JAEA-Review 2010-019



# JMTR 二次冷却系統の健全性調査 - 配管及び冷却塔の健全性調査-

Inspection of JMTR Secondary Cooling System -Secondary Cooling System Piping and Cooling Tower-

綿引 俊介 浅野 典一 塙 善雄 五来 滋 西山 裕 坪井 一明

Shunsuke WATAHIKI, Norikazu ASANO, Yoshio HANAWA, Shigeru GORAI Yutaka NISHIYAMA and Kazuaki TSUBOI

> 大洗研究開発センター 照射試験炉センター 原子炉施設管理部

Department of JMTR Operation Neutron Irradiation and Testing Reactor Center Oarai Research and Development Center

July 2010

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政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(<u>http://www.jaea.go.jp</u>) より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department, Japan Atomic Energy Agency 2-4 Shirakata Shirane, 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, 2010

JAEA-Review 2010-019

### JMTR 二次冷却系統の健全性調査

- 配管及び冷却塔の健全性調査 -

日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター

照射試験炉センター 原子炉施設管理部

綿引 俊介、浅野 典一、塙 善雄、五来 滋、西山 裕、坪井 一明

(2010年 3月 9日受理)

JMTR 再稼働後の二次冷却系統の長期使用を確実なものにするため、2008 年度(平成 20 年度) から開始した JMTR 原子炉施設の二次冷却系統の更新工事に先立ち、二次冷却系配管及び二次冷却 系冷却塔について健全性調査を実施した。

その結果、二次冷却系配管の配管内面ライニングにクラック、ふくれ、剥離を確認し、また、 二次冷却系冷却塔上部の木部について腐朽及び干割れを確認した。

今回の調査結果を受けて、一部補修を要する部分が確認されたため、予防保全の観点から補修 を行った。

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

JAEA-Review 2010-019

### Inspection of JMTR Secondary Cooling System – Secondary Cooling System Piping and Cooling Tower —

Shunsuke WATAHIKI, Norikazu ASANO, Yoshio HANAWA, Shigeru GORAI , Yutaka NISHIYAMA and Kazuaki TSUBOI

> Department of JMTR Operation Neutron Irradiation and Testing Reactor Center Oarai Research and Development Center Japan Atomic Energy Agency Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

> > (Received March 9, 2010)

JMTR secondary cooling system piping and a cooling tower were inspected from the view point of long term utilization before the renewal work for the secondary cooling system of the JMTR on FY 2008.

As the result, it was confirmed that crack, swelling, and exfoliations in inner of piping lining, and decay and dryness of wood in the upper part of the cooling tower.

From the result of this inspection some facilities and machinery were repaired or replaced from the view point of preventive maintenance.

Keywords: JMTR, Secondary Cooling System, Piping, Lining, Cooling Tower, Repair

目 次

1. はじめに1
2. JMTR 二次冷却系統の概要1
3. JMTR 二次冷却系配管の健全性調査 2
3. 1 二次冷却系配管の健全性調査の概要2
3. 2 調査方法2
3. 3 調査結果3
3. 4 考察4
3. 5 まとめ4
4. JMTR 二次冷却系冷却塔の健全性調査 5
4. 1 二次冷却系冷却塔の健全性調査の概要5
4. 2 調査方法5
4. 3 調査結果5
4. 4 考察6
4.5 まとめ6
<ol> <li>あとがき 7</li> </ol>
謝辞 7
参考文献 8
付録 二次冷却系配管内肉厚測定結果56

### Contents

1. Introduction	1
2. JMTR Secondary Cooling System	1
3. Inspection of JMTR Secondary Cooling System Piping 2	2
3.1 JMTR Secondary Cooling System Piping2	2
3.2 Inspection Method 2	2
3.3 Results	3
3.4 Discussion	1
3.5 Summary	1
4. Section JMTR Secondary Cooling System Cooling Tower	5
4.1 JMTR Secondary Cooling System Cooling Tower	5
4.2 Inspection Method	5
4.3 Results	5
4.4 Discussion 6	3
4.5 Summary 6	3
5. Afterword	7
Acknowledgement	7
References 8	3
Appendix Thickness Measurement Results of Secondary Cooling System Piping56	3

## 1. はじめに

日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターの材料試験炉(以下「JMTR」という。) は、定格熱出力 50MW の試験研究炉である。動力炉国産化技術の確立と国産動力炉の開発 のための原子炉材料及び燃料の照射試験と、放射性同位元素の生産を主な目的として、1965 年(昭和 40 年)に建設を開始、1968 年(昭和 43 年)3月に初臨界を達成し、1970 年(昭 和 45 年)より共同利用運転が開始され、2006 年(平成 18 年)8月までに延べ No.165 サイ クルの共同利用運転に寄与してきた。JMTR は 2006 年(平成 18 年)に一旦停止し、その 後、JMTR の利用者や文部科学省による JMTR 将来計画の検討が行われ、JMTR の改修と 再稼動の方向付けがされた。その結果を受けて、平成 19年度から本格的な改修工事を行い、 平成 23年度から再稼動して施設共用を開始することが決定された。

JMTR の更新工事における設備・機器の更新範囲については、これまで保全活動により 実施してきた保守実績、交換部品の調達性、交換機器に関する最新技術の反映状況等を考 慮し、「全更新する設備・機器」、「部分更新する設備・機器」、「継続使用する設備・機器」 に分類した。

本報告書は、JMTR の改修に先立ち実施した、「継続使用する設備・機器」のうち、二次 冷却系配管ライニング、二次冷却系冷却塔の経時的変化に伴う機能の劣化状態を把握し、 再稼働前に必要な保守を行い、再稼働後の保守計画を策定する観点から健全性調査を実施 し、健全性調査結果及びその調査結果を踏まえた対応結果について概要をまとめたもので ある。

## 2. JMTR 二次冷却系統の概要

二次冷却系統<sup>1)2)3)4</sup>は、Fig.2.1 に示すように、炉心で発生した熱を熱交換器を介して一 次冷却系統から受け、この熱を二次冷却塔で大気に放散するものであり、冷却塔、循環ポ ンプ、補助ポンプなどから構成されている。

二次冷却水(約3900m<sup>3</sup>/h)は、主熱交換器胴側を上向流で出たのち、直径750mm(以下、 750A 配管、という。)の配管を通って分岐し、直径450mmの配管(以下、450A 配管、と いう。)を経由して、冷却塔上部から落下し、空気と向流接触して一次冷却系統から受けた 熱を大気中に放散している。冷却された二次冷却水は冷却塔下部のポンド、ポンプ室建家 地下ポンド、循環ポンプ、750A 配管を経て主熱交換器に戻る。

二次冷却水はろ過水を使用し、水質は二次冷却系統内の腐食の抑制と藻等の発生を防止 するため、防食剤及び次亜塩素酸ナトリウムを添加し管理している。

原子炉運転中は循環ポンプが3台、二次冷却塔ファンは一次冷却水温度により2~3台が 常時運転される。補助ポンプは、商用電源の停電時に備えて原子炉崩壊熱除去を目的とし て設置されている。なお、電源は、循環ポンプ4台、二次冷却塔ファン3台が商用電源、 補助ポンプ、二次冷却塔ファン1台が非常用電源(常時給電)である。

### 3. JMTR 二次冷却系配管の健全性調査

3.1 二次冷却系配管の健全性調査の概要

二次冷却系配管は、JMTR 建設時(1968 年)から使用しているもので、Table 3.1 に示 すとおり主要な構成材料は炭素鋼であり、主配管内面にコールタールエナメル及びタール エポキシ塗料により、防食及び防錆塗装を施すことにより長期にわたる使用に耐えるよう 考慮している。

同配管の保全活動<sup>5)</sup>の一環としては、主配管の腐食を考慮し、1998 年度にその一部を更 新している。主配管内面のライニング点検は、過去に 1983 年度及び 1985 年度に実施し、 一部塗装による補修を実施した。

また、同配管の外側については、2004 年 8 月 9 日に発生した関西電力美浜原子力発電所 3 号機の二次冷却系配管の破損事故に対する水平展開として、2004 年 8 月 11 日に JMTR 二 次冷却系配管の肉厚測定を実施し、健全性を確認している(付録参照)。そのため、今回の 調査範囲は二次冷却系配管の750A 及び 450A 配管の内側ライニングを対象とした。

なお、今回の健全性調査は、JMTR 再稼働後の二次冷却系配管の長期使用を確実にする ためのものであるとともに、今後の保全計画策定の際の基礎とするためのものである。

3.2 調查方法

今回の調査に先立ち、二次冷却系配管内の水を抜き、その後、マンホール及び配管ヘッ ダ部を解放した。

二次冷却系配管内面調査の配管位置図を Fig.3.1 に示す。

調査範囲は、二次冷却系配管の 750A 及び 450A 配管を対象とし、同配管の外側について は、先に述べたように 2004 年度に実施された肉厚測定及び日常点検等により腐食等が発生 しておらず、健全性が確認されているため、配管の内面ライニングを対象とした。

