

水銀ターゲット容器15号機の製作

仕 様 書

令和2年2月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

原子力科学研究部門 J-PARCセンター

物質・生命科学ディビジョン 中性子源セクション

目 次

1. 一般仕様

1. 1	件名	1
1. 2	目的	1
1. 3	契約範囲	1
1. 4	納期	1
1. 5	納入場所及び納入条件	2
1. 6	検収条件	2
1. 7	保証	2
1. 8	かし担保責任	2
1. 9	提出図書	2
1. 10	支給品	3
1. 11	貸与品	4
1. 12	品質保証	4
1. 13	適用法規・規格基準	5
1. 14	産業財産権等	5
1. 15	機密保持	5
1. 16	安全管理	5
1. 17	グリーン購入法の推進	5
1. 18	協議	5

1. 19	その他	5
2. 技術仕様		
2. 1	一般事項	6
2. 2	機器仕様	6
2. 3	塗装	2 4
2. 4	洗浄	2 4
2. 5	梱包、輸送	2 4
2. 6	試験・検査	2 4
2. 7	付属品及び予備品	2 8
2. 8	添付書類	2 8
2. 9	特記事項	2 8

1. 一般仕様

1.1 件名

水銀ターゲット容器 15 号機の製作

1.2 目的

J-PARC の物質・生命科学実験施設で、パルス中性子を生成する核破砕中性子源として使用する水銀ターゲット容器は、陽子及び中性子による照射損傷や圧力波によるキャビテーション損傷及び疲労負荷を受けるため、定期的な交換が必要である。本機器は水銀で満たされた水銀容器が破損した場合に、漏えいした水銀を受け止める目的で、水銀容器を保護容器で覆う構造を採用している。J-PARC の核破砕中性子源では、大強度での安定運転に向けて運転出力を段階的に上げていく計画であり、より堅牢性の高い容器とするため、容器の熱応力を低減させる容器構造が必要である。すでに、陽子線入射時の水銀容器と保護容器との温度差に起因する熱膨張差を低減させ、2 つの容器間を拘束しない構造（無拘束型）を採用している。さらなる高出力条件での安定運転に対応するため、設計を改良する必要があるため、製作方法を含めた詳細検討が必要である。具体的には、キャビテーション損傷を抑制するために設置する微小気泡注入用バブラーを、既存の水銀ターゲット容器よりも熱負荷の高いさらに前方に設置する敬作である。このため、設計として、形状変更を踏まえた構造評価と製作方法の検討を実施することとし、設計結果を踏まえて、本機器を製作する。本仕様書は、水銀ターゲット容器 15 号機の設計及び製作を行うための仕様を記載したものである。

1.3 契約範囲

1.3.1 契約範囲内

(1) 詳細設計	1 式
(2) 解析・評価	1 式
(3) 製作	1 式
(4) 工場・現地試験検査	1 式
(5) 梱包・輸送	1 式
(6) 提出書類作成	1 式

1.3.2 契約範囲外

1.3.1 記載の契約範囲内に記載なきもの

1.4 納期

2023 年 2 月 28 日

1.5 納入物品、納入場所及び納入条件

(1) 納入物品

- a) 水銀ターゲット容器 15 号機 1 基
- b) 完成図書 3 部
- c) 電子媒体 1 セット

※ここでいう電子媒体とは印刷したものをスキャンしたファイルではなく、ソフトウェアから直接出力されたファイルを意味する。すなわち PDF 内の文字や線はベクターイメージであること。

(2) 納入場所

茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
物質・生命科学実験施設内指定場所

(3) 納入条件

車上渡し

1.6 検収条件

1.5 に示す納入場所に納入後、員数検査、外観検査及び 2.6 に定める試験検査及び 1.9 に示す提出図書の合格をもって検収とする。

1.7 保障

2.2 に定める機器仕様を満足することを保証すること。

1.8 かし担保責任

検収後 1 年以内に設計、製作上のかしが発見された場合、無償にて速やかに改修、補修もしくは交換を行うものとする。対象部分の保障期間は、補修もしくは交換を行った時点から再起算するものとする。

なお、放射線による材料の変質に起因する故障が生じた場合は受注者の責としない。

1.9 提出図書

- | | | | |
|--------------|---|-----|-----|
| (1) 工程表 | 契約後速やかに | 3 部 | 要確認 |
| (2) 品質保証計画書 | 契約後速やかに | 3 部 | 要確認 |
| (3) 製作要領書 | 契約後速やかに | 3 部 | 要確認 |
| (4) 解析・評価報告書 | | | |
| | (解析に使用した 3D モデル及び解析結果図等を記載した解析・評価報告書の電子媒体を含む) | | |
| | 解析・評価完了時 | 3 部 | 要確認 |
| (5) 確認図 | 製作着手前 | 3 部 | 要確認 |
| ① 提出確認図目録 | | | |

- ② 機器、部品リスト
- ③ 機器、部品の外形図及び部品の詳細図
- ④ 組立て図（検査方法の記載も含む）

但し、図面、図書の名称は、必ずしも上記に限るものではない。

(6) 溶接施工要領書	製作着手前	3部	要確認
(7) 工場試験検査要領書	検査日の1ヶ月前まで	3部	要確認
(8) 工場立会検査申請書	検査日の1週間前まで	3部	
(9) 工場試験検査成績書	検査完了後	3部	要確認
(10) 現地試験検査要領書	検査日の1ヶ月前まで	3部	要確認
(11) 現地立会検査申請書	検査日の1週間前まで	3部	
(12) 現地試験検査成績書	検査完了後	3部	要確認
(13) 作業員の資格を示す文書	随時	3部	
(14) 製作過程記録写真	各工程後	3部	
(15) 打合せ議事録	打合せの都度（原則1週間以内）	3部	要確認
(16) 委任又は下請負届	作業開始2週間前まで	1式	

※下請負等がある場合に提出のこと。

(17) 完成図書	納入時	5部	
(18) CAD図（2D及び3D）・文書等を収めた電子媒体			
※印刷したものをスキャンしたPDFでなく、オリジナルのDWG等、PDFファイルまたはWordファイルとする。また、CAD図は、製作図用だけでなく、2.2.3の解析で使用したものも含む。			

	納入時	1セット	
(19) その他、必要な書類	随時	3部	

1.10 支給品

(1) 品名及び数量			
a) ヘリウムベッセルシール機構（シール材を含む）			1式
b) 配管コネクタ			1式
ヘリウムベッセルシール機構加圧配管用コネクタ（3/8'）	1個		
バブリング用コネクタ（3/8'）	1個		
モニタリング配管用コネクタ（3/8'）	2個		
冷却水配管用コネクタ（2'）	2個		
c) センサ			1式
水銀センサ	5本		
水銀センサ用シールプラグ	1個		
K型シース熱電対	10本		
熱電対用シールプラグ	2個		
d) ケーブルコネクタ			1式
水銀センサ用	2個		

熱電対用
e) 再帰性ミラー 1個 1枚

(2) 引渡場所

原子力機構 HENDEL 棟大実験室

(3) 引渡時期

契約締結後、製作工程に合わせて協議の上、決定する。

(4) 引渡方法

車上渡し

(5) その他

2.2.4 項に記載のとおり、受注者は、支給物品をすべて適切な方法で、水銀ターゲット容器本体に取り付けて、機器の健全性を確保すること。

1.11 貸与品

(1) 品名及び数量

- | | |
|---|-----|
| a) 水銀配管模擬試験体 | 1 式 |
| (約 1.3 m×3.4 m×1.9 m、約 1700 kg、図 1 及び 3 参照) | |
| b) ヘリウムベッセル模擬試験体 | 1 式 |
| (約 1.5 m×3.3 m×2.6 m、約 4500 kg、図 2 及び 3 参照) | |
| c) レーザードップラ振動計 (小野測器製 LV-1720) | 1 式 |
| (約 1800 mm×2200 mm×1500 mm、約 12 kg) | |
| d) コネクタ位置確認用治具 | 1 式 |
| (約 1000 mm×1000 mm×1000 mm、約 12 kg) | |
| e) 輸送用架台 (物質・生命科学実験施設内で使用中の場合、貸与不可) | 1 台 |
| (約 300 mm×400 mm×100 mm、約 700 kg) | |

