

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-036-3 改3
提出年月日	2020年8月28日

V-2-5-2-1-2 管の耐震性についての計算書

K7 ① V-2-5-2-1-2 R0

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-5-2-1-2 管の耐震性についての計算書

設計基準対象施設

目 次

1.	概要	1
2.	概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1	概略系統図	2
2.2	鳥瞰図	9
3.	計算条件	33
3.1	計算方法	33
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	34
3.3	設計条件	35
3.4	材料及び許容応力	60
3.5	設計用地震力	61
4.	解析結果及び評価	62
4.1	固有周期及び設計震度	62
4.2	評価結果	92
4.2.1	管の応力評価結果	92
4.2.2	支持構造物評価結果	95
4.2.3	弁の動的機能維持評価結果	96
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	97

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全16モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。




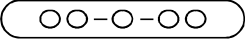

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

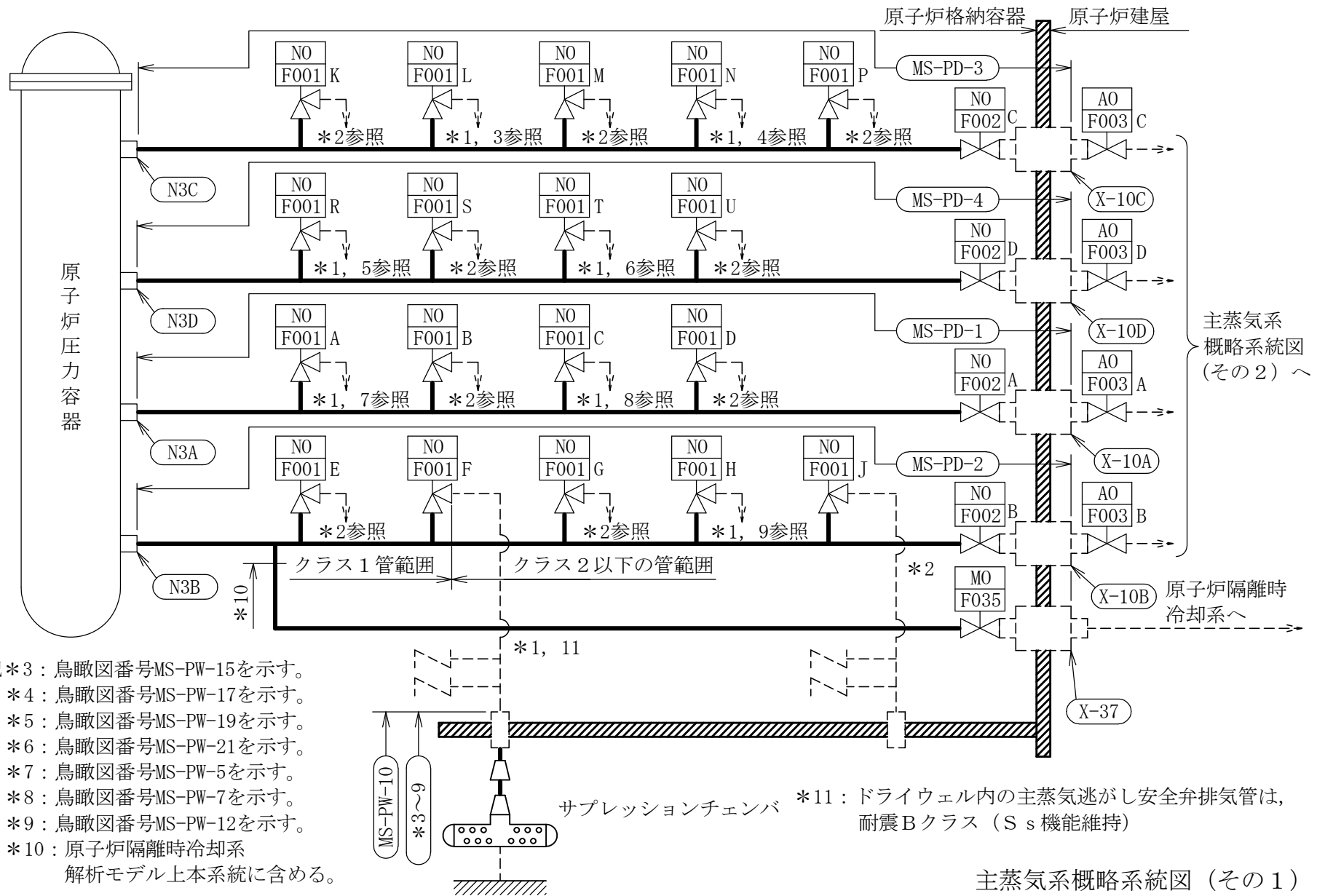
2. 概略系統図及び鳥瞰図

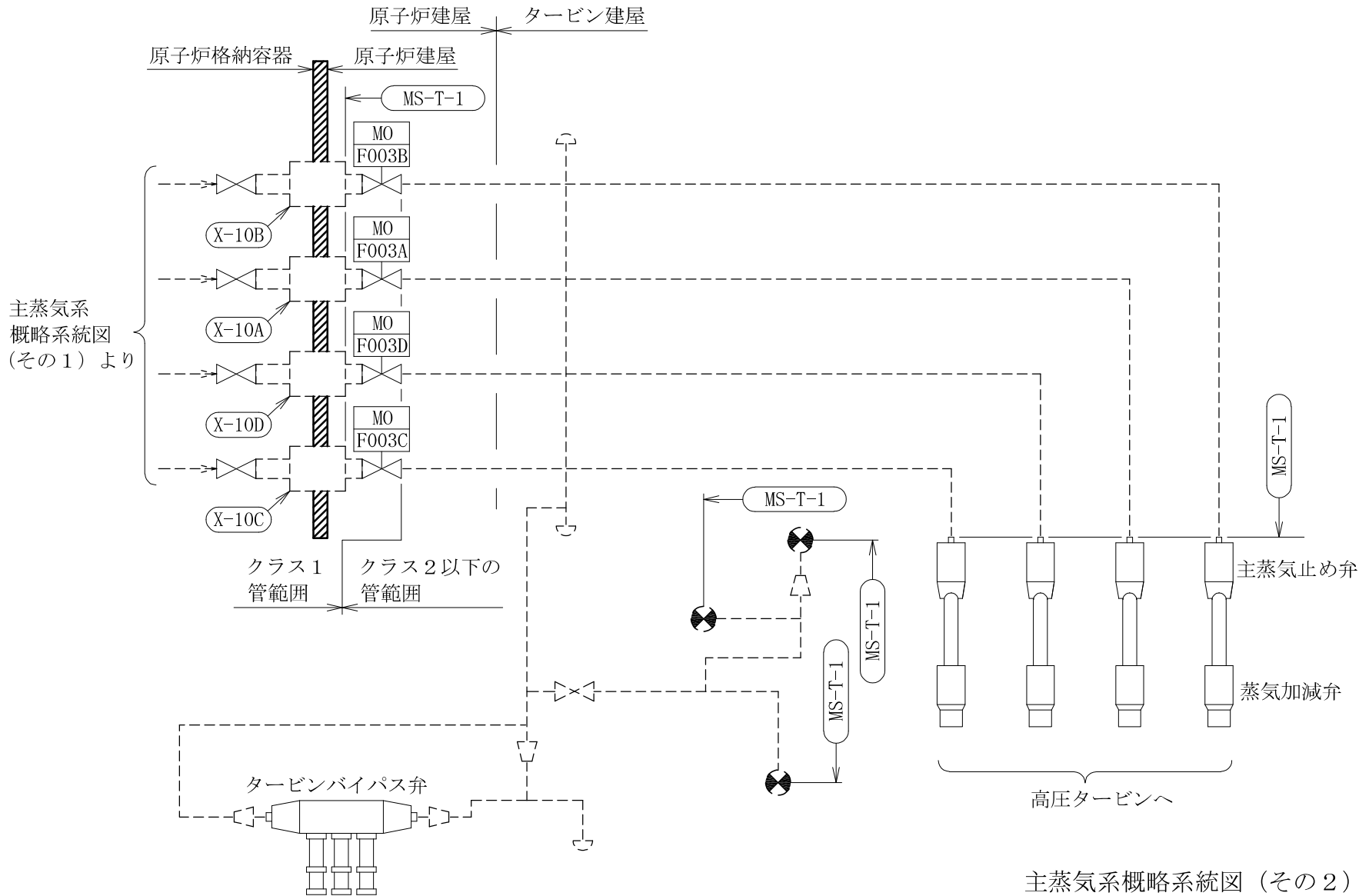
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

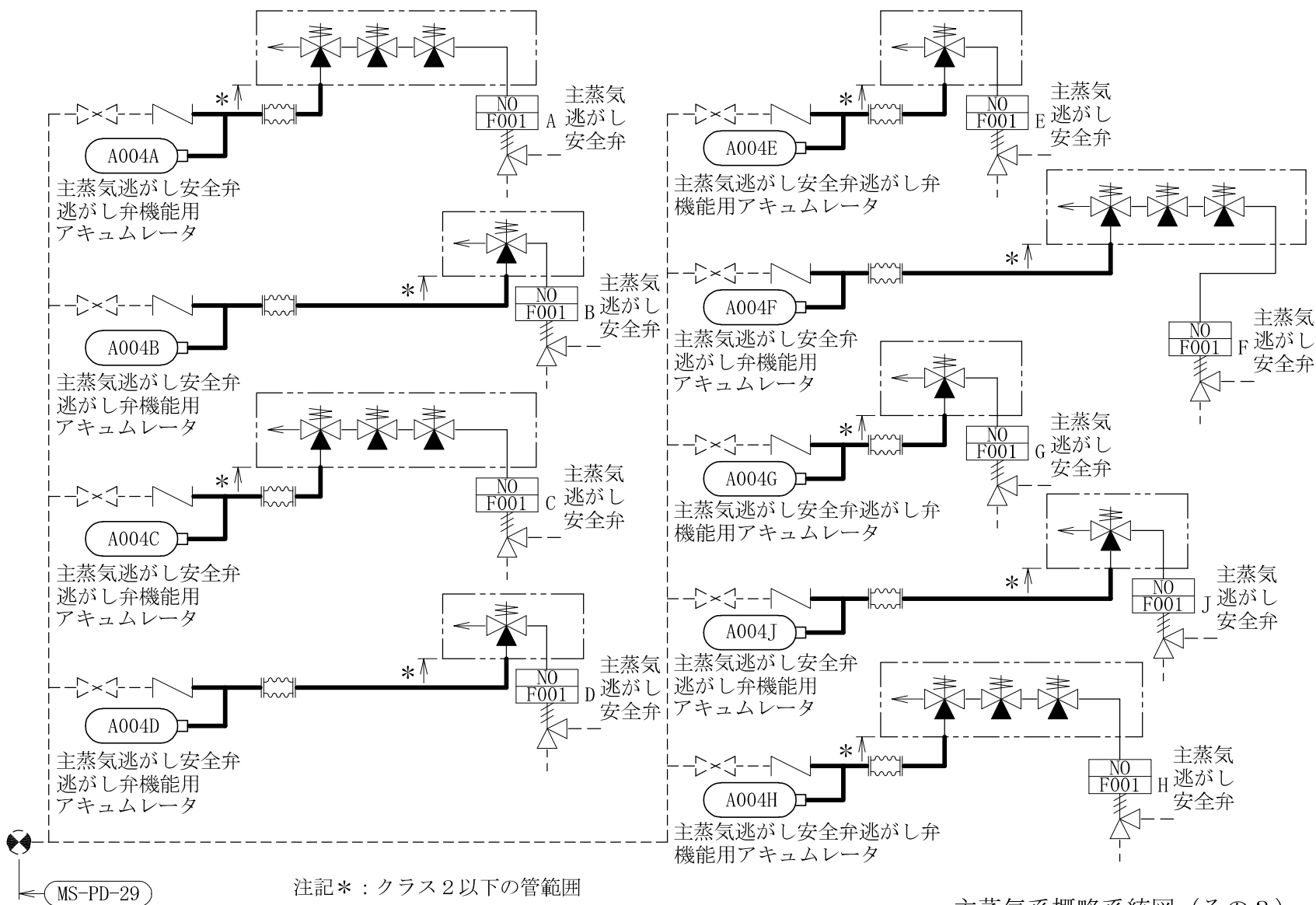
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

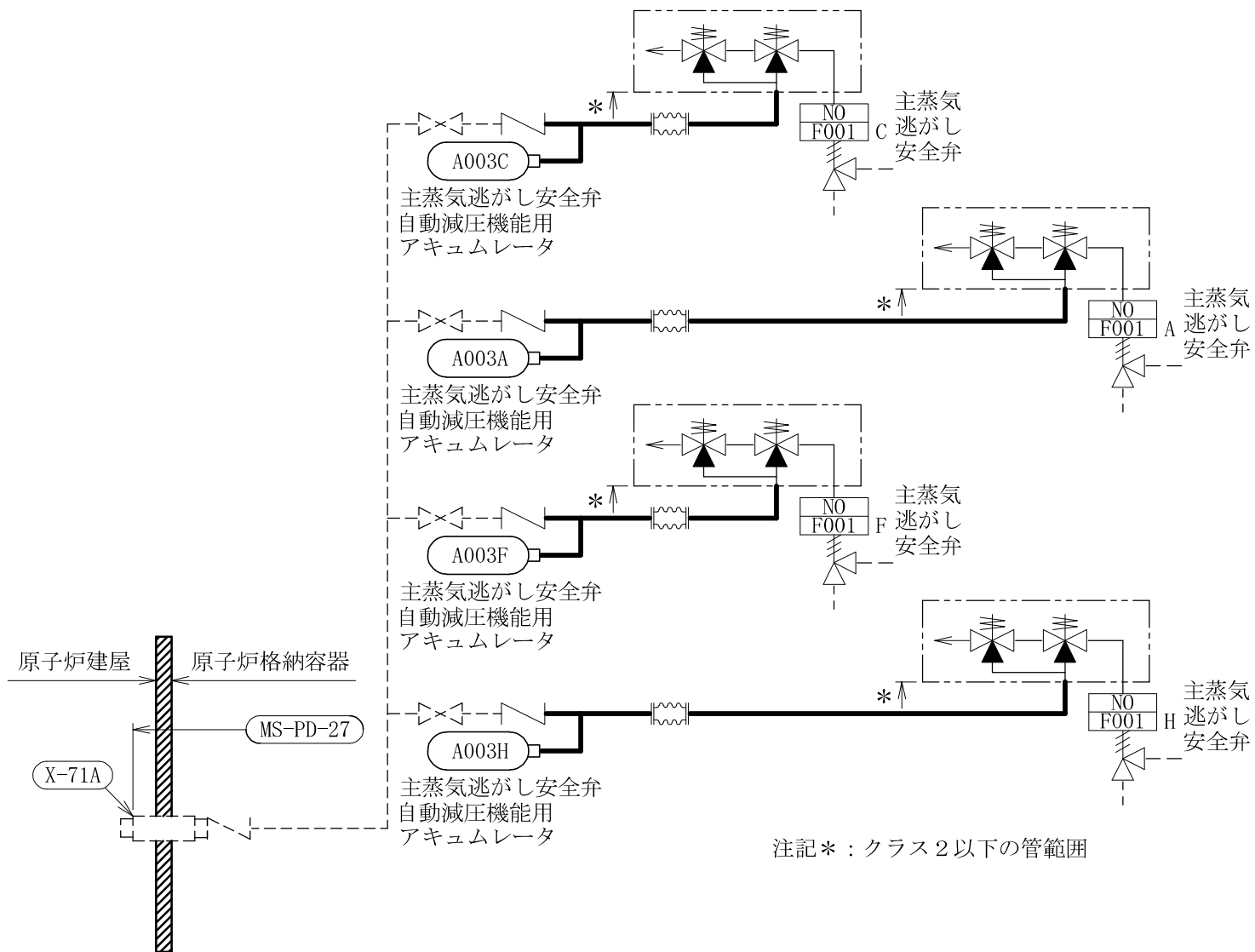




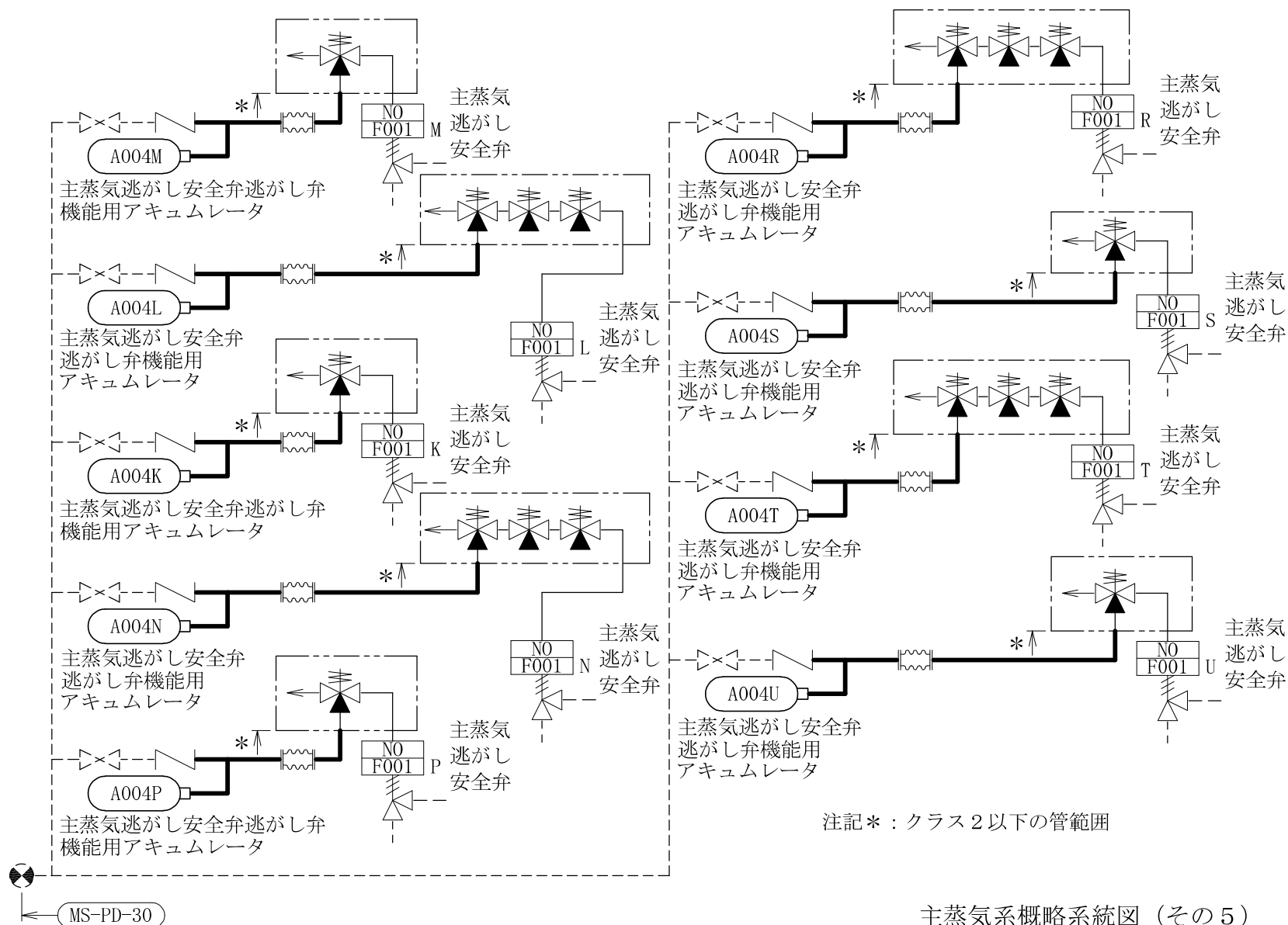
5



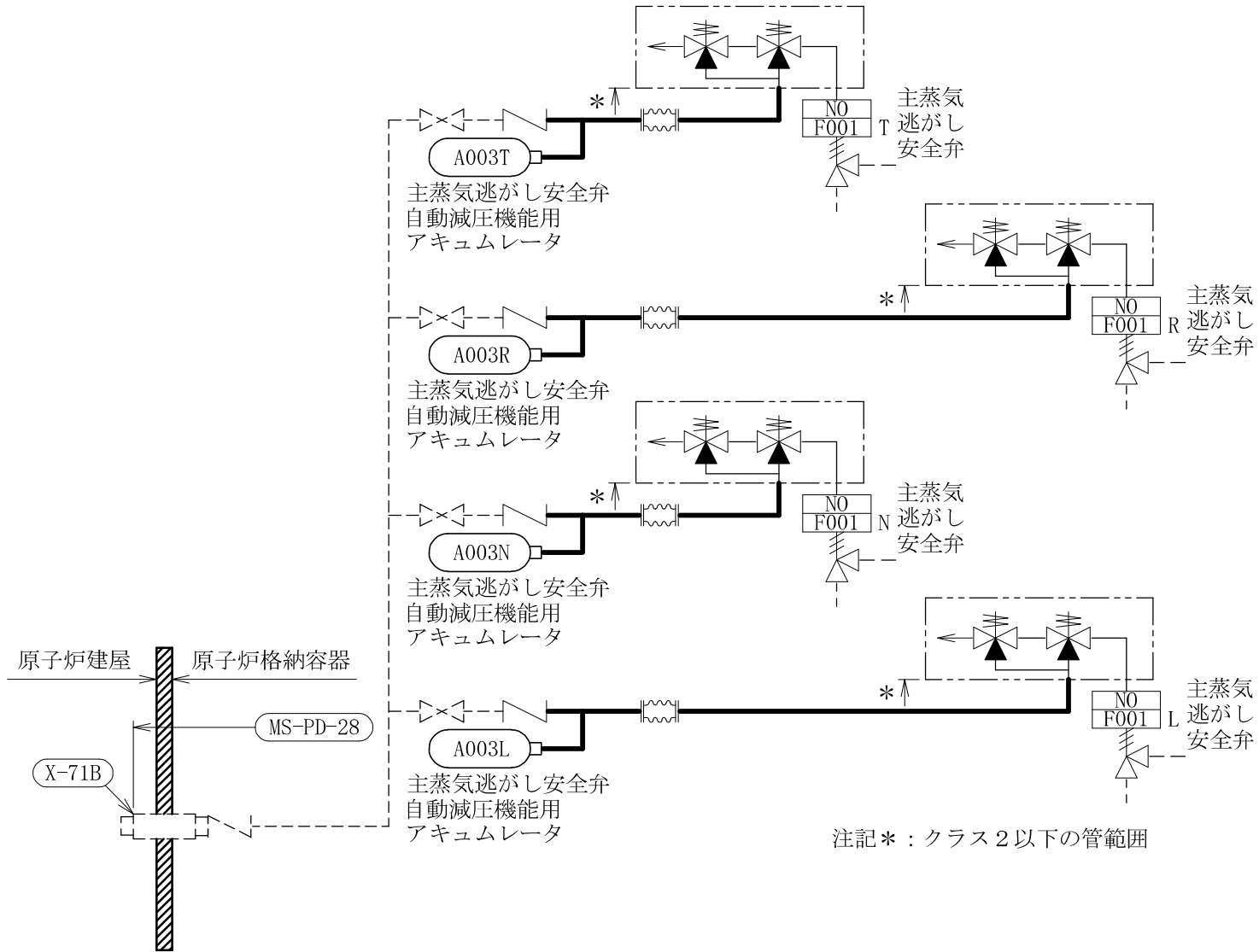
主蒸気系概略系統図 (その3)



主蒸気系概略系統図 (その4)





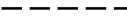


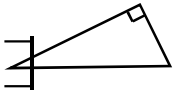
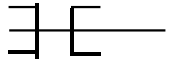

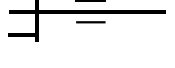
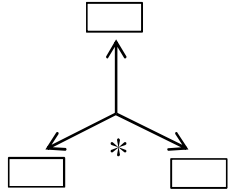
∞



主蒸気系概略系統図 (その6)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

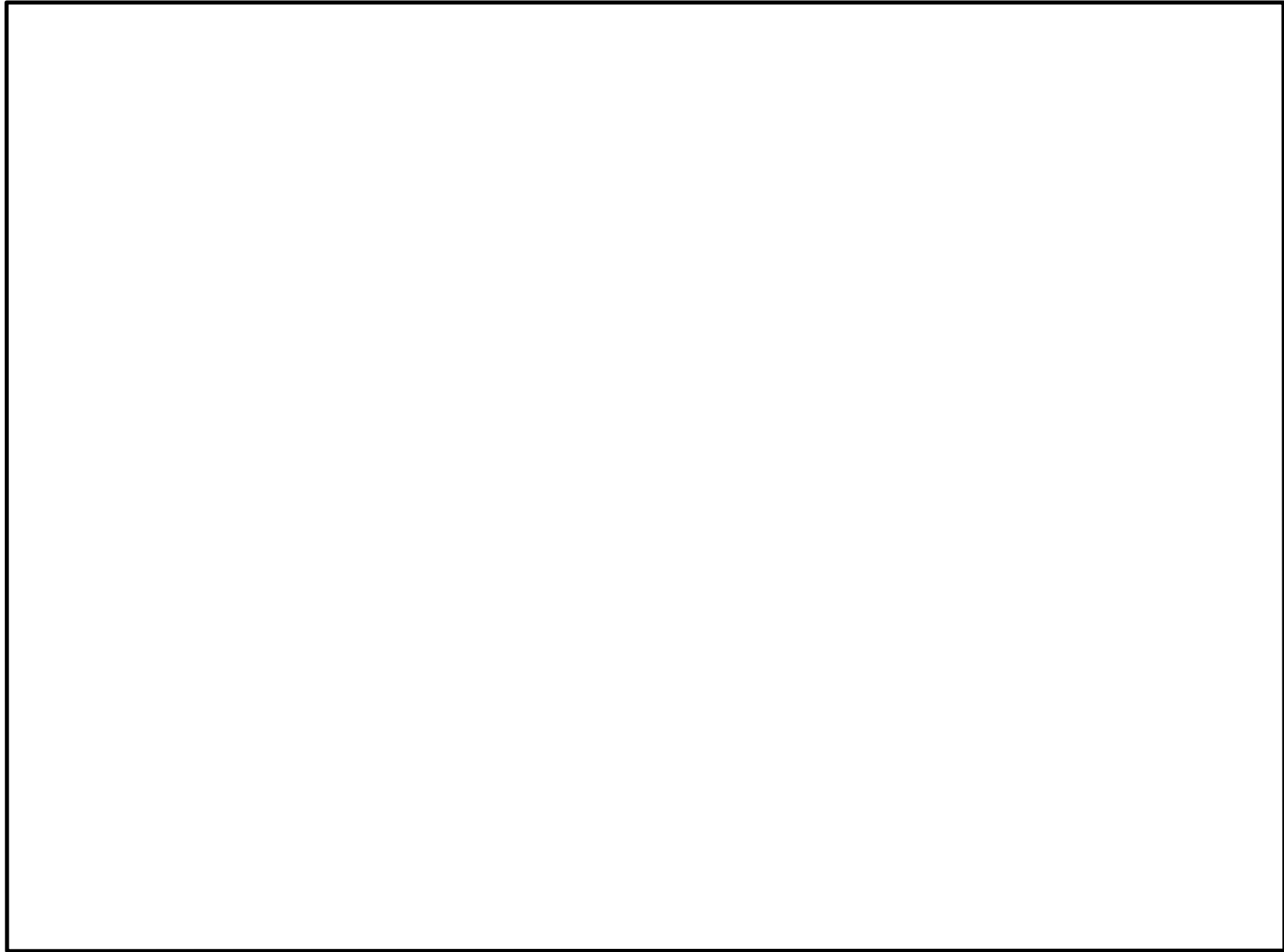
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <input type="text"/> 内に 変位量を記載する。)

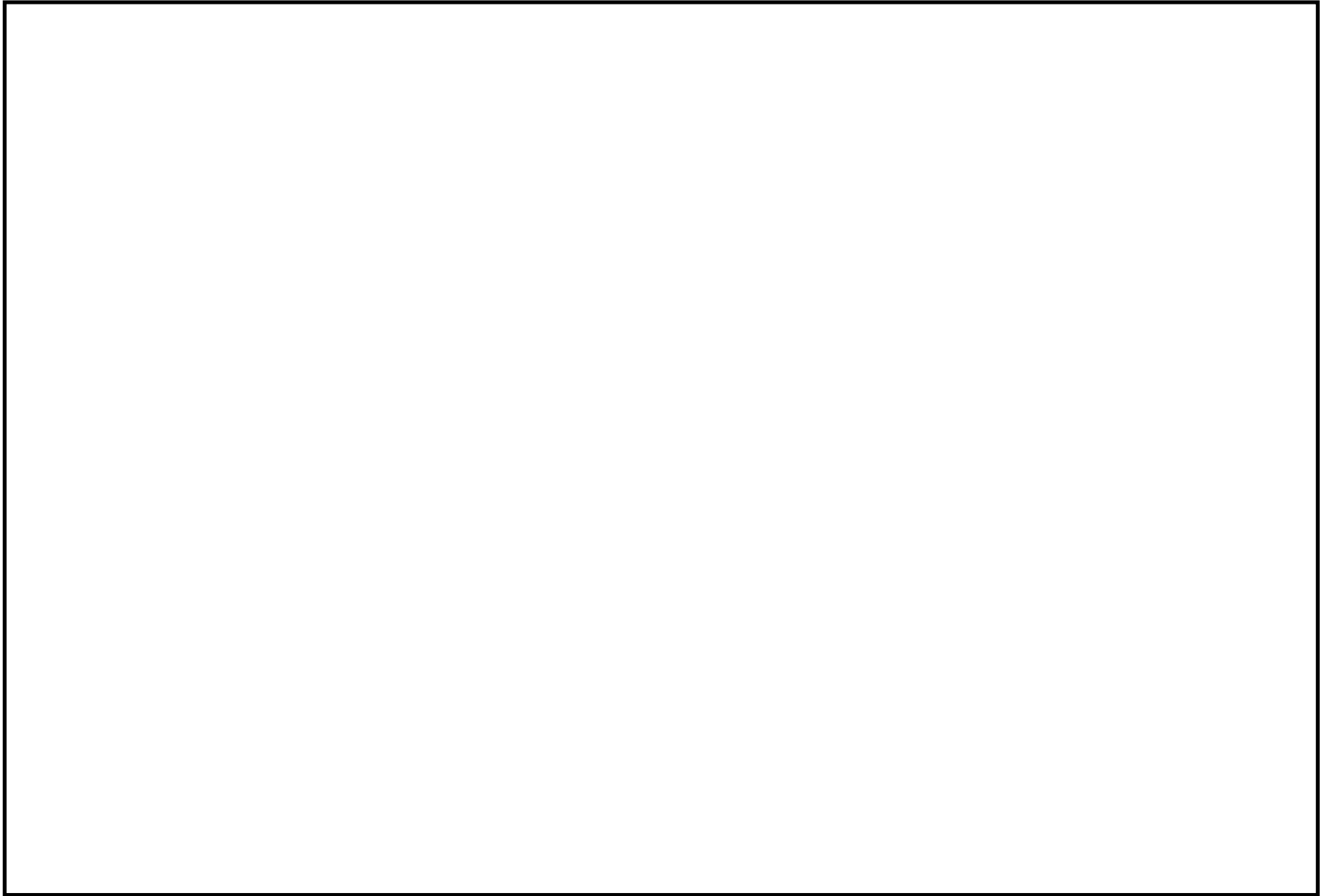
注1：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

