

JAERI-Tech
2005-042



JP0550307



研究用原子炉(JRR-4)の制御棒挿入
障害事象に係る再発防止対策

2005年7月

JRR-4管理課・研究炉利用課

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2005

編集兼発行 日本原子力研究所

研究用原子炉(JRR-4)の制御棒挿入障害事象に係る再発防止対策

日本原子力研究所東海研究所研究炉部
JRR-4 管理課・研究炉利用課

(2005年7月1日受理)

研究用原子炉(JRR-4)において、平成17年6月10日に、定格出力(3,500kW)で運転中、制御棒挿入障害事象が発生し、原子炉を手動停止した。

原因調査の結果、制御棒挿入障害は制御棒の振れを止める部分のねじが緩み、このねじが制御棒と干渉して挿入ができなくなったものであることが判明した。原因となったねじを新品と交換し正常な状態に復旧するとともに、制御棒挿入障害事象の重みを考え、再発防止対策として、同様の事象を引き起こす可能性のある炉心上部の全てのねじ類の増し締め点検を行った。今後は、これらのねじ類について増し締め点検を定期的実施していくこととした。

本書は、再発防止対策として実施したねじ類の増し締め点検についてとりまとめたものである。

Preventive Measures for the Recurrence of Control Rod Insertion Failure in
Japan Research Reactor No.4 (JRR-4)

JRR-4 Operation Division and Research Reactor Utilization Division

Department of Research Reactor
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received July 1, 2005)

Japan Research Reactor No.4 (JRR-4) was shut down manually, due to the control rod insertion failure occurred during the rated power (3,500kW) operation on June 10, 2005.

It became evident by the investigation that a screw bolt at the control rod support got loose and blocked the control rod insertion. The failure was recovered through replacement with the new screw bolt. Considering the importance of this event, we decided to inspect all screw bolts over the core that may cause a control rod insertion failure. Furthermore, we decided to carry out periodical inspection about these screw bolts whether they were tightened enough or not.

This report describes the result of inspection carried out as the preventive measures.

Keywords: Research Reactor, JRR-4, Control Rod, Control Rod Insertion Failure, Screw Bolt, Periodical Inspection

目 次

1. はじめに -----	1
2. JRR-4 原子炉施設 -----	2
2.1 施設の概要 -----	2
2.2 炉心タンク内の構造 -----	2
2.3 制御設備 -----	2
3. 制御棒挿入障害 -----	10
4. 点検計画 -----	14
5. 点検結果 -----	16
6. まとめ -----	19
謝辞 -----	19
参考文献 -----	19
付録	
A JRR-4 原子炉施設の手動停止について -----	21
B 緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与えるねじ、ボルト等の点検計画書 -----	31
C 緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与えるねじ、ボルト等の点検結果報告書 -----	37
D ねじ及びテフロン製ガイド交換作業記録 -----	51
E 制御棒駆動試験記録 -----	55

Contents

1. Introduction-----	1
2. JRR-4 Facility-----	2
2.1 Outline of JRR-4 Facility-----	2
2.2 Core Tank Configuration-----	2
2.3 Reactor Control System-----	2
3. Control Rod Insertion Failure Event-----	10
4. Inspection Plan-----	14
5. Inspection Result-----	16
6. Summary-----	19
Acknowledgements-----	19
References-----	19
Appendix	
A Report of JRR-4 Manual Shut Down-----	21
B Inspection Plan of Screw Bolts That May Cause a Control Rod Insertion Failure-----	31
C Inspection Result of Screw Bolts That May Cause a Control Rod Insertion Failure-----	37
D Inspection Record of Replacement with the Screw Bolts and Teflon Plates-----	51
E Inspection Record of Control Rod Equipment-----	55

点検作業実施者

JRR-4 管理課

課長	加島 洋一
課長代理	渡辺 終吉
第1係長	伊藤 和博
	大山 光樹
	石黒 裕大
	堀口 洋徳
	平根 伸彦
第2係長	新井 信義
	横尾 健司
	八木 理公
	佐々木 勉
	木村 和也
第3係長	根本 工
	永富 英記
	井坂 正規

研究炉利用課

課長	楠 剛
第5係長	市村 茂樹
	岸 敏明

This is a blank page.

1. はじめに

研究用原子炉 JRR-4 (Japan Research Reactor No.4) は、濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型、定格出力 3,500kW、1 次冷却水炉心出口平均温度 47℃の原子炉である¹⁾。

JRR-4 は、昭和 40 年 1 月に初臨界を達成以来、原子力船「むつ」の遮へいモックアップ実験、ラジオアイソトープ製造、放射化分析等の研究に利用され、昭和 51 年には最大熱出力を 2,500kW から 3,500kW に上昇し、現在まで 40 年余り運転を行ってきた。平成 10 年には、運転開始当初からの高濃縮ウラン燃料炉心を低濃縮ウラン炉心に移行するとともに、併せて、原子炉建家の補強、計測制御システムの更新のほかに新たに医療照射設備を設置するなどの整備を行った。原子炉施設の設備・機器の経年変件事象の対策は、毎年実施している施設定期自主検査及び点検・保守を通じて、その状況を把握し、必要に応じて交換及び更新等を実施して健全性の維持に努めてきた。

平成 17 年 6 月 10 日、定格出力運転中、11 時 25 分に微調整棒そう入障害が発生したことから、11 時 29 分に原子炉を手動停止した。その後の調査において、制御棒挿入障害は振れ止めのハンドル部のテフロン製ガイドを固定するねじ（皿小ねじ：頭部径 8mm φ、長さ 8mm）が緩み、このねじが干渉して制御棒を挿入できなくなったことが判明した。

制御棒の経年変件事象の対策として、制御棒駆動装置については摩擦が発生する機器としてギア、ベアリング等について定期的に分解点検を行ってきた。また、中性子吸収体については、計算により照射量を評価して管理してきた。今回の事象の原因となった制御棒の振れ止めについては、制御棒を支持する機器として、日常の点検及び施設定期自主検査において炉心タンク上部から目視により状態を監視してきた。しかしながら振れ止めのハンドル部は、制御棒の連結ロッドが摺動する機器ではあるが、炉心タンク水位を下げたまでの点検は行ってこなかった。

制御棒挿入障害事象の重みを考え、以下の再発防止対策を実施することとした。

- (1) 制御棒挿入障害の原因となったねじ及びこのねじで固定されていたテフロン製ガイドを新品に交換する。
- (2) 全ての制御棒について振れ止めに用いられているねじ、ボルト等の増し締め点検を行う。
- (3) 炉心タンク内及び炉心タンクより上部の緩み、脱落等により制御棒の駆動に障害を与えるおそれのある全てのねじ、ボルト等について、増し締め点検を行う。

これらの点検を確実かつ効率的に実行するため、点検に先行し、点検方針、点検要領、点検対象及び作業における注意事項を定めた計画書を作成し、点検を計画的に実施することとした。また、今後の再発防止対策として、炉心タンク内及び炉心タンクより上部の緩み、脱落等により制御棒の駆動に障害を与えるおそれのある全てのねじ、ボルト等について定期的な増し締めの実施を検討することとした。

2. JRR-4 原子炉施設

2.1 施設の概要

JRR-4 は、濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型の最大熱出力 3,500kW、最大熱中性子束は $7 \times 10^{17} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ の研究用原子炉である。JRR-4 は、中出力炉の特性を活かした小回りの利くデイリー運転形態とし、広範囲な利用に対応するため、気送管照射設備、簡易照射筒、中性子ビーム設備などの各種照射・実験設備を設置している。第 2.1.1 表に JRR-4 本体施設の主要緒元を示す。

原子炉本体は、炉心部、炉心タンク、炉心ブリッジ及びプールから構成する。第 2.1.1 図に JRR-4 鳥瞰図、第 2.1.2 図に原子炉本体鳥瞰図を示す。

炉心部は、炉心ブリッジから吊り下げた炉心タンク内に収めてあり、水深 9.8m の位置にある。炉心タンクは、No.1 プール内にあり、No.1 プールは、約 380 m^3 のプール水を保有する。炉心タンク及び No.1 プールの水位は、炉心上部から約 7.8m 以上が確保され、原子炉運転時には放射線を遮へいする役目を果たしている。No.1 プールとゲートで区切られた No.2 プールは、原子炉運転時の放射線の遮へい及び使用済燃料の保管を行う。

炉心部は、燃料要素、反射体要素、格子板、制御棒及び照射筒等で構成し、格子板に燃料要素、反射体要素等をそれぞれ垂直に挿入し、自立している。第 2.1.3 図に炉心配置図を示す。

燃料要素は、ウランシリコンアルミニウム分散型合金 ($\text{U}_3\text{Si}_2\text{-Al}$) をアルミニウム合金で被覆した ^{235}U 濃縮度約 20% の板状燃料で、20 体挿入している。

反射体要素は、黒鉛をアルミニウム合金で被覆したもの及びアルミニウム合金を使用している。

制御棒は、板状のボロン入りステンレス鋼製で、粗調整安全棒 4 本と微調整棒 1 本で構成している。その他、非常用制御設備として後備安全棒 2 本を設けている。

冷却系統設備は、1 次冷却設備及び 2 次冷却系設備で構成する。強制循環冷却時には、1 次冷却系流量 8 m^3/min 、2 次冷却系流量 8 m^3/min で循環し、炉心により発生した熱は最終的に冷却塔から大気中に放出する。また、1 次冷却水炉心入口温度 (最高) は 40 $^{\circ}\text{C}$ 、1 次冷却水炉心出口温度 (平均) 47 $^{\circ}\text{C}$ で、1 次冷却水炉心内最大圧力は約 0.1MPa である。

2.2 炉心タンク内の構造

炉心タンク機器配置図を図 2.2.1 に示す。炉心タンクは、アルミニウム溶接構造 (板厚約 1.2cm) で、上部円筒 (内径約 1.5m) と下部角筒 (約 80cm \times 75cm 角) で構成する開放タンクである。原子炉の運転中は、炉心タンク内の冷却水を強制循環させることにより、炉心で発生した熱を除去している。炉心タンクには炉心、振れ止め及び制御棒、線形出力系、安全系等の中性子検出器、水位計及び温度計等のプロセス計装設備、照射筒、炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ及び水中灯等のその他の設備を設置している。

2.3 制御設備

制御設備は、4 本の粗調整安全棒及び 1 本の微調整棒の計 5 本の制御棒で構成する。制御棒は、炉心ブリッジ中央部に設けたペDESTAL (駆動装置架台) の上部に設置した駆動装置から保持電磁石を介して吊り下げ、上方から炉心に挿入する。スクラム時には保持電磁石が開放し、炉心に自由落下させ原子炉を安全に停止する。ペDESTAL から炉心上面の間には、冷却水流による影響を抑えるために

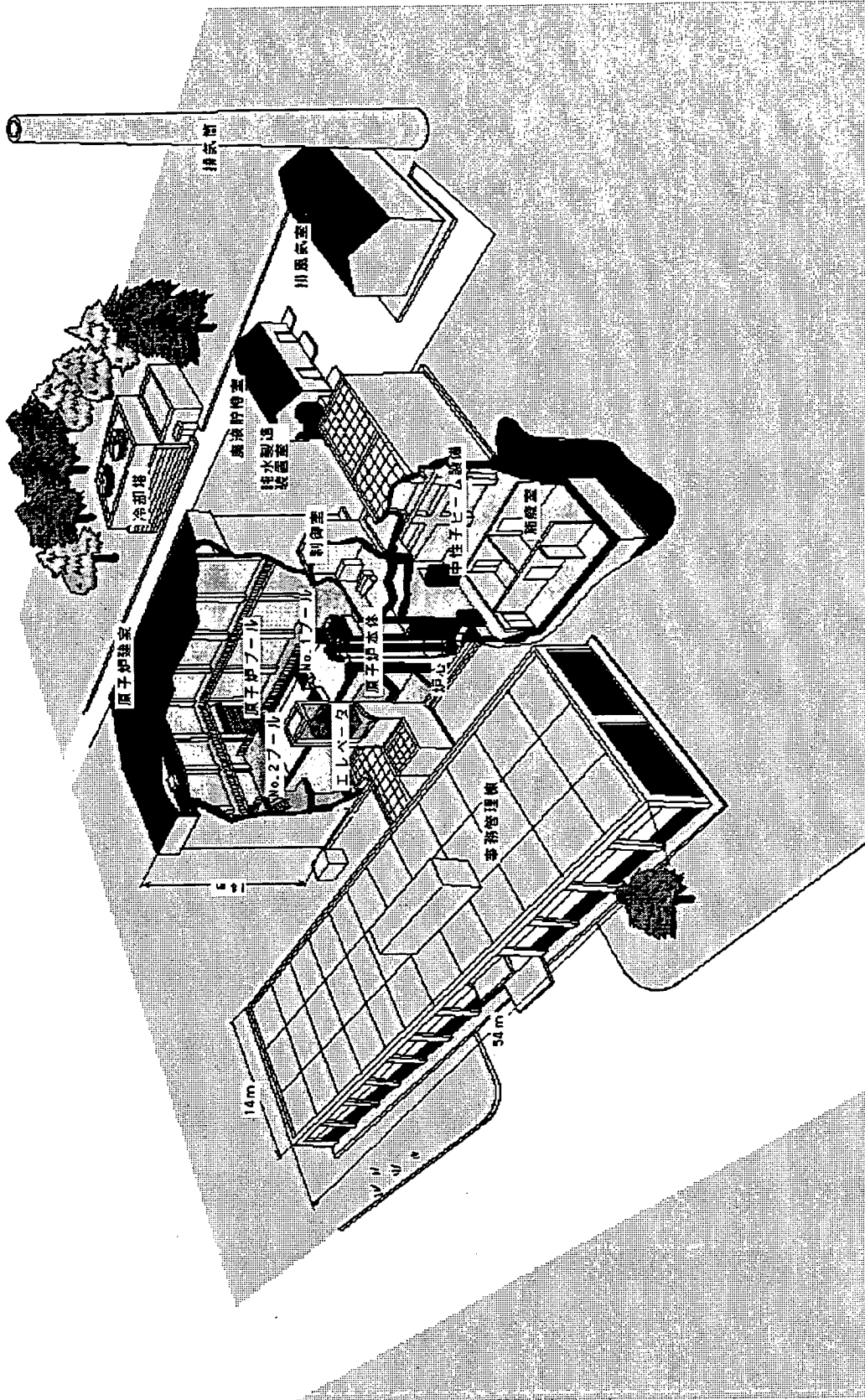
炉心上面より約 6m 上方に上部振れ止め、炉心上面より約 4m 上方に下部振れ止めをそれぞれ設置している。

