

配管減肉事象に係る点検結果について

平成16年8月18日

四国電力株式会社

1. 調査方法

伊方発電所の2次系配管減肉事象に係る点検は、平成2年5月「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針（PWR）」（以下、「管理指針」という。）に基づき計画・実施している。（添付資料－1）

このため、今回の調査では、管理指針に基づき、適切な管理が実施されていることを以下の観点から確認する。

- ・ 減肉が発生する可能性のある主要点検部位および減肉傾向のないその他部位において、偏流発生部位が点検対象部位として漏れなく抽出されていること。
- ・ 点検対象部位について、点検結果に基づく配管減肉の評価が行われ、適切な減肉管理が実施されていること。

2. 調査の実施体制

今回の調査は、伊方発電所保修グループリーダーを責任者として、発電所員および四電グループ会社社員を中心に実施した。また、本店原子力部員も調査作業に参画した。

3. 調査結果

（1）これまでの点検状況

a. 点検計画

配管減肉事象に係る伊方発電所の点検は、管理指針に基づき計画・実施しているが、管理指針制定以前については、1号機は昭和53年、2号機は昭和58年の初回定検から、抽気系統および給水系統などの点検を行うとともに、昭和60年からは復水系統まで範囲を拡大し配管全般について順次点検を実施していた。

b. 点検対象選定方法

PWRプラントの2次系炭素鋼配管の減肉事象に関して、配管の使用条件（湿り度、温度、流速）による調査結果および偏流発生部位の調査結果を整理したうえ、以下の点検対象部位を選定している。

（a）主要点検系統

① 二相流の系統

湿り度5%以上、温度150℃～250℃の配管

ただし、湿り度5%未満の場合でもドレンを巻き込む可能性がある系統は、150℃以上の配管も点検対象とする。

② 水系統

温度100℃～200℃の配管

- ③ 制御弁下流部および玉型逆止弁下流部については、温度 100℃～250℃の配管も点検対象とする。

(b) 主要点検部位

偏流発生部位および下流の $2 \times D$ を主要点検部位とする。(D : 配管口径)

＜偏流発生部位＞

制御弁下流部、玉型逆止弁下流部、エルボ、T管、オリフィス下流部、スウィング型逆止弁下流部、レジューサ、曲管

(c) その他

減肉傾向のない箇所についても念のため、偏流発生部位について 10 年間に約 25 % を点検対象とする。

c. 点検方法

定期検査時等に点検対象部位の肉厚測定を実施する。肉厚測定は、J I S Z 2 3 5 5 (1 9 9 4) 「超音波パルス反射方法による厚さ測定方法」に準拠する。

d. 点検頻度

計算上必要な肉厚になるまでの余寿命を算出し、余寿命が 2 年以下になるまでに点検を行う。

点検結果により、余寿命を再評価し、余寿命が 2 年以下になるまでに点検を実施するよう点検計画を見直し、これを繰り返す。

e. 余寿命評価手法

肉厚測定結果および運転時間の関係から、減肉率を算出し、計算上必要な肉厚となるまでの時間を余寿命として評価する。具体的な余寿命評価方法は、管理指針に従い実施している。

また、

- ・ 点検対象部位の余寿命が 2 年以下の場合
- ・ 点検対象部位の余寿命が 2 年以上であっても、他社トラブルの反映や予防保全対策として点検対象部位近傍の配管を取替える場合

については、当該部の取替計画を立案し、基本的に耐食性のあるステンレス材等に取り替える。

f. 点検体制

(a) 四電グループ（当社および関係会社）

プラントメーカーからの点検計画の提案に加え、これまでの点検状況等に基づく点検計画の策定および点検結果の確認を実施する。

(b) プラントメーカー

点検の実施、余寿命評価および点検計画の提案を行う。

(2) 調査結果

調査方法に基づき調査した結果、肉厚管理の未実施部位はなく適切な管理が実施されていることを確認した。(添付資料－2)

	点検対象部位	肉厚管理 未実施部位	備 考
伊方1号機	2, 5 1 6	0	
伊方2号機	2, 3 7 3	0	
伊方3号機	4, 2 0 0	0	
合 計	9, 0 8 9	0	

また、伊方発電所の至近の定検時に実施した具体的な2次系配管の点検結果および余寿命評価等についての代表例を添付資料－3に示す。

4. 添付資料

添付資料－1 原子力設備2次系配管肉厚の管理指針(PWR)

添付資料－2 配管減肉に係る点検結果

添付資料－3 2次系配管点検結果(代表例)

原子力設備 2 次系配管肉厚の管理指針（PWR）

平成 2 年 5 月

目 次

1. まえがき
2. 適用範囲
3. 点検方法
4. 点検対象
5. 点検頻度
6. 判定基準及び対策

添付－1 主要点検系統

添付－2 余寿命設定要領

1. まえがき

PWRプラントにおいては、昭和 60 年度より 3 ～ 5 ヶ年の計画で 2 次系配管の減肉調査を二相流はもとより水系、蒸気系の広範囲にわたって実施し、ほとんどのプラントでは既に 1 プラント当たり 3000 ～ 5000 箇所へのぼる全調査対象箇所についての調査が完了した。

