

3. 溢水の発生に伴う運転時の異常な過渡変件事象の発生時の考察

タービントリップ機能が期待される「蒸気発生器への過剰給水」事象については、原子炉の出力運転中に、給水制御系の故障、誤操作等により、主給水制御弁が1個全開し、蒸気発生器への給水が過剰となり、1次冷却材の温度が低下して反応度が添加され、原子炉出力が上昇する事象を想定している。

主給水制御弁は原子炉建屋内の主蒸気管室に設置されており、タービン建屋内で溢水が発生した場合においても物理的に離隔されているため、主給水制御弁の全開は起こらない。なお、タービン建屋内で溢水が発生した場合において給水制御系の故障が仮に発生した場合においても、以下の防止対策、拡大防止対策を講じている。

(1) 防止対策

主給水制御弁は、誤動作による過渡変化を抑制するために、弁1個当たりの最大容量を適切な値にしており、また、制御系の単一の故障によって、これらの弁が二つ以上同時に全開とならない設計としている。

(2) 拡大防止対策

- a. 通常運転中は、中央制御室で「蒸気発生器水位」、「主給水流量」等の監視を行い、また、警報として「蒸気発生器水位偏差大」を設けており、早期に異常現象の発生が検知できる。
- b. 蒸気発生器の水位が異常に上昇した場合には、「蒸気発生器水位高」信号により主給水制御弁を全閉する。また、同時に中央制御室に警報を発信し、運転員の注意を喚起する。

4. 結論

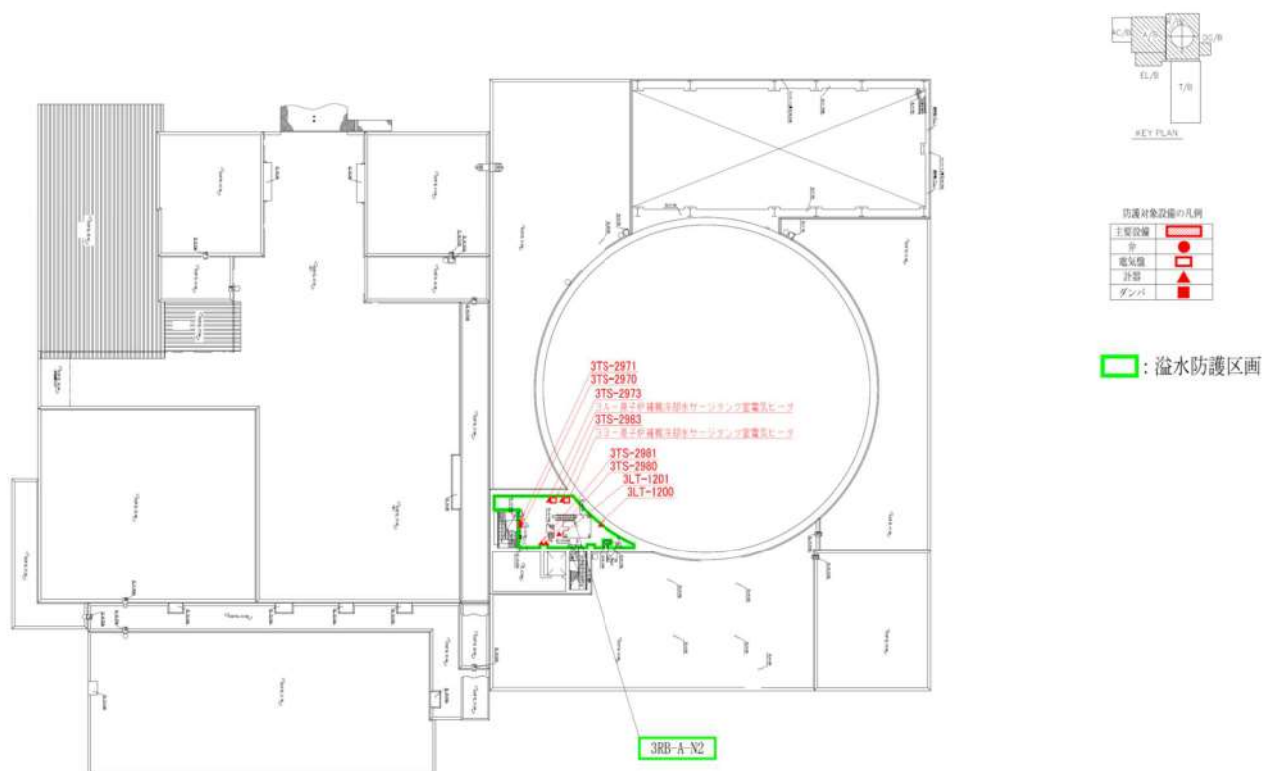
内部溢水により「蒸気発生器への過剰給水」事象の発生のおそれはなく、仮に発生した場合においても防止対策がとられていることから、溢水防護上、タービントリップ機能は原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能には該当しない。

以上より、タービントリップ機能を有するMS-3設備については溢水による影響評価の対象から除外する。

溢水影響評価上の防護対象設備の配置について

1. 溢水影響評価上の防護対象設備の配置について

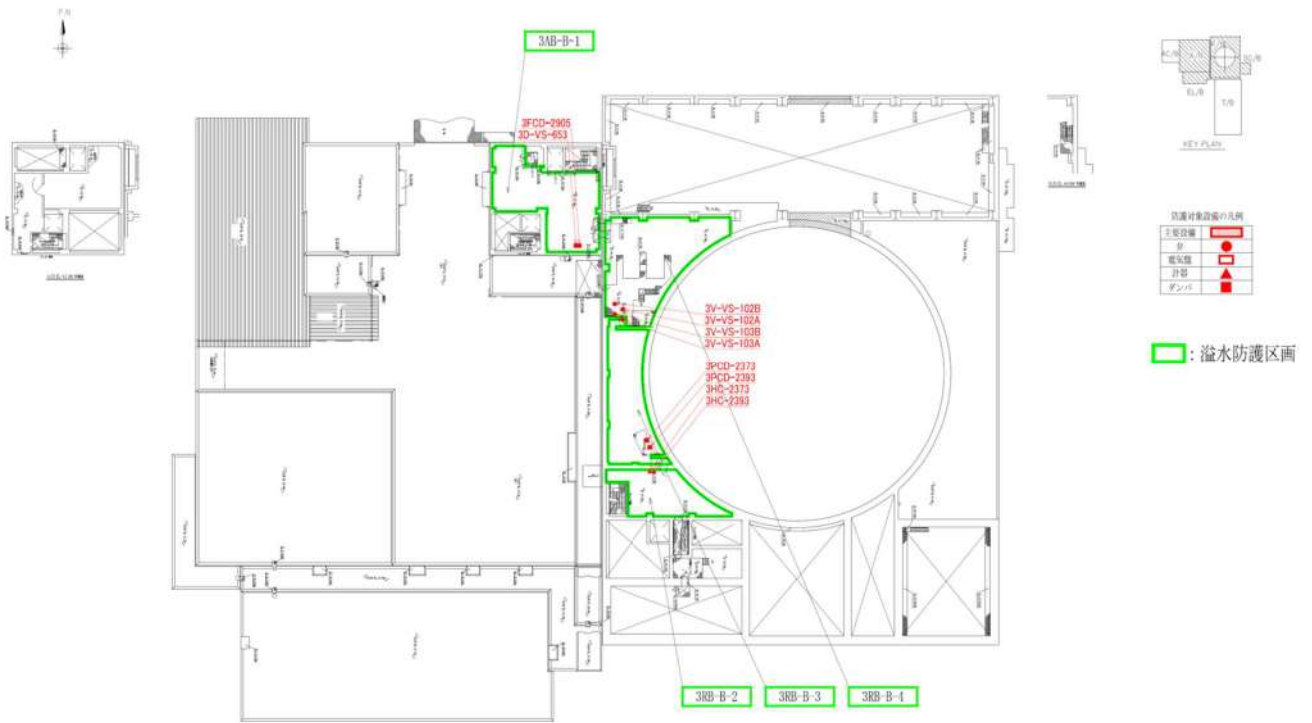
添付資料 4 表 1 にて抽出された溢水影響評価上の防護対象設備が、添付資料 7 で設定した区画上のどこに配置されているかについて、防護対象設備の配置について図 1 に示す。



泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(1/11)
T. P. 43. 6m

3RB-A-N2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3-原子炉補機冷却水サージタンク水位 (III)	3LT-1200	1.02
原子炉補機冷却水系統	3-原子炉補機冷却水サージタンク水位 (IV)	3LT-1201	1
換気空調設備系統	3A-原子炉補機冷却水サージタンク室電気ヒータ	3VSE3A	2.49
換気空調設備系統	3B-原子炉補機冷却水サージタンク室電気ヒータ	3VSE3B	2.49
換気空調設備系統	3A-原子炉補機冷却水サージタンク室内空気温度 (1)	3TS-2970	1.42
換気空調設備系統	3A-原子炉補機冷却水サージタンク室内空気温度 (2)	3TS-2971	1.42
換気空調設備系統	3B-原子炉補機冷却水サージタンク室内空気温度 (1)	3TS-2980	1.41
換気空調設備系統	3B-原子炉補機冷却水サージタンク室内空気温度 (2)	3TS-2981	1.41
換気空調設備系統	3A-原子炉補機冷却水サージタンク室電気ヒータ (3VSE3A) 出口空気温度 (2)	3TS-2973	2.58
換気空調設備系統	3B-原子炉補機冷却水サージタンク室電気ヒータ (3VSE3B) 出口空気温度 (2)	3TS-2983	2.57

図 1 防護対象設備配置図 (1 / 15)



泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(2/11)
T. P. 40. 3m

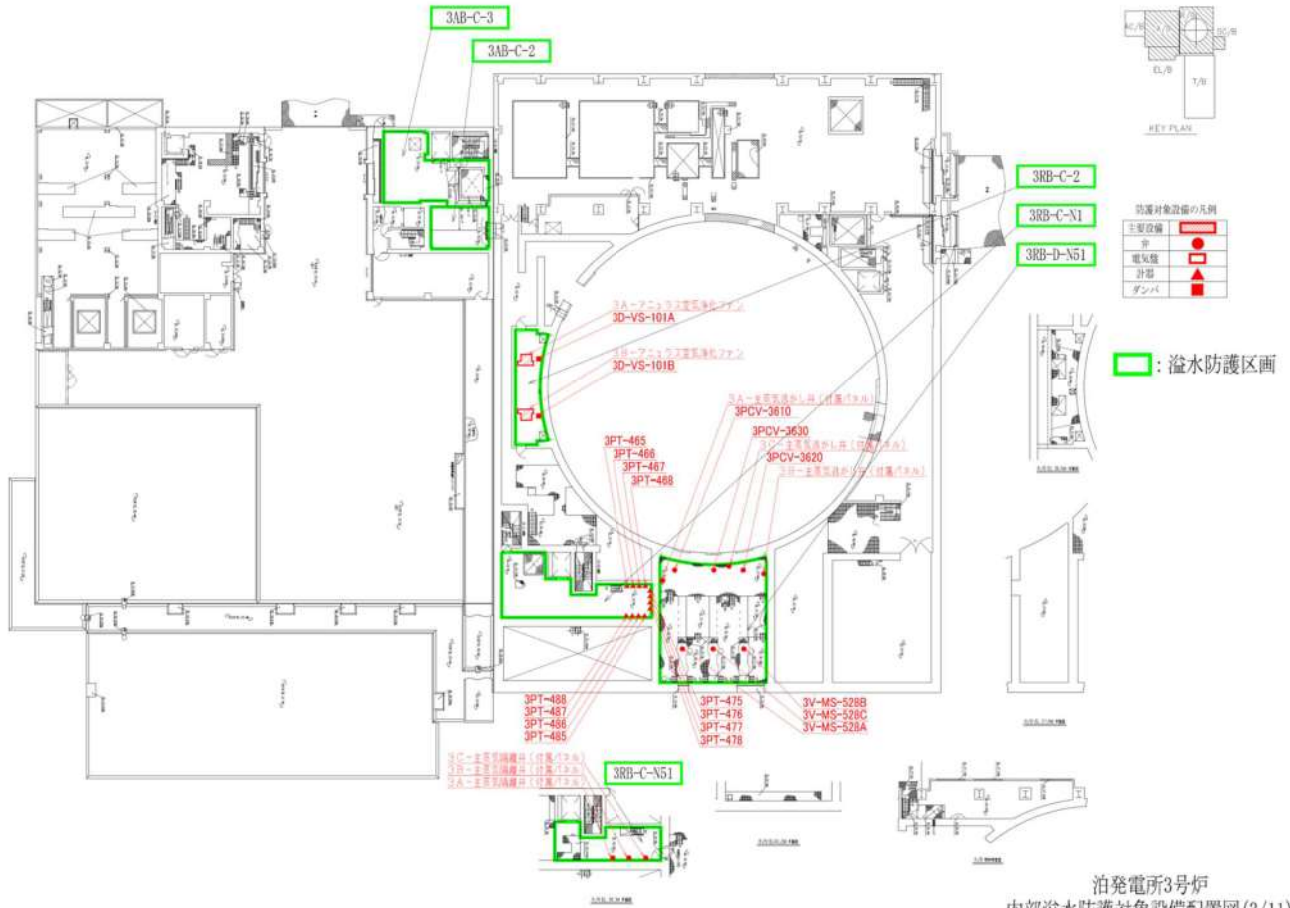
3AB-B-1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3-1試料採取室排気隔離ダンパ	3D-VS-653	3.29
換気空調設備系統	3-1試料採取室排気風量制御ダンパ	3FC-D-2905	3.61

3RB-B-2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3A-アニュラス戻りダンパ流量設定器	3HC-2373	1.44
換気空調設備系統	3B-アニュラス戻りダンパ流量設定器	3HC-2393	1.44

3RB-B-3			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3A-アニュラス戻りダンパ	3PC-D-2373	4.86
換気空調設備系統	3B-アニュラス戻りダンパ	3PC-D-2393	4.86

3RB-B-4			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3A-アニュラス全量排気弁	3V-VS-102A	4.16
換気空調設備系統	3B-アニュラス全量排気弁	3V-VS-102B	4.17
換気空調設備系統	3A-アニュラス少量排気弁	3V-VS-103A	3.1
換気空調設備系統	3B-アニュラス少量排気弁	3V-VS-103B	3.12

図1 防護対象設備配置図 (2 / 15)



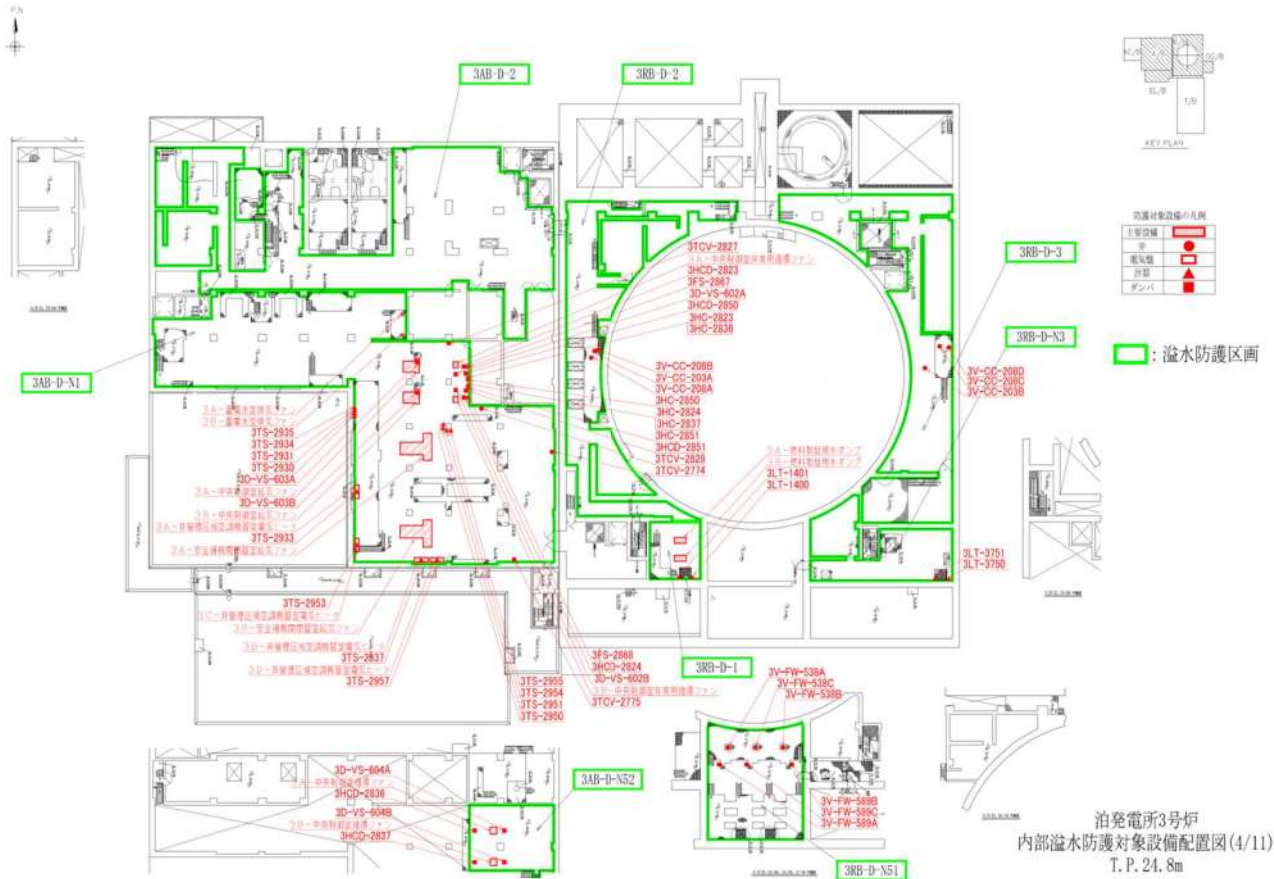
3RB-C-2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3A-アニュラス空気浄化ファン	3VSF9A	1.1
換気空調設備系統	3B-アニュラス空気浄化ファン	3VSF9B	1.1
換気空調設備系統	3A-アニュラス排気ダンパ	3D-VS-101A	4.02
換気空調設備系統	3B-アニュラス排気ダンパ	3D-VS-101B	4.02

3RB-C-N1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
主蒸気系統	3A-主蒸気ライン圧力 (Ⅰ)	3PT-465	0.79
主蒸気系統	3A-主蒸気ライン圧力 (Ⅱ)	3PT-466	0.79
主蒸気系統	3A-主蒸気ライン圧力 (Ⅲ)	3PT-467	0.79
主蒸気系統	3A-主蒸気ライン圧力 (Ⅳ)	3PT-468	0.8
主蒸気系統	3B-主蒸気ライン圧力 (Ⅰ)	3PT-475	0.79
主蒸気系統	3B-主蒸気ライン圧力 (Ⅱ)	3PT-476	0.79
主蒸気系統	3B-主蒸気ライン圧力 (Ⅲ)	3PT-477	0.79
主蒸気系統	3B-主蒸気ライン圧力 (Ⅳ)	3PT-478	0.79
主蒸気系統	3C-主蒸気ライン圧力 (Ⅰ)	3PT-485	0.79
主蒸気系統	3C-主蒸気ライン圧力 (Ⅱ)	3PT-486	0.79
主蒸気系統	3C-主蒸気ライン圧力 (Ⅲ)	3PT-487	0.79
主蒸気系統	3C-主蒸気ライン圧力 (Ⅳ)	3PT-488	0.79

3RB-D-N51			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
主蒸気系統	3A-主蒸気過剰し弁	3PCV-3610	8.62
主蒸気系統	3B-主蒸気過剰し弁	3PCV-3620	8.62
主蒸気系統	3C-主蒸気過剰し弁	3PCV-3630	8.62
主蒸気系統	3A-主蒸気過剰し弁(付属パネル)	3PCV-3610	8.3
主蒸気系統	3B-主蒸気過剰し弁(付属パネル)	3PCV-3620	8.3
主蒸気系統	3C-主蒸気過剰し弁(付属パネル)	3PCV-3630	8.3
主蒸気系統	3A-主蒸気隔離弁	3V-MS-528A	7.12
主蒸気系統	3B-主蒸気隔離弁	3V-MS-528B	7.12
主蒸気系統	3C-主蒸気隔離弁	3V-MS-528C	7.12

3RB-C-N51			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
主蒸気系統	3A-主蒸気隔離弁(付属パネル)	3V-MS-528A	0.6
主蒸気系統	3B-主蒸気隔離弁(付属パネル)	3V-MS-528B	0.6
主蒸気系統	3C-主蒸気隔離弁(付属パネル)	3V-MS-528C	0.6

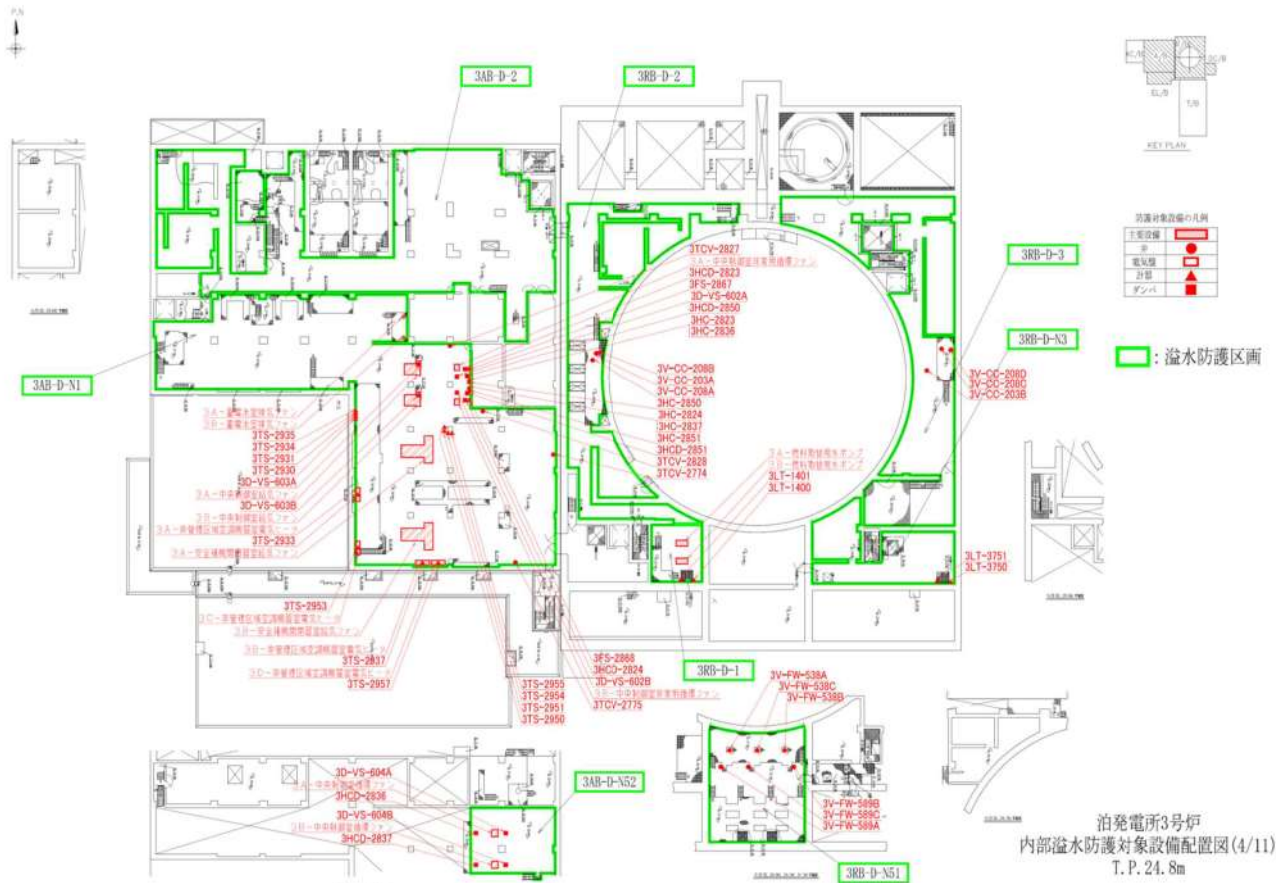
図1 防護対象設備配置図 (3 / 15)



泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(4/11)
T.P. 24, 8m

3AB-D-N1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3 A-安全補機閉扉室給気ファン	3VSF27A	0.15
換気空調設備系統	3 B-安全補機閉扉室給気ファン	3VSF27B	0.15
換気空調設備系統	3 A-蓄電池室排気ファン	3VSF31A	1.52
換気空調設備系統	3 B-蓄電池室排気ファン	3VSF31B	1.51
換気空調設備系統	3 A-中央制御室給気ファン	3VSF21A	0.15
換気空調設備系統	3 B-中央制御室給気ファン	3VSF21B	0.15
換気空調設備系統	3 A-中央制御室給気ファン出口ダンパ	3D-VS-603A	3.79
換気空調設備系統	3 B-中央制御室給気ファン出口ダンパ	3D-VS-603B	3.79
換気空調設備系統	3 A-中央制御室循環風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2836	1.14
換気空調設備系統	3 B-中央制御室循環風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2837	1.14
換気空調設備系統	3 A-中央制御室非常用循環ファン	3VSF22A	0.15
換気空調設備系統	3 B-中央制御室非常用循環ファン	3VSF22B	0.15
換気空調設備系統	3 A-中央制御室非常用循環ファン出口空気流量	3FS-2867	1.34
換気空調設備系統	3 B-中央制御室非常用循環ファン出口空気流量	3FS-2868	1.34
換気空調設備系統	3 A-中央制御室非常用循環ファン入口ダンパ	3D-VS-602A	0.36
換気空調設備系統	3 B-中央制御室非常用循環ファン入口ダンパ	3D-VS-602B	0.38
換気空調設備系統	3 A-中央制御室外気取入風量調節ダンパ	3HC-2823	5.31
換気空調設備系統	3 B-中央制御室外気取入風量調節ダンパ	3HC-2824	5.31
換気空調設備系統	3 A-中央制御室外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2823	1.64
換気空調設備系統	3 B-中央制御室外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2824	1.64
換気空調設備系統	3 A-中央制御室事故時外気取入風量調節ダンパ	3HC-2850	4.62
換気空調設備系統	3 B-中央制御室事故時外気取入風量調節ダンパ	3HC-2851	4.94
換気空調設備系統	3 A-中央制御室事故時外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2850	1.14
換気空調設備系統	3 B-中央制御室事故時外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2851	1.14
換気空調設備系統	3 A-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2A	2.5
換気空調設備系統	3 B-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2B	2.57
換気空調設備系統	3 C-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2C	2.5
換気空調設備系統	3 D-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2D	2.57
換気空調設備系統	3 A-非管理区域空調機器室室内空気温度 (1)	3TS-2930	1.42
換気空調設備系統	3 A-非管理区域空調機器室室内空気温度 (2)	3TS-2931	1.42
換気空調設備系統	3 B-非管理区域空調機器室室内空気温度 (1)	3TS-2934	1.41
換気空調設備系統	3 B-非管理区域空調機器室室内空気温度 (2)	3TS-2935	1.42
換気空調設備系統	3 C-非管理区域空調機器室室内空気温度 (1)	3TS-2950	1.42
換気空調設備系統	3 C-非管理区域空調機器室室内空気温度 (2)	3TS-2951	1.42
換気空調設備系統	3 D-非管理区域空調機器室室内空気温度 (1)	3TS-2954	1.42
換気空調設備系統	3 D-非管理区域空調機器室室内空気温度 (2)	3TS-2955	1.41
換気空調設備系統	3 A-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2A) 出口空気温度 (2)	3TS-2933	2.53
換気空調設備系統	3 B-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2B) 出口空気温度 (2)	3TS-2937	2.65
換気空調設備系統	3 C-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2C) 出口空気温度 (2)	3TS-2953	2.48
換気空調設備系統	3 D-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2D) 出口空気温度 (2)	3TS-2957	2.64
空調用冷水設備系統	3 A-安全補機閉扉室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2774	1.2
空調用冷水設備系統	3 B-安全補機閉扉室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2775	1.2
空調用冷水設備系統	3 A-中央制御室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2827	1.2
空調用冷水設備系統	3 B-中央制御室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2828	1.2

図1 防護対象設備配置図 (4 / 15)



泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(4/11)
T.P. 24. 8m

3AB-D-N52				
系統名称		機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3 A	中央制御室循環ファン	3VSF20A	0.15
換気空調設備系統	3 B	中央制御室循環ファン	3VSF20B	0.15
換気空調設備系統	3 A	中央制御室循環ファン入口ダンパ	3D-VS-604A	0.25
換気空調設備系統	3 B	中央制御室循環ファン入口ダンパ	3D-VS-604B	0.26
換気空調設備系統	3 A	中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2836	0.25
換気空調設備系統	3 B	中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2837	0.25

3RB-D-N51				
系統名称		機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3 A	補助給水隔離弁	3V-FW-589A	0.5
補助給水系統	3 B	補助給水隔離弁	3V-FW-589B	0.5
補助給水系統	3 C	補助給水隔離弁	3V-FW-589C	0.5
主給水系統	3 A	主給水隔離弁	3V-FW-538A	1.3
主給水系統	3 B	主給水隔離弁	3V-FW-538B	1.3
主給水系統	3 C	主給水隔離弁	3V-FW-538C	1.3

3RB-D-N3				
系統名称		機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3	補助給水ビット水位 (I)	3LT-3750	1
補助給水系統	3	補助給水ビット水位 (II)	3LT-3751	1

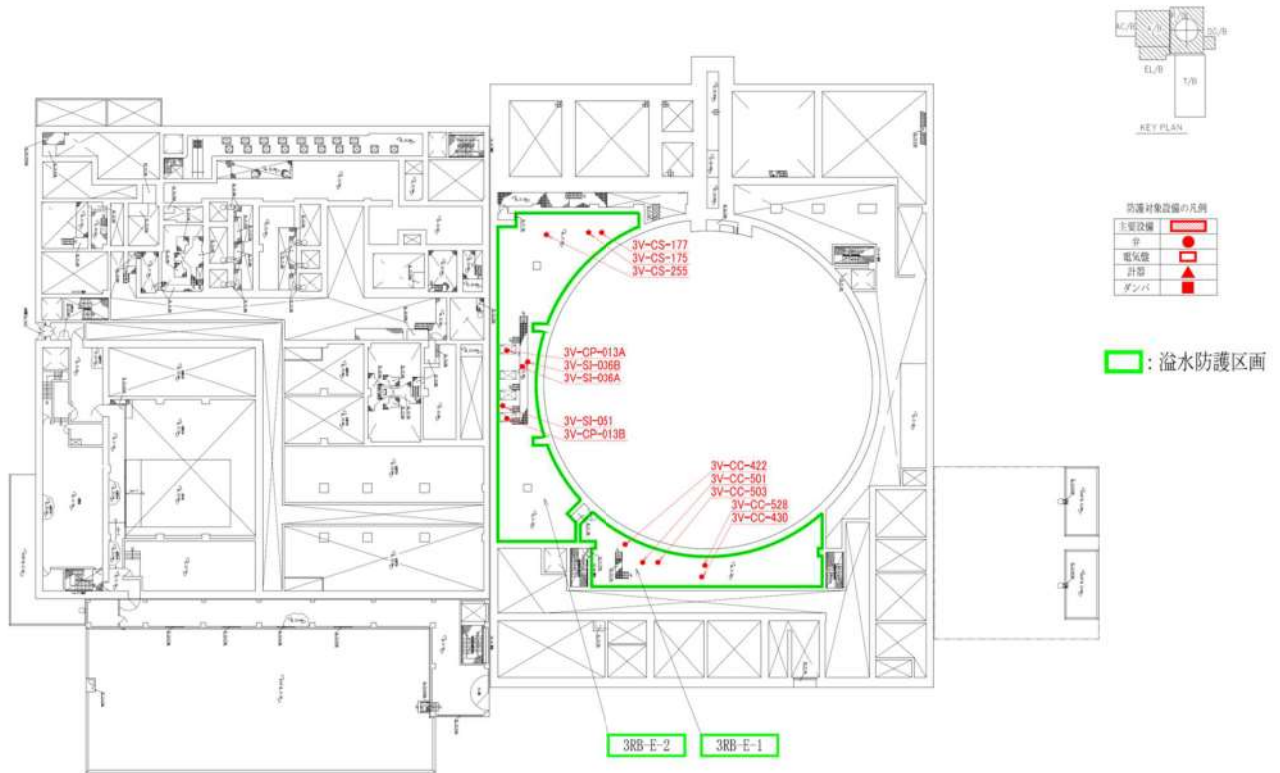
3RB-D-1				
系統名称		機器名称	機器番号	設置高さ (m)
燃料取替用水系統	3 A	燃料取替用水ポンプ	3RFP1A	0.51
燃料取替用水系統	3 B	燃料取替用水ポンプ	3RFP1B	0.51
燃料取替用水系統	3	燃料取替用水ビット水位 (I)	3LT-1400	1.03
燃料取替用水系統	3	燃料取替用水ビット水位 (II)	3LT-1401	1.03

3RB-D-2				
系統名称		機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3 A, B-C/V	再循環ユニット補機冷却水入口C/V外側隔離弁	3V-CC-203A	1
原子炉補機冷却水系統	3 A-C/V	再循環ユニット補機冷却水出口C/V外側隔離弁	3V-CC-208A	3.94
原子炉補機冷却水系統	3 B-C/V	再循環ユニット補機冷却水出口C/V外側隔離弁	3V-CC-208B	3.94

3RB-B-3				
系統名称		機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3 C, D-C/V	再循環ユニット補機冷却水入口C/V外側隔離弁	3V-CC-203B	1.2
原子炉補機冷却水系統	3 C-C/V	再循環ユニット補機冷却水出口C/V外側隔離弁	3V-CC-208C	3.94
原子炉補機冷却水系統	3 D-C/V	再循環ユニット補機冷却水出口C/V外側隔離弁	3V-CC-208D	3.94

図 1 防護対象設備配置図 (5 / 15)

9条-別添1-補6-5

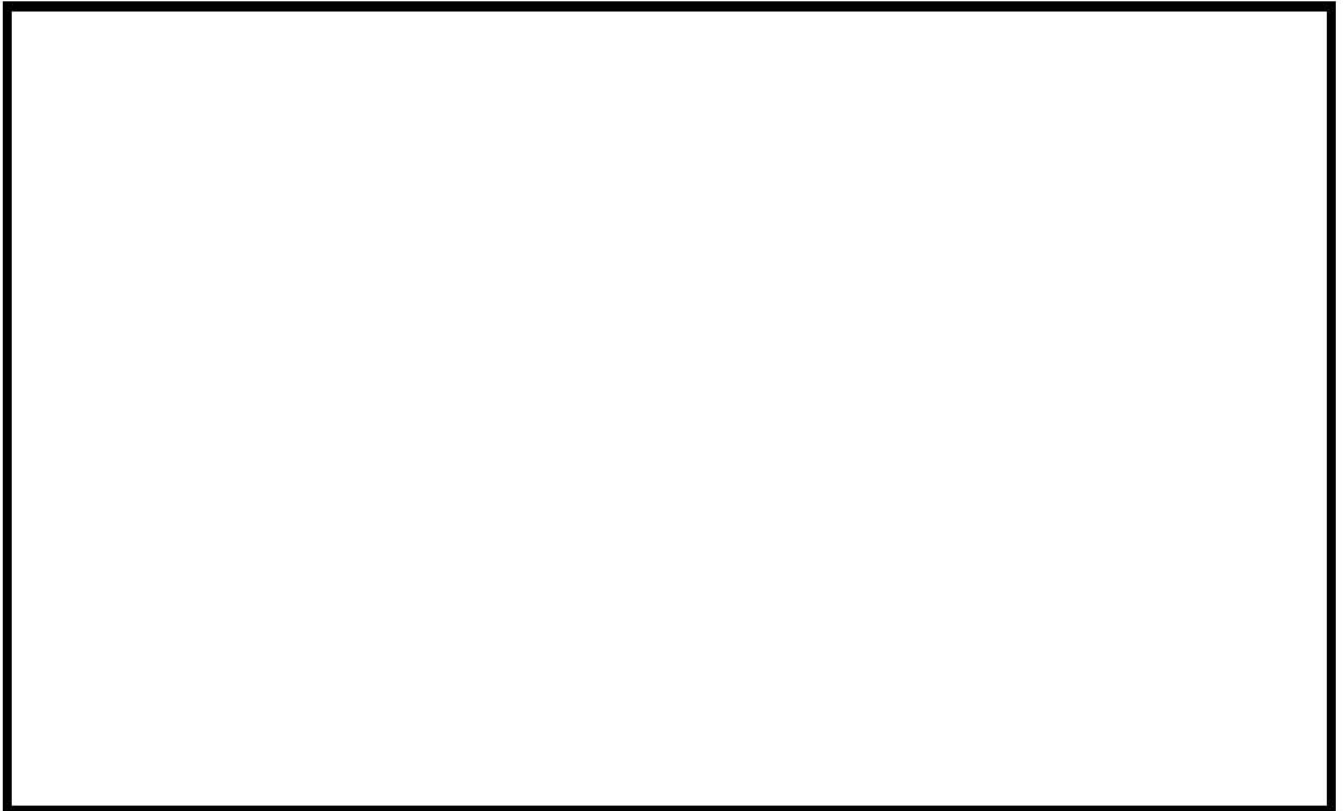


泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(5/11)
T. P. 17. 8m(中間床)

3RB-E-1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3-余剰抽出冷却器等補機冷却水入口C/V外側隔離弁	3V-CC-422	1.38
原子炉補機冷却水系統	3-余剰抽出冷却器等補機冷却水出口C/V外側隔離弁	3V-CC-430	0.88
原子炉補機冷却水系統	3-1次冷却材ポンプ補機冷却水入口止め弁	3V-CC-501	1.12
原子炉補機冷却水系統	3-1次冷却材ポンプ補機冷却水入口C/V外側隔離弁	3V-CC-503	1.12
原子炉補機冷却水系統	3-1次冷却材ポンプ補機冷却水出口C/V外側隔離弁	3V-CC-528	1.12

3RB-E-2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
化学体積制御系統	3-充てんラインC/V外側止め弁	3V-CS-175	0.6
化学体積制御系統	3-充てんラインC/V外側隔離弁	3V-CS-177	0.6
化学体積制御系統	3-1次冷却材ポンプ封水戻りラインC/V外側隔離弁	3V-CS-255	0.86
原子炉格納容器スプレイ系統	3A-格納容器スプレイ冷却器出口C/V外側隔離弁	3V-CP-013A	1.12
原子炉格納容器スプレイ系統	3B-格納容器スプレイ冷却器出口C/V外側隔離弁	3V-CP-013B	1.12
安全注入系統	3-ほう酸注入タンク出口C/V外側隔離弁A	3V-SI-036A	0.6
安全注入系統	3-ほう酸注入タンク出口C/V外側隔離弁B	3V-SI-036B	0.6
安全注入系統	3-補助高圧注入ラインC/V外側隔離弁	3V-SI-051	0.6

図1 防護対象設備配置図 (6 / 15)



3AB-F-1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
化学体積制御系統	3A-ほう酸タンク水位 (I)	3LT-205	1
化学体積制御系統	3B-ほう酸タンク水位 (II)	3LT-208	0.99
原子炉補機冷却水系統	3-B A, WDおよびLDエバ補機冷却水戻りライン第1止め弁	3V-CC-351	0.62
原子炉補機冷却水系統	3-B A, WDおよびLDエバ補機冷却水戻りライン第2止め弁	3V-CC-352	0.62

3AB-F-20			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
化学体積制御系統	3B-ほう酸ポンプ	3CSP2B	0.43

3AB-F-21			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
化学体積制御系統	3A-ほう酸ポンプ	3CSP2A	0.43

3AB-F-23			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
安全注入系統	3-ほう酸注入タンク入口弁A	3V-SI-032A	0.89
安全注入系統	3-ほう酸注入タンク入口弁B	3V-SI-032B	0.89

3AB-F-N13			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3-工学的安全施設作動室 (トレンA)	3EFA	0.04
関連設備	3-原子炉安全保護盤 (チャンネルI)	3P1	0.04
関連設備	3-原子炉安全保護盤 (チャンネルIII)	3P111	0.04
関連設備	3-安全系FDPプロセッサ (トレンA) (保守用)	3SMA	0.04
関連設備	3-安全系FDPプロセッサ (トレンA) (運転用)	3SFA	0.05
関連設備	3-安全系マルチプレクサ (トレンA)	3SMCA	0.04
関連設備	3-安全系現場制御監視盤 (トレンAグループ1)	3SLGA1	0.04
関連設備	3-安全系現場制御監視盤 (トレンAグループ2)	3SLGA2	0.04
関連設備	3-安全系現場制御監視盤 (トレンAグループ3)	3SLGA3	0.04
換気空調設備系統	3A-安全系計装室室内空気温度	3TS-2790	1.3

3AB-F-N13			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3-工学的安全施設作動室 (トレンB)	3EFB	0.04
関連設備	3-原子炉安全保護盤 (チャンネルII)	3P11	0.04
関連設備	3-原子炉安全保護盤 (チャンネルIV)	3P1V	0.04
関連設備	3-安全系FDPプロセッサ (トレンB) (保守用)	3SMB	0.04
関連設備	3-安全系FDPプロセッサ (トレンB) (運転用)	3SFB	0.05
関連設備	3-安全系マルチプレクサ (トレンB)	3SMCB	0.04
関連設備	3-安全系現場制御監視盤 (トレンBグループ1)	3SLGB1	0.04
関連設備	3-安全系現場制御監視盤 (トレンBグループ2)	3SLGB2	0.04
関連設備	3-安全系現場制御監視盤 (トレンBグループ3)	3SLGB3	0.04
換気空調設備系統	3B-安全系計装室室内空気温度	3TS-2791	1.3

3AB-F-N8			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3-運転コンソール	3CDB	0.2
関連設備	3A-共通要因故障対策作盤	3CFFA	0.33
関連設備	3B-共通要因故障対策作盤	3CFFB	0.33
換気空調設備系統	3-中央制御室内空気温度 (2)	3TS-2846	1.3
換気空調設備系統	3-中央制御室内空気温度 (3)	3TS-2847	1.3

3RB-F-2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
制御用空気系統	3A-制御用空気ヘッダ圧力 (III)	3PT-1800	1.02
制御用空気系統	3B-制御用空気ヘッダ圧力 (IV)	3PT-1810	1.01
制御用空気系統	3A-制御用空気C/V外側隔離弁	3V-1A-510A	0.75
制御用空気系統	3B-制御用空気C/V外側隔離弁	3V-1A-510B	0.75
原子炉格納容器スプレイ系統	3-格納容器圧力 (I)	3PT-590	0.85
原子炉格納容器スプレイ系統	3-格納容器圧力 (II)	3PT-591	0.85
原子炉格納容器スプレイ系統	3-格納容器圧力 (III)	3PT-592	0.85
原子炉格納容器スプレイ系統	3-格納容器圧力 (IV)	3PT-593	0.85

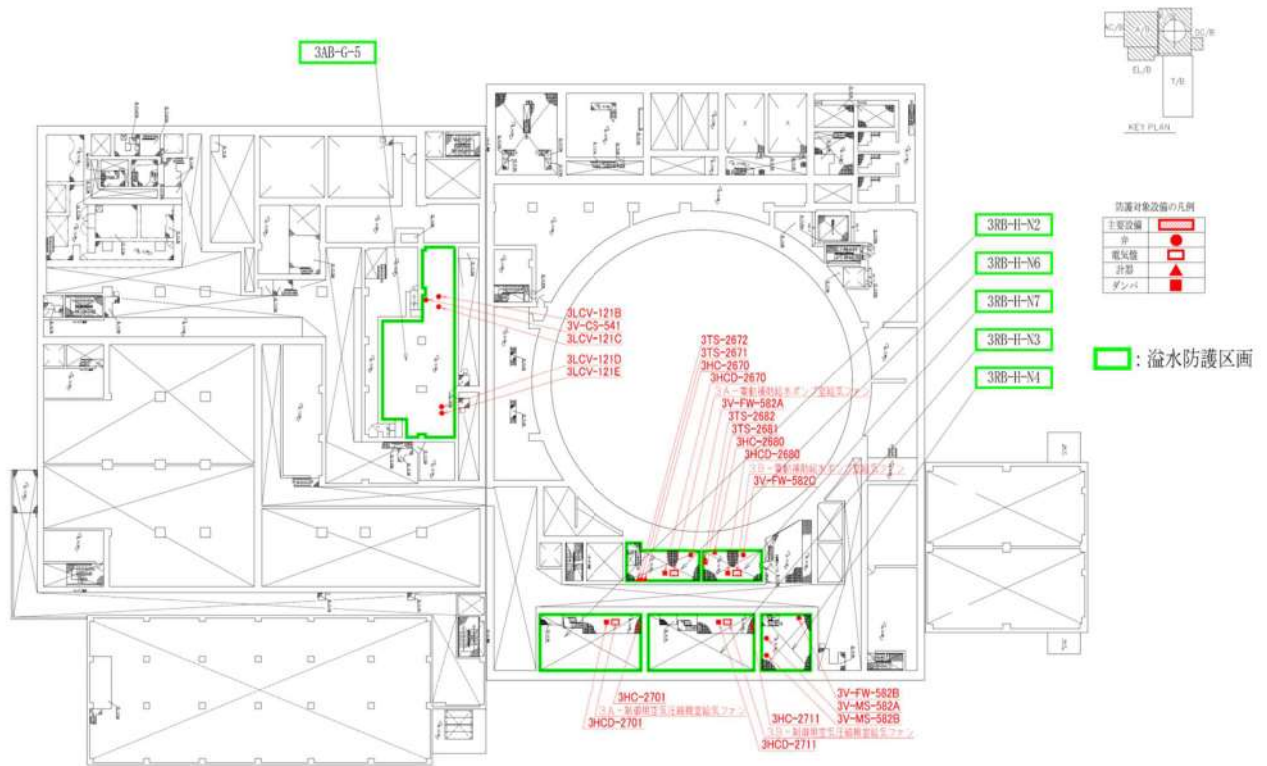
3RB-F-N10			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3A-ディーゼル発電機室給気ファン	3VSF39A	0.19
換気空調設備系統	3B-ディーゼル発電機室給気ファン	3VSF39B	0.19
換気空調設備系統	3A-ディーゼル発電機室外気取入風量調節ダンパ	3HCB-2741	4.11
換気空調設備系統	3A-ディーゼル発電機室外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2741	1.44

3RB-F-N3			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3-原子炉トリップ遮断器盤 (チャンネルI)	3RT1	0.06
関連設備	3-原子炉トリップ遮断器盤 (チャンネルII)	3RT11	0.06
関連設備	3-原子炉トリップ遮断器盤 (チャンネルIII)	3RT111	0.06
関連設備	3-原子炉トリップ遮断器盤 (チャンネルIV)	3RT1V	0.06

3RB-F-N8			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3C-ディーゼル発電機室給気ファン	3VSF39C	0.19
換気空調設備系統	3D-ディーゼル発電機室給気ファン	3VSF39D	0.19
換気空調設備系統	3B-ディーゼル発電機室外気取入風量調節ダンパ	3HCB-2742	4.11
換気空調設備系統	3B-ディーゼル発電機室外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2742	1.44

図1 防護対象設備配置図 (7 / 15)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(7/11)
T. P. 10. 3m(中間床)

3RB-H-N2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3 A - 制御用空気圧縮機室給気ファン	3VSF42A	4.5
換気空調設備系統	3 A - 制御用空気圧縮機室外気取入風量調節ダンパ	3HC-2701	4.64
換気空調設備系統	3 A - 制御用空気圧縮機室外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2701	5.74

3RB-H-N3			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3 B - 制御用空気圧縮機室給気ファン	3VSF42B	4.5
換気空調設備系統	3 B - 制御用空気圧縮機室外気取入風量調節ダンパ	3HC-2711	4.63
換気空調設備系統	3 B - 制御用空気圧縮機室外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2711	5.74

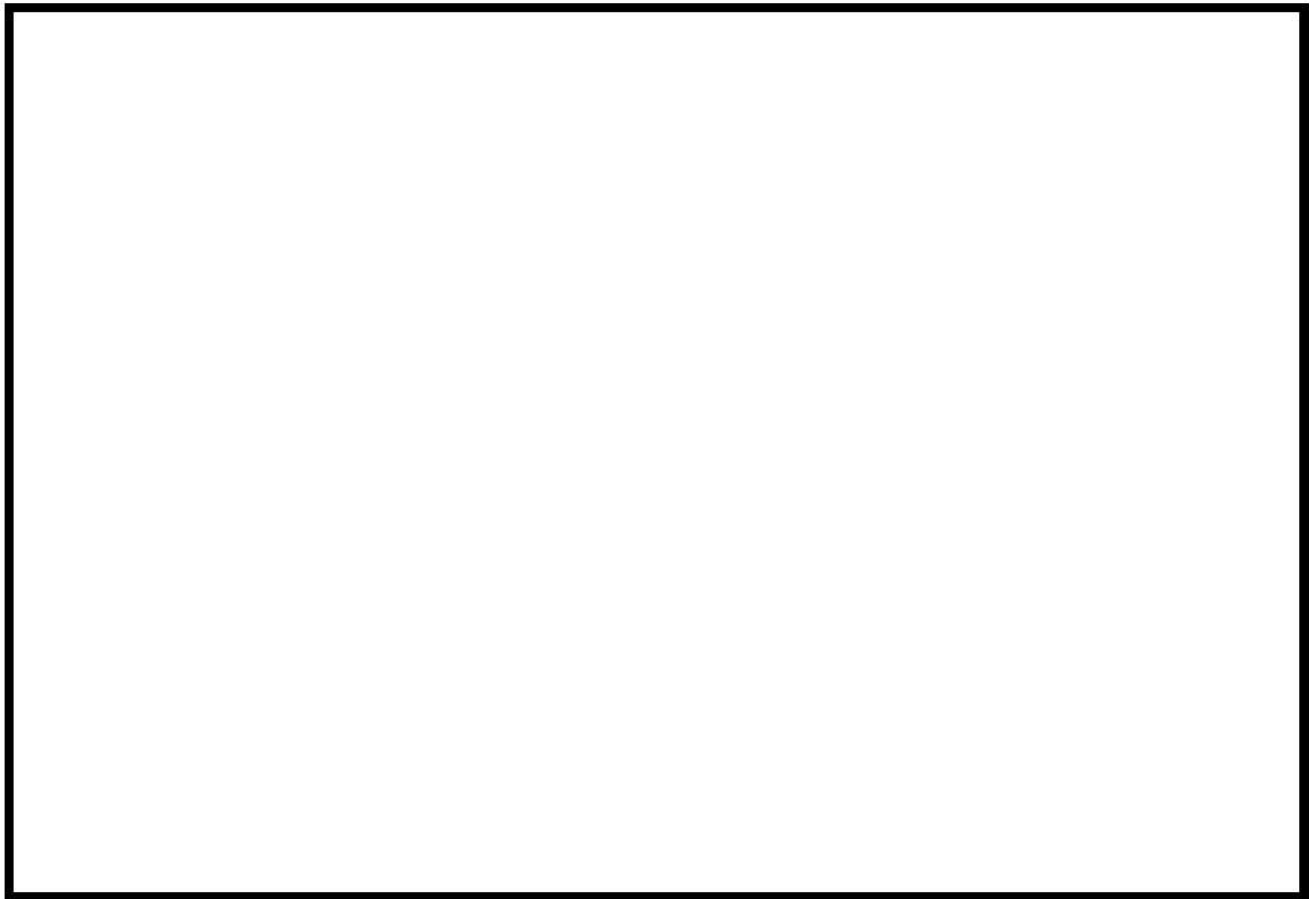
3RB-H-N4			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3 B - 補助給水ポンプ出口流量調節弁	3V-FW-582B	4.35
主蒸気系統	3 - タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気入口弁 A	3V-MS-582A	4.5
主蒸気系統	3 - タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気入口弁 B	3V-MS-582B	4.5

3RB-H-N6			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3 A - 補助給水ポンプ出口流量調節弁	3V-FW-582A	4.35
換気空調設備系統	3 A - 電動補助給水ポンプ室給気ファン	3VSF40A	4.4
換気空調設備系統	3 A - 電動補助給水ポンプ室外気取入風量調節ダンパ	3HC-2670	4.53
換気空調設備系統	3 A - 電動補助給水ポンプ室外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2670	5.44
換気空調設備系統	3 A - 電動補助給水ポンプ室内空気温度 (1)	3TS-2671	5.3
換気空調設備系統	3 A - 電動補助給水ポンプ室内空気温度 (2)	3TS-2672	5.3

3RB-H-N7			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3 C - 補助給水ポンプ出口流量調節弁	3V-FW-582C	4.39
換気空調設備系統	3 B - 電動補助給水ポンプ室給気ファン	3VSF40B	4.4
換気空調設備系統	3 B - 電動補助給水ポンプ室外気取入風量調節ダンパ	3HC-2680	4.54
換気空調設備系統	3 B - 電動補助給水ポンプ室外気取入風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2680	5.44
換気空調設備系統	3 B - 電動補助給水ポンプ室内空気温度 (1)	3TS-2681	5.3
換気空調設備系統	3 B - 電動補助給水ポンプ室内空気温度 (2)	3TS-2682	5.3

3AB-G-5			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
化学体積制御系統	3 - 体積制御タンク出口第 1 止め弁	3LCV-121B	0.68
化学体積制御系統	3 - 体積制御タンク出口第 2 止め弁	3LCV-121C	0.67
化学体積制御系統	3 - 充てんポンプ入口燃料取替用水ビット搬入口弁 A	3LCV-121D	0.56
化学体積制御系統	3 - 充てんポンプ入口燃料取替用水ビット搬入口弁 B	3LCV-121E	0.56
化学体積制御系統	3 - 緊急ほう酸注入弁	3V-CS-541	0.5

図 1 防護対象設備配置図 (8 / 15)



3RB-H-4			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3A-使用済燃料ピット冷却器補機冷却水入口弁	3V-CC-151A	0.55
原子炉補機冷却水系統	3B-使用済燃料ピット冷却器補機冷却水入口弁	3V-CC-151B	0.55
原子炉補機冷却水系統	3A-使用済燃料ピット冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-159A	0.55
原子炉補機冷却水系統	3B-使用済燃料ピット冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-159B	0.55

3RB-H-7			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
使用済燃料ピット水浄化冷却系統	3A-使用済燃料ピットポンプ	3SFP1A	0.69
使用済燃料ピット水浄化冷却系統	3B-使用済燃料ピットポンプ	3SFP1B	0.69

3RB-H-11			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3A-補助給水ライン流量 (I1)	3FT-3766	1.02
補助給水系統	3B-補助給水ライン流量 (I11)	3FT-3776	1
補助給水系統	3C-補助給水ライン流量 (IV)	3FT-3786	1.02
関連設備	3-タービン駆補助給水ポンプ駆動盤トレンA	3TDA	0.37
関連設備	3-タービン駆補助給水ポンプ駆動盤トレンB	3TDB	0.37
関連設備	3-補助給水ポンプ出口流量調節弁盤トレンA	3AFMA	0.43
関連設備	3-補助給水ポンプ出口流量調節弁盤トレンB	3AFMB	0.43

3RB-H-10			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3B-ディーゼル発電機コントロールセンタ	3GDC-B	0.1
非常用電源系	3B-ディーゼル発電機制御盤	3EGBB	0.07

3RB-H-11			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3A-ディーゼル発電機コントロールセンタ	3GDC-A	0.1
非常用電源系	3A-ディーゼル発電機制御盤	3EGBA	0.07

3RB-H-12			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
制御用空気系統	3A-制御用空気圧縮機	3IAE1A	0.4
制御用空気系統	3A-制御用空気Cヘッド供給弁	3V-1A-501A	0.5
制御用空気系統	3B-制御用空気Cヘッド供給弁	3V-1A-501B	0.5
関連設備	3A-制御用空気圧縮機盤	3IAPA	0.3
関連設備	3A-制御用空気圧縮機容量調節弁	3IAMP	0.79
換気空調設備系統	3A-制御用空気圧縮機室内空気温度 (1)	3TS-2702	1.39
換気空調設備系統	3A-制御用空気圧縮機室内空気温度 (2)	3TS-2703	1.39
換気空調設備系統	3A-制御用空気圧縮機電気ヒータ	3VSE1A	2.8
換気空調設備系統	3A-制御用空気圧縮機室内空気温度 (5)	3TS-2910	1.4
換気空調設備系統	3A-制御用空気圧縮機室内空気温度 (6)	3TS-2911	1.39
換気空調設備系統	3A-制御用空気圧縮機電気ヒータ (3VSE1A) 出口空気温度 (2)	3TS-2913	2.82

3RB-H-13			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
制御用空気系統	3B-制御用空気圧縮機	3IAE1B	0.4
制御用空気系統	3A-制御用空気主蒸気逃がし弁供給弁	3V-1A-505A	0.5
制御用空気系統	3B-制御用空気主蒸気逃がし弁供給弁	3V-1A-505B	0.5
関連設備	3B-制御用空気圧縮機盤	3IAPB	0.3
関連設備	3B-制御用空気圧縮機容量調節弁	3IAMPB	0.8
換気空調設備系統	3B-制御用空気圧縮機室内空気温度 (1)	3TS-2712	1.39
換気空調設備系統	3B-制御用空気圧縮機室内空気温度 (2)	3TS-2713	1.4
換気空調設備系統	3B-制御用空気圧縮機電気ヒータ	3VSE1B	2.79
換気空調設備系統	3B-制御用空気圧縮機室内空気温度 (5)	3TS-2920	1.4
換気空調設備系統	3B-制御用空気圧縮機室内空気温度 (6)	3TS-2921	1.4
換気空調設備系統	3B-制御用空気圧縮機電気ヒータ (3VSE1B) 出口空気温度 (2)	3TS-2923	2.82

3RB-H-14			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3-タービン駆補助給水ポンプ	3FMP1	0.67

図 1 防護対象設備配置図 (9 / 15)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



3RB-H-05			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3A-1次冷却材ポンプ母線計測盤	3RB1A	0.04
関連設備	3B-1次冷却材ポンプ母線計測盤	3RB1B	0.04
関連設備	3C-1次冷却材ポンプ母線計測盤	3RB1C	0.04

3RB-H-06			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3A-電動補助給水ポンプ	3FWP2A	0.3

3RB-H-07			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
補助給水系統	3B-電動補助給水ポンプ	3FWP2B	0.3

3AB-H-1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉格納容器スプレイ系統	3-よう素除去薬品タンク注入Aライン止め弁	3V-CP-054A	0.42
原子炉格納容器スプレイ系統	3-よう素除去薬品タンク注入Bライン止め弁	3V-CP-054B	0.42

3AB-H-2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
安全注入系統	3B-高圧注入ポンプ燃料取替用水ビット側入口弁	3V-SI-002B	0.8

3AB-H-4			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
化学体積制御系統	3C-充てんポンプ	3CSP1C	0.68

3AB-H-6			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
化学体積制御系統	3B-充てんポンプ	3CSP1B	0.68

3AB-H-8			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
化学体積制御系統	3A-充てんポンプ	3CSP1A	0.68

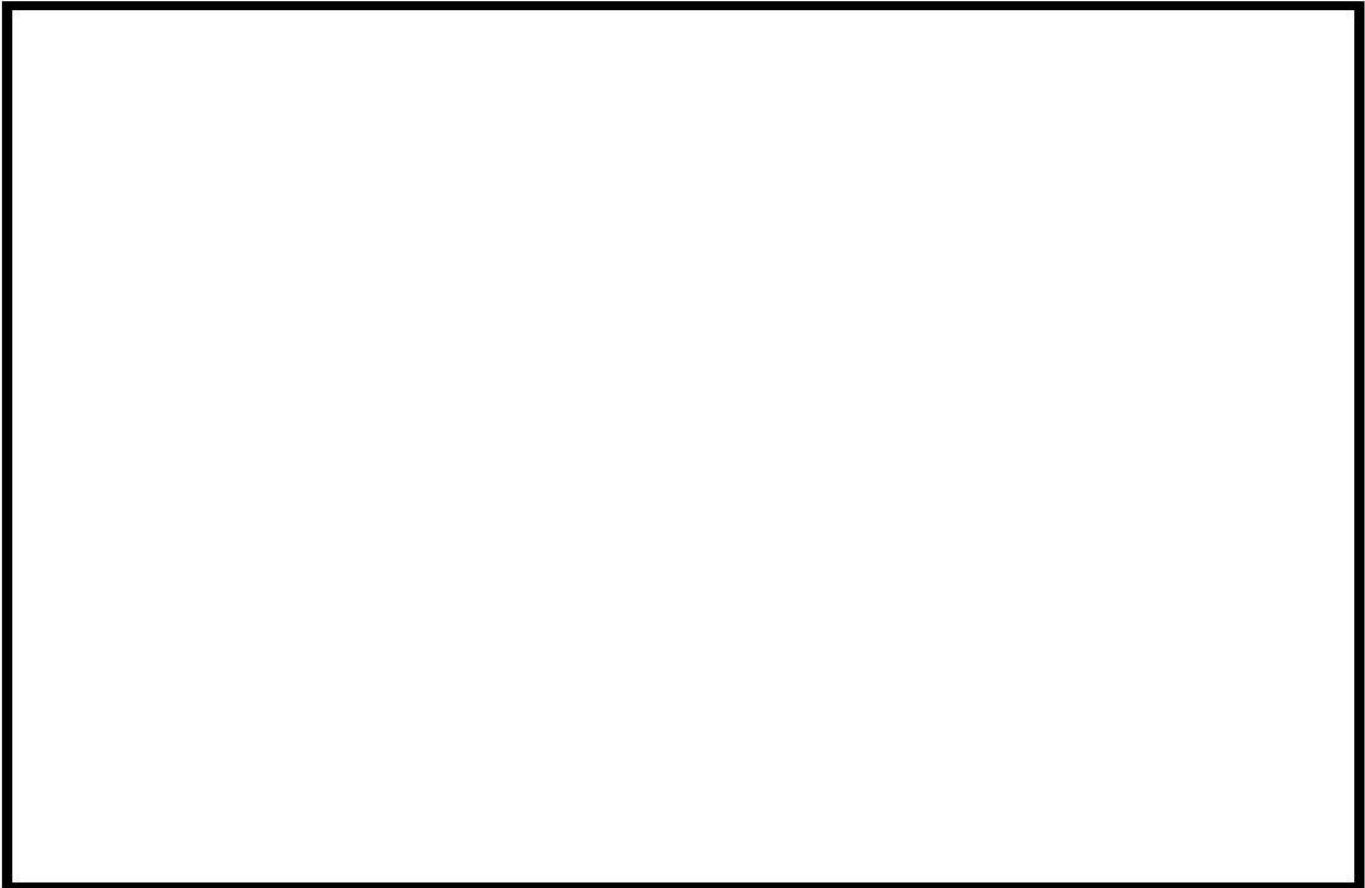
3AB-H-0			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
安全注入系統	3A-高圧注入ポンプ燃料取替用水ビット側入口弁	3V-SI-002A	0.8

3AB-H-01			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3B-充電器盤	3CPB	0.1
関連設備	3B-計装用インバータ	31VB	0.1
関連設備	3D-計装用インバータ	31VD	0.1
関連設備	3B1-計装用交流分電盤	31DPB1	0.2
関連設備	3B2-計装用交流分電盤	31DPB2	0.21
関連設備	3D1-計装用交流分電盤	31DPD1	0.2
関連設備	3D2-計装用交流分電盤	31DPD2	0.2
関連設備	3B-計装用交流電源切替器盤	31SPB	0.33
関連設備	3D-計装用交流電源切替器盤	31SPD	0.33
関連設備	3B-補助建屋直流分電盤	3DDPB	0.22
関連設備	3-ソレノイド分電盤トレンB1	3SDB1	0.18
関連設備	3-ソレノイド分電盤トレンB2	3SDB2	0.19
関連設備	3-ソレノイド分電盤トレンB3	3SDB3	0.19
関連設備	3-ソレノイド分電盤トレンB4	3SDB4	0.18
関連設備	3B-直流コントロールセンタ	3DCB	0.1
関連設備	3B1-原子炉コントロールセンタ	3RCO-B1	0.1
関連設備	3B2-原子炉コントロールセンタ	3RCO-B2	0.1
関連設備	3B1-パワーコントロールセンタ	3POC-B1	0.06
関連設備	3B2-パワーコントロールセンタ	3POC-B2	0.06
関連設備	3B-6.6kVメタクラ	3MC-B	0.15

3AB-H-03			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
非常用電源系	3B-蓄電池	3BATB	0.57

図1 防護対象設備配置図 (10/15)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



3AB-H6			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
関連設備	3A-充電器盤	3CPA	0.1
関連設備	3A-計装用インバータ	3IVA	0.1
関連設備	3C-計装用インバータ	3IVC	0.1
関連設備	3A1-計装用交流分電盤	3IDPA1	0.21
関連設備	3A2-計装用交流分電盤	3IDPA2	0.21
関連設備	3C1-計装用交流分電盤	3IDPC1	0.21
関連設備	3C2-計装用交流分電盤	3IDPC2	0.21
関連設備	3A-計装用交流電源切替器盤	3ISPA	0.34
関連設備	3C-計装用交流電源切替器盤	3ISPC	0.34
関連設備	3A-補助建屋直流分電盤	3DDPA	0.22
関連設備	3-ソレノイド分電盤トレンA1	3SDA1	0.2
関連設備	3-ソレノイド分電盤トレンA2	3SDA2	0.2
関連設備	3-ソレノイド分電盤トレンA3	3SDA3	0.2
関連設備	3-ソレノイド分電盤トレンA4	3SDA4	0.2
関連設備	3A-直流コントロールセンタ	3DCA	0.1
関連設備	3A1-原子炉コントロールセンタ	3RCC-A1	0.1
関連設備	3A2-原子炉コントロールセンタ	3RCC-A2	0.1
関連設備	3A1-パワーコントロールセンタ	3POC-A1	0.06
関連設備	3A2-パワーコントロールセンタ	3POC-A2	0.06
関連設備	3A-6.6kVメタクラ	3MC-A	0.15

3AB-H7			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
非常用電源系	3A-蓄電池	3BATA	0.57



3DG-H-N1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3B-ディーゼル発電機室内空気温度 (1)	3TS-2749	5.16
換気空調設備系統	3B-ディーゼル発電機室内空気温度 (2)	3TS-2750	5.16
換気空調設備系統	3B-ディーゼル発電機室内空気温度 (3)	3TS-2753	4.41
換気空調設備系統	3B-ディーゼル発電機室内空気温度 (4)	3TS-2754	4.42

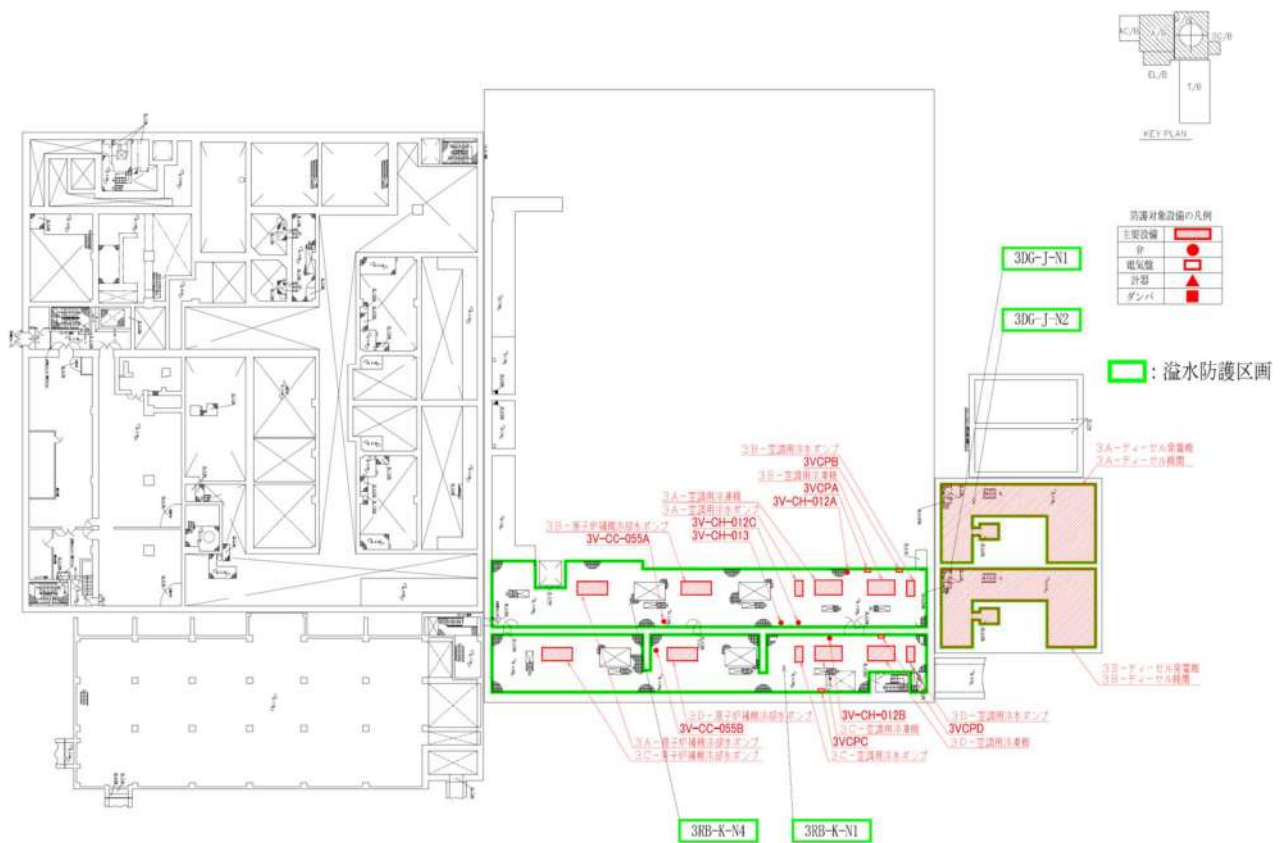
3DG-H-N2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3A-ディーゼル発電機室内空気温度 (1)	3TS-2747	5.8
換気空調設備系統	3A-ディーゼル発電機室内空気温度 (2)	3TS-2748	5.79
換気空調設備系統	3A-ディーゼル発電機室内空気温度 (3)	3TS-2751	5.21
換気空調設備系統	3A-ディーゼル発電機室内空気温度 (4)	3TS-2752	5.21

3RB-J-1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
余熱除去系統	3B-余熱除去ポンプ再循環サンブ側入口弁	3V-RH-0588	3.85
安全注入系統	3B-安全注入ポンプ再循環サンブ側入口C/V外側隔離弁	3V-SI-084B	4.07

3RB-J-2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
余熱除去系統	3A-余熱除去ポンプ再循環サンブ側入口弁	3V-RH-058A	2.9
安全注入系統	3A-安全注入ポンプ再循環サンブ側入口C/V外側隔離弁	3V-SI-084A	2.9

図1 防護対象設備配置図 (11 / 15)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(9/11)
T. P. 2. 3m(中間床)

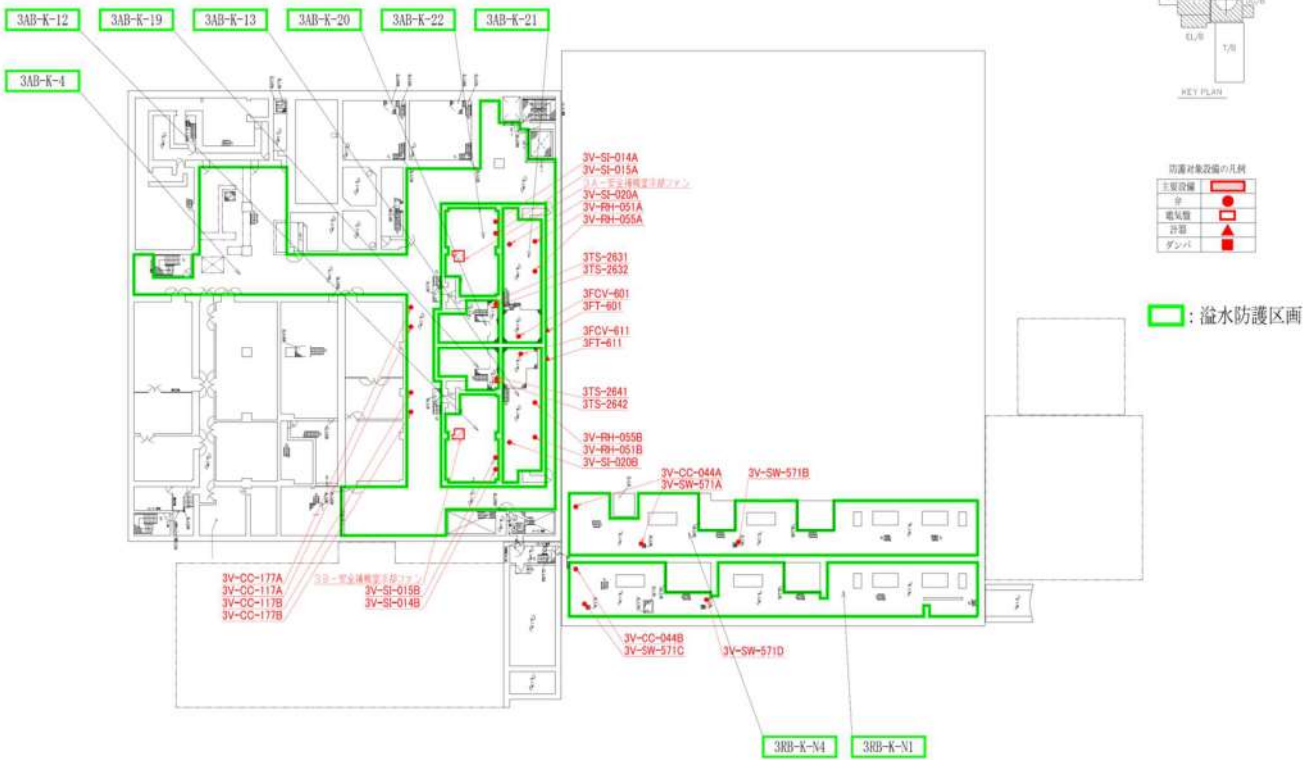
3RB-K-N1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3 C - 原子炉補機冷却水ポンプ	3CCP1C	2.8
原子炉補機冷却水系統	3 D - 原子炉補機冷却水ポンプ	3CCP1D	2.8
原子炉補機冷却水系統	3 - 原子炉補機冷却水供給母管 B 側連絡弁	3V-CC-055B	2.65
空調用冷水設備系統	3 C - 空調用冷水ポンプ	3CHP1C	2.43
空調用冷水設備系統	3 D - 空調用冷水ポンプ	3CHP1D	2.43
空調用冷水設備系統	3 C - 空調用冷凍機	3CHE1C	2.05
空調用冷水設備系統	3 D - 空調用冷凍機	3CHE1D	2.05
空調用冷水設備系統	3 - 空調用冷水 B 母管入口隔離弁	3V-CH-012B	2.53
関連設備	3 C - 空調用冷凍機盤	3VCP1C	2.23
関連設備	3 D - 空調用冷凍機盤	3VCP1D	2.23

3RB-K-N4			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3 A - 原子炉補機冷却水ポンプ	3CCP1A	2.8
原子炉補機冷却水系統	3 B - 原子炉補機冷却水ポンプ	3CCP1B	2.8
原子炉補機冷却水系統	3 - 原子炉補機冷却水供給母管 A 側連絡弁	3V-CC-055A	2.65
空調用冷水設備系統	3 A - 空調用冷水ポンプ	3CHP1A	2.43
空調用冷水設備系統	3 B - 空調用冷水ポンプ	3CHP1B	2.43
空調用冷水設備系統	3 A - 空調用冷凍機	3CHE1A	2.05
空調用冷水設備系統	3 B - 空調用冷凍機	3CHE1B	2.05
空調用冷水設備系統	3 - 空調用冷水 A 母管入口隔離弁	3V-CH-012A	2.55
空調用冷水設備系統	3 - 空調用冷水 C 母管入口隔離弁	3V-CH-012C	2.53
空調用冷水設備系統	3 - 空調用冷水 C 母管出口隔離弁	3V-CH-013	2.65
関連設備	3 A - 空調用冷凍機盤	3VCP1A	2.23
関連設備	3 B - 空調用冷凍機盤	3VCP1B	2.22

3DG-J-N1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
非常用電源系	3 B - ディーゼル発電機	3DGE2B	0.3
非常用電源系	3 B - ディーゼル機関	3DGE1B	0.2

3DG-J-N2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
非常用電源系	3 A - ディーゼル発電機	3DGE2A	0.3
非常用電源系	3 A - ディーゼル機関	3DGE1A	0.2

図 1 防護対象設備配置図 (12 / 15)



泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(10/11)
T. P. 2, 3m

3AB-K-4			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
余熱除去系統	3 A - 余熱除去ポンプ出口流量 (I)	3FT-601	1.01
余熱除去系統	3 B - 余熱除去ポンプ出口流量 (II)	3FT-611	1
原子炉補機冷却水系統	3 A - 余熱除去冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-117A	0.6
原子炉補機冷却水系統	3 B - 余熱除去冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-117B	0.6
原子炉補機冷却水系統	3 A - 格納容器スプレイ冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-117A	0.6
原子炉補機冷却水系統	3 B - 格納容器スプレイ冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-117B	0.6

3AB-K-12			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
安全注入系統	3 B - 高圧注入ポンプ第1ミニフロー弁	3V-SI-014B	0.72
安全注入系統	3 B - 高圧注入ポンプ第2ミニフロー弁	3V-SI-015B	0.72
換気空調設備系統	3 B - 安全補機室冷却ファン	3VSF70B	0.15

3AB-K-13			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
余熱除去系統	3 B - 余熱除去ポンプミニフロー弁	3FCV-611	2.95
余熱除去系統	3 B - 余熱除去ポンプRWSP側入口弁	3V-RH-051B	1.78
余熱除去系統	3 B - 余熱除去ポンプRWSP/再循環サブ側入口弁	3V-RH-055B	1.78
安全注入系統	3 B - 高圧注入ポンプ出口C/V外側連絡弁	3V-SI-020B	1

3AB-K-19			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3 B - 余熱除去冷却器室室内空気温度 (1)	3TS-2641	1.5
換気空調設備系統	3 B - 余熱除去冷却器室内空気温度 (2)	3TS-2642	1.5

3AB-K-20			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
換気空調設備系統	3 A - 余熱除去冷却器室内空気温度 (1)	3TS-2631	1.5
換気空調設備系統	3 A - 余熱除去冷却器室内空気温度 (2)	3TS-2632	1.5

