

高速炉用パッド付ラッパ管の試作試験 仕様書

令和 8 年 7 月

日本原子力研究開発機構

大洗原子力工学研究所

戦略推進部 酸化物燃料サイクル Gr

1. 一般仕様

1.1 件名

高速炉用パッド付ラップ管の試作試験

1.2 概要

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)では、放射性廃棄物減容・有害度低減に有効な高速炉に必要な炉心構成要素の開発を進めている。本件では、SUS316 鋼製のラップ管を製作するためのサプライチェーンを再構築することを目的として、高速炉用パッド付ラップ管の試作試験を行う。

なお、本件は経産省受託事業「令和 5 年度高速炉実証炉開発事業（基盤整備と技術開発）」の一環として実施するものである。

1.3 契約範囲

- (1) パッド付ラップ管の試作試験

一式
- (2) 試験・検査

一式
- (3) 提出図書の作成

一式

1.4 納期

令和 11 年 3 月 20 日(火)

1.5 納入場所

- (1) ラップ管の試作材

茨城県那珂郡東海村村松 4-33 日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所
ブルトニウム燃料技術開発センター 第 1 検査技術開発室 (1.9 納入物件 持込渡し)
- (2) 提出図書

茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地
日本原子力研究開発機構 大洗原子力工学研究所
戦略推進部 酸化物燃料サイクル Gr

1.6 支給品

SUS316 相当ステンレス鋼(PNC316)丸鋼

一式

1.7 貸与品

特になし

1.8 提出図書

受注者は、次の図書を提出期限前までに遅延なく提出すること。

図書名	提出時期	部数	確認
(1) 工程表*	契約後速やかに	2 部	要
(2) 試験計画書*	試験(試作を含む)開始前	2 部	要
(3) 試験報告書	納入(検収)時	2 部	要

(4) 試験報告書の電子情報	納入(検収)時	1 式	不要
(5) 打合せ議事録	実施後 14 日	1 部	要
(6) 委任先又は中小受託事業者等の承認について** (機構指定様式)	作業開始 2 週間前まで	1 式	要
(7) その他	必要に応じて	1 式	要

*) 作業開始前までに、試作工程等を定めた試験計画書を提出すること。

**) 中小受託事業者等へ請負等がある場合に提出のこと。無い場合は、提出不要。

[提出場所]

日本原子力研究開発機構 大洗原子力工学研究所 FBR サイクル国際研究開発センター(Fセル)
戦略推進部 酸化物燃料サイクル Gr

1.9 納入物件

試験を通じて加工された以下のラップ管を 1.5 項に示した納入場所に納入すること。

✓ ラップ管：50 本 (目標)

1.10 検収条件

第 1.3 項に示す契約範囲の作業が終了し、第 1.8 項及び 1.9 項にそれぞれ示す提出図書及び納入物件の完納をもって検収を受けるものとする。

1.11 検査員及び監督員

(検査員)

(1) 一般検査 管財担当課長

(監督員)

戦略推進部 酸化物燃料サイクル Gr グループリーダー、グループ員

1.12 梱包及び輸送

納入場所までの輸送及び輸送中の製作物品損傷防止のための梱包等は、全て本契約に含まれるものとする。また、機構が支給する PNC316 丸鋼の輸送についても本契約に含まれるものとする。

試作管は 1 本毎にポリエチレン製の袋に入れて密封し、製品に損傷を与えないよう充分配慮すること。輸送用の箱は製品を含め最大重量は 50kg 以下になるよう分別すること。また、輸送用箱には次の事項を表示すること。

(1) 名称

(2) ロット No. 及び管 No.

(3) 本数

(4) 注文番号及び作業番号

(5) 輸送物重量

1.12 協議

本仕様書の記載事項及び本仕様書に記載されていない事項について、疑義が生じた場合は、原子

力機構担当者と協議すること。また、その結果については、受注者側において議事録を作成し、原子力側と受注者側の双方で内容を確認すること。

1.13 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。

1.14 特記事項

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

2. 技術仕様

2.1 高速炉用ラッパ管の試作について

PNC316 は、中性子照射環境で使用されることから、スエリング(体積膨張)を抑制するため、最終冷間加工が重要な材料となる。そのため、冷間加工度の目標は $20\%(+\alpha)$ として試作し、材料規格である $20\pm 3\%$ に入るように試作を行うこと。図 1 にラッパ管の概略図を示す。また、主な目標仕様等を以下に示す。

