

結合型モデレータ 4 号機の製作 仕様書

目次

1. 一般仕様	1
1.1 件名	1
1.2 目的	1
1.3 契約範囲	1
1.4 納期	2
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 提出図書	2
1.9 支給品	3
1.10 貸与品	3
1.11 品質管理	4
1.12 適用法規・規格基準	4
1.13 産業財産権等	4
1.14 機密保持	5
1.15 安全管理	5
1.16 グリーン購入法の推進	5
1.17 協議	5
2. 技術仕様	6
2.1 概要	6
2.2 減速材の冷却条件	10
2.3 一般事項	11
2.4 一般機器に関する設計基準	13
2.5 設計の範囲	14
2.6 機器仕様	14
2.7 塗装	20
2.8 洗浄	20
2.9 梱包及び輸送	21
2.10 試験・検査	21
2.11 添付書類	22

添付資料

- 図 1.1 J-PARC 物質・生命科学実験施設 1MW パルス核破砕中性子源全体図
- 図 1.2 J-PARC 物質・生命科学実験施設 1MW パルス核破砕中性子源詳細図
- 図 1.3 減速材配管経路図
- 図 1.4 減速材・反射体保守時の引き上げ方法
- 図 1.5 遠隔操作による結合型減速材取り外し状況
- 図 1.6 結合型減速材ヘッド詳細図（初号機のもの）
- 図 1.7 低温水素システム
- 図 1.8 結合型減速材構造図 1
- 図 1.9 結合型減速材構造図 2
- 図 1.10 結合型減速材構造図 3
- 図 1.11 結合型減速材構造図 4
- 図 1.12 結合型減速材構造図 5
- 図 1.13 実機用減速材構造図 6
- 図 1.14 実機用減速材カプラー構造図
- 図 1.15 結合型減速材ベリリウムブロック構造図
- 図 1.16 固定金具構造図
- 図 1.17 SUS 多重配管
- 図 1.18 低温配管異材変換部詳細図
- 図 1.19 一体化多重管構造（室温配管用、異材継ぎ手付き）
- 図 1.20 室温部多重一体化配管設置位置
- 図 1.21 CM ヘッド固定用フランジ位置決めピン挿入部のテーパ加工
- 図 1.22 水素配管サポート構造
- 図 1.23 減速材交換用アタッチメント

1. 一般仕様

1.1 件名

結合型モデレータ 4 号機の製作

1.2 目的

J-PARCの主要実験施設の1つである物質・生命科学実験施設（MLF）では、出力1MWの陽子ビームで駆動されるパルス核破砕中性子源から得られる中性子ビームを利用し、物質科学、生命科学等の分野における様々な実験研究が行われている。中性子ビームを発生させるため、中性子源は、水銀ターゲット、水素減速材（水素モデレータとも呼ぶ）及び反射体で構成する。水素減速材は、結合型減速材（CM）、非結合型減速材（DM）、ポイズン入り非結合型減速材（PM）より構成し、核破砕反応で発生した中性子を極低温液体水素（1.5PMa, 20K）を用いて減速し、特性の異なる冷中性子ビームを生成する。減速材の性能を向上させるため、減速材の周りに反射体を設置する。反射体は、内部にベリリウムを用い、ターゲットで発生した中性子を効率的に減速材に導く。減速材や反射体は、1MW出力運転時に6年で寿命に達するため、定期交換の対象機器となる。定期交換では、ホットセルに移送キャスクを用いて移送し、遠隔操作で交換する。遮蔽機能を有した内部プラグや外部プラグに減速材や反射体を接続し、遠隔操作で交換できる構造である。本仕様書は、予備機となる3台の減速材のうちの1つである結合型モデレータ 4 号機の製作に関する仕様について記述したものである。

1.3 契約範囲

1.3.1 契約範囲内

1) 製作設計	1 式
2) 製作	1 式
3) 試験検査	1 式
4) 梱包・輸送	1 式
5) 提出書類作成	1 式

1.3.2 契約範囲外

- 1) ベリリウムの調達・加工

1.4 納期

令和10年3月27日

1.5 納入場所及び納入条件

(1)納入場所

茨城県那珂郡東海村大字白方 2-4

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

J-PARC 物質・生命科学実験施設 第3 機器搬出入口

(2)納入条件

車上渡し

1.6 検収条件

1.5 項に示す納入場所に納入後、2.10 項に定める試験・検査の合格、並びに 1.8 項に示す提出図書の確認をもって検収とする。

1.7 保証

(1)保証期間は検収後 1 年間とする。

(2)保証期間後であっても、受注者は本機器の機能維持のため、誠意を持ってアフターサービスを実施するものとする。

1.8 提出図書

図 書 名	提 出 時 期	部数	確認
1.工程表	契約後速やかに	3 部	不要
2.確認図	製作着手前	3 部	要
	※確認後コピー3 部提出のこと		
3.試験検査要領書	検査着手前	3 部	要
	※確認後コピー3 部提出のこと		
4.工場立会検査申請書	検査日の 1 週間前まで	3 部	不要
5.打ち合わせ議事録	打合後 1 週間以内	3 部	要
6.完成図書	納入時	3 部	不要

6.1.製作仕様書 6.2.工程表 6.3.打ち合わせ議事録 6.4.完成図面 6.5.試験検査要領書 6.6.試験検査成績書 6.7.製作過程写真 6.8.その他必要な書類 7.完成図書の電子データ（電子媒体） 8.その他発注者が必要とした書類	納入時 随時	2 式 3 部	不要 受注者との 協議による
--	-----------	------------	----------------------

（提出場所）

原子力機構 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

1.9 支給品

- 1) 品名：金属ベリリウムブロック
- 2) 数量：2体（1組）
- 3) 支給場所：HENDEL棟
- 4) 支給時期：令和8年6月中旬頃予定
- 5) 支給方法：車上渡し
- 6) その他

受注者工場までの輸送は、本件仕様範囲内とする。

1.10 貸与品

- 1) 品名：カプラー結合試験体
 数量：1体
 引渡場所：HENDEL棟
 引渡時期：随時
 引渡方法：車上渡し
- 2) 品名：結合型減速材輸送架台
 数量：1体
 引渡場所：HENDEL棟

引渡時期：随時

引渡方法：車上渡し

1.11 品質管理

(1) 本設備の製作に係る設計、製作、据付け等は、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

1.12 適用法規・規格基準

【受注者は、関係する以下に挙げる規則・基準に準拠して、本機器の製作、試験・検査等を行うこと。

- ①日本産業規格（JIS）
- ②圧力容器構造規格（JEM）
- ③日本溶接協会規格（WES）
- ④日本建築学会各種構造設計及び計算基準（AIJ）
- ⑤日本電気工業会標準規格（JEM）
- ⑥日本電気規格調査会標準規格（JEC）
- ⑦日本電線工業会規格（JCS）
- ⑧労働安全衛生法
- ⑨労働基準法
- ⑩日本原子力研究開発機構内諸規定
- ⑪その他関係する諸規格・基準

1.13 産業財産権等

特になし

1.14 機密保持

受注者は、本業務の実施に当たり、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、下請会社等の作業員を除く第三者への開示又は提供を行ってはならない。このため、機密保持を確実にできる具体的な情報管理要領書を作成・提出し、これを厳格に遵守すること。

1.15 安全管理

(1) 一般安全管理（現地作業を行う場合）

- ・作業計画に際し綿密かつ無理のない工程を組み、材料、労働安全対策等の準備を行い、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。また、作業遂行上既設物の保護及び第三者への損害防止にも留意し、必要な措置を講ずるとともに、火災その他の事故防止に努めるものとする。
- ・作業現場の安全衛生管理は、法令に従い受注者の責任において自主的に行うこと。
- ・受注者は、作業着手に先立ち原子力機構と安全について十分に打合せを行った後着手すること。
- ・受注者は、作業現場の見やすい位置に、作業責任者名及び連絡先等を表示すること。
- ・作業中は、常に整理整頓を心掛ける等、安全及び衛生面に十分留意すること。
- ・受注者は、本作業に使用する機器又は装置の中で地震等により安全を損なうおそれのあるものについては、転倒防止策等を施すこと。

1.16 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の推進等に関する法律）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。

1.17 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上、その決定に従うものとする。

2. 技術仕様

2.1 概要

2.1.1 機器の概要、構成

本仕様で述べる減速材は、MLF に既設の低温水素システムとの組み合わせにより、減速材ヘッド部に約 20K の極低温液体水素を供給・循環させる 1 つの系を構成する。図 1.1 に、物質・生命科学実験施設の 1MW パルス核破砕中性子源全体図、図 1.2 に同詳細図、図 1.3 に減速材配管経路図を示す。3 台の減速材ヘッド部は水銀ターゲットの上下に配置され、減速材ヘッドから延びる配管は屈曲しながら反射体、反射体プラグを上方向に貫通し、ヘリウムベッセル内の上部の空間に至る。ここで水平方向へと向きを変え、水素輸送配管を通して低温水素システムの水素循環ユニットに接続する。

中性子源には、次の 3 台の減速材が設置されている。

- ・非結合型減速材 (Decoupled Moderator)、DM と表記
- ・ポイズン入り非結合型減速材 (Poisoned Decoupled Moderator)、PM と表記
- ・結合型減速材 (Coupled Moderator)、CM と表記

(ここで結合、非結合という言葉は、中性子から見て減速材が周囲の環境と結合しているかどうかを示すものであり、減速材と周辺機器の機械的結合状態を表すものではない。) 3 台の減速材のうち、非結合型減速材及びポイズン入り非結合型減速材の製作は、仕様の範囲外である。

減速材は高放射線場で使用する機器であり、1MW 運転時には約 6 年で放射線損傷により寿命に達するため、交換する必要がある。3 台の減速材は完全に独立しており、任意の 1 台のみ交換可能である。図 1.4 に示すとおり、減速材交換時にはヘリウムベッセル内から反射体及び反射体プラグと共に遠隔操作により減速材を取り出す。反射体は最大外径 1286mm、高さ 1305mm であり、反射体プラグは最大外径 1486mm、本体の高さ 2340mm である。反射体プラグはさらに、内部プラグと外部プラグとに分離する。反射体と外部プラグはボルトで結合されており、これに CM が取り付けられる。DM 及び PM は内部プラグに取り付けた後、外部プラグ内に挿入する。反射体-反射体プラグアセンブリに取付けられた CM を、遠隔操作により取り外す様子を図 1.5 に示す。CM は、減速材交換装置に取付けられた結合型減速材用アタッチメントにより把持され、パワーマニプレータにより締結ボルトが緩められた後、一旦下方に動かして CM ヘッドを反射体から抜き出し、その後水平に移動して反射体アセンブリから分離する。

それぞれの減速材は、減速材ヘッド-輸送配管-カプラー (片側) を結合したものである。内側から水素配管 (in/out)、真空断熱層、ヘリウムブランケット層、冷却水層 (in/out) からなる多重配管を基本構造とする。運転状態では、水素配管が約 20K の極低温状態、真空断熱層配管、ヘリウム配管、冷却水配管は約 300K の室温状態である。減速材ヘッドは反射体内部に挿入される長さ約 600mm の部分で、中性子を減速するための水素溜まりとなる水素容器及び中性子の反射体としての

役割を果たすベリリウムブロックが内蔵されている。CM は反射体への固定金具まで、DM 及び PM は内部プラグへの固定金具までを減速材ヘッド部とする。CM の減速材ヘッド部を図 1.6 に示す。水素配管は、減速材ヘッド側が 2 重同軸配管（内管が往路、外管が還路）、カプラー側が平行配管となっている。減速材ヘッド近傍は中性子吸収の少ないアルミニウム合金、その他の部位は製作性が良く断熱性能の良いインバー（低温部）またはステンレス鋼（室温部）でできており、途中で異材変換を行っている。輸送配管上部において、冷却水配管が分岐している。カプラーは反射体プラグの上部に位置し、減速材や反射体の保守・交換時に切り離し、反射体プラグに結合しているこれらの機器を上方に引き出すことが出来るようにするためのものである。

2.1.2 機能概要

極低温水素減速材システムに要求される機能を以下に述べる。

(1) 中性子減速材である水素を保持する機能

減速材の第 1 の機能は、ターゲット中で核破砕反応により生成し減速材領域に入射してきた高エネルギー中性子を、水素との散乱により熱中性子あるいは冷中性子とし、実験に最適なエネルギーにまで減速することである。本仕様で製作する減速材は、この目的を達成するための極低温水素を循環させる容器及び配管が基本構成要素となる。

また CM では、水素容器周りを取り囲むように流れる冷却水を積極的に中性子の減速に利用し、中性子強度の向上及び水素に与える熱負荷の低減を行う。このため、この冷却水領域をプリモデレータ（前置減速材）と呼ぶ。

(2) 中性子の漏洩を低減する機能

中性子源強度を増大するために、ターゲットで発生した中性子をできるだけ減速材付近に留め、外部への漏れを少なくすることが重要である。減速材ヘッドに収めるベリリウムブロックは、中性子反射体の役割を果たし、中性子の漏洩を低減させる。また減速材ヘッドと反射体との隙間、減速材配管と反射体プラグとの間の隙間、減速材の多重容器間等に生じる隙間は可能な限り小さくし、中性子の漏洩が少なくなる設計としている。

(3) 中性子パルスの時間幅を調整する機能（CM は対象外）

3 台の減速材の内の 2 台（DM と PM）では、中性子吸収材を減速材に付加することにより、中性子強度の減少を伴うものの、時間幅の狭い中性子パルスを供給する。DM と PM 双方の減速材容器は、中性子ビーム引き出し面を除いて Au-In-Cd 合金等の中性子吸収材で覆う構造とし、遅い時間に減速材以外の領域から減速材に流入する熱中性子を遮断することにより時間幅の短い中性子パルスを生成する。この時、Au-In-Cd 合金等の中性子吸収材被覆は減速材領域とそれ以外の領域の中性子環境を隔てているのでデカップラー（decoupler）と呼ばれ、またこのために DM と PM は非結合型減速材と呼ばれている。

さらに PM では、減速材の水素領域を 2 分するように Cd 板を挿入し、さらに時間幅の狭い中性

子パルスを生成する。Cd 板の挿入により熱中性子に対する実効的な減速材厚さを薄くし、実効的に中性子パルス時間幅を狭くする。Cd 板の挿入は中性子強度減少という副作用を伴うものの、時間幅の短い中性子パルスを生成するのに不可欠であるため、ポイズン (poison) と呼ばれ、PM はポイズン入り非結合型減速材と呼ばれている。

(4) 核発熱を除去する機能

減速材は 1MW の陽子ビームが打ち込まれる水銀ターゲット近傍に置かれるため、放射線により発熱する (核発熱)。この核発熱の除去は、極低温領域は水素が、また室温領域は冷却水が受け持つ。

(5) 極低温水素を輸送・循環する経路を確保する機能

極低温水素は、低温水素システムによって循環される。本仕様で製作する減速材は、低温水素システムとの取合い点 (カプラー) までの水素の輸送・循環経路の確保を行う。

(6) 冷却水路を確保する機能

冷却水は、冷却水循環システムにより循環される。本仕様で製作する減速材システムでは、ヘリウムベッセル内の反射体プラグ上部の冷却水配管取合い点 (フランジ取合い) よりも下部において、冷却水路の確保を行う。

(7) 極低温と室温とを隔離する機能

極低温 (約 20K) となる水素容器及び配管と、室温であるその外側の容器や配管等は、真空断熱層により熱的に隔離されている。また、真空領域の一部には、極低温領域と室温領域間の輻射による熱侵入を抑制するための熱絶縁材 (スーパーインシュレータ) を挿入し、熱的隔離をより確かなものとする。

(8) 高圧の極低温水素を安全に閉じこめる機能

本減速材では、高圧 (2.0MPa) で、かつ可燃性である水素を取り扱うため、水素の閉じ込めが安全上極めて重要である。この安全性は水素容器及び水素配管等の水素の境界となる機器の健全性により担保される。

放射線下にさらされる低温水素配管及び容器系では、その真空断熱層に空気等が漏洩した場合、それらの低温面に酸素を始めとするガスの凝固層が形成され、それらに放射線が照射され続けると、フリーラジカルを形成する可能性がある。形成されたフリーラジカルは、場合によって自然爆発するので、決して上記のような空気漏洩を発生させてはならない。そこで、本機器の低温水素を内包する配管及び容器は、真空断熱容器の外側に、純度の高いヘリウムガスを主とした不活性ガス層によるブランケットを設けている。これは、外気との隔壁を二重化すると共に、万一、二重の隔壁が壊れ空気の漏洩を生じたとしても、ヘリウム層を通過するため、ヘリウムガスを伴って真空層へ混入することになる。すると、真空排気装置で監視しているヘリウムリーク検知器に反応し、漏洩発生が直ちに検知され、しかるべき運転対応を講じることができる。さらに、水

素が水素配管の外管から真空層へ漏洩した場合にも、ガス分析により水素漏洩を検知できる。

(9) 水素輸送管の接続及び切り離しする機能

減速材や反射体は定期的に交換する機器である。交換時には減速材や反射体を結合している反射体プラグをヘリウムベッセル内から取り出す必要があり、この時に減速材の輸送配管の切り離しを行う必要がある。この切り離しを行うため、反射体プラグ上部の空間にカップラーが取り付けられている。カップラーの操作は人手により行うが、1MW の高出力運転後には反射体プラグ上部空間における放射線線量が高くなることが想定されるため、確実な配管の結合と同時に短い作業時間で着脱が行える構造としている。

