県内加圧水型軽水炉の事故・故障等の調査

平成１３年９月

福井県県民生活部
原子力安全対策課

目次

はじめに …… 1

調査方法 …… 2

調査結果

配管 …… 6
弁 …… 13
容器 …… 21
炉内構造物 …… 25
熱交換器 …… 29
ポンプ …… 39
ポンプモーター …… 46
燃料設備 …… 51
タービン設備 …… 59
計測制御設備 …… 63
電気設備 …… 70
電源設備 …… 76
空調設備 …… 82

〈参考資料〉

県内加圧水型軽水炉の事故・故障等の概要

はじめに

県は、軽水炉でこれまでに発生した事故等についての安全性を評価するため、県内の１３基の軽水炉で発生した事故等を基本に、国内外で発生した主な事故も含めて調査検討を行い、平成１２年９月に「軽水炉にかかるこれまでの事故等の評価」としてとりまとめた。

その結果、軽水炉は国産技術による改良標準化が大きく進展し、安全性と安定性は飛躍的に向上していることがわかった。

今般、この結果を踏まえ、県内にある加圧水型軽水炉１２基の事故・故障等についてさらに詳細に調査を行った

なお、この調査は、敦賀３、４号機の安全性確認の一環として行うものであり、この調査結果をもとに、敦賀３、４号機への県内加圧水型軽水炉の事故・故障等の経験の反映状況を確認することを目的としている。

