

PNC

N372 83-15

03

新型転換炉ふげん発電所

設計及び工事の方法の認可申請書 (原子炉冷却系統施設の変更)

本 文
添 付 資 料

本資料は2001年11月13日付けで
登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

昭和58年10月

動力炉・核燃料開発事業団



58動燃(新型)039

昭和58年10月7日

科学技術庁長官

安田隆明 殿

動力炉・核燃料開発事業団

理事長 吉田 登

新型転換炉ふげん発電所原子炉施設(新型転換炉原型炉)
の変更に係る設計及び工事の方法の認可申請について

(原子炉冷却系統施設の変更)

昭和45年11月30日付け45原第7659号をもって設置許可を受け、その後昭和58年5月20日付け58安(原規)第46号をもって設置変更許可を受けた新型転換炉ふげん発電所原子炉施設(新型転換炉原型炉)の変更に係る原子炉冷却系統施設の設計及び工事の方法の認可を受けたいので、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第27条第1項の規定に基づき下記のとおり申請します。

1. 名称及び住所並びに代表者の氏名

名 称	動力炉・核燃料開発事業団
住 所	東京都港区赤坂1丁目9番13号
代表者の氏名	理事長 吉 田 登

2. 変更に係る事業所の名称及び所在地

名 称	動力炉・核燃料開発事業団 新型転換炉ふげん発電所
所 在 地	福井県敦賀市明神町3番地

3. 変更に係る区分並びに設計及び工事の方法

区 分	原子炉冷却系統施設
設計及び工事 の 方 法	別紙のとおり

4. 変更理由

(1) 原子炉冷却系統施設

イ 原子炉再循環系設備

原子炉再循環系設備のうち、蒸気ドラムの給水管ノズルセーフエンドを、応力腐食割れ防止対策の一環としてSUS304材料から耐応力腐食割れ性にすぐれた材料に取替えるため変更する。

ロ 原子炉冷却材浄化系設備

原子炉冷却材浄化系設備のうち、給水管入口弁(MV22-3A・B)から給水系配管までの浄化系出口配管を、応力腐食割れ防止対策の一環としてSUS304材料から耐応力腐食割れ性にすぐれた材料に取替えるため変更する。

ハ 原子炉給水系設備

原子炉給水系設備のうち、原子炉冷却材圧力バウンダリに係る配管及び弁を、応力腐食割れ防止対策の一環としてSUS304材料から耐応力腐食割れ性にすぐれた材料に取替えるため変更する。

目 次

I	原子炉冷却系統施設	1
1.	原子炉冷却系統施設の目的	1
2.	原子炉冷却系統施設の概要	1
3.	原子炉冷却系統施設の今回の申請範囲	2
II	原子炉再循環系設備	3
1.	原子炉再循環系設備の概要	3
(1)	原子炉再循環系設備の目的	3
(2)	原子炉再循環系設備の構成	3
(3)	原子炉再循環系設備の今回の申請範囲	3
2.	原子炉再循環系設備の設計	4
(1)	準拠すべき法令，規格及び基準	4
(2)	設計仕様	5
イ.	設計条件	5
ロ.	主要目	6
ハ.	主要材料及び主要材料の物性値	9
ニ.	計算結果	10
ホ.	溶接設計	11
3.	原子炉再循環系設備の工事の方法	12
(1)	準拠すべき法令，規格及び基準	12
(2)	工事方法の概要	13
イ.	工事上の注意事項	13
ロ.	工事方法及び工事順序の概要	13
ハ.	溶接工事の方法	14
4.	原子炉再循環系設備の試験検査	15
(1)	準拠すべき法令，規格及び基準	15
(2)	試験検査の概要	16
(3)	原子炉再循環系設備の試験検査	16

イ. 材 料 検 査	16
ロ. 溶 接 検 査	16
ハ. 外 観 検 査	16
ニ. 寸 法 検 査	16
ホ. 耐 圧 漏 洩 検 査	17
Ⅲ 原子炉冷却材浄化系設備	18
1. 原子炉冷却材浄化系設備の概要	18
(1) 原子炉冷却材浄化系設備の目的	18
(2) 原子炉冷却材浄化系設備の構成	18
(3) 原子炉冷却材浄化系設備の今回の申請範囲	18
2. 原子炉冷却材浄化系設備の設計	19
(1) 準拠すべき法令，規格及び基準	19
(2) 設 計 仕 様	20
イ. 設 計 条 件	20
ロ. 主 要 目	21
ハ. 主要材料及び主要材料の物性値	26
ニ. 計 算 結 果	27
ホ. 溶 接 設 計	29
3. 原子炉冷却材浄化系設備の工事の方法	30
(1) 準拠すべき法令，規格及び基準	30
(2) 工事方法の概要	31
イ. 工事上の注意事項	31
ロ. 工事方法及び工事順序の概要	31
ハ. 溶接工事の方法	32
4. 原子炉冷却材浄化系設備の試験検査	33
(1) 準拠すべき法令，規格及び基準	33
(2) 試験検査の概要	34
(3) 原子炉冷却材浄化系設備の試験検査	34
イ. 材 料 検 査	34

ロ. 溶接検査	.....	34
ハ. 外観検査	.....	34
ニ. 寸法検査	.....	34
ホ. 耐圧漏洩検査	.....	34
IV 原子炉給水系設備	.....	36
1. 原子炉給水系設備の概要	.....	36
(1) 原子炉給水系設備の目的	.....	36
(2) 原子炉給水系設備の構成	.....	36
(3) 原子炉給水系設備の今回の申請範囲	.....	36
2. 原子炉給水系設備の設計	.....	37
(1) 準拠すべき法令, 規格及び基準	.....	37
(2) 設計仕様	.....	38
イ. 設計条件	.....	38
ロ. 主要目	.....	39
ハ. 主要材料及び主要材料の物性値	.....	45
ニ. 計算結果	.....	46
ホ. 溶接設計	.....	51
3. 原子炉給水系設備の工事の方法	.....	52
(1) 準拠すべき法令, 規格及び規準	.....	52
(2) 工事方法の概要	.....	53
イ. 工事上の注意事項	.....	53
ロ. 工事方法及び工事順序の概要	.....	53
ハ. 溶接工事の方法	.....	54
4. 原子炉給水系設備の試験検査	.....	55
(1) 準拠すべき法令, 規格及び基準	.....	55
(2) 試験検査の概要	.....	56
(3) 原子炉給水系設備の試験検査	.....	56
イ. 材料検査	.....	56
ロ. 溶接検査	.....	56

ハ. 外 観 検 査	56
ニ. 寸 法 検 査	56
ホ. 耐 圧 漏 洩 検 査	57

V 設 計 及 び 工 事 に 係 る 品 質 保 証 計 画	58
---------------------------------------	----

VI 添 付 書 類

1. 原子炉再循環系蒸気ドラム給水管ノズルセーフエンドの強度計算書	1-1
2. 原子炉冷却材浄化系配管の厚さ計算書	2-1
3. 原子炉冷却材浄化系配管の強度設計の基本方針（耐震設計を含む）	3-1
4. 原子炉冷却材浄化系配管の強度計算書（耐震強度計算を含む）	4-1
5. 原子炉給水系配管の厚さ計算書	5-1
6. 原子炉給水系配管の穴の補強計算書	6-1
7. 原子炉給水系配管の強度設計の基本方針（耐震設計を含む）	7-1
8. 原子炉給水系配管の強度計算書（耐震強度計算を含む）	8-1
9. 原子炉給水系弁の強度計算書	9-1
10. 添 付 図 表	

別 紙

原 子 炉 冷 却 系 統 施 設

I 原子炉冷却系統施設

1. 原子炉冷却系統施設の目的

原子炉冷却系統施設は、原子炉冷却材の再循環及び浄化、タービン系への蒸気の供給、蒸気ドラムへの給水並びに非常時あるいは停止時の炉心冷却等を安全かつ確実にを行うためのものである。

2. 原子炉冷却系施設の概要

原子炉冷却系施設は次の設備により構成される。

- (1) 原子炉再循環系設備（蒸気ドラム，下部ヘッダ）
- (2) 原子炉冷却材浄化系設備
- (3) 主蒸気系設備
- (4) 非常用炉心冷却系設備
- (5) 隔離冷却系設備
- (6) 余熱除去系設備
- (7) 蒸気放出プール冷却系設備
- (8) 原子炉給水系設備
- (9) 復水貯蔵系設備
- (10) 原子炉補機冷却系設備
- (11) タービン及び付属設備

原子炉冷却系統施設は、原子炉冷却材の再循環及び浄化、タービン系への蒸気の供給、蒸気ドラムへの給水並びに非常時あるいは停止時の炉心冷却等を安全かつ確実に行うことが目的であり、原子炉再循環系設備、非常用炉心冷却系設備、余熱除去系設備、復水貯蔵系設備等から構成されている。

原子炉冷却材は、原子炉で発生した熱によって沸騰し、蒸気となって蒸気ドラムに入り、ドライヤを通過した蒸気は主蒸気管を經由して蒸気タービンを駆動した後、主復水器にて凝縮され復水となる。

復水は復水脱塩装置で浄化され、給水加熱器で加熱された後、原子炉に戻される。

非常用炉心冷却系設備は高圧注水系、低圧注水系、急速注水系から構成されており、事故時においても原子炉を安全かつ確実に冷却する。

余熱除去系設備は、原子炉停止後、炉心の崩壊熱及び原子炉、配管冷却材等の保有熱を除去する。

3. 原子炉冷却系統施設の今回の申請範囲

今回の申請範囲は(1)原子炉再循環系設備、(2)原子炉冷却材浄化系設備及び(8)原子炉給水系設備である。

II 原子炉再循環系設備

1. 原子炉再循環系設備の概要

(1) 原子炉再循環系設備の目的

原子炉再循環系設備は、炉心における燃料と冷却材との間の伝熱を効果的にするために、冷却材を強制的に循環させるものである。

(2) 原子炉再循環系設備の構成

原子炉再循環系設備は下記の主要機器及び配管弁類により構成される。

- イ. 蒸気ドラム
- ロ. 逃し安全弁
- ハ. 再循環ポンプ
- ニ. 下部ヘッド
- ホ. 配管
- ヘ. 弁類

蒸気ドラム内の冷却材は、下降管、マニホールド及び吸込管を経て再循環ポンプに入り、所定の流量、揚程にて吐出管、逆止弁及び下部ヘッドを経て強制的に炉心へ戻される。

(3) 原子炉再循環系設備の今回の申請範囲

今回の申請範囲は「(2)原子炉再循環系設備の構成」に示す、イ. 蒸気ドラムの一部である。

今回の工事は、原子炉再循環系設備のうち、蒸気ドラムの給水管ノズルセーフエンドを応力腐食割れ防止対策の一環としてSUS304材料から耐応力腐食割れ性にすぐれたSUS316L材料に変更するものである。

2. 原子炉再循環系設備の設計

(1) 準拠すべき法令、規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置、運転等に関する規則」

ニ. 昭和35年9月30日 科学技術庁告示第21号

「原子炉設置、運転等に関する規則等の規定に基づき許容被曝線量等を定める件」

ホ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

(以下通産省令第81号と略す)

ト. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

(以下通産省告示第501号と略す)

チ. 昭和25年法律第201号

「建築基準法」

リ. 鋼構造設計規準

ヌ. 日本工業規格(JIS)

(2) 設 計 仕 様

1. 設計条件

今回の変更箇所の設計条件を以下に示す。

(添付図表 図1「原子炉再循環系・原子炉給水系系統図」及び図2「原子炉再循環系蒸気ドラム」参照)

(イ) 給水管ノズルセーフエンド

- | | |
|-----------|-----------------------|
| a. 最高使用圧力 | 82 kg/cm ² |
| b. 最高使用温度 | 296 ℃ |
| c. 耐震クラス | Aクラス |

ロ. 主 要 目

(今回の工事による変更箇所は以下に示す(イ)蒸気ドラムの f. 材料である。当該変更箇所を○印で示す。)

(イ) 蒸気ドラム

a. 種 類	横置円筒形ドラム
b. 最高使用圧力	8 2 kg/cm ²
c. 最高使用温度	2 9 6 ℃
d. 主 要 寸 法	
胴 内 径	1,7 7 5 mm
胴 板 厚 さ	1 1 0 mm
鏡 板 厚 さ	7 9 mm
内 張 厚 さ	5 mm
全 長	1 6, 1 2 6 mm
e. 蒸 発 量	4 5 5 t/h 基
f. 材 料	
胴 板	原子力発電用炭素鋼圧延鋼板 4 種 (ASME SA-5 1 6 Gr 7 0)
鏡 板	原子力発電用炭素鋼圧延鋼板 4 種 (ASME SA-5 1 6 Gr 7 0)
下降管ノズル	原子力発電用鍛鋼品 1 種 A (ASME SA-3 5 0 Gr LF2)
下降管ノズル セーフエンド	J I S G 4 3 0 3 SUS 2 7 B (ASME SA-1 8 2 F 3 0 4)
給水管ノズル	原子力発電用鍛鋼品 1 種 A (ASME SA-3 5 0 Gr LF2)
○ 給水管ノズル セーフエンド	J I S G 3 2 1 4 SUS F 3 1 6 L

余熱除去系ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A (ASME SA-350 GrLF2)
余熱除去系ノズル セーフエンド	JISG4303 SUS27B (ASME SA-182 F304)
人孔用座	原子力発電用鍛鋼品1種A (ASME SA-350 GrLF2)
逃し安全弁ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A (ASME SA-350 GrLF2)
逃し安全弁ノズル セーフエンド	JISG4303 SUS27B (ASME SA-182 F304)
低圧注入系ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A (ASME SA-350 GrLF2)
低圧注入系ノズル セーフエンド	JISG4303 SUS27B (ASME SA-182 F304)
蒸気管ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A (ASME SA-350 GrLF2)
蒸気管ノズル セーフエンド	JISG4303 SUS27B (ASME SA-182 F304)
上昇管ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A (ASME SA-350 GrLF2)
上昇管ノズル セーフエンド	JISG4303 SUS27B (ASME SA-182 F304)
高圧注入系ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A (ASME SA-350 GrLF2)

高圧注入系ノズル	JISG4303 SUS27B
セーフエンド	(ASME SA-182 F304)
ベントノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A
	(ASME SA-350 GrLF2)
ベントノズル	JISG3214 SUSF316L
セーフエンド	
温度計ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A
	(ASME SA-350 GrLF2)
温度計ノズル	JISG4303 SUS27B
セーフエンド	(ASME SA-182 F304)
圧力計ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A
	(ASME SA-350GrLF2)
圧力計ノズル	JISG4303 SUS27B
セーフエンド	(ASME SA-182 F304)
水面計 ^{水側} _{蒸気側} ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A
	(ASME SA-350 GrLF2)
水面計 ^{水側} _{蒸気側} ノズル	JISG4303 SUS27B
セーフエンド	(ASME SA-182 F304)
浄化系ノズル	原子力発電用鍛鋼品1種A
	(ASME SA-350 GrLF2)
浄化系ノズル	JISG3214 SUSF316L
セーフエンド	
内 張 り	AISI TYPE 304
	(SUS27)

ノズル内面スリーブ 原子力発電用ニッケルクロム鉄合金管
 (一部) (ASME SB-167)

個 数 2

ハ. 主要材料及び主要材料の物性値

原子炉再循環系設備のうち、今回の変更工事に使用する材料は以下のとおりである。

給水管ノズルセーフエンド JIS G 3214 SUSF316L

上記材料の機械的性質を下表に示す。

		設 計 降 伏 点 kg/mm ²	設 計 引 張 強 さ kg/mm ²	設 計 応 力 強 さ kg/mm ²	許 容 引 張 応 力 kg/mm ²	縦 弾 性 係 数 kg/mm ²	熱 膨 張 係 数 ×10 ⁶ mm/mm°C
JISG 3214	室 温	18.0	46.0	12.0	11.5	19900	16.39
SUSF 316L	296°C	10.7	36.0	9.7	9.7	18032	17.60
備 考		通産省 告 示 第501号 別表 9	同 左 別表 10	同 左 別表 2	同 左 別表 6	同 左 別表 11	同 左 別表 12

ニ. 計算結果

(1) 給水管ノズルセーフエンドの強度計算結果

給水管ノズルセーフエンドについては、通産省告示第501号第13条に基づいて応力解析を行った。本ノズルセーフエンドに生じる最大応力値は下表のとおりであり、いずれも許容値よりも小さいため安全である。

応 力	応 力 値 (疲 れ 累 積 係 数)	許 容 値
一次一般膜応力	$P_m(\max) = 7.46 \text{ kg/mm}^2$ (位置 1)	$S_m = 9.7 \text{ kg/mm}^2$
一次局部膜応力 + 一次曲げ応力	$PL \text{ or } PL+P_b(\max) = 7.45 \text{ kg/mm}^2$ (位置 1)	$1.5S_m = 14.5 \text{ kg/mm}^2$
二 次 応 力	$S.I(\max) = 28.12 \text{ kg/mm}^2$ (位置 3)	$3S_m = 29.1 \text{ kg/mm}^2$
ピーク応力	疲れ累積係数 $\sum U_i = 0.00018$ (位置 1)	1

なお、詳細はVI.添付書類「1.原子炉再循環系蒸気ドラム給水管ノズルセーフエンドの強度計算書」に示す。

ホ. 溶 接 設 計

- (イ) 給水管ノズルセーフエンドの溶接は突合せ溶接，スミ肉溶接により行う。
- (ロ) 詳細については添付図表 図 8-1「開先形状図（原子炉再循環系）」，表 1-1「溶接施行法一覧表（原子炉再循環系）」に示す。

3. 原子炉再循環系設備の工事の方法

(1) 準拠すべき法令、規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置、運転等に関する規制」

ニ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ホ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

ト. 昭和50年8月21日 資源エネルギー庁長官通達50資庁第9683号

「溶接の方法の認可について」

チ. 日本工業規格（JIS）

(2) 工事方法の概要

イ. 工事上の注意事項

原子炉再循環系設備の工事は、特につぎの事項に注意を払って行う。

- (イ) 当該工事に使用する材料は、十分な技術を有する材料メーカーにおいて、厳重な品質管理のもとに製造される材料を使用する。その使用材料は動力炉・核燃料開発事業団（以下事業団と略す）が承認したものとし、事業団は材料検査成績表等により材料の確認をし、更に耐圧部材については刻印又はラベルにて管理する。

なお、給水管ノズルセーフエンドの材料は耐応力腐食割れ性にすぐれたSUSF316Lを使用する。

- (ロ) 当該工事は、十分な技術を有するメーカーにおいて慎重に設計を行い、かつ十分な品質管理のもとで製作を行う。事業団は設計の承認を行うとともに、記録の確認、立会検査によって品質管理が十分行われていることを確認する。

- (ハ) 耐圧部の溶接は、電気事業法第46条第2項第1号に基づき認可を受けた溶接方法及び溶接士により、十分溶接条件の管理された状態において溶接を行い、その溶接箇所は別に定める試験検査によって確認する。

事業団は溶接方法の認可について確認を行うとともに、本申請書の記載内容との照合を行う。

- (ニ) 工事における被ばく管理は、保安規定に基づき十分な対策を施し、被ばくの低減化を図る。

- (ホ) 当該工事は、十分な汚染拡大防止対策を施した上で行う。

ロ. 工事方法及び工事順序の概要

今回の申請に係る工事は、原則として以下の方法、順序で行う。

- (イ) 当該工事に用いるセーフエンドの材料の非破壊検査を行う。
- (ロ) 当該工事に用いるノズルは、既設のものを再開先加工して使用する。
- (ハ) 既設のノズルとの取合工事は現地溶接とするが、その他の製作、組立は原則として工場内で行う。
- (ニ) 製作、組立において溶接を行うものは、開先加工、仮付溶接、本溶接の順で行い、これからの工程において、開先面を清浄に保つとともに、溶接施行環境に注意を払う。
- (ホ) 工事フロー、材料加工法及び材料組立法は、添付図表 図9-1「工事フロー、材料加工法及び材料組立法図（原子炉再循環系、原子炉給水系）」に示す。

ハ. 溶接工事の方法

(イ) 溶接工事の概要

耐圧部材の溶接は、電気事業法第46条第2項第1号に基づき認可を受けた溶接施行方法に従い認定された溶接士により行う。

(ロ) 溶接の方法

- a. 溶接方法は、応力腐食割れ対策上、入熱量の制限が容易であり溶接性のすぐれたティグ溶接を採用することとし、手動又は自動によって施行する。
- b. 溶接施行に当っては、溶接熱影響部の組織の鋭敏化を低減するため、入熱量及び層間温度に管理目標値を設ける。
- c. 開先面は平滑に加工するとともに、水分、油脂、スケール、錆などの異物を除去した後に溶接作業を行う。
- d. 当該工事の溶接作業に従事する溶接士は次の条件を満たす者とする。

電気事業法第46条第2項第1号に基づき下記の内容について技能の確認を受けた者

(a) 溶接方法

T_F : 初層ティグ溶接(裏あて金を用いないもの)

S : その他の自動溶接(ティグ溶接)

A : 被覆アーク溶接(両側溶接又は、裏あて金を用いる片側溶接)

(b) 試験材及び溶接姿勢

試験材 : P-8, P-1(インコネルパタリング)

溶接姿勢 : W-3r 又はW-4r

(c) 溶接棒, 溶加材又は心線

A-7, インコネル

- e. 開先形状及び溶接施行法をそれぞれ添付図表 図8-1「開先形状図(原子炉再循環系)」, 表1-1「溶接施行法一覧表(原子炉再循環系)」に示す。

4. 原子炉再循環系設備の試験検査

原子炉施設の設計及び工事に当っては、原子炉の安全性及び信頼性の確立の観点から高度の品質保証を行う必要がある。本設備の設計及び工事に当って、設置者は品質保証として、当該機器が適用される法令、規格及び基準並びに設計条件を満足していることを、製作、据付及び試運転の各工程において確認するために、下記の試験検査を実施する。

(1) 準拠すべき法令、規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置、運転等に関する規則」

ニ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ホ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

ト. 昭和50年8月21日 資源エネルギー庁長官通達50資庁第9683号

「溶接の方法の認可について」

チ. 日本工業規格（JIS）

(2) 試験検査の概要

工事の工程に従って、次の試験検査を実施する。

- イ. 材 料 検 査
- ロ. 溶 接 検 査
- ハ. 外 観 検 査
- ニ. 寸 法 検 査
- ホ. 耐 圧 漏 洩 検 査

(3) 原子炉再循環系設備の試験検査

イ. 材 料 検 査

当該工事に使用する材料について、材料メーカーから材料購入時に添付される材料検査成績表により、当該規格を満足していることを確認するとともに、目視による外観検査及び寸法検査を行う。

なお必要ある場合、材料メーカーにおいて非破壊検査を行い、当該基準を満足していることを確認する。

ロ. 溶 接 検 査

(イ) 開先寸法検査

溶接部について開先寸法検査を行い、所定の許容差内にあることを確認する。

(ロ) 液体浸透探傷検査

溶接部について液体浸透探傷検査を行い、通産省令第81号第12条に基づき欠陥のないことを確認する。

(ハ) 放射線透過検査

突合せ溶接部について放射線透過検査を行い通産省令第81号第29条に基づき欠陥のないことを確認する。

(ニ) 溶接施行記録の確認

溶接が、添付図表 表1-1「溶接施行法一覧表（原子炉再循環系）」に記載された方法で行われていることを確認する。

ハ. 外 観 検 査

組立完成時に外観検査を行い、異常のないことを確認する。

ニ. 寸 法 検 査

主要部分の寸法を測定し，所定の許容差内にあることを確認する。

ホ. 耐圧漏洩検査

通産省告示第501号第104条により耐圧漏洩検査を行い，これに耐えかつ著しい漏洩がないことを確認する。

検査圧力は一次系総合耐圧検査圧力（通常運転圧力×1.1）とする。

Ⅲ 原子炉冷却材浄化系設備

1. 原子炉冷却材浄化系設備の概要

(1) 原子炉冷却材浄化系設備の目的

原子炉冷却材浄化系設備は、原子炉冷却材の水質を維持し、また冷却材中の放射性物質を除去することにより、保守のため、接近可能になるまでの時間を短縮するものである。

(2) 原子炉冷却材浄化系設備の構成

原子炉冷却材浄化系設備は下記の主要機器及び配管弁類により構成される。

- イ. 混床式脱塩器
- ロ. 再生熱交換器
- ハ. 非再生熱交換器
- ニ. 充填ポンプ
- ホ. 樹脂供給タンク
- ヘ. 逆洗水タンク
- ト. スラッジタンク
- チ. 低圧サージタンク
- リ. ブースタポンプ
- ヌ. 逆洗水ポンプ
- ル. 配管
- ヲ. 弁類

蒸気ドラムより抽出した冷却材を、再生及び非再生熱交換器で冷却し、減圧オリフィス及び減圧弁にて圧力を下げた後、混床式脱塩器により脱塩する。その後、充填ポンプにて所要圧力を与え、再生熱交換器で加熱し給水系に戻す。

(3) 原子炉冷却材浄化系設備の今回の申請範囲

今回の申請範囲は「(2)原子炉冷却材浄化系設備の構成」に示すル.配管の一部である。

今回の工事は、原子炉冷却材浄化系設備のうち、給水管入口弁(MV22-3A・B)から給水系配管までの浄化系出口配管を応力腐食割れ防止対策の一環としてSUS304材料から耐応力腐食割れ性にすぐれたSUS316L材料に変更するものである。

2. 原子炉冷却材浄化系設備の設計

(1) 準拠すべき法令，規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置，運転等に関する規則」

ニ. 昭和35年9月30日 科学技術庁告示第21号

「原子炉設置，運転等に関する規則等の規定に基づき許容被曝線量等を定める件」

ホ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

(以下通産省令第81号と略す)

ト. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

(以下通産省告示第501号と略す)

チ. 昭和25年法律第201号

「建築基準法」

リ. 鋼構造設計規準

ヌ. 日本工業規格

(2) 設 計 仕 様

1. 設 計 条 件

今回の変更箇所的设计条件を以下に示す。

(添付図表 図3参照)

(イ) 原子炉冷却材浄化系配管

- a. 最高使用圧力 9 4.3 kg/cm²
- b. 最高使用温度 2 3 5 ℃
- c. 耐震クラス Bクラス

ロ. 主要目

(今回の工事による変更箇所は以下に示す(イ)原子炉冷却材浄化系配管である。当該変更箇所を○印で示す。)

(イ) 原子炉冷却材浄化系配管

管名称	計算番号	最高使用圧力 MPa	最高使用温度 ℃	管寸法 mm		材 料	使用場所
				外径	厚さ		
浄入口 化ライン 系	22-1A	82	296	89.1	7.6	SUS316LTP	蒸気ドラム A・B ～第1隔離弁 ～流量計オリフイス ～再生熱交換器 ～非再生熱交換器
	22-2			114.3	8.6	SUS316LTP SUS304TP	
	22-4			101.6	8.1	SUS304TP	
非再生 熱交換 器	22-40	82	70	101.6	8.1	SUS304TP	非再生熱交換器 ～ 混床式脱塩器 A・B 入口弁 (AV22-2A・B)
	22-6			89.1	7.6	SUS304TP	
	22-7A			60.5	5.5	SUS304TP	
	22-24A	10	70	60.5	3.9 (5.5)	SUS304TP	混床式脱塩器 A・B 入口弁 (AV22-2A・B) ～混床式脱塩器 A・B
	22-226A			114.3	6.0	SUS304TP	
低圧 サージ タンク	22-14A	10	70	89.1	5.5	SUS304TP SUS27TP	混床式脱塩器 A・B ～低圧サージタンク ～充填ポンプ A・B
	22-15			101.6	5.7	SUS27TP	
	22-226A			114.3	6.0	SUS27TP	
	22-43A	100	70	89.1	7.6	SUS27TP	～充填ポンプ A・B ～弁 (CV22-3)
	22-19A			60.5	5.5	SUS27TP	
	22-20			101.6	8.1	SUS27TP	
	22-252	82	70	48.6	5.1	SUS27TP	弁 (CV22-3) ～再生熱交換器
22-40	101.6			8.1	SUS304TP		
浄出 口化 ライン 系	22-22	82	235	101.6	8.1	SUS304TP	再生熱交換器 ～弁 (V22-7A・B)
	22-35A			60.5	5.5	SUS304TP	
	22-23A	94.3	235	60.5	5.5	SUS304TP SUS316LTP	弁 (V22-7A・B) ～弁 (MV22-3A・B) ～給水系

管名称	計算番号	最高使用圧力 MPa	最高使用温度 ℃	管寸法 mm		材 料	使用場所
				外径	厚さ		
非再生熱交換器	22-185	3	50	216.3	8.2	STPT38	A/B1F補機冷却水供給ヘッダ ～弁(V22-101)
	22-101	3	143	216.3	8.2	STPT38	弁(V22-101) ～非再生熱交換器 ～弁(V22-103)
	22-222	3	143	165.2	7.1	STPG38	
	22-186	3	80	216.3	8.2	STPT38	弁(V22-103) ～A/B1F補機冷却水戻りヘッダ
充填ポンプ冷却ライン	22-187A	3	50	27.2	2.9	STPT38	非再生熱交換器冷却ライン分岐点 ～充填ポンプA・B入口
	22-190A	3	80	27.2	2.9	STPT38	充填ポンプA・B出口 ～非再生熱交換器冷却ライン合流点
ブリストラポン	22-6	82	70	89.1	7.6	SUS304TP	非再生熱交換器出口ライン分岐点 ～ブースタポン ～非再生熱交換器出口ライン合流点
	22-7A			60.5	5.5	SUS304TP	
起制御用圧力	22-6	82	70	89.1	7.6	SUS304TP	非再生熱交換器出口ライン分岐点 ～非再生熱交換器出口ライン合流点
逆復水洗水タンク	22-114	10	60	60.5	3.9	SUS304TP	復水ヘッダ ～逆洗水タンク
逆洗水出口ライン	22-115	1	60	60.5	3.9	SUS304TP	逆洗水タンク ～弁(V22-120)
	22-209	5	60	60.5	3.9	SUS304TP	弁(V22-120) ～逆洗水ポンプ ～弁(V22-122)
	22-119			34	3.4	SUS304TP	
	22-114	10	60	60.5	3.9	SUS304TP	弁(V22-122) ～弁(AV22-110A.B)
	22-24A	10	70	60.5	3.9	SUS304TP	弁(AV22-110A.B) ～混床式脱塩器A.B出口配管合流点

管名称	計算番号	最高使用圧力 MPa	最高使用温度 ℃	管寸法 mm		材 料	使用場所
				外径	厚さ		
樹脂復水供給入口ライン	22-119	5	60	34	3.4	SUS304TP	逆洗水ポンプ出口ライン分岐点 ～弁(V22-109) (AV22-105)
	22-121	5	70	34	3.4	SUS304TP	弁(V22-109) (AV22-105) ～樹脂供給タンク
混床式脱塩器A・Bライン	22-209	5	60	60.5	3.9	SUS304TP	逆洗水ポンプ出口ライン分岐点 ～弁(V22-123)
	22-114	10	60	60.5	3.9	SUS304TP	弁(V22-123) ～弁(AV22-107 A.B)
	22-24A	10	70	60.5	3.9	SUS304TP	弁(AV22-107A.B) ～混床式脱塩器A.B 入口ライン合流点
レジン逆洗水ライン	22-123A	10	60	34	3.4	SUS304TP	逆洗水ポンプ出口ライン分岐点 ～弁(AV22-106 A.B)
	22-124	10	70	34	3.4	SUS304TP	弁(AV22-106 A.B) ～混床式脱塩器A.B 合流点
	22-124	10	70	34	3.4	SUS304TP	混床式脱塩器A・B 出口ライン分岐点 ～スラッジタンク 樹脂入口合流点
	22-24A			60.5	3.9	SUS304TP	
スラッジタンク水入口ライン	22-123A	10	60	34	3.4	SUS304TP	逆洗水ポンプ出口ライン分岐点 ～弁(AV22-127)
	22-124	10	70	34	3.4	SUS304TP	弁(AV22-127) ～スラッジタンク 空気入口ライン 合流点
配管水入口ライン	22-123A	10	60	34	3.4	SUS304TP	スラッジタンク水入口ライン分岐点 ～弁(V22-125)
	22-124	10	70	34	3.4	SUS304TP	弁(V22-125) ～樹脂排出ライン 合流点

管名称	計算番号	最高使用圧力 MPa	最高使用温度 ℃	管寸法 mm		材 料	使用場所
				外径	厚さ		
混床式脱塩器A・B 樹脂放出ライン	22-24A	10	70	60.5	3.9	SUS304TP	混床式脱塩器A・B ～スラッジタンク
	22-14A	10	70	89.1	5.5	SUS304TP	
混床式脱塩器A・B 逆洗水放出ライン	22-24A	10	70	60.5	3.9	SUS304TP	混床式脱塩器A・B フラッシングライン 分岐点 ～スラッジタンク樹脂 入口ライン合流点
スラッジタンク 樹脂放出ライン	22-24A	10	70	60.5	3.9	SUS304TP	スラッジタンク ～弁(AV22-137)
樹脂移送ライン 樹脂供給タンク	22-215	5	70	60.5	3.9	SUS304TP	樹脂供給タンク ～弁(V22-110)
	22-24A	10	70	60.5	3.9	SUS304TP	弁(V22-110) ～混床式脱塩器A・B
復水ライン 低圧サージタンク	22-203	10	60	48.6	3.7	SUS304TP	復水ヘッダ ～低圧サージタンク
	22-204		70	48.6	3.7	SUS304TP	
サージタンクおよび 廃液連絡ライン 復水器	22-24A	10	70	60.5	3.9	SUS304TP	充填ポンプA・B バイパスライン 分岐点 ～廃液サージタンク 連絡ライン
	22-24A	10	70	60.5	3.9	SUS304TP	廃液サージタンク 連絡ライン分岐点 ～弁(AV22-102)
	—	0	70	60.5	3.9	SUS304TP	弁(AV22-102) ～復水器

管名称	計算番号	最高使用圧力 MPa	最高使用温度 ℃	管寸法 ^{mm}		材 料	使用場所
				外径	厚さ		
充填ミニマムフロアライン ポンプA・B出口	22-32A	100	70	34	4.5	SUS304TP	充填ポンプA・B 出口ライン分岐点 ～弁(AV22-135 A.B)
	22-124A	10	70	34	3.4	SUS304TP	弁(AV22-135 A.B) ～低圧サージタンク
充填パイプライン ポンプA・B	22-14A	10	70	89.1	5.5	SUS304TP	充填ポンプA・B 入口ライン分岐点 ～弁(AV22-9)
	22-43A	100	70	89.1	7.6	SUS304TP	弁(AV22-9) ～充填ポンプA・B 出口ライン合流点

添付図表 図3「原子炉冷却材浄化系系統図」参照

ハ. 主要材料及び主要材料の物性値

原子炉冷却材浄化系設備のうち、今回の変更工事に使用する材料は以下のとおりである。

配 管 JISG3459 SUS316LTP

配管継手 JISG3459 SUS316LTP

上記材料の機械的性質を下表に示す。

		設 計 降 伏 点 kg/mm ²	設 計 引 張 強 さ kg/mm ²	設 計 応 力 強 さ kg/mm ²	許 容 引 張 応 力 kg/mm ²	縦 弾 性 係 数 kg/mm ²	熱 膨 張 係 数 ×10 ⁻⁶ mm/mm°C
JIS G 3459 SUS316LTP	室 温	18.0	49.0	12.0	12.2	19900	16.39
	235°C	11.6	41.0	10.4	10.4	18520	17.37
備 考		通産省告示 第501号 別表9	同 左 別表10	同 左 別表2	同 左 別表6	同 左 別表11	同 左 別表12

ニ. 計 算 結 果

(イ) 配管厚さの計算結果

原子炉冷却材浄化系配管の厚さについては、通産省告示第501号第58条第1項第1号により計算を行った。

計算結果を下表に示す。

計算番号	最高使用圧力 kg/cm^2	最高使用温度 $^{\circ}C$	外 径 mm	材 料	計算肉厚 mm	公称肉厚 mm	最小肉厚 mm
22-23A	94.3	235	60.5	JIS G 3459 SUS316LTP	2.7	5.5	4.1

計算結果に示すとおり、実際使用肉厚は計算上必要とする厚さより大きいため安全である。

なお、詳細は、VI添付書類「2.原子炉冷却材浄化系配管の厚さ計算書」に示す。

(ロ) 原子炉冷却材浄化系配管の強度計算結果（耐震強度を含む）

原子炉冷却材浄化系配管については、通産省告示第501号第56条に基づいて応力解析を行った。計算結果は下記に示すとおりである。

a 一次応力

(a) 最大応力値は 3.90 kg/mm^2 であり、許容値 ($S_H = 1.04 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

(b) 地震時における最大応力値は下記のとおりであり、許容値 ($1.2 S_H = 1.24 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

地震時 4.86 kg/mm^2

b 一次+二次応力

(a) 運転状態 I, II における最大応力値は下記のとおりであり、許容値 ($S_A = 28.8 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

運転状態 I, II 9.99 kg/mm^2

(b) 地震時における最大応力値は下記のとおりであり、許容値 ($S_A = 31.0 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

地震時 16.43 kg/mm^2

なお、詳細は、VI添付書類「4.原子炉冷却材浄化系配管の強度計算書（耐震強度計算を含む）」に示す。

ホ. 溶 接 設 計

- (イ) 配管の溶接は突合せ溶接，スミ肉溶接により行う。
- (ロ) 詳細については添付図表 図 8 - 2 「開先形状図（原子炉冷却材浄化系）」，表 1 - 2 「溶接施行法一覧表（原子炉冷却材浄化系）」に示す。

3. 原子炉冷却材浄化設備の工事の方法

(1) 準拠すべき法令，規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置，運転等に関する規則」

ニ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ホ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

ト. 昭和50年8月21日 資源エネルギー庁長官通達50資庁第9683号

「溶接の方法の認可について」

チ. 日本工業規格（JIS）

(2) 工事方法の概要

イ. 工事上の注意事項

原子炉冷却材浄化系設備の工事は、特につぎの事項に注意を払って行う。

- (イ) 当該工事に使用する材料は、十分な技術を有する材料メーカーにおいて、厳重な品質管理のもとに製造される材料を使用する。その使用材料は動力炉・核燃料開発事業団（以下事業団と略す）が承認したものとし、事業団はミルシート等により材料の確認をし、更に重要部材については刻印又はラベルにて管理する。なお、配管材料は耐応力腐食割れ性に優れた SUS316LTP を使用する。
- (ロ) 当該工事は十分な技術を有するメーカーにおいて慎重に設計を行い、かつ十分な品質管理のもとで製作を行う。事業団は設計の承認を行うとともに、記録の確認、立会検査によって品質管理が十分行われていることを確認する。
- (ハ) 耐圧部の溶接は、電気事業法第46条第2項第1号に基づき認可を受けた溶接方法及び溶接士により、十分溶接条件の管理された状態において溶接を行い、その溶接箇所は別に定める試験検査によって確認する。
事業団は溶接方法の認可について確認を行うとともに、本申請書の記載内容との照合を行う。
- (ニ) 工事における被ばく管理は保安規定に基づき、十分な対策を実施し、被ばくの低減化を図る。
- (ホ) 当該工事は、十分な汚染拡大防止対策を施した上で行う。

ロ. 工事方法及び工事順序の概要

今回の申請に係る工事は原則として、以下の方法、順序で行う。

- (イ) 給水管入口弁（MV22-3A・B）は既設のものを再開先加工して使用する。
- (ロ) 配管は工場及び現地にて製作、組立を行う。製作、組立において溶接を行うものは、材料取り、開先加工、仮付溶接、本溶接の順で行う。これらの工程において開先面を清浄に保つとともに、溶接施行環境に注意を払う。
- (ハ) 工事フロー、材料加工法及び材料組立法は添付図表 図9-2「工事フロー、材料加工法及び材料組立法図（原子炉冷却材浄化系）」に示す。

ハ. 溶接工事の方法

(イ) 溶接工事の概要

耐圧部材の溶接は電気事業法第46条第2項第1号に基づき認可を受けた溶接施行方法に従い認定された溶接士により行う。

(ロ) 溶接の方法

- a. 溶接方法は、応力腐食割れ対策上、入熱量の制限が容易であり、溶接性のすぐれたティグ溶接を採用することとし、手動又は自動によって施行する。
- b. 溶接施行に当っては、溶接熱影響部の組織の鋭敏化を低減するため入熱量及び層間温度に管理目標値を設ける。
- c. 開先面は平滑に加工すると共に、水分、油脂、スケール、錆などの異物を除去した後溶接作業を行う。
- d. 当該工事の溶接作業に従事する溶接士は次の条件を満たす者とする。

電気事業法第46条第2項第1号に基づき下記の内容について技能の確認を受けた者

(a) 溶接方法

- T : ティグ溶接（裏あて金を用いない片側溶接）
T_F : 初層ティグ溶接（裏あて金を用いないもの）
A : 被覆アーク溶接（両側溶接又は、裏あて金を用いる片側溶接）
S : その他の自動溶接（ティグ溶接）
T_B : ティグ溶接（両側溶接又は、裏あて金を用いる片側溶接）

(b) 試験材および溶接姿勢

- 試験片 : P-8, P-1
溶接姿勢 : W-3 r 又は W-4 r

(c) 溶接棒, 溶加材又は心線

A-7

- e. 開先形状及び溶接施行方法を添付図表 図8-2「開先形状図（原子炉冷却材浄化系）」, 表1-2「溶接施行法一覧表（原子炉冷却材浄化系）」に示す。

4. 原子炉冷却材浄化系設備の試験検査

原子炉施設の設計及び工事に当っては、原子炉の安全性及び信頼性の確立の観点から高度の品質保証を行う必要がある。本設備の設計及び工事に当って、設置者は品質保証として、当該機器が適用される法令、規格及び基準並びに設計条件を満足していることを、製作、据付及び試運転の各工程において確認するために、下記の試験検査を実施する。

(1) 準拠すべき法令、規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置、運転等に関する規則」

ニ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ホ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

ト. 昭和50年8月21日 資源エネルギー庁長官通達50資庁第9683号

「溶接の方法の認可について」

チ. 日本工業規格（JIS）

(2) 試験検査の概要

工事の工程に従って、次の試験検査を実施する。

- イ. 材 料 検 査
- ロ. 溶 接 検 査
- ハ. 外 観 検 査
- ニ. 寸 法 検 査
- ホ. 耐 圧 漏 洩 検 査

(3) 原子炉冷却材浄化系設備の試験検査

イ. 材 料 検 査

当該工事に使用する材料は材料メーカーから材料購入時に添付される材料検査成績表により当該規格を満足していることを確認するとともに目視による外観検査及び寸法検査を行う。

ロ. 溶 接 検 査

(イ) 開先寸法検査

溶接部について開先寸法検査を行い、所定の許容差内にあることを確認する。

(ロ) 液体浸透探傷試験

溶接部について液体浸透探傷試験を行い通産省令第81号第12条に基づき欠陥のないことを確認する。

(ハ) 溶接施行記録の確認

溶接が、添付図表 表1-2「溶接施行法一覧表(原子炉冷却材浄化系)」に記載された方法で行われていることを確認する。

ハ. 外 観 検 査

外観検査を行い、異常のないことを確認する。

ニ. 寸 法 検 査

主要部分の寸法を測定し、所定の許容差内にあることを確認する。

ホ. 耐 圧 漏 洩 検 査

部分耐圧については、通産省告示第501号第104条により耐圧漏洩検査を行い、これに耐えかつ著しい漏洩がないことを確認する。部分耐圧の検査圧力は最高使用圧力の1.5倍とする。

既設の給水系設備と同時に検査を行わざるを得ない部分については、今回変更する原子炉給水系設備の部分耐圧の検査圧力（ $8.2 \text{ kg/cm}^2 \times 1.25 = 10.25 \text{ kg/cm}^2$ ）で耐圧漏洩検査を行い、これに耐えかつ著しい漏洩がないことを確認する。さらに溶接部について、耐圧後液体浸透探傷試験を行い通産省令第81号第12条に基づき欠陥のないことを確認する。

Ⅳ. 原子炉給水系設備

1. 原子炉給水系設備の概要

(1) 原子炉給水系設備の目的

原子炉給水系設備は復水器で凝縮された復水を給水加熱器により加熱し、蒸気ドラムへ送るためのものである。

(2) 原子炉給水系設備の構成

原子炉給水系設備は下記の主要機器及び配管，弁類により構成される。

イ. 原子炉給水ポンプ

ロ. 給水加熱器

ハ. 復水脱塩装置

ニ. 原子炉給水系配管

ホ. 原子炉給水隔離弁

ヘ. 原子炉給水系弁

ト. ドレン・ベント系配管

チ. ドレン・ベント系弁

タービンで仕事をした蒸気は復水器で凝縮され復水となり，復水ポンプで加圧され，復水脱塩装置により浄化される。その後給水加熱器（第1～第3）で加熱された後，原子炉給水ポンプで昇圧され，さらに給水加熱器（第4～第5）で加熱され蒸気ドラムへ供給される。

(3) 原子炉給水系設備の今回の申請範囲

今回の申請範囲は「(2)原子炉給水系設備の構成」に示す，ニ. 原子炉給水系配管及びヘ. 原子炉給水系弁の一部である。

今回の工事は，原子炉給水系設備のうち，原子炉冷却材圧力バウンダリに係る配管及び弁を，応力腐食割れ防止対策の一環としてSUS304材料から耐応力腐食割れ性に優れたSUS316L材料に変更するものである。

2. 原子炉給水系設備の設計

(1) 準拠すべき法令、規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置、運転等に関する規則」

ニ. 昭和35年9月30日 科学技術庁告示第21号

「原子炉設置、運転等に関する規則等の規定に基づき許容被曝線量等を定める件」

ホ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

(以下通産省令第81号と略す)

ト. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

(以下通産省告示第501号と略す)

チ. 昭和25年法律第201号

「建築基準法」

リ. 鋼構造設計規準

ヌ. 日本工業規格

(2) 設 計 仕 様

イ. 設 計 条 件

今回の変更箇所の設計条件を以下に示す。

(添付図表 図1「原子炉再循環系・原子炉給水系系統図」参照)

(イ) 原子炉給水系配管

a. 最高使用圧力 8.2 kg/cm^2

b. 最高使用温度 $235 \text{ }^\circ\text{C}$

c. 耐震クラス Aクラス

(ロ) 原子炉給水系弁 (V21-3A, V21-3B)

a. 最高使用圧力 8.2 kg/cm^2

b. 最高使用温度 $235 \text{ }^\circ\text{C}$

c. 耐震クラス Aクラス

ロ. 主要目

(今回の工事による変更箇所は以下に示す(イ)原子炉給水系配管, (ロ)原子炉給水系配管継手及び(ハ)原子炉給水系弁である。当該変更箇所を○印で示す。)