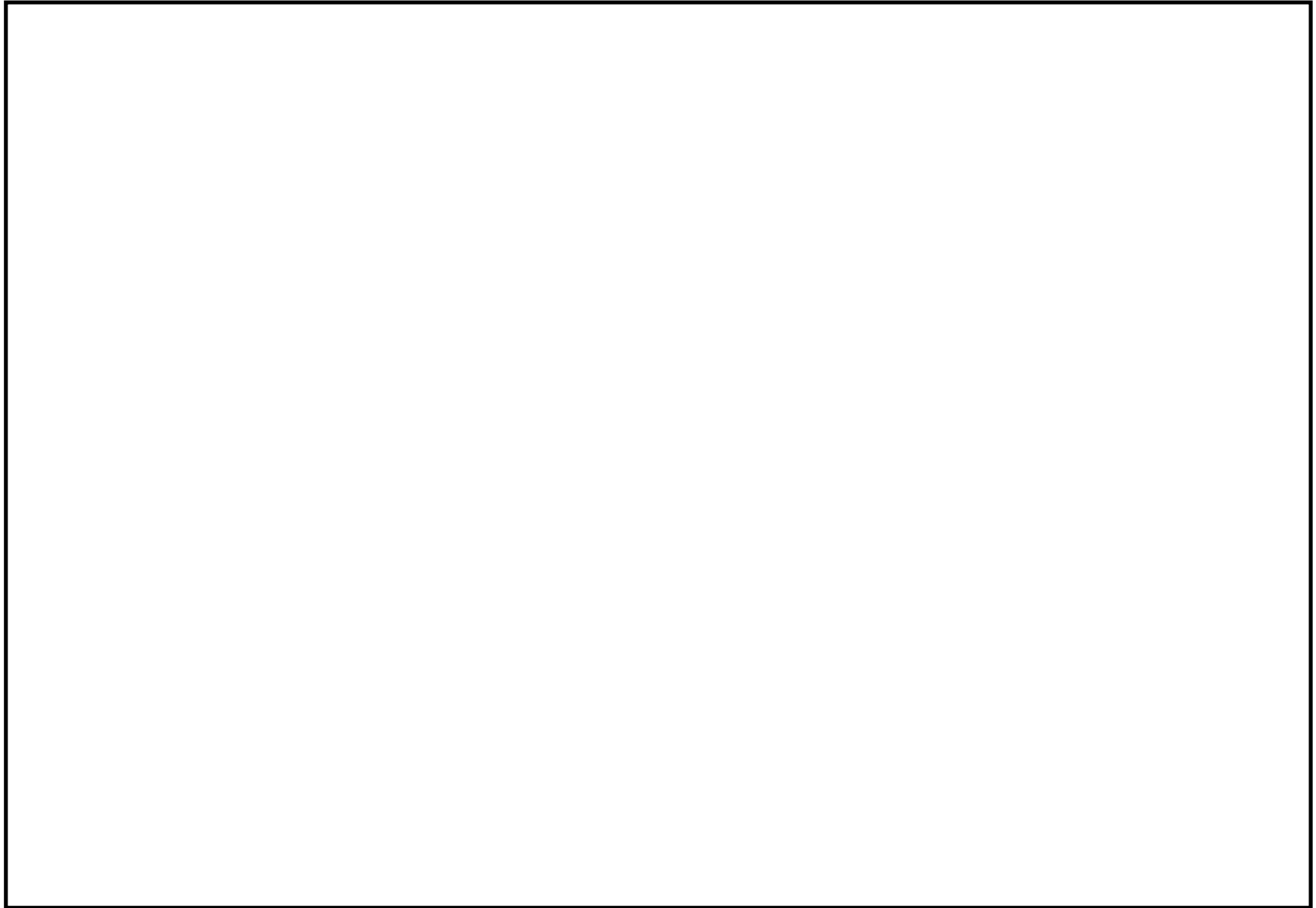
10

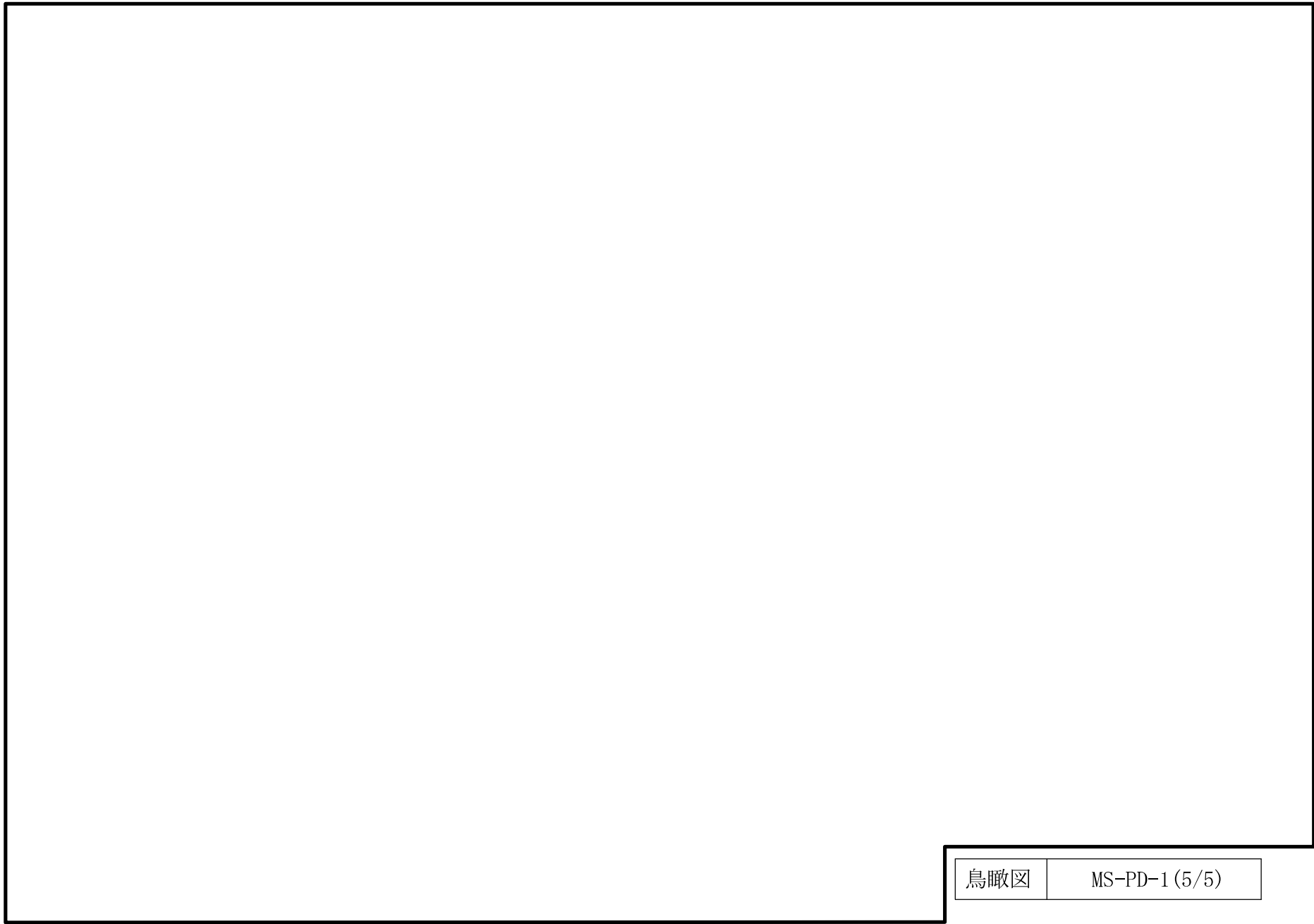
鳥瞰図

MS-PD-1(1/5)







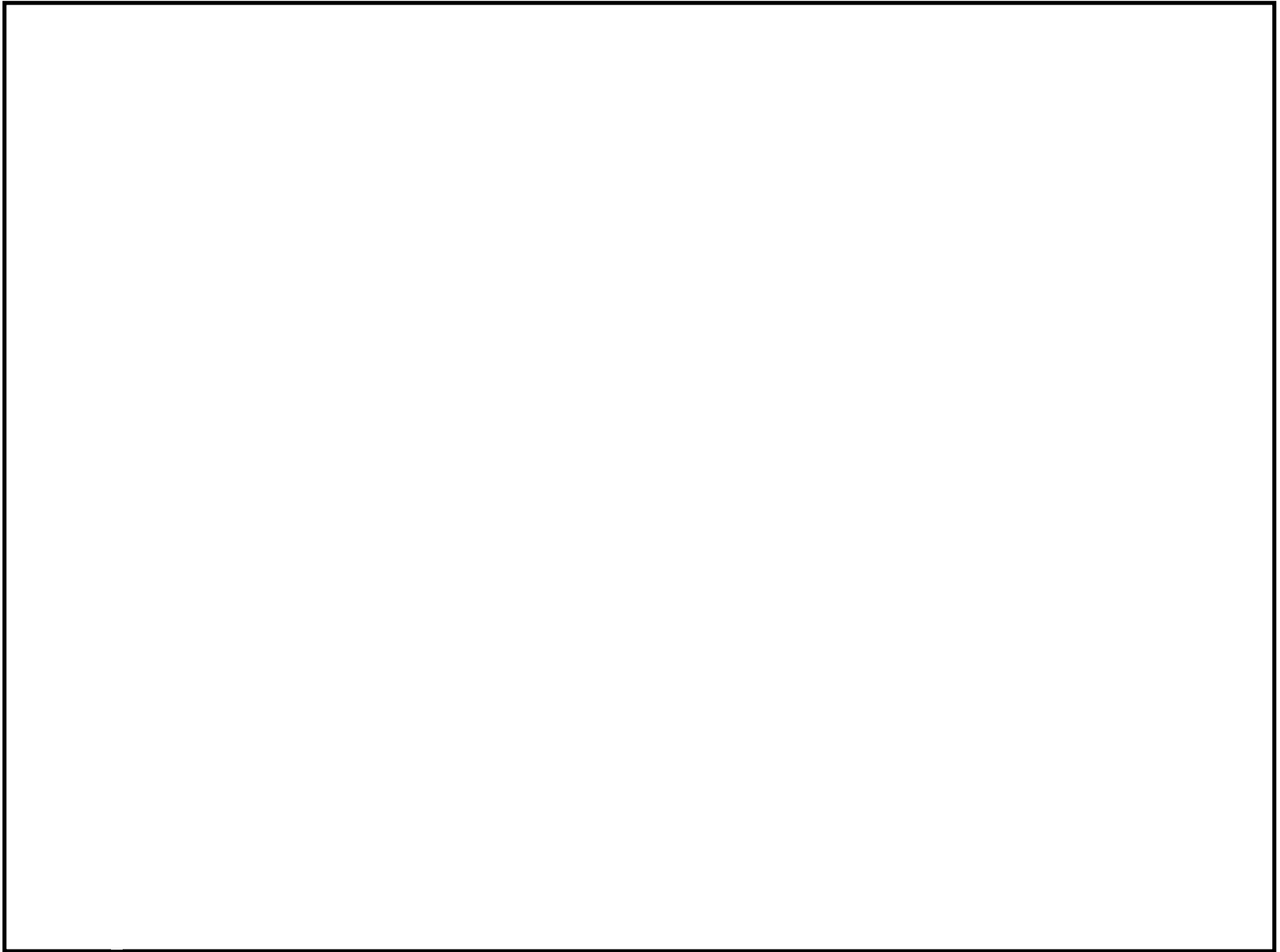


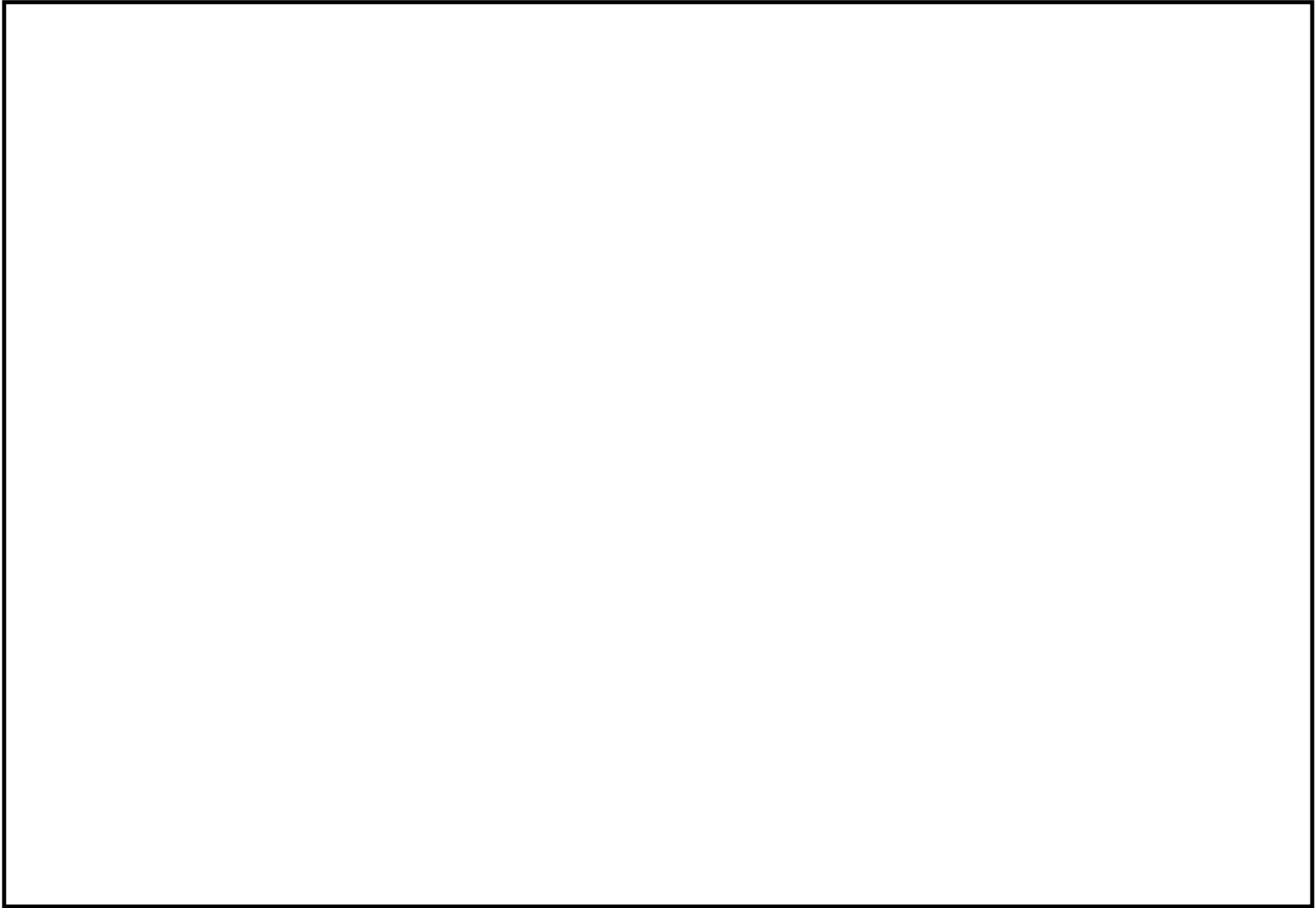
鳥瞰図	MS-PD-1 (5/5)
-----	---------------

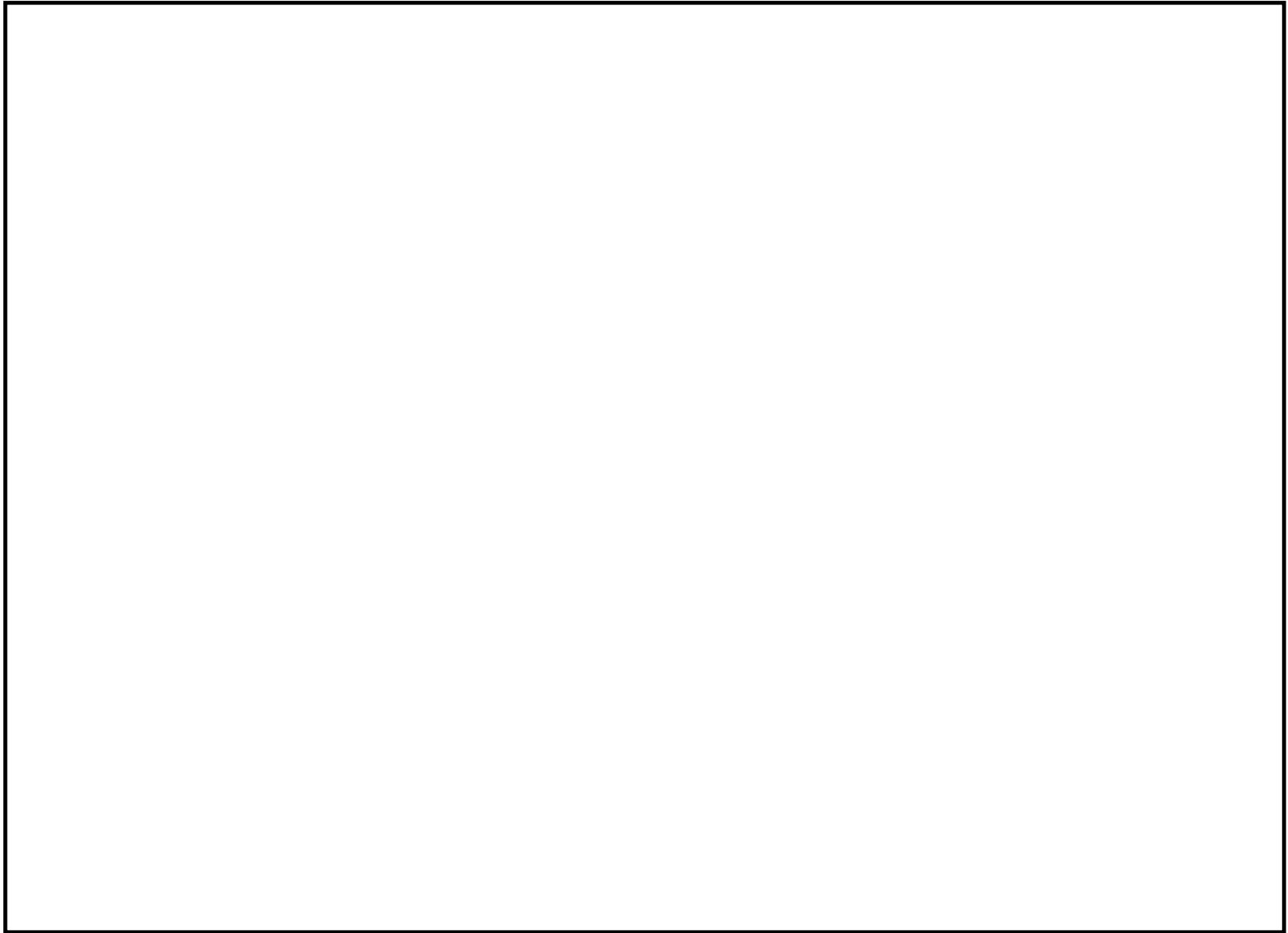
15

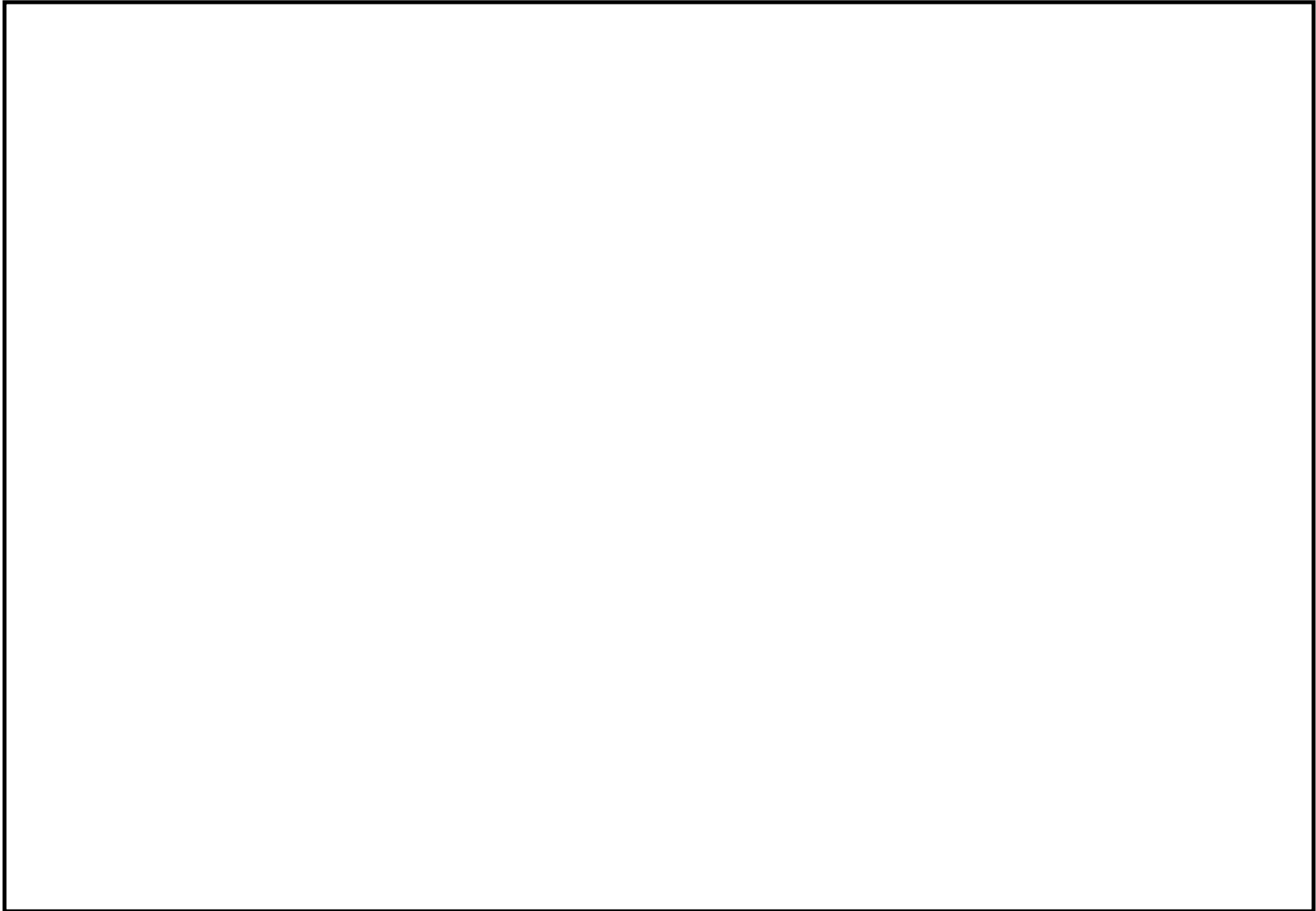
鳥瞰図

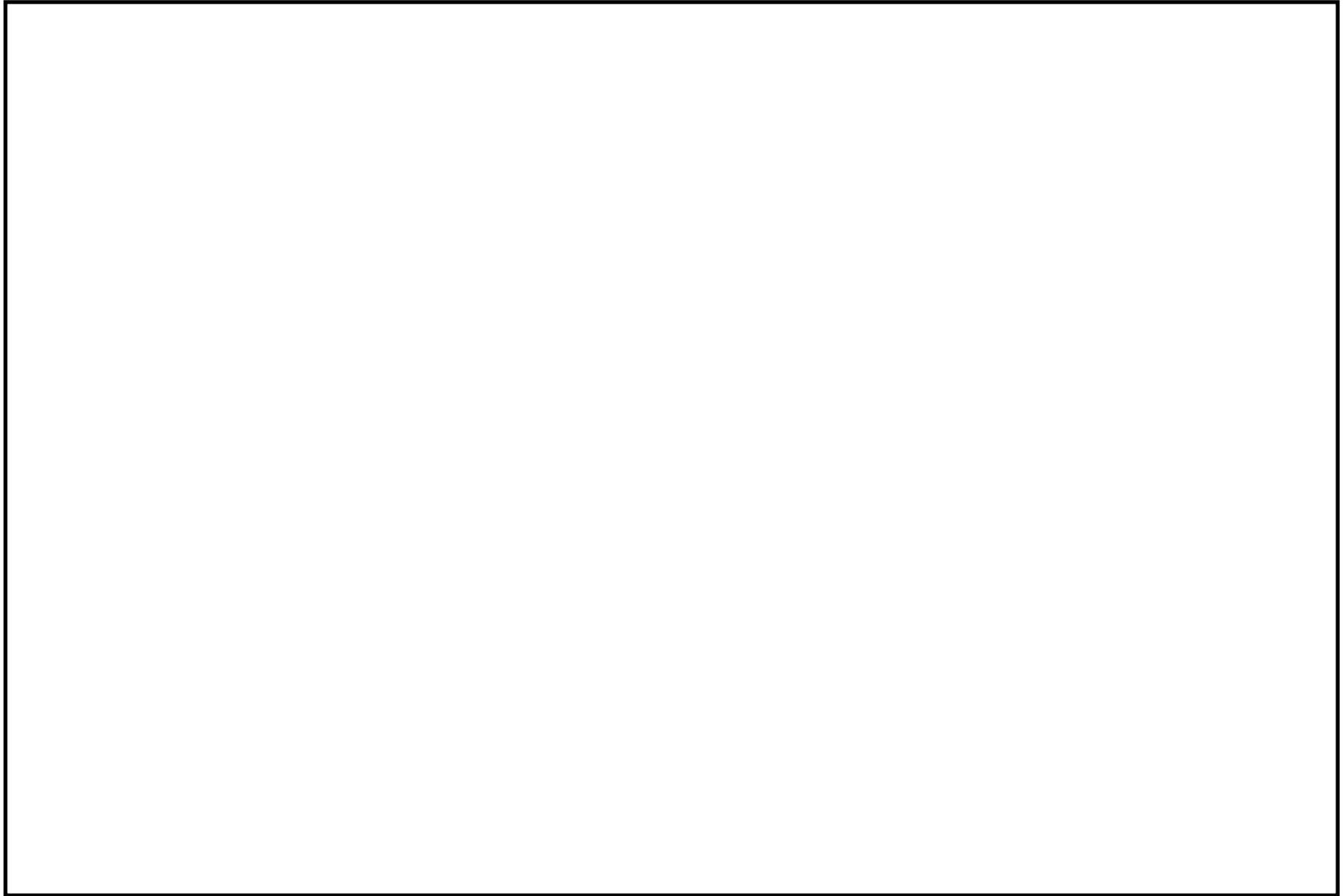
MS-PD-2 (1/7)

