

VI-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	14
3. 計算条件	37
3.1 計算方法	37
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	38
3.3 設計条件	39
3.4 材料及び許容応力	63
3.5 設計用地震力	64
4. 解析結果及び評価	65
4.1 固有周期及び設計震度	65
4.2 評価結果	89
4.2.1 管の応力評価結果	89
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、VI-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、主蒸気系の管、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

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、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 18 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

設計及び工事の計画書に記載される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。




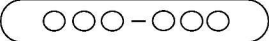

(3) 弁

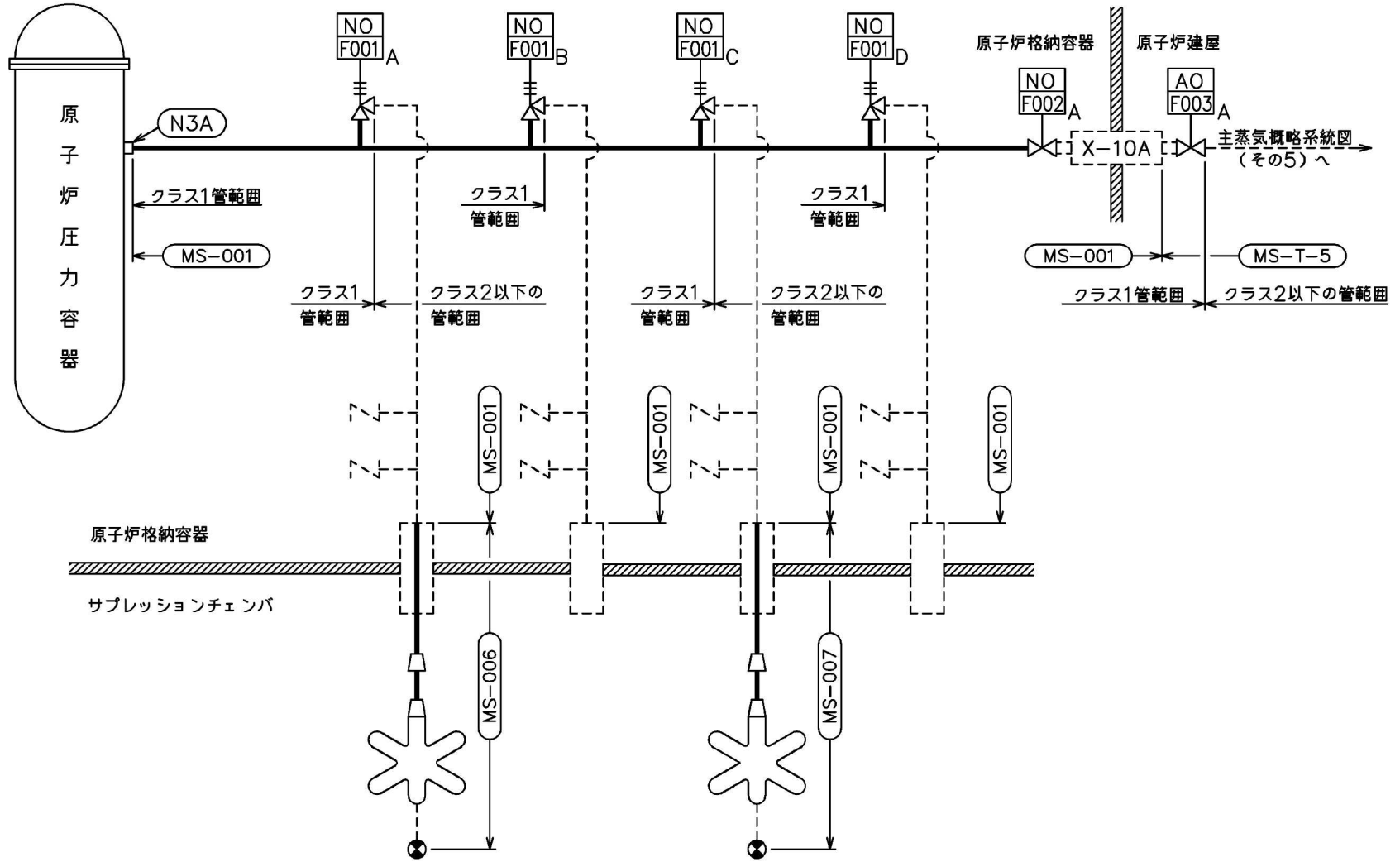
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

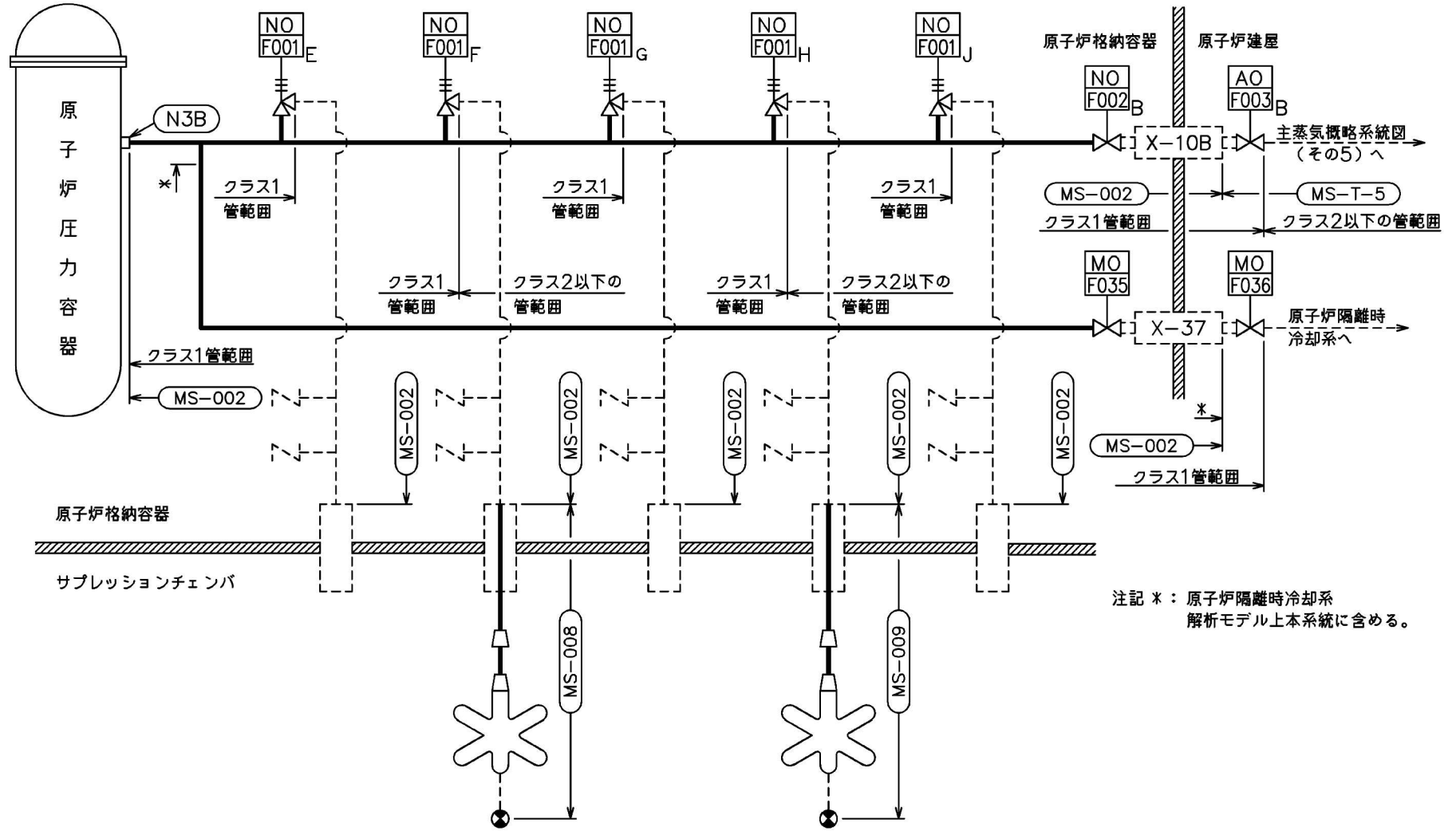
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

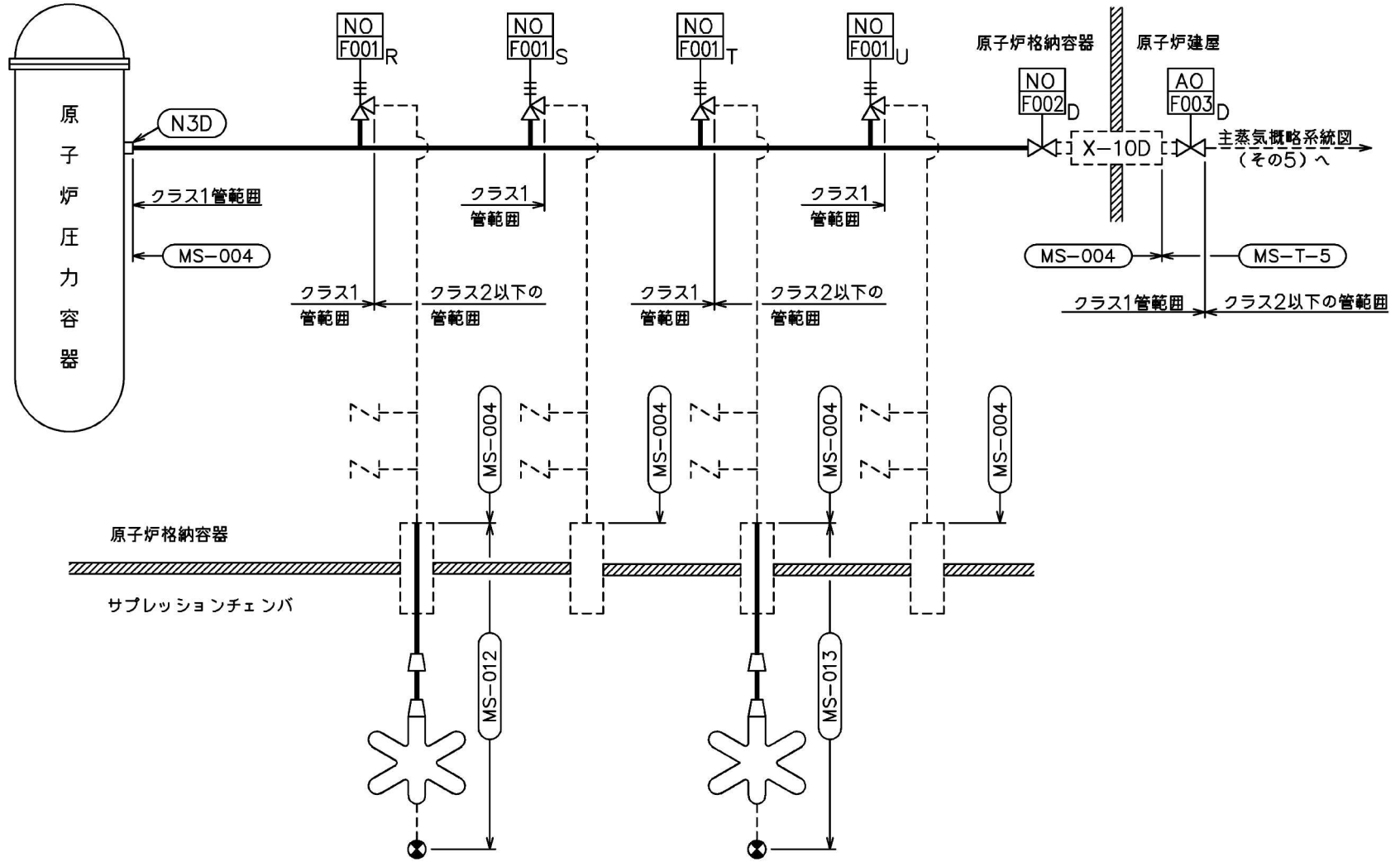
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



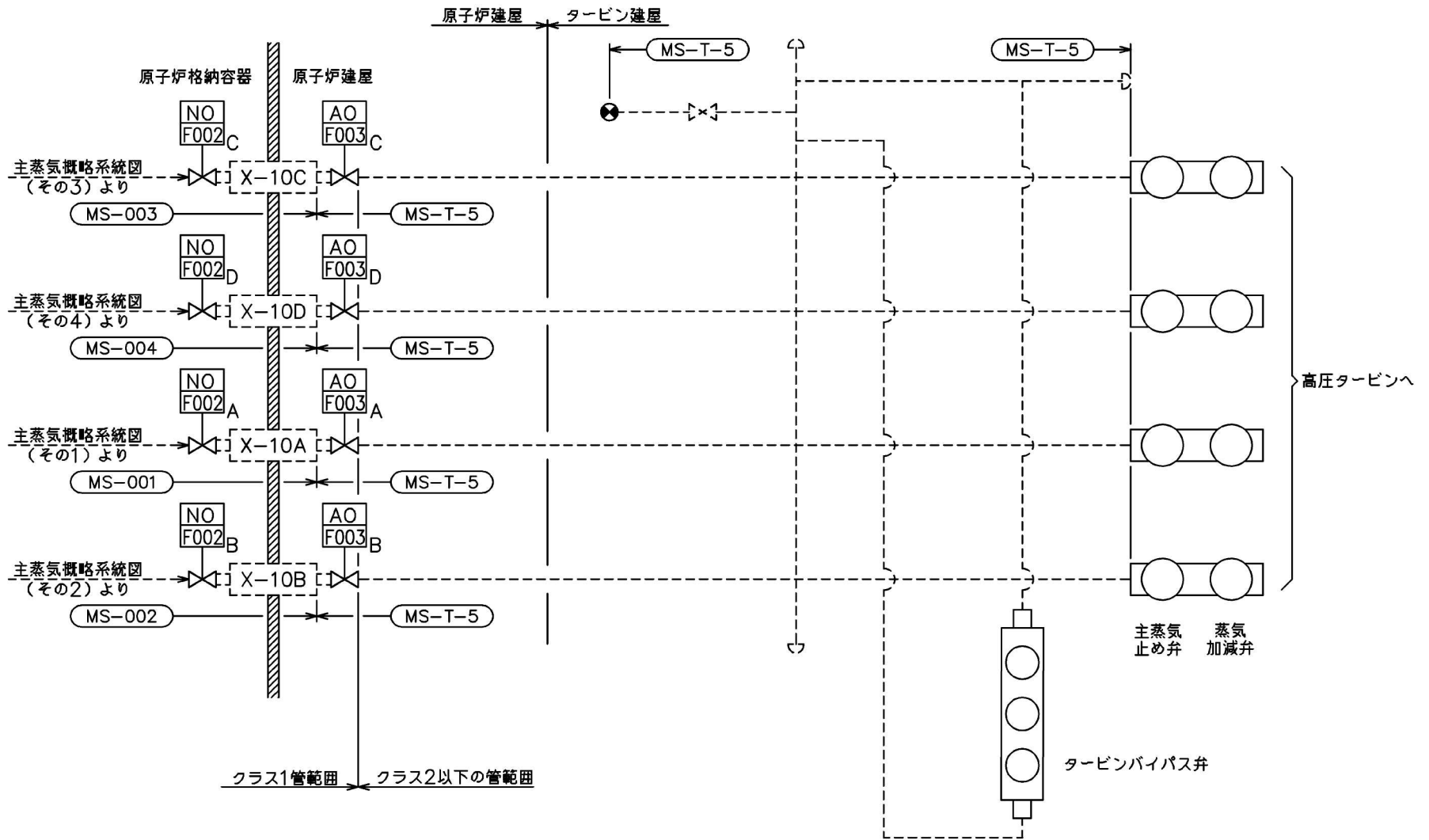
主蒸気系概略系統図 (その1)



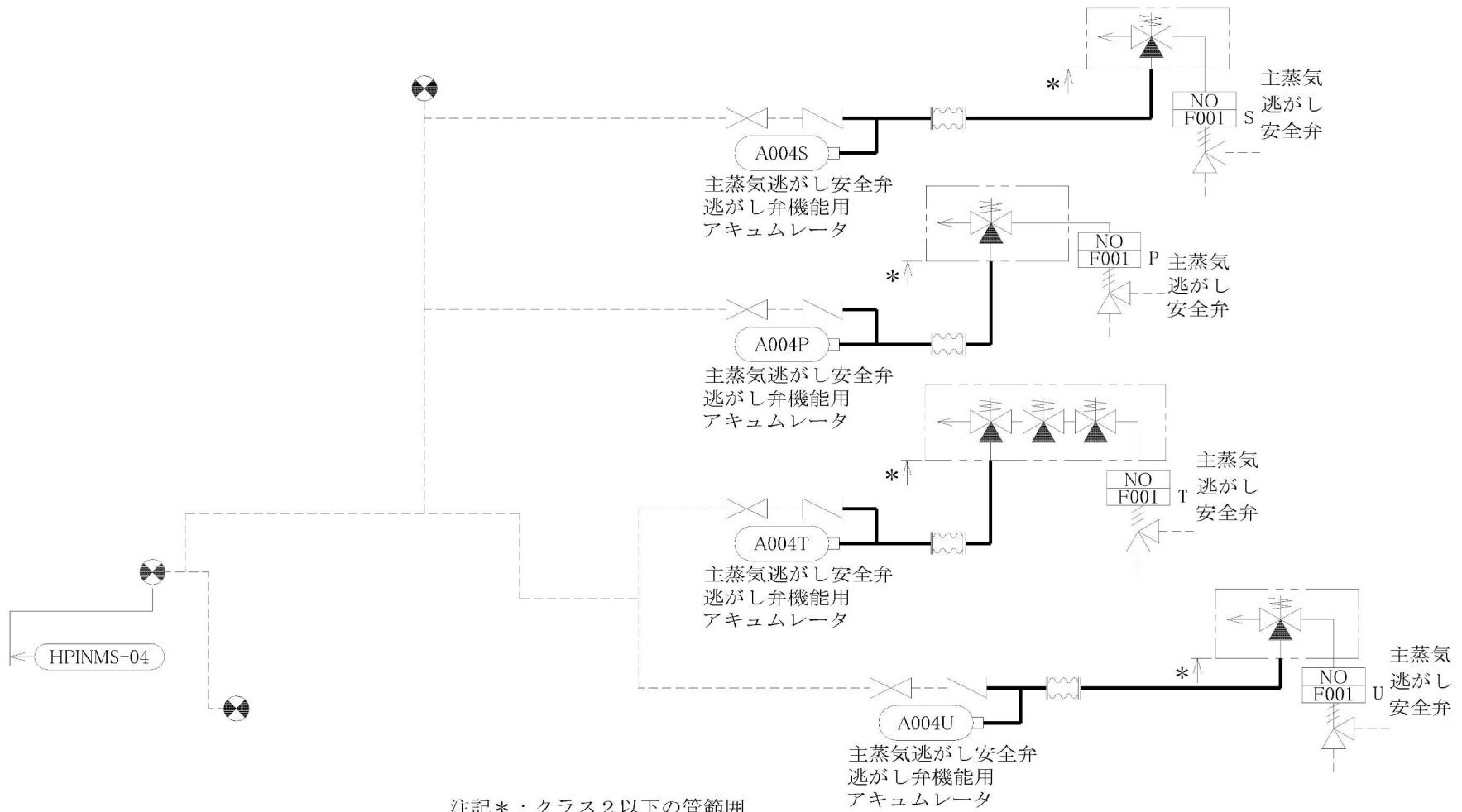
主蒸気系概略系統図 (その2)



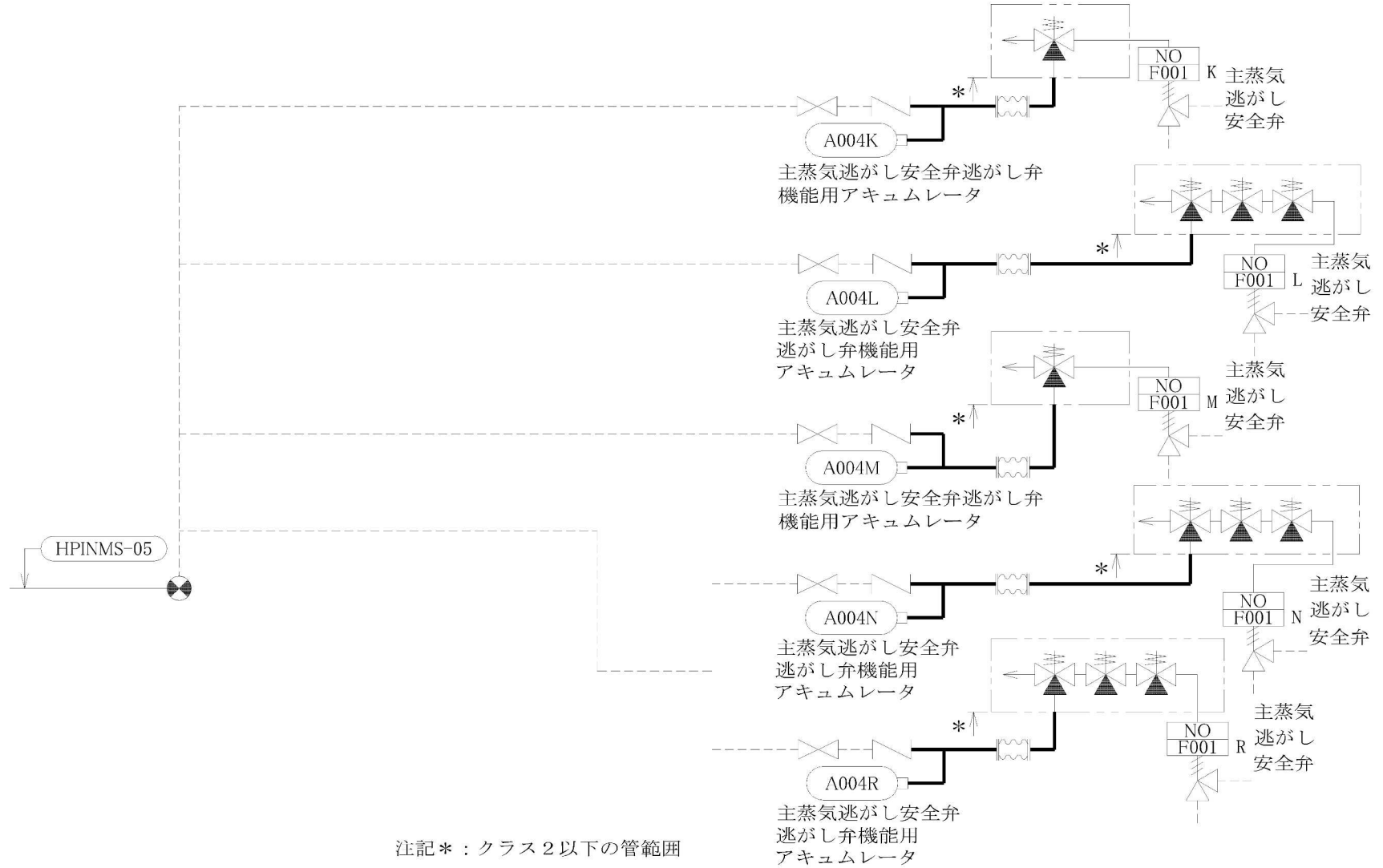
主蒸気系概略系統図 (その4)



