



JAES-Review

2008-023

JAES-Review

JMTR 二次冷却系配管の健全性調査

Inspection of Secondary Cooling System Piping of JMTR

塙 善雄 出雲 寛互 深作 秋富 長尾 美春
河村 弘

Yoshio HANAWA, Hironobu IZUMO, Akitomi FUKASAKU, Yoshiharu NAGAO
and Hiroshi KAWAMURA

大洗研究開発センター
照射試験炉センター

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center
Oarai Research and Development Center

June 2008

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 (<http://www.jaea.go.jp>)
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

JMTR 二次冷却系配管の健全性調査

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

塙 善雄⁺・出雲 寛互・深作 秋富⁺・長尾 美春・河村 弘

(2008年3月27日受理)

2008年度から開始されるJMTRの二次冷却系統の更新工事に先立ち、JMTR再稼動後の二次冷却系統の長期使用を確実なものにするための一環として、二次冷却系配管の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のライニングには、クラック、ふくれ、剥離が確認されていたが、これまでの運転保守管理が適切に実施されており、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、同配管の強度、機能は十分維持されていることを確認した。

予防保全の観点から、JMTR再稼動後の使用に関しては、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り、また、補修後もライニングの健全性を定期的に点検する必要がある。

Inspection of Secondary Cooling System Piping of JMTR

Yoshio HANAWA⁺, Hironobu IZUMO, Akitomi FUKASAKU⁺

Yoshiharu NAGAO and Hiroshi KAWAMURA

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center

Oarai Research and Development Center

Japan Atomic Energy Agency

Oarai-machi, Higashibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received March 27, 2008)

Piping condition was inspected from the view point of long term utilization before the renewal work of the secondary cooling system in the JMTR on FY 2008. As the result, it was confirmed that cracks, swellings and exfoliations in inner lining of the piping could be observed, and corrosion, which was reached by piping ingot, or decrease of piping thickness could hardly be observed. It was therefore confirmed that the strength or the functionality of the piping had been maintained by usual operation and maintenance.

Repair of inner lining of the piping during the refurbishment of the JMTR is necessary to long term utilization of the secondary cooling system after restart of the JMTR from the view point of preventive maintenance. In addition, a periodic inspection of inner lining condition is necessary after repair of the piping.

Keywords: Piping, Secondary Cooling System, JMTR, Lining

⁺ Department of JMTR Operation

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の概要.....	2
4. 調査方法	2
5. 調査結果	3
6. 考察	4
7. まとめ	5
謝辞	5
参考文献	5
附録 JMTR 二次冷却系配管の肉厚測定結果.....	45

Contents

1. Introduction.....	1
2. JMTR Secondary Cooling System.....	1
3. Inspection of JMTR Secondary Cooling System Piping.....	2
4. Inspection Method	2
5. Results	3
6. Discussion	4
7. Summary.....	5
Acknowledgement.....	5
References.....	5
Appendix Inspection Results of Thickness of JMTR Secondary Cooling System Piping.....	45

This is a blank page.

1. はじめに

JMTR (Japan Materials Testing Reactor、熱出力 50MW) は、2005 年 10 月に策定された原子力機構の中期計画において、「廃止の準備を行う施設」として位置づけられたが、代替機能の確保に留意するとともに、ユーザーコミュニティーの意見を聴取しつつ、適切な廃止の方法と時期を検討することが中期計画に付記されたため、2005 年 11 月には、我が国における材料試験用原子炉のあり方等を検討するため、原子力機構外の利用者を集めた JMTR 利用検討委員会を設置して検討を行った。その結果、JMTR を改修し、2030 年頃まで有効利用すべきであると提言された（2006 年 4 月）。さらに、2006 年 7 月には文部科学省科学技術審議会 研究計画・評価委員会の「原子力の研究開発に関する推進方策」において、JMTR は「必要な更新を行い活用していくことを検討すべきである」と記された。

JMTR は、第 165 サイクルの運転完了（2006 年 8 月）をもって一旦停止したが、その後、総合科学技術会議において「JMTR の改修と再稼働を着実に実施すべし」と評価された（2006 年 10 月）。そして、原子力機構は、2007 年度予算の財務省内示を受けたことにより、JMTR を原子力の基盤技術を支える原子炉と位置づけ、2011 年度再稼動を目指し、2006 年 12 月に 2007 年度から改修に着手することを決定した。

この決定を受け、本格的な改修工事に先立ち、JMTR 原子炉施設の健全性調査を行った。この調査は、原子炉建家、排気筒等のコンクリート構造物、原子炉の一次および二次冷却系統等、JMTR 原子炉施設の広範囲にわたり実施した。これらの調査結果を確認しつつ、JMTR の改修作業¹⁾を現在進めているところである。

本報では、2008 年度から開始される JMTR の二次冷却系統の更新工事に先立ち、二次冷却配管の健全性について調査を行った結果及びその後の対応について検討した結果を報告する。

2. JMTR 二次冷却系統の概要

二次冷却系統²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾は、原子炉運転中に炉心内で発生した熱を一次冷却系統から熱交換器を介して受け、それを冷却塔から大気に放散するためのもので、Fig.1 に示すように冷却塔、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 3900 m³/h）が受けた熱は、主熱交換器胴側を上向流で出たのち、直径 750mm の配管（以下、750A 配管、という。）を通って分岐した後、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、空気と向流接触することにより大気中に放散する。冷却された二次冷却水は冷却塔下部のポンド、ポンプ室建屋地下ポンド、循環ポンプ、直径 750mm の配管を経て主熱交換器に戻る。

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 1 に示すように主要な構成材料として炭素鋼であり、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を考慮している。

3. JMTR 二次冷却系配管の健全性調査の概要

二次冷却系統主配管の保全活動⁶⁾は、トレーナー内に敷設された主配管外表面の一部に、コンクリート成分を含む雨水の滴下による腐食が進行したため、1998 年度にその一部を更新した。主配管内面のライニング点検は、過去に 1983 年度及び 1985 年度に実施され、その際に一部塗装も実施した。更に 2004 年度には、主配管の肉厚測定を実施し、減肉のないことを確認している（附録参照）。

今回の健全性調査は、JMTR 再稼動後の二次冷却系統の長期使用を確実にするため、また、今後の保全計画策定の際の基礎とするため、主配管内面の観察、分析、評価及び補修方法の選定に対して行われた。

なお、二次冷却系統の機器のうち更新する機器は、Fig.2 に示すように循環ポンプ（電動機を含む）、補助ポンプ（電動機を含む）、主要電動弁の一部、冷却塔ファンの電動機等である。これらの機器は、既設品と同等のものに更新することで、保守性の向上を図ることとしている。

4. 調査方法

二次冷却系配管内面調査の配管位置図を Fig.3 に示す。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。

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、配管の内側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、膨れ等に着目して、目視により実施した。750A 配管については、作業員が実際に配管内に立ち入り調査を行い、450A 配管については、目視及び目視でき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、調査領域を次のように(1)～(5)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

5. 調査結果

調査結果を Table 2 にまとめ、配管内部の撮影箇所を Fig. 4 に、そして撮影画像を Fig. 5 ~9 にまとめて示す。各調査領域の調査結果は次の通りである。

5.1 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 Fig. 4 に示す。

750A 配管の内側ライニングについては、配管側面のクラックは少なかつたが、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。側面のクラックが少なかつた理由としては、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）されているためと考えられる。

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と考えられる。

5.2 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 Fig. 5 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。更に大小の膨れもみられ、その中は水分を含み錆びている状況であった。

5.3 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 Fig. 6 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、全面に大小にクラック、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。

5.4 給水ヘッダ部及び戻りヘッダ部

給水ヘッダ部及び戻りヘッダ部の配管内部の撮影画像を各々Fig. 7, 8 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。

6. 考察

6.1 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、その上に硬化型樹脂が形成したために、クラックを誘発する原因となった可能性があるからである。
- (2) 配管内面ライニングの状況としては、塗膜下に錆が発生しており、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、JMTR 再稼動前には配管内面ライニングの補修を行う予定である。

6.2 ライニング補修方法について

配管内面ライニングの補修については、まず既存のライニングを剥がす素地調整を行う。その方法には、プラスト法及び動力工具を用いる方法があるが、プラスト法は細かい投射材を気体流と共に吹き付けるため、投射材の除去が必要になるが、二次冷却系配管の構造上、それを除去することは困難であり、動力工具を用いる方法により行うことが現実的である。

動力工具を使った場合には、既存のライニングが全て除去できない可能性があるため、ライニング塗装を行った後は、定期的に点検し、ライニングの健全性を確認する必要がある。なお、現在の技術では、塗膜の耐久年数は一般に 5 年間程度とされており、JMTR 改修後には 5 年を目安にライニングの健全性を調査すべきである。

7.まとめ

2008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、JMTR再稼動後の二次冷却系統の長期使用を確実なものにするための一環として、二次冷却系配管の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、ライニング自体の劣化も進んでいるが、これまでの運転保守管理が適切に実施されており、二次冷却配管の地金を侵食する腐食、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ことを確認した。

JMTR再稼動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り、また、補修後もライニングの健全性を定期的に点検する必要がある。