本指針は、これらの調査の結果得られたデータを統計的に評価し、今後の PWR2 次系炭素鋼配管の減肉に対する管理方法についてとりまとめたものである。

2. 適用範囲

PWRプラントの 2 次系炭素鋼配管に適用する。

但し、計装配管等の小口径管は除く。

3. 点検方法

JIS Z 2355「超音波パルス反射法による厚さ測定方法」に準拠し、超音波肉厚測定器にて肉厚測定を行う。

4. 点検対象

(1) 主要点検系統（添付－1）

① 二相流：湿り度 5%以上、温度 150℃～250℃の配管

但し、湿り度 5%未満の場合でもドレンを巻き込む可能性がある系統は、150℃以上の配管も点検対象とする。

② 水 系：温度 100℃～200℃の配管

③ 制御弁下流部及び玉型逆止弁下流部については、温度 100℃～250℃の配管も点検対象とする。

(2) 主要点検部位

偏流発生部位及び下流の $2 \times D$ を主要点検部位とする。（Dは配管口径）

〔 制御弁下流部、玉型逆止弁下流部、エルボ、T管、オリフィス下流部、
スウィング型逆止弁下流部、レジューサ、曲管 〕

(3) その他

減肉傾向のない箇所についても念のため、偏流発生部位について 10 年間に約 25%を点検対象とする。

5. 点検頻度

計算上必要な肉厚になるまでの余寿命を各系統の部位毎に算出し、余寿命が2年以下になるまでに点検を行う。

点検結果を評価し、再度余寿命を算出して、余寿命が2年以下になるまでに再点検を行う。
以下これを繰り返す。(添付－2)

6. 判定基準及び対策

点検結果より、余寿命を算出し、余寿命が2年以下の場合は取替計画を立案し、耐食性材料（SUS304 等）等と取替えるものとする。

主 要 点 検 系 統

区 分	条 件			代 表 系 統 名	備 考
	湿 り 度	流 速	温 度		
二 相 流	15%以上	30m/sec未満	150～200℃	第6 高圧ヒータドレン管, 第5 高圧ヒータドレン管	主 要 点 検 部 位 全 て に 適 用 す る
			200～250℃	湿分分離加熱器ドレンタンクドレン管	
		30～50m/sec	150～200℃	—————	
			200～250℃	—————	
		50m/sec以上	150～200℃	高圧排気管ドレン管	
			200～250℃	—————	
	5～15%	30m/sec未満	150～200℃	—————	
			200～250℃	スチーム・コンバータ加熱蒸気管	
		30～50m/sec	150～200℃	第5 抽気管, 第4 抽気管	
			200～250℃	—————	
		50m/sec以上	150～200℃	第5 抽気管, 第4 抽気管	
			200～250℃	第6 抽気管, 第5 抽気管	
	5%未満 〔ドレン巻込みの可能性あり〕	30m/sec未満	150～200℃	脱気器空気抜管	
			200～250℃	第6 高圧ヒータ空気抜管, 第5 高圧ヒータ空気抜管	
			250℃以上	湿分分離加熱器バランス管	
		30～50m/sec	150～200℃	—————	
			200～250℃	—————	
			250℃以上	湿分分離加熱器バランス管	
		50m/sec以上	150～200℃	—————	
			200～250℃	—————	
			250℃以上	—————	
			250℃以上	—————	
単 相 流	水	3m/sec未満	100～150℃	主復水管	
			150～200℃	給水プースタポンプ吸込管, 湿分分離器ドレン管	
		3～6m/sec	100～150℃	—————	
			150～200℃	主給水管, 給水プースタポンプ吐出管	
		6m/sec以上	100～150℃	—————	
			150～200℃	—————	
二 相 流	15%以上	30m/sec未満	100～150℃	第4 低圧ヒータドレン管	制 御 弁 下 流 部 及 び 玉 型 逆 止 弁 下 流 部 の み に 適 用 す る
		30～50m/sec		—————	
		50m/sec以上		—————	
単 相 流	水	3m/sec未満	200～250℃	—————	
		3～6m/sec		主給水管	
		6m/sec以上		—————	

—————：現状のプラントでは該当する配管なし

余 寿 命 設 定 要 領

表-1 $L_r^{(0)}$ 設定に使用の $W_r^{(0)}$ の値

		温 度				
		100℃未満	100℃ ～150℃	150℃ ～200℃	200℃ ～250℃	250℃以上
二相流 湿り度 15%以上	流速	30m/sec 未満	制御弁下 流部のみ 0.30	0.35	1.15	
		30m/sec ～50m/sec				
		50m/sec 以上				
二相流 湿り度 5～15%	流速	30m/sec 未満		0.35	1.15	
		30m/sec ～50m/sec				
		50m/sec 以上				
二相流 湿り度 5%未満 (ドリル 込みの 可能性 有り)	流速	30m/sec 未満		0.35	1.15	
		30m/sec ～50m/sec				
		50m/sec 以上				
水単相流	流速	3m/sec 未満	0.45		制御弁下 流部及び 玉型逆止 弁下流部 のみ 0.30	
		3m/sec ～6m/sec				
		6m/sec 以上				