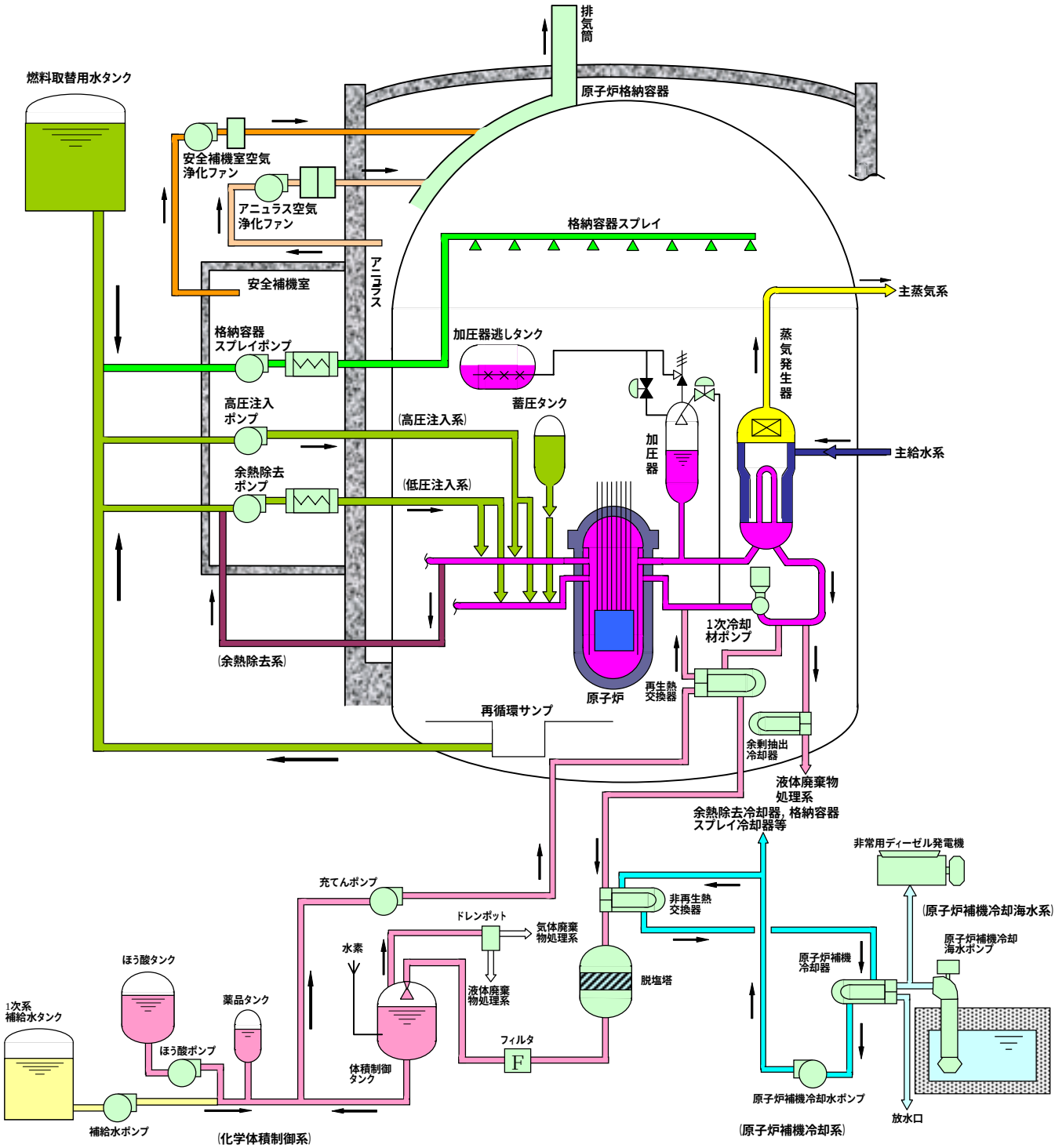
調査方法

平成１２年度末までに発生した事故・故障を対象とし、法律、通達に基づき国に報告されたものの他、安全協定に基づき県および立地市町に報告された異常事象も含める。

これら事故・故障等について、設備、機器ごとにおおまかな分類を行った後、さらに、事故・故障等の内容に関する観点（損傷発生部位、原因、損傷モード、原因または損傷の主因）から類似事象等の整理を行う。

