DOI:10.11484/jaea-technology-2016-038

HTTR起動用中性子源用の輸送容器の開発

Development of Transportation Container for Neutron Startup Source of High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR)

島﨑 洋祐 澤畑 洋明 柳田 佳徳 篠原 正憲 川本 大樹 高田 昌二

Yosuke SHIMAZAKI, Hiroaki SAWAHATA, Yoshinori YANAGIDA, Masanori SHINOHARA Taiki KAWAMOTO and Shoji TAKADA

原子力科学研究部門 大洗研究開発センター 高温工学試験研究炉部

Department of HTTR Oarai Research and Development Center Sector of Nuclear Science Research

February 2017

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。 本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。 なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ(http://www.jaea.go.jp) より発信されています。

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency. Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Institutional Repository Section,

Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department, Japan Atomic Energy Agency.

2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2017

HTTR 起動用中性子源用の輸送容器の開発

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 大洗研究開発センター 高温工学試験研究炉部

島﨑 洋祐、澤畑 洋明、柳田 佳徳※1、篠原 正憲、川本 大樹、高田 昌二

(2016年11月29日 受理)

HTTR (高温工学試験研究炉)では起動用中性子源として、²⁵²Cf (3.7 GBq×3 個)を炉内に装荷し、約7年を目途に交換している。中性子源の中性子源ホルダへの装荷及び輸送物の製作は、販売業者のホットセル内で行われ、その後、HTTR まで輸送される。中性子源ホルダの制御棒案内ブロックからの取出・装荷は、HTTR のメンテナンスピット内で行う。

前回までの中性子源交換作業において、輸送容器に係る中性子源ホルダの取扱い上のリスクとして、作業員の被ばくのリスク及び中性子源ホルダの誤落下リスク、並びに輸送容器の誤った取扱いによる事故のリスクが確認された。

そこで、そのリスクを低減し、かつ、製造から 20 年経過した従来の輸送容器をオーバーホール して使用し続ける場合と同程度のコストで、従来の輸送容器と同じ A 型輸送物の基準を満足する ことができる、HTTR の中性子源専用の新たな輸送容器を製作した。

大洗研究開発センター: 〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地

※1 技術開発協力員

Development of Transportation Container for Neutron Startup Source of High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR)

Yosuke SHIMAZAKI, Hiroaki SAWAHATA, Yoshinori YANAGIDA^{*1}, Masanori SHINOHARA, Taiki KAWAMOTO and Shoji TAKADA

Department of HTTR

Oarai Research and Development Center

Sector of Nuclear Science Research

Japan Atomic Energy Agency

Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received November 29, 2016)

The High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR) has three neutron startup sources (NSs) in the reactor core, each of which consists of ²⁵²Cf with 3.7 GBq. The NSs are exchanged at the interval of approximately 7 years. The NS holders including NSs are transported from the dealer's hot cell to the reactor facility of HTTR using a transportation container. The loading work of NS holders to the control rod guide blocks is subsequently carried out in the fuel handling machine maintenance pit of HTTR.

Technical issues for transportation container, which are the reduction and prevention of radiation exposure of workers, the exclusion of falling of NS holder and the prevention of misoperation, were extracted from the experiences in the past two exchange works of NSs in order to develop a safety handling procedure.

Then, a new transportation container special to the NSs of HTTR was developed to solve the technical issues while keeping the cost as low as that for overhaul of conventional container and satisfying the regulation of A type transportation package.

Keywords: HTTR, Neutron Startup Source, Transportation Container, ²⁵²Cf

¾1 Collaborating Engineer

目 次

1.	緒言	言1
2.	HTT	R 起動用中性子源 ····································
	2.1	HTTR 起動用中性子源の諸元 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	2.2	HTTR 起動用中性子源の交換手順 · · · · · · · · 2
3.	HTT	R 起動用中性子源の取扱作業におけるリスクと低減策4
	3.1	漏えい中性子線・γ線による被ばくリスクの低減4
	3.2	中性子源ホルダ誤落下のリスクの低減
	3.3	輸送容器の誤った取扱いによる事故のリスクの低減
4.	輸送	容器の製作
	4.1	輸送容器の管理要領の制定・改定
	4.2	設計
	4.3	製作過程の試験・検査
	4.4	引渡し検査
5.	結言	言 ·······8
謝	辞…	8
参	考文南	፟ た·······9
付針	禄 検	査成績書

Contents

1.	Intro	duction · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	1
2.	Neut	tron Startup Source of HTTR ·····	2
	2.1	Outline of Neutron Startup Source of HTTR · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	2
	2.2	Neutron Startup Source Exchanging Procedure ·····	2
3.	Redu	action of Risks for Handling Work of Neutron Startup Source of HTTR	4
	3.1	Prevention of Neutron and Gamma Ray Leakage · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	4
	3.2	Exclusion of Falling of NS holder · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	5
	3.3	Prevention of Misoperation of Transportation Container · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	5
4.	Man	ufacturing of Transportation Container · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	6
	4.1	Establishment and Revision of Management Guideline for Transportation Container · · · · · · · · · ·	6
	4.2	Design ····	6
	4.3	Test and Inspection in Manufacturing Processes ·····	7
	4.4	Inspection for Delivery · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	8
5.	Conc	clusion ·····	8
Ac	knowl	ledgement ·····	8
Rei	ferenc	es·····	9
Ap	pendi	x Inspection Reports·····	. 17

1. 緒 言

HTTR (高温工学試験研究炉)では起動用中性子源として、²⁵²Cf (3.7 GBq×3 個)を炉内に装荷し、約7年の頻度で交換している。中性子源の中性子源ホルダへの装荷から中性子源用輸送容器への収納までは、販売業者のホットセル内で行われ、その後、HTTR まで輸送される。中性子源ホルダの制御棒案内ブロックからの取出・装荷は、HTTR のメンテナンスピット内で行う。前回までの中性子源交換作業において、輸送容器に係る中性子源ホルダの取扱い上のリスクが確認された。そこで、確認されたリスクを低減し、かつ、従来の輸送容器を使用し続ける場合と同程度のコストで、従来の輸送容器と同じA型輸送物の基準を満足することが出来る、新たな輸送容器を設計・製作した。

輸送容器の製作にあたっては、新たに「輸送容器の管理要領」を制定し、これに基づき品質保証活動を実施した。製作過程の試験及び引渡し試験を経て2015年3月に輸送容器は納品された。本報では、HTTR 起動用中性子源のための新たな輸送容器の製作について、リスクとその低減

策、並びに製作過程における品質保証活動に焦点を当てて述べる。

2. HTTR 起動用中性子源

2.1 HTTR 起動用中性子源の諸元

HTTR では、優れた中性子収率を有し、高い使用温度(約 600° C)で安定な 252 Cf を中性子源として採用しており、 252 Cf を装荷した 3 つの中性子源ホルダが炉内に装荷されている $^{1)}$ 。HTTR 起動用中性子源の仕様を表 2 2.1 に示す 2 3。 252 Cf の半減期が約 2 6 年であること及び炉内に設置している広領域中性子検出器の健全性を確認するための一定の計数率が必要なことから、中性子源の定期的な交換が必要である。HTTR では、 2 015 年までに 2 1回交換を行っている。

中性子源ホルダは SUS316L 製の円柱状のキャプセルで、炉心黒鉛構造物の一つである制御棒案 内ブロックに装荷されている。制御棒案内ブロック内の中性子源ホルダの配置を図 2.1 に示す。 中性子源ホルダが装荷された 3 体の制御棒案内ブロックは、燃料領域にある制御棒案内カラムの 最上段に、120°間隔で装荷されている。原子炉圧力容器の断面図を図 2.2 に示す。

2.2 HTTR 起動用中性子源の交換手順

中性子源ホルダの組み立て、中性子源ホルダの中性子源ホルダケースへの装荷及び中性子源ホルダケースの輸送容器への収納は、販売業者のホットセル内で行われ、その後、HTTR へ輸送される。

