERI-M

7 3 2 7

OGL-1用試料交換機の設計・製作

1977年11月

中村 圭夫・猿田 徹・鍋谷 栄昭・中垣 正悟*
西崎 忠*・藤沢 盛夫**・村上 五月***

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

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、複製などのお問合せは、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.

JAERI -M 7327

OGL-1用試料交換機の設計・製作

日本原子力研究所大洗研究所材料試験炉部

中村団夫・猿田 徹・鍋谷栄昭

中垣正悟*・西崎 忠*・藤沢盛夫**

村上五月***

(1977年9月13日 受理)

OGL-1(大洗ガスループ1号)は、日本原子力研究所、大洗研究所に設置されているJM-TR(材料試験炉)に据えつけられた日本最初の炉内大型ガスループである。

OGL-1は既設の原子炉に据えつけられるため、防湿、放射能漏洩防止ならびに遮断への配慮からその照射試料は特殊な交換機「OTS TS」(OGL-1 Specimen Transfer System)を用いて取扱われる。この資料では、同交換機の設計の思想、開発試験、製作上の問題点、検査による設計のフォローアップおよび照射試料等の交換手順について報告する。

*) 川崎重工業株式会社 *) 富士電機製造株式会社 ***) 木村化工機株式会社

Design and Construction of OGL-1 Specimen Transfer System

Kunio NAKAMURA, Tohru SARUTA, Hideaki
NABEYA, Shogo NAKAGAKI*, Tadashi NISHIZAKI*,
Morio FUJISAWA** and Satsuki MURAKAMI***

Division of Japan Materials Testing Reactor, Oarai
Research Establishment, JAERI

(Received September 13, 1977)

OGL-1 is the first high temperature gas in-pile loop in Japan, which is installed in JMTR of Oarai Research Establishment, JAERI.

As the JMTR is of PWR type, specimens must be set in the loop with a remote control system "OGL-1 Specimen Transfer System" because of the needs for moisture prevention and radiation shielding.

Described in this report are design philosophy, loop development, problems in construction, inspection and operation.

Keywords: OGL-1 In-pile Loop, Fuel Transfer System, Design Philosophy, Fabrication, Operation.

*) Kawasaki Heavy Industries Ltd.
**) Fuji Electric Co. Ltd.
***) Kimura Chemical Plants Co. Ltd.

目 次

1. 序論.....	1
1.1 OGL-1の概要	1
1.2 試料交換機の必要性	1
2. 設計.....	3
2.1 試料交換機の目的	3
2.1.1 試料交換機を用いてとり扱う機器.....	3
2.1.2 試料交換機を用いて行う作業	3
2.2 基本設計	3
2.3 詳細設計	9
2.3.1 設計条件	9
2.3.2 機器仕様	10
2.3.3 熱設計	18
2.3.4 構造設計	19
2.3.5 遮蔽設計	20
2.3.6 計装設計	25
3. 開発試験.....	33
3.1 試験の概要	33
3.2 試験装置	33
3.3 ロッドカッターカット試験結果.....	34
3.3.1 第1次予備試験.....	34
3.3.2 第1次カット試験.....	34
3.3.3 第2次予備試験.....	38
3.3.4 第2次カット試験.....	38
3.3.5 設計への反映.....	39
3.4 ロータリーカッターカット試験結果.....	40
3.4.1 予備試験	40
3.4.2 カット試験	40
3.4.3 設計への反映.....	40
4. 製作.....	44
4.1 製作の経緯	44
4.2 製作手順	44
4.3 検査	44
4.3.1 材料検査	44
4.3.2 溶接検査	63

4.3.3 鉛充填検査	63
4.3.4 耐圧試験	64
4.3.5 外観寸法検査	64
4.3.6 単体作動試験	66
4.3.7 γ 線漏洩試験	66
4.3.8 気密漏洩試験	67
4.3.9 総合機能試験	68
4.4 検査結果	68
4.4.1 鉛充填検査	68
4.4.2 γ 線漏洩試験	69
4.4.3 単体作動試験	70
4.4.4 気密漏洩試験	70
4.4.5 総合機能試験	70
5. 試料交換作業	76
5.1 試料交換の概要	76
5.2 照射済試料の取出し	76
5.3 照射済試料の冷却および移送	77
5.4 未照射試料の装荷	77
6. 試料設計に対する制限	93
7. 結　　言	93
謝　　辞	94

1. 序論

1.1 OGL-1の概要

OGL-1は、熱出力50MWの材料試験炉(JMTR)に据えつけられた日本最初の大型炉内ガスループであり、昭和52年3月、照射試料出口ガス温度1000°Cで100時間の連続運転に成功した。照射される試料は、日本原子力研究所が開発を進める多目的高温ガス炉用の燃料および材料が主である。OGL-1の主な仕様をTable 1.1に、また装置の概要をFig. 1.1に示す。

Table 1.1 Specification of OGL-1

Possible test conditions	
coolant	Helium gas (impurity less than 10 vpm)
pressure	maximum 35 kg/cm ² G
temperature	maximum 1000 °C
flow rate	maximum 100 g/sec
Neutron flux	
thermal	average 6×10^{13} nv (<0.625eV)
fast	average 0.6×10^{13} nv (>1MeV)
Nuclear heat of fuel specimen	maximum 135 Kw
Size of test section	Bore: 80 mm, Height: less than 750 mm

1.2 試料交換機の必要性

照射試料の交換は、JMTRの炉停止時に行われる。OGL-1の状態が、常温、常圧に下ったことを確認して、Fig.1.1に示す炉プール水位を作業水位まで下げた後、炉内管頂部のグレイロックフランジを手動で開放する。この後、試料交換作業はOGL-1試料交換機(OSTS)を用いて遠隔で自動的に行われる。これまでの水ループの照射試料と異り、OGL-1の試料が特殊な試料交換機を必要とする理由はつぎの点にある。

OGL-1の照射試料は高温ガス炉用の燃料および材料であり、水と直接接触させることができないため、水ループ(OWL-1, 2)の試料のように炉ループやカナル水中で取扱うことができない。したがって原子炉建屋内(大気中)を移動する必要があるので、作業員の被曝をできる限り軽減するために「高い気密性を有し」「試料からの放射線を遮蔽し」「遠隔操作を主体とした」試料交換機が必要となった。

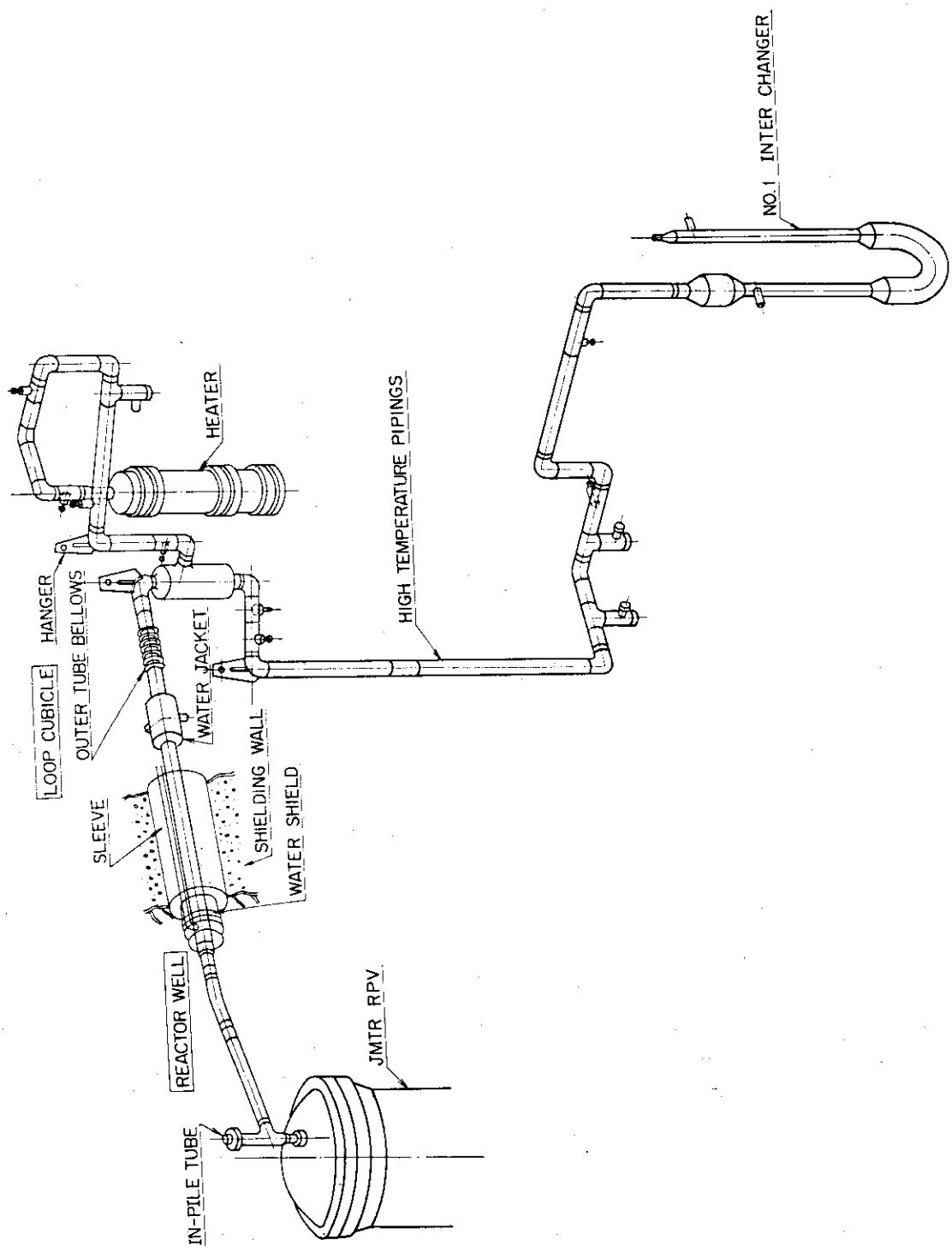


Fig. 1.1 Perspective View of OGL-1 Pipings

2. 設 計

2.1 試料交換機の目的

試料交換機の目的は、2.1.1項に述べる機器を、2.1.2項に述べる作業中安全かつ確実にとり扱うことにある。

2.1.1 試料交換機を用いてとり扱う機器

試料交換機(OSTS)を用いてとり扱う必要のあるのは、照射試料だけではない。現在、この交換機を用いてとり扱うことが予定されている機器はつきのとおりである。

(1) OGL-1 用未照射および照射済燃料または材料試料 (Fig. 2.1)

(2) OGL-1 炉内管の内、使用済および新仕切管 (Fig. 2.2)

OGL-1 炉内管の内、仕切管(Flow Tube)はその使用条件が最も厳しい。すなわち、照射試料部前後の圧力損失によって生じる約 2 kg/cm^2 の外圧のもとで、 1000°C の流動高温ヘリウムに直接接するとともに JMTR 炉心および照射試料からの中性子照射をうける。したがって、この仕切管は OGL-1 の全寿命中少くとも 1 回以上の交換が必要と考えられる。

(3) OGL-1 炉内管仕切管供用期間中検査装置 (Fig. 2.3)

前項で述べたとおり、OGL-1 炉内管の内、仕切管はその寿命を遂次評価する必要がある。このため、標記の検査装置を用いて 1 回／年の頻度で仕切管の変形(内径および直真度)を測定し、必要に応じて新仕切管と交換する。

2.1.2 試料交換機を用いて行う作業

試料交換機を用いて行う主な作業はつきのとおりである。

(1) 照射済試料または使用済仕切管の炉内管内からの取出し

(2) 照射済試料または使用済仕切管の切断

(3) 照射済試料または使用済仕切管の冷却および移送

(4) 照射済試料ハンガーロッドまたは使用済仕切管切断後の残存部の JMTR カナル内収納

(5) 未照射試料および新仕切管の炉内管内への挿入

(6) 照射済試料または使用済仕切管のホットラボ・セル内装荷

(7) 炉内管仕切管供用期間中検査装置の炉内管内への挿入および取出し

2.2 基本設計

試料交換機の設計に先立って、その方法を決定する必要があった。考えられる方法はつきのようなものである。

- 照射試料単独で交換

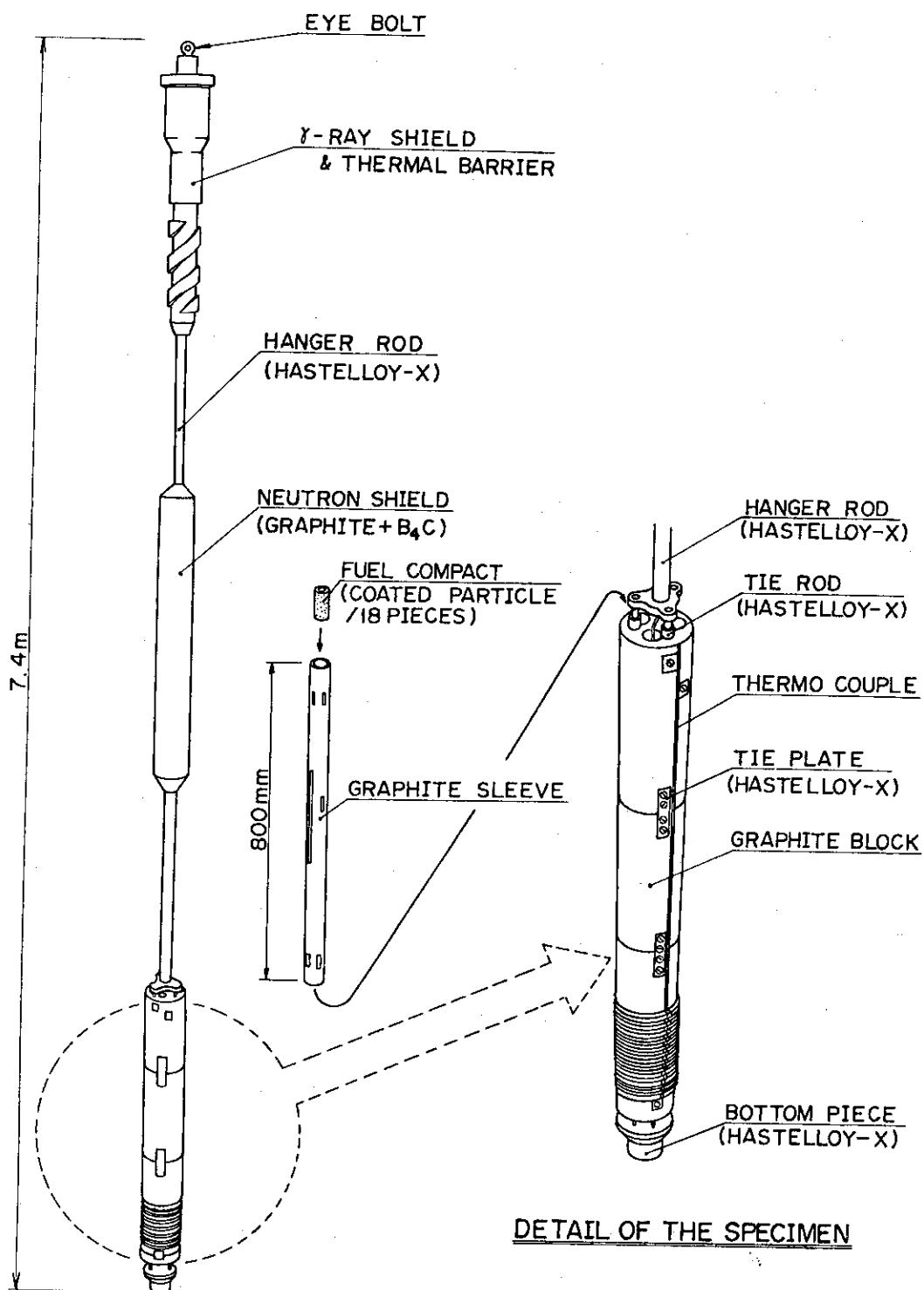


Fig. 2.1 Perspective View of OGL-1 Assembled Specimen

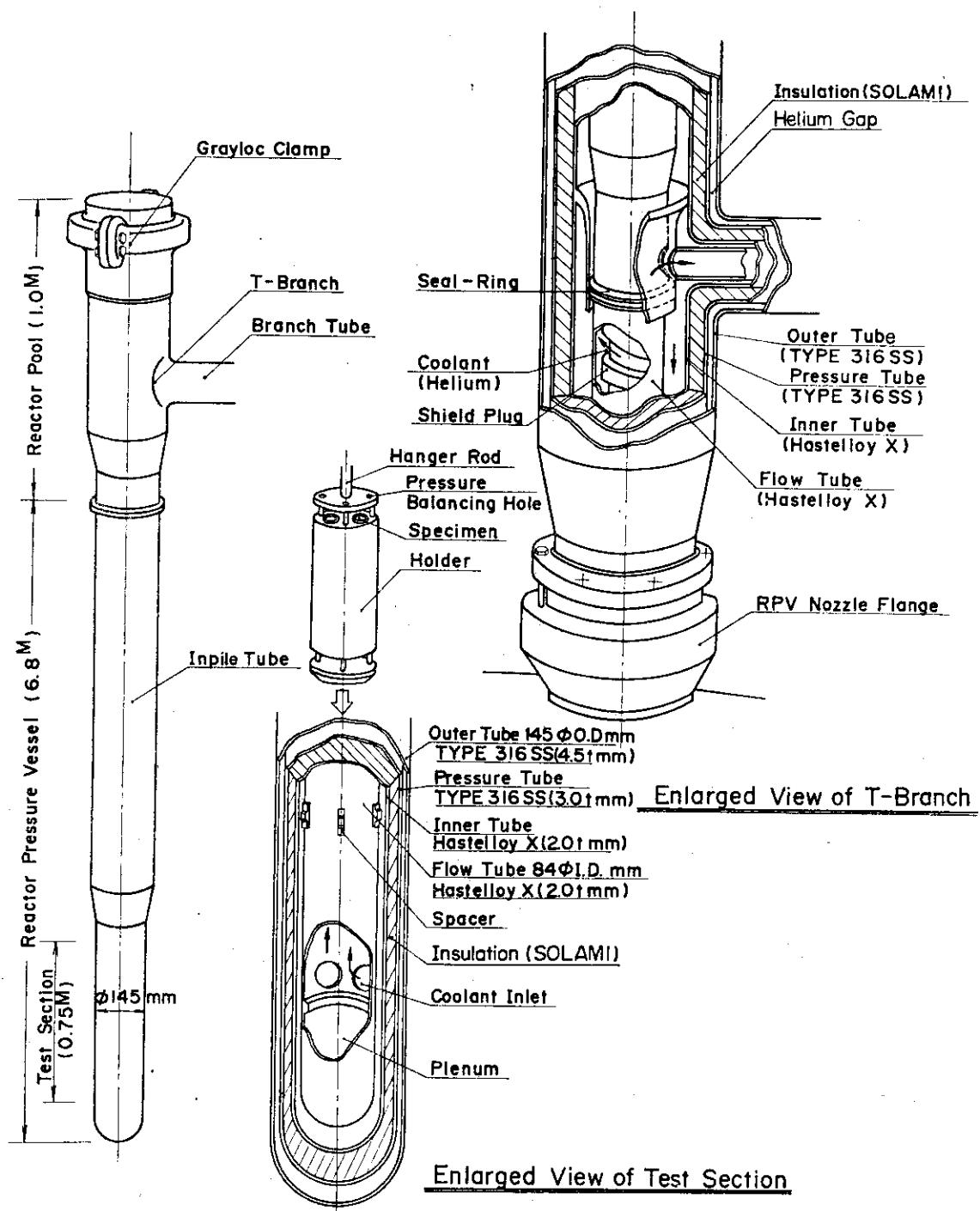


Fig. 2.2 Perspective View of OGL-1 Inpile Tube

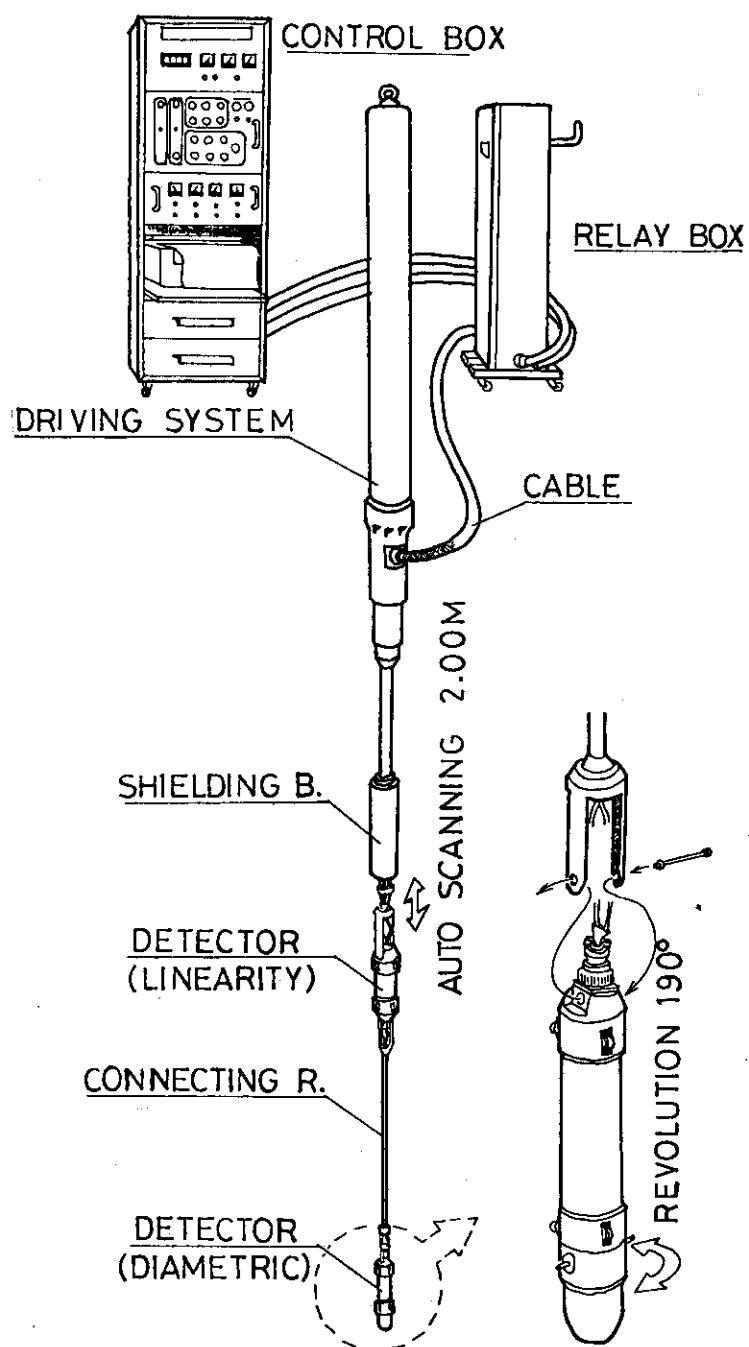


Fig. 2.3 OGL-1 Inpile Tube In-service Inspection Apparatus

- ・炉内管を仕切管と共に交換
- ・炉内管全体を交換

これらの方法について長所短所が検討され、つぎのとおり結論された。

- ・第一の方法は経済的に有利であるが、照射試料が仕切管と融着した場合交換が不可能
- ・第二の方法は照射試料が仕切管と融着しても交換できるが、放射能レベルが高くなることと、炉内管から取出した後の切断ならびに試料のみを分離解体することが難しい。
- ・第三の方法は経済的にきわめて不利であり、交換作業が大がかりになる。さらに短時間照射の要求に対する自由度が少くなる。

検討の結果、試料交換の方法は第一と第二の方法の長所をとり入れたものと決定した。すなわち、通常は照射試料単独で交換するが、仕切管と融着した場合を考慮して仕切管とともに交換可能なように炉内管ならびに試料交換機の設計で配慮する。

このような交換方法の採用により、試料交換機の設計に際してつぎの諸点の解決が必要となつた。

- ・試料交換機は、JMT-R 既設の床、天井クレーン、キャスク台車、ホットラボセル等と組合せて使用するため重量制限がある。
- ・試料交換機は照射済試料を格納して冷却するため、高い気密性が要求される。
- ・照射試料は、試料を支持するハンガーロッドを含めて全長約 7.4 m にも及ぶので、照射後ホットラボへ移送する前にハンガーロッド部を切断分離する必要がある。

(1) 重量の制限

既設機器、炉建屋から要求される重量制限は、遮蔽材を可能な限り附加するという放射線保護上の要求と相反する命題である。このため、第一に試料交換機をつぎに示す機器に分割し、機能の分担をはかると共にJMT-R 既設機器への荷重を分散させた。

- ア シールドプラグダクト (Duct with Temporary Shielding Block)
- イ 試料取り出しキャスク (Loading Cask)
- ウ 試料切断機 (Cutting Device)
- エ 試料輸送器 (Container)

各機器の仕様の詳細は後述する。

第二に遮蔽設計の目標線量率をつぎのとおりに定めた。

- | | |
|---------------------|---------------|
| ア 各機器表面線量率 | 100mrem/hr 以下 |
| イ 各機器表面から 1 m での線量率 | 10mrem/hr 以下 |
| ウ 線源を移動中の局所ストリーミング | 上期目標値の 5 倍 |

この目標値にはつぎの二つの特徴がある。すなわち、試料交換機による作業は管理区域内に限定されるので第 1 に他の作業と重畳する被曝を低減し、第 2 に短時間のストリーミングを許容することで、前述の重量制限との間に最適な解を見出そうとしたことである。

- ア 管理区域内作業は、比較的高い放射線レベルの場所での作業が多いいため、作業員の重畳する被曝を軽減する目的から、機器表面線量率を通常の輸送キャスクの制限の 1/2 にしている。
- イ 試料交換機は前述の分離可能な四つの機器から構成され、さらに JMT-R 既設の機器と組合せて使用されるので、相互の連結部を線源が移動する際ストリーミングが生じる。一般人の

近接しない管理区域内であることと、この種のストリーミングは短時間、かつ遠隔操作により事故時以外作業員の近接するおそれのないことを前程に、これまで制限が比較的あいまいであったこの種のストリーミングに制限値を設けた。

しかし、このような制限にもかかわらず、試料交換の全作業を通じて作業員の被曝量を「J MTR 設置に関する書類」に定める「乙作業」、すなわち Table 2.1 の制限を満足するようすべての作業は遠隔操作が可能な設計とした。

Table 2.1 Classification of OGL-1 Specimen Transfer Work
According to the Safety Report of JMTR

作業区分	作業内容	立入または作業の頻度	許容値
乙作業 (原子炉燃料交換) (ループ試料交換等)	特に放射線に注意し、作業時間などを適当に管理して行われなければならない作業	1~4回/month	原則として 100 mrem/回以下 特別の場合でも 400 mrem/回以下

(2) 気密性の保持

試料交換機で想定される圧力はつきのとおりである。

- ア) 試料の崩壊熱による内圧上昇
- イ) J MTR 炉プール水による外圧

ウ) 試料交換機内部のガス置換のための真空引ならびに昇圧による内、外圧

これらの圧力を考慮して、最高使用圧力 $1 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ として検討をすすめた。気密性は漏洩率で規定することとし、その値は J MTR 炉室内の放射能濃度の許容値を考慮しつぎのとおり定めた。

ア) 試料交換機の各機器を組合せた場合……最高使用内圧の 1.5 倍の圧力のもとで 5% / 日以下

イ) 試料交換機の各機器単体の場合……………同 上

漏洩率は、最終的に気密漏洩試験で確認することとした。

さらに、気密を保持する遮蔽扉には製造経験の豊富なドアバルブ型を採用した。これは横スライド式の弁体でくさび型の弁閉子を押えつけ、弁閉子とパッキンの締め代で気密を保持するものである。パッキンの材質は、高放射線量が予想されるので「E P ゴム」が採用された。E P ゴムに対する放射線照射効果を Table 2.2 に示す。

(3) 試料切断

照射済試料はグラファイト部で切断することは難しいので、ハステロイ-X 製のハンガーロッド部で切断することとし、また炉内管仕切管の切断も想定して種々の条件および方法について実際に切断実験を行うこととした。

Table 2.2 Effects of Radiation on Mechanical Properties of Epoxy Polymer

Given Dose (Roentgen)	Initial Value	10^6	10^7
Hardness (Hs)	87	87	88
Tensile Strength (kg/cm ²)	185	188	177
Elongation at Break (%)	210	220	150

2.3 詳細設計

前項の基本設計をもとに、各機器の仕様はつぎのように定められた。

2.3.1 設計条件

OTS の設計条件はつぎのとおりとする。

(1) 内蔵できる最大線源強度

OTS に内蔵できる線源強度はつぎのとおりである。ただし、仕切管についてはコバルト含有量1%以下のハステロイ-X を用いるものとし、その運転期間は2万2千時間以下とする。

照射済試料 40.000 Ci 以下

仕 切 管 20.000 Ci 以下

(2) 遮蔽設計条件

ア) 照射済試料または使用済仕切管交換作業における作業員位置での線量率はつぎのとおり設計するものとする。

各機器表面線量率 100 mrem/hr 以下

各機器表面から1mでの線量率 10 mrem/hr 以下

線源移動中の局所ストリーミング 上記各線量率の5倍以下

イ) 仮シールドプラグ挿入時、炉上作業における作業員位置での線量率をつぎのとおり設計するものとする。

OGL-1炉内管頂部表面線量率 1 mrem/hr 以下

(3) 最高使用圧力および設計温度

ア) 最高使用圧力

内圧 1.0 kg/cm²G

外圧 0.3 kg/cm²G (シールドプラグダクト)

1.0 kg/cm²G (その他の機器)

イ) 設計温度

内胴表面温度 150°C

外壁部表面温度 80°C

機器外気温度 40°C

ウ) 接触流体

機器内面 ヘリウムまたは空気

機器外面 水(シールドプラグダクト)

空気(その他の機器)

(4) 材料

試料または炉プルーフと接する部分 原則としてステンレス鋼

遮蔽材 鉛等

その他 普通鋼

(5) 気密性

設計圧力の1.5倍の内圧のもとで5%／日以下

2.3.2 機器仕様

各機器の主な仕様ならびに性能はつきのとおりである。

(1) 試料取出しキャスク(Loading Cask-Fig. 2.4)

試料取出しキャスクはOSTSの中で最も大きなもので、後述するシールドプラグダクトを組合せて未照射試料等の炉内管内挿入、あるいは照射済試料等の炉内管内からのとり出し、さらに試料切断機および試料輸送器と組合せて照射試料等の炉室内移動や切断作業を行う。また切断された照射済試料の残存部をカナル内に収納する作業も行う。

主として耐震上の配慮から、試料取出しキャスクは作業中常にJMTR既設の天井クレーンに吊下して使用し、キャスク自体も試料を吊下できる試料巻上げ装置を内蔵している。さらに試料を内蔵したまま炉室内を移動できるように、底部には高い気密性と放射線遮蔽能力を有する遮蔽扉(ドアバルブ)が設けられている。