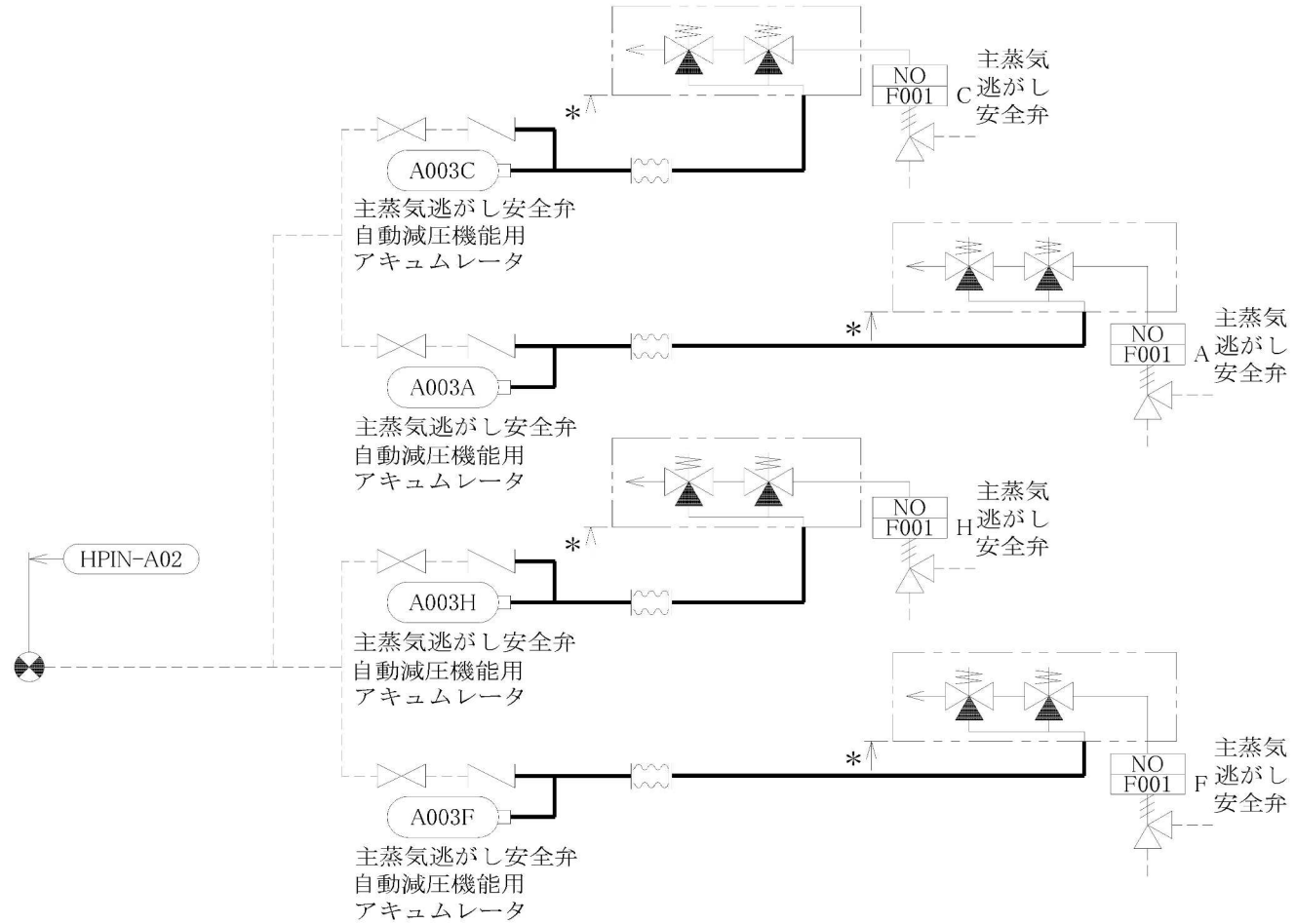
主蒸気系概略系統図 (その5)



主蒸気系概略系統図 (その6)

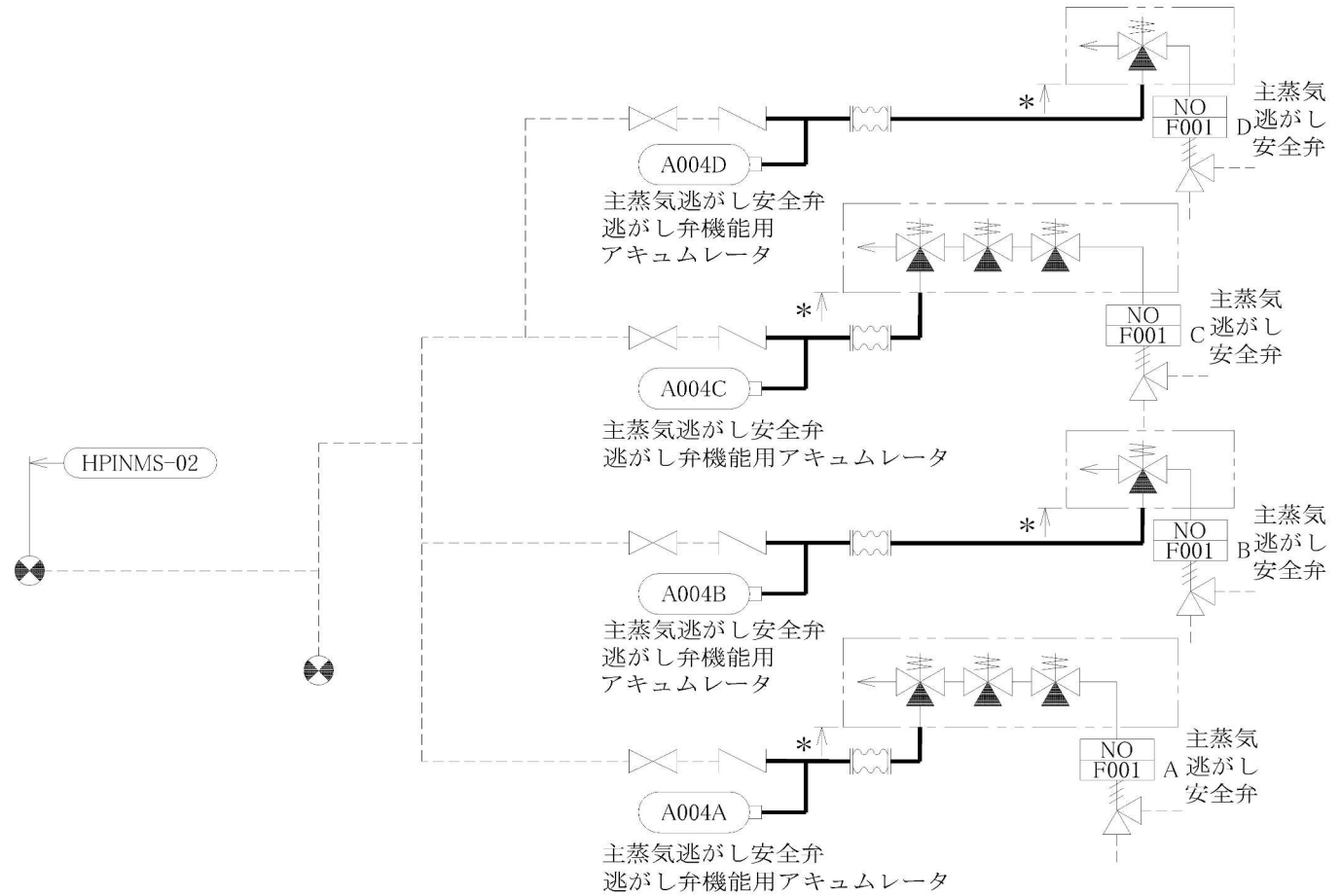


主蒸気系概略系統図 (その7)



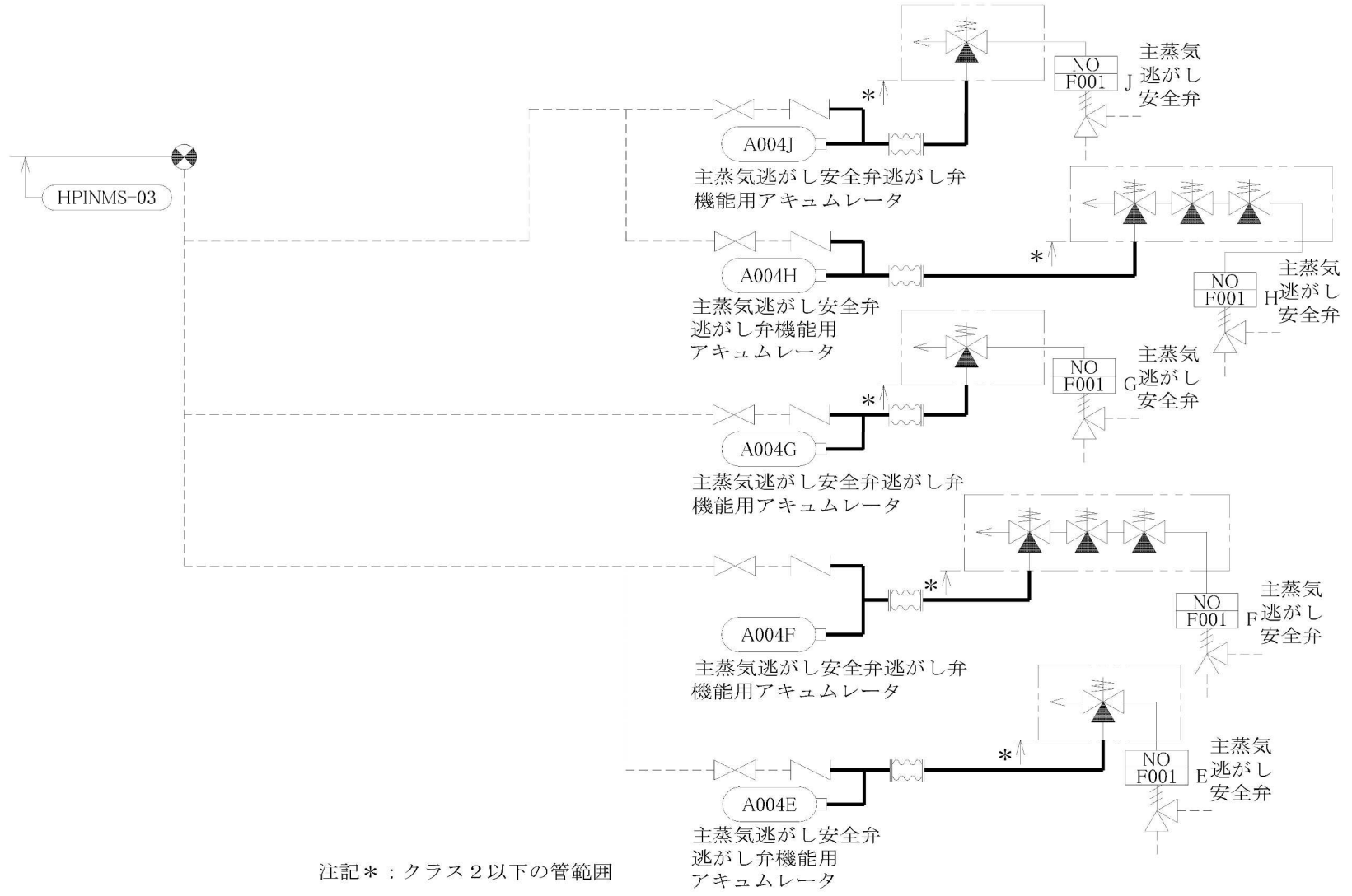
注記* : クラス2以下の管範囲

主蒸気系概略系統図 (その8)



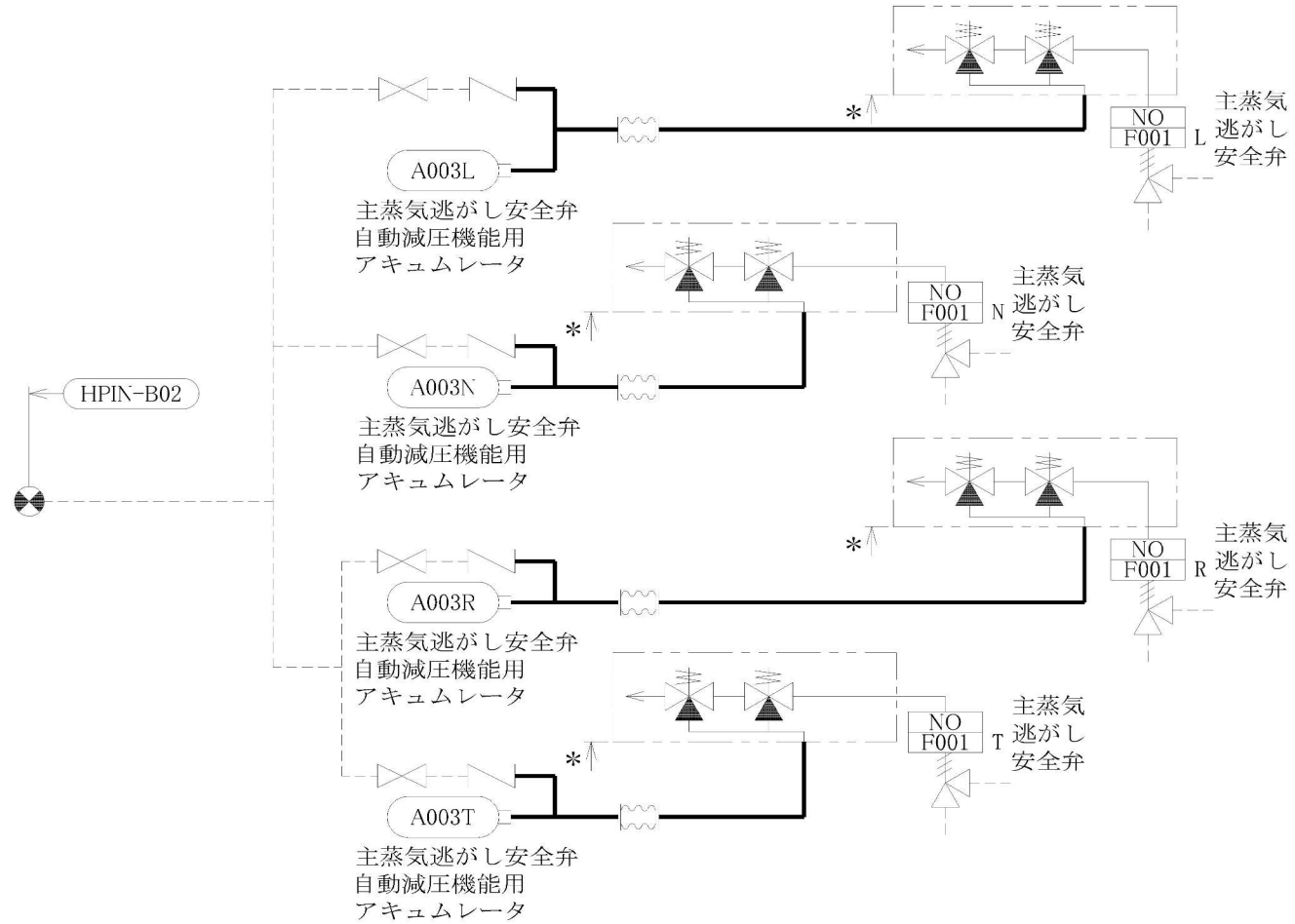
注記* : クラス2以下の管範囲

主蒸気系概略系統図 (その9)



注記* : クラス2以下の管範囲

主蒸気系概略系統図 (その10)


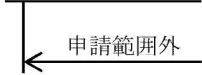
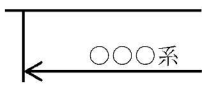


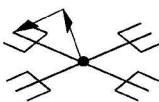
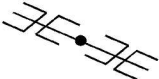

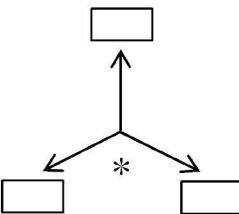


注記* : クラス2以下の管範囲

主蒸気系概略系統図 (その11)

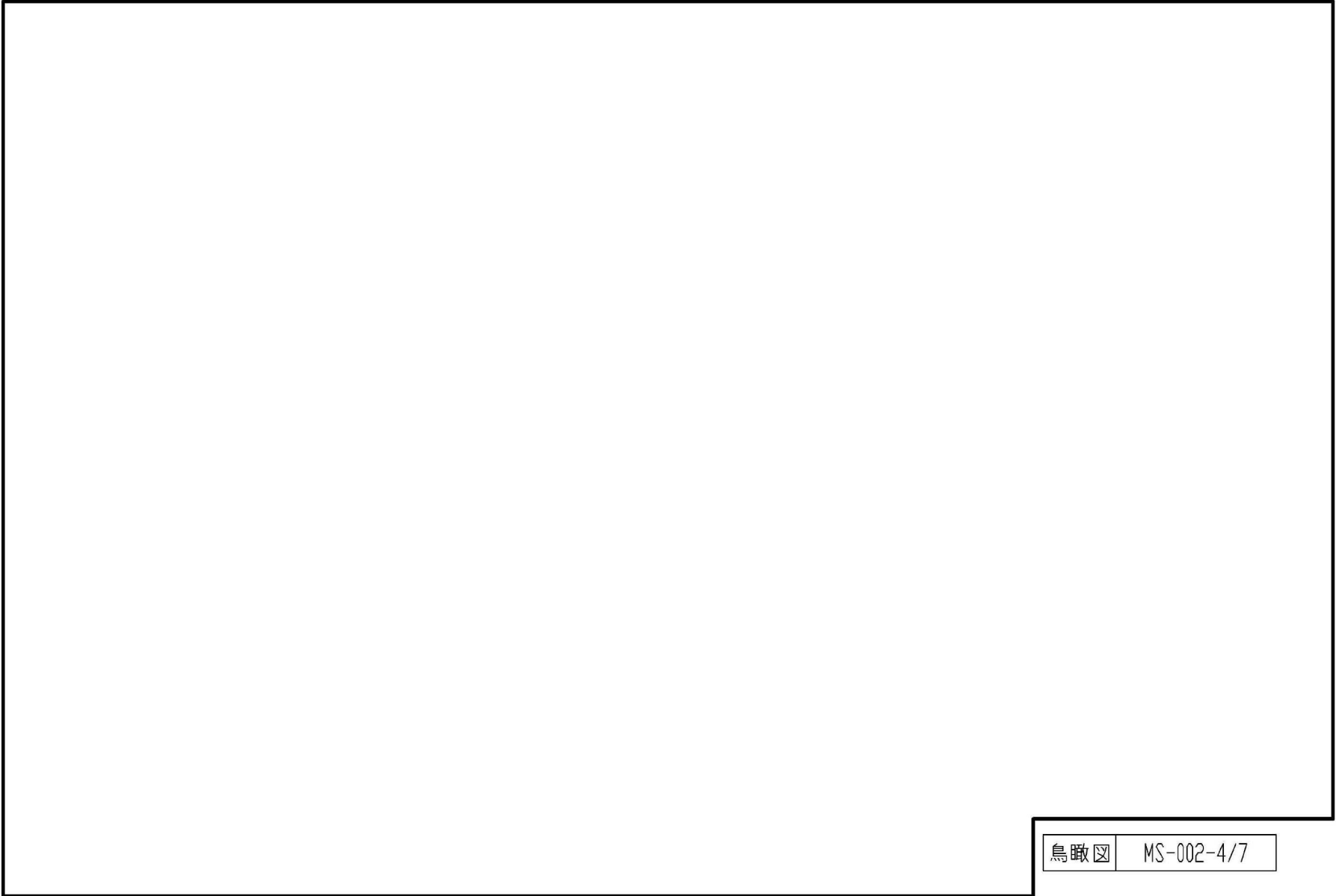
2.2 鳥瞰図

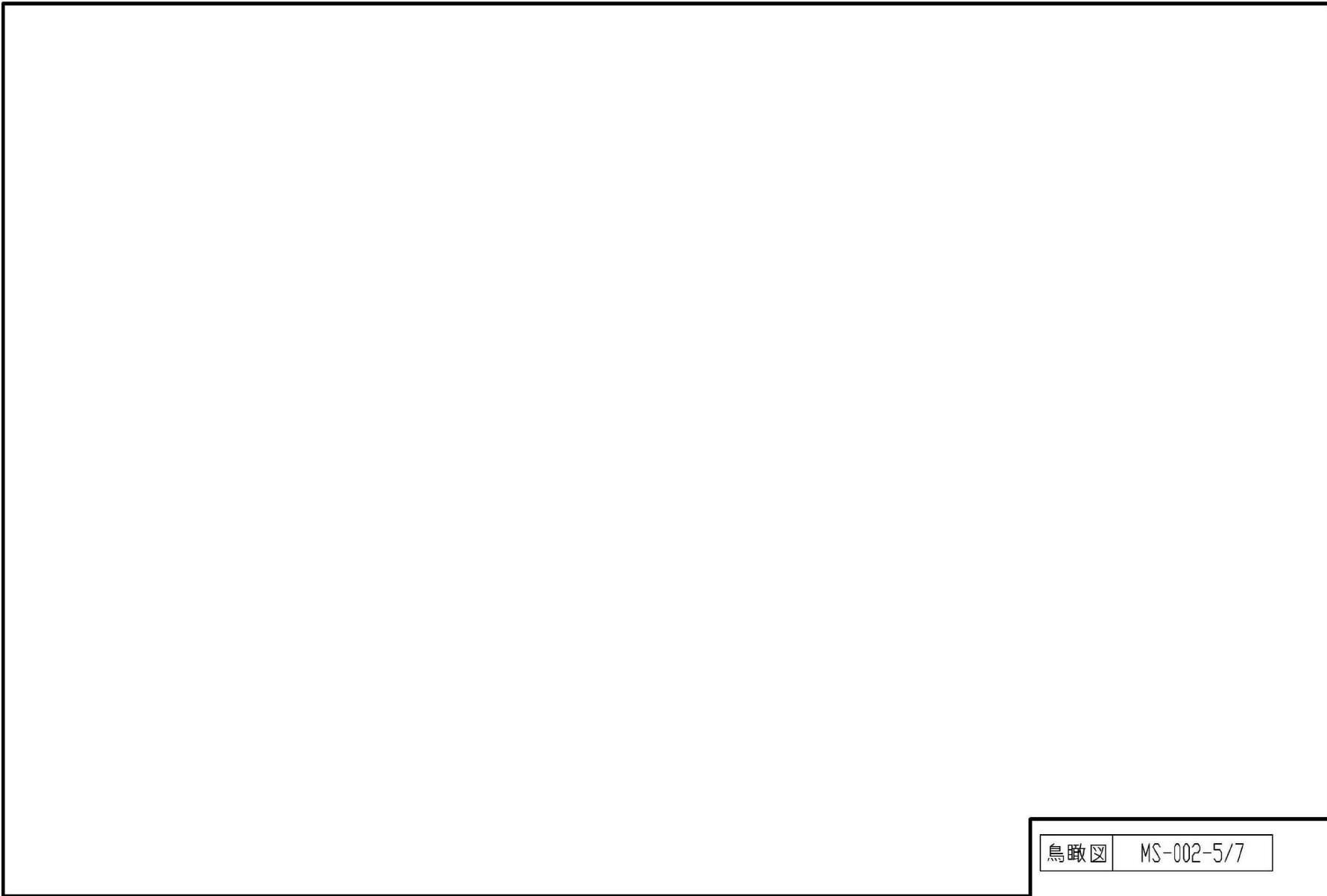
鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	設計及び工事の計画書記載範囲外の管
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印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。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	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。)

