

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-2-059-6 改2
提出年月日	2020年 6月24日

V-2-別添 1-6 消火配管の耐震計算書

K7 ① V-2-別添 1 R0

2020年 6月

東京電力ホールディングス株式会社

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
2.1.1 二酸化炭素消火設備	3
2.1.2 小空間固定式消火設備	5
2.1.3 SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備	94
2.1.4 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備	98
2.1.5 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備	99
2.2 鳥瞰図	101
2.2.1 二酸化炭素消火設備	102
2.2.2 小空間固定式消火設備	103
2.2.3 SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備	105
2.2.4 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備	107
2.2.5 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備	120
3. 計算条件	121
3.1 計算方法	121
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	121
3.3 設計条件	122
3.3.1 二酸化炭素消火設備	122
3.3.2 小空間固定式消火設備	125
3.3.3 SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備	129
3.3.4 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備	133
3.3.5 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備	142
3.4 材料及び許容応力	144
3.5 設計用地震力	144
4. 解析結果及び評価	145
4.1 固有周期及び設計震度	145
4.1.1 二酸化炭素消火設備	145
4.1.2 小空間固定式消火設備	150
4.1.3 SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備	154
4.1.4 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備	156
4.1.5 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備	161
4.2 評価結果	166
4.2.1 管の応力評価結果	166
4.2.2 支持構造物評価結果	171

4.2.3	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	174
4.2.4	動的機能の評価結果	186

1. 概要

本計算書は、V-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下「V-2-別添 1-1」という。）にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、管及び支持構造物が設計用地震力に対して十分な構造強度又は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、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 4.2.3 に記載する。

(2) 支持構造物




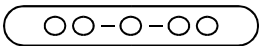


工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式ごとに反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 機能維持評価

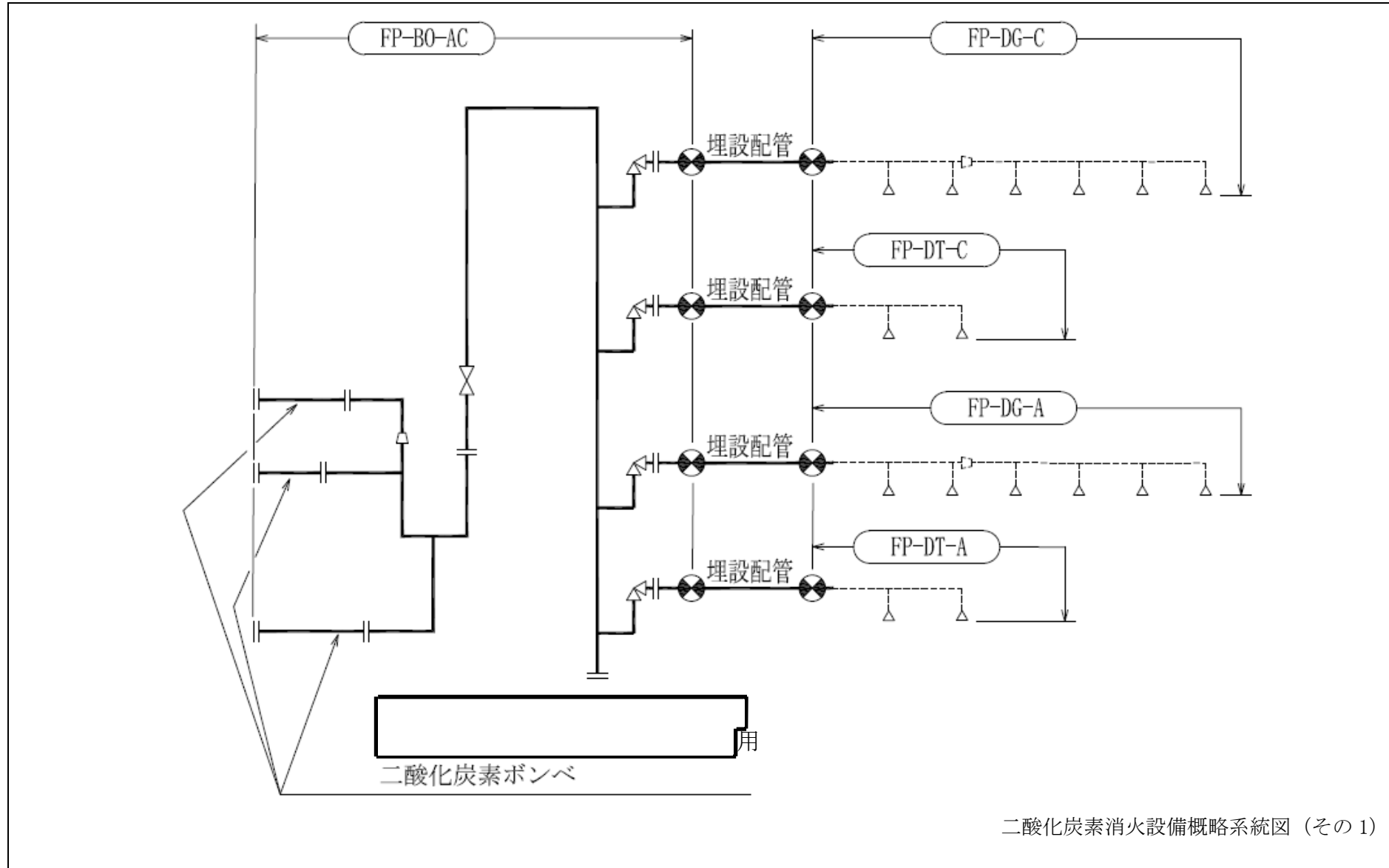
消火配管のうち、電源盤・制御盤消火設備及びケーブルトレイ消火設備については、基準地震動 S_s による動的機能を有していることを機能維持評価用加速度と健全性を確認した機能確認済加速度との比較により評価する。ケーブルトレイ消火設備について様々な設置場所に設置していることから、設置建屋における最大の応答加速度を機能維持評価用加速度とする。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

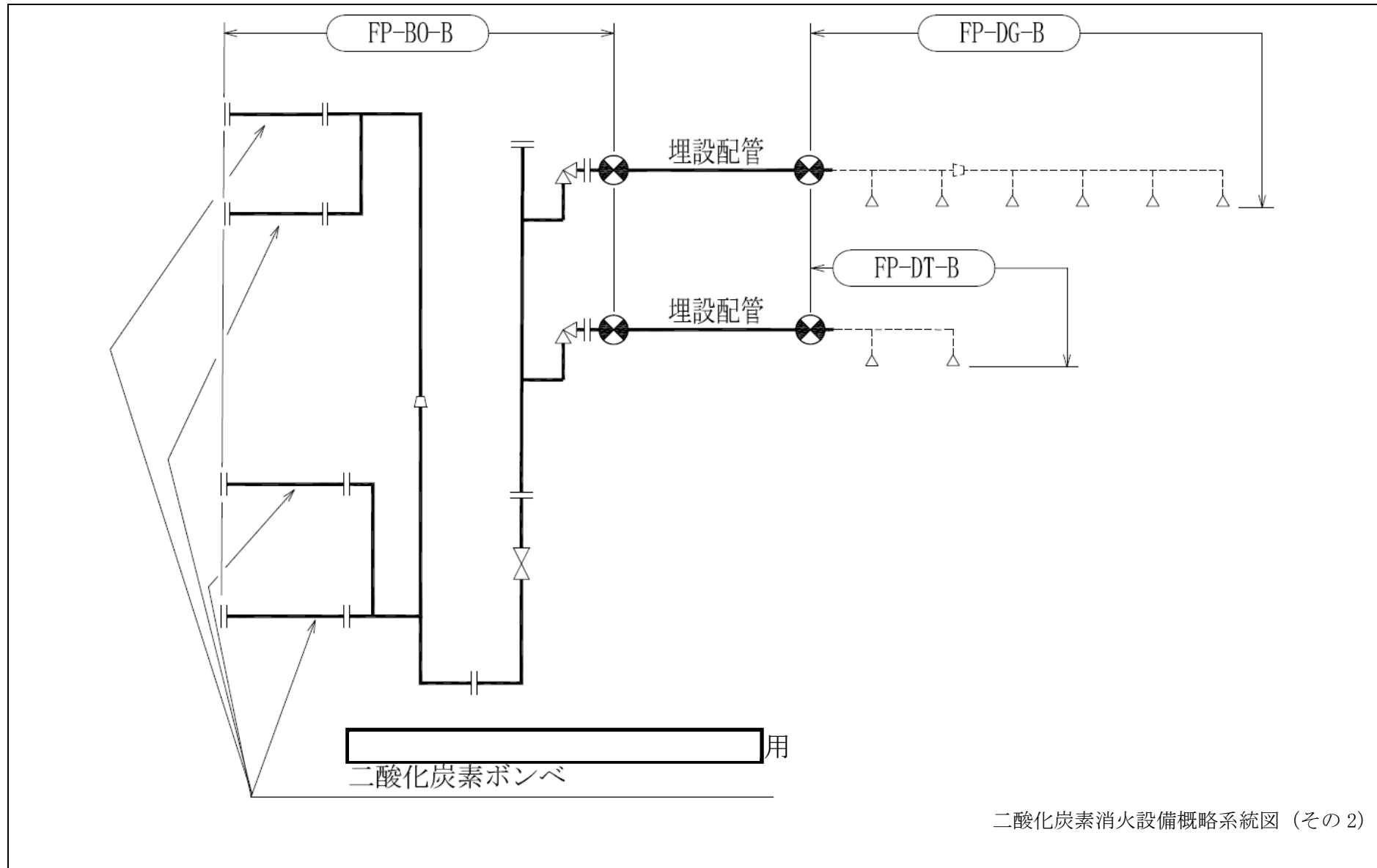
2.1 概略系統図

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
	噴射ヘッド

2.1.1 二酸化炭素消火設備

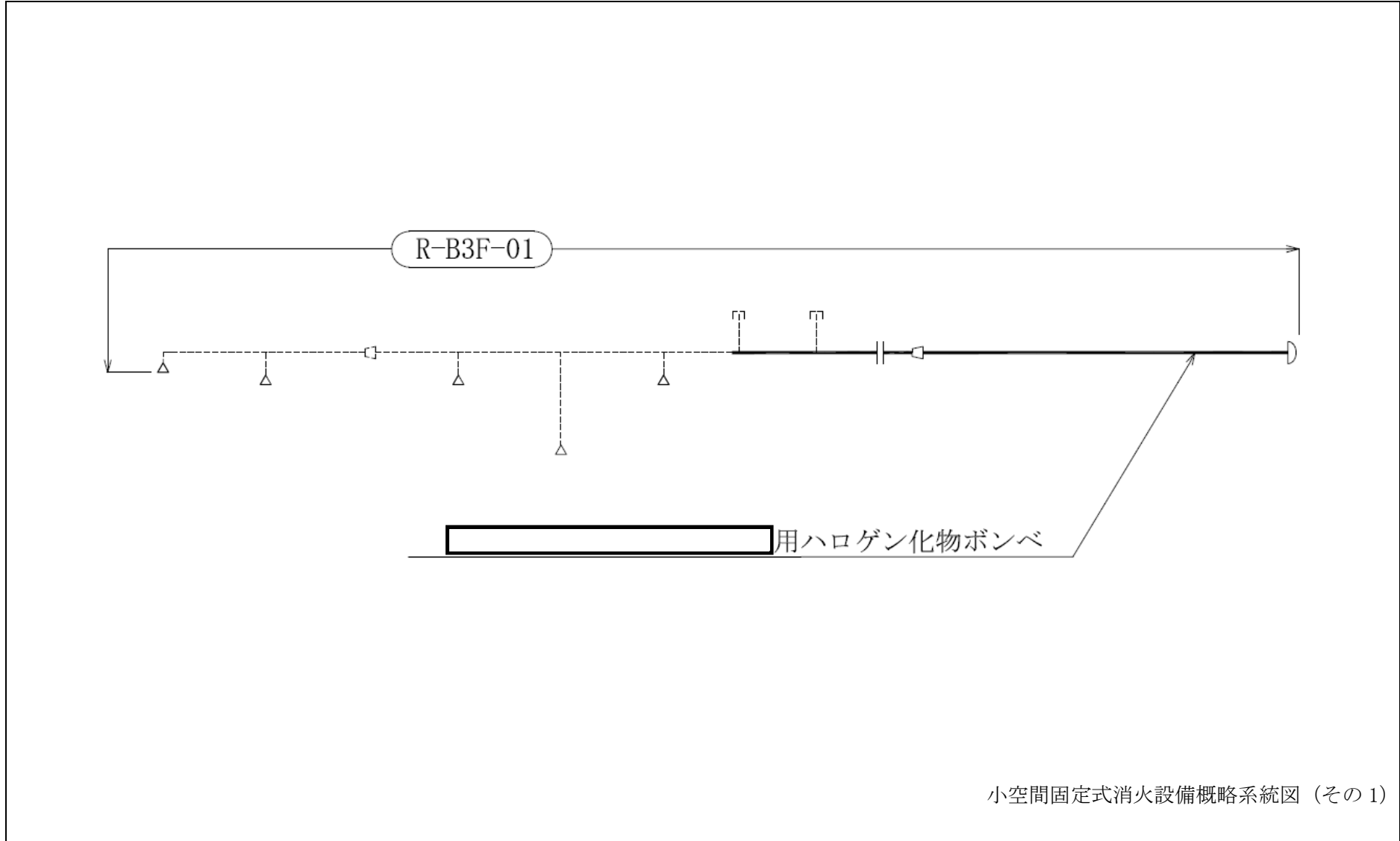


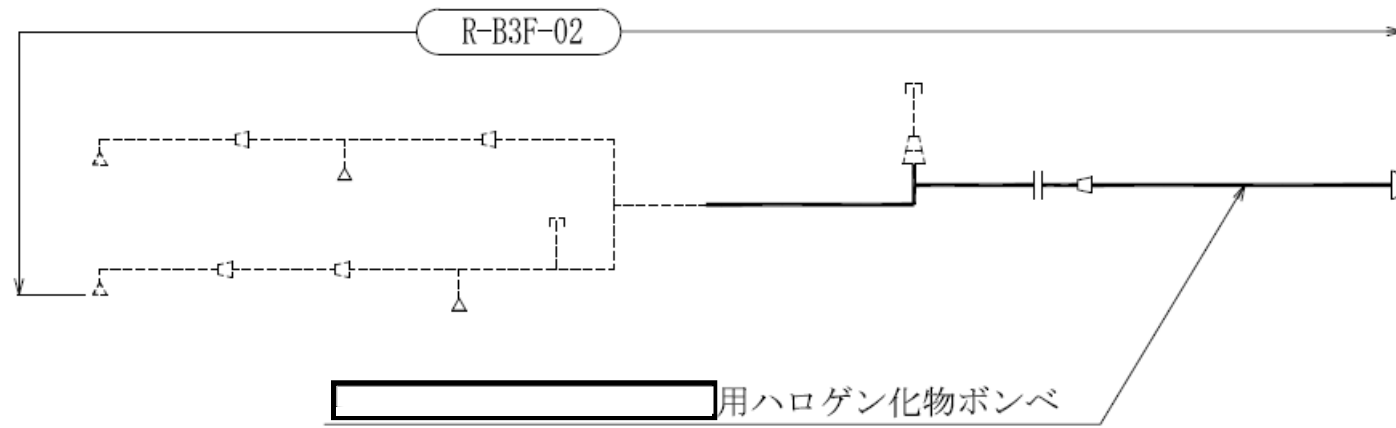
二酸化炭素消火設備概略系統図（その1）



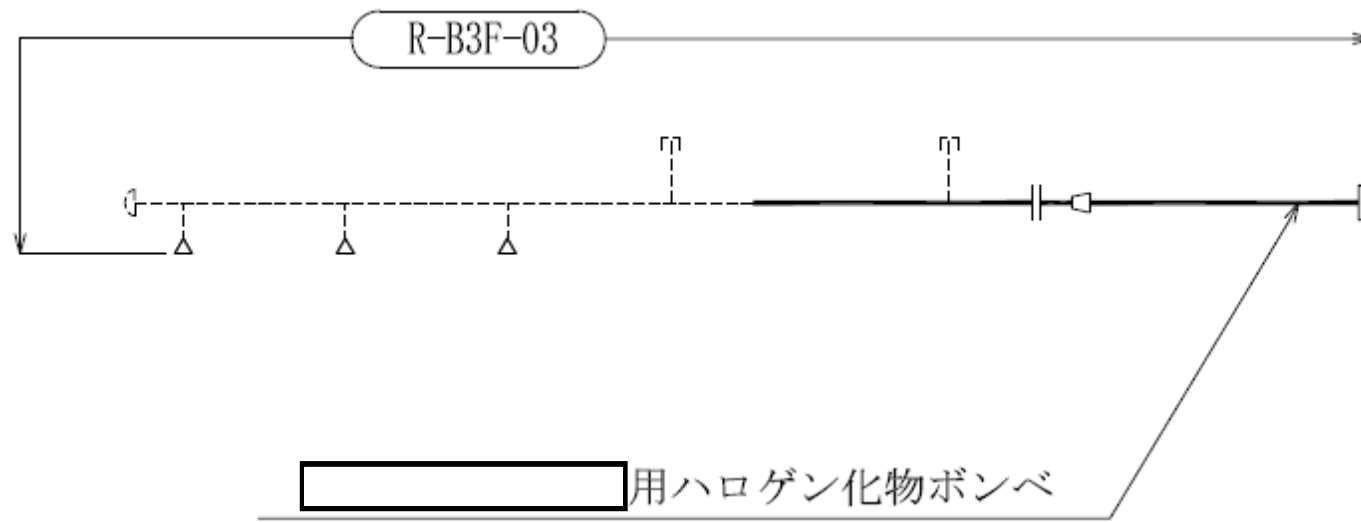
二酸化炭素消火設備概略系統図 (その2)

2.1.2 小空間固定式消火設備

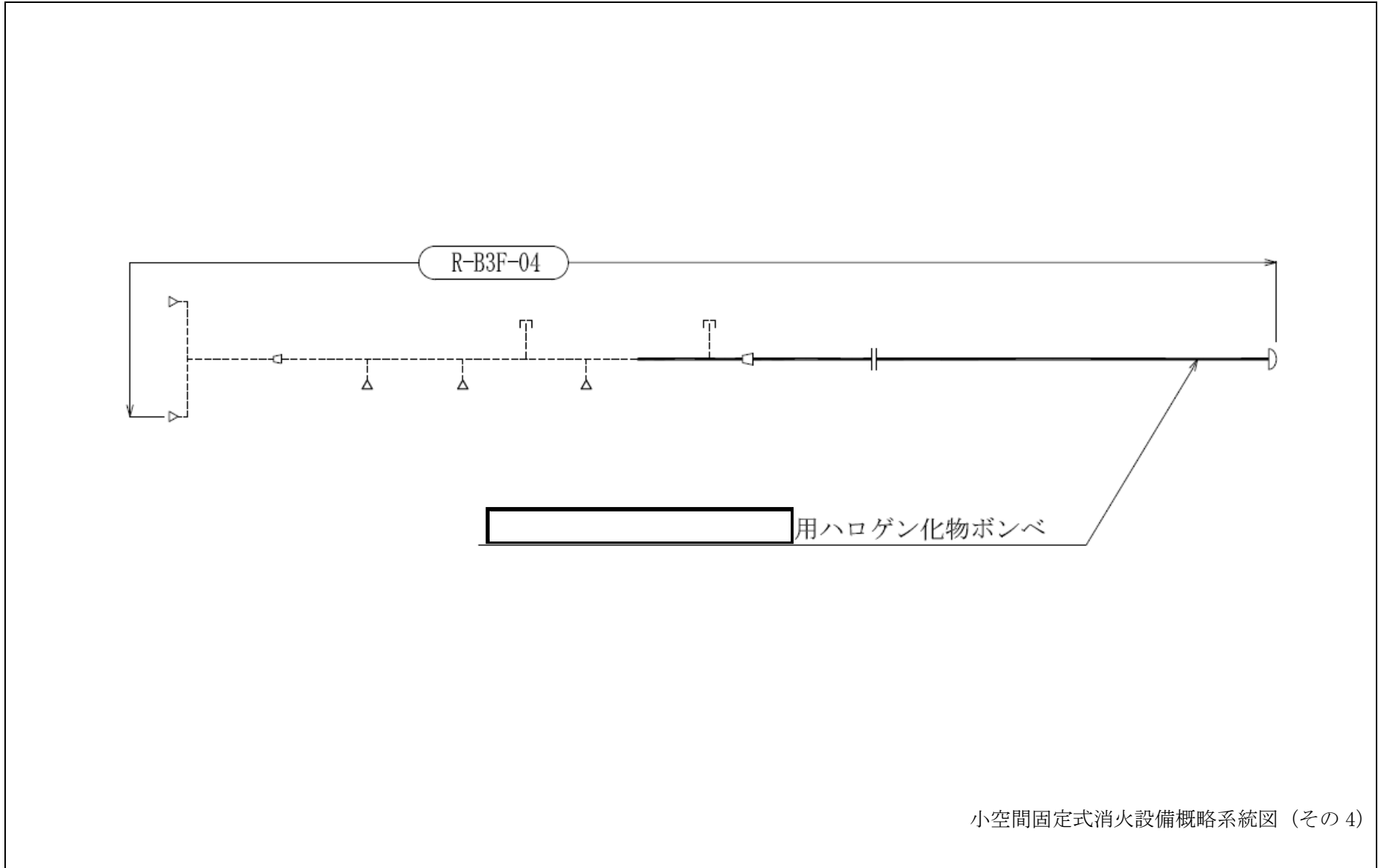




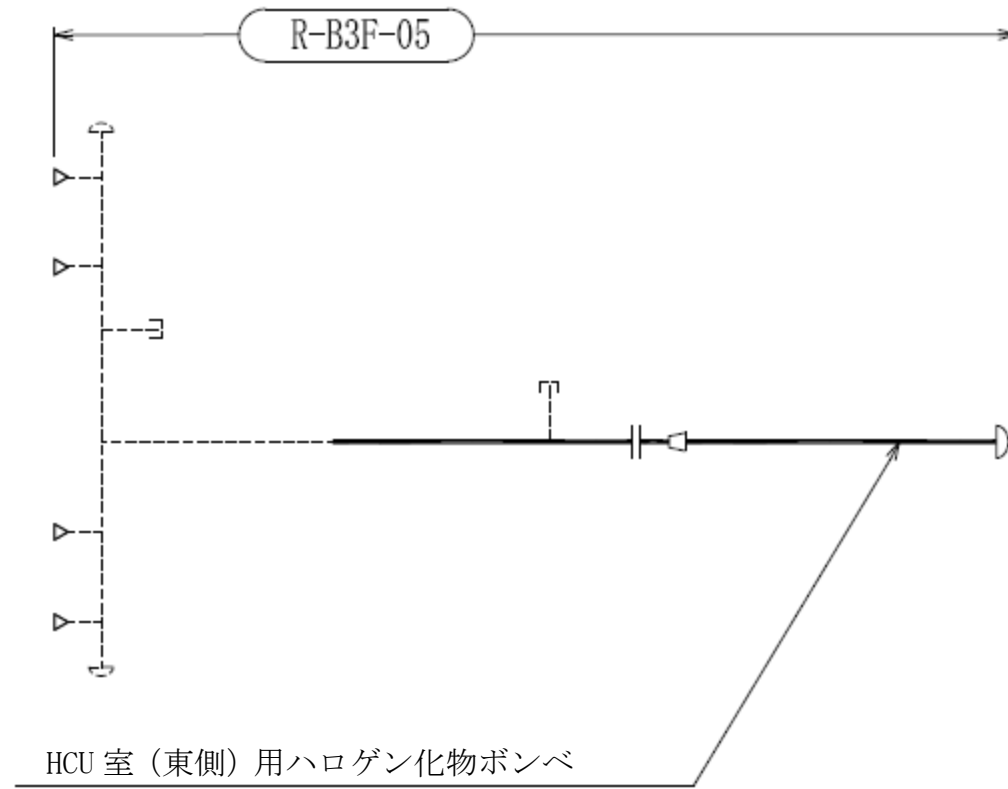
小空間固定式消火設備概略系統図（その2）



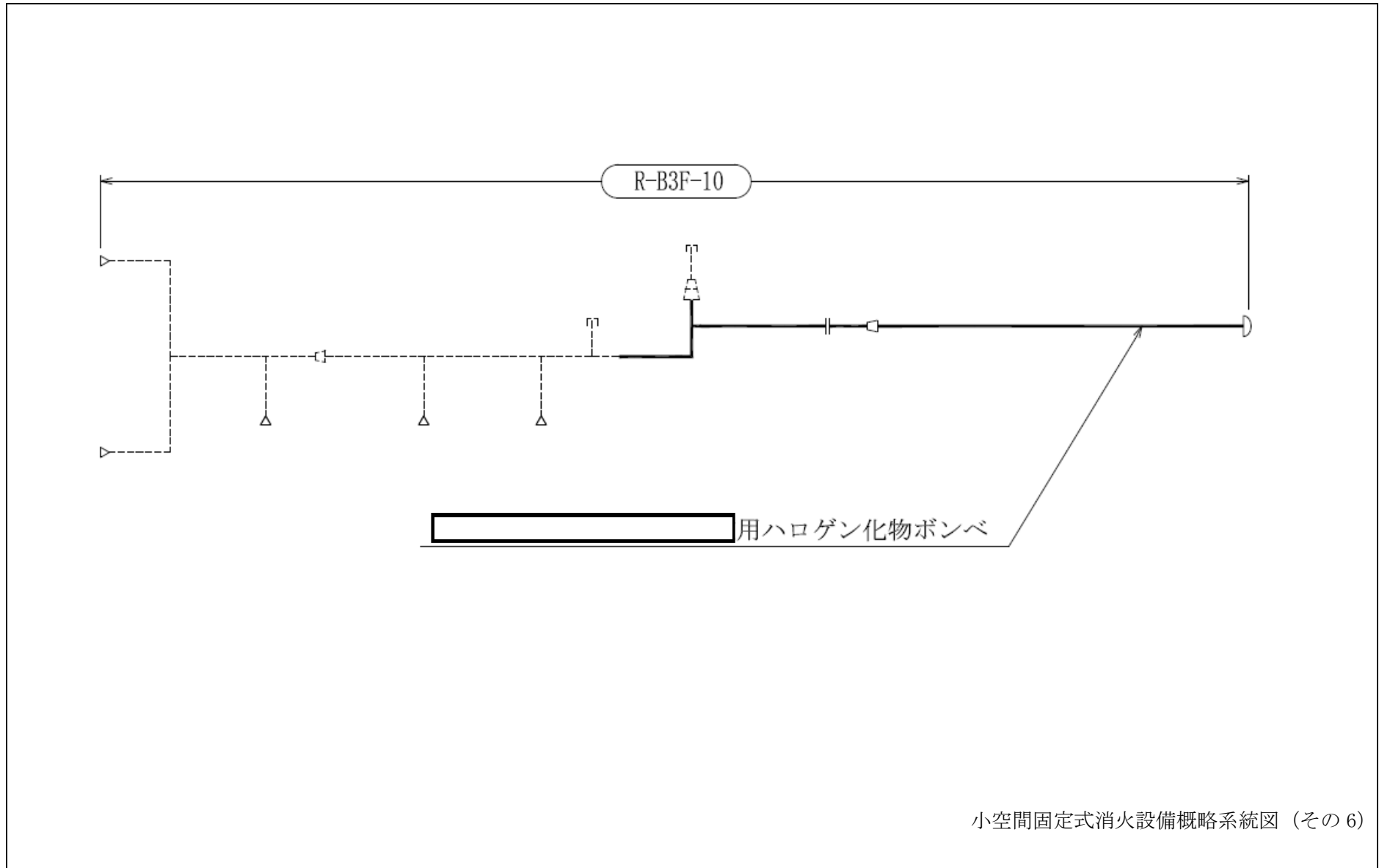
小空間固定式消火設備概略系統図 (その3)



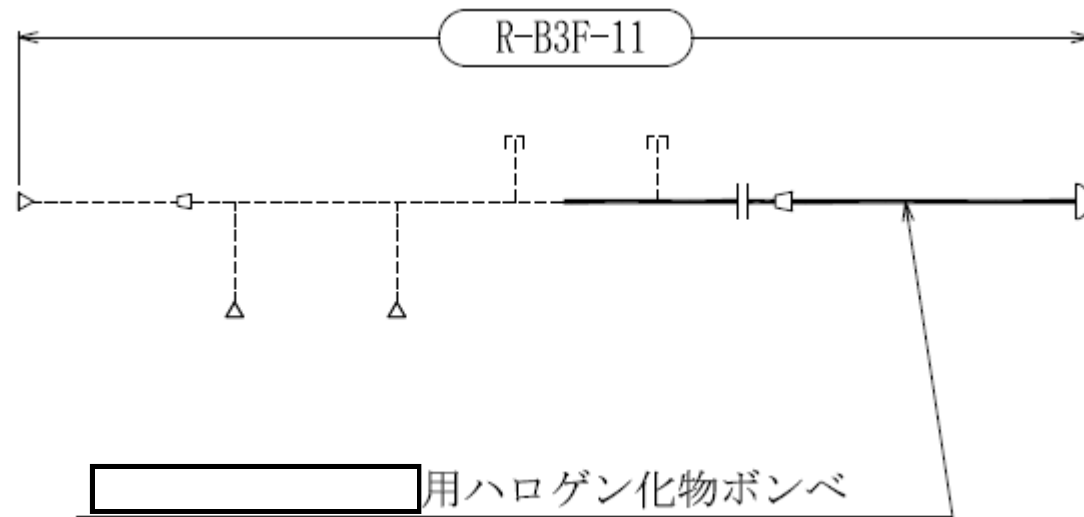
小空間固定式消火設備概略系統図（その4）



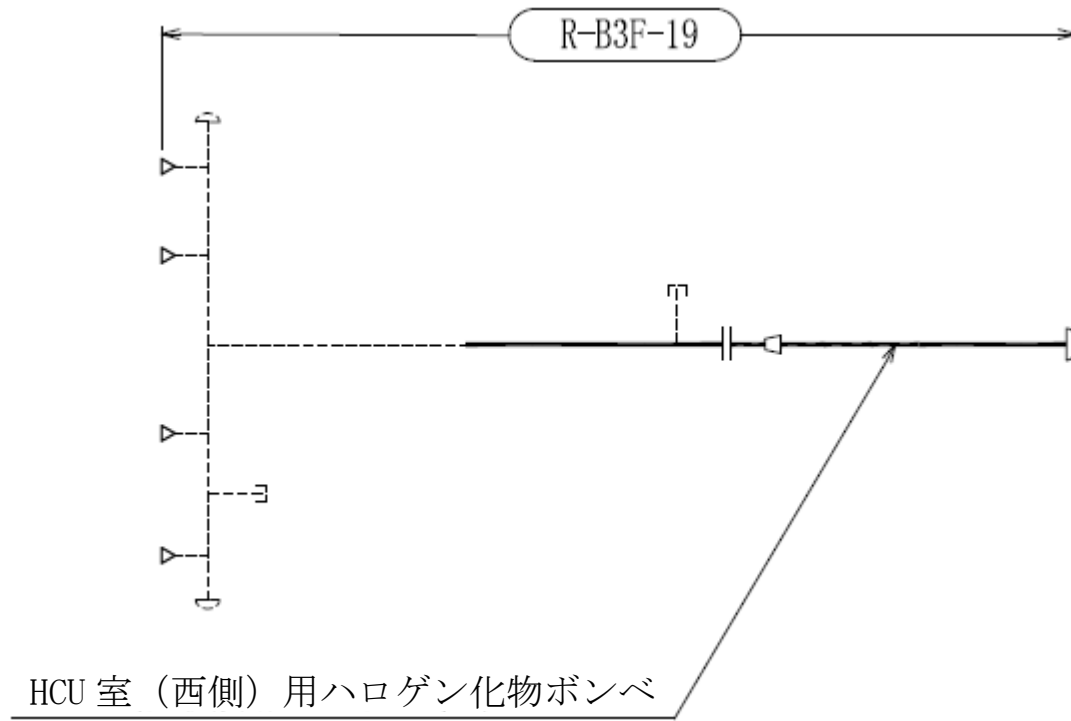
小空間固定式消火設備概略系統図 (その5)



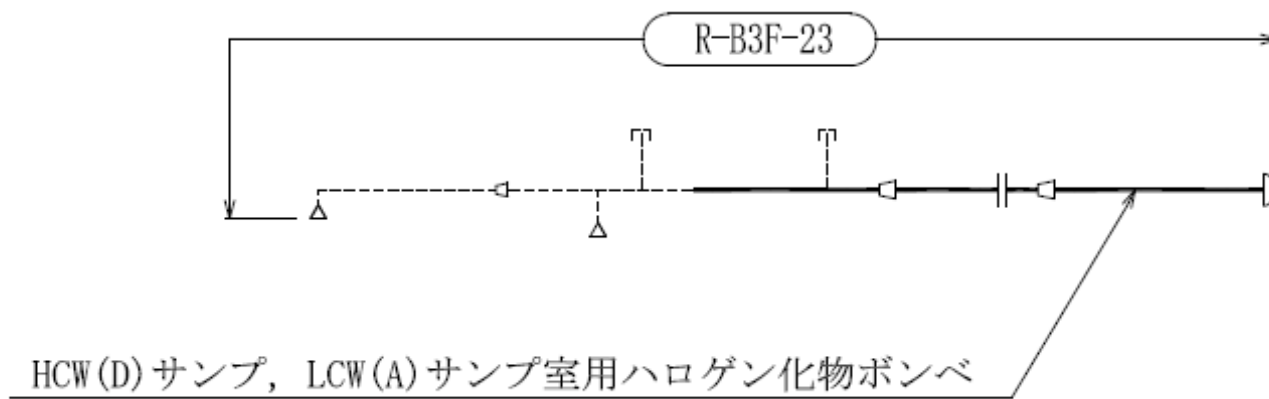
小空間固定式消火設備概略系統図 (その6)



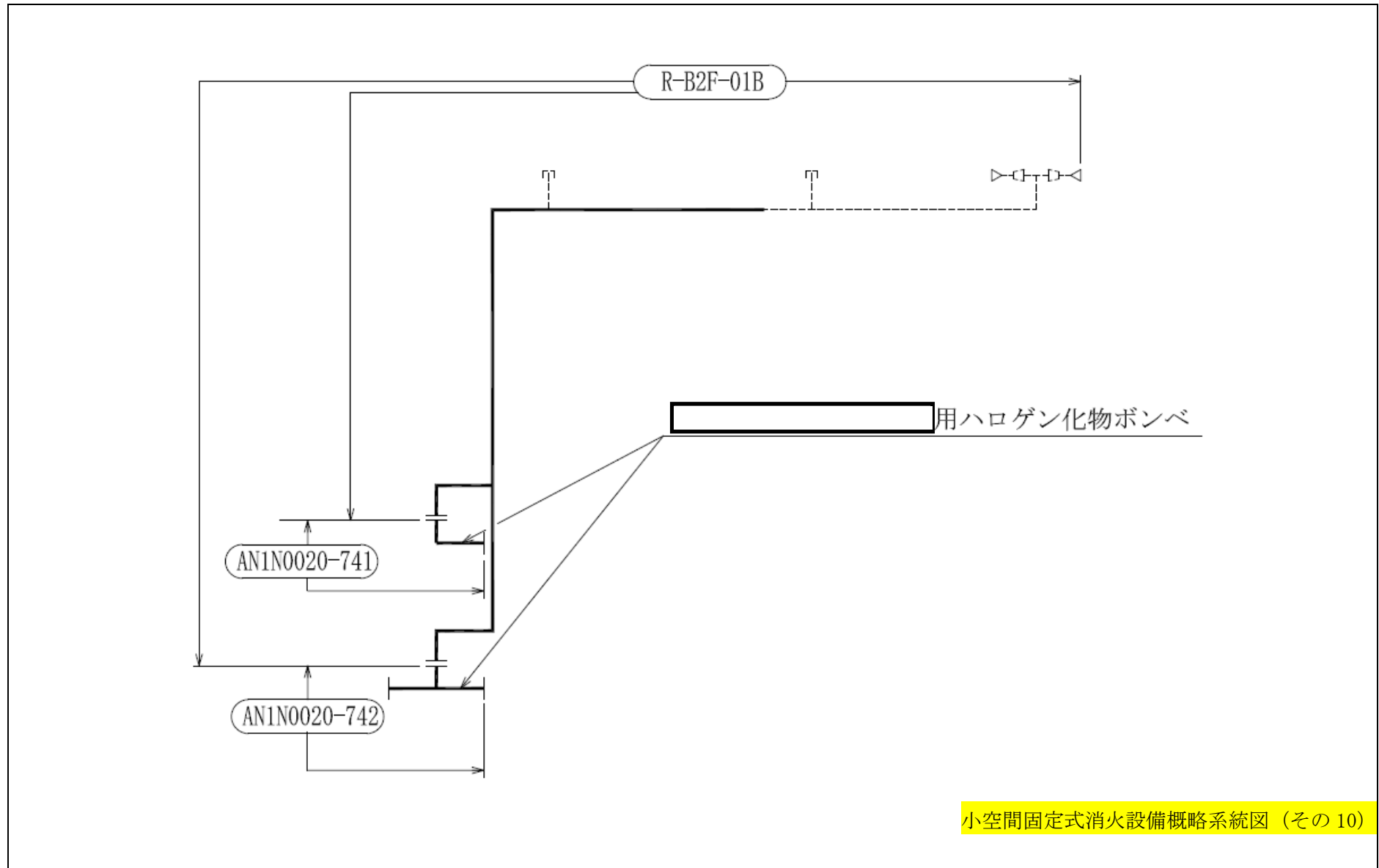
小空間固定式消火設備概略系統図 (その7)

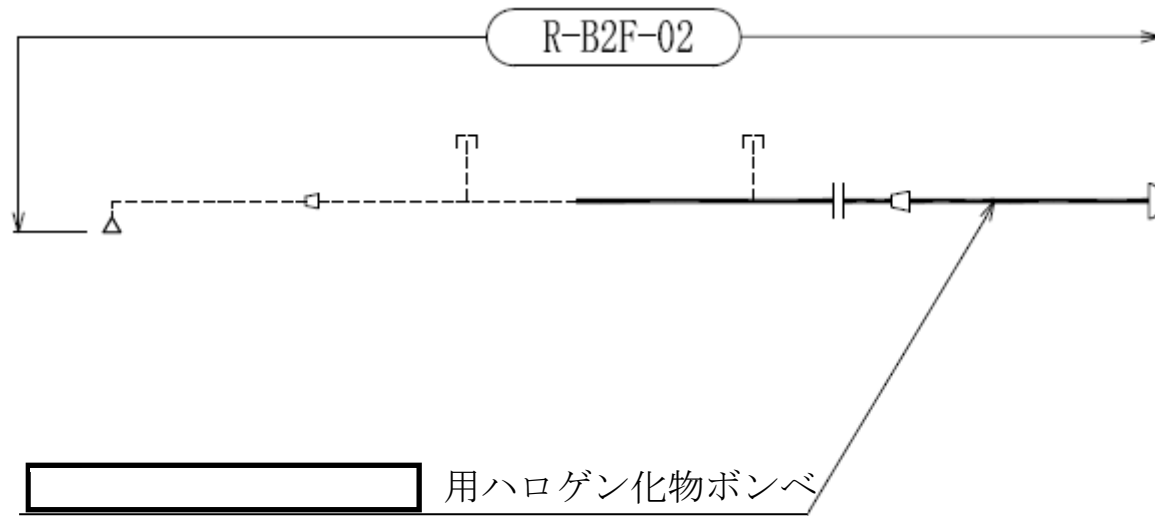


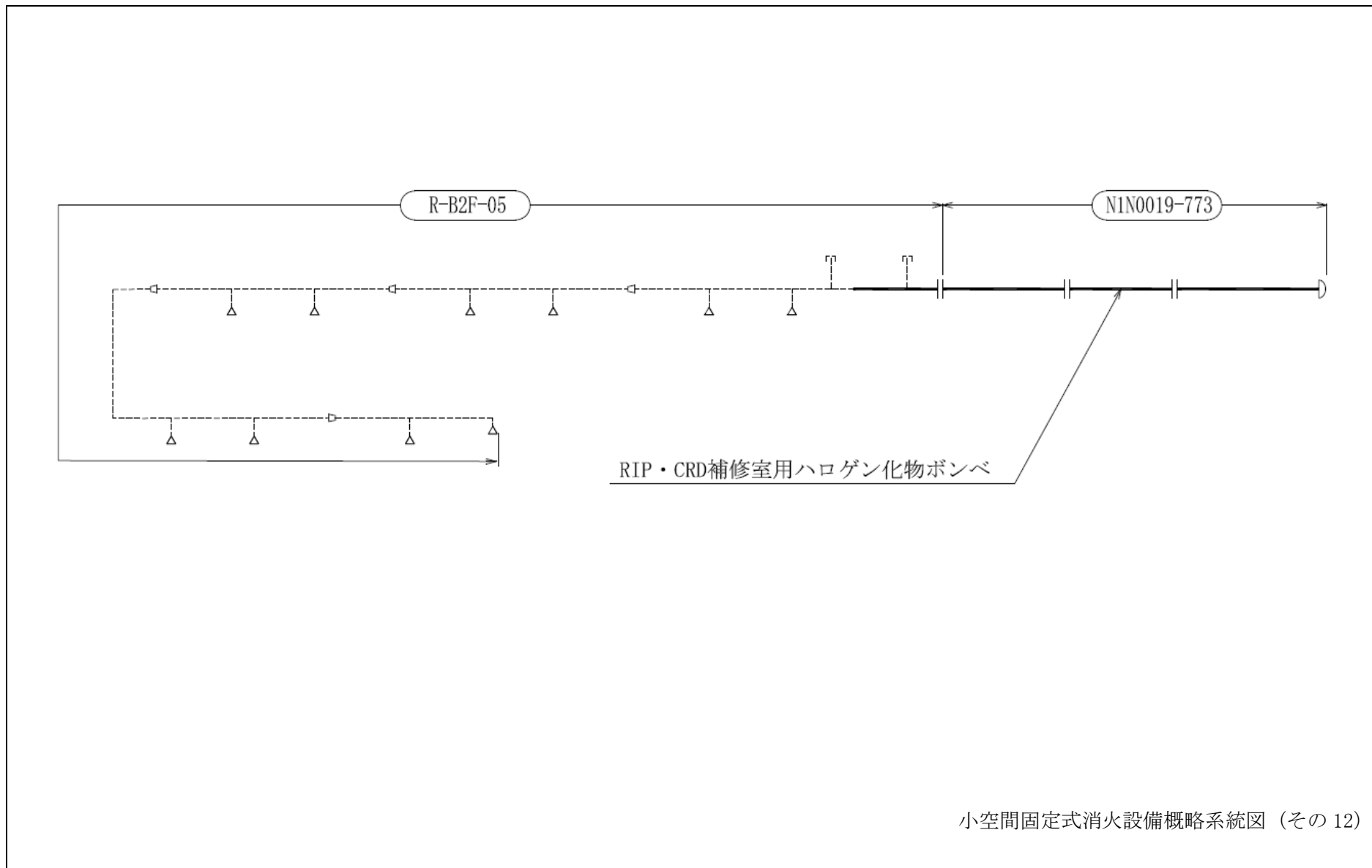
小空間固定式消火設備概略系統図（その8）

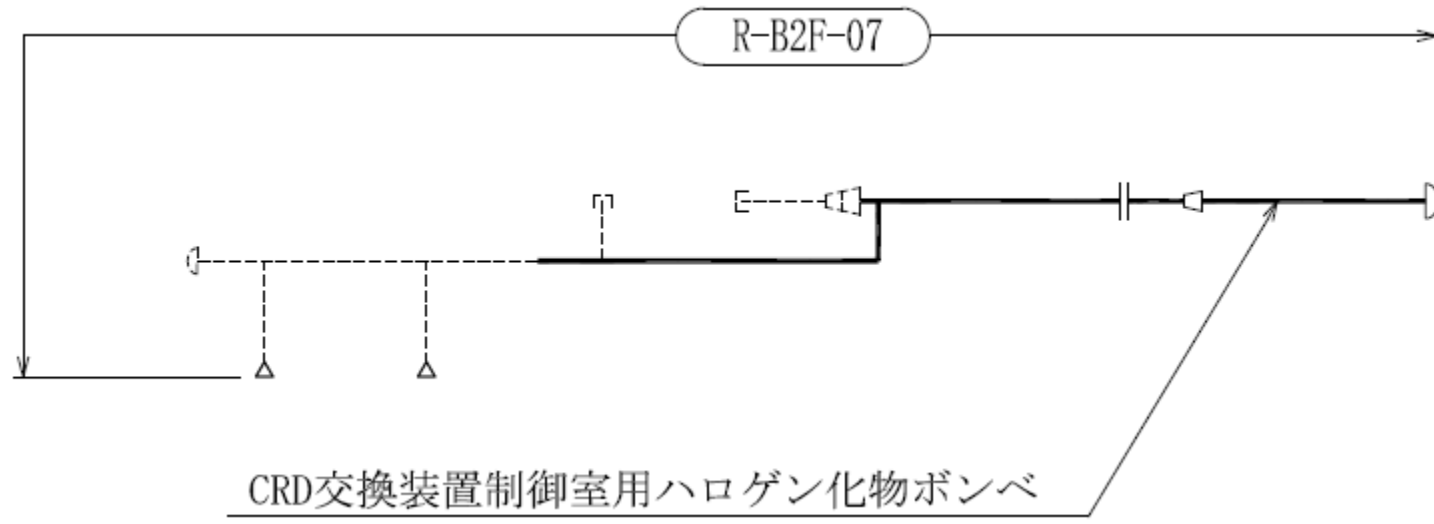


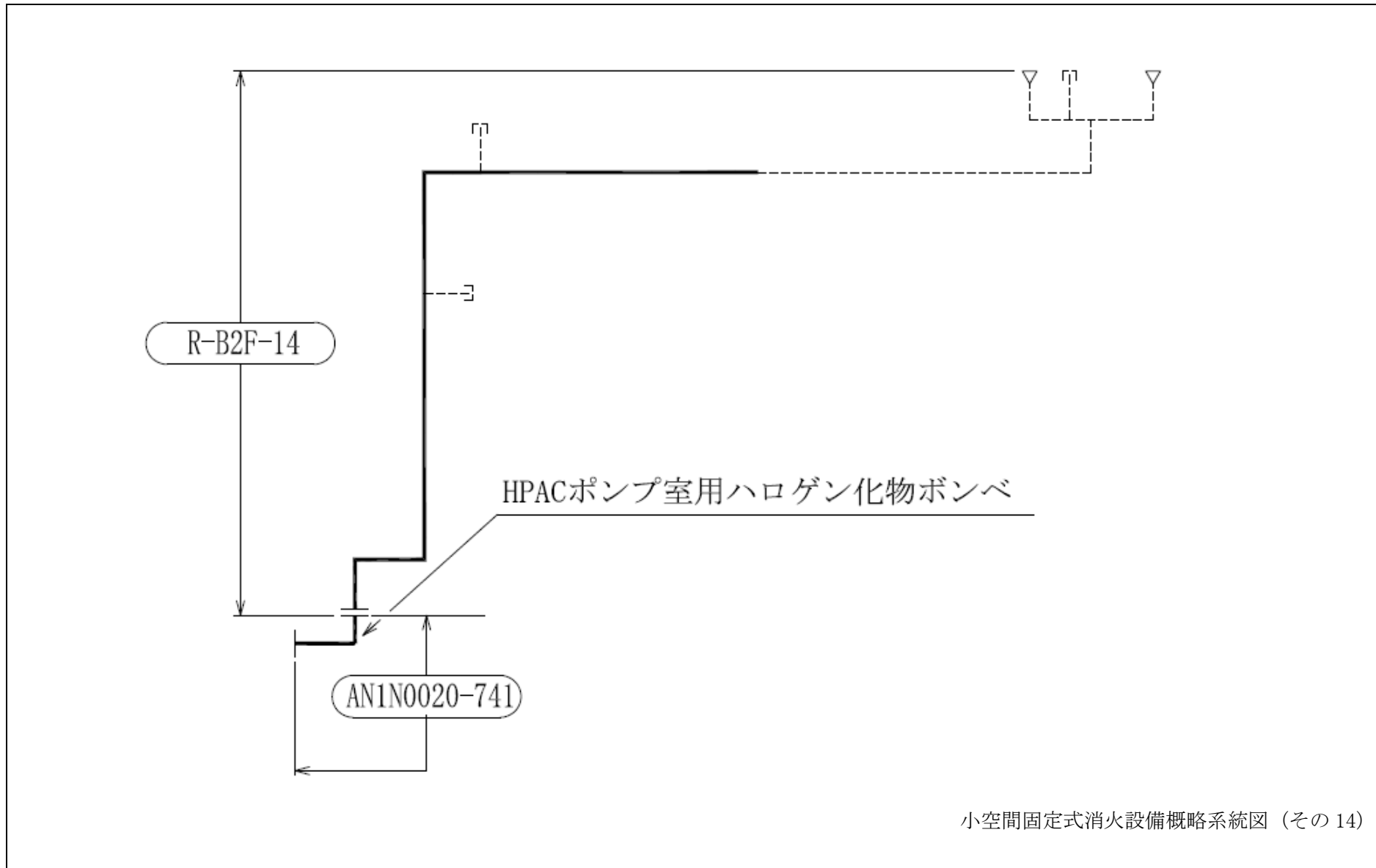
小空間固定式消火設備概略系統図 (その9)



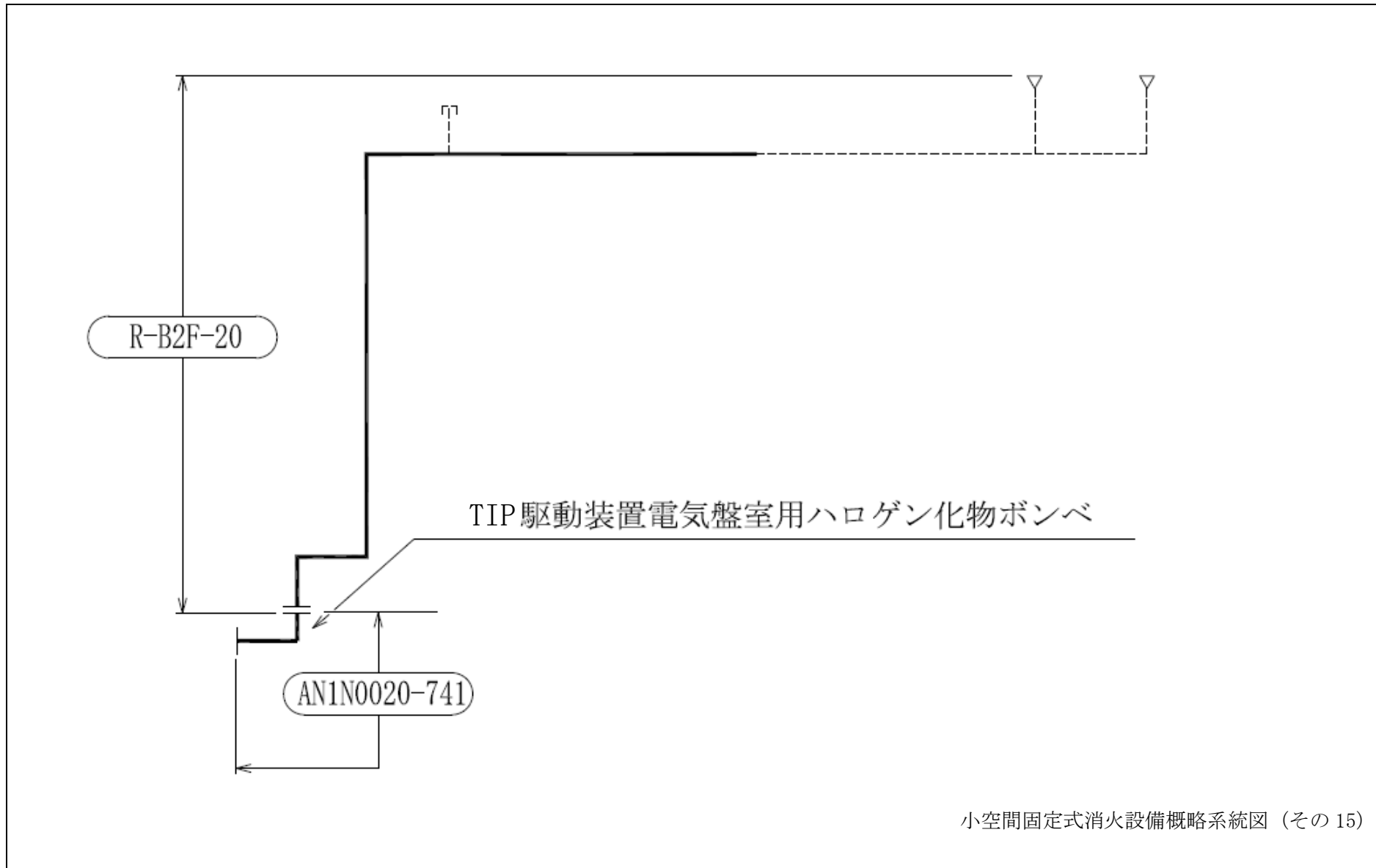


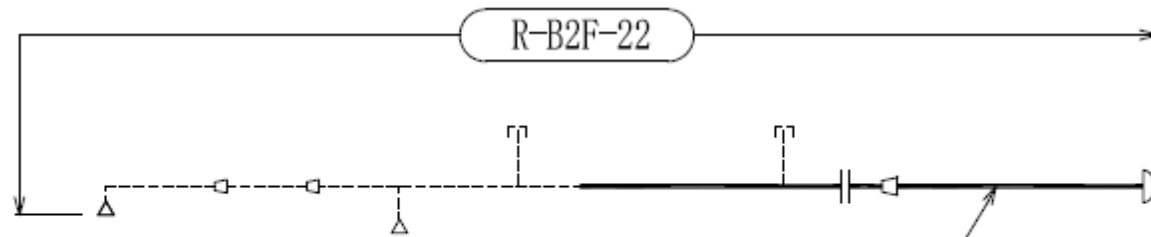




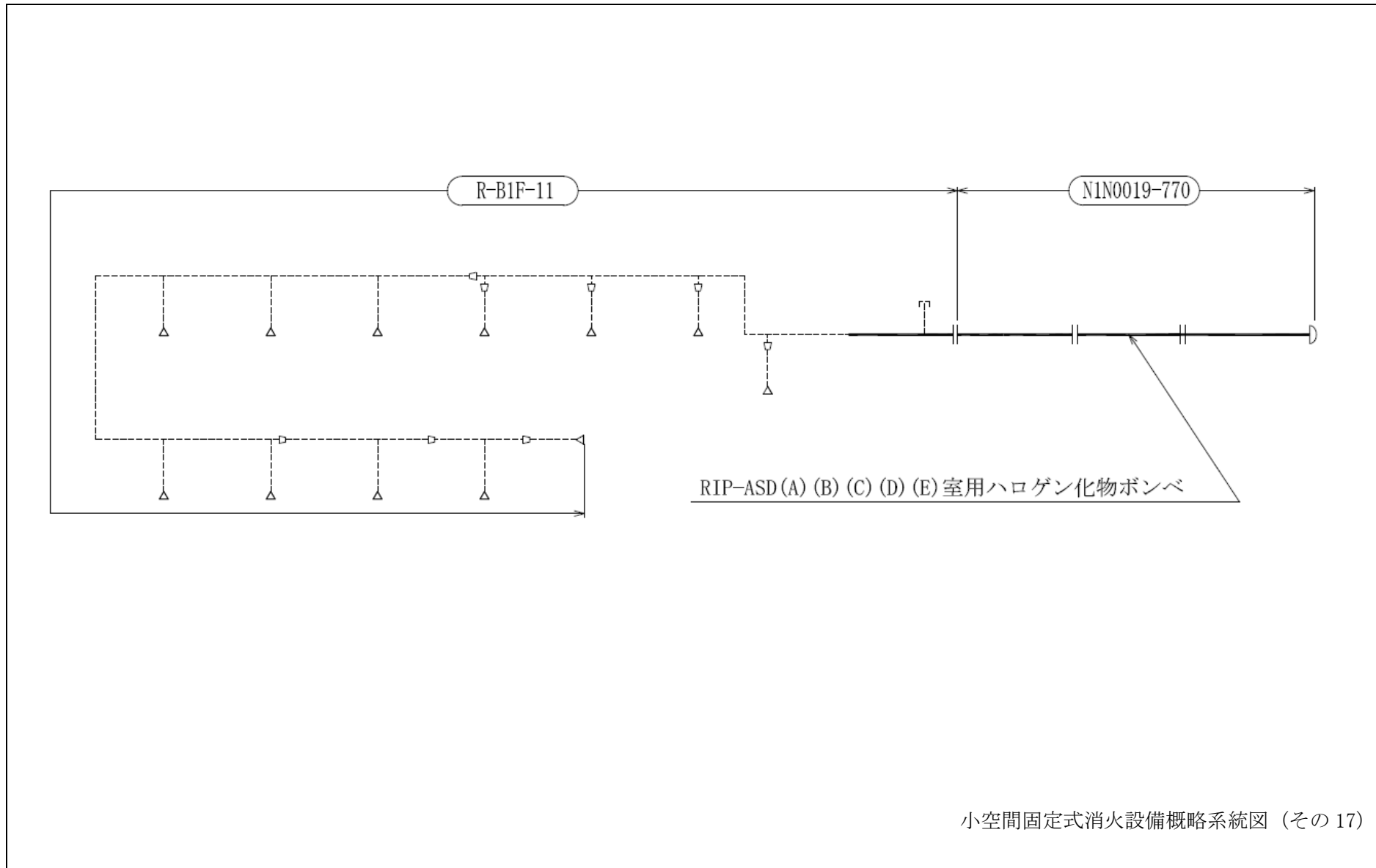


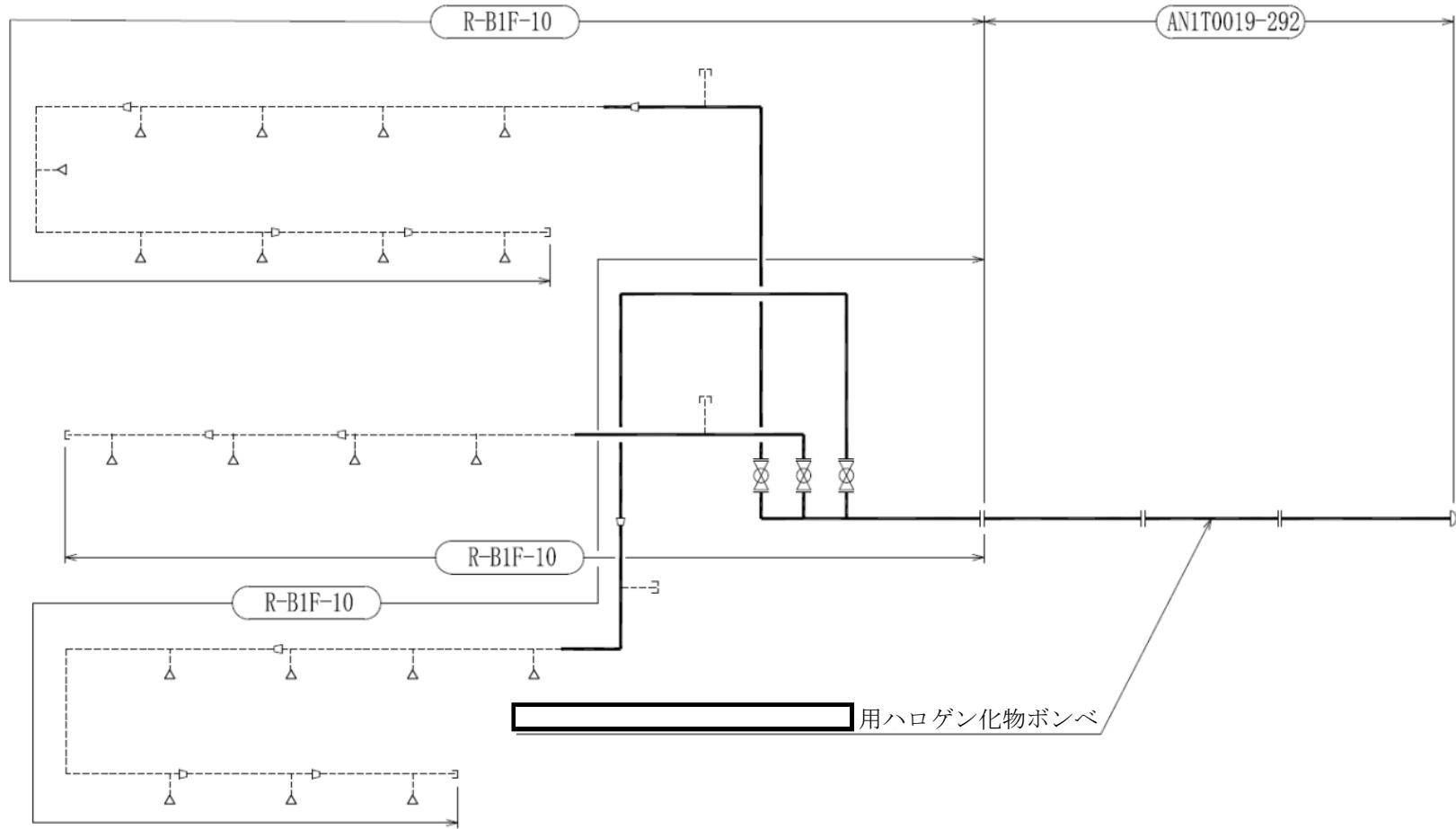
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 14)