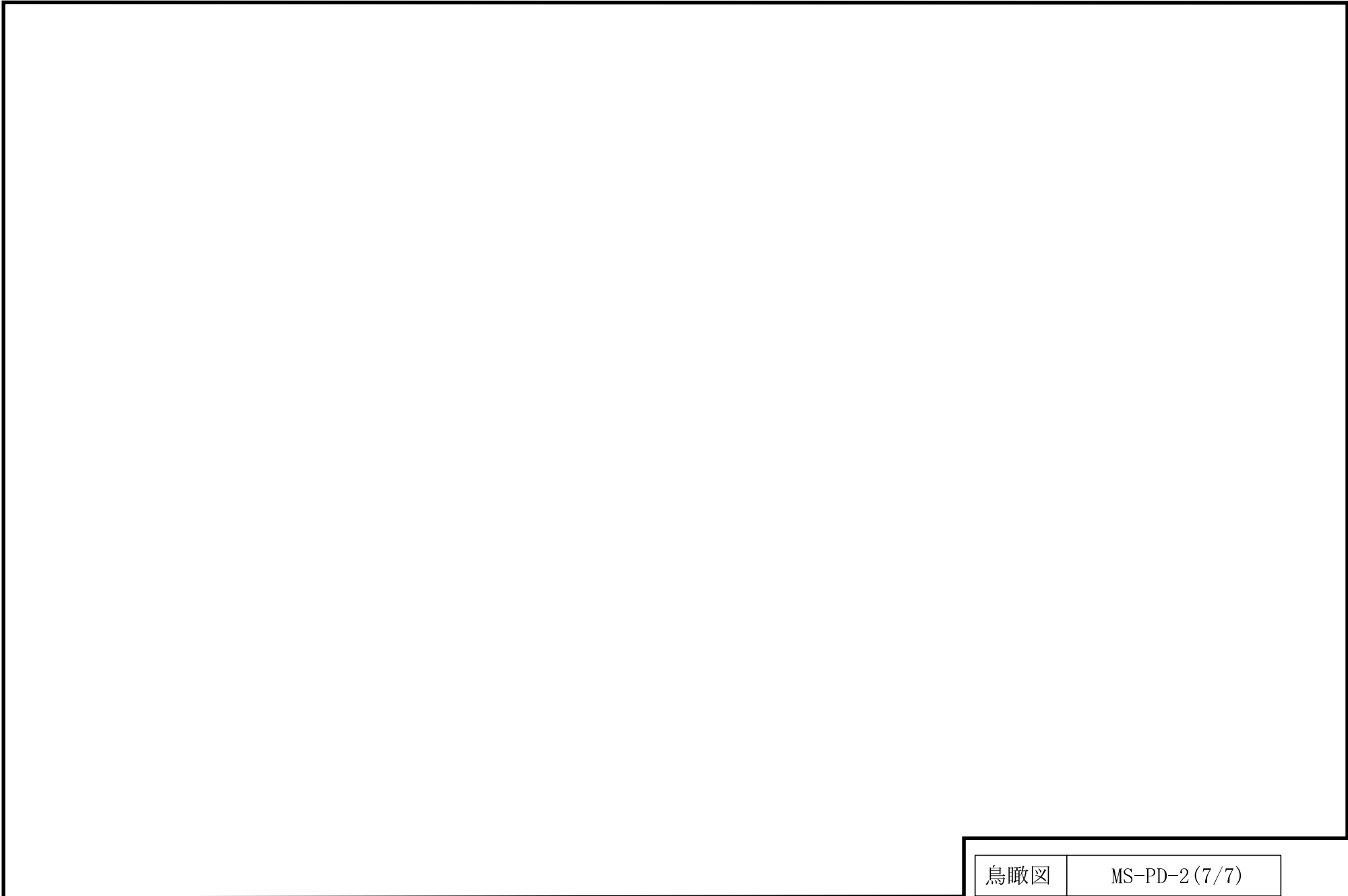


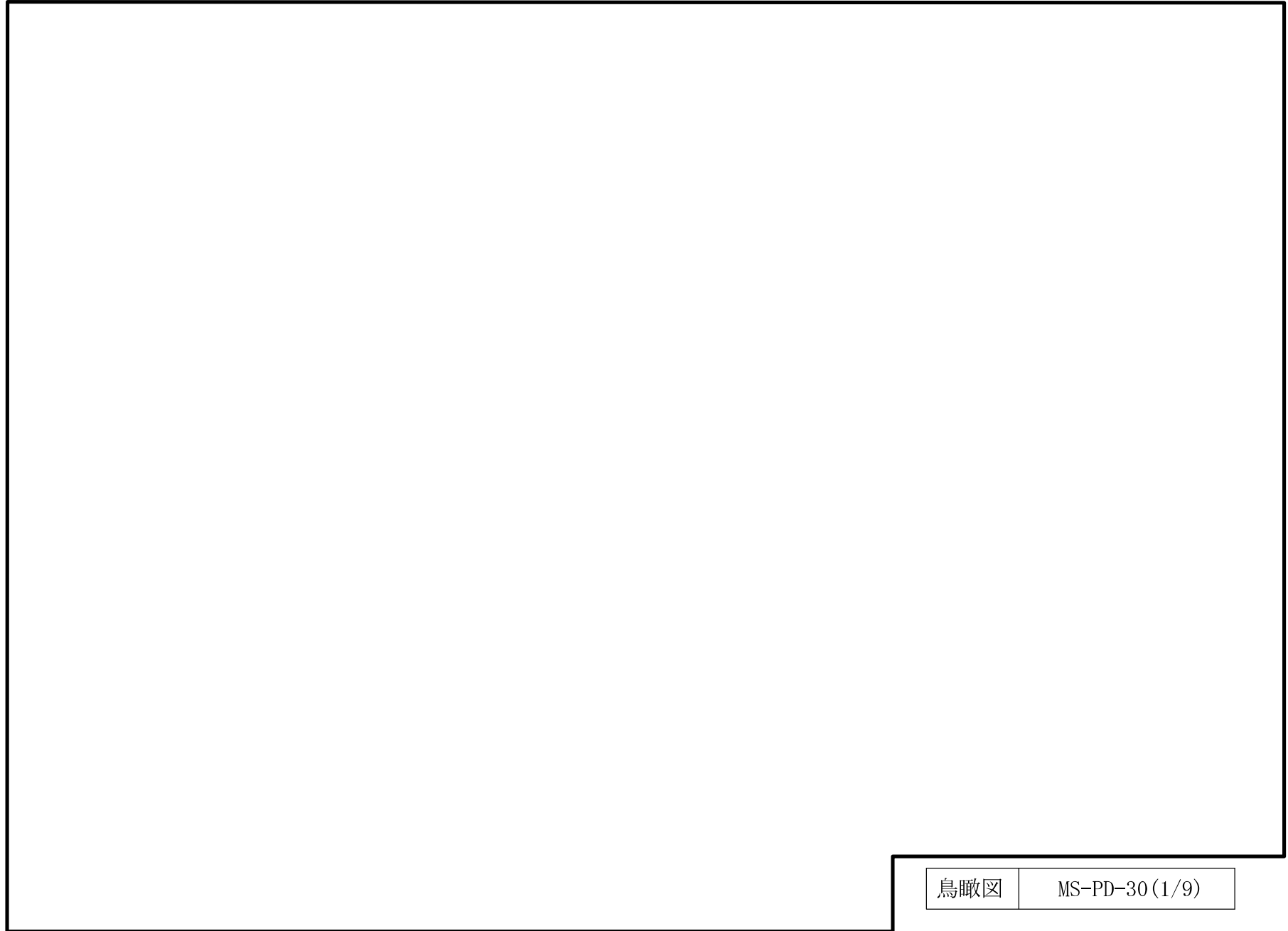






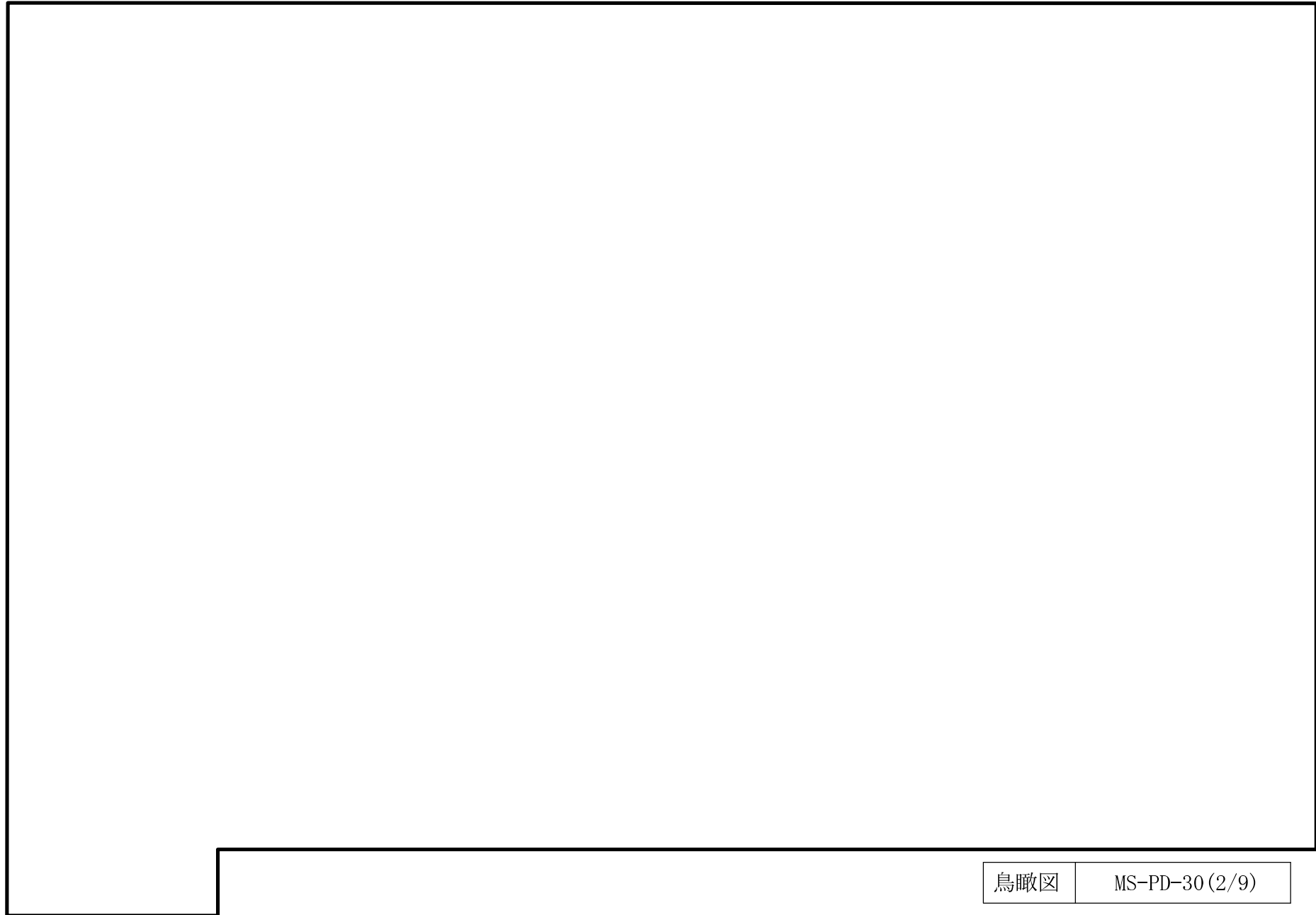




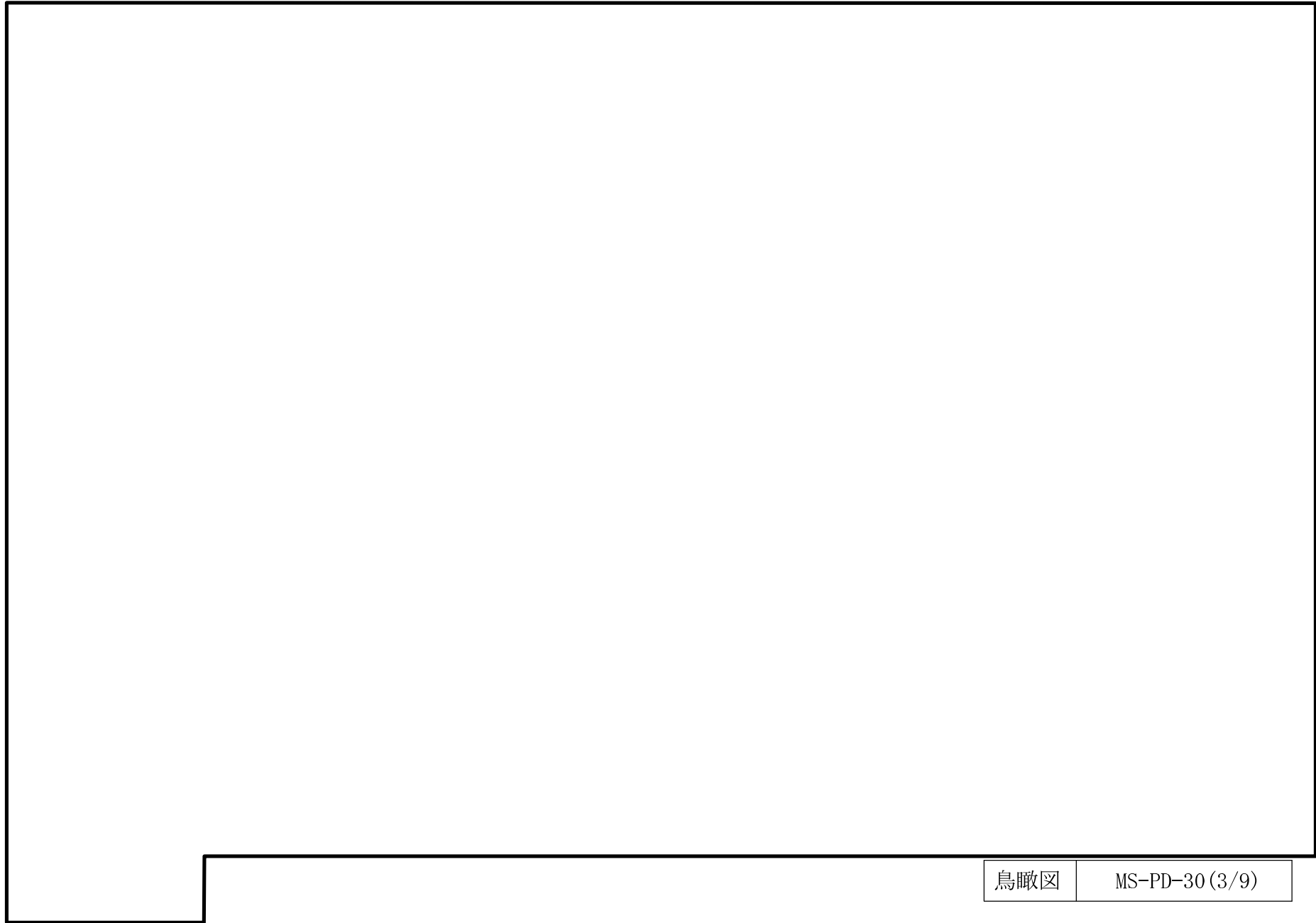


鳥瞰図	MS-PD-30(1/9)
-----	---------------

23



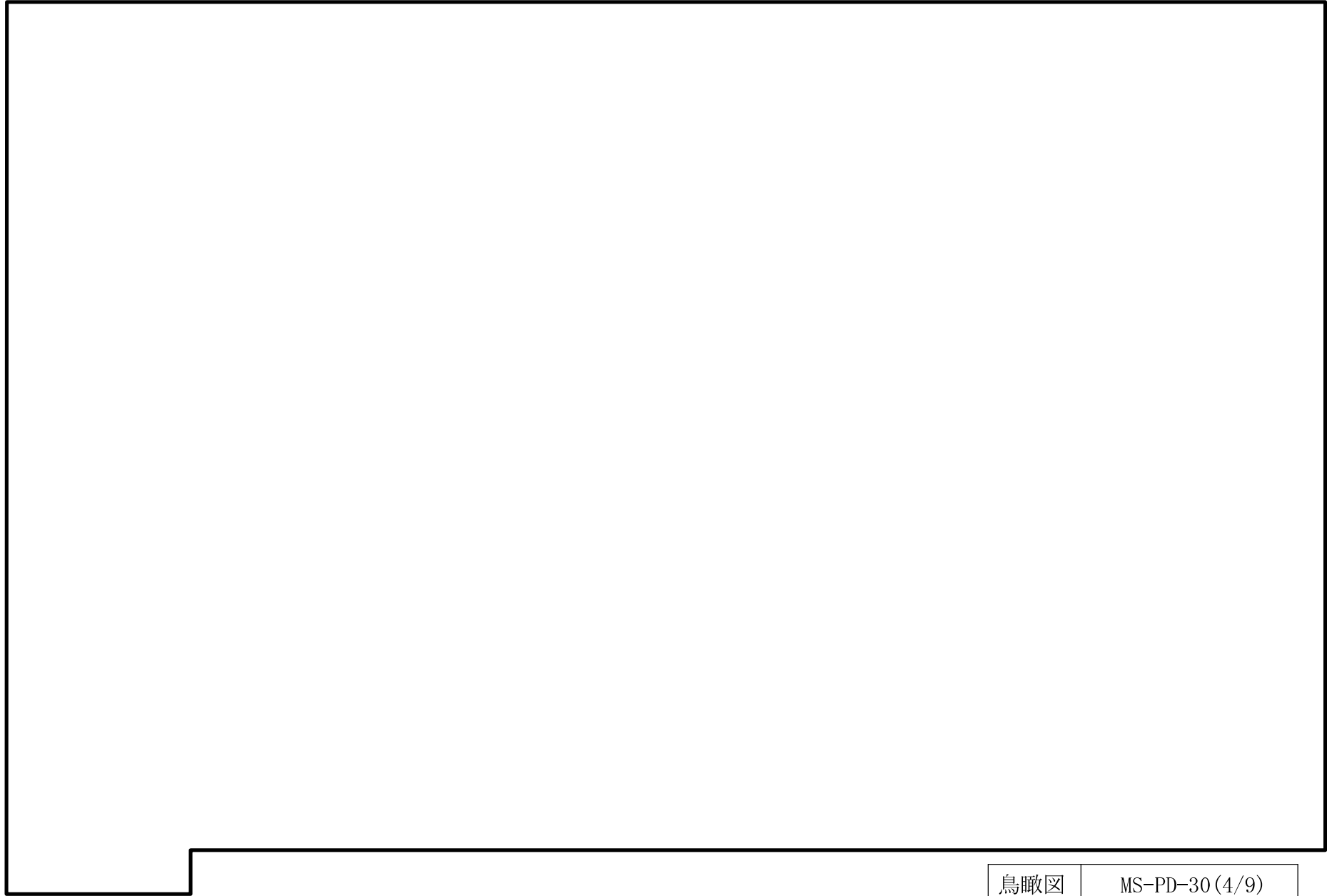
24



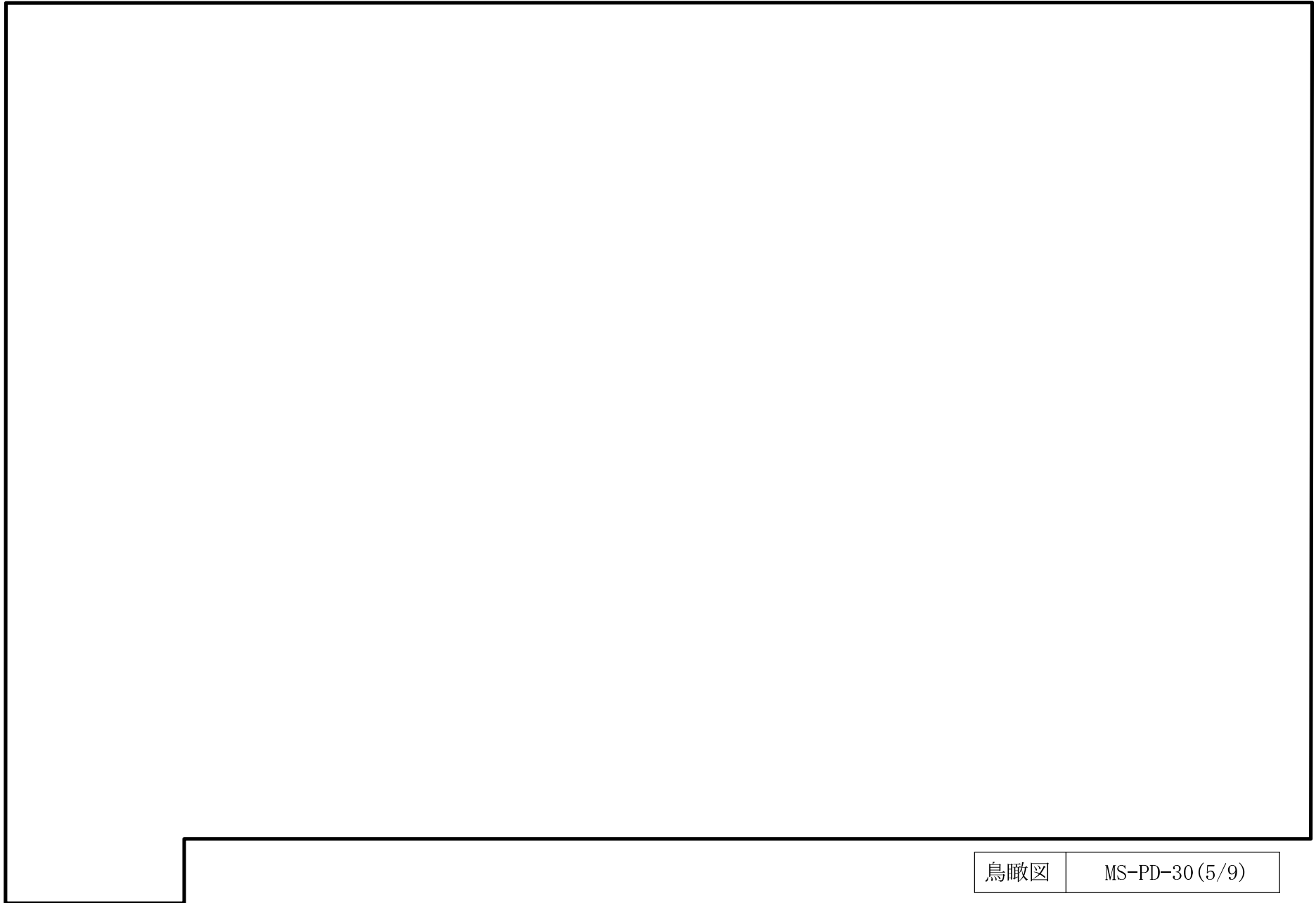
鳥瞰図

MS-PD-30(3/9)

25



26

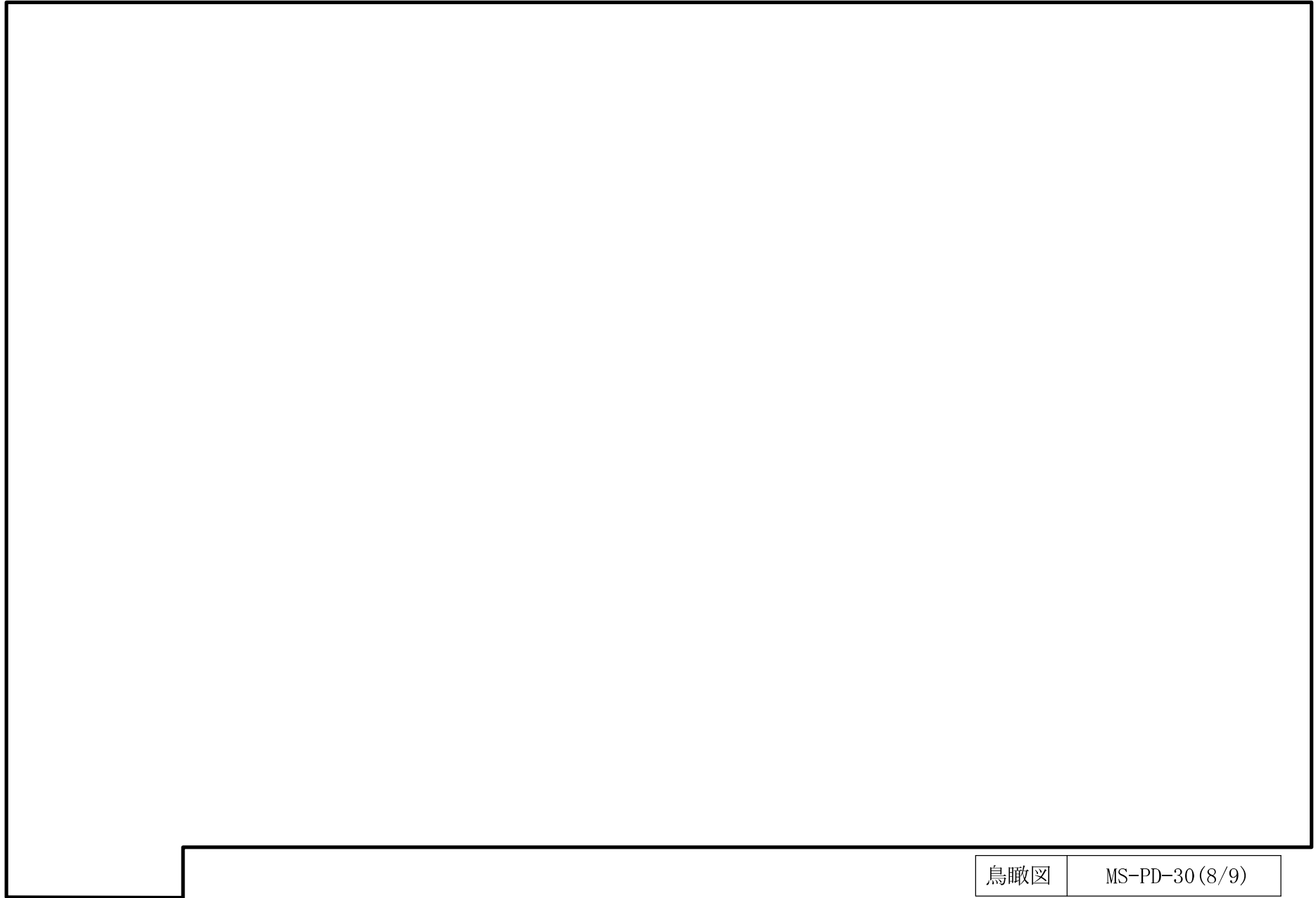


28

鳥瞰図

MS-PD-30(7/9)

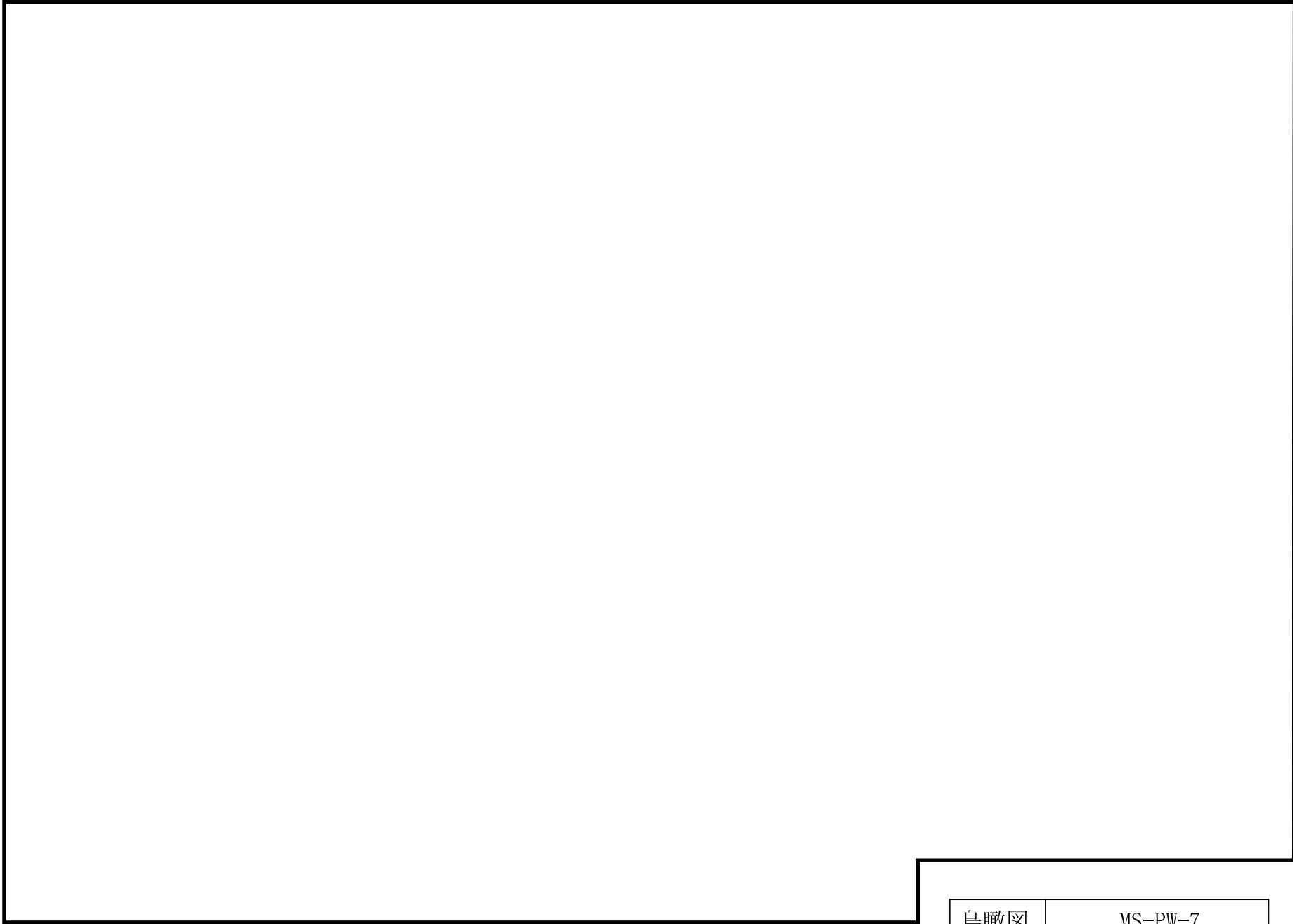
29



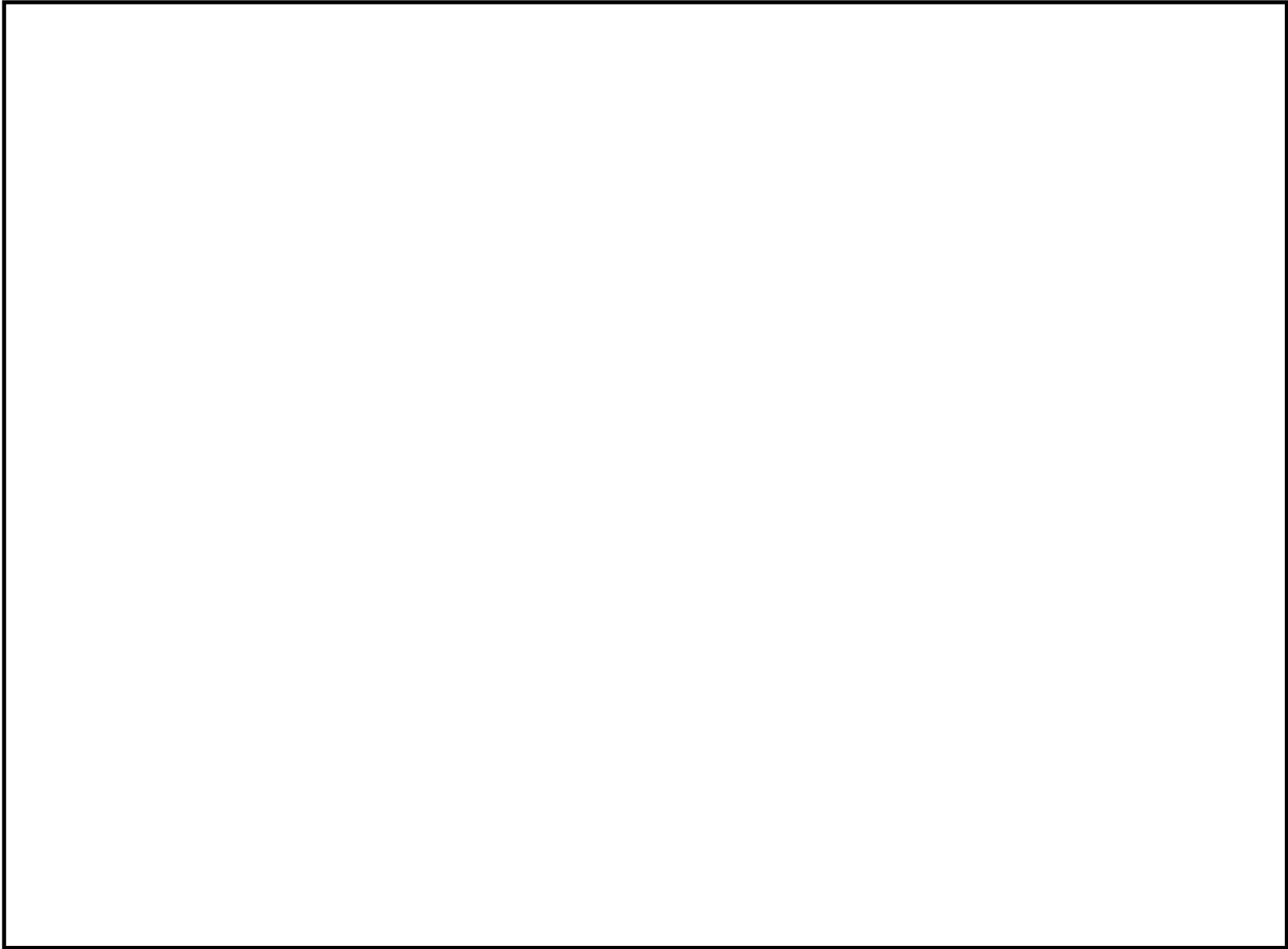
鳥瞰図

MS-PD-30(8/9)

30



鳥瞰図	MS-PW-7
-----	---------



3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*2,3}	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	D B	—	クラス1管 クラス3管	S	I _L + S _d	Ⅲ _A S
							Ⅱ _L + S _d	
							Ⅳ _L (L) + S _d	
							I _L + S _s	Ⅳ _A S
							Ⅱ _L + S _s	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系	D B	—	クラス1管	S	I _L + S _d	Ⅲ _A S
							Ⅱ _L + S _d	
							Ⅳ _L (L) + S _d	
							I _L + S _s	Ⅳ _A S
							Ⅱ _L + S _s	

注記*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重，（L）は荷重が長期間作用している状態を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PD-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~23	8.62	302	711.2	35.7	STS480	S	183880
2	10~102, 12~202 15~302, 17~402	8.62	302	228.6	34.3	SFVC2B	S	185880

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PD-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~7	8.62	302	711.2	35.7	SFVC2B	S	185880
2	7~40	8.62	302	711.2	35.7	STS480	S	183880
3	13~102, 17~202 22~302, 26~402 30~502	8.62	302	228.6	34.3	SFVC2B	S	185880
4	5~601	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B	S	185880
5	601~623	8.62	302	165.2	14.3	STS410	S	185880

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PD-30

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	22～37, 40～42N 28～58N, 66～87 90～94N, 76～109N 117～147, 150～152N 127～158N, 166～189 192～196N, 182～202N 232～250, 253～257N 236～283N, 291～309 312～314N, 295～341N 349～383N, 356～390 393～397N, 405～421N 410～441, 444～446N	1.77	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	191800