通常は吹抜けを利用してJMTR炉室地下3階の床上に設置された保管台上に仮置される。

その主な仕様はつきのとおりである。

ア) 数量

一式

イ) 重量

約16トン

ウ) 主要寸法

内径 約200mm

外寸 約1510×940mm

高さ 約9270mm

エ) 材料

遮蔽材 鉛

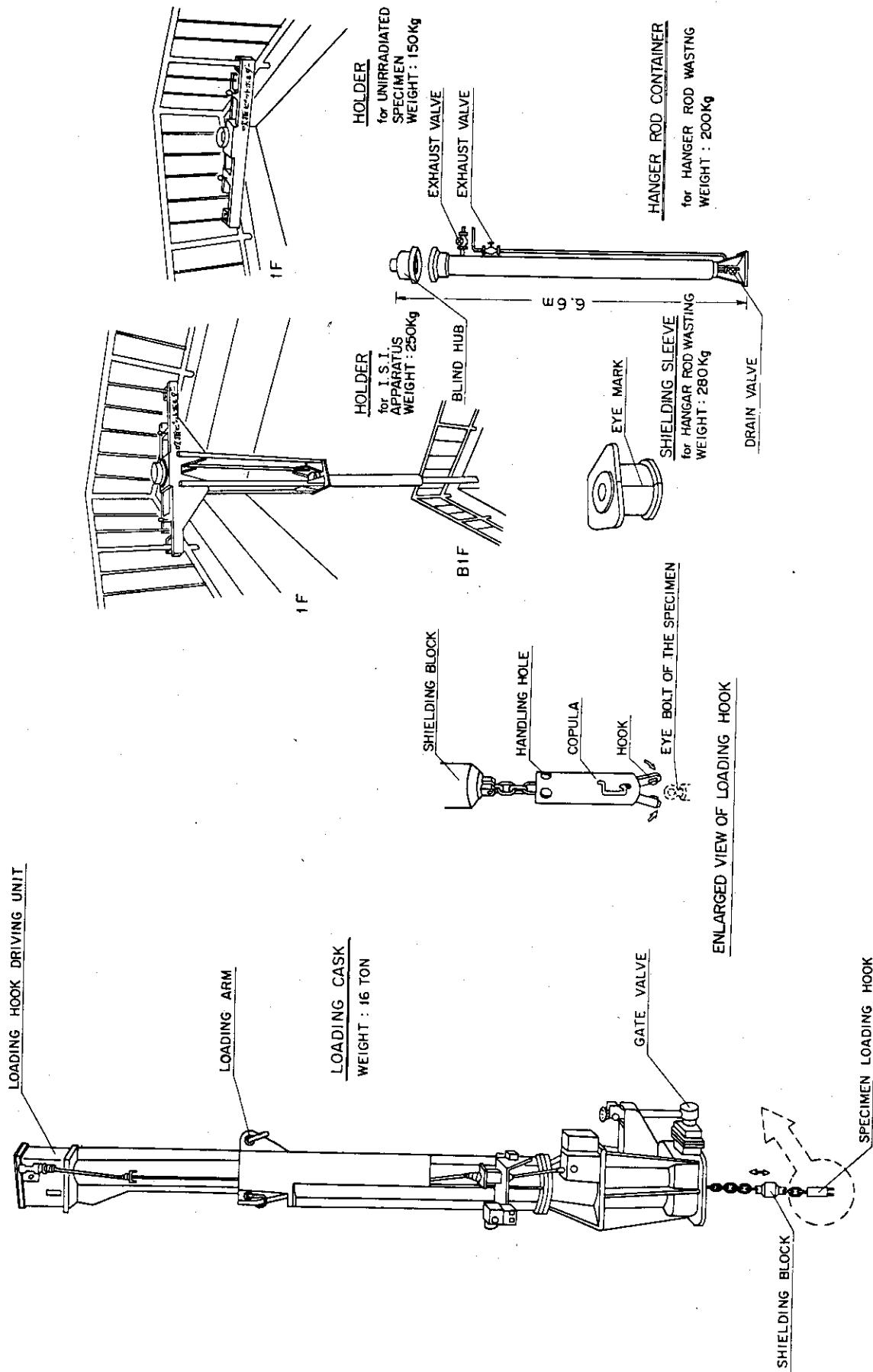


Fig. 2.4 Perspective View of Loading Cask

フランジおよび外壁部 SS 41, SB 42

内 脈 SUS 304

オ) 試料巻上げ装置

巻上げ容量 約 750 kg

揚 程 約 11.5 m

駆動方法 電動(手動バックアップ付)

カ) 遮蔽扉

形 式 横スライド式

駆動方法 電動(手動バックアップ付)

キ) 附属機器

ハンガーロード収納容器(Hanger Rod Container)

遮蔽スリーブ(Shielding Sleeve) 一式

吹抜ピットホルダー(Holder) 未照射試料用および供用期間中検査装置用各一式

(2) シールドプラグダクト(Duct With Temporary Shielding Block - Fig.2.5)

シールドプラグダクトは、 JMTR 既設のキャスク台車用レール上に据えつけられ、 OGL-1 炉内管と試料取出しキャスクを連結するものである。

シールドプラグダクトは、 2.3 項で述べたように主に重量上の制約から遮蔽材を充分用いることができないため、不足分を JMTR 炉プール水を遮蔽材として利用することで補う。このため、炉プール水と接する部分は他の JMTR 機器と同様にステンレス鋼で製作し、防錆上の配慮をすると共に水密性にも充分留意した。

シールドプラグダクトは上下にそれぞれベローズ機構を有する。上部ベローズは試料取出しキャスクの重量によって圧縮され、一方下部ベローズは炉内管グレイロックフランジに締結され機器相互の気密を保つ構造となっている。

炉内管内から照射済試料を取り出した後は、シールドプラグダクトに内蔵する仮シールドプラグ(Temporary Shielding Block)を炉内管内に挿入して JMTR 炉心から R P V 上へのストリーミングを防止する。このため、シールドプラグダクトの Y 分岐管はその頂部に仮シールドプラグ昇降装置を有する。

シールドプラグダクトは通常 JMTR 炉室 1 階に設置された架台上に仮置される。

その主な仕様はつきのとおりである。

ア) 数量

一式

イ) 重量

約 7.5 トン(仮置台共 1.25 トン)

ウ) 主要寸法

内径 約 200 mm

外寸 約 3850×2100 mm

高さ 約 5202 mm

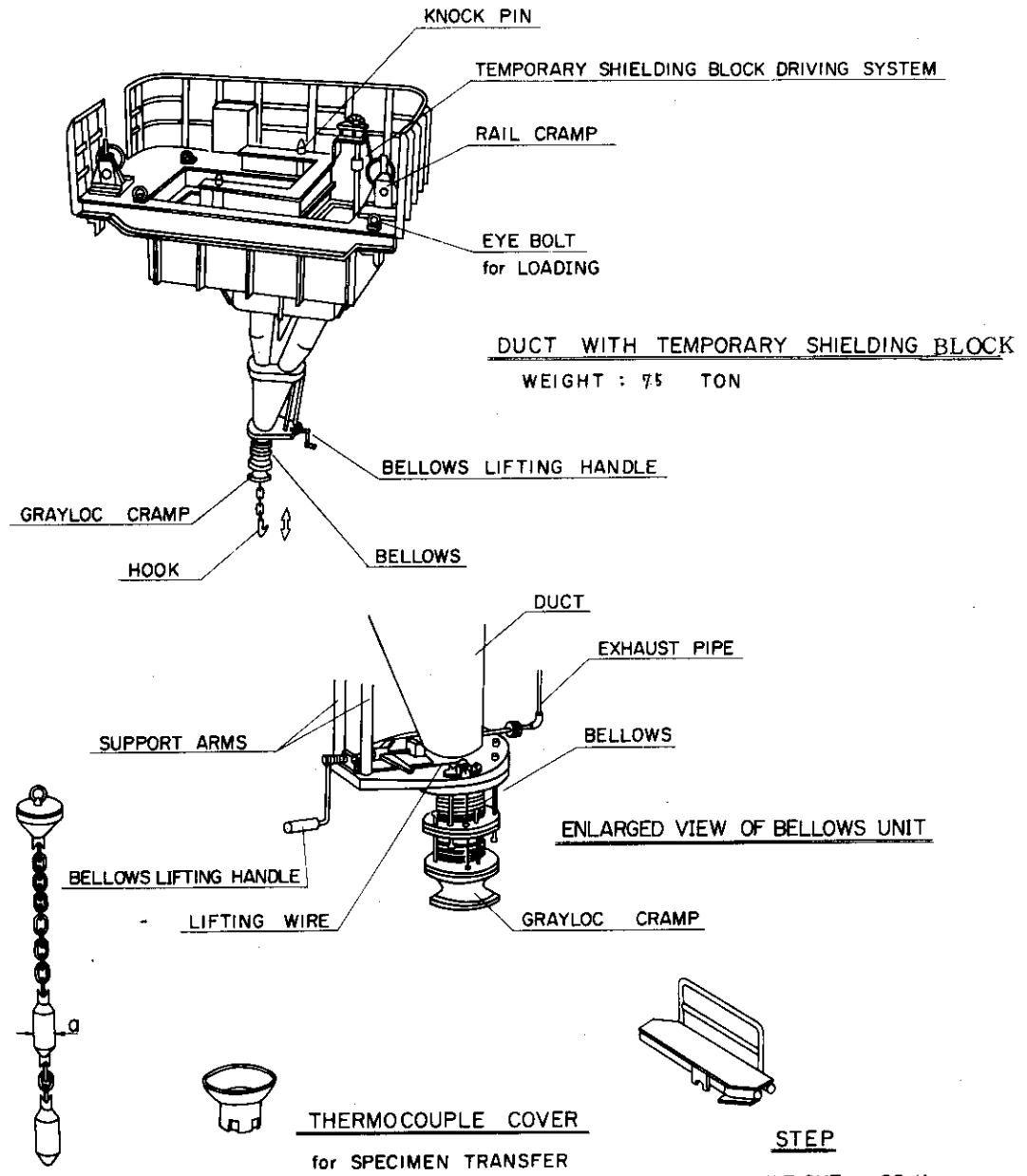


Fig. 2.5 Perspective View of Duct with Temporary Shielding Block

エ) 材料

遮蔽材 鉛
 フランジ部 SS 41
 外壁部 SS 41 (炉プール水に接しない部分)
 SUS 304 (炉プール水に接する部分)
 内胴 SUS 304

オ) 仮シールドプラグ昇降装置

駆動方法 電動 (手動バックアップ付)

カ) ダクト接続用伸縮継手

形 式 溶接ペローズ
 伸縮量 約 150 mm
 材 料 SUS 304

キ) 附属機器

仮シールドプラグ (Temporary Shielding Block) 試料交換用および仕切管交換用各一式
 サーモカップルカバー (Thermocouple Cover)
 渡り板 (Step)

(3) 試料輸送器 (Container - Fig. 2.6)

試料輸送器は切断された照射済試料を収納し、一定期間冷却した後 JMTR 既設のキャスク台車を用いてホットラボへ移送される。ホットラボでは、これまでの水ループの照射済試料と異りセル天井のアゲートから試料を吊下する必要があるため、試料輸送器はそれ自体に試料を吊下するためのバスケットならびにその昇降装置を有している。

さらに、冷却および移送中の気密および遮蔽を考慮して試料輸送器上下には、試料取出しキャスク下部と同様の遮蔽扉 (ドアバルブ) が設けられている。

他のコンポーネントと異り試料輸送器だけが二基製作されたのは主につぎの理由による。

ア) 照射済試料のハンガーロッド部の放射化あるいはFPプレートアウトが著しく試料部のみの切断では不充分な場合、さらにハンガーロッドの切断 (寸断) ならびに収納が必要となる。

イ) 照射済試料は、試料輸送器へ収納後短半減期の放射能の減衰を考慮して最低 3ヶ月の冷却を要するが、この間につぎの照射済試料を炉内管から取り出す必要が生じた場合もう一台の試料輸送器が必要となる。

試料輸送器は通常 JMTR 炉室 1 階に設けられた切断作業台上に保管される。

その主な仕様はつぎのとおりである。

ア) 数量

二式

イ) 重量

約 1.1.8 トン

ウ) 主要寸法

内径 約 180 mm

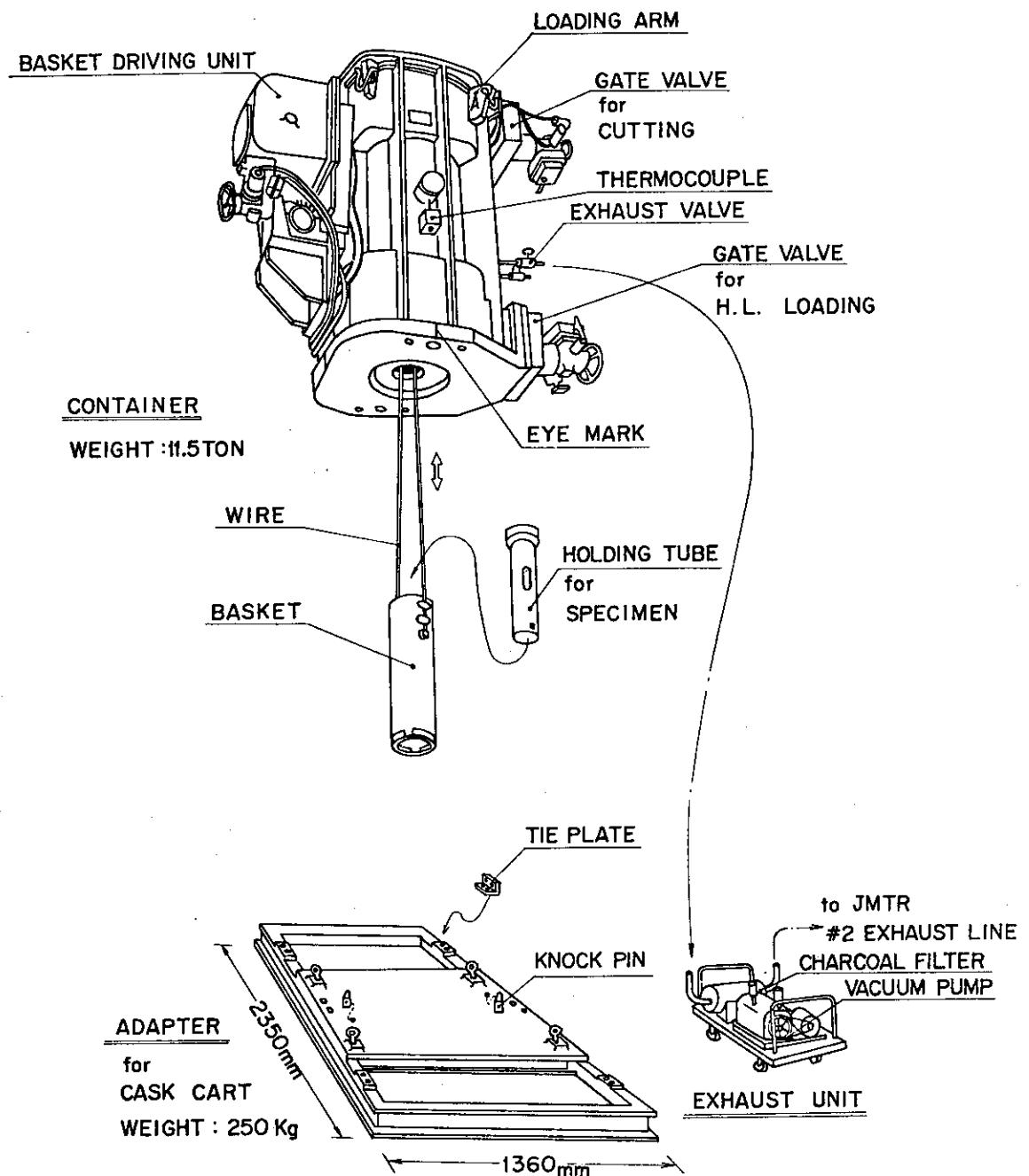


Fig. 2.6 Perspective View of Container

外寸 約 950×2204 mm

高さ 約 1960 mm

エ) 材料

遮蔽材 鉛

フランジおよび外壁部 SS 41

内 脇 SUS 304

オ) バスケット昇降装置

巻上げ容量 約 40 kg

揚程 約 8 m

駆動方法 電動(手動バックアップ付)

カ) 上部および下部遮蔽扉

形 式 横スライド式

駆動方法 電動(手動バックアップ付)

キ) 附属機器

排気およびガススイープ装置 (Exhaust Unit)

移送用アダプター (Adapter)

(4) 試料切断機 (Cutting Device - Fig.2.7)

試料切断機は試料取出しキャスクおよび試料輸送器の間にセットされ、照射済試料等を底部から約1.2 mの長さに切断するものである。

切断は油圧により押し切り式の刃を駆動することによって行われ、切断の状況はボアスコープによって監視される。OSTSによる一連の作業を通じて、装置の内部が目視できるのはこのボアスコープによるものが唯一である。

切断機上下のコンポーネントとの気密は、ネオプレンOリングで保たれる。

試料切断機は、通常 JMTR 炉室1階に保管されている試料輸送器上に仮置される。

その主な仕様はつきのとおりである。

ア) 数量

一式

イ) 重量

約 3.5 トン

ウ) 主要寸法

内径 約 180 mm

外寸 約 2360×950 mm

高さ 約 440 mm

エ) 材料

遮蔽材 鉛

フランジおよび外壁部 SS 41

内 脇 SUS 304

切 断 用 刃 SKD-11

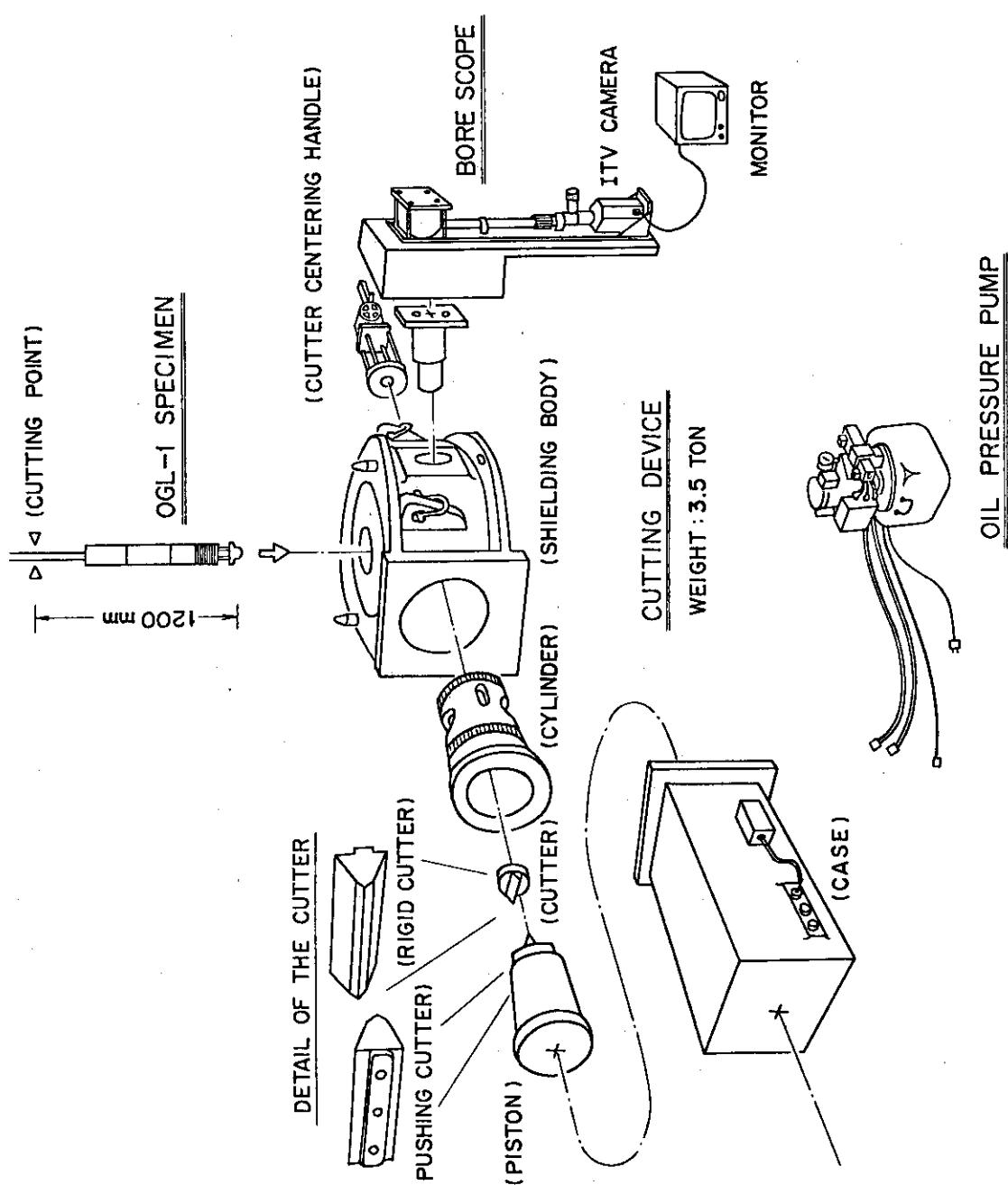


Fig. 2.7 Perspective View of Cutting Device

シリンドおよびシリンドガイド S 45C (重クロムメッキ処理)

オ) 切断装置

形 式 ロッドカッター式

駆動方法 電動油圧式

カ) 附属機器

ボアスコープ (Bore Scope)

油圧ポンプ (Oil Pressure Pump)

(5) その他の機器

これまで述べた OSTS のコンポーネントの他に、共通の機器としてつぎのものがある。

ア) 吊具

シールドプラグダクトおよび試料切断機用 一式

(これはシールドプラグダクト仮置台も共に運搬することが可能である。)

試料輸送器および試料取出しキャスク用 一式

試料輸送器用 一式

(これはホットラボで試料輸送器を吊下する時に用いるものである。)

イ) 遮蔽衡立

可搬型遮蔽衡立 重量 0.5 トン 二式

(試料輸送器に試料を格納して冷却する場合、または試料切断後のハンガーロード残存部をカナル内に収納する作業に際しての補助遮蔽として用いられる。鉛相当厚 5 cm を有する。)

2.3.3 热設計

OSTS は照射済試料を内蔵する場合、その試料の崩壊熱による温度上昇およびこれにともなう内部圧力上昇があるのでこれを評価した。

解析は、内部温度上昇がより厳しくなる試料輸送器に純ヘリウムを封入した場合について行う。

(1) 計算条件

ア) 発熱条件

試料の照射条件をつぎのとおり仮定すると、その崩壊熱は約 300 W である。

試料線出力 400 W/cm (ピーク) × 3 本

試料出力分布 チョップドコサイン分布

試料全長 75 cm

試料本数 3 本

照射日数 600 日

冷却日数 2 日

イ) 伝熱条件

装置外壁部表面の温度は、対流および輻射伝熱により定まるものとし、また内胴の温度は遮蔽体の熱伝導により定まるものとする。

(2) 計算方法

放熱量の計算につきの式を用いる。

$$Q_1 = h_{e1} \cdot A_{e1} \cdot \Delta t_1 + 4.88 \cdot E_1 \cdot A_{r1} \left\{ \left(\frac{T_{a1} + \Delta t_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{a1}}{100} \right)^4 \right\}$$

$$h_{e1} = 1.2 \left(\frac{\Delta t_1}{H} \right)^{0.25}$$

ここに、

Q_1	= 対流および輻射による放熱量	344 (kcal/h m)
h_{e1}	= 境膜伝熱係数	(kcal/m ² h °C)
Δt	= 試料交換機外壁部表面境膜温度差	(°C)
E_1	= 黒度 (SS 41)	0.65
$A_{e1} = A_{r1}$	= 単位長さ当りの表面積	2.08 (m ² /m)
T_{a1}	= 機器外気温度	313 (°K)
H	= 単位長さ	1.0 (m)

試料交換機内胴表面から外壁部表面までの伝熱量の計算につきの式を用いる。

$$Q_2 = \frac{\Delta t_2}{\sum_{n=2}^5 \frac{1}{d_n / d_{n-1}}}$$

ここに、

Q_2	= 伝熱量	344 (kcal/h m)
Δt_2	= 内胴表面と外壁部表面の温度差	(°C)
d_n	= 外層の直径	(m)
λ_m	= 各層の熱伝導度 $\lambda_{SUS\ 4\ 6}, \lambda_{Pb}\ 30, \lambda_{air}\ 0.025, \lambda_{SUS\ 1\ 4}$	(kcal/m h °C)

(3) 計算結果

計算結果を Table 2.3 に示す。この結果から各部温度は自己冷却で十分低く保たれ、強制冷却システムやフィンを設ける必要のないことが明らかになった。また内部の温度上昇による圧力の上昇も、設計値を満足することが判った。

Table 2.3 Design Criteria versus Results of Thermodynamics Analysis for the Container

	Analyzed	Design
Pressure boundary temp.	Max. 87.5 (°C)	150 (°C) >
Surface temperature	Max. 64.0 (°C)	80 (°C) >
Pressure rising	Max. 0.62 (kg/cm ² G)	1.0 (kg/cm ² G) >

2.3.4 構造設計

OTS の構造設計は、耐圧部、フランジ、ボルト、強度部材および吊具に関して行った。

(1) 計算条件

構造設計を考慮する荷重条件をつぎのように定めた。

- ア) 内圧および外圧が最悪の条件に組合されることにより発生する荷重
- イ) 各機器を吊下、または組合せて使用することにより発生する荷重
- ウ) 各機器の保管時に地震により発生する荷重

(2) 計算方法

計算の手法、材料の許容応力等は原則としてつぎに示す法令、規格および基準に準拠した。

- ア) 昭和45年9月3日、通産省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

- イ) 昭和45年4月1日、労働省告示第11号「圧力容器構造規格」
- ウ) 昭和44年6月1日、日本工業規格 JIS B 8243 「火なし圧力容器の構造」
- エ) 昭和45年3月1日、日本工業規格 JIS G 3101 「一般構造用圧延鋼材」
- オ) 昭和41年12月1日、日本工業規格 JIS G 3103 「ボイラ用圧延鋼材」
- カ) 昭和43年7月1日、日本工業規格 JIS G 3459 「配管用ステンレス鋼管」
- キ) 昭和40年7月1日、日本工業規格 JIS G 4051 「機械構造用炭素鋼鋼材」
- ク) 昭和43年4月1日、日本工業規格 JIS G 4303 「ステンレス鋼棒」
- ケ) 昭和43年4月1日、日本工業規格 JIS G 4303 「熱間圧延ステンレス鋼板」
- コ) 昭和30年7月22日、日本工業規格 JIS H 2105 「鋼構造設計基準」
- サ) 昭和45年5月20日、日本建築学会 「鋼構造設計基準」
- シ) 昭和40年3月20日、日本石油学会 JPI-7R-35-65 「スカートを有する塔ソウ類の強度計算」
- ス) Aug. 10, 1970, ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. VIII, Div. 1

(3) 計算結果

計算結果は、いずれも規格に示される許容値を満足した。

2.3.5 遮蔽設計

OSTSは、照射済試料または使用済仕切管を格納するので、これらを線源として機器各部の放射線線量率を評価した。

(1) 設計条件

ア) 照射条件

(i) 照射済試料

試料線出力	400W/cm (ピーク) × 3 本
軸方向出力分布	ピーク／平均 = 1.37 のチョップドコサイン分布
照射日数	600 日
冷却日数	2 日
ハンガーロッド	コバルト含有率 1.5 % のハステロイ-X
遮蔽ブロック	コバルト含有率 1.5 % のハステロイ-X を黒鉛で包んだもの

(ii) 使用済仕切管

上記試料を内蔵し、22,000 時間運転した後のハステロイ-X。コバルト含有率 1.0 %

ハステロイーX の化学組成を Table 2.4 に示す。

Table 2.4 Chemical Composition of Hastelloy-X

Composition - Wt %					
Cr	Co	Mo	W	Fe	Ni
23.0	1.0	10.0	1.0	20.0	53.8

1) 線源強度

(i) 照射済試料

試料部からの γ 線スペクトラムは、原研で開発した計算コード「FP- γ 」によって求めた。結果を Table 2.5 に示す。

遮蔽ブロック中の γ 線スペクトラムは、一次元拡散コード「MAC-RAD」によって得られた熱中性子束分布をもとに各部の放射化量を計算して求めた。またハンガーロッドからの γ 線スペクトラムは、試料頂部からダクトの減衰による熱中性子束分布を仮定して各部の放射化量を計算して求めた。結果を Table 2.6 に示す。

(ii) 使用済仕切管

使用済仕切管からの γ 線スペクトラムは、前項同様の熱中性子束分布を仮定して各部の放射化量を計算して求めた。結果を Table 2.7 に示す。

ウ) 領域の分割

照射済試料および使用済仕切管は、つぎの原則にしたがって領域を分割し、遮蔽計算ではその各領域の中心にその領域の放射線強度を有する点線源を仮定した。評価点ではすべての領域からの寄与を積分した。

- (i) 試料燃料部からの熱中性子束が 1 ケタ落ちる毎に少なくとも 1 領域を設定した。
- (ii) 構造不連続部毎に領域を分割した。
- (iii) 各領域の長さに大きな差が生じないように分割した。

エ) 製作上の誤差

各機器は製作上つぎの誤差が見込まれるものと仮定した。

- | | |
|-----------------------------------|----------|
| (i) 鉛鋳込部の缶体製作誤差 | - 5 mm |
| (ii) 鉛鋳込時のちぢみ代 | - 3 mm |
| (iii) 遮蔽に寄与する鉛(不純物は遮蔽に寄与しないものとする) | 99.5 w/o |

オ) その他

O S T S は重量制限が厳しいため、できるだけ遮蔽の無駄をはぶくよう設計する必要があった。このため鉛以外の構造材を原則として遮蔽材として考慮した。その寄与は、構造材の厚さが比較的薄いことから鉛との密度換算で補正した。

(2) 計算方法

遮蔽計算は大別して二種の線源位置に対する評価から成る。すなわち試料を格納した状態におけるバルクおよびストリーミング線量率と、試料が移動している場合の機器各部におけるストリーミング線量率の評価である。

Table 2.5 γ -Spectrum of Fuel Specimen

Energy (MeV)	Intensity (sec^{-1})
0.25	3.15×10^{14}
0.65	6.6×10^{14}
1.125	4.25×10^{13}
1.157	1.17×10^{14}
2.0	2.35×10^{12}
2.4	5.5×10^{12}
3.0	1.35×10^{11}

Unit volume, $\phi_{\text{th}} = 10^{10} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ Table 2.6 γ -Spectrum of Specimen Hanger Rod and Shielding Block

Energy (MeV)	Intensity (sec^{-1})
0.4	9.0×10^6
0.6	1.72×10^6
0.7	2.07×10^6
0.8	3.66×10^5
1.173	6.82×10^7
1.292	1.53×10^5
1.332	6.8×10^7
1.479	3.19×10^2

Unit volume, $\phi_{\text{th}} = 10^{10} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ Table 2.7 γ -Spectrum of Flow Tube after 22,000 Hr Operation

Energy (MeV)	Intensity (sec^{-1})
0.4	1.17×10^7
0.6	2.21×10^6
0.7	2.69×10^6
0.8	4.76×10^5
1.173	8.64×10^7
1.292	2.05×10^5
1.332	8.64×10^7
1.479	4.23×10^2

Unit volume, $\phi_{\text{th}} = 10^{10} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$

とくに後者のストリーミングに対する評価は、線源位置と機器構造の幾何学的相関から評価すべき位置が多岐にわたるので、解析の手順はきわめて繁雑となる。したがって遮蔽計算はつきの手順で行った。

- step1 定位置に線源のある場合の各部の必要遮蔽厚さの決定
- step2 線源移動中の各部の必要遮蔽厚さの決定
- step3 step 1 および 2 の大きい方の遮蔽厚を用い、遮蔽厚さが不連続になる部分のスムージング
- step4 定位置に線源のある場合のストリーミングを補償する補助遮蔽厚ならびに構造の検討
- step5 線源移動中、幾何学的に最も遮蔽の不足する位置ならびに線量率の評価と、これを補償する追加遮蔽厚ならびに構造の検討

遮蔽計算に用いた式はつきのとおりである。

ア) 円柱状体積線源側面方向線量率計算

Ray - Analysis 法にもとづく r 線の透過計算コード「 SDC 」による。

イ) 円柱状体積線源底面方向線量率計算

つきの式による。

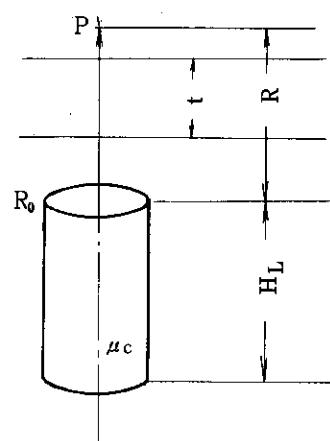
P 点について

$$\phi_P = \frac{S_v}{2\mu_c} \left\{ E_1(\mu t) - E_2(\mu t + \mu_c H_L) \right. \\ \left. + \frac{E_2 \left[(\mu t + \mu_c H_L) \sqrt{1 + \left(\frac{R_o}{R} \right)^2} \right]}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_o}{R} \right)^2}} - \frac{E_2 \left[\mu t \sqrt{1 + \left(\frac{R_o}{R} \right)^2} \right]}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_o}{R} \right)^2}} \right\}$$

ここで

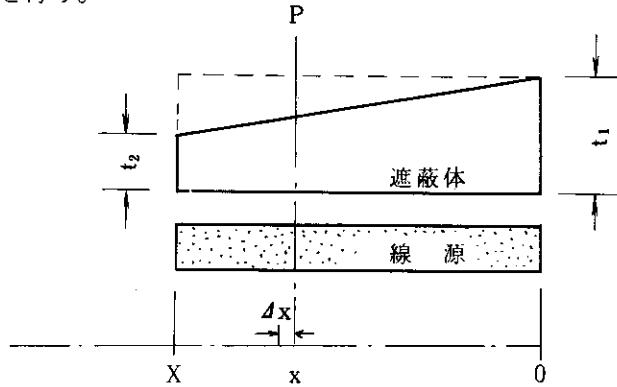
H_L ; 線源長さ

E_2 ; E_2 関数



ウ) 遮蔽体のスムージング計算

遮蔽計算の結果、2.3.5 (1)ウ)で述べた各領域毎に必要遮蔽厚さが求められるが、実際の製作ではそのように各部の寸法がまちまちにすることは大変不経済である。そこでつぎのように遮蔽体のスムージングを行う。



