

1. 概要

クラス 2 機器の材料及び構造については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第六号）（以下「技術基準規則」という。）第 17 条第 1 項第 2 号及び第 9 号に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有していることが要求されている。

本資料は、クラス 2 機器のうち材料及び構造の要求が追加又は変更となる以下の機器が十分な強度を有することを確認するための強度計算の基本方針について説明するものである。

- ・「放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備」の改造に伴い強度評価が必要となる管

2. クラス 2 機器の強度計算の基本方針

クラス 2 機器の材料及び構造については、技術基準規則第 17 条（材料及び構造）に規定されており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306194 号）第 17 条 10 において「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）」＜第 1 編軽水炉規格＞ J S M E S N C 1 -2005/2007」（日本機械学会）又は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版）＜第 1 編軽水炉規格＞ J S M E S N C 1 -2012」（日本機械学会）によることとされているが、技術基準規則の施行の際現に施設し、又は着手した設計基準対象施設については、施設時に適用された規格によることと規定されている。同解釈において規定される J S M E S N C 1 -2005/2007 及び J S M E S N C 1 -2012 は、いずれも技術基準規則を満たす仕様規定として相違がない。

よって、クラス 2 機器のうち「放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備」の改造を実施する機器の評価は J S M E S N C 1 -2005/2007 による評価を実施する。

よって、クラス 2 機器のうち「放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備」の改造を実施する機器の評価は J S M E S N C 1 -2005/2007 による評価を実施する。

なお、クラス 2 機器を同位クラスである重大事故等クラス 2 機器として兼用し、重大事故等時の使用条件に設計基準の使用条件が包絡され、重大事故等時における評価結果がある場合は、材料、構造及び強度の要求は同じであることから、設計基準の評価結果の記載は省略する。

2. クラス3機器の強度計算の基本方針

クラス3機器の材料及び構造については、技術基準規則第17条（材料及び構造）に規定されており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成25年6月19日 原規技発第1306194号）（以下「技術基準規則の解釈」という。）第17条10において「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）」＜第I編 軽水炉規格＞ JSME S NC 1-2005/2007」（日本機械学会）又は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012年版）＜第I編軽水炉規格＞ JSME S NC 1-2012」（日本機械学会）によることとされているが、技術基準規則の施行の際現に施設し、又は着手した設計基準対象施設については、施設時に適用された規格に拠ることと規定されている。同解釈において規定されているJSME S NC 1-2005/2007及びJSME S NC 1-2012は、いずれも技術基準規則を満たす仕様規定として相違がない。

よって、クラス3機器（火災防護設備のハロンボンベ及び二酸化炭素ボンベ（以下「消火設備用ボンベ」という。）並びに消火器を除く。）の評価は、基本的にJSME S NC 1-2005/2007（以下「設計・建設規格」という。）による評価を実施する。ただし、施設時の適用規格が「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）の場合は、設計・建設規格と告示第501号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

また、技術基準規則の解釈の冒頭において「技術基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、技術基準規則に適合するものと判断する。」ことが規定されている。

クラス3容器のうち完成品としてそれぞれ高圧ガス保安法及び消防法の規制を受ける消火設備用ボンベ及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」に基づき火災区域又は火災区画に配備する消火器（以下「消火器」という。）については、技術基準規則第17条第1項第3号及び第10号におけるクラス3容器の材料、構造及び強度の要求に照らして十分な保安水準の確保ができることを確認した上で、高圧ガス保安法又は消防法に適合したものを使用する設計とする。

消火設備用ボンベ及び消火器の材料については、技術基準規則第17条におけるクラス3容器の材料、構造及び強度の規定と高圧ガス保安法又は消防法の規定の比較評価において適切であることを確認する。

2. 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針

重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の材料及び構造については、技術基準規則第55条（材料及び構造）に規定されており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成25年6月19日 原規技発第1306194号）（以下「技術基準規則の解釈」という。）に従い、設計基準施設の規定を準用する。

また、技術基準規則の解釈第17条10において「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）」＜第1編軽水炉規格＞ JSME S NC 1-2005/2007」（日本機械学会）又は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012年版）＜第1編軽水炉規格＞ JSME S NC 1-2012」（日本機械学会）によることとされているが、技術基準規則の施行の際現に施設し、又は着手した設計基準対象施設については、施設時に適用された規格によることと規定されている。同解釈において規定される JSME S NC 1-2005/2007 及び JSME S NC 1-2012 は、いずれも技術基準規則を満たす仕様規定として相違がない。

よって、重大事故等クラス2機器（クラス1機器及び原子炉格納容器を除く）及び重大事故等クラス2支持構造物（クラス1支持構造物を除く）の評価は、基本的に JSME S NC 1-2005/2007（以下「設計・建設規格」という。）による評価とする。ただし、施設時の規格が「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）の場合は、今回の設計時において技術基準規則を満たす仕様規定とされている設計・建設規格と告示第501号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

クラス2機器又はクラス2支持構造物を同位クラスである重大事故等クラス2機器又は重大事故等クラス2支持構造物として兼用し、重大事故等の使用条件が設計基準の使用条件に包絡され、クラス2機器又はクラス2支持構造物の既に認可された工事計画の添付資料（以下「既工認」という。）における評価結果がある場合は、材料、構造及び強度の要求は同じであることから、その評価の適用性を確認し、既工認の確認による評価を実施する。

重大事故等クラス2機器であってクラス1機器及び重大事故等クラス2支持構造物であってクラス1支持構造物の評価は、重大事故等時の使用条件が設計基準の使用条件に包絡され、既工認における評価結果がある場合は、その評価の適用性を確認し、既工認の確認による評価を実施する。また、上述の評価条件がない場合は、設計・建設規格と告示第501号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

原子炉格納容器のうちコンクリート製格納容器の評価は「コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準」（平成2年10月22日 通商産業省告示第452号）

（以下「告示第452号」という。）による評価を実施する。ただし、コンクリート製格納容器のうち改造を実施する設備は「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉

格納容器規格「J S M E S N E 1 -2003」（日本機械学会）（以下「C C V規格」という。）による評価を実施する。

重大事故等クラス2機器であって原子炉格納容器（コンクリート製原子炉格納容器を除く。）の評価は，告示第501号による評価を実施する。ただし，原子炉格納容器のうち改造を実施する設備は設計・建設規格による評価を実施する。

重大事故等クラス2機器であって非常用炉心冷却設備に係るろ過装置（ストレーナ）の評価は，技術基準規則の解釈第17条4に記載される「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12原院第5号（平成20年2月27日原子力安全・保安院制定））の評価方針を考慮し，重大事故等クラス2機器としての評価を実施する。

