

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	PLM-09 改 12
提出年月日	2023 年 12 月 6 日

島根原子力発電所 2 号炉高経年化技術評価  
(耐震安全性評価)

補足説明資料

2023 年 12 月 6 日

中国電力株式会社

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	4
(1) 評価対象	4
①耐震安全性評価対象機器	4
②耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出	4
(2) 評価手法	8
①主な適用規格	8
②耐震安全性評価の評価手法	8
③工事計画認可補正申請で用いた耐震評価手法等の反映について	10
(3) 評価用地震力	11
(4) 評価用地震動	11
(5) 代表の選定	15
4. 代表の耐震安全性評価	17
(1) 耐震安全性評価	17
①低サイクル疲労	17
②中性子照射脆化	17
③照射誘起型応力腐食割れ	17
④熱時効	17
⑤摩耗	18
⑥腐食（流れ加速型腐食）	18
⑦腐食（全面腐食）	20
⑧動的機能維持に係る耐震安全性評価	22
⑨制御棒挿入性評価	23
⑩浸水防護施設の耐震安全性評価	27
(2) 現状保全	27
(3) 総合評価	27
5. まとめ	27
(1) 審査ガイド等記載事項に対する確認結果	27
(2) 施設管理に関する方針として策定する事項	32
添付 炉内構造物の点検記録	33

- 別紙 1. 建設後の耐震補強について
- 別紙 2. 耐震安全性評価に用いる現行の JEAG4601 以外の値を適用したケースについて
- 別紙 3. 新規制基準適合性に係る工事計画認可等における審査内容の反映について
- 別紙 4. 低サイクル疲労を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 5. 中性子照射脆化を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 6. 流れ加速型腐食を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 7. 機器付基礎ボルトの腐食を考慮した耐震安全性評価について
- 別紙 8. 後打ちアンカの耐震安全性評価について
- 別紙 9. 動的機能維持評価について
- 別紙 10. 機器・配管系の耐震安全性評価に用いた地震力について
- 別紙 11. これまでに発生した地震が与える影響について
- 別紙 12. 炭素鋼配管の腐食（流れ加速型腐食）に対する耐震安全性評価について
- 別紙 13. 炭素鋼配管の腐食（流れ加速型腐食）に対する耐震安全性評価に係る耐震管理厚さについて
- 別紙 14. 疲労割れに対する評価の具体的内容について
- 別紙 15. 機器付基礎ボルトの腐食に対する評価の具体的内容について
- 別紙 16. 初回申請および補正申請の発生応力および許容応力の比較について
- 別紙 17. 知見の拡充のために実施した炭素鋼配管（流れ加速型腐食）の耐震安全性評価について

タイトル	知見の拡充のために実施した炭素鋼配管（流れ加速型腐食）の耐震安全性評価について
説明	<p>知見の拡充のために実施した炭素鋼配管（流れ加速型腐食）の耐震安全性評価の具体的内容について、添付－1 に示す。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

知見の拡充のために実施した炭素鋼配管（流れ加速型腐食）の耐震安全性評価について

### 1. 評価対象配管について

技術評価書において、炭素鋼配管の腐食（流れ加速型腐食）（以下、「FAC」という。）に対する耐震安全性評価は、減肉規格（2006年度版）において、FACの可能性が否定できないとされているFAC-2およびFAC-Sの箇所を含むラインのうち、炭素鋼配管を評価対象ラインとして選定しているが、プラント運転におけるFACへの知見の拡充を目的に、自主的な取り組みの一つとして、減肉規格（2016年度版）において新たにFAC-1からFAC-Sとなる範囲についても耐震安全性の確認を実施している。

本書に知見の拡充のために実施した範囲（以下、「知見の拡充範囲」という。）の耐震安全性評価結果を示す。

### 2. 評価対象モデル数

評価対象として抽出され評価を実施した配管は合計14モデルであり、系統および耐震重要度毎のモデル数を表2-1に示す。

表 2-1 配管内面の腐食（流れ加速型腐食）（炭素鋼配管）の評価対象モデル数

評価対象配管 (系統名)	耐震重要度	モデル数 <sup>*1</sup>
給水系	S	2
原子炉ベントリ系	S	1
主蒸気系	S	4
	BSd <sup>*2</sup>	4
	B	5
補助蒸気系	B	3
タービンハイス系	BSd <sup>*2</sup>	1
	B	1

\*1：同一モデル内に複数の系統、耐震重要度が含まれる管があるため、モデル数は一部重複あり

\*2：Sd地震動による機能維持を確認する範囲

### 3. 評価条件および評価内容

#### (1) 解析モデルおよび地震応答解析法

解析モデルは、三次元多質点系はりモデルとし、減肉量を考慮した寸法以外のモデル化の条件は、工事計画認可と同等とする。解析は、計算機コード「HISAP」を使用する。地震応答解析手法はスペクトルモーダル解析法を適用する。なお、三軸粘性ダンパを設置している主蒸気系配管の解析モデル（MS-T-1 および MS-T-2）については、三軸粘性ダンパの局所高減衰を考慮するためにモーダル時刻歴解析法を適用する。その際の計算機コードは「NASTRAN」を使用する。

また、計算機コードを用いた配管の耐震評価では、応力評価に加え、一次＋二次応力の許容応力超過部位に対する疲れ累積係数による評価もあわせて実施する。

## (2) 耐震評価条件

耐震評価を行うにあたり使用する地震動は、設置変更許可を受けた基準地震動  $S_s$  ( $S_s-D$ ,  $S_s-F1$ ,  $S_s-F2$ ,  $S_s-N1$ ,  $S_s-N2$ ) および弾性設計用地震動  $S_d$  ( $S_d-D$ ,  $S_d-F1$ ,  $S_d-F2$ ,  $S_d-N1$ ,  $S_d-N2$ ,  $S_d-1$ ) に基づく入力地震動を用いた時刻歴応答解析に基づき作成された設計用床応答スペクトル  $I$  を適用する。なお、評価にあたっては対象モデルの重心位置の上階の設計用床応答スペクトルを適用する。

また、モーダル時刻歴解析法を適用する解析モデルについては、配管が設置される建物・構築物の時刻歴応答波形を適用する。

## (3) 評価内容

減肉規格（2006 年度版）に加え、減肉規格（2016 年度版）で減肉が想定される部位に対し、耐震管理厚さ\*1 を適用した場合の発生応力を評価した。

\*1：「耐震管理厚さ」（= $\min$ （40 年目の想定厚さ，公称板厚の 80%の厚さ））を定め、耐震管理厚さを考慮した配管板厚管理を実施している。

知見の拡充範囲の耐震安全性評価の手順については技術評価書同様の手順を適用した。詳細を以下に示す。

### a. 耐震管理厚さの決定

- ①実機点検結果に基づいて系統全体における肉厚管理測定箇所から、評価対象ラインの中の減肉想定範囲において流体条件が類似する箇所の実機測定データを整理して各評価箇所に保守的になるよう減肉率を設定する。
- ②①で設定した減肉率を用いて運転開始後 40 年時点までの一様な減肉を想定し、40 年目の想定厚さを算出する。
- ③公称板厚の 80%となる厚さと②で算出した 40 年目の想定厚さを比較し、小さい方を耐震管理厚さとする。

b. 耐震管理厚さをを用いた耐震評価

- ①エルボ部，分岐部，レジューサ部等の偏流発生部およびその下流部の以下に示す減肉想定範囲（減肉規格（2006年度版）に規程されている測定長さ）に耐震管理厚さまで一様な減肉が生じたと想定して三次元多質点系はりモデルに反映
  - ・管の呼び径 125A 以下                   : 300 mm
  - ・管の呼び径 125A を超えるもの : 500 mmただし，弁およびオリフィス下流部については以下とする（D は配管口径を示す）。
  - ・弁下流部：1D の位置が上記を超える場合は 1D
  - ・オリフィス下流部：3D の位置が上記を超える場合は 3D
- ②評価対象ラインの全ての減肉想定範囲に対し①で選定した耐震管理厚さまで，全周一様な減肉を想定し，三次元多質点系はりモデルに反映
- ③評価対象ラインの耐震クラスに応じた地震力を用いて地震時の発生応力（一次応力）の評価を実施（振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に設定した減衰定数を適用する。）
- ④耐震重要度 S クラスの配管については，一次＋二次応力の評価を実施し，許容応力を満足しなかった場合には疲れ累積係数による評価を実施

#### 4. 管の耐震安全性評価結果

##### 4. 1 給水系

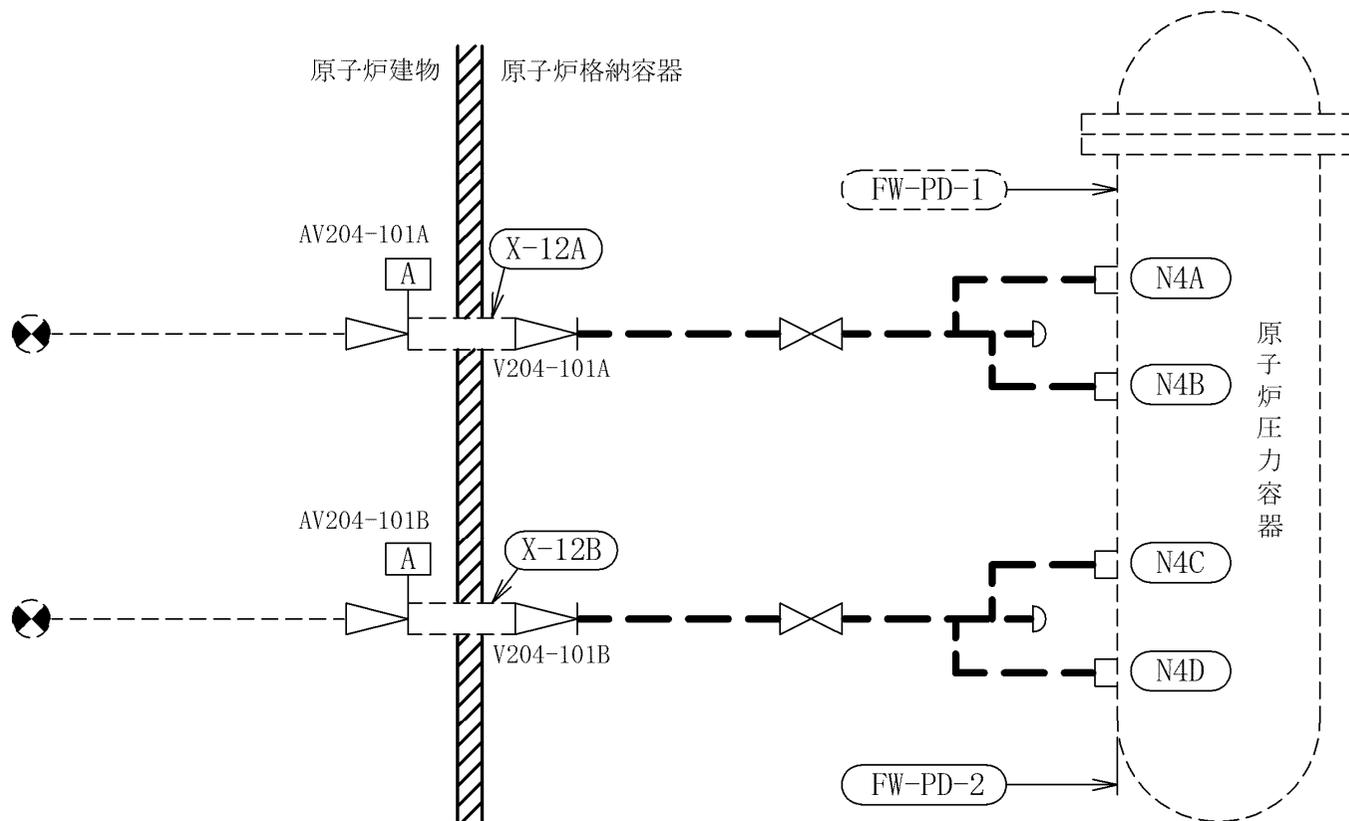
知見の拡充範囲の配管のうち、本システムにおける FAC 管理範囲および FAC 管理ランクを示した図（以下、「FAC 管理区分図」という。）を図 4-1-1 に示す（記号凡例については、表 4-1-1 に示す）。本システムにおいて FAC 管理範囲を含む解析モデルは、全 2 モデルあり、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値が最小となる解析モデルを代表として、解析モデル図を図 4-1-2 に示す（記号凡例については、表 4-1-2 に示す）。また、解析モデル図に、減肉設定範囲を示すとともに、当該部において適用した耐震管理厚さを含む評価仕様を表 4-1-3 に示す。各応力区分における代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果を表 4-1-4 に示す。弁の動的機能維持評価結果を表 4-1-5 に示す。

