

島根原子力発電所1号機
燃料取替装置 燃料把握機の変形について

平成19年11月
中国電力株式会社

目 次

1. 件名	1
2. 事象発生の日時	1
3. 事象発生の電気工作物	1
4. 事象発生時の運転状況	1
5. 事象発生の状況	1
6. 事象発生に至るまでの経緯	1
7. 変形した燃料把握機の点検結果	2
8. 原因の調査	3
9. 原因の推定	3
10. 処置	4
11. 再発防止対策	4
添付資料	5

1. 件名

島根原子力発電所1号機
燃料取替装置 燃料把握機の変形について

2. 事象発生の日時

平成19年11月21日 9時頃（機能回復不可能を判断）

3. 事象発生の電気工作物

燃料設備
燃料取扱設備 燃料取替装置

4. 事象発生時の運転状況

定格熱出力一定運転中

5. 事象発生の状況

島根原子力発電所1号機(定格電気出力46万キロワット)は、12月上旬から実施予定の第27回定期検査に先立ち、燃料取替装置の機能を確認するための燃料取替装置点検工事(工期:平成19年10月16日~11月30日予定)を実施していた。

11月17日14時頃、燃料取替装置に取付けられている位置検出器が当該装置の位置情報を正確に取込んでいるかどうかを確認する試験のため、燃料プール(以下、「SFP」という。)上から原子炉上へ燃料取替装置を移動させていたところ、燃料取替装置の燃料把握機部分がSFPゲート上部の手摺りに接触し、燃料把握機が変形した。

その後、燃料取替装置各部の詳細点検と機能回復が可能かどうか検討していたが、11月21日9時頃機能回復が不可能との判断に至った。

なお、主要パラメータに変動はなく本事象による外部への放射能の影響はなかった。

(添付資料-1, 2)

6. 事象発生に至るまでの経緯

(1) 平成19年11月17日の朝、燃料取替装置のインターロック処置を変更(通常運転時でも原子炉上への移動ができる状態へ変更)した後、燃料取替装置の原子炉側およびSFP側での位置確認作業を開始した。当日、当該作業は3名(A:燃料取替装置の操作 B:燃料取替装置操作の指示 C:位置検出器機能確認のためパソコン画面を確認)で実施していた。また、SFP近傍では、Dが燃料取替装置に係る別作業を実施していた。

(2) 午前中の作業に伴い、Aは手摺りを取外し、作業を開始した。午前中は手摺りを取外したままで位置検出器の確認試験を行った。

(3) 午前中の作業終了に伴い、Aは燃料取替装置を原子炉側へ移動し、手摺りを取付けた。午後の作業開始前に、Aは別作業で同フロアにいたDに手摺りを外すよう依頼

し、依頼を受けたDは手摺りを取外した。その後、Aは燃料取替装置をSFP側へ移動した。燃料取替装置がSFP側へ移動した後、Dは安全のために手摺りを取付け、その旨をAに連絡した。Dはその後、別作業の道工具を取りに行くためその場を離れた。

(4) その後、原子炉側で検出器の位置精度確認作業を行うため、AはSFP側から原子炉側へ燃料取替装置を移動した。その際、AはDからSFPゲート上部の手摺りを取付けた旨の連絡を受けていたが、これを失念したまま燃料取替装置を移動させたため、燃料取替装置が手摺りに接触し、燃料把握機が変形した。

(5) 11月18日以降、変形した燃料把握機を含め、燃料取替装置各部の詳細点検と機能回復が可能かどうか検討していたが、11月21日9時頃発電所長は、燃料取替装置の機能^{*1}回復が不可能と判断した。

※1：燃料取替装置の必要な機能とは、燃料を安全に取扱う機能（掴む機能）をいう。

(添付資料-3, 4)

7. 変形した燃料把握機の点検結果

(1) 分解前の外観目視点検

燃料把握機の変形部を詳細に観察したところ、第1伸縮管のガイドローラを取付けているフレーム、伸縮管と燃料つかみ具を接続しているシャフトおよび燃料つかみ具のフック駆動用空気チューブを通してのガイドバーに変形が生じていることが判明した。

(2) 分解点検内容および結果

a. 分解点検内容

(a) つかみ具の外観目視点検

つかみ具の外筒およびフック等の目視点検を行い傷や変形の有無を確認する。

(b) 伸縮管の点検

・ 外観目視点検

外観目視点検により、伸縮管各部の損傷および摩耗の有無を確認する。また、伸縮管に取付けられたガイドローラの外観目視点検および寸法測定を行う。

・ 伸縮管曲がり測定

伸縮管に平行な基準点を設け、基準点と伸縮管との距離を測定することで伸縮管の曲がりの有無を確認する。

b. 分解点検結果

燃料把握機の各部に対し外観目視点検および寸法測定等の詳細点検を実施した結果、分解前点検で確認されたもの以外に、第4伸縮管のガイドローラフレームに変形が確認されたが、その他の部位に変形・損傷・摩耗および各伸縮管の有意な曲がりや変形部以外に認められなかった。

(添付資料-5)

8. 原因の調査

本事象はヒューマンエラーによる不具合であるため、是正処置解析チャート（差異分析）を用い、燃料取替装置の燃料把握機部分がSFPゲート上部の手摺りに接触し、変形に至った原因を作業開始前および作業段階の手順について、差異分析により分析した結果、次の3つの差異が確認された。（各差異の文頭に記載している丸数字は、是正処置解析チャート（差異分析）の問題点と対応している。）

- (1) ①TBM(Tool Box Meeting)^{*2}で安全上の留意事項である手摺りの取付け・取外し等に関する確認がなかった。
- (2) ②工事要領書に手摺りの取付け・取外し等の手順の記載がなかった。
- (3) ③周囲の確認を怠った。

※2：日々の現場作業開始前に現場の作業員間で行う打合せをいう。

(添付資料-6, 7)

9. 原因の推定

差異分析の結果確認された3つの差異について、さらに深堀分析を実施した結果、当該事象が発生した原因を、以下のとおり推定した。（各差異の文頭に記載している丸文字は、是正処置解析チャート（深堀分析）の原因の追求と対応している。）

- (1) ㊸手摺りの取付け・取外し等については共通認識事項であり、TBMでの確認は不要と考えた。
- (2) ㊹工事要領書^{*3}に記載がないため、作業員が確認し忘れた。
- (3) ㊺当社が、当然遵守されると考えている「プールの手摺りは取外してはならない。機器搬入等でやむを得ずプールの手摺りを取外す場合には、その期間、縄張りや監視員の配置等の配慮を行い、必要に応じて安全帯を着用する。」という工事管理仕様書^{*4}上の要求事項についての共通認識が低下していた。
- (4) ㊻燃料取替装置の位置を再確認するための機会がなかった。
- (5) ㊼試験を行っていた作業員と手摺りを取付けた作業員とは担当していた作業が異なっていたことから、両者の間に手摺りの取付け・取外しに関する共通認識がなかった。また、工事要領書に燃料取替装置の運転開始または再開前に手摺りの取付け・取外しを含め周囲状況の確認について記載がなかった。
- (6) ㊽専任の監視人を置く工事要領書とはなっていなかった。

※3：当社の要求事項を受けて、メーカーが作成している当該工事を安全かつ確実に施工するための留意事項、詳細な施工手順等を定めた図書。

※4：当社が作成している島根原子力発電所において安全かつ確実に工事を実施するために、工事管理上の必要事項を定めた図書。

(添付資料-8)

10. 処置

変形したシャフトについては、同一仕様である2号機の燃料把握機の部品を取外し、1号機の燃料取替装置に取付けて使用する。また、第1伸縮管および第4伸縮管のガイドローラを取付けているフレームは、新品に取替え機能確認を行う。

なお、取外す2号機の部品については、新品納入後取付ける。

11. 再発防止対策

燃料取替装置のインターロック処置を変更（通常運転時でも原子炉上への移動ができる状態へ変更）して運転を行う場合、以下の対策を実施する。（各差異の文頭に記載している丸文字は、是正処置解析チャート（深堀分析）の対策案と対応している。）

(1) 運用面の対策

9. 原因の推定で抽出された原因に対する運用面の対策として、深堀分析で抽出された以下の4つの対策を実施する。

- a. ㊸工事要領書に、安全上の留意事項についてはTBMで確実に確認するよう記載する。
- b. ㊹工事要領書に、燃料取替装置の運転開始または再開前に手摺りの取付け・取外しを含め周囲状況を確認する手順を記載する。
- c. ㊺当社の要求事項が明記されている工事管理仕様書の再教育を実施する。
- d. ㊻工事要領書において、専任の監視人を配置し、手摺り等の干渉物の有無等を確認させることを明記する。