非常用制御設備は、2 本の後備安全棒で構成され、万一、制御棒の挿入ができない場合は、制御室からの遠隔操作又は現場において手動操作により後備安全棒を炉心に挿入し、原子炉を安全に停止できる。

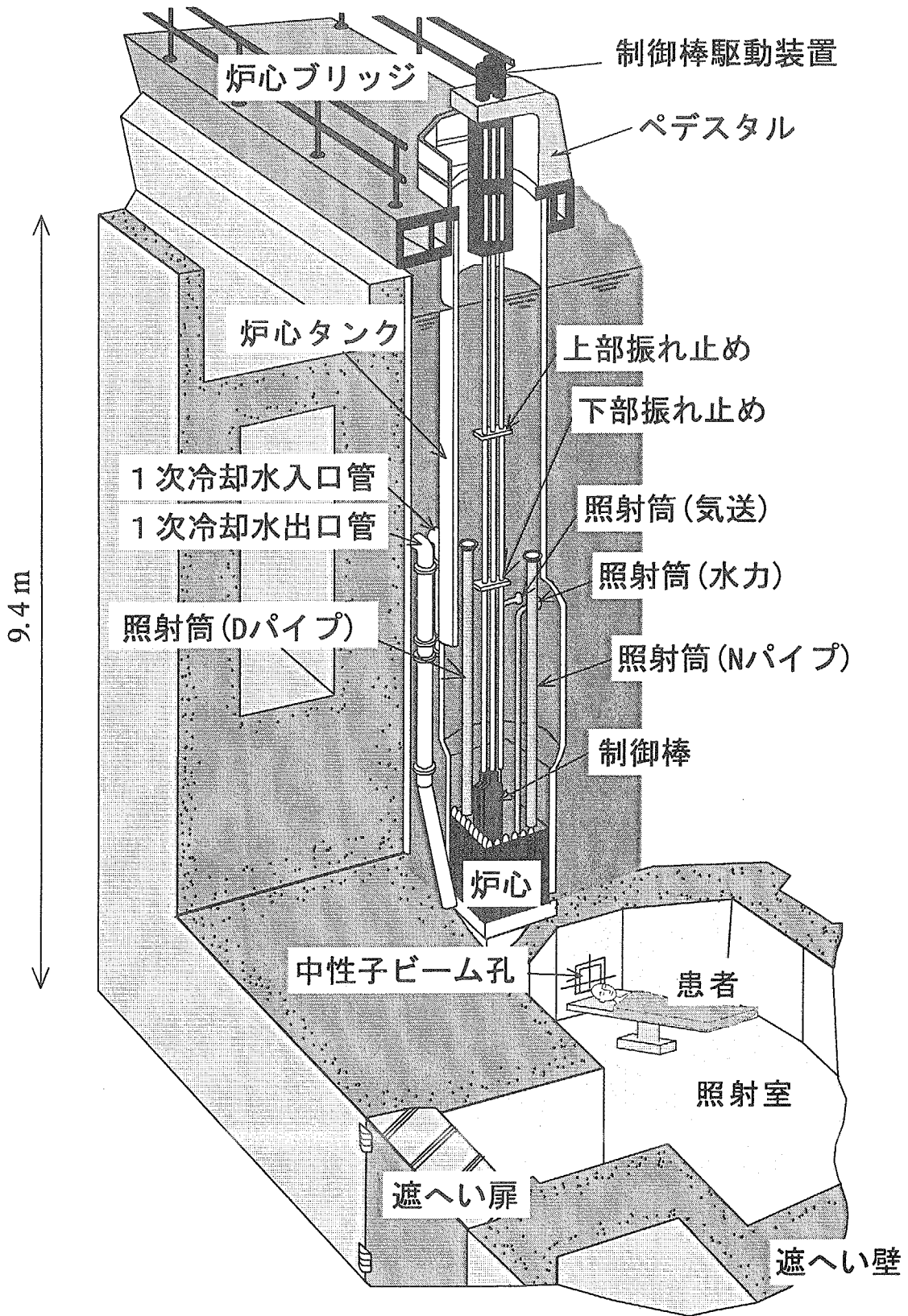
第 2.1.1 表 JRR-4 本体施設の主要緒元

項 目	内 容	
炉型式	濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型	
最大熱出力	3,500kW (強制循環冷却時) 200kW (自然循環冷却時)	
炉心構成	燃料要素	20 体
	制御棒	5 本
	後備安全棒	2 体
	反射体	36 体
	炉心寸法	約 65L×67W×60H
制御棒	粗調整安全棒	4 本
	材質	天然ボロン 1.6w%入りステンレス鋼
	寸法	5mm×235mm×800mm
	微調整棒	1 本
	材質	天然ボロン 1.6w%入りステンレス鋼
	寸法	5mm×40mm×1000mm
非常用制御設備	後備安全棒	2 本
	材質	天然ボロン 1.6w%入りステンレス鋼
	寸法	5mm×140mm×1000mm
中性子源	Am - Be	185GBq (5Ci)
燃料要素	材質	ウランシリコンアルミニウム分散型合金 (U ₃ Si ₂ -Al)
	ウラン濃縮度:	19.75%
	燃料被覆材	アルミニウム合金
	燃料要素寸法:	80mm×80mm×約 1m
	燃料板主要寸法	有効長 600mm、有効巾 65mm
	有効厚	0.5mm、
	被覆有効厚	0.38mm
最大燃焼度	燃料要素の平均の最高値: 50%	
核計装	起動系(FC)	1 チャンネル
	線形出力系(CIC)	1 チャンネル
	対数出力&ペリオド系(CIC):	1 チャンネル
	安全系(UIC)	2 チャンネル
炉心タンク	材質	アルミニウム合金
	上部円筒外径	1.5m
	下部角筒外径	83cm×78cm
	長さ	10m
プール	No.1 プール	巾 7m×長さ 7m×深さ 10.3m (水深: 9.8m)
	No.2 プール	巾 7m×長さ 9m×深さ 10.3m (水深: 9.8m)

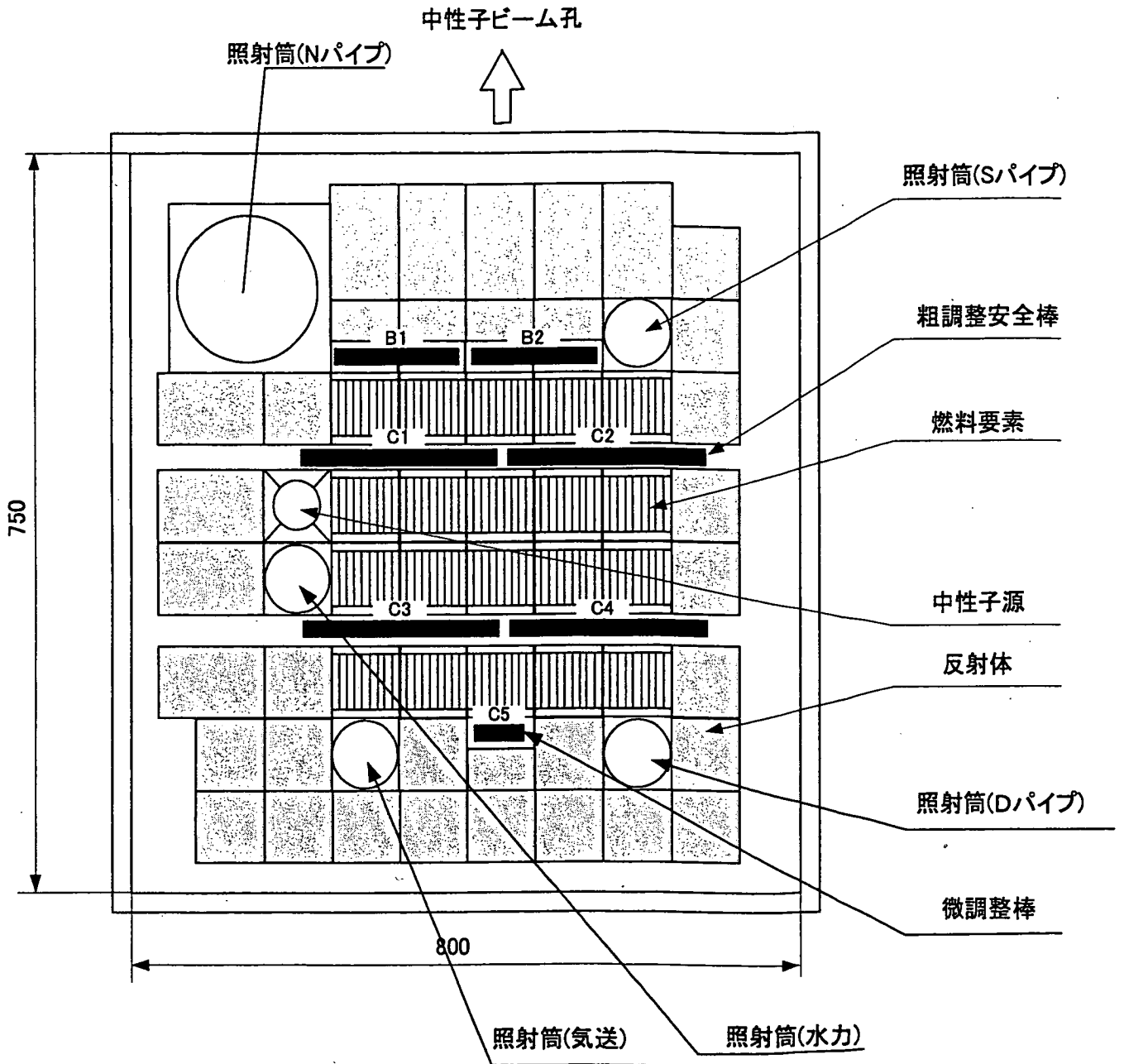
1次冷却系	主循環ポンプ 流量 補助ポンプ 流量 熱交換器	3基 8m ³ /min 1基 1.2m ³ /min 2基 (向流型直管一折流2胴式)
精製系		1次冷却水精製系 プール水精製系
2次冷却系	循環ポンプ 流量 ファン	2基 8m ³ /min 2基
給水系	形式 能力	再生型混床式 10m ³ /h
放射性廃液	廃液貯槽	20m ³ 2基
燃料破損検出装置		BF ₃ カウンター
非常用排気設備	非常用排風機 容量: フィルタユニット: 微粒子除去フィルタ、よう素除去フィルタ (銀ゼオライト) 内蔵型、1基	2基 約 3000m ³ /h/基
非常用電源設備	ディーゼル発電機 容量 無停電電源装置 容量	2基 約 100kVA 1式 約 10kVA
利用設備	実験設備 照射設備	プール実験設備 中性子ビーム設備 (Boron Neutron Capture Therapy) 気送管照射設備 照射筒 (水力) 照射筒 (Nパイプ) 照射筒 (Sパイプ) 照射筒 (Dパイプ)
	最大熱中性子束 減速材ボイド係数 減速材温度係数 ドプラ係数	7×10 ¹⁷ /(m ² ・s) 約-5×10 ⁻¹ %Δk/k/%void 約-3×10 ⁻² %Δk/k/°C 約-1.5×10 ⁻³ %Δk/k/°C
熱特性	平均熱出力密度 1次冷却水炉心入口最高温度: 40°C 1次冷却水炉心出口平均温度: 約 47°C	約 44kW/l



第2.1.1図 JRR-4 鳥瞰図



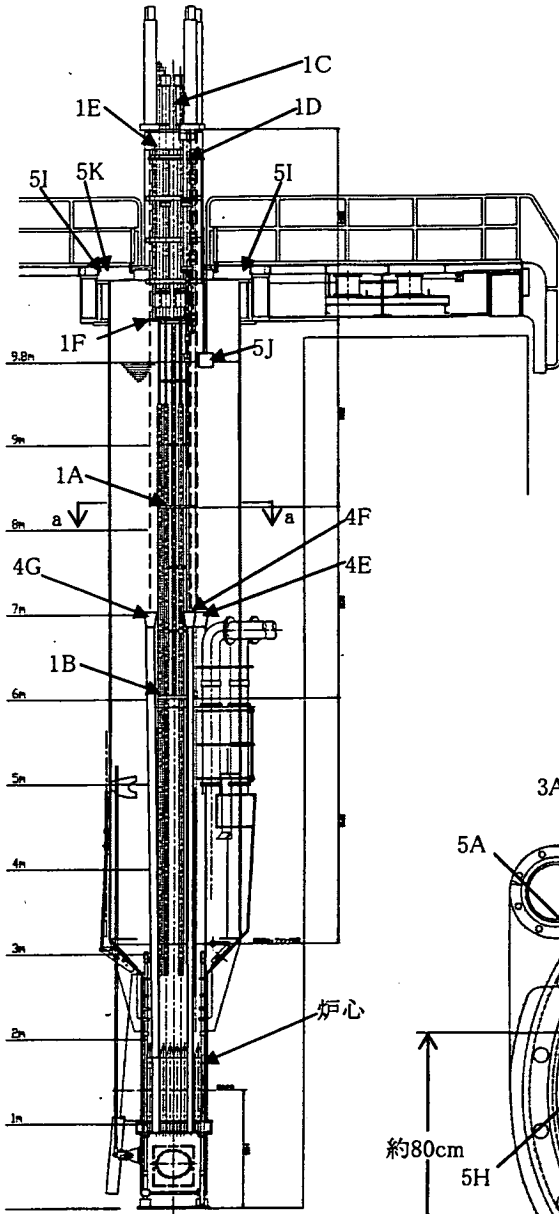
第 2. 1. 2 図 JRR-4 原子炉本体鳥瞰図



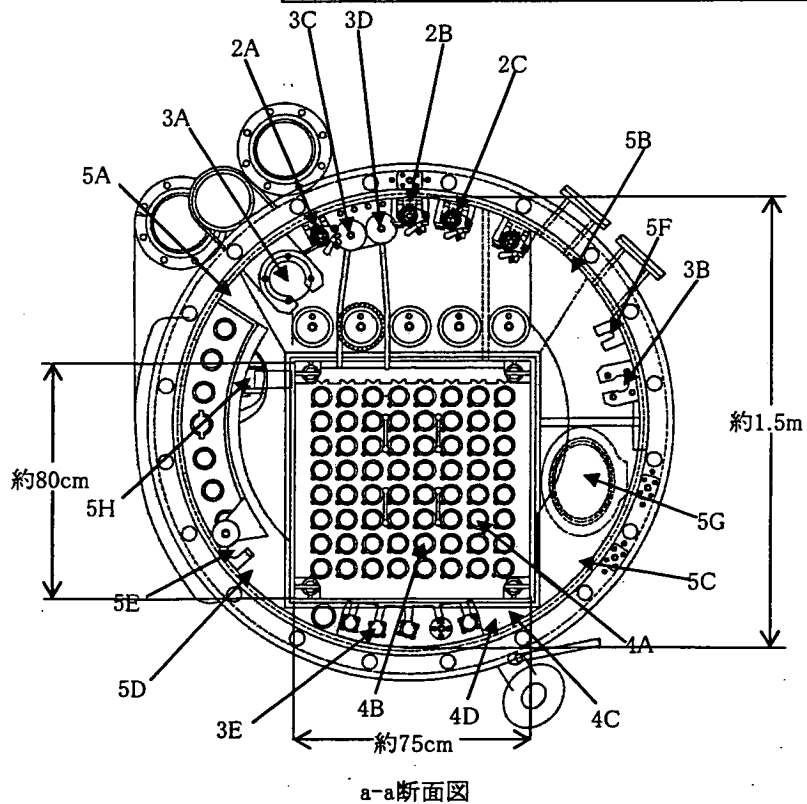
C1~C4: 粗調整安全棒
C5: 微調整棒
B1,B2: 後備安全棒

(単位:mm)