(2) 引渡場所

原子力機構 HENDEL 棟大実験室

(3) 引渡時期

契約締結後、製作工程に合わせて協議の上、決定する。

(4) 引渡方法

車上渡し

(5) その他

特になし

1.12 品質保証

本機器の製作に係る設計・製作等は、全ての工程において、以下の事項等について十分な品質管理を行うこととする。

- ・管理体制
- ・設計管理

- ・外注管理
- ・材料管理
- ・工程管理
- ・試験・検査管理
- ・不適合管理
- ・記録の保管

1.13 適用法規・規格基準

- ・日本産業規格（JIS）
- ・鋼構造設計基準
- ・日本溶接協会規格（WES）

1.14 産業財産権等

特になし

1.15 機密保持

受注者は、本業務の実施にあたり、知り得た情報を厳重に管理し、本業務遂行以外の目的で、受注者及び下請会社等の作業員を除く第三者への開示、提供を行ってはならない。

1.16 安全管理

設計・製作に際し綿密かつ無理のない工程を組み、作業の安全確保を最優先としつつ、迅速な進捗を図るものとする。

1.17 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA 機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.18 協議

本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、原子力機構と協議のうえ、その決定に従うものとする。

1.19 その他

特になし

2. 技術仕様

2.1 一般事項

従事者資格

- ・溶接作業（JIS 有資格者及び同等以上の有資格者）
- ・非破壊試験（JIS 有資格者及び同等以上の有資格者）
- ・その他

上記、資格及び経験を記述した書類を検査成績書に添付すること。

2.2 機器仕様

2.2.1 水銀ターゲット容器の基本構造

水銀ターゲット容器（図 4～7 参照）は、ターゲット材である水銀を整流板により最適に流動させる水銀容器と、外部への水銀漏洩防止のためにその外側を覆う保護容器から構成される。水銀容器と保護容器の間にはヘリウムガスを循環し、ヘリウムガス層への水銀漏洩を速やかに検知するために、ガス中の放射能を常時モニタリングしている。さらに、保護容器は冷却のための冷却水流路を備えた二重容器構造である。水銀容器には、旋回流型気泡発生装置（バブラー）を設置し、ヘリウムの微小気泡を流動水銀中に注入して、パルス陽子線入射時の圧力波を低減する。水銀ターゲット容器 13 及び 14 号機では、先端部の気泡含有率の向上を目指し、先端から約 300 mm の位置に設置した。

水銀ターゲット容器は、水銀配管着脱機構、冷却水配管、ガス配管、センサケーブル及びターゲットフランジを、ターゲット台車先端に遠隔操作での取り付け・取り外しが可能な構造である。さらに、ターゲットフランジに付属するヘリウムベッセルシール機構により、ヘリウムベッセル内のヘリウム雰囲気と放射化機器取扱室内の空気雰囲気を隔離する機能を持つ。

水銀容器先端部は、外壁内面でのキャビテーション損傷を抑制するために、内壁（厚さ 5 mm）を取り付けた二重壁構造（二重壁の間隔：1.5～2.0 mm 目標）とし、この領域に、速い流速（約 4 m/s）で水銀を流す構造としている。

2.2.2 既存水銀ターゲット容器に関する情報の開示

本件の設計・製作に必要な情報（既存水銀ターゲット容器に関する図書又はその他の必要な書類）は、必要に応じて、受注者に開示する。

2.2.3 解析・評価

受注者は、製作着手前に製作設計を実施した水銀ターゲット容器構造に対して、適切な手法による構造解析による強度評価を行い、要求仕様を十分に満足することを示し、原子力機構の確認を得ること。解析に必要な水銀ターゲット容器各部における 1MW 運転時の 3 次元核発熱、水銀等の流動による熱伝達率、周辺雰囲気温度の基本データは、原子力機構が提示する。

(1) 解析モデル・メッシュ

- (a) 製作図に基づく 3次元ソリッドモデルのフルモデルとする。ただし、対称性を考慮した上で、部分モデルの使用も可とする。
- (b) 解析モデル、メッシュ、解析手法については、解析結果の信頼性を確保するために、すみ肉溶接部の形状模擬や適切な拘束条件を付する等の必要な設定を行い、解析前に、原子力機構の確認を得ること。

(2) 解析項目

- (a) 自重による変位解析
- (b) 地震荷重解析（変位）
- (c) 静圧解析（応力、変形、変位）
- (d) 熱伝導・熱応力解析（温度、変形、変位）

(3) 要求仕様（構造強度解析）

水銀ターゲット容器について、JIS B8266「圧力容器の構造—特定規格」2003の附属書8（規定）圧力容器の応力解析及び疲労解析に従って構造強度評価を行う。ただし、溶接部については、母材の設計応力強さ、 S_m にJIS B8265「圧力容器の構造—一般事項」2003の溶接継手効率、 η を乗じた値を設計応力強さとして扱うこと。

以下に、解析条件及び評価手法と判定基準を示す。

【解析条件】

(a) 水銀充填状態

水銀層が水銀で充填された状態を模擬し、ターゲットフランジを固定し、水銀の自重による容器の変形を評価する。

(b) 地震時

(a)の状態、水平地震力 0.25 G を加えた場合の変形を評価する。

(c) 運転準備状態

多重容器である水銀ターゲット容器の各層に以下の圧力が負荷された状態での応力を評価する。

（各層の圧力条件）

水銀層 : 0.5 MPaG

ヘリウム層 : 0.2 MPaG

冷却水層 : 0.5 MPaG

(d) 運転状態

(c)の圧力が負荷された状態で、陽子ビーム入射により容器の温度上昇による熱応力を解析評価するとともに、繰返し発生するビーム停止による応力変動に対する疲労解析を行う。なお、定常状態に達した際の容器の温度上昇は下記に示す条件での熱伝導解析により求める。

（熱伝導解析条件）

容器の発熱：体積発熱；発熱密度分布を x, y, z の関数で別途指示する

容器境界の冷却：熱伝達率及び流体温度を別途指示する（水銀層、冷却水層、ヘリウム層及び最外層）。

初期温度： 全ての容器で 25°C とする。

【評価と判定基準】

(a) 水銀充填状態

水銀充填前に比べ、水銀充填後の水銀ターゲット容器先端のたわみ量が 1.0 mm 以下であること。

(b) 地震時

水銀ターゲット容器先端の最大変位量（荷重負荷前後の位置の差異）が 1.0 mm 以下であること。

(c) 運転準備状態

弾性解析で求めた容器に発生する応力を JIS B8266「圧力容器の構造—特定規格」2003 の附属書 8（規定）に示されるように応力分類を行い、分類した応力、もしくはその組み合わせが、それぞれの許容限界を超えないこと。ただし、溶接部については、母材の設計応力強さ、 S_m に JIS B8265「圧力容器の構造—一般事項」2003 の溶接継手効率、 η を乗じた値を設計応力強さとして扱うこと（以下、同様）。また、水銀ターゲット容器の最大変形量（荷重負荷前後の形状の差異）が $\pm 1.6\text{ mm}$ 以下（上下方向）であること。

(d) 運転状態

- ・弾性解析で求めた容器に発生する応力が JIS B8266：2003 附属書 8 に示されるように応力分類を行い、分類した応力、もしくはその組み合わせが、それぞれの許容限界を超えないこと。ただし、 $PL+Pb+Q$ の評価においては、圧力波による応力を含めること。圧力波による応力は、パルス陽子ビーム入射による水銀の瞬時発熱により、発生した圧力波が、その伝ば過程で容器に負荷する応力である。なお、圧力波による応力は、原子力機構が評価した解析結果を受注者に提示する。
- ・水銀、ヘリウム、冷却水の圧力及び熱負荷による水銀ターゲット容器の最大変形量（荷重負荷前後の形状の差異）が $\pm 1.6\text{ mm}$ 以下（上下方向）であること。
- ・弾性解析で求めた(c) 運転準備状態と(d) 運転状態で発生する応力の差から JIS B8266：2003 附属書 8 に示されるように応力振幅 S_{alt} を評価して疲労解析を行う。特に形状不連続部は応力集中等によりピーク応力が高くなることから、重点的に解析を行うこと。疲労解析における繰り返し数は、現状のビームトリップ発生頻度から、1 万回（2 回/時間 $\times 5000$ 時間）を基本とするが、高出力運転時のビームトリップ発生頻度により変更が必要な場合は、新たな繰り返し数を受注者に提示する。