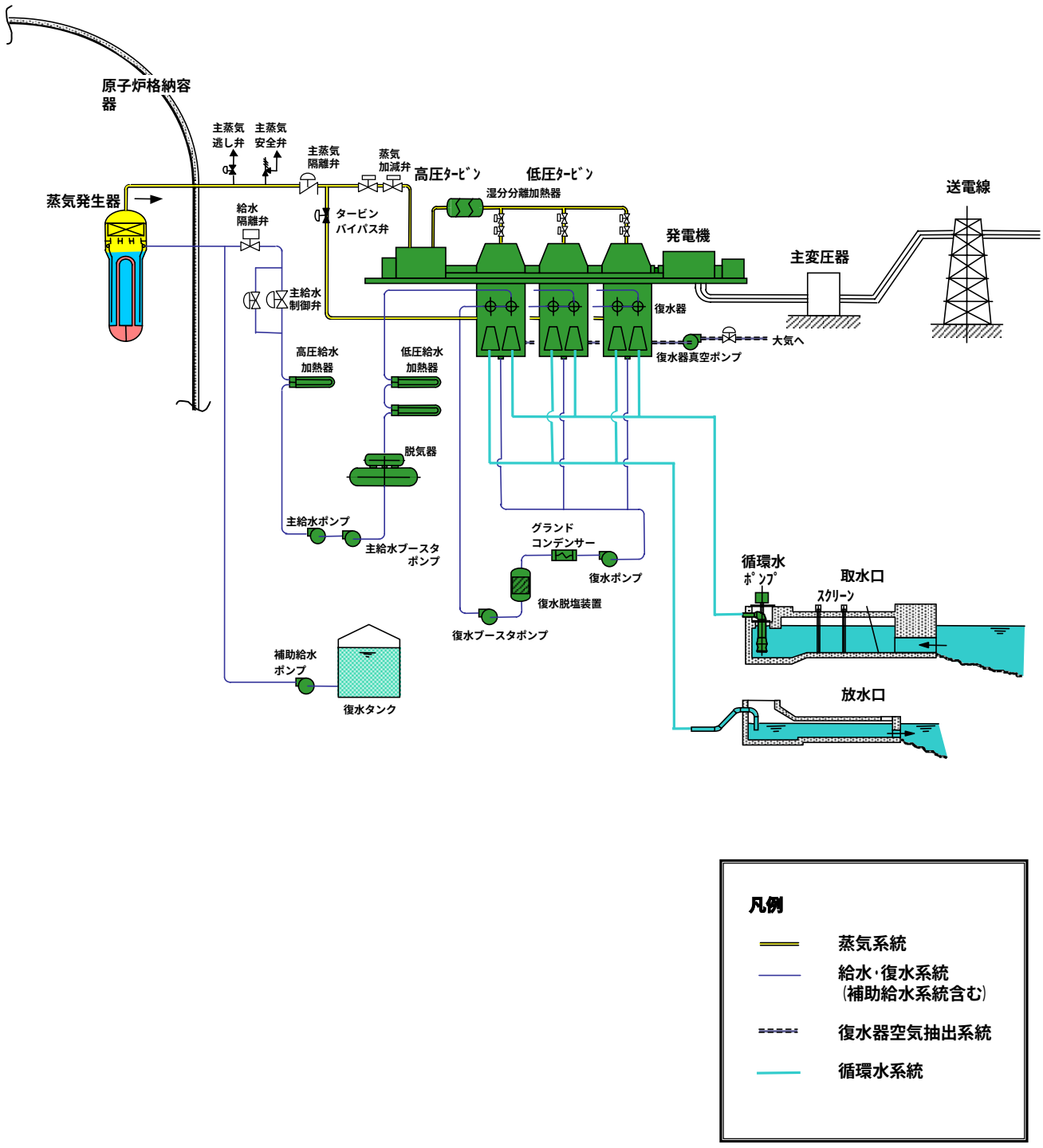
設備（件数）	機　　器
配管　(31)	１次冷却系配管、化学体積制御系配管、余熱除去系配管、 安全注入系配管、主蒸気系配管、主給水系配管、 蒸気ドレン系配管、海水系配管
弁　(31)	加圧器スプレイ弁バイパス弁、蓄圧タンク逃し弁、 蓄圧注入逆止弁、蓄圧注入系テストコネクション弁、 格納容器スプレイクーラ出口弁、余熱除去ポンプ入口弁、 １次冷却材試料採取弁、１次冷却材流量検出用元弁、 ＲＴＤ高温側入口弁、スプレイ元弁、蒸気発生器ブロー弁、 主蒸気隔離弁、主蒸気隔離弁バイパス弁、蒸気加減弁、 主給水制御弁、主給水バイパス制御弁、主給水ポンプ出口弁、 高圧給水加熱器水位制御弁、循環水ポンプ潤滑水流量計後弁
容器　(10)	原子炉格納容器、原子炉容器上蓋、湿分分離器ドレンタンク
炉内構造物　(11)	制御棒案内管、炉心構造物
熱交換器　(114)	蒸気発生器、復水器、低圧給水加熱器、高圧給水加熱器、 湿分分離加熱器
ポンプ　(27)	１次冷却材ポンプ、余熱除去ポンプ、充てんポンプ、 充てん高圧注入ポンプ、循環水ポンプ、復水器真空ポンプ、 給水ポンプ、補助給水ポンプ、格納容器スプレイポンプ
ポンプモーター　(11)	１次冷却材ポンプ、主給水ポンプ、主給水ブースタポンプ、 循環水ポンプ、非常用ディーゼル発電機プライミングポンプ
燃料設備　(42)	燃料体、燃料内挿物、燃料取扱装置、制御棒クラスタ、 制御棒駆動装置
タービン設備 (9)	高圧タービン、低圧タービン、軸受油系、保安装置
計測制御設備(54)	原子炉保護、核計装、制御棒駆動、主蒸気制御、 タービン制御、主給水制御、蒸気ドレン制御
電気設備　(7)	発電機、励磁機、変圧器
電源設備　(29)	非常用ディーゼル発電機、制御棒駆動用電源、計器用電源、 くらげ除去電源
空調設備　(2)	アニュラス排気ファン、よう素除去ファン

1次系概略系統図（例）



：1次冷却設備
：化学体積制御設備
：余熱除去設備
：非常用炉心冷却設備
：原子炉補機冷却水設備
：原子炉補機冷却海水設備
：原子炉格納容器スプレイ設備
：アニュラス空気浄化設備
：安全補機室空気浄化設備
：主蒸気設備
：給水設備
：放射性廃棄物廃棄設備
：給水処理設備