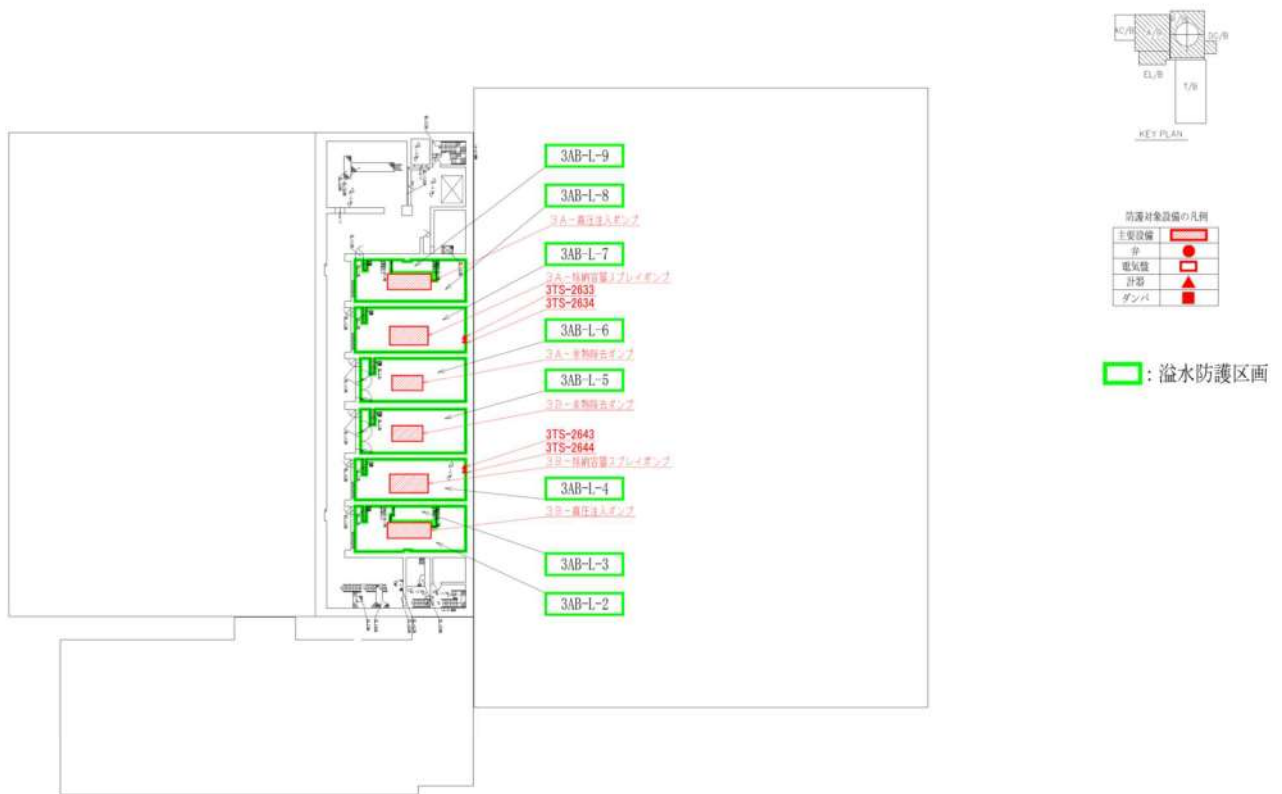
3AB-K-21			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
余熱除去系統	3 A - 余熱除去ポンプミニフロー弁	3FCV-601	2.95
余熱除去系統	3 A - 余熱除去ポンプRWSP側入口弁	3V-RH-051A	1.75
余熱除去系統	3 A - 余熱除去ポンプRWSP/再循環サブ側入口弁	3V-RH-055A	1.77
安全注入系統	3 A - 高圧注入ポンプ出口C/V外側連絡弁	3V-SI-020A	0.93

3AB-K-22			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
安全注入系統	3 A - 高圧注入ポンプ第1ミニフロー弁	3V-SI-014A	0.72
安全注入系統	3 A - 高圧注入ポンプ第2ミニフロー弁	3V-SI-015A	0.72
換気空調設備系統	3 A - 安全補機室冷却ファン	3VSF70A	0.15

3RB-K-N1			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3 - 原子炉補機冷却水戻り母管B側連絡弁	3V-CC-044B	1.3
原子炉補機冷却海水系統	3 C - 原子炉補機冷却水冷却器補機冷却海水出口止め弁	3V-SW-571C	0.7
原子炉補機冷却海水系統	3 D - 原子炉補機冷却水冷却器補機冷却海水出口止め弁	3V-SW-571D	0.7

3RB-K-N4			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却水系統	3 - 原子炉補機冷却水戻り母管A側連絡弁	3V-CC-044A	1.3
原子炉補機冷却海水系統	3 A - 原子炉補機冷却水冷却器補機冷却海水出口止め弁	3V-SW-571A	0.7
原子炉補機冷却海水系統	3 B - 原子炉補機冷却水冷却器補機冷却海水出口止め弁	3V-SW-571B	0.7

図1 防護対象設備配置図 (13 / 15)



泊発電所3号炉
内部溢水防護対象設備配置図(11/11)
T. P. -1. 7m

3AB-L-2			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
安全注入系統	3B-高圧注入ポンプ	3SIP1B	0.32

3AB-L-4			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉格納容器スプレイ系統	3B-格納容器スプレイポンプ	3CPP1B	0.63
換気空調設備系統	3B-格納容器スプレイポンプ室内空気温度 (1)	3TS-2643	1.46
換気空調設備系統	3B-格納容器スプレイポンプ室内空気温度 (2)	3TS-2644	1.45

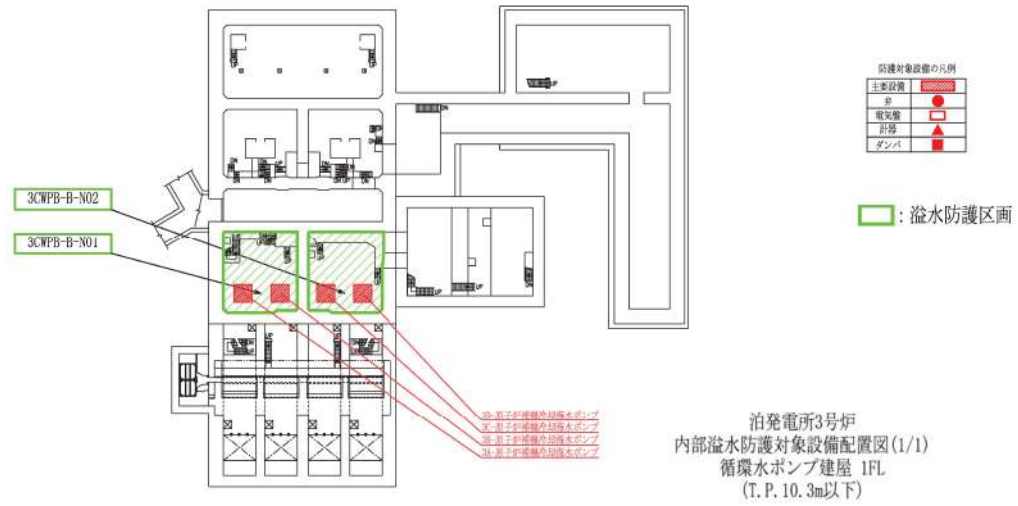
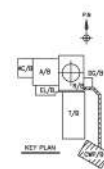
3AB-L-5			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
余熱除去系統	3B-余熱除去ポンプ	3RHP1B	0.75

3AB-L-6			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
余熱除去系統	3A-余熱除去ポンプ	3RHP1A	0.75

3AB-L-7			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉格納容器スプレイ系統	3A-格納容器スプレイポンプ	3CPP1A	0.63
換気空調設備系統	3A-格納容器スプレイポンプ室内空気温度 (1)	3TS-2633	1.45
換気空調設備系統	3A-格納容器スプレイポンプ室内空気温度 (2)	3TS-2634	1.46

3AB-L-8			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
安全注入系統	3A-高圧注入ポンプ	3SIP1A	0.32

図1 防護対象設備配置図 (14 / 15)



3CWPB-B-N01			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却海水系統	3 A - 原子炉補機冷却海水ポンプ	3SWP1A	1.5
原子炉補機冷却海水系統	3 B - 原子炉補機冷却海水ポンプ	3SWP1B	1.5

3CWPB-B-N02			
系統名称	機器名称	機器番号	設置高さ (m)
原子炉補機冷却海水系統	3 C - 原子炉補機冷却海水ポンプ	3SWP1C	1.5
原子炉補機冷却海水系統	3 D - 原子炉補機冷却海水ポンプ	3SWP1D	1.5

図1 防護対象設備配置図 (15 / 15)

溢水影響評価の対象外とした設備に関する補足

1. 溢水影響評価から対象外とした設備

添付資料 6（溢水影響評価の対象外とする設備について）にて整理した結果の補足について示す。

2. 「原子炉格納容器内耐環境仕様の設備」についての補足

(1) 原子炉格納容器内防護対象設備の保全状況

原子炉冷却材喪失事故時に機能要求がある原子炉格納容器内防護対象設備については、以下のとおり保全を行っており耐環境性能の維持が図れている。

a. 弁駆動部及び計器

長期使用に伴い Oリング等の熱劣化によるシール性能の低下や放射線の影響による計測値誤差の増加等が懸念されることから、点検周期を設定し定期的に点検を実施している。

b. ケーブル及びケーブル接続部

長期使用に伴い絶縁体等に経年劣化による絶縁性能の低下が懸念されるが、電力用ケーブルは定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることを確認している。

制御・計装用ケーブルについては、系統機器の動作、又は計器の指示値等に異常がないことを確認し、絶縁低下による機能低下がないことを確認している。

原子炉格納容器内防護対象設備の溢水影響の確認結果、並びに耐環境性機能維持に係る保全状況を表 1 に示す。

また、ケーブルの被水影響について評価し、影響ないと評価した。その結果について別紙に示す。

表1 原子炉格納容器内防護対象設備リスト (1/4)

機器名称	機器番号	機能喪失高さ (T.P.)	C/V内環境条件の適合性	保全状況			備考
				点検部位	周期	保全内容	
加圧器水位	3LT-451,452,453,454	18.8m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
加圧器圧力	3PT-451,452,453,454	25.8m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
1次冷却材圧力	3PT-410,430	18.8m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
1次冷却材高温側温度 (狭域)	3TE-411A,413A,415A,421A,423A,425A,431A,433A,435A,441A,443A,445A	22.0m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
1次冷却材低温側温度 (狭域)	3TE-411B,421B,431B,441B	22.0m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
1次冷却材高温側温度 (広域)	3TE-410,420,430	23.0m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
1次冷却材低温側温度 (広域)	3TE-417,427,437	22.2m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
1次冷却材流量	3FT-412,413,414,415,422,423,424,425,432,433,434,435	-	○	本体	13M	外観点検	※1
				本体	13M	特性試験	
格納容器再循環サンプル水位(狭域)	3LT-620,630	15.5m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
格納容器再循環サンプル水位(広域)	3LT-621,631	15.5m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
蒸気発生器水位 (狭域)	3LT-460,461,462,463,470,471,472,473,480,481,482,483	25.8m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
蒸気発生器水位 (広域)	3LT-464,474,484	18.8m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
中性子源領域検出器	3NE31,32	17.5m	○	本体	13M	特性試験	
				検出器	26M	取替	

※1 LOCA時に機能要求なし

表1 原子炉格納容器内防護対象設備リスト (2/4)

機器名称	機器番号	機能喪失高さ (T.P.)	C/V 内環境条件の適合性	保全状況			備考
				点検部位	周期	保全内容	
出力領域検出器	3NE41A,B,42A,B,43A,B,44A,B	17.5m	○	本体	13M	特性試験	
				検出器	52M	取替	
格納容器高レンジエリアモニタ (低レンジ)	3RE-91A,92A	40.2m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
				検出器	117M	取替	
格納容器高レンジエリアモニタ (高レンジ)	3RE-91B,92B	40.2m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	13M	特性試験	
				検出器	117M	取替	
加圧器逃がし弁	3PCV-452A,B	39.1m	○	本体	13M	機能・性能試験	
				本体	26M	分解点検	
				リミットスイッチ	130M	取替	
				電磁弁	52M	取替	
1次冷却材ポンプ封水戻りライン C/V 内側隔離弁	3V-CS-254	18.3m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
高圧注入ポンプ出口 C/V 内側隔離弁	3V-SI-061A,B	18.3m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
高温側高圧注入 A (B) ライン止め弁	3V-SI-062A,B	18.3m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
余熱除去 A (B) ライン入口止め弁	3PCV-410,430	20.6m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	

表1 原子炉格納容器内防護対象設備リスト (3/4)

機器名称	機器番号	機能喪失高さ (T.P.)	C/V 内環境条件の適合性	保全状況			備考
				点検部位	周期	保全内容	
余熱除去ポンプ入口 C/V 内側隔離弁	3V-RH-002A,B	15.1m	○	本体	13M	外観点検	※2
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
余熱除去冷却器出口 C/V 内側隔離弁	3V-RH-033A,B	18.3m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
高温側低圧注入ライン止め弁	3V-RH-034A,B	18.3m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
1次冷却材ポンプ補機冷却水出口 C/V 内側隔離弁	3V-CC-526	18.3m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
B ループ高温側サンプリングライン C/V 内側隔離弁	3V-SS-514	21.0m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
C ループ高温側サンプリングライン C/V 内側隔離弁	3V-SS-519	21.0m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	

※2 詳細な機能喪失高さは T.P. 15.185m であり、没水評価で示す LOCA 時の C/V 内水位 15.1m

(「添付資料 6 溢水影響評価の対象外とした設備について」参照) を上回っていることから、余熱除去ポンプ入口 C/V 内側隔離弁は機能喪失しないと評価している。なお、C/V 外の防護対象設備の没水評価では、盤等で被水対策を施していないものがあるため、水面の揺らぎの影響で機能喪失に至る可能性を考慮し、被水対策を施している設備も含めて一律 10cm の裕度を設定して評価しているが、C/V 内の防護対象設備は耐環境仕様であることから、水面の揺らぎにより被水影響が及んだ場合でも機能喪失に至ることはないため、その溢水に対する耐性の評価では裕度を考慮せずに評価を実施している。

表1 原子炉格納容器内防護対象設備リスト (4/4)

機器名称	機器番号	機能喪失高さ (T.P.)	C/V内環境条件の適合性	保全状況			備考
				点検部位	周期	保全内容	
格納容器減圧ライン格納容器内側隔離弁	3V-DP-001A,B	36.1m	○	本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
				駆動部	156M	分解点検	
格納容器空気サンプル取出し格納容器内側隔離弁	3V-RM-001	36.8m	○	本体	13M	外観点検	
				本体	78M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	
制御用空気原子炉格納容器内供給弁	3V-IA-514A,B	18.3m	○	駆動部	156M	分解点検	
				本体	13M	外観点検	
				本体	130M	分解点検	
				駆動部	39M	動作試験	

3. 「動作機能の喪失により安全機能に影響しない」についての補足

3.1 状態監視のみの現場指示計

使用済燃料ピットの冷却・給水機能を適切に維持するために必要な設備を防護対象設備とし抽出しており、これらの防護対象設備の機能が維持されていれば、保安規定等で要求される使用済燃料ピットの水位及び水温についても満足できる。なお、使用済燃料ピットの水位及び水温を監視する設備については、状態監視のみの計器であることから溢水影響評価から除外している。

また、水温、水位の変化は急激なものではないと考えられることから運転員による計測に期待するものとし既存の設備には期待しないものとする。

3.2 フェイル・セーフ機能により溢水影響評価対象外とした設備

フェイル・セーフ機能により溢水影響評価対象外とした設備について、表 2 に示す。

表 2 フェイル・セーフ機能により溢水影響評価対象外とした設備 (1/4)

系 統	機器番号	設 備
1 次冷却系統	3V-RC-054A, B	A-加圧器逃がし弁元弁
1 次冷却系統	3LCV-451, 452	抽出ライン第 1(2) 止め弁
1 次冷却系統	3V-RC-077	加圧器逃がしタンク自動ガス分析ライン C/V 内側隔離弁
1 次冷却系統	3V-RC-078	加圧器逃がしタンク自動ガス分析ライン C/V 外側隔離弁
1 次冷却系統	3V-RC-084	加圧器逃がしタンク窒素供給ライン C/V 外側隔離弁
1 次冷却系統	3V-RC-093	加圧器逃がしタンク補給水ライン C/V 外側隔離弁
化学体積制御系統	3FCV-138	充てん流量制御弁
化学体積制御系統	3V-CS-167	充てんライン流量制御弁補助オリフィスバイパス弁
化学体積制御系統	3V-CS-191	充てんライン止め弁
化学体積制御系統	3V-CS-186	加圧器補助スプレイ弁
化学体積制御系統	3V-CS-455A, B	ほう酸タンク出口弁
化学体積制御系統	3V-CS-466A, B	ほう酸ポンプ出口補給ライン切替弁
化学体積制御系統	3V-CS-473A, B	ほう酸ポンプ出口循環ライン切替弁
化学体積制御系統	3V-CS-474A, B	ほう酸フィルタ出口 A (B) ほう酸タンク戻り弁
化学体積制御系統	3V-CS-499A, B	ほう酸ポンプ入口切替弁
化学体積制御系統	3V-CS-004A, B, C	抽出オリフィス出口 C/V 内側隔離弁
化学体積制御系統	3V-CS-006	抽出ライン格納容器外側隔離弁
化学体積制御系統	3V-CS-224A, B, C	1 次冷却材ポンプ封水注入ライン C/V 外側隔離弁
化学体積制御系統	3V-CS-242A, B, C	1 次冷却材ポンプ封水戻りオリフィスバイパス弁
安全注入系統	3V-SI-141	ほう酸注入タンク循環ライン入口止め弁
安全注入系統	3V-SI-145, 146	ほう酸注入タンク循環ライン出口第 1 (2) 止め弁
安全注入系統	3V-SI-132A, B, C	蓄圧タンク出口弁
安全注入系統	3V-SI-123A, B, C	蓄圧タンクサンプリングライン C/V 内側隔離弁
安全注入系統	3V-SI-124	蓄圧タンクサンプリングライン C/V 外側隔離弁
安全注入系統	3V-SI-164	蓄圧タンク窒素供給ライン C/V 外側隔離弁
安全注入系統	3V-SI-184	安全注入逆止弁テストライン C/V 内側隔離弁
安全注入系統	3V-SI-185	蓄圧タンク補給ライン C/V 外側隔離弁
安全注入系統	3V-SI-186	安全注入逆止弁テストライン C/V 外側隔離弁
余熱除去系統	3HCV-603, 613	余熱除去冷却器出口流量調節弁
余熱除去系統	3FCV-604, 614	余熱除去 A (B) ライン流量制御弁

表 2 フェイル・セーフ機能により溢水影響評価対象外とした設備 (2/4)

系 統	機器番号	設 備
余熱除去系統	3V-RH-029A, B	余熱除去 A (B) ライン C/V 外側隔離弁
主蒸気系統	3HCV-3616, 3626, 3636	主蒸気バイパス隔離弁
主蒸気系統	3V-MS-575A, B	タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気 B (C) 主蒸気ライン元弁
主蒸気系統	3V-MS-518A, B, C	主蒸気逃がし弁元弁
主蒸気系統	3V-MS-581	非常用タービングランド蒸気元弁
主蒸気系統	3V-MS-601A, B, C	主蒸気隔離弁上流ドレンライン隔離弁
原子炉格納容器スプレイ系統	3V-CP-056A, B	よう素除去薬品タンク注入 A (B) ライン止め弁後弁
原子炉補機冷却水系統	3V-CC-054A, B, C, D	原子炉補機冷却水冷却器補機冷却水出口弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-005	CVDT 自動ガス分析ライン C/V 内側隔離弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-006	CVDT 自動ガス分析ライン C/V 外側隔離弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-010	格納容器冷却材ドレンタンクベントライン C/V 内側隔離弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-011	格納容器冷却材ドレンタンクベントライン C/V 外側隔離弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-017	格納容器冷却材ドレンタンク窒素供給 C/V 隔離弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-031	格納容器冷却材ドレンポンプ出口 C/V 内側隔離弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-032	格納容器冷却材ドレンポンプ出口 C/V 外側隔離弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-113	格納容器サンプポンプ出口 C/V 内側隔離弁
液体廃棄物処理系統	3V-WL-114	格納容器サンプポンプ出口 C/V 外側隔離弁
試料採取系統	3V-SS-504	加圧器気相部サンプリングライン C/V 内側隔離弁
試料採取系統	3V-SS-509	加圧器液相部サンプリングライン C/V 内側隔離弁
試料採取系統	3V-SS-521A	B ループ高温側, 加圧器サンプリングライン C/V 外側隔離弁
試料採取系統	3V-SS-521B	C ループ高温側サンプリングライン C/V 内側隔離弁
試料採取系統	3V-SS-718	PASS1 次冷却材サンプル戻りライン C/V 外側隔離弁
格納容器減圧設備および格納容器水素制御設備	3V-DP-002A, B	格納容器減圧ライン格納容器外側隔離弁
格納容器減圧設備および格納容器水素制御設備	3V-HC-304A, B	格納容器水素パージ給気ライン格納容器外側隔離弁

表 2 フェイル・セーフ機能により溢水影響評価対象外とした設備 (3/4)

系 統	機器番号	設 備
放射線監視設備空気サンプリング系統	3V-RM-002	格納容器空気サンプル取出し格納容器外側隔離弁
放射線監視設備空気サンプリング系統	3V-RM-015	格納容器空気サンプル戻り格納容器外側隔離弁
蒸気発生器ブローダウン系統	3V-BD-028A, B, C	ブローダウン止め弁
蒸気発生器ブローダウン系統	3V-BD-008A, B, C	蒸気発生器サンプルライン C/V 外側隔離弁
蒸気発生器ブローダウン系統	3V-BD-026A, B, C	ブローダウン C/V 外側隔離弁
換気空調設備系統	3D-VS-291A, B	燃料取扱棟事故時排気ライン隔離ダンパ
換気空調設備系統	3V-VS-055	格納容器給気ライン格納容器外側隔離弁
換気空調設備系統	3V-VS-056	格納容器給気ライン格納容器内側隔離弁
換気空調設備系統	3V-VS-061	格納容器排気ライン格納容器内側隔離弁
換気空調設備系統	3V-VS-062	格納容器排気ライン格納容器外側隔離弁
換気空調設備系統	3D-VS-301A, B	安全補機室給気第 1 隔離ダンパ
換気空調設備系統	3D-VS-302A, B	安全補機室給気第 2 隔離ダンパ
換気空調設備系統	3D-VS-303A, B	安全補機室排気第 1 隔離ダンパ
換気空調設備系統	3D-VS-304A, B	安全補機室排気第 2 隔離ダンパ
換気空調設備系統	3D-VS-402A, B, C, D	ディーゼル発電機室排気ダンパ
換気空調設備系統	3D-VS-601A, B	中央制御室外気取入ダンパ
換気空調設備系統	3D-VS-611, 612	中央制御室排気第 1 (2) 隔離ダンパ
換気空調設備系統	3HCD-2838, 2839	中央制御室排気風量調節ダンパ
換気空調設備系統	3D-VS-053	格納容器給気気密ダンパ
換気空調設備系統	3D-VS-064	格納容器排気気密ダンパ

表 2 フェイル・セーフ機能により溢水影響評価対象外とした設備 (4/4)

系 統	機器番号	設 備
換気空調設備 系統	3D-VS-065A, B	格納容器排気ファン出口ダンパ
換気空調設備 系統	3D-VS-232	補助建屋排気隔離ダンパ
換気空調設備 系統	3FCD-2526	補助建屋排気風量制御ダンパ
1次系建屋 水消火系統	3V-FS-504	消火水 C/V 外側隔離弁
炉内核計装 置ガスパー ジ設備系統	3V-IG-008	炉内核計装装置二酸化炭素パー ジライン C/V 外側隔離弁
炉内核計装 置ガスパー ジ設備系統	3V-IG-009	炉内核計装装置二酸化炭素パー ジライン C/V 内側隔離弁
原子炉格納容 器真空逃が し装置系統	3V-VR-001A, B	真空逃がし装置 C/V 外側隔離弁

ケーブルの被水影響について

1. はじめに

図1にケーブルの断面図を示す。ケーブルは充電部となる導体の周りが絶縁体で覆われ、さらに外皮が耐水性・絶縁性の高いシースで覆われていることから、被水による機能影響は受けない。ここで、ケーブルが被水により機能影響を受けるケースとしては、絶縁体の割れ等によりケーブルの絶縁性能が低下している状態で被水する場合が考えられる。以下に、ケーブルの型式試験からその被水影響について評価した結果を示す。

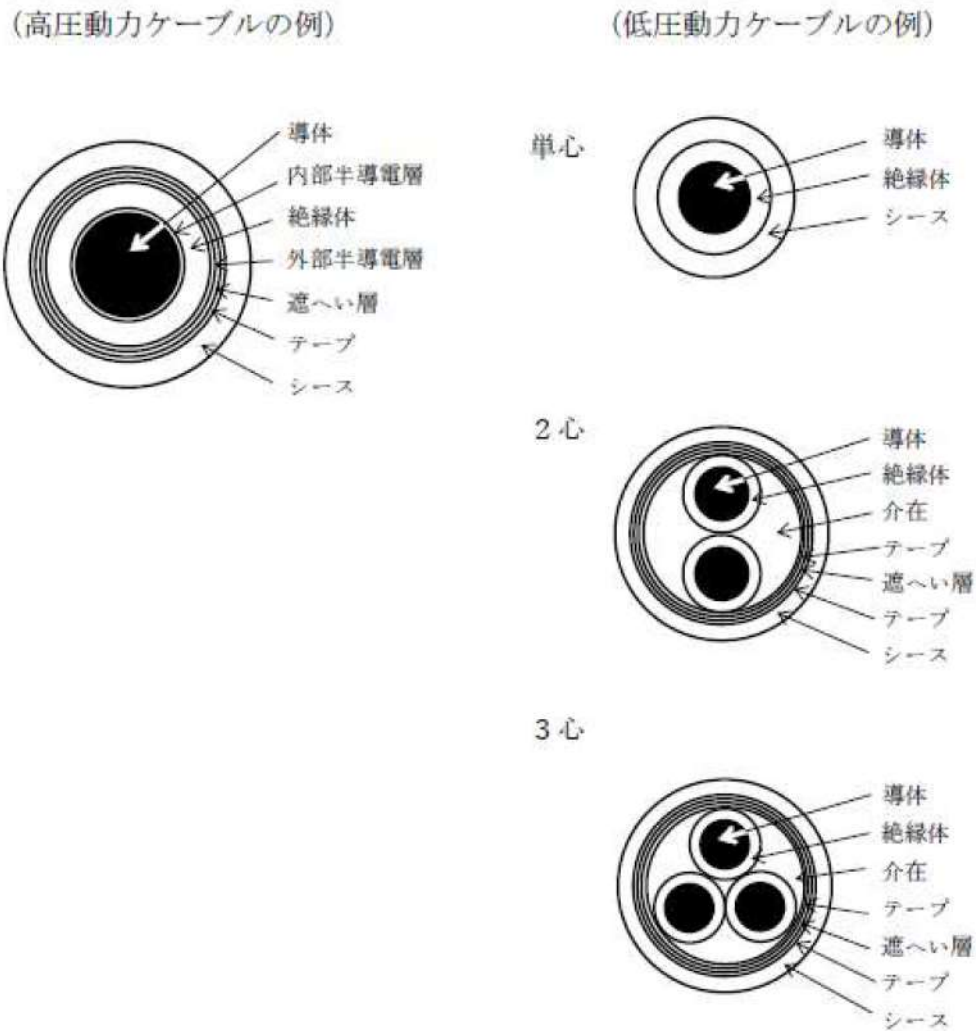


図1 ケーブル断面図

2. 建設時の試験（原子炉格納容器内ケーブル）

(1) 劣化模擬試験

運転期間（40年）相当の劣化及び原子炉冷却材喪失事故時の劣化を模擬する。

試験条件：熱老化（）

放射線照射

原子炉冷却材喪失事故模擬（図2のとおり）



図2 原子炉格納容器内原子炉冷却材喪失事故条件

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(2) 40 倍マンドレル耐電圧試験

原子炉冷却材喪失事故模擬試験を実施したケーブルに対して、下記の条件で試験を実施する。

試験条件：試験後の試料を、ケーブルの外径の 40 倍の内径で金属製マンドレルに巻きつけ、室温の水に浸漬させた状態で電圧（例として低圧（制御）ケーブルの場合 AC3.2kV/mm）を 5 分間印加。試験装置の例は図 3 を参照。

判定条件：絶縁破壊を生じないこと。

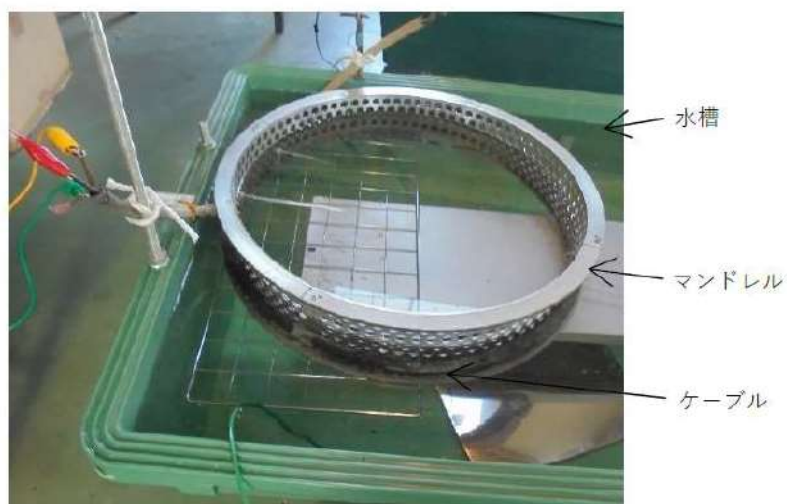
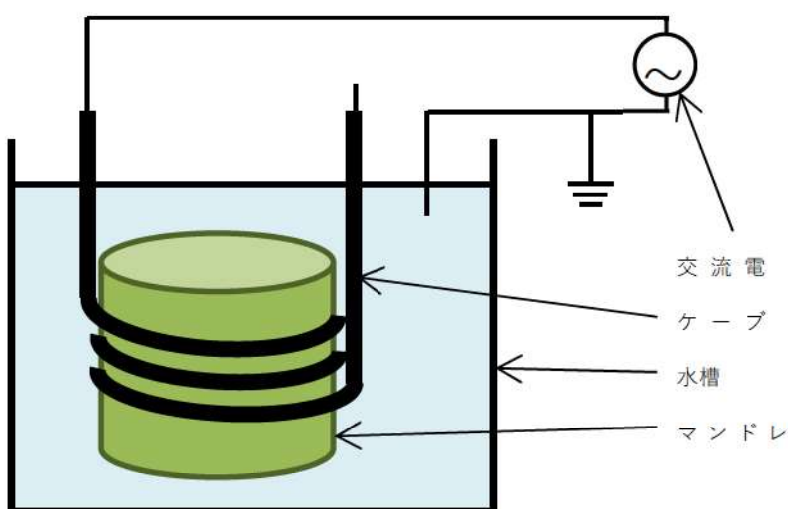


図 3 マンドレル耐電圧試験装置例

3. ケーブル導入後の定期点検について

前述のとおり、ケーブルはプラント内で想定される経年劣化により、被水による機能影響を受けるような絶縁性能の低下が起こらないことを導入時に確認しているが、導入後も定期点検により異常が生じていないことを確認している。

具体的に、動力用ケーブルは定期的な絶縁抵抗測定により、絶縁抵抗に有意な変動がないことを確認している。

また、制御・計装用ケーブルについては、定期事業者検査時の点検・検査、運転中の定例試験時等において、系統機器の動作又は計器の指示値等を確認することで、ケーブルの異常が無いことを確認している。

4. まとめ

以上から、運転期間相当（40年）を模擬した劣化に加え、原子炉冷却材喪失事故時を模擬した劣化を与えたケーブルに対しマンドレル耐電圧試験を実施し、浸水時における機械的・電氣的裕度を確認していること、及び導入後においても定期点検により有意な劣化がないことを確認していることから、ケーブルの被水影響はないと評価する。

止水を期待する設備の止水性能等について

1. 止水を期待する設備について

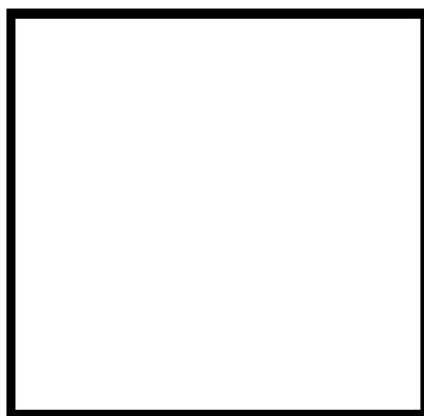
溢水影響評価で止水を期待する設備としては水密扉、堰、逆止弁等があり、本設備の止水性能等については以下のとおりである。

(1) 水密扉^{※1} (代表例)

主要寸法	高さ：1,980 (mm) 幅：1,020 (mm)
主要材料	鋼材 (SS400)
止水性能	

※1 今後の検討により仕様の変更もありうる。

なお、本事項は後段規則での対応が必要となる事項である。(別添2参照)



(参考図)



(参考写真)

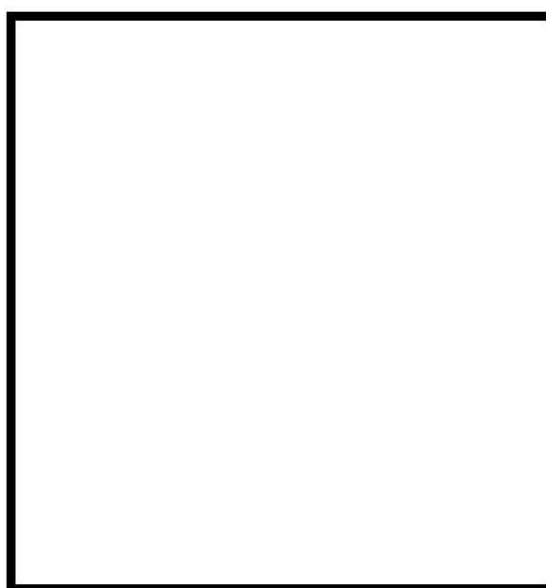
図1 水密扉概要図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(2) 堰及び止水板^{※1} (代表例)

主要寸法	堰高さ：240 (mm)
主要材料	アルミ材
止水性能	

※1 今後の検討により仕様の変更もありうる。




(参考図)



(参考写真)

図 2 堰及び止水板概要図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

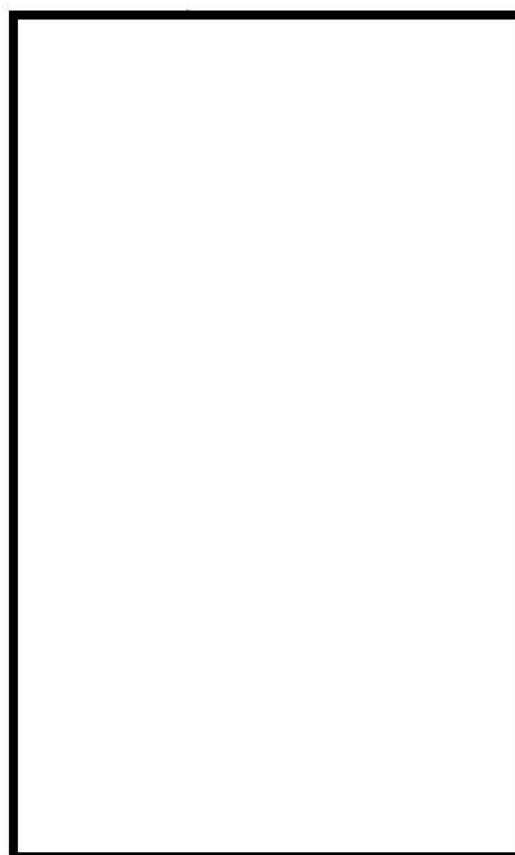
(3) 逆止弁^{※1} (代表例)

主要寸法	呼び径：100A (4B)
主要材料	SUS303 (本体) フッ素ゴム (シート面)
止水性能	

※1 今後の検討により仕様の変更もありうる。



(参考写真)



(参考図)

図2 逆止弁構造図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(4) 貫通部シール材施工※1 (代表例) (シールプレート+シリコンシーラント)

主要寸法	200A
主要材料	シールプレート+シリコンシーラント
最高使用温度	
止水性能	

※1 今後の検討により仕様の変更もありうる。




(参考写真)



(参考図)

図3 シールプレート+シリコンシーラント概要図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(5) 貫通部シール材施工※1 (代表例) (シールプレート+充てんシール材)

主要寸法	150A
主要材料	シールプレート+充てんシール材 (シリコンゴム)
最高使用温度	
止水性能	

※1 今後の検討により仕様の変更もありうる。



(参考写真)



(参考図)

図4 シールプレート+充てんシール材

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(6) 貫通部シール材施工※1 (代表例) (充てんシール材)

主要寸法	300A
主要材料	充てんシール材 (シリコンゴム)
最高使用温度	
止水性能	

※1 今後の検討により仕様の変更もありうる。




(参考写真)



(参考図)

図5 充てんシール概要図

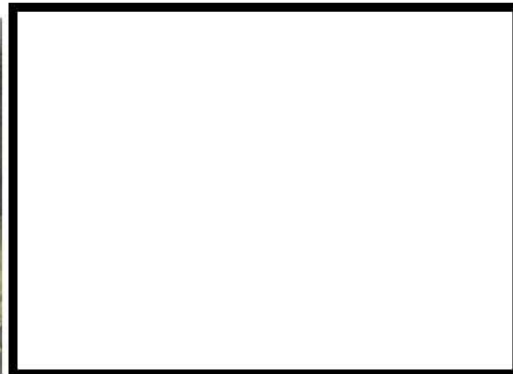
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

主要寸法	□300×150
主要材料	充てんシール材 (DF シール)
最高使用温度	
止水性能	

※1 今後の検討により仕様の変更もありうる。



(参考写真)



(参考図)

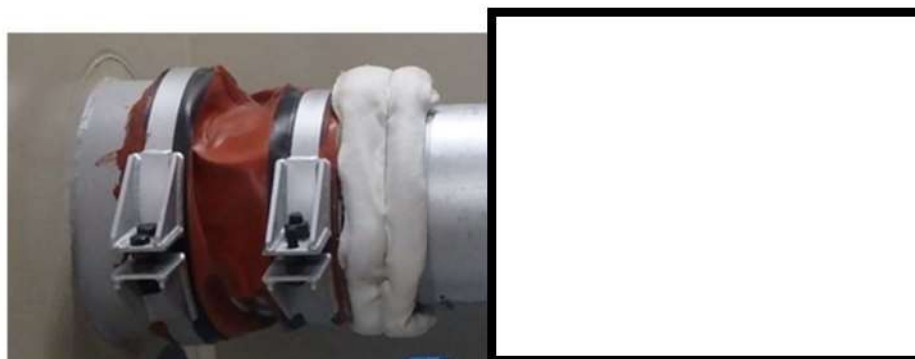
図6 充てんシール (ケーブルトレイ) 概要図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(7) 貫通部高耐圧ブーツ施工 (高温)

主要寸法	300A
主要材料	高耐圧ブーツラバー 調整リング (セメント系材料)
最高使用温度	
止水性能	

※1 今後の検討により仕様の変更もありうる。



(参考写真)

(参考図)

図7 高耐圧ブーツ概要図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

2. 貫通部止水対策の耐水圧性能試験について

貫通部止水対策の耐水圧性能について、下記のとおり耐水圧試験を実施し、影響がないことを確認した。

(1) シリコンシーラント及び充てんシール材の耐水圧試験について

以下にシリコンシーラント及び充てんシール材の耐水圧試験結果を示す。また、試験概要図を図8に示す。

a. シリコンシーラントの場合

シリコンシーラントによる貫通部シール施工箇所の耐水性については、試験結果より「のど厚/受圧幅 ($a/\Delta x$)」の比を 0.131 以上確保することにより 0.196MPa (20m 静水頭) の耐水性を有することを確認した。

なお、配管変位量が大きい貫通部シール施工箇所については、必要に応じて貫通部シール保護を目的としたサポートを設置する。

b. 充てんシール材の場合

充てんシール材による貫通部シール施工箇所の耐水性については、試験結果より「せん断面積/受圧面積 (A/S) = 0.196MPa」となるよう充てんシール材の施工を行うことで 0.196MPa (20m 静水頭) の耐水性を有することを確認した。

なお、配管変位量が大きい貫通部シール施工箇所については、必要に応じて貫通部シール保護を目的としたサポートを設置する。

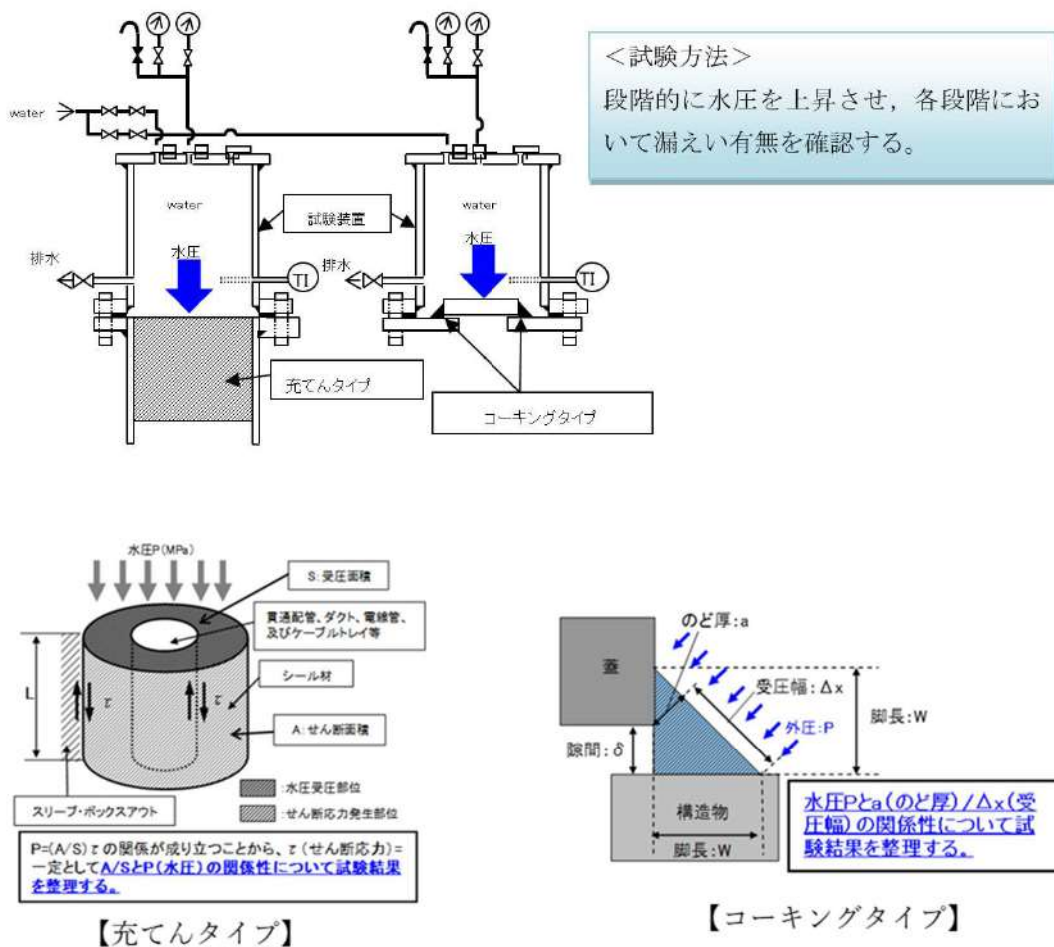


図8 シリコンシーラント及び充てんシール材の耐水圧試験概要図

(2) 高耐圧ブーツの耐水圧試験について

以下に高耐圧ブーツの耐水圧試験結果を示す。また、試験概要図を図9に示す。

a. 高耐圧ブーツの場合

高耐圧ブーツによる貫通部シール施工の耐水性については、試験結果より「0.196MPa(20m静水頭)」の耐水性を有することを確認した。

なお、配管変位量大きい貫通部シール施工箇所については、必要に応じて高耐圧ブーツの保護を目的としたサポートを設置する。

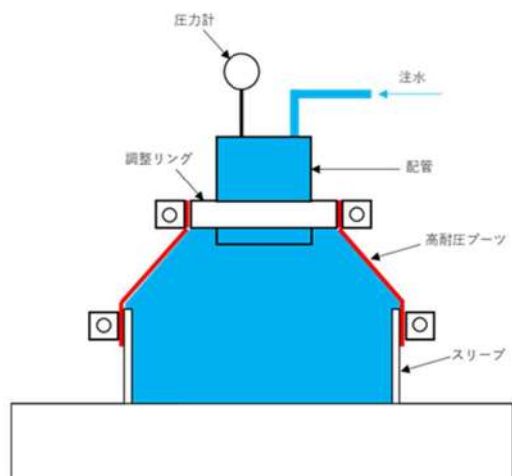


図9 高耐圧ブーツの耐水圧試験概要図

(3) 貫通部シール材及び高耐圧ブーツの地震時の健全性について

貫通部シール材を充てんしている配管及び高耐圧ブーツを用いている配管について、図10に示すとおり、配管及びケーブルダクトが両側で同じ建屋に支持されており、地震時に配管とシール材の相対変位が発生しにくく、貫通部シール材及び高耐圧ブーツへの影響は軽微であり、地震後に止水性能が低下する可能性は低いと考えている。

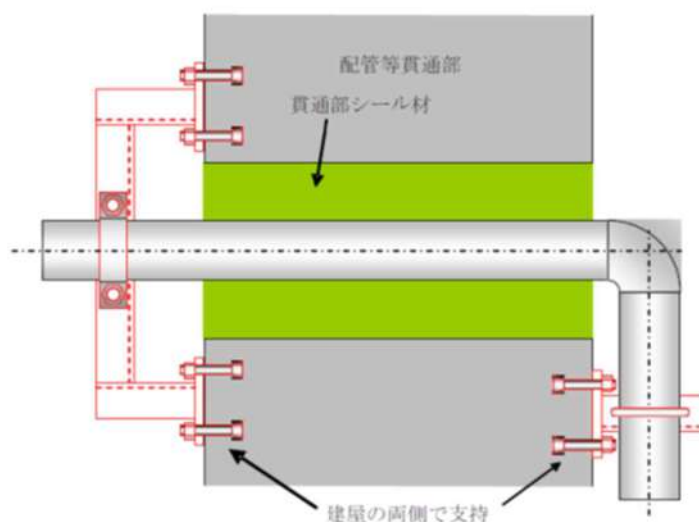


図10 配管支持構造物概念図

溢水防護対策の主要な施工対象範囲

追而【地震津波側審査の反映】
 (下表の「破線囲部分」は、基準地震動確定後の評価結果により、見直しの要否を検討する。)

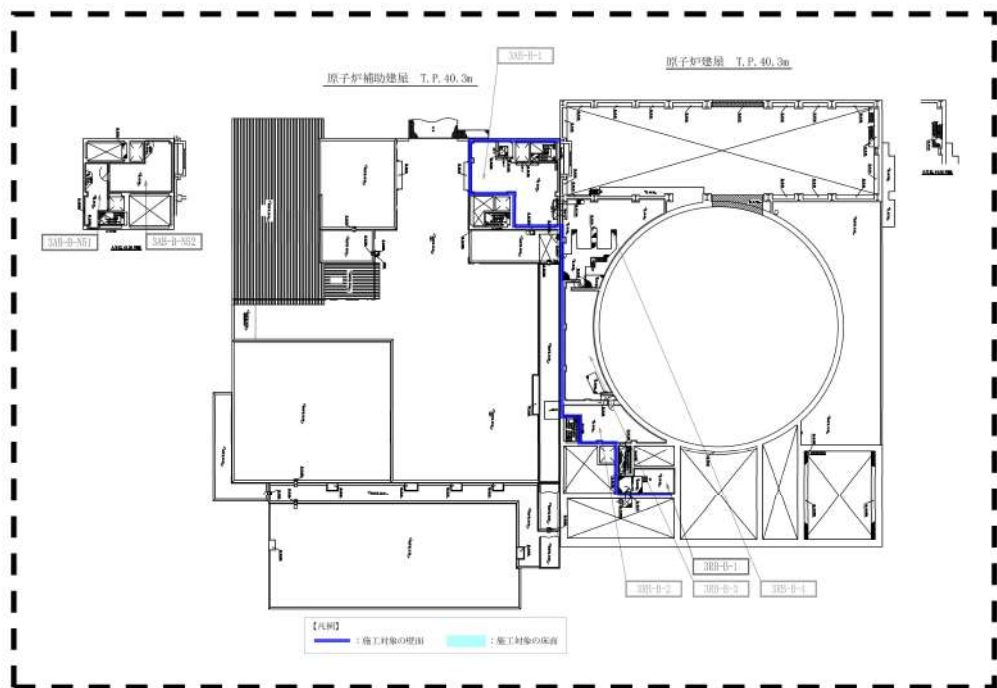


図 1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (1/11)

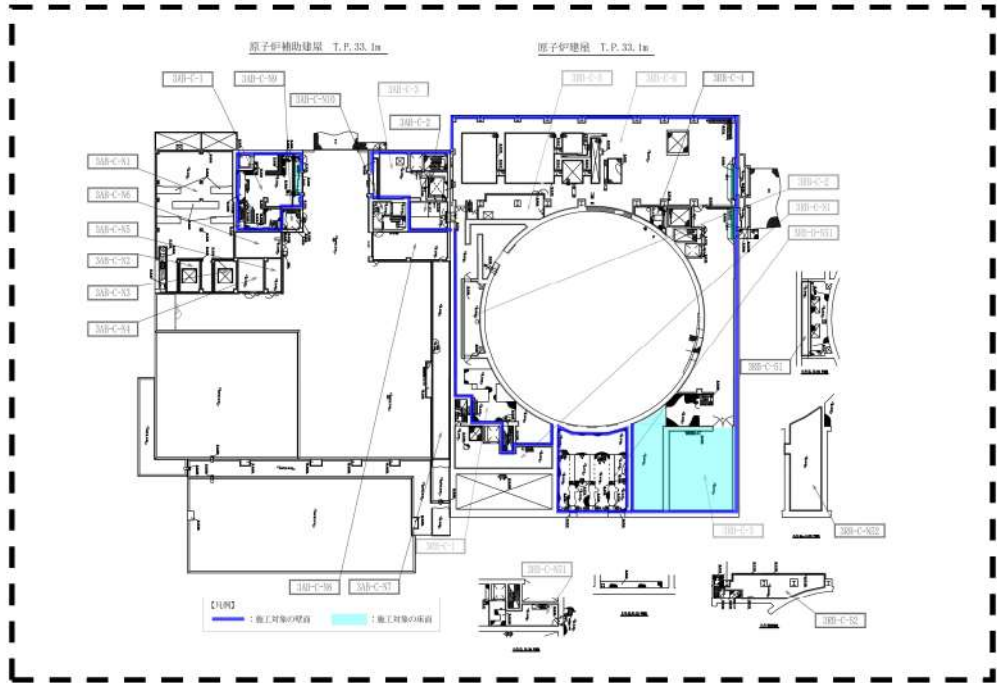


図1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (2/11)

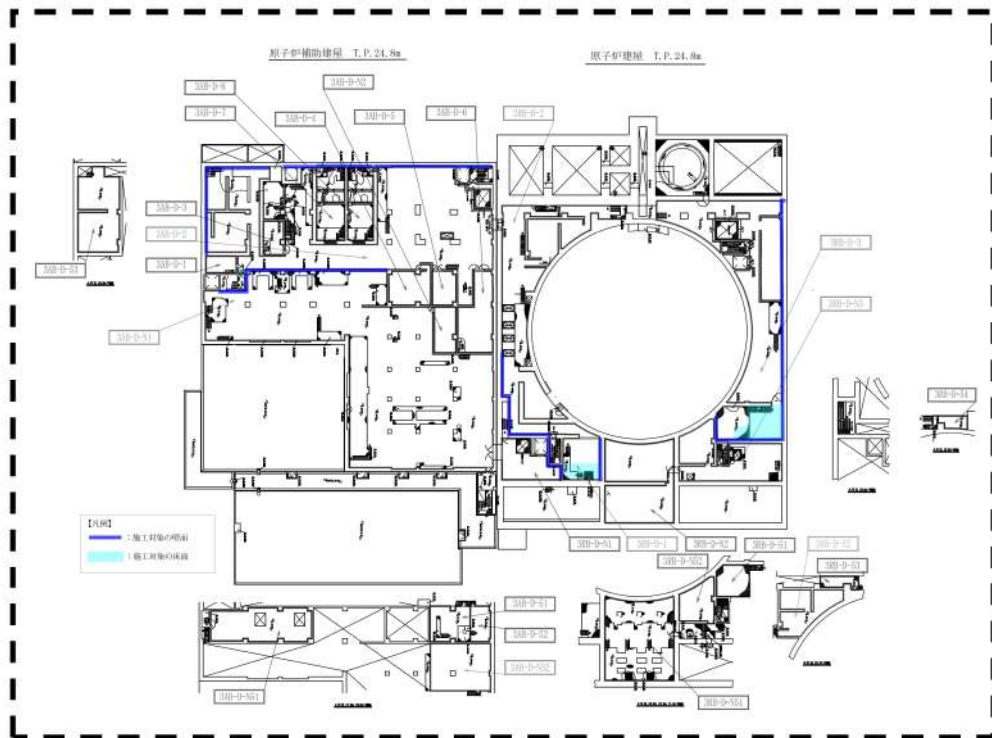


図1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (3/11)

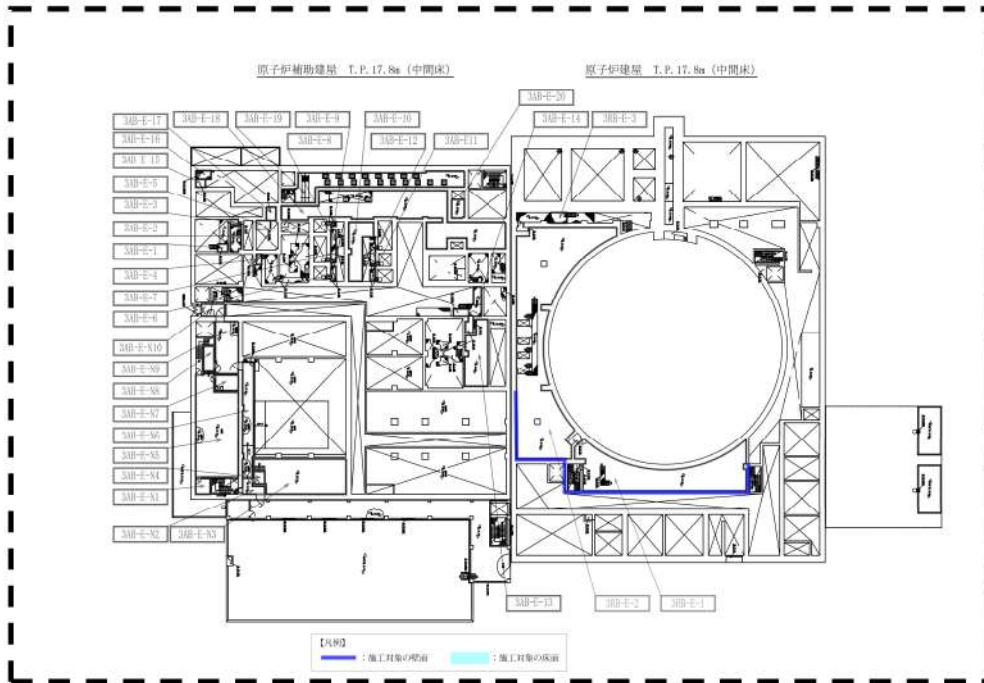


図1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (4/11)



図1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (5/11)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

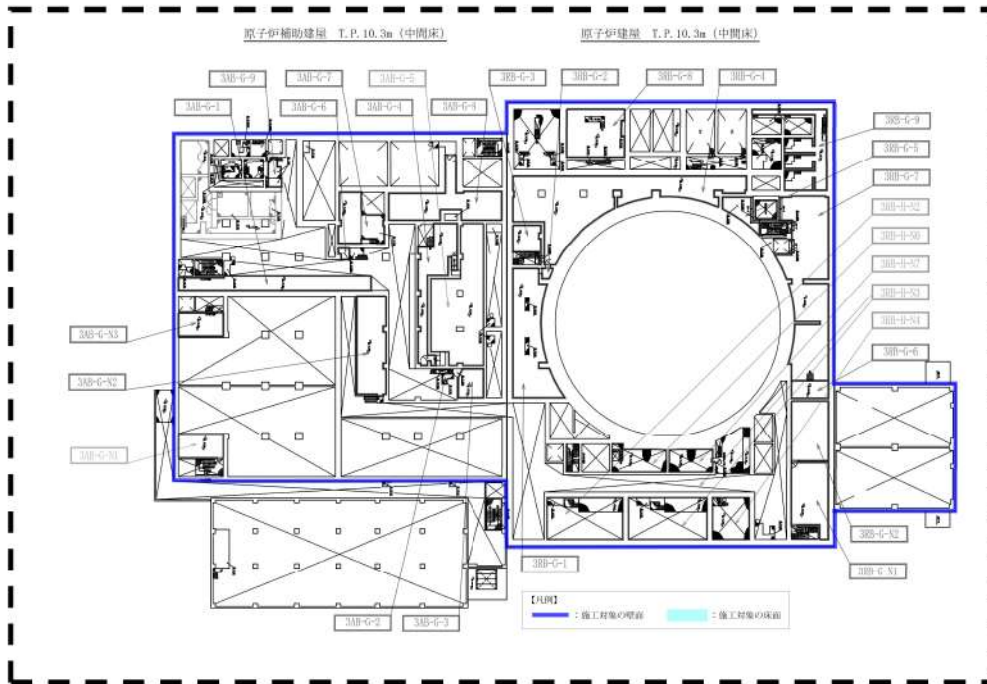


図1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (6/11)



図1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (7/11)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

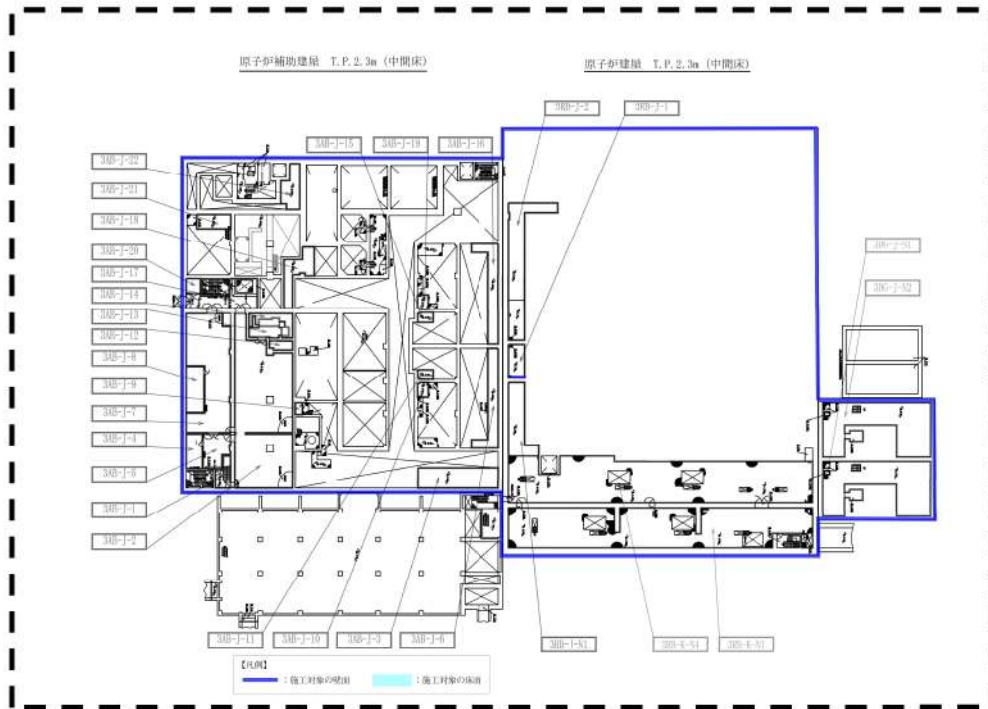


図 1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (8/11)

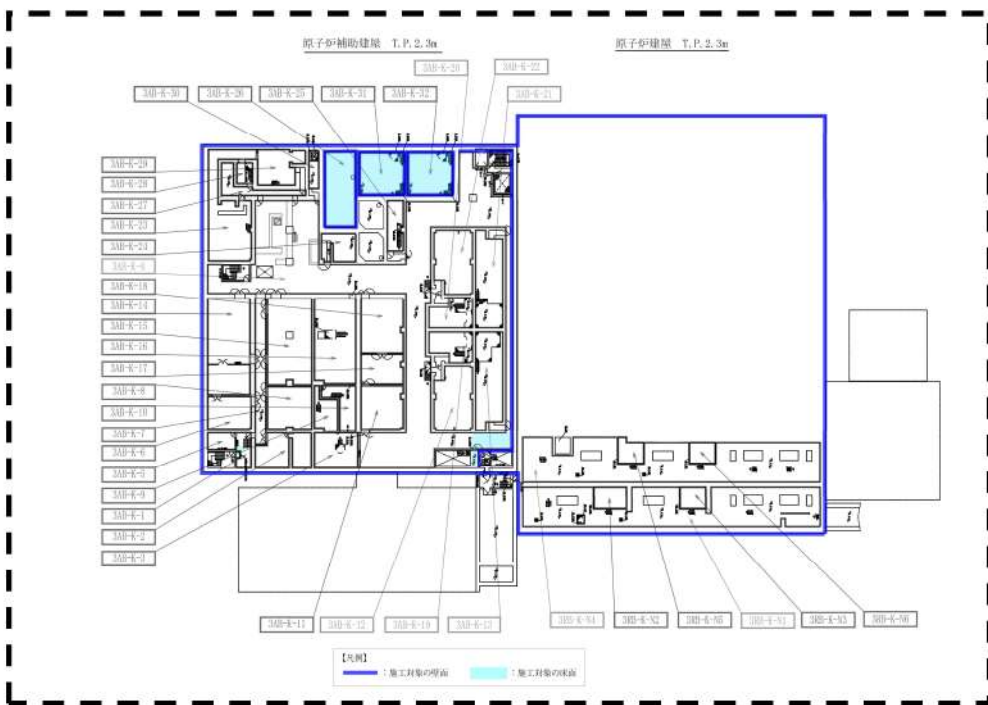


図 1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (9/11)

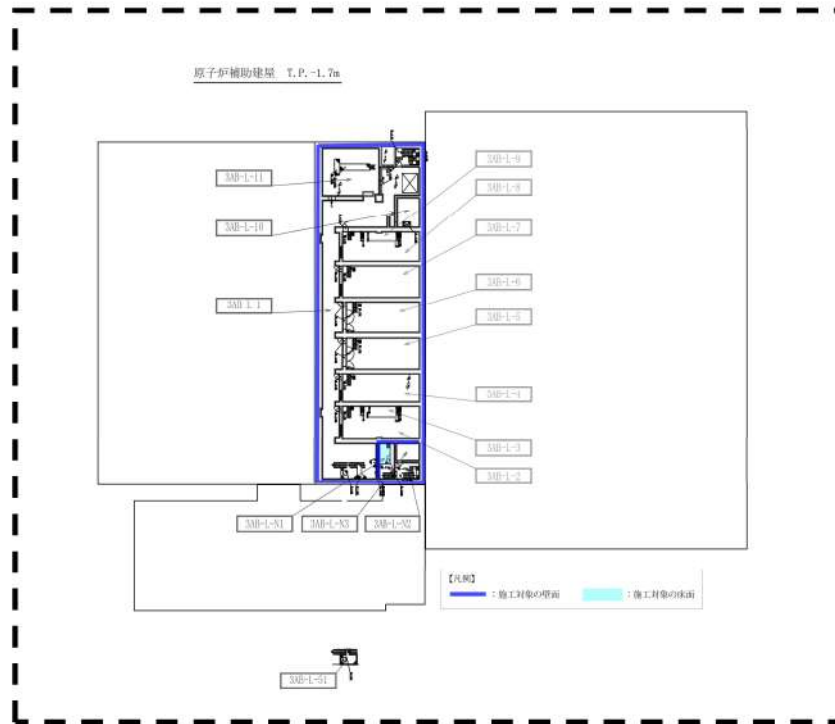


図 1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (10/11)

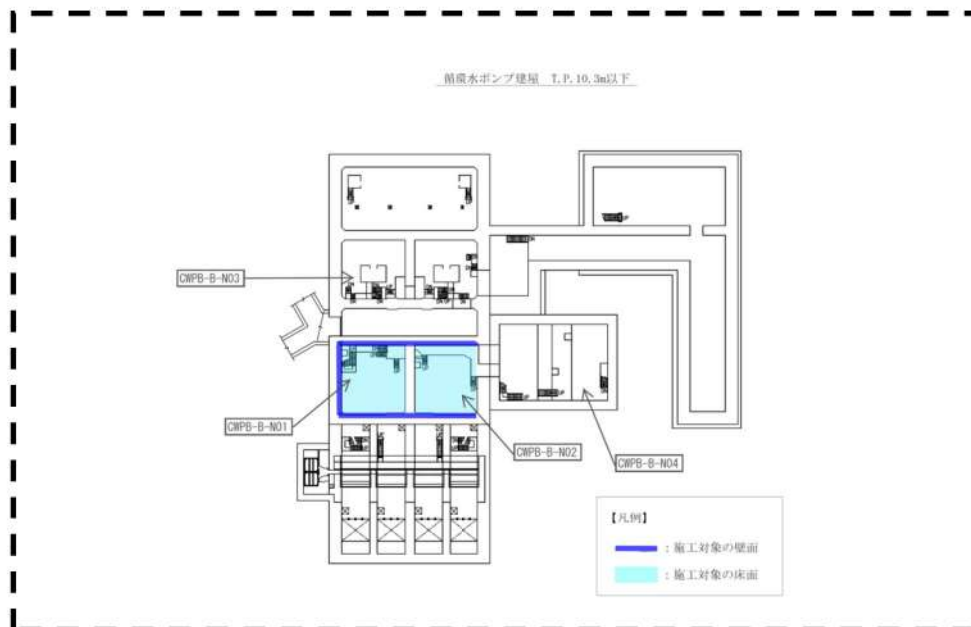


図 1 溢水防護対策施工対象の壁及び床の配置図 (11/11)

A, B, C 充てんポンプの没水影響評価

添付資料 17「想定破損による溢水影響評価結果」の備考欄「※トレン分離されており同時に機能喪失しない。隣接する別区画のポンプは機能喪失しない。」について以下に説明する。

充てんポンプが設置された各区画には破損を想定する配管が敷設されており，溢水量 37.6m³が流出すると溢水水位はポンプの機能喪失高さを超えるため，破損した区画のポンプが没水する。

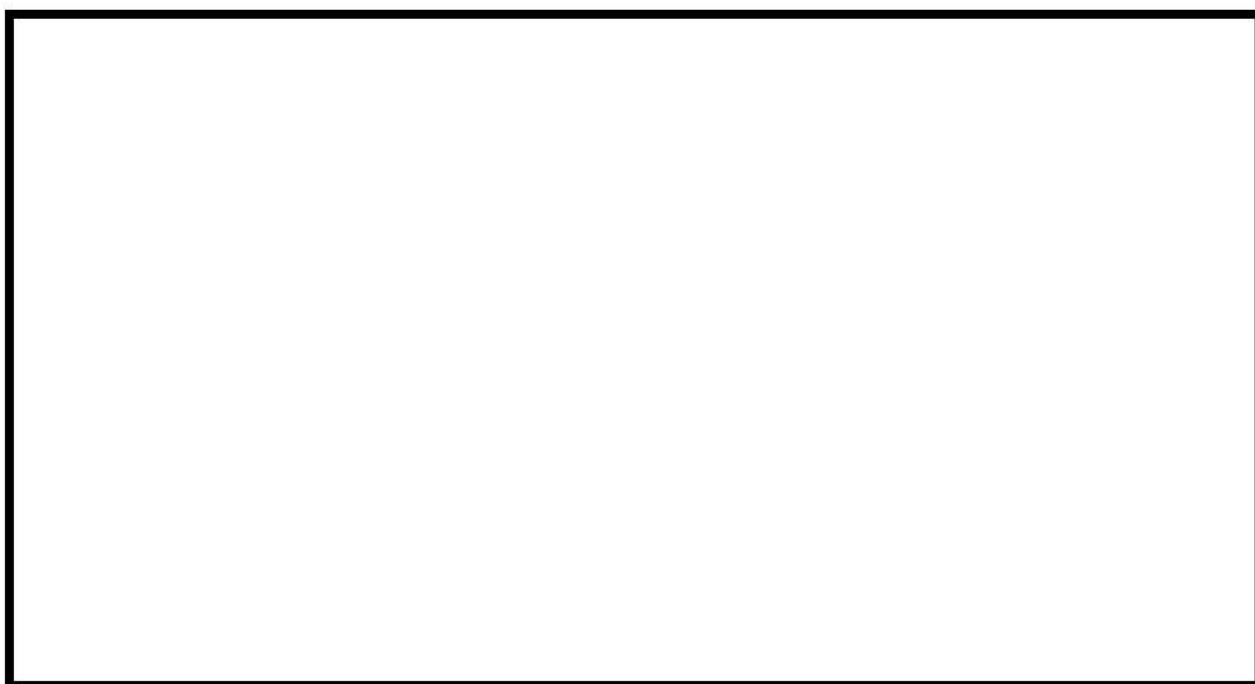


図 1 A, B, C 充てんポンプの配置

しかし 1 つの区画内の破損によって 3 つの区画の溢水水位がポンプの機能喪失高さを同時に超えることはない。

以上により，充てんポンプは設計上多重性を有しており，かつ，別々の区画に設置されていることから，トレン分離されており同時に機能喪失しない。

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

運転員のアクセス性

1. 運転員のアクセスが必要となる溢水事象

泊発電所3号炉の内部溢水影響評価では、以下のとおり評価を実施しており、運転員のアクセス性に関して評価が必要となるのは、想定破損及び地震起因による溢水影響評価である。

(1) 想定破損による溢水

溢水発生時に現場の温度を上昇させるような高温の溢水源としては、化学体積制御系統、主蒸気系統、主給水系統、補助給水系統、蒸気発生器ブローダウン系統及び補助蒸気系統があるが、これらについては、漏えい検知・隔離するインターロックが作動し自動的に隔離される、又は中央制御室からの遠隔操作による隔離が可能な系統であることから、運転員による中央制御室外での手動操作は必要ない。

一方、低エネルギー配管の破損を想定した場合は、漏えい箇所の確認（特定）と隔離操作について、運転員による対応が必要となる。

(2) 消火水の放水による溢水

火災発生時における消火水放水を考慮した評価としており、運転員のアクセス性の検討は不要。

(3) 地震起因による溢水

地震発生時に想定する溢水源のうち、循環水系統、原子炉補給水系統（脱塩水）、飲料水系統、水消火系統、海水電解装置海水供給・注入系統及び所内用水系統については、漏えい箇所の確認（特定）と隔離操作について、運転員による対応が必要となる。

2. 運転員のアクセス性を検討する際の評価項目

内部溢水発生時における運転員のアクセス性を検討する際の評価項目を表1に示す。

表1 運転員のアクセス性に係わる評価項目

項目	内容
水位	歩行に影響しないこと
温度	溢水温度が歩行に影響しないこと
薬品	化学反応により歩行に影響しないこと
放射線	被ばくによる現場確認，操作作業に支障のないこと
漂流物	歩行に影響する障害物がないこと
照明	歩行に影響しないこと
感電	感電がないこと

内部溢水影響評価において運転員のアクセス性の評価を実施する場合，漏えい箇所の確認に対する評価と隔離操作に対する評価及び操作対象までのアクセス性に関する評価が必要となる。

表2に想定破損時の漏えい箇所の確認・隔離操作における運転員のアクセス性評価結果，表3に地震時の漏えい箇所の確認・隔離操作等における運転員のアクセス性評価結果を示す。

なお，本事項は後段規則での対応が必要となる事項である。(別添2参照)

表2 想定破損時の漏えい箇所の確認・隔離操作等における運転員のアクセス性評価結果

想定破損				
対象建屋・エリア	タービン建屋	出入管理建屋	電気建屋	循環水ポンプ建屋
検知方法	ピット検知	警報, 巡視点検	警報	漏えい検知
現場へ行く理由 ^{※1}	①	①, ②	①, ②	①, ②
隔離操作を実施する建屋・エリア ^{※2}	A/B	A/B	A/B	R/B, T/B, CWP/B
アクセス通路の 溢水水位 ^{※3,4}	0m	0m	0m	0m
温度(気温) ^{※4}	～40℃程度	～40℃程度	～40℃程度	～40℃程度
薬品 ^{※4}	想定破損評価時において、薬品タンクが影響を及ぼすことはない ^{※5}			
実効線量 ^{※4}	-(管理区域外)	$3.3 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ^{※6}	-(管理区域外)	-(管理区域外)
漂流物対策 ^{※4}	— ^{※7}	— ^{※7}	— ^{※7}	— ^{※7}
照明 ^{※4}	非常用照明又は可搬型照明により対応可能			
感電 ^{※4}	— ^{※8}			

※1 ①漏えい箇所の特定, ②漏えい箇所の隔離

※2 R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, T/B: タービン建屋, CWP/B: 循環水ポンプ建屋

※3 系統隔離におけるアクセス性の確認を別紙1に示す

※4 漏えい箇所の確認・隔離操作等後の中央制御室まで戻るまでのアクセス性を評価

※5 薬品によるアクセス性への影響について補足説明資料31に示す

※6 想定破損時に管理区域へアクセスするのは, 出入管理建屋での原子炉補給水系統(脱塩水)の溢水時であり, アクセス先では溢水が発生しないため, 測定実績より0.001mSv/hを用いて, 移動時間15分と操作時間5分を考慮して算出

※7 想定破損時の隔離操作については, 溢水水位が発生する区画にアクセスしないため漂流物対策は不要

※8 アクセス先に溢水が発生しないため, 感電による影響はない

追而【地震津波側審査の反映】

下表の【破線囲部分】については基準地震動確定後の評価結果を
反映する。

表3 地震時の漏えい箇所の確認・隔離操作等における運転員のアクセス性評価結果

地震				
対象建屋・エリア	タービン建屋	出入管理建屋	電気建屋	循環水ポンプ建屋
地震検知				
検知方法	①, ②	①, ②	①, ②	①, ②
現場へ行く理由 ^{※1}	EL/B	A/B, R/B	A/B, R/B	R/B, CWP/B
隔離操作を実施する建屋・エリア ^{※2}	0m	0~0.09m	0~0.09m	0~0.1m
アクセス通路の 溢水水位 ^{※3,4}	~40℃程度	~40℃程度	~40℃程度	~40℃程度
温度(気温) ^{※4}	地震時において、薬品タンクが影響を及ぼすことはない ^{※5}			
薬品 ^{※4}	-(管理区域外)	mSv ^{※6}	-(管理区域外)	-(管理区域外)
実効線量 ^{※4}	— ^{※7}	実施済み ^{※8}	実施済み ^{※8}	実施済み ^{※8}
漂流物対策 ^{※4}	非常用照明又は可搬型照明により対応可能			
照明 ^{※4}	上流側の遮断器がトリップするため影響はない ^{※9}			
感電 ^{※4}				

※1 ①漏えい箇所の特定, ②漏えい箇所の隔離

※2 R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, EL/B: 電気建屋, CWP/B: 循環水ポンプ建屋

※3 系統隔離におけるアクセス性の確認を別紙1に示す

※4 漏えい箇所におけるアクセス性の確認・隔離操作等後の中央制御室まで戻るまでのアクセス性を評価

※5 薬品によるアクセス性への影響について補足説明資料31に示す

※6 現場操作時の線量影響の考え方を別紙2に示す

※7 溢水水位が発生しないため漂流物対策は不要

※8 固縛対策の実施例を別紙3に示す

※9 溢水等により地絡等の警報が発生した場合は負荷を調査した上で、負荷の切り離しを行う

3. 運転員のアクセス性に関する検討結果

現場操作が必要な設備のアクセス通路にあつては、歩行に影響のない水位であること及び環境の温度、放射線量、薬品による影響、漂流物の影響、照明並びに感電を考慮してもアクセス性への影響がないことを確認した。

4. その他

(1) 被水によるアクセス性への影響について

対象系統の隔離作業に影響がある被水は考えられないが、万が一隔離作業に支障がある場合には、隔離弁の変更、アクセスルートの変更等による対応が可能であるため、アクセス性への影響はない。

(2) 蒸気によるアクセス性への影響について

化学体積制御系統、補助蒸気系統、蒸気発生器ブローダウン系統及び主蒸気系統の漏えいについては、現場での隔離作業がないため、アクセス性への影響はない。

系統隔離におけるアクセス性の確認

1. 想定破損時の系統隔離操作におけるアクセス性の確認

(1) 隔離操作時のアクセス通路の溢水水位

想定破損におけるアクセス区画について、溢水水位が発生する区画はない。溢水を想定する系統と(想定破損させる系統)その隔離操作時にアクセスが必要となる区画について、表 1 に示す。

表 1 想定破損時における隔離操作時のアクセス性 (隔離弁までのアクセス性) (1/2)

溢水系統	アクセス区画	溢水評価高さ (m)	アクセス可否
水消火系統 (出入管理建屋・電気建屋)	3AB-F-N8	0	可
	3AB-F-N6	0	可
	3AB-F-N7	0	可
原子炉補給水系統 (脱塩水) (出入管理建屋)	3AB-F-N8	0	可
	3AB-F-N6	0	可
	3ACB-B-N02	0*	可
	3ACB-C-N01	0*	可
	3ACB-D-N01	0*	可
	3ACB-D-01	0*	可
	3AB-H-1	0	可
飲料水系統 (出入管理建屋)	3AB-F-N8	0	可
	3AB-F-N6	0	可
	3AB-F-N7	0	可
	3ELB-C-N01	0	可
	3AB-D-N1	0	可

※ 原子炉補給水系統 (脱塩水) による溢水は、出入管理建屋の最下層に貯留されるため、当該区画の水位は 0m と設定する。

表1 想定破損時における隔離操作時のアクセス性（隔離弁までのアクセス性）（2/2）

溢水系統	アクセス区画	溢水評価高さ (m)	アクセス可否
軸受冷却系統 (循環水ポンプ建屋)	3AB-F-N8	0	可
	3AB-F-N6	0	可
	3AB-F-N7	0	可
	3ACB-B-N02	0	可
	3ACB-D-N01	0	可
	屋外	0	可
	3CWPB-A-N01	0	可
軸受冷却系統（共通ライン） (循環水ポンプ建屋)	3AB-F-N8	0	可
	3AB-F-N6	0	可
	3AB-F-N7	0	可
	3ACB-B-N2	0	可
	3ACB-D-N1	0	可
	屋外	0	可
	3CWPB-A-N01	0	可
	3RB-F-N2	0	可
	タービン建屋	0	可
所内用水系統 (循環水ポンプ建屋)	3AB-F-N8	0	可
	3AB-F-N6	0	可
	3AB-F-N7	0	可
	3RB-F-N2	0	可
	タービン建屋	0	可
飲料水系統 (循環水ポンプ建屋)	3AB-F-N8	0	可
	3AB-F-N6	0	可
	3AB-F-N7	0	可
	3RB-F-N2	0	可

(2) 隔離操作時に操作が必要となる弁

漏えい箇所の隔離操作を実施する場合に、操作対象となる現場手動弁までのアクセス通路と操作が必要となる弁について確認を行っている。以下に、代表例（溢水源：軸受冷却系統（A系））を示す。隔離操作対象弁を表2、隔離操作時におけるアクセス通路を図1に示す。