調査方法は、配管内面の錆び、割れ(クラック)、剥がれ、ふくれ等に着目して、目視に より実施した。750A配管については、作業員が配管内に立ち入り、調査を実施した。450A 配管については、目視及び立ち入れない箇所についてはファイバースコープにより調査を 行った。なお、調査にあたっては、二次冷却系配管の配置を考慮し、調査領域を次の(1) ~(5)のように設定した。

- (1) ポンプ室配管部
- (2) トレンチ配管1(給水配管)
- (3) トレンチ配管2(戻り配管)
- (4) 戻りヘッダ部
- (5) 給水ヘッダ部

3.3 調査結果

調査結果の概要を Table 3.2 に、配管内部の撮影位置を Fig.3.2 に、そして撮影画像を
 Photo 3.1~Photo 3.6 にそれぞれ示す。各調査領域の調査結果は次のとおりである。
 3.3.1 ポンプ室配管部

ポンプ室配管部の配管内部の撮影画像を Photo 3.1 に示す。

750A 配管の内側ライニングについては、コールタールエナメルの上にタールエポキシ塗 料が再塗装(再塗装時期については確認できず)されており、配管側面のクラックは少な かったが、下面については、大小のふくれ、形状の異なるクラックが多数確認された。

450A 配管については、循環ポンプ、補助ポンプの配管(350A)、バイパスライン(400A)、 テストライン等であるが、これらの配管の内面には全面に発錆が確認され、溶接部につい ては、錆コブから腐食に進行していた。これは、1968 年設置当時に現地で塗装した際に、 十分な下地処理または塗膜の確保ができていなかったためであると考えられる。

3.3.2 トレンチ配管1(給水配管)

トレンチ配管1(給水配管)の配管内部の撮影画像を Photo 3.2 に示す。この配管部は 750A 配管であり、目視確認の結果、内側ライニング全面に大小のクラックがあり、配管下 面部のクラックには錆も見られた。更に大小のふくれもみられ、その中は水分を含み錆び ている状況であった。

3.3.3 トレンチ配管2(戻り配管)

トレンチ配管 2 (戻り配管)の配管内部の撮影画像を Photo 3.3 に示す。この配管部は 750A 配管であり、目視確認の結果、内側ライニングには、全面に大小のクラック、ふくれ があり、ライニングが剥離している箇所も多数確認された。クラックについては、その深 さが素地にまで達しているものも見られた。ふくれについては、水分を含み錆びている状 況であった。この結果から、塗膜が明らかに劣化している状況である。

3.3.4 戻りヘッダ部及び給水ヘッダ部

戻りヘッダ部及び給水ヘッダ部の配管内部の撮影画像を各々Photo 3.4, Photo 3.5 に 示す。

750A 配管については、目視確認の結果、450A 配管の接続部周辺にふくれが見られたが、 クラック等は発生していなかった。

450A 配管については、ふくれ、錆が著しく、一部では孔食が見られた。特に給水ヘッダから分岐した主熱交換器二次側の3本の配管は、戻りヘッダの3本の配管よりも塗膜欠陥が著しかった。

- 3.4 考察
- 3.4.1 分析·評価
- (1) 二次冷却系配管の全面にクラックが発生していた理由としては、配管内面ライニン グとして、コールタールエナメルの上に二液性のタールエポキシ樹脂塗料を塗装した ことが挙げられる。これは、タールエポキシ樹脂が常温硬化型の主剤と硬化材から成 型される二液性溶剤型エポキシ樹脂であり、主剤によりコールタールエナメルが溶解 し、柔らかい塗膜形成となり、その上に硬化剤により硬い塗膜が塗装され硬化収縮し たためクラックを誘発したと考えられる。
- (2) 配管内面ライニングの状況は、塗膜下に錆びが発生しており、塗膜は脆くなっている。ライニングは、経年劣化が進行しており、機能低下が著しいことが確認された。
- (3) 配管内面(地金の部分)に減肉は認められず、現在は軽度の腐食状態である。

以上の結果から、二次冷却系配管の配管内面のライニングには、クラック、ふくれ、剥 離、劣化が部分的に進行していることが確認された。

JMTR 再稼働後も長期に二次冷却系統を使用していくためには、JMTR 改修期間中に配 管内面ライニングを補修しておくことが必要であることから、以下の補修を実施した。

3.4.2 ライニング補修

調査結果をふまえ、JMTR 改修期間中に配管内面ライニング補修を予防保全の観点から 実施した。補修作業については、まず既存のライニングを動力工具を用いて剥がす素地調 整を行い、その後で配管内面のライニング塗装作業を行った。補修時、補修後の撮影画像 を Photo 3.6 に示す。

現在の技術では、塗膜の耐久年数は一般的に 5 年間程度とされているため、JMTR 改修 後は 5 年を目安にライニングの健全性を調査する必要がある。

3.5 まとめ

今回の調査の結果、二次冷却系配管の配管内面のライニングには、クラック、ふくれ、 剥離が部分的に進行していることが確認された。しかし、二次冷却配管の地金を浸食する 腐食、減肉等は観察されず、同配管の機能は十分維持されている。

JMTR 再稼働後も長期的に二次冷却系統の使用をしていくために、ライニング補修を行った配管内面の健全性を、今後定期的に点検していくこととする。

# 4. JMTR 二次冷却系冷却塔の健全性調査

### 4.1 二次冷却系冷却塔の健全性調査の概要

二次冷却系冷却塔の仕様を Table 4.1 に、概要図を Fig.4.1 に示す。二次冷却系冷却塔フ アンは4台あり、原子炉運転中の一次冷却水温度により2~3台が運転される。二次冷却系 冷却塔は、1998年及び1999年に更新されているが、主要な構成部材として木材が使用され 冷却材がろ過水であること、かつ、運転・停止により乾燥、湿潤が繰り返される事などか ら老朽化し易い環境にある。

このため、JMTR 再稼働後の二次冷却系冷却塔の長期使用を勘案し当該施設の健全性を 調査した。

なお、今回の健全性調査は、今後の保全計画策定の際の基礎とするためのものである。

4.2 調査方法

二次冷却系冷却塔(4 セル)について、1 セルを4 つ(塔外装、塔内上部、塔内中部、塔 内下部)に分け、Table 4.2 に示す調査対象箇所について、目視、点検ハンマーによる槌打 音点検、触手点検による健全性調査を実施した。目視調査では、破損、変形、付着物、鉄 性腐食、経年劣化の有無を確認した。また、点検ハンマーによる槌打音点検では木材の内 部割れ、ボルト類のゆるみの有無を確認した。必要に応じて、点検箇所へキリを突き刺し、 内部腐朽程度を確認した。さらに、触手点検では、構成部材の強度劣化有無の確認を行っ た。

4.3 調査結果

各調査対象箇所における健全性調査結果として、健全であった箇所、軽度の損傷等が見られる箇所及び著しい損傷が見られる箇所に分けた。調査結果を Table 4.3 に示すとともに調査時の撮影画像を Photo 4.1 から Photo 4.10 に示す。

4.3.1 塔外装

ファンスタックにおいて、No.2 及び No.4 セル・スタッド (支柱) に一部腐朽 (内部腐食) を確認した。また、塔の上部に位置し日射を直接受けるトップデッキにおいては、経年に より、全セルにわたり散発的に腐朽及び干割れが発生していた。なお、外壁には部材のク ラック破損等は見られなかった。

4.3.2 塔上部

全体的に、塔の上部に位置し日射を直接受けるデッキジョイスト(根太:床板を受ける 横木)などの木材において、著しい内部腐朽及び干割れを確認した。また、ポストは No.1 及び No.2 セルの主柱 4 本に腐朽を確認し、エリミネータ(水滴除去部)においては、No.4 セル内アセンブリ枠に腐朽を確認した。 4.3.3 塔中部

散水装置において、散水主管・枝管に軽微(斑点状・錆ふくれなし)な発錆が見られた。

4.3.4 塔下部

No.2 セル内ボトムブレーズ(最下段筋交)に1本の腐朽、及び最下段サポート3本に干割れを確認した。なお、ボルト類の腐食については問題ないことを確認した。

4.3.5 駆動装置

ファンブレード・減速機・中間軸に軽微(斑点状・錆ふくれなし)な発錆が見られたも のの機能上問題がないことを確認した。

4.4 考察

4.4.1 分析·評価

今回の調査の結果、塔上部で日差しを直接受けるトップデッキ、デッキジョイストにお いて、著しい腐朽及び干割れを確認した。これは、日差しによるトップデッキや踏板の干 割れから大気中の腐朽菌が部材内部に侵入し、腐朽菌の増殖により、隣接デッキ・デッキ ジョイスト材へ腐朽菌が転移し、拡散、進行していったものと考えられる。また、ファン スタック、セルパーティション(セル仕切壁板)、ウィンドバッフル(ルーバー遮風板)等 の薄板材において乾燥割れを確認した。薄板は塔の運転、停止を繰返すことにより、運転 中は飽和空気中、循環水中の微生物による表面腐食や循環水の水撃による表面痩せが生じ、 停止中においては木材乾燥による収縮により、残存断面が減少し、強度の低下及び乾燥収 縮による取付釘部や木口の割れが生じたものと考えられる。