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PD-30

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	454～485, 488～492N 471～496N	1.77	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	191800
2	37～3701, 3900～40 87～8701, 8901～90 147～1471, 1491～150 189～1891, 1911～192 250～2501, 2521～253 309～3091, 3111～312 390～3901, 3921～393 441～4411, 4431～444 485～4851, 4871～488	1.77	171	60.5	6.7	SUS304	S	191800

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PW-7

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~3	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP	S	194000
2	3~13	3.73	250	267.4	12.7	SUS316TP	S	194000
3	14~Q01	3.73	250	318.5	14.3	SUS316TP	S	194000

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PW-17

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~3	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP	S	194000
2	3~13	3.73	250	267.4	12.7	SUS316TP	S	194000
3	14~Q01	3.73	250	318.5	14.3	SUS316TP	S	194000

配管の付加質量

鳥瞰図 MS-PD-1

質量	対応する評価点
□	1N~3, 4~1800, 22~23
□	3~4, 1800~22
□	10~102, 12~202, 15~302, 17~402

配管の付加質量

鳥瞰図 MS-PD-2

質量	対応する評価点
	1N~1001, 3001~34, 3401~3501, 3901~40
	1001~3001, 34~3401, 3501~3901
	13~102, 17~202, 22~302, 26~402, 30~502
	5~603, 608~611, 613~6151, 6171~6182, 6211~623
	603~608, 611~613, 6151~6171, 6182~6211

フランジ部の質量

鳥瞰図 MS-PD-1

質量	対応する評価点
	102, 202, 302, 402
	107, 207, 307, 407

フランジ部の質量

鳥瞰図 MS-PD-2

質量	対応する評価点
	102, 202, 302, 402, 502
	107, 207, 307, 407, 507

フランジ部の質量

鳥瞰図 MS-PD-30

質量	対応する評価点
	37, 42N, 87, 94N, 147, 152N, 189, 196N, 250, 257N, 309, 314N 390, 397N, 441, 446N, 485, 492N

弁部の寸法

鳥瞰図 MS-PD-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
23~24				24~25			
25~26				24~27			
102~103				103~104			
104~105				105~106			
103~107				202~203			
203~204				204~205			
205~206				203~207			
302~303				303~304			
304~305				305~306			
303~307				402~403			
403~404				404~405			
405~406				403~407			

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

弁部の寸法

鳥瞰図 MS-PD-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
40~41				41~42			
42~43				41~44			
102~103				103~104			
104~105				105~106			
103~107				202~203			
203~204				204~205			
205~206				203~207			
302~303				303~304			
304~305				305~306			
303~307				402~403			
403~404				404~405			
405~406				403~407			
502~503				503~504			
504~505				505~506			
503~507				623~624			
624~625				625~626			
624~627							

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

弁部の寸法

鳥瞰図 MS-PD-30

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
21～22				65～66			
116～117				165～166			
231～232				290～291			
348～349				404～405			
453～454							

弁部の質量

鳥瞰図 MS-PD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	23, 27		24
	25		26
	103, 203, 303, 403		105, 205, 305, 405
	106, 206, 306, 406		

弁部の質量

鳥瞰図 MS-PD-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	40, 44		41
	42		43
	103, 203, 303, 403, 503		105, 205, 305, 405, 505
	106, 206, 306, 406, 506		625
	626		

弁部の質量

鳥瞰図 MS-PD-30

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	21～22, 65～66		116～117, 165～166
	231～232, 290～291		348～349, 404～405
	453～454		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-1

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 14 **						
** 16 **						
** 1801 **						
21						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-2

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 15 **						
20						
** 2301 **						
** 36 **						
39						
** 607 **						
612						
612						
618						
621						
** 621 **						
** 625 **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-30

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
30						
42N						
51						
58N						
82						
86						
** 86 **						
94N						
103						
109N						
** 109N **						
** 109N **						
129						
136						
140						
** 140 **						
144						
** 144 **						
152N						
158N						
** 158N **						
** 158N **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-30

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
177						
184						
** 184 **						
188						
** 188 **						
196N						
202N						
** 202N **						
** 202N **						
240						
247						
** 247 **						
257N						
265						
269						
277						
** 277 **						
283N						
** 283N **						
** 283N **						
301						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-30

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
308						
** 308 **						
314N						
322						
326						
334						
** 334 **						
341N						
** 341N **						
** 341N **						
359						
365						
373						
** 373 **						
383N						
** 383N **						
** 383N **						
385						
397N						
421N						
** 421N **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-30

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 421N **						
425						
432						
** 432 **						
438						
446N						
463						
475						
481						
492N						
496N						
** 496N **						
** 496N **						



K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PW-7

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
** 301 **						
7						
** 7 **						
** 21 **						
** 21 **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PW-17

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
** 301 **						
7						
** 7 **						
** 21 **						
** 21 **						

--

K7 ① V-2-5-2-1-2 (設) R0

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
STS480	302	138	—	—	—
SFVC2B	302	125	—	—	—
STS410	302	122	—	—	—
SUS304TP	171	—	150	413	113
SUS304	171	—	150	413	113
SUS316TP	250	—	139	432	125

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。
 なお、設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを
 用いる。また、減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
MS-PD-1	原子炉遮蔽壁		
MS-PD-2	原子炉遮蔽壁		
MS-PD-30	原子炉遮蔽壁		
MS-PW-7	原子炉本体基礎		
MS-PW-17	原子炉本体基礎		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MS-PD-1

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
9次							
動的震度*2							
静的震度*3							

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*3：3.6C_I及び1.2C_vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MS-PD-1

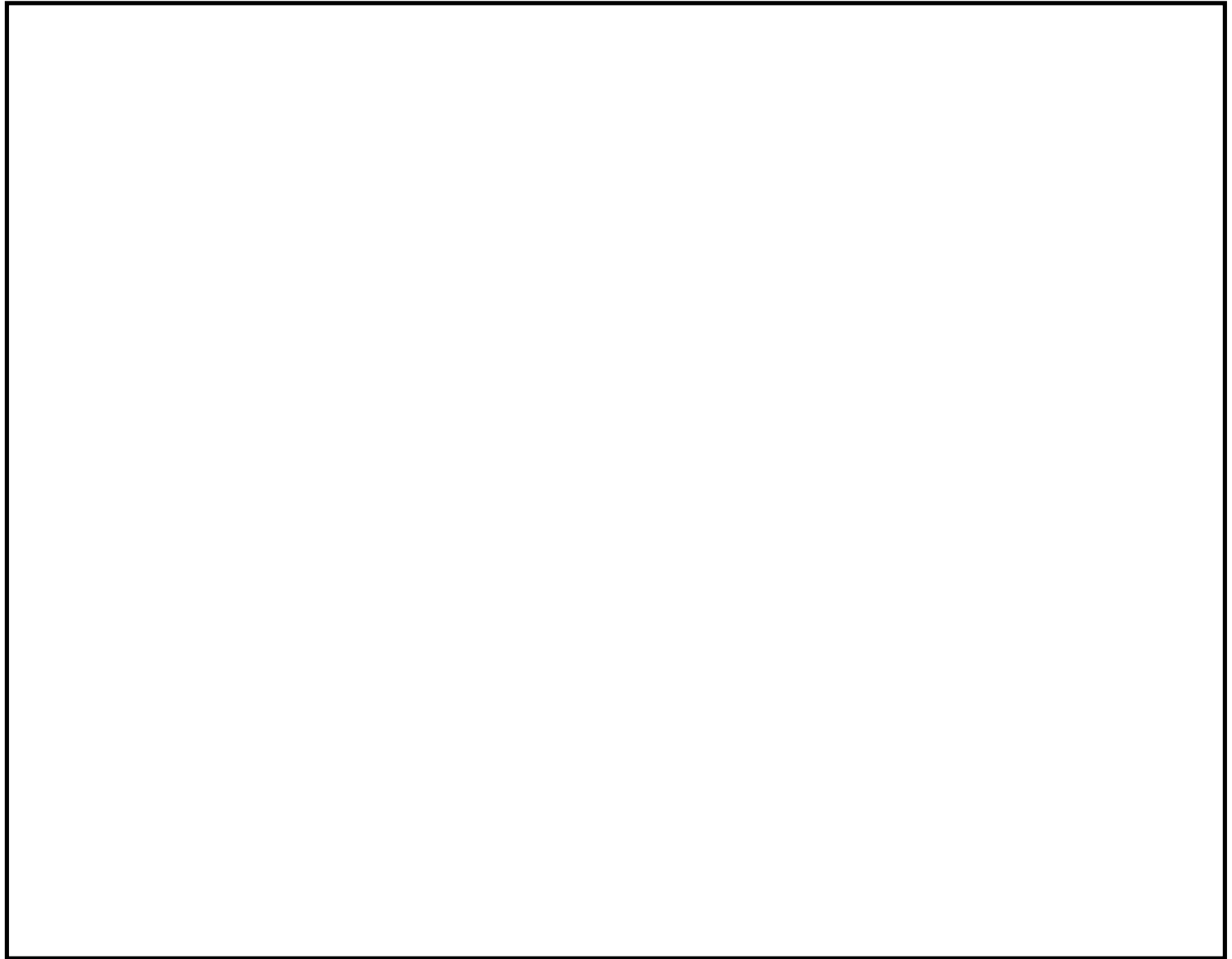
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				

注記* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

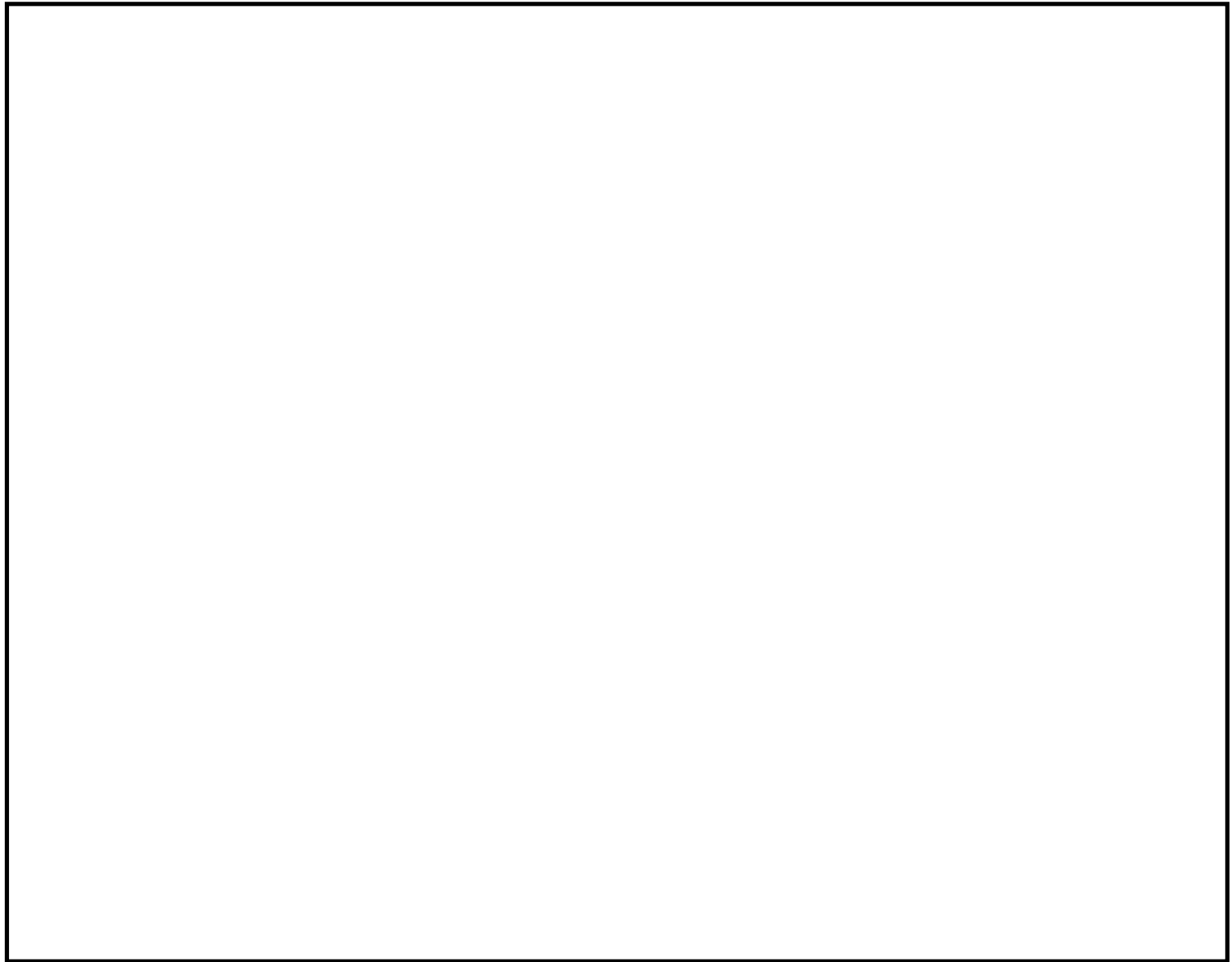
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

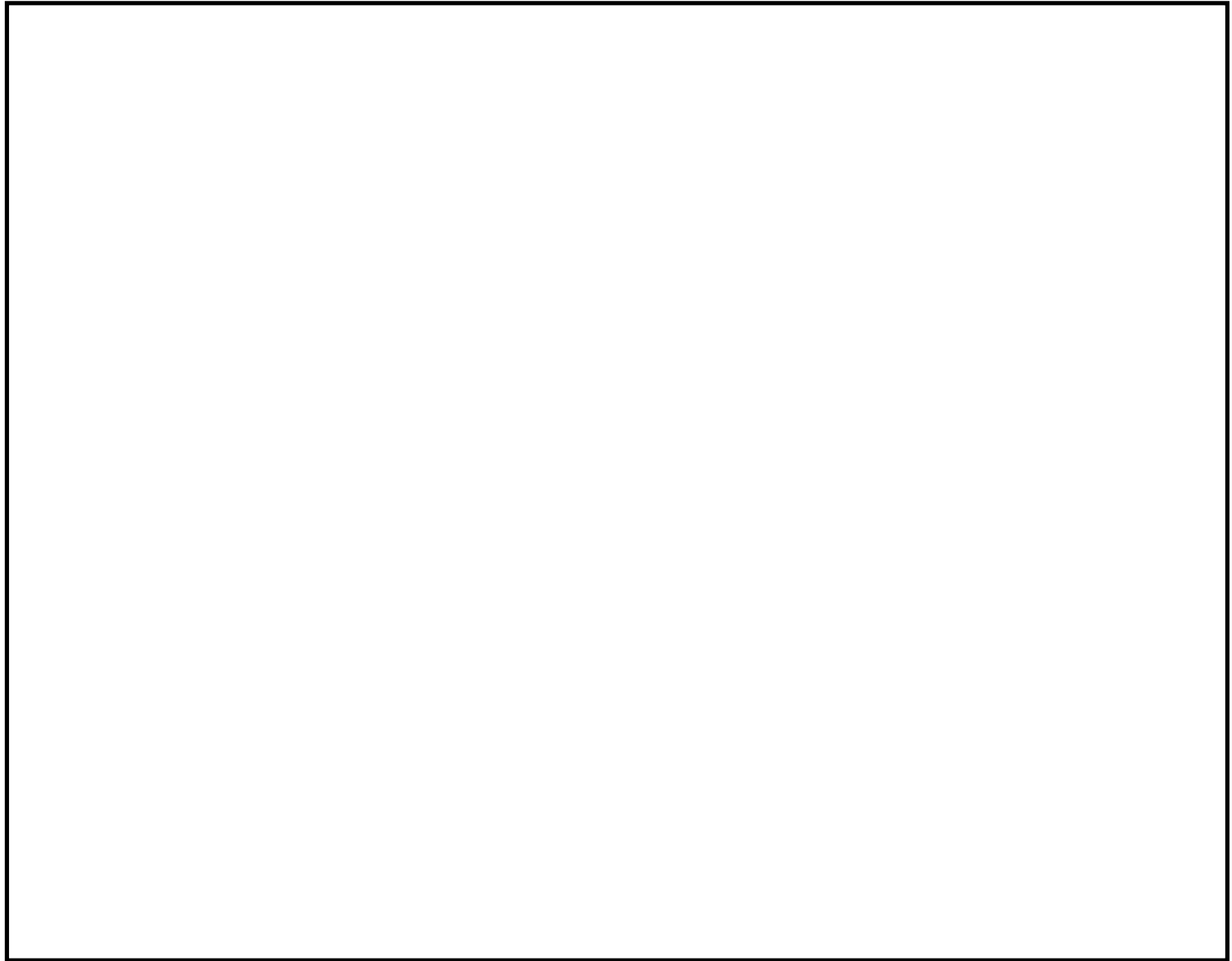
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MS-PD-2

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
17次							
18次							
動的震度*2							
静的震度*3							

注記*1: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2: S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*3: $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MS-PD-2

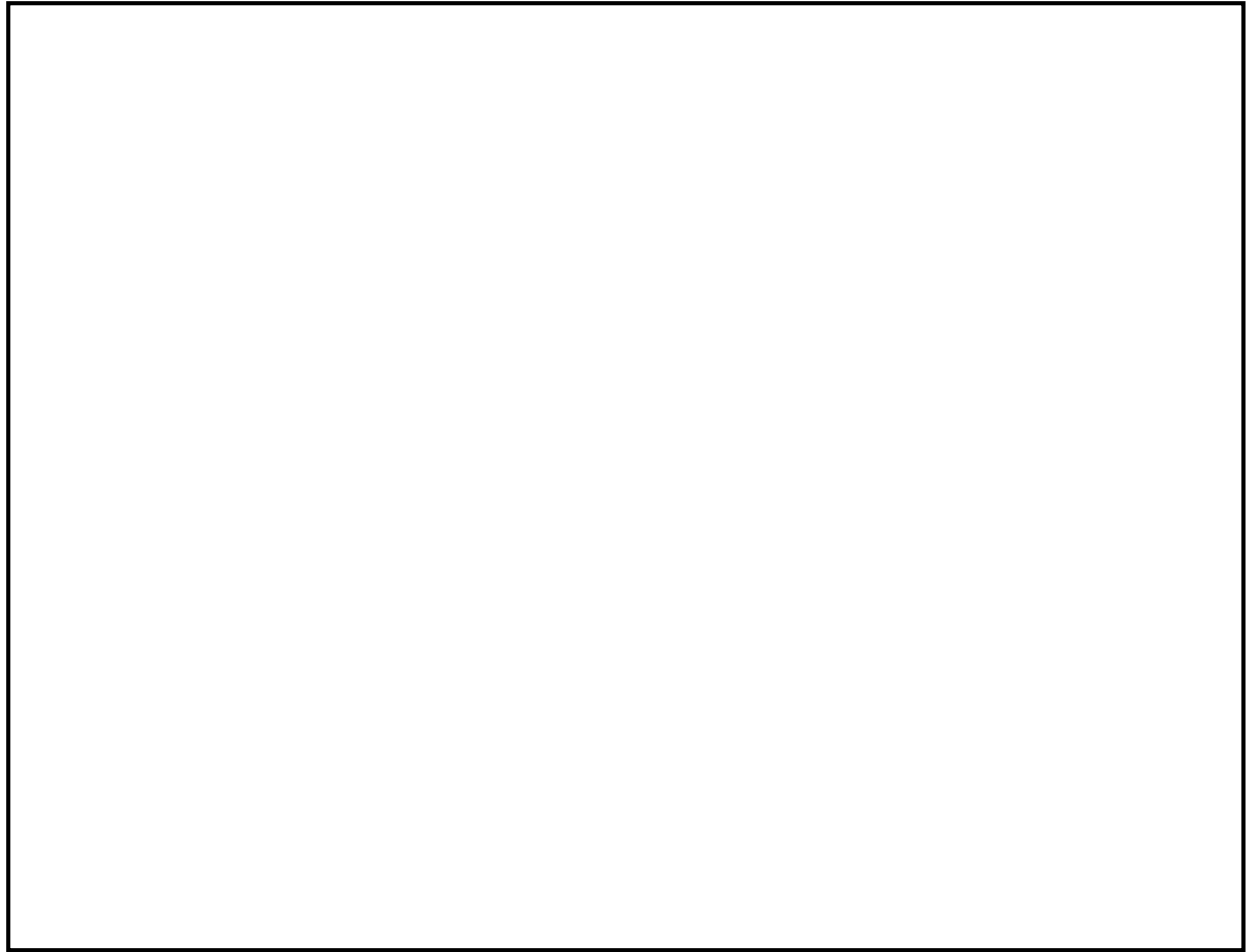
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
17次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

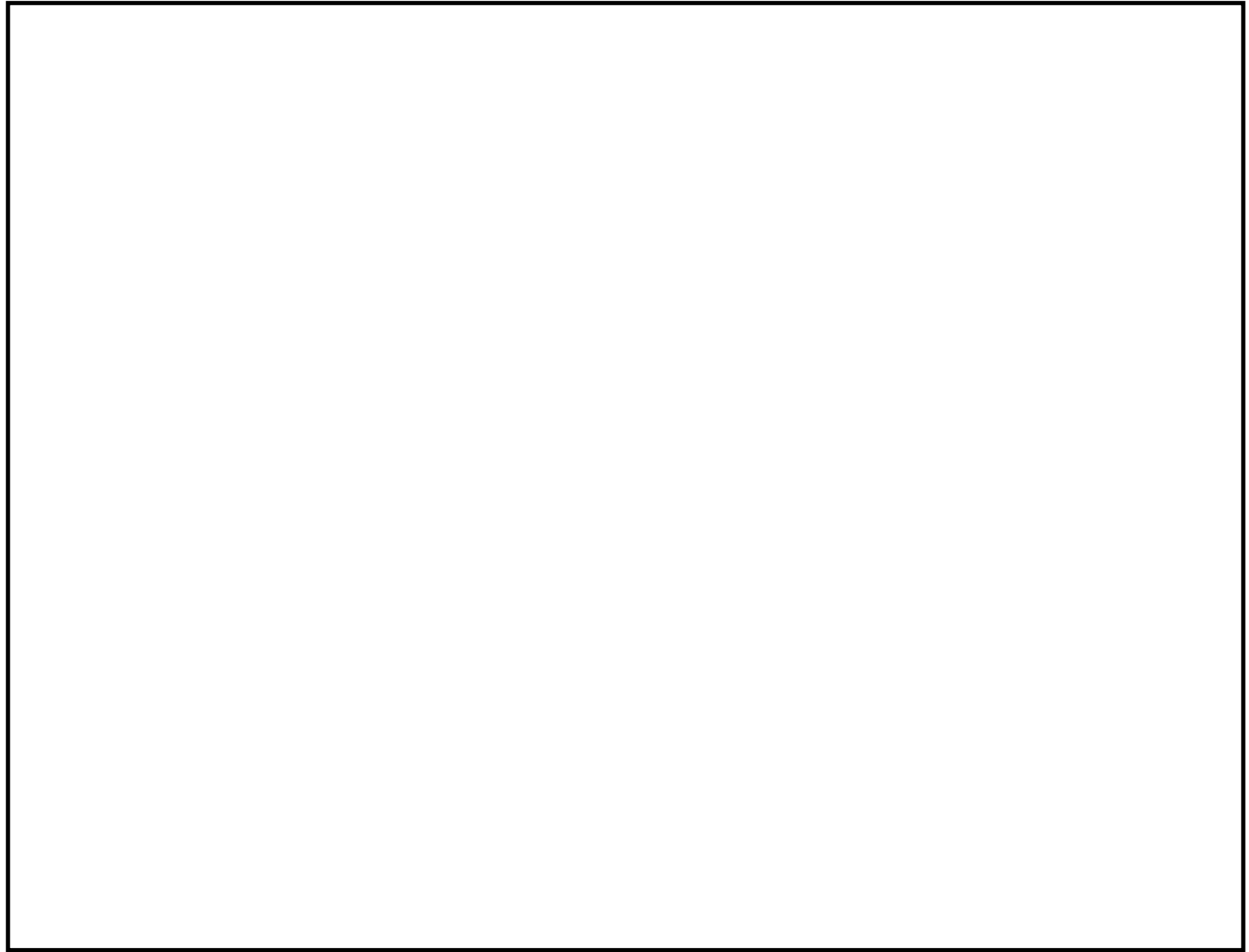
代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

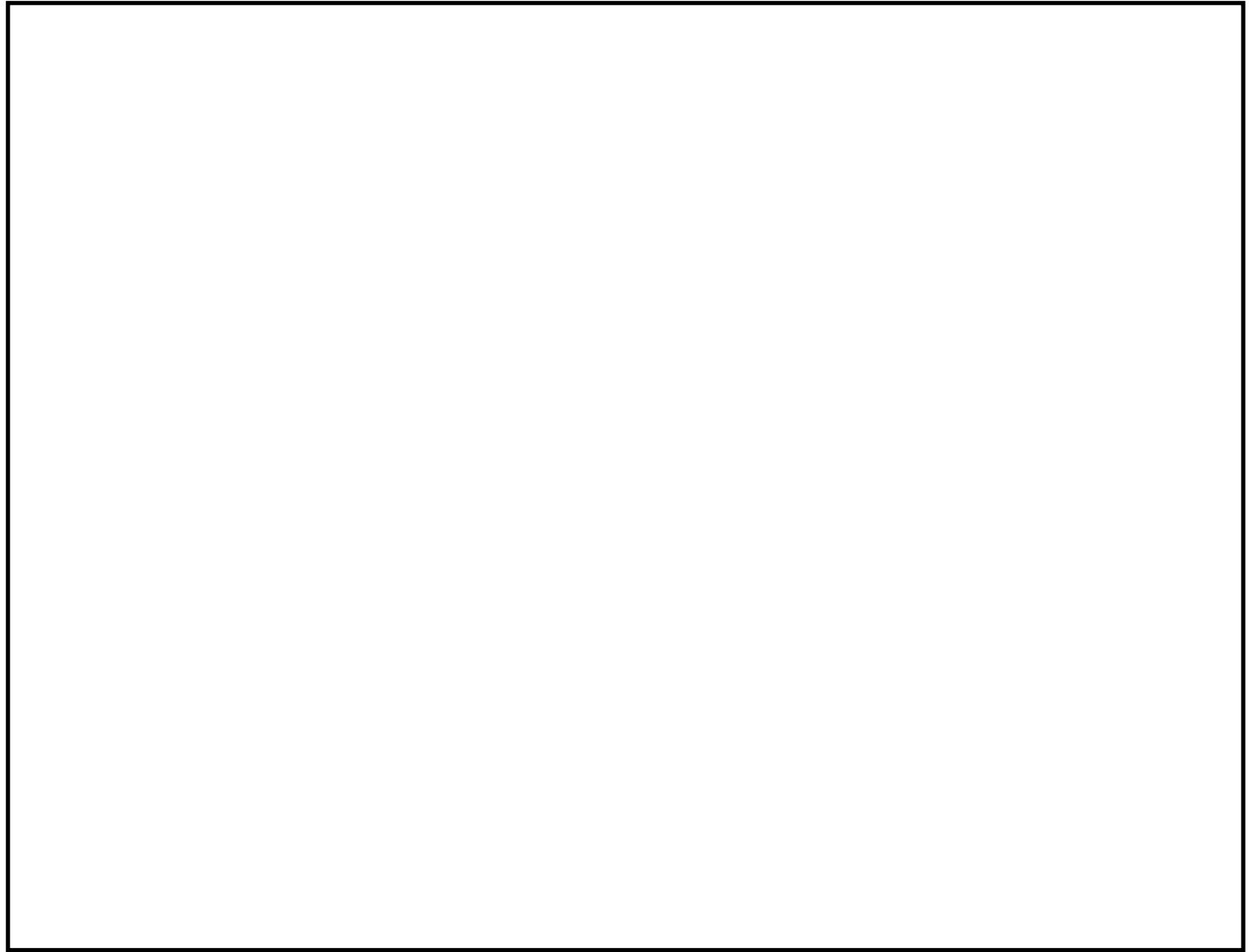
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MS-PD-30

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
39次							
40次							
動的震度*2							
静的震度*3							

注記*1: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2: S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*3: $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MS-PD-30

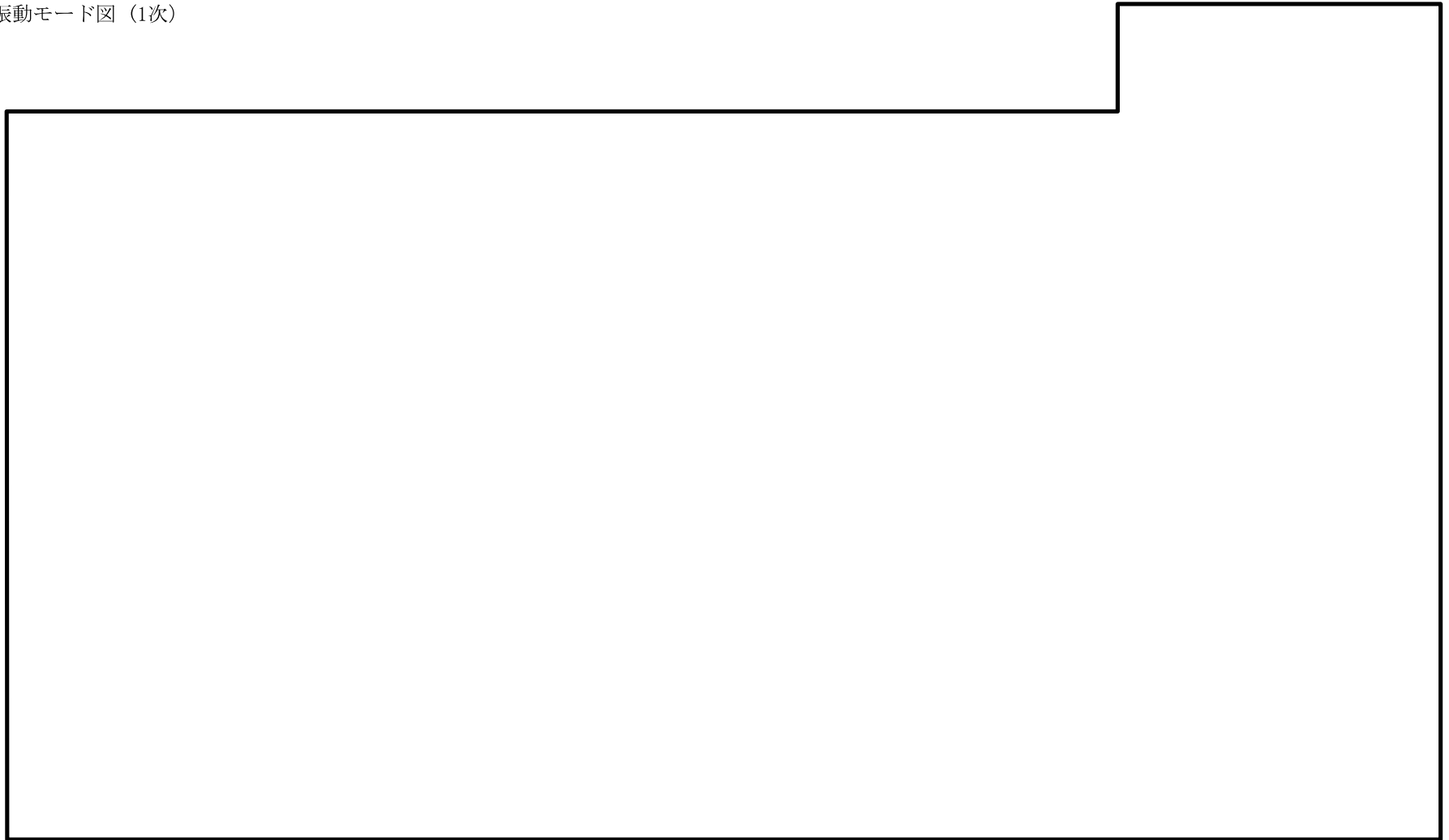
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
39次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