重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の材料については，技術基準第55条において材料は「使用前に適用されるものとする。」と規定されていることから，重大事故等クラス2機器（原子炉格納容器のうちコンクリート製原子炉格納容器を除く。）及び重大事故等クラス2支持構造物の材料については，技術基準規則施行前に工事に着手又は完成したものであって設計・建設規格又は告示第501号における材料の規定によらない場合は，使用条件に対して適切であることを確認した材料を使用する設計とする。

また，原子炉格納容器のうちコンクリート製原子炉格納容器の材料については，告示第452号に規定された材料を使用する設計とする。

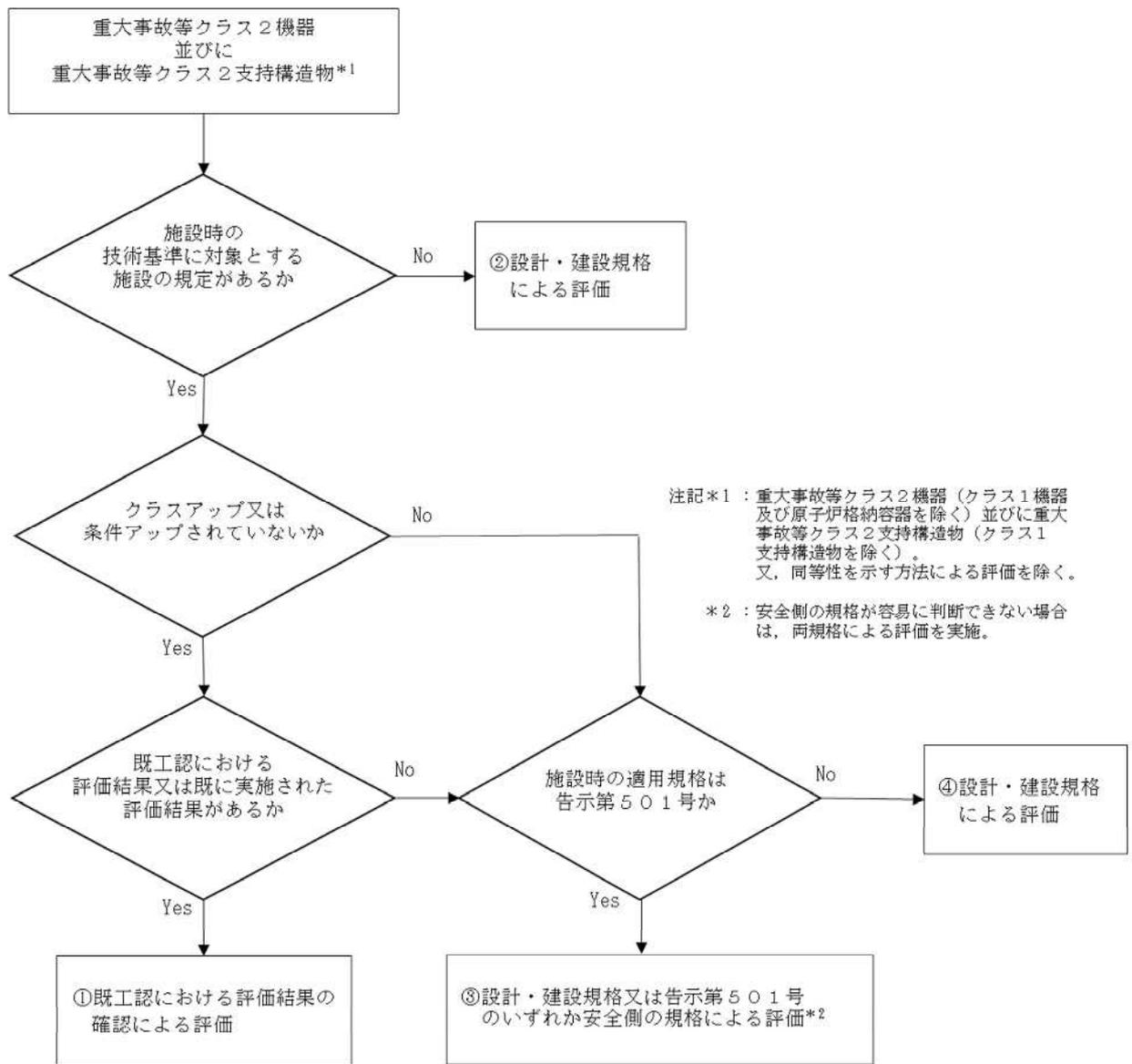


図 2-1 評価区分の整理フロー

2.1.1 クラス2機器の規定に基づく評価

(1) 強度計算における適用規格の選定

ここでは、重大事故等クラス2機器のうち図2-1において、「③設計・建設規格又は告示第501号のいずれか安全側の規格による評価」に区分された機器の適用規格について説明する。当該機器の施設時の適用規格は告示第501号であるため、設計・建設規格と告示第501号との比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

安全側の規格の選定は、両規格において公式による評価手法と解析による評価手法が規定されていることから、以下「a. 公式による評価の比較」及び「b. 解析による評価の比較」に示す手法ごとに比較を行い実施する。

a. 公式による評価

公式による評価において評価結果に影響を与えるものとしては、評価式、評価式に用いる許容値及び係数並びに材料の物性値がある。このうち係数については評価式を構成するものであることから評価式として扱う。材料の物性値については、物性値を割下げ率で除して許容値が設定されていることからその影響は許容値に含まれることになる。よって、評価式と許容値の2つの項目について比較する。

評価式及び許容値の比較は、評価対象部位ごとに実施する。許容値の比較は、許容値が小さい方を安全側とする。ただし、許容値のSI単位化による誤差は、単位換算によるものであり工学的な意味合いはなく、評価結果に影響を与えないため、ここでは相違するものとは見なさない。