また、上記4つの対策を徹底させる観点から本事象および再発防止対策を作業着手前打合せ・TBM等のミーティングにおいて周知徹底し、再発防止を図る。

(2) 設備面の対策

(1)の運用面の対策を確実に実施することで再発防止は可能であるが、更に再発防止を確実なものとするため、次の設備面の対策を実施する。

- a. ㊼SFPゲート手前で燃料取替装置が、一旦、自動停止するようプログラムを変更し、手摺り等の干渉物の有無についての確認の機会を与える。

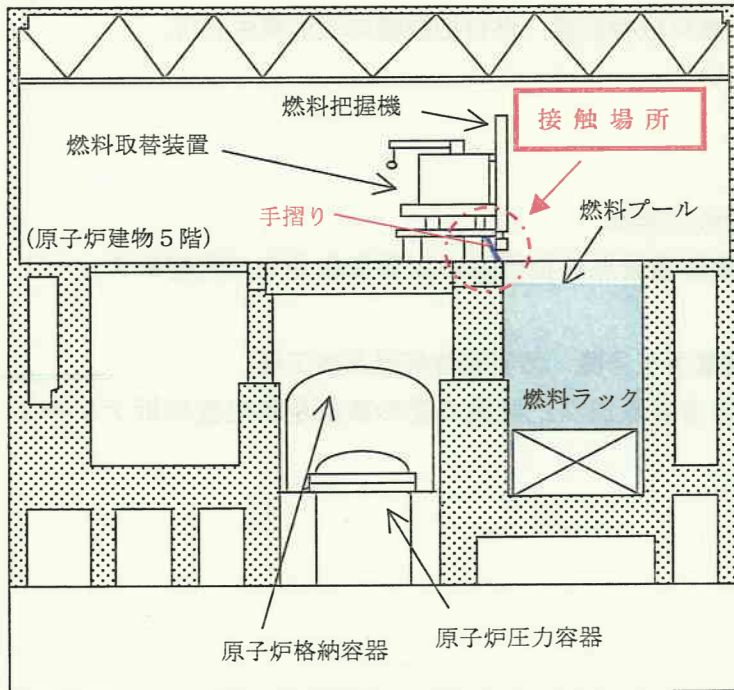
以上

添 付 資 料

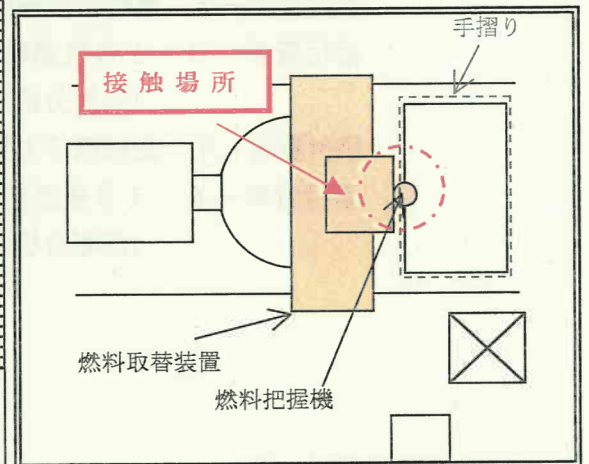
- 添付資料－1 島根1号機 燃料取替装置 燃料把握機の変形発生状況
- 添付資料－2 関連パラメータ
- 添付資料－3 人員配置図
- 添付資料－4 時系列
- 添付資料－5 燃料把握機変形の詳細
- 添付資料－6 1号機燃料取替装置燃料把握機の変形事象是正処置解析チャート
(差異分析)
- 添付資料－7 島根原子力発電所1号機 燃料取替装置点検工程
- 添付資料－8 1号機燃料取替装置燃料把握機の変形事象是正処置解析チャート
(深堀分析)

島根1号機 燃料取替装置 燃料把握機の変形発生状況

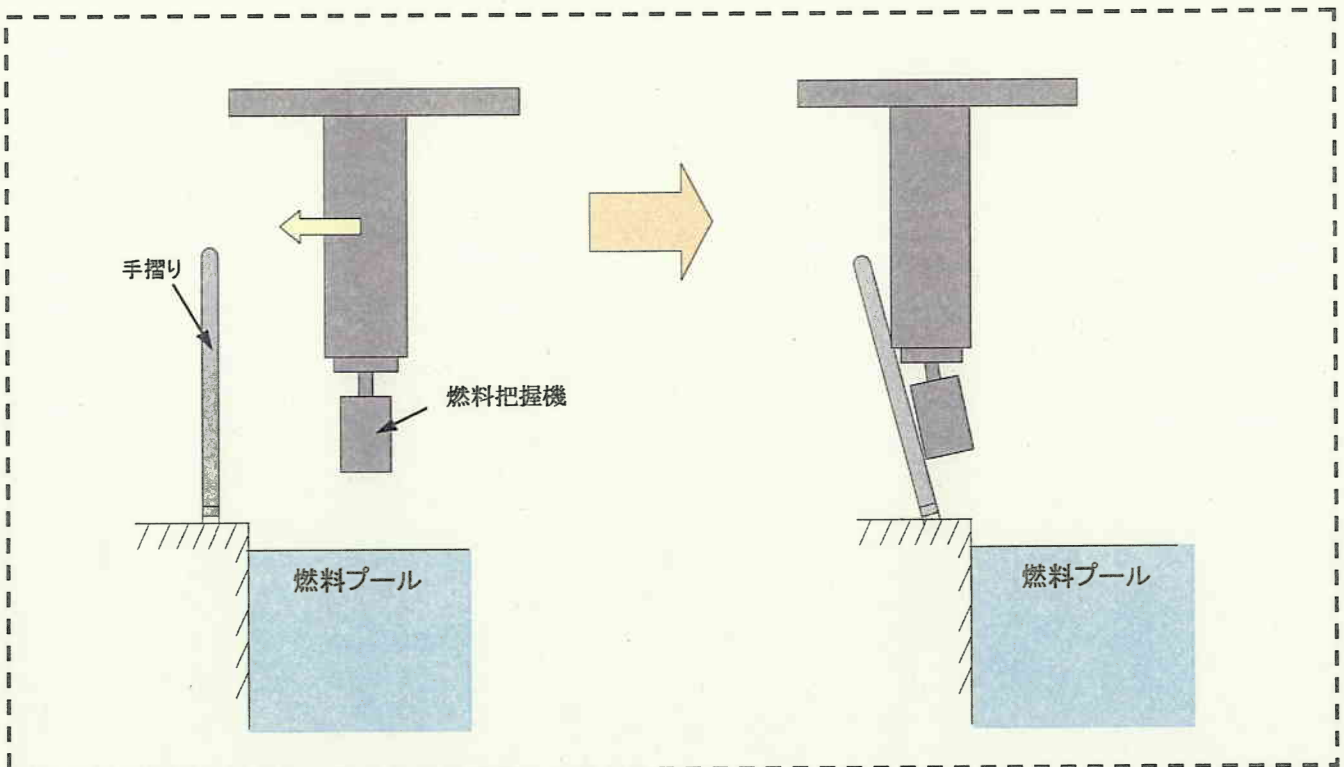
原子炉建物



(原子炉建物5階平面図)

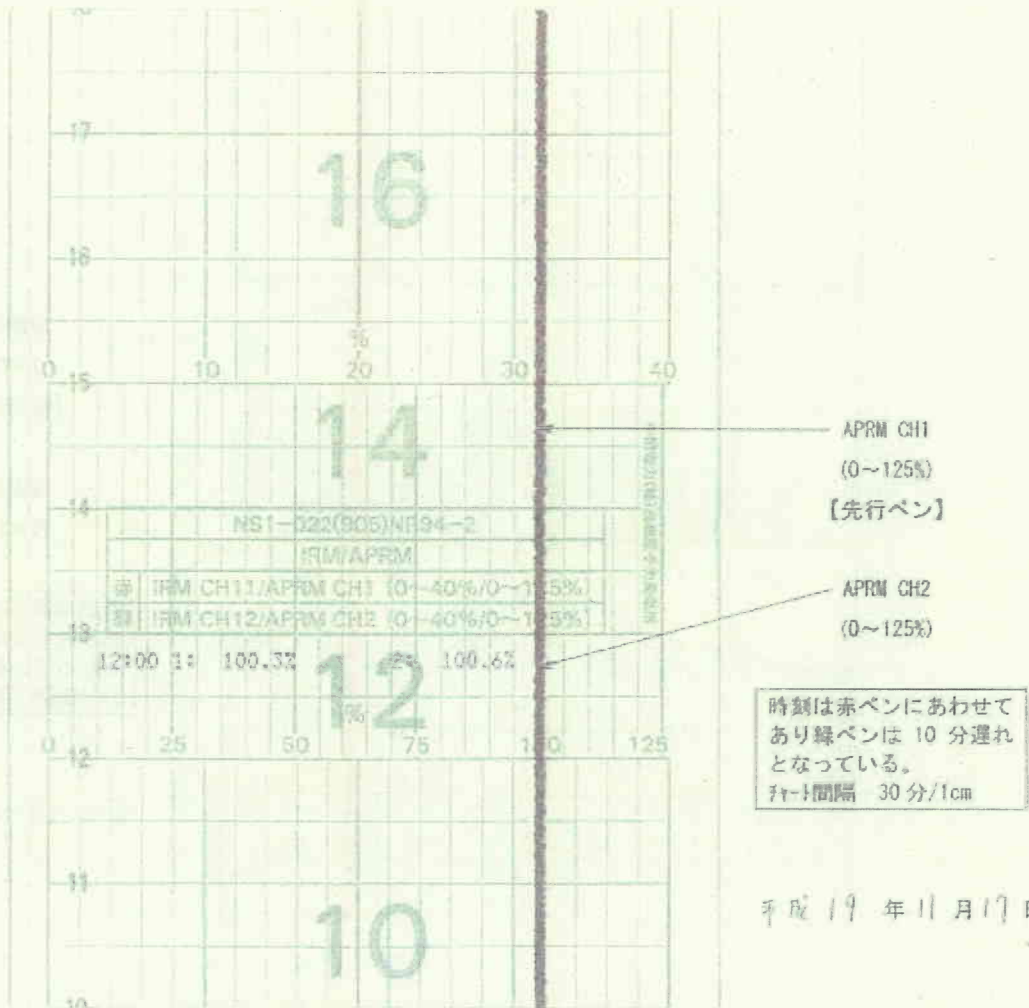


燃料把握機と手摺りとの接触状況図

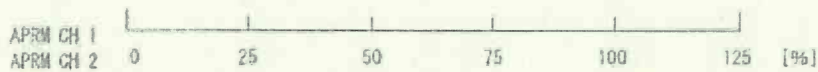


関連パラメータ

I R M / A P R M
(NS1-022 (906) NR94-2)