謝辞

本報告書の作成に際し、内容について貴重なご意見を頂きました宮澤正孝・原子炉施設管理部次長に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 出雲寛互、長尾美春、新見素二、河村 弘：“JMTR改修の全体概要”、UTNL-R0466(2008)
- 2) 材料試験炉部原子炉第1課、私信、(1986)
- 3) 日本原子力研究所大洗研究所原子炉施設設置変更許可申請書（完本）,(2001)
- 4) JMTR Project: “Conceptual design of the Japan Materials Testing Reactor”, JAERI 1056, (1964)
- 5) 材料試験炉部：“JMTR照射ハンドブック”, JAERI-M 94-023(1994)
- 6) 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 1 二次冷却系配管の仕様

構成部材	SS400 (SS41)
呼径/厚さ(mm)	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/タルエポキシ塗料

Table 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
(1) ポンプ室配管	750A	配管側面のクラック等は少ないが、下面に膨れ及びクラック等が確認した。	Fig. 5
	450A	X1～X7 の配管には著しい錆を確認した。溶接部の発錆が著しい。	Fig. 5
(2) トレンチ 1 配管	750A	全面に著しいクラックが見られ、さらにクラック下面には発錆を確認した。 溶接部に膨れを確認した。	Fig. 6 Fig. 6
(3) トレンチ 2 配管	750A	配管下面に剥がれ、割れ、膨れ、錆を確認した。	Fig. 7 Fig. 7
(4) 給水ヘッダ	750A	膨れを確認した。	Fig. 8
	450A	全面に膨れ、発錆を確認した。 腐食の形態として、一部孔食を確認した。	Fig. 8
(5) 戻りヘッダ部	750A	膨れを確認した。	Fig. 9
	450A	全面に膨れ、発錆を確認した。 腐食の形態として、一部孔食を確認した。	Fig. 9