(1) 主な目標仕様

- ✓ 冷間加工度： $20\pm 3\%$ (目標値 20%)
- ✓ 外径対面間距離：78.50 mm
- ✓ 内径対面間距離： 74.70 ± 0.30 mm (目標公差 ± 0.20 mm)
- ✓ 肉厚： 1.90 ± 0.13 mm
- ✓ 長さ： 2200^{+10}_{-0} mm
- ✓ 角部曲率半径(内側)： $R3.6\pm 0.5$ mm
- ✓ 角部曲率半径(外側)： $R5.5$ mm
- ✓ ねじれ：0.3 mm 以下/全量
- ✓ 曲がり：0.70 mm 以下

(2) 目標員数

50 本

(3) 試作仕様

- ✓ 最終熱処理について

冷間加工前に溶体化処理を実施すること。溶体化処理温度は、 1050°C 以上とし、温度と時間を報告すること。

- ✓ 最終冷間加工度について

冷間加工度(Cold work)は次式の長さにより算出すること。冷間加工度は、小数点 1 位まで報告すること。

$$\text{冷間加工度} = \frac{L_1 - L_0}{L_1} \times 100 (\%)$$

L_0 : 冷間加工前長さ, L_1 : 冷間加工後の長さ

- ✓ 最終仕上げについて

冷間引抜加工仕上げとすること。ただし、研磨や研作による疵取は可とする。

- ✓ 洗浄について

最終試作品の洗浄については、アルコールを使用すること。

- ✓ ロットの定義について

ロットとは同一溶鋼より製造された後、同一チャンスに熱処理を施され最終試作品に仕上げられたものをいう。

2.2 高速炉用ラップ管のパッド加工について

2.1 項で試作した PNC316 ラップ管試作材について、炉内装荷時や地震時のラップ管同士の接触を緩和するためのパッド加工を実施すること。図 2 にパッド付ラップ管の概略図を示す。また、主な仕様を以下に示す。

(1) 主な目標仕様

- ✓ パッド部外対面間距離： $81.20^{+0}_{-0.05}$ mm
- ✓ パッド部位置： 1190 ± 3 mm (反刻字位置より)
- ✓ パッド部底部径： $\phi 30 \pm 3$ mm
- ✓ パッド部頂部径： $\phi 20 \pm 2$ mm

(2) 目標員数

50 本

(3) 試作仕様

- ✓ 硬質クロムメッキ処理について

パッド部加工位置については、硬質クロムメッキ処理を実施すること。硬質クロムメッキ処理は、 34 ± 3 mm の幅で実施し、メッキ厚さは約 20 μm を目標とすること。

- ✓ 洗浄について

最終試作品の洗浄については、アルコールを使用すること。

- ✓ ロットの定義について

ロットとは同一溶鋼より製造された後、同一チャンスに熱処理を施され最終試作品に仕上げられたものをいう。

2.3 試作管に関する試験について

受注者は試験計画書を提出し、原子力機構の確認を得た後に実施すること。実施する試験項目と規格等を以下に示す。

2.3.1 破壊試験

(1) 化学成分試験

試作したラップ管について、成分分析試験を実施すること。なお、分析用試料は、素材ロット毎に 2 試料とし、試作管 1 本から 1 試料採取すること。分析する元素と規格範囲等を表 1 に示す。試験方法は日本産業規格(JIS)等に準拠し実施すること。

報告：数値、標準試料分析時の記録

(2) ビッカース硬さ試験

同一素材ロットの異なるラップ管の 1 試料について、JIS Z2244-1(2020)に準じて、ビッカース硬さ試験を実施すること。圧痕間隔は 3d 以上とし、試験片エッジからは 4d 程度離すこととする。測定位置の例を図 3 に示す。

測定点数：22 点

目標硬さ：330Hv 以下

報告：数値

(3) 非金属介在物試験

同一素材ロットの異なる管より 1 試料をサンプリングし、軸方向断面について JIS G0555(2023)に準じて、非金属介在物の測定を実施すること。非金属介在物の種類は、A(硫化物系)、B(アルミ

