

超伝導マグネットシステムの整備

仕様書

目 次

1. 概要及び目的	1
2. 仕様の範囲	1
3. 提出書類	1
4. 納入場所及び納入条件	1
5. 検収条件	1
6. 納期	1
7. 超伝導マグネットシステム 仕様	2
8. 試験・検査	6
9. 特記事項	6

図

図 1	超伝導マグネットクライオスタット主要寸法	8
図 2	各部の指定部肉厚	9
図 3	将来追加するラジアルコリメーター固定用穴（図 1 を上方から見た場合）	10
図 4	将来追加する回転ステージの寸法（NW50 フランジ・エンコーダー含む）	11
図 5	非ゼロ磁場エリア	12
図 6	ダークアングル位置（図 1 を上方から見た場合）	13
図 7	マグネットフォーマーへの酸化ガドリニウム、又はカドミウムを施す箇所	14

図中の寸法単位：mm

1. 概要及び目的

本件では、J-PARC 物質・生命科学実験施設全共用ビームラインの運転維持に必要な、超伝導マグネットシステムを整備する。本機器の整備により、低温高磁場環境下における中性子散乱実験を高精度で行うことが可能になり、同施設からの高水準な成果の創出増加が期待できる。

2. 仕様の範囲

- (1) 試験検査
- (2) 梱包・輸送・搬入
- (3) 提出書類作成

3. 提出書類

(1) 承認図	製作着手前	3 部	要確認
(2) 工場試験検査要領書	検査着手前	3 部	要確認
(3) 工場試験検査成績書	検査後 1 ヶ月以内	3 部	
(4) 現地試験検査要領書	検査着手前	3 部	要確認
(5) 現地試験検査成績書	検査後 1 ヶ月以内	3 部	
(6) 打合せ議事録	打合せの都度	3 部	
(7) 操作マニュアル	納入時	3 部	
(8) 完成図書（電子ファイルを含む）	納入時	3 部	
(9) その他担当者が必要と認めた書類	随時	3 部	
(10) (1)～(8)の図面・文書を収めた電子媒体	納入時	1 セット	

（CAD データは AutoCAD2000 を標準とする）

（提出場所）

J-PARC センター物質・生命科学ディビジョン基盤技術開発セクション

（確認方法）

「確認」は次の方法で行う。

原子力機構は、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに確認を完了し、修正が必要な場合には修正を指示し、修正等を指示しないときは、確認されたものとする。

但し、委任又は下請負届（機構指定様式）については、2 週間以内に機構から変更請求をしない場合は、自動的に確認されたものと見做す。

4. 納入場所及び納入条件

4.1 納入場所

茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4

日本原子力研究開発機構

J-PARC センター 物質・生命科学実験施設内指定場所

4.2 納入条件

持込調整後渡し

5. 検収条件

- (1) 7 項に示す仕様・性能、員数を満たす機器の納入
- (2) 8 項に示す試験・検査の合格
- (3) 3 項に示した提出書類の完納と内容の確認

以上をもって検収条件とする。

6. 納期

令和 11 年 2 月 28 日

7. 超伝導マグネットシステム 仕様

7.1 共通仕様

7.1.1 製作精度

特に指示なき場合、原則として以下の製作精度を適用すること。

- ・機械加工部：JIS B 0405 m 中級、JIS B 0419 K
- ・溶接構造物：JIS B 0405 c 粗級

7.1.2 設計条件

- (1) 使用環境：屋内、大気中あるいは真空散乱槽に設置
- (2) 温度範囲：5～40℃
- (3) 耐放射線性：
 - ・ビームライン上及びその近傍：1MGy 以上に耐えること
 - ・試料周辺：5K Gy 以上に耐えること
- (4) 年間使用時間：5000 時間程度
- (5) 電源：3 相 200V、または単相 3 線式 200/100V、50Hz

7.1.3 防錆・塗装等

塗装が必要と考えられる場合は、塗装を行うこと。塗装色については発注者と協議の上決定すること。

7.1.4 吊上げ条件

およそ 30kg を超える物品には、クレーン吊上げ用のアイボルト等を備えること。

7.2 詳細仕様

7.2.1 構成

- | | |
|----------------------------|-----|
| (1) 超伝導マグネットクライオスタット本体 | 1 式 |
| (2) 試料スティック | 1 本 |
| (3) 磁場コントローラ | 1 式 |
| (4) 温度コントローラ | 1 式 |
| (5) 液面計 | 1 台 |
| (6) 超伝導マグネットクライオスタット用ケーブル類 | 1 式 |