(4) 要求仕様（熱流動解析）・・・本仕様外の内容であるが、参考に仕様を示す。

(a) 水銀容器入口の水銀流速が 1.0 m/s 以下であること。

(b) 水銀の最高温度が 300.0°C 以下であること。

- (c) 水銀容器の最高温度が 200.0℃以下であること。
但し、200.0℃以上でも、構造強度の観点から問題ない部分については、原子力機構と協議し、その温度を可とする場合がある。
- (d) 水銀容器での水銀の圧力損失が 50.0 kPa 以下であること。
- (e) 冷却水の最高温度が 110.0℃以下であること。
- (f) 保護容器の最高温度が 150.0℃以下であること。
但し、150.0℃以上でも、構造強度の観点から問題ない部分については、原子力機構と協議し、その温度を可とする場合がある。
- (g) 保護容器での冷却水の圧力損失が 0.10 MPa 以下であること。

(5) 備考

解析・評価結果については報告書として提出すると共に、解析作業の過程で作成又は使用した CAD モデル、解析モデルや解析データ等を、原子力機構の指定するファイルを電子媒体で提出すること。なお、原子力機構では、複数の構造解析プログラムを有しているが、解析モデルやデータがそれらのプログラムに対応できることをあらかじめ確認すること。また、報告書の電子ファイルは印刷したものをスキャンしたものではなく、文字列の検索可能なオリジナルの PDF、又は Word を提出すること。

原子力機構が応力発生原因の調査や妥当性検証のために、詳細な温度分布や応力分布（板厚方向の温度や応力分布など）を求めた場合には、受注者は速やかにそれを提出すること。

2.2.4 水銀ターゲット容器の各部の仕様

A-0 水銀ターゲット容器全体

水銀ターゲット容器全体は、以下に記す要素機器(下記 A-1～A-10)から主に構成され、本仕様内において設計・製作・組立作業を実施すること。また、A-6～A-10 の機器は支給品であり、これらは本仕様書内において取り付け作業を行うこと。要素機器及び取り付け物品の組立・取り付け等に必要な物品は、受注者が調達し、本仕様書を記載されている性能を満足する水銀ターゲット容器を完成させること。

- A-1 水銀容器
- A-2 バブラー
- A-3 保護容器
- A-4 ターゲットフランジ
- A-5 水銀配管着脱機構
- A-6 ヘリウムベッセルシール機構（支給品）
- A-7 配管コネクタ（支給品）
- A-8 センサ（支給品）
- A-9 ケーブルコネクタ（支給品）

A-10 再帰性ミラー（支給品）

(1) 材 料

材料は SUS316L 材とする。ただし、SUS316LN を使用することで、SUS316L では構造変更によっても満たせない要求仕様を満たせる場合、原子力機構と協議の上、SUS316LN の使用を可とする。なお、以下に示す事項を考慮して、材料を選定すること。

- (a) 化学組成、熱処理条件（温度、時間、水冷却急冷）、材料強度（延性、強度）が鋼材検査証明書（ミルシート）に記載されていること。
- (b) 良好な溶接性を得るために材料元素成分比（(図 8 参照のこと)）を考慮すること。なお、溶接割れが発生しにくい元素成分比に関する知見を原子力機構が提示する。

(2) 部品加工後の表面処理

水銀容器の一部（先端部内・外壁の水銀接触面：Rz0.8 以下形部内面（中央）：Rz6.3 以下）を除き、Ra 3.2 以下とする

(3) 溶接

溶接熱による変形や残留応力を低減するために、溶接線の数が少なくなるように設計をするとともに、溶接変形が少なくなるように溶接方法を採用すること。また、施工後の溶接検査がしやすい位置及び組立て手順とすること。なお、応力解析の結果に基づき、溶接部及び熱影響部（板厚の 3 倍の範囲）が応力の高い範囲に入らないように、溶接線位置を決定すること。

水銀容器先端の 2 重壁の溶接部は、RT などの溶接検査により、溶接欠陥が無いこと。欠陥が生じた場合は、原子力機構と協議の上補修するかを決定する。

容器間の隙間（3 mm）や反射体との隙間（8 mm）を確保するように変形を抑えること。溶接箇所に応じた溶接手法の選定、溶接手順、溶接条件（電流値、電圧値、溶接速度、酸化しないような雰囲気等）、始点・終点位置、開先形状及び治具等について溶接施工要領を作成し、テストピースや実機相当の模擬試験体を用いた溶接試験等による妥当性を示すこと。

溶接部は、完全溶け込み溶接を基本とする。また、その検査は受注者がすべて行い、もし、溶接不良が発生した場合、原子力機構と協議の上、受注者の責任において補修を実施すること。溶接の裏波は、可能な限り除去すること。除去が不可能であると判断される箇所は、裏波高さを抑えた溶接（最大 0.5 mm 程度）を適用すること。

溶接部について、各作業工程間（溶接前、初層溶接、表面仕上げ後）に 2.6.1 に示す検査を行うこと。必要に応じて、原子力機構と協議・調整を行うこと。

(4) 製作精度

- (a) 全体組立後の寸法公差 : 水銀ターゲット容器完成時の外形寸法公差は-3.0 mm～+1.0 mm とする。

- (b) 水銀ターゲット容器中心軸の垂直度 : 2.0 mm (ターゲット台車取合フランジ面を基準とし、これに垂直でフランジ中心を通る軸芯から半径 2.0 mm の円筒内になければならない。)

A-1 水銀容器

(1) 仕様

- (a) 型式 : クロスフロー型水銀容器
(b) 寸法 : 約 1100 mm (長さ) × 約 500 mm (幅) × 約 110 mm (高さ)
(c) 重量 : 約 150 kg (ビームダンプを含む)
(d) 設計圧力 : -0.1~0.5 MPaG (水銀)
(e) 設計温度 : 200°C
(f) 作動流体 : 水銀 (0.5 MPaG)
(g) 雰囲気 : ヘリウムガス (-0.1~0.2 MPaG)
(h) 表面改質処理 (先端部 (内・外壁)、台形部、圧損要素)
ボディコート製 Kolsterising (2×K33) 相当処理
相当処理条件
・ 処理温度 : 500°C 以下
・ 表面硬さ : Hv1000 以上
・ 改質層厚さ : 33 μm 以上
・ 板厚方向の硬さ分布 : 表面から母材までなだらかに変化する硬さ分布を有すること。
(i) 取付け部品 (受注者が調達 (K 型シース熱電対は除く) ・ 取り付けを行うこと。)
① K 型シース熱電対 本数 6 本 (予定)
(株)助川電気工業製 DB-003-388Rev.1(No.1)相当品
取付け位置 : 容器外面 3 カ所 (1 カ所につき 2 本ずつ) を予定
運転時の陽子ビーム軌道のずれを検出することを目的として、先端部付近の上下面及び台形部等の上面に取り付ける。取付け位置と本数は設計と運転時のビーム条件などを考慮し、協議の上決定する。また、容器の温度を精度良く測定できる取付け方法とする。取付け施工時及び施工後に極性及び取付け位置を確認すること。
② 熱電対用ケーブル 本数 12 本 (予定)
(助川電気工業製 MI ケーブル相当品)
接続時及び接続後に極性及び接続位置を確認すること。
③ 二重配管ベローズ 2 個
④ バブラー (A-2 参照のこと) 1 個
バブラーの取り付け位置 (図 9 参照) は、既存より前の位置 (水銀容器先端から約 300 mm 及び約 200 mm) とする。
⑤ 圧損要素 (約 40 mm × 80 mm × 10 mm、Φ 5 mm 穴 × 36 (9 × 4) 個) 1 個