交換作業の概略図を図 2.3 に示す。

- 1) HTTR に搬入された輸送容器は、HTTR 原子炉建家内のメンテナンスピットの最上階のフロアに設置される。新たな中性子源ホルダは、中性子源ホルダケースの昇降及びマニピュレータの操作により、メンテナンスピット内の最適な取扱場所(遮へい窓からの距離及びメンテナンスピット床面からの高さがマニピュレータによる取扱作業を行うのに安全かつ容易に行える場所)に置かれる(図 2.3 の(a))。
- 2) 同じカラムに設置された、古い中性子源ホルダ入りの制御棒案内ブロック 1 体、可動反射 体ブロック 2 体及び遮へい体ブロック 1 体が炉内から燃料交換機 (FHM: Fuel Handling Machine) により引き抜かれ、FHM 内に収納される (図 2.3 の(b)及び(c))。
- 3) FHM は天井クレーンによってメンテナンスピット上に置かれ、ボルトで固定される。その後、古い中性子源ホルダ入りの制御棒案内ブロックは、メンテナンスピット内の取扱場所に置かれる(図 2.3 の(d))。
- 4) 古い中性子源入りの中性子源ホルダは、マニピュレータを使用して、制御棒案内ブロックから取り出され、予めメンテナンスピット内に設置していた中性子源保管ブロック内に装荷される。その後、新しい中性子源入りの中性子源ホルダが制御棒案内ブロックに装荷される(図 2.3 の(e))。
- 5) 新しい中性子源入りの制御棒案内ブロックと古い中性子源入りの中性子源保管ブロックは、 FHM 内に収納される(図 2.3 の(f))。
- 6) 中性子源保管ブロックが、HTTR 原子炉建家内の使用済燃料貯蔵ラックに貯蔵される(図 2.3 の(g))。

- 7) 最後に新しい中性子源入りの制御棒案内ブロックが炉内に再装荷される(図 2.3 の(h))。 上記手順を3回繰り返す。
- 輸送容器は、中性子源交換作業の内、以下の作業で用いられる。
 - 1) 中性子源入りの中性子源ホルダの販売業者のホットセルから HTTR までの輸送。
 - 2) 中性子源ホルダケースの昇降及びメンテナンスピット内の取扱場所への設置。

3. HTTR 起動用中性子源の取扱作業におけるリスクと低減策

これまでの中性子源交換作業において使用してきた従来の輸送容器は、HTTR 起動用中性子源専用のものではなかった。このことが原因となり発生する、中性子源ホルダの安全な取扱いに係る以下の3つのリスクが確認されていた。

- 1) 漏えい中性子線・γ線による被ばくリスク
- 2) 中性子源ホルダ誤落下のリスク
- 3) 輸送容器の誤った取扱いによる事故のリスク

また、従来の輸送容器は、販売業者の所有物であり、製造から 20 年経過していたこと及び HTTR 起動用中性子源の輸送しか用途がなかったこともあり、維持費削減の観点から廃棄することが検討されていた。このため、業者から輸送容器を買い取り・オーバーホールして使用し続けるか、新たな輸送容器を製作するかを決めることが必要となった。そこで、3 つのリスクを低減し、かつ、従来の輸送容器を使用し続ける場合と同程度のコストで、従来の輸送容器と同じ A 型輸送物の基準を満足する、新たな輸送容器を製作することとした。本章では、リスクとその低減策について述べる。

3.1 漏えい中性子線・γ線による被ばくリスクの低減

一つ目のリスクは、地震による輸送容器の大きなずれが原因となり発生する漏えい中性子線・ γ線による被ばくのリスクである。

従来の輸送容器は、大きい (φ1240 mm、h1855 mm、6.8 t) ため、図 3.1 に示すようにメンテナンスピットの最上階のフロアにボルトで固定することができなかったことから、ラッシングベルトにより養生版に固縛し、養生版をメンテナンスピットの最上階のフロアにボルトで固定していた 1)。このため、東北地方太平洋沖地震のような大きな地震により輸送容器がずれることによって起こる漏えい中性子線・γ線による被ばくのリスクがあった。

そこで、新たな輸送容器を遮へい能力を維持しつつ小型化し、鋼鉄製のプレートにボルトで固定する構造とすることによって、このリスクを低減できることを見出した。遮へい機能を維持しつつ小型化するために、新たな輸送容器では、中性子線の遮へい材をパラフィンと炭化ホウ素の2種類を用いることとした。一方、従来の輸送容器では、中性子線の遮へい材をパラフィンのみとしていた。輸送容器と鋼鉄製のプレートの両方をボルト固定の構造とすることにより、地震に対する安定性が向上した。この結果、漏えい中性子線・ γ 線による被ばくのリスクを低減することができた。新たな輸送容器のサイズは、 ϕ 820 mm、h1150 mm h1150 mm h115

また、輸送容器の小型化により、輸送容器の天井クレーンによる HTTR 原子炉建家内での移動作業の安全性も向上した。さらに、従来の輸送容器は中性子源ホルダケースを輸送容器上部に取り付けられたウインチで昇降する構造であったのに対して、新たな輸送容器は、中性子源ホルダケースがレリーズワイヤで接続され、そのレリーズワイヤをフロアの高さに置いた昇降操作器により昇降する構造としたため、高所作業が不要となり安全性が向上した。図 3.3 に中性子源ホルダケースの昇降操作(リハーサル時)の様子を示す。

3.2 中性子源ホルダ誤落下のリスクの低減

二つ目は、目測の誤り及びマニピュレータの誤操作が原因となり発生する中性子源ホルダの誤落下のリスクである。

従来の輸送容器の中性子源ホルダケースは長尺 (φ155 mm、h1285 mm) のため、メンテナンスピット内の中性子源の取扱作業に最適な場所に引き込むことができなかった。これにより、中性子源ホルダの中性子源ホルダケースからの取出しをメンテナンスピット内の最適な取扱場所から離れた場所で行い、また、中性子源ホルダを最適な取扱場所までマニピュレータで保持した状態で運ぶ必要があった。このため、目測の誤り及びマニピュレータの誤操作を原因とする中性子源ホルダの誤落下のリスクがあった。従来の輸送容器の中性子源ホルダケースを図 3.4 に示す。

そこで、中性子源ホルダケースを中性子源ホルダを保持する能力を維持しつつ小型化することにより、このリスクを低減できる方法を見出した。小型化により、中性子源ホルダケースをロックナット(中性子源ホルダが中性子源ホルダケースから飛び出さないようにするために、中性子源ホルダケースの上部に取り付ける蓋のような役割を担う部品)を締めたままで、メンテナンスピット内の最適な取扱場所まで引き込めるようになった。これにより、中性子源ホルダの取出しが適切な取扱場所で行えるようになり、同時に中性子源ホルダをマニピュレータで保持した状態で最適な取扱位置まで運ぶ操作が不要となった。この結果、中性子源ホルダ誤落下のリスクを大幅に低減することができた。新たな中性子源ホルダケースのサイズは、φ75 mm、h135 mm である。新たな中性子源ホルダケースとメンテナンスピット内での中性子源ホルダ取扱作業の改善の様子を図 3.5 及び図 3.6 に示す。

また、従来の輸送容器は、中性子源ホルダを取出すために、中性子源ホルダケースの分離ボタンをマニピュレータで押し、輸送容器上部に取り付けたウインチによって、上蓋部分を持ち上げる操作が必要となる複雑な構造をしていた。一方、新たな中性子源ホルダケースは、ネジ込み構造とすることで、ロックナットを回すだけで中性子源ホルダの取出しが可能となる単純な構造とした。小型化と単純な構造の採用等により、製作費用の低減も達成することができた。なお、これにより、新たな輸送容器の製作費用を従来の輸送容器を使用し続けるための費用と同程度にすることができた。

3.3 輸送容器の誤った取扱いによる事故のリスクの低減

三つ目のリスクは、輸送容器の誤った取扱いが原因となり発生する事故のリスクである。

従来の中性子源交換作業では、輸送容器の所有者である業者の施設において、輸送容器の取扱 方法について説明を受け、取扱訓練を行い、それを基に手順を定めて安全に注意して輸送容器の 取扱いを行ってきた。このため、従来の取扱手順は輸送容器の設計思想や取扱・操作手順の根拠 を十分に理解して策定したとは言えず、取扱作業時に事故が発生するリスクがあった。