表 4-1-1 FAC 管理区分図記号凡例

記号	内容
 (太線)	FAC-2 の管
 (太破線)	FAC-S の管
 (細線)	FAC-1 の管
 (破線)	減肉管理対象外の管
	解析モデル名 (代表モデル)
	解析モデル名 (代表モデル以外)
	アンカ
C1	管クラス (管クラスがクラス 1 管である場合の例)
[S]	耐震重要度分類 (耐震重要度分類が S クラスである場合の例)

表 4-1-2 解析モデル図記号凡例

記号	内容
 (太線)	減肉設定範囲の管
 (細線)	減肉設定範囲以外の管
 10	最大応力評価点および対応する評価点番号 (評価点番号が 10 である場合の例)
	管番号の境界点
	対応する管番号 (管番号が 1 である場合の例)



- 注1：太破線範囲の耐震重要度分類 [S]
- 注2：太破線範囲の管クラス C1
- 注3：破線範囲はFAC-Sに分類される範囲であるが、偏流発生部なしの範囲である。

図 4-1-1 給水系 FAC 管理区分図

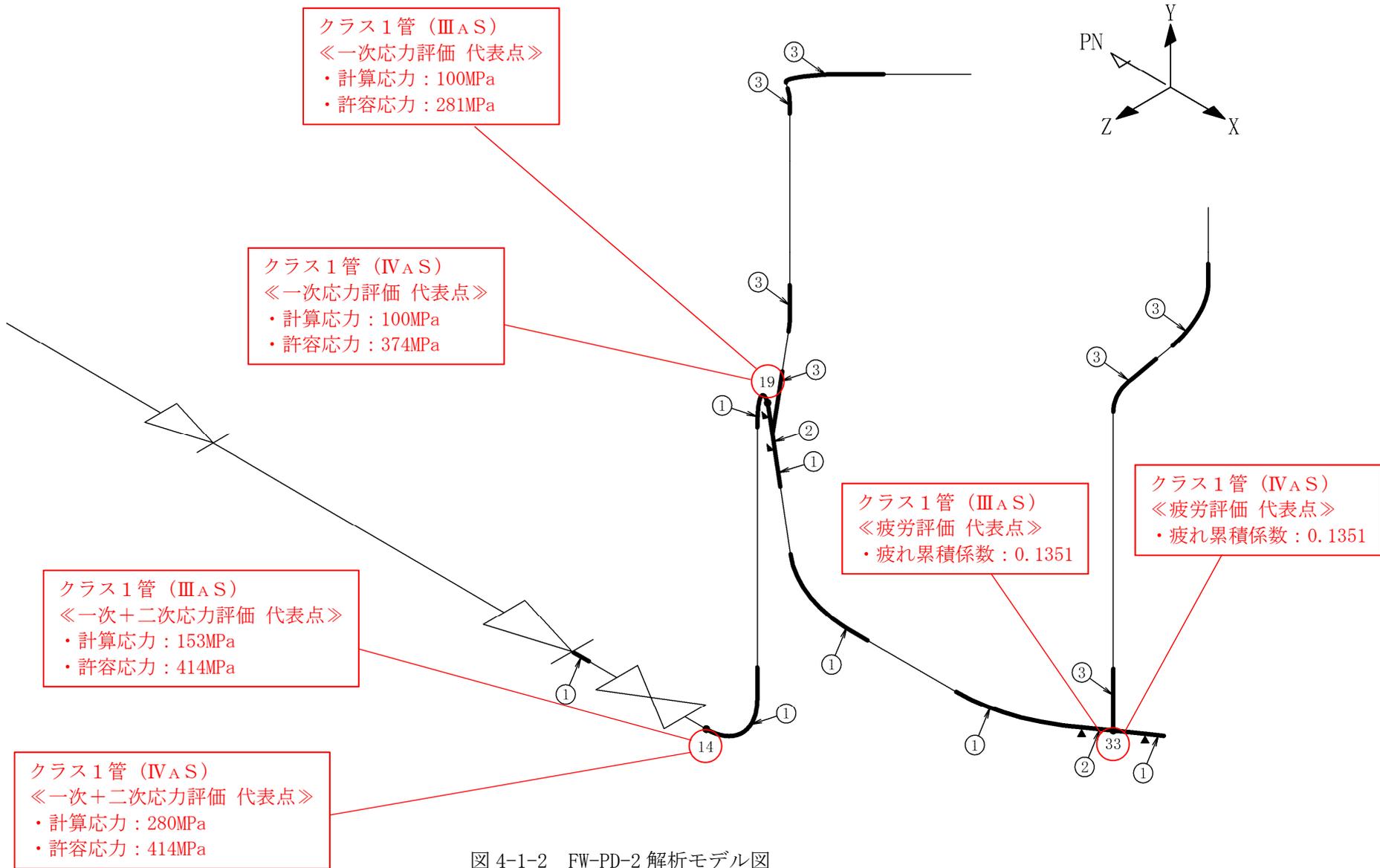


表 4-1-3 減肉設定範囲における評価仕様

解析モデル：FW-PD-2

管番号*1	外径 (mm)	公称 板厚 (mm)	耐震 管理 厚さ (mm)	耐震管理 厚さ区分	FAC 管理 ランク	耐震 重要度 分類	管クラス
1	457.2	23.8	19.0	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
2	489.6	40.0	32.0	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
3	318.5	21.4	17.1	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管

注記\*1：管番号は、解析モデル図に示す○数字と紐付く。

\*2：FAC-1 に分類される範囲のうち偏流発生部が連続する箇所であり，FAC-S として扱う箇所。

表 4-1-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (1/2)

クラス 1 管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	FW-PD-1	S	19	98	281	2.86	—	1401	152	414	2.72	—	33	0.1351	—
2	FW-PD-2	S	19	100	281	2.81	○	14	153	414	2.70	○	33	0.1351	○

注：設計用震度 I による評価結果を示す。

表 4-1-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (2/2)

クラス 1 管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	FW-PD-1	S	19	97	374	3.85	—	14	278	414	1.48	—	33	0.1351	—
2	FW-PD-2	S	19	100	374	3.74	○	14	280	414	1.47	○	33	0.1351	○

注：設計用震度 I による評価結果を示す。

表 4-1-5 弁の動的機能維持評価結果

弁番号	弁名称	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		機能維持確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	
		水平	鉛直	水平	鉛直
AV204-101A	A-原子炉給水外側隔離逆止弁	2.7	1.4	6.0	6.0
V204-101A	A-原子炉給水内側隔離逆止弁	2.7	1.4	6.0	6.0
AV204-101B	B-原子炉給水外側隔離逆止弁	2.7	1.4	6.0	6.0
V204-101B	B-原子炉給水内側隔離逆止弁	2.7	1.4	6.0	6.0

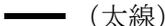
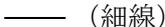
#### 4. 2 原子炉ベントドレン系

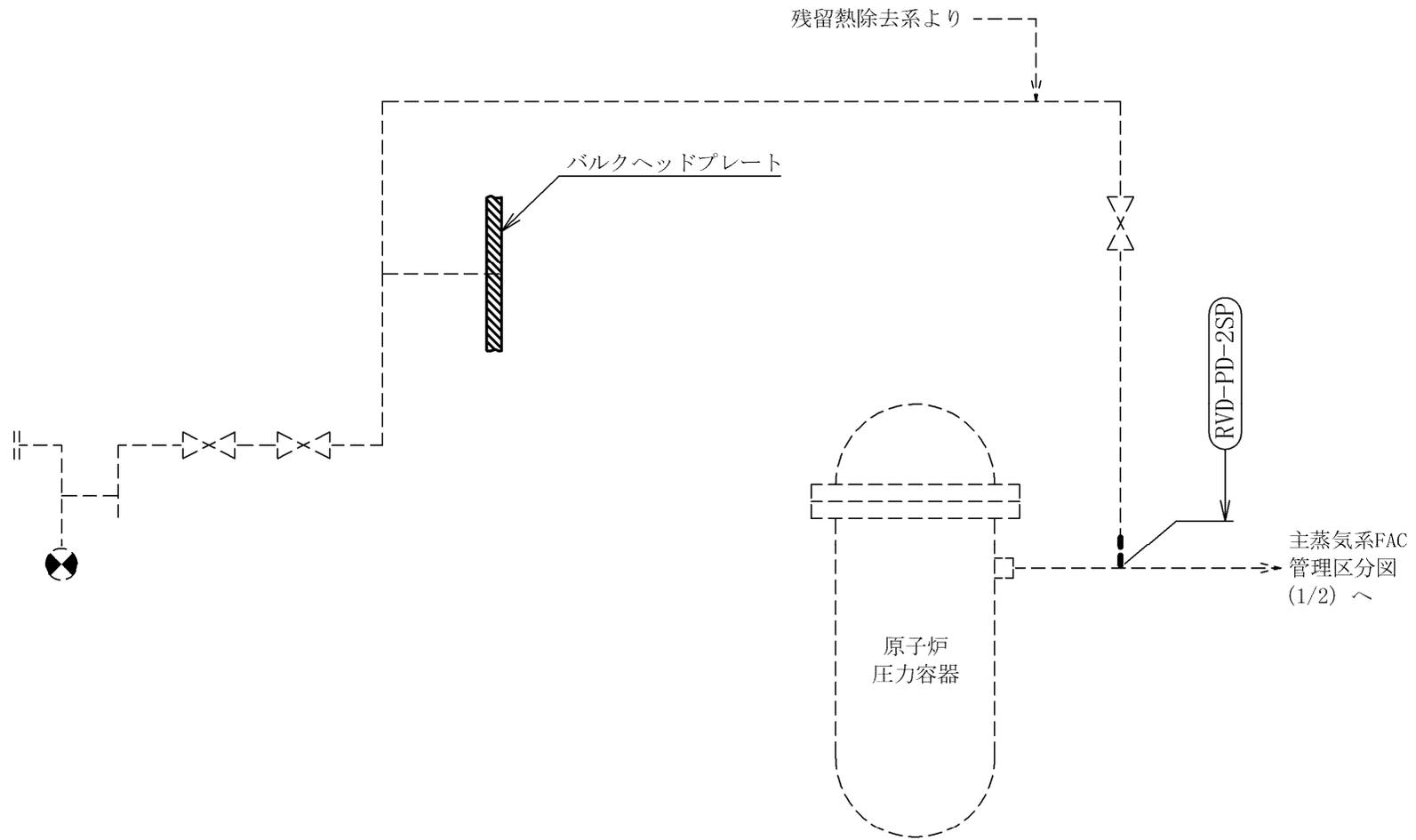
知見の拡充範囲の配管のうち、本システムにおける FAC 管理区分図を図 4-2-1 に示す（記号凡例については、表 4-2-1 に示す）。本システムにおいて FAC 管理範囲を含む解析モデルは、全 1 モデルのため、RVD-PD-2SP を代表として、解析モデル図を図 4-2-2 に示す（記号凡例については、表 4-2-2 に示す）。また、解析モデル図に、減肉設定範囲を示すとともに、当該部において適用した耐震管理厚さを含む評価仕様を表 4-2-3 に示す。各応力区分における代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果を表 4-2-4 に示す。