表2 軸受冷却系統（A系）の隔離操作対象弁リスト

操作対象弁			
弁番号	弁名称	設置場所	区画
3V-JW-240A	3 A-CWP 翼可変用油冷却器 冷却水入口弁	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01
3V-JW-241A	3 A-CWP 翼可変用油冷却器 冷却水出口弁	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01
3V-MR-021A	3 A-循環水ポンプ電動機軸受 冷却器冷却水入口弁	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01
3V-MR-024A	3 A-循環水ポンプ電動機軸受 冷却器冷却水サイトグラス後弁	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01
3V-MR-026A	3 A-循環水ポンプ電動機A 空気冷却器冷却水入口弁	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01
3V-MR-040A	3 A-循環水ポンプ電動機A空気 冷却器冷却水サイトグラス後弁	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01
3V-MR-027A	3 A-循環水ポンプ電動機B 空気冷却水入口弁	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01
3V-MR-041A	3 A-循環水ポンプ電動機B空気 冷却器冷却水サイトグラス後弁	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01

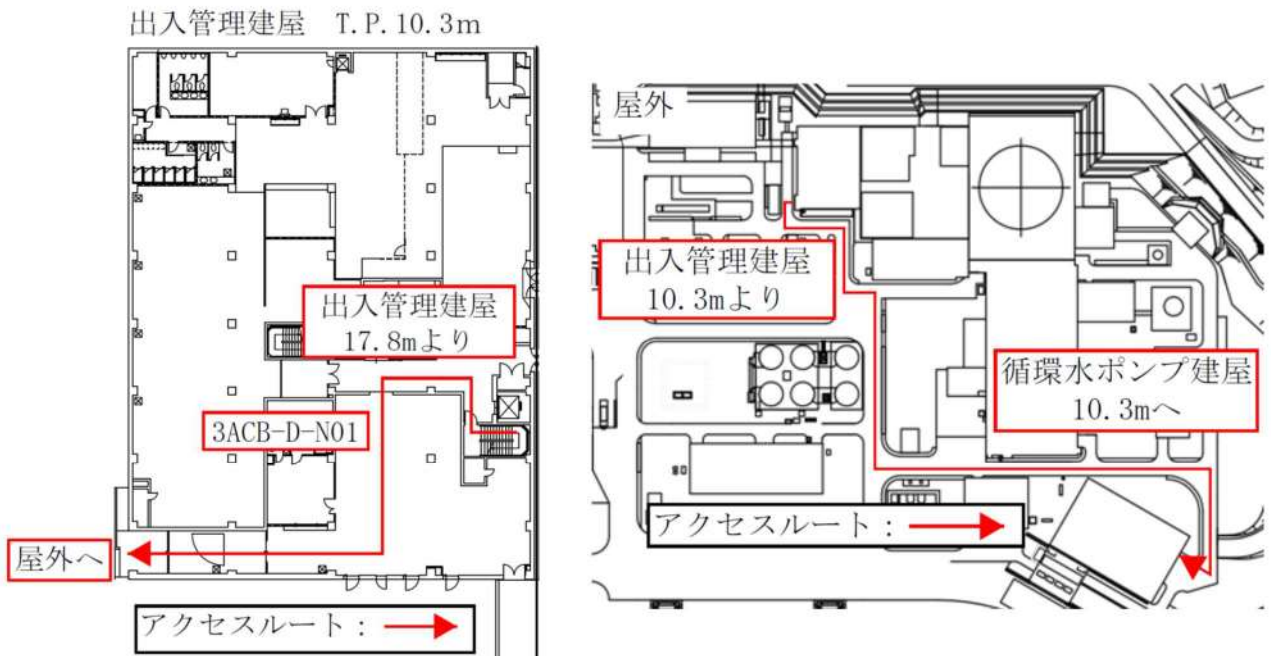
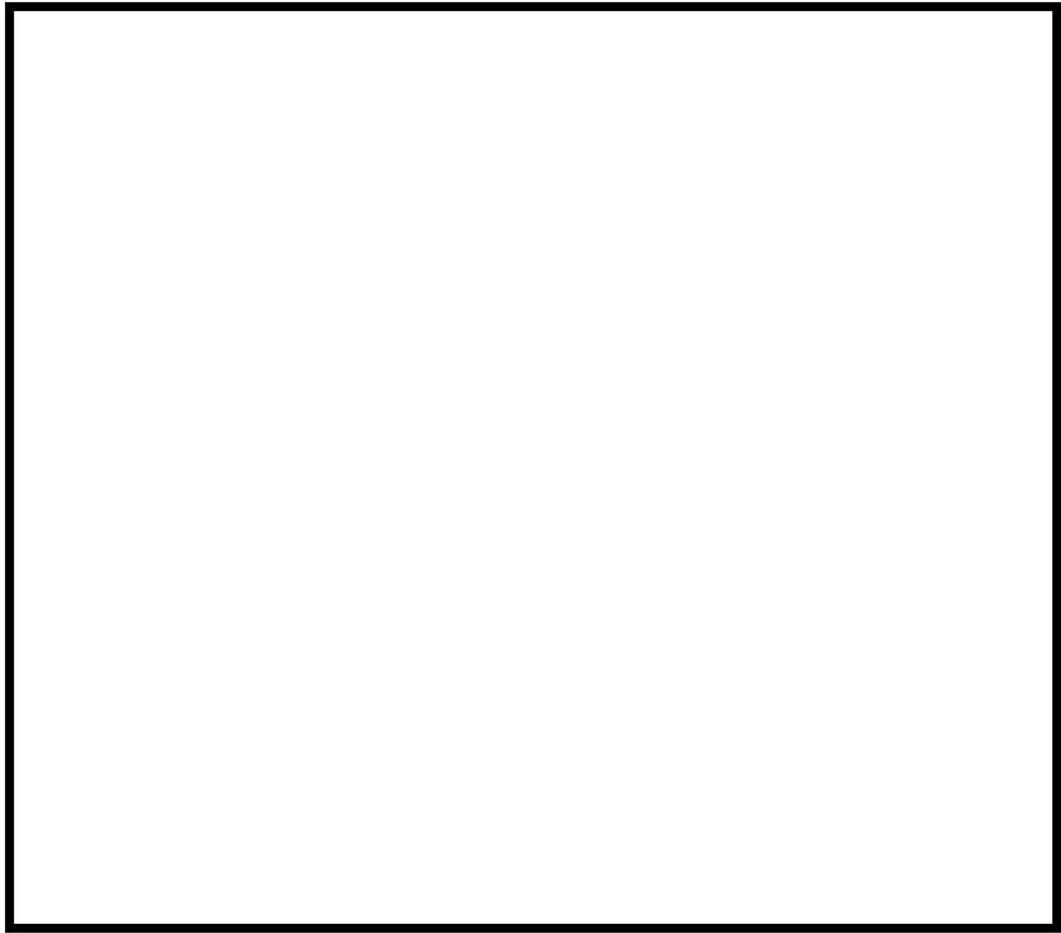


図1 軸受冷却系統（A系）の隔離操作時におけるアクセス通路(1/2)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

循環水ポンプ建屋 T.P. 10.3m

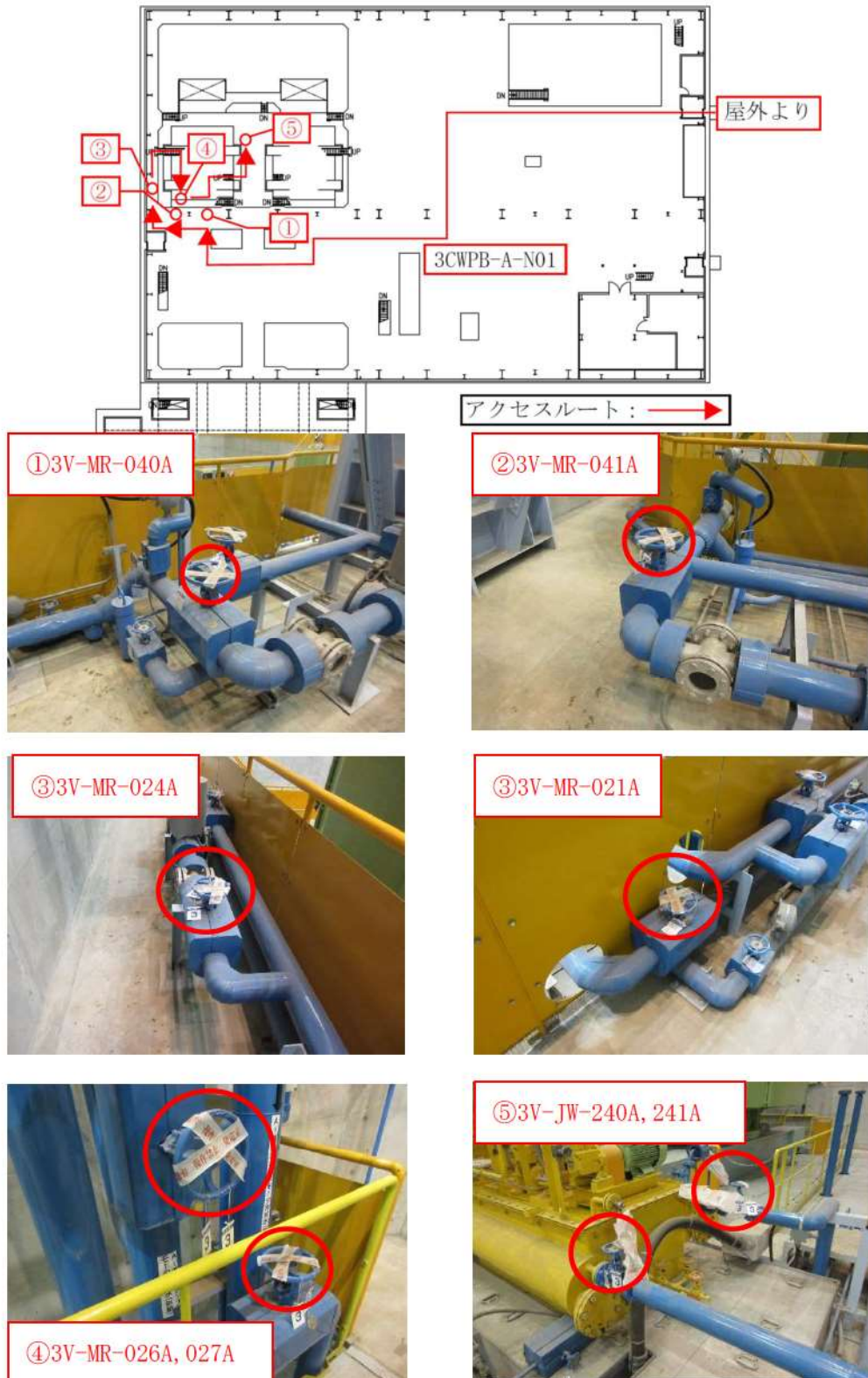


図1 軸受冷却系統（A系）の隔離操作時におけるアクセス通路(2/2)

2. 地震時の系統隔離操作におけるアクセス性の確認

(1) 隔離操作時のアクセス通路の溢水水位

溢水を想定する系統とその隔離操作時にアクセスが必要となる区画について、表 3 に示す。

表 3 地震時における隔離操作時のアクセス性 (隔離弁までのアクセス性)

追而【地震津波側審査の反映】
 (下表の破線囲部分は、基準地震動確定後の評価結果により、見直しの要否を検討する。)

溢水系統	アクセス区画	溢水評価高さ (m)	アクセス可否
原子炉補給水系統 (脱塩水) 飲料水系統 水消火系統 循環水管伸縮継手 海水電解装置海水供給・注入系 統 所内用水系統	3AB-F-N8	0	可
	3AB-F-N6	0	可
	3AB-F-N7	0	可
	3AB-H-1	0.09	可
	3AB-D-N1	0	可
	3RB-F-N2	0	可
	タービン建屋	0	可
	3ELB-D-N01	0	可
	3RB-H-N1	0	可
	3RB-H-N10	0	可
	3DG-H-N1	0	可
	屋外	0.1	可
	3CWPB-A-N01	0	可
	3CWPB-B-N04-2	0	可
	3CWPB-B-N02	0	可
3CWPB-B-N01	0	可	

(2) 隔離操作時に操作が必要となる弁

漏えい箇所の隔離操作を実施する場合に、操作対象となる現場手動弁までのアクセス通路と操作が必要となる弁について確認を行っている。以下に、地震時の系統隔離操作について示す。隔離操作対象弁を表 4、隔離操作時におけるアクセス通路を図 2 示す。

表 4 地震時の隔離操作対象弁リスト

操作対象弁			
弁番号	弁名称	設置場所	区画
3V-DW-729	3－出入管理建屋脱塩水補給弁	通路	3AB-H-1
3V-DR-510	3－電気建屋及び出入管理建屋他 飲料水補給弁	通路	3AB-D-N1
3V-FS-554	3－電気建屋行き消火水 非管理区域(A/B)止め弁	通路	3AB-F-N7
3V-SW-511A	3 A, B－原子炉補機冷却海水 ポンプ側海水電解装置入口ライン 止め弁	海水ストレーナ室	3CWPB-B-N04-2
3V-SW-511B	3 C, D－原子炉補機冷却海水 ポンプ側海水電解装置入口ライン 止め弁	海水ストレーナ室	3CWPB-B-N04-2
3V-SW-517A	3 A－原子炉補機冷却海水ポンプ 電解液流量調節弁	A－原子炉補機 冷却海水ポンプ室	3CWPB-B-N01
3V-SW-517B	3 B－原子炉補機冷却海水ポンプ 電解液流量調節弁	A－原子炉補機 冷却海水ポンプ室	3CWPB-B-N01
3V-SW-517C	3 C－原子炉補機冷却海水ポンプ 電解液流量調節弁	B－原子炉補機 冷却海水ポンプ室	3CWPB-B-N02
3V-SW-517D	3 D－原子炉補機冷却海水ポンプ 電解液流量調節弁	B－原子炉補機 冷却海水ポンプ室	3CWPB-B-N02
(新設)	所内用水配管隔離弁 (仮称)	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01
(新設)	飲料水配管隔離弁 (仮称)	循環水ポンプ建屋 T. P. 10. 3m	3CWPB-A-N01

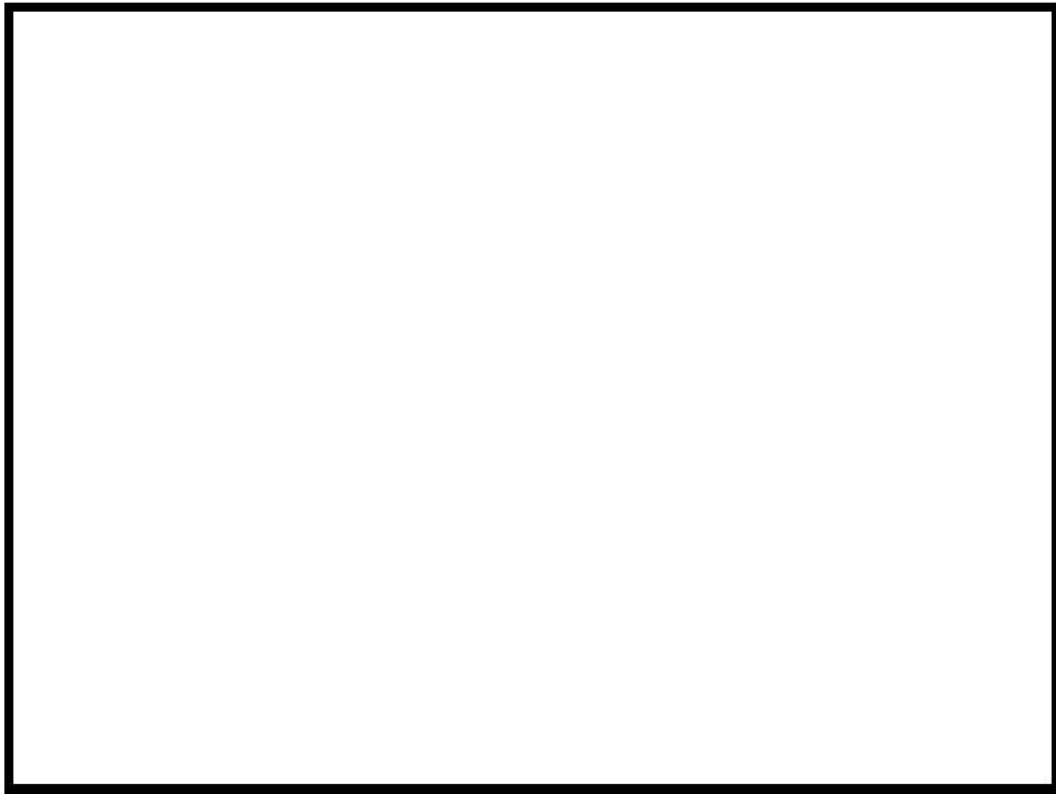



図2 地震時の隔離操作時におけるアクセス通路(1/7)

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

原子炉補助建屋 T.P. 24.8m

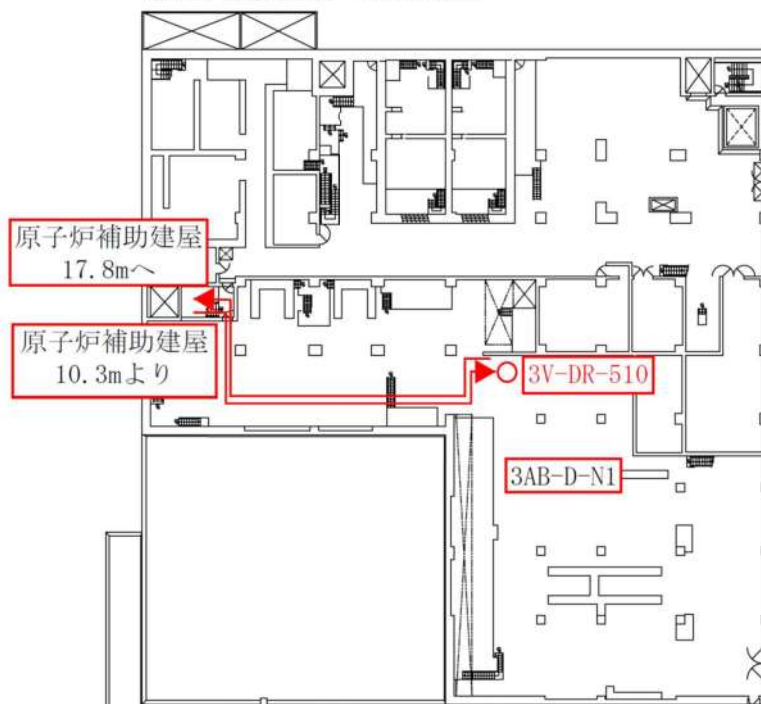


図2 地震時の隔離操作時におけるアクセス通路(2/7)

原子炉補助建屋 T.P. 10.3m

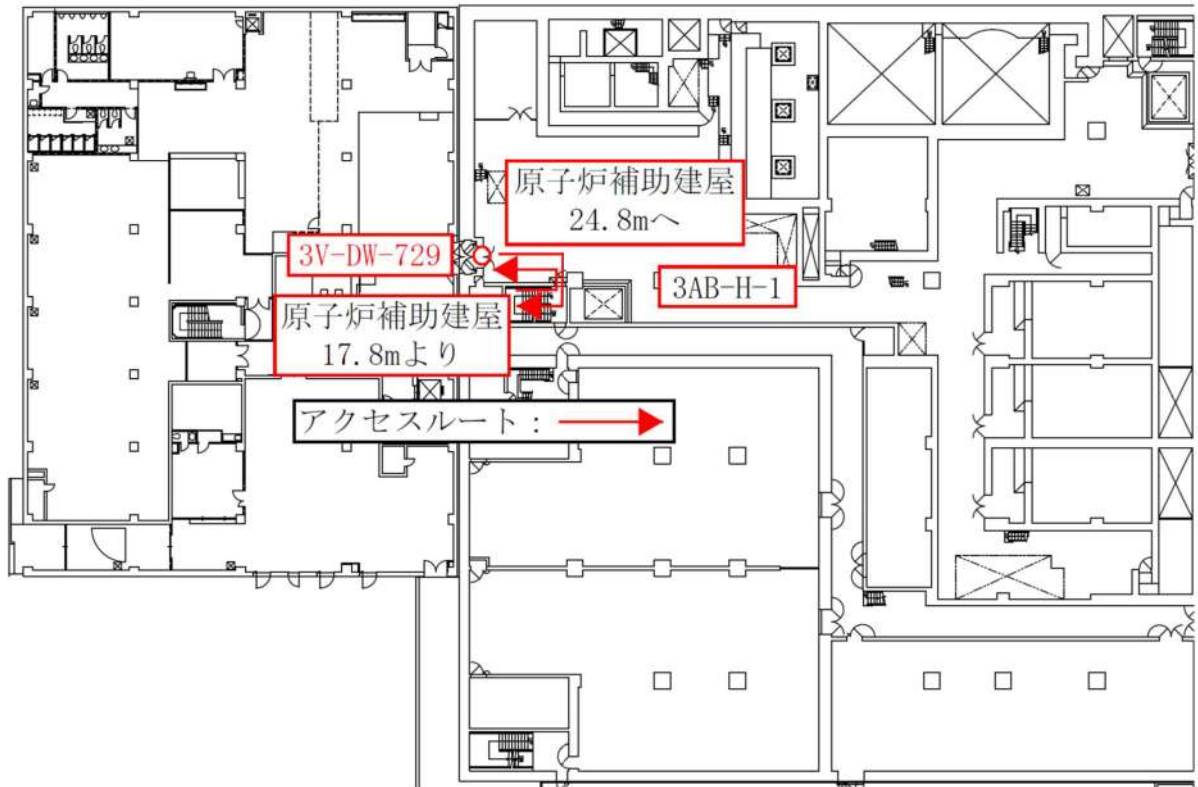


図2 地震時の隔離操作時におけるアクセス通路(3/7)

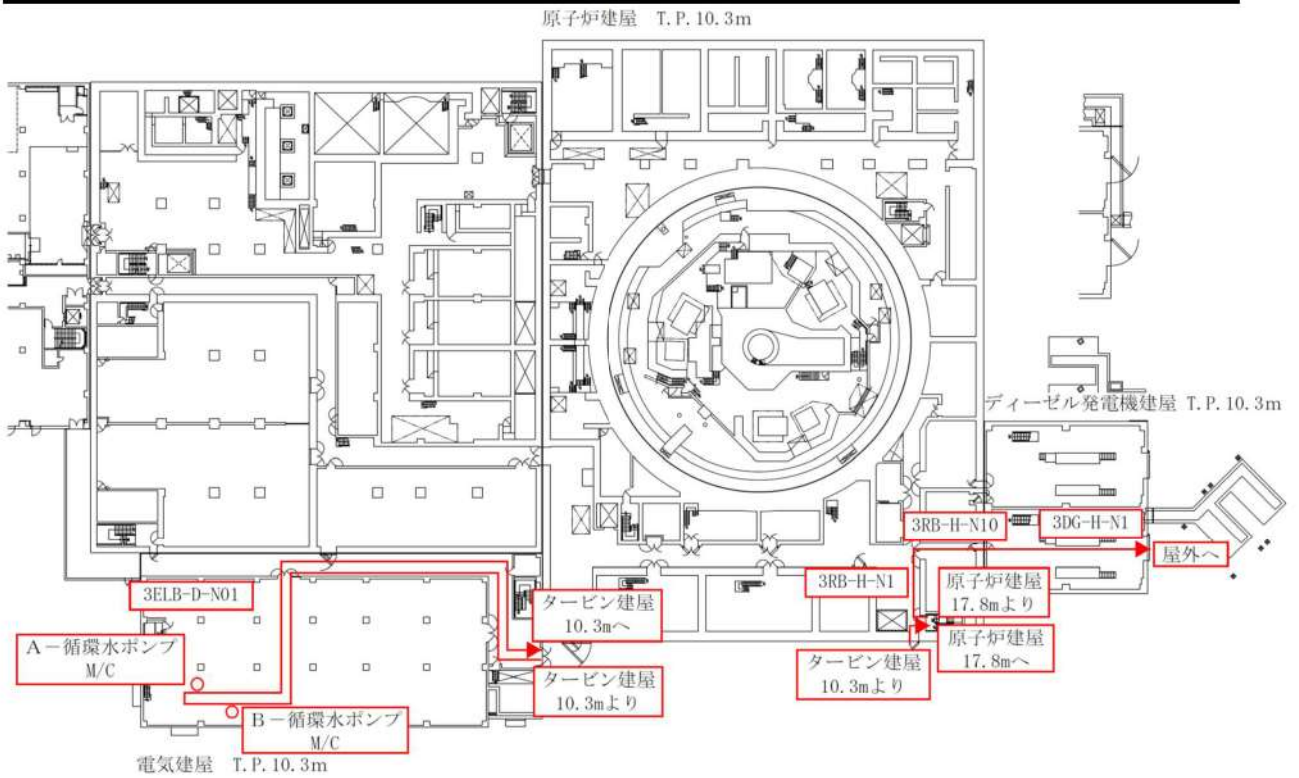


図2 地震時の隔離操作時におけるアクセス通路(4/7)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

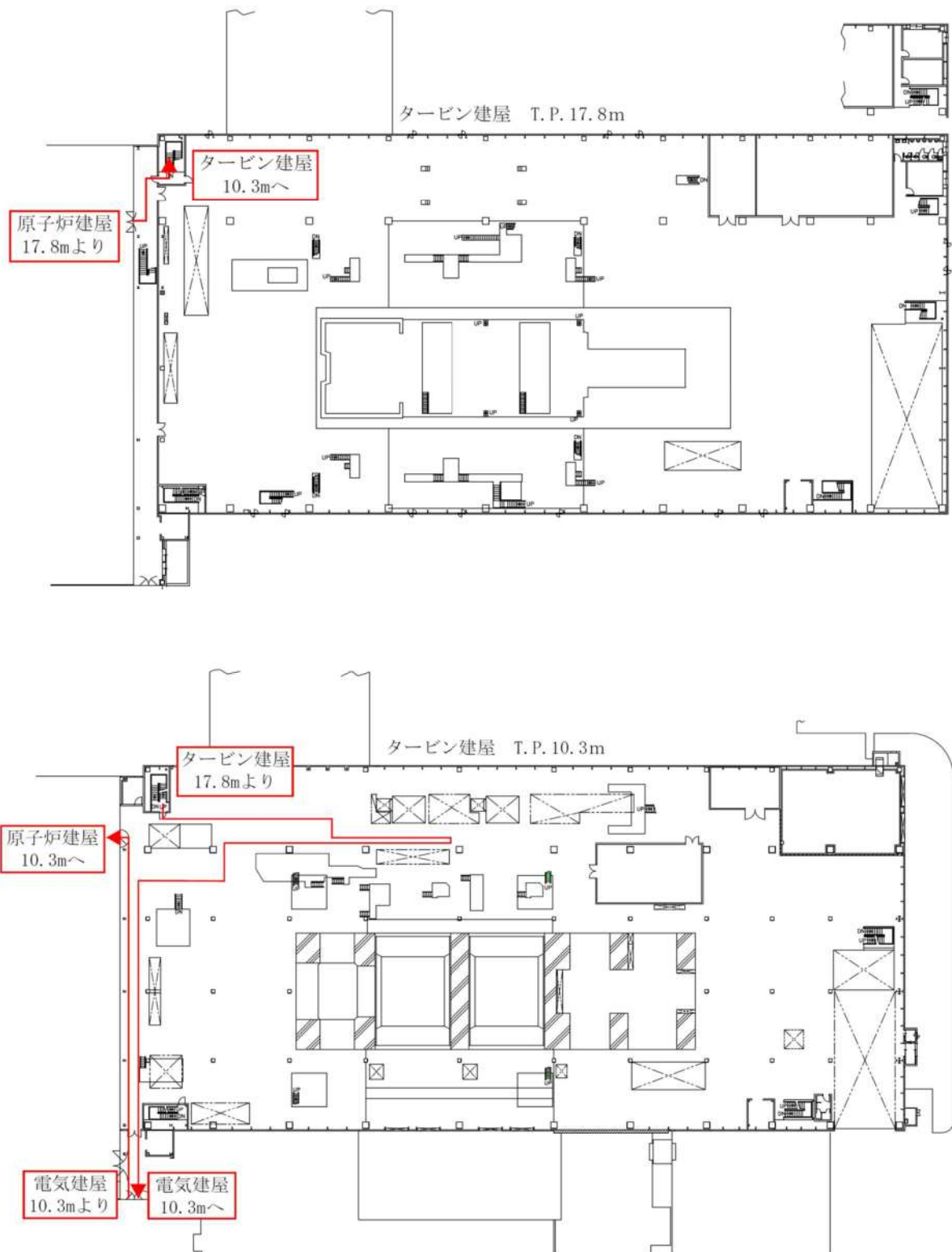


図2 地震時の隔離操作時におけるアクセス通路(5/7)

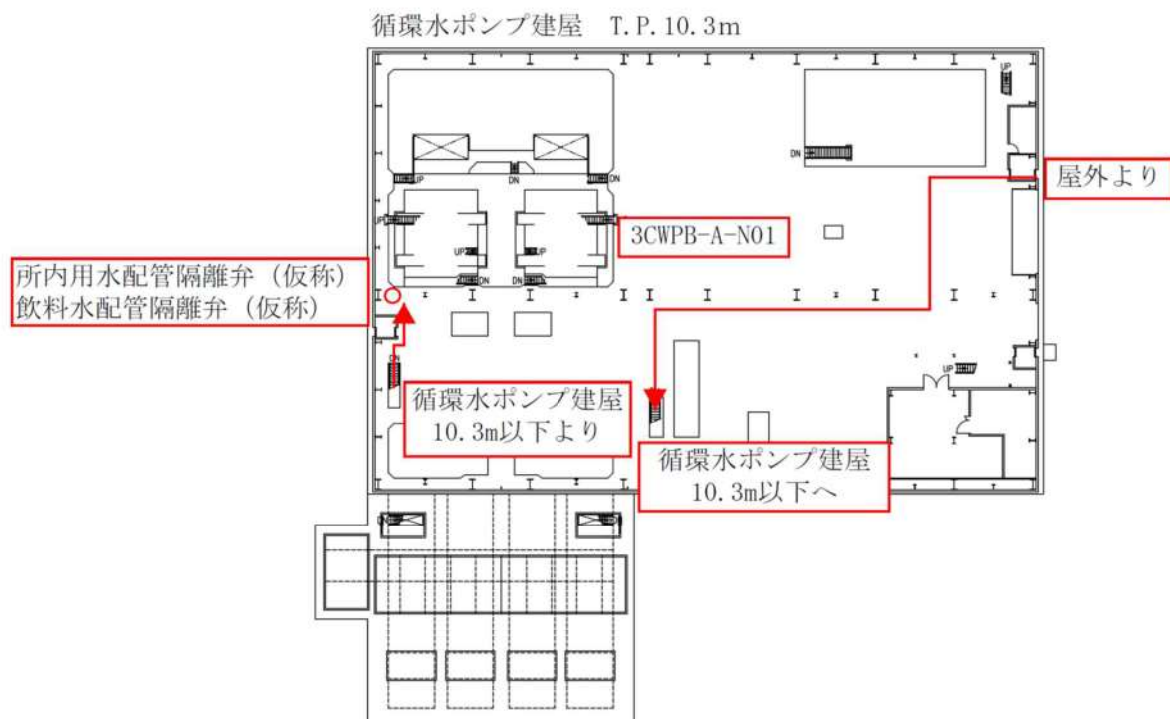
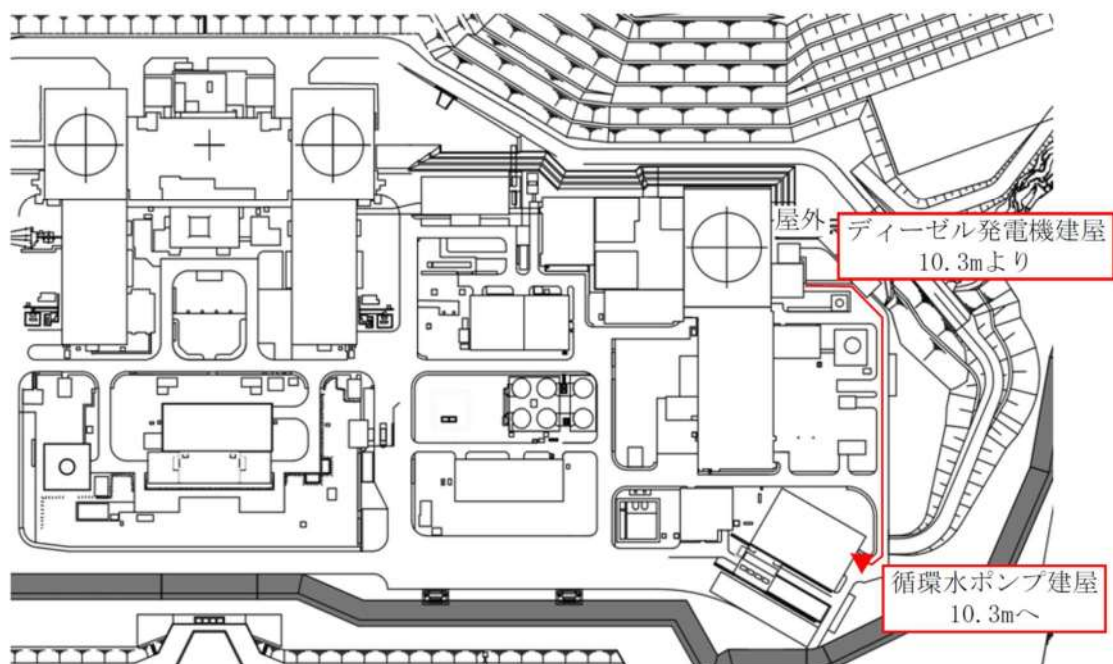
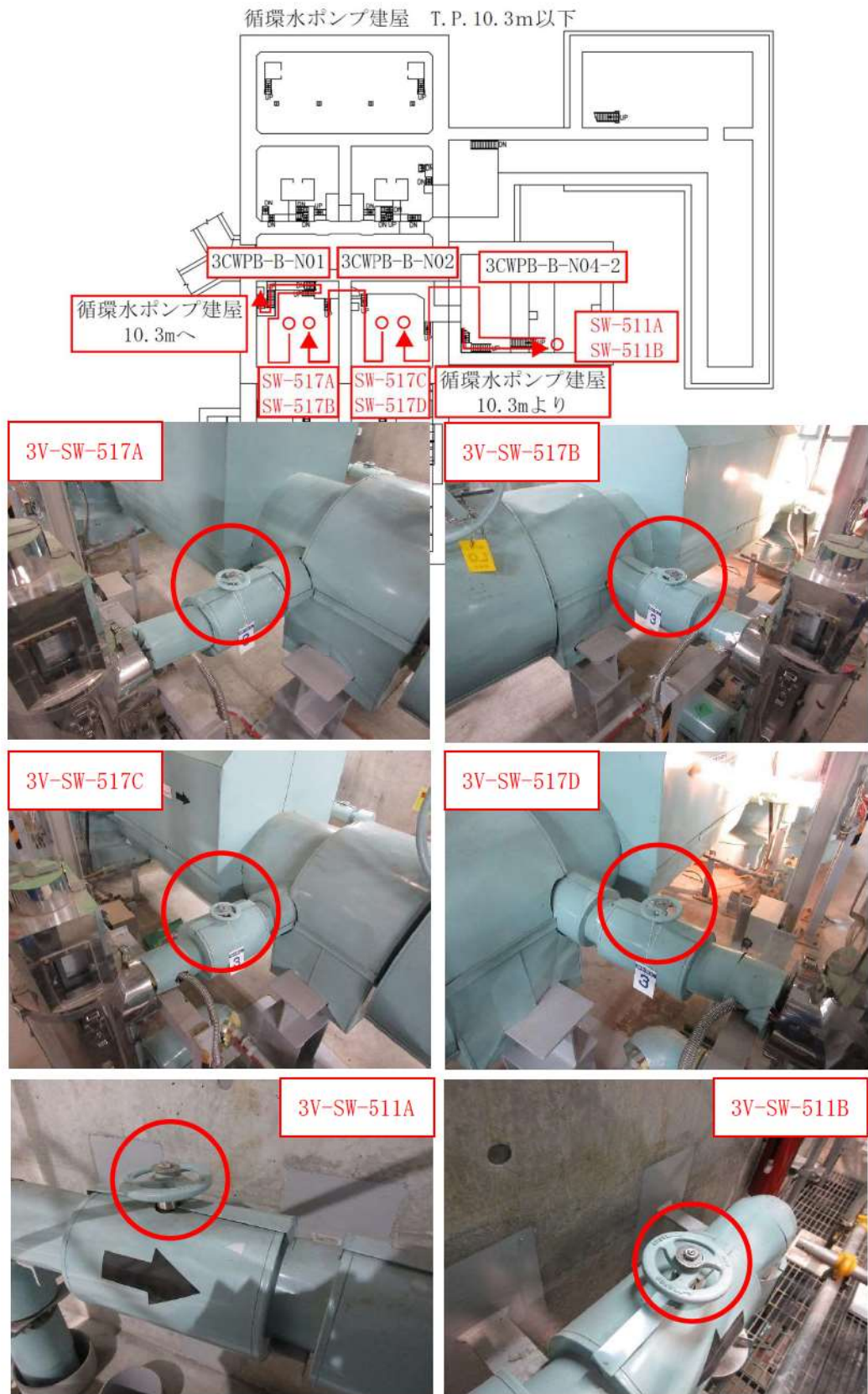


図2 地震時の隔離操作時におけるアクセス通路(6/7)



現場操作時の線量影響について

追而【地震津波側審査の反映】

下表の破線囲部分については基準地震動確定後の評価結果を反映する。

現場操作が必要な場合であり、漏えい時に作業環境が線量の観点から厳しくなる溢水源としては、セメント固化装置が考えられる。この溢水源が内包する放射能濃度は、表 1 に示すとおり約 $1.5 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^3$ であり、実効線量としては約 1.5 mSv となる。評価結果は、緊急作業時における許容実効線量である 100 mSv を下回っており、隔離操作等において支障がないことを確認した。実効線量の結果について、表 1 に示す。

なお、放射性物質を内包する溢水源の中で、漏えい中に環境中の線量率が最も厳しくなる系統は、化学体積制御系統であるが、本系統は中央制御室内での手動隔離が可能であり現場での操作が不要であることから対象外としている。

表 1 実効線量評価結果

溢水源	セメント固化装置
放射能濃度	
現場操作時間	漏えい箇所の隔離時間：15 分 ^{※1}
隔離操作後の移動時間	原子炉補助建屋からの退避時間：20 分
実効線量	

※1 現場での隔離箇所特定及び隔離操作に要する時間に対し、保守的に設定した時間（検証時間は、補足説明資料 14 参照）

アクセス通路における漂流物対策状況について

代表例として、地震時の原子炉補給水系統（脱塩水）の隔離操作におけるアクセス通路上の漂流物対策状況を図1に示す。

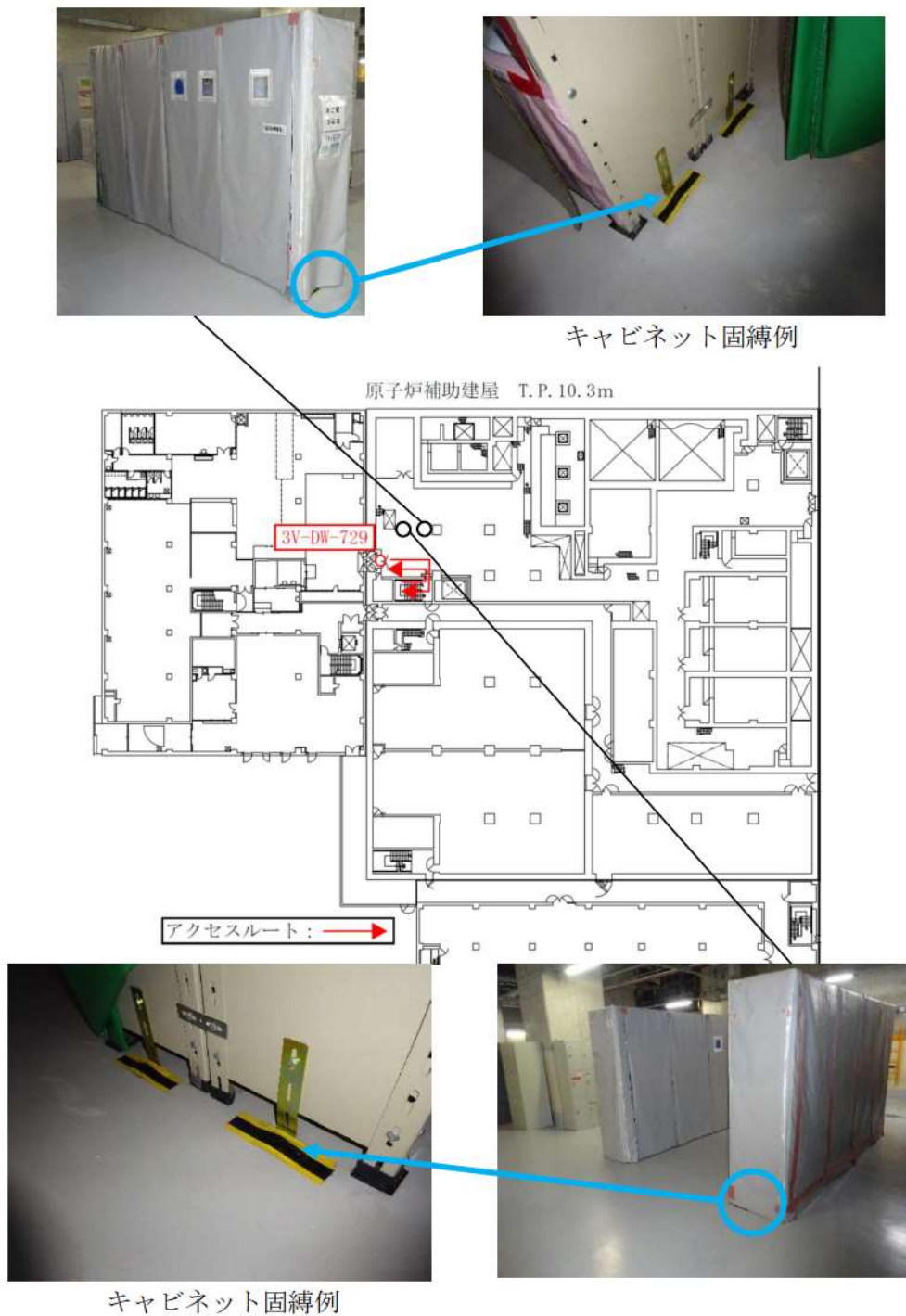


図1 漂流物対策状況

浸水時の歩行速度への影響について

1. 浸水時の歩行速度の算出

(1) 実施内容

- ・水深 100mm における, 50m の歩行にかかる時間を計測。
(10m を 2.5 往復し, 計測を実施)
- ・測定は被験者 3 名により実施し, 平均速度を算出。
- ・調査時は溢水時の防護服を着用する。

(2) 実績

被験者 3 名について, 1 回測定を実施した。浸水時の歩行速度測定結果について表 1 に示す。

表 1 浸水時の歩行速度測定結果

水位	被験者 A	被験者 B	被験者 C	平均歩行速度
100mm	37 s	49 s	39 s	4.32km/h

(3) 歩行速度調査状況

検証時の装備は, 溢水時の防護具を想定し, 黄服, 防水型被服, ゴム手袋, 全面マスク, 胴長靴, ヘルメットの装備を着用して行った。測定時の状況について図 1 に示す。



図 1 歩行速度測定時のスタイル及び測定状況

2. 漏えい箇所特定に要する時間について

(1) 漏えい箇所特定に要する時間の算出

浸水時の歩行速度を基に、下記条件で漏えい箇所特定に要する時間を算出した結果を表2に示す。

【条件】

- ・漏えい箇所が特定できていないものとし、破損が想定される系統設置箇所の建屋全域を確認することを原則とする。
- ・機器配置図より歩行ルートを検討し、距離を算出。
- ・全域に溢水水位 100 mmがあると仮定。

表2 浸水時の漏えい箇所特定に要する時間算出結果

項目	出入管理建屋	電気建屋	タービン建屋	循環水ポンプ建屋
歩行距離 (m)	346.2	467.2	145.8	395.5
漏えい箇所特定時間 (min)	6 ^{※1}	8 ^{※1}	3 ^{※1}	7

※1 出入管理建屋、電気建屋及びタービン建屋の漏えい箇所特定時間は、溢水源となる配管範囲の確認に要する時間を測定

上記の算出結果より、補足説明資料12「想定破損評価における隔離時間の妥当性について」及び補足説明資料14「地震時溢水評価における隔離時間の妥当性について」にて整理している漏えい箇所特定に要する時間（出入管理建屋：10分、電気建屋：10分、タービン建屋：5分、循環水ポンプ建屋：10分）は十分保守的な設定である。

想定破損評価における隔離時間の妥当性について

1. はじめに

溢水の発生後、溢水を検知し隔離するまでの隔離時間を手動隔離及び自動隔離について以下のとおり設定した。

2. 高エネルギー配管の隔離までの時間設定

2. 1 自動隔離及び中央制御室内での手動隔離

高エネルギー配管は、ターミナルエンド部と一般部の完全全周破断を想定し隔離までの時間を適切に設定する。具体的には破損を想定する系統、箇所に対し、異常の検知方法や運転員が事象を判断する際のパラメータ等を整理し、隔離により漏えいを停止するまでの時間の積み上げを行う。隔離までの時間設定については、異常の検知、事象の判断、漏えい箇所の隔離の3つのステップにおいて一連の隔離シナリオを統一した考え方に基づき定める。

(1) 異常の検知について

配管破断による異常を早期に検知する手段として以下の3つの方法があり、それぞれ警報発信までの時間を設定する。

- ① 区画内に設置された温度センサによる温度高警報（温度検知）
- ② 系統に設置されている圧力計，流量計，水位計等の中央表示値の変化や演算処理による警報（システム検知）
- ③ 床ドレン配管を通して集水される最下層のサンプル水位高警報（サンプル検知）

「温度検知」は、高温配管の破断による蒸気の噴出により区画内の温度上昇を早期に検知する手段であり、中央制御室に警報を表示する。「システム検知」は、配管破断による系統の流量や圧力の変化を検知し、中央制御室に警報を表示する。この二つの方法は、破断口径が大きい場合に有効な手段である。

一方、破断口径が小さい場合には、流量や圧力の変化が緩やかであるため「システム検知」による警報は表示されず、破断箇所から目皿等へ流れた溢水が最下層のサンプルに集まる「サンプル検知」となる。

(2) 事象の判断及び漏えい箇所の特定制について

運転員は訓練により、事象の判断及び漏えい箇所の特定制を短時間での確に実施する。中央制御室において漏えい箇所の特定制が可能な場合には判断及び特定制時間を 10 分とする。漏えい量が小さく現場での漏えい箇所の確認が必要な場合には、移動の時間も合せて判断及び特定制時間を設定する。運転操作余裕については事象の判断の中に含め、警報発信時から隔離操作開始までの時間として 10 分以上を確保する。

温度センサ警報では異常の検知が行われるが、事象の判断及び漏えい箇所の特定制については、圧力計、流量計、水位計等のパラメータの変化を組み合わせる。

例えば、主蒸気・主給水管室における枝管の破断の場合、隔離しなければならないループを様々なパラメータから特定制した後に原子炉トリップ操作を行い、漏えいを停止させる。

(3) 漏えい箇所の隔離について

没水評価の対象となる高エネルギー配管の系統は自動隔離又は中央制御室からの遠隔手動操作により隔離することができる。隔離時間は、操作にかかる時間（以下「操作時間」という）と停止にかかる時間（以下「停止時間」という）の合計としている。

操作時間は 1 操作 1 分とするが、原子炉トリップ操作についてはトリップ後の状況確認のために、全体として 20 分を確保した。停止時間は弁を閉止する場合、操作時間の 1 操作 1 分に含める。一方、ポンプを停止する場合、充てんポンプについては空転時間を考慮し 1 分とし、主給水ポンプについては出口弁閉止までの 5 分とした。

したがって、隔離時間は弁を閉止する場合は 1 分、ポンプを停止する場合、充てんポンプは 2 分、主給水ポンプは 6 分となる。

図 1 に検知、判断、特定制及び隔離時間の考え方を、表 1-1 から表 1-6 に隔離時間の考え方を、図 2-1 から図 2-6 にそれぞれの系統の破断箇所を示す。

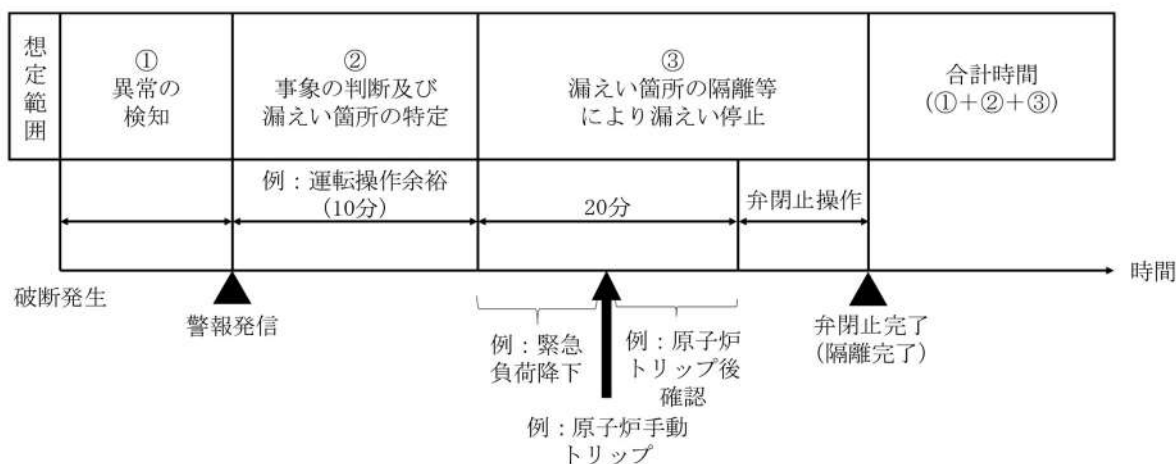


図 1 検知、判断、特定制及び隔離時間の考え方

表 1-1 化学体積制御系統（充てん系統）の隔離時間

想定範囲	①異常の検知	②事象の判断及び漏えい箇所の特定	③漏えい箇所の隔離等により漏えい停止	合計時間 (①+②+③)
【充てんライン】 ①貫通部～流量計	1分 配管破損により、充てん流量が上昇し、充てん流量高警報が発信する。(通常の充てん流量 23.8m ³ /h に対して高警報 29m ³ /h であるため、当該ラインの破断により速やかに警報が発信する)	10分 以下のパラメータから充てんラインからの漏えいと判断 10分 VCT 水位、充てん流量、原子炉補助建屋サンプ水位等	2分 中央制御室において、抽出オリフイス出口 C/V 内側隔離弁を手動閉止する 1分…※1 充てん流量制御弁を手動閉止する 1分	13分
【充てんライン】 ②流量計 ～充てんポンプ出口	1分 配管破損により、充てん流量が低下し、充てん流量低警報が発信する (通常の充てん流量 23.8m ³ /h に対して低警報 8m ³ /h であるため、当該ラインの破断により速やかに警報が発信する)	10分 以下のパラメータから充てんラインからの漏えいと判断 10分 VCT 水位、充てん流量、原子炉補助建屋サンプ水位等	5分 中央制御室において、抽出オリフイス出口 C/V 内側隔離弁を手動閉止する 1分…※1 充てん流量制御弁を手動閉止する 1分 漏えい継続の場合は充てんポンプを停止する 2分 (空転含む) 体積制御タンク出口第 1 止め弁を閉止する 1分	16分
【封水注入ライン】 ③貫通部～流量計 (A ラインから漏えいした場合を例とする)	1分 配管破損により、破損側 A-封水注入流量が増加するため、健全側 B、C-封水注入流量は低下し、RCP 封水注入ライン流量低警報が発信する (通常の封水注入流量 1.82m ³ /h に対して、低警報は 1.5m ³ /h であるため、速やかに警報が発信する)	10分 以下のパラメータから封水注入流量計下流からの漏えいと判断 10分 封水注入流量、封水戻り流量、原子炉補助建屋サンプ水位等	2分 中央制御室において、A-1 次冷却材ポンプ封水注入ライン C/V 外側隔離弁を閉止する 1分…※2 漏えい継続の場合は 1 次冷却材ポンプ封水注入流量制御弁を手動閉止する 1分	13分
【封水注入ライン】 ④流量計 ～流量調節弁	1分 配管破損により、封水注入流量が低下し、RCP 封水注入ライン流量低警報が発信する (通常の封水注入流量 1.82m ³ /h に対して、低警報は 1.5m ³ /h であるため、速やかに警報が発信する)	10分 以下のパラメータから封水注入流量計上流からの漏えいと判断 10分 封水注入流量、封水戻り流量、原子炉補助建屋サンプ水位等	1分 中央制御室において、1 次冷却材ポンプ封水注入流量制御弁を手動閉止する 1分	12分

※1：漏えい停止を優先し、充てん流量制御弁を手動閉止することで漏えいを停止させることは可能であるが、再生熱交換器での熱交換ができなくなることにより、抽出ラインオリフイス下流で減圧沸騰が発生することから、抽出系統を停止した後、充てん系統を隔離する手順としている。

※2：当該弁閉止の目的は、貫通部～当該弁の間が破損した場合、当該弁を閉止することで、他ループ (B, C) の RCP 封水注入を確保することが可能であることから、当該弁を閉止する手順としている。

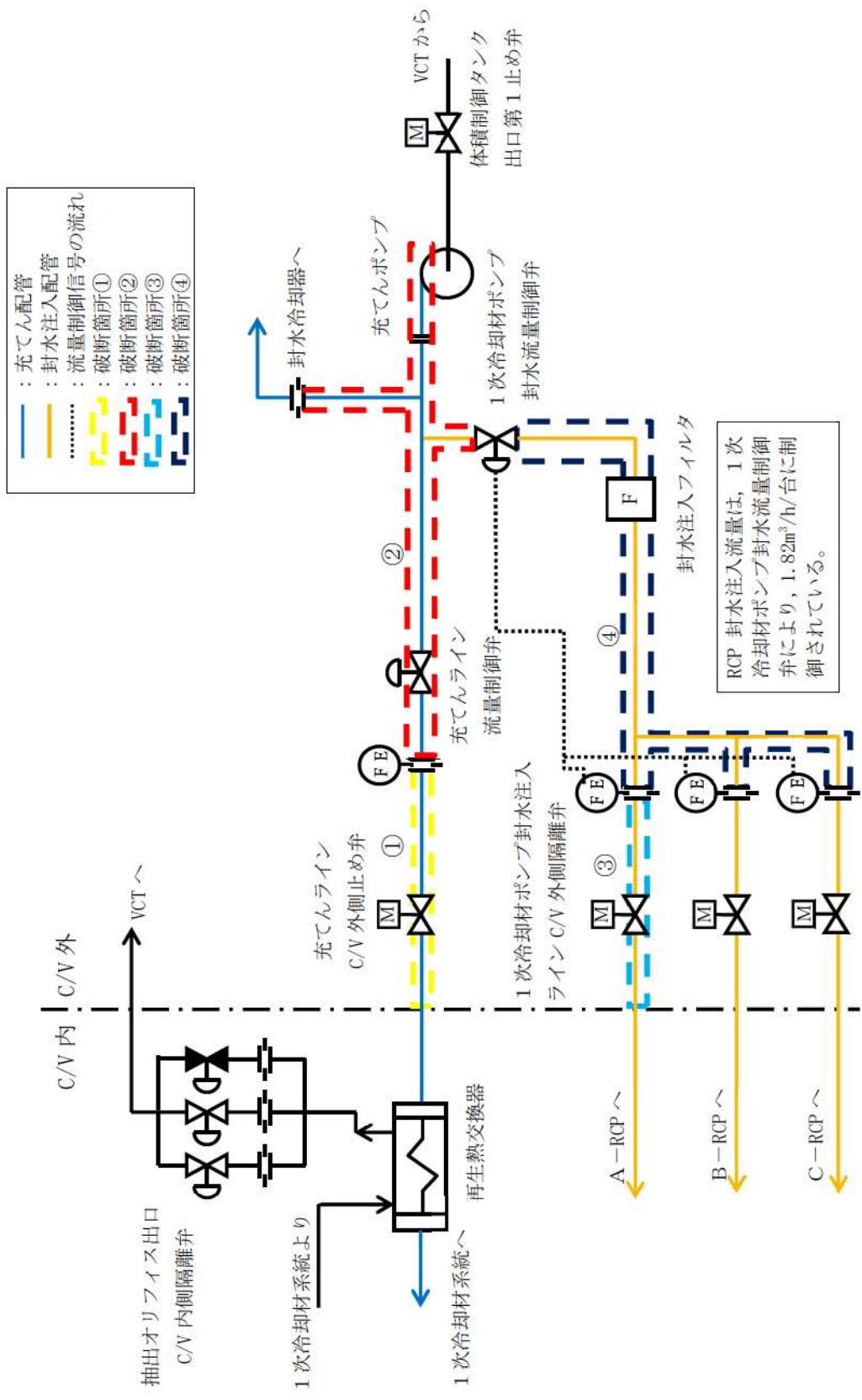


図 2-1 化学体積制御系統（充てん系統）の破断箇所

表 1-2 化学体積制御系統（抽出系統）の隔離時間

想定範囲	①異常の検知	②事象の判断及び漏えい箇所の特定	③漏えい箇所の隔離等により漏えい停止	合計時間 (①+②+③)
【抽出ライン】 ①非再生冷却器 上流～下流	5分 配管破損により VCT (0.07809m ³ /%) の保有水が減少し VCT 水位が低下する。VCT 通常水位 (60+5%*) から原子炉補給開始水位 (36-5%*) まで水位が低下し、原子炉補給水制御が自動の場合には自動補給開始音吹鳴、原子炉補給水制御が自動以外の場合には体積制御タンク水位低 (自動以外) (L120) 警報が発信する。 0.07809m ³ /% × (65% - 31%) ÷ 32.1m ³ /h × 60分 = 5分	10分 以下のパラメータから抽出ラインからの漏えいと判断 10分 加圧器水位、VCT 水位、原子炉補助建屋サンプ水位等	1分 中央制御室において、抽出オリフィス出口 C/V 内側隔離弁を手動閉止する 1分	16分

(※計装誤差に余裕を考慮した値)

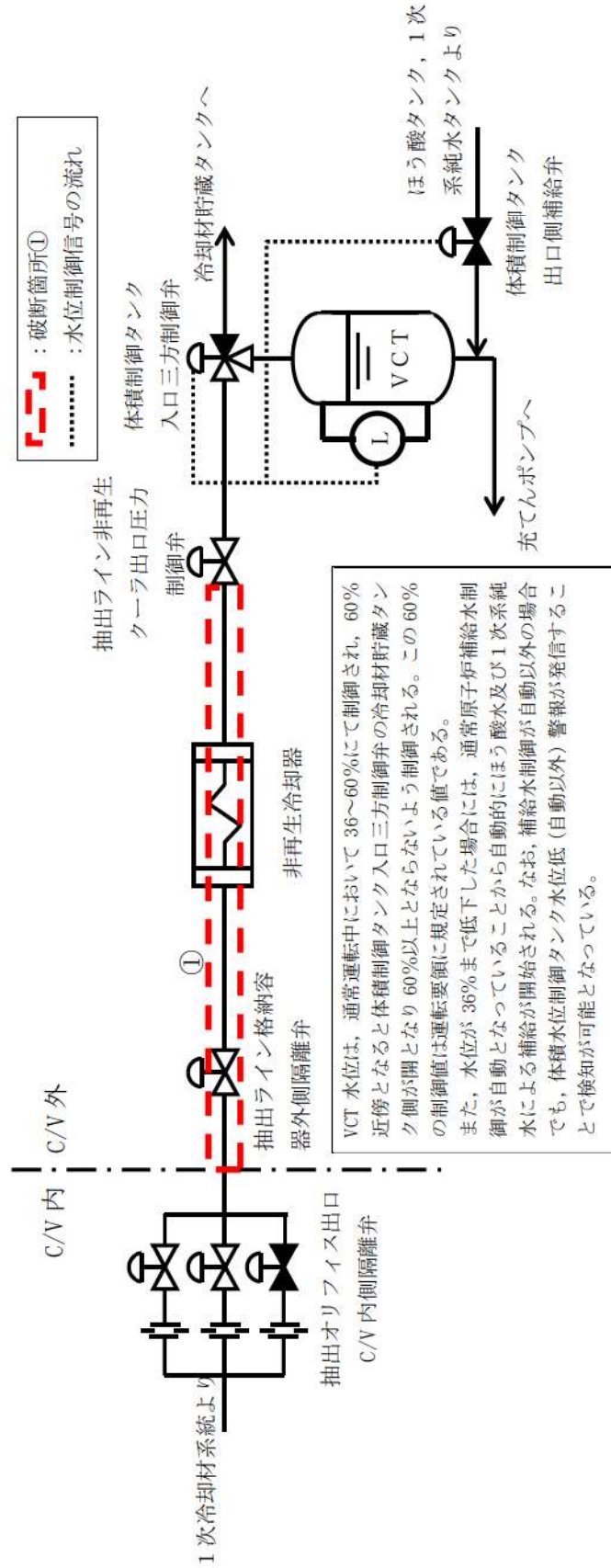


図 2-2 化学体積系統（抽出系統）の破断箇所

表 1-3 主蒸気系統（主蒸気管室内）の隔離時間

想定範囲	①異常の検知	②事象の判断及び漏えい箇所の特定	③漏えい箇所の隔離等により漏えい停止	合計時間 (①+②+③)
【主蒸気管】 ①貫通部 ～主蒸気隔離弁下流	1分 主蒸気ライン圧力低 ECCS 作動による原子炉トリップ 2秒 また、主蒸気ライン圧力低により主給水隔離弁が自動隔離する 9秒	10分 以下のパラメータから隔離する蒸気発生器を特定する SG 水位偏差, SG 流量偏差, 主蒸気ライン圧力低等	2分 中央制御室において、補助給水隔離弁、補助給水ポンプ出口流量調節弁を手動閉止する 2分	13分
【主蒸気】 逃がしライン】 ②主蒸気管分岐 ～主蒸気逃がし弁	1分…a 主蒸気流量増加に伴う原子炉出力上昇により PR 中性子東高制御棒引抜阻止 (C-2) 警報が発信する 1分	10分…b 以下のパラメータから隔離する蒸気発生器を特定する 主蒸気流量, SG 圧力, SG 水位偏差, SG 流量偏差等		35分
【主蒸気】 ドレンライン】 ④主蒸気管分岐 ～スチームトラップ	5分…h 主蒸気流量増加に伴う SG 熱出力が上昇するため、出力変化による SG 熱出力 1 分間平均値超過警報が発信する 5分		24分 中央制御室において 緊急負荷降下の準備・連絡 3分 緊急負荷降下 15分 プラントトリップ状態確認 2分 主給水制御弁、主給水隔離弁手動閉止 2分 補助給水隔離弁、補助給水ポンプ出口流量調節弁手動閉止 2分	39分
【タービン動補助給水ポンプ駆動用蒸気ライン】 ⑤主蒸気管分岐 ～ターミナルエンド	1分…a 主蒸気流量増加に伴う原子炉出力上昇により PR 中性子東高制御棒引抜阻止 (C-2) 警報が発信する 1分			35分

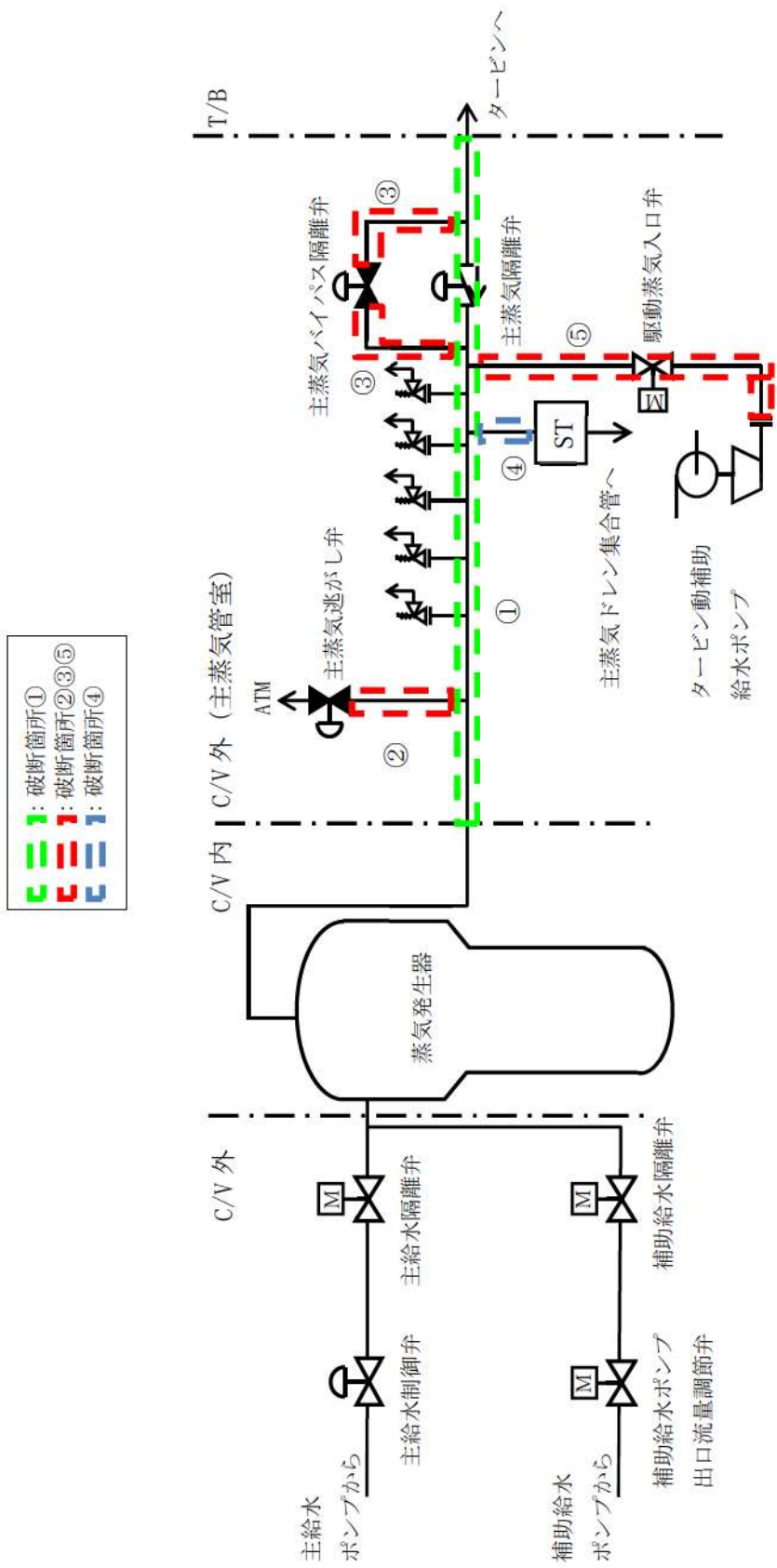


図 2-3 主蒸気系統（主蒸気管室内）の破断箇所

表 1-4 主給水系統、補助給水系統（主蒸気管内）の隔離時間

想定範囲	①異常の検知	②事象の判断及び漏えい箇所の特定	③漏えい箇所の隔離等により漏えい停止	合計時間 (①+②+③)
【主給水管】 ①貫通部 ～主給水隔離弁	主蒸気ライン圧力低 ECCS 作動による原子炉トリップ 7秒 また、主蒸気ライン圧力低により、主給水隔離弁自動隔離 14秒	以下のパラメータから隔離する蒸気発生器を特定する 10分 SG 水位偏差, SG 流量偏差, 主蒸気ライン圧力低等	中央制御室において、補助給水隔離弁、補助給水ポンプ出口流量調節弁を手動閉止する 2分	13分
【主給水管】 ②主給水隔離弁 ～逆止弁	主蒸気ライン圧力低 ECCS 作動による原子炉トリップ 7秒	主給水ライン漏えいと特定する 10分 ※隔離弁自動閉止のため、事象判断時間は考慮しない	主蒸気ライン圧力低により主給水制御弁、主給水隔離弁自動隔離 7秒 ※検知時間の1分に包絡されるため考慮しない	1分
【主給水管】 ③逆止弁～主給水制御弁、主給水バイパス制御弁	SG 水位低による原子炉トリップ 39秒	以下のパラメータから隔離する蒸気発生器を特定する 10分 SG 水位偏差, SG 流量偏差, SG 水位低による原子炉トリップ等	中央制御室において、主給水制御弁、主給水隔離弁を手動閉止する 2分	13分
【主給水管】 ④主給水制御弁、主給水バイパス制御弁～T/B貫通部	SG 水位低による原子炉トリップ 39秒	以下のパラメータから隔離する蒸気発生器を特定する 10分 SG 水位偏差, SG 流量偏差, SG 水位低による原子炉トリップ等	中央制御室において、主給水ポンプ2台を遠隔手動停止する 2分 (1分×2台) ポンプ出口弁閉動作時間 5分	18分
【補助給水ライン】 ⑤主給水管分岐 ～逆止弁	主給水流量の増加により SG 給水蒸気流量偏差大警報が発信する 補足：主給水制御範囲内の漏えいとなり SG 水位低による原子炉トリップ、主給水ポンプの過回転トリップには期待しない	以下のパラメータから隔離する蒸気発生器を特定する 10分 SG 水位偏差, SG 流量偏差等	中央制御室において 緊急負荷降下の準備・連絡 3分 プラントトリップ状態確認 2分 主給水制御弁、主給水隔離弁手動閉止 2分 補助給水ポンプ出口流量調節弁手動閉止 2分	35分

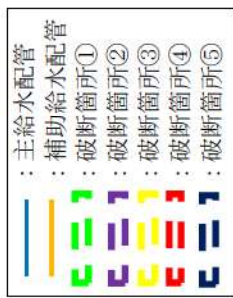


図 2-4 主給水系統，補助給水系統（主蒸気管室内）の破断箇所

表 1-5 蒸気発生器ブローダウン系統（主蒸気管室内）の隔離時間

想定範囲	①異常の検知	②事象の判断及び漏えい箇所の特定	③漏えい箇所の隔離等により漏えい停止	合計時間 (①+②+③)
【復水器へのライン】 ①貫通部へ隔離弁	2分...a SG 水位低による原子炉トリップ 114秒	10分...b 以下のパラメータから隔離する蒸気発生器を特定する 10分 SG 水位偏差, SG 流量偏差等	4分 中央制御室において, 主給水制御弁, 主給水隔離弁を手動閉止する 2分 補助給水隔離弁, 補助給水ポンプ出口流量調節弁を手動閉止する 2分	16分

CS1: 破断箇所①

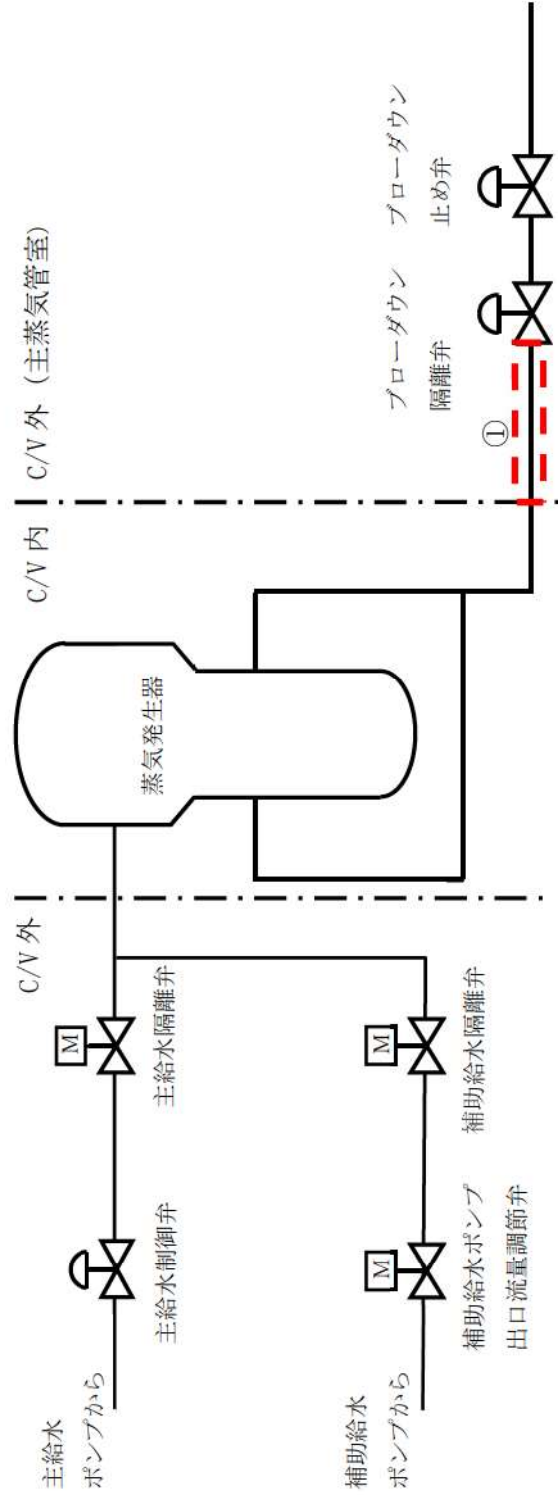


図 2-5 蒸気発生器ブローダウン系統（主蒸気管室内）の破断箇所

表 1-6 補助蒸気系統の隔離時間

漏えい時間			合計時間 (①+②+③)
想定範囲 【補助蒸気ライン】 ①T/B 境界～スチ ームトラップ	①異常の検知 測温抵抗体 (60℃) の検知により補助蒸気遮断弁が自動閉止 5 分 (測温抵抗体の検知時間は区画に依存する。補助蒸気遮断弁の閉止時間は約 25 秒、検知遅れ 10 秒を想定。)	②事象の判断及び漏えい箇所の特定 10 分※ 温度異常高の警報により、漏えい箇所を特定、判断 ※隔離弁自動閉止のため、事象判断時間は考慮しない	5 分
		③漏えい箇所の隔離等により漏えい停止 0 分 自動隔離のため 操作時間なし	

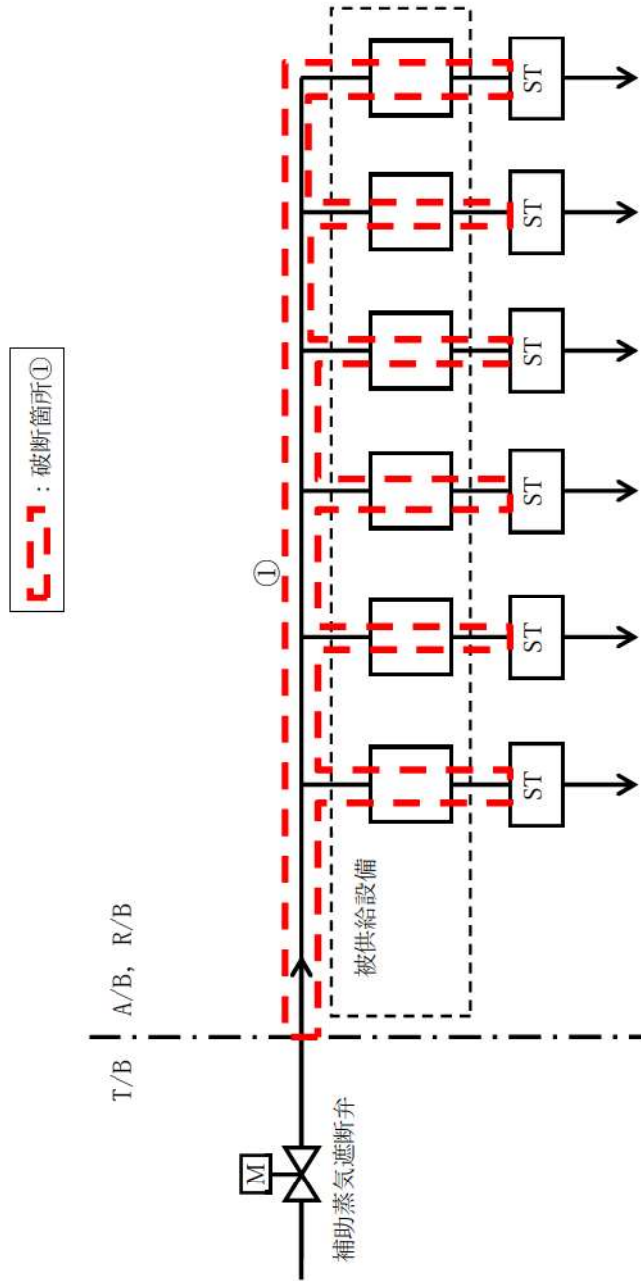


図 2-6 補助蒸気系統の破断箇所

3. 低エネルギー配管の隔離までの時間設定

3. 1 手動隔離

低エネルギー配管の手動隔離に期待する隔離時間については、溢水ガイドを参考に、80分として評価を行っているが、漏えい検知、漏えい箇所特定及び弁操作等により、下記(1)～(5)を組み合わせて算定し、実際の隔離時間について確認を行った。なお、(3)～(5)については現場での確認を行った。

(1) 漏えい発生から漏えい検知までの時間

床ドレン配管がある区画は、ドレンサンプ又はピットの警報により検知するまでの時間を算出し、床ドレン配管がなく、漏えい検知器によって溢水を検知する場合は、漏えい検知器による検知に要する時間を算出した。

また、システムに設置されている圧力計、流量計、水位計等の中央表示値の変化及び演算処理による警報（システム検知）によって溢水を検知する場合は、警報発生までの時間を算出した。

(2) 事象の判断時間について

2. 1に記載のとおり、事象の判断時間は10分とする。漏えい量が小さく現地での漏えい箇所の確認が必要な場合には、移動の時間も合わせて判断、特定時間を設定する。運転操作余裕については事象の判断の中を含め、警報発信時から隔離操作開始までの時間として10分以上を確保する。事象の判断、漏えい箇所の特定については、圧力計、流量計、水位計等のパラメータの変化を組み合わせる実施する。

(3) 現場への移動時間

中央制御室から現場への移動時間について確認を行った。また、管理区域の場合は着替えの時間を考慮した。

(4) 漏えい箇所の特定に要する時間

漏えい箇所特定に要する時間は、当該エリア全域確認、又は、(2)の判断結果に基づき、系統設置箇所の全域確認に要する時間とした。

(5) 隔離操作時間

中央制御室での隔離操作に要する時間、現場での隔離箇所特定に要する時間及び現場での隔離操作に要する時間を確認した。なお、隔離対象となる弁等について、実操作ができない場合は、同口径、同型式の類似弁にて確認を行った。

3. 2 漏えい箇所の距離に必要な時間例（手動隔離）

隔離時間は、上記の漏えい検知の有無、漏えい箇所特定及び弁操作等により確認し、ガイドの記載である 80 分として評価を行っている。

以下に、出入管理建屋及び電気建屋内の水消火系統及び循環水ポンプ建屋内の軸受冷却系統の隔離時間の評価例を示す。

3. 2. 1 水消火系統の例

(1) 漏えい発生から漏えい検知までの時間

漏えい発生により水消火系統の圧力が低下し、消火ポンプ起動警報が中央制御室に発信することにより異常を検知する。漏えいの発生から漏えい検知までの時間は 1 分とする。