(2) 材料

水銀ターゲット容器全体の (1) 材料に記載した材料。

(3) 設計・製作指針

- (a) これまでの水銀容器において、上下部の板厚 8 mm に対して、側胴部の板厚は 10 mm としていたが、溶接線の板厚を一定にするために、構造強度上問題ないことを確認した上で、側胴部の厚さを 8 mm 一定とすることを可とする。
- (b) 水銀容器の先端部は、内側に内壁（厚さ 5 mm）を取り付けた二重構造とし、その狭隘流路内側にも水銀が流動する構造である。内壁の取付けにおいて、溶接変形や残留応力が少ない溶接手法及び条件で完全溶け込み溶接を行い、溶接欠陥や未溶接部が無いこと。内壁取付け後のビーム窓部での狭隘流路幅 (2.0 mm) の寸法公差は、 $-0.5\sim+0.0$ mm を基本とする。
- (c) 台形部内部の水銀上流側には、水銀容器と一体構造の狭隘流路を形成することとし、流路幅は、 3.0 ± 0.5 mm とする。
- (d) 先端部内・外壁内面及び台形部内面（中央）の表面粗さは、Rz0.8 以下とすること。
- (e) 使用後の試験片の切り出し時に位置を同定するため、先端部外壁及び内壁の外表面において、中心部の垂直方向、及び水平方向の中心線から 10 mm 上の部分に長さ約 150 mm のケガキを入れること。
- (f) 整流板は、削り出しによる一体構造とすること。
- (g) バブラー側への水銀流量配分を確保するために、水銀入口側流路の整流板に圧損要素を溶接にて取り付けること。
- (h) 水銀出口側配管に整流フィンを溶接にて取り付けること。
- (i) バブラーは、水銀容器の台形部の中央及び後方端（水銀容器先端から約 300 mm 及び約 200 mm の位置）に溶接で取り付けること。水銀容器の内側に溶接で固定するなど、台形部の溶接変形を低減する取付け方法を採用すること。バブラーの仕様及び取付け指針は、A-2 を参照すること。
- (j) 熱電対は、運転中の機器の状態を確認できる位置に可能な範囲で最大数量を設置する必要がある。熱電対の仕様及び取付け指針は、A-8 を参照すること。
- (k) 二重配管ベローズの溶接ベローズ検査において、各溶接ベローズの健全性を個別に確認できる構造（ベローズ間を加圧及び減圧できる構造）にすること。
- (l) ビームダンプ近傍は局所的な大きな熱応力が発生しやすい箇所であるため、一部の既存容器では、ビームダンプ後方に冷却水を流し、ビームダンプの温度上昇を抑える構造を採用している。製作時の溶接状態（未溶接部の有無等）も反映した構造解析を行い、応力と温度の許容値を満足すること。さらに、熱応力低減するために、水銀流動に影響を与えない範囲内でビームダンプの体積を小さくすることも検討すること。

A-2 バブラー：

本部品は水銀容器内に本仕様内で製作し、取り付ける部品である。形状と寸法などは、図 10 を参照のこと。ただし、図 10 に示すバブラーは既存のバブラーである。

(1) 仕様

- (a) バブラーの型式 : 旋回流型バブラー (約φ30×70 mm)
 - (b) バブラーの個数 : 5 個
 - (c) ガス供給口径 : φ4 mm 程度
 - (d) 設計圧力 : 0.5 MPaG
 - (e) 設計温度 : 200 °C
 - (f) 作動流体 : 水銀、ヘリウムガス
 - (g) 生成気泡半径 : 100 μm 以下
 - (h) ヘリウム配管圧損 : 50 kPaG 以下 (ガスが 0.5 m³/h 流れている状態)
- 表面改質処理 : ボディコート製 Kolsterising (2×K33) 相当処理

相当処理条件

- ・ 処理温度 : 500°C以下
- ・ 表面硬さ : Hv1000 以上
- ・ 改質層厚さ : 33 μm 以上
- ・ 板厚方向の硬さ分布 : 表面から母材までなだらかに変化する硬さ分布を有すること。

本処理を製作工程のどの段階で行うかは、協議の上決定する。

(2) 材 料

水銀ターゲット容器全体の (1) 材料に記載した材料。

(3) 取付けの指針

- (a) バブラーの取り付け位置 (図 9 参照) は、既存機器より前の位置 (台形部中央及び後方端 : 水銀容器先端から約 300 mm 及び約 200 mm) とする。
- (b) 本機器は、水銀容器台形部後方端の水銀流路内に溶接で取り付ける。水銀容器と保護容器の間隙 (設計値 : 3.0 mm) を確保するため、台形部の溶接変形を低減した取付け方法を採用すること。
- (c) 本機器は、容器本体に設置するため、陽子線入射による体積発熱が生じる。水銀容器本体の設計時にバブラーを含めた熱応力評価を実施すること。
- (d) バブラーにヘリウムガスを供給できるようにバブリング用ヘリウムラインを敷設・接続する。水銀容器内のヘリウムラインは、水銀の流れに伴う振動を抑えるために適宜水銀容器に固定すること。
- (e) バブラー及びガス供給経路が閉塞していないか確認するために、バブラー完成時、水銀容器完成時及び製作完成時に、圧損計測を行うこと (2.6.1(7)参照)。

A-3 保護容器

本部品は、水銀容器破損時の水銀の外部への漏洩を防止するために、水銀容器を覆う部品であり、本仕様内で仕切り板に取り付ける。

(1) 仕 様

- (a) 型式 : 水冷却二重容器
- (b) 寸法 : 約 1000 mm (長さ) × 約 580 mm (幅) × 約 210 mm (高さ)
- (c) 板厚 : 11 mm (冷却水流路を含む)
- (d) 重量 : 約 200 kg
- (e) 設計圧力 : 0.5 MPaG (冷却水)
- (f) 設計温度 : 150 °C
- (g) 作動流体 : 冷却水 (0.5 MPaG)
- (h) 雰囲気 : 内側 (水銀容器側) ヘリウムガス (0.2 MPaG)
 外側 (ヘリウムベッセル側) ヘリウムガス (5 kPaG)

ただし、ヘリウム置換時は0.1 MPaG

(i) 取付け部品 (受注者が調達 (①、③及び⑤を除く)・取り付けを行うこと。)

- ① 水銀センサ 2 式
 ((株)助川電気工業製 DD-014-583Rev.1)
- ② 水銀センサ用ケーブル (アース線を含む) 3 式
 (助川電気工業製 MI ケーブル相当品)
- ③ K 型シース熱電対 4 本 (予定本数)
 ((株)助川電気工業製 DB-003-388Rev.1(No.1)相当品)
 取付け位置 : 容器外面 2カ所 (1カ所につき 2本ずつ) を予定している。ただし、設計上高温となる箇所温度計測を目的とするため取付け位置と数量は構造解析結果に基づいて、決定する。
- ④ 熱電対用ケーブル 4 組 (予定本数)
 (助川電気工業製 MI ケーブル相当品)
 考慮すべき点は上記と同様である。
- ⑤ 再帰性ミラー (A-10 参照のこと) 1 枚
- ⑥ 仕切り板 1 個

(2) 材 料

水銀ターゲット容器全体の (1) 材料に記載した材料。

(3) 設計・製作・取付けの指針

- (a) 保護容器は、水銀容器とは仕切板より前方では接触しない構造 (無拘束型構造、図 11 参照) とし、水銀容器との隙間 (設計値 : 3.0 mm) を 2.0 mm 以上確保すること。
- (b) 冷却水を下側の冷却水プレナムから流入して保護容器の下半部分を冷却した後、先端のビーム窓部で合流・折り返して上半部分を冷却しながら上側の冷却水プレナムに流す構造とする。

- (c) これまでの側胴部の板厚は、内側・外側容器ともに 10 mm であったが、周方向の溶接線の板厚を一定にするために、構造強度上問題ないことを確認した上で、側胴部の各容器の厚さを 3 mm 一定とすることを可とする。
- (d) 保護容器は水銀容器と共に仕切り板に溶接すること。
- (e) 水銀ターゲット容器組み上げ後の保護容器外形寸法公差は-3.0 mm～+1.0 mm とする。
- (f) 使用後の試験片切り出し時に位置を同定するため、先端部外壁及び内壁の外表面において、垂直方向の中心線及び水平中心から 10 mm 上の部分に長さ約 150 mm のケガキを入れること。
- (g) 水銀センサは、仕切り板後方のヘリウムプレナム内に設置すること。水銀センサの仕様及び取付け指針は、A-8 を参照すること。
- (h) 熱電対は、保護容器台形部及び平行部の外表面に、点付け溶接で取り付けること。熱電対の仕様及び取付け指針は、A-8 を参照すること。
- (i) 再帰性ミラーは、保護容器台形部外表面に、圧力波に起因する振動で脱落することのないように溶接で取り付けること。再帰性ミラーの仕様、取付け指針とその機能及び役割などは、A-10 を参照すること。