表 4-2-1 FAC 管理区分図記号凡例

記号	内容
 (太線)	FAC-2 の管
 (太破線)	FAC-S の管
 (細線)	FAC-1 の管
 (破線)	減肉管理対象外の管
	解析モデル名 (代表モデル)
	解析モデル名 (代表モデル以外)
	アンカ
C1	管クラス (管クラスがクラス 1 管である場合の例)
[S]	耐震重要度分類 (耐震重要度分類が S クラスである場合の例)

表 4-2-2 解析モデル図記号凡例

記号	内容
 (太線)	減肉設定範囲の管
 (細線)	減肉設定範囲以外の管
 10	最大応力評価点および対応する評価点番号 (評価点番号が 10 である場合の例)
	管番号の境界点
	対応する管番号 (管番号が 1 である場合の例)



注1：太破線範囲の耐震重要度分類 [S]

注2：太破線範囲の管クラス C1

図 4-2-1 原子炉ベントドレン系 FAC 管理区分図

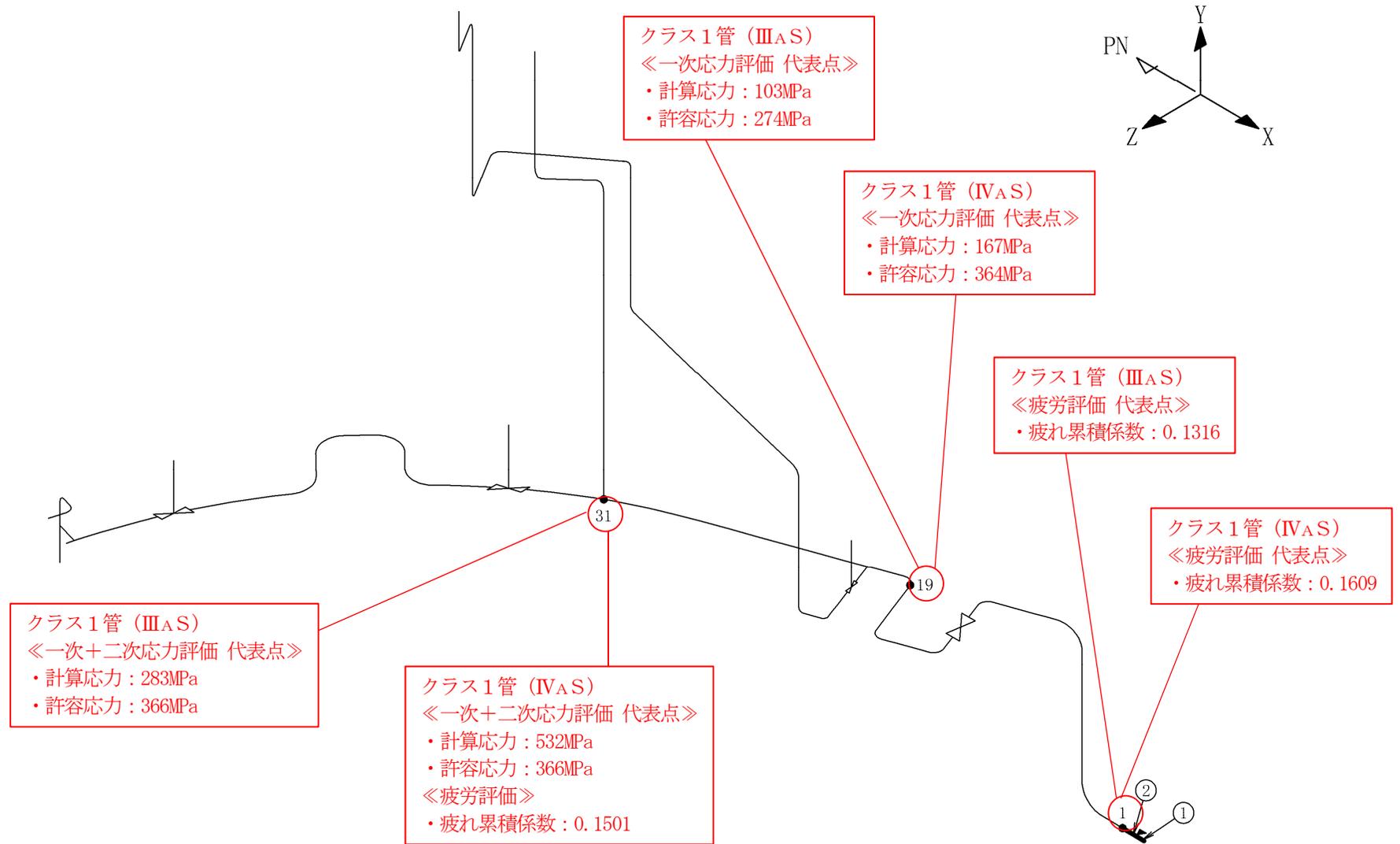


図 4-2-2 RVD-PD-2SP 解析モデル図

表 4-2-3 減肉設定範囲における評価仕様

解析モデル：RVD-PD-2SP

管番号*1	外径 (mm)	公称 板厚 (mm)	耐震 管理 厚さ (mm)	耐震管理 厚さ区分	FAC 管理 ランク	耐震 重要度 分類	管クラス
1	91.0	23.95	19.1	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
2	91.0	14.95	11.9	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管

注記\*1：管番号は、解析モデル図に示す○数字と紐付く。

\*2：FAC-1 に分類される範囲のうち偏流発生部が連続する箇所であり、FAC-S として扱う箇所。

表 4-2-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (1/2)

クラス 1 管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態ⅢAS												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	RVD-PD-2SP	S	19	103	274	2.66	○	31	283	366	1.29	○	1	0.1316	○

注：設計用床応答スペクトル I および設計用震度 I による評価結果を示す。

表 4-2-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (2/2)

クラス 1 管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態IVAS												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	RVD-PD-2SP	S	19	167	364	2.17	○	31	532	366	0.68	○	1	0.1609	○

注：設計用床応答スペクトル I および設計用震度 I による評価結果を示す。

#### 4. 3 主蒸気系

知見の拡充範囲の配管のうち、本系統における FAC 管理区分図を図 4-3-1 に示す（記号凡例については、表 4-3-1 に示す）。本系統において FAC 管理範囲を含む解析モデルは、全 9 モデルあり、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値が最小となる解析モデルを代表として、解析モデル図を図 4-3-2～図 4-3-5 に示す（記号凡例については、表 4-3-2 に示す）。また、解析モデル図に、減肉設定範囲を示すとともに、当該部において適用した耐震管理厚さを含む評価仕様を表 4-3-3 に示す。各応力区分における代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果を表 4-3-4 に示す。弁の動的機能維持評価結果を表 4-3-5 に示す。

表 4-3-1 FAC 管理区分図記号凡例

記号	内容
 (太線)	FAC-2 の管
 (太破線)	FAC-S の管
 (細線)	FAC-1 の管
 (破線)	減肉管理対象外の管
	解析モデル名 (代表モデル)
	解析モデル名 (代表モデル以外)
	アンカ
C1	管クラス (管クラスがクラス 1 管である場合の例)
[S]	耐震重要度分類 (耐震重要度分類が S クラスである場合の例)

表 4-3-2 解析モデル図記号凡例

記号	内容
 (太線)	減肉設定範囲の管
 (細線)	減肉設定範囲以外の管
 10	最大応力評価点および対応する評価点番号 (評価点番号が 10 である場合の例)
	管番号の境界点
	対応する管番号 (管番号が 1 である場合の例)

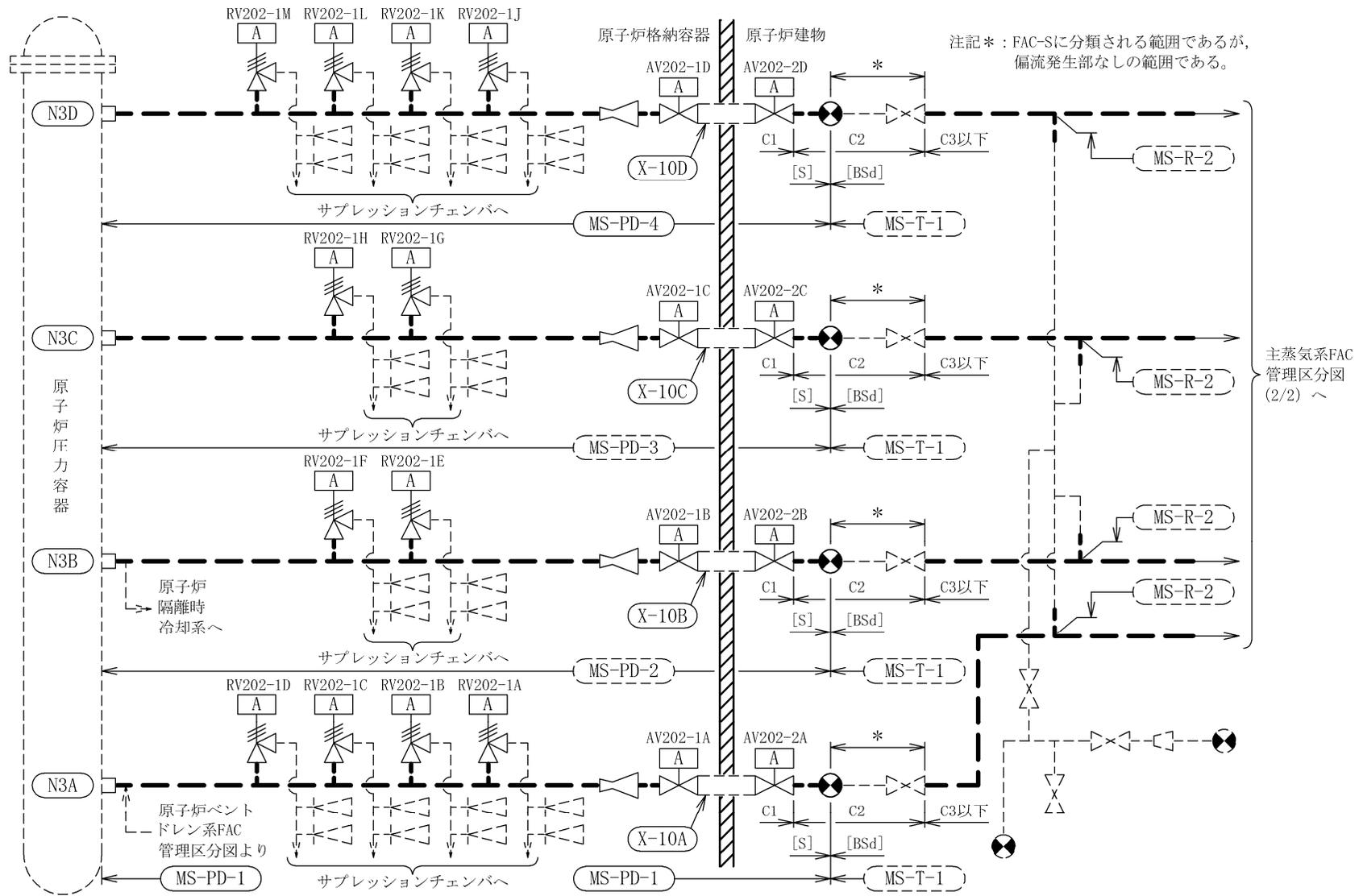


図 4-3-1 主蒸気系 FAC 管理区分図 (1/2)