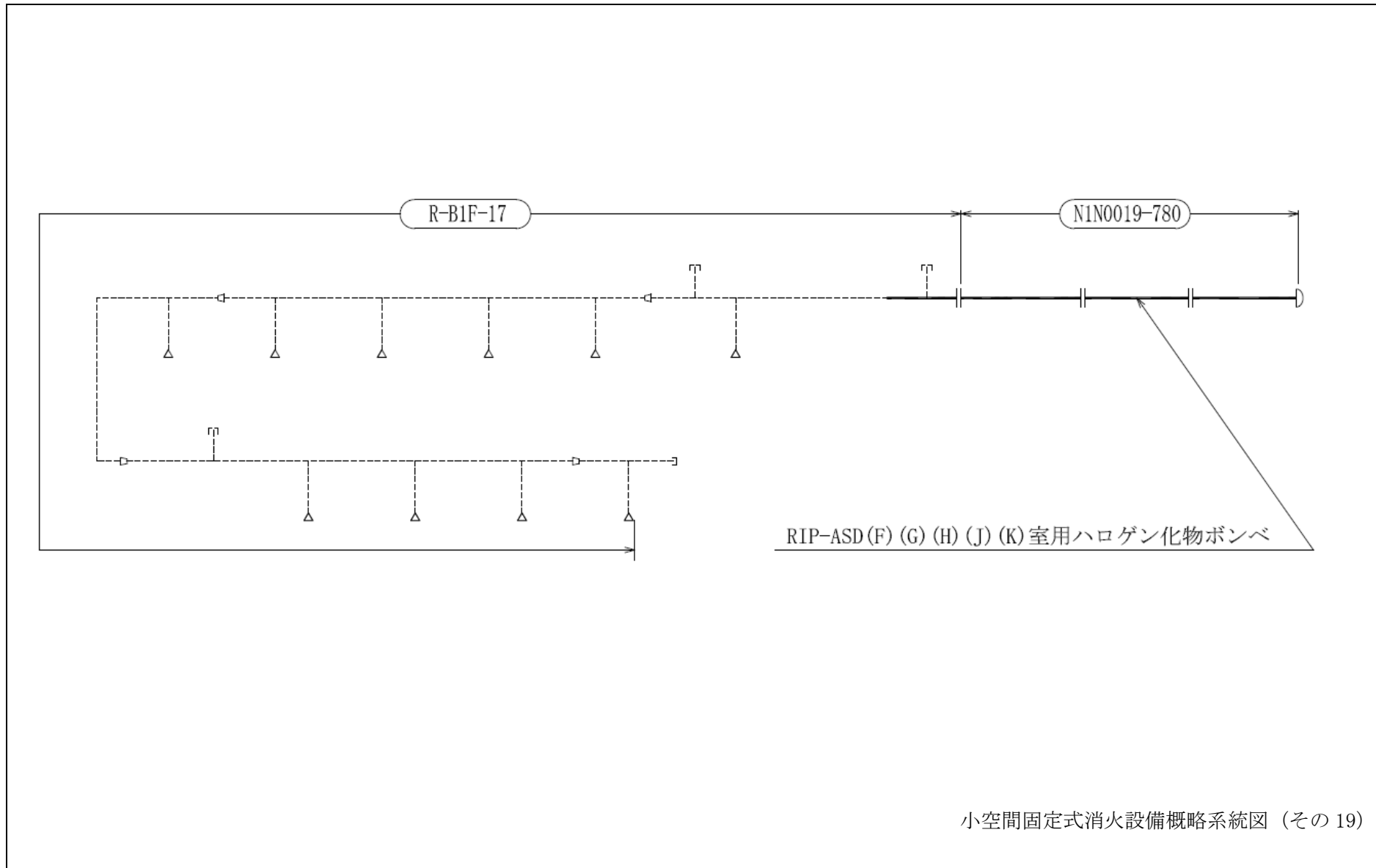


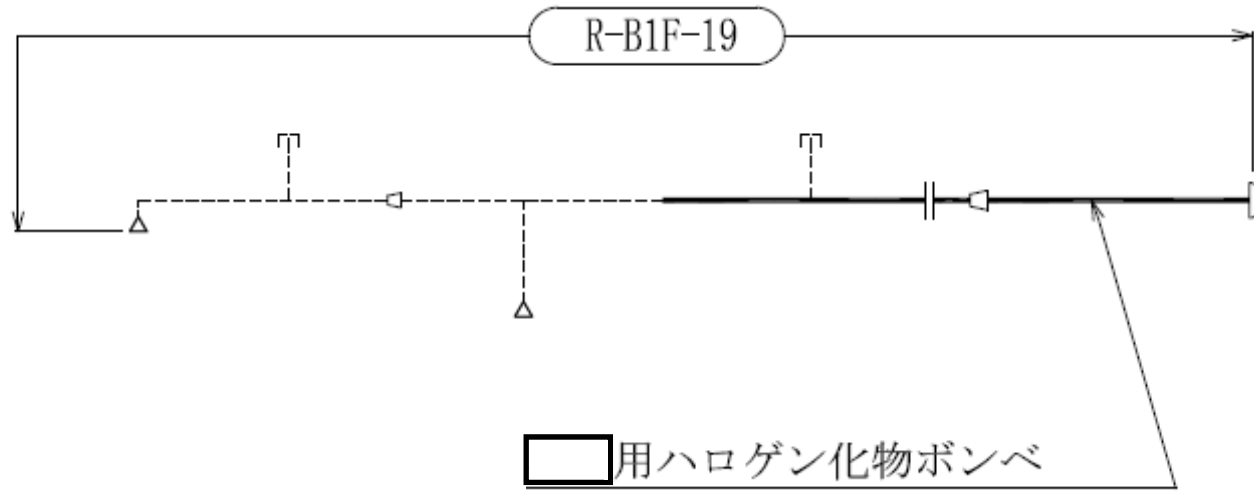
連絡トレンチ (R/B B2F) 用ハロゲン化物ボンベ



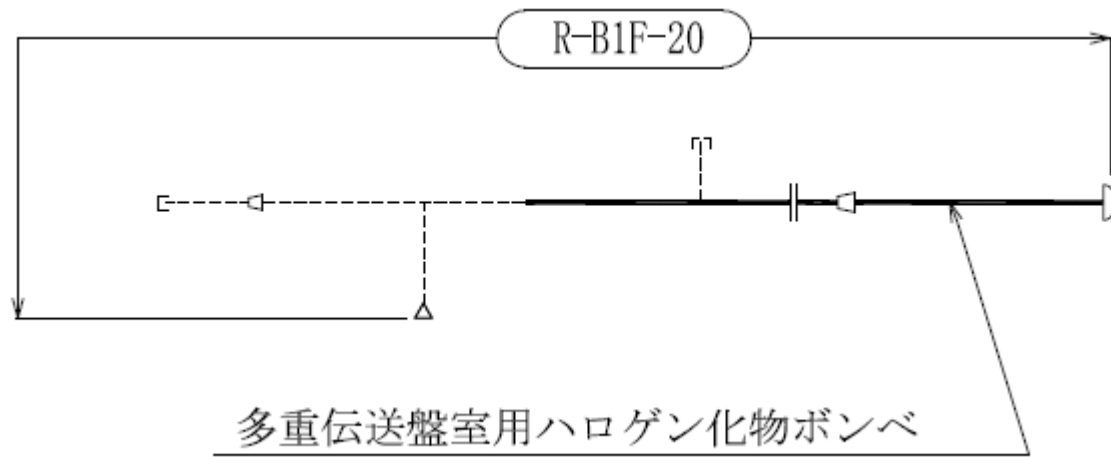


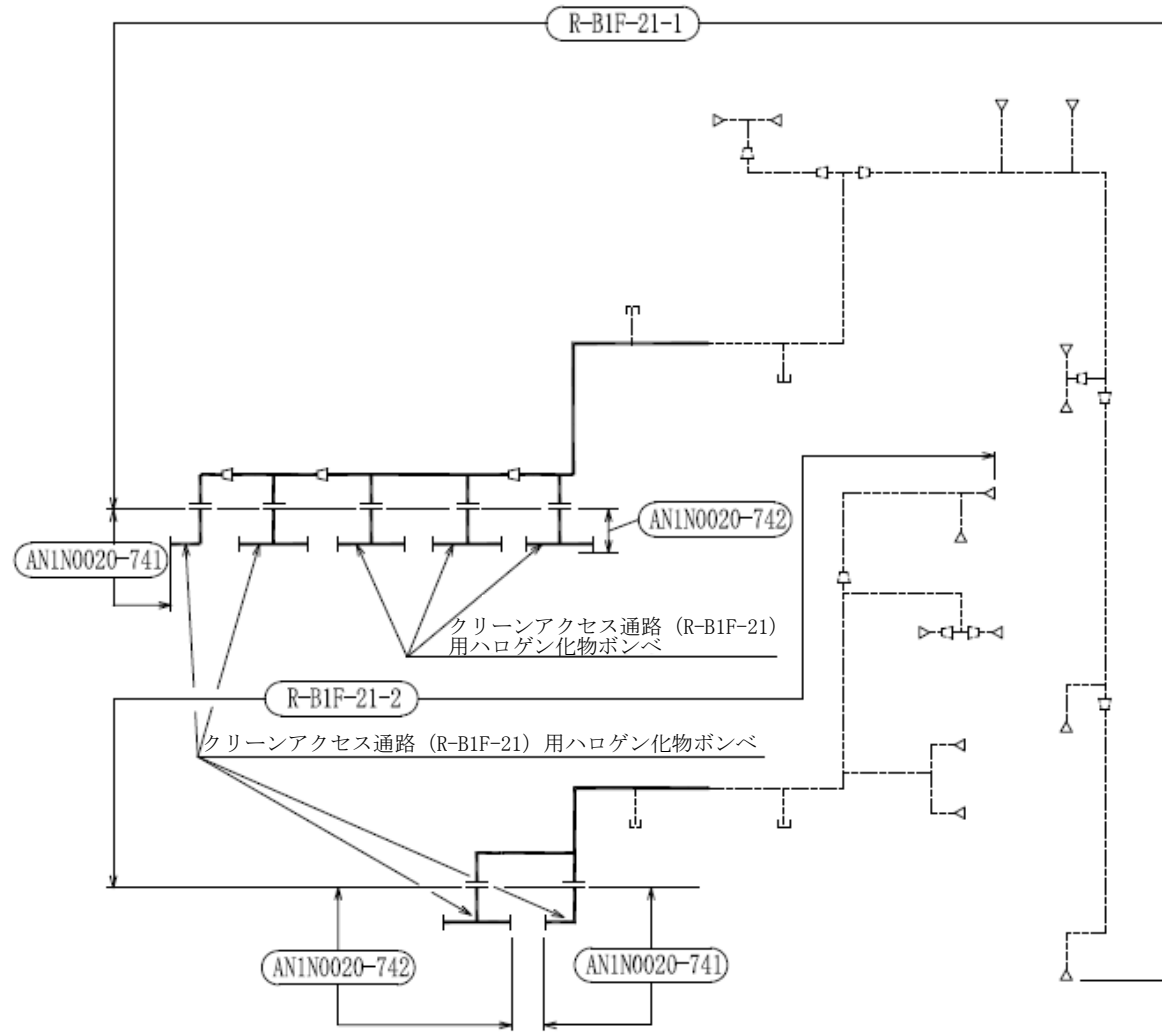
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 18)



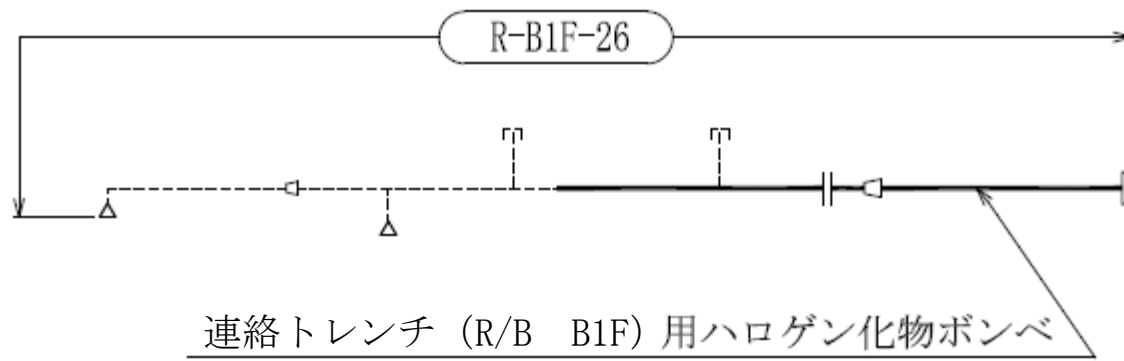


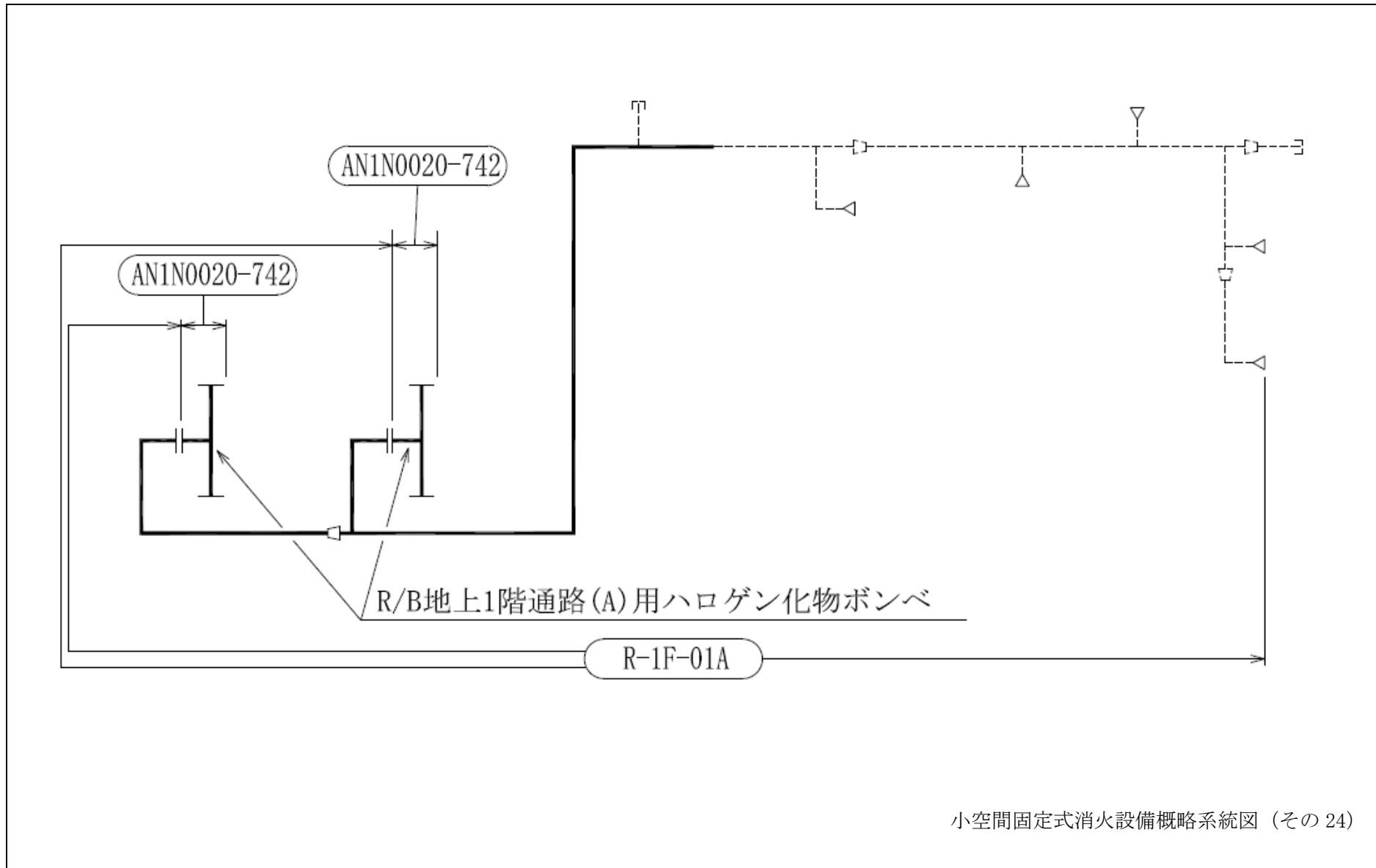
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 20)

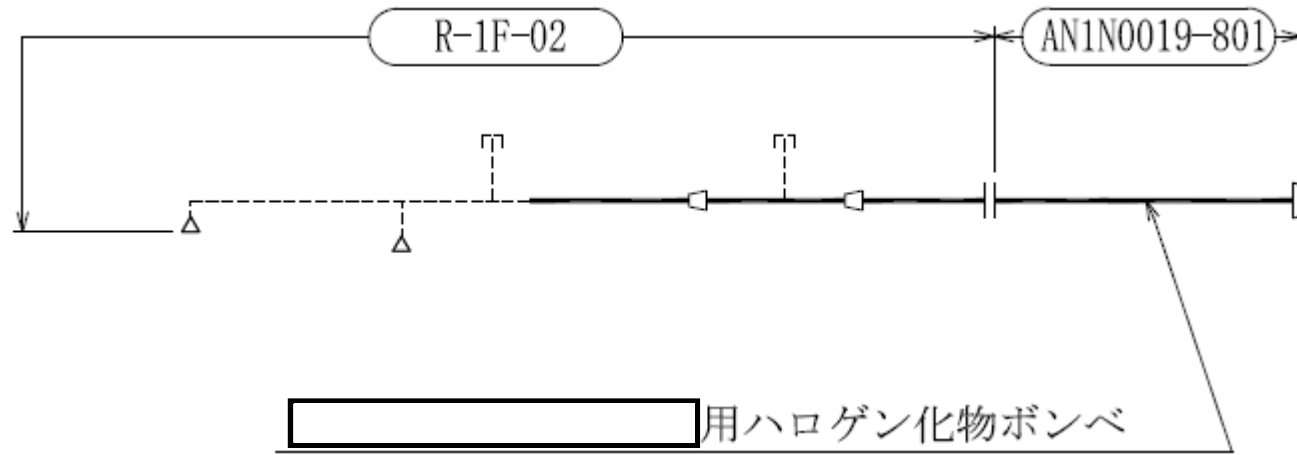


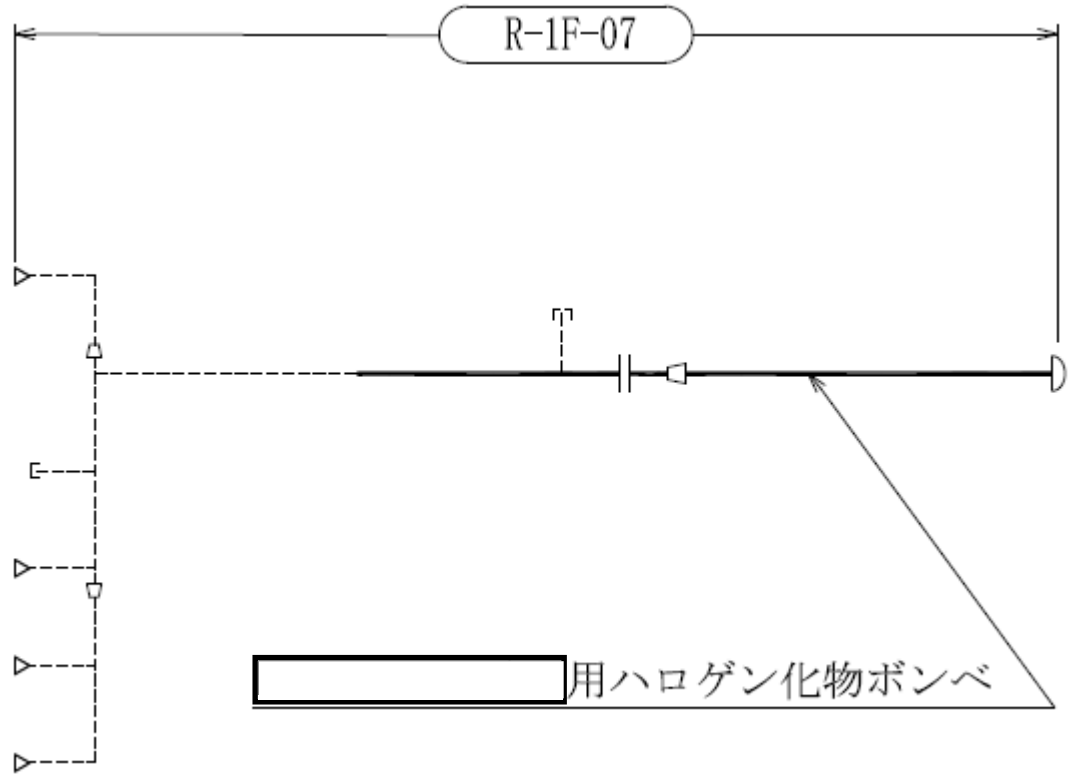


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 22)

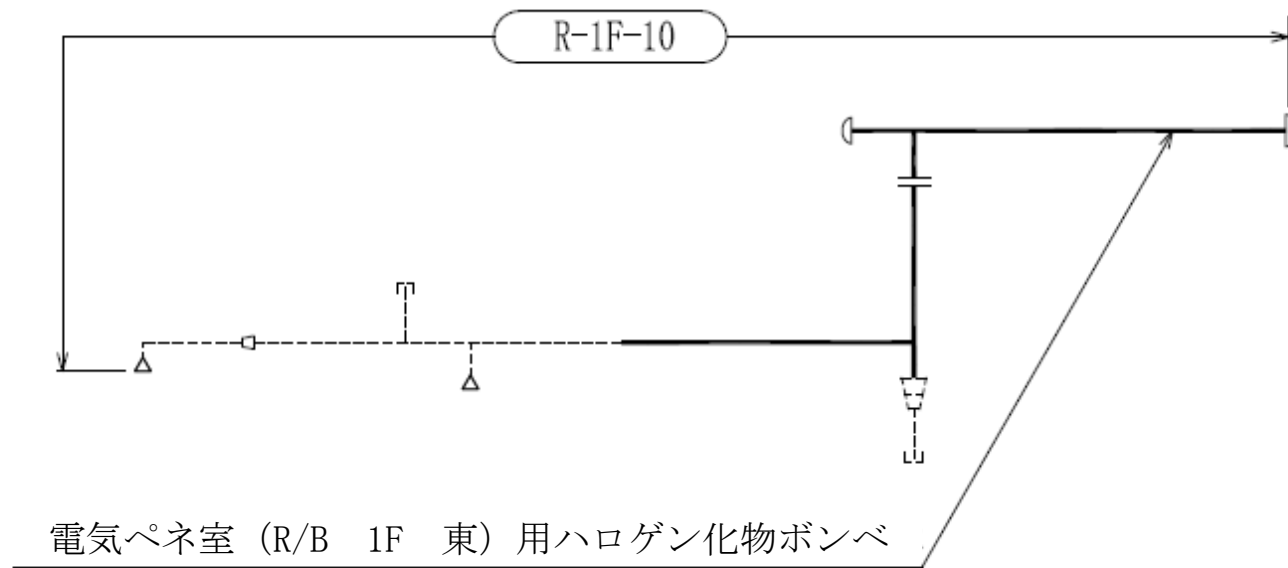




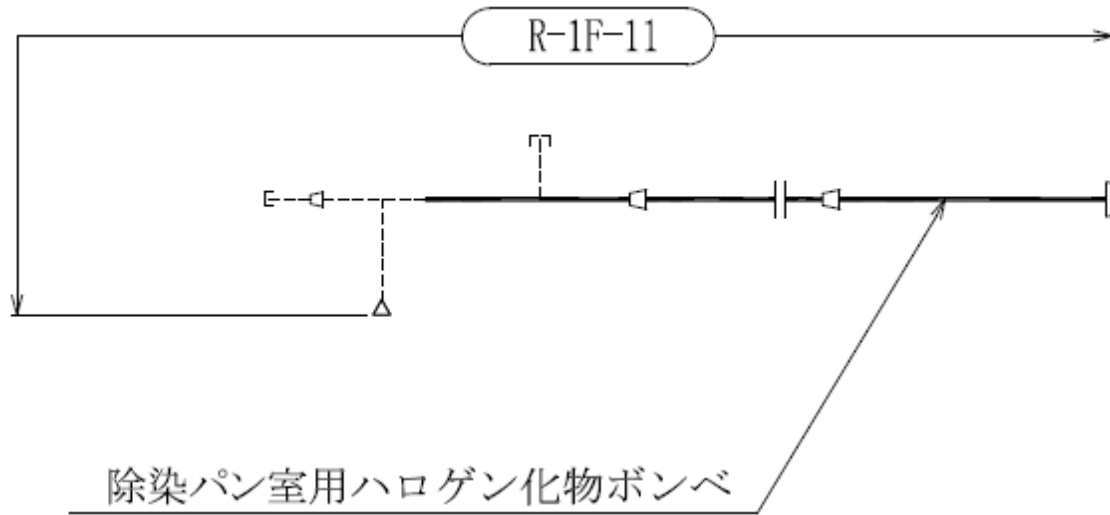




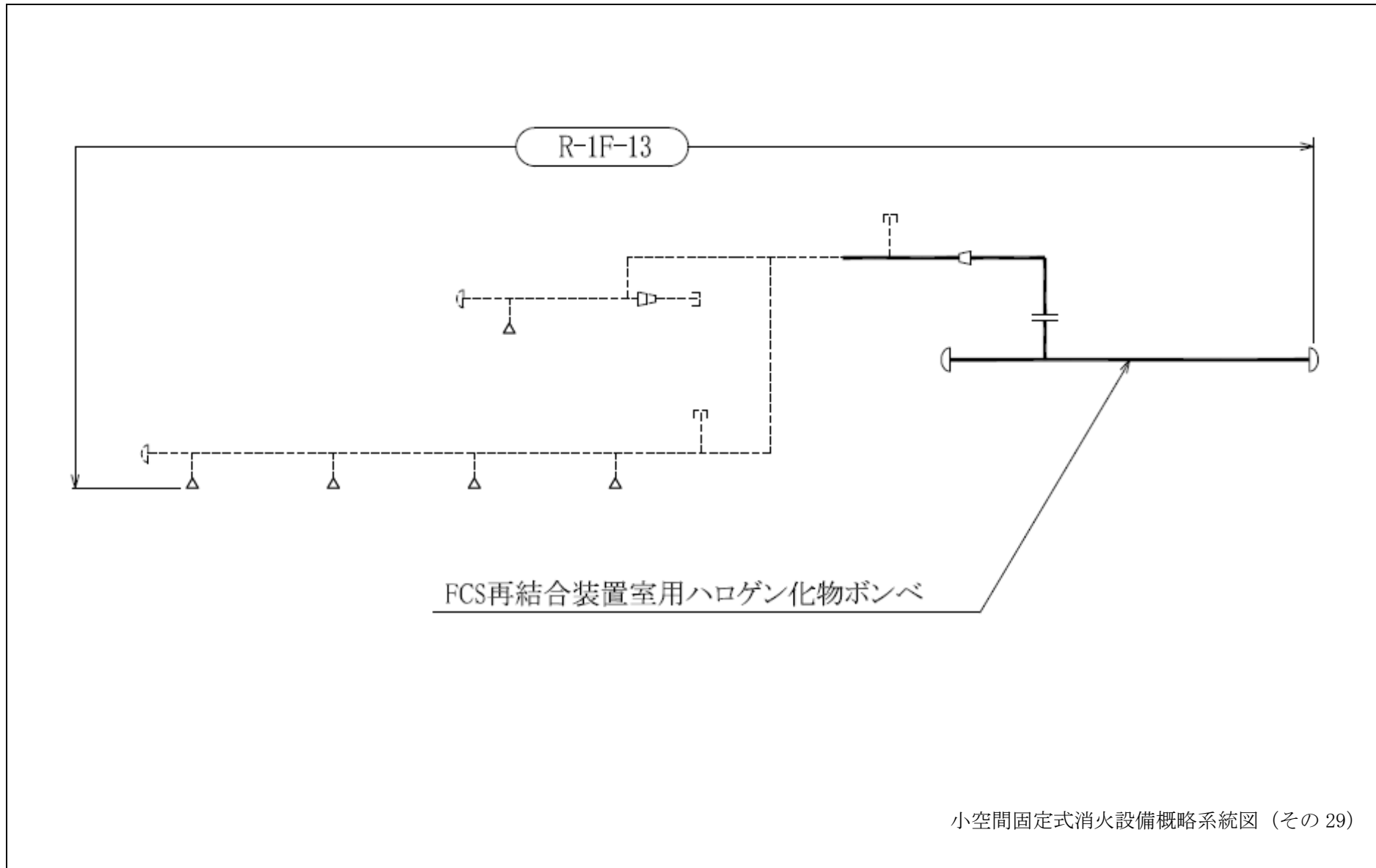
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 26)



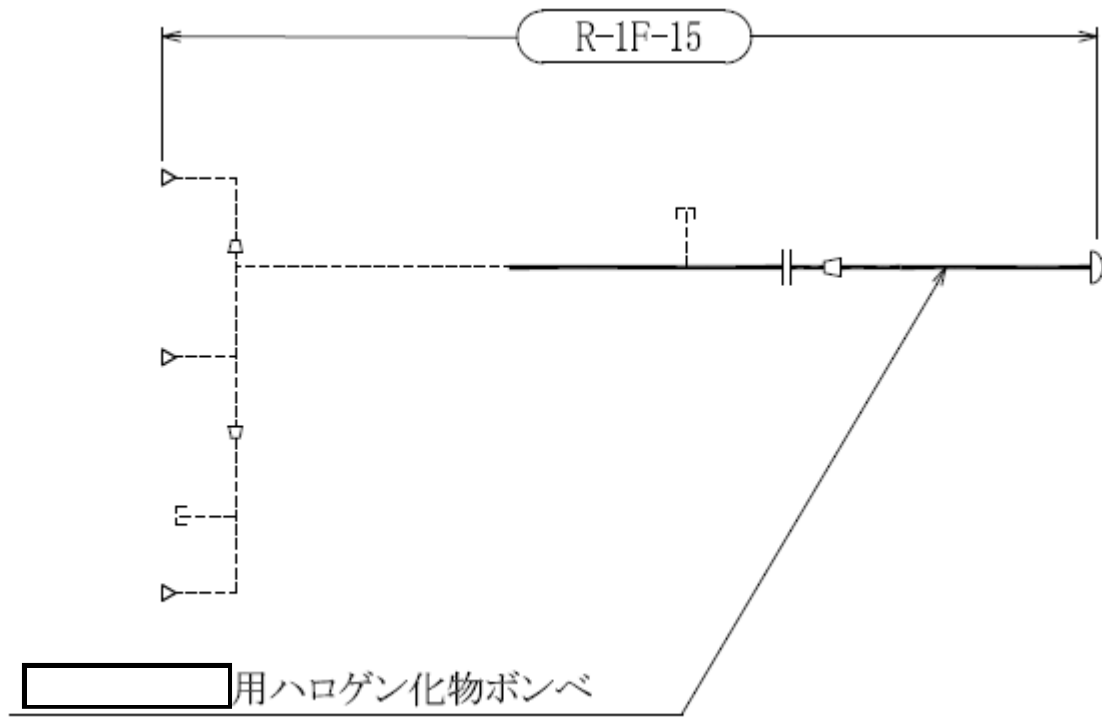
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 27)



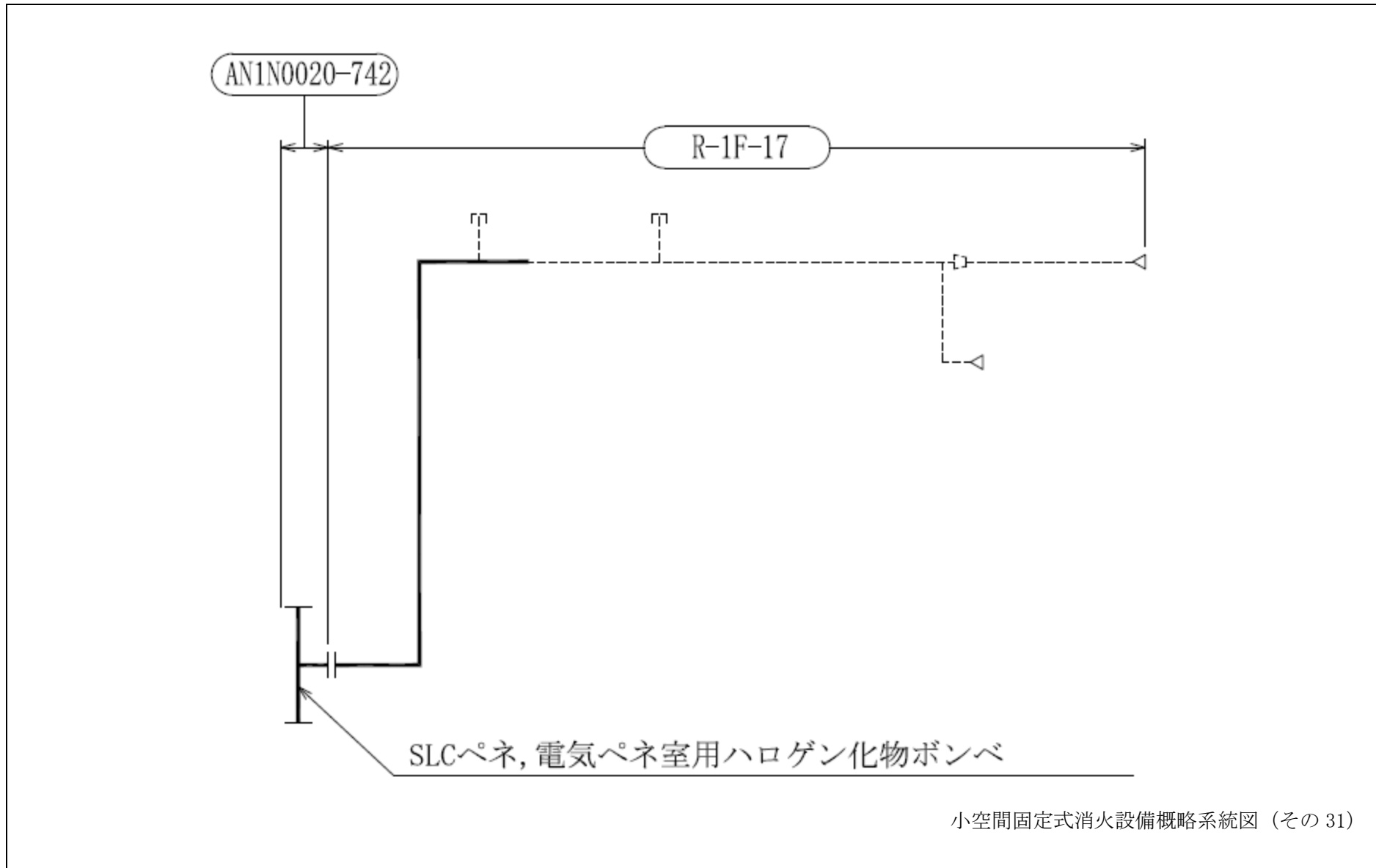
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 28)

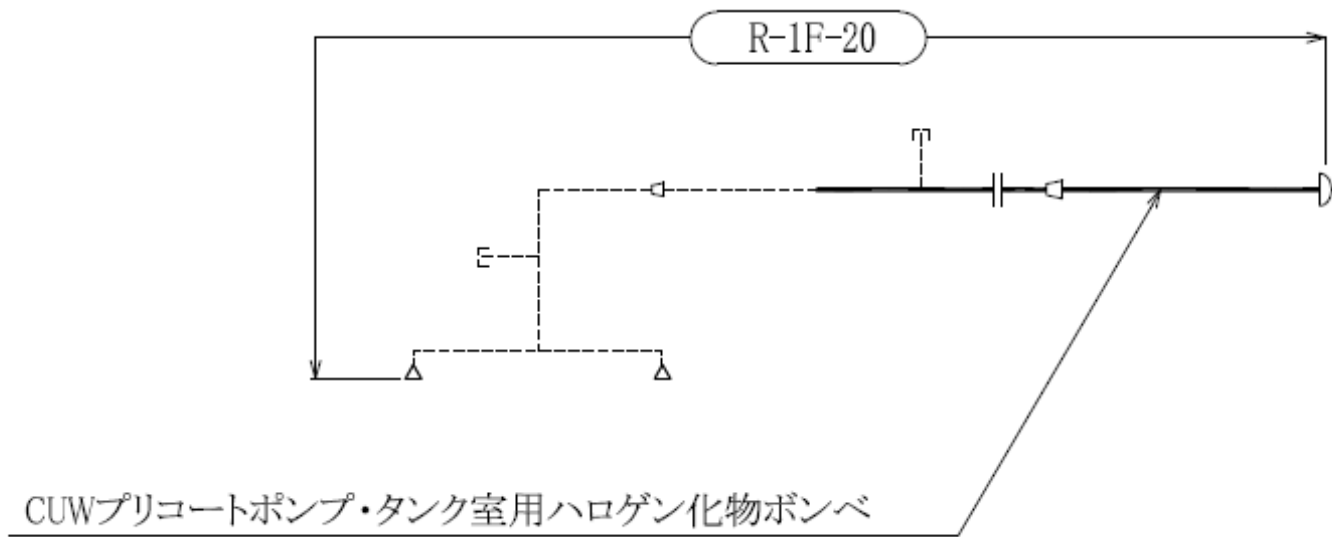


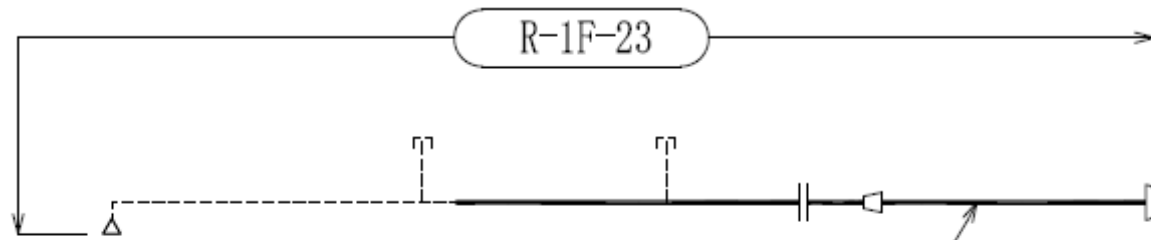
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 29)



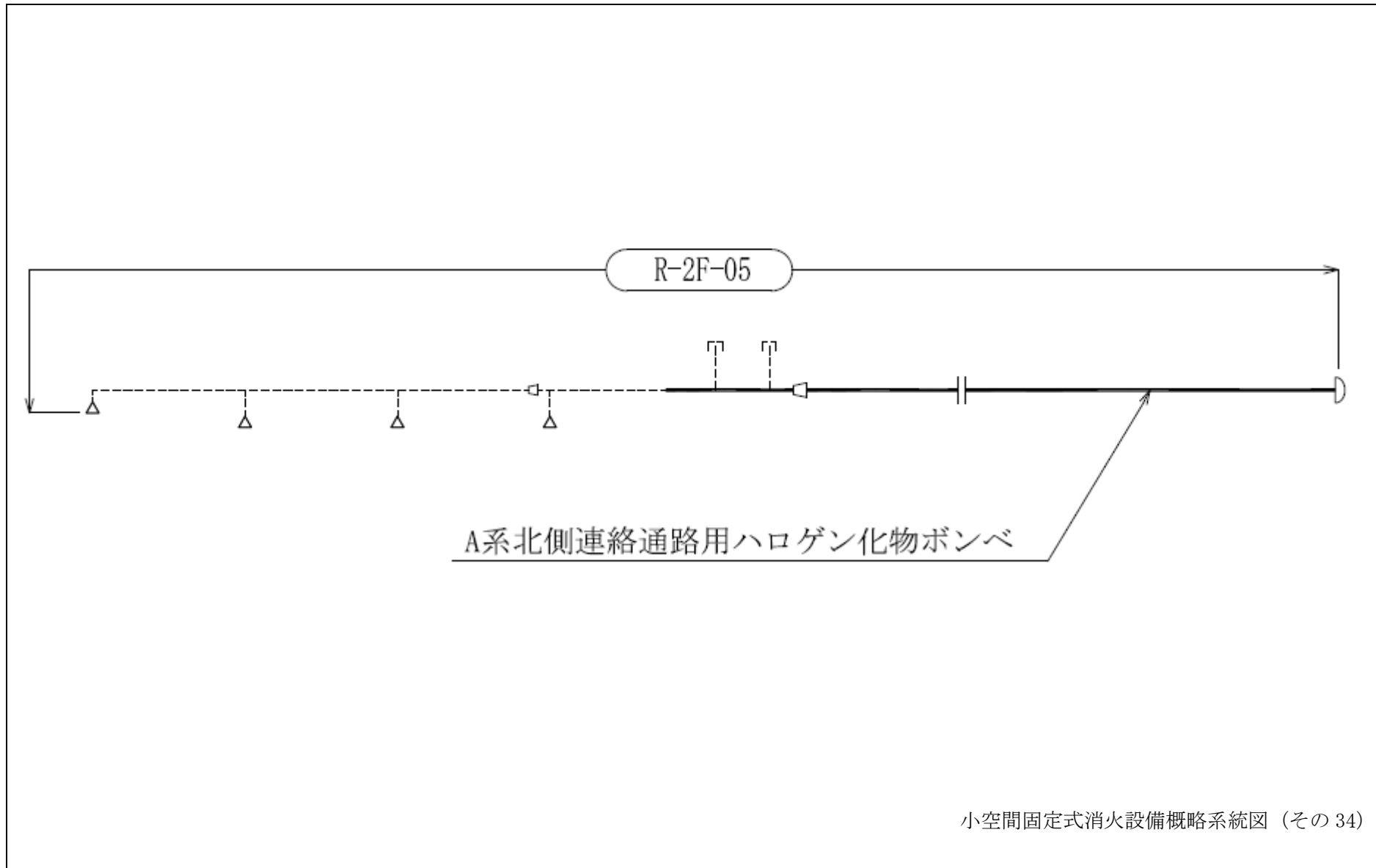
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 30)

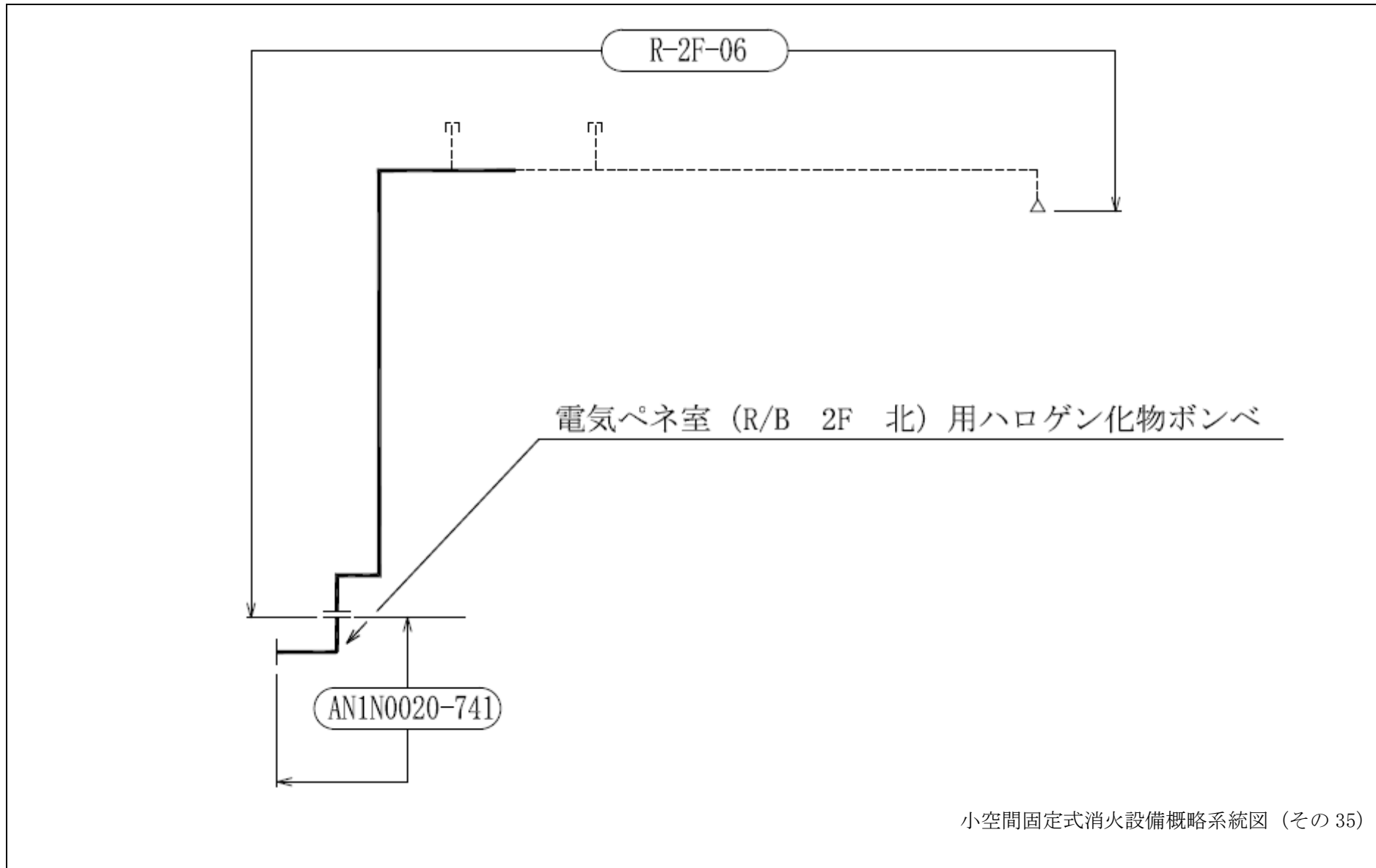




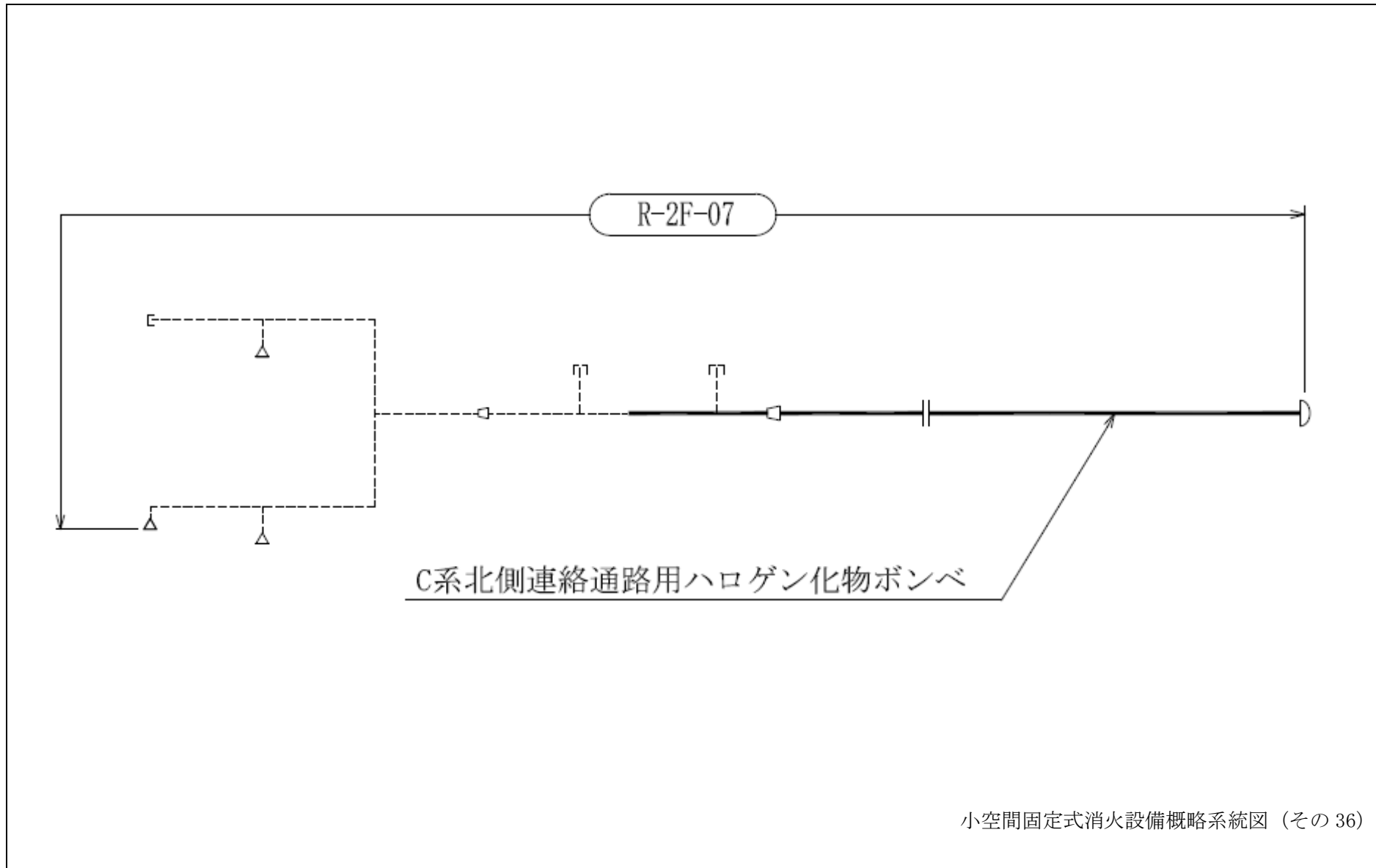


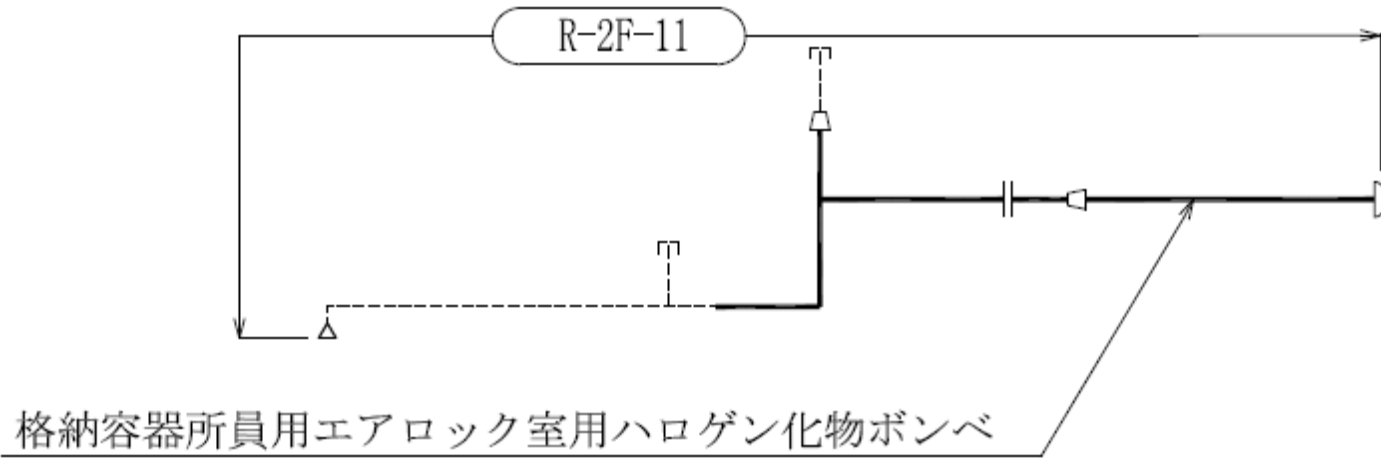
事故後サンプリング操作盤室用ハロゲン化物ポンベ



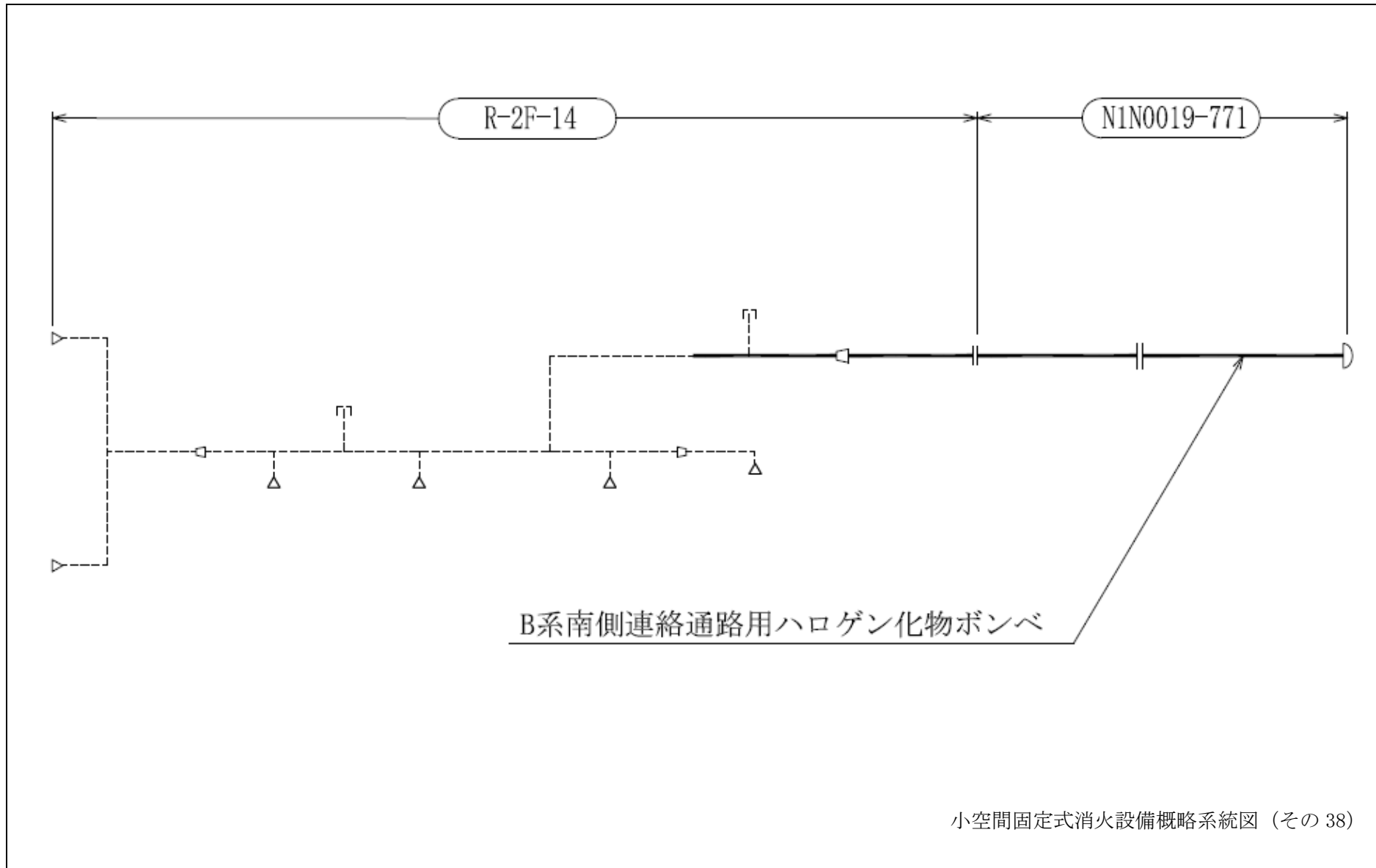


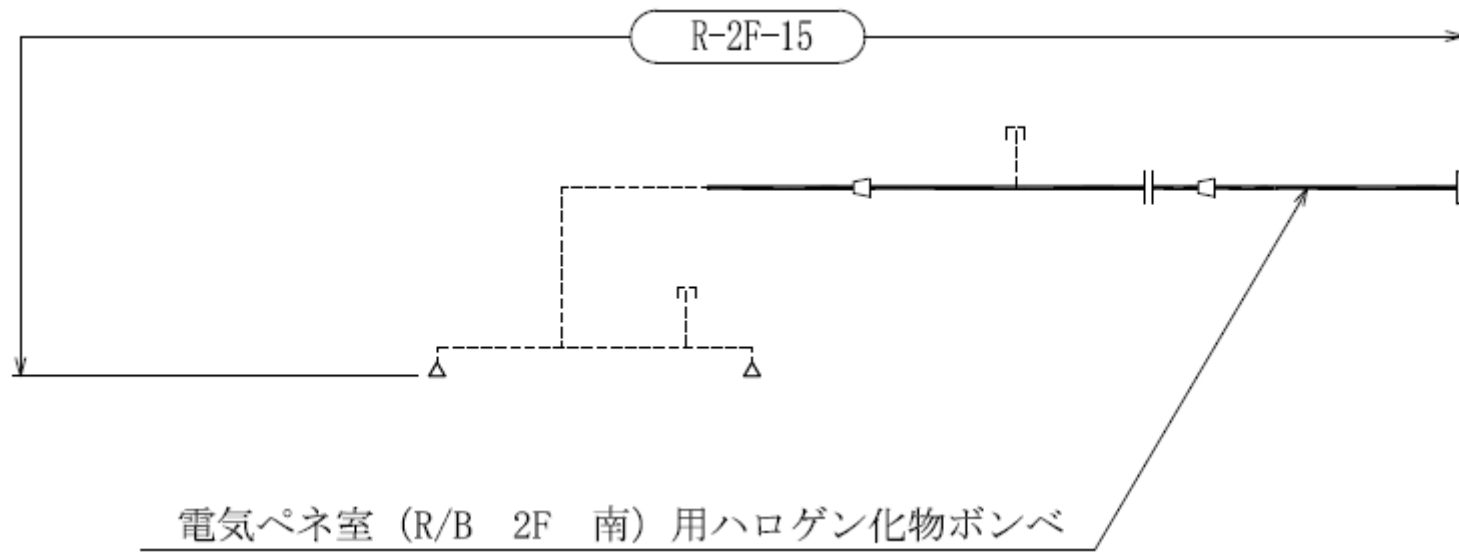
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 35)