A-4 ターゲットフランジ部

本部品は、三重容器部（水銀容器+保護容器）に接続された各種配管及び補強板に溶接される部品であり、本仕様で水銀ターゲット容器へ取り付けること。本ターゲットフランジを介してターゲット台車前方のフランジにボルト固定される。

(1) 仕様

- (a) フランジ : 約 70 mm (厚さ) × 約 1170 mm (直径)
- (b) 重量 : 約 1000 kg
- (c) 設計圧力 : -0.1～0.5 MPaG (水銀ライン、冷却水ライン、バブリング用ヘリウムライン)
: -0.1～0.2 MPaG (モニタリング用ヘリウムヘリウム)
: -0.1～0.9 MPaG (ヘリウムベッセルシール機構加圧用ヘリウムライン)
- (d) 設計温度 : 150 °C
- (e) 取付けライン : 水銀ライン (150A) 2本
: 冷却水ライン (50A) 2本
: バブリング用ヘリウムライン (10A) 1本
: モニタリング用ヘリウムライン (10A) 2本
: ヘリウムベッセルシール機構加圧用ヘリウムライン (10A) 1本
: 水銀センサライン 2本
: 熱電対ライン 1本
- (f) 締付けトルク : 200 N・m (ターゲットフランジボルト、冷却水配管コネクタ)
: 80 N・m (ヘリウム配管コネクタ)
- (g) シール性能 : $1.0 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下 (ヘリウム許容漏洩量)
- (h) 雰囲気 : 内側 (水銀配管着脱機構回り) ヘリウムガス (0.5 MPaG)

外側ヘリウムベッセル側 ヘリウムガス (5 kPaG)
ただし、ヘリウム置換時は-0.1 MPaG

- (i) 取り付け部品 (受注者が調達 (①～⑦及び⑨を除く)・取り付けを行うこと。)
- | | |
|---|-----|
| ① 水銀センサ
(株)助川電気工業製 DC-004-901Rev.1 相当品) | 3 式 |
| ② 水銀センサ用ケーブルコネクタ
(MARUWA 製 NL-201-361 Rev.2) | 2 個 |
| ③ 熱電対用ケーブルコネクタ
(MARUWA 製 NL-201-361 Rev.2) | 1 個 |
| ④ 冷却水配管コネクタ (50A オス側)
(HilTap Fitting 製 2"-sch80 (HT415N-20-X3-A-3212)) | 2 個 |
| ⑤ モニタリング用ヘリウム配管コネクタ (10A オス側)
(HilTap Fitting 製 3/8"-sch80 (HT415N-03-X3-A-0494)) | 2 個 |
| ⑥ ヘリウムベッセルシール機構加圧用配管コネクタ (10A オス側)
(HilTap Fitting 製 3/8"-sch80 (HT415N-03-X3-A-0494)) | 1 個 |
| ⑦ バブリング用ヘリウム配管コネクタ (10A オス側)
(HilTap Fitting 製 3/8"-sch80 (HT415N-03-X3-A-3375)) | 1 個 |
| ⑧ 水銀配管着脱機構 (A-5 参照のこと) | 1 式 |
| ⑨ ヘリウムベッセルシール機構 (A-6 参照のこと) | 1 式 |
| ⑩ ターゲットフランジ用シール材
(株)日本バルカー工業製 メタルシール V3645 相当品) | 3 個 |
| ⑪ ベローズ・シール・バルブ
(Swagelok 製 SS-8BW-TW 相当品) | 1 個 |
| ⑫ 水銀センサ用ケーブル (アース線を含む)
(助川電気工業製 MI ケーブル相当品) | 4 式 |

(2) 材 料

水銀ターゲット容器全体の (1) 材料に記載した材料。

(3) 設計・製作・取付けの指針

- (a) 水銀ターゲット容器はターゲットフランジに設けたボルトでターゲット台車のフランジに固定される。ボルトサイズは M20 で、緩めた状態でもターゲットフランジから抜け落ちない構造とし、ねじの緩みを確認できるようにバネを設置すること。ボルトのネジ部にはハードクロムメッキを施すこと。
- (b) パワーマニピュレータを用いた遠隔操作によるボルトの締め／緩めを行うために、反力受け (50.0×50.0×22 mm³) を溶接で取り付けることとし、ナットランナーを挿入しやすい形状とすること。

- (c) ターゲットフランジ側のシール面にはメタルシール用の溝を設け、水銀ターゲット容器の遠隔交換作業中にシール面から脱落しないように、ネジで、メタルシールを固定すること。
- (d) ターゲット台車（位置決めピン）との取合いとなる穴の形状及び位置の製作精度は、穴径、穴位置ともに ± 0.10 mm の公差内にすること。
- (e) 水銀ターゲット容器を交換するための水銀ターゲット容器（仕様範囲外）との取合いとなるピン形状及び位置の製作精度は公差（ピン径： $\phi 36.0 \pm 0.1$ mm、ピン位置：設計値（190.0、325.0、621.0） ± 0.1 mm）内にすること。
- (f) 水銀配管着脱機構をフランジ後方に溶接及びボルトで取り付けること。水銀配管着脱機構の仕様及び取付け指針は、A-5 を参照すること。
- (g) ヘリウムベッセルシール機構を溶接で取り付けること。ヘリウムベッセルシール機構の仕様及び取付け指針は、A-6 を参照すること。
- (h) ターゲットフランジに、配管を取り付けた後、配管コネクタを取り付けること。コネクタの仕様及び取付け指針は、A-7 を参照すること。
- (i) コネクタ接続時に、10A 配管の曲げが抑えられるように、補強を入れること。
- (j) バブリング用ヘリウム配管と配管コネクタ間に、マニピュレータで開閉可能なベローズ・シール・バルブを溶接接続にて設けること。
- (k) 水銀センサを水銀配管着脱機構の下方に取り付けること。水銀センサの仕様及び取付け指針は、A-8 を参照すること。
- (l) ターゲットフランジに、配管を取り付けた後、ケーブルコネクタを取り付けること。ケーブルコネクタの仕様及び取付け試験は、A-9 を参照すること。
- (m) シール試験時のシール材は、受注者が準備すること。

A-5 水銀配管着脱機構：

本部品（図 12 参照）は、ターゲット台車側水銀配管と接続するため、ターゲットフランジの後方に取り付ける部品である。本仕様で、設計・製作、及び取付けを行うこと。

(1) 仕様

- (a) 型式：遠隔操作作用配管リンク機構
- (b) 寸法：約 500 mm×700 mm×750 mm
- (c) 重量：約 160 kg
- (d) 設計圧力：0.5 MPaG（水銀）
ただし、水銀充填時は-0.1 MPaG
- (e) 設計温度：150 °C
- (f) 水銀配管：150A
- (g) 締付けトルク：200 N・m
- (h) 水銀配管シール性能： 1.0×10^{-6} Pa・m³/s 以下（ヘリウム許容漏洩量）
- (i) 雰囲気：ヘリウムガス（0.2 MPaG）
ただし、水銀充填時は-0.1 MPaG
- (j) 純鉄シール材：（図 13 参照）

内側ナイフエッジ用

外径： $\phi 173.0 \pm 0.1$ mm、内径： $\phi 145.0 \pm 0.1$ mm、厚さ： 3.00 ± 0.05 mm

外側ナイフエッジ用

外径： $\phi 185.0 \pm 0.1$ mm、内径： $\phi 145.0 \pm 0.1$ mm、厚さ： 3.00 ± 0.05 mm

掘り込み部： $\phi 162$ - $\phi 170$ mm（掘り込み深さ：1 mm）

表面状態

表面の加工痕は、円周方向とし、半径方向の表面粗さは、Ra1.6 以下であること。

組成

Fe>99.5%、C<0.03%

硬さ

HBW<90 (HV<100)