ナ系)、C(シリケート系)の三種類とする。標準倍率は 100 倍とするが、JIS G0555 の附属書 JA の点算法の場合は 400 倍とし、写真下部に倍率と視野数を記載することとする。

報告：数値、写真(100 倍 or 400 倍)

(4) 炭化物金相試験

同一素材ロットの異なる管より 1 試料をサンプリングし、軸方向縦及び横断面のそれぞれについて JIS G0571(2003)に準じてしゅう酸エッチング試験を行う。両方向の断面を顕鏡し、炭化物の析出が無いことを確認し、その有無を報告するとともに、代表的な組織を 400 倍で撮影し報告すること。

報告：合否、写真(400 倍で撮影)

(5) 結晶粒度試験

同一素材ロットの異なる管より 1 試料をサンプリングし、JIS G0551(2022) に準じて試験を行う。管の横断面の平行部及びコーナー部について倍率 100 倍で観察し、結晶粒度と代表写真を報告すること。なお、比較法を使用する際は、ASTM E112 のプレート I 及び IV に掲載されている結晶粒度標準図を使用すること。

目標結晶粒度：ASTM No.5～9

報告：数値、写真(400 倍で撮影)

(6) 粒界腐食試験

同一素材ロットの異なる管より 1 試料を軸方向からサンプリングし JIS G0575(1999)に準じ、沸騰硫酸・硫酸銅溶液中に入れて試験後、曲げ試験による割れの観察を行い、粒界腐食の程度を試験する。管の軸方向に対する横断面を観察し、粒界腐食割れの有無を報告すること。

目標基準：粒界腐食割れが無いこと。

報告：合否、写真(倍率は必要に応じて撮影)

(7) 引張試験方法

同一素材ロットの異なる 2 本の管の軸方向について、JIS Z2241(2023)及び G0567(2020)に準じて、室温及び高温(650℃)の引張試験を行う。引張試験は、室温及び高温をそれぞれ n2 で実施する。引張速度は、0.2%耐力まで 0.3%/min、耐力取得後は 7.5%/min とする。また、破断位置については A, B, C を報告すること。PNC316 の引張特性の規格を以下に示す。なお、軸方向試験片(室温)は、JIS Z2241 に定める 13 号 B 試験片(平行部幅 12.5mm, 標点間距離 50mm)とする。高温の軸方向引張試験は、平行部幅 5mm, 標点間距離 25mm とした試験片を受注者が選定すること。

試験温度	0.2%耐力	引張強さ	破断伸び
室温	627 MPa以上	698 MPa以上	10 %以上
650℃	389 MPa以上	463 MPa以上	7 %以上

試験数量：室温：2 本/管×2 管=4 本、高温：2 本/管×2 管=4 本 (同一ロット)

目標基準：PNC316 の引張特性を満足し、破断位置が標点間内(A, B)であること。

報告：数値、破断位置、応力-歪線図、温度チャート

2.3.2 非破壊試験

(1) 超音波探傷試験 (原管)

ラップ管原管(冷間抽伸前の丸管)の軸方向及び周方向の全面について、水浸式超音波パルス反射法

により探傷試験を実施する。その探傷波形は管の内外表面、軸方向及び周方向に加工した以下の寸法の標準人工欠陥信号以上の欠陥信号が認められないこと。

標準人工欠陥寸法	
深さ	0.2mm
幅	1.5mm以下
長さ	12.7mm以下

報告：合否、超音波探傷チャート

(2) ラップ管原管(最終素管)肉厚測定

ラップ管原管の両管端及び中央部に中央部について、マイクロメータあるいは超音波肉厚測定器により測定すること。

目標基準：原管公称肉厚に対し、 $\pm 10\%$ 以内であること。

報告：合否、超音波寸法チャート等の記録紙

(3) 外観検査

- ✓ ラップ管の内外表面に油、酸化物等の有害な付着物が無いこと。
- ✓ 目視で認められる割れ、深さ $100\ \mu\text{m}$ 以上の穴や傷が無いこと。
- ✓ ラップ管の表面については、JIS B0659-1(2002)に定める比較用表面あらさ試験片と肉眼による観察を行い、その表面あらさが $Ra3.2$ 以下であることを確認すること。