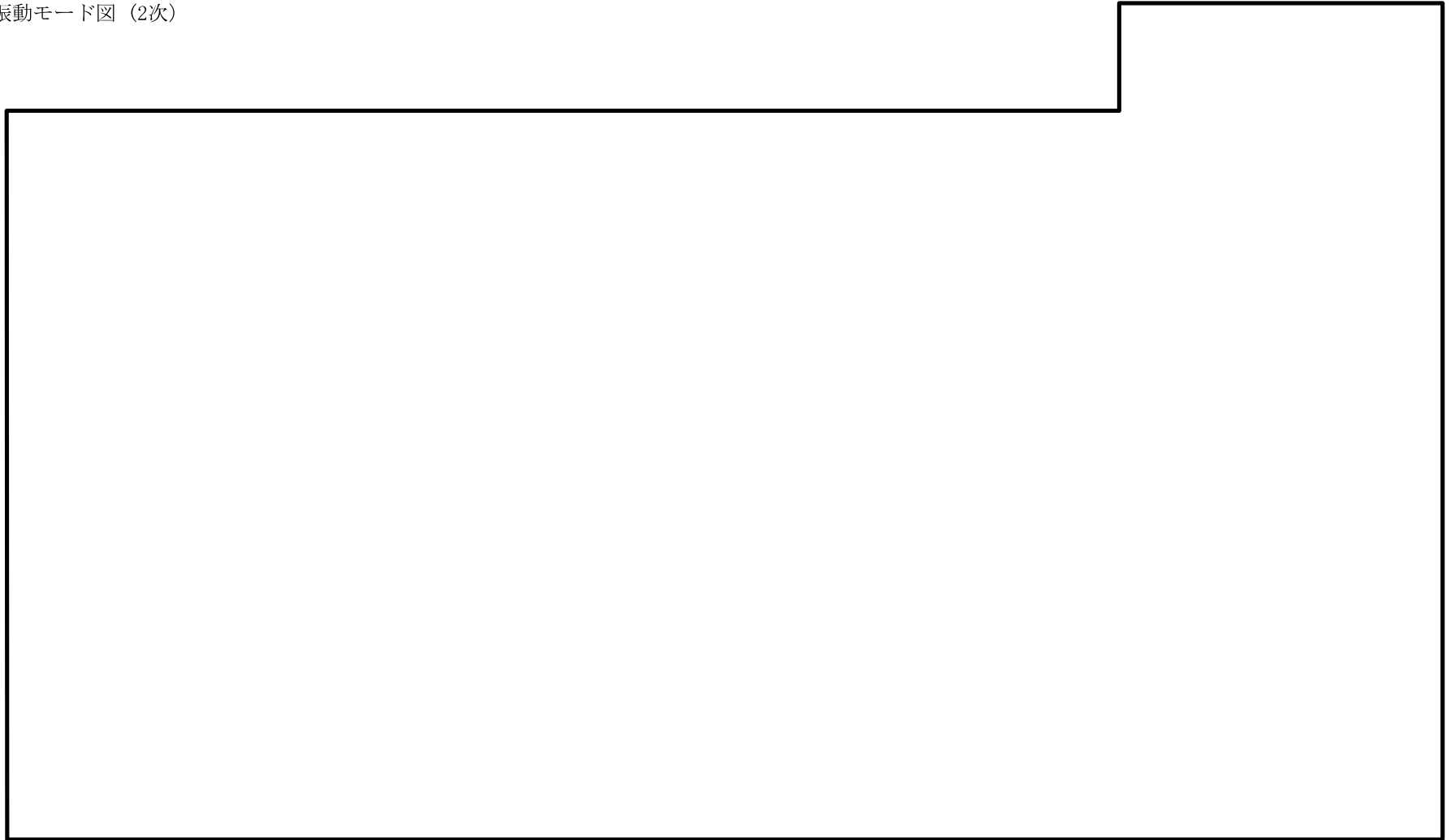
代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

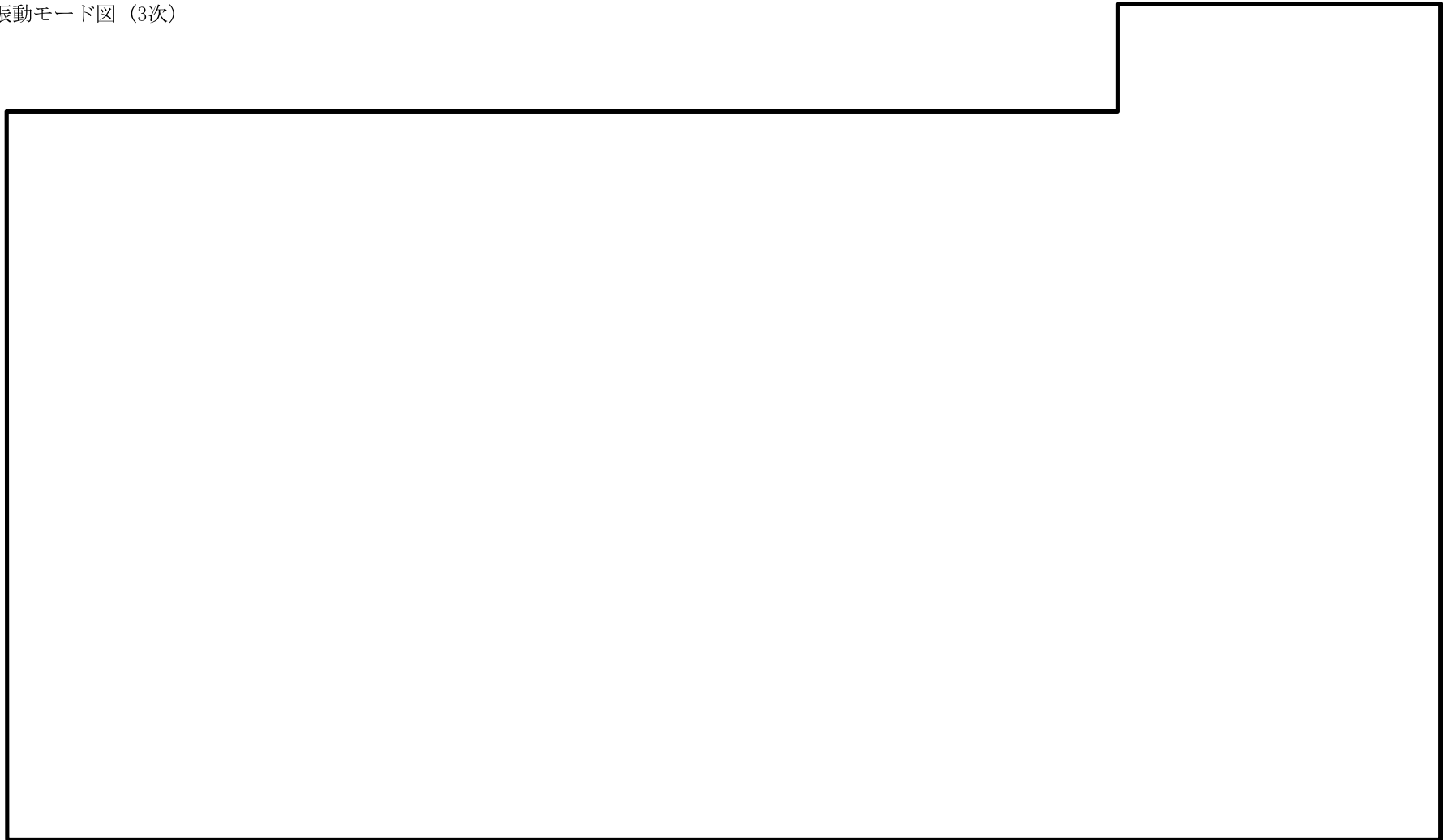
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MS-PW-7

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
動的震度*2							
静的震度*3							

注記*1: 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2: S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*3: $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MS-PW-7

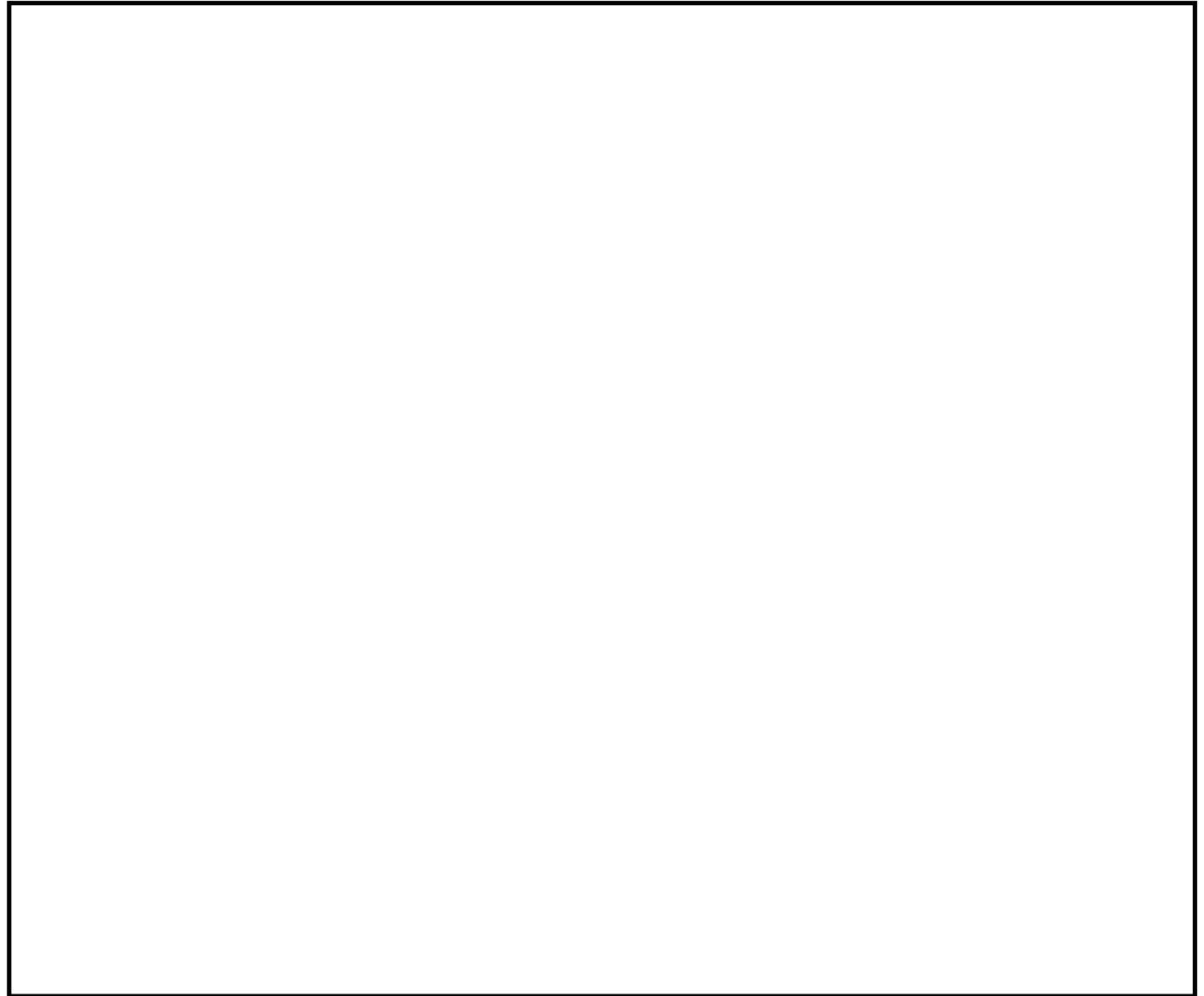
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

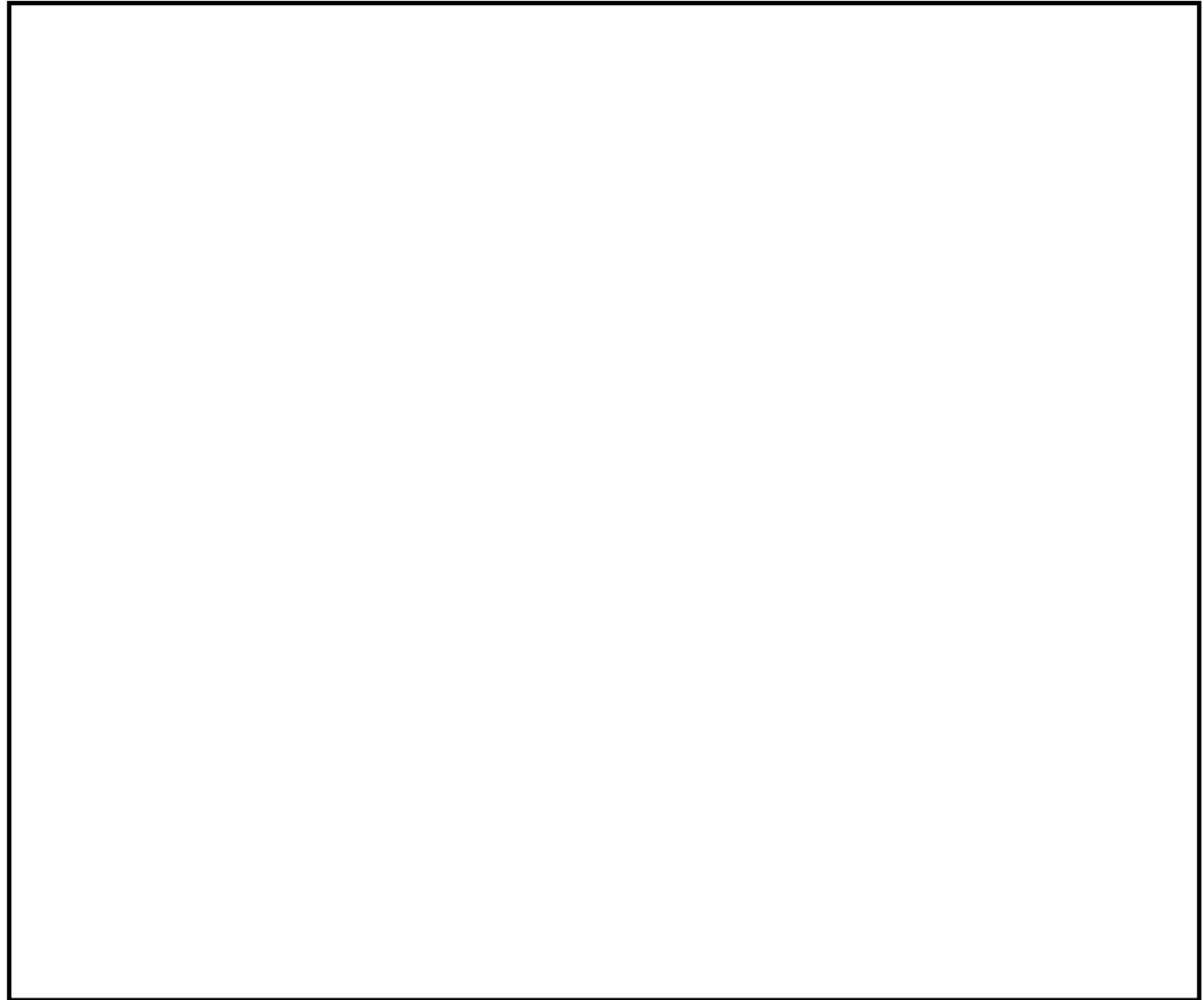
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

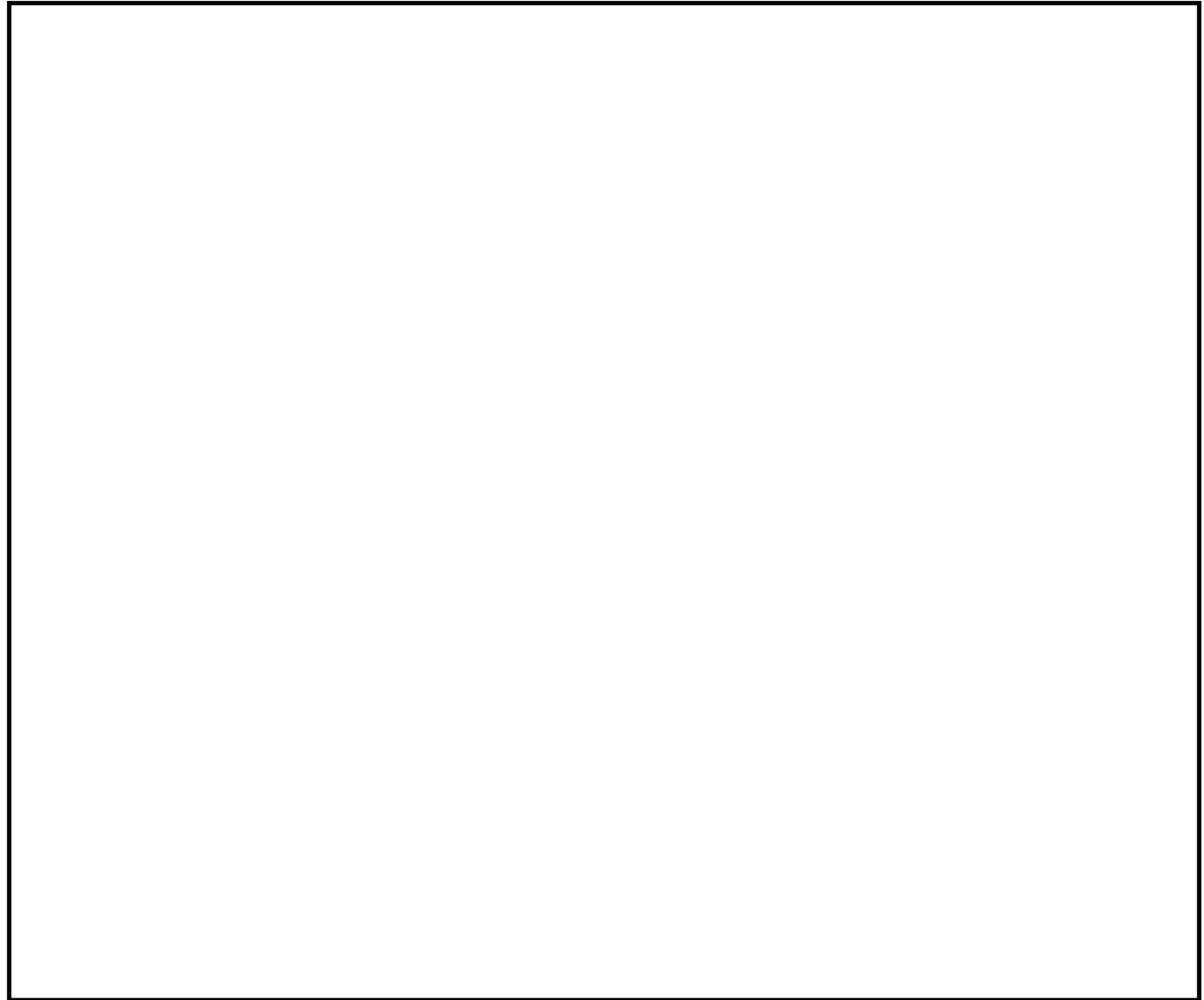
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MS-PW-17

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
動的震度*2							
静的震度*3							

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*3：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MS-PW-17

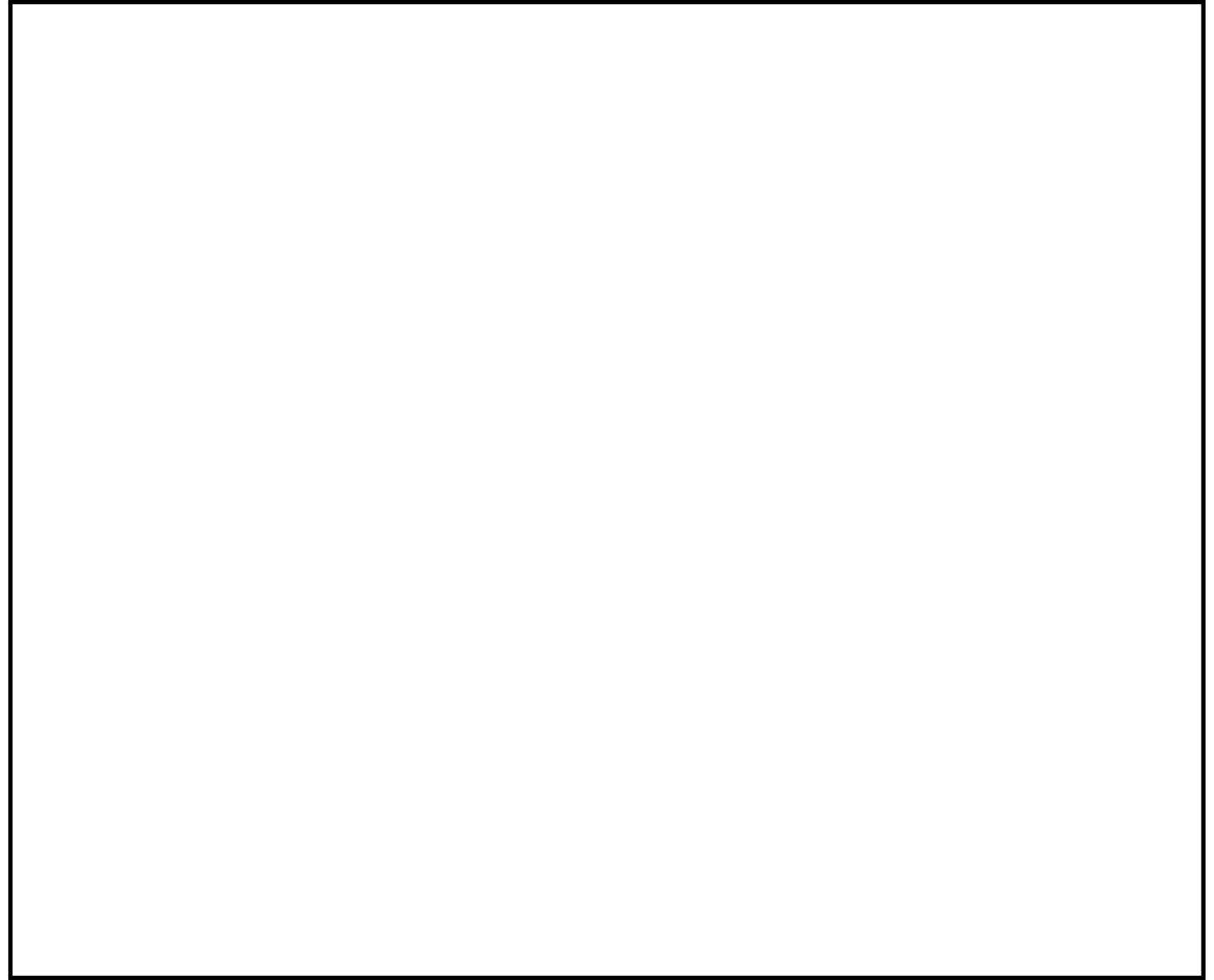
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

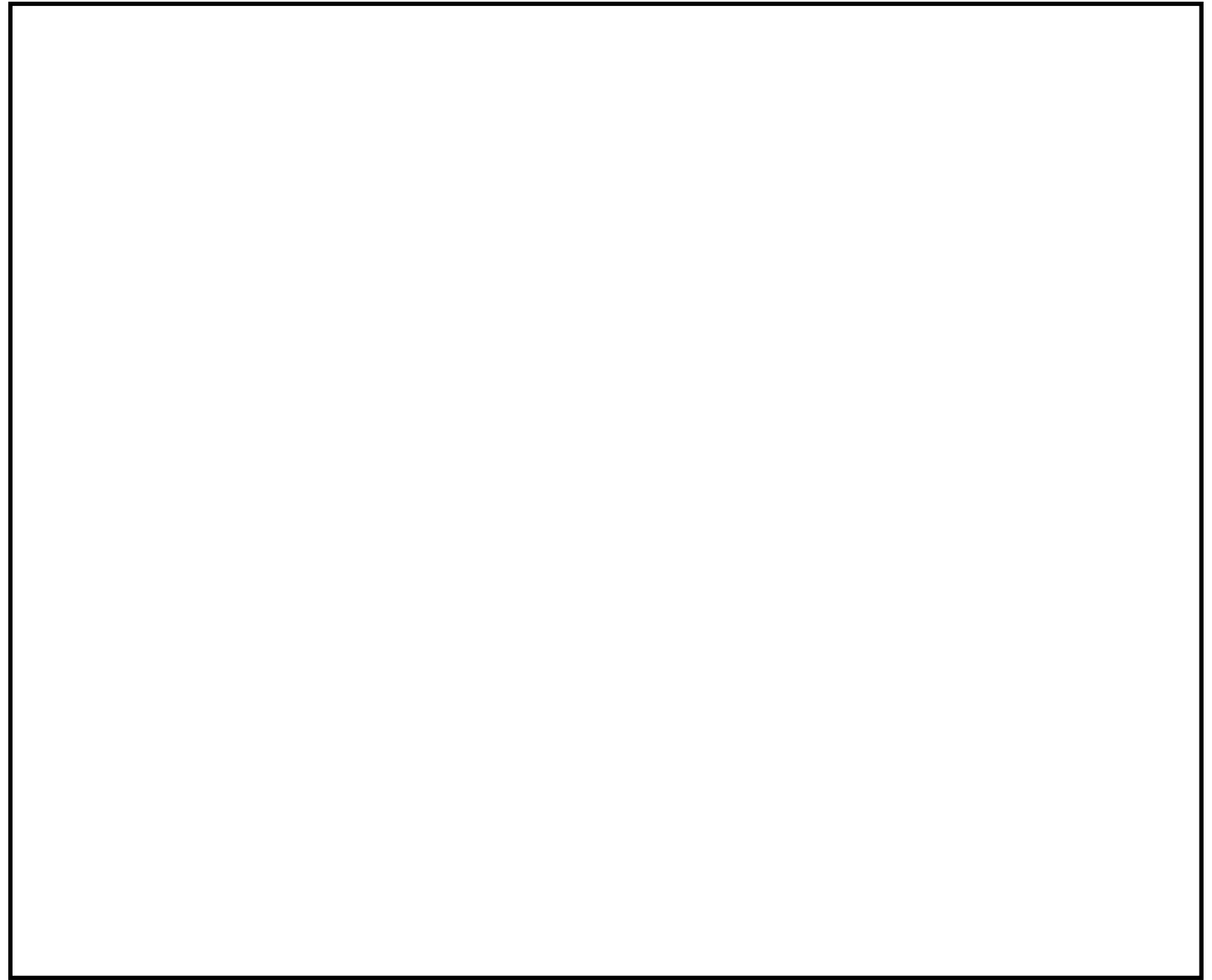
代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

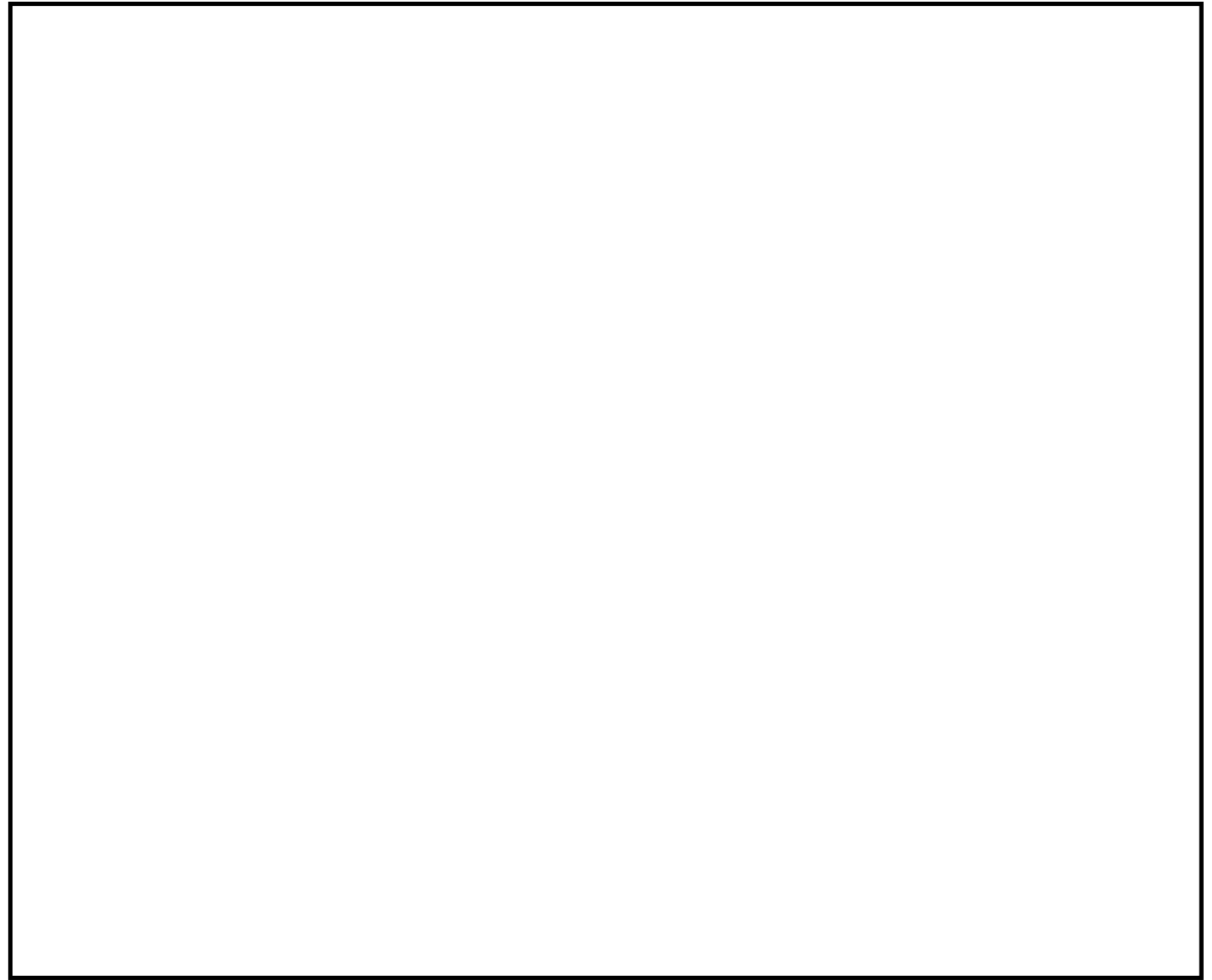
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)				一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
					一次応力	許容応力	ねじり [*] 応力	許容 応力	一次+二次 応力	許容 応力	疲労累積 係数
					$S_{prm} (S_d)$ $S_{prm} (S_s)$	$2.25 S_m$ $3 S_m$	$S_t (S_d)$ $S_t (S_s)$	$0.55 S_m$ $0.73 S_m$	$S_n (S_s)$	$3 S_m$	$U+U S_s$
MS-PD-1	Ⅲ _A S	15	TEE	$S_{prm} (S_d)$	240	281	—	—	—	—	—
MS-PD-1	Ⅲ _A S	12	TEE	$S_t (S_d)$	—	—	62	68	—	—	—
MS-PD-1	Ⅳ _A S	15	TEE	$S_{prm} (S_s)$	311	375	—	—	—	—	—
MS-PD-1	Ⅳ _A S	12	TEE	$S_t (S_s)$	—	—	93	91	—	—	—
MS-PD-2	Ⅳ _A S	30	TEE	$S_n (S_s)$	—	—	—	—	598	375	0.4557
MS-PD-2	Ⅳ _A S	30	TEE	$U+U S_s$	—	—	—	—	—	—	0.4557