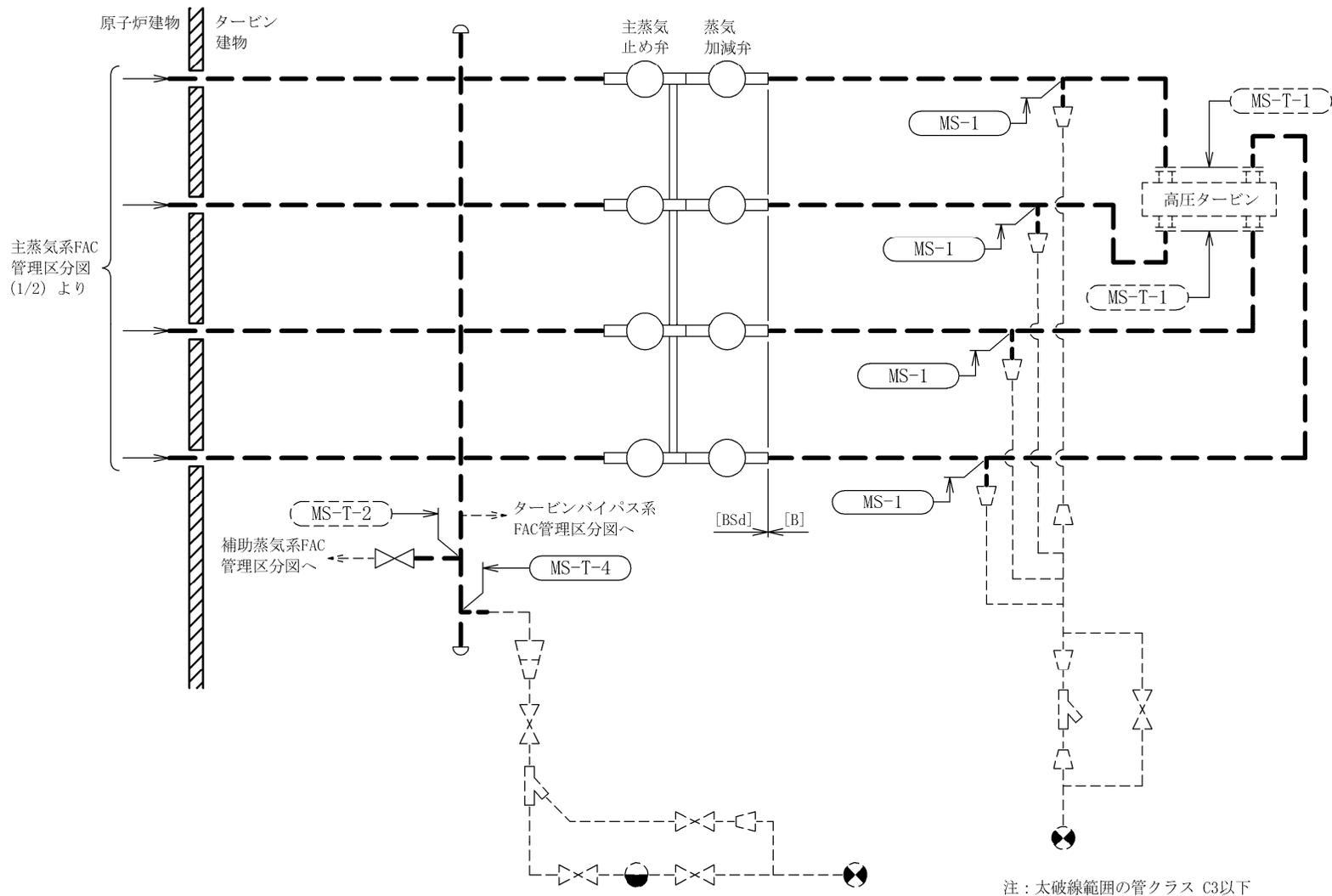


図 4-3-1 主蒸気系 FAC 管理区分図 (2/2)