(10) 減速材を所定の位置に設置するための位置決め機能

3 台の減速材は、反射体と反射体プラグを一体化した集合体に結合し、ヘリウムベッセル内の所定の位置に設置されるが、その設置には $\pm 0.5\text{mm}$ 程度の高い位置決め精度が要求される。このため、減速材の位置決めに係わる部位は高精度で製作される必要がある。

さらに運転開始後は、減速材の交換対象部分の放射化により交換作業の多くは遠隔操作で行うため、これに対応した構造を有する。

2.1.3 低温水素システムの概要

本節では、本水素減速材と結合して 1 つの系をなし、極めて密接に関わる機器である「低温水素システム」の概要を記述する。

核破碎反応で発生した中性子の減速には極低温水素（運転圧力約 1.5MPa、運転温度約 20K）を使用する。具体的には、発生した高エネルギー中性子を極低温水素が循環する冷減速材容器内の水素と散乱させることにより減速し、最終的に冷中性子にするもので、中性子の運動エネルギーを熱エネルギーとして水素循環システムが吸収し、最終的にその熱をヘリウム冷凍機が吸収するシステムである。この一連の極低温水素循環系は、「水素循環システム」及び 3 台の「水素減速材」で構成される。

低温水素システムの構成概要図を図 1.7 に示し、以下にそれらの構成と機能について述べる。ヘリウム冷凍ユニットにより約 17K で約 5kW（最大能力は 6kW）の冷凍能力を有する。熱交換器を介して水素循環システム内を循環している水素が冷却される。熱交換器で約 18K に冷却された水素は、速中性子を減速する減速材ヘッドまで水素輸送配管により運ばれ、冷中性子を生成すると共に暖められ、再び水素輸送配管を通り水素循環システムに戻される。減速材は、結合型減速材、非結合型減速材、そしてポイズン付き非結合型減速材の 3 種類から構成されている。戻った水素は、圧力調整用のヒータ部やアキュムレータを通過し、必要に応じて圧力が調整され、水素循環ポンプへ入る。ポンプでは、循環流量に必要とされる圧力まで昇圧される。その後、オルソ・パラ水素変換器（水酸化鉄触媒使用）を通過し、パラ水素濃度を 99%以上とし、これら一連のプロセスで暖められた水素は再び熱交換器に入る。そして、熱交換器出口において始めと同じ約 18K に冷却され、減速材へ

ッドへ向かうというサイクルを構成する。水素循環システムは、以上のサイクルを繰り返し、長期間、安定に冷中性子を発生する機能を有する。上記に示した水素循環システムを構成する主要機器以外の付帯設備として、各装置からの水素ガスを回収し、安全に外気へ放出するための水素放出設備、水素循環ユニットへ水素ガスを供給する水素ガス供給ライン、その他、ヘリウムガス、窒素ガスの各種ガス供給系、及び真空排気装置が設置されている。

2.2 減速材の冷却条件

(1) 発熱量

CM、DM、PM の容積、定格陽子ビーム出力 1MW での発熱量を表 3 に示す。

表 3 各減速材の水素容積と定格陽子ビームでの発熱量

	CM	DM	PM
体積 (L)	1.54	0.97	0.97
水素核発熱 (W)	946	467	442
容器核発熱 (W)	793	519	584
各減速材発熱合計 (W)	1739	986	1026
全発熱量 (W)	3751		

(2) 冷却条件

低温水素の運転圧力を約 0.6MPa とした場合の冷却条件を、低温水素システムの基本設計結果の例として表 4 に示す。運転圧力の上限である 1.5MPa においても温度条件はほとんど変わらない。ただし、本計算は、パラ水素濃度 99%で、オルソからパラ水素への変換が無いものとした。もし、若干でも変換が発生するとした場合、減速材容器出口温度は本結果より下がることになる。従って、条件を満足しやすい方向になる。

表 4 定常冷却状態での各減速材における冷却条件の例

	CM	DM	PM
循環流量 (kg/s)	0.068	0.0382	0.0398
圧力 (MPa)	0.609	0.6	0.6
入口温度 (K)	18.0	18.11	18.09
出口温度 (K)	20.85	20.96	20.94
温度差 (K)	2.85	2.85	2.85
算術平均温度 (K)	19.43	19.54	19.52

2.3 一般事項

機器の製作設計に当たり、一般的設計条件として、単位、耐震、輸送、放射線環境、そして物性条件に関する条件を以下に示す。本条件の変更あるいは不採用の必要が生じた場合、発注者と協議の上、発注者がそれを認めた場合に行えるものとする。

2.3.1 単 位

- (1) 使用する単位はSI単位系を採用することを原則とする。慣用的単位の方がわかりやすい場合は、SI単位の数値の横にカッコ書きで、その慣用単位とその単位を用いた場合の数値を記述してもよい。
- (2) 例外として高圧ガス保安法に関する関連書類の場合、法で要求している単位に準拠すること。

2.3.2 温度、圧力、流量、発熱

2.3.2.1 温 度

・水素

減速材ヘッド入口温度	18 K	(-255 ℃)
減速材ヘッド出口温度	21 K	(-252 ℃)

・冷却水

減速材ヘッド入口温度	293～313 K	(20～40 ℃)
温度上昇	2 K	(2 ℃)

・水素に接触する部位

最低温度	14 K	(-259 ℃)
運転温度	20 K	(-253 ℃)
最高温度	323 K	(50 ℃)

・水素に接触しない部位

最低温度	273 K	(0 ℃)
最高温度	373 K	(100 ℃)

2.3.2.2 圧 力 (ゲージ圧)

・水素領域	-0.1 ～ 2.0 MPa
・真空断熱層	-0.1 ～ 0.1 MPa
・ヘリウムブランケット層	-0.1 ～ 0.1 MPa
・冷却水領域	-0.1 ～ 0.5 MPa
・周辺環境	-0.1 ～ 0.3 MPa

2.3.2.3 流 量

・水素 (DM)	38 g/s
・水素 (PM)	40 g/s
・水素 (CM)	68 g/s
・冷却水 (DM)	0.75 l/s (2.7 m ³ /h)
・冷却水 (PM)	0.75 l/s (2.7 m ³ /h)
・冷却水 (CM)	1.25 l/s (4.5 m ³ /h)

2.3.2.4 発 熱

・水素負荷分 (DM)	1.0 kW
・水素負荷分 (PM)	1.0 kW
・水素負荷分 (CM)	1.7 kW
・冷却水負荷分 (DM)	5.3 kW
・冷却水負荷分 (PM)	4.5 kW
・冷却水負荷分 (CM)	7.2 kW

2.3.3 耐 震

- (1) 高圧ガス保安法に定める高圧ガス設備等耐震設計基準に準拠すること。

2.3.4 輸 送

- (1) 動的加速度

輸送時： 14.71 m/s² (1.5 G)

据付調整時： 2.94 m/s² (0.3 G)

動的加速度の方向は前方向を原則とするが、何らかの処置を講じた場合は、この限りではない。

2.3.5 放射線環境

- (1) 放射線環境

- ① 本機器は、3GeV-1MW の陽子ビームを受け入れる水銀ターゲットの近傍に設置されるため、一部非常に強い放射線場（主に中性子と γ 線）で使用される。
- ② ただし、本機器設計における放射線に対する配慮は発注者側で行っているため、受注者側で配慮する必要はない。

2.3.6 物 性

- (1) 水素 : 計算等に使用する物性値は、NIST 等の文献値*1 に準拠すること。

- (2) ヘリウム : 計算等に使用する物性値は、NIST 等の文献値^{*2}に準拠すること。
- (3) 窒素 : 計算等に使用する物性値は、NIST 等の文献値^{*3}に準拠すること。
- (4) 金属・非金属 : 計算等に使用する物性値は、NIST 等の文献値に準拠すること。また、許容応力値等の設計上の基準を定める場合は、それらの材料が使用される機器が準拠すべき法規、基準に定められる数値を使用することを原則とする。

*1 : たとえば、Its Technology and Implication, Hydrogen Property, Vol. III, CRC Press (1975) とか、NBS Tech. Note 1097 など

*2 : たとえば、NBS Tech. Note 631 など

*3 : たとえば、NBS Tech. Note 648 など

2.4 一般機器に関する設計基準

容器、配管等の一般機器に対する設計基準を定める。受注者は、基本的に本基準に従い製作設計を行うこと。但し、本基準を変更あるいは不採用の必要が生じた場合、発注者と協議の上、変更等を決定するものとする。

2.4.1 材 料

- 1) 原則として、以下の材料を使用すること。
 - ・アルミニウム合金 A6061-T6
 - ・インバー 36%Ni-Fe 合金 (スーパーインバーは使用不可)
熱膨張係数 1.5×10^{-6} 以下
新報国製鉄株式会社の IC-36 製品保証規格に該当するもの
 - ・ステンレス鋼 SUS-316L (冷却水に接する部分)
SUS-304L (冷却水に接しない部分)
 - ・ベリリウムブロック 金属ベリリウム (支給品)
 - ・鉄鋼 SS400、炭素鋼等
- 2) 以上の材料につき、ミルシート添付のこと。
- 3) その他の材料については、1.7 章以降で個別に述べる。

2.4.2 材料の許容応力

- 1) 高圧ガス機器設備
高圧ガス保安法に準じる。
- 2) 高圧ガス適用除外設備
JIS B 8243 に準じる。

2.4.3 配 管

- 1) 原則として、本仕様書添付の設計図面に記載した径の配管を使用すること。
- 2) 規格外の配管は、規格配管の削り加工等により図面記載の配管径とすること。
- 3) L字配管
一部、規格品ではないL字配管を使用している。この部分は、半割れのL字配管を削り加工で製作し、溶接で接合することを想定している。

2.5 設計の範囲

本極低温水素減速材システムでは、中性子性能を最大限に高めると同時に実現可能な機器構造の検討を発注者側で行っており、基本設計は仕様の範囲外である。しかし、機械加工や溶接等の実際の製作上で生じる製作設計等は仕様の範囲内である。以下に、仕様の範囲外及び範囲内の設計項目を示す。

- (1) 仕様の範囲内の設計項目
 - 1) 機械加工性、溶接位置及び施工性等の実際の製作に係わる製作設計
 - 2) その他、(2)項 1)～5)以外の設計
- (2) 仕様の範囲外の設計項目
 - 1) 中性子工学設計
 - 2) 容器、配管類の構造強度設計
 - 3) 水素の熱流動設計
 - 4) 冷却水の熱流動設計
 - 5) 機器寸法、配置に係わる基本設計
- (3) 試験・検査への対応
 - 1) 試験・検査を合格とするのに必要な製作設計時における配慮は、受注者側の責任範囲とする。

2.6 機器仕様

i) 結合型減速材

数	量	1 基
寸	法	図面参照

使用圧力 $-0.1 \sim 2.0$ MPa

使用温度 18K $\sim$ 373K

主要材質 Al 合金、インバー、SUS, Be 等

付属品：EPDM シール材 1 式

冷却水接続部クランプ、NW40 閉止フランジ、センターリング 各 2 個

2.6.1 概要

水素減速材の基本設計は、原則として 2 号機のを踏襲することとする。結合型減速材の図面を図 1.8 $\sim$ 1.16 に示す。また、製作性および信頼性向上の観点から、2 号機以降は 2.6.2 節に記載する設計変更を行っており、考え方や概念を図 1.17 $\sim$ 1.22 に示す。図 1.23 には結合型減速材を取り扱う際に使用するアタッチメント（参考）を示す。また、設計・製作上の留意点を 2.6.3 節に示す。2.6.4 節では、本仕様で製作する減速材と関連する他の機器との取り扱いについて記述する。

2.6.2 2 号機以降の主な設計合理化

(1) 水素 in/out 層間の真空断熱層の削減

- 1) 水素の同軸配管部分について、水素行き層と水素還り層の温度差は最大 3K 程度と小さいこと、同軸多重領域の長さを初号機より短くすることで、水素同軸配管間の真空断熱層を削減しても性能上問題ない結果が得られたため、真空断熱層を削減し 5 層構造としている。

(2) 多重配管の径、板厚、間隙寸法の見直し

- 1) (1) 項の真空断熱層削減により空間的余裕が確保できたこと、また溶接性向上を意図した最小板厚および最小間隙増加のため、多重配管の径、板厚、間隙寸法の見直しを行った。
- 2) 最外径は他機器との取合いとの関係から 89.1mm のままとするが、内部の板厚と間隙については、製作性及び機能を考慮のうえ、変更可能である。

(3) インバーの採用

- 1) モデレータ初号機では、線源中心に近い部分でアルミニウム合金、遠い部分で SUS316L を材料とした。このとき、水素で約 20K まで冷却される高さ約 4m の低温配管部分は、室温時と比べ約 20mm 熱収縮するため、室温配管との接触を避けるために空間の確保が必要となり、製作を難しくする要因であった。そこで、熱膨張率が小さいインバーを採用した。これにより、熱収縮を最大でも 2mm 程度に抑えることができ、製作が容易になる。
- 2) 約 20K に冷却される水素配管について、モデレータヘッドとその近傍は中性子吸収を抑えるためにアルミニウム合金とするが、ヘッドから 1 回屈曲後の水平部にてインバーに異材変換する。また、最上部のカプラー手前でインバーから SUS-316L に異材変換する。

(4) 低温配管の多重-平行配管変換位置

- 1) 初号機の低温配管では、減速材全高さのおよそ中間に位置する中間水平部よりも上で、同軸配管から平行配管への変換を行っていた。この変換位置を、中間水平部よりも下の垂直配管部に変更した。
- 2) これにより、製作性の良い平行配管部が増加し、減速材全体としての製作性向上が期待できる。また、(1)項で述べた水素 in/out 層間の真空断熱層削減により両層間の熱移動が増加するが、同軸配管長が減少するために熱移動量増加を抑制することができる。

(5) 一体化多重配管

- 1) 初号機の製作において、低温部の水素行き層/真空断熱層/水素還り層の3重配管(低温部)、またその外側の真空断熱層/He バリア層/冷却水層の3重配管(室温部)について、スペーサーを配しながらの多重配管組立てでは各配管の芯出しや位置決めが難しかった。これを解決するため、一体化多重配管を採用した。ただし、低温部については3重ではなく2重に変更するため、必ずしも一体化多重配管を採用しなくても良い。
- 2) 図 1.17 に一体化多重配管の室温部の例を示す。図 1.17 は異材継手も兼ねたタイプ(異材一体化多重配管)であるが、異材継手を含まない通常タイプは、全長が約 90mm 短い寸法である。これを、モデレータ配管全長の各所に配置することにより、製作性の向上を図る。図 1.20 に室温部の配置案を示す。

(6) 異材一体化多重配管

- 1) アルミニウム合金/インバーの異材接合の強度向上および接合面からの漏洩リスク低減を目的とし、一体化多重配管構造に異材継手を組み込んだ部品(異材一体化多重配管)を使用する。図 1.17、図 1.19 に室温部の構造例を、図 1.18 に低温部の構造例を示す。また、図 1.20 に室温部の配置案を示す。

(7) 冷却水配管分岐部の構造

- 1) 減速材初号機では、冷却水配管分岐部の構造と製作精度から、冷却水の圧力損失過大が問題であった。そこで、分岐部の構造において、冷却水分岐配管を多重配管内に差し込み溶接にするのではなく、オンセットで溶接するものとする(図 1.8 中⑦、⑧)。

(8) 半割れ冷却水配管の流路仕切り板の気密化

初号機では、冷却水行き側と還り側を仕切る半割れ冷却水配管の流路仕切り板が断続溶接で内側配管に取付けられていた。この構造は、冷却水循環については問題ないが、減速材交換後に内部の水分を乾燥させるために空気を循環させると、空気が断続溶接の隙間を通過して行き側から還り側に短絡するため、流路仕切り板の取り付けを気密構造とする。

(9) ジンバルサポート板の厚肉化

- 1) カプラーのジンバルの強度向上のため、サポート板を厚肉化し、これに付随して周辺の構造も変更した。(図 1.14)

- 2) なお、図 1. 14 に記載されている相手側のジンバルは本仕様範囲外であり、変更する必要は無い。

(10) ピン挿入部のテーパ加工

- 1) 減速材ヘッド固定部フランジのピン孔について、ピンの挿入性改善のため、テーパを設ける。(図 1. 21)

(11) 水素配管サポート変更

- 1) 減速材ヘッド直下の水素行き管と還り管の間のサポート形状を、図 1. 22 のように変更する。
- 2) 以前の形状では、溶接で体積の小さいサポート部品が溶解し、配管に溶接変形を生じる恐れがあったためである。

2. 6. 3 設計・製作上の留意点

(1) 異材変換

- 1) 低温部のアルミニウム合金-インバーの異材変換は、接合強度確保のために中間に SUS を挟み、アルミニウム合金-SUS-インバーの構成とすること。
- 2) 室温部のアルミニウム合金から SUS-316L への異材変換部の接合方法は、HIP とする。その他の異材変換部の接合方法は、摩擦圧接または HIP とする。中間材として純アルミ等を用いても構わない。
- 3) 高圧ガス保安法に係わる水素配管については、施工に関する認証を取得した実績がある。
(施工番号：TSW-12, TSW-13)

