現地調査の実施状況について

2020年9月3日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

①ガンマカメラによる線量測定の実施概要

(1) 目的

原子力規制庁は、放射性物質の放出経路の検討を行うために、これまでに各所の放射性物質による汚染状況の把握のための線量測定を実施してきている。また、東京電力においても同様の調査がなされてきている。その中で、局所的に高線量となっている箇所等が確認されている。

このような高線量箇所の発生要因を含めた放射性物質の放出経路を検討するため、さらに以下の構造物に対して、**ガンマカメラによる線量測定**を実施した。

(2) 場所

①1号機原子炉建屋5階(測定日:令和2年7月3日、30日)

②1/2号機SGTS配管(排気筒基部付近)(測定日:令和2年7月9日、10日、30日)

②レーザースキャンによる測定の実施概要

(1) 目的

原子力規制庁は、これまでに各号機の原子炉建屋等の構造物に対して、損傷状況の把握等の観点から現地調査を実施してきた。構造物の損傷状況等は目視により確認することと併せて、データ化して損傷箇所の形状や構造物の傾斜等を確認することにより、より詳細に構造物の形状、損傷状況等を把握することが可能となる。

そのため、以下の構造物に対して、**レーザースキャナによる測定**を実施した。

(2) 場所

①1号機原子炉建屋5階(測定日:令和2年7月3日、7月30日)
②4号機原子炉建屋2階(測定日:令和2年8月7日)
③4号機原子炉建屋3階(測定日:令和2年8月6日、7日)
④4号機原子炉建屋4階(測定日:令和2年7月2日、8月7日)
⑤1/2号機SGTS配管(排気筒基部付近)(測定日:令和2年7月3日、9日、30日)
⑥5号機原子炉建屋4階(測定日:令和2年7月31日)

②レーザースキャンによる測定の実施概要

(3) 調査資機材

3Dレーザースキャナ（FARO社製）および関連機材（ターゲット（球）、三脚）

※その他、撮影機材（カメラ）、照明（ライト）を使用。

スキャナ

スキャナ
※三脚に設置した状態

ターゲット球

③4号機原子炉建屋内の現地調査の実施概要

(1) 目的

原子力規制庁が行った3号機原子炉建屋3階の調査結果から、3階西側のはりの著しい損傷が確認されている。

一方、4号機原子炉建屋3階では、天井部よりも床部での著しい損傷が確認されている。

このため、3号機原子炉建屋の損壊状況との比較検討のため、4号機原子炉建屋3階及び2階を中心として、**4号機原子炉建屋内の現地調査**を原子力規制庁内の建屋構造(建築)の専門家とともに実施した。

(2) 調査日

令和2年8月7日(金)

(3) 調査箇所

4号機原子炉建屋2階～4階

④その他の現地調査の実施概要

(1) 目的

原子力規制庁では、今後、2号機原子炉建屋内等の高線量域の調査を予定している。

高線量域における調査は、被ばく線量を低減する観点から、効率的に調査を実施する必要がある。そのため、今般、低線量域にある同様の形状等を有する設備を調査した。

(2) 調査日

令和2年7月31日(金)

(3) 調査箇所

5号機原子炉建屋4階(原子炉ウェルプラグ脇の配管)

6号機原子炉建屋外側(SGTS配管モニター)

（１） １号機原子炉建屋５階の現地調査について

実施概要

(1) 調査日

令和2年7月3日、30日

(2) 調査実施者

令和2年7月　3日　原子力規制庁職員　8名、外部専門家　1名

令和2年7月30日　原子力規制庁職員　5名

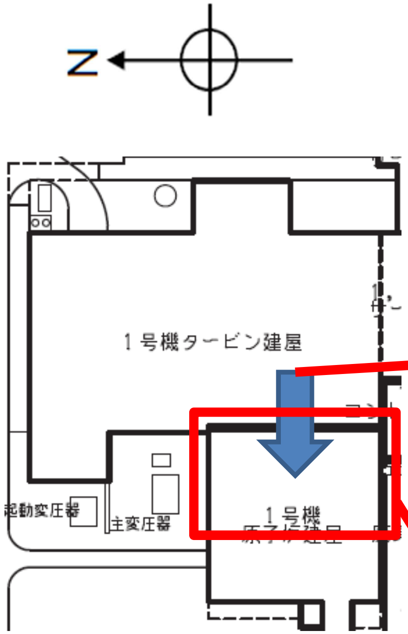
(3) 被ばく線量

令和2年7月　3日　最大:0.41mSv、最小:0.28mSv

令和2年7月30日　最大:1.34mSv、最小:0.53mSv

※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値(同日に複数の調査を実施した場合は、他の調査による被ばく線量との合算値)として示した。

1号機原子炉建屋5階の状況

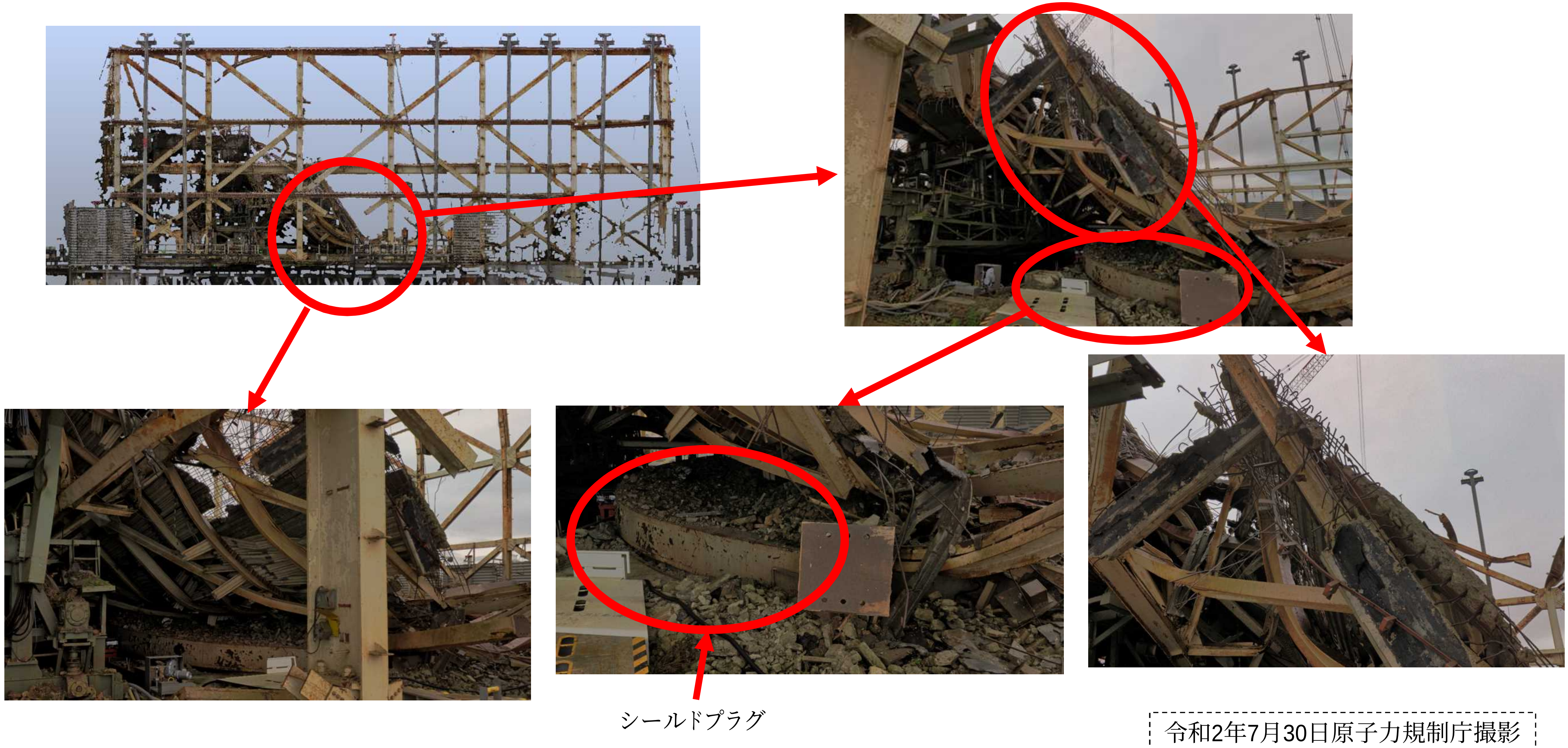


崩落した屋根部

シールドプラグ

令和2年7月原子力規制庁にてデータ取得

1号機原子炉建屋5階の状況



令和2年7月30日原子力規制庁撮影

ガンマカメラによる測定状況

令和2年7月30日原子力規制庁にてデータ取得

（２） ４号機原子炉建屋２階の現地調査について

実施概要

（1）調査日

令和2年8月7日

（2）調査実施者

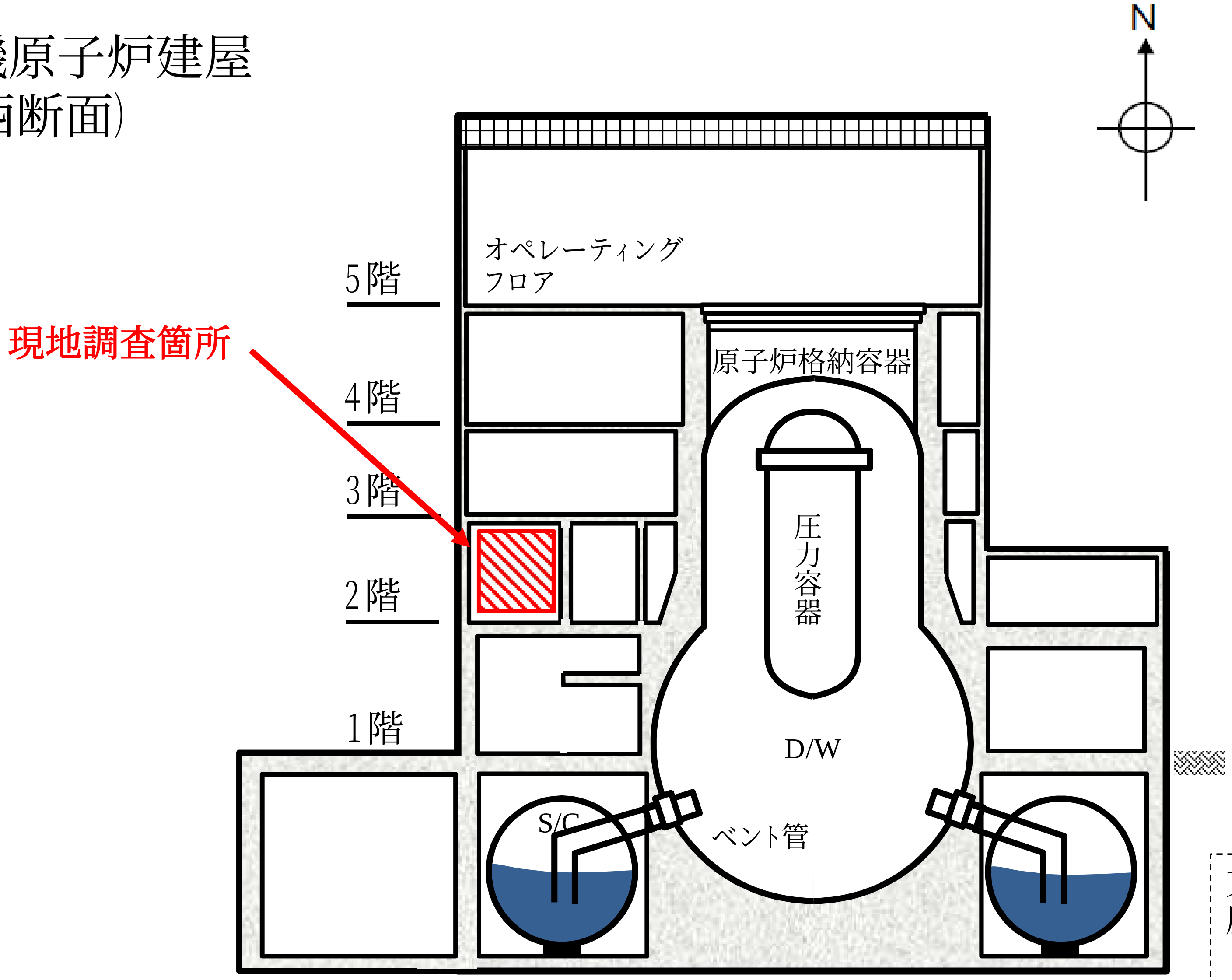
原子力規制庁職員　7名、外部専門家　1名、東京電力職員　2名

（3）被ばく線量

最大：0.04mSv、最小：0.03mSv

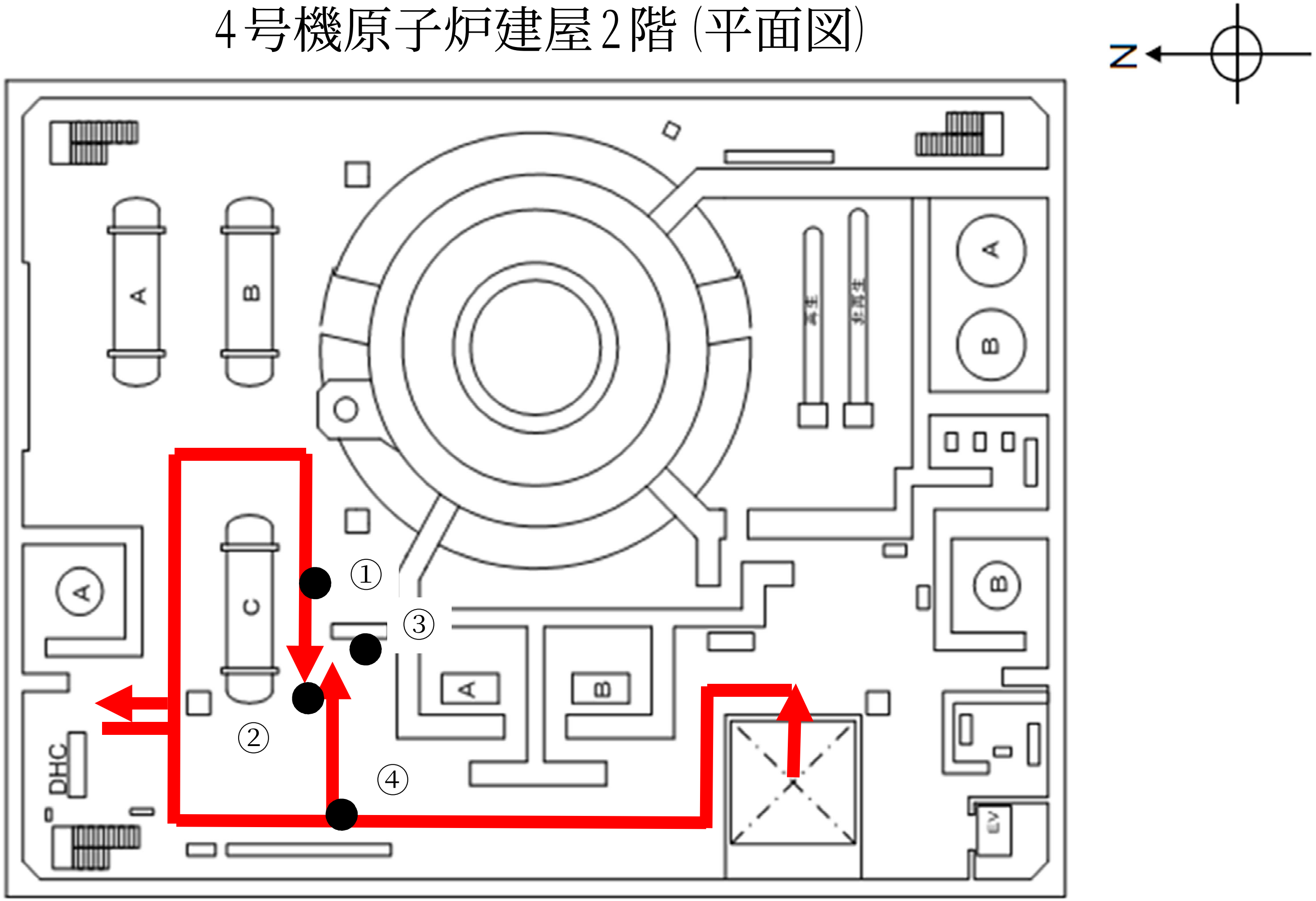
※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値（同日に複数の調査を実施した場合は、他の調査による被ばく線量との合算値）として示した。

○4号機原子炉建屋
（東西断面）



東京電力「福島第一原子力発電所
原子炉設置変更許可申請書」
（平成15年6月現在）を基に作成

4号機原子炉建屋2階（平面図）

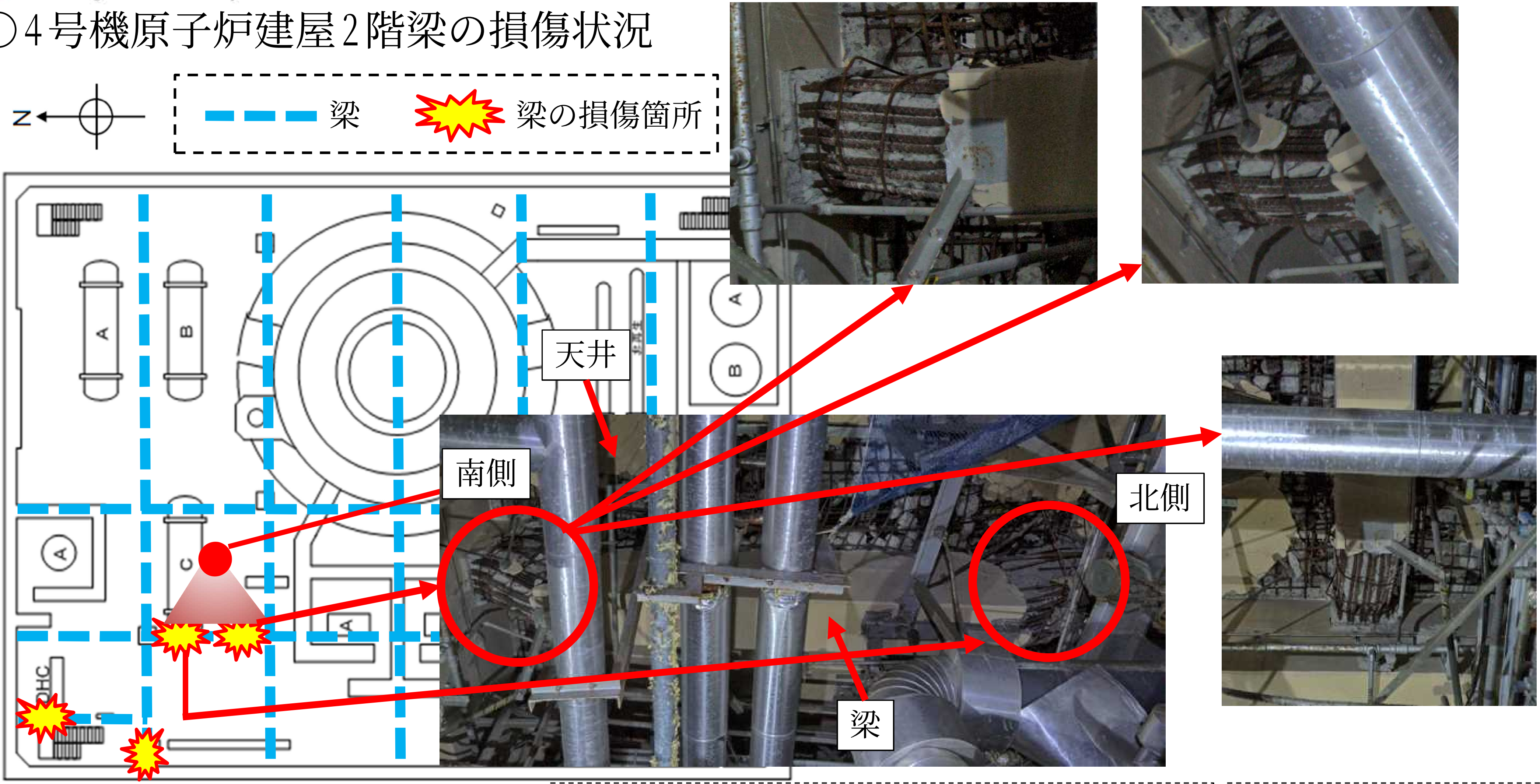


現地調査ルート（令和2年8月7日）

●：スキャナ設置位置

東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

○4号機原子炉建屋2階梁の損傷状況

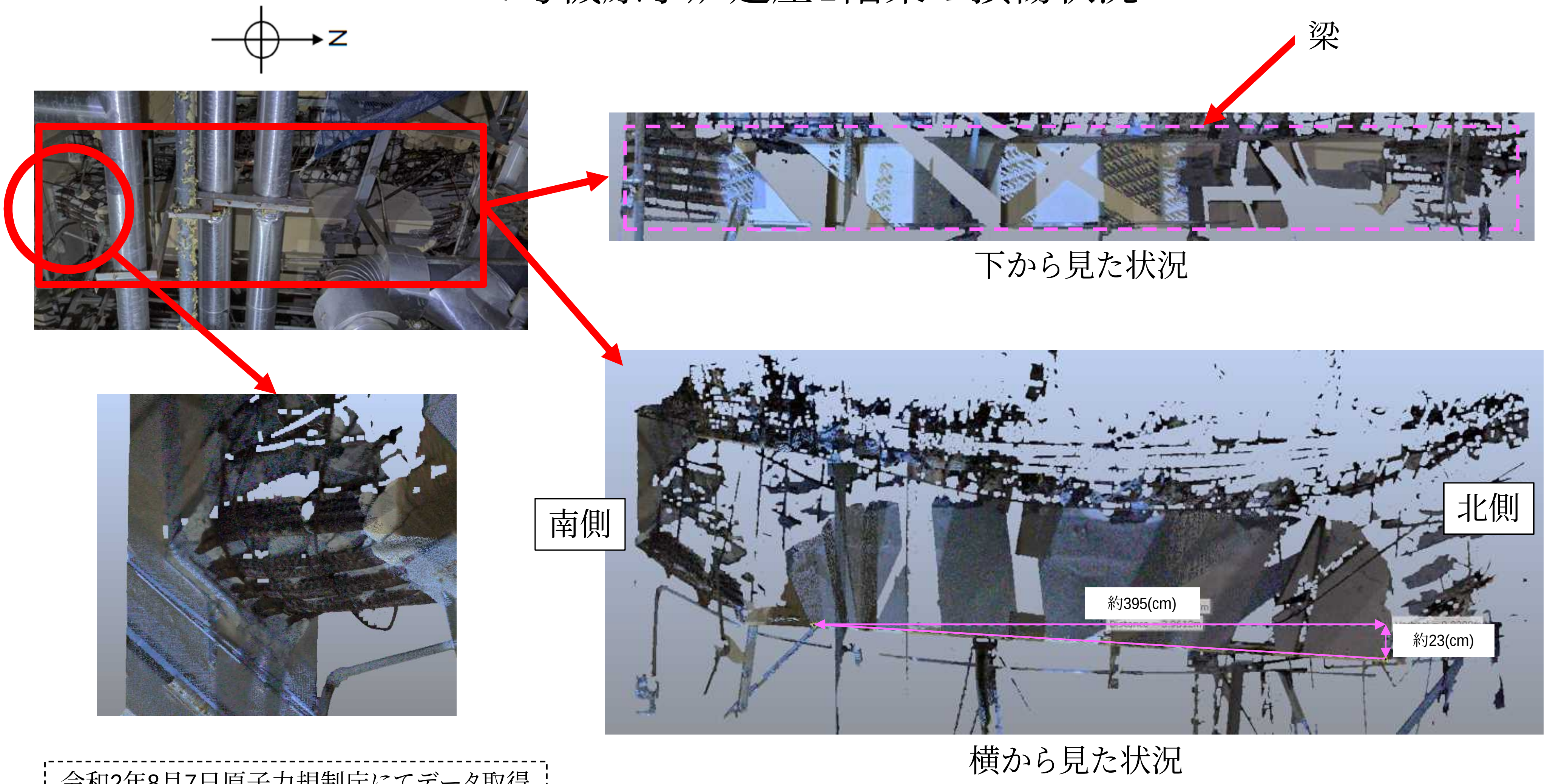


4号機R/B　2階

図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第12回会合資料5－1より抜粋、一部加工

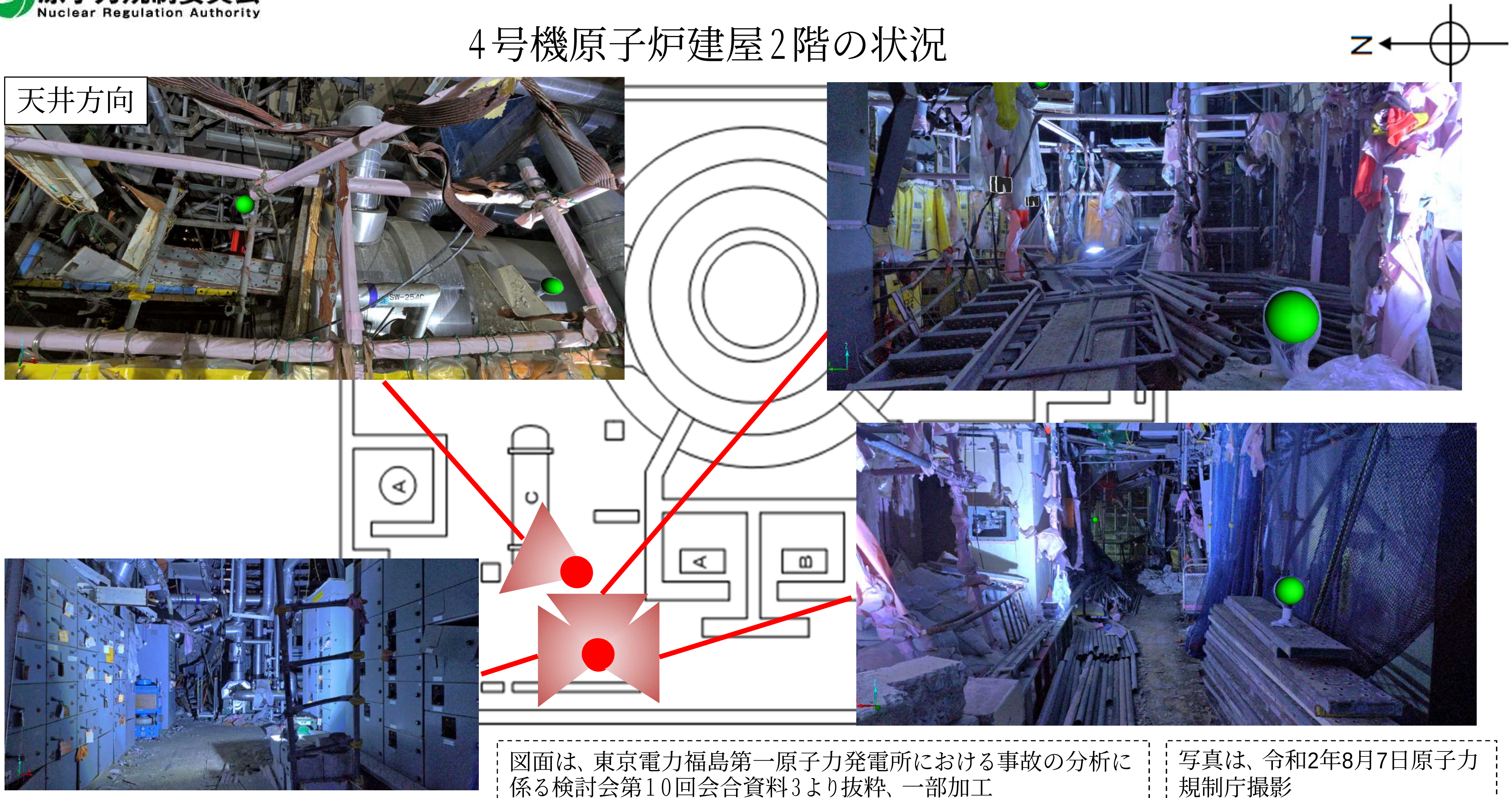
写真は、令和2年8月7日原子力規制庁撮影

4号機原子炉建屋2階梁の損傷状況



令和2年8月7日原子力規制庁にてデータ取得

4号機原子炉建屋2階の状況



図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

写真は、令和2年8月7日原子力規制庁撮影

（３） ４号機原子炉建屋３階の現地調査について

実施概要

(1) 調査日

令和2年8月6日、7日

(2) 調査実施者

令和2年8月6日　原子力規制庁職員　4名

令和2年8月7日　原子力規制庁職員　7名、外部専門家　1名、東京電力職員　2名

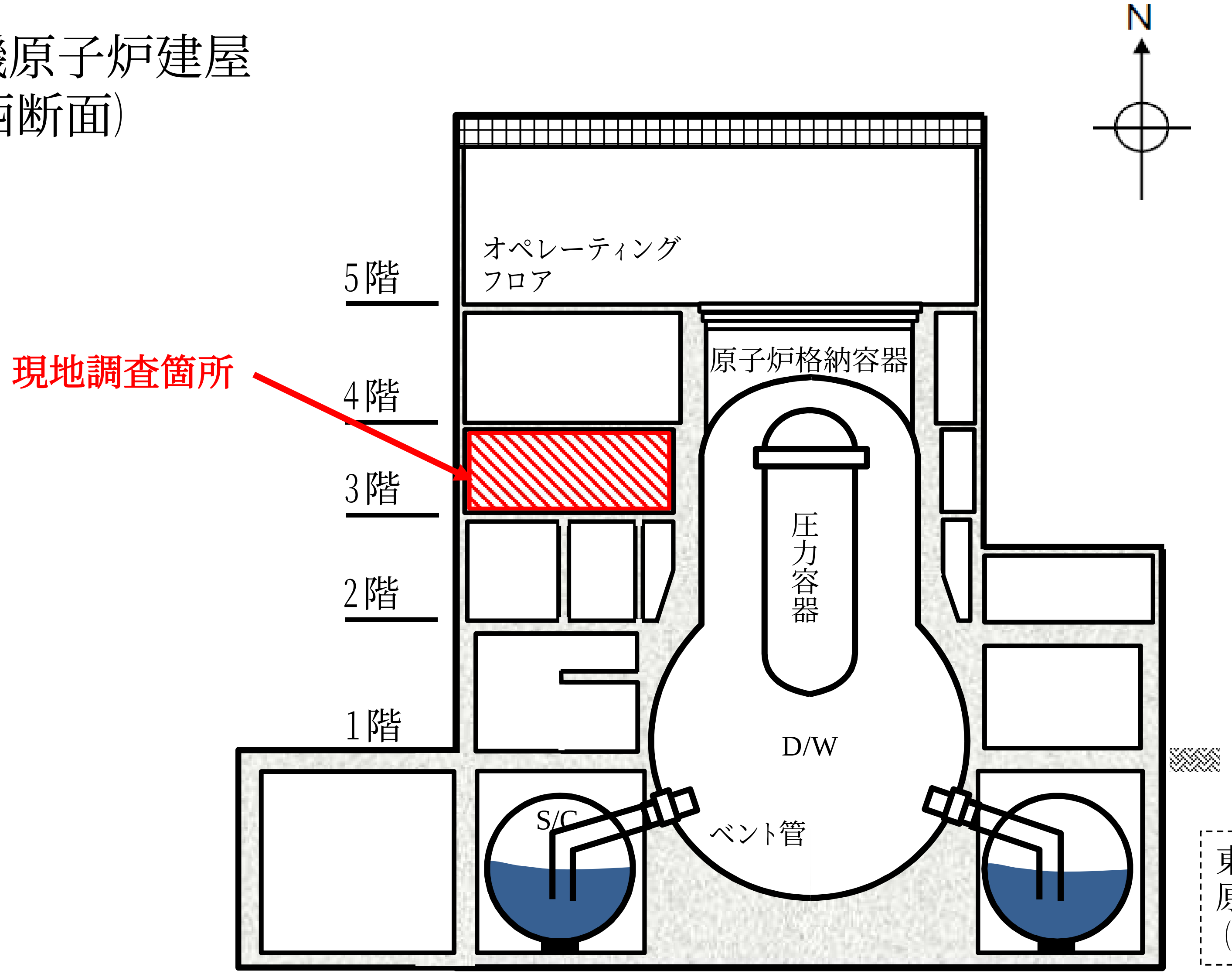
(3) 被ばく線量

令和2年8月6日　最大:0.06mSv、最小:0.05mSv

令和2年8月7日　最大:0.04mSv、最小:0.03mSv

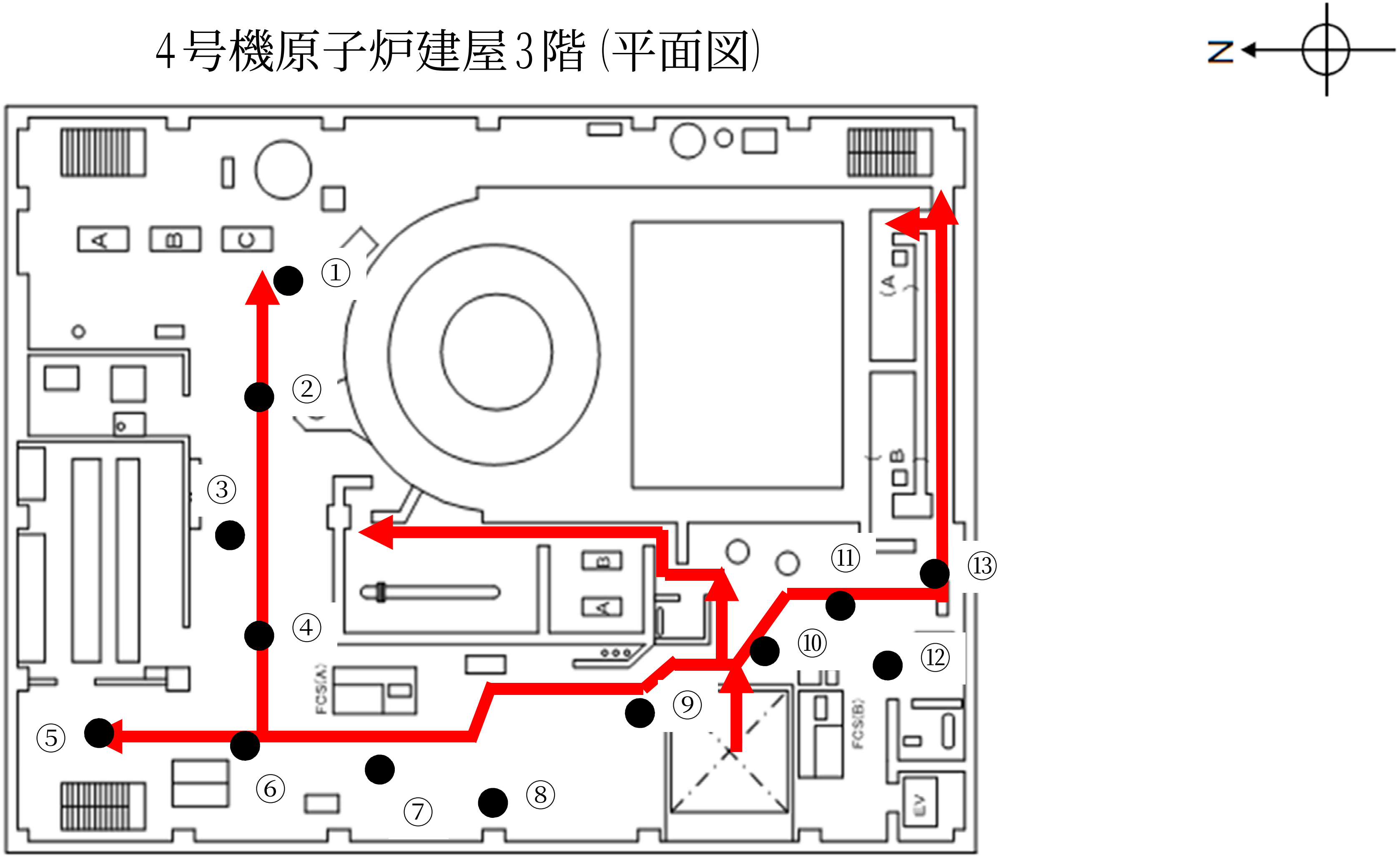
※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値(同日に複数の調査を実施した場合は、他の調査による被ばく線量との合算値)として示した。