図において、遮蔽体が厚さ t_1 で全体にわたっている場合を 1 とすると、遮蔽体の欠落による線量率の増加 A はつぎのように求められる。

$$A = \int_0^x \frac{1}{x} \cdot 10 \frac{bx}{ax} \cdot dx$$

$$= -\frac{a}{b \cdot \ln 10} \left(e^{-\frac{b \cdot \ln 10}{a}} - 1 \right)$$

ここに

a ; 遮蔽体での γ 線の減衰率の $1/10$ 値

b ; 基準厚さに対する実際の遮蔽体厚さの差

エ) ストリーミング線量率の計算

ダクトをストリーミングしてくる γ 線による線量率の計算はつぎの式による。ダクト出口における線量率 S は

$$S = S_0 \cdot \{ \alpha_1 \} \cdot \{ \frac{A_2}{\pi} (\frac{1}{L_2})^2 \alpha_2 \} \cdots \{ \frac{A_n}{\pi} (\frac{1}{L_n})^2 \}$$

ここに

α ; アルベド

A ; 散乱面積

L ; ダクト直管部長さ

S_0 ; 線源強度

また間隙をストリーミングしてくる γ 線による線量率の計算はつぎの式による。評価点における線量率 D は

$$D = (5.76 \times 10^{-2}) \cdot \frac{\mu_0}{\rho} \cdot E_n \cdot \left\{ \frac{A}{4\pi r} \cdot 2F(90^\circ, \mu t) \cdot B \right\} \cdot \alpha$$

ここに

μ_0 : 人体の線吸収係数(水の μ で代用)

μ : 遮蔽体の線吸収係数

ρ : 人体の比重

t : 遮蔽体厚さ

E : γ 線エネルギー

A : 燃料の線源強度を、間隙壁面の線線源におき直した線源強度

r : 線源からの距離

B : ビルドアップ係数

α : 等方散乱とコンプトン散乱との強度比

計算は、図のように評価点から間隙を見込む角を適当に分割し、 a , b を A の線線源と仮定して D を求め、各々の分割から総和を評価点の線量率とした。

(3) 計算結果

計算結果を Table 2.8 に示す。

この結果から各部のバルク線量率は充分許容値を満足し、また許容重量以下に納まることが判った。

一方ストリーミング線量率は、線源が定位置にある場合はとくに過大なストリーミングは見られないが、線源移動中には試料取出しキャスクおよび試料輸送器ドアバルブ横、試料切断機横、シールドプラグダクト架台底等のストリーミングに対する遮蔽を補強する必要があることが判った。

2.3.6 計装設計

計装の設計に際しては、主につぎの点に留意した。

ア) 装置の故障が誤動作に対して、機器や附属設備の安全を損ったり、作業員に被害を与えないようなフェールセイフの原則にもとづいたインターロックの設計。

イ) 作業員の被曝に対する配慮から遠隔電動を原則とし、これをバックアップする手動機構の並設。

ウ) 装置内部を直接監視できないので、確実に試料や遮蔽扉の位置を検知できる計器の設置。

エ) 停止機能を単一のスイッチに集中するなど、誤操作の少ない操作盤。

以上を考慮して、Table 2.11 のようにインターロックを定めた。

さらに、操作盤は機動性を考慮して可搬型とし、OTS の各コンポーネント毎に配置し、作業内容によってこれらを組合せて使用することとした。計装の接続例と操作盤を Fig. 2.8 および Fig. 2.9 に示す。

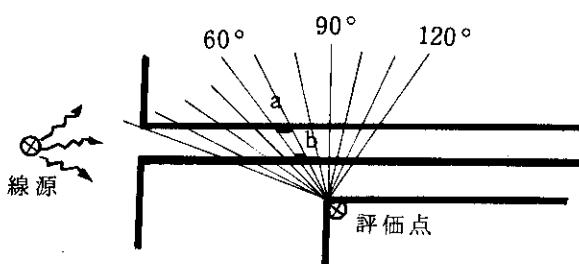
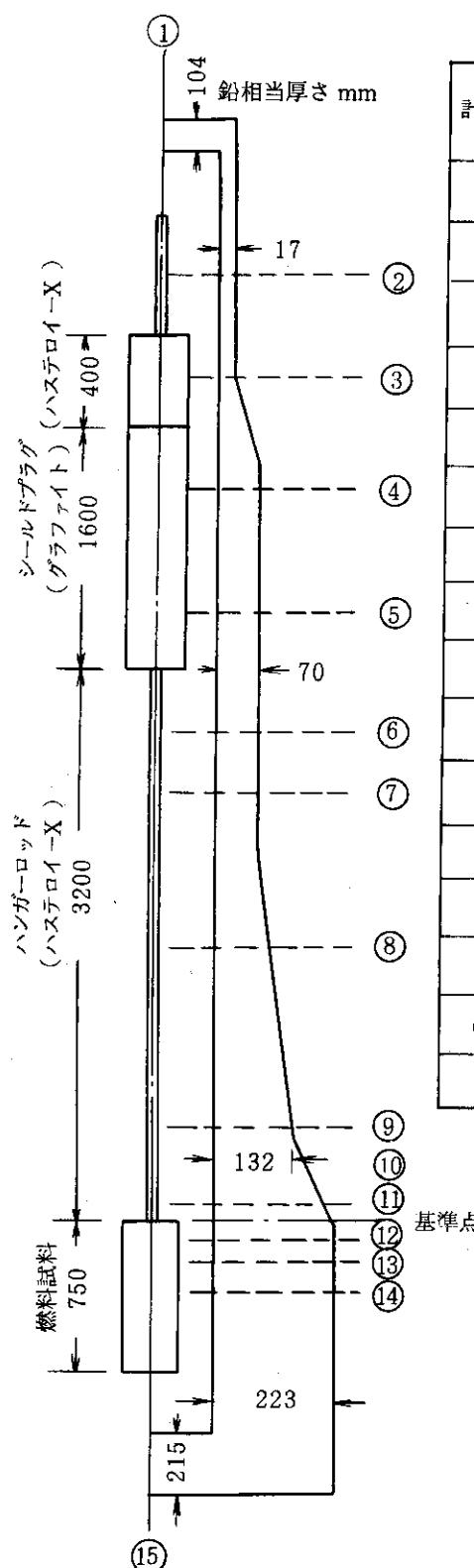
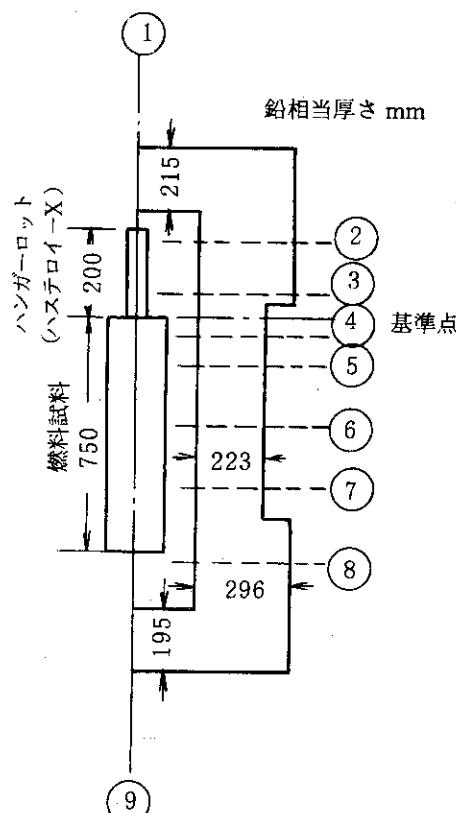
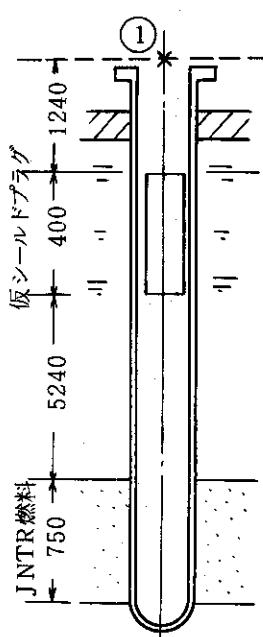


Table 2.8(1) Calculated γ -Dose Rate of Loading Cask Containing Fuel Specimen

計算点	基準点から の距離(mm)	線量率 (mrem/h)	
		機器表面	機器表面より1m
①	垂直上方	11.2	2.2
②	5500	0.18	2.7
③	5000	100	6.7
④	4400	31	7.2
⑤	3600	69	8.2
⑥	2900	30	6.9
⑦	2300	30	7.2
⑧	1450	43	8.8
⑨	600	28	6.4
⑩	200	80	6.2
⑪	50	18	7.0
⑫	-37.5	29	7.5
⑬	-135	47	8.5
⑭	-375	67	10
⑮	垂直下方	90	6.4
判定基準		100以下	10以下

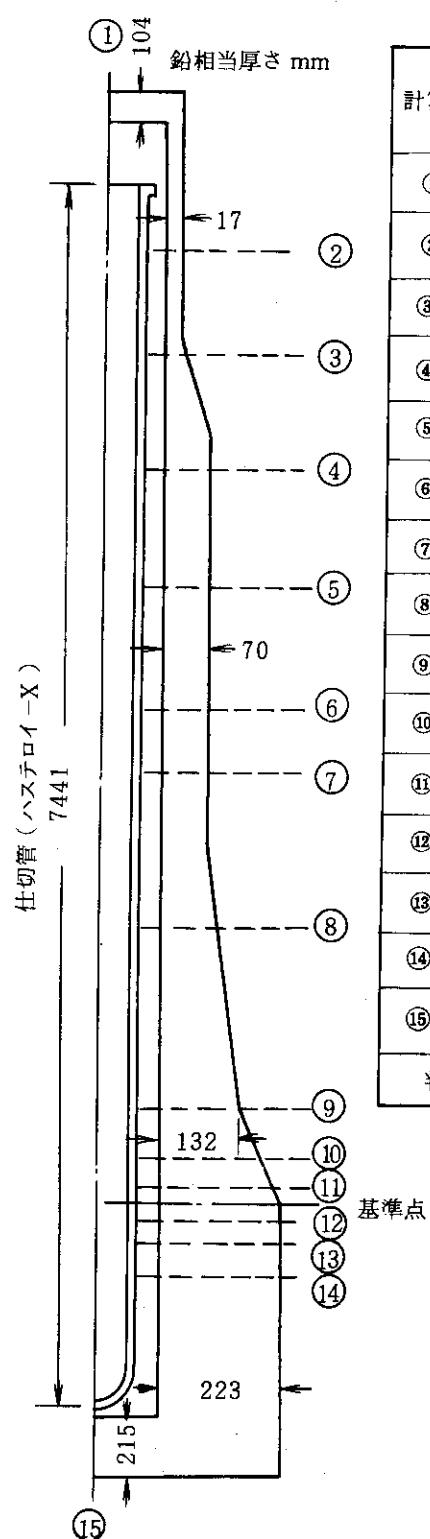
Table 2.8(2) Calculated γ -Dose Rate of Container Containing Fuel Specimen

計算点	基準点から の距離(mm)	線量率 (mrem/h)	
		機器表面	機器表面より1m
①	垂直上方	93	6.6
②	200	80	6.2
③	50	18	7.0
④	-37.5	29	7.5
⑤	-135	47	8.5
⑥	-375	67	10
⑦	-615	47	8.5
⑧	-800	18	7.0
⑨	垂直下方	90	6.4
判 定 基 準		100以下	10以下

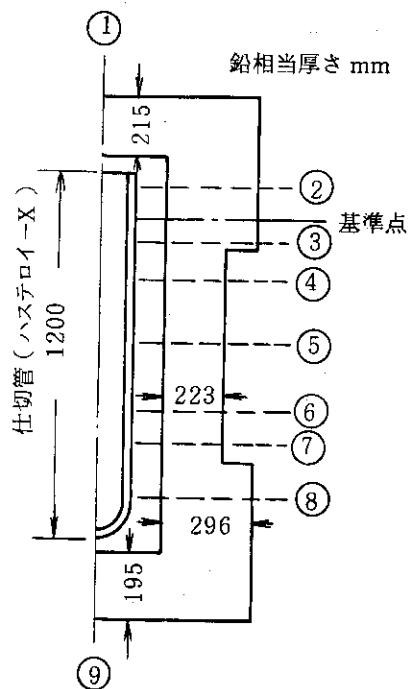
Table 2.8(3) Calculated γ -Dose Rate at the Top of OGL-1 Inpile Tube with Temporary Shielding Block

計算点	線量率 (mrem/h)			
	仕切管用仮シールドプラグ		内壁管用仮シールドプラグ	
	垂直上方	ストリーミング*	垂直上方	ストリーミング*
①	0.023	0.035	0.023	0.057
判定基準	1.0	1.0	1.0	1.0

*.) 仮シールドプラグによる線量率 + ストリーミング
による線量率

Table 2.9(1) Calculated γ -Dose Rate of Loading Cask Containing Flow Tube

計算点	基準点から の距離(mm)	線量率 (mrem/h)	
		機器表面	機器表面より1m
① 垂直上方	0.56	0.11	
② 5500	0.13	1.6	
③ 5000	7.0	2.4	
④ 4400	31	3.3	
⑤ 3600	7.0	5.2	
⑥ 2900	75	6.9	
⑦ 2150	94	9.7	
⑧ 1450	85	9.4	
⑨ 600	50	5.5	
⑩ 200	5.0	2.4	
⑪ 50	8.4	2.2	
⑫ -37.5	12	1.5	
⑬ -135	15	1.8	
⑭ -375	15	2.2	
⑮ 垂直下方	3.3	0.23	
判定基準	100以下	10以下	

Table 2.9(2) Calculated γ -Dose Rate of Container Containing Flow Tube

計算点	基準点から の距離(mm)	線量率 (mrem/h)	
		機器表面	機器表面より1m
①	垂直上方	8.2	0.38
②	200	0.003	0.53
③	-37.5	12	1.5
④	-135	15	1.8
⑤	-375	15	2.2
⑥	-615	15	1.8
⑦	-712.5	12	1.5
⑧	-950	0.003	0.53
⑨	垂直下方	8.1	0.28
判定基準		100以下	10以下

Table 2.10 Calculated Stream γ -Dose Rate of OSTs

部 位	試料位置	表面線量率 (mrem/hr)			許容値
		ストリーミング	バルク	合 計	
試料取出 キ ャスク	頂部上方	収納位置	—	11.2	11.2
	接合フランジ横	収納位置	—	28	28
	ガス置換用パイプ	パイプ横	2.5	6.7	7.0
	遮蔽扉上側横	遮蔽扉横	150	84	234
	遮蔽扉弁閉子横	切断位置	25	7.2	32
切断機ボアスコープ部		ボアスコープ横	66	67	133
試 料 輸 送 器	上部遮蔽扉上側横	遮蔽扉横	76	84	160
	上部遮蔽扉下側横	切断位置	39	61	99
	昇降用ワイヤ穴	穴横	14	44	58
	熱電対保護管	管横	13	67	80
	ガス置換用パイプ	パイプ横	1.6	6.7	6.9
	下部遮蔽扉上側横	遮蔽扉横	160	230	390
	下部遮蔽扉弁閉子横	収納位置	25	7.2	32
シールドプラグダクトブリッジ底部		ダクト通過中	—	370	370

Table 2.11 OSTs Interlock

区分 現象	試料取出キャスク				試料輸送器				試料切断機		シールド プラグクト		
	フック下 または 操作可 条件	フック上 昇停止	ドアバルブ または 操作可 停止	ドアバルブ または 操作可 停止	バスケット または 操作可 停止	バスケット 上昇停止	上部ドア または 操作可 停止	上部ドア または 操作可 停止	下部ドア または 操作可 停止	下部ドア または 操作可 停止	油圧ポンプ停止	カッタ操作可 条件	フック上昇停止
試料取出しキャスク													
オフロード	○		△										
オーバーロード		○											
ドアバルブ開	△												
組み合せ完了			△										
開限トルク大			○										
閉限トルク大			○ ⁽²⁾										
フック上端				△	△	△					△		
試料輸送器							○ ⁽¹⁾						
オフロード							△						
下部ドアバルブ開								○					
収納位置								○	オフロード時				
オーバーロード							○						
上部ドアバルブ 閉限トルク大								○					
" "閉限トルク大									○ ⁽²⁾				
下部ドアバルブ 閉限トルク大									○				
" "閉限トルク大										○ ⁽²⁾			
上部ドアバルブ開	△												
バスケット切断位置	△					○		△			△		
試料輸送器定位									△				
試料切断機													
カッタ後端	△												
位置求めロッド定位	△												
油圧力高										○			
プリンダクト	オフロード										○ ⁽¹⁾		
オーバーロード												○	
フック上端	△												
試料取出しキャスク フック切断位置											△		
各電動機・NFB・ サーマルトリップ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

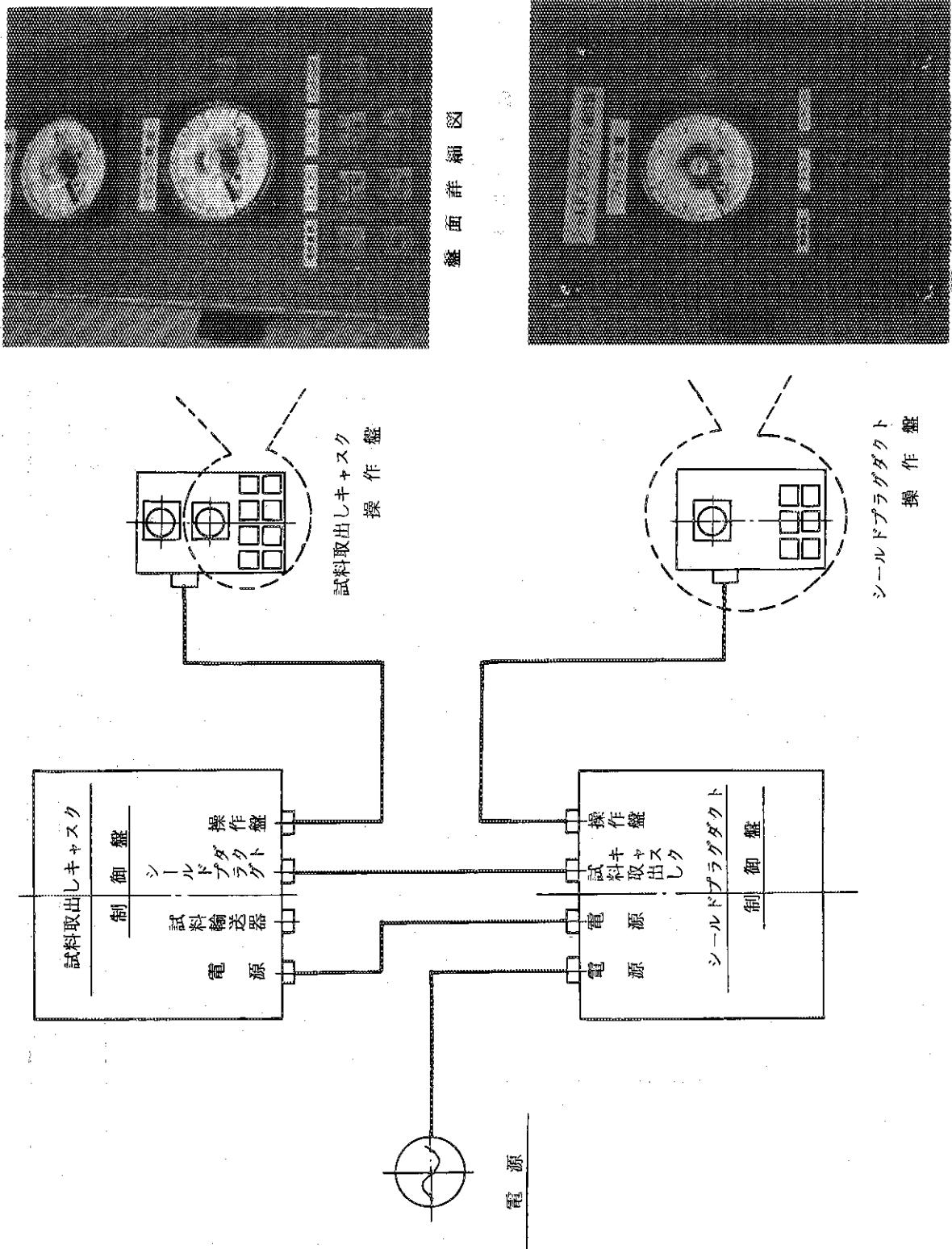
注 (1) 初期にオフロードの場合はバイパスされる。

(2) ドアバルブの開側締付圧力をトルクにて検出し停止する。(全閉状態を指す)

(3) △印は条件インターロックを示し、○印は停止インターロックを示す。

盤面詳細図

Fig. 2.8 Sequence Diagram of OSTs for Specimen Transfer Work



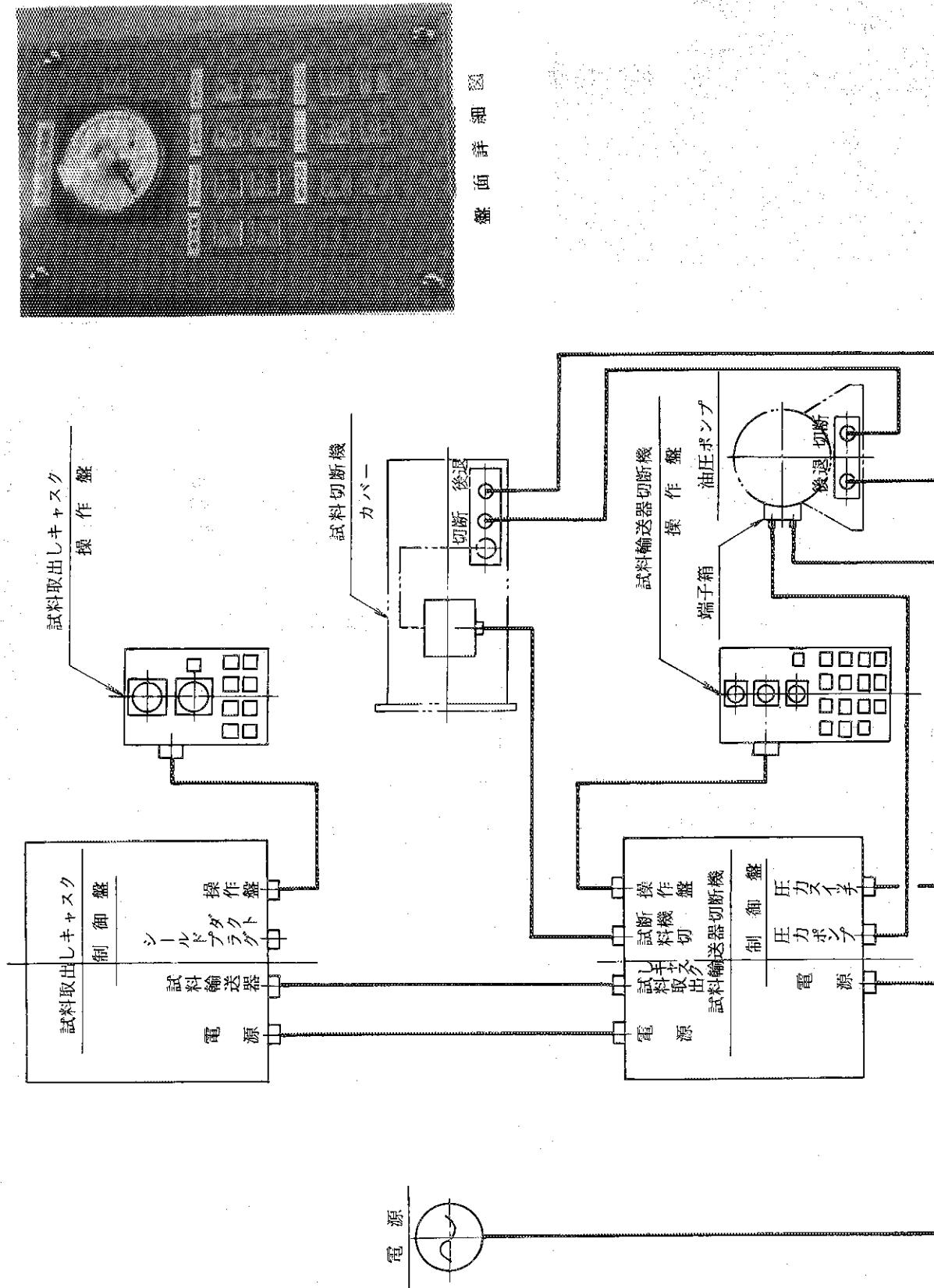


Fig. 2.9 Sequence Diagram of OSTs for Specimen Cutting Work

3. 開 発 試 験

OGL-1 の照射試料は前述のとおり全長約 7.4 m におよぶため、照射済試験後ホットラボへ移送する前に試料部分（約 1.2 m）を切断分離する必要がある。切断される部分は、1000°C の高温にさらされた外径約 25 mm、肉厚 5 mm のハステロイ-X の管であり、さらに場合によっては外径約 89 mm、肉厚 2 mm の炉内管仕切管と共に切断する必要があるため、必ずしも今日の技術で確実な切断方法が見当らない。このため OST S の試料切断機の設計に先立って、妥当なカッターの仕様を決定する目的で開発試験を行った。

3.1 試験の概要

試験はロッドカッター型切断機とロータリーカッター型切断機について実施し、試料ハンガーロッドまたは試料ハンガーロッド+仕切管を模擬した試験体を切断して、試料切断機用カッターの設計仕様を定めるとともにその確性を調べた。試験体は材料の高温脆化を想定し、熱処理を行った材料についても試験を行った。

結果は、いずれの方式も良好な切断性能を示すことが判ったが、後述する理由からロッドカッター型切断機のみを採用した。

またロッドカッター型切断機は、刃の硬度および刃の近寄りギャップが切断性能に影響をおぼすことが判った。

ここで金鋸型切断機を採用しなかったのは、切断時に放射化した金属の切粉が生じて、放射能汚染を拡大したり装置の駆動部等に附着して円滑な作動を阻害するのを憂慮したためである。

3.2 試験装置

(1) ロッドカッター型試料切断装置

これは試料ハンガーロッドの切断または仕切管と試料を同時に交換する場合を想定して両者を同時に切断するための装置である。試験装置の主な仕様をつぎに示す。

カッター駆動方式	電動油圧式
	最大圧力 700 kg/cm ²
カッターストローク	150 mm
カッター前進速度	54 mm/min
カッター刃	SKD-4, H _S = 40~53 (第1次試作)
	SKD-11, H _S = 85 (第2次試作)
	刃巾はいずれも 150 mm

装置およびカッター刃の概要を Fig. 3.1 および Fig. 3.2 に示す。

(2) ロータリーカッター型切断試験装置

これは仕切管を数回にわたり寸断、または仕切管+試料を同時切断する前に仕切管底部だけを切断するための装置である。試験装置の主な仕様をつぎに示す。

カッター駆動方式	手動駆動式(ベベルギヤにて1/3に減速)
カッター押付	M16ボルトにて手動押付、カッター受けはローラーで押付量固定
カッター	JIS B 4646 パンス#3(外径34mmφ), SKS-3, H _S =70~80

装置およびカッター刃の概要をFig.3.3およびFig.3.4に示す。

ただしOSTSの詳細設計に際して、試料の切断許容長さを増すことが可能となり、仕切管底部を事前に切断する必要がなくなったのでこの装置は不要となった。

3.3 ロッドカッター切断試験結果

3.3.1 第1次予備試験

試験体としてハステロイ-Xを切断する前に、予備試験としてつぎの二種類の管を切断し、支障なく切断できることを確認した。

ア) ガス管 SPG 3B (89.1mmφ, 4.2mmt, 400mmL)

カッター近寄りギャップ 2mm

圧力 700kg/cm²

イ) 黄銅管 BST 2-H (90mmφ, 3mmt, 400mmL)

カッター近寄りギャップ 0.5mm

圧力 700kg/cm²

3.3.2 第1次切断試験

(1) 試験体

材質 ハステロイ-X(冷間加工材)

寸法 仕切管相当 89mmφ, 2mmt, 400mmL

ハンガーロッド相当 85mmφ, 5mmt, 800mmL

(2) カッター刃

材質 SKD-4

硬度 上側 H_S=53, 下側 H_S=40

刃巾 150mm

カッター近寄りギャップ 1.5mm

(3) 駆動方法

圧力 700kg/cm²

(4) 切断状況

Fig. 3.5に示すように、ハンガーロッドは切断できたが仕切管は切断できなかった。

原因はカッター刃硬度不足のため刃面が座屈したことによるもので、座屈はパイプ中央部に相

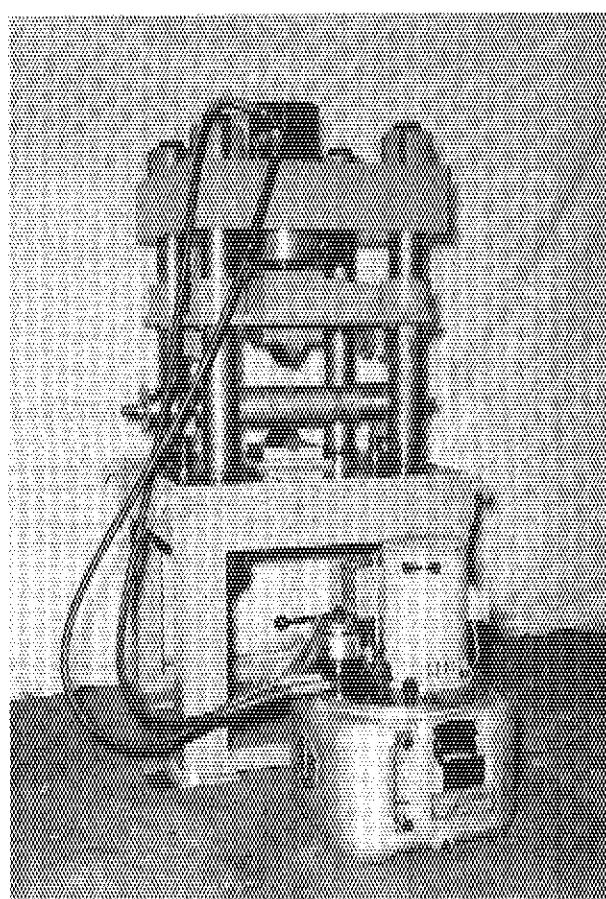


Fig. 3.1 Prototype Rod Cutting Device

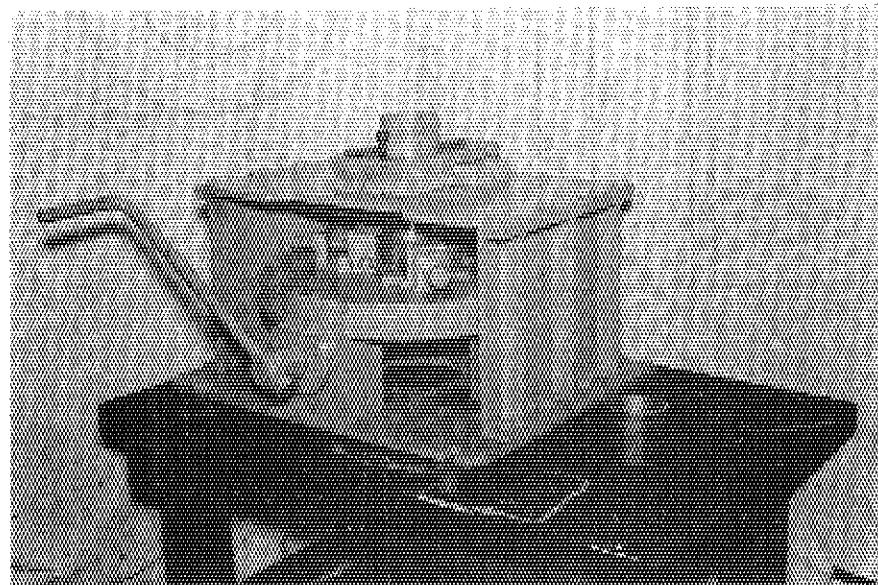


Fig. 3.3 Prototype Rotary Cutting Device

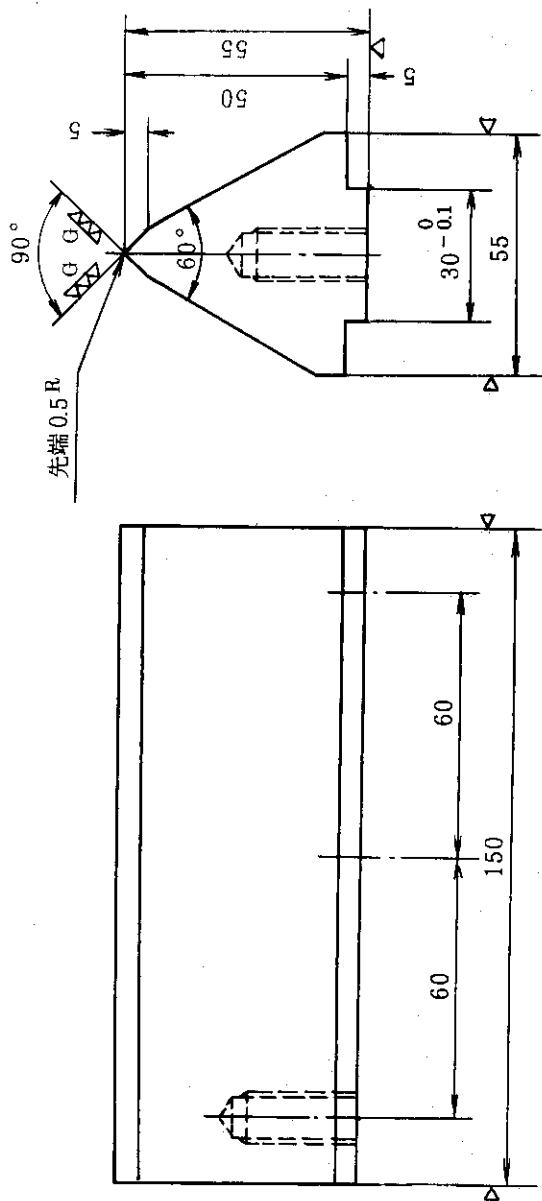


Fig. 3.2 Detail of the Cutter (Rod Cutting Device)