4.4.2 補修

今回の調査結果をふまえ、JMTR 改修期間中に日射を直接受ける塔上部のトップデッキ、 ジョイスト、サポート、ファンスタック等の解体・撤去、据付調整及び長期に二次冷却系 冷却塔を使用していくためトップデッキ、ジョイスト、サポート、ファンスタックの材質 を木製から FRP 製(Fiber Reinforced Plastics)へ変更し、補修を行った。補修後の撮影 画像を Photo 4.11 から Photo 4.17 に示す。

4.5 まとめ

今回の調査の結果、トップデッキ、デッキジョイスト、ファンスタック、階段踊場ステ ップ等、塔上部の日射による影響を受けやすい木部の腐朽及び干割れが見られた。この結 果を受けて、塔上部の材質を木製から FRP に変更するとともに補修を実施した。

JMTR 再稼働後も長期的に二次冷却系統を使用していくために、今後、今回補修を行って いない塔内中部、下部の木部を含めた冷却塔の点検を定期的に行い、健全性を確認すると ともに、必要であれば補修、更新を行っていくこととする。

### 5. あとがき

2008 年度(平成 20 年度)から開始する JMTR の二次冷却系統の更新工事に先立ち、二 次冷却系配管及び二次冷却系冷却塔の健全性調査を実施した。

その結果、調査対象部に軽微な経年劣化事象があることを確認した。このため、二次冷 却系配管については、内面ライニングの補修を実施し、二次冷却系冷却塔については、一 部材質の変更(木製→FRP)を伴う補修を実施した。

JMTR 再稼働後も長期的に二次冷却系統を使用していくために、今後も計画的な点検・ 整備等の保全活動に努めていきたい。

### 謝 辞

本報告書をまとめるにあたり、河村弘照射試験炉センター長、新見素二原子炉施設管理 部長及び神永雅紀原子炉施設管理部次長からご助言、ご指導を頂きました。ここに謝意を 表します。

# 参考文献

1) 私信 材料試験炉部原子炉第1課、(1986).

2) 日本原子力研究所大洗研究所原子炉設置変更許可申請書(完本)、(2001).

3) JMTR Project : "Conceptual design of the Japan Materials Testing Reactor" 、

JAERI 1056、(1964).

4) 材料試験炉部"JMTRのあゆみ"(2006).

5) 日本原子力研究所大洗研究所材料試験炉部:"施設定期評価(初回)報告書(JMTR 原子炉施設)"、(2004).

Table 3.1 二次冷却系配管の仕様

構成部材	SS400 (SS41)
呼径/厚さ	750A/10t、450A/8t
設計圧力	0. 49MPa
設計温度	60°C
配管内面ライニング	750A/コールタールエナメル、
	450A/タールエポキシ塗料

Table 3.2 調査結果の概要

調査箇所	配管呼径	調査結果概要	撮影画像
	750 4	配管側面のクラック等は少ないが、下面に	
	730A	膨れ及びクラック等を確認した。	Photo
	450 4	X1~X7の配管に著しい発錆を確認した。	3.1
	430 <b>A</b>	溶接部の発錆が著しい。	
		全面に著しいクラックが見られ、さらにク	Dhoto
(2)トレンチ1配管	750A	ラック下面には発錆を確認した。	2 0
		溶接部に膨れを確認した。	5.2
(3)トレンチ2配管	7504	配管下面に剥がれ、割れ、膨れ、発錆を確	Photo
	150A	認した。	3.3
	750A	  膨れを確認した。	
(4)戻りヘッダ			Photo
	450 <b>A</b>	全面に膨れ、発錆を確認した。	3.4
	10011	腐食の形態として、一部孔食を確認した。	
(5) 给水 ~ ッダ	750A	膨れを確認した。	
	10011		Photo
	450 4	全面に膨れ、発錆を確認した。	3.5
	400A	腐食の形態として、一部孔食を確認した。	

Table 4.1 二次系冷却塔
------------------

塔形式	4F60B-184V-2436BP	
主要構成部材	木材及び SS 材	
循環水量	3900m <sup>3</sup> ∕h	
設計温度条件	入口 43.25℃ 出口 31.0℃ 湿球 26.5℃	
ファン	形式名:可変ピッチプロペラファン	
(18FTDIA 4BLADED 鋼製)		
減速機	形式名:FG-60 减速比:R=5.09	
モーター	形式名:TFOA-KK 55kW、3000V、6P、50Hz	
セル基数	4セル	

調査箇所		主要部材	調査内容	
塔外装	ファンスタック	ダグラスファー	経年劣化、破損の有無等	
(全セル)		(木材)		
	トップデッキ	ダグラスファー	腐朽・干割れの有無等	
		(木材)		
	外壁	大波セメントボード	スレートの破損、水漏れの有	
			無等	
	ルーバー	ダグラスファー	腐朽、経年劣化(痩せ)、取付	
		(木材)	金具の腐食等	
塔内上部	デッキジョイスト・	ダグラスファー	腐朽、経年劣化(痩せ)、破損	
(全セル)	ジョイストサポート	(木材)	の有無等	
	類			
	ポスト・ブレース	ダグラスファー	腐朽、経年劣化(痩せ)、破損	
		(木材)	の有無等	
	エリミネータ	PVC	Assy枠・バトン・シール板の腐朽、	
		(ポリ塩化ビニル)	経年劣化、破損の有無等	
塔内中部	散水装置	SGP (鋼管)	主管、枝管の腐食の有無等	
(セル内範囲	散水ノズル	ポリプロピレン	詰り、破損の有無等	
限定)	エリミネーターサポ	ダグラスファー	腐朽、経年劣化(痩せ)、破損	
	ート・散水管サポー	(木材)	の有無等	
	F			
	最上段木製グリッド	ダグラスファー	腐朽、経年劣化(痩せ)、破損	
		(木材)	の有無等	
塔内下部	ポスト・ブレース・	ダグラスファー	腐朽、経年劣化(痩せ)、破損	
(全セル)	サポート	(木材)	の有無等	
駆動装置	ファン	鉄、亜鉛メッキ	腐食、破損	
	減速機	鋳鋼	腐食、破損	
	中間軸・カップリン	鉄、ペイント仕上げ	腐食、破損	
	グ			

Table 4.2 調査対象箇所・点検内容の概要

調査箇所		調査結果	調査結果内容	撮影画像	
塔外装	ファンスタック	$\bigtriangleup$	No.2 及び4セルの支柱の一	Photo	4.1
			部に腐朽・破損		
(全セル)	トップデッキ	×	全セルに木材の腐朽・干割れ	Photo	4.2
	外壁	0			
	ルーバー	0			
塔内上部	デッキジョイスト	×	木材の腐朽(不具合 32 本)	Photo	4.3
(全セル)	ジョイストサポー	×	木材の腐朽(不具合2本)	Photo	4.4
	ト類				
	ポスト	$\times$	木材の腐朽(不具合4本)	Photo	4.5
	ブレース	$\bigcirc$			
	エリミネータ	×	No. 4 セルの腐朽	Photo	4.6
			(1ブロック)		
塔内中部	散水装置	$\bigcirc$			
(セル内範	散水ノズル	$\bigtriangleup$	散水ノズルの詰り	Photo	4.7
囲限定)	ポスト	0			
	ブレース	$\bigcirc$			
	サポート	0			
	最上段木製グリッ	$\bigtriangleup$	木材の腐朽	Photo	4.8
	F				
塔内下部	ポスト	$\bigcirc$			
(全セル)	ブレース	×	木材の腐朽(不具合1本)	Photo	4.9
	サポート	×	木材の腐朽(不具合3本)	Photo	4.10
駆動装置	ファン	0			
	減速機	0			
	中間軸・カップリン	0			
	グ				

Table 4.3 調査結果の概要

結果の説明

〇:良好。

△:部分的または全面的に軽度の腐朽が見られる。

×:部分的または全面的に著しい腐朽が見られる。



Fig.2.1 二次冷却系統の概略



Fig. 3.1 二次冷却系統配管内面調査のための配管位置図





# Fig.4.1 二次冷却系冷却塔概略図



A) ポンプ室入口の状況



B) 黄色の錆が確認できる。X2 の 450A
 配管の廻りにふくれを確認。



C) X1 の 450A 配管に錆、ふくれを確認。



D) X2 の 450A 配管の廻りに著しい錆、 ふくれを確認。



E) X2 の 450A 配管の溶接部近辺に著しい錆、ふくれを確認。



- F) X3 の 450A 配管の廻りに著しい錆、 ふくれを確認
- Photo 3.1 ポンプ室配管内部撮影画像 (1/3)



G) 750A 配管下面に大小の著しいふくれ 確認、水分を含んでいるが孔食は無し。



H) X4 の 450A 配管内上部に著しい 錆、ふくれを確認。



 I) 750A 配管側面に多少のふくれを確認、 クラックは無し。



J) 配管下面に大小のふくれを確認。 (φ1mm~8mm)



K) X5 の 450A 配管内に著しい錆、ふくれを確認。



L) 配管側面に大小のふくれを確認。(φ1mm~5mm)

Photo 3.1 ポンプ室配管内部撮影画像 (2/3)



M) X1 の 450A 配管内に著しい錆、ふくれを確認。



N) 配管側面に大小のふくれを確認。(φ1mm~20mm)