注 1. $W_r^{(0)}$ の単位は $\times 10^{-4}$ mm/Hr
(実測の最大減肉率を包括したものである)

2. 表中の範囲
(1) 制御弁下流部は表中の数値に5倍する。
(2) 玉型逆止弁下流部は表中の数値に2倍する。

表-2 減肉率 $W_r^{(1)}$ 算出方法

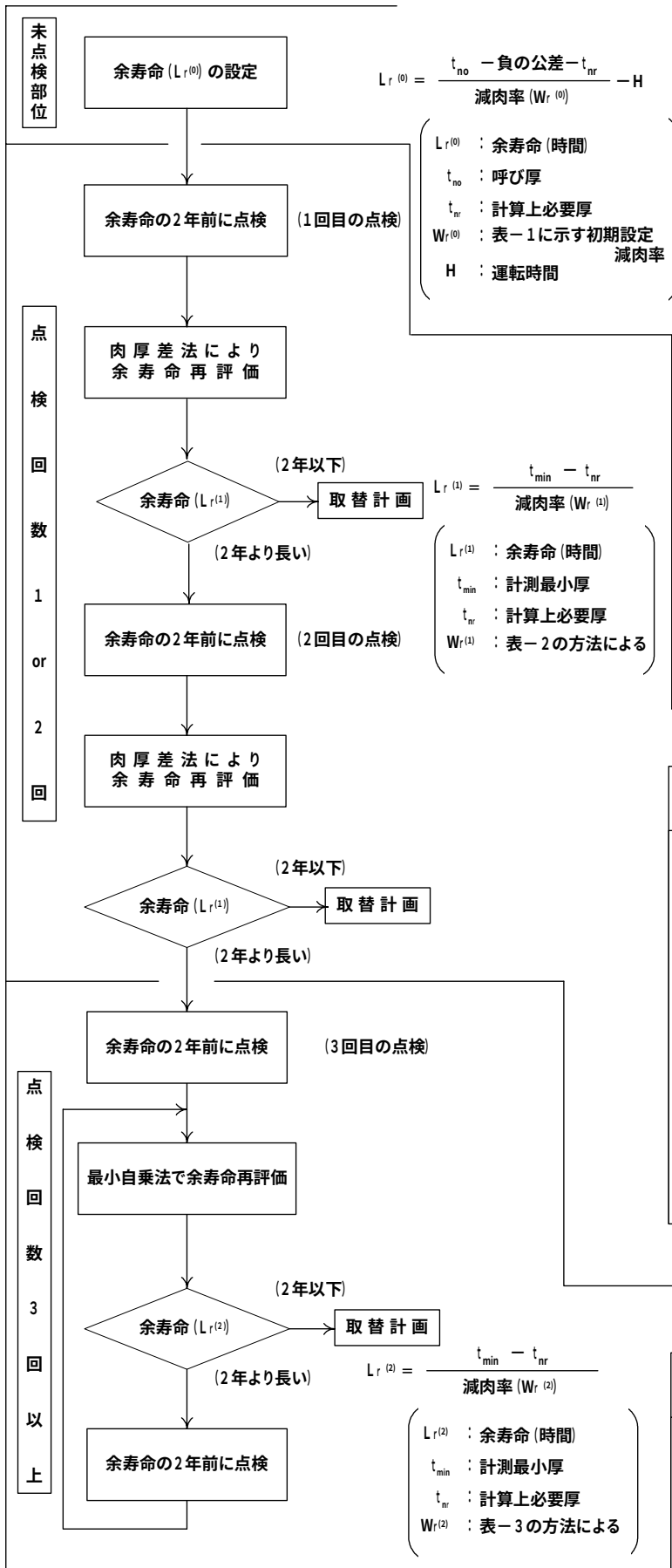
方 法 区 分 (対象部位)	減 肉 率 算 出 要 領
長手肉厚差法 製造時の肉厚 が長手方向で 均一なもの (エルボ、T管 の母管側 曲管)	$W_r^{(1)} =$ (管軸方向最大肉厚差) / 運転時間 最大肉厚差 $= t_{\text{MAX}} - t_{\text{MIN}}$
円周肉厚差法 製造時の肉厚 が円周方向で 均一なもの * * (レジュサ、直 管、T管 の枝管側)	$W_r^{(1)} =$ (管軸方向最大肉厚差) / 運転時間 最大肉厚差 $= t_{\text{MAX}} - t_{\text{MIN}}$
公称肉厚法 * * (レジュサ、直管)	$W_r^{(1)} =$ 呼び厚 - 計測最小厚 運 転 時 間

*) レジュサ及び直管については肉厚差法または公称肉厚法の減肉率の内、いずれか大きい方の値で評価する。

表-3 減肉率 $W_r^{(2)}$ 算出方法

方 法 区 分 (対象部位)	減 肉 率 算 出 要 領
最小自乗法 (全ての部位)	傾きを最小自乗法で求め $W_r^{(2)}$ とする。 計測肉厚 運転時間