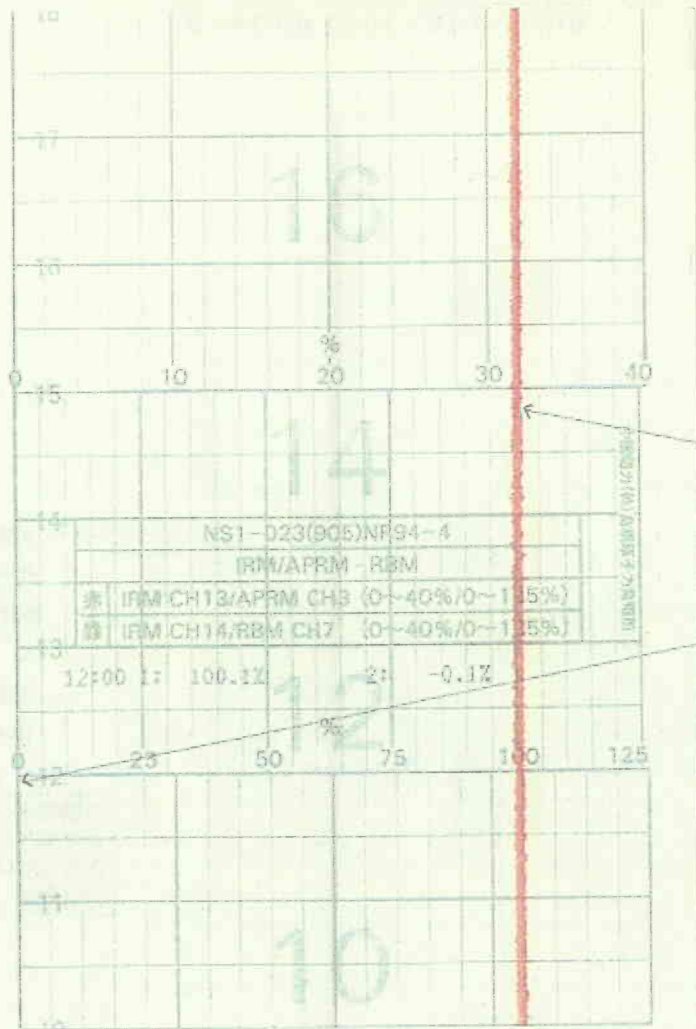


平成19年11月17日



IRM / APRM · RBM

(NS1-023 (905) NR94-4)



APRM CH3
(0~125%)
【先行ペン】

RBM CH7
(0~125%)

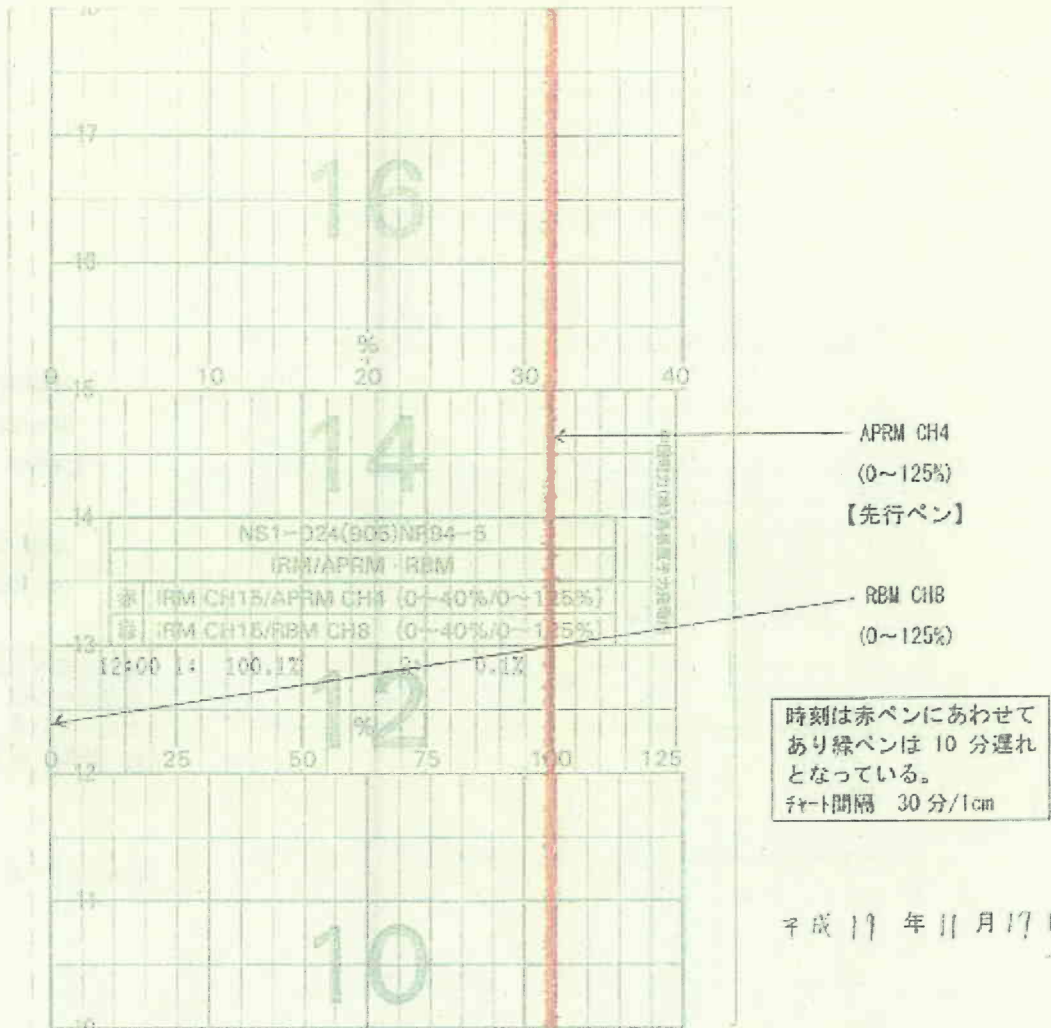
時刻は赤ペンにあわせてあり緑ペンは10分遅れとなっている。
チャート間隔 30分/1cm

平成19年11月17日

APRM CH 3
RBM CH 7 0 25 50 75 100 125 [%]

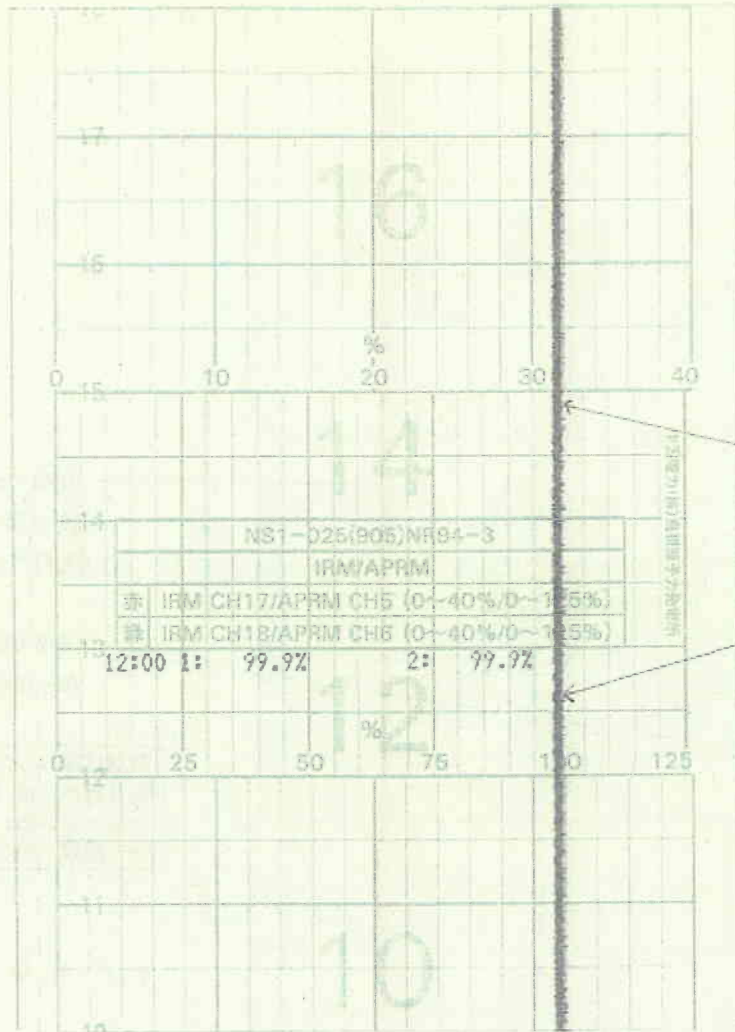
IRM / APRM · RBM

(NS1-024 (905) NR94-5)



平成 11 年 11 月 17 日

I R M / A P R M
(NS1-025 (905) NR94-3)



APRM CH5
(0~125%)
【先行ペン】

APRM CH6
(0~125%)