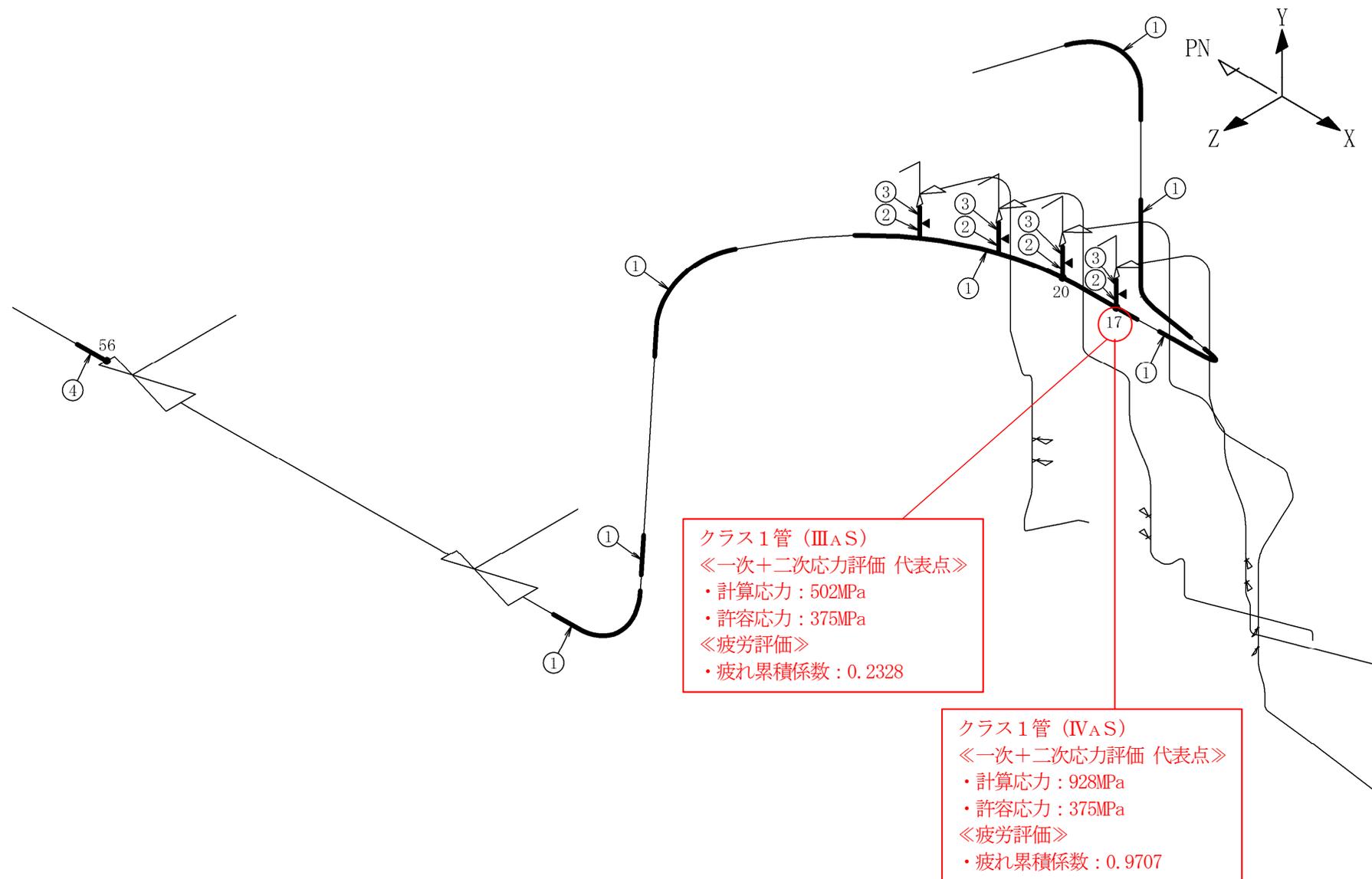


図 4-3-2 MS-PD-1 解析モデル図

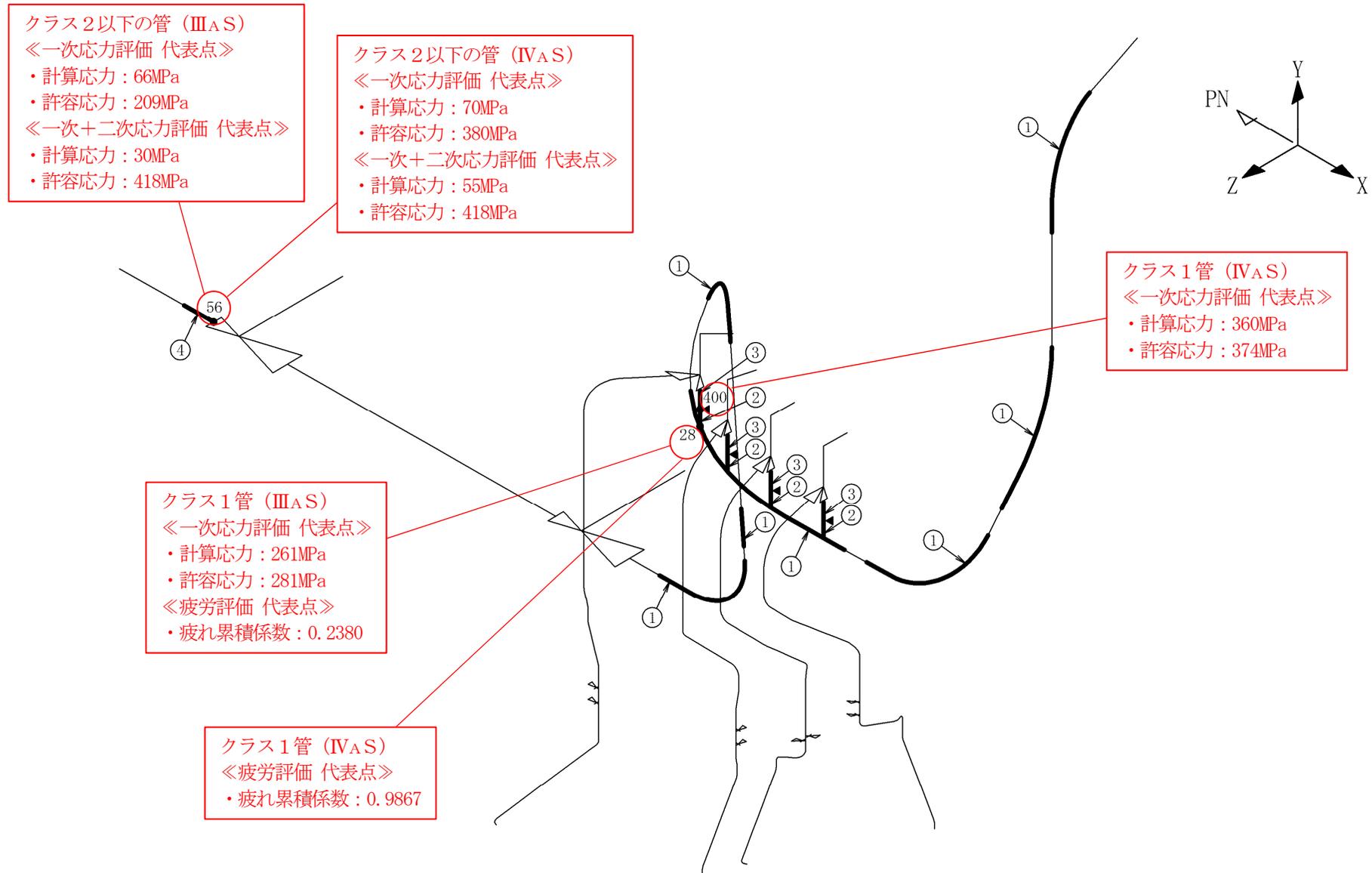


図 4-3-3 MS-PD-4 解析モデル図

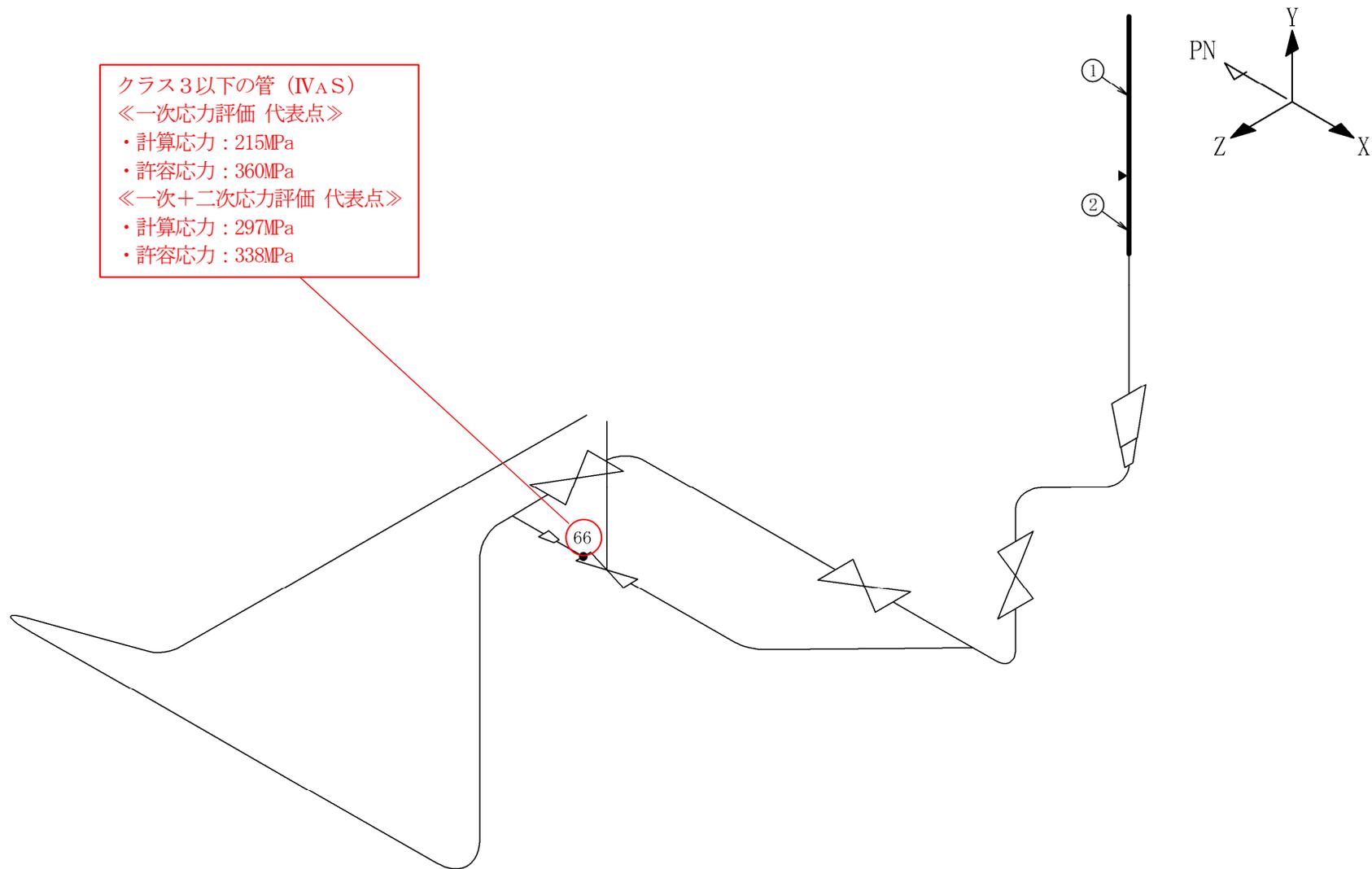


図 4-3-4 MS-T-4 解析モデル図

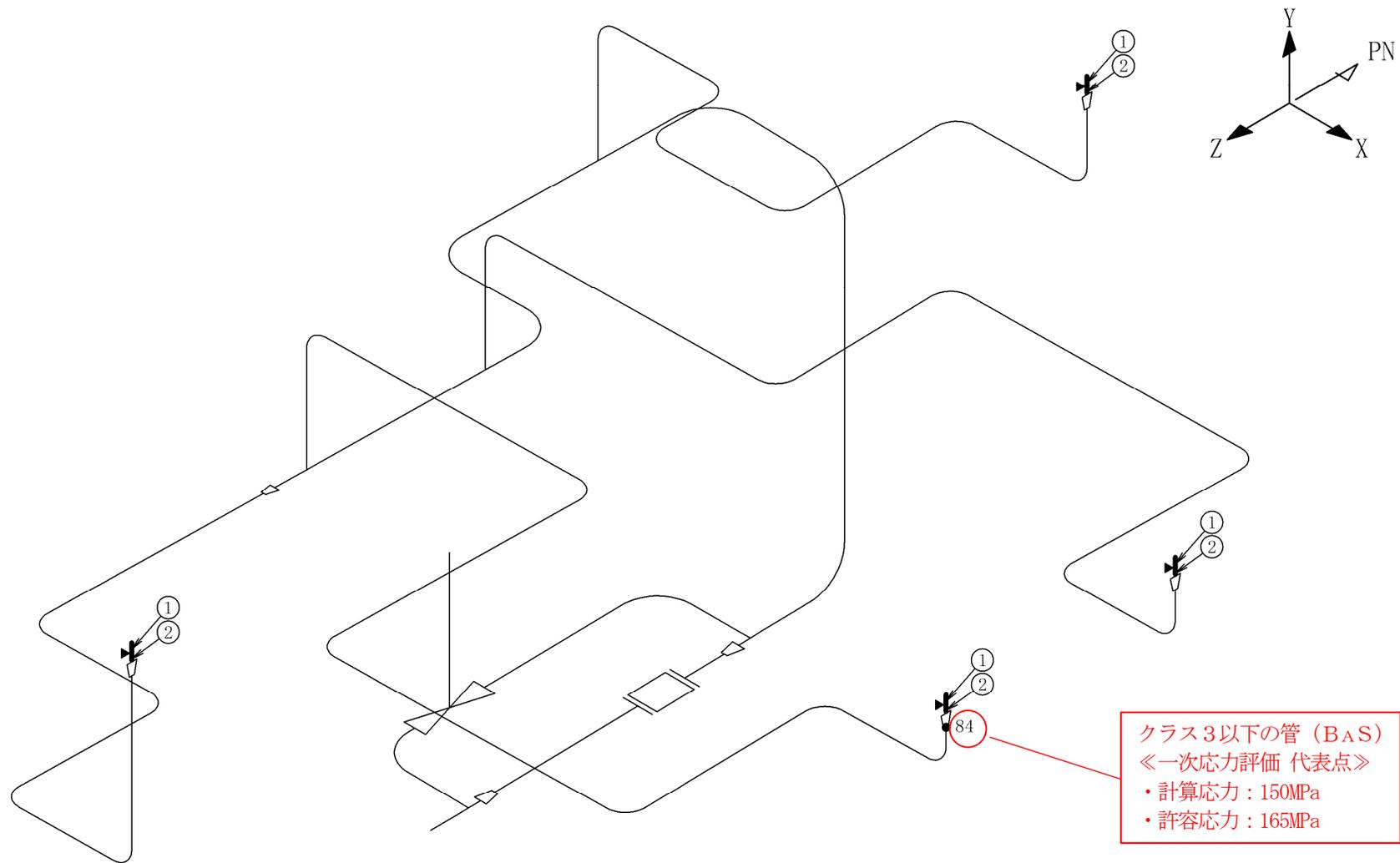


図 4-3-5 MS-1 解析モデル図

表 4-3-3 減肉設定範囲における評価仕様 (1/4)

解析モデル：MS-PD-1

管番号*1	外径 (mm)	公称 板厚 (mm)	耐震 管理 厚さ (mm)	耐震管理 厚さ区分	FAC 管理 ランク	耐震 重要度 分類	管クラス
1	609.6	30.9	24.7	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
2	279.4	59.7	54.0	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
3	216.3	28.15	22.5	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
4	609.6	30.9	24.7	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 2 以下の管

注記\*1：管番号は、解析モデル図に示す○数字と紐付く。

\*2：FAC-1 に分類される範囲のうち偏流発生部が連続する箇所であり、FAC-S として扱う箇所。

表 4-3-3 減肉設定範囲における評価仕様 (2/4)

解析モデル：MS-PD-4

管番号*1	外径 (mm)	公称 板厚 (mm)	耐震 管理 厚さ (mm)	耐震管理 厚さ区分	FAC 管理 ランク	耐震 重要度 分類	管クラス
1	609.6	30.9	24.7	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
2	279.4	59.7	54.0	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
3	216.3	28.15	22.5	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 1 管
4	609.6	30.9	24.7	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	S	クラス 2 以下の管

注記\*1：管番号は、解析モデル図に示す○数字と紐付く。

\*2：FAC-1 に分類される範囲のうち偏流発生部が連続する箇所であり、FAC-S として扱う箇所。

表 4-3-3 減肉設定範囲における評価仕様 (3/4)

解析モデル：MS-T-4

管番号*1	外径 (mm)	公称 板厚 (mm)	耐震 管理 厚さ (mm)	耐震管理 厚さ区分	FAC 管理 ランク	耐震 重要度 分類	管クラス
1	418.0	55.0	44.0	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
2	355.6	23.8	19.0	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管

注記\*1：管番号は、解析モデル図に示す○数字と紐付く。

\*2：FAC-1 に分類される範囲のうち偏流発生部が連続する箇所であり、FAC-S として扱う箇所。

表 4-3-3 減肉設定範囲における評価仕様 (4/4)

解析モデル：MS-1

管番号*1	外径 (mm)	公称 板厚 (mm)	耐震 管理 厚さ (mm)	耐震管理 厚さ区分	FAC 管理 ランク	耐震 重要度 分類	管クラス
1	62.8	14.2	11.3	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
2	48.6	6.3	5.0	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管

注記\*1：管番号は、解析モデル図に示す○数字と紐付く。

\*2：FAC-1 に分類される範囲のうち偏流発生部が連続する箇所であり、FAC-S として扱う箇所。

表 4-3-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (1/6)

クラス 1 管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態ⅢAS												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	MS-PD-1	S	20	212	281	1.32	—	17	502	375	0.74	○	17	0.2328	—
2	MS-PD-2	S	15	201	281	1.39	—	15	457	375	0.82	—	15	0.1389	—
3	MS-PD-3	S	12	207	281	1.35	—	12	419	375	0.89	—	12	0.1210	—
4	MS-PD-4	S	28	261	281	1.07	○	28	485	375	0.77	—	28	0.2380	○

注：設計用床応答スペクトルⅠおよび設計用震度Ⅰによる評価結果を示す。

表 4-3-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (2/6)

クラス 1 管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態IVAS												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	MS-PD-1	S	20	309	374	1.21	—	17	928	375	0.40	○	17	0.9707	—
2	MS-PD-2	S	100	306	374	1.22	—	15	890	375	0.42	—	15	0.8484	—
3	MS-PD-3	S	100	299	374	1.25	—	12	806	375	0.46	—	12	0.6417	—
4	MS-PD-4	S	400	360	374	1.03	○	28	907	375	0.41	—	28	0.9867	○

注：設計用床応答スペクトル I および設計用震度 I による評価結果を示す。

表 4-3-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (3/6)

クラス 2 以下の管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	MS-PD-1	S	56	66	209	3.16	—	56	30	418	13.93	—	—	—	—
2	MS-PD-2	S	46	66	209	3.16	—	46	30	418	13.93	—	—	—	—
3	MS-PD-3	S	43	66	209	3.16	—	43	30	418	13.93	—	—	—	—
4	MS-PD-4	S	56	66	209	3.16	○	56	30	418	13.93	○	—	—	—