O) X7 の 450A 配管内に著しい錆、 ふくれを確認。



P) 配管下面に大小のふくれを確認。 (φ1mm~15mm)

Photo 3.1 ポンプ室配管内部撮影画像 (3/3)



1) 著しい錆、ふくれを確認。



2) 配管下面のクラックがあり、錆も 確認。



3) 配管側面に著しいクラックがあり、 錆も確認。



4) 配管下面にクラックがあり、錆も確認。



5)過去に補修部分の状況、異常なし。 6)配管左側面に著しいクラックを確認。

Photo 3.2 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像(1/12)



7) 配管右側面溶接部に著しい錆、 ふくれを確認。



8) 配管左下面にクラックを確認。



9) 配管下面に大小のふくれ、ふくれ 内部の錆を確認。( $\phi$ 1mm~30mm)。



10) 著しいクラックを確認。



11) 配管下面に錆、著しいクラックを 12) 配管下面にクラック、錆を確認。 確認。



Photo 3.2 トレンチ1 配管(給水配管)内部撮影画像(2/12)



13) 配管左面に錆、クラックを確認。



14) 配管側面に著しいクラック、錆を 確認。塗膜下にはふくれを確認。



15) 配管全面にクラックを確認。
 塗膜下にはふくれを確認。



 16) 配管下面に大小のふくれを確認。 (φ1mm~15mm)



17) 配管下面に大小のふくれを確認。
 ( φ 1mm~20mm)



18) 配管全面にクラック、錆を確認。

Photo 3.2 トレンチ1 配管(給水配管)内部撮影画像(3/12)



19) 過去に補修した部位でのクラックを 確認。



20) 配管下面にふくれを確認。



21) クラックの広がり、錆を確認。



22) 配管全面にクラック、錆を確認。



23) 著しいクラック、ふくれ、錆を確認。 24) X6 の 450A 配管に著しい錆を確認。

Photo 3.2 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像(4/12)



25) X6の450A 配管に著しい錆を確認。



 X6の450A配管溶接部に著しい 錆を確認。



27) 開閉蓋付近に著しい錆を確認。



28) トレンチ出入口の状況、喫水部に 著しい剥がれ、ふくれを確認。



29) 配管下面に著しいふくれを確認。



30) 配管右側面に著しいふくれを確認。(φ1mm~20mm)

Photo 3.2 トレンチ1 配管(給水配管)内部撮影画像(5/12)



31) 配管左側面に著しいふくれ、錆を確認。(φ1mm~25mm)



32) 配管下面に錆コブを確認。



33) 溶接部近辺に著しいふくれを確認。



 34) 配管左側面に著しいふくれを確認、 錆も確認。



35) 配管上面にふくれを確認。



 記管下面にふくれ、錆コブ、錆等を 確認。

Photo 3.2 トレンチ1 配管(給水配管)内部撮影画像(6/12)



37) 著しいふくれ、錆を確認。



38) 配管下面に著しいふくれ、錆を確認。



39) 配管側面にふくれを確認。 (φ1mm~30mm)

Photo 3.2 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像(7/12)



イ)溶接部にふくれを確認。



ロ) 溶接部下部に大小のふくれを確認。



ハ)水分を含んだ大小のふくれを確認。



ニ) 溶接部にふくれ、他にクラックを確認。



ホ)大クラックを接写した状況。

へ)クラックを接写した状況。

Photo 3.2 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像(8/12)



ト) クラックが広がっている状況。



チ)全面にクラックが発生し、大クラック から錆が発生している状況。



リ)全面にクラックが発生している 状況。



ヌ)溶接部に著しいふくれを確認。 (φ1mm~35mm)



ル) 全般にクラックが深くなっている 状況。



ヲ)溶接部のふくれが水を含んでいる 状況。

Photo 3.2 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像 (9/12)



ワ)下方全面にクラックが発生している 状況。



カ)クラックを接写した状況。



ヨ) 錆、著しいクラックを確認。



タ)溶接部に大小のふくれを確認。(φ1mm~30mm)



- レ)著しい錆、ふくれを確認。
- ソ)著しい錆、ふくれを確認。

Photo 3.2 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像(10/12)



- ツ) 錆により塗膜がない溶接部を確認。
- ネ) 著しいふくれを確認。



ナ) 溶接部に水を含んでいるふくれを 確認。



ラ)下方の曲がり部に著しいふくれを 確認。



ン)下方の曲がり部に著しいふくれを ンー1) 錆、著しいふくれを確認。 確認。



Photo 3.2 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像(11/12)
#### JAEA-Review 2010-019



ン-2) 水を含んでいるふくれを確認。



ン-3) 最下部に著しいふくれ錆を 確認



ン-4) 最下部にふくれが発錆に進行 している状況。



ン-5) ン-4)の錆を拡大したところ。



ン−6)最下部の溶接部に大の著しい こ ふくれを確認(φ1mm~35mm)

ン-7) 最下部に著しい錆、ふくれを 確認。

Photo 3.2 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像(12/12)



あ)トレンチ出入口付近の状況、喫水部 に塗膜のふくれを確認。



い)あ)の喫水部を接写した状況。



う) 配管曲がり部に大小のふくれを確認。 (φ1mm~30mm)



え) 配管中間部に大小のふくれ、剥がれを確認。



お)管下方に大小のふくれを確認。 ( \$ 1mm~10mm)



か)著しい大小のふくれを確認。(φ1mm~8mm)

Photo 3.3 トレンチ2配管(戻り配管)内部撮影画像(1/11)



き) 配管側面に著しいふくれ、剥がれを 確認。



く)溶接部に大小のふくれを確認。  $(\phi 1 \text{mm} \sim 30 \text{mm})$ 



け)溶接部を近写した状況。



こ)配管下部にクラック、剥がれを確認。



さ) 配管右側面著しいクラックを確認。 し) クラックを近写した状況、錆を確認。

Photo 3.3 トレンチ2配管(戻り配管)内部撮影画像(2/11)



す)ふくれから発錆している状況。



せ) 溶接部の塗膜が無いのを確認。



そ)配管右側面に剥がれ、著しい クラックを確認。



た)配管左側面に著しいクラックを確認。



ち)配管側面のわれ、剥がれ近写した 状況。

つ)配管上面に浅いクラックを確認。

Photo 3.3 トレンチ2配管(戻り配管)内部撮影画像(3/11)



て)溶接部に著しい大小ふくれを確認。



と) 大クラックが素地まで到達している 状況。



な)溶接部に大小のふくれを確認。 (φ1mm~30mm)



に)溶接部を近写した状況、ふくれ下に 錆を確認。



ぬ) 配管下面に大きな剥がれを確認。(長さ2.5m、幅25cm)



ね)配管上面に著しい細かいクラックを 確認。

Photo 3.3 トレンチ2配管(給水配管)内部撮影画像(4/11)



の) 配管下面に剥がれ、著しいクラック を確認。



は) 溶接部に大小のふくれを確認。  $(\phi 1 \text{mm} \sim 20 \text{mm})$ 



ひ)配管下面に水を含んだ大小のふくれ を確認。



ふ)クラックを近写した状況、錆を確認。



へ)配管下面に水を含んだ大小のふくれ ほ)溶接部に大小のふくれを確認。 を確認  $(\phi 1 \text{mm} \sim 30 \text{mm})$ 



 $(\phi 1 \text{mm} \sim 30 \text{mm})$ 

Photo 3.3 トレンチ2配管(給水配管)内部撮影画像(5/11)



ま)溶接部付近のライニング部に著しい クラックを確認、溶接部に大小の



み)配管下面に剥がれを確認。



む)配管上面に著しいクラックを確認。



め)溶接部のふくれがつぶれている状態。



も)配管上面に著しいはがれ、クラックや)配管下面にクラックを確認。 を確認。



Photo 3.3 トレンチ2配管(mi水配管)内部撮影画像(6/11)



ゆ)深く長いクラックを確認。



よ) クラックを近写した状況。



6) No. 11 の溶接部に大小のふくれ、 クラックを確認。(φ1mm~30mm)



り)配管側面に不定型大クラックを確認。



る) 配管下面に大クラックを確認。



h) No. 12の溶接部に大小のふくれを確認。
 (φ1mm~30mm)

Photo 3.3 トレンチ2配管(給水配管)内部撮影画像(7/11)



ろ) No. 13 の溶接部に大小のふくれを 確認。(φ1mm~25mm)



わ)配管左側面に大小のふくれを確認。 (φ1mm~30mm)



を)配管下面に著しい大小のふくれを
 確認。(ふくれ下に錆有り φ1mm



ん)X8 の 450A 配管の内面の状況。



ア)X8の450A配管内面の溶接部を近写 した状況、著しい錆、ふくれを確認。



イ) X8 の 450A 配管の中間の内面の状況、著しい大小のふくれを確認。

Photo 3.3 トレンチ2配管(給水配管)内部撮影画像(8/11)



ウ)配管側面にふくれ、クラックは確認 されず。



エ) X9 の 450A 配管付近に著しいふくれ を確認。



オ) X9の450A配管内面の状態は比較的 良いが溶接線に錆を確認。



カ)配管下面に大小ふくれを確認。(φ1mm~20mm)