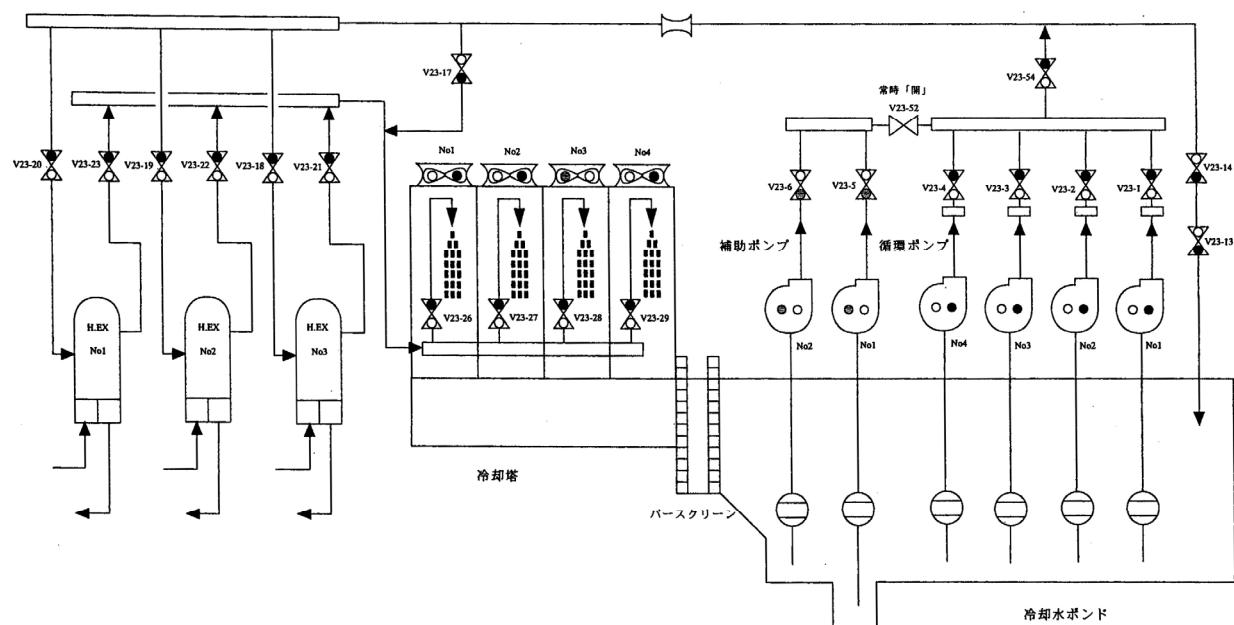


Fig. 1 二次冷却系統の概要

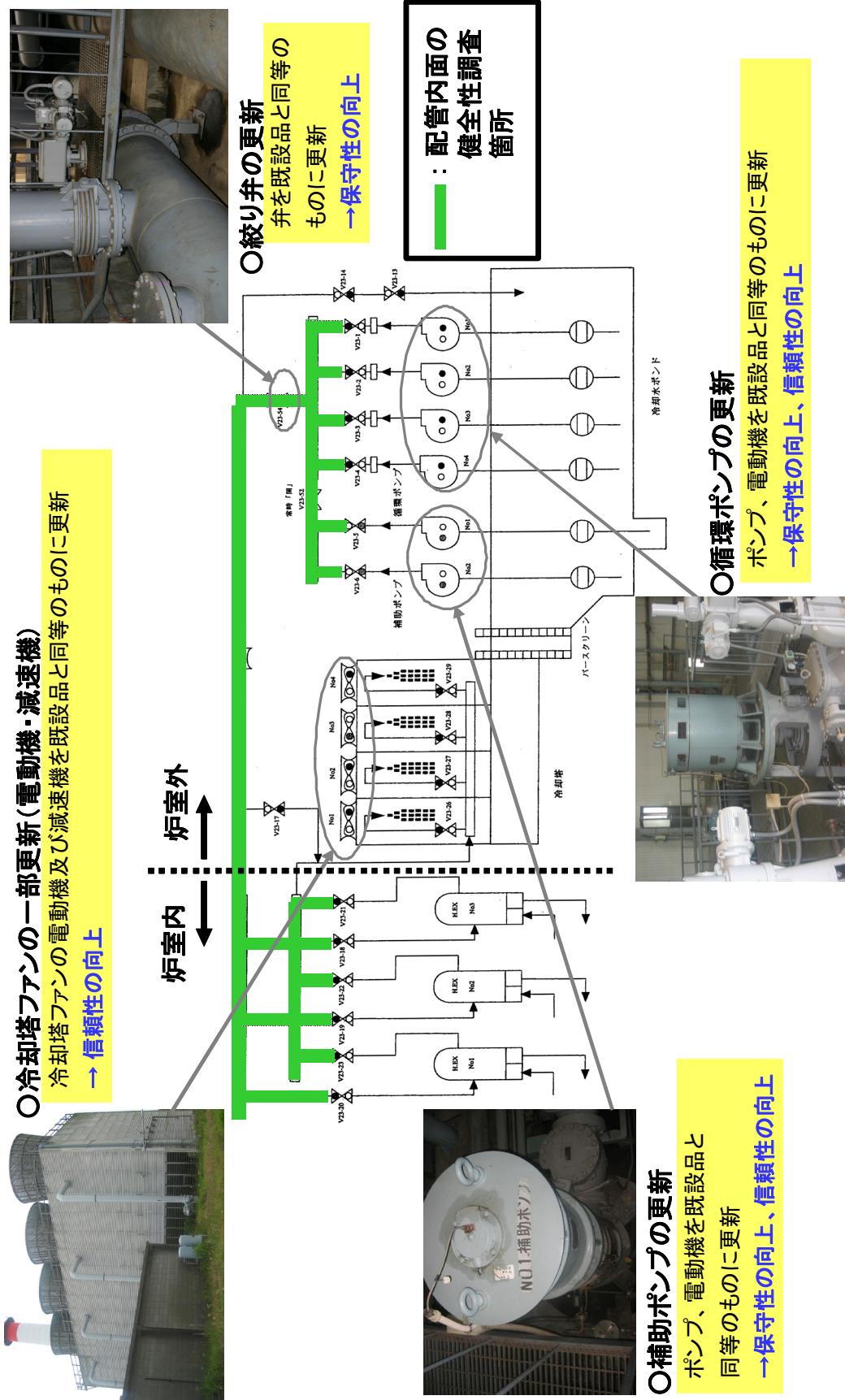


Fig. 2 二次冷却系統における機器更新部と配管内面の健全性調査箇所

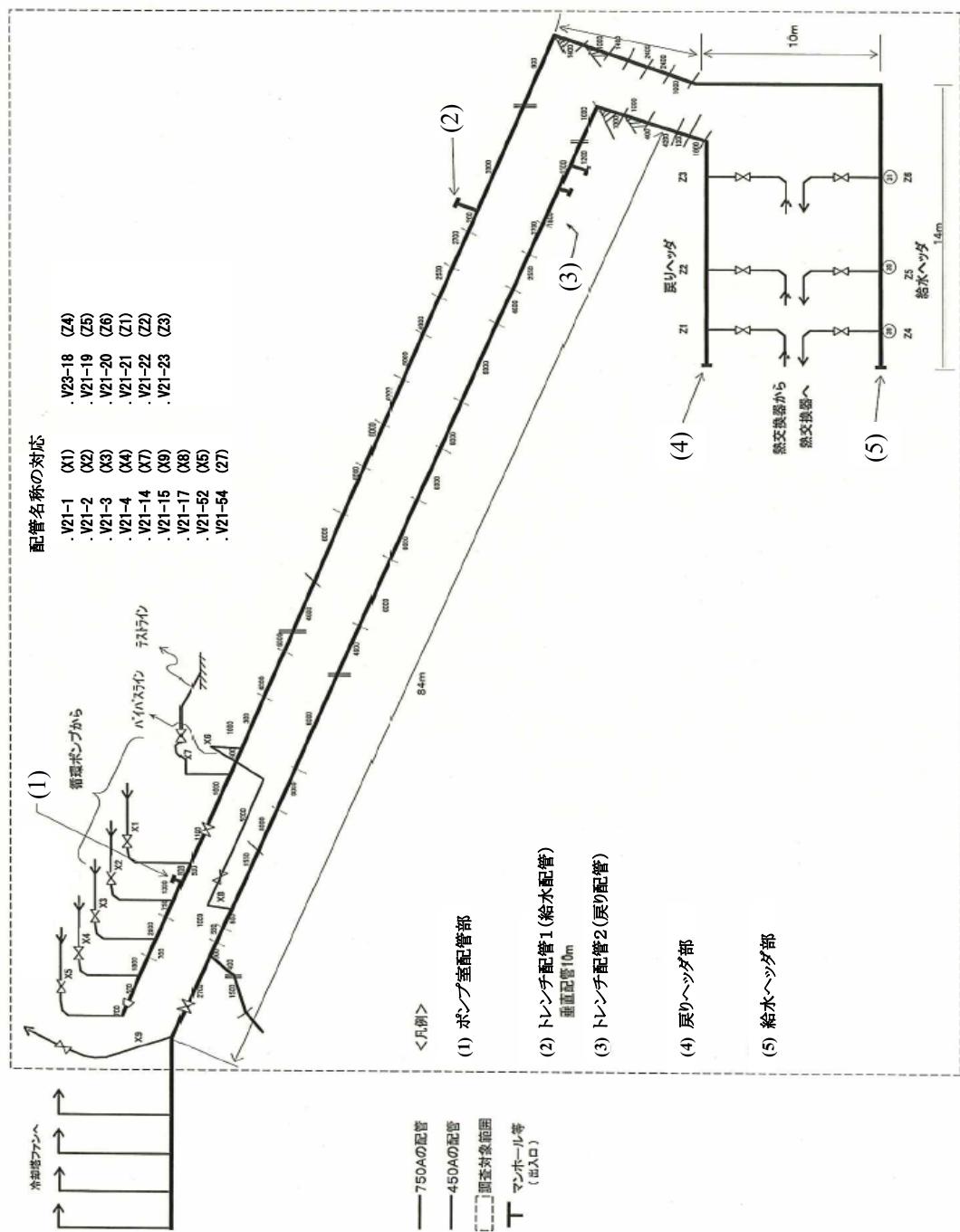


Fig. 3 二次冷却系統配管内面調査のための配管位置図

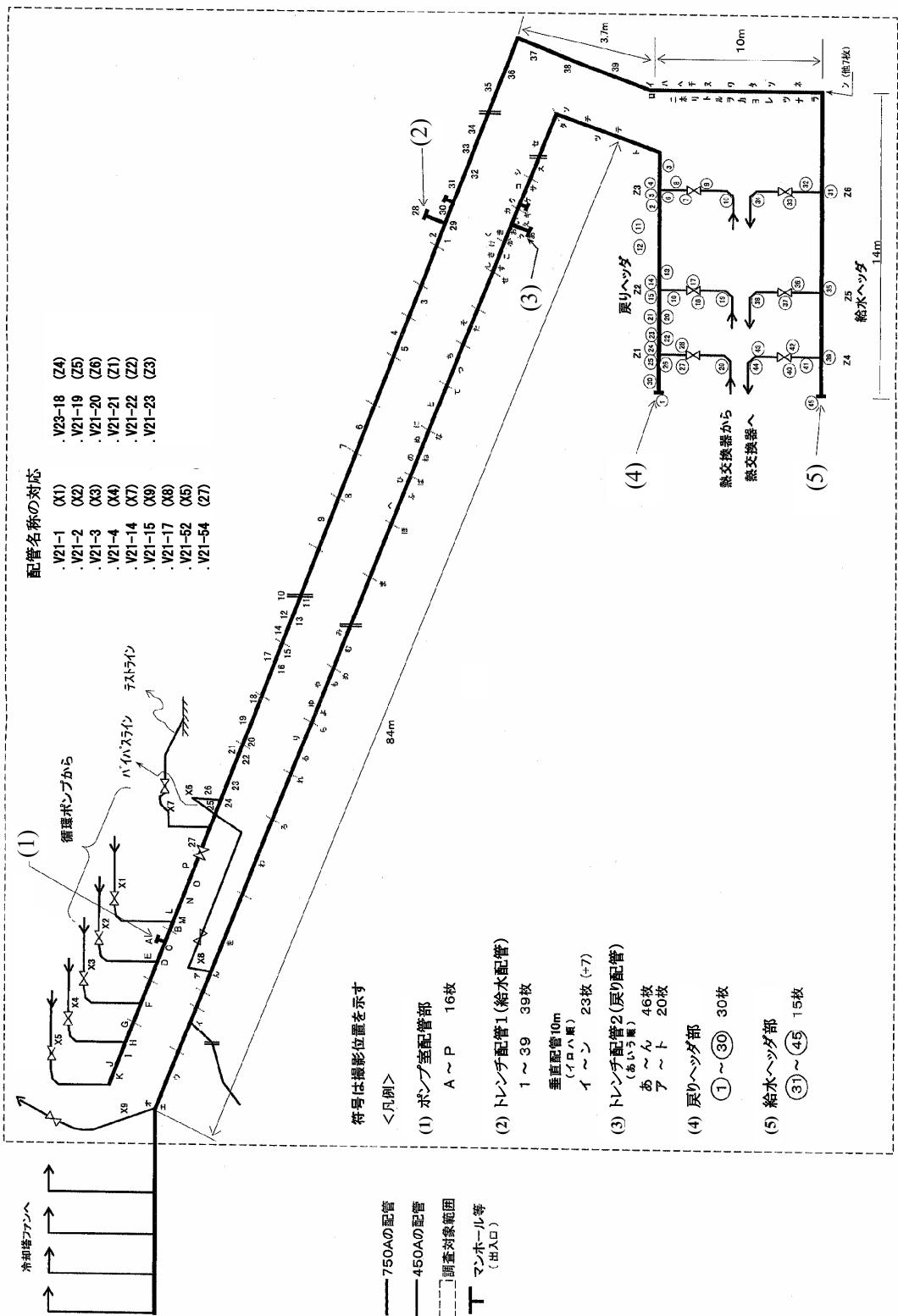


Fig. 4 二次冷却系統配管内面写真撮影位置図

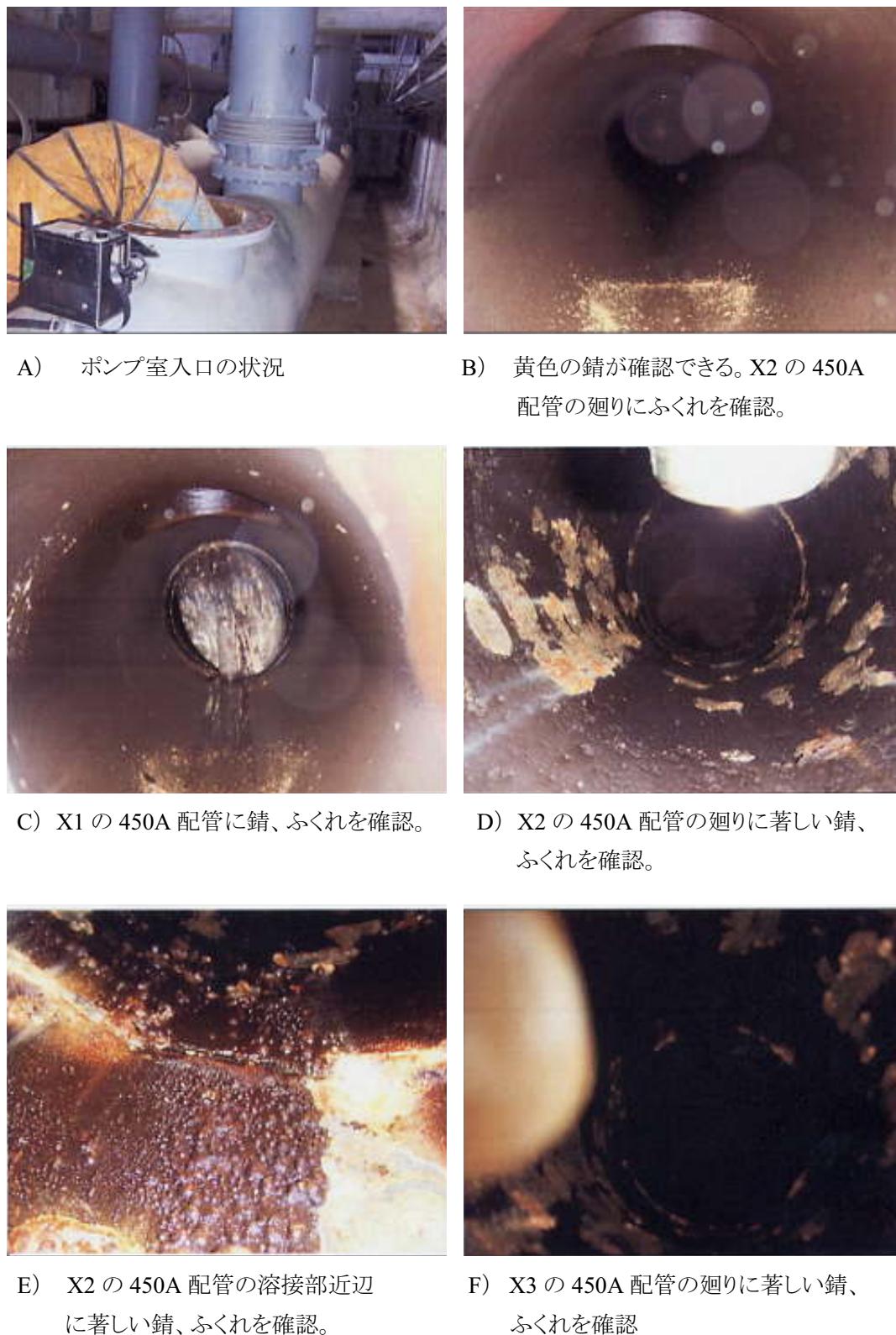


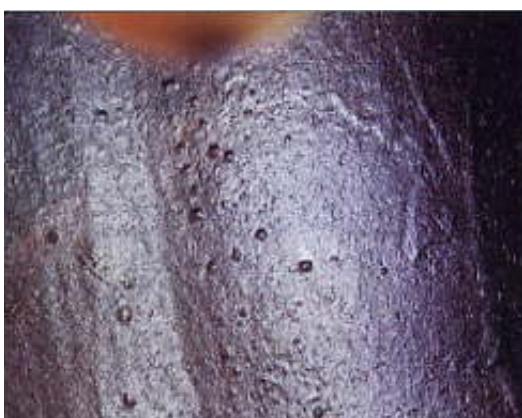
Fig. 5 ポンプ室配管内部撮影画像 (1/3)



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。
(ϕ 1mm~8mm)

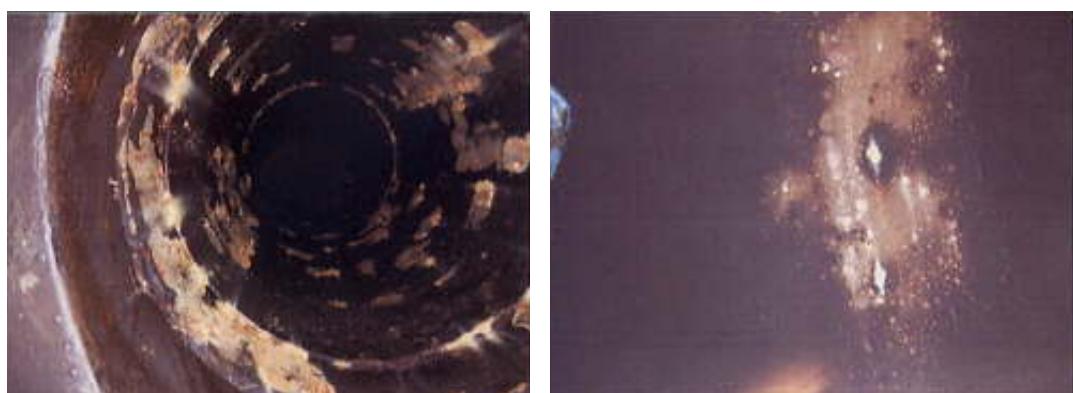


K) X5 の 450A 配管内に著しい錆、
ふくれを確認。



L) 配管側面に大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~5mm)

Fig. 5 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。
(ϕ 1mm～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。
(ϕ 1mm～15mm)

Fig. 5 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。

Fig. 6 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鋆、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、ふくれ内部の鋆を確認(Φ1mm~30mm)。



10) 著しいクラックを確認。

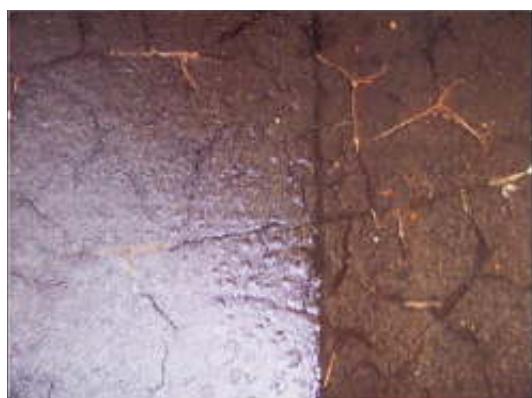


11) 配管下面に鋆、著しいクラックを確認。



12) 配管下面にクラック、鋆を確認。

Fig. 6 トレンチ1配管(給水配管)内部撮影画像(2/12)



13) 配管左面に鋆、クラックを確認。



14) 配管側面に著しいクラック、鋆を確認、
塗膜下にはふくれを確認。



15) 配管全面に鋆、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。
(ϕ 1mm～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、鋆を確認。