注：設計用床応答スペクトル I および設計用震度 I による評価結果を示す。

表 4-3-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (4/6)

クラス 2 以下の管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態IVAS												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	MS-PD-1	S	56	69	380	5.50	—	56	55	418	7.60	—	—	—	—
2	MS-PD-2	S	46	70	380	5.42	—	46	55	418	7.60	—	—	—	—
3	MS-PD-3	S	43	70	380	5.42	—	43	55	418	7.60	—	—	—	—
4	MS-PD-4	S	56	70	380	5.42	○	56	55	418	7.60	○	—	—	—

注：設計用床応答スペクトル I および設計用震度 I による評価結果を示す。

表 4-3-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (5/6)

クラス 3 以下の管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態IVAS												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	MS-R-2	B S d	64	131	360	2.74	—	64	221	326	1.47	—	—	—	—
2	MS-T-1	B S d	264	102	377	3.69	—	264	106	396	3.73	—	—	—	—
3	MS-T-2	B S d	2	109	394	3.61	—	2	139	374	2.69	—	—	—	—
4	MS-T-4	B S d	66	215	360	1.67	○	66	297	338	1.13	○	—	—	—

注：設計用床応答スペクトル I および設計用震度 I による評価結果を示す。なお、モーダル時刻歴解析法を適用している MS-T-1 および MS-T-2 については、配管が設置される建物・構築物の時刻歴応答波形を適用した評価結果を示す。

表 4-3-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (6/6)

クラス 3 以下の管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態 B A S				
			一次応力評価				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	MS-R-2	B	7	142	163	1.14	—
2	MS-T-1	B	285	85	203	2.38	—
3	MS-T-2	B	2	83	187	2.25	—
4	MS-T-4	B	66	136	169	1.24	—
5	MS-1	B	84	150	165	1.10	○

注：設計用床応答スペクトル I および設計用震度 I による評価結果を示す。なお、モーダル時刻歴解析法を適用している MS-T-1 および MS-T-2 については、配管が設置される建物・構築物の時刻歴応答波形を適用した評価結果を示す。

表 4-3-5 弁の動的機能維持評価結果 (1/2)

弁番号	弁名称	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )			機能維持確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>※1</sup>		
		水平	鉛直	合成 <sup>※2</sup>	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度 評価結果
							水平	鉛直	
AV202-1A	A-主蒸気内側隔離弁	4.7	3.5	—	10.0	6.2	—	—	—
AV202-2A	A-主蒸気外側隔離弁	4.7	3.5	—	10.0	6.2	—	—	—
RV202-1A	A-主蒸気逃がし安全弁	10.9	5.5	12.1	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
RV202-1B	B-主蒸気逃がし安全弁	12.1	4.7	13.0	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
RV202-1C	C-主蒸気逃がし安全弁	13.7	6.0	15.0	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
RV202-1D	D-主蒸気逃がし安全弁	14.2	6.2	15.5	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
AV202-1B	B-主蒸気内側隔離弁	4.0	3.3	—	10.0	6.2	—	—	—
AV202-2B	B-主蒸気外側隔離弁	4.5	4.1	—	10.0	6.2	—	—	—
RV202-1E	E-主蒸気逃がし安全弁	13.4	4.5	14.2	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
RV202-1F	F-主蒸気逃がし安全弁	15.4	5.6	16.3	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
AV202-1C	C-主蒸気内側隔離弁	4.5	3.9	—	10.0	6.2	—	—	—
AV202-2C	C-主蒸気外側隔離弁	5.0	4.2	—	10.0	6.2	—	—	—
RV202-1G	G-主蒸気逃がし安全弁	11.9	4.4	12.7	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
RV202-1H	H-主蒸気逃がし安全弁	13.3	5.0	14.2	9.6	6.1	20.0	20.0	※3

※1：水平または鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し、水平および鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

※2：水平および鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり、詳細評価を実施する場合に使用する。

※3：設工認の構造強度評価結果に用いた加速度(17.6G)により健全性が確保されていることを確認している。

表 4-3-5 弁の動的機能維持評価結果 (2/2)

弁番号	弁名称	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )			機能維持確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>※1</sup>		
		水平	鉛直	合成 <sup>※2</sup>	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度 評価結果
							水平	鉛直	
AV202-1D	D-主蒸気内側隔離弁	4.4	3.7	—	10.0	6.2	—	—	—
AV202-2D	D-主蒸気外側隔離弁	4.2	4.2	—	10.0	6.2	—	—	—
RV202-1J	J-主蒸気逃がし安全弁	13.6	4.0	14.2	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
RV202-1K	K-主蒸気逃がし安全弁	11.0	3.1	11.4	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
RV202-1L	L-主蒸気逃がし安全弁	12.3	3.9	12.9	9.6	6.1	20.0	20.0	※3
RV202-1M	M-主蒸気逃がし安全弁	12.3	3.9	12.9	9.6	6.1	20.0	20.0	※3

※1：水平または鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し、水平および鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

※2：水平および鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり、詳細評価を実施する場合に使用する。

※3：設工認の構造強度評価結果に用いた加速度(17.6G)により健全性が確保されていることを確認している。

#### 4. 4 補助蒸気系

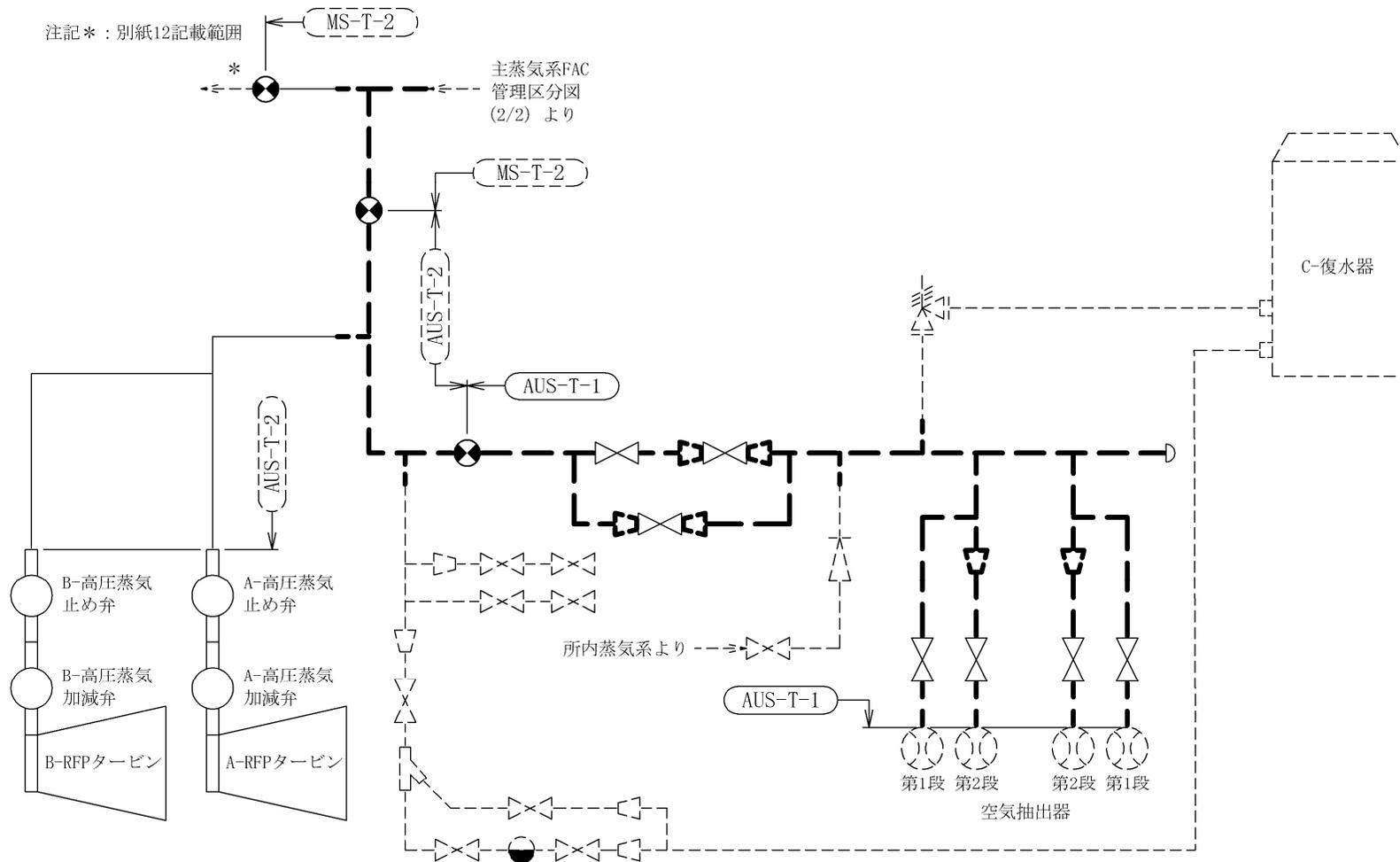
知見の拡充範囲の配管のうち，本系統における FAC 管理区分図を図 4-4-1 に示す（記号凡例については，表 4-4-1 に示す）。本系統において FAC 管理範囲を含む解析モデルは，全 3 モデルあり，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値が最小となる解析モデルを代表として，解析モデル図を図 4-4-2 に示す（記号凡例については，表 4-4-2 に示す）。また，解析モデル図に，減肉設定範囲を示すとともに，当該部において適用した耐震管理厚さを含む評価仕様を表 4-4-3 に示す。各応力区分における代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果を表 4-4-4 に示す。

表 4-4-1 FAC 管理区分図記号凡例

記号	内容
 (太線)	FAC-2 の管
 (太破線)	FAC-S の管
 (細線)	FAC-1 の管
 (破線)	減肉管理対象外の管
	解析モデル名 (代表モデル)
	解析モデル名 (代表モデル以外)
	アンカ
C1	管クラス (管クラスがクラス 1 管である場合の例)
[S]	耐震重要度分類 (耐震重要度分類が S クラスである場合の例)

表 4-4-2 解析モデル図記号凡例

記号	内容
 (太線)	減肉設定範囲の管
 (細線)	減肉設定範囲以外の管
 10	最大応力評価点および対応する評価点番号 (評価点番号が 10 である場合の例)
	管番号の境界点
	対応する管番号 (管番号が 1 である場合の例)