(2) 事象の判断時間

事象の判断において火災警報が同時に発信していない場合は、中央制御室にて関連パラメータである原子炉補助建屋サンプタンク水位及びタービン建屋各ピット水位を確認し、水位上昇がみられない場合は出入管理建屋又は電気建屋における漏えいと判断することが可能であり、事象の判断時間として 10 分を設定する。

(3) 現場への移動時間

事象の判断後、中央制御室から出入管理建屋までの移動時間について確認を行った。現場への移動時間について表 2 に示す。

表 2 現場への移動時間

	中央制御室から漏えい現場までの移動時間（分）
出入管理建屋	3

(4) 漏えい箇所特定に要する時間

事象の判断に基づき、出入管理建屋及び電気建屋の溢水源となる配管の範囲に限定した確認を実施した。漏えい箇所特定に要する時間について表 3 に示す。

表 3 漏えい箇所特定に要する時間

	漏えい箇所特定に要する時間（分）	備考
出入管理建屋 電気建屋	20	出入管理建屋及び電気建屋の溢水源となる配管範囲の確認に要する時間

(5) 弁操作時間

中央制御室での隔離操作に要する時間、隔離対象箇所確認までの時間及び隔離の操作時間について確認した。なお、隔離操作時間について、実操作ができない場合は、代替での検証で隔離操作時間を確認した。(例：同じ口径型式の弁にて閉操作を実施)

- (a) 中央制御室での隔離操作に要する時間：－ (該当なし)
- (b) 現場での漏えい箇所隔離弁の特定に要する時間：5分 (1弁)
- (c) 現場での弁操作に要する時間：5分 (1弁)

(6) 評価結果

(1)～(5)により、水消火系統の出入管理建屋及び電気建屋内の想定破損時における隔離時間は、44分であり、評価として使用している80分の隔離時間以内であることを確認した。

<出入管理建屋及び電気建屋 水消火系統の例>

- ①漏えい発生から漏えい検知までに要する時間：1分
 - ②事象の判断時間：10分
 - ③事象の判断から現場への移動時間：3分
 - ④漏えい箇所特定に要する時間：20分
 - ⑤隔離操作時間：10分
 - (a) 中央制御室での隔離操作に要する時間：(1分)
 - (b) 現場での隔離箇所特定に要する時間：(5分)
 - (c) 現場での隔離操作に要する時間：(5分)
 - ⑥循環水ポンプ停止時間：1分
- 合計：44分

3. 2. 2 軸受冷却系統 (原子炉補機冷却海水ポンプ室) の例

(1) 漏えい発生から漏えい検知までの時間

漏えい発生から漏えい検知までの時間については、漏えい検知器による検知に要する時間を算定する。床面積や漏えい検知までの時間を踏まえ、検知時間が最も長い算定結果を表4に示す。

表 4 漏えい検知器による検知時間

区画	床面積 (m ²)	漏えい検知器 検出高さ (mm)	系統漏えい量 (m ³ /h)	漏えい検知まで の時間 (分)
3CWPB-B-N01	104.5 ^{※1}	60 ^{※2}	16.2 ^{※3}	23

※1 漏えい検知に要する算出に関しては、基礎等欠損面積及び現場調査欠損面積を差し引く前の面積を用いる。なお、没水影響評価の際には、基礎等欠損面積及び現場調査欠損面積を差し引いた値を滞留面積としている。

※2 床上 50mm で検知する設計としているが、保守的に 60mm で検知するものとする。

※3 漏えい流量算出値については、「5. 個別の設定根拠について」を参照。

(2) 事象の判断時間

漏えい検知器による中央制御室への警報発信により、循環水建屋での溢水と判断する。判断時間は、2. 1 のとおり 10 分とする。

(3) 現場への移動時間

漏えい検知器による中央制御室への警報の発信により、中央制御室にて循環水ポンプ建屋内での漏えいを検知してから中央制御室から循環水ポンプ建屋までの移動時間について確認を行った。現場への移動時間について、表 5 に示す。

表 5 循環水ポンプ建屋への移動時間

	中央制御室から漏えい現場までの移動時間 (分)
循環水ポンプ建屋	11

(4) 漏えい箇所特定に要する時間

漏えい箇所特定手段がないとし、循環水ポンプ建屋の全域確認を実施した。漏えい箇所特定に要する時間について表 6 に示す。

表 6 漏えい箇所特定に要する時間

	漏えい箇所特定に要する 時間 (分)	備 考
循環水ポンプ建屋	10	循環水ポンプ建屋の全域確認に 要する時間

(5) 弁操作時間

中央制御室での隔離操作に要する時間、隔離対象箇所確認までの時間及び隔離の操作時間について確認した。なお、隔離操作時間について、実操作ができない場合は、代替での検証で隔離操作時間を確認した。

(例：同じ口径型式の弁にて閉操作を実施)

- (a) 中央制御室での隔離操作に要する時間：－（該当なし）
- (b) 現場での漏えい箇所隔離弁の特定に要する時間：5分（8弁）
- (c) 現場での弁操作に要する時間：10分（8弁）

(6) 評価結果

(1)～(5)より、軸受冷却システムの循環水ポンプ建屋内の想定破損時における隔離時間は、69分となるため、評価として使用している80分の隔離時間以内であることを確認した。

<循環水ポンプ建屋 軸受冷却システムの例>

- ①漏えい発生から漏えい検知までに要する時間：23分
 - ②事象の判断時間：10分
 - ③事象の判断から現場への移動時間：11分
 - ④漏えい箇所特定に要する時間：10分
 - ⑤隔離操作時間：15分
 - (a) 中央制御室での隔離操作に要する時間：(1分)
 - (b) 現場での隔離箇所特定に要する時間：(5分)
 - (c) 現場での隔離操作に要する時間：(10分)
 - ⑥循環水ポンプ停止時間：1分
- 合計：69分

4. 各システムの漏えい箇所の隔離に必要な時間

上記と同様に、各システムの想定破損における漏えい箇所の隔離に必要な時間を纏めた結果を表7-1～7-3に示す。

また、浸水時の歩行速度への影響について別紙に示す。

表 7-1 出入管理建屋及び電気建屋の想定破損における隔離時間

対象系統	①	②	③	④	⑤			⑥	合計
					(a)	(b)	(c)		
水消火系統 (出入管理建屋・電気建屋)	1 ^{※2}	10	3	20	—	5	5	—	44
原子炉補給水系統（脱塩水） ^{※1} (出入管理建屋)	24 時間 ^{※3}								
飲料水系統 ^{※1} (出入管理建屋)	24 時間 ^{※3}								

※1 原子炉補給水系統（脱塩水）及び飲料水系統については、隔離時間 24 時間として、評価を実施する。

※2 漏えい発生により水消火系統の圧力が低下し、消火ポンプ起動警報が中央制御室に発信することにより異常を検知。

※3 出入管理建屋は、頻繁に発電所員が通行する経路であり、警備員による巡視も行っていることから早期発見が可能であること、また、漏えいを発見した場合の中央制御室への連絡体制を整備していることから、漏えい発生から系統隔離まで 24 時間で実施可能。

- | |
|--|
| ①漏えい発生から漏えい検知までに要する時間（分）
②事象の判断時間（分）
③漏えい検知から現場への移動時間（分）
④漏えい箇所特定に要する時間（分）
⑤隔離操作時間（分）
(a) 中央制御室での隔離操作に要する時間
(b) 現場での隔離操作箇所特定に要する時間
(c) 現場での隔離操作に要する時間
⑥循環水ポンプ停止時間（分） |
|--|

表 7-2 タービン建屋の想定破損における隔離時間

対象系統	①	②	③	④	⑤			⑥	合計
					(a)	(b)	(c)		
循環水系統	31	10	4	5	—	—	—	6	56

- ①漏えい発生から漏えい検知までに要する時間 (分)
- ②事象の判断時間 (分)
- ③漏えい検知から現場への移動時間 (分)
- ④漏えい箇所特定に要する時間 (分)
- ⑤隔離操作時間 (分)
- (a) 中央制御室での隔離操作に要する時間
- (b) 現場での隔離操作箇所特定に要する時間
- (c) 現場での隔離操作に要する時間
- ⑥循環水ポンプ停止時間 (分)

表 7-3 循環水ポンプ建屋の想定破損における隔離時間

対象系統	①	②	③	④	⑤			⑥	合計
					(a)	(b)	(c)		
海水淡水化設備系統 ^{※1}	47 ^{※6}	10	11	10	5	—	—	—	83
循環水系統	2 ^{※6}	10	11	10	—	—	—	6	39
所内用水系統 ^{※2}	425 ^{※6}	10	11	10	—	10	5	—	471
軸受冷却系統 ^{※3} (原子炉補機冷却 海水ポンプ室)	23 ^{※6}	10	11	10	—	5	10	—	69
軸受冷却系統 ^{※4} (循環水ポンプエリア)	36 ^{※6}	10	11	10	—	5	10	—	82
軸受冷却系統 (共通ライン) ^{※3, 5} (原子炉補機冷却 海水ポンプ室)	23 ^{※6}	10	11	10	—	10	10	—	74
軸受冷却系統 (共通ライン) ^{※4, 5} (循環水ポンプエリア)	36 ^{※6}	10	11	10	—	10	10	—	87

※1 海水淡水化設備系統については、隔離時間 83 分として、評価を実施する。

※2 所内用水系統については、隔離時間を 471 分として、評価を実施する。

※3 軸受冷却系統 (原子炉補機冷却海水ポンプ室) については、軸受冷却系統 (共通ライン) を代表とし、隔離時間を 66 分として、評価を実施する。

※4 軸受冷却系統 (循環水ポンプエリア) については、軸受冷却系統 (共通ライン) を代表とし、隔離時間を 87 分として、評価を実施する。

※5 軸受冷却系統 (共通ライン) の隔離については、循環水ポンプ建屋での漏えい箇所特定後に中央制御室から別の運転員がタービン建屋に移動して隔離する。

※6 漏えい検知器による検知時間を記載。

①漏えい発生から漏えい検知までに要する時間 (分)
②事象の判断時間 (分)
③漏えい検知から現場への移動時間 (分)
④漏えい箇所特定に要する時間 (分)
⑤隔離操作時間 (分)
(a) 中央制御室での隔離操作に要する時間
(b) 現場での隔離操作箇所特定に要する時間
(c) 現場での隔離操作に要する時間
⑥循環水ポンプ停止時間 (分)

5. 個別の設定根拠について

(1) 軸受冷却システムの漏えい流量について

漏えい流量については、以下の計算式より求める。なお、低エネルギー配管のため貫通クラックを想定した。軸受冷却システムの漏えい流量について表8に示す。

$$Q \text{ (流出流量)} = A \times C \times \sqrt{2 \times g \times H} \times 3600$$

(A: 破断面積 (m²), C: 損失係数, g: 重力加速度 (m/s²), H: 水頭 (m))

表8 漏えい流量算出結果 (軸受冷却系統)

系統	軸受冷却系統
A: 破断面積 (m ²)	1.23×10 ⁻⁴ (口径 3B, Sch40)
C: 損失係数	0.82
g: 重力加速度 (m/s ²)	9.80665
H: 水頭 (m)	102 (軸受冷却系統の最高使用圧力)
Q: 漏えい流量 (m ³ /h)	16.2

6. 漏えい停止 (隔離操作) の手順書類への反映

泊発電所原子炉施設保安規定に基づく規定文書として制定する「内部溢水対応要領(仮称)」に、運転員の隔離操作について明記することとする。

なお、本事項は後段規則での対応が必要となる事項である。(別添2参照)

漏えい検知性について

泊発電所 3 号炉の漏えい検知性について以下に示す。

1. 溢水発生時の漏えい検知の考え方

想定破損の内部溢水が発生した場合の漏えい検知の可否について確認する。確認においては、以下の方法による検知を考慮する。

- (1) 区画内に設置された各種センサー（温度センサ，漏えい検知器）による警報（センサー検知）
- (2) 系統に設置されている圧力計，流量計，水位計等の中央指示値の変化や演算処理による警報（システム検知）
- (3) 床ドレン配管を通して集水される最下層のサンプル水位高警報（サンプル検知）
- (4) 視点検等による現場確認（人による検知）

2. 確認結果

溢水源となる系統に対する漏えい検知性について確認を実施し，すべての系統において検知可能であることを確認した。高エネルギー配管の漏えい検知性確認結果については表 1，低エネルギー配管の漏えい検知性確認結果については表 2 に示す。また，循環水ポンプ建屋の漏えい検知器設置場所について図 1 に示す。

表 1 漏えい検知性確認結果一覧（高エネルギー配管）（1/3）

系統	想定破損範囲	漏えい検知手段	内容
化学体積制御系統（抽出系統）	【抽出ライン】 ①非再生冷却器 上流～下流	システム検知	配管破損により VCT (0.07809m ³ /%) の保有水が減少し VCT 水位が低下する。VCT 通常水位 (60+5% [※]) から原子炉補給開始水位 (36-5% [※]) まで水位が低下し、原子炉補給水制御が自動の場合は自動補給開始音吹鳴、原子炉補給水制御が自動以外の場合は体積制御タンク水位低（自動以外）(L120)警報が発信する。 (※計装誤差に余裕を考慮した値)
化学体積制御系統（充てん系統）	【充てんライン】 ①貫通部～流量計	システム検知	配管破損により、充てん流量が上昇し、充てん流量高警報が発信する。（通常の充てん流量 23.8m ³ /h に対して高警報 29m ³ /h であるため、当該ラインの破断により速やかに警報が発信する。）
	【充てんライン】 ②流量計 ～充てんポンプ出口	システム検知	配管破損により、充てん流量が低下し、充てん流量低警報が発信する。（通常の充てん流量 23.8m ³ /h に対して低警報 8m ³ /h であるため、当該ラインの破断により速やかに警報が発信する。）
	【封水注入ライン】 ③貫通部～流量計 (A ラインから漏えいした場合を例とする)	システム検知	配管破損により、破損側 A-封水注入流量が増加するため、健全側 B, C-封水注入流量は低下し、RCP 封水注入ライン流量低警報が発信する。（通常の封水注入流量 1.82m ³ /h に対して、低警報は 1.5m ³ /h であるため、速やかに警報が発信する。）
	【封水注入ライン】 ④流量計 ～流量調節弁	システム検知	配管破損により、封水注入流量が低下し、RCP 封水注入ライン流量低警報が発信する。（通常の封水注入流量 1.82m ³ /h に対して、低警報は 1.5m ³ /h であるため、速やかに警報が発信する。）

表1 漏えい検知性確認結果一覧（高エネルギー配管）（2/3）

系統	想定破損範囲	漏えい検知手段	内容
主蒸気系統 （主蒸気管室内）	【主蒸気管】 ①貫通部 ～主蒸気隔離弁下流	システム検知	主蒸気ライン圧力低ECCS作 動による原子炉トリップ また、主蒸気ライン圧力低によ り主給水隔離弁が自動隔離す る。
	【主蒸気逃がしライン】 ②主蒸気管分岐 ～主蒸気逃がし弁	システム検知	主蒸気流量増加に伴う原子炉出 力上昇により PR 中性子束高制 御棒引抜阻止(C-2)警報が発信 する。
	【主蒸気バイパスライ ン】 ③主蒸気管分岐～主蒸気 バイパス隔離弁 ③主蒸気バイパス隔離弁 ～主蒸気管分岐	システム検知	
	【主蒸気ドレンライン】 ④主蒸気管分岐 ～スチームトラップ	システム検知	主蒸気流量増加に伴うSG熱出 力が上昇するため、出力変化に よるSG熱出力1分間平均値超 過警報が発信する。
	【タービン動補助給水ポ ンプ駆動用蒸気ライン】 ⑤主蒸気管分岐 ～ターミナルエンド	システム検知	主蒸気流量増加に伴う原子炉出 力上昇により PR 中性子束高制 御棒引抜阻止(C-2)警報が発信 する。
主給水系統, 補助給水系統 （主蒸気管室内）	【主給水管】 ①貫通部 ～主給水隔離弁	システム検知	主蒸気ライン圧力低ECCS作 動による原子炉トリップ また、主蒸気ライン圧力低によ り、主給水隔離弁自動隔離
	【主給水管】 ②主給水隔離弁 ～逆止弁	システム検知	主蒸気ライン圧力低ECCS作 動による原子炉トリップ
	【主給水管】 ③逆止弁～主給水制御 弁、主給水バイパス制御 弁	システム検知	SG 水位低による原子炉トリッ プ

表 1 漏えい検知性確認結果一覧（高エネルギー配管）（3/3）

系統	想定破損範囲	漏えい検知手段	内容
主給水系統, 補助給水系統 (主蒸気管室内)	【主給水管】 ④主給水制御弁, 主給水バイパス制御弁 ～T/B 貫通部	システム検知	SG 水位低による原子炉トリップ
	【補助給水ライン】 ⑤主給水管分岐 ～逆止弁	システム検知	主給水流量の増加により SG 給水>蒸気流量偏差大警報が発信する。 補足： 主給水制御範囲内の漏えいとなり S G 水位低による原子炉トリップ, 主給水ポンプの過回転トリップには期待しない。
蒸気発生器ブローダウン系統 (主蒸気管室内)	【復水器へのライン】 ① 貫通部～隔離弁	システム検知	SG 水位低による原子炉トリップ
補助蒸気系統	補助蒸気ライン	センサ検知	測温抵抗体 (60°C) の検知により補助蒸気遮断弁が自動閉止

表2 漏えい検知性確認結果一覧（低エネルギー配管）

系統	想定破損範囲	漏えい検知手段	内容
水消火系統	出入管理建屋内 電気建屋内	システム検知	漏えい発生により水消火系統の圧力が低下し、消火ポンプ起動警報が中央制御室に発信する。
原子炉補給水系統 (脱塩水)	出入管理建屋内	人による検知	出入管理建屋は、頻繁に発電所員が通行する経路であり警備員による巡視も行っていることから、容易に漏えいを発見できる状況となっている。また、同建屋内の洗濯設備内へ供給している原子炉補給水系統(脱塩水)から漏えいした場合でも、洗濯設備操作員による早期発見が可能である。
飲料水系統			
循環水管伸縮継手	タービン建屋内	サンプ検知	タービン建屋の各ピットの水位高警報が中央制御室に発信する。
海水淡水化設備系統	循環水ポンプ建 屋内	センサ検知	漏えい発生から海水ポンプエリア及び循環水ポンプエリアに設置している漏えい検知器(各床面より+50mmの位置に設置)の動作により、中央制御室に警報が発信する。
循環水管伸縮継手			
軸受冷却系統			
所内用水系統			
飲料水系統			

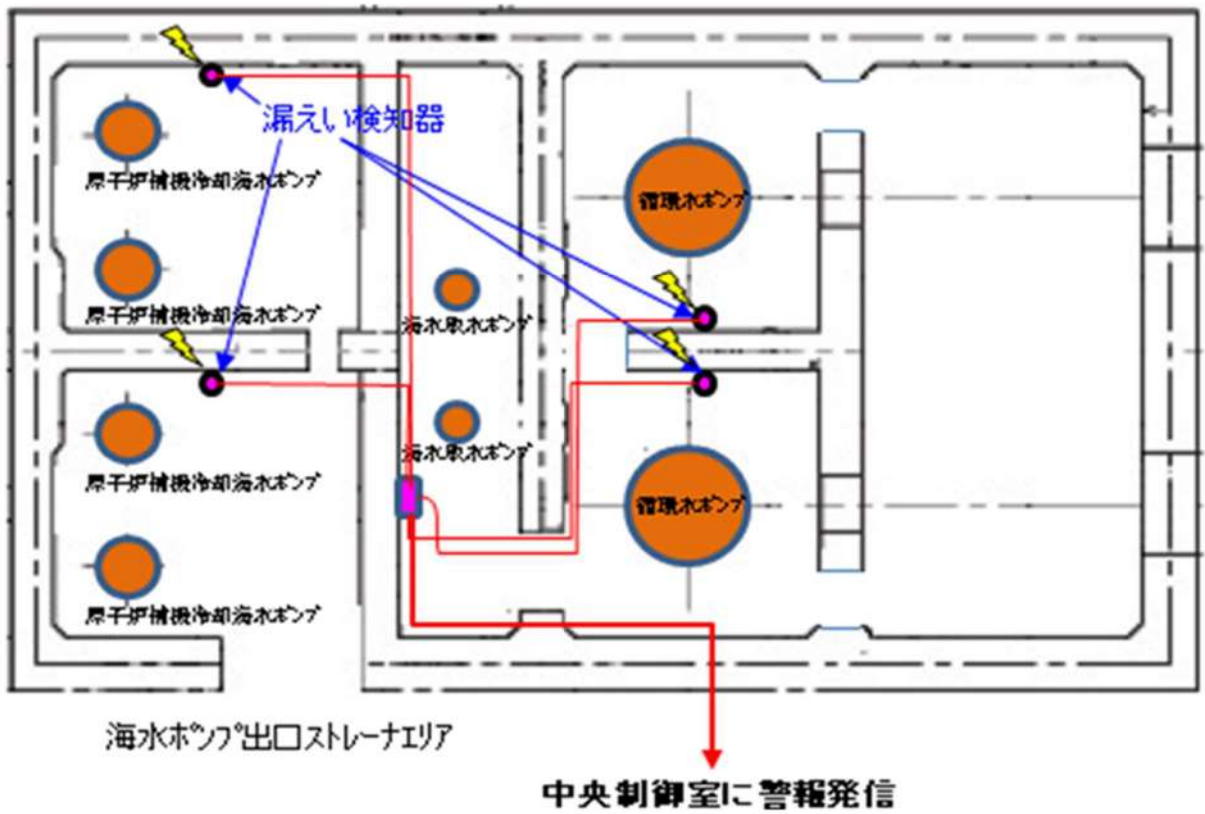


図1 漏えい検知器配置図（循環水ポンプ建屋）

地震時溢水評価における隔離時間の妥当性について

1. はじめに

泊発電所3号炉の内部溢水影響評価において、機器の地震による損傷時に、手動による漏えい停止を期待する場合の溢水量算出の考え方について、運転員のパトロールによる隔離操作を行う以下の3ケースを説明する。

- ① 出入管理建屋及び電気建屋の溢水に対する隔離操作
- ② タービン建屋の溢水に対する隔離操作
- ③ 循環水ポンプ建屋の溢水に対する隔離操作

各ケースにおける溢水源となる系統、溢水が発生する建屋及び隔離操作を行う建屋を表1に示す。

表1 手動による漏えい停止を期待する系統

ケース	系統	溢水が発生する建屋	隔離操作を行う建屋
①	原子炉補給水系統 (脱塩水)	出入管理建屋, 電気建屋	原子炉補助建屋
	水消火系統		
	飲料水系統		
②	循環水管伸縮継手	タービン建屋	電気建屋
③	海水電解装置海水供給・ 注入系統	循環水ポンプ建屋	循環水ポンプ建屋
	所内用水系統		
	飲料水系統		

2. 溢水量の考え方

(1) 出入管理建屋及び電気建屋の溢水に対する隔離操作（ケース①）

原子炉補給水系統（脱塩水）、飲料水系統及び水消火系統の損傷を想定するとともに、地震発生時に2次系補給水ポンプ、飲料水ポンプ及び電動機駆動消火ポンプが運転中であり、なおかつ地震発生後もこれらのポンプが運転し続けた場合を想定し、各系統の隔離完了までの時間を以下のとおりとして溢水量を算出した。

- ・原子炉補給水系統（脱塩水）：42分
- ・飲料水系統：52分
- ・水消火系統：67分

時間設定の考え方は以下のとおり。

(a) 現場への移動（12分）

8 gal 以上の地震検知にて漏えいの有無にかかわらず出入管理建屋及び電気建屋における溢水源となりうる系統の設置エリアのパトロールの実施が社内規定に定められており、直ちに現場確認を開始する※。現場確認開始に要する時間は、防護具着用を含めて12分を想定。

※ 基準地震動を超える地震若しくはその他の要因により設計基準事象を超える事態に進展した場合には、運転要領緊急処置編第2部及び第3部の対応手順にて対処する。

(b) 漏えい箇所特定に要する時間（20分）

パトロール手順、ルートに従い現場パトロールを実施した場合、20分以内で出入管理建屋及び電気建屋における溢水源となりうる系統が設置されるすべてのエリアを確認可能。現場にて当該ラインの漏えいを発見した場合、速やかに中央制御室に連絡。

(c) 漏えい箇所の隔離時間

現場にて手動弁を閉止することにより、漏えい停止。各系統の隔離操作に要する時間は表2のとおり。

表2 隔離操作時間（ケース①）

対象系統	隔離操作箇所への移動時間（分）	隔離操作に要する時間（分）	合計（分）
原子炉補給水系統（脱塩水）	5	5	10
飲料水系統	5	5	20
水消火系統	10	5	35

(2) タービン建屋の溢水に対する隔離操作 (ケース②)

タービン建屋における循環水管伸縮継手の損傷を想定するとともに、地震発生時に装置が運転中であり、なおかつ地震発生後も循環水ポンプが運転し続けた場合を想定し、循環水ポンプ停止までの時間を 26 分として溢水量を算出した。

時間設定の考え方は以下のとおり。

(a) 現場への移動 (5 分)

8 gal 以上の地震検知にて漏えいの有無にかかわらずタービン建屋における循環水管伸縮継手の漏えい有無を確認することが社内規定に定められており、直ちに現場確認を開始する※。現場確認開始に要する時間は、5 分を想定。

※ 基準地震動を超える地震若しくはその他の要因により設計基準事象を超える事態に進展した場合には、運転要領緊急処置編第 2 部及び第 3 部の対応手順にて対処する。

(b) 漏えい箇所特定に要する時間 (5 分)

パトロール手順、ルートに従い現場パトロールを実施した場合、5 分以内でタービン建屋における循環水管伸縮継手の漏えい有無を確認可能。現場にて当該ラインの漏えいを発見した場合、速やかに中央制御室に連絡。

(c) 漏えい箇所の隔離時間 (16 分)

電気建屋まで移動し、手動操作にて循環水ポンプの電源を開放することにより、漏えい停止。

(3) 循環水ポンプ建屋の溢水に対する隔離操作 (ケース③)

海水電解装置海水供給・注入系統, 所内用水系統及び飲料水系統の損傷を想定するとともに、地震発生時に海水電解装置, 所内用水ポンプ及び飲料水ポンプが運転中であり、なおかつ地震発生後もこれらの機器が運転し続けた場合を想定し、各系統の隔離完了までの時間を以下のとおりとして溢水量を算出した。

- ・ 海水電解装置海水供給・注入系統 : 60 分
- ・ 所内用水系統 : 70 分
- ・ 飲料水系統 : 80 分

時間設定の考え方は以下のとおり。

(a) 現場への移動 (9分)

8 gal 以上の地震検知にて漏えいの有無にかかわらず循環水ポンプ建屋における溢水源となりうる系統の設置エリアのパトロールの実施が社内規定に定められており、タービン建屋の溢水に対する隔離操作の完了後、直ちに現場確認を開始する※。現場確認開始に要する時間は、9分を想定。これにタービン建屋の溢水に対する隔離操作に要する時間26分を合算する。

※ 基準地震動を超える地震若しくはその他の要因により設計基準事象を超える事態に進展した場合には、運転要領緊急処置編第2部及び第3部の対応手順にて対処する。

(b) 漏えい箇所特定に要する時間 (10分)

パトロール手順、ルートに従い現場パトロールを実施した場合、10分以内で循環水ポンプ建屋における溢水源となりうる系統が設置されるすべてのエリアを確認可能。現場にて当該ラインの漏えいを発見した場合、速やかに中央制御室に連絡。

(c) 漏えい箇所の隔離時間

現場にて手動弁を閉止することにより、漏えい停止。各系統の隔離操作に要する時間は表3のとおり。

表3 隔離操作時間 (ケース③)

対象系統	隔離操作箇所への移動時間 (分)	隔離操作に要する時間 (分)	合計 (分)
海水電解装置海水供給・注入系統	5	10	15
所内用水系統	5	5	25
飲料水系統	5	5	35

3. 溢水量の算出結果

2項で設定した隔離操作時間に基づき、建屋ごとに溢水量を算出した結果を表4～7に示す。

表4 出入管理建屋 溢水量

建屋	系統	溢水源	溢水量
出入管理建屋	原子炉補給水系統 (脱塩水)	隔離前漏えい量 (265m ³ /h ^{*1} ×42min)	185.5m ³
		機器保有水	0m ³
		配管保有水	5m ³
	飲料水系統	隔離前漏えい量 (18m ³ /h ^{*1} ×52min)	15.6m ³
		機器保有水	14.4m ³
		配管保有水	2.6m ³
	水消火系統	隔離前漏えい量 (390m ³ /h ^{*1} ×67min)	435.5m ³
		機器保有水	0m ³
		配管保有水	25m ³
合計			683.6m ³

※1 給水ポンプ定格流量

表5 電気建屋 溢水量

建屋	系統	溢水源	溢水量
電気建屋	原子炉補給水系統 (脱塩水)	隔離前漏えい量 ^{*1}	0m ³
		機器保有水	0m ³
		配管保有水	5m ³
	飲料水系統	隔離前漏えい量 (18m ³ /h ^{*2} ×52min)	15.6m ³
		機器保有水	14.4m ³
		配管保有水	2.6m ³
	水消火系統	隔離前漏えい量 (390m ³ /h ^{*2} ×67min)	435.5m ³
		機器保有水	0m ³
		配管保有水	25m ³
合計			498.1m ³

※1 系統の隔離弁は常時閉のため、ポンプによる継続流出はない。

※2 給水ポンプ定格流量

表 6 タービン建屋 溢水量

建屋	系統	溢水源	溢水量
タービン建屋	循環水管伸縮継手	隔離前漏えい量 ($37,000\text{m}^3/\text{h}^{*1} \times 26\text{min}$)	16,034 m^3
合計			16,034 m^3

※1 トリチェリの定理により算出

表 7 循環水ポンプ建屋 溢水量

建屋	系統	溢水源	溢水量
循環水ポンプ 建屋	飲料水系統	隔離前漏えい量 ($18\text{m}^3/\text{h}^{*1} \times 80\text{min}$)	24 m^3
		機器保有水	14.4 m^3
		配管保有水	2.6 m^3
	海水電解装置海水 供給・注入系統	隔離前漏えい量 ($758.3\text{m}^3/\text{h}^{*2} \times 60\text{min}$)	758.3 m^3
		機器保有水	4.4 m^3
		配管保有水	0.5 m^3
	所内用水系統	隔離前漏えい量 ($540\text{m}^3/\text{h}^{*3} \times 70\text{min}$)	630 m^3
		機器保有水	0 m^3
		配管保有水	24 m^3
合計			1458.2 m^3

※1 給水ポンプ定格流量

※2 トリチェリの定理により算出

※3 給水ポンプ定格流量（2台起動）

貫通クラック等微小漏えい時の影響について

1. 高エネルギー配管からの微小漏えいについて

想定破損による溢水影響評価（没水）において、高エネルギー配管の破断を想定した溢水影響を評価しており、溢水量は流出流量と検知・隔離時間を基に評価している。このとき、破断形状としては評価ガイドに則り完全全周破断を想定しているが、破断面積が小さい場合は検知・隔離に要する時間が長くなる可能性があるため、その影響について確認した。

完全全周破断を想定する系統と溢水量を表 1 に示す。なお、溢水量は以下の算出式により算出した。

$$\text{溢水量} [\text{m}^3] = \text{流出流量} [\text{m}^3/\text{min}] \times \text{隔離時間} [\text{min}] + \text{系統保有水量} [\text{m}^3] \quad \dots\dots \text{①式}$$

表 1 完全全周破断を想定する系統と溢水量

系統	流出流量 [m ³ /h]	隔離時間 [min]	隔離までの溢 水量 [m ³]	系統保有 水量 [m ³]	溢水量 [m ³]
化学体積制御系統 (充てん系統)	120	16	32.0	5.6	37.6
化学体積制御系統 (抽出系統)	32.1	16	8.6	11.9	20.5
補助蒸気系統	31.3	5	2.7	1.0	3.7
蒸気発生器ブローダウン系統	562 ^{※1}	16	187.2	81.0	268.2
	240 ^{※2}				
主蒸気系統	835 ^{※3}	35	483.3	81.0	564.3
	240 ^{※4}				
主給水系統	2,091	18	627.3	15.0	642.3
補助給水系統	877 ^{※5}	35	506.4	81.0	587.4
	240 ^{※6}				

※1 主給水系統ライン隔離完了までの流出流量（0～14分）

※2 補助給水ライン隔離完了までの流出流量（2～16分）

※3 主給水ライン隔離完了までの流出流量（0～33分）

※4 補助給水ライン隔離完了までの流出流量（29～35分）

※5 主給水ライン隔離完了までの流出流量（0～33分）

※6 補助給水ライン隔離完了までの流出流量（29～35分）

上記系統の漏えいを検知する手段としては、建屋内排水系のサンプ警報、エリアモニタ（放射線、温度）、運転員による巡視点検及び各種パラメータの監視等が考えられる。

破断面積が小さく、サンプタンク水位やサンプポンプの異常運転による漏えいの検知ができない可能性がある範囲の場合、流出流量が十分小さいため、床ドレンにより排水されて溢水水位は高くない。床ドレンから排水された溢水はサンプに流入し、サンプポンプで排水され、溢水事象としてそれ以上発展することはない。

また、サンプポンプの定格流量（11.4m³/h）以下の流出流量の場合も、サンプの水位制御が可能であり、溢水事象として留意すべき事態とはならない。

これにより、少なくともサンプポンプ定格流量以上の流出流量での漏えいを想定する。

・化学体積制御系統（充てん系統）

化学体積制御系統（充てん系統）での警報発信に必要な流量と保守的に床ドレン1箇所からの排出流量を比較すると、下表のとおり溢水水位10cmで警報発信に必要な流量を上回っており、管理区域内で最も機能喪失高さが低い高压注入ポンプ（32cm）であっても微小漏えいによって機能喪失することはない。（実際には溢水滞留エリアには床ドレン目皿が複数ある）。

表2 床ドレンによる排水量評価

系統	警報発信に必要な流量	床ドレン（1箇所）からの排水流量
化学体積制御系統 （充てん系統）	11.4m ³ /h以上	約30m ³ /h（溢水水位が10cmの場合）

・蒸気発生器ブローダウン系統，主蒸気系統，主給水系統，補助給水系統

区画化されている主蒸気管室に設置されている。防護対象設備は高い位置に設置されており、貯水可能性が他区域と比べて大きいことから破断面積が小さい場合の影響は軽微である。

・補助蒸気系統，化学体積制御系統（抽出系統）

蒸気影響防止のために設置している温度計により漏えい検知が可能であることから破断開口が小さい場合の影響は軽微である。

防滴仕様の被水評価における妥当性について

1. 概要

内部溢水影響評価においては、溢水評価対象設備のうち防滴仕様が確認されたものについては被水により機能喪失しないものとしており、防滴仕様の確認は、JIS 等の規格に基づいた確認又は当該設備の構造の観点（防滴、防水構造）から実施している。

以下に設備の防滴仕様について説明を行う。

2. 溢水影響評価対象設備の防滴仕様の確認について

被水影響評価において防滴仕様に期待している設備は、「JIS C 0920 電気機械器具の外郭による保護等級」で定められた保護等級を有しているか、保護等級は有していないものの構造上防滴仕様の有しているものである。各防滴仕様の詳細について表 1 に纏める。

防滴仕様については、JIS 規格の水に対する保護等級 4 以上を防滴仕様とみなすこととする。

なお、IP コードとは、JIS において「外郭による、危険な箇所への接近、外来固形物の侵入、水の侵入に対する保護等級及びそれらの付加的事項等をコード化して表すシステム」と定義される。

表 1 防滴仕様詳細

防滴仕様	防滴仕様の程度
IPX4	<p>【防滴仕様概要】 あらゆる方向からの水の飛まつによっても有害な影響を及ぼしてはならない。</p> <p>【JIS 試験条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オシレーティングチューブの半径：1,600mm ・放水率：各散水孔当たり 0.07L/min ・被試験品までの距離：鉛直方向に対して±180度， 全長距離 200mm の位置から散水 ・最低試験時間：10分
IP55	<p>【防滴仕様】 あらゆる方向からのノズルによる噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。</p> <p>【JIS 試験条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放水ノズルの内径：6.3mm ・放水率：12.5L/min ・被試験品までの距離：2.5m～3.0m ・最低試験時間：3分
IP67	<p>【防滴仕様】 既定の圧力及び時間で外郭を一時的に水中に沈めたとき，有害な影響を生じる量の水の侵入があってはならない。</p> <p>【JIS 試験条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外郭の上端から水面までの距離は 0.15m 下端から水面までの距離は 1m ・試験時間：30分
・シリコンシール	・継目部にシリコンシールを施工しており防滴仕様を有している。

表 3 第二特性数字で示される水に対する保護等級

第二特性数字	保護等級		試験条件 適用試験箇条
	要約	定義	
0	無保護	—	—
1	鉛直に落下する水滴に対して保護する。	鉛直に落下する水滴によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	14.2.1
2	15度以内で傾斜しても鉛直に落下する水滴に対して保護する。	外郭が鉛直に対して両側に15度以内で傾斜したとき、鉛直に落下する水滴によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	14.2.2
3	散水 (spraying water) に対して保護する。	鉛直から両側に60度までの角度で噴霧した水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	14.2.3
4	水の飛まつ (splashing water) に対して保護する。	あらゆる方向からの水の飛まつによっても有害な影響を及ぼしてはならない。	14.2.4
5	噴流 (water jet) に対して保護する。	あらゆる方向からのノズルによる噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	14.2.5
6	暴噴流 (powerfull jet) に対して保護する。	あらゆる方向からのノズルによる強力なジェット噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	14.2.6
7	水に浸しても影響がないように保護する。	規定の圧力及び時間で外郭を一時的に水中に沈めたとき、有害な影響を生じる量の水の浸入があつてはならない。	14.2.7
8	潜水状態での使用に対して保護する。	関係者間で取り決めた数字7より厳しい条件下で外郭を継続的に水中に沈めたとき、有害な影響を生じる量の水の浸入があつてはならない。	14.2.8

4等級以上を防滴仕様とみなす。

JIS C 0920 電気機械器具の外郭による保護等級 (IP code) より関連箇所抜粋



図1 防滴仕様の考え方

3. 現場での被水状況を考慮した被水防護対策について

被水影響評価においては、防護対象設備と同じ区画内に被水源がある場合は、現場の被水状況を考慮した被水防護対策を以下のとおり実施している。

- (1) 溢水ガイドに基づき、被水源は没水による影響評価における溢水源とする。また、消火水の放水による防護対象設備への被水も考慮する。
- (2) 溢水源から被水の可能性がある防護対象設備を抽出する。
- (3) 溢水源の圧力、温度等を考慮した上で、被水防護対策を検討する。



図2 現場での被水状況を考慮した被水対策について

4. 被水防護対策と IP 試験における試験条件との比較について

(1) 被水検証試験の試験条件について

モックアップによる被水検証試験の試験条件を以下に示す。

表 2 検証試験の試験条件

試験装置	試験流量	試験時間
散水ノズル (シャワーヘッド)	10L/min/個	15min



図 3 検証試験の実施状況

(2) JIS C 0920 電気機械器具の外郭による保護等級 (IP コード) について
保護等級 (IP コード) については、以下に示す。

表 3 保護等級

第二特性 数字	保護等級		降水量又は水の流量	試験時間
	要約	定義		
0	無保護	—	—	—
1	鉛直に落下する水滴に対して保護する。	鉛直に落下する水滴によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	1 (+0.5, -0) mm/min	10min
2	15 度以内で傾斜しても鉛直に落下する水滴に対して保護する。	外郭が鉛直に対して両側に 15 度以内で傾斜したとき、鉛直に落下する水滴によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	3 (+0.5, -0) mm/min	各位置で 2.5min
3	散水 (spraying water) に対して保護する。	鉛直から両側に 60 度までの角度で噴霧した水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	各散水孔当たり 0.07L/min ± 0.0035L/min とし、孔の数倍とする。 10L/min ± 0.5L/min	10min 1min/m ² 最低 5min
4	水の飛まつ (splashing water) に対して保護する。	あらゆる方向からの水の飛まつによっても有害な影響を及ぼしてはならない。	特性数字 3 と同様	
5	噴流 (water jet) に対して保護する。	あらゆる方向からのノズルによる噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない。	12.5L/min ± 0.625L/min	1min/m ² 最低 3min

(3) 試験条件の比較について

被水影響評価の防滴仕様として求める IPX4 に対して、当社が実施した被水防護対策が IPX4 相当であることを確認した。

表 4 試験条件の比較

評価項目	JIS の試験条件	今回の被水検証試験条件
試験装置	オペレーションチューブ又は散水ノズルによるあらゆる方向からの散水	散水ノズル ^{※1} によるあらゆる方向からの散水
降水量又は水の流量	各散水孔当たり 0.07L/min±0.0035L/min とし、孔の数倍とする。 又は 10L/min±0.5L/min	10L/min/個
試験時間	10min 又は 1min/m ² 最低 5min	15min

※1 被水試験ではシャワーヘッドを用いて実施

想定破損による溢水影響評価（蒸気影響評価）

想定破損による溢水に伴う防護対象設備への蒸気影響については、原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド（以下「溢水ガイド」という）に従い、防護対象設備の機能維持が図れることを確認している。

本資料は、想定破損時の蒸気影響評価の概要をまとめたものである。

I. では高エネルギー配管の想定破損による蒸気影響評価の方針と対策について、II. では蒸気影響評価結果について記載する。

I. 蒸気影響評価の方針と対策

1. 想定破損による溢水影響評価の流れ

図 1 に蒸気影響評価のフローを示す。

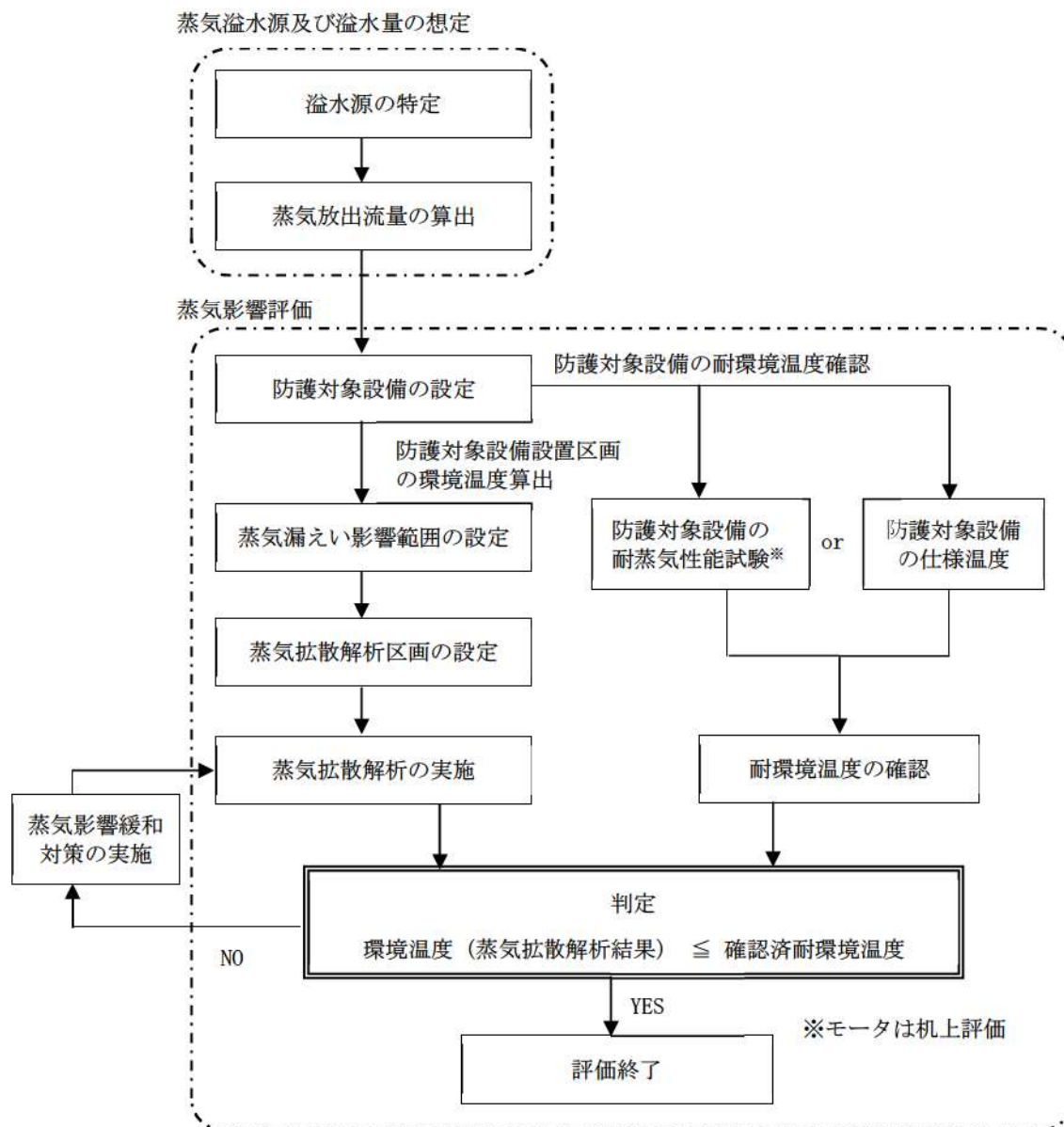


図1 蒸気影響評価フロー

(蒸気溢水源及び溢水量の想定)

- 溢水ガイドにしたがって高エネルギー配管等を抽出し溢水源として想定
- 配管の破損形状を決定し蒸気放出流量を算出

(蒸気影響評価)

- 溢水源から蒸気が漏えいする範囲を設定し、その影響範囲を解析区画に分割して蒸気拡散解析を実施し防護対象設備の設置区画の環境温度を算出
- 防護対象設備に蒸気を曝露する「耐蒸気性能試験」又は防護対象設備の「仕様」から防護対象設備の耐環境温度を確認
- 蒸気拡散解析で算出した環境温度が耐蒸気性能試験又は仕様から確認された「確認済耐環境温

度」以下であれば蒸気防護措置がとられているとして評価終了※

※ 泊発電所3号炉の場合は、「仕様」から確認された耐環境温度及び「耐蒸気性能試験」により確認された耐環境温度120℃を確認済耐環境温度として評価に用いた。（補足説明資料22）

2. 高エネルギー配管（蒸気配管）の破損想定に対する評価方針

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」を参照し、高エネルギー配管（蒸気配管）の破損想定に対する評価方針を表1のとおりとした。

表1 高エネルギー配管（蒸気配管）の破損想定に対する評価方針

対象	破損想定に対する評価方針
一般部	○溢水ガイドに従い、応力評価を実施し、評価結果に基づき貫通クラックを想定する等の影響評価を実施する。 ○応力評価を実施しない配管に関しては、完全全周破断で影響評価を実施する。 ○環境への影響が大きいと考えられる蒸気漏えいに関して対策1※1を実施する。
ターミナルエンド	○溢水ガイドに従い完全全周破断で溢水影響評価を実施する。 ○環境への影響が大きいと考えられる蒸気漏えいに関して対策1※1を実施する。なお、必要に応じて各対策を組み合わせることで対策の最適化を図る。

※1 対策1 蒸気の漏えい自動検知及び遠隔隔離

3. 蒸気漏えい自動検知及び遠隔隔離の概要（対策1）

対策1は、完全全周破断を考慮して自動的に破断を検知し、防護対象設備が機能喪失する前に遠隔隔離することで蒸気漏えいを止める対策とした。

具体的には、蒸気漏えいの検知装置として検知の必要な箇所に設定した温度検出器（RTD）で蒸気漏えいによる温度変化を測定し、漏えい検知制御盤に送られた漏えい検知信号によって隔離弁を自動又は手動で動作させることで防護対象設備周囲の温度上昇を抑える対策である。

蒸気漏えい時に60℃以上となる区画に対しては温度検出器を設けるとともに、補助蒸気系統については、供給母管にしゃ断弁を設け、原子炉建屋及び原子炉補助建屋の設計最高温度（40℃）から有意に高い温度である、60℃以上の温度でしゃ断弁を自動「閉」とし、影響を緩和させている。

なお、温度検出器は、3号炉の原子炉建屋及び原子炉補助建屋に48個設置している。（補足説明資料21）

4. 完全全周破断を考慮した対策の有効性のイメージ

「蒸気の漏えい自動検知及び遠隔隔離」による蒸気影響低減に対する有効性のイメージを図2に示す。

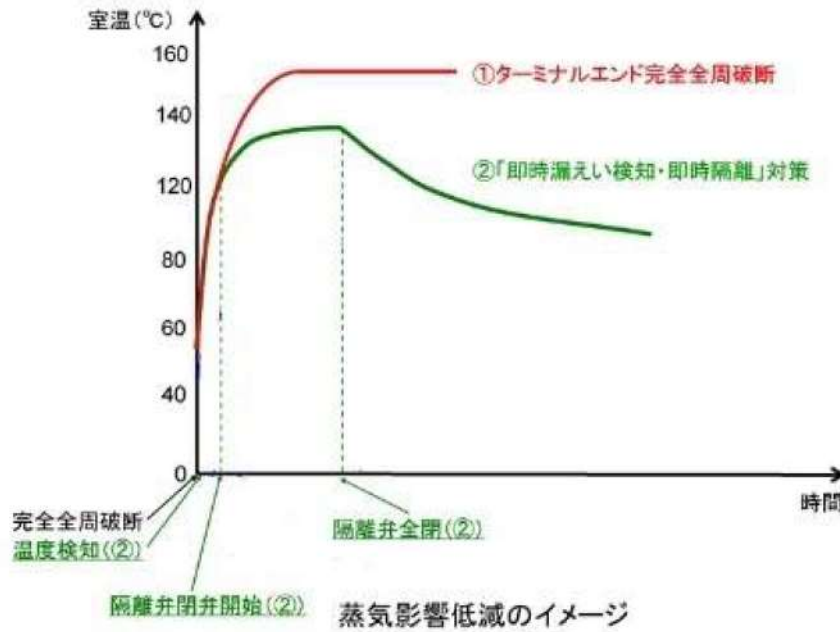


図2 蒸気影響低減のイメージ

II. 高エネルギー配管の想定破損による蒸気影響評価結果

1. 蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管の抽出について

蒸気影響評価では溢水ガイドにしたがって、溢水源を抽出している。

具体的には、高エネルギー配管のうち低温配管及び低エネルギー配管は、破損時に蒸気を放出することはないことから没水、被水影響評価の溢水源とし、蒸気影響評価では、低温配管を除く高エネルギー配管を溢水源として抽出している。

ただし、溢水ガイドにおいて高エネルギー配管は25A(1B)を超える配管であるが、蒸気影響を評価する上では25A(1B)以下の配管についても、破断時の溢水量はそれを超える口径の配管破断時より少ないものの蒸気の拡散による防護対象設備への影響を考慮する必要があることから破損を想定することとして抽出している。

上記の考え方に基づいて抽出された蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等を有する系統を表2に示す。

表 2 蒸気影響評価対象選定表

2項で評価
3項で評価

高エネルギー配管等を有する系統	設置場所 ^(注4)	低温配管	蒸気影響評価対象
1次冷却材系統	C/V	—	○
充てん系統（封水注入系統含む）	C/V	—	○
抽出系統	C/V	—	○
充てん系統（封水注入系統含む）	A/B, R/B	○	—
抽出系統	R/B	—	○
主給水系統（補助給水系統含む）	MS室	—	○
主蒸気系統（ドレン系統含む） ^(注1)	MS室	—	○
	R/B(MS室外)	—	○
補助蒸気系統	A/B, R/B	—	○
蒸気発生器ブローダウン系統	MS室	—	○
	R/B(MS室外)	—	○
蒸気発生器ブローダウンサンプル系統 ^(注2)	MS室	—	○
（2次系高温・高圧系統）	T/B	—	— ^(注3)

(注1) タービン動補助給水ポンプ駆動用蒸気配管は、タービン動補助給水ポンプ室にも設置されているが、本配管が破損した場合にはタービン動補助給水ポンプ関連設備の機能が喪失するため、当該ポンプの蒸気影響評価は実施しない。

(注2) 蒸気影響を確認する呼び径25A(1B)以下の配管。

(注3) 2次系の高エネルギー配管等は、設置されているタービン建屋に防護対象設備がないことから、評価対象外としている。

(注4) 「原子炉格納容器：C/V」，「原子炉建屋：R/B」，「原子炉補助建屋：A/B」，「主蒸気管室：MS室」，「タービン建屋：T/B」のこと。以降も同じ。

2. 原子炉格納容器及び主蒸気管室内の評価結果

原子炉格納容器及び主蒸気管室内の防護対象設備は、LOCA、MSLB環境でも機能喪失しない耐環境性能を有する設備（LOCA仕様品）を適用している。

原子炉格納容器内高エネルギー配管破断（大LOCA）等を含む、各プラントの事故時解析結果を包絡する条件においても耐環境性能を有していることを確認している。（補足説明資料18）

よって、原子炉格納容器及び主蒸気管室内の防護対象設備は想定される環境下において機能を損なうことはない。

3. 原子炉建屋内及び原子炉補助建屋内の評価結果

原子炉建屋内及び原子炉補助建屋内の蒸気影響評価対象の高エネルギー配管を有する系統は、表2より「抽出系統」，「補助蒸気系統」，「蒸気発生器ブローダウン系統（主蒸気管室外）」及び「主蒸気系統（主蒸気管室外）」である。

抽出系統は、通常運転中、非再生冷却器により約50℃まで冷却されることから、評価対象範囲

は「原子炉格納容器貫通部～非再生冷却器」の間となる。(図3)

補助蒸気系統は、負荷の下流側に設置されたスチームトラップ以降で完全に復水となり、温度、圧力とも低下して蒸気影響はなくなることから、評価対象範囲は「供給配管～スチームトラップ」の間となる。(図4)

蒸気発生器ブローダウン系統(主蒸気管室外)は、蒸気発生器ブローダウンタンクにつながる系統のうち、C/V外で「主蒸気管室外」に施工されている範囲を評価対象範囲とする。(図5)

主蒸気系統(主蒸気管室外)は、タービングランド蒸気に繋がる系統のうち、C/V外で「主蒸気管室外」に施工されている範囲を評価対象範囲とする。(図6)

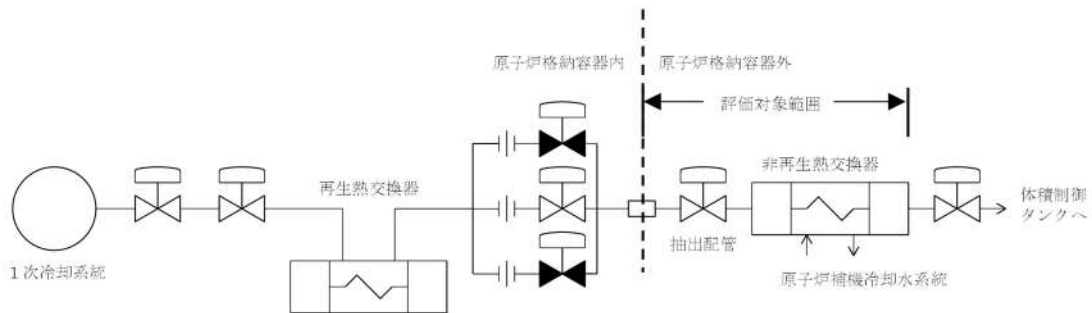


図3 抽出系統概要

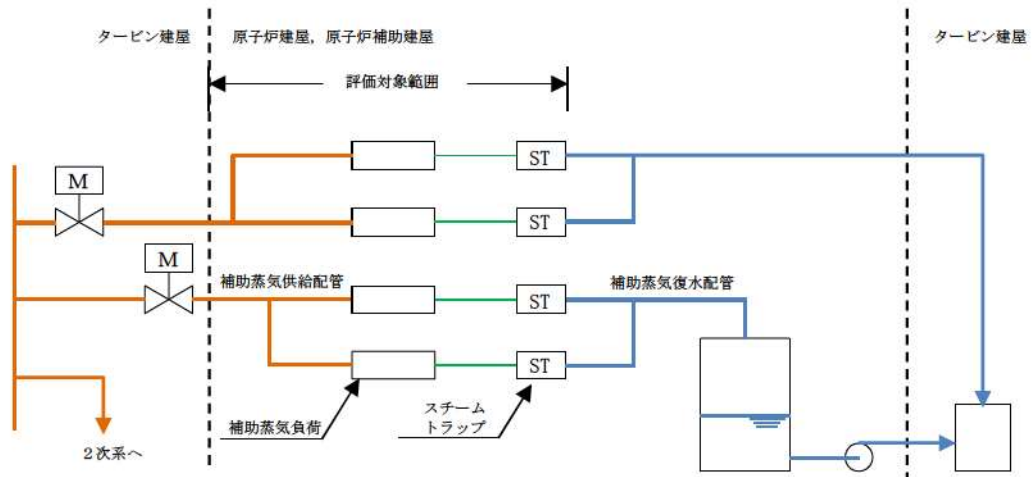


図4 補助蒸気系統概要

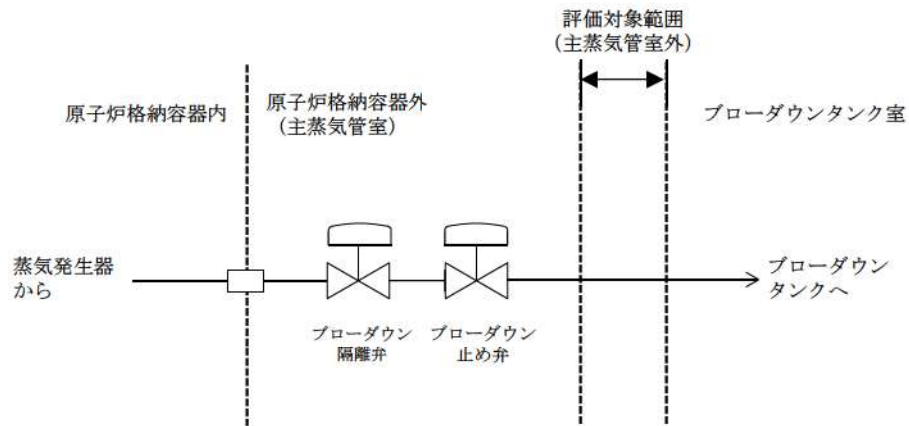


図5 蒸気発生器ブローダウン系統（主蒸気管室外）概要

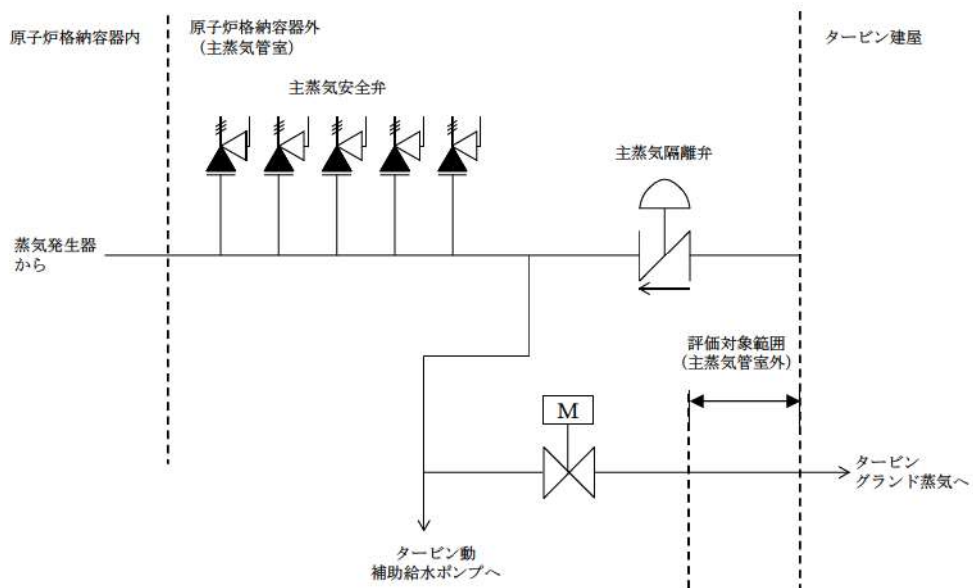


図6 主蒸気系統（主蒸気管室外）概要

4. 蒸気評価配管の想定破損について

蒸気評価配管は、防護対象設備への蒸気影響評価をする上で、原因を特定しない以下の破損を想定する。

なお、評価上の破損の想定位置は1箇所とし、複数箇所の同時破損は考慮しない。

補助蒸気系統のうち、25A 超過配管（ターミナルエンド部を除く）配管については、溢水ガイドに基づいた応力評価を行い、一次応力+二次応力 S_n が許容応力 S_a の 0.8 倍以下であることを確認していることから、破損の大きさは、同様に溢水ガイドに基づき、配管内径の 1/2 の長さで配管肉厚の 1/2 の幅を有する貫通クラックを想定する。その他の配管については、完全全周破断を想定する。（補足説明資料 24）

蒸気発生器ブローダウン系統（主蒸気管室外）及び主蒸気系統（主蒸気管室外）は、溢水ガイドに基づいた応力評価を行い、1次応力+2次応力 S_n が許容応力 S_a の0.4倍以下であることを確認する方針とし、破損は想定しない。

5. 蒸気影響評価の実施手順について

図3～図6で示した評価対象範囲について蒸気影響評価を実施した。評価に当たっては、次の手順1～6で実施した。

- 手順1 防護対象設備の抽出（没水、被水、蒸気共通）
- 手順2 想定破損対象の高エネルギー配管の特定
- 手順3 高エネルギー配管からの蒸気漏えい影響範囲の設定
- 手順4 高エネルギー配管の破損形状の決定
- 手順5 蒸気拡散解析の実施（蒸気影響低減対策を考慮）
- 手順6 解析結果と防護対象設備の健全性確認

泊発電所3号炉の1例（R/B T.P.17.8m 非再生冷却器室付近）を次ページ以降に示す。

(1) 手順1 防護対象設備の抽出

防護対象設備は、重要度の特に高い安全機能を有する系統並びに使用済燃料ピットの冷却機能及び給水機能を有する系統から選定した。



青字 防護対象設備

図7 防護対象設備の抽出

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(2) 手順2 想定破損対象の高エネルギー配管の特定

蒸気影響を考慮すべき評価対象範囲の配管を特定した。

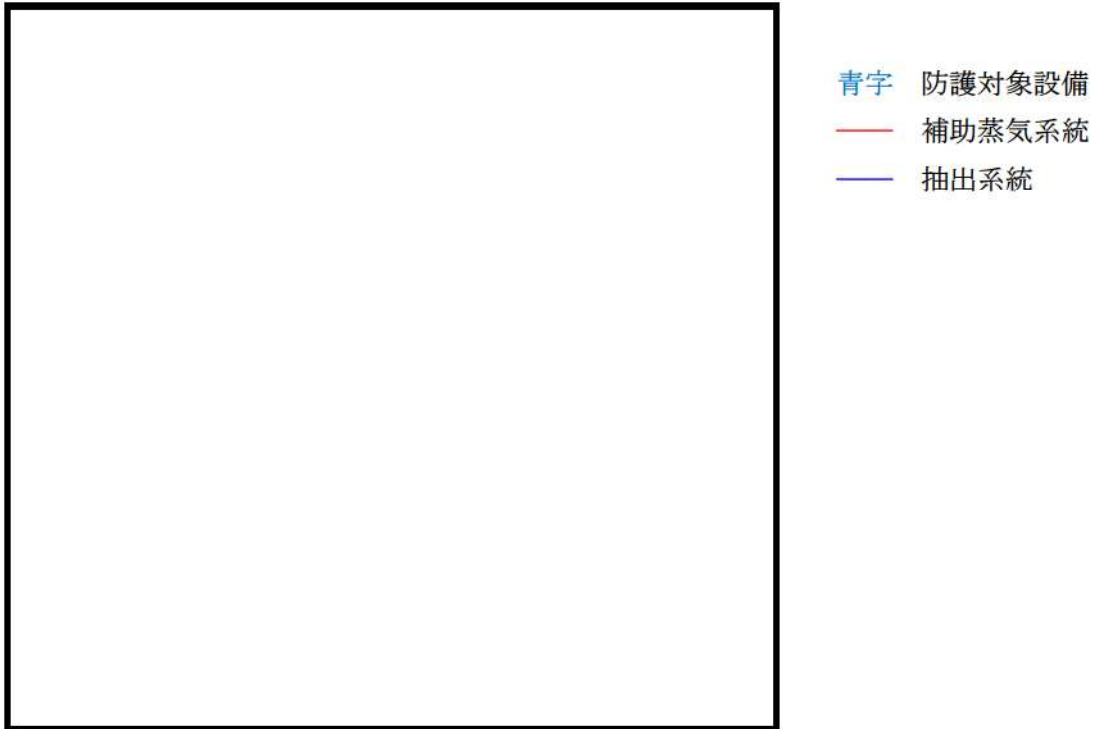



図8 高エネルギー配管の特定

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(3) 手順3 高エネルギー配管からの蒸気漏えい影響範囲の設定

高エネルギー配管からの蒸気漏えい影響範囲にあるかを確認した。蒸気漏えい影響範囲は、漏えい対象の高エネルギー配管から、開口部及び貫通部のない壁等までとした。

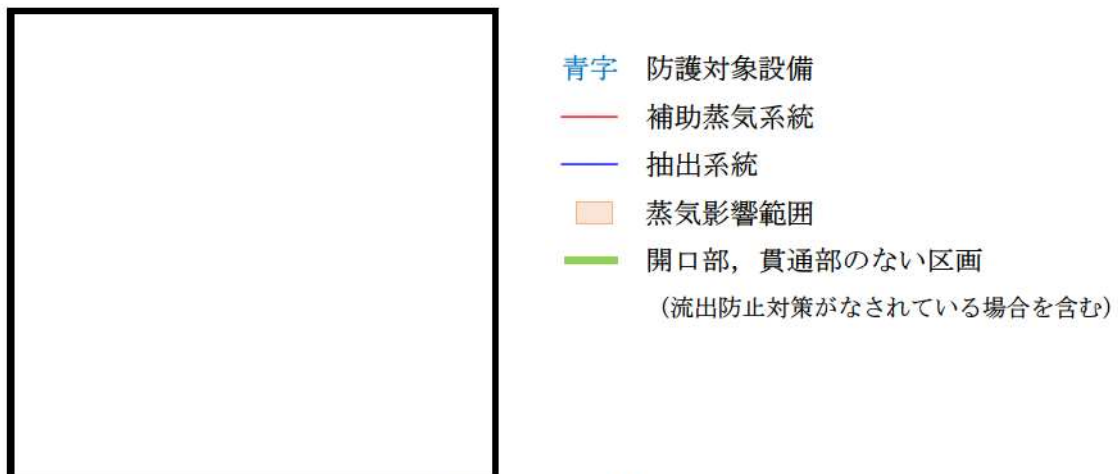


図9 蒸気漏えい影響範囲の設定

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(4) 手順4 高エネルギー配管の破損形状の決定

破損形状は補助蒸気系統以外の配管は完全全周破断を想定，補助蒸気系統は図10のフローに基づき決定した。

なお，蒸気発生器ブローダウン系統（主蒸気管室外）及び主蒸気系統（主蒸気管室外）は応力評価により破損しないことを確認した。

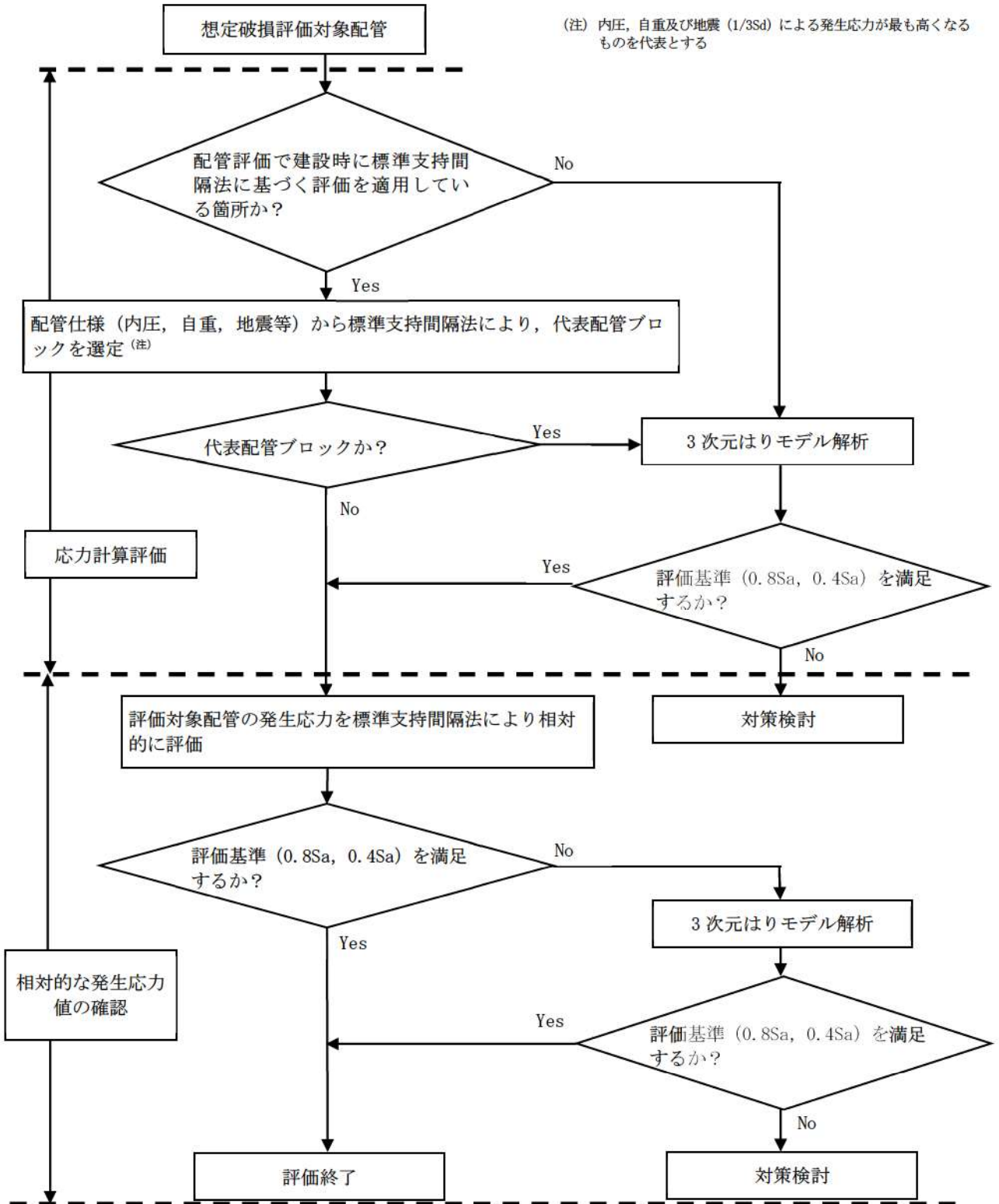


図 10 高エネルギー配管の破損形状の評価フロー

(5) 手順5 蒸気拡散解析の実施

①解析コードについて

今回、蒸気拡散解析には、米国 NAI 社 (Numerical Applications Inc.) により開発された汎用熱流解析コードである GOTHIC コードを用いた。(補足説明資料 19)

GOTHIC コードは、質量、エネルギー及び運動量の 3 保存則を気相、液相、液滴相の各流体場に適用し状態方程式、熱伝導方程式、各種構成式、相関式等を解くことにより流体、構造材の相互作用、機器の動作を考慮した過渡解析が可能で、空間は解析区画として模擬され、それらはパスにより接続される。

今回の蒸気拡散解析では、一定の区画を集中定数系のボリュームとして定義し、パスで接続された区画の蒸気拡散を評価した。

なお、当該コードの妥当性については、MHI (メーカー) により解析結果と試験データとの比較により確認されている。

②主なインプットデータ

蒸気拡散解析における主なインプットデータは以下のとおり。

- ・ 区画体積及びパス開口面積
- ・ 空調条件 (給排気量及び位置)
- ・ 区画初期条件 (温度, 湿度, 圧力)
- ・ 破損想定機器 (高エネルギー配管) からの質量流量及びエネルギー放出量

③主なアウトプットデータ

蒸気拡散解析における主なアウトプットデータは以下のとおり。

- ・ 区画ごとの環境条件 (温度及び湿度)

④解析の保守性について

防護対象設備の健全性を確認する判断基準は温度であるため、解析結果において解析区画のピーク温度が高くなるように以下のとおり解析条件を保守的に設定した。

- ・ 放出流量は、安全解析の ECCS 性能評価でも認められた臨界流モデルを用いて算出
- ・ ヒートシンクとなる構造物 (コンクリート壁等) への熱伝達による温度低下を考慮しない
- ・ 温度検出器等の計測設備の応答遅れを保守的に設定し、検知までの時間を長めに設定
- ・ 蒸気しゃ断弁の閉止時間を実動作時間 (21 秒) に対し長め (25 秒) に設定
- ・ 蒸気しゃ断弁閉止動作中の蒸気放出流量は弁全開時と同じとして設定

⑤蒸気拡散解析の方法について

- ・ 手順 3 で設定した蒸気漏えい影響範囲を空調の流れを模擬できるように蒸気拡散解析区画に分割
- ・ 蒸気拡散解析区画内にある高エネルギー配管の想定破損時の各解析区画の環境条件を解析

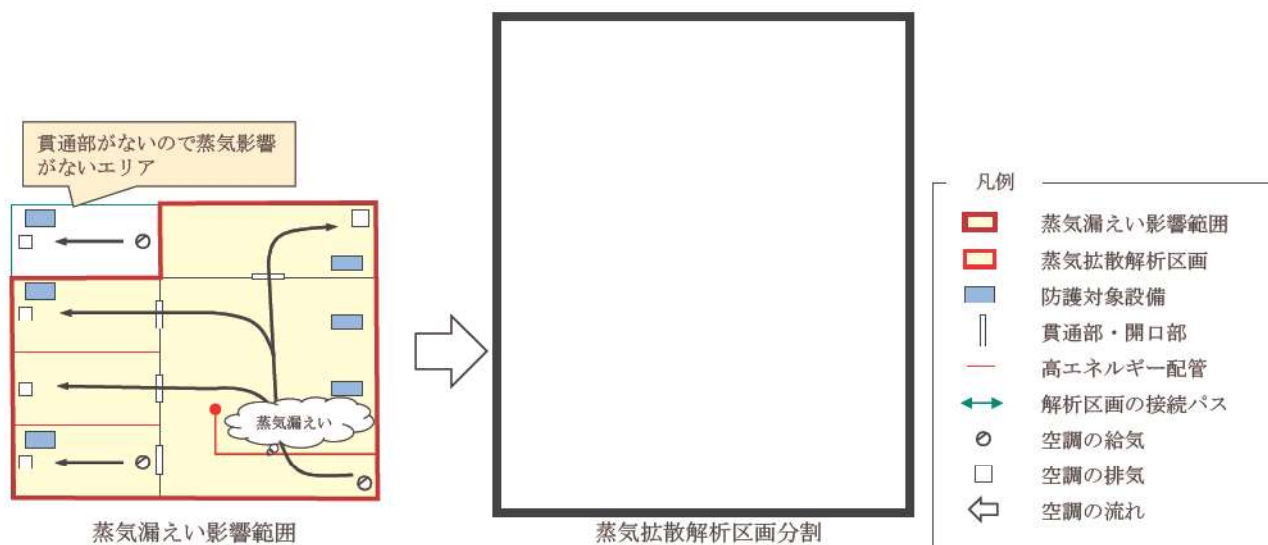


図 11 GOTHIC のモデル設定例

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(6) 手順 6 解析結果と防護対象設備の健全性確認 (補足説明資料 20)

①蒸気拡散解析結果の例

蒸気拡散解析結果の例を 2 例示す。

・例 1 抽出系統 3B ターミナルエンド完全全周破断の例

温度検出器による検知 (50℃以上で温度高警報, 60℃以上で温度異常高警報), その他パラメータを踏まえて中央から手動隔離することで防護対象設備の確認済耐環境温度 (120℃) 以下に抑えられることが確認できた。

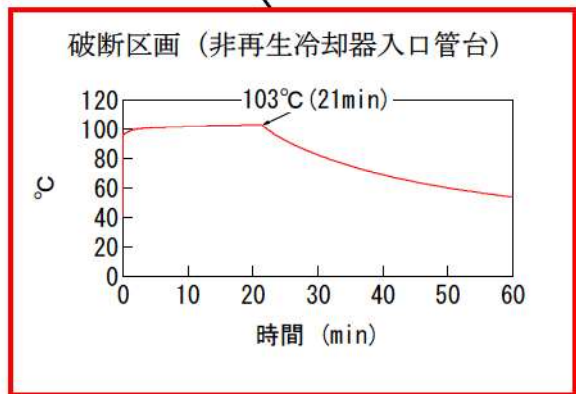
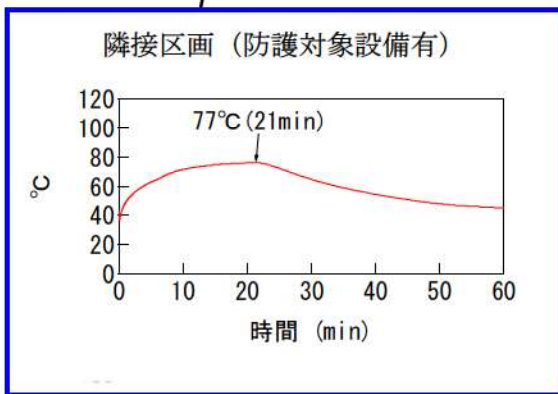



図 12 例 1 の結果

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

・例2 補助蒸気系統 1B 一般部完全全周破断の例

温度検出器による検知(60℃)で蒸気しゃ断弁を自動閉止することで防護対象設備の確認済耐環境温度(120℃)以下に抑えられることが確認できた。

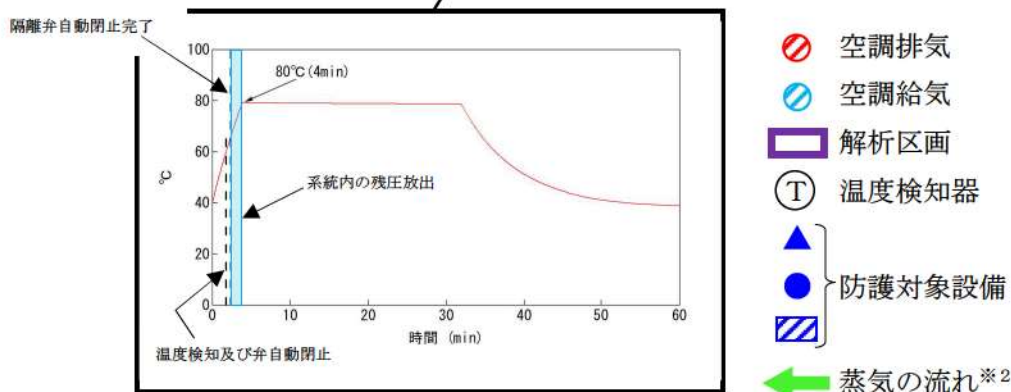


図13 例2の結果

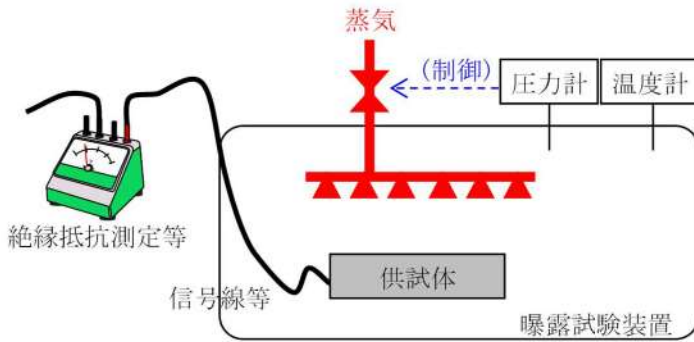
▭ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