添付-2



配管減肉に係る点検結果

プラント名：伊方発電所１号機

系 統 名		点検対象部位		肉厚管理実施部位		肉 厚 管 理 未実施部位	備 考
		当初計画	指示に基づ く確認後	点検済	点 検 未実施		
復水系統	主要点検部位	15	15	15	0	0	
	そ の 他 部 位	500	500	321	179	0	
	小 計	515	515	336	179	0	
給水系統	主要点検部位	148	148	148	0	0	
	そ の 他 部 位	60	60	59	1	0	
	小 計	208	208	207	1	0	
主蒸気系統 (蒸気系含む)	主要点検部位	4	4	4	0	0	
	そ の 他 部 位	886	886	876	10	0	
	小 計	890	890	880	10	0	
抽気系統	主要点検部位	0	0	0	0	0	
	そ の 他 部 位	61	61	61	0	0	
	小 計	61	61	61	0	0	
ドレン系統 (ベント系含む)	主要点検部位	175	175	175	0	0	
	そ の 他 部 位	667	667	504	163	0	
	小 計	842	842	679	163	0	
合 計	主要点検部位	342	342	342	0	0	
	そ の 他 部 位	2,174	2,174	1,821	353	0	
	合 計	2,516	2,516	2,163	353	0	

配管減肉に係る点検結果

プラント名：伊方発電所２号機

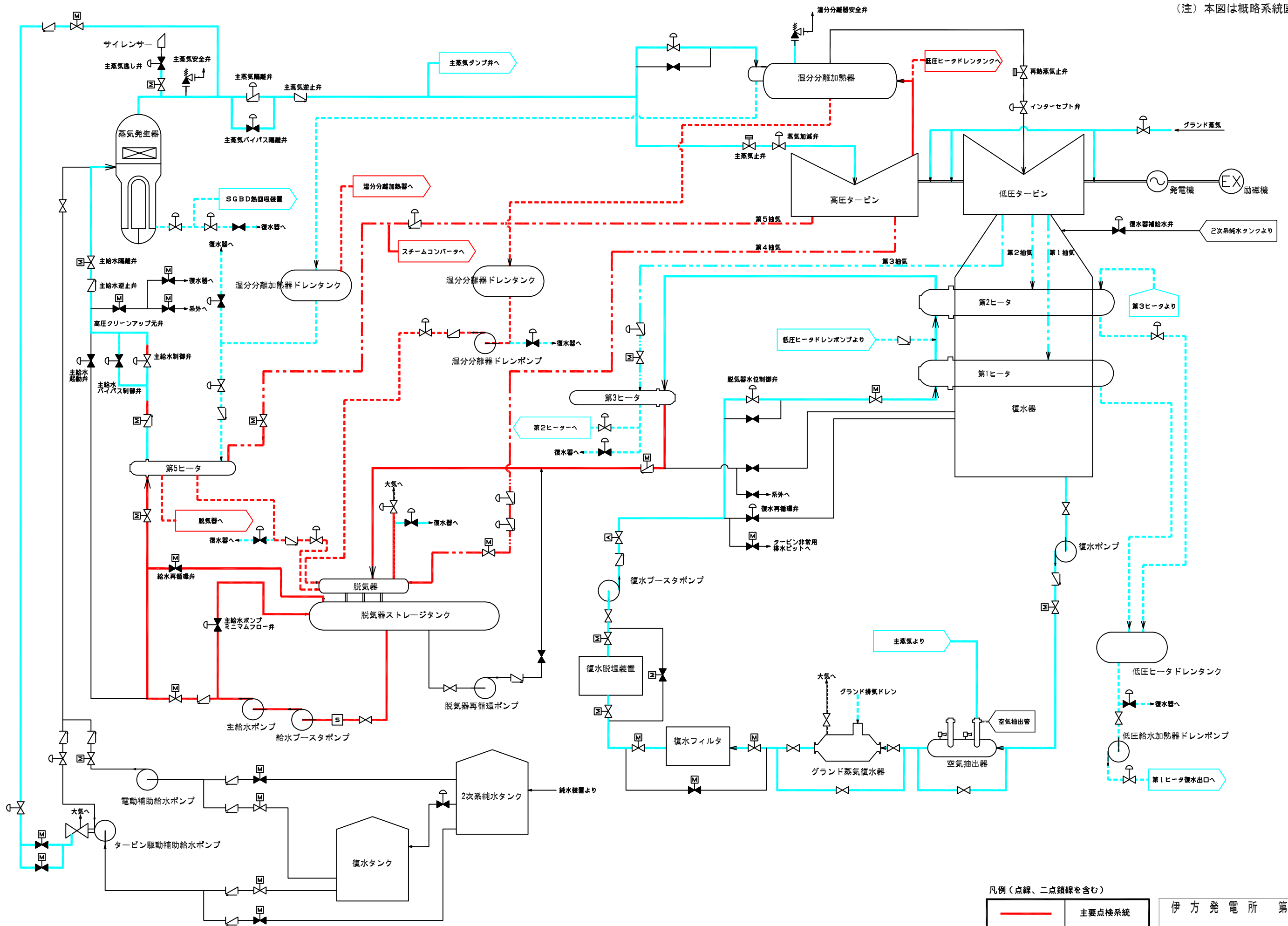
系 統 名		点検対象部位		肉厚管理実施部位		肉 厚 管 理 未実施部位	備 考
		当初計画	指示に基づ く確認後	点検済	点 検 未実施		
復水系統	主要点検部位	4	4	4	0	0	
	そ の 他 部 位	450	450	343	107	0	
	小 計	454	454	347	107	0	
給水系統	主要点検部位	137	137	137	0	0	
	そ の 他 部 位	48	48	48	0	0	
	小 計	185	185	185	0	0	
主蒸気系統 (蒸気系含む)	主要点検部位	18	18	18	0	0	
	そ の 他 部 位	869	869	856	13	0	
	小 計	887	887	874	13	0	
抽気系統	主要点検部位	0	0	0	0	0	
	そ の 他 部 位	58	58	58	0	0	
	小 計	58	58	58	0	0	
ドレン系統 (ベント系含む)	主要点検部位	168	168	168	0	0	
	そ の 他 部 位	621	621	455	166	0	
	小 計	789	789	623	166	0	
合 計	主要点検部位	327	327	327	0	0	
	そ の 他 部 位	2,046	2,046	1,760	286	0	
	合 計	2,373	2,373	2,087	286	0	