上記2つの項目における比較において安全側の規格が容易に判断できる場合は、安全側の規格として選定した設計・建設規格又は告示第501号のいずれかにて評価を実施する。安全側の規格が容易に判断できない場合は設計・建設規格及び告示第501号の両規格により評価を実施する。両規格に相違がない場合は、設計・建設規格に基づき評価を実施する。

b. 解析による評価の比較

解析による評価において安全側の規格が容易に判断できない場合は、設計・建設規格及び告示第501号の両規格により評価を実施する。

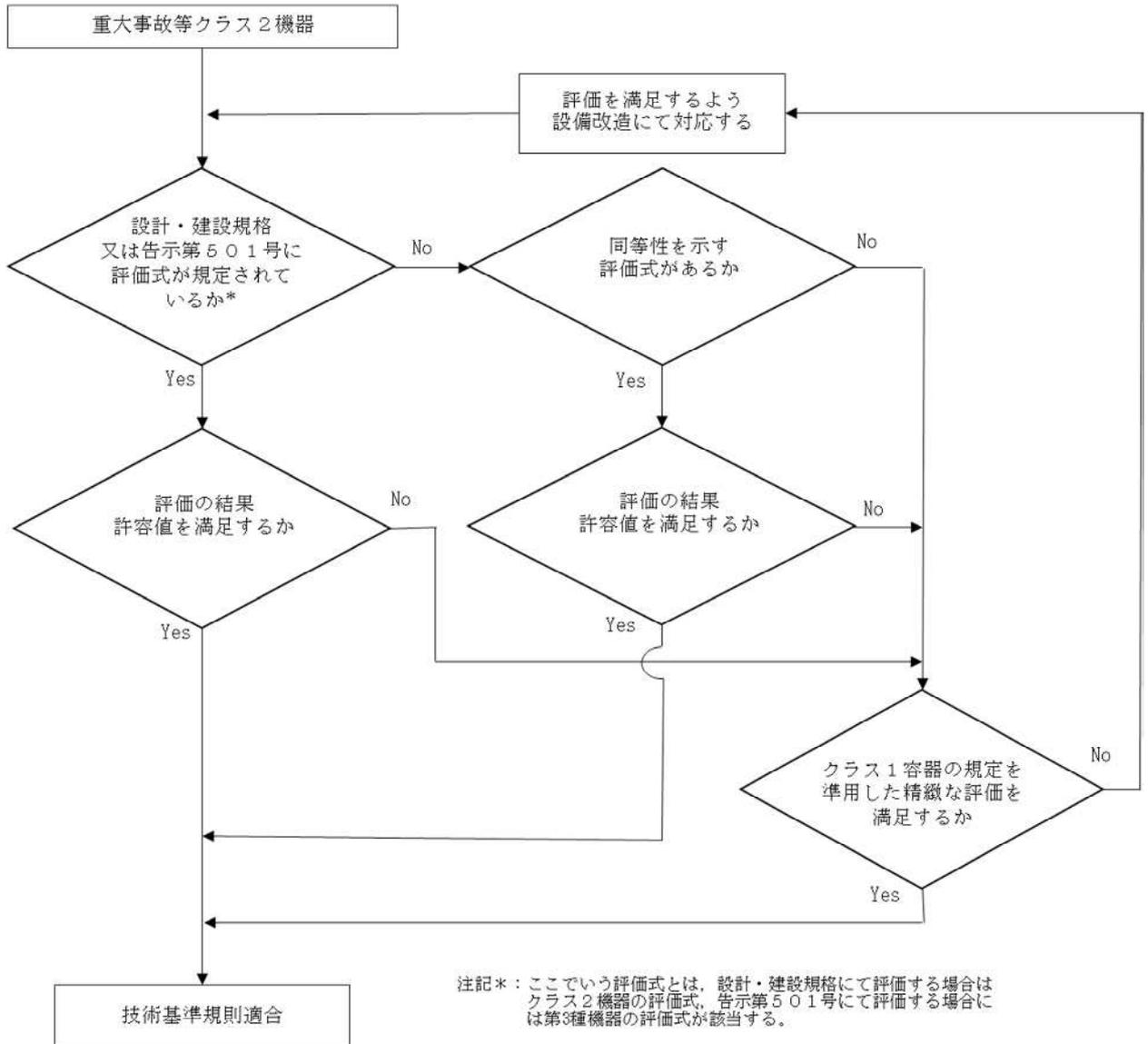


図 2-2 重大事故等クラス2機器の技術基準規則適合性確認フロー

されるような自己制御的ひずみに対して漏えいを生じることなく追従できる変形性能を有する許容ひずみ量が規定されている。

また、ライナープレートに強制的にひずみを発生させるコンクリート部分の変形は、上述のとおり、荷重状態Ⅳの許容値を適用することから、ライナープレートについては強制ひずみに対して追従できる変形性能を確保することが可能である。

したがって、それを適用することについては、材料の究極的な強さに対して適切かつ十分な裕度を持った設計となる。

ただし、コンクリート製原子炉格納容器のうち改造を実施する設備の強度評価に当たっては、CCV規格による評価となるため、告示第501号をCCV規格と読み替える。

注記*2：運転状態Ⅳの許容応力は、告示第501号第13条解説において、鋼材の究極的な強さを基に、弾性計算により塑性不安定現象の評価を行うことへの理論的安全裕度を考慮して定めたものであり、一次一般膜応力（ P_m ）は $2/3 S_u$ 、一次局部膜応力（ P_L ）＋一次曲げ応力（ P_b ）は $1.5 \times 2/3 S_u (= S_u)$ と規定されている。前者は、膜応力であり断面の応力が S_u に到達すると直ちに破損に至るため割下げ率1.5を考慮して規定されているが、後者は、断面表面が S_u に到達しても断面内部は更なる耐荷能力があり直ちに破損には至らないため割下げ率は1.0としている。一方、原子炉格納容器のジェット力および機械的荷重に対する応力評価は、告示第501号第21条において、一次一般膜応力（ P_m ）は $0.6 S_u$ 、一次局部膜応力（ P_L ）＋一次曲げ応力（ P_b ）は $1.5 \times 0.6 S_u (= S_u)$ と規定されている。原子炉格納容器の応力評価を行う上での分類は運転状態Ⅳであることから、告示第501号第13条の許容応力と比較して保守側となる告示第501号第21条の許容応力を評価基準値とする。告示第501号に規定されている運転状態Ⅳの許容応力は、耐圧機能維持の観点から、安全評価上の仮定に保障を与えるものであり、それを適用することについては、材料の究極的な強さに対して適切かつ十分な裕度を持った設計となる。

ただし、原子炉格納容器のうち改造を実施する設備の強度評価に当たっては、設計・建設規格による評価となるため、告示第501号を設計・建設規格、第13条解説を解説 PVB-3111、第21条をPVE-3113と読み替える。