Fig. 6 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。



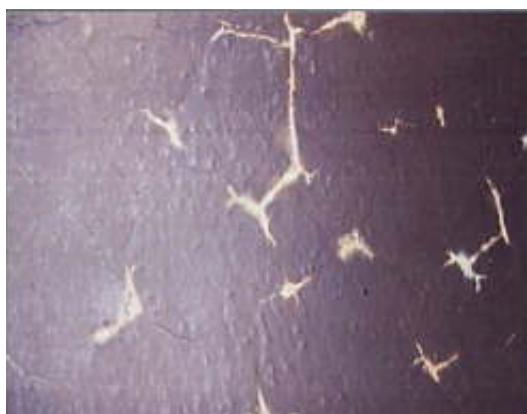
20) 配管下面にクラック、鋆を確認。



21) クラックの広がり、鋆を確認。



22) 配管全面にクラック、鋆を確認。



23) 著しいクラック、ふくれ、鋆を確認。



24) X6 の 450A 配管に著しい鋆を確認。

Fig. 6 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。



26) 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
(ϕ 1mm~20mm)

Fig. 6 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。
(ϕ 1mm~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。



36) 配管下面にふくれ、錆コブ、錆等を確認。

Fig. 6 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、鋸を確認。



38) 配管下面に著しいふくれ、鋸を確認。

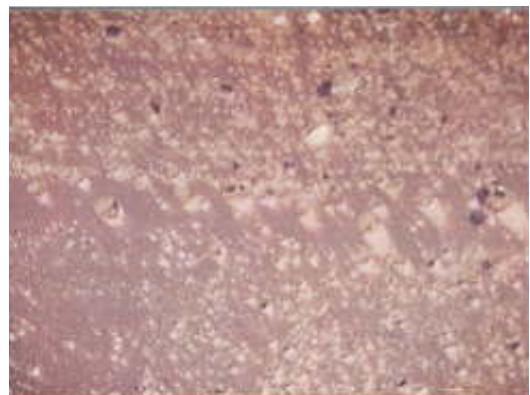


39) 配管側面にふくれを確認。
(ϕ 1mm~30mm)

Fig. 6 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。



二) 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。



ヘ) クラックを接写した状況。

Fig. 6 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。

(ϕ 1mm~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。

Fig. 6 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) 鑄、著しいクラックを確認。

タ) 溶接部に大小のふくれを確認。

(ϕ 1mm～30mm)

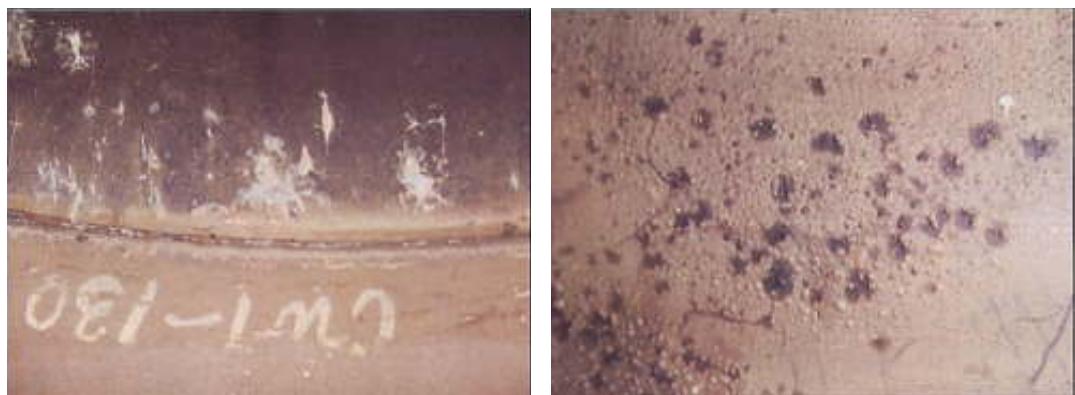


レ) 著しい鑄、ふくれを確認。



ゾ) 著しい鑄、ふくれを確認。

Fig. 6 トレンチ 1 配管（給水配管）内部撮影画像（10/12）



ツ) 鑄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) 溶接部近辺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。