そこで、新しい輸送容器の製作に設計から携わり、その構造を熟知した者が中心となって要領・マニュアルを制定し、その要領・マニュアルを用いて輸送容器の取扱いを行うこととした。これにより、輸送容器の誤った取扱いによる事故のリスクを低減することができた。

4. 輸送容器の製作

4.1 輸送容器の管理要領の制定・改定

高温工学試験研究炉部では、これまでに輸送容器を保有したことがなかったため、新たに「輸送容器の管理要領」を制定する必要があった。制定にあたっては、まず始めに設計・開発、製作等に係る箇所を 2013 年度に制定し、これを基に仕様書の作成から始まる製作に係る品質保証活動を行った。

そして、製作が進み輸送容器の構造及び取扱方法が明確になってきた段階から改定の準備を開始し、2014年度に製作の完了に合わせる形で保守及び保管管理等に係る箇所を追加する改定を行った。また、同時期に「輸送容器の取扱い管理、保守及び保管管理マニュアル」も制定した。

さらに、輸送容器の納品後に実施した実際の使用場所でのリハーサルで判明した取扱作業に係るキーポイントを反映する改定も実施した。

4.2 設計

設計においては、3章における課題を解決するために必要な要求事項を満足する設計となっていること及び以下の仕様、遮へい性能、取扱機能等を満足することをチェック項目に据えて、設計図面及び遮へい解析書等の提出図書の審査を実施した。

4.2.1 仕様

以下を仕様として定めた。

- 遮蔽材料 : 中性子線 パラフィン、B₄C 等 γ線 タングステン合金、鉛等
- 3) 漏洩線量率:表面における 1 cm 線量当量率が 2 mSv/h を超えないこと。 表面から 1 m 離れた位置における 1 cm 線量当量率が 100 μ Sv/h を超えないこと。
- 4) 収納部移動量:最大 15 m

4.2.2 遮へい性能

HTTR 起動用中性子源である ²⁵²Cf (線源強度:3.7×10⁹Bq-0%、3.7×10⁹Bq+15%) 3 個を収納し、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則第十八条の五 A 型輸送物に係る技術上の基準を満足する十分な遮へい能力を有すること。

A型輸送物に係る技術上の基準は以下のとおりである。

- 1) 表面における 1 cm 線量当量率が 2 mSv/h を超えないこと。
- 2) 表面から $1 \,\mathrm{m}$ 離れた位置における $1 \,\mathrm{cm}$ 線量当量率が $100 \,\mu\mathrm{Sv/h}$ を超えないこと。

なお、遮へい性能については、遮へい計算書により示し、漏洩線量率検査により確認することを要求事項とした。

4.2.3 取扱機能等

HTTR 起動用中性子源の交換及び以下を取扱機能に係る要求事項として定めた。

- 1) 輸送時にトラック等への固縛に必要なフック等を設けること。
- 2) トラックへの積載時及びHTTR 施設内での取扱時に必要なクレーンフックを設けること。
- 3) HTTR 施設内での取扱時、設置に必要なボルト穴を設けること。また、ボルト等も納品すること。
- 4) 中性子源ホルダ 3 個を昇降可能な昇降機能、それら 3 個を輸送容器内で収納又は把持する機能、遮へい機能、シャッター等による出入機能を有すること。
- 5) 輸送容器設置面より最大 15 m 下まで、線源が安全に昇降可能なこと。
- 6) 収納又は把持機能は、昇降中の機器への接触により線源が外れ落下しない構造であること。
- 7) 収納又は把持機能では、ホットセル内のマニピュレータ2本により線源が取外し及び取付けできること。なお、線源はホットセル内で1個取出し、残りは再度輸送容器内に戻すことができること。
- 8) 容器表面、線源ホルダを収納又は把持する部位を表面汚染の除去ができるような表面仕上げとすること。
- 9) 供用後に実施する定期的な点検(外観点検)を容易に行えるよう考慮した設計であること。

4.3 製作過程の試験・検査

製作過程における試験検査として、以下の1)~10)の10項目を実施した。

- 1) 材料検査
- 2) 溶接検査
- 3) 外観検査
- 4) 員数検査
- 5) 寸法検査
- 6) 作動試験
- 7) 吊上試験
- 8) 重量試験
- 9) 取扱試験
- 10) 漏洩線量率試験

3)外観検査、4)員数検査、5)寸法検査及び 6)作動試験の一部は工場での立会検査とした。特に6)作動試験については、原子力機構の職員も操作をおこない、確実に操作できることを確認した。

1)の材料検査では、金属材料についてはミルシート及びメーカからの検査成績表により検査及び確認を実施した。それ以外の材料であるパラフィンについては SDS によりパラフィンであることを、炭化ボロンについてはメーカの分析表から炭化ボロンが含有されていることを確認した。

10)の漏洩線量率試験は、公益社団法人日本アイソトープ協会において、2015 年の 1 月に納品された 3 個の 252 Cf を用いて実施した。 252 Cf を装荷した 3 個の線源ホルダを輸送容器に装荷した

状態で測定し、その結果を基に換算を行い 252 Cf の減衰がない状態(仕様に定める最大の線源強度 3.7×10^9 Bq -0%)でも A 型輸送物の基準である表面 2 mSv/h、輸送容器表面 1 m の距離で 100 μ Sv/h を満足することを確認した。

全ての検査項目について判定基準を満足した。

4.4 引渡し検査

輸送容器は、2016年の 3 月に HTTR 原子炉建家内に搬入され、以下の $1)\sim3$)の引渡し検査を実施した。

- 1) 外観検査
- 2) 員数検査
- 3) 作動検査

3)の作動検査については、製作過程の検査と同様に原子力機構の職員による作動確認も行った。 全検査項目について判定基準を満足していることが確認され、輸送容器は納品された。

5. 結 言

過去の中性子源交換作業で確認されたリスクを低減するために、輸送容器の管理要領を制定し 新たな輸送容器の製作を行った。その結果、以下の成果を得た。

- 1) 小型化と簡易な構造の採用により、従来輸送容器を使用し続ける場合と同程度のコストで A型輸送容器の基準を満足させつつ、予防処置を図れる新たな輸送容器を完成させた。
- 2) 中性子源ホルダの取扱作業の予防処置を図った新たな輸送容器を完成させた。
- 3) 輸送容器の取扱い管理、保守及び保管管理マニュアルを制定するとともに、リハーサルで 判明した取扱いに係るキーポイントを反映する改定も実施した。
- 4) 中性子源交換作業のうち、輸送容器に係る作業の安全性を向上させた。 なお、2015年度に実施された中性子源の取扱作業はトラブル等の発生が無く安全に完了した。

謝辞

本報告書をまとめるにあたり貴重なご助言を頂いた高温工学試験研究炉部 伊与久達夫氏に感謝いたします。また、本輸送容器を製作いただいたポニー工業(株)の関係者各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 竹田、飛田、茂木 他, "高温工学試験研究炉の本設中性子源に対する取扱い技術の確立", JAERI-Tech 99-053, 1999, 57p.
- 2) 高温工学試験研究炉部, "HTTR (高温工学試験研究炉) の試験・運転と技術開発 (2013 年度)", JAEA-Review 2014-041, 2014, 140p.