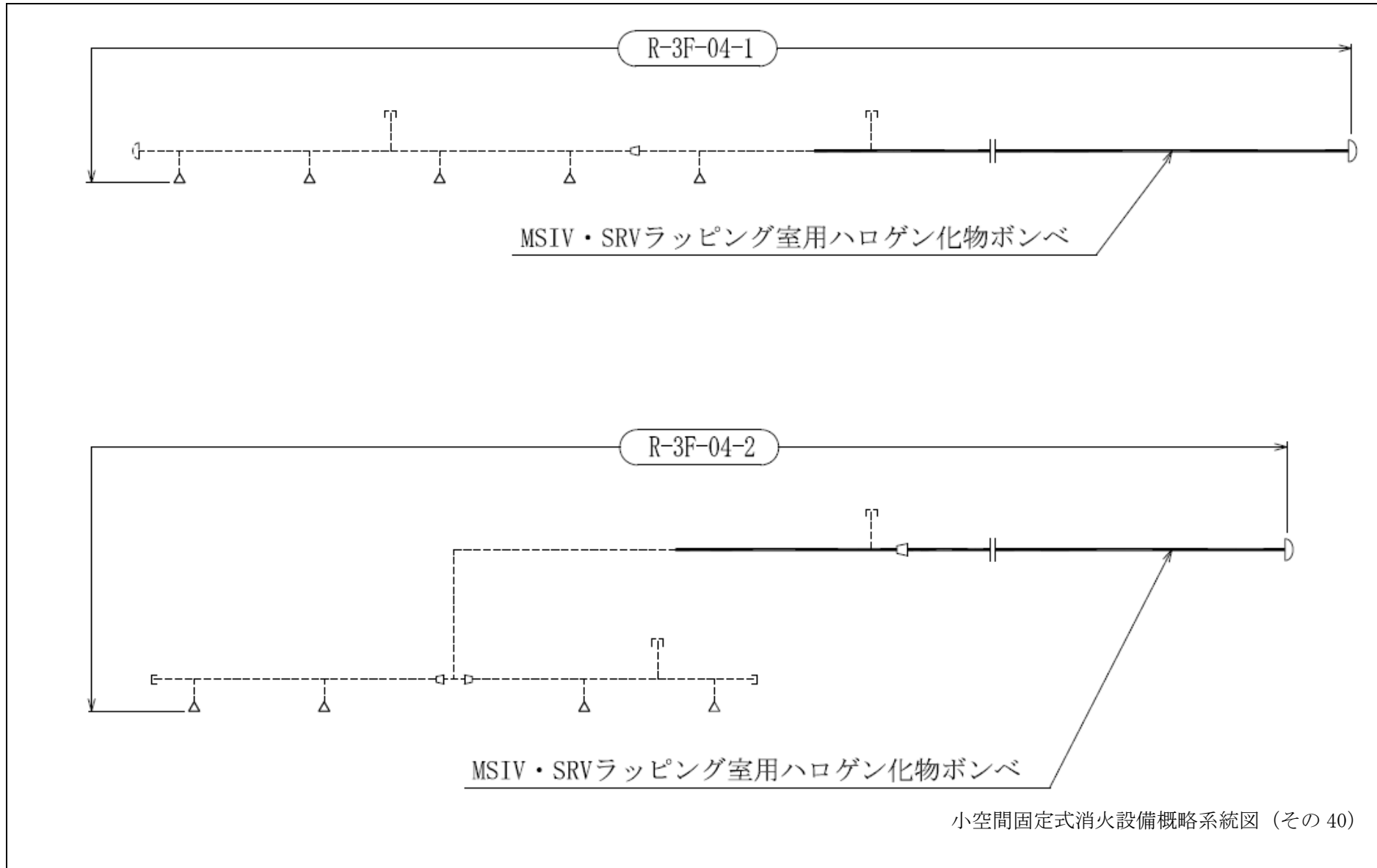


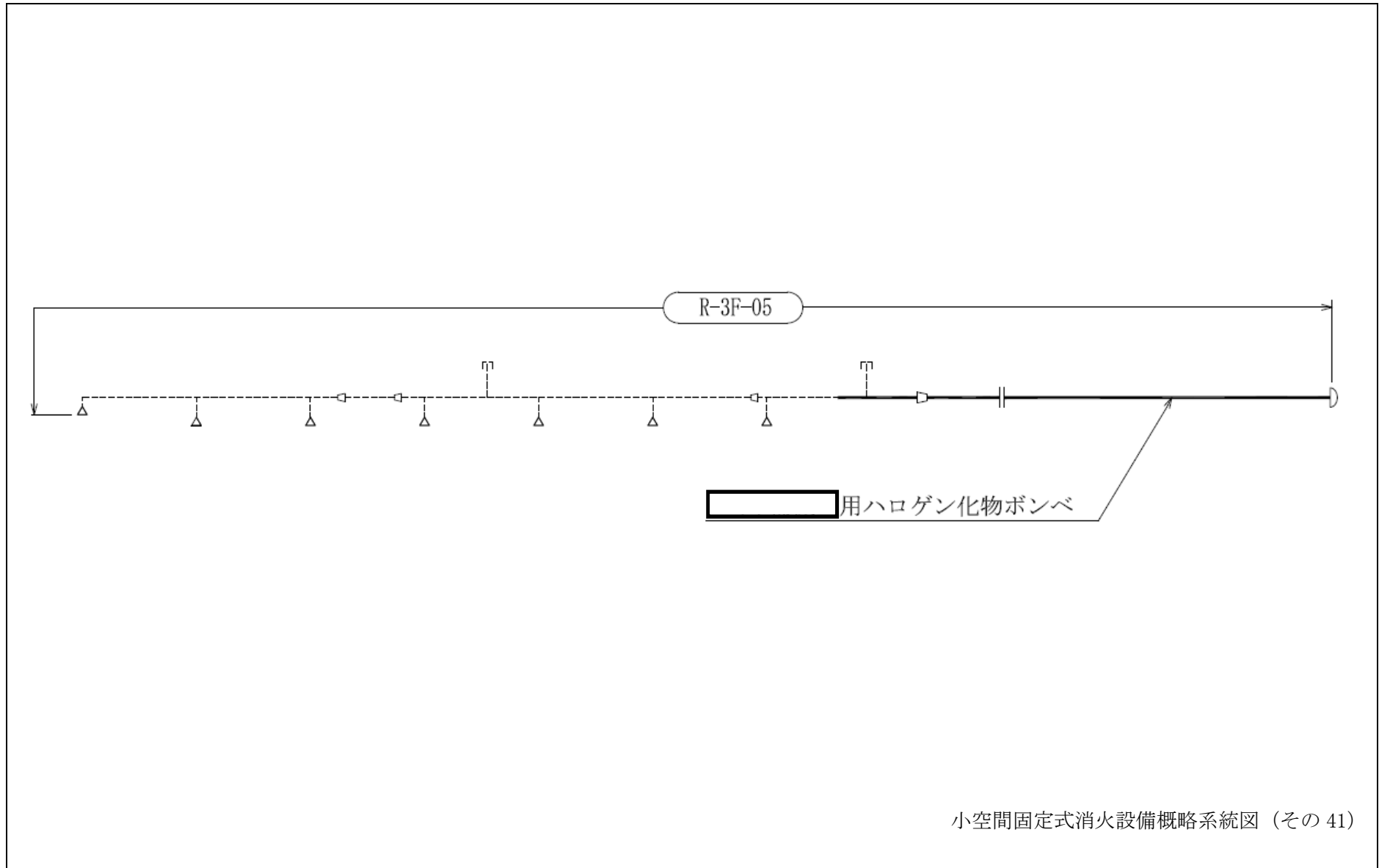


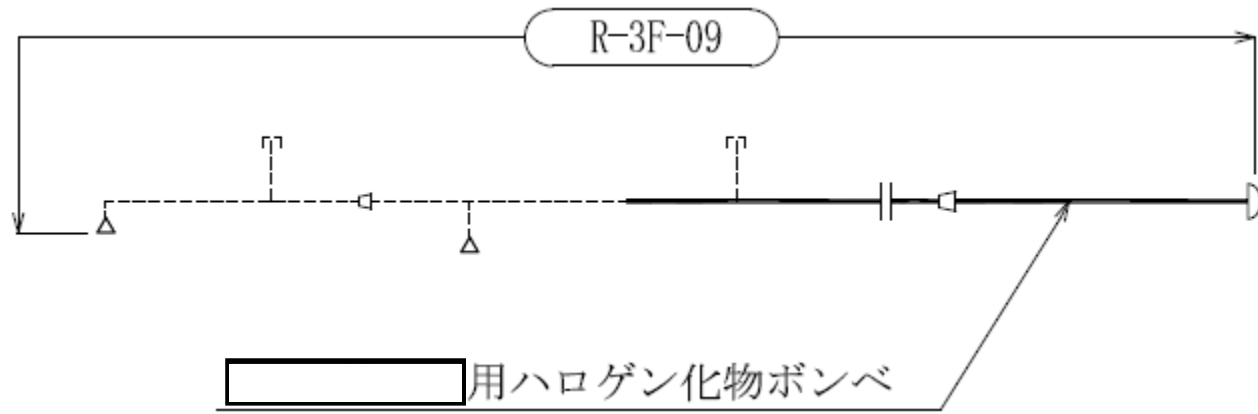
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 37)

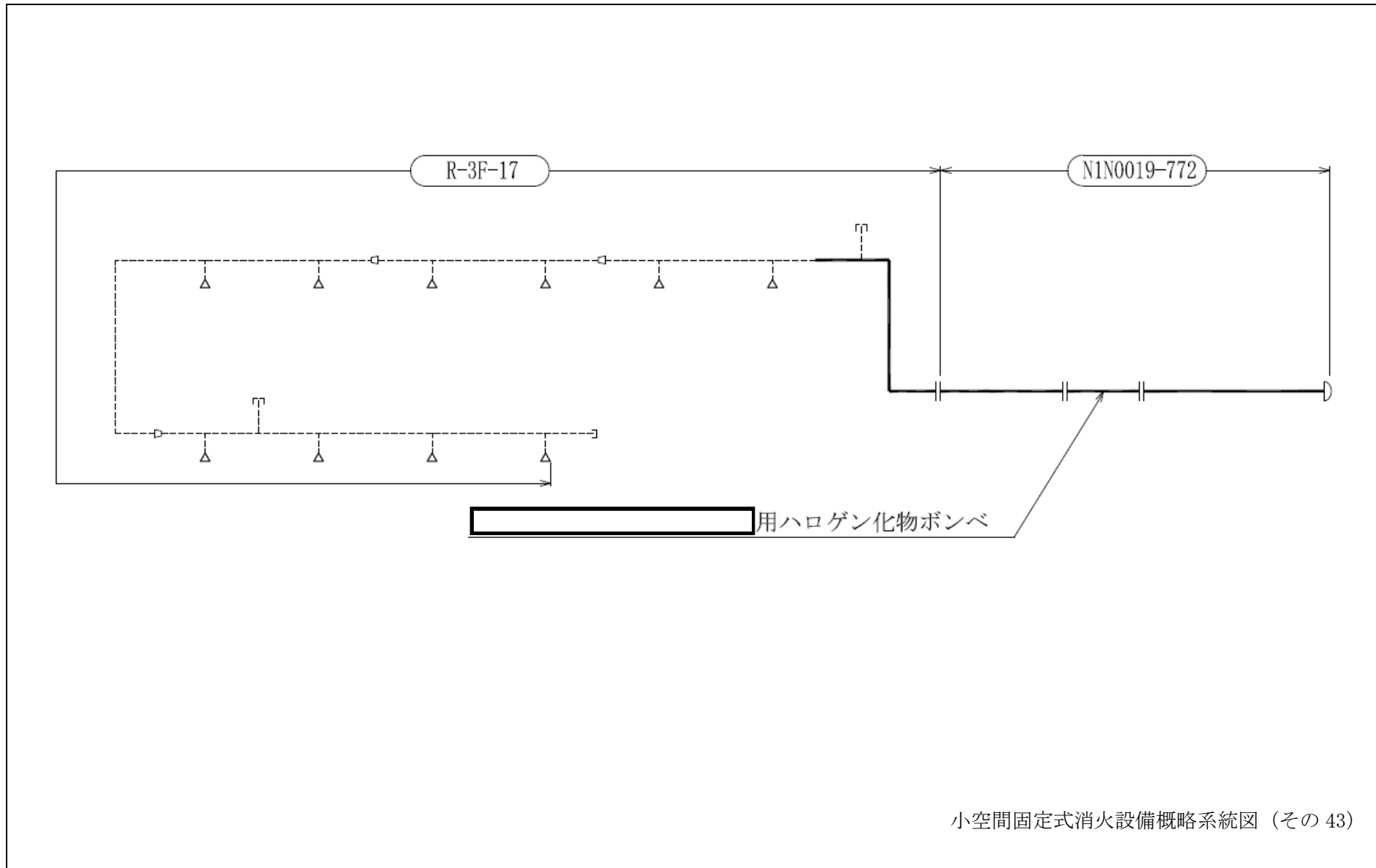


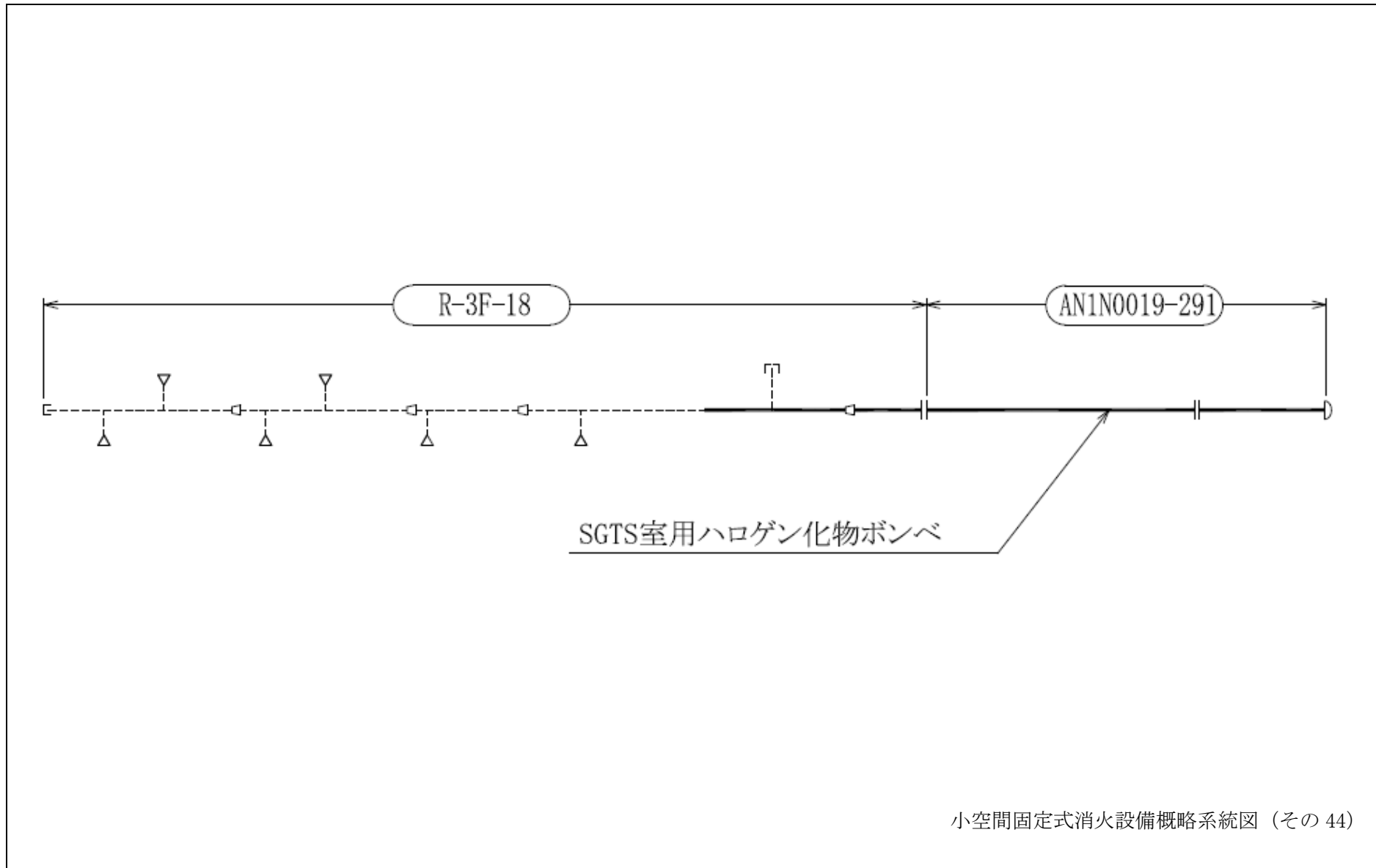


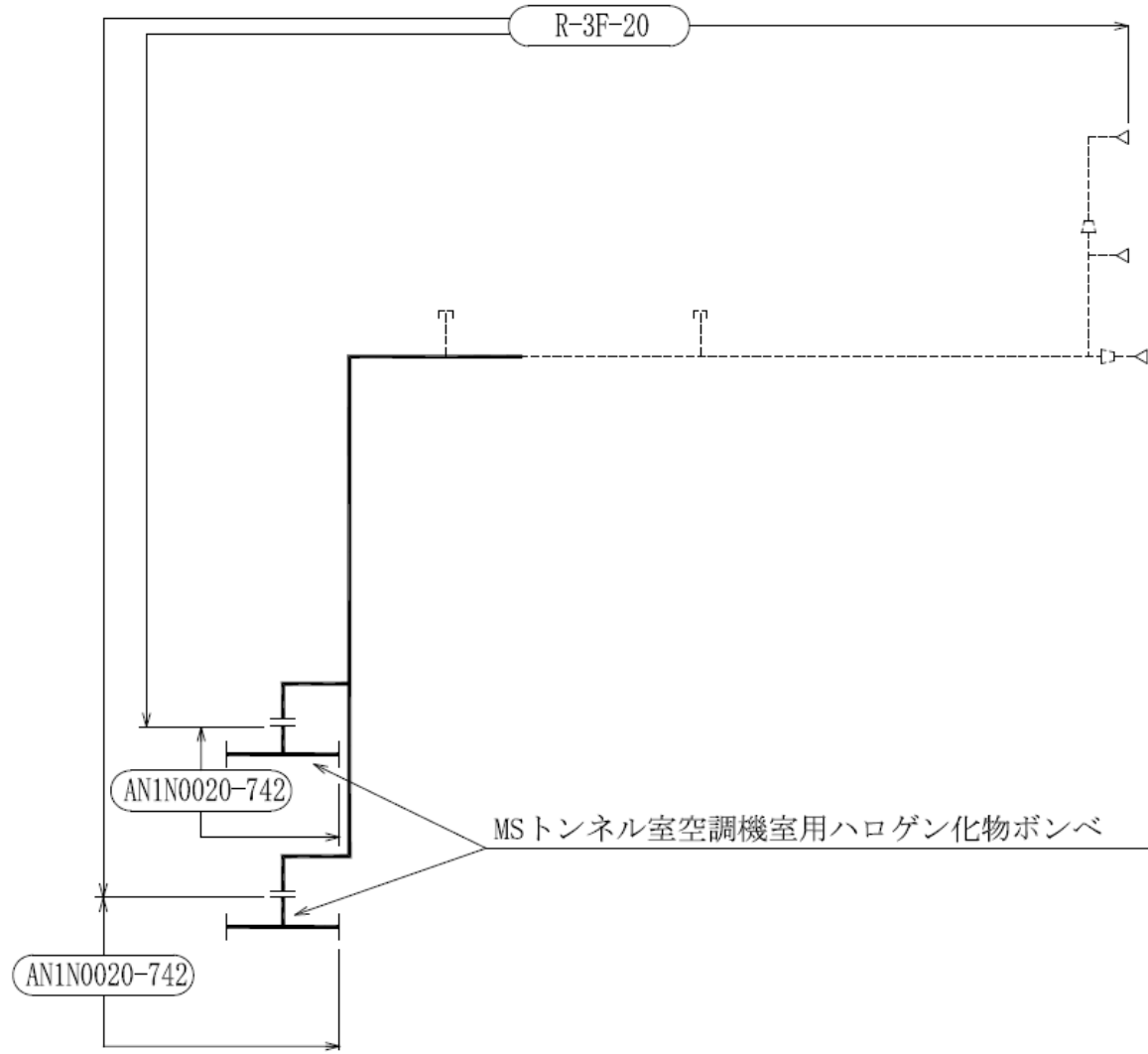




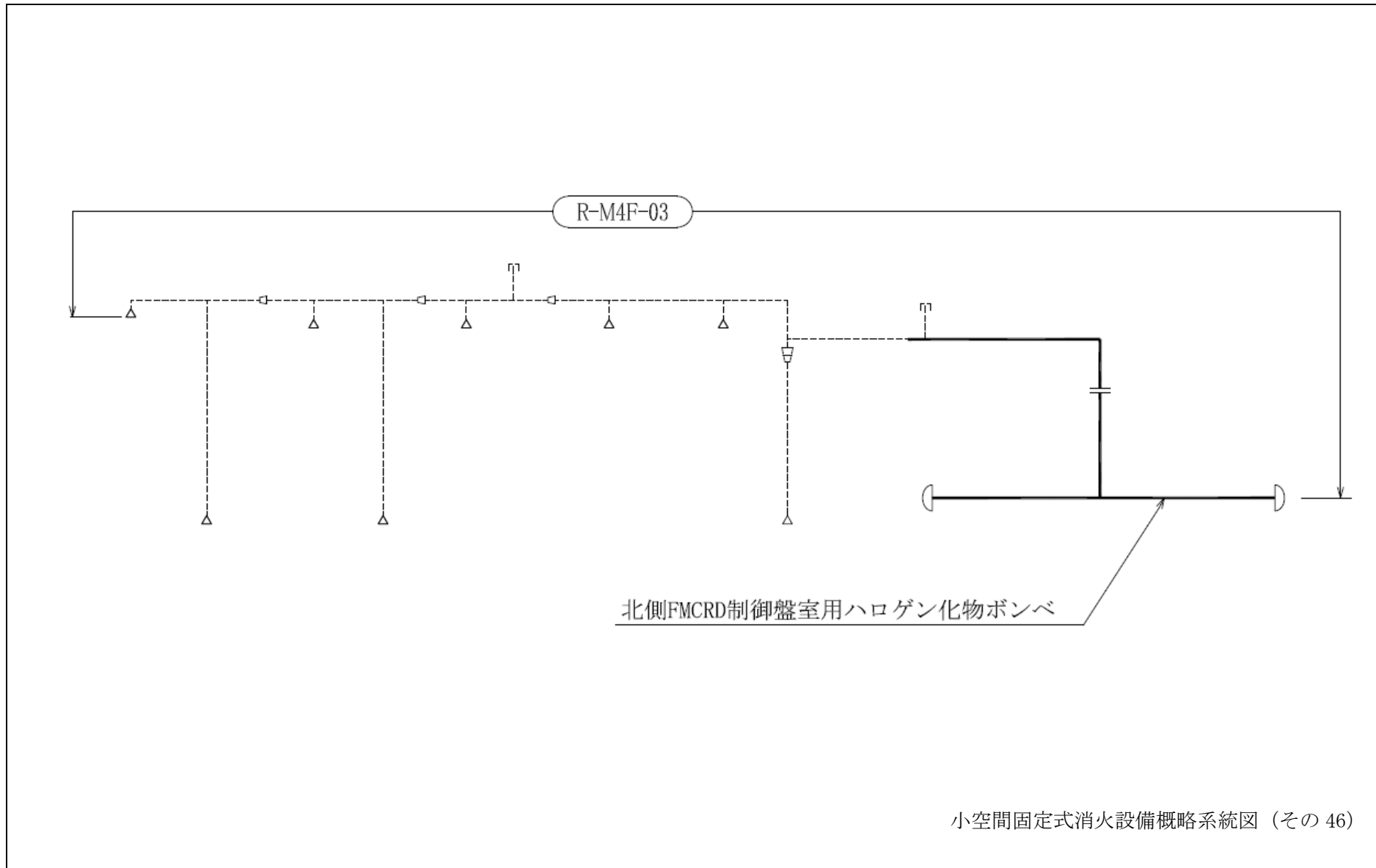


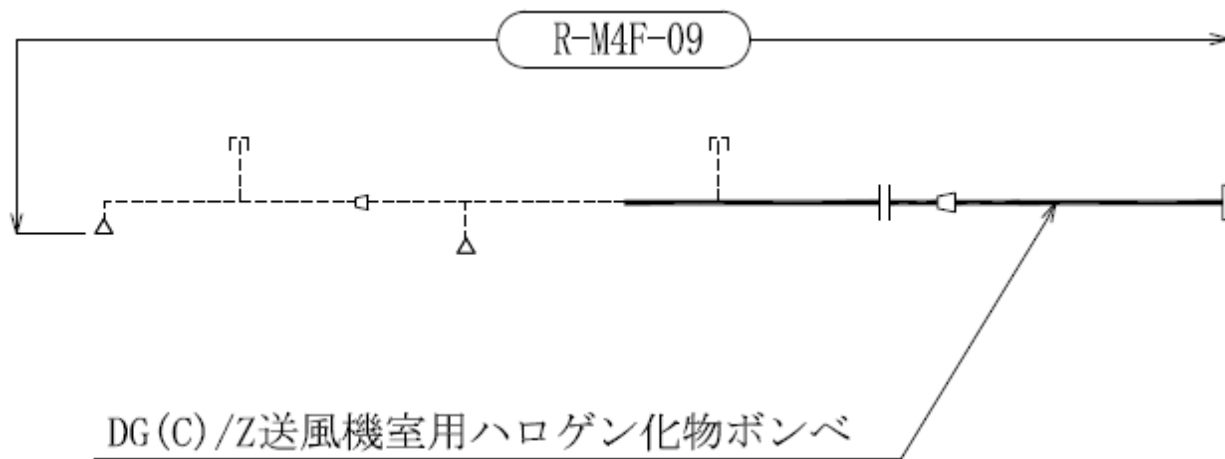


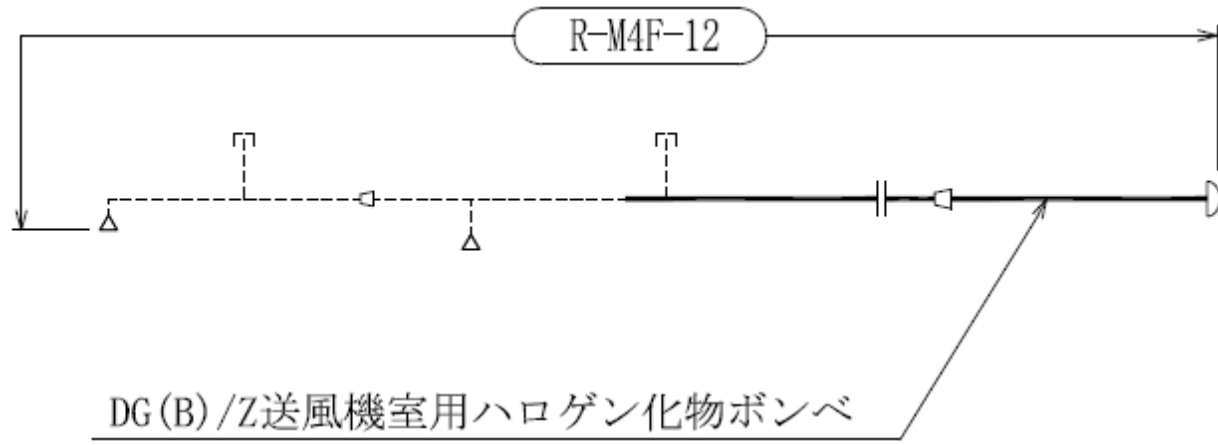


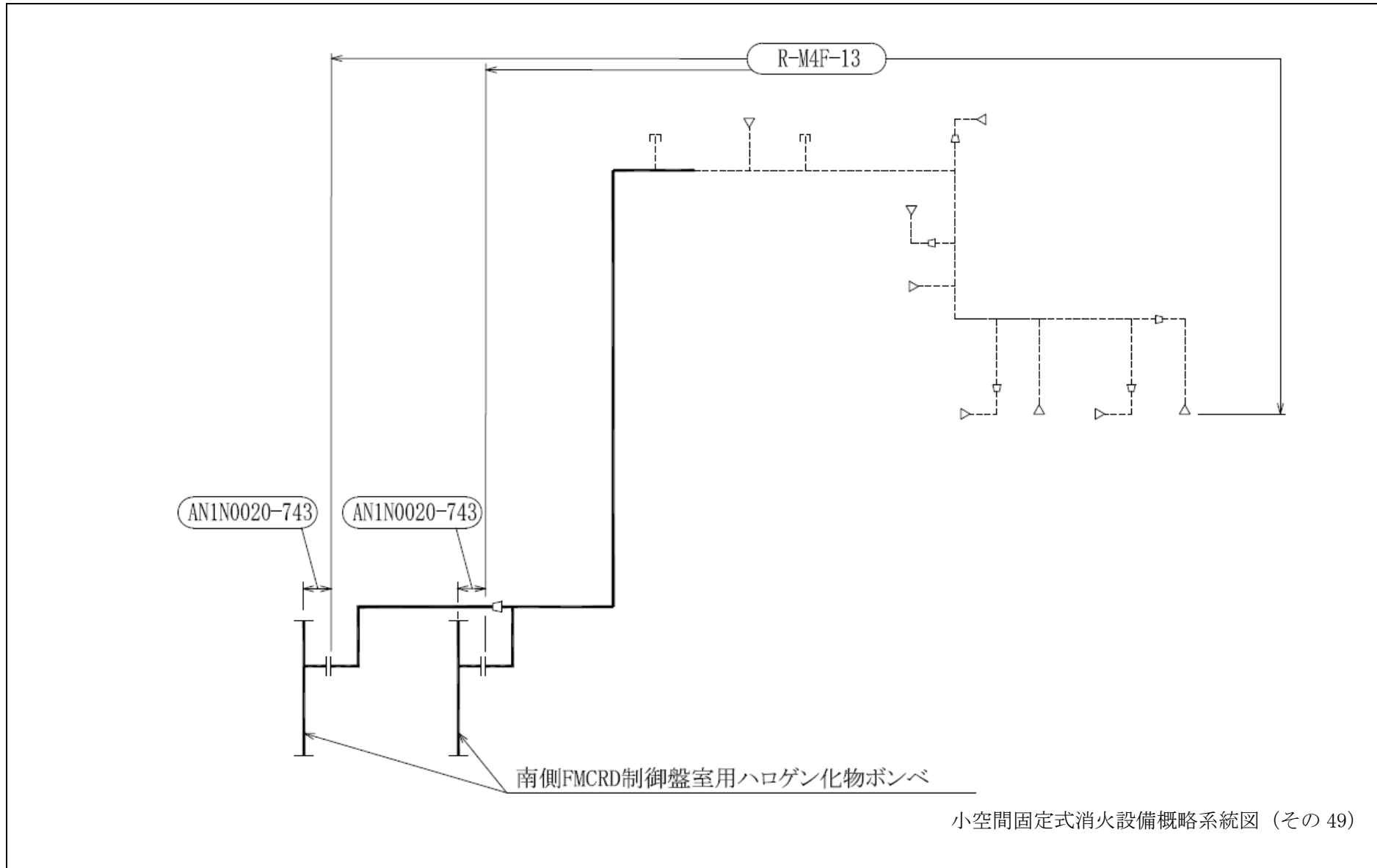


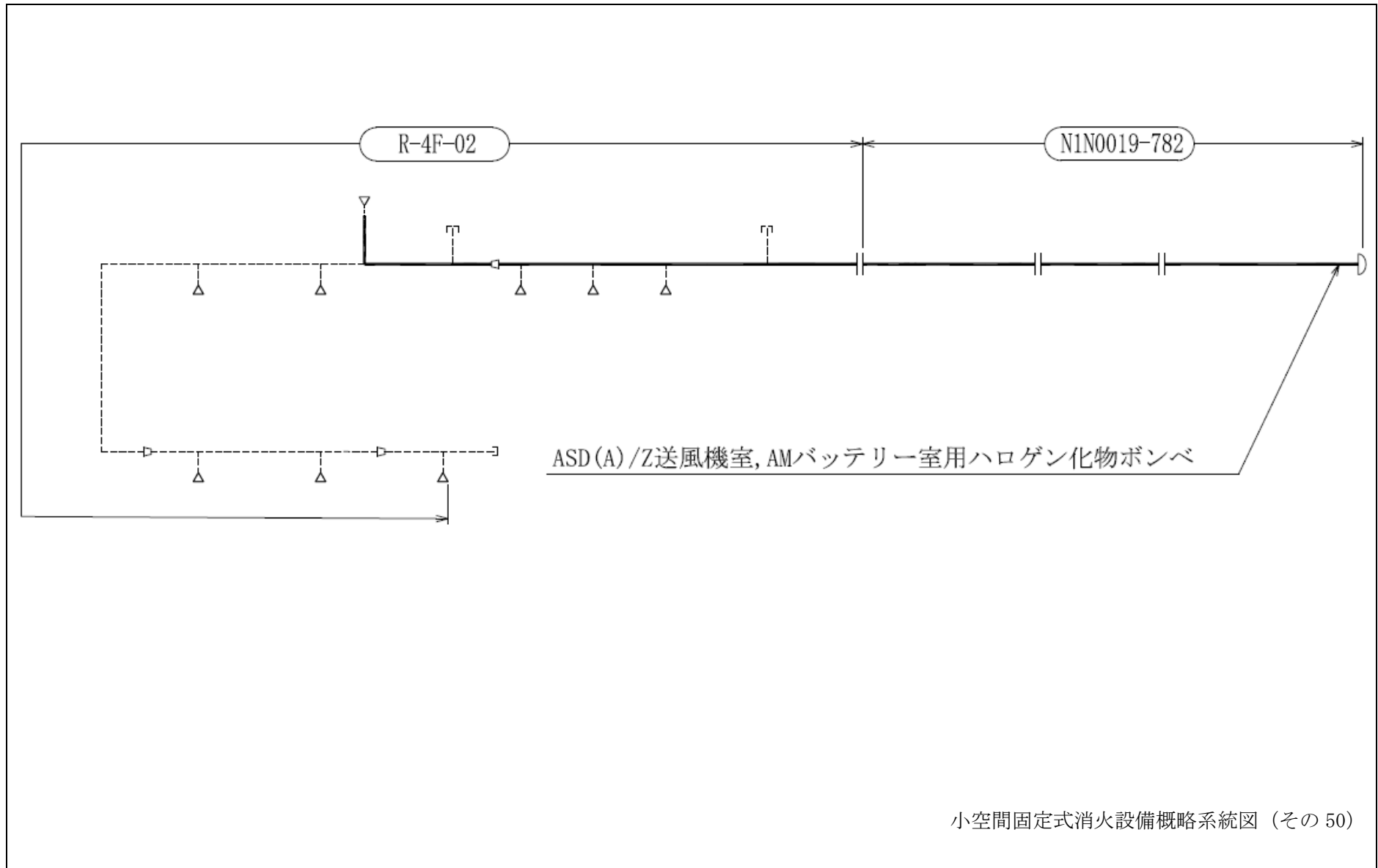
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 45)

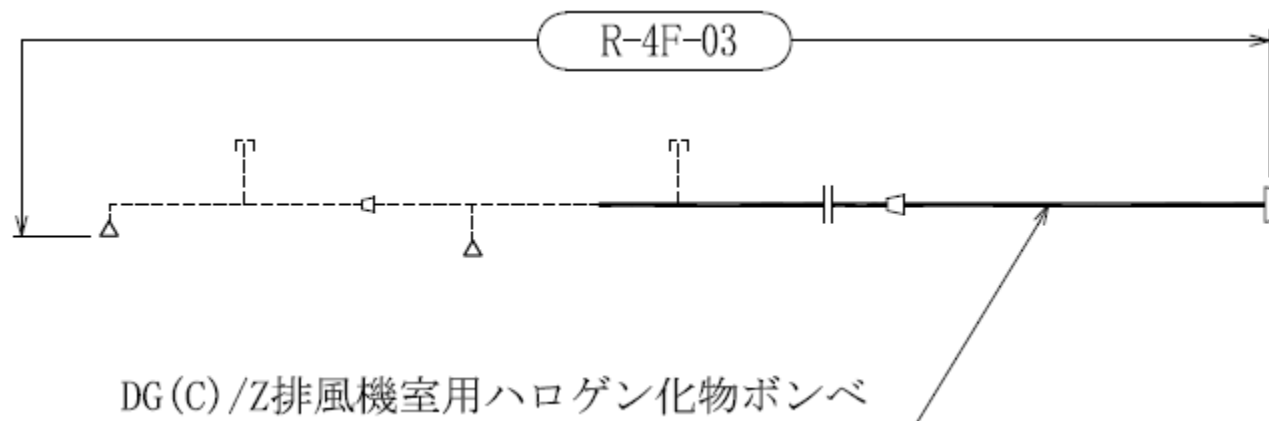




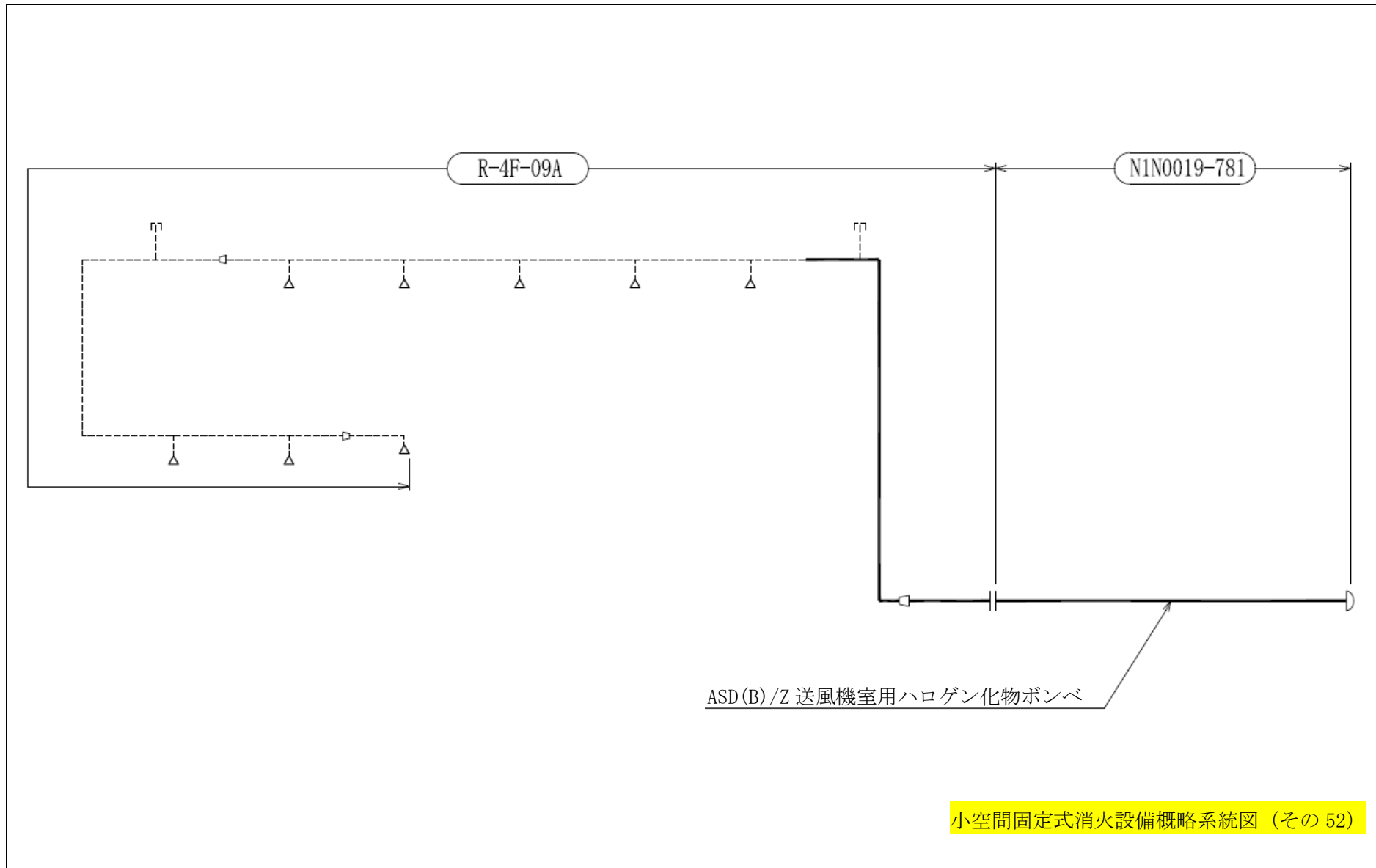




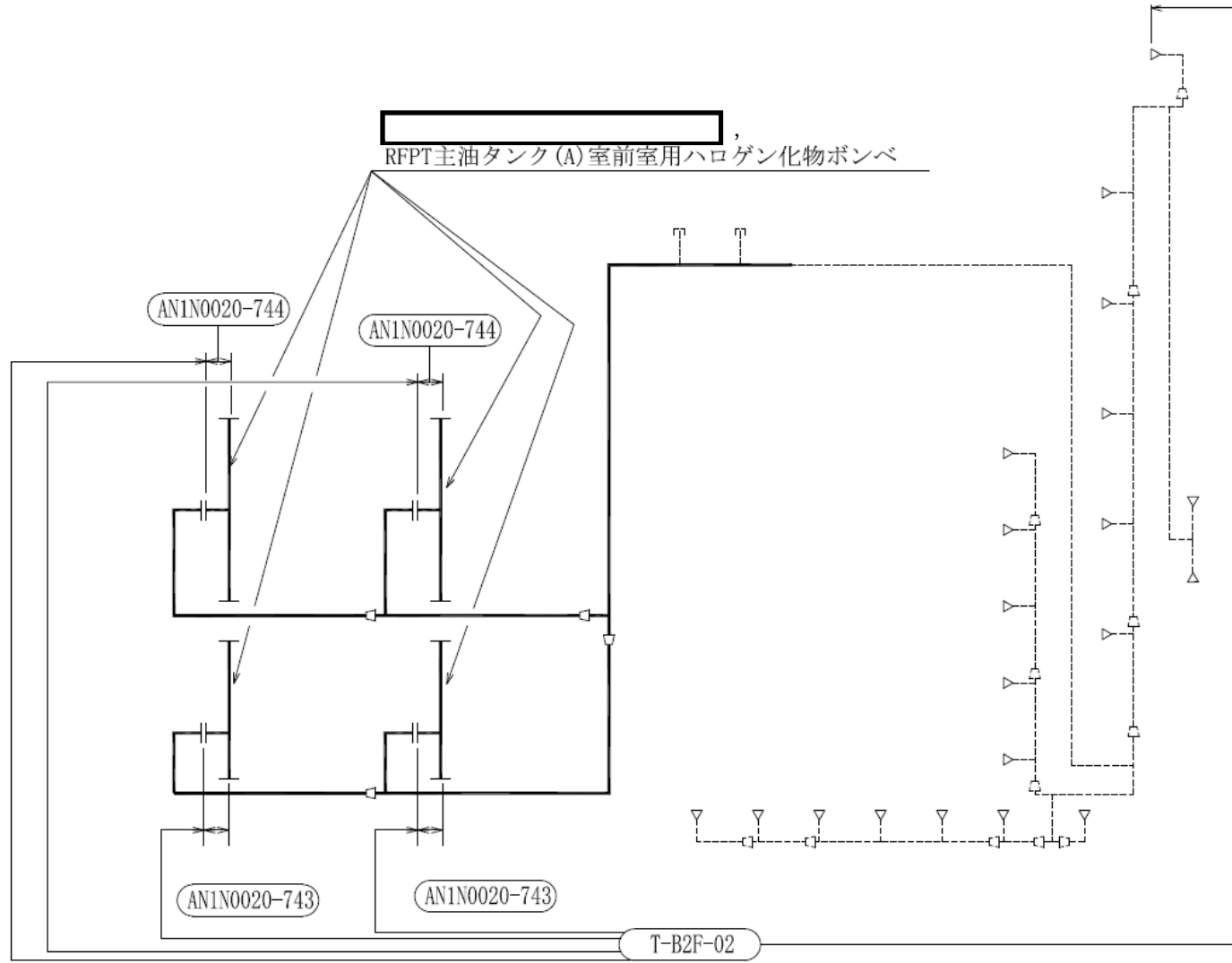




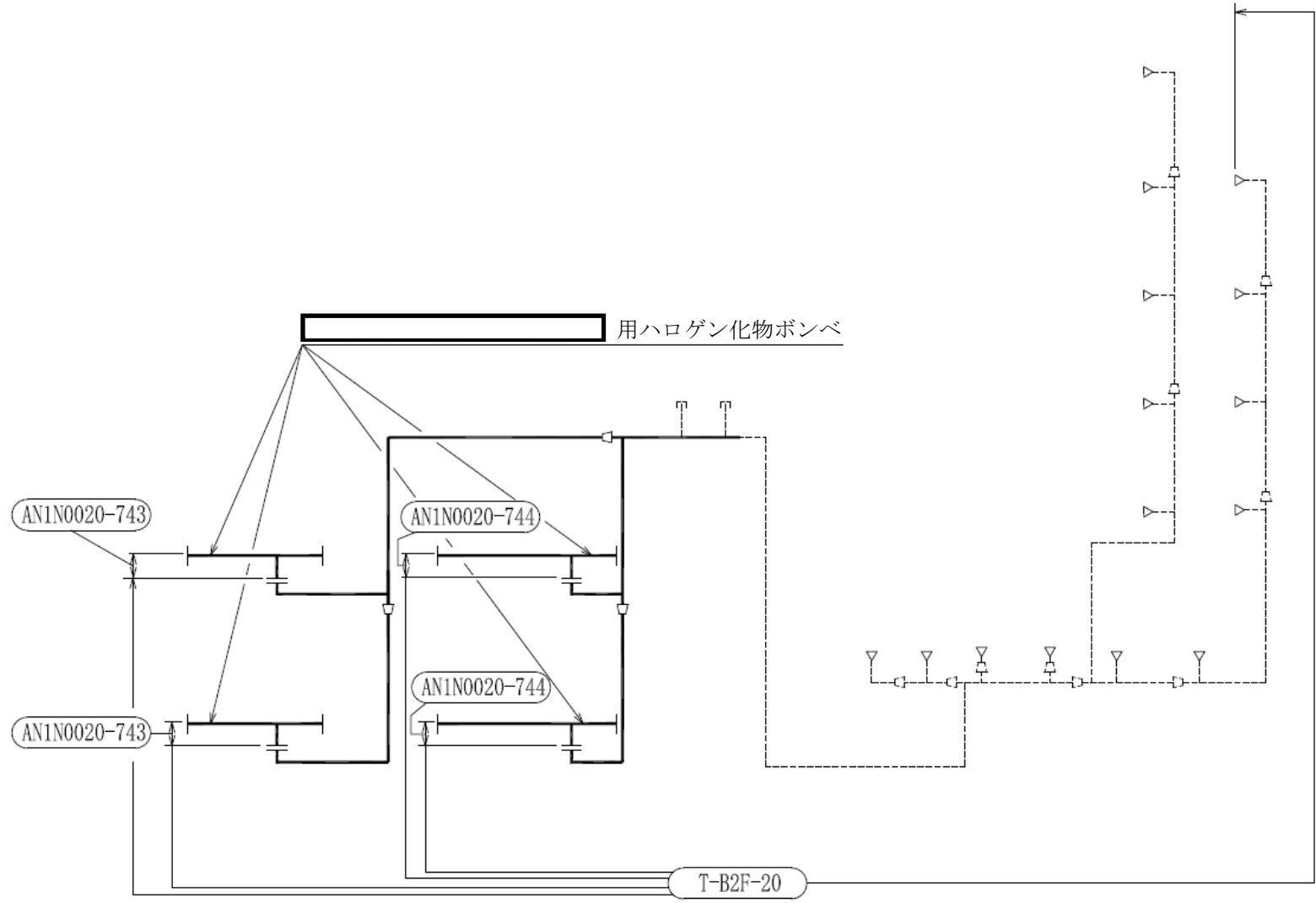
55



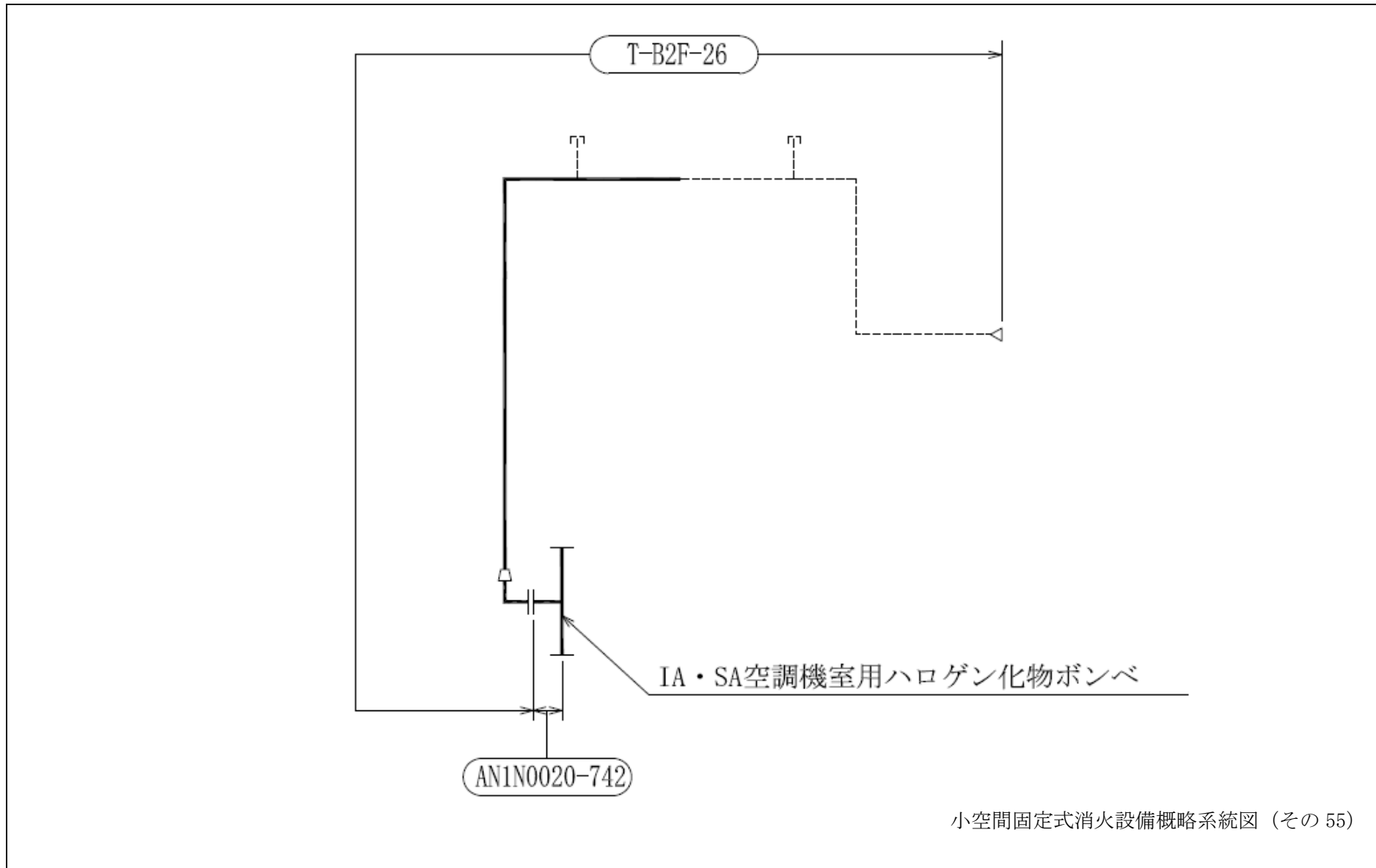
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 52)



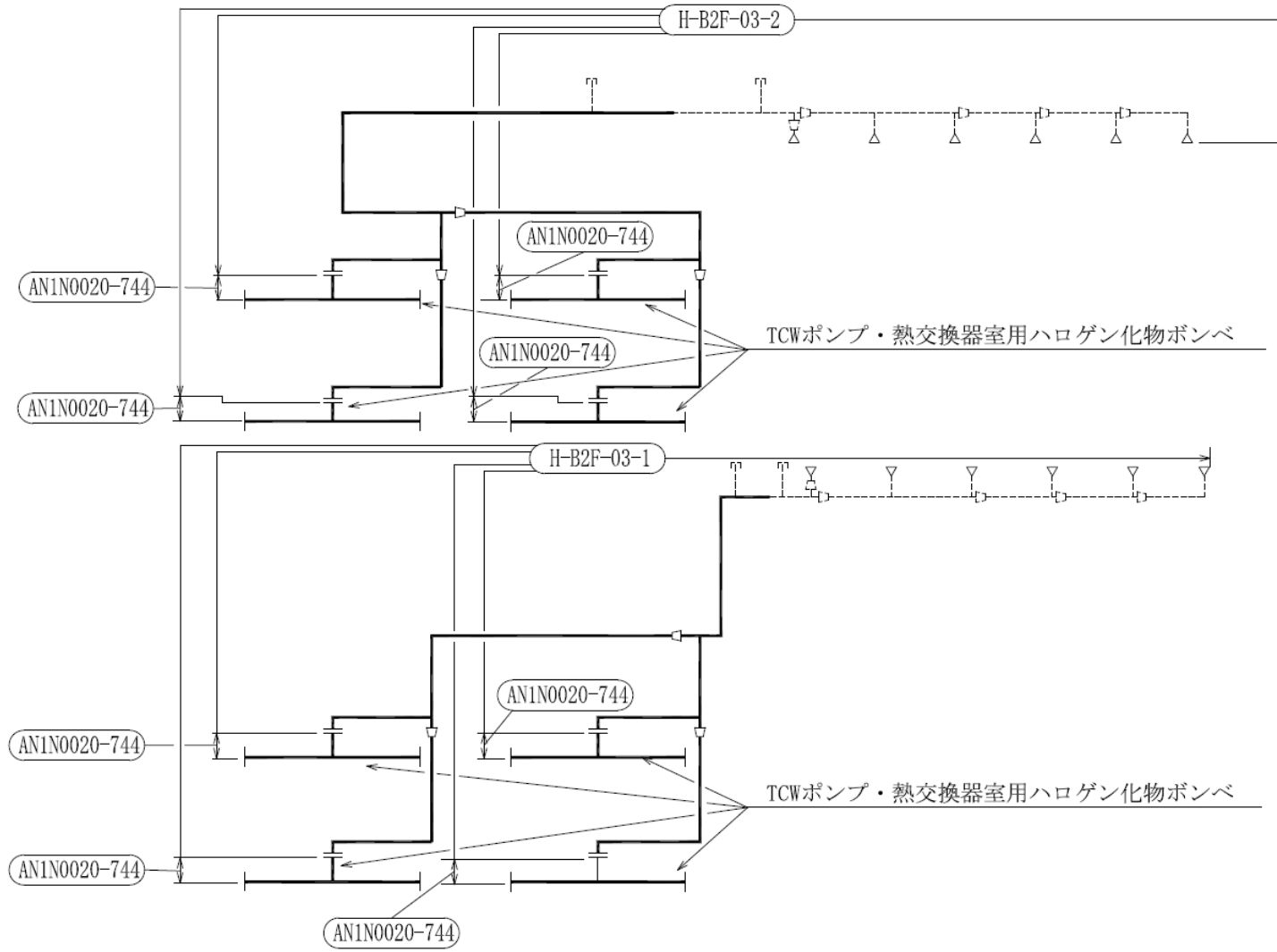
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 53)

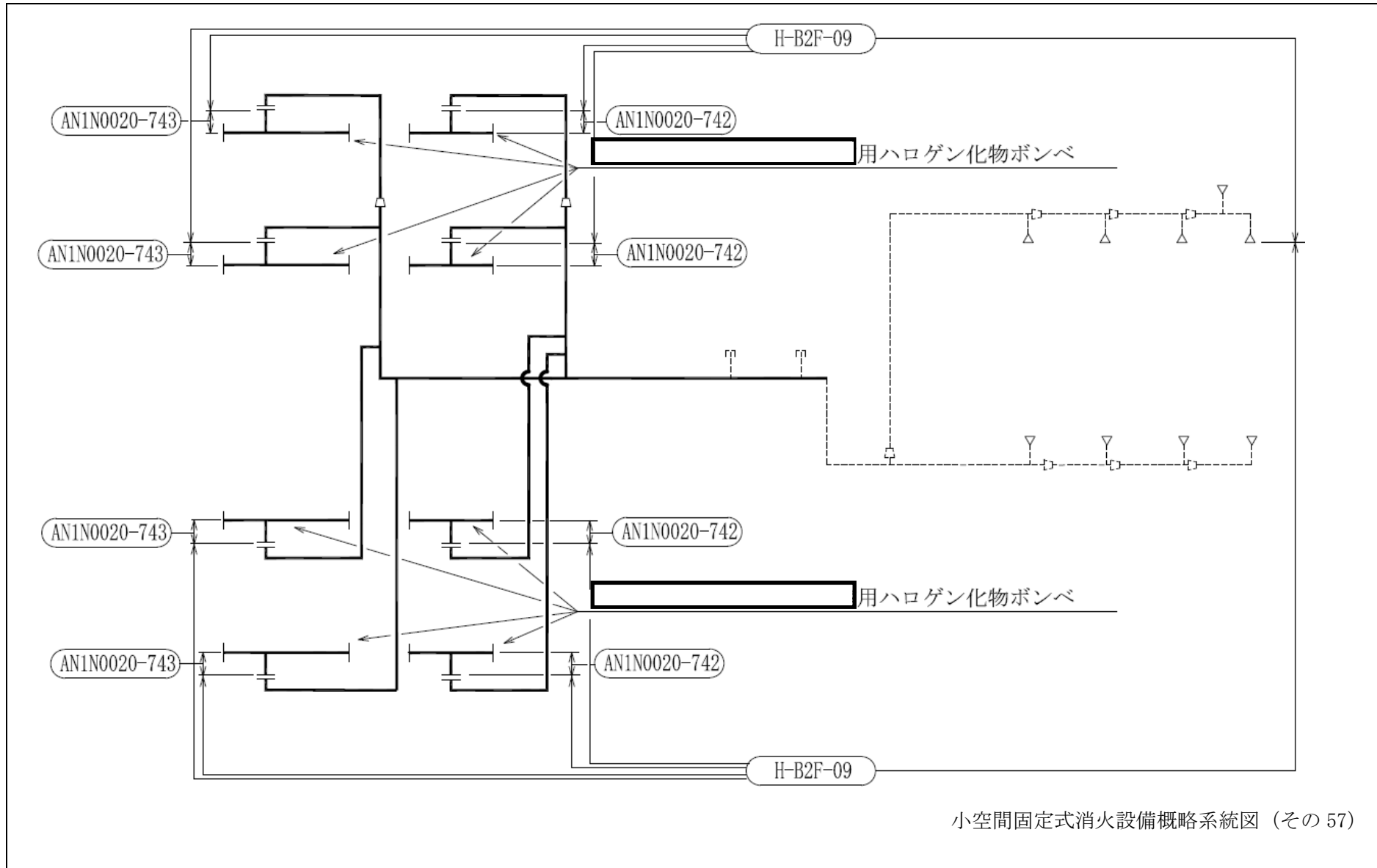


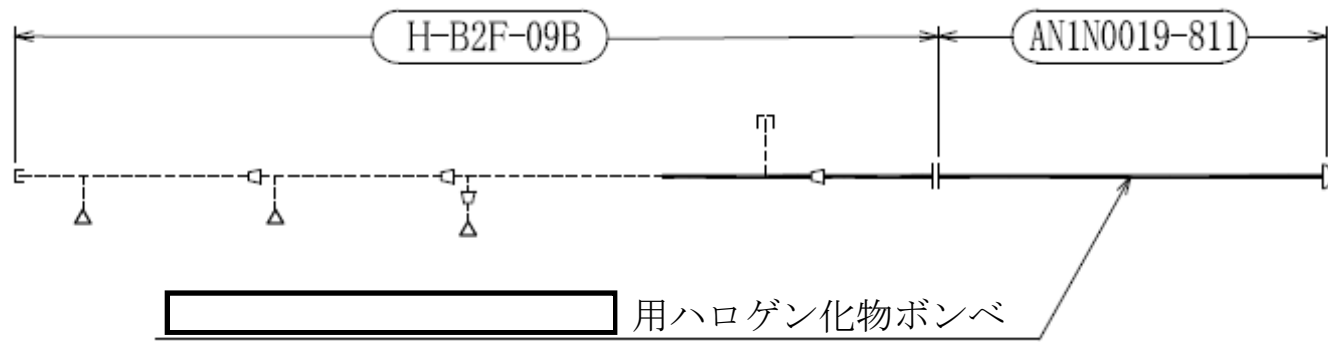
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 54)