(2) 熱収縮

- 1) 本仕様書添付の設計図面は、すべて室温における構造を示したものである。
- 2) 約 20K の極低温水素を導入した場合、水素に接する配管等は熱収縮する。A6061 の場合、300K から 20K に冷却された場合の熱収縮量は 1m あたり約 3. 6mm である。CM、DM、PM すべての場合について、水素容器固定点から中性子ビーム取出面中心までの距離は約 220mm であるため、この部分の熱収縮量は約 0. 8mm である。
- 3) 極低温領域と室温領域は、減速材ヘッド中の水素配管と真空配管との間にある SUS 製の水素配管支持機構によってのみ固定されている。その他の部分は、リング形状スペーサーの摺動、また輸送配管上部のベローズ構造により、熱収縮による変位を吸収する構造となっている。
- 4) 減速材ヘッドの水素溜め中心は、熱収縮後に所定の位置（中性子ビームライン軸高さ）にくるように、設計されている。

(3) 溶接・加工方法

- 1) 減速材ヘッドの多重容器部分の加工は、削り加工を想定している。
- 2) 溶接による材料強度低下のため、溶接により強度が不足する部位の肉厚を厚くしている。

(4) 固定方法

1) ベリリウム

減速材ヘッド中のベリリウムの固定は、ねじ止めや溶接等の固定ではなく、嵌め合いにより周囲のアルミニウム合金製容器に固定する方法としている。ベリリウムブロックと周囲のアルミニウム合金製容器との隙間は 3mm とし、このギャップを冷却水の流路としている。

(5) 冷却水配管

- 1) 冷却水配管は、減速材ヘッドから輸送配管の途中までは水素配管等と一体化した構造であるが、輸送配管上部において分岐する。先端部は NW40 規格フランジ取合いとする。

(6) スーパーインシュレータ

1) 使用目的

極低温領域と室温領域は、真空断熱層によって熱的に隔離される。しかし、両領域の温度差が大きいことから輻射による室温領域から極低温領域への熱侵入が無視できず、極低温水素循環システム側の冷凍機負荷増大の要因となる。そこで、真空断熱層内に輻射を抑えるためのスーパーインシュレータを導入する。

2) 使用場所

カプラー周辺の水平平行配管部の真空断熱層内

3) 仕様

- ・ポリイミド基材両面にアルミニウム (25 μ m 程度) を蒸着したもの
- ・シート同士の接触面積低減のため、しわ加工を施すか、または等価の機能を持たせること。
- ・縫製材： ポリアミド繊維 (テイジン社製、コーンネックス相当品) 等の、耐放射線性の高いものを使用すること。
- ・5 層重ね以上とする。

(7) シール

- 1) カプラーでは、EPDM 製のものを使用し、2 重シールとすること。シール材は下記相当品とする。

AS568-261	内径 171.04	太さ 3.53 ϕ
AS568-266	内径 202.79	太さ 3.53 ϕ

(8) ヘリウムブランケット層

1) 厚さ

設計図では層の厚さを 3mm とする。層の厚さが薄いためにヘリウムブランケット層を形成

する真空容器とヘリウム容器、また真空配管とヘリウム配管が接触する可能性がある。この接触はヘリウムブランケット層の機能を損なうものではないので、許容する。

(9) 減速材固定点の位置精度

1) 減速材位置決め基準及び固定点

減速材ヘッド位置決めの第 1 基準は、減速材ヘッド固定部フランジと反射体底部の接合面である。この接合面で接合ピンにより反射体と CM の位置決め及び固定を行う。次に、輸送配管の固定を反射体外部プラグ外周部 2 点で輸送配管固定治具（または、結合型減速材用アタッチメントの利用も可）により行う。

2) 位置決めの精度と確認

反射体外部プラグ外周部の 2 固定点に対し、減速材の水素輸送配管に無理な力を加えること無く固定できるように、製作時の寸法管理を行うとともに、輸送配管固定治具の調整を行う。

2.6.4 関連機器との取り合い

本水素減速材と取り合う機器との関係を、以下で述べる。

(1) 低温水素システム（2.1.3 節で既述）

1) 接続

減速材最上部のカプラーにより、低温水素システムと接続する。接続点においては、水素配管、真空配管、ヘリウム配管が、低温水素システム側と接続される。

2) ガスの供給、排気

水素の供給、ヘリウムガスの供給及び真空引きは、すべて水素循環システム側で行う。

(2) ベッセル内機器

1) 反射体

CM 用減速材ヘッドは、反射体下部の減速材挿入孔に挿入され、反射体底部において遠隔操作によりボルトで固定される。この固定部を除き、CM 用減速材ヘッドは反射体とは非接触で、反射体とのクリアランスは 3mm である。反射体底部の減速材ヘッド固定部が、CM 用減速材ヘッド位置決めの基準面となる。

DM 用及び PM 用減速材ヘッドは、反射体上部の減速材挿入孔に挿入される。どちらの減速材ヘッドとも反射体とは非接触で、反射体とのクリアランスは 4mm である。

2) 反射体外部プラグ

反射体外部プラグの外周には溝が 1 系統設けられており、これに沿って CM の輸送配管部分が取り付けられる。固定点は反射体外部プラグ外周の 2 点である。

3) 反射体内部プラグ

反射体内部プラグに、DM 用及び PM 用減速材ヘッド固定機構が設けられている。この固定

機構が、両減速材ヘッド位置決めの基準面となる。

また、反射体内部プラグの外周には溝が 2 系統設けられており、これに沿って DM 及び PM の輸送配管部分に取り付けられる。固定点は反射体内部プラグ外周にあり、減速材 1 台あたり 2 点である。

4) 水冷/非水冷遮蔽体

減速材は、水冷/非水冷遮蔽体と直接取り合うことはない。しかし、反射体・反射体プラグに 3 台の減速材を取り付けた集合体を水冷/非水冷遮蔽体の中心に設けられた円筒状の領域に挿入するため、水冷/非水冷遮蔽体との間のクリアランスに配慮する必要がある。特に、CM の輸送配管は反射体の側面外周の外側に配置され、これが裸の状態で水冷遮蔽体側に設けられた配管用溝中を通ることになるため、両者が接触しないように注意が必要である。

5) 冷却水配管

減速材配管から枝分かれした冷却水配管は、フランジ取り合いにより冷却水設備と接続される。

(3) 反射体等遠隔操作装置

1) 減速材交換装置 (図 1.5)

減速材を反射体-反射体プラグアセンブリから遠隔操作により取外し、また取付ける作業を行う装置で、MLF の放射化機器取扱室 (ホットセル) に設置されている。減速材交換装置により 3 台の減速材は、反射体プラグ側面の減速材輸送配管固定金具 2 ヶ所と結合される。また、CM は反射体下部フランジ、DM と PM は反射体内部プラグ下部の固定金具で接続される。

2) 保管ラック

反射体取扱室内に置かれており、減速材の交換時に未使用及び使用済みの減速材を保管しておくためのラックである。

2.6.5 冷却水配管付属部品

- ・ 1 系統の冷却水配管を窒素封入した状態で納品するため、以下の部品を準備すること。
 - － 閉止フランジ：ステンレス、NW 40、数量：2 個
 - － シール材：EPDM センターリング NW40 数量：2 個
 - － クランプ：EVAC KF チェーンクランプ NW40 用相当、数量：2 個

2.7 塗装

なし

2.8 洗浄

すべての配管は、加工前の段階で脱脂による洗浄を行うこと。また、加工時に発生した粉塵や油

脂等は加工後に取り除くこと。完成後、フラッシングを十分に行い、製品内に残存した異物を除去すること。

2.9 梱包及び輸送

(1) 各機器の製作工場から納入場所までの輸送に関し、許可及び同意書等が必要な場合、それらの種類の取得は受注者側の責任で行うものとする。発注者側の協力が必要な場合は、その旨発注者に申し出ること。

(2) その他、輸送中、及び輸送に関する一切の責任は受注者が有するものとする。

(3) 輸送に関わる機器の梱包は、輸送中の保安及び機器の損傷を考慮したものであること。特に低温機器の輸送では、機器の専門家が梱包状態を確認すること。

(4) 空気への暴露を避けるため、各機器は出来る限り内部を真空に引いた後にアルゴンガスあるいは窒素ガスを導入し、密閉した後に保管、輸送を行うこと。

2.10 試験・検査

本機器に関する試験・検査は以下の各項目を実施すること。なお、以下の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。各試験に必要な機器は、受注者側で準備すること。

以下に、試験検査項目及び判定基準等を示す。

2.10.1 試験検査項目及び判定基準

	検査項目	試験及び合格条件等
1.	員数検査	・機器リストと合致すること
2.	外観検査	・有害な傷、欠陥のないこと ・溶接部について、割れ、有害なアンダーカット、オーバーラップ、ピット余盛の寸法不良及びビードの形状不良等が無いこと
3.	寸法検査	巻き尺、鋼尺、ノギス等の適切な測定器を用いて主要寸法を測定し、図面で規定した寸法公差を満足すること
4.	溶接部検査（浸透探傷試験（PT））	・強度を要する部位、及び気密・水密境界となる部位の全溶接線に対し、有意な欠陥指示模様の無いこと ・対象試験領域：初層、中間層、最終層
5.	材料検査	ミルシートまたは材料証明書が本仕様と合致していること
6.	漏洩検査 (He リーク試験)	・漏洩率、 10^{-9} Pa m ³ /秒程度以下（1～3 重管目）、 10^{-7} Pa m ³ /秒程度以下（4～5 重管目） ・対象領域：水素領域、真空領域、ヘリウム領域及び冷却水領域

7.	耐圧気密検査	・変形、損傷等のないこと ・対象領域：水素領域、冷却水領域 ・試験条件 - 水素領域：設計圧力の 1.25 倍 - 冷却水領域：設計圧力の 1.25 倍 - 保持時間 30 分以上。 - 使用ガス：窒素ガス
8.	フラッシング試験	・異物放出のないこと ・試験対象：水素領域、真空領域、He 領域及び冷却水領域
9.	冷却水流動試験	・冷却水層に、冷却水を流動させる試験を行う。 ・減速材ヘッド、輸送配管等に有害な振動が起こらないこと ・流量 4.5m³/h 時、圧損が 150kPa 程度以下であること
10.	カプラー接続試験	・接続試験：滑らかに接続すること。 ・漏洩検査：水素領域<10⁻⁹ Pa m³/秒程度以下、ヘリウム及び真空領域<10⁻⁷ Pa m³/秒程度以下 ・耐圧気密検査：構造物の健全性並びに漏れがないこと

2.10.2 検査立会区分

	検査項目	検査区分
1.	員数検査	◎
2.	外観検査	◎
3.	寸法検査	◎
4.	溶接部検査（P T 試験）	○、●
5.	材料検査	○、●
6.	漏洩検査（He リーク試験）	◎
7.	耐圧気密検査	◎
8.	フラッシング試験	◎
9.	冷却水流動試験	◎
10.	カプラー接続試験	◎

◎：立会検査 ○：受注者自主検査 ●：書類確認

2.11 添付書類

図 1.1 J-PARC 物質・生命科学実験施設 1MW パルス核破砕中性子源全体図

図 1.2 J-PARC 物質・生命科学実験施設 1MW パルス核破砕中性子源詳細図

- 図 1.3 減速材配管経路図
- 図 1.4 減速材・反射体保守時の引き上げ方法
- 図 1.5 遠隔操作による結合型減速材取り外し状況
- 図 1.6 結合型減速材ヘッド詳細図（初号機のもの）
- 図 1.7 低温水素システム
- 図 1.8 結合型減速材構造図 1
- 図 1.9 結合型減速材構造図 2
- 図 1.10 結合型減速材構造図 3
- 図 1.11 結合型減速材構造図 4
- 図 1.12 結合型減速材構造図 5
- 図 1.13 実機用減速材構造図 6
- 図 1.14 実機用減速材カップラー構造図
- 図 1.15 結合型減速材ベリリウムブロック構造図
- 図 1.16 固定金具構造図
- 図 1.17 SUS 多重配管
- 図 1.18 低温配管異材変換部詳細図
- 図 1.19 一体化多重管構造（室温配管用、異材継ぎ手付き）
- 図 1.20 室温部多重一体化配管設置位置
- 図 1.21 CM ヘッド固定用フランジ位置決めピン挿入部のテーパ加工
- 図 1.22 水素配管サポート構造
- 図 1.23 減速材交換用アタッチメント

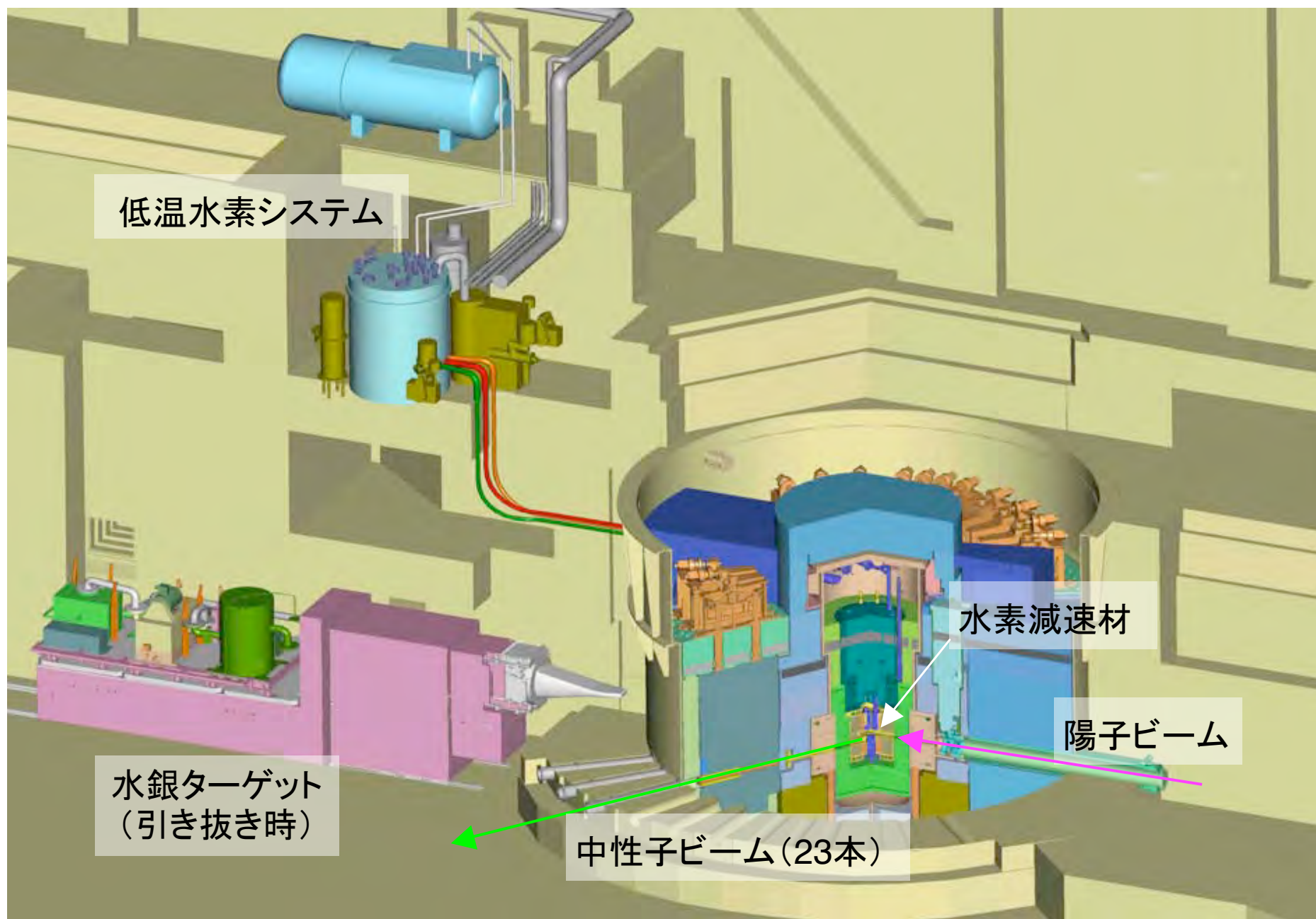


図 1.1 J-PARC 物質・生命科学実験施設 1MW パルス核破砕中性子源全体図.