第 2.13 図 炉心配置図



機器名		図表番号
制御棒 関係	振れ止め(上段)	1A
	振れ止め(下段)	1B
	制御棒駆動装置	1C
	後備安全棒	1D
	ベDESTAL(上部)	1E
	ベDESTAL(下部)	1F
中性子 検出器	中性子検出器(Lin-N系)	2A
	中性子検出器(安全系No.1)	2B
	中性子検出器(安全系No.2)	2C
プロセス 計装設備等	炉心タンク水位計(LRA-1)	3A
	炉心タンク水位フロートスイッチ(LA-10)	3B
	炉心タンク内温度計(TRA-2-1)	3C
	炉心タンク内温度計(TRA-2-2)	3D
利用設備	炉心タンク上部温度計(TI-1-3)	3E
	照射筒(気送)	4A
	照射筒(水力)	4B
	盲フタ(気送)	4C
	リグ取出し窓	4D
	Nパイプ	4E
その他 設備	Sパイプ	4F
	Dパイプ	4G
	炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(東北側)	5A
	炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(東南側)	5B
	炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(西北側)	5C
	炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(西南側)	5D
	水中照明灯(北東側)	5E
水中照明灯(南西側)	5F	
燃料交換弁(水面下)	5G	
自動液面調整弁(水面下)	5H	
水中照明灯電源端子箱	5I	
監視カメラ	5J	
プロセス系端子箱	5K	



第 2.2.1 図 炉心タンク機器配置図

3. 制御棒挿入障害

(1) 事象の発生状況

平成 17 年 6 月 10 日、JRR-4 は、共同利用運転（シリコン照射、放射化分析）を行っていた。起動前点検にて異常のないことを確認した後、9 時 50 分原子炉を起動した。10 時 50 分に原子炉出力は 3,500kW（定格）に到達し、粗調整安全棒 C1～C4（以下、C1～C4 と呼ぶ）を 4 本とも同じ引抜き高さで一定保持した上で、微調整棒 C5（以下、C5 と呼ぶ）のみ自動制御で引抜き挿入を行う方式により自動運転を実施していた。11 時 25 分に「制御棒挿入障害」を示す警報が発報した。運転員は、警報復帰作業等を行ったが、警報を復帰できなかったことから、保安規定（東海研究所原子炉施設保安規定第 6 編第 41 条「警報装置が作動した場合の措置」）に基づき、11 時 29 分に原子炉を手動停止した。なお、C1～C4 は全挿入されたが、C5 については全挿入位置より 220mm 上の位置で留まり挿入できなかった。その後、12 時 05 分に冷却システムを停止した。時系列を第 3.1 表に示す。

また、排気筒及び原子炉建家内の放射線モニタの指示値は通常の範囲であり、施設外への放射性物質による影響はなかった。

(2) 原因調査

電磁石電流のしゃ断で C5 が挿入されるかどうかを調べるため、手動スクラムにより電磁石電流をしゃ断したが、C5 の位置に変化はなかった。このことから、挿入障害は、電磁石より下部において発生したと判断した。

水中カメラを用いて C5 の電磁石下部から C5 用反射体の上面までの連結ロッド等に異物の無いことを確認した。念のため後備安全棒 B1 及び B2 を挿入した後、C5 用反射体の上面及び C5 の動きを水中カメラで監視しつつ、C5 の引き抜きを 465mm まで行った。この操作においても異物は確認されなかった。引き抜きを行ったことから、「制御棒挿入障害」の警報条件が解除され、警報を復帰できた。引き抜きができたこと及び警報を復帰できたことから、C5 の挿入操作を行った。挿入開始数秒後、C5 用反射体上面への皿小ねじの落下を確認した。回収した皿小ねじは、頭部径 8mm、長さ 8mm、ネジ部径 4mm のステンレス鋼製であった。

回収した皿小ねじの使用場所及び挿入障害が発生した場所を特定するため、炉心上面から電磁石までの間にある制御棒の上部振れ止め及び下部振れ止め等を、炉心タンク水位を低下して調査した。調査の結果、下部振れ止めの C5 用ハンドル部のテフロン製ガイドを固定する皿小ねじ 2 個の内の 1 個が無くなっていることを確認した。また、引き抜き位置 220mm において下部振れ止め部に位置する C5 連結ロッド（アルミニウム合金）表面に、微細なすり傷を確認した。第 3.1 図に制御棒（C5）及び皿小ねじの外れた場所を示す。第 3.2 図にテフロン製ガイド固定用皿小ねじを示す。

(3) 調査結果

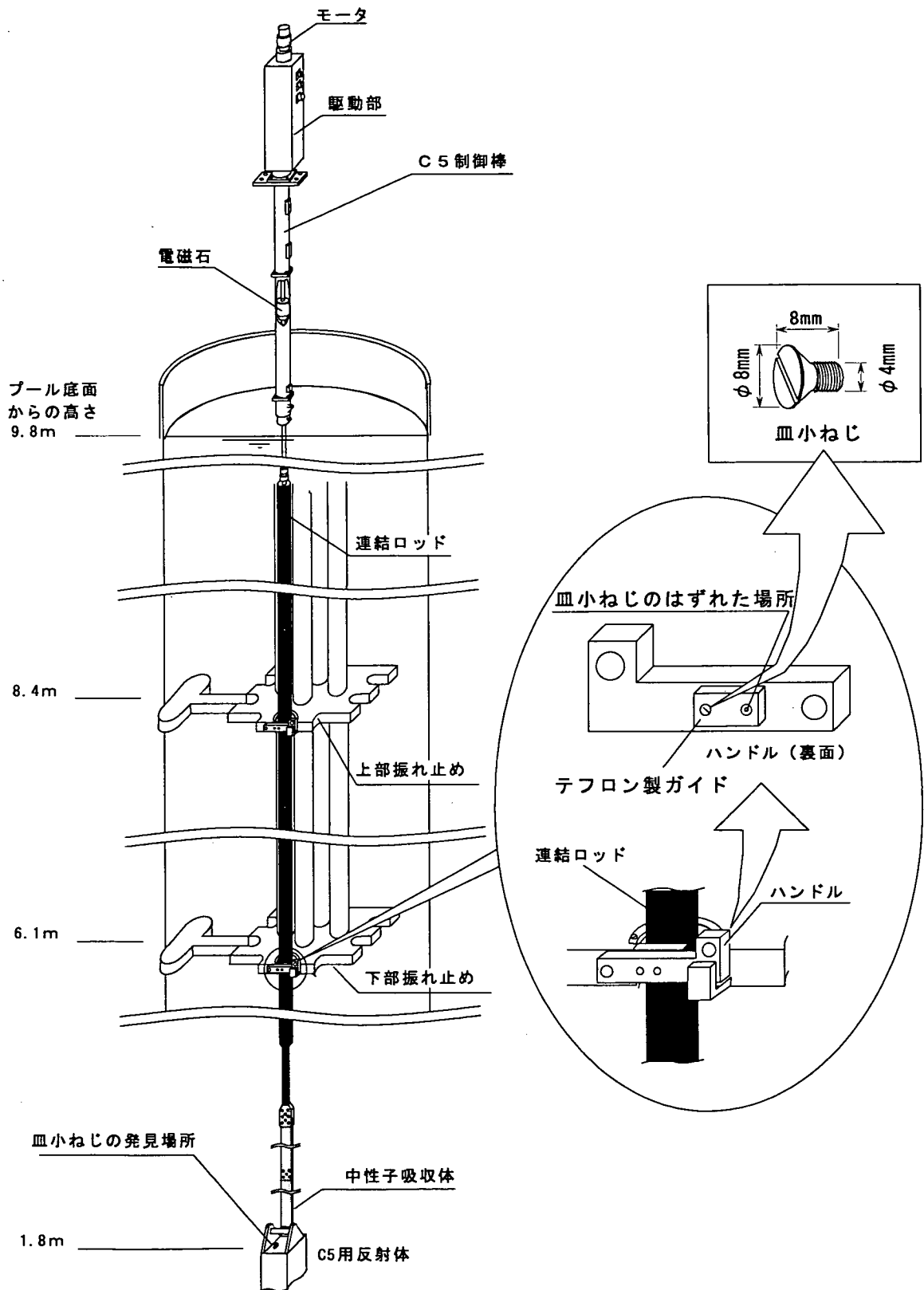
以上から、下部振れ止めにおいて、C5 用ハンドル部のテフロン製ガイド固定用皿小ねじが緩み、C5 連結ロッドと下部振れ止めのハンドルとの間隙に挟まれ、C5 が挿入できなくなっ

たことが分かった。

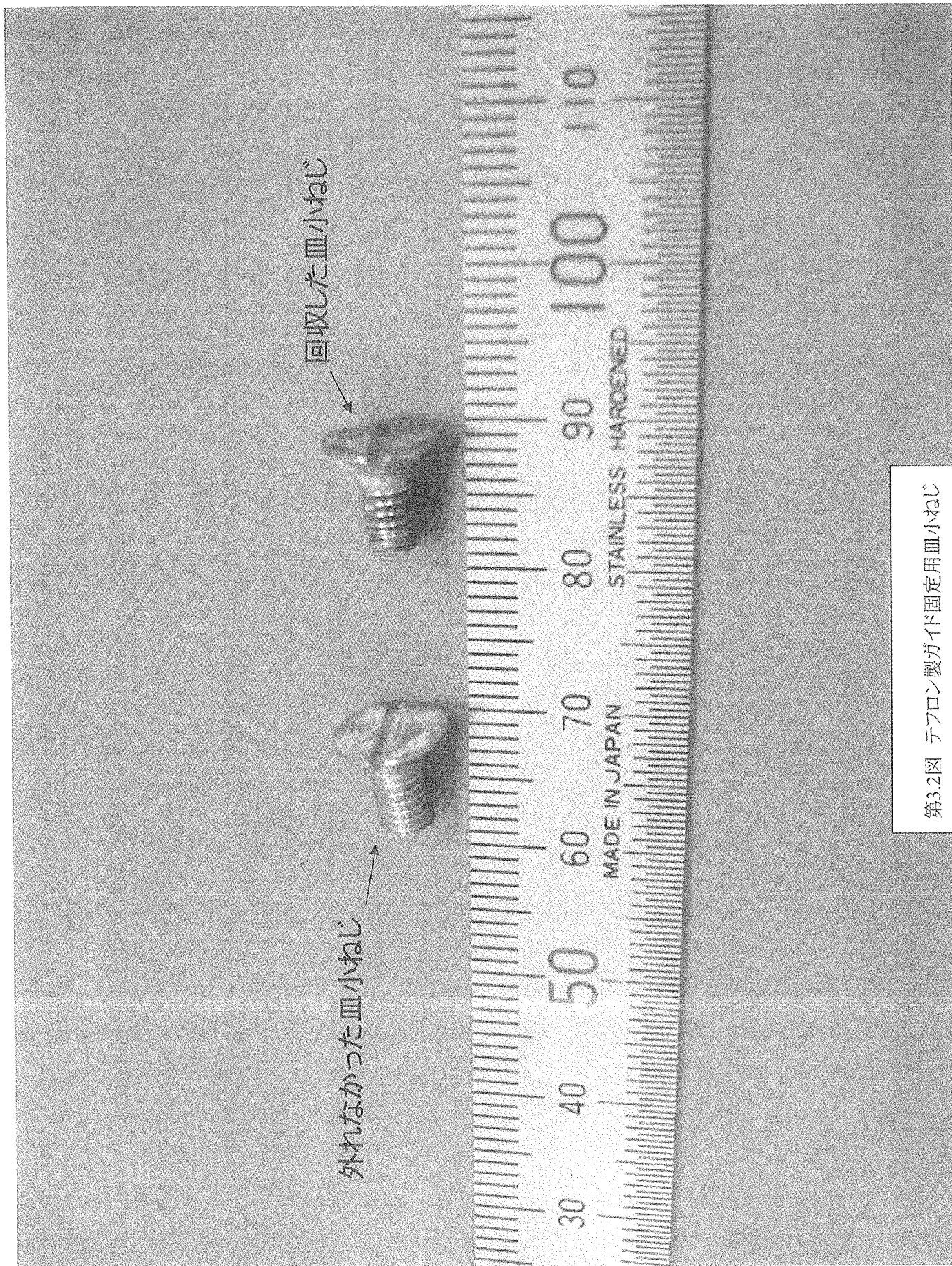
なお、詳細は付録 A 「JRR-4 原子炉施設の手動停止について」に示す。

第 3.1 表 事象発生の時系列

時刻	時系列
9:50	原子炉起動（シリコン照射、放射化分析の利用）
10:50	3500kW 到達（自動運転に切り替え）
11:25	「制御棒そう入障害」警報発報
11:29	原子炉を手動停止
11:33	東海研究所の対策本部の設置
11:45	放管モニタに異常のないことを確認
11:47	東海研究所より第 1 報を発信
11:47	手動スクラム投入 C5 が挿入しないことを確認