(イ) 原子炉給水系配管

管名称	系統番号	最高使用 圧 力 kg/cm ²	最高使用 温 度 ℃	管 寸 法		材 料	使 用 場 所
				外径mm	厚さmm		
復 水 系 配 管	84-7	31.7	65	318.5	10.3	JIS G3456 STPT38	衛帯蒸気復水器出口から 復水脱塩装置入口まで
				216.3	8.2		
				165.2	7.1		
	84-8, 9	31.7	65	216.3	8.2	JIS G3456 STPT38	復水脱塩装置出口から第 1 給水加熱器 A, B 入口 まで
				318.5	10.3		
				267.3	9.3		
	84-10, 13	31.7	65	89.1	5.5	JIS G3456 STPT38	復水脱塩装置出口管から 復水貯蔵タンク入口弁ま で
84-14, 15	31.7	65	216.3	8.2	JIS G3456 STPT38	復水脱塩装置出口から復 水再循環調整弁およびバ イパス弁まで	
			114.3	6.0			
84-16, 17	31.7	$\frac{mmHg}{-760}$	65	216.3	8.2	JIS G3456 STPT38 JIS G3103 SB46	復水再循環調整弁および バイパス弁から B-主復 水器まで
		65	114.3	6.0			
			216.3	8.2			
84-18, 19	31.7	95	267.4	9.3	JIS G3456 STPT38	第 2 給水加熱器 A, B 出 口から第 3 給水加熱器入 口まで	
			318.5	10.3			
84-20, 21	31.7	136	318.5	10.3	JIS G3456 STPT38 JIS G3103 SB46	第 3 給水加熱器出口から 原子炉給水ポンプ A, B, C 吸込口まで	
			267.4	9.3			

管名称	系統番号	最高使用 圧力 kg/cm ²	最高使用 温度 ℃	管 寸 法		材 料	使 用 場 所
				外径 mm	厚さ mm		
原 子 炉 給 水 系 配 管	84-22, 23	123	156	216.3	23.0	JIS G3456 STPT49 JIS G3103 SB46	原子炉給水ポンプA, B, C出口から第4給水加熱 器入口まで
				267.4	28.6		
				355.5	35.7		
	84-24, 25	123	156	139.8	15.9	JIS G3456 STPT49	原子炉給水ポンプ出口管 から原子炉給水ポンプミ ニマムフロー減圧オリフ イスまで
				89.1	11.1		
	84-26	123	175	355.6	35.7	JIS G3456 STPT49	第4給水加熱器から第5 給水加熱器まで
	84-27, 28	123	206	355.6	35.7	JIS G3456 STPT49	第5給水加熱器出口から 原子炉給水調整弁A, B 出口弁まで
				216.3	23.0		
				267.4	28.6		
				114.3	13.5		
	84-29	123	206	114.3	13.5	JIS G3456 STPT49	原子炉給水調整弁バイパ ス管バイパス調整弁A, B出口弁まで
	84-30	94.3	235	114.3	13.5	JIS G3456 STPT49	原子炉給水調整弁バイパ ス調整弁A, B出口弁か ら原子炉給水調整弁A, B出口管まで
	84-31	94.3	235	114.3	13.5	JIS G3456 STPT49	原子炉給水調整弁A, B 出口弁から原子炉給水P CV外側隔離弁まで
267.4				28.6			
267.4				18.2	JIS G3455 STS42	PCV外側隔離弁からP CV内側隔離弁まで	
21-5	82.0	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS316LTP	PCV内側隔離弁から蒸 気ドラムまで	
21-6	82.0	235	267.4	15.1	JIS G3456 STPT42		

管名称	系統番号	最高使用 圧力 kg/cm ²	最高使用 温度 ℃	管 寸 法		材 料	使 用 場 所	
				外径 mm	厚さ mm			
原子炉給水系配管	84-70, 71	123	206	216.3	23.0	JIS G3456	第5給水加熱器出口管からA-主復水器入口まで	
				165.2	18.2	STPT49		
		31.7	206	165.2	18.2	JIS G3456 STPT49		
				165.2	7.1	JIS G3456 STPT38		
	84-93	6.0	156	165.2	7.1	JIS G3458 STPA23		原子炉給水ポンプミニマムフロー減圧オリフィス出口からA-主復水器入口まで
		mmHg -760	156	165.2	7.1	JIS G3456 STPT38		

添付図表 図1「原子炉再循環系・原子炉給水系系統図」参照

(b) 原子炉給水系配管継手

管名称	系統番号	継手型式	最高使用 圧 力 kg/cm^2	最高使用 温 度 $^{\circ}C$	継手寸法		材 料
					外径 mm	肉厚 mm	
○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	1	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	2	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	3	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	4	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	5	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	6	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	7	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	8	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	9	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	10	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	11	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP
	12	90° エルボ	82	235	267.4	15.1	JIS G3459 SUS 316LTP

添付図表 図 6-1, 6-2 「原子炉給水系継手番号図」参照

(-) 原子炉給水隔離弁

種 類 スイング型逆止弁
 口 径 10B
 駆動方式 自力作動
 個 数 4
 材 料 JIS G5152 SCPL 1

(-) 原子炉給水系弁

弁 名 称	種 類	口径(B)	本体材料	駆動方式	個数	取 付 個 所
V84- 4	仕切弁	3	SCPH-2	手 動	1	復水戻り管
V84- 6	仕切弁	3	SCPH-2	手 動	1	復水戻り管
V84- 8	仕切弁	8	SCPH-2	手 動	1	復水再循環管
V84-12A	仕切弁	10	SCPH-2	手 動	1	復水管
V84-12B	仕切弁	10	SCPH-2	手 動	1	復水管
V84-12C	仕切弁	10	SCPH-2	手 動	1	復水管
V84-13A	逆止弁	10	SCPH-2	自力作動	1	給水管
V84-13B	逆止弁	10	SCPH-2	自力作動	1	給水管
V84-13C	逆止弁	10	SCPH-2	自力作動	1	給水管
MV84-14A	仕切弁	10	SCPH-2	電 動	1	給水管
MV84-14B	仕切弁	10	SCPH-2	電 動	1	給水管
MV84-14C	仕切弁	10	SCPH-2	電 動	1	給水管
V84-17A	仕切弁	10	SCPH-2	手 動	1	給水管
V84-17B	仕切弁	10	SCPH-2	手 動	1	給水管
MV84-19A	仕切弁	10	SCPH-2	電 動	1	給水管
MV84-19B	仕切弁	10	SCPH-2	電 動	1	給水管
V84-20A	仕切弁	4	SCPH-2	手 動	1	給水管
V84-20B	仕切弁	4	SCPH-2	手 動	1	給水管
V84-72A	仕切弁	4	SCPH-2	手 動	1	給水管
V84-72B	仕切弁	4	SCPH-2	手 動	1	給水管
V84-70	仕切弁	3	SCPH-2	手 動	1	復水戻り管

弁名称	種類	口径(B)	本体材料	駆動方式	個数	取付個所
V84-10	仕切弁	8	SCPH-2	手動	1	復水再循環管
CV84-9	調整弁	4	SCPH-61	空気作動	1	復水再循環管
AV84-18A	調整弁	8	A217-C5	空気作動	1	給水管
AV84-18B	調整弁	8	A217-C5	空気作動	1	給水管
MV84-11	玉形弁	8	SCPH-2	電動	1	復水再循環管
V84-16A	仕切弁	5	SCPH-2	手動	1	給水ポンプミニマムフロー管
V84-79	仕切弁	5	SCPH-2	手動	1	給水管
V84-16B	仕切弁	5	SCPH-2	手動	1	給水ポンプミニマムフロー管
V84-16C	仕切弁	5	SCPH-2	手動	1	給水ポンプミニマムフロー管
V84-52	仕切弁	6	SCPH-2	手動	1	給水クリーンアップ管
CV84-15A	調整弁	3	SCPH-61	空気作動	1	給水ポンプミニマムフロー管
CV84-15B	調整弁	3	SCPH-61	空気作動	1	給水ポンプミニマムフロー管
CV84-15C	調整弁	3	SCPH-61	空気作動	1	給水ポンプミニマムフロー管
○ V21-3A	逆止弁	10	SCS16A	自力作動	1	給水系蒸気ドラム入口
○ V21-3B	逆止弁	10	SCS16A	自力作動	1	給水系蒸気ドラム入口
V84-150	逆止弁	3	SCPH-2	自力作動	1	復水戻り管
V84-187	玉形弁	6	SCPH-2	手動	1	給水クリーンアップ管

添付図表 図1「原子炉再循環系・原子炉給水系系統図」参照

ハ. 主要材料及び主要材料の物性値

原子炉給水系設備のうち、今回の変更工事に使用する材料は以下のとおりである。

配管	JIS G 3459	SUS316LTP
配管継手	JIS G 3459	SUS316LTP
弁	JIS G 5121	SCS16A

上記材料の機械的性質を下表に示す。

		設計 降伏点 kg/mm ²	設計 引張強さ kg/mm ²	設計 応力強さ kg/mm ²	許容 引張応力 kg/mm ²	縦弾性 係数 kg/mm ²	熱膨張 係数 ×10 ⁻⁶ mm/mm/°C
JISG 3459	室温	18.0	49.0	12.0	12.2	19900	16.39
SUS316LTP	235°C	11.6	41.0	10.4	10.4	18520	17.37
JISG 5121	室温	21.0	49.0	14.0	12.2	19900	16.39
SCS16A	235°C	14.6	42.3	13.1	10.8	18520	17.37
	260°C	14.1	42.0	12.7	10.7	18320	17.46
備考		通産省告示 第501号 別表9	同左 別表10	同左 別表2	同左 別表6	同左 別表11	同左 別表12

ニ. 計 算 結 果

(イ) 配管厚さの計算結果

原子炉給水系配管の厚さについては、通産省告示第501号第49条第1項第1号により計算した。

計算結果を下表に示す。

系統番号	最高使用 圧 力 kg/cm ²	最高使用 温 度 ℃	外 径 mm	材 料	計算肉厚 mm	公称肉厚 mm	最小肉厚 mm
21-5	82	235	267.4	JIS G 3459 SUS316LTP	10.3	15.1	12.0

計算結果に示すとおり、実際使用肉厚は計算上必要とする厚さより大きいため安全である。

なお、詳細はVI添付書類「5.原子炉給水系配管の厚さ計算書」に示す。

(ロ) 配管の穴の補強計算結果

原子炉給水系配管の穴の補強については、通産省告示第501号第51条により計算した。

計算結果を下表に示す。

管 台 名 称	最高使 用圧力 kg/cm ²	最高使 用温度 ℃	外 径 mm	内 径 mm	材 料	計算必 要厚さ mm	使 用 厚 さ mm
隔離冷却系取付管台	82	235	97.0	70.2	JIS G 3214 SUSF316L	3.8	13.4
温度計ウェル取付管台	82	235	47.2	27.2	JIS G 3214 SUSF316L	1.9	10.0
ベント配管取付管台	82	235	38.7	21.5	JIS G 3214 SUSF316L	1.5	8.6
ドレン配管取付管台	82	235	32.7	16.1	JIS G 3214 SUSF316L	1.3	8.3

計算結果に示すとおり、実際使用厚さは計算上必要とする厚さより大きいため安全である。

なお、詳細はVI添付書類「6.原子炉給水系配管の穴の補強計算書」に示す。

(イ) 原子炉給水系配管の強度計算結果(耐震強度を含む)

原子炉給水系配管については、通産省告示第501号第46条に基づいて応力解析を行った。計算結果は下記に示すとおりである。

a. 一次応力

- (a) 設計状態、運転状態Ⅲにおける最大応力値は下記のとおりであり、いずれの状態でも許容値(設計状態 $1.5 S_m = 15.6 \text{ kg}/\text{mm}^2$ 、運転状態Ⅲ $2.25 S_m = 25.2 \text{ kg}/\text{mm}^2$)を満足している。

設計状態…………… $9.2 \text{ kg}/\text{mm}^2$ (評価点152)

運転状態Ⅲ…………… $9.2 \text{ kg}/\text{mm}^2$ (評価点152)

- (b) 地震時における最大応力値は下記のとおりであり、許容値($1.5 S_m = 15.6 \text{ kg}/\text{mm}^2$)を満足している。

地震時…………… $10.7 \text{ kg}/\text{mm}^2$ (評価点152)

b. 一次+二次応力

- (a) 運転状態Ⅰ、Ⅱにおける最大応力値は下記のとおりであり、許容値($3 S_m = 33.6 \text{ kg}/\text{mm}^2$)を満足している。

運転状態Ⅰ、Ⅱ…………… $24.9 \text{ kg}/\text{mm}^2$ (評価点151)

- (b) 地震時における最大応力値は下記のとおりであり、許容値($3 S_m = 33.6 \text{ kg}/\text{mm}^2$)を満足している。

地震時…………… $32.2 \text{ kg}/\text{mm}^2$ (評価点151)

c. 疲労評価

- (a) 運転状態Ⅰ、Ⅱにおける最大疲れ累積係数は下記のとおりであり、制限条件($Df_1 < 1$)を満足している。

運転状態Ⅰ、Ⅱ…………… $Df_1 = 0.01729$ (全評価点)

- (b) 地震時における最大疲れ累積係数は下記のとおりであり、制限条件($Df_1 + Df_2 < 1$)を満足している。

地震時…………… $Df_1 + Df_2 = 0.01736$ (評価点151)

なお、詳細はⅤ.添付書類「8.原子炉給水系配管の強度計算書(耐震強度計算を含む)」に示す。

(二) 弁箱又は弁ふたの厚さの計算結果

原子炉給水系弁の弁箱又は弁ふたの厚さについては、通産省告示第501号第81条第1項により計算した。

計算結果を下表に示す。

最高使用 圧 力 kg/cm^2	最高使用 温 度 $^{\circ}C$	弁箱・弁ふたの厚さ	
		計算必要 厚 さ mm	実際使用 最小厚さ mm
82	235	19.9	弁箱 35.0 弁ふた 151.0

計算結果に示すとおり、実際使用厚さは計算上必要とする厚さより大きいため安全である。

なお、詳細はⅥ.添付書類「9.原子炉給水系弁の強度計算書」に示す。

(※) 原子炉給水系弁の強度計算結果

原子炉給水弁については、通産省告示第501号第81条に基づいて応力解析を行った。計算結果は下記に示すとおりである。

a. 弁箱の応力

(a) 内圧による一次応力

設計状態における応力値は下記のとおりであり、許容値 ($S_m = 12.7 \text{ kg/cm}^2$) を満足している。

設計状態…………… 6.0 kg/cm^2

(b) 運転状態Ⅲにおける一次局部応力

運転状態Ⅲにおける最大応力値は下記のとおりであり、許容値 ($2.25 S_m = 28.5 \text{ kg/cm}^2$) を満足している。

運転状態Ⅲ…………… 9.8 kg/cm^2

(c) 配管反力による一次応力

配管より受ける応力値は下記のとおりであり、許容値 ($1.5 S_m = 19.0 \text{ kg/cm}^2$) を満足している。

軸方向応力…………… 2.2 kg/cm^2

曲げ応力…………… 4.3 kg/cm^2

ねじり応力…………… 4.3 kg/cm^2

(d) 一次+二次応力

運転状態Ⅰ，Ⅱにおける最大応力値は下記のとおりであり、許容値 ($3 S_m = 38.1 \text{ kg/cm}^2$) を満足している。

運転状態Ⅰ，Ⅱ…………… 14.2 kg/cm^2

(e) 疲れ解析

運転状態Ⅰ，Ⅱにおける疲れ累積係数は下記のとおりであり、制限条件 ($Df_1 < 1$) を満足している。

運転状態Ⅰ，Ⅱ…………… $Df_1 = 0.5097$

b. 弁体の応力

設計状態における応力値は、下記のとおりであり、許容値 ($1.5 S_m = 19.6 \text{ kg/cm}^2$) を満足している。

設計状態…………… 6.2 kg/cm^2

c. 弁箱と弁ふたとの取付フランジ継手の強度計算

(a) フランジに生じる応力

設計状態における応力値は下記のとおりであり、許容値 ($1.5 \sigma_{fb} = 19.6 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

軸方向応力…………… 6.8 kg/mm^2

半径方向応力…………… 4.2 kg/mm^2

周方向応力…………… 2.6 kg/mm^2

(b) ボルトに生じる応力

i 使用状態における応力値は、下記のとおりであり許容値 ($S_b = 21.0 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

使用状態…………… 6.0 kg/mm^2

ii ガasket縮付時における応力値は下記のとおりであり、許容値 ($S_a = 24.7 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

ガasket縮付時…………… 2.6 kg/mm^2

なお、詳細はVI添付書類「9.原子炉給水系弁の強度計算書」に示す。

ホ. 溶 接 設 計

- (イ) 配管及び弁の溶接は、突合せ溶接、スミ肉溶接により行う。
- (ロ) 詳細については添付図表 図 8 - 3 - 1, 2, 3 「開先形状図（原子炉給水系）」，
表 1-3-1, 2, 3 「溶接施行法一覧表（原子炉給水系）」に示す。

3. 原子炉給水系設備の工事の方法

(1) 準拠すべき法令，規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置，運転等に関する規則」

ニ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ホ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

ト. 昭和50年8月21日 資源エネルギー庁長官通達50資庁第9683号

「溶接の方法の認可について」

チ. 日本工業規格（JIS）

(2) 工事方法の概要

イ. 工事上の注意事項

原子炉給水系設備の工事は、特につぎの事項に注意を払って行う。

- (イ) 当該工事に使用する材料は、十分な技術を有する材料メーカーにおいて、厳重な品質管理のもとに製造される材料を使用する。その使用材料は動力炉・核燃料開発事業団（以下事業団と略す）が承認したものとし、事業団はミルシート等により材料の確認をし、更に重要部材については刻印又はラベルにて管理する。

なお、配管及び弁の材料は、耐応力腐食割れ性にすぐれた SUS 316 LTP及び SCS 16A を使用する。

- (ロ) 当該工事は十分な技術を有するメーカーにおいて慎重に設計を行い、かつ十分な品質管理のもとで製作を行う。事業団は設計の承認を行うとともに、記録の確認、立会検査によって品質管理が十分行われていることを確認する。

- (ハ) 耐圧部の溶接は、電気事業法第 46 条第 2 項第 1 号に基づき認可を受けた溶接方法及び溶接士により、十分溶接条件の管理された状態において溶接を行い、その溶接箇所は別に定める試験検査によって確認する。

事業団は溶接方法の認可について確認を行うとともに、本申請書の記載内容との照合を行う。

- (ニ) 工事における被ばく管理は保安規定に基づき、十分な対策を実施し、被ばくの低減化を図る。

- (ホ) 当該工事は、十分な汚染拡大防止対策を施した上で行う。

ロ. 工事方法及び工事順序の概要

今回の申請に係る工事は原則として、以下の方法、順序で行う。

- (イ) 当該工事に用いる配管及び弁の材料は非破壊試験を行う。
- (ロ) 隔離冷却系設備との取合工事においては、既設の隔離冷却系弁を再開先加工して使用する。
- (ハ) 弁は工場にて開先加工、組立後現地に搬入する。

配管は工場及び現地にて製作、組立を行う。製作、組立において溶接を行うものは、材料取り、開先加工、仮付溶接、本溶接の順で行う。これらの工程において開先面を清浄に保つとともに、溶接施行環境に注意を払う。

(⇒) 工事フロー，材料加工法及び材料組立法は添付図表 図9-1「工事フロー，材料加工法及び材料組立法図」に示す。

ハ. 溶接工事の方法

(イ) 溶接工事の概要

耐圧部材の溶接は電気事業法第46条第2項第1号に基づき認可を受けた溶接施行方法に従い認定された溶接士により行う。

(ロ) 溶接の方法

- a. 溶接方法は，応力腐食割れ対策上，入熱量の制限が容易であり，溶接性のすぐれたティグ溶接を採用することとし，手動又は自動によって施行する。
- b. 溶接施行に当っては，溶接熱影響部の組織の鋭敏化を低減するため入熱量及び層間温度に管理目標値を設ける。
- c. 開先面は平滑に加工すると共に，水分，油脂，スケール，錆などの異物を除去した後に溶接作業を行う。
- d. 当該工事の溶接作業に従事する溶接士は次の条件を満す者とする。

電気事業法第46条第2項第1号に基づき下記の内容について技能の確認を受けた者

(a) 溶接方法

- T : ティグ溶接（裏あて金を用いない片側溶接）
TF : 初層ティグ溶接（裏あて金を用いないもの）
A : 被覆アーク溶接（両側溶接又は，裏あて金を用いる片側溶接）
S : その他の自動溶接（ティグ溶接）
TB : ティグ溶接（両側溶接又は，裏あて金を用いる片側溶接）

(b) 試験材および溶接姿勢

- 試験材 : P-8, P-1
溶接姿勢 : W-3r 又は W-4r

(c) 溶接棒，溶加材又は心線

A-7

- e. 開先形状及び溶接施行法を添付図表 図8-3-1, 2, 3「開先形状図（原子炉給水系）」，表1-3-1, 2, 3「溶接施行法一覧表（原子炉給水系）」に示す。

4. 原子炉給水系設備の試験検査

原子炉施設の設計及び工事に当っては、原子炉の安全性及び信頼性の確立の観点から高度の品質保証を行う必要がある。本設備の設計及び工事に当って、設置者は品質保証として、当該機器が適用される法令、規格及び基準並びに設計条件を満足していることを、製作、据付及び試運転の各工程において確認するために、下記の試験検査を実施する。

(1) 準拠すべき法令、規格及び基準

イ. 昭和32年6月10日 法律第166号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

ロ. 昭和32年11月21日 政令第324号

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令」

ハ. 昭和32年12月9日 総理府令第83号

「試験研究の用に供する原子炉の設置、運転等に関する規則」

ニ. 昭和40年6月15日 通商産業省令第62号

「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」

ホ. 昭和45年9月3日 通商産業省令第81号

「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

ヘ. 昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」

ト. 昭和50年8月21日 資源エネルギー庁長官通達50資庁第9683号

「溶接の方法の認可について」

チ. 日本工業規格(JIS)

(2) 試験検査の概要

工事の工程に従って、次の試験検査を実施する。

- イ. 材 料 検 査
- ロ. 溶 接 検 査
- ハ. 外 観 検 査
- ニ. 寸 法 検 査
- ホ. 耐 圧 漏 洩 検 査

(3) 原子炉給水系設備の試験検査

イ. 材 料 検 査

当該工事に使用する材料は材料メーカーから材料購入時に添付される材料検査成績表により当該規格を満足していることを確認するとともに目視による外観検査及び寸法検査を行う。なお必要ある場合材料メーカーにおいて非破壊試験を行い、当該基準を満足していることを確認する。

ロ. 溶 接 検 査

(イ) 開先寸法検査

溶接部について開先寸法検査を行い、所定の許容差内にあることを確認する。

(ロ) 液体浸透探傷試験

溶接部について液体浸透探傷試験を行い通産省令第81号第12条に基づき欠陥のないことを確認する。

(ハ) 放射線透過検査

突合せ溶接部について放射線透過検査を行い通産省令第81号第29条に基づき欠陥のないことを確認する。

(ニ) 溶接施行記録の確認

溶接が、添付図表 表1-3-1, 2, 3「溶接施行法一覧表(原子炉給水系)」に記載された方法で行われていることを確認する。

ハ. 外 観 検 査

外観検査を行い、異常のないことを確認する。

ニ. 寸 法 検 査

主要部分の寸法を測定し、所定の許容差内にあることを確認する。

ホ. 耐圧漏洩検査

通産省告示第501号第104条により耐圧漏洩検査を行い、これに耐えかつ著しい漏洩がないことを確認する。

部分耐圧の検査圧力は最高使用圧力の1.25倍とする。但し、既設の一次系設備と同時に検査を行わざるを得ない部分の検査圧力は、一次系総合耐圧検査圧力（通常運転圧力×1.1）とする。

V 設計及び工事に係る品質保証計画

動力炉・核燃料開発事業団の品質保証活動は、次の規程及び計画書に基づき実施する。

1. 原子炉施設品質保証管理規程
2. 原子炉施設に係る品質保証基本計画書
3. 新型転換炉ふげん発電所施設品質保証計画書

なお、これらの内容については、次により届出を行っている。

- 1.及び 2. …………… 昭和55年12月5日付け

55動燃(計画)015

動燃事業団理事長より原子力安全局長あて

昭和58年8月10日付け

50動燃(技管)013

一部改正

動燃事業団理事長より原子力安全局長あて

3. …………… 昭和57年1月29日付け

56動燃(計)018

動燃事業団計画管理部長より

原子力安全局原子炉規制課長あて

昭和58年8月10日付け

58動燃(新型)021

一部改正

動燃事業団新型転換炉開発本部副本部長より

原子力安全局原子炉規制課長あて

Ⅵ 添 付 書 類

目 次

1. 原子炉再循環系蒸気ドラム給水管ノズルセーフエンドの強度計算書	1-1
2. 原子炉冷却材浄化系配管の厚さ計算書	2-1
3. 原子炉冷却材浄化系配管の強度設計の基本方針（耐震設計を含む）	3-1
4. 原子炉冷却材浄化系配管の強度計算書（耐震強度計算を含む）	4-1
5. 原子炉給水系配管の厚さ計算書	5-1
6. 原子炉給水系配管の穴の補強計算書	6-1
7. 原子炉給水系配管の強度設計の基本方針（耐震設計を含む）	7-1
8. 原子炉給水系配管の強度計算書（耐震強度計算を含む）	8-1
9. 原子炉給水系弁の強度計算書	9-1
10. 添付図表	

1. 原子炉再循環系蒸気ドラム

給水管ノズルセーフエンドの強度計算書

目 次

1. 基本強度計算	1 - 1
2. 応力解析	1 - 2

1 基本強度計算

給水管ノズルセーフエンドについては、通産省告示第501号第13条に基づいて一次一般膜応力強さを計算した。

その結果を下表に示す。

使用個所 記号及び算式		給水管ノズルセーフエンド
最高使用圧力 $P \text{ kg}/\text{mm}^2$		0.82
内半径 $R \text{ mm}$		119.7
材 料		JISG3214 SUSF316L
設計応力強さ $S_m \text{ kg}/\text{mm}^2$		9.7
計 算 式		円筒 $S = \sigma_{\theta} - \sigma_r = \frac{PR}{t} + \frac{P}{2}$
①	PR	$0.82 \times 119.7 = 98.154$
②	t	14.0
③	① / ②	7.01
④	$P / 2$	0.41
⑤	最大応力強さ $S \text{ kg}/\text{mm}^2$	$7.42 < S_m$
参 考 図		

計算結果に示すとおり最大応力強さは、設計応力強さよりも小さいため安全である。

2. 応力解析

(1) 応力解析の概要

給水管ノズルセーフエンドについては通産省告示第501号第13条に基づいて、応力解析を行った。

給水管ノズルセーフエンドは、A、B蒸気ドラムにそれぞれ1個ずつあるが、配管系による外荷重がほぼ等しいため本計算書では蒸気ドラム(A)についての計算結果を示す。

(2) 設計仕様

給水管ノズルセーフエンドの設計条件を以下に示す。

最高使用圧力	8.2 Kg/cm ²
最高使用温度	296℃
運転圧力	6.8 Kg/cm ²
運転温度	283.5℃
設計寿命	30年

(3) 運転状態及び荷重条件

イ. 運転状態

給水管ノズルセーフエンドの運転状態区分は、表2-1に示す通りである。また運転サイクル図と過渡条件は図2-1、図2-2に示す通りである。

ロ. 荷重条件

給水管ノズルセーフエンドについては、以下の荷重を考慮した。

- (イ) 内 圧 …………… 最高使用圧力，運転圧力
- (ロ) 配管系による外荷重 …………… VI.添付書類「8.原子炉給水系配管の強度計算書（耐震強度計算を含む）」の「6.計算結果」に示す蒸気ドラムノズルへの反力（同計算書 表6-6）
- (ハ) 熱衝撃 …………… 各運転状態において部材内部に生じる温度差によって発生する応力を考慮した。

(4) 荷重の組合せ及び許容応力

応力の種類 許容 応力	一次一般 膜応力強さ	一次局部膜応力 + 一次曲げ応力 強	一次応力 + 二次応力強さ	一次応力 + 二次応力 + ピーク応力強さ
	P_m	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$	$P_L + P_b + Q + F$
状態の分類	S_m	$1.5 S_m$	$3 S_m$	$\sum U_i \leq 1$
最高使用圧力	○	○	-	-
運 転 状 態	-	-	○	○
自重及びその他の 機械的荷重	○ (自重と地震(振 動)のみを組み 合わせる。)	○ (自重と地震(振 動)のみを組み 合わせる。)	○	○

(注1) 運転状態の各過渡のうち、一次+二次応力が最大となる過渡に地震(振動+相対)を組み合わせて、応力評価を行う。

(注2) 運転状態の各過渡のうち、一次+二次+ピーク応力が最大となる過渡に地震(振動+相対)を組み合わせて、疲れ累積係数を評価する。ただし、過渡の回数は、地震と組み合わせる過渡の回数が50回以下の場合には50回とし、50回以上の場合はその過渡回数とする。

使用する材料の許容応力強さは以下のとおりである。

材 質	S_m (Kg/mm ²) (296℃)	使 用 箇 所
JIS G 3214 SUS F316L	9.7	ノズルセーフエンド部
原子力発電用鍛鋼品1種A (ASME SA 350 Gr. LF2)	12.8	ノズル本体

(5) 応力解析結果

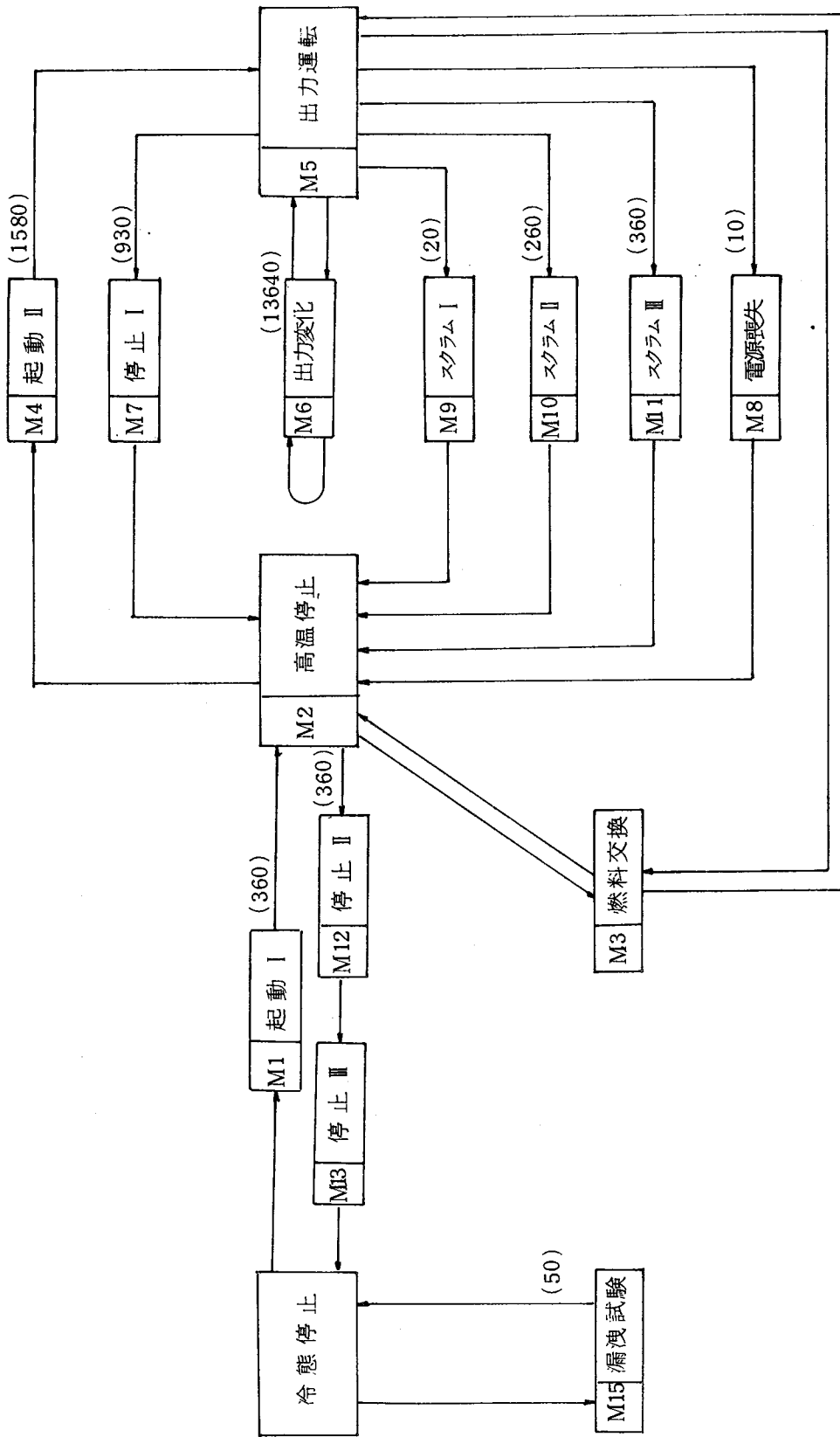
給水管ノズルセーフエンドについては、通産省告示第501号第13条に基づいて、各種の応力解析を行った。(給水管ノズルの形状及び寸法並びに応力評価位置を図2-3に示す。) その結果を下表に示す。

位置	一次一般膜応力		一次局部膜応力 + 一次曲げ応力		二次応力		ピーク応力	
	Pm	許容値 (Sm)	PL or PL + Pb	許容値 (1.5Sm)	二次応力強さの 変動幅の最大値	許容値 (3Sm)	累積損傷係 数	許容値
1	7.46	9.7	7.45	14.5	17.76	29.1	0.00008	1.0
2	7.45		7.44		15.22		0	
3	6.89		6.17		28.12		0.00018	
4	6.88		6.17		27.67		0	
5	2.31		2.88		20.98		0.00007	
6	2.30		2.88		22.63		0	
7	3.58		3.13		13.59		0	
8	3.58	9.7	3.12	14.5	13.95	29.1	0	
9	4.25	12.8	3.10	19.2	13.39	38.4	0	
10	4.25		3.09		7.08		0	
応力 評価	Pm(MAX)=7.46kg/m ² (位置 1) <Sm=9.7 kg/m ² (位置 1~8)		PL or PL+Pb(MAX) =7.45 kg/m ² (位置 1) <1.5Sm=14.5 kg/m ² (位置 1~8)		S. I MAX=28.12kg/m ² (位置 3) <3Sm=29.1 kg/m ² (位置 1~8)		ΣUi=0.00018<1.0 (位置 3) ΣUi=0<1.0 (位置 9, 10)	
	Pm(MAX)=4.25kg/m ² (位置 9, 10) <Sm=12.8 kg/m ² (位置 9, 10)		PL or PL+Pb(MAX) =3.10 kg/m ² (位置 9) <1.5Sm=19.2 kg/m ² (位置 9, 10)		S. I MAX=13.39 kg/m ² (位置 9) <3Sm=38.4 kg/m ² (位置 9, 10)			

計算結果に示すとおり各応力はそれぞれの許容値よりも小さいため安全である。

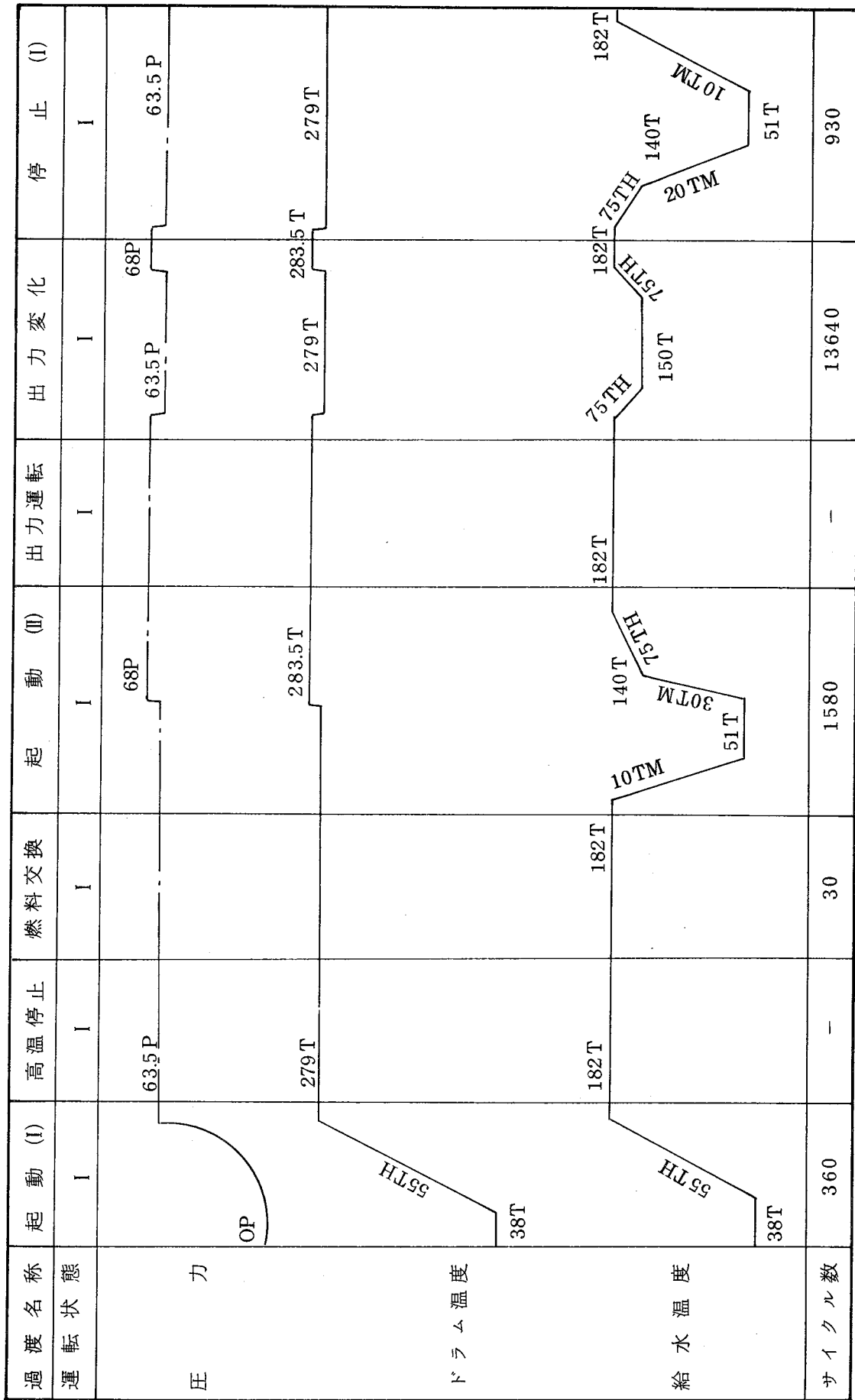
表 2-1 運 転 状 態 区 分

運転 状態	Mode №	過度条件	過度条件の説明	繰越回数	備 考
I	M 1	起 動 (I)	冷温停止から高温停止 までの原子炉温度上昇	360	55℃/Hr
I	M 2	高 温 停 止	高温停止	-	
I	M 3	燃 料 交 換	燃料交換	-	
I	M 4	起 動 (II)	高温停止から出力運転 まで	1,580	
I	M 5	出 力 運 転	出力運転	-	
I	M 6	出 力 変 化	発電出力変化	13,640	
I	M 7	停 止 (I)	出力運転から高温停止 まで	930	
II	M 8	所内電源喪失	出力運転中の所内電源 喪失	10	隔離冷却系により蒸気ド ラム水位圧力の維持
III	M 9	スクラム (I)	タービントリップ	20	(最高使用圧力) × 1.1 になる場合
III	M10	スクラム (II)	タービントリップ	260	
II	M11	スクラム (III)	手動その他	360	
I	M12	停 止 (II)	給水により水位を保ち ながら原子炉圧力低下	360	高温停止から余熱除去系 作動領域まで
	M13	停 止 (III)	原子炉温度低下		余熱除去系により原子炉 温度の低下
II	M15	漏 洩 試 験	起動前の漏洩試験	50	(試験圧力) = (最高使 用圧力)
IV	-	破 断 事 故	モードM9以下の条件		



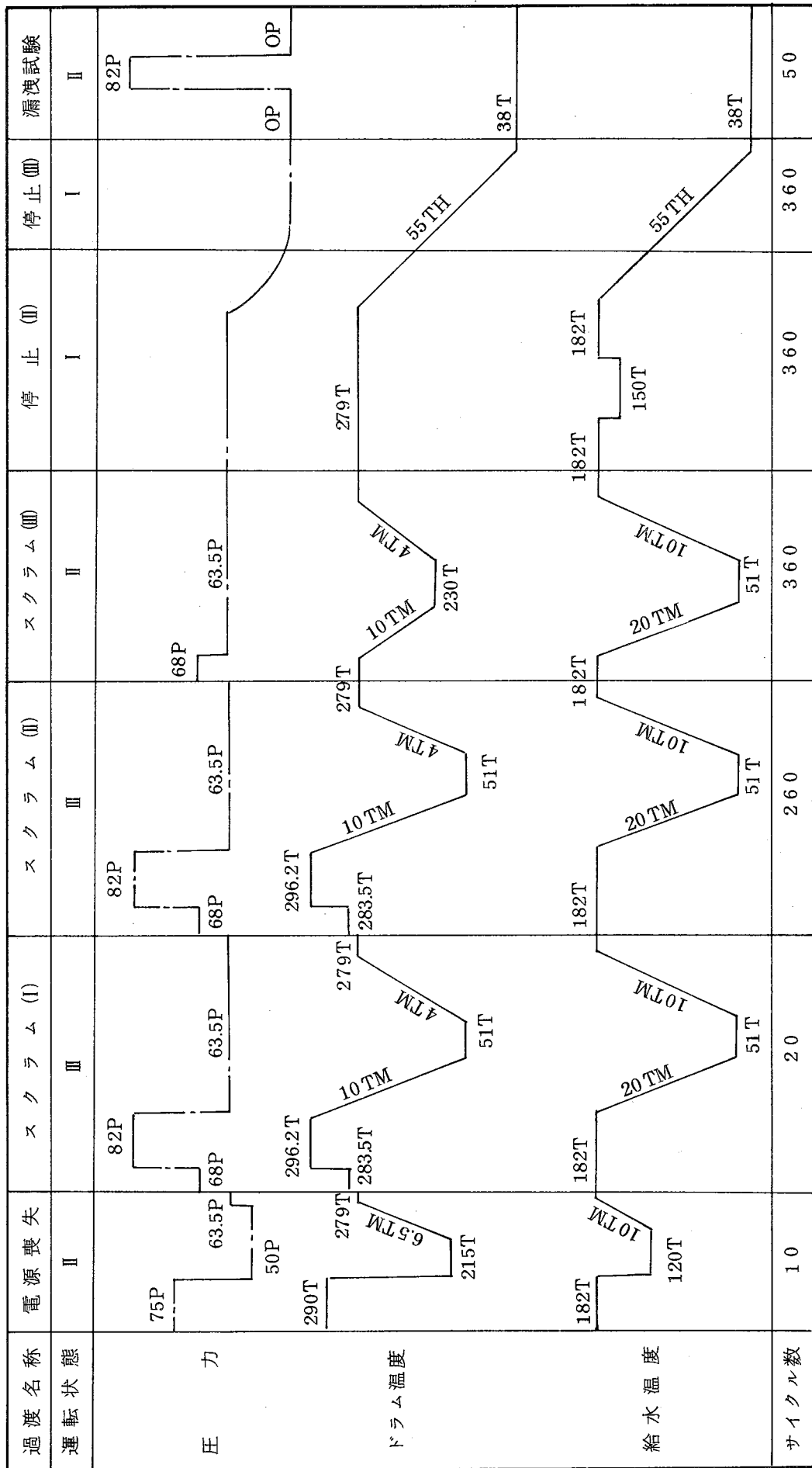
(注) () 内は繰返回数 (過度条件回数) を示す。

図 2-1 運転サイクル図



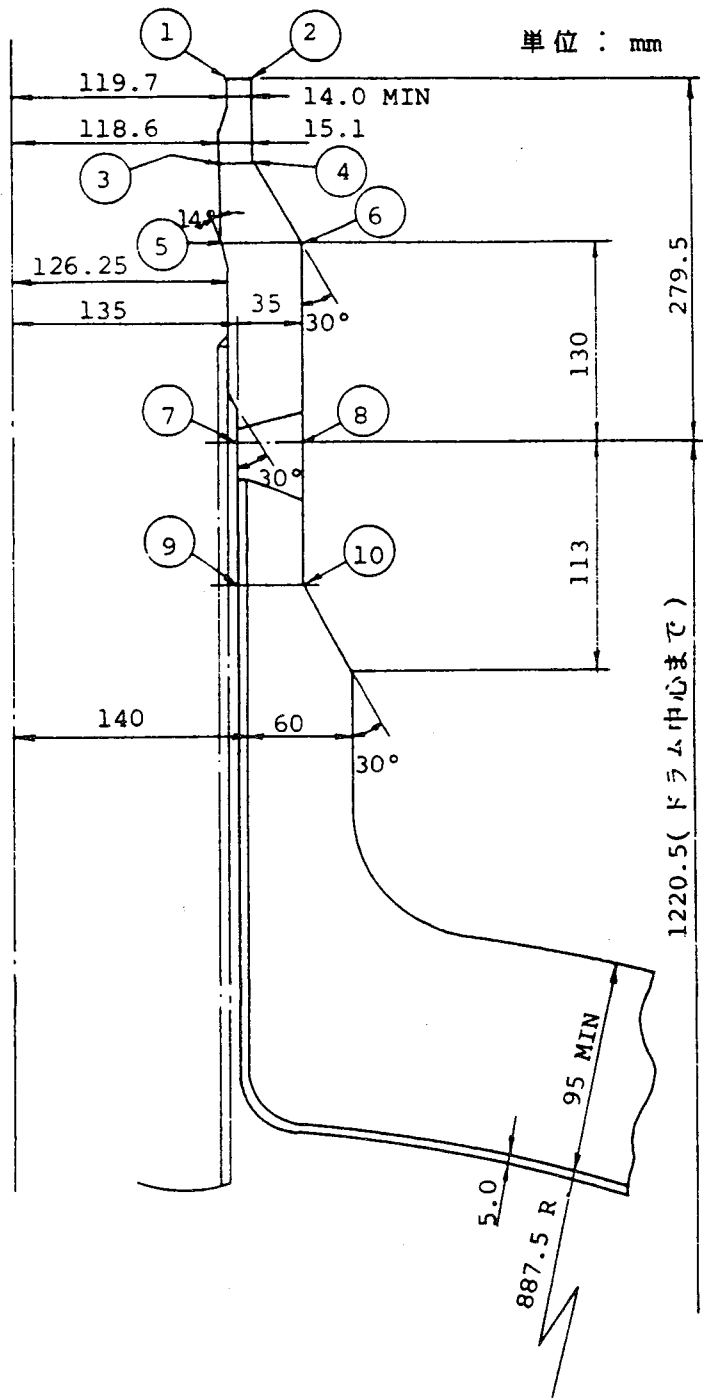
T : C, P : Kg / cm²
 TH: C/HOUR, TM : C/MIN.

図 2 - 2 (1) 過渡条件



T : °C, P : kg/cm²
 TH : °C/HOUR, TM : °C/MIN.