(2) 材 料

フランジ部及び配管部：水銀ターゲット容器全体の (1) 材料に記載した材料。

ナイフエッジ部：ステライト No.12

その他：SUS304 等の水銀で腐食しない材料であること

(3) 取付けの指針

- (a) 水銀配管着脱機構の水銀配管部は、本体の水銀配管と溶接で接続し、溶接検査により、欠陥等が無いことを確認すること。水銀配管着脱機構のフランジ面は、ターゲットフランジ面から $160.0 -0 \sim +2$ mm の位置にすること。
- (b) 水銀配管着脱機構の取付け台を本体にボルト固定する際、フランジの位置が寸法公差（水平方向及び垂直方向ともに、 ± 0.5 mm）内になるように調整し、動作確認において、手動でスムーズに動作することを確認すること。
- (c) 駆動軸は、かじり防止のために、ハードクロムメッキを施すとともに、耐放射線性潤滑剤（MORESCO ハイグリース GK-1）を塗布すること。
- (d) リンクアームが 30.0° の時、ローラー間が 125.0 mm 以上（フランジ中心を基準）になるように調整すること。
- (e) リンクアームとローラーアーム間の最大角度が、 $5.0 \pm 0.5^\circ$ になるように調整すること。ただし、水銀配管模擬試験体を用いた試験において、水銀配管模擬試験体のフランジ後方部との干渉が懸念される場合、原子力機構の指示する角度に調整すること。
- (f) 内側、外側、どちらのナイフエッジを使用しても、水銀配管締結時のリンクアーム角度が $1 \sim 2^\circ$ になるように、極限点拘束治具位置を調整すること。また、シール材へのナイフエッジ押し込み深さ（圧痕深さ）が、 $0.20 \sim 0.30$ mm になるように、固定アーム長さを調整すること。
- (g) 試験後、ボルトのゆるみ防止のため、点付け溶接を行うこと。
- (h) 調整及びシール試験時のシール材は、受注者が準備すること。

- (i) ステライト製ナイフエッジは破損しやすいため取扱には十分注意すること。
- (j) ナイフエッジだけでなく、ステライトのベースの部分において、溶接検査すること。

A-6 ヘリウムベッセルシール機構（支給品）：

本部品（図 14）は、ヘリウムベッセルとホットセル雰囲気とを隔離するために、ターゲットフランジの前方に取り付ける部品である。本仕様で取り付けること。

(1) 仕様

- (a) 型式：ヘリウム加圧ベローズ伸縮式シール機構（イーグル工業社製相当品）
- (b) 寸法：約 1030 mm（直径）×約 85 mm（幅）
- (c) 設計圧力：0.9 MPaG
- (d) 設計温度：150 °C
- (e) ベローズ伸縮長さ：10 mm 以上
- (f) シール時最大押しつけ荷重：約 20 ton
- (g) シール性能 漏洩量： $5.0 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下（5 kPaG 加圧時）
- (h) 雰囲気

ヘリウムベッセル側	：ヘリウムガス（5 kPaG）
放射化機器取扱室側	：空調空気（大気圧）

(i) 付属品

ヘリウム雰囲気シール材

- | | |
|------|----------------------------------|
| 型式 | ：ACTISEAL E シール材（イーグル工業株式会社製相当品） |
| 内径 | ：約 900 mm |
| 表面処理 | ：金コーティング |
| 員数 | ：1 個 |

(2) 材料

SUS316L

(3) 取付けの指針

- (a) ヘリウムベッセルシール機構とターゲットフランジの合計厚さが $165 \pm 0.5 \text{ mm}$ になるように、フランジ厚さを調整すること。
- (b) ヘリウムベッセルシール機構をターゲットフランジに溶接で取り付けること。
- (c) 溶接後、溶接部及びシール部の気密を確認すること。

A-7 配管コネクタ（支給品）：

本部品（図 15～17）は、ターゲットフランジ側面から出した配管に取り付ける部品であり、既設のターゲット台車フレキ配管に遠隔で接続される。本仕様で取り付けること。なお、気密性能等の関係から、仕様を変更する可能性がある。

(1) 仕様

- (a) 型式 (オス側) : HilTap Fitting 製 2"-sch80 (HT415N-20-X3-A-3212) 2 個
HilTap Fitting 製 3/8"-sch80 (HT415N-03-X3-A-0494) 3 個
HilTap Fitting 製 3/8"-sch80 (HT415N-03-X3-A-3375) 1 個
- (b) 寸法 : 約 $\phi 75 \times 59 \text{ mm}^3$ (2")
約 $\phi 30 \times 32 \text{ mm}^3$ (3/8")

(2) 材料

SUS316L (部品①～⑤)、SUS304 (部品⑥)、SUS302 (部品⑦)

(3) 取付けの指針

- (a) 貸与する水銀配管模擬試験体の位置確認ピンを用いて、配管コネクタの位置を決め、ターゲットフランジに取り付けた配管に点付け溶接すること。その後、位置確認ピンを抜いて、本溶接を行うこと。なお、位置確認ピンのスライド部にわずかな隙間を設けているため、配管コネクタ位置を決める際、位置確認ピン先端が上側にある状態で、配管コネクタに挿入すること。
- (b) コネクタの取付け角度も重要であることから、貸与するコネクタ位置確認用治具を用いて、コネクタ位置及び角度が寸法公差内であることも確認する。
- (c) 位置確認ピンは、細く、曲がりやすいので、取扱いに十分注意するとともに、貸与及び返却時に、受注者は発注者立会いの下、位置確認ピンの確認を行い、返却時に不具合が確認された場合には、受注者が新品に交換すること。
- (d) 本溶接後、配管コネクタの位置を確認するとともに、溶接部及びシール部の気密を確認すること。シール試験時の接続コネクタは、受注者が準備すること。

A-8 センサ (支給品) :

本部品 (図 18 及び 19) は、各部に取り付けられる部品であり、運転中の容器の状態監視に使用される。

(1) 水銀センサの仕様

- (a) 型式 : 通電式センサ (図 18 参照)
センサケーブルが本体に触れない構造にすること
- (b) 寸法 : 200 mm 2 本
430 mm 3 本
- (c) シールプラグ : MARUWA 製 : B-SEAL B タイプ 10P シール
(NM-007-307 品番 1 R.1) 相当品 1 個

(2) 熱電対の仕様

- (a) 型式 : K 型シース熱電対 (図 19 参照) 少なくとも 10 本

- (b) 寸法 : 500~1000 mm (シース)
 (c) シールプラグ : MARUWA 製 : B-SEAL B タイプ 10P シール
 (NM-007-307 品番 1 R.1) 相当品

2 個

(3) 材 料

SUS316L (水銀センサのワイヤー部)

SUS316 (熱電対のシース部)

(4) MI ケーブル (支給品外)

真空用 MI ケーブル (助川電気工業製、DD-037-561) 相当品

- (a) シース外径 : ϕ 1.0 mm
 (b) 素線外径 : 約 ϕ 0.33 mm
 (c) 芯数 : 1 芯
 (d) シース材質 : SUS316
 (e) 絶縁材 : MgO
 (f) 耐熱温度 : 350°C
 (g) セラミック端子材質 : Al_2O_3 /コパール
 (h) セラミック端子寸法 : ϕ 1.6 mm-長さ 8 mm (取合い部)
 (i) 素線材質&長さ

No.	センサ	素線材質	長さ*	本数	備考
1	水銀センサ用	銅	1650 mm	6 本	ヘリウムプレナム-フランジ
2		銅	730 mm	2 本	受け皿-フランジ
3		銅	1000 mm	6 本	受け皿-フランジ
4	熱電対用	クロメル	1500 mm	5 本	ヘリウムプレナム-フランジ
5		クロメル	1650 mm	5 本	外側保護容器-フランジ
6		アルメル	1500 mm	5 本	ヘリウムプレナム-フランジ
7		アルメル	1650 mm	5 本	外側保護容器-フランジ