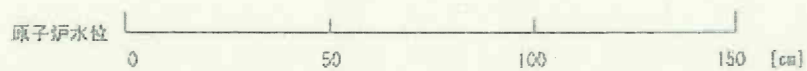
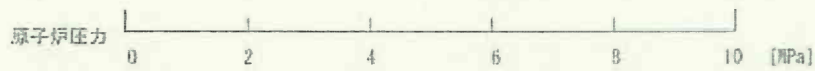
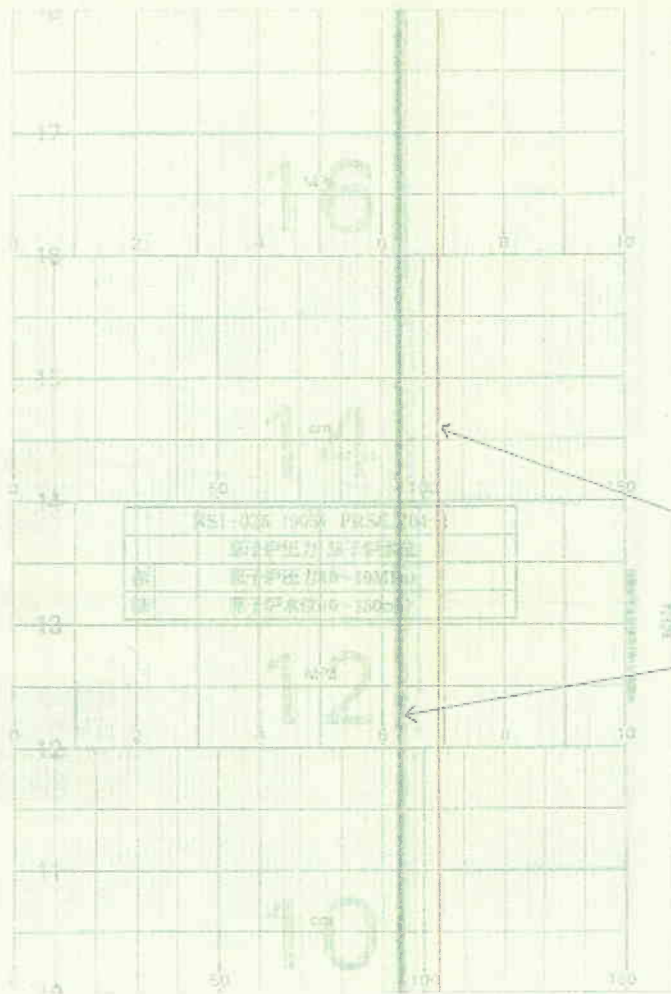
時刻は赤ペンにあわせて
あり緑ペンは 10 分遅れ
となっている。
チャート間隔 30分/1cm

平成 19 年 11 月 17 日

APRM CH 5
APRM CH 6 0 25 50 75 100 125 [%]

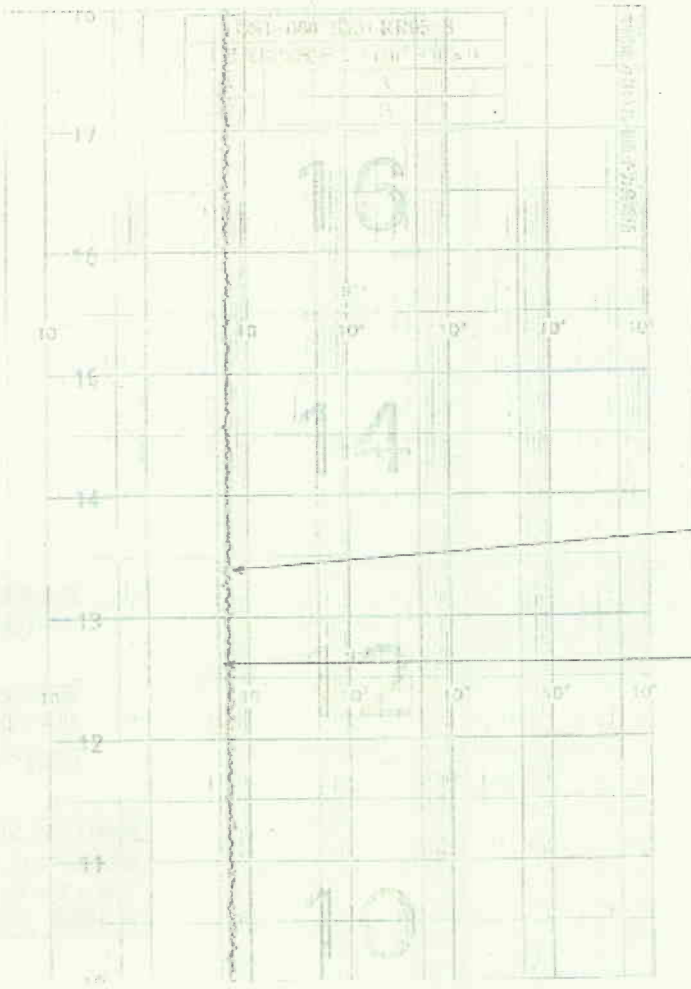
原子炉圧力・原子炉水位

(NS1-026 (905) PRS/LR04-1)



排 気 筒 モ ニ タ

(NS1-060 (915) RR95-8)

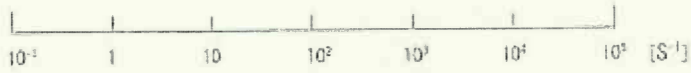


A-排気筒モタ
($10^{-1} \sim 10^3 S^{-1}$)
【先行ペン】

B-排気筒モタ
($10^{-1} \sim 10^3 S^{-1}$)

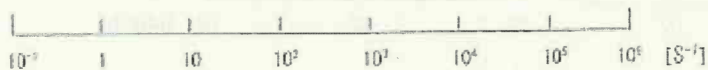
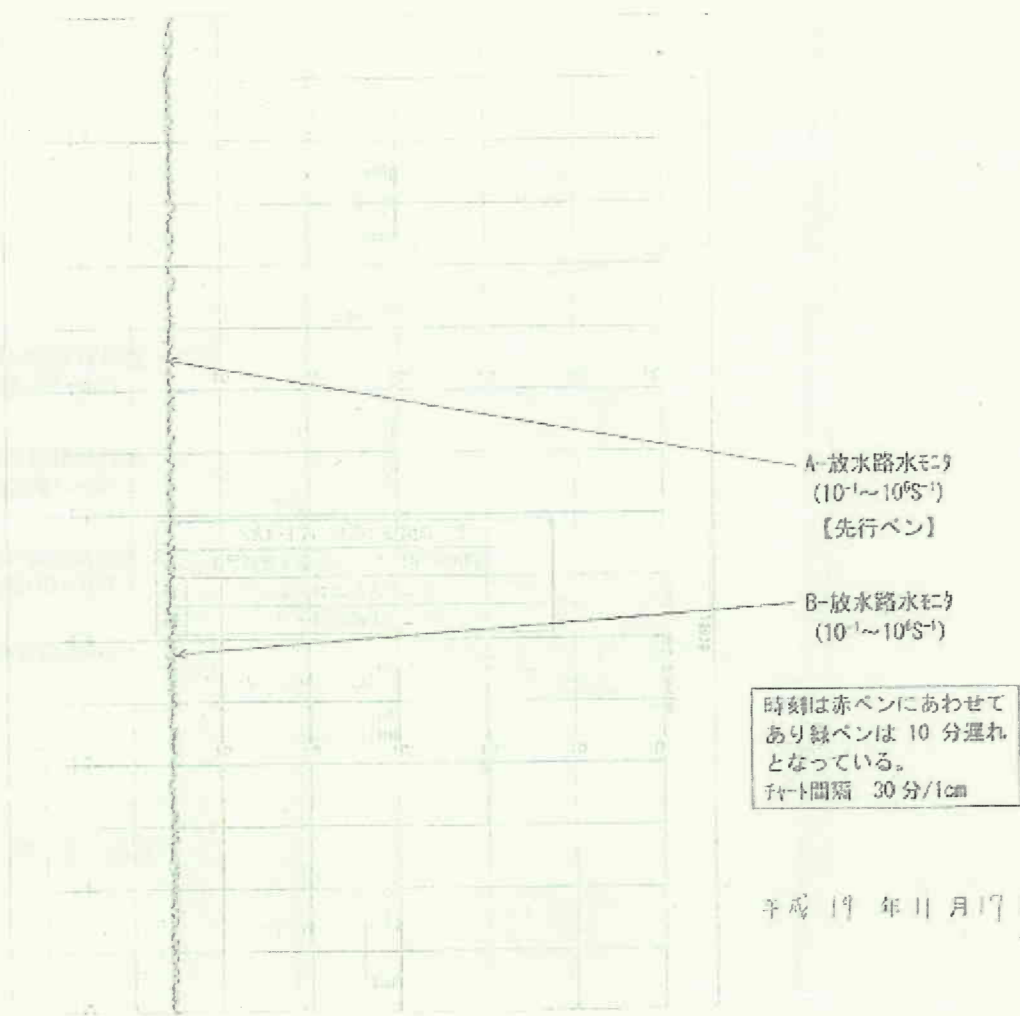
時刻は赤ペンにあわせて
あり緑ペンは10分遅れ
となっている。
F4-T間隔 30分/1cm