表 2.1 HTTR 起動用中性子源の仕様²⁾

<u> </u>	VC3//// T 1 //V T /V
種類	²⁵² Cf
数量	11.1 GBq (3.7 GBq x 3)
カプセル寸法	φ 7.8 mm × h 10 mm
最高使用温度	800°C
最高使用圧力	4.7 MPa

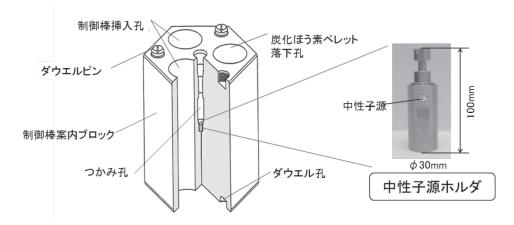


図2.1 制御棒案内ブロック中の中性子源ホルダの配置

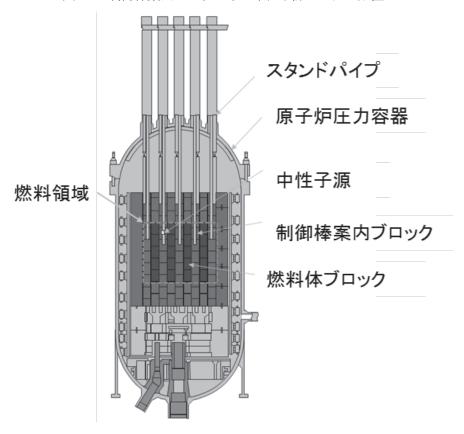


図 2.2 中性子源ホルダ入りの制御棒案内ブロックの配置

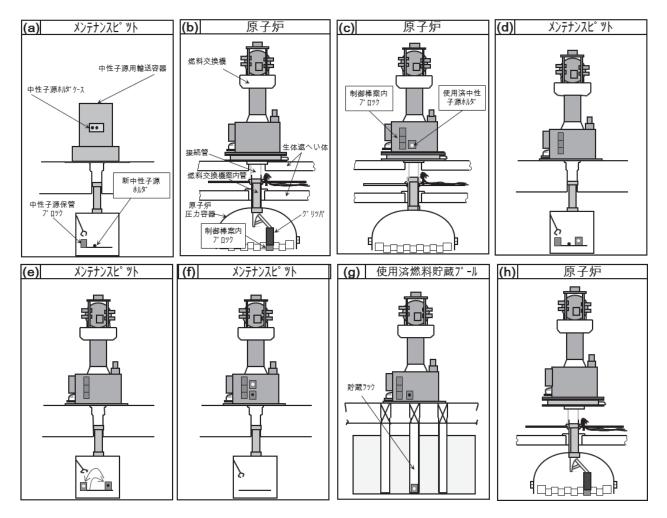


図 2.3 HTTR 起動用中性子源の交換作業の流れ

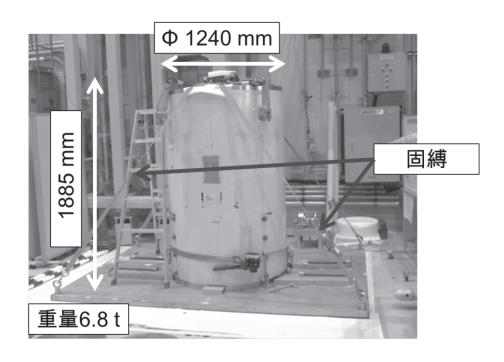


図 3.1 従来の輸送容器

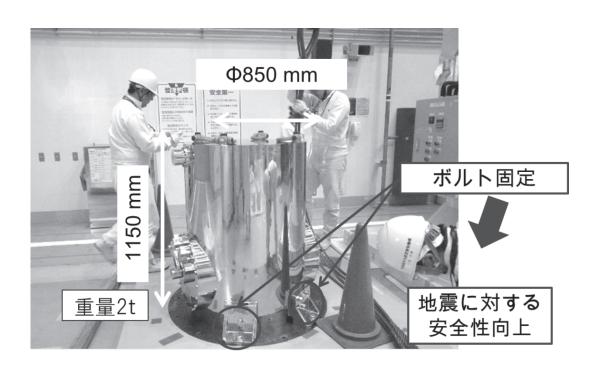


図 3.2 新たな中性子源用輸送容器

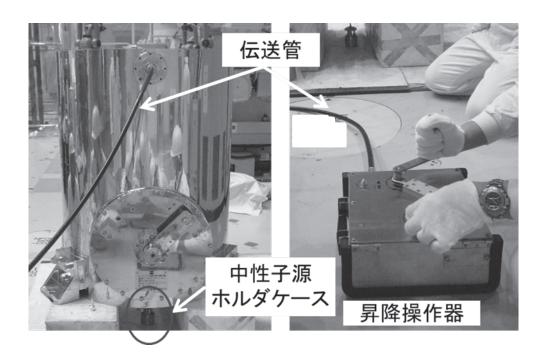


図3.3 中性子源ホルダケースの昇降操作(リハーサル時)

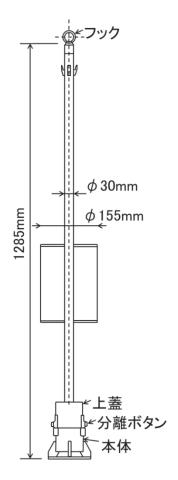


図 3.4 従来の輸送容器の中性子源ホルダケース 1)

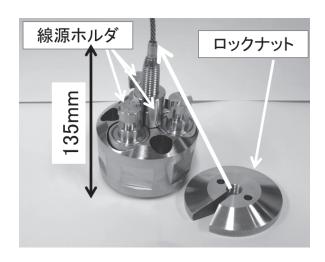
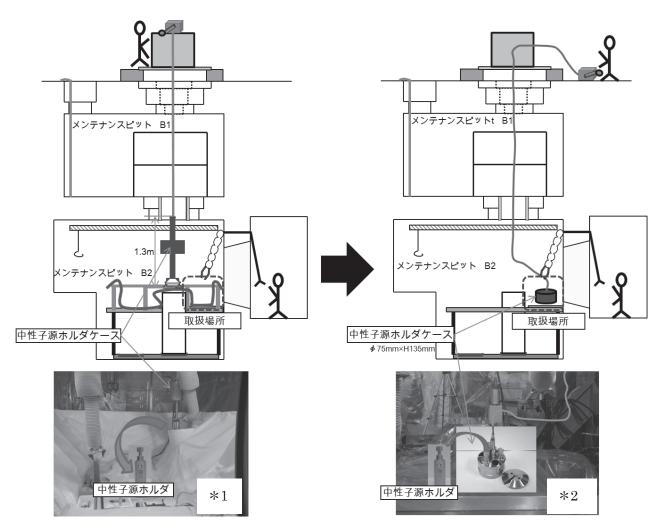


図3.5 新たな輸送容器の中性子源ホルダケース



- *1 中性子源ホルダを遮へい窓から離れた高さのある位置で取り出して、マニュピレータで保持したまま取扱場所まで運ぶため、中性子源ホルダの誤落下のリスクがあった。
- *2 中性子源ホルダを取扱場所で取り出せるように改善したため、中性子源ホルダの誤落下のリスクを大幅に低減した。

図 3.6 中性子源ホルダ取扱作業の改善

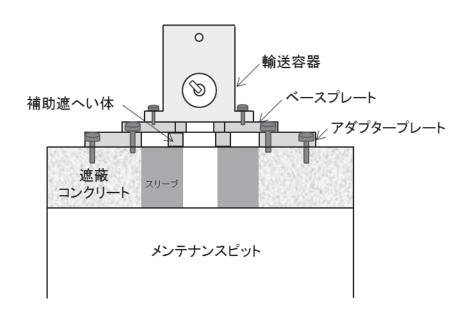


図 4.1 輸送容器設置イメージ

付録

検査成績書

本検査成績書は、試験・検査報告書から検査結果 のみを抜粋したものです。

但し、個人名が特定できる箇所は伏せてあります。

This is a blank page.