*配線の引き回し等を考慮して、長さを見直すこと。

(5) 取付けの指針

- (a) 長さ 200 mm の水銀センサ 2 本は、仕切り板後方のヘリウムプレナム内に設置すること。
 また、長さ 430 mm の水銀センサ 3 本は、水銀配管着脱機構下に高さが各々異なるように設置すること。(図 5 参照)。
 (b) 図 19 に示す熱電対は、溶接用チップ付き熱電対である。設置位置については、水銀容器外表面の 3 箇所 (先端部近傍の上下面など) 及び外側保護容器表面の 2 箇所を計画しているが、詳細な位置については、構造が決定した段階で、熱流動解析の結果を基に、原子力機構より指示する。

(c) センサの取付けに必要な物品は、受注者が調達・取付けを行い、性能を確保すること。

A-9 ケーブルコネクタ（支給品）：

本部品（図 20）は、ターゲットフランジ側面から出した配管に取り付ける部品であり、既設のターゲット台車ケーブルに遠隔で接続される。

(1) 仕様

- (a) 型式 : MARUWA 製 NL-201-361 Rev.2 3 個
- (b) 外形 : 約φ40×90 mm
- (c) ピン数 : 14 本
- (d) 圧力 : 0.5 MPaG

(2) 材料

あ①アルミナセラミック、②Fe-Ni、③④Fe-Ni-Co、⑤SUS316L、⑥SUS304、⑦SUSY308L、
⑧SUS304

(3) 取付けの指針

- (a) 貸与する水銀配管模擬試験体の位置確認ピンを用いて、ケーブルコネクタの位置を決め、ターゲットフランジに取り付けた配管に点付け溶接すること。その後、位置確認ピンを抜いて、本溶接を行うこと。
- (b) 本溶接後、配管コネクタの位置を確認するとともに、溶接部の気密及び導通・動作を確認すること。
- (c) センサ及びシールプラグとケーブルコネクタは、MI ケーブル（支給品外）で接続すること。センサと MI ケーブルの接続部は、絶縁材で覆うこと。MI ケーブルは、適宜固定したり、カバー等で覆ったりすること。
- (d) MI ケーブルの取付け・接続に必要な物品は、受注者が調達・取付けを行い、性能を確保すること。

A-10 再帰性ミラー（支給品）：

本部品（図 21）は、保護容器上面に点付け溶接で固定される部品であり、レーザー振動計測器を用いて、運転中の容器の振動を計測するために使用される。本仕様で取り付けること。

(1) 仕様

- (a) 型式 : レトロリフレクタ型再帰性ミラー（管造形工業製相当品）
- (b) 反射部材料 : 金（24K）（11×16×0.5 mm³）
- (c) ベース材料 : SUS316L（25×30×1.0 mm³）
- (d) 反射部領域 : 10.0×15.0 mm
- (e) 使用レーザー波長 : 632.8 nm
- (f) 反射率 : 40 % 以上

(g) 干渉強度 : 6.0V 以上 (LV-1720 の干渉強度電圧出力)

(2) 取付けの指針

(a) 入熱量の少ない溶接方法で、点付けの TIG 溶接 (8 箇所) を行うこと。点付け作業における再帰性ミラーの温度上昇を防ぐために、40°C以下になったことを確認してから、次の点付けを行うこと。

(3) 機能と役割

水銀ターゲット容器は、パルス陽子ビームにより水銀中に発生する圧力波によって激しく振動すると共に、内部にはキャビテーションによる壊食損傷が生じる。この振動は、陽子ビームの条件やバブラーからの気泡注入量によって変化する。本ミラーは、レーザー振動計測装置を用いて、陽子ビーム入射によって生じる振動の計測を行い、容器の健全性をモニタリングするためのものである。

2.3 塗 装

塗装を行う必要はない。

2.4 洗 浄

製作時の油、塵、切り粉、溶接屑、グラインダ粉などは除去し、清浄度の維持に努めること。

2.5 梱包、輸送

受注者は、搬入作業において、以下に示す管理・作業を行うものとする。

(1) 梱 包

輸送及び保管にあたり、汚染や破損の無いように梱包すること。ビニールシート等で密閉し、乾燥剤の封入等を行うことにより除湿に配慮すること。また、機器の使用の差異には、クレーンを用いて、梱包材から取り出す必要があることから、容易に取り出せる梱包材構造にすること。

(2) 輸 送

受注者は、製作物品を納入場所まで陸送または海上輸送により輸送すること。

(3) 輸送具

受注者は、製品の輸送に必要な吊り具、固定、治具等をすべて準備し、輸送を行う。

2.6 試験・検査

本機器に関する工場試験検査及び現地検査確認は以下の各項目を実施すること。また、特に溶接部位に対しては、より健全性が求められる原子力構造機器と類似の検査方法と合格基準に基づ

くとする。詳細は協議の上決定する。なお、本契約における設計作業により、新たに必要と考えられる試験・検査項目が生じた場合は、別途、原子力機構と協議の上試験・検査方法を決定し、実施すること。また、試験・検査を実施するにあたり、事前に試験検査要領書を作成し提出するものとする。試験に必要な物品（貸与品は除く）は、受注者が準備すること。

2.6.1 工場試験

各機器に対して工場試験を行う。なお、水銀ターゲット容器は多重容器構造であることから、製作途中に適宜、工場試験検査を行う。主要となると考えられる試験項目の具体的な内容を以下に示す。

(1) 外観検査

- (a) 構成品（材料を含む）の外観に有害な欠陥、傷、汚れなどのないことを確認する。
- (b) 組立図の設計寸法（幅、長さ、厚さなど）との相違がないことを確認する。
- (c) 全ての溶接部に、割れ、有害なアンダーカットが無いこと、止端部がなだらかな形状であることを確認する。直接目視確認できない箇所については、鏡やファイバースコープ等を用いて確認すること。

なお、外観検査は、水銀容器先端ブロック部品完成時、水銀容器先端ブロック溶接完了時、水銀容器完成時、内側保護容器完成時、外側保護容器完成時及び完成検査時に行う。

(2) 員数検査

構成品の員数が確認図の部品リストと合致することを確認する。なお、員数検査は、水銀容器先端ブロック部品完成時、水銀容器先端ブロック溶接完了時、水銀容器完成時、内側保護容器完成時、外側保護容器完成時及び完成検査時に行う。

(3) 材料検査

水銀、冷却水及びヘリウムガスが接する部分の材料については、素材メーカ提出のミルシートを用い、材料組成（溶接時の高温割れ防止に適合している組成であること。）や強度特性等の仕様を満たしていることを確認する。

(4) 寸法検査

寸法検査は、各部の仕様（2.2）に記載している寸法公差を満足していることを確認する。また、本仕様書に記載していない部分の公差について、JIS B 0405（精級、中級）に示されている公差を基本的に採用するが、高い精度が必要ないと考えられる箇所については、原子力機構との協議・確認により、粗級も可とする場合がある。なお、寸法検査は、水銀容器先端ブロック部品完成時、水銀容器先端ブロック溶接完了時、水銀容器完成時、内側保護容器完成時、外側保護容器完成時及び完成検査時に行う。

(5) 気密検査（溶接部）

各系統内を、窒素ガスあるいはヘリウムガスで、設計圧力以上（水銀系統（バブリング用ヘリウムガス系統を含む）：0.5 MPaG 以上、モニタリング用ヘリウムガス系統：0.2 MPaG 以上、冷却水系統：0.5 MPaG 以上、ヘリウムベッセルシール機構加圧用ヘリウムガス系統：0.90 MPaG 以上、ヘリウムチャンバ系統：0.2 MPaG 以上、ヘリウムベッセル系統：5 kPaG 以上）まで加圧し、溶接部に発泡液を塗布しても、発泡が認められないことを確認する。発泡液が塗布できないは、ヘリウム漏れ試験を行い、ヘリウムの漏れがないこと（漏洩率： $1.0 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下）を確認する。なお、気密検査（溶接部）は、水銀容器完成時、内側保護容器完成時及び完成検査時に行う。完成検査時では、内側保護容器（ヘリウムガス層に、0.1MPa 以上のヘリウムガスを充填し、冷却水層にヘリウムディテクタを接続した気密検査）、外側保護容器、水銀容器完成時及び保護容器完成時に検査できなかった水銀・ヘリウムガス・冷却水のバウンダリーとなる溶接部を検査対象とする。