報告：合否

(4) 外側対面間距離測定

試作管全数について、マイクロメータにより図 4 に示すように両端及び中央部 2 ヶ所について各 3 点 3 方向を測定する。

報告：数値

(5) 内側対面間距離測定

試作管全数について、マイクロメータにより両管端部について測定し、外側対面間距離測定位置に対応する位置を測定する。なお、中央 2 ヶ所については外側対面間より同位置の超音波厚み計による測定値を差し引いた値とし、以下の寸法を満足すること。

- ✓ 管端部： $74.70 \pm 0.30\ \text{mm}$
- ✓ 中央部： $74.70 \pm 0.40\ \text{mm}$

ただし、各断面平均では、 $74.70 \pm 0.30\ \text{mm}$ となること。

報告：数値

(6) 肉厚測定

試作管全数の各面について、図 5 に示す両管端は外側マイクロメータあるいは超音波厚み計、中央部(1), (2)については超音波厚み計により各 3 点を測定し、測定値が $1.90 \pm 0.13\text{mm}$ であること。

報告：数値

(7) ねじれ測定

試作管全数について、 $0.3\text{mm}/\text{全長}$ を超えるねじれが認められないことを確認する。

報告：数値

(8) 内側角部曲率半径測定

試作管全数について、角部の内面を R ゲージ等で測定し、角部の曲率半径(R)が $3.6 \pm 0.5\ \text{mm}$ であることを測定する。

報告：数値

(9) 真直度測定

試作管全数について、定盤を用いてダイヤルゲージにより測定し、0.7mm を超える曲がり認められないこと及び局所的な折れ曲がり等がないことを確認する。

報告：数値

(10) 表面洗浄度試験

試作管全数について、アルコール等を浸したガーゼで内外表面を拭き取り、そのガーゼに汚れが認められないことを確認すること。

報告：合否

2.3.3 パッド打出し後(メッキ施工前)の検査

(1) 外観検査

メッキ対象箇所有害な付着物、汚れ、傷がないこと。

報告：合否

(2) パッド部外側対面間距離測定

メッキ施行前のパッド部 3 対面について、外側対面間距離を 1 方向各 5 点についてマイクロメータ等により測定する

報告：数値

2.3.4 硬質クロムメッキ施工後の検査

(1) メッキ部外観検査

メッキ部の表面は表面平滑度及び密着の程度に著しい不均一な部分がなく、焼け、ピット等がないこと。

報告：合否

(2) パッド部外側対面間距離測定

メッキ施行後のパッド部外側対面間距離について、メッキ施行前と同位置における寸法を測定する。

報告：数値

(3) メッキ厚さ測定

メッキ厚さはメッキ前に測定したパッド部対面間距離とメッキ後の同位置における寸法から算出し、10 μ m 以上であること。

目標メッキ厚さ：20 μ m

報告：数値

(4) メッキ幅測定

図 2 に示すパッド部 6 面のメッキ幅をノギス等により測定すること。

目標メッキ幅：34 $\pm$ 3 mm

報告：数値

(5) パッド部頂部径及び底部径測定

図 2 に示すパッド部 6 面の頂部径及び底部径をノギス等により測定すること。

目標頂部径：20 $\pm$ 2 mm

目標底部径：30 $\pm$ 3 mm

報告：数値

(6) 長さ測定

試作管全数について、図 2 に示す全長及びパッド部位置を JIS1 級のスケールまたはこれに準ずる測定器により測定すること。

目標寸法： 2200^{+10}_{-0} mm

報告：数値

2.3 試作、試験(検査)報告書について

2.1～2.2 項の試作結果及び 2.3 項の試験(検査)結果をまとめて報告すること。報告に際しては、以下のように報告すること。

2.3.1 試作報告書

受注者側は、製品の製造履歴（インゴット No. 管材、最終熱処理温度時間、最終冷間加工度、洗浄の状況、表面の観察状況）を明らかにし、原管 No. とロット No. 及び製品 No. の対応表を提出すること。