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (設) R0

15

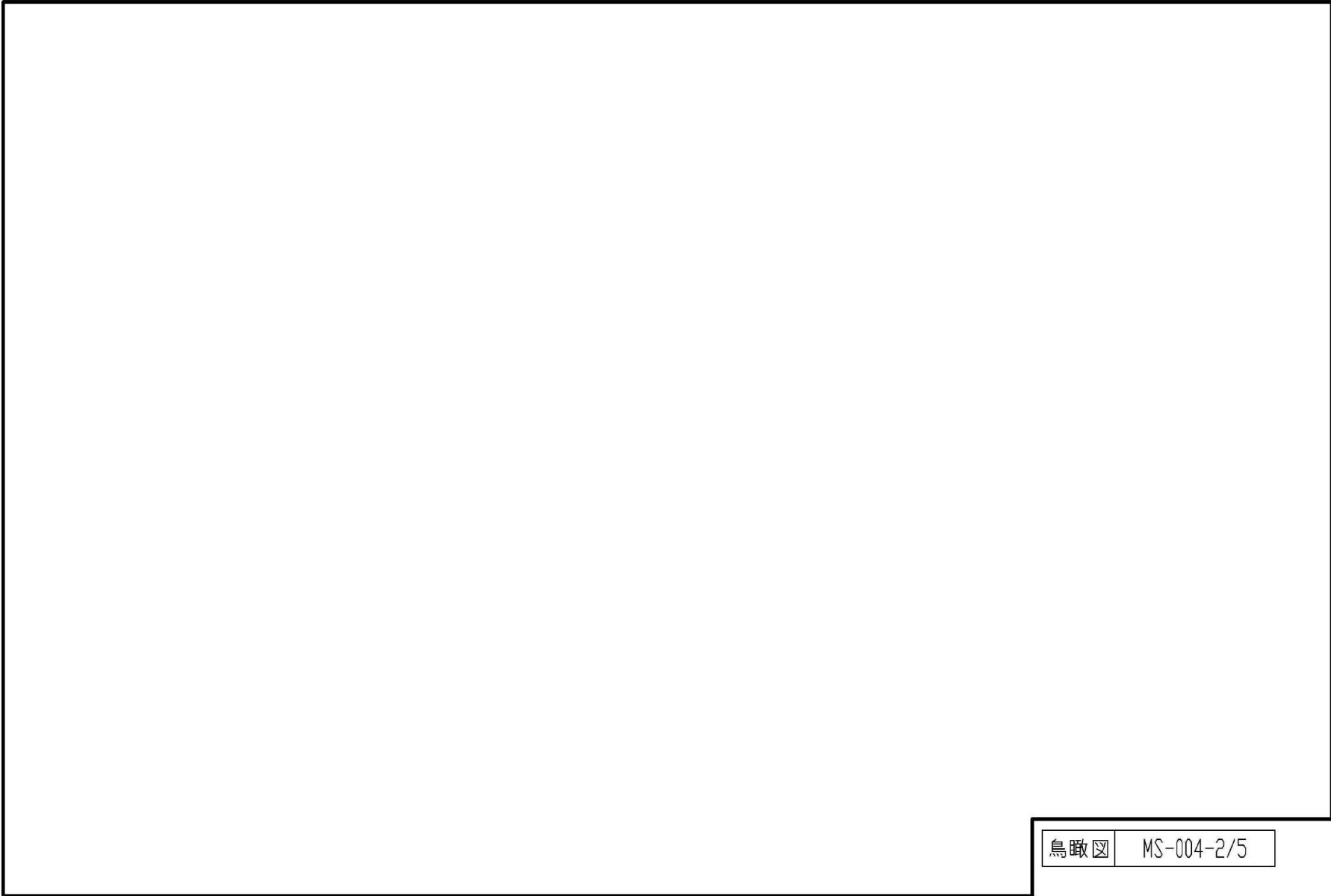




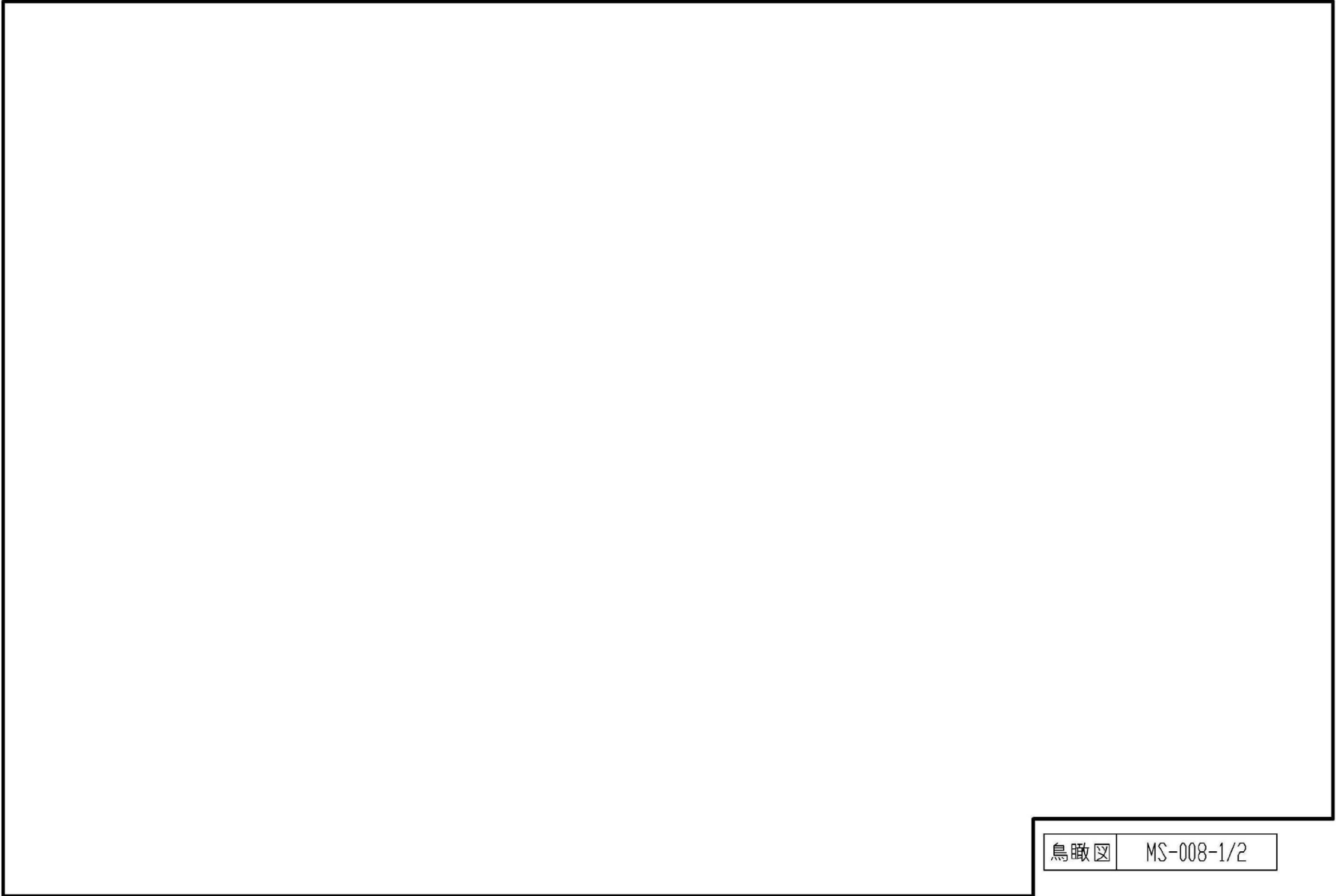
鳥瞰図	MS-002-5/7
-----	------------

20

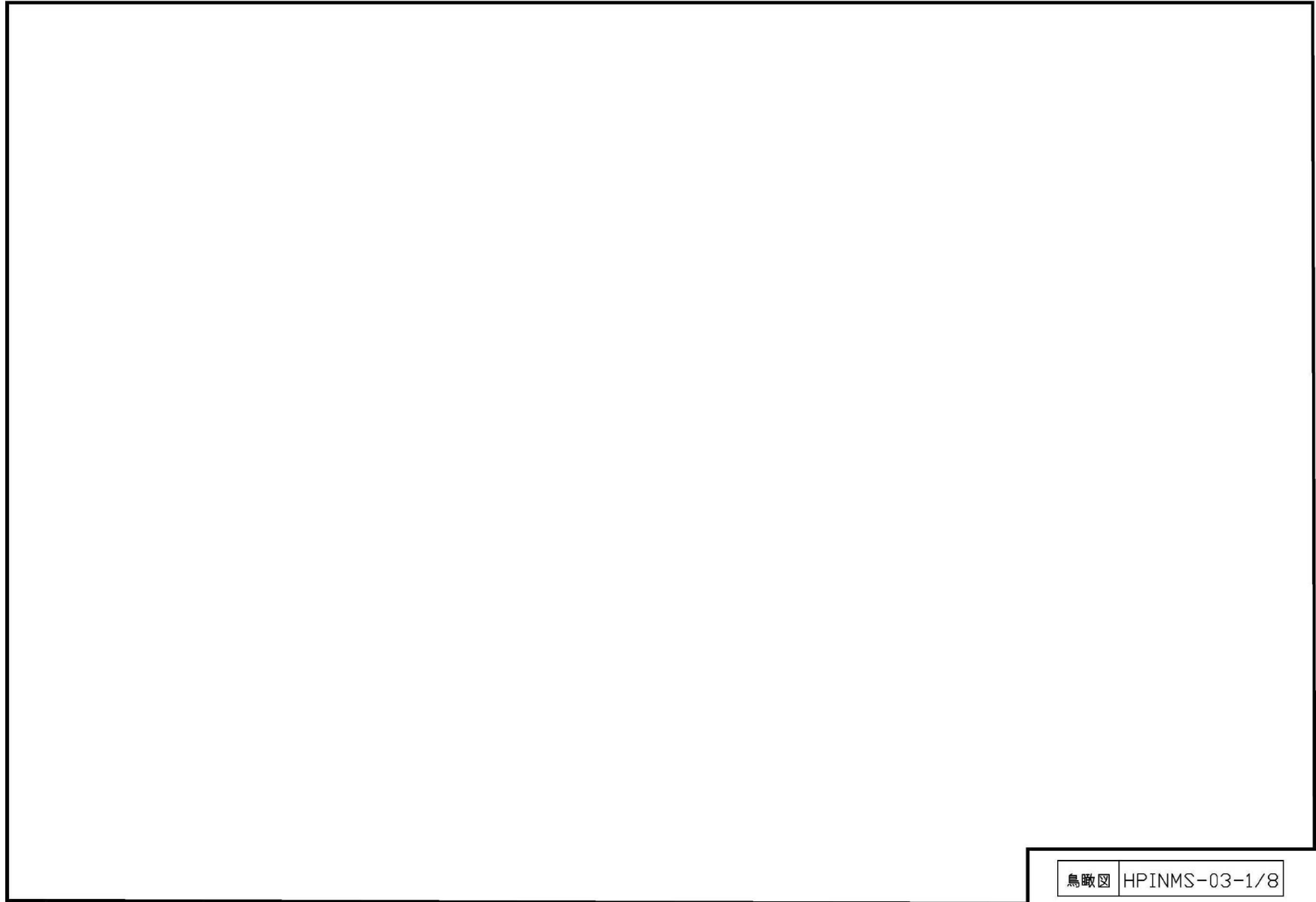
鳥瞰図	MS-002-6/7
-----	------------



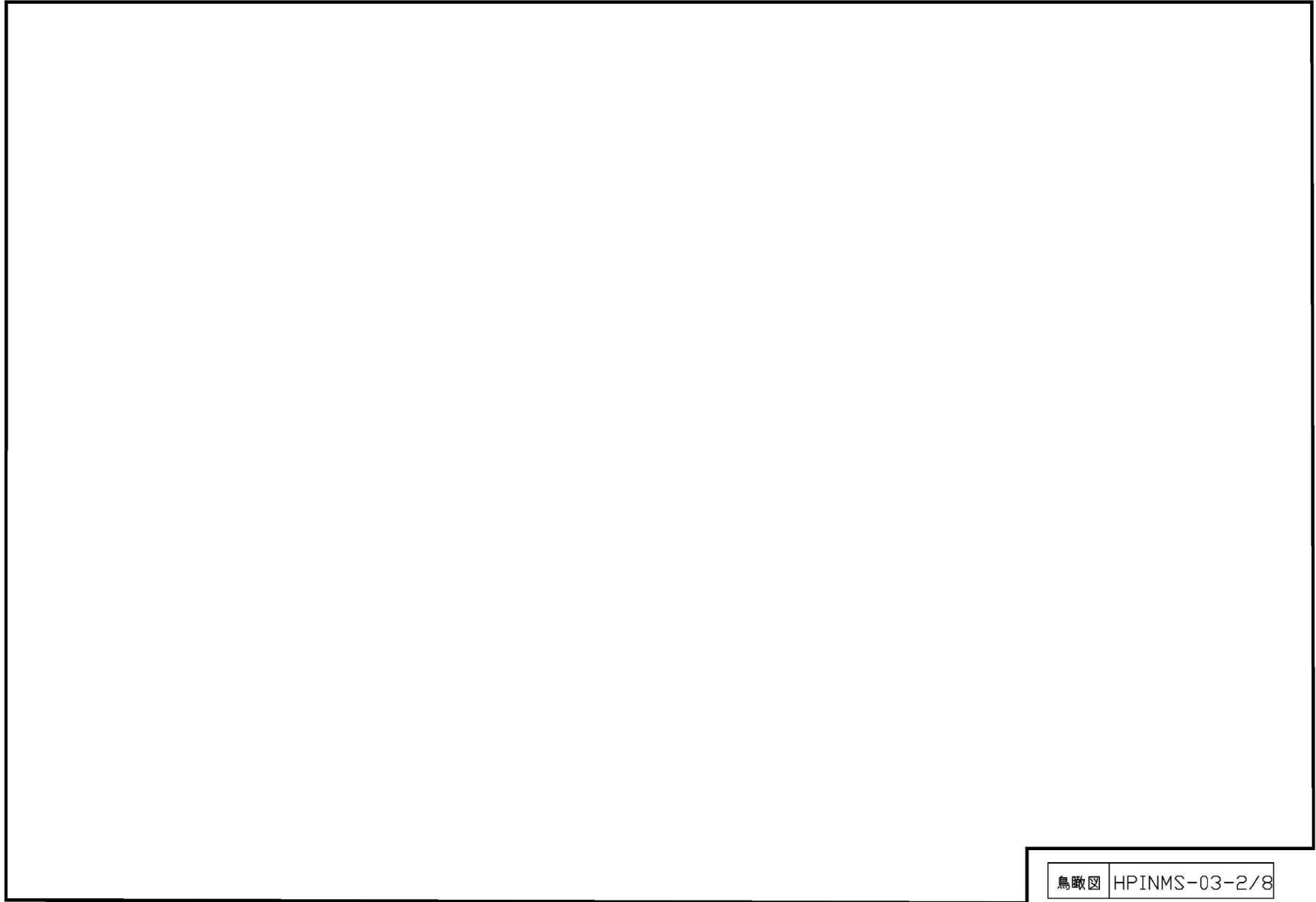
25

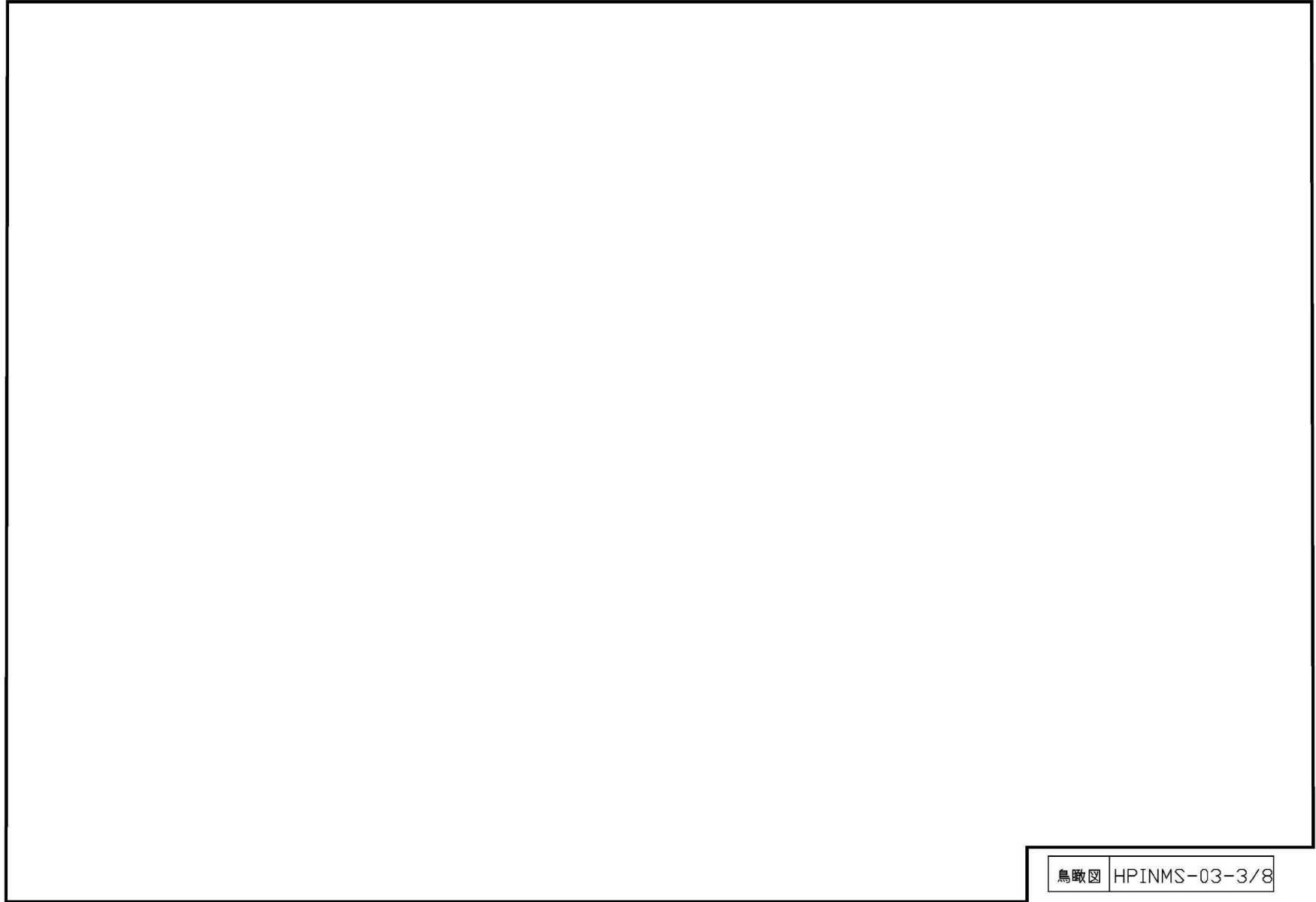


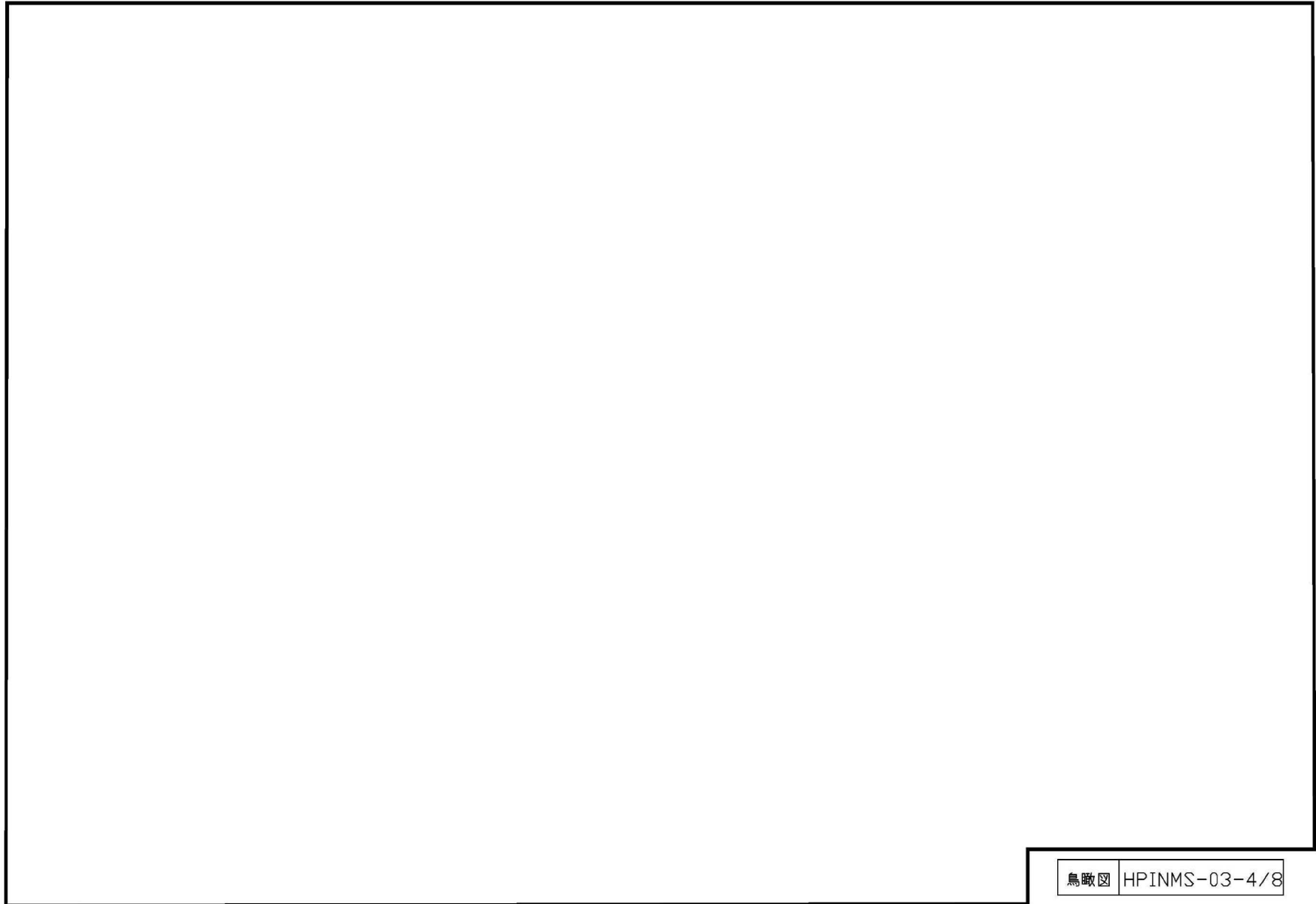
鳥瞰図	MS-008-1/2
-----	------------

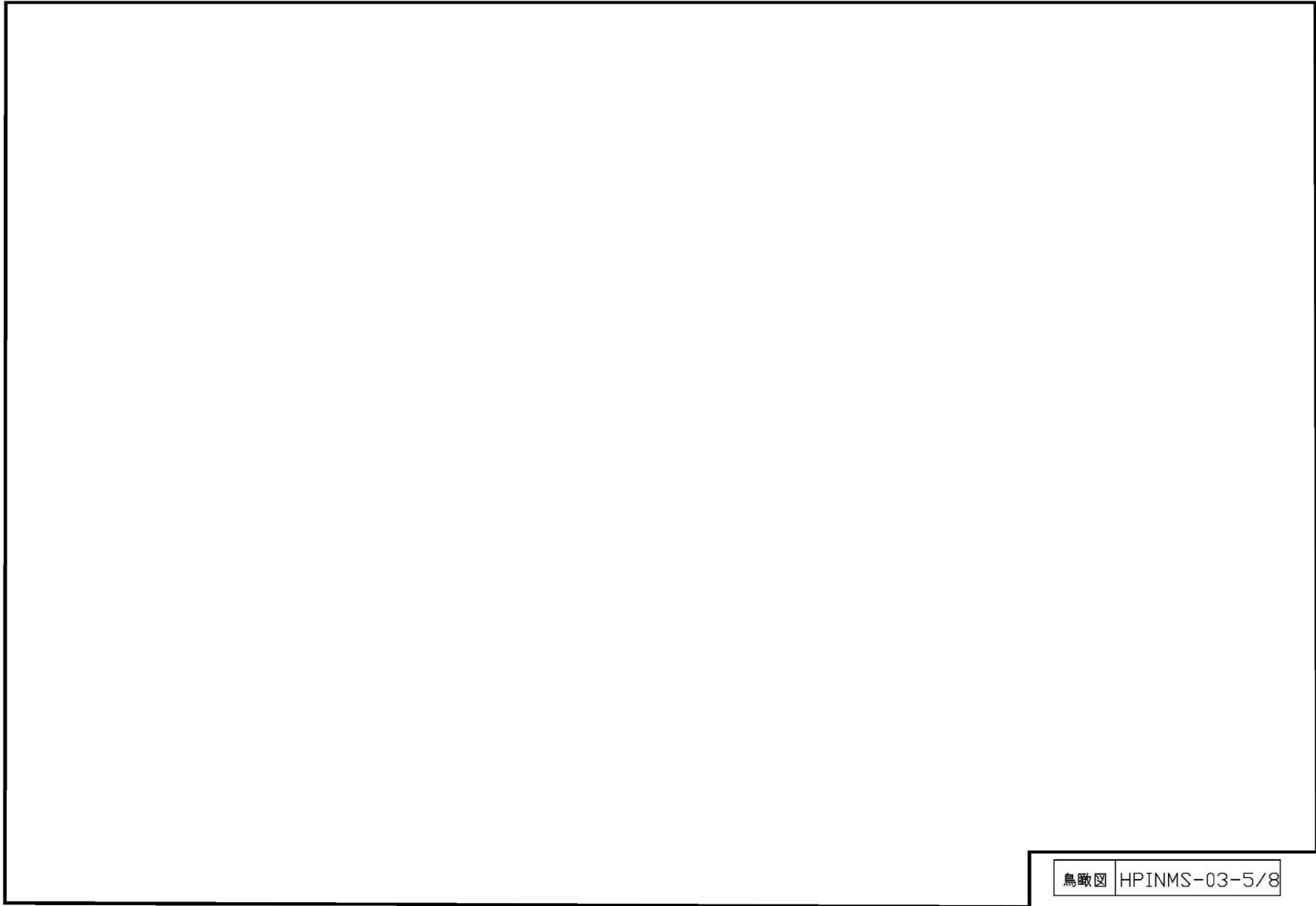


鳥瞰図 HPINMS-03-1/8

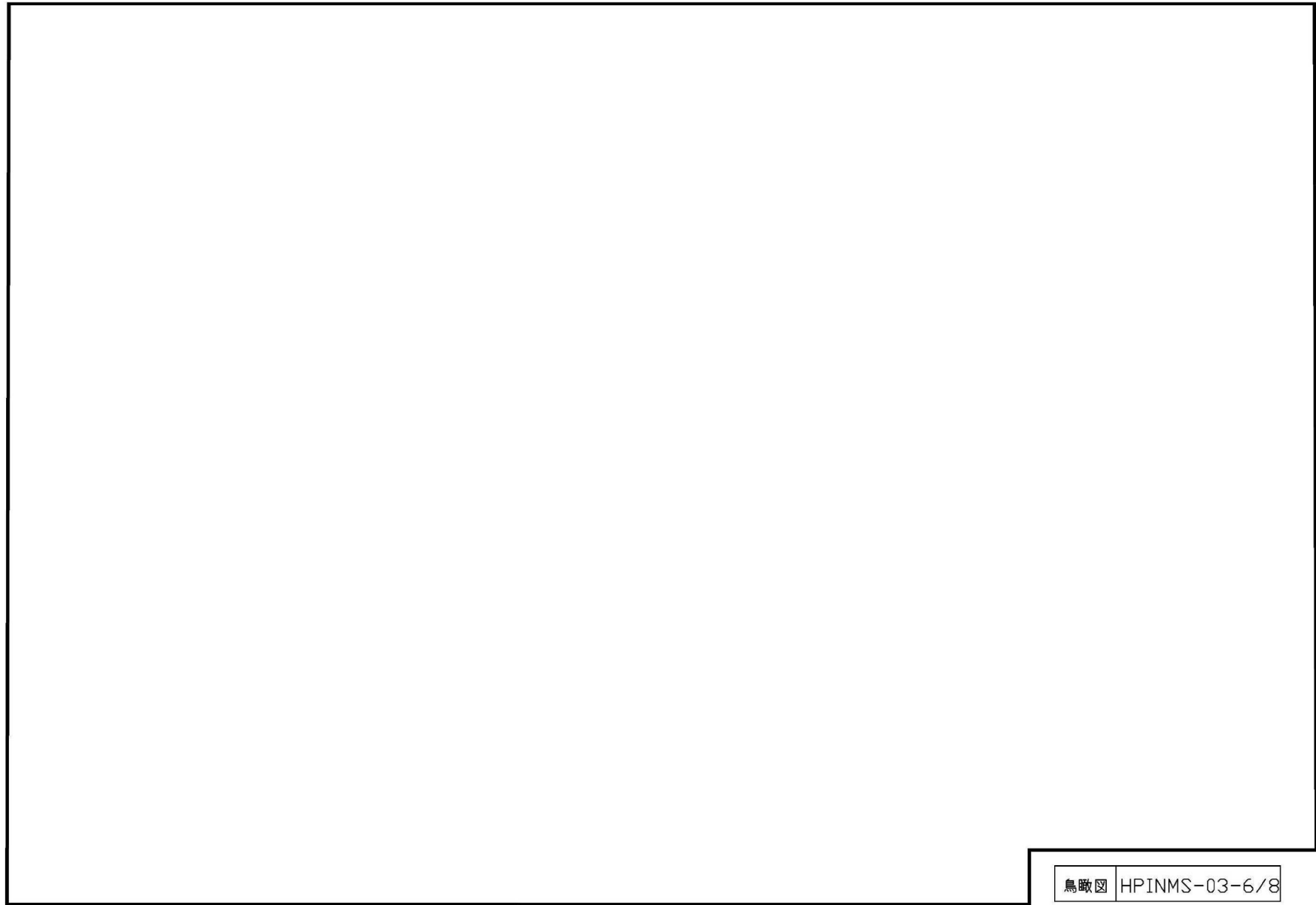


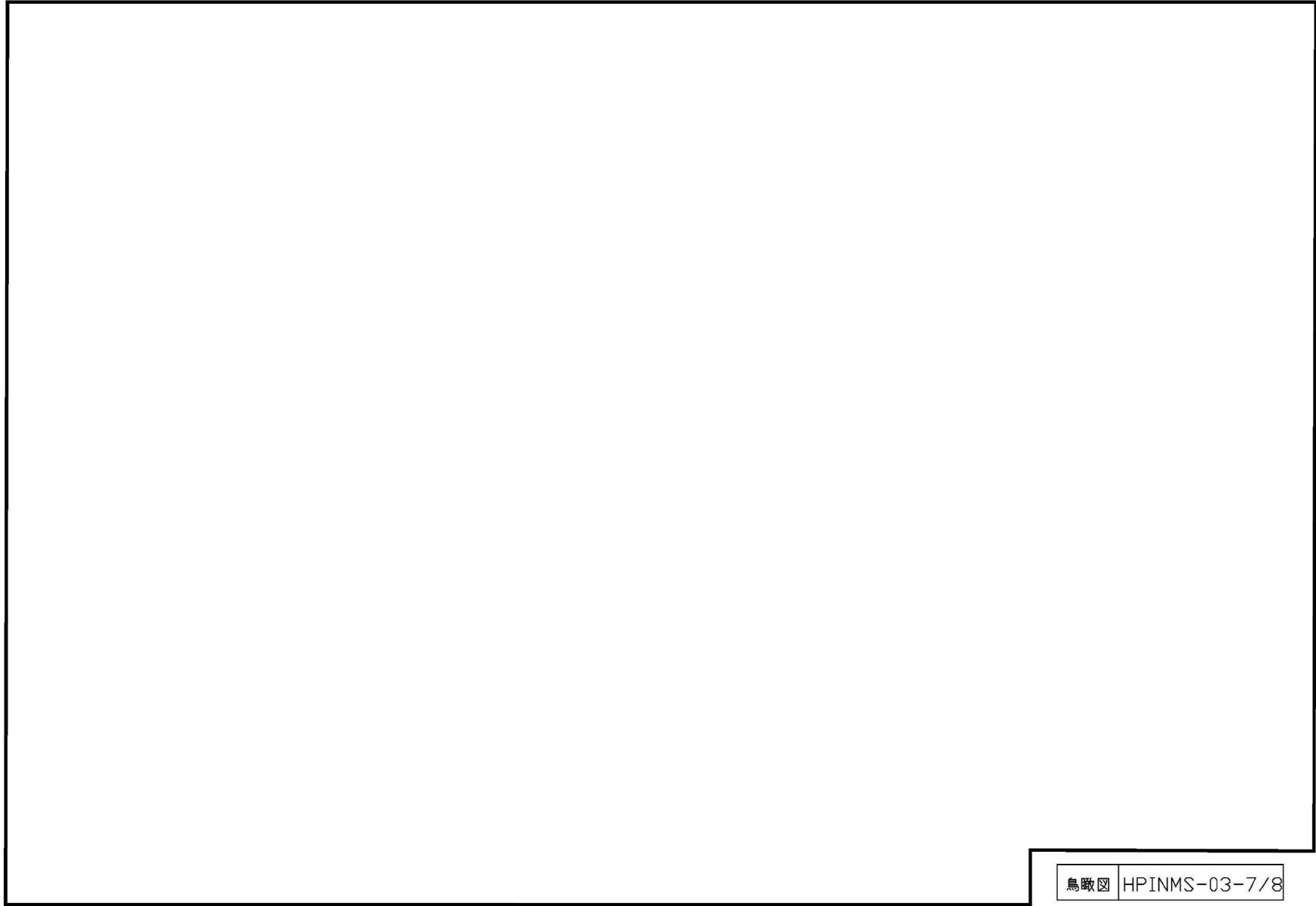


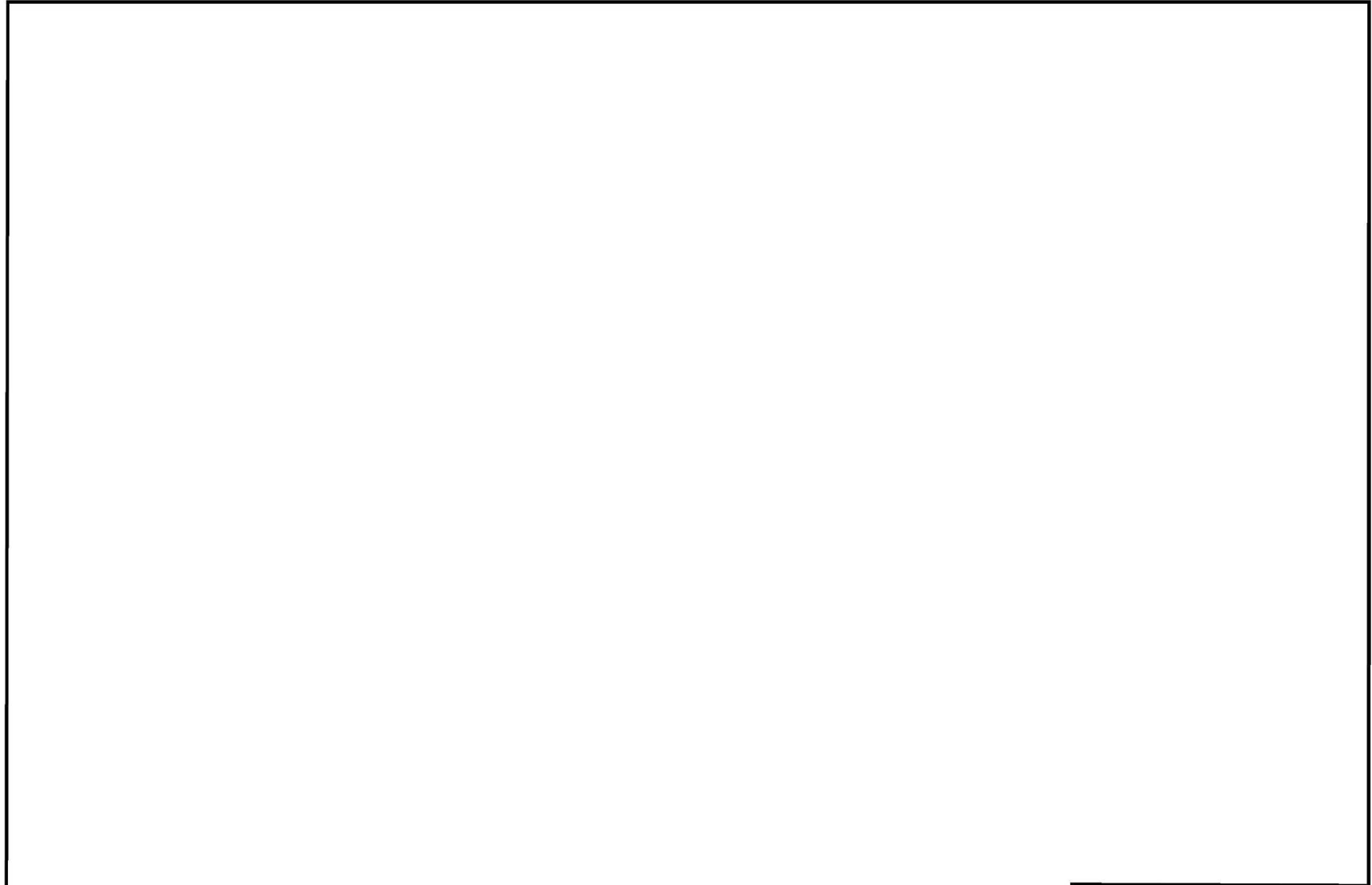




鳥瞰図 HPINMS-03-5/8







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、「I S A P」及び「S O L V E R」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	DB	-	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	
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	DB	-	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：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：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名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MS-002

管名称	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	8.62	302	711.2	35.7	STS480	S	184760
2	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B	S	184760
3	8.62	302	165.2	14.3	STS410	S	184760
4	8.62	302	228.6	34.3	SFVC2B	S	184760

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS - 0 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	79	80	100	
2	36	100														
3	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	70					
4	11	13	15	18	20	101	201	301	401	501						

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 MS-002

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		13		24		43		54	
2		14		25		44		55	
3		15		26		45		56	
5		16		27		46		57	
6		17		36		47		58	
7		18		37		48		59	
8		19		38		49		70	
9		20		39		50		79	
10		21		40		51		80	
11		22		41		52		100	
12		23		42		53			

鳥 瞰 図 MS-002

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
28		60		101		201		301	
29		61		102		202		302	
30		62		103		203		303	
31		63		104		204		304	
32		64		105		205		305	
				106		206		306	

弁 6		弁 7	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
401		501	
402		502	
403		503	
404		504	
405		505	
406		506	

鳥 瞰 図 MS-002

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	29			
弁2	61			
弁3	102			
弁4	202			
弁5	302			
弁6	402			
弁7	502			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
** 10 **						
** 12 **						
14						
16						
** 19 **						
25						
27						
42						
** 43 **						
46						
49						
50						
** 51 **						
59						
** 59 **						
** 64 **						
70						
** 80 **						
100						

--

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (設) R0

設計条件

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

鳥 瞰 図 MS-004

管名称	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	8.62	302	711.2	35.7	STS480	S	184760
2	8.62	302	228.6	34.3	SFVC2B	S	184760

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS - 0 0 4

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	100	991			
2	9	11	16	18	101	201	301	401							

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 MS-004

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		13		19		100	
2		8		14		20		991	
3		9		15		21			
4		10		16		22			
5		11		17		23			
6		12		18		24			

鳥 瞰 図 MS-004

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
25		101		201		301		401	
26		102		202		302		402	
27		103		203		303		403	
28		104		204		304		404	
29		105		205		305		405	
		106		206		306		406	

鳥 瞰 図 MS-004

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	26			
弁2	102			
弁3	202			
弁4	302			
弁5	402			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-004

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
7						
** 13 **						
** 15 **						
22						
24						
100						
991						

--

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (設) R0

設計条件

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

鳥 瞰 図 MS-008

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP	S	178000
2	3.73	250	267.4	12.7	SUS316TP	S	178000
3	3.73	250	318.5	14.3	SUS316TP	S	178000

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS - 0 0 8

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	801													
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	210						
3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	310

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 MS-008

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		13		19		210	
2		8		14		20		310	
3		9		15		21		801	
4		10		16		22			
5		11		17		23			
6		12		18		24			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-008

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
1						
** 3 **						
6						
** 6 **						
** 9 **						
** 16 **						

--

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (設) R0