平成19年11月17日



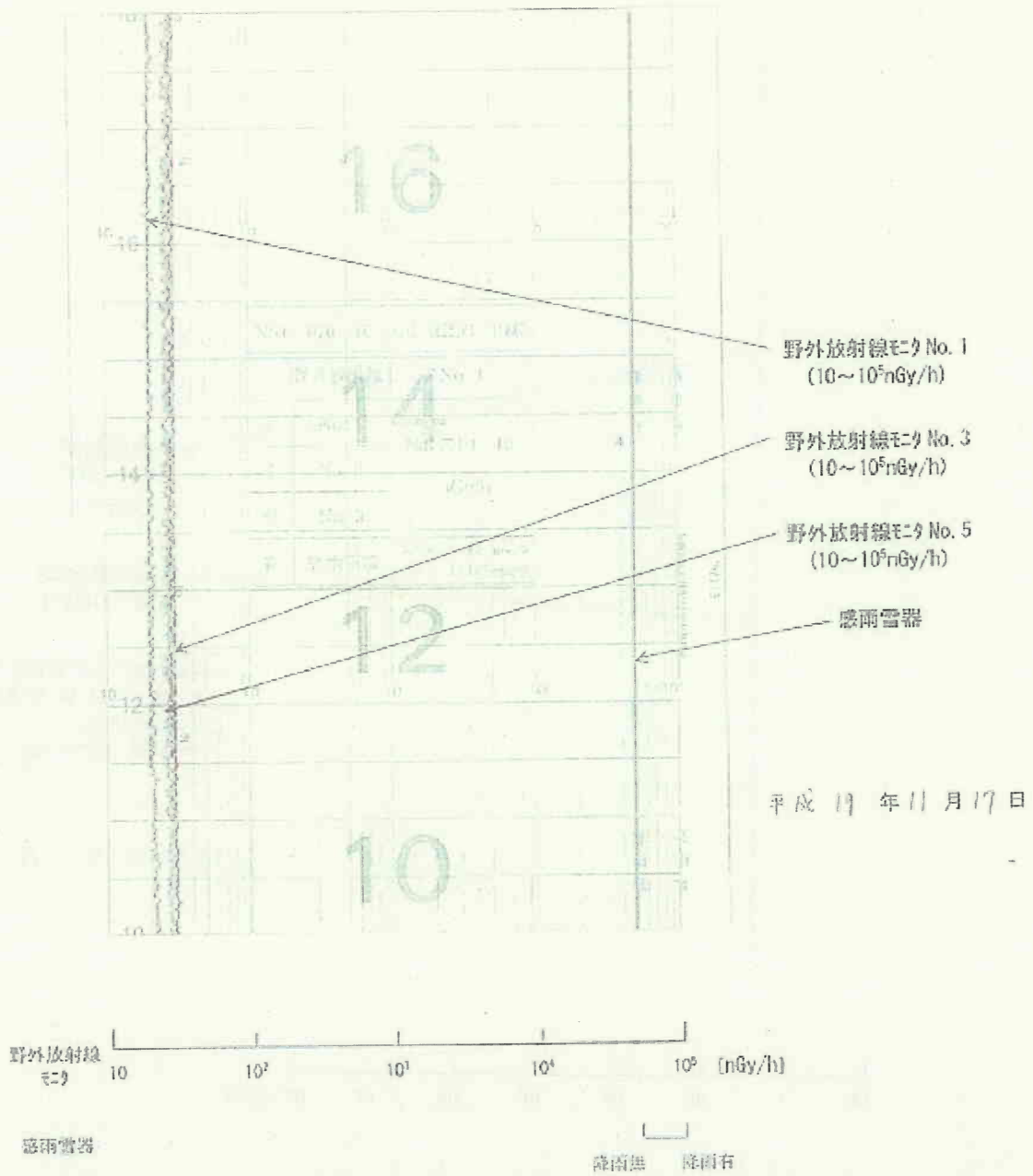
1号機放水路水モニタ

(NS1-155 (915) RR95-72)



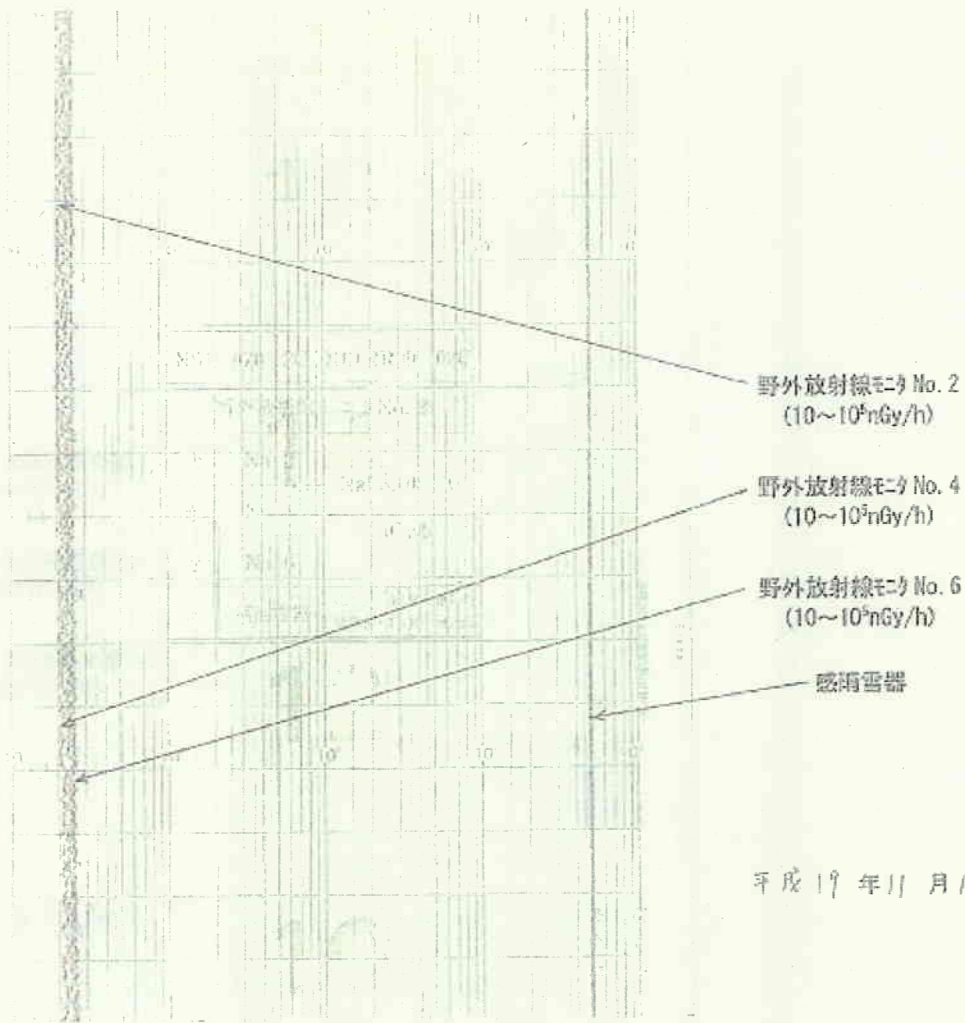
野外放射線モニタ No.1

(NS1-070-1C (916) RR99-01C)



野外放射線モニタ No.2

(NS1-070-2C (916) RR99-02C)



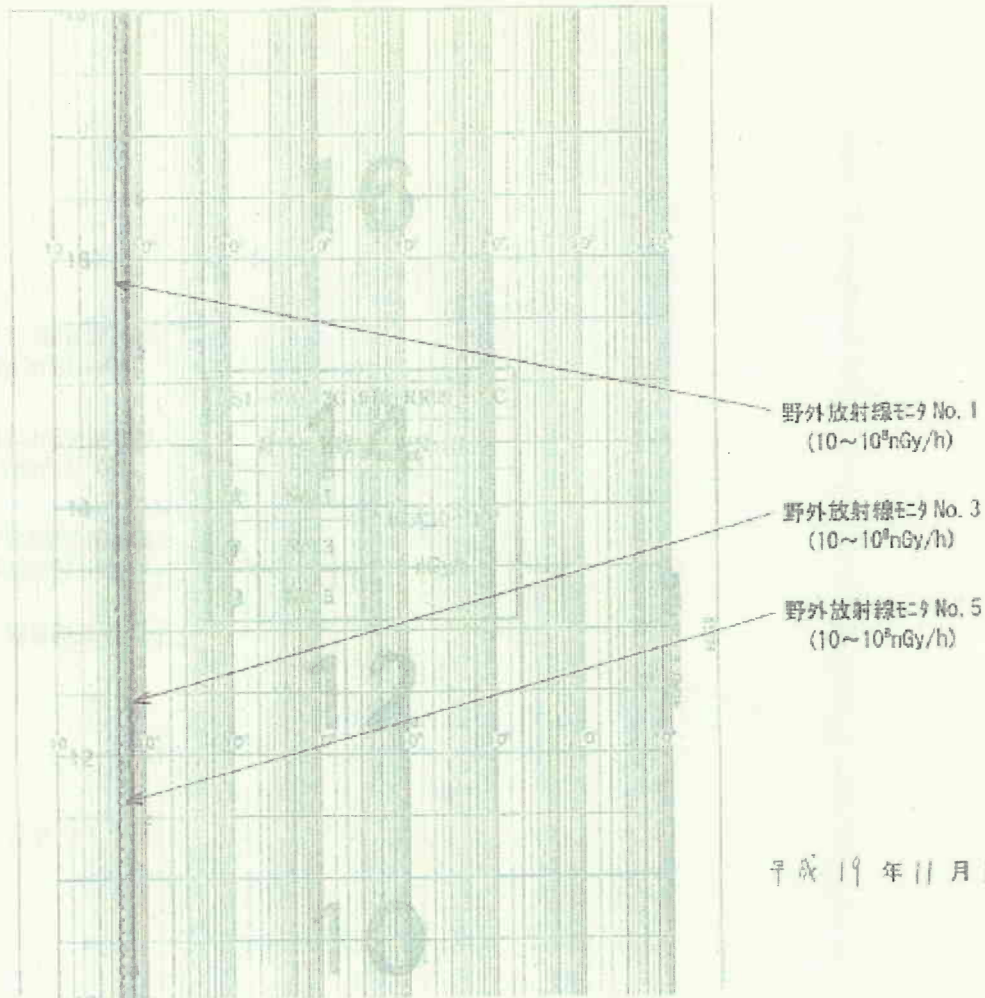
平成19年11月17日

野外放射線モニタ 10 10² 10³ 10⁴ 10⁵ [nGy/h]