第3.1図 制御棒(C5)及び皿小ねじの外れた場所



第3.2図 テフロン製ガイド固定用皿小ねじ

4. 点検計画

緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与えるおそれのあるねじ、ボルト等について、締め付け具合の点検及び必要に応じ増し締め作業を確実にかつ効率的に実行するため、点検計画書を定め、これに基づいて点検を実施することとした。点検方針を以下に示す。

・点検方針

- (1) 点検を確実にかつ効率的に実行するため、点検に先行し、ねじ、ボルト等を有する設備機器に関する図面調査を実施し、ねじ、ボルト等の多く存在する部位及びその部位における使用本数等を特定し点検リストを作成する。
- (2) 図面調査より、ねじ、ボルト等は、炉心タンク上部より下部振れ止めまでの範囲に大部分が存在することが見込まれることから、作業環境も考慮し炉心上面から上約 2.5m まで水位を下げ、この範囲について目視により点検等を実施する。
- (3) 建設当時の図面や組み立て図では、小さなねじが図示されておらず、現場にて確認する必要がある。このため、図面調査で特定された、点検リストに基づく点検等を行いつつ、ねじ、ボルト等の設置状況について調査し、現場で確認されたねじ、ボルト等を点検リストに補完する。さらに、補完したリストをもとに再度点検を実施する。
- (4) 水中の機器については、ねじ、ボルト等が少ない構造であり、図面からこれらが特定できるため、作業環境も考慮し、水中カメラを用いて点検する。

点検対象、点検要領、実施体制、予定期間、注意事項については、付録 B「緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与えるねじ、ボルト等の点検計画書」参照。

今回対象とした機器及び部品のリストを第 4.1 表に示す。

第4.1表 点検対象機器及び部品リスト

点検対象機器	部品名	点検対象機器	部品名
振れ止め(上段)	U字テフロン	炉心タンク水位計(LRA-1)	相フランジ
	テフロン板		フロート・シヤフト
	ハンドルシヤフト		端子箱
	ハンドル受け		フランジ
	U字テフロン		フロート・シヤフト
	テフロン板		端子箱
	ハンドルシヤフト		サポート
	ハンドル受け		サポート
	駆動部		ワイヤ保丁管
	垂直変換部		フランジ
振れ止め(下段)	連結ロッド	炉心タンク水位フロートスイッチ(LA-10)	中間フランジ
	ブーリー部		固定板
	ガイドA		固定板
	接続棒		昇降回転装置
	本体		ガイドブラグ
	気送管Cdフィルター駆動箱		サポート
	制御棒位置決め		昇降回転装置
	駆動部		サポート
	垂直変換部		ガイドブラグ取付棒
	乾燥空気管		昇降回転装置
制御棒関係	振れ止め(上段)	照射筒(気送)	サポート
	振れ止め(下段)		昇降回転装置
	ハンドル部(上段)		サポート
	ハンドル部(下段)		昇降回転装置
	上部位置調整器		サポート
	フラケット		昇降回転装置
	上部位置調整器		ガイドブラグ取付棒
	フラケット		フランジワイヤ
	上部位置調整器		水中投光器
	フラケット		支持部
中性子検出器	中性子検出器(Lin-N)	炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(4カ所)	座
	中性子検出器(安全計No.1)		座
	中性子検出器(安全計No.2)		軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
後備安全棒		照明灯(2カ所)	座
			座
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
ベデスタル(上部)		燃料交換弁	座
			座
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
ベデスタル(下部)		自動液面調整弁	座
			座
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
起動系		炉心要素取扱トング	座
			座
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
中性子検出器		炉心タンク上部排気系	座
			座
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸
			軸

注) ねじ、ボルト等の設置状況について現場調査した結果、図面上にないボルト等が存在した場合は、随時点検リストに追記し補完すること。

5. 点検結果

点検作業に先立ち、施工図等により炉心タンク内及び炉心タンクより上部の緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与えるおそれのあるねじ、ボルト等について調査した結果、該当するねじ、ボルト等の数量は1,280本であった。この調査に基づき作成した計画書の点検リストに従い、平成17年6月13日から6月20日にかけて締め付け具合を点検し、必要に応じて増し締めを行った。以下に点検作業の結果を示す。

- (1) 第5.1図に示すとおり炉心上面から上2.5mまで水位を下げ、空気中に露出した全てのねじ、ボルト等について締め付け具合を点検し、必要に応じて増し締めを行った。また、計画段階で調査した図面で特定できないねじ、ボルト等が存在したため、点検リストを補完するとともに、それらについても同様に点検等を行った。

点検を行ったねじ、ボルト等の本数を以下に示す。

- ・締め付け具合の点検及び増し締めを行ったねじ、ボルト等 1,426本
- ・落下防止措置が施されているねじ、ボルト等 66本

- (2) 補完された点検リストをもとに、2回目の点検等を実施した。なお、点検の信頼性向上のため、同一部位については作業者を変更して点検等を行った。

2回目の点検を行ったねじ、ボルト等の本数を以下に示す。

- ・締め付け具合の点検及び増し締めを行ったねじ、ボルト等 1,426本
- ・落下防止措置が施されているねじ、ボルト等 66本

- (3) 水中の機器については、水中カメラを用いて図面調査で特定した部位を中心にねじ、ボルト等に緩みによる隙間があるかどうか等の点検を行った。なお、水中カメラによる点検の観察は複数人で実施した。

水中カメラを用いて締め付け具合の点検を行ったねじ、ボルト等の総本数は、153本であった。

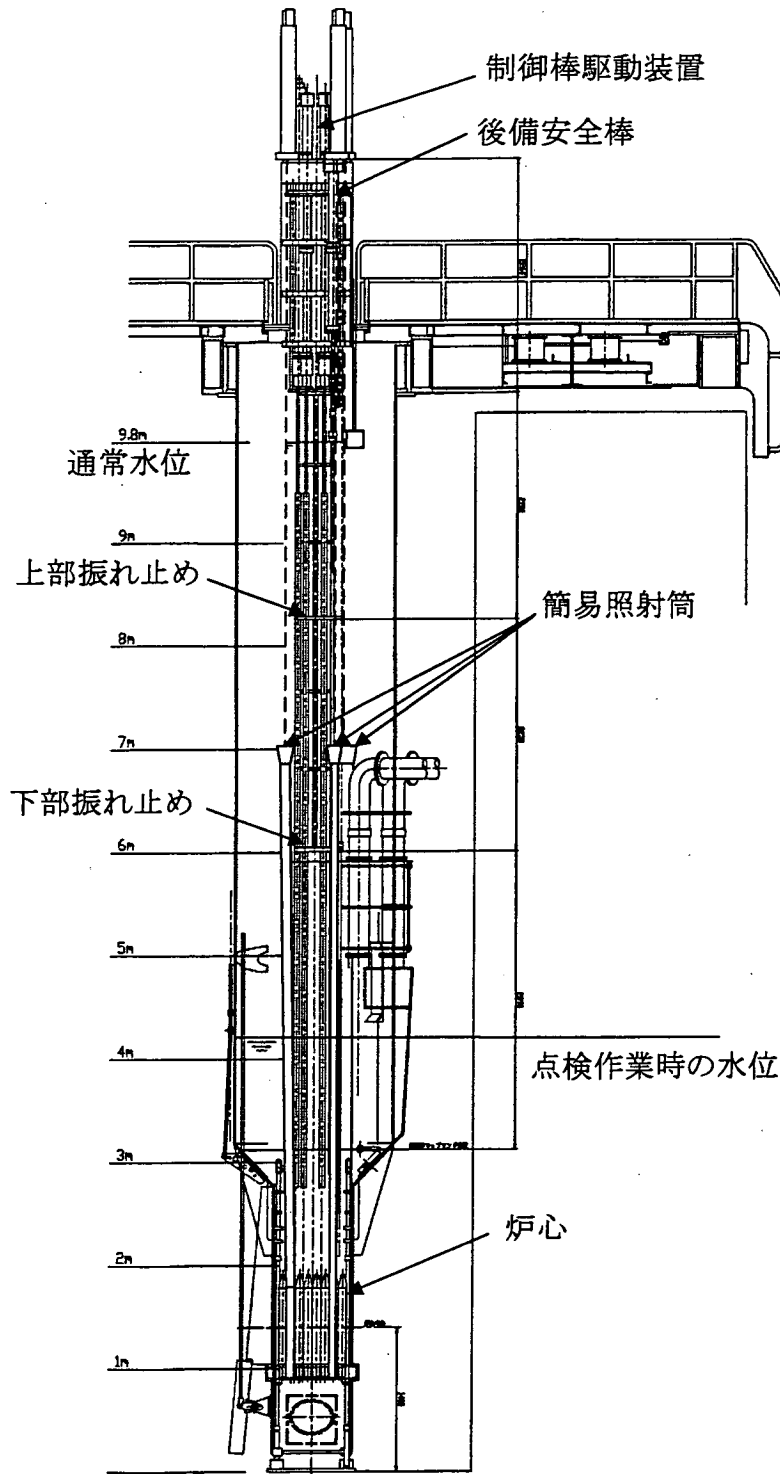
- (4) 適切に締め付け具合の点検の結果、対象となったねじ、ボルト等1,579本(1,426本+153本)のうち11本に多少の緩みを確認した。

このうちの5本については上部振れ止め及び下部振れ止めに据え付けられたテフロンガイドに生じていた。

以上の作業により、対象となったねじ、ボルト等1,579本の全てについて、4.点検計画どおり締め付け具合の点検及び増し締めが行われた。

締め付け具合の点検、落下防止措置の確認及び増し締めの対象となったねじ、ボルト等の本数の総括表を第5.1表に示す。

なお、点検結果の詳細については、付録C「緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与えるねじ、ボルト等の点検結果報告書」に示す。



第 5.1 図 点検作業時の水面状況図

第5.1表 締め付け具合の点検、落下防止措置の確認及び増し締めの対象となったねじ、ボルト等の本数の総括表

点検対象機器	シートNo.	作業前 確認済 ボルト数 (水面より上)	炉心タンク上部から下部繰れ止めの範囲における点検				水中カメラによる点検		備考		
			ボルト等総数(1回目)		ボルト等総数(2回目)		作業前 確認済 ボルト数 (水面より下)	ボルト等総 数			
			締め付け具 合の確認	落下防止措 置の確認	増し締め	落下防止措 置の確認				増し締め	
制御棒 駆逐	No.1	60	61	12	49	61	12	49	0	0	
制御棒 駆逐	No.2	819	728	2	724	728	2	724	312	127	*1 制御棒駆逐装置のノックピン185本は、当該装置内部に存在するため点検対象外とした。
中性子 検出器	No.3	71	90	0	90	90	0	90	0	0	
中性子 検出器	No.4	27	33	6	27	33	6	27	0	0	
プロセス 計装設備等	No.5	18	48	0	48	48	0	48	0	0	
利用設備	No.6	47	75	14	61	75	14	61	0	0	
利用設備	No.7	161	202	10	192	202	10	192	0	0	
その他 設備	No.8	79	*2 51	22	29	51	22	29	26	26	*2 炉心タンク繰れ止め用脚ワイヤ(北西側)の中段クランプワイヤ(北西側)は存在しないことが確認されたため、ボルト2本少なくなつた。
その他 設備	No.9	0	139	0	139	139	0	139	0	0	
小計:		1280	1426	66	1360	1426	66	1360	338	153	ボルト等の総本数:1,578本 (1,426本+153本)

6. まとめ

JRR-4において発生した制御棒挿入障害事象は、制御棒の振れ止めハンドル部のねじが緩み、このねじが干渉して制御棒の挿入をできなくしたことが原因であった。このことから、計画書を作成して以下の対策を計画的に実施した。

- (1) 制御棒挿入障害の原因となったねじ及びこのねじで固定されているテフロン製ガイドを新品に交換した。
- (2) 全ての制御棒の振れ止めのねじ、ボルト等の増し締め点検を行った。
- (3) 炉心タンク内及び炉心タンクより上部にあるねじ、ボルト等について図面による特定、現場における確認を通じて全てのねじ、ボルト等をリストアップし、増し締め点検を行った。

今後は同様な事象の再発を防止するため、以下に示す対策を行うこととした。

炉心タンク及び炉心タンクより上部の緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与えるおそれのある全てのねじ、ボルト等で、スプリングワッシャ等による緩み止め対策を講じていないものについて10年を目途に増し締めを行うこととし、これらを運転手引に明記することとした。

謝辞

今回の点検の実施にあたって、小林晋昇安全管理室長及び大橋信芳安全管理室調査役に貴重なご意見を頂いた。点検の実施及び本書のとりまとめにあたって、桜井文雄研究炉部長、山下清信研究炉部次長及び楠剛 JRR-4 原子炉主任技術者に貴重なご意見とご指導を頂いた。また、実際の放射線作業の実施においては、施設放射線管理第1課角田昌彦係長、加部東正幸氏、山外功太郎氏、川松頼光氏及び川崎将亜氏に多大な協力を頂いた。

ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本原子力研究所東海研究所 原子炉施設設置変更許可申請書 別冊4 (JRR-4)

This is a blank page.

付録 A

JRR-4 原子炉施設の手動停止について

This is a blank page.