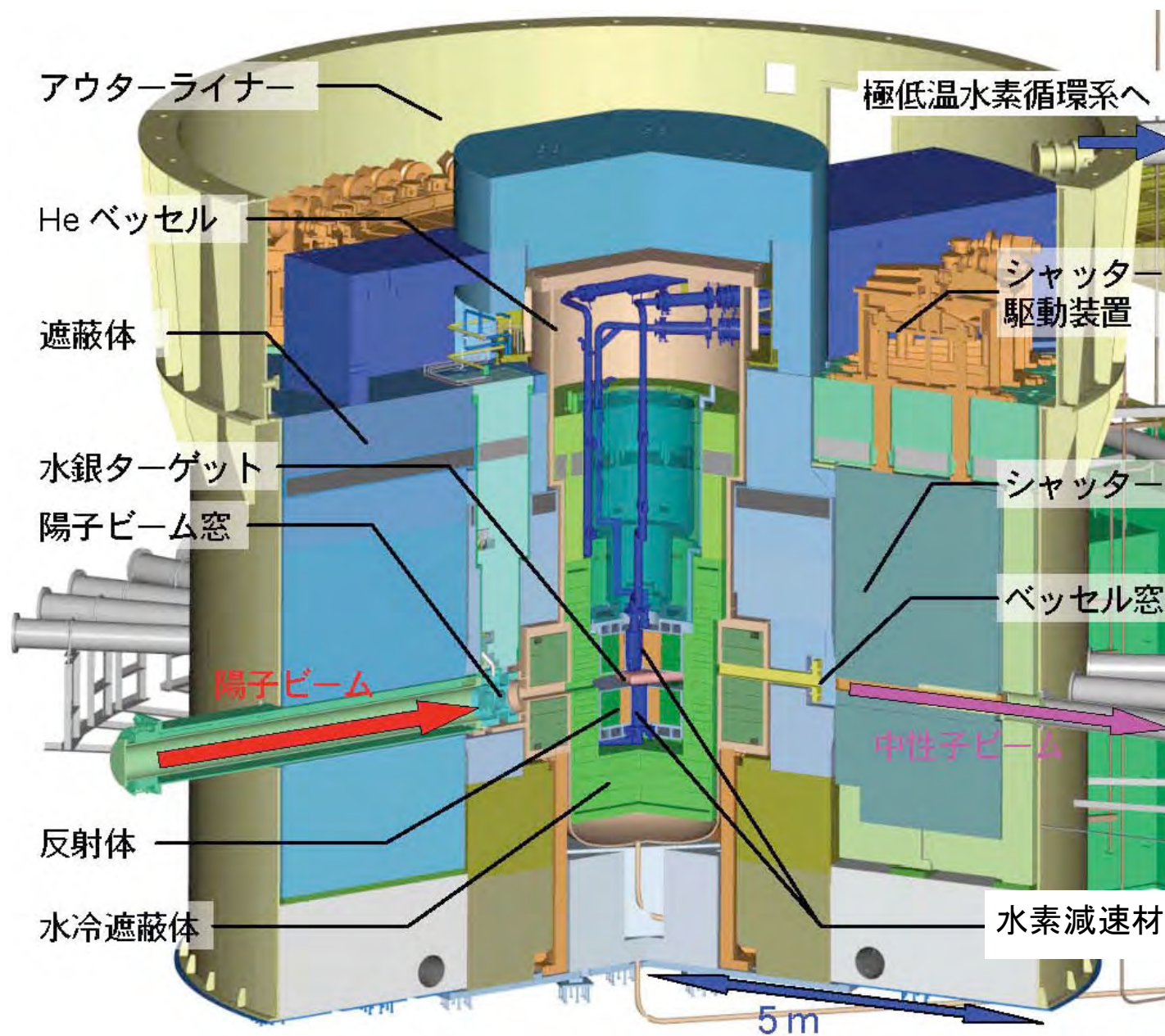


図 1.2 J-PARC 物質・生命科学実験施設 1MW パルス核破砕中性子源詳細図.

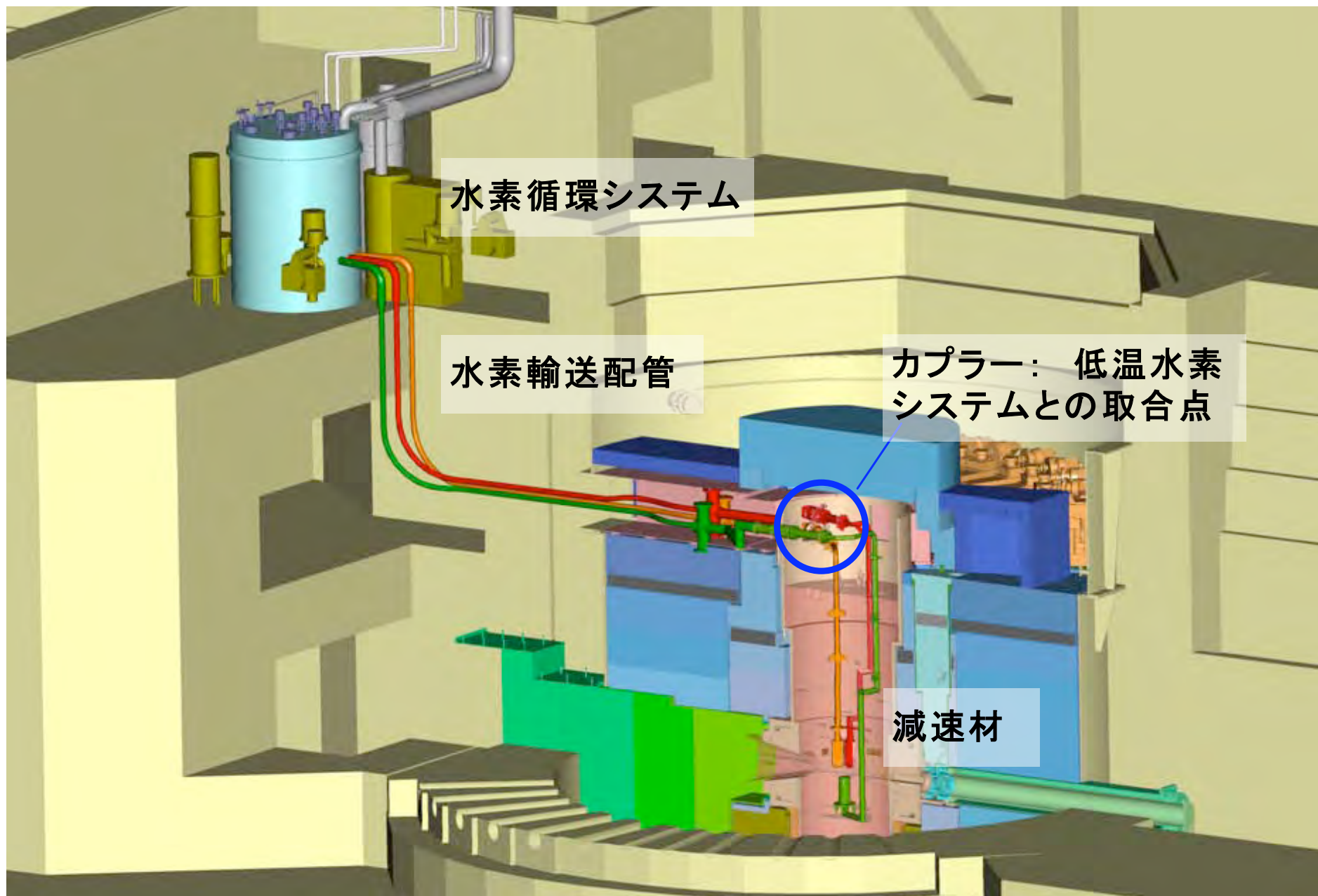


図 1.3 減速材配管経路図.

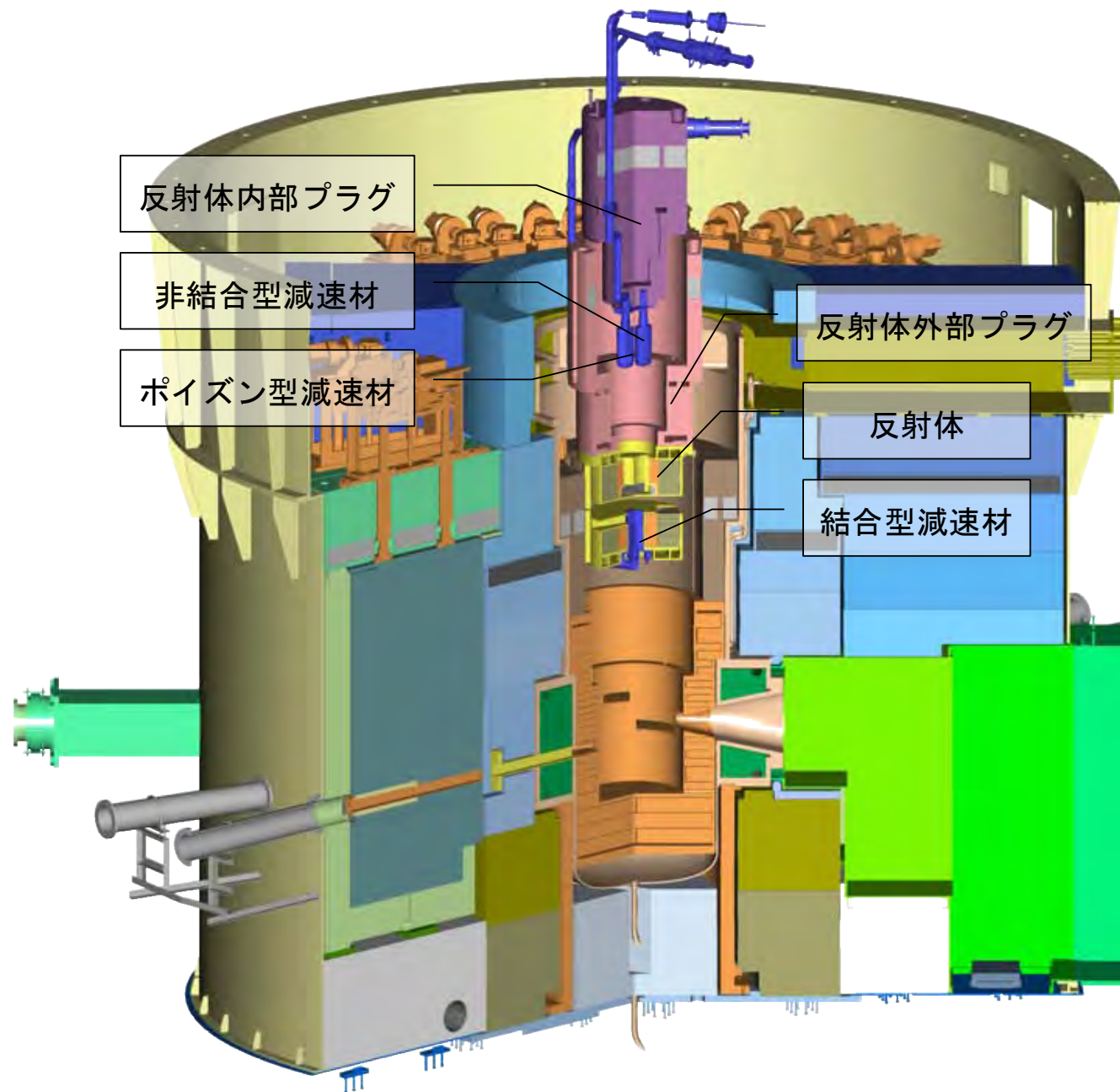


図 1.4 減速材・反射体保守時の引き上げ方法.

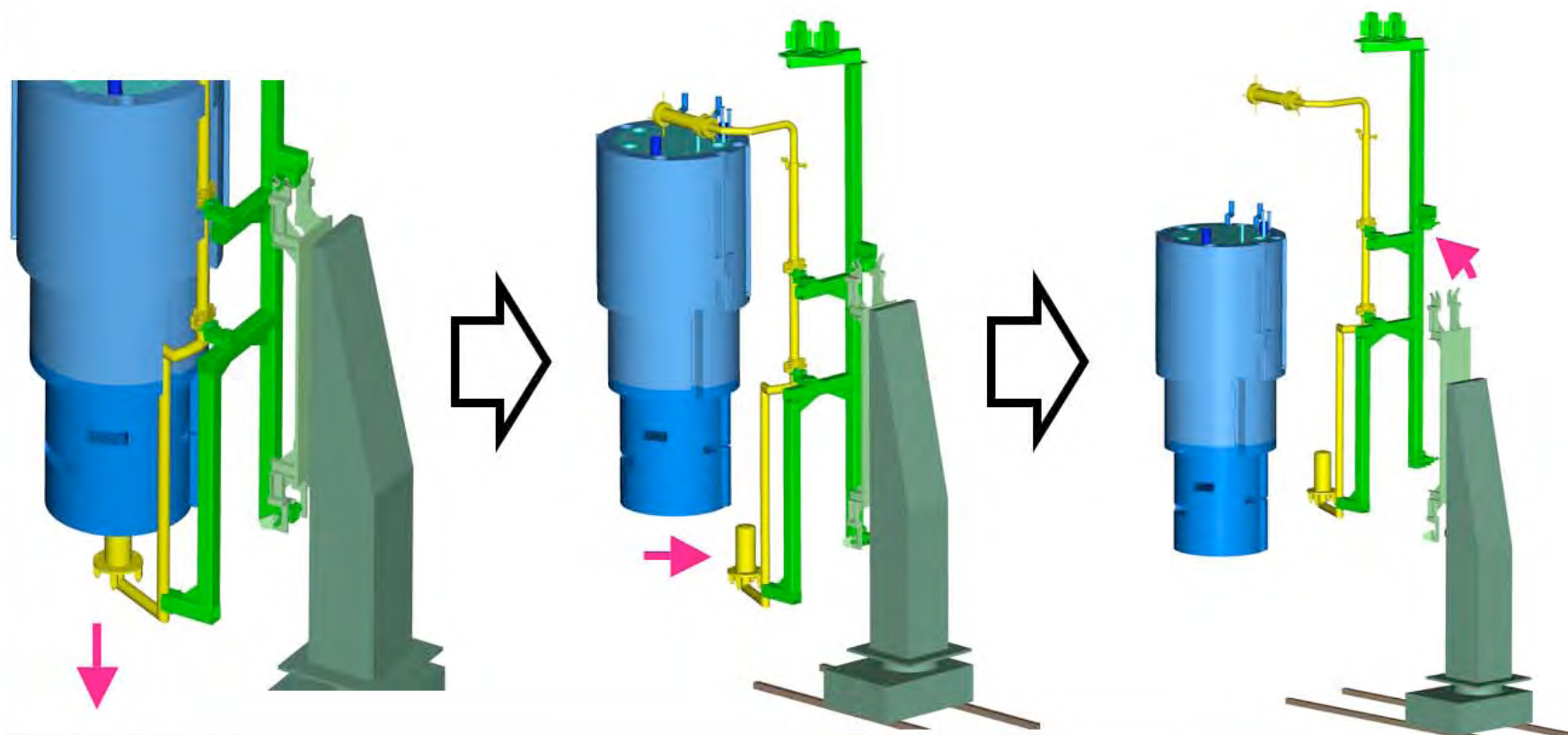


図 1.5 遠隔操作による結合型減速材取り外し状況.



図 1.6 結合型減速材ヘッド詳細図（初号機のもの）.