図 2-2(2) 過渡条件



①~⑩：応力評価位置

図2-3 給水管ノズルの形状及び寸法

2. 原子炉冷却材浄化系配管の厚さ計算書

1. 配管の厚さ計算の概要

原子炉給水系配管の厚さに関しては、通産省告示第501号に基づき計算を行う。

- (1) 告示第501号第49条第1号により、内圧を受ける1種管の厚さの計算式は以下のとおりとする。

管の計算上必要な厚さ： t (mm)

$$t = \frac{P \cdot D_o}{200 S_m + 0.8 P}$$

ここで P は最高使用圧力 (kg/cm^2)

D_o は管の外径 (mm)

S_m は最高使用温度における設計応力強さ (kg/mm^2)

2. 管の厚さ計算

計算対象配管番号 22-23A (管番号は添付図表 図3参照)

(SCH80)

記号及び算式		設備名		原子炉冷却材浄化系設備
		使用箇所		浄化系出口配管
最高使用圧力	P	Kg/cm ²	94.3	
最高使用温度	T	℃	235	
管の外径	Do	mm	60.5	
材 料	-	-	SUS316LTP	
許容引張応力	S	Kg/mm ²	10.4	
長手継手の効率	η	-	1	
製 法	-	-	注) S-C	
①	P · Do		5705.15	
②	200S η + 0.8P		2155.44	
③	①/②		2.647	
④	t		2.7	
呼び厚さ	t ₀	mm	5.5	
最小厚さ	t ₁ (>t)	mm	4.1 (>2.7)	
注) S-C : 冷間仕上継目無鋼管				

3. 原子炉冷却材浄化系配管の強度設計の基本方針

(耐震設計を含む)

目 次

1. 概 要	3-1
2. 設備の主要度によるクラス区分	3-1
3. 構造設計	3-1
4. 設計地震力	3-3
5. 荷重の組合せ及び許容応力	3-4

1. 概 要

当該工事に係わる配管の応力算出及び評価に関しては、通産省告示第501号により行う。
耐震設計の基本方針については、従来どおりで下記によるものとする。

2. 設備の重要度によるクラス区分

設備 \ クラス分け	As	A	B	C	摘 要
1. 原子炉冷却系統 施設					
(1) 原子炉冷却材 浄化系	—	—	原子炉冷却 材浄化系給 水戻り配管	—	T/B

3. 構造計画

(1) 原 則

イ. 配管類は、これを支持する建物、構造物の共振領域を避け、極力剛あるいは強靱な構造とする。

(2) 配管類

主要区分						計画の概要		摘要
						基礎・支持構造	主体構造	
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材浄化系	架空配管	高温	屋内	口径大小	タービン建屋にUボルト, レストレイント, スナップ等を介して支持される。	給水管入口弁より給水管までの配管。配管寸法と材質(外径・肉厚・材質) 60.5×5.5-SUS316 LTP	高温 (最高235℃)
			弁	高温	屋内	口径大小	配管に突合せ溶接又は, すみ肉溶接で接続し, 配管で支持する。		・ゲート弁 ・逆止弁

4. 設計地震力

(1) 静的基準震度

	クラス別	水 平	鉛直	摘 要
配管類	B	1.2×1.5×0.8 Co	—	Coは建築基準法に定められる震度 0.8は岩盤上にある場合の低減係数。
備 考				

(2) 設計震度および地震力

	クラス別	主要区分	設 計 震 度		設 計 地 震 力	
			水 平	鉛直	水 平	鉛直
配管類	B	1.原子炉冷却材 浄化系の給水 戻り配管	据付位置における支持 構造物の静的震度の1.2 倍より定まる値とする。	—	静的震度より定まる地震力とする。	—

5. 荷重の組合せ及び許容応力（第3種管）

運転状態	荷重の組合せ	許 容 応 力			備 考								
		一次応力	一次+ 二次応力	ピーク 応 力									
— *	D+M	S_R ($1.2 S_R$)	—	—	* 設計状態 (1) 通産省告示第501号による。 (2) ()内は短期的な機械的荷重を含む場合に適用する。この場合の圧力は最高圧力とする。								
I	D+M+O	—	S_a (S_A)	—									
II	D+M+O	—	S_a (S_A)	—									
地震時	D+M+S ₁	$1.2 S_R$	—	—									
	D+M+O+S ₁	—	S_A	—									
記号の説明 <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">D : 死荷重</td> <td style="width: 50%;">S_R : 最高使用温度における許容引張応力(告示第501号別表6)</td> </tr> <tr> <td>O : 運転状態荷重</td> <td>S_a : 告示第501号第56条第1項第2号ハによる</td> </tr> <tr> <td>M : 設計状態荷重</td> <td>S_A : 告示第501号第56条第1項第2号ニによる</td> </tr> <tr> <td>S₁ : 設計地震荷重</td> <td></td> </tr> </table>						D : 死荷重	S _R : 最高使用温度における許容引張応力(告示第501号別表6)	O : 運転状態荷重	S _a : 告示第501号第56条第1項第2号ハによる	M : 設計状態荷重	S _A : 告示第501号第56条第1項第2号ニによる	S ₁ : 設計地震荷重	
D : 死荷重	S _R : 最高使用温度における許容引張応力(告示第501号別表6)												
O : 運転状態荷重	S _a : 告示第501号第56条第1項第2号ハによる												
M : 設計状態荷重	S _A : 告示第501号第56条第1項第2号ニによる												
S ₁ : 設計地震荷重													

4. 原子炉冷却材浄化系配管の強度計算書

(耐震強度計算を含む)

目 次

1. 概 要	4 - 1
2. 基本条件	4 - 1
3. 計算モデル及び仕様	4 - 3
4. 運転状態及び荷重条件	4 - 5
5. 計算方法の概要及び許容応力	4 - 11
6. 応力評価	4 - 14

1. 概 要

原子炉補助建屋内の再生熱交換器よりタービン建屋内の原子炉給水系配管に至る原子炉冷却材浄化系給水戻り配管のうち、図1-1に示すアンカ点◎より原子炉給水系配管接続部までの配管について強度計算を行った。今回変更する範囲は図1-1に示すとおりである。

2. 基本条件

原子炉冷却材浄化系配管の強度計算はⅥ添付書類「3. 原子炉冷却材浄化系配管の強度設計の基本方針（耐震設計を含む）」に従って行うものとし、基本条件を以下のとおりとした。

- 2.1 耐震区分はBクラスである。
- 2.2 品質管理区分は図1-1に示すとおりである。
- 2.3 水平方向地震力は静的震度より定まる地震力とし、鉛直方向地震力は考慮しないこととする。
- 2.4 各部の応力の算出及び評価に関しては通産省告示第501号による。

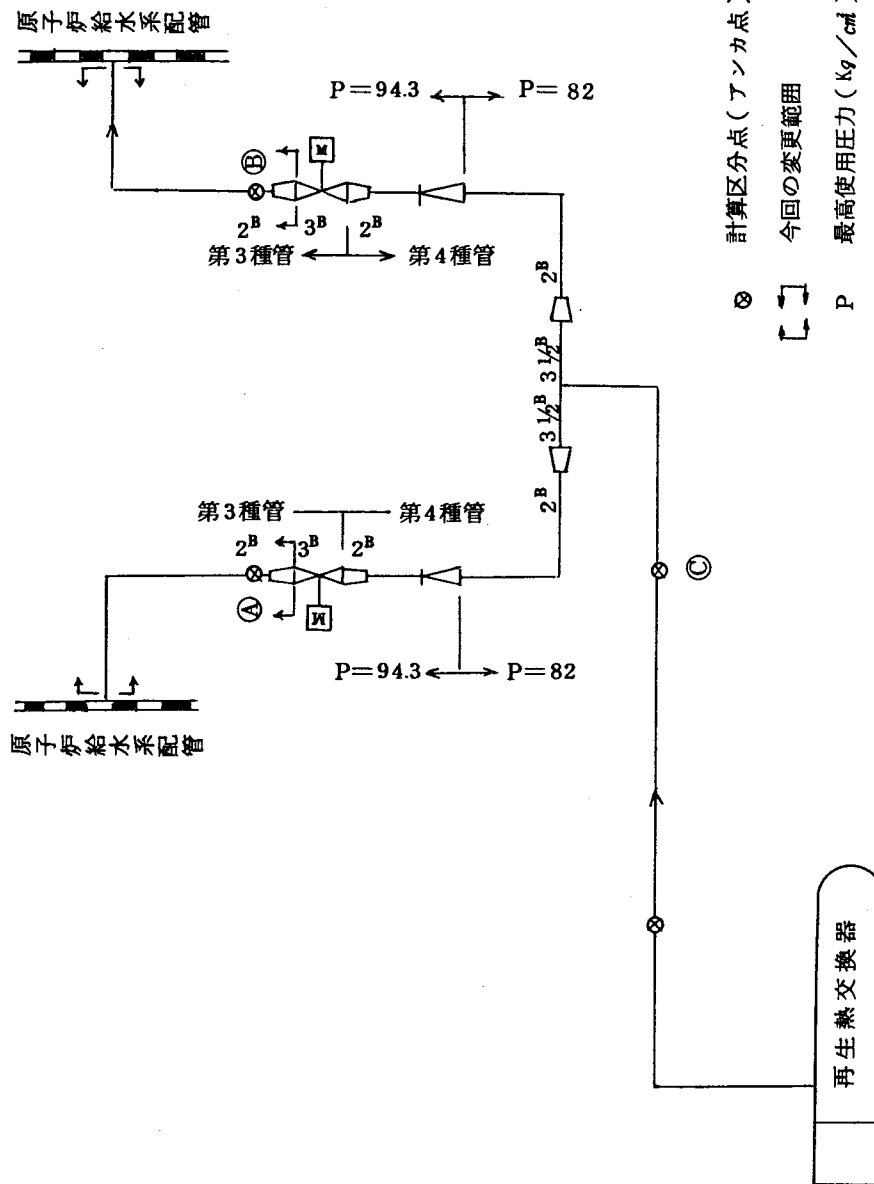


図 1-1 配管種別

3. 計算モデル及び仕様

3.1 計算モデル

配管計算に際しては図1-1に示す如く配管経路途中に①②③のアンカ点を設け、配管系をそれぞれ独立した3本のモデルに分割し、図3-1、図3-2に示す様にモデル化した。

3.2 配管仕様は表3-1に示すとおりである。

3.3 配管支持点および支持条件は図3-1、図3-2に示すとおりである。

表 3 - 1 配 管 仕 様

呼 径	—	3 ½ ^B	2 ^B		2 ^B
材 質	—	SUS304TP	SUS304TP		SUS316LTP
外 径	mm	101.6	60.5		60.5
肉 厚	mm	8.1	5.5		5.5
最高使用圧力	Kg/cm ²	82	82	94.3	94.3
最高使用温度	℃	235			
定常運転圧力	Kg/cm ²	74			
定常運転温度	℃	190			
縦弾性係数*	Kg/mm ²	18800			
横弾性係数*	Kg/mm ²	7200			
線膨張率*	mm/mm℃	17.2 × 10 ⁻⁶			

* 190℃における値を示す。

4. 運転状態及び荷重条件

4.1 運転状態

本配管系の運転状態Ⅰ，Ⅱの区分は表4-1に示すとおりである。又，運転状態Ⅰ，Ⅱの過渡条件は図4-1に示すとおりである。

4.2 荷重条件

次の荷重を考慮した。

- (1) 内 圧 …… 最高使用圧力
- (2) 自 重 …… 配管系の自重によるモーメントの算出に当っては，配管，内部流体，保温材，弁等の重量が集中的に作用するとして計算した。
- (3) 熱 膨 張 …… 配管系の熱膨張によるモーメントの算出に当っては，配管自身の熱膨張と原子炉給水系配管の移動量を考慮した。原子炉給水系配管の移動量は下表に示すとおりである。

(mm, rad)

節 点	ΔX	ΔY	ΔZ	X_{θ}	Y_{θ}	Z_{θ}
515	-1	0	4	0	0.001	0
690	1	0	3	0	-0.001	0

- (4) 地 震 力 …… 本計算書に記載した配管はEL 12,115～EL 15,000の間に設置されており，原子炉給水系配管と同レベル（EL 15,000）における設計震度0.288を考慮する。

地震による応力は配管系の次の2つの解析結果のうち，いずれか一方大きい方を採用した。

A …… X方向に地震力が作用する時

B …… Z方向に地震力が作用する時

- (5) 地震相対変位…配管支持点に与える強制変位量は建屋の弾性変形量を考慮した。強制変位量は表4-2，表4-3に示すとおりである。

地震相対変位による応力は配管系の次の2つの解析結果のうち，いずれか一方大きい方を採用した。

A …… 表4-2に記載の変位量を加えた場合

B …… 表4-3に記載の変位量を加えた場合

表 4 - 1 運 転 状 態 区 分

運 転 状 態	Mode No	過 渡 条 件	過 渡 条 件 の 説 明	繰 返 回 数	備 考
I	M 1	起 動 (I)	冷温停止から高温停止 までの原子炉温度上昇	360	
I	M 2	高 温 停 止	高温停止	—	
I	M 3	燃 料 交 換	燃料交換	—	
I	M 4	起 動 (II)	高温停止から出力運転 まで	1,580	
I	M 5	出 力 運 転	出力運転	—	
I	M 6	出 力 変 化	発電出力変化	13,640	
I	M 7	停 止 (I)	出力運転から高温停止 まで	930	
II	M 8	所内電源喪失	出力運転中の所内電源 喪失	10	隔離冷却系により蒸気ド ラム水位圧力の維持
II	M11	スクラム (III)	手動その他	360	
I	M12	停 止 (II)	給水により水位を保ち ながら原子炉圧力低下	360	高温停止から余熱除去系 作動領域まで
I	M13	停 止 (III)	原子炉温度低下	360	余熱除去系により原子炉 温度の低下
II	M14	漏 洩 試 験	起動前の漏洩試験	50	(試験圧力) = (最高使 用圧力)

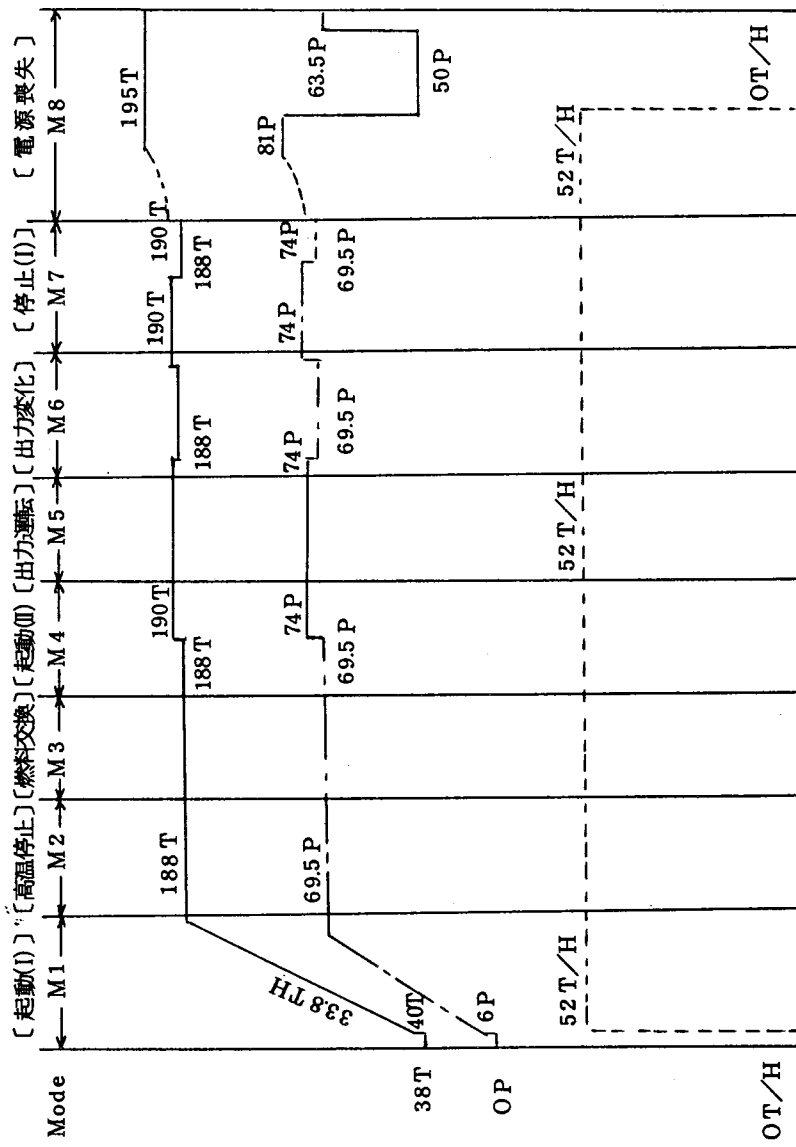


图 4-1 (1) 过渡条件

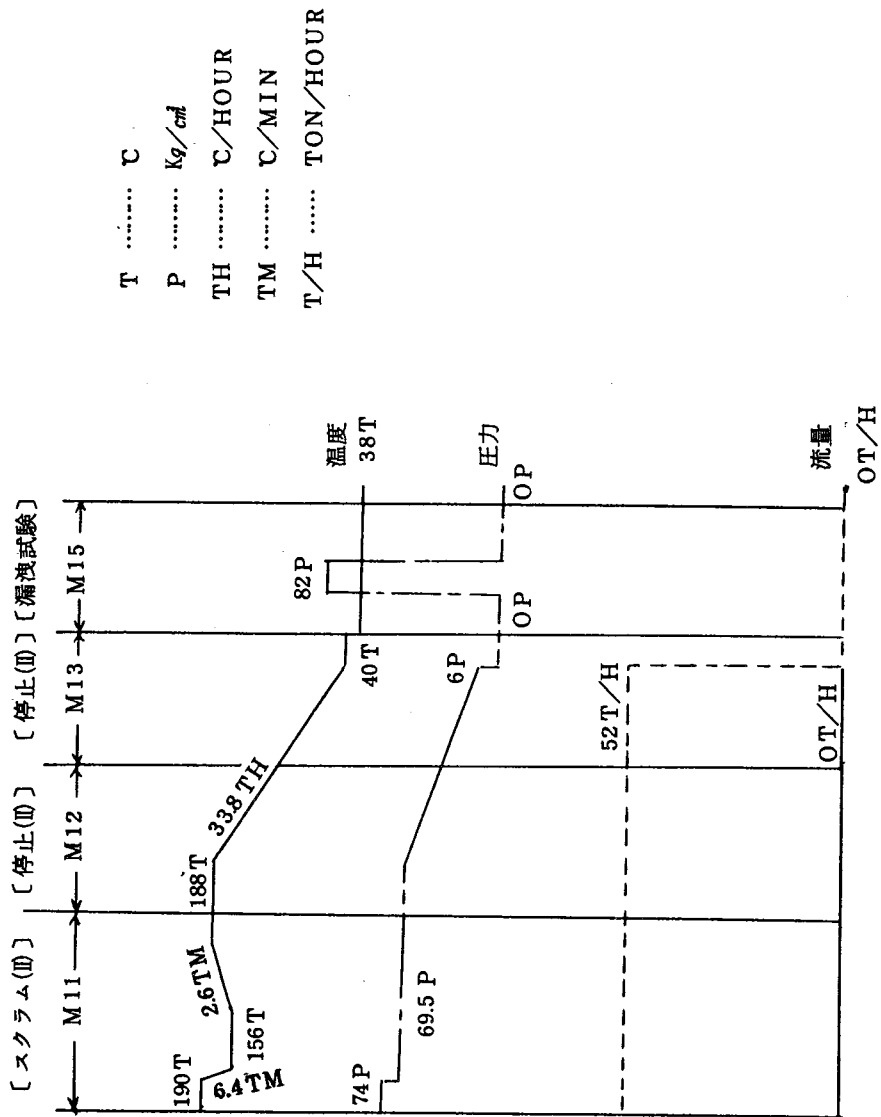


図4-1(2) 過渡条件

表 4-2 支持点への地震時相対変位量
X方向地震時

支持点 番号	支持点高さ (EL+)	取付部	X方向の建屋 の弾性変形量 (mm)	インプット強制変位量		備考
				変位方向	(mm)	
101	12,115	T/B壁	0.07	△X	0.07	
				△Y	—	
				△Z	—	
300 375	13,700	T/B床	0.04	△X	0.04	
				△Y	—	
				△Z	—	
515	15,000	給水管	0.16	△X	0.56**	* 地震時給水管変位 ** 地震時給水管変位と建屋 変形量
				△Y	—	
				△Z	0.60*	
690	15,000	給水管	0.16	△X	0.26**	
				△Y	—	
				△Z	0.10*	

EL+12,700建屋の変位を基準とした。但し、支持点101はEL+13,700建屋の変位を基準とした。

表 4-3 支持点への地震時相対変位量

Z 方向地震時

支持点 番号	支持点高さ (EL+)	取付部	Z方向の建屋 の弾性変形量 (mm)	インプット強制変位量		備 考
				変位方向	(mm)	
101 112 115 118 121 124	12,115	T/B 壁	0.07	△ X	—	
				△ Y	—	
				△ Z	0.07	
300 375	13,700	T/B 床	0.04	△ X	—	
				△ Y	—	
				△ Z	0.04	
515	15,000	給水管	0.16	△ X	3.70*	* 地震時給水管変位 ** 地震時給水管変位と建屋 変形量
				△ Y	—	
				△ Z	5.36**	
690	15,000	給水管	0.16	△ X	0.10*	
				△ Y	—	
				△ Z	0.36**	

EL+12,700 建屋の変位を基準とした。但し、支持点 101~124 は EL+13,700 建屋の変位を基準とした。

5. 計算方法の概要及び許容応力

通産省告示第501号第3種管の規定により応力の算出及び評価を行う。

5.1 一次応力

- (1) 一次応力は告示第501号第56条第1項第1号により応力値を算出し、最高使用温度における許容引張応力(S_H)を越えないことを確認する。

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重である。

- (2) 地震時の一次応力は告示第501号第56条第1項第1号を準用して応力を算出し、最高使用温度における許容引張応力(S_H)の1.2倍の値を越えないことを確認する。

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重、地震力である。

5.2 一次+二次応力

- (1) 運転状態Ⅰ、Ⅱの一次+二次応力は告示第501号第56条第1項第2号により応力を算出し、下記の許容条件を満足することを確認する。

$$\text{運転状態Ⅰ、Ⅱ} \cdots \cdots S_A = 1.25 f S_c + (1 + 0.25 f) S_b$$

(温度変化サイクル数は表5-1に示すとおり7,000回未満であり、 $f = 1.0$)

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重、熱膨張(運転状態Ⅰ、Ⅱの最高温度)である。

- (2) 地震時の一次+二次応力は告示第501号第56条第1項第2号により応力を算出し、下記の許容条件を満足することを確認する。

$$\text{地震時} \cdots \cdots S_A = 1.25 f S_c + (1.2 + 0.25 f) S_b$$

(温度変化サイクル数は表5-1に示すとおり7,000回未満であり、 $f = 1.0$)

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重、熱膨張(運転状態Ⅰ、Ⅱの最高温度)、地震力、地震相対変位である。

5.3 使用材の許容応力値は下表のとおりである。

(kg/mm^2)

使用材料	許容応力		備考
SUS316LTP	S_H	10.4	235℃ (最高使用温度)
	1.2 S_H	12.4	
SUS316LTP	S_a	28.8	195℃ (運転状態 I, II の最高温度)
	S_A	31.0	

表 5-1 温度変化サイクル

運転モード	運転状態	温度変化幅	温度変化幅の比	サイクル数	等価サイクル数	備 考
		ΔT	$(\frac{\Delta T}{\Delta T_E})^5$	N	$N(\frac{\Delta T}{\Delta T_E})^5$	
M 1 M12 M13	I	150	0.7961	360	287	最大温度変化幅 $T_E = 157^\circ\text{C}$ 等価サイクル数 $\Sigma N(\frac{\Delta T}{\Delta T_E})^5 = 298$ 回
M 2	I	0	0	—	0	
M 3	I	0	0	—	0	
M 4	I	2	0.0000	1580	0	
M 5	I	0	0	—	0	
M 6	I	2	0.0000	13640	0	
M 7	I	2	0.0000	930	0	
M 8	II	157	1	10	10	
M11	II	34	0.0005	360	1	
M15	II	0	0	50	0	

6. 応力評価

6.1 一次応力

- (1) 主要な点での応力値を表6-1に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、許容値 ($S_H = 10.4 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

3.90 kg/mm^2 (評価点 375)

- (2) 地震時における主要な点での応力値を表6-2に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、許容値 ($1.2 S_H = 12.4 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

地震時 4.86 kg/mm^2 (評価点 375)

6.2 一次+二次応力

- (1) 運転状態Ⅰ, Ⅱにおける主要な点での応力値を表6-1に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、許容値 ($S_a = 28.8 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

運転状態Ⅰ, Ⅱ 9.99 kg/mm^2 (評価点 650)

- (2) 地震時における主要な点での応力値を表6-2に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、許容値 ($S_A = 31.0 \text{ kg/mm}^2$) を満足している。

地震時 16.43 kg/mm^2 (評価点 515)

表 6-1(1) 一次および二次応力評価

評価点	(kg/cm ²)						備考
	① 内圧 $\frac{PD_o}{400t}$	② 自重 $\frac{0.75i_1M_s}{Z}$	③ 熱膨張 $\frac{i_2M_c}{Z}$	④ 一次応力 ①+②	⑤ 一次許容応力 S _H	⑥ 一次+二次 応力 ①+②+③		⑦ 一次+二次 許容応力 S_{a}
241	2.59	0.31	0.06	2.90	1.04	2.96	2.88
300	2.59	0.49	0.12	3.08		3.20	
410	2.59	0.08	0.22	2.67		2.89	
415	2.59	1.13	0.61	3.72		4.33	
425	2.59	0.13	1.60	2.72		4.32	
430	2.59	0.10	1.85	2.69		4.54	
445	2.59	0.27	1.98	2.86		4.84	
450	2.59	0.33	2.31	2.92		5.23	
455	2.59	0.79	2.18	3.38		5.56	

表6-1(2) 一次および二次応力評価

評価点	(kg/cm ²)							備考
	① 内圧 $\frac{PD_o}{400t}$	② 自重 $\frac{0.75 i_1 M_s}{Z}$	③ 熱膨張 $\frac{i_2 M_c}{Z}$	④ 一次応力 ①+②	⑤ 一次許容応力 S_H	⑥ 一次二次 応力 ①+②+③	⑦ 一次二次 許容応力 S_a	
465	2.59	0.31	2.09	2.90	10.4	4.99	28.8	応力係数 (曲管 R=175.0) $i_1=1.33$ $i_2=1.0$)
470	2.59	0.19	2.24	2.78		5.02			(曲管 R=76.2) $i_1=1$ $i_2=1.34$)
475	2.59	0.16	2.42	2.75		5.17		(曲管 R=175.0) $i_1=1.33$ $i_2=1.0$)
490	2.59	0.26	0.64	2.85		3.49			(すみ肉溶接) $i_1=i_2=2.1$)
500	2.59	0.26	1.34	2.85		4.19		
505	2.59	0.22	1.61	2.81		4.42		
513	2.59	0.16	2.64	2.75		5.39		
515	2.59	0.25	6.04	2.84		8.88		

表6-1(3) 一次および二次応力評価

評価点	(kg/mm ²)							備考					
	① 内圧 $\frac{P \cdot D_0}{400t}$	② 自重 $\frac{0.75 i_1 M_a}{Z}$	③ 熱膨張 $\frac{i_2 M_c}{Z}$	④ 一次応力 ① + ②	⑤ 一次許容応力 S_H	⑥ 一次+二次 応力 ①+②+③	⑦ 一次+二次 許容応力 S_a						
337	2.59	0.04	0.15	2.63	10.4	2.78	28.8	応力係数 (レシユ一サ) $i_1 = 1.33 \quad i_2 = 1.0$					
375	2.59	1.31	3.73	3.90		7.63			(直管) $i_1 = 1.33 \quad i_2 = 1.0$				
605	2.59	0.11	3.15	2.70		5.85				(曲管 R=175.0) $i_1 = 1.33 \quad i_2 = 1.0$			
610	2.59	0.06	3.21	2.65		5.86							
620	2.59	0.09	4.25	2.68		6.93							
630	2.59	0.80	1.27	3.39		4.66					(直管) $i_1 = 1.33 \quad i_2 = 1.0$		
640	2.59	0.26	2.54	2.85		5.39						(曲管 R=175.0) $i_1 = 1.33 \quad i_2 = 1.0$	
645	2.59	0.18	7.07	2.77		9.84							
650	2.59	0.16	7.24	2.75		9.99							(曲管 R=76.2) $i_1 = 1.34 \quad i_2 = 1.34$

表 6 - 1 (4) 一次および二次応力評価

(kg/cm²)

評価点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	備考
	内圧 $\frac{PD_o}{400t}$	自重 $\frac{0.75 i_1 M_a}{Z}$	熱膨張 $\frac{i_2 M_s}{Z}$	一次応力 ① + ②	一次許容応力 S _H	一次二次応力 ① + ② + ③	一次二次許容応力 S _a	
660	2.59	0.64	2.21	3.23	10.4	5.44	28.8	応力係数 (直管) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0 (曲管 R=175.0) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0
665	2.59	0.12	3.75	2.71		6.46		
675	2.59	0.06	1.54	2.65		4.19		
690	2.59	0.19	5.62	2.78		8.40			(すみ肉溶接) i_{1} = i_{2} = 2.1

表 6 - 2 (1) 一次および二次応力評価 (地震含む)

(kg/筋長)

評価点	① 内圧 P.D ₀ 400t	② 自重 $\frac{0.75 i_1 M_a}{Z}$	③ 地震 $\frac{0.75 i_2 M_b}{Z}$	④ 熱膨張 $\frac{i_2 M_c}{Z}$	⑤ 地震相対変位 $\frac{i_2 M_d}{Z}$	⑥ 一次応力 $\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3}$	⑦ 一次許容応力 1.2 S _H	⑧ 一次二次応力 $\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3} + \textcircled{4} + \textcircled{5}$	⑨ 一次二次許容応力 S _A	備考
300	2.59	0.49	0.51	0.12	0.04	3.59		3.75		(直管) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0
410	2.59	0.08	0.18	0.22	0.11	2.85		3.18		(曲管 R=175.0) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0
415	2.59	1.13	1.04	0.61	0.43	4.76		5.80		(直管) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0
425	2.59	0.13	0.41	1.60	0.12	3.13	1.24	4.85	3.10	(曲管 R=175.0) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0
430	2.59	0.10	0.81	1.85	0.60	3.50		5.95		
445	2.59	0.27	0.15	1.98	0.17	3.01		5.16		
450	2.59	0.33	0.04	2.31	0.18	2.96		5.45		
455	2.59	0.79	0.59	2.18	0.07	3.97		6.22		(直管) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0

表 6 - 2 (2) 一次および一次二次応力評価 (地震含む)

評価点	(kg/㎠)									
	① 内圧 $\frac{P D_o}{400 t}$	② 自重 $\frac{0.75 i_1 M_s}{Z}$	③ 地震 $\frac{0.75 i_1 M_b}{Z}$	④ 熱膨張 $\frac{i_2 M_c}{Z}$	⑤ 地震相対変位 $\frac{i_2 M_d}{Z}$	⑥ 一次応力 $①+②+③$	⑦ 一次許容応力 $1.2 S_H$	⑧ 一次二次応力 $①+②+③+④+⑤$	⑨ 一次二次許容応力 S_A	備考
465	2.59	0.31	0.24	2.09	0.05	3.14		5.28		応力係数 (曲管 R=175.0) $i_1=1.33$ $i_2=1.0$
470	2.59	0.19	0.79	2.24	0.79	3.57		6.60		
475	2.59	0.16	0.65	2.42	0.37	3.40		6.19		(曲管 R=76.2) $i_1=i_2=1.34$
490	2.59	0.26	0.32	0.64	1.99	3.17	1.24	5.80	3.10	
500	2.59	0.26	0.21	1.34	1.00	3.06		5.40		
505	2.59	0.22	0.18	1.61	1.31	2.99		5.91		(曲管 R=175.0) $i_1=1.33$ $i_2=1.0$
513	2.59	0.16	0.17	2.64	2.74	2.92		8.30		
515	2.59	0.25	0.71	6.04	6.84	3.55		16.43		(すみ肉溶接) $i_1=i_2=2.1$

表 6 - 2 (3) 一次および二次応力評価 (地震含む)

評価点	① 内圧 $\frac{P \cdot D_0}{400t}$	② 自重 $\frac{0.75 i_1 M_s}{Z}$	③ 地震 $\frac{0.75 i_1 M_b}{Z}$	④ 熱膨張 $\frac{i_2 M_c}{Z}$	⑤ 地震相対変位 $\frac{i_2 M_d}{Z}$	⑥ 一次応力 $\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3}$	⑦ 一次許容応力 $1.2 S_H$	⑧ 一次二次応力 $\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3} + \textcircled{4} + \textcircled{5}$	⑨ 一次二次許容応力 S_A	備考
337	2.59	0.04	0.39	0.15	0.0	3.02		3.17		応力係数 (レジューサ) $i_1 = 1.33$ $i_2 = 1.0$
375	2.59	1.31	0.96	3.73	0.05	4.86		8.64		(直管) $i_1 = 1.33$ $i_2 = 1.0$
605	2.59	0.11	0.71	3.15	0.03	3.41		6.59		(曲管 R=175.0) $i_1 = 1.33$ $i_2 = 1.0$
610	2.59	0.06	0.71	3.21	0.04	3.36		6.61		
620	2.59	0.09	0.41	4.25	0.01	3.09	1.24	7.35	3.1.0	
630	2.59	0.80	0.56	1.27	0.04	3.95		5.26		(直管) $i_1 = 1.33$ $i_2 = 1.0$
640	2.59	0.26	0.20	2.54	0.03	3.05		5.62		(曲管 R=175.0) $i_1 = 1.33$ $i_2 = 1.0$
645	2.59	0.18	0.41	7.07	0.05	3.18		10.30		(曲管 R=76.2) $i_1 = i_2 = 1.34$
650	2.59	0.16	0.31	7.24	0.06	3.06		10.36		

表 6 - 2 (4) 一次および二次応力評価 (地震含む)

(kg/mm²)

評価点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	備考
	内圧 $\frac{P D_0}{400 t}$	自重 $\frac{0.75 i_1 M_b}{Z}$	地震 $\frac{0.75 i_1 M_b}{Z}$	熱膨張 $\frac{i_2 M_c}{Z}$	地震相対変位 $\frac{i_2 M_d}{Z}$	一次応力 ①+②+③	一次許容応力 1.2 S _H	一次+二次応力 ①+②+③+④+⑤	一次+二次許容応力 S _A	
660	2.59	0.64	0.07	2.21	0.11	3.30		5.62		応力係数 (直管) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0
665	2.59	0.12	0.21	3.75	0.14	2.92		6.81		(曲管 R=175.0) i ₁ = 1.33 i ₂ = 1.0
675	2.59	0.06	0.19	1.54	0.11	2.84	1.24	4.49	3.10	
690	2.59	0.19	0.88	5.62	0.49	3.66		9.77		(すみ肉溶接) i ₁ = i ₂ = 2.1

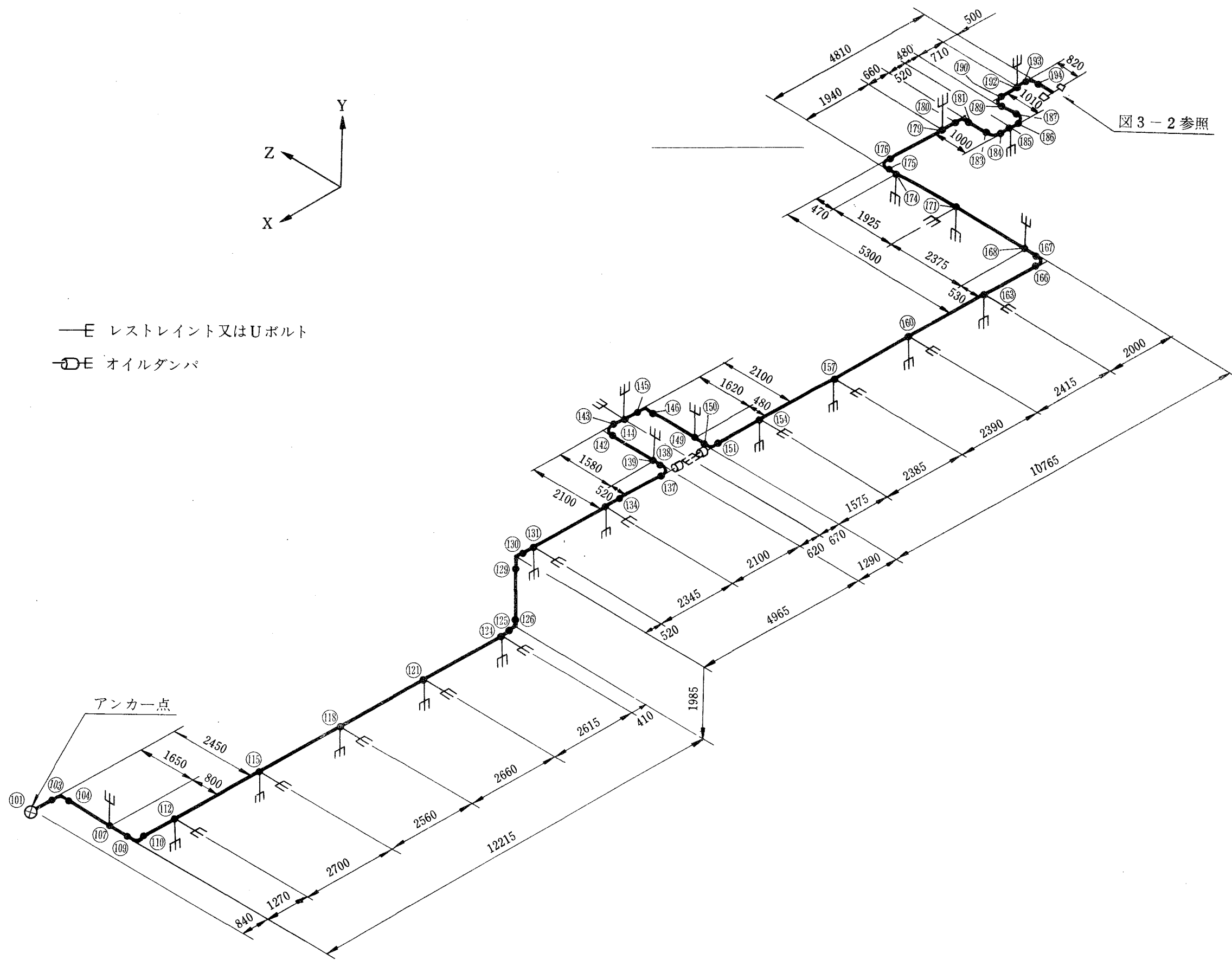


図 3 - 1 原子炉冷却材浄化系給水戻り配管計算モデル

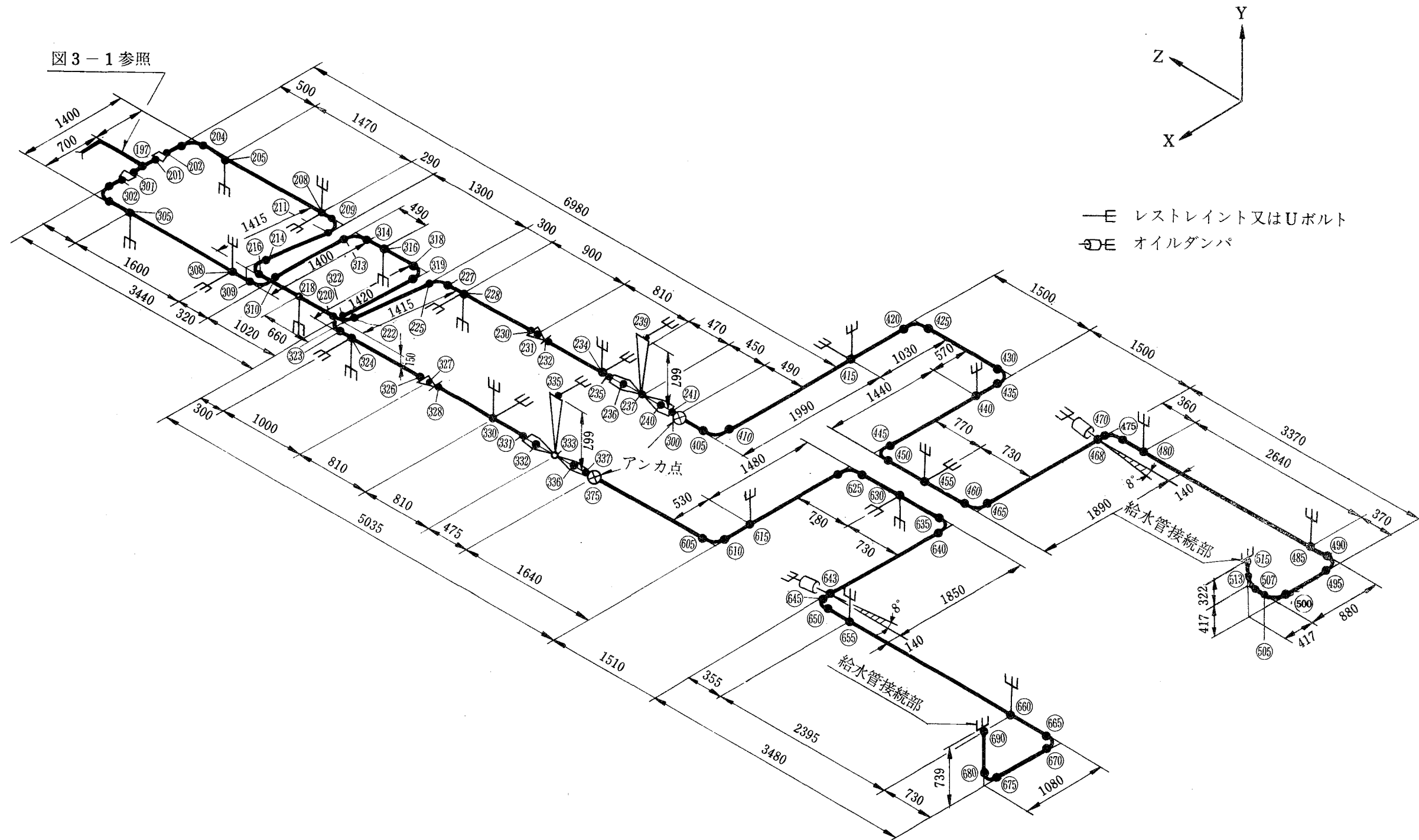


図 3 - 2 原子炉冷却材浄化系給水戻り配管計算モデル

5. 原子炉給水系配管の厚さ計算書

1. 配管の厚さ計算の概要

原子炉給水系配管の厚さに関しては、通産省告示第501号に基づき計算を行う。

- (1) 告示第501号第49条第1号により、内圧を受ける1種管の厚さの計算式は以下のとおりとする。

管の計算上必要な厚さ： t (mm)

$$t = \frac{P \cdot D_o}{200 S_m + 0.8 P}$$

ここで P は最高使用圧力 (kg/cm^2)

D_o は管の外径 (mm)

S_m は最高使用温度における設計応力強さ (kg/mm^2)

2. 管の厚さ計算

計算対象配管番号 21-5 (管番号は添付図表 図1参照)

(SCH80)

記号及び算式		設備名		原子炉給水系設備
		使用箇所		給水系配管
最高使用圧力	P	kg/cm^2	82	
最高使用温度	T	℃	235	
管の外径	D_o	mm	267.4	
材 料	—	—	SUS316LTP	
設計応力強さ	S_m	kg/mm^2	10.4	
製 法	—	—	注1) S-H	
①	$P \cdot D_o$		21926.8	
②	$200S_m + 0.8P$		2145.6	
③	①/②		10.219	
④	t		10.3	
呼び厚さ	t_o	mm	15.1	
最小厚さ	$t_1 (>t)$	mm	12.0 (>10.3)	
注1) S-H: 熱間仕上継目無鋼管				

6. 原子炉給水系配管の穴の補強計算書

1. 配管の穴の補強計算の概要

原子炉給水系配管の穴の補強に関しては，通産省告示第501号第51条に基づき計算を行う。（添付図表 図1参照）

2. 配管の穴の補強計算

管台名称：隔離冷却系取付管台

(1/8)

最高使用圧力 8.2 kg/cm² 最高使用温度 235℃

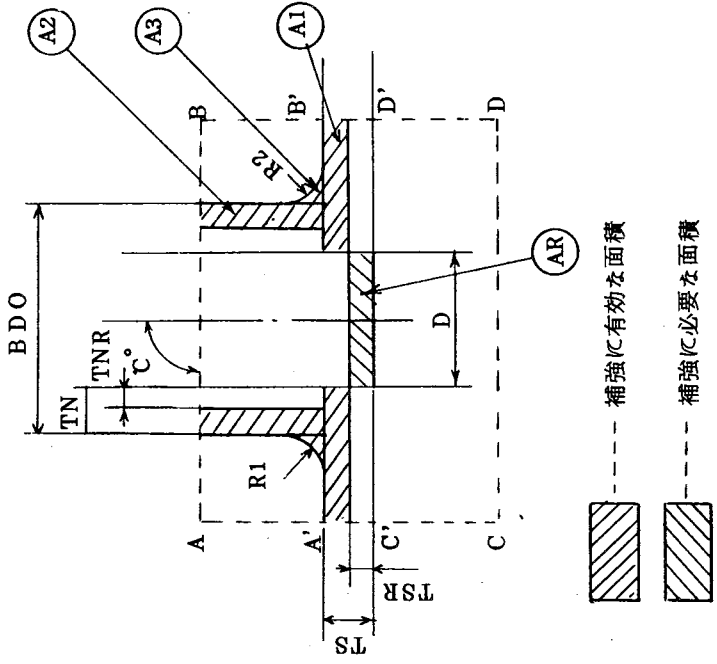
主 管

材 料	設計応力 (Kg/mm ²)	外 径 (mm)	内 径 (mm)	厚 さ (mm)	計算必要 厚 さ (mm)	補強計算に使用 する厚さ (mm)	補強を要しない 穴の最大径 (mm)	補強計算を行う管台
SUS316LTP	10.4	267.4	237.2	15.1	10.3	10.22	8.7	隔離冷却系取付管台

管 台

管 台 名 称	材 料	設計応力 (Kg/mm ²)	外 径 (mm)	内 径 (mm)	厚 さ (mm)	計算必要 厚 さ (mm)	補強計算に 使用する厚 さ (mm)
隔離冷却系取付管台	SUSF316L	10.4	97.0	70.2	13.4	3.8	3.71

(2/8)



項目		管台名称	隔離冷却系取付管台
補強に有効な範囲	補強に有効な面積 (mm ²)	穴の中心線に平行な直線	140.40
		主管の面に沿う線	185.3
補強に有効な面積 (mm ²)	A ₁		343
	A ₂		359
	A ₃		77
	$AT = \sum_{I=1}^3 A_I$		779
補強に必要な面積: AR (mm ²)			717
評価		ATは、ARより大であるので補強は十分である。	