注1：太破線および細線範囲の耐震重要度分類 [B]  
注2：太破線および細線範囲の管クラス C3以下

図 4-4-1 補助蒸気系 FAC 管理区分図

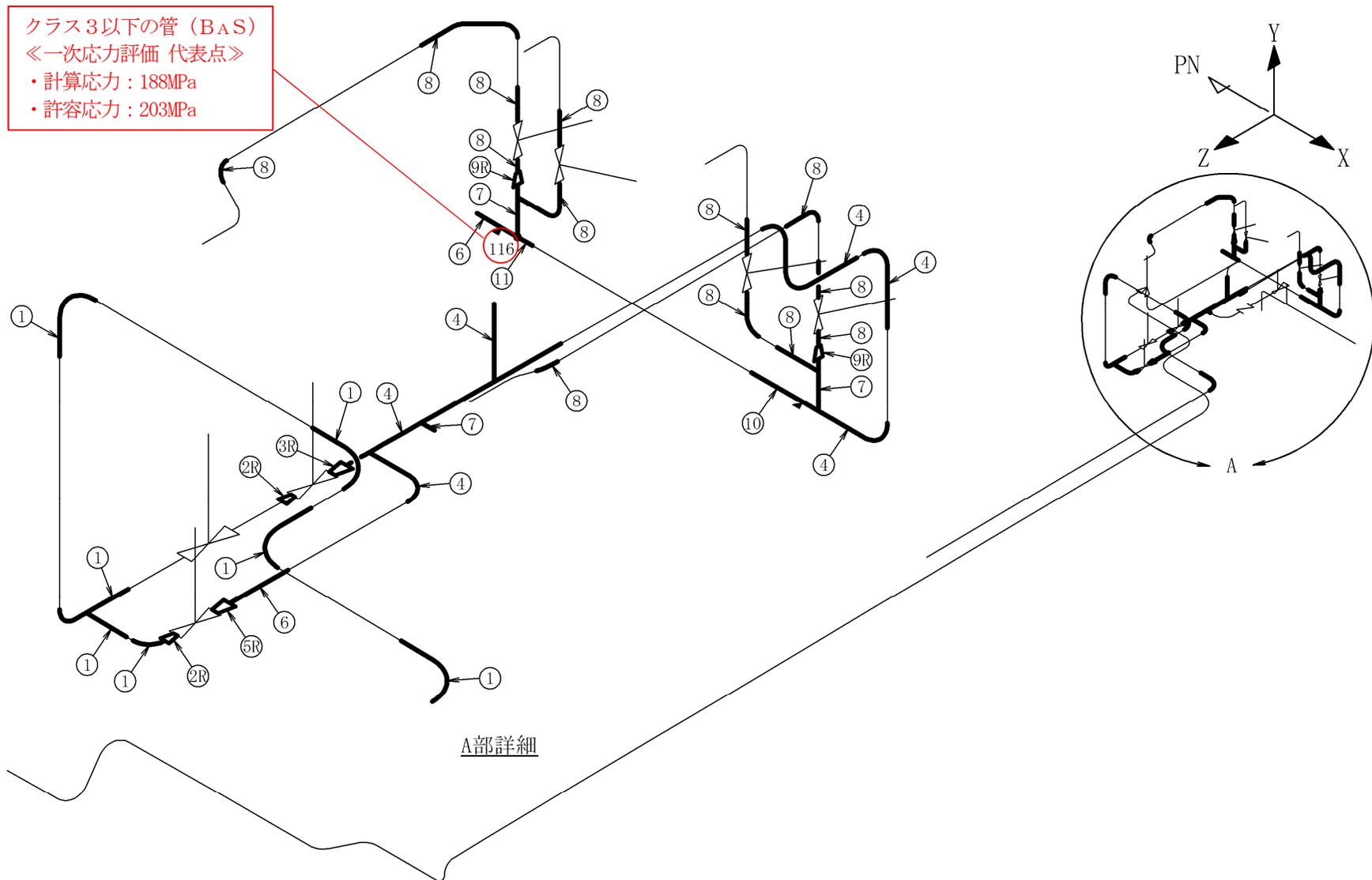


図 4-4-2 AUS-T-1 解析モデル図

表 4-4-3 減肉設定範囲における評価仕様

解析モデル：AUS-T-1

管番号*1	外径 (mm)	公称 板厚 (mm)	耐震 管理 厚さ (mm)	耐震管理 厚さ区分	FAC 管理 ランク	耐震 重要度 分類	管クラス
1	114.3	11.1	8.8	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
2R	114.3	11.1	8.8	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
	89.1	11.1	8.8	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
3R	165.2	7.1	5.6	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
	89.1	5.5	4.4	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
4	165.2	7.1	5.6	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
5R	165.2	7.1	4.9	40 年目の想定厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
	89.1	5.5	4.4	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
6	165.2	7.1	3.9	40 年目の想定厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
7	114.3	6.0	4.8	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
8	89.1	5.5	4.4	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
9R	114.3	6.0	4.8	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
	89.1	5.5	4.4	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
10	165.2	7.1	5.5	40 年目の想定厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
11	165.2	7.1	4.1	40 年目の想定厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管

注記\*1：管番号は、解析モデル図に示す○数字と紐付く。また、管番号の末尾に「R」が付く管はレギュレーサ部であり、上段が大口径側、下段が小口径側の情報を示す。

\*2：FAC-1 に分類される範囲のうち偏流発生部が連続する箇所であり、FAC-S として扱う箇所。

表 4-4-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果

クラス 3 以下の管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態 B A S				
			一次応力評価				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	AUS-T-1	B	116	188	203	1.07	○
2	AUS-T-2	B	121N	152	182	1.19	—
3	MS-T-2	B	51	74	182	2.45	—

注：設計用床応答スペクトル I および設計用震度 I による評価結果を示す。なお、モーダル時刻歴解析法を適用している MS-T-2 については、配管が設置される建物・構築物の時刻歴応答波形を適用した評価結果を示す。

#### 4. 5 タービンバイパス系

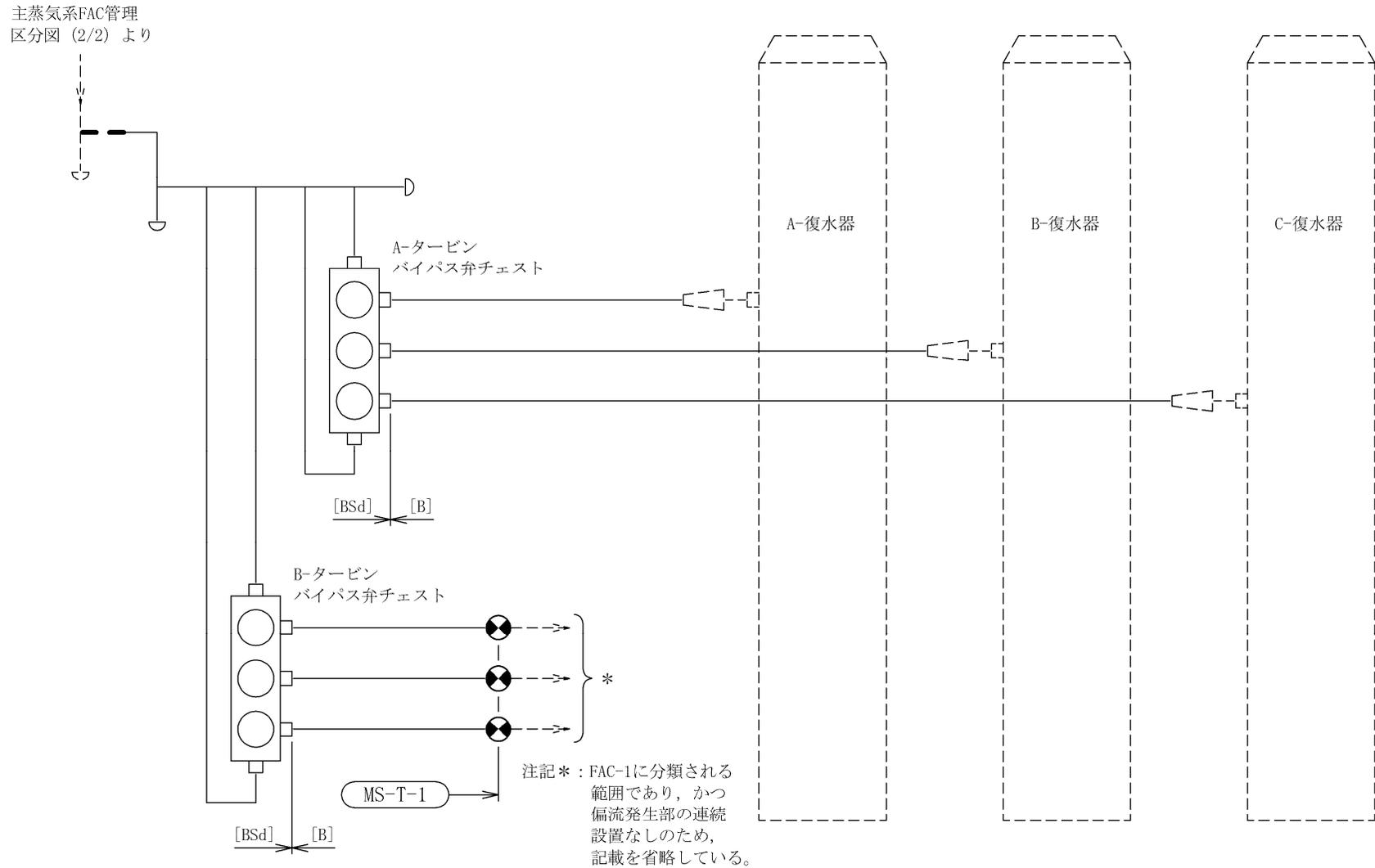
知見の拡充範囲の配管のうち、本系統における FAC 管理区分図を図 4-5-1 に示す（記号凡例については、表 4-5-1 に示す）。本系統において FAC 管理範囲を含む解析モデルは、全 1 モデルのため、MS-T-1 を代表として、解析モデル図を図 4-5-2 に示す（記号凡例については、表 4-5-2 に示す）。また、解析モデル図に、減肉設定範囲を示すとともに、当該部において適用した耐震管理厚さを含む評価仕様を表 4-5-3 に示す。各応力区分における代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果を表 4-5-4 に示す。

表 4-5-1 FAC 管理区分図記号凡例

記号	内容
 (太線)	FAC-2 の管
 (太破線)	FAC-S の管
 (細線)	FAC-1 の管
 (破線)	減肉管理対象外の管
	解析モデル名 (代表モデル)
	解析モデル名 (代表モデル以外)
	アンカ
C1	管クラス (管クラスがクラス 1 管である場合の例)
[S]	耐震重要度分類 (耐震重要度分類が S クラスである場合の例)

表 4-5-2 解析モデル図記号凡例

記号	内容
 (太線)	減肉設定範囲の管
 (細線)	減肉設定範囲以外の管
 10	最大応力評価点および対応する評価点番号 (評価点番号が 10 である場合の例)
	管番号の境界点
	対応する管番号 (管番号が 1 である場合の例)