キ)溶接部のふくれ、近辺のクラック からは錆を確認。



ク)配管下面に著しいクラックを確認。

Photo 3.3 トレンチ2配管(給水配管)内部撮影画像 (9/11)



ケ) 配管左側に著しいクラックを確認。

コ)剥がれ、著しいクラックを確認。



サ)錆、著しいクラックを確認。



シ)溶接部には塗膜無く、錆を確認。



ス)以前の補修区間に異常は認められず。 セ)溶接部に著しいふくれを確認。



セ)溶接部に著しいふくれを確認。 (φ1mm~10mm)

Photo 3.3 トレンチ2配管(給水配管)内部撮影画像(10/11)



ソ)配管右側面に著しいクラックを確認。 タ)配管右側面に著しいクラックを確認。



チ)配管上面に著しいクラックを確認。







テ)配管右側面に著しいクラックを ト)クラックを近写した状況。 確認。



Photo 3.3 トレンチ2配管(給水配管)内部撮影画像(11/11)



 
 (1) 戻りヘッダ出入口のマンホールの 状況。



②) Z3 より Z2 の方向の配管内面の状況。



③)配管下面にふくれ、錆を確認。



 ④) Z3の750A配管廻りにふくれを確認。 (φ1mm~20mm)



⑤) Z3の750A配管上方にふくれを確認。



⑥) Z3 の 750A 配管内全般に著しいふく れを確認。

Photo 3.4 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (1/5)

### JAEA-Review 2010-019



⑦) Z3の750A 配管下方にふくれを確認。



(8) バルブに著しい上大小のふくれを確認。 (φ1mm~30mm)



⑨)水を含んだふくれを確認。



⑩)最下部に大きなふくれを確認。 (φ1mm~30mm)



⑪) 配管下面にふくれ、錆を確認。



⑥) 配管側面にふくれを確認。(φ1mm~15mm)

Photo 3.4 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (2/5)



③)溶接部にさび、水を含んだふくれを 確認。



④) Z2 に配管の廻りにふくれを確認。 ( \$\phi 1mm~25mm)



(5) Z2 の 750A 配管廻りに錆、ふくれを 確認。



⑥ Z2の750A配管下方に錆、著しい ふくれ確認(φ1mm~25mm)。



①) 配管下面に著しい大小のふくれを 確認。(φ1mm~35mm)



18) 黒錆になったふくれを確認。

Photo 3.4 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (3/5)



(19) 配管最下部も著しい錆、ふくれを 確認。



20) 配管側面に大小のふくれを確認 (φ1mm~10mm)



②) 配管側面に大小のふくれを確認。 (φ1mm~15mm)



2)溶接部にふくれを確認。 (φ1mm~25mm)



③) Z3 の 750A 配管上方に著しいふくれ を確認。

21の750A配管廻りの状況。

Photo 3.4 戻りヘッダ配管内部撮影画像(4/5)



③) Z1 の 750A 配管上方に著しいふくれ を確認。



 ③) Z1 の 750A 配管全面に著しいふくれ を確認。(
 ( 4 1mm~30mm)



⑦)大小のふくれが著しく発錆しているのを確認(
のを確認(
のをである
のを



(28) バルブ廻りを近写した状況、著しくふくれ、その内部は錆びている。



③) 配管最下部に著しいふくれ、錆を 確認。



③) 配管下面に大小のふくれを確認。 ( \$\phi 1mm~20mm)

Photo 3.4 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (5/5)



 ③) Z6の750Aの配管の廻りにふくれを 確認。(φ1mm~15mm)



 ③) Z6の750A配管内に著しい、錆ふくれ を確認。(φ1mm~20mm)



③) Z6 の 750A の配管内を近写した状況
 著しい錆、ふくれを確認。

 $(\phi 1 \text{mm} \sim 15 \text{mm})$ 



(39) 配管内最下部を近写した状況、著しい 錆、ふくれを確認。(φ1mm~25mm)



③) Z5の750A配管の廻りの状況、
 ふくれを確認。(φ1mm~25mm)



③) Z5 の 750A 配管内に著しい錆、
 ふくれを確認。(φ1mm~20mm)

Photo 3.5 給水ヘッダ配管内部撮影画像 (1/3)



③) Z5 の 750A 配管内を近写した状況、
 著しい錆、ふくれを確認(φ1mm)



⑧)配管最下部を近写した状況、著しい
 ふくれを確認。(φ1mm~25mm)



③) Z4の750A配管の廻りの状況、
 ふくれを確認。(φ1mm~20mm)



 (10) Z4 の 750A 配管内を近写した状況、

 著しい錆、ふくれを確認。(φ1mm~20mm)



④) Z4 の 750A 配管内を近写した状況、
 著しい錆、ふくれを確認。
 (\$\phi\$1mm~25mm\$)



(1) Z4の750A配管内に著しい錆、ふくれを
 確認(φ1mm~20mm)

Photo 3.5 給水ヘッダ配管内部撮影画像 (2/3)



(3)バルブ下部に著しい錆、ふくれを
確認。



④) 配管最下部を近写した状況、著しい
錆、ふくれを確認。(φ1mm~25mm)



⑤)給水ヘッダ出入口のマンホール廻りの状況、下面に大小のふくれを確認。
 (φ1mm~15mm)

Photo 3.5 給水ヘッダ配管内部撮影画像 (3/3)

## JAEA-Review 2010-019



補修後の配管 (A)



補修後の配管(B)



補修後の配管 (C)

Photo 3.6 補修後の配管内部



Photo 4.1 ファンスタック



Photo 4.2 トップデッキ



Photo 4.3 デッキジョイスト



Photo 4.4 ジョイストサポート類



Photo 4.5 ポスト

Photo 4.6 エリミネータ



Photo 4.7 散水ノズル



Photo 4.8 最上段木製グリッド



Photo 4.9 ブレース



Photo 4.10 サポート



Photo 4.11 階段踊場(木部補修)



**Photo** 4.12 デッキサポート(FRP 製)A



Photo 4.13 デッキサポート(FRP 製)B Photo 4.14 トップデッキ(FRP 製)A





Photo 4.15 トップデッキ(FRP 製)B



Photo 4.16 フアンスタック(FRP 製)

## JAEA-Review 2010-019



Photo 4.17 補修後の冷却塔全景

# 付 録 二次冷却系配管内肉厚測定結果

平成16年8月11日 原子炉第2課

#### JMTR二次系配管肉厚測定結果報告

- 1. 測定年月日 平成 16 年 8 月 11 日
- 2. 測定者 深作、花川、田畑、竹本、小笠原、宮内、田中
- 3. 測定器 超音波肉厚計 26MG-XT、krautokramerDMS
- 4. 配管仕様

(1) 配管主要寸法 : 公称 750A (外径:762.0 mm)、厚さ10、12 mm
 450A (外径:457.2 mm)、厚さ 8 mm

(2)配管材料 : 炭素鋼鋼管 旧規格 SS41(新 SS400)管内面:樹脂塗料ライニング

(3) 使用条件

流体	:,	軽水
最高使用温度	:	47.5 °C
最高使用圧力	:	5 kg/cm <sup>2</sup>

- 5. 肉厚測定結果
  - 別紙のとおり。





## JMTR2次系配管肉厚測定結果

測定日 : 2004年8月11日 測定器①: 超音波肉厚計, 26MG-XT 測定器②: 超音波肉厚計, krautokramerDMS



測定値の -- は障害物等により測定できず。

	公称寸:	法	必要肉厚	測定	結果	以頭内回	
測定位置	公称径	肉厚(mm)	(mm)	方位	測定値 (mm)	の確保	備考
				0°	10,7	良	直管
	750A	10	0.7	90°	10.5	良	
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10,6	良	1
				270°	10.2	良	1 .
				0°	10.4	良	直管
0	750A	10	0.7	90°	10.4	良	1
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.4	良	1
				270°	10.0	良	
			-	0°	10.6	良	直管
	750A	10	0.7	. 90°	10.3	良	
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.2	良	1
	100 C			270°	10.0	良	1
				0°	10.8	良	直管
	750A	10		90°	10.6	良	
9	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.8	良	1
				270°	10.2	良	1
				0°	11.1	良	直管
	750A	10		90°	10.9	良	
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.6	良	
				270°	11.1	良	1 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
				0°	10.8	良	直管
0	750A	10		90°	10.4	良	
$\odot$	(外径 762.0mm)		2.7	180°	10.5	良	
			Ì	270°	9.8	良	1
				0°	10.8	良	直管
	750A	10		90°	9.9	良	
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.7	良	
	S		1	· 270°	9.8	良	1
	· .			0°	10.6	良	バルブ入口
	750A	10		90°	10.2	良	
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.6	:良	
			ļ	270°	10.6	良	
				0°	10.7	:良	バルブ出口
	750A	10		90°	10.2	良	
U U	(外径 762.0mm)	10	2,7	180°	10.5	良	
				270°	10.5	良	
				0°	10.5	良	直管
(10)	750A	10	,	90°	9.9	良	
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.3	良	
				270°	10,4	良	
				0°	9,4	良	直管
	750A	10	, - T	90°	10.1	良	
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.1	良	
				270°	10.3	良	
				0°	9.7	良	直管
(12)	750A	10	27	90°	10.0	良	
	(外径 762.0mm)	10	2.1	180°	10.0	良	
				270°		-	