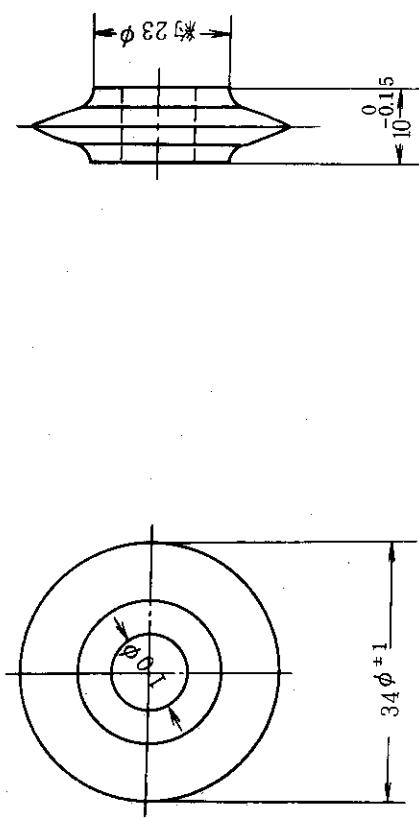
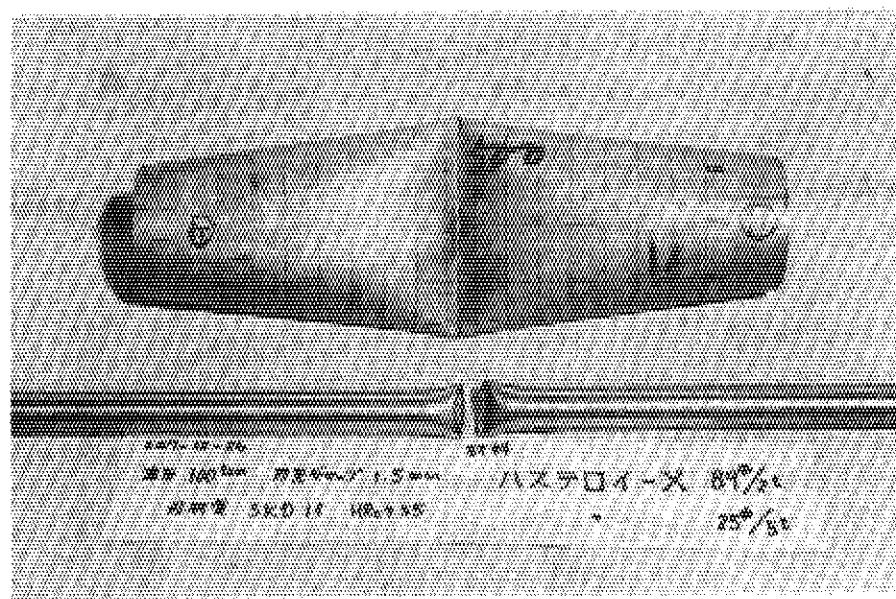
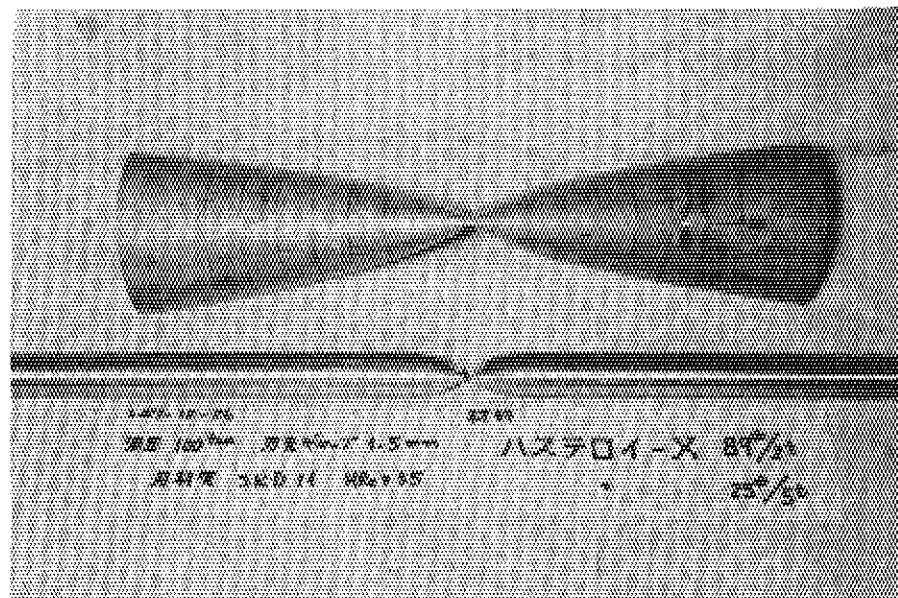


Fig. 3.4 Detail of the Cutter (Rotary Cutting Device)



(a)



(b)

Fig. 3.5 Results of the 1st. Cutting Trial with Prototype Rod
Cutting Device (Specimen:Hastelloy-X)

当する部分および仕切管切断両端部に相当する部分に生じた。これはそのいずれの部分も試験体の形状から刃に最大応力が生じる部分として理解される。

Fig. 3.5で、試験体に描かれた格子状の線は変形の状態を観察するためのものである。寸法は軸方向 20mm 間隔、周方向約 35mm 間隔である。

ハンガーロッドの切断はカッタ近寄りギャップ約 7mm で生じ、仕切管内部にあったハンガーロッドは破断と共に横へとんだ。これは、切断できなかった仕切管の変形によりハンガーロッドが引張り荷重をうけて破断したためと結論づけられた。このことはハンガーロッドの破面観察からも裏づけられた。

3.3.3 第2次予備試験

第2次切断試験に先立ち、切断条件を変更したので予備試験としてつぎの管を切断し、支障なく切断できることを確認した。

ア) ステンレス鋼管 SUS 304 (89mm ϕ , 2mmt, 400mmL)

1000°C 2時間加熱, 10時間徐冷

カッター近寄りギャップ 0.6mm

圧力 500kg/cm²

イ) ステンレス鋼管 SUS 304 (25mm ϕ , 5mmt, 800mmL)

1000°C 2時間加熱, 10時間徐冷

カッター近寄りギャップ 0.6mm

圧力 500kg/cm²

切断された試験体の破面を Fig. 3.6 に示す。

3.3.4 第2次切断試験

(1) 試験体

材質 ハステロイ-X (冷間加工材および1000°C 2時間加熱, 10時間徐冷材)

寸法 仕切管相当 89mm ϕ , 2mmt, 200mmL

ハンガーロッド相当 25mm ϕ , 5mmt, 400mmL

(2) カッター刃

材質 SKD-11

硬度 H_S = 85

刃巾 150mm

カッター近寄りギャップ 0.2mm

(3) 駆動方法

圧力 500kg/cm²

(4) 切断状況

切断試験はカッター近寄りギャップ 30mm まで試験体を押しつぶした後行った。今回の試験では、試験体として第1次試験に用いた冷間材の他に、実際の試料のハンガーロッドや仕切管が

高温にさらされることを考慮して、(1)項に述べた熱処理材を追加した。

ア) 冷間加工材の切断

試験の結果つぎの二点が明らかとなった。

(Ⅰ) 圧力を 400 kg/cm^2 まで下げるか切断は不可能となる。

(Ⅱ) カッター近寄りギャップを 0.6 mm より大きくすると、切断は不可能となる。

これはいずれも試験体が熱処理を行っていないため、延性に富んでいることによるものと考えられる。Fig.3.7(a)の破面は油圧 500 kg/cm^2 、カッター近寄りギャップ 0.2 mm の場合のものであり、平板のせん断破面のような状態を呈している。

イ) 热処理材の切断

Fig.3.7(b)に示すように、仕切管、ハンガーロッド共に切断できることが確認された。切断はカッター近寄りギャップ約 5 mm で生じたが、これは Fig. 3.7(b)の破面からも判るように材料が熱処理で脆化しているためである。

Table 3.1 にハステロイ-X の材料強度に関するカタログ値を参考として示す。

仕切管の破断面は脆性破面を呈し、破断部から母材部へクラックが伝播する場合もあった。

一方ハンガーロッドの破断面は、カッタ刃が直接当らないので押込みによる破面となっている。破断時のカッタ近寄りギャップは 10 mm であった。

Table 3.1 Mechanical Property of Hastelloy-X

	Tensile Strength $\sigma_u (\text{kg/mm}^2)$	Yield Strength $\sigma_y (\text{kg/mm}^2)$	Young's Modulus $E (\text{kg/mm}^2)$	Total Elongation $\epsilon (\%)$	Hardness H_s
Room Temp.	75	37	2×10^4	40	≈ 30
1000 °C	17	17	1.3×10^4	45	≈ 33

3.3.5 設計への反映

上述の試験の結果を反映して、OSTS の設計ではつぎの点に留意することとした。

(1) 切断機構構造

今回の試験に用いた装置をその原型とする。

(2) 駆動方式

電動油圧駆動と電動機駆動方式が検討されたが、装置をコンパクトにまとめるために前者を採用する。

(3) 最大圧力

試験結果をもとに最大 700 kg/cm^2 とする。

(4) カッタ刃

形状は Fig. 3.2 に準じる。

材質は SKD-11 とし、硬度が $H_s = 85$ 程度になるように製作時品質管理を行うものとする。

(5) 切断速度

試験に用いた値に準じ 1 分／切断程度とする。

(6) カッター近寄りギャップ

試験の結果をもとに 0.2mm とする。

3.4 ロータリーカッター切断試験結果

3.4.1 予備試験

試験体としてハスティロイ-X を切断する前に、予備試験としてつぎの二種類の管を切断し、支障なく切断することを確認した。

- | | |
|------------|---|
| ア) ガス管 | SPG 3B (89.1mm ϕ , 4.2mm t , 400mmL) |
| イ) ステンレス鋼管 | SUS 304 (89mm ϕ , 2mm t , 400mmL) |

3.4.2 切断試験

(1) 試験体

材質	ハスティロイ-X (冷間加工材および 1000 °C 2 時間加熱, 10 時間徐冷材)
寸法	仕切管相当 89mm ϕ , 2mm t , 100mmL

(2) カッター刃

材質	SKS-3
硬度	H _S = 70~80
刃径	34mm ϕ
刃厚	刃付根部で 3mm

(3) ローラー

材質	S 35 C
硬度	H _S = 55
径	30mm ϕ
配置	刃から 120 度毎に 2箇所、刃先より試験体軸方向上方 8mm の位置をガイド

(4) 切断負荷トルク

最大 24kg·m で JIS B 4646 に規定されるパイプカッターと比較して妥当な値である。

(5) 切断状況

Fig. 3.8 にみられるように、試験体の熱処理の有無によらず切断できることが確認された。実測結果によると、刃面が管の表面に接触してから約 7 mm 切込んだ位置で切断が始り（負荷トルクの減少）約 8 mm 切込んで切断が完了した。この切込量は管の肉厚 2 mm に比べてかなり多いが、これは管の径方向内側への変形に起因するものである。この事実は Fig. 3.8 に示す管の破面が絞られて、その厚さが約 3.5mm あることからも説明される。

3.4.3 設計への反映

3.2 項で述べたように、OSTS ではロータリーカッター型の切断機は不要になった。しかし、将来使用済の仕切管をカナル内で切断する必要性も生じると考えられるので、今回の試験の結果をもとにロータリーカッター設計に際して留意すべき点をつぎにまとめる。

(1) 切断機構造

今回の試験に用いた装置をその原型とする。

(2) 駆動方式

電動機駆動方式とし、カッターおよびローラー取付ドラム一回転毎にスター・ホイール状のもので被切断物に一定の切込みを与えられるような構造とする。

(3) 負荷トルク

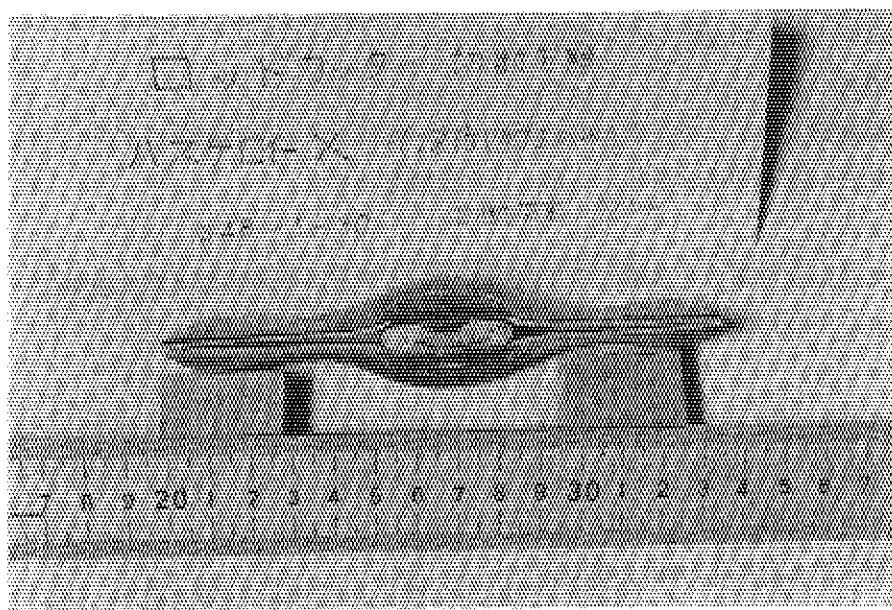
試験の結果は安全率5を考慮して $120\text{ kg}\cdot\text{m}$ とする。さらにカッターおよびローラー取付ドラムの回転を円滑にするためころがり軸受を採用する。

(4) カッター板

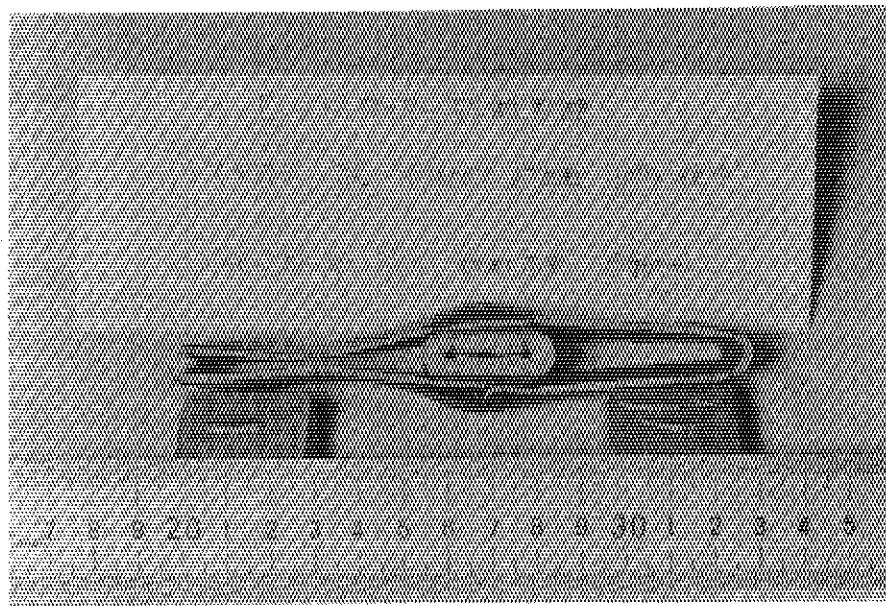
材質はSKD-11とし、硬度が $H_S \neq 80$ 程度になるよう製作時品質管理を行うものとする。
また刃の寸法は、被切断物の変形を考慮してパンス#4（外径 $42\text{ mm}\phi$ ）程度とする。

(5) カッター切込量

試験の結果をもとに 15 mm とする。



(a) Cold Worked Hastelloy-X



(b) Heat Treated Hastelloy-X

Fig. 3.7 Results of the Final Cutting Trial with Prototype Rod Cutting Device

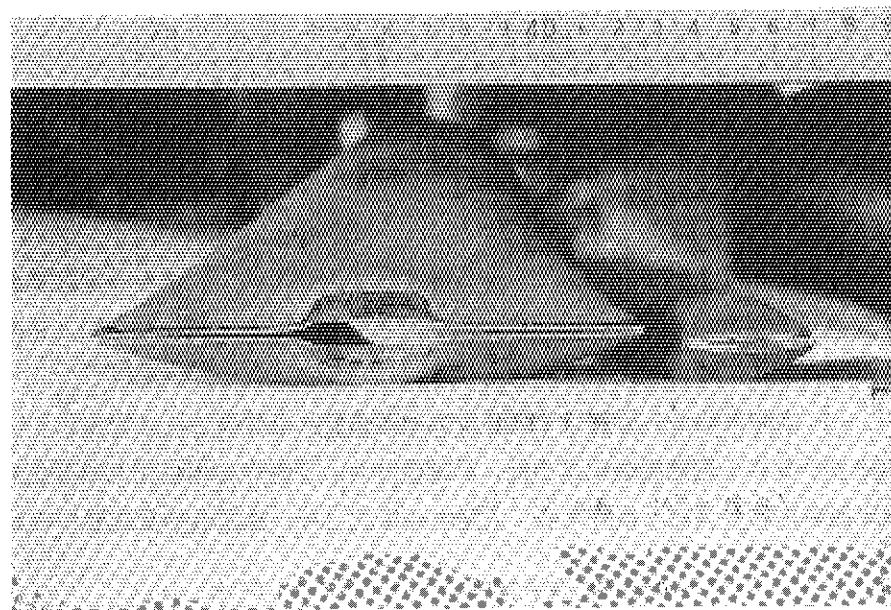


Fig. 3.6 Results of Pre-cutting Test with Prototype Rod Cutting Device
(Specimen: Type 304 Stainless Steel)

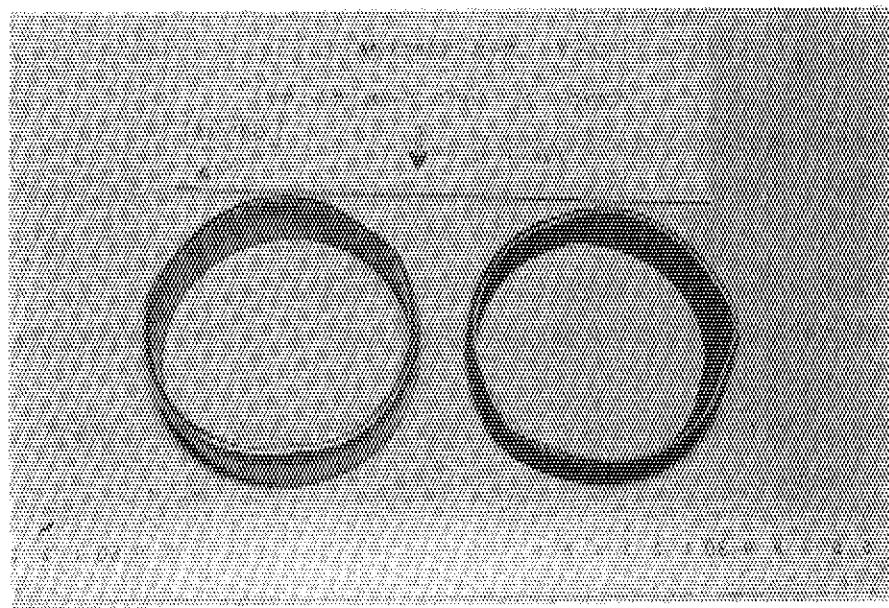


Fig. 3.8 Results of the Final Cutting Trial with Prototype Rotary
Cutting Device

4. 製 作

4.1 製作の経緯

OSTS の製作は、昭和 50 年 10 月原子力局（現、原子力安全局）による「設計および工事の方法」に関する認可を得た直後より開始され、以降昭和 52 年 6 月の試料輸送器 2 号機の納入まで 1 年 8 ヶ月にわたって行われた。

契約は、OGL-1 本体契約の一環として川崎重工業株式会社を幹事会社に昭和 50 年 10 月締結された。概念設計を富士電機製造株式会社、詳細設計および製作を木村化工機株式会社が担当し、一部の附属機器を株式会社小坂研究所、太陽物産株式会社、株式会社宮盛製作所が担当した。

製作中は原研による検査と並行して、前後 18 回にわたって原子力局の立合検査（使用前検査および施設検査）を受検し、これに合格した。

OSTS の概略の製作工程を Table 4.1 に示す。

4.2 製作手順

製作手順を Fig. 4.1 ~ Fig. 4.6 に示す。装置各部の名称は Fig. 4.7 ~ Fig. 4.11 に示すとおりである。

OSTS の製作で特徴的なことはつきの点である。

- ア) 耐圧バウンダリが内胴で、その外側に鉛遮蔽体を有する構造となっているため内胴完成時に溶接部耐圧試験を行う。この場合最終溶接線のフランジ部は検査ができないので、全体組立後の溶接線の耐圧試験を行う。このため前後二回耐圧試験が必要となる。
- イ) システムの気密性を保証するために漏洩率が規定されている。したがって耐圧試験とは別に気密漏洩試験が必要となる。
- ウ) 監督官庁が検査に立合うため、メーカー自主検査、原研立合検査、官庁立合検査と前後 3 回同じ検査をくり返す。

4.3 検 査

OSTS の製作に際して行われた検査の概要について述べる。

4.3.1 材料検査

(1) 材料検査

- ア) 装置の主要部分を形成する材料は、加工前に材料検査を行う。
- イ) 検査は、材料メーカーの発行するミルシートと材料記号を照合する。

Table 4.1 OTST Schedule Milestone

	1975					1976							1977										
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
概念設計 DESIGN ENGINEERING																							
官庁申請 LICENSING																							
詳細設計 DETAILED DESIGN																							
材料手配 MATERIALS ORDER																							
製作 FABRICATION																							
検査 TESTING AND INSPECTION																							
特記事項 NOTE	△ 契約	△ 工事認可	▲ CONSTRUCTION PERMIT	△ 鉛充填	△ 鉛充填	▲ 契約	△ 総合機能試験	▲ 鉛充填	△ 完成														
ISSUE DESIGN SPEC.																							

△ [] 試料輸送器2号機を除く。(EXCEPT #2 CONTAINER)

▲ [] 試料輸送器2号機のみ。(#2 CONTAINER ONLY)

試料取出しキャスク(1)全体上部

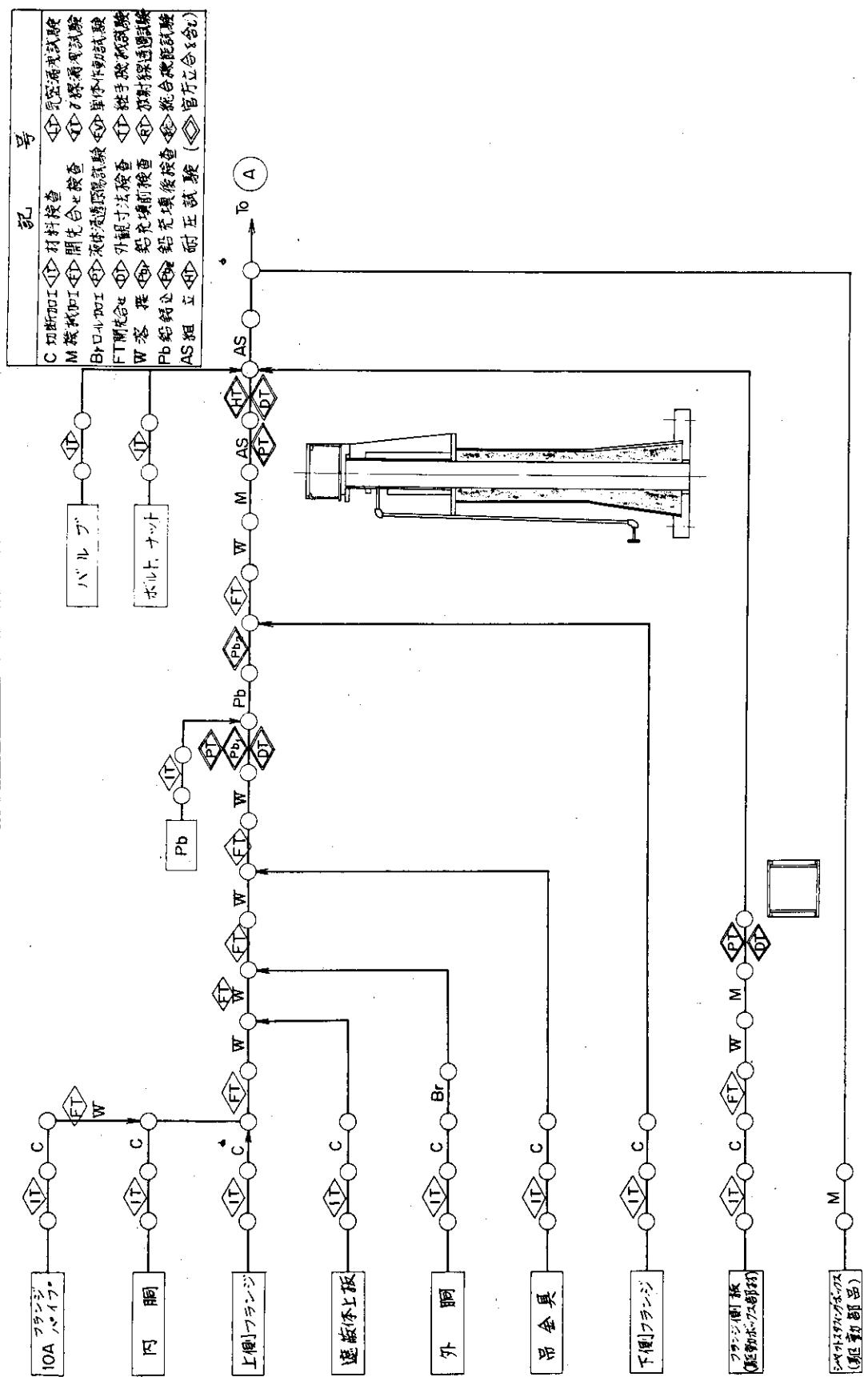


Fig. 4.1 Assembly Procedure of OSTs Components (Loading Cask (1/2))

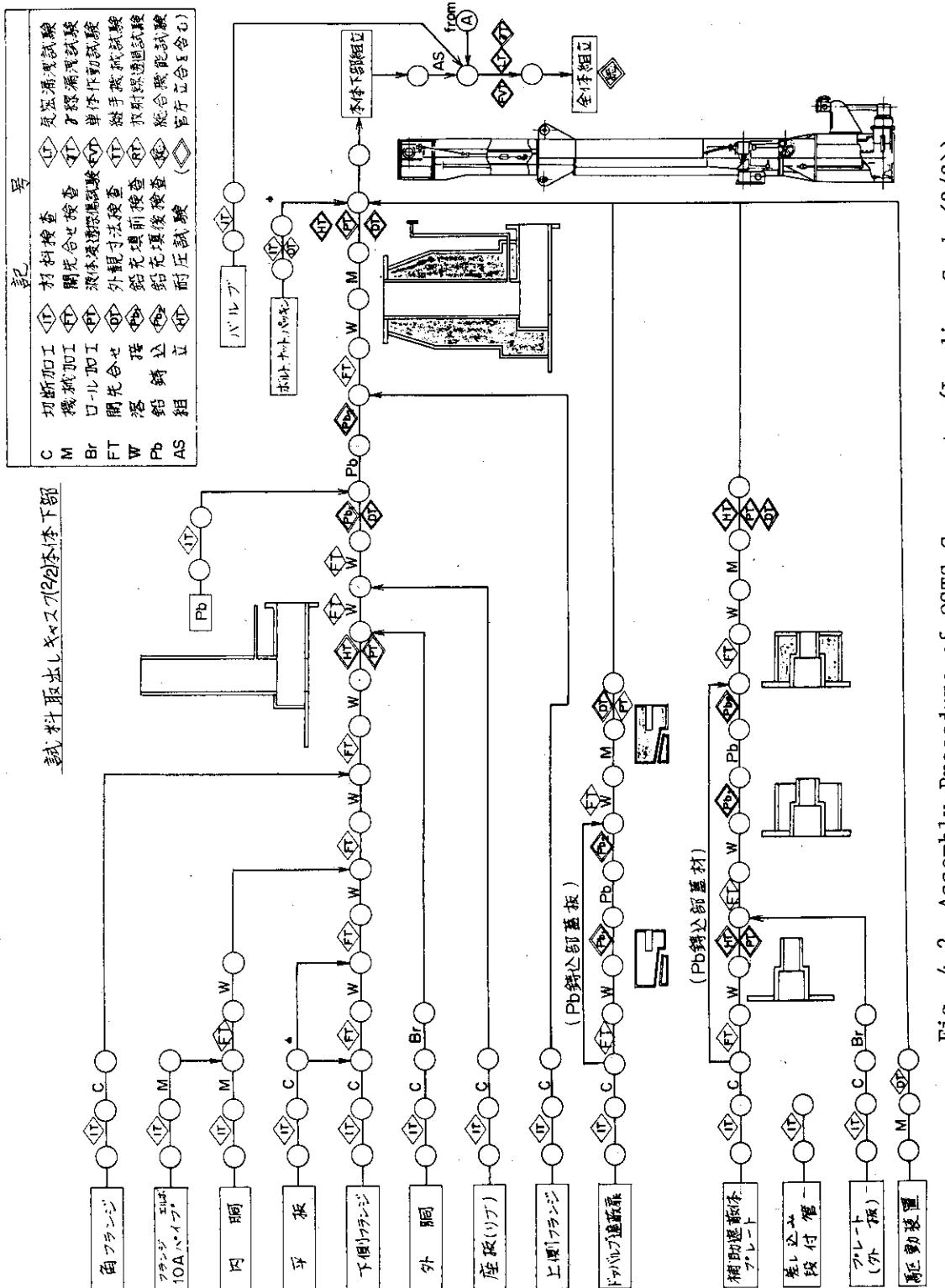


Fig. 4.2 Assembly Procedure of OSTs Components (Loading Cask (2/2))