表 2-3 化学的成分が材料に及ぼす影響整理表

		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	W	影響の確認方法
機械的強度		向上	向上	向上	向上	—	向上	向上	向上	向上	向上	向上	機械的強度に影響を及ぼす化学的成分に差異がある場合は、材料の機械的強度である引張強さ、降伏点又は耐力が同等であることを確認する。
高温強度		向上	—	—	—	—	—	—	—	向上	—	—	高温強度に影響を及ぼす化学的成分に差異がある場合は、高温域（設計・建設規格 PVB-3312）で使用されていないことを確認する。
溶接性		低下	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	溶接性に影響を及ぼす化学的成分に差異がある場合は、溶接規格*にて定められた数値 0.35%以下であることを確認する。
じん性		低下	—	向上	低下	低下	—	向上	—	—	—	—	じん性については、「(2) 破壊じん性」において確認する。なお、じん性に影響を及ぼす不純物である P, S の化学的成分に差異がある場合は、成分値が影響を与えるレベル以下であることを確認する。
耐食性	応力腐食割れ	低下	—	—	—	—	—	向上	向上	—	—	—	耐食性のうち、応力腐食割れに影響を与える化学的成分には C, Ni, Cr があるが、Ni, Cr については応力腐食割れを防ぐために添加されるものであり考慮は不要であることから、悪影響を与える C の含有量が過剰でないことを確認する。全面腐食に影響を与える成分に差異がある場合は、悪影響を与える差異がないことを確認する。なお、耐食性に関しては使用環境に対して適切な水質管理やライニング処理が行われていることも確認する。
	全面腐食	—	—	—	—	—	向上	向上	向上	向上	向上	—	

注記*：「発電用原子力設備規格 溶接規格（2007年版）J S M E S N B 1 - 2 0 0 7」（日本機械学会）を示す。なお、施設時の適用規格である電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令（昭和 45 年通商産業省令第 81 号）も同値である。

性破壊に対して影響を与える最低使用温度について、重大事故等対処設備としての値が設計基準対象施設としての値を有意に下回らないこと又は使用条件を考慮して影響のないことを確認する。

注記*：技術基準規則第2条第2項第28号，第32号，第33号，第34条及び第35号に規定する「原子炉格納容器」，「クラス1容器」，「クラス1管」，「クラス1ポンプ」，「クラス1弁」，「クラス2容器」，「クラス2管」，「クラス2ポンプ」，「クラス2弁」，及びこれらを支持する構造物，「クラス3容器」，「クラス3管」，「クラス4管」，炉心支持構造物並びに発電用火力設備に関する技術基準を定める省令の規定を準用するもの以外の容器，管，ポンプ，弁又は支持構造物。

上述の(a)項，(b)項において比較対象となる設計基準対象施設としての最低使用温度は屋外に施設される機器においては新潟地方気象台の最低気温を基に年超過確率評価により算出した -15.2°C （建設段階は -13°C ），原子炉格納容器の最低使用温度は 0°C ，原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器及び屋内に設置されている機器においては建屋内雰囲気温度の最低温度である 10°C ，海水と接する設備は海水最低温度 5.2°C を考慮し 0°C がそれぞれ設定されている。

重大事故等時において屋外の最低気温が変わることはないため，原子炉格納容器及び屋外に施設される機器の最低使用温度は設計基準対象施設として設定された値を下回ることではない。屋内に施設される機器のうち，重大事故等時において通水される内部流体が高温流体の場合は設計基準対象施設として設定されている最低使用温度 10°C を下回ることではなく，原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器については，重大事故等時において原子炉冷却材圧力バウンダリは高温状態となるため，設計基準対象施設として設定されている最低使用温度 10°C を下回ることではない。また，屋内に施設される機器のうち，重大事故等時において通水される内部流体のうち最も温度が低い海水においても最低海水温度が 5.2°C であり，設計基準対象施設として設定されている最低使用温度 10°C を有意に下回ることではない。

以上より，(a)項に該当する施設時に破壊じん性が要求されていた機器において，材料の破壊じん性に影響を与える最低使用温度が設計基準対象施設として設定されている値を重大事故等対処設備としての値が下回らない機器については，施設時に確認した破壊じん性が重大事故等対処設備としての材料要求される破壊じん性を包絡しており，重大事故等対処設備としての評価は省略する。最低使用温度が設計基準対象施設として設定されている値を重大事故等対

1. 概要

本資料は、V-3-1「強度計算の基本方針」に基づき、クラス1機器、クラス2機器、クラス3機器、重大事故等クラス2機器、重大事故等クラス2支持構造物及び重大事故等クラス3機器が十分な強度を有することを確認するための方法について説明するものであり、以下の資料により構成する。

- V-3-2-2 クラス1管の強度計算方法
- V-3-2-3 クラス1弁の強度計算方法
- V-3-2-4 クラス2管の強度計算方法
- V-3-2-5 クラス2弁の強度計算方法
- V-3-2-6 クラス3容器の強度計算方法
- V-3-2-7 クラス3管の強度計算方法
- V-3-2-8 重大事故等クラス2容器の強度計算方法
- V-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法
- V-3-2-10 重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法
- V-3-2-11 重大事故等クラス2弁の強度計算方法
- V-3-2-12 重大事故等クラス2支持構造物（容器）の強度計算方法
- V-3-2-13 重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）の強度計算方法
- V-3-2-14 重大事故等クラス3機器の強度評価方法

2. 評価条件整理表

V-3-1「強度計算の基本方針」に示す強度計算の方針との整合を図るため、各強度計算書において、「評価条件整理表」を添付する。本項では「評価条件整理表」で整理する項目について説明する。なお、強度評価対象機器のうち以下の機器については、評価条件及び適用規格の比較等が不要であることから「評価条件整理表」は添付しないこととする。

- ・ 重大事故等クラス2機器であってクラス1容器
- ・ 重大事故等クラス2機器であって原子炉格納容器
- ・ 消火設備用ボンベ又は消火器
- ・ 重大事故等クラス3機器

(1) 新設又は既設の判定

当該設備が新設又は既設であることを記載する。

(2) 施設時の技術基準における規定の有無

表2-1 施設時の技術基準における規定の有無の判定区分*

項目	説明
有	施設時の技術基準が 「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号）（以下「昭和55年告示第501号」という。） 又は 「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（平成6年7月21日 通商産業省告示第501号）（以下「平成6年告示第501号」という。） 又は 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）」＜第1編軽水炉規格＞ JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。） である機器
無	「施設時の技術基準における規定がない機器」

注記*：「新設する機器（重大事故等対処設備のうち設計基準対象施設として使用しない機器含む）」については「有」「無」に分類可能なものであっても「—」とする。

目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格及び基準	1
2. クラス1管の強度計算方法	2
2.1 計算方針	2
2.2 計算方法	2
3. 計算書の構成	16
3.1 管の応力計算書	16

1. 一般事項

1.1 概要

本書は、発電用原子力設備のうちクラス1管の応力計算書（以下「計算書」という。）について説明するものである。

1.2 適用規格及び基準

適用規格及び基準を以下に示す。

- (1) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（原子力規制委員会 2013 年 6 月）（以下「技術基準規則」という。）
- (2) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原子力規制委員会 2013 年 6 月）（以下「技術基準規則解釈」という。）
- (3) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）
- (4) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年通商産業省告示第 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）