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し, 管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 H P I N M S - 0 3

管名称	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	1.77	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	184320

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N M S - 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
2	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
	67	70	71	72	73	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
	107	108	109	112	113	114	115	116	123	124	125	126	127	128	129	130
	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146
	147	148	149	150	153	154	155	156	157	180	181	182	183	184	185	186
	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	202	203	204
	205	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226
	227	228	229	230	231	232	233	236	237	238	239					

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 HP I N M S - 0 3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
36		70		109		150		216	
37		71		112		153		217	
38		72		113		154		218	
39		73		114		155		219	
40		81		115		156		220	
41		82		116		157		221	
42		83		124		181		222	
43		84		125		182		223	
44		85		126		183		224	
45		86		127		184		225	
46		87		128		185		226	
47		88		129		186		227	
48		89		130		187		228	
49		90		131		188		229	
50		91		132		189		230	
51		92		133		190		231	
52		93		134		191		232	
53		94		135		192		233	
54		95		136		193		236	
55		96		137		194		237	
56		97		138		195		238	
57		98		139		196		239	
58		99		140		197			
59		100		141		198			
60		101		142		199			
61		102		143		202			
62		103		144		203			
63		104		145		204			
64		105		146		205			
65		106		147		213			
66		107		148		214			
67		108		149		215			

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (設) R0

鳥 瞰 図 I P I N M S - 0 3

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
33		78		121		178		210	
34		79		122		179		211	
35		80		123		180		212	

鳥 瞰 図 HP I NMS - 0 3

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁 1	34			
弁 2	79			
弁 3	122			
弁 4	179			
弁 5	211			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HP I N M S - 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
** 37 **	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
37						
47						
** 49 **						
54						
61						
66						
** 73 **						
73						
** 73 **						
** 92 **						
97						
103						
108						
** 115 **						
115						
** 115 **						
116						

[Redacted]

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (設) R0

鳥 瞰 図 HP I NMS - 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
** 132 **						
132						
** 136 **						
** 142 **						
142						
149						
** 156 **						
156						
** 156 **						
157						
184						
188						
** 196 **						
196						
** 196 **						
** 205 **						
205						
** 205 **						
216						

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (設) R0

鳥 瞰 図 H P I N M S - 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
220						
** 225 **						
232						
** 239 **						
239						
** 239 **						

--

K6 ① VI-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
SFVC2B	302	125	—	—	—
STS410	302	122	—	—	—
STS480	302	138	—	—	—
SUS316TP	250	—	139	432	125
SUS304TP	171	—	150	413	113

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VI-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VI-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 (m)	減衰定数 (%)
MS-002	原子炉遮蔽壁		
MS-004	原子炉遮蔽壁		
MS-008	原子炉遮蔽壁		
	原子炉建屋		
IIPINMS-03	原子炉遮蔽壁		
	原子炉建屋		

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-002

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							
14次							
15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-002

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				
14 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)

鳥瞰図 MS-002

代表的振動モード図(2次)

鳥瞰図 MS-002

代表的振動モード図(3次)

70

鳥瞰図 MS-002

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 MS-004

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								
11次								
12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-004

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				
11 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)

鳥瞰図 MS-004

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

鳥瞰図 MS-004

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 MS-008

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-008

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)

鳥瞰図 MS-008

代表的振動モード図(3次)

鳥瞰図 MS-008

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P I N M S - 0 3

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													
14次													
15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 HP I N M S - 0 3

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				
14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