7.2.2 主要仕様・基本性能

- (1) 超伝導マグネットクライオスタット本体

超伝導マグネットクライオスタットは、主に超伝導マグネットコイル、液体ヘリウム槽、温度可変インサート (VTI)、パルスチューブ冷凍機で構成される。クライオスタット上部のフランジから試料スティックを Inner Vacuum Chamber (IVC) に挿入するトップローディング型とする。VTI は、キャピラリー、ニードルバルブ、熱交換部、IVC から成る。液体ヘリウム槽から液体ヘリウムがキャピラリーを通して熱交換部に送られ、外付けの真空ポンプで熱交換部を減圧することによって、2K 以下までの冷却能力を発生する。熱交換部は、キャピラリー部分に設けられたニードルバルブによる液体ヘリウムの流量調整とヒーターによって温度制御される。IVC は、熱交換部との熱接触により冷却される。液体ヘリウム槽にはパルスチューブ冷凍機を搭載し、自然蒸発するヘリウムガスはパルスチューブ冷凍機によって液化される再凝縮型とする。

本クライオスタットには、試料位置に対して上下方向に超伝導マグネットスプリットペアコイルを備え、試料に対し垂直方向の静磁場を印加できるものとする。超伝導マグネットコイルは、液体ヘリウムで冷却される。

超伝導マグネットクライオスタットは、JIS VF800 フランジを有し、中性子実験装置の真空フランジに設置可能であること。JIS VF800 フランジは、真空散乱槽側が真空、フランジより上部が大気の状態で使用できる構造とする。

詳細仕様を以下に示す。

a. 全体、寸法

全体の重量	1,000 kg 以下
吊り治具	マグネット上面フランジに、クレーンで移動するためのアイボルトを取り付けること
試料位置	JIS VF800 フランジ下面の中心から 600mm 下方 (図 1)
寸法の制限	ビーム中心から、超伝導マグネットクライオスタットの付属部品上端の高さが、1565mm を超えないこと。 ビーム中心から下方、Outer Vacuum Chamber (OVC) 最下部までの距離が、273mm を超えないこと。
その他の寸法	図 1 に示す寸法を満たすこと
材質	ビーム透過部はアルミニウム合金 5000 番台
肉厚	主要部肉厚：必要な構造強度により決定すること。 指定部肉厚：ビーム中心から上下 10mm の水平面-10°～+30°(全周)の範囲は、OVC 2.0mm 以下、輻射シールド 0.1～0.2mm 程度、VTI 輻射シールド 0.5mm、IVC テールは 0.5mm。構造強度を考慮した上で極力薄くすること (図 2 参照)。 真空－大気圧差で弾性変形範囲内に収まるよう設計する。

b. クライオスタット

試料取り付け方法	トップローディング型
Wet / Dry	Wet、再凝縮型
He 再凝縮	液体ヘリウム槽にパルスチューブ冷凍機を備え、液体ヘリウム槽から自然蒸発するヘリウムを再液化できること。また、VTI 排気の再液化ライン (仕様外) を取り付けることにより、減圧時に VTI から排気されるヘリウム (1L/min 未満) についても再液化可能であること。 マグネット persistent モード、VTI を排気しない条件下での He 消費量は 0 cc/h であること。
試料の冷却方法	VTI を備えた Static type
制御温度範囲	1.6～300 K
温度安定性	±0.1 K 以内
最低温保持時間	VTI 排気の再液化ライン (仕様外) を使用し、パルスチューブ冷凍機を運転させた状態で、液体ヘリウム継ぎ足しなしに試料スティックの最低温を 7 日以上持続できること
ニードルバルブ	リモート制御が可能であること。 ニードルバルブが凍結した場合に液体ヘリウムをすべて蒸発させずに復旧する方法が考慮されていること。
温度センサー	VTI に Cernox 抵抗温度センサー (1.4-325K 校正済み) 1 個
ヒーター	VTI にヒーターを 1 個設ける。VTI を 2K から 300K へ 3 時間以内に昇温できる出力をもつこと。
液体ヘリウム液面計	液体ヘリウム槽に液面計を備えること。
液体ヘリウムトランスファーポート	サイズ：直径 12.0mm
安全弁	OVC、液体ヘリウム槽、IVC にそれぞれ安全弁を設けること。 各所の安全弁の動作圧は、クライオスタットの安全な運転が継続できるよう決定すること。
OVC サービスポート	NW25 の真空引きポートを 1 個以上設けること。
ラジアルコリメーター固定用穴	将来取り付けるラジアルコリメーター用に、図 1 に示す 2 枚の Md-flanges に図 3 に示す通しの丸穴を開けること。これらの穴は、OVC 固定用穴の間に均等に開けること。PCD は OVC 固定用穴の PCD と同じにすること。直径はΦ8.5mm (スペースが無い場合はΦ6.5mm でも可) であること。また、ダークアン