○4号機原子炉建屋（東西断面）



東京電力「福島第一原子力発電所原子炉設置変更許可申請書」（平成15年6月現在）を基に作成

4号機原子炉建屋3階（平面図）

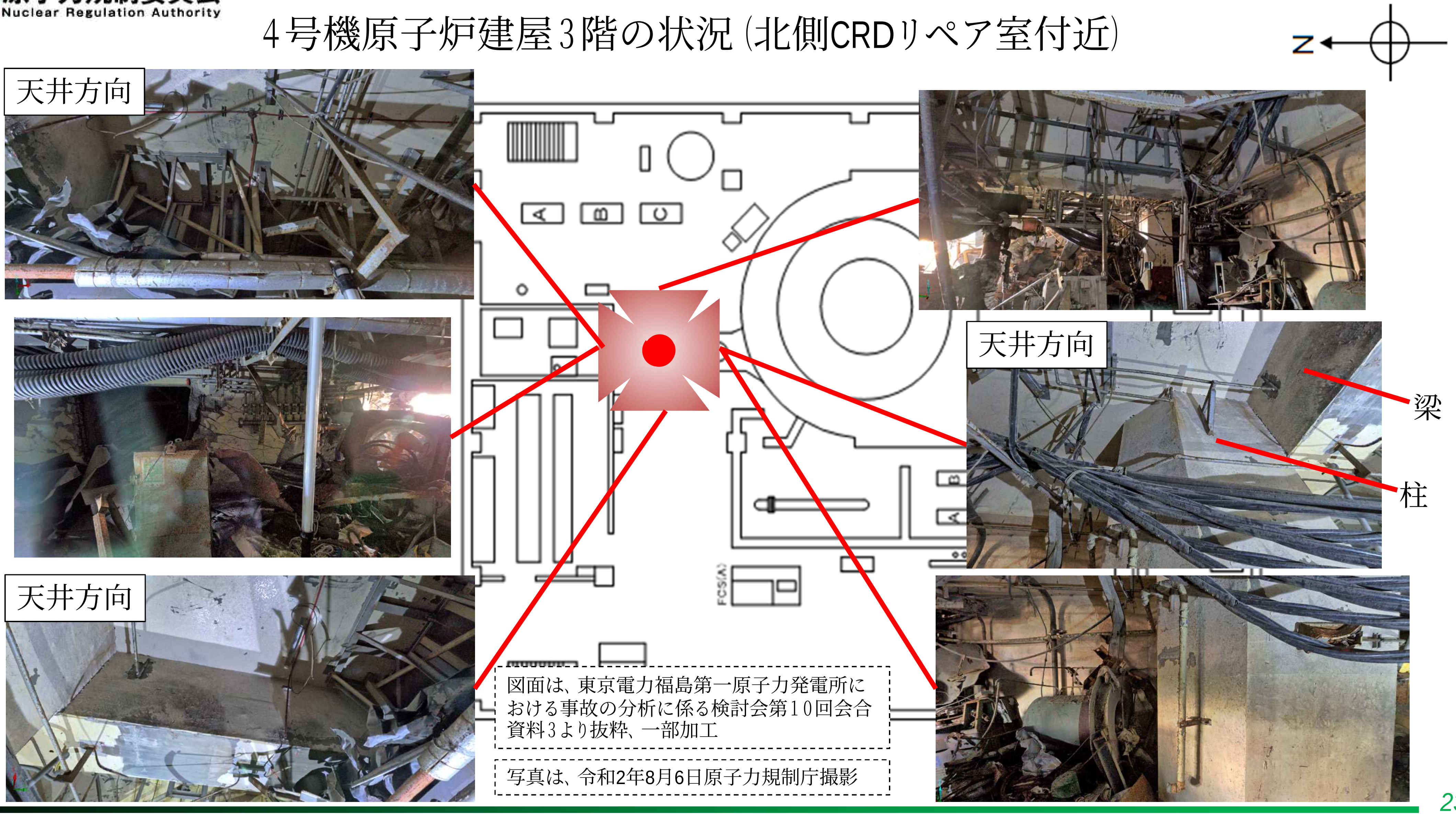


現地調査ルート（令和2年8月6、7日）

●：スキャナ設置位置

東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

4号機原子炉建屋3階の状況（北側CRDリペア室付近）

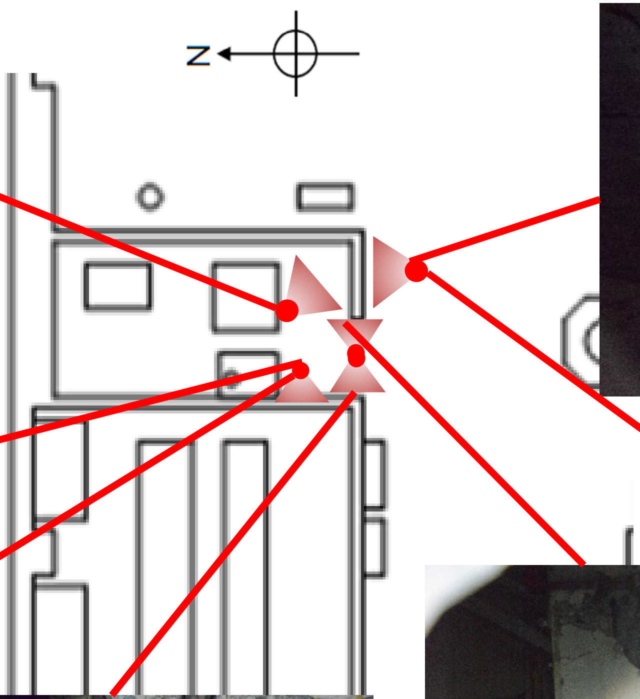


図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

写真は、令和2年8月6日原子力規制庁撮影

原子力規制委員会
Nuclear Regulation Authority

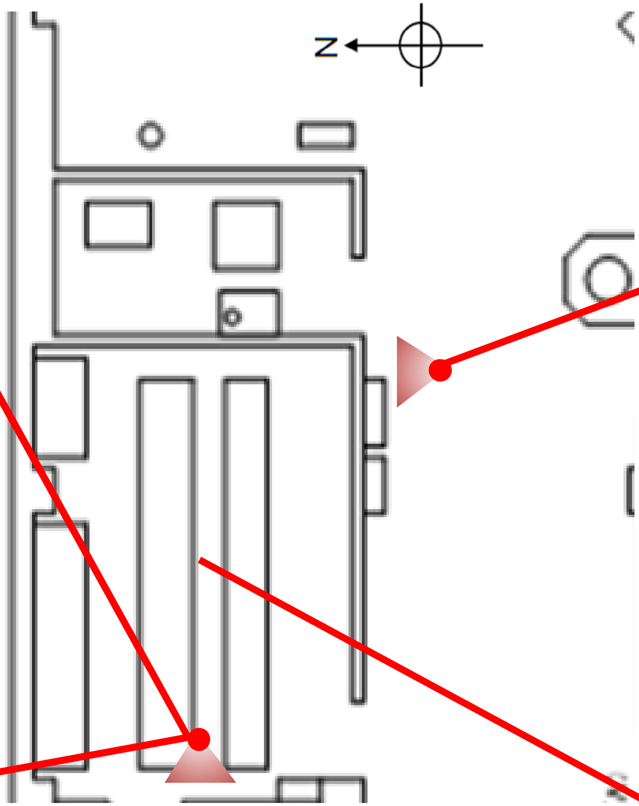
4号機原子炉建屋3階の状況（北側CRDリペア室）



図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

写真は、令和2年8月7日原子力規制庁撮影

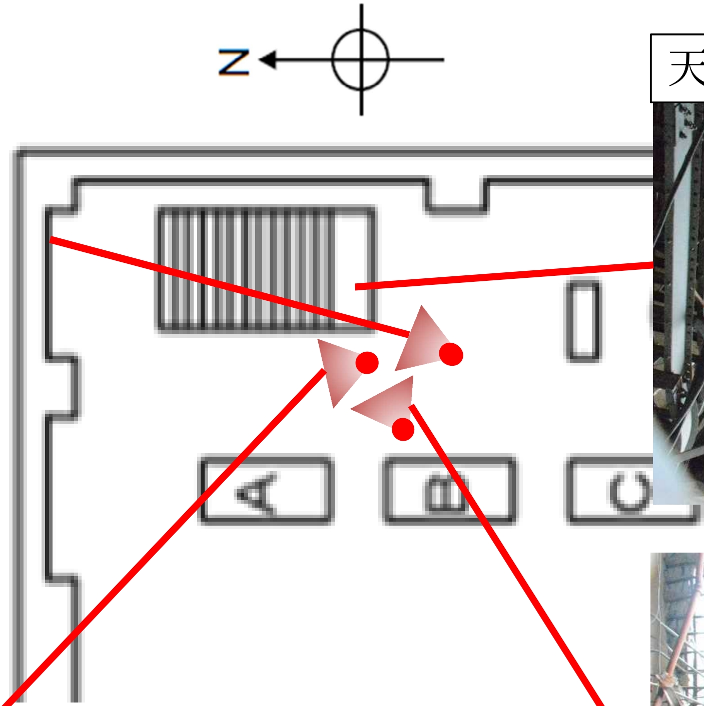
4号機原子炉建屋3階の状況(北側CRDリペア室)



図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

写真は、令和2年8月7日原子力規制庁撮影

4号機原子炉建屋3階の状況(北東側階段付近)

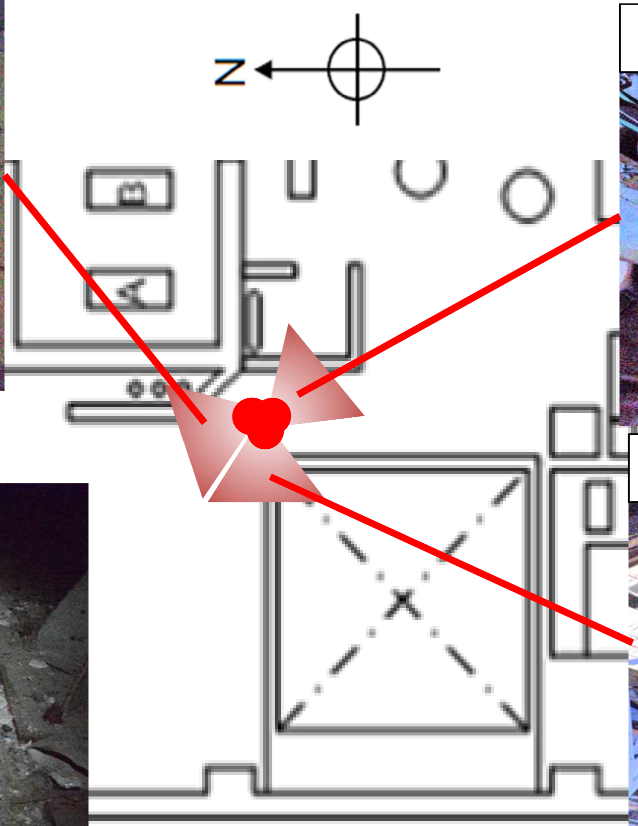


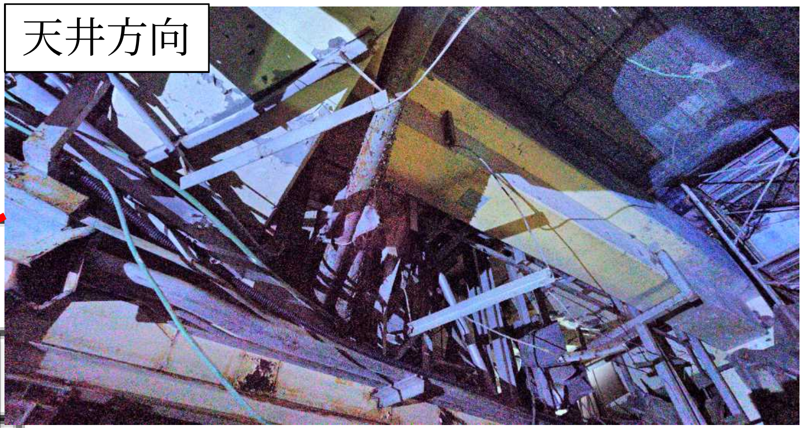
天井方向

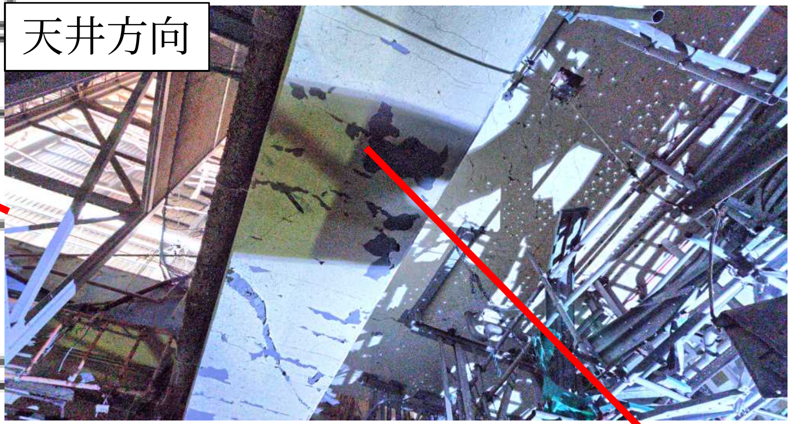
図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

写真は、令和2年8月7日原子力規制庁撮影

4号機原子炉建屋3階の状況（南西側ハッチ付近）





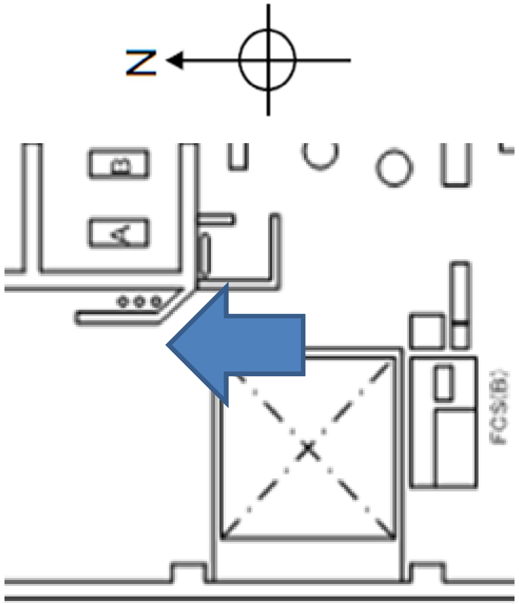


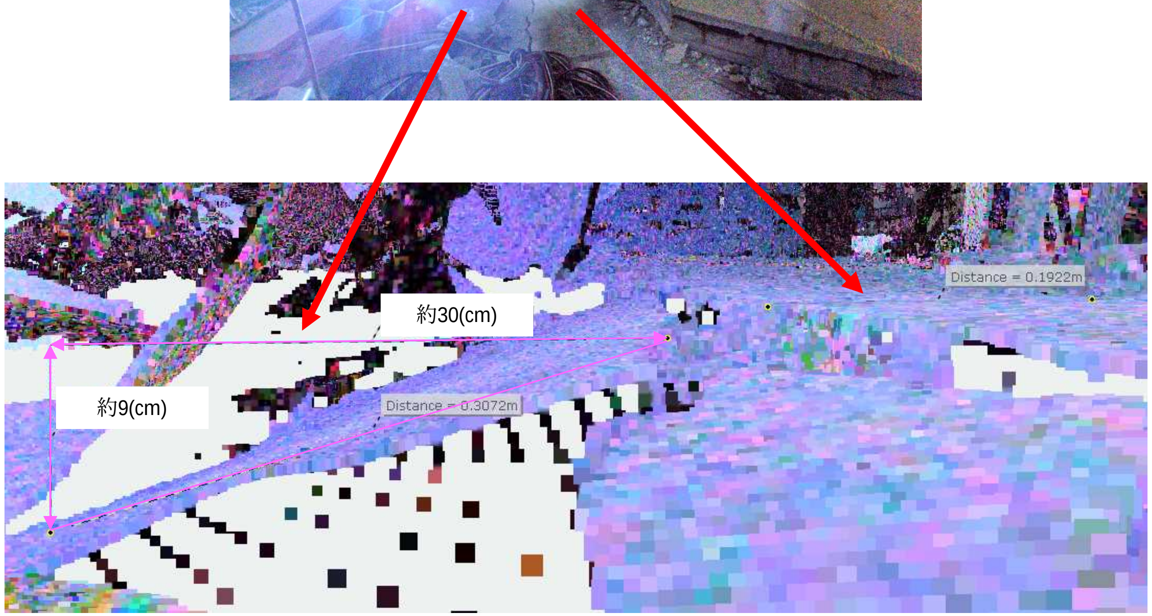
梁

図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

写真は、令和2年8月6日、7日原子力規制庁撮影

4号機原子炉建屋3階の状況（南西側ハッチ付近）





令和2年8月6日原子力規制庁にてデータ取得

（４） ４号機原子炉建屋４階の現地調査について

実施概要

(1) 調査日

令和2年7月2日、8月7日

(2) 調査実施者

令和2年7月2日　原子力規制庁職員　8名、外部専門家　1名

令和2年8月7日　原子力規制庁職員　7名、外部専門家　1名、東京電力職員　2名

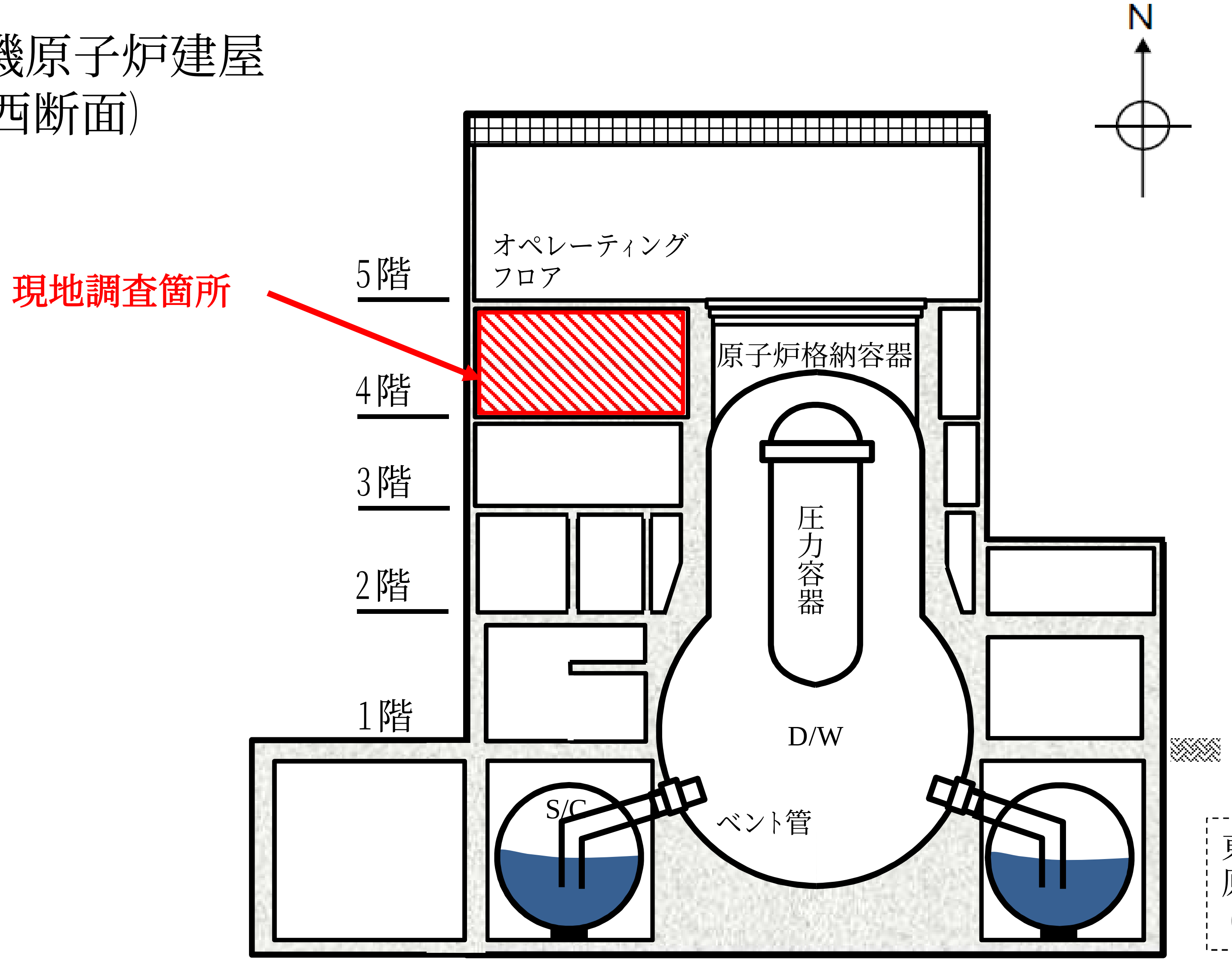
(3) 被ばく線量

令和2年7月2日　最大:0.08mSv、最小:0.06mSv

令和2年8月7日　最大:0.04mSv、最小:0.03mSv

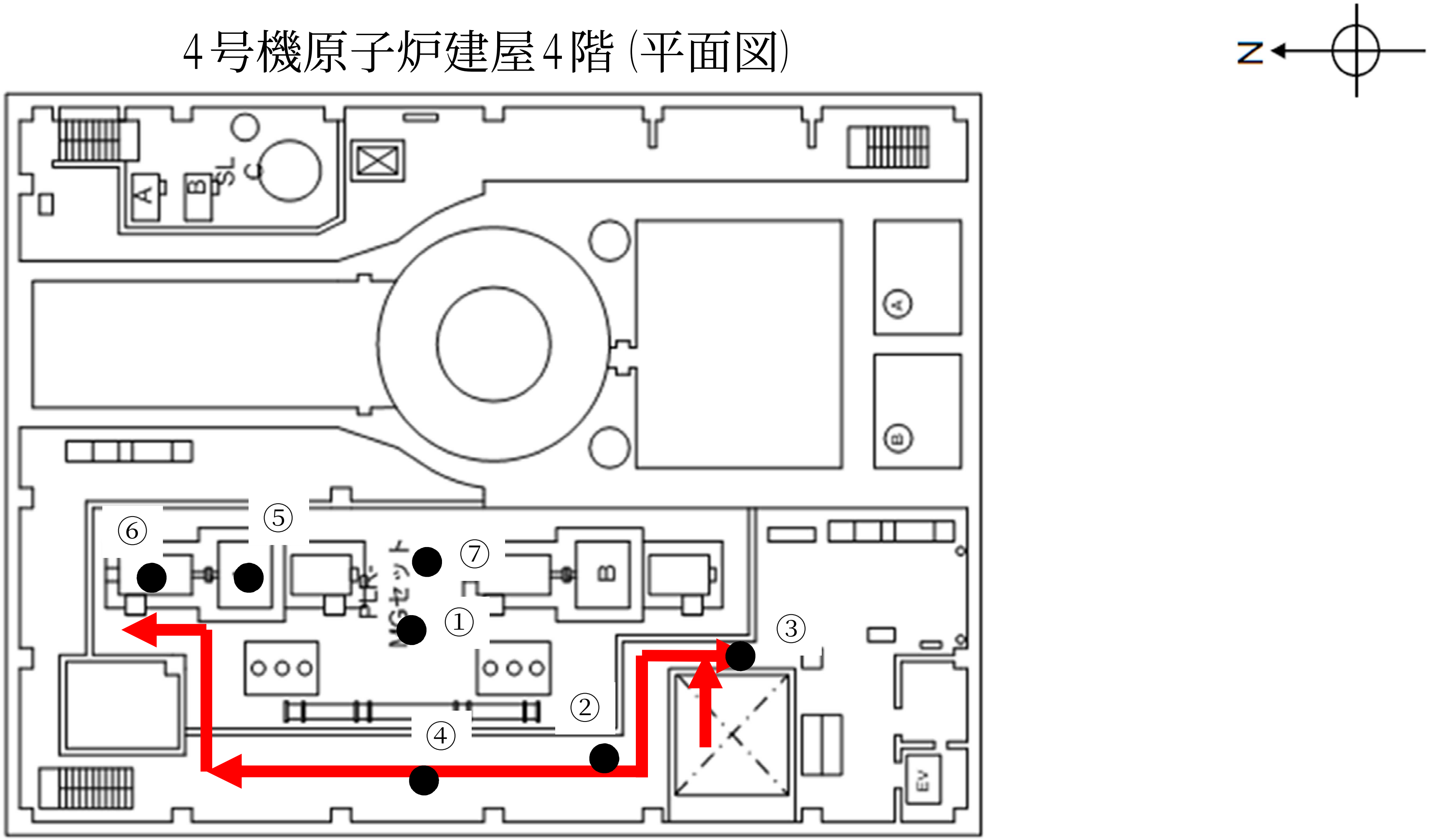
※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値(同日に複数の調査を実施した場合は、他の調査による被ばく線量との合算値)として示した。

○4号機原子炉建屋
（東西断面）



東京電力「福島第一原子力発電所
原子炉設置変更許可申請書」
（平成15年6月現在）を基に作成

4号機原子炉建屋4階(平面図)



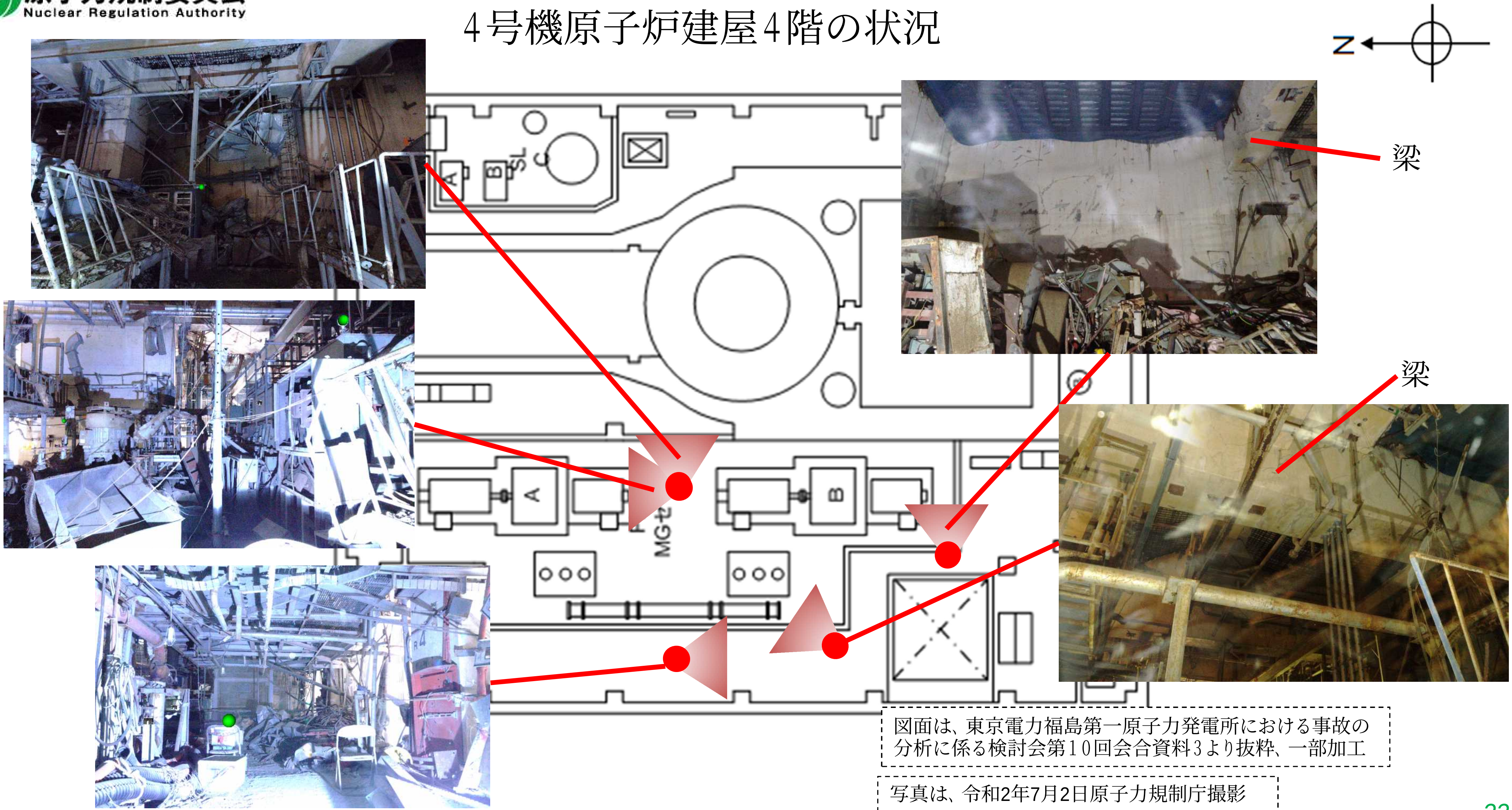
現地調査ルート
(令和2年7月2日、8月7日)

●:スキャナ設置位置

東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

原子力規制委員会
Nuclear Regulation Authority

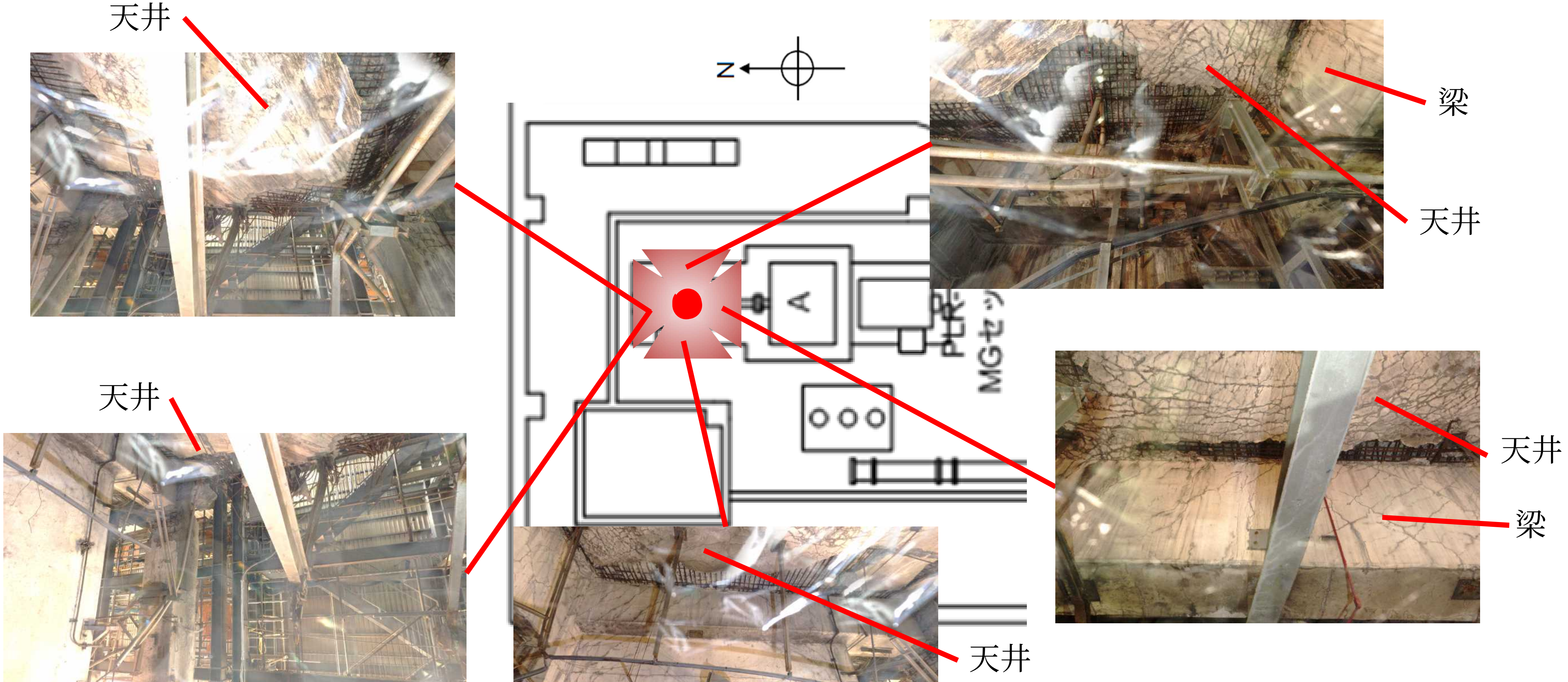
4号機原子炉建屋4階の状況



図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

写真は、令和2年7月2日原子力規制庁撮影

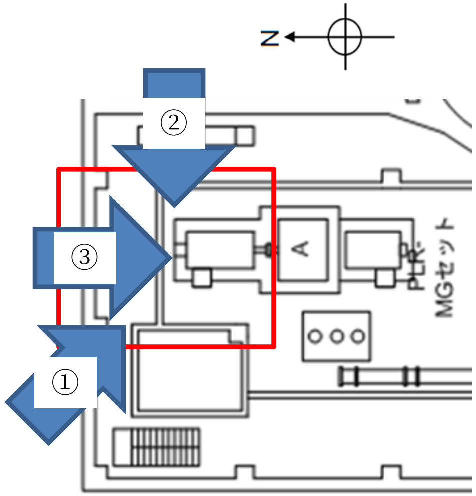
4号機原子炉建屋4階の状況（北西側天井付近）

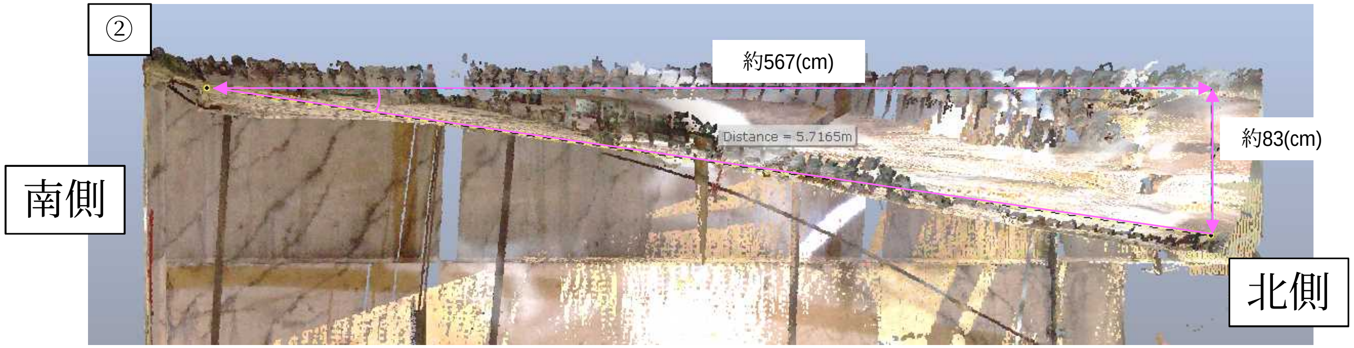


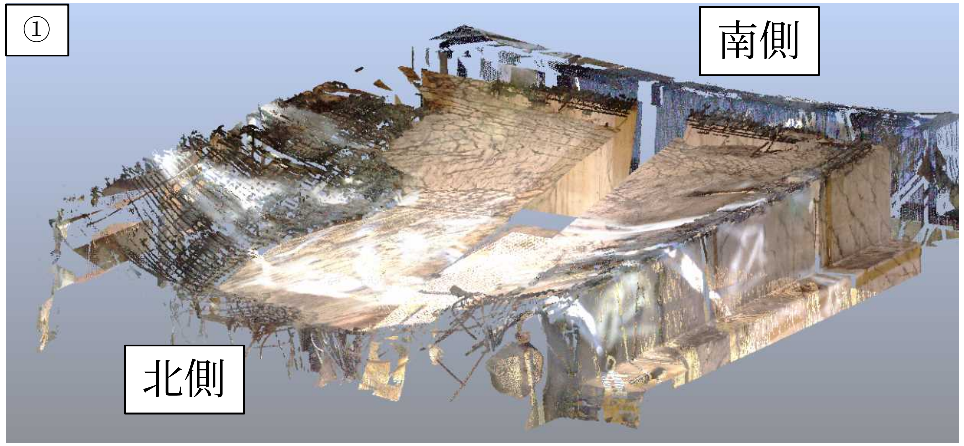
図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