2.3.2 試験(検査)報告書

受注者は Data sheet に次の事項を記載して提出すること。

【Ⅰ】Data Sheet [A]（ロット毎提出）	【Ⅱ】Data Sheet [B]（製品毎提出）
1. Lot No. Tube No. 製造履歴等	1. Lot No., Tube No.
2. 最終冷間加工度	2. 外観検査(可否)
3. 化学成分(試作管分析値)	3. 表面清浄度(可否)
4. 介在物試験(測定値)	4. 外側対面間距離測定(測定値)
5. 結晶粒度(測定値)	5. 内側対面間距離測定(測定値)
6. 粒界腐食試験(可否)	6. 肉厚測定(測定値)
7. 炭化物金相試験(測定値)	7. 長さ測定(測定値)
8. 超音波探傷試験(可否)【原管のみ】	8. ねじれ測定(測定値)
9. 原管肉厚(可否)	9. 内面角部R測定(測定値)
10. 硬さ測定(測定値)	10. 真直度測定(測定値)
11. 引張試験(測定値)	

なお、ラップ管パッド部の試験検査記録は本 Data Sheet とは別に作成し、以下の項目を提出すること。

【Ⅲ】Data Sheet [パッド部]（ラップ管の製品毎提出）
1. Lot No., Tube No., 製造履歴等
2. 外観検査(メッキ前後)
3. パッド部外側対面間距離測定(メッキ前後)
4. メッキ幅測定パッド部頂部径及び底部径測定
5. メッキ厚さ測定

3. その他

試験・検査で実施した破壊試験片(成分分析を除く)を返却すること。

以上

表 1. PNC316 の成分規格範囲及び目標組成 (wt%)

成分	範囲 (wt%)	目標 (wt%)
C	0.040 ~ 0.080	0.060
Si	0.60 ~ 1.00	0.80
Mn	1.40 ~ 2.00	1.75
P	0.015 ~ 0.040	0.030
S	≤ 0.010	—
Ni	13.00 ~ 14.00	上限
Cr	16.00 ~ 18.00	下限
Mo	2.00 ~ 3.00	2.50
B	0.0020 ~ 0.0060	0.0040
N	≤ 0.010	—
Ti	0.06 ~ 0.10	上限
Nb	0.06 ~ 0.10	上限
V	≤ 0.20	—
Co	≤ 0.02	—
Cu	≤ 0.20	—
Ta	≤ 0.05	—
As	≤ 0.030	低目
Al	≤ 0.050	—
Zr	≤ 0.10	—
O	≤ 0.0040	—