配管減肉に係る点検結果

プラント名：伊方発電所３号機

系 統 名		点検対象部位		肉厚管理実施部位		肉 厚 管 理 未実施部位	備 考
		当初計画	指示に基づ く確認後	点検済	点 検 未実施		
復水系統	主要点検部位	12	12	12	0	0	
	そ の 他 部 位	282	282	144	138	0	
	小 計	294	294	156	138	0	
給水系統	主要点検部位	292	292	292	0	0	
	そ の 他 部 位	26	26	0	26	0	
	小 計	318	318	292	26	0	
主蒸気系統 (蒸気系含む)	主要点検部位	4	4	4	0	0	
	そ の 他 部 位	1,057	1,057	212	845	0	
	小 計	1,061	1,061	216	845	0	
抽気系統	主要点検部位	0	0	0	0	0	
	そ の 他 部 位	87	87	87	0	0	
	小 計	87	87	87	0	0	
ドレン系統 (ベント系含む)	主要点検部位	705	705	705	0	0	
	そ の 他 部 位	1,735	1,735	992	743	0	
	小 計	2,440	2,440	1,697	743	0	
合 計	主要点検部位	1,013	1,013	1,013	0	0	
	そ の 他 部 位	3,187	3,187	1,435	1,752	0	
	合 計	4,200	4,200	2,448	1,752	0	

(注) 本図は概略系統図を示す。



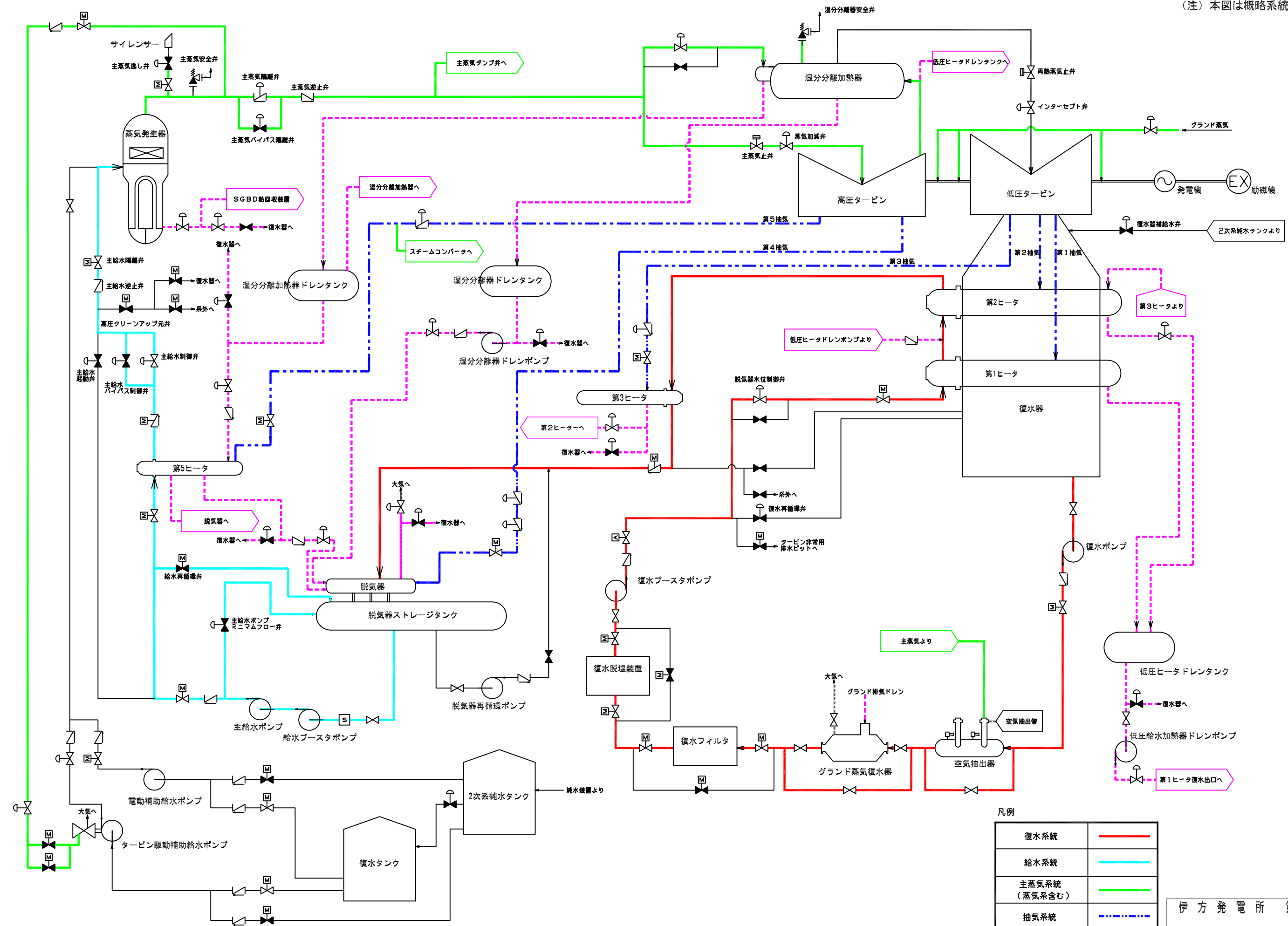
凡例 (点線、二点鎖線を含む)