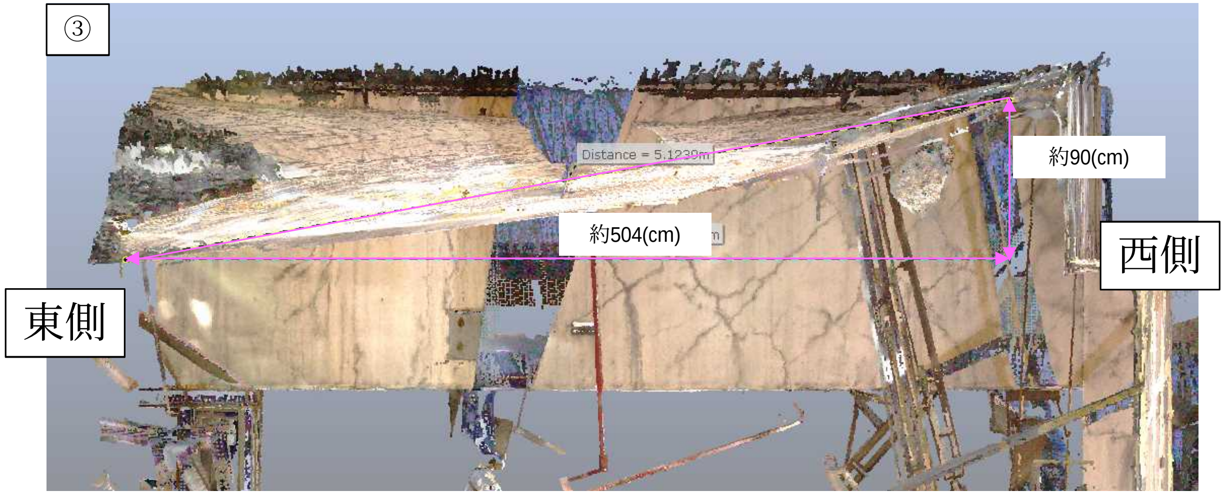
写真は、令和2年7月2日原子力規制庁撮影

4号機原子炉建屋4階の状況（北西側天井）



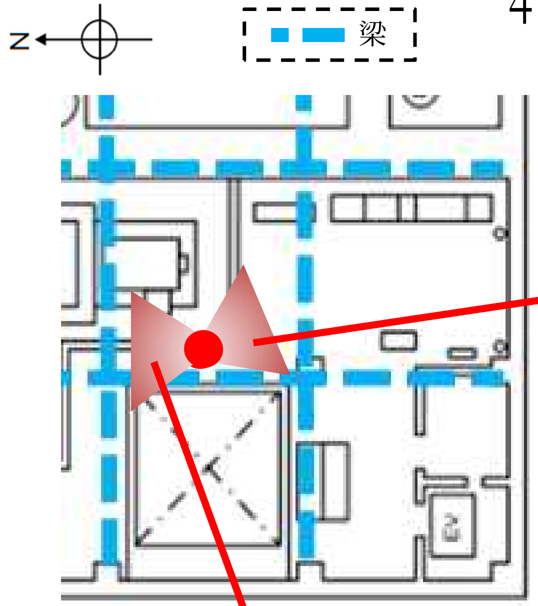


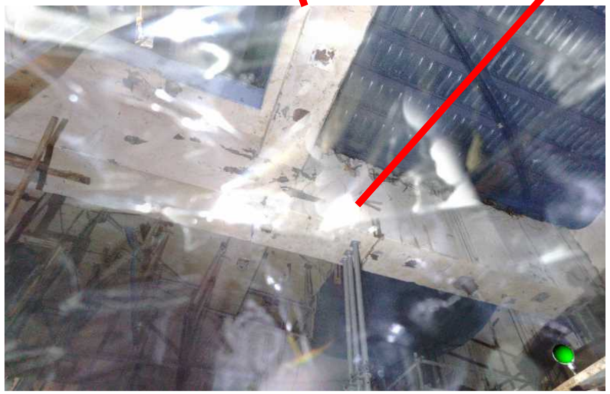




令和2年7月2日原子力規制庁にてデータ取得

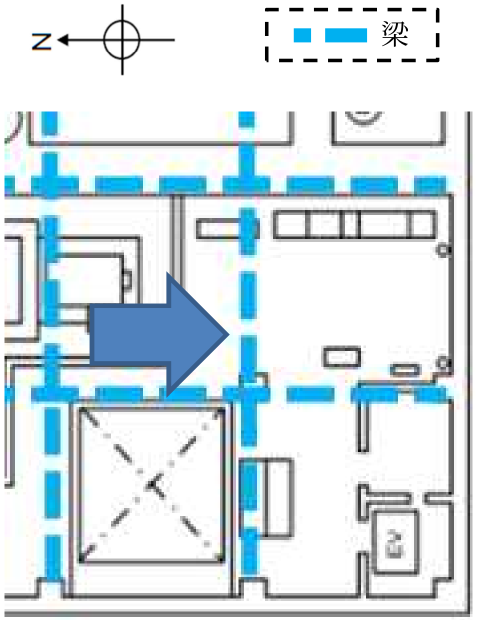
4号機原子炉建屋4階の状況（南西側の梁）

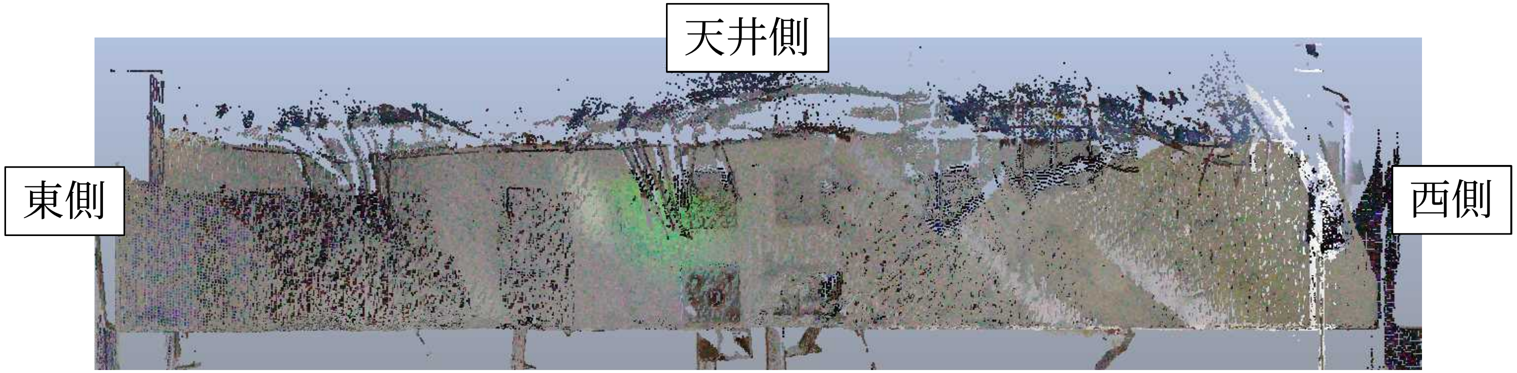




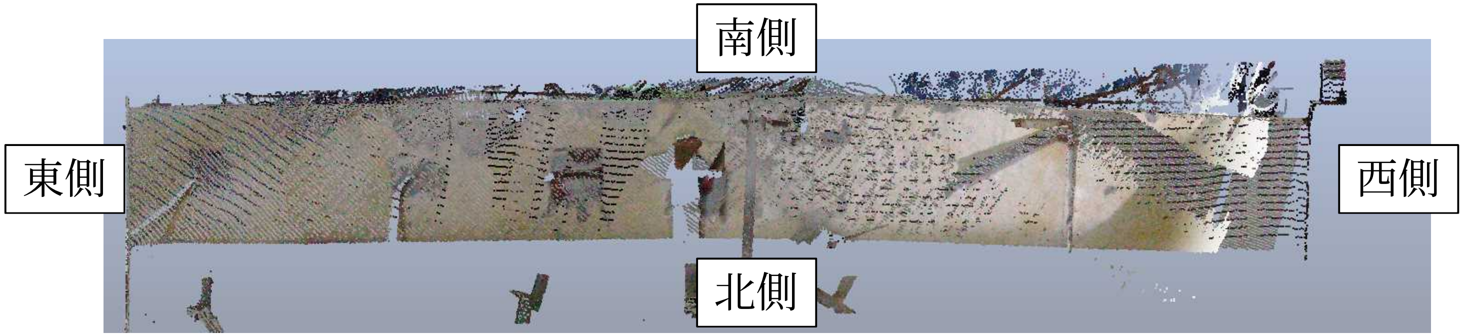
令和2年7月2日、8月7日原子力規制庁撮影

4号機原子炉建屋4階の状況（南西側の梁）





横から見た状況



下から見た状況

令和2年7月2日原子力規制庁にてデータ取得

（５） １／２号機SGTS配管（排気筒基部付近）の現地調査について

実施概要

(1)調査日

令和2年7月3日、9日、10日、30日

(2)調査実施者

令和2年7月　3日　原子力規制庁職員　4名

令和2年7月　9日、10日　原子力規制庁職員　9名

令和2年7月30日　原子力規制庁職員　5名、外部専門家　1名

(3)被ばく線量

令和2年7月　3日　最大:0.41mSv、最小:0.28mSv

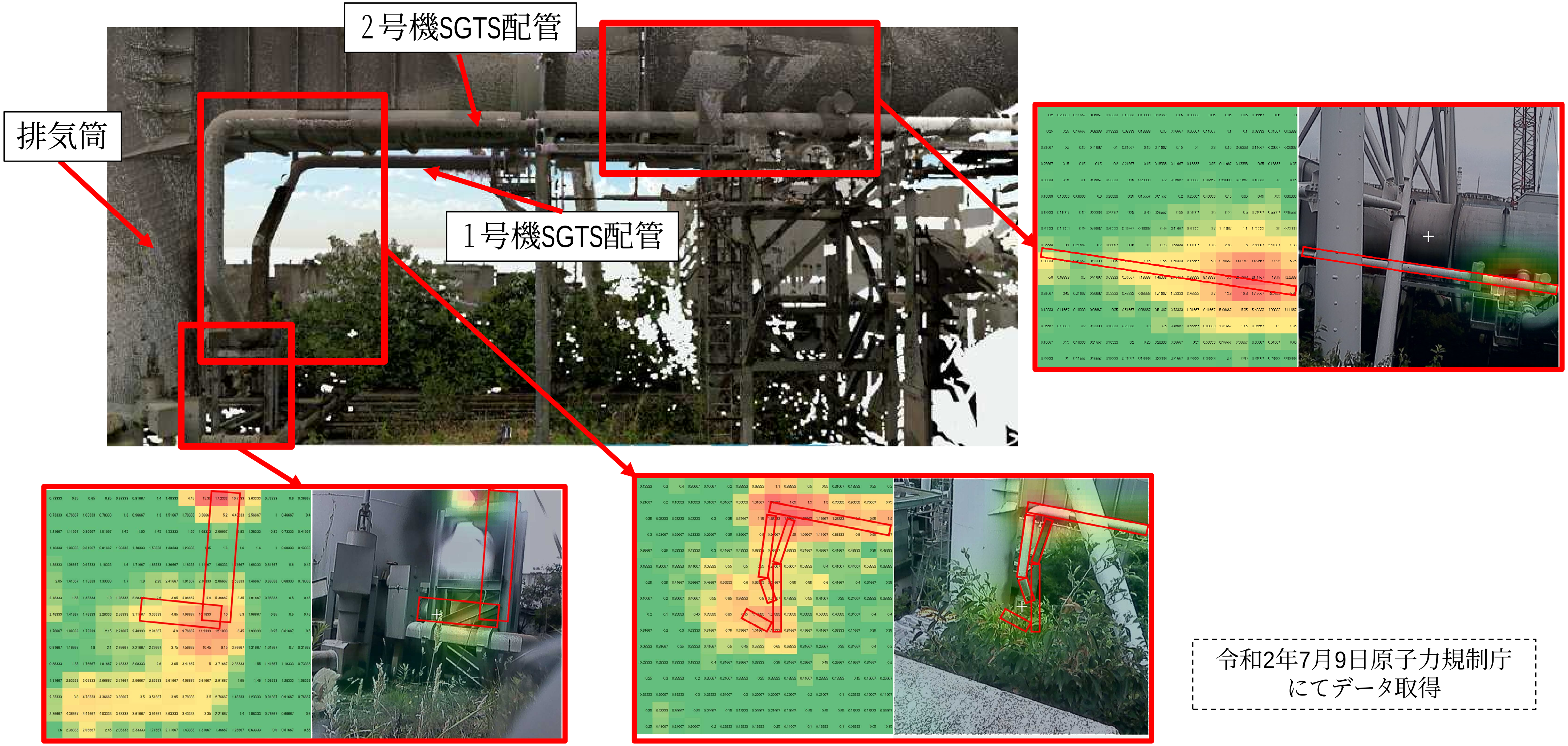
令和2年7月　9日　最大:0.72mSv、最小:0.23mSv

令和2年7月10日　最大:0.29mSv、最小:0.03mSv

令和2年7月30日　最大:1.34mSv、最小:0.53mSv

※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値(同日に複数の調査を実施した場合は、他の調査による被ばく線量との合算値)として示した。

ガンマカメラによる測定状況



令和2年7月9日原子力規制庁
にてデータ取得

（６）その他の現地調査について

実施概要

（1）調査日

令和2年7月31日

（2）調査実施者

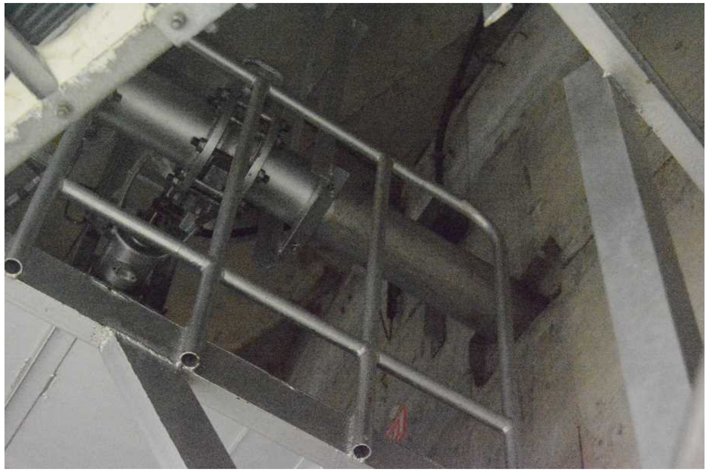
原子力規制庁職員　4名

（3）調査箇所

5号機原子炉建屋4階（原子炉ウェルプラグ脇の配管）

6号機原子炉建屋外側（SGTS配管モニター）

5号機原子炉建屋4階（原子炉ウェルプラグ脇の配管）



6号機原子炉建屋外側（SGTS配管モニター）

令和2年7月31日
原子力規制庁撮影

参考資料等

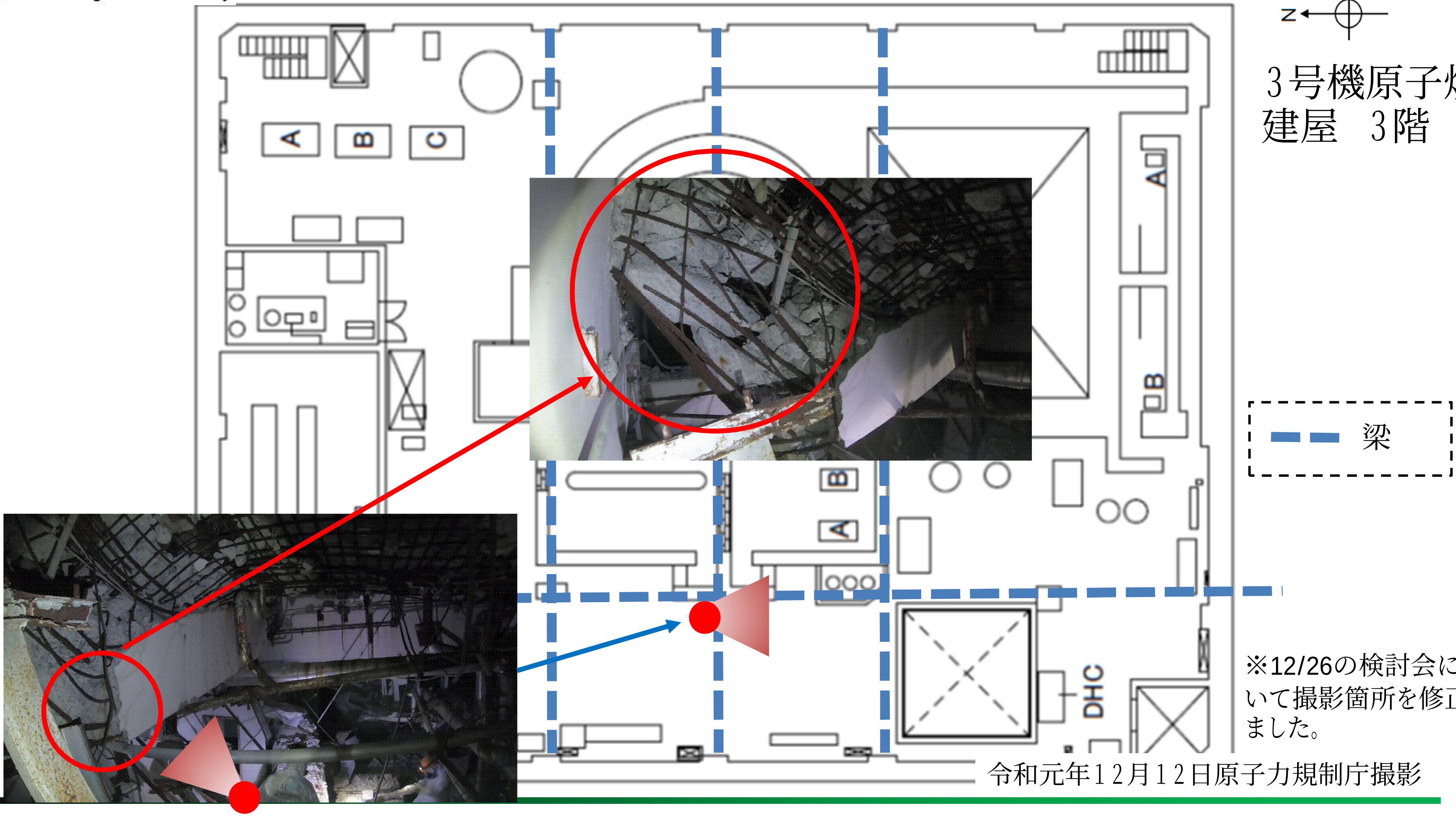
原子炉建屋の構造等

- 3号機原子炉建屋3階はり損傷に関する設計情報等
  (3階柱、大はり、小はり、床、外壁の配筋設計等)
- 4号機原子炉建屋2階はり損傷に関する設計情報等
  (2，3階柱、大はり、小はり、床、外壁の配筋設計等)
- １，３，４号機原子炉建屋外壁の壁厚等

- 3号機原子炉建屋3階はり損傷に関する設計情報等

(3階柱、大はり、小はり、床、外壁の配筋設計等)

3号機原子炉建屋　3階



※12/26の検討会において撮影箇所を修正しました。

令和元年１２月１２日原子力規制庁撮影

3号機原子炉建屋　3階

令和元年12月12日原子力規制庁撮影

令和元年12月12日原子力規制庁撮影

○　3、4号機原子炉建屋の設計用応力の比較

	3号機		4号機	
建屋外壁	5階　柱（外壁）　（120cm×120cm［東西壁］、100cm×100cm［南北壁］） 設計用応力（モーメント）	591.7 t･m［東西壁］ 204.0 t･m［南北壁］	5階　柱（外壁）　（120cm×120cm［東西壁］、100cm×100cm［南北壁］） 設計用応力（モーメント）	628.8 t･m［東西壁］ 15.6 t･m［南北壁］
	4階　柱（外壁）　（100cm×120cm［東西壁］、100cm×100cm［南北壁］） 設計用応力（モーメント）	235.3 t･m［東西壁］ 124.5 t･m［南北壁］	4階　柱（外壁）　（120cm×120cm［東西壁］、100cm×100cm［南北壁］） 設計用応力（モーメント）	304.2 t･m［東西壁］ 69.7 t･m［南北壁］
建屋内部	3階　柱　（110cm×110cm） 設計用応力（軸力）	421.5 t	3階　柱　（110cm×110cm） 設計用応力（軸力）	255.8 t
			2階　柱　（120cm×120cm） 設計用応力（軸力）	435.5 t
	4階　大はり（95cm×220cm） 設計用応力（剪断力）	165.1 t（E端）	3階　大はり　（95cm×220cm） 設計用応力（剪断力）	190.4 t（E端）
	4階　小はり　（60cm×105cm） 設計用応力（剪断力）	32.1 t	3階　小はり　（60cm×120cm） 設計用応力（剪断力）	34.8 t
	4階　床　（厚さ　25cm、30cm） 設計用応力（剪断力）	7.2 t/m（25cm厚） 11.1 t/m（30cm厚）	3階　床　（厚さ　25cm） 設計用応力（剪断力）	5.48 t/m（25cm厚）

※　赤字部　原子力規制庁の現地調査において損傷を確認。

1.3　使用材料の許容応力度

表1－1　コンクリートおよび鉄筋の許容応力度　（kg／cm²）

	長期			短期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
コンクリート①	75	7.5	7.5	150	15	15
鉄筋②	2,000	2,000	-	3,300 3,000＊	3,300	-

＊せん断補強設計用

表1－2　付着許容応力度　（kg／cm²）

	長期			短期		
	曲げ材一般	曲げ材上端筋	定着継手	曲げ材一般	曲げ材上端筋	定着継手
異型鉄筋②	22.5	15.75	15.75	45.0	31.5	31.5

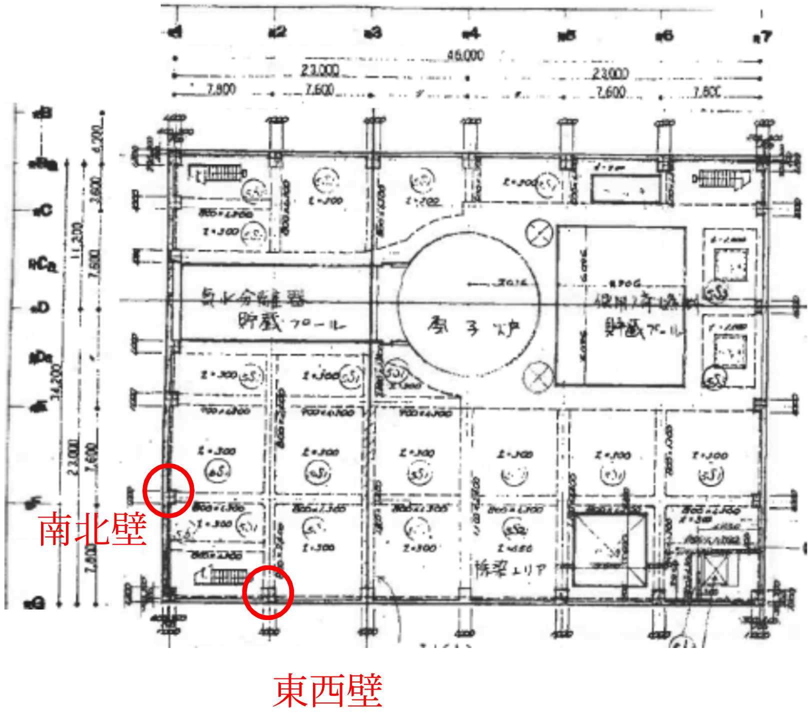
表2.1　柱の軸方向力表

単位　（t）

柱	＊1 階	クレーン	D.L＋（S.L）＋F.L＋P.L＋0.2L.L	D.L＋（S.L）＋E.L＋P.L＋0.75L.L	柱の軸方向力 最小	柱の軸方向力 最大
R2－RF	5		241.0	349.8	241.0	349.8
	4		152.2	185.2	393.2	535.0
	3		163.0	195.0	556.2	730.0
	2		168.9	199.8	725.1	929.8
R3－RE	5		229.2	327.2	229.2	327.2
	4		192.3	232.3	421.5	559.5
	3		258.7	318.3	680.2	877.8

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

○ 柱（外壁）の設計



3号機原子炉建屋5階

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

5階柱（外壁）
断面形
120cm×120cm　（東西壁）
100cm×100cm　（南北壁）

配筋
48-D38　（東西壁）
24-D38　（南北壁）

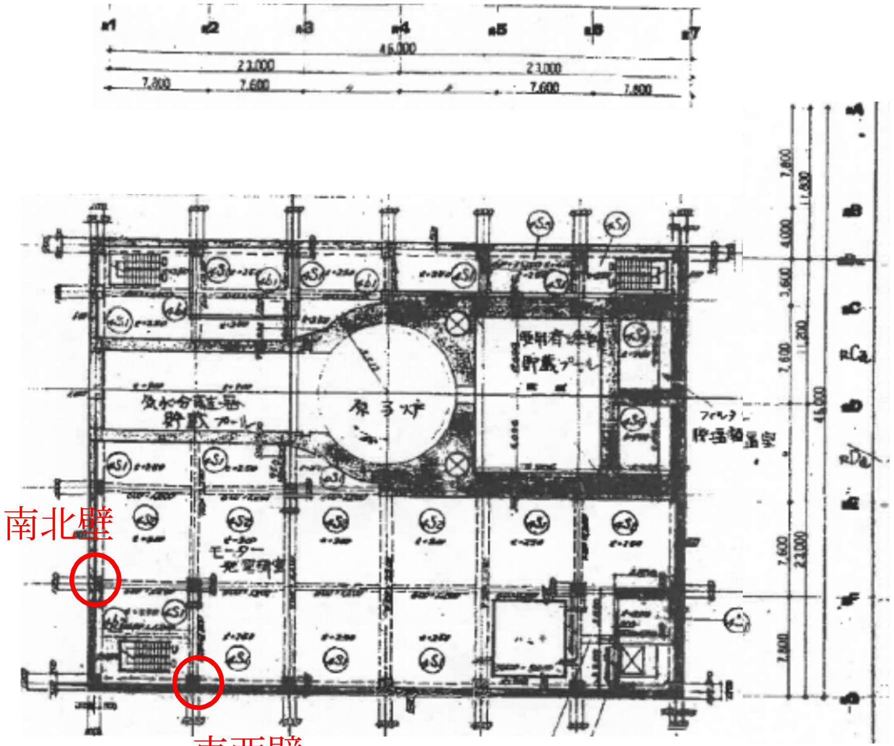
設計用応力
モーメント（t･m）
591.7 t･m（東西壁　外向き）
204.0 t･m（南北壁）

表5.7　柱の設計用応力及断面算定

	位置 （ ）内は本数	断面形状 b×D (m) b・D b・D²	設計用応力 軸力 (t) N又はfc・bD	設計用応力 モーメント (t・m) M	N/bD (Kg/cm²)	M/bD² (Kg/cm³)	必要鉄筋量 Pt (%)	必要鉄筋量 at (cm²)	設計	配置図
5階	RG.RBa通り (10)	1.2×1.2 1.44 1.73	下向き 202×1.44	外向き 591.7	20.2	34.2	1.50	216.3	20－D38 (228 cm²)	4-D29 20-D38
39,92	R1.R7通り (9)	1.0×1.0 1.0 1.0	137.5×1.0	204.0	13.8	20.4	0.56	56.0	8－D38 (91.0cm²)	8-D38 4-D29

7

○ 柱（外壁）の設計



3号機原子炉建屋4階

4階柱（外壁）
断面形
100cm×120cm （東西壁）
100cm×100cm （南北壁）

配筋
32-D38 （東西壁）
24-D38 （南北壁）

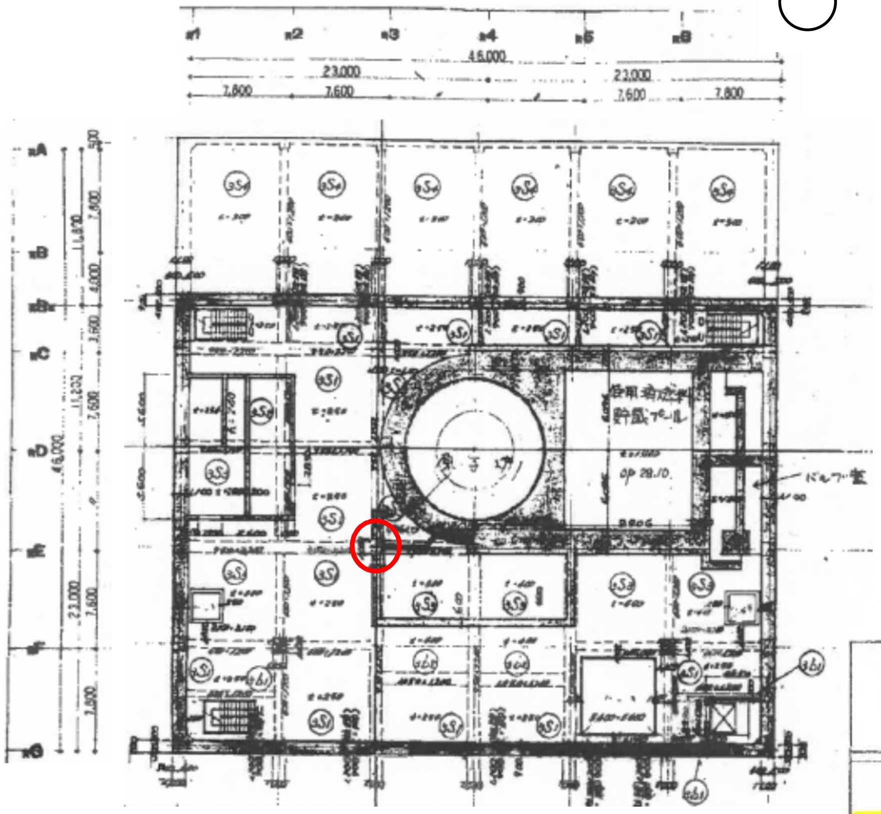
設計用応力
モーメント（t･m）
235.3 t･m（東西壁）
124.5 t･m（南北壁）

表5.7 柱の設計用応力及断面算定

	位置 （ ）内は本数	断面形状 b×D (m) b・D b・D²	設計用応力 軸力 (t) N 又は fc・bD	設計用応力 モーメント (t·m) M	N/bD Kg/cm²	M/bD² Kg/cm²	必要鉄筋量 Pt (%)	必要鉄筋量 at (cm²)	設計	配置図
4階	RG.RBa 通り (10)	1.0×1.2 1.2 1.44	( )はクレーンを含む： 700.0 (569.8) (長期) 456.6 (361.4) 8.5 (短期)	235.3 {165.7 (鉛直) 69.6 (水平)	58.3	11.5	1.1	132.0	12 − D38 (137.0cm²)	b 4-D29 12-D38
32,30	R1.R7 通り (9)	1.0×1.0 1.0 1.0	218.0×1.0	124.5 {84.9 (鉛直) 39.6 (水平)	21.8	12.45	(0.4)	40.0	8 − D38 (91.0cm²)	8-D38 4-D29
	RE.R3 通り (1)	1.0×1.0 1.0 1.0	327.2 (長期) 229.2 (短期) 2.9	東西 91.2 {45.4 (鉛直) 45.8 (水平) 南北 38.4 {11.9 (鉛直) 26.5 (水平)	32.7 (23.2)	9.1 3.8	(0.4) (0.4)	40.0 40.0	8 − D38 (91.0cm²)	8-D38 8・D38

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

○　柱の設計



3号機原子炉建屋3階

3階柱
断面形
110cm×110cm

配筋
28-D38
N-S　8-D38
E-W　8-D38

設計用応力
軸力
421.5t（短期）

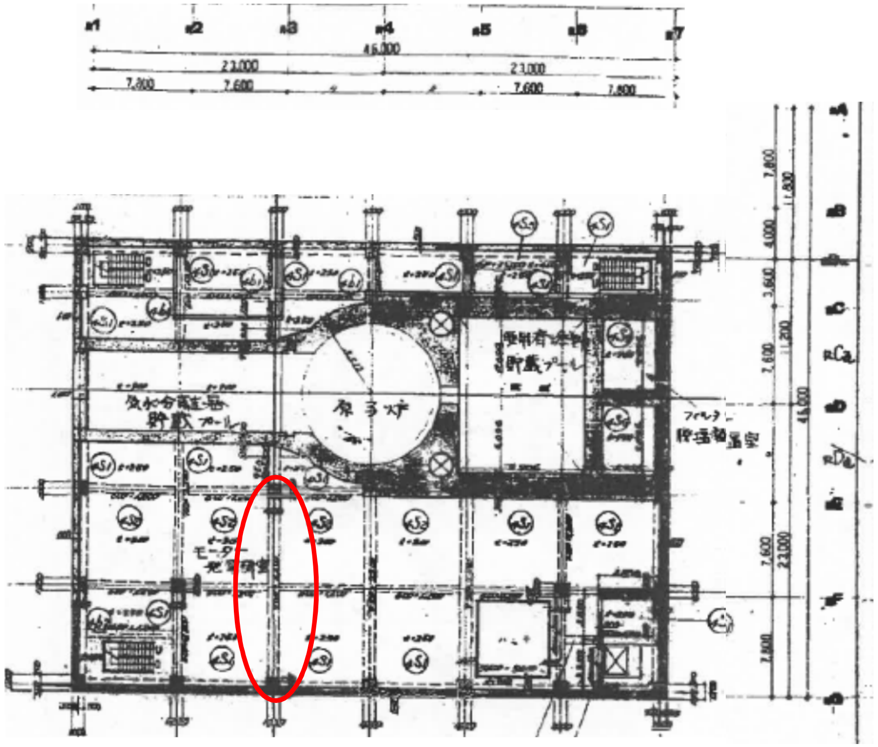
表5.7　柱の設計用応力及断面算定

	位置 ( )内は本数	断面形状 b×D (m) b・D b・D²	設計用応力 軸力 (t) N又は fc・bD	設計用応力 モーメント (t・m) M	N/bD Kg/cm²	M/bD² Kg/cm²	必要鉄筋量 Pt (%)	必要鉄筋量 at (cm²)	設計	配置図
3階	RE, R3 通り (1)	1.1×1.1 1.21 1.33	559.5 (長期)	東西 142.2 {74.4 (鉛直) 67.8 (水平)	46.2 (94.8)	10.7	(0.4)	40.0	8－D38 (91.0cm²)	8-D38 8-D38
			421.5 (短期) 0.5	南北 155.8 {105.4 (鉛直) 50.4 (水平)		7.9	0.45	54.5		
26,90	上端 RG RBa 通り (8)	1.0×1.2 1.2 1.44	778.6 (長期)	上端 145.6 {98.8 (鉛直) 46.8 (水平)	13.7	6.9	(0.4)	48.0	8－D38 (91.0cm²)	4-D29 (上) 8-D38 (下) 8-D38
	下端	1.0×0.9 0.9 0.81	778.6 (長期)	下端 163.6 {113.0 (鉛直) 50.6 (水平)	11.3	13.9	0.7	56.7		

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

原子力規制委員会
Nuclear Regulation Authority

○　大はりの設計

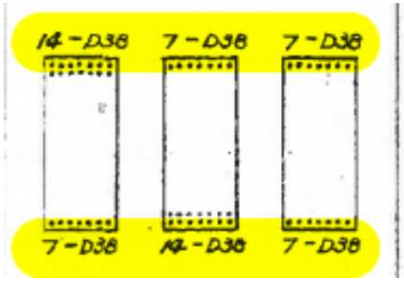


3号機原子炉建屋4階

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

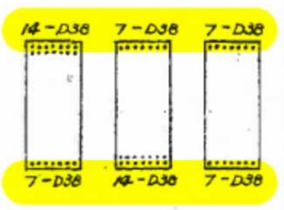
4階大はり
断面形
95cm×220cm

配筋
上端筋　7-D38（G端）
7-D38（中央）
14-D38（E端）
下端筋　7-D38（G端）
14-D38（中央）
7-D38（E端）

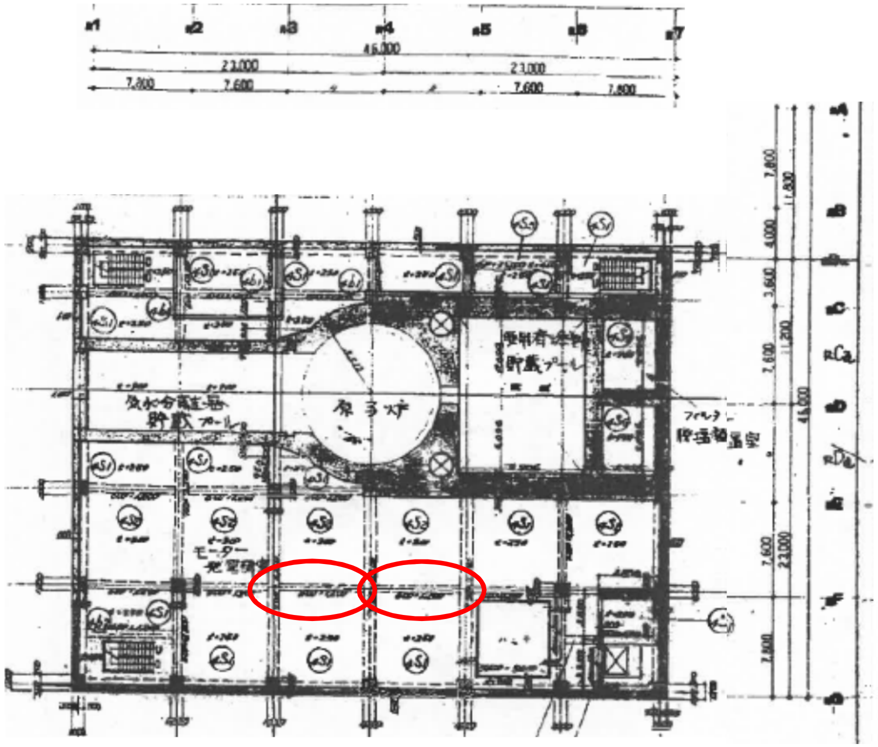


設計用応力
剪断力
149.7 t（G端）
165.1 t（E端）

階		OP 32,30		
梁符号		R3 E ～ G		
		E端	中央	G端
断面形	b×D	95 × 220		
	d	203		
	j	178		
(CM)	bd²×10⁶	39.1		
曲げモーメント (t·m)	Mp	373.2	394.2	226.4
	Me	69.1		111.3
	Mt	442.3		337.7
剪断力 (t)	Qp	153.5		138.1
	Qe	11.6		11.6
	Qt	165.1		149.7
Mp / bd²		9.5		5.8
Mt / bd²		11.3		8.6
Ptp (r)		0.52		0.3 (0.4)
Ptt (r)		0.39		0.27
所要鉄筋	at	100.0	110.7	77.2
	ψ	54.8		49.3
実施鉄筋	鉄筋	14-D38	14-D38	7-D38
	a	160.0	160.0	79.8
	ψ	168.0	168.0	84.0
剪断補強の検討	τp	9.1		8.2
	τt	9.8		8.9
	Qs	153.5 P		138.1 P
	as	18.0		4.8
	鉄筋	4-D16@300		4-D16@300
	a	26.4		26.4
配筋図				



○　小はりの設計



3号機原子炉建屋4階

4階小はり
断面形
60cm×105cm

配筋
上端筋　6-D29 (端部)
　　　　5-D29 (中央部)
下端筋　5-D29 (端部)
　　　　5-D29 (中央部)

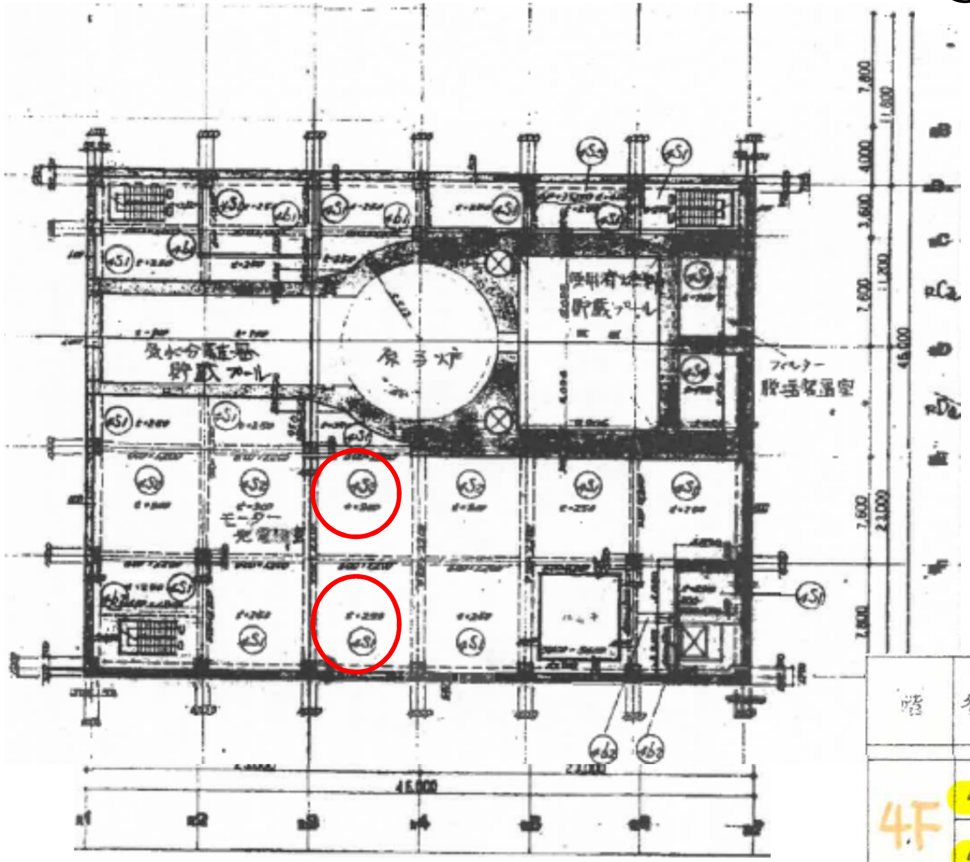
設計用応力
剪断力
32.1ｔ　(端部)

表6.3　小ばりの応力算定と断面算定表

階	小梁名称	荷重状態 (書き込みなきはt/m)	スパン (m)	応力 C (t・m)	応力 Mo (t・m)	応力 Q (t)	設計用応力 曲げモーメント(t・m) 上端	設計用応力 曲げモーメント(t・m) 下端	設計用応力 せん断力 (t)	断面積(cm) b	断面積(cm) d	断面積(cm) j	区別	断面算定 鉄筋断面積 (cm²)	断面算定 周長 (cm)	断面算定 せん断応力度 (t/cm²)	配筋 上端	配筋 下端	備考
4 op 3230	b₁	4.1 / 1.37	7.8	43.1	67.3	28.9	34.5	50.1	28.9	60	105	92	端部	18.8			5-D29	5-D29	
													中央	27.4	20.0	5.2	5-D29	6-D29	
	b₂	3 / 3.78 / 1.37	7.6	42.7 / 47.7	78.7	32.1 / 26.6	55.8	38.6	32.1	60	105	92	端部	30.3	22.2	5.8	6-D29	5-D29	
									26.6				中央	21.0			5-D29	5-D29	