2. クラス1管の強度計算方法

2.1 計算方針

設計基準対象施設はそれぞれの施設の評価条件での設計・建設規格による評価を実施する。
技術基準規則解釈において、技術基準規則第17条に規定の要求に適合する材料及び構造とは、設計・建設規格によることから、クラス1管は、設計・建設規格 PPB-3500 による評価を実施する。加えて、施設時に適用された規格が告示第501号の範囲については、告示第501号第46条から第48条までの規定に基づく評価を実施する。

2.2 計算方法

2.2.1 解析による計算

応力計算は三次元多質点系はりモデルによる解析により実施する。配管系の動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。なお、解析コードは、「HISAP」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、V-3 別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

2.2.1.1 解析モデルの作成

配管系の解析モデル作成に当たっては、以下を考慮する。

- (1) 配管系は三次元多質点系はりモデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮する。
- (2) 弁等の偏心質量がある場合には、その影響を評価できるモデル化を行う。また、弁の剛性を考慮したモデル化を行う。
- (3) 同一モデルに含める範囲は、原則としてアンカ点からアンカ点までとする。
- (4) 分岐管がある場合には、その影響を考慮できるモデル化を行う。ただし、母管に対して分岐管の径が十分に小さく、分岐管の振動が母管に与える影響が小さい場合にはこの限りではない。
- (5) 質点は応力が高くなると考えられる点に設定するとともに、代表的な振動モードを十分に表現できるように、適切な間隔で設ける。
- (6) 配管の支持構造物は、以下の境界条件として扱うことを基本とする。
 - a. レストレイント：拘束方向の剛性を考慮する。
 - b. スナッパ：拘束方向の剛性を考慮する。
 - c. アンカ：6方向を固定と扱う。
 - d. ガイド：拘束方向及び回転拘束方向の剛性を考慮する。
- (7) 配管系の質量は、配管自体の質量（フランジ部含む。）の他に弁等の集中質量、保温材等の付加質量及び管内流体の質量を考慮するものとする。

(f) 熱膨張応力

イ. 管台及び突合せ溶接式テーパー

$$S_e = C_{2b} \cdot M_{bs} / Z_b + C_{2r} \cdot M_{rs} / Z_r \leq 3 \cdot S_m$$

ロ. イ.以外の管

$$S_e = C_2 \cdot M_{is} / Z_i \leq 3 \cdot S_m$$

2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	設備	荷重の組合せ	状態
クラス 1 管	原子炉冷却材 圧力バウンダリ	P + M + D	設計条件
		P + M + T + O	供用状態 A, B 許容応力状態 I, II
		P + M + D	供用状態 C 許容応力状態 III
		P + M + D	供用状態 D 許容応力状態 IV

表 2-1 中の記号

P : 内圧による荷重

M : 機械荷重 (自重除く。)

D : 配管の自重による荷重

T : 配管の熱膨張荷重 (支持点の熱膨張変位を含む。)

O : 過渡熱による荷重

表 1-1 告示第 5 0 1 号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	本資料の計算式 (章節番号)	備考
第 81 条 材料の許容応力	2. 1	弁箱に係るものの応力評価
VVB-3300 弁の応力評価		
VVB-3320 ^{*1}	2. 1. 1	一次応力
VVB-3330 ^{*1}	2. 1. 2	配管反力による応力
VVB-3340 ^{*1}	2. 1. 3	一次+二次応力
VVB-3350 ^{*1, *2}	2. 1. 4	一次局部応力
第 1 項第 1 号ホ(イ) ^{*1}	2. 1. 5	起動時及び停止時の繰返しピーク応力 強さ
VVB-3360 ^{*1}		
第 1 項第 1 号ホ(ロ) ^{*1}	2. 1. 6	繰返しピーク応力強さ
VVB-3370 ^{*1}		
VVB-3380 ^{*1}	2. 2	弁体の一次応力
VVB-3390	2. 3	フランジの強度計算
VVB-3390(1) ^{*1 a}	2. 3	弁箱と弁ふたのフランジの応力解析
VVB-3390(1) ^{*1 b}	2. 3	フランジボルトの応力解析
VVB-3200 耐圧部の設計		弁箱又は弁ふた及び管台の強度計算
VVB-3210	2. 4	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算
VVB-3220	2. 6	管台の最小厚さの計算
VVB-3400 弁の形状	2. 5	弁箱の形状規定
VVB-3410 ^{*1}	2. 5	弁箱のネック部内径と弁入口流路内径 の比
VVB-3411(1) ^{*1}	2. 5	弁箱のネック部と流路部が交わる部分 の外表面の丸みの半径
VVB-3411(2) ^{*1}	2. 5	弁箱の弁座挿入部のすみの丸みの半径

注記*1：告示第 5 0 1 号第 81 条第 1 項第 1 号ホ(イ)，(ロ)又は設計・建設規格 VVB-3320，3330，3340，3350，3360，3370，3380，3390(1)a，3390(1)b，3410，3411(1)，3411(2)による計算は，接続管の外径が 115mm を超える弁について適用する。

*2：設計・建設規格 VVB-3350 に対する確認については，弁の最高使用圧力を決定する時点でその 1.1 倍を超えないよう安全弁等を設置するため，供用状態 C においても最高使用圧力の 1.2 倍を超えることはない。

2. クラス1弁の強度計算方法

発電用原子力設備のうちクラス1弁の強度計算に用いる計算式と記号を以下に示す。

2.1 弁箱に係るものの応力評価

クラス1弁の強度計算において、告示第501号第81条第1項第1号ホ（イ）、（ロ）又は設計・建設規格 VVB-3320, 3330, 3340, 3350, 3360, 3370 を適用する。

(1) 記号の説明

告示第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
A ₀	A ₀	告示第501号第81条第1項第1号ホの表又は設計・建設規格 PVB-3315 の表 PVB-3315-1 より求めた値	—
m, n	m, n	告示第501号第81条第1項第1号ホの表より求めた値	—
A ₁	A ₁	接続管の断面積の2分の1	mm ²
A ₂	A ₂	図3-2に示すA～A断面における金属部の断面積	mm ²
A _f	A _f	図3-1に示す流体部面積	mm ²
(A _{f1} , A _{f2})	(A _{f1} , A _{f2})		
A _m	A _m	図3-1に示す金属部面積	mm ²
(A _{m1} , A _{m2})	(A _{m1} , A _{m2})		
B ₀	B ₀	設計・建設規格 PVB-3315 の表 PVB-3315-1 より求めた値	—
C ₂	C ₂	応力係数で設計・建設規格 VVB-3340 の表 VVB-3340-1 より求めた値	—
C ₃	C ₃	応力係数で告示第501号第81条第1項第1号ホ 図1又は設計・建設規格 VVB-3360 の表 VVB-3360-1 より求めた値	—
C ₄	C ₄	応力係数で告示第501号第81条第1項第1号ハ 図3又は設計・建設規格 VVB-3340 の表 VVB-3340-2 より求めた値	—
C ₅	C ₅	応力係数で告示第501号第81条第1項第1号ホの図又は設計・建設規格 VVB-3370 の表 VVB-3370-1 より求めた値	—
C _b	C _b	応力係数で告示第501号第81条第1項第1号ロ 図2又は設計・建設規格 VVB-3330 式(VVB-9) より求めた値	—
d	d	図3-1に示す寸法	mm