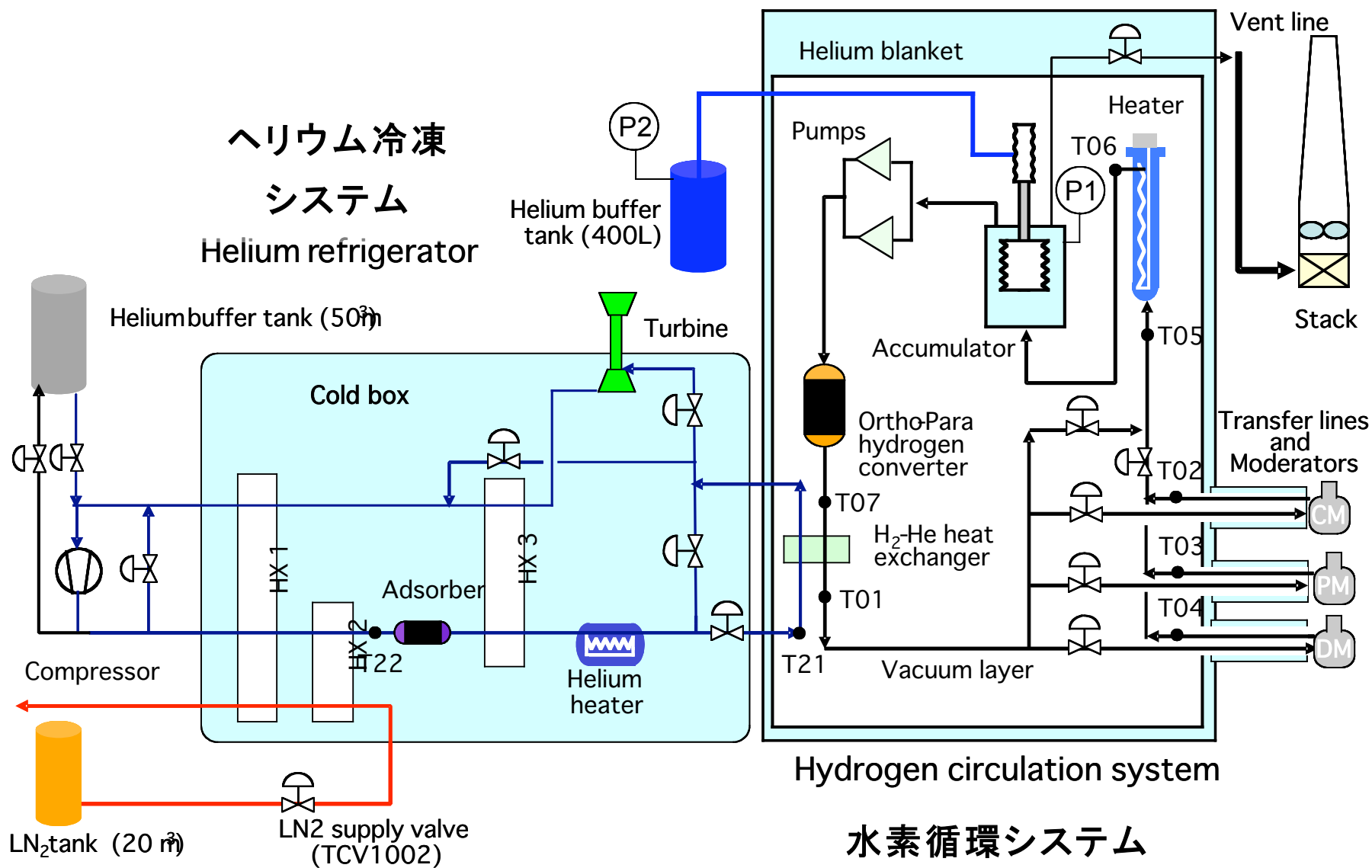
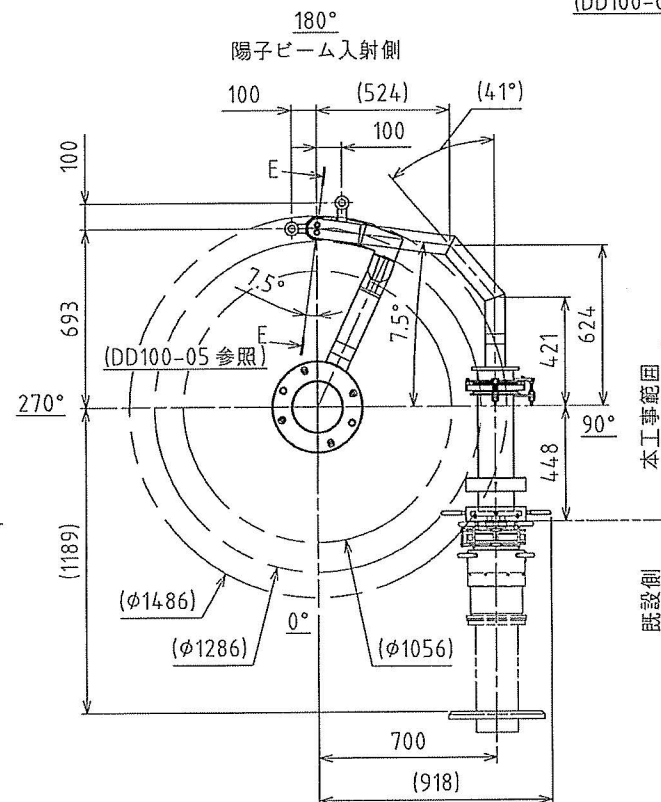
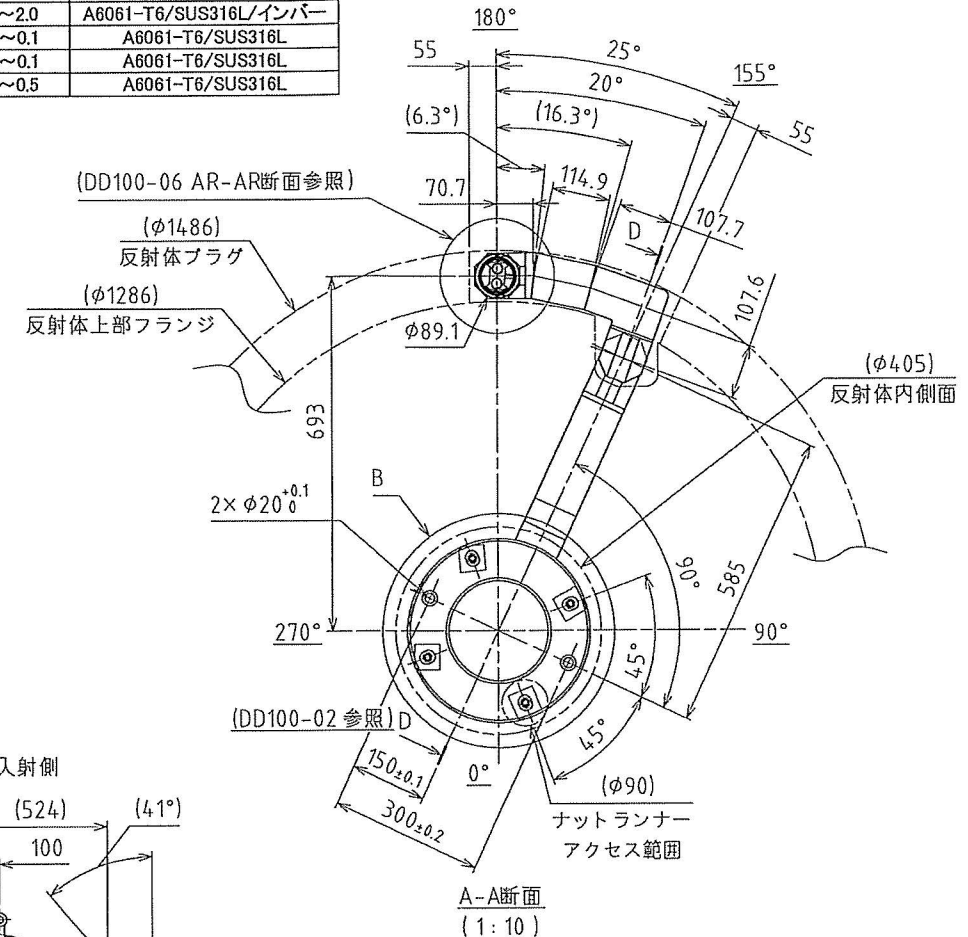
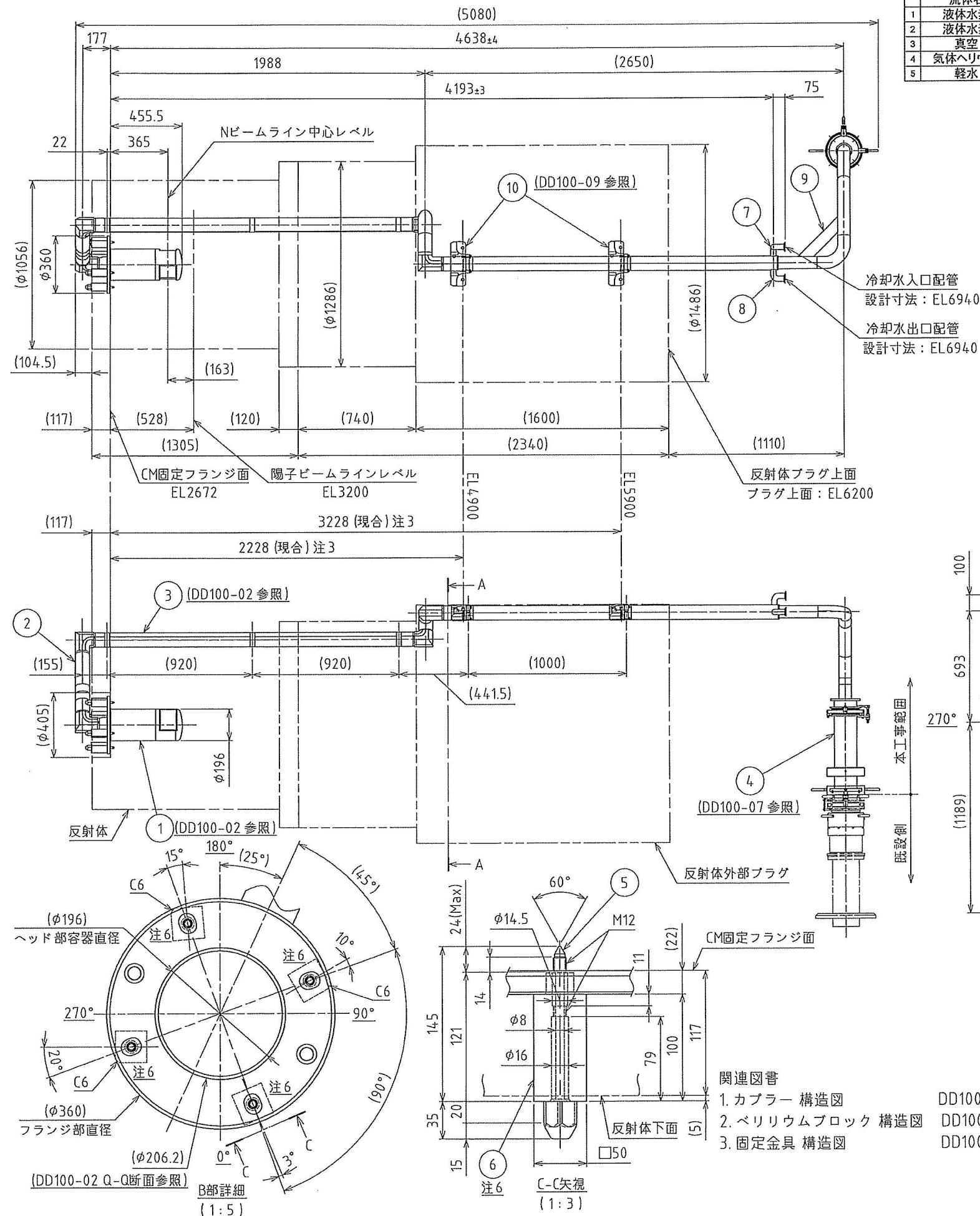


図 1.7 低温水素システム.

結合型減速材仕様

	流体名	使用温度(K)	使用圧力(MPa)	材質
1	液体水素	20	-0.1~2.0	A6061-T6/SUS316L/インバー
2	液体水素	20	-0.1~2.0	A6061-T6/SUS316L/インバー
3	真空	20~常温	-0.1~0.1	A6061-T6/SUS316L
4	気体ヘリウム	常温	-0.1~0.1	A6061-T6/SUS316L
5	軽水	293~313	-0.1~0.5	A6061-T6/SUS316L



注記

1. 本図は、結合型減速材(CM)の全体構造図である。
2. 図中に記載無き公差は下記とする。
3. 配管固定ボルト位置は現合とし、精度は±1mmとする。
4. 下線を付けた角度は、陽子ビーム入射方向を180°とするオリエンテーションを示す。
5. カブラ部の現地調整代は、±15mm程度とする。
6. 遠隔ボルト反力受け(注6 4ヶ所)の取付角度は±1°以下の公差とし、CM固定フランジに冷しばめ取付けとする。(溶接固定は省略するものとする)

製作数:1体
総質量:163.0 (kg)

No.	図名・品名	材質	単質量(kg)	数量	全質量(kg)	備考
10	固定金具	SUS304	8.77	2	17.54	DD100-09 参照
9	上部屈曲補強リブ	SUS316L	1.28	1	1.28	
8	CM冷却水出口配管	SUS316L	0.38	1	0.38	NW40
7	CM冷却水入口配管	SUS316L	0.62	1	0.62	NW40
6	遠隔ボルト反力受け	A6061-T6	0.65	4	2.60	
5	遠隔ボルト	SUS304	0.25	4	1.00	
4	容器側カブラ部	SUS316L/インバー	24.9	1	24.9	DD100-07 参照
3	平行部	SUS316L/インバー	75.28	1	75.28	
2	同軸部	SUS316L	14.69	1	14.69	
1	結合型減速材ヘッド部	SUS316L/A6061-T6	24.71	1	24.71	

基準寸法の区分(mm)	許容差(mm)(±)	基準寸法の区分(mm)	許容差(mm)(±)
0.5 以上 3 以下	0.2	0.5 以上 3 以下	0.1
3 を超え 6 以下	0.3	3 を超え 6 以下	0.1
6 " 30 "	0.5	6 " 30 "	0.2
30 " 120 "	0.8	30 " 120 "	0.3
120 " 400 "	1.2	120 " 400 "	0.5
400 " 1000 "	2.0	400 " 1000 "	0.8
1000 " 2000 "	3.0	1000 " 2000 "	1.2
2000 " 4000 "	4.0	2000 " 4000 "	2.0
4000 " 8000 "	7.0		
8000 " 16000 "	10.0		