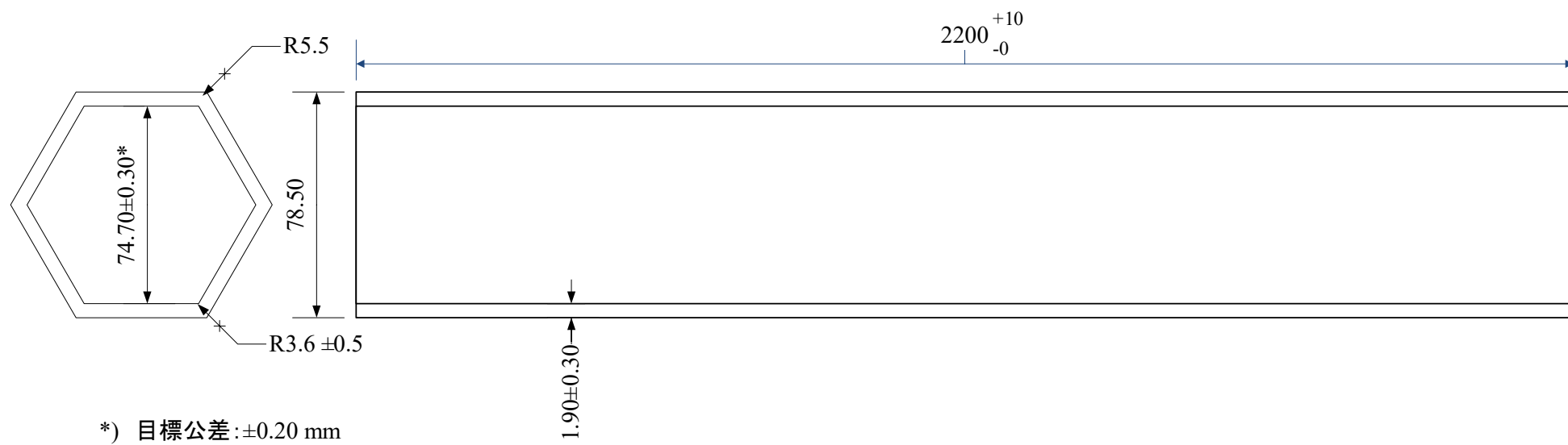


図 1. PNC316 ラップ管の外観図

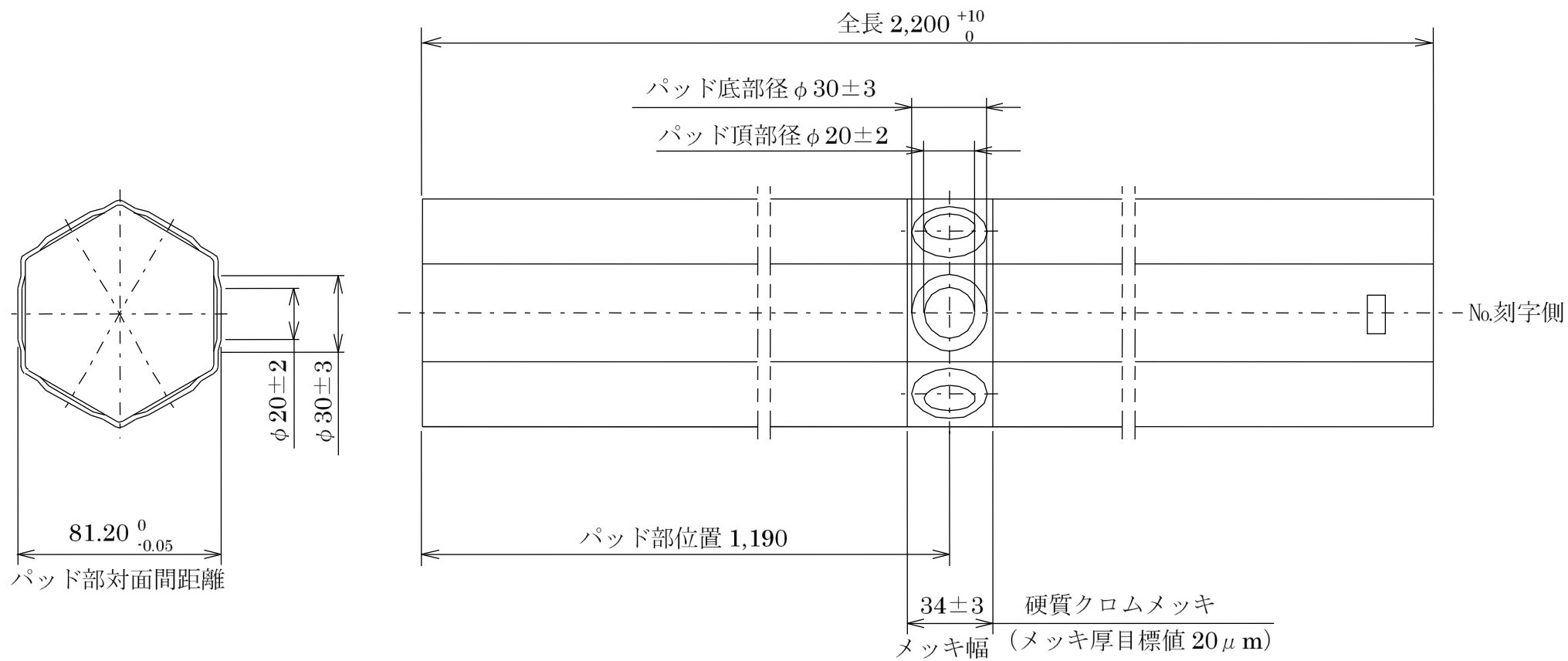