シ) 下方の曲がり部に著しいふくれを確認。
シ-1) 鑄、著しいふくれを確認。

Fig. 6 トレンチ 1 配管（給水配管）内部撮影画像（11/12）



シ-2) 水を含んでいるふくれを確認。



シ-3) 最下部に著しいふくれ錆を確認。



シ-4) 最下部にふくれが発錆に進行して。
いる状況。



シ-5) シ-4の錆を拡大したところ。



シ-6) 最下部の溶接部に大小の著しい
ふくれを確認。($\phi 1\text{mm} \sim 35\text{mm}$)



シ-7) 最下部に著しい錆、ふくれを確認。

Fig. 6 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、著しいわれを確認。



い) 喫水部を近写した状況。



う) 配管曲がり部に大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~30mm)。



え) 配管中間部に大小のふくれ、剥れを確認。



お) 配管下方に大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~10mm)



か) 著しい大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~8mm)

Fig. 7 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。

(ϕ 1mm~30mm)



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) 配管右側面に著しいクラックを確認。

し) クラックを近写した状況、鋸を確認。

Fig. 7 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) 溶接部の塗膜がないのを確認。

なお、これより1区間の配管は補修済み。



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。

Fig. 7 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。
($\phi 1\text{mm} \sim 30\text{mm}$)



に) 溶接部を近写した状況、ふくれの下に
鋆を確認。



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。

Fig. 7 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。

(ϕ 1mm~20mm)



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、鋸を確認。



へ) 配管下面に水を含んだ大小のふくれを確認。(ϕ 1mm~30mm)

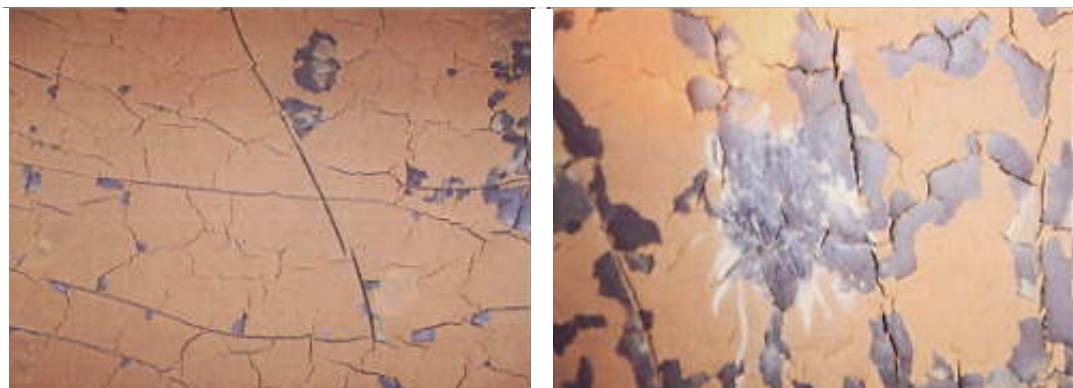


ほ) 溶接部に大小のふくれを確認。(ϕ 1mm~30mm)

Fig. 7 トレンチ 2 配管(給水配管) 内部撮影画像 (5/11)

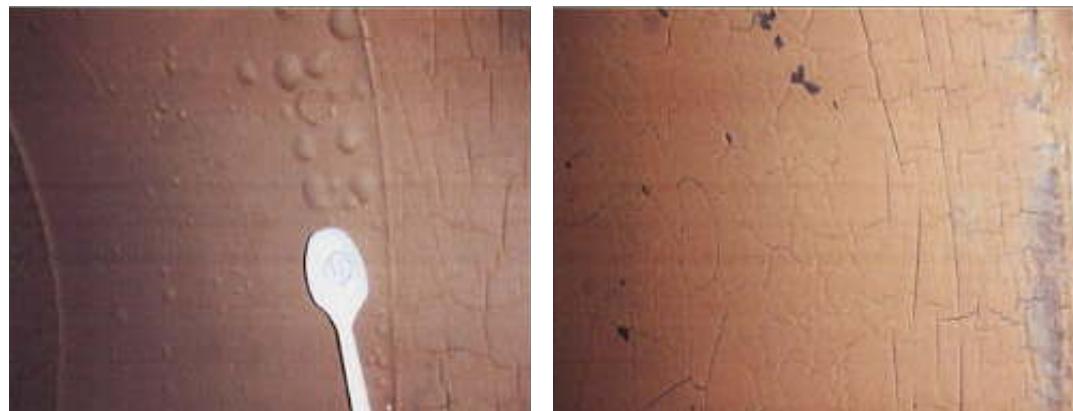


Fig. 7 トレンチ 2 配管（給水配管）内部撮影画像（6/11）



ゆ) 深く長いクラックを確認。

よ) クラックを近写した状況。



ら) No.11 の溶接部に大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~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。
(ϕ 1mm~30mm)

れ) No.12 の溶接部に大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~30mm)

Fig. 7 トレンチ 2 配管（給水配管）内部撮影画像 (7/11)



Fig. 7 トレンチ 2 配管（給水配管）内部撮影画像 (8/11)



ウ) 配管側面にフクレ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、溶接線に鋸、手前にふくれが。確認。



カ) 配管下面に大小のふくれを確認。
($\phi 1\text{mm} \sim 20\text{mm}$)

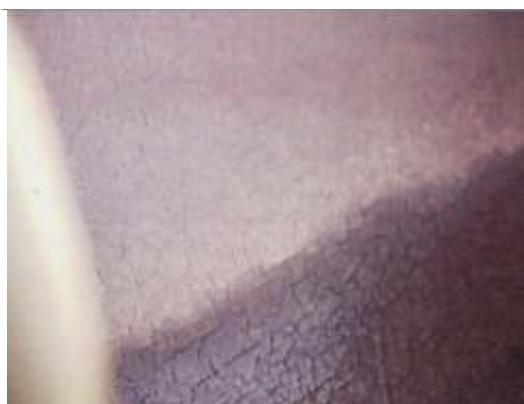


キ) 溶接部のふくれ、近辺のクラックからは鋸を確認。



ク) 配管下面に著しいクラックを確認。

Fig. 7 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) 剥れ、著しいクラックを確認。



サ) 鑄、著しいクラックを確認。



シ) 溶接部には塗膜無く、鑄も確認。



ス) 以前の補修区間に異常は認められず。



セ) 溶接部に著しいフクレを確認。

(ϕ 1mm～10mm)

Fig. 7 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。



ツ) 溶接部にふくれを確認。

(ϕ 1mm~20mm)



テ) 配管右側面に著しいクラックを確認。



ト) クラックを近写した状況。

Fig. 7 トレンチ 2 配管（給水配管）内部撮影画像（11/11）

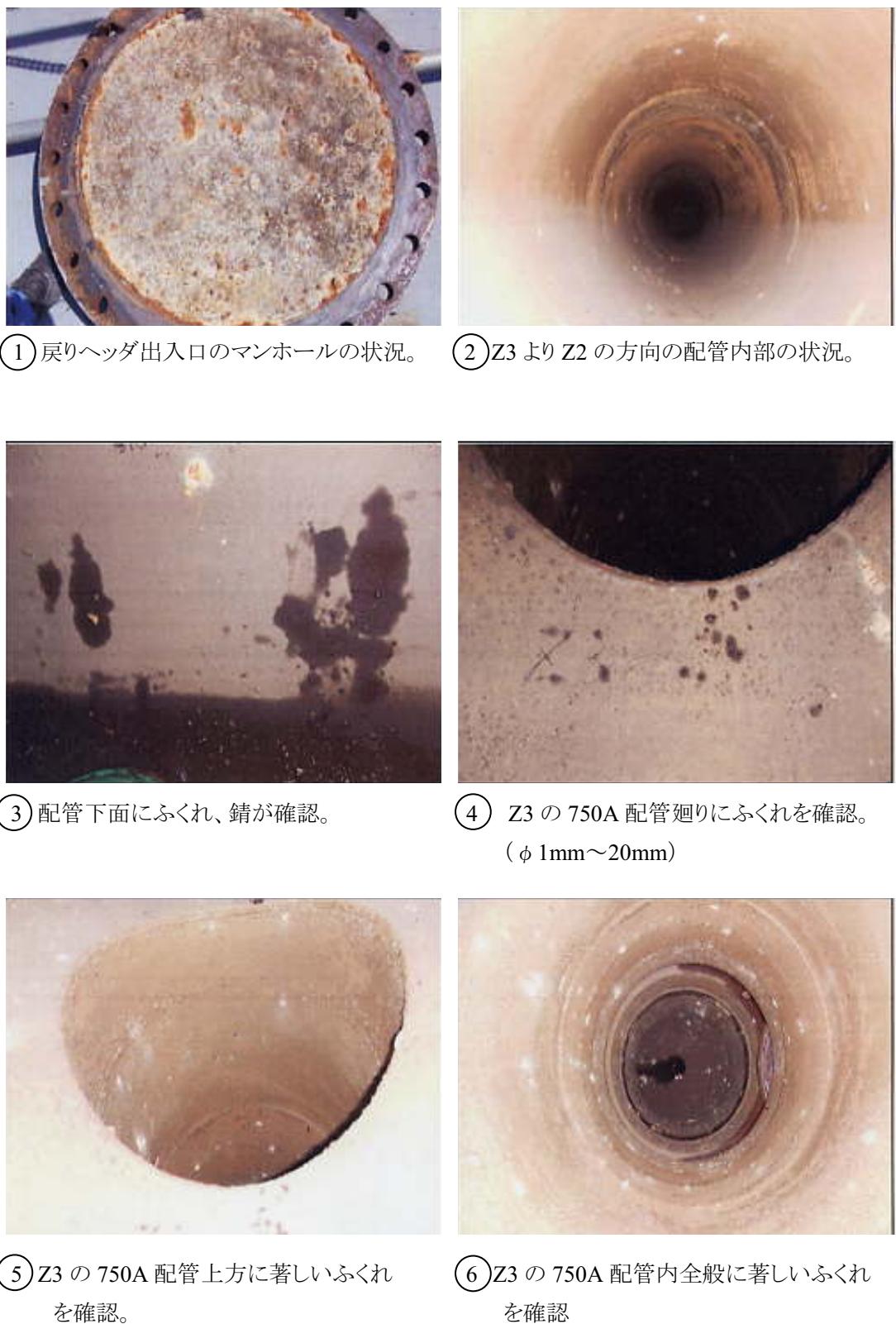


Fig. 8 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (1/5)