管台名称：隔離冷却系取付管台

単位：mm

C°	BDO	D	TN	TNR	TS	TSR	R1	R2
90.0	97.0	70.2	13.4	3.7	15.1	10.2	13.4	13.4

管台名称：温度計ウエル取付管台

(3/8)

最高使用圧力 8.2 kg/cm² 最高使用温度 235℃

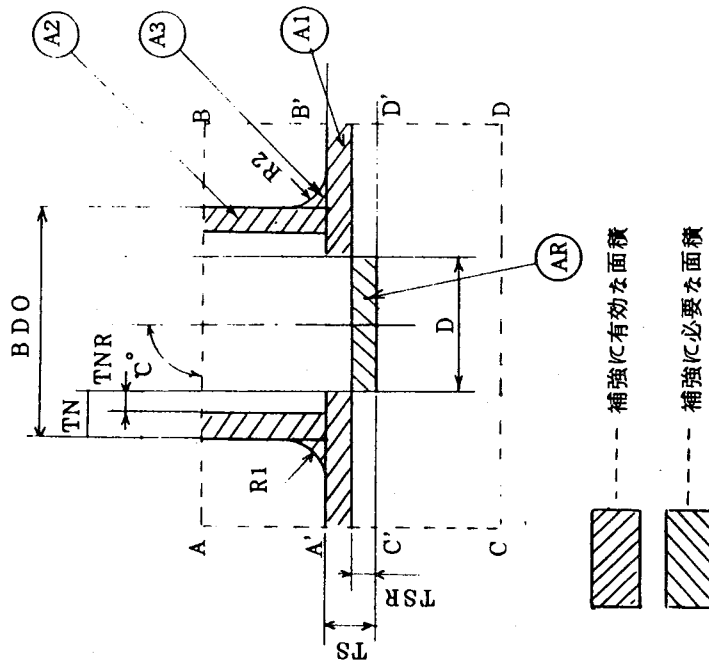
主 管

材 料	設計応力 (Kg/cm ²)	外 径 (mm)	内 径 (mm)	厚 さ (mm)	計算必要 厚 さ (mm)	補強計算に使用 する厚さ (mm)	補強を要しない 穴の最大径 (mm)	補強計算を行う管台
SUS316LTP	10.4	267.4	237.2	15.1	10.3	10.22	8.7	温度計ウエル取付管台

管 台

管 台 名 称	材 料	設計応力 (Kg/cm ²)	外 径 (mm)	内 径 (mm)	厚 さ (mm)	計算必要 厚 さ (mm)	補強計算に 使用する厚 さ (mm)
温度計ウエル取付管台	SUSF316L	10.4	47.2	27.2	10.0	1.9	1.80

(4/8)



項目	管台名称	1 B
補強に有効な範囲 (mm)	穴の中心線に平行な直線	77.40
	主管の面に沿う線	14.32
補強に有効な面積 (mm ²)	A ₁	245
	A ₂	235
	A ₃	97
	$AT = \sum_{I=1}^3 A_I$	577
補強に必要な面積: AR (mm ²)		278
評 価		ATは, ARより大であるので補強は十分である。

管台名称 : 温度計ウエル取付管台 単位 : mm²

C°	BDO	D	TN	TNR	TS	TSR	R1	R2
90.0	47.2	27.2	10.0	1.8	15.1	10.2	15.0	15.0

(5/8)

管台名称：ベント管取付管台

最高使用圧力 8.2 Kg/cm² 最高使用温度 235℃

主 管

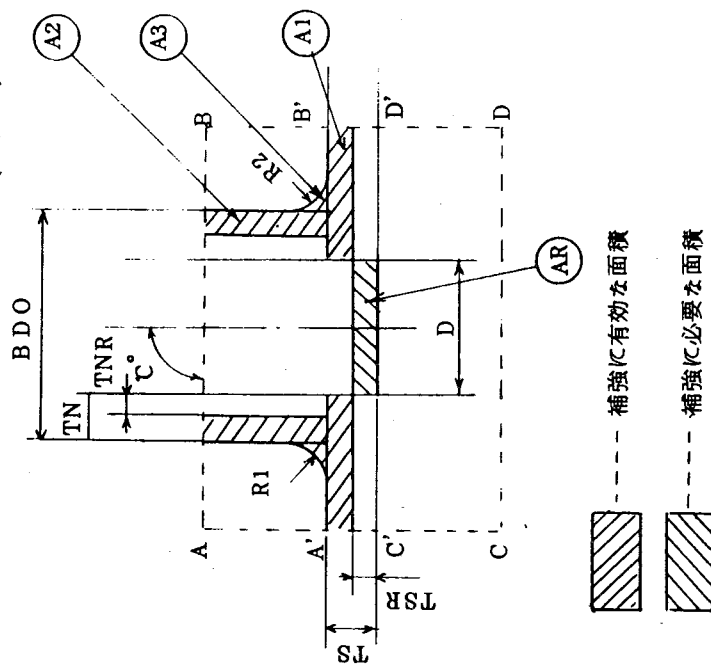
材 料	設計応力 強 さ (Kg/cm ²)	外 径 (mm)	内 径 (mm)	厚 さ (mm)	計算必要 厚 さ (mm)	補強計算に使 用する厚さ (mm)	補強を要しな い穴の最大径 (mm)	補強計算を行う管台
SUS316LTP	10.4	267.4	237.2	15.1	10.3	10.22	8.7	ベント管取付管台

管 台

管 台 名 称	材 料	設計応力 強 さ (Kg/cm ²)	外 径 (mm)	内 径 (mm)	厚 さ (mm)	計算必要 厚 さ (mm)	補強計算に 使用する厚 さ (mm)
ベント管取付管台	SUSF316L	10.4	38.7	21.5	8.6	1.5	1.48

(6 / 8)

項目	管台名称	3 / 4 B
補強に有効な範囲	穴の中心線に平行な直線	6 8.8 0
	主管の面に沿う線	1 3.1 9
補強に有効な面積 (mm ²)	A ₁	2 3 1
	A ₂	1 8 8
	A ₃	9 7
補強計算	$A_T = \sum_{I=1}^3 A_I$	5 1 6
	補強に必要な面積: AR (mm ²)	2 1 9
評 価	A _T は, A _R より大である ので補強は十分である。	



管台名称 : ペント管取付管台 単位 : mm

C°	BDO	D	TN	TNR	TS	TSR	R1	R2
90.0	38.7	21.4	8.6	1.5	15.1	10.2	15.0	15.0

(7/8)

管台名称：ドレン管取付管台

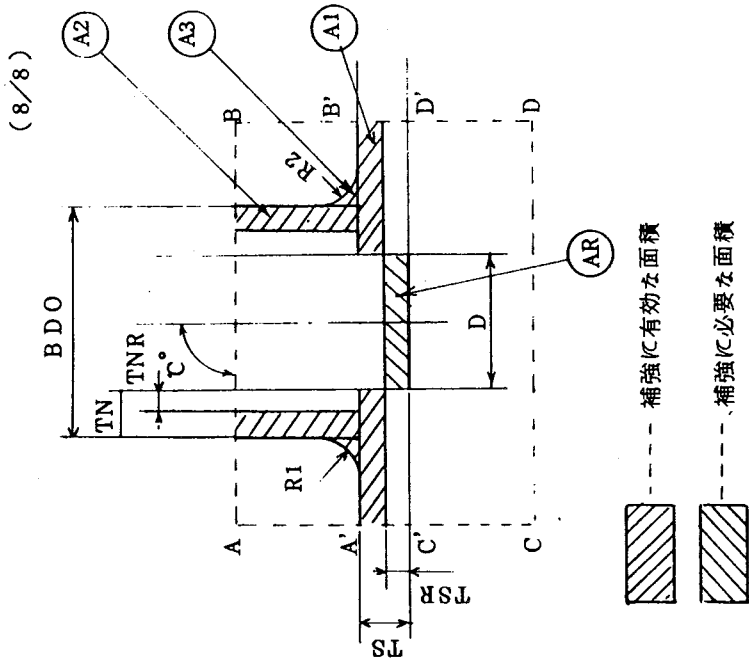
最高使用圧力 8.2 kg/cm² 最高使用温度 235 °C

主 管

材 料	設計応力 強 さ (kg/cm ²)	外 径 (mm)	内 径 (mm)	厚 さ (mm)	計算必要 厚 さ (mm)	補強計算に使 用する厚さ (mm)	補強を要しな い穴の最大径 (mm)	補強計算を行う管台
SUS316LTP	10.4	267.4	237.2	15.1	10.3	10.22	8.7	ドレン管取付管台

管 台

管 台 名 称	材 料	設計応力 強 さ (kg/cm ²)	外 径 (mm)	内 径 (mm)	厚 さ (mm)	計算必要 厚 さ (mm)	補強計算に 使用する厚 さ (mm)
ドレン管取付管台	SUSF316 L	10.4	32.7	16.1	8.3	1.3	1.25



項目	管台名称	1/2B
補強に有効な範囲	穴の中心線に平行な直線	6 2.9 0
	主管の面に沿う線	1 2.5 3
補強に有効な面積 (mm ²)	A ₁	2 2 8
	A ₂	1 7 7
	A ₃	9 7
補強に必要面積 (mm ²)	$AT = \sum_{i=1}^3 A_i$	5 0 2
	補強に必要面積: AR (mm ²)	1 6 5
評	価	ATは, ARより大であるので補強は十分である。

管台名称 : Fレン管取付管台 単位: mm

C°	BDO	D	TN	TNR	TS	TSR	R1	R2
90.0	32.7	16.1	8.3	1.2	15.1	10.2	15.0	15.0

7. 原子炉給水系配管の強度設計の基本方針

(耐震設計を含む)

目 次

1. 概 要	7-1
2. 設備の主要度によるクラス区分	7-1
3. 構 造 設 計	7-1
4. 設 計 地 震 力	7-3
5. 荷重の組合せ及び許容応力	7-5
6. 配管の動的解析の内容	7-7
7. 機能保持の検討	7-8
8. その他の基本方針	7-8

1. 概 要

当該工事に係る配管の応力算出及び評価に関しては、通産省告示第501号により行う。
耐震設計の基本方針については、従来どおりで下記によるものとする。

2. 設備の重要度によるクラス区分

設 備 \ クラス分け	As	A	B	C	摘 要
1. 原子炉冷却系 統施設					
(1)原子炉給水系	右記の配管 のうち格納 容器貫通部 配管	蒸気ドラムノ ズルより格納 容器外側アン カ点までの配 管	—	—	R / B T / B

3. 構造計画

(1) 原 則

イ. 配管類は、これを支持する建物、構造物の共振領域を避け、極力剛あるいは強靱な構造とする。

(2) 配管類

主要区分						計画の概要		摘要
						基礎・支持構造	主体構造	
原子炉冷却系施設	原子炉給水系	架空配管	高温	屋内	口径大小	原子炉建屋，原子炉建屋内部コンクリート構造に固定された支持架構およびタービン建屋内に設けた剛な鉄骨構造にスナバ，コンスタントハンガ，レストレイント等を介して支持される。	蒸気ドラムから格納容器内側隔弁近傍までの配管 配管寸法と材質 (外径・肉厚・材質) 267.4×15.1－ SUS316LTP	高温 (最高235℃)
						口径大小	配管に突合せ溶接で接続し，配管で支持する。		逆止弁(スイング式)

4. 設計地震力

(1) 静的基準震度

	クラス別	水 平	鉛 直	摘 要
配 管 類	A (As)	1.2×3×0.8Co	0.288	Coは建築基準法に定められる震度 鉛直震度は基礎底面における水平震度の1/2 0.8は岩盤上にある場合の低減係数
備 考				

(2) 動的震度

事 項	配 管 類		摘 要
	As	A	
(1)基盤の最大加速度(%)	0.375	0.25	
(2)地 震 波	イ. EL. CENTRO-1940NS ロ. GOLDEN GATE PARK-1957S80E ハ. TAFT-1952S69E		
(3)動的解析の方法	据付位置における床応答曲線*を用いたモーダル解析を行う。		
(4)設計用応答曲線	設計地震波による床応答曲線*		
(5)そ の 他	-		
備 考	*「床応答曲線について」 (資料番号ATR-7)		

(3) 設計震度および地震力

	クラス別	主要区分	設計震度		設計地震力	
			水平	鉛直	水平	鉛直
配管類	A (As)	原子炉給水系の配管 (配管ベネトレーションおよび格納容器内配管)	動的震度とし、据付位置における支持構造物の設計震度の1.2倍を下廻らない値とする。	鉛直震度は0.288とし、水平震度と同時に不利な方向に作用するものとする。	動的解析により定まる地震力とする。但し、据付位置における支持構造物の設計震度の1.2倍より定まる地震力を下廻らない値とする。	鉛直震度は0.288より定まる地震力とし、水平方向地震力と同時に不利な方向に作用するものとする。

5. 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 第1種管

運 転 状 態	荷 重 の 組 合 せ	許 容 応 力 強 さ			備 考														
		一 次 応 力	一 次 + 二 次 応 力	ピ ー ク 応 力															
		$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$	$P_L + P_b + Q + F$															
—*	D + M	1.5 S _m	—	—	*設計状態														
I	O	—	3 S _m	疲労評価 ($Df_1 < 1$)	(1)通産省告示 第501号による。 (2)一次+二次応力 が3S _m を越えた 場合は,通産省告 示第501号第47 条により弾塑性 解析を行う。														
II	O	—	3 S _m	疲労評価 ($Df_1 < 1$)															
III	D + O	2.25 S _m	—	—															
IV	D + O + L	3 S _m	—	—															
地震時	D + M + S ₁	1.5 S _m	—	—															
	O + S ₁	—	3 S _m	疲労評価 ($Df_1 + Df_2 < 1$)															
<p>記号の説明</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">D : 死荷重</td> <td style="width: 50%;">P_L : 一次局部応力</td> </tr> <tr> <td>O : 運転状態荷重</td> <td>P_b : 一次曲げ応力</td> </tr> <tr> <td>M : 設計状態荷重</td> <td>Q : 二次応力</td> </tr> <tr> <td>S : 設計地震荷重</td> <td>F : ピーク応力</td> </tr> <tr> <td>S₂ : 安全検討用地震荷重</td> <td>S_m : 設計応力強さ (告示第501号別表2)</td> </tr> <tr> <td>L : 事故時荷重</td> <td>Df₁ : 運転状態 I, II における疲れ累積係数</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Df₂ : 地震時における疲れ累積係数</td> </tr> </table>						D : 死荷重	P _L : 一次局部応力	O : 運転状態荷重	P _b : 一次曲げ応力	M : 設計状態荷重	Q : 二次応力	S : 設計地震荷重	F : ピーク応力	S ₂ : 安全検討用地震荷重	S _m : 設計応力強さ (告示第501号別表2)	L : 事故時荷重	Df ₁ : 運転状態 I, II における疲れ累積係数		Df ₂ : 地震時における疲れ累積係数
D : 死荷重	P _L : 一次局部応力																		
O : 運転状態荷重	P _b : 一次曲げ応力																		
M : 設計状態荷重	Q : 二次応力																		
S : 設計地震荷重	F : ピーク応力																		
S ₂ : 安全検討用地震荷重	S _m : 設計応力強さ (告示第501号別表2)																		
L : 事故時荷重	Df ₁ : 運転状態 I, II における疲れ累積係数																		
	Df ₂ : 地震時における疲れ累積係数																		

(2) 第3種管

運転状態	荷重の組合せ	許 容 応 力			備 考
		一次応力	一次+二次応力	ピーク応力	
—*	D+M	S_H ($1.2 S_H$)	—	—	*設計状態 (1)通産省告示 第501号に よる。 (2)()内は短期的 な機械的荷重 を含む場合に 適用する。こ の場合の圧力 は最高圧力と する。 ** Asクラスに ついて行う。
I	D+M+O	—	S_a (S_A)	—	
II	D+M+O	—	S_a (S_A)	—	
地震時	D+M+S ₁	$1.2 S_H$	—	—	
	D+M+O+S ₁	—	S_A	—	
	D+M+S ₂	機能保持の検討**			
D+M+O+S ₂					

記号の説明

D : 死荷重	S _H : 最高使用温度における許容引張
O : 運転状態荷重	応力 (告示第501号別表6)
M : 設計状態荷重	S _a : 告示第501号第56条第1項第
S ₁ : 設計地震荷重	2号ハによる
S ₂ : 安全検討用地震荷重	S _A : 告示第501号第56条第1項第
	2号ニによる

6. 配管の動的解析の内容

項 目	計 算 条 件	摘 要
1.計算コード	P I S Y A N (使用実績) 新型転換炉ふげん発電所	
2.解析手法の概要	立体配管を多質点系にモデル化し、有限要素法を用いて3次元配管振動解析を行い、固有周期を算出し床応答曲線を用いたモーダル解析を行う。	
3.計算機入力 (1)モデル化 (2)入力データ (3)減衰定数 (4)入力地震	多質点系立体モデル 配管座標, 付加重量, 配管寸法 弾性係数, 支持条件 0.5% EL CENTRO-1940NS GOLDEN GATE PARK- 1957S80E TAFT-1952S69E	地盤最大加速度は何れも0.25gとする。
4.出力 (1)固有値 (2)応答値 (3)地震力	固有周期 振動モード 刺激係数 各質点での各次の応答加速度を求め、各次応答値の2乗平均値を算出する。 各支持点, 評価点の慣性力, 反力, せん断力, 軸力, 曲げモーメントを算出する	

7. 機能保持の検討

Asクラスの配管系に関し、基盤における最大入力加速度を0.375g(設計地震力の1.5倍)とした場合の応力の評価を行い、機能上支障ないことを確認する。

この場合、鉛直方向の鉛直方向設計震度は0.288より定まる地震力とし、水平方向と同時に、かつ、不利な方向に作用させる。

8. その他の基本方針

項目	基本方針		摘要
	方針の名称	概要	
1 重要度分類の方針	耐震重要度分類の基本方針	1) 建物・構築物の重要度分類 2) 機器及び配管ダクトの重要度分類 3) 電気計測制御装置の重要度分類	
2 設計用地震波の策定方針	設計用地震度の策定方針	敷地およびその周辺地域において過去の記録、地盤条件等を参考に、予測される地震動のうち最も厳しいと思われるものに基づき設計用地震動を定める。	
3 地震応答解析の基本方針 (建物・構造物系) (機器・配管系) 別	配管系の地震応答解析の基本方針	1) 配管系のモデル化の基本方針 2) 動的解析手法の概要	
4 床応答曲線の策定方針	床応答曲線について	設計地震3波による建屋の時刻歴応答波より応答曲線を作成し、これをスムーズ化させる。	

項目		基本方針		摘要
		方針の名称	概要	
5	機器配管の耐震支持方針（屋内，屋外）	(1)機器類の耐震支持方針 (2)配管系の耐震支持設計方針 (3)ダクトの耐震支持設計方針	1) 主要機器の支持方法及び支持構造物の設計方針等の規定 2) 一般機器の支持方法及び支持構造物の設計方針等の規定 1) 配管の分類と設計法 2) 配管支持間隔の決め方 3) 支持装置の設計方針等について規定 Aクラス薄板ダクトの座屈防止に関する支持設計方法ならびに規定	
6	電気計測制御装置等の設計方針	電気計測制御装置の設計方針	盤類の構造強度，計器，継電器類の機能維持などについて耐震設計の基本的考え方をとりまとめる。	
7	機能維持の検討方針	機能維持の検討方針	地震時においても発電所施設の機能が維持されることを確認するための基本的考え方を定める。	
8	ダクティリティーに対する設計方針	ダクティリティーに対する設計方針	ダクティリティーを維持するために必要な構造計画，材料の選択，耐力強度等に対する制限および品質管理に対する基本的な配慮事項を示す。	
9	地震感知装置に関する設計方針	地震検出計設置に関する基本方針	地震検出計の設置場所，検出方法，設定値及び性能保持についての基本的考え方をとりまとめる。	
10	その他	—	—	

8. 原子炉給水系配管の強度計算書

(耐震強度計算を含む)

目 次

1. 概 要	8- 1
2. 基本条件	8- 1
3. 計算モデル及び仕様	8- 3
4. 運転状態及び荷重条件	8- 6
5. 計算方法の概要及び許容応力	8- 18
6. 計算結果	8- 21
7. 応力評価	8- 35

1. 概 要

蒸気ドラムより格納容器外側隔離弁近傍のアンカ点までの原子炉給水系配管について強度計算を行った。

原子炉給水系配管はA、B各ループにそれぞれ1本ずつあり、互いにほぼ同じ配管径路を有している。本計算書ではAループ側の配管についての計算結果を示す。

2. 基本条件

原子炉給水系配管の強度計算は、Ⅵ添付書類「7. 原子炉給水系配管の強度設計の基本方針（耐震設計を含む）」に従って行うものとし、基本条件を以下のとおりとした。

2.1 耐震区分及び品質管理区分は図1-1に示すとおりである。

2.2 Aクラスの配管は、最大水平加速度0.25gが原子炉建屋基礎部に加わるとして動的解析を行う。

鉛直方向は、鉛直方向設計震度0.288より定まる地震力とし、水平方向地震力と同時に作用することとする。

2.3 Asクラス部分については、上記2.2の地震力の1.5倍の強さの地震力を以って、機能が損傷されない様にする。

2.4 各部の応力の算出及び評価に関しては通産省告示第501号による。

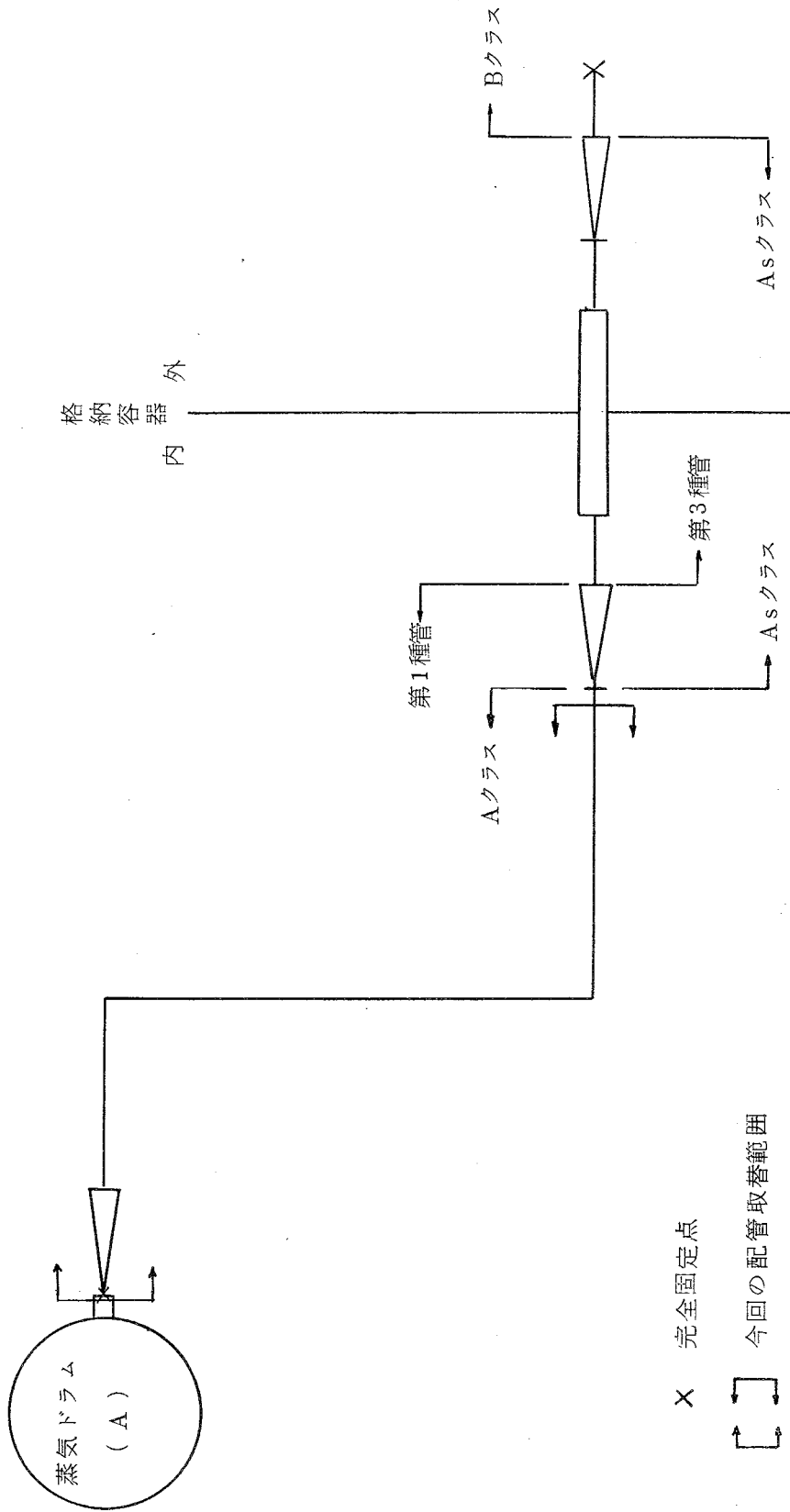


図1-1 耐震区分及び品質管理区分

3. 計算モデル及び仕様

3.1 計算モデル

蒸気ドラムは配管に対し剛体であり堅固に支持されているので、配管は蒸気ドラムノズルにおいて完全固定の条件とし、図3-1に示す様な3次元のバネ及び多質点系にモデル化した。

3.2 配管仕様は表3-1に示すとおりである。

3.3 配管支持条件については表3-2に示すとおりである。

表 3 - 1 配 管 仕 様

呼 径	—	10 ^B	10 ^B	10 ^B
材 質	—	SUS316LTP	STS42	STPT49
外 径	mm	267.4	267.4	267.4
肉 厚	mm	15.1	18.2	28.6
最高使用圧力	kg/cm ²	82	94.3	94.3
最高使用温度	℃	235	235	235
定常運転圧力	kg/cm ²	68	68	68
定常運転温度	℃	182	182	182
縦弾性係数*	kg/mm ²	18800	19100	19100
横弾性係数*	kg/mm ²	7200	7300	7300
線膨張率*	mm/mm℃	17.2×10 ⁻⁶	12.1×10 ⁻⁶	12.1×10 ⁻⁶

* 182℃における値を示す。

表3-2 支 持 条 件

支 持 点		拘 束 条 件	
番 号	位 置	支 持 位 置	拘 双 方 向
1 0	蒸気ドラムノズル	—	6 自由度拘束
3 5	ク ロ ス 壁	オイルダンパ	X, Z
4 1	ク ロ ス 壁	リジットハンガ	Y
5 0	ク ロ ス 壁	オイルダンパ	X
		レストレイント	Z
6 0	ク ロ ス 壁	レストレイント	X, Z
7 1	ク ロ ス 壁	コンスタントハンガ	Y
8 0	ク ロ ス 壁	レストレイント	X, Z
8 5	ポンプ階支持梁	レストレイント	X, Z
8 8	1 階 床	オイルダンパ	Y
9 0	1 階 床	オイルダンパ	Z
9 1	1 階 床	レストレイント	X
1 0 5	地 下 1 階	コンスタントハンガ	Y
1 1 3	地 下 1 階	オイルダンパ	X, Y, Z
1 1 5	地 下 1 階	コンスタントハンガ	Y
1 1 9	地 下 1 階	コンスタントハンガ	Y
1 2 2	地 下 1 階	オイルダンパ	X, Y, Z
1 3 0	地 下 1 階	コンスタントハンガ	Y
1 3 9	地 下 1 階	オイルダンパ	X, Y, Z
1 5 3	地 下 1 階	レストレイント	X, Y
1 8 0	格納容器貫通部	ベロー	—
1 8 5	格納容器貫通部	レストレイント	X, Y
1 9 5	$\frac{T}{B}$ 地下1階	アンカ点	6 自由度拘束

4 運転状態及び荷重条件

4.1 運転状態

本配管系の運転状態区分は表4-1に示すとおりである。又、運転サイクル図と過渡条件は図4-1、図4-2に示すとおりである。

4.2 荷重条件

第1種管部については下記(1)~(6)の荷重を、第3種管部については(1)~(5)の荷重を考慮した。

- (1) 内 圧 …………… 最高使用圧力，運転圧力
- (2) 自 重 …………… 配管系の自重によるモーメントの算出に当っては，配管，内部流体，保温材，弁等の重量が集中的に作用するとして計算した。
- () 熱 膨 張 …………… 配管系の熱膨張によるモーメントの算出に当っては，配管自身の熱膨張と蒸気ドラムノズルの移動量を考慮した。
ノズルの移動量は下表に示すとおりである。

(mm)

節 点	ΔX	ΔY	ΔZ
10	-5.3	3.6	0.0

- (4) 地震振動 …………… 地震振動によるモーメントは配管系の次の2つの解析結果のうち，いずれか一方，大きい方を採用した。
- A …………… X方向とY方向に同時に地震力が加わる時。
- B …………… Z方向とY方向に同時に地震力が加わる時。

なお，地震の繰返し数は50回とする。

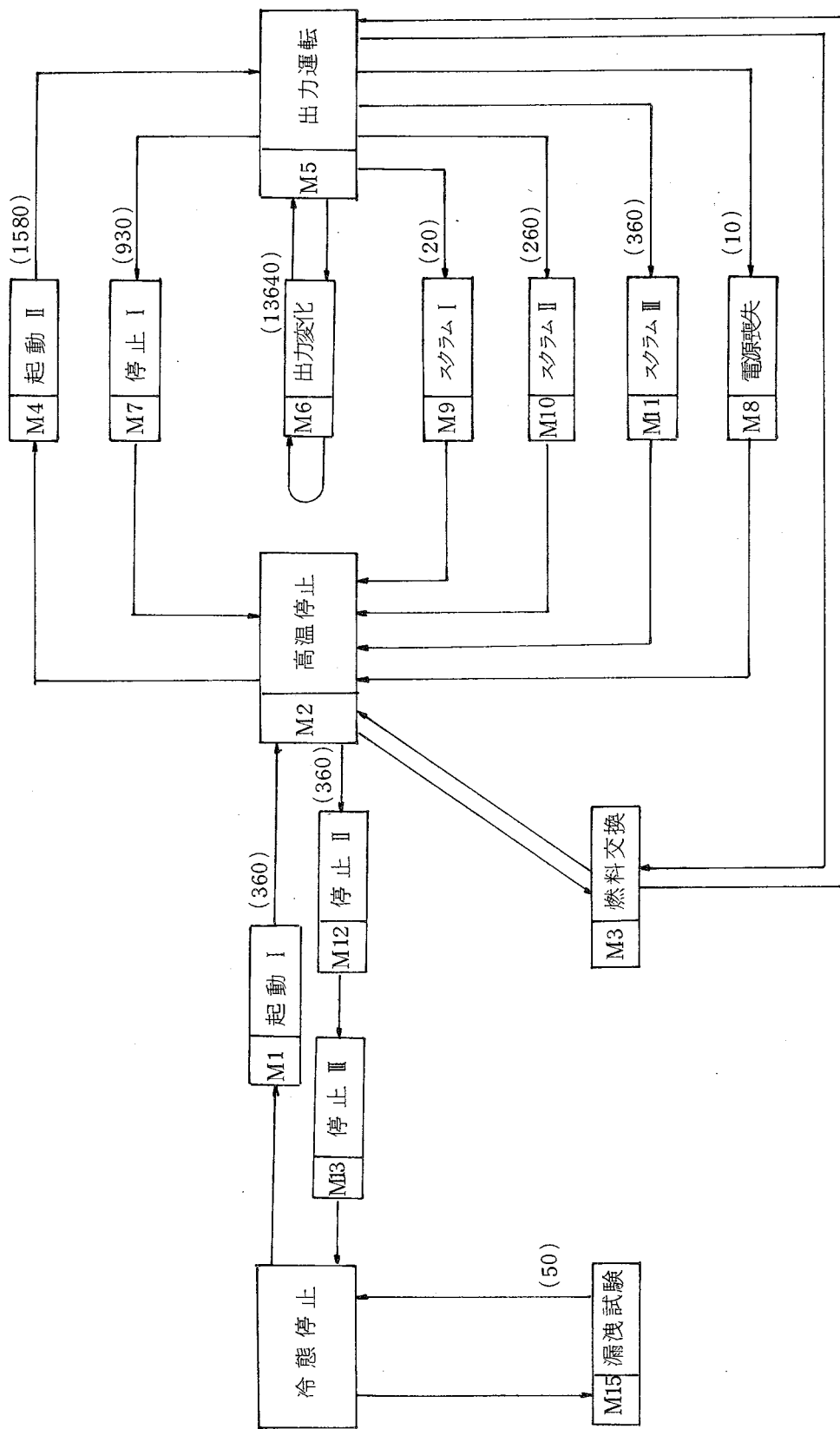
- (5) 地震相対変位 …… 配管支持点に与える強制変位量は建屋の弾性変形量及び支持梁の変位量を考慮した。強制変位量は表4-2，表4-3に示すとおりである。地震相対変位によるモーメントは次の2つの解析結果のうち，いずれか一方，大きい方を採用した。
- A …… 表4-2に記載のX方向地震時及びY方向地震時の変位量を同時に加えた場合。
- B …… 表4-3に記載のZ方向地震時及びY方向地震時の変位量を同時に加えた場合。

なお、地震の繰返し数は50回とする。

- (6) 熱 衝 撃 …………… 各運転状態において配管の肉厚方向に生じる温度差によって発生する応力を考慮した。各過渡状態における流体の圧力、温度及び流量は図4-2に示す値を用いた。

表4-1 運転状態区分

運転状態	Mode No	過度条件	過度条件の説明	繰越回数	備考
I	M 1	起 動 (I)	冷温停止から高温停止までの原子炉温度上昇	360	55℃/Hr
I	M 2	高 温 停 止	高温停止	—	
I	M 3	燃 料 交 換	燃料交換	—	
I	M 4	起 動 (II)	高温停止から出力運転まで	1,580	
I	M 5	出 力 運 転	出力運転	—	
I	M 6	出 力 変 化	発電出力変化	13,640	
I	M 7	停 止 (I)	出力運転から高温停止まで	930	
II	M 8	所内電源喪失	出力運転中の所内電源喪失	10	隔離冷却系により蒸気ドラム水位圧力の維持
III	M 9	スクラム (I)	タービントリップ	20	(最高使用圧力) × 1.1 になる場合
III	M10	スクラム (II)	タービントリップ	260	
II	M11	スクラム (III)	手動その他	360	
I	M12	停 止 (II)	給水により水位を保ちながら原子炉圧力低下	360	高温停止から余熱除去系作動領域まで
	M13	停 止 (III)	原子炉温度低下		余熱除去系により原子炉温度の低下
II	M15	漏 洩 試 験	起動前の漏洩試験	50	(試験圧力) = (最高使用圧力)
IV	—	破 断 事 故	モードM9以下の条件		



(注) () 内は繰返回数 (過度条件回数) を示す。

図 4-1 運転サイクル図

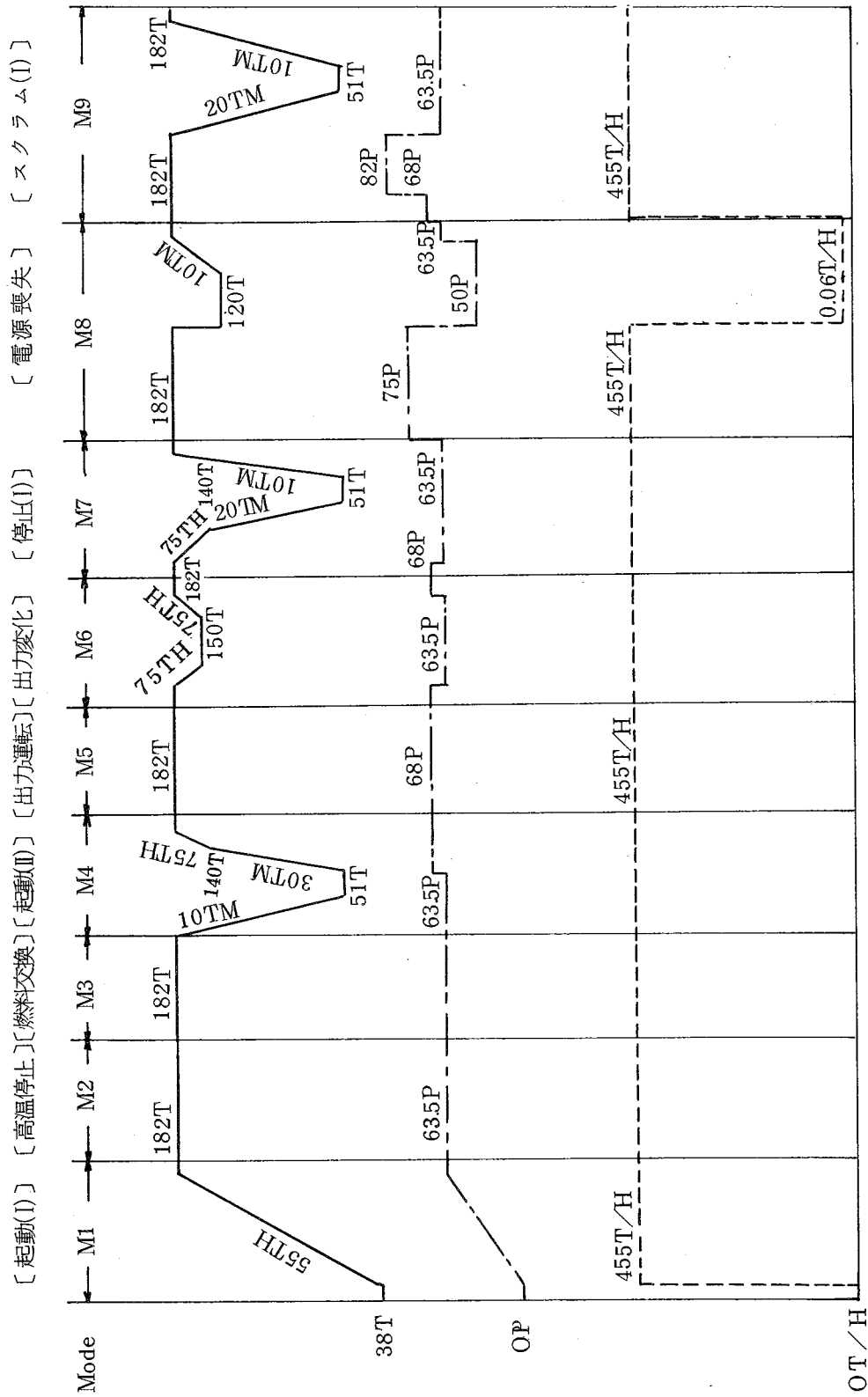
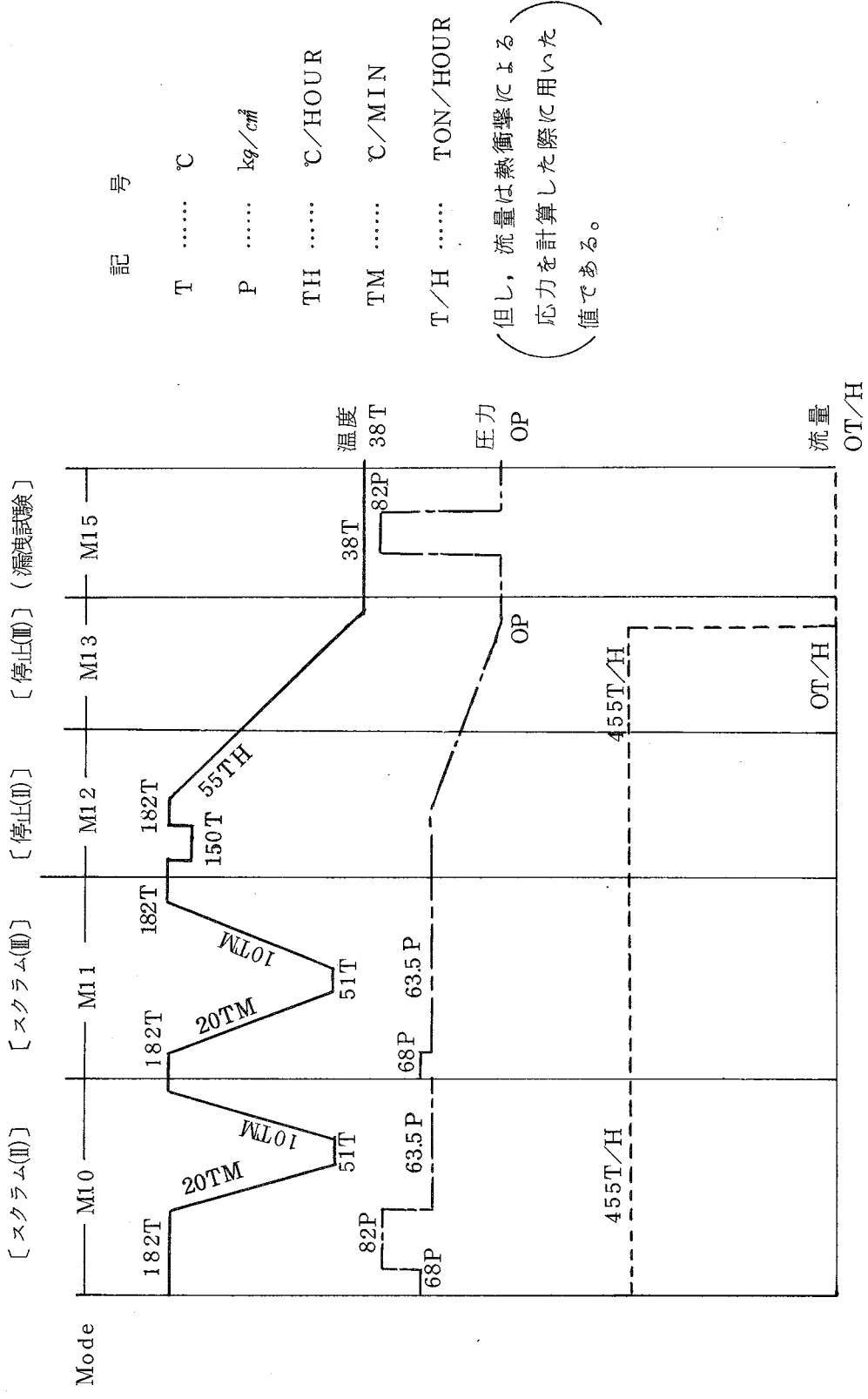


図 4 - 2 (1) 過渡条件



記号

T °C

P kg/cm²

TH °C/HOUR

TM °C/MIN

T/H TON/HOUR

(但し、流量は熱衝撃による応力を計算した際に用いた値である。)

図4-2(2) 過渡条件

表 4 - 2 (1) 支持点への地震時相対変位量

X + Y 方向地震時

支持点 番号	支持点高さ (EL+)	取 付 部	X 方 向 の 建 屋 の 弾 性 変 位 量 (mm)	支 持 梁		イン プ ット 強 制 変 位 量 (mm)	備 考
				変 位 方 向	変 位 量 (mm)		
10	37,140	ドラム階梁	410	△ X	0.65	4.75	*ドラム吊棒の伸縮 量
				△ Y	—	0.20*	
				△ Z	0.02	0.02	
35	39,550	クロス壁	457	△ X	—	4.57	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	—	
50	37,200	"	411	△ X	—	4.11	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	—	
60	33,570	"	339	△ X	—	3.39	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	—	

本数値は POINT 153 (EL+15,000) を変位の基準点とした。

表 4 - 2 (2) 支持点への地震時相対変位量

X + Y 方向地震時

支持点 番号	支持点高さ (EL+)	取付部	X 方向の 建屋の弾性 変位量 (mm)	支 持 梁		イン プット 強制変位量 (mm)	備 考
				変位方向	変位量 (mm)		
80	27,230	クロス壁	2.20	△ X	—	2.20	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	—	
85	22,930	◇	1.23	△ X	—	1.23	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	—	
91	20,200	1 階 床	0.64	△ X	—	0.64	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	—	
113				△ X	—	0.09	
122	15,700	地下1階壁	0.09	△ Y	—	—	
139				△ Z	—	—	

本数値は POINT 153 (EL+15,000) を変位の基準点とした。

表 4 - 2 (3) 支持点への地震時相対変位量

X + Y 方向地震時

支持点 番号	支持点高さ (EL+)	取付部	X 方向の 建屋の弾性 変位量 (mm)	支 持 梁		イン プット 強制変位量 (mm)	備 考
				変位方向	変位量 (mm)		
185	15,000	T/B 地下1階	-8.30*	△ X	-	-8.30	*EL+15,000にお けるR/B, T/Bの 最大応答変位(ATR -7の値)の和
				△ Y	-	-	
				△ Z	-	-	
				△ X	-	-	
				△ Y	-	-	
				△ Z	-	-	
				△ X	-	-	
				△ Y	-	-	
				△ Z	-	-	
				△ X	-	-	
				△ Y	-	-	
				△ Z	-	-	

本数値は POINT 153 (EL+15,000) を変位の基準点とした。

表 4 - 3 (1) 支持点への地震時相対変位量

Z + Y 方向地震時

支持点 番号	支持点高さ (EL+)	取付部	Z 方向の 建屋の弾性 変位量 (mm)	支 持 梁		イン プ ツ ト 強 制 変 位 量 (mm)	備 考
				変位方向	変位量 (mm)		
10	37,140	ドラム階梁	410	△ X	0.19	0.19	* ドラム吊棒の伸縮 量
				△ Y	—	0.20*	
				△ Z	0.90	5.00	
35	39,550	クロス壁	457	△ X	—	—	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	4.57	
50	37,200	"	411	△ X	—	—	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	4.11	
60	33,570	"	339	△ X	—	—	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	3.39	

本数値は POINT 153 (EL+15,000) を変位の基準点とした。

表 4 - 3 (2) 支持点への地震時相対変位量

Z + Y 方向地震時

支持点 番号	支持点高さ (EL+)	取 付 部	Z 方 向 の 建 屋 の 弾 性 変 位 量 (mm)	支 持 梁		イン プ ット 強 制 変 位 量 (mm)	備 考
				変 位 方 向	変 位 量 (mm)		
80	27,230	ク ロ ス 壁	2.20	△ X	—	—	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	2.20	
85	22,930	〃	1.23	△ X	—	—	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	1.23	
90	20,200	1 階 床	0.64	△ X	—	—	
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	0.64	
113	15,700	地 下 1 階 壁	0.09	△ X	—	—	
122				△ Y	—	—	
139				△ Z	—	0.09	

本数値は POINT 153 (EL+15,000) を変位の基準点とした。

表 4 - 3 (3) 支持点への地震時相対変位量

Z + Y 方向地震時

支持点 番号	支持点高さ (EL+)	取 付 部	Z 方向の 建屋の弾性 変位量 (mm)	支 持 梁		イン プ ツ ト 強 制 変 位 量 (mm)	備 考
				変位方向	変位量 (mm)		
185	15.000	T/B 地下1階	-8.30*	△ X	—	—	*EL+15,000にお けるR/B, T/Bの 最大応答変位(ATR -7の値)の和
				△ Y	—	—	
				△ Z	—	-8.30	
195				△ X	—		
				△ Y	—	—	
				△ Z	—		
				△ X	—		
				△ Y	—	—	
				△ Z	—		
				△ X	—		
				△ Y	—	—	
				△ Z	—		