注記*：ねじり応力が許容応力状態Ⅲ_ASのとき $0.55 S_m$ ，又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき $0.73 S_m$ を超える場合は，曲げ+ねじり応力評価を実施する。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ_ASのとき $0.55S_m$ ，又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき $0.73S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (MPa)			
		ねじり応力 $S_t(S_d)$	許容応力 $0.55S_m$	曲げとねじり応力 $S_t+S_b(S_d)$	許容応力 $1.8S_m$
		$S_t(S_s)$	$0.73S_m$	$S_t+S_b(S_s)$	$2.4S_m$
MS-PD-1	12	—	—	—	—
	12	93	91	224	300

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{prm} (S_d)$ $S_{prm} (S_s)$	S_y^* $0.9 S_u$	$S_n (S_s)$	$2 S_y$	
MS-PW-7	Ⅲ _A S	7	$S_{prm} (S_d)$	133	150	—	—	—
MS-PW-17	Ⅳ _A S	7	$S_{prm} (S_s)$	178	388	—	—	—
MS-PD-30	Ⅳ _A S	30	$S_n (S_s)$	—	—	289	300	—

注記* : オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、 S_y と $1.2 S_h$ のうち大きい方の値とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SNM-MS-P019	メカニカルスナップ	SMS-40A-100	V-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照	302	431	600
RO-RCIC-P002-1	ロッドレストレイント	RSA 3			20	52
SH-MS-P005	スプリングハンガ	VSL2F-21X(A)(B)			193	2×128

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _X	F _Y	F _Z	M _X	M _Y	M _Z			
RE-MS-P010	レストレイント	パイプバンド	STPT370 SS400	302	655	425	0	—	—	—	引張圧縮	82	90

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度* ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
B21-F002B	主蒸気隔離弁	α (Ss)	4.5	5.3	10.0	6.2	—	—
B21-F002C	主蒸気隔離弁	α (Ss)	5.8	3.3	10.0	6.2	—	—
B21-F001K	主蒸気逃がし安全弁	α (Ss)	8.4	1.9	9.6	6.1	—	—
B21-F001R	主蒸気逃がし安全弁	α (Ss)	8.2	3.5	9.6	6.1	—	—
E51-F035	止め弁	β (Ss)	4.7	2.1	6.0	6.0	—	—

注記*：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、設計条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス1管）

No.	配管モデル	許容応力状態 III A S					許容応力状態 IV A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*			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	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	MS-PD-1	15	240	281	1.17	○	15	311	375	1.20	○	15	510	375	0.73	—	12	0.3094	—
2	MS-PD-2	30	203	281	1.38	—	30	294	375	1.27	—	30	598	375	0.62	○	30	0.4557	○
3	MS-PD-3	11	177	281	1.58	—	11	255	375	1.47	—	11	479	375	0.78	—	11	0.2578	—
4	MS-PD-4	10	199	281	1.41	—	10	269	375	1.39	—	10	540	375	0.69	—	14	0.2835	—

注記*：III A Sの一次+二次応力の許容値はIV A Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV A Sの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態 III A S					許容応力状態 IV A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					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	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	MS-PD-27	114N	54	150	2.77	—	114N	84	371	4.41	—	114N	143	300	2.09	—	—	—	—
2	MS-PD-28	114N	81	150	1.85	—	114N	142	371	2.61	—	114N	269	300	1.11	—	—	—	—
3	MS-PD-29	328	73	150	2.05	—	327	121	371	3.06	—	467	229	300	1.31	—	—	—	—
4	MS-PD-30	30	97	150	1.54	—	30	157	371	2.36	—	30	289	300	1.03	○	—	—	—
5	MS-PW-5	1N	111	150	1.35	—	1N	122	388	3.18	—	7	89	278	3.12	—	—	—	—
6	MS-PW-7	7	133	150	1.12	○	7	166	388	2.33	—	7	128	278	2.17	—	—	—	—
7	MS-PW-10	Q01	89	150	1.68	—	6	108	388	3.59	—	6	86	278	3.23	—	—	—	—
8	MS-PW-12	7	120	150	1.25	—	7	149	388	2.60	—	7	116	278	2.39	—	—	—	—
9	MS-PW-15	Q01	98	150	1.53	—	7	116	388	3.34	—	7	88	278	3.15	—	—	—	—
10	MS-PW-17	7	131	150	1.14	—	7	178	388	2.17	○	7	184	278	1.51	—	—	—	—
11	MS-PW-19	Q01	99	150	1.51	—	Q01	108	388	3.59	—	6	91	278	3.05	—	—	—	—
12	MS-PW-21	1N	104	150	1.44	—	7	121	388	3.20	—	7	89	278	3.12	—	—	—	—
13	MS-T-1	5	71	198	2.78	—	5	82	377	4.59	—	140	314	396	1.26	—	—	—	—

注記*：III A Sの一次+二次応力の許容値はIV A Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV A Sの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目 次

1.	概要	1
2.	概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1	概略系統図	2
2.2	鳥瞰図	8
3.	計算条件	26
3.1	計算方法	26
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	27
3.3	設計条件	28
3.4	材料及び許容応力	48
3.5	設計用地震力	49
4.	解析結果及び評価	50
4.1	固有周期及び設計震度	50
4.2	評価結果	68
4.2.1	管の応力評価結果	68
4.2.2	支持構造物評価結果	71
4.2.3	弁の動的機能維持評価結果	72
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	73

1. 概要

本計算書は、V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全26モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。




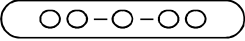

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

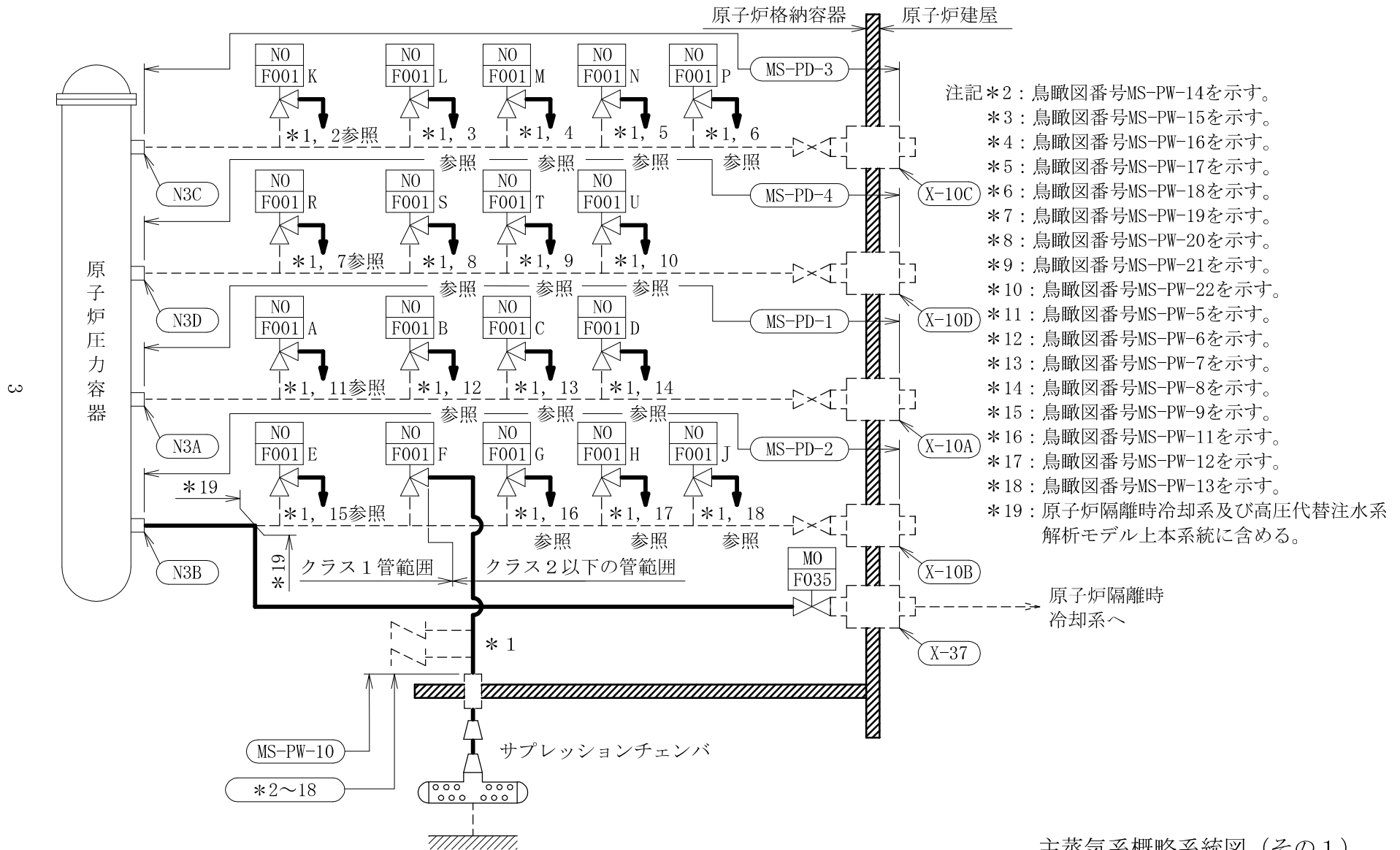
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

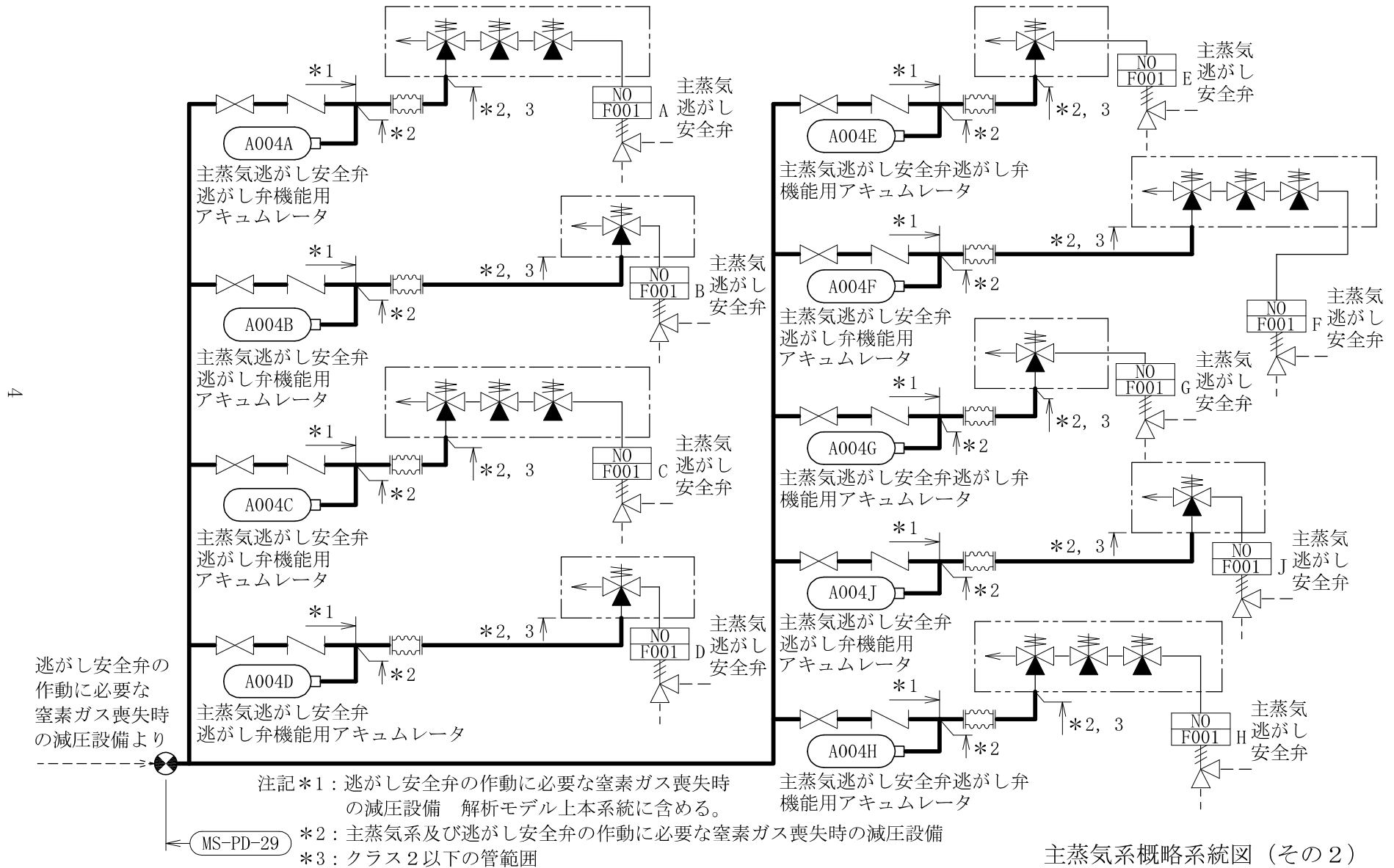
概略系統図記号凡例

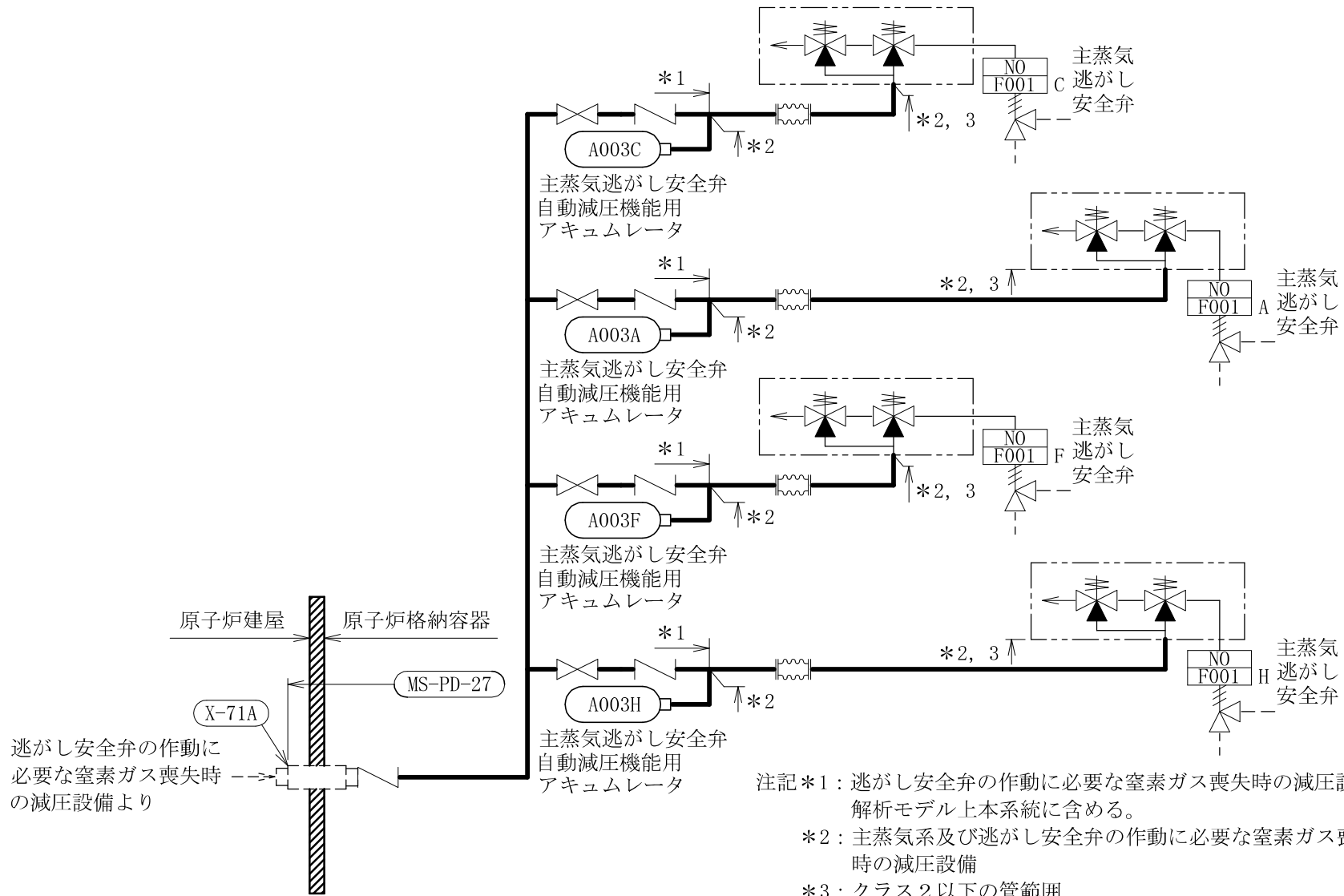
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0



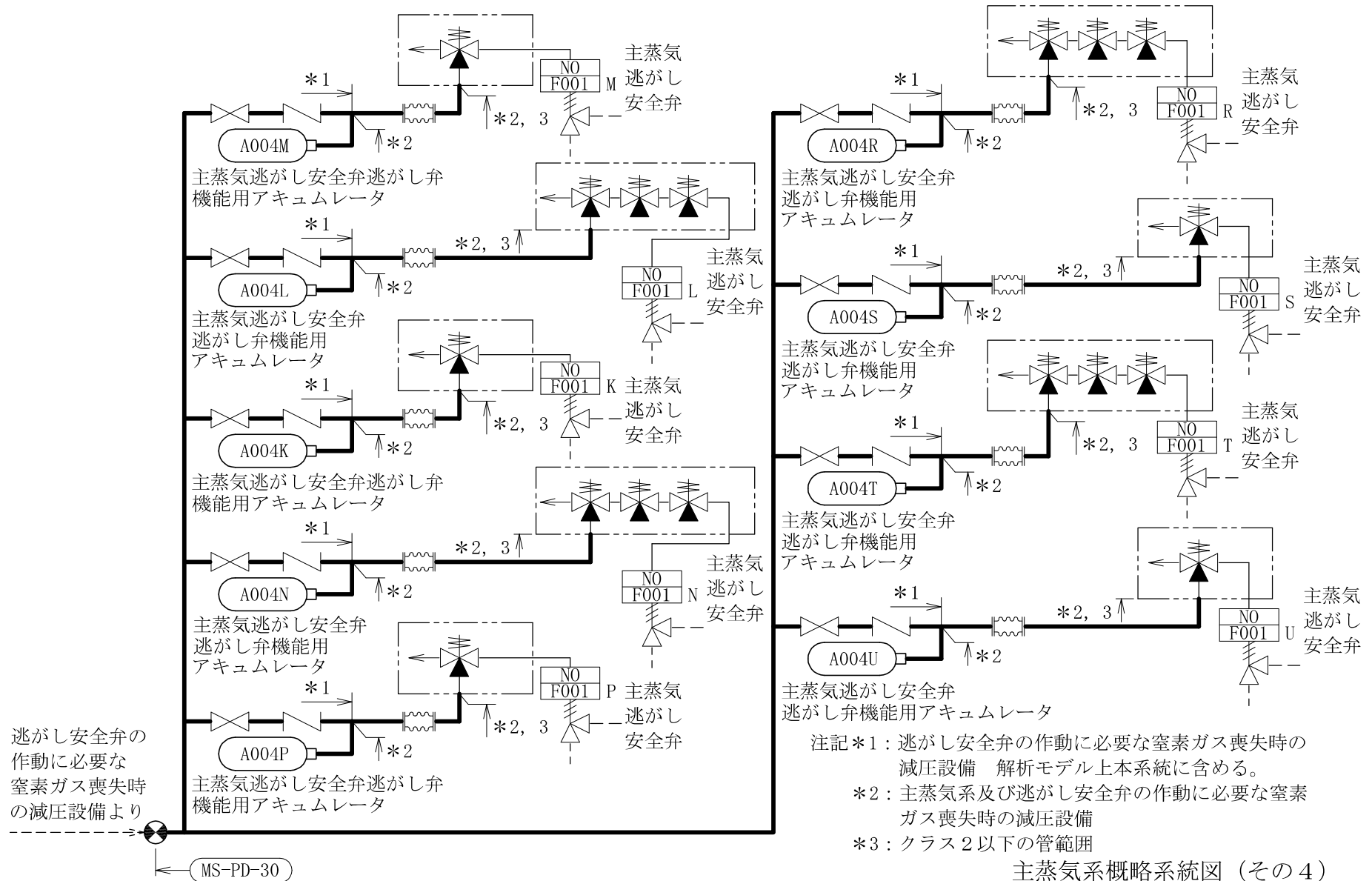
主蒸気系概略系統図 (その1)

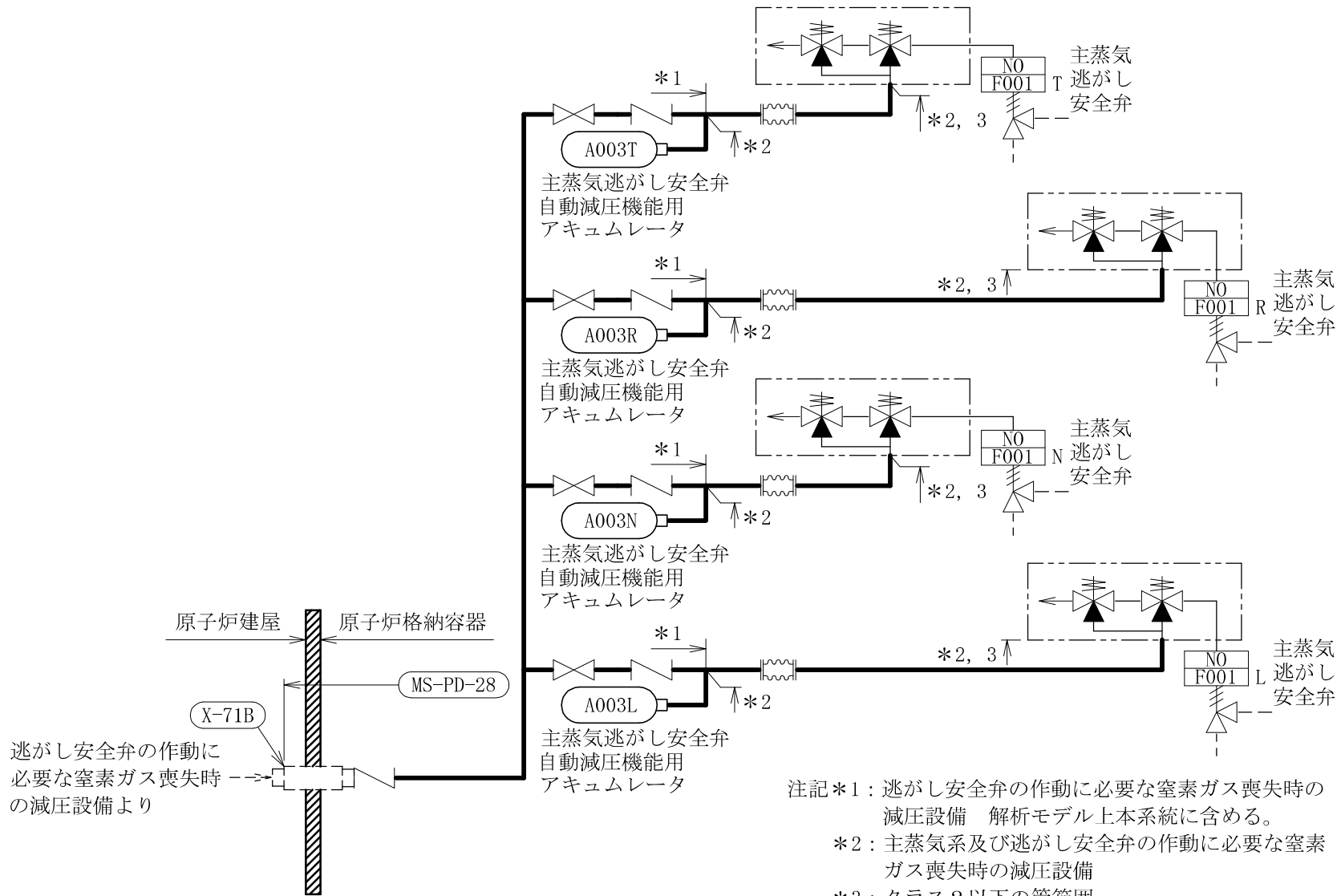




主蒸気系概略系統図 (その3)

9





注記*1：逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備 解析モデル上本系統に含める。






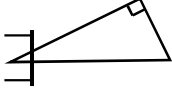
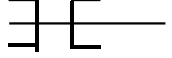

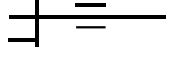
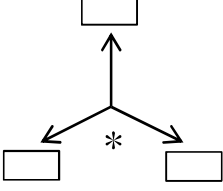
*2：主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備

*3：クラス2以下の管範囲

主蒸気系概略系統図 (その5)

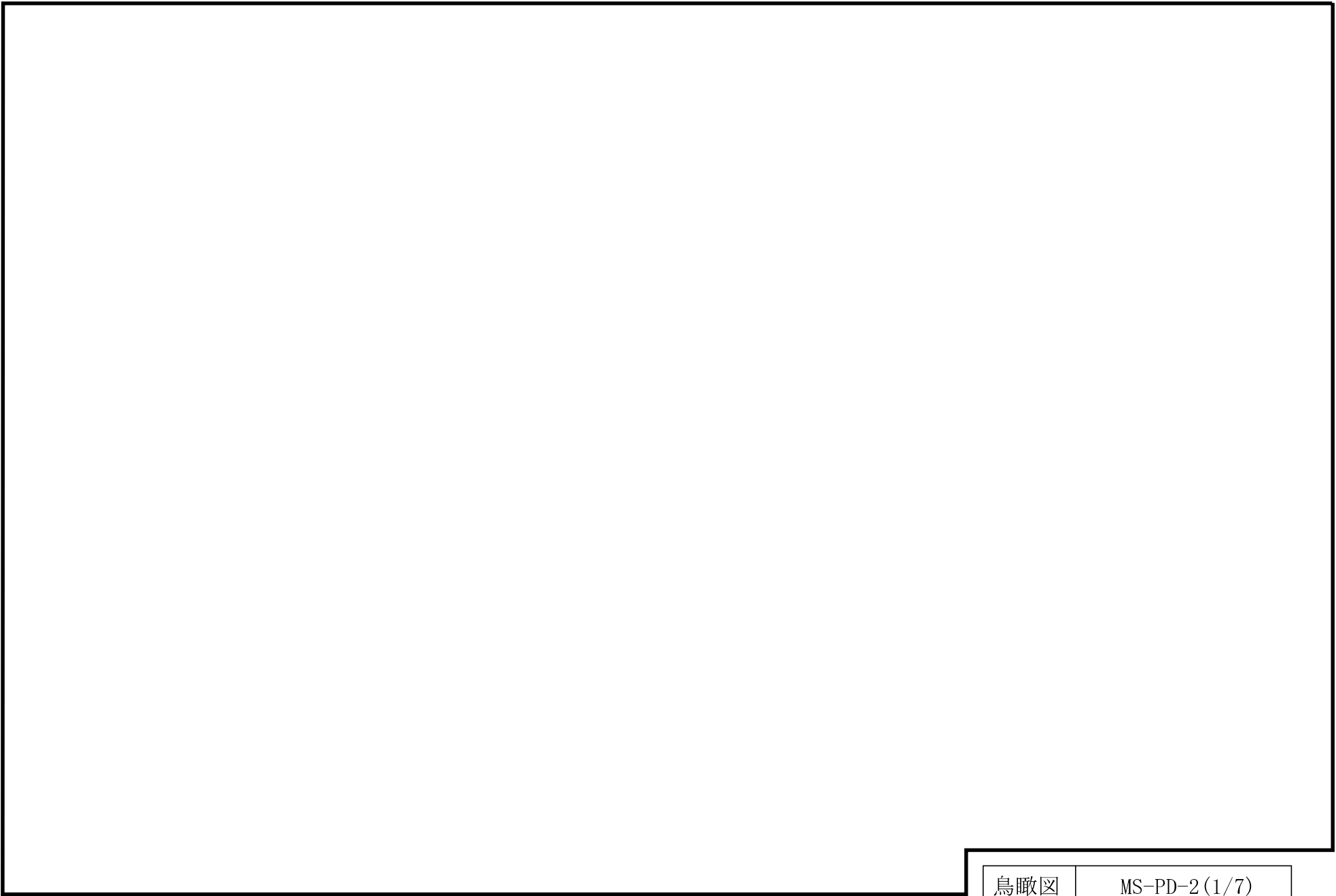
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, □ 内に 変位量を記載する。) 注1: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