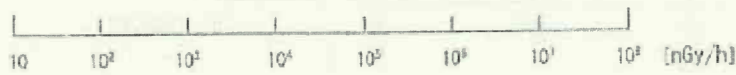
感雨雪器

降雨無 降雨有

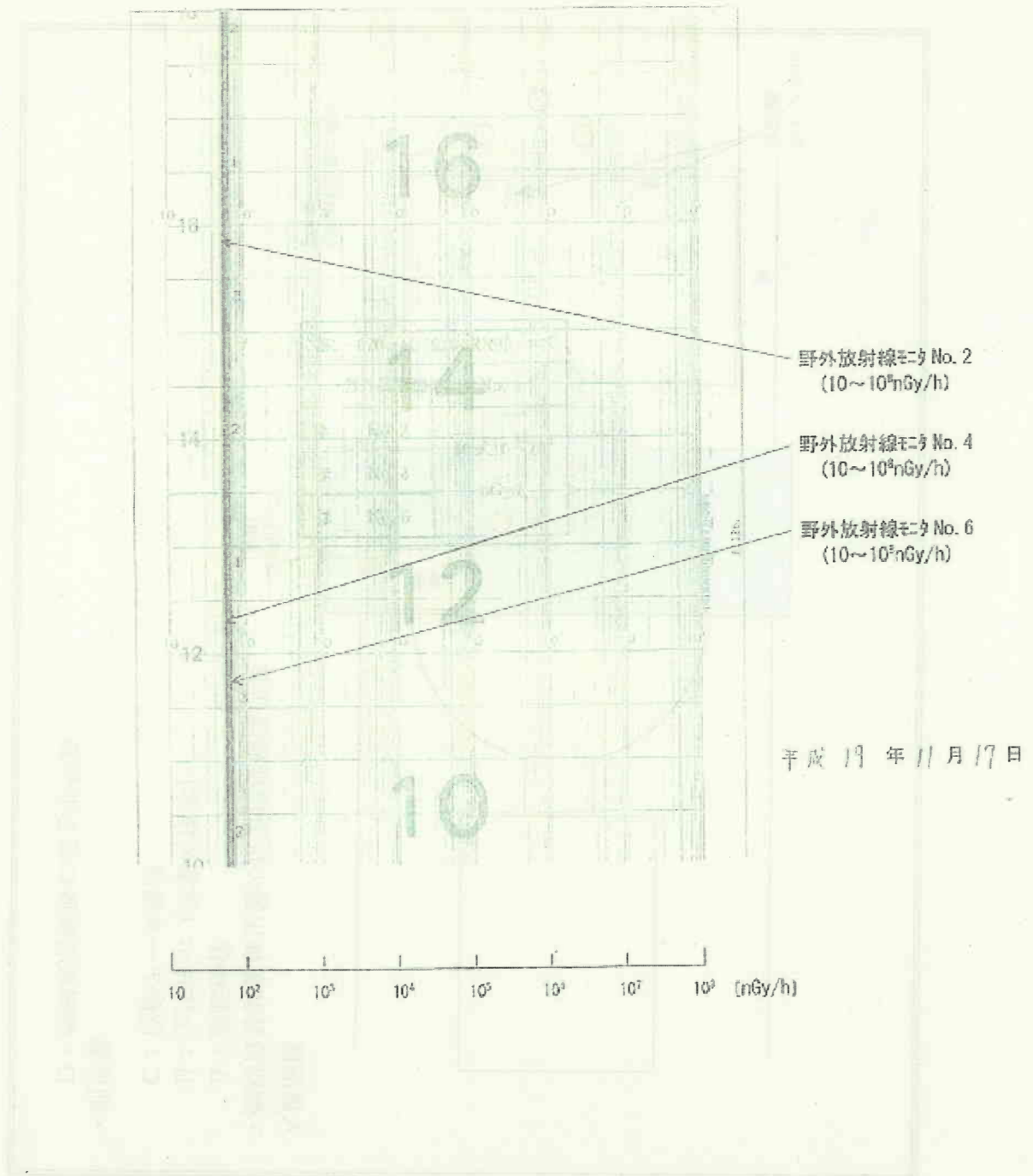
野外放射線モニタ No.3
(NS1-070-3C (916) RR99-03C)



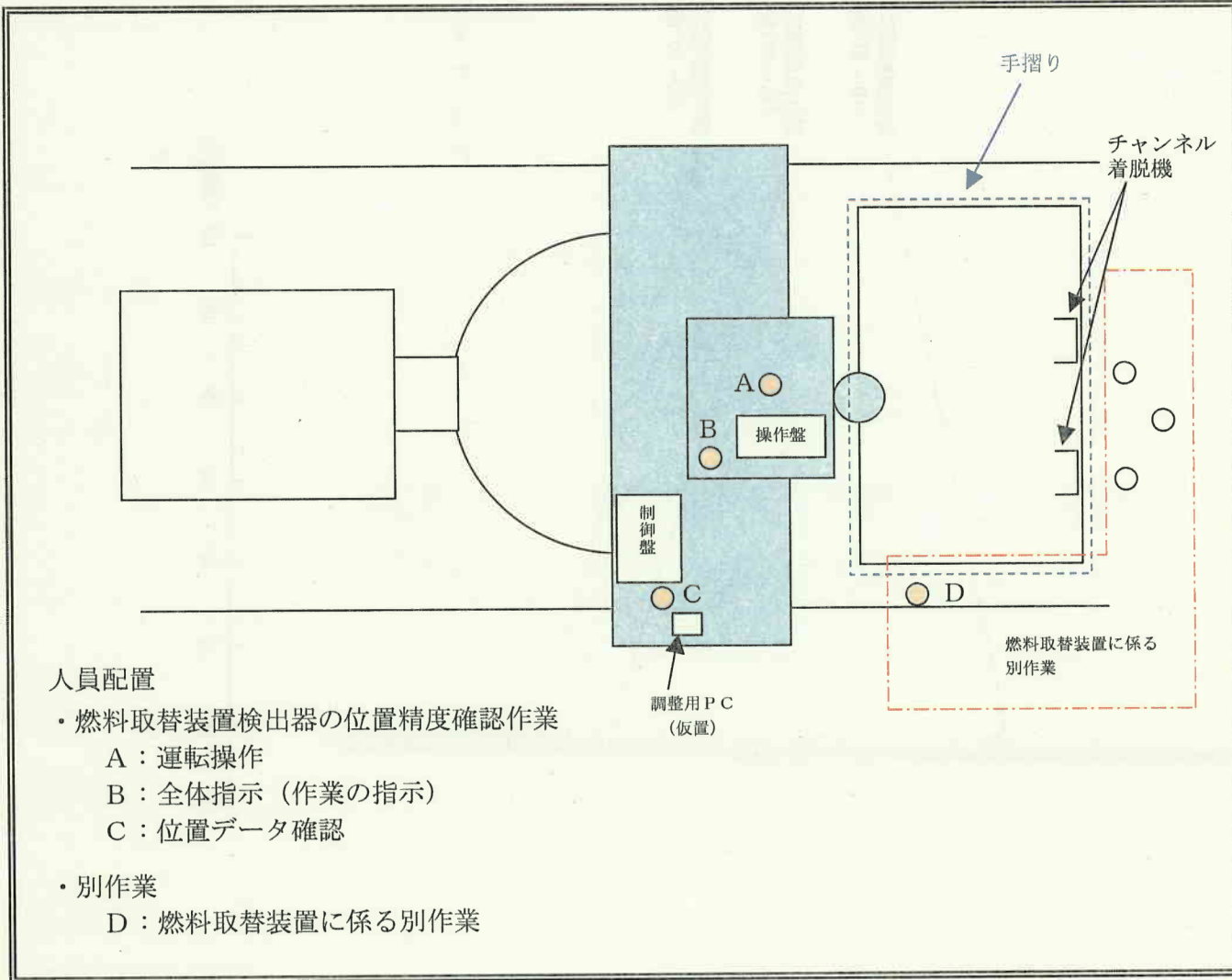
平成 19 年 11 月 17 日



野外放射線モニタ No.4
(NS1-070-4C (916) RR99-04C)