平成27年3月19日 PI-912268-040-01-1 審 査 作 成

作页			
栏			
聯			
153			
伥			
材料検査表(ステンレス材料)	品名 HTTR起動用中性子源の輸送容器等の製作	鈴査年月日 平成 27 年 3 月 19 日 検査実施者	

_			-	
à		100		
(大里)大胆山				
I.			-	
1 1 0 1				
72.0				
-71 H				

图器	報品	名称	図面記載材質	地定	適用 11.8
	0.1	Smut Plate	SUS304	良好	
	0.2	20mmt Plate	SUS304	良好	JIS G 4304
	0.3	12mmt Plate	SUS304	良好	
	0.4	\$150mm Round Bar	SUS304	良好	
PEC-912268-010-4	0.5	150mm×35mm Flat Bar	SUS304	良好	JIS G 4303
(VI) (VI) (VI)	90	¢60mm Round Bar	SUS304	良好	
	0.7	2mmt Plate	SUS304	良好	JIS G 4304
	8.0	\$\phi\$130mm Round Bar	SUS304	良好	JIS G 4303
- S	6.0	5mmt Plate	SUS304	良好	JIS G 4304
[08] 伝送管	0.1	φ14×1mmt N° 47°	SUS304	良好	JIS G 3459
50 P. H. H. W. S.	0.1	22mm×75mm Flat Bar	SUS304	良好	
[09] ンセッター旅作パー	0.2	φ70mm Round Bar	SUS304	良好	JIS G 4303
	0.1	&70mm Round Bar	SUS304	良好	
	0.2	20mmt Plate	SUS304	良好	JIS G 4304
[11]シャッターロータ	0.3	Φ95×7. 5mmt N° 47°	SUS304	良好	JIS G 3446
	0.4	8mmt Plate	SUS304	良好	1064 3 311
	0.5	12mmt Plate	SUS304	良好	110 G 1001
[12]レリーズワイヤ接続部	0.1	Ф 50mm	SUS304	良好	JIS G 4303

From Pony Industry Co., Ltd.

	0.2	Ф 90шш	SUS304	良好	6064 0 311
	0.3	Ф75шп	SUS304	良好	JIS 6 4505
[13] 線源ホルダ取出口	0.1	φ95×7.5mmt n°47°	SUS304	良好	JIS G 3446
	0.1	\$\phi 101.6 \times 3mmt N* 17"	SUS304	良好	J1S G 3459
[14] 1/1-7, 9/1按統加。-	0.2	3mmt Plate	SUS304	良好	306V J 311
	0.3	6mmt Plate	SUS304	良好	313 G 4303
[15] 線源却9 ロッケが 小	0.1	φ1φ	SUS304	良好	JIS G 4303
[16] 線源4秒 接続自動0ック		00707010170 01	10000110	良好	
[17] 線源計》 9742 次0ック	10	10. U×1219×2430	200004	良好	1064 7 311
[18] >+99-D-97h9n" -		0011	0 0 0 1110	良好	JIS 6 4304
[19] シャックローク固定治具	7 0	55. U×1524×4100	505504	良好	
47日が二十三年 1061	0.1	A 0 7E		良好	
1 [20] 秋原なアグッフィア	0.2	φο. ευ	nacaccac	良好	
[27] 設置足	0.1	20mmt Plate	SUS 304	良好	J1S G 4305
PEC-912268-015-3 [21] 線憑ホルダロッド	0 1	φ12.00	SUS304	良好	JIS G 4303
[22] 線源ホルダロックナット	0.1	φ75.00	SUS 304	良好	
[24] 線源ホルダ収納部	0.1	φ75.00	SUS 304	良好	JIS G 4303
[29] 線源ホルダロッド押さえナット	0.1	Φ 50. 00	SUS 304	良好	
PEC-912268-020-1 [01] 中性子源ホルダ	0.1	φ35	SUS316L	良好	6 6 6 6
[02] 蓋	0.1	26*	19163118	良好	JIS 6 4303
[03] Oリング押さえ	0.1	670	7076600	良好	

平成 27 年 3 月 19 日 PI-912268-040-01-2 果 良好 作成 雑 英 総 鉛の含有量が99.9%以上であること。 康 承認 91 - 2268推 04 1 定 中 中 使用測定器 恕 海 罪 畑 唱 部部 材料検査表 (鉛材料) 合格 PEC-912268-010 日東化工機(株) 領 製 造 元 検査実施者 比 図面番号 強 HTTR起動用中性子源の輸送容器等の製作 查 倒 分析品位証明書を照査する。 化学分析試験報告書を添付 平成 27 年 3 月 19 日 日東化工機(株) 名 李 質 先 判定 検査年月日 検査項目 材質検査 ⟨□ # 鍃 믑 村 疆

From Pony Industry Co., Ltd.

平成 27 年 3 月 19 日 PI-912268-040-01-3 144.98 79, 93 120.01 20.04 34.00 HM-718. 11 良好 311 良好 松 帮 図面と差異がなく、性能に影響を及ぼす様な変形 割れ、傷等の異常がないこと。 查 +0. 5 -0. 5 +0. 2 -0. 2 -0.3 +0.3 -0.3 -0.3 鄉 ノギス (PGN-002) 比重が18g/cm³以上であること。 硬度 HV (49N) が300~360であること。 [単位: 100] +0.3 +0.3 Rã 承 91 - 2268半 外観・寸法に異常がないこと。 寸法が公差以内であること。 Φ34 定 即 Ф120 Ф80 145 HM-7であること。 P. C. D 使用測定器 評 曲 毎 唱 理 碘 絽 C Ξ В U Q H (L A 材料検査表 (タングステン合金) 目視により図面と差異、性能に影響を及ぼす様な変形、割れ、傷等の異常が ないか検査する。 指定無き公差は、面取り部分を除く長さ寸法に対する許容差 (JISB0405-m) による。 (株) アライドマテリアル 合格 PEC-912268-020 主要寸法を、校正された計測器を用いて測定する。 測定箇所は、図面 PEC-912268-020-2 参照。 比 図面番号 検査実施者 路 炽 HTTR起動用中性子源の輸送容器等の製作 查 戮 製造元発行の検査成績表を照査する。 倒 平成27年 1月30日 五興商事 (株) HM-7名質 先 查 查 查 定 検査年月日 検 検査項 换 例 郭 X 法 ⟨□ 鎮 質

From Pony Industry Co., Ltd.

1

¥

総 舞

女

댿 ¥

材料検査表 (タングステン合金)

平成 27 年 3 月 19 日 PI-912268-040-01-4

谷	HTTR起動用中性子源の輸送容器等の製作	書等の製作		管理	理番号	91-2268		
画	HM-7	図面番号	PEC-912268-020	地	品番号	05		
先	五興商事 (株)	製造元	(株)アライドマテリアル	世	日小原	147 (BC	1600 N	
	平成27年 1月30日	検査実施者		(大) (大) (大)	() () () () () () () () () () () () () (/ ナイ (FUN-107)	(ZUU-N)	
	學	査 要 領	limit.		判定	雅	準	結果
	目視により図面と差異、性能に ないか検査する。	影響を及ぼす様ね	能に影響を及ぼす様な変形、割れ、傷等の異常が	図面と差り 割れ、傷等	.差異がなく、性能に影響 傷等の異常がないこと。	に影響をЉ いこと。	図面と差異がなく、性能に影響を及ぼす様な変形、 割れ、傷等の異常がないこと。	良好
	主要寸法を、校正された計測器や	測器を用いて測定する。	0	寸法が公	寸法が公差以内であること。		[単位: mm]	1
	測定箇所は、図面 PEC-912268-020-2 参照。	120-2参照。		A	160	+	+0.5 -0.5	160.0
				В	091	+	+0.5 -0.5	160.0
				O	20	+	+0.2 -0.2	20.0
				D				\
				H				\
				ഥ			\	
				Ů			\	
				Н		/		
				I		\		
				'n	\			
	指定無き公差は、面取り部分を除く	く長さ寸法に対する	を除く長さ寸法に対する許容差(JISB0405-m)による。	×				
1				HM-7	7であること。			HM-7
		1		比重が18	比重が 18g/cm³ 以上であること。	35 C. L.		18. 10
	製造兀羌行の横省成績表を照貨	照宜90。		硬度IIV(硬度 HV (49N) が300~360 である	360 である	こと。	311
				外観・寸	外観・寸法に異常がないこ	いてた。		良好
1			414					

From Pony Industry Co., Ltd.