②防護対象設備の耐蒸気性能について

防護対象設備が、120℃の耐蒸気性能を有することを蒸気曝露試験により確認した。※1 (補足説明資料 22)

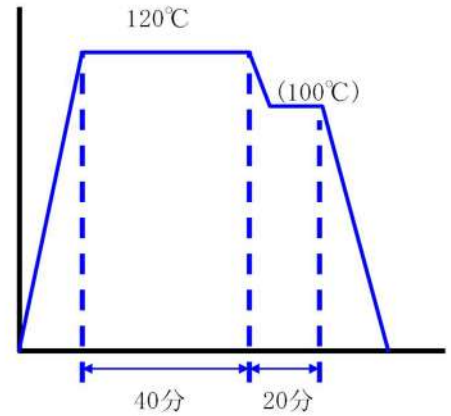
試験方法は次のとおりである。

- ・試験対象設備は蒸気影響を受ける区画に設置された防護対象設備から網羅的に抽出
- ・試験温度プロファイルは、解析結果を包絡する系統自動／手動隔離時の蒸気拡散解析結果を考慮
- ・供試体に蒸気を直接噴霧し、蒸気曝露中^{※2}及び蒸気曝露後に信号や実動作により健全性を確認



【供試体】 電動弁，空気作動弁，ダンパ，伝送器，
流量設定器，温度スイッチ，現場盤 等

蒸気曝露試験イメージ図



試験温度プロファイル

図 14 蒸気曝露試験概要

※1 モータは机上評価を実施

※2 蒸気曝露中に信号，実動作による健全性を確認できないものについては，曝露後の状態から曝露中の健全性を考察

原子炉格納容器及び主蒸気管室内防護対象設備の溢水影響について

本資料は、原子炉格納容器及び主蒸気管室内防護対象設備の溢水影響についてまとめたものである。

I. では原子炉格納容器内防護対象設備の溢水影響について、II. では原子炉格納容器内機器の耐環境性試験におけるスプレイ条件について、III. では主蒸気管室内防護対象設備の蒸気影響について記載する。

I. 原子炉格納容器内防護対象設備の溢水影響について

1. 原子炉格納容器内の主蒸気管，主給水管の破断について

耐環境性仕様である防護対象設備は、原子炉格納容器内において想定される設計基準事故として、LOCAだけでなく主蒸気管破断（以下、MSLBという。）も考慮した検証を実施している。具体的には、図1に示すようなプロファイルで環境試験を実施しており、このプロファイルは、LOCA及びMSLBの両者の環境条件を考慮して設定したものである。

なお、主給水管破断については、MSLBよりも原子炉格納容器内に放出されるエネルギーが小さいことから、MSLBの環境条件に包絡される。



図1 LOCA，MSLBを考慮した温度及び圧力変化（典型的な例）

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

2. 原子炉格納容器内防護対象設備の保守管理について

耐環境性仕様である原子炉格納容器内の防護対象設備については、定期点検及び定期取替えを実施し、プラントの安全機能に影響のないようにしている。

定期点検については、外観点検及び絶縁抵抗測定その他、各設備に応じた特性試験及び入出力試験を実施している。

また、定期取替えについては、検証寿命等を考慮して取替えの周期を定め、この周期内での取替えを実施している。

表1 格納容器内高レンジエリアモニタの保守管理の例

点検内容	点検周期 [回/定検]
外観点検	1/1
絶縁抵抗測定	1/1
静電容量測定	1/1
特性試験	1/1
入出力試験	1/1
定期取替	1/9

表2 原子炉格納容器内防護対象設備の定期取替周期

設備		取替周期
電動弁駆動装置		- ※1
空気制御弁	リミットスイッチ	～15年
	電磁弁	～6年
伝送器		～17年
温度計		～28年
中性子束検出器		～5年
格納容器内高レンジエリアモニタ		～30年

※1 60年の健全性を確認済み

3. 原子炉格納容器内防護対象設備の溢水影響評価について

耐環境性仕様である原子炉格納容器内防護対象設備については、LOCA時の原子炉格納容器内環境に対して機能維持が図れるよう、以下のことを確認している。確認結果の一覧は別表に示す。

(1) 被水影響

LOCAに伴い原子炉格納容器内圧力が上昇すると、格納容器スプレイが動作し、スプレイ水により防護対象設備が被水する。原子炉格納容器内防護対象設備は、スプレイ水に対しても機能維持

が図れることを1. に述べた環境試験により確認している。

(2) 没水影響

LOCAに伴う炉心注入及び格納容器スプレイにより、燃料取替用水ピット及び蓄圧タンクの保有水が原子炉格納容器内に注水される。LOCA時に機能要求のある防護対象設備は、1次冷却系の漏えい水の他、これらの保有水全量が原子炉格納容器内にたまった場合においても、没水しない高さに設置している。

(3) 蒸気影響

LOCAに伴い原子炉格納容器内には蒸気が充満する。

原子炉格納容器内防護対象設備は、蒸気環境下においても機能維持が図れることを1. に述べた環境試験により確認している。

泊発電所3号炉 原子炉格納容器内防護対象設備リスト (1/2)

系 統	機器名称	機器番号	没水評価※1 機能喪失高さ (T. P.)	被水 評価	蒸気 評価
1次冷却 系統	加圧器逃がし弁	3PCV-452A, B	○39.1m	○	○
化学体積 制御系統	1次冷却材ポンプ封水戻りライン C/V内側隔離弁	3V-CS-254	○18.3m	○	○
安全注入 系統	高压注入ポンプ出口 C/V内側隔 離弁	3V-SI-061A, B	○18.3m	○	○
	高温側高压注入 A (B) ライン止め 弁	3V-SI-062A, B	○18.3m	○	○
余熱除去 系統	余熱除去 A (B) ライン入口止め弁	3PCV-410, 430	○20.6m	○	○
	余熱除去ポンプ入口 C/V内側隔 離弁	3V-RH-002A, B	○15.185m	○	○
	余熱除去冷却器出口 C/V内側隔 離弁	3V-RH-033A, B	○18.3m	○	○
	高温側低压注入ライン止め弁	3V-RH-034A, B	○18.3m	○	○
原子炉補機 冷却水系統	1次冷却材ポンプ補機冷却水出口 C/V内側隔離弁	3V-CC-526	○18.3m	○	○
試料採取 系統	Bループ高温側サンプリングライ ンC/V内側隔離弁	3V-SS-514	○21.0m	○	○
	Cループ高温側サンプリングライ ンC/V内側隔離弁	3V-SS-519	○21.0m	○	○
制御用空気 系統	制御用空気原子炉格納容器内供 給弁	3V-IA-514A, B	○18.3m	○	○
格納容器減圧 設備及び 格納容器水素 制御設備	格納容器減圧ライン格納容器内 側隔離弁	3V-DP-001A, B	○36.1m	○	○
放射線監視設 備空気サンプ リング系統	格納容器空気サンプル取出し格 納容器内側隔離弁	3V-RM-001	○36.8m	○	○

※1 溢水水位 : T. P. 15.1m

泊発電所3号炉 原子炉格納容器内防護対象設備リスト (2/2)

系 統	機器名称	機器番号	没水評価※1 機能喪失高さ (T. P.)	被水 評価	蒸気 評価
計測制御系	1次冷却材圧力	3PT-410, 430	○18.8m	○	○
	1次冷却材高温側温度 (広域)	3TE-410, 420, 430	○23.0m	○	○
	1次冷却材低温側温度 (広域)	3TE-417, 427, 437	○22.2m	○	○
	1次冷却材高温側温度 (狭域)	3TE-411A, 413A, 415A, 3TE-421A, 423A, 425A 3TE-431A, 433A, 435A 3TE-441A, 443A, 445A	○22.0m	○	○
	1次冷却材低温側温度 (狭域)	3TE-411B, 421B, 431B, 441B	○22.0m	○	○
	加圧器圧力	3PT-451, 452, 453, 454	○25.8m	○	○
	加圧器水位	3LT-451, 452, 453, 454	○18.8m	○	○
	格納容器再循環サンプ水位 (狭域, 広域)	3LT-620, 630 3LT-621, 631	○15.5m	○	○
	中性子源領域検出器	3NE31, 32	○17.5m	○	○
	出力領域検出器	3NE41A, B 3NE42A, B 3NE43A, B 3NE44A, B	○17.5m	○	○
	蒸気発生器水位 (広域)	3LT-464, 474, 484	○18.8m	○	○
	蒸気発生器水位 (狭域)	3LT-460, 461, 462, 463 3LT-470, 471, 472, 473 3LT-480, 481, 482, 483	○25.8m	○	○
	格納容器高レンジエリアモニタ (低レンジ)	3RE-91A, 92A	○40.2m	○	○
	格納容器高レンジエリアモニタ (高レンジ)	3RE-91B, 92B	○40.2m	○	○
	1次冷却材流量	3FT-412, 413, 414, 415 3FT-422, 423, 424, 425 3FT-432, 433, 434, 435	※2	※2	※2

※1 溢水水位：T. P. 15.1m

※2 LOCA 時に機能要求なし

II. 原子炉格納容器内機器の耐環境性試験におけるスプレイ条件について

1. 耐環境性試験の試験条件の考え方

原則として、米国の民間規格 IEEE-323 を参考に、実機条件及び試験装置条件を考慮して設定する。

なお、格納容器スプレイによる被水については、機器のシール性能が確認できれば機能への影響はないものと判断している。

表 3 実機条件と試験条件の比較

	試験条件 (伝送器の例)	実機条件 (泊発電所 3 号炉)	IEEE-323
スプレイ 流量	63.7 [L/min/m ²]	12.5 [L/min/m ²]	6.1 [L/min/m ²]
スプレイ 時間	24[h]	24[h]以上	24[h]

2. スプレイ条件の保守性に関する考察

格納容器スプレイは図 1 のとおり、LOCA 後の環境温度、圧力が高い条件で 24 時間実施している。

この条件でシール性能に問題のないことを確認できれば、温度、圧力が低下した 24 時間以降のシール性能についても問題はないと考えられ、IEEE-323 にしたがったスプレイ条件は試験条件として妥当と判断している。

III. 主蒸気管室内防護対象設備の蒸気影響について

1. 主蒸気管室の区画分離について

主蒸気管室（以下「MS 室」という）は、主蒸気管破断（以下「MSLB」という）が発生した場合においても蒸気の影響が他の区画に伝播することのないよう、区画分離した設計としている。

具体的には以下のとおりである。

<区画分離>

MS 室と他の区画との境界には、配管貫通部及びケーブル貫通部が存在するが、MSLB によって発生した蒸気が他の区画に流入することのないよう、隙間にはシール処理を施している。区画分離のイメージを図 2、シール処理の例を図 3 に示す。

<空調設備>

MS 室には、空調設備として給気ファンを備えているが、空調ダクトは他の区画を経由せず、直接屋外で給排気している。

<その他>

MS室にはブローアウトパネルを設置しているが、ブローアウトパネルが開放した場合においても、蒸気は他の区画を経由せず、直接タービン建屋に逃がす構造としている。

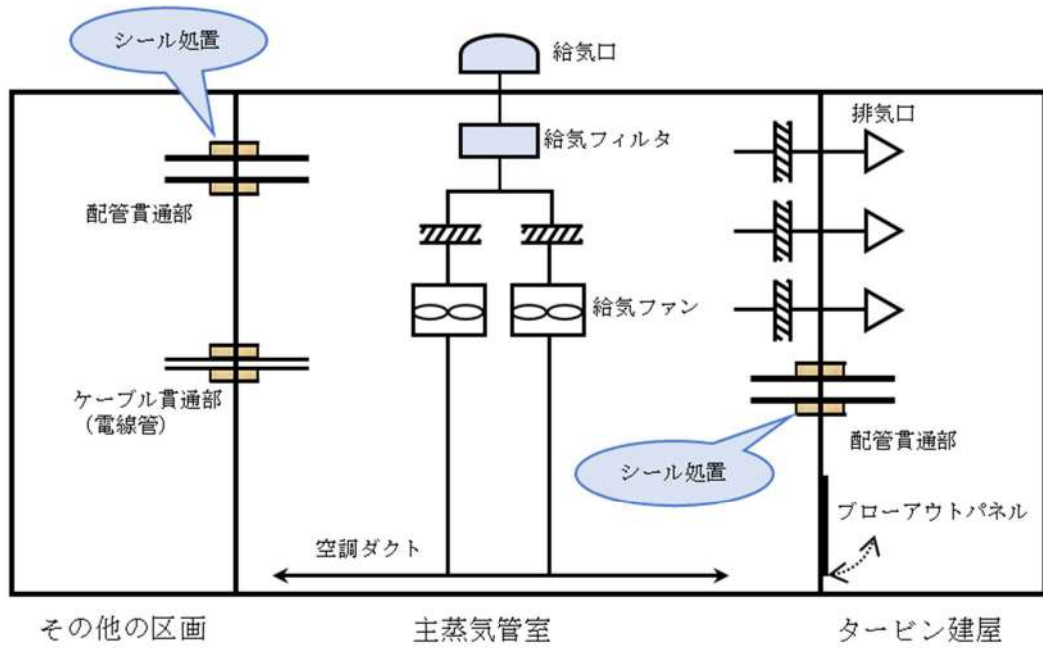
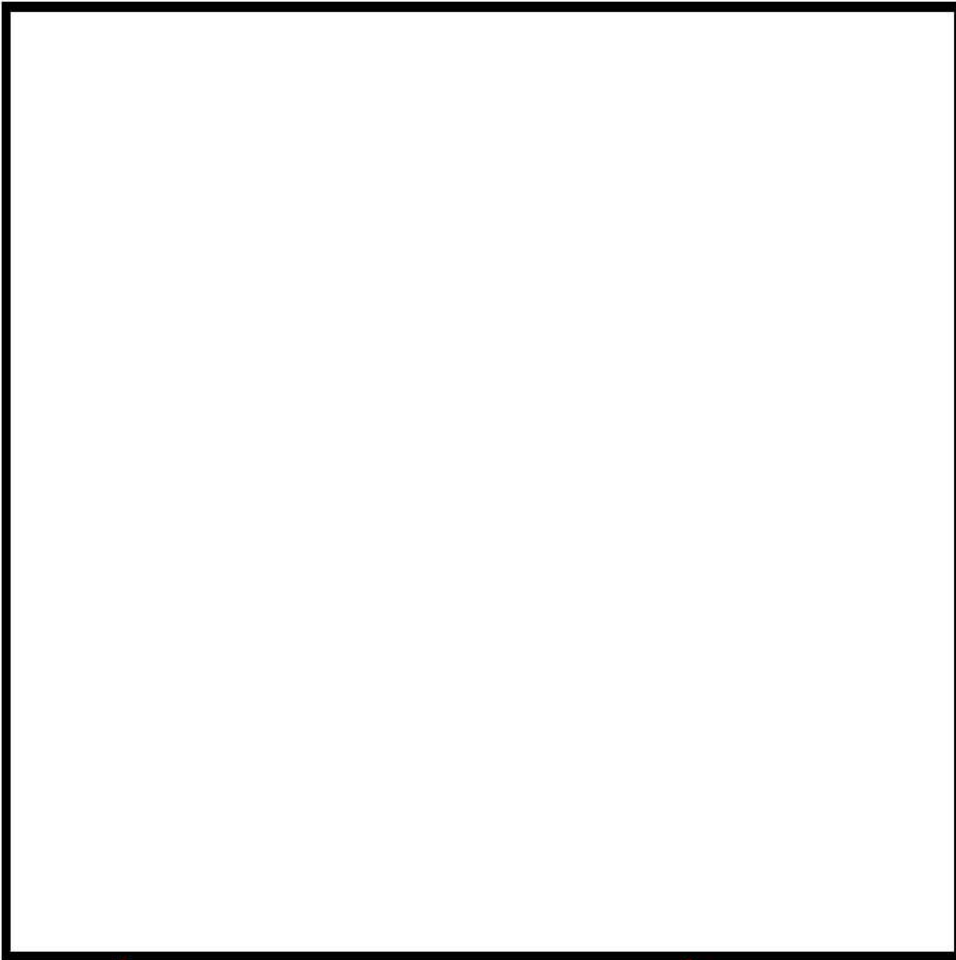


図2 主蒸気管室の区画分離のイメージ図



電線管貫通部



配管貫通部

図3 シール処理の例

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

2. MS 室の環境条件及び防護対象設備について

MS 室内の防護対象設備は、設計基準事故において環境条件が最も厳しくなるMSLBに伴う蒸気影響に対しても、機能維持が図れるよう考慮している。

以下に、MSLB時のMS室の環境条件の考え方を表4に防護対象設備の一覧を示す。

①圧力条件

MSLB時には、配管から放出される蒸気によりMS室全域の温度及び圧力が上昇する。MS室には減圧装置としてブローアウトパネルを設置しているため、圧力は保守的にMS室の設計耐圧まで上昇すると想定する。

②温度条件

MS室の温度は、MSLBにより圧力がMS室の設計圧力まで上昇すると仮定し、飽和蒸気の等エントルピー変化により得られる温度まで上昇すると想定する。

③隔離条件

MS室の温度、圧力の上昇は、MSLB発生から原子炉トリップ及び破損SGの隔離までの時間、プラントの安定に要する時間、残留蒸気の放出終了までの時間を考慮する。蒸気停止後は隣接区画、タービン建屋への熱伝達を考慮した放熱量から温度低下時間を設定する。

上記①～③に基づき設定したMS室内の温度変化を図4に、環境条件を表4に示す。



図4 MSLB時のMS室内温度変化（環境条件）

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表 4 MS 室内の環境条件

プラント	設計耐圧 Pd [MPa]	最高温度 T1 [°C]	環境条件 [°C]
泊発電所 3 号炉	□	□	□

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表 5 MS 室内の防護対象設備の一覧

防護対象設備	種類	構成品 (電気計装品)	備考
補助給水隔離弁	電動弁	駆動装置	
主給水隔離弁	電動弁	駆動装置	
主蒸気逃がし弁	空気作動弁	リミットスイッチ 電磁弁 減圧弁 ダイヤフラム	
主蒸気隔離弁	空気作動弁	リミットスイッチ	電気計装品を含む付属 パネルは MS 室外に設置

GOTHIC コードについて

1. 概要

- GOTHIC コードは、原子力発電プラントの格納システムの事故解析を主目的に、米国 NAI 社により開発された汎用熱流動解析コードである。
- コードは、質量、エネルギー及び運動量の3保存則を気相、液相、液滴相の各流体場に適用し、状態方程式、熱伝導方程式、各種構成式相関式等を解くことにより、流体、構造材の相互作用、機器の動作を考慮した過渡解析が可能である。
- 空間は解析区画として模擬され、それらはパスにより接続される。
- 蒸気拡散解析では、一定の区画を集中定数系のボリュームとして定義し、パスで接続された区画の蒸気拡散を評価する。

2. 蒸気拡散解析における主要なインプットデータ及びアウトプットデータ

(1) インプットデータ

- 区画体積及びパス（ダクト含む。）開口面積
- 空調条件（給排気量及び位置）
- 区画初期条件（圧力、温度及び湿度）
- 想定破損機器（高エネルギー配管）からの質量流量及びエネルギー放出量



図 1 GOTHIC コードのインプット、アウトプットデータ

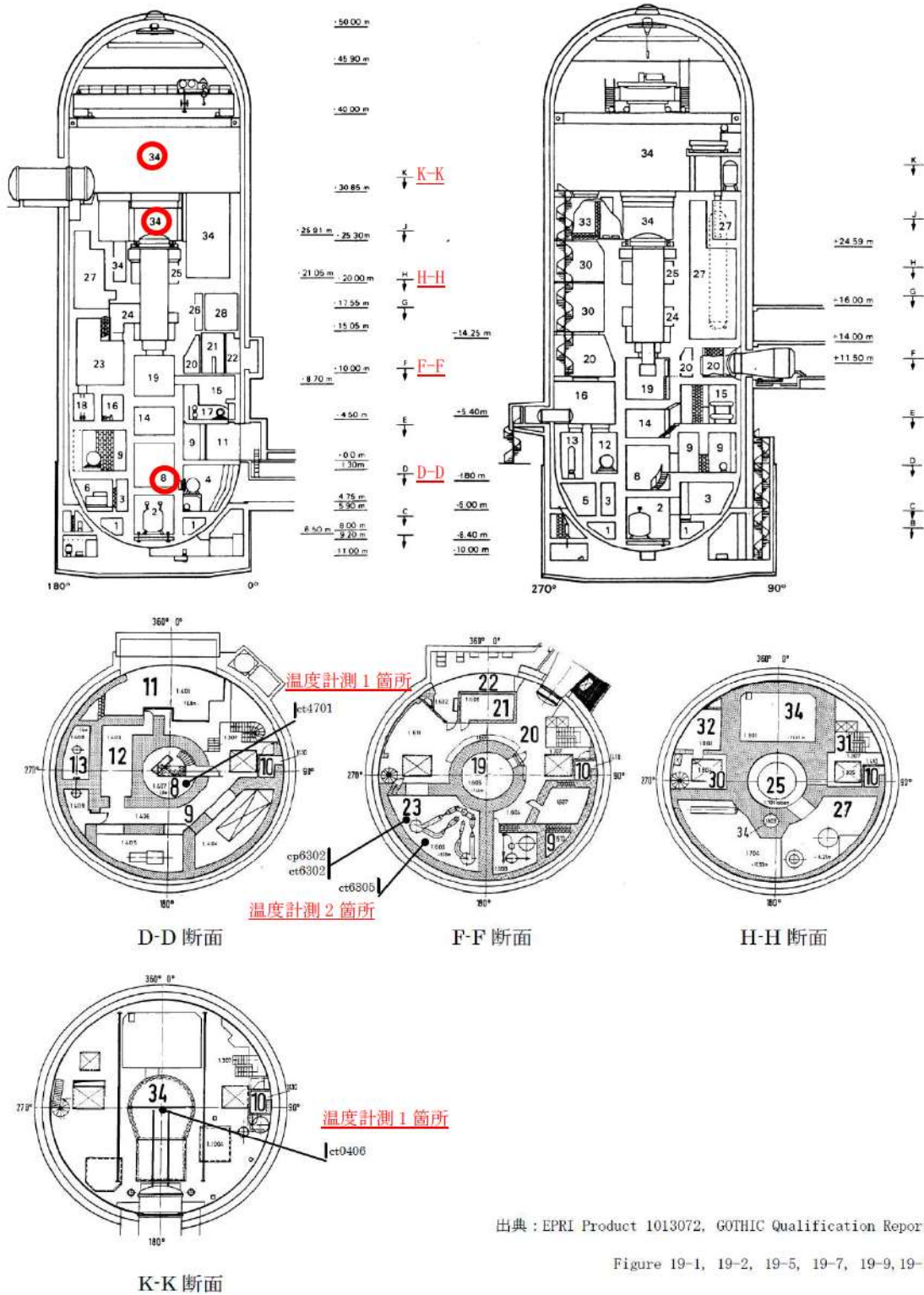
(2) アウトプットデータ

- 区画ごとの環境条件（温度及び湿度）

3. モデルの妥当性について

GOTHIC コードは、蒸気拡散解析の妥当性を確認するため、ドイツの廃炉施設を利用した HDR (Heissdampfreaktor) 試験で実験解析し、想定破損機器（高エネルギー配管）から放出される蒸気の区画間拡散挙動を適切に再現できることを確認している。

○ : 温度計測領域



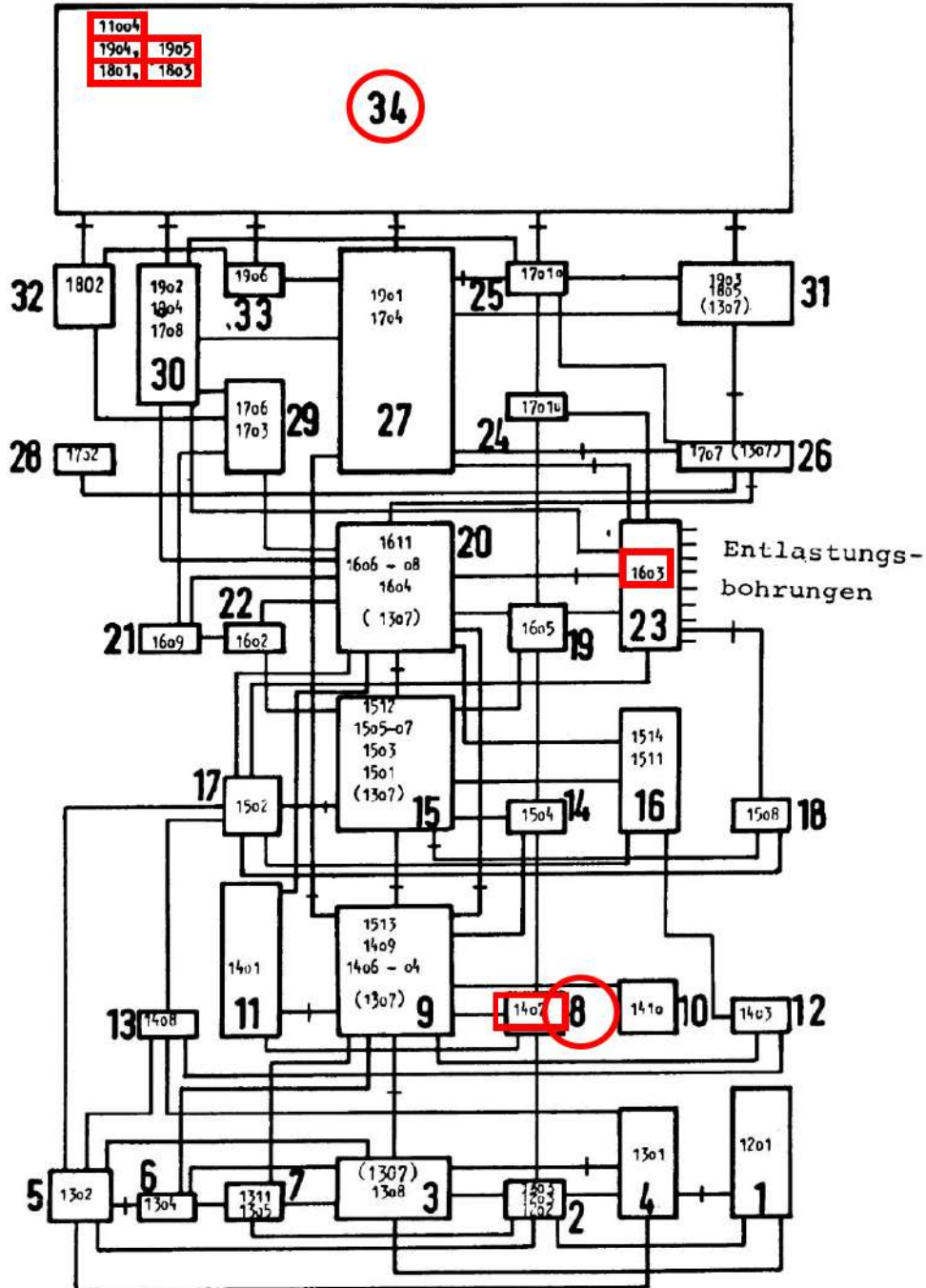
出典: EPRI Product 1013072, GOETHIC Qualification Report,

Figure 19-1, 19-2, 19-5, 19-7, 19-9, 19-11

図 2 HDR 試験設備の概要

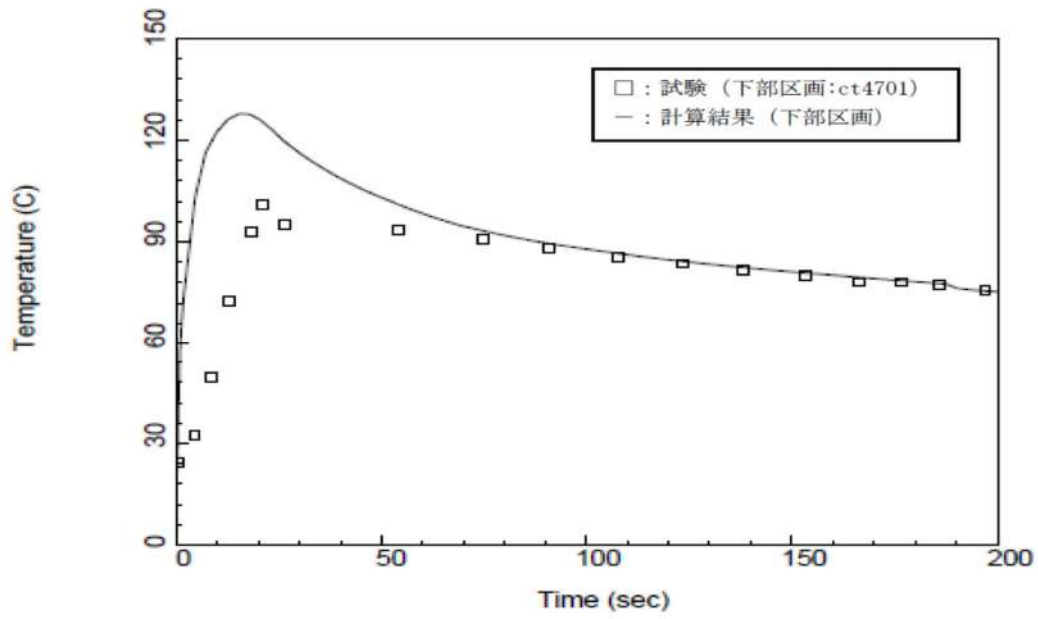
: 区画番号

: 温度計測領域



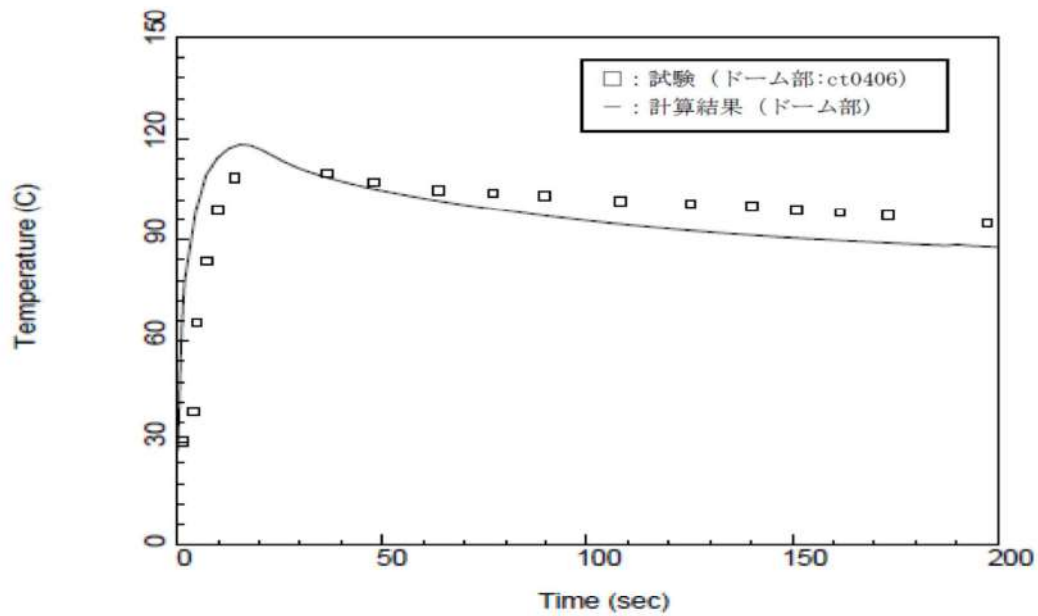
出典 : EPRI Product 1013072, GOthic Qualification Report, Figure 19-12

図 3 HDR 試験の GOthic による区画モデル化



出典：EPRI Product 1013072, GOthic Qualification Report, Figure 19-22

下部区画温度 (Test V21.1)



出典：EPRI Product 1013072, GOthic Qualification Report, Figure 19-24

ドーム部温度 (Test V21.1)

図4 HDR 試験及びGOTHIC 解析結果
(領域8 (下部区画) 及び領域34 (ドーム部) での温度の比較)

4. 蒸気評価配管の破損に伴う環境影響評価への適用について

(1) 蒸気漏えい影響範囲の設定

蒸気評価配管と防護対象設備の配置上の位置関係を確認し、蒸気発生源の特定を行う。蒸気発生源の存在する区画に貫通部があれば隣接する区画も蒸気漏えい影響範囲として考慮する。


なお、蒸気拡散に影響を与える可能性のある事項は、下記のとおり取り扱う。

- ① 空調は、ハロンガス消火設備の作動に伴い停止するが、30分後に再起動する。
- ② 配管は、末端開放はないため、配管内部を通じた蒸気拡散は考慮しない。
- ③ 電線管について、壁貫通の電線管内部は耐火シールを施しているため、電線管内部を通じた蒸気拡散は考慮しない。
- ④ 蒸気影響範囲に設置されている防火ダンパは、閉止温度 120℃に設定していることから、蒸気拡散への影響はない。

(2) 解析モデルの設定

GOTHIC コードによる蒸気拡散解析においては、空調条件が解析のインプットデータの1つとなるため、蒸気漏えい影響範囲に対して空調の流れを模擬できるように、詳細に区画を分割して解析モデルを設定する。



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(3) 蒸気放出量の算出

防護対象設備の健全性を確認する判定基準は温度であるため、解析結果において解析区画のピーク温度が高くなるように、保守的に、蒸気評価配管からの蒸気流出量は、臨界流モデルを用いて算出する。

臨界流モデルは、安全解析の ECCS 性能評価「原子炉冷却材喪失（小LOCA）」でも使用が認められており、安全解析に準じた算出としている。

(4) ヒートシンクの考慮

防護対象設備の健全性を確認する判定基準は温度であるため、解析結果において解析区画のピーク温度が高くなるように、保守的に、蒸気評価配管からの放出蒸気が、コンクリート壁等のヒートシンクへの熱伝達により温度低下することはないこととして算出する。

以上のことから、モデルの適切な設定と保守的な計算により、GOTHIC コードを蒸気拡散解析に適切に用いることができる。

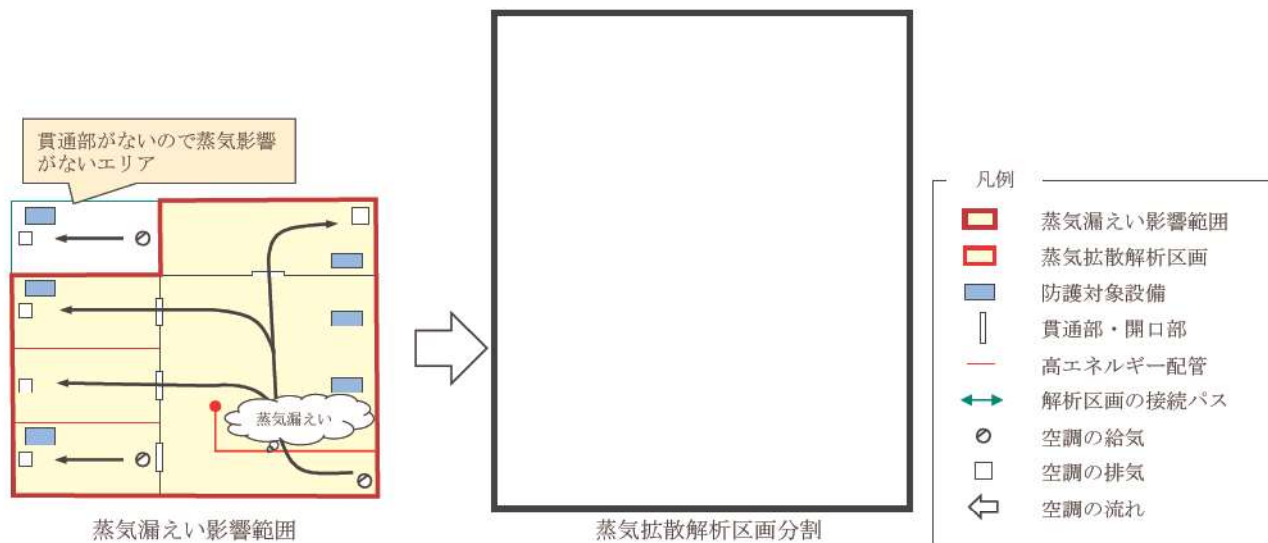


図5 GOthic のモデル設定例

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

5. 蒸気影響評価における保守性について

GOthic コードを用いた蒸気拡散解析の目的は、高エネルギー配管の想定破損時における防護区画内の環境温度が防護対象設備の確認済耐環境温度以下となることを確認することである。

このため、蒸気拡散解析では、実機に近い温度分布を算出するのではなく、実機よりも高い温度分布を算出し、保守的な評価を行うこととしている。

すなわち、GOthic コードを用いた蒸気拡散解析の実施においては、(1) のとおり解析条件に保守性を考慮している。

さらに、蒸気漏えい検知システム等の蒸気影響緩和対策の実施においても、(2)、(3) の保守性を考慮しており、当該目的に対して、総合的な保守性を確保している。

(1) 実機よりも高い温度分布が算出されるように、解析条件には次項の保守性を考慮している。

- 蒸気流出量を安全解析の ECCS でも認められた臨界流モデルを用いて算出
- 放出蒸気がコンクリート壁等のヒートシンクへの熱伝達により温度低下することはないこととして算出
- 温度検出器等の計測設備の応答遅れを保守的に設定し、検知までの時間を長めに設置
- 蒸気しゃ断弁の閉止時間を実動作時間に対し長めに設定
- 蒸気しゃ断弁閉止動作中の蒸気放出流量は弁全開状態と同じとして設定

(2) 蒸気拡散解析では解析区画内物理量を平均値で計算するため1つの解析区画内での温度分布はわからないが、仮に解析区画内に温度分布が生じたとしても、蒸気漏えい検知システムの温度センサを天井付近に配置することにより、温度の検出性において、保守側に作用するようにしている。(補足説明資料 20)

(3) 防護対象設備の確認済耐環境温度 120℃に対して、蒸気影響緩和対策（蒸気漏えい検知システムによる自動隔離等）によって、防護区画内の温度を 100℃程度に制限できるようにしている。

蒸気拡散解析による蒸気影響評価結果

本資料は、蒸気拡散解析による蒸気影響評価結果についてまとめたものである。

I. では防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果について、II. では想定破損に伴う蒸気影響評価結果について、III. では蒸気拡散解析における解析区画の分割による影響について記載する。

I. 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果について

防護対象設備の蒸気影響評価で判定に用いる確認済耐環境温度について、確認した結果を表1に示す。

表1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (1/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3A-制御用空気ヘッド圧力 (III)	3PT-1810	-40~85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	
3B-制御用空気ヘッド圧力 (IV)	3PT-1800					
3-充てんライン C/V 外側止 め弁	3V-CS-175	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	
3-充てんライン C/V 外側隔 離弁	3V-CS-177					
3-ほう酸注入タンク出口 C/V 外側隔離弁 A	3V-SI- 036A					
3-ほう酸注入タンク出口 C/V 外側隔離弁 B	3V-SI- 036B					
3-補助高圧注入ライン C/V 外側隔離弁	3V-SI-051					
3A-余熱除去冷却器補機冷却 水出口弁	3V-CC- 117A					
3B-余熱除去冷却器補機冷却 水出口弁	3V-CC- 117B					
3A-格納容器スプレイ冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC- 177A					
3B-格納容器スプレイ冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC- 177B					
3A-余熱除去ポンプ出口流量 (I)	3FT-601					
3B-余熱除去ポンプ出口流量 (II)	3FT-611					

表 1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (2/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3A-充てんポンプ	3CSP1A	40	120	耐蒸気性能 試験	高圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体： 蒸気試験対象外	
3B-充てんポンプ	3CSP1B					
3C-充てんポンプ	3CSP1C					
3A-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水入口弁	3V-CC- 151A	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	
3B-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水入口弁	3V-CC- 151B					
3A-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC- 159A					
3B-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC- 159B					
3A-使用済燃料ピットポンプ	3SFP1A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体： 蒸気試験対象外	
3B-使用済燃料ピットポンプ	3SFP1B					
3-体積制御タンク出口第1 止め弁	3LCV-121B	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	
3-緊急ほう酸注入弁	3V-CS-541					
3-体積制御タンク出口第2 止め弁	3LCV-121C					
3-充てんポンプ入口燃料取 替用水ピット側入口弁A	3LCV-121D					
3-充てんポンプ入口燃料取 替用水ピット側入口弁B	3LCV-121E					
3-BA, WD および LD エバポ 補機 冷却水戻りライン第1止め 弁	3V-CC-351					
3-BA, WD および LD エバポ 補機 冷却水戻りライン第2止め 弁	3V-CC-352					
3-ほう酸注入タンク入口弁A	3V-SI- 032A					
3-ほう酸注入タンク入口弁B	3V-SI- 032B					
3A-ほう酸ポンプ	3CSP2A					
3B-ほう酸ポンプ	3CSP2B					

表 1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (3/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3A-ほう酸タンク水位 (I)	3LT-206	-40~85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	
3B-ほう酸タンク水位 (II)	3LT-208					
3A-蓄電池室排気ファン	3VSF31A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体： 蒸気試験対象外	
3B-蓄電池室排気ファン	3VSF31B					
3A-中央制御室給気ファン	3VSF21A					
3B-中央制御室給気ファン	3VSF21B					
3A-非管理区域空調機器室内 内空気温度 (1)	3TS-2930	-10~50	120	耐蒸気性能 試験	温度スイッチ	
3A-非管理区域空調機器室内 内空気温度 (2)	3TS-2931					
3B-非管理区域空調機器室内 内空気温度 (1)	3TS-2934					
3B-非管理区域空調機器室内 内空気温度 (2)	3TS-2935					
3C-非管理区域空調機器室内 内空気温度 (1)	3TS-2950					
3A-中央制御室給気ファン出 口ダンパ	3D-VS- 603A	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ： 80 ・ポジション スイッチ：70 ・電磁弁： 40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ：120 ・ポジション スイッチ：120 ・電磁弁：120 	耐蒸気性能 試験	オペレータ ポジションスイッチ 電磁弁	
3B-中央制御室給気ファン出 口ダンパ	3D-VS- 603B					
3A-中央制御室循環風量調節 ダンパ流量設定器	3HC-2836	-5~60	120	耐蒸気性能 試験	流量設定器	
3B-中央制御室循環風量調節 ダンパ流量設定器	3HC-2837					

表 1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (4/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3A-中央制御室給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV-2827	40	120	耐蒸気性能 試験	リミットスイッチ 減圧弁 ダイヤフラム オペレータ ボジション 電磁弁	
3B-中央制御室給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV-2828					
3A-中央制御室循環ファン	3VSF20A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体： 蒸気試験対象外	
3B-中央制御室循環ファン	3VSF20B					
3A-中央制御室循環ファン入 口ダンパ	3D-VS- 604A	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ： 80 ・ボジション スイッチ：70 ・電磁弁： 40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ：120 ・ボジション スイッチ：120 ・電磁弁：120 	耐蒸気性能 試験	オペレータ ボジションスイッチ 電磁弁	
3B-中央制御室循環ファン入 口ダンパ	3D-VS- 604B					
3A-中央制御室循環風量調節 ダンパ	3HCD-2836	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ： 80 ・ボジション： 60 ・ボジション スイッチ：70 ・電磁弁： 40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ：120 ・ボジション： 120 ・ボジション スイッチ：120 ・電磁弁：120 	耐蒸気性能 試験	オペレータボジション ボジションスイッチ 電磁弁	
3B-中央制御室循環風量調節 ダンパ	3HCD-2837					
3A-非管理区域空調機器室電 気ヒータ(3VSE2A) 出口空気温度 (2)	3TS-2933	55	80	仕様温度	—	外形図より 実力値とし て送風機用 電動機の最 高周囲温度 80°Cを確認 した。
3B-非管理区域空調機器室電 気ヒータ(3VSE2B) 出口空気温度 (2)	3TS-2937					
3C-非管理区域空調機器室室 内空気温度(2)	3TS-2951	-10~50	120	耐蒸気性能 試験	温度スイッチ	

表1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (5/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3C-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2C) 出口空気温度(2)	3TS-2953	55	80	仕様温度	—	外形図より実力値として送風機用電動機の最高周囲温度80°Cを確認した。
3D-非管理区域空調機器室内空気温度(1)	3TS-2954	-10~50	120	耐蒸気性能試験	温度スイッチ	
3D-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2D) 出口空気温度(2)	3TS-2957	55	80	仕様温度	—	外形図より実力値として送風機用電動機の最高周囲温度80°Cを確認した。
3A-安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27A	40	120	耐蒸気性能試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体： 蒸気試験対象外	
3B-安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27B					
3A-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2A	55	80	仕様温度	—	外形図より実力値として送風機用電動機の最高周囲温度80°Cを確認した。
3B-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2B					
3C-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2C					
3D-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2D					
3D-非管理区域空調機器室内空気温度(2)	3TS-2955	-10~50	120	耐蒸気性能試験	温度スイッチ	
3A-安全補機開閉器室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2774	40	120	耐蒸気性能試験	リミットスイッチ 減圧弁 ダイヤフラム ホールド ボジション 電磁弁	
3B-安全補機開閉器室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2775					

表 1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (6/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3A-燃料取替用水ポンプ	3RFP1A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体： 蒸気試験対象外	
3B-燃料取替用水ポンプ	3RFP1B					
3-燃料取替用水ピット水位 (I)	3LT-1400	-40~85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	
3-燃料取替用水ピット水位 (II)	3LT-1401					
3A-アニュラス排気ダンパ	3D-VS- 101A	<ul style="list-style-type: none"> ・オヘレータ：60 ・ポジションスイッチ：70 ・電磁弁：- ・減圧弁：60 	<ul style="list-style-type: none"> ・オヘレータ：120 ・ポジションスイッチ：120 ・電磁弁：120 ・減圧弁：120 	耐蒸気性能 試験	オヘレータ ポジションスイッチ 電磁弁 減圧弁	
3B-アニュラス排気ダンパ	3D-VS- 101B					
3-格納容器圧力(I)	3PT-590	-40~85	120	耐蒸気性能 試験	伝送器	
3-格納容器圧力(II)	3PT-591					
3-格納容器圧力(III)	3PT-592					
3-格納容器圧力(IV)	3PT-593					
3A-制御用空気C/V外側隔離 弁	3V-IA- 510A	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	
3B-制御用空気C/V外側隔離 弁	3V-IA- 510B					
3-1次冷却材ポンプ封水戻り ラインC/V外側隔離弁	3V-CS-255					
3A-格納容器スプレイ冷却器 出口C/V外側隔離弁	3V-CP- 013A					
3B-格納容器スプレイ冷却器 出口C/V外側隔離弁	3V-CP- 013B					

表 1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (7/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3A-アニュラス空気浄化ファン	3VSF9A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体： 蒸気試験対象外	
3B-アニュラス空気浄化ファン	3VSF9B					
3A-アニュラス少量排気弁	3V-VS- 103A	<ul style="list-style-type: none"> ・ホベレータ： 62 ・リミットスイッチ： 62 ・電磁弁： 62 ・減圧弁： 62 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホベレータ：120 ・リミットスイッチ： 120 ・電磁弁：120 ・減圧弁：120 	耐蒸気性能 試験	ホベレータ リミットスイッチ 電磁弁 減圧弁	
3A-アニュラス戻りダンパ	3PCD-2373	<ul style="list-style-type: none"> ・ホベレータ： 60 ・ポジション スイッチ：70 ・電磁弁： — ・減圧弁： 60 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホベレータ：120 ・ポジション スイッチ：120 ・電磁弁：120 ・減圧弁：120 	耐蒸気性能 試験	ホベレータ ポジションスイッチ 電磁弁 減圧弁	
3B-アニュラス戻りダンパ	3PCD-2393					
3-よう素除去薬品タンク注 入Aライン止め弁	3V-CP- 054A	45	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	
3-よう素除去薬品タンク注 入Bライン止め弁	3V-CP- 054B					
3-余剰抽出冷却器等補機冷 却水入口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-422					
3-余剰抽出冷却器等補機冷 却水出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-430					
3-1 次冷却材ポンプ 補機冷却水入口止め弁	3V-CC-501					
3-1 次冷却材ポンプ 補機冷却水入口 C/V 外側隔 離弁	3V-CC-503					
3-1 次冷却材ポンプ 補機冷却水出口 C/V 外側隔 離弁	3V-CC-528					

表 1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (8/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3A-中央制御室外気取入風量 調節ダンパ流量設定器	3HC-2823	-5~60	120	耐蒸気性能 試験	流量設定器	
3B-中央制御室外気取入風量 調節ダンパ流量設定器	3HC-2824					
3A-中央制御室事故時外気取 入風量調節ダンパ流量設定 器	3HC-2850					
3B-中央制御室事故時外気取 入風量調節ダンパ流量設定 器	3HC-2851					
3A-中央制御室非常用循環フ ァン出口空気流量	3FS-2867	-10~70	120	耐蒸気性能 試験	流量スイッチ	
3B-中央制御室非常用循環フ ァン出口空気流量	3FS-2868					
3A-中央制御室非常用循環フ ァン入口ダンパ	3D-VS- 602A	<ul style="list-style-type: none"> ・オヘレタ： 80 ・ボジション スイッチ：70 ・電磁弁： 40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オヘレタ：120 ・ボジション スイッチ：120 ・電磁弁：120 	耐蒸気性能 試験	オヘレタ ボジションスイッチ 電磁弁	
3B-中央制御室非常用循環フ ァン入口ダンパ	3D-VS- 602B					
3A-中央制御室外気取入風量 調節ダンパ	3HCD-2823	<ul style="list-style-type: none"> ・オヘレタ： 80 ・ボジション： 60 ・ボジション スイッチ：70 ・電磁弁： 40 	<ul style="list-style-type: none"> ・オヘレタ：120 ・ボジション： 120 ・ボジション スイッチ：120 ・電磁弁：120 	耐蒸気性能 試験	オヘレタボジション ボジションスイッチ 電磁弁	
3B-中央制御室外気取入風量 調節ダンパ	3HCD-2824					
3A-中央制御室事故時外気取 入風量調節ダンパ	3HCD-2850					
3B-中央制御室事故時外気取 入風量調節ダンパ	3HCD-2851					
3A-中央制御室非常用循環フ ァン	3VSF22A	40	120	耐蒸気性能 試験	低圧ケーブル接続部 端子台 モータ本体： 蒸気試験対象外	
3B-中央制御室非常用循環フ ァン	3VSF22B					

表 1 防護対象設備の確認済耐環境温度の確認結果 (9/9)

機器名称	機器番号	仕様温度 (°C) (設計値)	確認済 耐環境温度 (°C)	確認済 耐環境温度 (°C)の出处	試験	備考
3A,B-C/V 再循環ユニット補機冷却水 入口 C/V 外側隔離弁	3V-CC- 203A	40	120	耐蒸気性能 試験	モータ及び駆動部	
3C,D-C/V 再循環ユニット補機冷却水 入口 C/V 外側隔離弁	3V-CC- 203B					
3A-C/V 再循環ユニット補機冷却水出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC- 208A					
3B-C/V 再循環ユニット補機冷却水出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC- 208B					
3C-C/V 再循環ユニット補機冷却水出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC- 208C					
3D-C/V 再循環ユニット補機冷却水出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC- 208D					

II. 想定破損に伴う蒸気影響評価結果について

蒸気評価配管の想定破損に伴う蒸気漏えい及びその緩和対策を考慮した環境への影響についてGOTHIC コードによる蒸気拡散解析を実施し、防護対象設備の確認済耐環境温度以下に制限できていることを確認した結果を別表 1 に示す。別表 1 の記載の読み方は以下のとおり。

防護対象設備名称とその設置場所及び蒸気漏えい時に最も影響を与える対象系統を記載
・「評価区画」とは、防護対象設備のある解析区画のこと

解析結果のうち、防護対象設備の環境が最も悪化する結果を記載
・「破損区画」とは、想定破損箇所のある解析区画のこと
・補助蒸気系統は、自動検知、自動隔離を反映して解析
・抽出系統は、手動隔離のため隔離を反映せず解析
・グラフの赤実線は完全全周破断、青実線は 1/4Dt 貫通クラックで解析

解析結果、防護対象設備の環境が最も悪化した際の温度・湿度

赤実線 : 完全全周破断
青実線 : 1/4Dt 貫通クラック
黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(℃)	湿度(%RH)	温度
CVCS 抽出ライン	A/B 17.8m	Cf-12	3A-ほう酸タンク水位(I)	3LT-206	59	56	溢水源：CVCS 3B 一般部 破損区画：Cf-31  <p>手動隔離により蒸気放出停止する。約30分後の空調復旧により蒸気影響が及び、一時的に温度上昇しピーク温度59℃に達するが、その後温度は低下する。</p>
ASS	A/B 10.3m	Bf-13	3-よう素除去薬品タンク注入 ライン止め弁	3V-CP-054A	81	99	溢水源：ASS 1・1/2B 一般部 破損区画：Bf-13  <p>検知(約16分)＋隔離により約35分後に蒸気放出停止し、ピーク温度81℃に達する。その後、約46分後に空調復旧し、温度は低下する。</p>

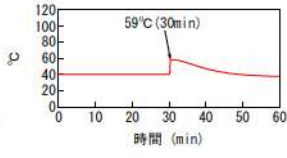
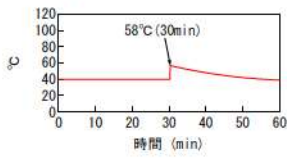
<系統略称>

CVCS 抽出ライン：抽出系統

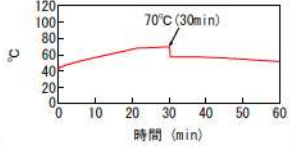
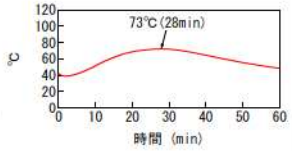
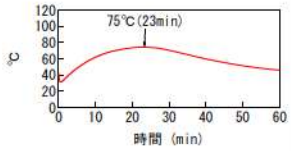
ASS：補助蒸気系統

泊発電所 3号炉 想定破損に伴う蒸気影響評価結果

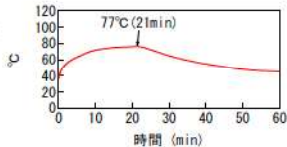
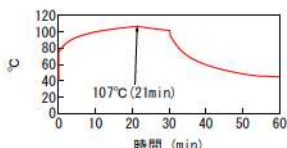
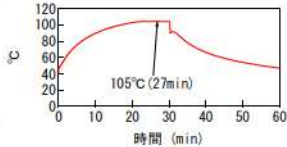
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4ft 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	温度
CVCS 抽出ライン	A/B 17.8m	Cf-12	3A-ほう酸タンク水位(I)	3LT-206	59	56	溢水源 : CVCS 3B 一般部 破損区画 : Cf-31 
			3B-ほう酸タンク水位(II)	3LT-208			
		Cf-14	3-ほう酸注入タンク 入口弁A	3V-SI-032A	58	48	溢水源 : CVCS 3B 一般部 破損区画 : Cf-31 
			3-ほう酸注入タンク 入口弁B	3V-SI-032B			
		Cf-15	3A-ほう酸ポンプ	3CSP2A	58	57	溢水源 : CVCS 3B 一般部 破損区画 : Cf-31 
			3B-ほう酸ポンプ	3CSP2B			

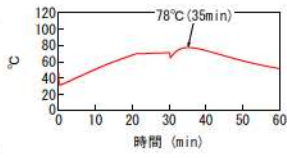
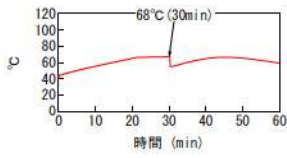
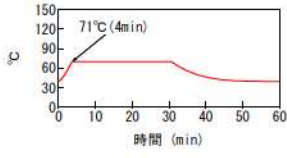
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ) 温度
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	
CVCS 抽出ライン	R/B 17.8m	Cf-27	3-格納容器圧力(I)	3PT-590	70	97	溢水源 : CVCS 3B 一般部 破損区画 : Cf-31  手動隔離により蒸気放出停止する。破損後から蒸気影響が及び、約30分後に70°Cに達する。約30分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3-格納容器圧力(II)	3PT-591			
		Cf-28	3B-制御用空気ヘッダ圧力(IV)	3PT-1810	73	100	溢水源 : CVCS 3B 非再生冷却器 入口管台 破損区画 : Cf-24  手動隔離により蒸気放出停止する。破損後から蒸気影響が及び、約28分後に73°Cに達する。その後空調の効果により温度は低下する。
			3B-制御用空気C/V 外側隔離弁	3V-IA-510B			
		Cf-29	3-格納容器圧力(III)	3PT-592	75	100	溢水源 : CVCS 3B 非再生冷却器 入口管台 破損区画 : Cf-24  手動隔離により蒸気放出停止する。破損後から蒸気影響が及び、約23分後に75°Cに達する。その後空調の効果により温度は低下する。

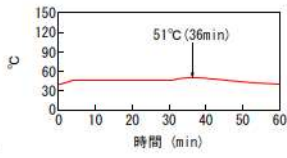
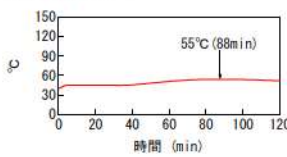
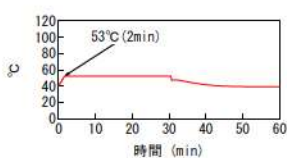
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	温度
CVCS 抽出ライン	R/B 17.8m	Cf-30	3A-制御用空気ヘッダ圧力 (III)	3PT-1800	77	100	溢水源 : CVCS 3B 非再生冷却器 入口管台 破損区画 : Cf-24  手動隔離により蒸気放出停止する。破損後から蒸気影響が及び、約21分後に77°Cに達する。その後空調の効果により温度は低下する。
			3-格納容器圧力(IV)	3PT-593			
			3A-制御用空気C/V 外側隔離弁	3V-IA-510A			
	R/B 17.8m	Cf-31	3-充てんラインC/V 外側止め弁	3V-CS-175	107	100	溢水源 : CVCS 3B 一般部 破損区画 : Cf-31  手動隔離により蒸気放出停止する。破損後から蒸気影響が及び、約21分後に107°Cに達する。約30分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3-充てんラインC/V 外側隔離弁	3V-CS-177			
			3-1次冷却材ポンプ封水戻りライ ンC/V外側隔離弁	3V-CS-255			
	R/B 17.8m 中間床	Cf-32	3-ほう酸注入タンク出口 C/V外側隔離弁A	3V-SI-036A	105	100	溢水源 : CVCS 3B 一般部 破損区画 : Cf-31  手動隔離により蒸気放出停止する。破損後から蒸気影響が及び、約27分後に105°Cに達する。約30分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3-ほう酸注入タンク出口 C/V外側隔離弁B	3V-SI-036B			
			3-補助高圧注入ライン C/V外側隔離弁	3V-SI-051			
			3A-格納容器スプレイ冷却器出 口C/V外側隔離弁	3V-CP-013A			
			3B-格納容器スプレイ冷却器出 口C/V外側隔離弁	3V-CP-013B			

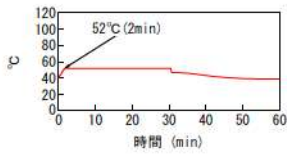
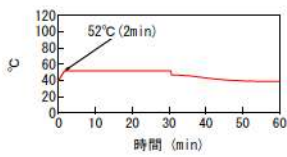
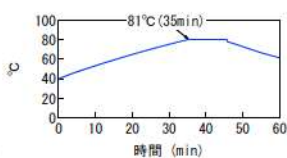
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	温度
CVCS 抽出ライン	R/B 33.1m	Cf-35	3A-アニュラス排気ダンパ	3D-VS-101A	78	100	溢水源 : CVCS 3B 一般部 破損区画 : Cf-31  手動隔離により蒸気放出停止する。約30分後の空調復旧により蒸気影響が及び、一時的に温度上昇しピーク温度78°Cに達するが、その後温度は低下する。
			3B-アニュラス排気ダンパ	3D-VS-101B			
			3A-アニュラス空気浄化ファン	3VSF9A			
			3B-アニュラス空気浄化ファン	3VSF9B			
抽出ライン	R/B 40.3m	Cf-36	3A-アニュラス少量排気弁	3V-VS-103A	68	100	溢水源 : CVCS 3B 一般部 破損区画 : Cf-31  手動隔離により蒸気放出停止する。破損後から蒸気影響が及び、約30分後に68°Cに達する。約30分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3A-アニュラス戻りダンパ	3PCD-2373			
			3B-アニュラス戻りダンパ	3PCD-2393			
ASS	A/B 2.3m 2.8m	Af-7	3A-余熱除去冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC-117A	71	89	溢水源 : ASS 3/4B 一般部 破損区画 : Af-4  検知(約40秒)+隔離により約4分後に蒸気放出停止し、ピーク温度71°Cに達する。その後、約31分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3A-格納容器スプレイ 冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-177A			

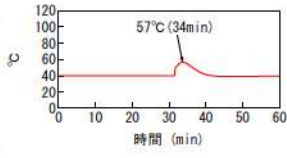
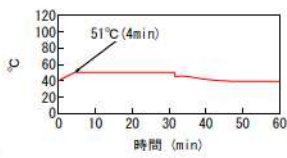
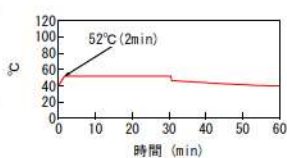
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ) 温度
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	
ASS	A/B 2.3m 2.8m	Af-10	3B-余熱除去冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC-117B	51	79	溢水源 : ASS 3/4B 一般部 破損区画 : Af-4 
			3B-格納容器スプレイ 冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-177B			
		Af-11	3A-余熱除去ポンプ 出口流量(I)	3FT-601	55	100	溢水源 : ASS 3/4B 一般部 破損区画 : Af-4 
			3B-余熱除去ポンプ 出口流量(II)	3FT-611			
	A/B 10.3m	Bf-9	3A-充てんポンプ	3CSP1A	53	51	溢水源 : ASS 1・1/2B 一般部 破損区画 : Bf-2 
							検知(約20秒)+隔離により約2分後に蒸気放出停止し、ピーク温度53°Cに達する。その後、約31分後に空調復旧し、温度は低下する。

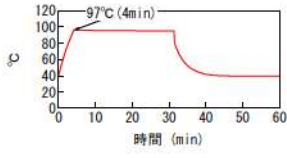
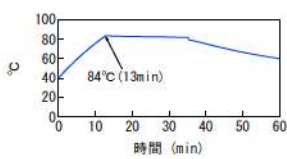
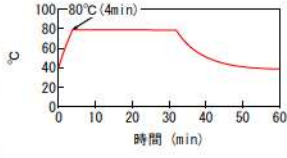
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	温度
ASS	A/B 10.3m	Bf-11	3B-充てんポンプ	3CSP1B	52	52	溢水源 : ASS 1・1/2B 一般部 破損区画 : Bf-2  <p>検知(約20秒)+隔離により約2分後に蒸気放出停止し、ピーク温度52°Cに達する。その後、約31分後に空調復旧し、温度は低下する。</p>
		Bf-12	3C-充てんポンプ	3CSP1C	52	51	溢水源 : ASS 1・1/2B 一般部 破損区画 : Bf-2  <p>検知(約20秒)+隔離により約2分後に蒸気放出停止し、ピーク温度52°Cに達する。その後、約31分後に空調復旧し、温度は低下する。</p>
		Bf-13	3-よう素除去薬品タンク注入A ライン止め弁	3V-CP-054A	81	99	溢水源 : ASS 1・1/2B 一般部 破損区画 : Bf-13 
3-よう素除去薬品タンク注入B ライン止め弁	3V-CP-054B		検知(約16分)+隔離により約35分後に蒸気放出停止し、ピーク温度81°Cに達する。その後、約46分後に空調復旧し、温度は低下する。				

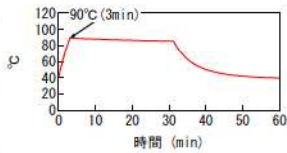
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	温度
ASS	R/B 10.3m	BF-16	3A-使用済燃料ピット 冷却器補機冷却水入口弁	3V-CC-151A	57	91	溢水源 : ASS 3/4B 一般部 破損区画 : Bf-6  検知(約1分)+隔離により約4分後に蒸気放出停止する。約32分後の空調復旧により蒸気影響が及び、一時的に温度上昇しピーク温度57°Cに達するが、その後温度は低下する。
			3B-使用済燃料ピット 冷却器補機冷却水入口弁	3V-CC-151B			
			3A-使用済燃料ピット 冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-159A			
			3B-使用済燃料ピット 冷却器補機冷却水出口弁	3V-CC-159B			
	10.3m	BF-18	3A-使用済燃料ピット ポンプ	3SFP1A	51	45	溢水源 : ASS 3/4B 一般部 破損区画 : Bf-19  検知(約1分)+隔離により約4分後に蒸気放出停止し、ピーク温度51°Cに達する。その後、約32分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3B-使用済燃料ピット ポンプ	3SFP1B			
	A/B 10.3m 中間床	BF-15	3-体積制御タンク出口 第1止め弁	3LCV-121B	52	47	溢水源 : ASS 1・1/2B 一般部 破損区画 : Bf-2  検知(約20秒)+隔離により約2分後に蒸気放出停止し、ピーク温度52°Cに達する。その後、約31分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3-緊急ほう酸注入弁	3V-CS-541			
			3-体積制御タンク出口 第2止め弁	3LCV-121C			
			3-充てんポンプ入口燃料取替 用水ピット側入口弁A	3LCV-121D			
			3-充てんポンプ入口燃料取替 用水ピット側入口弁B	3LCV-121E			

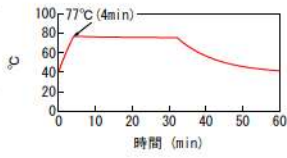
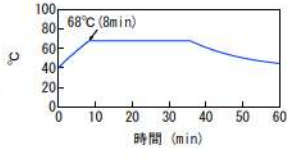
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ) 温度
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	
ASS	A/B 17.8m	Cf-9	3-BA, WDおよびDLD エバポ補機冷却水戻りライン 第1止め弁	3V-CC-351	97	99	溢水源 : ASS 3/4B 一般部 破損区画 : Cf-9  検知(約1分)+隔離により約4分後に蒸気放出停止し、ピーク温度97°Cに達する。その後、約31分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3-BA, WDおよびDLD エバポ補機冷却水戻りライン 第2止め弁	3V-CC-352			
	R/B 17.8m 中間床	Cf-34	3-余剰抽出冷却器等 補機冷却水入口	3V-CC-422	84	100	溢水源 : ASS 3B 一般部 破損区画 : Cf-34  検知(約5分)+隔離により約13分後に蒸気放出停止し、ピーク温度84°Cに達する。その後、約35分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3-余剰抽出冷却器等 補機冷却水出口	3V-CC-430			
			3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水入口止め弁	3V-CC-501			
			3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水入口	3V-CC-503			
			3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水出口	3V-CC-528			
	A/B 24.8m	Ef-2	3A-蓄電池室排気ファン	3VSF31A	80	85	溢水源 : ASS 1B 一般部 破損区画 : Ef-2  検知(約2分)+隔離により約4分後に蒸気放出停止し、ピーク温度80°Cに達する。その後、約32分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3B-蓄電池室排気ファン	3VSF31B			
			3A-中央制御室給気ファン	3VSF21A			
			3B-中央制御室給気ファン	3VSF21B			
			3A-非管理区域空調機器室室	3TS-2930			
3A-非管理区域空調機器室室			3TS-2931				
3B-非管理区域空調機器室室			3TS-2934				
3B-非管理区域空調機器室室			3TS-2935				
3C-非管理区域空調機器室室			3TS-2950				
3A-中央制御室給気ファン出			3D-VS-603A				
3B-中央制御室給気ファン出	3D-VS-603B						

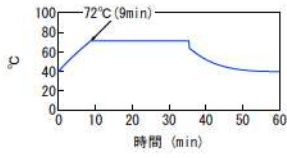
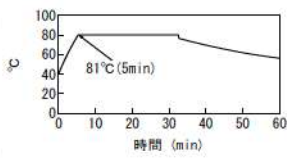
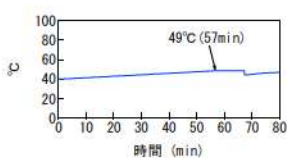
赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	温度
ASS	A/B 24.8m	Ef-3	3A-中央制御室外気取入 風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2823	90	90	溢水源 : ASS 1B 一般部 破損区画 : Ef-3 
			3B-中央制御室外気取入 風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2824			
			3A-中央制御室循環風量 調節ダンパ流量設定器	3HC-2836			
			3B-中央制御室循環風量 調節ダンパ流量設定器	3HC-2837			
			3A-中央制御室事故時 外気取入風量調節ダンパ 流量設定器	3HC-2850			
			3B-中央制御室事故時 外気取入風量調節ダンパ 流量設定器	3HC-2851			
			3A-中央制御室非常用 循環ファン出口空気流量	3FS-2867			
			3B-中央制御室非常用 循環ファン出口空気流量	3FS-2868			
			3A-中央制御室給気 ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2827			
			3B-中央制御室給気 ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2828			
			3A-中央制御室非常用 循環ファン入口ダンパ	3D-VS-602A			
			3B-中央制御室非常用 循環ファン入口ダンパ	3D-VS-602B			
			3A-中央制御室循環ファン入 口ダンパ	3D-VS-604A			
			3B-中央制御室循環ファン入 口ダンパ	3D-VS-604B			
			3A-中央制御室外気取入 風量調節ダンパ	3HCD-2823			
			3B-中央制御室外気取入 風量調節ダンパ	3HCD-2824			
			3A-中央制御室循環 風量調節ダンパ	3HCD-2836			
			3B-中央制御室循環 風量調節ダンパ	3HCD-2837			
			3A-中央制御室事故時 外気取入風量調節ダンパ	3HCD-2850			
			3B-中央制御室事故時 外気取入風量調節ダンパ	3HCD-2851			
			3A-中央制御室循環ファン	3VSF20A			
			3B-中央制御室循環ファン	3VSF20B			
			3A-中央制御室非常用 循環ファン	3VSF22A			
			3B-中央制御室非常用 循環ファン	3VSF22B			

赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	温度
ASS	A/B 24.8m	Ef-4	3A-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2A)出口空気温度(2)	3TS-2933	77	96	溢水源 : ASS 1B 一般部 破損区画 : Ef-4  検知(約2分)+隔離により約4分後に蒸気放出停止し、ピーク温度77°Cに達する。その後、約32分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3B-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2B)出口空気温度(2)	3TS-2937			
			3C-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2951			
			3C-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2C)出口空気温度(2)	3TS-2953			
			3D-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2954			
			3D-非管理区域空調機器室電気ヒータ(3VSE2D)出口空気温度(2)	3TS-2957			
			3A-安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27A			
			3B-安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27B			
			3A-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2A			
			3B-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2B			
			3C-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2C			
			3D-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2D			
		Ef-5	3D-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2955	68	88	溢水源 : ASS 8B 一般部 破損区画 : Ef-5  検知(約6分)+隔離により約8分後に蒸気放出停止し、ピーク温度68°Cに達する。その後、約36分後に空調復旧し、温度は低下する。
	3A-安全補機開閉器室給気ユニット冷水温度制御弁		3TCV-2774				
	3B-安全補機開閉器室給気ユニット冷水温度制御弁		3TCV-2775				

赤実線 : 完全全周破断
 青実線 : 1/4t 貫通クラック
 黒実線 : 全周破断(片側放出)

想定破損箇所 系統	場所	評価 区画	防護対象設備		環境解析結果(Max値)		環境解析結果(グラフ)
			名称	番号	温度(°C)	湿度(%RH)	温度
ASS	R/B 24.8m	Ff-6	3A, B-C/V再循環 ユニット補機冷却水入口 C/V外側隔離弁	3V-CC-203A	72	92	溢水源 : ASS 6B 一般部 破損区画 : Ff-6  検知(約5分) + 隔離により約9分後に蒸気放出停止し、ピーク温度72°Cに達する。その後、約35分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3A-C/V再循環ユニット 補機冷却水出口 C/V外側隔離弁	3V-CC-208A			
			3B-C/V再循環ユニット 補機冷却水出口 C/V外側隔離弁	3V-CC-208B			
		Ff-8	3A-燃料取替用水ポンプ	3RFP1A	81	100	溢水源 : ASS 3/4B 一般部 破損区画 : Ff-8  検知(約2分) + 隔離により約5分後に蒸気放出停止し、ピーク温度81°Cに達する。その後、約33分後に空調復旧し、温度は低下する。
			3B-燃料取替用水ポンプ	3RFP1B			
			3-燃料取替用水ビット 水位(I)	3LT-1400			
			3-燃料取替用水ビット 水位(II)	3LT-1401			
		Ff-11	3C, D-C/V再循環 ユニット補機冷却水入口 C/V外側隔離弁	3V-CC-203B	49	76	溢水源 : ASS 1・1/2B 一般部 破損区画 : Ff-10  有意な蒸気影響がおよばない。
			3C-C/V再循環ユニット 補機冷却水出口 C/V外側隔離弁	3V-CC-208C			
			3D-C/V再循環ユニット 補機冷却水出口 C/V外側隔離弁	3V-CC-208D			

III. 蒸気拡散解析における解析区画の分割による影響について

GOTHIC コードを用いた蒸気拡散解析では、解析区画内物理量を平均値で計算する集中定数系モデルで解き、雰囲気温度に最も影響を与える空調の分岐でノードを分割している。

本資料は、そのノード分割方法の妥当性について確認したものである。

なお、ノード分割方法の妥当性は、「分割感度の確認」及び「集中定数系モデルの適用性」の2つの観点から確認した。

1. 分割感度の確認

「分割感度の確認」については、防護対象設備の設置されている区画に注目して影響の有無を評価した。具体的には、図1のフローに基づき、防護対象設備が設置されている全解析区画を次の3パターンに分けて評価した。防護対象設備設置区画ごとの評価パターンは別表2にまとめている。

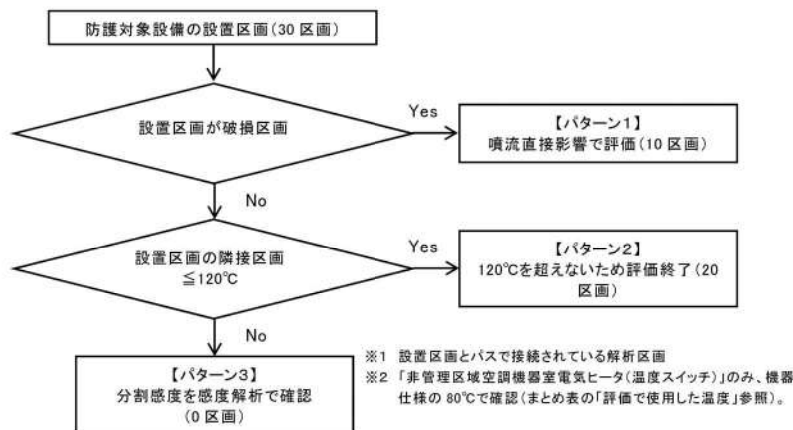


図1 解析区画の分割影響の評価フロー

- ・ パターン1 直接噴射による影響で評価 (10 区画)
破損区画は、区画を分割すればするほど破損点のごく近傍の区画は系統温度に漸近していくため、GOTHIC で算出した雰囲気温度とは別に配管と防護対象設備との位置関係から直接噴射による影響を評価し問題のないことを確認している。(補足説明資料 23)
- ・ パターン2 設置区画が 120℃を超えることはないため評価終了 (20 区画)
防護対象設備が設置されている区画が破損区画でない場合に、パスで接続された隣接する解析区画の雰囲気温度が 120℃以下であれば防護対象設備の設置されている区画は 120℃以上になることはないため問題ない。
- ・ パターン3 設置区画の分割感度を確認し評価 (0 区画)
防護対象設備が設置されている区画が破損区画でない場合に、パスで接続された隣接す

る解析区画の雰囲気温度が 120℃を超えている場合、解析区画をさらに分割すれば、防護対象設備の設置位置によっては、120℃を超える可能性があるため分割感度を確認し評価する。なお、本条件に相当する区画はなかったこと確認している。

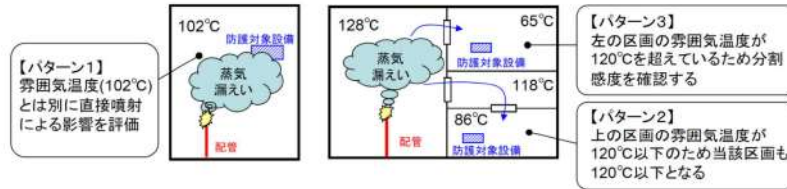


図2 パターン1～3の例

2. 集中定数系モデルの適用性について

GOTHIC には、解析区画内物理量を平均値で計算する集中定数系モデル、区画内の温度分布を算出する分布定数系モデルがある。今回の蒸気拡散解析では、下記理由により区画内の詳細な温度分布を求める必要性が無いことから、集中定数系モデルを採用した。

(理由)

- 区画ごとに温度センサを設置しており、温度センサは温度上昇の早い天井付近に配置していることから、防護対象設備設置位置よりも早く温度上昇を検知できる。このため、仮に区画内に温度分布があった場合、蒸気漏えい検知及び隔離対策における温度検出性に対して保守側に作用する。
- 本解析の目的は蒸気配管破損時に防護対象設備が機能喪失しないことを確認することであり、防護対象設備の確認済耐環境温度 120℃に対し、保守的な解析条件（補足説明資料 17）で実施した解析結果でも十分なマージンを有するように（最高温度が 100℃程度となるように）蒸気漏えい検知及び隔離対策をとっていることから、詳細な温度分布を知る必要性がない。

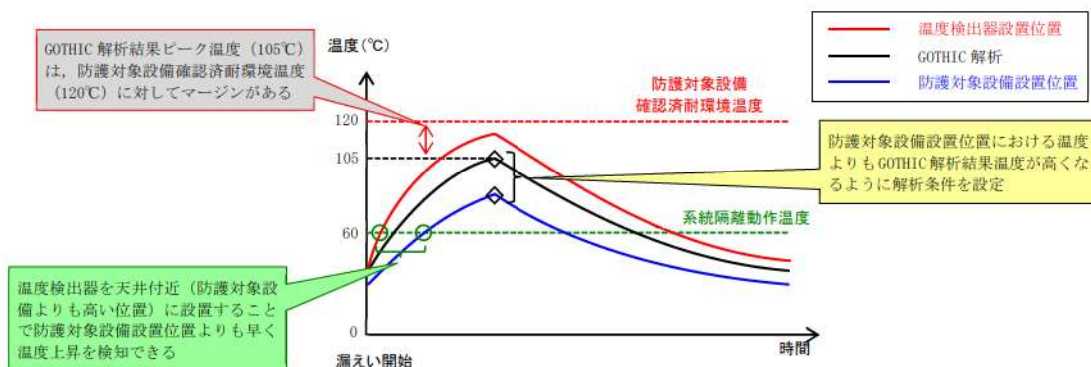


図3 集中定数系モデル適用性のイメージ

今回の蒸気拡散解析で集中定数系モデルを採用する理由は先述のとおりであるが、採用することに問題がないかについては、蒸気放出流量に注目して NUPEC 試験、HDR 試験の 2 つの試験結果から考察した。表 1 に各試験条件と GOTHIC 解析条件を図 4、5 に各試験結果を示す。