注：太破線および細線範囲の管クラス C3以下

図 4-5-1 タービンバイパス系 FAC 管理区分図

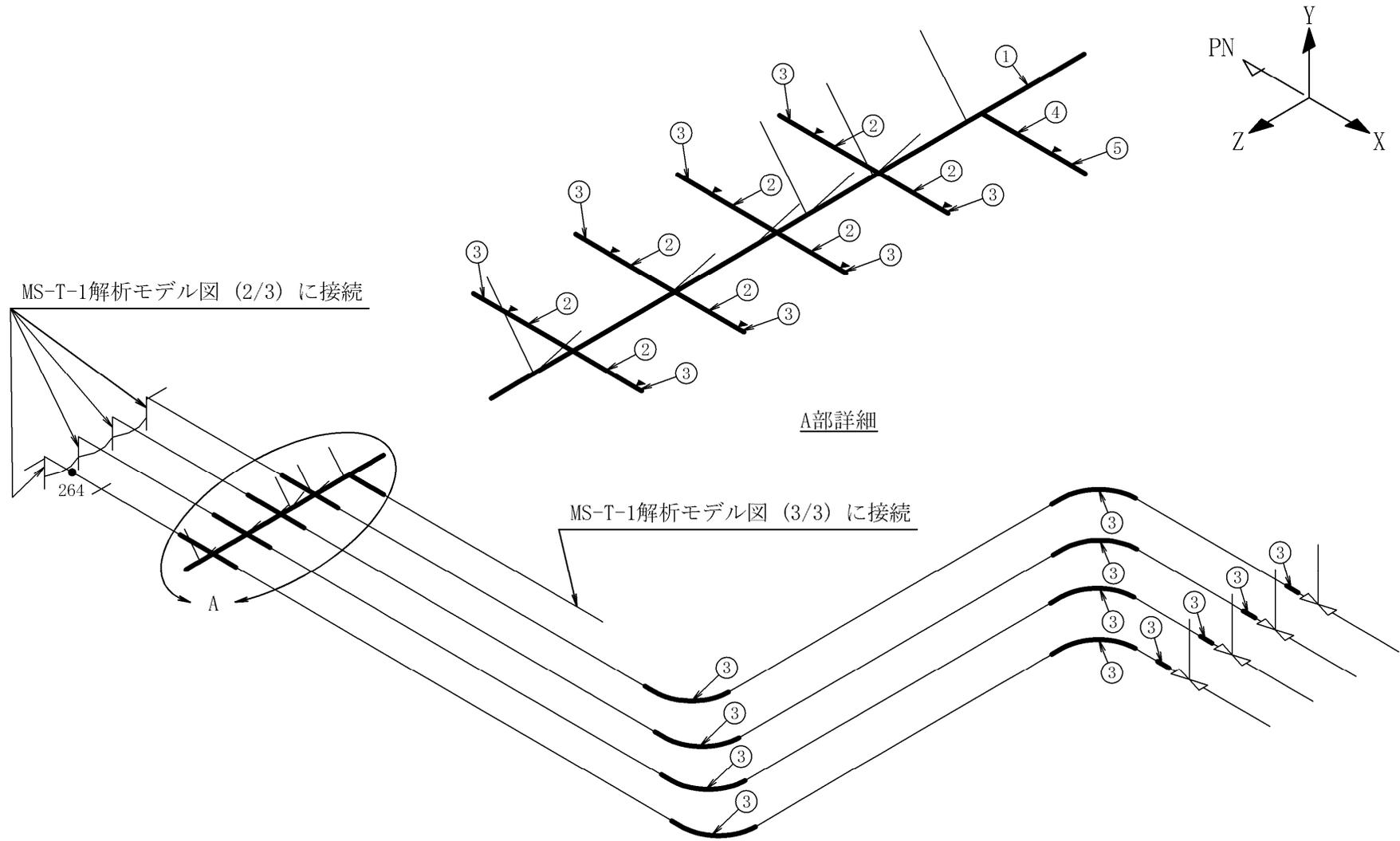
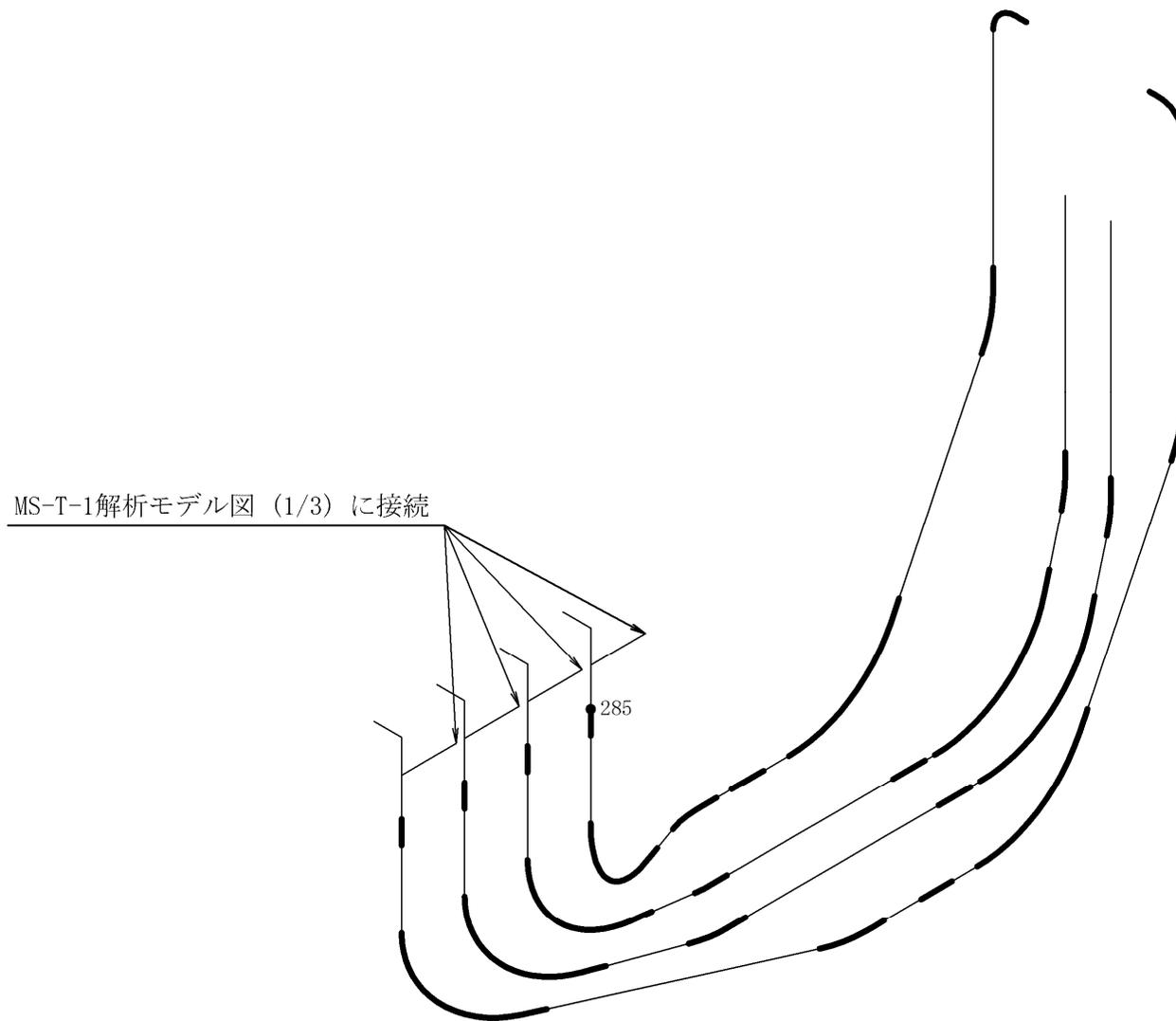


図 4-5-2 MS-T-1 解析モデル図 (1/3)



注：太線範囲の管番号 ⑨

図 4-5-2 MS-T-1 解析モデル図 (2/3)

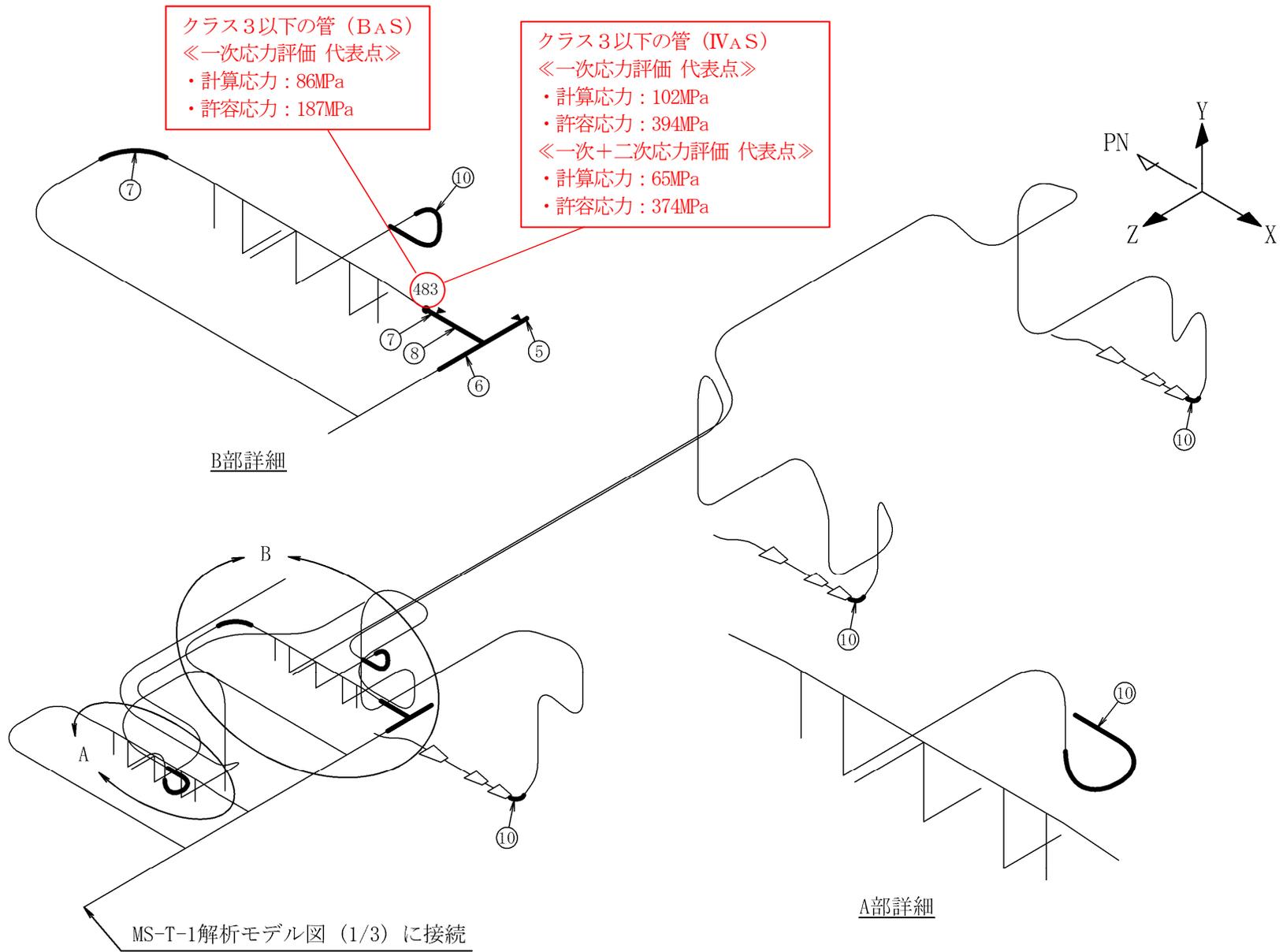


図 4-5-2 MS-T-1 解析モデル図 (3/3)

表 4-5-3 減肉設定範囲における評価仕様

解析モデル：MS-T-1

管番号*1	外径 (mm)	公称 板厚 (mm)	耐震 管理 厚さ (mm)	耐震管理 厚さ区分	FAC 管理 ランク	耐震 重要度 分類	管クラス
1	1625.6	90.0	72.0	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
2	695.8	74.0	59.2	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
3	609.6	30.9	24.7	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
4	1178.0	108.0	86.4	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
5	1066.8	52.4	41.9	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
6	1118.0	78.0	62.4	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
7	558.8	28.5	22.8	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
8	609.8	54.0	43.2	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B S d	クラス 3 以下の管
9	609.6	30.9	24.7	公称板厚の 80%の厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管
10	406.4	21.4	16.8	40 年目の想定厚さ	FAC-S*2	B	クラス 3 以下の管

注記\*1：管番号は、解析モデル図に示す○数字と紐付く。

\*2：FAC-1 に分類される範囲のうち偏流発生部が連続する箇所であり、FAC-S として扱う箇所。

表 4-5-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (1/2)

クラス 3 以下の管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態IVAS												
			一次応力評価					一次+二次応力評価					疲労評価		
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲れ 累積 係数	代表
1	MS-T-1	B S d	483	102	394	3.86	○	483	65	374	5.75	○	—	—	—

注：モーダル時刻歴解析法を適用している MS-T-1 については、配管が設置される建物・構築物の時刻歴応答波形を適用した評価結果を示す。

表 4-5-4 代表モデルの選定結果および全モデルの評価結果 (2/2)

クラス 3 以下の管

No	解析モデル	耐震 重要度 分類	許容応力状態 B A S				
			一次応力評価				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	MS-T-1	B	483	86	187	2.17	○

注：モーダル時刻歴解析法を適用している MS-T-1 については、配管が設置される建物・構築物の時刻歴応答波形を適用した評価結果を示す。