寸法

材質

平成27年3月19日 PI-912268-040-01-5 材料検査表 (タングステン合金)

品名	HTTR起動用中性子源の輸送容器	の輸送容器等の製作		管理	目番 号	890-16	
材質	HM-7	図面番号	PEC-912268-020	部品	日番 号	90	
仕 入 先	五興商事 (株)	製造元	(株)アライドマテリアル	#	当小品	1600 NJW 677	
検査年月日	平成27年 1月30日	検査実施者		英田	(火) () () () () () () () () () () () () ()	ノナヘ (Fuil-002)	
檢查項目	徽	査 要 命	領		判定	章	結果
外観検査	目視により図面と差異、性能に ないか検査する。	性能に影響を及ぼす様な変形、	な変形、割れ、傷等の異常が	図面と差異 割れ、傷等	差異がなく、性能に影響 傷等の異常がないこと。	図面と差異がなく、性能に影響を及ぼす様な変形、 割れ、傷等の異常がないこと。	良好
	主要寸法を、校正された計測器	た計測器を用いて測定する。	0	寸法が公差	寸法が公差以内であること。	こと。【単位: mm】	1
	測定箇所は、図面 PEC-912268-(912268-020-2 参照。		А	160	+0.5 -0.5	160.0
				В	160	+0.5 -0.5	160.0
				S	20	+0.2 -0.2	20.0
				D			\
4				H			
丁法倾宜				ഥ			
				G			
				Н			
				ı	\		
				J	\		
	指定無き公差は、面取り部分を除	く長さ寸法に対す	部分を除く長さ寸法に対する許容差 (JISB0405-m) による。	7			
				HM-77	HM-7であること。		HM-7
5	本田 十十岁年 十 V V V V V V T 4、国	, 1		比重が 18g	比重が 18g/cm³ 以上であること。	もること。	18. 10
材 買 検 追	製造兀笼行の検査成績表を照宜りる。	9 00		硬度 IIV (4	49N) Aš 300~	硬度 HV (49N) が300~360 であること。	311
				外観・寸治	外観・寸法に異常がないこ	いこと。	良好
総合判定			合格				
備考							

From Pony Industry Co., Ltd.

平成 27 年 3 月 19 日 PI-912268-040-01-6 账 良好 班 粘 查 今 獲 蹈 承 91 - 2268産 パラフィンであること。 定 台 中 使用測定器 無 曲 証 呾 理 御 恕 材料検査表 (パラフィン) 東燃ゼネラル石油(株) PEC-912268-010 領 図 面 番 号 製 造 元 検査実施者 強 HTTR起動用中性子源の輸送容器等の製作 街 檢 東燃ゼネラル石油 (株) 平成 27 年 3 月 19 日 SDSを照査する。 パラフィン SDSを添付 名質 参 光 判定 検査年月日 檢查項目 材質検査 K ďП 総 #

From Pony Industry Co., Ltd.

靊

떕 N 平成27年3月19日 PI-912268-040-01-7

審査

承認

材料検査表(炭化ボロン)

From Pony Industry Co., Ltd.

品	HTTR起動用中性子源の輸送容器等の製作	等の製作		管理番号	91-2268	
材質	炭化ボロン (B ₄ C)	図面番号	PEC-912268-010	部品番号	0.2	
仕 入 先	山陽貿易 (株)	製造元	中国製 (B4C)	日刊		
檢查年月日	平成 27 年 3 月 19 日	檢查実施者				
檢查項目	検	査 要 領	, Yung	判定	基準	結
材質検査	製造メーカの検査成績書により]	B_4 Cが含有され、	書により B₄ Cが含有されていることを照査する。	B_4 Cが含有されていること。	るとと。	良好
粒度分布	製造メーカ発行の検査成績表に。	成績表により、粒度分布を照査する。	照査する。	概ね 10 μm~100 μm に分布すること。	分布すること。	良好
総合判定			合格			
	製造メーカ発行の検査成績書を添付					W. 5.1
備						

平成 27 年 3 月 19 日 PI-912268-040-01-8

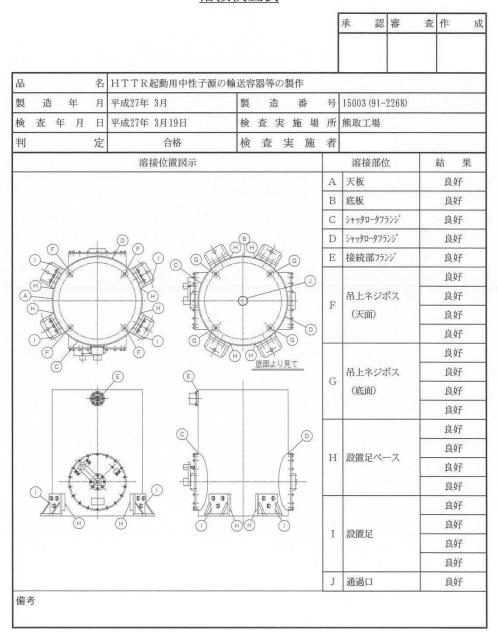
材料検査表 (メタル中空〇リング)

From Pony Industry Co., Ltd.

品 名	HTTR起動用中性子源の輸送容器等の製作	容器等の製作		管理番号	91-2268	
材質	SUS 3 2 1	図面番号	PEC-912268-020	部品番号	04	
仕 入 先	日本バルカー(株)	製造元	日本バルカー(株)	日子原田班		
検査年月日	平成27年3月19日	検査実施者		(大)		
檢查項目	検	査 要 領	Jen'	判定	基準	結
材質検査	製造メーカの検査成績書により材質を確認する。	り材質を確認する。		材質は、SUS321であること。	であること。	良好
寸法検査	製造メーカの検査成績書により寸法を確認する。	り寸法を確認する。		寸法が公差内であること。	å	良好
外観検査	製造メーカの検査成績書により外観を確認する。	り外観を確認する。		外観に異常がなこと。		良好
総合判定			合格			
黿	製造メーカの検査成績書を添付					

平成27年 3月19日 PI-912268-040-02-1

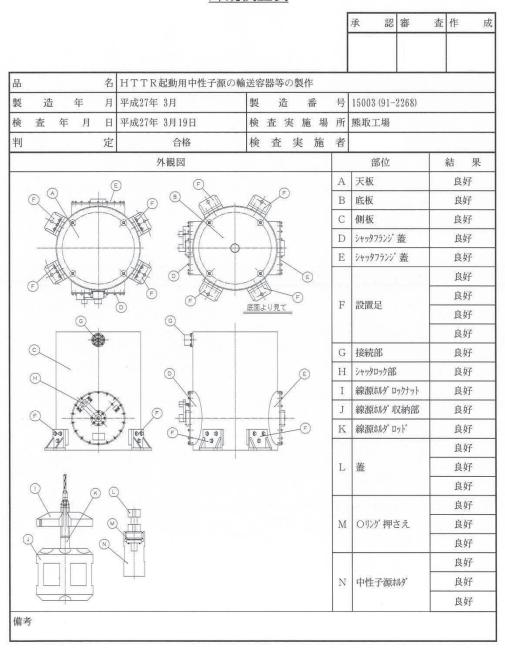
溶接検査表



From Pony Industry Co., Ltd.

平成27年 3月19日 PI-912268-040-03-1

外観検査表



From Pony Industry Co., Ltd.

平成27年 3月19日 PI-912268-040-04-1

員数検査表

品	名	HTTR起動戶	用中性子源の輸送容器等の製作			
製 造 年	月	平成 27 年 3	月	製造番号	15003 (91-22	68)
検 査 年 月	日	平成 27 年 3 月 19 日		検査実施場所	熊取工場	
判	定	合格		検査実施者		- 1
試験·	検査内容			判定基準		結果
			輸送容器本	体	1台	1台
			設置足		4個	4個
ロアアロお新用			同上用 M20	ボルト、ワッシャ	12個	12個
日11R起動用中性子源の輸送谷器(図番 PEC-912268-010-3)		マルチアイ	ボルトM24	4個	4個	
		線源装填時	用プレート	2枚	2枚	
		同上用 M24	ボルト、ワッシャ	4本	4本	
		M20、M24 ボ	ックスレンチ	1式	1式	
HTTR起動用中性子源ホルダ (図番 PEC-912268-020)		中性子源ホ	ルダ	3個	3個	
		蓋		3個	3個	
		〇リング押	さえ	3個	3個	
		中空〇リン	グ	3個	3個	
		予備品		1式	1式	
HTTR起動用中性子源の輸送容器		線源ホルダ	ガイドワイヤ	1本	1本	
線源ホルダ収線	線源ホルダ収納部		線源ホルダロックロッド		1本	1本
(図番 PEC-912	2268-015-	1)	線源ホルダロックナット		1個	1本
(四冊 1 20 312200 010 1)		線源ホルダ	収納ケース	1個	1本	