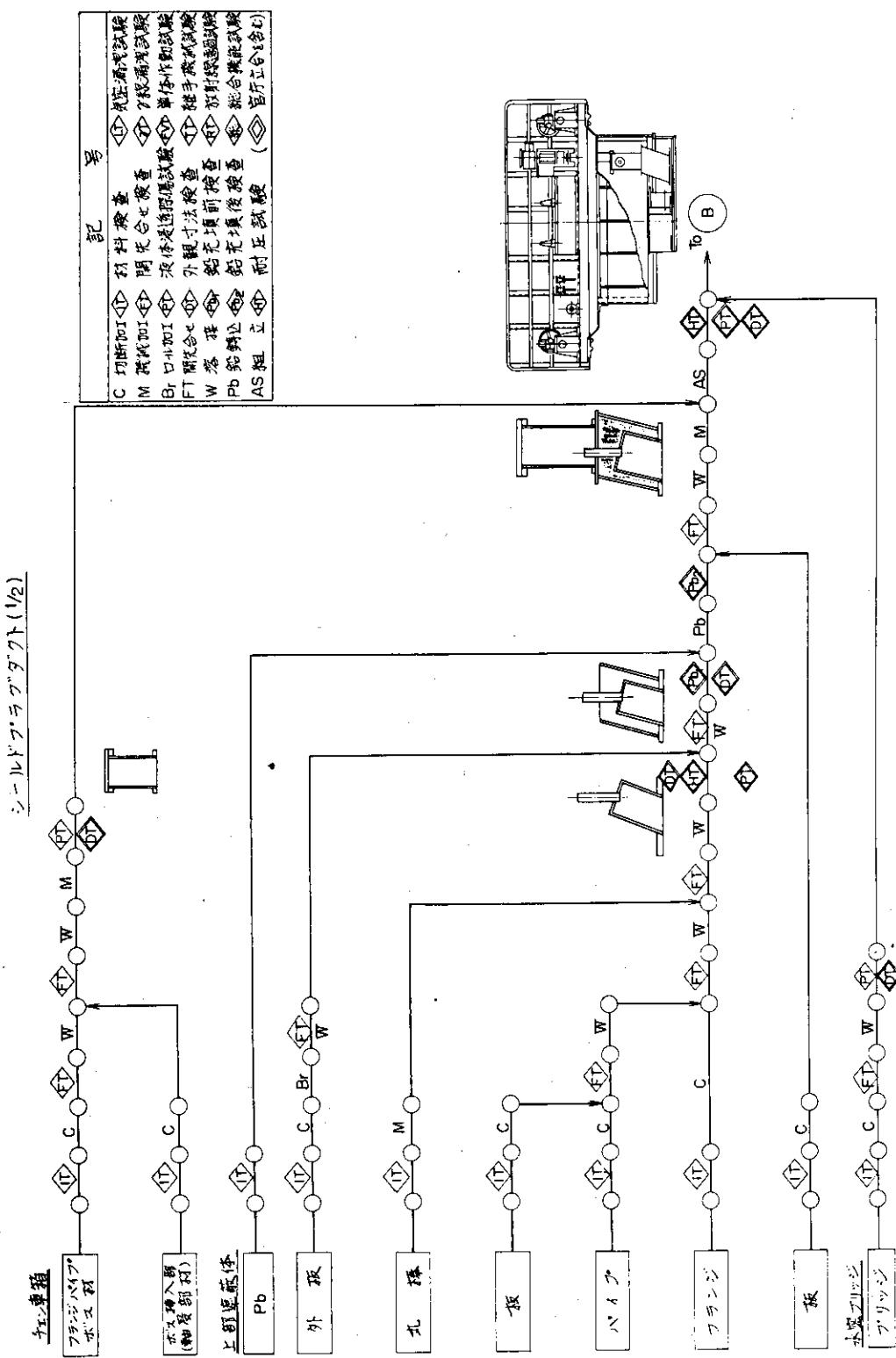


Fig. 4.3 Assembly Procedure of OSTs Components (Duct with Temporary Shielding Block (1/2))

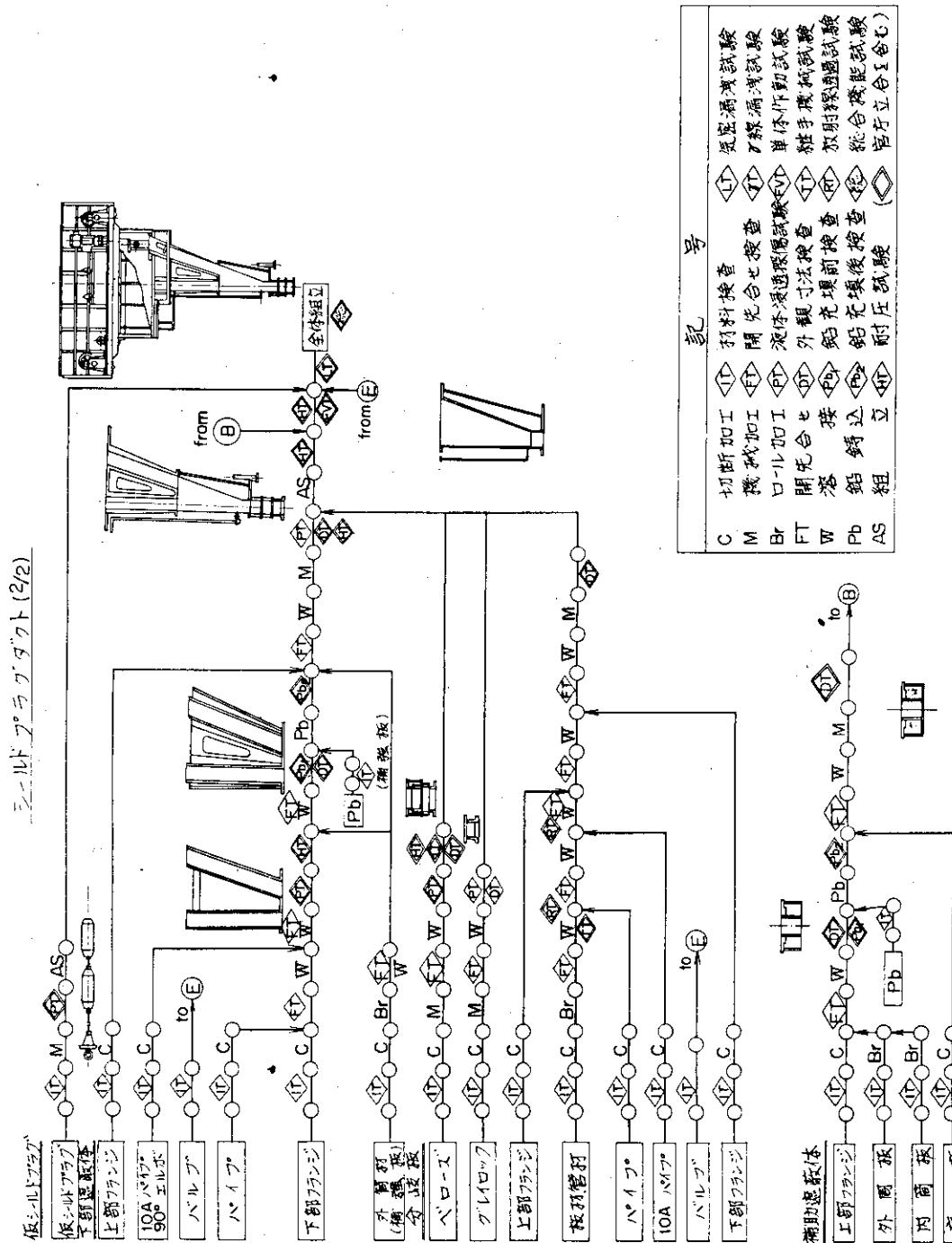


Fig. 4.4 Assembly Procedure of OSTs Components (Duct with Temporary Shielding Block (2/2))

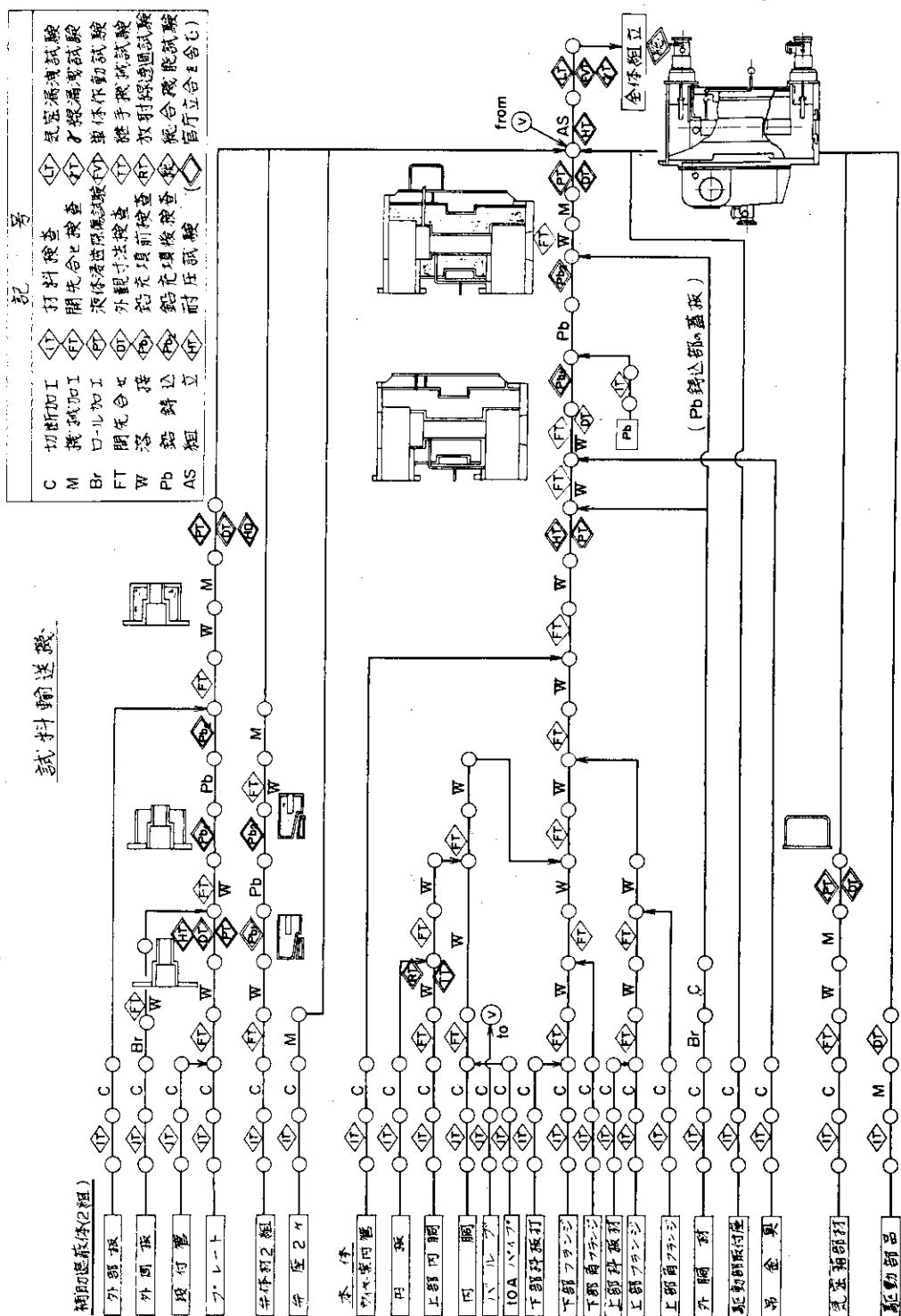


Fig. 4.5 Assembly Procedure of OSTs Components (Container)

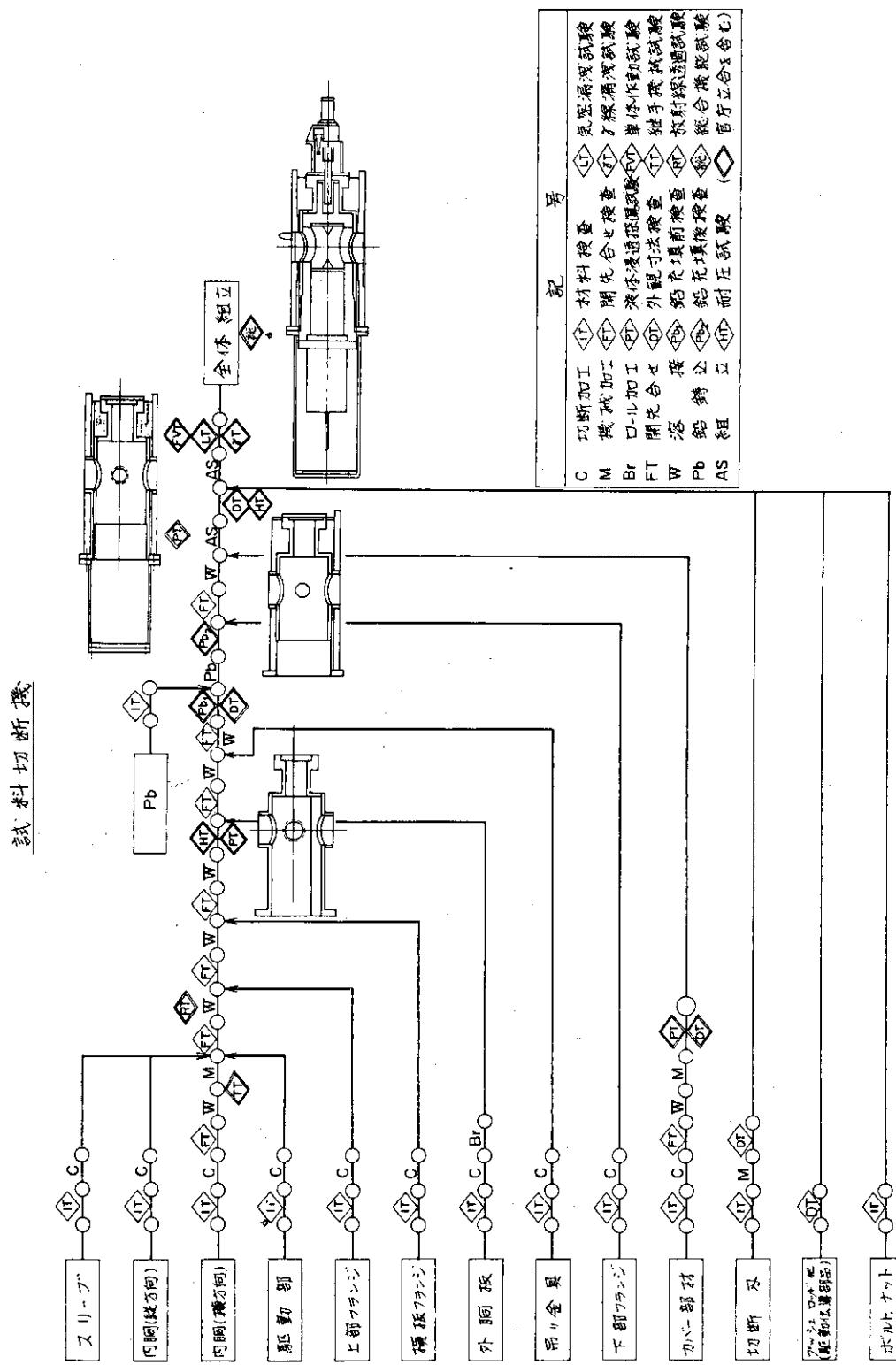


Fig. 4.6 Assembly Procedure of OSTS Components (Cutting Device)

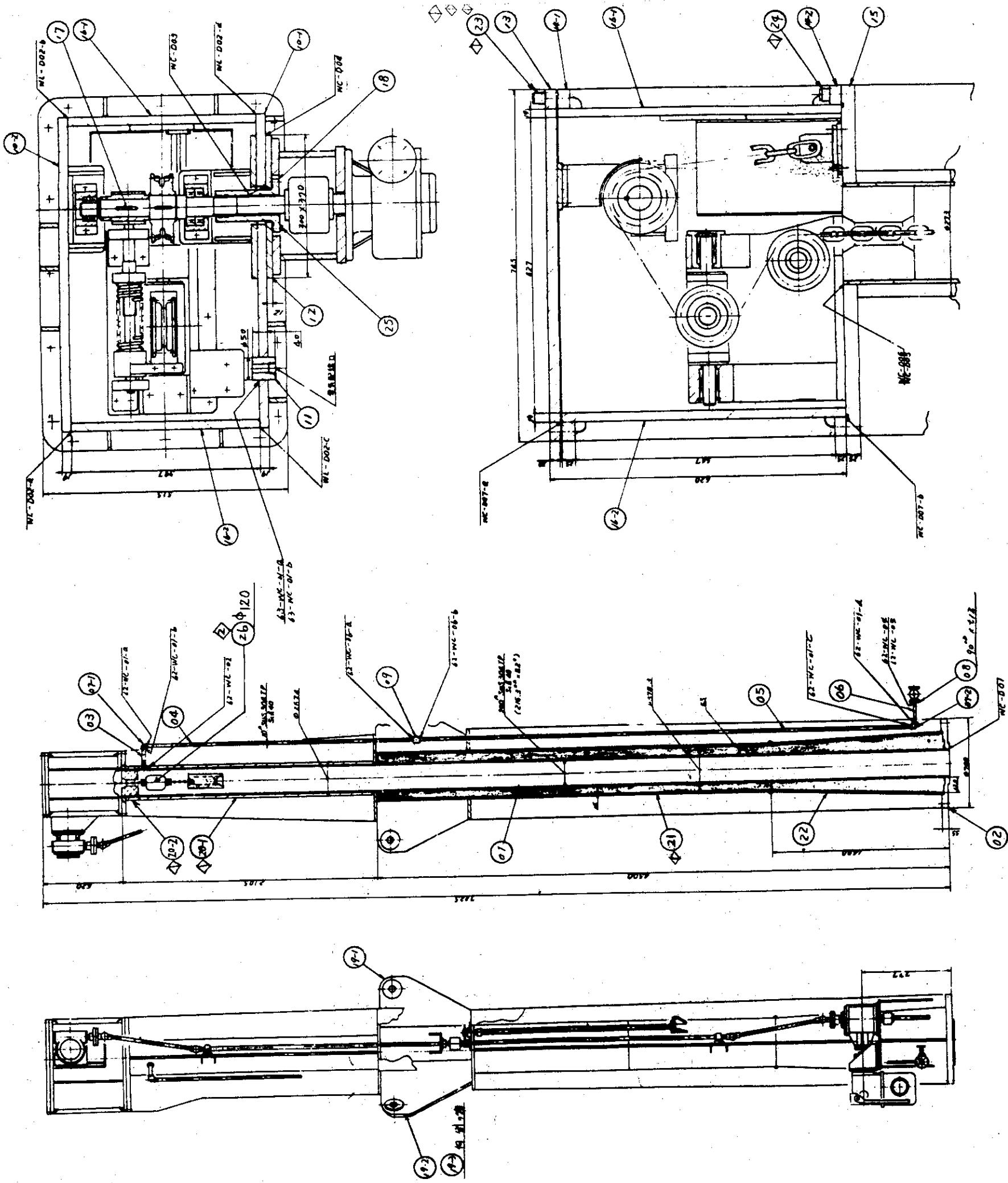


Fig. 4.7 Parts List of Loading Cask (Upper part)

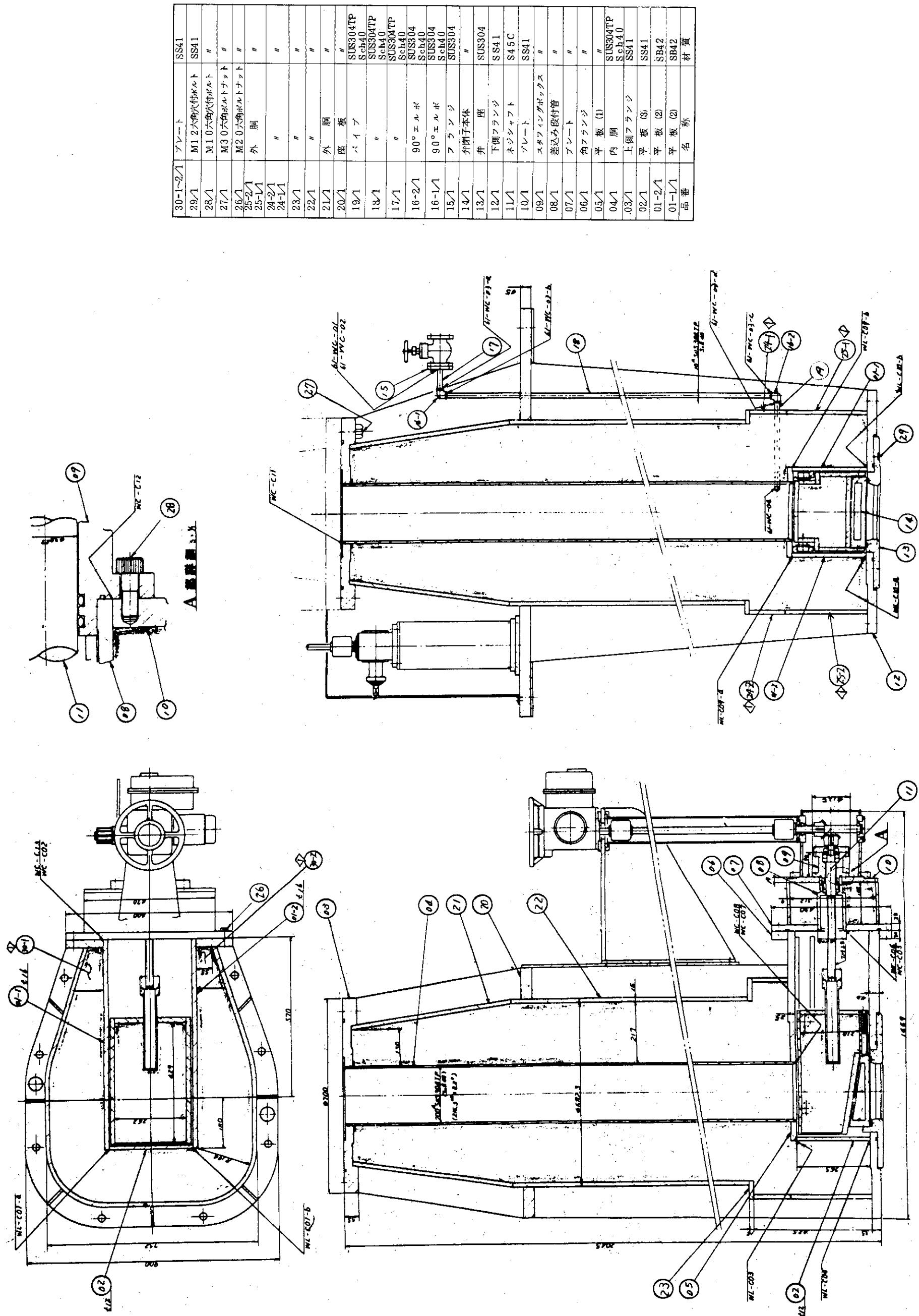
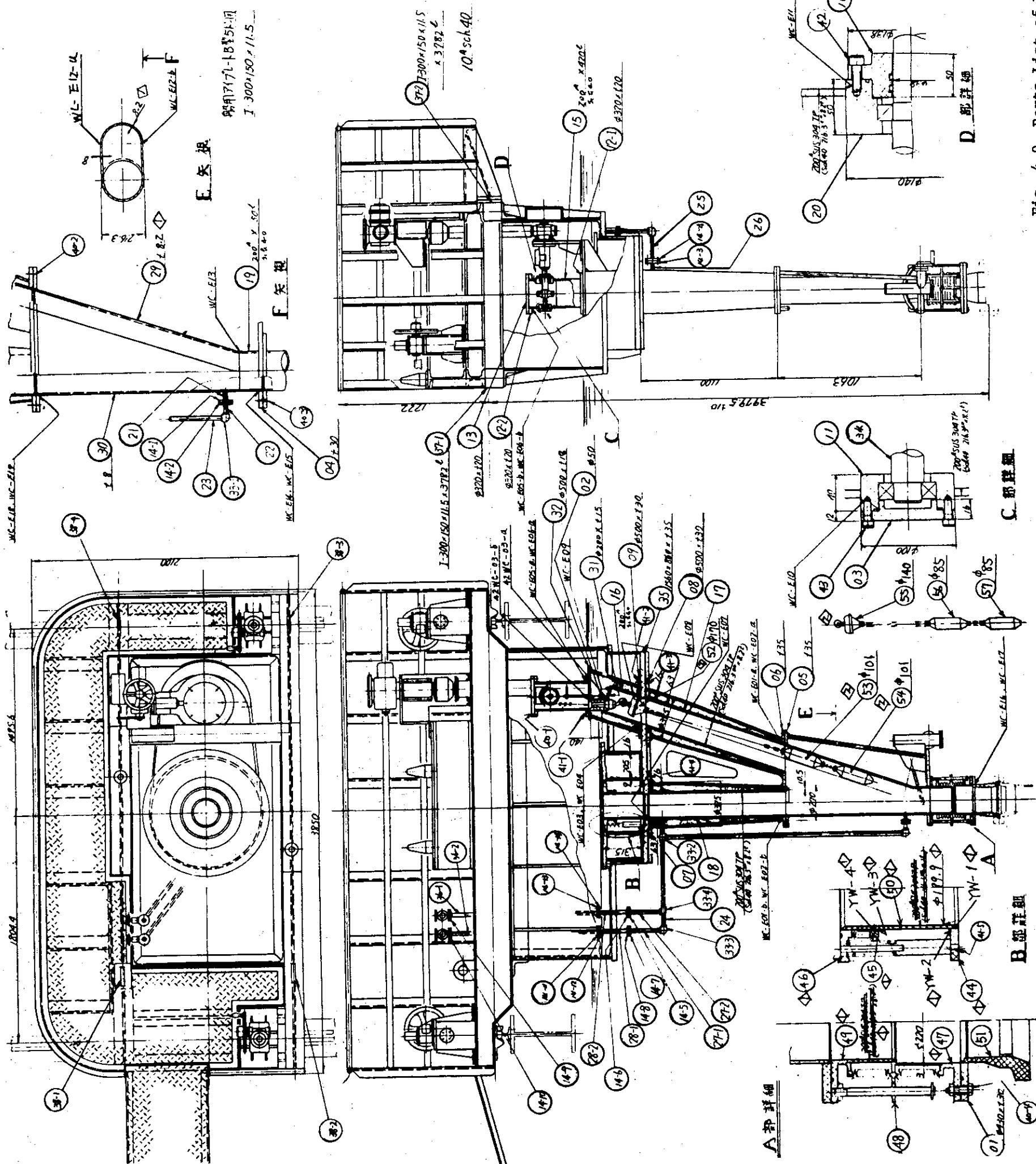


Fig. 4.8 Parts List of Loading Cask (Lower Part)



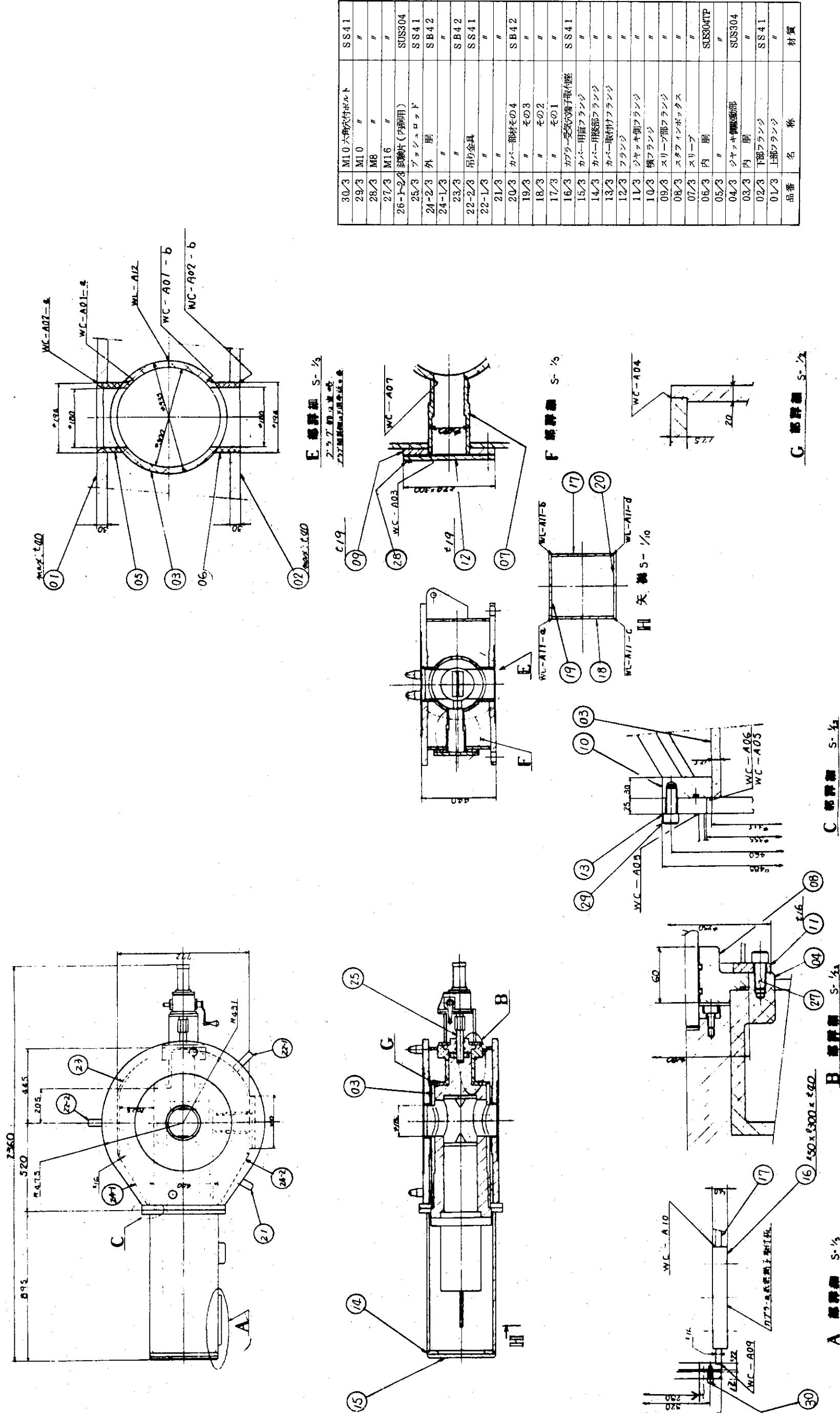


Fig. 4.10 Parts List of Cutting Device

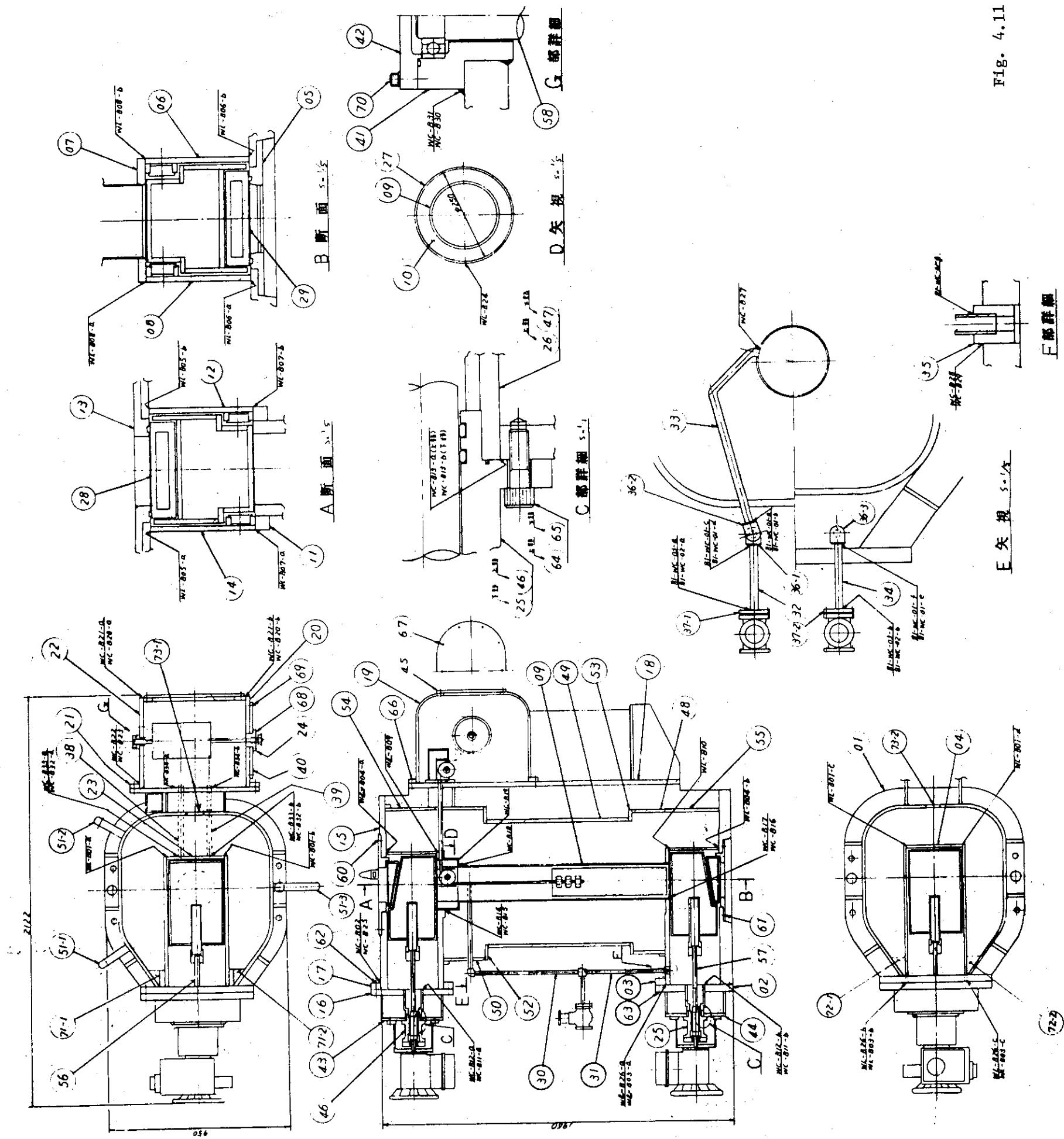


Fig. 4.11 Parts List of Container

ウ) 判定基準は、JIS G 3459, JIS G 4303, JIS G 4304, JIS G 3101, JIS G 3103 および JIS G 4051 に準じる。