関連図書

1. カブラー 構造図
2. ベリリウムブロック 構造図
3. 固定金具 構造図

DD100-07
DD100-08
DD100-09

図1.8

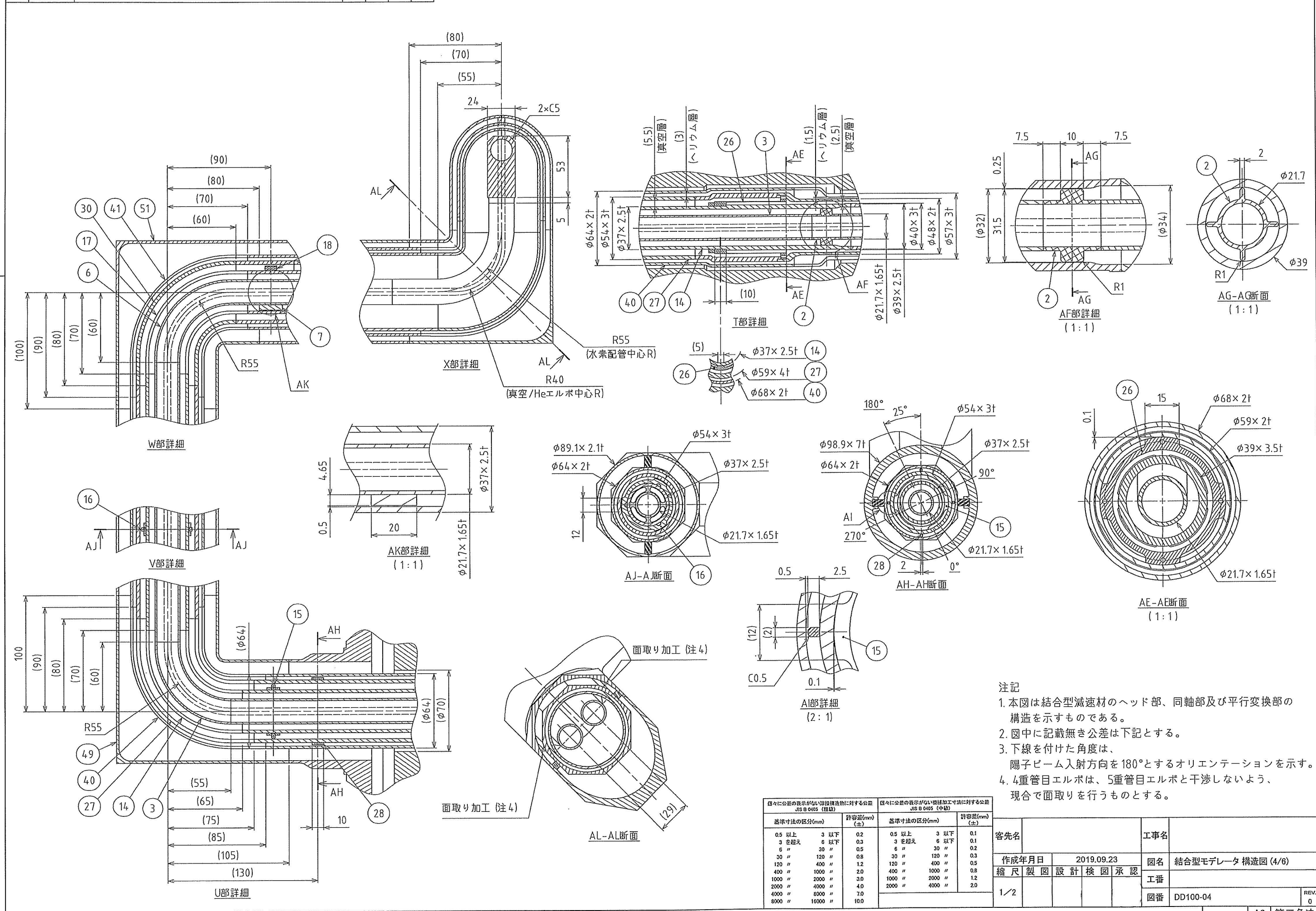
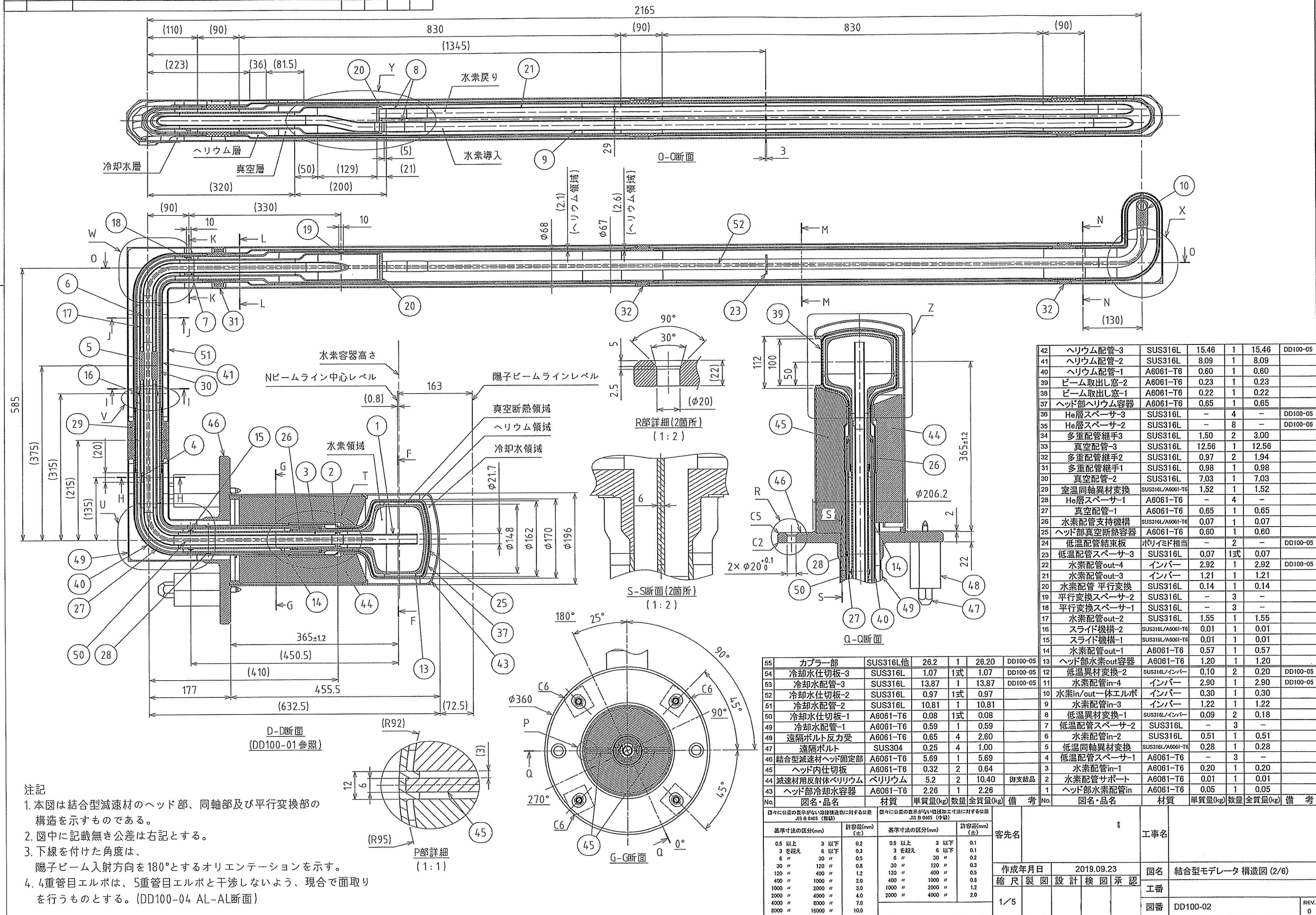
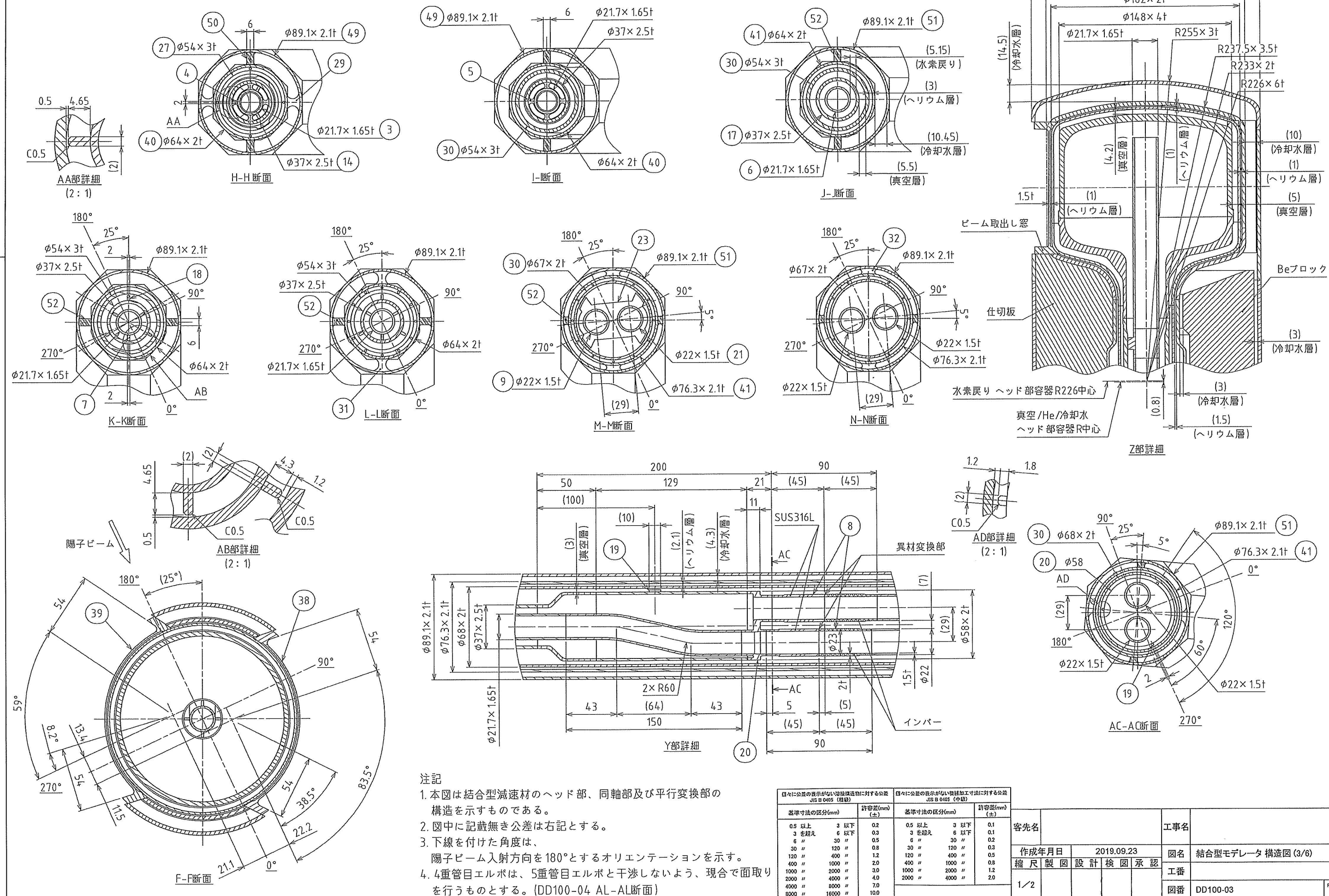


図1.9





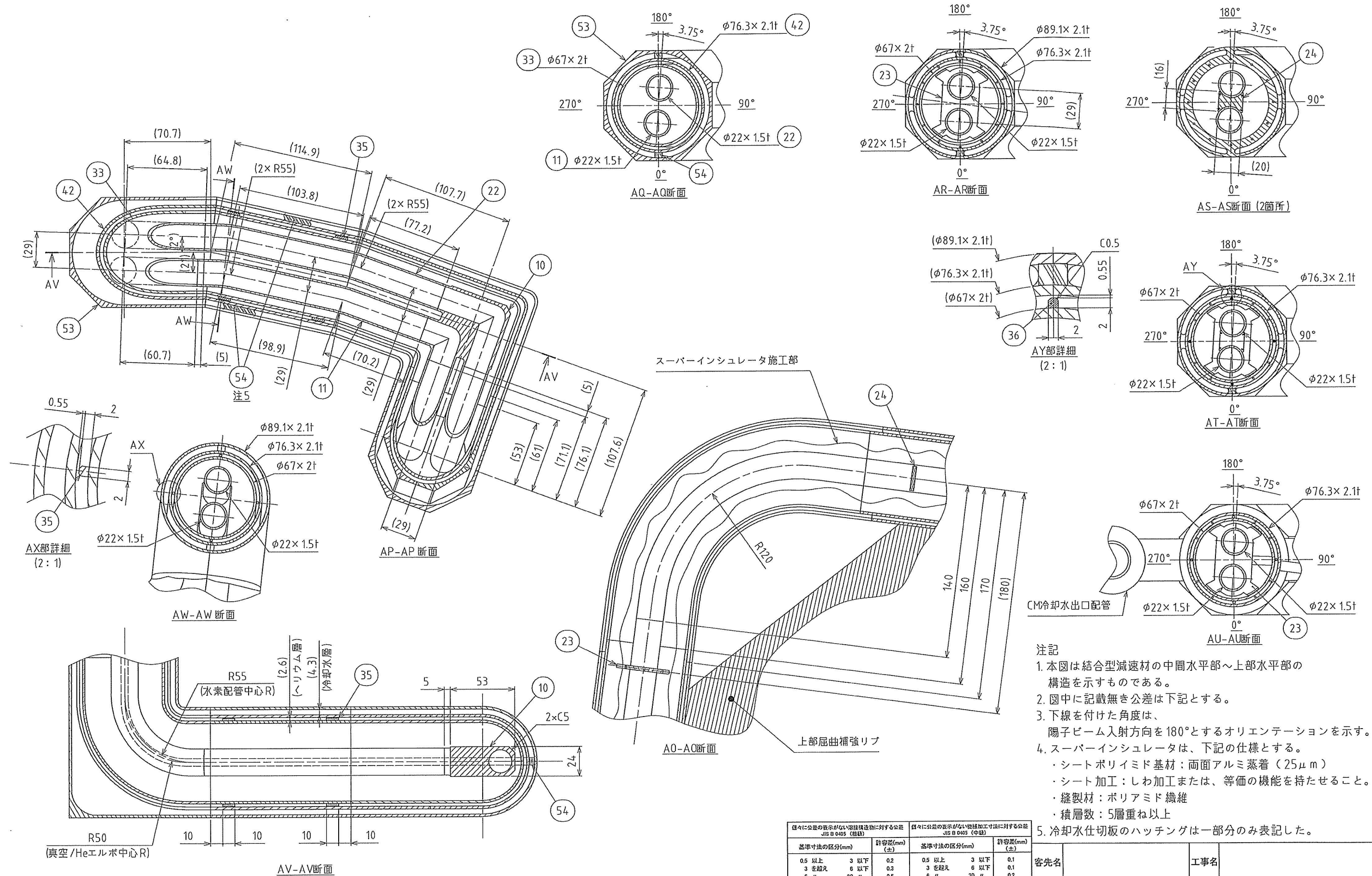
- 注記
1. 本図は結合型減速材のヘッド部、同軸部及び平行変換部の構造を示すものである。
 2. 図中に記載無き公差は右記とする。
 3. 下線を付けた角度は、陽子ビーム入射方向を180°とするオリエンテーションを示す。
 4. 4重管目エルボは、5重管目エルボと干渉しないよう、現合で面取りを行うものとする。(DD100-04 AL-AL断面)

図々に公差の表示がない機械構造物に対する公差 JIS B 0405 (粗級)		図々に公差の表示がない機械加工物に対する公差 JIS B 0405 (中級)	
基準寸法の区分(mm)	許容差(mm) (±)	基準寸法の区分(mm)	許容差(mm) (±)
0.5 以上 3 以下	0.2	0.5 以上 3 以下	0.1
3 を超え 6 以下	0.3	3 を超え 6 以下	0.1
6 " 30 "	0.5	6 " 30 "	0.2
30 " 120 "	0.8	30 " 120 "	0.3
120 " 400 "	1.2	120 " 400 "	0.5
400 " 1000 "	2.0	400 " 1000 "	0.8
1000 " 2000 "	3.0	1000 " 2000 "	1.2
2000 " 4000 "	4.0	2000 " 4000 "	2.0
4000 " 8000 "	7.0		
8000 " 16000 "	10.0		

客先名	工事名
作成年月日	2019.09.23
縮尺	製図 設計 検図 承認
1/2	図番 DD100-03
	REV. 0

図1.11

図1.12



個々に公差の表示がない溶接構造物に対する公差 JIS B 0405 (溶接)		個々に公差の表示がない機械加工寸法に対する公差 JIS B 0405 (機械)	
基準寸法の区分(mm)	許容差(mm) (±)	基準寸法の区分(mm)	許容差(mm) (±)
0.5 以上 3 以下	0.2	0.5 以上 3 以下	0.1
3 を超え 6 以下	0.3	3 を超え 6 以下	0.1
6 " 30 "	0.5	6 " 30 "	0.2
30 " 120 "	0.8	30 " 120 "	0.3
120 " 400 "	1.2	120 " 400 "	0.5
400 " 1000 "	2.0	400 " 1000 "	0.8
1000 " 2000 "	3.0	1000 " 2000 "	1.2
2000 " 4000 "	4.0	2000 " 4000 "	2.0
4000 " 8000 "	7.0		
8000 " 16000 "	10.0		

- 注記
1. 本図は結合型減速材の中間水平部～上部水平部の構造を示すものである。
 2. 図中に記載無き公差は下記とする。
 3. 下線を付けた角度は、陽子ビーム入射方向を180°とするオリエンテーションを示す。
 4. スーパーインシュレータは、下記の仕様とする。
 - ・シートポリイミド基材：両面アルミ蒸着（25μm）
 - ・シート加工：しわ加工または、等価の機能を持たせること。
 - ・縫製材：ポリアミド繊維
 - ・積層数：5層重ね以上
 5. 冷却水仕切板のハッチングは一部分のみ表記した。

客先名		工事名	
作成年月日	2019.09.23	図名	結合型モデレータ 構造図 (6/6)
縮尺	製図設計検図承認	工番	
1/2		図番	DD100-06
		REV.	0