	グル内に図 3 に示す M5 の通し穴 6 個を開けること。
--	--------------------------------

c. IVC（試料空間）

内径	50mm
ガス置換用ポート	IVC 内のガス置換が可能なポート、バルブ等を有し、ブルドン管で IVC 内の圧力が常時モニターできること。取り合いポートは NW25 又は NW16 とする。
試料スティックとの取り合いフランジ	NW50
回転ステージ用ニップル	将来回転ステージを追加する場合に備えて、試料スティック取り合いフランジに長さ 129mm の NW50-NW50 ニップルを取り付けること。図 4 に示す回転ステージを取り付けられるスペースを設けること。
その他の寸法	ビーム中心～IVC 底面：82 mm ビーム中心～試料スティック取り合いフランジ:約 1228 mm(ニップルを含まず) とし、正確な寸法は発注者と別途協議の上決定する。

d. マグネットコイル、マグネットフォーマー

マグネットコイル	非対称スプリットペア
ボア径	70 mm
垂直方向スプリット距離	77 mm
磁場方向	鉛直磁場、極性を切り替え可能
磁場制御範囲	-7～+7 T
磁場制御精度	±1 mT
磁場均一性	試料中心に直径 20mm 球内で、-0.3%～+1.7%以内の磁場均一性を満たすこと。
ゼロ磁場領域	ゼロ磁場になる箇所が図 5 に示した網掛け内に存在しないこと。
漏れ磁場	ビーム軸を含む水平面内で、7T 印加時に漏れ磁場が 100 ガウスになる点における磁場方向変化率が、0.06deg/cm 以下であること。 7T 印加時の試料中心から水平方向に 1.6m の地点において、漏れ磁場が 41 ガウス以下であること。
永久電流モード時の磁場安定性	≤0.01%/h@7T
垂直方向の開口角	-10°～+30°以上（図 1 参照）
水平方向の開口角	ダークアングルを図 6 に示す 42°の領域 2 か所の範囲内とし、それ以外を開口とする。
サポートリング	厚みは 4mm 以下とする。 ビーム軸上に、ビーム軸を中心とした 40mm×40mm のビーム窓を設けること（上流・下流の 2 か所）。
中性子吸収材	図 7 に示すマグネット開口面内部と柱のマグネットフォーマーには中性子吸収剤として酸化ガドリニウム、又はカドミウムを施すこと
下側コイルへの配管等配置	配管等は、図 6 に示すダークアングルの陰になるルートを通し、ビーム透過部には存在しないものとする

e. パルスチューブ冷凍機

Sumitomo SRP-082B パルスチューブ冷凍機&F-70L 水冷コンプレッサー 相当品

冷凍能力	1st stage 40W@45K、2nd stage 1W@4.2K
温度センサー	1st stage に Pt センサー、2nd stage に Cernox 温度センサーをもうけること
コンプレッサー電源	3 相 200V

コンプレッサの冷却方式	水冷
-------------	----

(2) 試料スティック

超伝導マグネットクライオスタットの IVC に挿入する試料スティックを製作する。試料スティックの下端には試料が取り付けられる。IVC に挿入した試料は、IVC に入れた熱交換ガスとしてのヘリウムガスで冷却され、VTI のヒーターまたは試料スティックのヒーターを用いて温度制御される。

試料スティックを使用する際は、超伝導マグネットクライオスタット IVC に 7.2.2 (1)c で記載したニップルを取り付けたうえで、IVC に挿入する。この時、試料が IVC の内筒の中心に位置し、偏心しないようにすること。

詳細仕様を以下に示す。

スティック本体フランジ	NW50。ブランクフランジを納めること。
制御温度範囲	試料無しでスティックの温度センサーで測定し、1.6～300K
温度センサー	Lakeshore 製 CU タイプ Cernox センサー1 個以上。スティックには 2 個目のセンサーを追加可能な配線が行われていること。
ヒーター	試料取り付け位置の近くに 1 個設ける。
高さ制限とスティックの上下機構	7.2.2 (1)c で記載したニップルを取り付けた状態で、試料スペースに挿入した際に、試料スティック上端（ケーブルを含む）からビーム中心までが 1565mm 以下であること。 試料位置をビーム中心に対して上下方向に±15 mm の範囲で調整可能であること。 高さ調整後に上下動と回転の動きができないように適切な固定の機構を有すること。
試料取り付け面	中心に M6 深さ 6 mm 以上のタップ穴を設けること。取り付け面は、ビーム中心より上方 80 mm 上方。(NW50 センサーリングの厚みも考慮すること)