⑦ Z3 の 750A 配管下方に著しいふくれを確認。



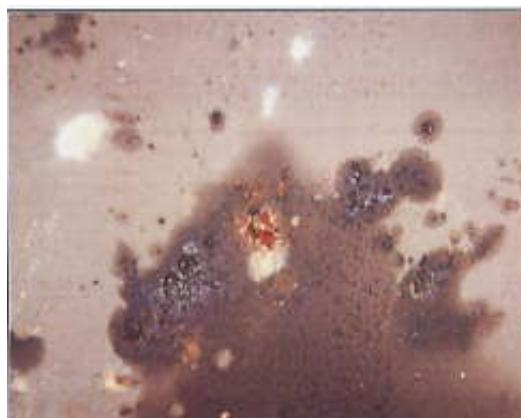
⑧ バルブ上に著しい大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm～30mm)



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。
(ϕ 1mm～30mm)



⑪ 配管下面にふくれ、錆を確認。



⑫ 配管側面にふくれを確認。
(ϕ 1mm～15mm)

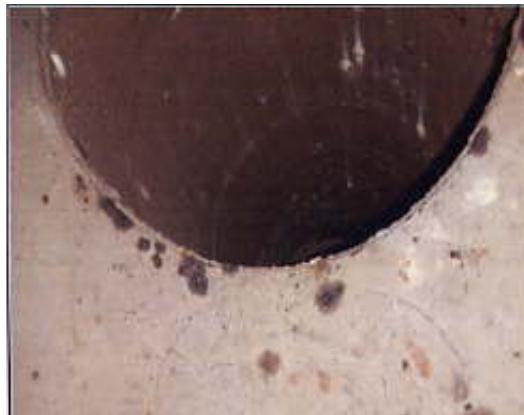
Fig. 8 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (2/5)



⑬ 溶接部に錆、水を含んだふくれを確認。



⑭ Z2 の 750A 配管の廻りにふくれを確認。
(ϕ 1mm~25mm)



⑮ Z2 の 750A 配管の廻りに錆、ふくれを確認。
(ϕ 1mm~25mm)。



⑯ Z2 の 750A 配管下方に錆、著しい
ふくれを確認。



⑰ 配管下面に著しい大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~35mm)



⑱ 黒錆になったふくれを確認。

Fig. 8 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (3/5)



⑯ 配管最下部も著しい錆、ふくれを確認。
⑰ 配管側面に大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~10mm)



⑱ 配管側面に大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm~15mm)



⑲ 溶接部にふくれを確認。
(ϕ 1mm~25mm)



⑳ Z3 の 750A 配管上方に著しいふくれ
を確認。



㉑ Z1 の 750A 配管廻りの状況。

Fig. 8 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (4/5)



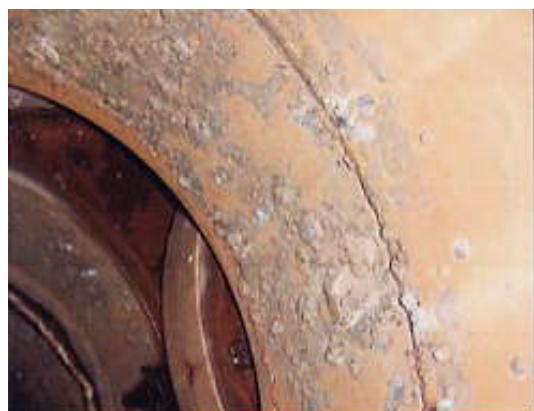
②5 Z1 の 750A 配管上方に著しいふくれを確認。



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



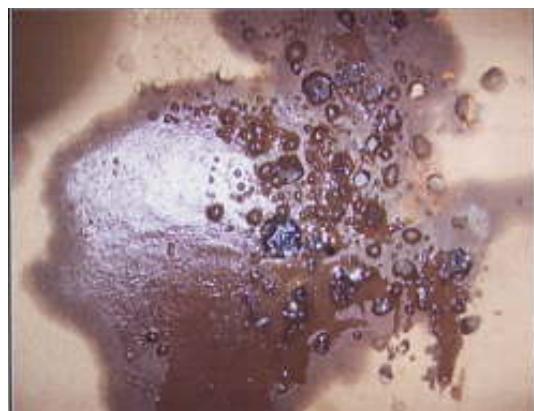
②7 大小のふくれが著しく発錆しているのを確認。(ϕ 1mm～30mm)



②8 バルブ廻りを近写した状況、著しくふくれ、その内部は錆でいる模様。



②9 配管最下部に著しいふくれ、錆を確認。



③0 配管下面に大小のふくれを確認。
(ϕ 1mm～20mm)

Fig. 8 戻りヘッダ配管内部撮影画像 (5/5)



③1 Z6 の 750A 配管の廻りにふくれを確認。
(ϕ 1mm~15mm)



③2 Z6 の 750A 配管内に著しい錆、ふくれを確認。(φ 1mm~20mm)



③3 Z6 の 750A 配管内を近写した状況、著しい錆、ふくれを確認。
(ϕ 1mm~15mm)



③4 配管内最下部を近写した状況、著しい錆、ふくれを確認。(φ 1mm~25mm)



③5 Z5 の 750A 配管の廻りの状況、ふくれを確認。(φ 1mm~25mm)



③6 Z5 の 750A 配管内に著しい錆、ふくれを確認。(φ 1mm~20mm)

Fig. 9 給水ヘッダ配管内部撮影画像 (1/3)



Fig. 9 給水ヘッダ配管内部撮影画像 (2/3)



④③ バルブ下部に著しい錆ふくれを確認。



④④ 配管最下部を近写した状況、著しい
錆ふくれを確認。（ ϕ 1mm～25mm）



④⑤ 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。
(ϕ 1mm～15mm)

Fig. 9 給水ヘッダ配管内部撮影画像 (3/3)

附録 JMTR 二次冷却系配管の肉厚測定結果

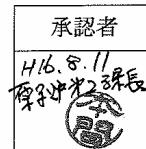
2004 年 8 月 9 日に発生した関西電力美浜原子力発電所 3 号機の二次冷却系配管の破損事故に対する反映として、2004 年 8 月 11 日に JMTR の二次冷却系配管の肉厚測定を実施した。測定は、二次冷却水の流れの様子に着目し、直管部、エルボ部、分岐管部、オリフィス部、弁上流、弁下流について、各々代表的な箇所を選択し、合計 100 箇所（測定点で約 400 点）について実施した。その結果、必要な厚さを上回る肉厚が確保されていることを確認した。