人員配置図



時 系 列

11月17日（土）

- 9：30 当日作業（原子炉側およびSFP側での位置確認）をA、B、Cの3名で開始した。
- 10：30 Aは、燃料取替装置を原子炉側からSFP側へ移動した。この際、燃料把握機とSFPゲート上部の手摺りが干渉するため、Aが手摺りを取外した。
- 11：30 午前中の作業終了に伴い、Aは燃料取替装置を原子炉側へ移動した。Aは、燃料取替装置を原子炉側へ移動後、手摺りを取付けた。
- 13：30 午後の作業開始前に、Aは別作業で同フロアにいたDに手摺りを外すよう依頼し、依頼を受けたDは手摺りを取外した。その後、Aは燃料取替装置をSFP側へ移動した。燃料取替装置がSFP側へ移動した後、Dは安全のために手摺りを取付け、その旨をAに連絡した。Dはその後、別作業の道工具を取りに行くためその場を離れた。
- 14：00 SFP側での作業が終了した。
- 14：15 原子炉側で作業を行うため、AはSFP側から原子炉側へ燃料取替装置を移動したところ、SFPゲート上部の手摺りに燃料把握機が接触した。
- 14：20 工事監督者から当社社員に事象について連絡があった。

11月20日（火）

- 14：00 変形した燃料把握機について修復可能かどうか、当該部の詳細調査、今後の対応について検討を実施した。

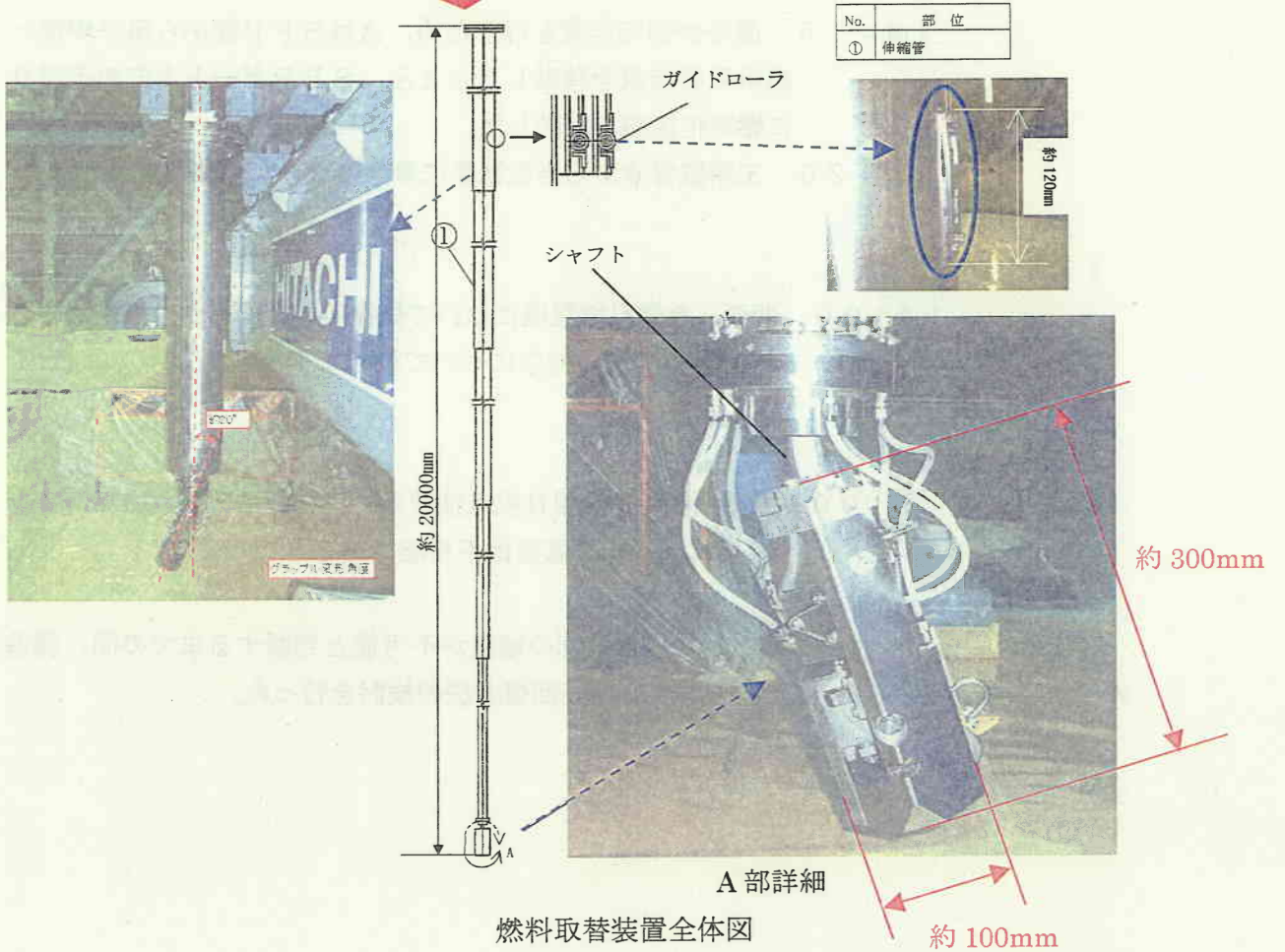
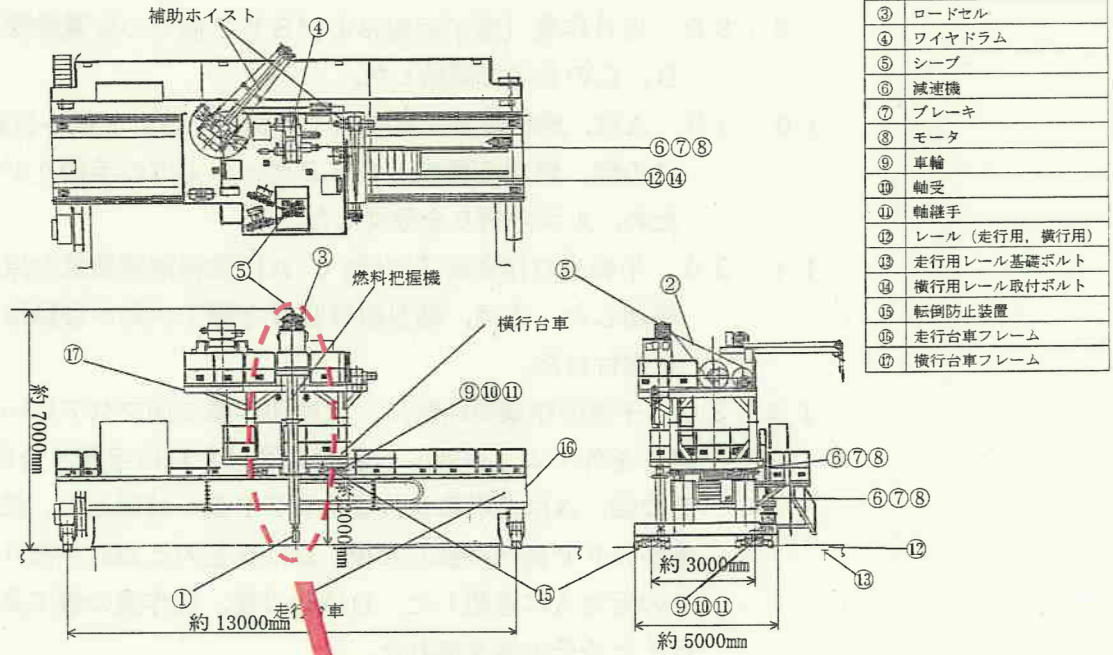
11月21日（水）

- 9：00 発電所長は、外観目視点検結果および製造メーカーの見解等を参考に当該部の修復は不可能であると判断した。

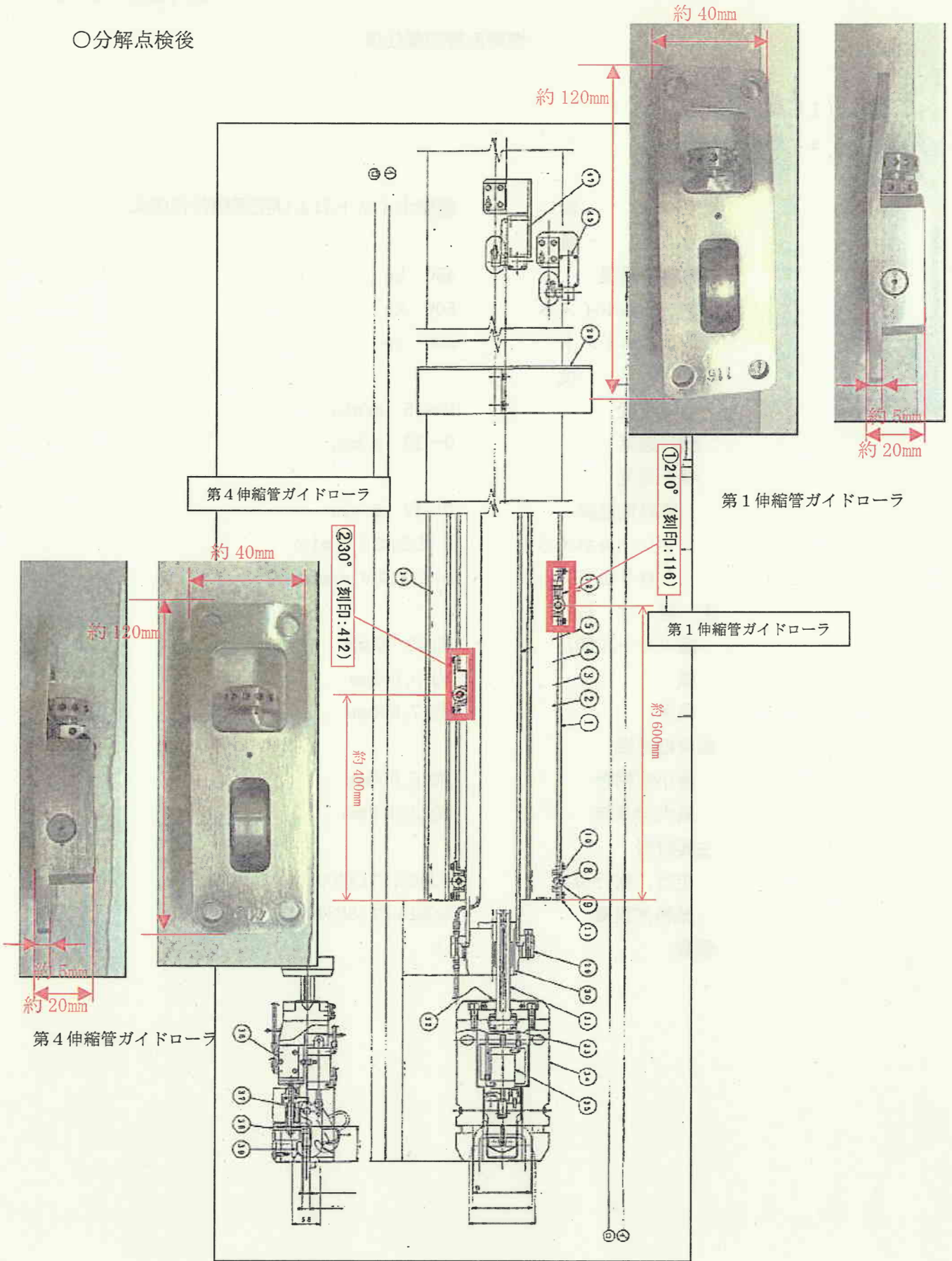
事象発生以降11月21日（水）に当該部の修復が不可能と判断するまでの間、製造メーカーとともに当該部の詳細調査および機能回復方法の検討を行った。