2次系概略系統図（例）


原子炉格納容器
主蒸気逃し弁
主蒸気安全弁
主蒸気隔離弁
蒸気加減弁
高圧ﾀｰﾋﾞﾝ
低圧ﾀｰﾋﾞﾝ
湿分分離加熱器
送電線
蒸気発生器
給水隔離弁
ﾀｰﾋﾞﾝバイパス弁
発電機
主変圧器
主給水制御弁
復水器
大気へ
復水器真空ポンプ
高圧給水加熱器
低圧給水加熱器
脱気器
主給水ポンプ
主給水ブースタポンプ
グランドコンデンサー
復水ポンプ
復水脱塩装置
復水ブースタポンプ
循環水ﾎﾟﾝﾌﾟ
取水口
ｽｸﾘｰﾝ
放水口
補助給水ポンプ
復水タンク
凡例
蒸気系統
給水･復水系統（補助給水系統含む）
復水器空気抽出系統
循環水系統

調査結果

配管

1　機器

配管の損傷に起因した事故・故障は、平成１２年度末現在において３１件発生している。

機器別の内訳を見ると、１次系では化学体積制御系配管、２次系では主給水系配管での発生実績が多い。

2　部位

部位別の内訳は、母材部、溶接部、管台溶接部での発生実績が大半を占めている。

母材部の損傷は、１次系では化学体積制御系で３件、２次系では主蒸気系を除く系統において発生している。

溶接部の損傷は、１次系の化学体積制御系と２次系の主給水系において発生している。

管台溶接部の損傷は、１次系、２次系を問わず、ベント管、ドレン管、計装用配管の接続部において発生している。

3　原因

原因別の内訳は、施工不良、製作不良、設計不良が発生実績の大半を占めている。特に、近年は、設計不良に起因する損傷の占める割合が高くなっている。

4　損傷モード

損傷モードの内訳は、疲労損傷が半分を占めており、その他、侵食、腐食、低温割れが見られる。

（１）疲労損傷

１次系、２次系を問わず発生している。

その要因としては、振動によるものが大半を占めているが、近年、１次系の化学体積制御系において、熱に起因する損傷が２件見られる。

（２）浸食

２次系の主給水系、蒸気ドレン系、海水系で発生している。

その要因は、主給水系、蒸気ドレン系については２相流の流れによるものである。また、海水系では腐食防止のために配管内面に施されているライニングが剥離したことにより発生している。