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料(原子炉建家の強度計算書)を一部加工

○ 床の設計



3号機原子炉建屋4階

4階床
厚さ(t)　25cm、30cm
短辺　760cm、760cm
長辺　780cm、780cm

配筋
短辺方向　D19@150、D-19@100
長辺方向　D19@150、D-19@100

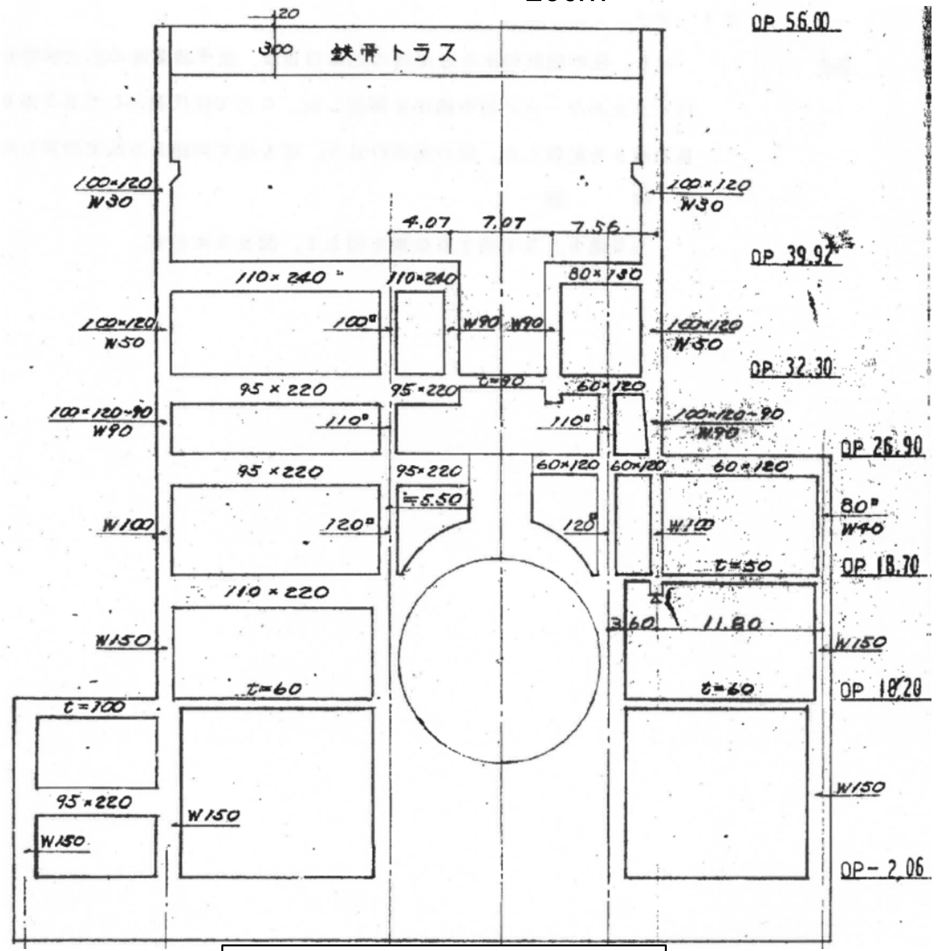
設計用応力
剪断力
7.2 t/m (25cm厚)
11.1 t/m (30cm厚)

階	名称	短辺×長辺 lx・ly(m)	床厚(cm)	分布荷重(t/m²) D.L	E.L+P.L	L.L	計T	集中荷重(t)	辺長比 ly/lx	曲げモーメント(t·m/m) 端部	中央部	せん断力(t/m)	有効せい d(cm)	j (cm)	所要鉄筋量 断面積(cm²/m) 端部	中央部	周長(cm/m)	配筋 全て上端筋・下端筋
4F OP 32 30	4S1	7.6×7.8	25	0.6	0.5	1.0	2.1		1.03	5.4	3.6	7.2	20	17.5	15.5	9.4	18.8	短辺 長辺方向共 D19-@150 at=19.4 cm²/m φ=40 cm/m
	4S2	7.6×7.8	30	0.72	(1.1) 0.5	1.0	3.32		1.03	8.1	5.4	11.1	25	21.9	18.5	11.2	22.5	2方向共 D19-@100
	4S3	3.6×7.6	40	0.96	(1.6) 0.5	1.0	4.06		2.1	4.2	2.8	7.6	35	30.6	4.2	2.9	11.0	2方向共 D19-@150
	4S4	単純支持版 4.0	75	1.8	0.5	1.0	3.3		—	—	6.6	6.6	70	61	—	5.4	4.8	2方向共 D19-@200

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

○ 外壁の設計

10cm



5階

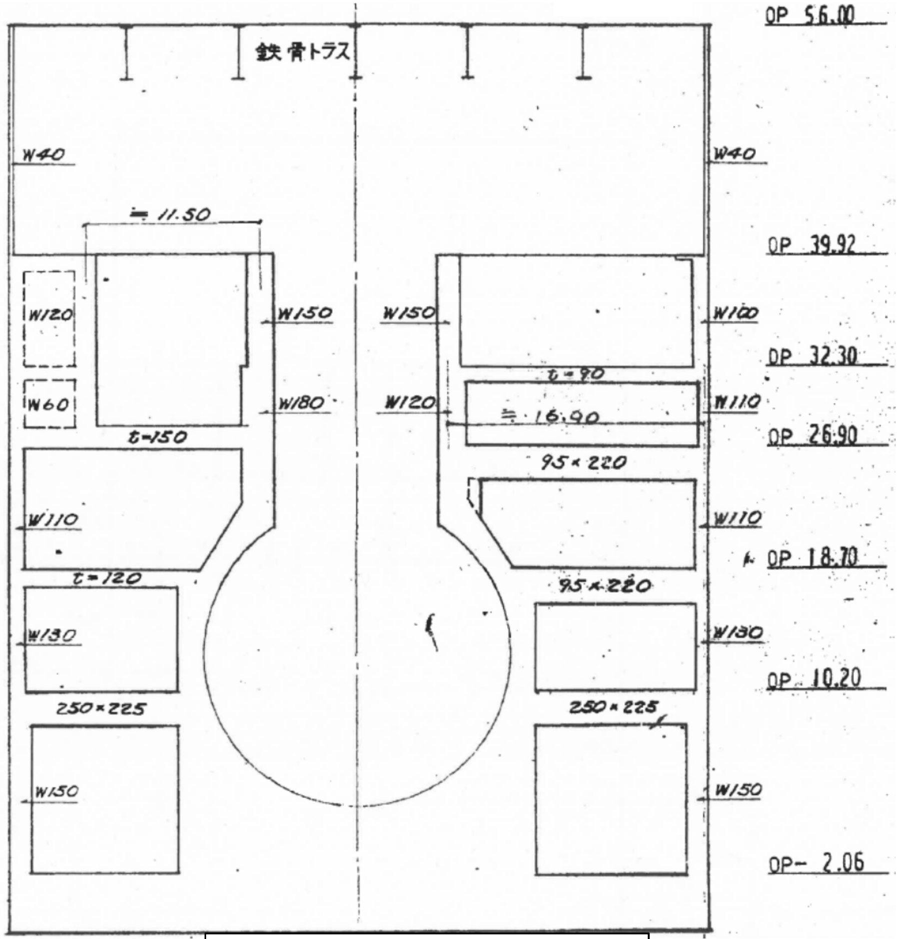
4階

3階

2階

1階

10cm



3号機原子炉建屋
東西方向（R3断面）

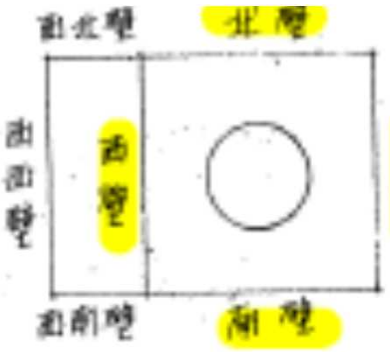
原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

3号機原子炉建屋
南北方向（RD断面）

○ 外壁の設計

表 5. 1 1　外壁の配筋計算表 (1)

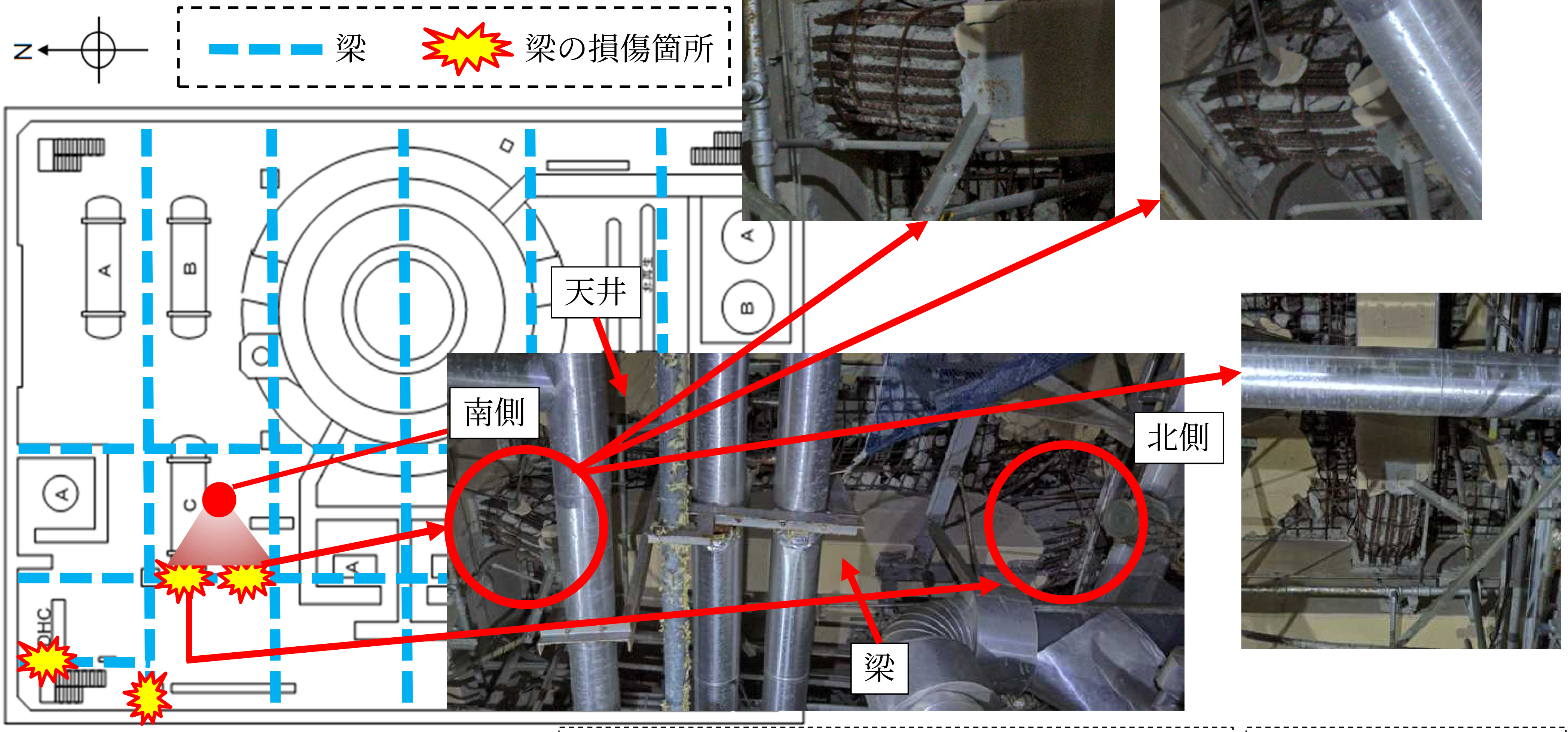
位置	壁	せん断応力度 Kg／cm²	(1)せん断補強筋 As＝1/2・τ/ft・b (cm²／m)	配筋 両面縦横共 (cm²／m)	(2)転倒モーメントに対する検討 転倒モーメント M (t・m)	鉛直震度 (0.24) の向き	軸力 P (t)	偏心距離 e (m)	コンクリートの最大圧縮応力度 (Kg/cm²) ＊1	鉄筋の最大引張り応力度 (Kg/cm²) ＊2	説明
OP 3992 5階	東	1 3.7	6.8 5	D1 6, @ 2 0 0 (As＝9.93)	53,490 上向き 68,590 下向き 78,051	上向き	2,790	19.2	14.7	2820	せん断応力度計算例) 東西 $\tau=\frac{Q}{A}=\frac{3804}{27.70}=137t/m^2$ Q：5階以上の剪断力 A：〃 の壁断面積 南北 $\tau=\frac{4202}{27.70}=152t/m^2$ 内圧による曲げモーメント (0.18 t／m²) $M=w\ell^2/10=0.45tm/m$ As ＝9.93 鉄筋の応力度 $fs=\frac{0.45}{9.93\times122}=371<3300Kg/cm^2$ よって内圧による応力に対しては安全である。
	西	1 3.7				下向き	4,540	11.8	20.2	—	
	北	1 5.2	1 0.1 5	D1 9 @ 2 0 0 (As＝14.25)	48,290	上向き	2,790	17.3	10.1	225	
	南	1 5.2				下向き	4,540	10.6	13.75	—	
OP 3230 4階	東	1 8.4	1 5.3	D2 2 @ 2 0 0 (As＝19.4)	121,350 上向き 156,850 下向き 179,218 *	上向き	6,840	17.7	205	2633	＊偏心によるモーメント (上・下方向) 地震による転倒モーメントに建家偏心による偏心モーメントを加えたものである。以下同様とする。
	西	1 8.4				下向き	11,150	10.9	30.1	—	
	北	1 9.3	1 9.3	D2 5 @ 2 0 0 (As＝25.35)	111,650 上向き 115,620 下向き 118,117 *	上向き	6,840	16.9	15.3	28.0	
	南	1 9.3				下向き	11,150	10.6	21.8	—	
OP 2690 3階	東	1 6.7	2 5.2	D2 5 @ 2 0 0 (As＝25.35)	201,100 上向き 247,392 下向き 276,629	上向き	10,691	18.77	222	3183	
	西	1 6.7				下向き	17,443	11.53	26.4	—	
	北	2 0.5	3 7.5	D3 2 @ 2 0 0 (As＝39.60)	184,590 上向き 190,790 下向き 194,707	上向き	10,691	17.85	14.2	528	
	南	2 0.5				下向き	17,443	11.20	19.5		
OP 1870 2階	東 中央壁	2 0.1	1 3.4	D1 9 @ 2 0 0 (As＝14.25)	339,100 上向き 393,034 下向き 427,094	上向き	14,940	22.69	MAX 16.1 (52.2)	MAX 211.0 (673.0)	( ) 内東→西を示す
	西	1 9.9	3 3.2	D3 2 @ 2 0 0 (As＝39.60)		下向き	24,375	13.9	27.8 (21.6)	-	
	北	1 7.2	2 8.7	D2 9 @2 0 0 (As＝32.05)	323,940 上向き 336,190 下向き 343,928	上向き	14,940	22.5	18.4	227.4	
	南	1 7.2				下向き	24,375	14.1	20.9	-	



原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

- ４号機原子炉建屋２階はり損傷に関する設計情報等
（２，３階柱、大はり、小はり、床、外壁の配筋設計等）

○4号機原子炉建屋2階梁の損傷状況



4号機R/B　2階

図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第12回会合資料5－1より抜粋、一部加工

写真は、令和2年8月7日原子力規制庁撮影

○　3、4号機原子炉建屋の設計用応力の比較

	3号機		4号機	
建屋外壁	5階　柱(外壁)　(120cm×120cm[東西壁]、100cm×100cm[南北壁]) 設計用応力(モーメント)	591.7 t･m[東西壁] 204.0 t･m[南北壁]	5階　柱(外壁)　(120cm×120cm[東西壁]、100cm×100cm[南北壁]) 設計用応力(モーメント)	628.8 t･m[東西壁] 15.6 t･m[南北壁]
	4階　柱(外壁)　(100cm×120cm[東西壁]、100cm×100cm[南北壁]) 設計用応力(モーメント)	235.3 t･m[東西壁] 124.5 t･m[南北壁]	4階　柱(外壁)　(120cm×120cm[東西壁]、100cm×100cm[南北壁]) 設計用応力(モーメント)	304.2 t･m[東西壁] 69.7 t･m[南北壁]
建屋内部	3階　柱　(110cm×110cm) 設計用応力(軸力)	421.5 t	3階　柱　(110cm×110cm) 設計用応力(軸力)	255.8 t
			2階　柱　(120cm×120cm) 設計用応力(軸力)	435.5 t
	4階　大はり(95cm×220cm) 設計用応力(剪断力)	165.1 t (E端)	3階　大はり　(95cm×220cm) 設計用応力(剪断力)	190.4 t (E端)
	4階　小はり　(60cm×105cm) 設計用応力(剪断力)	32.1 t	3階　小はり　(60cm×120cm) 設計用応力(剪断力)	34.8 t
	4階　床　(厚さ　25cm、30cm) 設計用応力(剪断力)	7.2 t/m (25cm厚) 11.1 t/m (30cm厚)	3階　床　(厚さ　25cm) 設計用応力(剪断力)	5.48 t/m (25cm厚)

※　赤字部　原子力規制庁の現地調査において損傷を確認。

1.3 使用材料の許容応力度

表 1.1 コンクリートの許容応力度(Kg/cm²) Fc=225Kg/cm²

	長期			短期		
	圧縮	引張り	せん断	圧縮	引張り	せん断
普通コンクリート	75	—	7.25	150	—	10,875

表 1.2 鉄筋の許容応力度(Kg/cm²)

		長期		短期	
		引張りおよび圧縮	せん断補強	引張りおよび圧縮	せん断補強
SD35	D29未満	2,200	2,000	3,300	3,000
	D29以上	2,000	2,000	3,300	3,000

表 1.3 鉄筋のコンクリートに対する許容付着応力度(Kg/cm²)

	長期		短期	
	上端筋	その他の鉄筋	上端筋	その他の鉄筋
異形鉄筋	15	22.5	22.5	33.75

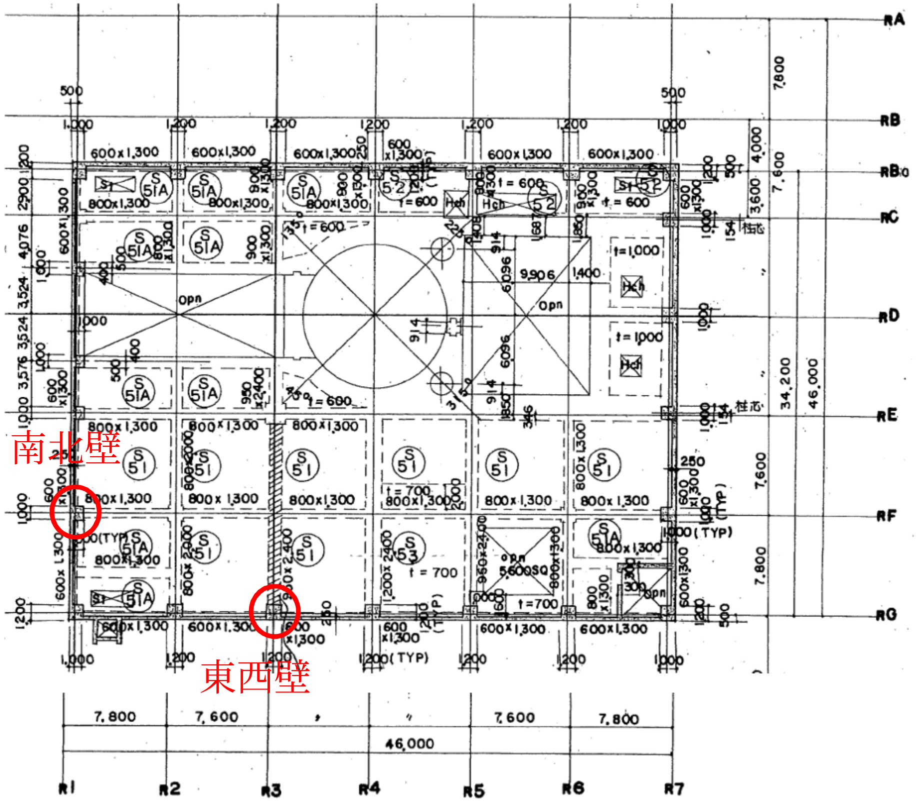
表 2.1 柱の軸方向力表

単位(t)

柱	階	クレーン	DL+EL+PL+LLm	DL+EL+PL+SnL+0.35LL	柱の軸方向力 最小	柱の軸方向力 最大
RF−R2	5		262.0	355.8	199.1	324.9
	4		169.6	199.1	128.9	210.3
	3		129.6	176.3	98.5	160.7
	2		176.0	222.9	133.8	218.2

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料(原子炉建家の強度計算書)を一部加工

○ 柱(外壁)の設計



4号機原子炉建屋5階

5階柱(外壁)
断面形
120cm×120cm(東西壁)
100cm×100cm(南北壁)

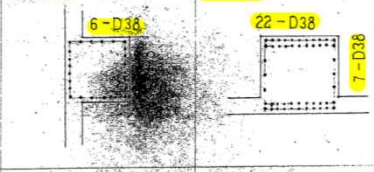
配筋
50-D38(東西壁)
24-D38(南北壁)

設計用応力
モーメント(t･m)
628.8 t･m(東西壁)
15.6 t･m(南北壁)

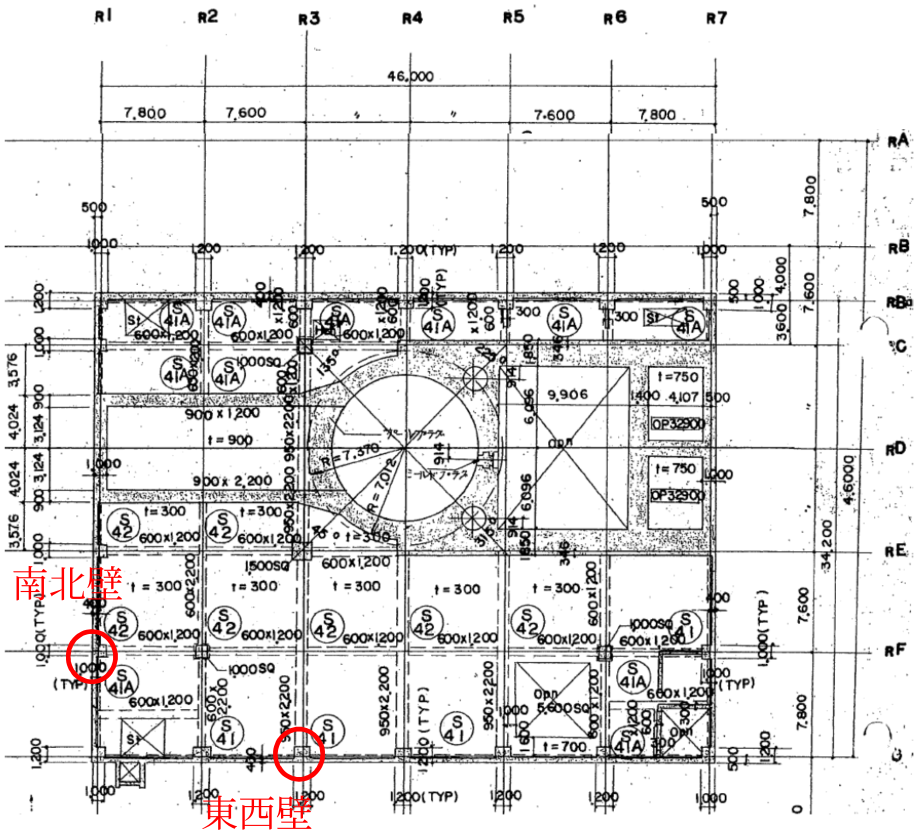
原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料(原子炉建家の強度計算書)を一部加工

表5 柱断面算定表

		OP 39.920							
柱記号		5C1･F				5C3･G			
ケース		D		C		D		C	
位置		柱頭	柱脚	柱頭	柱脚	柱頭	柱脚	柱頭	柱脚
断面形	b×D(j)	100×100(90)				120×120(110)			
	bD×10³(bD²×10⁵)	10.0[26.6](10.0)				14.4[30.4](17.28)			
長期荷重時 (t, t･m, t)	LNv(鉛直)	131.6				241.4			
	LMv(〃)	—	13.8			310.9	201.5		
	LMv(土圧)								
	LMv(クレーン)								
	LQy(鉛直)	0,9				31.8			
	LQs(土圧)								
	LQc(クレーン)								
水平荷重時 (t, t･m, t)	sNv(鉛直)	97.9		159.7		172.4		287.3	
	sMv(〃)	—	7.3	—	11.9	203.1	120.2	331.3	196.0
	sMc(クレーン)					7.3	398.0	同左	
	sME(地震)	—	3.7	—	3.7	38.2	34.8	同左	
	sQv(鉛直)	0.5		0.7		20.0		32.7	
	sQc(クレーン)					23.9		同左	
	sQE(地震)	0.2		0.2		4.5		同左	
短期設計応力	TND(t)	97.9		159.7		172.4		287.3	
	TMD(t･m)	—	11.0	—	15.6	248.6	553.0	384.8	628.8
	TQD(t)	0.8		1.0		62.6		75.3	
長期	TND/bD	4.9				7.9			
	TMD/bD²		1.4			18.0			
	Pt(%)		—			1.46			
短期	N/bD	3.7		6.0		5.7		9.5	
	M/bD²	-	1.1	—	1.6	14.4	32.0		36.4
	Pt(%)		[illegible]		—		1.15		1.42
a_t($a_{t\,min}$)(cm²)			—		(80.0)				210.3
配筋			8-D38 6-〃 24-〃					22-D38 7-〃 50-〃	
せん断補強筋の検討 短期	ψ	96.0				264.0			
	Q/fa･j(ℓ)	0.5				18.8			
	fs･b･j	85.7				125.7			
	判定	OK				OK			
柱のMy	a_t(cm²)								
	0.8a_t･ft･D								
	N/bD･Fc								
	第2項*								
	My								
	h'								
	QD								
	判定								
	帯筋(P_w-0.2%)								
配筋図		24-D38 6-D38				50-D38 22-D38 7-D38			
	帯筋	4-D16 @200				4-D16 @200			



○ 柱（外壁）の設計



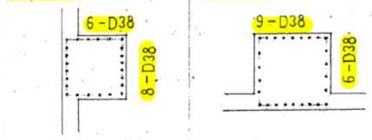
4号機原子炉建屋4階

4階柱（外壁）
断面形
120cm×120cm（東西壁）
100cm×100cm（南北壁）

配筋
26-D38（東西壁）
24-D38（南北壁）

設計用応力
モーメント（t･m）
304.2 t･m（東西壁）
69.7 t･m（南北壁）

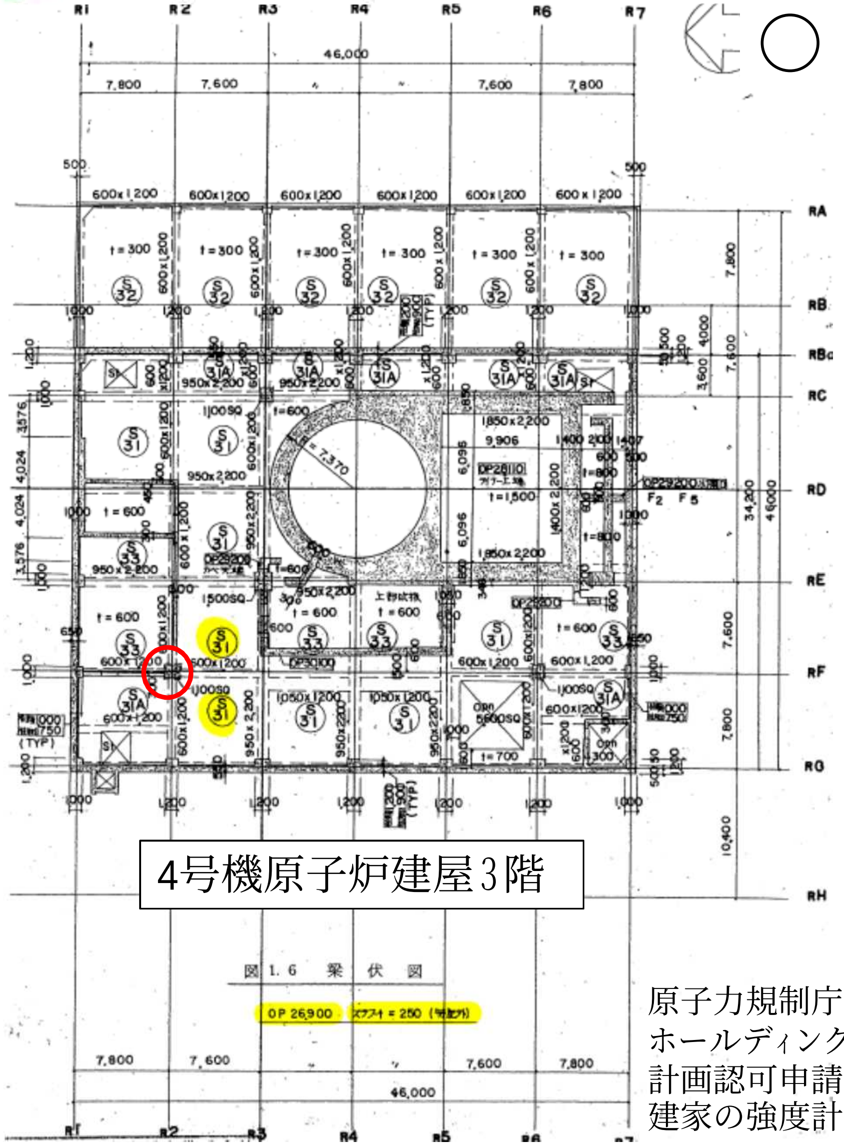
		OP 32,300							
柱記号		4C1-F				4C3-G			
ケース		D		C		D		C	
位置		柱頭	柱脚	柱頭	柱脚	柱頭	柱脚	柱頭	柱脚
断面形	b×D(j)	100×100(90)				120×120(110)			
	bD×10³(bD²×1	10.0[36.6](10.0)				14.4[40.0](17.28)			
長期荷重時 (t, t·m, t)	LNv(鉛直)	324.5				586.7			
	LMv(〃)	34.5	21.7			138.2	113.2		
	LMv(土圧)								
	LMv(クレーン)								
	LQv(鉛直)	7.4				33.0			
	LQs(土圧)								
	LQc(クレーン)								
水平荷重時 (t, t·m, t)	sNv(鉛直)	206.3		360.9		345.2		605.5	
	sMv(〃)	18.8	12.7	30.7	20.7	64.4	62.7	105.1	102.3
	sMc(クレーン)					85.0	33.6	同左	
	sME(地震)	39.0	30.7	同左		114.1	105.9	同左	
	sQv(鉛直)	4.1		6.7		16.7		27.2	
	sQc(クレーン)					15.6		同左	
	sQE(地震)	9.2		同左		28.9		同左	
短期設計応力	TND(t)	206.3		360.9		345.2		605.5	
	TMD(t·m)	57.8	43.4	89.7	51.4	263.5	202.2	304.2	241.8
	TQD(t)	17.9		20.5		83.5		94.0	
長期	TND/bD	8.9				14.7			
	TMD/bD²	3.5				8.0			
	pt(%)	—				0.27			
短期	N/bD	5.6		9.9		8.6		15.1	
	M/bD²	5.8		7.0		15.2		17.6	
	pt(%)	0.13		0.10		0.45		0.45	
at(at min.)(cm²)		13.0	(80.0)			64.8	(115.2)		
配筋		8-D38 6-〃 24-〃				9-D38 6-〃 26-〃			
せん断補強筋の検討 短期	ψ	96.0				108.0			
	Q/fa·j(ℓ)	6.0				22.1			
	fs·b·j	85.7				125.7			
	判定	OK				OK			
柱のMy	at(cm²)								
	0.8at·ft·D								
	N/bD·Fc								
	第2項※								
	My								
	h′								
	QD								
	判定								
	帯筋(pw-0.2%)								
配筋図		24-D38				26-D38			
帯筋		4-D16 @200				4-D16 @200			



原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

原子力規制委員会
Nuclear Regulation Authority

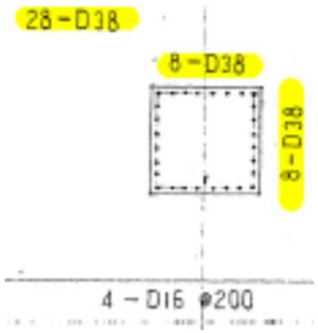
○　柱の設計



4号機原子炉建屋3階

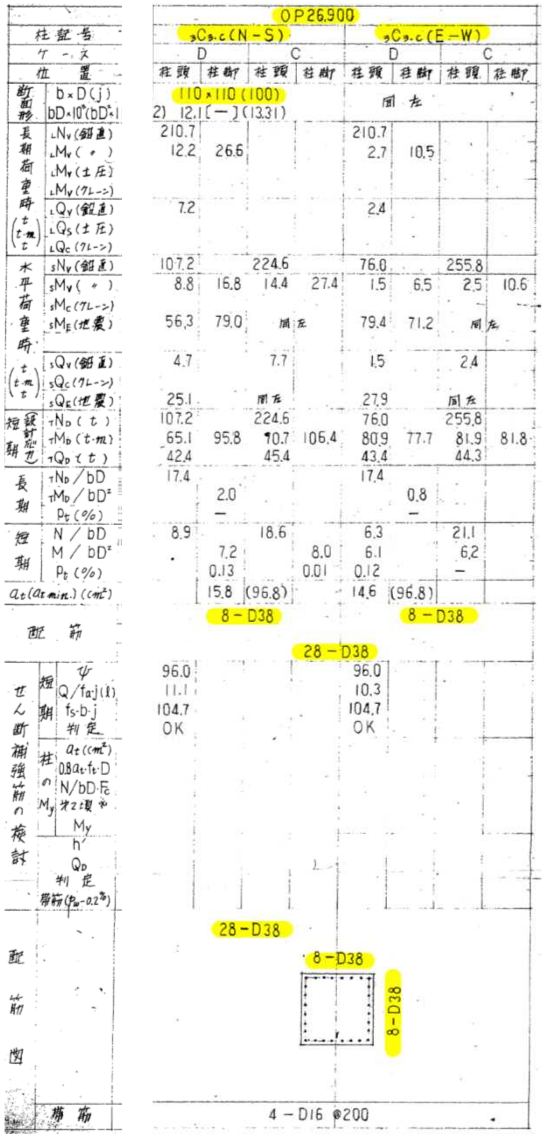
3階柱
断面形
110cm×110cm

配筋
28-D38
N-S　8-D38
E-W　8-D38

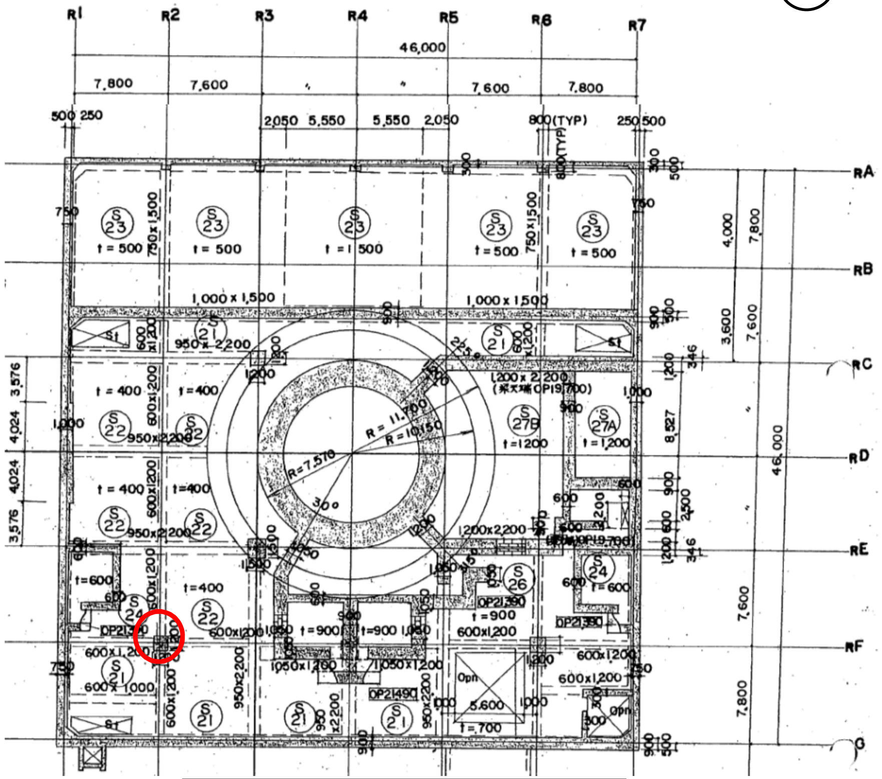


設計用応力
軸力
224.6 t (N-S)
255.8 t (E-W)

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工



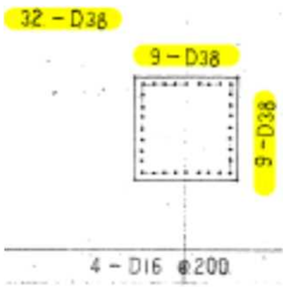
○　柱の設計



4号機原子炉建屋2階

2階柱
断面形
120cm×120cm

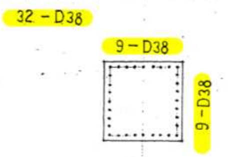
配筋
32-D38
N-S　9-D38
E-W　9-D38



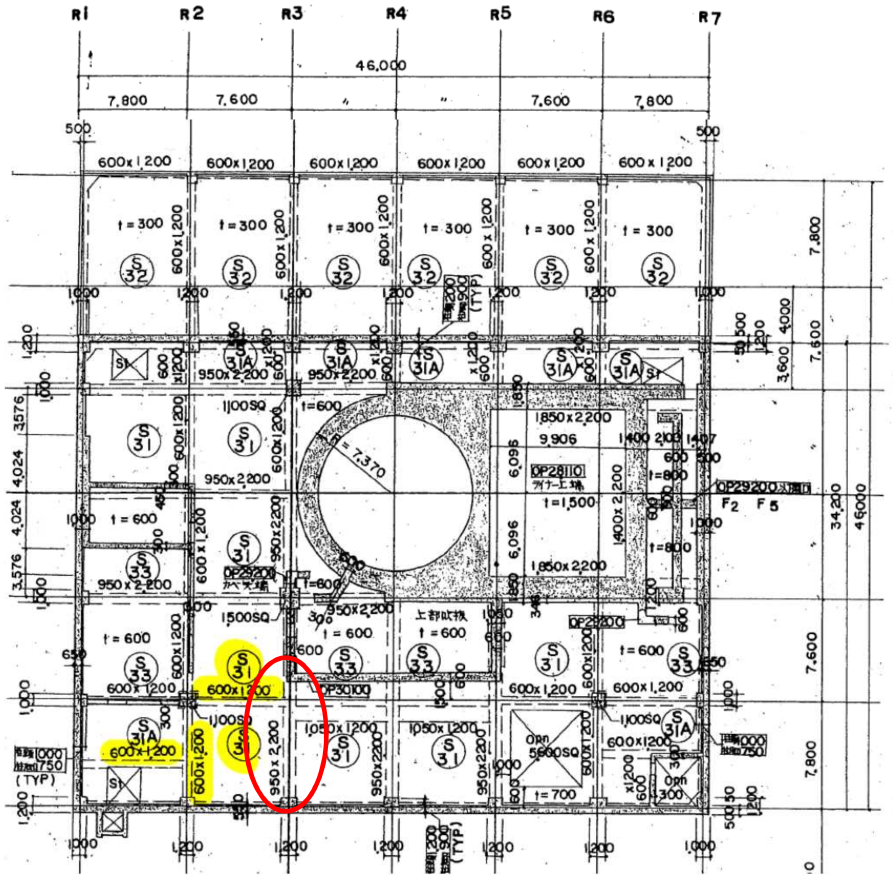
原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

設計用応力
軸力
426.3 t (N-S)
435.5 t (E-W)