燃料把握機変形の詳細

○分解前点検



○分解点検後



ガイドローラ損傷箇所

燃料取替装置仕様

(1) 燃料取替装置

a. 燃料取替装置

種 容	類 量	電動ホイストおよび把握機付移床式
燃料把握機		450 kg
フレームホイスト		500 kg
トロリホイスト		500 kg
速 度	度	
走行速度		0~15 m/min
横行速度		0~10 m/min
巻上速度		
燃料把握機		0~12 m/min
フレームホイスト		6または3 m/min
トロリホイスト		6または3 m/min
主 要 寸 法		
縦 (レール間)		約 13,000mm
横		約 5,000mm
高さ		約 7,000mm
燃料把握機		
最小短縮時		約 5,000mm
最大伸長時		約 20,000mm
主要材料		
走行, 横行台車		SS400, STKR400
燃料把握機		SCS13-CF, SUS304
個数		1

1号機燃料取替装置燃料把握機の変形事象是正処置解析チャート（差異分析）

		計画した作業手順	実施した手順の現状把握	差異分析 (問題点の明確化)
作業開始前	1	作業を実施する協力会社と作業内容について着手前打合せをする。 a. 作業体制 b. 作業工程 c. 作業要領 d. 安全対策 e. 品質保証 f. 放射線管理 g. 提出書類 h. その他	10月16日に協力会社と作業内容について着手前打合せを実施した。	—
	2	工事要領書を審査・承認し、協力会社に作業実施を依頼する。 電力立会ポイントの決定	10月16日に工事要領書を承認し、協力会社に作業実施を依頼した。	—
作業段階	3	点検作業の実施 (1) TBM (Tool Box Meeting) ※ (2) 作業準備	11月17日に作業者間でTBMおよび作業準備を実施した。	①TBMにおいて、安全上の留意事項である手摺りの取付け・取外し等に関する確認がなかった。
		(3) 作業 (AM) a. 原子炉側位置確認	原子炉側において位置検出精度の確認を実施した。	—
		b. 燃料プール側へ燃料取替装置を移動	燃料プール側へ燃料取替装置を移動した際、手摺りを取外し、取外したままとした。	②工事要領書に手摺りの取外し等の記載がなかった。
	3	c. 燃料プール側位置確認	燃料プール側において位置検出精度の確認を実施した。	—
		d. 昼休憩中の燃料取替装置待機場所への移動のため原子炉側へ燃料取替装置を移動	原子炉側へ移動後、手摺りを取付けた。	②工事要領書に手摺りの取付け等の記載がなかった。
		(4) 作業 (PM) a. 燃料プール側へ燃料取替装置を移動	燃料プール側へ燃料取替装置を移動した際、手摺りを一旦取外し、当該装置移動後に手摺りの取付けを実施した。	②工事要領書に手摺りの取付け・取外し等の記載がなかった。
		b. 燃料プール側位置確認 (再開)	燃料プール側において位置検出精度の確認を実施した。	—
		c. 原子炉側へ燃料取替装置を移動	手摺り取付けの連絡は受けていたが、手摺りを取外さず原子炉側へ燃料取替装置を移動した。	②工事要領書に手摺りの取外し等の記載がなかった。 ③周囲の確認を怠った。

※：日々の現場作業開始前に現場の作業者間で行う打合せをいう。

島根原子力発電所 1号機燃料取替装置点検工程

	10月		11月		12月	
着手前打合せ		16 ▼				
伸縮管分解点検		23	3	分解・調査 18~20	組立 23~24	
つかみ具点検		20	3	分解・調査 18~20	組立 24~26	
走・横行装置点検		22	30			
電動機点検		26	6			
電磁ブレーキ他点検		24	6			
制御装置点検		27	3			
リミットスイッチ点検		27	1			
燃料取替装置 (FHM) 総合機能確認 ・ 走行横行他確認試験 ・ 荷重試験, 稼動範囲確認 他				7	17	26~12/4
・ 位置精度確認 ・ 模擬燃料移送試験 他					17 ▼	30~12/4
運転員操作訓練						5~7
定期事業者検査				14 ▼		3, 4 ▼
燃料取替装置の移動状況	SFP上	16 ▼	原子炉上~SFP~原子炉上	7 毎日 SFP~原子炉上間を移動	7	26~12/4 毎日 SFP~原子炉上間を移動
		17	原子炉上	6	17	26
		20				5~
						SFP上

■ : 実績 (11/27まで) □ : 予定 (11/28から)

1号機燃料取替装置燃料把握機の変形事象是正処置解析チャート（深堀分析）

差異分析 (問題点)	原因の追究 (なぜは5回程度実施)					対策案	評価
	なぜ (1Why)	なぜ (2Why)	なぜ (3Why)	なぜ (4Why)	なぜ (5Why)		
①安全上の留意事項である手摺りの取付け・取外し等に関する確認がなかった。	手摺りの取付け・取外し等は作業上の共通認識であり、TBMでの確認は不要と考えた。	手摺りがあればウェル～燃料プール間の移動時、干渉することが明らかなのでTBMでの確認は不要と考えた。	④当然作業員が確認する事項であり、TBMでの確認は不要と考えた。			④安全上の留意事項についてはTBMで確実に確認するよう工事要領書に記載する。	◎
②工事要領書に手摺りの取付け・取外し等の手順の記載がなかった。	受注者は要領書作成時に手摺りの取付け・取外し等は作業上の共通認識であり、工事要領書への記載は不要と考えた。	手摺り等があればウェル～燃料プール間の移動時、干渉することが明らかであるから、工事要領書への記載は不要と考えた。	⑤当然作業員が確認する事項であり、工事要領書への記載は不要と考えた。			⑥工事要領書に、燃料取替装置運転開始または再開前に手摺りの取付け・取外しを含め周囲状況を確認する手順を記載する。	◎
	発注者は提出された要領書の承認時に手摺りの取付け・取外し等に関する取扱いは工事管理上、当然のことと考え、工事要領書への記載は不要と考えた。	プールの手摺りの取付け・取外し等については、工事管理仕様書に明記されているため当然遵守されると考えていた。	③当社が、当然遵守されると考えている「プールの手摺りは取外してはならない。機器搬入等でやむを得ずプールの手摺りを取外す場合には、その期間、縄張りや監視員の配置等の配慮を行い、必要に応じて安全帯を着用する。」という工事管理仕様書上の要求事項についての共通認識が低下していた。			③当社の要求事項が明記されている工事管理仕様書の再教育を実施する。	◎
③周囲の確認を怠った。	手摺りその他干渉物はないと思った。	午前中の作業では手摺りがなかったため、午後もないと思った。	過去に実施した作業なので思い込みがあった。	①燃料取替装置の位置を再確認するための機会がなかった。		⑦最上段位置では燃料プールゲート手前で一旦停止するようにプログラムの変更をする。	○
		別の作業を行っていた作業員が安全のため手摺りを取付けていたことを失念した。また、燃料取替装置の運転開始または再開前に周囲状況を確認することを怠った。	③試験を行っていた作業員と手摺りを取付けた作業員とは担当していた作業が異なっていたことから、両者の間に手摺りの取付け・取外しに関する共通認識がなかった。また、工事要領書に燃料取替装置の運転開始または再開前に手摺りの取付け・取外しを含め周囲状況の確認について記載がなかった。			⑧工事要領書に、燃料取替装置の運転開始または再開前に手摺りの取付け・取外しを含め周囲状況を確認する手順を記載する。	◎
	作業員（3人）のうち1人が監視すればよいとしていたが確認できなかった。	専任の監視人がいなかった。	①専任の監視人を置く要領とはなっていなかった。			⑨専任監視人を配置する。	◎

◎：必ず実施する対策 ○：実施が望ましい対策