	公称寸	法	必要肉厚	測定	結果	必要肉厚	渉	妻
測定位置	公称径	肉厚(mm)	(mm)	方位	測定値 (mm)	の確保	BAR	<u>ت</u> ب
				0°	9.6	良。	オリフィス入口	
(13)	750A	10	27	90°	9.9	良		
US	(外径 762.0mm)	10	2.1	180°	9.9	良		
				270°	-	-		
				0°	10.0	良	オリフィス出口	
	750A	10	27	90°	9.5	良		
	(外径 762.0mm)	10	2.1	180°	9.7	良		
	•		1999 - C. 1997 -	270°	10.4	<u>良</u>		
				• 0°	9.9	良	オリフィス出口	
(A)	750A	10	27	90°	9.5	良		
	(外径 762.0mm)	10	2/	180°	9.9	良		
				270°	10.2	<u>良</u>		
				0°	10.5	良	直管	
60	750A	10	27	<u>90°</u>	10.4	良	Į	
	(外径 762.0mm)	10		180°	10.7	良		
				270°	10.9	良		
				0°	10.0	良	直管	f
m l	750A	10	27	90°	10.6	良	· ·	
	(外径 762.0mm)	10	2.1	180°	10.7	良		
		1.1		270°	10.6	良		
				0°	10.0	良	直営	
10	750A	-10	2.7	90°	10.3	良		
	(外径 762.0mm)	10 .	2.,	180°	10.7	良	4	
				270°	10.3	<u>R</u>		
				<u> </u>	10.7	良	但官	
6	750A	10	27	90°	10.9	良	{	
	(外径 762.0mm)	1 <b>0</b> .		180°	10.6	良		
				270°	10.0	良		
:				0°	10.9	良		
രി	750A	10	27	90°	10.8	<u>R</u>		
Co	(外径 762.0mm)	10	1	180°	10,9	良	1	
				270°	10.0	良	1	
				0-	10.2		官司	
0	750A	10	2.7	90-	10.7	<u>R</u>	-	
G	(外径 762.0mm)			180	11.0	<u>R</u>	-	
				270	10.0	皮	古色	
·				U	10.0			
(22)	/50A	10	2.7	30	11.0		4.	
<u> </u>	(外径 /62.0mm)			180	10.0		1	
				270	10.0		直營	
	7504			0.0°	10.4	良		
(23)	/ JUA (M 35. 762.0	10	2.7	190	111	<u> </u>	1	
~	(9ME /02.0mm)			270°	110	自	1	
				0°	10.5	良		
_	7504			00°	10.0			
(24)	/00A (加切死 762 0)	10	2.7	180°	11 1	良	1 .	
_	(7)12 /02.0mm)			270°	111	良	1	
				0	10.2	<u>à</u>	<b></b> 宿	
_	7504	1		<u> </u>	10.2	自		
25	(机级 762 0~~~)	10	2.7	180°	10.0	盲		
)	(7 ME /02.0mm)	1		270°	10.5	良	1	
					10.0	<u>育</u>	直管	
~	7504			900	10.0	富	1	
26	(月夜 762 0)	10	2.7	190	11.0	直	1	
-	(7FIE /02.0mm)		1	270°	11.0	直	1	
	L		1	2/0	11.0	<u>P</u> <		

80 스 니 프	公称寸	法	必要肉苣	測定	結果	心理の同				
測定位置	公称径	肉厚(mm)	(mm)	方位	測定値 (mm)	の確保		備	考	
				0°	10.6	良	直管			
67	750A	10		90°	10.3	 				
Ø	〈外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.7	- 良	1			
			· F	270°	10.9		1			
			_	0°	10.5		直答			
	750A		ŀ	90%	10.0		區日			
(28)	(外径 762 0mm)	10	2.7	190°	10.7		ł			
	CITE FOLIOTINITY		ł	270°	10.7					
				270	10.8		72-00			
	7504		ł	. 0	10.2	<u> </u>	恒富			
(29)	(H (5, 760 0	10	2.7	90	10.4	<u> </u>				
	(7F12 702.0mm)		·	180	10.8	良				
				270	10.5	良				
	7504		-	<u> </u>	10.3	良	直管			
30	750A	10	2.7	90°	10.1	良			•	
$\sim$	(外径 762.0mm)			180°	11.0	良				
				270°	10.8	□良				
ĺ	·	T		.0°	12.3	良	直管			
30	750A	10	., T	90°	12.1	良				
	(外径 762.0mm)		<i>4.1</i>	180°	12.4	良				
[			F	270°	12.1	良				
	1			0°	11.2	良	直管			· .
	750A			90°	11.4	良				
32	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.9	e e				
			F	270°	11.0					
					11.0	自	古签			
0	7504			00°	11.3	皮	<b>正</b> .日、			
(33)	(ALAX 762 0mm)	10	2.7	100°	11.4	<u>' R</u>				
	()n± /02.0mm)		- F	180	11.6	良				
			· · ·	270	10.4	艮				
-	7504			0-	10.3	良	直管			
34	750A	10	27	90°	10.5	良				
· ~	(外径 762.0mm)			180°	10.9	良				
				270°	-	- 1				
1		· ]	L	0°	10.4	良	直管			
35	750A	10	27 L	90°	10.5	良				
	(外径 762.0mm)		<i>,,</i>	180°	10.3	良				
				270°	9.8	良				
				0°	11.4	良	直管			
38	750A	10	,, F	90°	10.9	良				
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	11.9	良				
· · ·			· [~	270°	11.5	良				
				0°	10.9	良	エルボ			
6	750A			90°	10.6	i la	_,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,			
9	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.2	- â				
				270°	10.2	自				
					10.0		直傍——	~~		
	750A			000	0.9		E E .			
38	(外径 7620mm)	10	2.7  -	1000	10.0					
	Cr = / 2.0000/		H	270	10.8	물				
				2/0	11.1	艮				
	7504		$\vdash$	0	11.2	<u> </u>	エルボ			
(39)	AUCI	10	2.7	90"	11.2	艮				
~	(外徑 762.0mm)			180°	10.9	艮				
				270°	9.8	良				
				0°	12.9	良	直管			
40	750A	12	27	90°	12.7	良				
	(外径 762.0mm)	14	2.1	180°	13.3	良				
1	1			070°	10.0	<b>占</b>				

湖西庄平平	公称寸:	法	必要肉厚	測定	結果	必要肉厚		備考
則定位直	公称径	肉厚(mm)	(mm)	方位	測定値 (mm)	の確保		уна то 
				0°	13.1	良	直管	
0	750A	10	0.7	90°	13.0	良	]	
41	(外径 762.0mm)	12	2.7	180°	13.5	良	]	
				270°	13.4	良		
				0°	10.8	良	直管	
6	750A	10	7	90°	10.6	良	]	
42	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.5	良		
				270°	11.0	良		
				0°	10.5	良	直管	
(D)	750A	10	. 97 .	90°	10.5	良		
49	(外径 762.0mm)	10	2	180°	10.5	良		
				270°	10.5	良		
				0°	10.6	艮	直管	
(AA)	.750A	10	27	90°	10.6	良		
<b>U</b>	(外径 762.0mm)			180°	10.1	良		
				270°	10.6	X		
				- 0°	10.6	<u>R</u>	エルホ	
(45)	750A	10	2.7	90°	10.3	<u>R</u>	4	
9	(外径 762.0mm)			180-	10.3	<u>R</u>		e
				270-	10.3	<u>R</u>	take data	
	-		1	0	10.4	<u>R</u>		
(46)	750A	10	2.7	90°	10.3		4 .	
0	(外径 762.0mm)			180	10.0		· ·	
		-		270	10.0		古筋	·····
	7504				10.2			
(47)	/50A	10	2.7	100°	10.1			
$\sim$	(外往 762.0mm)			270°	10.4			
				270 0°	10.0		古笠	
	7504		· •	00°	10.4			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
(48)	/JUA (約35-763.0mmma)	10	2.7	180°	10.0			
	(外徑 /02.0mm)			270°	10.7	良	1	* ;
·		;		<u>270</u>	10.0	<u>k</u>	<b>宿</b> 管	
~	7504			90°	10.0			
(49)	(机环 762 0mm)	10	2.7	180°	10.6		1	
	WHE YOUGHIN			270°	10.7	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	1	
				0°	10.4	良	直管	
	750A			90°	10.4	良	1	
(50)	(外径 7620mm)	10	2.7	180°	10.7	良	1	
	() E / CE.OTTINI			270°	10.5	良	1	
				0°		·	直管	
	750A			90°	-	-	1	
51	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	9.7	良	]	
				270°		-		-
				0°	-	-	直管	
	750A	10		90°	-	-	]	
. 52	(外径 762.0mm)	10	2.1	180°	9.8	良	1	
1				270°	-	-		
				0°	-	-	直管	
6	750A	10	27	90°	-		]	
63	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	9.7	良		
				270°	-	-		
		1		0°	-	-	エルボ	
$\bigcirc$	750A	10	27	90°	-	-	1	
9	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.6	良	1	
		i .		270°	-	-		