付録 A JRR-4 原子炉施設の手動停止について

1. 発生日時 平成17年6月10日(金) 11時29分
2. 発生場所 日本原子力研究所 東海研究所
3. 施設名 JRR-4 原子炉施設

4. 発生の状況

東海研究所 JRR-4 原子炉施設(定格出力 3,500kW)は、6月10日、共同利用運転(シリコン照射、放射化分析)を行っていた。

起動前点検にて異常のないことを確認した後、9時50分原子炉を起動した。10時50分に原子炉出力は 3,500kW(定格)に到達し、微調整棒 C5(以下、C5という。)を用いた自動運転を実施していた。11時25分に「制御棒そう入障害」を示す警報が発報した。運転員は、警報復帰作業等を行ったが、警報を復帰できなかったことから、保安規定*に基づき、11時29分に原子炉を手動停止した。

なお、4本ある粗調整安全棒 C1~C4は全そう入されたが、C5については全そう入位置より 220mm 上の位置で留まりそう入できなかった。

その後、12時05分に冷却システムを停止した。また、排気筒及び原子炉建家内の放射線モニタの指示値は通常の範囲であり、施設外への放射性物質による影響はなかった。

5. 環境への影響等

周辺公衆、従事者及び他の施設への影響はない。

6. 原因調査状況

- (1) 電磁石電流のしゃ断で C5 がそう入されるかどうかを調べるため、手動スクラムにより電磁石電流をしゃ断したが、C5 の位置に変化はなかった。このことから、そう入障害は、電磁石より下部において発生したと判断した。
- (2) 水中カメラを用いて C5 の電磁石下部から C5 用反射体の上面までの連結ロッド等に異物の無いことを確認した。
- (3) 念のため後備安全棒を挿入した後、C5 用反射体の上面及び C5 の動きを水中カメラで監視しつつ、C5 の引き抜きを 465mm まで行った。この操作においても異物は確認されなかった。
- (4) 引き抜きを行ったことから、「制御棒そう入障害」の警報条件が解除され、警報を復帰できた。
- (5) 引き抜きができたこと及び警報を復帰できたことから、C5 のそう入操作を行った。

* : 東海研究所原子炉施設保安規定第6編第41条(警報装置が作動した場合の措置)

- (6) そう入開始数秒後、C 5 用反射体上面への皿小ねじの落下を確認した。
- (7) 回収した皿小ねじは、頭部径 8mm、長さ 8mm、ネジ部径 4mm のステンレス鋼製であった。
- (8) C 5 の引き抜き及びそう入時間並びに落下時間の測定を行い、それぞれ施設定期検査時の値と有意な差はなかった。
- (9) 回収した皿小ねじの使用場所及び挿入障害が発生した場所を特定するため、炉心上面から電磁石までの間にある制御棒の上部振れ止め及び下部振れ止め等を調査した。
- (10) 調査の結果、下部振れ止めのC 5 用ハンドル部のテフロン製ガイドを固定する皿小ねじ 2 個の内の 1 個が無くなっていることを確認した。
- (11) 引き抜き位置 220mm において下部振れ止め部に位置するC 5 連結ロッド（アルミニウム合金）表面に、微細なすり傷を確認した。

以上から、「制御棒そう入障害」警報発報は、下部振れ止めにおいて、回収した皿小ねじによりC 5 のそう入障害が生じたことによるものであると判断した。

7. 原因

原子炉を手動停止することとなった原因は、下部振れ止めにおいて、C 5 用ハンドル部のテフロン製ガイド固定用皿小ねじが緩み、C 5 連結ロッドと下部振れ止めのハンドルとの間隙に挟まれ、C 5 がそう入できなくなったためである。

8. 対策

(1) 運転再開にあたっての対策

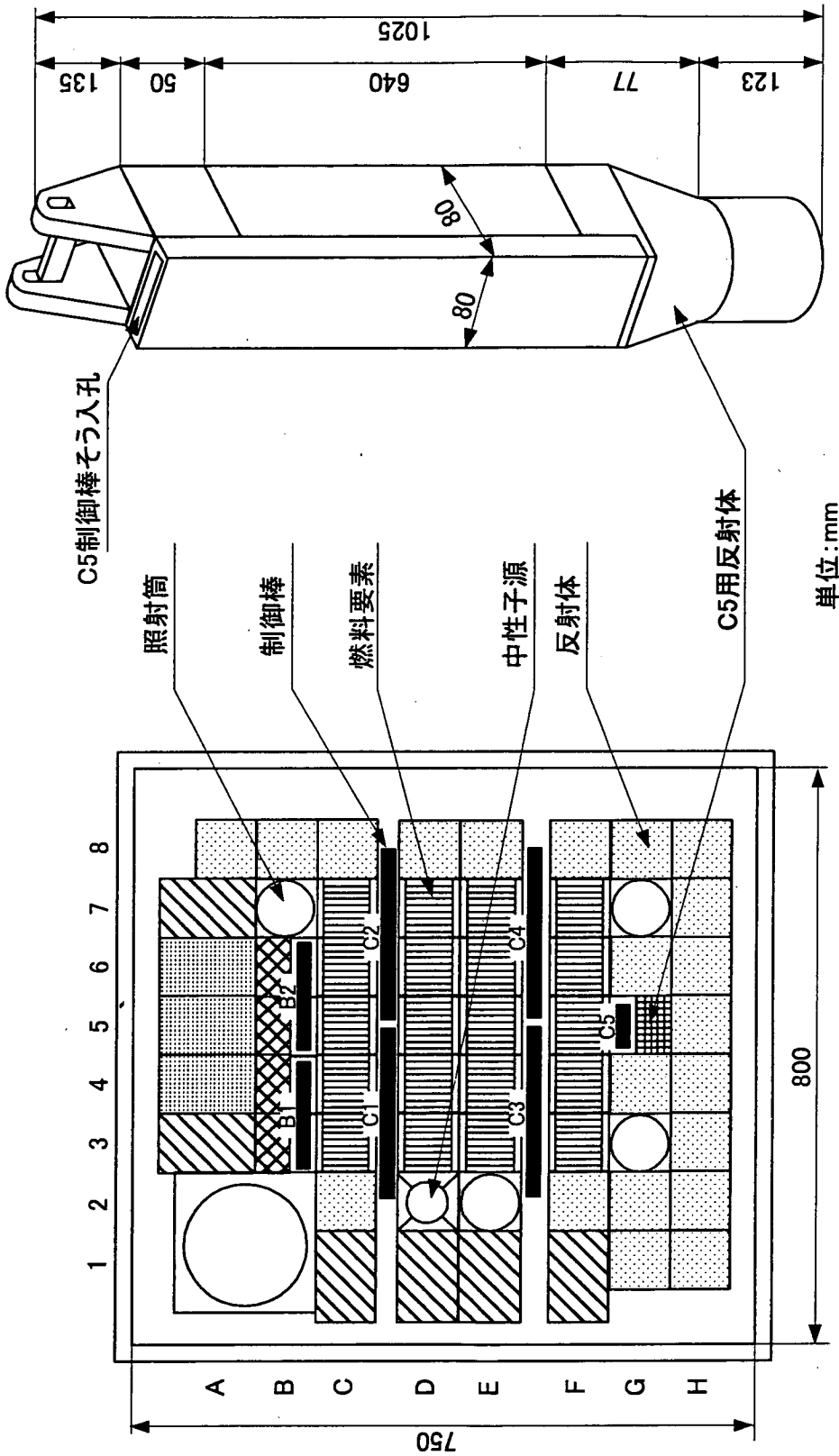
- ① 当該箇所の固定用の皿小ねじ及びテフロン製ガイドを交換する。
- ② 炉心タンク内及び炉心タンクより上部の緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与える恐れのある全てのねじ、ボルト等について、増し締めを行う。

(2) 今後の対策

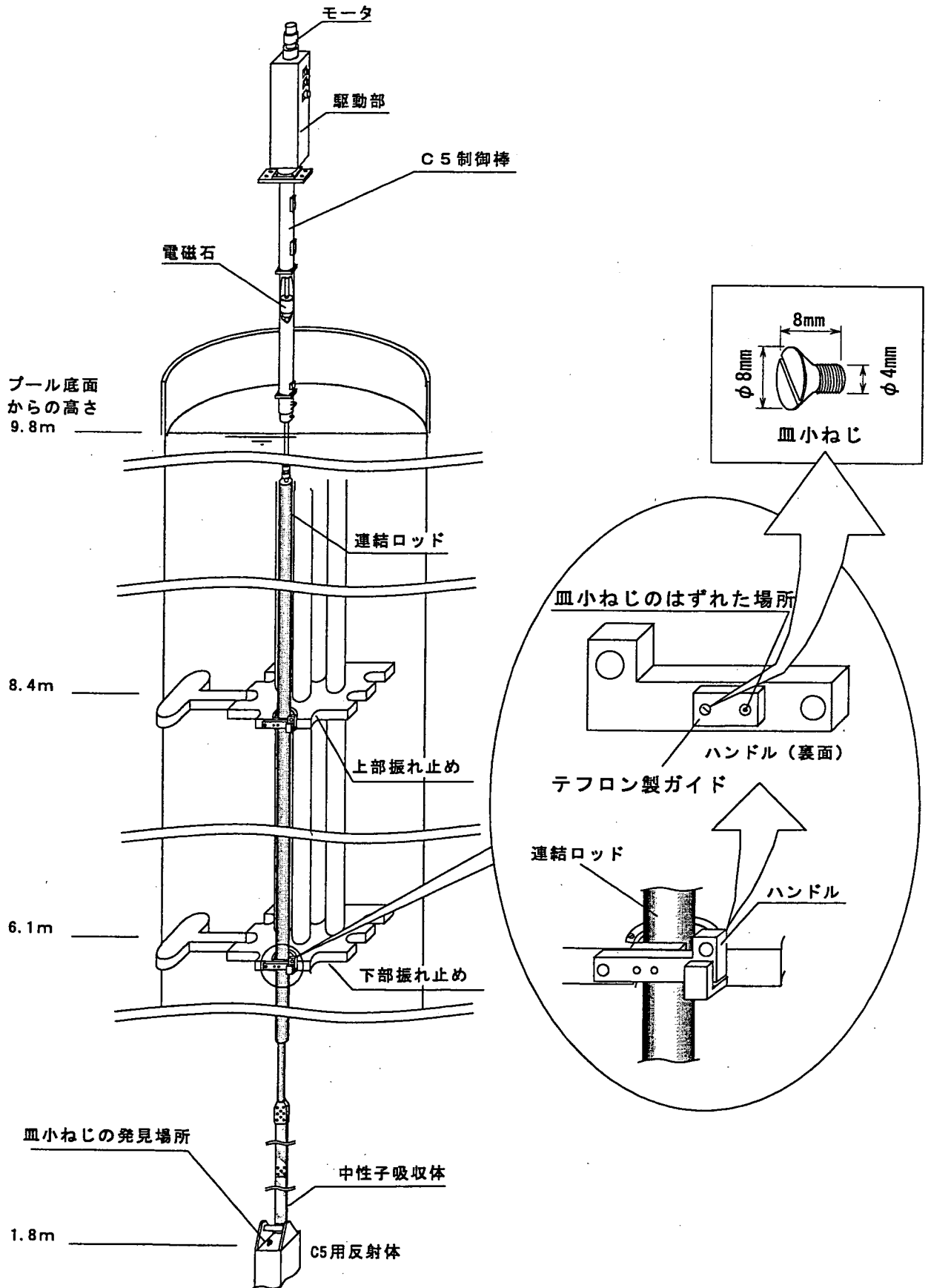
- ③ (1) ②のねじ、ボルト等のうちスプリングワッシャ等による緩み止め対策を講じていない全てのねじ、ボルト等について、10年を目途に、増し締めを実施することを運転手引に明記する。なお、今回の点検結果を踏まえ、点検頻度の妥当性を検討する。

添付資料

添付資料 1	炉心配置及びC 5 用反射体の概略
添付資料 2	制御棒（C 5）及び皿小ねじのはずれた場所
添付資料 3	時系列
添付資料 4	制御棒そう入障害用リミットスイッチ配置図
添付資料 5	テフロン製ガイド固定用皿小ねじ



添付資料1 炉心配置及びC5用反射体の概略

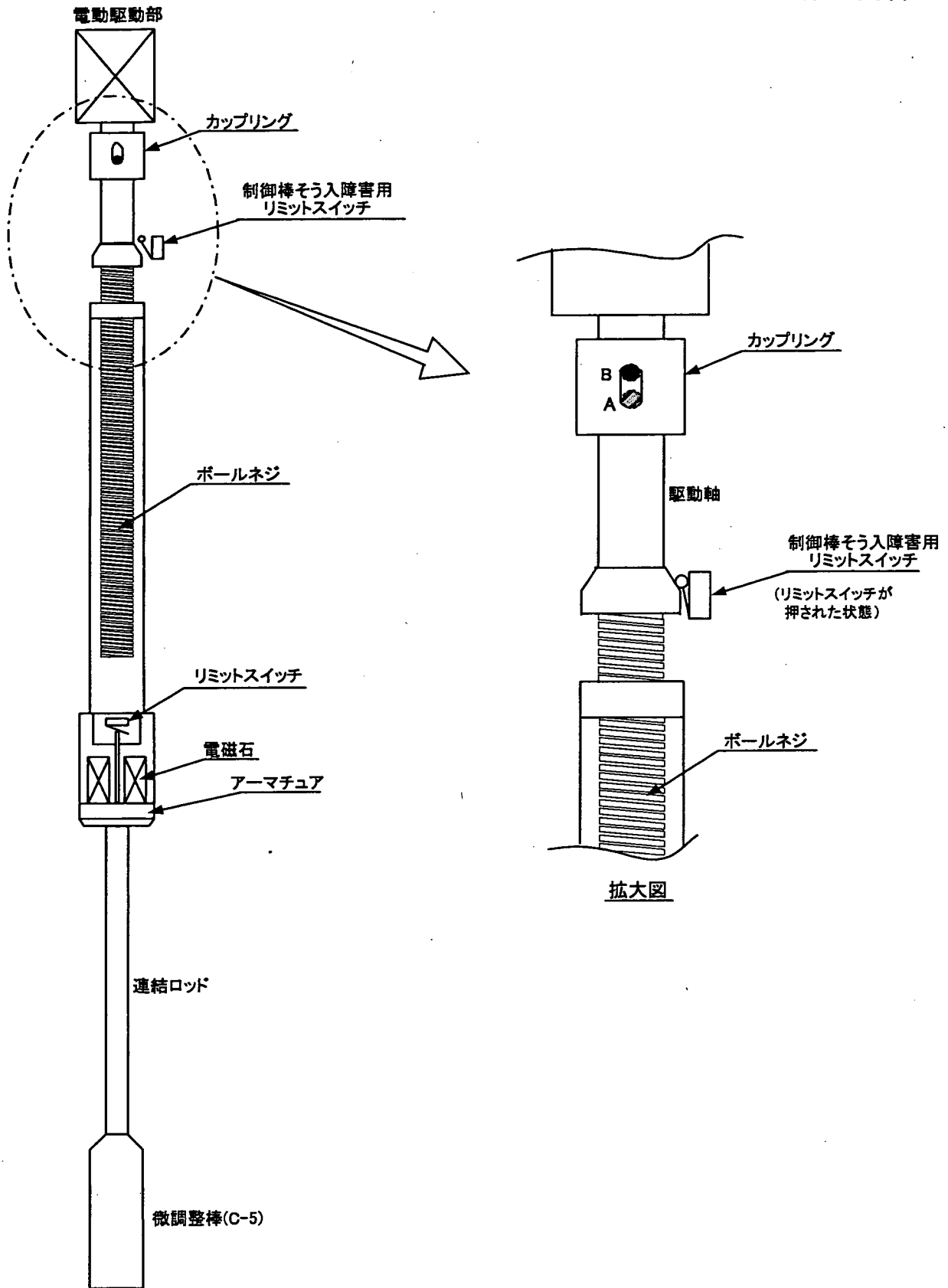


添付資料 2 制御棒 (C5) 及び皿小ねじがはずれた場所

時 系 列

- 9 : 5 0 原子炉起動 (シリコン照射、放射化分析の利用)
- 1 0 : 5 0 3500kW 到達 (自動運転に切り替え)
- 1 1 : 2 5 「制御棒そう入障害」警報発報
- 1 1 : 2 9 原子炉を手動停止
- 1 1 : 3 3 東海研究所の対策本部の設置
- 1 1 : 4 5 放管モニタに異常のないことを確認
- 1 1 : 4 7 東海研究所より第 1 報を発信
- 1 1 : 4 7 手動スクラム投入
C 5 が挿入しないことを確認
- 1 3 : 5 0 東京地区プレス
- 1 4 : 0 0 茨城地区プレス