本数値は POINT 153 (EL+15,000) を変位の基準点とした。

5. 計算方法の概要及び許容応力

通産省告示第501号第1種管，第3種管の規定により応力の算出及び評価を行う。

5.1 第1種管

5.1.1 一次応力

- (1) 設計状態，運転状態Ⅲ，Ⅳの一次応力は，告示第501号第46条第1項第1号～第3号により応力を算出し，下記の許容条件を満足することを確認する。

設計状態…………… 1.5 Sm

運転状態Ⅲ…………… 2.25 Sm

運転状態Ⅳ…………… 3 Sm

考慮する荷重は内圧（設計状態では最高使用圧力），自重である。

なお，運転状態Ⅳは運転状態Ⅲの条件以下であり，評価不要である。

- (2) 地震時の一次応力は，告示第501号第46条第1項第1号を準用して応力を算出し，下記の許容条件を満足することを確認する。

地震時…………… 1.5 Sm

考慮する荷重は内圧，自重，地震振動である。

5.1.2 一次＋二次応力

- (1) 運転状態Ⅰ，Ⅱの一次＋二次応力は，告示第501号第46条第1項第4号により応力を算出し，下記の許容条件を満足することを確認する。

運転状態Ⅰ，Ⅱ…………… 3 Sm

考慮する荷重は内圧，熱膨張，熱衝撃である。

なお，地震との組合せの要否を判定するため，運転状態Ⅲについても一次＋二次応力を算出する。

- (2) 地震時の一次＋二次応力は，告示第501号第46条第1項第4号を準用して応力を算出し，下記の許容条件を満足することを確認する。

地震時…………… 3 Sm

考慮する荷重は内圧，熱膨張，熱衝撃，地震振動，地震相対変位とし，運転状態Ⅰ，Ⅱ，Ⅲの各モードのうち一次＋二次応力が最大のものと地震とを組合せて評価する。

5.1.3 ピーク応力及び疲労評価

- (1) 運転状態Ⅰ，Ⅱにおけるピーク応力及び繰返しピーク応力強さを告示第501号第46条第1項第5号により算出し，下記の許容条件を満足することを確認する。

$$\text{運転状態Ⅰ，Ⅱ} \cdots \cdots \cdots \text{疲れ累積係数 } Df_1 < 1$$

考慮する荷重は内圧，熱膨張，熱衝撃である。

- (2) 地震時のピーク応力及び繰返しピーク応力強さは，告示第501号第46条第1項第5号を準用して算出し，下記の許容条件を満足することを確認する。

地震時………地震時の疲れ累積係数 Df_2 は運転状態Ⅰ，Ⅱ，Ⅲの各モードの内，ピーク応力が最大となるもの（一次＋二次応力が最大となるモード）と地震とを組合せて算出し，運転状態Ⅰ，Ⅱにおける疲れ累積係数 Df_1 との和が許容条件以下（ $Df_1 + Df_2 < 1$ ）であること。

考慮する荷重は内圧，熱膨張，熱衝撃，地震振動，地震相対変位である。

5.1.4 弾塑性解析

- (1) 前記5.1.2に示す1次＋2次応力が許容条件を満足しない場合は，告示第501号第47条を適用する。

5.1.5 使用材の許容応力値は下表のとおりである。

(Kg/mm²)

使用材料	許容応力		備考
SUS316LTP	1.5 Sm	1 5.6	235℃
	2.25 Sm	2 5.2	182℃
	3 Sm	3 3.6	

5.2 第3種管

5.2.1 一次応力

- (1) 一次応力は告示第501号第56条第1項第1号により応力値を算出し、最高使用温度における許容引張応力(S_H)を越えないことを確認する。

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重である。

- (2) 地震時の一次応力は告示第501号第56条第1項第1号を準用して応力を算出し、最高使用温度における許容引張応力(S_H)の1.2倍の値を越えないことを確認する。

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重、地震振動である。

5.2.1 一次+二次応力

- (1) 運転状態Ⅰ、Ⅱの一次+二次応力は告示第501号第56条第1項第2号により応力を算出し、下記の許容条件を満足することを確認する。

$$\text{運転状態Ⅰ, Ⅱ} \cdots \cdots S_a = 1.25 f S_c + (1 + 0.25 f) S_h$$

(温度変化サイクル数は表5-1に示すとおり7000回未満であり、 $f = 1.0$)。

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重、熱膨張である。

- (2) 地震時の一次+二次応力は告示第501号第56条第1項第2号により応力を算出し、下記の許容条件を満足することを確認する。

$$\text{地震時} \cdots \cdots S_A = 1.25 f S_c + (1.2 + 0.25 f) S_h$$

(温度変化サイクル数は表5-1に示すとおり7000回未満であり、 $f = 1.0$)。

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重、熱膨張、地震振動、地震相対変位である。

5.2.3 使用材の許容応力値は下表のとおりである。

(Kg/mm²)

使用材料	許容応力		備考
STS42	S _H	10.5	235℃
	1.2S _H	12.6	
	S _a	26.2	182℃
	S _A	28.3	
STPT49	S _H	12.2	235℃
	1.2S _H	14.6	
	S _a	30.5	182℃
	S _A	32.9	

5.2.4 Asクラス部に対する検討

Asクラス部分の配管に対しては、Aクラス部分の1.5倍の地震力をもって機能保持の検討を行う。

(1) 一次応力

地震によるモーメントを1.5倍し、告示第501号第56条第1項第1号を準用して応力を算出する。

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重、地震振動である。

(2) 一次+二次応力

地震によるモーメントを1.5倍し、告示第501号第56条第1項第2号を準用して応力を算出する。

考慮する荷重は内圧(最高使用圧力)、自重、熱膨張、地震振動、地震相対変位である。

6. 計算結果

6.1 固有値解析結果

各モードの固有振動数と床応答曲線を用いて求めた各モードにおける応答加速度は表6-1に示すとおりである。

なお、減衰定数は0.5%とした。

6.2 支持点及び蒸気ドラムノズルへの反力

各荷重条件に対する支持点及び蒸気ドラムノズルへの反力値は表6-2～表6-6に示すとおりである。

6.3 配管のモーメント

各荷重により配管に発生するモーメントは表6-7に示すとおりである。

表 5 - 1 温度変化サイクル

運転 モード	運 転 状 態	温度変化幅	温度変化 幅 の 比	サイクル数	等 価 サイクル数	備 考
		ΔT	$(\frac{\Delta T}{\Delta T_E})^5$	N	$N(\frac{\Delta T}{\Delta T_E})^5$	
M 1 M12 M13	I	144	1	360	360	最大温度変化幅 $T_E = 144^\circ\text{C}$ 等価サイクル数 $\sum N(\frac{\Delta T}{\Delta T_E})^5 = 2161$ 回
M2	I	0	0	—	0	
M3	I	0	0	—	0	
M4	I	131	0.6231	1580	985	
M5	I	0	0	—	0	
M6	I	32	0.0006	13640	9	
M7	I	131	0.6231	930	580	
M8	II	62	0.0148	10	1	
M11	II	131	0.6231	360	225	
M12	I	32	0.0006	360	1	
M15	II	0	0	50	0	

表 6 - 1 固有振動数と応答加速度

モード	固有振動数 (Hz)	応答加速度 (g)	
		水平方向	鉛直方向
1	6.5	1.82	0.288
2	10.2	1.23	
3	11.3	1.23	
4	11.5	1.23	
5	13.0	1.18	
6	14.6	1.03	
7	17.6	0.83	
8	19.2	0.75	
9	20.7	0.71	
10	23.7	0.71	

(1) 床応答曲線は原子炉建屋質点No.21, 20, 19, 18, 3およびタービン建屋質点No.2の曲線の包絡線を使用した。

表 6 - 2 自重による支持点反力

(Kg)

支 持 点	F_X	F_Y	F_Z
41	—	1193	—
50	—	—	27
60	50	—	-64
71	—	1070*	—
80	-69	—	18
85	432	—	92
91	-337	—	—
105	—	2070*	—
115	—	770*	—
119	—	280*	—
130	—	1180*	—
153	-38	1157	—
185	-29	2512	—
195	15	-73	-65

*コンスタントハンガの支持力(容量)

表 6 - 3 熱膨張による支持点反力

(Kg)

支 持 点	F_X	F_Y	F_Z
41	—	100	—
50	—	—	284
60	725	—	-67
80	-343	—	-966
85	-339	—	1680
91	819	—	—
153	-355	217	—
185	-368	-47	—
195	191	24	-755

表 6 - 4 (1) 地震振動による支持点反力

(X + Y 方向地震時)

(Kg)

支 持 点	F _X	F _Y	X _Z
35	30 (1)	—	28 (2)
41	—	513	—
50	61	—	10
60	358	—	55
80	435	—	56
85	273	—	164
88	—	720	—
90	—	—	421
91	542	—	—
113	1438	889	333
122	391 (1)	884 (2)	1067 (3)
139	305 (1)	224 (2)	51 (3)
153	983	566	—
185	1142	1092	—
195	402	149	68

表中の(1), (2), (3)は計算モデル図に記載の各オイルダンパの番号を示す。

表 6 - 4 (2) 地震振動による支持点反力

(Z + Y 方向地震時)

(Kg)

支 持 点	F_X	F_Y	F_Z
35	75 (1)	—	76 (2)
41	—	1093	—
50	18	—	6
60	167	—	427
80	203	—	229
85	191	—	240
88	—	237	—
90	—	—	551
91	412	—	—
113	1237	403	287
122	186 (1)	383 (2)	474 (3)
139	12 (1)	178 (2)	36 (3)
153	131	439	—
185	238	788	—
195	85	41	5

表中の(1), (2), (3)は計算モデル図に記載の各オイルダンパの番号を示す。

表 6 - 5(1) 地震相対変位による支持点反力

(X + Y 方向地震時)

(Kg)

支 持 点	F _X	F _Y	F _Z
35	253 (1)	—	17 (2)
41	—	49	—
50	74	—	13
60	4	—	10
80	7	—	1
85	16	—	1
88	—	15	—
90	—	—	1
91	25	—	—
113	6	15	91
122	97 (1)	22 (2)	68 (3)
139	352 (1)	108 (2)	198 (3)
153	486	101	—
185	485	26	—
195	322	14	137

表中の(1), (2), (3)は計算モデル図に記載の各オイルダンパの番号を示す。

表 6 - 5 (2) 地震相対変位による支持点反力

(Z + Y 方向地震時)

(Kg)

支 持 点	F _X	F _Y	F _Z
35	858 ⁽¹⁾	—	1 ⁽²⁾
41	—	1045	—
50	32	—	166
60	18	—	60
80	15	—	187
85	15	—	97
88	—	1048	—
90	—	—	66
91	8	—	—
113	9	37	1146
122	1260 ⁽¹⁾	14 ⁽²⁾	778 ⁽³⁾
139	947 ⁽¹⁾	35 ⁽²⁾	689 ⁽³⁾
153	136	58	—
185	284	121	—
195	147	63	901

表中の(1), (2), (3)は計算モデル図に記載の各オイルダンパの番号を示す。

表 6-6 蒸気ドラム(A)給水系ノズル反力(節点10)

荷重条件		反力 (Kg)			反モーメント (Kg-m)		
		F _x	F _y	F _z	F _x	F _y	F _z
自重		-33	1170	-1	253	38	-693
熱膨張		-435	-294	-183	-249	-322	212
地震	振動	1	341	2	65	1	209
	相対	14	338	41	72	63	201
地震による反力は絶対値を記載した。		259	53	162	54	129	101
		629	19	524	21	593	49

表 6 - 7 (1) 外力によるモーメント

(Kg - m)

評価点	成分	①	②	③		④	
		自重	熱膨張	地震振動		地震相対変位	
				X + Y	Z + Y	X + Y	Z + Y
20	M 1	253	264	65	72	54	21
	M 2	38	218	7	11	26	22
	M 3	39	66	1	1	101	150
31	M 1	71	157	32	23	17	4
	M 2	221	455	62	64	14	7
	M 3	5	540	1	15	125	300
40	M 1	71	157	32	23	17	4
	M 2	3	182	31	13	4	46
	M 3	23	1027	11	17	111	27
85	M 1	11	151	67	55	5	8
	M 2	173	90	138	86	1	9
	M 3	95	3578	55	90	1	62
100	M 1	11	151	67	55	5	8
	M 2	396	1661	54	128	7	19
	M 3	1025	844	199	72	36	10
101	M 1	423	1962	74	7	7	15
	M 2	38	453	61	80	4	13
	M 3	443	938	154	44	29	16

表 6-7 (2) 外力によるモーメント

(Kg - m)

評価点	成分	①	②	③		④	
		自重	熱膨張	地震振動		地震相対変位	
				X + Y	Z + Y	X + Y	Z + Y
110	M 1	423	1962	74	7	7	15
	M 2	586	719	102	68	17	32
	M 3	115	1299	566	631	3	25
121	M 1	6	282	143	64	8	89
	M 2	941	529	349	135	7	36
	M 3	201	2074	261	97	13	210
140	M 1	6	282	143	64	8	89
	M 2	162	639	67	64	50	218
	M 3	81	707	29	18	9	1396
149	M 1	49	684	126	79	27	217
	M 2	90	1182	272	60	276	687
	M 3	371	762	225	43	189	92
150	M 1	117	1484	280	62	308	1010
	M 2	21	382	118	77	5	107
	M 3	308	668	71	1	83	35
151	M 1	117	1484	280	62	308	1010
	M 2	305	681	33	10	60	1
	M 3	62	233	123	76	2	164

表6-7(3) 外力によるモーメント

(Kg-m)

評価点	成分	①	②	③		④	
		自重	熱膨張	地震振動		地震相対変位	
				X + Y	Z + Y	X + Y	Z + Y
152	M 1	318	538	46	10	29	68
	M 2	104	1341	359	62	397	941
	M 3	99	104	127	102	59	372
153	M 1	318	538	46	10	29	68
	M 2	150	153	148	129	81	372
	M 3	91	1202	436	62	483	874
157	M 1	318	538	46	10	29	68
	M 2	838	121	375	225	64	293
	M 3	72	947	347	90	300	689
185	M 1	318	538	46	10	29	68
	M 2	1602	59	789	514	31	143
	M 3	35	462	1019	215	734	335
192	M 1	318	538	46	10	29	68
	M 2	85	11	26	17	6	26
	M 3	6	85	161	34	135	62
195	M 1	318	538	46	10	29	68
	M 2	194	28	195	78	15	67
	M 3	16	216	438	93	344	157

7. 応力評価

7.1 第1種管

7.1.1 一次応力

- (1) 設計状態、運転状態Ⅲにおける主要な点でその応力値を表7-1に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、いずれの状態でも許容値（設計状態 $1.5 S_m = 15.6 \text{ Kg/mm}^2$ ，運転状態Ⅲ $2.25 S_m = 25.2 \text{ Kg/mm}^2$ ）を満足している。

設計状態…………… 9.2 Kg/mm^2 （評価点152）

運転状態Ⅲ…………… 9.2 Kg/mm^2 （評価点152）

- (2) 地震時における主要な点での応力値を表7-2に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり許容値（ $1.5 S_m = 15.6 \text{ Kg/mm}^2$ ）を満足している。

地震時…………… 10.7 Kg/mm^2 （評価点152）

7.1.2 一次+二次応力

- (1) 運転状態Ⅰ，Ⅱにおける主要な点での応力値を表7-3に示す。

最大応力値は運転状態Ⅰのモード12，13で発生し、その値は下記に示すとおり許容値（ $3 S_m = 33.6 \text{ Kg/mm}^2$ ）を満足している。

運転状態Ⅰ，Ⅱ…………… 24.9 Kg/mm^2 （評価点151）

- (2) 地震時における主要な点での応力値を表7-4に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり許容値（ $3 S_m = 33.6 \text{ Kg/mm}^2$ ）を満足している。

地震時…………… 32.2 Kg/mm^2 （評価点151）

7.1.3 疲労評価

- (1) 運転状態Ⅰ，Ⅱにおける主要な点での疲労評価結果を表7-5に示す。

最大疲れ累積係数は下記のとおりであり制限条件（ $Df_1 < 1$ ）を満足している。

運転状態Ⅰ，Ⅱ…………… $Df_1 = 0.01729$ （全評価点）

- (2) 地震時における主要な点での疲労評価結果を表7-6に示す。

最大疲れ累積係数は下記のとおりであり制限条件（ $Df_1 + Df_2 < 1$ ）を満足している。

地震時…………… $Df_1 + Df_2 = 0.01736$ （評価点151）

7.1.4 弾塑性解析

前記7.1.2で述べたとおり一次+二次応力は全て許容値以下であるため、弾塑性解析は行なわない。

7.2 第3種管

7.2.1 一次応力

(1) 主要な点での応力値を表7-7に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、許容値 ($S_H = 10.5 \text{ Kg/mm}^2$) を満足している。

5.5 Kg/mm^2 (評価点185)

(2) 地震時における主要な点での応力値を表7-8に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、許容値 ($1.2 S_H = 12.6 \text{ Kg/mm}^2$) を満足している。

地震時…………… 7.1 Kg/mm^2 (評価点185)

7.2.2 一次+二次応力

(1) 運転状態I, IIにおける主要な点での応力値を表7-7に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、許容値 ($S_a = 26.2 \text{ Kg/mm}^2$) を満足している。

運転状態I, II…………… 6.4 Kg/mm^2 (評価点185)

(2) 地震時における主要な点での応力値を表7-8に示す。

最大応力値は下記に示すとおりであり、許容値 ($S_A = 28.3 \text{ Kg/mm}^2$) を満足している。

地震時…………… 8.9 Kg/mm^2 (評価点185)

7.2.3 Asクラス部に対する検討

(1) 主要な点における一次応力は表7-9に示すとおりである。

最大応力値は、7.8 Kg/mm^2 (評価点185) でAクラス部の許容値をも満足している。

(2) 主要な点における一次+二次応力は表7-9に示すとおりである。

最大応力値は10.0 Kg/mm^2 (評価点185) でAクラス部の許容値をも満足している。

以上(1), (2)より、0.375g (Aクラスの1.5倍) の地震に対し、安全である。

表 7 - 1 一次応力評価表

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評 価 点	状態区分	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	備 考
		内圧による 応 力	一次応力評 価モーメント	外力による 応 力	一次応力	許容応力	
		$\frac{B_1 P D_0}{200 t}$	Mip = ①	$\frac{B_2 Mip}{Z_i}$	S = ⑤ + ⑦	$\frac{1.5 S_m}{2.25 S_m}$	
20	設計状態	3.7	2 5 9	1.1	4.8	1 5.6	応力係数 (直管) B ₁ = 0.5 B ₂ = 1.0 (曲管) B ₁ = 0.5 * B ₁ = 1.0 B ₂ = 2.9 (R = 3 8 1) B ₁ = 1.0 B ₂ = 3.8 (R = 2 5 4) B ₁ = 0.5 B ₂ = 2.3 (R = 5 5 0)
	運転状態Ⅲ	3.7	2 5 9	1.1	4.8	2 5.2	
31	設計状態	3.7	2 3 2	0.9	4.6	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	2 3 2	0.9	4.6	2 5.2	
40	設計状態	3.7	7 5	0.3	4.0	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	7 5	0.3	4.0	2 5.2	
85	設計状態	3.7	1 9 8	0.3	4.0	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	1 9 8	0.3	4.0	2 5.2	
100	設計状態	3.7	1 0 9 9	4.5	8.2	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	1 0 9 9	4.5	8.2	2 5.2	
101	設計状態	3.7	6 1 4	2.5	6.2	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	6 1 4	2.5	6.2	2 5.2	
110	設計状態	3.7	7 3 2	2.4	6.1	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	7 3 2	2.4	6.1	2 5.2	
121	設計状態	3.7	9 6 2	3.1	6.8	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	9 6 2	3.1	6.8	2 5.2	
140	設計状態	3.7	1 8 1	0.6	4.3	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	1 8 1	0.6	4.3	2 5.2	
* 149	設計状態	7.3	3 8 5	1.6	8.9	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	7.3	3 8 5	1.6	8.9	2 5.2	
* 150	設計状態	7.3	3 3 0	1.3	8.6	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	7.3	3 3 0	1.3	8.6	2 5.2	
151	設計状態	7.3	3 3 3	1.8	9.1	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	7.3	3 3 3	1.8	9.1	2 5.2	
152	設計状態	7.3	3 4 9	1.9	9.2	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	7.3	3 4 9	1.9	9.2	2 5.2	
153	設計状態	3.7	3 6 3	0.5	4.2	1 5.6	
	運転状態Ⅲ	3.7	3 6 3	0.5	4.2	2 5.2	

表 7 - 2 一次応力評価表 (地震時)

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評 価 点	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	備 考
	内圧による 応 力	一次応力評 価モーメント	外力による 応 力	一次応力	許容応力	
	$\frac{B_1 P D_0}{200 t}$	Mip = ① + ③	$\frac{B_2 Mip}{Z_i}$	S = ⑤ + ⑦	1.5 Sm	
20	3.7	3 3 1	1.3	5.0	1 5.6	応力係数 (直管) B ₁ = 0.5 B ₂ = 1.0 (曲管) B ₁ = 0.5 *B ₁ = 1.0 B ₂ = 2.9 (R = 3 8 1) B ₁ = 1.0 B ₂ = 3.8 (R = 2 5 4) B ₁ = 0.5 B ₂ = 2.3 (R = 5 5 0)
31	3.7	3 0 1	1.2	4.9		
40	3.7	1 1 4	0.5	4.2		
85	3.7	3 5 4	0.5	4.2		
100	3.7	1 3 0 6	5.3	9.0		
101	3.7	7 8 3	3.2	6.9		
110	3.7	1 0 8 8	3.5	7.2		
121	3.7	1 3 7 8	4.4	8.1		
140	3.7	2 9 5	0.9	4.6		
149*	7.3	7 1 9	2.9	1 0.2		
150*	7.3	5 6 6	2.3	9.6		
151	7.3	5 5 3	2.9	1 0.2		
152	7.3	6 3 1	3.4	1 0.7		
153	3.7	7 0 6	1.0	4.7		

表 7 - 3 (1) 一次十二次応力評価表

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備考
			内圧による 応力 $\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	一次十二次応力 評価モーメント Mis = ②	外力による 応力 $\frac{C_2 Mis}{Z_i}$	温度勾配による 応力 $\frac{E \alpha |\Delta T_1|}{1.4} + C_3 E ab |\alpha a T a - \alpha b T b|$	一次十二次応力 $S_n = ⑩ + ⑫ + ⑬$	許容応力 3 Sm	
20	M1	I	7.3	3 4 9	1.9	0.1	9.3	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8	
	M2	I	7.3	↑	↑	0.0	9.2		
	M3	I	7.3			0.0	9.2		
	M4	I	7.8			2.5	1 2. 2		
	M5	I	7.8			0.0	9.7		
	M6	I	7.8			0.1	9.8		
	M7	I	7.3			1.7	1 0. 9		
	M12 M13	I	7.3			5.0	1 4. 2		
	M8	II	8.7		↓	0.1	1 0. 7		
	M11	II	7.8	3 4 9	1.9	1.7	1 1. 4		
M15	II	9.5	—	—	—	9.5			
M9	III	9.5	3 4 9	1.9	1.7	1 3. 1			
M10	III	9.5	3 4 9	1.9	1.7	1 3. 1			

表 7-3 (2) 一次 + 二次応力評価表

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備考
			内圧による 応力	一次+二次応力 評価モーメント	外力による 応力	温度勾配による 応力	一次+二次応力	許容応力	
31	M1	I	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	Mis = ②	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha_a T_a - \alpha_b T_b|$	$S_n = ⑩ + ⑫ + ⑬$	3 Sm	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8
	M2	I	7.3	7 2 3	3.8	0.1	1 1.2		
	M3	I	7.3			0.0	1 1.1		
	M4	I	7.8			0.0	1 1.1		
	M5	I	7.8			2.5	1 4.1		
	M6	I	7.8			0.0	1 1.6		
	M7	I	7.3			0.1	1 1.7		
	M12	I	7.3			1.7	1 2.8	3 3.6	
	M13	I	7.3			5.0	1 6.1		
	M8	II	8.7			0.1	1 2.6		
M11	II	7.8	7 2 3	3.8	1.7	1 3.3			
M15	II	9.5	—	—	—	9.5			
M9	III	9.5	7 2 3	3.8	1.7	1 5.0			
M10	III	9.5	7 2 3	3.8	1.7	1 5.0			

表 7 - 3 (3) 一次 + 二次応力評価表

(モーメント : Kg-m, 応力 : Kg/mm²)

評価点	運転モード	運 転 状 態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備 考
			内圧による 応力	一次 + 二次応力 評価モーメント	外力による 応力	温度勾配による応力	一次 + 二次応力	許容応力	
40	M1	I	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$ 7.3	Mis = ② 1 0 5 5	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$ 5.6	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b|$ 0.1	1 3.0	3 Sm 応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8	
	M2	I	7.3			0.0	1 2.9		
	M3	I	7.3			0.0	1 2.9		
	M4	I	7.8			2.5	1 5.9		
	M5	I	7.8			0.0	1 3.4		
	M6	I	7.8			0.1	1 3.5		
	M7	I	7.3			1.7	1 4.6		
	M12 M13	I	7.3			5.0	1 7.9		
	M8	II	8.7			0.1	1 4.4		
	M11	II	7.8	1 0 5 5	5.6	1.7	1 5.1		
M15	II	9.5	—	—	—	9.5			
M9	III	9.5	1 0 5 5	5.6	1.7	1 6.8			
M10	III	9.5	1 0 5 5	5.6	1.7	1 6.8			

表 7 - 3 (4) 一次 + 二次応力評価表

(モーメント : Kg-m, 応力 : Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備考
			内圧による応力	一次+二次応力評価モーメント	外力による応力	温度勾配による応力	一次+二次応力	許容応力	
85	M1	I	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$ 5.6	Mis = ② 3 7 6 2	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$ 5.3	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 E \alpha b |\alpha a T a - \alpha b T b|$ 0.1	1 1.0	3 Sm 応力係数 C ₁ = 1.0 C ₂ = 1.0	
	M2	I	5.6	↑	↑	0.0	1 0.9		
	M3	I	5.6			0.0	1 0.9		
	M4	I	6.0			2.5	1 3.8		
	M5	I	6.0			0.0	1 1.3		
	M6	I	6.0			0.1	1 1.4		
	M7	I	5.6			1.7	1 2.6		
	M12 M13	I	5.6			5.0	1 5.9		
	M8	II	6.6	↓	↓	0.1	1 2.0		
	M11	II	6.0	3 7 6 2	5.3	1.7	1 3.0		
	M15	II	7.3	—	—	—	7.3		
	M9	III	7.3	3 7 6 2	5.3	1.7	1 4.3		
	M10	III	7.3	3 7 6 2	5.3	1.7	1 4.3		

表 7 - 3 (5) 一 次 + 二 次 応 力 評 価 表

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評 価 点	運 転 モ ー ド	運 転 状 態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備 考
			内圧による 応力 $\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	一次+二次応力 評価モーメント Mis = ②	外力による 応力 $\frac{C_2 Mis}{Z_i}$	温度勾配による応力 $\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha a T a - \alpha b T b|$	一次+二次応力	許容応力 3 Sm	
100	M1	I	7.3	1 8 6 9	9.9	0.1	1 7.3	3 3.6	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8
	M2	I	7.3			0.0	1 7.2		
	M3	I	7.3			0.0	1 7.2		
	M4	I	7.8			2.5	2 0.2		
	M5	I	7.8			0.0	1 7.7		
	M6	I	7.8			0.1	1 7.8		
	M7	I	7.3			1.7	1 8.9		
	M12 M13	I	7.3			5.0	2 2.2		
	M8	II	8.7			0.1	1 8.7		
	M11	II	7.8	1 8 6 9	9.9	1.7	1 9.4		
M15	II	9.5			—	9.5			
M9	III	9.5	1 8 6 9	9.9	1.7	2 1.1			
M10	III	9.5	1 8 6 9	9.9	1.7	2 1.1			

表 7-3(6) 一次 + 二次 応力 評価 表

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備考	
			内圧による応力 $\frac{C_1 P_0 D_0}{200t}$	一次 + 二次 応力 評価モーメント Mis = ②	外力による応力 $\frac{C_2 M_{is}}{Z_i}$	温度勾配による応力 $\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 E_{ab} |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b|$	一次 + 二次 応力 Sn = ⑩ + ⑫ + ⑬	許容応力 3 Sm		
101	M1	I	7.3	2 2 2 1	1 1.8	0.1	1 9.2	3 3.6	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8	
	M2	I	7.3	↑	↑	0.0	1 9.1			
	M3	I	7.3			0.0	1 9.1			
	M4	I	7.8			2.5	2 2.1			
	M5	I	7.8			0.0	1 9.6			
	M6	I	7.8			0.1	1 9.7			
	M7	I	7.3			1.7	2 0.8			
	M12	I		7.3	↓		5.0			2 4.1
	M13									
	M8	II		8.7			0.1			2 0.6
	M11	II		7.8	2 2 2 1	1 1.8	1.7			2 1.3
	M15	II		9.5	—	—	—			9.5
	M9	III		9.5	2 2 2 1	1 1.8	1.7			2 3.0
	M10	III		9.5	2 2 2 1	1 1.8	1.7			2 3.0

表 7 - 3 (7) 一 次 + 二 次 応 力 評 価 表

(モーメント : Kg-m, 応力 : Kg/mm²)

評 価 点	運 転 モ ー ド	運 転 状 態	⑩		⑪		⑫		⑬		⑭		⑮		備 考
			内 圧 に よ る 応 力	一 次 + 二 次 応 力 評 価 モーメント	外 力 に よ る 応 力	温 度 勾 配 に よ る 応 力	一 次 + 二 次 応 力	許 容 応 力							
110	M1	I	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	Mis = ②	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha a T a - \alpha b T b|$	一次 + 二次応力	3 Sm	応力係数 C ₁ = 1.2 C ₂ = 3.0						
	M2	I	6.7	2 4 6 0	1 0.3	0.1	1 7.1								
	M3	I	6.7			0.0	1 7.0								
	M4	I	6.7			0.0	1 7.0								
	M5	I	7.2			2.5	2 0.0								
	M6	I	7.2			0.0	1 7.5								
	M7	I	7.2			0.1	1 7.6								
	M12	I	6.7			1.7	1 8.7	3 3.6							
	M13	I	6.7			5.0	2 2.0								
	M8	II	8.0			0.1	1 8.4								
M11	II	7.2	2 4 6 0	1 0.3	1.7	1 9.2									
M15	II	8.7			—	8.7									
M9	III	8.7	2 4 6 0	1 0.3	1.7	2 0.7									
M10	III	8.7	2 4 6 0	1 0.3	1.7	2 0.7									

表 7-3(8) 一次十二次応力評価

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑩		⑪		⑫		⑬		⑭		⑮		備考
			内圧による応力	一次十二次応力評価モーメント	外力による応力	温度勾配による応力	一次十二次応力	許容応力							
121	M1	I	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	Mis = ②	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha a T a - \alpha b T b|$	$S_n = ⑩ + ⑫ + ⑬$	3 Sm	応力係数 C ₁ = 1.2 C ₂ = 3.0						
	M2	I	6.7	2159	9.1	0.1	15.9								
	M3	I	6.7			0.0	15.8								
	M4	I	7.2			0.0	15.8								
	M5	I	7.2			2.5	18.8								
	M6	I	7.2			0.0	16.3								
	M7	I	6.7			0.1	16.4								
	M12	I	6.7			1.7	17.5	33.6							
	M13	I	6.7			5.0	20.8								
	M8	II	8.0			0.1	17.2								
M11	II	7.2	2159	9.1	1.7	18.0									
M15	II	8.7			—	8.7									
M9	III	8.7	2159	9.1	1.7	19.5									
M10	III	8.7	2159	9.1	1.7	19.5									

表 7 - 3 (9) 一次 + 二次応力評価表

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備考
			内圧による応力 $\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	一次 + 二次応力評価モーメント Mis = ②	外力による応力 $\frac{C_2 M_{is}}{Z_i}$	温度勾配による応力 $\frac{E \alpha |\Delta T_i|}{1.4} + C_3 E a b |\alpha a T a - \alpha b T b|$	一次 + 二次応力 Sn = ⑩ + ⑫ + ⑬	許容応力 3 Sm	
140	M1	I	6.7	994	4.2	0.1	11.0	33.6	応力係数 C ₁ = 1.2 C ₂ = 3.0
	M2	I	6.7	↑	↑	0.0	10.9		
	M3	I	6.7	↑	↑	0.0	10.9		
	M4	I	7.2	↑	↑	2.5	13.9		
	M5	I	7.2	↑	↑	0.0	11.4		
	M6	I	7.2	↑	↑	0.1	11.5		
	M7	I	6.7	↓	↓	1.7	12.6		
	M12	I	6.7	↓	↓	5.0	15.9		
	M13	I	6.7	↓	↓	0.1	12.3		
	M8	II	8.0	↓	↓	1.7	13.1		
	M11	II	7.2	994	4.2	—	8.7		
	M15	II	8.7	—	—	1.7	14.6		
	M9	III	8.7	994	4.2	1.7	14.6		
	M10	III	8.7	994	4.2	1.7	14.6		

表 7 - 3 (10) 一 次 十 二 次 応 力 評 価 表

(モーメント : Kg-m, 応力 : Kg/mm²)

評 価 点	運 転 モ ー ド	運 転 状 態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備 考
			内圧による 応力	一次十二次応力 評価モーメント	外力による 応力	温度勾配による応力	一次十二次応力	許容応力	
149	M1	I	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$ 7.3	Mis = ② 1 5 6 4	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$ 8.3	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha a T a - \alpha b T b|$ 0.1	1 5.7	3 Sm	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8
	M2	I	7.3			0.0	1 5.6		
	M3	I	7.3			0.0	1 5.6		
	M4	I	7.8			2.5	1 8.6		
	M5	I	7.8			0.0	1 6.1		
	M6	I	7.8			0.1	1 6.2		
	M7	I	7.3			1.7	1 7.3	3 3.6	
	M12 M13	I	7.3			5.0	2 0.6		
	M8	II	8.7			0.1	1 7.1		
	M11	II	7.8	1 5 6 4	8.3	1.7	1 7.8		
M15	II	9.5	—	—	—	9.5			
M9	III	9.5	1 5 6 4	8.3	1.7	1 9.5			
M10	III	9.5	1 5 6 4	8.3	1.7	1 9.5			

表 7-3 (II) 一次 + 二次応力評価表

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備考
			内圧による応力	一次 + 二次応力評価モーメント	外力による応力	温度勾配による応力	一次 + 二次応力	許容応力	
			$\frac{C_1 P_0 D_0}{200t}$	Mis = ②	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha_a T_a - \alpha_b T_b|$	$S_n = ⑩ + ⑫ + ⑬$	3 Sm	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8
	M1	I	7.3	1 6 7 2	8.9	0.1	1 6.3		
	M2	I	7.3			0.0	1 6.2		
	M3	I	7.3			0.0	1 6.2		
	M4	I	7.8			2.5	1 9.2		
	M5	I	7.8			0.0	1 6.7		
	M6	I	7.8			0.1	1 6.8		
	M7	I	7.3			1.7	1 7.9	3 3.6	
150	M12 M13	I	7.3			5.0	2 1.2		
	M8	II	8.7			0.1	1 7.7		
	M11	II	7.8	1 6 7 2	8.9	1.7	1 8.4		
	M15	II	9.5			—	9.5		
	M9	III	9.5	1 6 7 2	8.9	1.7	2 0.1		
	M10	III	9.5	1 6 7 2	8.9	1.7	2 0.1		

表 7 - 3 (12) 一 次 十 二 次 応 力 評 価 表

(モーメント : Kg-m, 応力 : Kg/mm²)

評 価 点	運 転 モー ド	運 転 状 態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備 考
			内圧による 応力	一次十二次応力 評価モーメント	外圧による 応力	温度勾配による応力	一次十二次応力	許容応力	
	M1	I	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$ 8.4	Mis = ② 1 6 4 9	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$ 1 1.5	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha a T a$ - $\alpha b T b$ 0.1	2 0.0	3 S m	応力係数 C ₁ = 1.5 C ₂ = 5.0
	M2	I	8.4	↑	↑	0.0	1 9.9		
	M3	I	8.4			0.0	1 9.9		
	M4	I	9.0			2.5	2 3.0		
	M5	I	9.0			0.0	2 0.5		
	M6	I	9.0			0.1	2 0.6		
151	M7	I	8.4			1.7	2 1.6	3 3.6	
	M12 M13	I	8.4			5.0	2 4.9		
	M8	II	1 0.0	↓	↓	0.1	2 1.6		
	M11	II	9.0	1 6 4 9	1 1.5	1.7	2 2.2		
	M15	II	1 0.9	—	—	—	1 0.9		
	M9	III	1 0.9	1 6 4 9	1 1.5	1.7	2 4.1		
	M10	III	1 0.9	1 6 4 9	1 1.5	1.7	2 4.1		

表 7 - 3 (13) 一 次 + 二 次 応 力 評 価 表

(モーメント : Kg-m, 応力 : Kg/mm²)

評 価 点	運 転 モ ー ド	運 転 状 態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備 考
			内圧による 応力	一次+二次応力 評価モーメント	外力による 応力	温度勾配による 応力	一次+二次応力	許容応力	
152	M1	I	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$ 8.4	Mis = ② 1 4 4 9	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$ 1 0.1	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha a T a$ - $\alpha b T b$ 0.1	$S_n = ⑩ + ⑫ + ⑬$ 1 8.6	3 Sm	応力係数 C ₁ = 1.5 C ₂ = 5.0
	M2	I	8.4			0.0	1 8.5		
	M3	I	8.4			0.0	1 8.5		
	M4	I	9.0			2.5	2 1.6		
	M5	I	9.0			0.0	1 9.1		
	M6	I	9.0			0.1	1 9.2		
	M7	I	8.4			1.7	2 0.2		
	M12 M13	I	8.4			5.0	2 3.5		
	M8	II	1 0.0			0.1	2 0.2		
	M11	II	9.0	1 4 4 9	1 0.1	1.7	2 0.8		
M15	II	1 0.9	-	-	-	1 0.9			
M9	III	1 0.9	1 4 4 9	1 0.1	1.7	2 2.7			
M10	III	1 0.9	1 4 4 9	1 0.1	1.7	2 2.7			

表 7 - 3 (14) 一 次 十 二 次 応 力 評 価

(モーメント : Kg-m, 応力 : Kg/mm²)

評 価 点	運 転 モ ー ド	運 転 状 態	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備 考
			内 圧 に よ る 応 力 $\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	一 次 十 二 次 応 力 評 価 モーメント Mis = ②	外 力 に よ る 応 力 $\frac{C_2 Mis}{Z_i}$	温 度 勾 配 に よ る 応 力 $\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha_a T_a - \alpha_b T_b|$	一 次 十 二 次 応 力 $S_n = ⑩ + ⑫ + ⑬$	許 容 応 力 3 Sm	
153	M1	I	5.6	1 3 2 6	1.9	0.1	7.6	3 3.6	応力係数 C ₁ = 1.0 C ₂ = 1.0
	M2	I	5.6	↑	↑	0.0	7.5		
	M3	I	5.6			0.0	7.5		
	M4	I	6.0			2.5	1 0.4		
	M5	I	6.0			0.0	7.9		
	M6	I	6.0			0.1	8.0		
	M7	I	5.6			1.7	9.2		
	M12 M13	I	5.6	↓	↓	5.0	1 2.5		
	M8	II	6.6			0.1	8.6		
	M11	II	6.0	1 3 2 6	1.9	1.7	9.6		
	M15	II	7.3	—	—	—	7.3		
	M9	III	7.3	1 3 2 6	1.9	1.7	1 0.9		
	M10	III	7.3	1 3 2 6	1.9	1.7	1 0.9		

表 7 - 4 (1) 一次 + 二次応力評価表 (地震時)

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評価点	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備考
	内圧による応力	一次 + 二次応力 評価モーメント	外力による応力	温度勾配による応力	一次 + 二次応力	許容応力	
	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	Mis = ② + ③ + ④	$\frac{C_2 \text{Mis}}{Z_i}$	$\frac{E \alpha | \Delta T_1 |}{1.4} + C_3 E \alpha b | \alpha_a T a - \alpha_b T b |$	$S_n = ⑩ + ⑫ + ⑬$	3 Sm	
20	7.3	488	2.6	5.0	14.9		応力係数 (直管) C ₁ = 1.0 C ₂ = 1.0
31	7.3	1021	5.4	5.0	17.7		
40	7.3	1187	6.3	5.0	18.6		(曲管)
85	5.6	3920	5.5	5.0	16.1	33.6	C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8 (R = 381)
100	7.3	2044	10.9	5.0	23.2		
101	7.3	2387	12.7	5.0	25.0		C ₁ = 1.2 C ₂ = 3.0 (R = 550)
110	6.7	2903	12.2	5.0	23.9		

表 7 - 4 (2) 一次 + 二次応力評価表 (地震時)

(モーメント: Kg-m, 応力: Kg/mm²)

評価点	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	備考
	内圧による応力	一次 + 二次応力 評価モーメント	外力による応力	温度勾配による応力	一次 + 二次応力	許容応力	
	$\frac{C_1 P_0 D_0}{200 t}$	Mis = ② + ③ + ④	$\frac{C_2 Mis}{Z_i}$	$\frac{E\alpha|\Delta T_1|}{1.4} + C_3 Eab|\alpha a T a$ - $\alpha b T b$	$S_n = ⑩ + ⑫ + ⑬$	3 Sm	
121	6.7	2 5 4 6	1 0.7	5.0	2 2.4		応力係数 (直管) C ₁ = 1.0 C ₂ = 1.0
140	6.7	2 3 5 3	9.9	5.0	2 1.6		
149	7.3	2 3 4 2	1 2.5	5.0	2 4.8		(曲管) C ₁ = 1.3 C ₂ = 8.3 (R = 381)
150	7.3	2 7 1 1	1 4.4	5.0	2 6.7	3 3.6	
151	8.4	2 6 9 0	1 8.8	5.0	3 2.2		C ₁ = 1.5 C ₂ = 5.0 (R = 254)
152	8.4	2 4 9 2	1 7.4	5.0	3 0.8		
153	5.6	2 3 1 9	3.2	5.0	1 3.8		C ₁ = 1.2 C ₂ = 3.0 (R = 550)

表 7-5 (1) ピーク応力強さと疲労評価

(Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑬ $\frac{K_1 C_1 P_0 D_0}{200t}$	⑭ $\frac{K_2 C_2 M_{is}}{Z_i}$	⑮ $\frac{K_3 E \alpha |\Delta T_1|}{1.4} + \frac{E \alpha |\Delta T_2|}{0.7}$ $+ K_3 C_3 E a b |\alpha a T a - \alpha b T b|$	⑯ Sp ⑰+⑱+⑲	⑳ $S_L = \frac{Sp}{2}$	㉑ 予繰返し数 想Ni (回)	㉒ 許返し数 容Ni (回)	㉓ 疲れ果積数 ni/Ni	備考
100	M1	I	7.3	9.9	0.1	17.3	8.7	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8 C ₃ = 1.0 K ₁ = 1.0 K ₂ = 1.0 K ₃ = 1.0 疲れ果積 係数 $\sum \frac{ni}{Ni}$ = 0.01729
	M2	I	7.3	↑	0.0	17.2	8.6	—	—	—	
	M3	I	7.3		0.0	17.2	8.6	—	—	—	
	M4	I	7.8		3.4	21.1	10.6	1580	1.0×10^6	15.8×10^{-4}	
	M5	I	7.8		0.0	17.7	8.9	—	—	—	
	M6	I	7.8		0.2	17.9	9.0	13640	1.0×10^6	136.4×10^{-4}	
	M7	I	7.3		2.4	19.6	9.8	930	1.0×10^6	9.3×10^{-4}	
	M12 M13	I	7.3		7.9	25.1	12.6	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M8	II	8.7	↓	0.1	18.7	9.4	10	1.0×10^6	0.1×10^{-4}	
	M11	II	7.8	9.9	2.4	20.1	10.1	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M15	II	9.5	—	—	9.5	4.8	50	1.0×10^6	0.5×10^{-4}	

表 7-5 (2) ピーク応力強さと疲労評価

(Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	備考
			$\frac{K_1 C_1 P_0 D_0}{200 t}$	$\frac{K_2 C_2 M_{is}}{Z_i}$	$\frac{K_3 E \alpha |\Delta T_1|}{1.4} + \frac{E \alpha |\Delta T_2|}{0.7}$ $+ K_3 C_3 E a b |\alpha a T a - \alpha b T b|$	Sp (16)+(17)+(18)	$S_L = \frac{Sp}{2}$	予想 繰返し 回数 ni (回)	許 繰返し 回数 容Ni (回)	疲れ 累積 回数 ni/Ni	
101	M1	I	7.3	11.8	0.1	19.2	9.6	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8 C ₃ = 1.0 K ₁ = 1.0 K ₂ = 1.0 K ₃ = 1.0 疲れ累積 係数 $\frac{\sum ni}{Ni}$ = 0.01729
	M2	I	7.3		0.0	19.1	9.6	—	—	—	
	M3	I	7.3		0.0	19.1	9.6	—	—	—	
	M4	I	7.8		3.4	23.0	11.5	1580	1.0×10^6	15.8×10^{-4}	
	M5	I	7.8		0.0	19.6	9.8	—	—	—	
	M6	I	7.8		0.2	19.8	9.9	13640	1.0×10^6	136.4×10^{-4}	
	M7	I	7.3		2.4	21.5	10.8	930	1.0×10^6	9.3×10^{-4}	
	M12 M13	I	7.3		7.9	27.0	13.5	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M8	II	8.7		0.1	20.6	10.3	10	1.0×10^6	0.1×10^{-4}	
	M11	II	7.8	11.8	2.4	22.0	11.0	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M15	II	9.5	—	—	9.5	4.8	50	1.0×10^6	0.5×10^{-4}	

表 7-5 (3) ピーク応力強さと疲労評価

(Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑬ $\frac{K_1 C_1 P_0 D_0}{200 t}$	⑭ $\frac{K_2 C_2 M i s}{Z i}$	⑮ $\frac{K_3 E \alpha |\Delta T_1|}{1.4} + \frac{E \alpha |\Delta T_2|}{0.7}$ $+ K_3 C_3 E a b |\alpha_a T_a - \alpha_b T_b|$	⑯ Sp ⑰+⑱+⑲	⑳ $S_L = \frac{S_P}{2}$	㉑ 予繰返し数 想ni (回)	㉒ 許返し数 容Ni (回)	㉓ 疲れ果積数 ni/Ni	備考
110	M1	I	6.7	10.3	0.1	17.1	8.6	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	応力係数 C ₁ = 1.2 C ₂ = 3.0 C ₃ = 1.0 K ₁ = 1.0 K ₂ = 1.0 K ₃ = 1.0 疲れ果積 係数 $\sum \frac{ni}{Ni}$ = 0.01729
	M2	I	6.7	↑	0.0	17.0	8.5	—	—	—	
	M3	I	6.7		0.0	17.0	8.5	—	—	—	
	M4	I	7.2		3.4	20.9	10.5	1580	1.0×10^6	15.8×10^{-4}	
	M5	I	7.2		0.0	17.5	8.8	—	—	—	
	M6	I	7.2		0.2	17.7	8.9	13640	1.0×10^6	136.4×10^{-4}	
	M7	I	6.7		2.4	19.4	9.7	930	1.0×10^6	9.3×10^{-4}	
	M12 M13	I	6.7		7.9	24.9	12.5	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M8	II	8.0	↓	0.1	18.4	9.2	10	1.0×10^6	0.1×10^{-4}	
	M11	II	7.2	10.3	2.4	19.9	10.0	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M15	II	8.7	—	—	8.7	4.4	50	1.0×10^6	0.5×10^{-4}	