平成27年 3月19日 PI-912268-040-05-1

寸法検査表

品名	HTTR起動用中性	子源の輸送容器等の製作		
製 造 年 月	平成 27 年 3 月	製造番号	15003 (91-2268	3)
検 査 年 月 日	平成 27 年 3 月 19	日 検査実施場所	熊取工場	
判 定	合格	検査実施者		
Marco Students IIII	ノギス	ANC THE STEEL	PAN-002, PGN-	-002
使用測定器	鋼製巻尺	管理番号	PGB-010	
検査	内容	判定基準		結果
主要寸法を計測器にて	要寸法を計測器にて測定する。		あること。	合格
測定箇所(HTTR [図面 PEC-9	中性子源輸送容器) 2268-010-3]	図面寸法 (mm)		測定値
A B C				820
		1,000		820
		φ 820±	=4	820
				820
		1150±	6	1150
		1019±	: 6	1019
]	D		±6	φ 1038
	Ξ	ф 1120 Д	φ 1108	
	F	1100±6		1096
				1097
(G	φ 520 ±	±4	ϕ 520
1	Ŧ	$\phi520\pm4$		ϕ 520
	性子源輸送容器 線源			
ホルダ収納部)「図	面 PEC-92268-015-1]			φ 75. 0
	I	φ75±0). 3	φ 75. 0 φ 75. 0
	J	70±0.	2	φ το. 0 70. 0
	J	10 ± 0.	U	φ 59. 0
1	X	φ 59±0	0. 3	φ 59. 0
1	X	φ59±0). 3	1.00

		φ 16. 0
L	ϕ 16 \pm 0. 2	φ 16. 0
		φ 16. 0
		φ 30. 0
M	$\phi 30 \pm 0. 2$	φ 30. 0
		φ 30. 0
		10. 0
N	10 ± 0.2	10. 0
		10. 0
		71. 1
0	71 ± 0.3	71. 1
		71. 1
P	$\phi 40 \pm 0.3$	40. 0
Q	ϕ 74 ± 0. 3	φ74. 0
R	19 ± 0. 2	19. 0
S	135±0.5	135. 1
Т	119±0.3	119. 0
HTTR起動用中性子源ホルダ		
(図番 PEC-912268-020)		
U-1	$\phi 28 \pm 0.2$	φ 28. 0
V – 1	26 ± 0. 2	26. 0
W-1	φ 20+0. 1、-0	φ 20. 0
X – 1	φ 8+0. 1、-0	φ 8. 0
Y-1	11+0. 1, -0	11. 0
Z – 1	φ 20-0. 05、 -0. 20	φ 19. 9
a – 1	5±0.1	5. 0
b – 1	$\phi 16 \pm 0.2$	φ 16. 0
c – 1	30+0、 -0. 1	30. 0
d-1	20+0. 2、 -0	20. 0
e – 1	10+0, -0.1	9. 9
f - 1	10+0, -0. 1	10. 0
g – 1	$\phi \ 8 \pm 0.2$	8. 0
h – 1	4. 5±0. 1	4. 5
i — 1	90±0.3	90. 0
U-2	$\phi 28 \pm 0.2$	Ф 28. 0
V – 2	$26\pm0.~2$	26. 0

W-2	φ 20+0. 1、 -0	φ 20. 0
X-2	φ 8+0. 1、 -0	φ 8. 0
Y-2	11+0. 1、-0	11. 0
Z-2	Ф 20-0. 05、 -0. 20	φ 19. 9
a – 2	5±0.1	5. 0
b-2	$\phi \ 16 \pm 0. \ 2$	Ф 16. 0
c – 2	30+0, -0.1	30. 0
d - 2	20+0. 2, -0	20. 0
e – 2	10+0, -0.1	9. 9
f - 2	10+0, -0.1	10. 0
g – 2	φ 8 ± 0. 2	8. 0
h – 2	4. 5±0. 1	4. 5
i – 2	90±0.3	90. 0
U-3	$\phi 28 \pm 0.2$	φ 28. 0
V – 3	26±0.2	26. 0
W-3	Ф 20+0. 1、 -0	ф 20. 0
X-3	φ8+0.1、-0	φ 8. 0
Y - 3	11+0. 1、 -0	11. 0
Z – 3	Ф 20-0. 05、 -0. 20	ф 19. 8
a - 3	5±0.1	5. 0
b-3	$\phi \ 16 \pm 0. \ 2$	Ф 16. 0
c - 3	30+0、 -0. 1	30. 0
d - 3	20+0. 2、 -0	20. 0
e - 3	10+0、-0.1	9. 9
f - 3	10+0、-0.1	10. 0
g-3	φ8±0.2	8. 0
h – 3	4. 5±0. 1	4. 5
i – 3	90±0.3	90. 0

平成 27 年 3 月 19 日 PI-912268-040-06-1

作動、重量、重量試験、取扱検査表

承

品 名 製 造 年 月	HTTR起動用中性 平成 27 年 3 月	T 1 1/2/ TB	製造番号	15003 (91-22	(68)
衣 但 午 万	十成21年3月	試験・検査実施場所 熊取工場			7007
試験・検査年月日	平成 27 年 3 月 19				
試験・検査	上 在内容		判定基準	1	結果
【作動試験:シャッタの シャッタロータの開閉が ができることを確認する	が確実にでき、固定	0.00	夕が円滑に開閉でき	き、固定できる	合 格
【作動試験:線源ホルタシャッタが開の状態で、源ホルダ収納部が昇降数ヤの移動により昇降でる。	輸送容器内の、線 装置のレリーズワイ	部が、	夕が開の状態で、綺 昇降装置とレリース 移動することができ	ヴイヤにより	合 格
【吊上試験】 輸送容器をマルチアイ げ、マルチアイボルト及 がないことを目視にて破	及び輸送容器に異常	11 0.000	アイボルト及び輸 いこと。	送容器に変形	合 格
【重量試験】 クレーンスケールにより を測定する。		実際の	重量を測定する。		本体 1913k 収納物 3k 総重量 1916k
【取扱検査】 輸送容器の付属部品が取 を確認する。	取り付けられること		器の付属部品の脱 と。	着が円滑にで	合 格
備考 使用計測器 直示式クレ	ノーンスケール PGC-	-001			

平成27年3月25日 PI-912268-040-07-1

	HTTR起動用中性子源の輸送容器等の製作 平成 27 年 3 月 25 日 製造番号 試験実施場所	送容器等の製作 製造番号 試験実施場所	15003 (91-2268)	15003 (91-2268) 公益社団法人日本アイソトープ協会	、一プ協会	製造年月	平成27年	T	658)
迅	合格 試驗要質	試験実施者			新	使用測定器 定 基	マ・語 が 権 権	線 AE-133VA 1 (4013199)	3199)
52Cf3.7GBq.	輸送容器に 255Cf3 - 1CBd×3個を線源ホルダ収納 戦に10数する、校正された放射線測完毀で終設議海線量率を測定する。	(対して、線源ホルタ)海海海鲁率を測定す	Į,	B 素面 一	2mSv/h以下、輸送	輸送容器表面より1mの位置	mの位置	100 µ Sv/h 以下	12.
t, 3, 7GBa (Drugwy 3。 QHC4/1/0/2/3/4/4/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2	IMMIX 林里士で似た。 II味した値である。		迅		- 公路			
Page 1 .0			測定箇所	1900年	容器表面			atlm	
£面 16 (18) 57 (68)		上部	0		ァ 100 (114) n 315 (373) 合計 415 (487)		7 ロ 中 4	7. 9 (9. 0) 40 (47) 47. 9 (56)	
			°06				Nanazoo E I	8. 4 (9. 6) 33 (38)	
37 (42)	4		0001					7. 3 (8. 4)	
150 (177)	.06	180	1	,,,	n 216 (321) 合計 365 (429)		n 合計 4	38 (45) 45. 3 (53. 4)	
(6)			270°					7. 9 (9. 9) 33 (41)	
				中本				40. 9 (50. 9) 3. 7 (4. 2)	
	The state of the s	7	上部	\delta i	n 42 (49)		di di	8. 6 (11)	
	.0	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·						2. 1 (2. 4)	
	Z) ,	270	記し	√ □	n 20 (24) 計 39 (46)			5. 0 (6. 0) 7. 1 (8. 4)	
		— H	a a					0.1	
		る。	Ω		11 0 ==================================			100	

From Pony Industry Co., Ltd.