— (Red) —	主要点検系統
— (Blue) —	その他

伊方発電所 第1号機

2次系総合系統図

(注) 本図は概略系統図を示す。

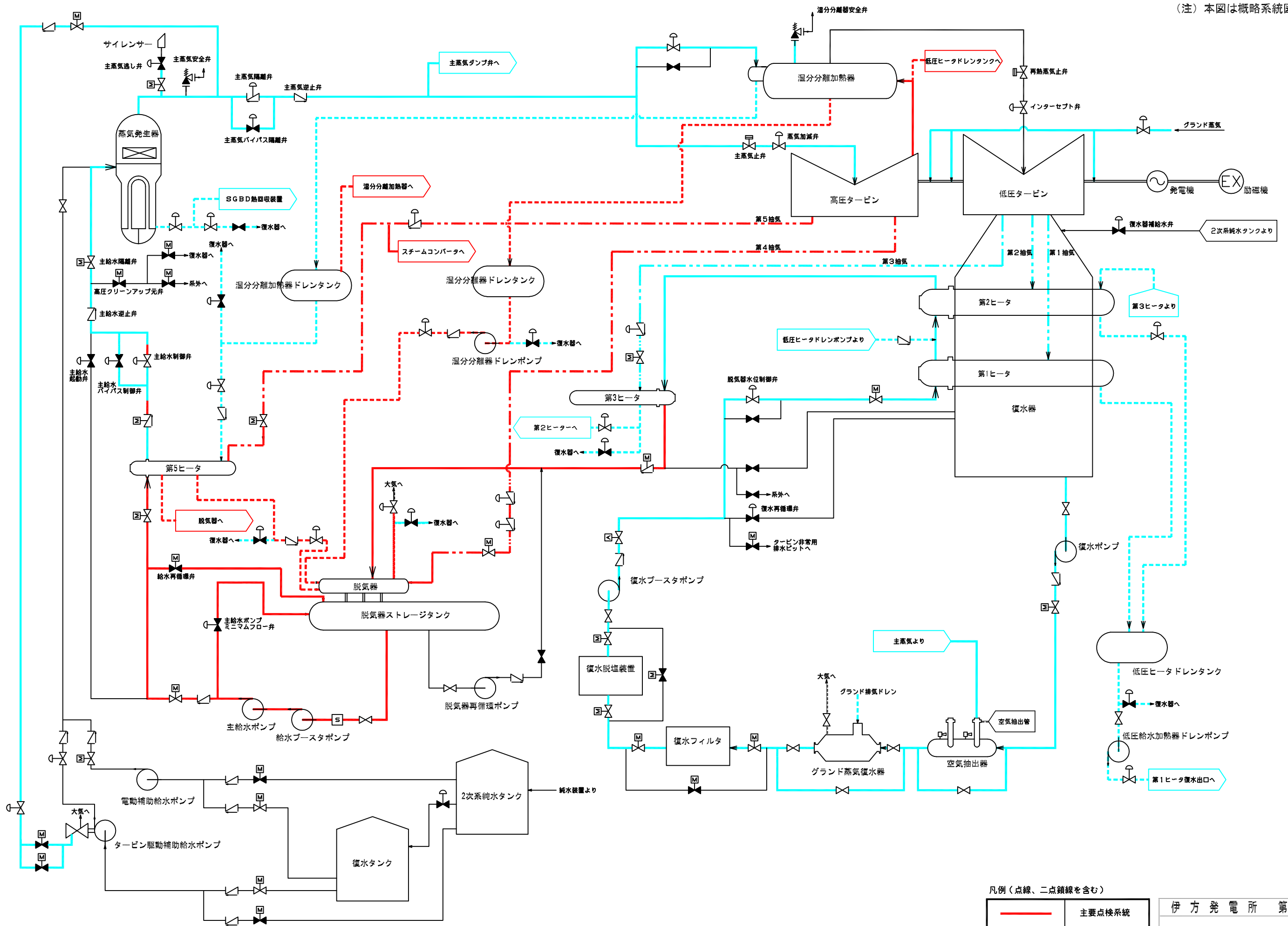


凡例

復水系統	—
給水系統	—