（３）低温割れ

２次系の主給水系や蒸気ドレン系で発生している。

その要因は、溶接施工時の管理不十分である。

（４）過大応力

２次系の主給水系で発生している。

その要因は、配管の床との接触や配管内の水の膨張である。

（５）応力腐食割れ

１次系の化学体積制御系で発生している。

その要因は、溶接時の残留応力である。

（６）低融点金属割れ

１次系の化学体積制御系で発生している。

その要因は、曲げ管加工時に亜鉛が付着したものである。

（７）腐食

２次系の主給水系で発生している。

その要因は、ドレン管内の滞留水部で腐食環境が形成されものである。

５　考察

近年、化学体積制御系や主給水系で損傷が続いていることから、原子炉冷却系以外の系統についても一層の点検等の強化を行う必要がある。

また、疲労損傷については、従来から考慮している振動に加え、熱影響についても十分留意して設計・検討を行う必要がある。

配管　（合計件数:　31 ）

機器		部位			原因	損傷モード	原因または損傷の主因		S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
原子炉冷却系	4	エルボスプリッタ	（溶接部）	2	設計・製作不良	疲労損傷	（振動）	2											■																				
		フランジ部	（パッキン）	1	保守不完全	－	（締付け不足）	1																	■														
		計装用配管	（管台溶接部）	1	施工不良	疲労損傷	（振動）	1																							■								
化学体積制御系	9	ベント管	（管台溶接部）	1	設計・施工不良	疲労損傷	（振動）	1											■																				
		サーマルスリーブ	（溶接部）	2	施工不良	疲労損傷	（振動）	2												■																			
		弁配管取付け部	（溶接部）	1	製作不良	応力腐食割れ	（溶接残留応力）	1													■																		
		抽出水系曲げ配管	（母材部）	4	製作不良	低融点合金割れ	（亜鉛付着）	1																											■				
			（母材部）		設計不良	疲労損傷	（熱）	2																													■		
			（溶接部）		設計不良	疲労損傷	（振動）	1																														■	
		試料採取配管	（ねじ込み接続部）	1	製作不良	－	（ネジ山加工不足）	1																														■	
余熱除去系	1	ドレン管	（管台溶接部）	1	設計・製作不良	疲労損傷	（振動）	1																												■		
安全注入系	2	ベント管	（管台溶接部）	2	保守不完全	疲労損傷	（振動）	1											■																			
					施工不良	疲労損傷	（振動）	1																												■			
主蒸気系	2	サンプルノズル	（ねじ部）	1	製作不良	疲労損傷	（振動）	1														■																
		ベント管	（管台溶接部）	1	施工不良	疲労損傷	（振動）	1																							■							
主給水系	8	配管	（振止めラグ溶接部）	1	製作・施工不良	疲労損傷	（振動）	1					■																									
		計装用配管	（溶接部）	1	施工不良	－	（溶接不良）	1					■																									
		放射線検査用栓	（溶接部）	2	施工不良	低温割れ	（溶接不良）	2																		■												■
		サンプリング配管	（母材部）	1	その他	浸食	（高速流）	1																						■								
		ドレン管	（管台溶接部）	2	施工不良	過大応力	（床接触）	1																									■					
			（母材部）		施工不良	腐食	（滞留水）	1																									■					
		クリーンアップ配管	（母材部）	1	その他	過大応力	（体積膨張）	1																														■
蒸気ドレン系	3	ドレン管	（管台溶接部）	1	製作不良	低温割れ	（溶接不良）	1													■																
		バランス管	（母材部）	1	製作不良	浸食	（ドレン水）	1													■																
		受衝板	（母材部）	1	設計不良	浸食	（ドレン水）	1																	■												
海水系	2	配管	（母材部）	2	その他	浸食	（ライニング剥離）	2																	■											■		

機器別発生実績

機　器		発生件数
１次系	原子炉冷却系 化学体積制御系 余熱除去系 安全注入系	4 9 1 2
	小計	１６
２次系	主蒸気系 主給水系 蒸気ドレン系 海水系	2 8 3 2
	小計	１５
合計		３１