	OP 18,700							
柱記号	₂C₃-c (N-S)				₂C₃-c (E-W)			
ケース	D		C		D		C	
位置	柱頭	柱脚	柱頭	柱脚	柱頭	柱脚	柱頭	柱脚
断面形 b×D(j)	120×120(110)				同左			
断面形 bD×10³(bD²×10⁵)	14.4 [−] (17.28)							
長期荷重時 LNv(鉛直)	377.1				377.1			
LMv(〃)	25.5	12.8			11.4	5.7		
LMv(土圧)								
LMv(クレーン)								
LQv(鉛直)	4.7				2.1			
LQs(土圧)								
LQc(クレーン)								
水平荷重時 sNv(鉛直)	178.3		426.3		169.1		435.5	
sMv(〃)	15.4	7.7	25.2	12.6	7.1	3.6	11.6	5.8
sMc(クレーン)								
sME(地震)	95.9	88.8	同左		53.7	63.3	同左	
sQv(鉛直)	2.8		4.6		1.3		2.1	
sQc(クレーン)								
sQE(地震)	22.5		同左		14.3		同左	
短期設計応力 TND(t)	178.3		426.3		169.1		435.5	
TMD(t·m)	111.3	96.5	121.1	101.4	60.8	66.9	65.3	69.1
TQD(t)	36.6		38.4		22.8		23.6	
長期 TND/bD	26.2				26.2			
長期 TMD/bD²	1.5				0.7			
長期 Pt(%)	−				−			
短期 N/bD	12.4		29.6		11.7		30.2	
短期 M/bD²	6.4		7.0			3.9		4.0
短期 Pt(%)	0.04		−			−		−
at(at min.)(cm²)	5.8	(115.2)			(115.2)			
配筋		9－D38	32－D38			9－D38		
せん断補強筋の検討 短期 ψ	108.0				108.0			
Q/fs·j(ℓ)	8.3				5.0			
fs·b·j	125.7				125.7			
判定	OK				OK			
柱の My at(cm²)								
0.8at·ft·D								
N/bD·Fc								
My 第2項								
My								
h′								
QD								
判定								
帯筋(Pw-0.2%)								
配筋図								
帯筋	4－D16 @200							



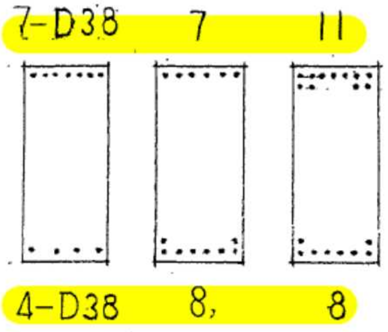
○ 大はりの設計



4号機原子炉建屋3階

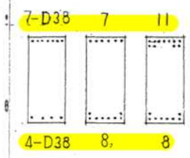
3階大はり
断面形
95cm×220cm

配筋
上端筋　7-D38 (G端)
　　　　7-D38 (中央)
　　　　11-D38 (E端)
下端筋　4-D38 (G端)
　　　　8-D38 (中央)
　　　　8-D38 (E端)



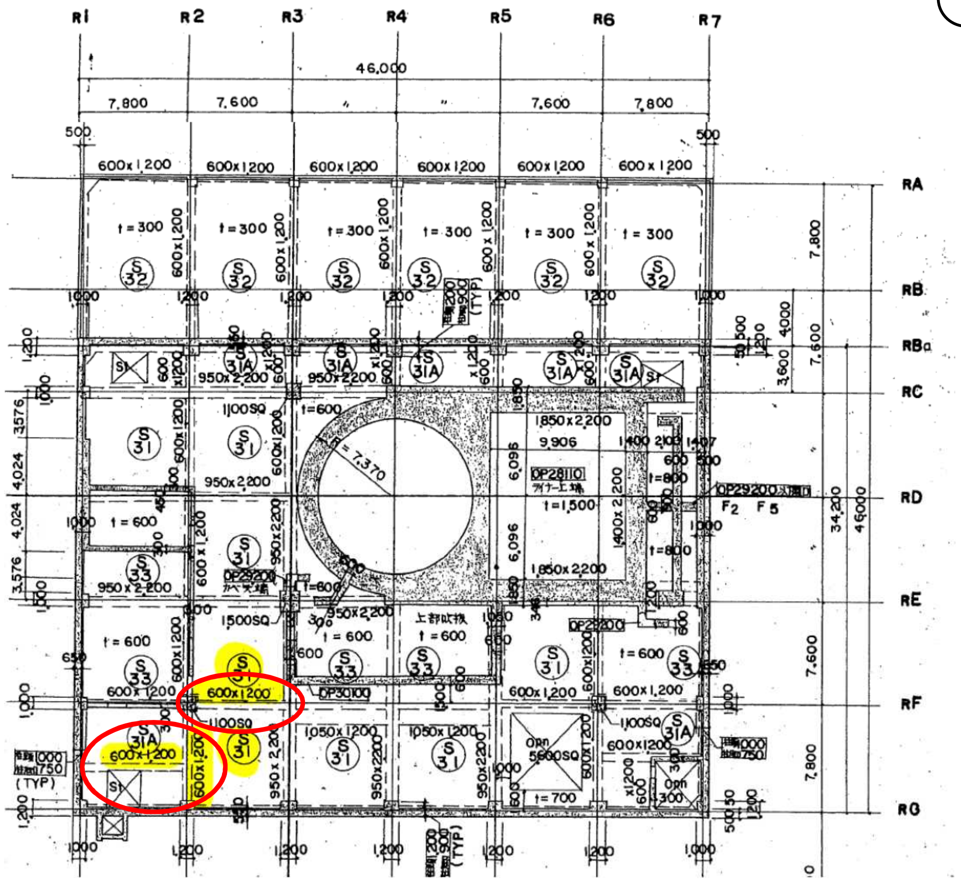
設計用応力
剪断力
137.7 t (G端)
190.4 t (E端)

標高				
はり記号		$_3G_{G\sim E}$		
位置		G端	中央	E端
断面形	b×D	95×220		
	d (j)	203 (177.6)		
	$bD^2 \times 10^5$	39.1		
長期荷重時 (t·m, t)	$_LM_V$ (鉛直)	195.1	304.4	410.7
	$_LM_S$ (土圧)			
	$_LM_C$ (クレーン)			
	計 (設計用)	195.1	304.4	410.7
	$_LQ_V$ (鉛直)	107.0	26.9	154.8
	$_LQ_S$ (土圧)			
	$_LQ_C$ (クレーン)			
	計 (設計用)	107.0	26.9	154.8
水平荷重時 (t·m, t)	$_SM_V$ (鉛直)	196.5	297.8	411.2
	$_SM_C$ (クレーン)			
	$_SM_E$ (地震)	163.4	-	164.0
	計 (設計用)	359.9	297.8	575.2
	$_SQ_V$ (鉛直)	105.7		158.4
	$_SQ_C$ (クレーン)			
	$_SQ_E$ (地震)	21.3		21.3
	計 (設計用)	127.0	42.7	179.7
短期設計用	$_TM_D$ 上(下)	359.9	304.4	575.2
	$_TQ_D$ (1.5Q)	137.7		190.4
M/bd^2	長期	5.0	7.8	10.5
	短期	9.2	7.6	14.7
p_t (%)	長期	0.28	0.44	0.60
	短期	0.32	0.25	0.51
a_t ($a_{t\,min}$) (cm²)		61.3	85.7	115.6
配筋	上端筋	7-D38	7	11
	下端筋	4-D38	8	8
せん断補強筋の検討	ψ	84.0		132.0
	$Q/f_a \cdot j$ (cm)	40.2 (34.5)		58.1 (47.6)
	判定	OK		OK
	$f_s \cdot b \cdot j$ 長(短)	122.5 (183.8)		
	判定	OK		OUT
	M/Qd		1.31 (1.58)	
	α		1.73 (1.55)	
	$\alpha f_s \cdot b \cdot j$		211.9 (284.9)	OK
	a_t (cm²) 上(下)			
	M_y (t·m) 上(下)			
	ΣM_y 上(下)			
	l'			
	$\Sigma M_y / l'$			
	Q			
	ΔQ ($\Delta Q/bj$)			
	p_w (%)		0.2	
	あばら筋	2-D16 @200		
配筋図				



原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料 (原子炉建家の強度計算書) を一部加工

○ 小はりの設計



4号機原子炉建屋3階

3階小はり
断面形
60cm×120cm

配筋
端　部　5-D29
中央部　7-D29

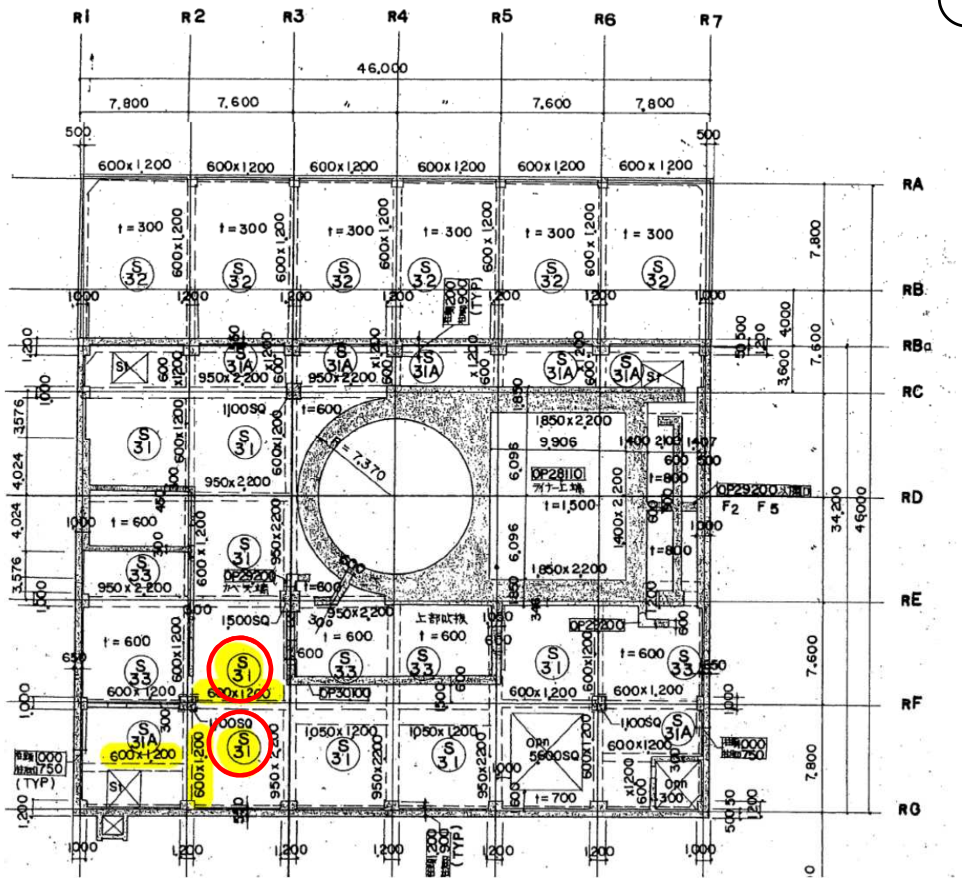
設計用応力
剪断力
34.8ｔ

表 6.2　小梁の応力算定と断面算定表

標高	符号	b (cm)	D (cm) d (cm)	荷重状態 (t, t/m, t/m²)	スパン (m)	C (t·m)	M (t·m)	Q (t) ψ (cm)	M(端) (t·m) at (cm²)	M(中) (t·m) at (cm²)	設計用配筋 端部 中央部
OP26,900	3b1	60	120 110	1.37, 3.5, 3.51, 3.2, 3.7	7.8	48.48 51.36	81.63	34.8 24.2	41.3 26.4	81.7 42.3	5-D29 7-D29
	3b2	60	120 110	1.37, 4.14, 2.88	7.8	38.33	58.92	25.7 17.9	30.6 26.4	59.0 30.4	5-D29 5-D29

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

○ 床の設計



4号機原子炉建屋3階

3階床
厚さ(t) 25cm
短辺 683cm
長辺 700cm

配筋
短辺方向 D19@150
長辺方向 D19@150

設計用応力
剪断力
5.48 t/m (25cm厚)

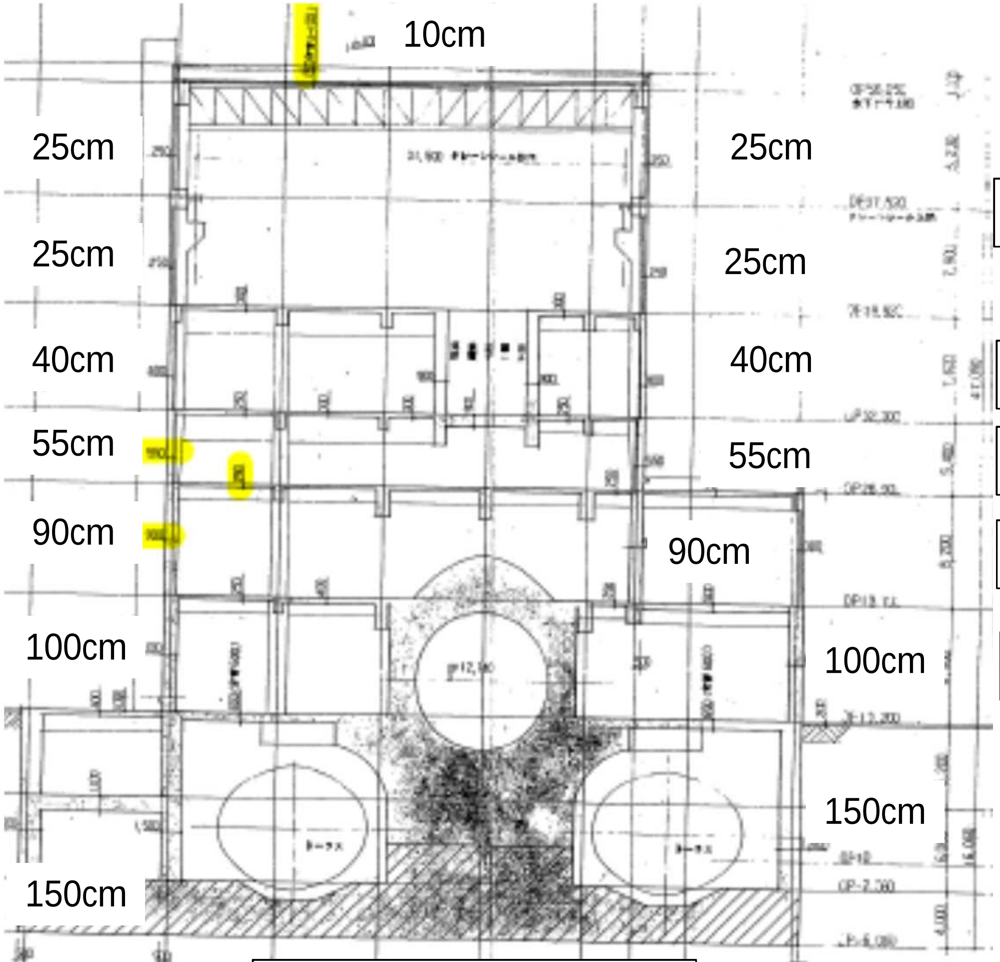
表 6.1 床版断面算定表

標高	符号	t (cm) / d (cm)	W (t/m²)	辺長 (m) 短辺	辺長 (m) 長辺	辺長比	短辺方向 Mx1 (t·m/m) / a_{tx1} (cm²/m)	短辺方向 Qx (t/m) / ψy (cm/m)	短辺方向 Mx2 (t·m/m) / a_{tx2} (cm²/m)	短辺方向 設計用配筋	τx (kg/cm²)	長辺方向 My1 (t·m/m) / a_{ty1} (cm²/m)	長辺方向 Qy (t/m) / ψy (cm/m)	長辺方向 My2 (t·m/m) / a_{ty2} (cm²/m)	長辺方向 設計用配筋	τy (kg/cm²)
OP 26 900	1S2	30 / 25	LL 0.18 SL+M 0.26 DL 0.845 計 1.285	7.25	11.20	1.55	4.80 / 9.97	4.80 / 14.60	3.20 / 6.64	D19@150	2.19	2.84 / 6.43	4.34 / 14.40	1.89 / 4.28	D19@200	2.16
	2S1	25 / 20	LL 1.00 ML 0.20 DL 0.60 計 1.80	6.83	7.00	1.03	3.78 / 9.80	5.48 / 14.00	2.5[illegible] / 6.60	D19@150	3.13	3.53 / 10.20	5.48 / 15.50	2.36 / 6.80	D19@150	3.47

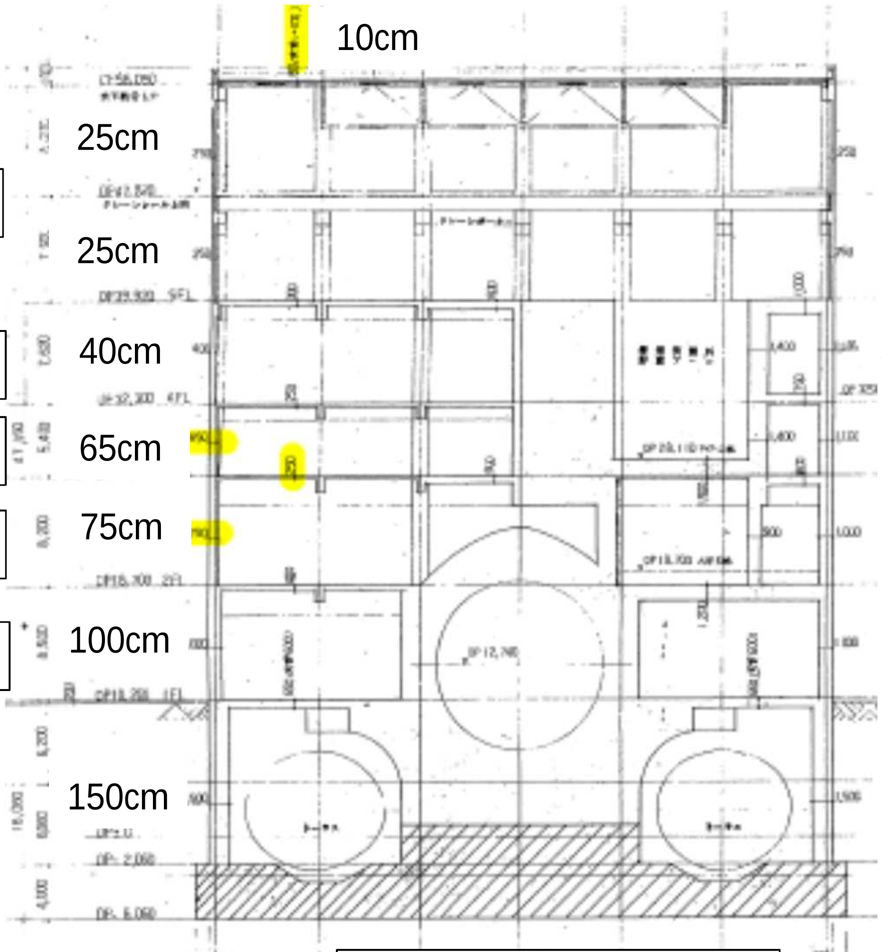
※3階床損傷が確認されている床の設計(厚さ、形状)に近い2S1の設計を記載している。

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料(原子炉建家の強度計算書)を一部加工

○ 外壁の設計



5階
4階
3階
2階
1階



4号機原子炉建屋
東西方向（R2断面）

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

4号機原子炉建屋
南北方向（RC断面）

○ 外壁の設計

表8.3.5 外壁の断面計算表(1)

標高	壁位置	せん断応力度 kg/cm²	(1) せん断補強筋 $A_s=\frac{1}{2}\frac{\tau}{f_t}b$ cm²/m	(1) せん断補強筋 配筋 両面縦横共 cm²/m	(2) 転倒モーメントに対する検討 転倒モーメント M t-m	鉛直震度(0.24)の向き	軸力 N t	偏心距離 e m	コンクリート最大圧縮応力度 kg/cm² *1	鉄筋の最大引張応力度 kg/cm² *2
39.920 5階	東	27.9	11.6	D19 @200 (as=14.35)	62065 / 上向き 62998	上向き	3103	20.3	16.8	113.9
	西	27.9			下向き 63584	下向き	5063	12.6	20.9	—
	北	22.5	9.4	D19 @200 (at=14.35)	66986 / 上向き 86555	上向き	3103	27.9	5.9	94.2
	南	22.5			下向き 98883	下向き	5063	19.5	22.6	39.4
32.300 4階	東	23.4	16.1	D22 @200 (at=19.35)	* 129548 / 上向き 130709	上向き	5803	22.5	21.5	202.1
	西	24.1			下向き 131441	下向き	9467	13.9	24.8	—
	北	30.8	20.5	D25 @200 (at=25.35)	* 131773 / 上向き 171239	上向き	5803	29.5	6.3	122.8
	南	30.3			下向き 195155	下向き	9467	20.7	28.8	120.9
26.900 3階	東	25.2	23.1	D29 @200 (at=32.10)	198328 / 上向き 205535	上向き	9006	22.8	22.1	205.5
	西	24.8			下向き 210083	下向き	14694	14.3	25.8	—
	北	29.0	31.4	D32 @200 (at=39.70)	202281 / 上向き 256317	上向き	9006	28.5	26.7	456.8
	南	29.0			下向き 290445	下向き	14694	19.8	29.5	96.7
18.200 2階	東	12.3	6.2	D19 @200 (at=14.35)	316744 / 上向き 340509	上向き	13203	25.8	23.0	349.0
	中央壁	8.4	33.5	D32 @200 (at=39.70)						
	西	22.3			下向き 355518	下向き	21541	16.6	25.6	65.3
	北	29.3	37.8	D32 @200 (at=39.70)	342362 / 上向き 405135	上向き	13203	30.7	6.6	160.6
	南	30.2			下向き 445759	下向き	21541	20.7	42.7	630.8

説明

せん断応力度(計算例)

東西 $\tau=\frac{Q}{A}=\frac{4879\times10^3}{1.748\times10^4}=27.9$ kg/cm²

南北 $\tau=\frac{Q}{A}=\frac{5258\times10^3}{23.38\times10^4}=22.5$ kg/cm²

Q:5階以上のせん断力

A: 〃 の断面

内圧による曲げモーメント(0.18 t/m²)

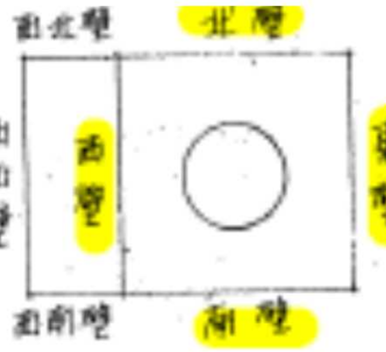
$M=wl^2/10=0.45$ t.m/m $A_s=9.93$ cm²/m

鉄筋の応力度

$f_s=\frac{0.45}{9.93\times12.2}=371<3,300$ kg/cm²

よって内圧による応力に対して安全である。

*偏心によるモーメント(上.下方向)



原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料(原子炉建家の強度計算書)を一部加工

- １，３，４号機原子炉建屋外壁の壁厚等

○ 原子炉建屋　外壁の壁厚等（鉄筋コンクリート）　[cm]

		1号機	3号機	4号機
屋根		コンクリートスラブ 要確認	コンクリートスラブ 10cm	コンクリートスラブ 10cm
5階	E-W	鋼板※1	30cm	25cm
	N-S	鋼板※1	40cm	25cm
4階	E-W	40/50cm	50cm	40cm
	N-S	50/90cm	50/100cm	40/100cm
3階	E-W	70/80cm	90cm	55cm
	N-S	90/110cm	110cm	65/100cm
2階	E-W	80/90cm	100cm	90cm
	N-S	110cm	110cm	75/100cm
1階	E-W	120cm	150cm	100cm
	N-S	120cm	130cm	100cm

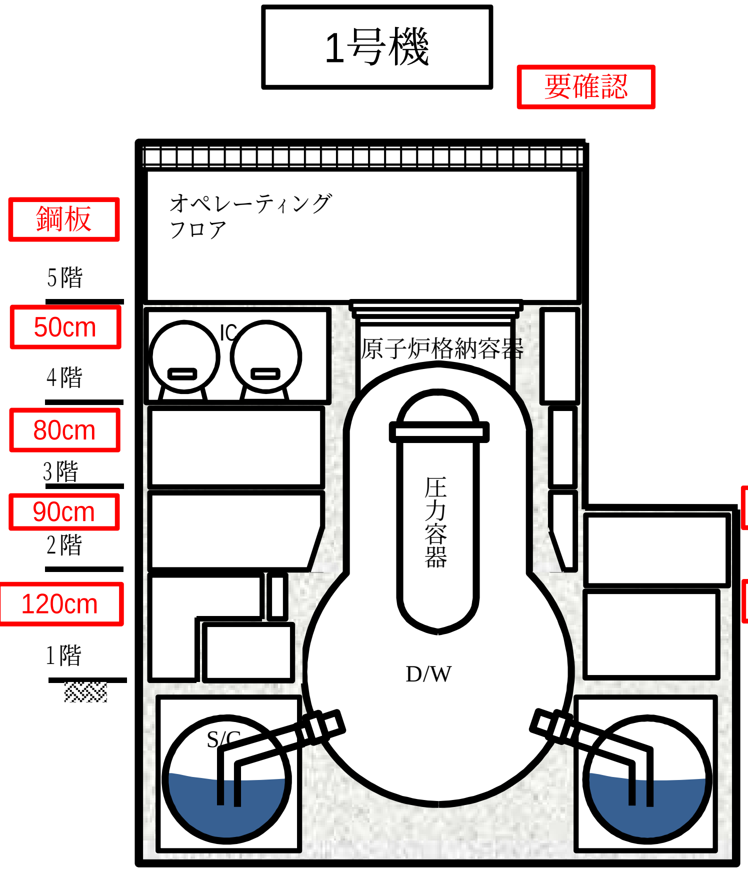
※1　鋼板は、M-16のボルト2本でブラケット部材を介して鉄骨架構に固定。

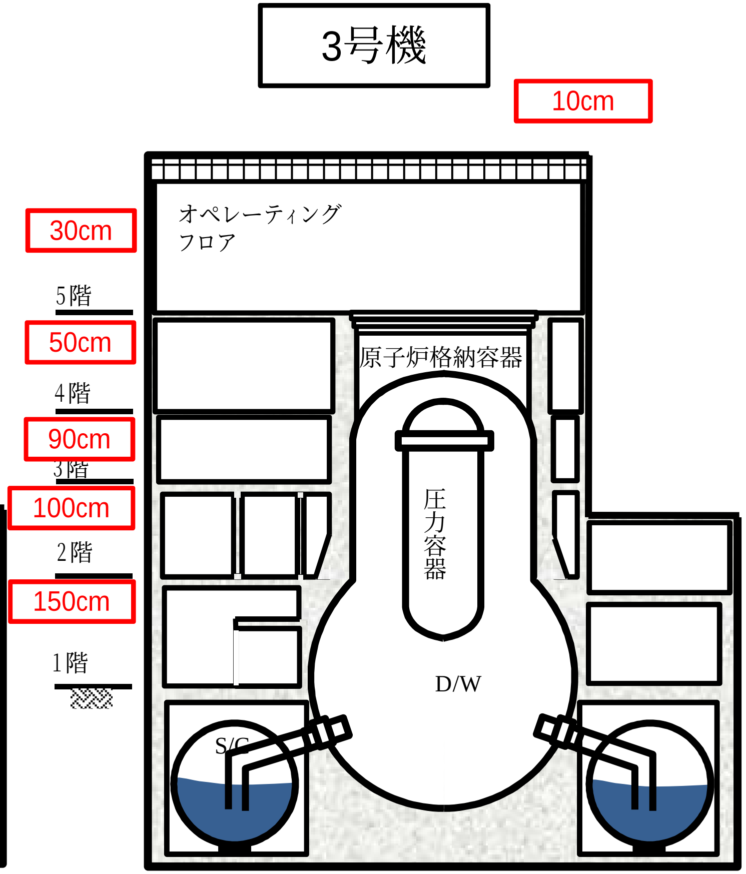
○ 原子炉建屋5階　ブローアウトパネルの設計

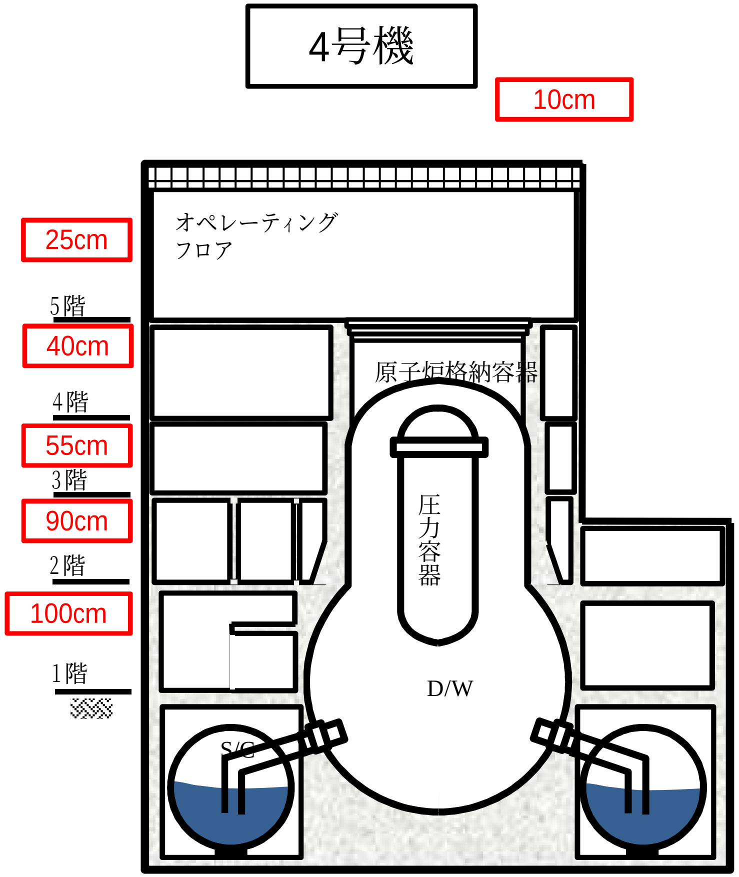
	1号機	3号機	4号機
設置枚数	1枚	1枚	1枚
1枚あたりのパネルの大きさ	約4.1 m×6.3 m	約6.3 m×5.9 m	約6.3 m×5.9 m
作動圧力	352 kg/m^2 (3.45 kPa)	342 kg/m^2 (3.35 kPa)	342 kg/m^2 (3.35 kPa)
作動方法	所定の圧力が作用するとパネルを固定している金物が塑性変形を起こし動作する。		
固定具の仕様	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼
パネルの設置箇所数	1箇所に設置	1箇所に設置	1箇所に設置

○ 原子炉建屋　外壁の壁厚等（鉄筋コンクリート） [cm]

原子炉建屋（東西断面）







○ 原子炉建屋（屋根部）

1号機

(2) 固定荷重

屋根面	押へコンクリートブロック	100kg/m²
	アスファルト防水層	15 〃
	ならしモルタル	40 〃
	コンクリートスラブ	240 〃
	母屋鉄骨トラス	50 〃
	計	445kg/m²

屋根

3号機

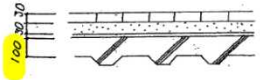
屋根 O.P. 56.0

(t＝30)	Kg/m²	
コンクリートブロック	60	母屋設計用 420 Kg/m²
アスファルト防水	15	
(t＝120)		
コンクリートスラブ	290	
デッキプレート	15	
母屋	40	
鉄骨トラス	110	
	530Kg/m²	

屋根

4号機

OP 56,050

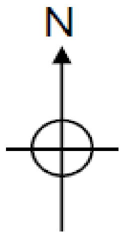


コンクリートブロック（3.0×20）	60
均し砂敷 （3.0×16）	48
アスファルト防水	15
コンクリートスラブ（12.0×24）	288
デッキプレート	15／430（床版設計用）
母屋	45／480（母屋設計用）
鉄骨トラス	120
	595 → 600 kg/m²

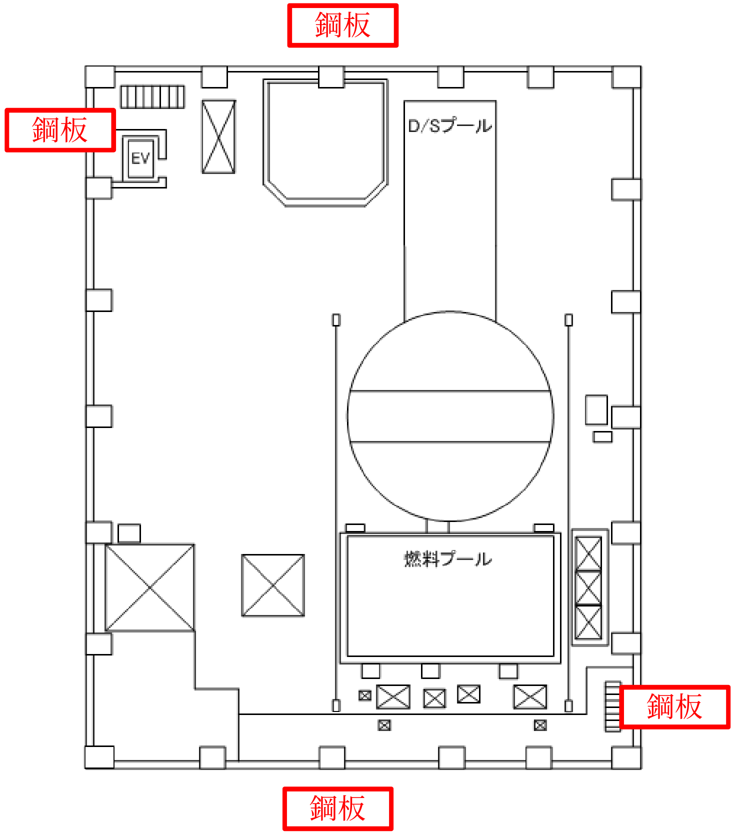
屋根

原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の工事計画認可申請書添付資料（原子炉建家の強度計算書）を一部加工

○ 原子炉建屋(平面図)