表 7-5(4) ピーク応力強さと疲労評価

(Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	備考
			$\frac{K_1 C_1 P_0 D_0}{200 t}$	$\frac{K_2 C_2 M_{is}}{Z_i}$	$\frac{K_3 E \alpha |\Delta T_1|}{1.4} + \frac{E \alpha |\Delta T_2|}{0.7}$ + $K_3 C_3 E a b |\alpha T a - \alpha b T b|$	Sp (16)+(17)+(18)	$S_L = \frac{S_p}{2}$	予戻し数 想定ni (回)	許戻し数 容Ni (回)	疲れ累積数 ni/Ni	
149	M1	I	8.0	9.2	0.1	17.3	8.7	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	応力係数 C ₁ = 1.3 C ₂ = 3.8 C ₃ = 1.0 K ₁ = 1.1 K ₂ = 1.1 K ₃ = 1.1 疲れ累積 係数 $\sum \frac{ni}{Ni}$ = 0.01729
	M2	I	8.0	↑	0.0	17.2	8.6	—	—	—	
	M3	I	8.0		0.0	17.2	8.6	—	—	—	
	M4	I	8.6		3.7	21.5	10.8	1580	1.0×10^6	15.8×10^{-4}	
	M5	I	8.6		0.0	17.8	8.9	—	—	—	
	M6	I	8.6		0.2	18.0	9.0	13640	1.0×10^6	136.4×10^{-4}	
	M7	I	8.0		2.6	19.8	9.9	930	1.0×10^6	9.3×10^{-4}	
	M12 M13	I	8.0		8.4	25.6	12.8	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M8	II	9.5		0.1	18.8	9.4	10	1.0×10^6	0.1×10^{-4}	
	M11	II	8.6	9.2	2.6	20.4	10.2	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M15	II	10.4	—	—	10.4	5.2	50	1.0×10^6	0.5×10^{-4}	

表 7-5(5) ピーク応力強さと疲労評価

(Kg/mm²)

評価値	モード	運転状態	⑬ $\frac{K_1 C_1 P_0 D_0}{200t}$	⑭ $\frac{K_2 C_2 Mis}{Z_i}$	⑮ $\frac{K_3 E \alpha |\Delta T_1|}{1.4} + \frac{E \alpha |\Delta T_2|}{0.7}$ $+ K_3 C_3 E a b |\alpha a T a - \alpha b T b|$	⑯ Sp ⑰+⑱+⑲	⑳ $SL = \frac{Sp}{2}$	㉑ 予繰返し数 ni (回)	㉒ 許返し数 容Ni (回)	㉓ 疲れ累積数 ni/Ni	備考
150	M1	I	8.0	9.8	0.1	17.9	9.0	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	応力係数 $C_1 = 1.3$ $C_2 = 3.8$ $C_3 = 1.0$ $K_1 = 1.1$ $K_2 = 1.1$ $K_3 = 1.1$ 疲れ累積 係数 $\sum \frac{ni}{Ni}$ $= 0.01729$
	M2	I	8.0	↑	0.0	17.8	8.9	—	—	—	
	M3	I	8.0		0.0	17.8	8.9	—	—	—	
	M4	I	8.6		3.7	22.1	11.1	1580	1.0×10^6	15.8×10^{-4}	
	M5	I	8.6		0.0	18.4	9.2	—	—	—	
	M6	I	8.6		0.2	18.6	9.3	13640	1.0×10^6	136.4×10^{-4}	
	M7	I	8.0		2.6	20.4	10.2	930	1.0×10^6	9.3×10^{-4}	
	M12 M13	I	8.0		8.4	26.2	13.1	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M8	II	9.5	↓	0.1	19.4	9.7	10	1.0×10^6	0.1×10^{-4}	
	M11	II	8.6	9.8	2.6	21.0	10.5	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M15	II	10.4	—	—	10.4	5.2	50	1.0×10^6	0.5×10^{-4}	

表 7 - 5 (6) ピーク応力強さと疲労評価

(Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	⑩ $\frac{K_1 C_1 P_0 D_0}{200 t}$	⑪ $\frac{K_2 C_2 M i s}{Z_i}$	⑫ $\frac{K_3 E \alpha | \Delta T_1 |}{1.4} + \frac{E \alpha | \Delta T_2 |}{0.7}$ + $K_3 C_3 E a b | \alpha a T a - \alpha b T b |$	⑬ Sp ⑯+⑰+⑱	⑳ $S_L = \frac{S_P}{2}$	㉑ 予繰返し数 ni (回)	㉒ 許繰返し数 容Ni (回)	㉓ 疲れ果積数 ni/Ni	備考
	M2	I	9.3	↑	0.0	22.0	11.0	—	—	—	
	M3	I	9.3		0.0	22.0	11.0	—	—	—	
	M4	I	9.9		3.7	26.3	13.2	1580	1.0 × 10 ⁶	15.8 × 10 ⁻⁴	
	M5	I	9.9		0.0	22.6	11.3	—	—	—	
	M6	I	9.9		0.2	22.8	11.4	13640	1.0 × 10 ⁶	136.4 × 10 ⁻⁴	
	M7	I	9.3		2.6	24.6	12.3	930	1.0 × 10 ⁶	9.3 × 10 ⁻⁴	
	M12 M13	I	9.3		8.4	30.4	15.2	360	1.0 × 10 ⁶	3.6 × 10 ⁻⁴	
	M8	II	11.0	↓	0.1	23.8	11.9	10	1.0 × 10 ⁶	0.1 × 10 ⁻⁴	
	M11	II	9.9	12.7	2.6	25.2	12.6	360	1.0 × 10 ⁶	3.6 × 10 ⁻⁴	
	M15	II	12.0	—	—	12.0	6.0	50	1.0 × 10 ⁶	0.5 × 10 ⁻⁴	

表 7-5 (7) ピーク強さと疲労評価

(Kg/mm²)

評価点	運転モード	運転状態	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	備考
			$\frac{K_1 C_1 P_0 D_0}{200 t}$	$\frac{K_2 C_2 M i s}{Z_i}$	$\frac{K_3 E \alpha |\Delta T_1|}{1.4} + \frac{E \alpha |\Delta T_2|}{0.7}$ + $K_3 C_3 E a b |\alpha_a T a - \alpha_b T b|$	Sp (16)+(17)+(18)	$S_L = \frac{S_p}{2}$	予想 繰返し 回数 ni (回)	許 繰返し 回数 容Ni (回)	疲れ 果積 数 ni/Ni	
152	M1	I	9.3	11.2	0.1	20.6	10.3	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	応力係数 C ₁ = 1.5 C ₂ = 5.0 C ₃ = 1.0 K ₁ = 1.1 K ₂ = 1.1 K ₃ = 1.1 疲れ果積 係数 $\sum \frac{ni}{Ni}$ = 0.01729
	M2	I	9.3	↑	0.0	20.5	10.3	—	—	—	
	M3	I	9.3		0.0	20.5	10.3	—	—	—	
	M4	I	9.9		3.7	24.8	12.4	1580	1.0×10^6	15.8×10^{-4}	
	M5	I	9.9		0.0	21.1	10.6	—	—	—	
	M6	I	9.9		0.2	21.3	10.7	13640	1.0×10^6	136.4×10^{-4}	
	M7	I	9.3		2.6	23.1	11.6	930	1.0×10^6	9.3×10^{-4}	
	M12 M13	I	9.3		8.4	28.9	14.5	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M8	II	11.0		0.1	22.3	11.2	10	1.0×10^6	0.1×10^{-4}	
	M11	II	9.9	11.2	2.6	23.7	11.9	360	1.0×10^6	3.6×10^{-4}	
	M15	II	12.0	—	—	12.0	6.0	50	1.0×10^6	0.5×10^{-4}	

表 7 - 6 ピーク応力強さと疲労評価 (地震時)

(Kg / mm²)

評価点	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	備考
	$\frac{K_1 C_1 P_0 D_0}{200 t}$	$\frac{K_2 C_2 M_{is}}{Z_i}$	$\frac{K_3 E \alpha |\Delta T_1|}{1.4} + \frac{E \alpha |\Delta T_2|}{0.7}$ $+ K_3 C_3 E a b |\alpha a T a - \alpha b T b|$	Sp ⑯+⑰+⑱	$S_L = \frac{Sp}{2}$	予想返し回数 ni (回)	許容繰返し Ni (回)	疲れ係数 ni / Ni	運転状態での疲れ係数 $\sum \frac{ni}{Ni}$	全係疲れ累積数 ㉓+㉔				
100	7.3	1.09	7.9	26.1	13.1	50	1.0×10^6	5.0×10^{-5}	0.01729	0.01734	応力係数 C ₁ =1.3, K ₁ =1.0 C ₂ =3.8, K ₂ =1.0 C ₃ =1.0, K ₃ =1.0 * K ₁ =1.1 * K ₂ =1.1 * K ₃ =1.1 (R=381)			
101	7.3	1.27	7.9	27.9	14.0	50	1.0×10^6	5.0×10^{-5}	0.01729	0.01734				
110	6.7	1.22	7.9	26.8	13.4	50	1.0×10^6	5.0×10^{-5}	0.01729	0.01734				
* 149	8.0	1.37	8.4	30.1	15.1	50	1.0×10^6	5.0×10^{-5}	0.01729	0.01734	C ₁ =1.2, K ₁ =1.0 C ₂ =3.0, K ₂ =1.0 C ₃ =1.0, K ₃ =1.0 (R=550) C ₁ =1.5, K ₁ =1.1 C ₂ =5.0, K ₂ =1.1 C ₃ =1.0, K ₃ =1.1 (R=254)			
* 150	8.0	1.59	8.4	32.3	16.2	50	1.0×10^6	5.0×10^{-5}	0.01729	0.01734				
151	9.3	2.07	8.4	38.4	19.2	50	8.0×10^5	6.3×10^{-5}	0.01729	0.01736				
152	9.3	1.92	8.4	36.9	18.5	50	9.0×10^5	5.6×10^{-5}	0.01729	0.01735				

表 7-7 一次および二次応力評価

(Kg/mm²)

評価点	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	備考
	内圧 $\frac{PD_0}{400t}$	自重 $\frac{0.75 i_1 Ma}{Z}$	熱膨張 $\frac{i_2 Mc}{Z}$	一次応力 ⑤ + ⑥	一次許容応力 S_H	一次+二次応力 ⑤ + ⑥ + ⑦	一次+二次許容応力 S_a	
157	3.5	1.1	1.3	4.6	10.5	5.9	26.2	応力係数 $i_1 = 1.33$ $i_2 = 1.0$
185	3.5	2.0	0.9	5.5	10.5	6.4	26.2	
192	2.2	0.3	0.5	2.5	12.2	3.0	30.5	
195	2.2	0.3	0.5	2.5	12.2	3.0	30.5	

表 7-8 一次および二次応力評価 (地震含む)

(Kg/mm²)

評価点	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	備考
	内圧	自重	地震振動	熱膨張	地震相対変位	一次応力	一次許容応力	一次+二次応力	一次+二次許容応力	
	$\frac{PD_0}{400t}$	$\frac{0.75 i_1 Ma}{Z}$	$\frac{0.75 i_1 Mb}{Z}$	$\frac{i_2 Mc}{Z}$	$\frac{i_2 Md}{Z}$	⑤+⑥+⑦	1.2SH	⑤+⑥+⑦ +⑧+⑨	SA	応力係数 $i_1 = 1.33$ $i_2 = 1.0$
157	3.5	1.1	0.6	1.3	0.9	5.2	1 2.6	7.4	2 8.3	
185	3.5	2.0	1.6	0.9	0.9	7.1	1 2.6	8.9	2 8.3	
192	2.2	0.3	0.1	0.5	0.1	2.6	1 4.6	3.2	3 2.9	
195	2.2	0.3	0.4	0.5	0.3	2.9	1 4.6	3.7	3 2.9	

表7-9 A s クラス部分に対する一次応力，一次+二次応力の検討

(Kg/mm²)

評価点	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	備考
	内圧 $\frac{PD_0}{400t}$	自重 $\frac{0.75 i_1 M_a}{Z}$	地震振動 $\frac{0.75 i_1 M_b}{Z}$	熱膨張 $\frac{i_2 M_c}{Z}$	地震相対変位 $\frac{i_2 M_d}{Z}$	一次応力 $\text{⑤} + \text{⑥} + \text{⑦}$	一次許容応力 —	一次+二次応力 $\text{⑤} + \text{⑥} + \text{⑦} + \text{⑧} + \text{⑨}$	一次+二次許容応力 —	
157	3.5	1.1	0.9	1.3	1.4	5.5	—	8.2	—	応力係数 $i_1 = 1.33$ $i_2 = 1.0$
185	3.5	2.0	2.3	0.9	1.3	7.8	—	10.0	—	
192	2.2	0.3	0.2	0.5	0.2	2.7	—	3.4	—	
195	2.2	0.3	0.6	0.5	0.4	3.1	—	4.0	—	

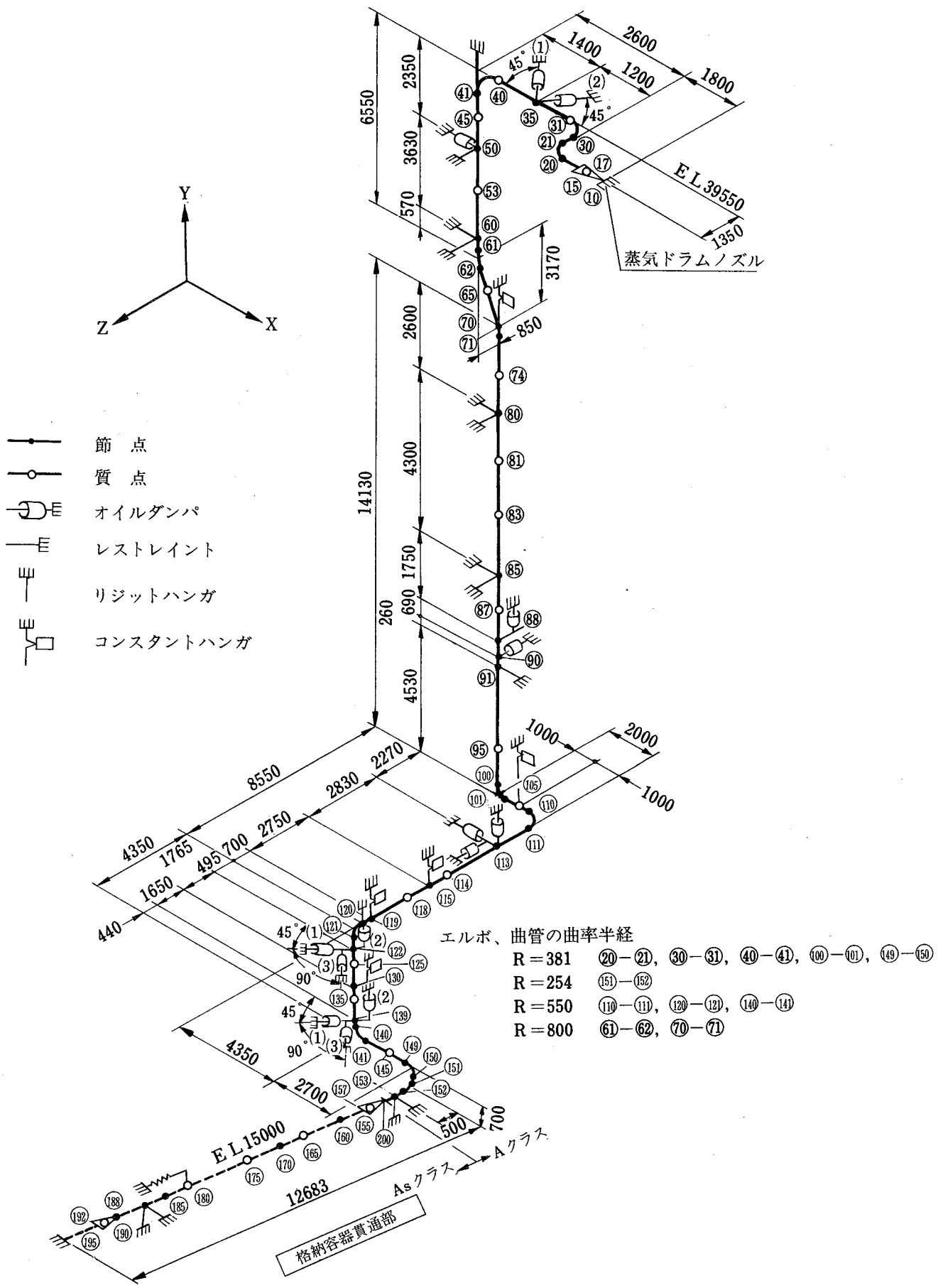


図 3-1 給水管計算モデル (Aループ)

9. 原子炉給水系弁の強度計算書

目 次

1. 概 要	9 - 1
2. 設計仕様	9 - 1
3. 運転状態	9 - 1
4. 計算結果	9 - 1

1. 概 要

原子炉給水系弁の強度計算は通産省告示第501号第80条～第82条に基づいて行った。

- (1) 弁箱の応力解析：通産省告示第501号第81条第1項第1号に基づいて行った。
- (2) 弁体の応力解析：通産省告示第501号第81条第1項第2号に基づいて行った。
- (3) 弁箱と弁ふたとの取付フランジ継手の強度計算：通産省告示第501号第81条第1項第3号に基づいて行った。
- (4) 弁箱，弁ふた及びネック部の厚さ計算：通産省告示第501号第82条第1項に基づいて行った。
- (5) 弁箱の形状規定：通産省告示第501号第82条第2項に基づいて行った。

2. 設計仕様

原子炉給水系弁の設計条件を以下に示す。

弁 番 号	呼び径 (B)	最高使用圧力 (Kg/cm^2)	最高使用温度 ($^{\circ}C$)
V 2 1 - 3 A, B	10	82	235

3. 運転状態

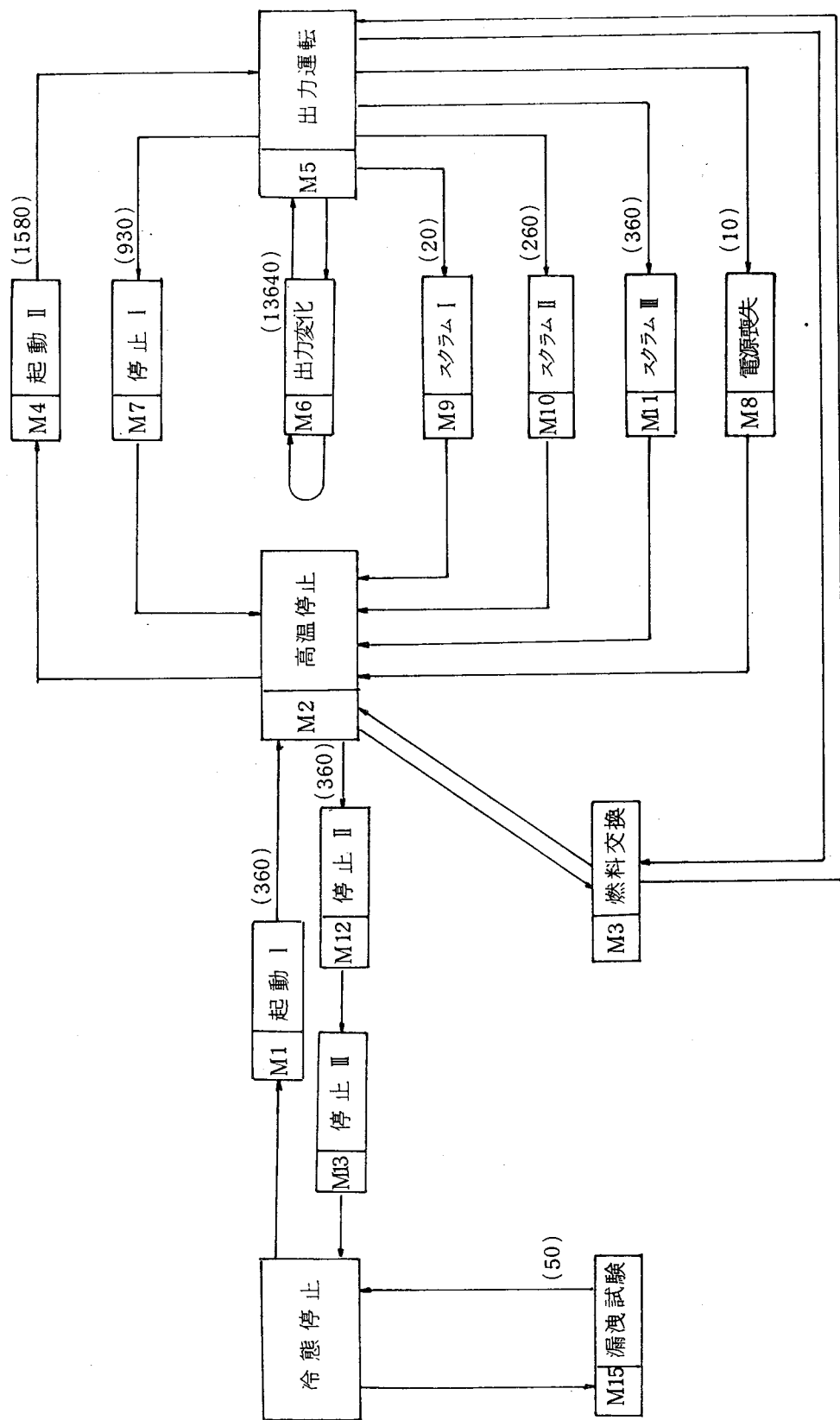
弁箱の応力解析に使用する運転状態は原子炉給水系配管の運転状態と同じである。運転状態区分を表3-1に，運転サイクル図と過度条件を図3-1，図3-2に示す。

4. 計算結果

原子炉給水系弁の強度計算結果を計算書番号1に示す。

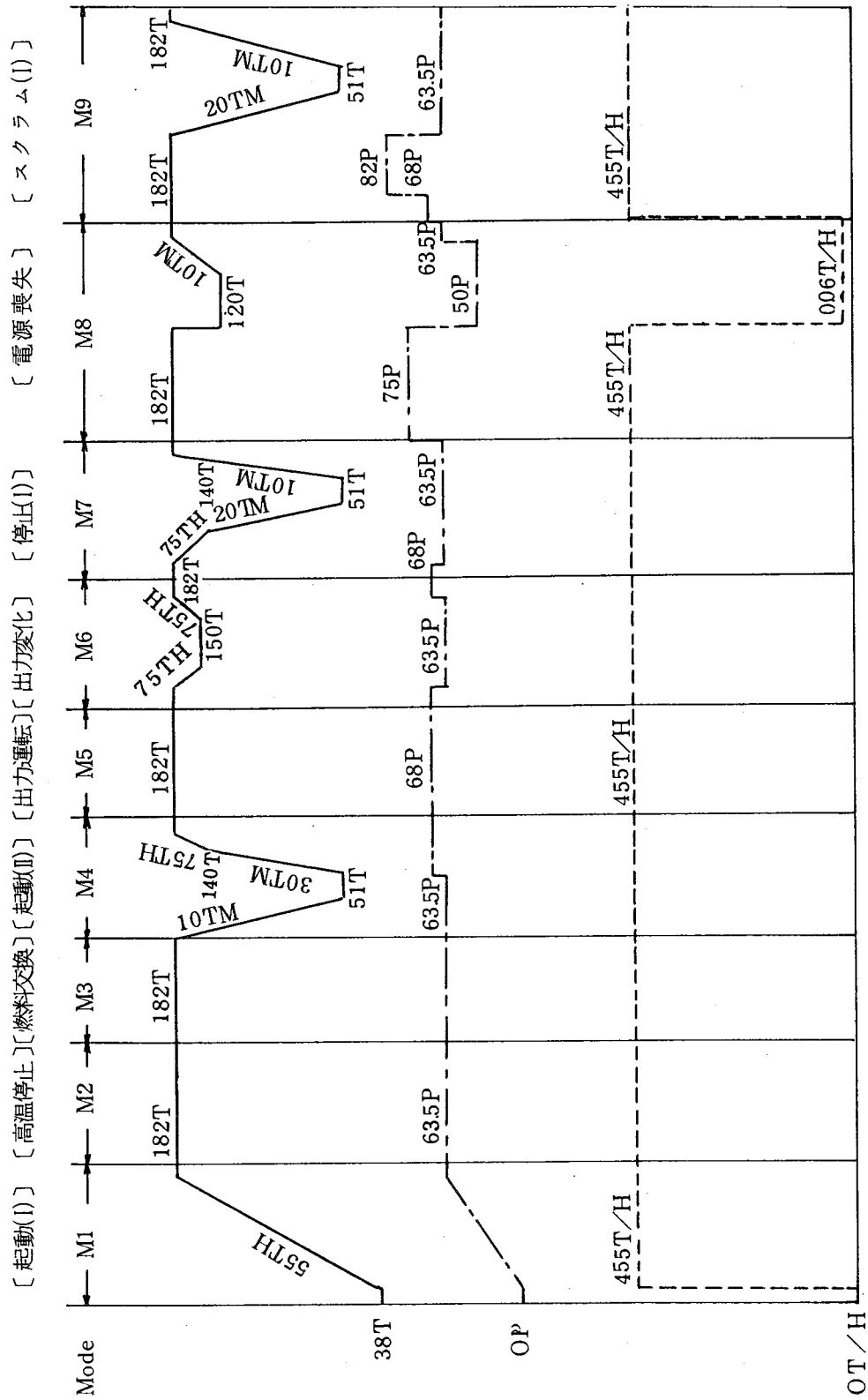
表 3 - 1 運 転 状 態 区 分

運 転 状 態	Mode №	過 度 条 件	過 度 条 件 の 説 明	繰 越 回 数	備 考
I	M 1	起 動 (I)	冷温停止から高温停止までの原子炉温度上昇	360	55℃/Hr
I	M 2	高 温 停 止	高温停止	-	
I	M 3	燃 料 交 換	燃料交換	-	
I	M 4	起 動 (II)	高温停止から出力運転まで	1,580	
I	M 5	出 力 運 転	出力運転	-	
I	M 6	出 力 変 化	発電出力変化	13,640	
I	M 7	停 止 (I)	出力運転から高温停止まで	930	
II	M 8	所内電源喪失	出力運転中の所内電源喪失	10	隔離冷却系により蒸気ドラム水位圧力の維持
III	M 9	スクラム (I)	タービントリップ	20	(最高使用圧力) × 1.1 になる場合
III	M10	スクラム (II)	タービントリップ	260	
II	M11	スクラム (III)	手動その他	360	
I	M12	停 止 (II)	給水により水位を保ちながら原子炉圧力低下	360	高温停止から余熱除去系作動領域まで
	M13	停 止 (III)	原子炉温度低下		余熱除去系により原子炉温度の低下
II	M15	漏 洩 試 験	起動前の漏洩試験	50	(試験圧力) = (最高使用圧力)
IV	-	破 断 事 故	モードM9以下の条件		



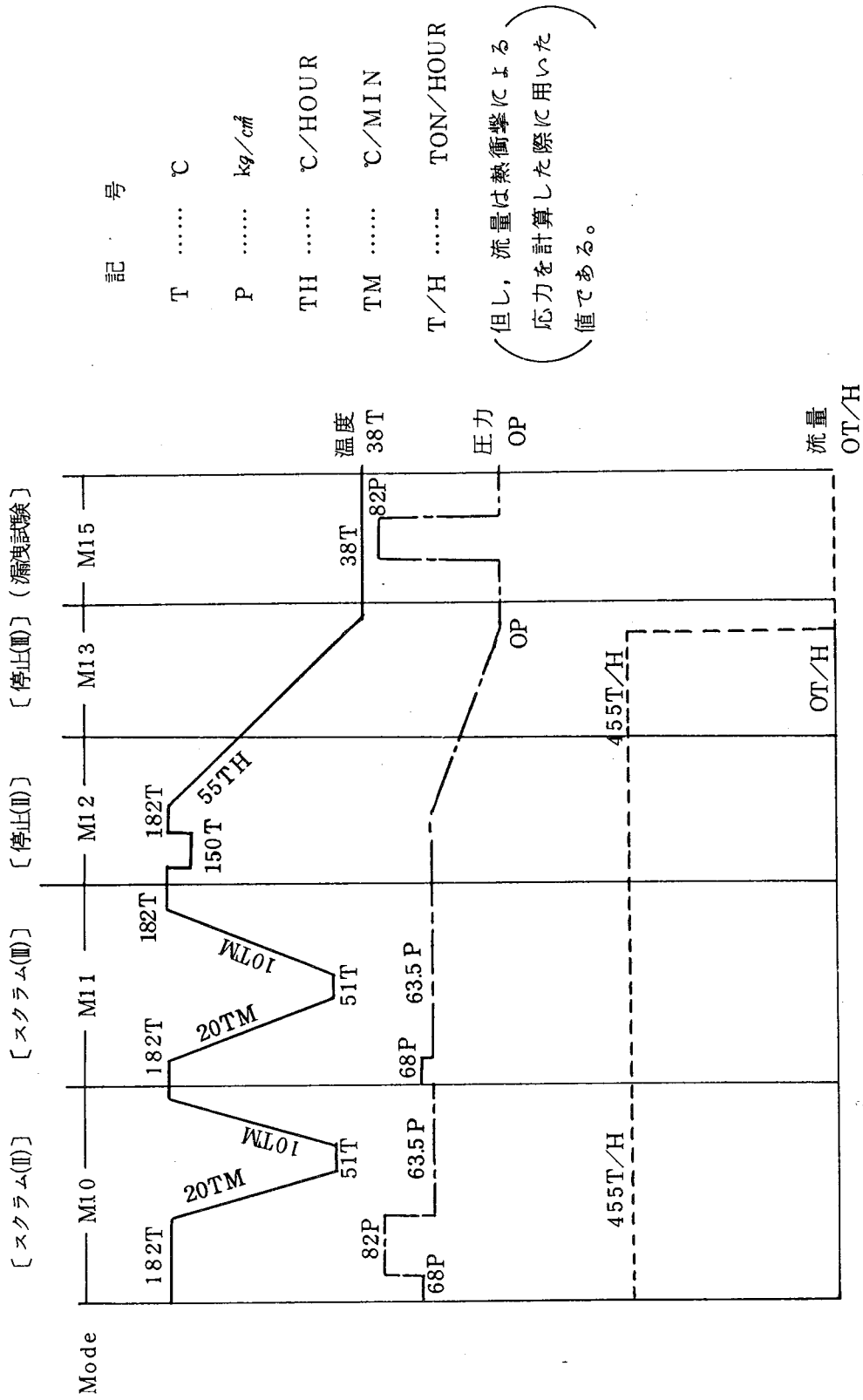
(注) () 内は繰返回数 (過度条件回数) を示す。

図 3-1 運転サイクル図



[起動(I)] [高温停止] [燃料交換] [起動(II)] [出力運転] [出力変化] [停止(I)] [電源喪失] [スクラム(I)]

図 3 - 2 (1) 過 渡 条 件



記号

T °C

P kg/cm²

TH °C/HOUR

TM °C/MIN

T/H TON/HOUR

(但し、流量は熱衝撃による応力を計算した際に用いた値である。)

図 3 - 2 (2) 過渡条件

計算書番号 1

呼び径 10B

弁箱の材料 SCS16A

第一種弁

弁箱の応力と疲れ解析(1/2)

(1) 設計条件及び諸元

最高使用圧力 P Kg/cm ²	最高使用温度 ℃	260℃における 換算圧力 Ps Kg/cm ²	260℃における 設計応力強さ Sm Kg/mm ²	接続管の260℃に おける設計降伏点 Sy Kg/mm ²	260℃における 縦弾性係数 E Kg/mm ²	260℃における 熱膨張係数 a mm/mm℃	A-A断面の 金属部の厚さ te mm	交さ部壁面とその 二等分線に接する 円の直径 Te1 mm	交さ部壁面に接 する円の直径 Te2 mm
82.0	235	79.5	12.7	11.1	1832×10 ⁸	17.46×10 ⁻⁶	35	49.5	38.0

A-A断面の 平均半径 r mm	A-A断面の 内半径 ri mm	流体部面積 Af mm ²	金属部面積 Am mm ²	接続管の断面 積の1/2 A1 mm ²	A-A断面の 金属部の断面積 A2 mm ²	接続管の断面係数 Z1 mm ³	A-A断面の 断面係数 Z2 mm ³	A-A断面の 極断面係数 Zp mm ³	厚さ方向の温度勾 配による熱応力 QT Kg/mm ²
137.5	120	58858	8503	5984	30238	714842	1874014	3748028	1.0

圧力の最大変化幅 ΔPfm Kg/cm ²	厚板部分と薄板 部分の平均温度 の差の最大値 ΔT ℃	流体温度の 最大変化幅 ΔTfm ℃	応力係数					ネック部の角度 による係数 K	繰返しピーク応力 強さの割増し係数 Ke	材料の種類に応じた値		
			Cb	C2	C3	C4	C5			m	n	Ao
32.0	1.6	262	1	0.51	0.54	0.175	1.06	1	—	—	—	—

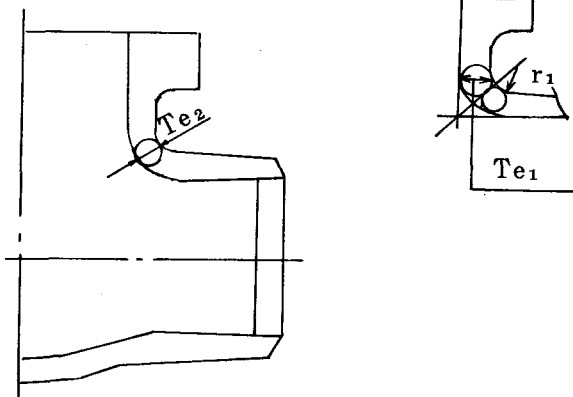
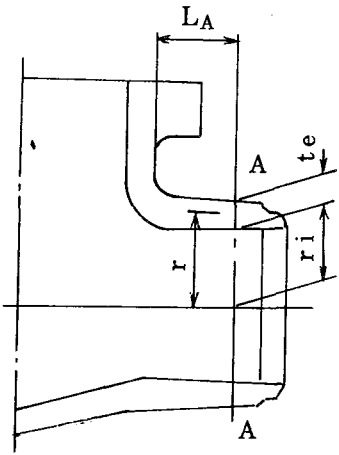
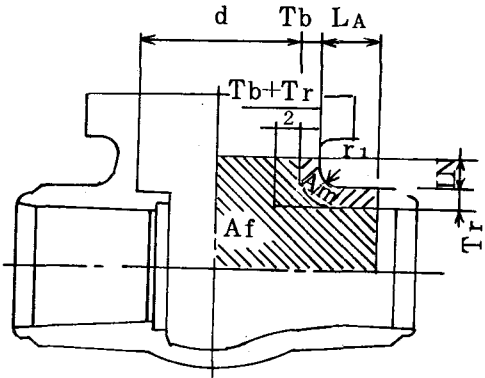
(2) 弁箱の応力

項 目	一次応力 ; S		配管反力による応力			一次+二次応力 ; Sn	
	内圧による一次応力	運転状態Ⅲにおける 一次局部応力	Pd	Pb	Pt	起動時及び停止時	起動時及び停止時以外
計算応力 (Kg/mm ²)	6.0	9.8	2.2	4.3	4.3	14.2	11.3
許容応力 (Kg/mm ²)	≤ Sm = 12.7	≤ 2.25 Sm = 28.5	≤ 1.5 Sm = 19.0			≤ 3 Sm = 38.1	
評 価	計算応力はすべて許容応力以下であるので、強度は十分である。						

弁箱の応力と疲れ解析(2/2)

(3) 疲れ解析

配管反力による 応力の最大値 Pe (Kg/mm ²)	一次+二次 応力 S'n (Kg/mm ²)	運 転 状 態	流 体 温 度 変 動 の 振 幅 ΔTf (℃)	ピーク応力強さ Sp (Kg/mm ²)	繰 返 し ピーク応力強さ Sl (Kg/mm ²)	実 際 の 繰返し回数	許 容 繰返し回数	実際の繰返し 回数と許容繰 返し回数の比	評 価
4.3	11.7 (<3Sm=38.1)	起動時及び停止時	—	—	10.0	360	10 ⁶	—	(イ) 起動時及び停止時の許容繰 返し回数は2000回以上 (ロ) 許容繰返し回数は実際の繰 返し回数以上 (ハ) 疲れ累積係数は1以下 であるので、疲労強度は十分で ある。
					8.6		10 ⁶		
		運転状態Ⅰ及びⅡ	262	101.8	50.9	1,570	4.2×10 ³	0.3738	
			220	86.3	43.2	650	8×10 ³	0.0813	
			178	70.8	35.4	930	2.4×10 ⁴	0.0388	
			124	50.9	25.4	10	10 ⁵	0.0001	
			84	36.1	18.1	930	10 ⁶	0.0009	
			74	32.4	16.2	650	10 ⁶	0.0007	
			64	28.7	14.4	13,350	10 ⁶	0.0134	
			32	16.9	8.5	650	10 ⁶	0.0007	
疲れ累積係数								0.5097	

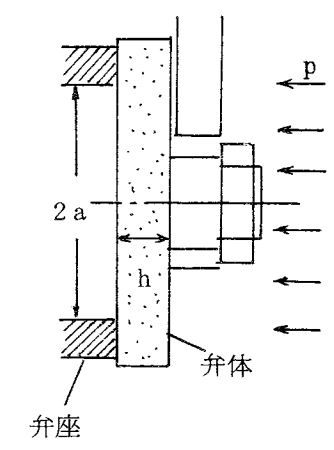


記号	単位	数値
d	mm	320
r	mm	137.5
r_i	mm	120
r_1	mm	70
T_b	mm	49.0
Tr	mm	35
t_e	mm	35
T_{e1}	mm	49.5
T_{e2}	mm	38.0
L_A	mm	111
L_N	mm	82.6
A_m	mm ²	8503
A_f	mm ²	58858.3

計算書番号 1

弁体の応力

最高使用圧力 (Kg/mm^2)	最高使用温度 ($^{\circ}C$)	弁体の材料	最高使用温度における設計応力強さ S_m (Kg/mm^2)	ポアソン比 ν	弁座部流路 内径の $\frac{1}{2}$ a (mm)	ゲート弁の弁体 ボス部の径の $\frac{1}{2}$ b (mm)	弁体の厚さ h (mm)	弁体の応力	
								計算応力 (Kg/mm^2)	許容応力 $1.5 S_m$ (Kg/mm^2)
8.2	235	SCS16A	13.1	0.3	108.5	—	4.4	6.2	19.6

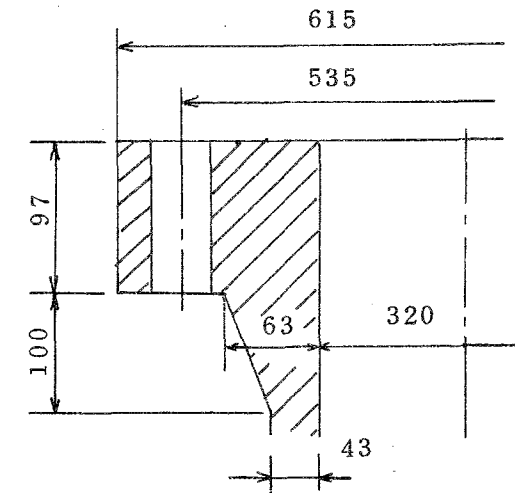


計算書番号 1

弁箱と弁ふたとの取付フランジ継手の強度計算

計算圧力 (Kg/mm ²)	最高使用温度 (℃)	フランジ			ボルト				ガスケット					
		材 料	許 容 応 力		材 料	許 容 応 力		ボルト 本 数	ボルト 谷 径 (mm)	材 料	外径×幅×厚さ (mm)	ガスケット 係 数	最小設計 締 付 力 (Kg/mm ²)	有効幅 (mm)
			常 温 (Kg/mm ²)	最高使用温度 (Kg/mm ²)		常 温 (Kg/mm ²)	最高使用温度 (Kg/mm ²)							
82.0	235	SCS16A	14.0	13.1	SNB7	24.7	21.0	16	38.752	うず巻形 (ステンレス鋼)	354×322×45	3.00	6.30	7.1

計算上必要なボルト荷重		ボルトの総断面積			フランジに生ずるモーメント	
使用状態時 (Kg)	ガスケット 締付時 (Kg)	計算所要 断面積 (mm ²)	実際使用 断面積 (mm ²)	評 価	使用状態時 (Kg・mm)	ガスケット 締付時 (Kg・mm)
111652	47750	5317	18871	強度は十分 である。	9514828	29155267



フランジ及 びボルトの 応力評価	フランジに生ずる応力						ボルトに生ずる応力	
	使用状態時			ガスケット締付時			使用状態時 σ_b	ガスケット締付時 σ_a
	軸方向応力 σ_{Ho}	半径方向応力 σ_{Ro}	周方向応力 σ_{To}	軸方向応力 σ_{Ha}	半径方向応力 σ_{Ra}	周方向応力 σ_{Ta}		
計算応力 (Kg/mm ²)	6.8	4.2	2.6	16.0	12.8	7.9	6.0	2.6
許容応力 (Kg/mm ²)	$\leq 1.5\sigma_{fb} = 19.6$			$\leq 1.5\sigma_{fa} = 21.0$			$\leq S_b = 21.0$	$\leq S_a = 24.7$
評 価	計算応力はすべて許容応力以下であるので、強度は十分である。							

計算書番号 1

呼び径 10^B

弁箱, 弁ふたの材料 SCS16A

第一種弁

弁箱, 弁ふた及びネック部の厚さ

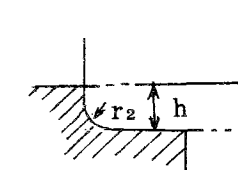
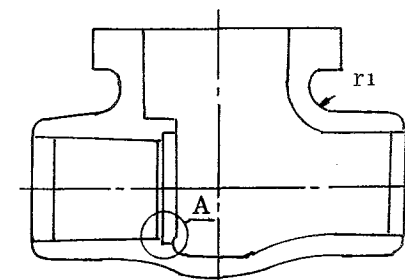
最高使用 圧力 (Kg/cm ²)	最高使用 温度 (℃)	許容圧力 (Kg/cm ²)	P ₁ ・P ₂ に対応する 別表15に 規定する値 (mm)	弁入口流路 内径 dm (mm)	ネック部 内径 dn (mm)	dn/dm	弁箱・弁ふたの厚さ		ネック部の厚さ			
							計算必要 厚さ t (mm)	実際使用 最小厚さ (mm)	dn/dm ≤ 1.5		dn/dm > 1.5	
									計算必要 厚さ (mm)	実際使用 最小厚さ (mm)	計算必要 厚さ (mm)	実際使用 最小厚さ (mm)
82.0	235	P ₁ 77.2	t ₁ 18.8	240	320	1.33	19.9	弁箱 35.0	19.9	35.0	—	—
		P ₂ 115.7	t ₂ 27.5										弁ふた 151.0

弁箱の形状規定

弁箱のネック部 と流路部の交わ る部分のすみの 丸みの半径 r ₁ (mm)	弁座挿入部のす みの丸みの半径 r ₂ (mm)	ネック部内 径と弁入口 流路内径の比 dn/dm	弁箱, 弁ふ たの計算上 必要な厚さ t (mm)	弁座挿入部 の高さ h (mm)	弁箱の形状規定		
					r ₁	r ₂	dn/dm
70	2.0	1.33	19.9	17.0	r ₁ ≥ 0.3 t = 6.0	r ₂ ≥ 0.05 t = 1.0 r ₂ ≥ 0.1 h = 1.7	dn/dm < 2

管台の厚さ

最高使用 圧力 (Kg/cm ²)	最高使用 温度 (℃)	管台の材料	管台外径 (mm)	許容引張応力 (Kg/cm ²)	継手の効率	管台の厚さ	
						計算必要 厚さ (mm)	実際使用 最小厚さ (mm)
—	—	—	—	—	—	—	—