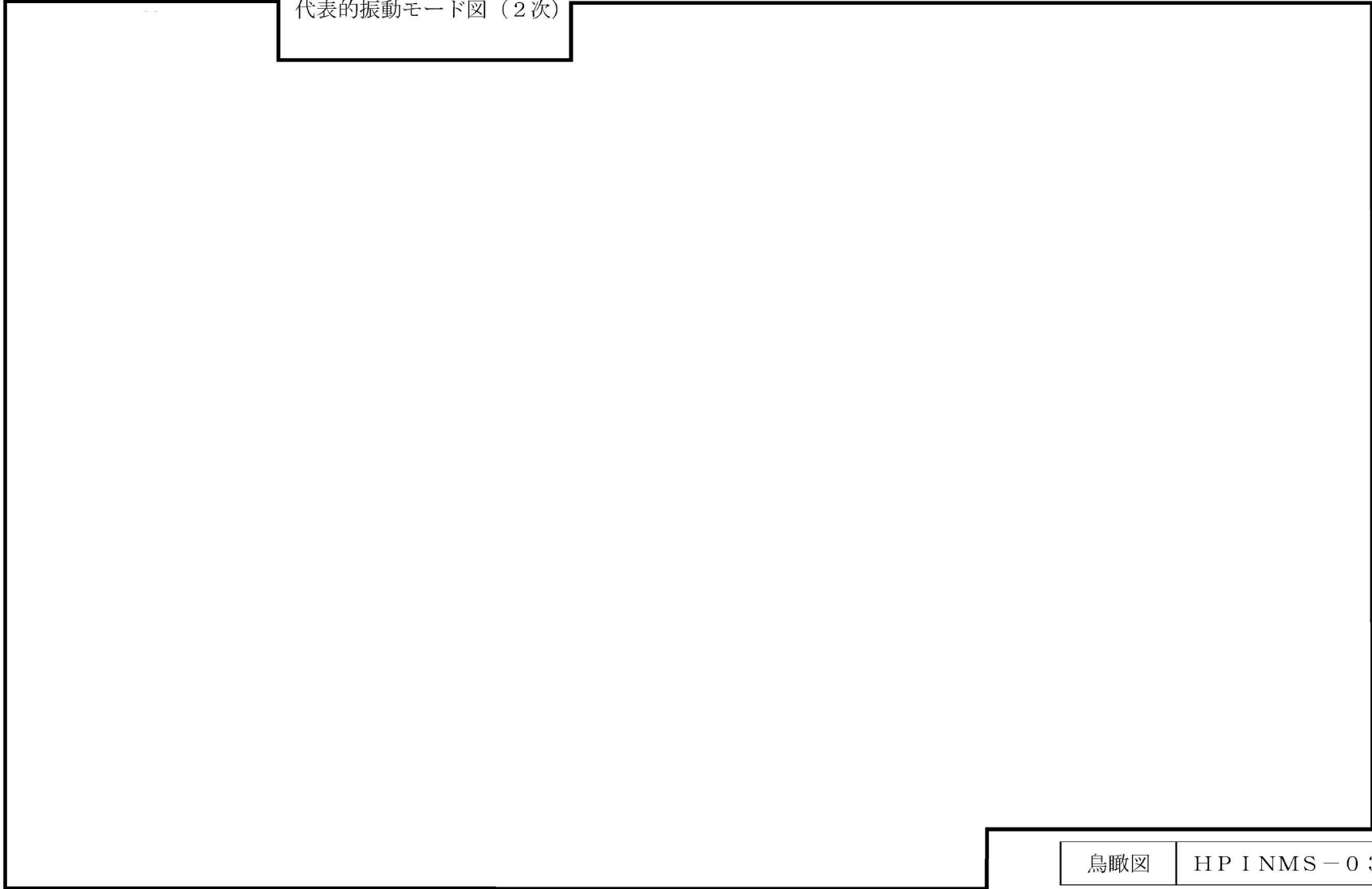
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)

鳥瞰図

HP I NMS - 0 3

代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図	HP I NMS - 0 3
-----	----------------

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
					$S_{pr m}(S d)$ $S_{pr m}(S s)$	$2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	$S_t(S d)$ $S_t(S s)$	$0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+US_s$
MS-002	III _A S	18	TEE	$S_{pr m}(S d)$	139	281	—	—	—	—	—
	III _A S	11	TEE	$S_t(S d)$	—	—	53	68	—	—	—
	IV _A S	13	TEE	$S_{pr m}(S s)$	231	375	—	—	—	—	—
	IV _A S	13	TEE	$S_t(S s)$	—	—	99	91	—	—	—
	IV _A S	20	TEE	$S_n(S s)$	—	—	—	—	672	375	0.5555
	IV _A S	20	TEE	$U+US_s$	—	—	—	—	—	—	0.5555

注記*：ねじり応力が許容応力状態III_ASのとき $0.55 \cdot S_m$ ，又は許容応力状態IV_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ 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 $0.55 \cdot S_m$ 、又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ 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 $S_t(S_d)$ $S_t(S_s)$	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b(S_d)$ $S_t + S_b(S_s)$	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
MS-002	13	48	68	91	225
		99	91	183	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
					$S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$	$2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	$S_t(S d)$ $S_t(S s)$	$0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_s$
MS-004	III _A S	11	TEE	$S_{p r m}(S d)$	161	281	—	—	—	—	—
	III _A S	16	TEE	$S_t(S d)$	—	—	65	68	—	—	—
	IV _A S	11	TEE	$S_{p r m}(S s)$	268	375	—	—	—	—	—
	IV _A S	16	TEE	$S_t(S s)$	—	—	113	91	—	—	—
	IV _A S	11	TEE	$S_n(S s)$	—	—	—	—	640	375	0.5041
	IV _A S	11	TEE	$U+U S_s$	—	—	—	—	—	—	0.5041

注記*：ねじり応力が許容応力状態III_ASのとき $0.55 \cdot S_m$ ，又は許容応力状態IV_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ 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 $0.55 \cdot S_m$ 、又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ 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 $S_t(S d)$ $S_t(S s)$	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b(S d)$ $S_t + S_b(S s)$	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
MS-004	11	53	68	113	225
		98	91	221	300
	16	65	68	109	225
		113	91	194	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 $S_{pr m}(S_d)$ $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 S_y^* $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
MS-008	III _A S	24	$S_{pr m}(S_d)$	76	150	—	—	—
	IV _A S	24	$S_{pr m}(S_s)$	87	388	—	—	—
	IV _A S	24	$S_n(S_s)$	—	—	135	278	—

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 $1.2 \cdot S_h$ のうち大きい方とする。

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 $S_{pr m}(S_d)$ $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 S_y^* $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
HPINMS-03	III _A S	157	$S_{pr m}(S_d)$	75	150	—	—	—
	IV _A S	216	$S_{pr m}(S_s)$	131	371	—	—	—
	IV _A S	216	$S_n(S_s)$	—	—	277	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)
MS-002-019SA	メカニカルスナップ	SMS-40-100	VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照		267	600
MS-002-016HA MS-002-016HB	スプリングハンガ	VS120T-21			192	2×122
MS-011-003B	ロッドレストレイント	RST-3			55	129

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			
MS-002-025R	レストレイント	ラインガイド	SM400B	302	0	328	1425	—	—	—	せん断	33	172

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-F002A	主蒸気隔離弁	α (Ss)	5.3	1.6	10.0	6.2	—	—
B21-F001S	主蒸気逃がし安全弁	α (Ss)	6.7	3.4	9.6	6.1	—	—
E51-F035	止め弁	β (Ss)	2.4	1.5	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、計算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-001	16	139	281	2.02	—	16	213	375	1.76	—	11	524	375	0.71	—	11	0.2432	—
2	MS-002	18	139	281	2.02	—	13	231	375	1.62	—	20	672	375	0.55	○	20	0.5555	○
3	MS-003	12	155	281	1.81	—	12	250	375	1.50	—	17	574	375	0.65	—	12	0.2577	—
4	MS-004	11	161	281	1.74	○	11	268	375	1.39	○	11	640	375	0.58	—	11	0.5041	—

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS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 勞 累 積 係 数	代 表
1	MS-006	24	71	150	2.11	—	24	84	388	4.61	—	24	137	278	2.02	—	—	—	—
2	MS-007	24	72	150	2.08	—	10	86	388	4.51	—	24	139	278	2.00	—	—	—	—
3	MS-008	24	76	150	1.97	○	24	87	388	4.45	—	24	135	278	2.05	—	—	—	—
4	MS-009	11	75	150	2.00	—	11	95	388	4.08	—	25	139	278	2.00	—	—	—	—
5	MS-010	24	76	150	1.97	—	24	88	388	4.40	—	24	135	278	2.05	—	—	—	—
6	MS-011	19	70	150	2.14	—	11	91	388	4.26	—	25	137	278	2.02	—	—	—	—
7	MS-012	24	71	150	2.11	—	24	84	388	4.61	—	24	135	278	2.05	—	—	—	—
8	MS-013	24	76	150	1.97	—	24	87	388	4.45	—	24	135	278	2.05	—	—	—	—
9	HPIN-A02	70	65	150	2.30	—	70	112	371	3.31	—	70	215	300	1.39	—	—	—	—
10	HPIN-B02	202	52	150	2.88	—	202	88	371	4.21	—	202	171	300	1.75	—	—	—	—
11	HPINMS-02	153	53	150	2.83	—	153	85	371	4.36	—	120	157	300	1.91	—	—	—	—
12	HPINMS-03	157	75	150	2.00	—	216	131	371	2.83	○	216	277	300	1.08	○	—	—	—
13	HPINMS-04	70	72	150	2.08	—	70	131	371	2.83	—	70	226	300	1.32	—	—	—	—
14	HPINMS-05	113	69	150	2.17	—	113	120	371	3.09	—	113	250	300	1.20	—	—	—	—
15	MS-T-5	321	86	198	2.30	—	321	100	377	3.77	—	31	309	396	1.28	—	—	—	—

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS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	13
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	44
3.5 設計用地震力	45
4. 解析結果及び評価	46
4.1 固有周期及び設計震度	46
4.2 評価結果	58
4.2.1 管の応力評価結果	58
4.2.2 支持構造物評価結果	61
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	62
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	63

1. 概要

本計算書は、VI-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、主蒸気系の管、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

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、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 28 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

設計及び工事の計画書に記載される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

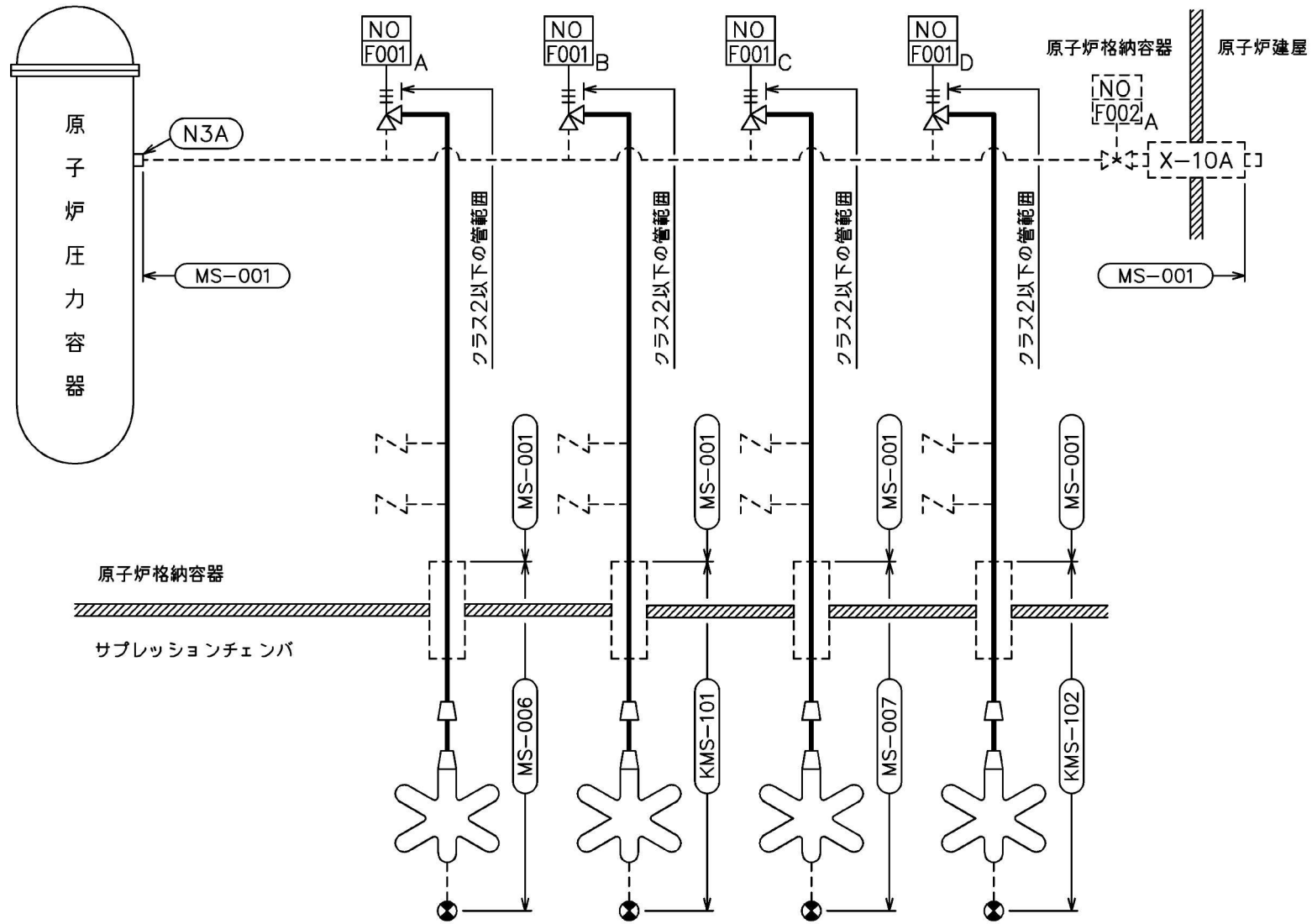
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

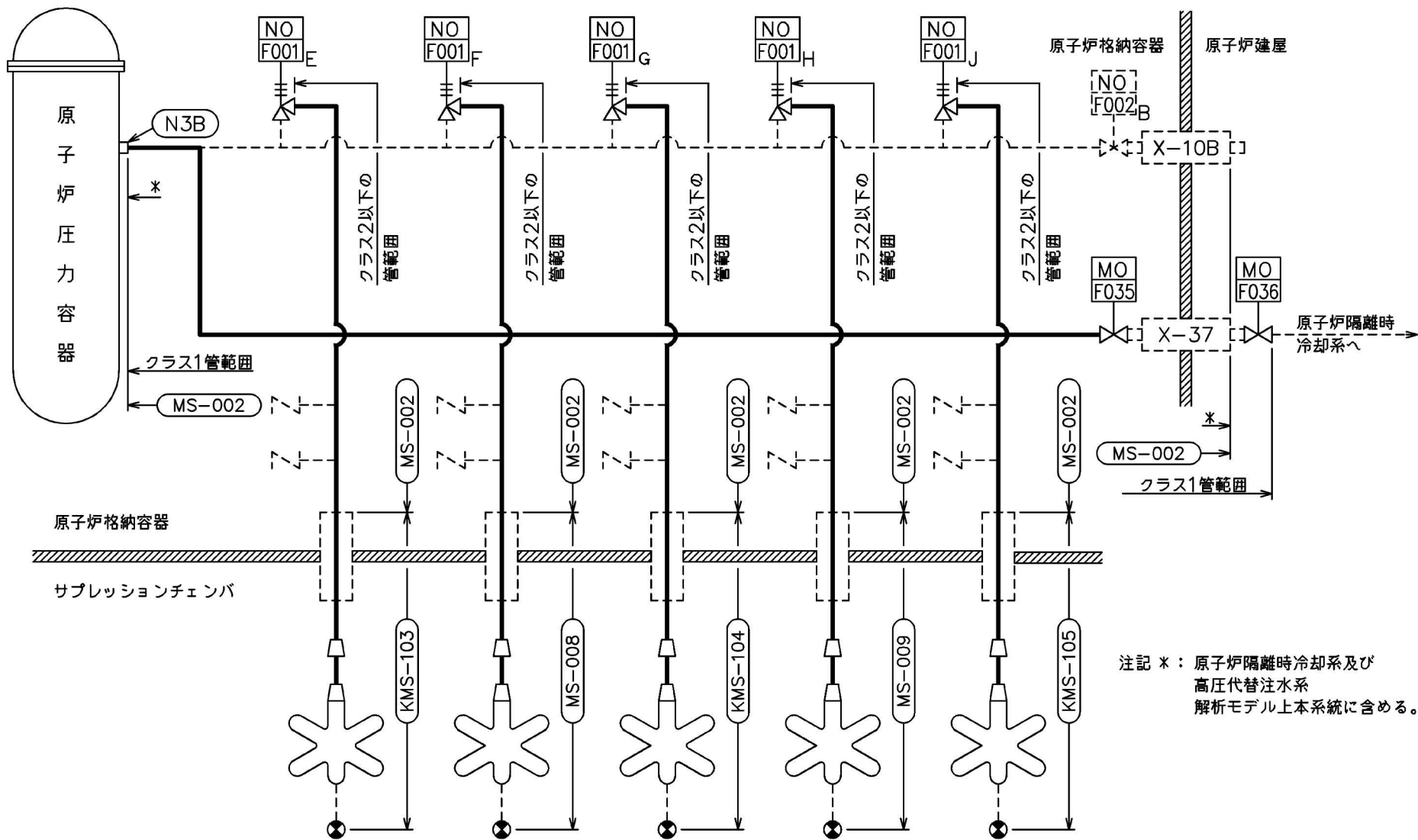
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、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
	鳥瞰図番号
	アンカ

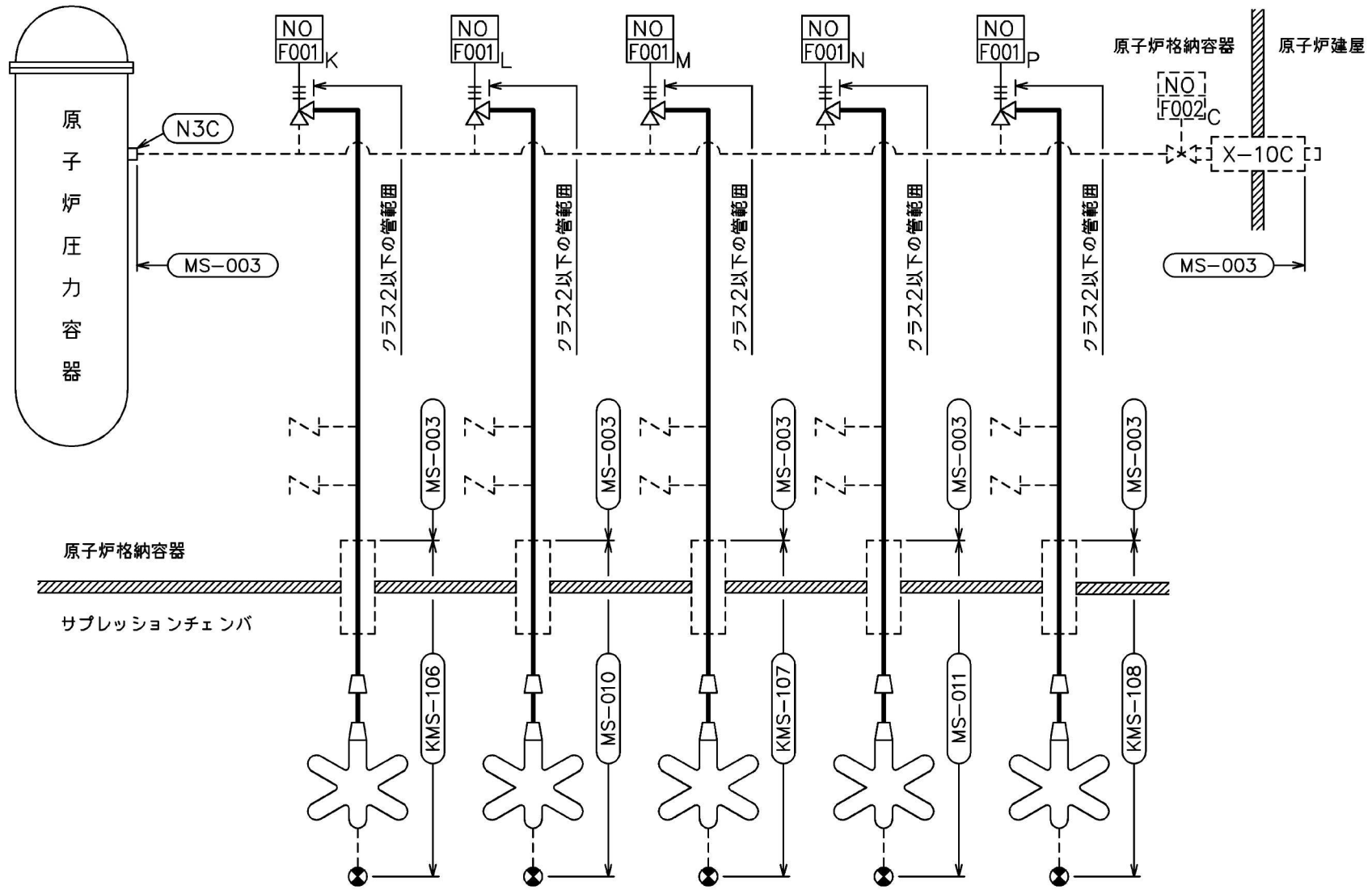


主蒸気系概略系統図 (その1)