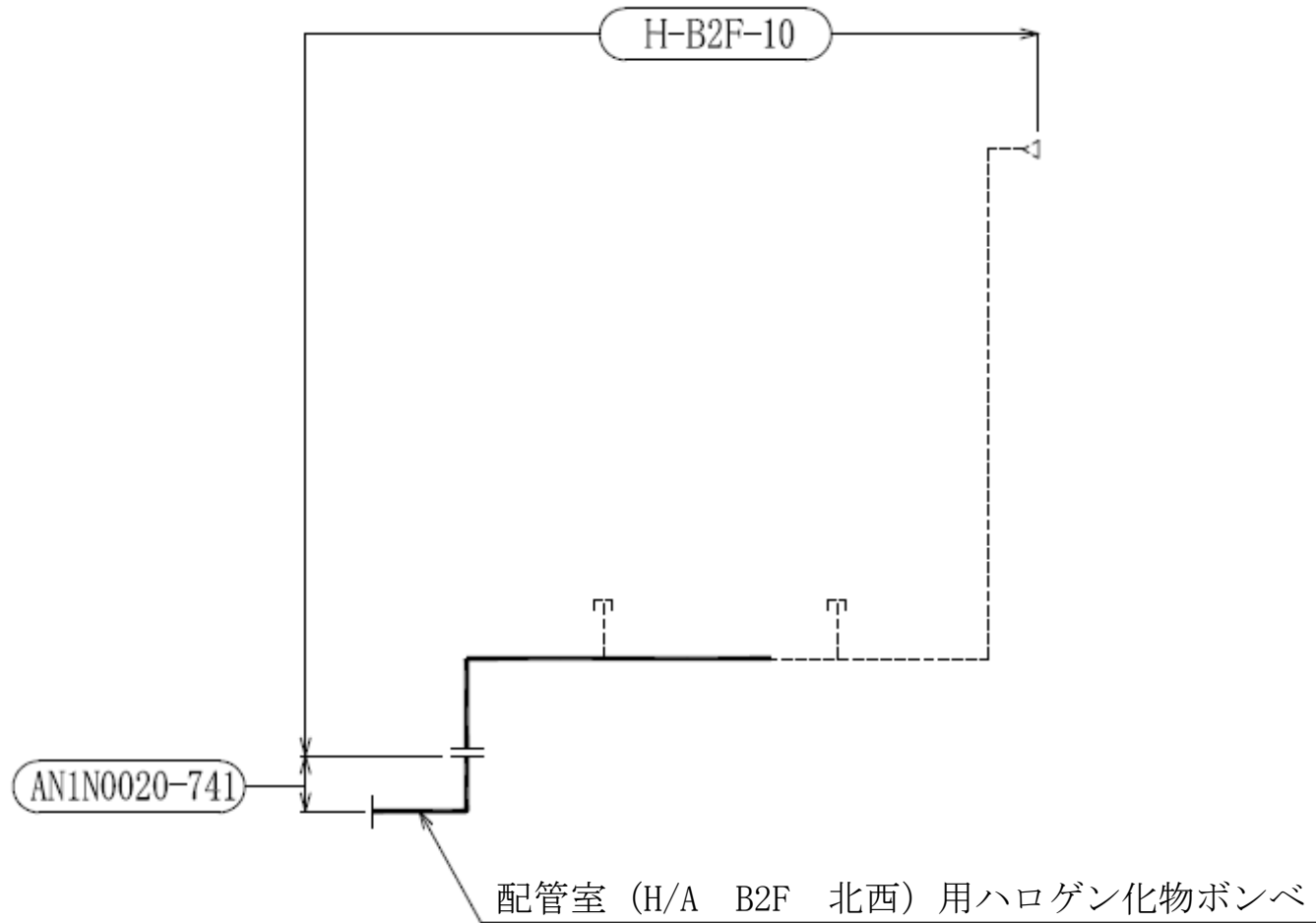


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 55)

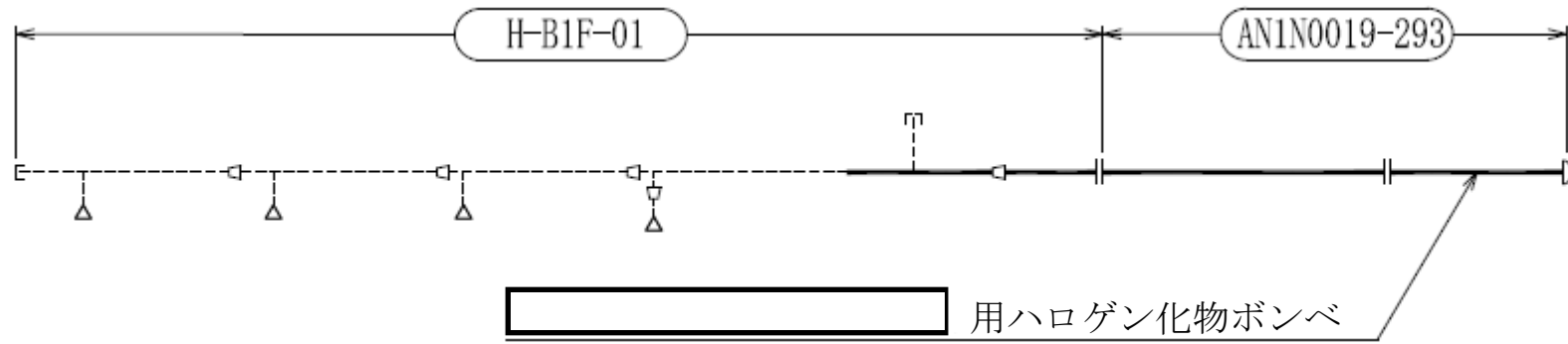


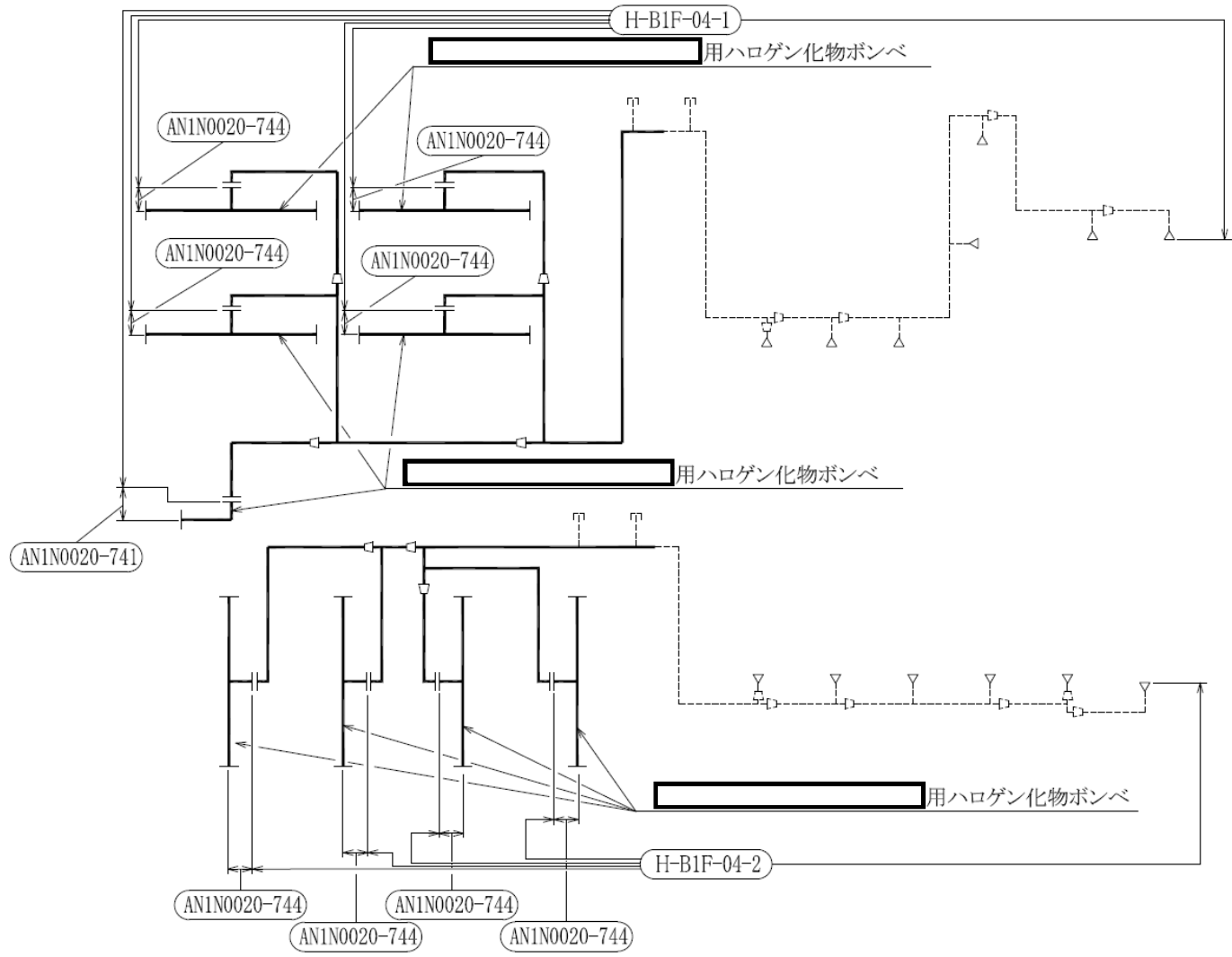




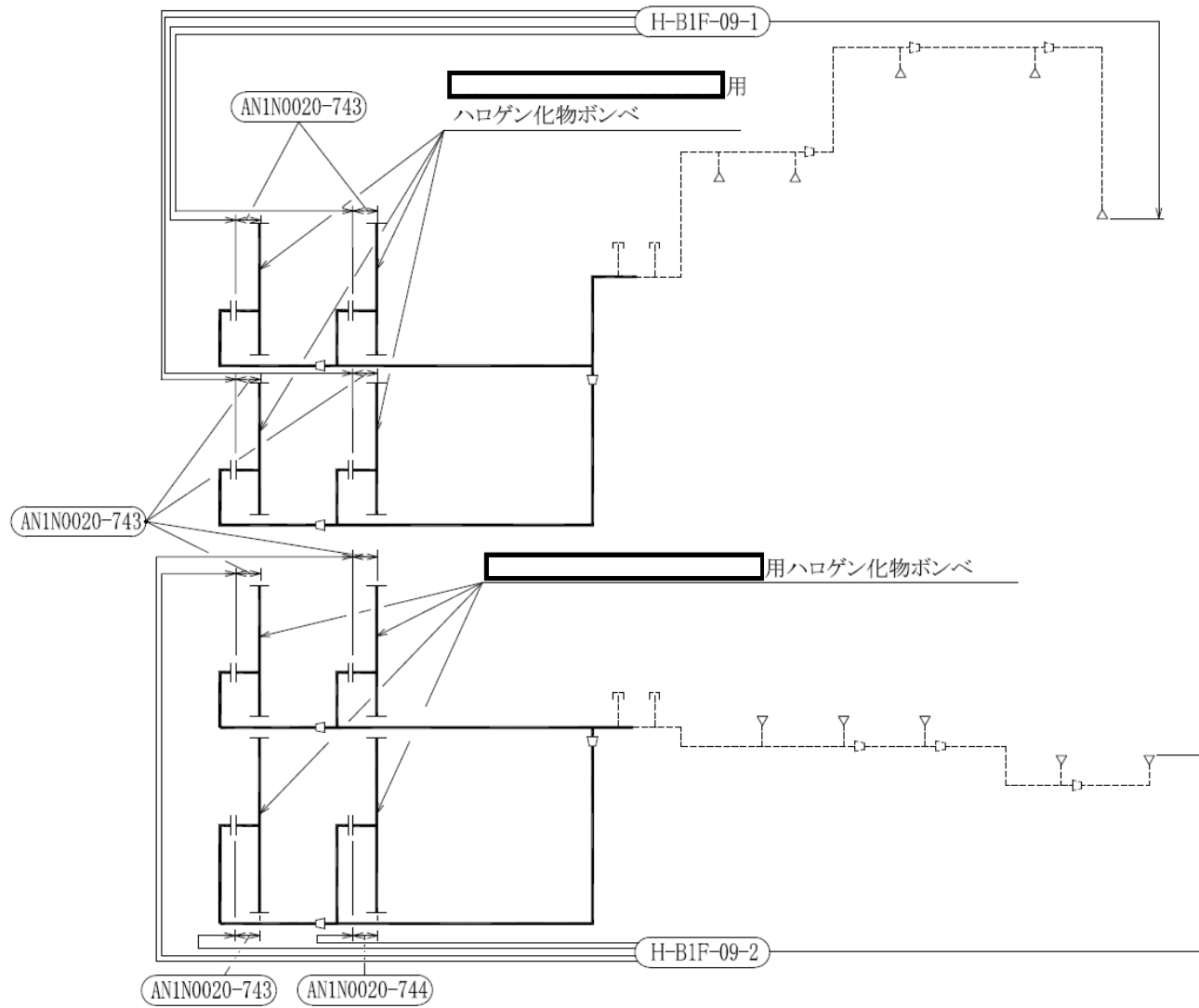


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 59)

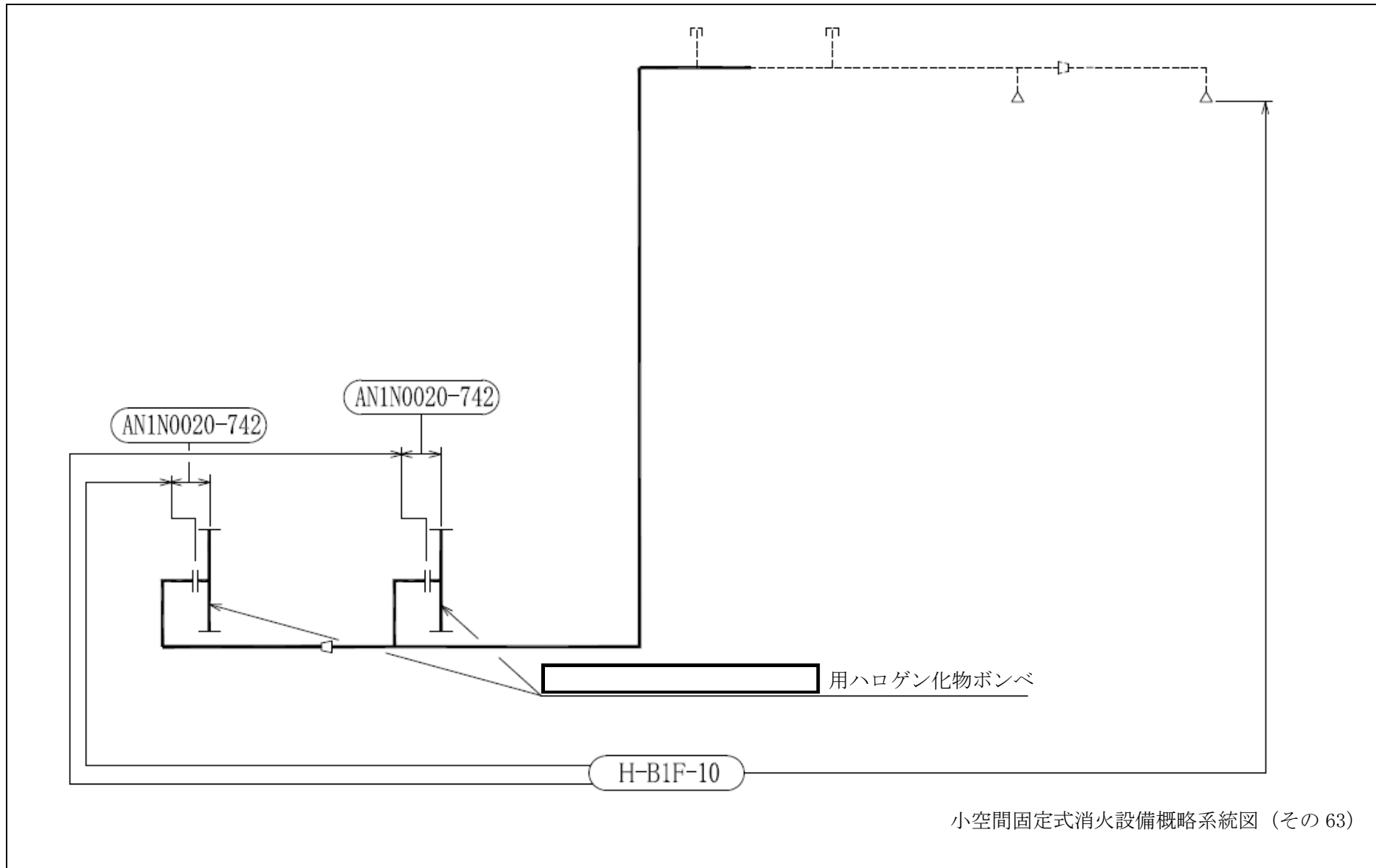


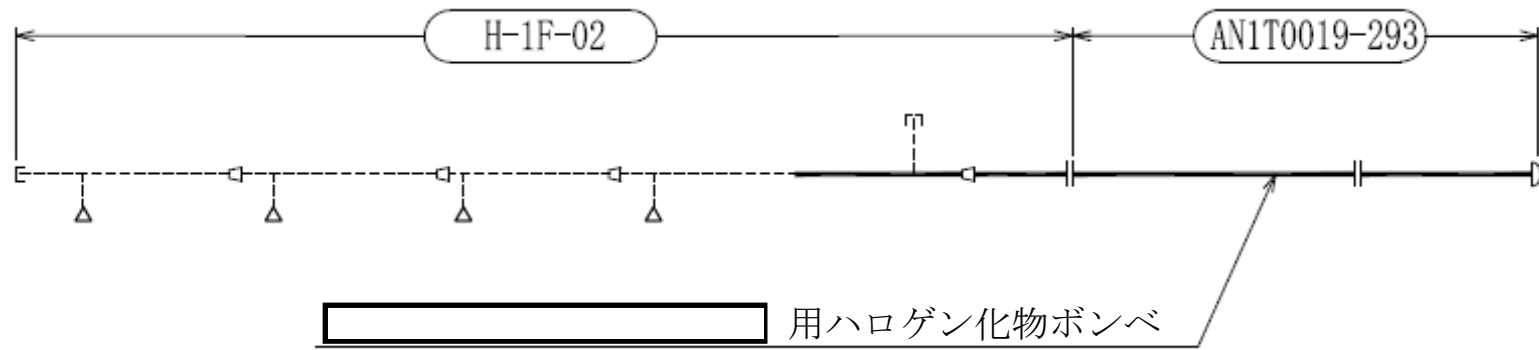


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 61)

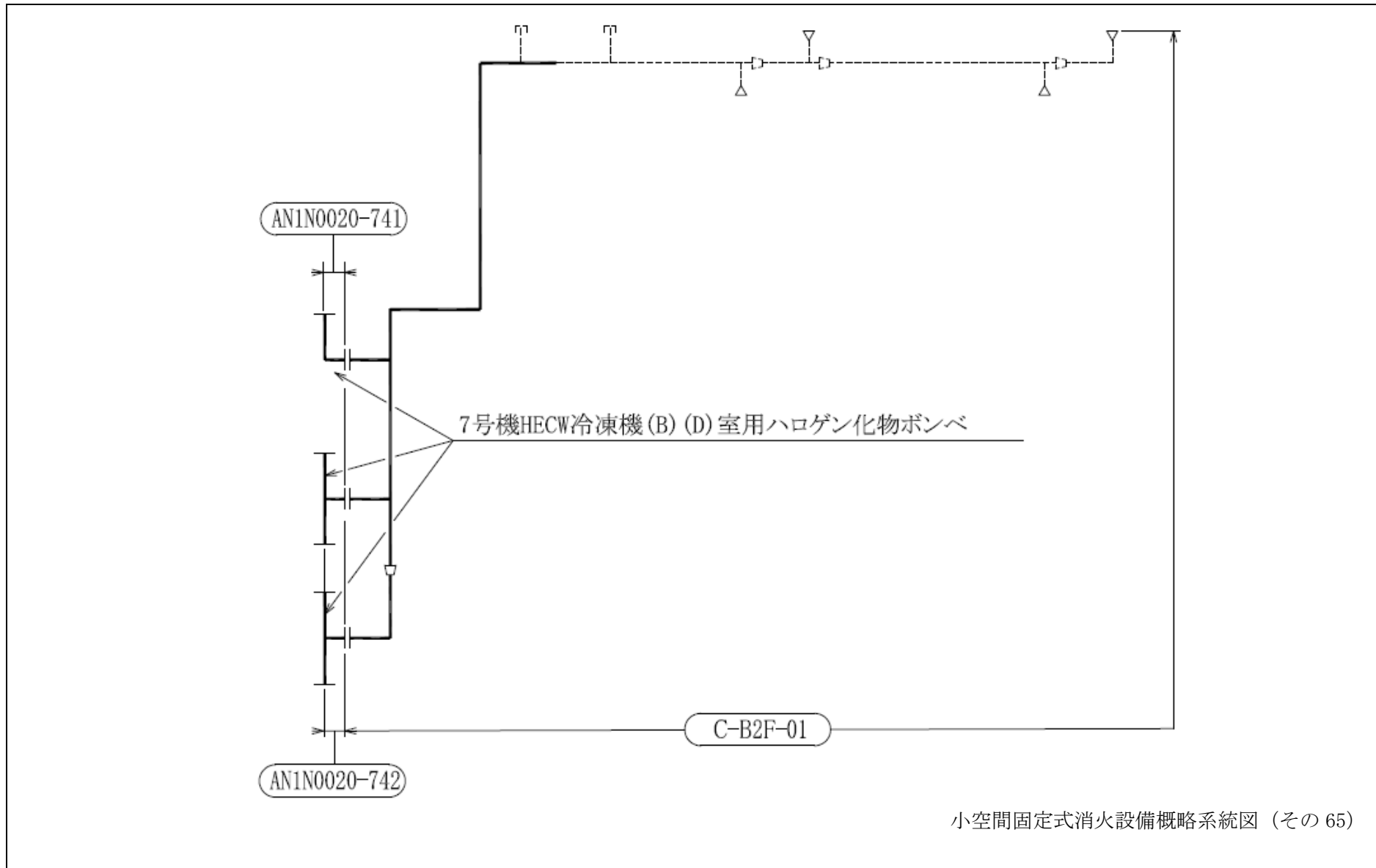


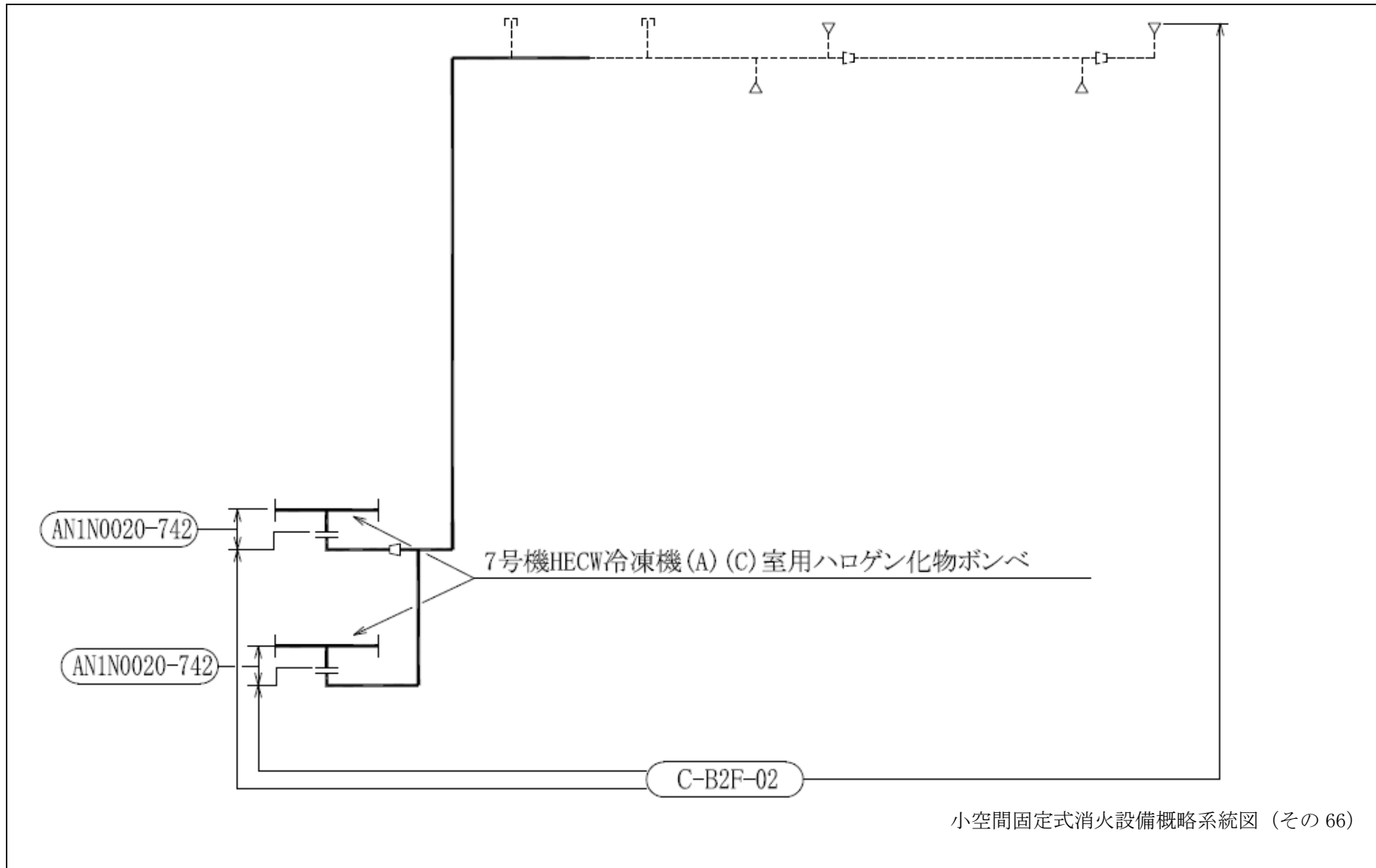
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 62)

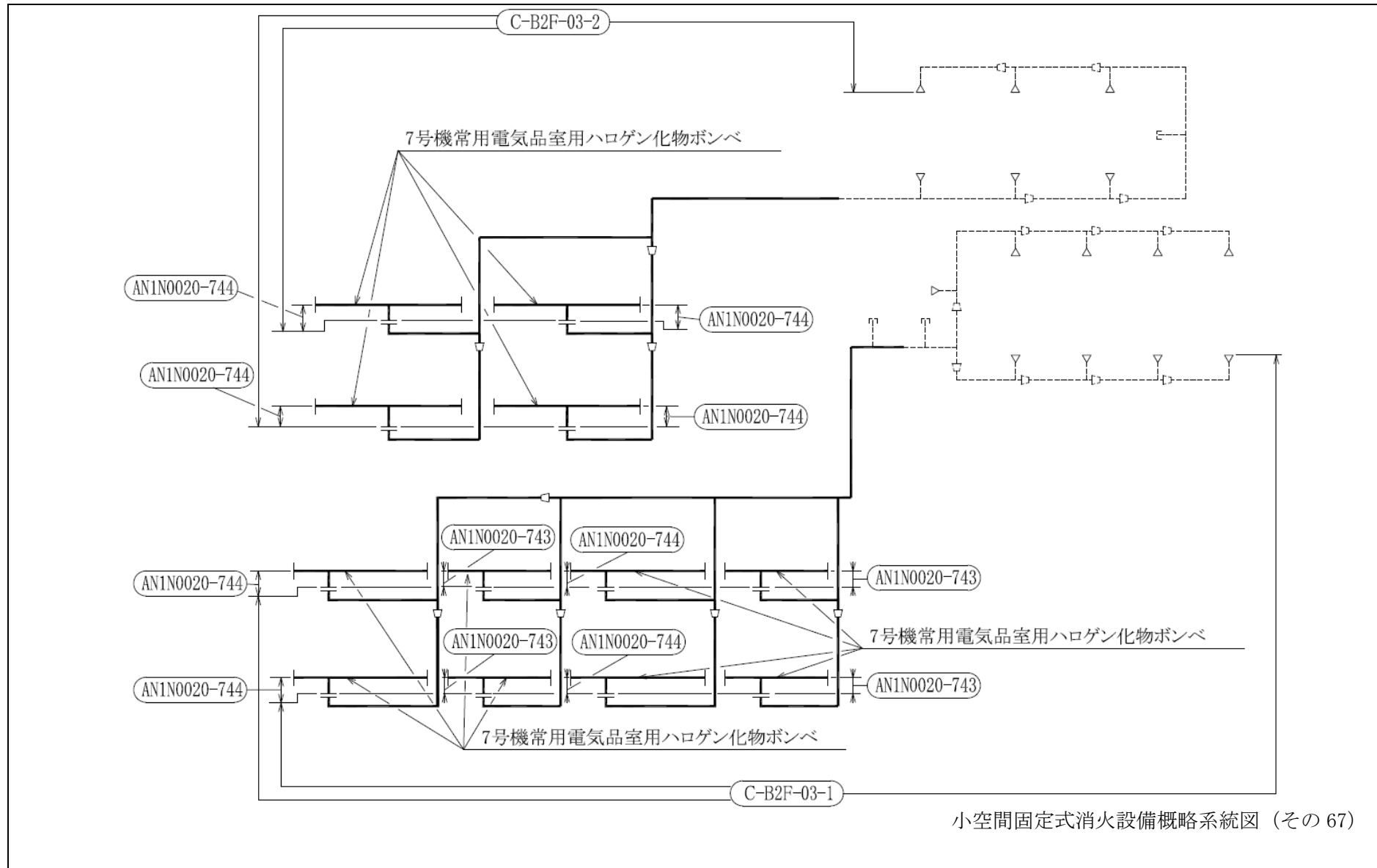




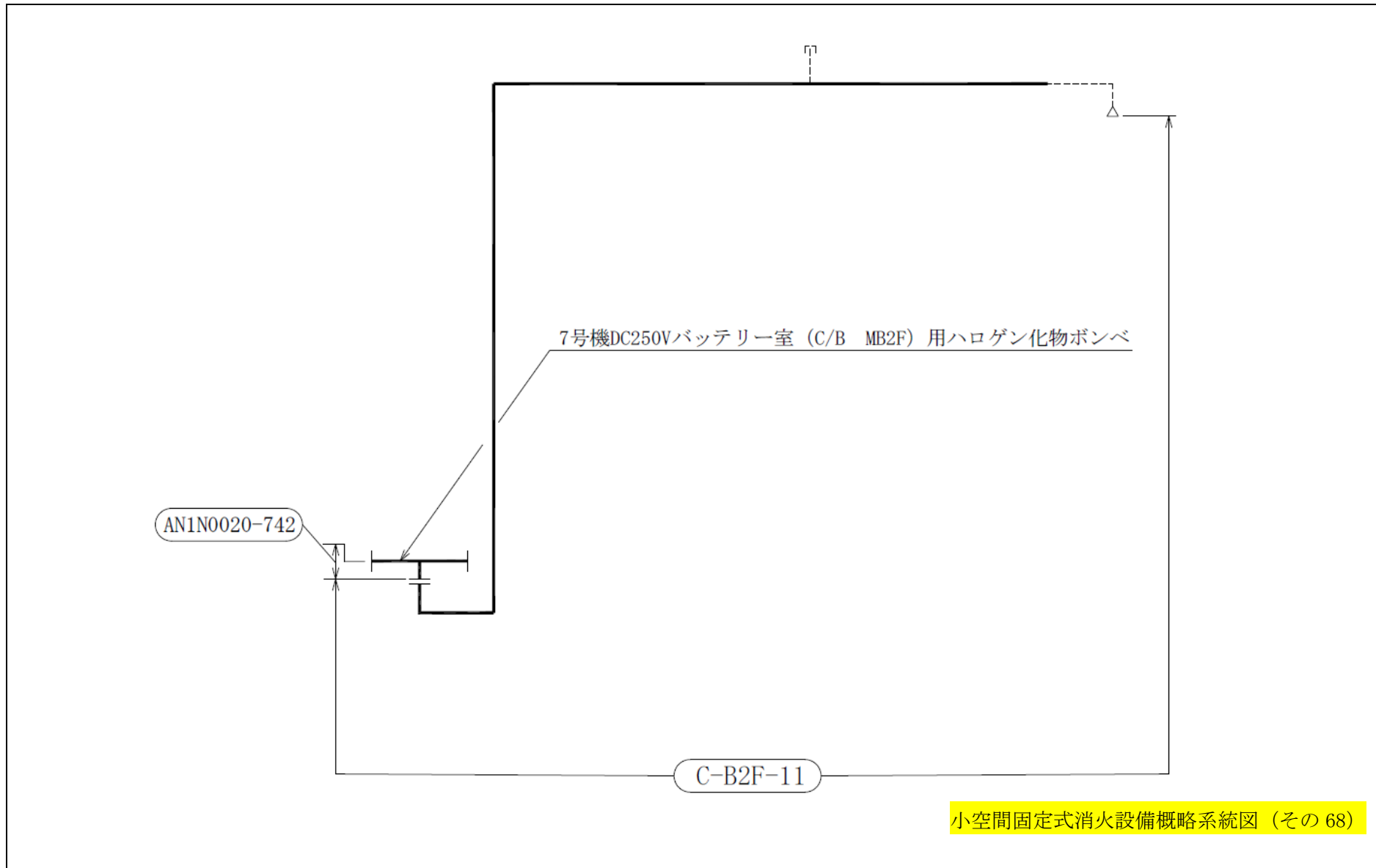
小空間固定式消火設備概略系統図（その 64）

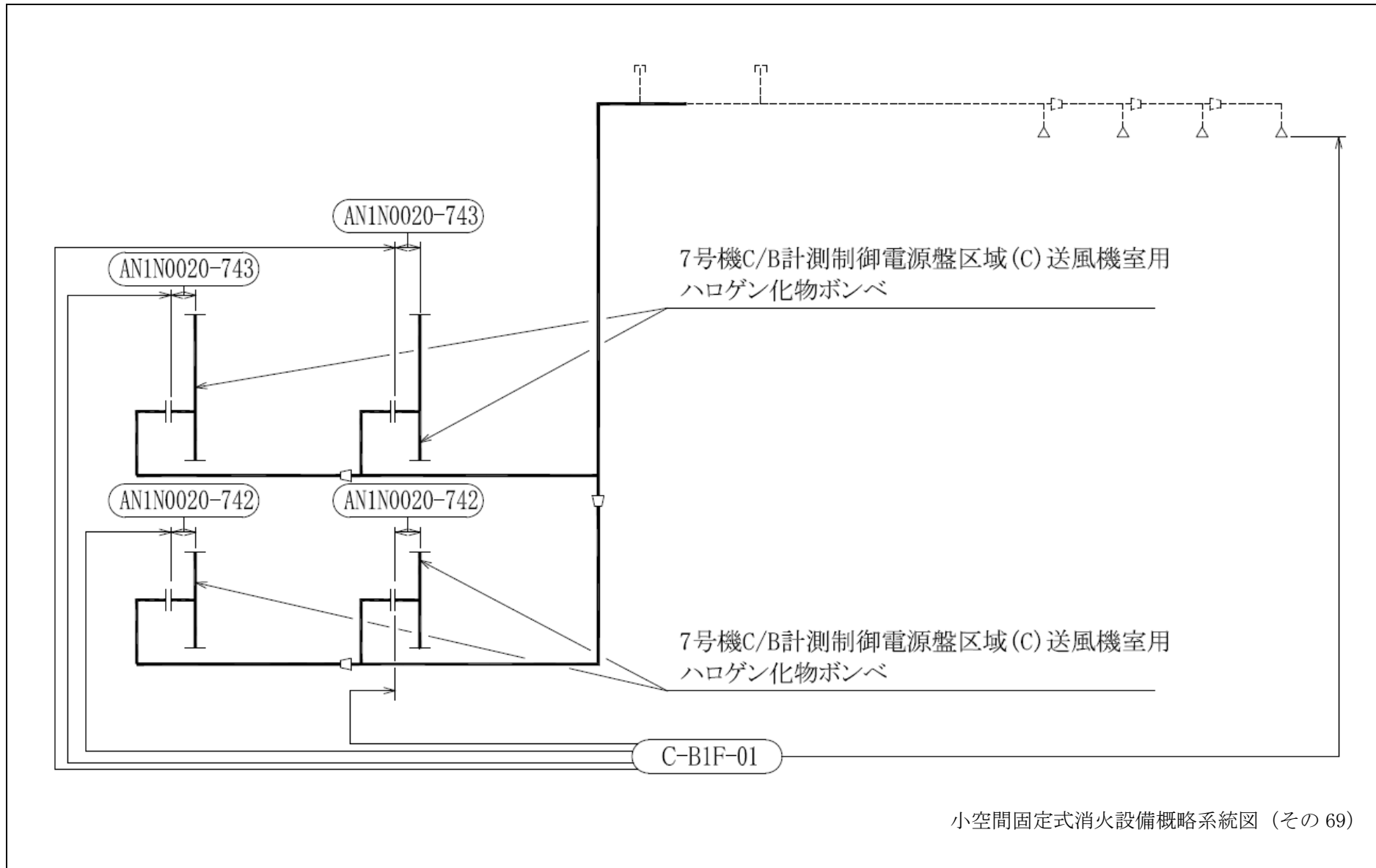




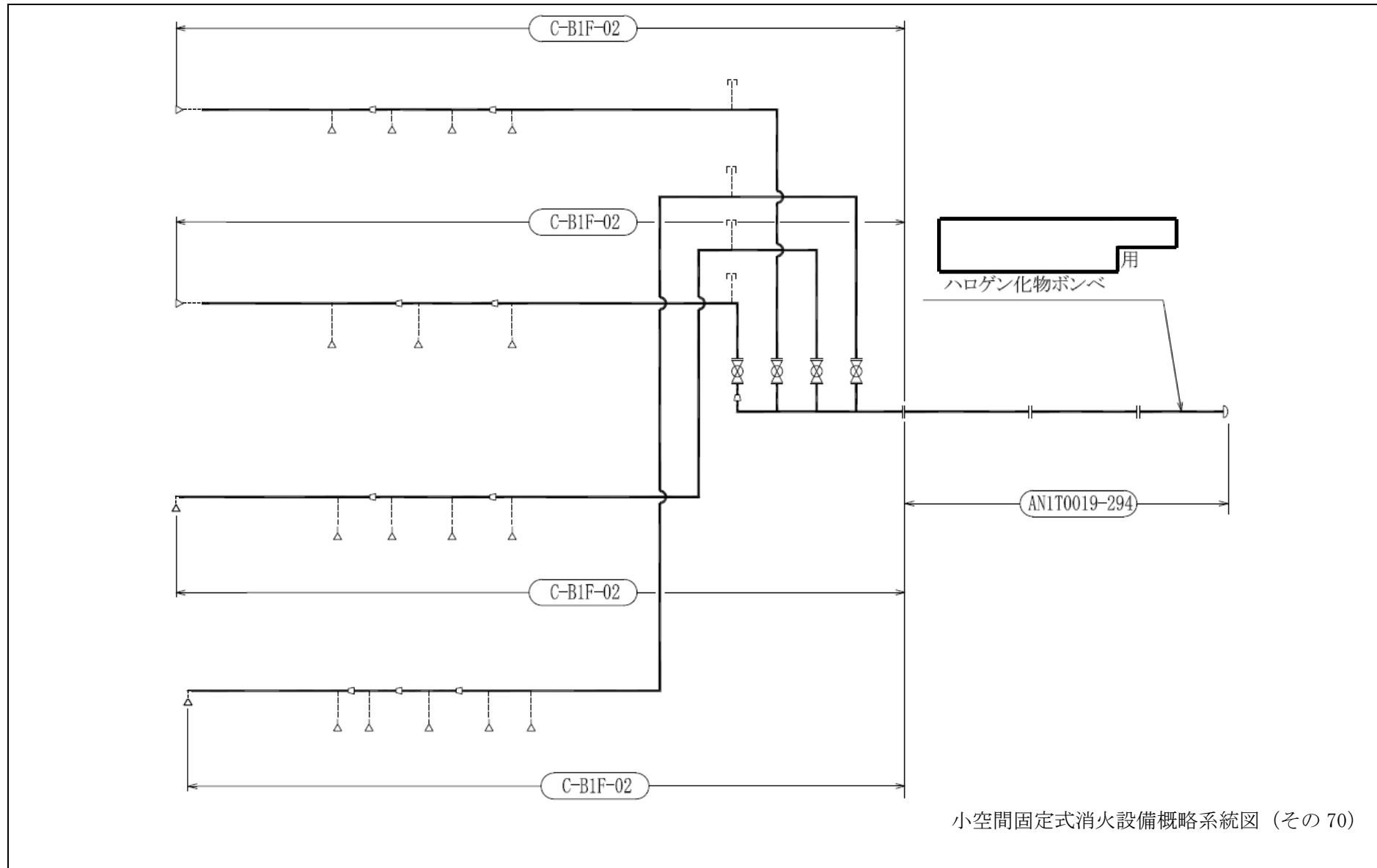


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 67)

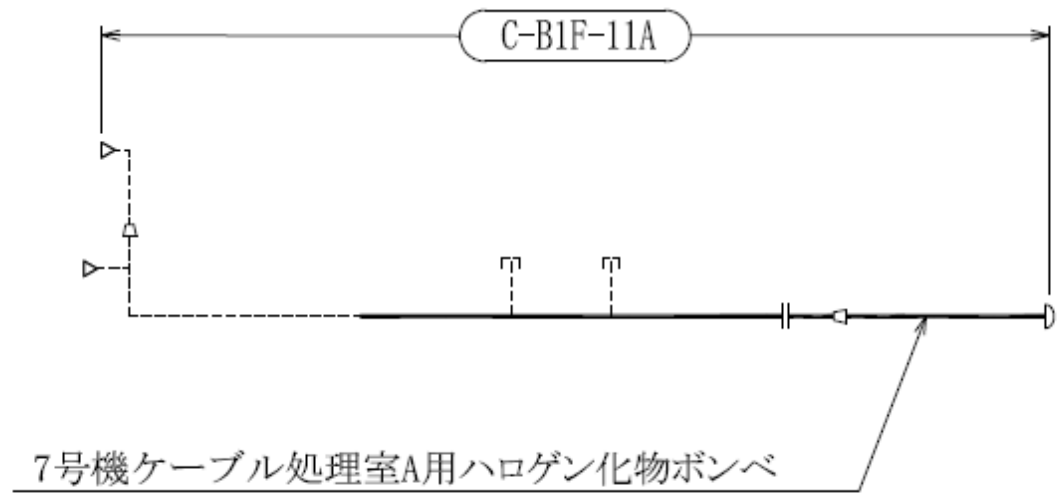




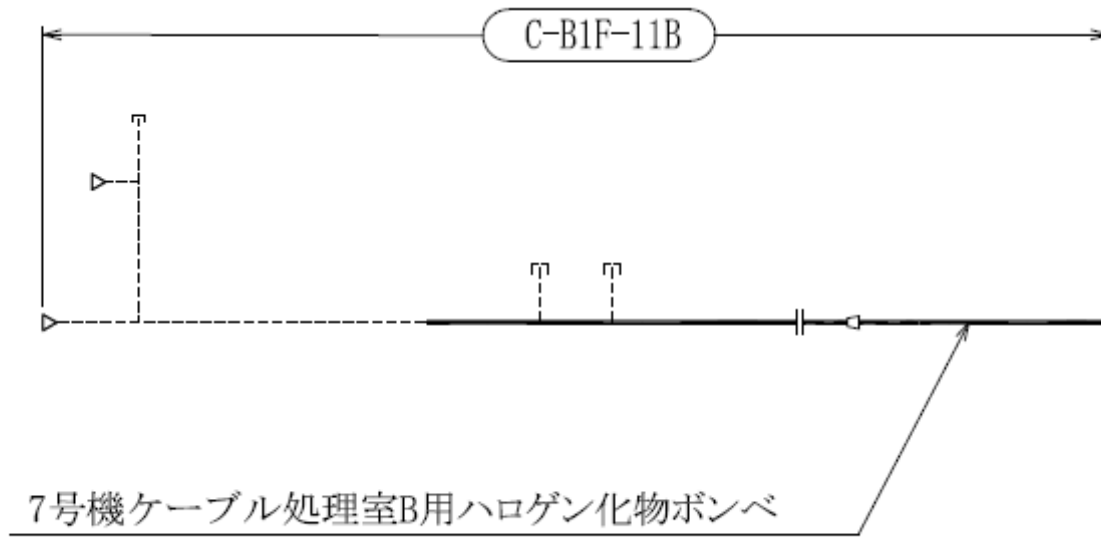
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 69)



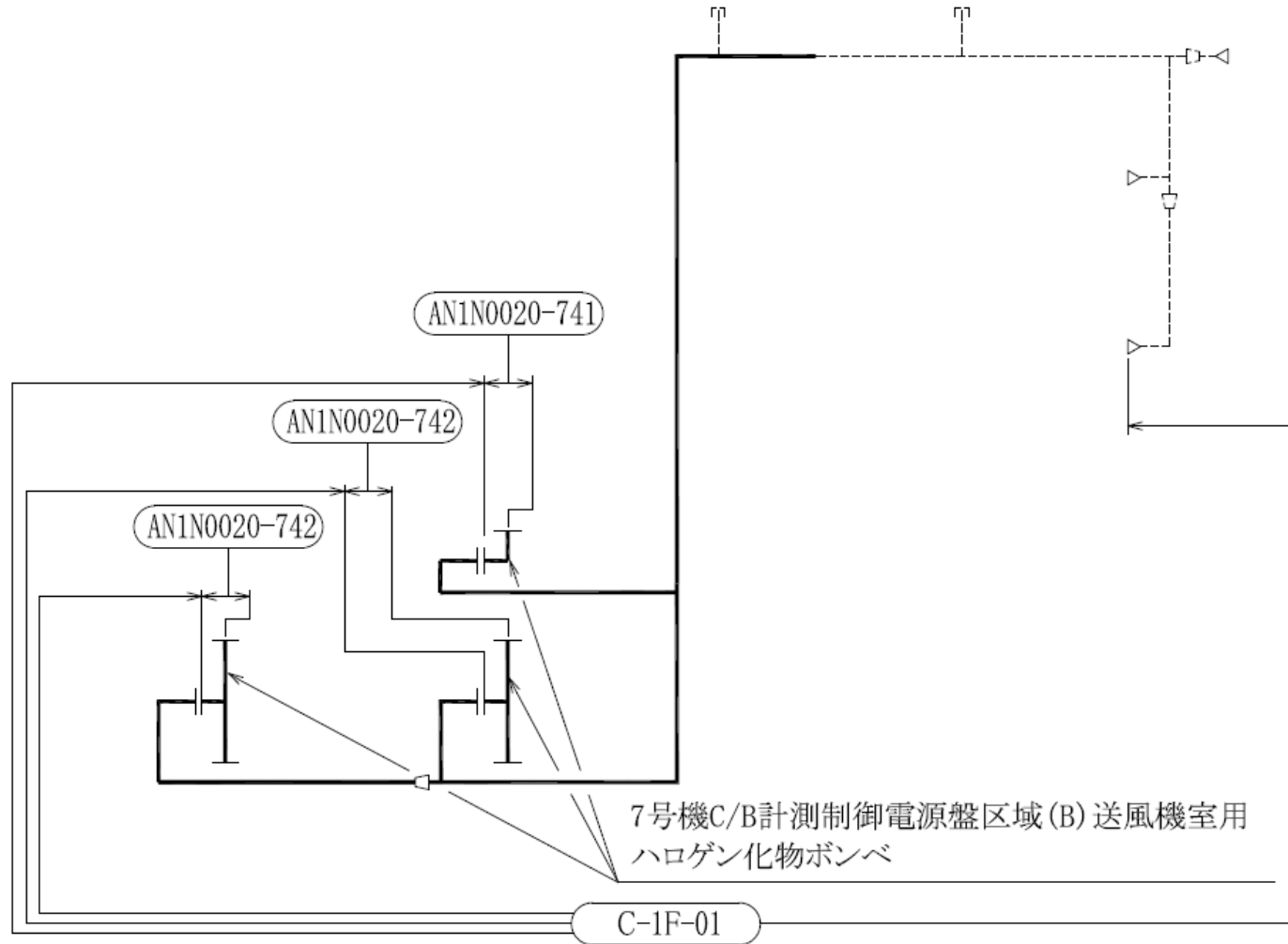
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 70)



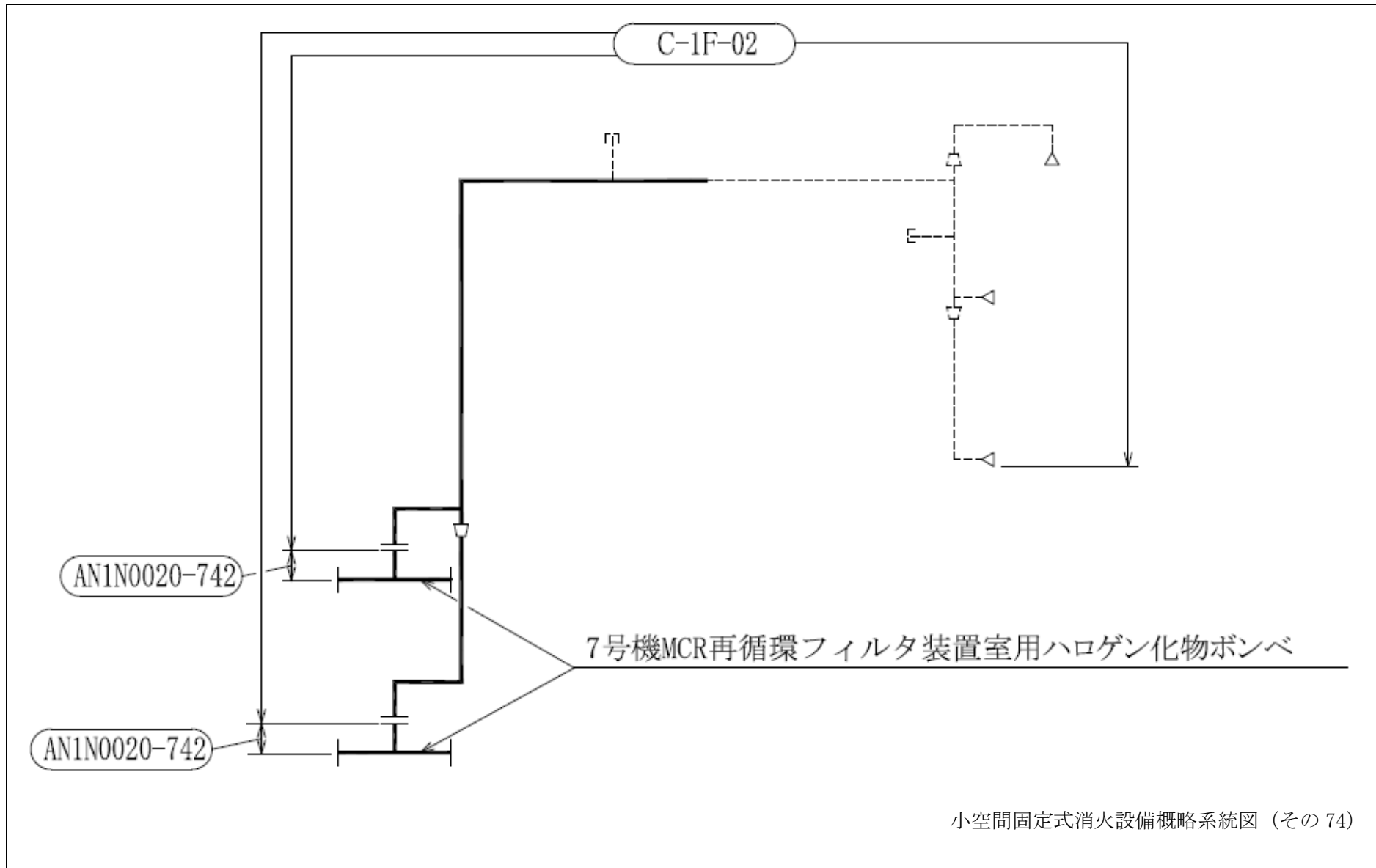
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 71)

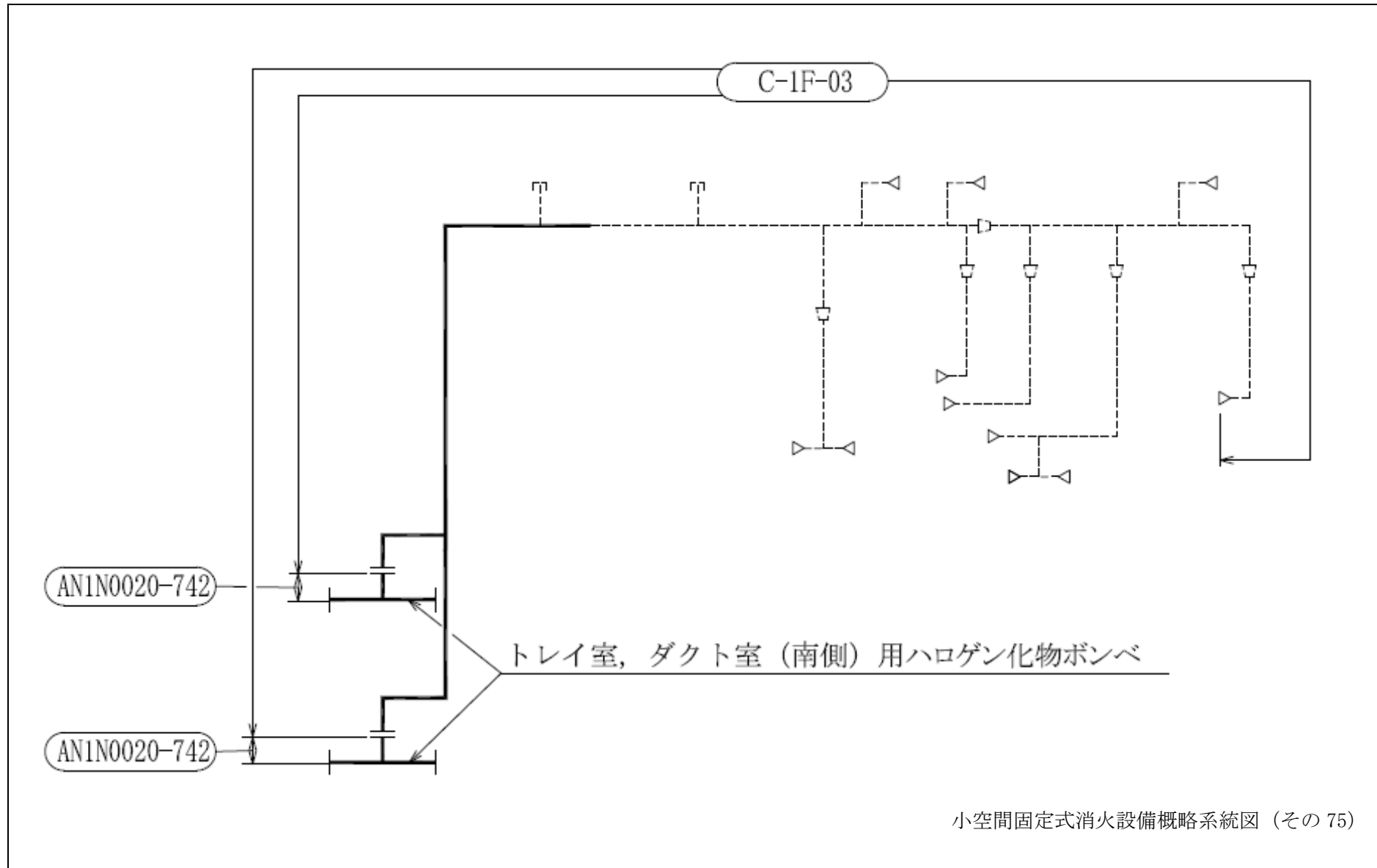


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 72)

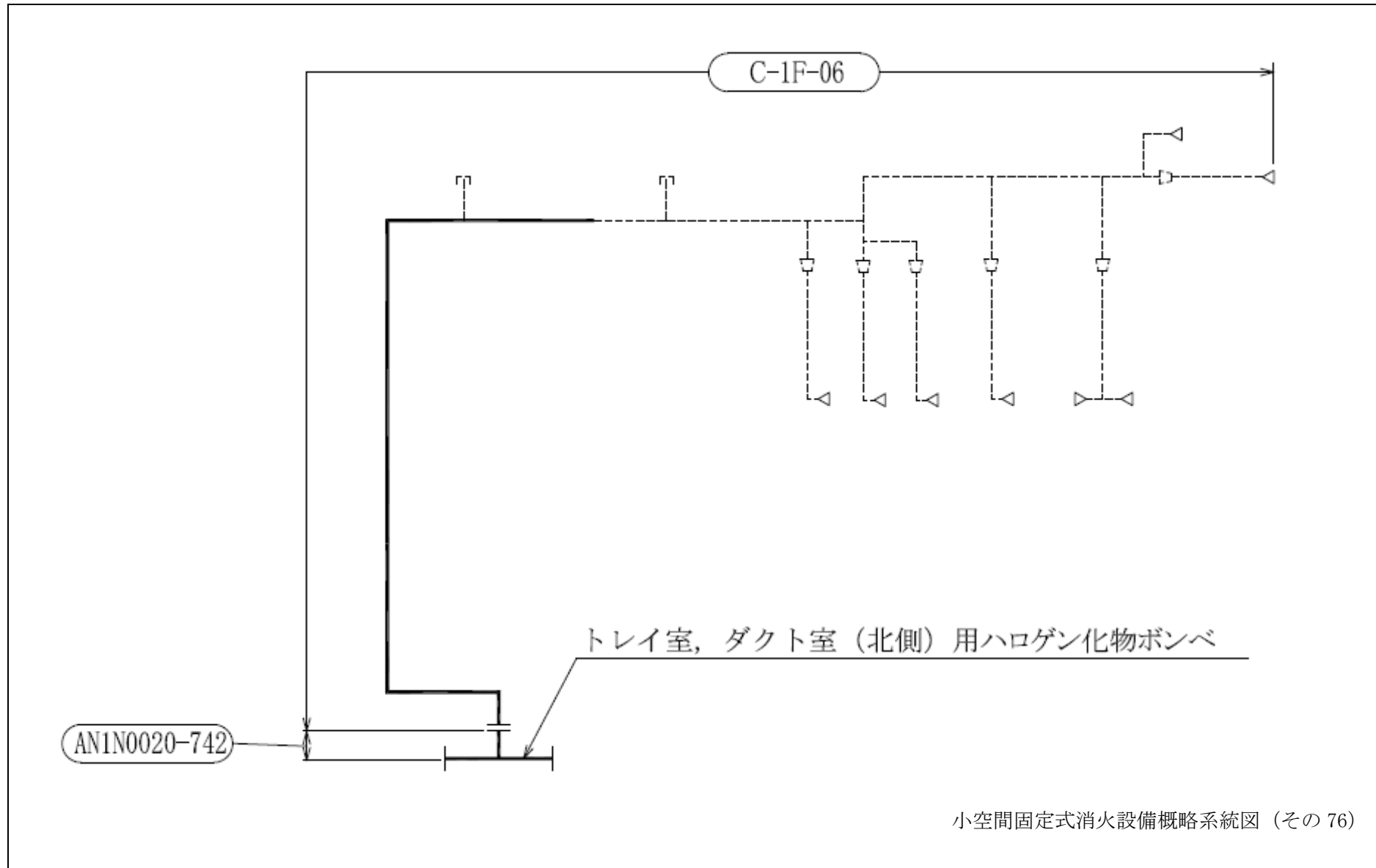


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 73)