・ NUPEC 試験 (M-3 シリーズ)

S62～H4 にかけて実施された可燃性ガス濃度分布、混合挙動試験であり、一連の試験の内、放水蒸気による格納容器内循環確認として格納容器内に水蒸気のみを流入させ、各区内温度分布、圧力計測を実施した試験。今回の解析条件に比較的近い蒸気放出流量の試験条件で実施している。

・ HDR 試験 (Test V21.1)

GOTHIC コードによる蒸気拡散解析の妥当性確認のためにドイツの廃炉施設を用いて実施された試験であり、圧力容器から二相流 (蒸気, 水) を放出させ、各区画の温度や圧力計測を実施した試験。今回の解析条件より大きい蒸気放出流量の試験条件で実施している。

表 1 GOTHIC 解析条件, NUPEC 試験条件, HDR 試験条件の比較

	初期 温度 (°C)	放出物	放出物諸元			自由体積 (m ³)
			流量 (kg/sec)	時間	温度 (°C)	
GOTHIC 解析	40	蒸気	0.054～3.2	隔離 まで	170	20～ 3,010 ^{※1}
NUPEC 試験	室温	蒸気	0.33	30 min	128	1,300
HDR 試験	25	蒸気, 水	4.0×10 ³ (at 5sec) ^{※2}	25 sec	318 ^{※3}	11,300

※1 泊発電所 3 号炉における破損区画の体積

※2 破断直後の 5.4×10³ kg/sec から徐々に減少し、25 秒後に放出終了

※3 圧力容器内の加圧水時の温度であり、破断点から放出する瞬間に飽和温度となる

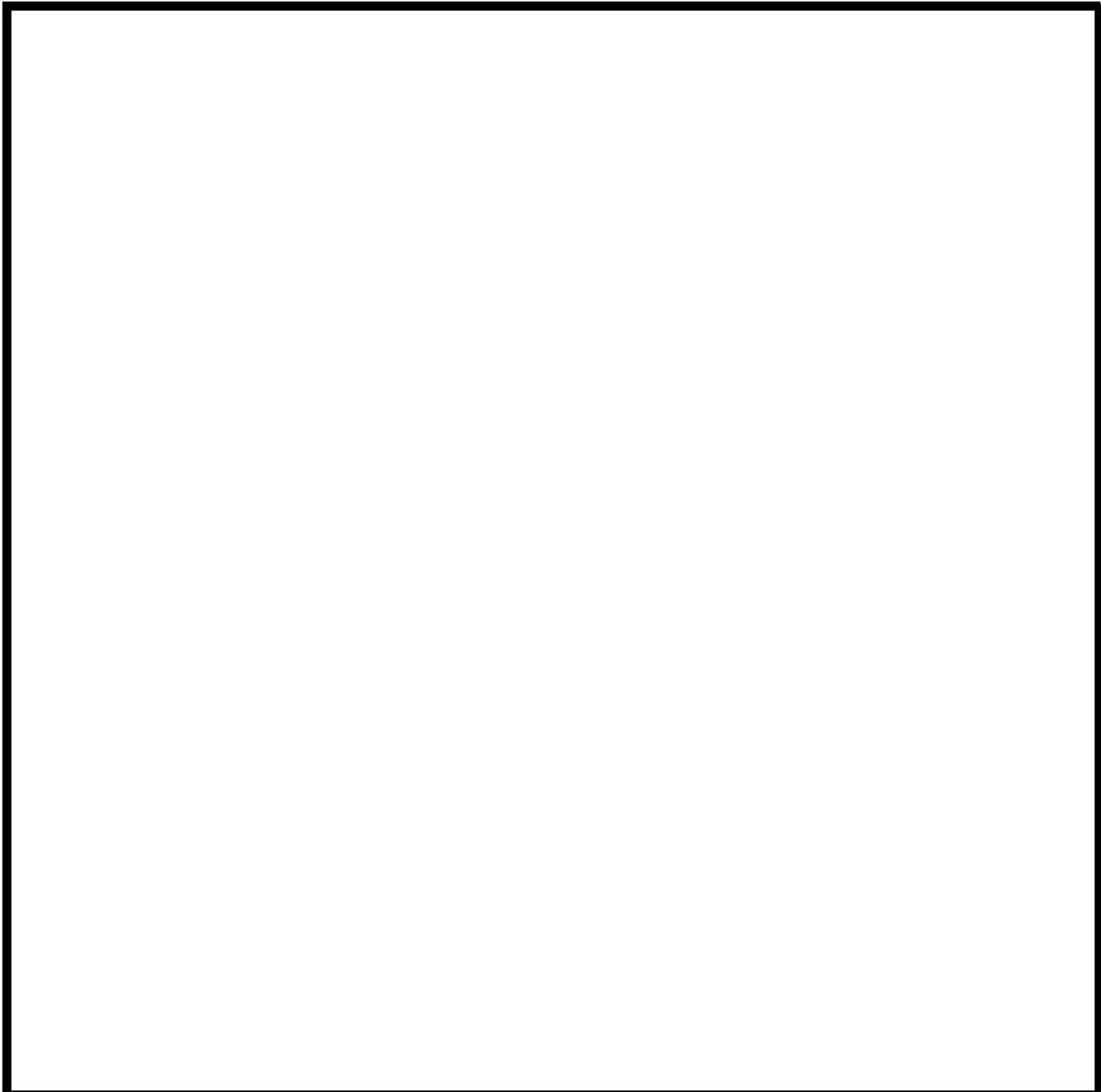


図 4 NUPEC 試験結果

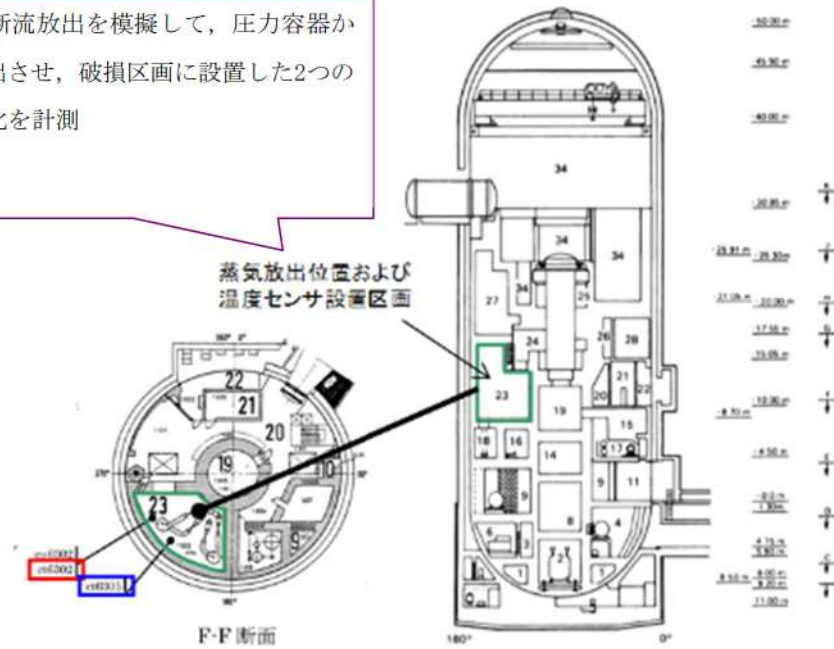
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(考察)

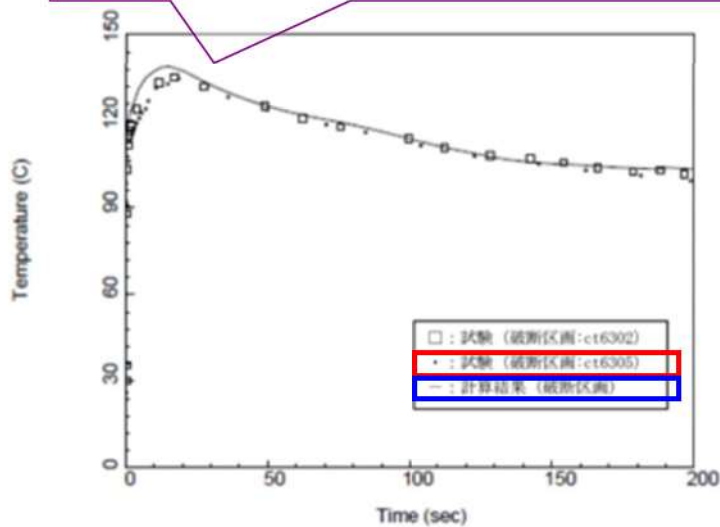
蒸気放出流量が比較的小さな場合は、蒸気漏えい初期に約 10℃程度の分布が見られるが、今回の蒸気拡散解析の目的は蒸気配管破損時に防護対象設備が機能喪失しないことを確認することであり、防護対象設備の確認済耐環境温度 120℃に対し、保守的な解析条件で実施した解析結果でも十分なマージンを有するように（最高温度が 100℃程度となるように）蒸気漏えい検知及び隔離対策をとっていることから防護対象設備にとって有意な差とはならない。

また、最も高い位置に設置している温度計の温度が早く上昇していることから、温度センサを天井付近に設置すれば蒸気漏えい開始直後に区画内に温度分布があったとしても防護対象設備設置位置よりも早く温度上昇を検知できる。

配管破断時の破断流放出を模擬して、压力容器から水、蒸気を放出させ、破損区画に設置した2つの温度計で温度変化を計測



2つの測定点における差はほとんど見られない



出典: EPRI Product 1013072, GOHIC Qualification Report, Figure 19-23

図5 HDR 試験結果

(考察)

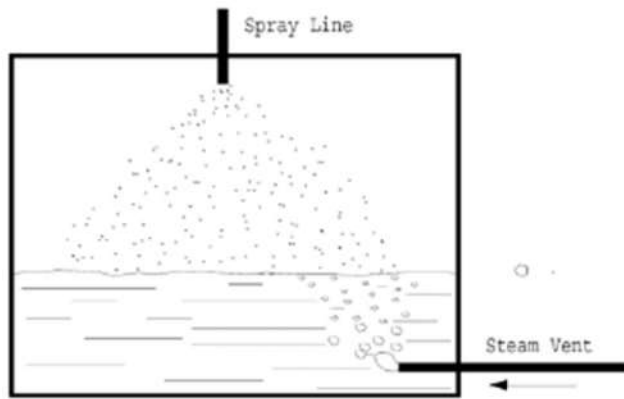
蒸気放出流量が比較的大きな(放出開始後 100°Cを超えるような)場合は、区画内の温度分布がほとんど見られない。

以上により、今回の蒸気拡散解析では区画内の詳細な温度分布を求める必要性がなく、集中定数系モデルが適用できることを確認できた。

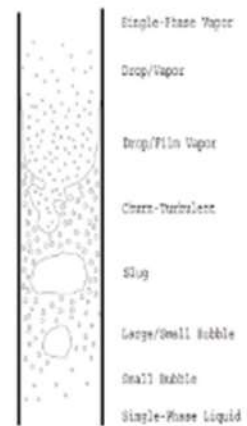
(参考) 集中定数系モデルと分布定数系モデル

表 2 集中定数系と分布定数系の比較

	集中定数系モデル	分布定数系モデル
区画 (ノード)	ノード内の物理量をノードの平均値で計算。	ノード内をサブノードに分割し、各サブノードで物理量の変化を計算。
モデリング	ノードパス	ノードパス+有限差分
次元	1次元	多次元
適用する 事象	<ul style="list-style-type: none"> 空間内が均質となる 流れが1次的とみなせる。 	<ul style="list-style-type: none"> 空間内が非均質となる 多次元流れを考慮する必要がある。
適用例	LOCA時 CV 健全性評価 CV モデル	自然対流冷却評価の空間モデル



集中定数系



分布定数系

図 6 流況モデル

泊発電所 3号炉 防護対象設備設置区画ごとの評価パターン(1/5)

想定 破損 箇所	階高	評価 区画	防護対象設備		設置 区画 雰囲気 温度 (℃) ※1	破損 区画 ※2	隣接区画 雰囲気温度 (℃) ※3		パターン ※4	
			名称	番号			区画	温度		
CVCS 抽出 ライン	A/B 17.8m	Cf-12	3A-ほう酸タンク水位(I)	3LT-206	59	-	Cf-9	63	2	
							Cf-13	58		
							Cf-14	58		
			Cf-15	58						
			Cf-16	57						
		3B-ほう酸タンク水位(II)	3LT-208	Cf-20	57					
	Cf-12			59	2					
	Cf-14	3-ほう酸注入タンク入口弁 A	3V-SI-032A	3V-SI-032B	58	-	Cf-12	59	2	
										3-ほう酸注入タンク入口弁 B
	Cf-15	3A-ほう酸ポンプ	3CSP2A	3CSP2B	58	-	Cf-12	59	2	
		3B-ほう酸ポンプ								
	R/B 17.8m	Cf-27	3-格納容器圧力(I)	3PT-590	70	-	Cf-34	80	2	
							Cf-28	69		
			Cf-25	62						
			Cf-37	40						
		Cf-28	3B-制御用空気ヘッダ圧力(IV)	3PT-1810	3V-IA-510B	73	-	Cf-29	75	2
			3B-制御用空気 C/V 外側隔離弁							
		Cf-29	3-格納容器圧力(III)	3PT-592	75	-	Cf-30	77	2	
							Cf-22	75		
		Cf-30	3A-制御用空気ヘッダ圧力(III)	3PT-1800	3V-IA-510A	77	-	Cf-21	75	2
3-格納容器圧力(IV)			3PT-593							
3A-制御用空気 C/V 外側隔離弁						Cf-29	75			
R/B 17.8m 中間床	Cf-31	3-充てんライン C/V 外側止め弁	3V-CS-175	107	○	-	-	1		
		3-充てんライン C/V 外側隔離弁	3V-CS-177							
		3-1 次冷却材ポンプ封水戻り ライン C/V 外側隔離弁	3V-CS-255							
	Cf-32	3-ほう酸注入タンク出口 C/V 外側隔離 弁 A	3V-SI-036A	105	-	Cf-31	107	2		
		3-ほう酸注入タンク出口 C/V 外側隔離 弁 B	3V-SI-036B			Cf-33	97			
		3-補助高圧注入ライン C/V 外側 隔離弁	3V-SI-051			Cf-35	78			
3A-格納容器スプレイ冷却器出口 C/V 外側隔離弁		3V-CP-013A	-			-				
3B-格納容器スプレイ冷却器出口 C/V 外側隔離弁		3V-CP-013B								

※1 GOthic 解析による設置区画の最高温度

※2 “○”：設置区画が破損区画，“-”：設置区画は破損区画ではない

※3 GOthic 解析による隣接区画の最高温度（設置区画が破損区画の場合は-）

※4 図 2 の蒸気噴流等の影響評価フローに対応したパターン種別

泊発電所 3号炉 防護対象設備設置区画ごとの評価パターン(2/5)

想定 破損 箇所	階高	評価 区画	防護対象設備		設置 区画 雰囲気 温度 (℃) ※1	破損 区画 ※2	隣接区画 雰囲気温度 (℃) ※3		パターン ※4	
			名称	番号			区画	温度		
CVCS 抽出 ライン	R/B 33.1m	Cf-35	3A-アニュラス排気ダンパ	3D-VS-101A	78	-	Cf-32	105	2	
			3B-アニュラス排気ダンパ	3D-VS-101B			Cf-36	68		
			3A-アニュラス空気浄化ファン	3VSP9A			-	-		
			3B-アニュラス空気浄化ファン	3VSP9B			-	-		
	R/B 40.3m	Cf-36	3A-アニュラス少量排気弁	3V-VS-103A	68	-	Cf-35	78	2	
			3A-アニュラス戻りダンパ	3PCD-2373			-	-		
3B-アニュラス戻りダンパ			3PCD-2393	-			-			
ASS	A/B 2.3m 2.8m	Af-7	3A-余熱除去冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC-117A	71	-	Af-4	113	2	
			3A-格納容器スプレイ冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC-177A			Af-10	51		
			3A-格納容器スプレイ冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC-177A			Af-6	49		
		Af-10	3B-余熱除去冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC-117B	51	-	Af-7	71	2	
			3B-格納容器スプレイ冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC-177B			Af-13	46		
			3B-格納容器スプレイ冷却器 補機冷却水出口弁	3V-CC-177B			Af-9	45		
	Af-11	3A-余熱除去ポンプ出口流量(I)	3FT-601	55	-	Af-5	57	2		
		3B-余熱除去ポンプ出口流量(II)	3FT-611			Af-13	46			
	A/B 10.3m	Bf-9	3A-充てんポンプ	3CSP1A	53	-	Bf-6	64	2	
			Bf-11	3B-充てんポンプ	3CSP1B	52	-	Bf-10	54	2
			Bf-12	3C-充てんポンプ	3CSP1C	52	-	Bf-10	54	2
		Bf-13	3-よう素除去薬品タンク 注入Aライン止め弁	3V-CP-054A	81	○	-	-	1	
			3-よう素除去薬品タンク 注入Bライン止め弁	3V-CP-054B						
	R/B 10.3m	Bf-16	3A-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水入口弁	3V-CC-151A	57	-	Bf-7	62	2	
3B-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水入口弁			3V-CC-151B	Bf-26			55			
3A-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水出口弁			3V-CC-159A	Bf-18			50			
3B-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水出口弁			3V-CC-159B	Bf-28			46			
3B-使用済燃料ピット冷却器 補機冷却水出口弁			3V-CC-159B	Bf-17			40			
Bf-18		3A-使用済燃料ピットポンプ	3SFP1A	51	-	Bf-16	53	2		
		3B-使用済燃料ピットポンプ	3SFP1B							
		3B-使用済燃料ピットポンプ	3SFP1B							

※1 GOTHIC 解析による設置区画の最高温度

※2 “○”：設置区画が破損区画，“-”：設置区画は破損区画ではない

※3 GOTHIC 解析による隣接区画の最高温度（設置区画が破損区画の場合は-）

※4 図2の蒸気噴流等の影響評価フローに対応したパターン種別

泊発電所 3号炉 防護対象設備設置区画ごとの評価パターン(3/5)

想定 破損 箇所	階高	評価 区画	防護対象設備		設置 区画 雰囲気 温度 (℃) ※1	破損 区画 ※2	隣接区画 雰囲気温度 (℃) ※3		パターン ※4
			名称	番号			区画	温度	
ASS	A/B 10.3m 中間床	Bf-15	3-体積制御タンク出口第1止め弁	3LCV-121B	52	-	Bf-14	52	2
			3-緊急ほう酸注入弁	3V-CS-541					
			3-体積制御タンク出口第2止め弁	3LCV-121C					
			3-充てんポンプ入口 燃料取替用水ビット側入口弁A	3LCV-121D					
			3-充てんポンプ入口 燃料取替用水ビット側入口弁B	3LCV-121E					
	A/B 17.8m	Cf-9	3-BA, WD および LD エバポ補機 冷却水戻りライン第1止め弁	3V-CC-351	97	○	-	-	1
			3-BA, WD および LD エバポ補機 冷却水戻りライン第2止め弁	3V-CC-352					
	R/B 17.8m 中間床	Cf-34	3-余剰抽出冷却器等補機冷却水 入口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-422	84	○	-	-	1
			3-余剰抽出冷却器等補機冷却水 出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-430					
			3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水入口止め弁	3V-CC-501					
			3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水入口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-503					
			3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-528					
	A/B 24.8m	Ef-2	3A-蓄電池室排気ファン	3VSF31A	80	○	-	-	1
			3B-蓄電池室排気ファン	3VSF31B					
			3A-中央制御室給気ファン	3VSF21A					
3B-中央制御室給気ファン			3VSF21B						
3A-非管理区域空調機器室 室内空気温度(1)			3TS-2930						
3A-非管理区域空調機器室 室内空気温度(2)			3TS-2931						
3B-非管理区域空調機器室 室内空気温度(1)			3TS-2934						
3B-非管理区域空調機器室 室内空気温度(2)			3TS-2935						
3C-非管理区域空調機器室 室内空気温度(1)			3TS-2950						
3A-中央制御室給気ファン 出口ダンパ			3D-VS-603A						
3B-中央制御室給気ファン 出口ダンパ	3D-VS-603B								

※1 GOthic 解析による設置区画の最高温度

※2 “○”：設置区画が破損区画，“-”：設置区画は破損区画ではない

※3 GOthic 解析による隣接区画の最高温度（設置区画が破損区画の場合は-）

※4 図2の蒸気噴流等の影響評価フローに対応したパターン種別

泊発電所 3号炉 防護対象設備設置区画ごとの評価パターン(4/5)

想定 破損 箇所	階高	評価 区画	防護対象設備		設置 区画 雰囲気 温度 (℃) ※1	破損 区画 ※2	隣接区画 雰囲気温度 (℃) ※3		パターン ※4
			名称	番号			区画	温度	
ASS	A/B 24.8m	Ef-3	3A-中央制御室外気取入 風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2823	90	○	-	-	1
			3B-中央制御室外気取入 風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2824					
			3A-中央制御室循環 風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2836					
			3B-中央制御室循環 風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2837					
			3A-中央制御室事故時外気取入 風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2850					
			3B-中央制御室事故時外気取入 風量調節ダンパ流量設定器	3HC-2851					
			3A-中央制御室非常用循環ファン 出口空気流量	3FS-2867					
			3B-中央制御室非常用循環ファン 出口空気流量	3FS-2868					
			3A-中央制御室給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV-2827					
			3B-中央制御室給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV-2828					
			3A-中央制御室非常用循環ファン 入口ダンパ	3D-VS-602A					
			3B-中央制御室非常用循環ファン 入口ダンパ	3D-VS-602B					
			3A-中央制御室循環ファン 入口ダンパ	3D-VS-604A					
			3B-中央制御室循環ファン 入口ダンパ	3D-VS-604B					
			3A-中央制御室外気取入 風量調節ダンパ	3HCD-2823					
			3B-中央制御室外気取入 風量調節ダンパ	3HCD-2824					
			3A-中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2836					
			3B-中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2837					
			3A-中央制御室事故時外気取入 風量調節ダンパ	3HCD-2850					
			3B-中央制御室事故時外気取入 風量調節ダンパ	3HCD-2851					
			3A-中央制御室循環ファン	3VSF20A					
			3B-中央制御室循環ファン	3VSF20B					
			3A-中央制御室非常用循環ファン	3VSF22A					
			3B-中央制御室非常用循環ファン	3VSF22B					

※1 GOthic 解析による設置区画の最高温度

※2 “○”：設置区画が破損区画，“-”：設置区画は破損区画ではない

※3 GOthic 解析による隣接区画の最高温度（設置区画が破損区画の場合は-）

※4 図2の蒸気噴流等の影響評価フローに対応したパターン種別

泊発電所3号炉 防護対象設備設置区画ごとの評価パターン(5/5)

想定 破損 箇所	階高	評価 区画	防護対象設備		設置 区画 雰囲気 温度 (℃) ※1	破損 区画 ※2	隣接区画 雰囲気温度 (℃) ※3		パターン ※4	
			名称	番号			区画	温度		
ASS	A/B 24.8m	Ef-4	3A-非管理区域空調機器室 電気ヒータ(3VSE2A) 出口空気温度(2)	3TS-2933	77	○	-	-	1	
			3B-非管理区域空調機器室 電気ヒータ(3VSE2B) 出口空気温度(2)	3TS-2937						
			3C-非管理区域空調機器室 室内空気温度(2)	3TS-2951						
			3C-非管理区域空調機器室 電気ヒータ(3VSE2C) 出口空気温度(2)	3TS-2953						
			3D-非管理区域空調機器室 室内空気温度(1)	3TS-2954						
			3D-非管理区域空調機器室 電気ヒータ(3VSE2D) 出口空気温度(2)	3TS-2957						
			3A-安全補機閉閉器室給気ファン	3VSP27A						
			3B-安全補機閉閉器室給気ファン	3VSP27B						
			3A-非管理区域 空調機器室電気ヒータ	3VSE2A						
			3B-非管理区域 空調機器室電気ヒータ	3VSE2B						
			3C-非管理区域 空調機器室電気ヒータ	3VSE2C						
			3D-非管理区域 空調機器室電気ヒータ	3VSE2D						
		Ef-5	3D-非管理区域空調機器室 室内空気温度(2)	3TS-2955	68	○	-	-	1	
			3A-安全補機閉閉器室給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV-2774						
			3B-安全補機閉閉器室給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV-2775						
		R/B 24.8m	Ff-6	3A, B-C/V 再循環ユニット補機冷却水 入口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-203A	72	○	-	-	1
				3A-C/V 再循環ユニット補機冷却水 出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-208A					
				3B-C/V 再循環ユニット補機冷却水 出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-208B					
	Ff-8		3A-燃料取替用水ポンプ	3RFP1A	81	○	-	-	1	
			3B-燃料取替用水ポンプ	3RFP1B						
			3-燃料取替用水ビット水位	3LT-1400						
			3-燃料取替用水ビット水位	3LT-1401						
	Ff-11		3C, D-C/V 再循環ユニット補機冷却水 入口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-203B	49	-	Ff-10	69	2	
			3C-C/V 再循環ユニット補機冷却水 出口 C/V 外側隔離弁	3V-CC-208C						
3D-C/V 再循環ユニット補機冷却水 出口 C/V 外側隔離弁		3V-CC-208D								

※1 GOTHIC 解析による設置区画の最高温度

※2 “○”：設置区画が破損区画，“-”：設置区画は破損区画ではない

※3 GOTHIC 解析による隣接区画の最高温度（設置区画が破損区画の場合は-）

※4 図2の蒸気噴流等の影響評価フローに対応したパターン種別

蒸気漏えいの自動検知及び遠隔隔離について

1. 概要

蒸気漏えい時に防護対象設備への影響を緩和するため、漏えい検知用の温度検出器、補助蒸気を自動隔離するための蒸気しゃ断弁及びこれらを監視制御する盤を常用系計装盤室及び中央制御室に設けている（以下、まとめて「蒸気漏えい検知システム」とする）。

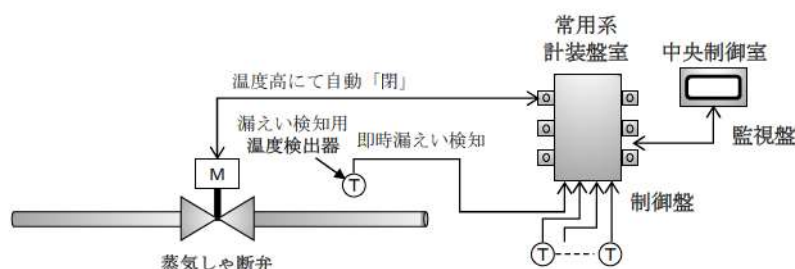


図1 蒸気漏えいの自動検知及び遠隔隔離概要図

2. 温度検出器の配置について

温度検出器は、以下の「区画配置」の考え方にに基づき配置している。

(1) 区画配置

蒸気漏えい影響範囲に設置されている防護対象設備の損傷を防止することを目的として、原則、蒸気拡散解析区画ごとに温度検出器を1個設置する。ただし、以下の区画は除く。

- ・ 高エネルギー配管、防護対象設備が共にならない区画（パターン1）
- ・ 蒸気拡散解析結果、最高温度が60℃（防護対象設備の通常仕様温度程度）未満の区画（パターン2）
- ・ 蒸気拡散経路上の上流側解析区画に温度検出器を設置することで蒸気漏えいを検知可能な下流側の解析区画（パターン3）



図2 区画配置温度検出器設置概念図

3. 系統からの漏えい検知及び隔離について

蒸気漏えいの検知及び蒸気漏えい時の温度変化は系統ごとに異なるため温度変化に応じた検知及び隔離方法を選択することとしており、以下に系統ごとの設計条件を示す。

(1) 補助蒸気系統について

蒸気漏えい時に直ちに防護区画内の環境温度が上昇し、最高到達温度が確認済耐環境温度を超えるおそれがあるため、環境温度の上昇を解析区画に設置された区画配置温度検出器による警報で検知し、自動隔離する設計とする。また、自動隔離は、防護区画内の最高到達温度が、確認済耐環境温度に対して余裕を有する温度となるよう設計する。なお、中央制御室からの遠隔手動隔離も可能な設計とする。

具体的には、補助蒸気系統からの漏えい時の環境温度の変化は他の系統に比べ急（破損位置によっては、隔離をせずに環境温度が最高温度に到達すると防護対象設備の確認済耐環境温度を超える場合がある）であることから、防護区画内の温度が 50℃以上で中央制御室に温度高警報が発信し、さらに 60℃以上で温度異常高警報が発信するとともに蒸気しゃ断弁が自動閉止し蒸気漏えいを停止させる設計とする。当該設計とすることで、防護区画内の最高到達温度が 100℃程度に制限され、確認済耐環境温度 120℃に対する余裕を確保する。

また、隔離に必要な蒸気漏えい検知システム（温度検出器を除く）は蒸気影響範囲外の常用系計装盤室及び中央制御室並びにタービン建屋に設置しているため、蒸気漏えいによる隔離機能への影響はない。

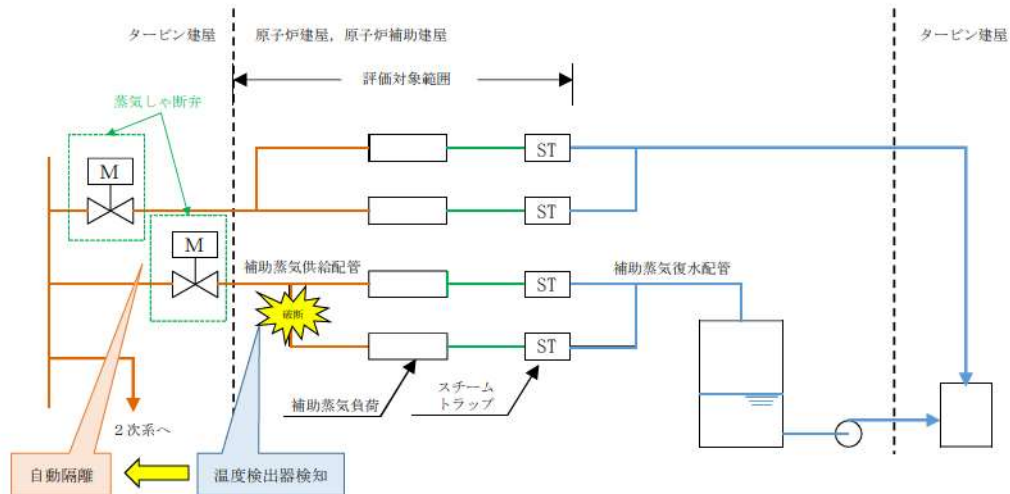


図3 補助蒸気系統の隔離略図

(2) 抽出系統について

蒸気漏えい時に防護区画内の環境温度が上昇するものの、最高到達温度が確認済耐環境温度以下となるため、温度検出器による警報（防護区画内が 50℃以上で温度高警報、60℃以上で温度異常高警報）、運転員が監視している系統パラメータや系統の警報で検知し、遠隔手動

隔離する設計とする。

具体的には、抽出系統からの漏えい時の環境温度の変化は補助蒸気系統に比べ穏やか（隔離をせずに環境温度が最高温度に到達したとしても防護対象設備の確認済耐環境温度以下）であり、運転員が中央制御室に発信した警報を確認後、対応操作に十分余裕を持って中央制御室から隔離弁を遠隔閉止することで、蒸気漏えいを停止させることができる。

また、隔離に必要となる中央制御盤等は蒸気影響範囲外の常用系計装盤室及び中央制御室に設置しているため、蒸気漏えいによる隔離機能への影響はない。

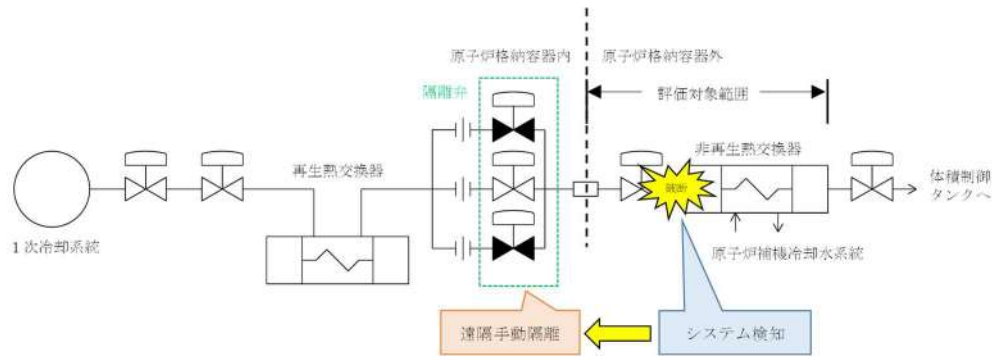


図4 抽出系統の隔離略図

4. システムの信頼性について

(1) 安全機能の重要度及び信頼性について

蒸気漏えい検知システムは、その機能喪失が原子炉施設の運転に直接重大な影響を与えるものではないため、MS-3の「異常状態への対応上必要な構築物、系統及び設備」として位置付け、多重化、多様化等の特に高い信頼性は不要としている。

また、3.(1)のとおり、補助蒸気系統の隔離については、本システムに期待しているが、補助蒸気系の安全機能の重要度はPS-3に分類され、その機能喪失が原子炉施設の運転に直接重大な影響を与えるものではない。

しかしながら、本システムの機能喪失と補助蒸気系統の破損が重畳した場合には、漏えい蒸気の影響により、重要度の高い防護対象設備の機能が喪失する可能性があることから、本システムの機能喪失は最小限にとどめる必要がある。

(2) 信頼性に係る設備の特徴及び機能維持について

蒸気漏えい検知システムは、蒸気拡散解析の解析区画内に設置している温度検出器で検知し、常用系計装盤室に設置している漏えい検知制御盤の監視制御回路に検知信号が送られ、盤内のリレーを動作させることで蒸気しゃ断弁（電動弁）を閉止することができるシステムである。

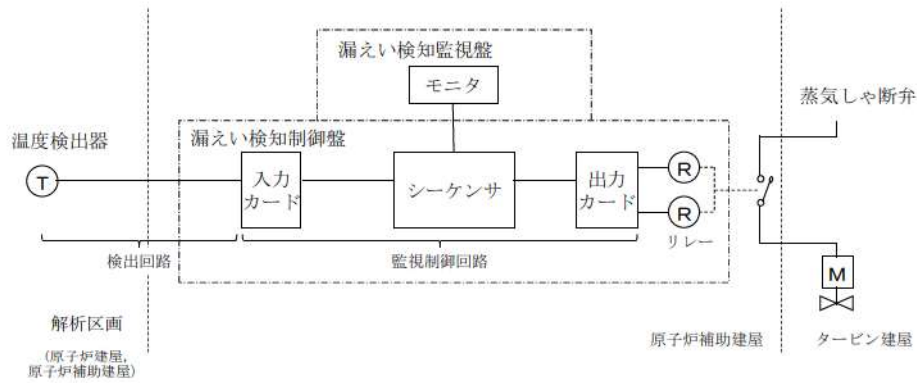


図5 蒸気漏えい検知システム概要図

本システムは、以下①～⑤のとおり確実に検知できるように、設備面、運用面を合わせて信頼性の高いものとしている。また、適切な保全計画を策定、実施することにより長期の機能維持を図る。

① 温度検出器及び検出回路の信頼性

蒸気漏えい検知システムの温度検出器の設置目的は、配管破断時の環境温度が 120℃（電動弁、空気式作動弁等の防護対象設備の健全性確認温度）以下に緩和するよう隔離することである。

設置目的において、温度計の種類としては、測温抵抗体、熱電対、液体膨張式温度計及び光ファイバ式温度計があるが、本システムは遠隔監視が必要であること※をふまえ、測温抵抗体、熱電対及び光ファイバ式温度計を選定候補とする。

設計においては、本システムの設置目的を達成できるように、精度、応答性、温度範囲、衝撃、振動、寿命、保守性等をふまえた設計を行う。

具体例として、計測精度の観点では、蒸気漏えい検知システムとしての余裕が大きいため一般的な計装設計の観点から、計測精度を±2℃に収める設計とする。また、応答時間の観点では、解析の入力条件の観点から、測温抵抗体応答時間7秒（計測設備の応答時間10秒）以内に収める設計とする。さらに、設置環境の観点では、漏えい蒸気による影響が考えられるため、試験で検証された温度検出器と同等のものを適用する設計とする。

上記の設計要求事項に加え、適用実績が豊富な測温抵抗体を選定する。（詳細については表1参照。）

さらに温度計を選定した後、設計の妥当性の確認として、詳細設計と解析入力条件の対比及び解析結果と蒸気暴露試験結果の対比による評価を実施する。

なお、表2に測温抵抗体と熱電対の各特性（精度、応答性、計測温度範囲、耐衝撃、耐振動、寿命、保守性）の比較を示す。

※ 液体膨張式温度計では遠隔監視ができない。

表1 温度検出器の選定にかかる主な設計要求事項

	主な設計要求事項	温度検出器の選定
設置目的	<p>蒸気漏えい時の環境を 120℃（防護対象設備の健全性確認温度）以下まで緩和できるシステムを構築する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動／遠隔手動隔離機能を設置。 ・中央制御室に環境温度を表示／警報。（遠隔監視可能） ・必要に応じ防護カバーを設置。 	<p>温度検出器の選定に関する要求は無い。ただし、遠隔監視可能のものに限る。</p> <p>このため、<u>測温抵抗体、熱電対及び光ファイバ式温度計を選定の候補とする。</u></p>
設計	<p>1) 原則として、当該システムは、MS-3 に合致した設計とする。</p>	<p>1) <u>温度検出器の選定に係る項目ではない。</u></p>
	<p>2) 当該システムは、緩和目的を達成できる応答時間と精度を有し、温度検出器、制御装置、弁で構成される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計測精度は一般的な計装設計の観点から以下のとおり設計する。 計測精度：±2℃ ・応答時間は解析の入力条件の観点から、以下のとおり設計する。 応答時間：測温抵抗体7秒以内（計測設備10秒以内） ・計測温度範囲は、故障の判別ができるよう、実際に使用する温度より裕度をもった設計とする。下限は、通常環境温度に裕度をもたせ、0℃とし、上限は、補助蒸気系の実運用の最高使用温度（170℃）に、裕度をもたせ 185℃とする。（主目的は、50℃温度高警報、60℃温度異常高警報の発信である。）計測温度範囲：0～185℃ 	<p>2) 以下のとおり示す。（詳細は表2参照。）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計測精度は、初期 40℃で解析し、システムとして最大 100℃程度に緩和していることから、一般的な温度検出器の精度に対するシステム上の余裕は大きい。保守的に計測精度 ±2℃で設計することから、<u>すべての温度検出器が選定候補となる。</u> ・応答時間は、漏えい検知から隔離完了までの時間を、解析の入力条件としており、応答時間を踏まえて温度検出器を選定する必要がある。しかしながら、一般的な温度検出器の応答時間より余裕は大きい。ゆえに、<u>すべての温度検出器が選定候補となる。</u> ・計測温度範囲は、通常環境温度から、補助蒸気系の実運用の最高使用温度 170℃までを計測できればよい。ゆえに、<u>すべての温度検出器が選定候補となる。</u>

	主な設計要求事項	温度検出器の選定
設計	<p>3) 当該システムは耐環境性（蒸気漏えい時の環境）を満足する設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐環境性の観点から、試験で（PAR・イグナイタ動作監視用の温度検出器として）検証された温度検出器と同等のものを適用する設計とする。 	<p>3) 以下のとおり示す。（詳細は表2参照。）</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐環境性の観点として、光ファイバ式温度計の検証実績がないことから、<u>測温抵抗体及び熱電対が選定候補となる。</u> 耐衝撃・耐振動の観点では、測温抵抗体及び熱電対ともに単純構造の静的機器であり、検出部の故障は起こりにくい。ゆえに、<u>測温抵抗体及び熱電対が選定候補となる。</u> 寿命の観点では、測温抵抗体及び熱電対ともに感温部は金属や無機材料で構成されており基本的に劣化しにくい材料で構成されている。ゆえに、<u>測温抵抗体及び熱電対が選定候補となる。</u>
	<p>4) 温度検出器は、漏えいを早期に検知できる場所に設置する設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 原則、破断想定箇所の上部（天井付近）又はその近傍に設置する。 防護カバーを設置する場合は、その近傍に温度検出器を設置する。 	<p>4) 設置場所に関する要求であり、<u>温度検出器の選定に係る項目ではない。</u></p>
	<p>5) 温度検出器は、信頼性が高く、原子力プラントへの採用実績が多く、且つ保守実績のある設備で構成する設計とする。</p>	<p>5) 以下のとおり示す。（詳細は表2参照。）</p> <ul style="list-style-type: none"> 保守性の観点では、PWRプラントでの適用実績が多く、且つ保守実績のある<u>測温抵抗体が選定候補となる。</u> 施工性の観点では、今回の施工では、検知箇所と測定箇所が離れており、熱電対を選定した場合には基準接点補償が必要となるため、メンテナンス面を踏まえ、<u>測温抵抗体が選定候補となる。</u>
結論	—	<u>1～5) をふまえ、当該システムへの適用に際して優位である測温抵抗体を選定する。</u>

表2 測温抵抗体と熱電対の比較

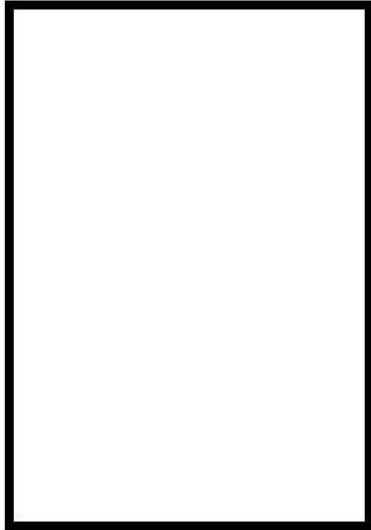
項目	測温抵抗体	熱電対
精度（許容差）※1	クラスA ±0.15°C+0.002 t	クラス1 ±1.5°C
応答性※2	7秒以内	7秒以内
計測温度範囲※1	-100～450°C	～800°C程度
耐衝撃※2 耐振動※2	（構造からの考察） 構造としては熱電対よりも比較的細いPt線を用いており、一般的には熱電対に劣る。しかしながら、本システムにおいては、安定した場所で用いる計画であり、以下のとおり確認試験を実施し、健全性を確認しているため、有意な差は無い。 （試験内容） ・耐衝撃 250mmの高さから10回繰り返し落下させる ・耐振動： 10～150Hz, 10～20m/s ² , 掃引時間2分, 掃引回数10回	（構造からの考察） 構造としては異種金属接合であり、測温抵抗体よりも比較的太く、一般的に測温抵抗体より優れる。 （試験内容） 同左
寿命※2	感温部は金属や無機材料で構成されており基本的に劣化しにくい材料で構成されている。	同左
保守性	（点検項目） 絶縁抵抗測定, 抵抗値測定, 基準温度との比較等	（点検項目） 絶縁抵抗測定, 起電力測定, 基準温度との比較等
施工性	—	基準接点補償が必要である。

※1 測温抵抗体は、JIS C 1604-2013に基づく。熱電対は、JIS C1605-2013に基づく。

※2 メーカーへの確認結果に基づく。

測温抵抗体は、単純構造の静的機器であることから、高い信頼性を有する設備であり、万一故障した場合でも、容易に取替えが可能である。故障時は予備品取替え対応となるが、作業は設置場所によって足場を組む必要があるため、1日～数日の保守期間で対応する。

また故障発生から復旧完了までの間、蒸気漏えい検知にかかる中央制御室での監視ができなくなるため、故障している測温抵抗体がある蒸気影響範囲の現場監視を強化し、その旨を手順書に明記する。




温度検出器の仕様

- ・ 検出方式 : 測温抵抗体
- ・ 最高使用温度 : 185℃
- ・ 最高使用圧力 : 0.2MPa
- ・ 計測範囲 : 0~185℃

※故障の判別ができるよう、実際に使用する温度より裕度をもった設計とする。

下限は、通常環境温度に裕度を持たせ、0℃とし、上限は、補助蒸気系の実運用の最高使用温度(170℃)に裕度をもたせ185℃とする。(主目的は、50℃温度高警報、60℃温度異常高警報の発信である。)

図 6 測温抵抗体外形図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

② 監視制御回路の信頼性

監視制御回路は、主要な回路がデジタル設備で構成され、自己診断機能を有している。よって、監視制御回路が故障した場合でも、自己診断で故障を検知し、漏えい検知監視盤に警報を発信するため、早期の保守対応が可能であり、高い信頼性を有する設備である。

③ リレー及び蒸気しゃ断弁の信頼性

本回路は、検出回路や監視制御回路のように状態を監視する機能は設けていないが、下記のとおり、基本的に設備固有の信頼性は高いものである。

- ・ 配線設備を含めて広く一般的に用いられている機器で構成されており、通常使用において故障することは少ない。
また、運用面においても、下記のとおり設備の信頼性を低下させる要因は少ないと考えられる。
- ・ 本回路は常時待機状態であるため、磨耗等の劣化要因はない。
- ・ 設備は常用系計装盤室及び中央制御室に設置されており、雨水、塵埃等の環境影響も小さい。

以上のことから、故障発生は少なく、高い信頼性を有していると考えられるため、定期的な作動試験で設備の健全性を確認することとし、不要な系統外乱を回避する観点から、試験は定期事業者検査中の補助蒸気停止時に実施する。

なお、さらなる信頼性向上の観点から、リレーは2重化しており、同回路の単一故障による機能喪失を防止している。

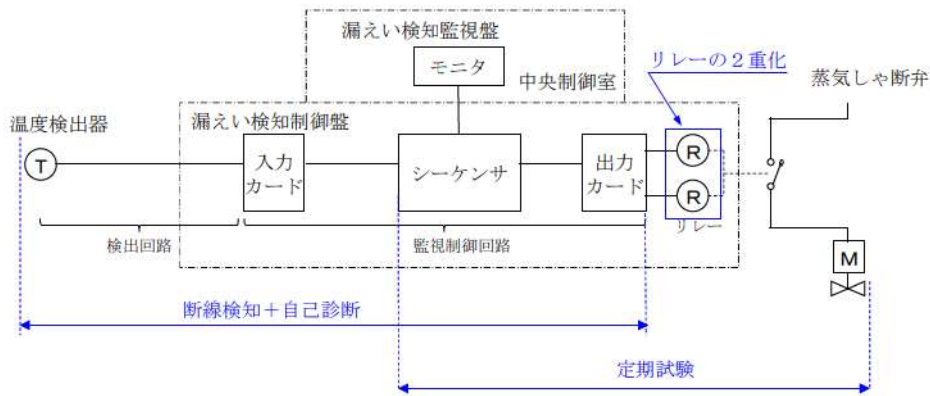


図7 蒸気漏えい検知システム信頼性確保の概要図

④ 計測設備の精度

蒸気漏えい検知システムとして温度検出器から漏えい検知制御盤までの精度は、初期温度 40℃から、60℃で温度異常高警報発信、補助蒸気系を遠隔隔離（自動）し、最大 100℃程度に緩和していることから、一般的な温度検出器の精度に対するシステム上の余裕は大きい。温度検出器精度、漏えい検知制御盤精度及び余裕を踏まえ、一般的な計装設計の観点から、本システムでは、計測精度を±2℃に収める設計としている。

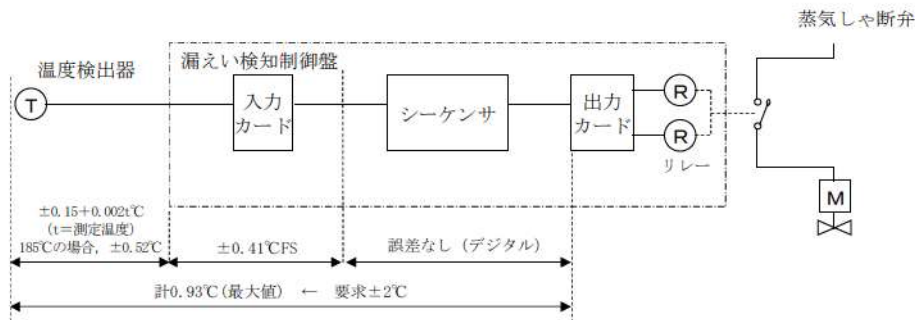


図8 温度検出器の計測誤差

⑤ 計測設備の応答遅れ及び解析での取り扱いについて

蒸気漏えい検知システムにおいては、温度検出器から制御盤の演算、出力処理により、システム全体としての応答時間の遅れが発生する。蒸気漏えい検知システムとして漏えい検知から隔離完了までの時間を、解析の入力条件としている。応答時間は弁動作時間が支配的であり、温度検出器の応答時間よりシステム上の余裕は大きい。温度検出器精度、漏えい検知制御盤精度及び余裕を踏まえ、一般的な計装設計の観点から、本システムでは、応答時間を 10 秒以内に収める設計としており、蒸気拡散解析でも、「60℃検知→補助蒸気しゃ断弁閉指令出力」に 10 秒の遅れを設定している。

5. 温度検出器誤作動による影響について

温度検出器が誤検知し、蒸気しゃ断弁が動作した場合は、補助蒸気（1次系側）が全停となるが、補助蒸気（1次系側）の供給先には重要度の特に高い安全機能を有する系統、使用済燃料ピットの冷却及び給水機能を有する系統がないためプラントの安全運転、安全停止に影響を与えることはない。なお、ノイズ等によるシステムの誤作動を防止するため監視制御回路に1秒のオンディレイタイマーを設けている。

6. 蒸気漏えい検知システムの検証について

蒸気漏えい検知システムによる蒸気影響緩和対策の妥当性は、GOTHICコードを用いた蒸気拡散解析によって確認している。以下に具体的に示す。

補助蒸気系統の想定破損の形態は、溢水ガイドにしたがって、ターミナルエンド部は完全全周破断、1Bを超える配管の一般部は1/4Dt貫通クラック、1B以下の一般部は完全全周破断を想定している。この場合、配管から漏えいする蒸気は、比較的大きな漏えい量となり、GOTHICコードで分割した解析区画内での空調の影響は受けずに一気に解析区画内で均一に拡散すると考えられる。よって、解析区画内の任意の箇所に温度検出器を設置すれば、解析区画の温度上昇を検知することができる。なお、温度検出器は、付近の他機器のメンテナンス時の作業性に干渉しない範囲で、可能な限り蒸気配管の近傍上部に配置設計し、蒸気漏えいをより早期に検知することを考慮している。

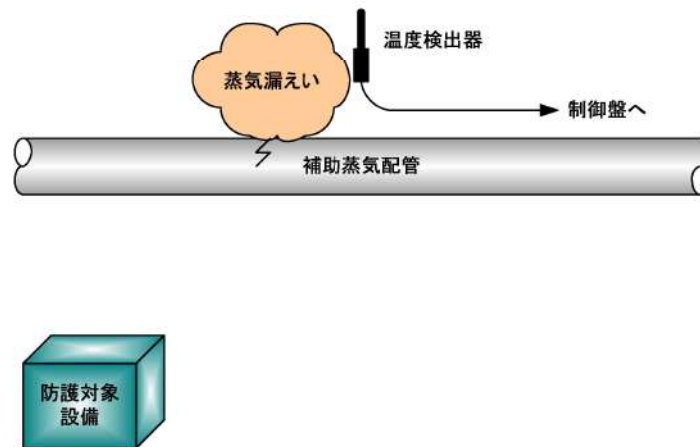


図9 区画配置温度検出器設置イメージ図

また、防護対象設備の健全性を確認する判定基準は温度であるため、解析結果において解析区画のピーク温度が高くなるように、蒸気漏えい検知システムを蒸気拡散解析内で考慮する際には、保守的に以下のようにしている。

- ・ 温度検出器等の計測設備の応答遅れを保守的に設定し、検知までの時間を長めに設定(図10)
- ・ 蒸気しゃ断弁の閉止時間を実動作時間(21秒)に対し長め(25秒)に設定
- ・ 蒸気しゃ断弁閉止動作中の蒸気放出流量は蒸気しゃ断弁全開状態と同じとして設定

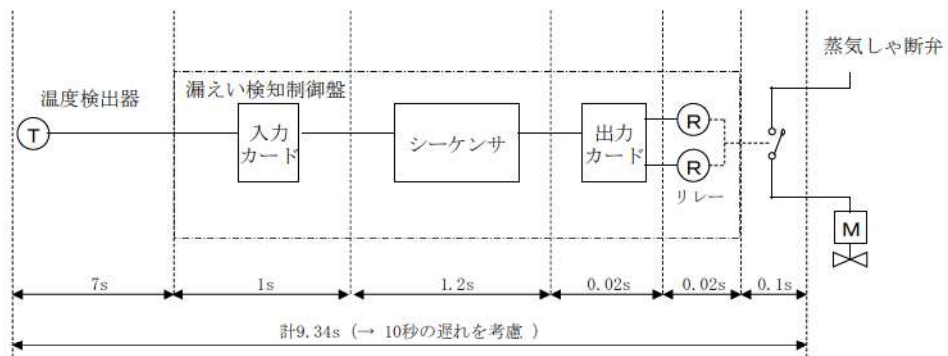


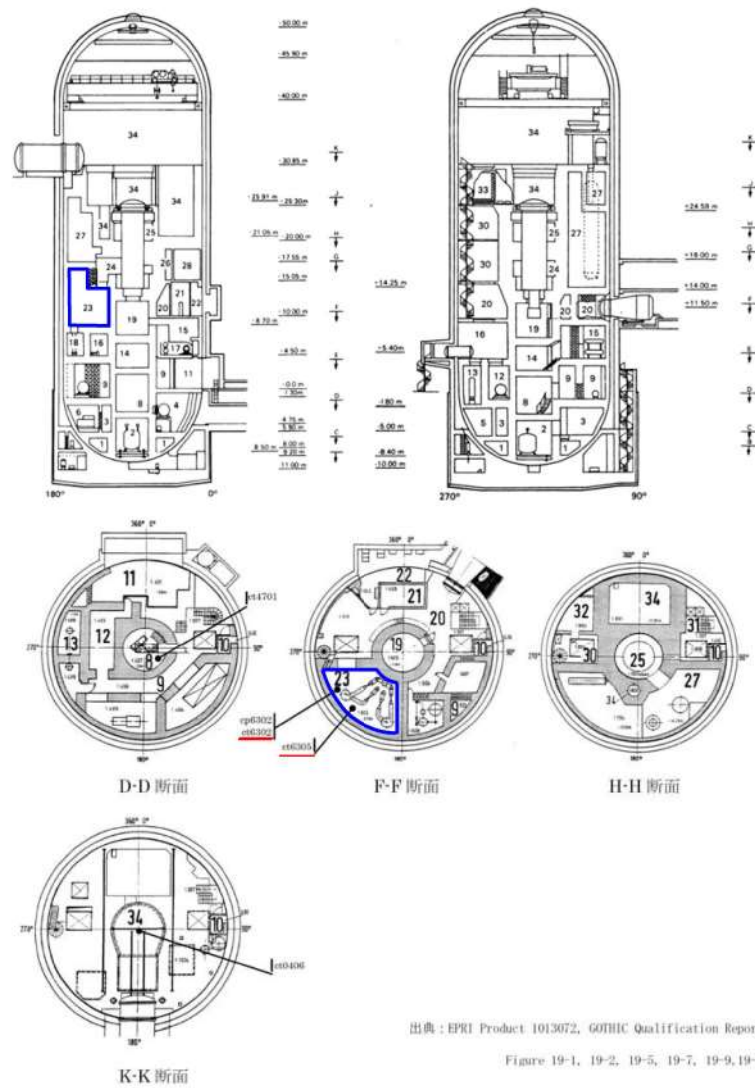
図 10 温度検知から蒸気しゃ断弁閉指令までの遅れ時間内訳

一方、配管から漏えいする蒸気が、空調の影響を受けるような比較的微少な場合は、防護対象設備に影響を及ぼすことはない。

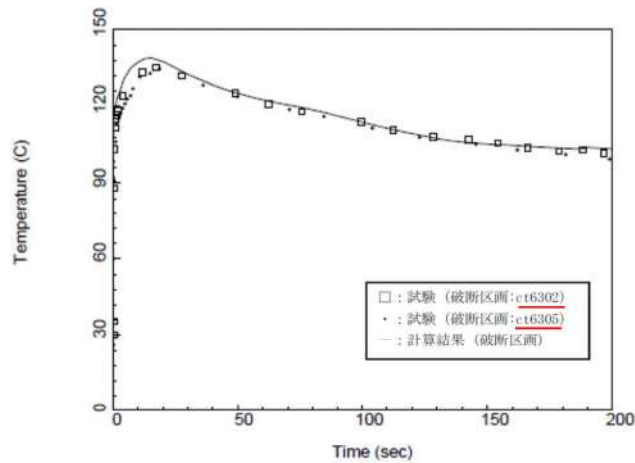
(参考)

○蒸気漏えい量が比較的大きい場合

GOTHIC コードの妥当性確認のためのドイツの廃炉施設を利用した HDR 試験の実験解析から、同一解析区画内での温度変化傾向はほぼ同じであることがわかる。(区画 23 参照)



参考図 1 HDR 試験設備の概要図



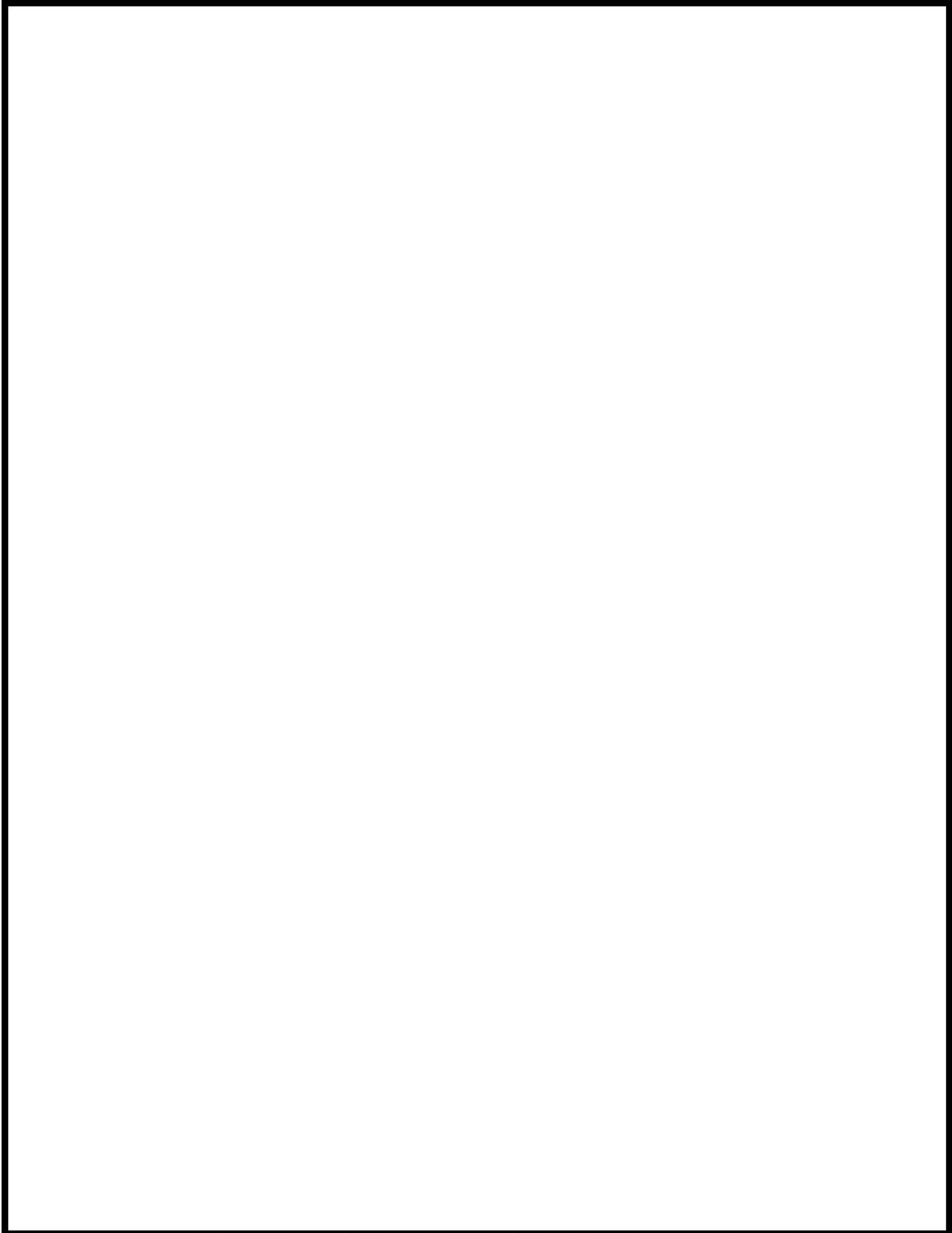
出典：EPRI Product 1013072, GOthic Qualification Report, Figure 19-23

参考図 2 区画 23 雰囲気温度


○蒸気漏えい量が比較的微少な場合

GOTHIC コードによる解析では、各解析区画間での空調の出入りを模擬している。蒸気漏えい量が比較的微少な場合、空調の流れが有意に働くため、解析区画内の環境温度は上がりず防護対象設備に影響のない温度となる。

例えば、泊発電所 3 号炉の補助蒸気系統(1・1/2B)の 1/4Dt 貫通クラックの解析結果では、環境温度は 10°C 程度しか上がりず、その後ほぼ一定の温度となる。これは、漏えいした蒸気の流れが解析区画間の空調の出入りに支配されており、解析区画内での温度上昇が抑制されているためである。



参考図3 補助蒸気系統 (1・1/2B) 1/4Dt 貫通クラック解析結果
(泊発電所3号炉 原子炉補助建屋 T.P.17.8m)

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

防護対象設備の耐蒸気性能について

本資料は、防護対象設備の耐蒸気性能についてまとめたものである。

I. では耐蒸気性能試験の評価及び机上評価の概要について、II. では各試験対象設備の耐蒸気性能試験結果、III. では耐蒸気性能試験における健全性確認方法について、IV. ではモータの耐蒸気性能評価について、V. ではメタルクラッドスイッチギヤの蒸気影響について記載する。

I. 耐蒸気性能試験の評価及び机上評価の概要について

電気計装品については、蒸気環境に対する耐力を確認する必要があることから、実際に蒸気に曝露する「耐蒸気性能試験」での評価及び一部の設備については机上での評価を実施した。

以下にその概要を示す。

1. 耐蒸気性能試験

(1) 試験対象設備

試験対象設備は、蒸気影響を受ける区画に設置された防護対象設備から網羅的に抽出した。

(2) 試験方法

防護対象設備が晒される環境条件を考慮し、図1に示す試験温度プロファイルで防護対象設備（供試体）を蒸気に曝露させ、機能維持することを確認した。

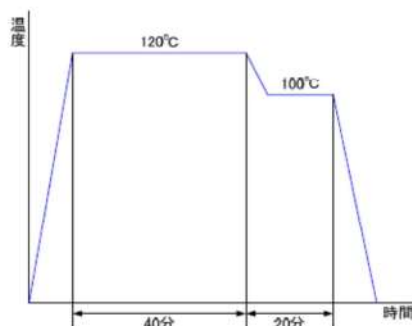


図1 試験温度プロファイル



図2 蒸気曝露試験装置

ープロファイルの考え方

防護対象設備の存在する区画の温度を温度検知，自動隔離等を考慮して解析し，その解析結果に一定程度の余裕を見込んだ 120℃で試験を実施した。蒸気の曝露継続時間については手動隔離も想定し 40 分とした。また，隔離後の温度低下についても考慮し，100℃ 20 分の条件を加えた。

(3) 試験結果

表1 のとおり，すべての試験対象設備について，120℃の耐蒸気性能を有することを確認した。

表1 防護対象設備耐蒸気性能試験 結果一覧表

防護対象設備		試験結果	備考
電動弁	モータ及び駆動部	○	
空気作動弁	リミットスイッチ	○	
	電磁弁	○	
	減圧弁	○	
	ダイヤフラム	○	
ダンパ	ダンパオペレータ	○	
	ポジションナ	○	
	ポジションスイッチ	○	
	電磁弁	○	
	減圧弁	○	
計器	伝送器	○	
	流量設定器	○	
	温度スイッチ	○	
現場盤	スイッチ，表示灯，端子台等	○	
モータケーブル 接続部	高圧ケーブル接続部	○	
	低圧ケーブル接続部	○	
中継端子箱	端子台	○	

2. 机上評価

防護対象設備のうちモータについては，他の電気計装品と異なり，外形寸法の大きさから試験による確認が困難であるため，机上評価にて耐蒸気性能を確認した。

ー机上評価で問題ないとした理由

モータの構成部品のうち，蒸気による影響が考えられるのは，固定子コイル部（絶縁に有機材を使用），及び軸受部（潤滑油，グリスを使用）である。

固定子コイル部においては、絶縁種別ごとに耐熱性能に関する知見があり、軸受部についても同様にグリスや潤滑油の耐熱性能に関する知見があることから、実機での蒸気性能試験を実施しなくとも健全性の評価は可能である。

なお、その他の部品については金属材料で構成される機械的な支持構造物等であり、120℃の蒸気環境下で健全性に影響することはないと考えられる。

(1) 評価方法

蒸気影響により機能喪失が想定されるモータの部位は、固定子コイル及び軸受であり、複数ある型式ごとに蒸気環境にさらされた場合の健全性について評価する。

i) 固定子コイル

環境温度に通電による温度上昇を加えた温度が、固定子コイルの許容温度以下であることを確認する。

i i) 軸受（軸受メタル又はベアリング）

環境温度に摩擦による温度上昇を加えた温度が、軸受メタル又はベアリングの許容温度以下であることを確認する。

i i i) 軸受（グリス又は潤滑油）

環境温度に摩擦による温度上昇を加えた温度が、グリス又は潤滑油の許容温度以下であることを確認する。

(2) 評価結果

いずれの型式においても固定子コイル及び軸受の温度は許容温度以下であり、機能維持できることを確認した。

II. 各試験対象設備の耐蒸気性能試験結果

各試験対象設備の耐蒸気性能試験結果を示す。

(1) 電動弁

電動弁駆動装置を 120°Cの蒸気環境（120°C40 分+100°C20 分）に晒し、弁の開閉動作が問題なく行えることを確認する。

なお、H25.6 月末の現状評価時点では、電動弁駆動装置の駆動モータはB種絶縁（耐熱温度 130°C）であることから、健全性に問題はないと判断していた。今回は実際の蒸気環境を模擬した試験を実施した。

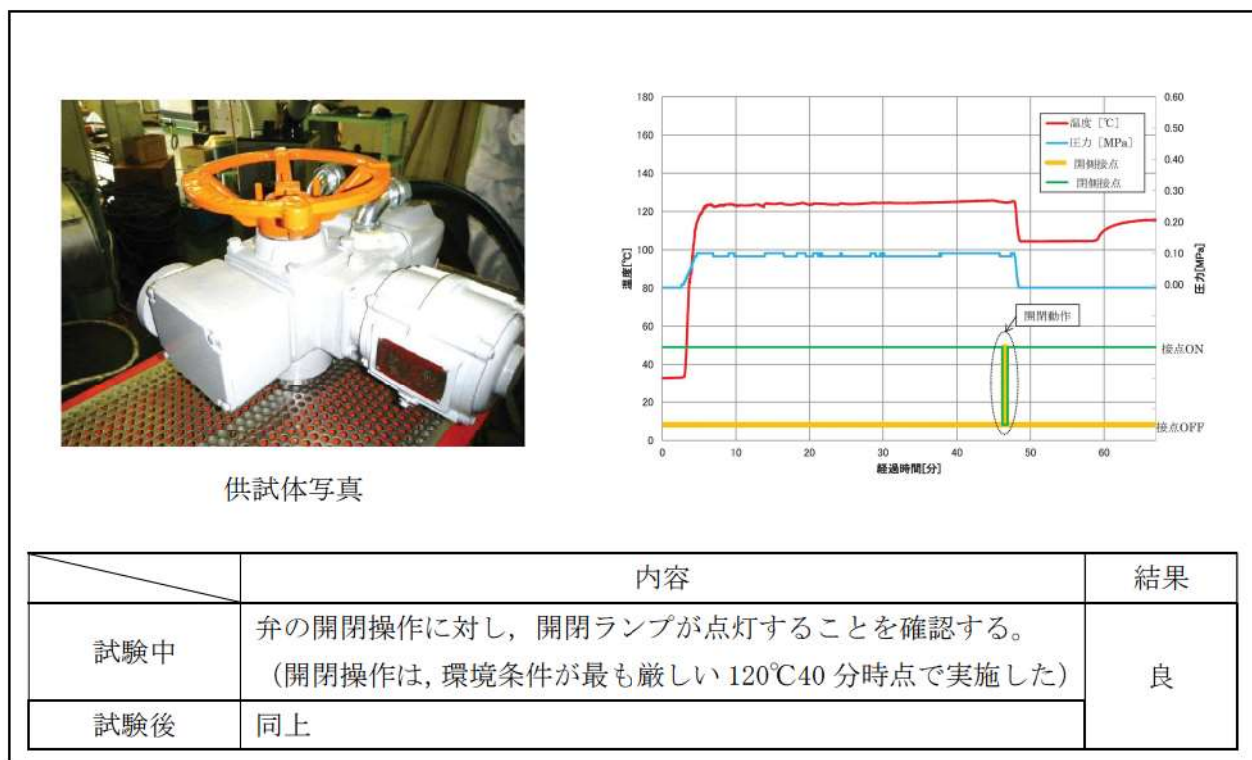
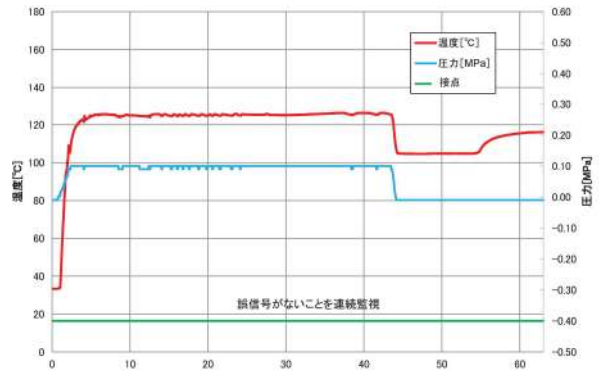


図 1 耐蒸気性能試験結果（電動弁）

(2) 空気作動弁用リミットスイッチ

空気作動弁用リミットスイッチを 120°C の蒸気環境（120°C 40 分 + 100°C 20 分）に晒す。
 試験中、リミットスイッチの接点信号を連続監視し、誤信号を発信しないことを確認する。



供試体写真

	内容	結果
試験中	試験中接点に通電させて誤信号が発信しないことを確認する。	良
試験後	スイッチを開閉操作し、接点が ON-OFF することを確認する。	

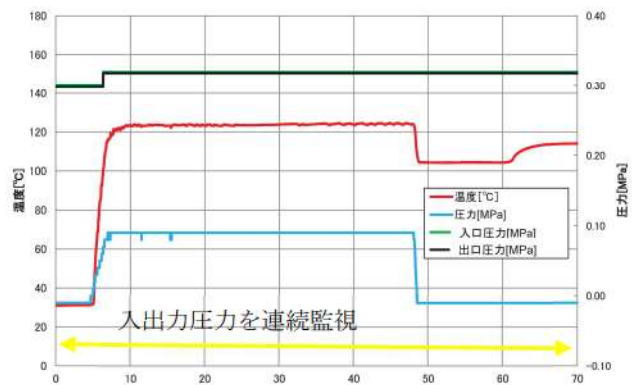
図 2 耐蒸気性能試験結果（空気作動弁用リミットスイッチ）

(3) 空気作動弁用電磁弁

空気作動弁用電磁弁を 120℃の蒸気環境（120℃40分+100℃20分）に晒す。
 試験中、電磁弁を励磁した状態で、入出力圧力に相違のないことを確認する。



供試体写真



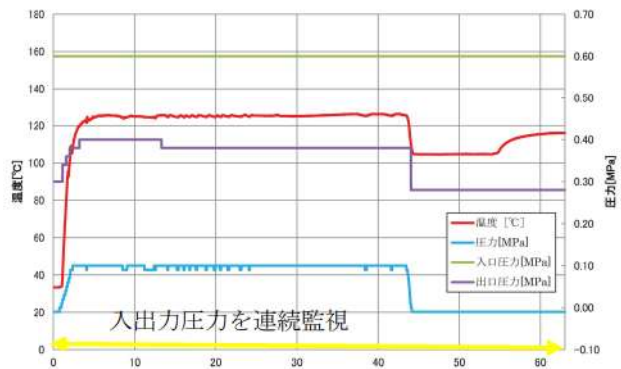
	内容	結果
試験中	電磁弁を動作させ、空気圧の入口圧力が出口側に出力されていることを確認する。	良
試験後	電磁弁を励磁／非励磁と切替えて電磁弁が励磁／非励磁で切替わることを確認する。	

図3 耐蒸気性能試験結果（空気作動弁用電磁弁）

(4) 空気作動弁用減圧弁

空気作動弁用減圧弁を 120℃の蒸気環境（120℃40分+100℃20分）に晒す。

試験中、一定圧力を入力した状態で、減圧された圧力が出力されていることを確認する。



供試体写真

	内容	結果
試験中	出口側の設定圧力が設定どおりであることを確認する。	良
試験後	出口側の設定圧力が設定どおりであることを確認し、供給圧力を減圧できることを確認する。	

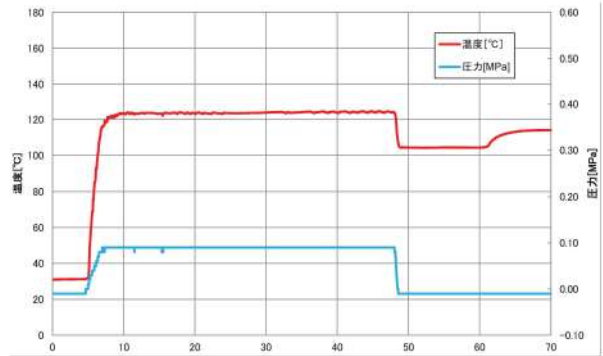
図 4 耐蒸気性能試験結果（空気作動弁用減圧弁）

(5) 空気作動弁用ダイヤフラム

空気作動弁用ダイヤフラムを 120°Cの蒸気環境（120°C40分+100°C20分）に晒す。
試験後、ダイヤフラムに有意な変形、割れ等がないことを確認する。



供試体写真



	内容	結果
試験後	ダイヤフラム膜に割れや変形がないことを確認する。	良

※ ダイヤフラムは高分子材料であり、試験後に有意な変形、割れ等がなかったことから、試験中も健全性に問題はなかったと考えられる。

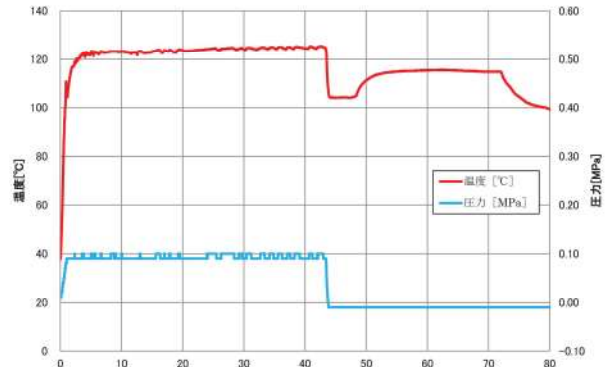
図 5 耐蒸気性能試験結果（空気作動弁用ダイヤフラム）

(6) ダンパ用ダンパオペレータ及びポジションナ

ダンパ用ダンパオペレータ及びポジションナを 120℃の蒸気環境（120℃40分+100℃20分）に晒す。
試験後、ポジションナに開度信号（0～100%に相当する空気圧）を入力し、ダンパオペレータが正常に動作することを確認する。



供試体写真



	内容	結果
試験中	外観点検を実施する。	良
試験後	供試体に駆動用空気及び信号空気配管を接続し、信号空気に対応したダンパオペレータロッドの動作を確認する。	

※ ダンパオペレータ及びポジションナは空気式計装品であり、シール部品が健全であれば機能に問題ないと考えられる。

試験後の動作に問題がなかったことから、シール部品であるOリング等に有意な変形、割れ等はなく、試験中も健全性に問題はなかったと考えられる。

図6 耐蒸気性能試験結果（ダンパ用ダンパオペレータ及びポジションナ）

(7) ダンパ用ポジションスイッチ

ダンパ用ポジションスイッチを 120℃の蒸気環境 (120℃40 分+100℃20 分) に晒す。

試験中、開度信号が変化しないことを確認する。また、試験後にシャフトを回転させ、正常な開度信号が出力されることを確認する。

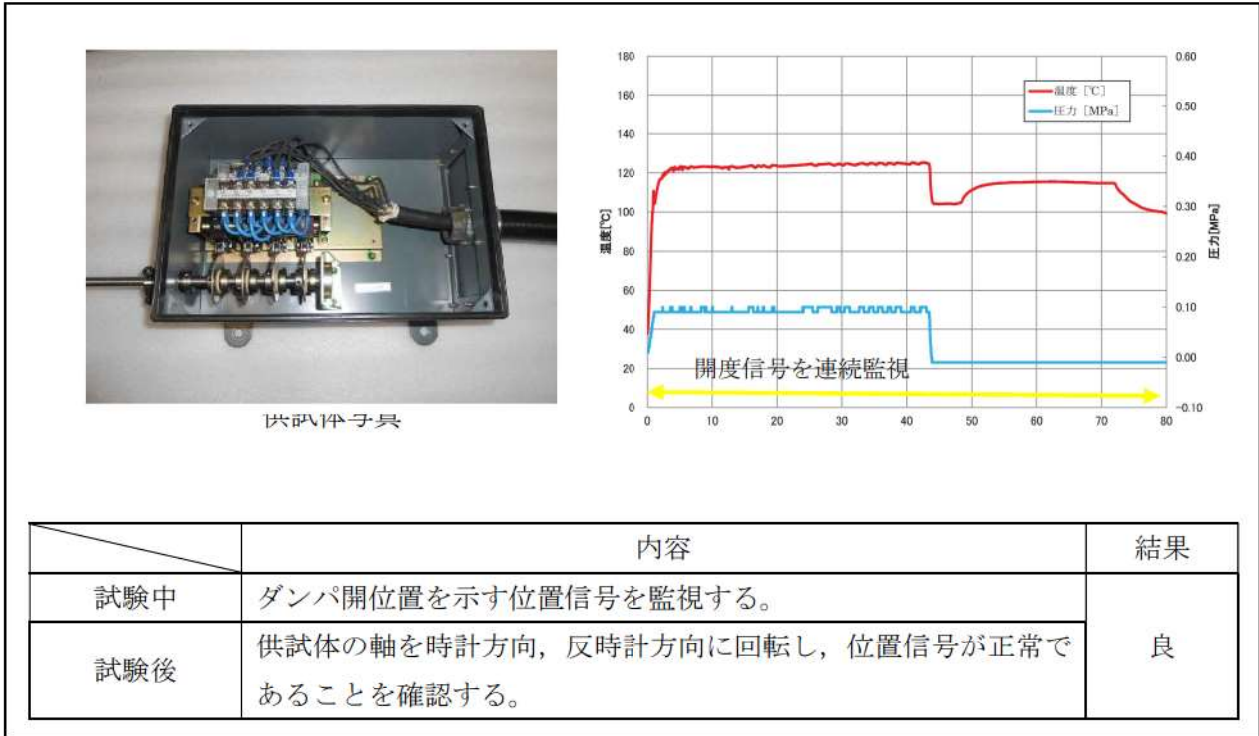
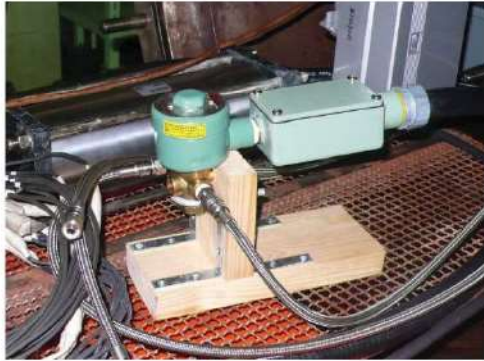