添付資料4

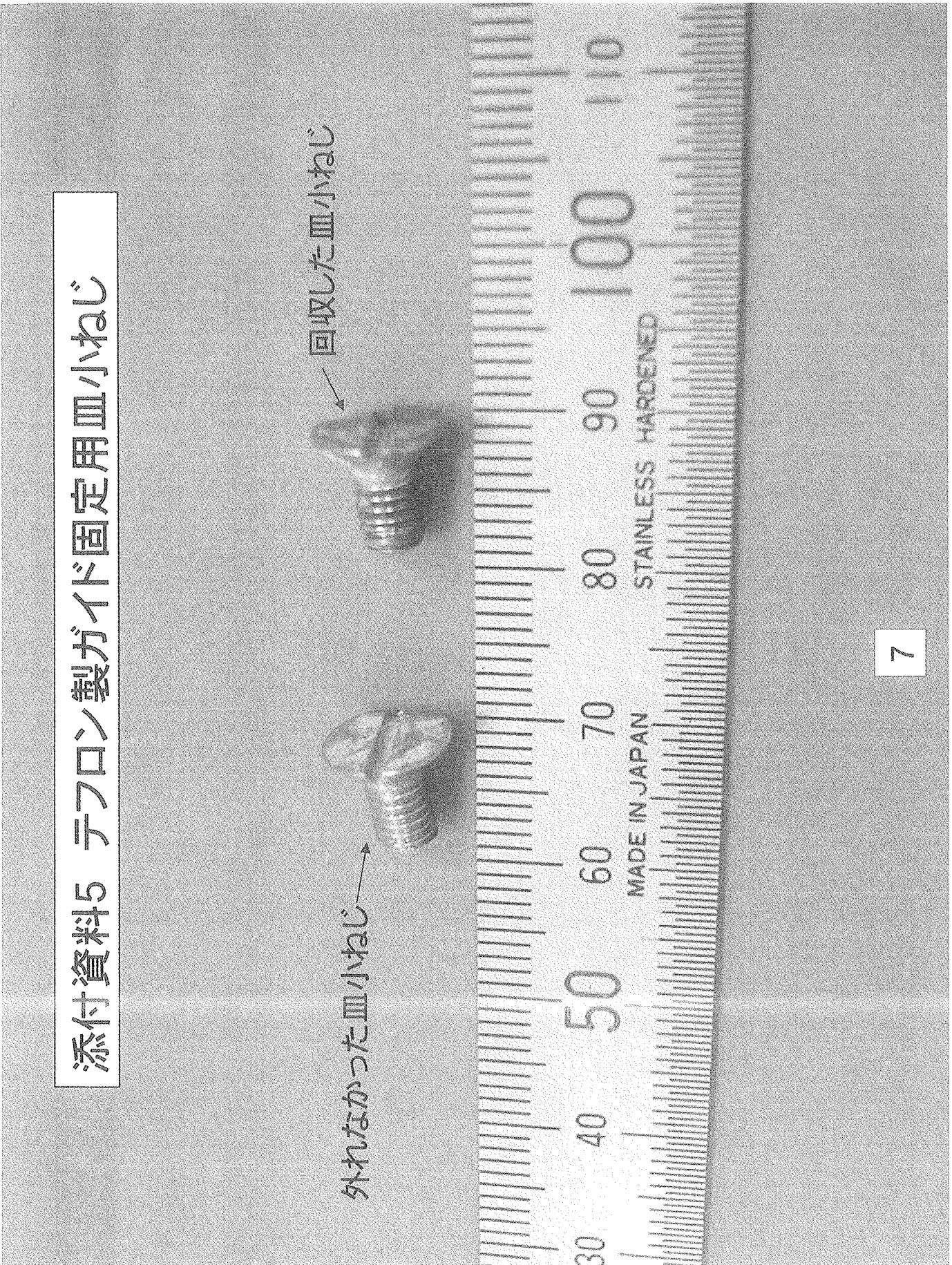


制御棒そう入障害用リミットスイッチ配置図

添付資料5 テフロン製ガイド固定用皿小ねじ

外れなかつた皿小ねじ

回収した皿小ねじ



This is a blank page.

付録 B

緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与える

ねじ、ボルト等の点検計画書

This is a blank page.

付録B 緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与える ねじ、ボルト等の点検計画書

1 概要

平成17年6月10日、微調整棒（以下「C5」という。）用ハンドル部のテフロン製ガイド固定用皿小ねじが緩み、C5の挿入障害が発生した。制御棒挿入障害という事象の重みとその原因に鑑み、緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与える恐れのあるねじ、ボルト等（以下、ねじ、ボルト等という。）について、締め付け具合を点検し、必要に応じて増し締めを行う。

本作業は、上記制御棒挿入障害の不適合事象に対する品質保証活動上の予防措置として実施するものである。なお、本作業に係る品質保証体制は、保安規定で定める施設定期自主検査に準じて行う。

2 点検対象

炉心タンク内及び炉心タンクより上部の緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与える恐れのある全てのねじ、ボルト等。

3 点検方針

- (1) 点検を確実にかつ効率的に実行するため、点検に先行し、ねじ、ボルト等を有する設備機器に関する図面調査を実施し、ねじ、ボルト等の多く存在する部位及びその部位における使用本数等を特定し点検リストを作成する。
- (2) 図面調査より、ねじ、ボルト等は、炉心タンク上部より下部振れ止めまでの範囲に大部分が存在することが見込まれることから、作業環境も考慮し炉心上面から上約2.5mまで水位を下げ、この範囲について目視により点検等を実施する。
- (3) 建設当時の図面や組み立て図では、小さなねじが図示されておらず、現場にて確認する必要がある。このため、図面調査で特定された、点検リストに基づく点検等を行いつつ、ねじ、ボルト等の設置状況について調査し、現場で確認されたねじ、ボルト等を点検リストに補完する。さらに、補完したリストをもとに再度点検を実施する。
- (4) 水中の機器については、ねじ、ボルト等が少ない構造であり、図面からこれらが特定できるため、作業環境も考慮し、水中カメラを用いて点検する。

4 点検要領

- (1) 図面情報をもとに、点検に必要な工具類を準備する。また、トルク管理の情報があれば、適性工具を準備する。
- (2) 炉心上面から上約2.5mまで水位を下げ、空気中に露出した全てのねじ、ボ

ルト等について締め付け具合を点検し、必要に応じて増し締めを行う。図面調査で特定した部位を中心に点検等を実施するが、図面で特定できないねじ、ボルト等も考えられるので、その他の部位についても点検等を実施し、追加すべき情報が得られれば点検リストを補完する。

- (3) 補完された点検リストをもとに 2 回目の点検等を実施する。なお、点検の信頼性向上のため、同一部位については作業者を変更し点検等を実施する。
- (4) 水中の機器については、水中カメラを用いて図面調査で特定した部位を中心にねじ、ボルト等に緩みによる隙間があるかどうか等の点検を行う。さらにその他の部位についても図面で確認できなかったねじ、ボルト等が存在する場合は、点検を実施するとともに、点検リストを補完し抜け落ちないように確実に点検を実施する。水中カメラによる点検の観察は複数人で実施する。
- (5) (4)の点検の結果、緩みによる隙間が認められたとき等、より詳細に点検を実施する必要があると認められた場合は、点検を必要とする場所によって、点検のための準備及び締め付け方法等が異なるため、場所を特定した後、増し締め方法等を別途検討し適切に処置する。

5 実施体制

5.1 実施体制

- (1) 研究炉部長 (統括)
- (2) JRR-4 管理課長 (総括)
- (3) JRR-4 管理課、研究炉利用課 (作業担当)
- (4) 施設放射線管理第 1 課 (放射線管理)

5.2 作業人員配置

- (1) 作業責任者 1 名
- (2) 点検作業 5～10 名
・ 炉心タンク内は 1 名ずつ交代で実施
- (3) 放射線管理 2 名
- (4) 記録 2 名

6 予定期間

平成 17 年 6 月 13 日～21 日

7 炉心タンク内作業における注意事項

- (1) 放射線作業にあたり、保安規定第 2 編第 2 2 条に定める保安の措置を講じる。
- (2) 作業期間中の被ばく線量を 0.1mSv (保安規定第 2 編第 2 3 条に定める放射線作業に係る被ばく線量の 1/10) 以下に管理する観点からは、一人あたり

最大5時間とするが、作業の安全性を考慮し、1日の作業時間は最大1時間とする。

- (3) 作業前に炉心タンク内の酸素濃度が適正な範囲内（18%以上）であることを確認する。必要に応じ、換気装置等を使用する。
- (4) 安全帯と天井からのロープにより転落防止を行う。
- (5) 使用する工具にはロープを取付け落下防止措置を行う。

8 点検結果の記録

点検箇所毎に、緩み止め対策の実施状況、緩みの有無、増し締めの実施について記録する。

This is a blank page.

付録 C

緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与える

ねじ、ボルト等の点検結果報告書

This is a blank page.

付録 C 緩み、脱落により制御棒の駆動に障害を与える
ねじ、ボルト等の点検結果報告書

1. 実施期間

平成 17 年 6 月 13 日から 6 月 20 日

2. 点検対象

炉心タンク内及び炉心タンクより上部の緩み、脱落により制御棒の駆動に障害
を与えるおそれのある全てのねじ、ボルト等。

3. 点検結果

(1) 炉心上面から上 2.5m まで水位を下げ、空気中に露出した全てのねじ、ボルト等につ
いて締め付け具合及び落下防止措置の有無を点検し、必要に応じて増し締めを行った。
また、計画段階で調査した図面で特定できないねじ、ボルト等が存在したため、点検
リストを補完するとともに、それらについても同様に点検等を行った。

・点検等を行ったねじ、ボルト等 1,426 本

・落下防止措置が施されているねじ、ボルト等 66 本

(2) 補完された点検リストをもとに、2 回目の点検等を実施した。なお、点検の信頼性向
上のため、同一部位については作業者を変更して点検等を行った。

・点検等を行ったねじ、ボルト等 1,426 本

・落下防止措置が施されているねじ、ボルト等 66 本

(3) 水中の機器については、水中カメラを用いて図面調査で特定した部位を中心にねじ、
ボルト等に緩みによる隙間があるかどうか等の点検を行った。なお、水中カメラによ
る点検の観察は複数人で実施した。

・点検を行ったねじ、ボルト等 153 本

以上の作業により、対象となったねじ、ボルト等 1,579 本 (1,426 本+153 本) の全
てについて、計画どおり締め付け具合及び落下防止措置の有無の点検が行われ、必要
に応じて増し締めが行われた。

点検結果の詳細については、別紙 1 に示す。また、炉心タンク内作業における被ば
く線量及び炉心タンク内酸素濃度測定結果については、別紙 2 に示す。

別紙1 ねじボルト等の点検記録

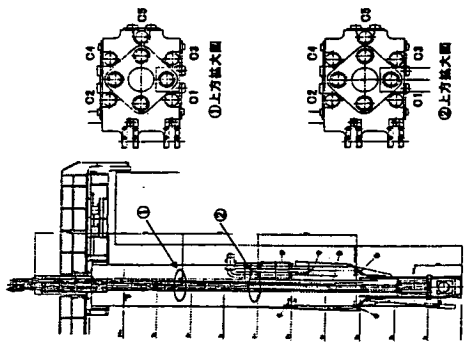
ボルト等の存在する機器点検対象機器リスト

点検対象機器	シートNo.	作業前確認済ボルト数量	炉心タンク上部から下部振れ止めの範囲における点検						水中カメラによる点検		備考
			作業前確認済ボルト数量(水面より上)		ボルト等総数(1回目)		ボルト等総数(2回目)		作業前確認済ボルト数量(水面より下)	ボルト等総数	
			締め付け具合の確認	落下防止措置の確認	締め付け具合の確認	増し締め	落下防止措置の確認	増し締め			
制御棒駆動機	No.1	60	61	12	49	61	12	49	0	0	
後援安全棒ベアスタル(上部)	No.2	818	728	2	724	728	2	724	*1 312	*1 -127	*1 制御棒駆動装置のノックピン185本は、当該装置内部に存在するため点検対象外とした。
ベアスタル(下部)	No.3	71	90	0	90	90	0	90	0	0	
起動系	No.4	27	33	6	27	33	6	27	0	0	
中性子検出器(LIn-N系)											
中性子検出器(安全系No.1)											
中性子検出器(安全系No.2)											
炉心タンク水位計(LRA-1)											
炉心タンク水位フロートスイッチ(LA-10)											
炉心タンク内温度計(TRA-2-1)											
炉心タンク内温度計(TRA-2-2)											
炉心タンク上部温度計(TI-1-3)											
照射筒(気送)											
照射筒(水力)											
利用設備	No.6	47	75	14	61	75	14	61	0	0	
リフト取だし窓											
N/Aタイプ											
S/Aタイプ											
D/Aタイプ	No.7	161	202	10	192	202	10	192	0	0	
炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(北東側)											
炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(南東側)											
炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(西北側)											
炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(南西側)											
水中照明灯(北東側)	No.8	79	*2 53	22	29	51	22	29	26	26	*2 炉心タンク振れ止め用脚ワイヤ(北西側)の中段クランプワイヤ(北西側)の中間クランプワイヤ(北西側)は存在しないことが確認されたため、ボルト2本少なくなった。
水中照明灯(南西側)											
燃料交換弁(水面下)											
自動液面調整弁(水面下)											
炉心要業取扱トング											
炉心タンク上部排気系											
水中照明灯電源端子箱											
監視カメラ											
プロセス気筒子箱											
炉心タンク屋面	No.9	0	139	0	139	139	0	139	0	0	
気送管運へい操作ボックス											
温水入口管											
小計:		1280	942	68	1360	1428	68	1360	338	153	