(2) 遮蔽鉛材料検査

ア) 遮蔽鉛は、充填時に試料を採取し材料検査を行う。

イ) 検査は JIS H 1123 および JIS H 1501 に準じた発光分光分析による成分分析および JIS Z 8807 に準じた比重測定を行う。

ウ) 判定基準は、鉛成分 9.9.5 %以上、比重 1.1.2.8 以上の場合これを合格とする。

4.3.2 溶接検査

(1) 開先合せ検査

ア) 耐圧部を形成する部材の溶接部について、開先合せ検査を行う。

イ) 突合せ溶接部の検査は、通産省令第 81 号第 49 条に準じ継手面の食い違いを検査する。

ウ) 判定基準は、通産省令第 81 号第 49 条に準じる。

(2) 液体侵透探傷試験

ア) 耐圧部を形成する部材の溶接部について、液体侵透探傷試験を行う。

イ) 検査の方法は、通産省令第 81 号第 12 条第 1 項に準じる。

ウ) 判定基準は、欠陥指示のないことをもって合格とする。

(3) 機械試験

ア) 耐圧部を形成する部材の突合せ溶接部について、通産省令第 81 号第 44 条に準じ機械試験を行う。

イ) 試験の方法は、通産省令第 81 号第 13 条、第 14 条、第 15 条、第 16 条および第 34 条に準じ、長手継手に試験板をとりつけ本体と同一条件で溶接を行い、試験片を製作しつぎに示す試験を行う。

- 繼手引張試験
- 自由曲げ試験
- 裏曲げ試験
- 側曲げ試験

ウ) 判定基準は、通産省令第 81 号第 14 条、第 15 条、第 16 条および第 34 条に準じる。

(4) 放射線透過試験

ア) 原則として、耐圧部を形成する突合せおよび周継手（すみ肉）溶接線全線について放射線透過試験を行う。

イ) 検査の方法は、通産省令第 81 号の第 27 条第 1 項に準ずる。

ウ) 判定基準は、通産省令第 81 号の第 39 条に準じる。

4.3.3 鉛充填検査

(1) 充填前検査

ア) 鉛遮蔽体を有する機器について、鉛充填前に充填前検査を行う。

イ) 鉛充填を行う缶体重量を測定し、鉛充填前に水道水を充満して鉛充填部の容積を測定する。

この測定は、次項に定める鉛充填率を求めるためのものである。

(2) 充填後検査

- ア) 鉛遮蔽体を有する機器について、鉛充填後に充填後検査を行う。
 イ) 鉛充填後の全体重量を秤量し、前項において求めた缶体重量を差し引いて充填鉛の重量を算出する。

上記により得られた数値により、つきの式を用いて鉛充填率 C.R. を算出する。

$$C.R. = \frac{W_1 - W_2}{V_0 \times \rho} \times 100 \quad (\%)$$

ここに W_1 : 鉛充填後の全重量

W_2 : 鉛充填前の缶体重量

V_0 : 鉛充填部の容積

ρ : 充填鉛の比重

- ウ) 判定基準は、つぎに示す値を満足する場合これを合格とする。

缶体外径	C.R.
630 mm 未満	97%以上
630 mm 以上	98%以上

ここで判定基準を缶体外径によって区分したのは、遮蔽設計で考慮した鉛鋳込時の縮み代 3 mm が缶体外側に生じた場合に対する配慮である。この値(3 mm)は遮蔽設計上の安全余裕であり、実際の鉛鋳込時にこのような大きな収縮が生じるとは考えられないので、妥当なデータが得られた時点でこの測定基準に切り下げるといいだろう。

4.3.4 耐圧試験

- ア) 耐圧部を形成する部材の溶接部について、通産省令第 82 号第 11 条に準じ耐圧試験を行う。
 イ) 通産省告示第 501 号第 74 条に準じ、試験流体は窒素ガスとし試験圧力は $1.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ で 30 分間保持する。

試験圧力を設計圧力の 1.5 倍としたのは、試料交換機内部ガス置換のために系を真空引きする必要があるためである。

- ウ) 判定基準は、有害な変形および発泡液を塗布した溶接部に発泡のない場合これを合格とする。

4.3.5 外観寸法検査

(1) 外観検査

- ア) 各機器および附属する配管全体について、外観検査を行う。
 イ) 検査方法は目視によるものとし、機器の完成時に検査ができないものについては、製作中に検査を行う。
 ウ) 判定基準は、つぎに示す各号に適合する場合これを合格とする。
- 機器外面に有害なヘコミや傷がなく、スパッタ等の付着物がないこと。
 - 溶接部に、溶け込み不良、割れ、アンダーカット等の有害な欠陥がなく、溶接ビードが揃っていること。

(2) 寸法検査

ア) 各機器および附属する配管の主要部について、寸法検査を行う。

イ) 検査は JIS 1 級以上検定ずみの適当な測定器を用いて行うものとし、機器の完成時に検査ができないものについては、製作中に検査を行う。

測定箇所はつきのとおりとする。

(i) 円筒形のものは両端付近で径を各々直角 2 方向で測定する。厚さは素材の場合上、下各 1 ケ所、加工部分については上、下各 2 ケ所を測定する。

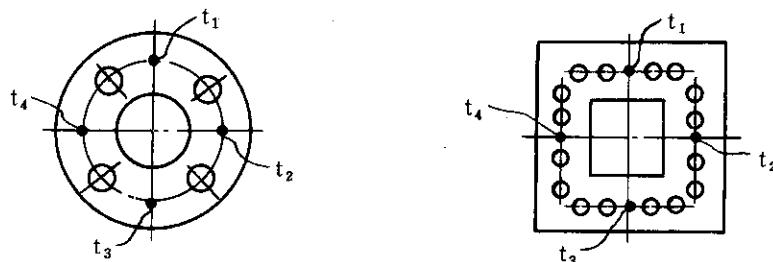
(ii) 箱形のものは、内側を上、下の中心位置で両端部と中央の計 3 ケ所を測定する。

厚さは両端部片側各 1 ケ所計 2 ケ所を測定する。

(iii) フランジの内、外径は、直角 2 方向を測定する。

外形寸法、全長（高さ）は各 1 ケ所を測定する。

フランジの厚さはボルト中心円周上で対向する 2 ケ所について計 4 ケ所を測定する。



ガス置換用パイプは外径を 1 ケ所測定し、厚さは現品について測定が不能のため同一素材の厚さ 2 ケ所を測定し、代行するものとする。

ウ) 判定基準はつぎに示す方法で定めた許容公差内にある場合、これを合格とする。

(i) フランジを除く素材、缶体板厚の許容差は素材検査対象部材（ミルシート付のもの）で加工を行わないものについては JIS 公差、加工を行うものについては原素材の巾及び径を、仕上り材の寸法の素材の巾及び径に置き替えた素材としての JIS 公差とする。

(ii) 面間寸法の許容差はすべて製缶普通公差とする。

(iii) 隙間の許容差（ドアーバルブ部）は +1, -0.5 とする。

(iv) 鋳造品（鉛）の許容差は +3, -0 とする。

(v) 組立寸法の許容差は製缶普通公差に準拠し、適宜設定する。

(vi) パスケットのストロークの許容値は ±10 とする。

(vii) ガス置換用パイプの曲げ角度の許容値は ±2° とする。

(viii) フランジ厚さについては、すべて個々に承認図に公差を記入する。

但しプラス側は使用板厚迄、またマイナス側は強度ならびに遮蔽上許容される寸法までとし、この場合の最大値は -1.5 までとする。

4.3.6 単体作動試験

ア) 本装置はつぎに示す作動試験を行う。

- 駆動試験
- シーケンスインターロック試験
- 模擬ハンガロッドおよび模擬仕切管切断試験
- 電気機器試験

イ) 試験はいずれも電気的に模擬信号を入れるか、模擬試料による荷重をかけることで条件を設定し、各機器の作動を確認する。

また電気機器試験は、使用される電気品について絶縁抵抗試験および耐電圧試験を行うものである。

ウ) 判定基準は、電気機器試験については JEM 1097 第 4.8 項および第 4.9 に準じ、その他の試験については所定の性能を満足する場合はこれを合格とする。

4.3.7 γ 線漏洩試験

ア) 本装置でフランジ等の局所の放射線ストリーミングが問題となる部分について、 γ 線漏洩試験を行う。

イ) 線源は放射線透過試験用線源を用い、試験の実施に際しては作業員の被曝管理に留意するものとする。

試験の方法はつぎのとおりである。

(i) 線源

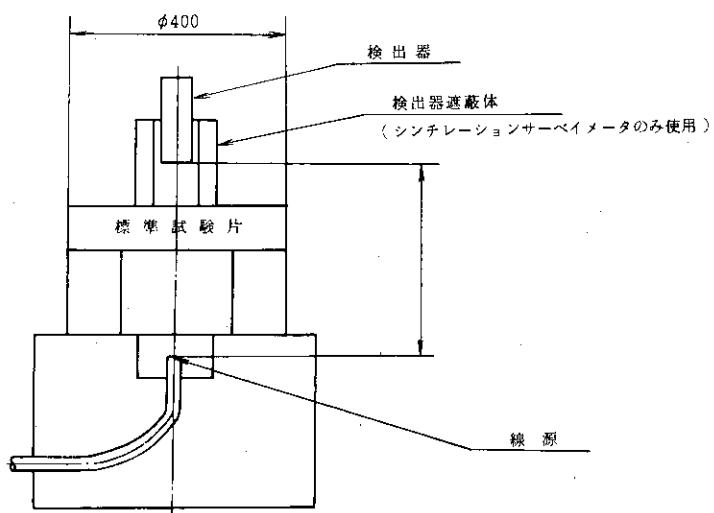
^{60}Co 約 5 Ci

(ii) 測定器

GM サーベイメータ、シンチレーションサーベイメータ、電離箱型サーベイメータ

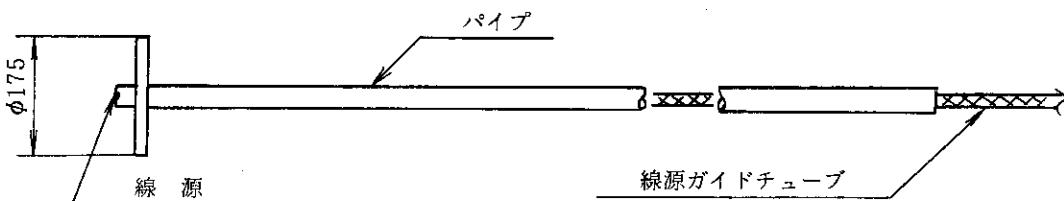
(iii) 標準試験片の測定

実機の測定に先立ち、線量率—遮蔽厚の関係を知るために、下図に示すような標準試験片を用いて予備計測を行う。標準試験片は 100~240 mm までの種々の厚さについて測定し、結果を「較正曲線」にまとめる。



(IV) 実機の測定

試料交換機の各機器の内部所定位置に、下図に示す治具を用いて線源を固定し、ストリーミングが問題となる箇所の線量率を順次測定する。線量率の測定は、同一点で一定時間間隔に5回行い算術平均する。



ウ) 判定基準は、線量率と遮蔽厚の関係を得るために、標準試験片にて得られた「較正曲線」からグラフ読み取る線量率を求め、つきの式より定める判定基準値以下である場合これを合格とする。

燃料横方向ストリーミングに対して

$$(\text{グラフ読み取る線量率}) \times \frac{r_0^2}{r^2} \times \frac{500 \text{ mrem/hr} - (\text{計算線量率})}{(\text{計算線量率})} \div 0.048 T$$

燃料軸方向ストリーミングに対して

$$(\text{グラフ読み取る線量率}) \times \frac{r_0^2}{r^2} \times \frac{500 \text{ mrem/hr}}{(\text{計算線量率})}$$

ここに

(グラフ読み取る線量率)：遮蔽計算における鉛相当厚さでの標準試験片較正曲線から読み取った線量率 (mrem/hr)

r_0^2/r^2 ：標準試験の計測点と線源間距離 (r_0) と実際の機器での距離 (r)との違いによる補正

500 mrem/hr：ストリーミングによる機器表面線量率許容値

(計算線量率)：遮蔽計算による機器表面線量率 (mrem/hr)

0.048：計算点横の線源 1 cm 当りによる線量率の表面線量率に対する寄与の割り合い

T : ストリーミングに寄与する OGL-1 試料燃料長さ (cm)

4.3.8 気密漏洩試験

ア) 試料交換機は、各機器単体および組合せた状態で気密漏洩試験を行う。

イ) 検査方法は、設計圧力の 1.5 倍の窒素ガスを用いた圧力降下法とし、試験時間は 3 時間とする。圧力降下量は水銀マノメータにより測定し、つきに示す式を用いて漏洩率 L を算出する。

$$L = \frac{1}{H} \left\{ \frac{(P_1 + \rho h_1) T_2 - (P_2 + \rho h_2) T_1}{(P_1 + \rho h_1) T_2} \right\} \times 100 (\%/\text{hr})$$

ここに

H : 測定時間 (hr)

P : 大気圧 (kg/cm²)

h : 水銀柱高さ (cm)

ρ : 水銀の密度 (kg/cm^3)

T : 缶体温度 (K)

添字 1 は測定開始時、添字 2 は測定終了時を示す。

ウ) 判定基準は漏洩率の許容値 5 v/o/日 (0.208v/o/hr)に測定による誤差を考慮してつぎの値を満足する場合これを合格とする。

$$L \leq 0.123 \text{ v/o/hr}$$

4.3.9 総合機能試験

総合機能試験は、OSTS の各機器を実際に組合わせて OGL-1 で照射された試料を交換し、OSTS が所定の性能を有することを確認するものである。この際、あわせて放射線遮蔽試験を行うものとする。

(1) 組合せ作動試験

ア) OGL-1 照射済試料交換に際して、本装置の各機器を必要に応じて組合せ、作動試験を行う。

イ) 試験の方法は、通常の試料交換手順に準じて作業を行ない、各機器が所定の性能を有することを確認する。

ウ) 判定基準は、試料交換作業中所定のインターロックが正常に作動し、各機器が仕様通り作動し、試料交換が支障なく行われる場合、これを合格とする。

(2) 放射線遮蔽試験

ア) 本装置の遮蔽設計が満足されていることを確認するために、放射線遮蔽試験を行う。

イ) 線源は OGL-1 性能試験に使用した照射済材料試料を用い、試験の実施に際しては作業員の被曝管理に充分留意するものとする。

ウ) 判定基準は、照射済燃料試料相当で機器表面 100 mrem/hr 以下、機器表面より 1 m 離れて 10 mrem/hr 以下の場合はこれを合格とする。

4.4 検査結果

検査はいずれも良好な結果を示した。しかし、これらの検査には必ずしも一般的でないものも含まれているので、今後の参考に検査結果の概要を示す。

4.4.1 鉛充填検査

鉛充填検査は、鋳込鉛のかさ比重を測定するものである。

4.3.3 項に示される式から推定できるように、鉛充填部の容積 V_0 が測定値に最も影響を与える。 V_0 は、鉛充填部に水道水を満しその重量を水の比重 (≈ 1) で除して得られるが、遮蔽扉の弁閉子のように総重量が数十キログラム程度になると、秤量の精度から有効数字が三桁程度になるので最小桁の読み次第で判定基準を割る場合も生じる。とくに V_0 の測定に用いる水に粘性があるので、鉛充填部上面を水平に保ち且つその上面いっぱいまで水を充填することが必ずしも容易でない。

また、遮蔽設計上缶体外周部に鋳込時の鉛縮み代を考慮したり、鋳込時のスラグ巻込、ス、ボイド、打継ぎ部のき裂等を懸念したが、実際の鋳込み面を観察した結果、今日の鋳込技術ではこのような欠陥が生じる可能性は少ないように思われた。

鉛充填検査結果を Table 4.2 に示す。

Table 4.2 Apparent Density of the OSTs Components for Shielding

	Apparent density (g/cc)
Loading cask	
Upper part	11.17
Lower part	11.30
Gate valve	11.31
Duct with temporary shielding block	
Body	11.24
Shielding ring	11.30
Cutting device	
Body	11.27
Container #1	
Body	11.29
Gate valve (U)	11.29
(L)	11.16
Container #2	
Body	11.14
Gate valve (U)	11.19
(L)	11.29

4.4.2 γ 線漏洩試験

γ 線漏洩試験は、較正された γ 線源（コバルト 60）を用いて装置各部に過大な γ 線漏洩がないかを検査するものであり、検査方法としては新しいものではない。しかし、この検査では 4.3.7 項で述べたとおり標準試験片により較正された遮蔽厚さ一線量率の関係を用いて、設計遮蔽能力を満足しているかどうかを確認する点がこれまでの検査と異っている。このため明確な判定基準を設ける必要があったが、このためには遮蔽設計で用いた「線線源」に対する許容値を γ 線漏洩試験用の「点線源」と等価におき直す必要がある。こうして定められたのが 4.3.7 項の判定基準である。

評価点での線量率は線線源各部からの寄与の積分値として求められていることから容易に推定されるように、これを点線源で考える場合、線源の総キュリー数が同等であれば後者の方が高い線量率を与える。さらに試料移動中のストリーミングに対する許容値を一般部位の 5 倍の線量率まで許していることから、判定基準値が相対的に大きいことがある。

判定基準値、試験の結果および測定位置を Table 4.3 および 4.4 に示す。この試験は遮蔽計算の結果を検証するものではないが結果は設計値と比較的よい対応を示し設計の妥当性を証明した。

4.4.3 単体作動試験

単体作動試験は、装置の計装ならびに作動状況の確性を検査するものである。

試験の結果、計装および作動状況はいずれも正常であることが確認されたが、試験中、使用した模擬試料の黒鉛ビスが試料取出しキャスクの移動とともに搖動で欠損を生じ脱落した。最悪の場合遮蔽扉内にかみ込む可能性もあり、放射線防護上好ましくないので、ビスの材料を黒鉛からハステロイ-Xに変更するよう試料設計で考慮するとともに、試料は取出しキャスク格納中は遮蔽扉上に着座させて搖動を防止するよう作業手順を変更した。

このため、位置指示や遮蔽設計で再評価を行い他に支障のないことを確認した。

4.4.4 気密漏洩試験

気密漏洩試験は、装置の気密性を検査するために内圧をかけて漏洩率を測定するものあり、通産省等の規格に定める耐圧試験とは主旨を異にする。

試験は3時間の測定結果を一日の漏洩率に換算するので、その妥当性が評価された。試料取出しキャスクを被試験体として1時間毎に圧力のデータを採取し、各々の時刻で3時間毎の漏洩率を計算した。結果は Fig. 4.1 2 に示すとおり妥当なバラツキの範囲におさまったが、外気温度変化に対する缶体温度変化の追従遅れによる誤差が結果に無視できない影響を与えることが判った。このため試験は温度条件の比較的安定した時刻を選んで行った。

また 4.3.8 項に示すとおり、判定基準には測定時の観察に起因する誤差を結果が厳しい評価となるように見込んでいるが、これは温度 0.0 5 °C、マノメーター水銀柱 0.5mm の誤差に相当し、計器最小目盛の 1/2 相当である。

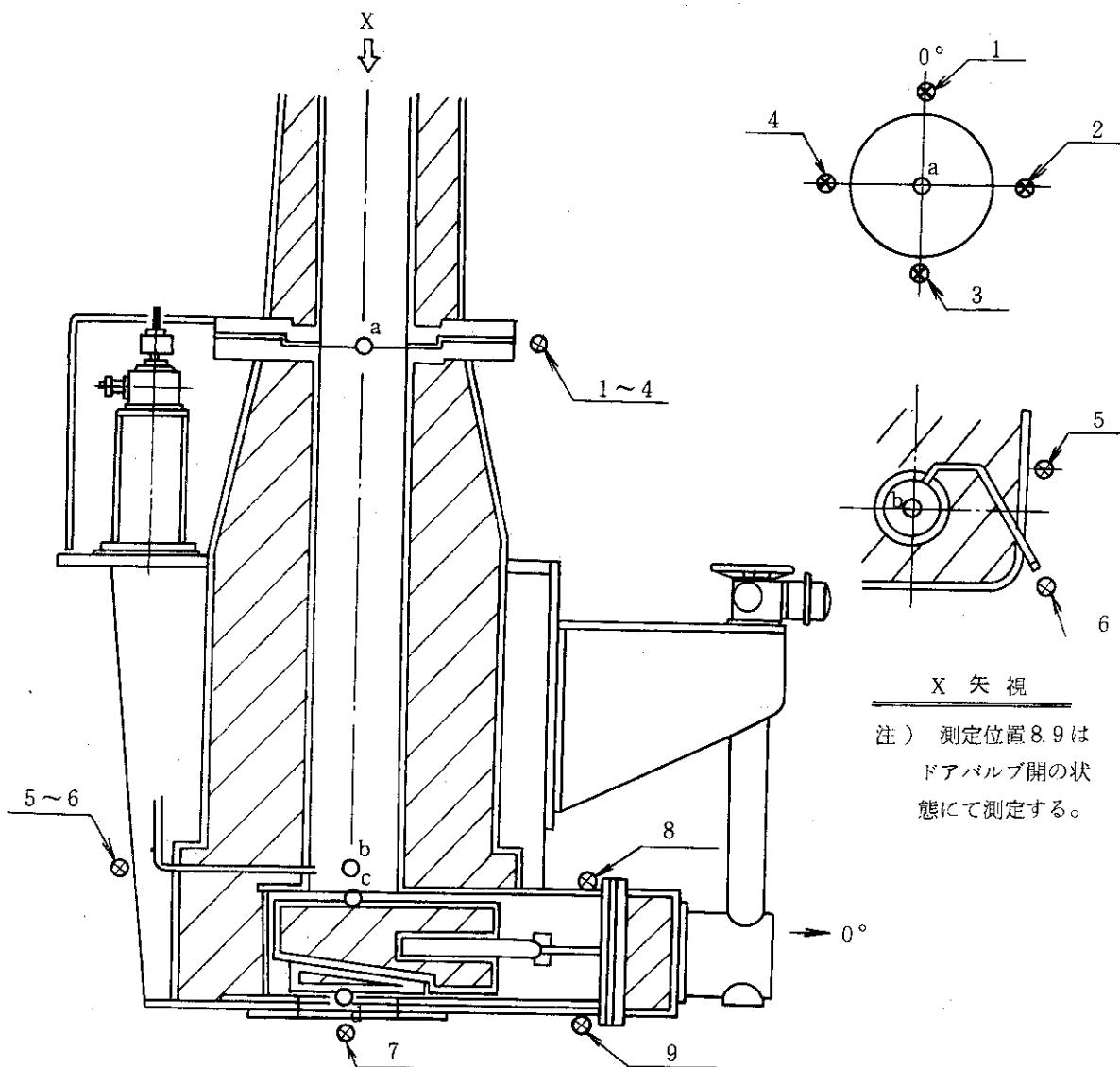
漏洩試験の結果を Table 4.5 に示す。

4.4.5 総合機能試験

総合機能試験は、照射済試料を用いて一連の試料交換作業を行い、OSTS全システムの性能を確認するものである。試験では、装置の作動および遮蔽性能を確認した。

遮蔽試験では、試料の格納時および移動時について γ 線量率測定を行い、いずれも満足すべき結果を得た。とくに、線源移動時に避けられない局所ストリーミングがきわめて短時間で、線量率も一般部位の5倍程度（シールドプラグダクト部）が最大であることが確認された。

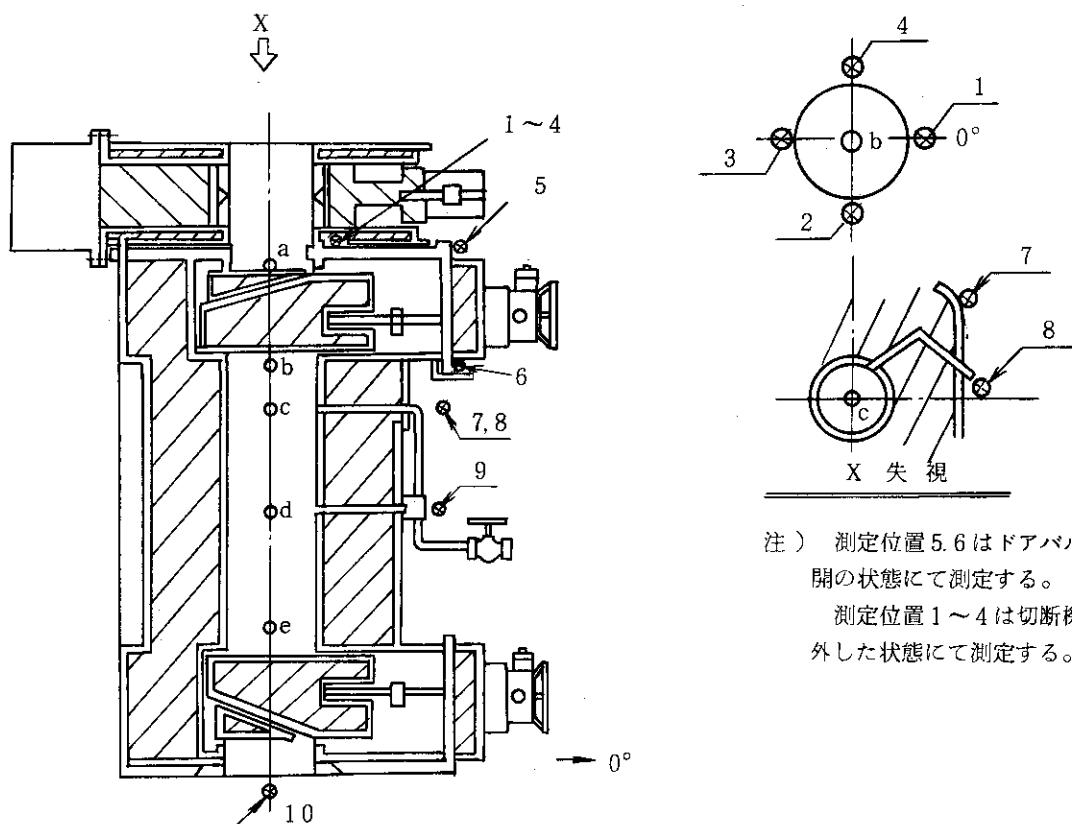
結果を Fig. 4.1 3 に示す。

Table 4.3 Dose Rate of the OSTs Loading Cask due to Streaming γ -ray

X 矢 視
注) 測定位置 8,9 は
ドアバルブ開の状
態にて測定する。

I : 電離箱式サーベイメータ
S : シンチレーションサーベイメータ
G : GMサーベイメータ

測定位置	線源位置	鉛相当遮蔽厚	グラフ読取 線量率	補正項 A		補正項 B		補正項 C T	A×B C	判定値 mr emph	測定値 mr rem/h	測定器		
				r_0	r	ν_1^2	計算線量率 B							
1	a	132 mm	32.0	400	400	1.0	28	1685	3.2 cm	0.154	109	3480	8.5	I
2	a	132	32.0	400	400	1.0	28	1685	32	0.154	109	3480	8.9	I
3	a	132	32.0	400	400	1.0	28	1685	3.2	0.154	109	3480	88	I
4	a	132	32.0	400	400	1.0	28	1685	3.2	0.154	109	3480	9.3	I
5	b	223	0.137	400	430	0.87	67	646	20	0.096	58.5	8.01	0.0170	S
6	b	223	0.137	400	430	0.87	67	646	20	0.096	58.5	8.01	0.0074	S
7	b	215	0.340	400	400	1	90	556		556	189	0.39	G	
8	c	122	56.5	400	500	0.64	43	10.63	4.3	0.206	33.0	1860	4.7	G
9	d	137	23.7	400	500	0.64	28	1686	8.5	0.408	264	625	29.1	G

Table 4.4 Dose Rate of the OSTs Container and Cutting Device due to Streaming γ -ray

注) 測定位置 5.6 はドアバルブ
開の状態にて測定する。
測定位置 1 ~ 4 は切断機を
外した状態にて測定する。

S ; シンチレーションサーベイメーター
G ; GMサーベイメーター
昭和46年7月27日 10Ci Ri 協会検定
使用線源；昭和51年10月7日 489 Ci

測定位置	線源位置	測定器	鉛相当 遮蔽厚	グラフ読取 線料率	補正項 A			補正項 B 計算 線量率	補正項 C B T 0.048	$A \times B$ C	判定値 mr em/h	測定値 mr em/h		
					r_0	r	r_0^2/r							
1	b	G	215mm	0.337	400	370	117	93	5.38	/	629	211	0.029	
2	b	G	215	0.337	400	370	117	93	5.38	/	629	211	0.36	
3	b	G	215	0.337	400	370	1.17	93	5.38	/	629	211	11	
4	b	G	215	0.337	400	370	117	93	5.38	/	629	211	0.17	
5	a	G	215	0.337	400	565	0.501	18	26.78	9.2	0.442	304	102	0.080
6	b	G	223	0.216	400	565	0.501	67	6.96	39.	0.187	173	373	0.20
7	c	S	223	0.136	400	430	0.87	67	6.46	2.0	0.096	58.5	795	B.G
8	c	S	223	0.136	400	470	0.72	67	6.46	2.0	0.096	48.5	659	0.043
9	d	S	223	0.136	400	424	0.88	67	6.46	0.6	0.0288	200	272	0.0094
10	e	G	215	0.337	400	360	123	90	5.56	/	684	230	0.21	

Table 4.5 Leak Rate of the OSTs Components

Component	Leak rate (v/o/Day)
Loading cask	-1.93
Dust with temporary shielding block	+0.62
Cutting device	-0.24
Container	-1.20
Loading cask +	+0.16
Duct with temporary shielding block	
Loading cask +	
Cutting device +	-0.96
Container	