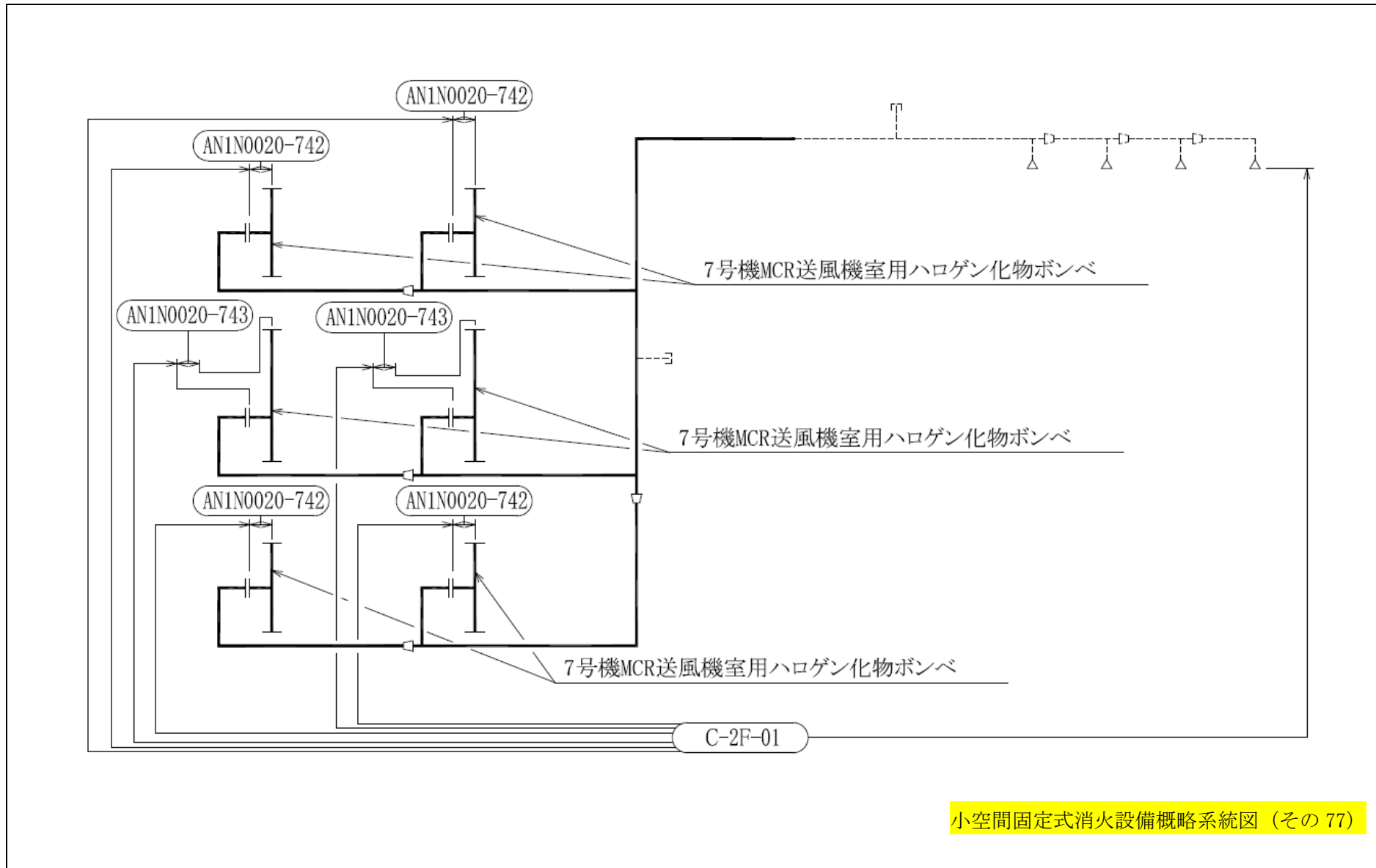




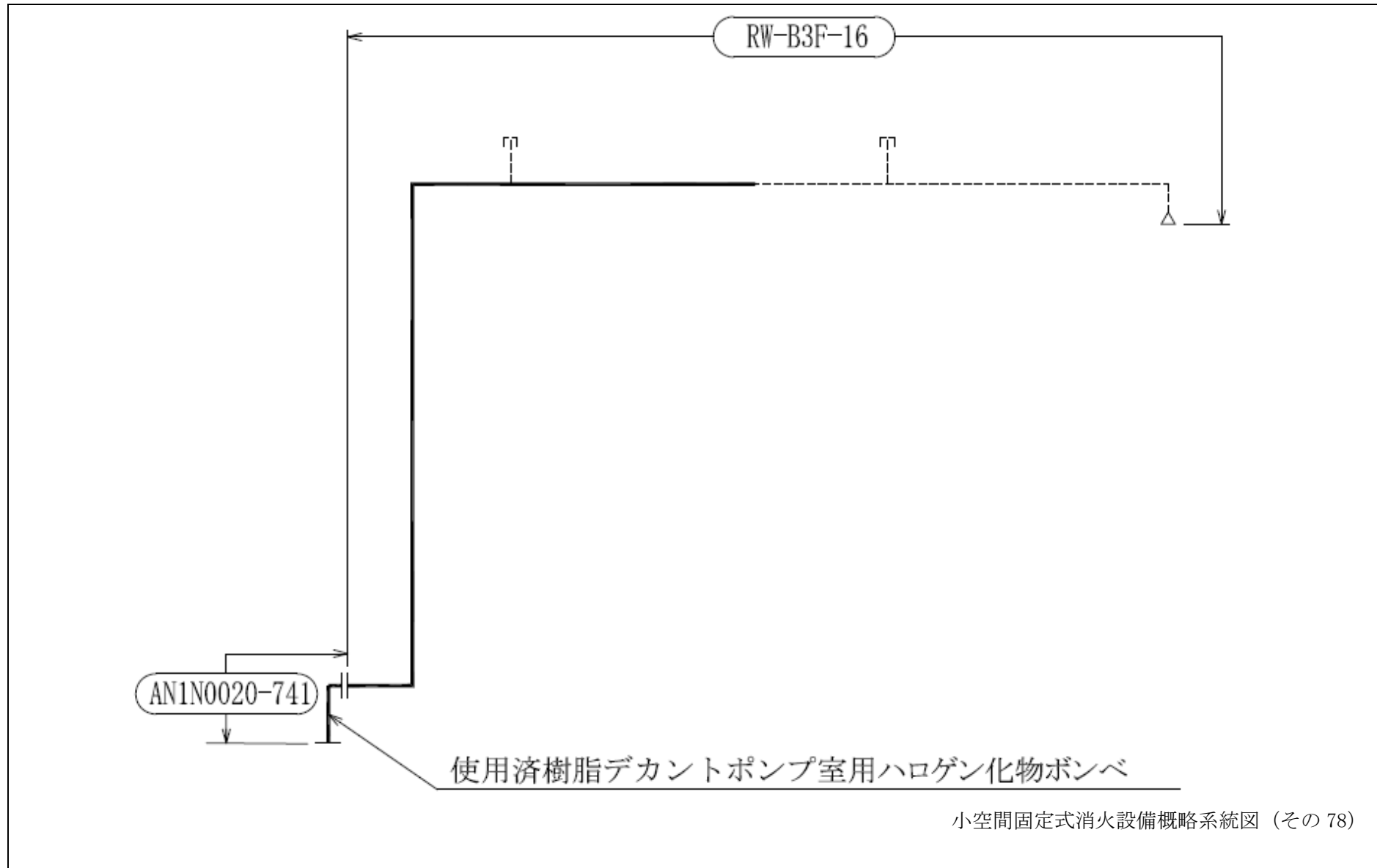
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 75)

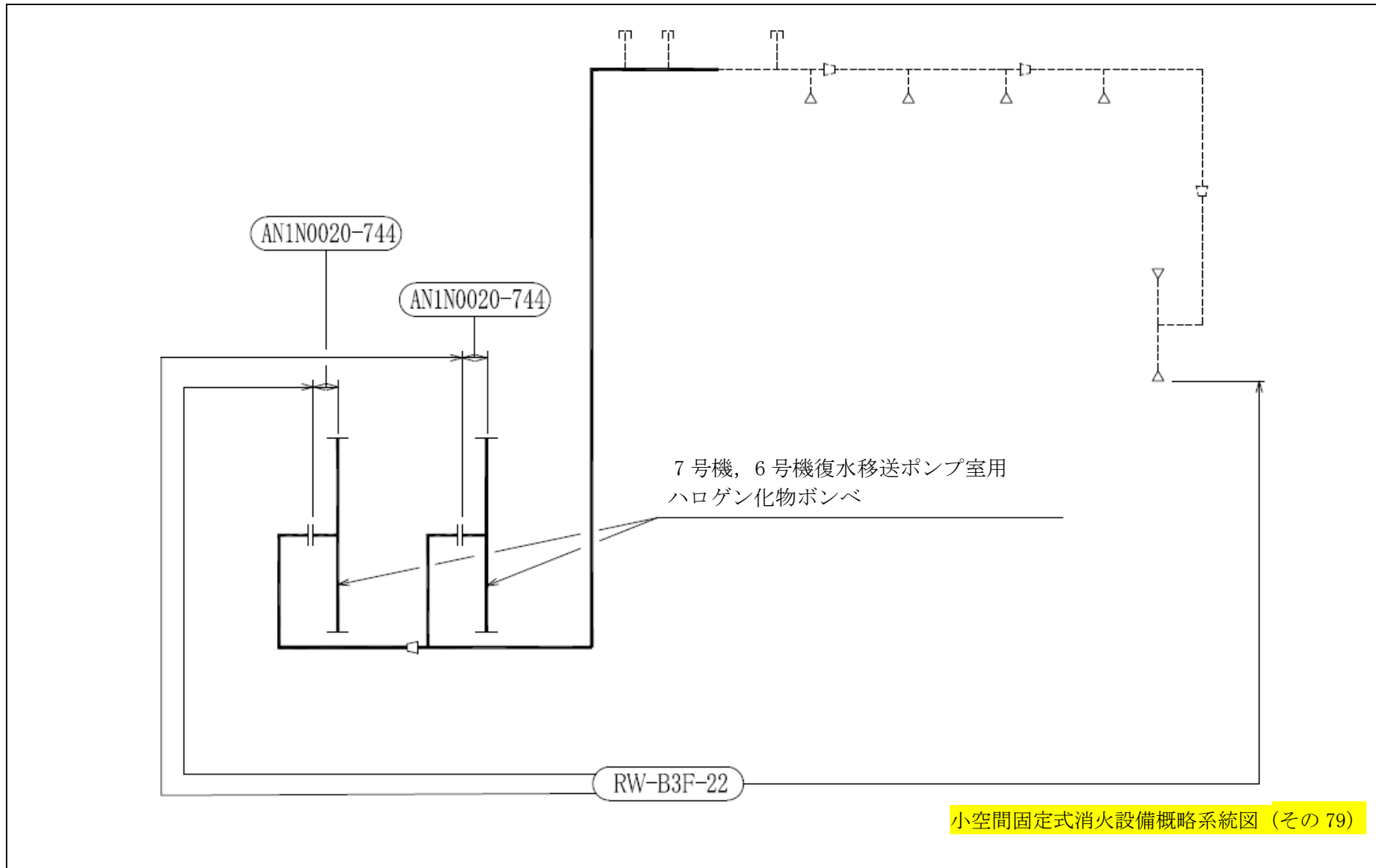


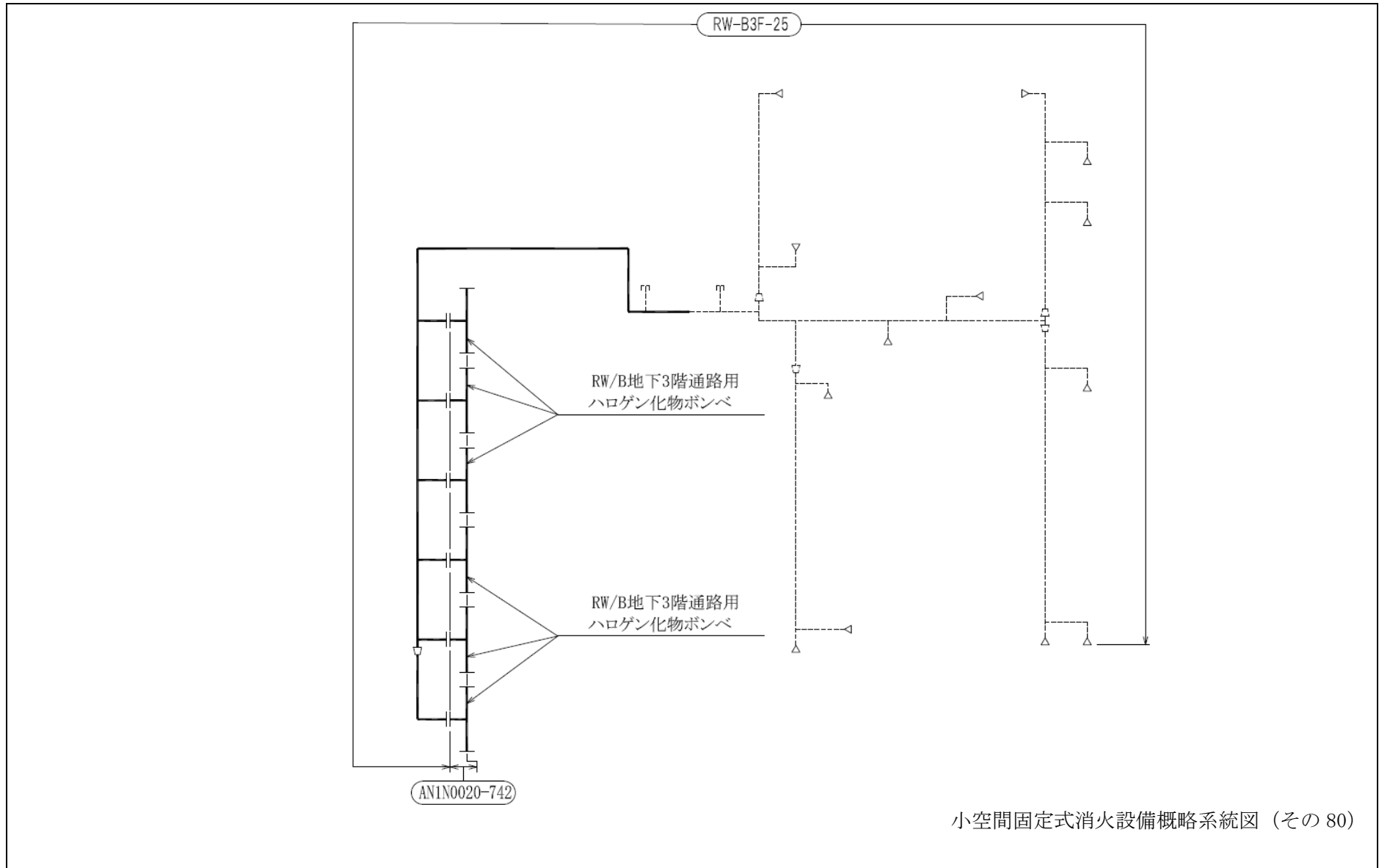
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 76)

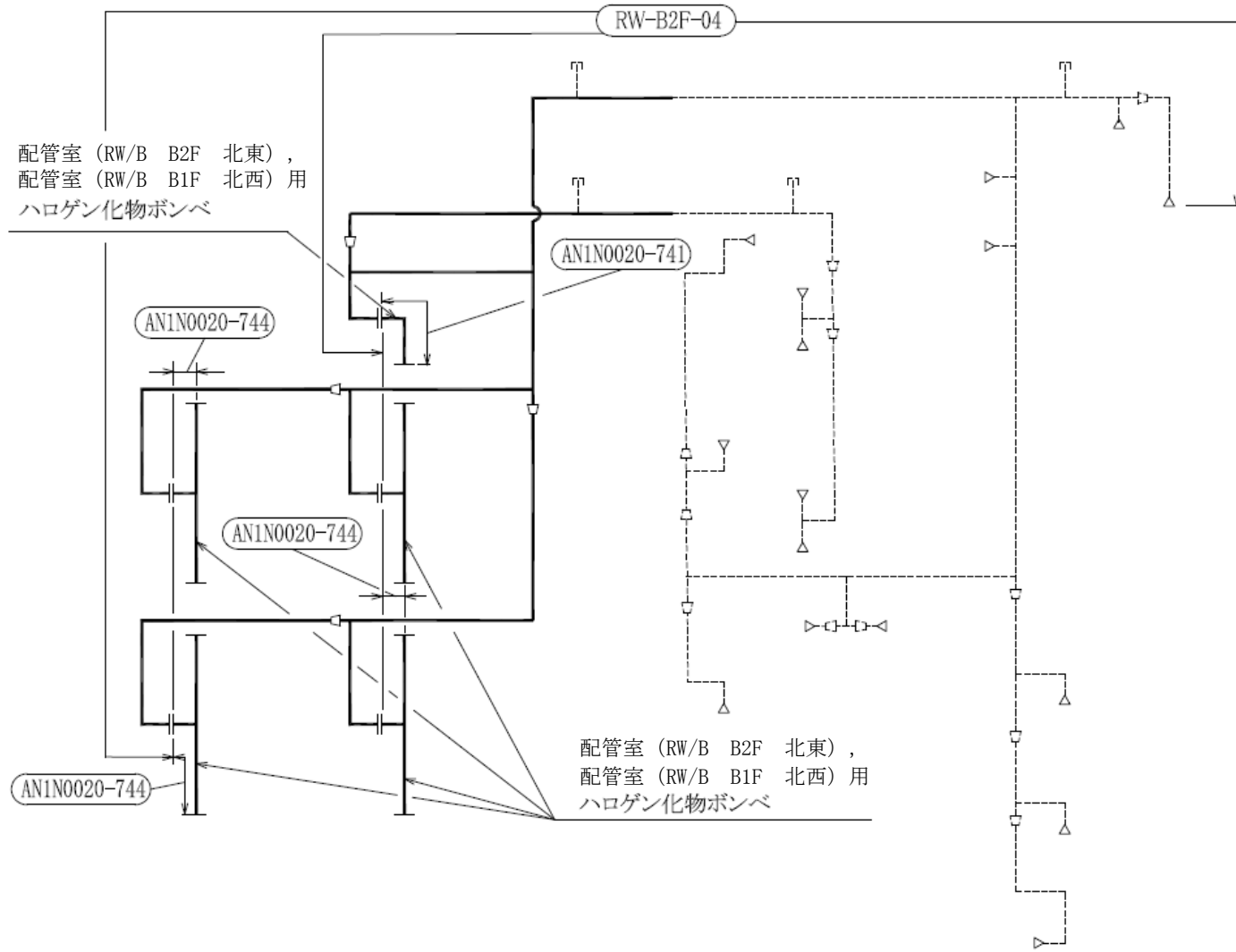


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 77)

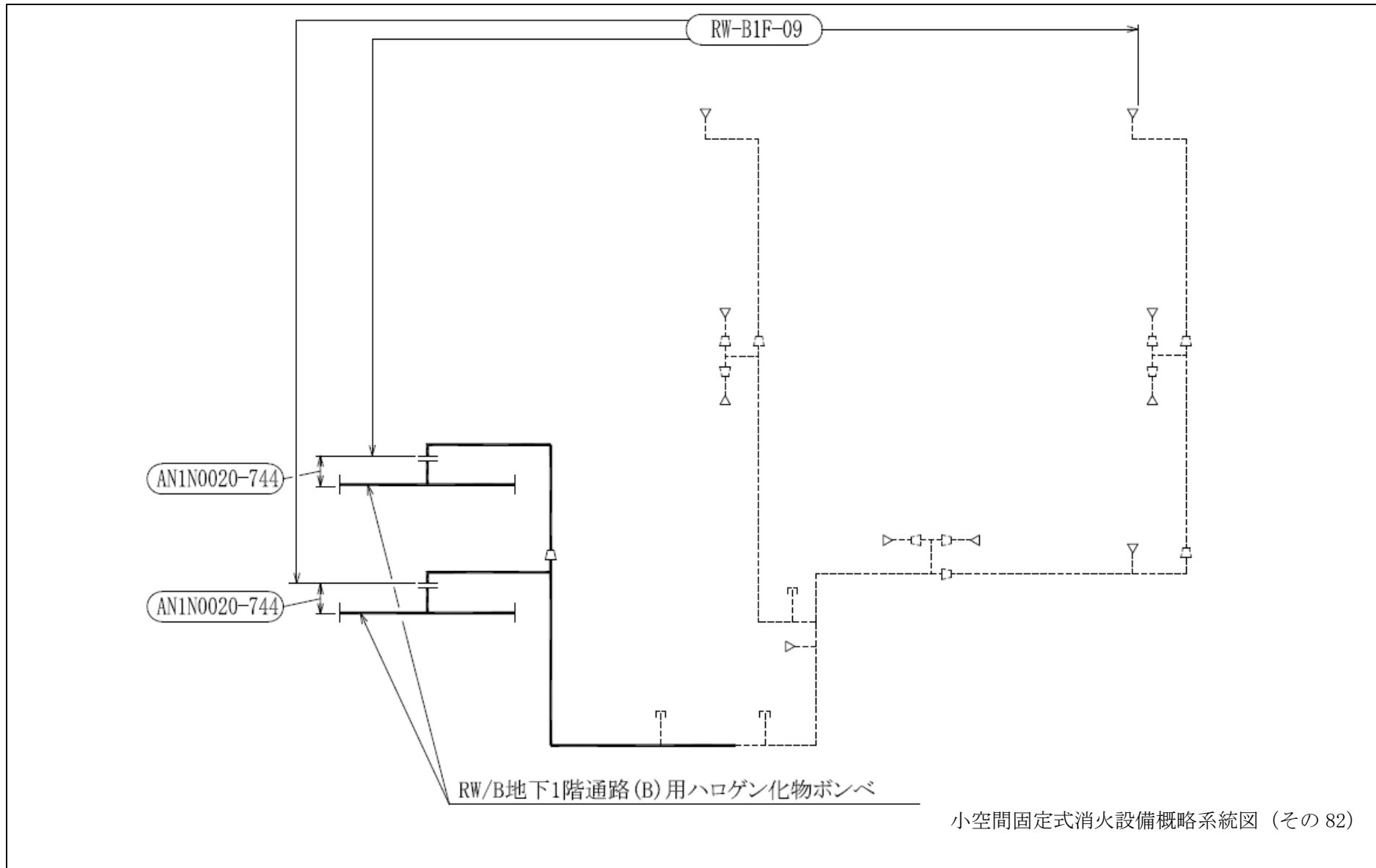




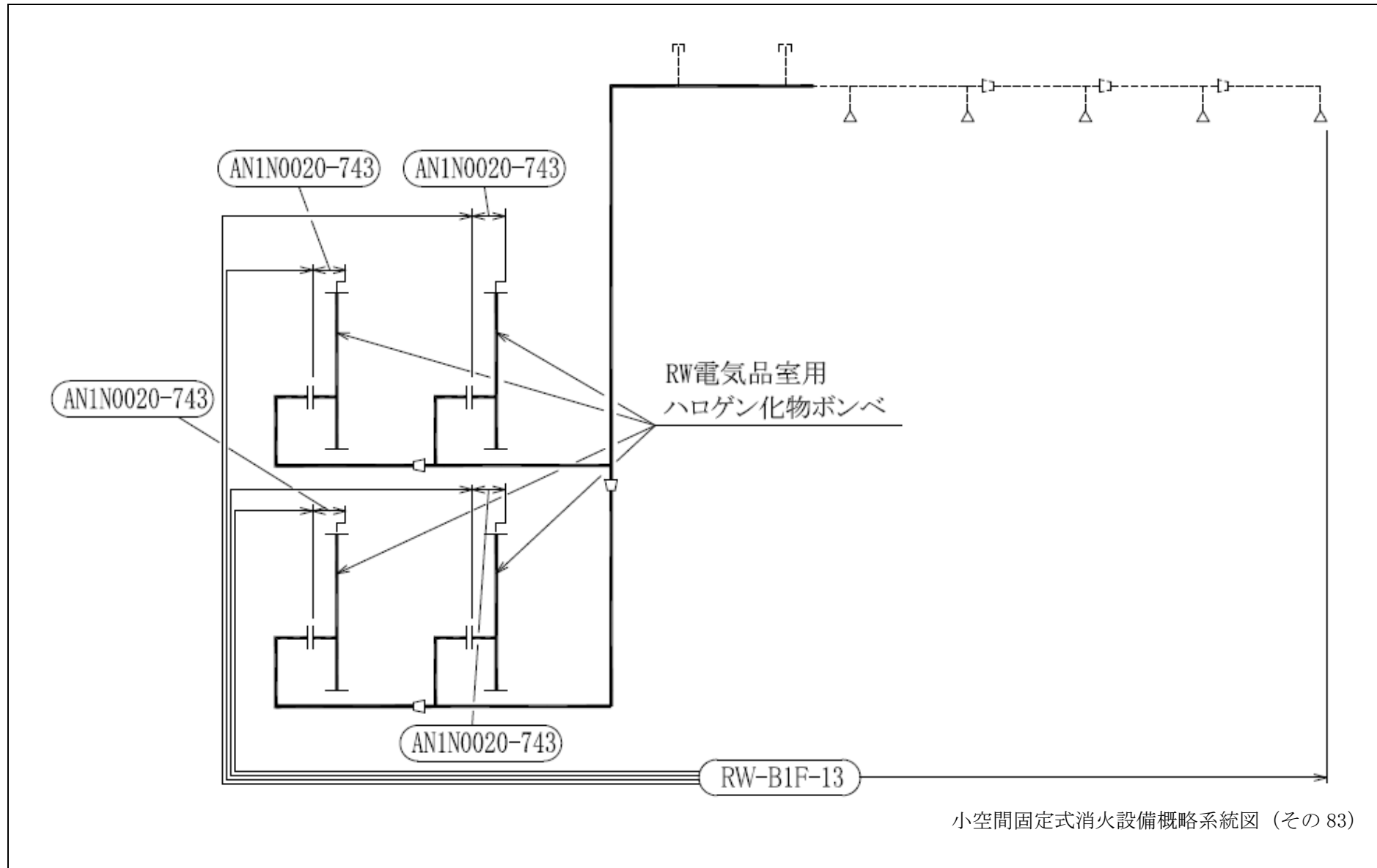


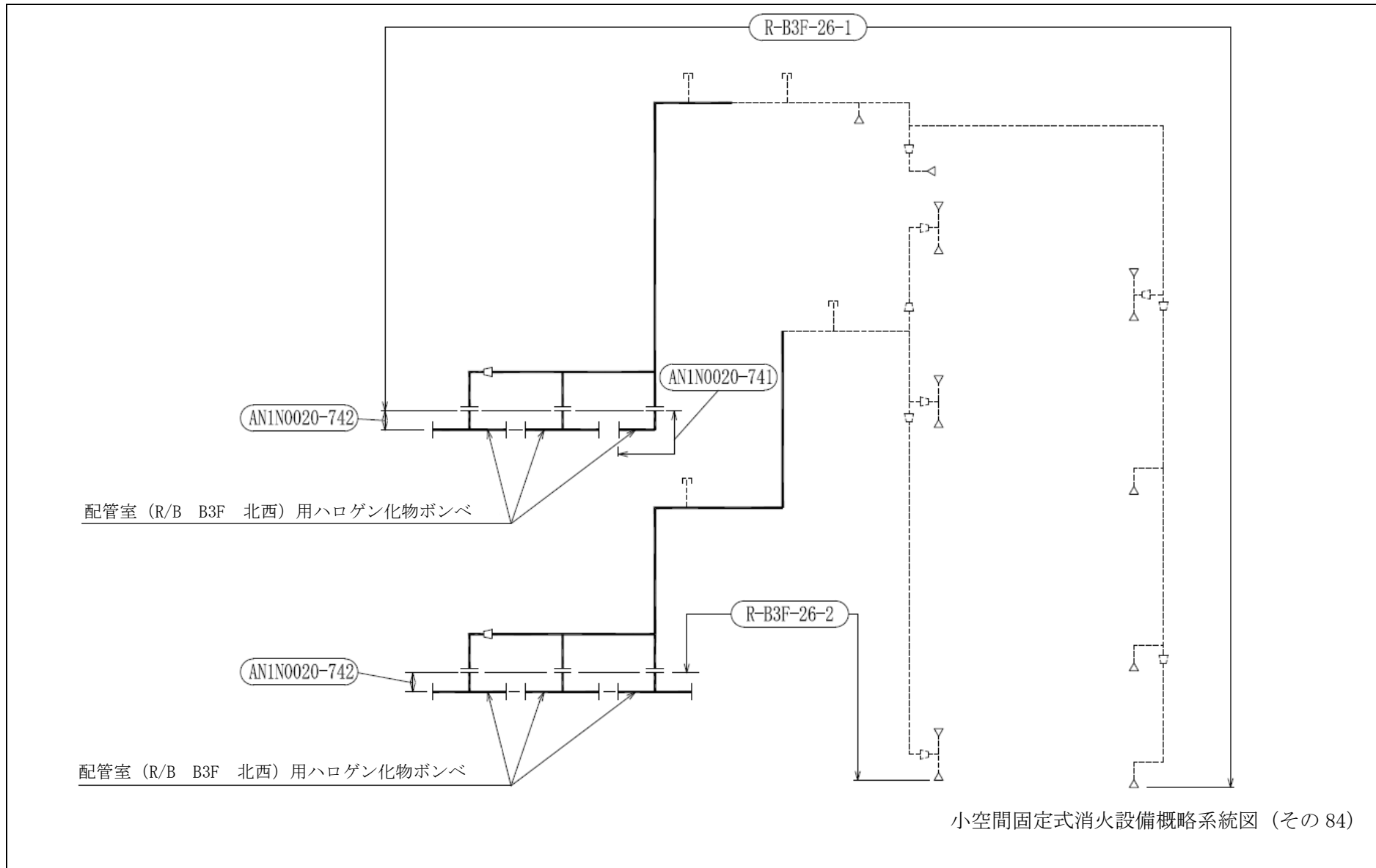


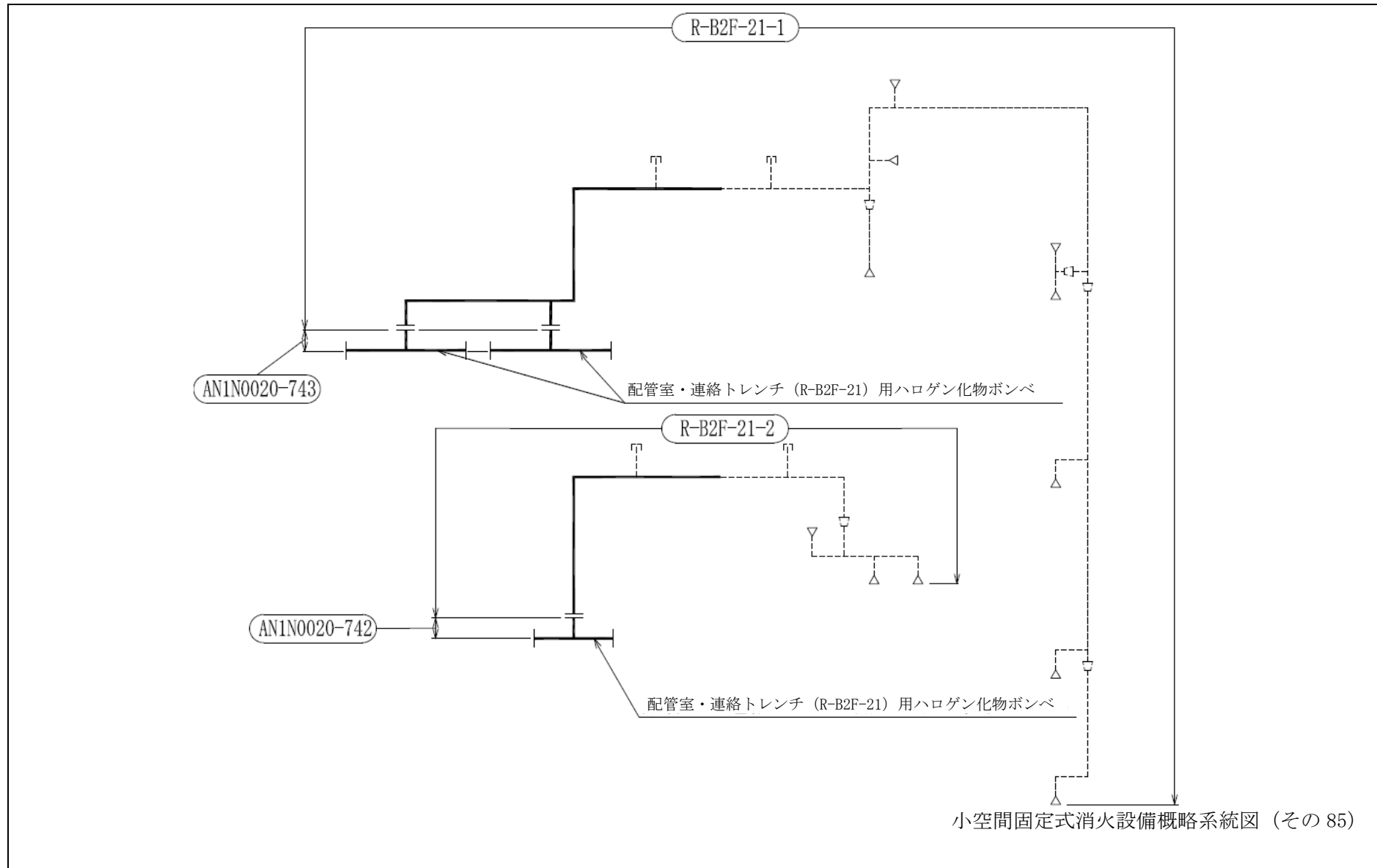
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 81)



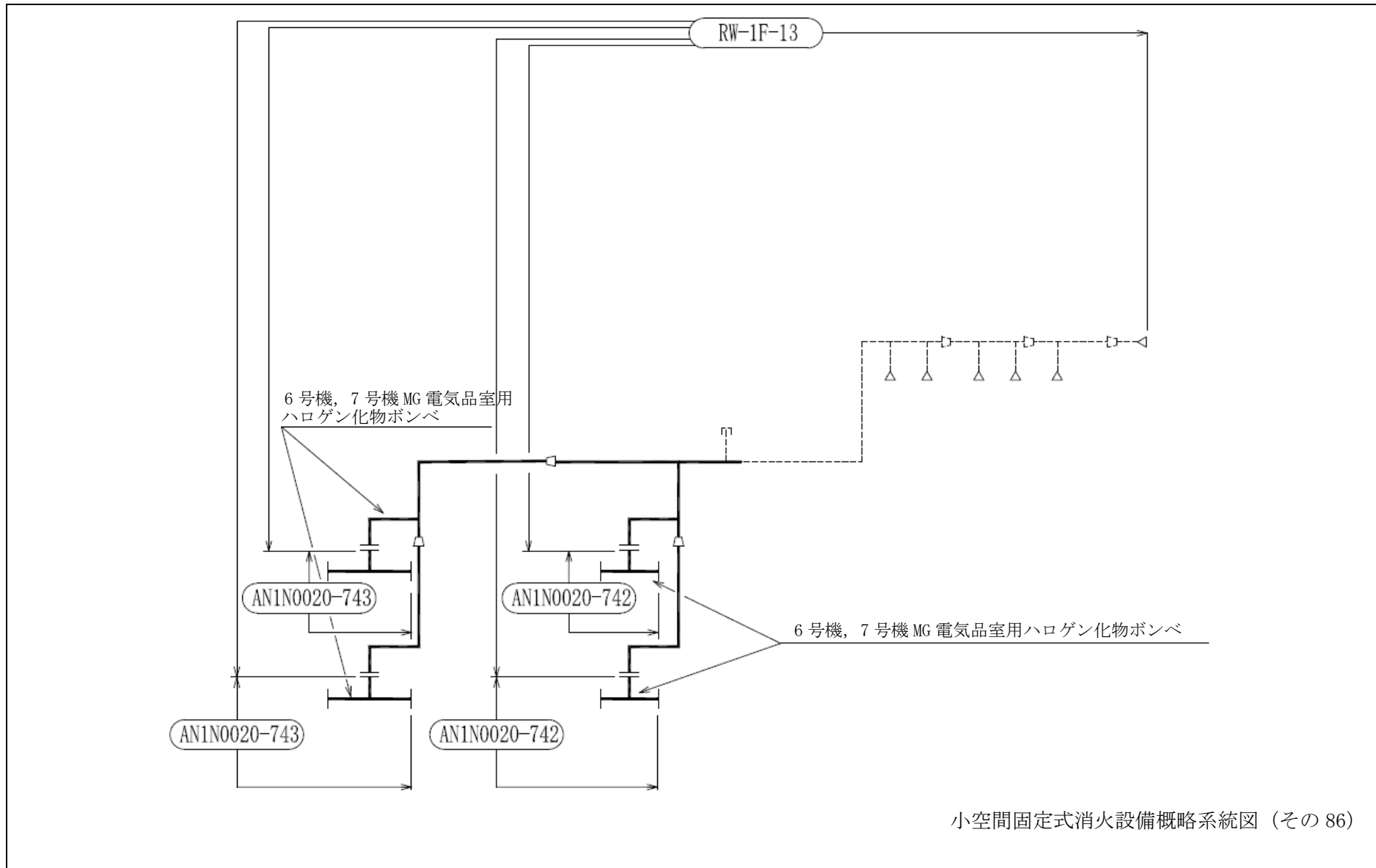
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 82)



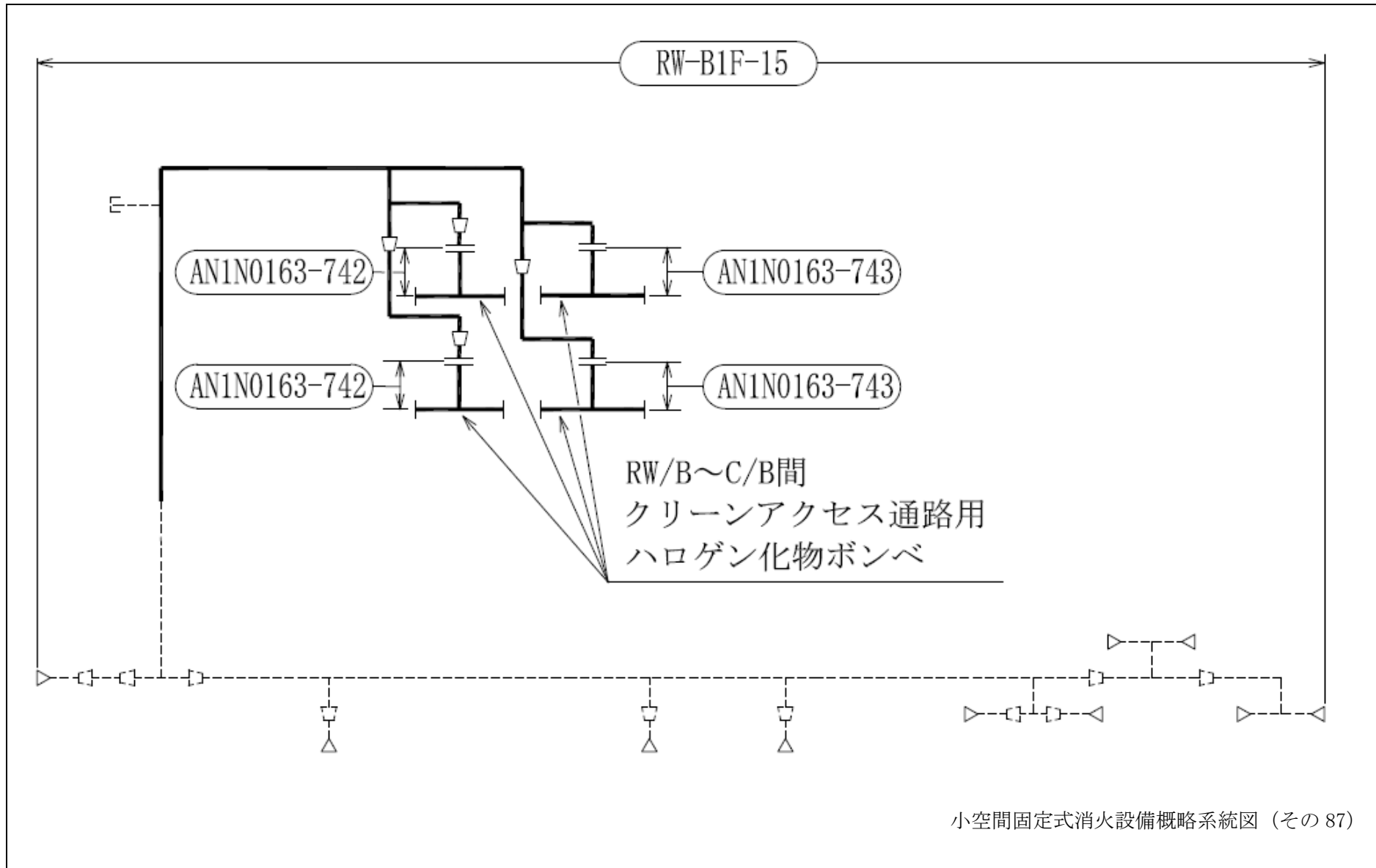




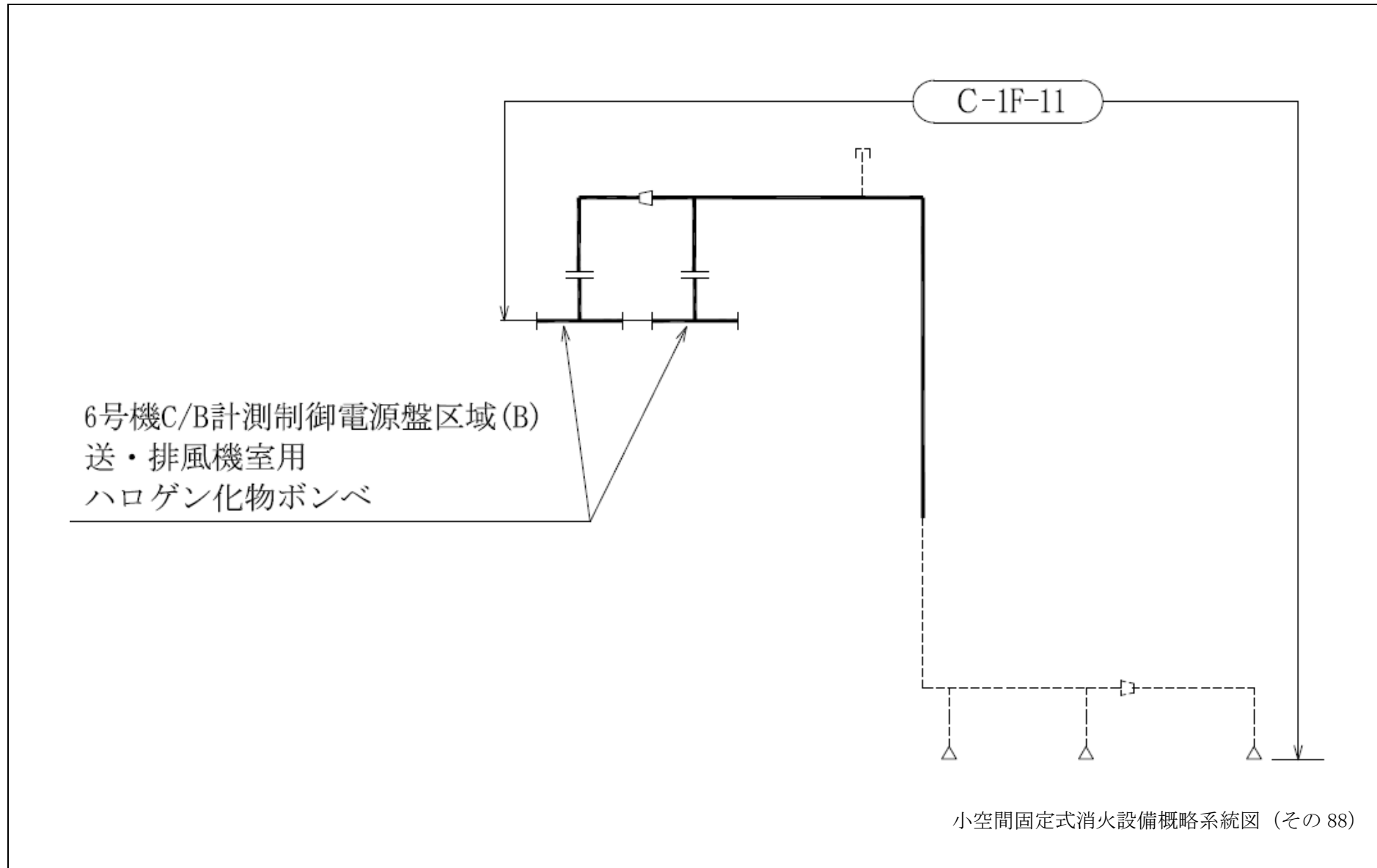
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 85)

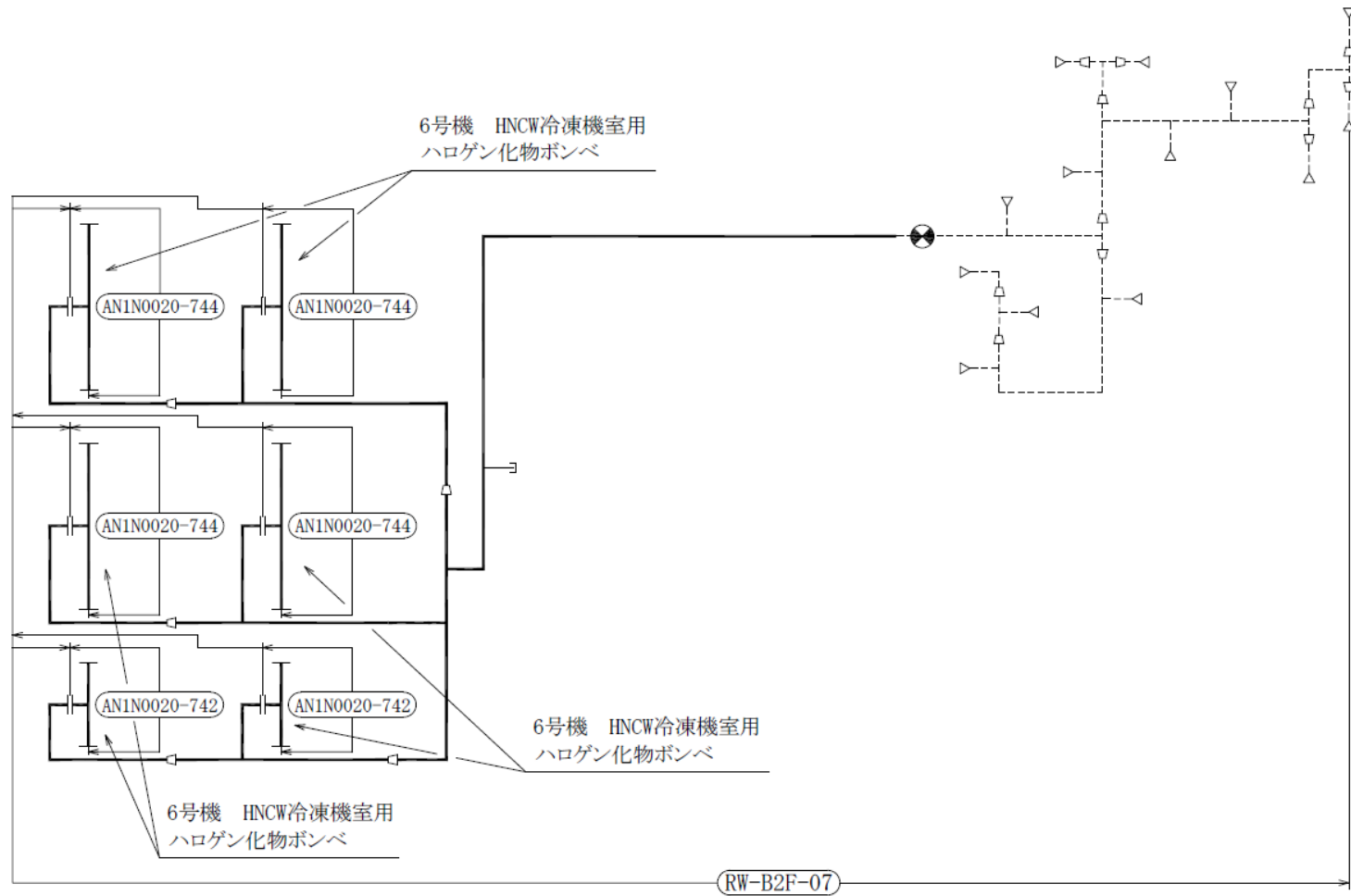


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 86)



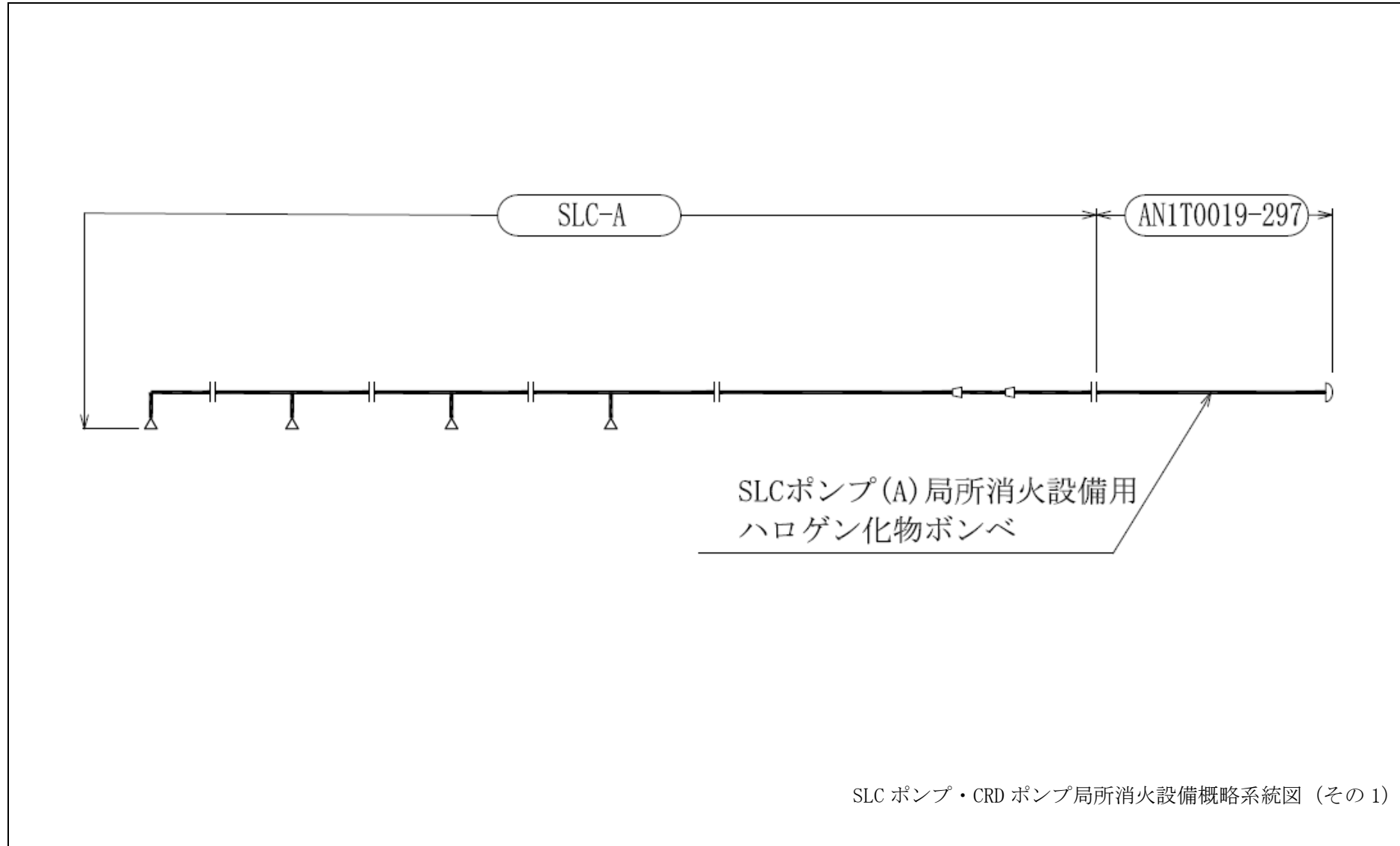
小空間固定式消火設備概略系統図 (その 87)

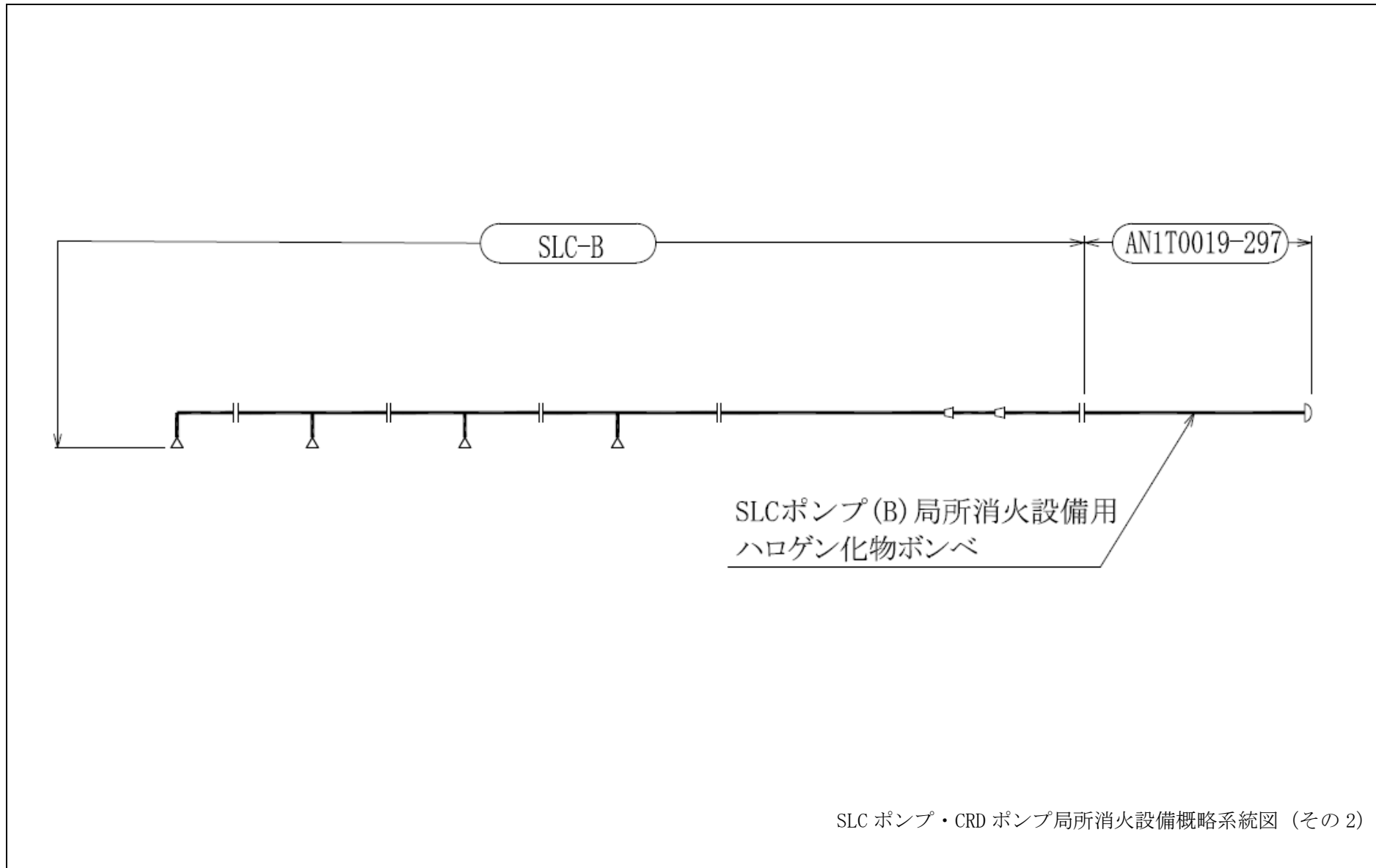


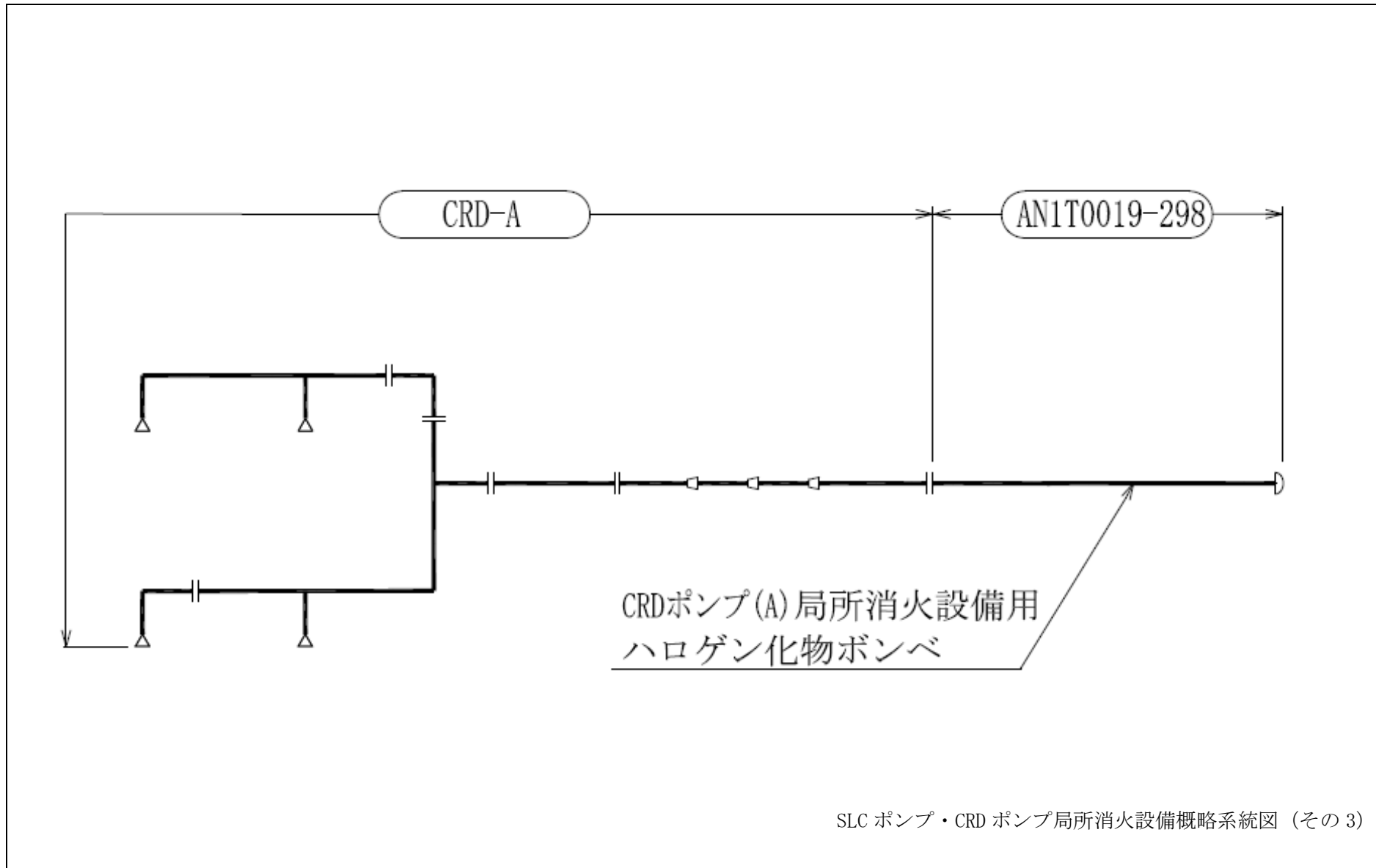


小空間固定式消火設備概略系統図 (その 89)