ボルト等の存在する機器
シートNo.1

点検対象機器	図面番号	作業前 確認済み ボルト数	ボルト形状	数量	漏れ防止 有無	点検者	点検日	第1回				第2回				
								ボルト形状	数量	漏れ防止 有無	点検者	点検日	ボルト形状	数量	漏れ防止 有無	点検者
① 漏れ止め(上取)	U字アロン(O1)	2	六角ボルト	2	OK		H17.8.14	六角ボルト	2	OK		六角ボルト	2	OK		H17.8.18
	U字アロン(O2)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK	
	U字アロン(O3)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK	
	U字アロン(O4)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK	
	U字アロン(O5)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK	
	アロン板(O1)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	アロン板(O2)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	アロン板(O3)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	アロン板(O4)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	アロン板(O5)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	ハンドルシャフト(O1)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドルシャフト(O2)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドルシャフト(O3)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドルシャフト(O4)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドルシャフト(O5)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドル受け(O1)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
ハンドル受け(O2)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK		
ハンドル受け(O3)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK		
ハンドル受け(O4)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK		
ハンドル受け(O5)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK		
② 漏れ止め(下取)	U字アロン(O1)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK		六角ボルト	2	OK		
	U字アロン(O2)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK		六角ボルト	2	OK		
	U字アロン(O3)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK		六角ボルト	2	OK		
	U字アロン(O4)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK		六角ボルト	2	OK		
	U字アロン(O5)	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK		六角ボルト	2	OK		
	アロン板(O1)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	アロン板(O2)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	アロン板(O3)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	アロン板(O4)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	アロン板(O5)	2	Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK			Y付スロネジ	2	OK	
	ハンドルシャフト(O1)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドルシャフト(O2)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドルシャフト(O3)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドルシャフト(O4)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドルシャフト(O5)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
	ハンドル受け(O1)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK	
ハンドル受け(O2)	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK		

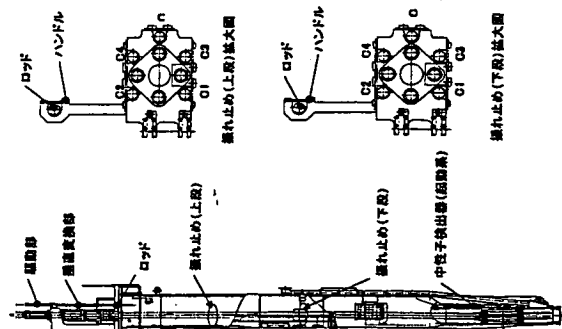
小計: 80 小計: 81



機器配置図

ボルト等の存在する機器
シートNo.3

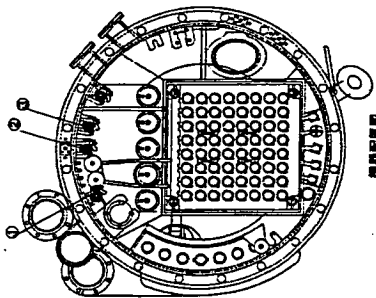
点検対象機器	図面番号	作業前 確認済み ボルト数	第1回				第2回				備考	
			ボルト形状	数量	種別の 確認 有無	点検者	点検日	ボルト形状	数量	種別の 確認 有無		点検者
圧縮機	図面0-1	49	アラスねじ	27	OK	八木	H17.8.14	アラスねじ	27	OK	石黒	H17.8.17
			アラスねじ	8	OK							
			ねじ	4	OK							
			六角ボルト	8	OK							
	図面0-2	22	ナット	2	OK							
			アラスねじ	14	OK							
			六角ボルト	4	OK							
			六角穴付ボルト	4	OK	八木	H17.8.14	六角穴付ボルト	4	OK	石黒	H17.8.17
	図面1-1	—	ホースバンド	1	OK	八木	H17.8.14	ホースバンド	1	OK	佐々木	H17.8.18
			六角ボルト	3	OK	平塚		六角ボルト	3	OK		
			六角ボルト	3	OK	樋口		六角ボルト	3	OK	本村	
			六角ボルト	1	OK	平塚		六角ボルト	1	OK	佐々木	
	図面1-2	—	六角ボルト	1	OK	樋口	H17.8.14	六角ボルト	1	OK	本村	H17.8.18
			六角ボルト	9	OK	徳島	H17.8.18	六角ボルト	9	OK	石黒	H17.8.17
六角ナット			3	OK			六角ナット	3	OK			
ホースバンド			1	OK	徳島	H17.8.18	ホースバンド	1	OK	佐々木	H17.8.18	
小計:		71									90	



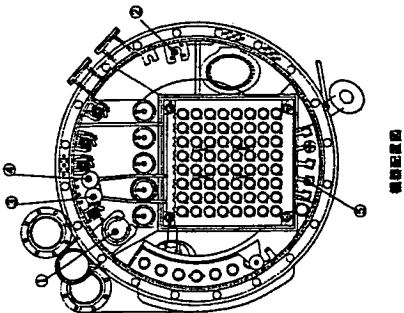
機器配置図

ボルト等の存在する機器
シートNo.4

点検対象機器	機器番号	作業前 確認済み ボルト数	第1回				第2回				備考		
			ボルト形状	数量	漏れ検 め確認	点検者	点検日	ボルト形状	数量	漏れ検 め確認		点検者	点検日
① 中性子検出器(LH-1)	上部位置調整器	0	六角ボルト	0	OK	保馬	H17.8.13	六角ボルト	5	OK	石黒	H17.8.10	
	ブラケット(上段)	2	プラスチック	4	OK	保馬		プラスチック	4	OK	石黒	H17.8.10	
	ブラケット(下段)	2	シャフト	1	—	佐々木		シャフト	1	—	石黒	H17.8.20	落下防止(ピン)あり
② 中性子検出器(安全計No.1)	上部位置調整器	0	六角ボルト	0	OK	保馬		六角ボルト	0	OK	新井	H17.8.10	
	ブラケット(上段)	2	プラスチック	4	OK	保馬		プラスチック	4	OK	新井	H17.8.10	
	ブラケット(下段)	2	シャフト	1	—	佐々木		シャフト	1	—	新井	H17.8.10	落下防止(ピン)あり
③ 中性子検出器(安全計No.2)	上部位置調整器	0	六角ボルト	0	OK	保馬		六角ボルト	0	OK	新井	H17.8.10	
	ブラケット(上段)	2	プラスチック	4	OK	保馬		プラスチック	4	OK	新井	H17.8.10	
	ブラケット(下段)	2	シャフト	1	—	佐々木		シャフト	1	—	新井	H17.8.10	落下防止(ピン)あり
							H17.8.13					H17.8.20	
			小計: 27								小計: 33		



ボルト等の存在する機器
シートNo.5



点検対象機器	図面番号	作業前 取組済み ボルト数	第1回			第2回			備考	点検日	備考				
			ボルト形状	個数	個々の 検査 結果	点検者	点検日	備考				ボルト形状	個数	個々の 検査 結果	点検者
① 炉心タンク水位計 (LWA-1)	別図B-1	—	六角ボルト	4	OK	横尾	H17.8.13	石黒	H17.8.16	六角ボルト	4	OK	石黒	H17.8.16	
			六角ボルト	4	OK										
			六角ボルト	2	OK										
			六角ボルト	4	OK										
② 炉心タンク水位フロースイッチ (LWA-10)	別図B-2	9	六角ボルト	4	OK	横尾	H17.8.13	新井	六角ボルト	4	OK	新井	六角ボルト	4	OK
			六角ボルト	4	OK										
			六角ボルト	4	OK										
			六角ボルト	4	OK										
③ 炉心タンク内温度計 (TRA-2-1)	別図B-3	—	六角ボルト	2	OK	佐々木	H17.8.13	木村	六角ボルト	2	OK	木村	六角ボルト	2	OK
			六角ボルト	2	OK										
			六角ボルト	2	OK										
			六角ボルト	2	OK										
④ 炉心タンク内温度計 (TRA-2-2)	別図B-3	—	六角ボルト	2	OK	横尾	H17.8.13	横尾	六角ボルト	2	OK	横尾	六角ボルト	2	OK
			六角ボルト	2	OK										
			六角ボルト	2	OK										
			六角ボルト	2	OK										
⑤ 炉心タンク上部温度計 (TT-1-3)	—	—	六角ボルト	4	OK	八木	H17.8.14	八木	六角ボルト	4	OK	八木	六角ボルト	4	OK
			六角ボルト	4	OK										
			六角ボルト	4	OK										
			六角ボルト	4	OK										

小計: 49

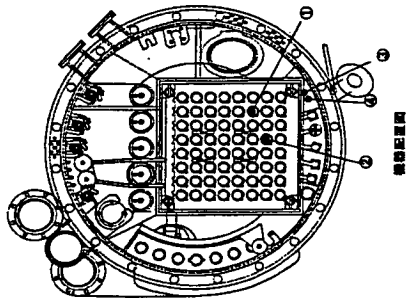
小計: 49

小計: 10

小計: 49

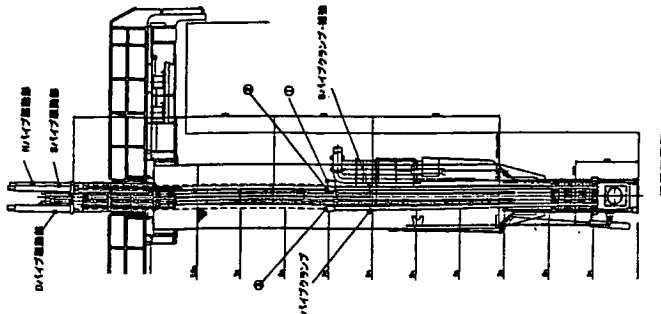
ボルト等の存在する機器
シートNo.8

点検対象機器	図面番号	作業員 確認済み ボルト数	第1回				第2回				備考			
			ボルト形状	数量	腐食の有無	点検者	点検日	ボルト形状	数量	腐食の有無		点検者	点検日	
① 燃料機(気送)	ワイヤ束下管上段	4	六角ボルト	3	無	OK	佐々木	H17.8.13	六角ボルト	3	無	OK	H17.8.20	
	ワイヤ束下管下段	4	六角ボルト	3	無	OK			六角ボルト	3	無	OK		
	フランジ	別図G-1 別図G-2	六角ボルト	3	無	OK	木村	H17.8.14	六角ボルト	3	無	OK		
			ワッシャー	3	無	OK				ワッシャー	3	無	OK	
			ワッシャー	3	無	OK				ワッシャー	3	無	OK	
			六角ボルト	4	無	OK	木村	H17.8.14	六角ボルト	4	無	OK	H17.8.20	
ワイヤ束内管クラン	—	—	—	—	—	—	—	六角ボルト	4	無	OK	H17.8.20		
② 燃料機(水力)	中間フランジ	ボルト	六角ボルト	5	無	OK	佐々木	H17.8.13	六角ボルト	5	無	OK	H17.8.18	
			ナット	5	無	OK				六角ナット	5	無	OK	
	管フラ	別図G-3	六角ボルト	4	無	—	黒口	H17.8.14	六角ボルト	4	無	—		落下防止(増設)あり
			六角ボルト	2	無	OK				六角ボルト	2	無	OK	
			六角ナット	2	無	—	黒口	H17.8.14	六角ナット	2	無	—		落下防止(増設)あり
			六角ナット	2	無	—				六角ナット	2	無	—	
固定板	別図G-2	5	六角ナット	5	無	—		六角ナット	5	無	—		落下防止(増設)あり	
固定板	別図G-4	11	六角ナット	24	有	OK	佐々木	H17.8.13	六角ナット	24	無	OK	H17.8.18	落下防止(増設)あり
		小計:	47	78					78					



ボルト等の存在する機器
シートNo.7

点検対象機器	図面番号	作業前 確認済小 ボルト数量	原1回			原2回			備考	点検日	点検者	閉鎖 解除 済	閉鎖 解除 済	閉鎖 解除 済	ボルト形状	数量	閉鎖 解除 済	閉鎖 解除 済	備考	
			ボルト形状	数量	閉鎖 解除 済	ボルト形状	数量	閉鎖 解除 済												
① Nバイブ	昇降台設置 別図7-1	48	プラスねじ	38	OK	八木	H17.8.14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	プラスねじ	38	無	OK	佐々木	H17.8.17	
			六角穴付棒	14	OK	八木			OK	OK	OK	OK	OK	OK	六角穴付棒	14	無	OK		
			六角ボルト	11	OK	八木			OK	OK	OK	OK	OK	OK	六角ボルト	11	無	OK		
② Sバイブ	ガイドプラグ サポート	0	平行ピン	0	—	八木	H17.8.14	—	—	—	—	—	—	平行ピン	0	無	—	—	落下防止(滑動)あり	H17.8.20
			六角ボルト	10	OK	佐々木	H17.8.13	OK	OK	OK	OK	OK	OK	六角ボルト	10	無	OK	石黒		
	昇降台設置 サポート	40	プラスねじ	42	OK	八木	H17.8.14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	プラスねじ	42	無	OK	佐々木	H17.8.17	
			六角ボルト	11	OK	八木			OK	OK	OK	OK	OK	六角ボルト	11	無	OK			
	ガイドプラグ取付棒 サポート	0	六角ボルト	0	OK	黒口		OK	OK	OK	OK	OK	OK	六角ボルト	0	無	OK	木村	H17.8.18	
			平行ピン	2	—	八木			—	—	—	—	—	—	平行ピン	2	無	—	—	落下防止(滑動)あり
昇降台設置 サポート	40	プラスねじ	42	OK	八木		OK	OK	OK	OK	OK	OK	プラスねじ	42	無	OK	佐々木	H17.8.17		
		六角ボルト	11	OK	八木			OK	OK	OK	OK	OK	六角ボルト	11	無	OK	木村	H17.8.18		
③ Dバイブ	ガイドプラグ取付棒 サポート	0	六角ボルト	0	OK	黒口		OK	OK	OK	OK	OK	六角ボルト	0	無	OK	木村	H17.8.18		
			平行ピン	2	—	八木			—	—	—	—	—	—	平行ピン	2	無	—	—	落下防止(滑動)あり
			小計: 161			小計: 202						小計: 202								