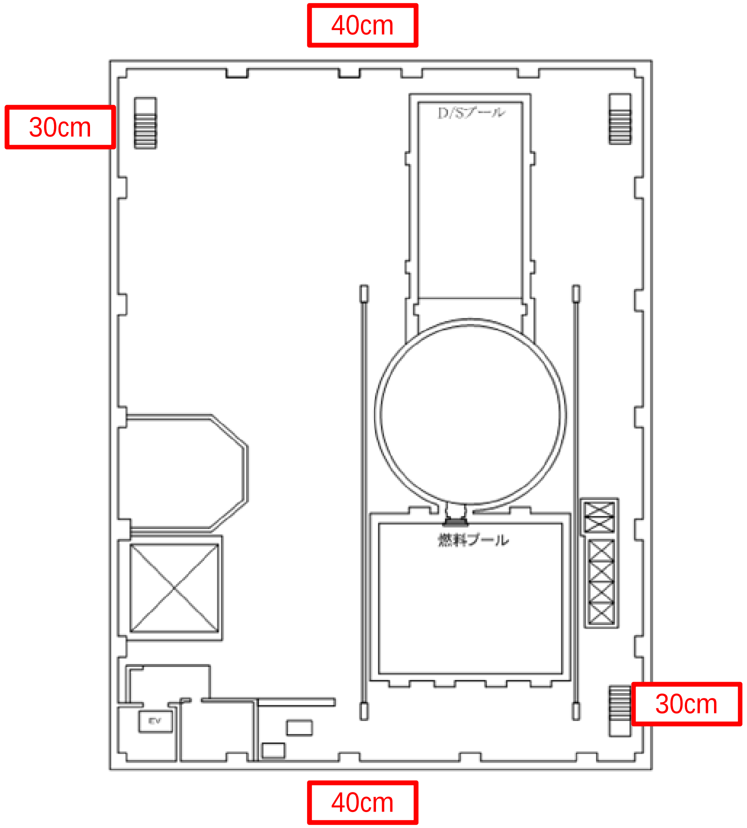


1号機



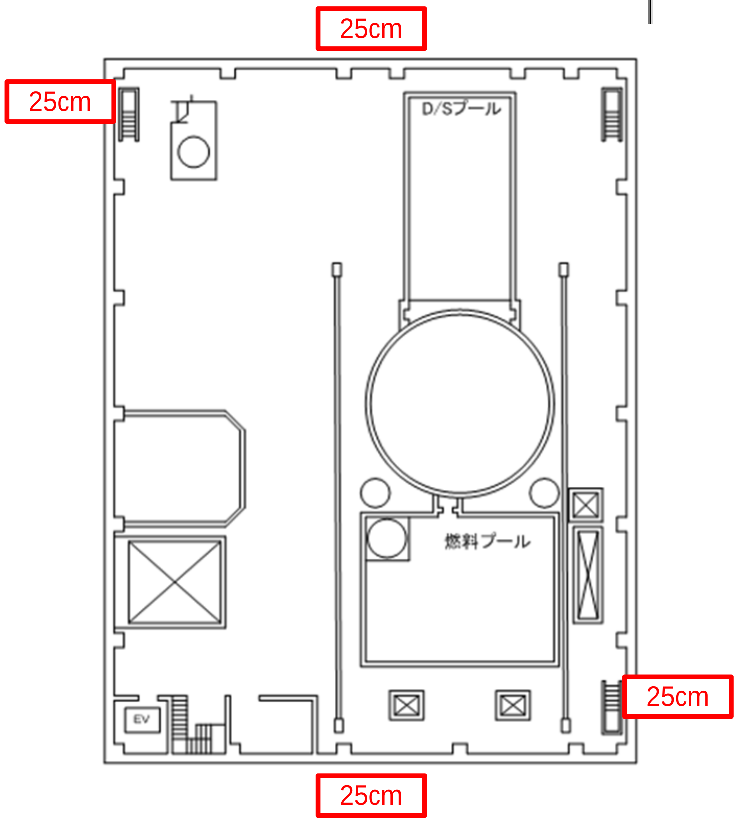
5階

3号機



5階

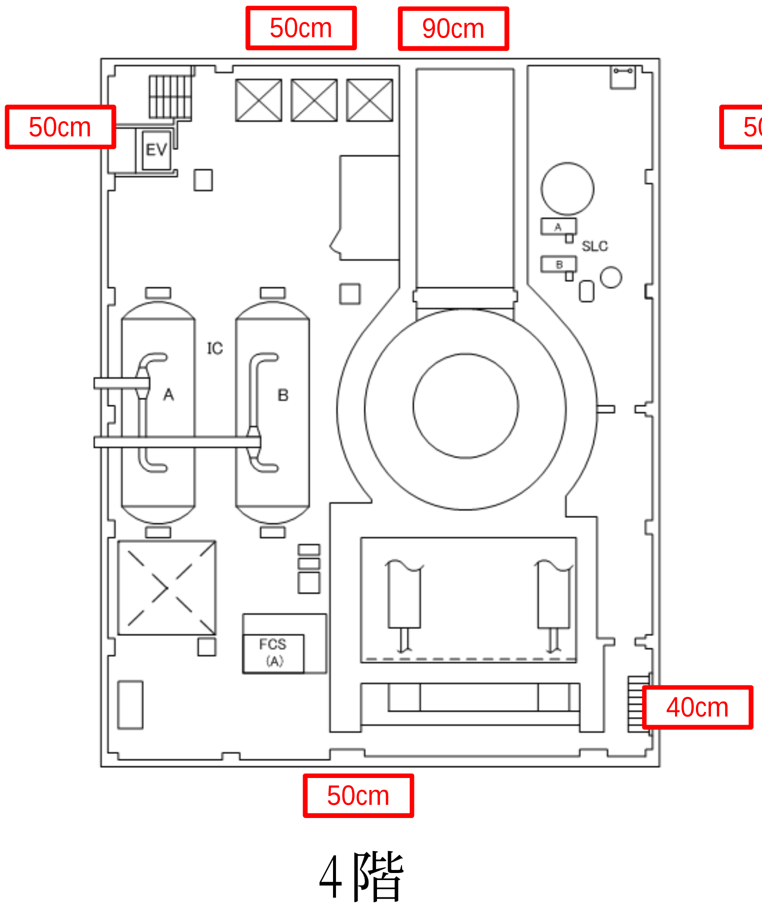
4号機

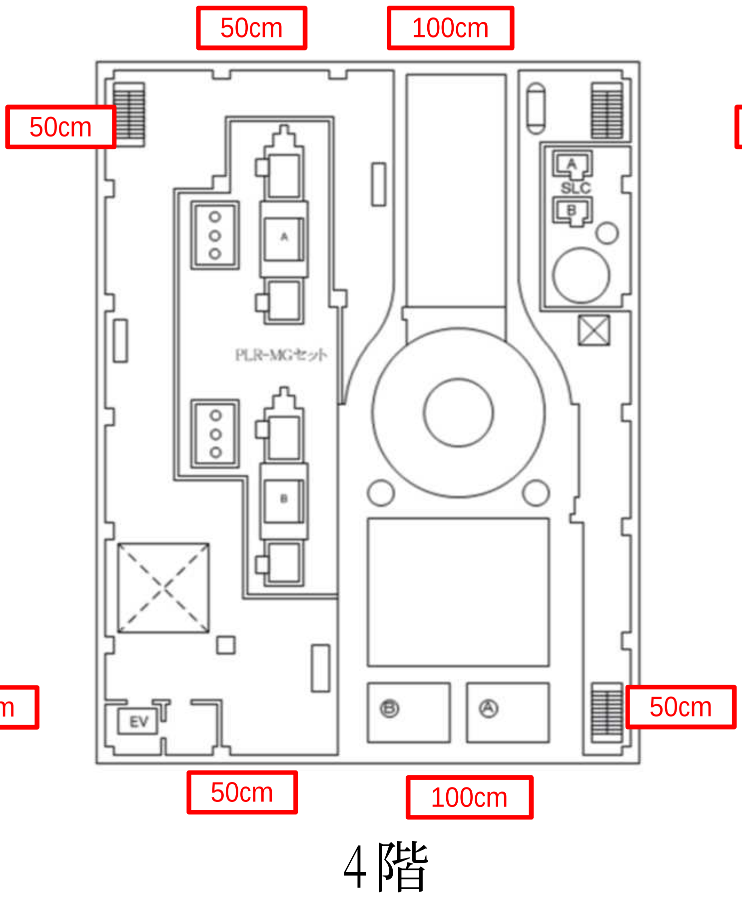


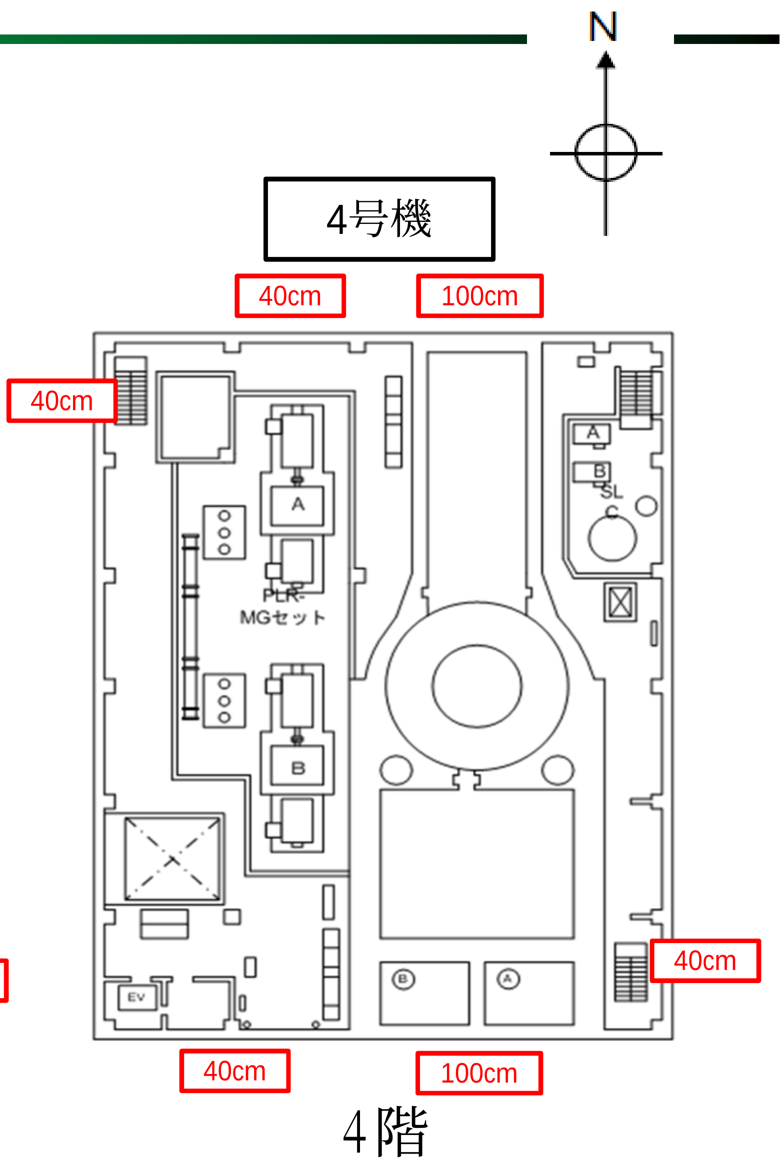
5階

東京電力ホールディングス株式会社資料より抜粋一部加工

○ 原子炉建屋（平面図）





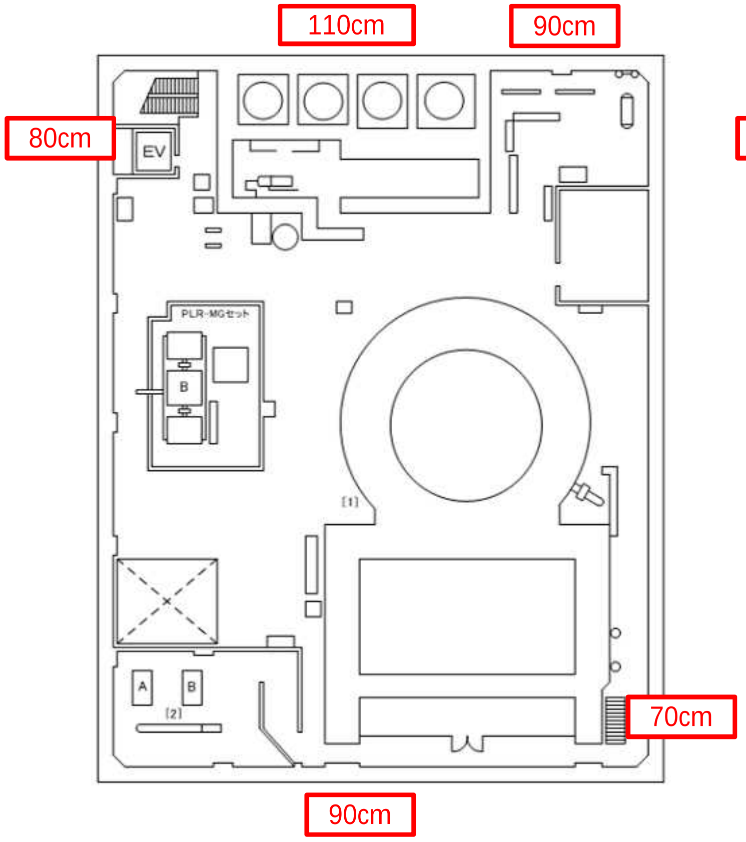


東京電力ホールディングス株式会社資料より抜粋一部加工

○ 原子炉建屋（平面図）

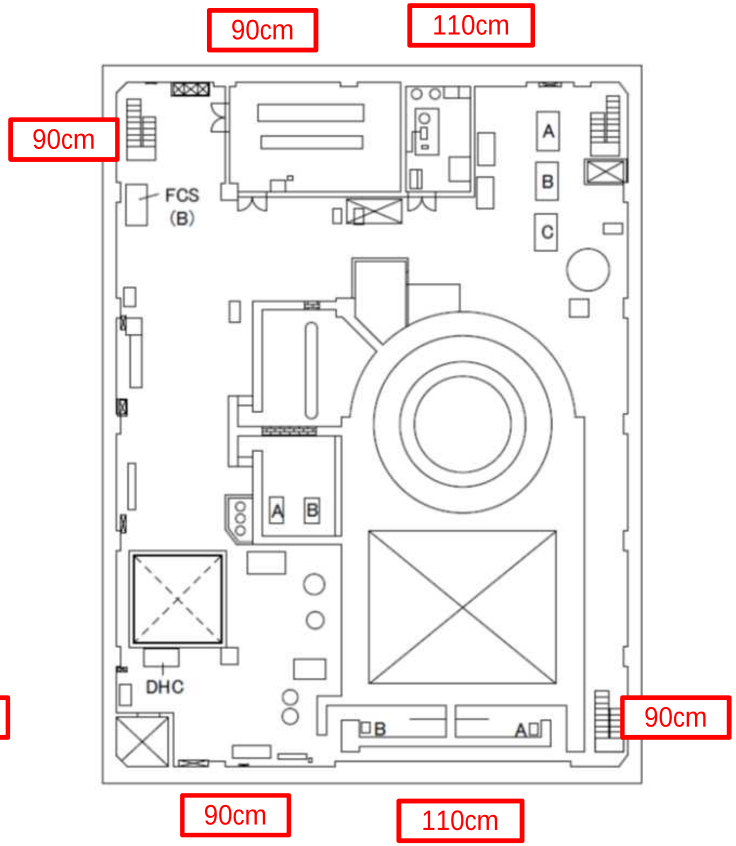
N

1号機



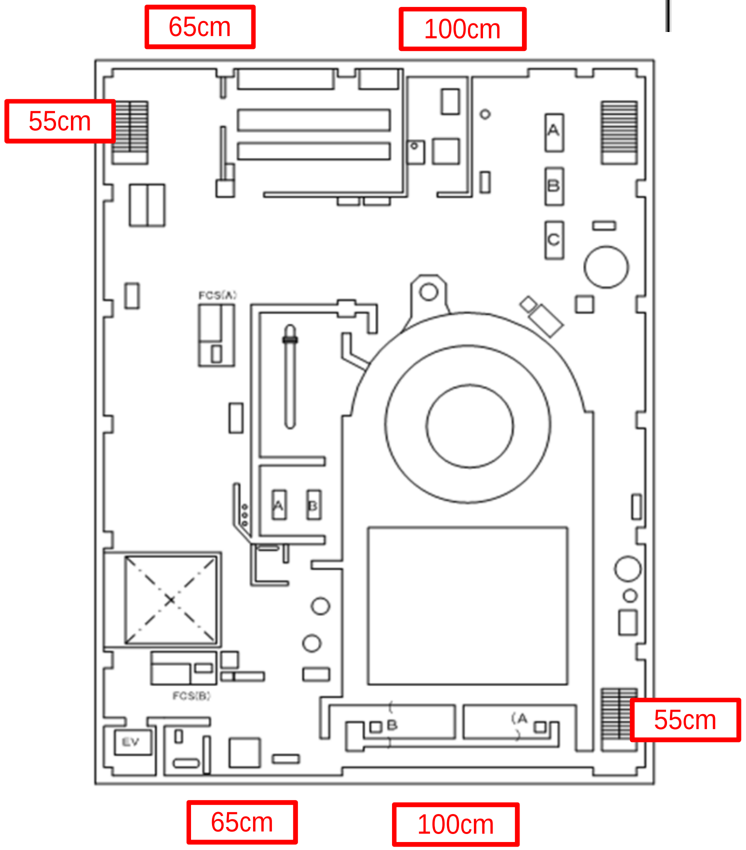
3階

3号機



3階

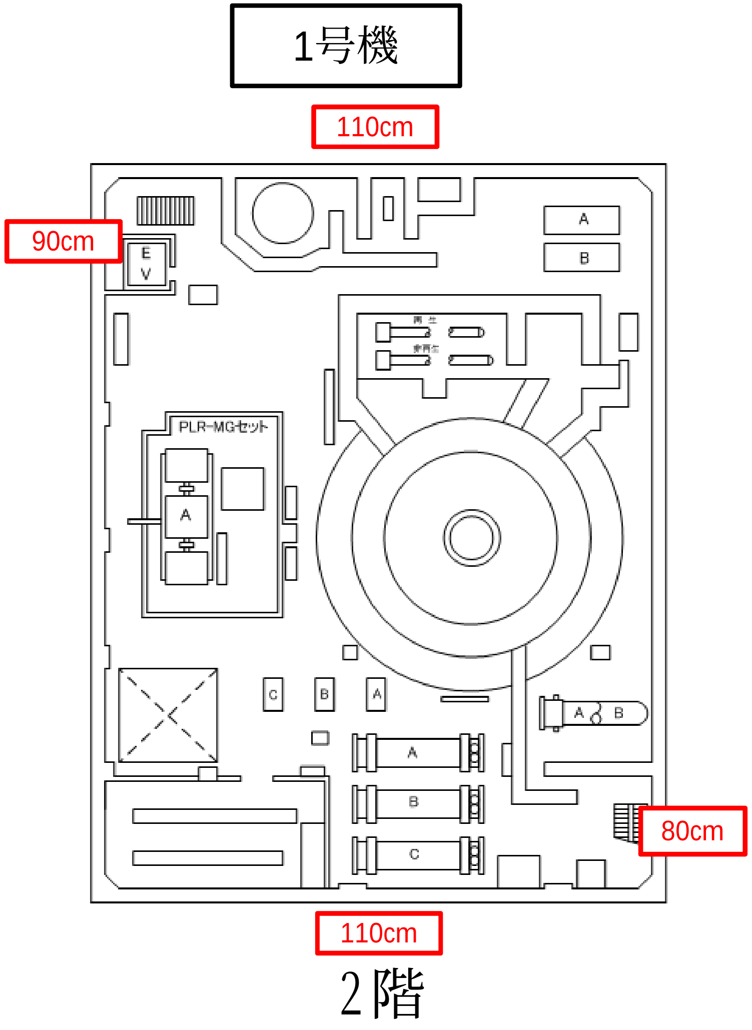
4号機

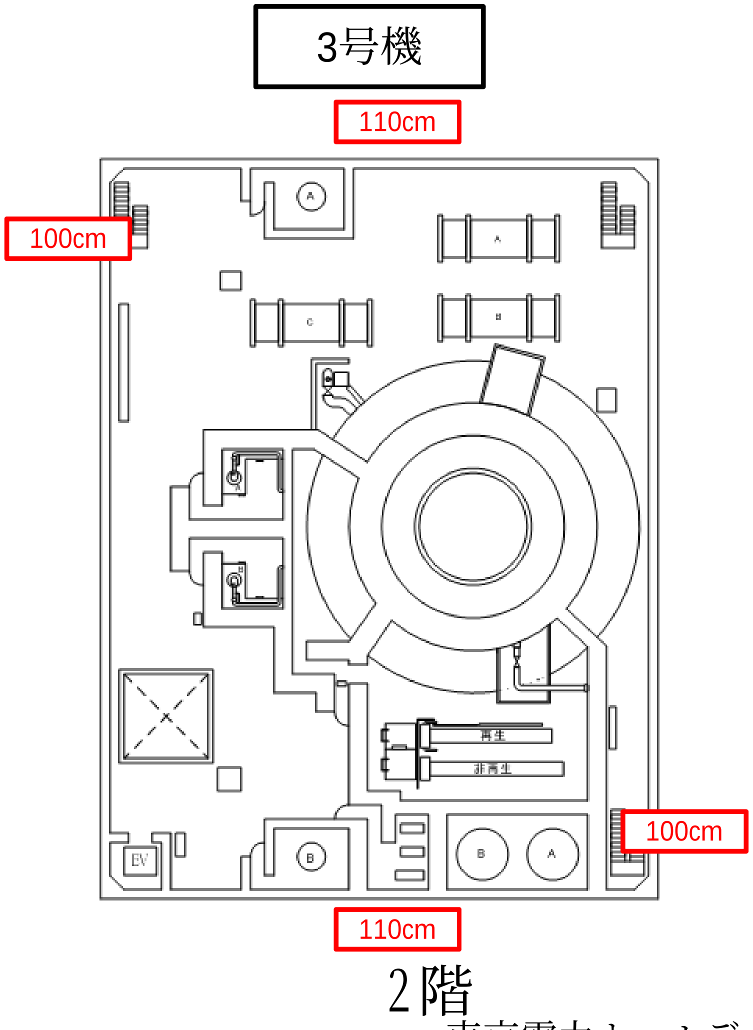


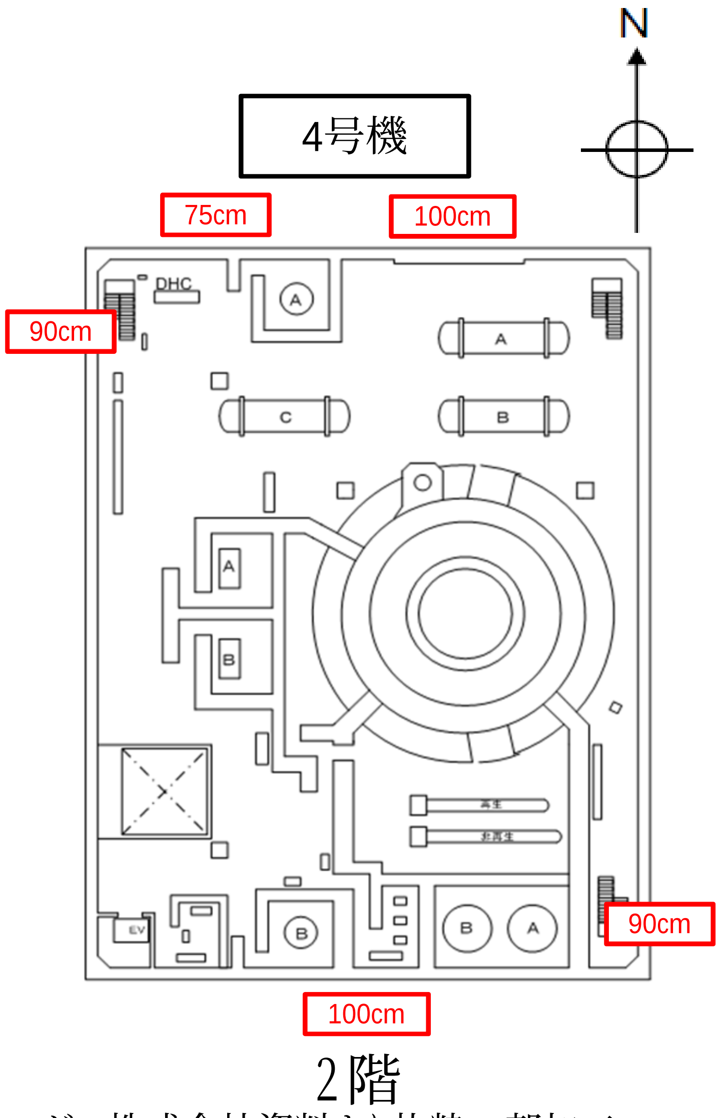
3階

東京電力ホールディングス株式会社資料より抜粋一部加工

○ 原子炉建屋（平面図）

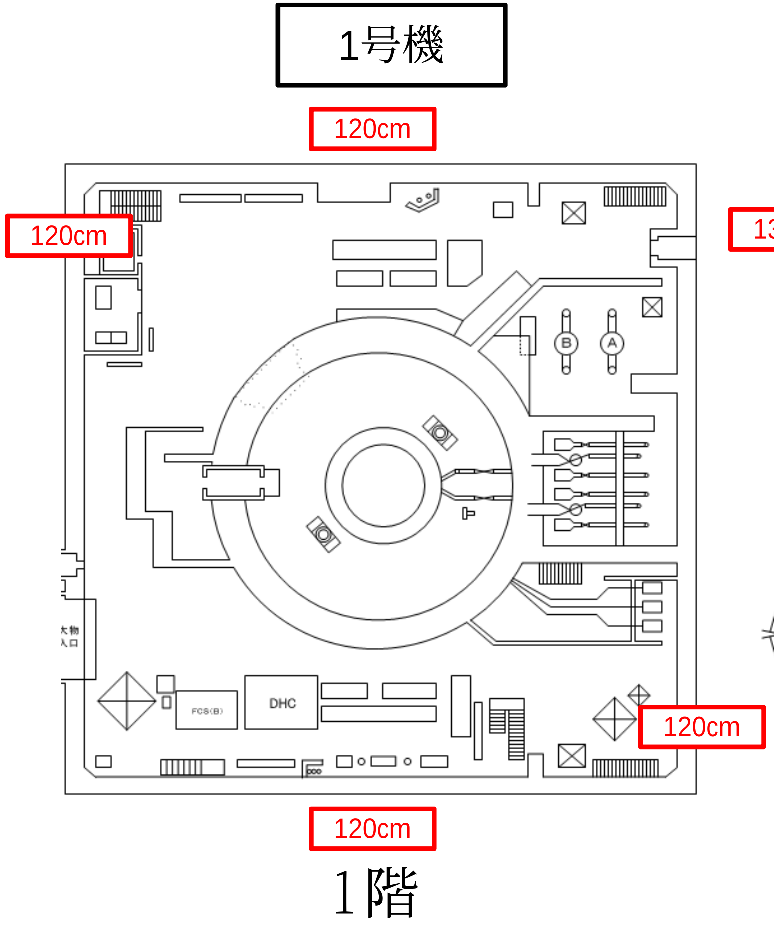


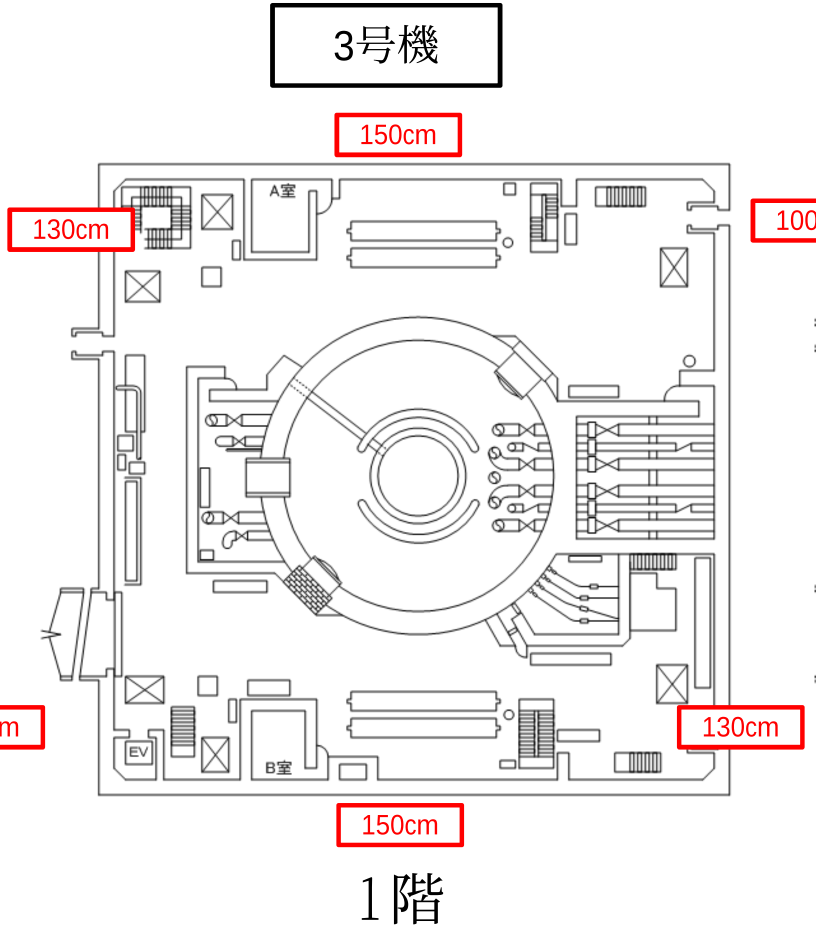


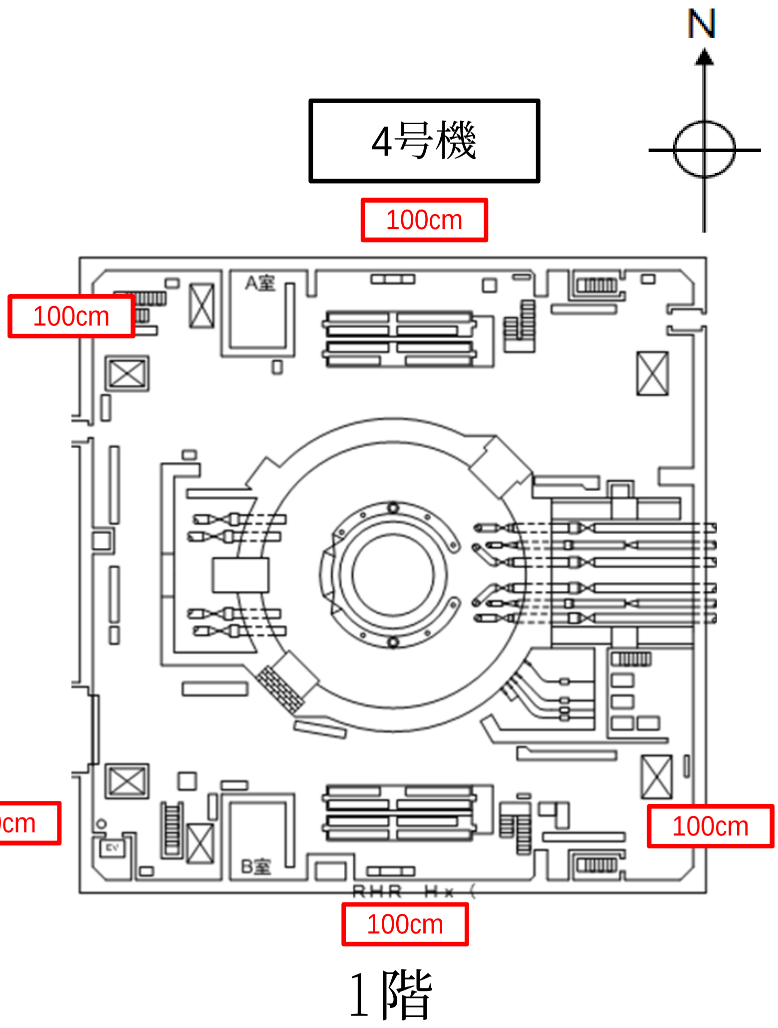


東京電力ホールディングス株式会社資料より抜粋一部加工

○ 原子炉建屋（平面図）







東京電力ホールディングス株式会社資料より抜粋一部加工

東京電力福島第一原子力発電所における
事故の分析に係る検討会　第１３回会合
資料５

これまでの事故分析検討会における論点の整理

1～3号機シールドプラグの汚染状況

1～3号機オペレーティングフロアの線源調査

- 大気中に出た放射性物質が15PBqで済んだのは、シールドプラグで70PBq（2号機）、30PBq（3号機）が捕獲されたからか。
- 1号機のシールドプラグの下が0．1PBqであったことは、放出はされたがシールドプラグに捕獲されなかったからか。落下している屋根の下にあるのか、もともと出なかったのか。
- シールドプラグの垂直面の隙間、外周部の汚染の寄与を考慮するべき。
- 2号機と3号機の場合は、水蒸気で運ばれて凝縮してシールドプラグに付着したのに対し、1号機の場合は、そのような現象があまり顕著ではなかったことも考えられる。

核分裂生成物のトータルの発生量

- シールドプラグの汚染が全体の何割なのかが重要である。シールドプラグの1面、2面、3面だけではなく、ウェルも汚染していると考えられるため、合わせて推計することが必要である。
- 格納容器のトップヘッドのところからの放射性物質の抜けやすさがどう違っていたのか。
- 注水及び水蒸気による駆動説について、モデル化と輸送計算を行う価値がある。

3号機原子炉格納容器内の圧力挙動

主蒸気逃がし安全弁、自動減圧系の作動

- 複数の逃がし安全弁が同時に動作していた可能性について、アキュムレータの窒素が大分減少してしまったのは、開信号がきていても全開にできなくなってしまって、中間開のような状態だったからか。
- HPCIが停止した後のSR弁の動作は、逃がし弁として機能しているのか、安全弁として機能しているのか。窒素の供給は回復したのか。

耐圧強化ベントにおける有効なベント回数

- ADS（自動減圧系）の開によって減圧された後の弁の開状態が維持されて、圧力容器の減圧状態が維持されたのか。
- 格納容器圧力について、PCVのベント成功回数は2回でよいか、3回目以降のベントは失敗したかどうか。

耐圧強化ベントの設計･設定値

- ベントが成功する直前に、ADSの起動によってPCVの圧力が一気にラプチャーディスクの設定圧を超えたことによって、ベントが成功したと見られているが、意図的なベントの開始を制御できていたか。
- 逃がし弁の噴き出し圧7．4以上、閉止圧7．1のいずれにも達していないのに圧力が振動しているメカニズムは何か。
- ベントの弁の開度は15%で一定のため、減圧速度が変わることは考えがたい。

凡例	
（青）	現地調査等により確認･検討された事項
（黄）	解析等により検討した事項
（緑）	主な論点

第12回検討会
（R2.6.25）

1，２号機及び3，４号機ベント配管の汚染に関する解析

１号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の推移

- 真空破壊弁でのバイパスによるD/W気相部からW/W気相部への直接放出の可能性
- 微少なバイパス部におけるエアロゾルの捕集の効果
- 環境への放出量と真空破壊弁バイパス時の沈着量の関係
- 真空破壊弁バイパス時のD/WとW/Wの圧力差
- １F2、２F1での真空破壊弁の作動状況との比較
- 格納容器圧力の推移におけるヘッドフランジ部からの漏えいモデル

⇒ 検討会（第１１回以降）

３号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の推移

- ３号機のベントは1回目（3/13 9:20）と2回目（ 3/13 12:30）のみ成功と仮定
- 炉心損傷開始時間とHPCIによる炉心への注水量の関係
- S/Cスプレイ流量と格納容器圧力（D/W及びW/W）またはS/C水位の推移との関係
- HPCI注水量と原子炉圧力または原子炉水位の推移との関係
- 格納容器圧力及び原子炉圧力の推移における非凝縮性ガスによる加圧
- 炉心損傷開始時間、発生水素量、ベント時の炉心損傷割合

⇒ 検討会（第１１回以降）

ベントによる主要なFP移行経路の比較

- １号機はFPが燃料デブリからD/Wへ直接放出された後、ベントを実施
- １号機のベントはD/Wに存在するFP量が極めて多い
- ３号機は1回目ベントまでの炉心損傷の度合いが低いが、2回目ベントまでに炉心損傷が進展
- ３号機のベントは一度スクラビングされるため存在するFP量は少ない
- ベント時のスクラビング効果は原子炉容器下部ヘッド破損前の場合、破損後よりも除染効果が高い

⇒ 検討会（第１１回以降）

（凡例）黄：解析等により検討した事項／淡緑：主な論点

第１０回検討会
（R2.2.4）

２号機原子炉建屋オペフロの汚染状況

汚染密度の分布

- 北側壁及び東側壁の汚染が高く、天井部の汚染は低い。
- 壁部分の汚染は比較的残っているが、床部分は除染の結果、汚染は比較的低い
- 南側壁（燃料取扱い室上部）、北側壁（ダクト部）に局所的に高い汚染箇所がある
- オペフロ内での蒸気の流れや汚染核種の情報が得られる可能性

直接線と散乱線の影響

- シールドプラグ付近は比較的汚染が高く、シールドプラグの下からくる散乱線の影響について、直接線との比較が必要
- 解析の精度、分析の幅を広げるため、ベータ核種のデータ（ベータ核種による汚染データ）が必要

建屋DF

- 壁部と天井部、床部で汚染の程度が異なる。
- 局所的に高い汚染箇所があり、オペフロ内での蒸気の流れが想定される

試料分析

- ドレンサンプ水は、スペクトルサーベイメータ（LaBr3検出器）の測定で1.5Mevのエネルギーピークを観測
- ゲルマニウム検出器による詳細分析、α、β、γ線等の測定が必要
- 主な放射性物質の存在比を取得する

ベントラインの流量分配

- 可能な限り、実機の配管系や配管の敷設状態を模擬
- 流量分配の律速となる圧力損失の要因を検討
- 圧力損失としては、配管長さよりも流路の断面積が重要
- 配管等の汚染状況と流量分配の結果を比較
- 圧力損失の実測を検討

SGTS配管内部調査

- 比較的局所で4.3Sv/hの高い線量を測定
- ドレンサンプ水において、減衰を考慮しても高濃度の値が続いている
- 水酸基等を考慮した水による汚染源の供給と除去の関係
- 全ベータ値の精査が必要（ストロンチウム以外の主要構成要素）

（凡例）青・緑：現地調査等により確認・検討された事項／淡緑：主な論点

第１１回検討会
（R2.3.27）

1，2号機及び3，4号機ベント配管の汚染状況

1，2号機と3，4号機の汚染レベルの差
- 1，2号機と3，4号機は、体系的に「相似」の関係
- 格納容器内のCs濃度と排出総量の差に依存
- 1号機は、ドライで高温なベントガス。3号機は、ウェットで低温なベントガス。
- スクラビングは、サブクールや減圧沸騰の有無より水深がDF効果に影響する
- 1，3号機の炉心損傷の経緯
- PCVからの漏えい箇所、時期
- 配管等における蒸気凝縮の影響
- 1号機ベントは1回成立
- 3号機ベントは2回成立

⇒ 検討会（第11回以降）

2，3，4号機のSGTSフィルタの汚染状況と逆流経路
- 2号機RDの汚染状況と作動の関係
- FP及び水素の逆流経路、汚染レベルの差
- GDのベント時の逆流防止機能

⇒ 検討会（第9回、第10回）

スタック下部に高線量箇所
- スタック内部の構造が影響
- スタックの構造、機能及び汚染状況

⇒ 検討会（第10回）

1号機S/C内の真空破壊弁周辺に高い汚染
- 1号機ベントは真空破壊弁を通じてスクラビングなしの可能性
- 真空破壊弁の構造、機能
- 1，2号機SGTS配管の高温履歴とベントの関連性

⇒ 検討会（第11回以降）

第8回検討会
（R1.11.28）

3号機原子炉建屋4階付近の汚染状況

3号機原子炉建屋3階の破損状況
- 4階で水素爆発。広い面積で大きな力が下向きに働いた
- 3号機3階西側で南北のはりが3箇所折損、床面の損傷は小さい、ダクトはほぼ形状を維持し落下、上部に瓦礫堆積
- 5階物上げハッチ蓋の所在
- 4階の荷重を伝達する柱等の構造体の配置

⇒ 検討会（第10回、第11回以降）

3、4号機で異なる3階の損傷状況
- 4号機原子炉建屋の損傷状況の追加調査
- 4号機3階の天井と床面の損傷状況の異方性
- 4号機4階西側の外壁と電源盤の損傷状況に係る損傷モード

⇒ 検討会（第10回、第11回以降）

3号機4階への水素供給
- オペフロから4階への水素回り込みルート
- SGTS配管経由のベントガス逆流ルート
- オペフロから4階への水素移動に関するシミュレーション等
- ベントガス逆流に関するSGTSフィルタ、ダクト等の設計
- SGTSフィルターの汚染状況と逆流・順流の影響
- SGTS配管、ダクト内部のスミア等による線量測定
- 1階PCV機器ハッチやペネ等のPCV貫通部からの水素漏えいと周辺汚染状況の関係

⇒ 検討会（第11回以降）

3号機原子炉建屋4階の高線量箇所
- オペフロ上の高線量の瓦礫が4階に崩落している可能性
- DSピットとウェルの間の隙間からPCVヘッドからの高線量の水蒸気が吹き出し、付着・凝縮等により局所的に線量が上がった可能性
- 3号機オペフロの線量は、ガンマカメラの画像解析と東電調査で1桁～2桁の相違
- 3号機タービン建屋内の原子炉建屋破片のコンクリート片（2～3mSv/h）の詳細調査
- 3号機オペフロへの放水と4階の堰等の水がたまる構造が存在する可能性

⇒ 検討会（第10回、第11回以降）

（凡例）
- 青色：現地調査等により確認された事項
- 緑色：主な論点

第9回検討会
（R1.12.26）

前回会合（6月25日）における論点の整理（案）

～　1～3号機シールドプラグの汚染状況等　～

<table>
<tr><th>調査･分析項目等</th><th colspan="2">第１２回会合(R2.6.25)における論点整理(案)</th></tr>
<tr><td rowspan="5"><u>2) 放射性物質の放出経路【1／2】</u>
⑤3号機原子炉建屋(R/B)４階付近の汚染
⑥3号機原子炉格納容器(PCV)フランジヘッド
⑦各号機漏えい(PCVペネ、トップヘッドフラン(THF))
⑧建屋除染係数(DF)
⑨1号機R/Bオペフロウェルプラグ

<u>内容･論点</u>
✓3号機R/B 4階付近の高い汚染
✓1,2号機R/B内部の3,4号機よりも高い汚染
✓モニタリングポスト（MP）観測データと放射性物質の放出経路･時期（THFの破損及びベント等）　等</td><td rowspan="5">オペレーティングフロアを中心とした線量測定の結果から、どの程度の放射性物質がシールドプラグの周辺に滞留してとどまっているか検討</td><td>大気中に出た放射性物質が１５ＰＢqで済んだのは、シールドプラグで７０ＰＢq（2号機）、３０ＰＢq（3号機）が捕獲されたからか。</td></tr>
<tr><td>1号機のシールドプラグの下が0．１ＰＢqであったことは、放出はされたがシールドプラグに捕獲されなかったからか。落下している屋根の下にあるのか、もともと出なかったのか。（⇒　外部のモニタリングポストの議論ができるときに併せて議論）</td></tr>
<tr><td>シールドプラグの垂直面の隙間、外周部の汚染の寄与を考慮するべき。（⇒　測定することに制約があるため、どこまで考慮する意味があるか今後議論）</td></tr>
<tr><td>シールドプラグの汚染が全体の何割なのかが重要である。シールドプラグの1面、2面、3面だけではなく、ウェルも汚染していると考えられるため、合わせて推計することが必要である。</td></tr>
<tr><td>格納容器のトップヘッドのところからの放射性物質の抜けやすさがどう違っていたのか。</td></tr>
</table>