図1.13

記号	改訂年月日	改訂内容	製図	設計	検図	承認

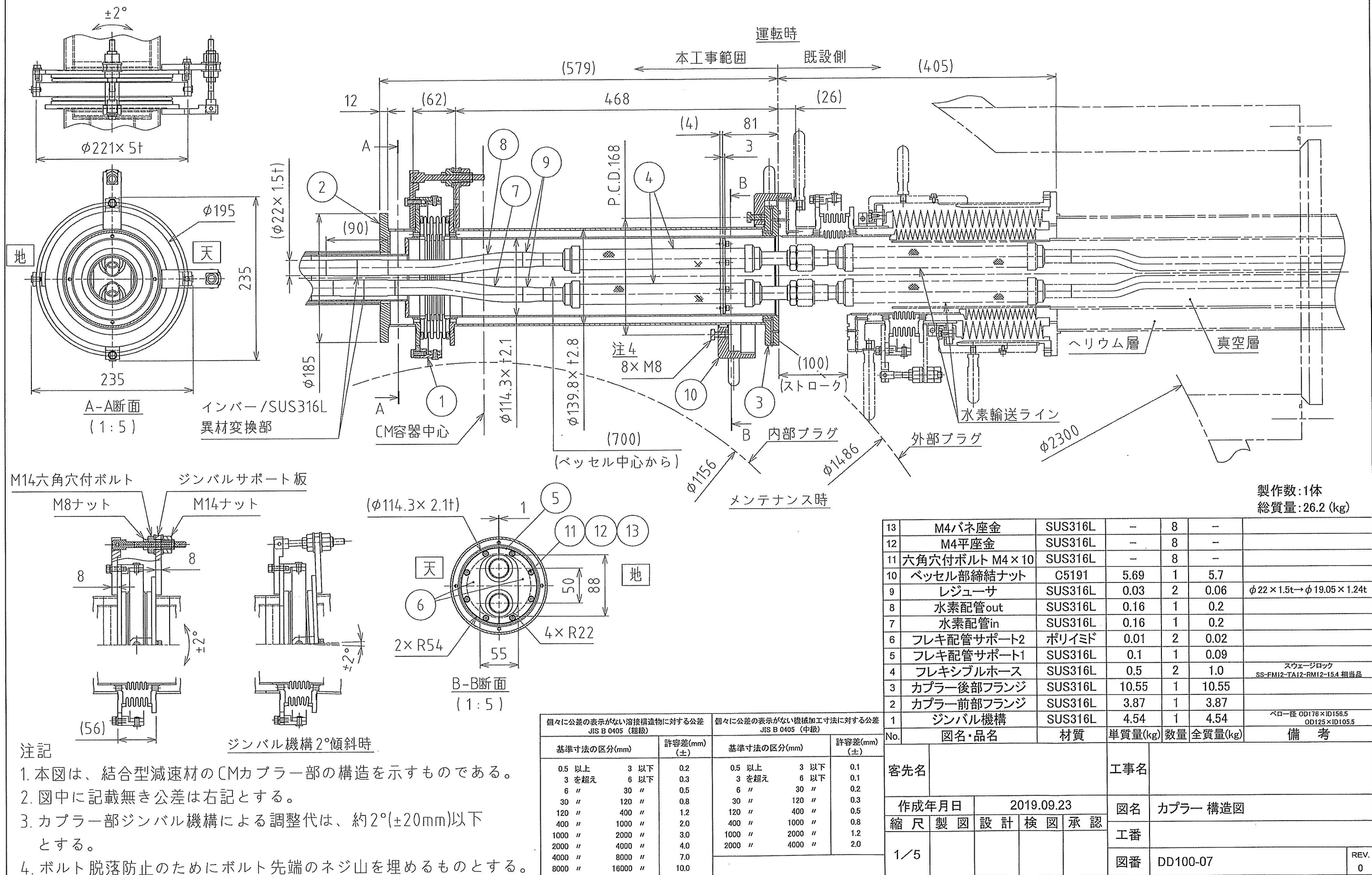
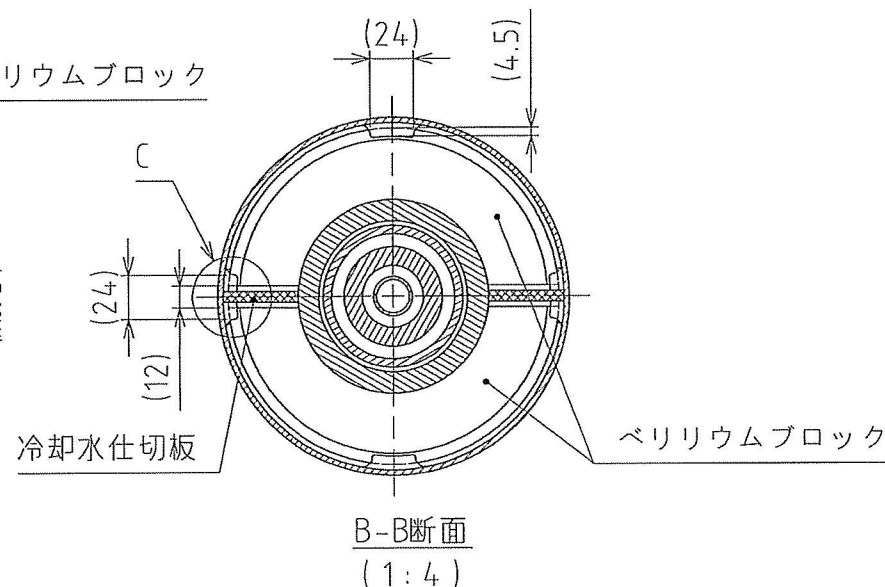
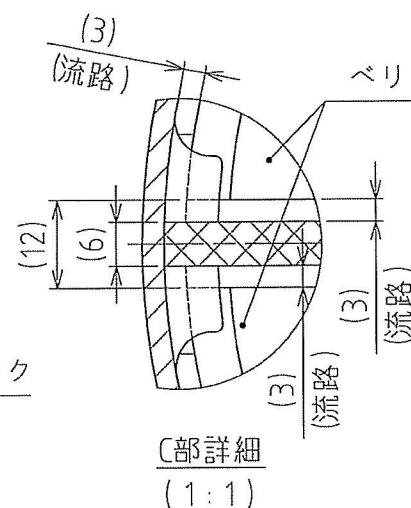
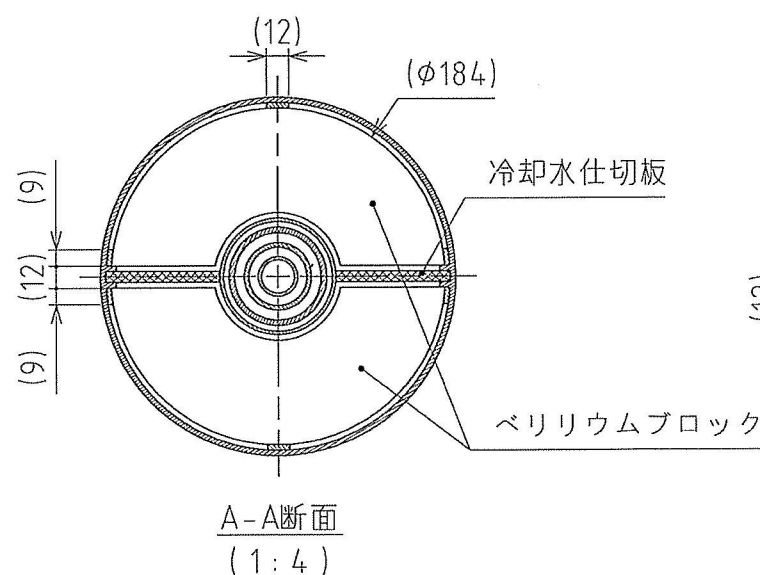
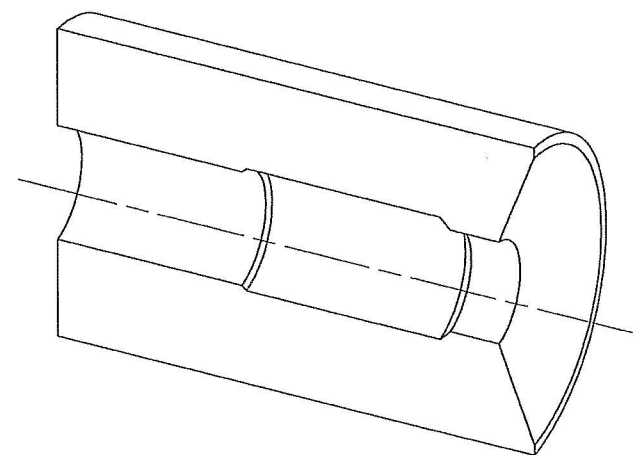
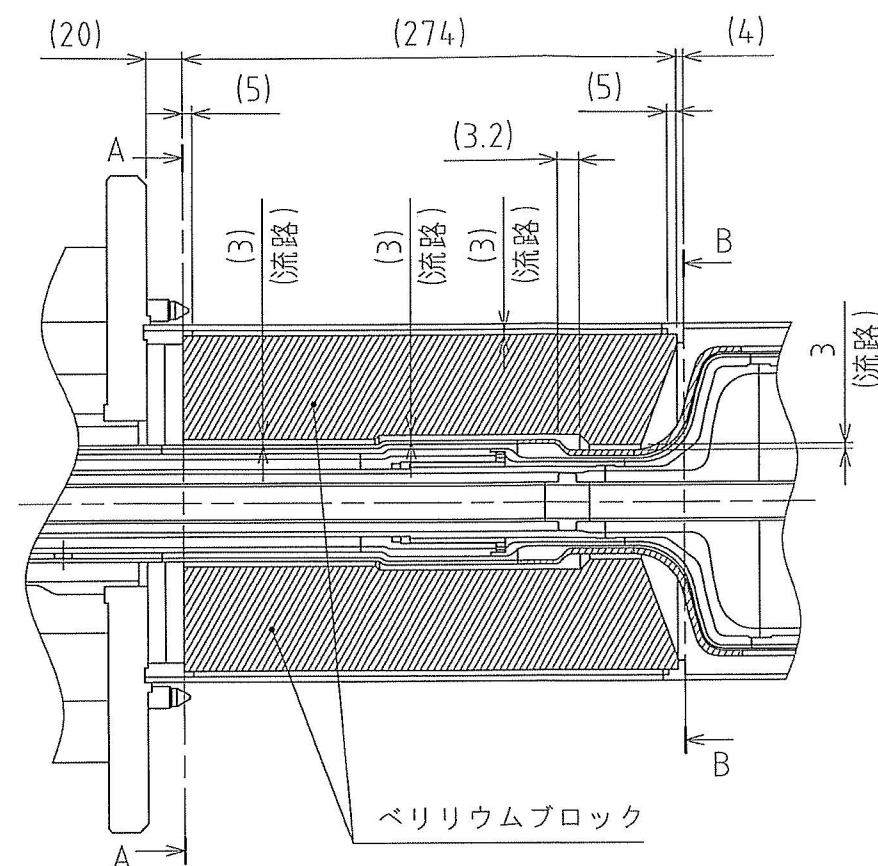
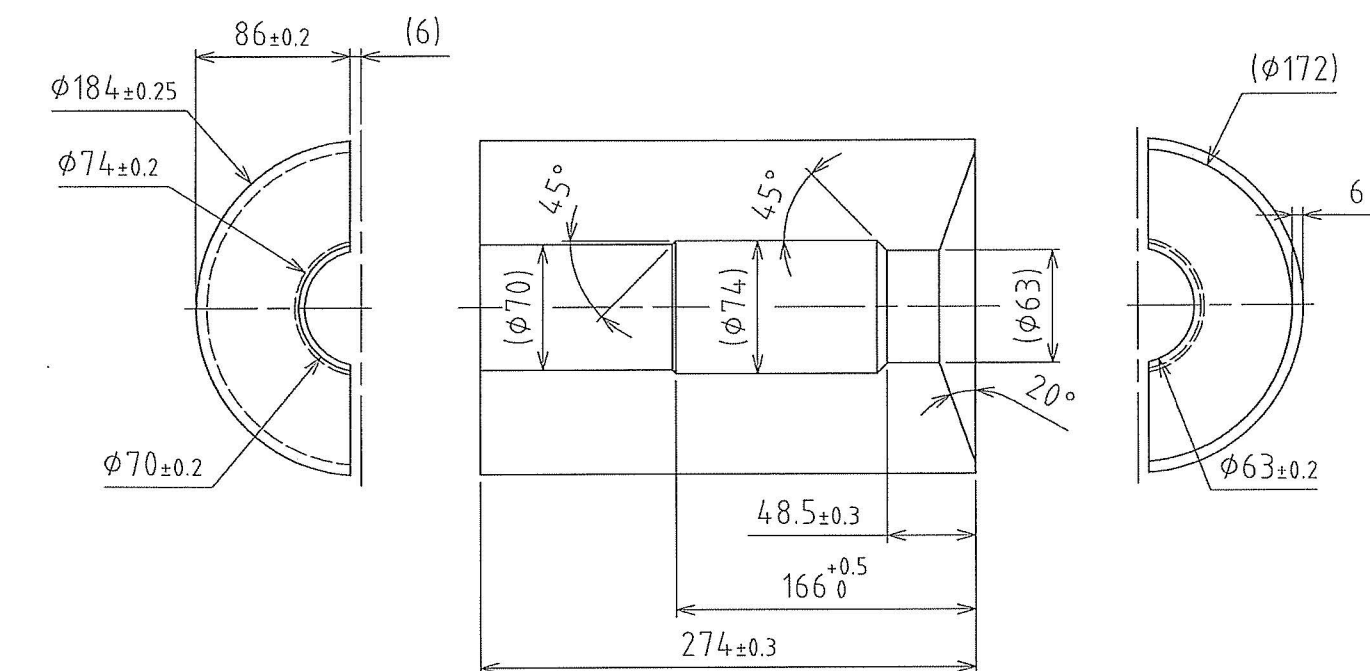


図1.14

記号	改訂年月日	改訂内容	製図	設計	検図	承認



注記

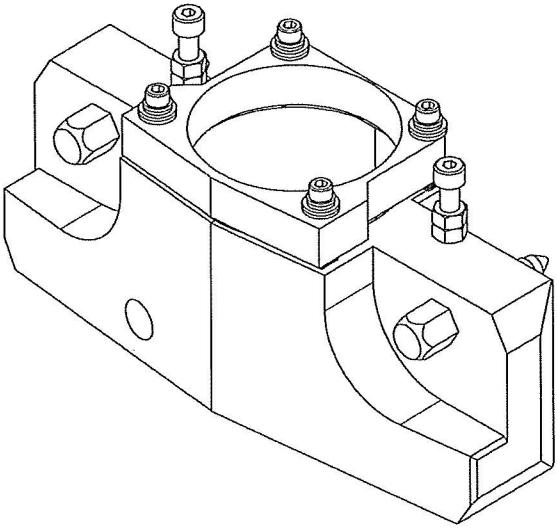
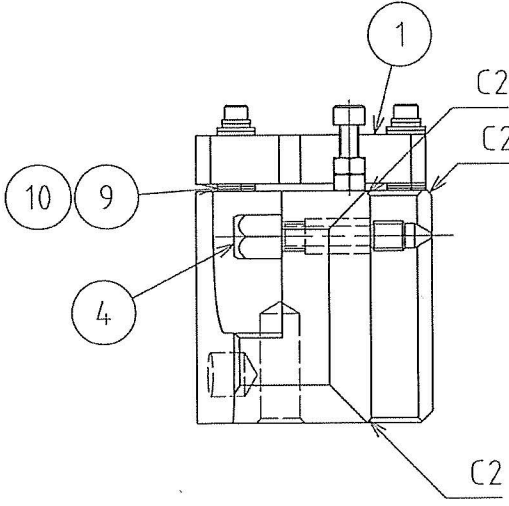
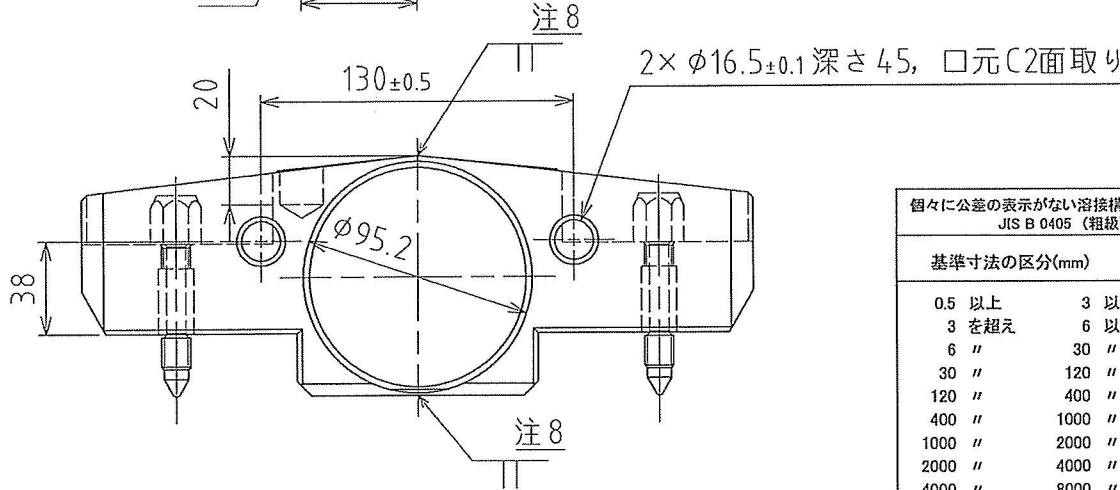
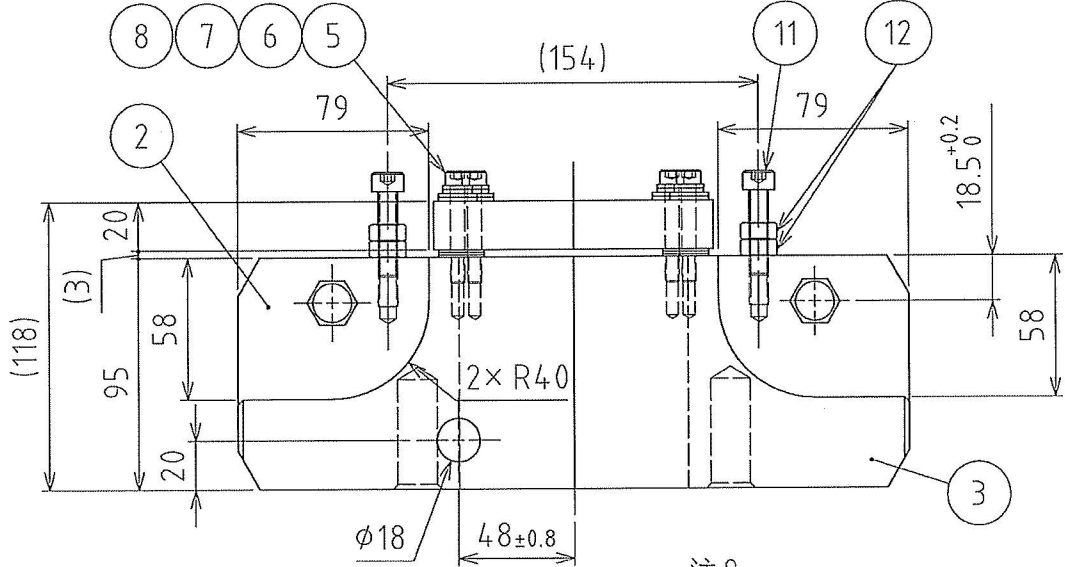
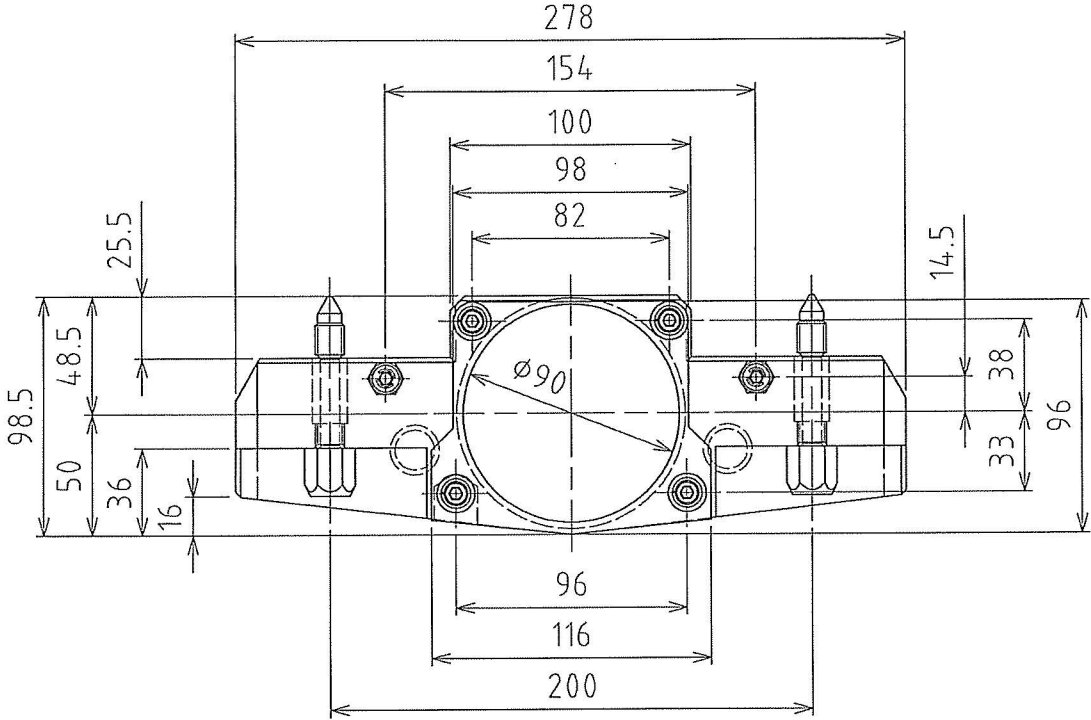
1. 本図は結合型減速材用のベリリウムブロックの構造を示すものである。
2. 図中に記載無き公差は右記とする。
3. 指示無き角部は系面取りのこと。
4. 角部、端部の1mm程度の割れ、欠け(流況に大きな影響がないもの)は許容されるものとする。
5. 表面の微細な傷は、許容されるものとする。