部位別発生実績

部　位	発生件数
母材部	１０
溶接部	１０
管台溶接部	8
フランジ部	1
ねじこみ接合部	1
ネジ部	1
合計	３１

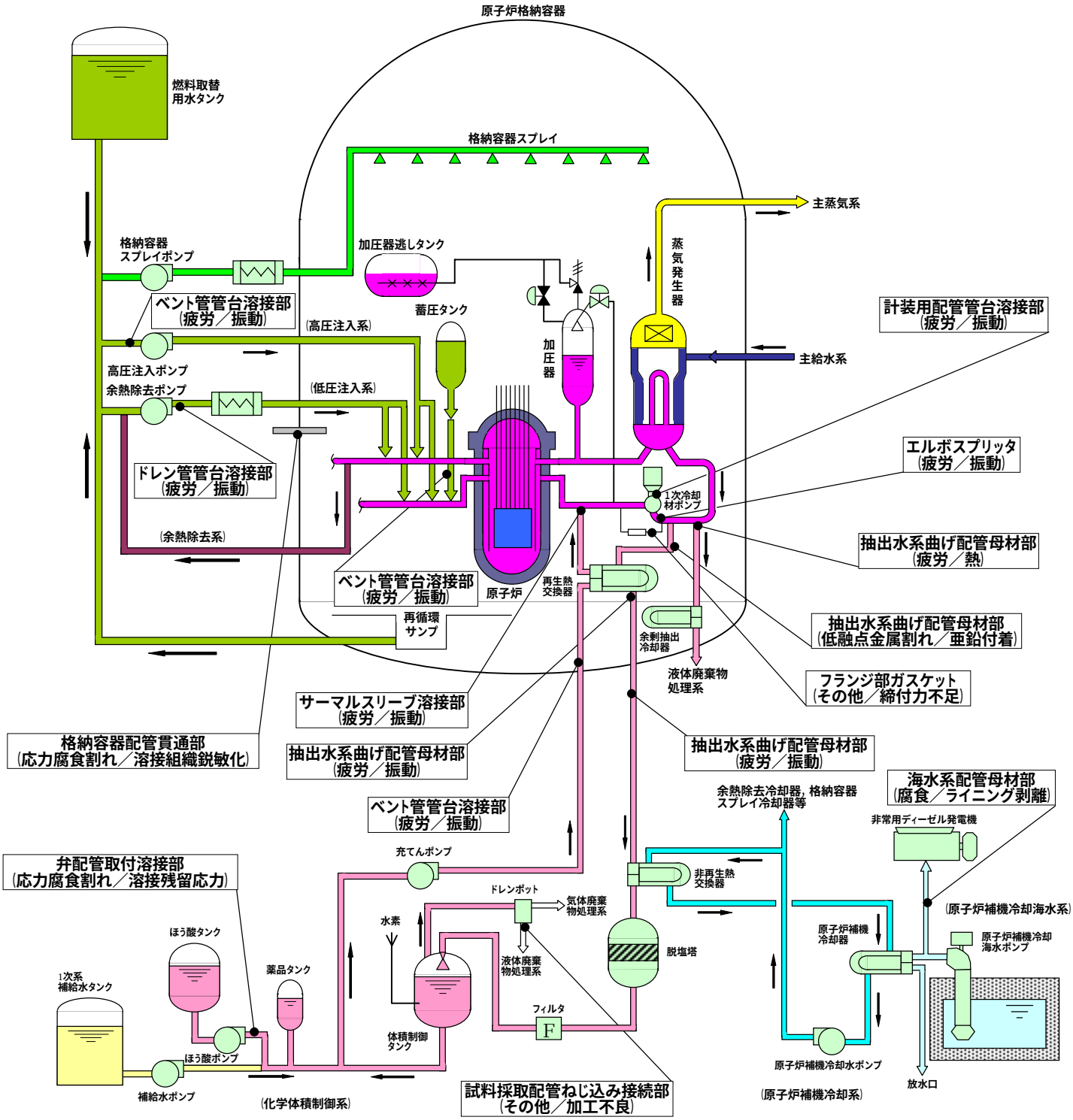
原因別発生実績（重複あり）

原　因	発生件数
施工不良	１１
製作不良	１１
設計不良	8
保守不完全	2
その他	4
合計	３６

損傷モード別発生実績

損傷モード	発生件数
疲労損傷	１５
浸食	5
低温割れ	3
過大応力	2
応力腐食割れ	1
低融点金属割れ	1
腐食	1
合計	２８

1次系配管損傷モード（例）



2次系配管＆容器損傷モード(例)

主給水系配管

配管（振止めラグ溶接部）	：疲労損傷（振動）
計装用配管（溶接部）	：溶接不良
放射線検査用栓（溶接部）	：低温割れ（溶接不良）
サンプリング配管（母材部）	：浸食（高流速）
ドレン管（管台溶接部）	：過大応力（床接触）
ドレン管（母材部）	：腐食（滞留水）
クリーンアップ配管（母材部）	：過大応力（体積膨張）