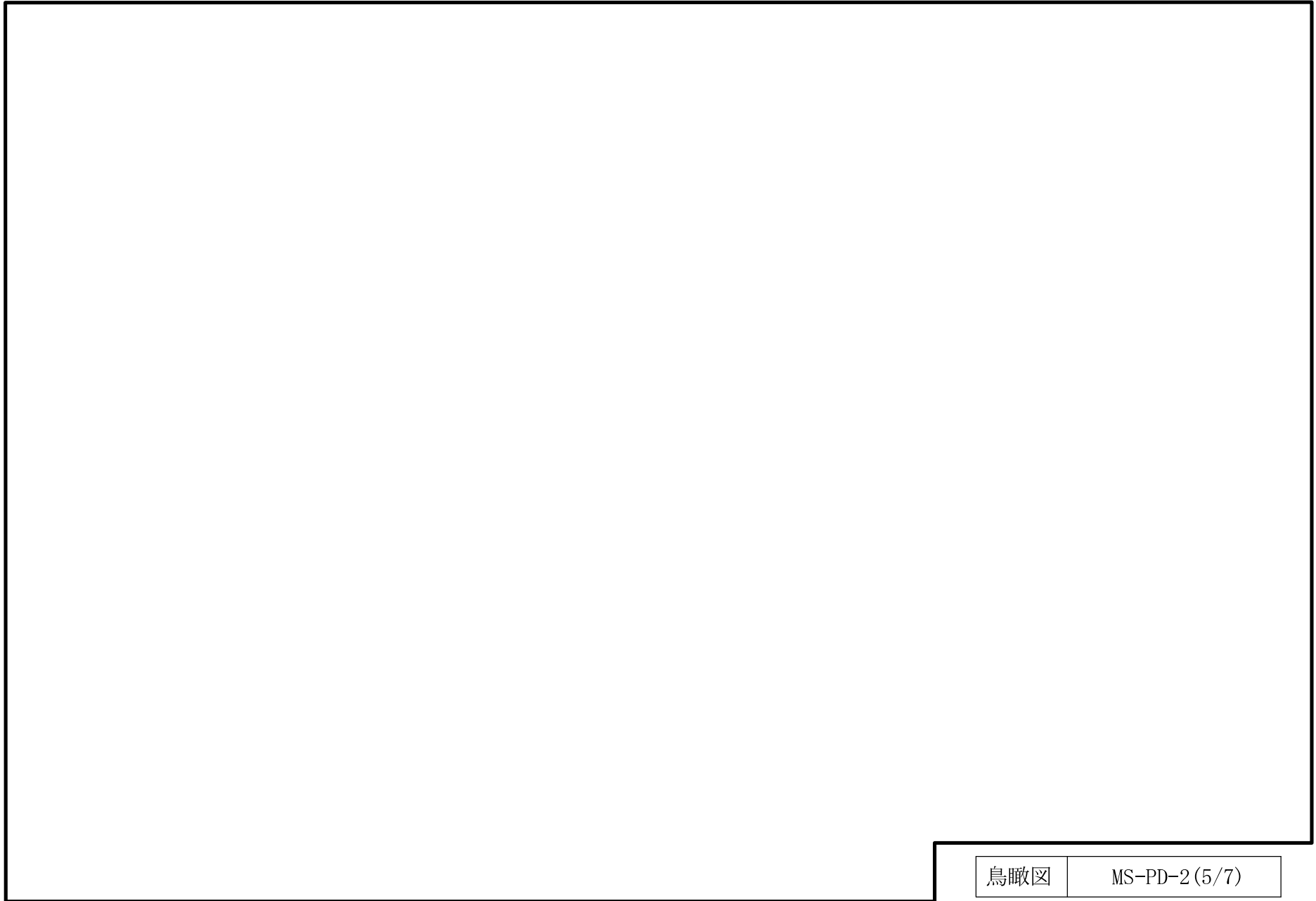
K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0

6



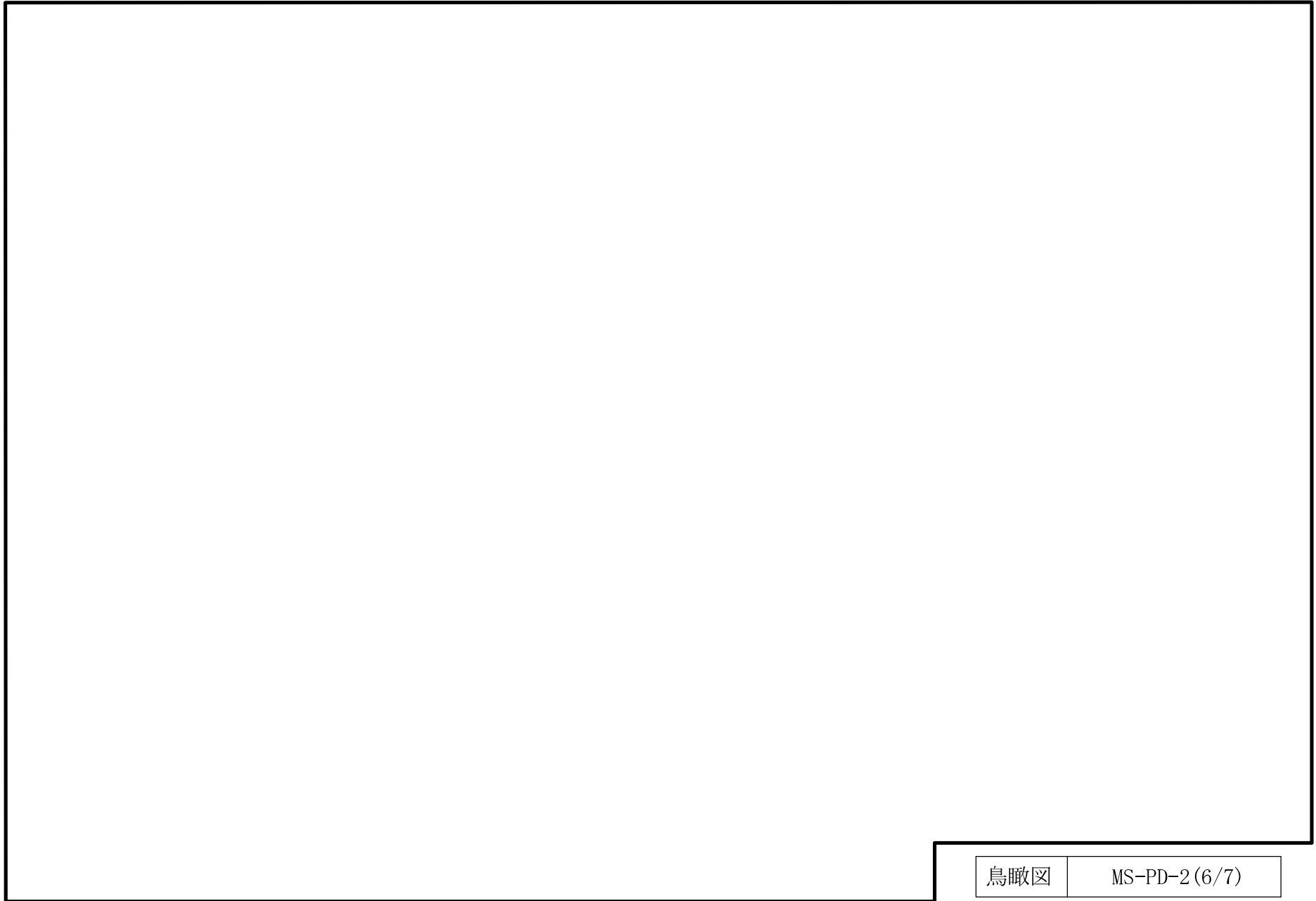
10

12



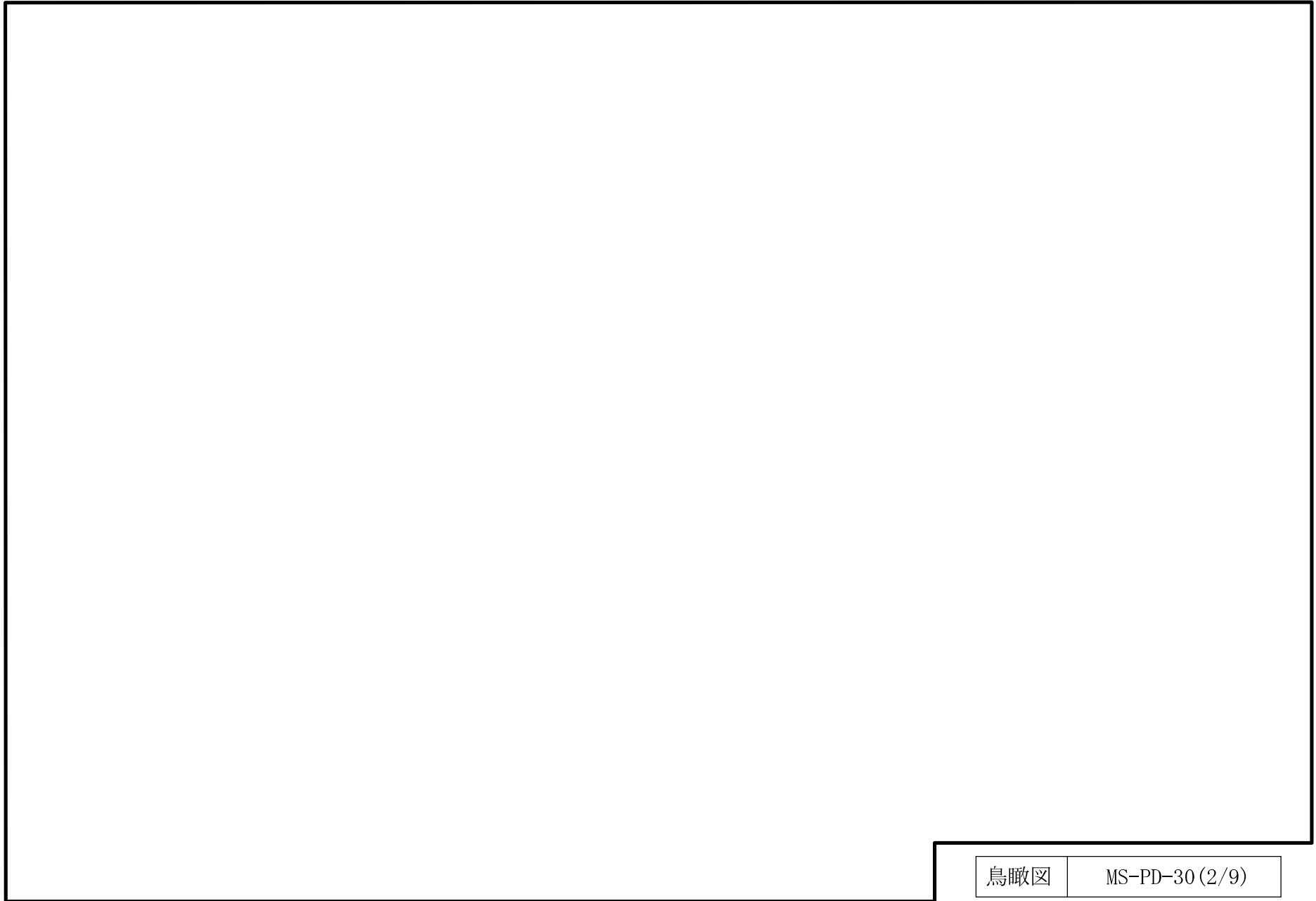
鳥瞰図

MS-PD-2 (5/7)



15

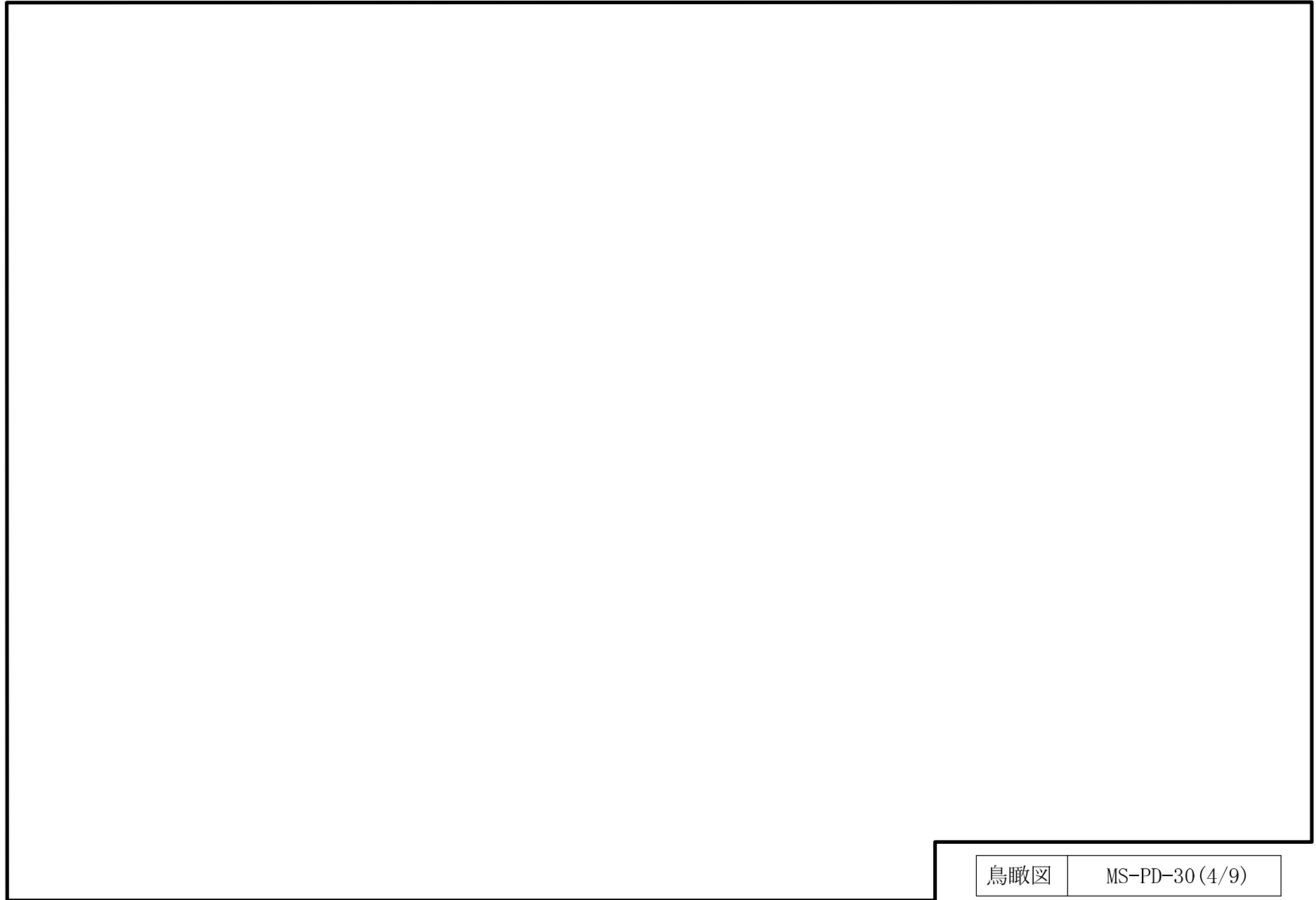
16



鳥瞰図

MS-PD-30(2/9)

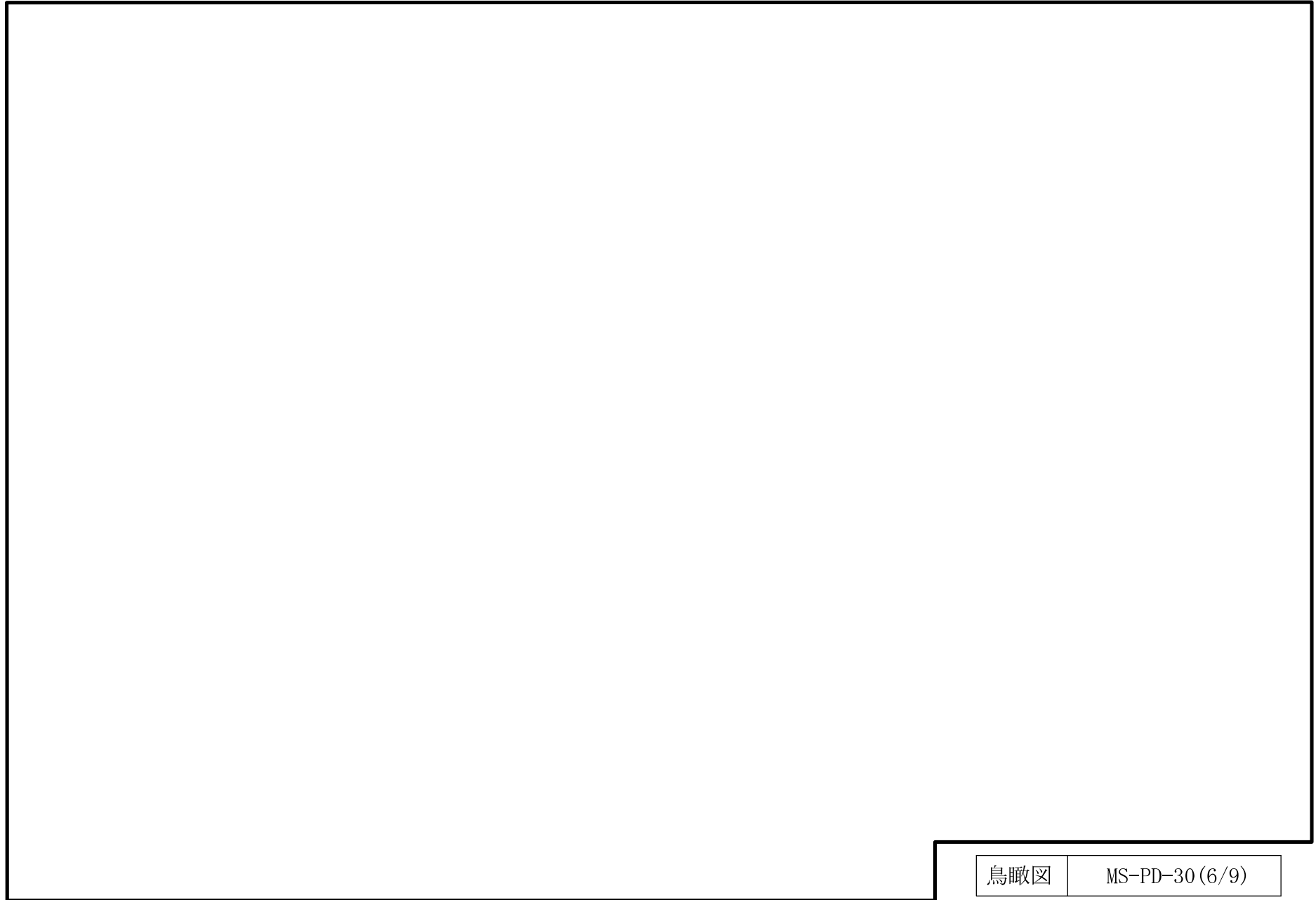
18



鳥瞰図

MS-PD-30(4/9)

20



鳥瞰図

MS-PD-30(6/9)

25

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	S A	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	V_{AS}
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系	S A	常設／防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高压代替注水系	S A	常設耐震／防止	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	高压代替注水系	S A	常設／緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
計測制御系統施設	制御用空気設備	逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備	S A	常設耐震／防止	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	V_{AS}

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重，（L）は荷重が長期間作用している状態，（LL）は（L）より更に長期間荷重が作用している状態を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 V_{AS} は許容応力状態 IV_{AS} の許容限界を使用し，許容応力状態 IV_{AS} として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PD-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~5	8.62	302	711.2	35.7	SFVC2B	—	185880
2	107~133, 207~235 307~329, 407~433 507~525	3.73	250	267.4	15.1	STS410	—	200400
3	133~134N, 235~236N 329~330N, 433~434N 525~526N	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP	—	191800
4	5~601	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B	—	185880
5	601~623	8.62	302	165.2	14.3	STS410	—	185880

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PD-30

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A~16, 17~21 22~37, 40~42N 28~58N, 12~60 61~65, 66~87 90~94N, 76~109N 9~111, 112~116 117~147, 150~152N 127~158N, 6~160 161~165, 166~189 192~196N, 182~202N 1008~226, 227~231 232~250, 253~257N	2.00	171	60.5	3.9	SUS304TP	—	191800

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PD-30

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	236～283N, 222～285 286～290, 291～309 312～314N, 295～341N 219～343, 344～348 349～383N, 356～390 393～397N, 216～399 400～404, 405～421N 410～441, 444～446N 213～448, 449～453 454～485, 488～492N 471～496N	2.00	171	60.5	3.9	SUS304TP	—	191800

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PD-30

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
2	37～3701, 3900～40	2.00	171	60.5	6.7	SUS304	—	191800
	87～8701, 8901～90							
	147～1471, 1491～150							
	189～1891, 1911～192							
	250～2501, 2521～253							
	309～3091, 3111～312							
	390～3901, 3921～393							
	441～4411, 4431～444							
	485～4851, 4871～488							

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MS-PW-11

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~3	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP	—	194000
2	3~12	3.73	250	267.4	12.7	SUS316TP	—	194000
3	13~Q01	3.73	250	318.5	14.3	SUS316TP	—	194000

配管の付加質量

鳥瞰図 MS-PD-2

質量	対応する評価点
	1N~1001, 3001~5
	1001~3001
	5~603, 608~611, 613~6151, 6171~6182, 6211~623
	603~608, 611~613, 6151~6171, 6182~6211


フランジ部の質量

鳥瞰図 MS-PD-2

質量	対応する評価点
	102, 202, 302, 402, 502
	107, 207, 307, 407, 507

フランジ部の質量

鳥瞰図 MS-PD-30

質量	対応する評価点
	37, 42N, 87, 94N, 147, 152N, 189, 196N, 250, 257N, 309, 314N 390, 397N, 441, 446N, 485, 492N

弁部の寸法

鳥瞰図 MS-PD-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
102~103				103~104			
104~105				105~106			
103~107				202~203			
203~204				204~205			
205~206				203~207			
302~303				303~304			
304~305				305~306			
303~307				402~403			
403~404				404~405			
405~406				403~407			
502~503				503~504			
504~505				505~506			
503~507				623~624			
624~625				625~626			
624~627							

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0

弁部の寸法

鳥瞰図 MS-PD-30

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
16~17				21~22			
60~61				65~66			
111~112				116~117			
160~161				165~166			
226~227				231~232			
285~286				290~291			
343~344				348~349			
399~400				404~405			
448~449				453~454			

K7 ① V-2-5-2-1-1-2 (重) R0

弁部の質量

鳥瞰図 MS-PD-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	103, 203, 303, 403, 503		105, 205, 305, 405, 505
	106, 206, 306, 406, 506		625
	626		

弁部の質量

鳥瞰図 MS-PD-30

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	16～17, 60～61		111～112, 160～161
	226～227, 285～286		343～344, 399～400
	448～449		21～22, 65～66
	116～117, 165～166		231～232, 290～291
	348～349, 404～405		453～454

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-2

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 1071 **						
110						
** 110 **						
111						
** 116 **						
123						
126						
1261						
** 1262 **						
134N						
** 2071 **						
210						
** 211 **						
212						
214						
221						
** 222 **						
** 225 **						
236N						
3070						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-2

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 3071 **						
310						
** 311 **						
314						
** 314 **						
315						
** 3231 **						
** 3231 **						
330N						
4071						
** 408 **						
411						
412						
** 4121 **						
416						
** 416 **						
** 4211 **						
423						
** 427 **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0



支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-2

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 4291 **						
434N						
5071						
** 5091 **						
510						
** 5151 **						
** 516 **						
** 516 **						
526N						
** 607 **						
612						
612						
618						
621						
** 621 **						
** 625 **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-30

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1A						
1002						
2001						
20						
30						
42N						
51						
58N						
64						
82						
86						
** 86 **						
94N						
103						
109N						
** 109N **						
** 109N **						
115						
129						
136						
140						
** 140 **						
144						
** 144 **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0



支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-30

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
152N						
158N						
** 158N **						
** 158N **						
164						
177						
184						
** 184 **						
188						
** 188 **						
196N						
202N						
** 202N **						
** 202N **						
230						
240						
247						
** 247 **						
257N						
265						
269						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-30

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
277						
** 277 **						
283N						
** 283N **						
** 283N **						
289						
301						
308						
** 308 **						
314N						
322						
326						
334						
** 334 **						
341N						
** 341N **						
** 341N **						
347						
359						
365						
373						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PD-30

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 373 **						
383N						
** 383N **						
** 383N **						
385						
397N						
403						
421N						
** 421N **						
** 421N **						
425						
432						
** 432 **						
438						
446N						
452						
463						
475						
481						
492N						
496N						
** 496N **						
** 496N **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 MS-PW-11

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
** 4 **						
7						
** 7 **						
** 19 **						
** 19 **						

K7 ① V-2-5-2-1-2 (重) R0

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
SFVC2B	302	125	—	—	—
STS410	250	—	197	404	—
SUS316TP	250	—	139	432	—
STS410	302	122	—	—	—
SUS304TP	171	—	150	413	—
SUS304	171	—	150	413	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。
 なお、設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを
 用いる。また、減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
MS-PD-2	原子炉遮蔽壁		
MS-PD-30	原子炉遮蔽壁		
MS-PW-11	原子炉本体基礎		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MS-PD-2

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
17次				
18次				
動的震度*2				

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S d又はS s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MS-PD-2

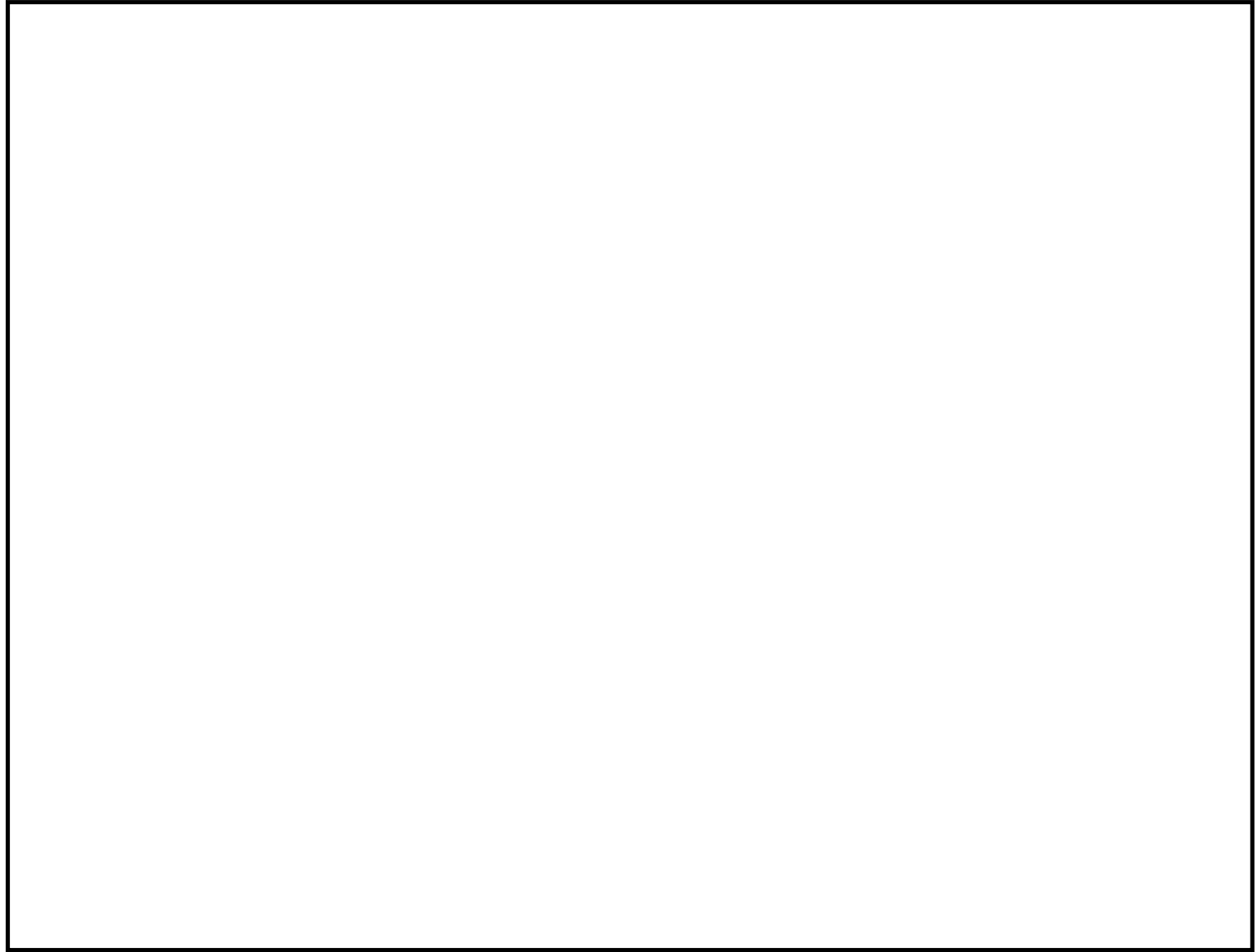
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
17次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

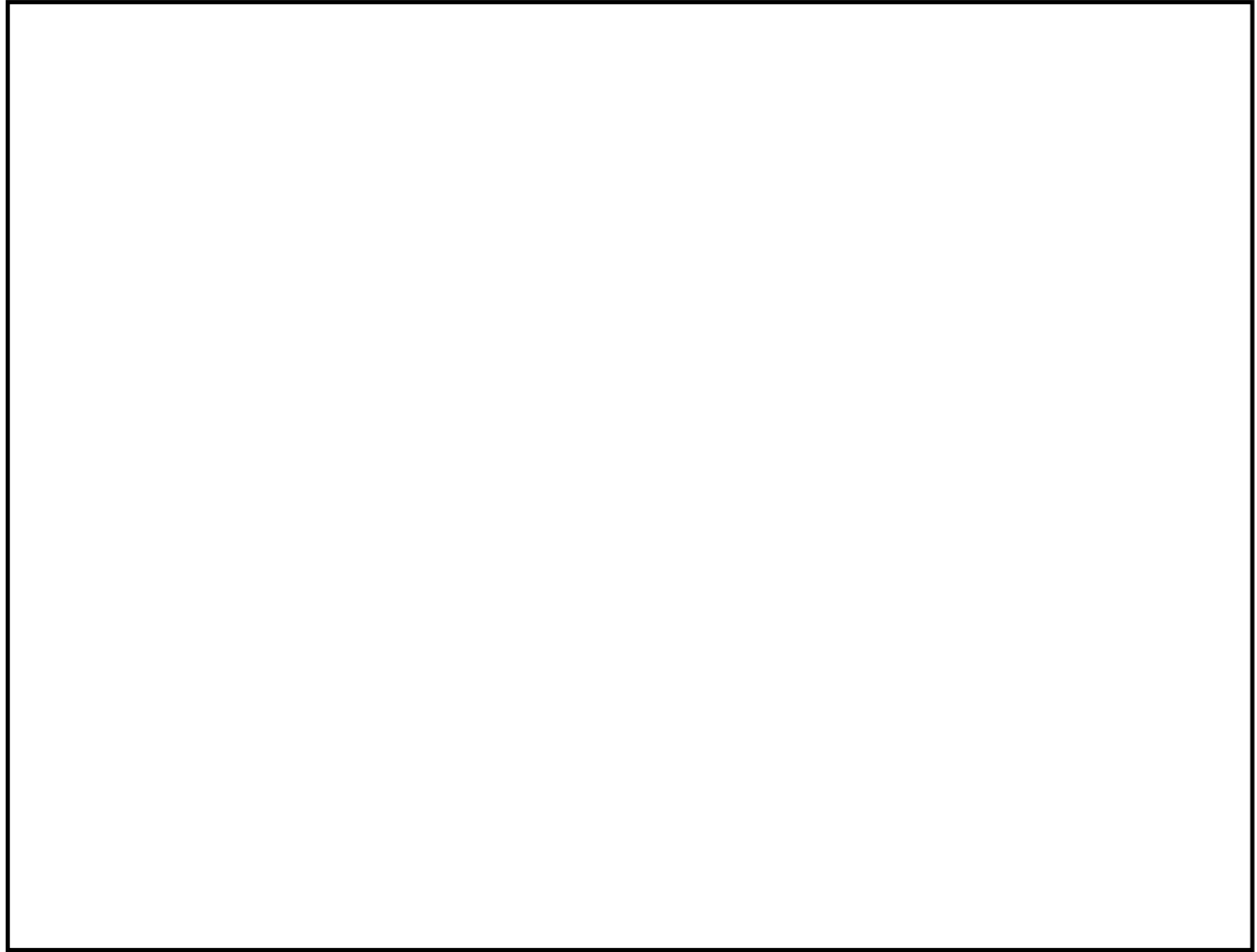
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