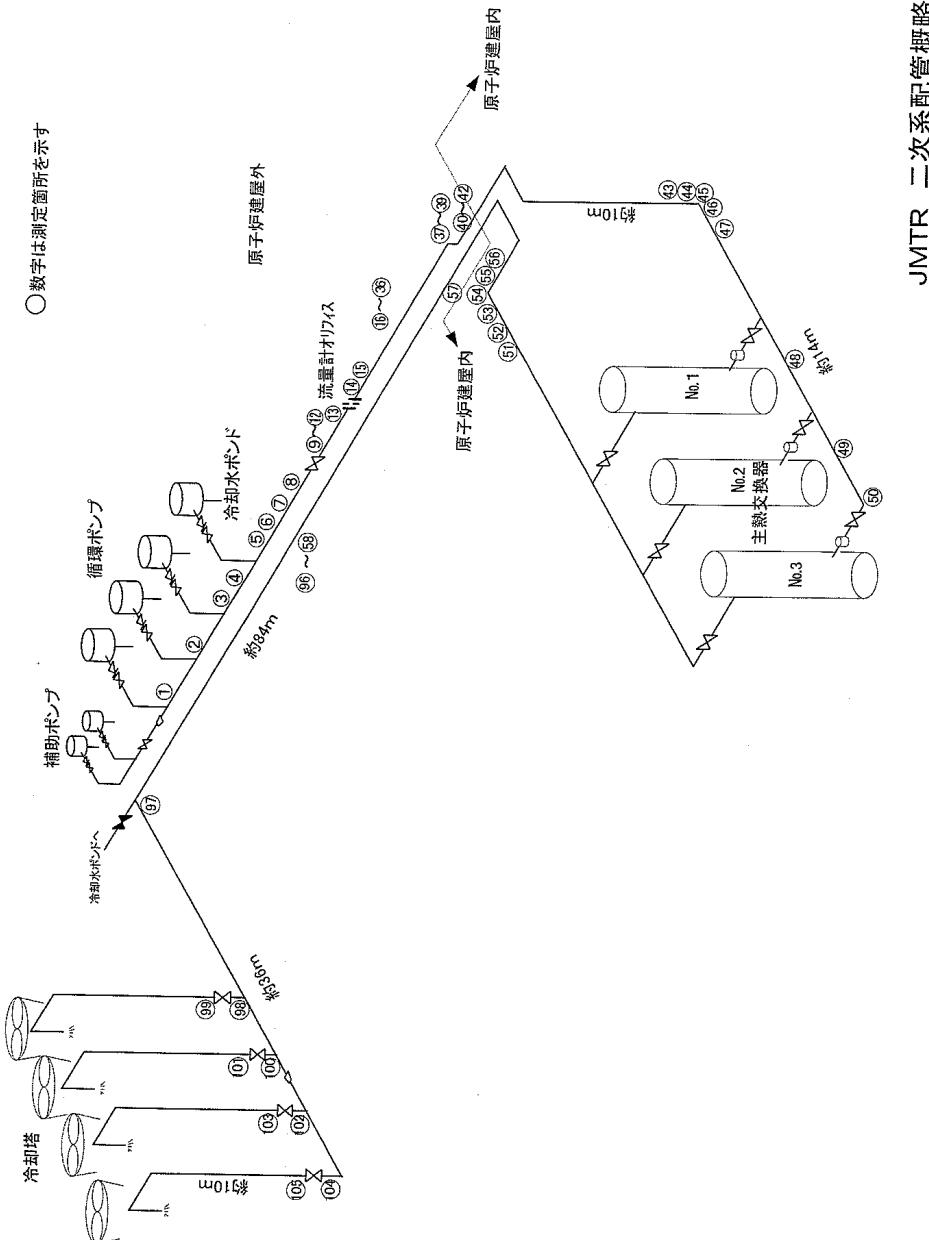
その概要を次頁以降に示す。

平成 16 年 8 月 11 日
原子炉第 2 課

J M T R 二次系配管肉厚測定結果報告

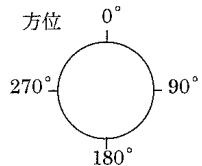
1. 測定年月日 平成 16 年 8 月 11 日
2. 測定者 深作、花川、田畠、竹本、小笠原、宮内、田中
3. 測定器 超音波肉厚計 26MG-XT、krautkramerDMS
4. 配管仕様
 - (1) 配管主要寸法 : 公称 750A (外径 : 762.0 mm)、厚さ 10, 12 mm
450A (外径 : 457.2 mm)、厚さ 8 mm
 - (2) 配管材料 : 炭素鋼钢管 旧規格 SS41 (新 SS400)
管内面 : 樹脂塗料ライニング
 - (3) 使用条件
 - ・流体 : 軽水
 - ・最高使用温度 : 47.5 °C
 - ・最高使用圧力 : 5 kg/cm²
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, krautkramerDMS



測定値の -- は障害物等により測定できず。

測定位置	公称寸法		必要肉厚 (mm)	測定結果		必要肉厚 の確保	備 考
	公称径	肉厚(mm)		方位	測定値 (mm)		
①	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.7	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.6	良	
				270°	10.2	良	
②	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.4	良	直管
				90°	10.4	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.0	良	
③	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.2	良	
				270°	10.0	良	
④	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.8	良	
				270°	10.2	良	
⑤	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.1	良	直管
				90°	10.9	良	
				180°	10.6	良	
				270°	11.1	良	
⑥	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.4	良	
				180°	10.5	良	
				270°	9.8	良	
⑦	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	9.9	良	
				180°	10.7	良	
				270°	9.8	良	
⑧	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	バルブ入口
				90°	10.2	良	
				180°	10.6	良	
				270°	10.6	良	
⑨	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.7	良	バルブ出口
				90°	10.2	良	
				180°	10.5	良	
				270°	10.5	良	
⑩	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	9.9	良	
				180°	10.3	良	
				270°	10.4	良	
⑪	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	9.4	良	直管
				90°	10.1	良	
				180°	10.1	良	
				270°	10.3	良	
⑫	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	9.7	良	直管
				90°	10.0	良	
				180°	10.0	良	
				270°	-	-	

測定位置	公称寸法		必要肉厚 (mm)	測定結果		必要肉厚 の確保	備 考
	公称径	肉厚(mm)		方位	測定値 (mm)		
(13)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	9.6	良	オリフィス入口
				90°	9.9	良	
				180°	9.9	良	
				270°	-	-	
(14)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.0	良	オリフィス出口
				90°	9.5	良	
				180°	9.7	良	
				270°	10.4	良	
(15)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	9.9	良	オリフィス出口
				90°	9.5	良	
				180°	9.9	良	
				270°	10.2	良	
(16)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.4	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.9	良	
(17)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.0	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.6	良	
(18)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.0	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.3	良	
(19)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.7	良	直管
				90°	10.9	良	
				180°	10.6	良	
				270°	10.0	良	
(20)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.9	良	直管
				90°	10.8	良	
				180°	10.9	良	
				270°	10.0	良	
(21)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.2	良	直管
				90°	10.7	良	
				180°	11.0	良	
				270°	11.1	良	
(22)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.0	良	直管
				90°	10.8	良	
				180°	11.2	良	
				270°	10.8	良	
(23)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.4	良	直管
				90°	10.7	良	
				180°	11.1	良	
				270°	11.0	良	
(24)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	11.1	良	
				270°	11.1	良	
(25)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.2	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.9	良	
				270°	10.6	良	
(26)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	11.0	良	
				270°	11.0	良	

測定位置	公称寸法		必要肉厚 (mm)	測定結果		必要肉厚 の確保	備 考
	公称径	肉厚(mm)		方位	測定値 (mm)		
(27)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.9	良	
(28)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.0	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.8	良	
(29)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.2	良	直管
				90°	10.4	良	
				180°	10.8	良	
				270°	10.5	良	
(30)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.3	良	直管
				90°	10.1	良	
				180°	11.0	良	
				270°	10.8	良	
(31)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	12.3	良	直管
				90°	12.1	良	
				180°	12.4	良	
				270°	12.1	良	
(32)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.2	良	直管
				90°	11.4	良	
				180°	10.9	良	
				270°	11.0	良	
(33)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.3	良	直管
				90°	11.4	良	
				180°	11.6	良	
				270°	10.4	良	
(34)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.3	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.9	良	
				270°	-	-	
(35)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.4	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.3	良	
				270°	9.8	良	
(36)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.4	良	直管
				90°	10.9	良	
				180°	11.9	良	
				270°	11.5	良	
(37)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.9	良	エルボ
				90°	10.6	良	
				180°	10.2	良	
				270°	10.9	良	
(38)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.9	良	直管
				90°	9.6	良	
				180°	10.8	良	
				270°	11.1	良	
(39)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.2	良	エルボ
				90°	11.2	良	
				180°	10.9	良	
				270°	9.8	良	
(40)	750A (外径 762.0mm)	12	2.7	0°	12.9	良	直管
				90°	12.7	良	
				180°	13.3	良	
				270°	12.9	良	

測定位置	公称寸法		必要肉厚 (mm)	測定結果		必要肉厚 の確保	備 考
	公称径	肉厚(mm)		方位	測定値 (mm)		
(41)	750A (外径 762.0mm)	12	2.7	0°	13.1	良	直管
				90°	13.0	良	
				180°	13.5	良	
				270°	13.4	良	
(42)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.5	良	
				270°	11.0	良	
(43)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.5	良	
				270°	10.5	良	
(44)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.1	良	
				270°	10.6	良	
(45)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	エルボ
				90°	10.3	良	
				180°	10.3	良	
				270°	10.3	良	
(46)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.4	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.6	良	
				270°	10.6	良	
(47)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.2	良	直管
				90°	10.1	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.6	良	
(48)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.4	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.6	良	
(49)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.3	良	直管
				90°	10.2	良	
				180°	10.6	良	
				270°	10.7	良	
(50)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.4	良	直管
				90°	10.4	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.5	良	
(51)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	-	-	直管
				90°	-	-	
				180°	9.7	良	
				270°	-	-	
(52)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	-	-	直管
				90°	-	-	
				180°	9.8	良	
				270°	-	-	
(53)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	-	-	直管
				90°	-	-	
				180°	9.7	良	
				270°	-	-	
(54)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	-	-	エルボ
				90°	-	-	
				180°	10.6	良	
				270°	-	-	

測定位置	公称寸法		必要肉厚 (mm)	測定結果		必要肉厚 の確保	備 考
	公称径	肉厚(mm)		方位	測定値 (mm)		
(55)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	-	-	直管
				90°	-	-	
				180°	10.6	良	
				270°	-	-	
(56)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	-	-	直管
				90°	-	-	
				180°	10.3	良	
				270°	-	-	
(57)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	-	-	
				180°	10.8	良	
				270°	10.3	良	
(58)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.6	良	
				270°	11.2	良	
(59)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	直管
				90°	10.7	良	
				180°	10.2	良	
				270°	10.4	良	
(60)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.2	良	直管
				90°	10.4	良	
				180°	10.3	良	
				270°	10.3	良	
(61)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.8	良	
				180°	11.2	良	
				270°	10.2	良	
(62)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.2	良	
(63)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.7	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.7	良	
(64)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.3	良	
(65)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.3	良	直管
				90°	10.0	良	
				180°	10.2	良	
				270°	10.1	良	
(66)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.3	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.1	良	
				270°	10.3	良	
(67)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.3	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.1	良	
				270°	10.2	良	
(68)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.2	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.5	良	