(3) 磁場コントローラ

Quantum Design Oxford 製 Superconducting Magnet Power Supply IPS3 相当品

磁場制御範囲：-7T～7T

最大電流値：240A

極性：バイポーラ

電源：100V 又は 200V

リモート制御が可能であること。

(4) 温度コントローラ

Lakeshore 製 temperature controller Lakeshore Model346 相当品

温度制御範囲：1.6～300K

ヒーター出力：2 個のヒーターに対し、100W 及び 50W 以上の出力を同時に制御可能であること。

リモート制御が可能であること。

(5) 液面計モニター

必要に応じて Fast/Slow 切り替え等の操作を行えること。

(6) 超伝導マグネットクライオスタット用ケーブル・He ホース

超伝導マグネットクライオスタット（試料スティックを含む）と制御機器間を接続するケーブル及び He ホースの長さは、10m 以上であること。温度制御ケーブルとヒーター用ケーブルはツイストペアケーブルであること。コネクタの形状、ピンアサイン等は、発注者と協議の上決定すること。

8. 試験・検査

本超伝導マグネットシステムに関する試験・検査は以下の各項目を実施すること。

以下に、試験検査項目及び判定基準等を示す。

8.1 工場検査

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提出し、発注者の確認を得ること。発注者は必要に応じて工場検査に立ち会うことがある。

8.1.1 外観検査

目視によって外表面を検査し、実用上有害な傷、変形等のないことを確認する。

8.1.2 員数検査

各機器の員数について、仕様書に記載されている員数と相違ないことを確認する。

8.1.3 寸法検査

主要寸法について、適切な測定器を用いて所定の公差内であることを確認する。

8.1.4 真空検査

真空排気試験及びリーク試験を行うこと。下記に合格条件を示す。

- (1) 真空排気試験：OVC が $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 以下の圧力に到達すること。
- (2) He リーク試験：リーク量が $10^{-8} \text{Pa m}^3/\text{sec}$ 以下であること。

8.1.5 動作確認試験

本超伝導マグネットシステムを動作させ、7項に記述した7項に記述した冷却性能及び磁場印加性能を達成できることを確認する。また、この時のログ（温度の時間変化の記録を含む）データを検査成績書に添付するとともに、電子データとしても納めること。

8.2 現地検査

発注者立会のもと、以下の項目について試験検査を行う。

8.2.1 外観検査

目視によって外表面を検査し、実用上有害な傷、変形等のないことを確認する。

8.2.2 員数検査

各機器の員数について、仕様書に記載されている員数と相違ないことを確認する。

8.2.3 寸法検査

主要寸法について、適切な測定器を用いて所定の公差内であることを確認する。

8.2.4 真空検査

真空排気試験及びリーク試験を行うこと。下記に合格条件を示す。

- (1) 真空排気試験：OVC が $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 以下の圧力に到達すること。
- (2) He リーク試験：リーク量が $10^{-8} \text{Pa m}^3/\text{sec}$ 以下であること。

8.2.5 動作確認試験

本超伝導マグネットシステムを動作させ、7項に記述した冷却性能及び磁場印加性能を達成できることを確認する。また、この時のログ（温度の時間変化の記録を含む）データを検査成績書に添付するとともに、電子データとしても納めること。

9 特記事項

9.1 一般責任事項

本件に関わる設計・製作等は、全ての工程において、十分な品質管理を行うこととする。

9.2 作業員の有資格

8.2 項に示す現地試験に従事する作業員は、以下の資格を有すること。

- (1) 放射線作業業務従事者

9.3 適用法規及び規格

- (1) 日本産業規格 (JIS)
- (2) 日本溶接協会規格 (WES)
- (3) 日本電気工業会標準規格 (JEM)
- (4) 電気学会日本電気規格調査会標準規格 (JEC)
- (5) 日本電線工業会規格 (JCS)
- (6) 電気設備技術基準
- (7) 内線規程 (JEAC8001-2100)
- (8) 労働安全衛生法
- (9) 労働基準法
- (10) 高圧ガス保安法
- (11) 日本原子力研究開発機構内諸規程及び J-PARC センター内諸規程
- (12) 物質・生命科学実験施設で定められた試料環境標準化における規約
- (13) その他関係する諸規格・基準

9.4 確認事項

- (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) 受注者の変更申し出がないまま、その変更がおり込まれた確認図を提出した場合には、これが確認されても変更点の確認を意味するものではなく、発注仕様書が優先するものとする。
- (3) 受注者は、仕様書の内容に不備あるいは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、発注者の指示に従うこと。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。
- (4) 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。
- (5) 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、確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。
- (6) 受注者は原子力機構が原子力の研究・開発を行う機関であるため、高い技術力及び高い信頼性を社会的にもとめられていることを認識し、原子力機構の規程等を遵守し安全性に配慮し業務を遂行しうる能力を有する者を従事させること。
- (7) 受注者は業務を実施することにより取得した当該業務及び作業に関する各データ、技術情報、成果その他のすべての資料及び情報を原子力機構の施設外に持ち出して発表もしくは公開し、または特定の第三者に対価をうけ、もしくは無償で提供することはできない。ただし、あらかじめ書面により原子力機構の承認を受けた場合はこの限りではない。
- (8) 受注者は異常事態等が発生した場合、原子力機構の指示に従い行動するものとする。