告示第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
E	E	260℃の温度における告示第501号別表第11又は設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に規定する材料の縦弾性係数	MPa
	E_m	最高使用温度における告示第501号別表第11又は設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に規定する材料の縦弾性係数	MPa
	I_t	疲労累積係数	—
K	K	ネック部の角度による係数	—
K_e	K_e	設計・建設規格 PVB-3315(2)(3)より求まる係数	—
L_A	L_A	図3-1に示す A_f 及び A_m の範囲	mm
L_N	L_N	図3-1に示す A_f 及び A_m の範囲	mm
	N (1)	Sℓ(1)に対応する許容繰返し回数	—
	N (2)	Sℓ(2)に対応する許容繰返し回数	—
	N_i	実際の繰返し回数	—
	N_{ri}	許容繰返し回数	—
P	P	最高使用圧力	MPa
P_1	P_1	最高使用温度における告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄のうち、最高使用圧力より低く、かつ、最も近い呼び圧力の項の許容圧力	MPa
P_2	P_2	最高使用温度における告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄のうち、最高使用圧力より高く、かつ、最も近い呼び圧力の項の許容圧力	MPa
P_b	P_b	配管反力による弁箱の応力（告示第501号第81条第1項第1号ロ又は設計・建設規格 VVB-3330による。）	MPa
P_d	P_d	配管反力による弁箱の応力（告示第501号第81条第1項第1号ロ又は設計・建設規格 VVB-3330による。）	MPa
P_e	P_e	P_d 、 P_b 及び P_t の中の最大応力	MPa
P_{r1}	P_{r1}	260℃の温度における告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄のうち、最高使用圧力より低く、かつ、最も近い呼び圧力の項の許容圧力	MPa

告示第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
P_{r2}	P_{r2}	260℃の温度における告示第501号別表第13又は設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄のうち、最高使用圧力より高く、かつ、最も近い呼び圧力の項の許容圧力	MPa
P_s	P_s	260℃における許容圧力	MPa
P_t	P_t	配管反力による弁箱の応力（告示第501号第81条第1項第1号ロ又は設計・建設規格 VVB-3330による。）	MPa
ΔP_{fm}	ΔP_{fm}	供用状態A及び供用状態B（供用状態Cにおいて開閉操作を必要とする弁については、供用状態A、供用状態B及び供用状態C）において生じる圧力の段階的な変化の最大値と最小値との差（運転条件図により求める。起動時及び停止時を除く。）	MPa
Q_T	Q_T	厚さ方向の温度勾配による最大熱応力で告示第501号第81条第1項第1号ホ図2又は設計・建設規格 VVB-3360の表VVB-3360-2より求めた値	MPa
q	q	設計・建設規格 PVB-3315の表PVB-3315-1より求めた値	—
r	r	図3-2に示すA～A断面における平均半径 $r = r_i + t_e / 2$	mm
r_1	r_1	図3-1に示すネック部と流路部が交わる部分の外表面の丸みの半径	mm
r_i	r_i	図3-2に示すA～A断面における内半径	mm
S	S	弁箱の一次応力又は一次局部応力	MPa
S_l	S_l	繰返しピーク応力強さ（告示第501号第81条第1項第1号ホ(ロ)(1)(2)又は設計・建設規格 VVB-3370による。）	MPa
S_l	$S_l (1)$	起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ（告示第501号第81条第1項第1号ホ(イ)又は設計・建設規格 VVB-3360式(VVB-14.1)による。）	MPa
S_l	$S_l (2)$	起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ（告示第501号第81条第1項第1号ホ(イ)又は設計・建設規格 VVB-3360式(VVB-14.2)による。）	MPa

告示第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
S_m	S_m	弁箱材料の260℃の温度における告示第501号別表第2又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S_n	S_n	告示第501号第81条第1項第1号ホ(口)(1)(一)又は設計・建設規格 VVB-3370式(VVB-15)の計算式により求めた応力	MPa
S_n	S_n (1)	弁箱の一次+二次応力(設計・建設規格 VVB-3340式(VVB-10.1)による。)	MPa
S_n	S_n (2)	弁箱の一次+二次応力(設計・建設規格 VVB-3340式(VVB-10.2)による。)	MPa
S_p	S_p	告示第501号第81条第1項第1号ホ(口)(1)(二)又は設計・建設規格 VVB-3370式(VVB-17)の計算式により求めた応力	MPa
S_y	S_y	接続管の260℃の温度における告示第501号別表第9又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に規定する材料の設計降伏点	MPa
T_b	T_b	図3-1に示す弁箱の厚さ	mm
t_e	t_e	図3-2に示すA~A断面における金属部の厚さ	mm
T_{e1}	T_{e1}	図3-3及び図3-4に示す寸法	mm
T_{e2}	T_{e2}	図3-3及び図3-4に示す寸法	mm
	T_m	最高使用温度	℃
T_r	T_r	図3-1に示す弁箱の厚さ	mm
Z_1	Z_1	接続管の断面係数	mm ³
Z_2	Z_2	図3-2に示すA~A断面における断面係数	mm ³
Z_p	Z_p	図3-2に示すA~A断面における極断面係数	mm ³
α	α	260℃の温度における告示第501号別表第12又は設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表2に規定する材料の熱膨張係数	mm/mm℃
ϵ_e	ϵ_e	S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、弾性解析により計算したときのひずみ	—
ϵ_{ep}	ϵ_{ep}	S_p を求めたピーク応力強さのサイクルに対して、材料の応力—ひずみ関係として、降伏応力を S_m の1.5倍とした弾完全塑性体とした弾塑性解析より計算したときのひずみ	—
${}^{-p}\epsilon$	${}^{-p}\epsilon$	弾塑性解析によるミーゼス相当塑性ひずみ	—