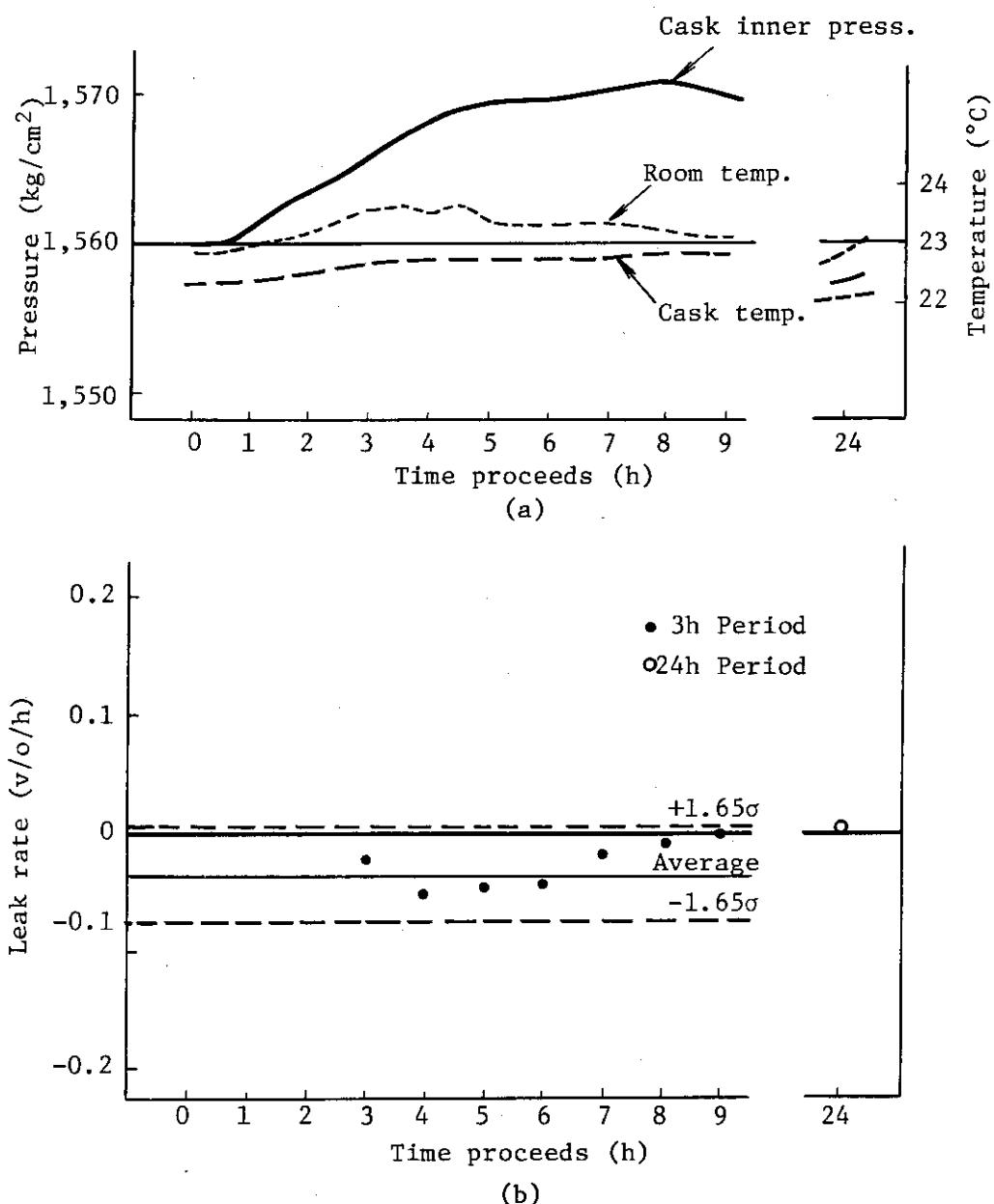


Fig. 4.12 Leak rate variation due to test period

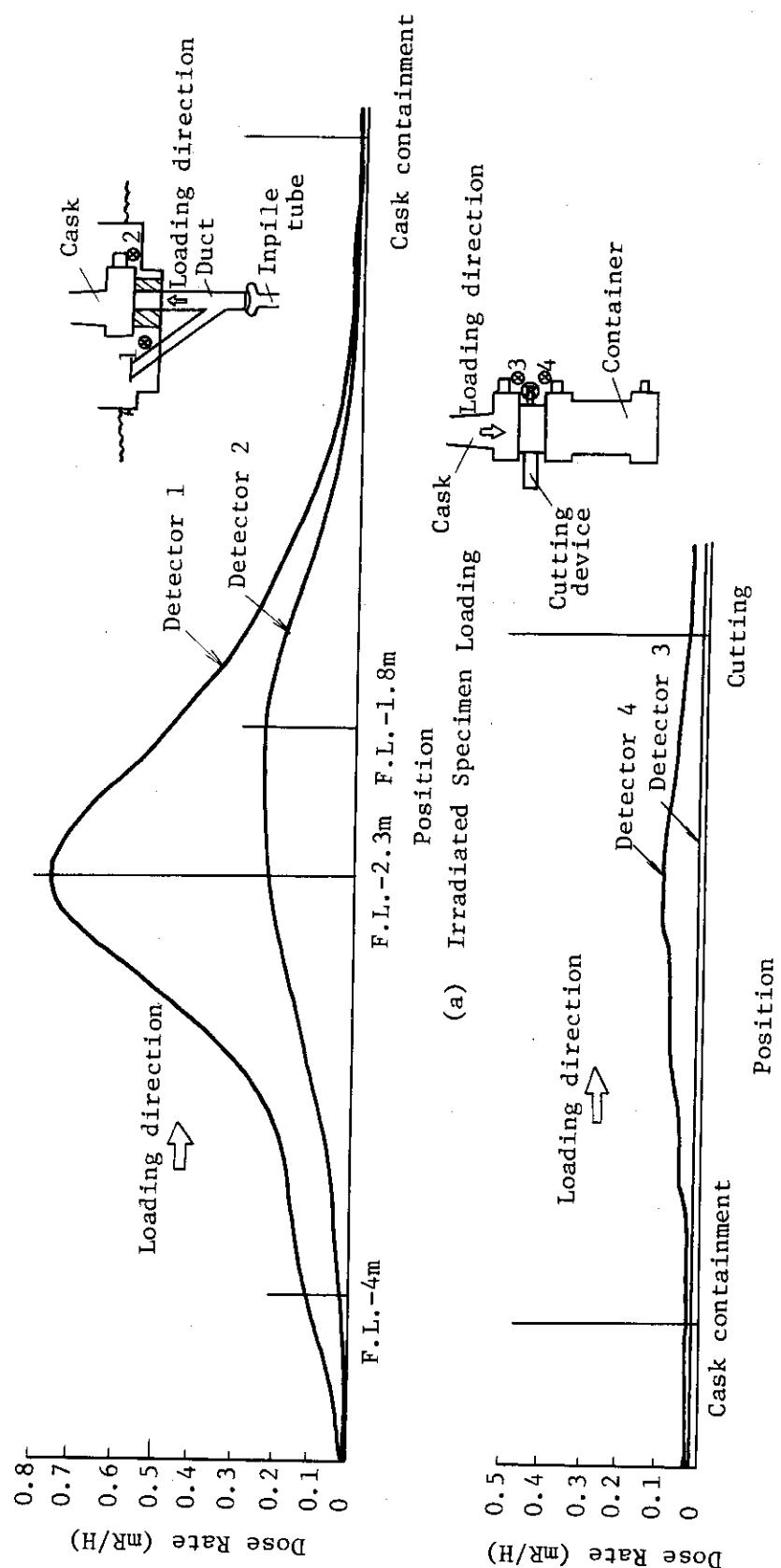


Fig. 4.13 Results of the shielding test with the OGL-1 Irradiated specimen as a γ -source

5. 試料交換作業

OSTS による試料交換作業は、試料の照射条件（照射期間）にもよるがほぼ年一回、JMTTR が長期間運転を休止する夏のオーバーホール時期にのべ 10 日間を費して行われる。

作業内容ならびに OSTST で取扱われる機器については 2.1 節で詳しく述べた。ここでは、OSTS を用いて行われる試料交換の代表的なパターンについて、その手順の詳細を述べる。

5.1 試料交換の概要

OGL-1 の試料交換作業は、大別してつぎの作業に区分できる。

(1) 照射済試料の取出し

照射済試料を炉内管内から取り出し、切断し、試料輸送器内に格納し、一方切断後のハンガーロッドをカナル内へ廃棄する一連の作業である。使用済仕切管の取出しもこの作業に準じる。

(2) 照射済試料の冷却および移送

切断後試料輸送器内に格納された照射済試料は、短半減期核種の減衰を目的として最低 3 ヶ月間冷却された後、試料輸送器に格納されたままホットラボへ移送される。ホットラボではセル天井からセル内へ試料を吊下し、その後の試料解体作業に引き継がれる一連の作業である。

(3) 未照射試料の挿入

未照射試料を炉室吹抜けピット内で組立て、炉内管内へ挿入しつぎのサイクルの OGL-1 運転に備える一連の作業である。炉内管供用期間中検査装置の炉内管内挿入および取出しならびに新仕切管の炉内管内への挿入もこの作業に準じる。

5.2 照射済試料の取出し

照射済試料の取出し作業で使用する機器はつぎのとおりである。

- ア) 試料取出しキャスク
- イ) シールドプラグダクト（渡り板、仮シールドプラグを含む）
- ウ) 試料輸送器
- エ) 試料切断機（ボアスコープ、油圧ポンプを含む）
- オ) 専用吊具
- カ) ハンガーロッド収納容器
- キ) 遮蔽スリーブ
- ク) サーモカップルカバー
- ケ) 遮蔽衝立（必要に応じて）
- コ) 炉室天井クレーン

これらの機器を適宜組合せて使用する。ハンガーロッド収納容器および遮蔽スリーブはハン

ガーロッドのカナル内廃棄の際に用いられるものであり、前者はハンガーロッドを直接カナル水に触れさせないための容器であり、後者は試料取出しキャスクの底部に装着されてカナルと試料取出しキャスク間のストリーミングを防止するものである。またサーモカップルカバーは、炉内管頂部のグレイロックを開いた後炉内管頂部フランジ内に装着し、計装用熱電対を試料の移動による損傷から守るためのものである。

作業場所、使用機器および作業の流れを Fig. 5. 1(1), Fig. 5. 3, 5. 4 および 5. 5 に示す。また作業手順を Fig. 5. 2(1) に、同チェックリストを Table 5. 1 に示す。

5. 3 照射済試料の冷却および移送

照射済試料の冷却および移送作業で使用する機器はつきのとおりである。

- ア) 試料輸送器
- イ) 排気およびガススイープ装置
- ウ) 移送用アダプター
- エ) 専用吊具
- オ) 遮蔽衡立（必要に応じて）
- カ) キャスク台車
- キ) 炉室およびホットラボ天井クレーン

これらの機器を適宜組合せて使用する。排気およびガススイープ装置は試料輸送器内の減圧またはガススイープするための装置であり、必要に応じて試料輸送器内の空気をチャコールフィルターを通して JMTR 第 2 排気系へ放出する。また移送用アダプターは試料輸送器をキャスク台車に据えつけるための座である。

作業場所、使用機器および作業の流れを Fig. 5. 1(2) に示す。また作業手順を Fig. 5. 2(2) に、同チェックリストを Table 5. 2 に示す。

5. 4 未照射試料の装荷

未照射試料の装荷作業で使用する機器はつきのとおりである。

- ア) 試料取出しキャスク（必要に応じて）
- イ) シールドプラグダクト（渡り板、仮シールドプラグを含む）
- ウ) 専用吊具
- エ) サーモカップルカバー
- オ) 吹抜けピットホルダー
- カ) 炉室天井クレーン

これらの機器を適宜組合せて使用する。吹抜けピットホルダーは炉室一階の吹付けピット内に据えつけられ、未照射試料をこのホルダー内に保持して試料取出しキャスク内への吊込みを容易にするためのものである。

作業場所、使用機器および作業の流れを Fig. 5. 1(3) に示す。また作業手順を Fig. 5. 2(3) に、同チェックリストを Table 5. 3 に示す。

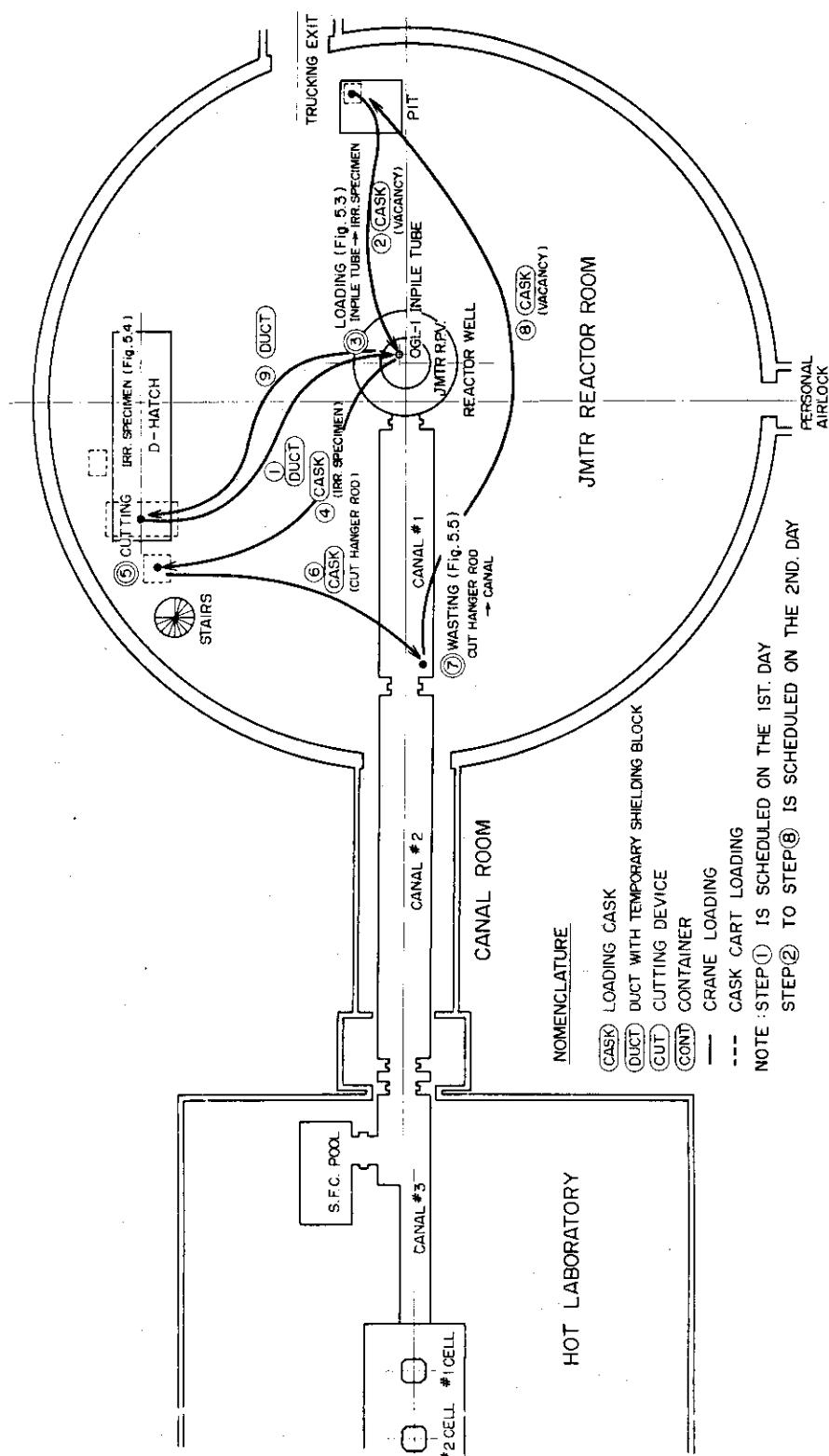


Fig. 5.1(1) Flow Diagram of OGL-1 Specimen Transfer Work - IRR. SPECIMEN LOADING & WASTING -

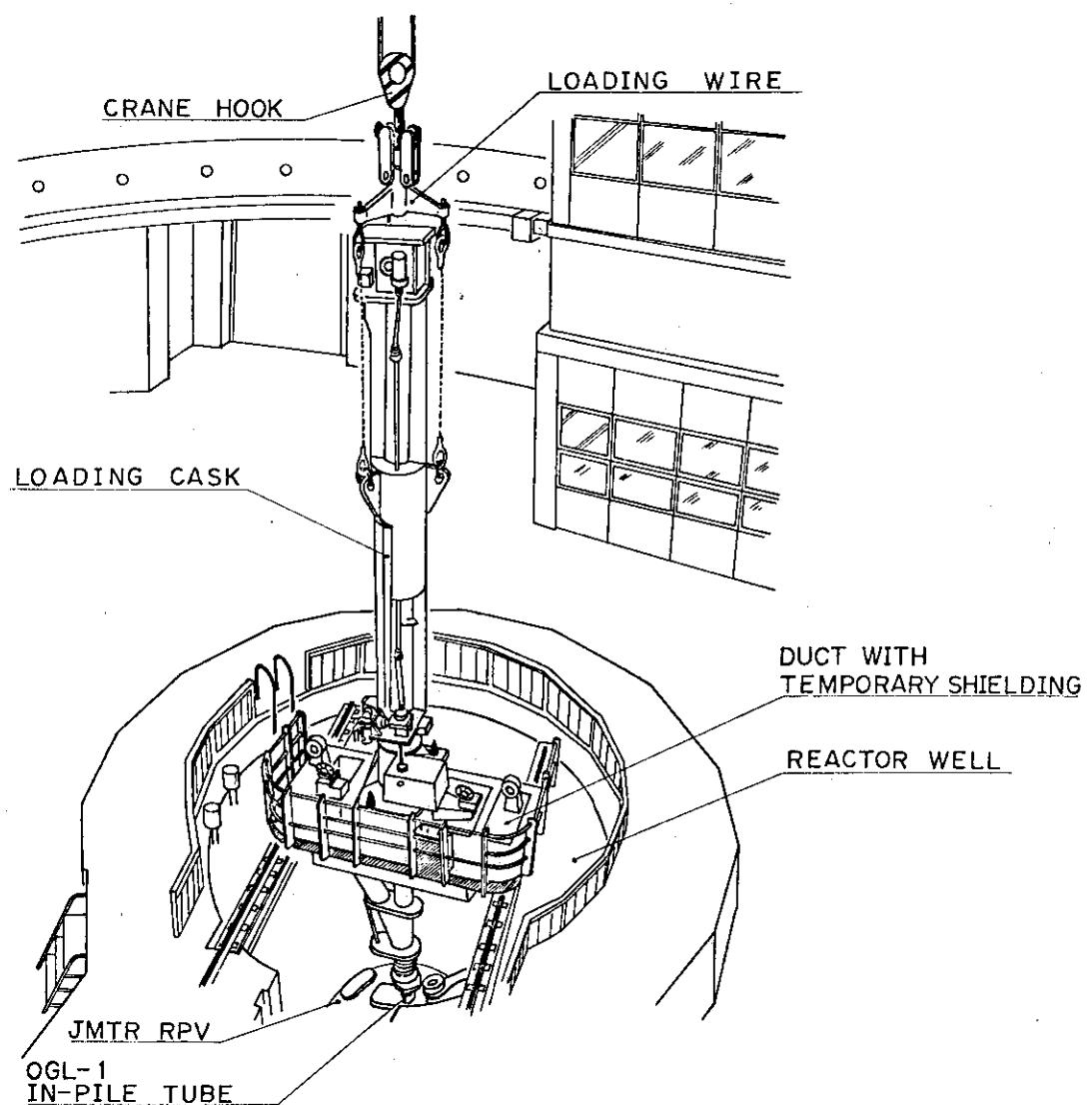


Fig. 5.3 Perspective View of OGL-1 Specimen Transfer System (I.S.I. & Specimen Exchange)

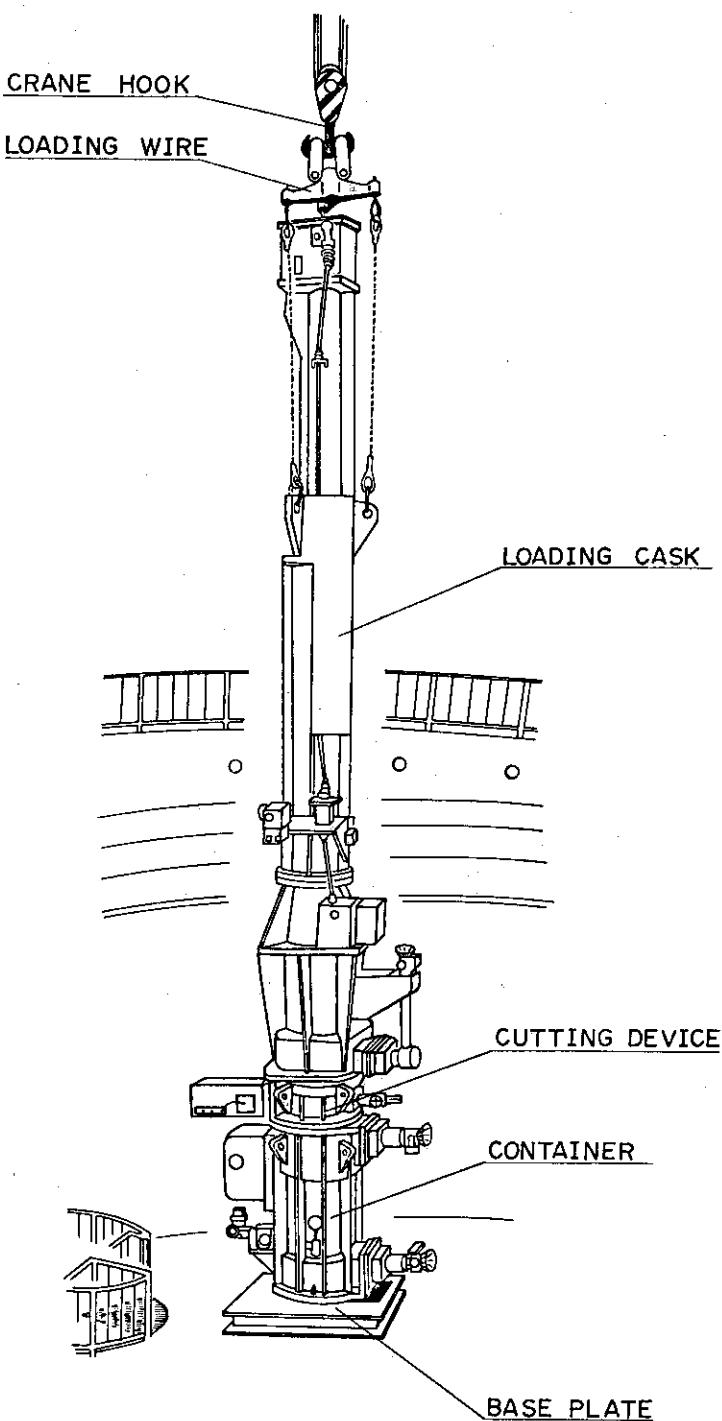


Fig. 5.4 Perspective View of OGL-1 Specimen Transfer System
(Cutting Work)

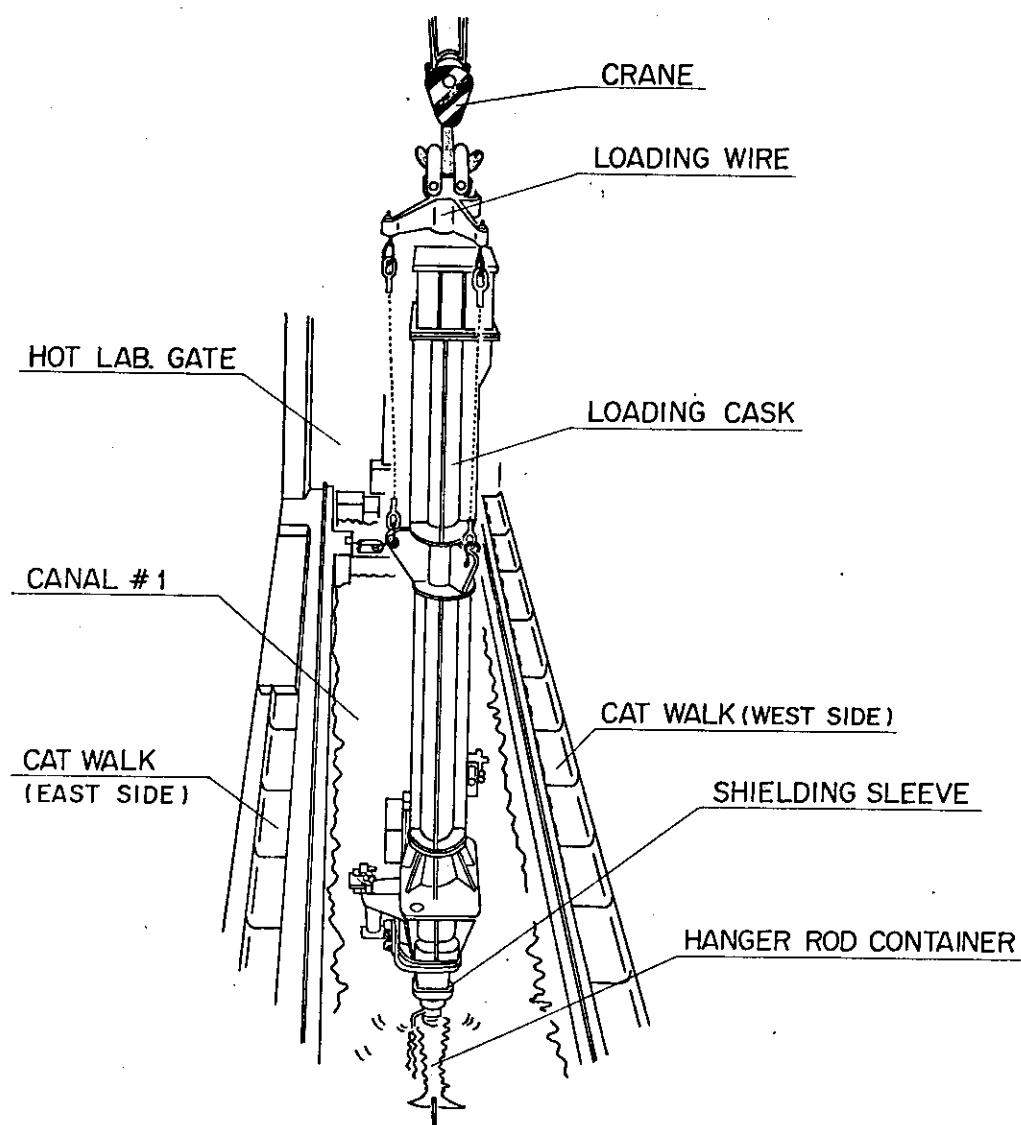


Fig. 5.5 Perspective View of OGL-1 Specimen Transfer System
(Hanger Rod Wasting Work)

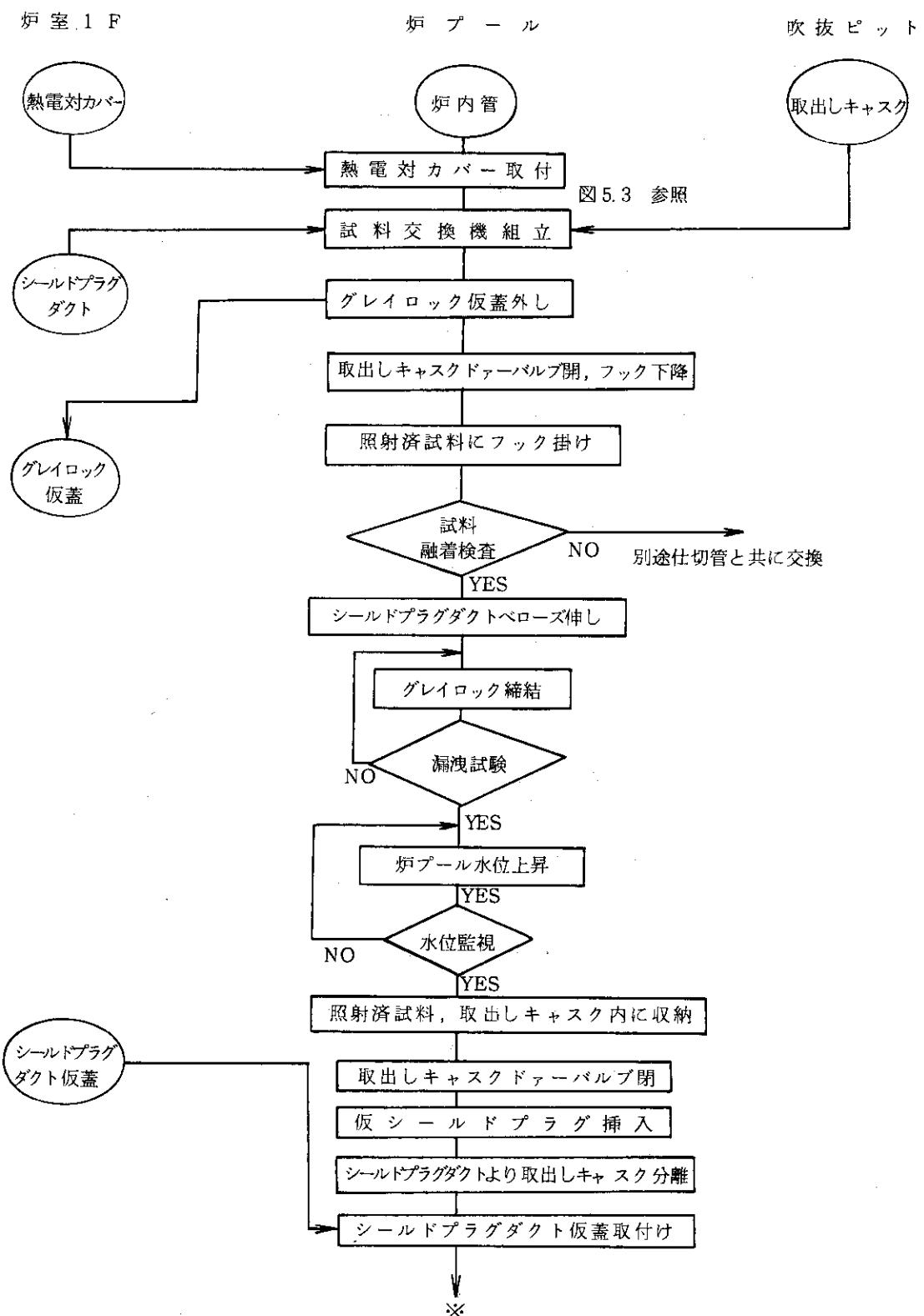


Fig. 5.2(1) OGL-1 Irradiated Specimen Exchange

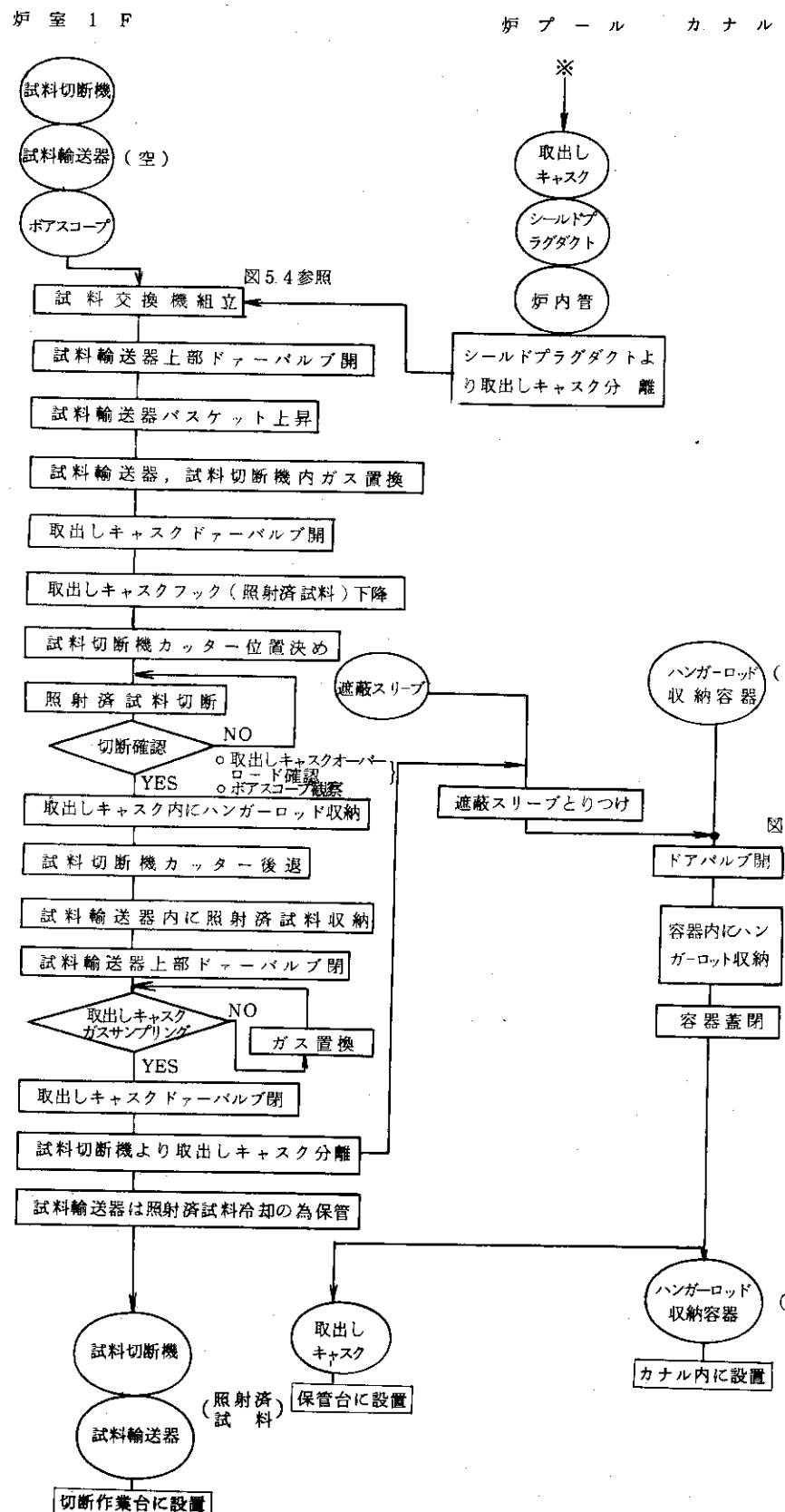


Fig. 5.2(1) Continued

Table 5.1 OGL-1 Irradiated Specimen Exchange

*Fig.5.1(1)に対応する。

STEP *	作業項目	場所	備考
	1. 一次系内FP濃度確認。 2. 一次系のガス排気確認。 3. RPVフラッシング。 4. G,L付近ガスモニタリング。 5. G,Lを外す 6. G,L内面汚染検査。	CP 炉上	並行してハンガーロッド収納容器カナルにセント スタンクガスマニタリング確認 G,L「閉」
	7. 仕切蓋浮上り防止取外し。(ビニール養生する) 8. T/Cコネクターを外す。スリーブ部より切断。 9. T/C保護カバー取付。	R.P.V	
	10. 炉内管用仮蓋取付。	GL:炉内管ブレイロックフニンジ	
	11. 30Tクレーンにシールドプラグダクト吊具装着。 12. シールドプラグダクトに吊具セット。 13. ベローが収縮状態であること確認。 14. レールクランプ「開放」。		シールド プラグダクトセ ット
1	15. 吊上げ炉上へ移動。 16. レール台マークに合わせセット。 17. レールクランプ締付 18. 渡り板取付 19. 吊具交換(シールドプラグダクト用保管、取出キースク用装着)	炉上 1F	取出 キースクセ ット
	20. 取出キースクに吊具をセット。 21. 保管用固定ボルト、サポートアーム取外し。	B2・3F	
2	22. 吊上げ、炉上へ移動。 23. 取出キースク、シールドプラグダクトのビニール養生取外し。 24. ガイドピンと合わせセット(吊具が緩まない程度)。 25. 電源ケーブル、制御ケーブル接続。 26. 操作盤電源「入」 27. 炉内管用仮蓋取出し、新2次シールリング装着。	炉上 1F	試 料 取 出
	28. ドアバルブ「開」。 29. 取出キースクフック「下降」 30. 試料アイボルトにフックをかける。	炉上 R.P.V	
	31. 寸動にて約100m/m あげ融着のこと確認。		