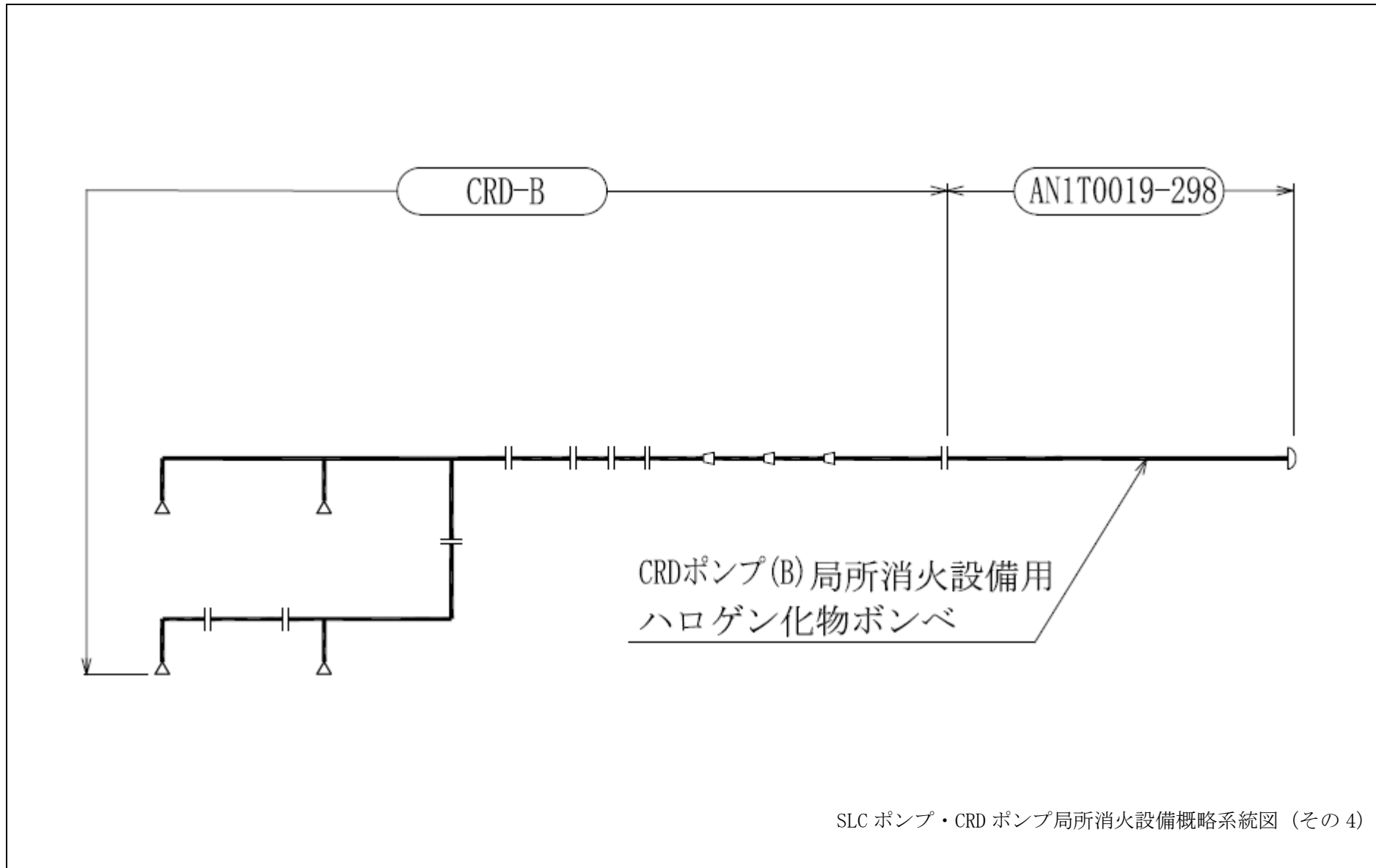
2.1.3 SLCポンプ・CRDポンプ局所消火設備



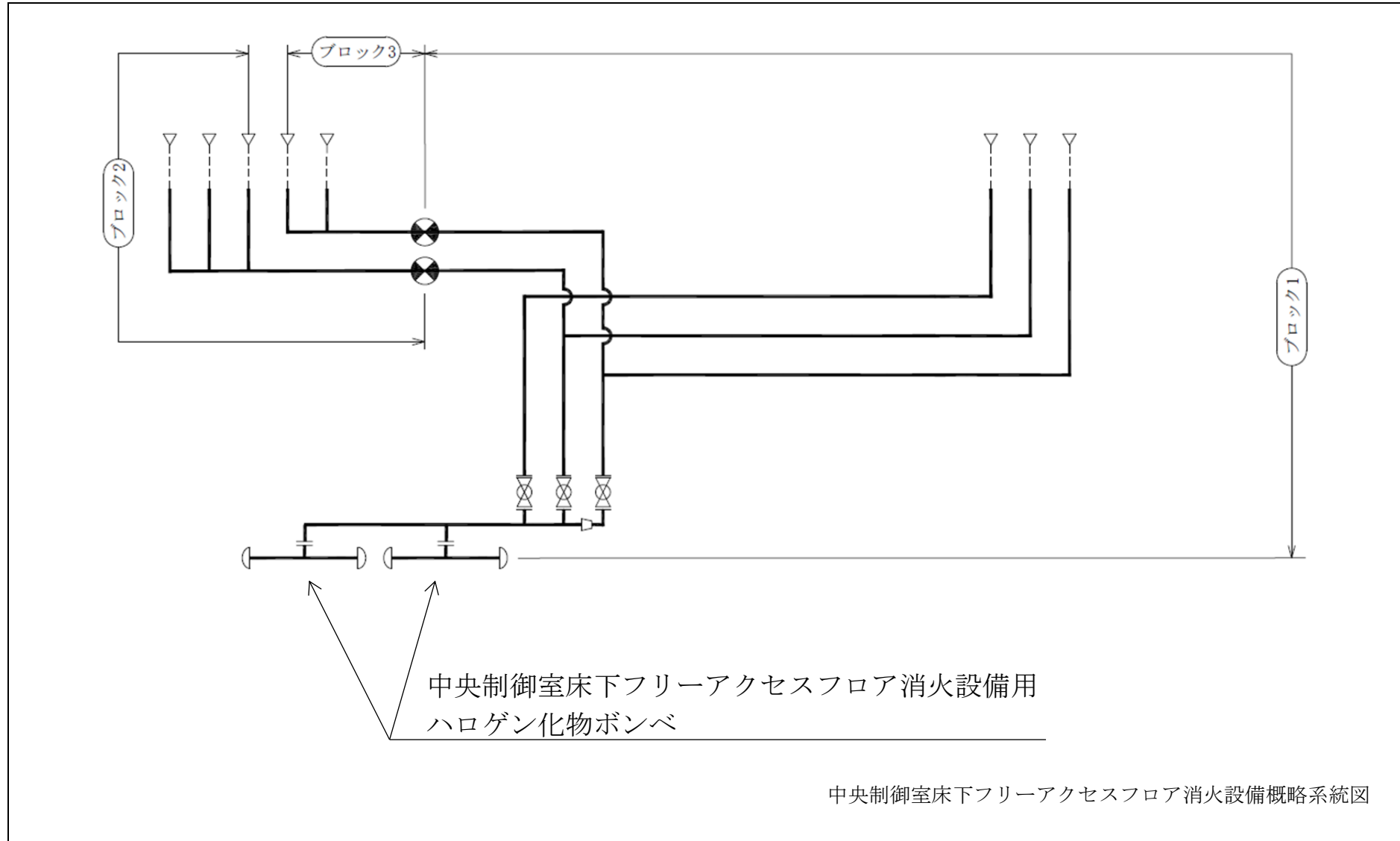




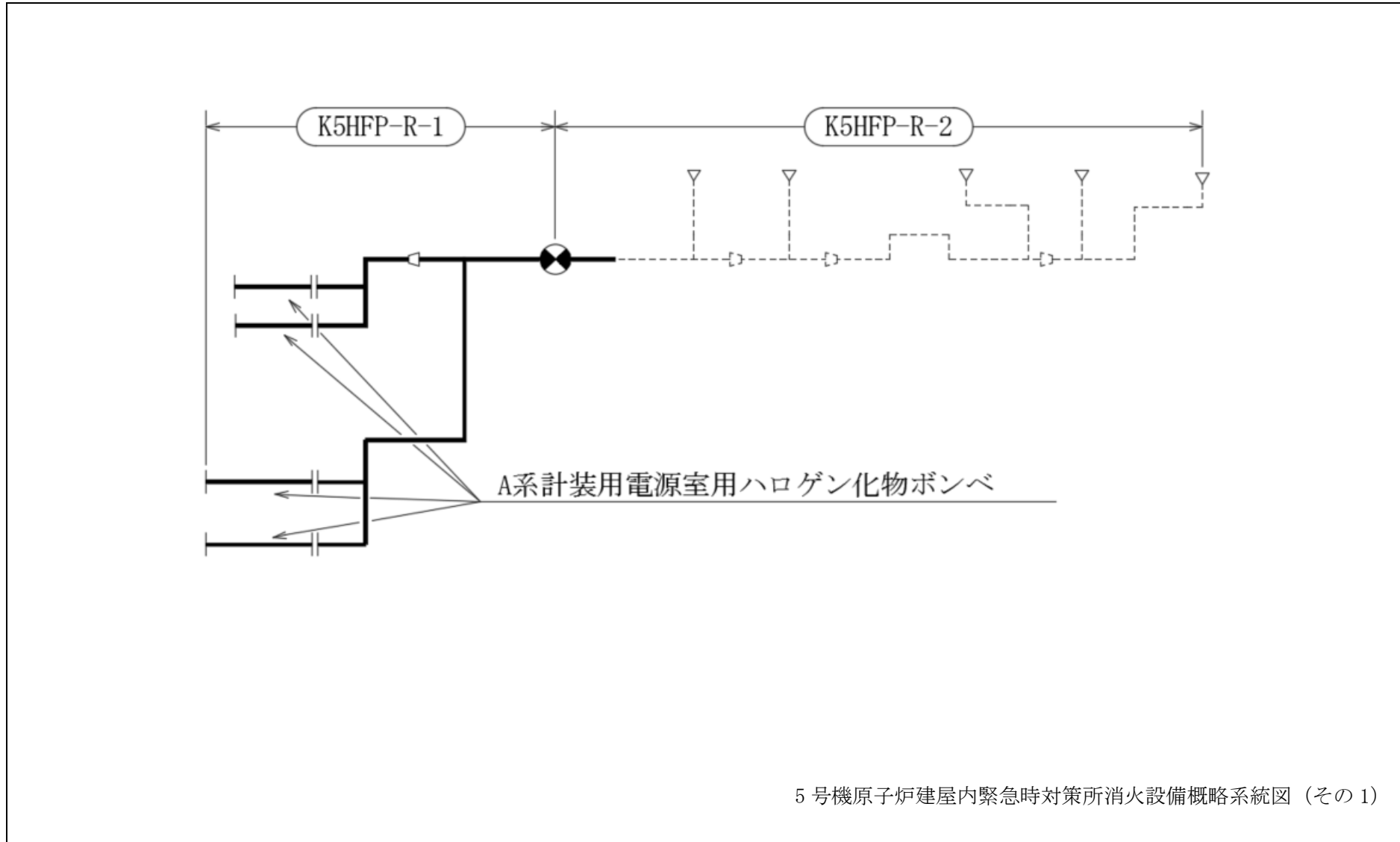
SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備概略系統図 (その3)



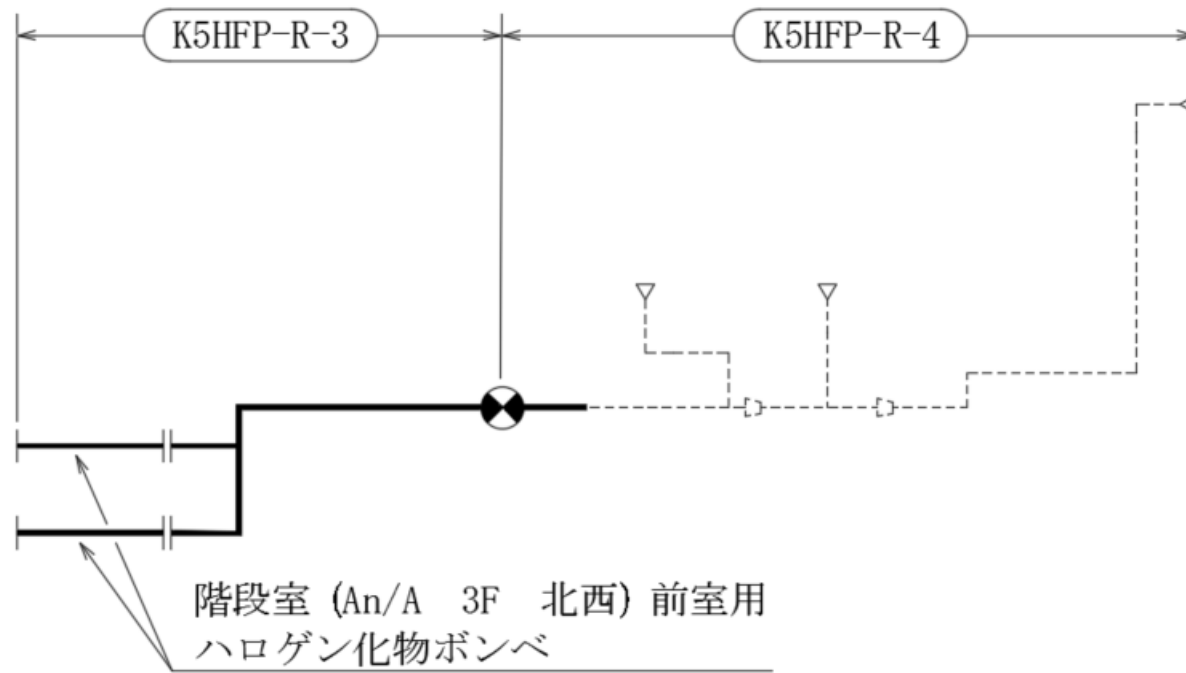
2.1.4 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備



2.1.5 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備





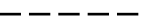


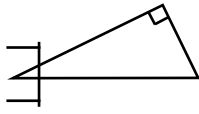
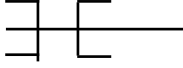

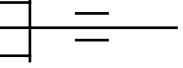
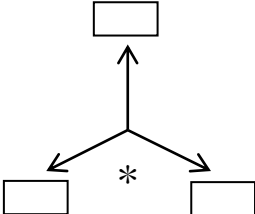

5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備概略系統図（その1）



5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備概略系統図 (その2)

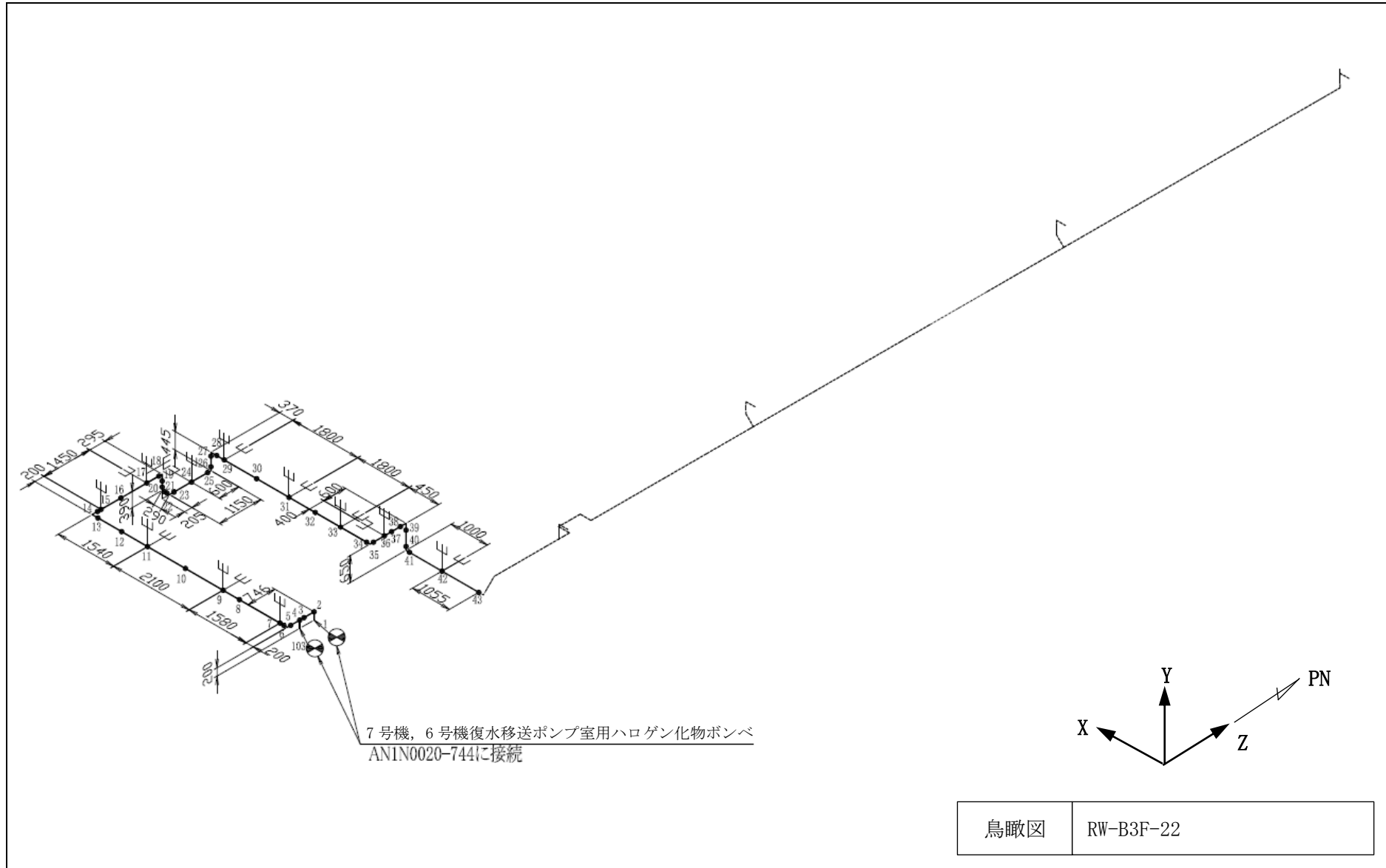
2.2 鳥瞰図

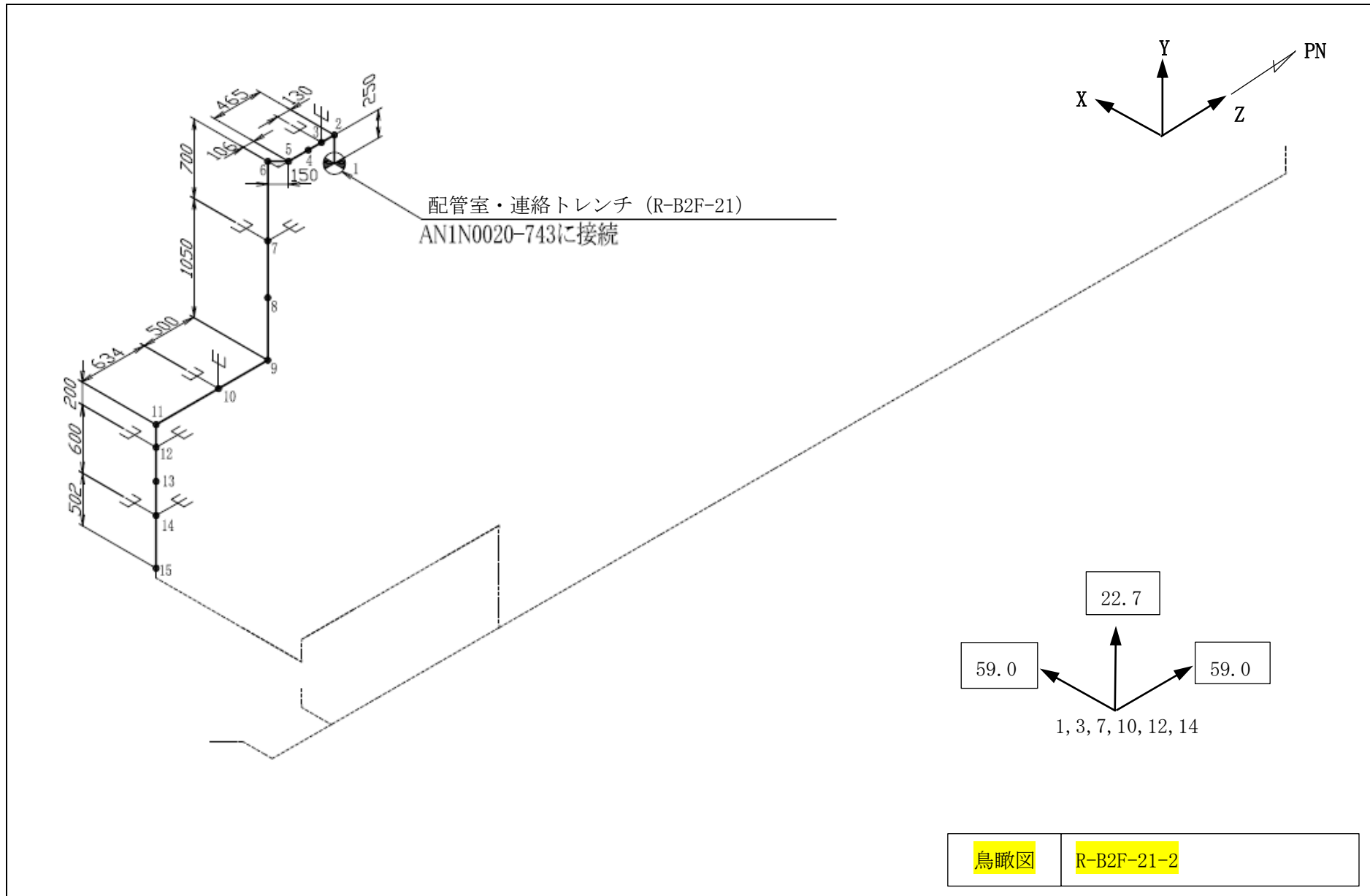
評価結果記載の解析モデル図を添付する。鳥瞰図に示す記号例を下表に示す。

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。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	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：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

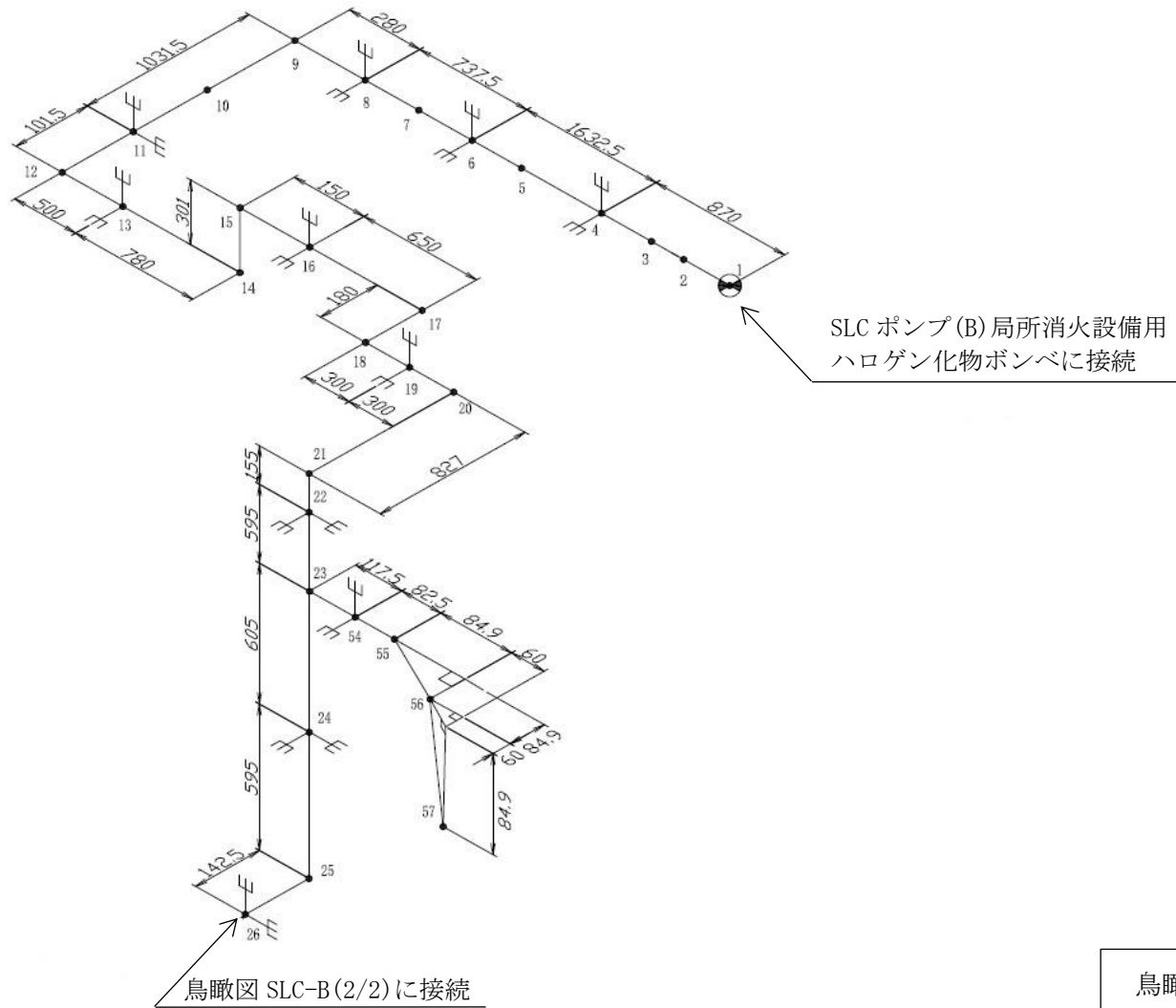
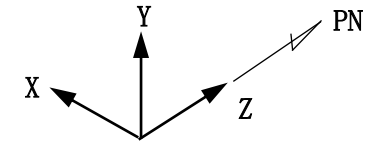
2.2.2 小空間固定式消火設備

103

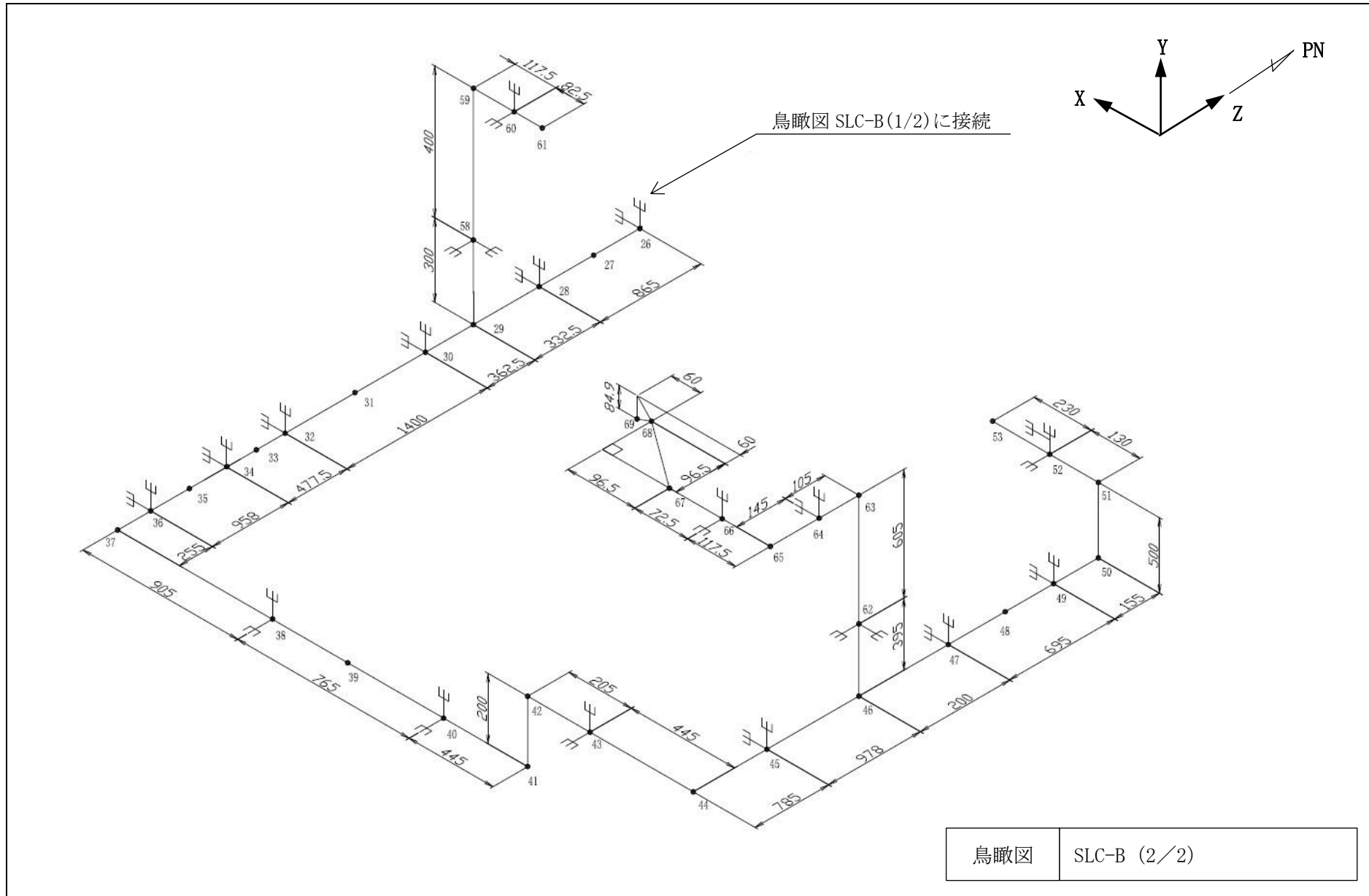




2.2.3 SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備

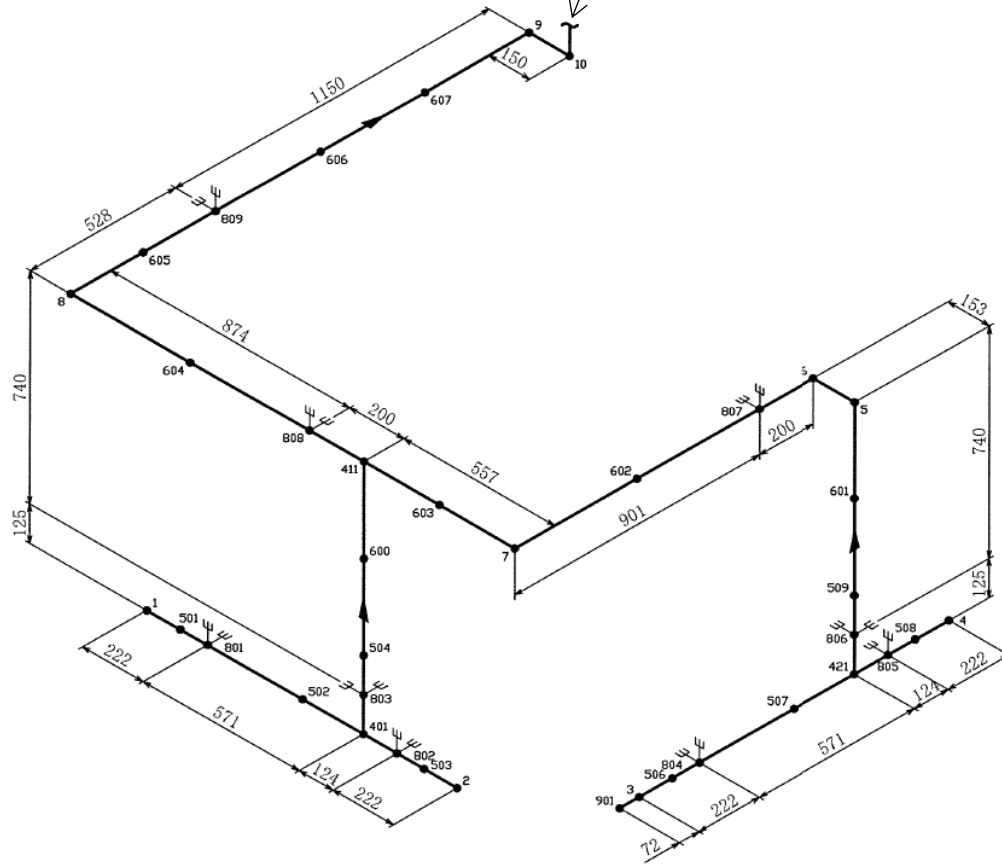
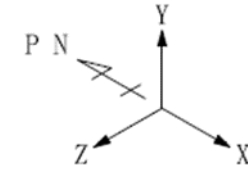


鳥瞰図	SLC-B (1/2)
-----	-------------

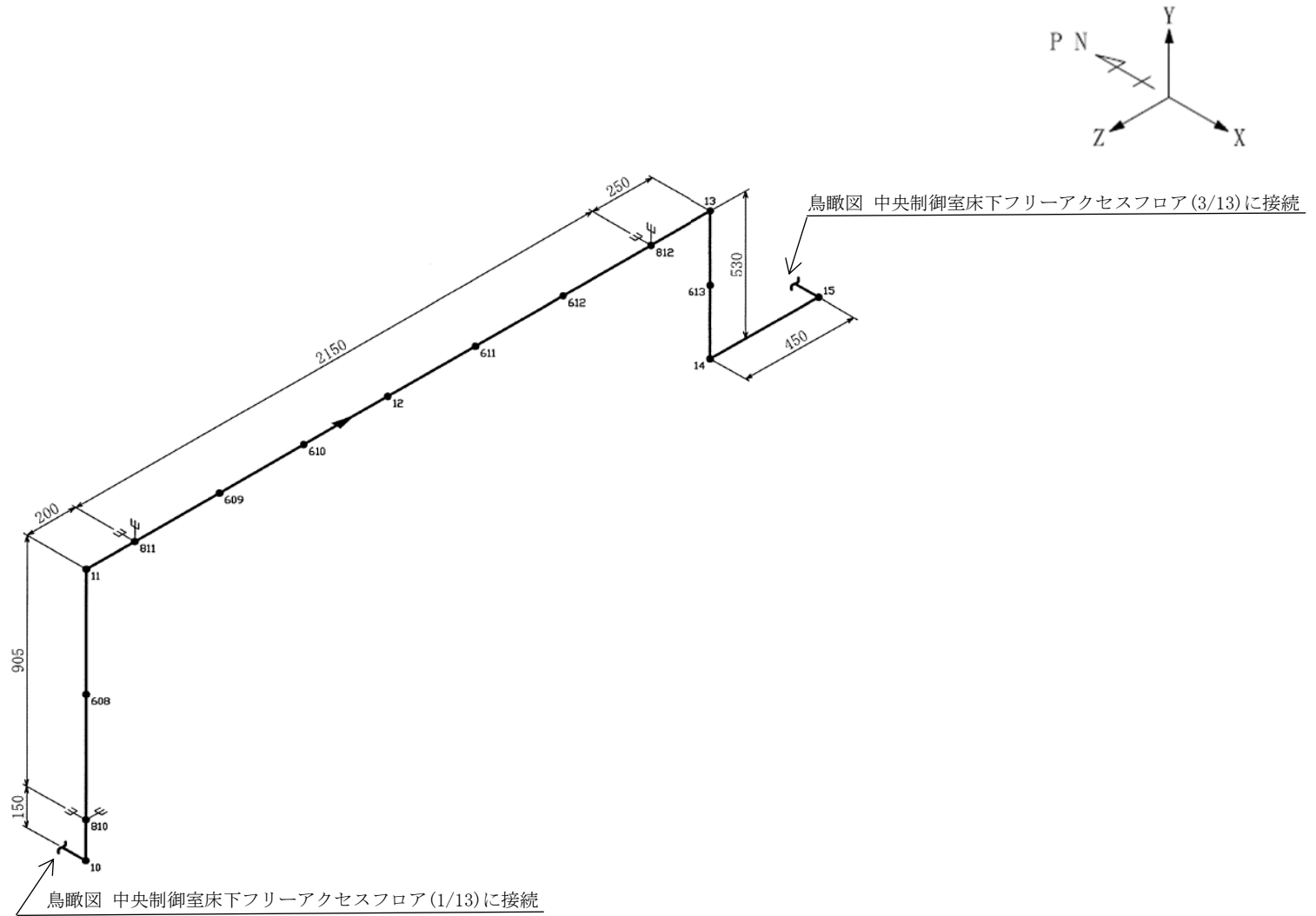


2.2.4 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

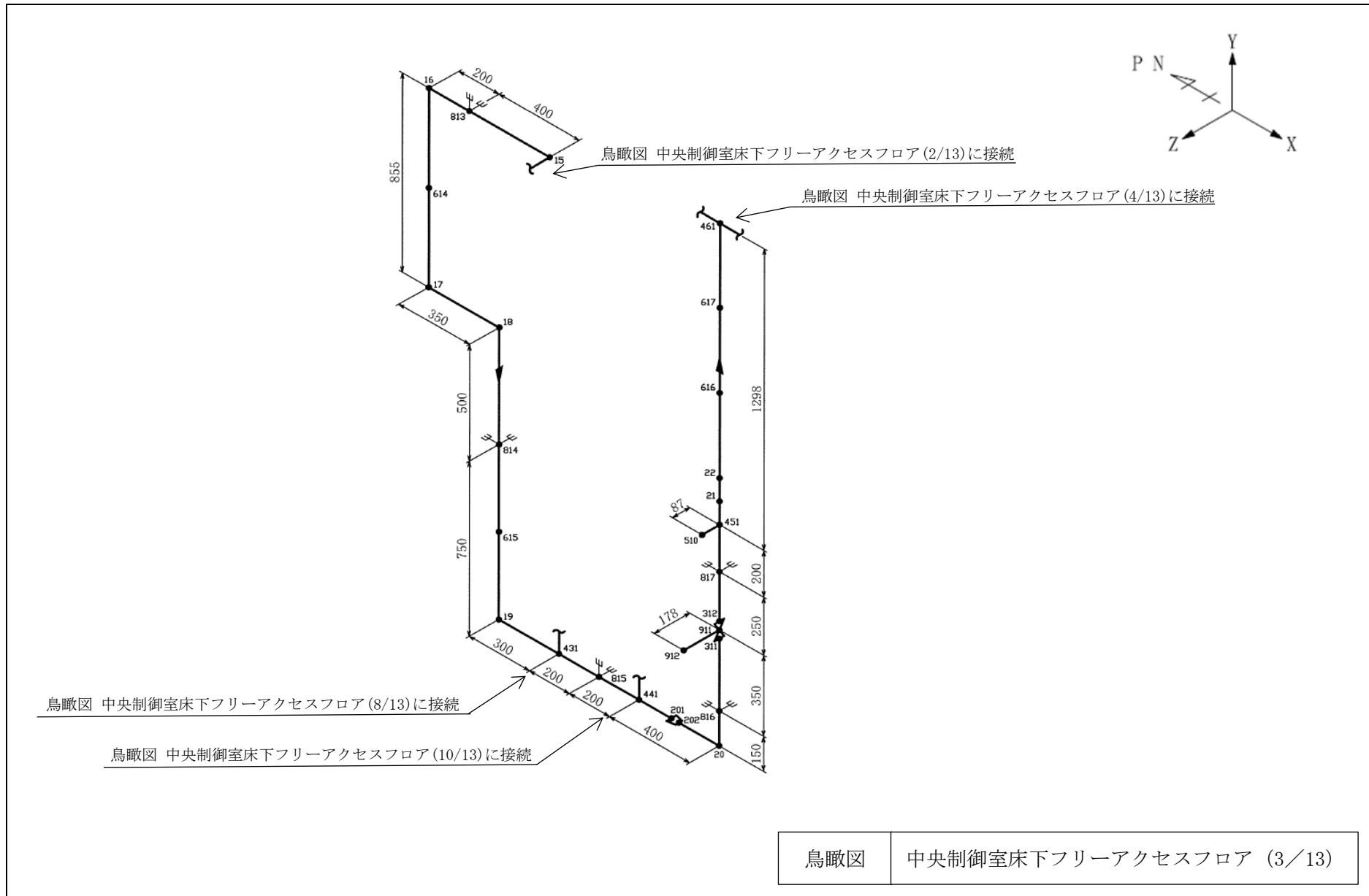
鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア (2/13) に接続

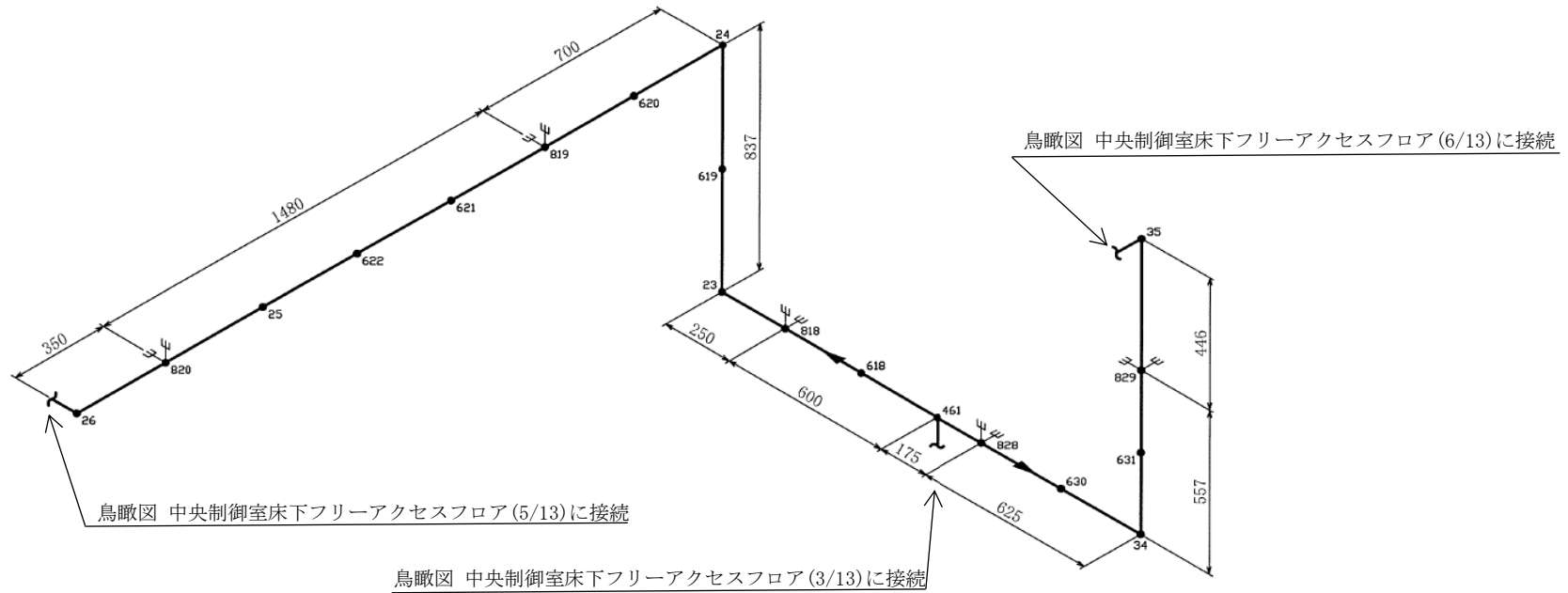
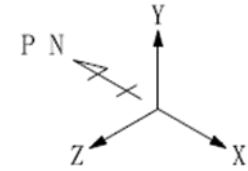


鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (1/13)
-----	--------------------------

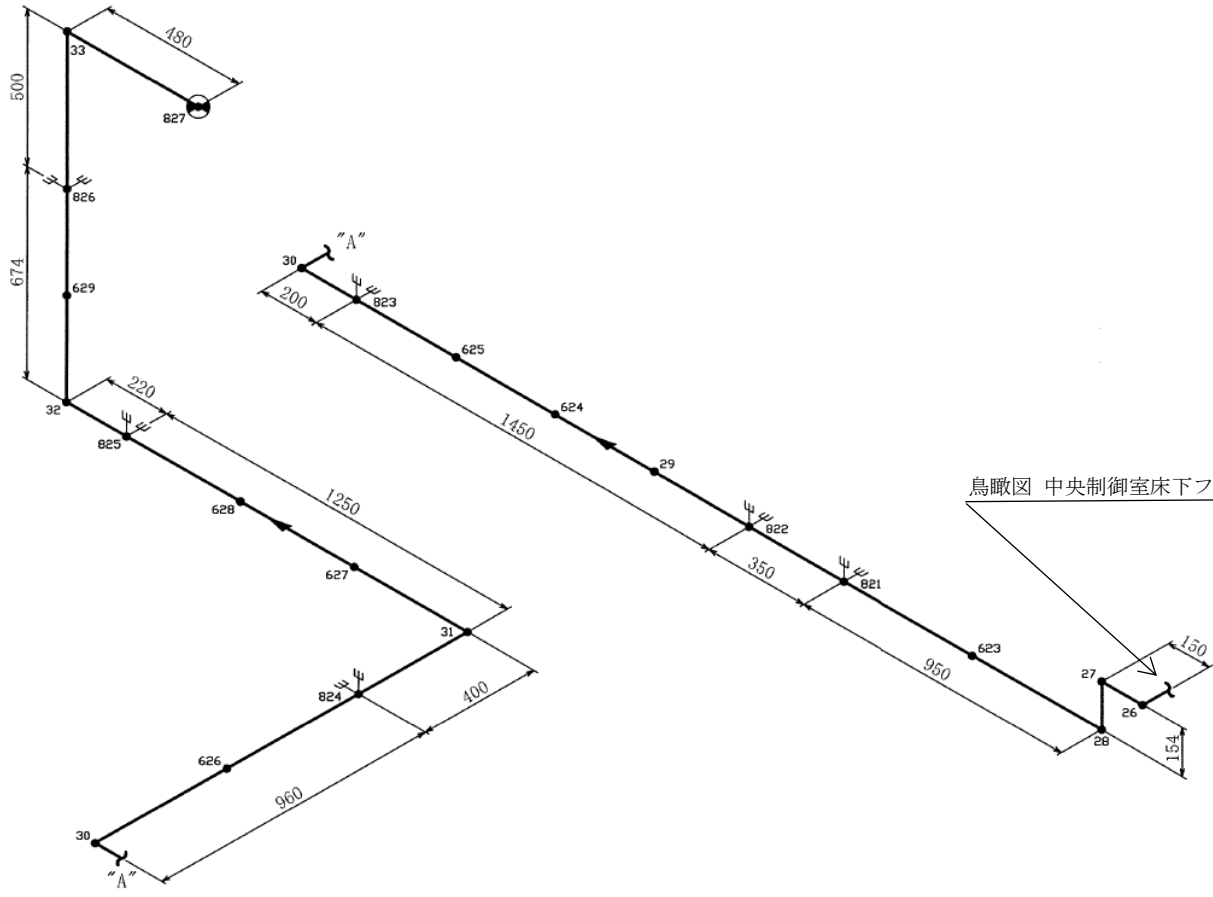
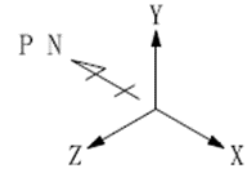


鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (2/13)
-----	--------------------------



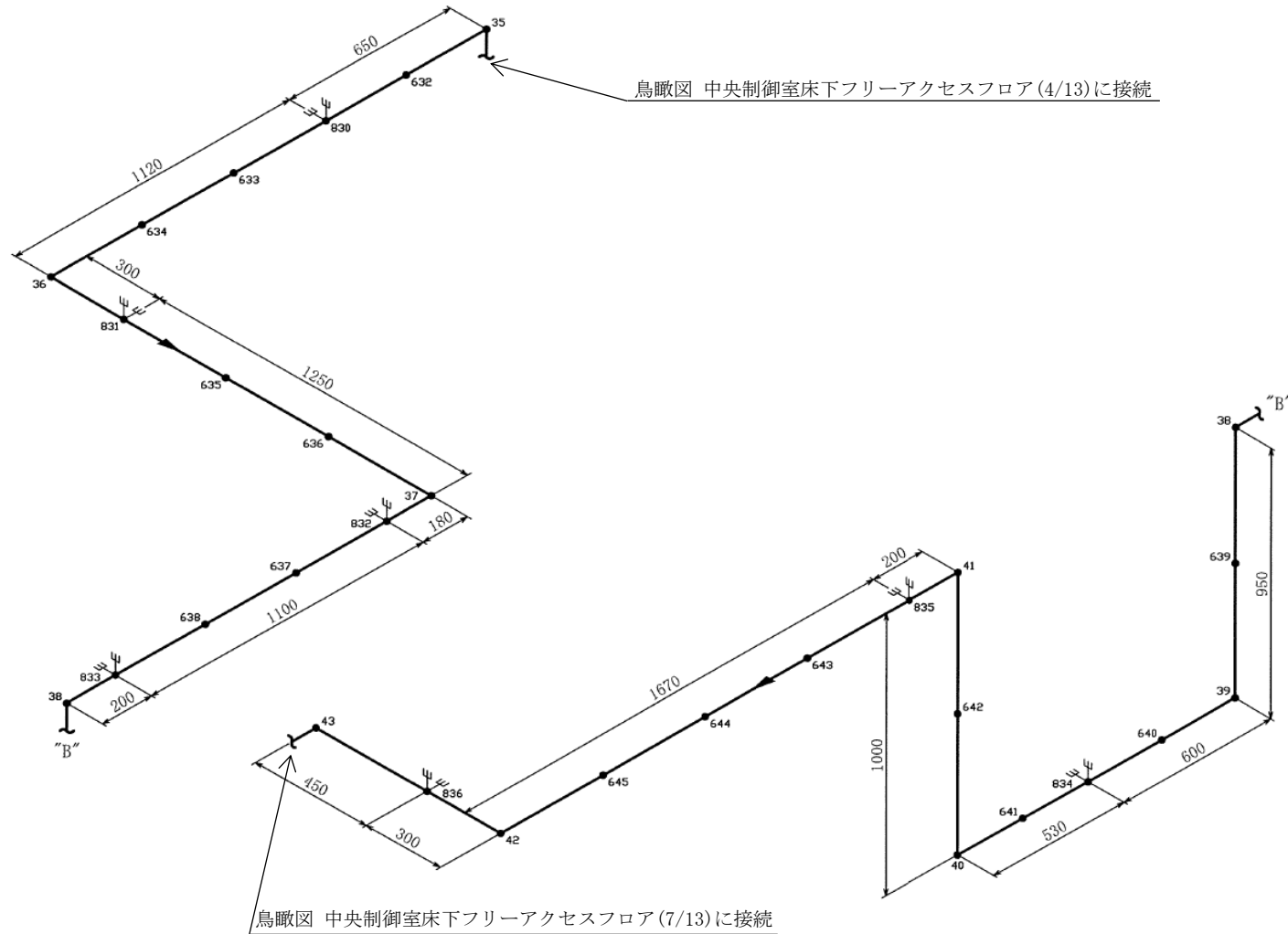
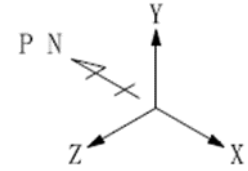


鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (4/13)
-----	--------------------------



鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア(4/13)に接続

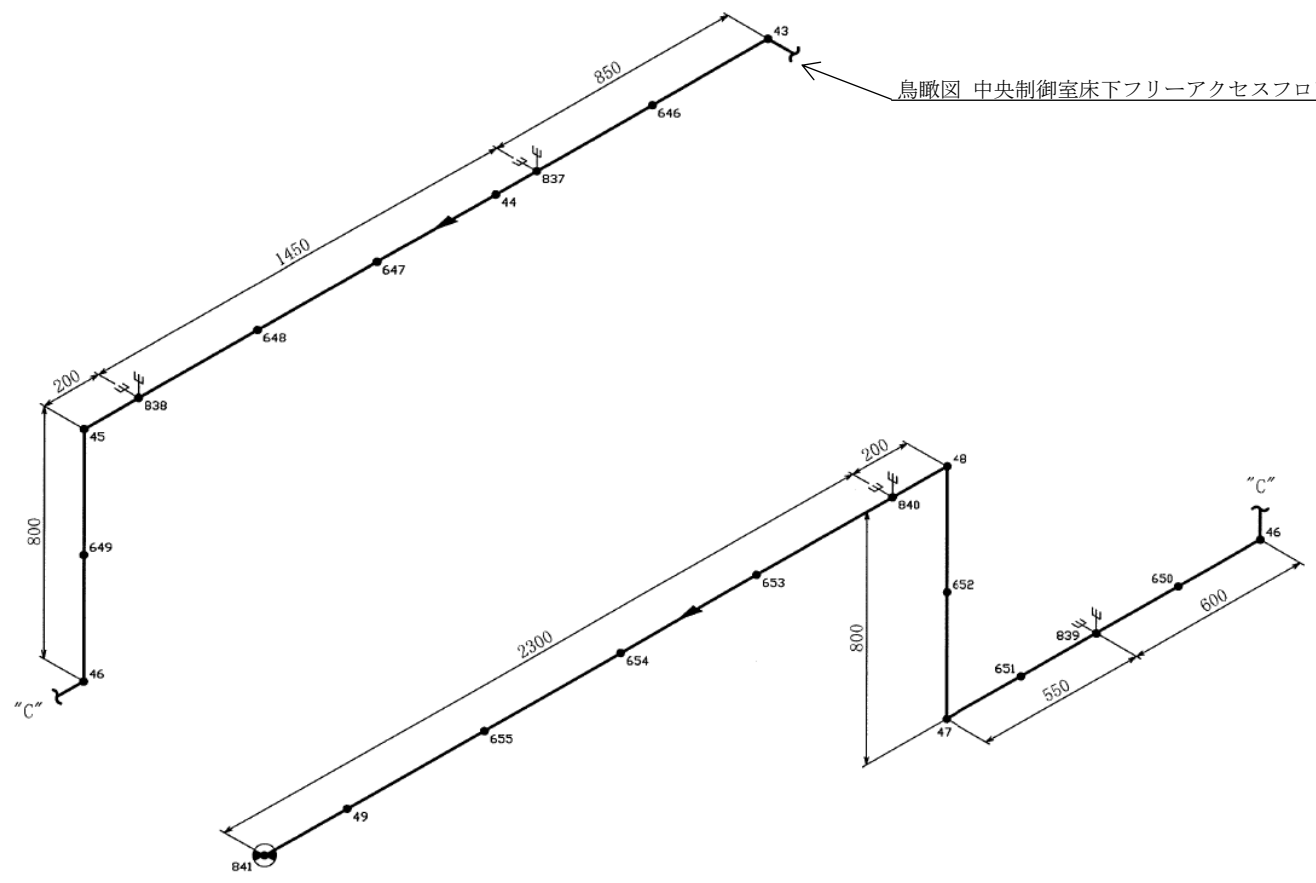
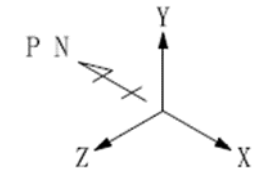
鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (5/13)
-----	--------------------------



鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア(4/13)に接続

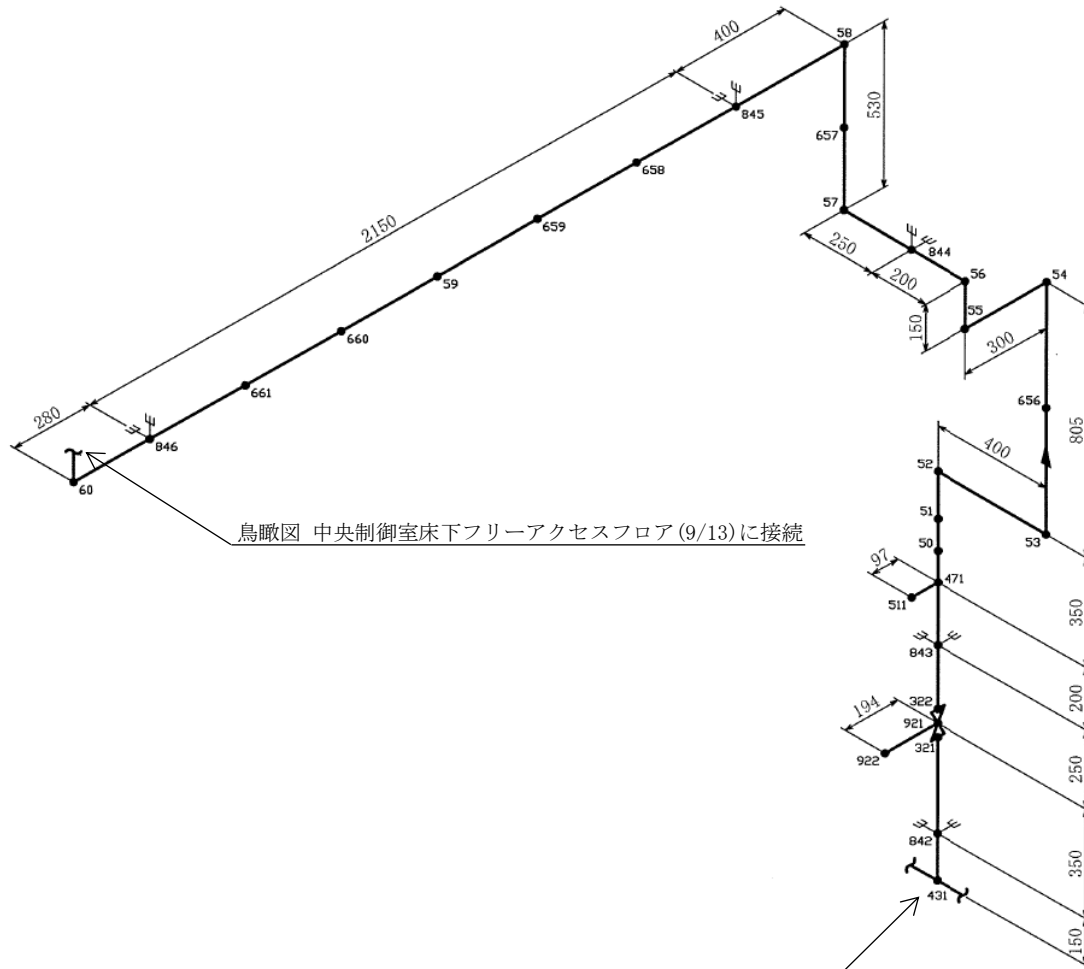
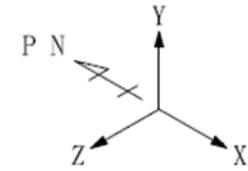
鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア(7/13)に接続

鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (6/13)
-----	--------------------------



鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア (6/13) に接続

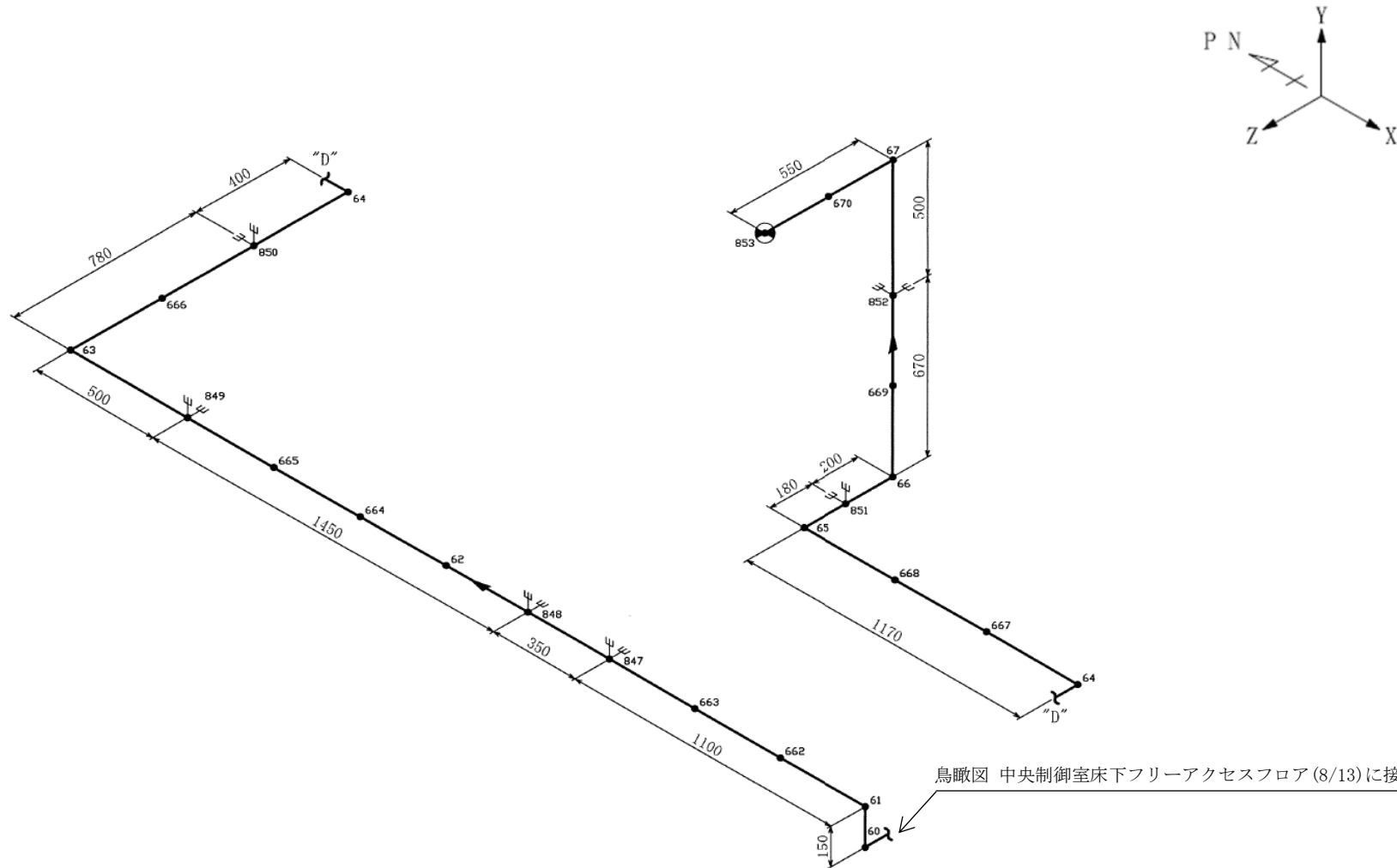
鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (7/13)
-----	--------------------------