測定位置	公称寸法		必要肉厚 (mm)	測定結果		必要肉厚 の確保 (mm)	備 考
	公称径	肉厚(mm)		方位	測定値 (mm)		
(69)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.0	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.8	良	
(70)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.0	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.8	良	
(71)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.1	良	直管
				90°	10.8	良	
				180°	10.8	良	
				270°	11.0	良	
(72)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.0	良	直管
				90°	10.7	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.8	良	
(73)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.3	良	直管
				90°	10.8	良	
				180°	10.5	良	
				270°	11.0	良	
(74)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.7	良	直管
				90°	10.7	良	
				180°	10.3	良	
				270°	10.7	良	
(75)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.4	良	直管
				90°	10.8	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.8	良	
(76)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.4	良	
				180°	10.7	良	
				270°	11.1	良	
(77)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.7	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	10.6	良	
				270°	10.8	良	
(78)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.8	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.2	良	
				270°	11.0	良	
(79)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.0	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.1	良	
				270°	10.9	良	
(80)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.1	良	直管
				90°	11.0	良	
				180°	10.4	良	
				270°	11.4	良	
(81)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.3	良	
				180°	11.2	良	
				270°	11.7	良	
(82)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.2	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.3	良	
				270°	11.2	良	

測定位置	公称寸法		必要肉厚 (mm)	測定結果		必要肉厚 の確保	備 考
	公称径	肉厚(mm)		方位	測定値 (mm)		
(83)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.0	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.7	良	
				270°	11.2	良	
(84)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.9	良	直管
				90°	10.6	良	
				180°	10.2	良	
				270°	10.5	良	
(85)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	11.4	良	直管
				90°	10.8	良	
				180°	10.4	良	
				270°	11.0	良	
(86)	750A (外径 762.0mm)	12	2.7	0°	12.6	良	直管
				90°	12.1	良	
				180°	12.0	良	
				270°	11.0	良	
(87)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	直管
				90°	10.2	良	
				180°	10.3	良	
				270°	10.3	良	
(88)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.5	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.4	良	
(89)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.4	良	直管
				90°	10.0	良	
				180°	10.4	良	
				270°	10.4	良	
(90)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.3	良	直管
				90°	10.0	良	
				180°	10.6	良	
				270°	10.2	良	
(91)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.9	良	直管
				90°	10.7	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.1	良	
(92)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.7	良	
				180°	10.7	良	
				270°	10.1	良	
(93)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.1	良	
				180°	10.8	良	
				270°	11.0	良	
(94)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.6	良	直管
				90°	10.9	良	
				180°	10.8	良	
				270°	10.6	良	
(95)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.5	良	
				180°	10.5	良	
				270°	11.0	良	
(96)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	10.8	良	直管
				90°	10.1	良	
				180°	10.9	良	
				270°	11.0	良	

測定位置	公称寸法		必要肉厚 (mm)	測定結果		必要肉厚 の確保	備 考
	公称径	肉厚(mm)		方位	測定値 (mm)		
(97)	750A (外径 762.0mm)	10	2.7	0°	12.5	良	テーズ
				90°	13.5	良	
				180°	12.3	良	
				270°	12.3	良	
(98)	450A (外径 457.2mm)	8	1.6	0°	9.2	良	バルブ入口
				90°	8.9	良	
				180°	8.7	良	
				270°	9.0	良	
(99)	450A (外径 457.2mm)	8	1.6	0°	9.1	良	バルブ出口
				90°	9.0	良	
				180°	9.0	良	
				270°	8.9	良	
(100)	450A (外径 457.2mm)	8	1.6	0°	9.0	良	バルブ入口
				90°	9.2	良	
				180°	8.7	良	
				270°	9.1	良	
(101)	450A (外径 457.2mm)	8	1.6	0°	9.8	良	バルブ出口
				90°	9.5	良	
				180°	10.3	良	
				270°	11.3	良	
(102)	450A (外径 457.2mm)	8	1.6	0°	9.2	良	バルブ入口
				90°	8.7	良	
				180°	8.6	良	
				270°	9.0	良	
(103)	450A (外径 457.2mm)	8	1.6	0°	7.2	良	バルブ出口
				90°	8.1	良	
				180°	8.4	良	
				270°	8.9	良	
(104)	450A (外径 457.2mm)	8	1.6	0°	8.7	良	バルブ入口
				90°	8.4	良	
				180°	8.8	良	
				270°	9.1	良	
(105)	450A (外径 457.2mm)	8	1.6	0°	8.2	良	バルブ出口
				90°	9.2	良	
				180°	8.6	良	
				270°	8.9	良	

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	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 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	メートル毎秒	m ⁻¹
密度(質量密度)	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
質量体積(比体積)	立法メートル毎キログラム	m ³ /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
(物質量)濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率	(数の)1	1

表3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン ^(a)	rad	$m \cdot m^{-1}$ ^(b)
立体角	ステラジアン ^(a)	sr ^(c)	$m^2 \cdot m^{-2}$ ^(b)
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
圧力、応力	ニュートン	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
工率、電気量	ワット	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
電荷、電気量	クーロン	C	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
電位差(電圧)、起電力	ボルト	V	C/V
静電容量	フアード	F	$m^2 \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
コンダクタンス	ジemens	S	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2
インダクタンス	ヘンリイ	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 ^(d)	°C	K
光束	ルーメン	lm	$cd \cdot sr^{(c)}$
(放射性核種)放射能	ベクレル	Bq	$lm \cdot m^{-2}$
吸収線量、質量エネルギー一分率	グレイ	Gy	lm/m^2
線量当量、周辺線量当量	カーマ		$m^2 \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$
方向性線量当量、個人線量当量、組織線量当量	シーベルト	Sv	$m^2 \cdot s^{-2}$

(a)ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なる性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときのいくつかの用例は表4に示されている。

(b)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“1”は明示されない。

(c)測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。

(d)この単位は、例としてミリセルシウス度m°CのようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa·s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
表面張力	ニュートンメートル	N·m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s ²	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
熱流密度、放射照度	ワット每平方メートル	W/m ²	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
熱容量、エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量熱容量(比熱容量)	ジュール毎キログラム	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量エントロピー	毎ケルビン		
質量エネルギー(比エネルギー)	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
熱伝導率	ワット每メートル毎ケルビン	W/(m·K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
電界の強さ	ボルト每メートル	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
誘電率	ファラード每メートル	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
透磁率	ヘンリー每メートル	H/m	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
モルエントロピー	ジュール毎モル每ケルビン	J/(mol·K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
モル熱容量	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
照射線量(X線及びγ線)	クーロン毎キログラム		
吸収線量率	グレイ每秒	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
放射強度	ワット每スチラジアン	W/sr	$m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
放射輝度	ワット每平方メートル每スチラジアン	W/(m ² ·sr)	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = kg \cdot s^{-3}$

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	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}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	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	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^2	ヘクト	h	10^{-21}	ゼット	z
10^1	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

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=86400 s
度	°	°=(π/180) rad
分	'	'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	"=(1/60)'=(π/648000) rad
リットル	L	1L=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg
ネーベル	Np	1Np=1
ベル	B	1B=(1/2)ln10(Np)

表7. 国際単位系と併用されこれに属さないSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	1eV=1.60217733(49)×10 ⁻¹⁹ J
統一原子質量単位	u	1u=1.6605402(10)×10 ⁻²⁷ kg
天文単位	ua	1ua=1.49597870691(30)×10 ¹¹ m

表8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里	里	1海里=1852m
ノット	ト	1ノット=1海里每時=(1852/3600)m/s
アール	a	1a=1 dam ² =10 ² m ²
ヘクタール	ha	1ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
バル	bar	1bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10 ⁵ Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=10 ⁻¹⁰ m
バーン	b	1b=100 fm ² =10 ⁻²⁸ m ²

表9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイニン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ボアズ	P	1 P=1 dyn·s/cm ² =0.1Pa·s
ストークス	St	1 St=1cm ² /s=10 ⁻⁴ m/s
ガウス	G	1 G=10 ⁻⁴ T
エルステッド	Oe	1 Oe=1(1000/4π)A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx=10 ⁻⁸ Wb
スチルブ	sb	1 sb=1cd/cm ² =10 ⁴ cd/m ²
ホル	ph	1 ph=10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal=1cm/s ² =10 ⁻² m/s ²

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリ	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
X線単位	X unit	1X unit=1.002×10 ⁻⁴ nm
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
ジャニスキー	Jy	1 Jy=10 ⁻²⁶ W·m ⁻² Hz ⁻¹
フェルミ	fm	1 fermi=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット	Torr	1 metric carat = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
標準大気圧	atm	1 Torr = (101 325/760) Pa
カリヨーン	cal	1 atm = 101 325 Pa
ミクロ	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