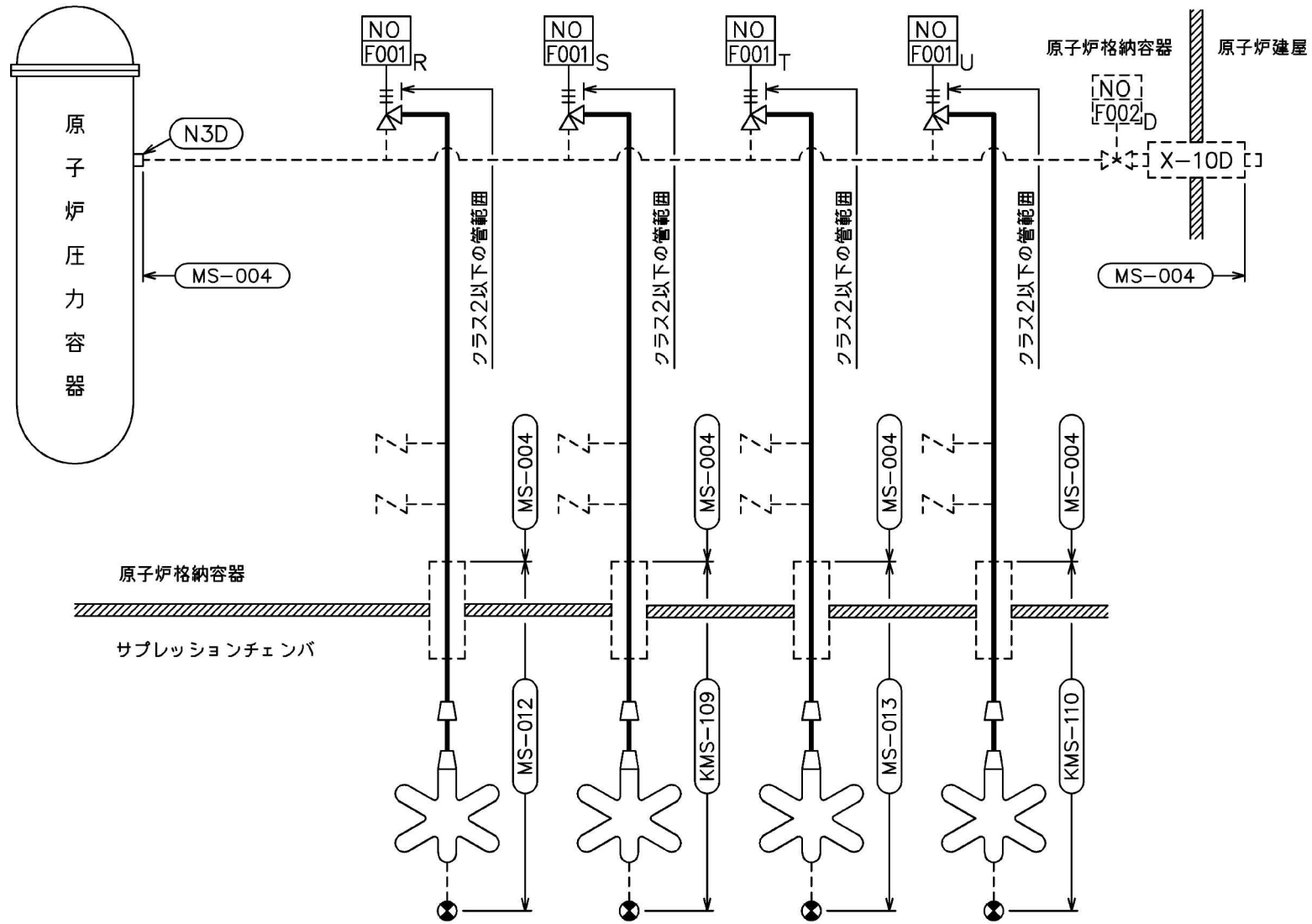


注記 * : 原子炉隔離時冷却系及び
高圧代替注水系
解析モデル上本系統に含める。

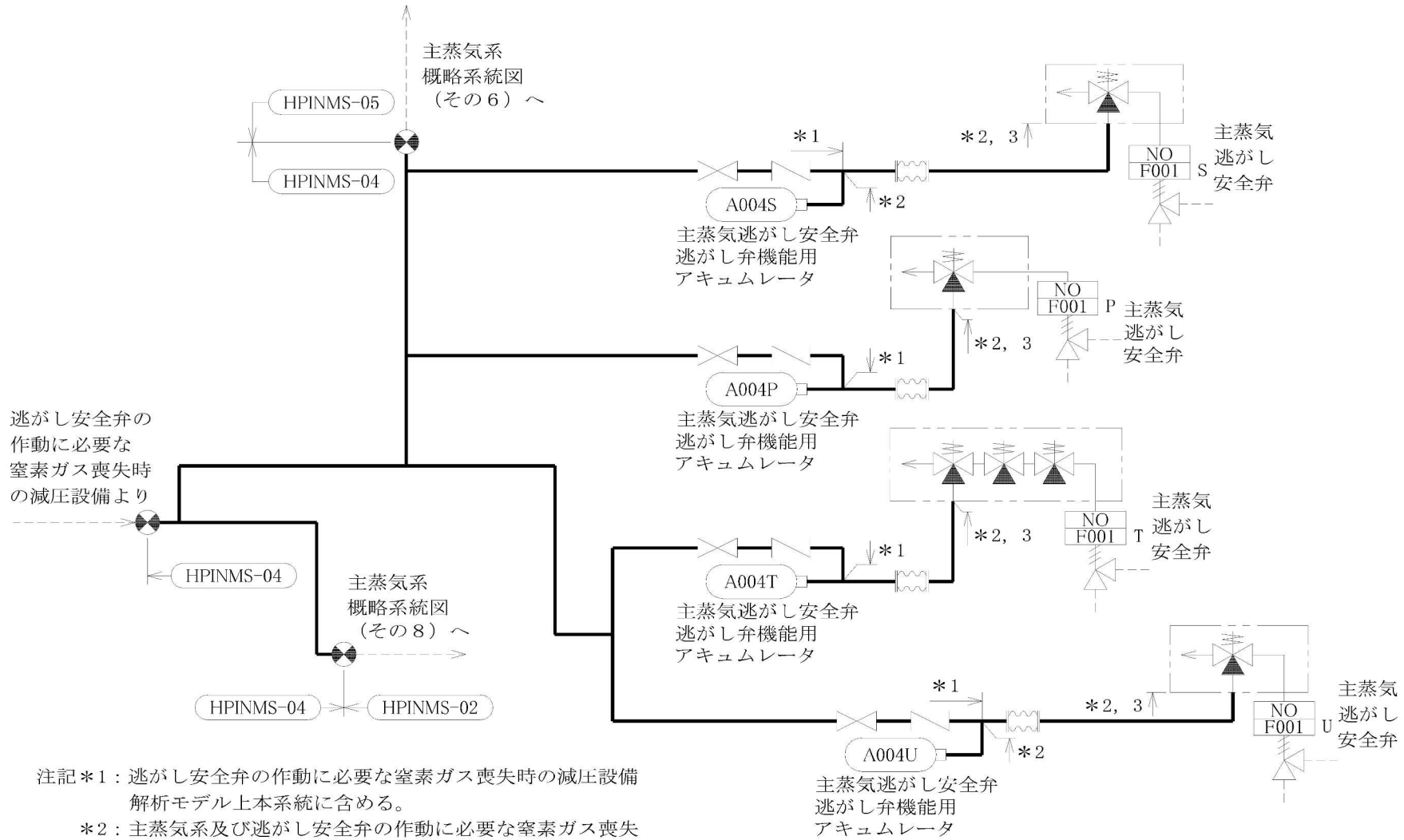
主蒸気系概略系統図 (その2)



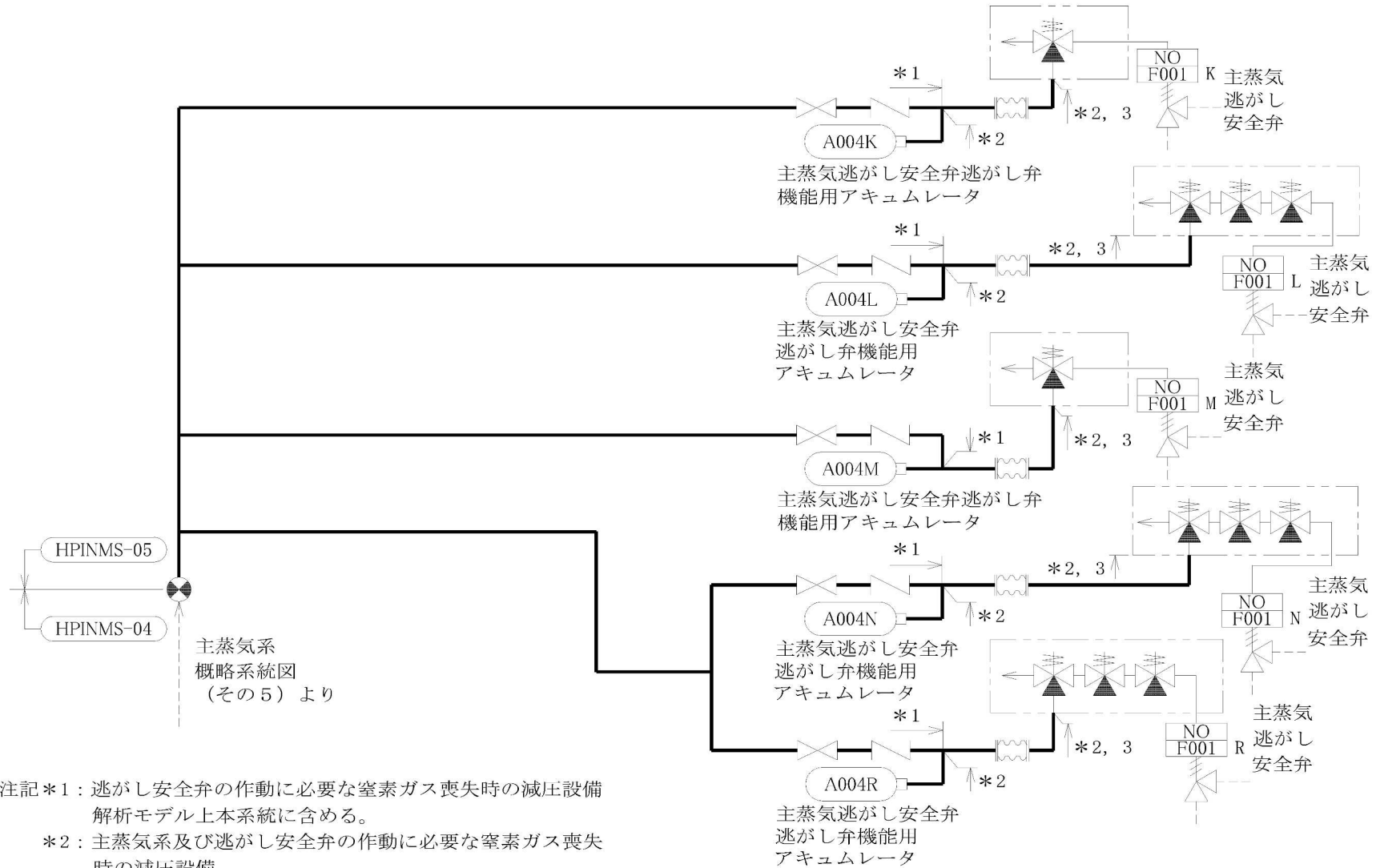
主蒸気系概略系統図 (その3)



主蒸気系概略系統図 (その4)

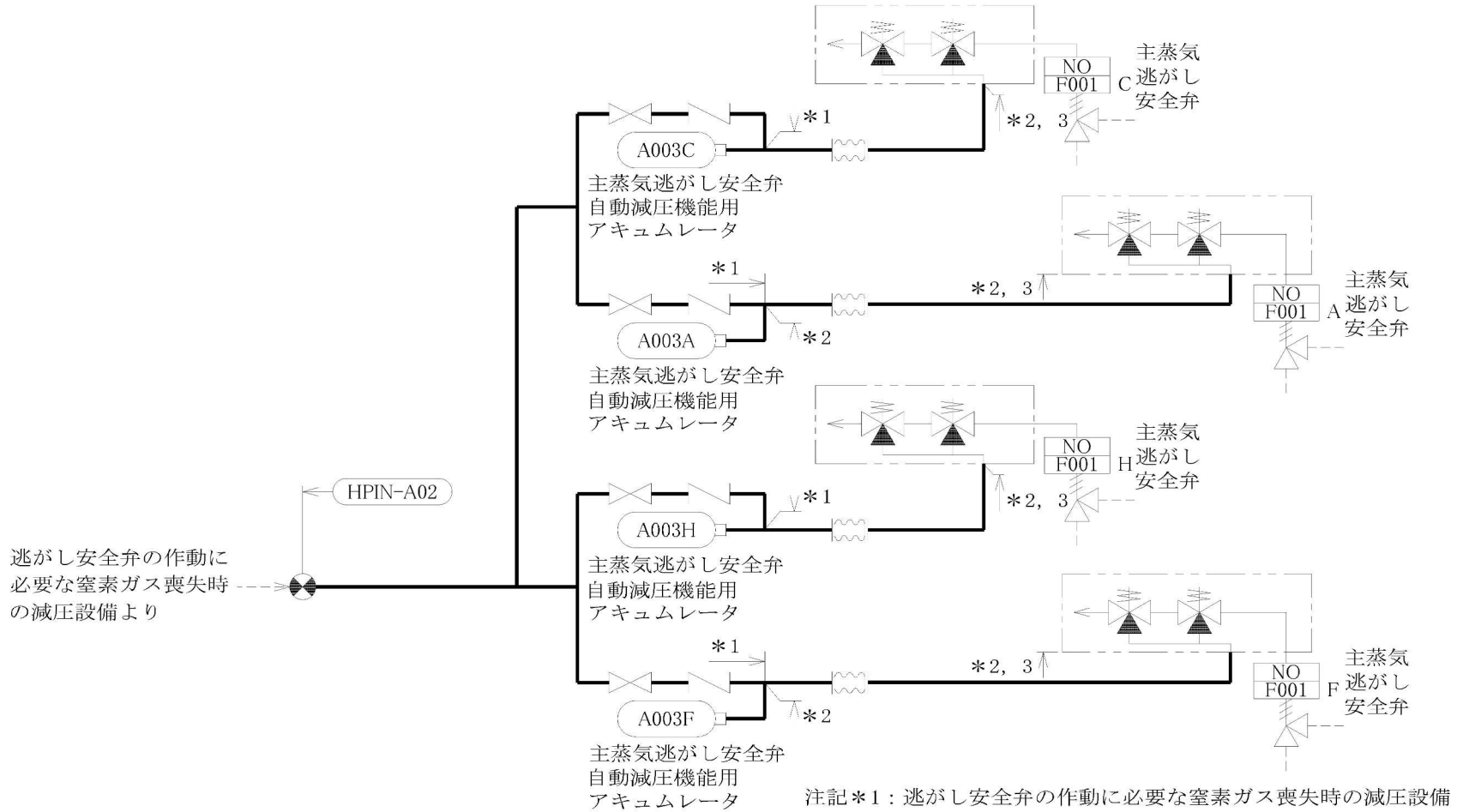


主蒸気系概略系統図 (その5)

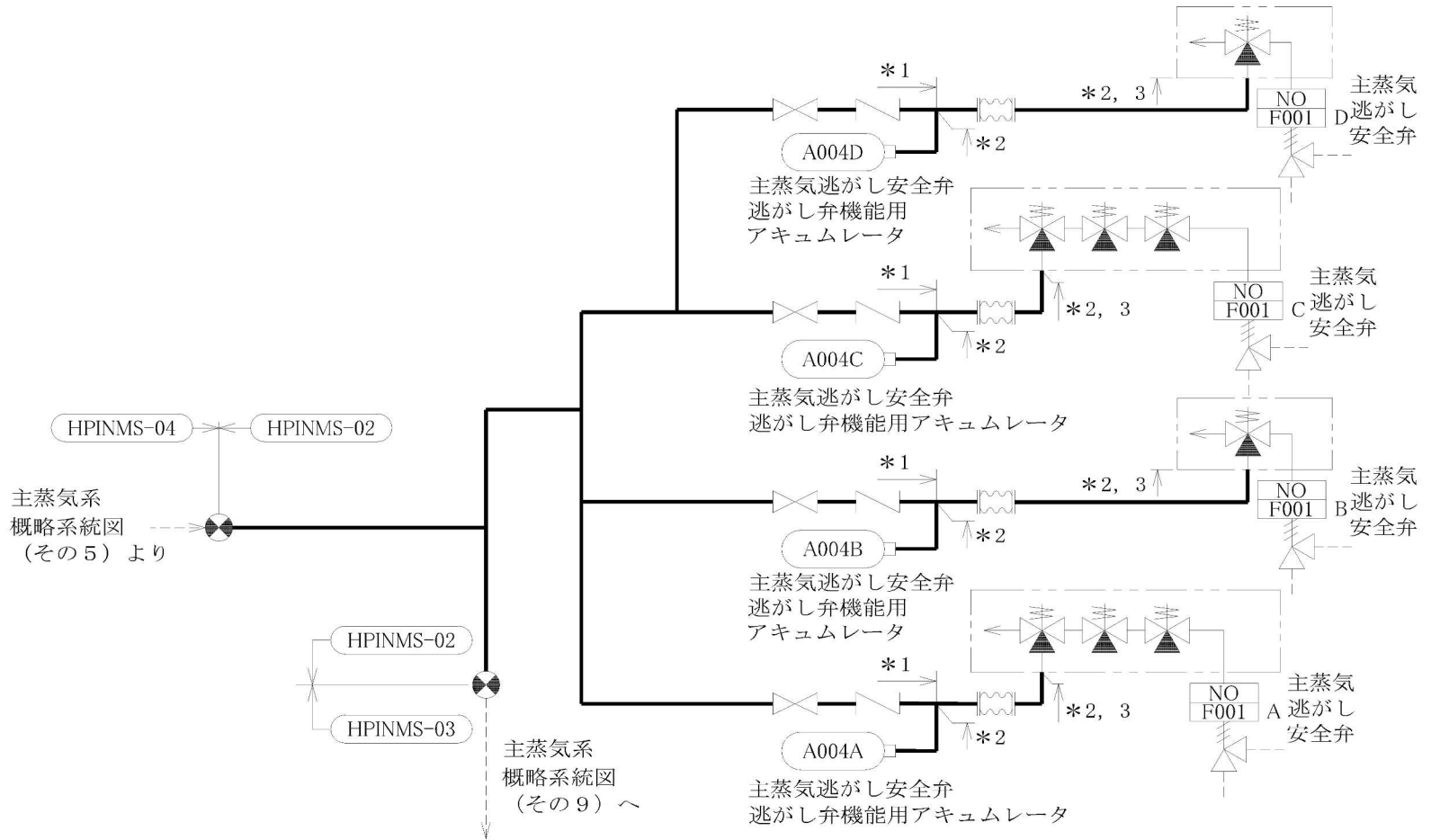


- 注記 *1 : 逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備解析モデル上本系統に含める。
 *2 : 主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備
 *3 : クラス2以下の管範囲

主蒸気系概略系統図 (その6)

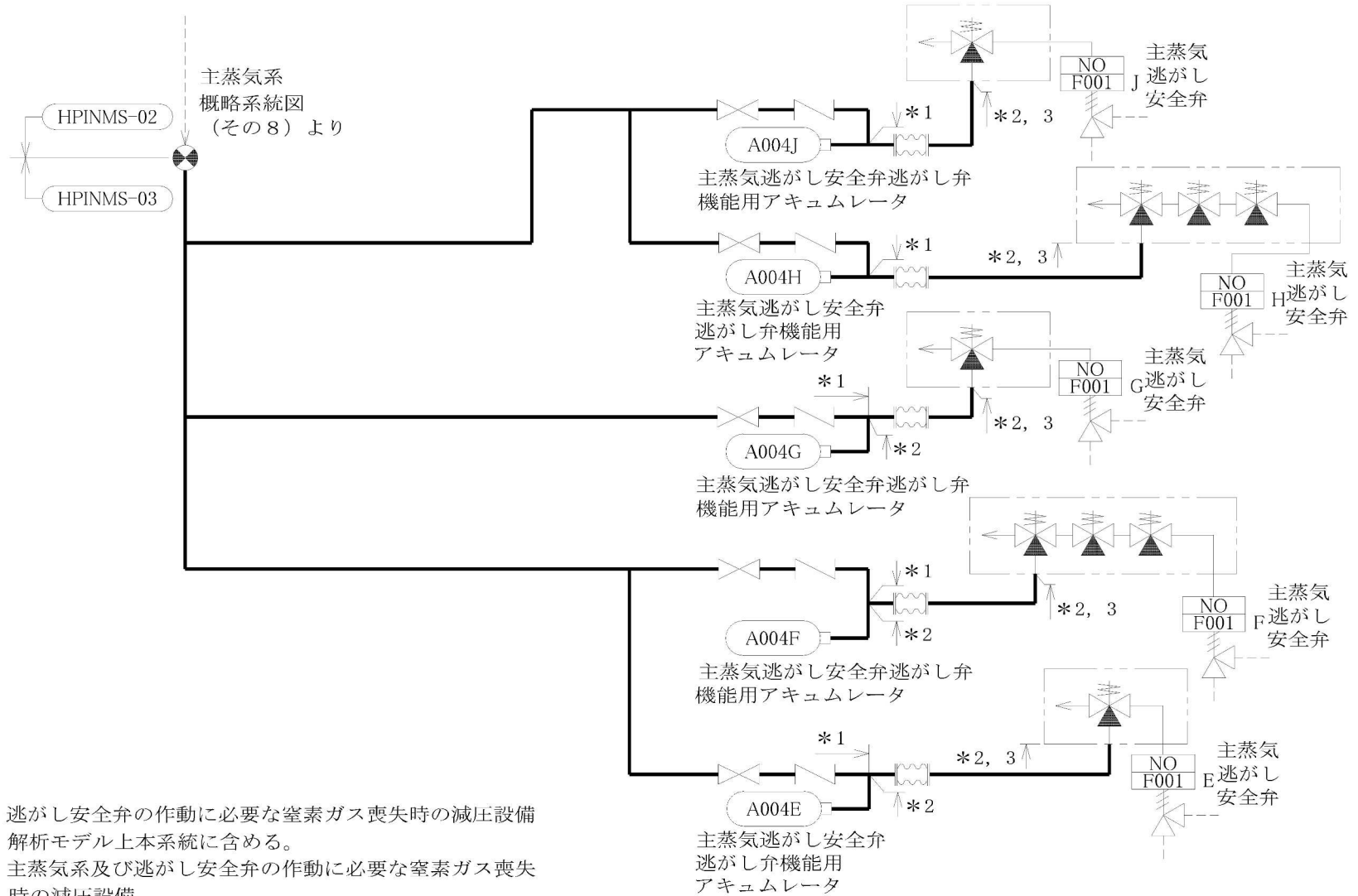


主蒸気系概略系統図 (その7)