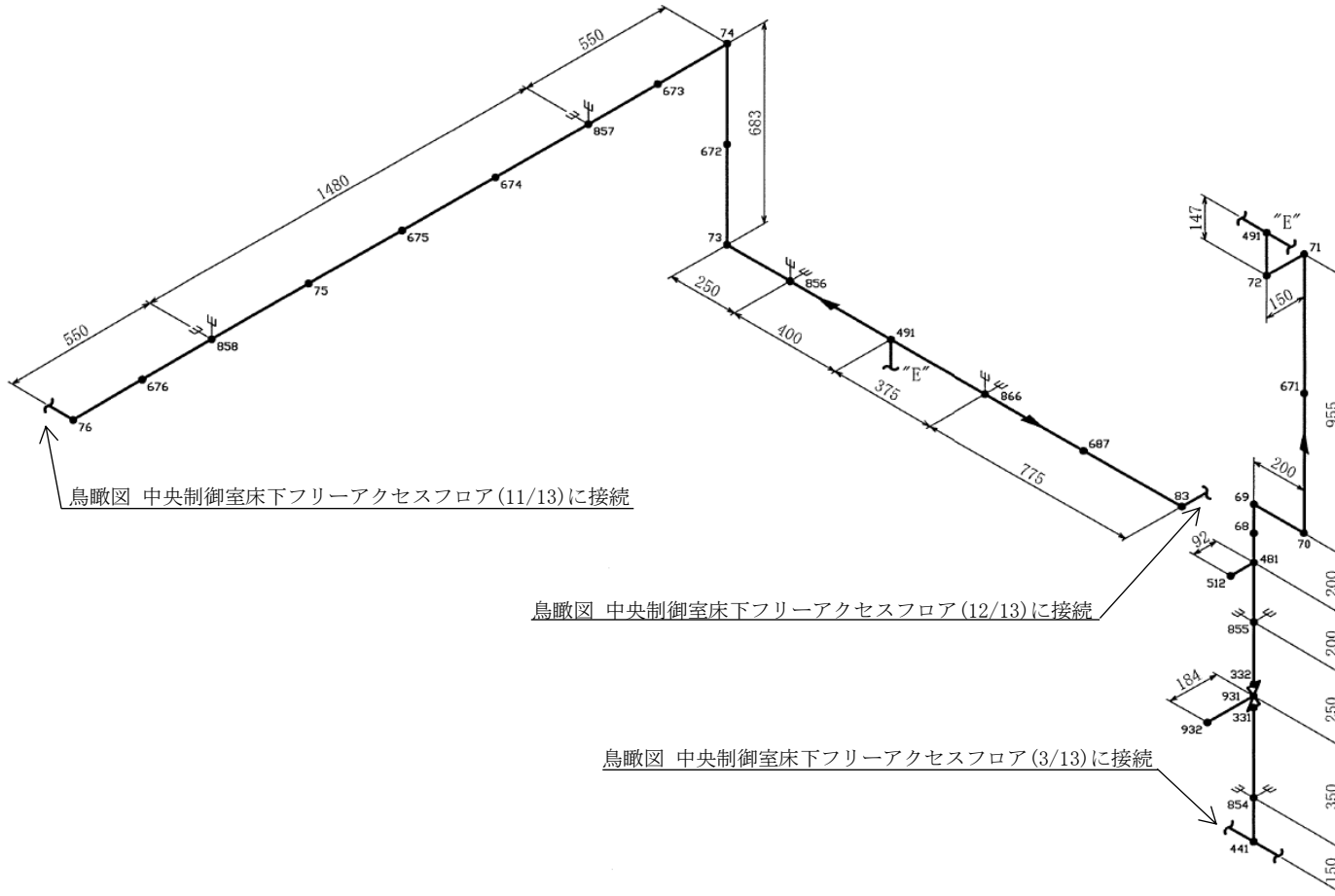
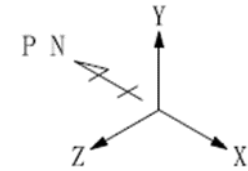
鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア(9/13)に接続

鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア(3/13)に接続

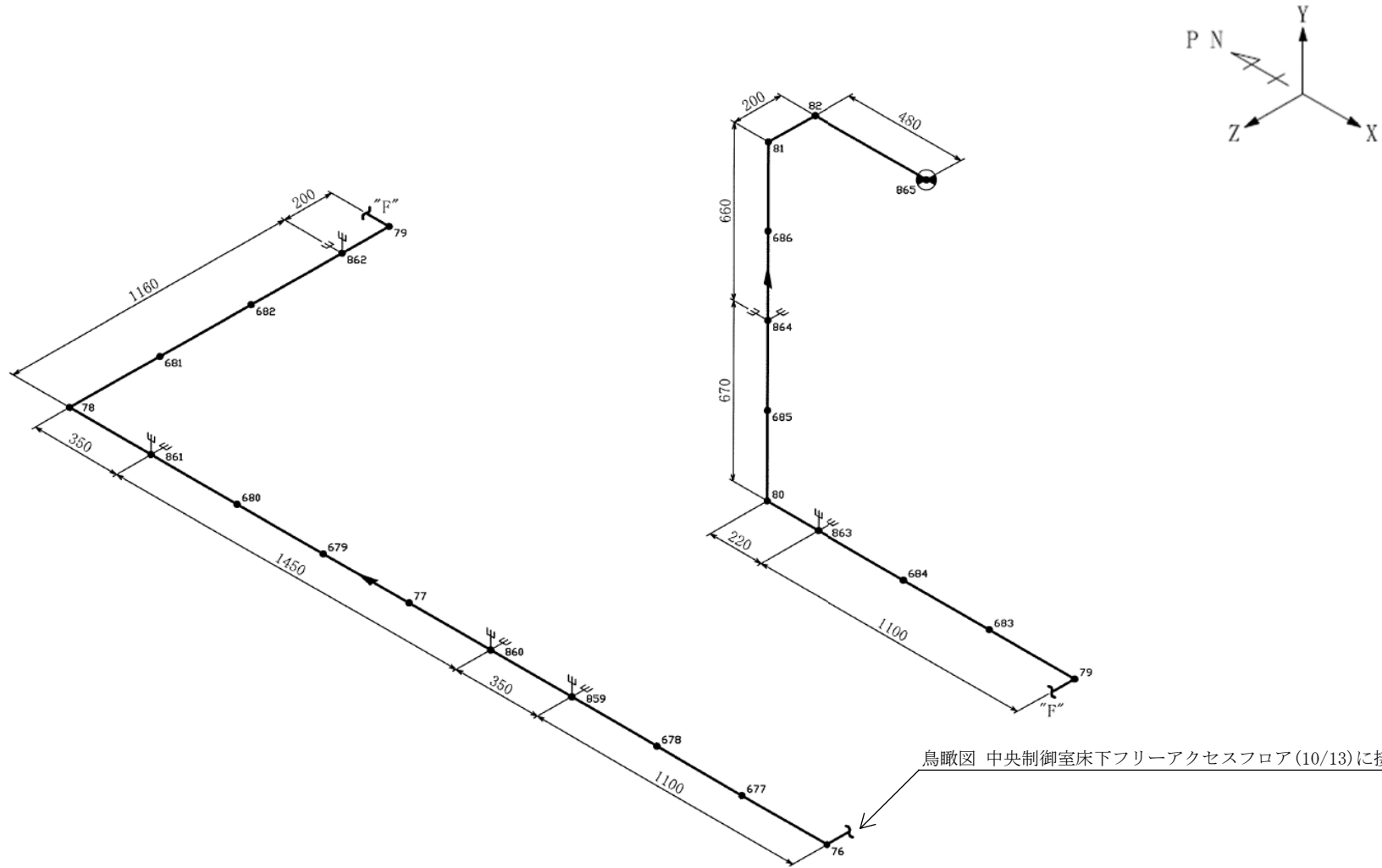
鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (8/13)
-----	--------------------------



鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (9/13)
-----	--------------------------

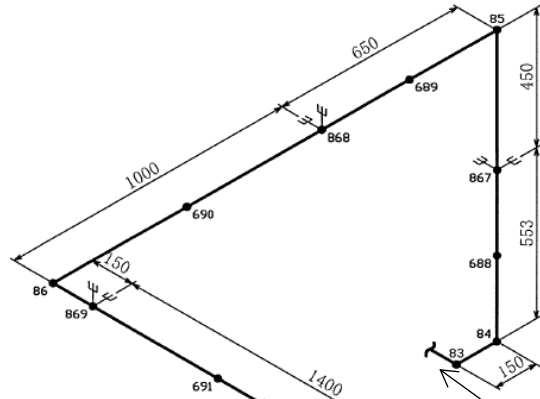
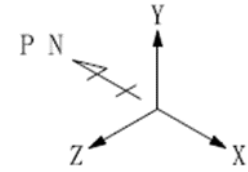


鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (10/13)
-----	---------------------------

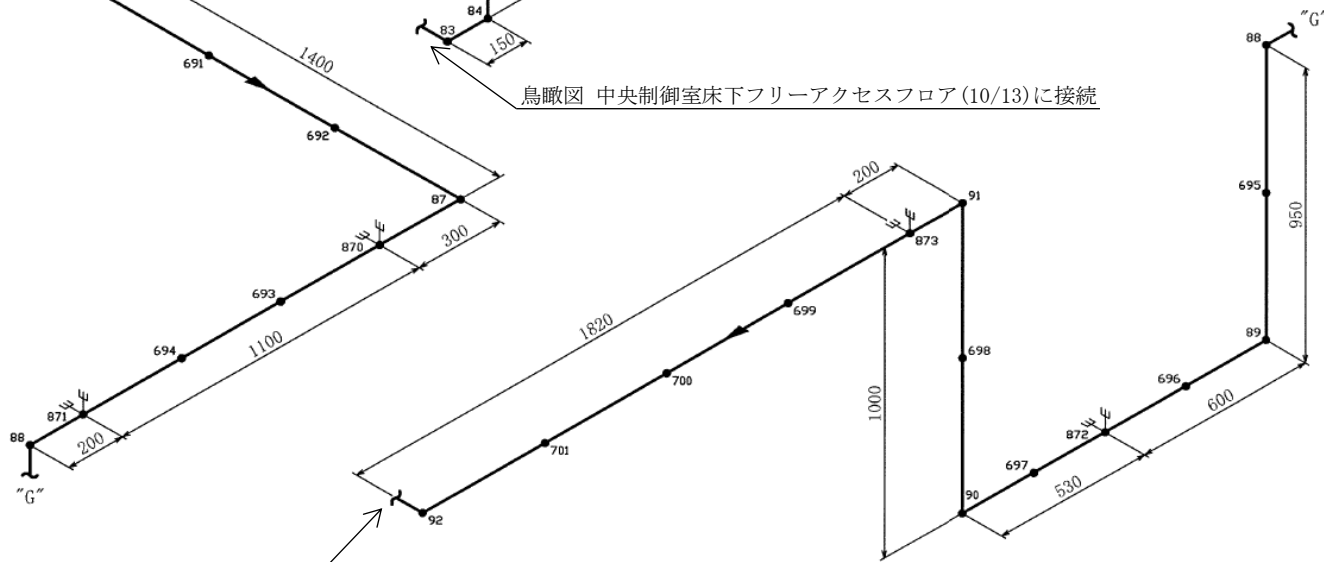


鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (11/13)
-----	---------------------------

鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア(10/13)に接続

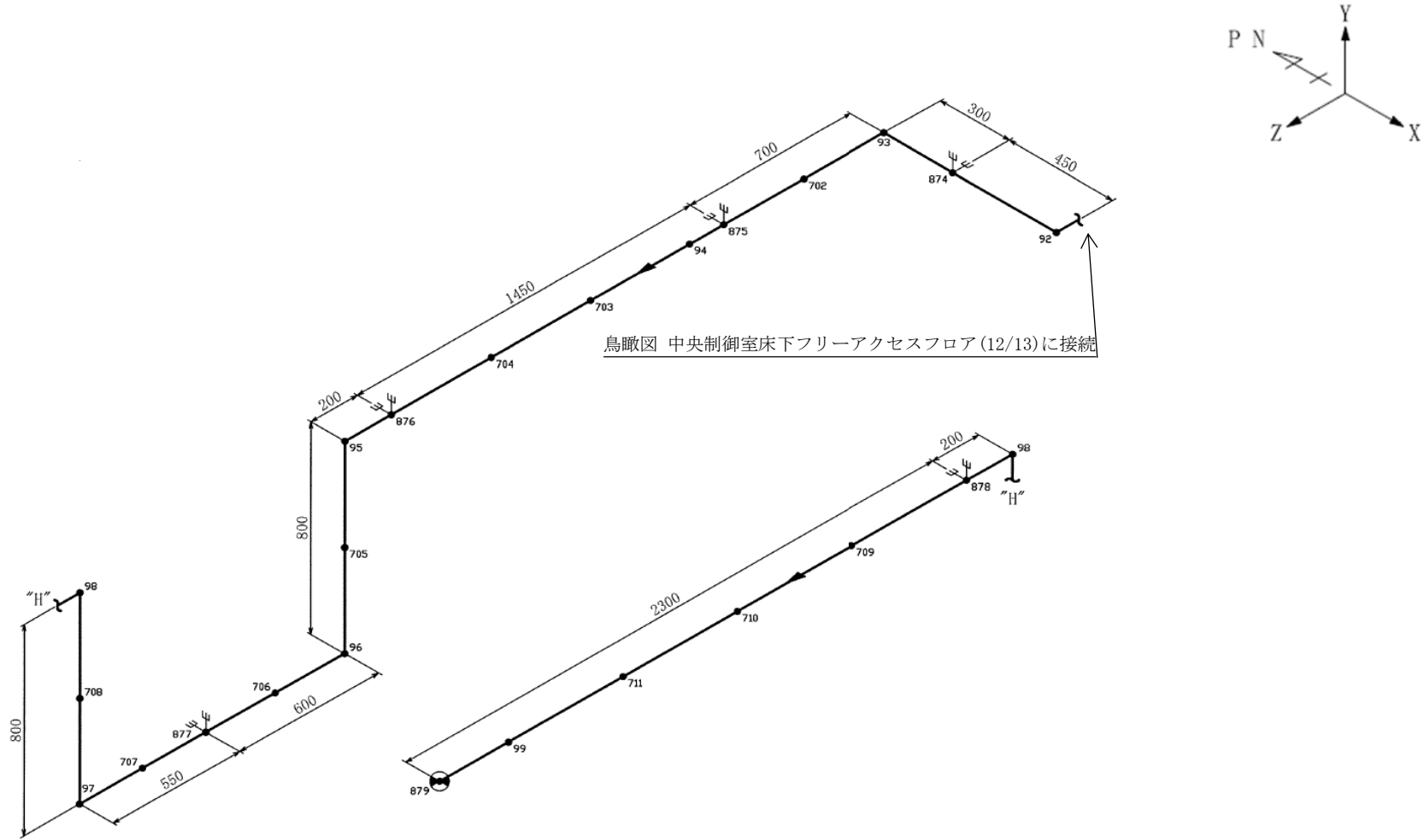


鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア(10/13)に接続



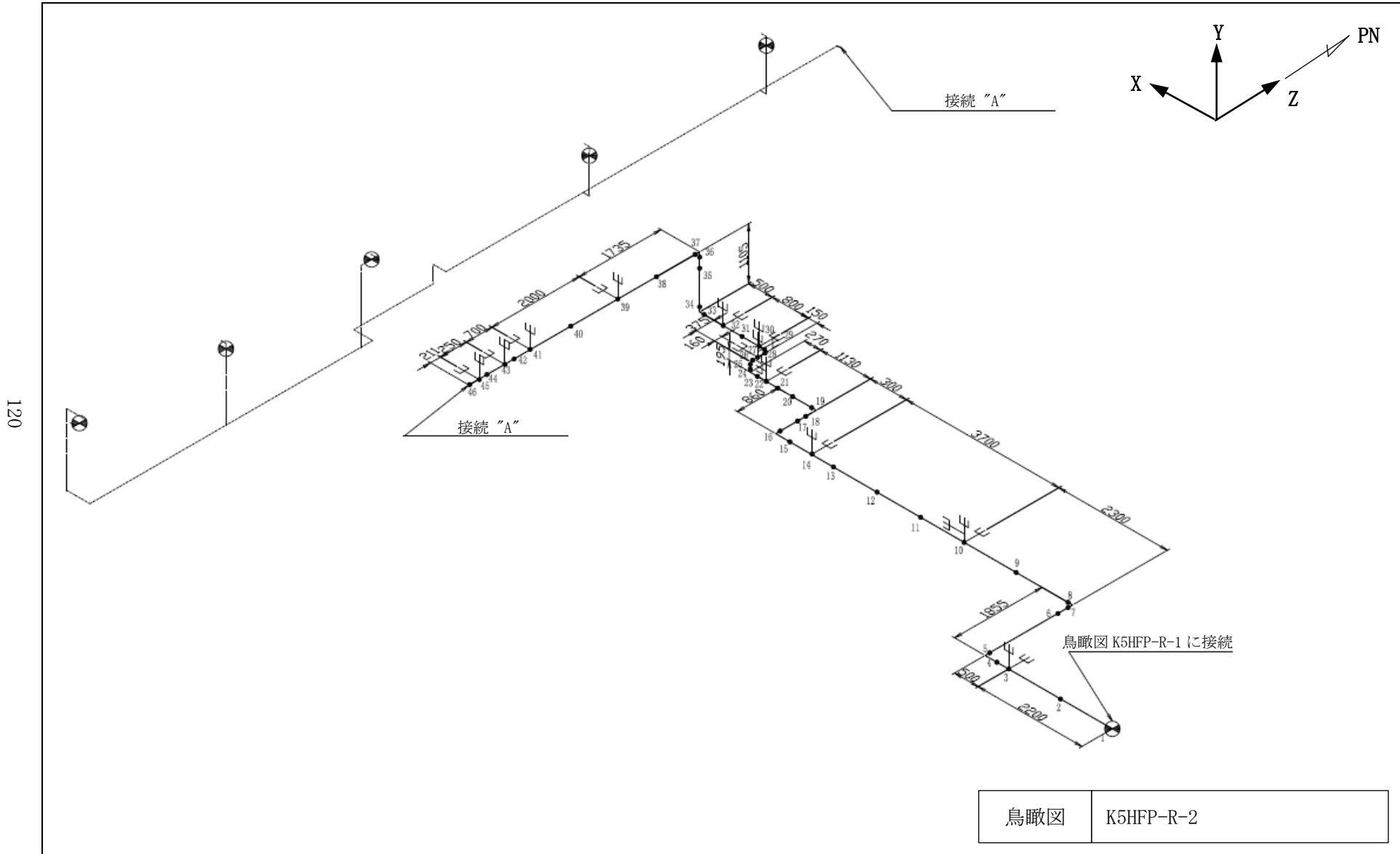
鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア(13/13)に接続

鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (12/13)
-----	---------------------------



鳥瞰図	中央制御室床下フリーアクセスフロア (13/13)
-----	---------------------------

2.2.5 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備



3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、V-2-別添1-1「火災防護設備の耐震設計の方針」に記載の評価方法に基づき行う。計算機コードは、「NuPIAS」又は「MSAP」を使用し、計算機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}	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	火災防護設備	消火系	DB	—	クラス3管	C	$D + P_D + M_D + S_S$	$IV_A S$

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 : 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。

3.3.1 二酸化炭素消火設備

鳥瞰図 FP-B0-B

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	1~16, 27~43	10.79	40	76.3	7.0	STPG370	C	201667
2	43~49, 73~75	10.79	40	48.6	5.1	STPG370	C	201667
3	17~26, 49~72, 75~96	10.79	40	42.7	4.9	STPG370	C	201667

配管の付加質量

鳥瞰図 FP-B0-B

質量	対応する評価点
0 kg/m	1～96

注：配管の付加質量は、保温等の配管に付加される重量を示す。

フランジの質量

鳥瞰図 FP-B0-B

質量	対応する評価点
37 kg	15
34 kg	6, 28, 38
10 kg	22, 51, 62, 76, 87
12 kg	61
11 kg	72, 85, 96
6 kg	17

弁部の質量

鳥瞰図 FP-B0-B

質量	対応する評価点
41 kg	10～12
7 kg	18
38 kg	31～35

弁部の寸法

鳥瞰図 FP-B0-B

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
10～12	91.0	9.0	168
17～19	42.7	4.9	122
31～35	91.0	9.0	345

支持点のばね定数

鳥瞰図 FP-B0-B

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	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}
26	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}
9	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
20	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
14	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
27	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
41	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
44	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
53	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
60	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
64	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
71	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
78	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
84	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
89	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
95	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
32	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
34	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—

K7 ① V-2-別添 1 R0

3.3.2 小空間固定式消火設備

鳥瞰図 RW-B3F-22

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	1~3, 103	5.20	40	48.6	3.7	SUS304TP	C	193667
2	3~43	5.20	40	76.3	5.2	SUS304TP	C	193667

配管の付加質量

鳥瞰図 RW-B3F-22

質量	対応する評価点
2 kg/m	1～3, 103
5 kg/m	3～43

注：配管の付加質量は，保温等の配管に付加される重量を示す。

支持点のばね定数

鳥瞰図 RW-B3F-22

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	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}
7	—	1.0×10^{12}	—	—	—	—
9	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
11	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
15	—	1.0×10^{12}	—	—	—	—
17	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
24	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
29	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
31	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
33	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
36	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
42	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
103	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}

鳥瞰図 R-B2F-21-2

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	1~15	5.20	40	42.7	3.6	SUS304TP	C	193667

配管の付加質量

鳥瞰図 R-B2F-21-2

質量	対応する評価点
0 kg/m	1~15

注：配管の付加質量は、保温等の配管に付加される重量を示す。

支持点のばね定数

鳥瞰図 R-B2F-21-2

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
1	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}
3	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
7	1.0×10^{12}	—	1.0×10^{12}	—	—	—
10	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
12	1.0×10^{12}	—	1.0×10^{12}	—	—	—
14	1.0×10^{12}	—	1.0×10^{12}	—	—	—

3.3.3 SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備

鳥瞰図 SLC-B

管番号	対応する評価点	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	1～2	5.20	40	89.1	5.5	SUS304TP	C	193667
2	2～3	5.20	40	60.5	3.9	SUS304TP	C	193667
3	3～69	5.20	40	34.0	3.4	SUS304TP	C	193667

配管の付加質量

鳥瞰図 SLC-B

質量	対応する評価点
8 kg/m	1～2
3 kg/m	2～3
1 kg/m	3～69

注：配管の付加質量は、保温等の配管に付加される重量を示す。

フランジの質量

鳥瞰図 SLC-B

質量	対応する評価点
9 kg	19, 28, 34, 47

支持点のばね定数

鳥瞰図 SLC-B

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	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}
4	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
6	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
8	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
11	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
13	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
16	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
19	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
22	1.0×10^{12}	—	1.0×10^{12}	—	—	—
24	1.0×10^{12}	—	1.0×10^{12}	—	—	—
26	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
28	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
30	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
32	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
34	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
38	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
40	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
47	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
49	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
52	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
54	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
58	1.0×10^{12}	—	1.0×10^{12}	—	—	—
60	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—

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
62	1.0×10^{12}	—	1.0×10^{12}	—	—	—
64	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
66	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
36	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
43	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
45	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—

3.3.4 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

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	401, 803, 504, 600, 411 421, 806, 509, 601, 5 6, 807, 602, 7, 603 808, 604, 8, 605, 809 606, 607, 9, 10, 810 608, 11, 811, 609, 610 12, 611, 612, 812, 13 613, 14, 15, 813, 16 614, 17, 18, 814, 615 19, 431, 815, 441, 201 842, 321, 921, 322, 843 471, 50, 922, 511	5.20	40			STPG370-S	C	202000
2	50, 51, 52, 53, 656 54, 55, 56, 844, 57 657, 58, 845, 658, 659 59, 660, 661, 846, 60 61, 662, 663, 847, 848 62, 664, 665, 849, 63 666, 850, 64, 667, 668	5.20	40			SUS304TP-S	C	194000

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	65, 851, 66, 669, 852 67, 670, 853	5.20	40	48.6	3.7	SUS304TP-S	C	194000
3	1, 501, 801, 502, 401 802, 503, 2, 901, 3 506, 804, 507, 421, 805 508, 4, 441, 854, 331 931, 332, 855, 481, 68 932, 512	5.20	40			STPG370-S	C	202000
4	68, 69, 70, 671, 71 72, 491, 856, 73, 672 74, 673, 857, 674, 675 75, 858, 676, 76, 677 678, 859, 860, 77, 679 680, 861, 78, 681, 682 862, 79, 683, 684, 863 80, 685, 864, 686, 81 82, 865, 866, 687, 83 84, 688, 867, 85, 689 868, 690, 86, 869, 691 692, 87, 870, 693, 694 871, 88, 695, 89, 696	5.20	40			SUS304TP-S	C	194000

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)
4	872, 697, 90, 698, 91 873, 699, 700, 701, 92 874, 93, 702, 875, 94 703, 704, 876, 95, 705 96, 706, 877, 707, 97 708, 98, 878, 709, 710 711, 99, 879	5.20	40			SUS304TP-S	C	194000
5	202, 20, 816, 311, 911 312, 817, 451, 21, 912 510	5.20	40			STPG370-S	C	202000
6	21, 22, 616, 617, 461 618, 818, 23, 619, 24 620, 819, 621, 622, 25 820, 26, 27, 28, 623 821, 822, 29, 624, 625 823, 30, 626, 824, 31 627, 628, 825, 32, 629 826, 33, 827, 828, 630 34, 631, 829, 35, 632 830, 633, 634, 36, 831 635, 636, 37, 832, 637	5.20	40			SUS304TP-S	C	194000

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)
6	638, 833, 38, 639, 39 640, 834, 641, 40, 642 41, 835, 643, 644, 645 42, 836, 43, 646, 837 44, 647, 648, 838, 45 649, 46, 650, 839, 651 47, 652, 48, 840, 653 654, 655, 49, 841	5.20	40			SUS304TP-S	C	194000

配管の付加質量

鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

質量	対応する評価点
7kg/m	401, 803, 504, 600, 411, 421, 806, 509, 601, 5, 6, 807 602, 7, 603, 808, 604, 8, 605, 809, 606, 607, 9, 10 810, 608, 11, 811, 609, 610, 12, 611, 612, 812, 13, 613 14, 15, 813, 16, 614, 17, 18, 814, 615, 19, 431, 815 441, 201, 202, 842, 321, 921, 322, 843, 471, 50, 922, 511
6kg/m	50, 51, 52, 53, 656, 54, 55, 56, 844, 57, 657, 58 845, 658, 659, 59, 660, 661, 846, 60, 61, 662, 663, 847 848, 62, 664, 665, 849, 63, 666, 850, 64, 667, 668, 65 851, 66, 669, 852, 67, 670, 853
6kg/m	1, 501, 801, 502, 401, 802, 503, 2, 901, 3, 506, 804 507, 421, 805, 508, 4, 441, 854, 331, 931, 332, 855, 481 68, 932, 512
5kg/m	68, 69, 70, 671, 71, 72, 491, 856, 73, 672, 74, 673 857, 674, 675, 75, 858, 676, 76, 677, 678, 859, 860, 77 679, 680, 861, 78, 681, 682, 862, 79, 683, 684, 863, 80 685, 864, 686, 81, 82, 865, 866, 687, 83, 84, 688, 867 85, 689, 868, 690, 86, 869, 691, 692, 87, 870, 693, 694 871, 88, 695, 89, 696, 872, 697, 90, 698, 91, 873, 699 700, 701, 92, 874, 93, 702, 875, 94, 703, 704, 876, 95 705, 96, 706, 877, 707, 97, 708, 98, 878, 709, 710, 711 99, 879
4kg/m	202, 20, 816, 311, 911, 312, 817, 451, 21, 912, 510 21, 22, 616, 617, 461, 618, 818, 23, 619, 24, 620, 819 621, 622, 25, 820, 26, 27, 28, 623, 821, 822, 29, 624 625, 823, 30, 626, 824, 31, 627, 628, 825, 32, 629, 826 33, 827, 828, 630, 34, 631, 829, 35, 632, 830, 633, 634 36, 831, 635, 636, 37, 832, 637, 638, 833, 38, 639, 39 640, 834, 641, 40, 642, 41, 835, 643, 644, 645, 42, 836 43, 646, 837, 44, 647, 648, 838, 45, 649, 46, 650, 839 651, 47, 652, 48, 840, 653, 654, 655, 49, 841

注：配管の付加質量は、保温等の配管に付加される重量を示す。

フランジの質量

鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

質量	対応する評価点
1 kg	501, 502, 503, 506, 507, 508, 510, 511, 512
8 kg	504, 509

弁の質量

鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

質量	対応する評価点
1 kg	901
7 kg	911
4 kg	912, 922, 932
12 kg	921
8 kg	931

支持点のばね定数

鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

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
801	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
802	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
803	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
804	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
805	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
806	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
807	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
808	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
809	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
810	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
811	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
812	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
813	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
814	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
815	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
816	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
817	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
818	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
819	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
820	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
821	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
822	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
823	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
824	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
825	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
826	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—

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
827	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}
828	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
829	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
830	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
831	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
832	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
833	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
834	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
835	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
836	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
837	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
838	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
839	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
840	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
841	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}
842	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
843	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
844	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
845	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
846	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
847	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
848	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
849	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
850	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
851	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
852	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
853	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}
854	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—

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
855	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
856	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
857	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
858	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
859	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
860	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
861	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
862	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
863	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
864	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
865	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}
866	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
867	9.8×10^9	—	9.8×10^9	—	—	—
868	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
869	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
870	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
871	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
872	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
873	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
874	—	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—
875	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
876	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
877	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
878	9.8×10^9	9.8×10^9	—	—	—	—
879	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^9	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}	9.8×10^{16}

3.3.5 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備

鳥瞰図 K5HFP-R-2

管番号	対応する評価点	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	1~46	5.20	40	76.3	5.2	SUS304TP	C	193667

配管の付加質量

鳥瞰図 K5HFP-R-2

質量	対応する評価点
5 kg/m	1~46

注：配管の付加質量は、保温等の配管に付加される重量を示す。

支持点のばね定数

鳥瞰図 K5HFP-R-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
1	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}
3	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
10	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
14	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
22	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
27	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
30	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
32	—	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—
39	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
41	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
43	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—
45	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}	—	—	—	—

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
SUS304TP	40	—	205	520	—
STPG370	40	—	215	370	—
SUS304TP-S	40	—	205	520	—
STPG370-S	40	—	215	370	—

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(m)	減衰定数(%)
FP-B0-B	原子炉建屋	T. M. S. L. 23. 5	2. 0
		T. M. S. L. 18. 1	
RW-B3F-22	廃棄物処理建屋	T. M. S. L. -1. 1*	—
R-B2F-21-2	廃棄物処理建屋	T. M. S. L. 12. 3*	—
	コントロール建屋	T. M. S. L. 6. 5*	—
SLC-B	原子炉建屋	T. M. S. L. 31. 7*	—
中央制御室床下フリアクセスフロア	コントロール建屋	T. M. S. L. 17. 3	2. 0
		T. M. S. L. 12. 3	
K5HFP-R-2	緊急時対策所	T. M. S. L. 33. 0	2. 0
		T. M. S. L. 27. 8	

注記*：一次固有周期が0.05s以下であるため、配管設置高さを包絡する建屋標高の動的震度（S_s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度）を用いる。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

4.1.1 二酸化炭素消火設備

鳥瞰図 FP-B0-B

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	0.112	2.40	2.40	3.51
2次	0.106	2.40	2.40	3.51
3次	0.073	1.95	1.95	2.37
4次	0.059	1.63	1.63	1.93
5次	0.051	1.62	1.62	1.64
6次* ²	0.047	—	—	—
動的震度* ³		1.51	1.51	1.38

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 : 固有周期が0.05s以下であり剛である。

*³ : S s地震動に基づく設計用最大床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 FP-B0-B

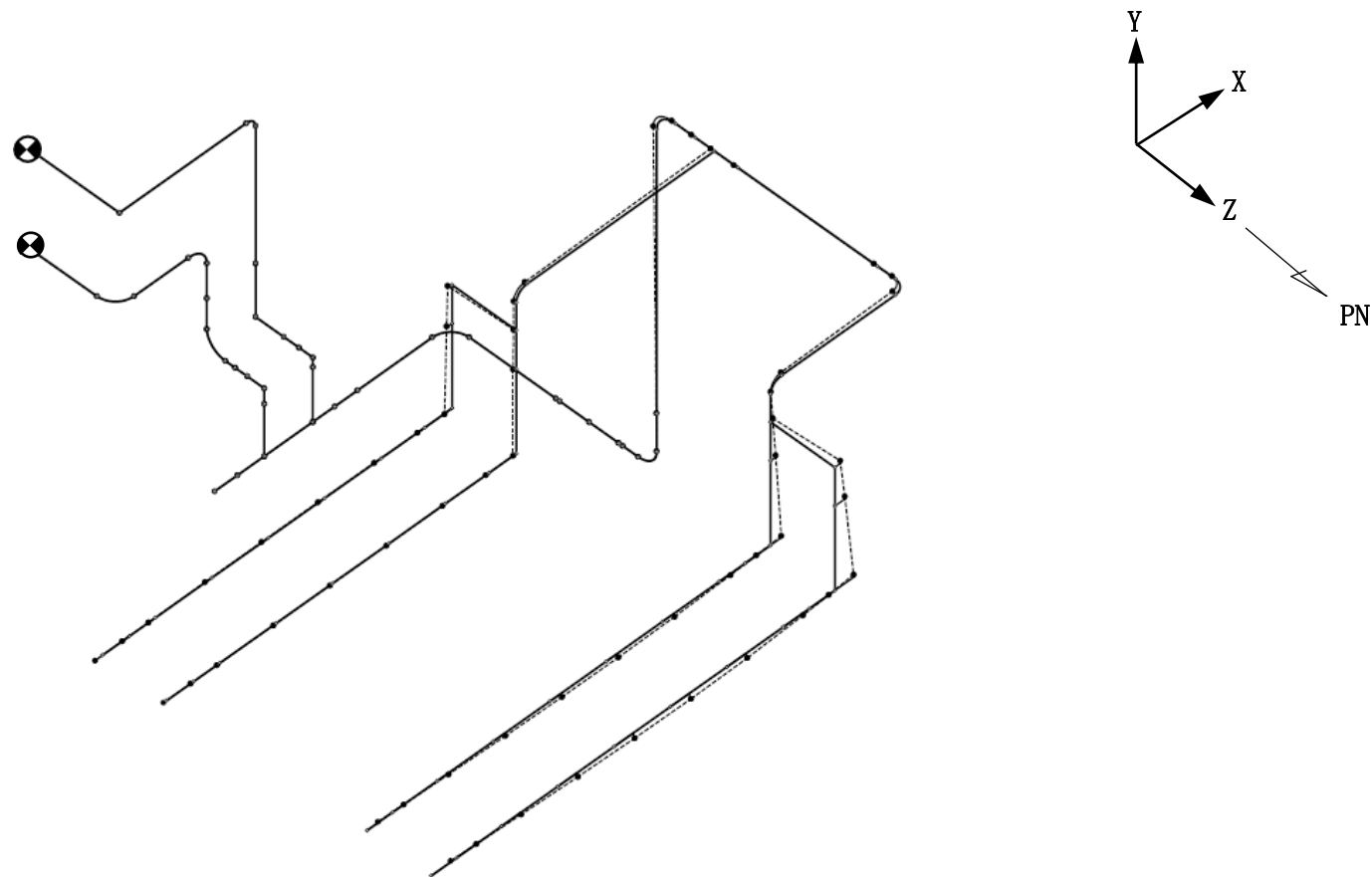
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.112	0.767	0.020	0.257
2次	0.106	1.559	0.076	0.107
3次	0.073	0.070	0.009	0.882
4次	0.059	0.227	0.021	0.152
5次	0.051	0.038	0.000	0.731

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

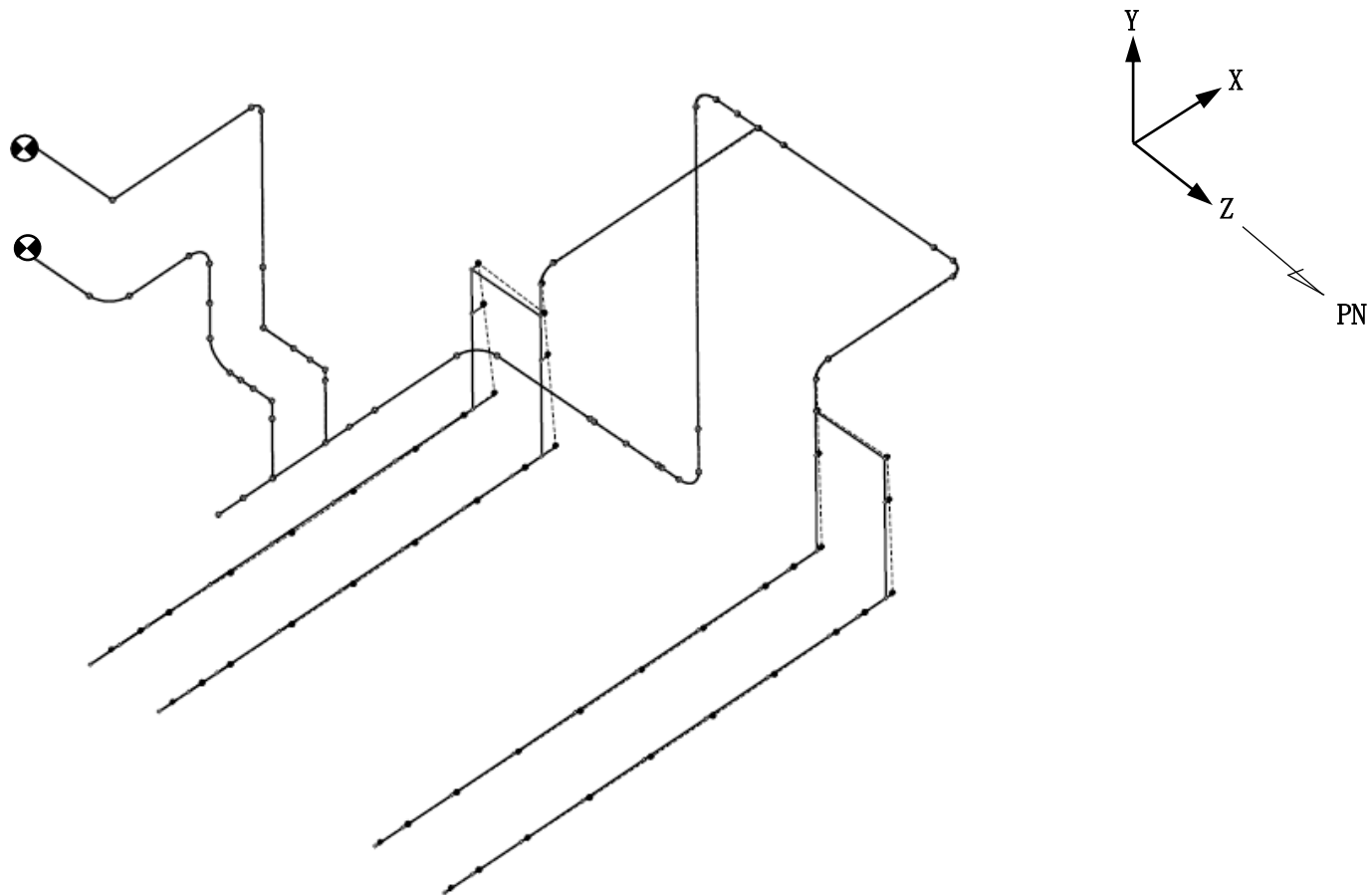
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



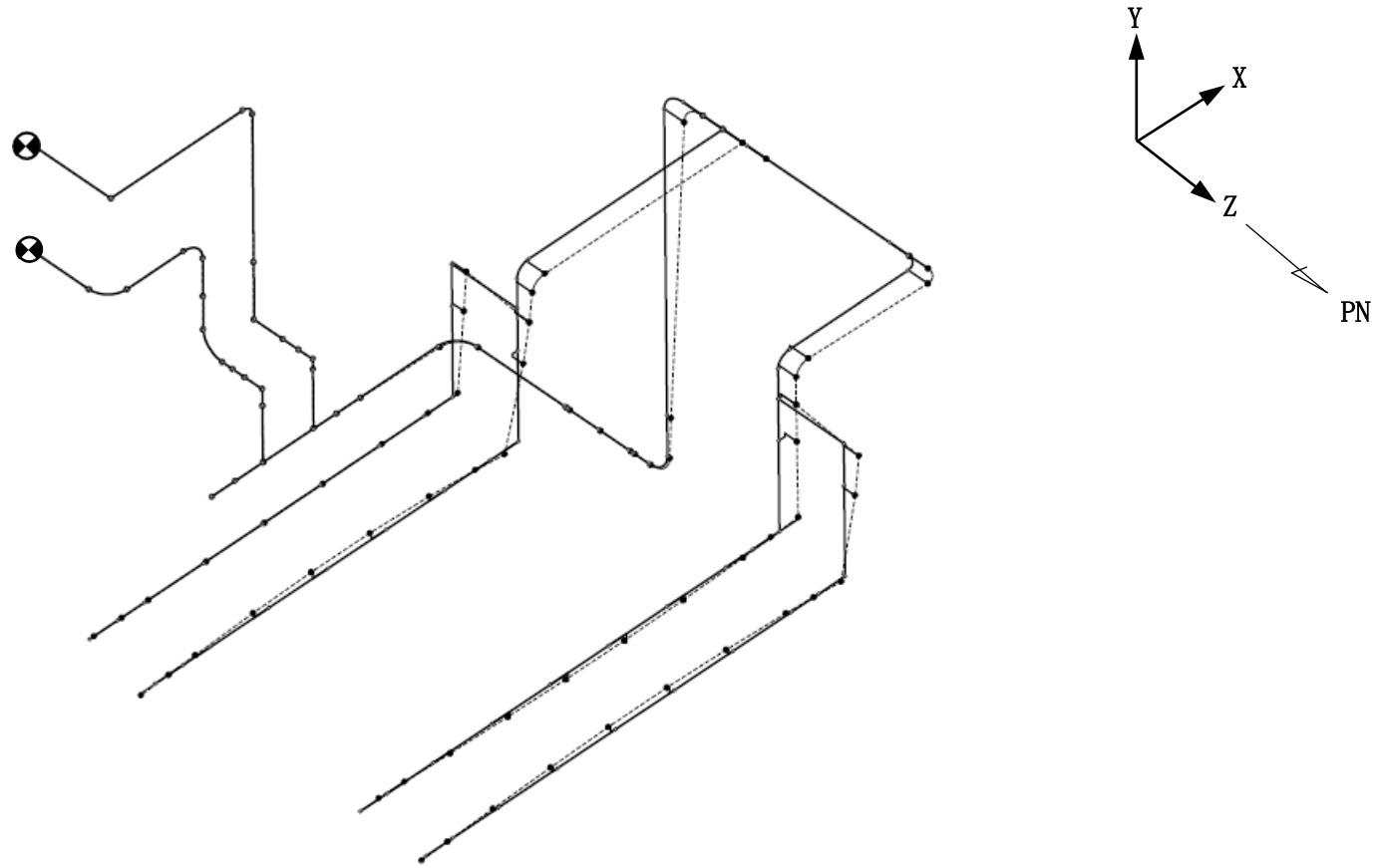
鳥瞰図	FP-B0-B
-----	---------

代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図	FP-B0-B
-----	---------

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

FP-B0-B

4.1.2 小空間固定式消火設備

鳥瞰図 RW-B3F-22

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	0.050	—	—	—
動的震度* ³		1.45	1.45	1.29

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 : 固有周期が0.05s以下であり剛である。

*3 : S s地震動に基づく設計用最大床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 RW-B3F-22

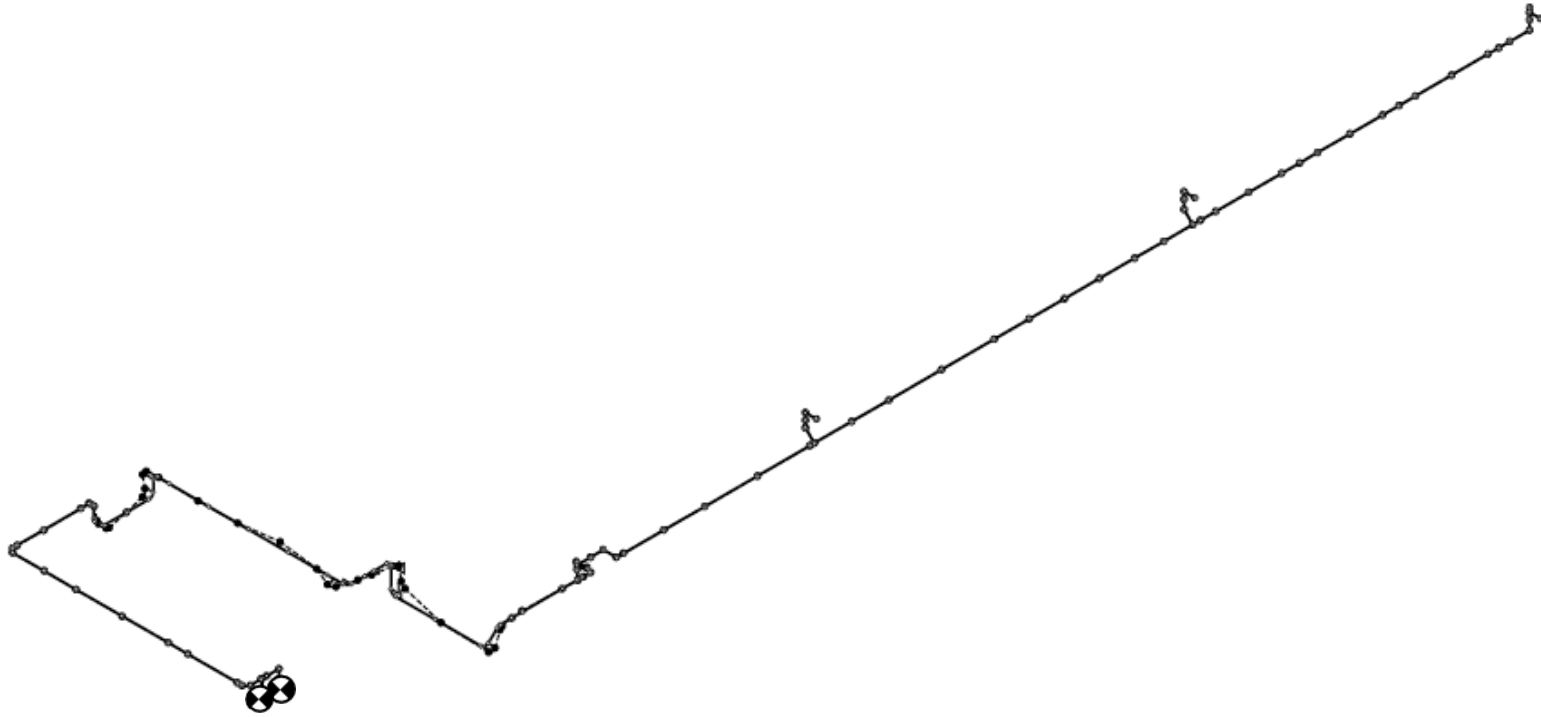
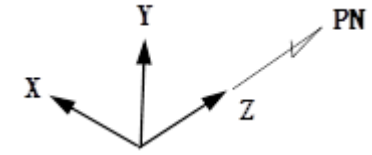
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.050	—	—	—

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、1次モードを代表とし、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	RW-B3F-22
-----	-----------

鳥瞰図 R-B2F-21-2

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	0.047	—	—	—
動的震度* ³		1.86	1.86	1.36

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 : 固有周期が0.05s以下であり剛である。

*3 : S s地震動に基づく設計用最大床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 R-B2F-21-2

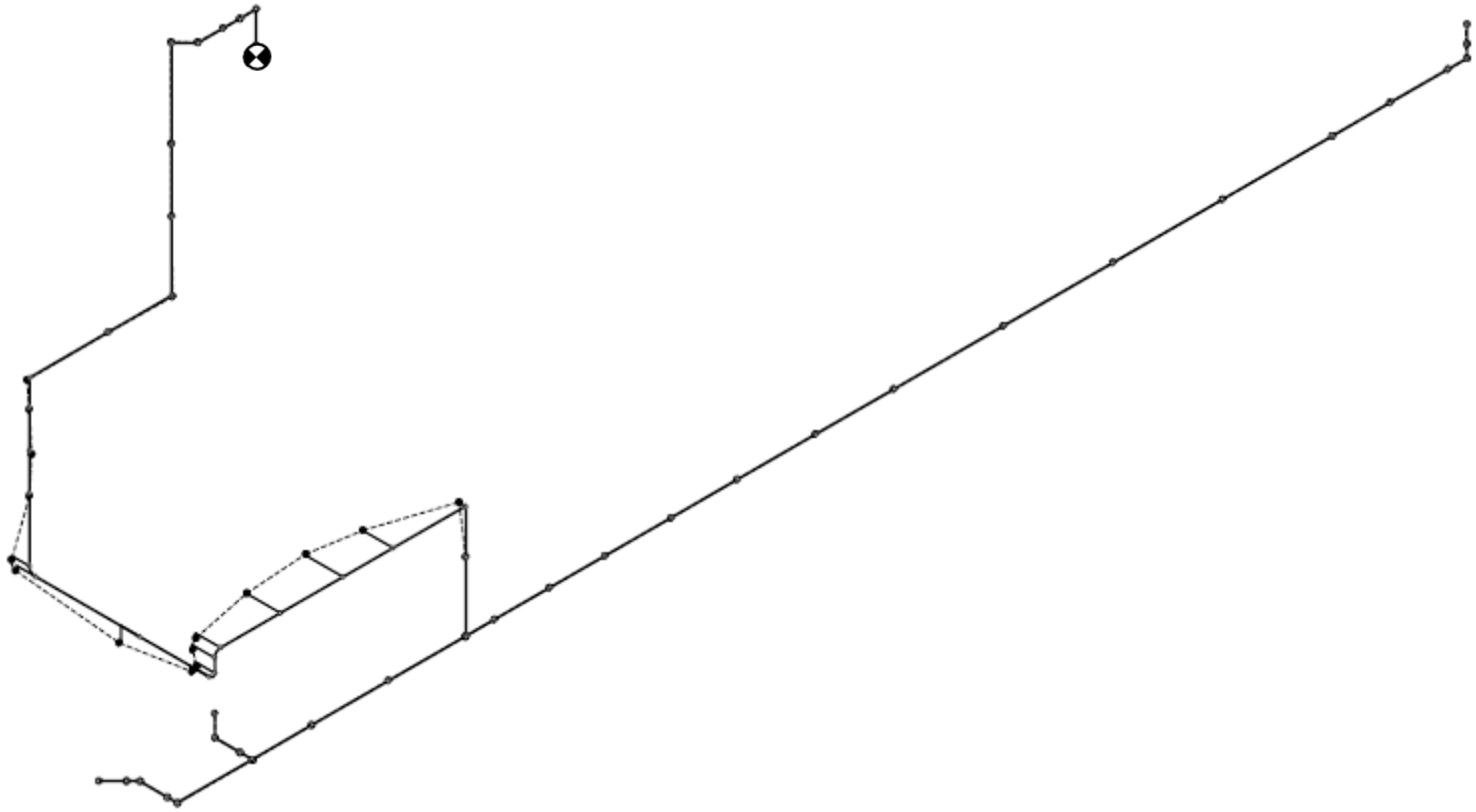
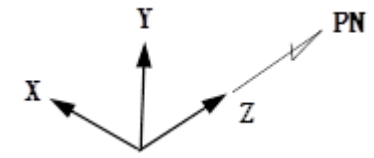
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.047	—	—	—

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、1次モードを代表とし、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)



153

鳥瞰図	R-B2F-21-2
-----	------------

4.1.3 SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備

鳥瞰図 SLC-B

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	0.038	—	—	—
動的震度* ³		1.71	1.71	1.41

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 : 固有周期が0.05s以下であり剛である。

*3 : S s地震動に基づく設計用最大床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 SLC-B

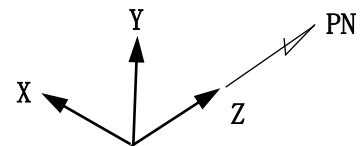
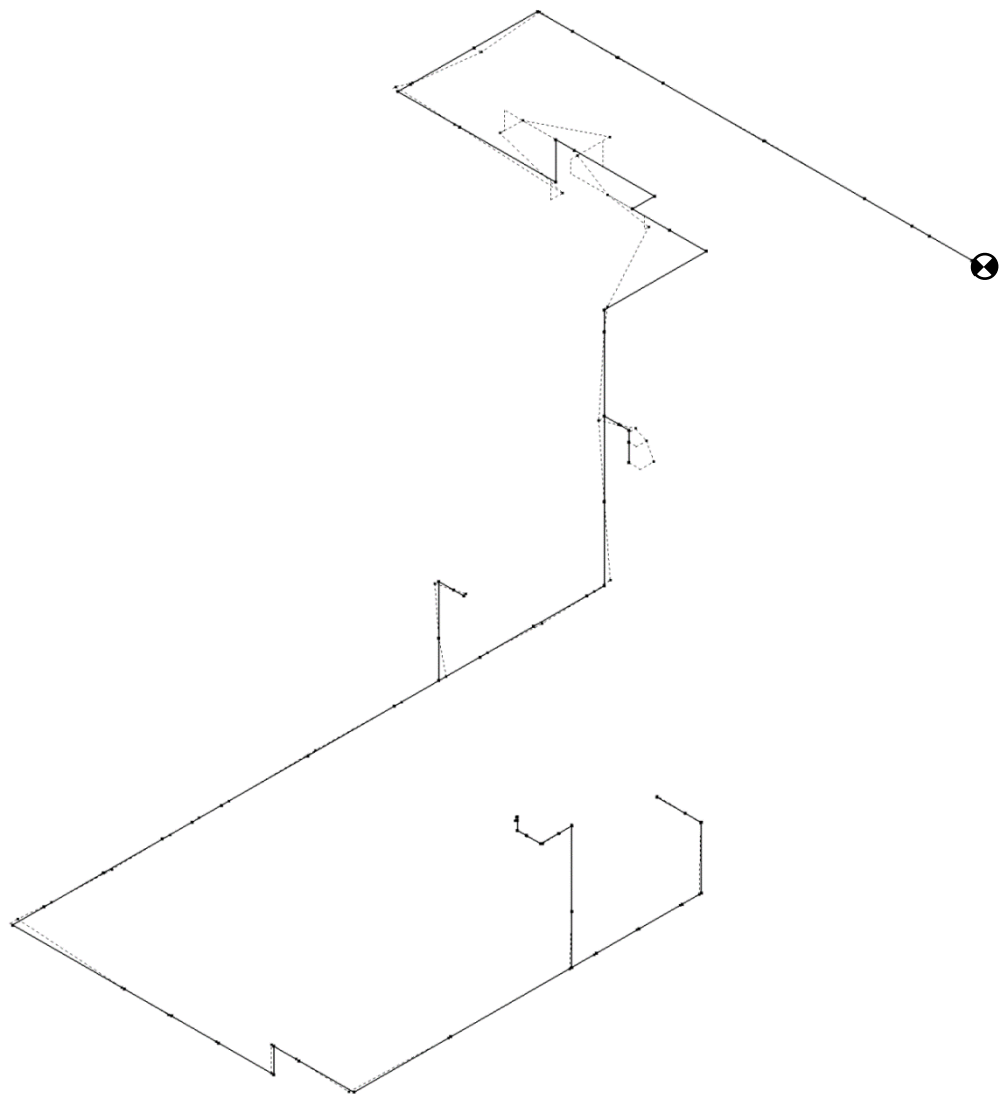
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.038	—	—	—

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、1次モードを代表とし、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

SLC-B

4.1.4 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

鳥瞰図 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

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	0.113	3.12	3.12	3.95
2次	0.106	2.62	2.62	3.90
3次	0.098	2.45	2.45	3.90
4次	0.091	2.27	2.27	3.26
5次	0.074	2.25	2.25	2.71
6次	0.074	2.25	2.25	2.71
7次	0.069	2.25	2.25	2.57
8次	0.067	2.23	2.23	2.57
9次	0.067	2.23	2.23	2.57
10次	0.062	2.19	2.19	2.42
11次	0.056	1.76	1.76	1.79
12次	0.056	1.74	1.74	1.78
13次	0.055	1.68	1.68	1.67
14次	0.053	1.67	1.67	1.57
15次	0.050	1.63	1.63	1.45
16次*2	0.050	—	—	—
動的震度*3		1.65	1.65	1.12

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 : 固有周期が0.05s以下であり剛である。

*3 : S s地震動に基づく設計用最大床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 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

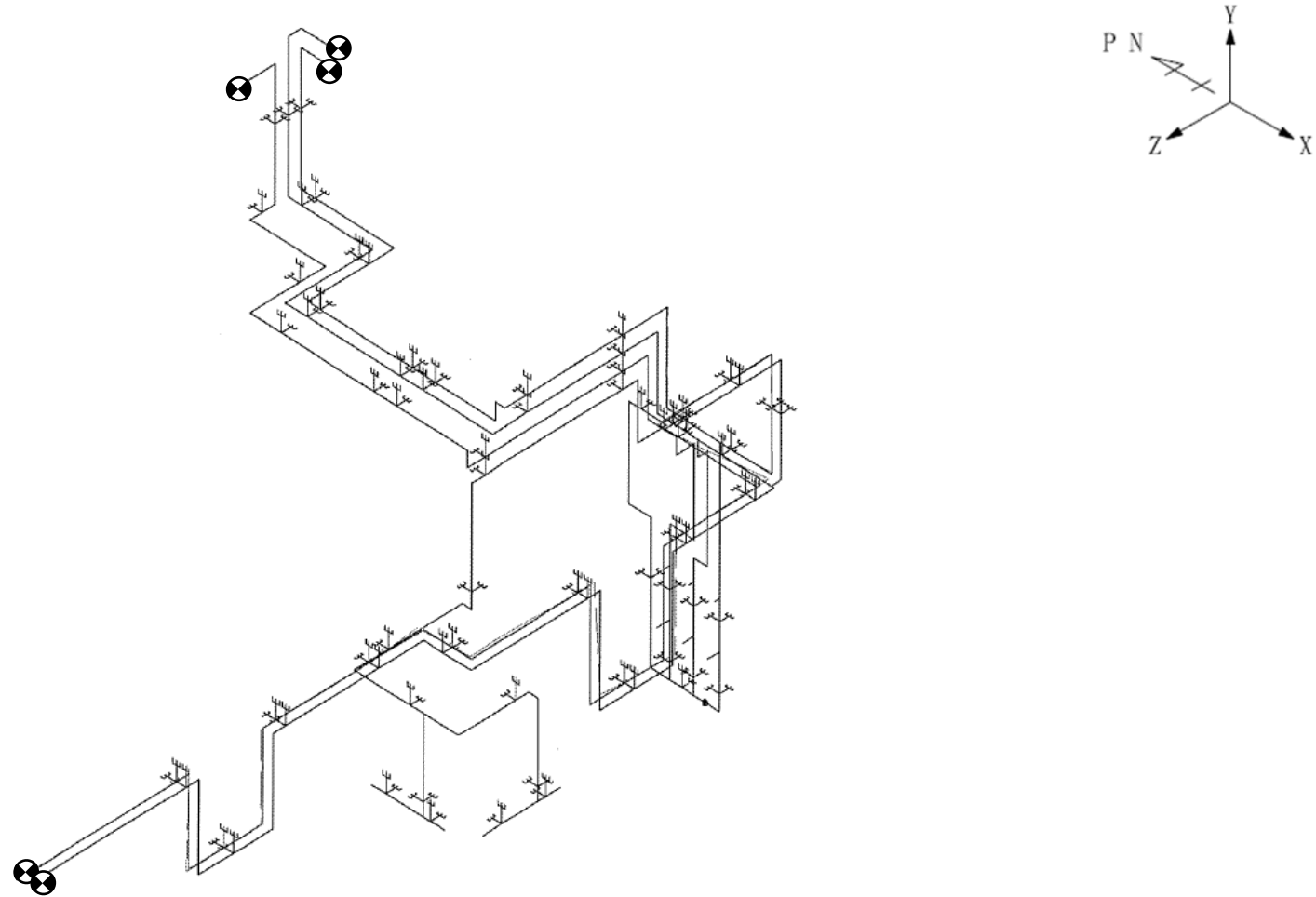
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.113	-0.169	0.015	-0.825
2次	0.106	-0.216	-0.008	-0.936
3次	0.098	-0.327	-0.015	0.953
4次	0.091	-0.659	-0.011	0.845
5次	0.074	-0.316	-0.006	-0.543
6次	0.074	-0.615	-0.008	0.589
7次	0.069	-0.313	0.064	0.437
8次	0.067	-0.875	-0.139	-0.184
9次	0.067	0.585	0.016	-0.644
10次	0.062	0.246	-0.035	0.041
11次	0.056	-0.055	-0.650	0.087
12次	0.056	-0.176	-0.022	-0.388
13次	0.055	0.752	0.087	0.160
14次	0.053	0.218	0.042	0.281
15次	0.050	0.050	0.172	0.488