図7 耐蒸気性能試験結果 (ダンパ用ポジションスイッチ)

(8) ダンパ用電磁弁

ダンパ用電磁弁を 120°Cの蒸気環境（120°C40分+100°C20分）に晒す。

試験中、電磁弁を励磁した状態で、入出力圧力に相違のないことを確認する。



供試体写真



	内容	結果
試験中	電磁弁は励磁状態とし、弁入口側に供給した圧力が、出口側に排気されていることを確認する。	良
試験後	電磁弁供給圧力を設定し、電磁弁を励磁／非励磁と切替えて電磁弁が励磁／非励磁で切替わることを確認する。	

図8 耐蒸気性能試験結果（ダンパ用電磁弁）

(9) ダンパ用減圧弁

ダンパ用減圧弁を 120°Cの蒸気環境（120°C40分+100°C20分）に晒す。

試験中、一定圧力を入力した状態で、減圧された圧力が出力されていることを確認する。

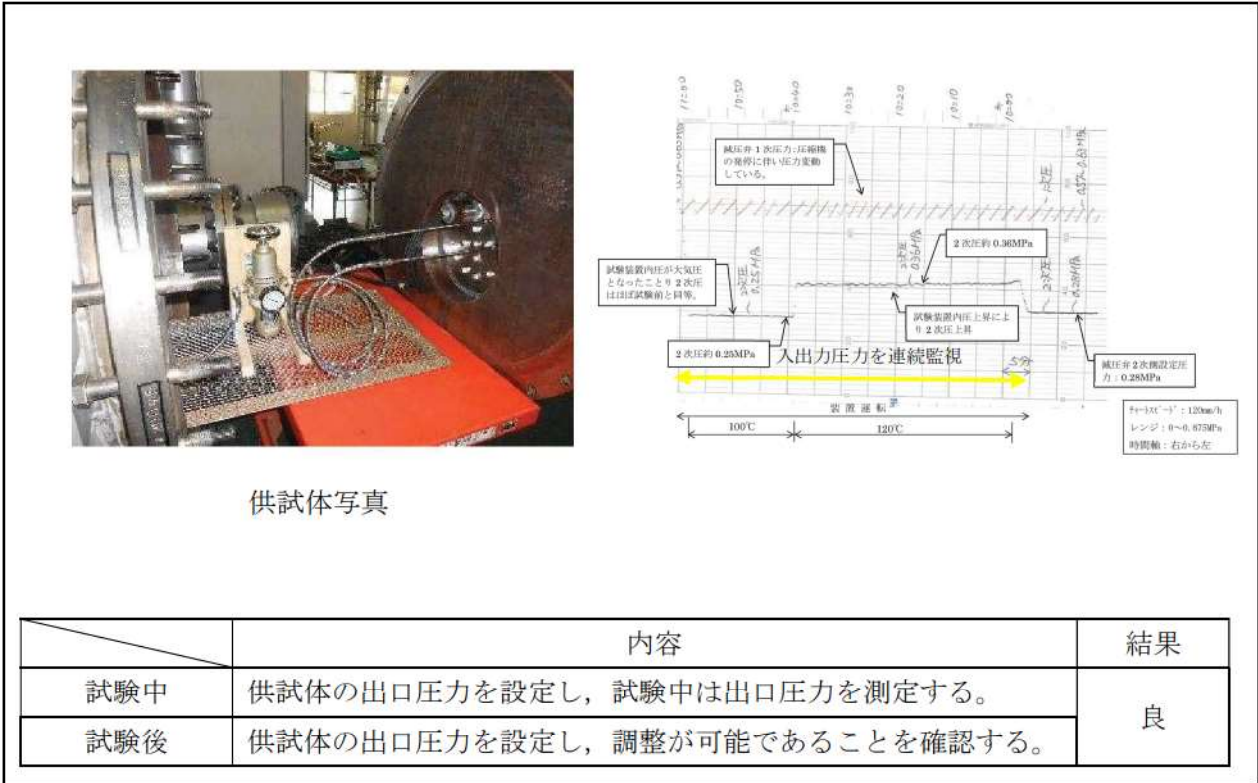


図9 耐蒸気性能試験結果（ダンパ用減圧弁）

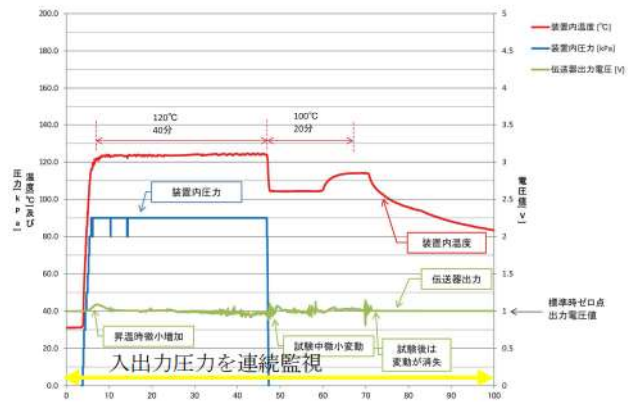
(10) 伝送器

伝送器を 120°Cの蒸気環境（120°C40分+100°C20分）に晒す。

試験中、一定圧力を入力した状態で、伝送器出力が正常であることを確認する。



供試体写真



	内容	結果
試験中	供試体の出力を確認する。	良
試験後	供試体の入出力特性を測定し、誤差、直線性、ヒステリシス等を確認する。	

図 10 耐蒸気性能試験結果（伝送器）

(11) 流量設定器

流量設定器を 120℃の蒸気環境（120℃40分+100℃20分）に晒す。

試験中、一定圧力を入力した状態で、減圧された設定圧力が出力されることを確認する。

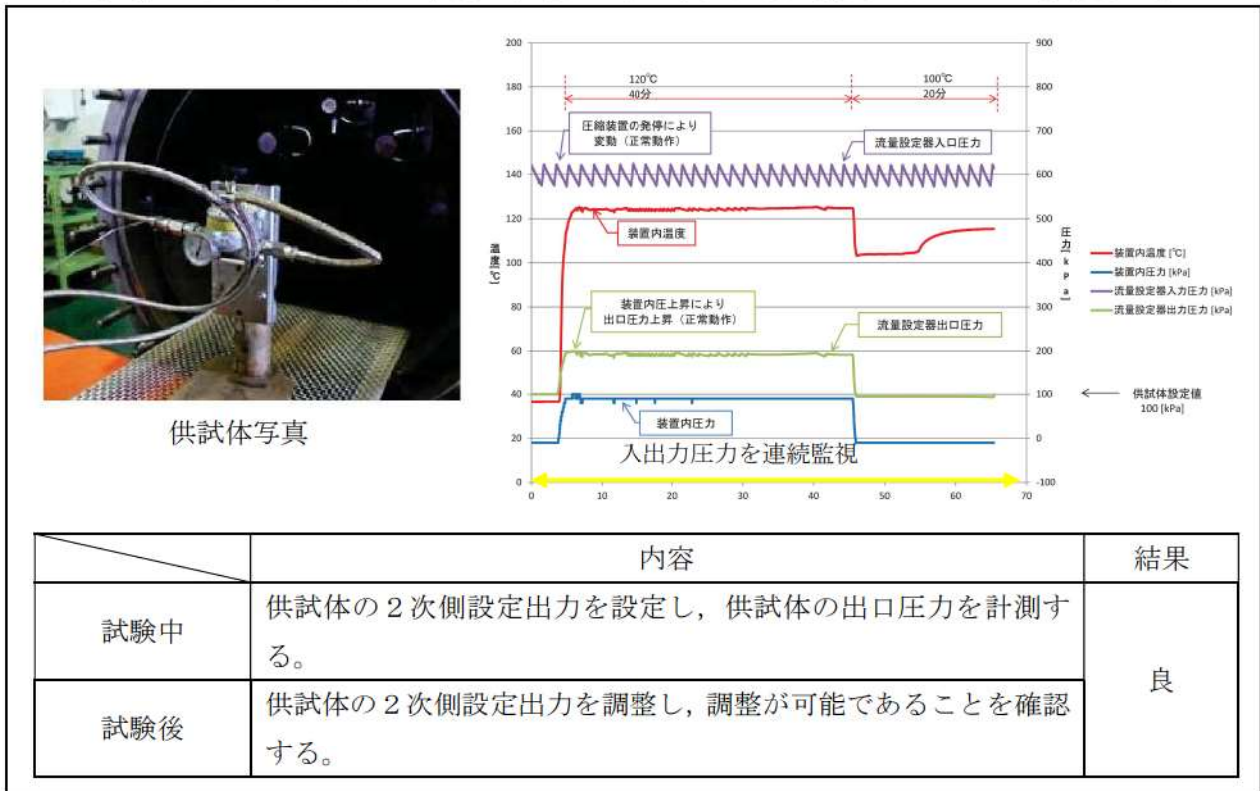


図 11 耐蒸気性能試験結果（流量設定器）

(12) 温度スイッチ

温度スイッチを 120°Cの蒸気環境（120°C40分+100°C20分）に晒す。

試験中，設定温度（35°C以上でON）のとおりに接点出力されることを確認する。

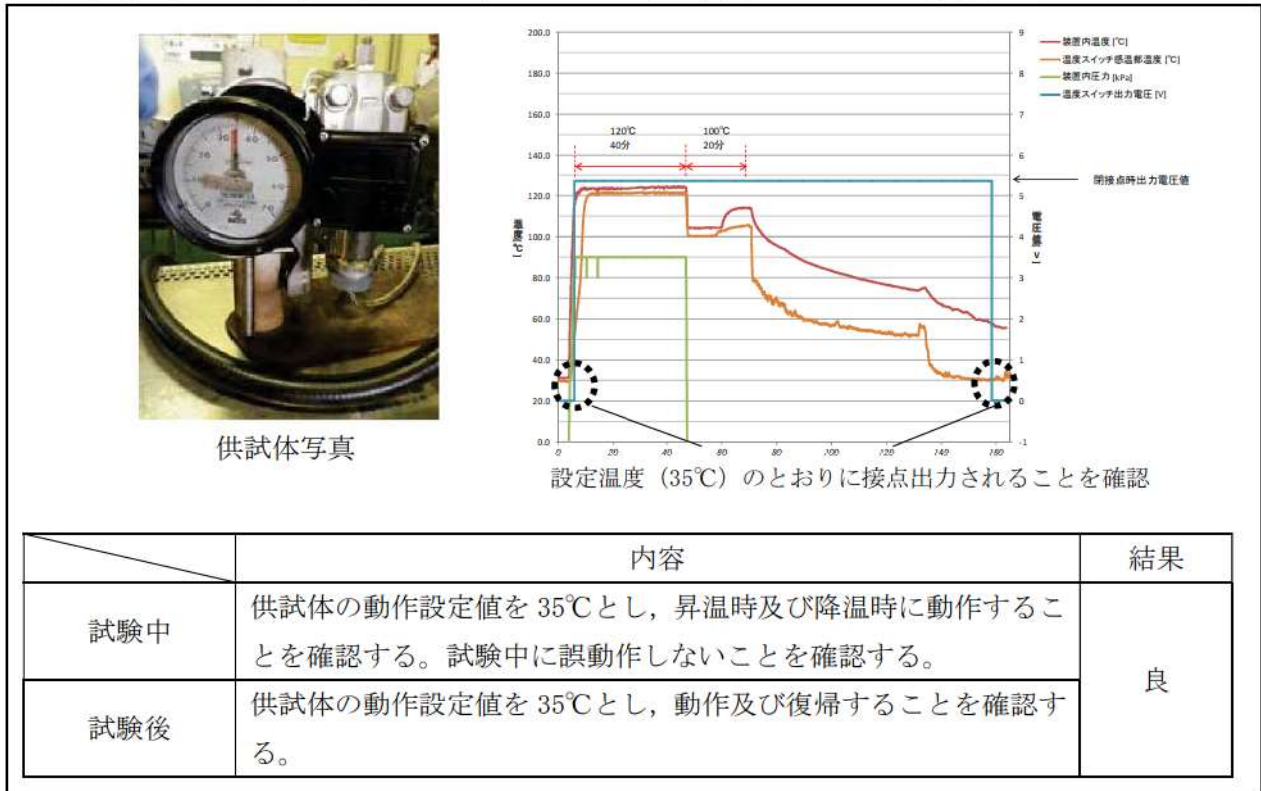


図 12 耐蒸気性能試験結果（温度スイッチ）

(13) 現場盤

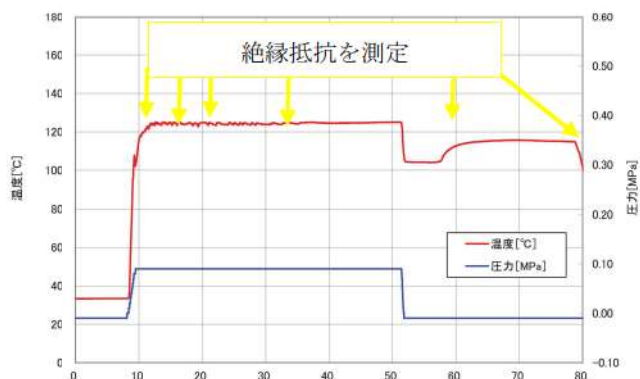
現場盤（操作スイッチ，操作ボタン，表示灯，端子台，盤内配線を含む）を 120℃の蒸気環境（120℃ 40分+100℃20分）に晒す。

通電した状態で試験を実施し，試験中に短絡，地絡等で機能喪失しないことを確認する。

なお，試験後は問題なくスイッチ操作を行えた。



供試体写真



	内容	結果
試験中	課電電流の変動有無により閉接点の健全性を確認，漏れ電流の有無により開接点・端子間の絶縁性を確認する。蒸気環境外部からの電源入／切操作におけるリレー・コンタクタの接点間電圧の測定し，接点开閉動作の健全性を確認する。	良
試験後	スイッチ操作による表示灯の点灯／消灯を確認，絶縁抵抗測定による絶縁性を確認する。電源入／切操作によるリレー・コンタクタの接点开閉動作の健全性を確認する。	

図 13 耐蒸気性能試験結果（現場盤）

(14) 高圧ケーブル接続部

高圧ケーブル（接続部）を 120°Cの蒸気環境（120°C40分+100°C20分）に晒す。

試験中，絶縁抵抗を測定し，短絡，地絡等がなく正常に通電できることを確認する。

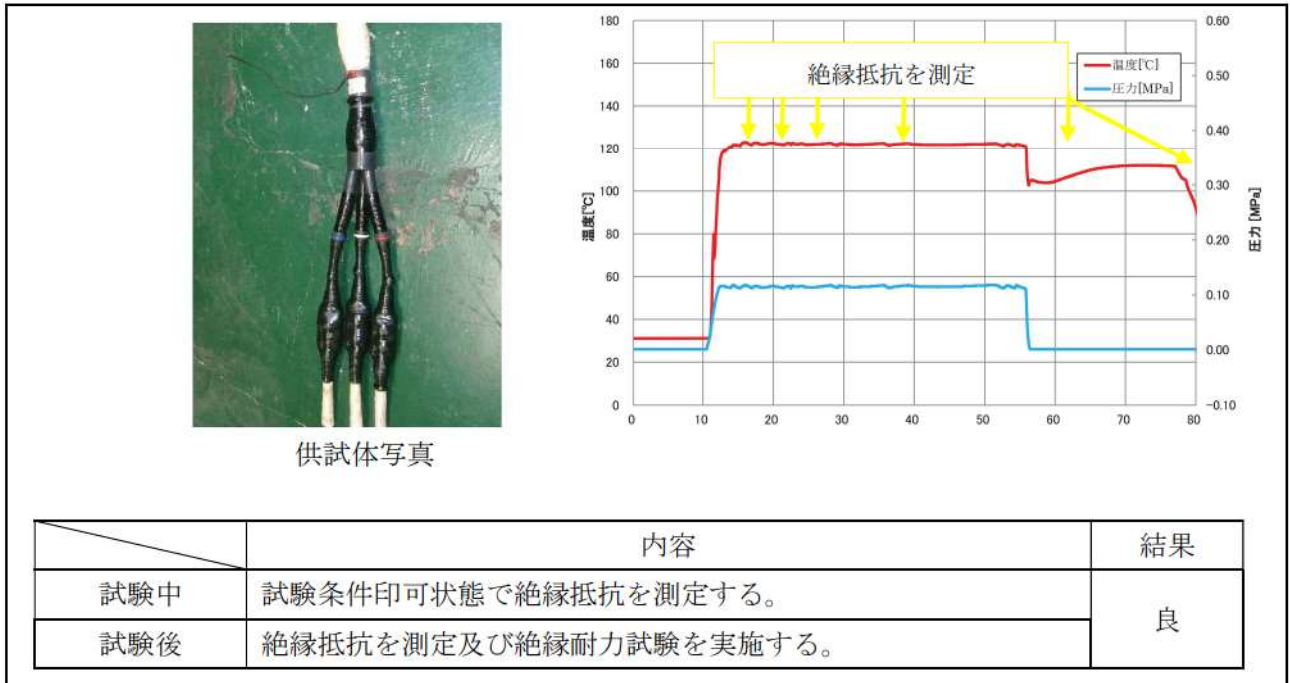


図 14 耐蒸気性能試験結果（高圧ケーブル接続部）

(15) 低圧ケーブル接続部

低圧ケーブル（接続部）を 120°Cの蒸気環境（120°C40分+100°C20分）に晒す。

試験中，絶縁抵抗を測定し，短絡，地絡等がなく正常に通電できることを確認する。

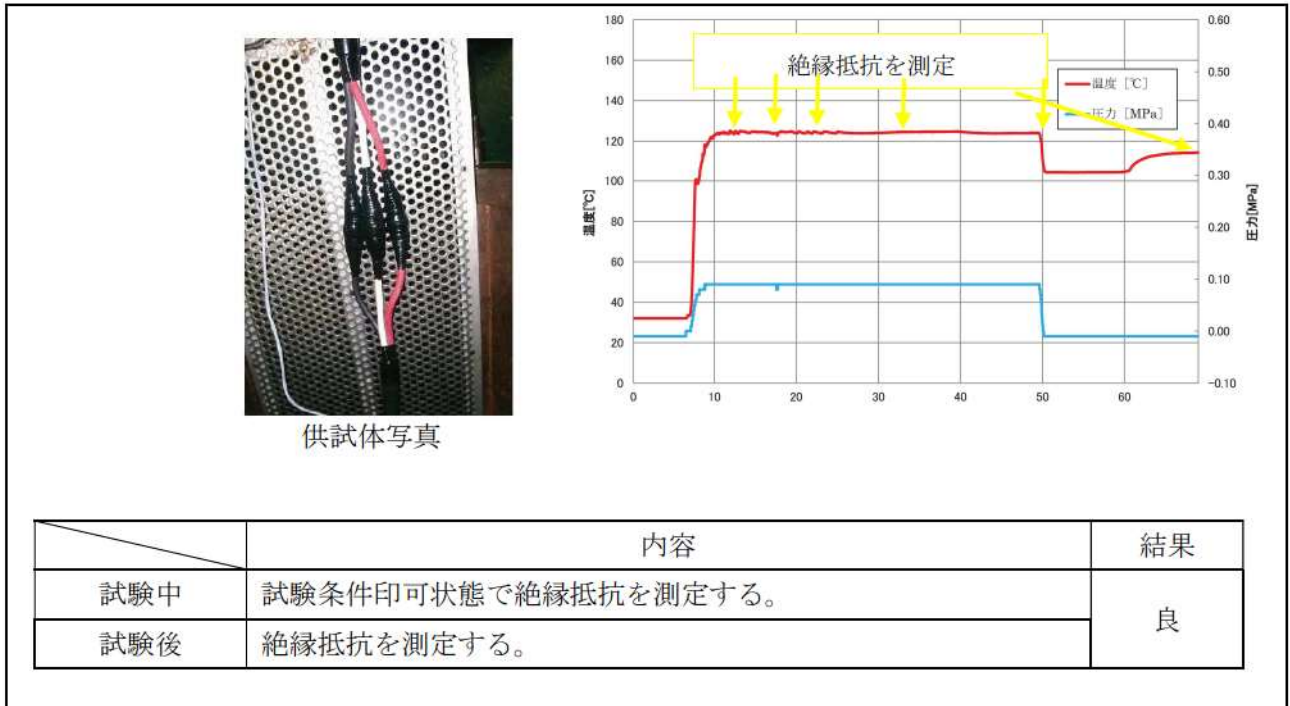


図 15 耐蒸気性能試験結果（低圧ケーブル接続部）

(16) 中継端子箱

中継端子箱を 120℃の蒸気環境（120℃40分+100℃20分）に晒す。

通電した状態で試験を実施し、試験中、短絡、地絡等がなく正常に通電できることを確認する。

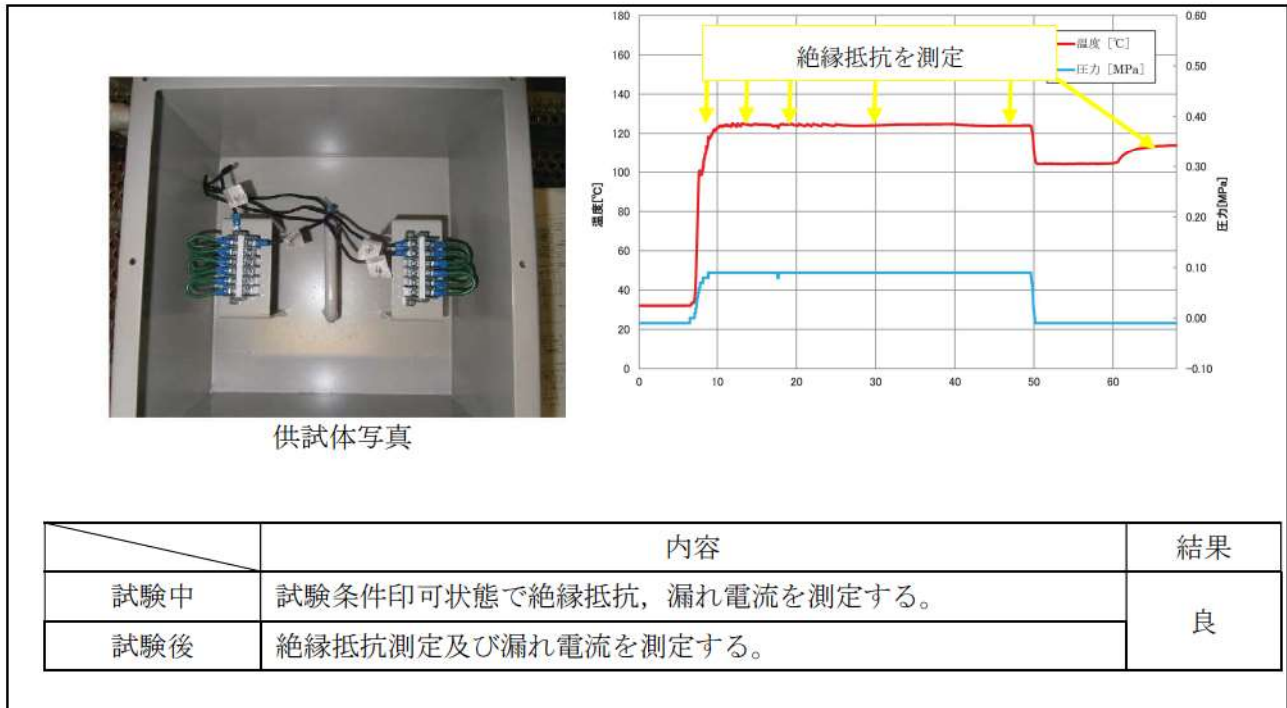


図 16 耐蒸気性能試験結果（中継端子箱）

III. 耐蒸気性能試験における健全性確認方法について

1. 健全性確認方法の考え方

- (1) 原則として、実機の状態を模擬するため、試験中（蒸気曝露中）に健全性を確認する。
- (2) 試験中（蒸気曝露中）に健全性を確認できないものは、代替方法により健全性を確認する。

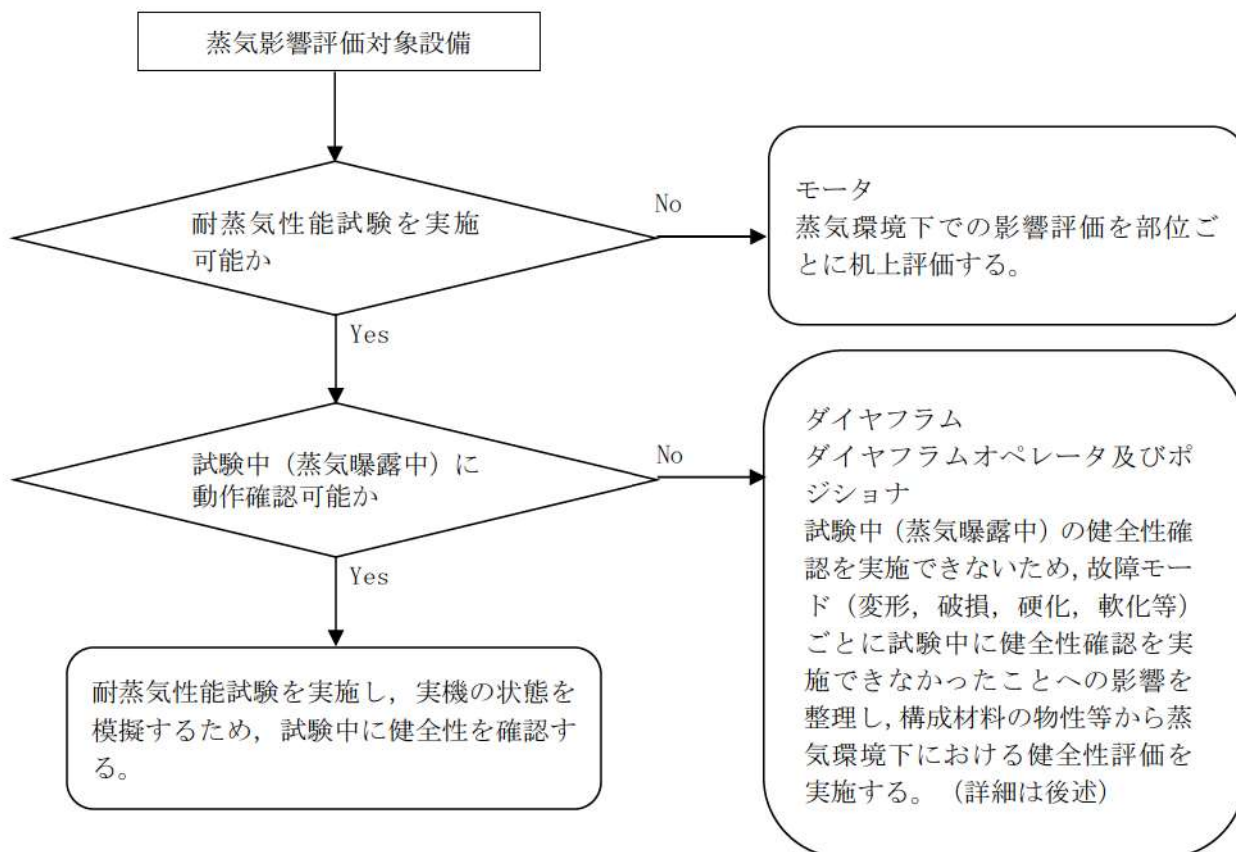


図1 耐蒸気性能試験における健全性確認フロー

2. 各設備の健全性確認方法とその妥当性

表1 耐蒸気性能試験における健全性確認方法とその妥当性

試験対象設備	構成品	健全性確認方法	根拠（妥当性）
電動弁	モータ及び駆動部	操作のとおり動作し、正しくリミットスイッチの接点が出力されること。	モータ及び駆動部を、実機を模擬した蒸気環境下で動作させるとともに、異常が発生した場合は操作のとおり動作せず、弁の開閉状態を示すリミットスイッチの接点信号異常が発生することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
空気作動弁	リミットスイッチ	リミットスイッチが誤信号を発信しないこと。	リミットスイッチに短絡、地絡が発生した場合、接点信号に誤信号が発生することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
	電磁弁	電磁弁を励磁した状態で、入出力圧力に相違のないこと。	電磁弁に異常が発生した場合、出力圧力が変動することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
	減圧弁	減圧された圧力が出力されること。	減圧弁に異常が発生した場合、出力圧力が変動することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
	ダイヤフラム※1	ダイヤフラムに有意な変形、割れ等がないこと。	ダイヤフラムは高分子材料であり、試験後に有意な変形、割れ等がなければ、試験中（蒸気曝露中）も健全性に問題はないと考えられる。
ダンパ	ダンパオペレータ ※1	ポジションナに開度信号を入力し、ダンパオペレータが正常に動作すること。	ダンパオペレータ及びポジションナは空気式計装品であり、シール部品が健全であれば機能に問題ないと考えられる。このため、試験後の健全性に問題がなければ、シール部品であるピストンパッキン等に有意な変形、割れ等がなく、試験中（蒸気曝露中）においても健全性に問題はないと考えられる。
	ポジションナ ※1		
	ポジションスイッチ	開度信号に変化がないこと。	ポジションスイッチに短絡、地絡が発生した場合、開度信号に誤信号が発生することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
	電磁弁	電磁弁を励磁した状態で、入出力圧力に相違のないこと。	電磁弁に異常が発生した場合、出力圧力が変動することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
	減圧弁	減圧された圧力が出力されること。	減圧弁に異常が発生した場合、出力圧力が変動することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
計器	伝送器	伝送器出力が正常であること。	伝送器に異常が発生した場合、出力信号が変動することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
	流量設定器	減圧された圧力が出力されること。	流量設定器に異常が発生した場合、出力圧力が変動することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
	温度スイッチ	設定温度のとおり接点出力されること。	温度スイッチに短絡や地絡が発生した場合、接点信号に誤信号が発生することから、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
現場盤	スイッチ、表示灯、端子台等	短絡、地絡等で機能喪失しないこと	現場盤の蒸気影響として盤内部品の短絡、地絡が想定されるため、通電状態を確認することで、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
モータケーブル接続部	高圧ケーブル接続部	絶縁抵抗を計測し、健全であることを確認する。	ケーブル接続部の蒸気影響として短絡、地絡が想定されるため、絶縁抵抗を測定することで、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
	低圧ケーブル接続部	絶縁抵抗を計測し、健全であることを確認する。	ケーブル接続部の蒸気影響として短絡、地絡が想定されるため、絶縁抵抗を測定することで、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。
中継端子箱	端子台	短絡、地絡等がなく正常に通電できること。	端子台の蒸気影響として短絡、地絡が想定されるため、通電状態を確認することで、健全性確認方法としては妥当であると考えられる。

※1 試験後に健全性確認を実施

3. ダイヤフラムの健全性について

ダイヤフラムについては試験中（蒸気曝露中）に健全性を確認できず，試験後確認としたため，故障モード（変形，破損，硬化，軟化等）ごとに試験中に健全性確認をできなかったことへの影響を整理し，構成材料の物性等から蒸気環境下においても健全性に問題のないことを確認した。

表2 ダイヤフラムの故障モードごとの評価

故障モード	試験後確認の可否		評価
変形	不可	試験中に発生した変形が，試験後に元の状態に戻る可能性がある。	ダイヤフラムには変形を防ぐ基布が積層されているため，有意な変形は生じないと考えられる。
破損 (割れ)	可	試験後にもその状態が残るため，確認可能である。	-
硬化	可	試験後にもその状態が残るため，確認可能である。	-
軟化	不可	試験中に発生した軟化が，試験後に元に戻る可能性がある。	ダイヤフラムは高分子化合物であるEPDM（EPゴム）及びNBR（ニトリルゴム）で構成されており，耐熱温度は，150℃と130℃（日本規格協会）であるため，有意な軟化は生じないと考えられる。



図2 試験前後のダイヤフラムの状態

4. ダンパオペレータ及びポジショナの健全性について

ダンパオペレータ及びポジショナについても、ダイヤフラムと同様の評価を実施し、想定される蒸気環境下においてもダンパオペレータ及びポジショナの健全性に問題はないことを確認した。

表3 ダンパオペレータ及びポジショナの故障モードごとの評価

故障モード	試験後確認の可否		評価
エア漏れ (シール 部品の 変形)	不可	試験中に発生したシール部品の変形が、試験後に元の状態に戻る可能性がある。	シール部品は高分子化合物であるNBR（ニトリルゴム）で構成されており、耐熱温度は、130℃（日本規格協会）であるため、有意な変形は生じないと考えられる。
エア漏れ (シール 部品の 破損)	可	試験後にもその状態が残るため、特性試験により確認可能である。	-
エア漏れ (シール 部品の 硬化)	可	試験後にもその状態が残るため、特性試験により確認可能である。	-
エア漏れ (シール 部品の 軟化)	不可	試験中に発生したシール部品の軟化が、試験後に元の状態に戻る可能性がある。	シール部品は高分子化合物であるNBR（ニトリルゴム）で構成されており、耐熱温度は、130℃（日本規格協会）であるため、有意な軟化は生じないと考えられる。
特性変化 (背圧影響 含む)	不可	試験中に発生した特性変化が、試験後に健全な状態に戻る可能性がある。	ダンパは開度信号を受けて、常に適切な開度となるようフィードバック制御されているため、有意な特性変化は生じないと考えられる。 また、背圧（発生蒸気による環境圧力）の上昇は制御用空気圧力と比較して十分小さく、ダンパの動作への影響はないと、考えられる。

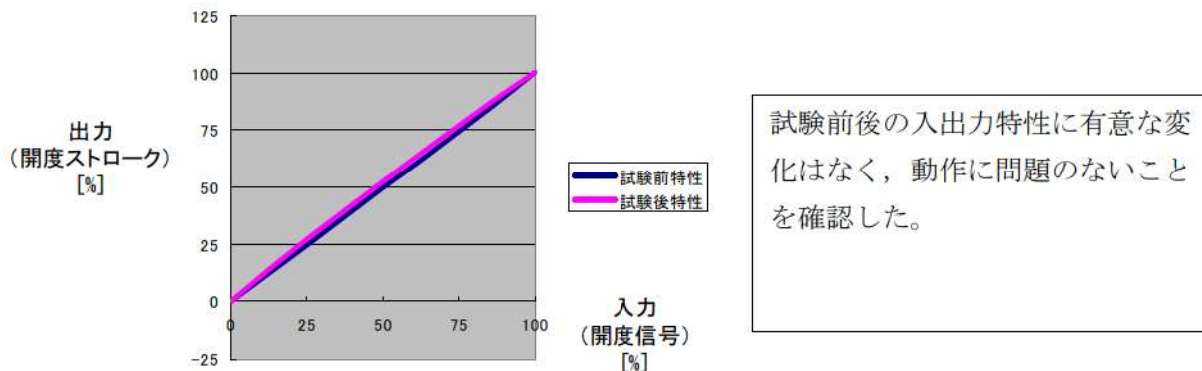


図3 ダンパオペレータ及びポジショナの試験特性

IV. モータの耐蒸気性能評価について

防護対象設備のうちモータについては、他の電気計装品と異なり、大きさや構成部品の種類の多さから試験による確認が困難であるため、構成部品ごとの評価により、想定される蒸気環境下における健全性を評価した。

1. 評価フロー

モータの耐蒸気性能評価は、図1に示すフローにしたがって評価した。

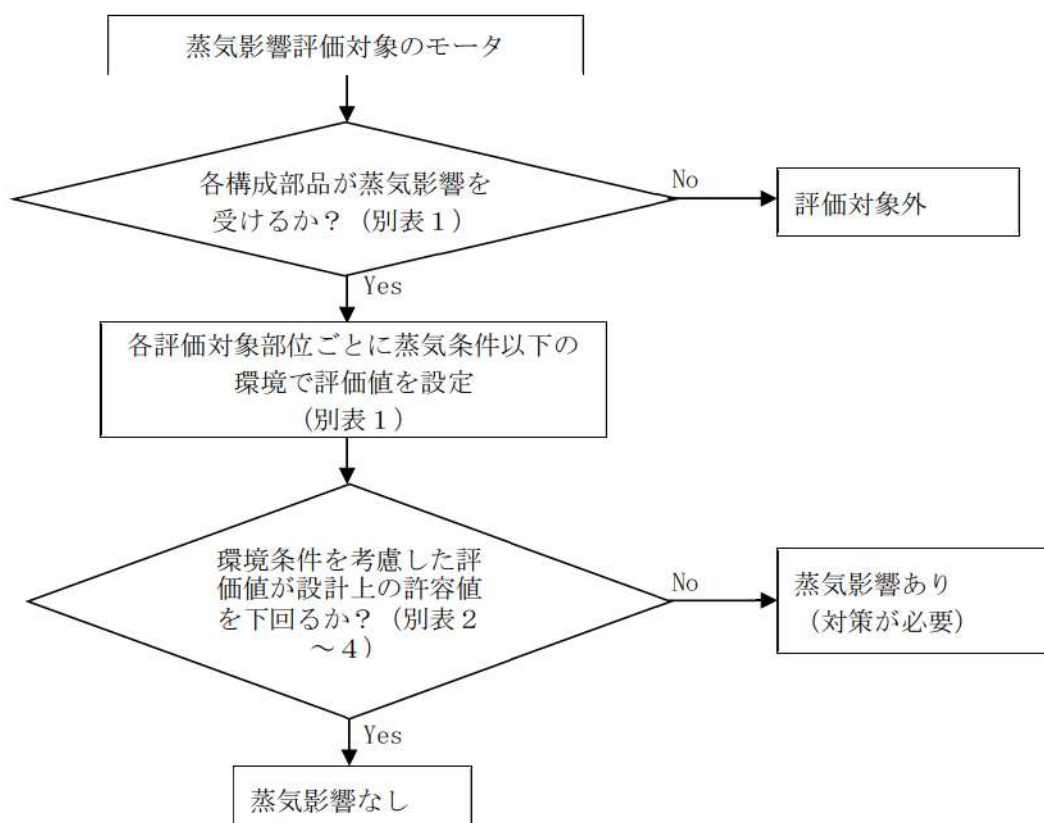


図1 モータの耐蒸気性能評価フロー

2. モータの評価対象部位

モータの機能維持に必要な構成部品並びにそれらの機能及び詳細評価の要否を別表1に示す。別表1のとおり、評価が必要となる構成部品は、固定子コイル及び軸受（潤滑油、グリスを含む）である。

3. 評価対象モータ

表1に、蒸気影響評価が必要なモータと環境解析における温度及び湿度の一覧を示す。

表 1 耐蒸気性能評価対象モータ

名称	温度[°C]	湿度[%]	備考
充てんポンプ	53	51	A, B, Cの最大を記載
使用済燃料ピットポンプ	51	45	A及びB同条件
安全補機開閉器室給気ファン	77	96	A及びB同条件
ほう酸ポンプ	58	57	A及びB同条件
蓄電池室排気ファン	80	85	A及びB同条件
中央制御室給気ファン	80	85	A及びB同条件
中央制御室循環ファン	90	90	A及びB同条件
燃料取替用水ポンプ	81	100	A及びB同条件
アニュラス空気浄化ファン	78	100	A及びB同条件
中央制御室非常用循環ファン	90	90	A及びB同条件

4. 評価結果

(1) 固定子コイル

蒸気環境下における温度に、通電による温度上昇を加算した値が、設計上の許容温度以下であることを確認した。

各モータの評価結果は別表2のとおりである。

(2) 軸受

蒸気環境下における温度に、摩擦による温度上昇を加算した値が、設計上の許容温度以下であることを確認した。

各モータの評価結果は別表3のとおりである。

(3) 潤滑油, グリス

蒸気環境下における温度に、摩擦による温度上昇を加算した値が、設計上の許容温度以下であることを確認した。

各モータの評価結果は別表4のとおりである。

以上の評価により、評価対象のすべてのモータについて、溢水による蒸気環境下においても機能維持できることを確認した。

モータの評価対象部位

構成部品		機能	蒸気条件下における機能維持	詳細評価 要否	
大分類	小分類			温度	湿度
固定子	フレーム	電動機の外殻を構成し、構造上の強度を持つ。	鋼板製であり、蒸気環境下においても機能を維持する。	温度	否
		珪素鋼板	鋼板製であり、蒸気環境下においても機能を維持する。	湿度	否
	固定子 コイル	内周にスロットを設けてコイルを収納し、発生した磁束を通す。	鋼板製であり、蒸気環境下においても機能を維持する。	温度	要
		電流を流すことで磁束を発生させる。対地間及び相間に必要な絶縁性能を持つ。	熱的影響により絶縁破壊の可能性があるため、詳細に評価する。 絶縁物は含浸処理されており、湿度影響はない。	湿度	否
回転子	軸	負荷側へトルクを伝達する。	鋼製であり、蒸気条件下においても機能を維持する。	温度	否
		珪素鋼板	鋼板製であり、蒸気条件下においても機能を維持する。	湿度	否
	回転子 バー	外周にスロットを設けて回転子バーを収納し、発生した磁束を通す。	鋼板製であり、蒸気条件下においても機能を維持する。	温度	否
		二次電流を流し、トルクを発生させる。	金属材料であり、蒸気条件下においても機能を維持する。	湿度	否
ファン	-	モータ回転子直結の風冷ファンにより、モータ本体へ送風する。	鋼板製であり、蒸気条件下においても機能を維持する。	温度	否
		回転子の荷重を支持する。	熱的影響により荷重支持性能を損なう可能性があるため、詳細に評価する。 密封されており、湿度影響はない。	湿度	要
軸受部	軸受 潤滑油、 グリス	軸受での摩擦損失を低減させる。	熱的影響により潤滑性能を損なう可能性があるため、詳細に評価する。 密封されており、湿度影響はない。	温度	要
				湿度	否

固定子コイルの評価結果

名称	絶縁種別	環境温度 (解析値) [°C]	通電による 温度上昇 (評価に用いる値) [°C]※1	評価 温度 [°C]	許容 温度 [°C] ※2	判定
	—	(A)	(B)	(C)=(A)+(B)	(D)	(C) ≤ (D) か?
充てんポンプモータ	F種	53	100	153	250	○
使用済燃料ピットポンプモータ	F種	51	100	151	250	○
安全補機閉器室 給気ファンモータ	F種	77	100	177	250	○
ほう酸ポンプモータ	F種	58	100	158	250	○
蓄電池室排気ファンモータ	F種	80	100	180	250	○
中央制御室給気ファンモータ	F種	80	100	180	250	○
中央制御室循環ファンモータ	F種	90	100	190	250	○
燃料取替用水ポンプモータ	F種	81	100	181	250	○
アニュラス空気浄化ファンモータ	F種	78	100	178	250	○
中央制御室非常用循環 ファンモータ	F種	90	100	190	250	○

※1 通電による温度上昇は設計上の温度上昇限度値。

※2 許容値はメーカーの試験により絶縁機能が確認されている短時間耐熱温度。

軸受の評価結果

名称	軸受種別	環境温度 (解析値) [°C]	摩擦熱 による 温度上昇 (実測値) [°C]注1	摩擦熱 による 温度上昇 (評価に用いる 値) [°C]※1	評価 温度 [°C]	許容 温度 [°C] ※2	判定
		(A)	—	(B)	(C)=(A)+(B)	(D)	(C) ≤ (D)か?
充てんポンプモータ	転がり軸受	53	20.3	40.3	93.3	150	○
使用済燃料ピット ポンプモータ	転がり軸受	51	28	48	99	150	○
安全補機閉器室 給気ファンモータ	転がり軸受	77	29	49	126	150	○
ほう酸ポンプモータ	転がり軸受	58	28	48	106	150	○
蓄電池室排気ファンモータ	転がり軸受	80	26	46	126	150	○
中央制御室給気ファンモータ	転がり軸受	80	20.5	40.5	120.5	150	○
中央制御室循環ファンモータ	転がり軸受	90	23.5	43.5	133.5	150	○
燃料取替用水ポンプモータ	転がり軸受	81	30.5	50.5	131.5	150	○
アニュラス空気浄化ファンモータ	転がり軸受	78	24	44	122	150	○
中央制御室非常用循環 ファンモータ	転がり軸受	90	26	46	136	150	○

※1 摩擦熱による温度上昇は実測値に20°Cの余裕を見込んだ値。

※2 許容値は、基本定格荷重を支持して定格寿命まで使用できるメーカー設計値。

注1 実測値については工場試験（温度上昇試験）における軸受温度上昇値の最大値を適用した。

潤滑油、グリスの評価結果

名称	種類	環境温度 (解析値) [°C]	摩擦熱 による 温度上昇 (実測値) [°C]注1	摩擦熱 による 温度上昇 (評価に用いる 値) [°C]※1	評価 温度 [°C]	許容 温度 [°C] ※2	判定
		(A)	—	(B)	(C)=(A)+(B)	(D)	(C) ≤ (D)か?
充てんポンプモータ	潤滑油	53	20.3	40.3	93.3	150	○
使用済燃料ピット ポンプモータ	グリス	51	28	48	99	185	○
安全補機開閉器室 給気ファンモータ	グリス	77	29	49	126	185	○
ほう酸ポンプモータ	グリス	58	28	48	106	185	○
蓄電池室排気ファンモータ	グリス	80	26	46	126	185	○
中央制御室給気ファンモータ	グリス	80	20.5	40.5	120.5	185	○
中央制御室循環ファンモータ	グリス	90	23.5	43.5	133.5	185	○
燃料取替用水ポンプモータ	グリス	81	30.5	50.5	131.5	185	○
アニュラス空気浄化ファンモータ	グリス	78	24	44	122	185	○
中央制御室非常用循環 ファンモータ	グリス	90	26	46	136	185	○

※1 摩擦熱による温度上昇は実測値に20°Cの余裕を見込んだ値。

※2 許容値の考えは以下のとおり。

グリス：粘性を維持できる（グリスが流動状態とならない）温度。

潤滑油：短時間劣化を生じないことが試験で確認されている温度。

注1 実測値については工場試験（温度上昇試験）における軸受温度上昇値の最大値を適用した。

V. メタルクラッドスイッチギヤの蒸気影響について

防護対象設備である電気品については、設備本体の健全性だけでなく、電源を供給する開閉器類（メタルクラッドスイッチギヤ等）及び電路であるケーブルも含めて健全性を確認している。具体的には以下のとおりである。

1. 開閉器類（メタルクラッドスイッチギヤ等）

設置場所は、安全補機開閉器室であり、蒸気配管のないことを確認している。また、安全補機開閉器室は他の区画と区画分離されていることから、他の区画において発生した蒸気による影響はない。

2. ケーブル

ケーブルについては、複数の区画を経由することから、蒸気影響を想定した評価を実施している。具体的には、120℃の蒸気影響環境下においても健全性が確保されることを試験において確認している。

ケーブルの耐蒸気性能試験の概要を以降に示す。

（1）試験内容

ケーブル及びケーブル接続部を120℃の蒸気環境（120℃ 40分+100℃ 20分）に晒し、問題なく通電できることを確認する。



図1 供試体写真

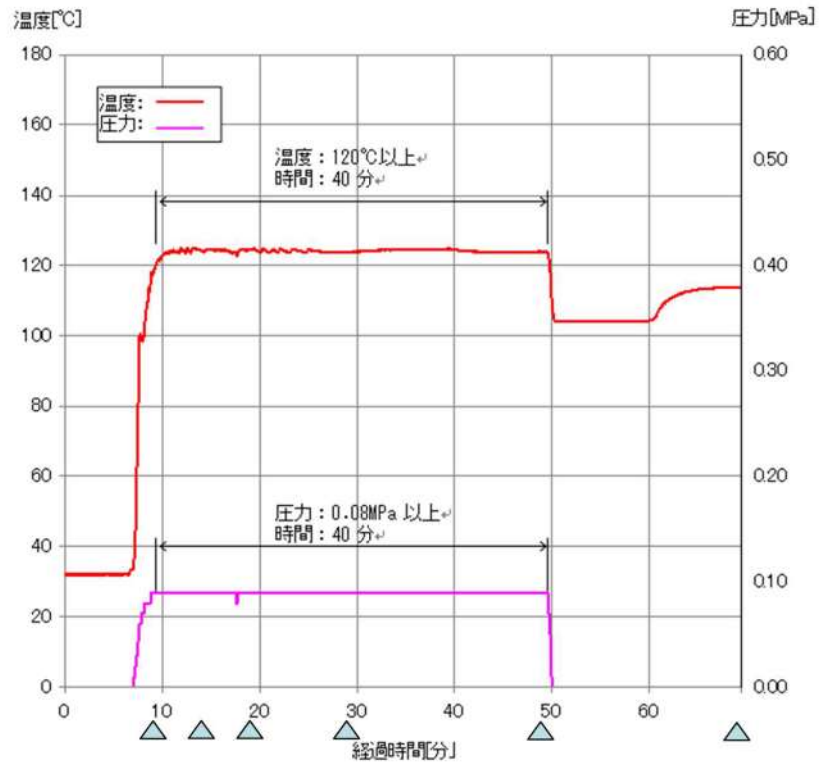


図2 試験プロファイル (▲は絶縁抵抗測定)

(2) 試験結果

試験中は連続通電し，短絡及び地絡のないことを確認した。

また，試験開始直後，5分後，10分後，20分後，40分後，60分後に絶縁抵抗測定を実施し，有意な絶縁低下がないことを確認した。

(測定値はすべて100MΩ以上であった。)

配管破損箇所と防護対象設備との位置関係による影響について

GOTHIC コードを用いた蒸気拡散解析では、破損箇所から蒸気は解析区画内に均一に広がり、同一解析区画内での任意の位置における温度は平均になるとしている。

一方、実際には配管破損位置からごく近傍は漏えい蒸気の直接噴射による防護対象設備への影響が考えられるため、本資料では、想定破損における蒸気影響評価にて評価対象としている高エネルギー配管（抽出系統、補助蒸気系統）と防護対象設備との位置関係を確認した。

次に、漏えい蒸気の直接噴射による影響を評価するため、噴流工学における乱流／軸対称円形噴流のフローモデルを参考に、配管破損位置からの距離と衝突荷重及び蒸気温度の関係を算出した。

具体的には、図1のように蒸気が配管破損口から 10° の拡がり角度をもって円錐状に噴出するものとし、配管破損口からの距離における衝突荷重に対応する飽和温度を算出した。また、保守的に蒸気漏えい時の配管から放出されるエネルギーが周囲空気の界面でも減衰せずに伝播することとした。その結果を表1に示す。

なお、この手法は、蒸気が漏えい箇所から離れるにつれ冷えることによる凝縮、又はサブクール水が大気圧下へ漏えいする際の蒸発といった事象を含む場合に対しても問題なく使用できることから、単相、二相流に関係なく評価ができる。

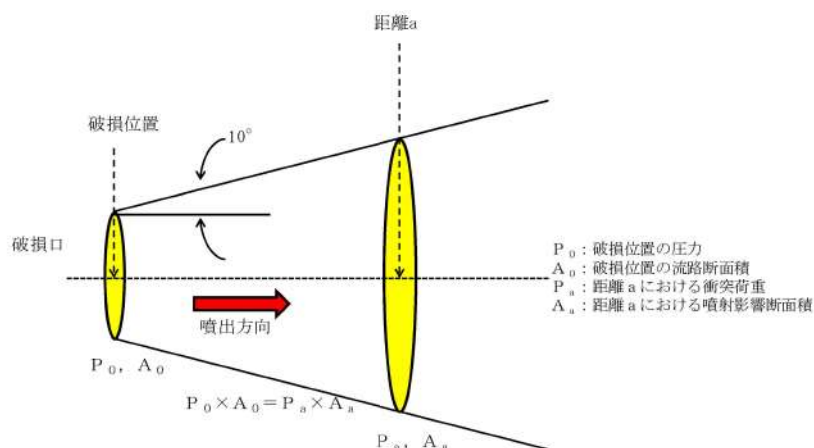


図1 直接噴射による影響評価図

表 1 配管破損箇所からの距離と衝突荷重及び蒸気温度の関係

系統	配管径	破損形態	離隔距離 0m		離隔距離 1m		離隔距離 2m		離隔距離 3m	
			荷重 ^{※1} (MPa)	温度 ^{※1} (°C)	荷重 (MPa)	温度 ^{※2} (°C)	荷重 (MPa)	温度 ^{※2} (°C)	荷重 (MPa)	温度 ^{※2} (°C)
抽出系統	3/4B	完全全周破断	2.40	146	0.009	103	0.002	101	0.001	101
	2B	完全全周破断	2.40	146	0.036	109	0.011	103	0.005	102
	3B	完全全周破断	2.40	146	0.084	118	0.025	107	0.012	104
補助蒸気系統	3/4B	完全全周破断	0.69	170	0.002	101	0.001	101	0.000	100
	1B	完全全周破断	0.69	170	0.004	102	0.001	101	0.000	100
	1・1/2B	完全全周破断	0.69	170	0.008	103	0.002	101	0.001	101
	1・1/2B	1/4Dt 貫通クラック	0.69	170	0.000	100	0.000	100	0.000	100
	2B	1/4Dt 貫通クラック	0.69	170	0.000	100	0.000	100	0.000	100
	2・1/2B	1/4Dt 貫通クラック	0.69	170	0.001	101	0.000	100	0.000	100
	3B	1/4Dt 貫通クラック	0.69	170	0.001	101	0.000	100	0.000	100
	4B	1/4Dt 貫通クラック	0.69	170	0.001	101	0.000	100	0.000	100
	6B	1/4Dt 貫通クラック	0.69	170	0.002	101	0.000	10X	0.000	100
8B	1/4Dt 貫通クラック	0.69	170	0.003	101	0.001	101	0.000	100	

※ 1 荷重と温度は、系統の内圧及び温度とした

※ 2 温度は荷重に対する飽和温度とした

※ 3 赤色枠 は、系統内で最も厳しくなる評価条件

評価では系統ごとに最も評価条件が厳しくなる表 1 の配管径及び破損形態の配管が破損する条件で代表させて評価を行った。

直接噴射による影響を考慮する必要があるのは、蒸気影響評価にて評価対象としている高エネルギー配管（抽出系統、補助蒸気系統）と防護対象設備が同一区画に設置されているパターン 1 * の 10 区画であり、評価した結果を表 2 に示す。

※ パターンは、補足説明資料 20「Ⅲ. 蒸気拡散解析における解析区画の分割による影響について」にまとめている。また、補足説明資料 20 別表 2 に、防護対象設備の評価パターンを示す。

表2 直接噴射による影響の評価結果一覧表 (1/2)

系統	破損 区画	防護対象設備名称	機器番号	離隔 距離	荷重 (MPa)	温度 ^{*1} (°C)	確認済耐 環境温度 (°C)
抽出 系統	Cf-31	3-充てんラインC/V外側止め弁	3V-CS-175	3.5m	0.009	102	120
		3-充てんラインC/V外側隔離弁	3V-CS-177	1.9m	0.028	107	120
		3-1次冷却材ポンプ封水戻りライン C/V外側隔離弁	3V-CS-255	5m以上	0.005	101	120
補助 蒸気 系統	Bf-13	3-よう素除去薬品タンク 注入Aライン止め弁	3V-CP-054A	5m以上	0.000	100	120
		3-よう素除去薬品タンク 注入Bライン止め弁	3V-CP-054B	5m以上	0.000	100	120
	Cf-9	3-BA, WDおよびLDエバポ補機冷却水戻り ライン第1止め弁	3V-CC-351	3.3m	0.001	100	120
		3-BA, WDおよびLDエバポ補機冷却水戻り ライン第2止め弁	3V-CC-352	3.3m	0.001	100	120
	Cf-34	3-余剰抽出冷却器等補機冷却水 入口C/V外側隔離弁	3V-CC-422	4.6m	0.000	100	120
		3-余剰抽出冷却器等補機冷却水 出口C/V外側隔離弁	3V-CC-430	5m以上	0.000	100	120
		3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水入口止め弁	3V-CC-501	4.5m	0.000	100	120
		3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水入口C/V外側隔離弁	3V-CC-503	5m以上	0.000	100	120
		3-1次冷却材ポンプ 補機冷却水出口C/V外側隔離弁	3V-CC-528	5m以上	0.000	100	120
	Ef-2	3A-蓄電池室排気ファン	3VSF31A	1.4m	0.004	101	120
		3B-蓄電池室排気ファン	3VSF31B	1.4m	0.004	101	120
		3A-中央制御室給気ファン	3VSF21A	3.9m	0.001	100	120
		3B-中央制御室給気ファン	3VSF21B	2.3m	0.002	100	120
		3A-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2930	0.4m	0.035	109	120
		3A-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2931	0.8m	0.011	103	120
		3B-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2934	1.2m	0.005	101	120
		3B-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2935	1.6m	0.003	101	120
		3C-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2950	5m以上	0.000	100	120
		3A-中央制御室給気ファン出口ダンパ	3D-VS-603A	1.7m	0.003	101	120
3B-中央制御室給気ファン出口ダンパ	3D-VS-603B	1.3m	0.005	101	120		
Ef-3	3A-中央制御室外気取入風量調節ダンパ 流量設定器	3HC-2823	5m以上	0.000	100	120	
	3B-中央制御室外気取入風量調節ダンパ 流量設定器	3HC-2824	5m以上	0.000	100	120	
	3A-中央制御室循環風量調節ダンパ 流量設定器	3HC-2836	5m以上	0.000	100	120	
	3B-中央制御室循環風量調節ダンパ 流量設定器	3HC-2837	5m以上	0.000	100	120	
	3A-中央制御室事故時外気取入風量調節 ダンパ流量設定器	3HC-2850	5m以上	0.000	100	120	
	3B-中央制御室事故時外気取入風量調 節ダンパ流量設定器	3HC-2851	5m以上	0.000	100	120	
	3A-中央制御室非常用循環ファン出口空気流量	3FS-2867	4.0m	0.001	100	120	
	3B-中央制御室非常用循環ファン出口空気流量	3FS-2868	5m以上	0.000	100	120	

表 2 直接噴射による影響の評価結果一覧表 (2/2)

系統	破損 区画	防護対象設備名称	機器番号	離隔 距離	荷重 (MPa)	温度 ^{※1} (°C)	確認済耐 環境温度 (°C)		
補助 蒸気 系統	Ef-3	3A-中央制御室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2827	2.1m	0.002	101	120		
		3B-中央制御室給気ユニット冷水温度制御弁	3TCV-2828	5m以上	0.000	100	120		
		3A-中央制御室非常用循環ファン入口ダンパ	3D-VS-602A	5m以上	0.000	100	120		
		3B-中央制御室非常用循環ファン入口ダンパ	3D-VS-602B	5m以上	0.000	100	120		
		3A-中央制御室循環ファン入口ダンパ	3D-VS-604A	2.2m	0.002	100	120		
		3B-中央制御室循環ファン入口ダンパ	3D-VS-604B	3.9m	0.001	100	120		
		3A-中央制御室外気取入風量調節ダンパ	3HCD-2823	1.5m	0.004	101	120		
		3B-中央制御室外気取入風量調節ダンパ	3HCD-2824	5m以上	0.000	100	120		
		3A-中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2836	0.7m	0.014	104	120		
		3B-中央制御室循環風量調節ダンパ	3HCD-2837	5m以上	0.000	100	120		
		3A-中央制御室事故時外気取入風量調節ダンパ	3HCD-2850	5m以上	0.000	100	120		
		3B-中央制御室事故時外気取入風量調節ダンパ	3HCD-2851	5m以上	0.000	100	120		
		3A-中央制御室循環ファン	3VSF20A	2.2m	0.002	100	120		
		3B-中央制御室循環ファン	3VSF20B	5m以上	0.000	100	120		
		3A-中央制御室非常用循環ファン	3VSF22A	4.2m	0.001	100	120		
		3B-中央制御室非常用循環ファン	3VSF22B	5m以上	0.000	100	120		
		補助 蒸気 系統	Ef-4	3A-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2A) 出口空気温度(2)	3TS-2933	0.1m	0.200	134	80 ^{※2}
				3B-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2B) 出口空気温度(2)	3TS-2937	3.6m	0.001	100	80 ^{※2}
3C-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2951			5m以上	0.000	100	120		
3C-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2C) 出口空気温度(2)	3TS-2953			0.2m	0.094	119	80 ^{※2}		
3D-非管理区域空調機器室室内空気温度(1)	3TS-2954			5m以上	0.000	100	120		
3D-非管理区域空調機器室電気ヒータ (3VSE2D) 出口空気温度(2)	3TS-2957			3.5m	0.001	100	80 ^{※2}		
3A-安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27A			3.5m	0.001	100	120		
3B-安全補機開閉器室給気ファン	3VSF27B			2.9m	0.001	100	120		
3A-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2A			0.1m	0.200	134	80 ^{※2}		
3B-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2B			3.6m	0.001	100	80 ^{※2}		
3C-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2C			0.2m	0.094	119	80 ^{※2}		
3D-非管理区域空調機器室電気ヒータ	3VSE2D			3.5m	0.001	100	80 ^{※2}		
Ef-5	Ef-5	3D-非管理区域空調機器室室内空気温度(2)	3TS-2955	5m以上	0.000	100	120		
		3A-安全補機開閉器室給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV-2774	2.0m	0.002	101	120		
		3B-安全補機開閉器室給気ユニット 冷水温度制御弁	3TCV-2775	4.7m	0.000	100	120		
Ff-6	Ff-6	3A, B-C/V再循環ユニット補機冷却水入口 C/V外側隔離弁	3V-CC-203A	5m以上	0.000	100	120		
		3A-C/V再循環ユニット補機冷却水出口 C/V外側隔離弁	3V-CC-208A	3.2m	0.001	100	120		
		3C, D-C/V再循環ユニット補機冷却水出口 C/V外側隔離弁	3V-CC-208B	4.0m	0.001	100	120		
Ff-8	Ff-8	3A-燃料取替用水ポンプ	3RFP1A	1.6m	0.003	101	120		
		3B-燃料取替用水ポンプ	3RFP1B	0.9m	0.009	102	120		
		3-燃料取替用水ピット水位(I)	3LT-1400	3.4m	0.001	100	120		
		3-燃料取替用水ピット水位(II)	3LT-1401	1.4m	0.004	101	120		

※1 温度は、荷重に対する飽和温度とした

※2 耐環境温度を機器仕様から確認した

1. 確認済耐環境温度を蒸気曝露試験で耐力を確認した防護対象設備

防護対象設備は、蒸気曝露試験で飽和蒸気 120℃、0.1MPa 下の蒸気環境に対する耐力を確認している。

蒸気評価配管の近傍にある防護対象設備については、表 2 で確認したとおり、蒸気曝露試験で実施した温度、圧力を下回っていることから、漏えい蒸気の直接噴射による防護対象設備への影響はないことを確認した。

また、GOTHIC コードを用いた蒸気拡散解析で、比較的ピーク温度が高い区画で 100℃程度であることを確認しているが、本評価により、配管近傍について、より保守的に直接噴射による影響を考えた場合でも 120℃以内に収まっていることが確認できた。

2. 確認済耐環境温度を機器仕様から確認した防護対象設備

耐環境温度を機器仕様から確認した防護対象設備については、温度が確認済耐環境温度を上回っているため、多重性を有する系統が同時にその機能を失わないことを確認した。確認した結果を以下に示す。

(1) 耐環境温度を機器仕様から確認した防護対象設備の設備構成

非管理区域空調機器室電気ヒータ及び非管理区域空調機器室電気ヒータ出口空気温度(2)は、各非管理区域空調機器室電気ヒータ機器内に内蔵されており、非管理区域空調機器室に設置されている。

【設置目的】

非管理区域空調機器室には、中央制御室空調系の中央制御室給気ユニット、安全補器開閉器室空調系の安全補器開閉器室給気ユニットといった安全系の換気空調設備が設置されており、これらのユニットは、事故時においても空調用冷水設備の冷却水を用いた冷却を行う必要がある。

冬期においてもユニットの冷却機能を維持するためには、非管理区域空調機器室を 1℃以上に保つ必要があり、室温維持のために非管理区域空調機器室電気ヒータが必要になる。

【重要度分類】

安全上特に重要な関連機能（間接関連系）として MS-2

（冬期の外部電源喪失が長期に渡る場合、外部電源喪失時に機能が要求される機器（MS-1）の室温が凍結温度に達しないように暖房する機能として分類）

【設備仕様】

容量：50%×4台（2系統）

(2) 設置状況

非管理区域空調機器室電気ヒータ等の設置状況を図 2 に示す。それぞれの系統の最短距離は約 7.8m であるため、片側の系統の非管理区域空調機器室電気ヒータの近傍において、補助蒸気系統配管からの漏えいが生じて、一方の系統の非管理区域空調機器室電気ヒータと十分な離隔があること、その途中に空調用ダクトが敷設されていることから、直接噴射の影響は受けない。

なお、破損が想定される補助蒸気系統配管については、図3のとおり配管の外側に保温材が施工されているため、配管が破損しても直接噴射の影響を緩和し破損箇所から蒸気は均一に広がることを期待できる。そのため、非管理区域空調機器室電気ヒータは直接噴射の影響より、蒸気拡散の影響が支配的になると考える。

(3) 確認結果

非管理区域空調機器室電気ヒータは、2系統で多重化されていること、離隔されて設置されていることから、多重性を有する系統が同時にその機能を失わないことを確認した。

なお、GOTHICコードによる蒸気拡散解析の結果では、非管理区域空調機器室電気ヒータ近傍の最大温度は77℃であり、確認済耐環境温度（80℃）以下に制限されることを確認している。

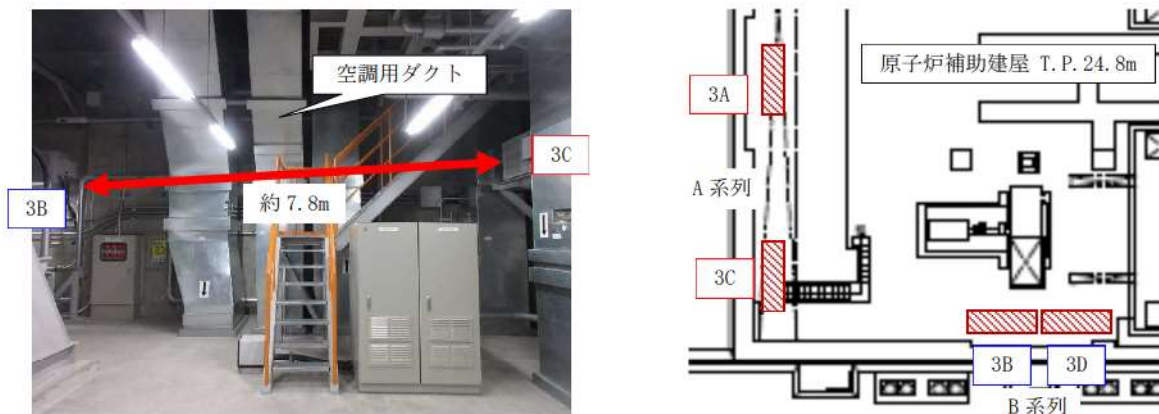


図2 非管理区域空調機器室電気ヒータ等の設置状況

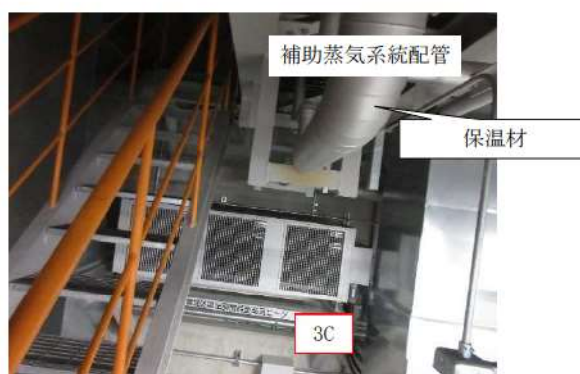


図3 補助蒸気系統配管の状況

補助蒸気系統の耐震強度評価及び貫通クラックの大きさについて

本資料は、補助蒸気系統配管の耐震強度評価及び貫通クラックの大きさについてまとめたものである。

I. では補助蒸気系統配管の耐震強度評価について、II. では補助蒸気系統配管の貫通クラックの大きさについて記載する。

I. 補助蒸気系統配管の耐震強度評価について

1. 概要

原子炉建屋、原子炉補助建屋に敷設されている補助蒸気系統配管（高エネルギー配管）による溢水（蒸気）影響評価においては、溢水ガイド附属書Aのうち流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価手法に従い配管の応力評価を実施、その評価結果に基づき想定する破損形状を設定して評価している。

2. 破損形状の評価フロー

破損形状の評価フローについては、添付資料 13 図 1 と同じである。

II. 補助蒸気系統配管の貫通クラックの大きさについて

蒸気影響評価において、完全全周破断を想定しない 25A(1B) を超える補助蒸気配管（ターミナルエンド部を除く）については、応力評価により破損形状を貫通クラックとし、クラックの大きさを $1/4Dt$ としている。

以下は、クラックの大きさを $1/4Dt$ とした根拠を記載したものである。

貫通クラックの大きさの決定に当たっては、溢水ガイドの 2.1.1 で配管内径の $1/2$ の長さで配管肉厚の $1/2$ の幅を有する貫通クラックを「（以下「貫通クラック」という）」と定義していることから、附属書Aの 2.2.1 に記載された高エネルギー配管の「貫通クラック」もその定義にしたがうことができると解釈した。

また、 $1/4Dt$ 貫通クラックの開口面積が保守的であるかについては、例えば、以下のような破壊力学的なき裂進展解析に基づくき裂の大きさと比較することが考えられる。

- ① 高エネルギー配管の代表として、1次冷却材圧力バウンダリ配管（SUS 配管）、主蒸気・主給水管（炭素鋼管）について考察する。
- ② 配管の内面に UT の検出限界に相当する周方向欠陥を仮定する。

- ③ 配管の通常運転時に作用する応力を欠陥に加え、き裂進展解析を行うと、SUS 配管では配管肉厚の5倍の長さの、炭素鋼管では6.5倍の長さの周方向き裂が貫通する。(より、スケジュールの小さな配管に関しては、より、き裂長さは小さくなる方向となる)
- ④ 貫通き裂のき裂安定性解析を行い、き裂に安定限界応力が加わった時の開口面積を求める。

表 1 ステンレス鋼管，炭素鋼管の例

ステンレス鋼管

呼び径(B)	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
外径(mm)	48.6	60.5	76.3	89.1	114.3	139.8	165.2	216.3	267.4	318.5	355.6	406.4
内径 D (mm)	34.4	43.1	57.3	66.9	87.3	108.0	128.8	170.3	210.2	251.9	284.2	325.4
厚さ t (mm)	7.1	8.7	9.5	11.1	13.5	15.9	18.2	23.0	28.6	33.3	35.7	40.5
想定き裂角度 2θ (度)	136.4	127.4	115.4	108.2	96.9	87.2	81.0	77.4	78.0	75.7	72.0	71.3
安定限界応力 Pf/Sm	0.90	1.03	1.23	1.35	1.54	1.72	1.83	1.89	1.88	1.93	2.00	2.01
貫通クラックの開口面積 $1/4Dt(\text{mm}^2)$	62	94	137	186	295	430	587	980	1503	2098	2537	3295
安定限界応力による開口面積(mm^2)	45	66	104	131	187	243	297	467	724	996	1135	1452

炭素鋼管

呼び径(B)	16	28	28	30	32	34
外径(mm)	406.4	711.2	711.2	762.0	812.8	863.6
内径 D (mm)	363.6	649.2	643.2	696.0	736.8	781.6
厚さ t (mm)	21.4	31.0	34.0	33.0	38.0	41.0
想定き裂角度 2θ (度)	43.8	76.4	76.1	75.4	70.7	68.5
安定限界応力 Pf/Sm	2.06	1.60	1.60	1.61	1.69	1.73
貫通クラックの開口面積 $1/4Dt(\text{mm}^2)$	1946	5032	5468	5742	7000	8012
安定限界応力による開口面積(mm^2)	300	1854	1808	2056	2082	2229

以上のような評価は、溢水ガイド附属書Aで参考になっている JSME SND1-2002 (配管破損防護設計規格) において検討されており、同規格ではこれにさらに安全側の余裕を加味したき裂開口面積が記載されている。

同規格に記載された安定限界応力による開口面積と $1/4Dt$ 貫通クラックの大きさを比較すると、表 1 のように $1/4Dt$ 貫通クラックが大きい結果となる。このことから、貫通クラックの大きさはき裂の開口面積としては保守的な大きさといえ、妥当であると考えている。

補助蒸気系隔離時のドレンの処置について

本資料は、蒸気漏えい検知システムによって自動隔離された補助蒸気系の配管内に残留するドレンの処置等について記載したものである。

1. 蒸気ドレンの処置

補助蒸気系の配管の想定破損で補助蒸気しゃ断弁が自動閉止すると、補助蒸気への蒸気供給が停止する。その後、停止までに供給されていた蒸気の一部は凝縮してドレンとなり、ほとんどはスチームコンバータ給水系に回収され、一部は配管に残留することになる。よって、補助蒸気系を復旧する場合は、蒸気と配管内の残留ドレンによって配管のハンマリングを起こさないように、運転手順書に定められているとおり、徐々にウォーミングを実施する。

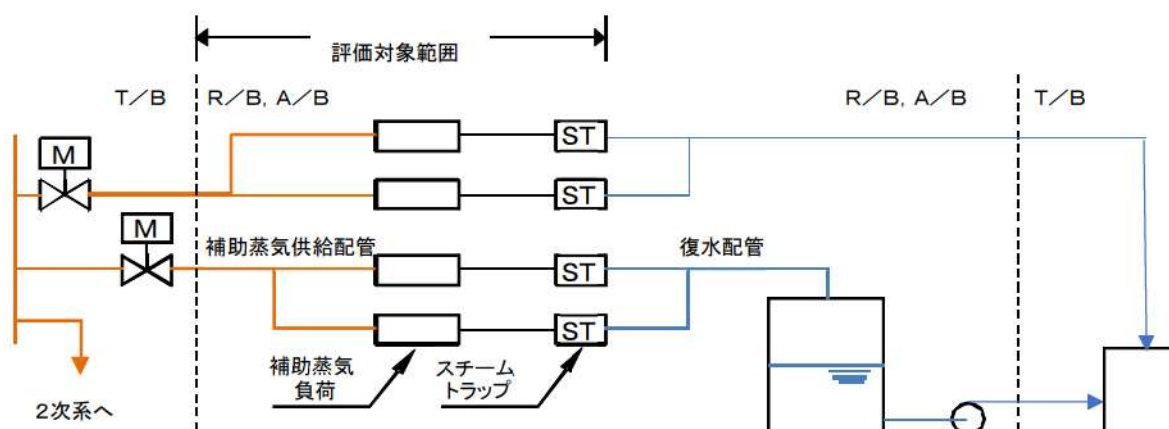


図1 補助蒸気系統概要図

抽出配管の漏えい時の放射線影響について

抽出配管の漏えいは、1次冷却材が直接漏えいすることから、防護対象設備に対する放射線影響を以下のとおり評価した。

1. 評価方法

抽出配管が完全全周破断し、漏えいした1次冷却材中の放射性物質全量が気相部へと移行するものとした。また、放射性物質は、瞬時に抽出配管から原子炉建屋の同一階層上の対象区画に均一に拡散すると仮定した。

評価においては、対象区画体積を全球で模擬し、中心を評価点とした。また、評価期間は1ヶ月間とし、時間による減衰を考慮した。

2. 主要な評価条件

評価に用いた主要な条件を表1に示す。

表1 主要な評価条件

項目	パラメータ	備考
漏えい水の放射能濃度	1次冷却材中放射能濃度	平常時被ばくで用いる値
流出量	45m ³	当該配管の完全全周破断を想定した内部溢水評価流出量
線量評価時の自由体積	3,100m ³	原子炉建屋 T.P. 17.8m の管理区域内の一部体積（保守的な評価とするため他建屋及びフロア間の拡散は考慮しない）

3. 評価結果

評価の結果、1ヶ月の積算線量は約4Gyとなった。対象の防護対象設備（伝送器）の耐放射線性は100Gyであり、本評価は1ヶ月間漏えい対策を講じないと仮定する等、非常に保守的な評価であることから、機能維持に問題のないことを確認した。

当該の伝送器の耐放射線性100Gyは、照射試験により耐力を確認した値である。

耐震B、Cクラス機器の補強工事の実施内容について

溢水源となりうる機器のうち耐震評価対象となった機器において、発生値が評価基準値を上回った機器について、補強工事を実施し、基準地震動による地震力に対してバウンダリ機能を確保する。

具体的に補強工事対象となった機器を表1に示し、補強工事の概要を別紙1に示す。

なお、以下の評価は、現状の基本設計段階にて想定しているものであり、今後詳細設計等を精査するに伴い、耐震評価等の変更が生じる可能性がある。

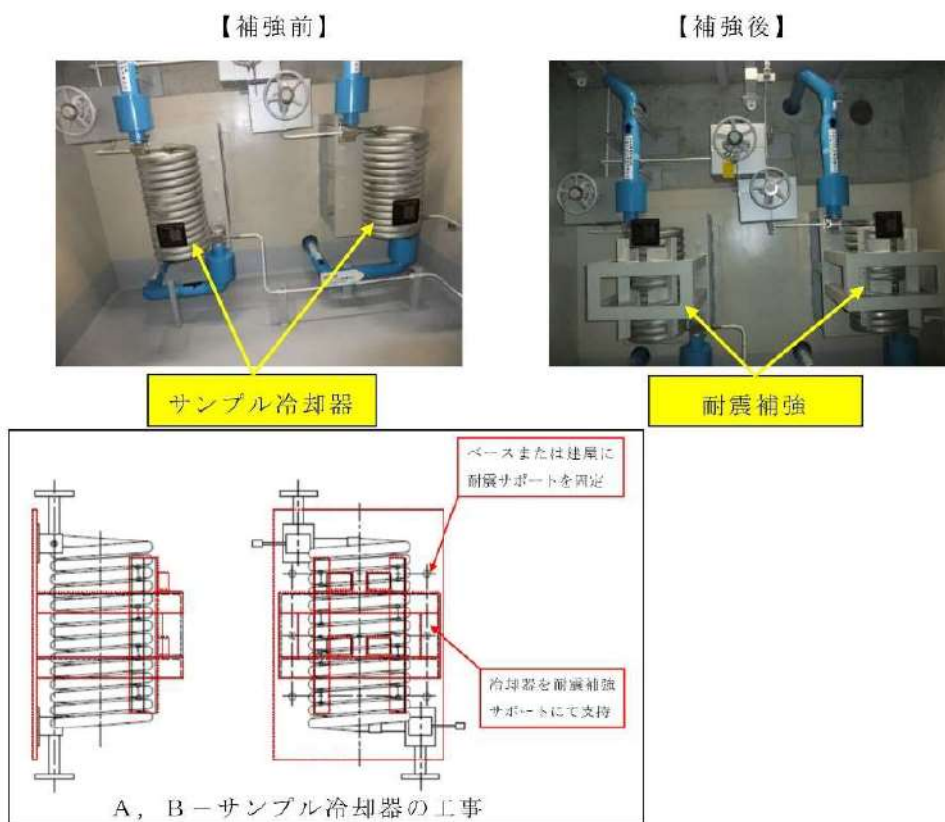
追而【地震側審査の反映】
 (下表の破線囲部分)は、基準地震動確定後に評価を実施し補強内容を反映する)