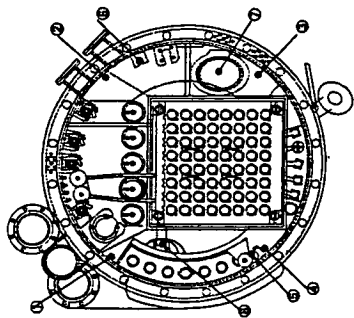
ボルト等の存在する機器
シートNo.8

点検対象機器	原田番号	特異点 確認済み ボルト数				第1回				第2回				備考	
		ボルト形状	数量	種別の 有無	増し締め 状況	点検者	点検日	備考	ボルト形状	数量	種別の 有無	増し締め 状況	点検者		点検日
① 炉心カンク固れ止め用脚ワ イヤ(南真側)	別図0-1	クランプワイヤ-ガイド 上	2	六角ボルト	2	OK	H17A19		六角ボルト	2	OK	H17A18	石黒	H17A18	
		クランプワイヤ-ガイド 中	2	六角ボルト	2	OK			六角ボルト	2	OK		木村		
		クランプワイヤ-ガイド 下	2	六角ボルト	2	OK	佐々木		六角ボルト	2	OK		新井		
		クランプワイヤ-ガイド 上	2	六角ボルト	2	OK	徳島		六角ボルト	2	OK		木村		
② 炉心カンク固れ止め用脚ワ イヤ(南真側)	別図0-2	クランプワイヤ-ガイド 中	2	六角ボルト	2	OK	佐々木		六角ボルト	2	OK		石黒		
		クランプワイヤ-ガイド 下	2	六角ボルト	2	OK	徳島		六角ボルト	2	OK		新井		
③ 炉心カンク固れ止め用脚ワ イヤ(北真側)		クランプワイヤ-ガイド 上	2	六角ボルト	2	OK	徳島		六角ボルト	2	OK		木村		
		クランプワイヤ-ガイド 中	2	六角ボルト	2	OK	佐々木		六角ボルト	2	OK		石黒		
④ 炉心カンク固れ止め用脚ワ イヤ(北真側)		クランプワイヤ-ガイド 上	2	六角ボルト	2	OK	徳島		六角ボルト	2	OK		木村		
		クランプワイヤ-ガイド 下	2	六角ボルト	2	OK	佐々木		六角ボルト	2	OK		石黒		
⑤ 照明灯(北真側)	別図0-3	水中取付器	10	六角穴付ボルト	10	OK	平瀬		六角穴付ボルト	10	OK	H17A19	大山	H17A20	落下防止(ワイヤ)あり
		支持部	1	六角穴付ボルト	1	OK			六角穴付ボルト	1	OK		大山	H17A20	落下防止(ワイヤ)あり
⑥ 照明灯(南真側)	別図0-3	水中取付器	10	六角穴付ボルト	10	OK	平瀬		六角穴付ボルト	10	OK	H17A19	大山	H17A20	落下防止(ワイヤ)あり
		支持部	1	六角穴付ボルト	1	OK			六角穴付ボルト	1	OK		大山	H17A20	落下防止(ワイヤ)あり
⑦ 燃料交換弁(水直下)	別図0-4	横	13	六角ボルト	13	OK			六角ボルト	13	OK		伊藤・大山	H17A17	
		縦	10	六角ボルト	10	OK			六角ボルト	10	OK		伊藤・大山	H17A17	
⑧ 自動液面調整弁(水直下)	別図0-5	横	3	六角ボルト	3	OK			六角ボルト	3	OK		伊藤・大山	H17A17	段差防止(ピン)あり
		縦	1	六角ボルト	1	OK			六角ボルト	1	OK		伊藤・大山	H17A17	
⑨ 炉心監視取付トング	別図0-6	外輪ホース押入	8	六角穴付ボルト	8	OK	H17A18		六角穴付ボルト	8	OK	H17A18	石黒	H17A18	
		内輪ホース押入	8	六角穴付ボルト	8	OK	徳島		六角穴付ボルト	8	OK	H17A18	石黒	H17A18	
⑩ 炉心カンク上取付装置	別図0-7		70	六角穴付ボルト	70	OK	H17A19		六角穴付ボルト	70	OK	H17A19	石黒	H17A19	

小計: 77

小計: 81

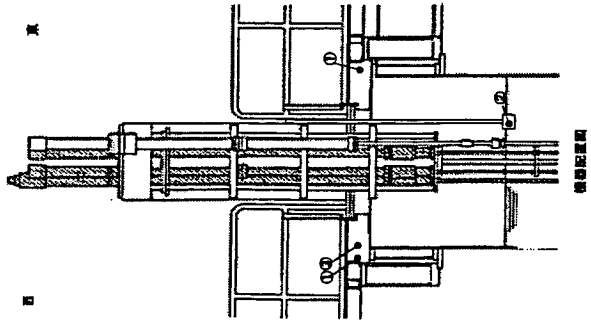
小計: 79



機器配置図

ボルト等の存在する機器
シートNo.9

点検対象機器	機器番号	作業員 確認済み ボルト数	第1回				第2回				備考			
			ボルト形状	数	漏れの有無 確認済	点検日	ボルト形状	数	漏れの有無 確認済	点検日				
①水中照明灯電線端子箱	東側		プラスねじ	4	無	OK	八本	プラスねじ	4	無	OK	H17.8.14	木村	H17.8.17
			六角ボルト	4	無	OK		六角ボルト	4	無	OK			
			プラスねじ	4	無	OK		プラスねじ	4	無	OK			
			六角ボルト	4	無	OK		六角ボルト	4	無	OK			
②監視カメラ	北側		六角穴つきねじ	20	無	OK		六角穴つきねじ	20	無	OK		新井	H17.8.10
			プラスねじ	4	無	OK		プラスねじ	4	無	OK			
			六角穴つきねじ	4	無	OK		六角穴つきねじ	4	無	OK			
			プラスねじ	4	無	OK		プラスねじ	4	無	OK			
③プロセス系端子箱	西側		六角ボルト	31	無	OK		六角ボルト	31	無	OK		木村	H17.8.17
			プラスねじ	38	無	OK		プラスねじ	38	無	OK			
			六角ボルト	7	無	OK		六角ボルト	7	無	OK			
			六角ボルト	4	無	OK		六角ボルト	4	無	OK			
④気流監視へい検作ボックス	東側		六角ボルト	8	無	OK		六角ボルト	8	無	OK		新井	H17.8.18
			六角ボルト	3	無	OK		六角ボルト	3	無	OK			
			六角ボルト	1	無	OK		六角ボルト	1	無	OK			
			六角ボルト	1	無	OK		六角ボルト	1	無	OK			
⑤温水入口管	北側		六角ボルト	1	無	OK		六角ボルト	1	無	OK		石黒	H17.8.18
			六角ボルト	1	無	OK		六角ボルト	1	無	OK			
			小計: 0				小計: 139							



炉心タンク内作業における被ばく線量及び炉心タンク内酸素濃度測定結果

1. 作業期間における作業者の被ばく線量

名 前	被ばく線量 (μ Sv)
A	4
B	5
C	3
D	13
E	2
F	1
G	1
H	2
I	3
J	5

2. 炉心タンク内酸素濃度測定結果（酸素濃度が18%以上あること）

作業日	6/13	6/14	6/15	6/16	6/17	6/18	6/19	6/20
酸素濃度(%)	20.8	20.6	—	—	—	20.9	—	20.9

注：6/15,16,17,19 は炉心タンク内作業なし

付録 D

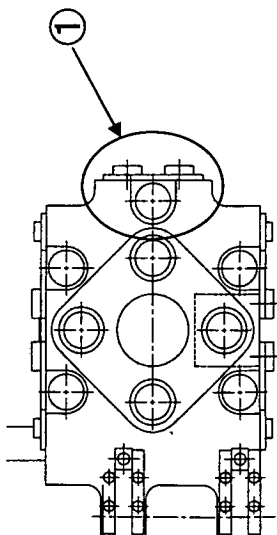
ねじ及びテフロン製ガイド交換作業記録

This is a blank page.

付録D ねじ及びテフロン製ガイド交換作業記録

点検対象機器	確認部位	数量	異常の有無	緩みの有無	備考
① C5制御棒下部振れ止め	ハンドル部ネジ穴	2	無	無	
	テフロン製ガイド	1	無	無	新品と交換
	皿小ネジ	2	無	無	新品と交換
	ハンドル	1	無	無	閉鎖動作異常なし

機器配置図



作業日：平成17年6月14日

作業者名：大山

交換部品：皿小ネジ 2本
テフロン板 1枚

This is a blank page.

付録 E

制御棒駆動試験記録

This is a blank page.

付録 E 制御棒駆動試験記録

【作動検査及びスクラム検査記録】

検査年月日：平成 17 年 6 月 22 日

検査者：新井、横尾、佐々木

1. ストローク

制御棒	下限位置指示値 mm	上限位置指示値 mm	ストローク mm	基準値	結果
C1	0.0	650.0	650.0	650±5	良
C2	-0.1	650.0	650.1	650±5	良
C3	-0.1	650.0	650.1	650±5	良
C4	-0.1	650.0	650.1	650±5	良
C5	-0.1	650.2	650.3	650±5	良

2. 引抜時間

制御棒	引抜時間(sec)		引抜速度 (mm/min)	結果
	測定値	基準値		
C1	650.28	650±5	59.97	良
C2	650.22	650±5	59.98	良
C3	650.30	650±5	59.97	良
C4	650.27	650±5	59.98	良
C5	66.43	65±3	587.13	良

参考：1次系流量 8.0 m³/min
炉心タンク水位 9.77 m

3. 挿入時間

制御棒	挿入時間 (sec)	基準値 (sec)	挿入速度 (mm/min)	結果
C1	650.27	650±5	59.98	良
C2	650.22	650±5	59.98	良
C3	650.21	650±5	59.98	良
C4	650.15	650±5	59.99	良
C5	64.72	65±3	602.60	良

参考：1次系流量 8.0 m³/min
炉心タンク水位 9.77 m

4. 落下時間

制御棒	落下時間(msec)		結果
	測定値	基準値	
C1	513	≤700	良
C2	518	≤700	良
C3	531	≤700	良
C4	514	≤700	良
C5	552	≤700	良

測定器：YOKOGAWA OR1400
参考：1次系流量 0 m³/min
炉心タンク水位 9.77 m

【安全保護回路検査記録】

検査年月日：平成 17 年 6 月 22 日

検査者：新井、横尾、佐々木

微調整棒下限スクラム

判定基準	管理値	作動値		結果
自動運転中に微調整棒がスクラム 下限位置でスクラムすること。	13mm±2mm	A系	13.6	良
		B系	13.9	良

【インターロック検査記録】

検査年月日：平成 17 年 6 月 22 日

検査者：新井、横尾、佐々木

インターロック回路

判定基準	基準値	作動値	結果
自動運転範囲外で自動投入不可。	65mm	65.6	良
	535mm	534.1	良

【警報回路検査記録】

検査年月日：平成 17 年 6 月 22 日

検査者：新井、横尾、佐々木

1. 制御棒そう入障害

判定基準	C1	C2	C3	C4	C5	結果
-13mm±2mm 以内(管理値) でアラームが発生すること	-12.6	-13.3	-13.0	-13.4	-12.7	良

2. 微調整棒位置不相当

判定基準	基準値	作動値	結果
自動運転中に微調整棒が自動運転範囲逸脱で アラームが発生すること。	65mm	65.4	良
	535mm	534.1	良

【参考記録】

検査年月日：平成 17 年 6 月 22 日

検査者：新井、横尾、佐々木

ピックアップ・ドロップアウト電流

制御棒	ピックアップ電流 (mA)	ドロップアウト電流 (mA)	設定値 (mA)
C5	180 (300)	168 (280)	450 (750)

()内はダイヤル値

参考：1次系流量 8.0 m³/min
炉心タンク水位 9.77 m

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	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
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	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
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量等量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV=1.60218×10⁻¹⁹J
1 u=1.66054×10⁻²⁷kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バーン	b
バル	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å=0.1nm=10⁻¹⁰m
1 b=100fm²=10⁻²⁸m²
1 bar=0.1MPa=10⁵Pa
1 Gal=1cm/s²=10⁻²m/s²
1 Ci=3.7×10¹⁰Bq
1 R=2.58×10⁻⁴C/kg
1 rad=1cGy=10⁻²Gy
1 rem=1cSv=10⁻²Sv

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- E C閣僚理事会指令では bar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘度 1Pa·s(N·s/m²)=10P(ポアズ)(g/(cm·s))
動粘度 1m²/s=10⁴St(ストークス)(cm²/s)

圧	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062×10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322×10 ⁻⁴	1.35951×10 ⁻³	1.31579×10 ⁻³	1	1.93368×10 ⁻²
	6.89476×10 ⁻³	7.03070×10 ⁻²	6.80460×10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778×10 ⁻⁷	0.238889	9.47813×10 ⁻⁴	0.737562	6.24150×10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407×10 ⁻⁶	2.34270	9.29487×10 ⁻³	7.23301	6.12082×10 ¹⁹
	3.6×10 ⁶	3.67098×10 ⁵	1	8.59999×10 ⁵	3412.13	2.65522×10 ⁶	2.24694×10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279×10 ⁻⁶	1	3.96759×10 ⁻³	3.08747	2.61272×10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072×10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515×10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616×10 ⁻⁷	0.323890	1.28506×10 ⁻³	1	8.46233×10 ¹⁸
	1.60218×10 ⁻¹⁹	1.63377×10 ⁻²⁰	4.45050×10 ⁻²⁶	3.82743×10 ⁻²⁰	1.51857×10 ⁻²²	1.18171×10 ⁻¹⁹	1

1 cal=4.18605J (計量法)
=4.184J (熱化学)
=4.1855J (15°C)
=4.1868J (国際蒸気表)
仕事率 1 PS(仏馬力)
=75 kgf·m/s
=735.499W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270×10 ⁻¹¹
	3.7×10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58×10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

研究用原子炉(JRR-4)の制御棒挿入障害事象に係る再発防止対策