測定位署	公称寸	法	必要肉厚	測定	結果	必要肉同				
別足位置	公称径	肉厚(mm)	(mm)	方位	測定値 (mm)	の確保	1	備	考	
				0°	-		直管			
(55)	750A	10	2.7	90°	-					
	(外径 762.0mm)			180°	10.6	良				
				270°	-	- 1				
$\sim$	7504			0°	_	; –	直管			
(56).	AUC	10	2.7	<u>90°</u>		. <u>-</u>				
	(7)1至 /02.0mm)			180°	10.3	良				
				270°		-				
-	7504			0°	10.5	良	直管			
(57)	(M 28 782 0 mm)	10	2.7	<u>90°</u>	-	-	4			
	(7K徑 702.0mm)			180°	10.8	良				
				270°	10.3	良				
$\sim$	7504		ļ	0"	10.8	良	直管			
(58)	(水谷 762 0)	10	2.7	90"	10.3	良	4			
	(71% /02.0mm)	•	ļ	180°	10.6	良	4			
				270-	11.2	良				
<u> </u>	750.4		· · ·	0°	10.6	艮	直管			
(59)	(外径 782 0mm)	10	2.7	90-	10.7	良	4			
	(The roz.umn)		F	180	10.2	良	4			
				2/0	10.4	良	-			
0	7504		ŀ	0	10.2	<u> </u>	直官			
60	(外径 762 0mm)	10	2.7	90	10.4	<u> </u>				
	WHE TOZOHIN		H	180	10.3	<u>良</u>	4			
				2/0	10.3	良		-		
	750A		ŀ		10.5	<u>良</u>	直管			
61)	(外径 762 0mm)	10	2.7	100°	10.8	<u>良</u>	1			
	(77 E 702,01111)		· F	180	11.2	<u>良</u>				
				270	10.2	<u>R</u>				
	750A		F		10.6		進官			
62	(外径 762.0mm)	10	2.7	190	10.6	民				
			H	270°	10.4	<u>R</u>				
				2/0	10.2	<u> </u>				-
	750A				10.7		世官			
63	(外径 762.0mm)	10	2.7	190°	10.0					
			-	270°	10.4	<u>– R</u>				
				0	10.7		古色			
Q.	750A		·	90°	10.0		E.B.			
9	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.3					
			F	270°	10.4					
				0°	10.3	良	<b>直</b>			
63	750A	10	H	90°	10.0	良	E. 6			
9	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.2	- <u><u><u></u></u></u>			L.	
		1		270°	10.1	- â				
				0°	10.3	TÊ !	直管			
68	750A	10		90°	10.3	TÊ				
	(外径 762.0mm)		2./	180°	10.1	一一一				
				270°	10.3	育				
				0°	10.3	Î I	直管			
പ	750A	10		90°	10.3	音一				
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	101	一一				
				270°	10.2	良				
				0°	10.5	高市	<b>直</b>			
68	750A	01	, , ·	90°	10.2	Tê l'				
9	(外径 762.0mm)	10	2.1	180°	10.4	。 良				
1	1			270°	10.5	<u> </u>				

	公称寸	法	必恵内回	測定	結果	<b>必</b> 更 内 億					
測定位置	公称径	肉厚(mm)	必要因序 (mm)	方位	測定値 (mm)	の確保		備	考	•	
				0°	10.5	良	直管				
	750A			90°	10.0	良					
69	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.7	良					
				270°	10.8	良	1				
				0°	10.5	良	直管				
	750A (外径 762 0mm)	750A			90°	10.0	 				
70		10	2.7	180°	10.7						
				270°	10.8						
				0°	11.1		直管				
	750A			90°	10.8	良					
	(外径 762 0mm)	10	2.7	180°	10.8			· ·			
	WHE WESTIMIN			270°	11.0						
				270 0°	11.0	<u>6</u>	直管				
	7504			00°	10.7		6.6				
(72)	/ JUA (対容 762 0mmm)	10	2.7	190°	10.7						
-	(7M± /02.0mm)			270°	10.4	 					
				270	11.0		古傷				
	7504				10.0	<u>R</u>	直日				
(73)	AUC/	10	2.7	90 190°	10.6						
- I	(外住 /02.0mm)		-	180 070°	11.0	 					
				270	10.7		古飾				
	7504		-	00%	10.7	皮	<u></u> 同 日 日				
(74)	/5UA .	10	2.7	90	10.7						
	(外径 762.0mm)	10 - 11 - 11 - 11 - 11 - 11 - 11 - 11 -		180	10.3	<u>艮</u>	· · .				
				270	10.7		== #=				
	·			0*	10.4	良	<b>追</b> 官				
(75)	750A	10	2.7	90-	10.8	艮		· · ·			
	(外径 762.0mm)			180°	10.7	良	1.				
		-		270°	10.8	良					
		· .		0°	10.8	良	直管				
(76)	750A	10	27	90°	10.4	良		-			
	(外径 762.0mm)	10	- · ·	180°	10.7	良					
				270°	11.1	良良					
	· · · · ·			• 0°	10.7	良	直管				
$\widehat{\mathcal{M}}$	750A	10	27	90°	10.3	良					
	(外径 762.0mm)		2.1	180°	10.6	良					
			·	270°	10.8	良					
1		1		0°	11.8	良	直管				
(Ta)	750A	10	<u>.</u>	90°	10.6	良					
0	(外径 762,0mm)	10	2.7	180°	10.2	良					
	1. Sec. 1. Sec		[	270°	11.0	良					
			1	0°	11.0	良	直管				
6	750A	10	[	90°	10.6	良					
U	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.1	良					
			1	270°	10.9	良					
				0°	11.1	良	直管				
	750A		ł	90°	11.0	良	=				
80	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	10.4	良					
	() ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )		ŀ	270°	11.4	Ē.					
	· · · · ·	1		0°	10.8	- R	直管				
$\sim$	7504	1	ł	90°	10.3						
(81)	(机径 762 0~~~)	10	2.7	180°	11.0	息					
	()(11 / 02.0mm)		ŀ	270°	11.2	良					
				2/0	11.7	良	直管				
	7504		ŀ	000	10.5	自	E B				
(82)	AUC/	10	2.7	100°	10.0	<u>段</u>					
-	\7产1全 /62.0mm/		-	0700	11.0	戌					
		1	· ·	2/0	11.2	反	L				

	公称寸	法	必要肉厚	測定	結果	必要肉厚			
』定位置	公称径	肉厚(mm)	(mm)	方位	測定値 (mm)	の確保		備	考
				0°	11.0	良	直管		
(83)	750A	10	2.7	90°	10.5	良			
. ~	(外径 762.0mm)			180°	10.7	良			
				270°	11.2	良			
	7504			0°	10.9	良	直管		
(84)	/50A	10	2.7	90°	10.6	良			
	(外企/62.0mm)			180°	10.2	良			
				270°	10.5	良			
~	7504			<u> </u>	11.4	良	直管		
(89	/SUA	10	2.7	90°	10.8	良	4		
-	(疗下住 /62.0mm)			180°	10.4	良			
				270°	11.0	良	L		
	7504			0°	12.6	良	直管		
(86)		12	2.7	90°	12.1	良			
	(外径 /62.0mm)			180°	12.0	良			
				270°	11.0	<u>良</u>			
_	7504			0*	10.6	良	直管		
(87)	/50A	10	2.7	90°	10.2	良	Į.		
<u> </u>	(外径 762.0mm)			180°	10.3	良			-
· .				270°	10.3	良			
-	7504			0°	10.5	良	直管		
(88)	/50A	10	2.7	90°	10.5	良			
Ŭ I	(外径 762.0mm)			180°	10.4	<u>良</u>			·
				270°	10.4	良			
			· .	0°	10.4	良	直管		
(89)	750A	10	2.7	90°	10.0	良			
Ŭ	(外径 762,0mm)			180°	10.4	良			
	· · ·			270°	10.4	良			
				0° ,	10.3	良	直管		
90	/50A	10	27	90°	10.0	良			
~	(外径 762.0mm)			180°	10.6	良			
				270°	10.2	良			
	7504		·	0°	10.9	良	直管		
(97)	/50A	10	2.7	90°	10.7	良			
	(外径 /62.0mm)		L	180°	10.7	良			
		i		270°	10.1	良			
			L	0°	10.8	良	直管		
(92)	/50A	10	2.7	90°	10.7	良			
$\sim$	(外佺 762.0mm)			180°	10.7	良			
				270°	10.1	良			
	7504	I	L	0°	10.8	良	直管		
93	/50A	10	27	90°	10.1	良			
	(外径 762.0mm)		L	180°	10.8	良			
				270°	11.0	良			
	750.		L	0°	10.6	良	直管		
(94)	/SUA	10	2.7	90°	10.9	良			
-	(外径 762.0mm)			180°	10.8	良			
				270°	10.6	良			
	780.		_	0°	10.8	良	直管		
(95)	750A	10	27	90°	10.5	良			
~	(外径 762.0mm)		' [	180°	10.5	良			
				270°	11.0	良			
				0°	10.8	良	直管		
(96)	750A	10	27	90°	10.1	良			
$\sim$	(外径 762.0mm)			180°	10.9	良			
				270°	11.0	良			