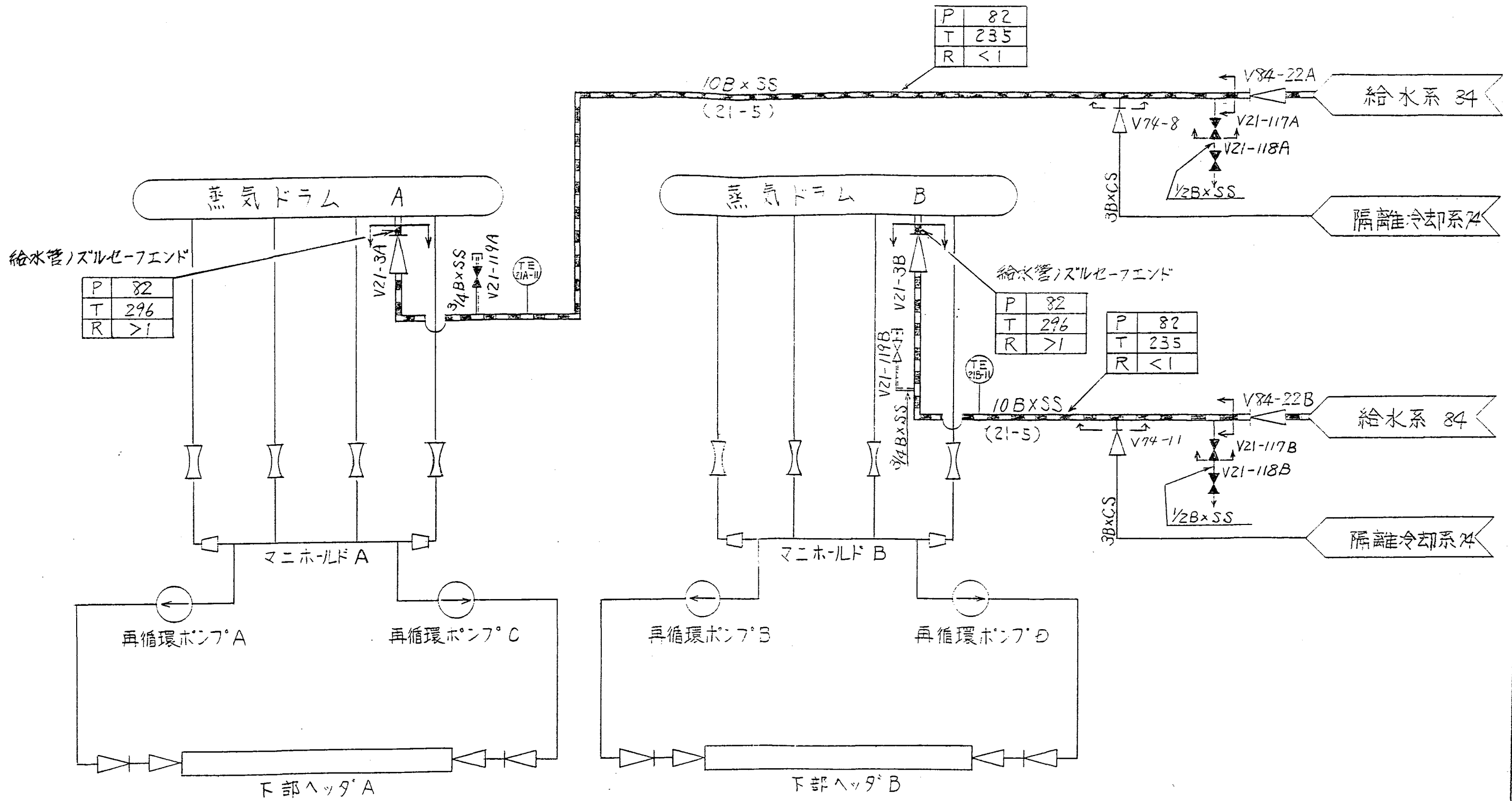


A部詳細

10. 添 付 図 表

目 次

1. 図 1	原子炉再循環系・原子炉給水系系統図
2. 図 2	原子炉再循環系蒸気ドラム
3. 図 3	原子炉冷却材浄化系系統図
4. 図 4	原子炉冷却材浄化系配管図
5. 図 5 - 1	原子炉給水系配管図 (A ループ)
6. 図 5 - 2	原子炉給水系配管図 (B ループ)
7. 図 6 - 1	原子炉給水系継手番号図 (A ループ)
8. 図 6 - 2	原子炉給水系継手番号図 (B ループ)
9. 図 7	原子炉給水系弁構造図
10. 図 8 - 1	開先形状図 (原子炉再循環系)
11. 図 8 - 2	開先形状図 (原子炉冷却材浄化系)
12. 図 8 - 3 - 1	開先形状図 (原子炉給水系)
13. 図 8 - 3 - 2	開先形状図 (原子炉給水系)
14. 図 8 - 3 - 3	開先形状図 (原子炉給水系)
15. 図 9 - 1	工事フロー, 材料加工法及び材料組立法図 (原子炉再循環系, 原子炉給水系)
16. 図 9 - 2	工事フロー, 材料加工法及び材料組立法図 (原子炉冷却材浄化系)
17. 図 10 - 1	耐圧漏洩検査圧力区分図 (原子炉再循環系, 原子炉給水系)
18. 図 10 - 2	耐圧漏洩検査圧力区分図 (原子炉冷却材浄化系)
19. 表 1 - 1	溶接施行表一覧表 (原子炉再循環系)
20. 表 1 - 2	溶接施行法一覧表 (原子炉冷却材浄化系)
21. 表 1 - 3 - 1	溶接施行法一覧表 (原子炉給水系)
22. 表 1 - 3 - 2	溶接施行法一覧表 (原子炉給水系)
23. 表 1 - 3 - 3	溶接施行法一覧表 (原子炉給水系)
24. 表 2	溶接士の資格



P	82
T	296
R	>1

P	82
T	296
R	>1

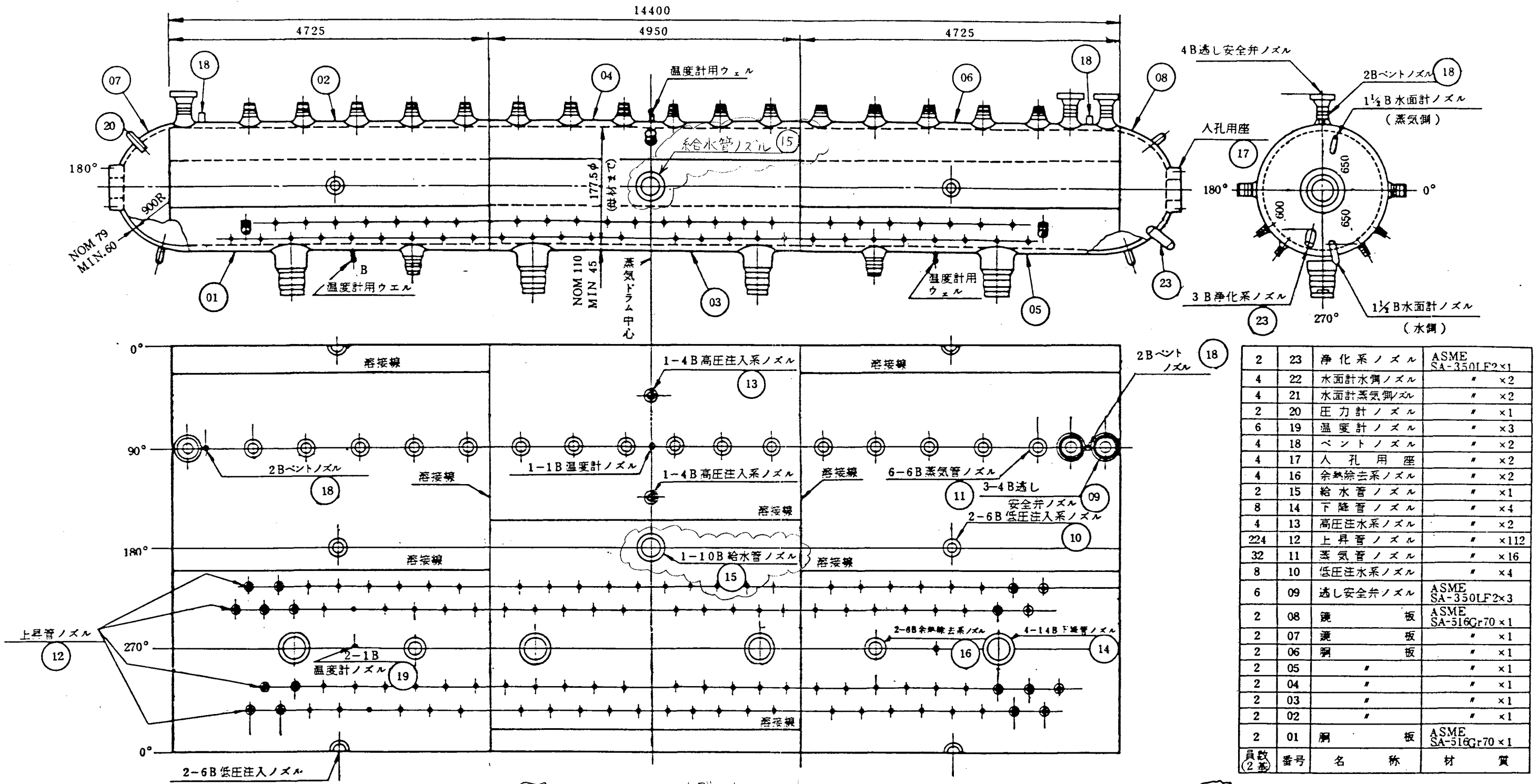
P	82
T	235
R	<1

P	最高使用圧力	kg/cm ²
T	最高使用温度	°C
R	放射線物質濃度	<1 (μCi/cm ²)未満 >1 (μCi/cm ²)以上

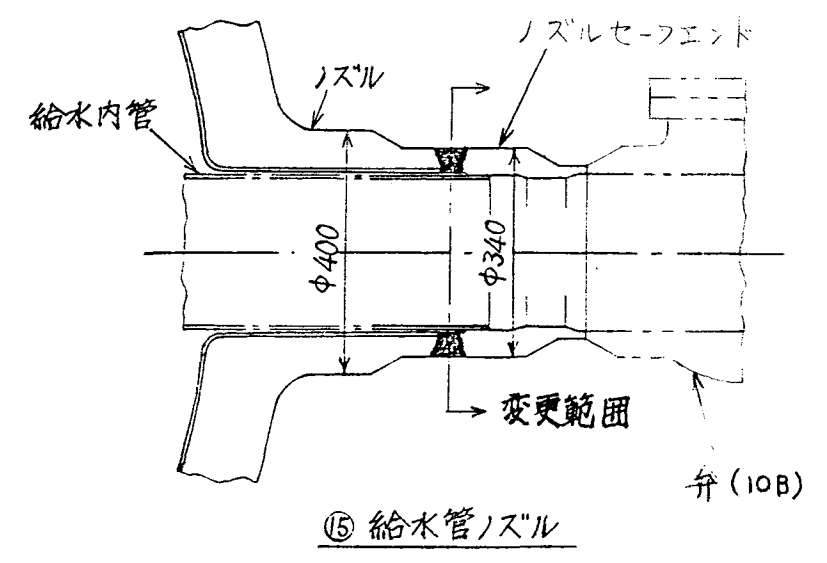
[] は今回の申請範囲を示す。

※()内は計算番号を示す。

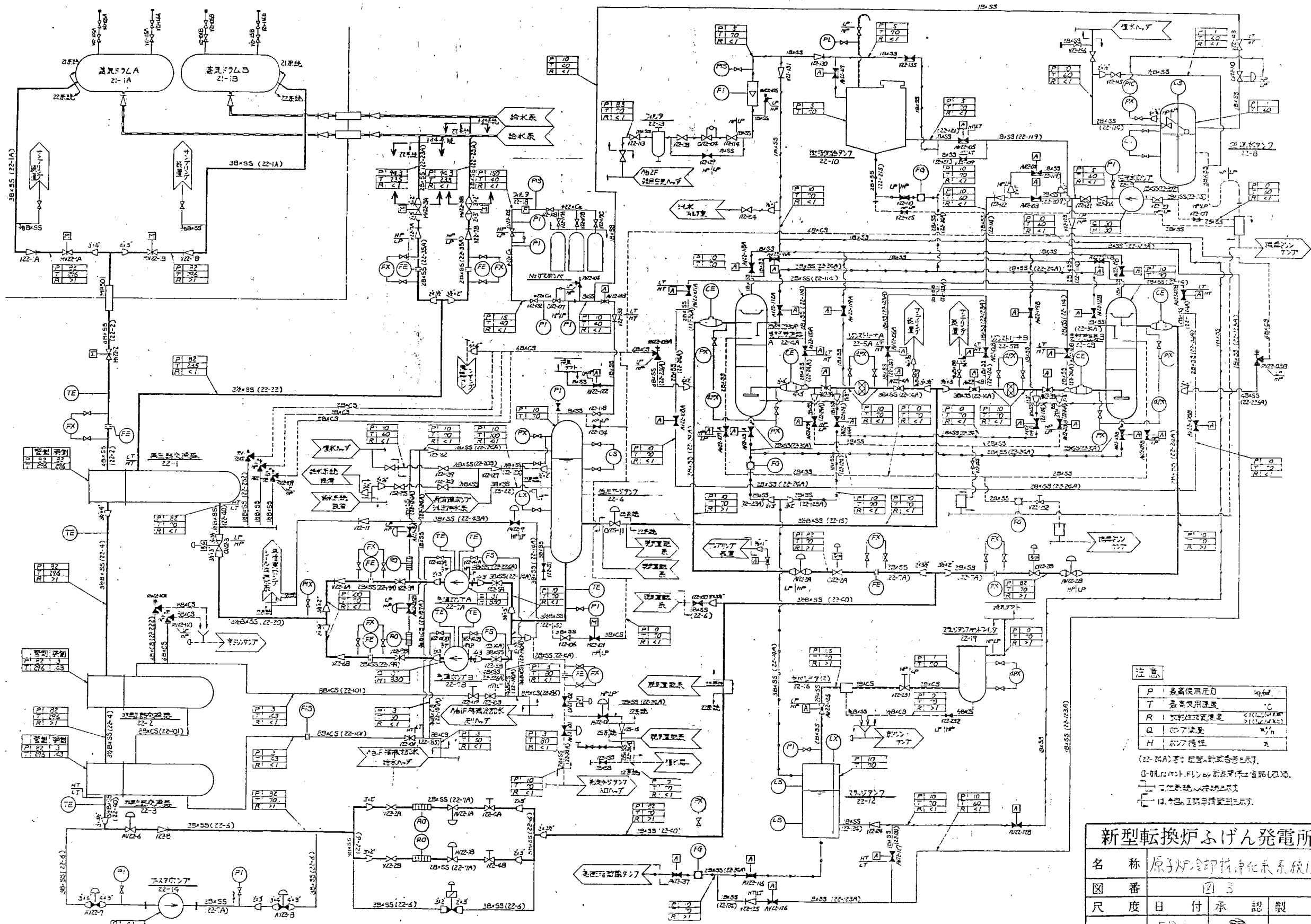
新型転換炉ふげん発電所			
名称	原子炉再循環系 原子炉給水系 系統図		
図番	図 1		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	鈴木	
動力炉・核燃料開発事業団			



印は今回の工事範囲を示す。



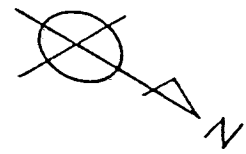
新型転換炉ふげん発電所			
名称	原子炉再循環系蒸気ドラム		
図番	図 2		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	印	
動力炉・核燃料開発事業団			



P : 最高使用圧力 (kg/cm²)
 T : 最高使用温度 (°C)
 R : 設計流量 (m³/h)
 Q : 設計流量 (m³/h)
 H : ポンプ特性

(22-24A) 等: 図面記載の通り
 0-100% (0-100%) の範囲で動作する
 1: 正常運転時
 2: 異常運転時

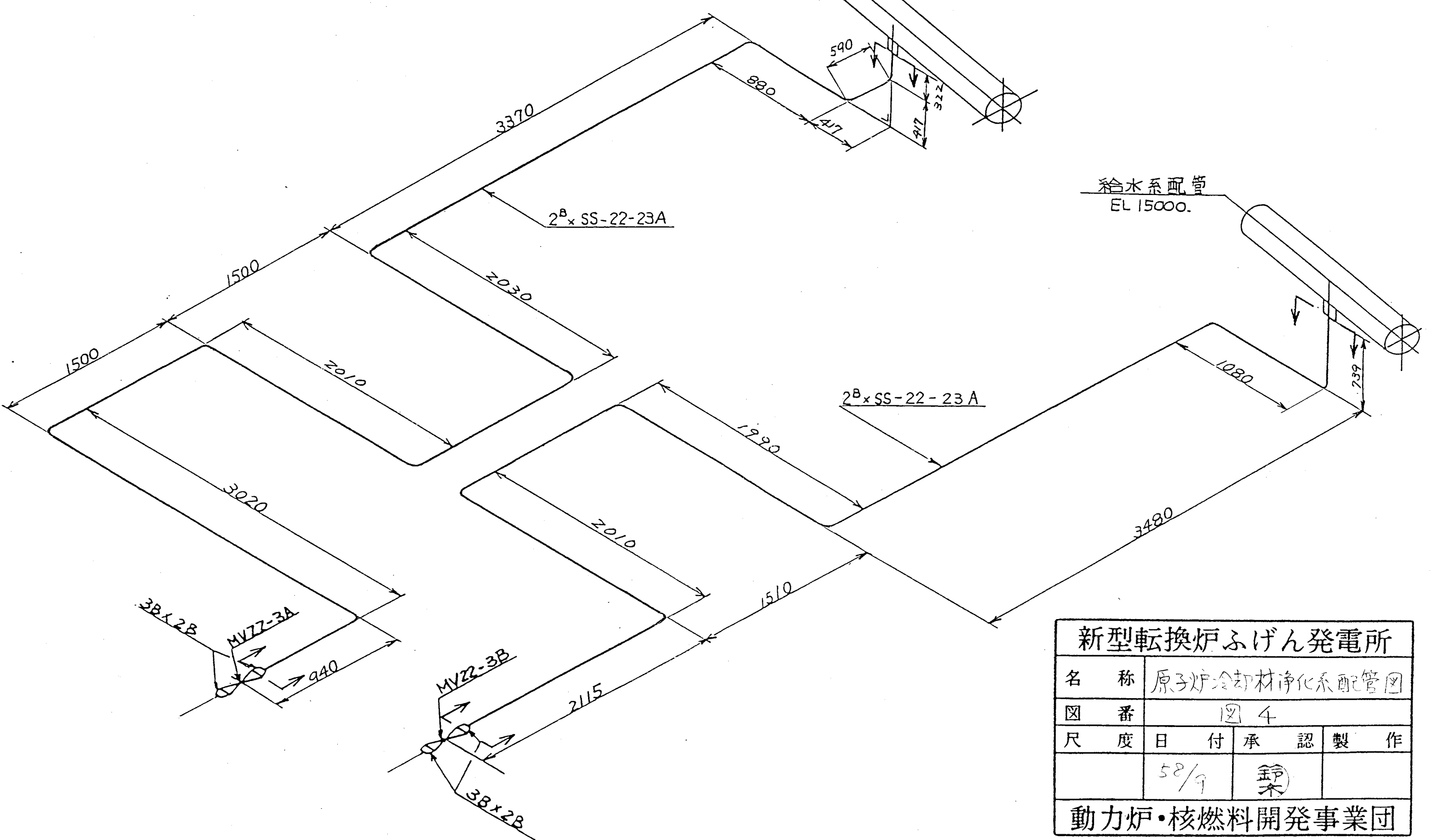
新型転換炉ふげん発電所			
名称	原子炉冷却浄化系系統図		
図番	図 3		
尺度	日付	承認	製作
	58/9		
動力炉・核燃料開発事業団			



給水系配管
EL 15000.

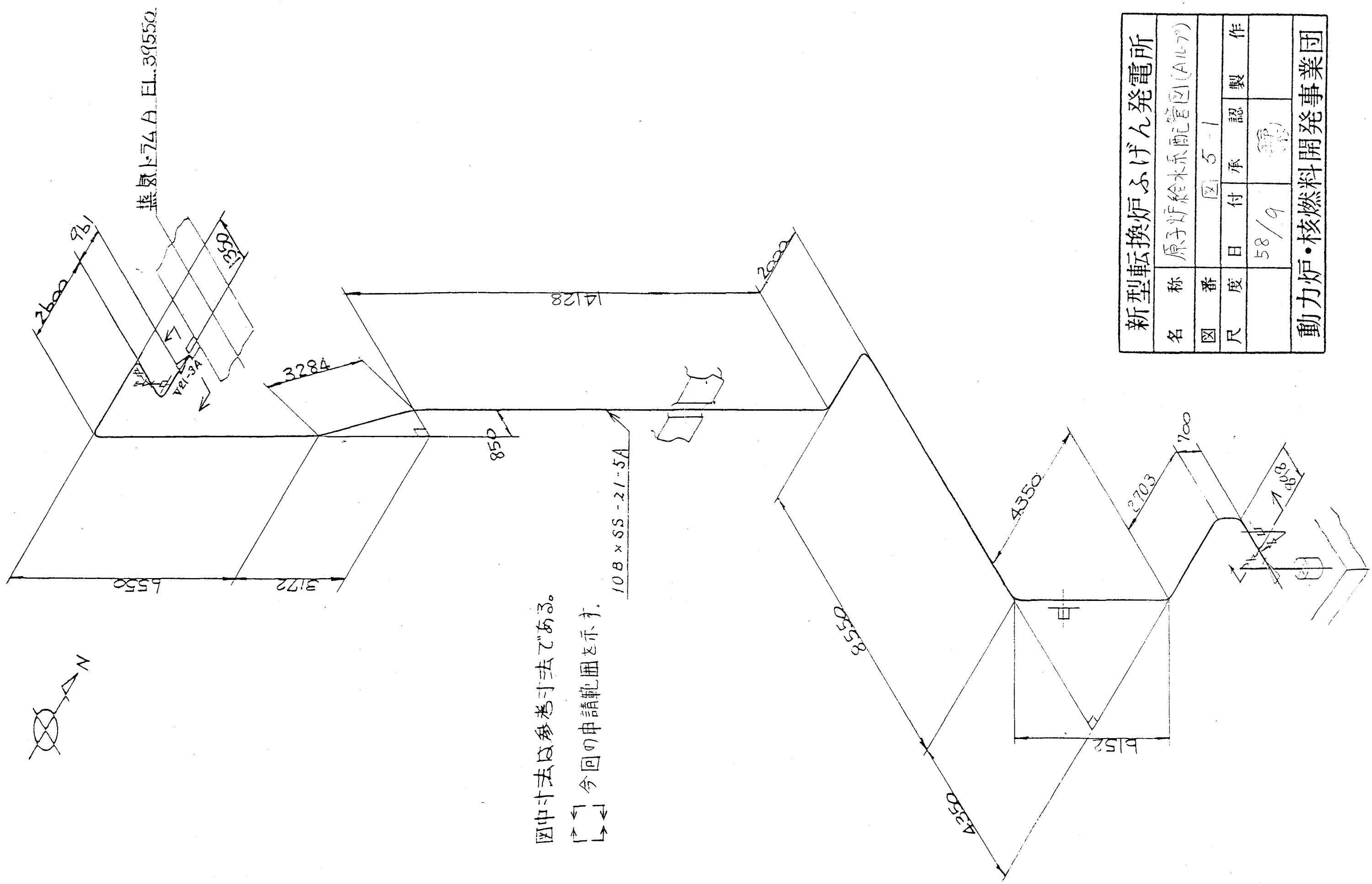
注) 図中寸法は参考寸法である。

□ 今回の申請範囲を示す。



給水系配管
EL 15000.

新型転換炉ふげん発電所			
名称	原子炉冷却材浄化系配管図		
図番	図 4		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	鈴木	
動力炉・核燃料開発事業団			



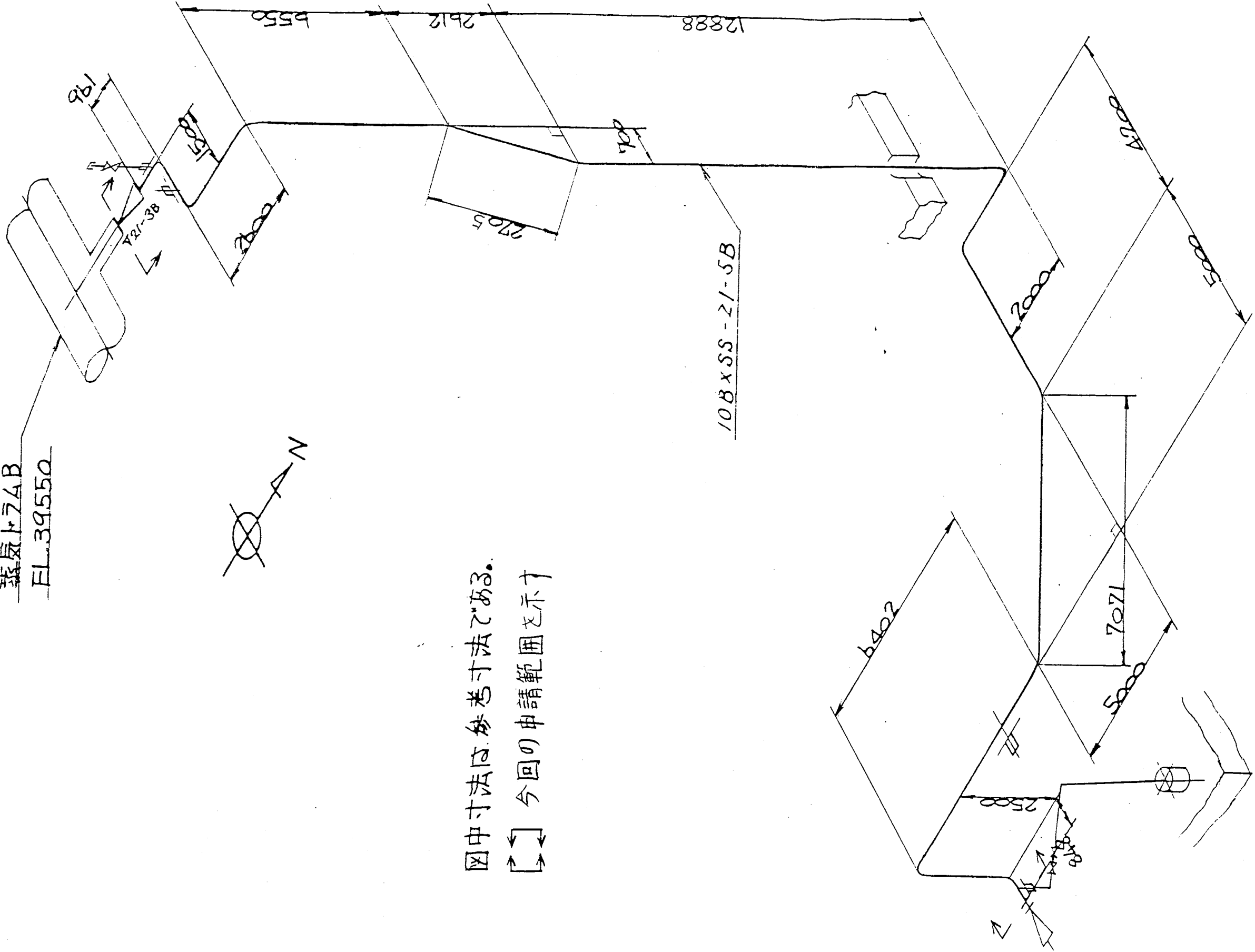
図中寸法は参考寸法である。

□ □ 今回の申請範囲を示す。

10B x SS-21-5A

新型転換炉ふげん発電所			
名称	原子炉給水配管図(A167)		
図番	図 5-1		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	(印)	
動力炉・核燃料開発事業団			

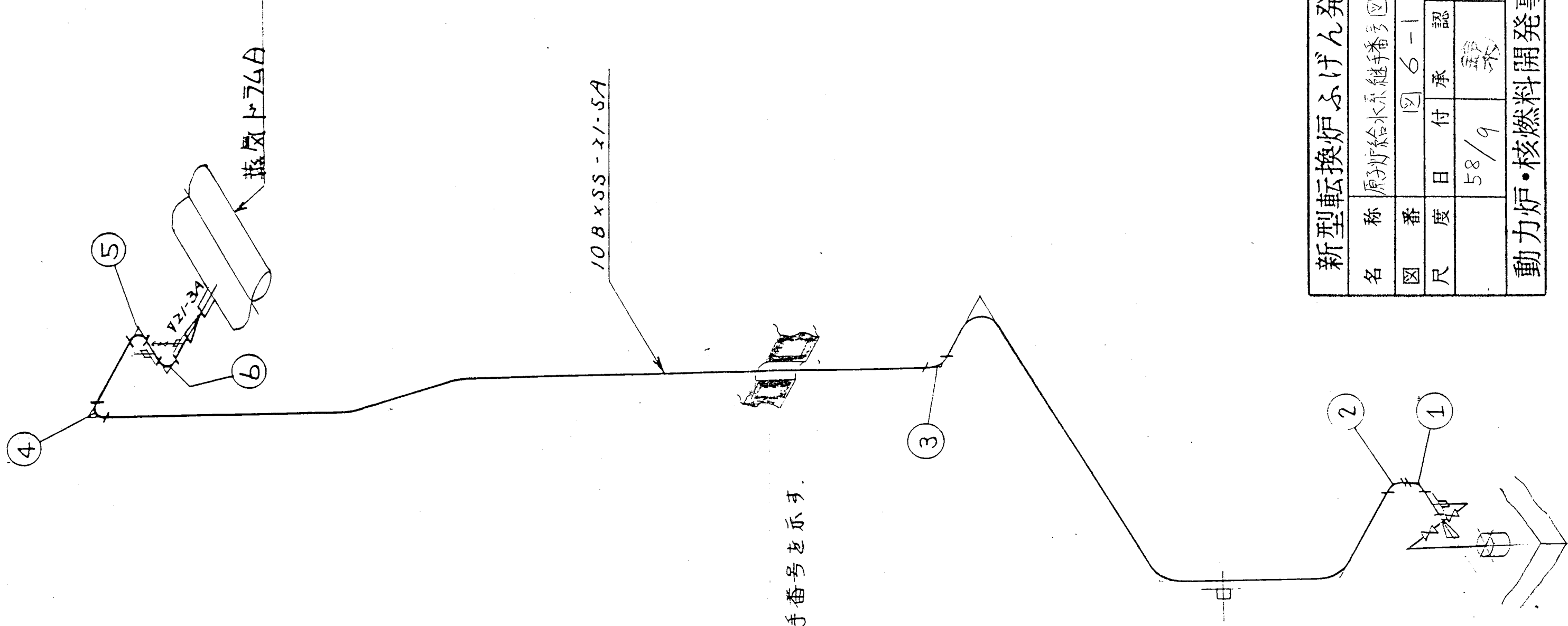
蒸気ト74B
FL.39550



図中寸法は、参考寸法である。

〔 〕 今回の申請範囲を示す

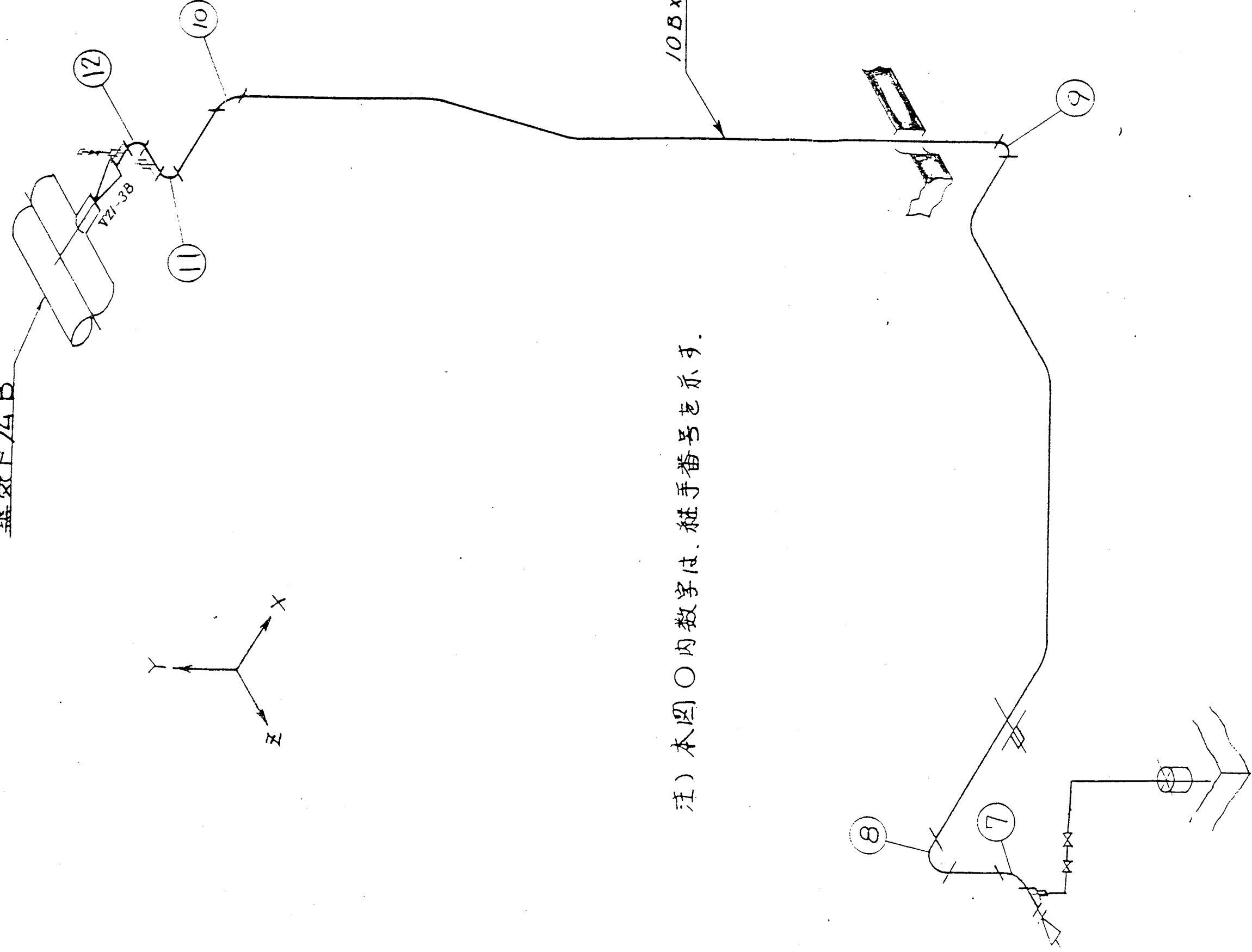
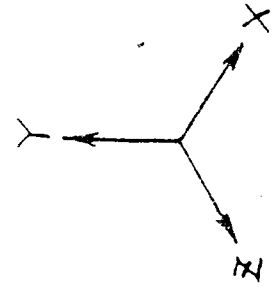
新型転換炉ふげん発電所				
名称	原子炉給水系配管図(BIL-70)			
図番	図	5-2		
尺度	日付	承認	製作	
	58/9	森		
動力炉・核燃料開発事業団				



注) 本図○内数字は、継手番号を示す。

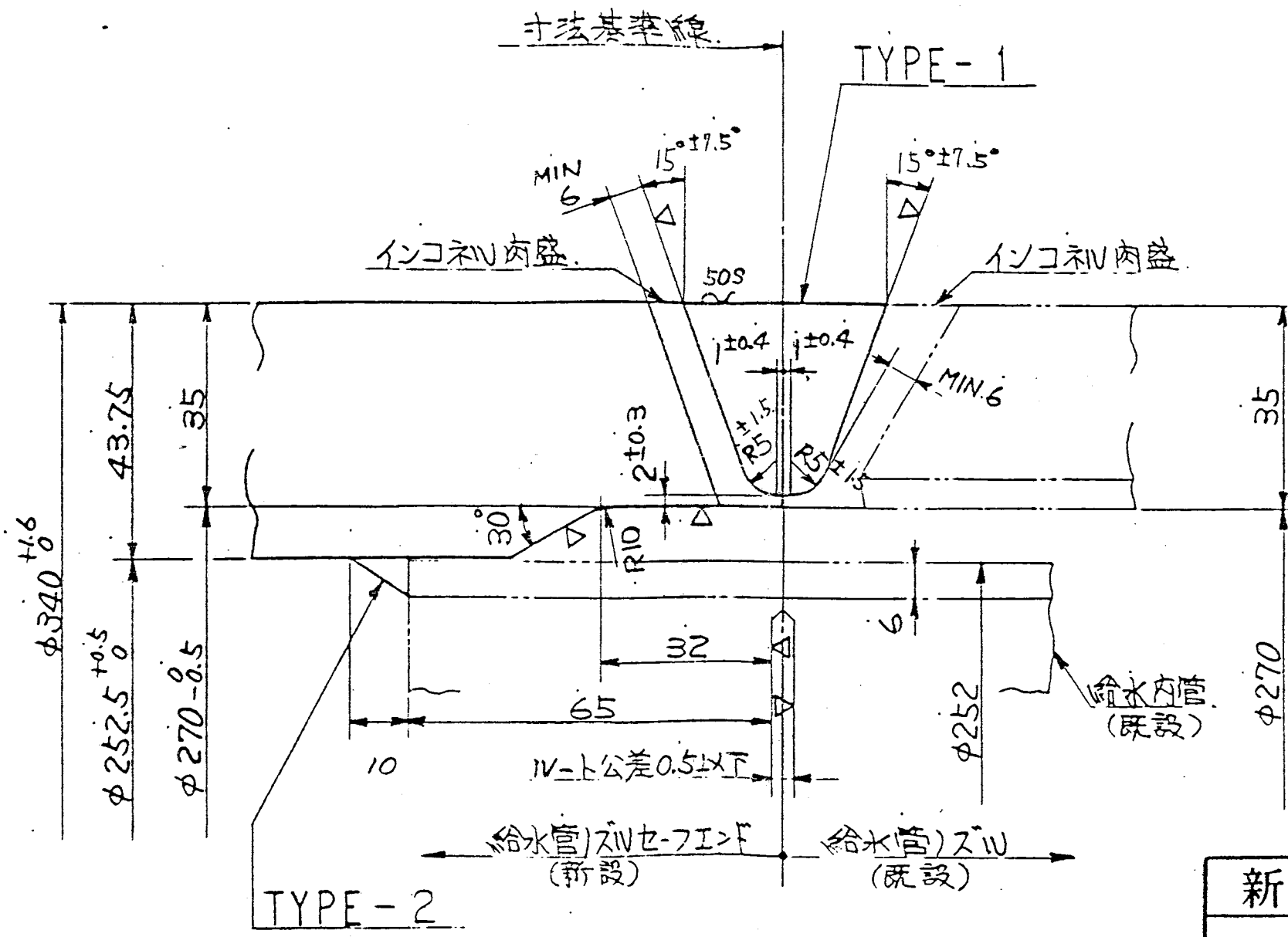
新型転換炉ふげん発電所			
名称	原子炉給水系継手番号図 (A1L-7°)		
図番	図 6-1	承認	
尺度	58/9	製作	
動力炉・核燃料開発事業団			

蒸気ド74B

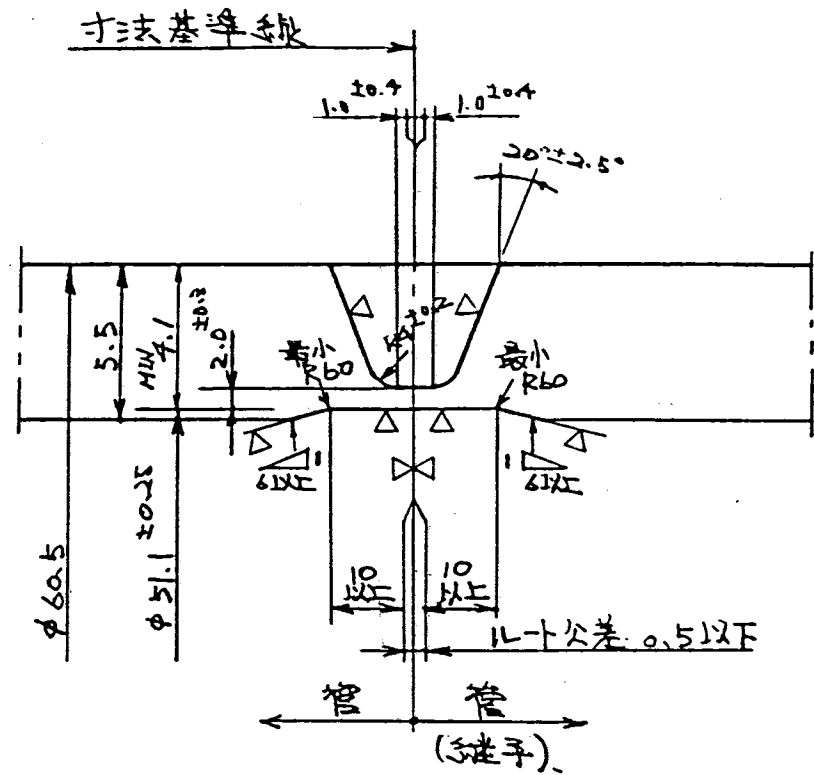


注) 本図○内数字は、継手番号を示す。

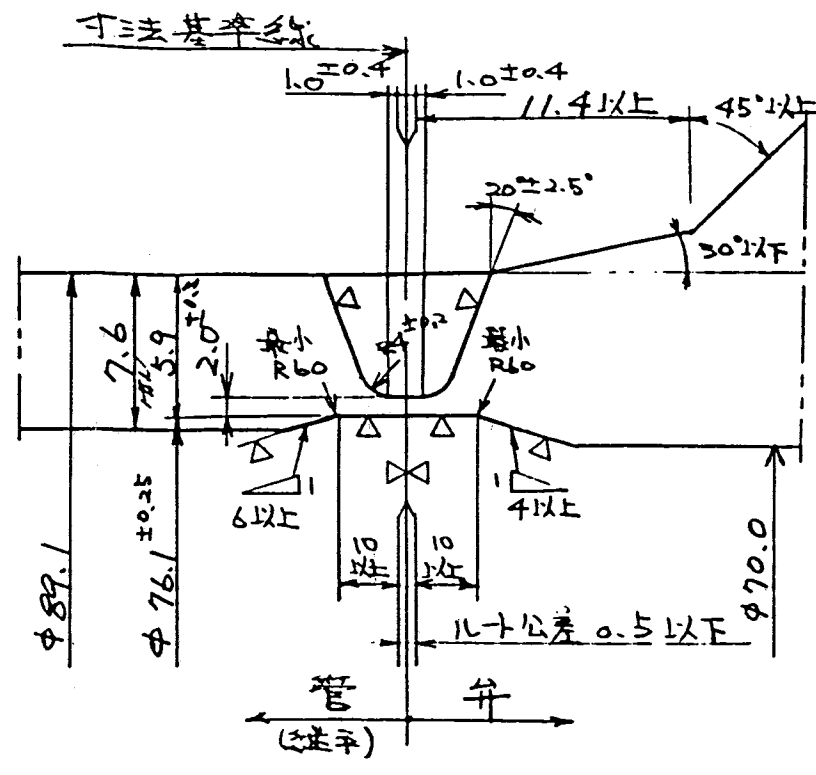
新型転換炉ふげん発電所			
名称	原子炉給水系継手番号図(B1C-7°)		
図番	図 6-2		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	案	
動力炉・核燃料開発事業団			



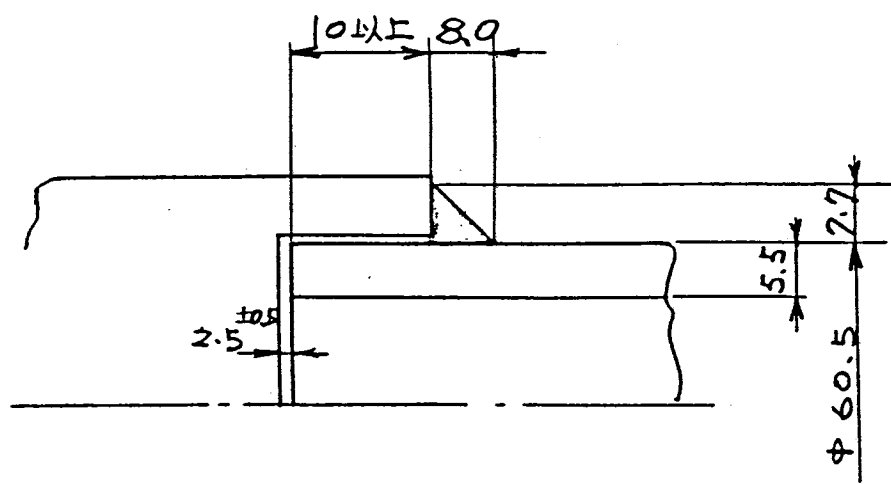
新型転換炉ふげん発電所			
名称	開先形状図(原子炉再循環系)		
図番	図 8-1		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	鈴木	
動力炉・核燃料開発事業団			



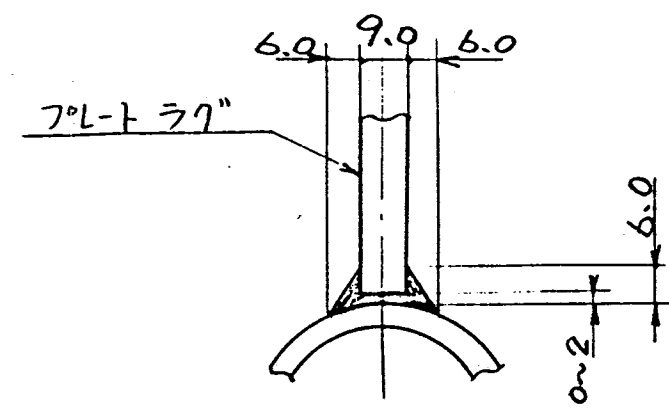
TYPE-1



TYPE-2

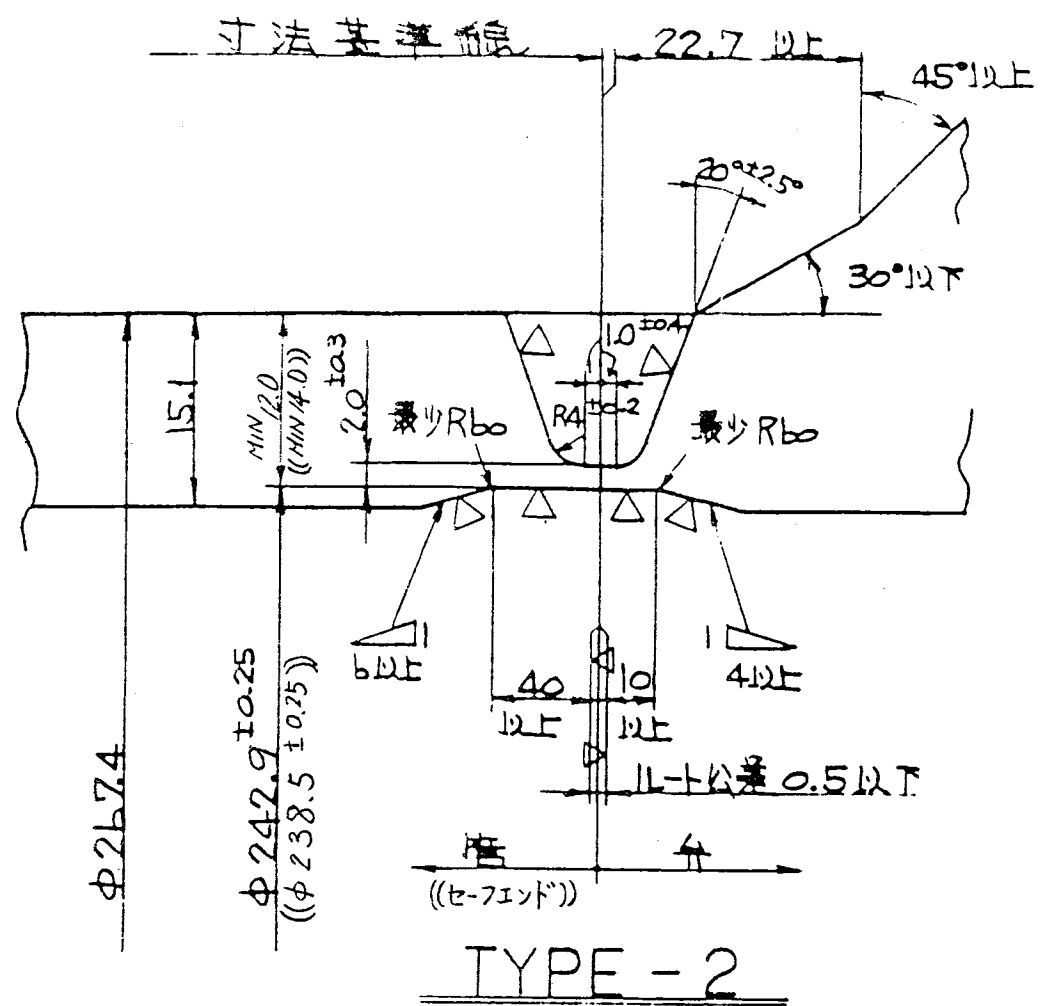
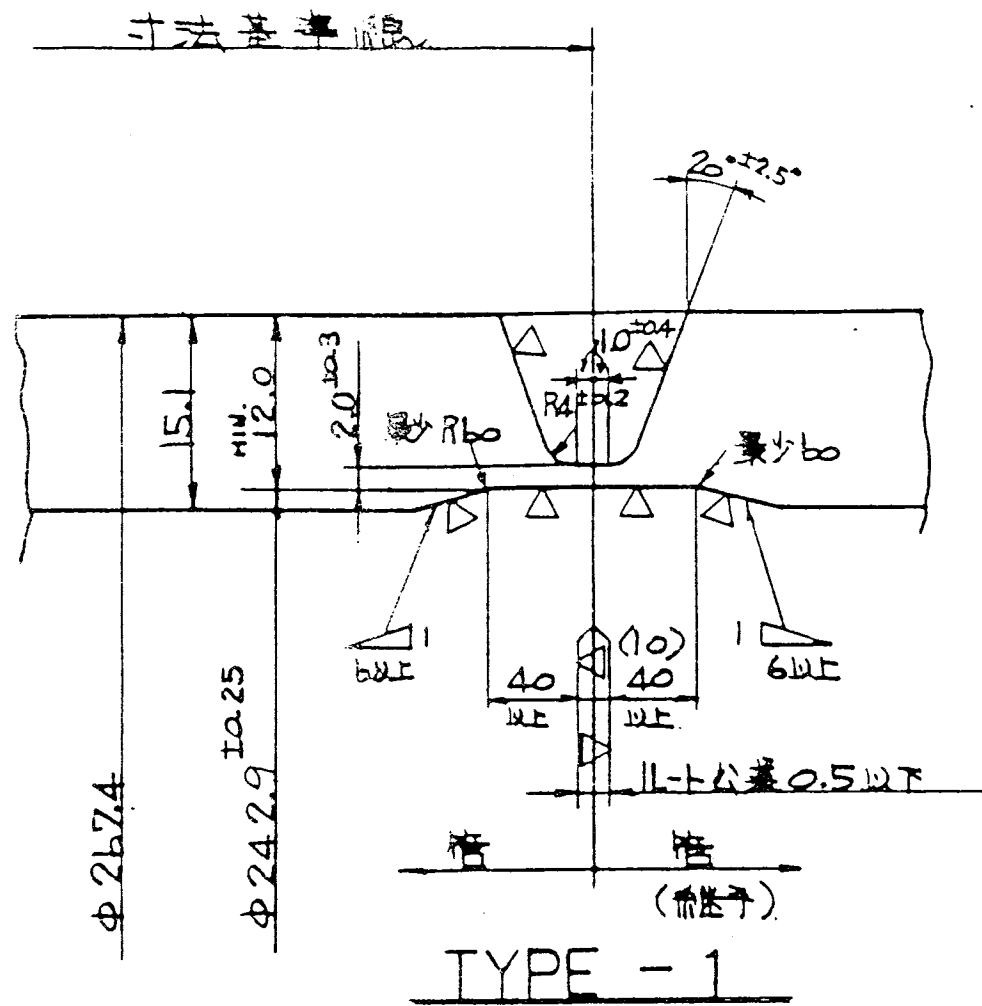