告示第501号 又は 設計・建設 規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
θ	θ	ネック部の中心線と流路中心線との交角	°
$\bar{\sigma}$		弾塑性解析によるミーゼス相当応力	MPa
$\bar{\sigma}^*$		弾性解析によるミーゼス相当応力	MPa
ΔT	ΔT	告示第501号第81条第1項第1号ハ図2又は設計・建設規格 VVB-3340式(VVB-12)より求めた値	°C
ΔT_f	ΔT_f	流体温度変動の振幅（運転条件図により求める。告示第501号の場合17°C以上又は設計・建設規格の場合14°C以上のものに限る。）	°C
ΔT_{fm}	ΔT_{fm}	供用状態A及び供用状態B（供用状態Aにおいて開閉操作を必要とする弁にあつては、供用状態A、供用状態B及び供用状態C）において生じる流体温度の段階的な温度変化の最大値と最小値との差（運転条件図により求める。起動時及び停止時を除く。）	°C

2.1.3 一次＋二次応力

設計・建設規格 VVB-3340 を適用する。

(1) 算式

供用状態A及び供用状態B（供用状態Cにおいて開閉操作を必要とする弁にあっては、供用状態A、供用状態B及び供用状態C）における弁箱の一次＋二次応力は次の式による。

$$S_n (1) = 3 \cdot K \cdot P_s \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + P_e + 2 \cdot \alpha \cdot E \cdot C_2 \cdot \Delta T$$

$$S_n (2) = 3 \cdot K \cdot \Delta P_{fm} \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + \alpha \cdot E \cdot C_2 \cdot C_4 \cdot \Delta T_{fm}$$

ここで、

$$K = 0.2 + \frac{0.8}{\sin \theta}$$

(2) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

$$S_n (1) \leq 3 \cdot S_m$$

$$S_n (2) \leq 3 \cdot S_m$$

2.1.4 一次局部応力

設計・建設規格 VVB-3350 を適用する。

(1) 算式

供用状態Cにおいて開閉操作を必要とする弁以外の弁については、弁箱の一次局部応力は次の式による。

$$S = 1.5 \cdot K \cdot P_s \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + 1.2 \cdot P_e$$

(2) 評価

以下の条件を満足すれば十分である。

$$S \leq 2.25 \cdot S_m$$

2.1.5 起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ

告示第501号第81条第1項第1号ホ(イ)又は設計・建設規格 VVB-3360 を適用する。

(1) 算式

弁箱の起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さは次の式による。

$$S_l (1) = 2 \cdot P_s \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + \frac{P_e}{2} + \alpha \cdot E \cdot C_3 \cdot \Delta T + 1.3 \cdot Q_T$$

$$S_l (2) = 1.2 \cdot P_s \cdot \left(\frac{r_i}{t_e} + 0.5 \right) + P_e + 2 \cdot \alpha \cdot E \cdot C_3 \cdot \Delta T$$

(2) 評価

告示第501号別図第1又は第2, 設計・建設規格 添付4-2 3.1又は3.2において, S_l (1) 及び S_l (2) に対応する許容繰返し回数 N (1) 及び N (2) がそれぞれ2000回以上であること。

2.1.6 繰返しピーク応力強さ

告示第501号第81条第1項第1号ホ(ロ)又は設計・建設規格 VVB-3370 を適用する。

(1) 算式

供用状態A及び供用状態B (供用状態Cにおいて開閉操作を必要とする弁にあっては, 供用状態A, 供用状態B及び供用状態C) における弁箱の繰返しピーク応力強さは次の式による。

$$S_n = 3 \cdot \Delta P_{fm} \cdot \left(\frac{r_i + 0.5}{t_e} \right) + \alpha \cdot E \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \Delta T_{fm} \dots\dots\dots (2.1.6.1)$$

- a. (2.1.6.1) 式で計算した値が弁箱材料の260°Cにおける告示第501号別表第2又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値 (S_m) の3倍未満の場合 ($S_n < 3 \cdot S_m$)

$$S_l = \frac{S_p}{2}$$

ここで,

$$S_p = 4 \cdot \Delta P_{fm} \cdot \left(\frac{r_i + 0.5}{t_e} \right) + \alpha \cdot E \cdot \Delta T_f \cdot (C_3 \cdot C_4 + C_5)$$

- b. (2.1.6.1) 式で計算した値が弁箱材料の260°Cにおける告示第501号別表第2に定める値 (S_m) の3倍以上で, 告示第501号第81条第1項第1号ホ(ロ)(2)の表に掲げる m の値と上記 S_m の値を乗じた値の3倍以下の場合 ($3 \cdot S_m \leq S_n \leq 3 \cdot m \cdot S_m$)

$$S_l = \frac{K_e \cdot S_p}{2}$$

$$S_l = \frac{1}{2} \cdot \left\{ S_p + A_o \cdot S_n \cdot \left(\frac{S_p}{3 \cdot S_m} - 1 \right) \right\}$$

上記2式のうちいずれか大きい方

ここで

$$S_p = 4 \cdot \Delta P_{fm} \cdot \left(\frac{r_i + 0.5}{t_e} \right) + \alpha \cdot E \cdot \Delta T_f \cdot (C_3 \cdot C_4 + C_5)$$

$$K_e = 1 + \frac{1-n}{n \cdot (m-1)} \cdot \left(\frac{S_n}{3 \cdot S_m} - 1 \right)$$

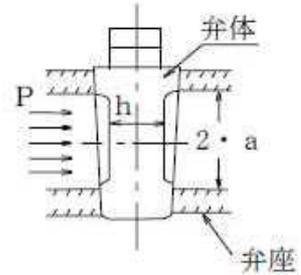
(2) 算式

弁体にかかる最高使用圧力及び機械的荷重により生じる荷重状態をモデル化し、円板の理論式により各弁体に応じて一次応力を計算する。

a. 形式W1

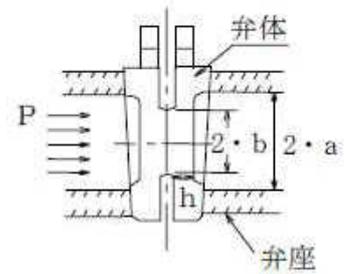
右図のような弁体形状のもの

$$\sigma_D = \frac{3 \cdot (3 + \nu) \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h^2} \quad *1$$



b. 形式W2

右図のような弁体形状のもの



$$\sigma_D = |\sigma_{11}| + |\sigma_{15}|$$

$$\sigma_{11} = \frac{3 \cdot \pi \cdot b^2 \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left\{ 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_{11} + \ell_n \frac{a}{b} \right) - (1 - \nu) \cdot \left(1 - B_{11} \cdot \frac{a^2}{b^2} \right) \right\} \quad *2$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(1 - \nu) \cdot a^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot b^2} \cdot \left\{ 1 - \left(1 + 2 \cdot \ell_n \frac{a}{b} \right) \cdot \frac{b^2}{a^2} \right\}$$

$$B_{11} = \frac{2 \cdot b^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot b^2} \cdot \left\{ (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{b} + 1 \right\}$$

$$\sigma_{15} = \frac{3 \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h^2} \cdot$$

$$\left\{ (3 + \nu) \cdot \frac{b^2}{a^2} + 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_{15} + \ell_n \frac{a}{b} \right) \cdot \frac{b^2}{a^2} - (1 - \nu) \cdot \left(\frac{2 \cdot b^2}{a^2} + B_{15} \cdot \frac{a^2}{b^2} \right) \right\} \quad *3$$