主蒸気系配管

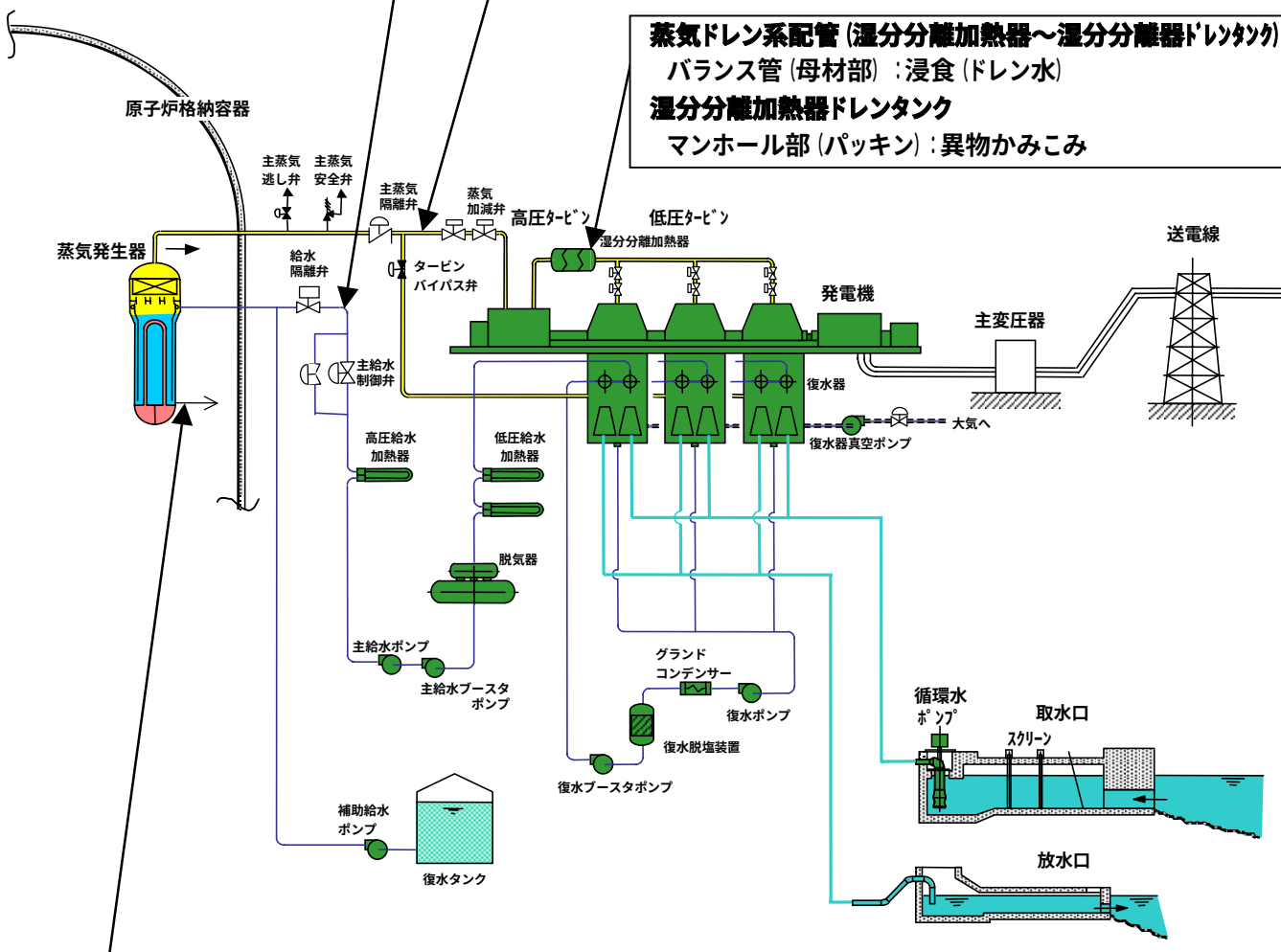
サンプルノズル（ねじ部）	：疲労損傷（振動）
ベント管（管台溶接部）	：疲労損傷（振動）

蒸気ドレン系配管（湿分分離加熱器～湿分分離器ﾄﾞﾚﾝﾀﾝｸ）

バランス管（母材部）：浸食（ドレン水）

湿分分離加熱器ドレンタンク

マンホール部（パッキン）：異物かみこみ



蒸気ドレン系配管（蒸気発生器2次側ブロー系）

ドレン管（管台溶接部）	：低温割れ（溶接不良）
受衝板（母材部）	：浸食（ドレン水）