表1 補強工事対象機器

No	機器名	補強内容
1	A, B-サンプル冷却器	冷却器へのサポート追加
2	格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器	冷却器へのサポート追加
3	A, B, C-ブローダウンサンプル冷却器	冷却器へのサポート追加
4	ほう酸補給タンク	容器への補強部材追加, 取付ボルト追加
5	燃料取替用水加熱器	支持脚への補強部材追加, 取付ボルト追加
6	洗浄排水タンク	容器への補強部材追加
7	ほう酸回収装置蒸発器	支持脚への補強部材追加
8	廃液蒸発装置	
9	洗浄排水蒸発装置	
10	冷却材混床式脱塩塔	
11	冷却材陽イオン脱塩塔	
12	冷却材脱塩塔入口フィルタ	
13	冷却材フィルタ	
14	廃液蒸留水脱塩塔	
15	ほう酸回収装置	
16	配管	

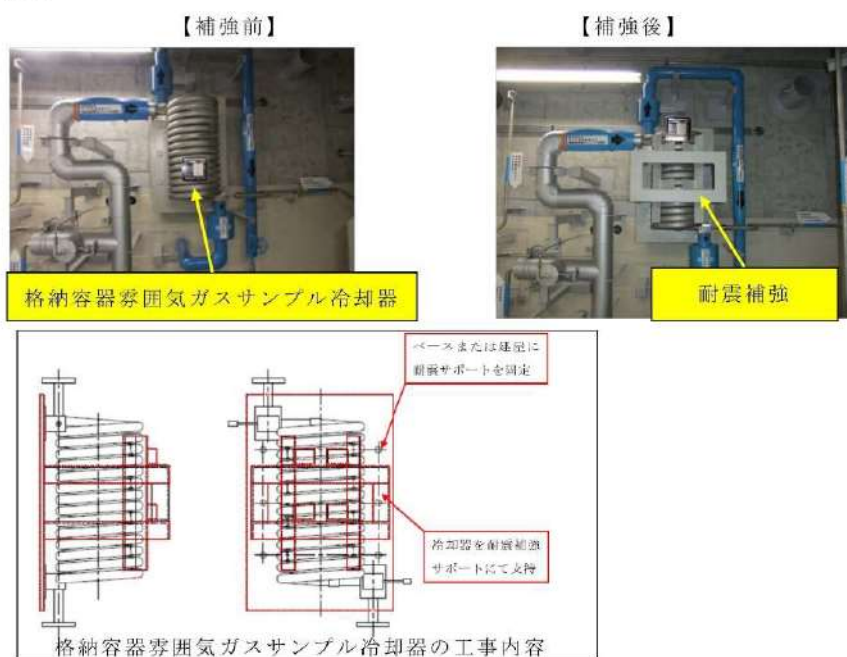
1. A, B-サンプル冷却器

(1) 工事概要



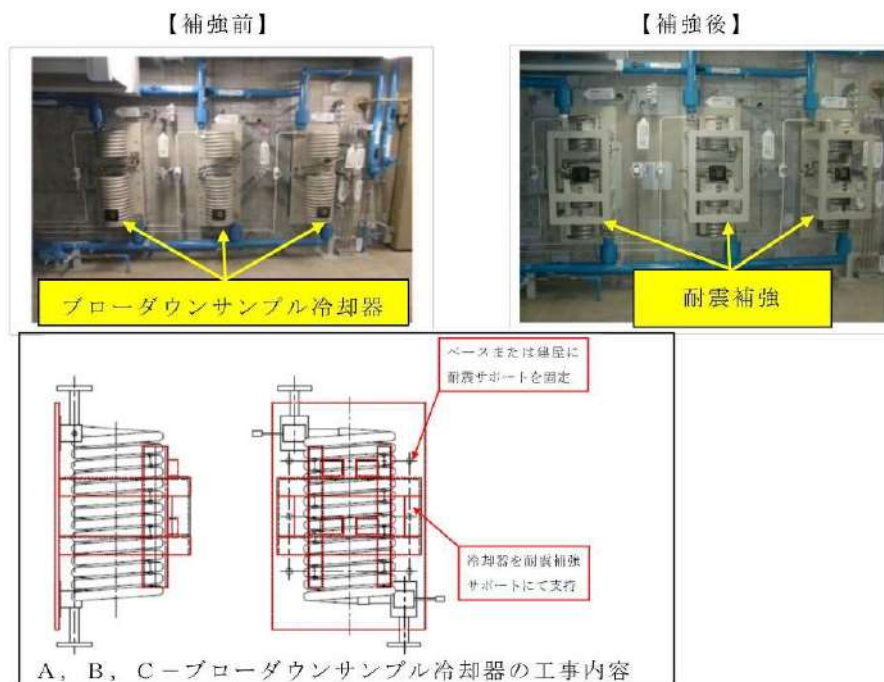
2. 格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器

(1) 工事概要



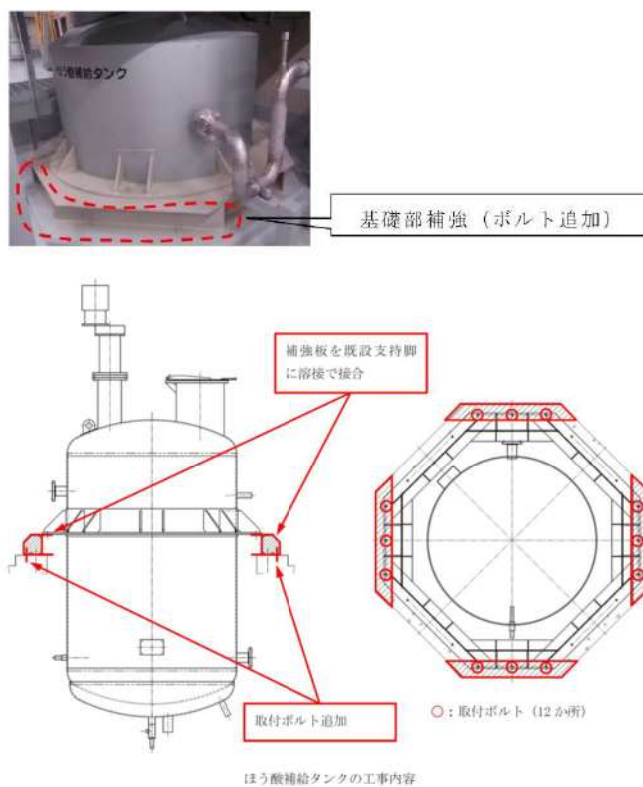
3. A, B, C-ブローダウンサンプル冷却器

(1) 工事概要



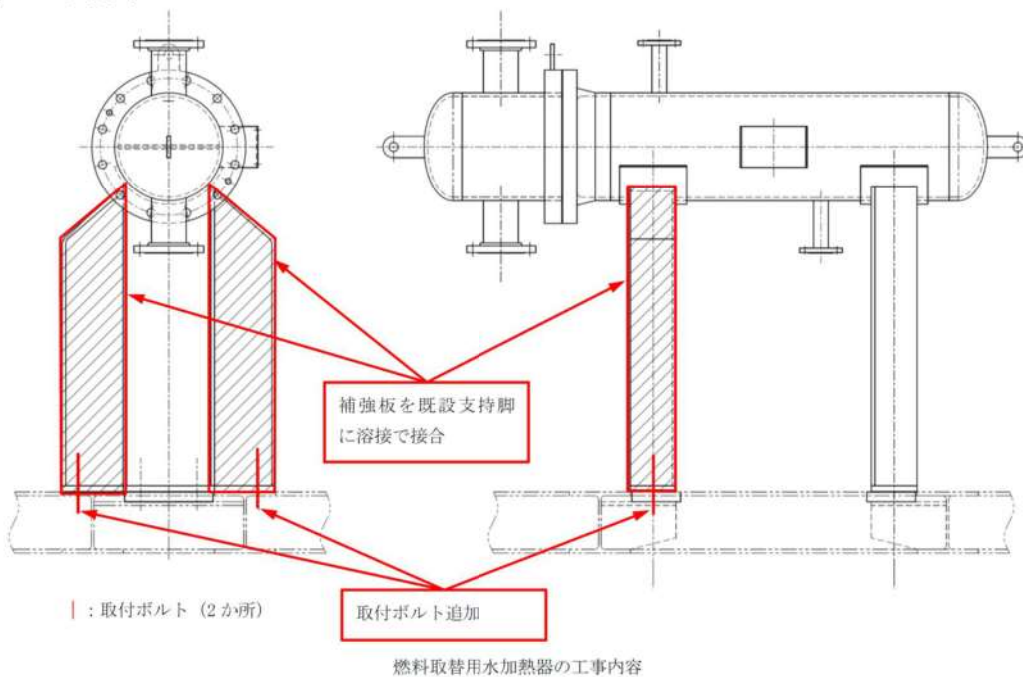
4. ほう酸補給タンク

(1) 工事概要



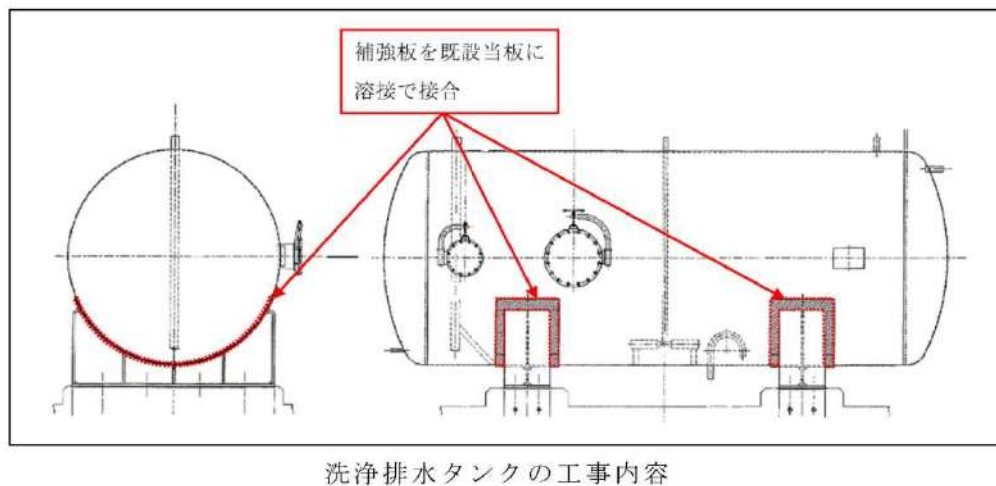
5. 燃料取替用水加熱器

(1) 工事概要



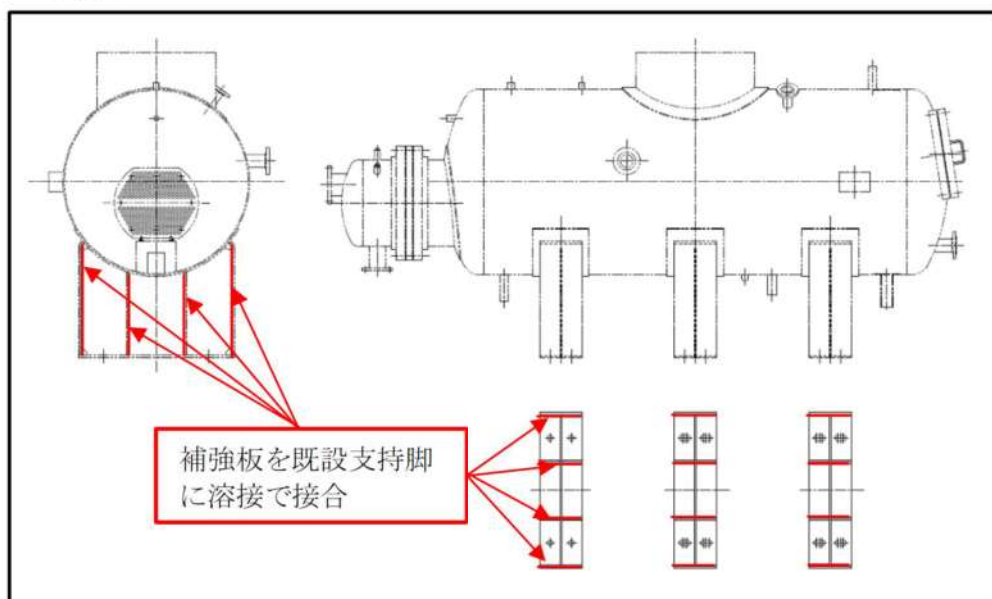
6. 洗浄排水タンク

(1) 工事概要



7. ほう酸回収装置蒸発器

(1) 工事概要



ほう酸回収装置蒸発器の工事内容

追而【地震側審査の反映】

(8. ～16. は、基準地震動確定後に評価を実施し補強工事概要を反映する)

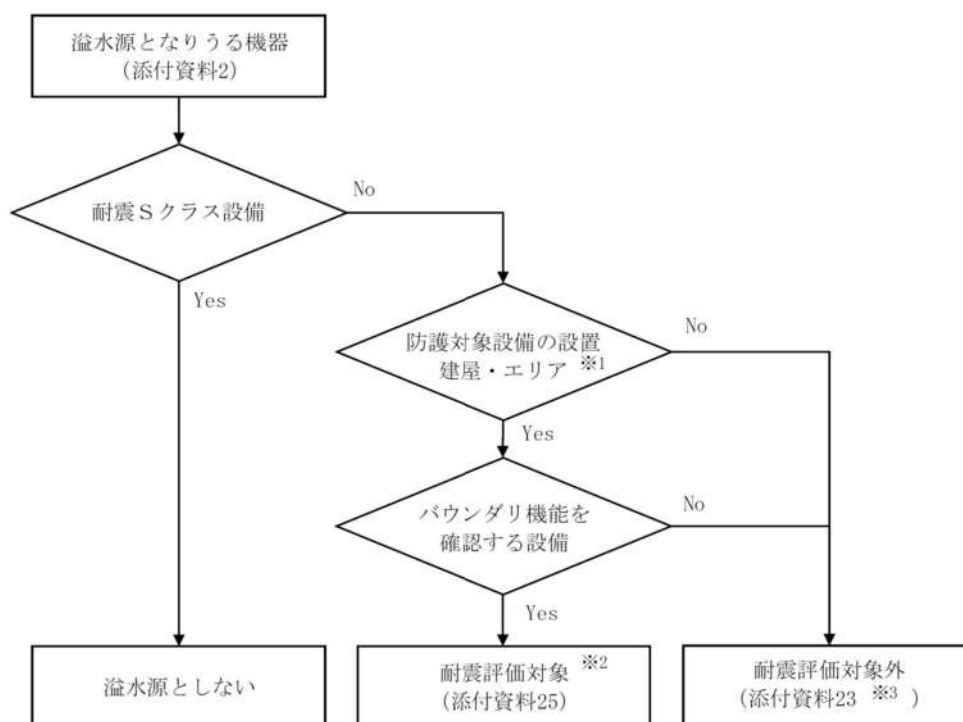
溢水影響評価における耐震B，Cクラス機器の抽出方法について

泊発電所3号炉の溢水影響評価においては、図1のとおり、防護対象設備が設置された建屋及びエリア（原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋及び取水ピットポンプ室）に設置され、バウンダリ機能を確認する耐震B，Cクラス機器について、基準地震動に対する地震力に対して耐震評価を実施し、発生値が評価基準値を上回る場合には、補強工事を行い、バウンダリ機能を確保することとしている。

これらの耐震B，Cクラス機器については、建設時より管理している設備図書（耐震重要度分類系統図）を用いて、機器の耐震重要度分類及び設置建屋（エリア）を確認し、耐震評価対象を抽出している。ここで、耐震重要度分類系統図には、系統仕様（耐震重要度分類，最高使用圧力，最高使用温度，流体種類等），建屋区分等が記載されている。

また、防護対象設備が設置されている建屋及びエリアについては、現地調査を実施し、抽出した耐震B，Cクラス機器が適切であることを確認している。

なお、耐震評価対象となる耐震B，Cクラス配管の抽出及び耐震評価範囲の例を図2に示す。

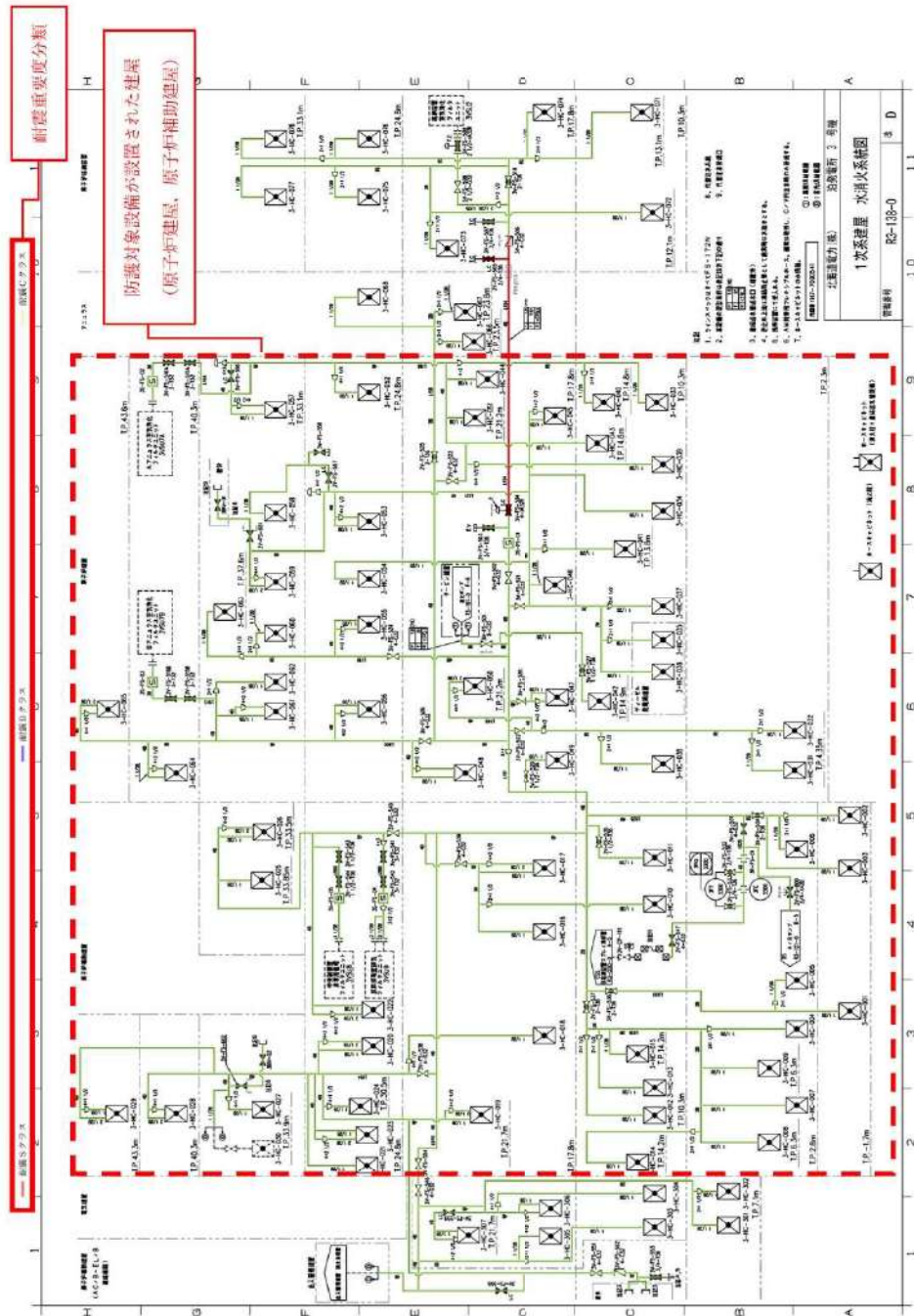


※1 原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，及び取水ピットポンプ室

※2 耐震評価の結果，発生値が評価基準値を上回る場合は，補強工事を行い，基準地震動による地震力に対してバウンダリ機能を確保する

※3 地震に起因する溢水源リスト

図1 耐震評価対象の抽出フロー



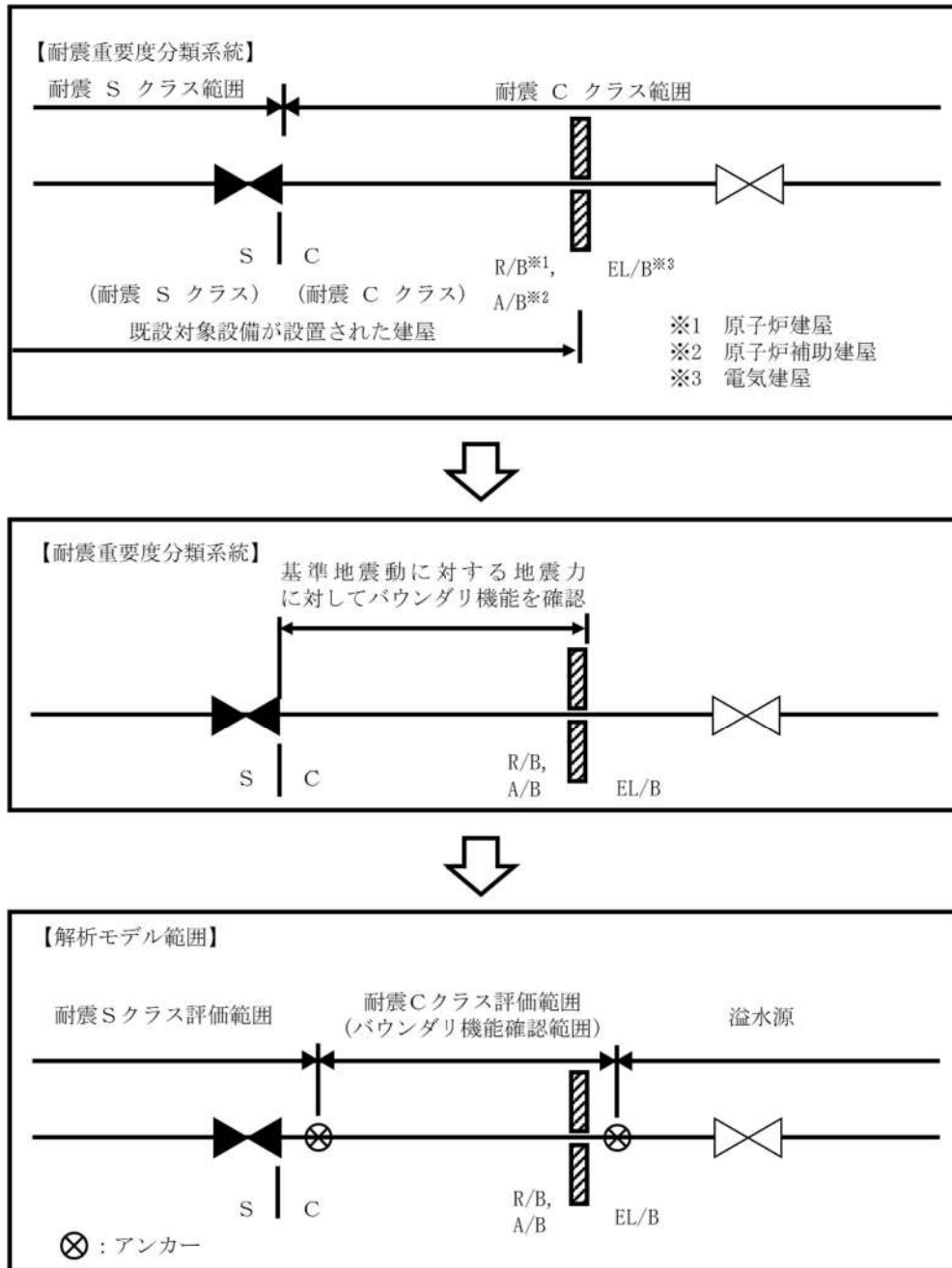


図2 耐震B, Cクラス配管の抽出及び耐震評価範囲の考え方 (2/2)

内部溢水評価における耐震壁等の確認について

1. はじめに

地震時の内部溢水評価の対象である泊発電所3号炉周辺補機棟、原子炉補助建屋及びディーゼル発電機建屋において、地震時に想定される溢水の最終貯留区画の耐震壁等について、ひび割れの影響を整理した。

2. 評価上の耐震壁等の確認について

図1のフローにより、最終貯留区画の耐震壁等の種類に応じ、評価上期待する壁及び評価上期待しない壁の整理を行い、評価上期待する壁について、地震によるひび割れの影響を確認する。

なお、地震により耐震壁等に発生するひび割れのうち、曲げひび割れについては水平方向に発生するため地震後の残留ひび割れは自重により閉じることから、せん断ひび割れを対象とする。

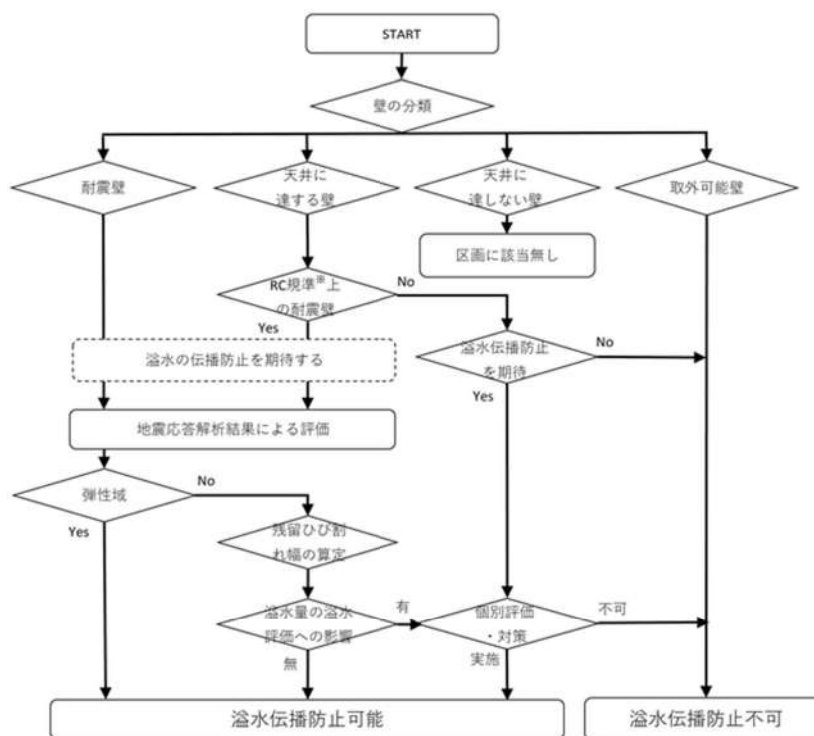


図1 最終貯留区画の耐震壁等の確認フロー

* :「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）」(本資料においては、以下「RC規準」という)

3. RC 規準上の耐震壁について

最終貯留区画の壁のうち、天井に達する壁（中間の床で耐震壁と一体となった壁を含む）は、床及び天井と一体となった構造体であるため、地震により生じるせん断変形は耐震壁と同様となり、地震応答解析結果から得られる耐震壁のせん断変形による評価が可能であり、地震応答解析上の耐震壁として扱っていない壁について、RC 規準上の耐震壁と同等であることを表 1 のとおり確認した。これら壁の配置状況を別添資料 1「泊発電所 3 号炉 最終貯留区画の耐震壁等配置図」に示す。

表 1 構造規定への適合性確認結果 [RC 規準 19 条 7 項関係]

確認事項	要求事項	確認結果	判定
①壁厚	120mm 以上かつ 壁板内法高さの 1/30 以上	最小壁厚 250mm 壁板内法寸法の 1/26 以上	適合
②せん断補強筋比	直交する各方向 0.25%以上	0.25%以上	適合
③壁筋の複筋配置	壁厚さ 200mm 以上は 複筋配置	複数筋配置	適合
④壁筋の径との間隔	D10 以上の異形鉄筋かつ 鉄筋間隔 300mm 以下	D13 の異形鉄筋かつ 最大鉄筋間隔 200mm	適合

4. 天井に達しない壁の確認について

最終貯留区画において、溢水の伝播防止を期待する天井に達しない壁はない。

5. 地震応答解析結果（基準地震動）による評価

(1) 耐震壁等のひび割れの可能性について

原子炉建屋の地震時に想定される溢水は T.P. 2. 3m 及び T.P. 2. 3m（中間床）に貯留される。

原子炉補助建屋の地震時の溢水は T.P. -1. 7m に貯留される。最終貯留区画のある階について、基準地震動による壁の最大応答せん断ひずみ度を表 2 に示す。

壁のひび割れ発生の有無は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」によるせん断変形（ τ - γ 関係）の第一折点が参考となるが、地震応答解析におけるせん断変形（ τ - γ 関係）が、第一折点（弾性限界）に納まる場合、水密性に影響のあるせん断ひび割れが生じないと判断する。

追而【地震津波側審査の反映】

せん断ひずみ確認結果については基準地震動確定後の評価結果により，見直しの要否を検討する。

表 2 基準地震動による地震応答解析結果一覧

評価対象		第一折点の せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)		各層の最大応答 せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	
建屋名	T.P.	EW	NS	EW	NS
周辺補機棟	17.8m~24.8m	0.212	0.212	弾性範囲内	
	10.3m~17.8m	0.230	0.230	弾性範囲内	
	2.3m~10.3m	建屋モデルにおいて基礎に位置しており，せん断ひずみは生じない。			
原子炉補助 建屋	17.8m~24.8m	0.195	0.195	弾性範囲内	
	10.3m~17.8m	0.218	0.218	0.282	0.252
	2.8m~10.3m	0.227	0.227	0.256	弾性範囲内
	-1.7m~2.8m	建屋モデルにおいて基礎に位置しており，せん断ひずみは生じない。			
ディーゼル 発電機建屋	6.2m~10.3m	0.117	0.117	弾性範囲内	

(2) 残留ひび割れ幅の算定

地震応答解析によるせん断ひずみ度より、「鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひびわれ性状に関する検討（昭和 63 年コンクリート工学年次論文報告集）」に基づき，残留ひび割れ幅を算定し比較する。

a. 残留ひび割れ幅の算定

- ・ 残留ひび割れ幅の総計

図 2 より，せん断ひずみ度 (X) から，(Y) の値を読み取り

$$Y = (30 \sim 110) \times 10^{-6}$$

ここで，

Y：残留ひび割れ幅の総計／測定区間長さ（図 2 の上限）

X：せん断ひずみ度

$$((0 \sim 0.282) \times 10^{-3})$$

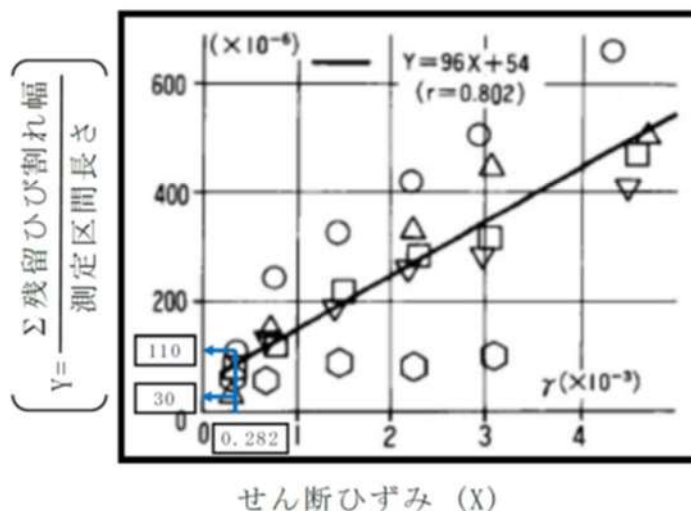


図 2 残留ひび割れ幅の総計／測定区間長さ

- 平均ひび割れ間隔の算定

$$A = B \times C$$

$$= 200 \times (6.8 \sim 4)$$

$$= 1360 \sim 800 \text{mm}$$

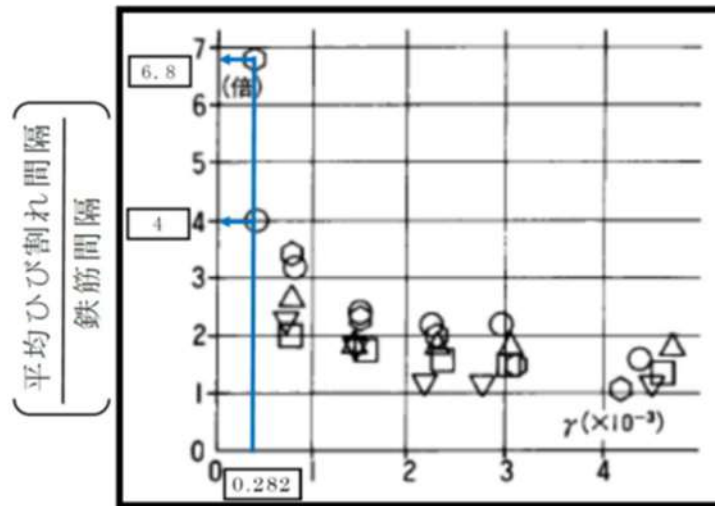
ここで、

A : 平均ひび割れ間隔 (mm)

B : 最大鉄筋間隔 (mm)

C : 平均ひび割れ間隔 / 鉄筋間隔

(図3の上限)



せん断ひずみ (X)

図3 平均ひび割れ間隔 / 鉄筋間隔

- 残留ひび割れ幅の算定

$$t = Y \times A$$

$$= (30 \sim 110) \times 10^{-6} \times (1360 \sim 800)$$

$$= 0.024 \sim 0.150 \text{mm}$$

ここで、

t : 残留ひび割れ幅 (mm)

Y : 残留ひび割れ幅の総計 / 測定区間長さ

A : 平均ひび割れ間隔 (mm)

b. 弾性範囲を超える部位の検討

弾性範囲を超える各部位について残留ひび割れ幅を算定し、表3に示す。

表3 弾性範囲を超える部位の残留ひび割れ幅の算定結果

評価対象	T. P.	各層の最大応答 せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)		弾性範囲を超える残留 ひび割れ幅の算定結果 (mm)		回帰式による 残留ひび割れ幅 (mm)	
		EW	NS	EW	NS	EW	NS
周辺補機棟	17.8m～ 24.8m	弾性範囲内		—	—	—	—
	10.3m～ 17.8m	弾性範囲内		—	—	—	—
	2.3m～ 10.3m	基礎に位置しており、せん断ひずみは生じない。		—	—	—	—
原子炉補助 建屋	17.8m～ 24.8m	弾性範囲内		—	—	—	—
	10.3m～ 17.8m	0.282	0.252	0.024～ 0.150	0.024～ 0.150	0.112	0.107
	2.8m～ 10.3m	0.256	弾性範囲内	0.024～ 0.150	—	0.107	—
	-1.7m～ 2.8m	基礎に位置しており、せん断ひずみは生じない。		—	—	—	—
ディーゼル 発電機建屋	6.2m～ 10.3m	弾性範囲内		—	—	—	—

c. 評価結果

弾性範囲を超える各部位で算定した最大残留ひび割れ幅は、「維持管理指針」に示される評価基準である「0.2mm」を超えないことを確認した。

(3) 残留ひび割れによる内部溢水評価への影響確認

a. 原子炉補助建屋

残留ひび割れ幅は、既往実験結果からは0.150mmであることから、「維持管理指針」に示される、コンクリート構造物の使用性（水密）の観点から設定されたひび割れ幅の評価基準「0.2mm未満」を満足する。

また、最終貯留区画の耐震壁等は、水圧による応力が長期許容応力度以下となるため、残留ひび割れからの漏水による内部溢水評価への影響はない。

6. まとめ

地震時に想定される溢水の最終貯留区画の耐震壁等について、残留ひび割れからの漏水による内部溢水評価への影響がないことを確認した。

泊発電所 3号炉 最終貯留区画の耐震壁等配置図

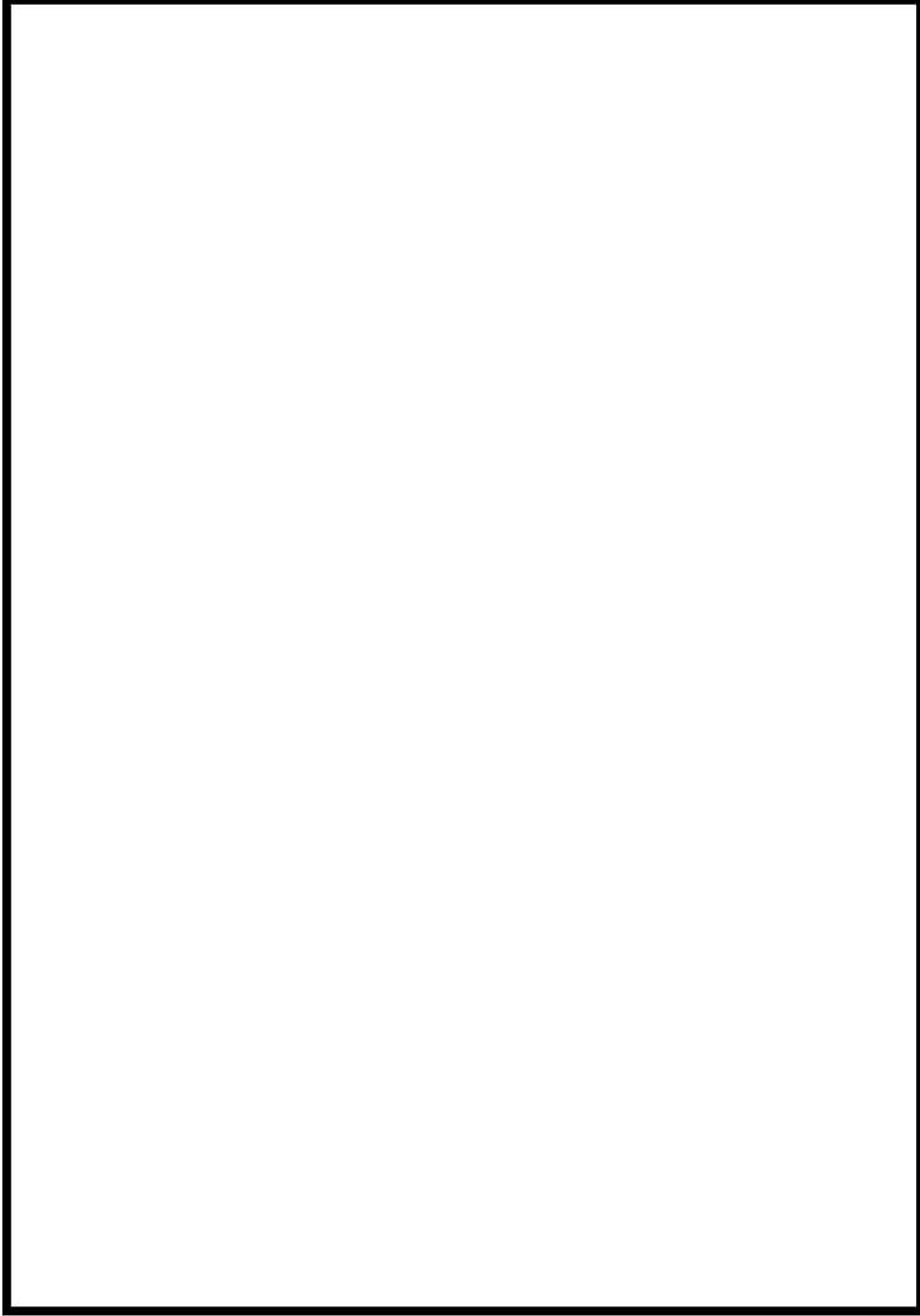


図 4 T.P.17.8m 最終貯留区画 耐震壁等配置

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

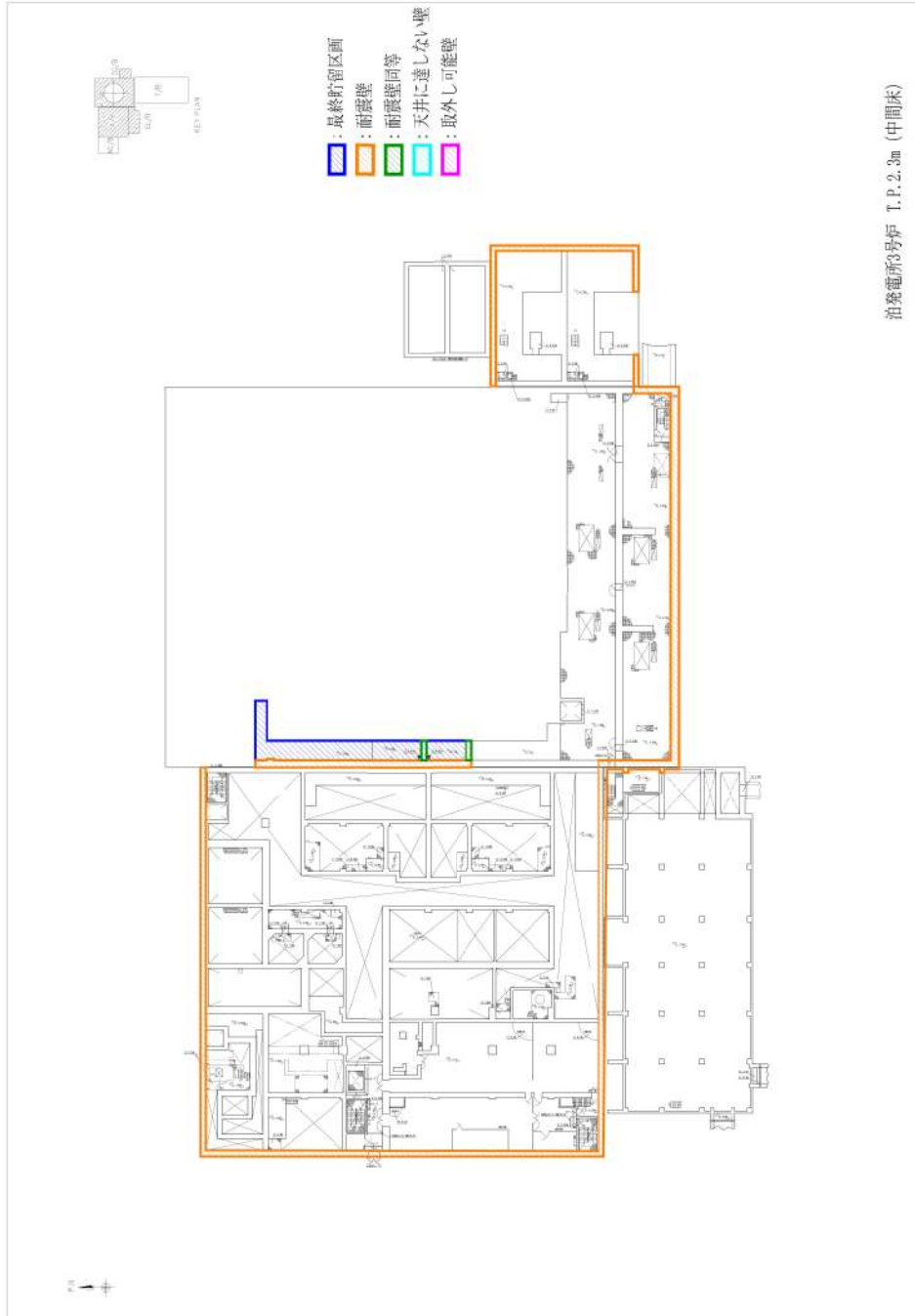


図5 T.P.2.3m (中間床) 最終貯留区画 耐震壁等配置

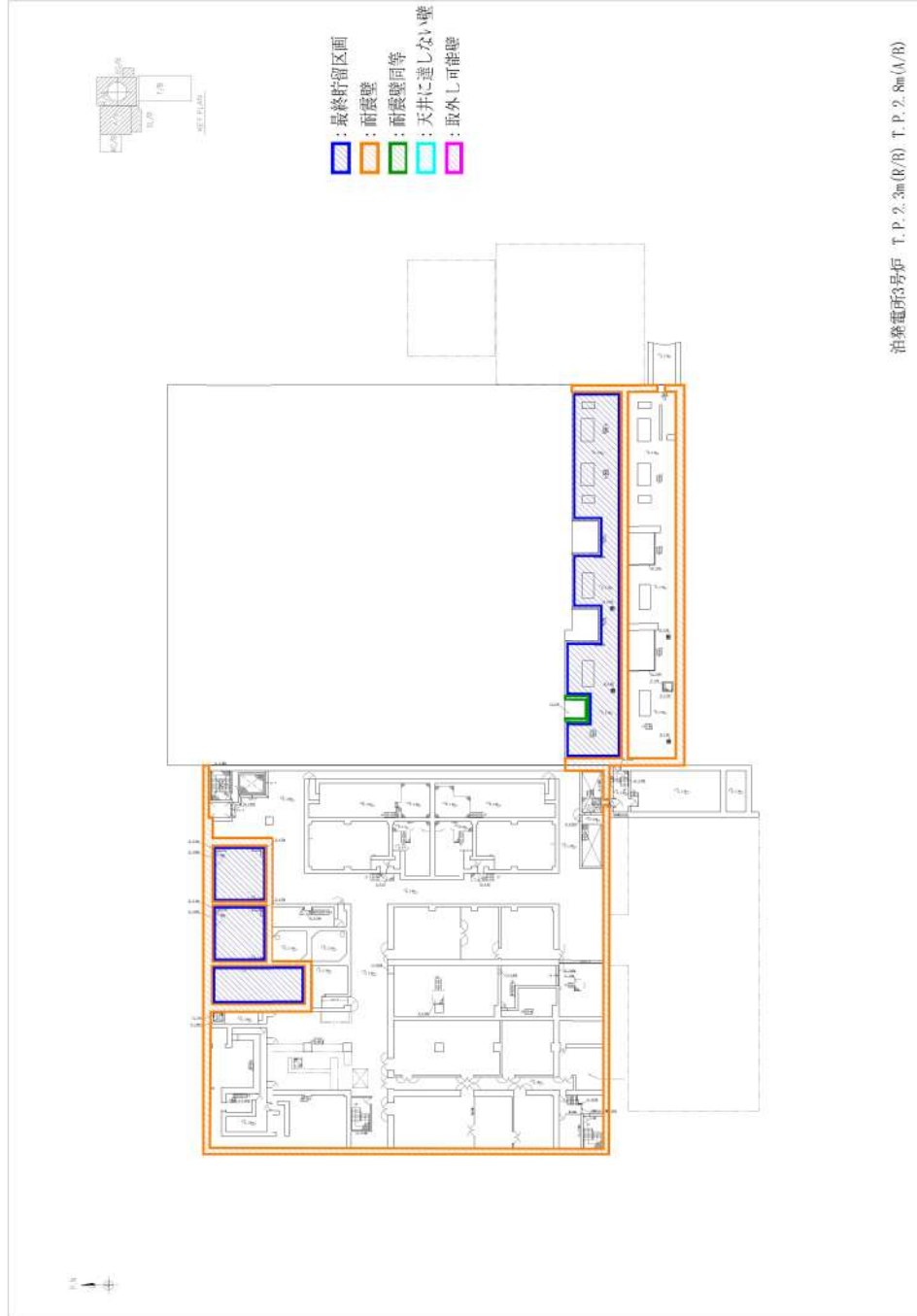


図6 T.P.2.3m(R/B) T.P.2.8m(A/B) 最終貯留区画 耐震壁等配置

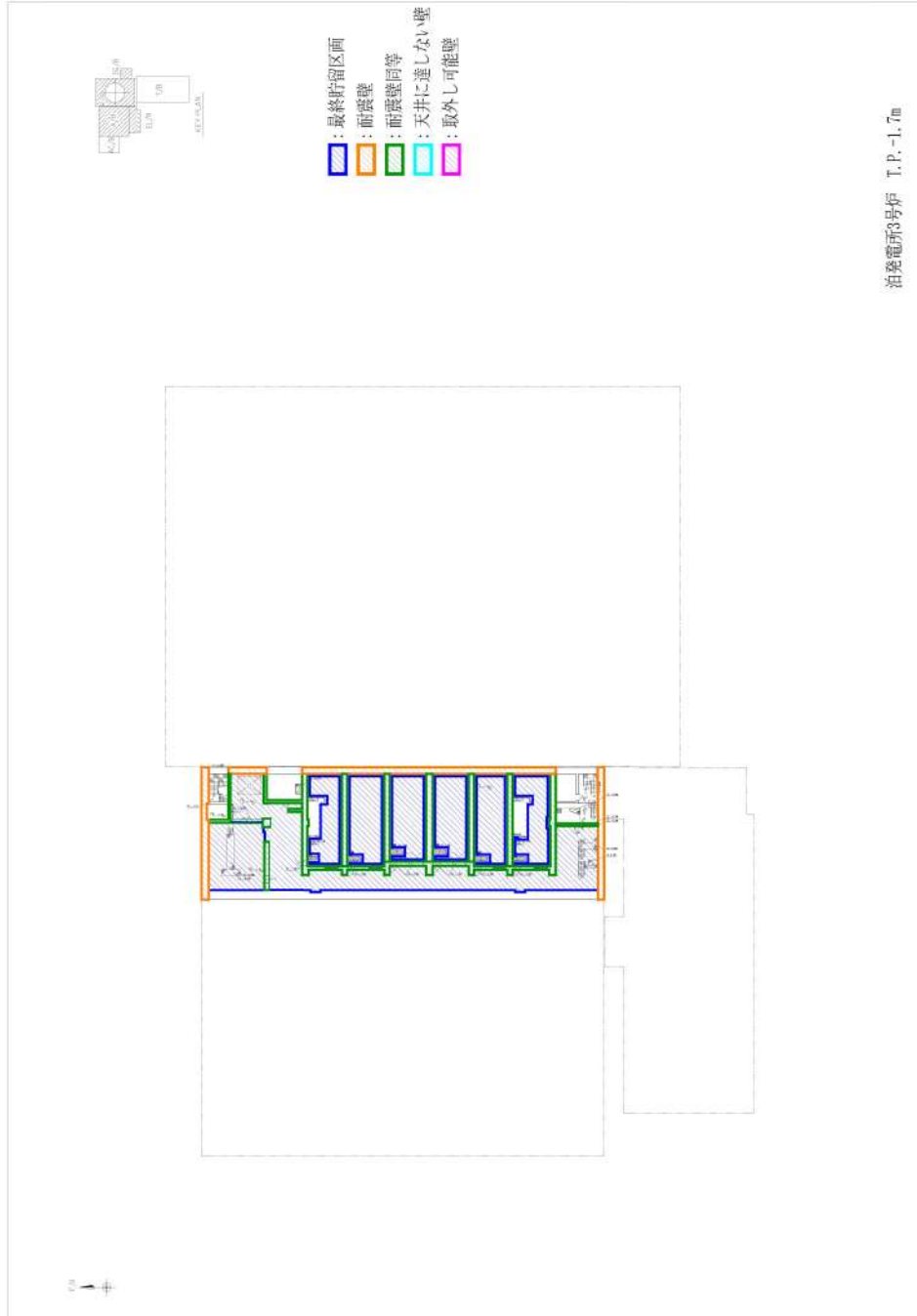


図7 T.P.-1.7m 最終貯留区画 耐震壁等配置

残留ひび割れ幅算定式の適用性について

1. はじめに

地震時の耐震壁等に生じる残留ひび割れ幅算定式の適用性について説明する。

2. 算定式の適用性

地震時に建屋の鉄筋コンクリート壁に生じる残留ひび割れ幅については、地震応答解析におけるせん断ひずみ度から、(財)原子力工学試験センターで実施された原子炉建屋の耐震壁の試験結果を取りまとめた文献に基づき算定している。

当文献では、骨材径、配筋方法等をパラメータとして実施された複数の試験を基にせん断ひび割れ性状を検討している。文献における試験体と、耐震壁（耐震壁同等の壁を含む）の諸元比較を表 3 に示す。

試験体と実機を比較した結果は以下のとおり。

- ①壁厚については、実機の最小壁厚は 25cm であり、試験体（S-1 を除く）と同程度である。
- ②骨材径については、実機は 20mm であり、試験体 S-2, S-3 と同程度である。
- ③配筋方法に関しては実機と異なるが、試験における平均ひび割れ間隔は、部分的なばらつきはあるものの、配筋方法によらずほぼ同等である。

以上のことから、当文献の試験結果を適用することに支障はないと判断し、図 8 及び図 9 に示すとおり試験全体のばらつきを考慮し、残留ひび割れ幅を大きく算定する値を用いて評価を実施している。

表 4 試験体と実機壁の諸元比較

		諸元					備考*
		壁長さ (cm)	壁高さ (cm)	①壁厚 (cm)	②骨材径 (mm)	③配筋方法 段数－径－間隔	
試験体	S-1	150	120	8	10	2-D16@50	○
	S-2	450	360	24	25	2-D19@150	△
	S-3	450	360	24	25	4-D10@74	□
	S-4	450	360	24	10	2-D19@150	▽
	S-5	450	360	24	10	4-D10@74	◇
実機壁		—	—	25～ 210	20	2-D13@200～ 4-D35@200	

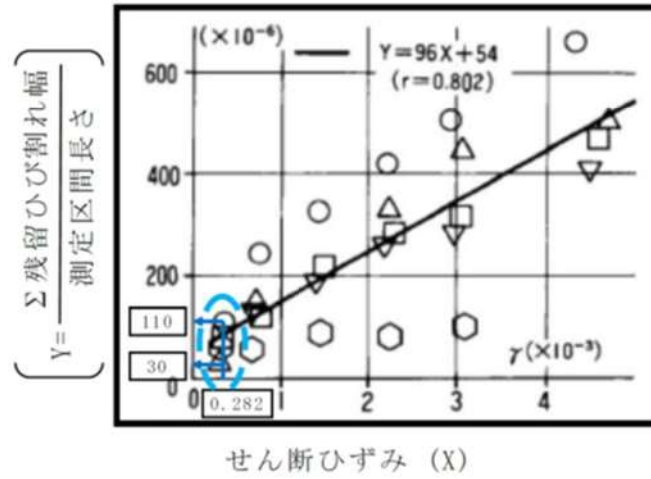


図 8 残留ひび割れ幅の総計／測定区間長さ

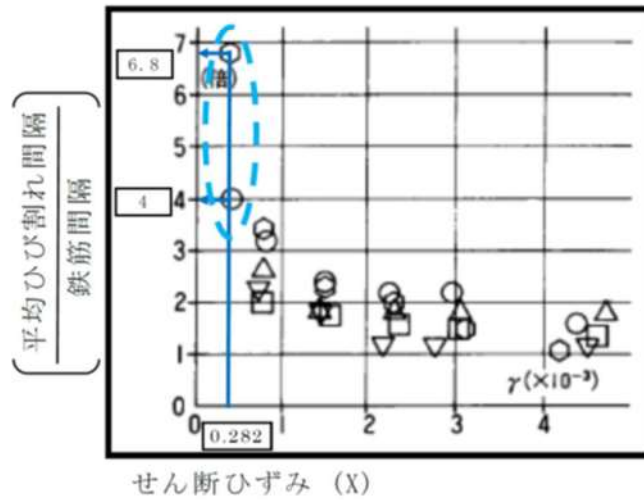


図 9 平均ひび割れ間隔／鉄筋間隔

維持管理指針における評価基準「0.2mm 未満」について

1. はじめに

内部溢水評価における、浸水範囲の境界壁である耐震壁等のひび割れ幅の評価基準について整理した。

2. 設定した評価基準「0.2mm 未満」について

内部溢水評価におけるひび割れ幅の評価基準「0.2mm 未満」は、維持管理指針において、既往の指針類*1を参考に「コンクリート構造物の使用性（水密）*2」の観点から設定している。（表 5 及び表 6 参照）

*1:「コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針-2003-（社団法人 日本コンクリート工学協会）」

*2:主に液体状の放射性物質の漏えい拡大を防止するために設置されている堰及び堰で囲まれる壁・床に求められている漏えい防止機能に関連する性能（維持管理指針より）

表 5 維持管理指針におけるひび割れ幅の評価基準

（「維持管理指針 解説表 7 - 1 ひび割れに対する評価区分と評価基準」より，一部加筆）

影響する性能	評価区分と評価基準		
	A 1 (健全)	A 2 (経過観察)	A 3 (要検討)
構造安全性	構造安全性に影響を与えるひび割れがない	—	構造安全性に影響を与えるひび割れがある
使用性	ひび割れ幅が 0.3mm 未満(屋外) 0.4mm 未満(屋内)	ひび割れ幅が 0.3mm 以上 0.8mm 未満(屋外) 0.4mm 以上 1.0mm 未満(屋内)	ひび割れ幅が 0.8mm 以上(屋外) 1.0mm 以上(屋内)
	水密	塗膜にひび割れがない*3 ひび割れ幅が 0.05mm 以下*4	— ひび割れ幅が 0.05mm を超え 0.2mm 未満*4
遮蔽性	使用性の評価区分に準ずる		

* 3 : 塗膜で使用性（水密）を評価する場合

* 4 : コンクリートで使用性（水密）を評価する場合

表6 評価区分

(「維持管理指針7. 2. b (1) 健全性評価の区分」より)

A1 (健全)	点検結果が評価基準を満足する場合
A2 (経過観察)	劣化が顕在化しているが点検結果は <u>評価基準を満足している</u> 場合
A3 (要検討)	すでに点検結果が評価基準を満足していない場合

3. 維持管理指針におけるひび割れ幅の評価基準の適応性について

「コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針-2003- (社団法人日本コンクリート工学協会)」においては, 既往の研究による水密性からの許容ひび割れ幅として表7が示されている。

壁厚による影響を考慮した坂本らの研究によると, 漏水が生じるひび割れ幅は, 壁厚18cmまでは0.1mm以上, 壁厚26cmでは0.2mm以上とされている。

ひび割れからの漏水影響を考慮する必要のある最終貯留区画の最低壁厚25cmを考慮すると, 評価基準「0.2mm未満」は適用可能と考える。

以上より, 内部溢水評価における, 浸水範囲の境界壁である耐震壁等のひび割れ幅の評価基準として, 維持管理指針に示される評価基準「0.2mm未満」と設定することは問題ないと考えられる。

表7 既往の研究による水密性からの許容ひび割れ幅

(「コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針-2003-解説表-4.4」より, 一部加筆)

研究者名	許容ひび割れ幅 (mm)	要旨
狩野春一ほか ²⁾	0.05	数年にわたる調査研究によると, 12cm厚のスラブで, ひび割れの見つけ幅が0.04mmではほとんど降雨による漏水は認められなかった。0.06mm前後が危険度約20%程度の漏水限界幅と思われる。ただし水圧の大きいところでは当然さらに小さい幅でも危険である。
仕入器和 ³⁾	0.05	厚さ10cmのコンクリート供試体について, 水圧0.001N/mm ² (風速50m/s時の風圧に相当する)で連続1時間の透水実験を行い, ひび割れ幅が約0.05mm以下ではほとんど透水は認められないことを示した。また, 実在RC建築物におけるひび割れ幅と漏水の有無についての調査を行い, 実用防水上支障がないと考えられるひび割れ幅は0.05mmとした。
浜田 稔 ⁴⁾	0.03	ひび割れ幅と雨もりの有無とを実際のアパートについて調査した結果, 最初は0.06mmが雨もりを認める限界の幅であるとされたが, 最近では, 0.03mmでも雨もりを認める場合があるようになった。
向井 稔 ⁵⁾	0.06	5×10×30cmモルタル, 水深10cmでの試験結果では, ひび割れ幅が0.06mm以下では, たとえ0.03mmでも試験体表面のひび割れ部から透水を示し「湿り」がみられたが漏水は0.07mmでもほとんどみられなかった。しかし, それ以上のひび割れ幅の場合は明らかに漏水現象がみられた。
神田幸弘・石川広三 ⁶⁾	(0.06以下)	壁体が飽水状態にあるとき, 無風もしくは微風時に漏水を生ずる最小のひび割れ幅は0.06~0.08mm付近にある。
東倉祐光 ⁷⁾	(0.12以下)	φ15×4cmのモルタル, 水深30cm(0.003N/mm ²)での試験結果では, ひび割れ幅0.12mm(これ以下の試験はしていない)では透水はゼロに近い。
松下浩夫ほか ⁸⁾	(0.08以下)	幅が片面0.08mm, 片面0.3mmの水平ひび割れを有する厚15cmのモルタル供試体で, 細い鋼から長時間放水したとき, 1分でしみ発生, 5.5分で泡発生, 10分で流れ始め, その速では, 0分でしみ発生, 5.5分で流れ始め。
石川広三 ⁹⁾	(0.15以下)	気乾状態のコンクリート供試体, 厚8cm, 圧力差0.0002N/mm ² , 実験時間: 原則として3時間では, ひび割れ幅が0.15mm以下では, ひび割れ部周囲にしみが生ずる程度で, 漏水にはいたらない。
坂本照夫・石橋敏・高美雄 ¹⁰⁾	壁厚によって異なる	漏水にはひび割れ幅, 壁厚が影響し, 模型実験において漏水するひび割れ幅は, 壁厚10, 18cmでは0.1mm以上, 壁厚26cmでは0.2mm以上であり, 壁厚が厚くなるほうが漏水に対して有利である。

4. 耐震壁等のひび割れからの漏水影響について

参考として、溢水が長期間滞留する最終貯留区画の耐震壁等のひび割れ幅からの漏水影響の確認方法を以下に示す。

①ひび割れからの漏水量の算定

「コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針-2009-付：ひび割れの調査と補修・補強事例（社団法人 日本コンクリート工学協会）」に示される下式に基づき算定する。

(漏水量算定式)

$$Q = C_w \cdot L \cdot w^3 \cdot \Delta p / (12 \nu \cdot t)$$

ここに，

Q : 漏水量 (mm³/s)

C_w : 低減係数

L : ひび割れ長さ (mm)

w : ひび割れ幅 (mm)

ν : 水の粘性係数 [1.14×10⁻⁹ N・s/mm² とする]

Δp : 作用圧力 (N/mm²)

t : 部材の厚さ (ひび割れ深さ) (mm)

(算定条件)

C_w : 最終貯留区画の壁厚さを考慮し、「沈埋トンネル側壁のひび割れからの漏水と自癒効果の確認実験（コンクリート工学年次論文報告集 Vol. 17, No. 1 1995）」に基づき設定する。

L : 地震時のせん断ひび割れを対象としていることから，壁面全面に45度で×型に入ると仮定。

w : 対象壁に生じると推定される残留ひび割れ幅の値を0.150mmとする。

Δp : 溢水高さ及び比重を考慮した静水圧分布。

(算定結果)

せん断ひずみが弾性範囲を超え，溢水が滞留し続けるエリアにおける1時間当たりの漏水量を算出した。

対象エリアの漏水量：0～約150L/h

漏水による隣接エリアの溢水水位：1mm以下

(考察)

仮に漏水が発生したとしても，算出したエリアの最大漏水量は約150L/hであり，漏水回収により新たな溢水経路は発生しない。また，最下層以外の溢水経路を形成する壁については，

溢水水位が低く滞留時間も短いため漏水には至らないと考えられる。

②漏水量の評価

- ・ 図 10 から読み取れる透水量は、実機相当のひび割れ幅 0.1mm ではほとんど 0 であり、0.2mm でも相当に小さい値となっている。
- ・ ひび割れ幅が 0.2mm 未満であれば、自癒効果*5 により漏水量は時間の経過に伴って減少することから、さらに漏水影響は軽減される。

*5 水中の懸濁物質による目詰まり、ひび割れ内部のコンクリートの水和反応による固形物質の析出等により漏水量時間の経過に伴って減少すること

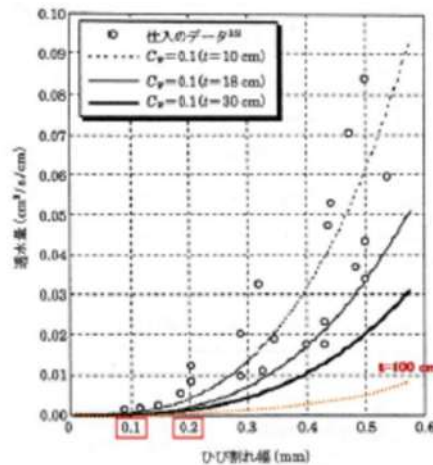


図 10 ひび割れ幅と透水量の関係（文献*6 に加筆）

*6 「コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針-2009-付：ひび割れの調査と補修・補強事例（社団法人日本コンクリート工学協会）」

③地震発生時の対応

(1) 地震発生時の巡視点検

大規模地震発生時，現場巡視点検を実施し異常の有無を確認する。

(2) 異常時の措置

巡視点検により区画壁からの漏水を確認した場合，簡易堰の設置等により漏水の拡大防止を図るとともに，速やかに補修を行う。

躯体のひび割れ及びエポキシ樹脂塗装の保守管理について

1. はじめに

通常時における原子炉建屋等の躯体等のひび割れの保守管理については、「泊土課則 第 8 号 泊発電所 コンクリート構造物・鉄骨構造物施設管理細則」に基づき適切に管理を行っている。ひび割れの保守管理について整理した。

2. 点検項目

ひび割れの具体的な状況把握のため、ひび割れの推定成因、ひび割れの位置(床からの高さ)、ひび割れの幅、ひび割れの長さ、ひび割れの方向(角度)を点検調査し、ひび割れ幅やエポキシ樹脂塗装面の点検結果から健全性を判定している。この判定結果に基づき、補修計画を策定し、修繕を実施する管理としている。

また、地震発生後には、地震の規模に応じたパトロールを実施することとしており、建物・構築物等の健全性を確認することが定められている。

3. 最終貯留区画の保守管理について

今後、溢水の最終貯留区画を含む建屋範囲については、耐漏えい性を必要とする重要度を考慮した対応として、点検結果が、維持管理指針における A 1 (健全) を満足しない判定となる場合は、速やかに補修等の対応をとる管理とする。

標準支持間隔法に基づく配管の耐震評価

1. 基本方針

溢水影響評価において溢水源の対象配管は耐震B，Cクラスであるが，基準地震動による地震力が作用した場合でも耐震性を有することを，標準支持間隔法等を用いて確認する。標準支持間隔法は，標準支持間隔以下で配管サポートを敷設すれば，標準支持間隔で算出した一次応力以下に抑えることができるものである。

標準支持間隔の算出は以下の規準及び規格に基づき実施する。

- ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
 - ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補-1984)
 - ・日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
 - ・日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007)
- 評価に用いる基準地震動に基づく床応答曲線は，耐震設計で用いるものと同じである。

2. 支持間隔算出の方法

2. 1 概要

標準支持間隔は，各床区分における配管系の内圧，質量部及び地震応力に基づき，一次応力評価基準値内となる最大の支持間隔を算出する。

なお，地震応力の算出に当たっては，耐震設計で用いる基準地震動による床応答曲線と同じものを用いる。

2. 2 支持間隔

2. 2. 1 解析モデル

各種配管を図1のように支持間隔Lで3点支持した等分布質量の連続はりにモデル化する。この場合，支持点の拘束方向は軸直角方向のみとし，軸方向及び回転に対しては自由とする。

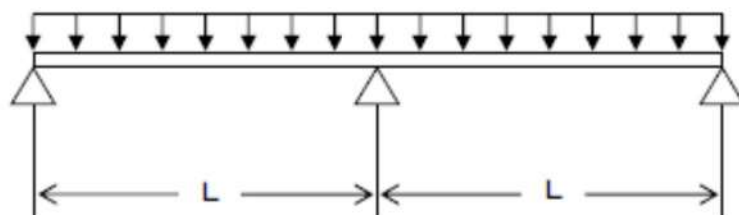


図1 標準支持間隔法の解析モデル

2. 2. 2 解析条件及び解析方法

- ①各種配管について、設計用地震力による応力を算定するとともに、内圧及び自重の影響を考慮して一次応力の最大支持間隔を求める。
- ②配管の自重は、配管自体の重量と内部流体の重量とを合計した値とする。さらに、保温材ありの配管についてはその重量を考慮する。

3. 設計用地震力

解析に使用する設計用地震力の種類及び設計用減衰定数は表 1 のとおりである。また、標準支持間隔の計算に用いる配管系の設計用減衰定数については、「5. 参考文献」に示す既往研究等において試験等により妥当性が確認され、標準支持間隔法での適用について工事計画認可実績のある区分Ⅲの値（保温材無：2.0%，保温材有：3.0%）を適用する。

なお、区分Ⅲの減衰定数の適用にあたっては、評価対象配管が、解析ブロック端※から解析ブロック端までの間に、水平配管の自重を架構で受けるUボルト支持具を4個以上有することを確認する。

- ※ 6軸拘束のアンカ（機器管台との接続、建屋貫通部、アンカサポート等）又はx, y, zの各方向をそれぞれ2回ずつ拘束するサポート群（アンカ点とみなす）をいう。
また、減衰定数の設定において、保温材の効果は考慮する。

表 1 設計用地震力の種類

建屋	床応答曲線高さ T.P. (m)	減衰定数 (%)
周辺補機棟 (RE/B)	17.8, 24.8, 33.1	0.5, 1.5, 2.0, 3.0
燃料取扱棟 (FH/B)	41.0, 47.6, 55.0	0.5, 1.5, 2.0, 3.0
原子炉補助建屋 (A/B)	10.3, 17.8, 24.8, 33.1, 38.1, 40.3, 42.2, 43.3, 47.6	0.5, 1.5, 2.0, 3.0
ディーゼル発電機建屋 (DG/B)	10.3, 18.8	0.5, 1.5, 2.0, 3.0
外部遮へい建屋 (O/S)	17.0, 17.8, 24.8, 33.1, 41.0, 47.6, 51.9, 56.2, 60.5, 69.15, 76.48, 81.38, 83.10	0.5, 1.5, 2.0, 3.0
循環水ポンプ建屋 (CWP/B)	10.05	0.5, 1.5, 2.0, 3.0

4. 具体的な評価手順

一次応力のうち標準支持間隔法を用いた具体的な評価手順を図2に示す。

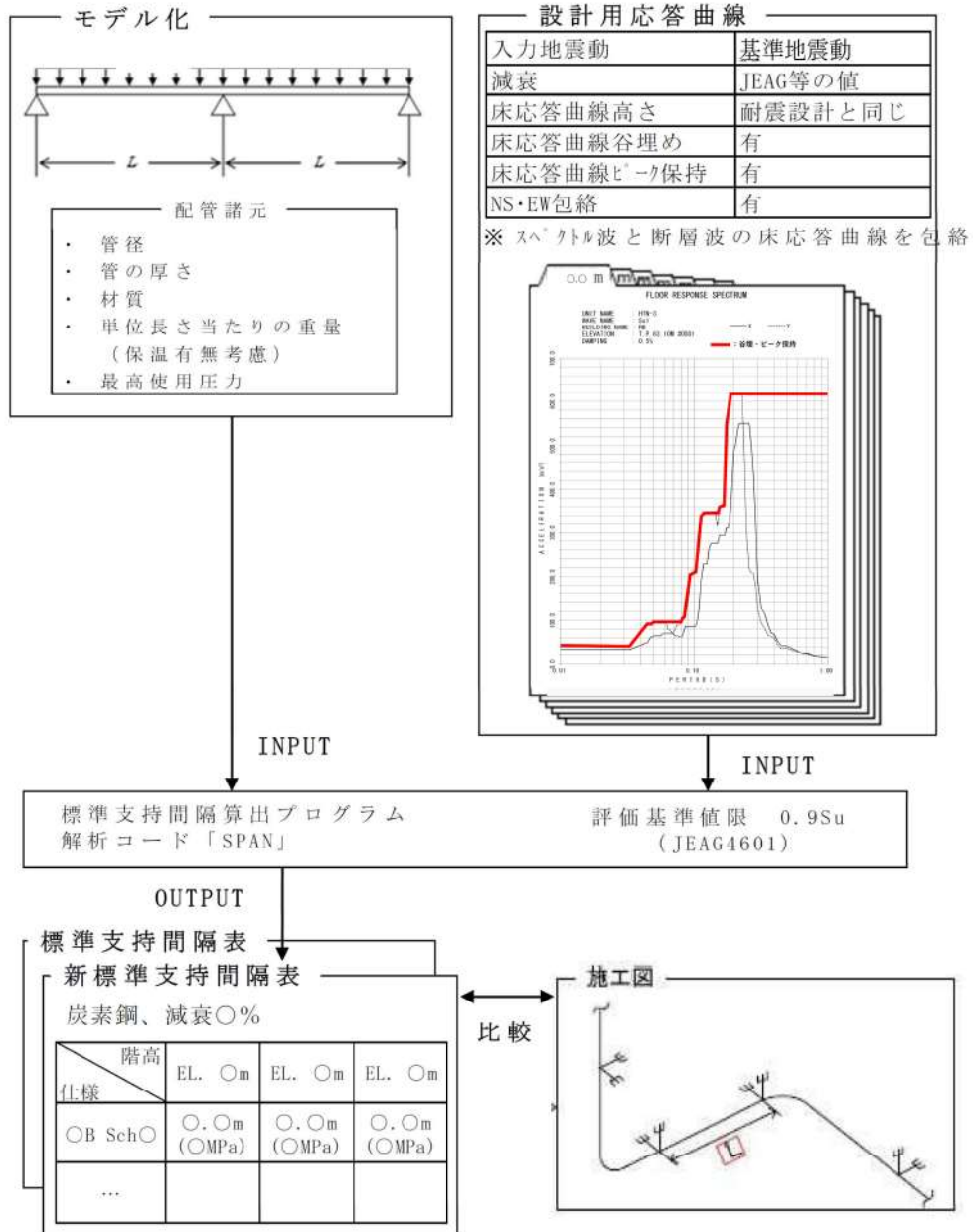


図2 標準支持間隔法を用いた評価手順の例

5. 参考文献

「電源開発株式会社大間原子力発電所第1号機の工事計画認可申請に係る意見聴取会(機器・配管系)(第2回)意見反映版 資料4 機器・配管系の設計用減衰定数について(改2)」

ほう酸水等薬品の漏えいによる影響について

溢水影響評価の中で、防護対象機器及びアクセス性に影響を与える可能性がある薬品として、抽出された薬品の影響について下記に示す。

1. ほう酸水（五ほう酸ナトリウム溶液）の漏えいによる影響

想定破損による溢水においては、化学体積制御系統からほう酸水の漏えいを想定しているが、以下の理由によりほう酸水漏えいによる防護対象設備及びアクセス性への影響はない。

- (1) 安全機能を有するケーブルは基本的に電線管（フレキシブルチューブ含む）内に布設されているが、ケーブル自体の没水が想定される場合でもほう酸水等の薬品に対して耐性があることから、機器が機能喪失することはない。なお、ケーブルについては、端子部の没水により機器が機能喪失することから、機器の機能喪失高さにおいて、ケーブルの端子部の高さを考慮している。

各ケーブルに対するほう酸水の耐性を表 1 に示す。

- (2) 化学体積制御系統は中央制御室からの遠隔操作により隔離するため、漏えい停止操作のための現場へのアクセスは不要であるが、防護具を配備し、必要に応じ活用する。

表 1 ほう酸水に対する耐性一覧

種別	絶縁体名	シース名	ほう酸水に対する耐性	備考
高压電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン※1	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル※1	○	※1 文献「プラスチックによる防食技術」により確認 ※2 文献「非金属材料データブック」により確認 ※3 文献「ふっ素樹脂ハンドブック」により確認 
低压電力 ケーブル	難燃 EP ゴム※2	難燃クロロスルホン 化ポリエチレン※2	○	
	難燃 EP ゴム※2	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル※1	○	
制御ケーブル	難燃 EP ゴム※2	難燃クロロスルホン 化ポリエチレン※2	○	
	特殊耐熱ビニル ※1	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル※1	○	
	FEP※3	TFEP※3	○	
制御 (光) ケーブル	ビニル※1 (内部シース)	難燃低塩酸ビニル※1	○	
計装ケーブル	難燃 EP ゴム※2	難燃クロロスルホン 化ポリエチレン※2	○	
	ビニル※1	難燃低塩酸ビニル※1	○	
核計装用 ケーブル	架橋 ポリエチレン※1	難燃架橋 ポリエチレン※1	○	
	架橋 ポリエチレン※1	ETFE※3	○	

FEP : 四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂

TFEP : 四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂

ETFE : 四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

【参考】



フレキシブルチューブ

2. 化学薬品漏えいによる影響

(1) 分析用の薬品による影響

分析用の薬品は、溢水防護区画外の放射化学室（原子炉補助建屋）及び現場化学分析室（タービン建屋）に、専用の容器で保管している。保有量は少量であるため、薬品の保管容器が破損した場合でも室外へ流出する可能性は小さい。また、仮に分析用の薬品が室外に流出した場合でも、建物内の他の溢水防護区画とは壁により区画化されており、分析室近くの階段室及び機器ハッチ周辺にはスロープが設置されていることから、下階の防護対象設備に影響を及ぼすおそれはない。

(2) その他化学薬品による影響

溢水源の中で、特定化学物質、毒物及び劇物（以下、毒劇物）等を取り扱っている設備は表2のとおりである。なお、屋外には薬品タンクは設置されていない。

表2 薬品タンク類溢水源リスト

設置建屋	フロア	溢水源	添加薬品	容量（濃度）
原子炉補助 建屋	T. P. 24. 8m	洗浄排水蒸発装置リ ン酸ソーダ注入装置	リン酸水素二ナト リウム	0. 5m ³
	T. P. 24. 8m	廃液貯蔵ピットか性 ソーダ計量タンク	水酸化ナトリウム	0. 5m ³ ※1
	T. P. 17. 8m	1次系薬品タンク	水酸化ナトリウム 水加ヒドラジン 過酸化水素	0. 1m ³ ※1
	T. P. 17. 8m	セメント固化装置 (中和剤計量管)	水酸化ナトリウム	0. 1m ³ ※1
	T. P. 10. 3m	亜鉛注入装置	酢酸亜鉛	0. 2m ³
	T. P. 5. 8m	酸液ドレンタンクか 性ソーダ計量タンク	水酸化ナトリウム	0. 1m ³ ※1
原子炉建屋	T. P. 2. 3m	薬液混合タンク	水加ヒドラジン	0. 5m ³ ※2

※1 添加薬品を常時保管するものではなく、薬品添加時以外はタンク内が空の状態である。

※2 添加薬品を常時保管するものではなく、薬品添加時以外はタンク内が系統水（空調用冷水）にて満たされている。