	公称寸	法	必要肉厚	測定	結果	必要肉厚	
測定位置	公称径	肉厚(mm)	(mm)	方位	測定値 (mm)	の確保	備考
				0°	12.5	良	テーズ
ത	750A	10	27	90°	13.5	良	]
	(外径 762.0mm)	10	2.7	180°	12.3	良	]
				270°	12.3	良	
				0°	9.2	良	バルブ入口
@	450A		16	90°	8.9	良	]
9	(外径 457.2mm)	0	1.0	180°	8.7	良	]
				270°	9.0	良	
				0°	9.1	良	バルブ出口
6	450A	0	16	90°	9.0	良	
9	(外径 457.2mm)	°	1.0 E	180°	9.0	良	· · ·
				270°	8.9	良	1
				0°	9.0	良	バルブ入口
(100)	450A		1.6	90°	9.2	良	
	(外径 457.2mm)	٥	1.0	180°	8.7	良	1
			Г	270°	9.1	良	1
				0°	9.8	良	バルブ出口
(101)	450A		1.0	90°	9.5	良	
U U	(外径 457.2mm)	8	1.0	180°	10.3	良	
			F	270°	11.3	良	1
				0°	9.2	良	バルブ入口
(102)	450A		1.0	90°	8.7	良	
02	(外径 457.2mm)		1.0	180°	8.6	良	
			· · · [	270°	9.0	良	
				0°.	7.2	良	バルブ出口
(102)	450A			90°	8.1	良	
	(外径 457.2mm)	ŏ	1.0	180°	8.4	良	
				270°	8.9	良	
				0°	8.7	良	バルブ入口
(104)	450A			90°	8.4	良	
	(外径 457.2mm)	8	1.6	180°	8.8	良	
		н.	F	270°	9.1	良	
				0°	8.2	良	バルブ出口
(105)	450A			90°	9.2	良	
$\bigcirc$	(外径 457.2mm)	8	1.6	180°	8.6	良	
-			·  -	270°	8 0	Ē.	

This is a blank page.
表 1. SI 基本单位				
甘木昌	SI 基本単位			
本平里	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	А		
熱力学温度	ケルビン	Κ		
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						
a d d d d d d d d d d d d d d d d d d d	基本単位					
和立重 名称	記号					
面 積 平方メートル	m <sup>2</sup>					
体 積 立法メートル	m <sup>3</sup>					
速 さ , 速 度 メートル毎秒	m/s					
加速度メートル毎秒毎	秒 m/s <sup>2</sup>					
波 数 毎メートル	m <sup>-1</sup>					
密度, 質量密度キログラム毎立方	メートル kg/m <sup>3</sup>					
面 積 密 度キログラム毎平方	メートル kg/m <sup>2</sup>					
比体積 立方メートル毎キ	ログラム m <sup>3</sup> /kg					
電 流 密 度 アンペア毎平方	メートル $A/m^2$					
磁界の強さアンペア毎メー	トル A/m					
量濃度(a),濃度モル毎立方メー	トル mol/m <sup>3</sup>					
質量濃度 キログラム毎立法	メートル kg/m <sup>3</sup>					
輝 度 カンデラ毎平方	メートル $cd/m^2$					
屈 折 率 <sup>(b)</sup> (数字の) 1	1					
比 透 磁 率 (b) (数字の) 1	1					

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのこと を表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

			SI 組立甲位	
組立量	名称	記号	他のSI単位による 表し方	SI基本単位による 表し方
平 面 鱼	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
· 血 // 立 体 鱼	ステラジア、/(b)	er <sup>(c)</sup>	1 (b)	$m^{2/m^2}$
周 波 数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz	1	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	Ν		m kg s <sup>-2</sup>
压力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	$m^{-1} kg s^{-2}$
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 <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
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	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2 kg s^{\cdot 3} A^{\cdot 2}$
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	Т	Wb/m <sup>2</sup>	$\text{kg s}^{2}\text{A}^{1}$
インダクタンス	ヘンリー	Η	Wb/A	$m^2 kg s^2 A^2$
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光束	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd
照度	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> cd
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>
吸収線量,比エネルギー分与,	グレイ	Gv	J/kg	$m^2 s^{-2}$
カーマ		ay	ong	
線量当量,周辺線量当量,方向	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> e <sup>-2</sup>
性線量当量,個人線量当量		51	Ong	
酸素活性	カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol

(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

(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、量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)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性抜種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e)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。
 (e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度で表すために使用される。
 (f)数単位を通の大きさは同一である。したがって、温度差や温度問隔を表す数値はとちらの単位で表しても同じである。
 (f)数単性核種の放射能(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勧告2(CI-2002)を参照。

表4.単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

	S	I 組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘质	E パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
カのモーメント	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
表 面 張 九	コニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角 速 度	ミラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>
角 加 速 度	E 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	E ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
熱容量,エントロピー	- ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 kg s^{2} K^{1}$
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 <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
体積エネルギー	- ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
電 荷 密 度	E クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> sA
表面電荷	ラクーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> sA
電 束 密 度 , 電 気 変 位	エクーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> sA
誘 電 率	『ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透 磁 辛	ミ ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエネルギー	- ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
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 <sup>-1</sup> sA
吸収線量率	ミグレイ毎秒	Gy/s	$m^2 s^{-3}$
放射 強度	E ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 m^{-2} kg s^{-3} = m^2 kg s^{-3}$
放射輝 度	<b>E</b> ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	Eカタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> mol

表 5. SI 接頭語					
乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
$10^{24}$	<b>э</b> 9	Y	$10^{-1}$	デシ	d
$10^{21}$	ゼタ	Z	$10^{-2}$	センチ	с
$10^{18}$	エクサ	Е	$10^{-3}$	ミリ	m
$10^{15}$	ペタ	Р	$10^{-6}$	マイクロ	μ
$10^{12}$	テラ	Т	$10^{-9}$	ナノ	n
$10^{9}$	ギガ	G	$10^{-12}$	ピコ	р
$10^{6}$	メガ	М	$10^{-15}$	フェムト	f
$10^3$	キロ	k	$10^{-18}$	アト	а
$10^{2}$	ヘクト	h	$10^{-21}$	ゼプト	z
$10^{1}$	デ カ	da	$10^{-24}$	ヨクト	У

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=60s			
時	h	1h =60 min=3600 s			
日	d	1 d=24 h=86 400 s			
度	۰	1°=(п/180) rad			
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad			
秒	"	1"=(1/60)'=(п/648000) rad			
ヘクタール	ha	1ha=1hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>			
リットル	L, 1	1L=11=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>			
トン	t	$1t=10^{3}$ kg			

\_

表7.	SIに属さないが、	SIと併用される単位で、	SI単位で
	まとわて粉は	ぶ 中 瞬時 ほう や て そ の	

衣される奴他が夫缺的に待られるもの				
名称 記号		SI 単位で表される数値		
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J		
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg		
統一原子質量単位	u	1u=1 Da		
天 文 単 位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> 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	1	ル	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 <sup>5</sup> Pa	
水銀	柱ミリメー	トル	mmHg	1mmHg=133.322Pa	
オン	グストロー	- 4	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m	
海		里	М	1 M=1852m	
バ	-	$\sim$	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>-12</sup> cm)2=10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>	
1	ツ	ŀ	kn	1 kn=(1852/3600)m/s	
ネ	-	パ	Np	ar送佐1	
ベ		ル	В	▶ 51 単位との 叙 値的 な 阕徐 は 、 対 数 量の 定 義 に 依 存.	
デ	ジベ	N	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 <sup>-7</sup> J			
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N			
ポアズ	Р	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s			
ストークス	St	$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{\cdot 1} = 10^{\cdot 4} \text{m}^2 \text{ s}^{\cdot 1}$			
スチルブ	$^{\mathrm{sb}}$	1 sb =1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>			
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup><math>-2</math></sup> 10 <sup>4</sup> lx			
ガル	Gal	$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm s}^{\cdot 2} = 10^{\cdot 2} \text{ms}^{\cdot 2}$			
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{ G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$			
ガウス	G	$1 \text{ G} = 1 \text{Mx cm}^{2} = 10^{4} \text{T}$			
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe ≙ (10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>			

(c) 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					
	3	名利	7		記号	SI 単位で表される数値
キ	ユ		IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
$\scriptstyle  u$	$\sim$	ŀ	ゲ	$\sim$	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$
ラ				ド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
$\boldsymbol{\nu}$				L	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガ		$\boldsymbol{\mathcal{V}}$		7	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フ	I		N	11		1フェルミ=1 fm=10-15m
メー	- トル	采	カラゞ	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
$\mathbb{P}$				ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標	準	大	気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
÷	17		11	_	1	1cal=4.1858J(「15℃」カロリー), 4.1868J
13	Ц		<i>y</i>		cal	(「IT」カロリー)4.184J(「熱化学」カロリー)
Ξ	ク			$\sim$	μ	$1 \mu = 1 \mu m = 10^{-6} m$

この印刷物は再生紙を使用しています