(6) 気密検査（シール部）

各系統内を、ヘリウムガスで、設計圧力以上（水銀系統（バブリング用ヘリウムガス系統を含む）：0.5 MPaG 以上、モニタリング用ヘリウムガス系統：0.2 MPaG 以上、冷却水系統：0.5 MPaG 以上、ヘリウムベッセルシール機構加圧用ヘリウムガス系統：0.90 MPaG 以上、ヘリウムチャンバ系統：0.2 MPaG 以上、ヘリウムベッセル系統：5 kPaG 以上）まで加圧し、水銀配管着脱機構シール部（2箇所）、バブリング用ヘリウムガス配管コネクタシール部（1箇所）、モニタリング用ヘリウムガス配管コネクタシール部（2箇所）、冷却水配管コネクタシール部（2箇所）、ヘリウムベッセルシール機構加圧用ヘリウムガス配管コネクタシール部（1箇所）、ターゲットフランジシール部（1箇所）及びヘリウムベッセルシール機構シール部（1箇所）に対するヘリウム漏れ試験を行い、ヘリウム漏れ量が、 $1.0 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下（ヘリウムベッセルシール機構シール部のみ、 $5.0 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下）であることを確認する。なお、気密検査（シール部）は、完成検査時に行う。

(7) 耐圧検査

各系統内を、ヘリウムガスで、設計圧力の1.25倍以上（水銀系統（バブリング用ヘリウムガス系統を含む）：0.625 MPaG 以上、モニタリング用ヘリウムガス系統：0.25 MPaG 以上、冷却水系統：0.625 MPaG 以上、ヘリウムベッセルシール機構加圧用ヘリウムガス系統：1.125 MPaG 以上、ヘリウムチャンバ系統：0.25 MPaG 以上、ヘリウムベッセル系統：6.25 kPaG 以上）まで加圧した後、20分間、圧力の低下がなく、有害な変形がないことを確認する。なお、耐圧検査は、水銀容器完成時、内側保護容器取り付け完了時及び完成検査時に行う。

(8) バブリングラインの圧損検査

バブリング用ヘリウムガス配管に、圧力計ーバルブー流量計ー窒素ポンペを接続し、窒素ポンペからバブラーを通して、水銀容器内に窒素ガスを流す。バルブの開度を調整して、圧力値が1～10 kPa（1 kPa 刻み）の時の流量をグラフにプロットし、窒素ガスが0.50 m³/h 流れている状態で、圧損が50.0 kPaG 以下であることを確認する。なお、圧損試験は、バブラー完成時（バブラー単品状態）、水銀容器完成時（バブラー+約600 mm ヘリウムガス配管の状態）及び完成検査時（バブラー+ヘリウムガス配管+配管コネクタの状態）に行う。

(9) 溶接部及び近傍母材部の非破壊検査

各容器及び配管の溶接部について、基本的に全ての初層及び最終層に対して、浸透探傷検査を行い、溶接部表面に有害な傷、割れ、欠陥が認められないことを確認する。なお、薬剤は、低ハロゲン・低イオンタイプを用いること。また、検査終了後、薬剤を確実に除去すること。

また、各容器の全溶接部及び近傍の母材部について、原則として浸透探傷試験の他に、放射線透過試験や超音波探傷試験を行うこととし、構造解析で評価した応力分布に基づき1 MW 運転でもき裂が進展し破損に至るような有害な内部欠陥が無いことを確認すること。有害な欠陥がある場合は、欠陥を除去後に補修溶接を実施し、再検査をして問題ないことを確認すること。なお、補修記録を検査記録に添付すること。試験方法は、日本産業規格に規定されている方法を適用することとするが、適用できない検査部分については、別な方法の適用を協議して、試験を実施する。試験時期は、容器構造及び製作手順を踏まえて決定すること。

受け入れ可能な傷の形状および寸法は、欠陥箇所の板厚や応力に依存するため、放射線透過検査及び超音波探傷検査の判定基準は、構造及び構造解析結果を基に決定する。

(10) センサ類の導通・動作試験

センサ類の導通または絶縁を確認する。熱電対の表示値において、通常時は室温を示し、熱負荷時は温度上昇することを確認する。なお、熱電対の検査は、水銀容器への設置後（保護容器取り付け前）、保護容器取り付け後及び完成検査時に行う。水銀センサの検査は、ヘリウムプレナムへの設置後（ヘリウムプレナムを仕切り板に取り付ける前）、ヘリウムプレナムを仕切り板に取り付けた後及び完成検査時に行う。

(11) 再帰性ミラーの反射率検査

水銀ターゲット容器を立て起こし、4.0 m 以上離れた位置から、レーザードップラ振動計（小野測器製 LV-1720）のレーザーを出射し、計測器の干渉強度が設計値（6.0 V）以上であることを確認する。立て起こしに必要な物品は、受注者が準備すること。計測装置の操作を伴う計測は、原子力機構が行うこととし、受注者は、検査結果を記録し、工場検査成績書に入れること。

(12) ターゲット台車取合部確認試験

水銀ターゲット容器と水銀配管模擬試験体のフランジ面を接触させ、30本の遠隔ボルトを軽く

手締めできることを確認する。また、全ての配管コネクタ（6 個）及びケーブルコネクタに、位置確認ピンが所定の位置まで負荷なく挿入され、配管コネクタ端面と位置確認ピンのつば部が隙間なく接触することを確認する。また、貸与するコネクタ位置確認用治具を用いて、コネクタ位置及びコネクタ端面より 150 mm 離れた位置が寸法公差内であることを確認する。ターゲット台車取合部確認試験は、完成検査時に行う。

(13) 水銀配管着脱機構の動作確認試験

水銀ターゲット容器を水銀配管模擬試験体に取り付けた後、水銀配管着脱機構の駆動軸を回転させ、支障なくフランジの接続および解放ができることを確認する。締結時のリンクアーム角度が $1\sim 2^\circ$ で、シール材への圧痕深さが 0.20~0.30 mm であることを確認する。

2.6.2 現地試験

納品場所への機器搬入後に、原子力機構立会いの下、以下の検査確認を実施すること。

(1) 外観検査

構成品の外観に有害な欠陥、傷、汚れなどのないことを確認する。

(2) 員数検査

構成品の員数が機器リストと合致することを確認する。

2.7 付属品及び予備品

特になし。

2.8 添付書類

参考図（図 1~22）

2.9 特記事項

- (1) 製作着手は、原則として確認図書が返却された後に行うものとする。
- (2) 詳細設計において、現設計より合理的、且つ、必要な仕様条件及び取合条件を満たすと認められる新規の方式が提案された場合は、発注者の承認を得た上で設計の変更を可能とする。
- (3) 受注者が発注仕様書の内容を変更したい場合、又は内容を変更した方が良いと考える場合には、その理由と変更の内容を確認図又は文書にて申し出ること。変更を確認した場合、発注者は仕様書の変更手配を行うものとする。変更手配は変更部分を記載した変更仕様書又は確認図によるものとする。
- (4) 受注者は機器の使用目的及び仕様を仕様書に基づき完全に正しく理解しなければならない。したがって、万一仕様書の解釈に疑義があるときは、速やかに申し出て製作着手前にこれを明らかにしておかねばならない。この手続きを怠ったために生じた一切の不都合は受注者の責任とし、無償で交換するか又は改造するものとする。

- (5) 機器の設計製作に関し、仕様書の内容に不備がある場合には、受注者は直ちにその旨を申し出なければならない。それを怠ったり受注者が独自の判断で仕様を決定したりして製作したために起きた不都合は受注者の責任とし、無償で交換するか又は改造するものとする。
- (6) 製作着手前または製作過程において、発注者と受注者の間で打合せを行った際には、受注者側で議事録を作成し、発注者及び受注者双方の署名又は押印を付し、各々1部保有するものとする。議事録の提出がない場合は打合せの決定事項は発注者の解釈を有効とする。
- (7) 発注者からの文書又は口頭による質問事項に対しては速やかに回答するものとする。回答は文書によることを原則とするが、急を要する場合には口頭でも良いものとする。ただし、口頭により回答した場合は一週間以内に必ず文書にて提出し、承認を得るものとする。文書の提出がない場合は回答に対する発注者の解釈を有効とする。