主蒸気系統 (蒸気系含む)	—
抽気系統	- - -
ドレン系統 (ベント系含む)	- - -

伊方発電所 第1号機
2次系総合系統図

(注) 本図は概略系統図を示す。



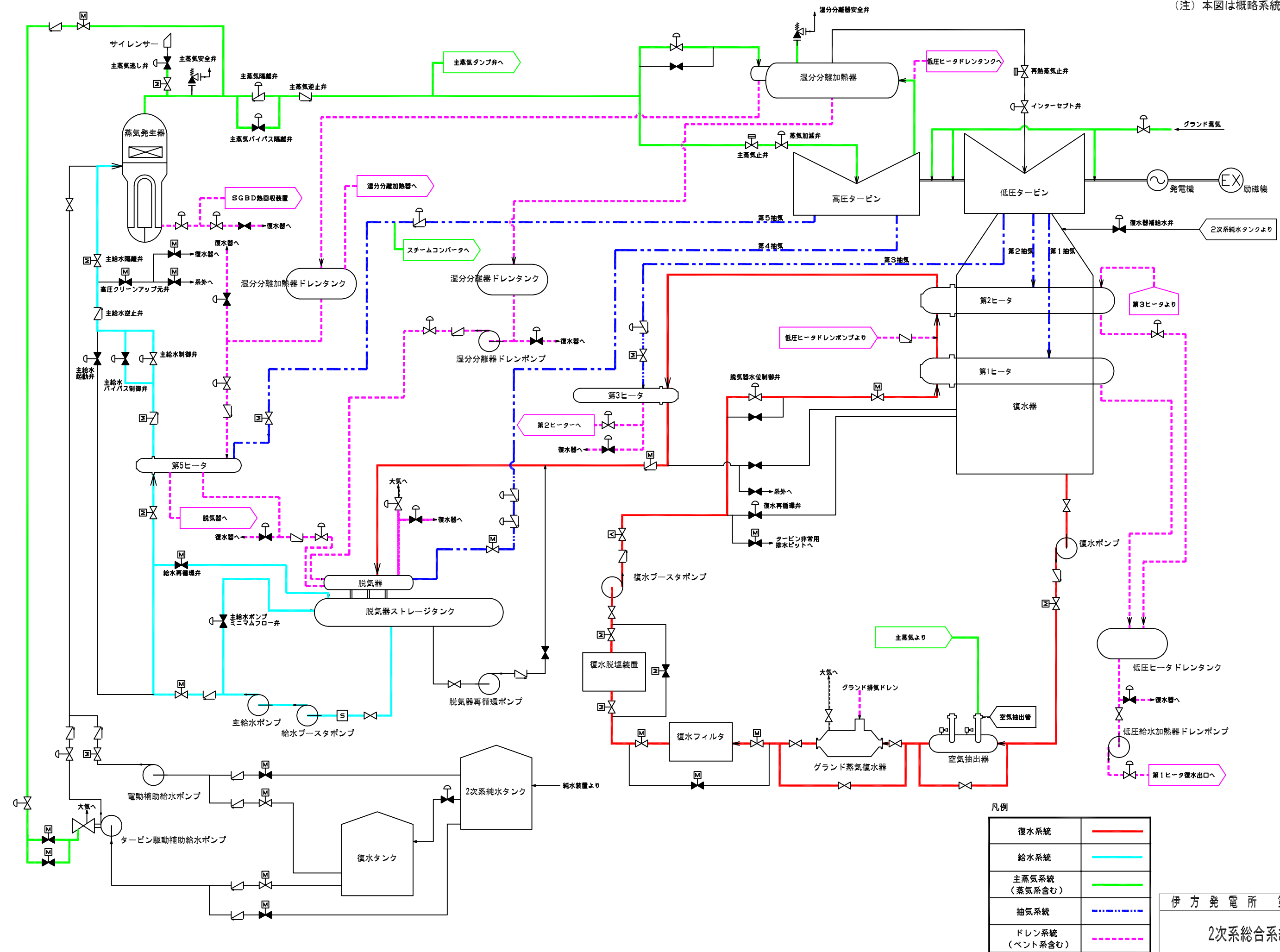
凡例 (点線、二点鎖線を含む)