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。

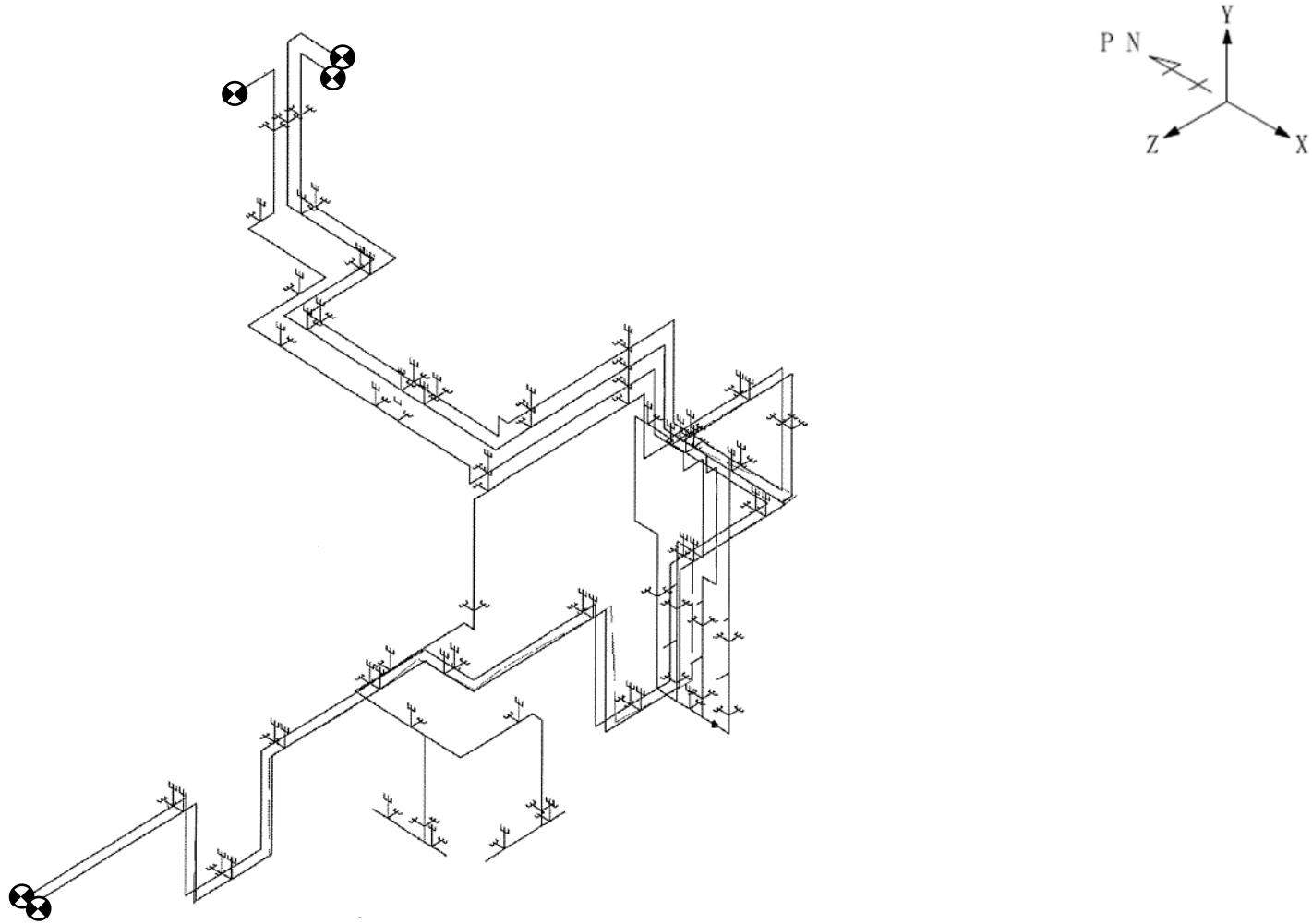
代表的振動モード図 (1次)



鳥瞰図

中央制御室床下フリーアクセスフロア

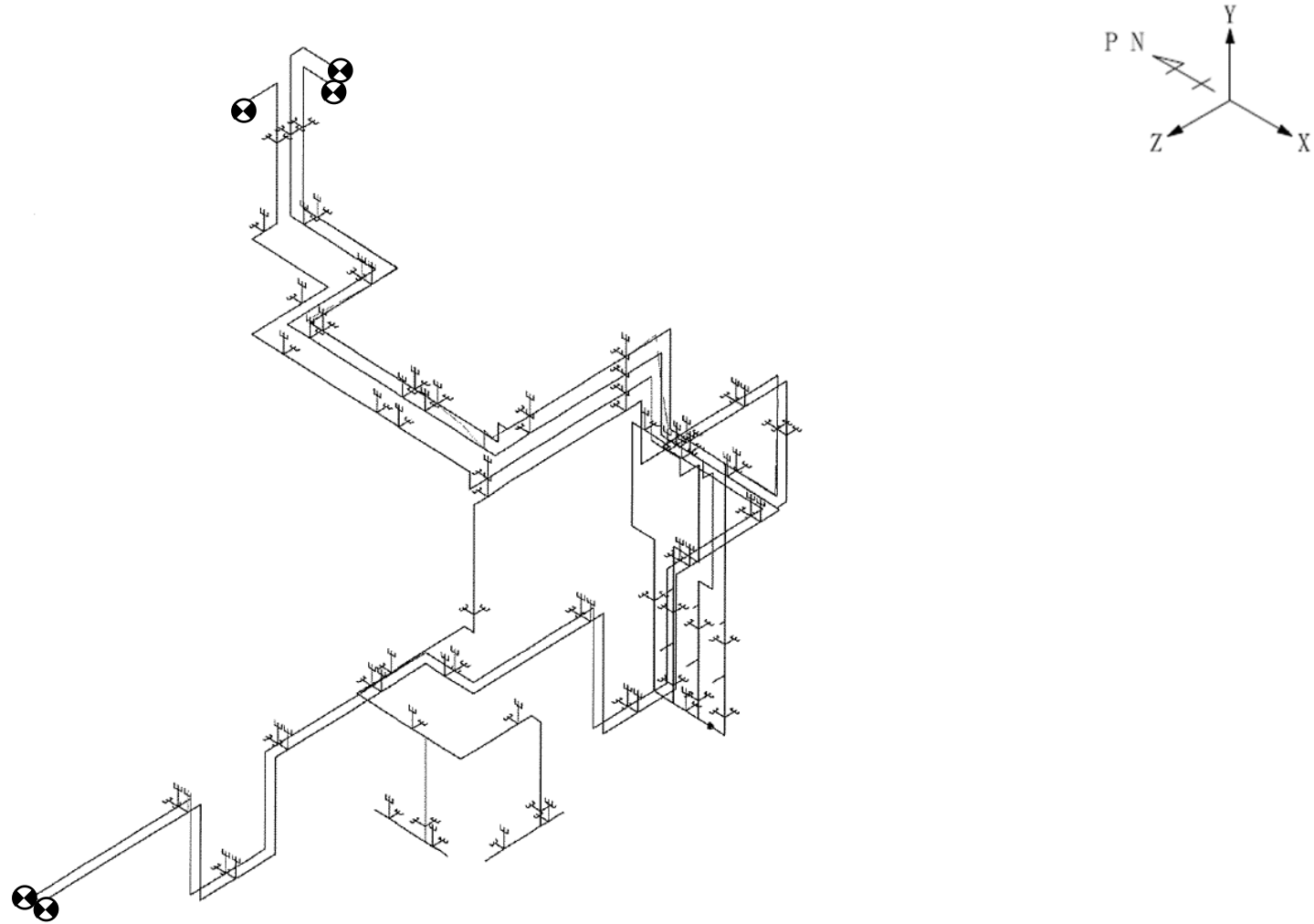
代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図

中央制御室床下フリーアクセスフロア

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

中央制御室床下フリーアクセスフロア

4.1.5 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備

鳥瞰図 K5HFP-R-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	0.153	3.98	3.98	5.28
2次	0.073	3.12	3.12	5.64
3次	0.065	2.96	2.96	5.52
4次	0.064	2.89	2.89	5.44
5次	0.062	2.86	2.86	5.37
6次	0.062	2.89	2.89	5.31
7次	0.060	2.92	2.92	5.14
8次	0.060	2.92	2.92	5.12
9次	0.058	2.94	2.94	4.26
10次	0.058	2.95	2.95	4.23
11次	0.051	2.83	2.83	3.04
12次	0.050	2.85	2.85	3.03
13次*2	0.049	—	—	—
動的震度*3		2.35	2.35	1.94

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 : 固有周期が0.05s以下であり剛である。

*3 : S s地震動に基づく設計用最大床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 K5HFP-R-2

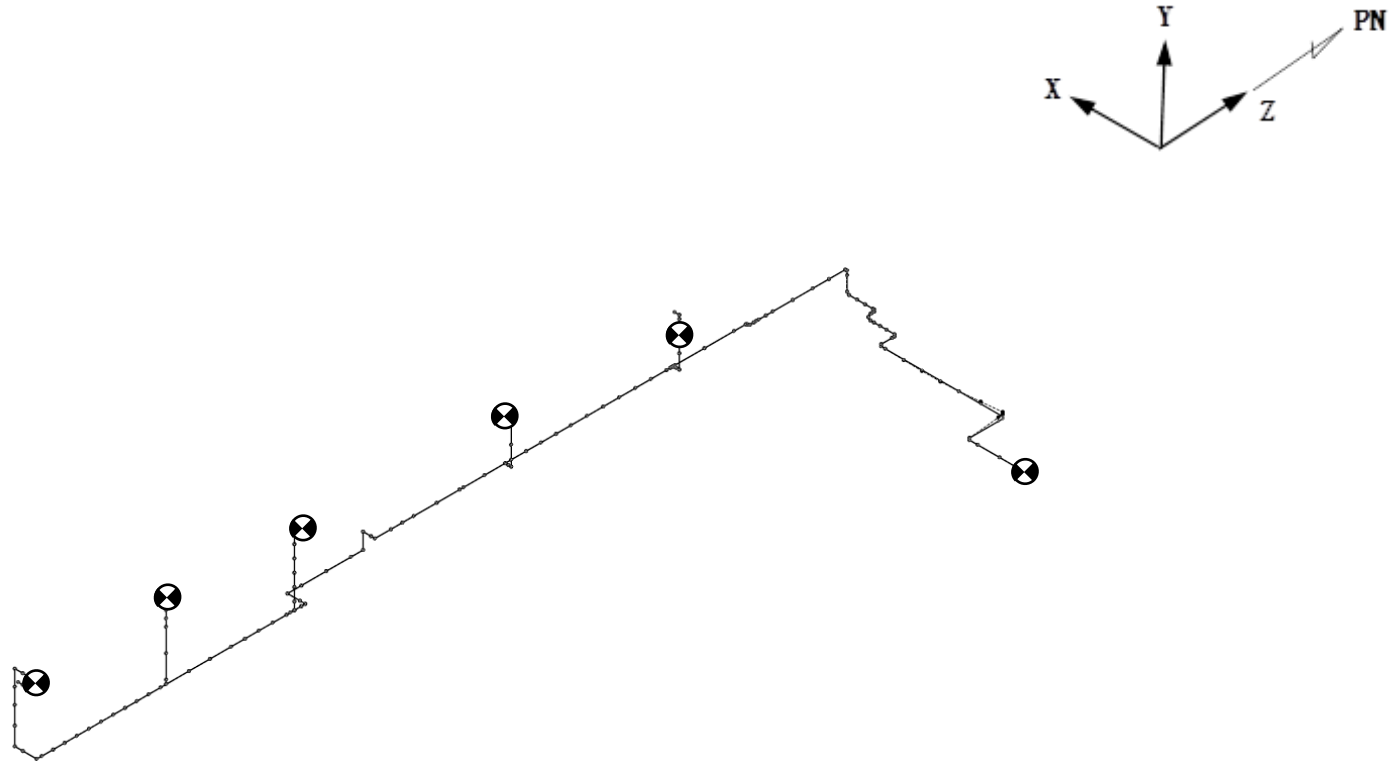
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.153	0.000	0.894	0.000
2次	0.073	0.431	0.070	0.141
3次	0.065	0.296	0.075	0.008
4次	0.064	0.102	0.352	0.020
5次	0.062	0.335	1.128	0.118
6次	0.062	0.844	0.425	0.055
7次	0.060	0.386	0.026	0.100
8次	0.060	0.072	0.174	0.801
9次	0.058	0.851	0.132	0.021
10次	0.058	0.259	0.791	0.020
11次	0.051	0.650	0.153	0.076
12次	0.050	0.073	0.000	0.015

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

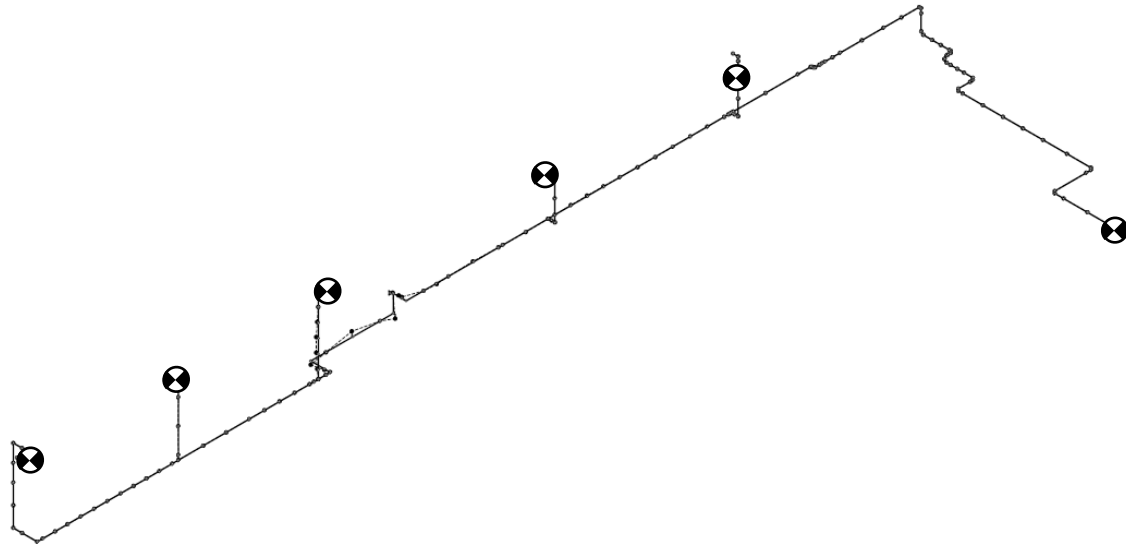
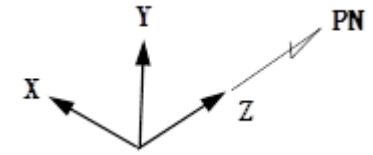
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



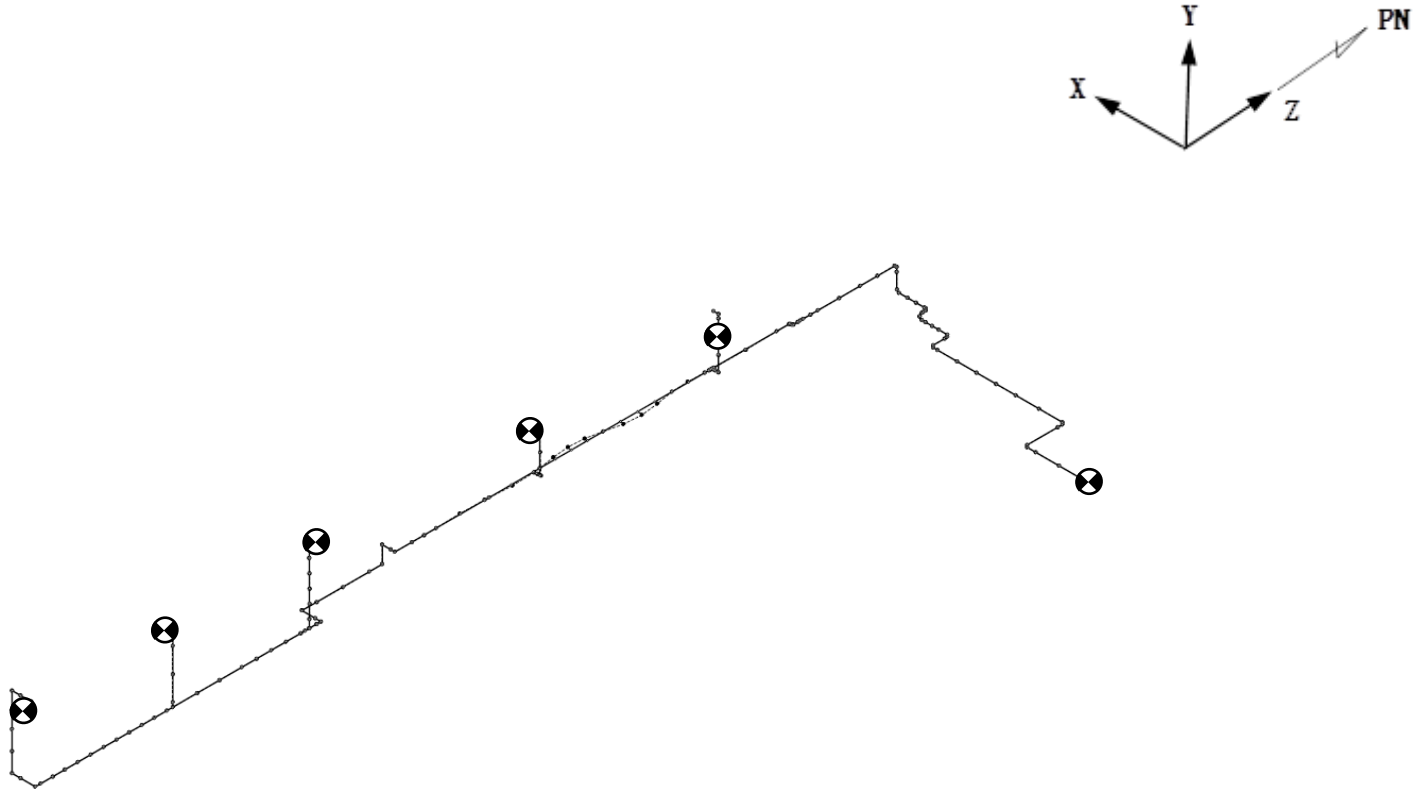
鳥瞰図	K5HFP-R-2
-----	-----------

代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図	K5HFP-R-2
-----	-----------

代表的振動モード図 (3次)



165

鳥瞰図	K5HFP-R-2
-----	-----------

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。

(1) 二酸化炭素消火設備

クラス3管

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	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 $0.9S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
FP-B0-B	$IV_A S$	88	$S_{prm}(S_s)$	146	333	—	—	—
	$IV_A S$	88	$S_n(S_s)$	—	—	238	430	—

(2) 小空間固定式消火設備

クラス3管

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	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 $0.9S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
RW-B3F-22	$IV_A S$	103	$S_{prm}(S_s)$	91	468	—	—	—
	$IV_A S$	103	$S_n(S_s)$	—	—	142	410	—
R-B2F-21-2	$IV_A S$	14	$S_{prm}(S_s)$	36	468	—	—	—
	$IV_A S$	11	$S_n(S_s)$	—	—	304	410	—

(3) SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備

クラス3管

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	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 $0.9S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
SLC-B	$IV_A S$	29	$S_{prm}(S_s)$	79	468	—	—	—
	$IV_A S$	29	$S_n(S_s)$	—	—	126	410	—

(4) 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

クラス3管

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	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 $0.9S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
中央制御室床下 フリーアクセス フロア	$IV_A S$	40	$S_{prm}(S_s)$	113	468	—	—	—
	$IV_A S$	40	$S_n(S_s)$	—	—	200	410	—

(5) 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備

クラス3管

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	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 $0.9S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
K5HFP-R-2	$IV_A S$	10	$S_{prm}(S_s)$	155	468	—	—	—
	$IV_A S$	10	$S_n(S_s)$	—	—	208	410	—

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)
—	—	—	—	—	—	—

(1) 二酸化炭素消火設備

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			
PS-9	レストレイント	Uボルト	SS400	40	2	1	—	—	—	—	せん断	16	161

(2) 小空間固定式消火設備

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			
PS-06 (RW-B3F-22)	レストレイント	U ボルト	SUS304	40	2	1	—	—	—	—	せん断	12	142
PS-71 (R-B2F-21-2)	レストレイント	U ボルト	SUS304	40	0 1*	— —*	1 1*	—	—	—	せん断	9	142

注記* : 相対変位の反力値を示す。

(3) SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備

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			
R-04	レストレイント	U ボルト	SUS304	40	1	0	—	—	—	—	せん断	5	142

(4) 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

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-HFP-63209	レストレイント	Uボルト	SS400	40	—	2	1	—	—	—	組合せ	9	210
AN-HFP-63806	アンカ	ラグ	SUS304	40	1	1	1	1	1	1	組合せ	100	142

(5) 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備

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			
SP01-11	レストレイント	Uボルト	SUS304	40	3	2	2	—	—	—	組合せ	24	184
SP01-08	アンカ	プレート	SUS304	40	2	1	1	1	0	1	座屈 (曲げ)	62	205

4.2.3 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、応力分類ごと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。

(1) 二酸化炭素消火設備

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス3管）

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _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 勞 累 積 係 数	代 表
1	FP-B0-AC	41	127	333	2.62	—	41	194	430	2.21	—	—	—	—
2	FP-B0-B	88	146	333	2.28	○	88	238	430	1.80	○	—	—	—
3	FP-DT-A	1	35	333	9.51	—	1	12	430	35.83	—	—	—	—
4	FP-DT-B	1	35	333	9.51	—	1	12	430	35.83	—	—	—	—
5	FP-DT-C	1	35	333	9.51	—	1	12	430	35.83	—	—	—	—
6	FP-DG-A	1	41	333	8.12	—	1	10	430	43.00	—	—	—	—
7	FP-DG-B	1	47	333	7.08	—	1	22	430	19.54	—	—	—	—
8	FP-DG-C	1	53	333	6.28	—	1	36	430	11.94	—	—	—	—

(2) 小空間固定式消火設備

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス3管)

No.	配管モデル	許容応力状態 IVAS												
		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	R-B3F-01	72	30	468	15.60	—	72	16	410	25.62	—	—	—	—
2	R-B3F-02	20	39	468	12.00	—	20	32	410	12.81	—	—	—	—
3	R-B3F-03	11	29	468	16.13	—	11	12	410	34.16	—	—	—	—
4	R-B3F-04	20	33	468	14.18	—	19	18	410	22.77	—	—	—	—
5	R-B3F-05	13	31	468	15.09	—	35	12	410	34.16	—	—	—	—
6	R-B3F-10	49	44	468	10.63	—	49	38	410	10.78	—	—	—	—
7	R-B3F-11	30	30	468	15.60	—	9	12	430	35.83	—	—	—	—
8	R-B3F-19	8	41	333	8.12	—	10	28	430	15.35	—	—	—	—
9	R-B3F-23	12	31	468	15.09	—	12	22	410	18.63	—	—	—	—
10	R-B2F-01B	1	26	468	18.00	—	31	16	410	25.62	—	—	—	—
11	R-B2F-02	20	32	468	14.62	—	20	22	410	18.63	—	—	—	—

K7 ① V-2-別添1 R0

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _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
12	R-B2F-05	18	45	468	10.40	—	18	26	410	15.76	—	—	—	—
13	R-B2F-07	7	29	468	16.13	—	7	12	410	34.16	—	—	—	—
14	R-B2F-14	10	30	468	15.60	—	12	22	410	18.63	—	—	—	—
15	R-B2F-20	15	33	468	14.18	—	1	24	410	17.08	—	—	—	—
16	R-B2F-22	19	30	468	15.60	—	19	12	410	34.16	—	—	—	—
17	R-B1F-11	11	35	468	13.37	—	11	16	410	25.62	—	—	—	—
18	R-B1F-10	1	54	468	8.66	—	1	32	410	12.81	—	—	—	—
19	R-B1F-17	36	45	468	10.40	—	21	32	410	12.81	—	—	—	—
20	R-B1F-19	11	33	468	14.18	—	11	16	410	25.62	—	—	—	—
21	R-B1F-20	9	42	468	11.14	—	21	30	410	13.66	—	—	—	—
22	R-B1F-21-1	19	32	468	14.62	—	202	12	410	34.16	—	—	—	—
23	R-B1F-21-2	13	48	468	9.75	—	13	36	410	11.38	—	—	—	—
24	R-B1F-26	12	37	468	12.64	—	12	32	410	12.81	—	—	—	—

K7 ① V-2-別添1 R0

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _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
25	R-1F-01A	22	50	468	9.36	—	22	58	410	7.06	—	—	—	—
26	R-1F-02	1	29	468	16.13	—	12	12	410	34.16	—	—	—	—
27	R-1F-07	13	33	468	14.18	—	13	26	410	15.76	—	—	—	—
28	R-1F-10	10	40	468	11.70	—	10	38	410	10.78	—	—	—	—
29	R-1F-11	11	28	468	16.71	—	11	14	410	29.28	—	—	—	—
30	R-1F-13	26	37	468	12.64	—	26	20	410	20.50	—	—	—	—
31	R-1F-15	11	32	468	14.62	—	11	24	410	17.08	—	—	—	—
32	R-1F-17	23	30	468	15.60	—	23	24	410	17.08	—	—	—	—
33	R-1F-20	10	28	468	16.71	—	10	12	410	34.16	—	—	—	—
34	R-1F-23	24	30	468	15.60	—	32	22	410	18.63	—	—	—	—
35	R-2F-05	24	43	468	10.88	—	24	40	410	10.25	—	—	—	—
36	R-2F-06	12	38	468	12.31	—	12	44	410	9.31	—	—	—	—
37	R-2F-07	18	30	468	15.60	—	26	12	410	34.16	—	—	—	—

K7 ① V-2-別添1 R0

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _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
38	R-2F-11	12	38	468	12.31	—	12	34	410	12.05	—	—	—	—
39	R-2F-14	1	34	468	13.76	—	12	20	410	20.50	—	—	—	—
40	R-2F-15	28	29	468	16.13	—	10	14	410	29.28	—	—	—	—
41	R-3F-04-1	38	36	468	13.00	—	38	26	410	15.76	—	—	—	—
42	R-3F-04-2	17	38	468	12.31	—	17	28	410	14.64	—	—	—	—
43	R-3F-05	35	43	468	10.88	—	43	24	410	17.08	—	—	—	—
44	R-3F-09	16	34	468	13.76	—	16	20	410	20.50	—	—	—	—
45	R-3F-17	1	31	468	15.09	—	1	8	410	51.25	—	—	—	—
46	R-3F-18	1	40	468	11.70	—	1	26	410	15.76	—	—	—	—
47	R-3F-20	17	33	468	14.18	—	17	22	410	18.63	—	—	—	—
48	R-M4F-03	39	40	468	11.70	—	39	32	410	12.81	—	—	—	—
49	R-M4F-09	15	39	468	12.00	—	15	36	410	11.38	—	—	—	—
50	R-M4F-12	15	40	468	11.70	—	15	32	410	12.81	—	—	—	—

K7 ① V-2-別添1 R0

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _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
51	R-M4F-13	20	45	468	10.40	—	16	32	410	12.81	—	—	—	—
52	R-4F-02	18	53	468	8.83	—	137	64	410	6.40	—	—	—	—
53	R-4F-03	26	29	468	16.13	—	26	16	410	25.62	—	—	—	—
54	R-4F-09A	17	35	468	13.37	—	17	20	410	20.50	—	—	—	—
55	T-B2F-02	5	42	468	11.14	—	321	26	410	15.76	—	—	—	—
56	T-B2F-20	19	34	468	13.76	—	297	16	410	25.62	—	—	—	—
57	T-B2F-26	23	46	468	10.17	—	21	48	410	8.54	—	—	—	—
58	H-B2F-03-1	134	36	468	13.00	—	13	22	410	18.63	—	—	—	—
59	H-B2F-03-2	179	40	468	11.70	—	179	36	410	11.38	—	—	—	—
60	H-B2F-09	35	34	468	13.76	—	172	26	410	15.76	—	—	—	—
61	H-B2F-09B	1	31	468	15.09	—	10	12	410	34.16	—	—	—	—
62	H-B2F-10	3	27	468	17.33	—	10	16	410	25.62	—	—	—	—
63	H-B1F-01	21	42	468	11.14	—	21	30	410	13.66	—	—	—	—

K7 ① V-2-別添1 R0

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _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
64	H-B1F-04-1	186	88	468	5.31	—	186	136	410	3.01	—	—	—	—
65	H-B1F-04-2	207	50	468	9.36	—	207	60	410	6.83	—	—	—	—
66	H-B1F-09-1	17	37	468	12.64	—	153	36	410	11.38	—	—	—	—
67	H-B1F-09-2	157	41	468	11.41	—	157	42	410	9.76	—	—	—	—
68	H-B1F-10	14	48	468	9.75	—	14	32	410	12.81	—	—	—	—
69	H-1F-02	16	36	468	13.00	—	16	20	410	20.50	—	—	—	—
70	C-B2F-01	24	36	468	13.00	—	30	24	410	17.08	—	—	—	—
71	C-B2F-02	5	42	468	11.14	—	5	44	410	9.31	—	—	—	—
72	C-B2F-03-1	39	38	468	12.31	—	12	30	410	13.66	—	—	—	—
73	C-B2F-03-2	30	35	468	13.37	—	166	22	410	18.63	—	—	—	—
74	C-B2F-11	19	29	468	16.13	—	19	22	410	18.63	—	—	—	—
75	C-B1F-01	18	31	468	15.09	—	18	14	410	29.28	—	—	—	—
76	C-B1F-02	1	44	468	10.63	—	318	46	410	8.91	—	—	—	—

K7 ① V-2-別添1 R0

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _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
77	C-B1F-11A	43	38	468	12.31	—	43	32	410	12.81	—	—	—	—
78	C-B1F-11B	13	69	468	6.78	—	13	88	410	4.65	—	—	—	—
79	C-1F-01	59	33	468	14.18	—	59	28	410	14.64	—	—	—	—
80	C-1F-02	20	32	468	14.62	—	20	22	410	18.63	—	—	—	—
81	C-1F-03	13	30	468	15.60	—	14	18	410	22.77	—	—	—	—
82	C-1F-06	1	28	468	16.71	—	1	20	410	20.50	—	—	—	—
83	C-2F-01	17	43	468	10.88	—	17	30	410	13.66	—	—	—	—
84	RW-B3F-16	14	34	468	13.76	—	14	36	410	11.38	—	—	—	—
85	RW-B3F-22	103	91	468	5.14	○	103	142	410	2.88	—	—	—	—
86	RW-B3F-25	241	39	468	12.00	—	241	42	410	9.76	—	—	—	—
87	RW-B2F-04	352	49	468	9.55	—	355	60	410	6.83	—	—	—	—
88	RW-B1F-09	1	37	468	12.64	—	1	34	410	12.05	—	—	—	—
89	RW-B1F-13	8	45	468	10.40	—	98	44	410	9.31	—	—	—	—

K7 ① V-2-別添1 R0

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _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 勞 累 積 係 数	代 表
90	R-B3F-26-1	15	31	468	15.09	—	28	23	410	17.82	—	—	—	—
91	R-B3F-26-2	12	54	468	8.66	—	22	264	410	1.55	—	—	—	—
92	R-B2F-21-1	8	34	468	13.76	—	8	18	410	22.77	—	—	—	—
93	R-B2F-21-2	14	36	468	13.00	—	11	304	410	1.34	○	—	—	—
94	RW-1F-13	23	31	468	15.09	—	23	16	410	25.62	—	—	—	—
95	RW-B1F-15	32	47	468	9.95	—	32	52	410	7.88	—	—	—	—
96	C-1F-11	16	30	468	15.60	—	27	40	410	10.25	—	—	—	—
97	RW-B2F-07	42	47	468	9.95	—	42	34	410	12.05	—	—	—	—

(3) SLC ポンプ・CRD ポンプ局所消火設備

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス3管)

No.	配管モデル	許容応力状態 IVAS												
		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
1	SLC-A	4	44	468	10.63	—	4	56	410	7.32	—	—	—	—
2	SLC-B	29	79	468	5.92	○	29	126	410	3.25	○	—	—	—
3	CRD-A	35	42	468	11.14	—	35	50	410	8.20	—	—	—	—
4	CRD-B	44	58	468	8.06	—	44	82	410	5.00	—	—	—	—

(4) 中央制御室床下フリーアクセスフロア消火設備

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス3管)

No.	配管モデル	許容応力状態 IVAS												
		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
1	ブロック1	40	113	468	4.14	○	40	200	410	2.05	○	—	—	—
2	ブロック2	801	79	468	5.92	—	1	102	410	4.01	—	—	—	—
3	ブロック3	59	96	468	4.87	—	47	147	410	2.78	—	—	—	—

(5) 5号機原子炉建屋内緊急時対策所消火設備

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス3管）

No.	配管モデル	許容応力状態 IVAS												
		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
1	K5HFP-R-1	20	41	468	11.41	—	20	32	410	12.81	—	—	—	—
2	K5HFP-R-2	10	155	468	3.01	○	10	208	410	1.97	○	—	—	—
3	K5HFP-R-3	10	43	468	10.88	—	10	28	410	14.64	—	—	—	—
4	K5HFP-R-4	7	95	468	4.92	—	7	110	410	3.72	—	—	—	—

4.2.4 動的機能の評価結果

(1) 電源盤・制御盤消火設備 機能維持評価用加速度と機能維持確認済加速度との比較(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御盤	水平方向	1.15	46.57
	鉛直方向	0.96	4.66

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

(2) ケーブルトレイ消火設備 機能維持評価用加速度と機能維持確認済加速度との比較(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御盤	水平方向	1.89	69.54
	鉛直方向	1.02	7.42

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

計算機プログラム（解析コード）の概要

別紙26 N u P I A S

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-別添1	火災防護設備の耐震性に関する計算書	Ver. 6. 1. 3c

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	N u P I A S
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による管の固有値解析，応力解析
開発機関	東電設計株式会社，川崎重工業株式会社
開発時期	2000年
使用したバージョン	Ver. 6. 1. 3c
コードの概要	<p>本解析コードは，配管の強度解析を目的として開発された計算機プログラムである。本解析コードは，汎用構造解析コードS A P - Vをメインプログラムとし，応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る。</p> <p>任意の1次元，2次元あるいは3次元形状に対し，静的解析，動的解析を行うことが可能で，反力・モーメント・応力，固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証（Verification） 及び 妥当性確認（Validation）	<p>【検証（Verification）】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配管系応力解析プログラム *1の計算データと本解析コードによる計算結果を比較し，よく合致していることを確認している。 ・応力評価プログラムについては，メインプログラムの出力結果（軸力，モーメント）から，適用技術基準（J S M E *2，J E A G *3等）に基づいて応力評価が正しく計算されていることを確認している。 ・サブプログラムについては，インターフェイスチェックシートを用いて，単位，桁数，符号が変換前後で正しく処理されていることを確認している。 <p>【妥当性確認（Validation）】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子力の分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・今回の工事計画認可申請で行うはりモデルによる管の応力解析の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲にあることを確認している。

注記*1:



*2: 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。))) J S M E
S N C 1 -2005/2007) (日本機械学会2007年9月)

*3: 原子力発電所耐震設計技術指針 (重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-
1984, J E A G 4 6 0 1 -1987及びJ E A G 4 6 0 1 -1991 追補版) (日本電気協会
電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月)

3. 解析手法

3.1 一般事項

本解析コードには、3次元トラスやビーム、平面応力など数多くの要素が用意されており、それらを用いて1次元、2次元あるいは3次元の静的解析及び動的解析を行う。

3.2 解析コードの特徴

本解析コードの処理能力は主に解析する問題の総節点数と必要となる固有値の数（動的解析の場合）に依存し、要素数、荷重条件数、剛性マトリックスの次数やバンド幅などに特別の制限はない。

各節点は、0から6自由度まで設定することができる。

構造マトリックスの誘導は静的解析、動的解析共に同様である。静的解析では釣合い方程式を解いた後、要素の応力を算出する。動的解析では次の選択ができる。

- (a) 固有値解析
- (b) 時刻歴応答解析
- (c) 応答スペクトル解析

3.3 解析手法

3.3.1 運動方程式

節点の運動方程式を以下に示す。

$$[m] \cdot \{\ddot{u}\} + [c] \cdot \{\dot{u}\} + [k] \cdot \{u\} = \{R\} \dots\dots\dots (3. 1)$$

ここで $[k]$, $[c]$, $[m]$ は剛性, 減衰及び質量マトリックスであり $\{u\}$, $\{\dot{u}\}$, $\{\ddot{u}\}$, $\{R\}$ は変位, 速度, 加速度及び荷重ベクトルを表す。構造マトリックスは要素マトリックスを直接合成して得られる。

例えば

$$[k] = \Sigma [k_m] \dots\dots\dots (3. 2)$$

ここで, $[k_m]$ はm番目の要素の剛性マトリックスである。

本解析コードでは、上記方程式の解法として質点系モデル(lumped Mass)による解析を採用している。したがって、系の質量は、個々の要素の質量マトリックスに、節点に付加している集中質量を加えた対角マトリックスとなる。また、減衰はレイリー減衰

(Rayleigh Damping: $[c] = \alpha [m] + \beta [k]$, α 及び β は比例定数) を採用している。

3.3.2 静的解析

静的解析では(3. 1)式において $\{\ddot{\mathbf{u}}\} = \{\dot{\mathbf{u}}\} = 0$ とした次の釣合い方程式を解き，各要素の応力を算出する。

$$[\mathbf{k}] \cdot \{\mathbf{u}\} = \{\mathbf{R}\} \cdots \cdots \cdots (3. 3)$$

本解析コードでは，方程式の解である節点の変位を正定値行列によるガウスの消去法にて求め，次に応力一ひずみマトリックスより要素の応力を求める。

3.3.3 固有値解析

固有値解析では，(3. 1)式において $[\mathbf{c}] = \{\mathbf{R}\} = 0$ とした以下の固有方程式を解き，固有値と振動モードを求める。

$$[\mathbf{k}] \cdot \{\phi\} = [\mathbf{m}] \cdot \{\phi\} \cdot \omega^2 \cdots \cdots \cdots (3. 4)$$

ここで， ω は固有角振動数， $\{\phi\}$ は固有ベクトルを表す。

本解析コードでは， p 次までの固有値及び固有ベクトルが必要であると仮定している。したがって，(3. 5)式は下式にて表される。

$$[\mathbf{k}] \cdot [\Phi] = [\mathbf{m}] \cdot [\Phi] \cdot [\Omega^2] \cdots \cdots \cdots (3. 5)$$

ここで， $[\Omega^2]$ は対角ベクトルである $[\Omega^2] = \text{diag}(\omega_i^2)$ ，かつ $[\Phi]$ は直交する固有ベクトル $\{\phi_1\}$ ， $\{\phi_2\} \cdots \{\phi_p\}$ を列に持つマトリックスである。

(3. 5)式を解く方法として2つの方法があり，ひとつは $[\mathbf{k}]$ の次数及びバンド幅が小さい時の解法である行列式探索法 (Determinant Search Method)，もうひとつは $[\mathbf{k}]$ の次数及びバンド幅が大きい時の解法であるサブスペース法 (Subspace Method) が用意されている。

3.3.4 動的応答解析

動的応答解析は，次の方程式で表される。

$$[\mathbf{m}] \cdot \{\ddot{\mathbf{u}}\} + [\mathbf{c}] \cdot \{\dot{\mathbf{u}}\} + [\mathbf{k}] \cdot \{\mathbf{u}\} = \{\mathbf{R}(t)\} \cdots \cdots \cdots (3. 6)$$

ここで， $\{\mathbf{R}(t)\}$ は時間依存荷重又は基準面の動きより生じる荷重のベクトルである。特に地震による動的応答計算の場合のように基準面が動く場合は，構造物が一様な基準面の加速度 $\{\ddot{\mathbf{u}}_g\}$ を受けているとして，下式のごとく表される。

$$\begin{aligned}
 & [m] \cdot \{\ddot{u}_r\} + [c] \cdot \{\dot{u}_r\} + [k] \cdot \{u_r\} \\
 & = - [m] \cdot \{\ddot{u}_g\} \dots\dots\dots(3. 7)
 \end{aligned}$$

ここで、 $\{u_r\}$ は基準面に関する構造物の相対変位量、即ち $\{u_r\} = \{u\} - \{u_g\}$ である。本解析コードでは、(3. 6)式及び(3. 7)式を時刻歴応答解析法、(3. 7)式を応答スペクトル法にて解くことができ、どちらもモードの重ね合わせ（モーダル解析）を使用している。

(1) モーダル解析法による時刻歴応答解析

モーダル解析法では、構造物の応答は p 次 ($p \ll n$) までの振動モードで表現できると仮定している。ここで、 n は全自由度を示す。

$\{u\} = [\Phi] \cdot \{X\}$ ($[\Phi]$ は、その列が p 個の直交する固有ベクトル $\{\phi_1\}$, $\{\phi_p\}$ を列に持つマトリックス) の変換を行い、
 $[\Phi]^T \cdot [m] \cdot [\Phi] = [1]$ として正規化して(3. 6)式に代入すると次のようになる。

$$\{\ddot{X}\} + [\Delta] \cdot \{\dot{X}\} + [\Omega^2] \cdot \{X\} = [\Phi]^T \cdot \{R\} \dots\dots\dots(3. 8)$$

ここで、 $[\Delta] = \text{diag}(2 \cdot \omega_i \cdot \xi_i)$, $[\Omega^2] = \text{diag}(\omega_i^2)$ である。

また、 ω_i は i 次モードの固有角振動数、 ξ_i は i 次モードの減衰比を示し、減衰マトリックス $[c]$ は次のような直交条件を満たすと仮定している。

$$\{\phi_i\}^T \cdot [c] \cdot \{\phi_j\} = 0 \quad (i \neq j) \dots\dots\dots(3. 9)$$

したがって、(3. 8)式は p 個の非連成2次の微分方程式を表している。この微分方程式は、ウィルソンの θ 法にて解かれる。

(2) 応答スペクトル解析

応答スペクトル解析では、(3. 7)式における基準面の加速度を以下にて記述する。

$$\{\ddot{u}_g\} = \{\ddot{u}_{gx}\} + \{\ddot{u}_{gy}\} + \{\ddot{u}_{gz}\} \dots\dots\dots(3. 10)$$

ここで、 $\{\ddot{u}_{gx}\} + \{\ddot{u}_{gy}\} + \{\ddot{u}_{gz}\}$ は、 x , y , z 方向への基準面の加速度である。したがって、 r 次のモードにおける応答式は下式として表される。

$$\begin{aligned} \{\ddot{X}_r\} + 2 \cdot \xi_r \cdot \omega_r \cdot \{\dot{X}_r\} + \omega_r^2 \cdot \{X_r\} \\ = \{r_{rx}\} + \{r_{ry}\} + \{r_{rz}\} \dots\dots\dots (3. 11) \end{aligned}$$

ここで、 X_r は r 次における $\{X\}$ の要素であり、かつ

$$\begin{aligned} \{r_{rx}\} &= - \{\phi_r\}^T \cdot [m] \cdot \{\ddot{u}_{gx}\}, \\ \{r_{ry}\} &= - \{\phi_r\}^T \cdot [m] \cdot \{\ddot{u}_{gy}\}, \\ \{r_{rz}\} &= - \{\phi_r\}^T \cdot [m] \cdot \{\ddot{u}_{gz}\} \end{aligned}$$

(3. 11) 式から、 x 方向への最大の r 次の変位は、

$$\{u_{rx}\}_{max} = \{\phi_r\} \cdot \beta_{rx} \cdot S_x(\omega_r) \dots\dots\dots (3. 12)$$

ここで、 β_{rx} は r 次モードにおける刺激係数であり、

$$\beta_{rx} = \frac{\{\phi_r\}^T \cdot [m] \cdot \{I_x\}}{\{\phi_r\}^T \cdot [m] \cdot \{I_r\}}$$

$S_x(\omega_r)$ は固有角振動数 ω_r に対応する x 方向のスペクトル変位であり、 I_x は x 方向のみ1で他は0のベクトルである。同様に

$$\{u_{ry}\}_{max} = \{\phi_r\} \cdot \beta_{ry} \cdot S_y(\omega_r) \dots\dots\dots (3. 13)$$

$$\{u_{rz}\}_{max} = \{\phi_r\} \cdot \beta_{rz} \cdot S_z(\omega_r) \dots\dots\dots (3. 14)$$

である。

本解析コードでは、1次から p 次までの振動による最大変位と応力を二乗和平方根法 (Square Root of the Sum of the Square) にて計算する。

3.4 解析フローチャート

本解析コードを用いて行う評価フローチャートを図3-1に示す。

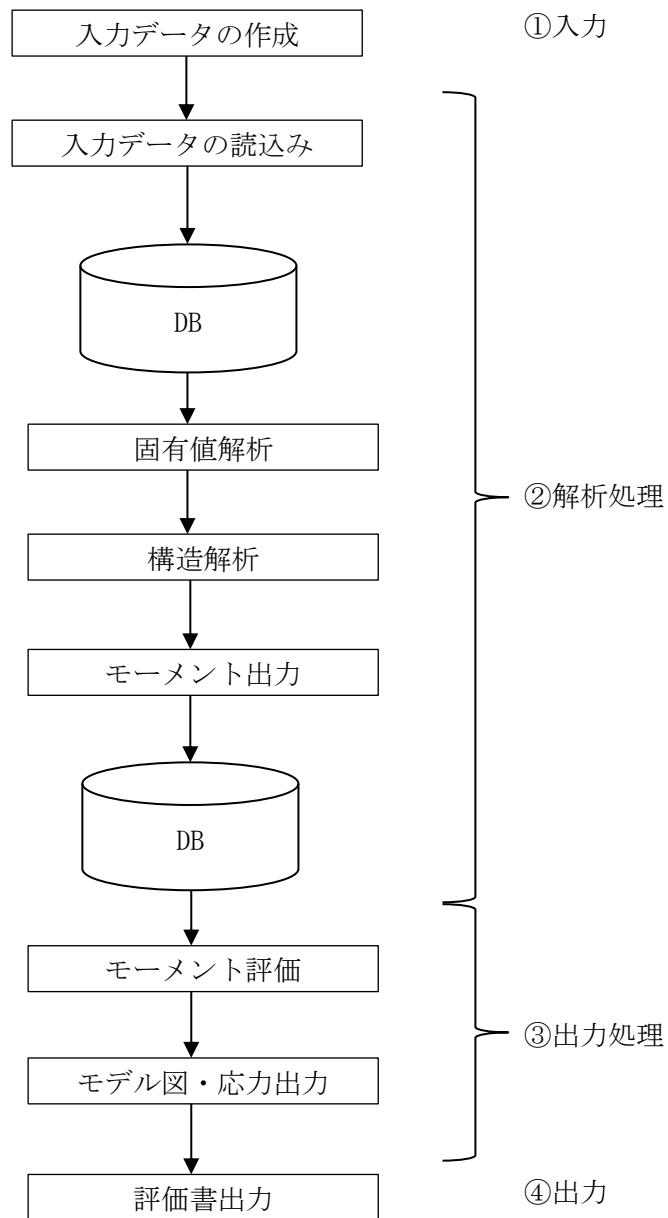
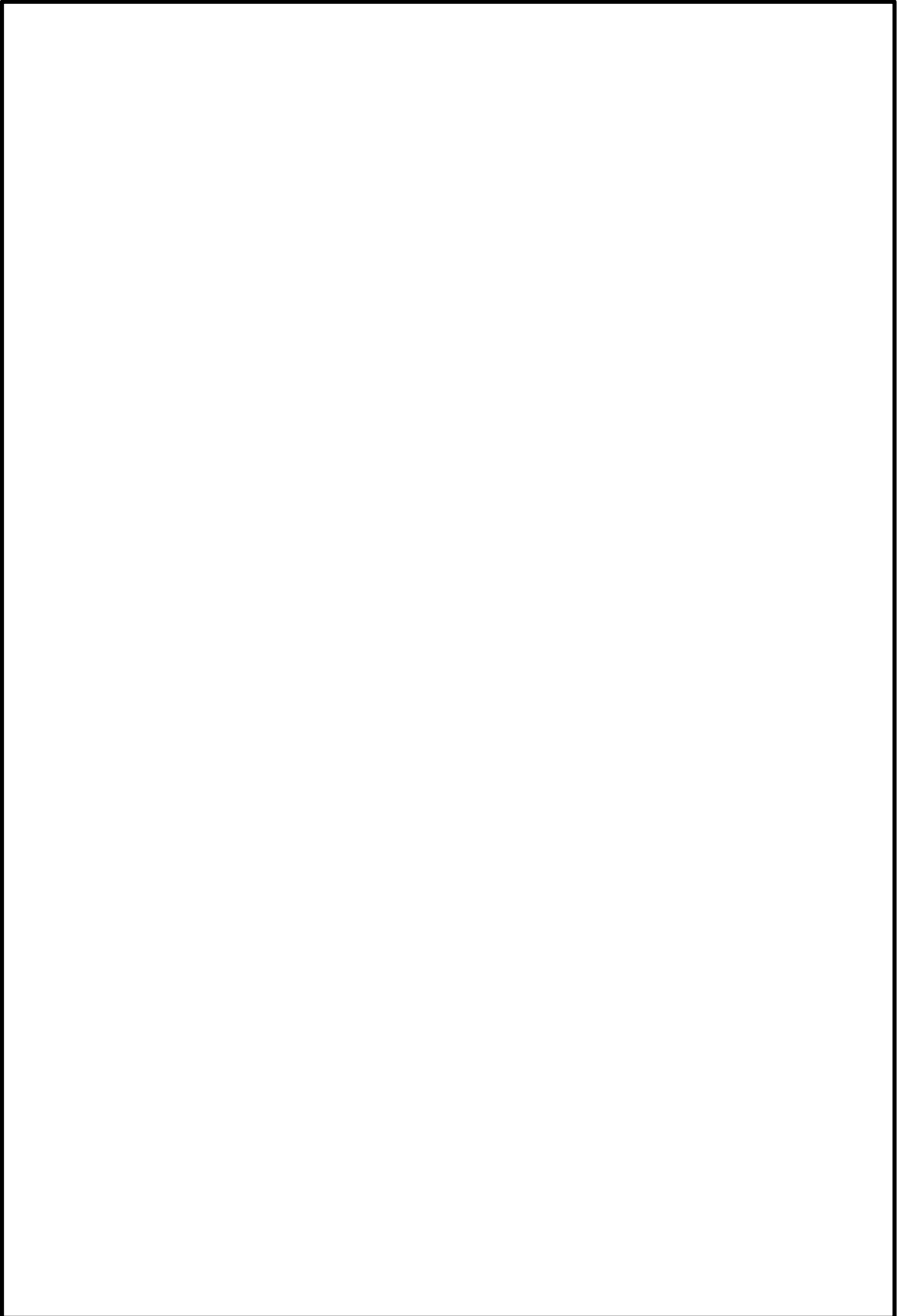
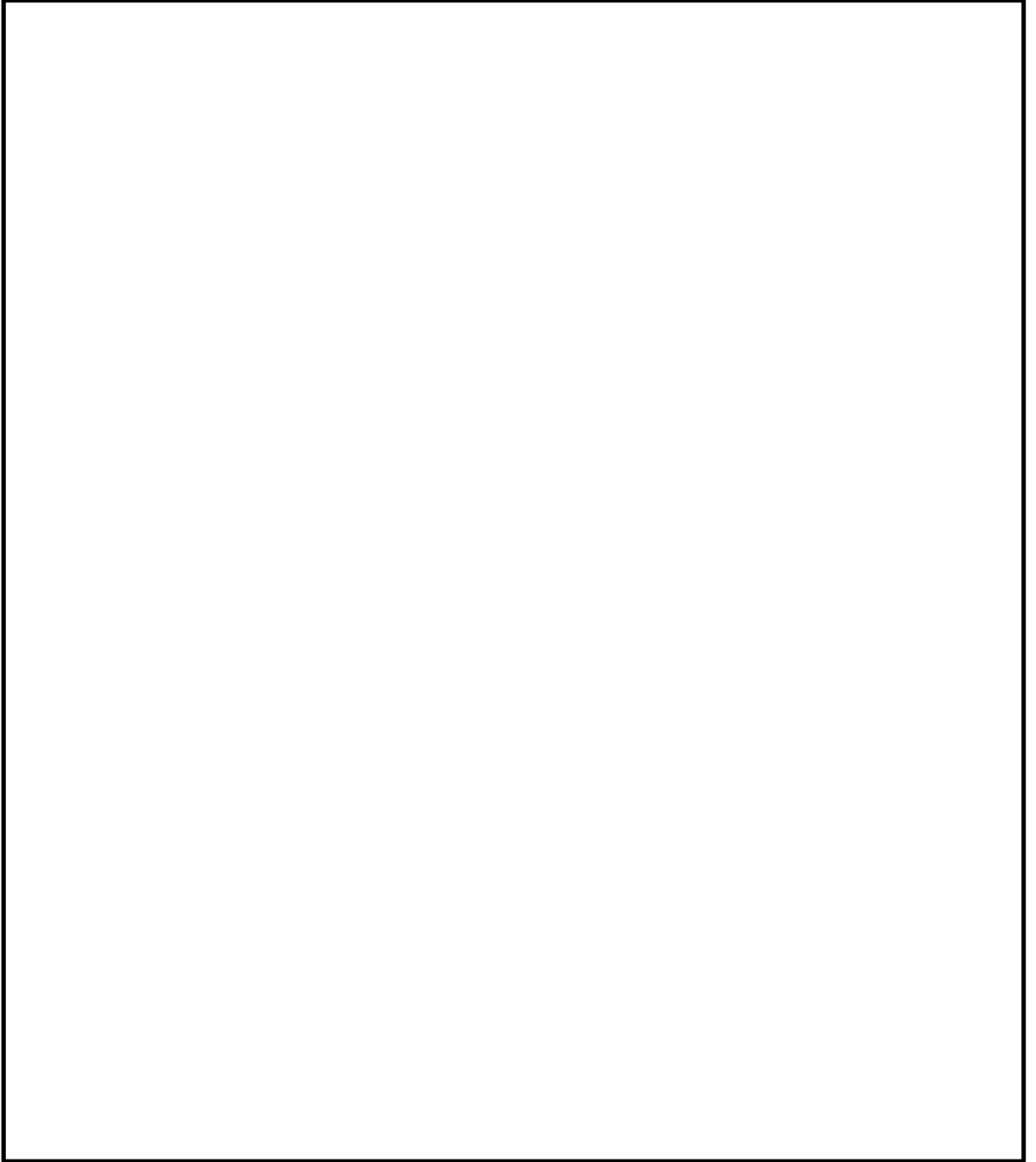


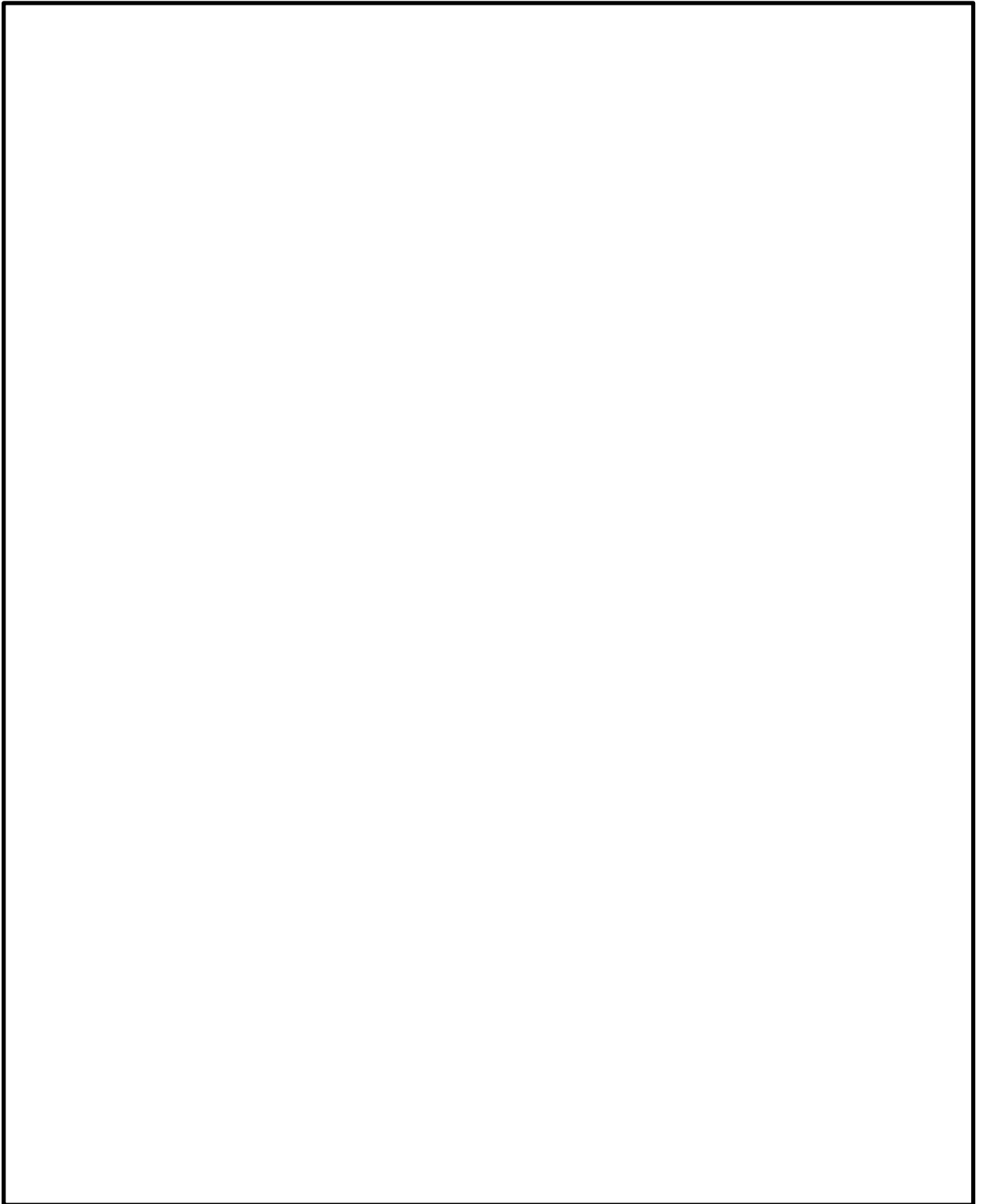
図3-1 計算機コード「NuPIAS」を用いた評価フロー

3.5 検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation)

3.5.1 他コードとの比較による検証







3.5.2 使用内容に対する妥当性

本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。

- ・原子力の分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。
- ・今回の工事計画認可申請で行うはりモデルによる管の応力解析の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲にあることを確認している。

4. 参考文献

--

別紙 43 M S A P (配管)

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-10-1-2-2-6	管の耐震性についての計算書	

2. 解析コードの概要

項目	コード名 MSAP (配管)
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析，構造解析及び応力算出
開発機関	三菱重工業株式会社
開発時期	[REDACTED]
使用したバージョン	[REDACTED]
コードの概要	<p>本解析コードは，[REDACTED]</p> <p>[REDACTED]</p> <p>[REDACTED]</p> <p>[REDACTED]</p> <p>[REDACTED]</p> <p>対話方式のよる入力及び構造解析の出力データを基に規格基準の算出式に従った評価が可能である。</p> <p>[REDACTED]</p> <p>[REDACTED]</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの [REDACTED] について，開発元より発行されている例題集の中で，モデル要素ごとに静的及び動的解析の例題に対して，解析結果と理論モデルによる理論解又は他の解析コードでの計算結果と一致していることを確認している。また，サンプルモデルに対する固有値解析結果が，理論計算と一致することを確認している。 ・対話方式により入力されたデータはインプットファイルとして出力され，入力データと一致していることを確認している。 ・入力データが正しく構造解析に受け渡されていること，構造解析データが正しく規格計算に受け渡されていることをそれぞれ確認している。 ・構造解析結果として出力されたデータを規格基準に従い，発生応力，疲労累積係数を算出しており，その過程