9.5 グリーン購入法の促進

- (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) 本仕様書に定める提出図書（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。

9.6 その他

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。

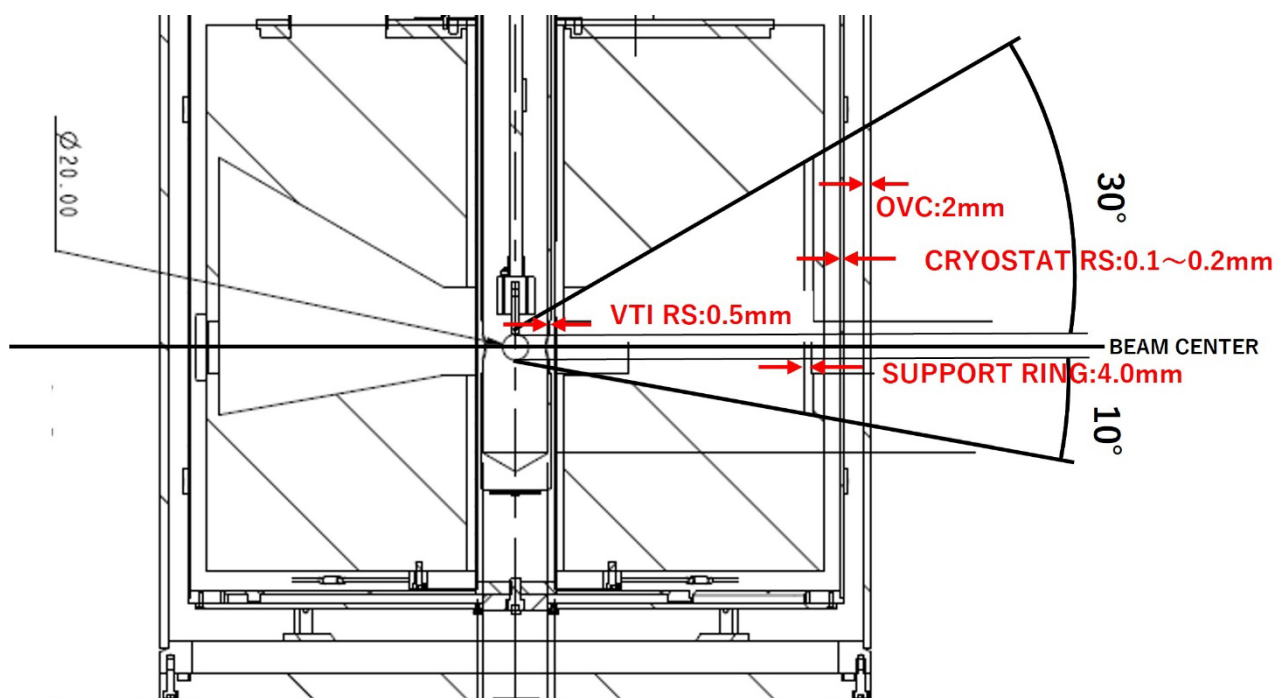


図2 各部の指定部肉厚

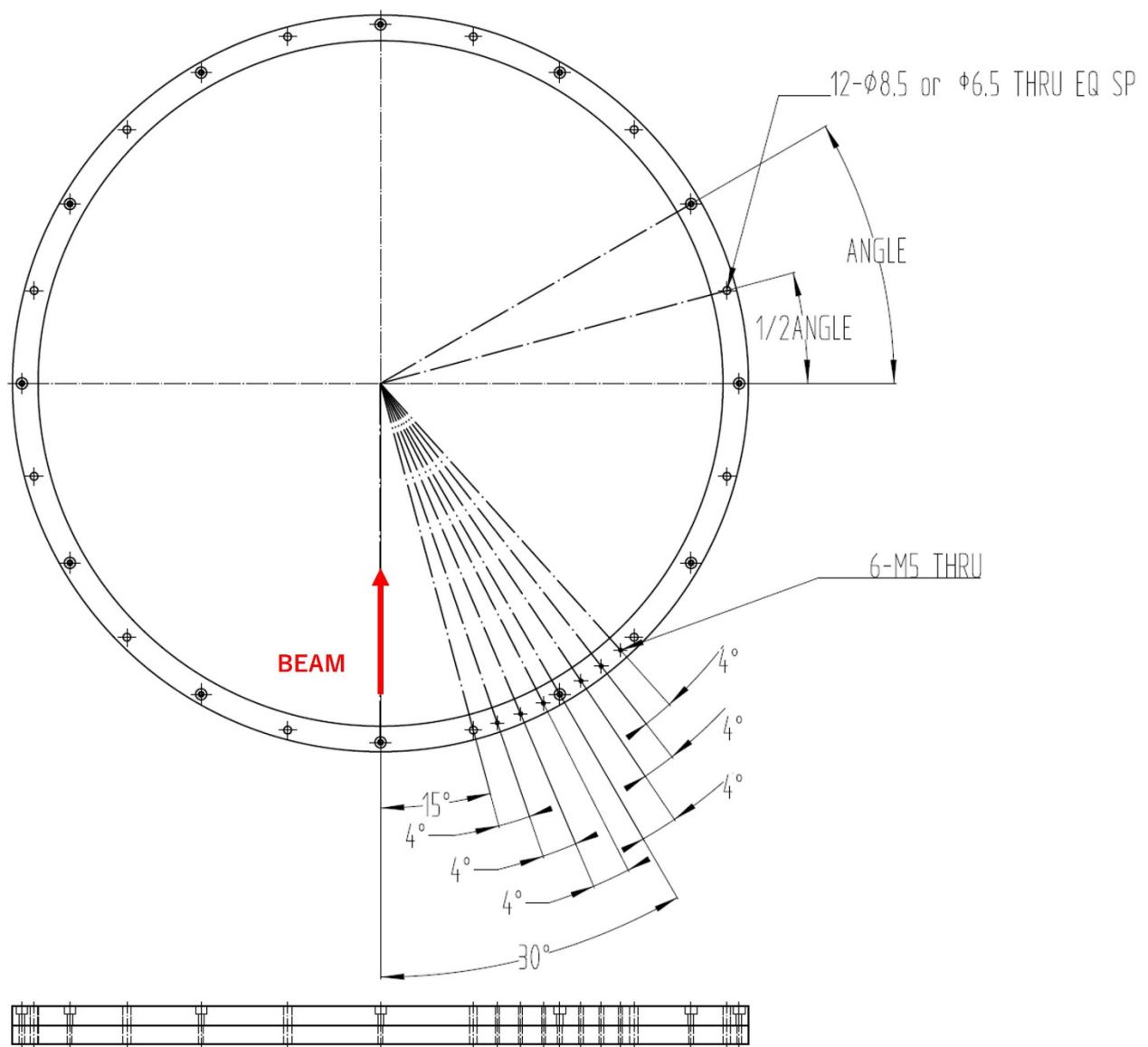


図3 将来追加するラジアルコリメーター固定用穴（図1を上方から見た場合）

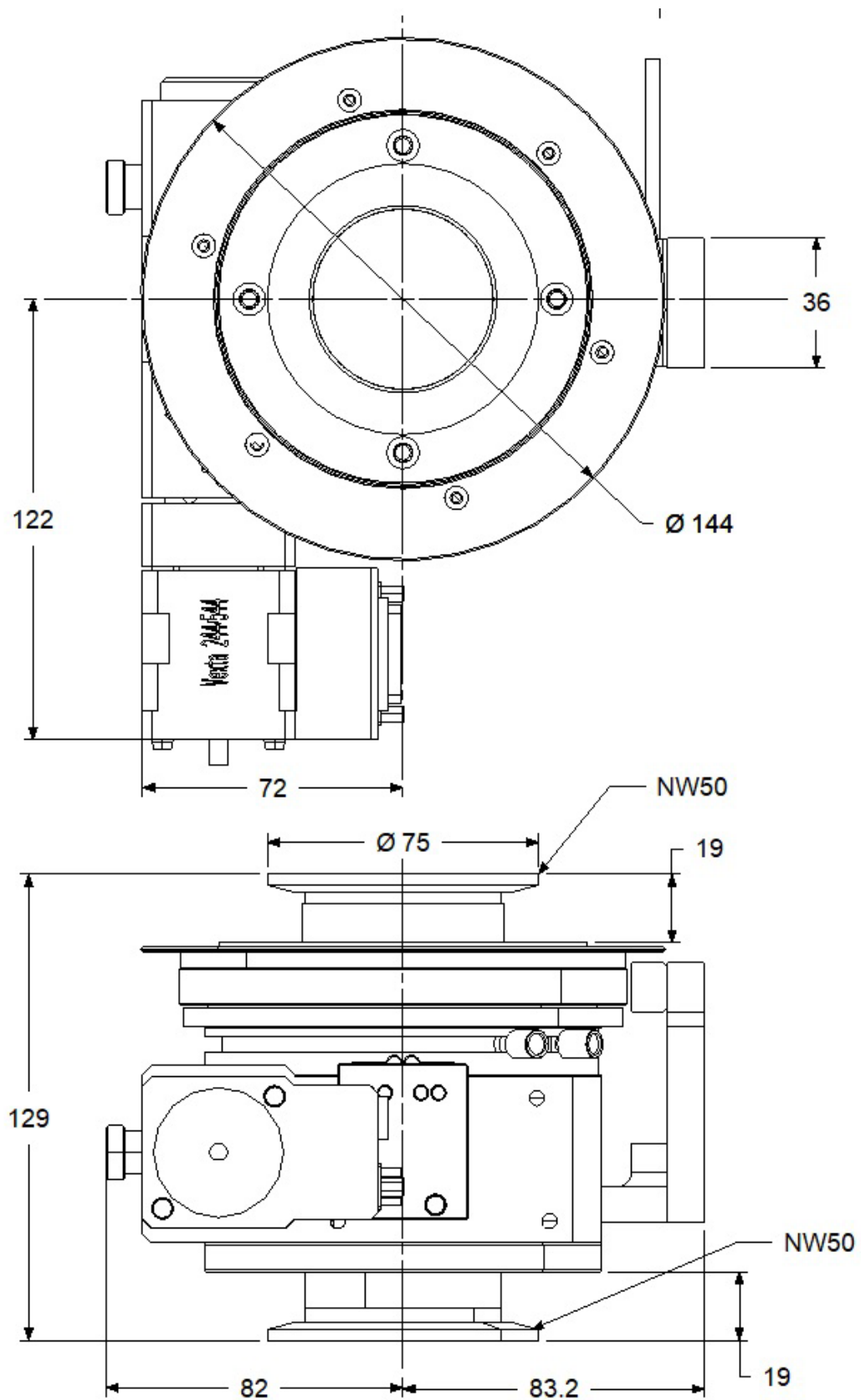


図 4 将来追加する回転ステージの寸法 (NW50 フランジ・エンコーダー含む)