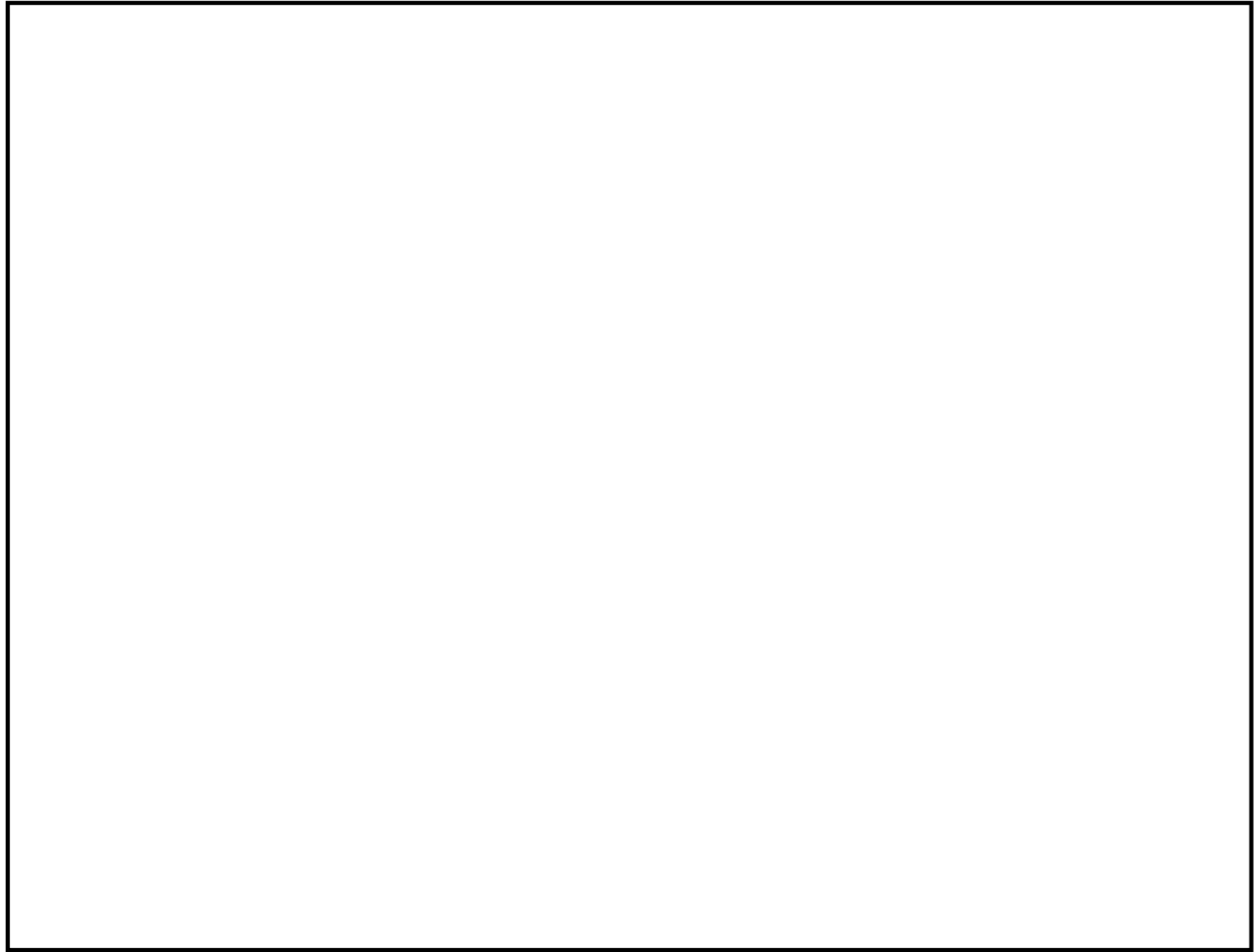
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MS-PD-30

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
39次				
40次				
動的震度*2				

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S d又はS s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MS-PD-30

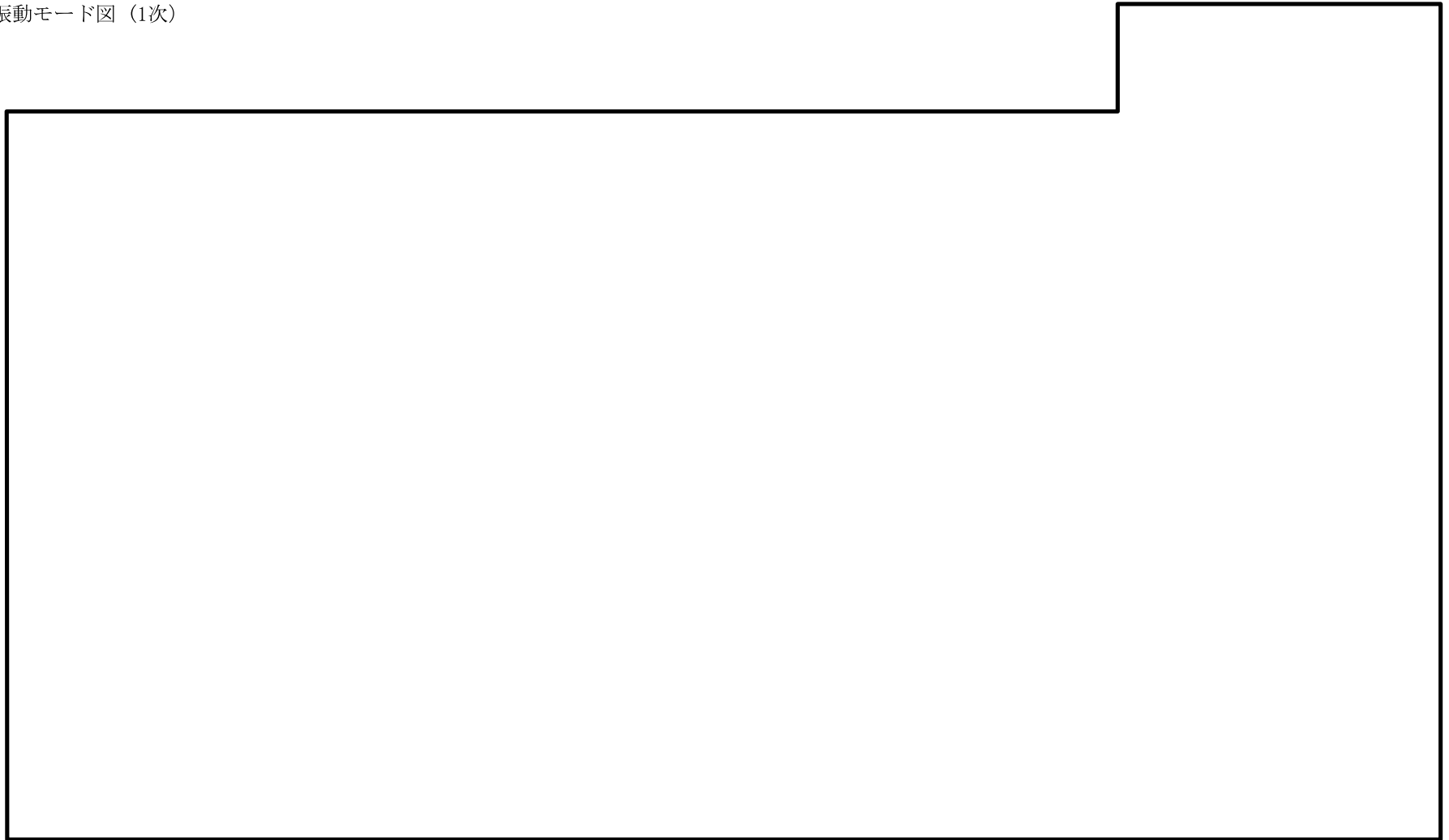
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
39次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

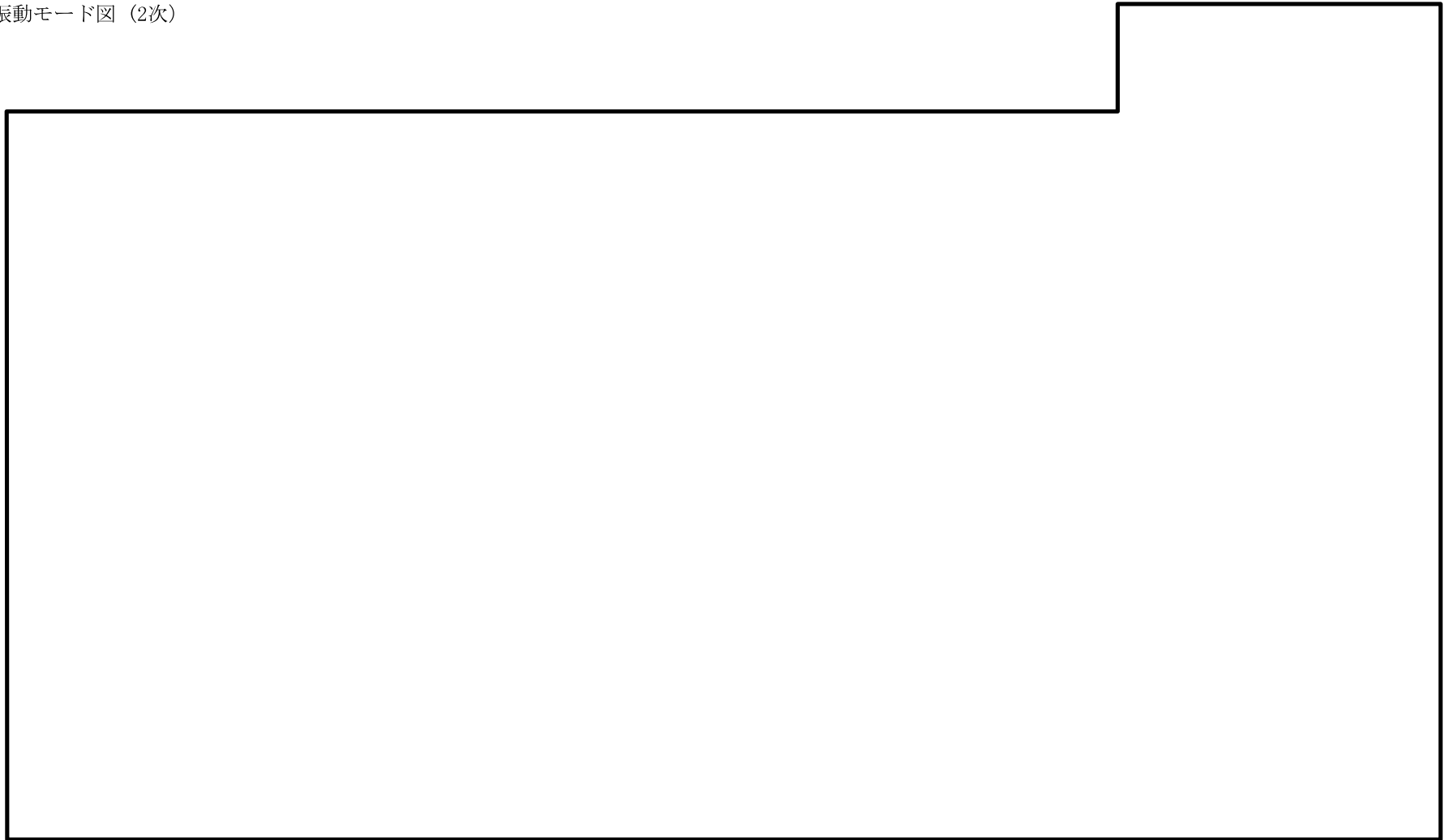
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

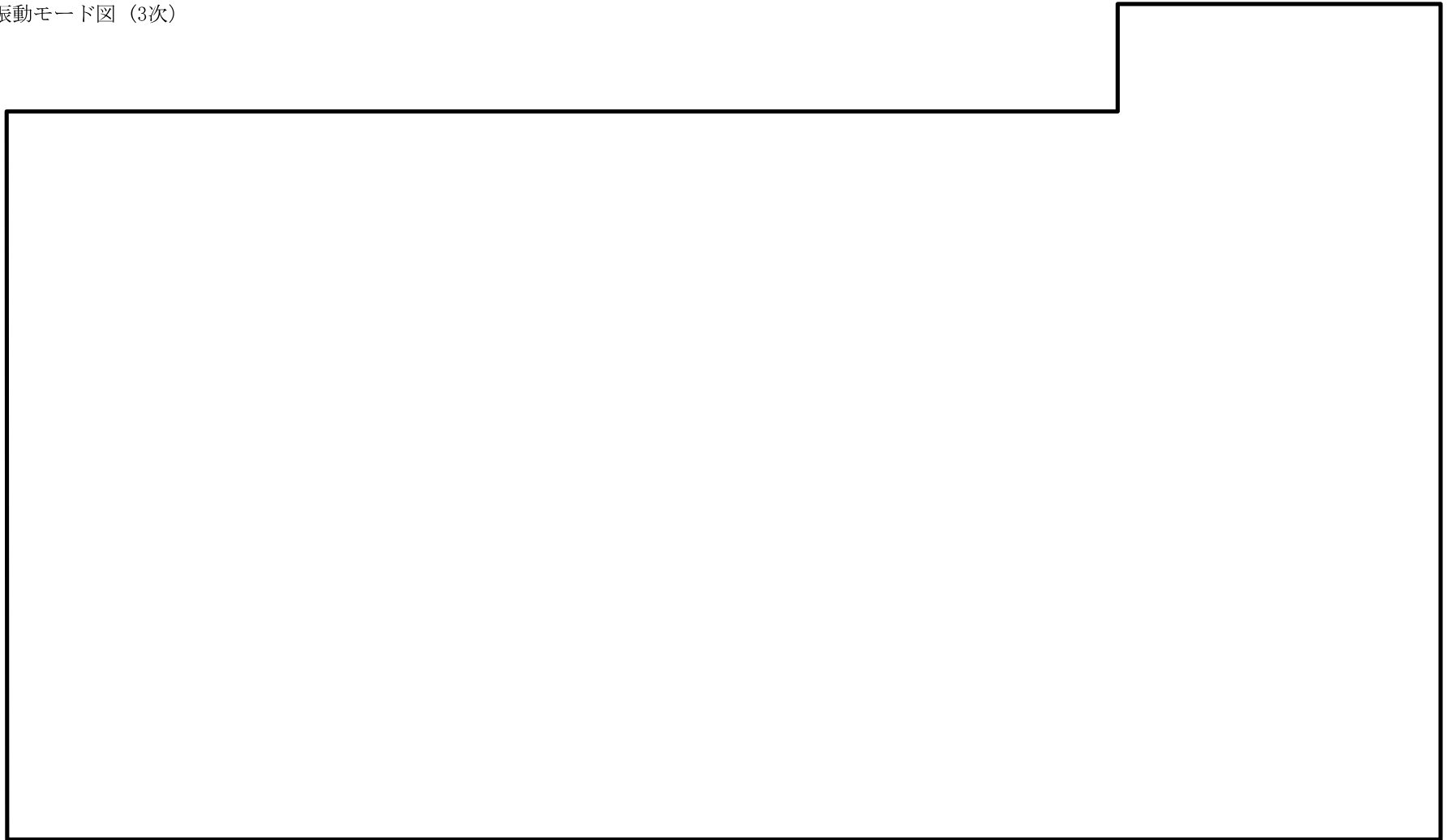
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MS-PW-11

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
動的震度*2				

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S d又はS s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 MS-PW-11

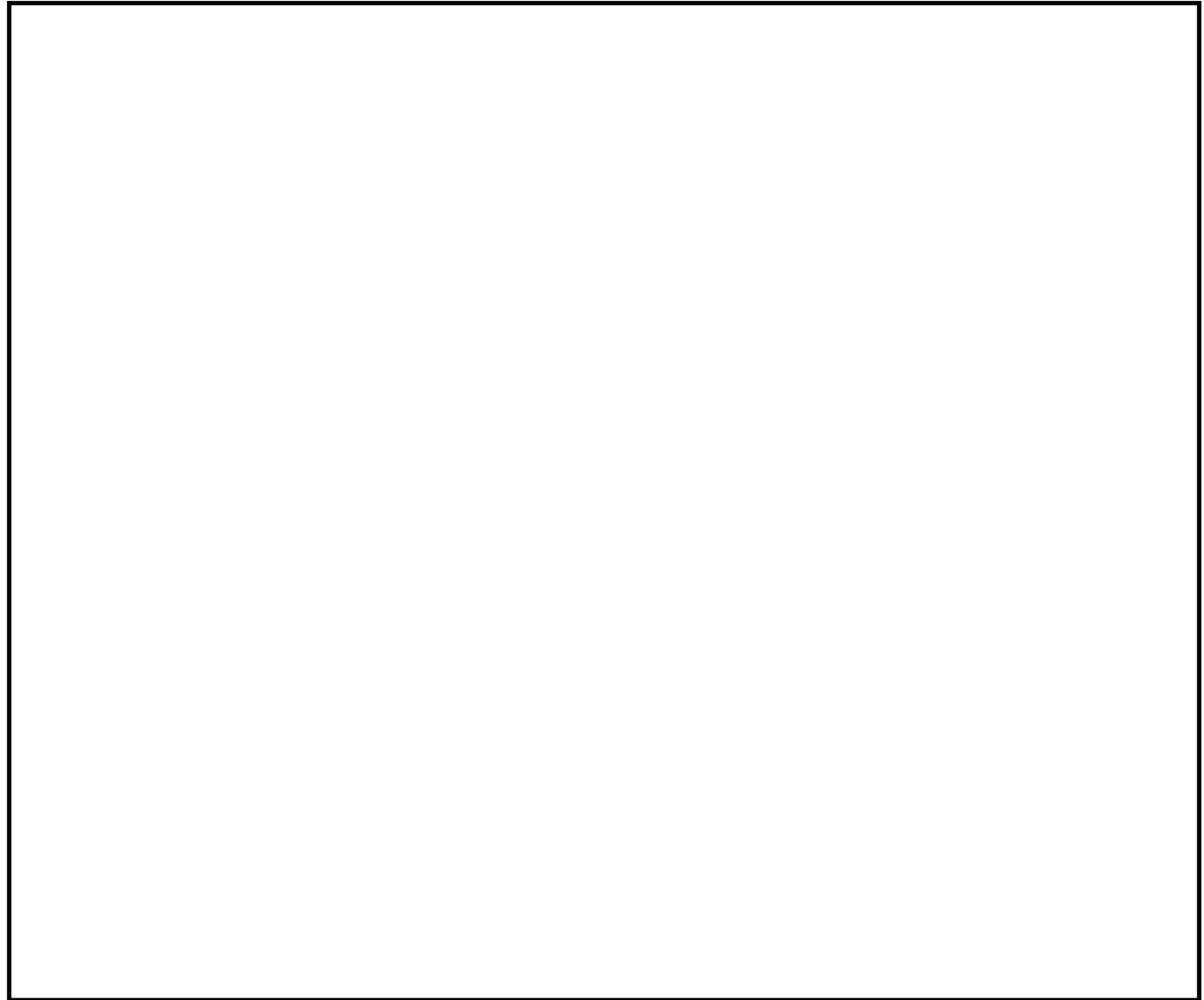
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

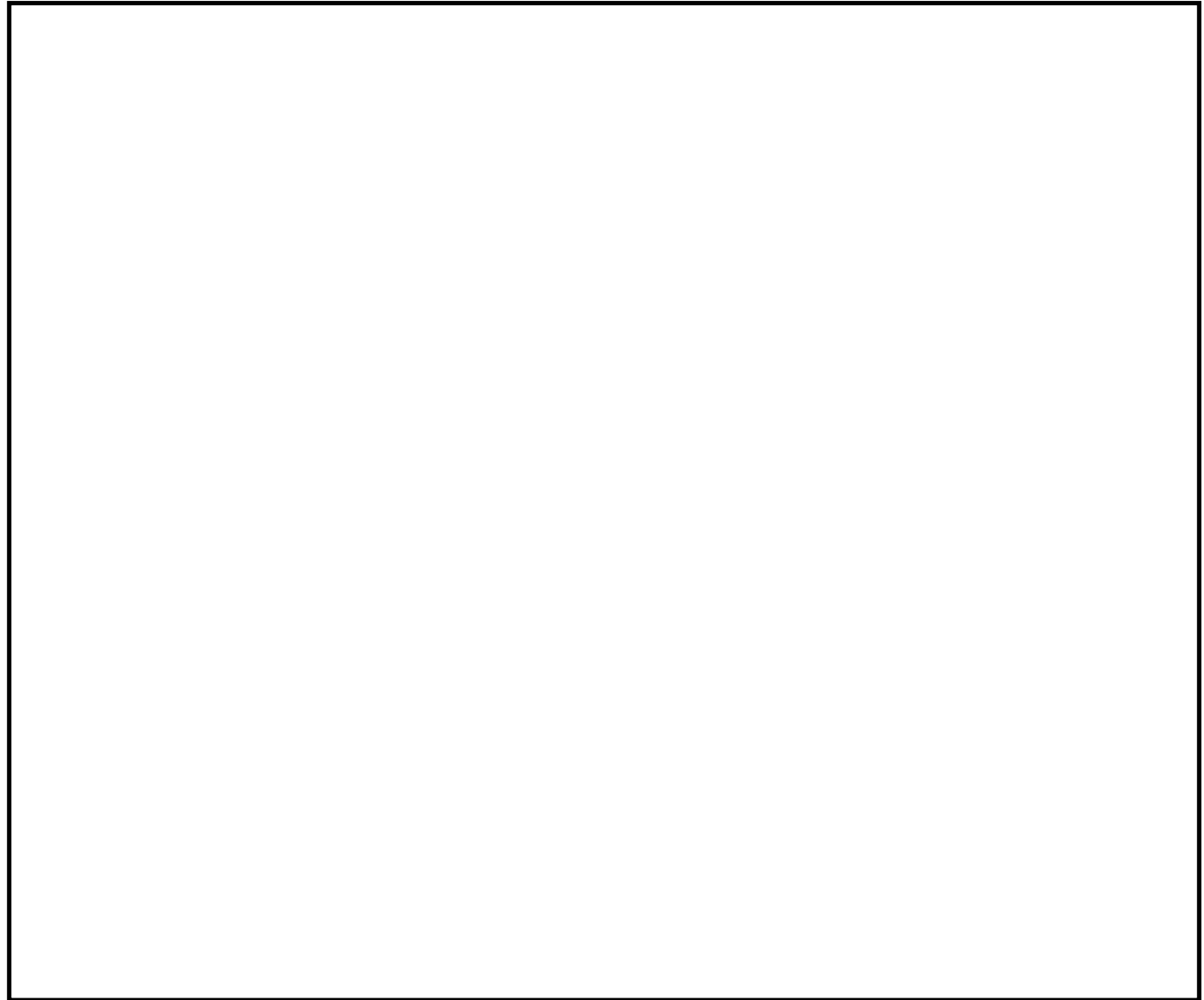
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

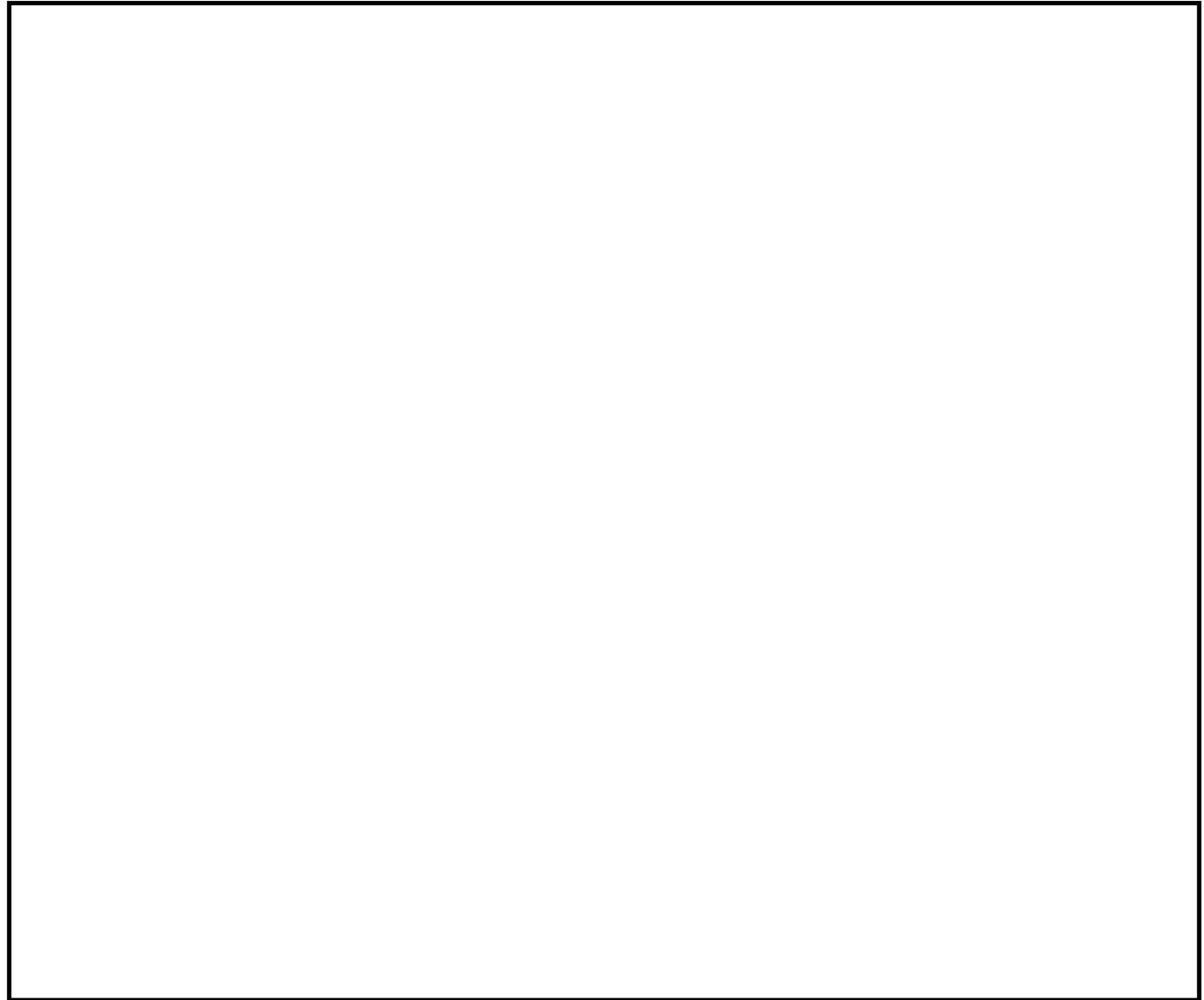
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)				一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
					一次応力 $S_{prm} (S_s)$	許容応力 $3S_m$	ねじり* 応力 $S_t (S_s)$	許容 応力 $0.73S_m$	一次+二次 応力 $S_n (S_s)$	許容 応力 $3S_m$	疲労累積 係数 $U+U S_s$
MS-PD-2	V _A S	5	TEE	$S_{prm} (S_s)$	220	375	—	—	—	—	—
MS-PD-2	V _A S	602	ELBOW	$S_t (S_s)$	—	—	115	89	—	—	—
MS-PD-2	V _A S	606	ELBOW	$S_n (S_s)$	—	—	—	—	406	366	0.0239
MS-PD-2	V _A S	5	TEE	$U+U S_s$	—	—	—	—	—	—	0.0732

注記*：ねじり応力が許容応力状態V_ASのとき0.73S_mを超える場合は、曲げ+ねじり応力評価を実施する。

下表に示すごとくねじりによる応力が許容応力状態 $V_A S$ のとき $0.73 S_m$ を超える評価点のうち
 曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (Mpa)			
		ねじり応力 $S_t (S_s)$	許容応力 $0.73 S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b (S_s)$	許容応力 $2.4 S_m$
MS-PD-2	602	115	89	149	292

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{prm} (S_s)$	許容応力 $0.9 S_u$	計算応力 $S_n (S_s)$	許容応力 $2 S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
MS-PW-11	VAS	7	$S_{prm} (S_s)$	215	388	—	—	—
MS-PD-30	VAS	30	$S_n (S_s)$	—	—	289	300	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SNM-MS-P044T-1	メカニカルスナップ	SMS-16A-160	V-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		127	240
RO-RCIC-P002-1	ロッドレストレイント	RSA 3			20	52
SH-MS-P104	スプリングハンガ	VS2G-16(A)(B)			46	2×30

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _X	F _Y	F _Z	M _X	M _Y	M _Z			
AN-HPIN-24-1-207	アンカ	ラグ	SUS304	171	3	2	1	1	1	1	曲げ	27	115
RE-MS-P153	レストレイント	パイプバンド	SUS304 SUS304TP	100	87	0	113	—	—	—	せん断	47	117

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、設計条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					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	疲労累積係数	代表
1	MS-PD-2	5	220	375	1.70	○	606	406	366	0.90	○	5	0.0732	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					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	疲労累積係数	代表
1	MS-PD-1	207	119	363	3.05	—	207	158	394	2.49	—	—	—	—
2	MS-PD-2	408	116	363	3.12	—	227	158	394	2.49	—	—	—	—
3	MS-PD-3	129N	121	388	3.20	—	507	147	394	2.68	—	—	—	—
4	MS-PD-4	407	121	363	3.00	—	4071	173	394	2.27	—	—	—	—
5	MS-PD-27	57	89	371	4.16	—	902	168	300	1.78	—	—	—	—
6	MS-PD-28	114N	143	371	2.59	—	114N	269	300	1.11	—	—	—	—
7	MS-PD-29	327	122	371	3.04	—	467	229	300	1.31	—	—	—	—
8	MS-PD-30	30	158	371	2.34	—	30	289	300	1.03	○	—	—	—
9	MS-PW-5	1N	122	388	3.18	—	7	89	278	3.12	—	—	—	—
10	MS-PW-6	7	164	388	2.36	—	7	116	278	2.39	—	—	—	—
11	MS-PW-7	7	166	388	2.33	—	7	128	278	2.17	—	—	—	—
12	MS-PW-8	8	138	388	2.81	—	8	114	278	2.43	—	—	—	—
13	MS-PW-9	1N	119	388	3.26	—	8	93	278	2.98	—	—	—	—
14	MS-PW-10	6	108	388	3.59	—	6	86	278	3.23	—	—	—	—
15	MS-PW-11	7	215	388	1.80	○	7	261	278	1.06	—	—	—	—
16	MS-PW-12	7	149	388	2.60	—	7	116	278	2.39	—	—	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					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	疲労 累積 係数	代表
17	MS-PW-13	7	164	388	2.36	—	7	201	278	1.38	—	—	—	—
18	MS-PW-14	8	134	388	2.89	—	8	114	278	2.43	—	—	—	—
19	MS-PW-15	7	116	388	3.34	—	7	88	278	3.15	—	—	—	—
20	MS-PW-16	8	121	388	3.20	—	8	93	278	2.98	—	—	—	—
21	MS-PW-17	7	178	388	2.17	—	7	184	278	1.51	—	—	—	—
22	MS-PW-18	8	145	388	2.67	—	8	122	278	2.27	—	—	—	—
23	MS-PW-19	Q01	108	388	3.59	—	6	91	278	3.05	—	—	—	—
24	MS-PW-20	7	129	388	3.00	—	7	98	278	2.83	—	—	—	—
25	MS-PW-21	7	121	388	3.20	—	7	89	278	3.12	—	—	—	—
26	MS-PW-22	8	120	388	3.23	—	8	93	278	2.98	—	—	—	—