調査・分析項目等	第１２回会合(R2.6.25)における論点整理 (案)	
2) 放射性物質の放出経路【1／2】 ⑤３号機原子炉建屋(R/B)４階付近の汚染 ⑥３号機原子炉格納容器(PCV)フランジヘッド ⑦各号機漏えい(PCVペネ、トップヘッドフラン(THF)) ⑧建屋除染係数 (DF) ⑨１号機R/Bオペフロウェルプラグ **内容・論点** ✓3号機R/B 4階付近の高い汚染 ✓1,2号機R/B内部の3,4号機よりも高い汚染 ✓モニタリングポスト (MP) 観測データと放射性物質の放出経路・時期 (THFの破損及びベント等)　等	オペレーティングフロアを中心とした線量測定の結果から、どの程度の放射性物質がシールドプラグの周辺に滞留してとどまっているか検討	注水及び水蒸気による駆動説について、モデル化と輸送計算を行う価値がある。 ２号機と３号機の場合は、水蒸気で運ばれて凝縮してシールドプラグに付着したのに対し、１号機の場合は、そのような現象があまり顕著ではなかったことも考えられる。

<table>
<tr><th>調査･分析項目等</th><th colspan="2">第12回会合(R2.6.25)における論点整理（案）</th></tr>
<tr><td rowspan="5"><u>3）原子炉の冷却に関する設計等【1／2】</u>
⑩1号機非常用復水器（IC）
⑪3号機自動減圧系（ADS）
⑫消防車による原子炉注水
（⑬設計、運転記録等の基礎情報）

<u>内容･論点</u>
✓炉心冷却系におけるICの設計（起動条件、機能要求等）
✓ADSの設計（作動条件、インターロック設定、S/C過圧状態の考慮等）
✓注水に係るライン（経路）、バイパス流、注入水量等</td><td rowspan="5">圧力容器及び格納容器の圧力による設備や機器の動作の状況及び内包されている水の状態に関する検討

➡</td><td>複数の逃がし安全弁が同時に動作していた可能性について、アキュムレータの窒素が大分減少してしまったのは、開信号がきていても全開にできなくなってしまって、中間開のような状態だったからか。</td></tr>
<tr><td>HPCIが停止した後のSR弁の動作は、逃がし弁として機能しているのか、あるいは安全弁として機能しているのか。窒素の供給は回復したのか。</td></tr>
<tr><td>ADS（自動減圧系）の開によって減圧された後の弁の開状態が維持されて、圧力容器の減圧状態が維持されたのか。</td></tr>
<tr><td>格納容器圧力について、PCVのベント成功回数は2回でよいか、3回目以降のベントは失敗したかどうか。</td></tr>
<tr><td>ベントが成功する直前に、ADSの起動によってPCVの圧力が一気にラプチャーディスクの設定圧を超えたことによって、ベントが成功したと見られているが、意図的なベントの開始を制御できていたか。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>調査･分析項目等</th><th colspan="2">第１２回会合(R2.6.25)における論点整理（案）</th></tr>
<tr><td rowspan="4"><u>3）原子炉の冷却に関する設計等【1／2】</u>
⑩１号機非常用復水器（IC）
⑪３号機自動減圧系（ADS）
⑫消防車による原子炉注水
（⑬設計、運転記録等の基礎情報）

<u>内容･論点</u>
✓炉心冷却系におけるICの設計（起動条件、機能要求等）
✓ADSの設計（作動条件、インターロック設定、S/C過圧状態の考慮等）
✓注水に係るライン（経路）、バイパス流、注入水量等</td><td rowspan="4">圧力容器及び格納容器の圧力による設備や機器の動作の状況及び内包されている水の状態に関する検討</td><td>逃がし弁の噴き出し圧７．４以上、閉止圧７．１のいずれにも達していないのに圧力が振動しているメカニズムは何か。</td></tr>
<tr><td>ＳＲ弁が全開にならないと閉まらないというようなロジックがあるか。</td></tr>
<tr><td>原子炉出口のところまでサブクール水がきてほとんど水蒸気がなくなっている。ＲＣＩＣから入れた水で全部冷やされたか。</td></tr>
<tr><td>ベントの弁の開度は１５％で一定のため、減圧速度が変わることは考えがたい。</td></tr>
</table>

これまでの事故分析検討会における論点の整理

～　第8～11回検討会　～

調査･分析項目等	第１１回会合(R2.3.27)における論点整理		対応状況
2) 放射性物質の放出経路【1／1】 ⑤3号機原子炉建屋(R/B)4階付近の汚染 ⑥3号機原子炉格納容器(PCV)フランジヘッド ⑦各号機漏えい(PCVペネ、トップヘッドフランジ(THF)) ⑧建屋除染係数（DF） ⑨1号機R/Bオペフロウェルプラグ 内容･論点 ✓3号機R/B 4階付近の高い汚染 ✓1,2号機R/B内部の3,4号機よりも高い汚染 ✓モニタリングポスト（MP）観測データと放射性物質の放出経路･時期（THFの破損及びベント等） 等	2号機オペレーティングフロアのガンマカメラによる測定結果を基にトップヘッドフランジの汚染状況、建屋DFを検討	海側となる東側壁にブローアウトパネルの開口部があり、北側壁及び東側壁に汚染が偏っている。天井部位の汚染は高くない。	―
		壁部分の汚染は比較的残っているが、床部分は除染の結果、汚染が比較的低くなっている。	―
		シールドプラグ付近は比較的汚染が高く、シールドプラグの下からくる散乱線の影響について、直接線との比較を含めて検討が必要。（⇒　次回以降議論）	*第12回会合で資料提示*
	⇒	*シールドプラグ付近の直接線と散乱線の比較検討において、解析の精度、分析の幅を広げるため、ベータ核種のデータ（ベータ核種による汚染）の検討を進めたい。（⇒　次回以降議論）*	
		南側壁燃料取扱い室の上部、北側壁ダクト部に局所的に高い汚染箇所があることから、オペフロ内での蒸気の流れや汚染核種の情報が得られるのではないか。（⇒　次回以降議論）	

調査･分析項目等	第11回会合(R2.3.27)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策)【1/3】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	1,2号機排気筒ドレンサンプ水のスペクトル分析結果の速報から試料分析の方向を検討	現場でのスペクトルサーベイメータ（LaBr3検出器）の測定から、ドレンサンプ水では、1.5Mevのエネルギー値にピークが観測された。	－
		試料分析として、排気筒に流入した放射性物質の組成の推定に有効な情報、特に主な放射性物質の存在比を取得する。	－
		試料分析にあたっては、現場測定でセシウム以外の核種のエネルギーピークが観測されているため、ゲルマニウム検出器による詳細分析、α、β、γ線等の測定が必要。（⇒次回以降議論）	
		ドレンサンプ水の試料分析については、複数施設での分析をできないか検討する。（⇒次回以降議論）	

調査･分析項目等	第11回会合(R2.3.27)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策)【2/3】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立	1号機でベントされた気体が1号機原子炉建屋、2号機原子炉建屋、1,2号機主排気筒に各々どれくらい流入したのか格納容器ベントラインの流量分配について解析の方向を検討	可能な限り、実機の配管系や配管の敷設状態を模擬して流量分配を評価する。	－
		流量分配については、圧力損失としてSGTSのグラビティダンパやフィルタ等の何が律速になるのか。(⇒ 次回以降議論)	*第12回会合で資料提示*
		圧力損失は、似た体系の圧損が把握できれば十分なので、例えば5, 6号機での実測は検討できないか。(⇒ 次回以降議論)	
		圧力損失としては、配管長さよりも流路の断面積の情報が重要と考えられる。	－
		測定された主排気筒及びSGTS配管の汚染の状況から逆算して圧力損失が推測できるか検討を行う。(⇒ 次回以降議論)	

調査･分析項目等	第11回会合(R2.3.27)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策)【3/3】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	1/2号機SGTS配管の内部調査について、配管穿孔、内部確認、スミア測定等の調査概要を検討	1/2号機主排気筒へのSGTS配管の接続部の比較的局所で4.3Sv/hの高い線量が測定されている。主排気筒内部の構造を踏まえて線量の測定を行う。	―
		主排気筒のドレンサンプピットの内包水の継続的な分析において、高濃度の値が継続しているが、減衰を考えれば、汚染源が供給され続けていることになる。	―
	➡	*ドレンサンプピットの内包水の分析のため、水によって洗い流される量、水に溶けて供給される量については、水酸基等の化学形を押さえて検討すべき。(⇒　次回以降議論)*	
		全ベータの測定値がストロンチウムの1,000倍の数値となっている。このベータのストロンチウム以外の主要な構成要素をきちんと把握すべき。(⇒　次回以降議論)	

調査・分析項目等	第10回会合(R2.2.4)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策)【1/5】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容・論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	1号機と3号機のベントガスに含まれたセシウム量に相違が生じた主たる要因として、1号機真空破壊弁でのバイパスの可能性を検討	ベント時の系統の汚染に関する解析には非常に多くのパラメータを含むので感度解析の繰り返しが必要となる。	－
		今回の解析は、真空破壊弁を通してどういう挙動が、どれくらいの影響を持って起きるのかを主眼としており、起きたことを全て説明しようとするものではない。	－
	➡	真空破壊弁のバイパスは、微小なものがあったかもしれないが、全体の挙動に大きな影響を与えるものではないと考えられる。	－
		真空破壊弁への負荷については、作動状況に加えて過温状態の検討が必要。また、シーリング材への過温影響も考慮すべき。(⇒　次回以降議論)	*第11回会合で資料提示*
		微小なバイパス部におけるエアロゾルの捕集による除染効果については、実験の適用範囲としてエアロゾルの流量等の確認が必要。(⇒　次回議論)	*第11回会合で資料提示*

調査･分析項目等	第１０回会合(R2.2.4)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策) 【2/5】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	1号機と3号機のベントガスに含まれたセシウム量に相違が生じた主たる要因として、1号機真空破壊弁でのバイパスの可能性を検討	1号機格納容器は圧力が計測されるくらいの漏えい率の状態、3号機格納容器はほぼ大気圧と同じくらいの状態となっていた。	－
		1号機D/WとW/Wの圧力差の推移と実測値はベント時に整合していない。圧力差の議論では留意すべき。（⇒　次回以降議論）	*第11回会合で資料提示*
		D/WとW/Wの圧力差については、格納容器ヘッドフランジからの漏えい量と格納容器圧力の定量的な評価が必要ではないか。（⇒　次回以降議論）	*第11回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*
		D/WとW/Wの圧力差については、安全弁の系統の温度上昇による水素のシートリークの可能性等の検討が必要。（⇒　次回以降議論）	*第11回会合で資料提示*
		D/W及びW/Wの圧力挙動については、１Ｆ２号機及び２Ｆ１号機の真空破壊弁の不調とその際の各圧力の実測値をもとに検討が必要。（⇒　次回議論）	*第11回会合で資料提示*

調査･分析項目等	第１０回会合(R2.2.4)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策) 【3/5】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	1号機と3号機のベントガスに含まれたセシウム量に相違が生じた主たる要因として、1号機真空破壊弁でのバイパスの可能性を検討	*環境への放出量と沈着量については、1号機S/C上部の線量調査の不確かさ等を踏まえた検討が必要。（⇒　次回以降議論）*	
		S/Cのベローズの漏えいによるFPの沈着等への影響の確認が必要。（⇒　次々回以降議論）	
		環境への放出量はベント時のSGTS配管及びスタックへの沈着量を踏まえた検討が必要。（⇒　次回以降議論）	*第11回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*
	1号機と3号機の事故進展（炉心損傷時期と状態等）及びベント時の格納容器内の状態を比較検討	1号機のベントは、炉心損傷から約20時間程度と考えられる。ほぼ全量が炉心損傷し、下部ヘッドも破損していたと考えられる。	—
		3号機のベントは、1回目は炉心損傷から約5時間程度、2回目は約9時間程度と考えられる。下部ヘッドは健全であったと考えられる。	—
		1号機のベント回数については、スタック解体に伴うスタック内側のスミアによる核種分析により物理的にチェックすべきではないか。（⇒　次々回以降議論）	*第11回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*

調査・分析項目等	第10回会合(R2.2.4)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策)【4/5】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容・論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	1号機と3号機の事故進展(炉心損傷時期と状態等)及びベント時の格納容器内の状態を比較検討	1号機の場合には、ベント開始までに原子炉容器の下部ヘッドが破損しており、D/Wに多量のFPが存在していたと考えられる。	―
		3号機の場合には、ベントガスが2回スクラビングされ、D/Wの汚染状況が少なかったと考えられる。	―
		⇨ *3号機のベント前後において、D/Wの圧力がW/Wの圧力よりも高い。原子炉容器から格納容器への直接パス等の要因の検討が必要。(⇒ 次回以降議論)*	*第11回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*
		D/WとW/Wの圧力差については、圧力計のドリフトも考えられるが、事象の解明は困難と考えられる。	―
		ベント時のスクラビングの効果は、原子炉容器の下部ヘッド破損前の場合、主としてクエンチャー出口でプールスクラビングされるため、除染の効果が高いと考えられる。	―

調査･分析項目等	第１０回会合(R2.2.4)における論点整理		対応状況
1）耐圧強化ベント(AM対策) 【5/5】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	1号機と3号機の事故進展（炉心損傷時期と状態等）及びベント時の格納容器内の状態を比較検討	ベント時のスクラビング効果は、水位の影響が大きい。S/Cスプレイを行っていた3号機と行っていない1号機の比較検討も必要ではないか。（⇒　次回以降議論）	第11回会合で資料提示
		1号機と3号機のベント時のスクラビング効果の差は、現地調査で確認されたSGTS配管の汚染程度の差と整合しているのか検討が必要。（⇒　次回以降議論）	第11回会合で資料提示
		D/Wに存在するFP量については、米国サンディア国立研究所の解析でMSLの破壊によるD/WへのFP放出の意見もあり、議論が必要。（⇒　次々回以降議論）	第11回会合で資料提示

調査･分析項目等	第9回会合(R1.12.26)における論点整理		対応状況
2）放射性物質の放出経路【1／3】 ⑤3号機原子炉建屋(R/B)4階付近の汚染 ⑥3号機原子炉格納容器(PCV)フランジヘッド ⑦各号機漏えい(PCVペネ、トップヘッドフランジ(THF)) ⑧建屋除染係数（DF） ⑨1号機R/Bオペフロウェルプラグ 内容･論点 ✓3号機R/B 4階付近の高い汚染 ✓1,2号機R/B内部の3,4号機よりも高い汚染 ✓モニタリングポスト（MP）観測データと放射性物質の放出経路･時期（THFの破損及びベント等）等	3号機原子炉建屋3階の損傷状況から4階で水素爆発が起きたのではないか。 ･3階西側で南北のはりが3箇所折損 ･3階床面は4号機と比べて損傷が少ない ･ダクトは、ほぼ形状を維持して落下、その上に天井からの瓦礫が堆積 ･明確な燃焼痕は見られない	はり等の損傷状況から、4階で水素爆発が起きて、広い面積で大きな力が下向きに（4階から3階に向けて）働いたと考えられる。	－
		ダクト、床面の損傷状況からは、3階で爆発はなかったと考えられる。	－
		物上げハッチの蓋は5階で閉まっており、爆発の起点の検討（5階または4階）のため蓋がどこに行ったのか確認が必要。（⇒　次回以降議論）	
		爆発の荷重伝達の検討のため、3号機4階の構造（柱等）の確認が必要。（⇒　次回議論）	*第10回会合で資料提示*
	3号機と4号機では原子炉建屋3階の損傷状況が異なる。	*爆発の損傷モードを比較検討するため、4号機原子炉建屋の損傷状況の追加調査が必要。（⇒　次回以降議論）*	*第10回会合で資料提示*
		4号機4階西側の外壁損傷と外壁手前の電源盤の損傷に係る損傷モードの検討が必要。（⇒　次々回以降議論）	

調査･分析項目等	第9回会合(R1.12.26)における論点整理		対応状況
2）放射性物質の放出経路【2／3】 ⑤3号機原子炉建屋(R/B)4階付近の汚染 ⑥3号機原子炉格納容器(PCV)フランジヘッド ⑦各号機漏えい(PCVペネ、トップヘッドフランジ(THF)) ⑧建屋除染係数（DF） ⑨1号機R/Bオペフロウェルプラグ 内容･論点 ✓3号機R/B 4階付近の高い汚染 ✓1,2号機R/B内部の3,4号機よりも高い汚染 ✓モニタリングポスト（MP）観測データと放射性物質の放出経路･時期（THFの破損及びベント等）等	3号機原子炉建屋4階で水素爆発があった場合、水素の供給はどのように行われたのか。 ①PCVヘッドからオペフロに放出された水素が物上げハッチ等の開口部を通って4階に降りてくる経路 ②ベント時の水素がSGTS配管を通って4階に供給される経路	*オペフロの水素供給から4階への水素の移動に関する既存シミュレーション等の確認が必要。（⇒　次回以降議論）*	
		SGTS配管からのベントガスの逆流は、SGTSフィルターの汚染状況の確認、原子炉建屋内のダクトルート（配置図、吸込口位置等）の確認が必要。（⇒　次回以降議論）	*第12回会合で資料提示*
		3号機、4号機のSGTSフィルターには、スタック側から建屋側に線量分布の傾斜（逆流した形跡）が見られる。	－
		SGTSフィルターはA系とB系で汚染状況が異なるため、逆流･順流の検討が必要。（⇒　次回以降議論）	
		SGTS配管やダクト内部のスミア等による線量測定を検討する。（⇒　次々回以降議論）	*第11回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*
	3号機1階PCV機器ハッチやペネ等のPCV貫通部からの水素漏えいの可能性。	*格納容器から放出される水素はFPを伴うため、3号機1階の汚染状況と整合しているか確認が必要。（⇒　次回以降議論）*	

<table>
<tr><th>調査･分析項目等</th><th colspan="2">第9回会合(R1.12.26)における論点整理</th><th>対応状況</th></tr>
<tr><td rowspan="6">2）放射性物質の放出経路
【3／3】
⑤3号機原子炉建屋(R/B)4階付近の汚染
⑥3号機原子炉格納容器(PCV)フランジヘッド
⑦各号機漏えい(PCVペネ、トップヘッドフランジ(THF))
⑧建屋除染係数（DF）
⑨1号機R/Bオペフロウェルプラグ

内容･論点
✓3号機R/B 4階付近の高い汚染
✓1,2号機R/B内部の3,4号機よりも高い汚染
✓モニタリングポスト（MP）観測データと放射性物質の放出経路･時期（THFの破損及びベント等）等</td>
<td rowspan="5">3号機原子炉建屋4階付近にガンマカメラの線量測定で高線量の箇所が確認されている。
当該高線量箇所はどのように形成されたのか。
①オペフロ上の高線量の瓦礫が4階に崩れ落ちている可能性
②DSピットとウェルの間の隙間からPCVヘッドからの高線量の水蒸気が吹き出し、付着･凝縮等で局所的に線量が上がった可能性</td>
<td>3号機オペフロの汚染分布は、DSピットとウェル間の隙間から吹き出した高線量の水蒸気により局所的に高い部分がある。</td><td>－</td></tr>
<tr><td>3号機2階のRCW熱交換器の線量は数mSv/h～数十mSv/hであり、RCWを経由して高線量のものが流れたとは考え難い。</td><td>－</td></tr>
<tr><td>3号機オペフロの線量は、ガンマカメラの画像解析では数百～千mSv/h、東電HDの調査では15～20mSv/hと差があり、検討が必要。（⇒　次回以降議論）</td><td>第12回会合で資料提示</td></tr>
<tr><td>3号機タービン建屋内の原子炉建屋破片と考えられるコンクリート片（2～3mSv/h）の詳細調査が必要。（⇒　次々回以降議論）</td><td>第11回会合で資料提示</td></tr>
<tr><td>3号機オペフロへの放水と4階の堰等の水がたまる構造が存在する可能性の検討が必要。（⇒　次回議論）</td><td>第10回会合で資料提示</td></tr>
<tr><td>3号機3階のFPC熱交換室にスキマサージタンク経由でオペフロの高線量の水蒸気が流入した可能性。</td><td>経路的にはあり得るが、スキマサージタンク水は他よりも高線量となっておらず、可能性は低い。</td><td>－</td></tr>
</table>

調査･分析項目等	第8回会合(R1.11.28)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策)【1/4】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	2号機はベントに成功しなかったのではないか。	2号機RDは結果として作動していない。 2号機ベントは成立していない。	―
	各号機のSGTS系の汚染状況から1,2号機と3,4号機は体系的に相似の関係と考えられる。	1,2号機と3,4号機のベント系の汚染は相似しており、FPと水素は1号機または3号機から供給された。	―
		GDは、ベント時に自号機への逆流および他号機への供給が生じている可能性があるため、逆流防止の性能確認が必要。(⇒　次回議論)	*第10回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*
		2,4号機へのFP及び水素の逆流の経路、2,4号機の汚染の程度の差は更に確認が必要。(⇒　次回議論)	*第10回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*
	1，2号機スタック下部の高線量化の原因として、スタック内部の構造の影響が考えられる。	*スタックへの配管接続方法が異なることからその構造の確認が必要。　(⇒　次回議論)*	*第10回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*

調査･分析項目等	第8回会合(R1.11.28)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策)【2/4】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作	1号機及び3号機の汚染状況から、数百倍の汚染レベルの相違がある。 汚染の相違は、格納容器内のCs濃度と排出総量の差に依存していると考えられる。	⇒ *1,3号機の炉心損傷の経緯、格納容器からの漏えい箇所、時期については更に検証が必要。 (⇒ 次々回以降議論)*	*第10回会合で資料提示* *第12回会合で資料提示*
内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	汚染状況は、1号機と3号機の放出量について、平成24年5月の「福島第一原子力発電所事故における放射性物質の大気中への放出量の推定について」(東京電力HD株式会社)と相違がある。	⇒ 東京電力から、平成24年5月の報告書は、環境の放射能汚染の状況を再現するような放出量を設定し、拡散評価するバックワード解析を基にしており、事故進展の挙動を反映しきれていない旨の回答があった。	―

調査・分析項目等	第8回会合(R1.11.28)における論点整理		対応状況
1）耐圧強化ベント(AM対策)【3/4】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容・論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	配管等における蒸気凝縮の影響。 ベント時の排気は非常に水蒸気濃度の高い排気となっていると考えられ、水蒸気の凝縮がCsの配管への付着に大きく影響していると考えられる。	1号機は、ドライなガスが高温で放出、3号機は、低い温度の水蒸気を多く含んだウェットなガスが放出されたと考えられる。（⇒ 次々回以降議論）	第10回会合で資料提示
		1，2号機SGTS配管の高温履歴の確認とベントガスとの関連性を確認することが必要。（⇒ 次々回以降議論）	第12回会合で資料提示
		ベント時の排気系の汚染程度を算出するシミュレーションと観測結果の比較検討を行う。（⇒ 次々回以降議論）	第10回会合で資料提示
		3号機は、原子炉圧力、D/W圧力、S/C圧力の推移から2回のベントが成功、1号機は、1回のベントが成功したと考えられる。（⇒ 次々回以降議論）	第10回会合で資料提示 第12回会合で資料提示
		3号機の原子炉圧力の急速な低下（13日午前9時頃）については、サンディア研究所等の仮説を確認することが必要。（⇒ 次々回以降議論）	第12回会合で資料提示

調査･分析項目等	第8回会合(R1.11.28)における論点整理		対応状況
1) 耐圧強化ベント(AM対策)【4/4】 ①1,2号機ベント配管の汚染 ②1～3号機耐圧強化ベント ③SGTS逆流汚染 ④RDの動作 内容･論点 ✓ 1,2号機ベント配管の高い汚染 ✓ S/CにおけるDFの効果、蒸気凝縮の影響、真空破壊装置の機能維持 ✓ 1~3号機のベント成立性	S/C水のサブクール度や減圧沸騰の有無によるDF効果への影響はあるのか。	*スクラビングの効果は、サブクールや減圧沸騰の有無よりも水深がDFの効果に影響すると考えられる。* *(⇒　次々回以降議論)*	*第11回会合で資料提示*
		スクラビングによるDF効果について幾つかの研究成果があり、議論が必要。(⇒　次々回以降議論)	*第11回会合で資料提示*
	1号機S/C内の真空破壊弁周辺に高い汚染が確認されている。	*1号機ベントは、S/Cの真空破壊弁を通じたスクラビングされていないベントガス放出の可能性。更なる確認が必要。(⇒　次々回以降議論)*	*第10回会合で資料提示*

【参考】

○事故分析検討会における主な検討項目

➢ **第１２回事故分析検討会［令和2年6月25日（木）］** ・原子炉格納容器破損時の水素及び核分裂生成物の挙動 ・1～3号機原子炉建屋における線源調査 ・3号機原子炉格納容器内の圧力挙動からの考察 ・3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動 ・これまでの論点整理 ・［東電HD］1/2 号機SGTS 配管撤去に向けた現場調査の実施状況	➢ **第９回事故分析検討会［令和1年12月26日（木）］** ・3uR/B3階の調査結果 ・第8回の論点整理（ベント配管汚染） ・［参考］現地調査等の概要（耐圧強化ベントライン） ・［東電HD］3uベントガスから4uR/Bへの流入割合
➢ **第１１回事故分析検討会［令和2年3月27日（金）］** ・S/Cのスクラビング効果 ・ベント配管の汚染に関する解析等（第2回） ・2号機オペフロのガンマカメラによる測定結果 ・1,2号機排気筒ドレンサンプ水の分析 ・これまでの論点整理 ・［参考］科学的・技術的意見 ・［JAEA］試料分析の計画 ・［東電HD］1/2号機SGTS配管現場調査	➢ **第８回事故分析検討会［令和1年11月28日（木）］** ・耐圧強化ベントラインの汚染状況 ・プールスクラビングによるエアロゾル除去効果実験 ・［参考］計装機器の指示値及びプラントデータの推移等 ・［東電HD］3uPCV漏えいと蒸気放出
➢ **第１０回事故分析検討会［令和2年2月4日（火）］** ・ベント配管の汚染に関する解析等 ・現地調査結果（4uR/B,2uオペフロ） ・第9回の論点整理（3uR/Bの汚染） ・［参考］ベント設計、スタック線量推移等 ・［東電HD］3uPCV機器ハッチ、1u水素爆発解析、1uPCV上蓋	➢ **第７回事故分析検討会［令和1年10月18日（金）］** ・検討会の実施 ・当面の調査・分析項目

福島第2原子力発電所1号機の格納容器圧力挙動について

2020年9月3日

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

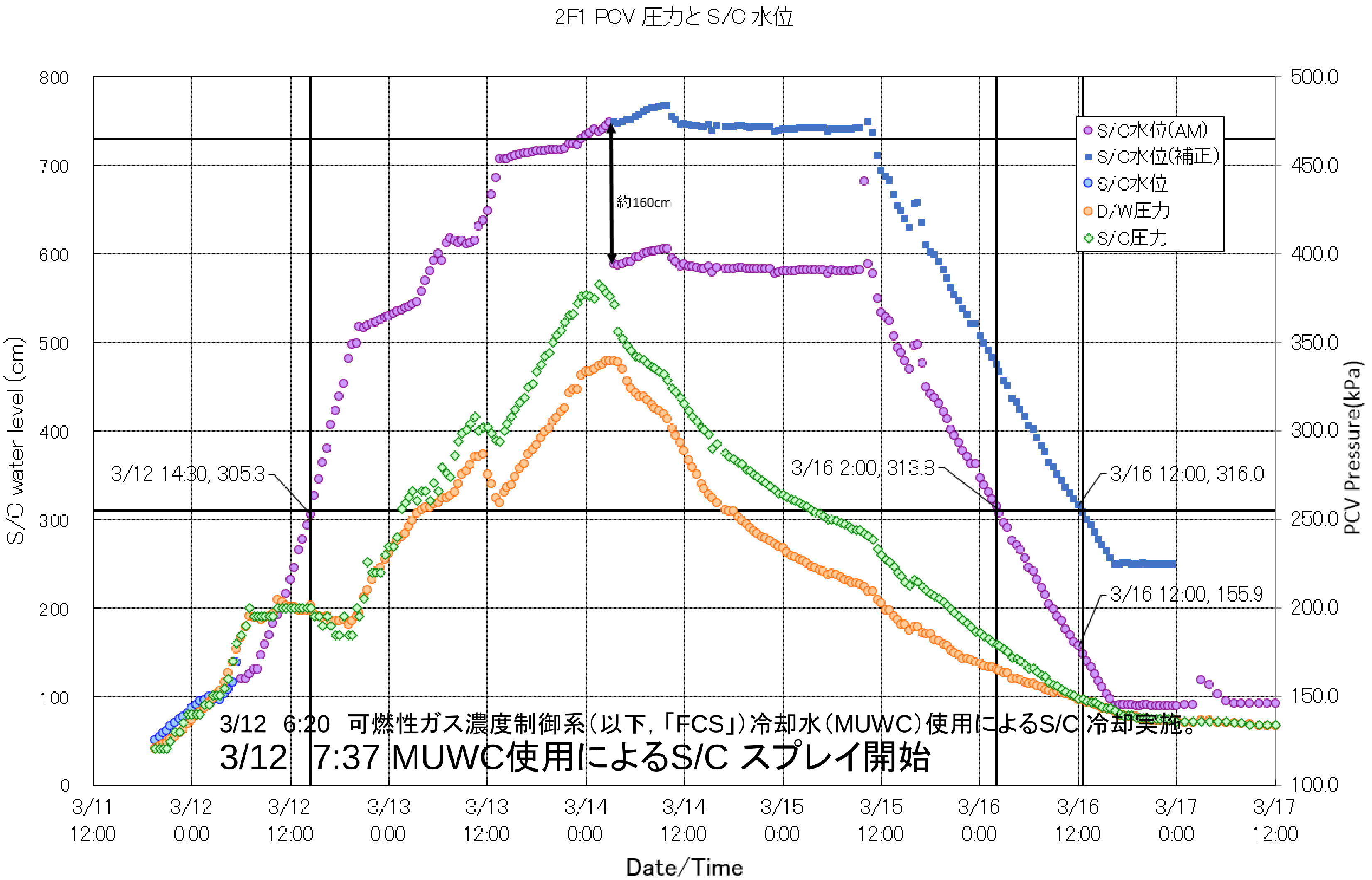
1．はじめに

- 第11回の事故分析検討会において、福島第二原子力発電所1号機（以下、「2F1」という）の真空破壊弁のガスケットずれについて議論があった。
- ガスケットずれによるD/WとS/C間の気体の流れについては、2F1の冷温停止までの期間にS/C圧力＞D/W圧力となる期間が確認できることから、S/CとD/Wに圧力差が発生し、自由に気体が流れる状況にはなかったことが確認された。
- 一方で、この圧力差は真空破壊弁の作動圧よりも高く、本来は均圧化されていなくてはならない、S/C圧力＞D/W圧力の状況にあって、真空破壊弁に期待される機能が果たされていないのではないかとの質問があった
- 本資料は当該期間中のS/C圧力のD/W圧力の測定値の関係について、設計・運転員操作情報に基づき説明する。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

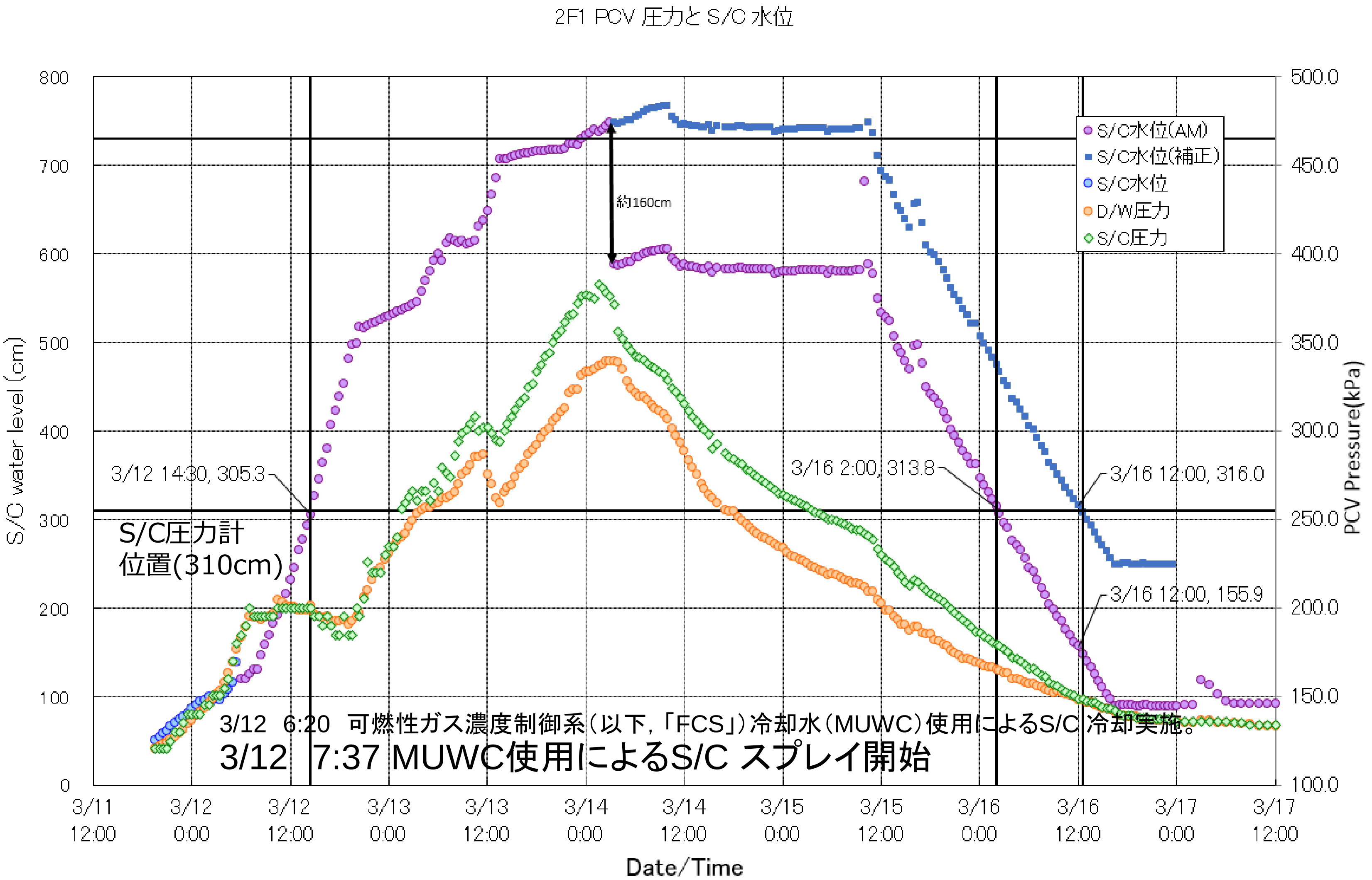
無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社
TEPCO

2．PCV圧力と水位の関係



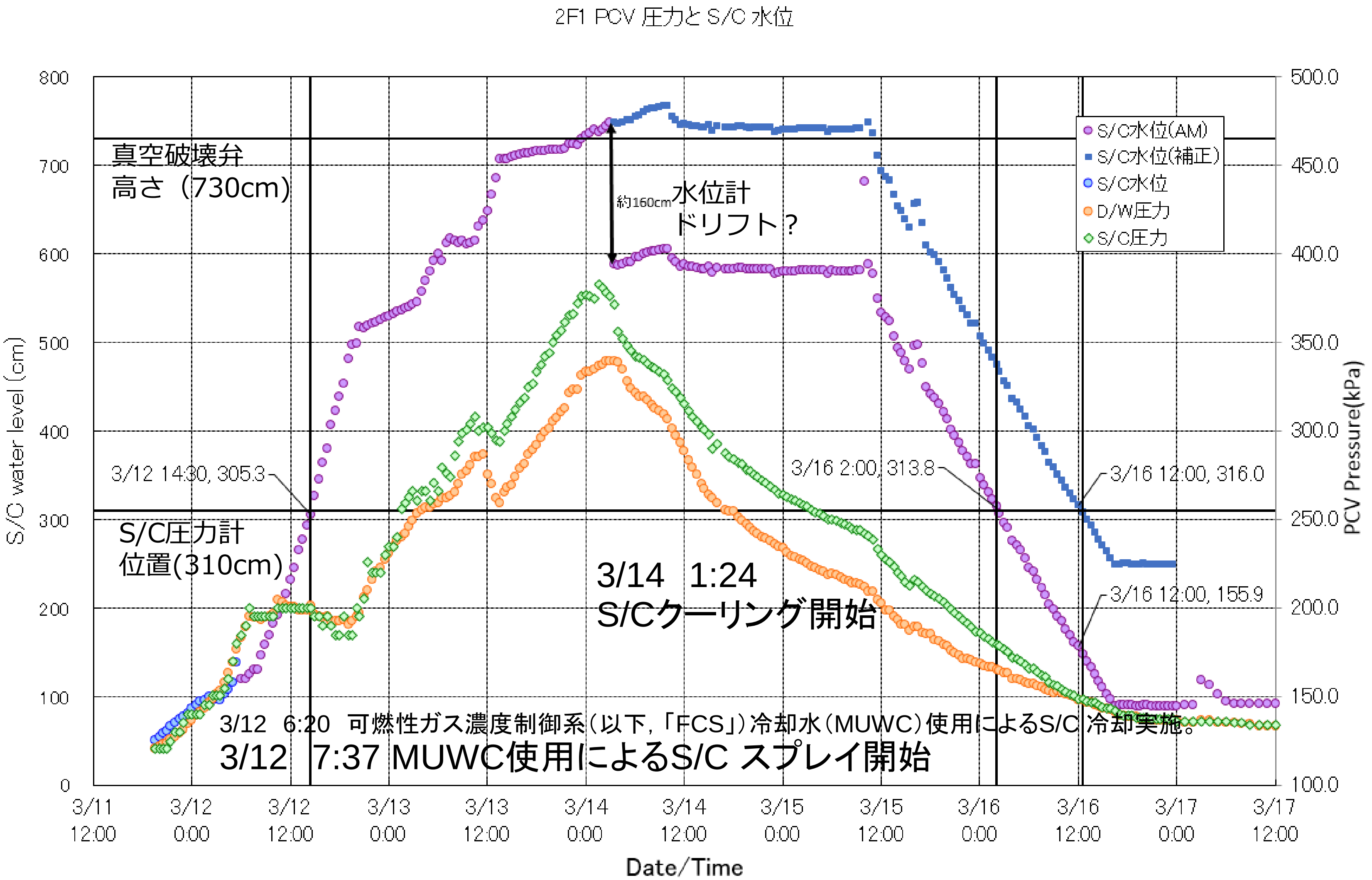
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