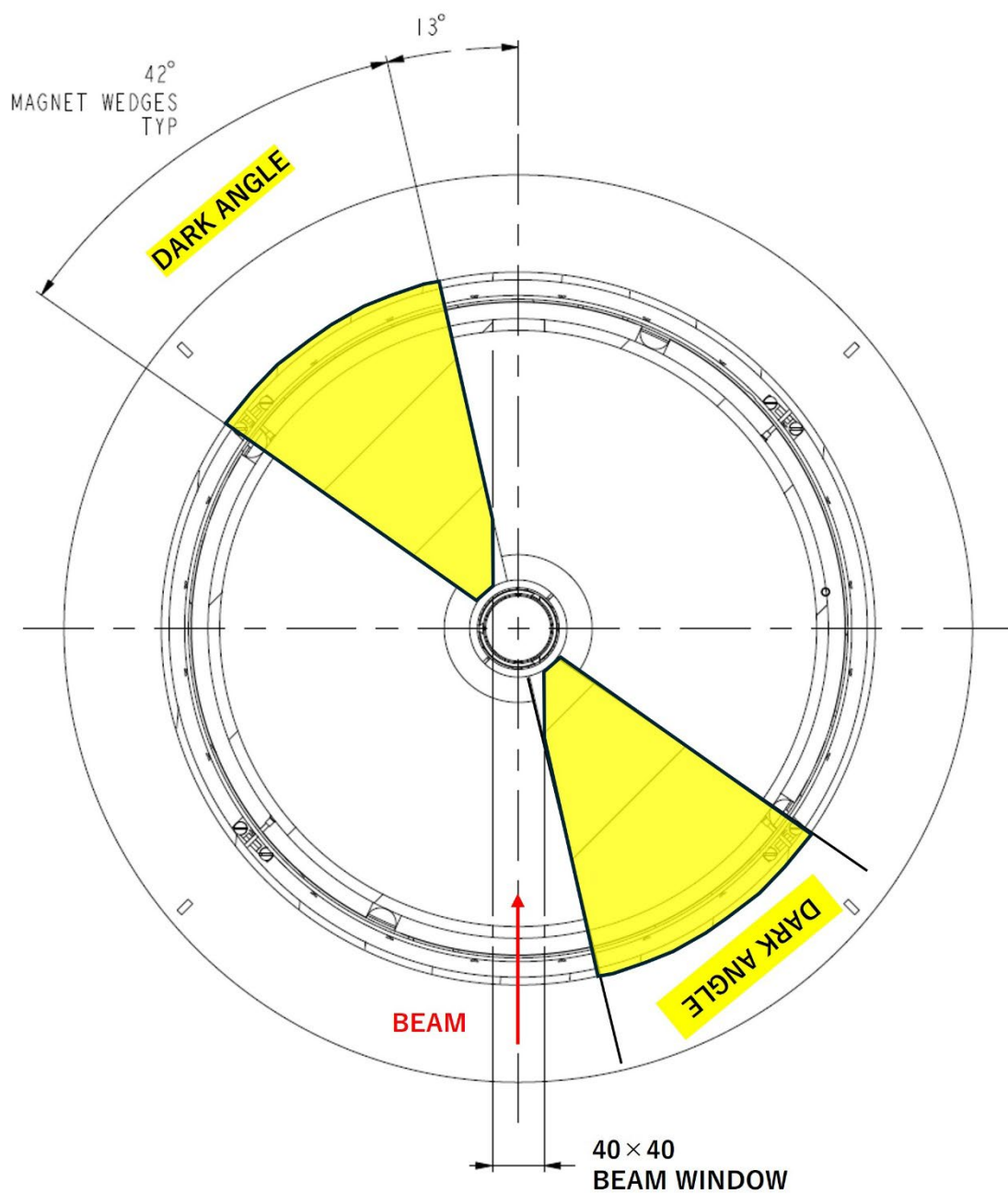
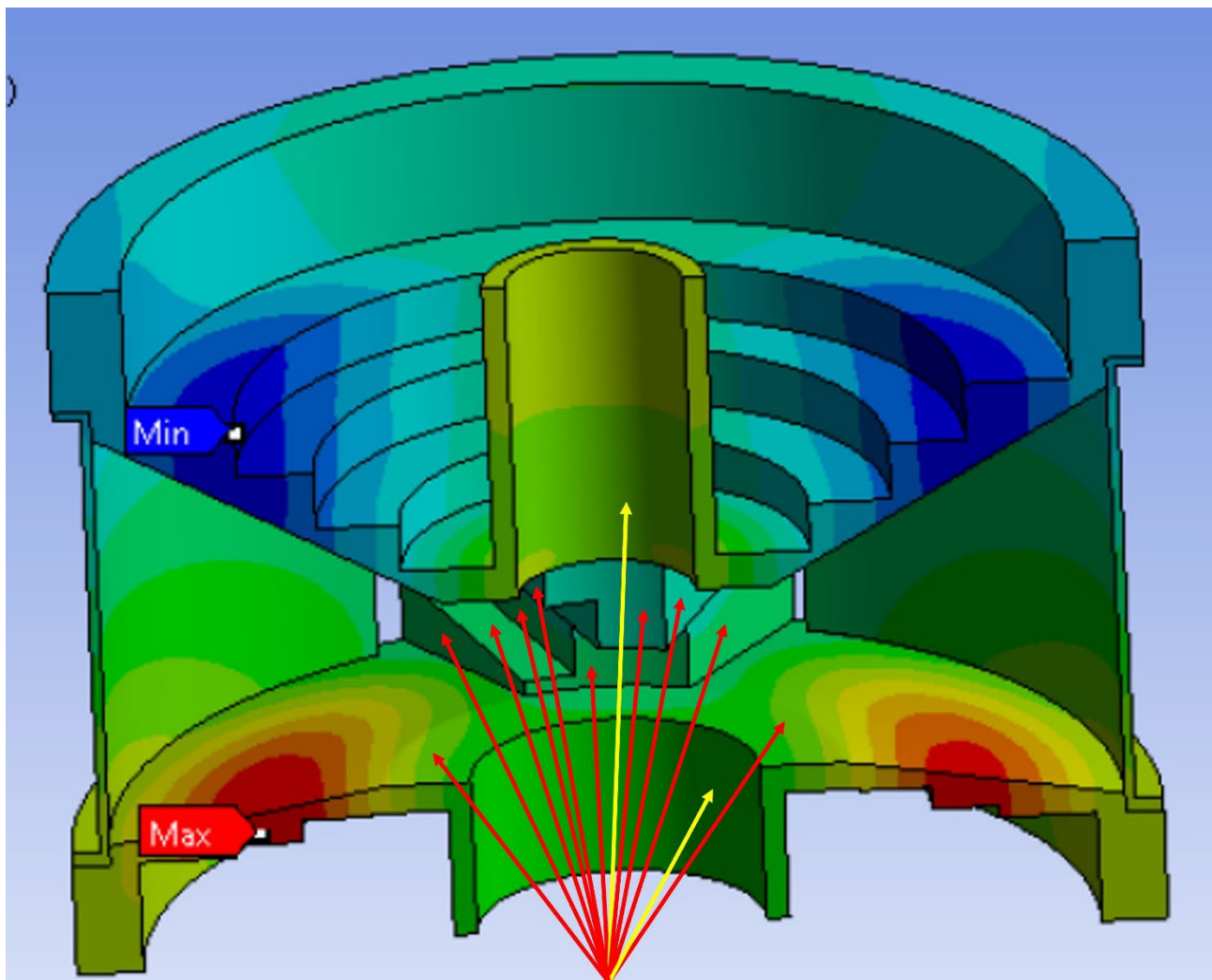


図 6 ダークアングル位置 (図 1 を上方から見た場合)



酸化ガドリニウム又はカドミウムを施す箇所

図7 マグネットフォーマーへの酸化ガドリニウム、又はカドミウムを施す箇所（ただし、黄色矢印で示した中央筒の内側に関しては、困難な場合はなくてもよい）