平成 27 年 3 月 26 日 PI-912268-040-08-1

引渡検査表

				承	認	審	査	作	成
品 名	HTTR起動	J用中性子源σ	輸送容器等	等の製作					
製 造 年 月	平成 27 年 3	月	製造	番 号	15003	(91-22	268)		
強 査 年 月 日	平成 27 年	3月26日	検査実施	布場 所	JAI	EA I	НТТІ	?	
判 定	合格		検査実	施者					
検査内容	, JAN. 1947.		判定基準	1				結果	
【外観検査】 性能に影響を及ぼすよう。 み、きず等が無いことを する。		性能に影響をきず等がない		うな割れ	1, ^;	こみ、		良好	Į.
【員数検査】		輸送容器本体	*			1台		確認	100
HTTR起動用中性子源	の輸送容器	設置足				4個		確認	Í
(図番 PEC-912268-010-3)	同上用 M20 ス	ドルト、ワ	ッシャ		12個		確認	
		マルチアイス	ドルトM2	4		4個		確認	Š
		線源装填時戶	用プレート			2枚		確認	_
		同上用 M24 z				4本		確認	_
		M20、M24 ボ		チ		1式		確認	_
		中性子源ホノ	レダ			3個		確認	
【員数検査】	~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	蓋				3個	-	確認	_
HTTR起動用中性子源		〇リング押る				3個		確認	_
(図番 PEC-912268-020)		中空〇リング	ブ			3個	-	確認	
		予備品				1式	-	確認	_
【員数検査】		線源ホルダー				1本		確認	_
HTTR起動用中性子源	原の輸送容器	線源ホルダー				1本	-	確認	_
線源ホルダ収納部		線源ホルダー		クナット		1個	-	確認	-
(図番 PEC-912268-015-1 【作動試験】)	線源ホルダー シャッタロー 実に固定でき	ータの開及で	び閉の物	犬態に	1個 でき確		確認良好	
シャッタロータの開閉状 ダ収納部の通過状況、線源		シャッタロームーズに通道	ータが開の間		原ホル	ダがス		良好	27375
部のレリーズワイヤ部の動作状況及び昇降装置と	の接続につ	線源ホルダ収納部ガイドワイヤ及びレリー ズワイヤ部の固定装置により、線源ホルダ 収納部が固定されること。				良好	7350		
いて、動作状況を確認す	٥.	線源ホルダリのレリーズで 収納部が昇降	フイヤが接続	続でき、				良好	070
備考									

国際単位系(SI)

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本i	単位
巫平里	名称	記号
長 さ	メートル	m
質 量	キログラム	kg
時 間	秒	s
電 流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光 度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
和工里	名称	記号	
面	責 平方メートル	m ²	
体		m^3	
速 さ , 速 月	まメートル毎秒	m/s	
加 速 月		m/s^2	
波	毎メートル	m ⁻¹	
密度,質量密度	ま キログラム毎立方メートル	kg/m ³	
面積密度	ま キログラム毎平方メートル	kg/m ²	
比 体 和	責 立方メートル毎キログラム	m³/kg	
電流密度	まアンペア毎平方メートル	A/m ²	
磁界の強き	アンペア毎メートル	A/m	
量濃度 ^(a) ,濃厚	ま モル毎立方メートル	mol/m ³	
質 量 濃 月	ま キログラム毎立方メートル	kg/m ³	
輝		cd/m ²	
出 切 半	^{b)} (数字の) 1	1	
比透磁率(^{b)} (数字の) 1	1	

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

	回作の名称と記り	7 (1)(0		
			SI 組立単位	
組立量	名称	記号	他のSI単位による	SI基本単位による
	10 M	記り	表し方	表し方
平 面 角	ラジアン ^(b)	rad	1 (p)	m/m
立 体 角	ステラジアン ^(b)	$sr^{(c)}$	1 (b)	m^2/m^2
周 波 数	(d)	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力,応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷,電気量	クーロン	С		s A
電位差 (電圧),起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静 電 容 量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁 束 密 度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	Н	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	$^{\circ}\!\mathbb{C}$		K
光	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
	ルクス	lx	lm/m^2	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 (f)	ベクレル ^(d)	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与,	グレイ	G	T/l	$m^2 s^{-2}$
カーマ	2 24	Gy	J/kg	m s
線量当量,周辺線量当量,	. (-)	_	7.0	9 -9
方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
	カタール	kat		s ⁻¹ mol
Charlest Control of the Control of t			to the second second second	mm > f t = > >>f f t = >

- 酸素活性|カタール kat simple

 (a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b)ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、患についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。(d)へルソは周朝現象についてのみ、ペクレルは放射性接種の統計的過程についてのみ使用される。(d)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度開局を表す数値はどもらの単位で表しても同じである。(f)放射性核種の放射能(activity referred to a radionuclide)は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。(g)単位シーベルト(PV,2002,70,205)についてはCIPM動告2(CI-2002)を参照。

表 4 単位の中に因有の名称と記号を含むSI組立単位の例

表 4. 単位 Ø)中に固有の名称と記号を含		立の例
	S.	I 組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
カのモーメント	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
表 面 張 力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角 加 速 度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱流密度,放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量,エントロピー		J/K	$m^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
熱 伝 導 率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
電 束 密 度 , 電 気 変 位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘 電 率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg⁻¹ s A
吸 収 線 量 率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射 強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m4 m-2 kg s-3=m2 kg s-3
放 射 輝 度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語									
乗数	名称	記号	乗数	名称	記号				
10^{24}	ヨ タ	Y	10 ⁻¹	デ シ	d				
10^{21}	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c				
10^{18}	エクサ	E	10 ⁻³	₹ <i>リ</i>	m				
10^{15}	ペタ	Р	10 ⁻⁶	マイクロ	μ				
10^{12}	テラ	Т	10 ⁻⁹	ナーノ	n				
10^{9}	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p				
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f				
10^{3}	丰 口	k	10 ⁻¹⁸	アト	a				
0			-01	18					

10-24 ヨクト

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位							
名称	記号	SI 単位による値					
分	min	1 min=60 s					
時	h	1 h =60 min=3600 s					
目	d	1 d=24 h=86 400 s					
度	0	1°=(π/180) rad					
分	,	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad					
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad					
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²					
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³					
トン	t	1 t=10 ³ kg					

da

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で 表される数値が実験的に得られるもの

衣される数値が美厥的に待られるもの							
名称	記号	SI 単位で表される数値					
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J					
ダ ル ト ン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg					
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da					
天 文 単 位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m					

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値			
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa			
		1 mmHg≈133.322Pa			
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m			
海里	M	1 M=1852m			
バーン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²			
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s			
ネ ー パ	Np ¬	CI単位しの粉は的な則核は			
ベル	В	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。			
デシベル	dB ~	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,			

表 9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダ イ ン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St =1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb =1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フ ォ ト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウエル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$
ガ ウ ス	G	1 G =1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe ≙ (10 ³ /4 π)A m ⁻¹

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 △ 」 は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称					記号	SI 単位で表される数値		
+	ユ		リ	ſ	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq		
ν	ン	卜	ゲ	ン	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$		
ラ				k	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy		
ν				ム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv		
ガ		ン		7	γ	$1 \gamma = 1 \text{ nT} = 10^{-9} \text{T}$		
フ	æ.		ル	131		1フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m		
メートル系カラット				ット		1 メートル系カラット= 0.2 g = 2×10 ⁻⁴ kg		
卜				ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa		
標	準	大	気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa		
力	П		IJ	ĺ	cal	1 cal=4.1858J(「15℃」カロリー),4.1868J (「IT」カロリー),4.184J(「熱化学」カロリー)		
3	ク		口	ン	μ	1 μ =1μm=10 ⁻⁶ m		