- 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

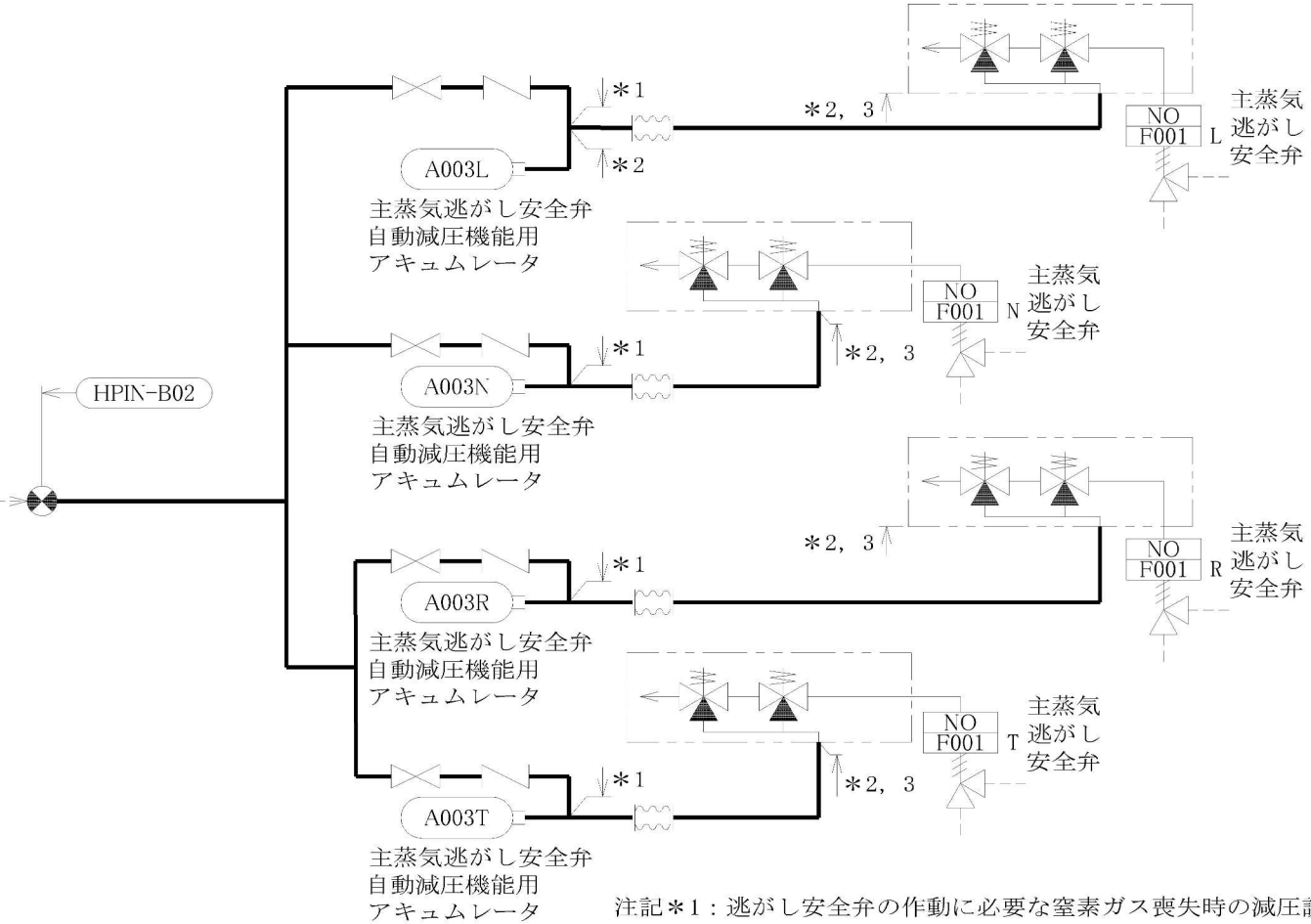
主蒸気系概略系統図 (その 8)



- 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9)


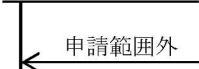
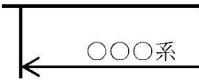


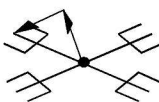
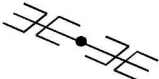

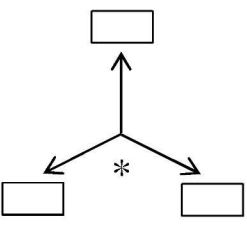
逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備より



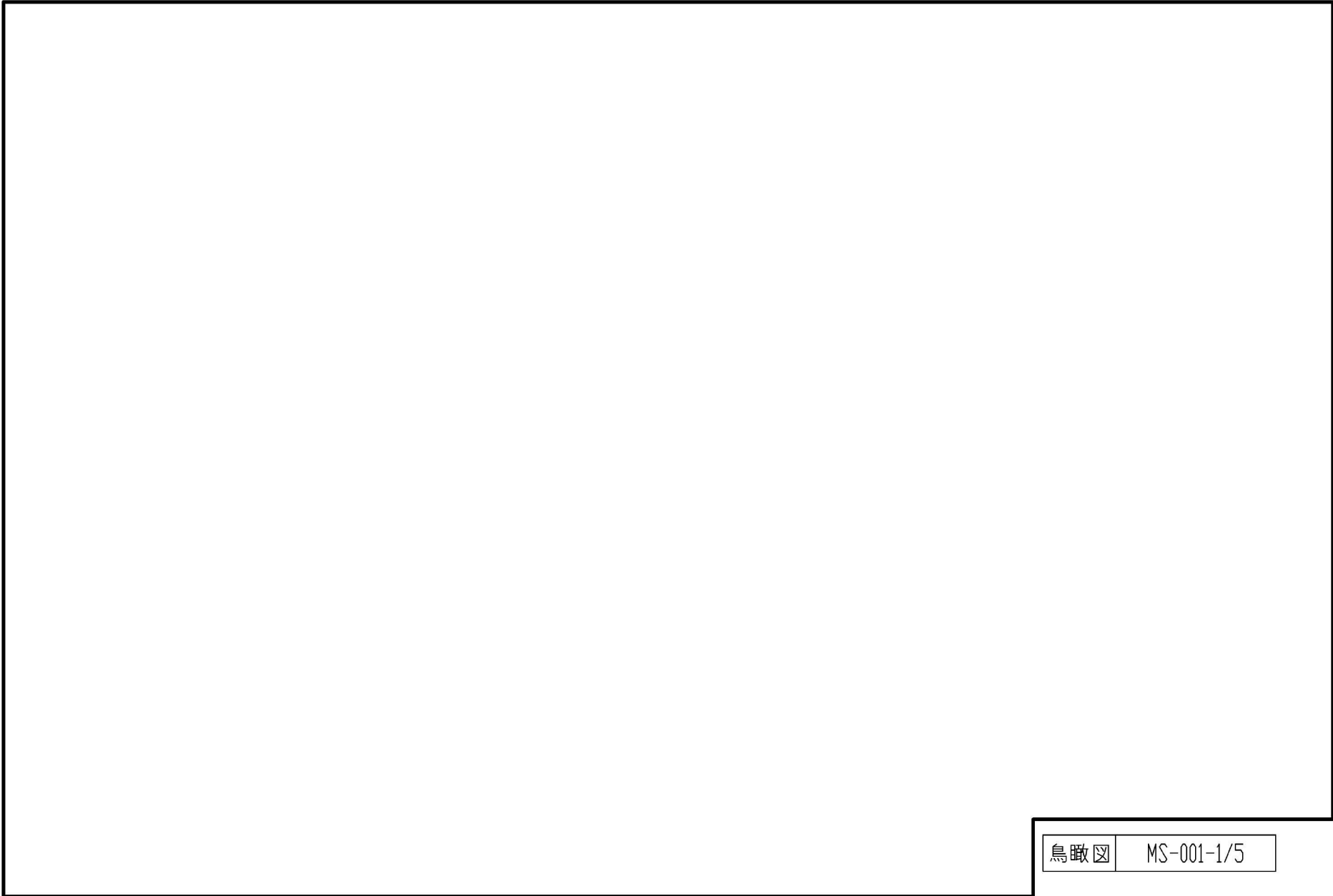
主蒸気系概略系統図 (その10)

2.2 鳥瞰図

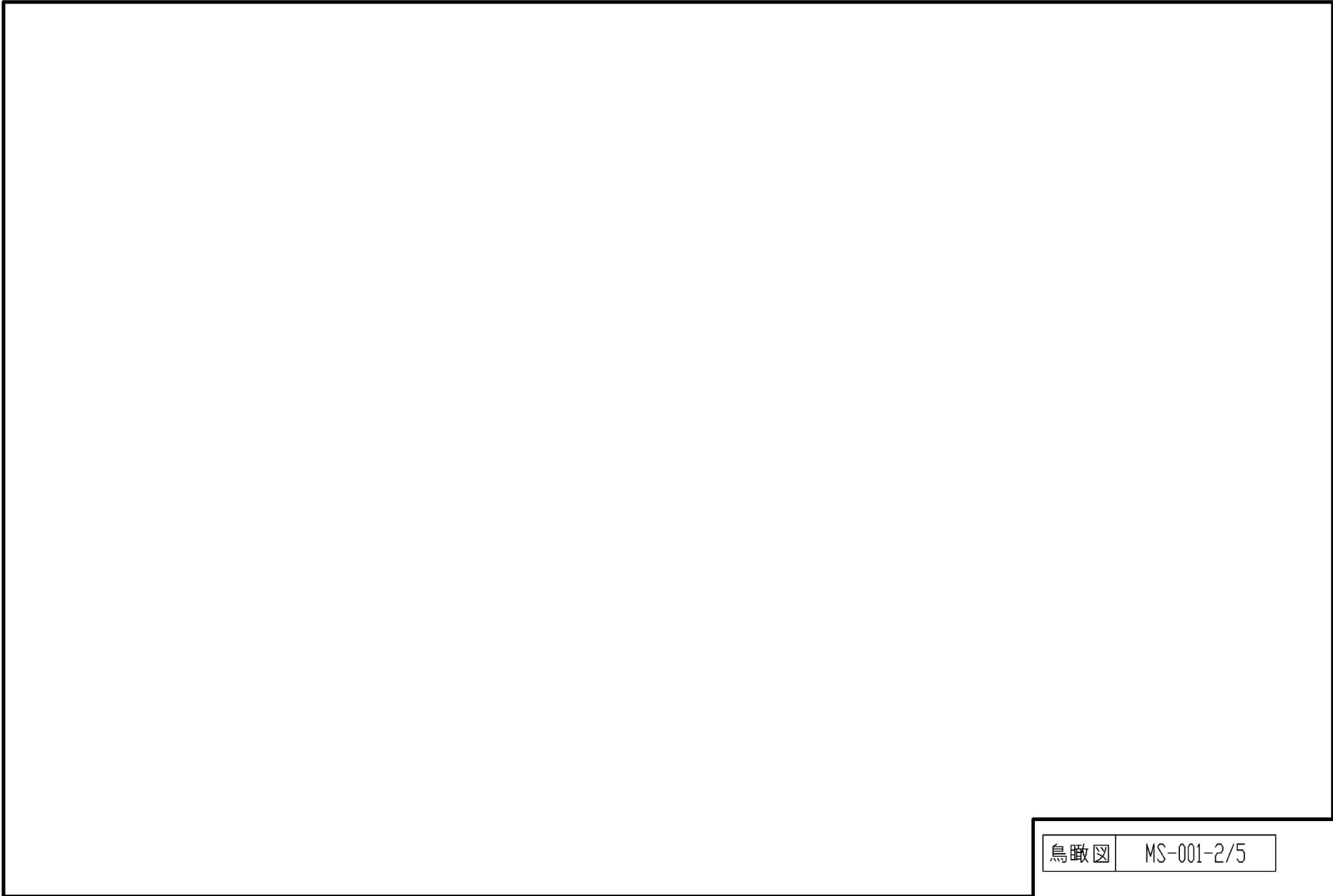
鳥瞰図記号凡例

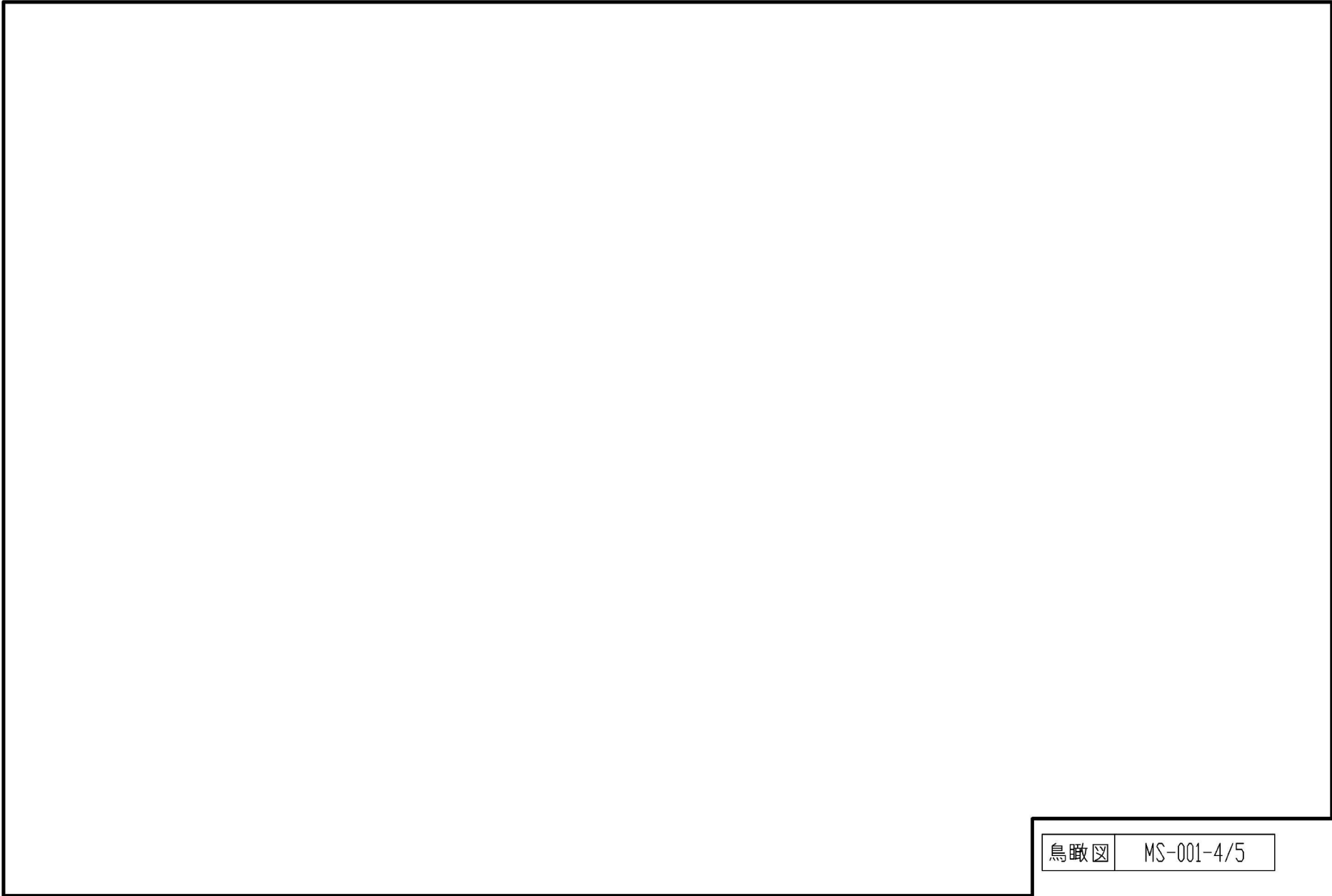
記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>