2．PCV圧力と水位の関係



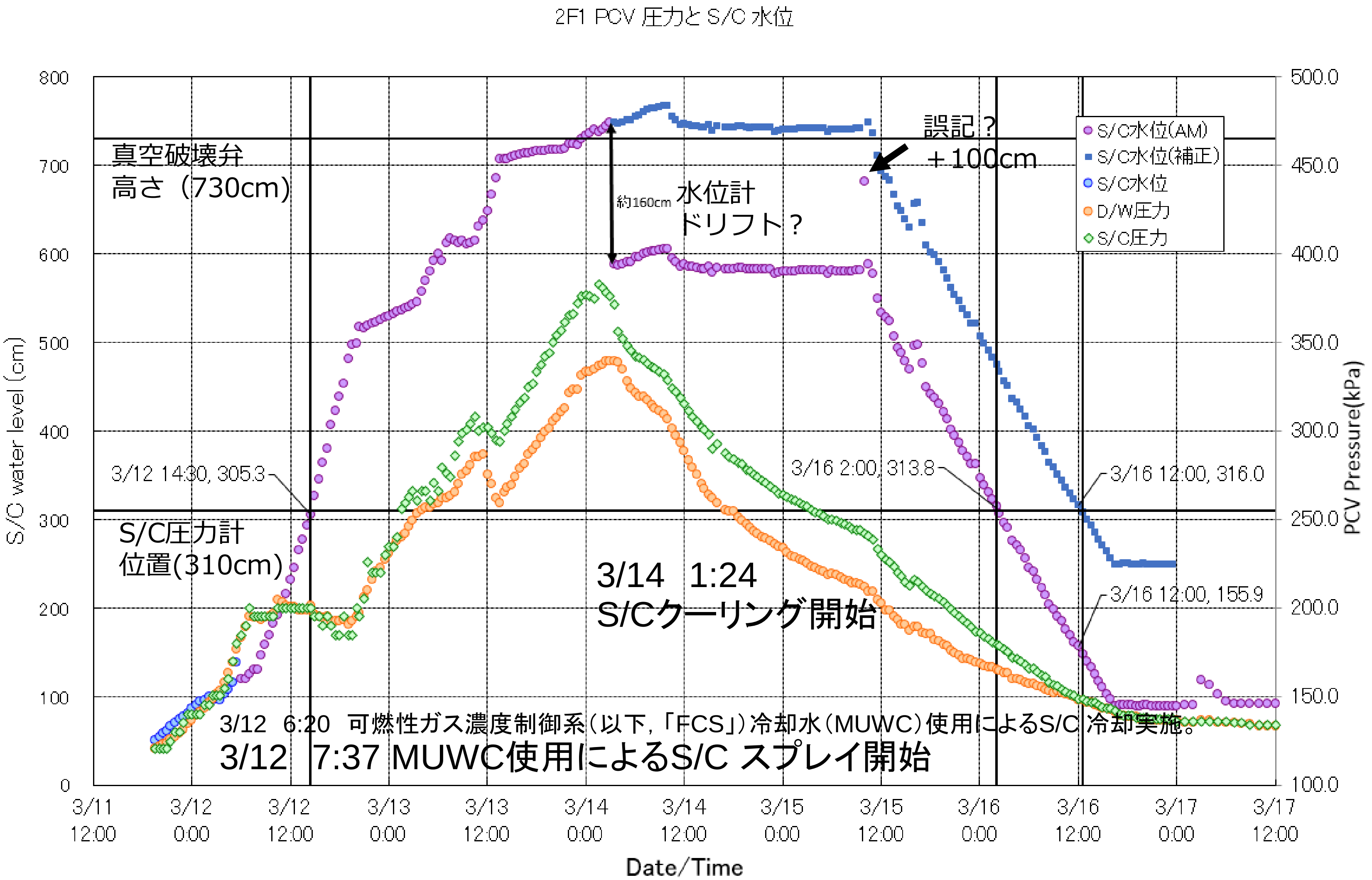
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

2． PCV圧力と水位の関係



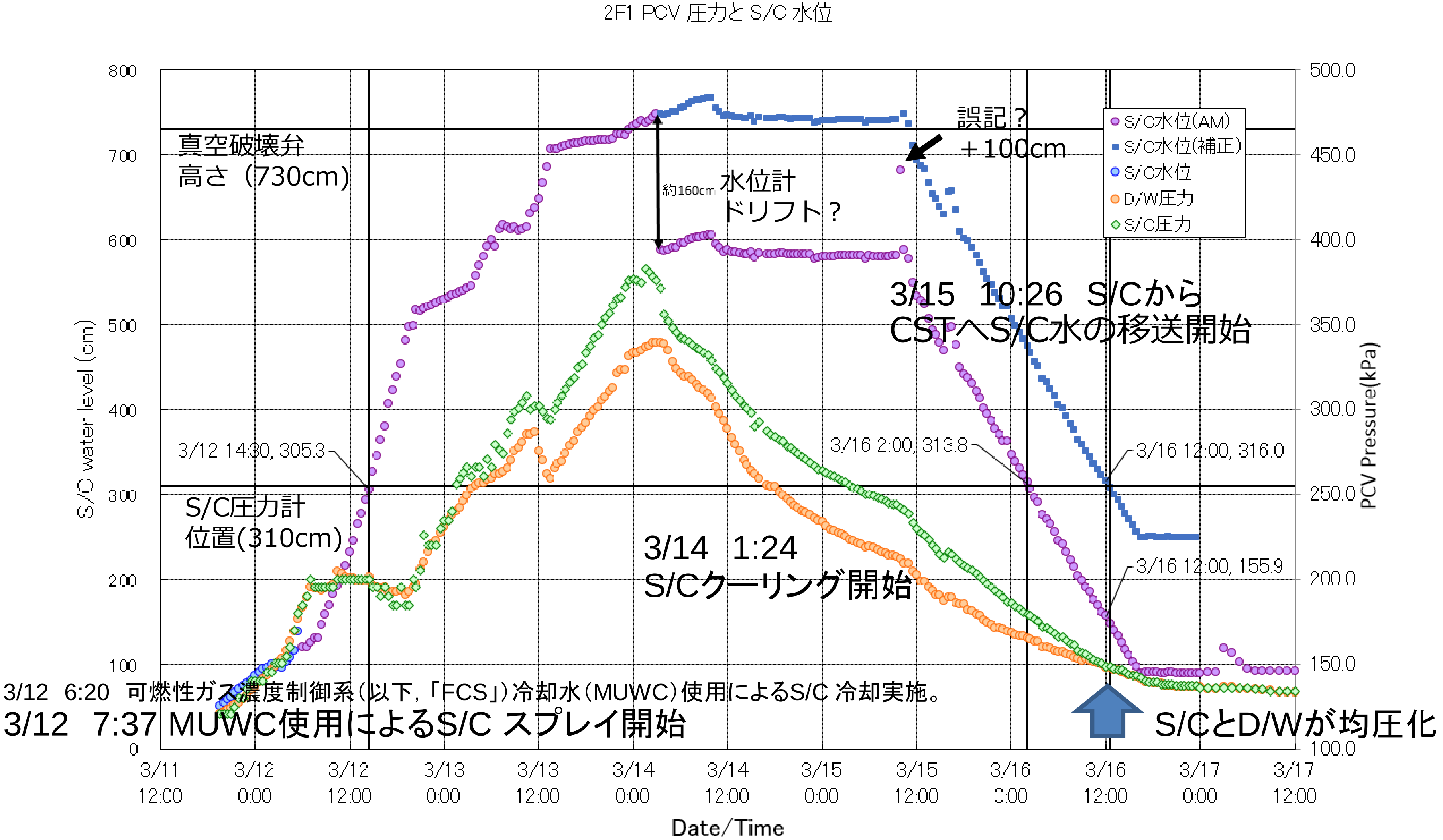
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

2．PCV圧力と水位の関係



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社
TEPCO

2．PCV圧力と水位の関係



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製･転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

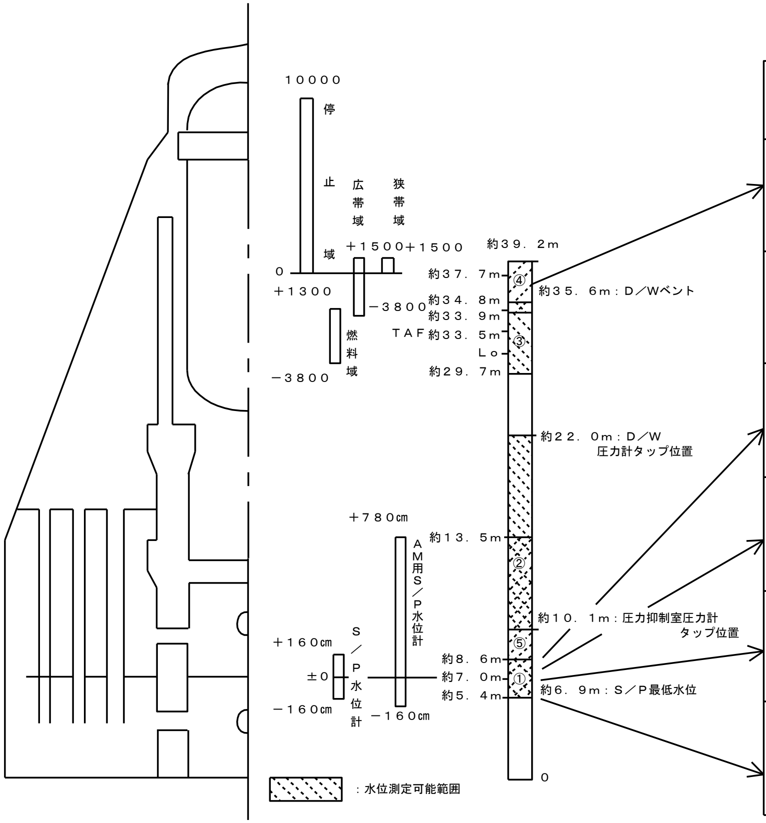
3．まとめ

- 2F1の格納容器圧力（D/W圧力、S/C圧力）挙動について検討を行った。
- 2F1のS/C圧力計の設置位置（通常水位+310cm)を考慮すると、D/W圧力＋水頭圧=S/C圧力との関係となっていることがわかった。
- 2F1の真空破壊弁は、東日本大震災に伴う事故時において、その機能を喪失していないと考えられる。

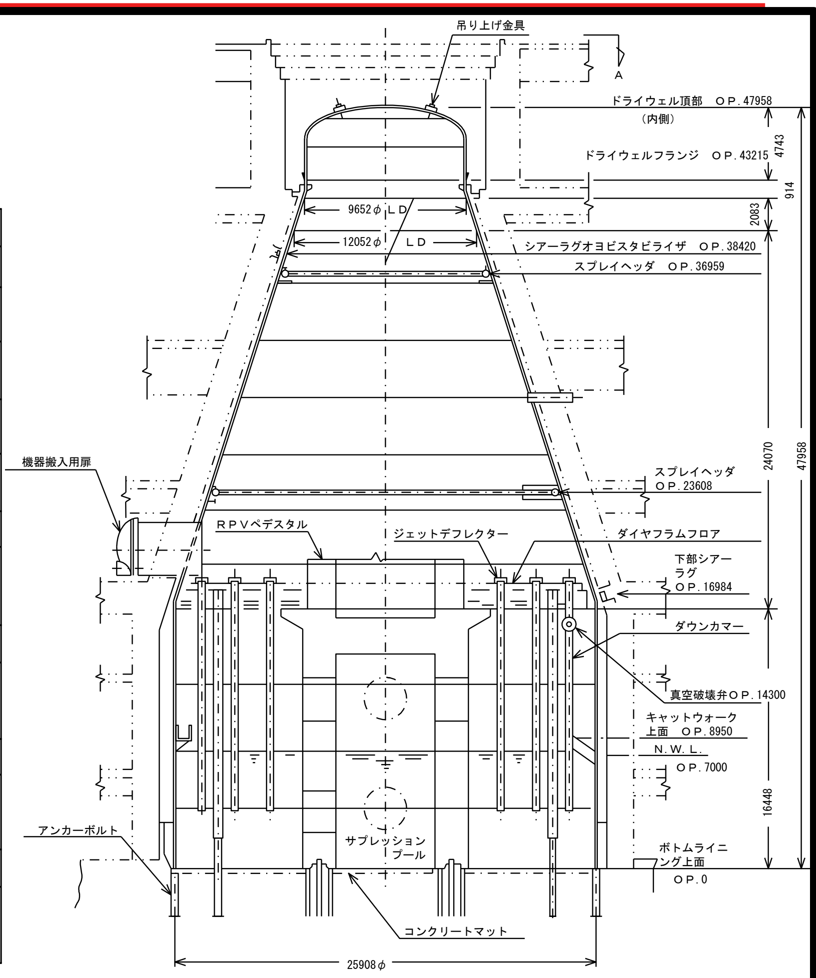
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

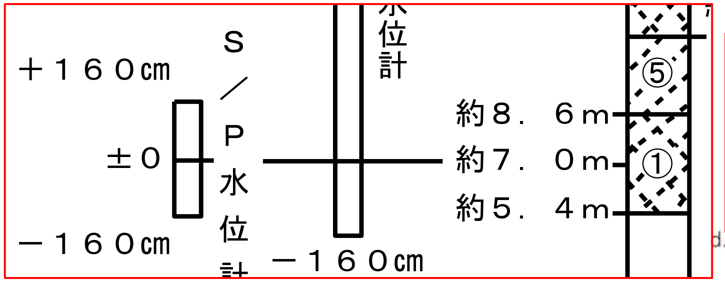
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社
TEPCO

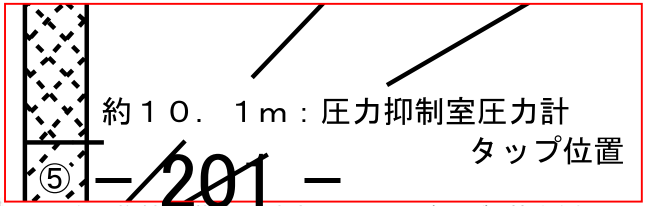
参考図

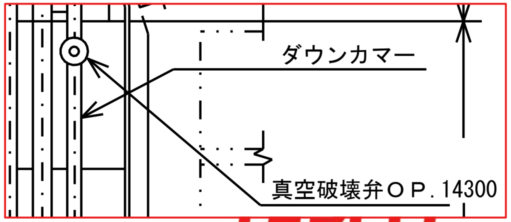


格納容器水位	S／P空間容積	S／P水量
35．6m（格納容器ベント最高高さ）	—	—
13．6m	—	—
+22cm 通常運転高水位限界値（保安規定上限値 +10cm）	4310m³	3450m³
+12cm 通常運転高水位制限値（保安規定上限値）	4360m³	3400m³
−10cm 通常運転低水位制限値（保安規定下限値）	4460m³	3300m³
約−20cm 通常運転低水位限界値（保安規定下限値 −10cm）	4510m³	3250m³









無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

福島第一原子力発電所3号機のRCIC運転中の原子炉圧力挙動について

2020年9月3日

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

1．はじめに

- 第12回の事故分析検討会において、福島第一原子力発電所3号機のRCIC運転中の原子炉圧力挙動を明確に説明できないことが問題となった
- 3号機のRCIC運転中の原子炉圧力挙動についての当社の認識は、RCICはCSTへの戻りラインと原子炉への注水ラインの両方を使う特殊な運転がされる中で、SRVが開閉するという複雑な状況での、原子炉圧力挙動であるというものであった
- そのため、上記の定性的な説明の妥当性を確認するため、以下に示す流れで、再現解析も含めた検討を実施した

① RCICの操作実績と運転員の操作方法の確認
② 当該期間中の崩壊熱の変化
③ 逃がし弁開設定圧以下の状態でのSRVの動作モードについて
④ 解析コードRELAPを用いた再現解析
⑤ 総合的な評価とまとめ

また、国産初のBWRである3号機を建設したプラントメーカである東芝より、当該期間中のSRV作動有無に関する見解を受け取っているため、その内容を参考として示す。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社
TEPCO

2．3号機のRCICの操作実績

当直引継日誌の記載

2011年3月11日

15:06／15:25	RCICクイックスタート／L−8トリップ

16:03	RCIC「起動」	Rx水位：−500mm	S／Cレベル：150mm（ミニフロー弁開により上昇）
	RCICミニフロー弁「閉」		
16:13	HPCI、RCIC　水源切替防止リフト		
16:16	RCIC注入開始	Rx水位：−900mm	

2011年3月12日

象 発	11:36	RCIC　トリップ	炉水位：＋200mm（W）

https://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/plant-data/f1_4_Nisshi3_4.pdf

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社
TEPCO

３．運転員の3号機のRCIC操作方法

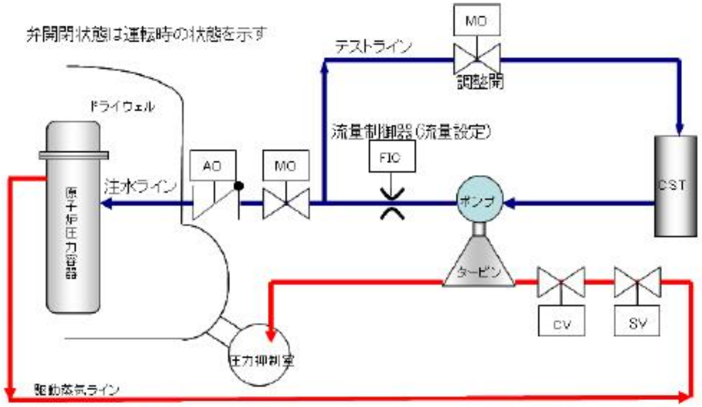
【RCIC による原子炉水位確保】

- 運転員は，RCIC の起動停止によるバッテリー消費を避けること及び原子炉水位確保を安定して行うため，原子炉水位高により自動停止に至らない措置，運転制御に必要なバッテリーを節約する措置を実施。
  - 原子炉水位高による RCIC の自動停止に至らない措置として，中央制御室にて原子炉水位を監視しながら，原子炉への注水ライン及び定期的な機能試験に用いるテストライン(水源の復水貯蔵タンク（以下，CST）から CST にループして戻すライン)の両ラインに通水するように RCIC 制御盤にて操作し，ラインを構成。水位調整範囲を定めて水位を確保した。

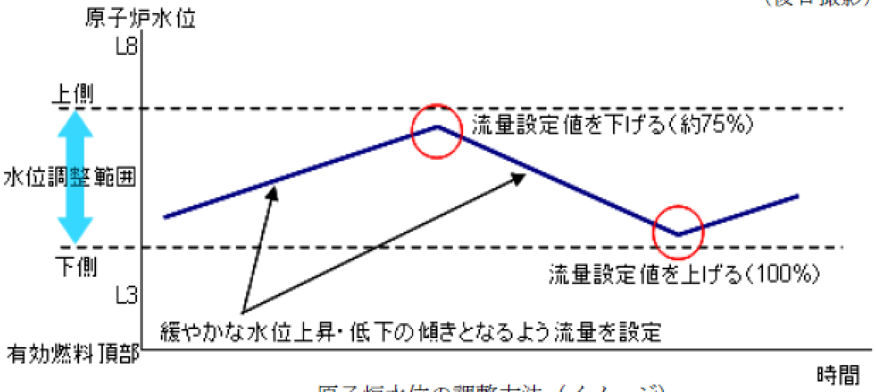
RCIC 制御盤（後日撮影）

- 原子炉の水位監視に 2 名，RCIC の操作に 2 名の体制で状況を報告し合いながら実施。また，次の注水手段として，RCIC 停止後に HPCI をスムーズに起動するため，HPCI 制御盤にて操作するスイッチなどに付箋を貼り準備を整えた。
- バッテリーを節約する措置として，弁や流量制御器（以下，FIC）の操作を少なくするため，原子炉水位が緩やかな変化となるように，テストラインの弁の開度調整や FIC にて流量を設定した。原子炉水位が水位調整範囲の上側または下側に近づいたら流量の設定値を変更（定格流量（25.2L/s）100%から約 75%の範囲）する方法を繰り返した。

RCIC 流量制御器(FIC
（後日撮影）



RCIC 及び HPCI の原子炉注水ライン概要

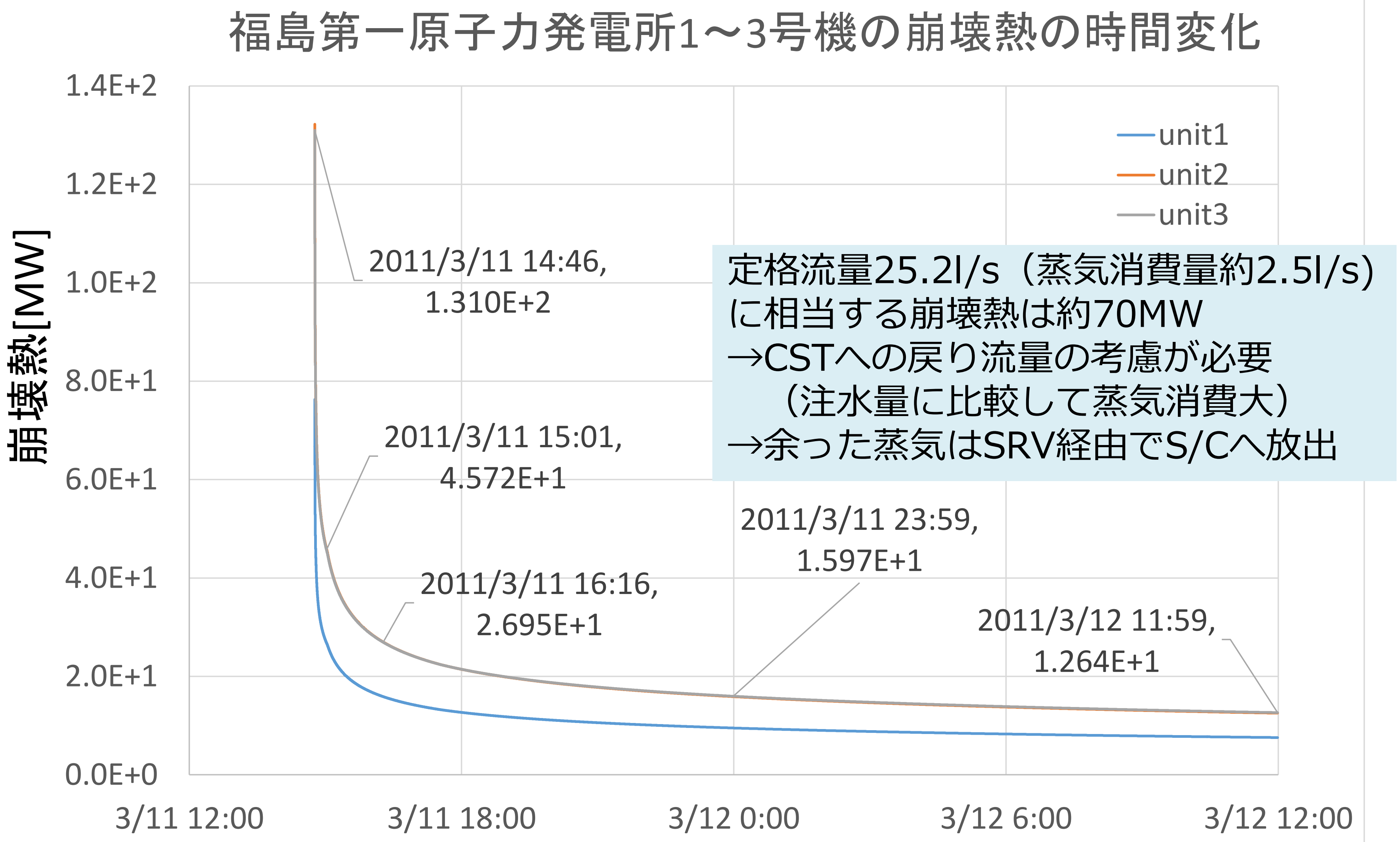


原子炉水位の調整方法（イメージ）

2012/06/20　東京電力　福島原子力事故調査報告書　別紙2　P90,91

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

4．崩壊熱



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

5. 予想されるSRVの開モード

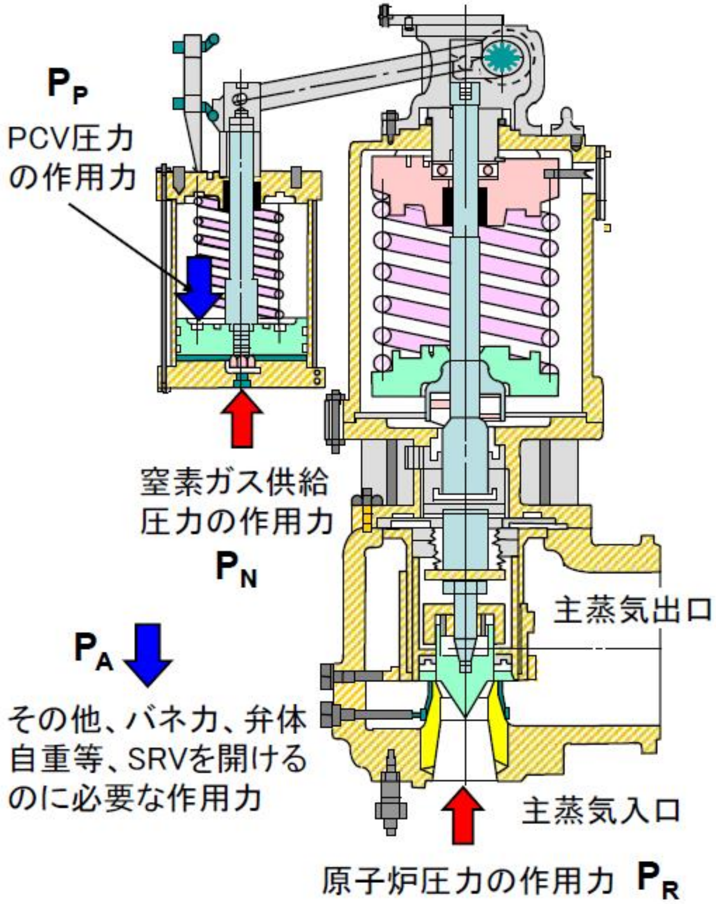


図 7　SRV 断面図

逃がし弁モード
$P_P+P_A<P_N+P_R$
の場合に開

→復帰値まで減圧していない場合
原子炉圧力（P_R）が上昇すると
開く可能性

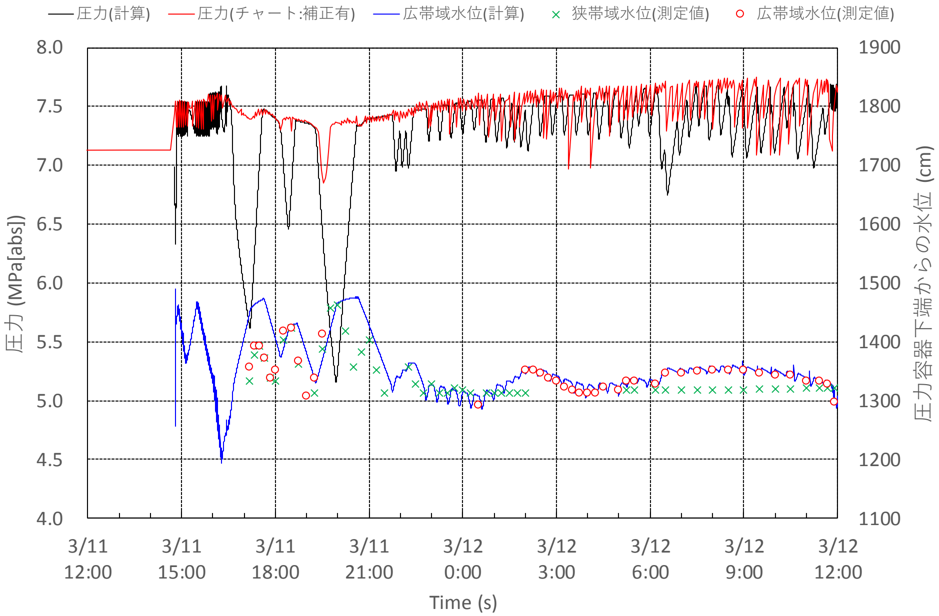
いずれの場合も蒸気発生量が少ない時間帯なので、開となってもすぐに圧力が下がり閉となる可能性（中間開）

安全弁モード
$P_A<P_R$
の場合に開

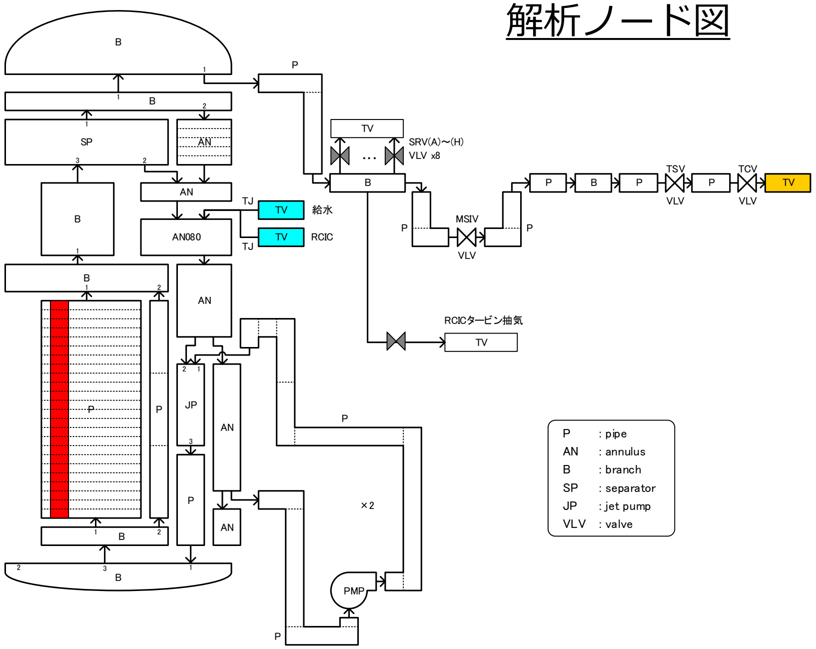
→ばねの温度が上昇することで
ヤング率が下がり、設定値より
低い圧力で開く可能性

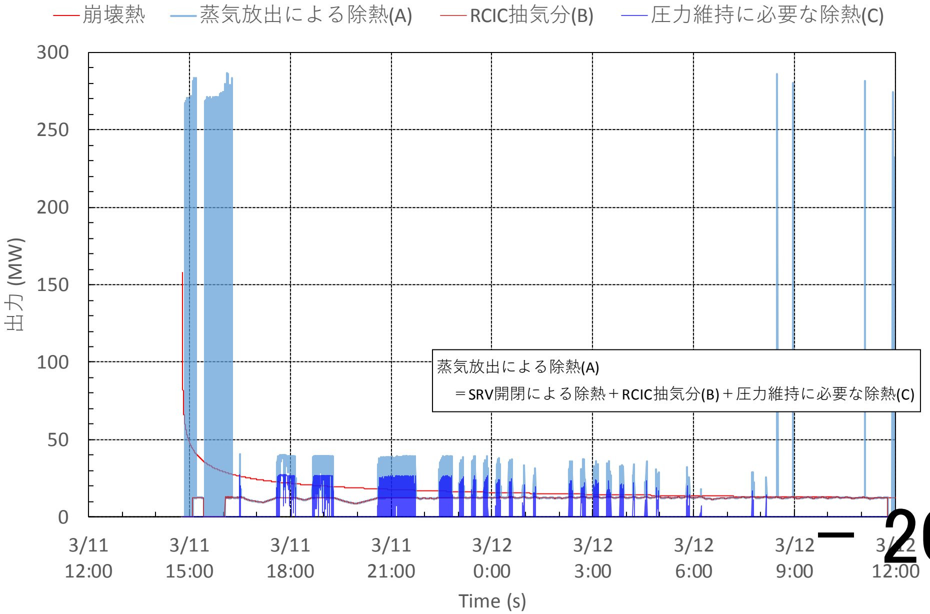
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

6．RELAPを用いた解析結果（プラント挙動）



解析ノード図



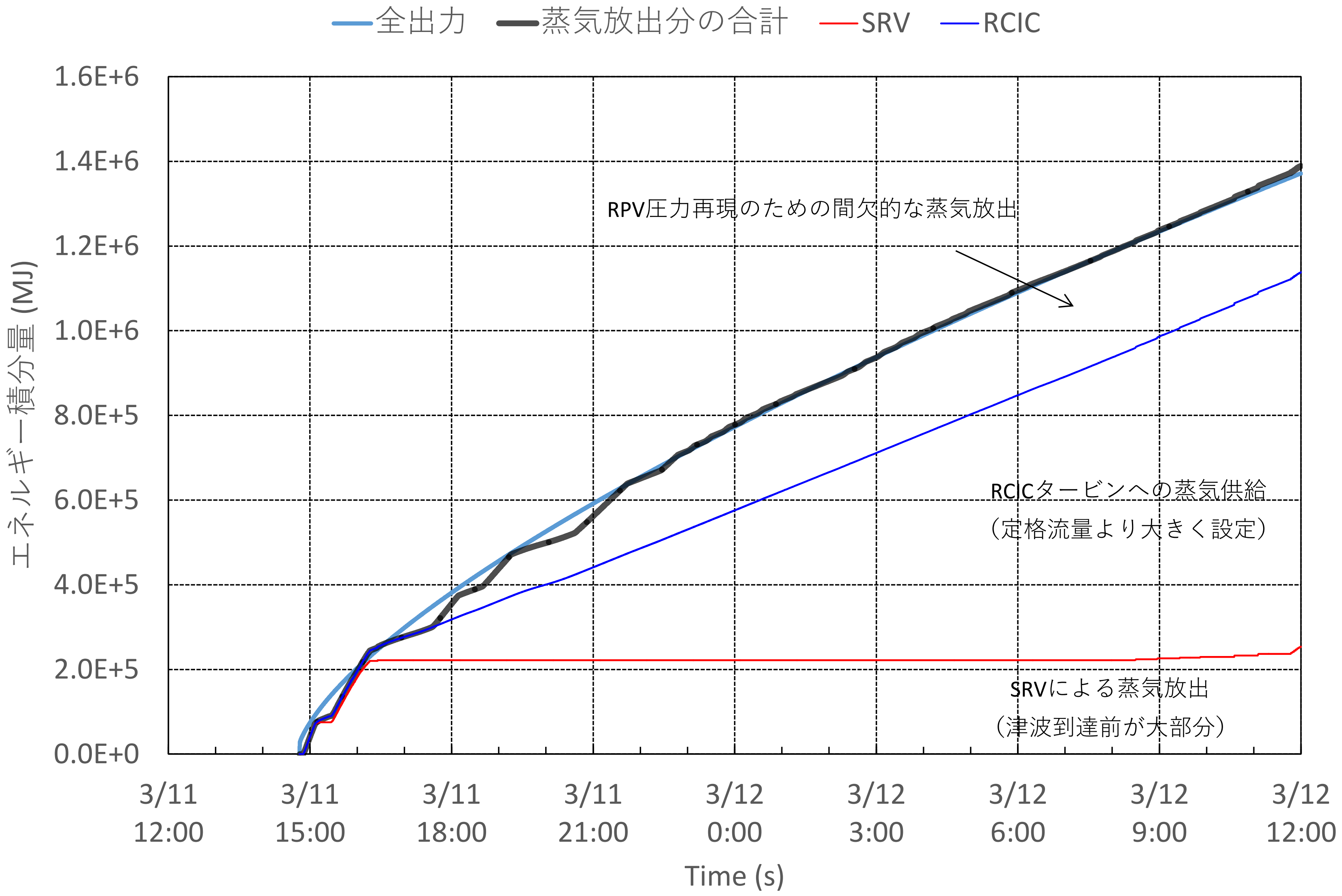


圧力を維持するのに必要な蒸気について

- 原子炉圧力が緩やかに変動するように設定しているため、それを考慮すると流量はより大きく、放出間隔は長くなる
- RCIC注水による原子炉圧力の大きな変動は実測よりも変動幅が大きいため、抽気と蒸気放出の割合は実際と異なる可能性がある（抽気流量は設計より大）
- RCIC抽気の過大評価はその他にも崩壊熱の過大評価、SRVシートリーク等の可能性がある。

東京電力ホールディングス株式会社

6．RELAPを用いた解析結果（エネルギーバランス）



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

7．まとめ

- 1F3のRCIC運転時の原子炉圧力挙動についての検討を実施した
- 津波到達以降のRCIC運転中の崩壊熱はRCIC定格流量に比較してかなり小さいものの、RCICタービンへの供給蒸気量（約2.5l/s)だけでは崩壊熱を消費できないため、SRV経由でのS/Cへの放出があった可能性が高い。
  - ただし、通常のSRVの流量よりも小さい流量（中間開の流路面積）と推定
- RCICから原子炉の注水される低温水による大きなRPV減圧が起こることが解析により示された。
  （ノード内での温度均一化効果により、解析で評価される減圧は実際よりも大きくなる傾向）
- 1F3のRCIC運転時の原子炉圧力挙動は、炉圧変化に応じたSRVの中間開作動とRCIC注水による減圧の組み合わせを反映したものと考えられる。
  - ただし、逃し弁モードか安全弁モードかは特定が困難

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社
TEPCO

（参考）東芝ESSによるSRV開閉有無に関する見解

- 東芝ESSは東電同様、崩壊熱のエネルギーバランスから、SRV経由での蒸気放出は確実にあったとの見解
- SRV開設定圧未満でSRVが中間開になるメカニズムは以下の通り
  - SRVの開閉により窒素が消費され、アキュムレータ圧力が低下する
  - アキュムレータ圧力が低下すると、 相対的にP_Rの開挙動への影響力が高まる
  - 原子炉圧力がSRV開設定圧より低く推移する前の段階で、SRV開設定圧に到達しSRVが開いたが、P_Rの低下によりSRV閉設定圧に到達前に閉じる挙動となり、SRV開信号保持かつSRV閉の状態が成立する（若しくは僅かな開度でつり合った状態となる）
  - SRV開設定圧に到達しなくても、P_Rの上昇により$P_P+P_A<P_N+P_R$が成立し、SRVが開くが、すぐにP_Rが低下するため小さな圧力変化幅にて開閉を繰り返す。
  - ただし、19:30すぎのSRV閉設定圧に到達した後の圧力挙動については不明
- 初期アキュムレータ圧力 0.69MPaに対し、原子炉圧7.4MPaにおけるSRVが開き始めるのに必要なアキュムレータ圧力は0.090 MPa。全開に必要なアキュムレータ圧力は0.206 MPa （SRV力量バランスの簡易評価値，炉圧が低下すると増加）
- SRV開閉に窒素を消費することによる、アキュムレータ圧力は4 回作動後0.210MPa、5 回作動後 0.145MPa、6 回作動後 0.094MPa、7 回作動後0.053MPaと変化（断熱膨張を仮定した簡易評価値）
- 上記の評価値の関係から、中間開の状態が発生する可能性ありと評価

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社
TEPCO