TYPE-3

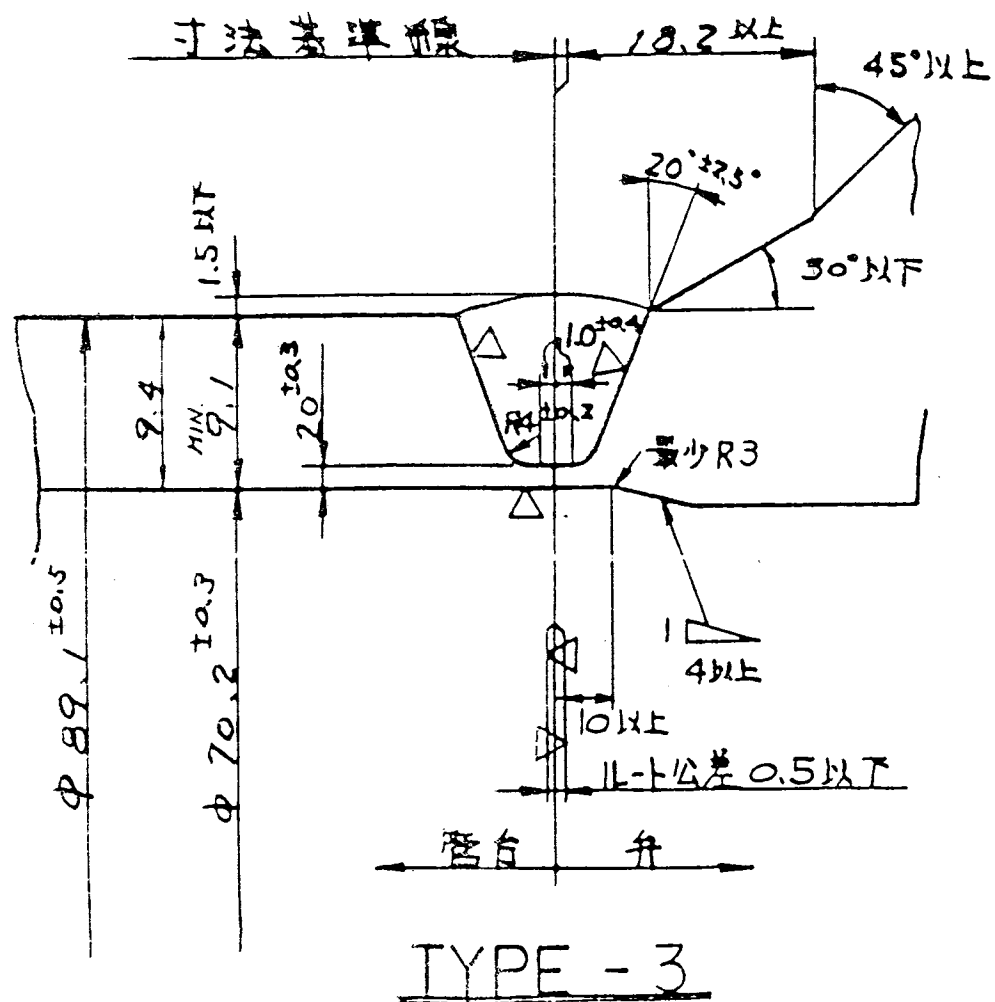


TYPE-4

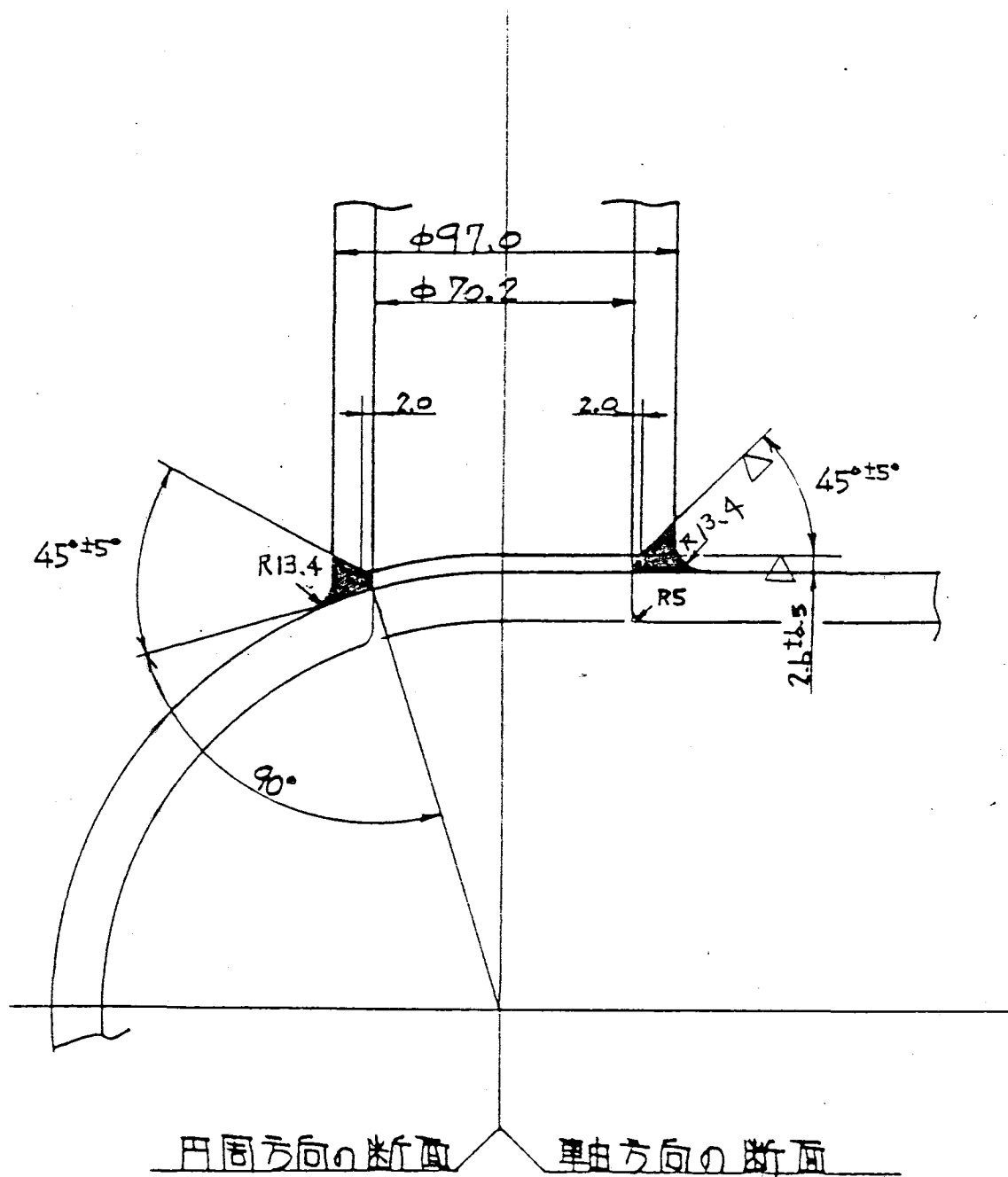
新型転換炉ふげん発電所			
名称	開先形状図(原子炉冷却材浄化系)		
図番	図8-2		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	鈴木	
動力炉・核燃料開発事業団			



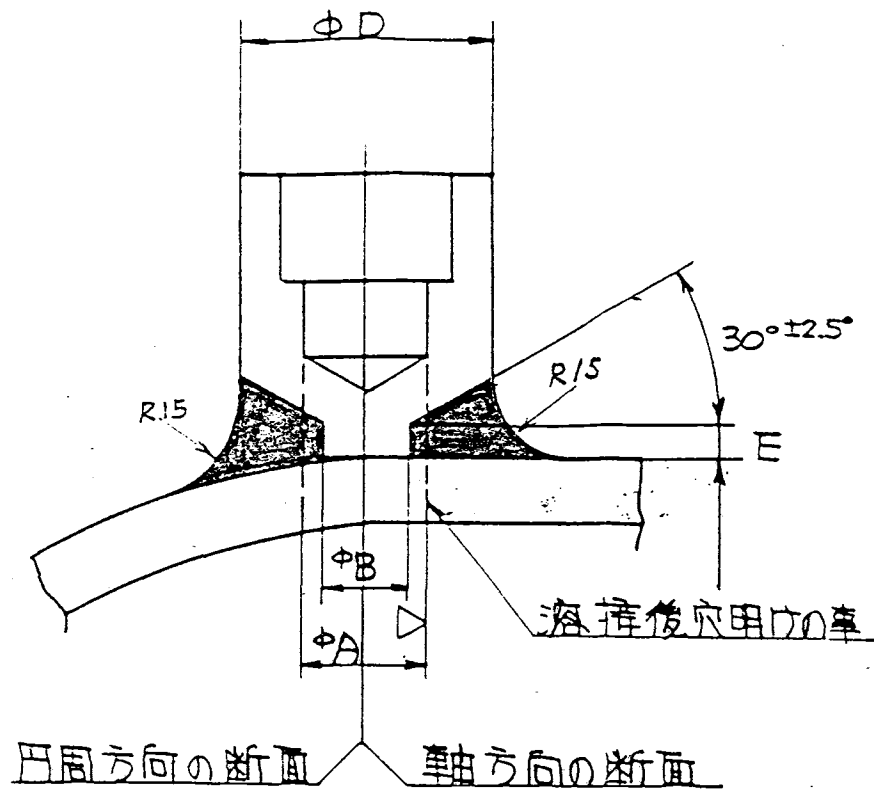
注) TYPE-2. 図中 (()) 内寸法は、
給水管ノズルセ-フインド側寸法を示す。



新型転換炉ふげん発電所			
名称	開先形状図(原子炉給水系)		
図番	図 8-3-1		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	鈴木	
動力炉・核燃料開発事業団			



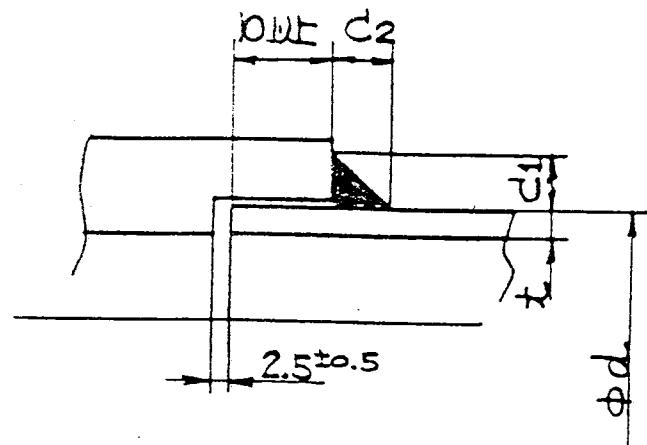
TYPE -4



TYPE -5

呼び径 寸法	1/2 B	3/4 B	1 B
A	16.1	21.4	27.2
B	11	15.5	21
D	32.7	38.7	47.2
E	5	5	6

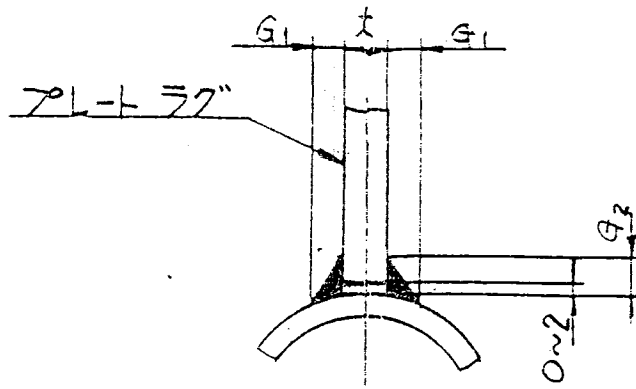
新型転換炉ふげん発電所			
名称	開先形状図(原子炉給水系)		
図番	図 8-3-2		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	野木	
動力炉・核燃料開発事業団			



TYPE-6

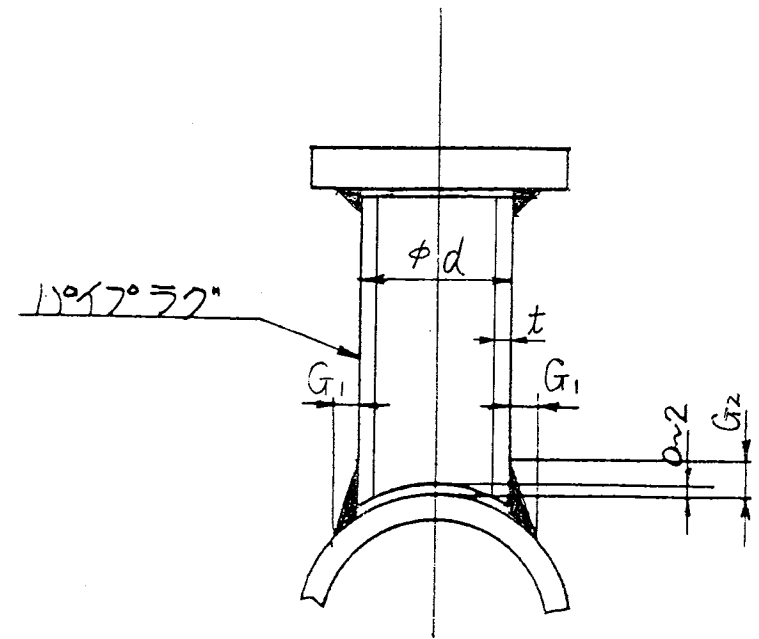
寸法 呼び	ϕd	t	$C1$	$C2$
1/2 B	21.7	3.7	5.0	5.7
3/4 B	27.2	3.9	5.4	6.0
1 B	34	4.5	6.0	7.0

←温度計ウェル用



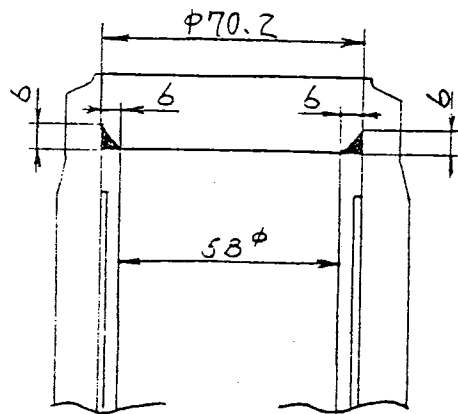
TYPE-7

t	$G1$	$G2$
9.0	9.0	9.0
12.0	9.0	9.0
16.0	12.0	12.0



TYPE-8

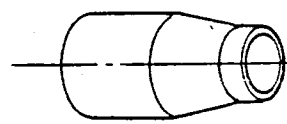
ϕd	t	$G1$	$G2$
89.1	11.1	9.0	9.0
165.2	7.1	9.0	9.0



TYPE-9

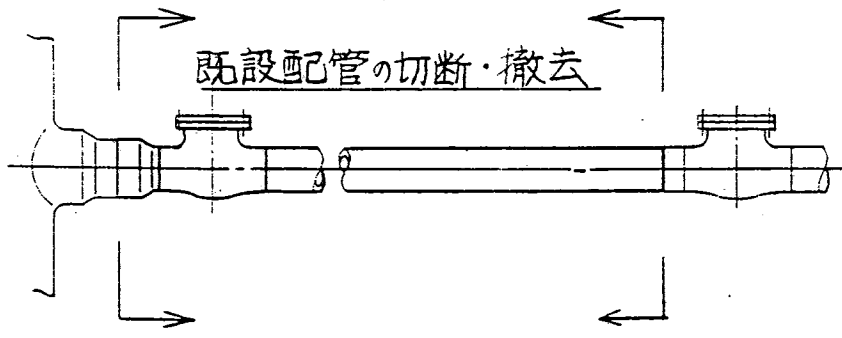
新型転換炉ふげん発電所			
名称	開先形状図(原子炉給水系)		
図番	図 8-3-3		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	鈴木	
動力炉・核燃料開発事業団			

セーフエンド

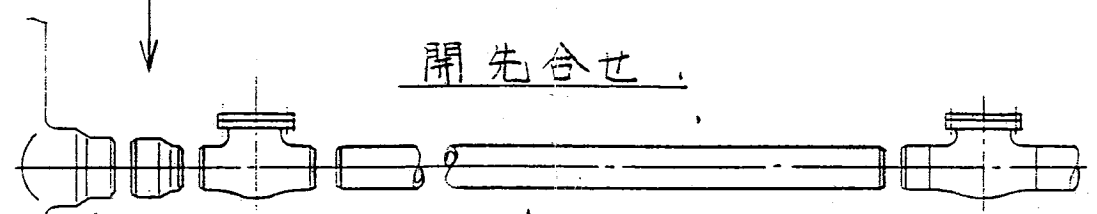


開先加工

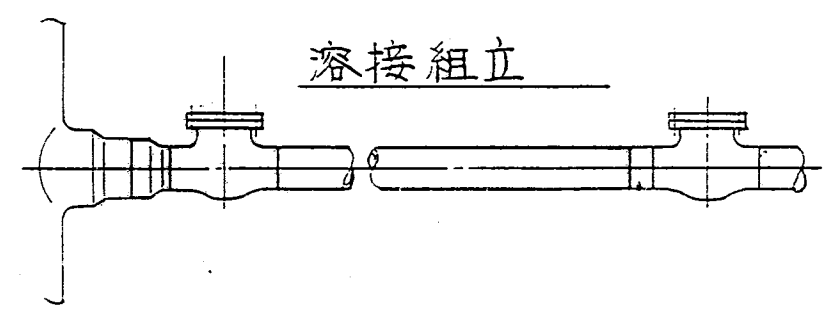
既設配管の切断・撤去



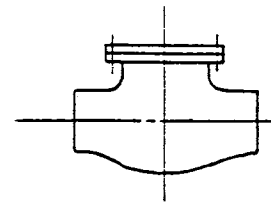
開先合せ



溶接組立

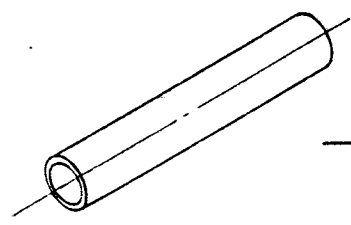


バルブ



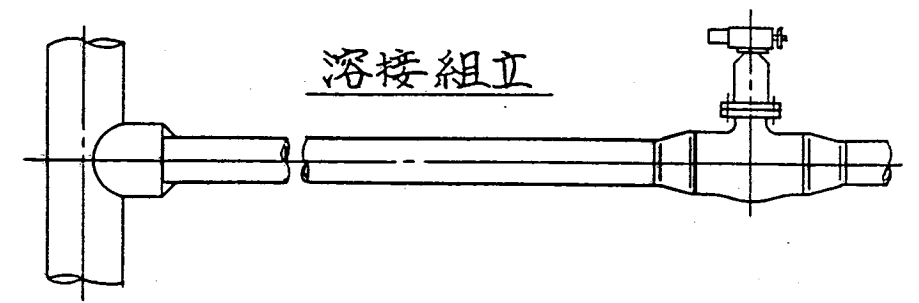
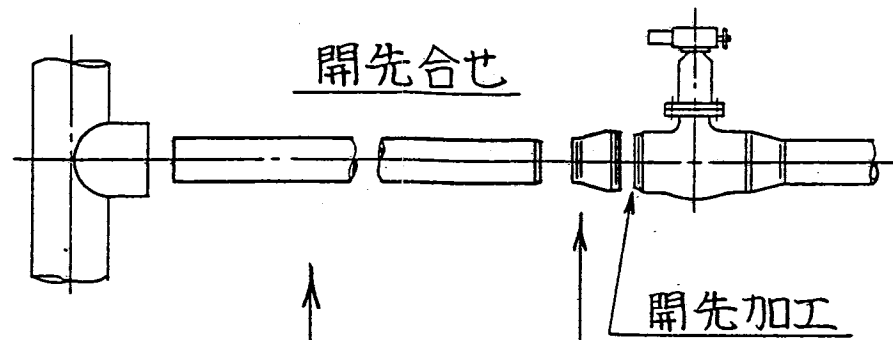
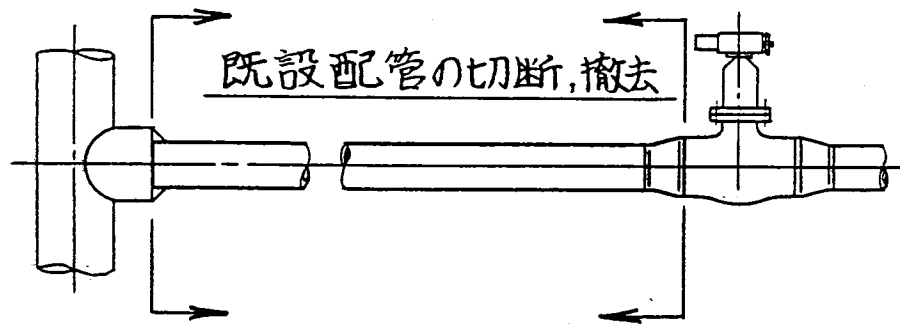
開先加工

パイプ

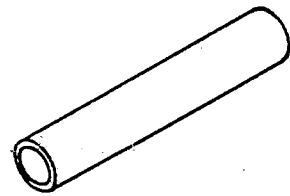


開先加工

新型転換炉ふげん発電所			
名称	工事フロー、材料加工法及び材料組立法図 (原子炉再循環系、原子炉給水系)		
図番	図 9-1		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	鈴木	
動力炉・核燃料開発事業団			



パイプ



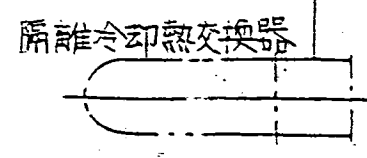
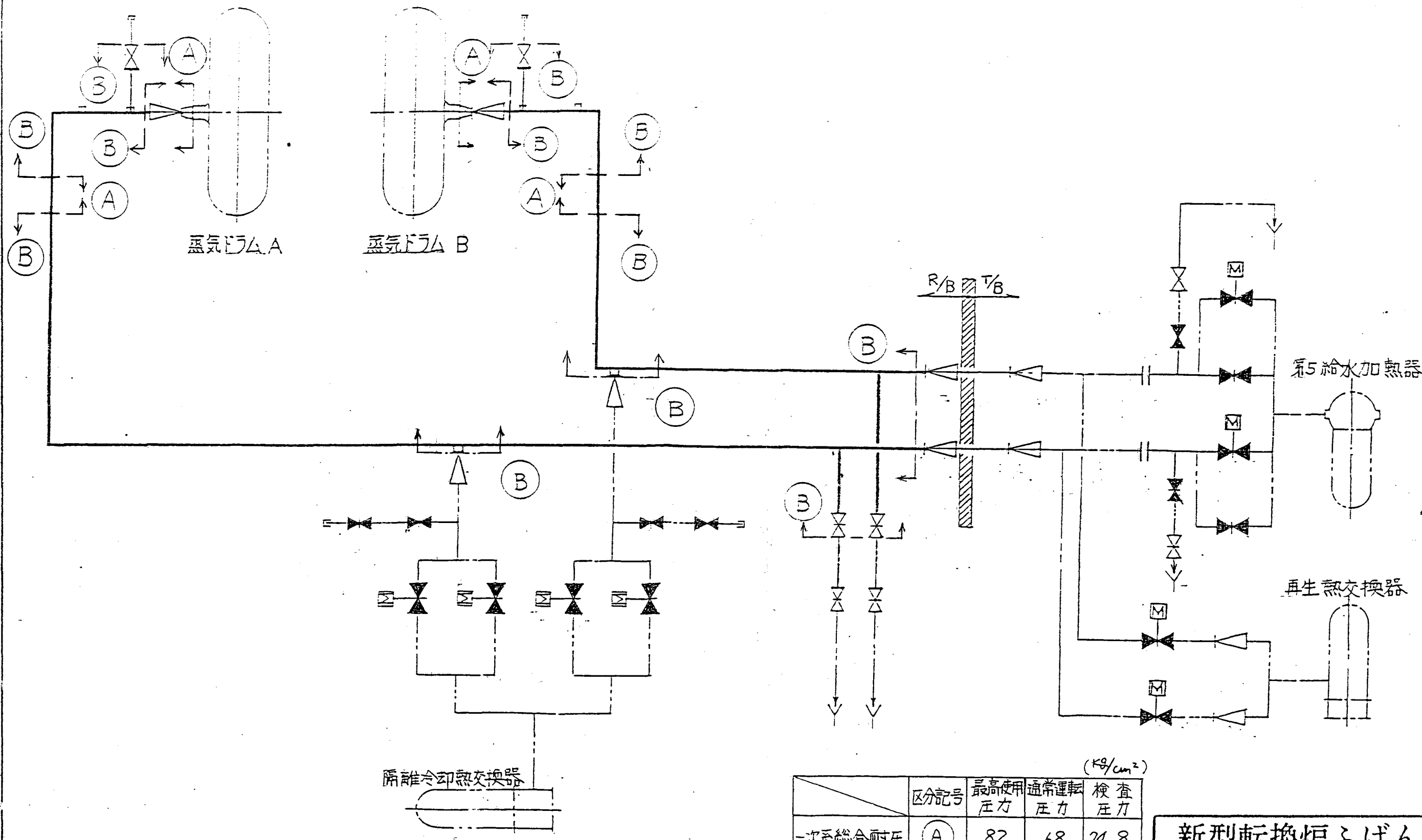
開先加工

レジューサ



開先加工

新型転換炉ふげん発電所			
名称	工事加工, 材料加工法及試材料組立法図 (原子炉冷却材浄化系)		
図番	図 9-2		
尺度	日付	承認	製作
	5/9		
動力炉・核燃料開発事業団			

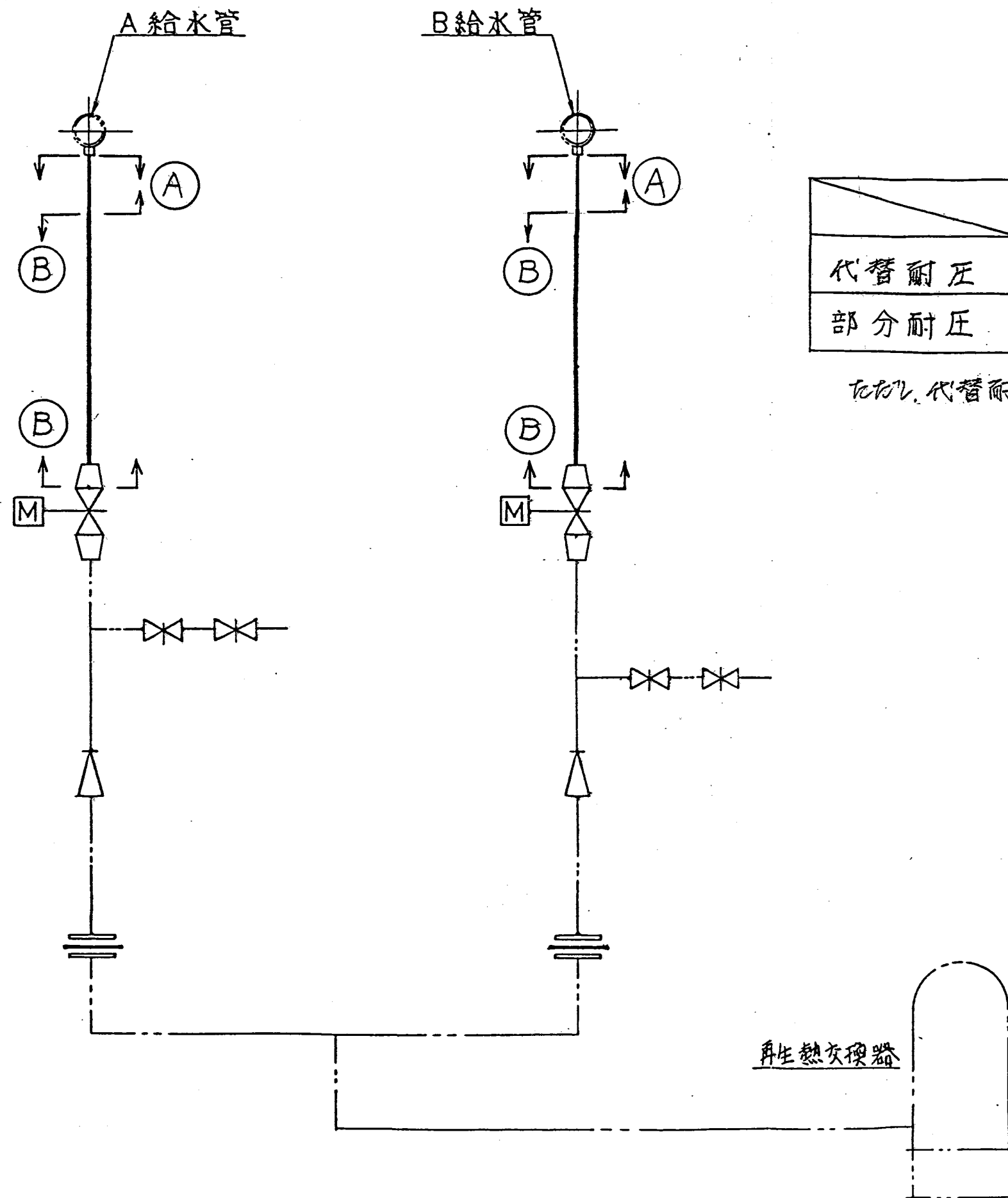


変更範囲を示す

	区分記号	最高使用 圧力	通常運転 圧力	検査 圧力
一次系総合耐圧	(A)	82	68	74.8
部分耐圧	(B)	82	68	102.5

(kg/cm²)

新型転換炉ふげん発電所			
名称	耐圧漏洩検査圧力区分図 (原子炉再循環系, 原子炉給水系)		
図番	図 10-1		
尺度	日付	承認	製作
	58/9	鈴木	
動力炉・核燃料開発事業団			



	区分記号	最高使用 圧力	通常運転 圧力	検査 圧力
代替耐圧	(A)	94.3	74	102.5
部分耐圧	(B)	94.3	74	141.5

(kg/cm²)

ただし、代替耐圧については耐圧後 PT を行う。

↔ 変更範囲を示す。

新型転換炉ふげん発電所			
名称	耐圧漏洩検査圧力区分図 (原子炉冷却材浄化系)		
図番	図 10-2		
尺度	日付	承認	製作
	58/7	梁	
動力炉・核燃料開発事業団			

機器名：蒸気ドラム
(給水管ノズルセーフエンド)

表1-1 溶接施行法一覧表 (原子炉再循環系)

名称	開先図 番号	材 料		寸 法 (mm) 呼び径B ×厚さ	継手 種別	溶接 方法	溶接棒及び溶加材				フ ラ ッ ク 心 線	溶 接 姿 勢	電 流 (A)	予 熱 温 度 (℃)	応力除去			区 分		ガ ス		層 数	溶 接 法 行 可 番 号 認 (社 内 整 理 番 号)	溶 接 部 試 験 検 査								
		規 格	区 分				初 層 部		残 層 部						温 度	保 持 時 間	加 熱 冷 却 温 度	溶 加 材	溶 着 金 属	シ ー ル ド	バ シ ー ク ル ド			素 材 確 認	開 先 検 査		裏 ハ ツ リ 査		溶 接 完 了 後 検 査			
							径 (mm)	銘 柄	径 (mm)	銘 柄															PT	開 先 寸 法	PT	PT	RT	耐 圧 漏 洩		
突合せ溶接 継 手	TYPE -1	SA-350LF2 (インコネルバタリング) + SUS F316L (インコネルバタリング)	インコ ネル + インコ ネル	φ340×35	突 合 せ	Tf + S	1.6	インコ ネル 82T	1.14	インコ ネル 82T	-	r	60~250	-	-	-	-	イン コ ネ ル 82T	イン コ ネ ル	アル ゴ ン ガ ス	アル ゴ ン ガ ス	多 層	57 資 庁 第 14293 号 (471)	○	○	○	-	○	○	○		
給 水 内 管 す み 肉 溶 接	TYPE -2	SUS F316L + SUS 304TP	P-8 + P-8	φ252×6	す み 肉	A	3.2 4	NC- 36LK	-	-	-	r	60~145	-	-	-	-	A-7	-	-	多 層	44 公 第 15315 号 (168)	○	-	○	-	○	-	-			
材料の区分	P-1 + P-8	インコネルバタリング				溶着金属	インコ ネル 82T	インコ ネ ル				溶接姿勢	r	姿勢の制限なし																		
溶 加 材	インコ ネ ル 82T	インコ ネ ル				溶 接 方 法	A Tf	被覆アーク溶接 初層ティグ溶接(裏当金を用いないもの)				非破壊検査	PT	液体浸透探傷試験																		
溶 接 棒	-	-				溶 接 方 法	S	其の他の自動溶接(ティグ自動溶接)				非破壊検査	RT	放射線透過試験																		
溶 接 施 行 法	昭和45年6月13日 44公第15313号(168) 昭和57年9月11日 57資庁第14293号(471)																															

表 1-2 溶接施行法一覧表 (原子炉冷却材浄化系)

機器名：配管 (3種管)

名称	開先図番号	材 料		寸 法 (mm) 呼び径B ×厚さ	継 手 種 別	溶 接 方 法	溶接棒及び溶加材				フ ラ ッ ク 心 線	溶 接 姿 勢	電 流 (A)	予 熱 温 度 (℃)	応力除去			区 分		ガ ス		層 数	溶 接 法 行 法 認 可 番 号 (社 内 整 理 番 号)	溶 接 部 試 験 検 査						
		規 格	区 分				初 層 部		残 層 部						温 度	保 持 時 間	加 熱 冷 却 速 度	溶 加 材	溶 着 金 属	シ ー ル ド	バ ッ ク ル ド			素 材 確 認	開先検査		裏ハツリ 査		溶接完了後検査	
							径 (mm)	銘 柄	径 (mm)	銘 柄															PT	開先 寸法	PT	PT	RT	耐圧 漏洩
突合せ溶接 継 手	TYPE -1	SUS316LTP + SUS316LTP	P-8 + P-8	φ60.5 ×5.5t	突 合 せ	T _F + S	φ1.6	TGS- 316LK	φ1.2	TGS- 316LK	-	r	60~250	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	3~4	54資庁 第12684号 (365)	○	○	○	-	○	-	○	
突合せ溶接 継 手	TYPE -1	SUS316LTP + SUS316LTP	P-8 + P-8	φ60.5 ×5.5t	突 合 せ	T	φ1.6	TGS- 316LK	φ1.6	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	3~4	43公 第11225号 (113)	○	○	○	-	○	-	○	
突合せ溶接 継 手	TYPE -2	SUS316LTP + SCS13	P-8 + P-8	φ89.1 ×7.6t	突 合 せ	T	φ1.6	TGS- 316LK	φ1.6	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	4~6	43公 第11225号 (113)	○	○	○	-	○	-	○	
差し込み溶 接ソケット 継 手	TYPE -3	SUS316LTP + SF50	P-8 + P-1	φ60.5 ×5.5t	ソ ケ ッ ト	T _B + A	φ1.6	TGS- 309K	φ3.2	NC-39K	-	r	60~160	P-1 のみ 100	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	3~4	51資庁 第15276号 (326)	○	○	○	-	○	-	○
プレートラグ 取付継手	TYPE -4	SUS316LTP + SUS316LHP	P-8 + P-8	φ60.5 ×5.5t 9t	す み 肉	T _B	φ1.6	TGS- 316LK	φ1.6	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	3~4	51資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○	
材料の区分	P-1	炭 素 鋼				溶 着 金 属	A-7	高合金鋼オーステナイト系				溶 接 姿 勢	r	姿勢の制限なし																
	P-8	高合金鋼オーステナイト系																												
溶 加 材	R-7	高合金鋼オーステナイト系				溶 接 方 法	T _B	ティグ溶接 (両側溶接又は裏あて金を用いる片側溶接)				非破壊検査	PT	液体浸透探傷試験																
			T _F	初層ティグ溶接 (裏あて金を用いないもの)																										
溶 接 棒	-	-				溶 接 方 法	T	ティグ溶接 (裏あて金を用いない片側溶接)				非破壊検査																		
			S	その他の自動溶接 (ティグ溶接)																										
			A	被覆アーク溶接 (両側溶接又は裏あて金を用いる片側溶接)																										
溶 接 施 行 法	昭和54年10月8日		54資庁第12684号(365)		昭和52年1月14日		51資庁第15276号(326, 327)																							
	昭和44年4月22日		43公第11225号(113)																											

表1-3-2 溶接施行法一覽表（原子炉給水系）

名称	開先図 番号	材 料		寸 法 (mm) 呼び径 B × 厚 さ	継 手 種 別	溶 接 方 法	溶接棒及び溶加材				フ ラ ッ ク 心 線	溶 接 姿 勢	電 流 (A)	予 熱 温 度 (℃)	応力検査			区 分		ガ ス		層 数	溶接施行 法認可 番 号 (社内整 理番号)	溶接部試験検査						
		規 格	区分				初層部		残層部						温 度	保 持 時 間	加 熱 冷 却 速 度	溶 加 材	溶 着 金 属	シ ー ルド	バ ン ツ ー ク ルド			素 材 確 認	開先検査		裏ハツリ 査		溶接完了後検査	
							径 (mm)	銘柄	径 (mm)	銘柄															PT	開先 寸法	PT	PT	RT	耐 圧 洩
差込み溶接 ソケット継手	TYPE -6	SUS F316L + SUS F316L	P-8 + P-8	温 度 計 ウ エ ル	ソ ケ ッ ト	T _B	φ2.0	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	2~4	51 資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○
差込み溶接 ソケット継手	TYPE -6	SUS 316LTP + SUS F316L	P-8 + P-8	φ27.2×3.9 t	ソ ケ ッ ト	T _B	φ2.0	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	2~4	51 資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○
差込み溶接 ソケット継手	TYPE -6	SUS 316LTP + SUS F316L	P-8 + P-8	φ21.7×3.7 t	ソ ケ ッ ト	T _B	φ2.0	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	2~4	51 資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○
管台継手	TYPE -4	SUS 316LTP + SUS F316L	P-8 + P-8	φ267.4×15.1 t φ97×13.4 t	管 台	T _F + A	φ1.6	TGS- 316LK	φ2.6 φ3.2 φ4.0	NC- 36LK	-	r	60~160	-	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	3~5	50 資庁 第10912号 (318)	○	○	○	-	○	○	○
管台継手	TYPE -5	SUS 316LTP + SUS F316L	P-8 + P-8	φ267.4×15.1 t 1 B	管 台	A	φ3.2	NC- 36LK	φ4.0	NC- 36LK	-	r	80~200	-	-	-	-	A-7	-	-	-	3~5	44 公 第15313号 (168)	○	○	○	-	○	-	○
管台継手	TYPE -5	SUS 316LTP + SUS F316L	P-8 + P-8	φ267.4×15.1 t 3/4 B	管 台	A	φ3.2	NC- 36LK	φ3.2	NC- 36LK	-	r	80~130	-	-	-	-	A-7	-	-	-	3~5	44 公 第15313号 (168)	○	○	○	-	○	-	○
管台継手	TYPE -5	SUS 316LTP + SUS F316L	P-8 + P-8	φ267.4×15.1 t 1/2 B	管 台	A	φ3.2	NC- 36LK	φ3.2	NC- 36LK	-	r	80~130	-	-	-	-	A-7	-	-	-	3~5	44 公 第15313号 (168)	○	○	○	-	○	-	○
突合せ溶接 継 手 (管 台)	TYPE -3	SUS F316L + SCS13	P-8 + P-8	φ89.1×9.4 t	突 合 せ	T	φ1.6	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	2~4	43 公 第11225号 (113)	○	○	○	-	○	○	○
材料の区分	P-8	高合金鋼オーステナイト系				溶接金属	A-7	高合金鋼オーステナイト系				溶接姿勢	r	姿勢の制限なし																
溶 加 材	R-7	高合金鋼オーステナイト系				溶接方法	T _F T _B	ティグ溶接（両側溶接又は裏あて金を用いる片側溶接） 初層ティグ溶接（裏あて金を用いないもの）				非破壊検査	P T	液体浸透探傷試験																
溶 接 棒	-					溶接方法	T A	ティグ溶接（裏あて金を用いない片側溶接） 被覆アーク溶接（両側溶接又は裏あて金を用いる片側溶接）				非破壊検査	R T	放射線透過試験																
溶 接 施 行 法	昭和52年 1月14日		51 資庁第15276号(327)		昭和44年 4月22日		43 公第11225号(113)		昭和45年 6月13日		44 公第15313号(168)		昭和50年10月 9日		50 資庁第10912号(318)															

機器名：配管（1種管）

表1-3-3 溶接施行法一覧表（原子炉給水系）

名称	機関図 番号	材 料		寸 法 (mm) 呼び径B ×厚さ	継 手 種 別	溶 接 方 法	溶接棒及び溶加材				フ ラ ッ ク ス 線	溶 接 姿 勢	電 流 (A)	予 熱 温 度 (℃)	応力除去			区 分		ガ ス		層 数	溶接施行 法認可 番号 (社内整 理番号)	溶 接 部 試 験 検 査					
		規 格	区 分				初 層 部		残 層 部						温 度	保 持 時 間	加 熱 冷 却 速 度	溶 加 材	溶 着 金 属	シ ー ルド	バ ン ツ ー ク ルド			開先検査		裏ハツリ 検 査		溶接完了後検査	
							径 (mm)	銘 柄	径 (mm)	銘 柄														P T	開先 寸法	P T	P T	R T	耐圧 漏洩
プレートラグ 取付継手	TYPE -7	SUS316LTP + SUS316LHP	P-8 + P-8	φ267.4×15.1t 16t	すみ 肉	T _B	φ2.0	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	3~5	51 資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○
プレートラグ 取付継手	TYPE -7	SUS316LTP + SUS316LHP	P-8 + P-8	φ267.4×15.1t 12t	すみ 肉	T _B	φ2.0	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	3~5	51 資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○
プレートラグ 取付継手	TYPE -7	SUS316LTP + SUS316LHP	P-8 + P-8	φ267.4×15.1t 9t	すみ 肉	T _B	φ2.0	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	2~4	51 資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○
パイプラグ 取付継手	TYPE -8	SUS316LTP + SUS316LTP	P-8 + P-8	φ267.4×15.1t 6B×7.1t 3B×11.1t	すみ 肉	T _B	φ2.0	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	2~4	51 資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○
サーマル スリーブ すみ肉溶接	TYPE -9	SUSF316L + SUSF316L	P-8 + P-8	φ70.2×6.1t	すみ 肉	T _B	φ2.0	TGS- 316LK	φ2.0	TGS- 316LK	-	r	60~160	-	-	-	R-7	A-7	アルゴン ガ ス	アルゴン ガ ス	2~3	51 資庁 第15276号 (327)	○	○	○	-	○	-	○
材料の区分	P-8	高合金鋼オーステナイト系				溶着金属	A-7	高合金鋼オーステナイト系				溶接姿勢	r	姿勢の制限なし															
溶 加 材	R-7	高合金鋼オーステナイト系				溶接方法	T _B	ティグ溶接（両側溶接又は裏あて金を用いる片側溶接）				非破壊検査	P T	液体浸透探傷試験															
溶 接 棒	-					溶接方法						非破壊検査	R T	放射線透過試験															
溶 接 施 行 法	昭和52年1月14日 51 資庁第15276号(327)																												

表2 溶接士の資格

溶接士の資格確認番号	資格取得年月日	溶接区分
52資庁第4055号	昭和52年12月2日	TW-3r A-5~8
55資庁第1962号	昭和55年3月11日	
55資庁第1962号	昭和55年3月11日	
55資庁第1962号	昭和55年3月11日	
55資庁第1962号	昭和55年3月11日	
50資庁第1648号	昭和50年3月18日	AW-4r F5
46公第11197号	昭和46年10月23日	
46公第 583号	昭和46年5月18日	
46公第15962号	昭和47年4月25日	
43公第12318号	昭和44年3月22日	
57資庁第9676号	昭和57年10月12日	上記2区分については 年度毎の更新継続中
54資庁第11157号	昭和54年10月24日	S(テイク自動) A-1~8
53資庁第1223号	昭和53年2月27日	
53資庁第1223号	昭和53年2月27日	
55資庁第2246号	昭和55年3月11日	
56資庁第3927号	昭和56年6月2日	