Table 5.1 OGL-1 Irradiated Specimen Exchange (Continue)

STEP *	作業項目	場所	備考	
3	32. ベロー伸し, GL 締付。	R.P.V	試 料 切 断 ボアスコープにより観察 ガス置換	
	33. GL 締付確認。リーク検出系より真空引。	炉廻り		
	34. 炉プール水位上昇, 作業水位→N.W.L.			
	35. 試料収納 取出キャスクフック「上昇」	炉上		
	36. 収納後表面線量率測定。			
	37. ドアバルブ「閉」後, 手動ハンドルにてフック「オフロード」まで下げ。			
	38. 収シールドプラグ挿入・シールドプラグダクトフック「下降」。			
	39. 取出キャスク電源「切」ケーブル取外し。			
	40. 取出キャスク吊上。			
	41. 底面汚染検査(取出キャスク, シールドプラグダクトビニール養生)			
4	42. 切断機上へ移動			
5	43. 切断機収上蓋, 取出キャスク養生取外し。	1F	ボアスコープにより観察 ガス置換	
	44. ガイドピンに合わせセット。			
	45. 電源ケーブル, 制御ケーブル, 油圧ホース接続。			
	46. 電源「入」。			
	47. 輸送器上部ドアバルブ「開」。			
	48. パスケット「上昇」……切断位置。			
	49. 位置決めロッド 0m/m, 刃後端確認。			
	50. 取出キャスク手動ハンドルにてフック「上昇」上端まで。			
	51. 取出キャスクドアバルブ「閉」。			
	52. 収出キャスクフック「下降」……切断位置で停止。			
	53. 位置決めロッド 7.5m/mまで前進。			
	54. 油圧ポンプ「起動」。			
	55. カッタ「切断」「切断完了」点灯			
6	56. 収出キャスクフック「上昇」オーバーロードがないこと。	カナル	ハンガロッドの保管	
	57. カッタ「後退」後油圧ポンプ停止。			
	58. 位置決めロッド 0m/mまで後退。			
	59. パスケット「下降」……収納位置。			
	60. 輸送器上部ドアバルブ「閉」。			
	61. 収出キャスク, 切断機内ガス置換。			
	62. 収出キャスクドアバルブ「閉」。			
	63. 各操作盤電源「切」各ケーブル取外し。			
	64. 収出キャスク吊上, 接続部汚染検査。			
	65. 収出キャスク, 遮蔽スリーブ取付, ビニール養生。			
	66. ハンガーロッド収納容器へ移動。芯出し。			
7	67. 電源ケーブル接続。			
	68. ビニール養生取外し。			
	69. ドアバルブ「開」; 操作盤側面の「バルブロック解」。			
	70. サーベイしながらフック「下降」。			
	71. アイボルトからフックを取り外す。			
	72. フック「上昇」, ドアバルブ「閉」			
	73. ビニール養生。			
8	74. 電源「切」, ケーブル取外し。			
	75. 収出キャスク移動。			
9	76. ハンガーロッド収納容器蓋閉, 定位置へ保管。			
	77. シールドプラグダクト移動架台上へ保管			

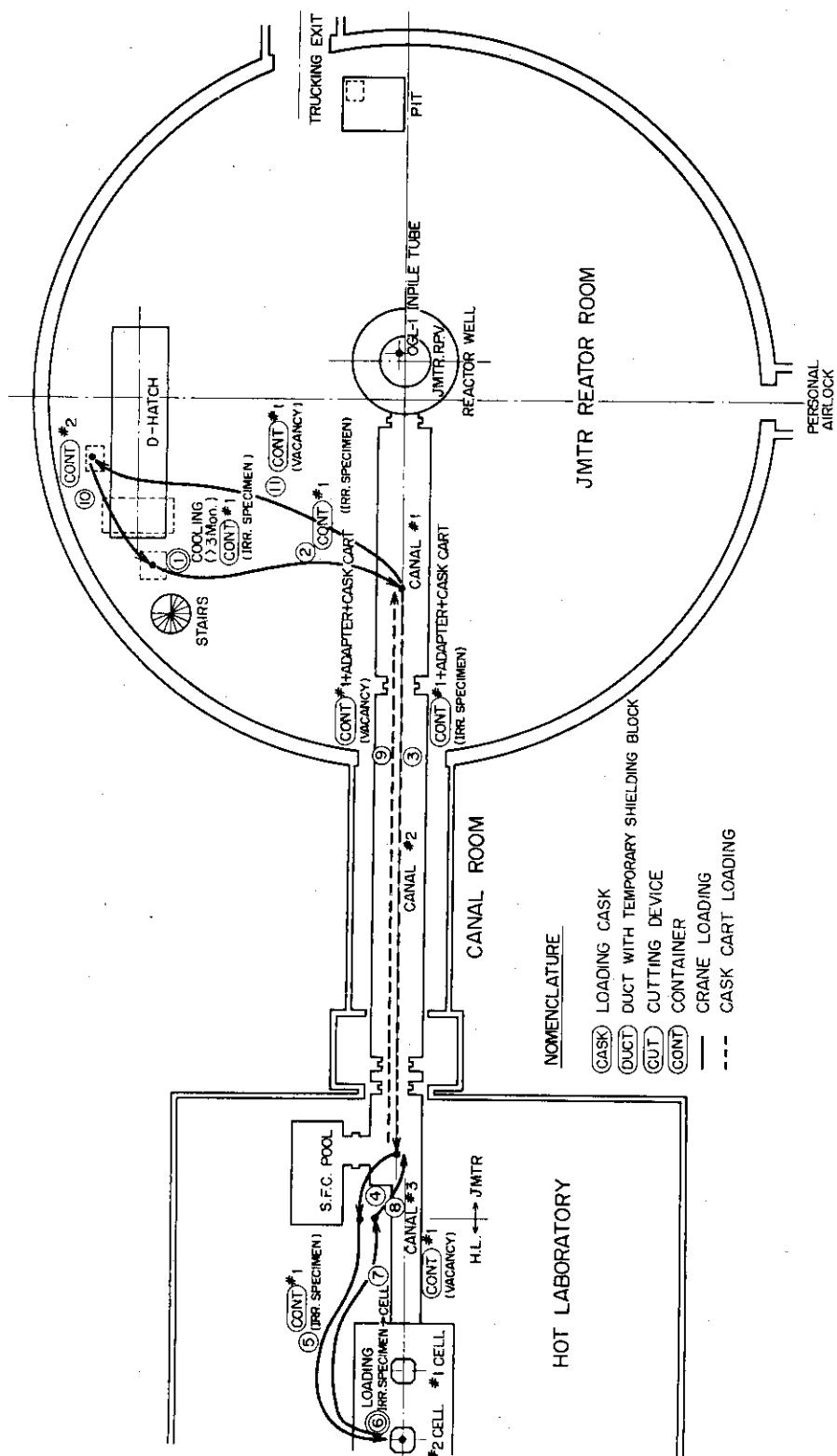


Fig. 5.1(2) Flow Diagram of OGL-1 Specimen Transfer Work - COOLING & H.L. LOADING -

炉 室 1 F

カ ナ ル

ホ ッ ト ラ ボ

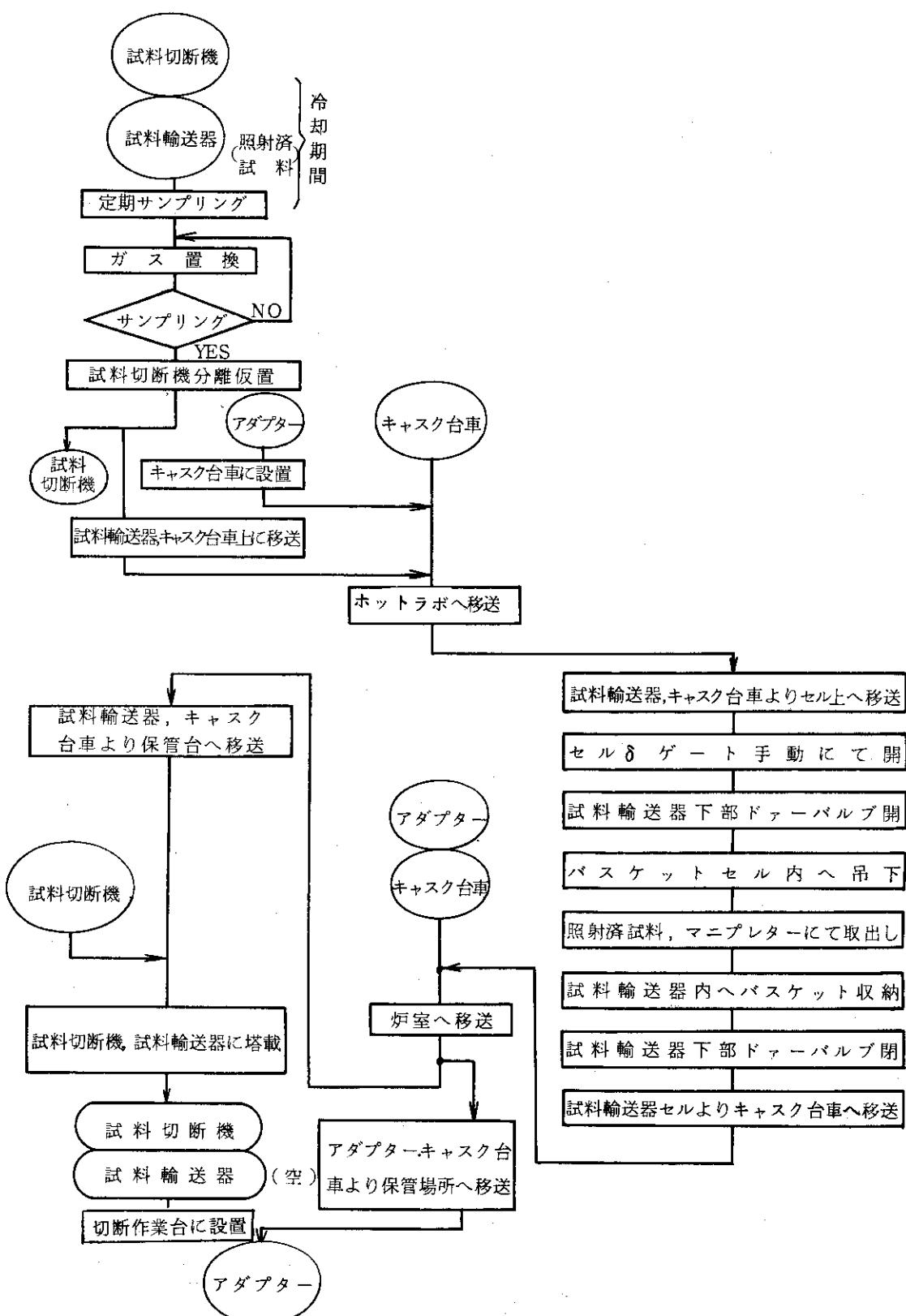


Fig. 5.2(2) OGL-1 Irradiated Specimen Cooling and H.L. Loading

Table 5.2 OGL-1 Irradiated Specimen Cooling and H.L. Loading

* Fig.5.1(2)に対応する。

STEP*	作業項目	場所	備考
1	1. 試料輸送器内 FP 濃度確認。	1F カナル	ガスモニタリング確認。
	2. 試料輸送器表面線量率測定。		並行して切断機仮置場の設置
	3. キャスク台車にアダプターをセット、固定ボルト締結。		
	4. 30t クレーンにシールドプラグダクト用吊具装着。		
	5. 試料切換機に 具を掛る。		
	6. 吊上 1F 床上へ仮置。		
	7. 吊具交換 (シールドプラグ用保管、ホットラボ用装着)。		
	8. 試料輸送器に 具をかける。		
	9. 保管用固定ボルト取外し。		
	10. 吊上、底面汚染検査 (ビニール養生する)。		
2	11. キャスク台車上へ移送 (ビニール養生取外し)。	1F	
	12. ガイドピンと合わせてセット、固定ピン装着。		
	13. 吊具をクレーンから取外し。		
3	14. キャスク台車によりホットラボへ移送。	カナル	並行して空の輸送器を作業台へ移送 (炉室 1F)
	15. 吊具をホットラボクレーンにかける。		
	16. 固定ピン取外し。		
4	17. 吊上 SFC プールわきへ移送。		
5	18. #2 セル上へ移動。		
6	19. フゲート上合マークに合わせセット。	ホットラボ セル天井	
	20. 電源ケーブル、制御ケーブル接続、電源「入」		
	21. フゲート手動にて開、下部バルブ「開」		
	22. バスケット「下降」。		
	23. 試料取外し。		
	24. バスケット「上昇」。		
	25. 下部ドアバルブ「閉」フゲート手動にて閉。		
	26. 電源「切」電源ケーブル、制御ケーブル取外し。		
	27. 吊上 底面汚染検査 (ビニール養生する)。		
7	28. SFC プールわきへ移送。		
8	29. キャスク台車上へ移送 (ビニール養生取外し)。		
9	30. ガイドピンと合わせセット、固定ピン装着。	カナル	
	31. 吊具をクレーンから取外し。		
	32. キャスク台車により炉室へ移送。		
10, 11	33. 吊具を 30t クレーンへ装着。	1F	
	34. 固定ピン取外し。		
10, 11	35. 試料輸送器を保管台上へ移送、固定ボルト締結。		
	36. アダプター吊具定位位置へ保管。		

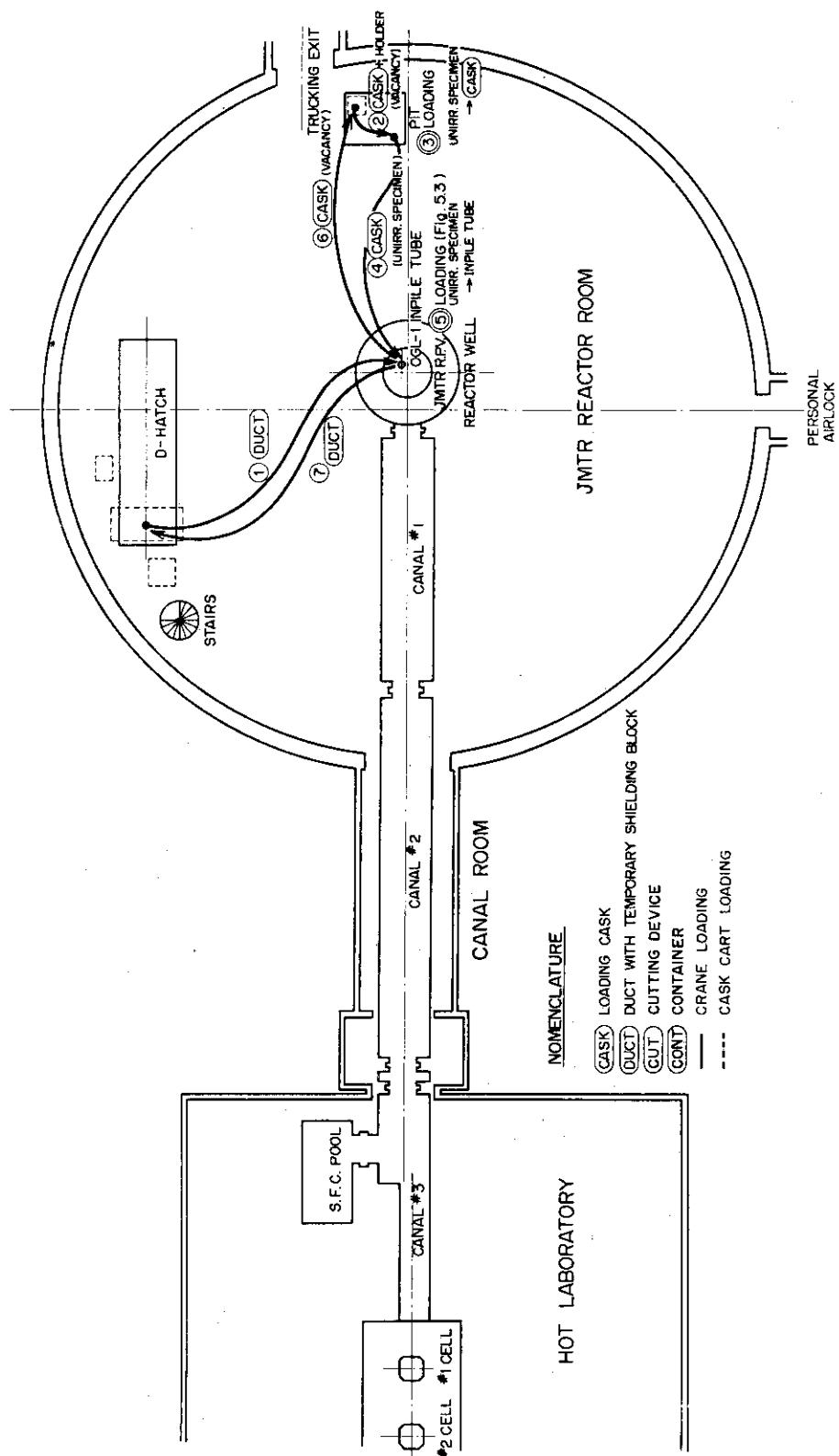


Fig. 5.1(3) Flow Diagram of OGL-1 Specimen Transfer Work - NEW SPECIMEN LOADING -

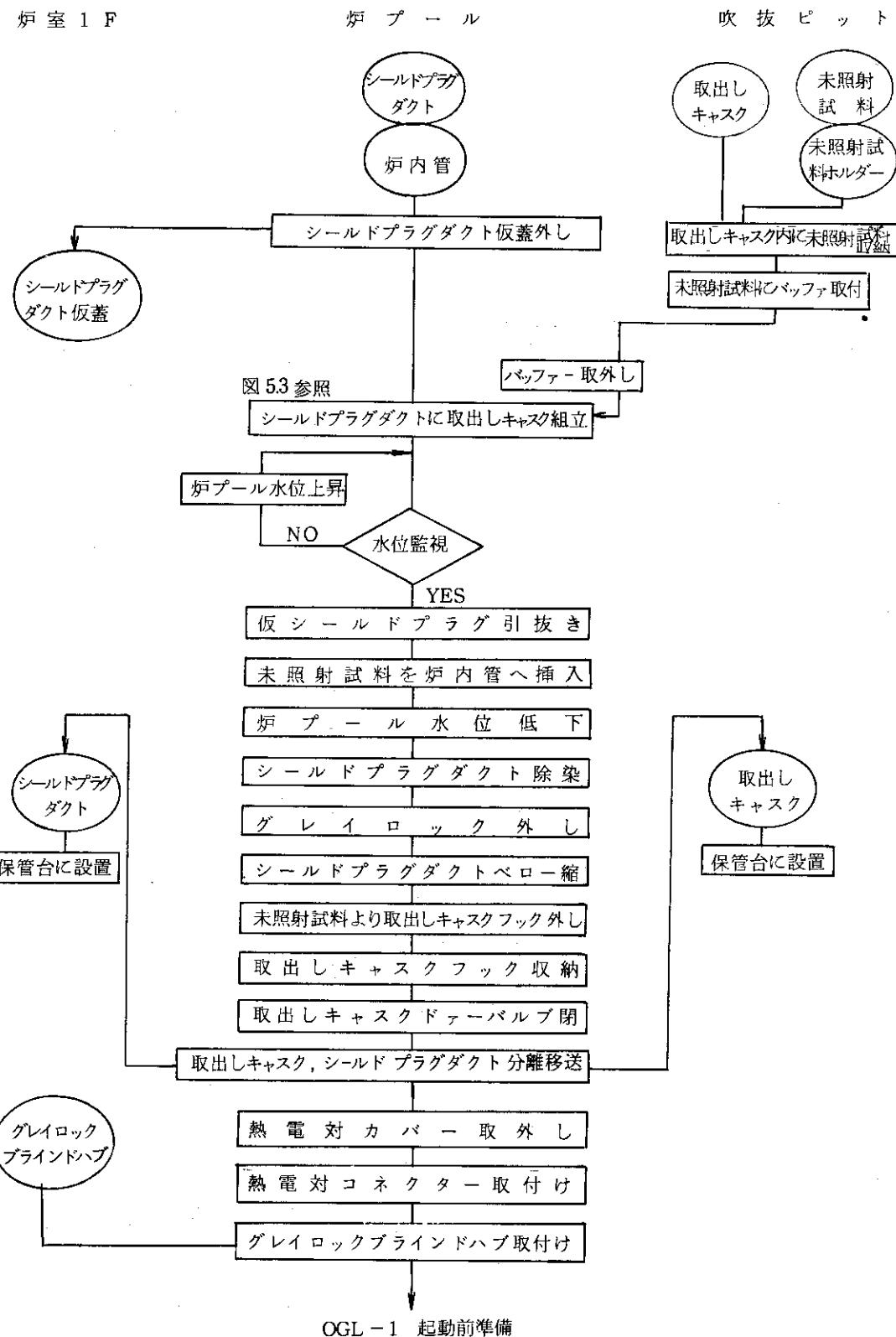


Fig. 5.2(3) OGL-1 Unirradiated Specimen Loading

Table 5.3 OGL-1 Unirradiated Specimen Loading

* Fig. 5.1.(3)に対応する。

STEP*	作業項目	場所	備考	
1	1. 炉室への搬入。	炉室 1F	未照射試料・取出キャスクに収納	
	2. 計測線の導通・絶縁測定。			
	3. 仮保管。			
	4. ビニール養生準備。	吹抜		
	5. 保管容器より取出、ハンガロッド洗浄。			
	6. 吹抜ピットに仮保管(ビニール養生して)			
	7. 30t クレーンに取出キャスク吊具装着。	1F		
2	8. クレーン移動、取出キャスクに吊具を掛る。	B 2F		
	9. 保管用固定ボルト、サポートアーム取外し。	B 2, 3F		
	10. 吊上げ、1Fで操作盤・電源ケーブル受取り。			
	11. 試料仮保管位置上に取出キャスク移動。			
3	12. 電源ケーブル・吹抜廻りコネクタに接続。	1F		
	13. 試料のビニール養生を取出キャスクに接続。			
	14. 取出キャスク下部フランジのビニール養生取外し。	吹抜廻り		
	15. 操作盤電源「入」。			
	16. ドアバルブ「開」。			
	17. フック「下降」。			
	18. 試料アイボルトにフックを掛ける。			
	19. ビニール養生に注意し、フック「上昇」			
	20. ドアバルブ「閉」。			
	21. フック手動ハンドル操作により「下降」オフロードで停止。			
4	22. ビニール養生内のエア排気を行いながら廃棄処理。	炉上	炉内部に挿入	
	23. 取出キャスク下部フランジビニール養生。			
	24. 電源ケーブル分離、操作盤取出キャスクに固定。			
	25. 炉上(シールドプラグダクト上)へ移動。	炉廻り		
	26. 取出キャスク、シールドプラグダクトのビニール養生取外し。			
5	27. ガイドピンに合わせセット、吊具が緩まない程度。	炉上		
	28. 電源ケーブル、制御ケーブル接続。			
	29. 操作盤電源「入」。	架台		
	30. 取出キャスクフック「上昇」(上端点灯まで)。			

Table 5.3 OGL-1 Unirradiated Specimen Loading (Continue)

STEP	作 番 項 目	場所	備 考
5	31. 仮シールドプラグ「上昇」。 32. ドアバルブ「閉」。 33. フック「下降」。 34. 廉プール水位 N.W.L → 「作業水位」に下げる。 35. R.P.V., シールドプラグダクトフラッシング水切り。 36. G.L廻りのガスモニタリング水切り。 37. G.Lを外す。 38. ベロー巻上げ ≈ 100mm。 39. シールドプラグダクトのG.L汚染検査。 40. 試料の方向確認しながらフック「下降」。 41. フックを試料アイボルトから外す。	炉廻り 架台 R.P.V	炉 内 部 に 挿 入
	42. フック「上昇」。 43. ドアバルブ「閉」。	炉廻り 架台	48以降の作業を並行して進める。
	44. 電源「切」、電源用、制御用ケーブル分離。 45. 取出キャスク吊上。 46. 取出キャスクとシールドプラグダクトのフランジ部汚染検査。	炉上	試 料 交 換 機 保 管
6	47. 取出キャスク、シールドプラグダクト接続面養生。 48. 吹抜ピットへ保管、サポートアーム・固定ボルト取付。	B2, 3F	
	49. 吊具の交換、シールドプラグダクト用吊具装着。 50. シールドプラグダクトに吊具セット。	1F	
	51. レールクランプ「開放」。		
7	52. 吊上保管台へ移送。レールクランプ「締付」。	炉上	
	53. 吊具保管。 54. シールドプラグダクトG.L部養生。 55. T/C保護カバー取外し(ビニール養生) 56. シールリング取外し。(" ") 57. T/Cの接続導通絶縁測定。 58. 新シールリング取付。 59. 仕切管浮上防止取付。 60. トップクロージャ取付。 61. G.Lクランプ締付。 62. T/C導通・絶縁再測定。	R.P.V	G L 締 付
	63. G.L締付確認リード検出系より真空引。 64. シールドプラグダクト汚染検査。	炉廻り 保管台	締付 確認

6. 試料設計に対する制限

OSTS を用いてとり扱うことのできる試料等に対する制限を以下に示す。OSTS による試料交換が必要な機器の設計に際しては、これらの点に充分留意する必要がある。

(1) 試料等の寸法

外径 試料輸送器に格納する必要のあるもの。切断による変形前の寸法…… 138 mm ϕ 以下
切断部より上の部分あるいは試料取出しキャスクおよびシールドプラグダクトへ収納する必要のあるものの寸法…… 175 mm ϕ 以下

全長 試料等切断する必要のあるもの、または試料取出しキャスクへ収納する必要のあるもの（試料下端よりアイボルト中心まで）…… 7383 mm 以上 7600 mm 以下
その他……特に制限なし

吊具 試料取出しキャスクフックで吊下するもの…… M16 アイボルト（ただしアイ部の厚さは規格値 12.5 mm をこえないこと）

(2) 試料等の重量

最大重量 試料取出しキャスクフックで吊下するもの…… 270 kg 以下
試料輸送器バスケットで吊下するもの…… 40 kg 以下

(3) 試料等の材料

仕切管……ハステロイ-X 相当（ただしコバルト含有率 1% 以下）

照射試料構造材……ハステロイ-X 相当

その他……特に制限なし

これは監督官庁による認可（設計および工事の方法の認可）事項である。

(4) 試料等の放射能

仕切管……コバルト 60 換算 2 万キュリー以下

照射済試料……コバルト 60 換算 4 万キュリー以下

これは監督官庁に認可（設計および工事の方法の認可）事項である。

7. 結 言

この資料は、昭和 52 年春の原子力学会年会で発表された「OGL-1 試料交換機の設計」をもとに、製作および運転に関する詳細な説明を加えてまとめたものである。

この資料を脱稿する時点までに、OSTS は幸にしてコールドラン模擬試料交換、照射済材料試料交換、照射済第 1 次燃料試料（OGL-1 性能試験用燃料試料）交換と三度の試料交換を経験し、いずれも大過なくこれらの作業を完遂することができた。

OSTS は、この資料の最初にも述べたように既設の機器との調和を計る必要から、多くの制限のある中で設計製作された。製作中にも何度か設計変更を余儀なくされたが、これもその後の製作、運転に重大な支障となるに至らなかった。ひとえに製作を担当した各社の協力の賜と感謝す

6. 試料設計に対する制限

OSTS を用いてとり扱うことのできる試料等に対する制限を以下に示す。OSTS による試料交換が必要な機器の設計に際しては、これらの点に充分留意する必要がある。

(1) 試料等の寸法

- 外径 試料輸送器に格納する必要のあるもの。切断による変形前の寸法…… 138 mm ϕ 以下
 切断部より上の部分あるいは試料取出しキャスクおよびシールドプラグダクトへ収納する必要のあるものの寸法…… 175 mm ϕ 以下
- 全長 試料等切断する必要のあるもの、または試料取出しキャスクへ収納する必要のあるもの（試料下端よりアイボルト中心まで）…… 7383 mm 以上 7600 mm 以下
 その他……特に制限なし
- 吊具 試料取出しキャスクフックで吊下するもの…… M16 アイボルト（ただしアイ部の厚さは規格値 12.5 mm をこえないこと）

(2) 試料等の重量

- 最大重量 試料取出しキャスクフックで吊下するもの…… 270 kg 以下
 試料輸送器バスケットで吊下するもの…… 40 kg 以下

(3) 試料等の材料

- 仕切管……ハステロイ-X 相当（ただしコバルト含有率 1% 以下）
 照射試料構造材……ハステロイ-X 相当
 その他……特に制限なし

これは監督官庁による認可（設計および工事の方法の認可）事項である。

(4) 試料等の放射能

- 仕切管……コバルト 60 換算 2 万キュリー以下
 照射済試料……コバルト 60 換算 4 万キュリー以下
 これは監督官庁に認可（設計および工事の方法の認可）事項である。

7. 結 言

この資料は、昭和 52 年春の原子力学会年会で発表された「OGL-1 試料交換機の設計」とともに、製作および運転に関する詳細な説明を加えてまとめたものである。

この資料を脱稿する時点までに、OSTS は幸にしてコールドラン模擬試料交換、照射済材料試料交換、照射済第 1 次燃料試料（OGL-1 性能試験用燃料試料）交換と三度の試料交換を経験し、いずれも大過なくこれらの作業を完遂することができた。

OSTS は、この資料の最初にも述べたように既設の機器との調和を計る必要から、多くの制限のある中で設計製作された。製作中にも何度か設計変更を余儀なくされたが、これもその後の製作、運転に重大な支障となるに至らなかった。ひとえに製作を担当した各社の協力の賜と感謝す

る次第である。必ずしも共通しない利害のもとで、ひとつのシステムを完成させるという共通の目的に対する努力と協調が、多くの困難を乗り越え得たものと著者らは確信している。

そしてまた、大気環境のもとで遠隔に燃料試料を交換し、切斷し、後処理を行うというOSTSの一連のシステム設計、製作ならびに運転で採用され、改良された多くの技術が、将来のガス炉用燃料や補機取扱装置の設計に役立つことを切望して止まない。

謝　　辞

本資料の作成にあたり、適切な指導ならびに助言をいただいた川崎重工業逆井課長ならびに日本原子力研究所松永朔郎課長、遮蔽設計ならびに検査にあたり協力いただいた川崎重工業阿部忠課長、製作ならびに品質管理に関して協力いただいた川崎重工業佐藤幸公氏、富士電機製造福島博主務、木村化工機番匠正男課長ならびに吉田信義氏の諸氏に深く感謝の意を表します。

る次第である。必ずしも共通しない利害のもとで、ひとつのシステムを完成させるという共通の目的に対する努力と協調が、多くの困難を乗り越え得たものと著者らは確信している。

そしてまた、大気環境のもとで遠隔に燃料試料を交換し、切斷し、後処理を行うというOSTSの一連のシステム設計、製作ならびに運転で採用され、改良された多くの技術が、将来のガス炉用燃料や補機取扱装置の設計に役立つことを切望して止まない。

謝 辞

本資料の作成にあたり、適切な指導ならびに助言をいただいた川崎重工業逆井課長ならびに日本原子力研究所松永朔郎課長、遮蔽設計ならびに検査にあたり協力いただいた川崎重工業阿部忠課長、製作ならびに品質管理に関して協力いただいた川崎重工業佐藤幸公氏、富士電機製造福島博主務、木村化工機番匠正男課長ならびに吉田信義氏の諸氏に深く感謝の意を表します。