図 2. パッド付ラップ管の外観図

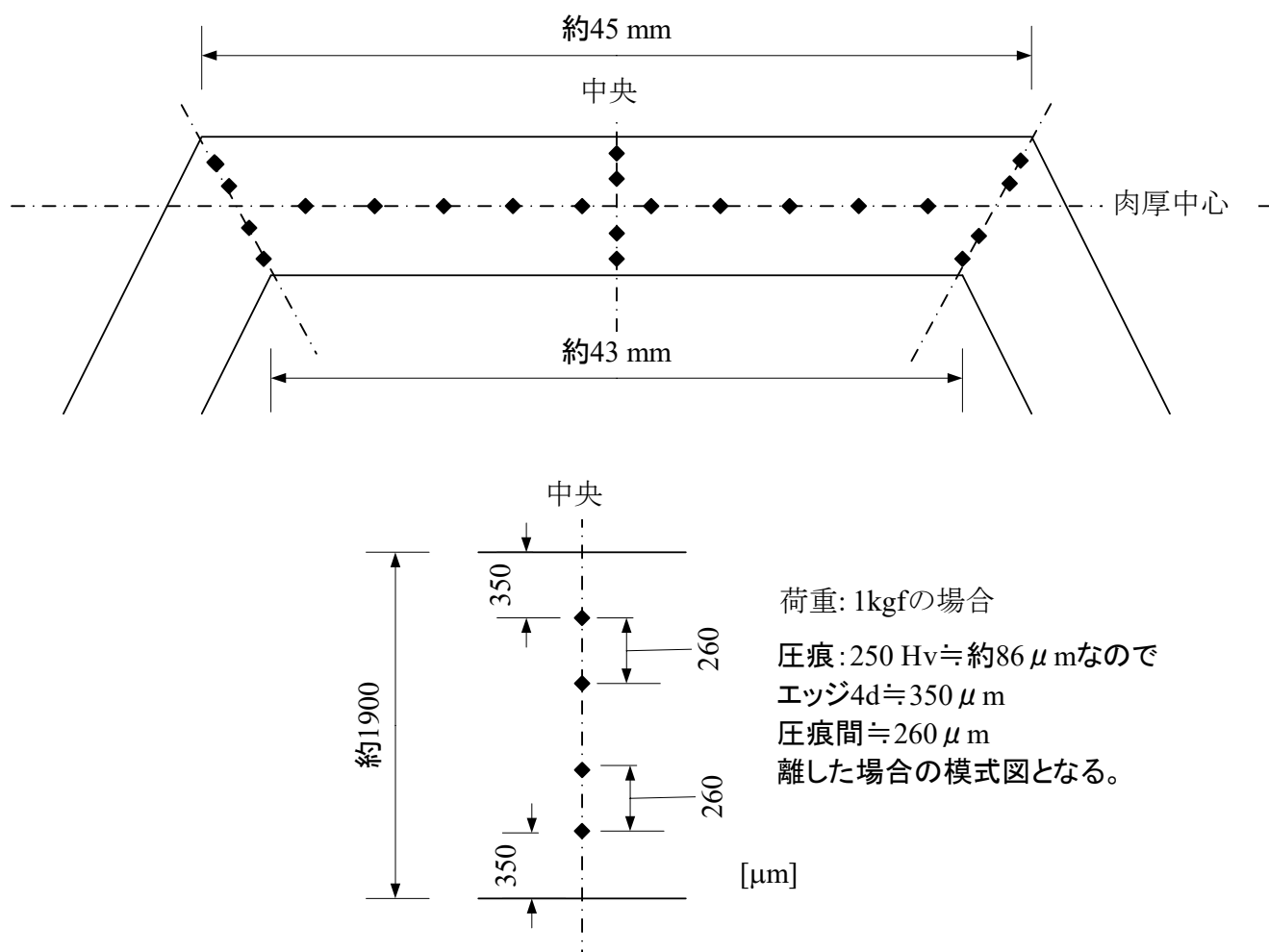


図 3. 硬さ測定位置の模式図(例)