数量:2体
総質量:10.4 (kg)

個々に公差の表示がない溶接構造物に対する公差 JIS B 0405 (粗級)				個々に公差の表示がない機械加工寸法に対する公差 JIS B 0405 (中級)				1	結合型減速材用ベリリウムブロック			ベリリウム		5.2	2	10.4	御支給品						
基準寸法の区分(mm)		許容差(mm) (±)	基準寸法の区分(mm)		許容差(mm) (±)	No.	図名・品名			材質		単質量(kg)	数量	全質量(kg)	備 考								
0.5 以上 3 以下		0.2	0.5 以上 3 以下		0.1	客先名							工事名										
3 を超え 6 以下		0.3	3 を超え 6 以下		0.1																		
6 " 30 "		0.5	6 " 30 "		0.2																		
30 " 120 "		0.8	30 " 120 "		0.3																		
120 " 400 "		1.2	120 " 400 "		0.5																		
400 " 1000 "		2.0	400 " 1000 "		0.8	作成年月日			2019.09.23			図名	ベリリウムブロック 構造図										
1000 " 2000 "		3.0	1000 " 2000 "		1.2	縮 尺	製 図	設 計	検 図	承 認													
2000 " 4000 "		4.0	2000 " 4000 "		2.0	1/4							工番										
4000 " 8000 "		7.0																図番	DD100-08				REV. 0
8000 " 16000 "		10.0																					

図1.15

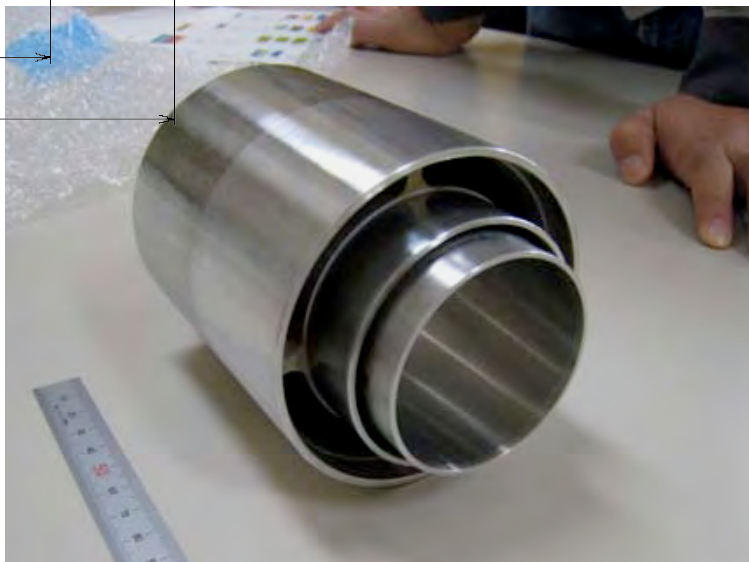
記号	改訂年月日	改訂内容	製図	設計	検図	承認



- 注記
1. 本図は結合型減速材用の固定金具の構造を示すものである。
 2. 図中に記載無き公差は下記とする。
 3. 指示なき角部は、C0.5以下とする。
 4. 指示なき隅部は、R0.5とする。
 5. 特記なき表面仕上げは、▽（200μ以下）とする。
 6. 遠隔ボルトの先端部についてはなめらかに仕上げること。
 7. 部品完成後、アセトンにて脱脂洗浄を実施すること。
 8. 部品②③はそれぞれ、溶接にて組み立てる構造である。

製作数:2体
総質量:16.88 (kg)

12	六角ナット M8	SUS304	—	8	—	
11	六角穴付きボルト M8×35	SUS304	—	4	—	
10	調整ライナー t0.5	SUS304	—	24	—	
9	調整ライナー t1.0	SUS304	—	24	—	
8	平座金 呼び8	SUS304	—	16	—	
7	平座金 呼び6	SUS304	—	8	—	
6	ばね座金 SW 2号 6S	SUS304	—	8	—	
5	六角穴付きボルト M6×40	SUS304	—	8	—	
4	遠隔ボルト M12	SUS304	—	4	—	
3	固定金具 4	SUS304	4.0	2	8.0	
2	固定金具 3	SUS304	4.0	2	8.0	
1	固定金具 1	SUS304	0.44	1	0.88	
No.	図名・品名	材質	単質量(kg)	数量	全質量(kg)	備考
客先名						工事名
作成年月日	2019.09.23					図名 固定金具 構造図
縮尺 製図	設計	検図	承認			工番
1/3						図番 DD100-09
						REV. 0

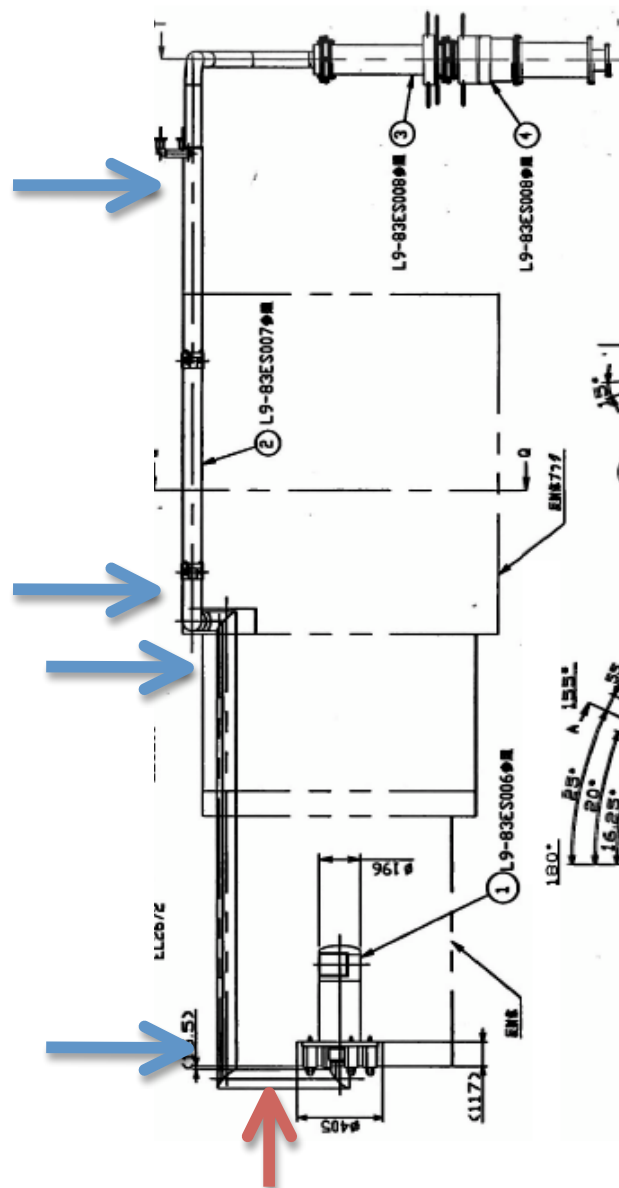


注： 本図は初号機の配管サイズベースであるが、実際の製作では見直し後の配管サイズとする。

多重配管の一体化により、配管合わせ作業の効率化、配管同士の隙間確保、溶接施工性向上等を期待する。

図1.19 一体化多重管構造(室温配管用、異材継手付き)

異材継手なし
(SUS316L)
4ヶ所



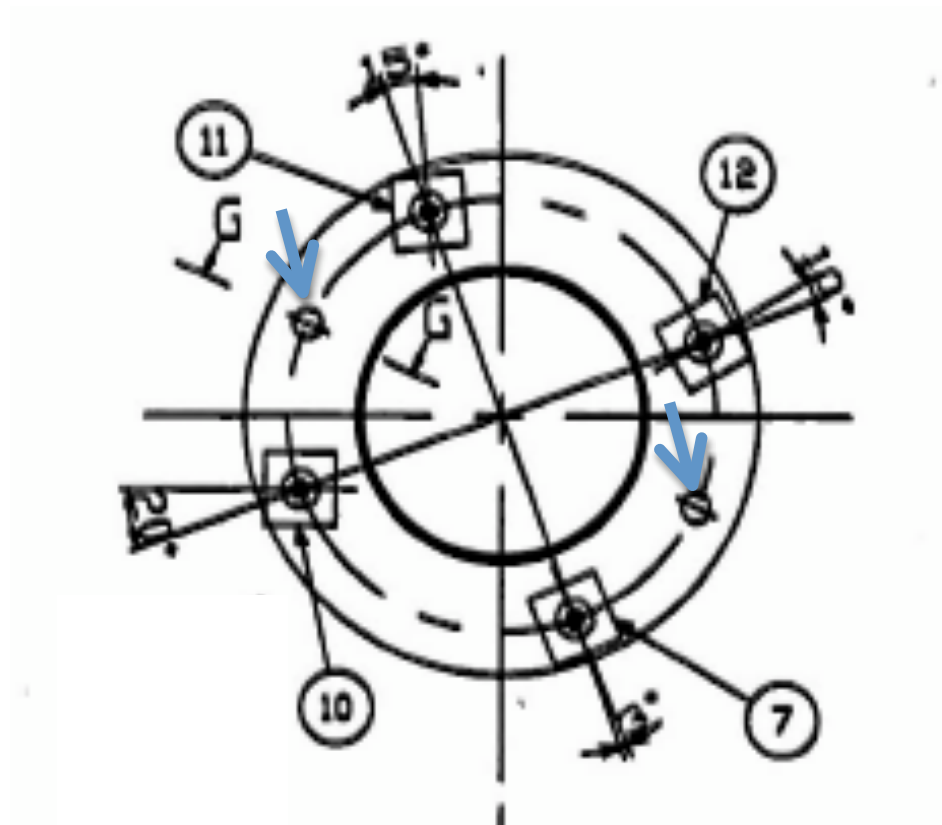
設置位置: 矢印参照

注: 多重一体配管の設置位置は
エルボ配管接続部近傍

異材継手付き (AI-SUS316L)

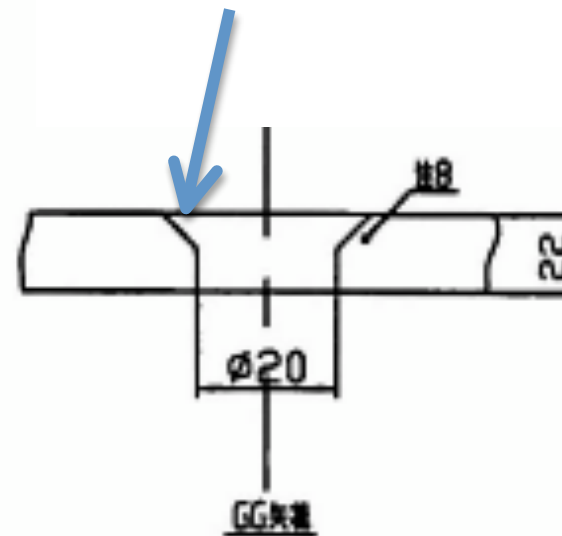
図1.20 室温部多重一体化配管設置位置

加工位置: 矢印部



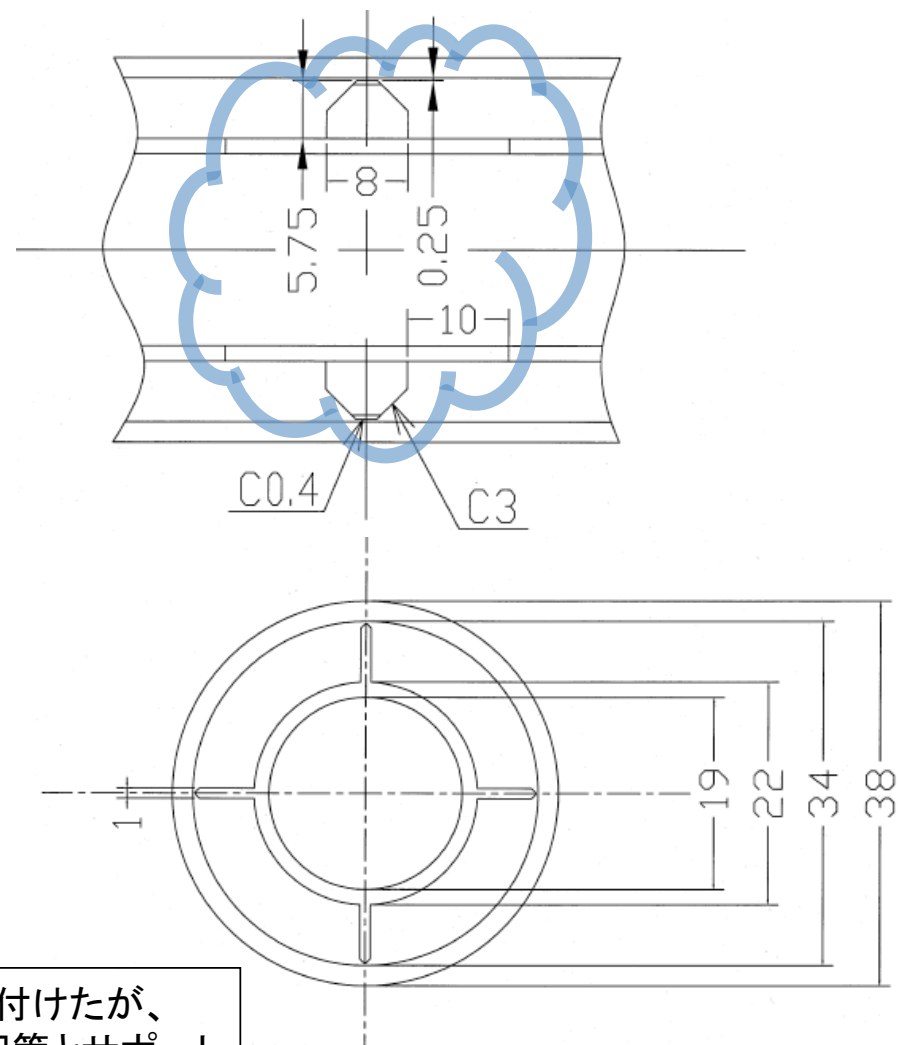
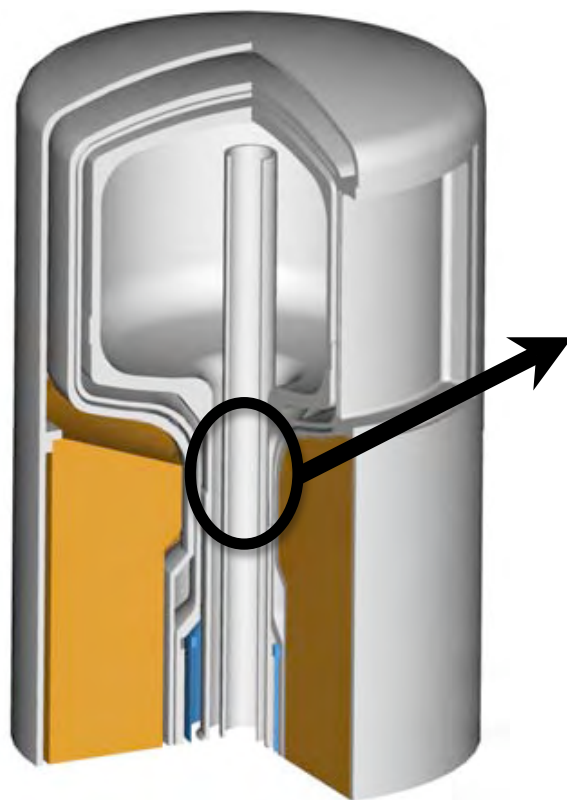
モデルータヘッド固定用フランジ底面

位置決めピン挿入性向上のため
5C 加工を施す(2ヶ所)



単位:mm

図121 CMヘッド固定用フランジ位置決めピン挿入部のテーパ加工



従来品は溶接によりサポートを配管に取り付けたが、溶接変形が生じやすいため、機械加工で配管とサポートを一体化した部品を製作する。

図1.22 水素配管サポート構造