—	主要点検系統
—	その他

伊方発電所 第2号機

2次系総合系統図

(注) 本図は概略系統図を示す。

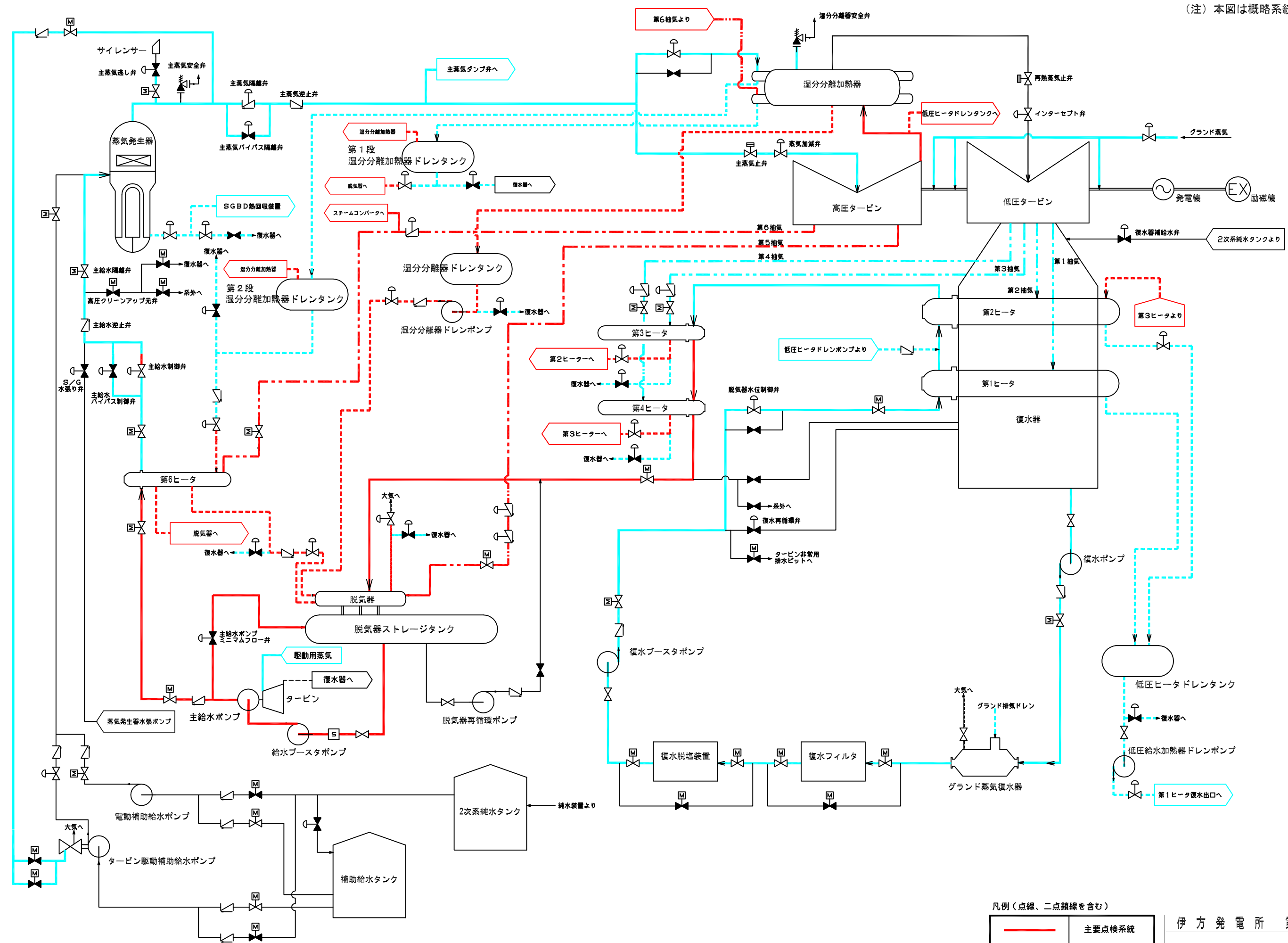


凡例

復水系統	— (Red line) —
給水系統	— (Cyan line) —
主蒸気系統 (蒸気系含む)	— (Green line) —
抽気系統	- - - (Blue dashed line) - - -
ドレン系統 (ベント系含む)	- - - (Magenta dashed line) - - -

伊方発電所 第2号機
2次系総合系統図

(注) 本図は概略系統図を示す。



凡例 (点線、二点鎖線を含む)

— (Red) —	主要点検系統
— (Blue) —	その他



2 次 系 配 管 点 検 結 果 (代 表 例)

	系統名（部位）		配管仕様				設計仕様（１００％定格）				点検結果			
			材質	口径	呼び厚さ	計算必要厚さ	圧力 (MPa)	温度 (℃)	湿り度	流速 (m/sec)	運転時間 (hr)	測定結果 (mm)	余寿命 (年)	評価結果
1 号 機	給水系統	主給水管(T管)	炭素鋼	400A	26.2	17.3	8.0	220	水	5.4	182,252	18.3	(注) 3.0	良
2 号 機	復水系統	復水管(T管)	炭素鋼	550A	10.0	4.6	1.2	118	水	1.4	166,666	7.9	20.3	良
3 号 機	給水系統	主給水管(エルボ)	炭素鋼	500A	26.0	21.0	8.0	190	水	5.1	69,956	25.0	10.8	良

1号機は第21回定検、2号機は第17回定検、3号機は第7回定検におけるデータを示す。

(注)次回定検において、再測定し余寿命評価を行う。