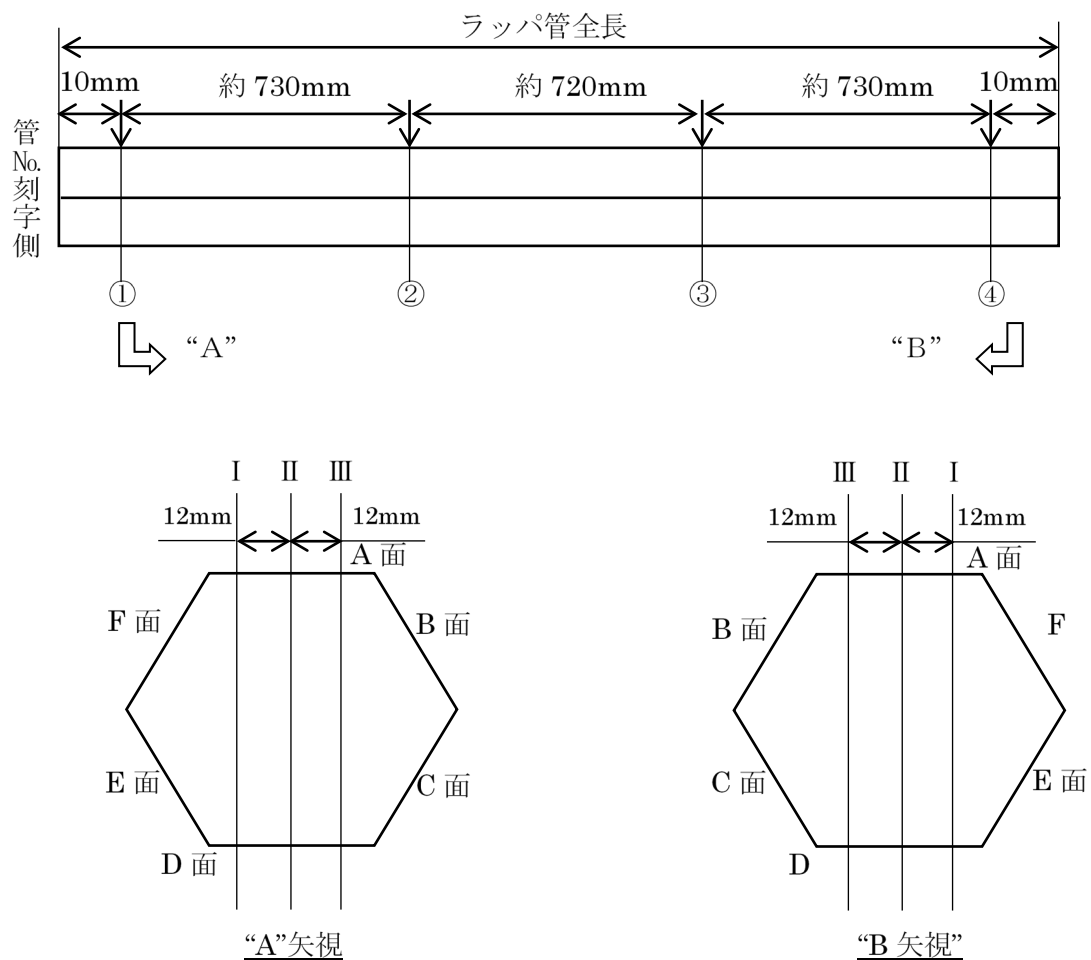


図 4. 外対面距離測定位置の模式図

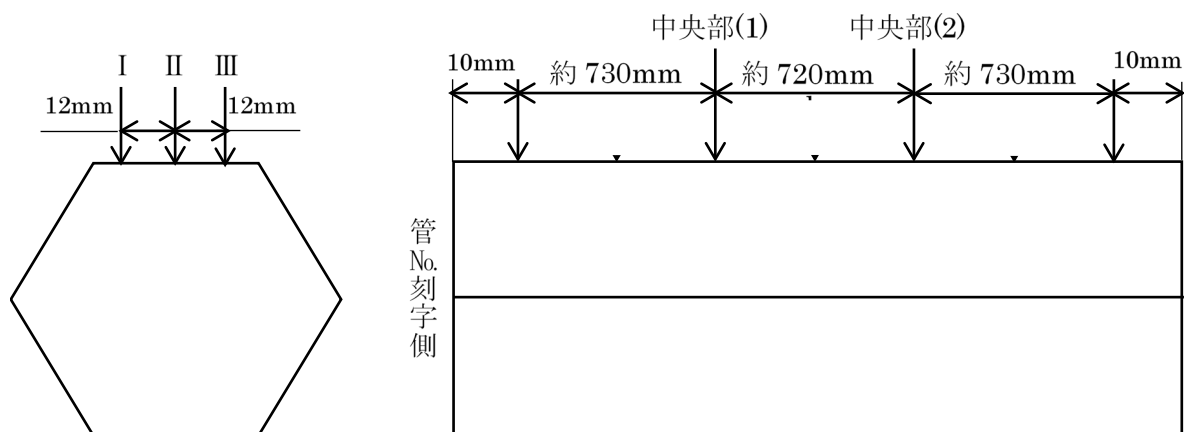


図 5. 肉厚測定位置の模式図