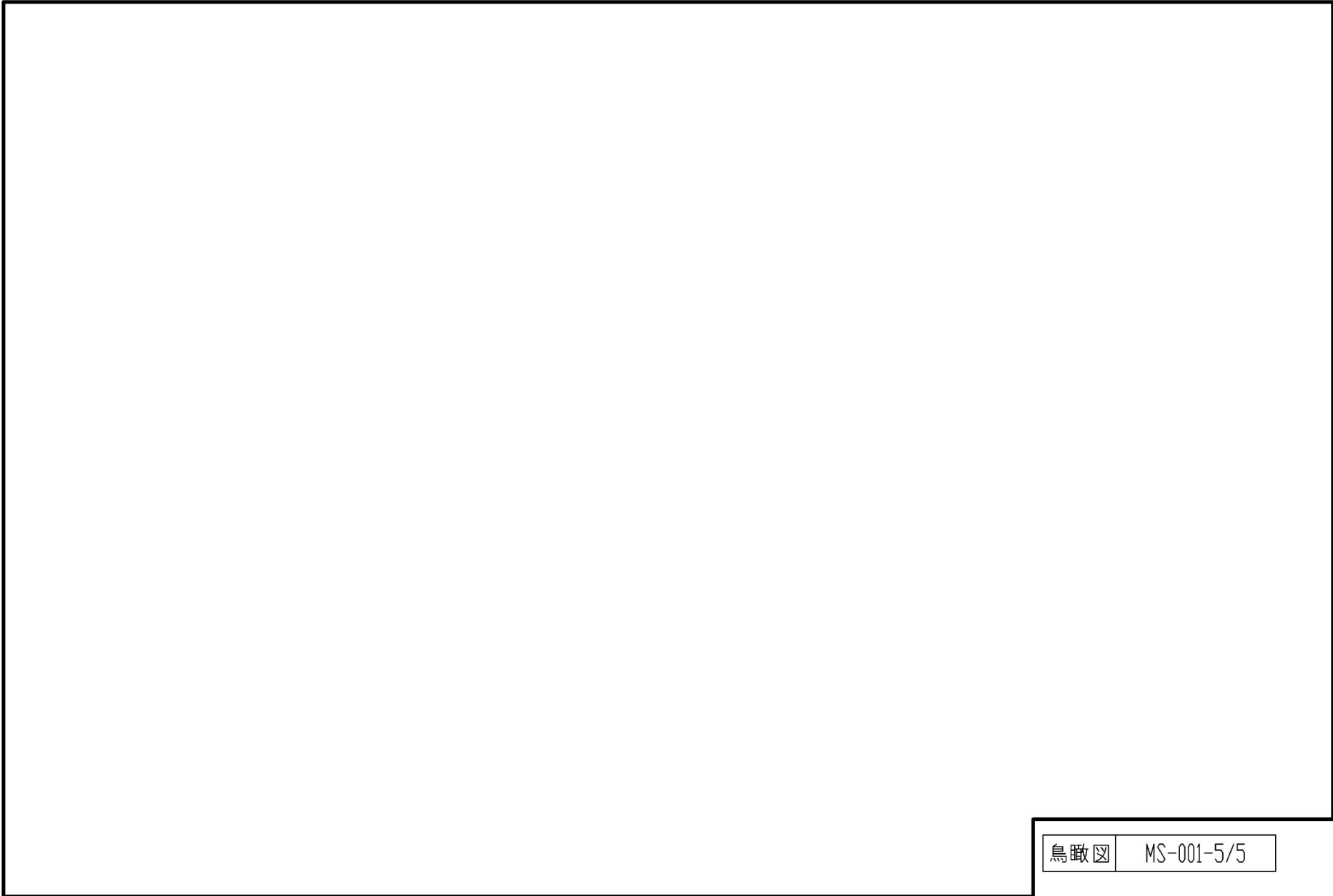
K6 ① VI-2-5-2-1-2 (重) R0



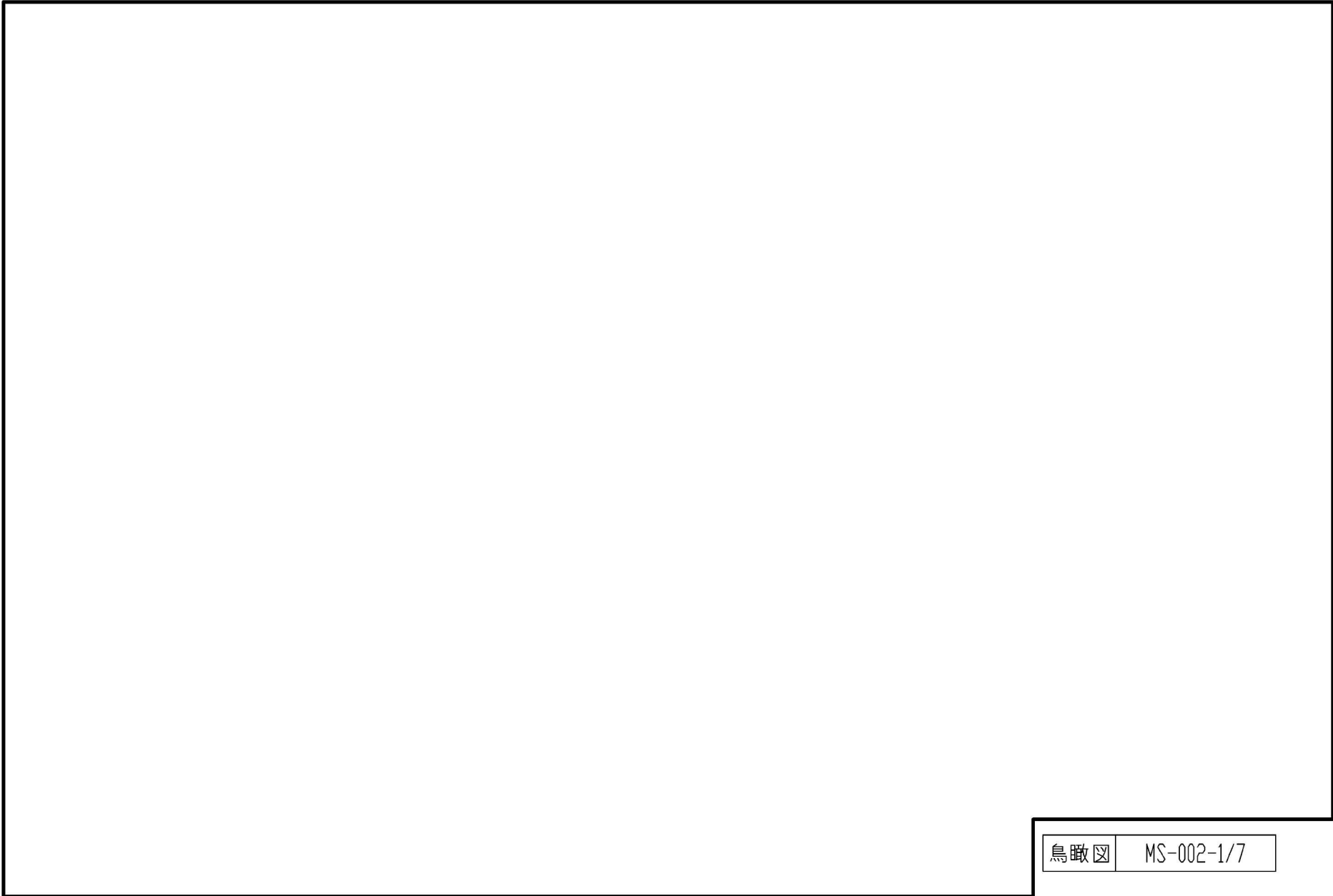
鳥瞰図	MS-001-1/5
-----	------------



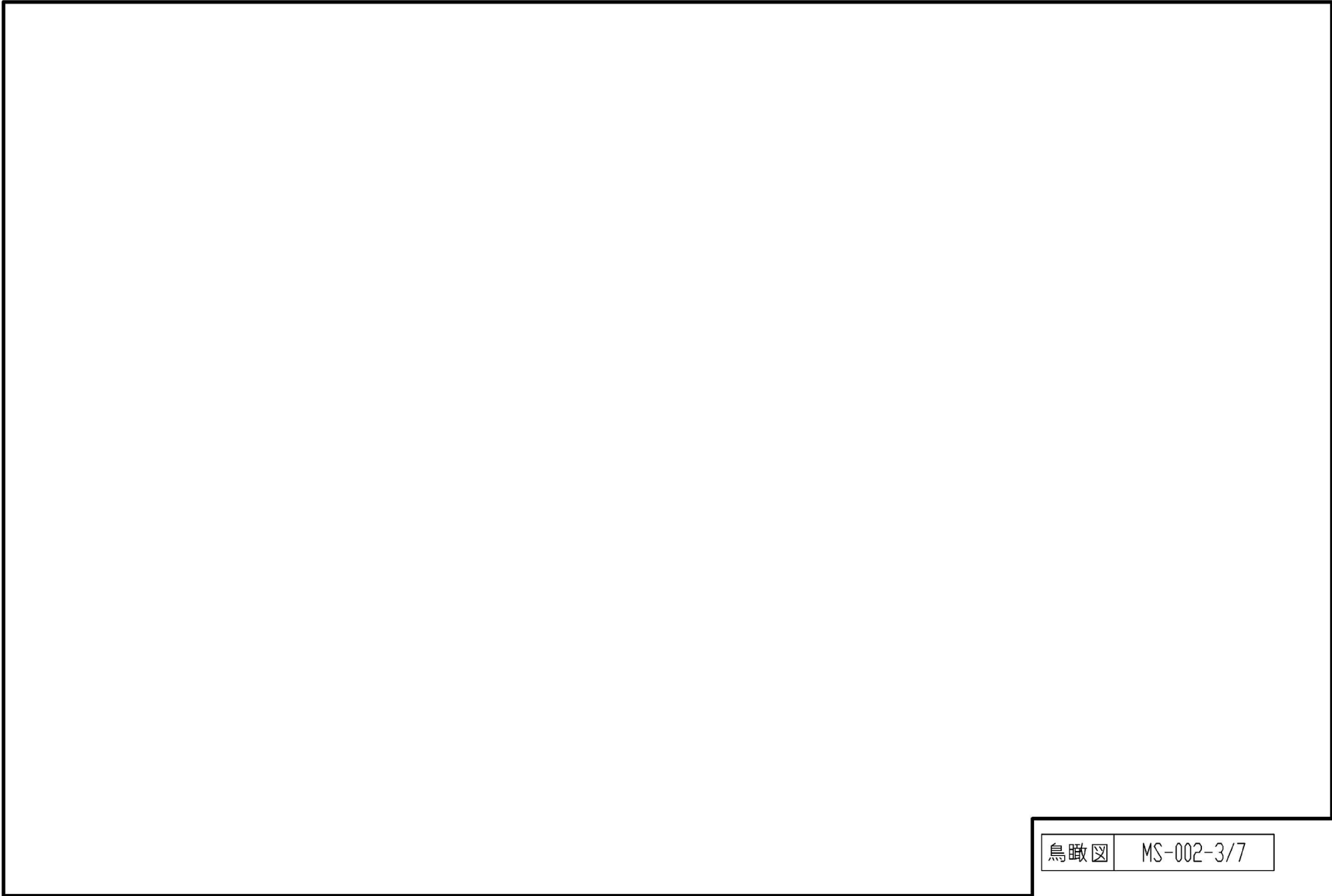


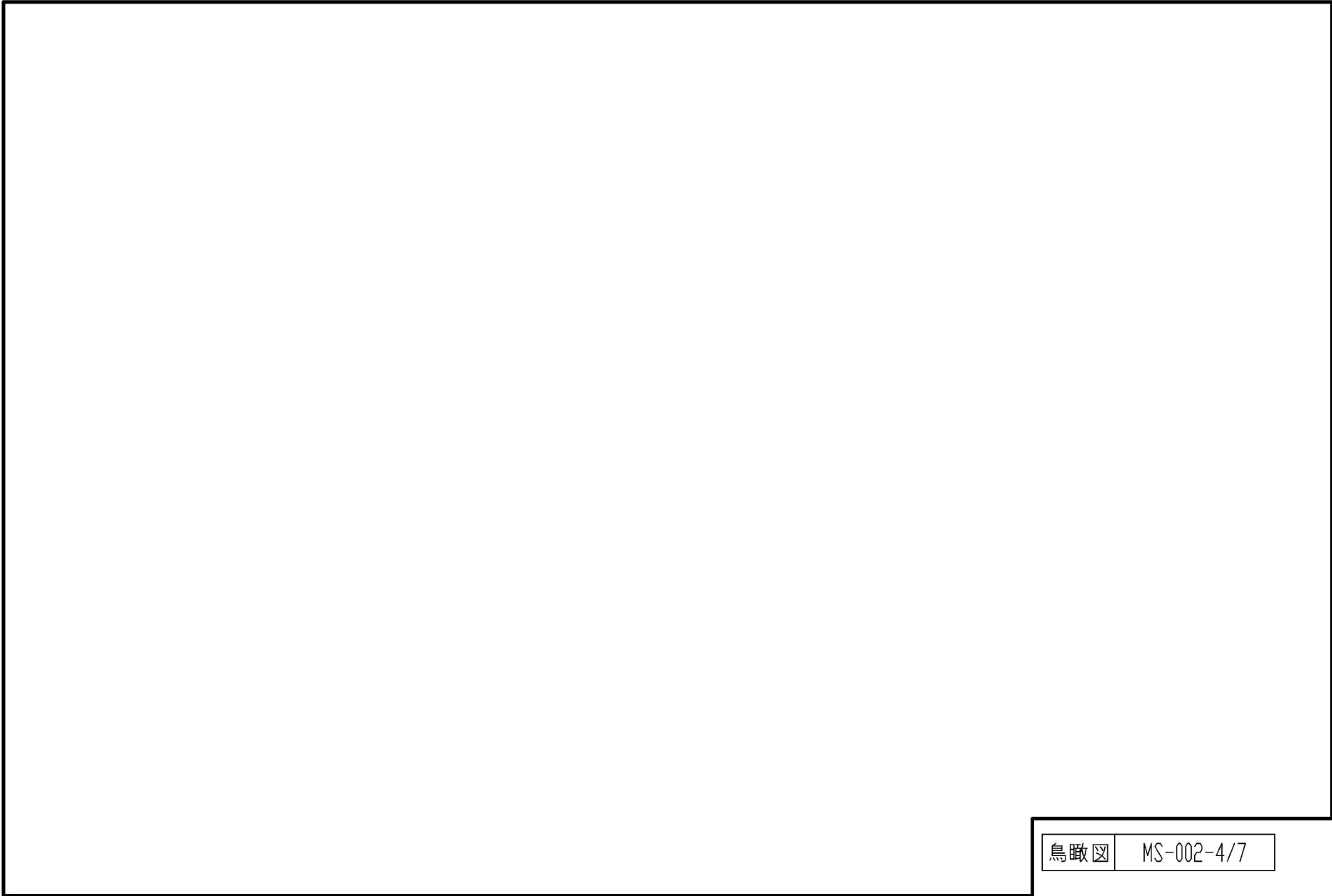


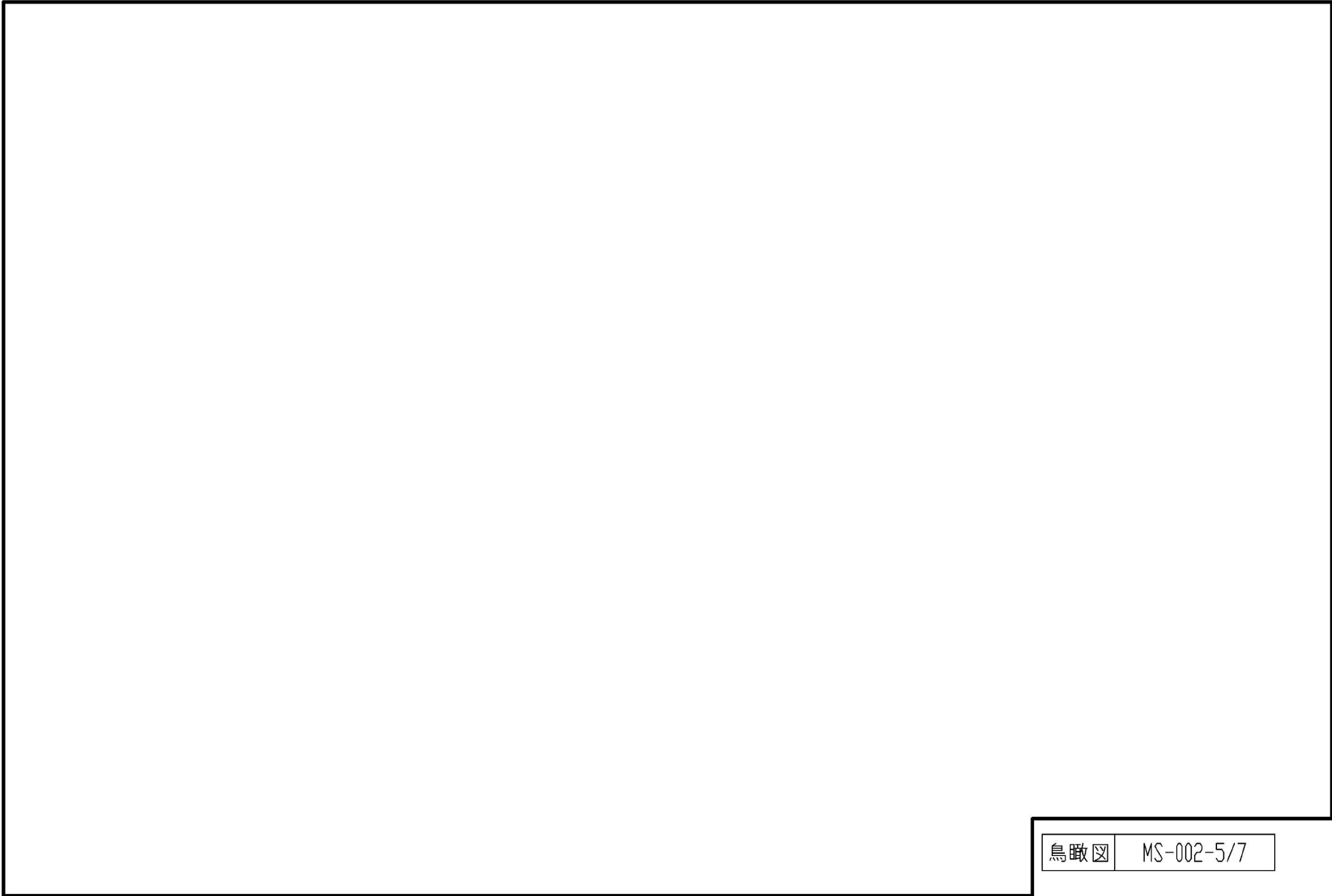
鳥瞰図	MS-001-5/5
-----	------------



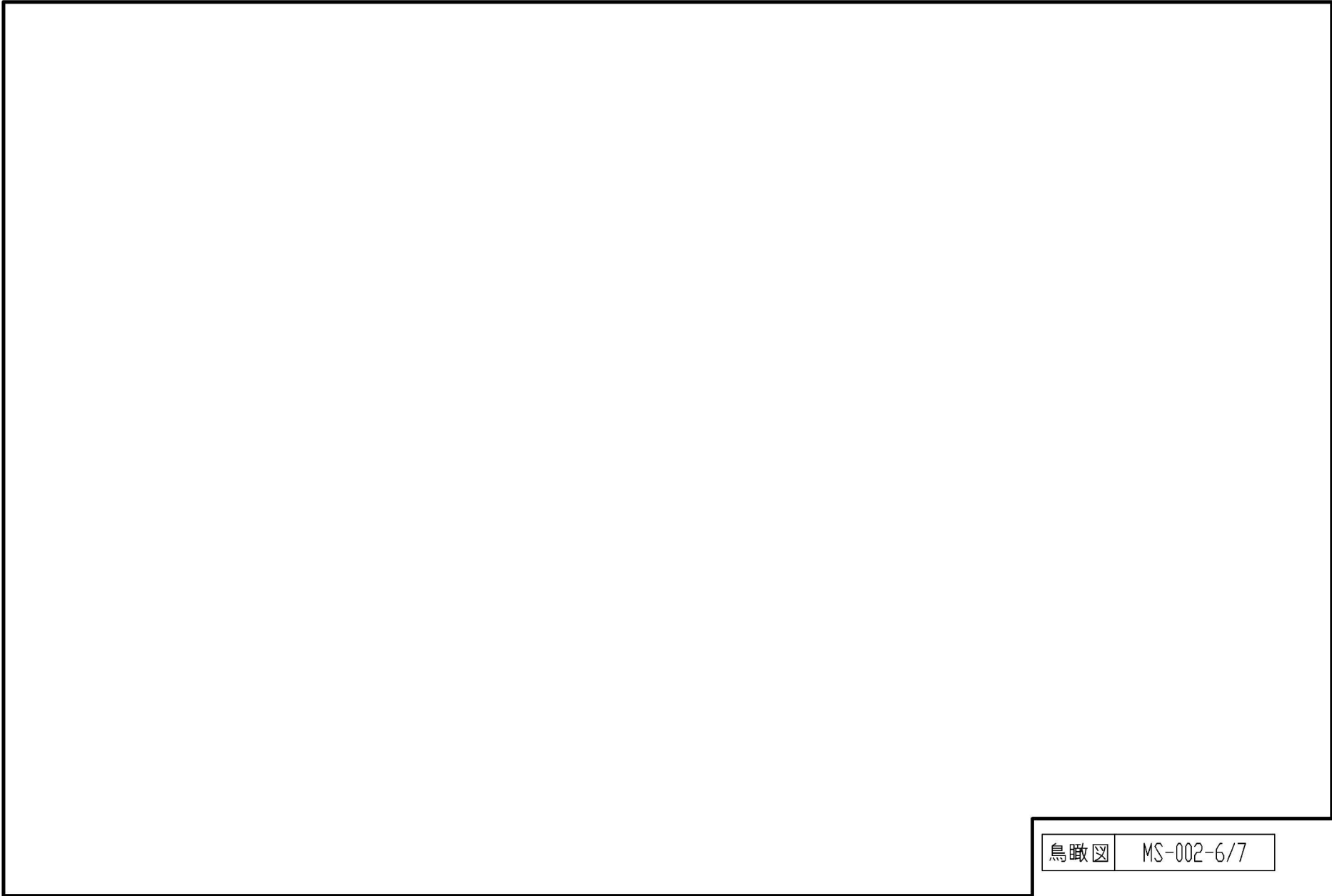
20







鳥瞰図	MS-002-5/7
-----	------------



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、「I S A P」及び「S O L V E R」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}
							$V_L(LL) + S_s$	

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名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス1管)

管名称	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	9.22	306	711.2	35.7	STS480	—	184280
2	9.22	306	165.2	14.3	SFVC2B	—	184280
3	9.22	306	165.2	14.3	STS410	—	184280

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス1管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	100											
2	36	100													
3	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	70				

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 MS-002（クラス1管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		39		45		51		57	
2		40		46		52		58	
3		41		47		53		59	
36		42		48		54		70	
37		43		49		55		100	
38		44		50		56			

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス1管)

弁部の質量を下表に示す。

弁1

評価点	質量(kg)
60	
61	
62	
63	
64	

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス1管)

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	61			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス1管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
42						
** 43 **						
46						
49						
50						
** 51 **						
59						
** 59 **						
** 64 **						
70						
100						

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (重) R0

設計条件

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

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス2以下の管)

管名称	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	3.73	250	267.4	15.1	STS410	—	188000
2	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP	—	178000

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス2以下の管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	141	150	151	161	206	207
	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222
	223	224	225	226	227	228	241	242	250	251	261	270	306	307	308
	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323
	324	325	326	327	328	341	350	351	352	361	406	407	408	409	410
	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425
	426	427	428	441	442	450	451	452	453	460	461	506	507	508	509
	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524
	525	541	542	543	545	550	551	552	553	555	561	805			
2	129	130	228	229	328	329	428	429	525	526					

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (重) R0

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 MS-002（クラス2以下の管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
106		208		309		411		510	
107		209		310		412		511	
108		210		311		413		512	
109		211		312		414		513	
110		212		313		415		514	
111		213		314		416		515	
112		214		315		417		516	
113		215		316		418		517	
114		216		317		419		518	
115		217		318		420		519	
116		218		319		421		520	
117		219		320		422		521	
118		220		321		423		522	
119		221		322		424		523	
120		222		323		425		524	
121		223		324		426		525	
122		224		325		427		526	
123		225		326		428		541	
124		226		327		429		542	
125		227		328		441		543	
126		228		329		442		545	
127		229		341		450		550	
128		241		350		451		551	
129		242		351		452		552	
130		250		352		453		553	
141		251		361		460		555	
150		261		406		461		561	
151		270		407		506		805	
161		306		408		507			
206		307		409		508			
207		308		410		509			

K6 ① VI-2-5-2-1-2（重）R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
109						
111						
** 114 **						
115						
116						
** 122 **						
130						
** 150 **						
** 151 **						
209						
** 211 **						
212						
** 220 **						
229						
** 250 **						
** 270 **						
270						
313						
314						
315						
** 323 **						

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-002 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
329						
** 350 **						
351						
** 351 **						
352						
409						
411						
** 413 **						
415						
421						
422						
429						
** 450 **						
451						
** 452 **						
** 509 **						
510						
516						
** 519 **						
526						
550						
** 550 **						
** 551 **						
** 553 **						
** 555 **						

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (重) R0

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し, 管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MS-001

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	3.73	250	267.4	15.1	STS410	—	188000
2	3.73	250	267.4	15.1	STS410	—	188000
3	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP	—	178000
4	3.73	250	267.4	15.1	SUS316TP	—	178000

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 MS - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	141
	150	151	160	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	241
	250	251	261	299	306	307	308	309	310	311	312	313	341	350	351
	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
	421	422	441	442	450	451	461	992	993	994	995	996	997	998	
2	120	121	122	123	124	125	161	216	217	218	219	220	221	313	314
	315	316	317	318	319	320	321	322	323	361	997				
3	125	126	221	222	323	324									
4	422	423													

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 MS-001

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
106		141		222		321		419	
107		150		241		322		420	
108		151		250		323		421	
109		160		251		324		422	
110		161		261		341		423	
111		206		299		350		441	
112		207		306		351		442	
113		208		307		361		450	
114		209		308		406		451	
115		210		309		407		461	
116		211		310		408		992	
117		212		311		409		993	
118		213		312		410		994	
119		214		313		411		995	
120		215		314		412		996	
121		216		315		413		997	
122		217		316		414		998	
123		218		317		415			
124		219		318		416			
125		220		319		417			
126		221		320		418			

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
** 109 **						
** 111 **						
** 114 **						
115						
** 119 **						
126						
** 150 **						
** 151 **						
209						
210						
** 216 **						
222						
** 250 **						
** 251 **						
312						
313						
** 313 **						
** 316 **						
324						
** 350 **						
** 351 **						
351						

K6 ① VI-2-5-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-001

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
** 407 **						
408						
409						
415						
** 417 **						
423						
** 450 **						
** 451 **						
** 992 **						
** 997 **						

--

K6 ① VI-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	306	125	—	—	—
STS410	250	—	197	404	—
	306	122	—	—	—
STS480	306	138	—	—	—
SUS316TP	250	—	139	432	—

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VI-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VI-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 (m)	減衰定数 (%)
MS-002	原子炉遮蔽壁		
MS-001	原子炉遮蔽壁		

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-002

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					
14 次					
15 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 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-002

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				
14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)

鳥瞰図 MS-002

代表的振動モード図(2次)

50

鳥瞰図 MS-002

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-001

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				
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 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-001

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				

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)

55

鳥瞰図 MS-001

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

鳥瞰図 MS-001

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	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
					$S_{p r m}(S s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	
MS-002	V _A S	100	TEE	$S_{p r m}(S s)$	106	375	—	—	—	—	—
	V _A S	100	TEE	$S_t(S s)$	—	—	38	91	—	—	—
	V _A S	41	ELBOW	$S_n(S s)$	—	—	—	—	238	366	—
	V _A S	100	TEE	U+U _S s	—	—	—	—	—	—	0.0741

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 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
MS-002	$V_A S$	429	$S_{pr m}(S_s)$	211	388	—	—	—
	$V_A S$	429	$S_n(S_s)$	—	—	468	278	0.3953

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 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
MS-001	$V_A S$	324	$S_{pr m}(S_s)$	111	388	—	—	—
	$V_A S$	126	$S_n(S_s)$	—	—	538	278	0.4400

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)
KMS-102-003B	ロッドレストレイント	RST-3	VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照		61	129
MS-001-408H	スプリングハンガ	VS60S-15			16	20
MS-003-451S	メカニカルスナップ	SMS-10-100			129	150

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			
KMS-102-017R	レストレイント	架構	SUS304	200	80	0	100	—	—	—	組合せ	115	194
DU10-242-01	アンカ	ラグ	SUS304	200	2	2	4	1	2	1	組合せ	160	388

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、計算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 V _A S												
		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-002	100	106	375	3.53	○	41	238	366	1.53	○	100	0.0741	○

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 V _A S												
		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	KMS-101	24	102	388	3.80	—	24	97	278	2.86	—	—	—	—
2	KMS-102	25	105	388	3.69	—	25	93	278	2.98	—	—	—	—
3	KMS-103	25	89	388	4.35	—	25	95	278	2.92	—	—	—	—
4	KMS-104	6	121	388	3.20	—	6	148	278	1.87	—	—	—	—
5	KMS-105	9	91	388	4.26	—	9	110	278	2.52	—	—	—	—
6	KMS-106	11	92	388	4.21	—	25	93	278	2.98	—	—	—	—
7	KMS-107	11	93	388	4.17	—	25	95	278	2.92	—	—	—	—
8	KMS-108	11	100	388	3.88	—	25	93	278	2.98	—	—	—	—
9	KMS-109	24	110	388	3.52	—	24	103	278	2.69	—	—	—	—
10	KMS-110	25	101	388	3.84	—	25	95	278	2.92	—	—	—	—
11	MS-001	324	111	388	3.49	—	126	538	278	0.51	○	126	0.4400	○
12	MS-002	429	211	388	1.83	○	429	468	278	0.59	—	429	0.3953	—
13	MS-003	229	178	388	2.17	—	129	441	278	0.63	—	129	0.1528	—
14	MS-004	323	128	388	3.03	—	323	482	278	0.57	—	323	0.3264	—

(続き)

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 勞 累 積 係 数	代 表
15	MS-006	24	84	388	4.61	—	24	137	278	2.02	—	—	—	—
16	MS-007	10	86	388	4.51	—	24	139	278	2.00	—	—	—	—
17	MS-008	24	87	388	4.45	—	24	135	278	2.05	—	—	—	—
18	MS-009	11	95	388	4.08	—	25	139	278	2.00	—	—	—	—
19	MS-010	24	88	388	4.40	—	24	135	278	2.05	—	—	—	—
20	MS-011	11	91	388	4.26	—	25	137	278	2.02	—	—	—	—
21	MS-012	24	84	388	4.61	—	24	135	278	2.05	—	—	—	—
22	MS-013	24	87	388	4.45	—	24	135	278	2.05	—	—	—	—
23	HPIN-A02	70	113	371	3.28	—	70	215	300	1.39	—	—	—	—
24	HPIN-B02	202	89	371	4.16	—	202	171	300	1.75	—	—	—	—
25	HPINMS-02	153	86	371	4.31	—	120	159	300	1.88	—	—	—	—
26	HPINMS-03	216	134	371	2.76	—	216	281	300	1.06	—	—	—	—
27	HPINMS-04	70	132	371	2.81	—	70	226	300	1.32	—	—	—	—
28	HPINMS-05	1	138	371	2.68	—	1	283	300	1.06	—	—	—	—