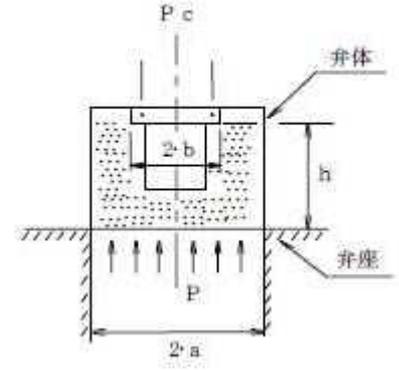
$$A_{15} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{a^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot b^2}$$

$$\cdot \left[(3 + \nu) \cdot \frac{a^2}{b^2} + (1 - \nu) \cdot \left\{ \left(4 \cdot \ell_n \frac{a}{b} + 3 \right) \cdot \frac{b^2}{a^2} - 2 \right\} \right]$$

$$B_{15} = \frac{b^2}{(1 + \nu) \cdot a^2 + (1 - \nu) \cdot b^2} \cdot \left[(3 + \nu) - \left\{ (5 + \nu) + 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{b} \right\} \cdot \frac{b^2}{a^2} \right]$$

c. 形式G1

右図のような弁体形状のもの



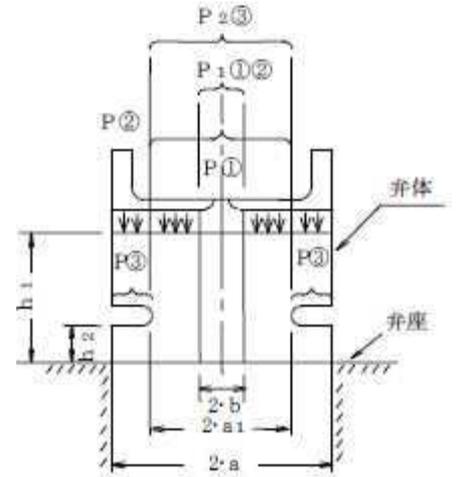
$$\sigma_D = |\sigma_5| + |\sigma_7|$$

$$\sigma_5 = \frac{3 \cdot P_c}{8 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left\{ 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{b} + 4 - (1 - \nu) \cdot \frac{b^2}{a^2} \right\}^{*4}$$

$$\sigma_7 = \frac{3 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left\{ (1 - \nu) \cdot \left(1 - \frac{b^2}{a^2} \right) + 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \ell_n \frac{a}{b} \right\}^{*5}$$

d. 形式G2

右図のような弁体形状のもの



σ_D は σ_{D1} , σ_{D2} 及び σ_{D3} の最大のもの

(a) 図の①の荷重状態の場合

$$\sigma_{D1} = |\sigma_{13}| + |\sigma_9| \quad (P \text{ 及び } P_1 \text{ は図の①})$$

$$\sigma_{13} = \frac{3 \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h_1^2} \cdot \left\{ (1 + 3 \cdot \nu) \cdot \frac{b^2}{a^2} + 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_{13} + \ell_n \frac{a}{b} \right) \cdot \frac{b^2}{a^2} + (1 - \nu) \cdot \left(\frac{2 \cdot b^2}{a^2} + B_{13} \cdot \frac{a^2}{b^2} \right) \right\}^{*6}$$

$$A_{13} = \frac{b^2}{a^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a}{b} - \frac{1}{4 \cdot (1 + \nu)} \cdot \left\{ (1 + 3 \cdot \nu) + (3 + \nu) \cdot \frac{a^2}{b^2} \right\}$$

$$B_{13} = \frac{1}{1 - \nu} \cdot \left\{ 4 \cdot (1 + \nu) \cdot \frac{b^2}{a^2 - b^2} \cdot \ell_n \frac{a}{b} - (3 + \nu) \right\} \cdot \frac{b^2}{a^2}$$

$$\sigma_9 = \frac{3 \cdot P_1}{4 \cdot \pi \cdot h_1^2} \cdot \left\{ 2 \cdot (1 + \nu) \cdot \left(A_9 + \ell_n \frac{a}{b} \right) + (1 - \nu) \cdot \left(1 - B_9 \cdot \frac{a^2}{b^2} \right) \right\}^{*7}$$

$$A_9 = \frac{1-\nu}{2 \cdot (1+\nu)} + \frac{b^2}{a^2-b^2} \cdot \ell_n \frac{a}{b}$$

$$B_9 = -\frac{2 \cdot (1+\nu)}{1-\nu} \cdot \frac{b^2}{a^2-b^2} \cdot \ell_n \frac{a}{b}$$

(b) 図の②の荷重状態の場合

$$\sigma_{D2} = |\sigma'_{13}| + |\sigma'_9| \quad (P \text{ 及び } P_1 \text{ は図の②})$$

$$\sigma'_{13} = \frac{3 \cdot P \cdot a_1^2}{8 \cdot h_1^2} \cdot \left\{ (1+3 \cdot \nu) \cdot \frac{b^2}{a_1^2} + 4 \cdot (1+\nu) \cdot (A'_{13} + \ell_n \frac{a_1}{b}) \right. \\ \left. \cdot \frac{b^2}{a_1^2} + (1-\nu) \cdot \left(\frac{2 \cdot b^2}{a_1^2} + B'_{13} \cdot \frac{a_1^2}{b^2} \right) \right\}^{*6}$$

$$A'_{13} = \frac{b^2}{a_1^2-b^2} \cdot \ell_n \frac{a_1}{b} - \frac{1}{4 \cdot (1+\nu)} \cdot \left\{ (1+3 \cdot \nu) + (3+\nu) \cdot \frac{a_1^2}{b^2} \right\}$$

$$B'_{13} = \frac{1}{1-\nu} \cdot \left\{ 4 \cdot (1+\nu) \cdot \frac{b^2}{a_1^2-b^2} \cdot \ell_n \frac{a_1}{b} - (3+\nu) \right\} \cdot \frac{b^2}{a_1^2}$$

$$\sigma'_9 = \frac{3 \cdot P_1}{4 \cdot \pi \cdot h_1^2}$$

$$\cdot \left\{ 2 \cdot (1+\nu) \cdot (A'_9 + \ell_n \frac{a_1}{b}) + (1-\nu) \cdot (1 - B'_9 \cdot \frac{a_1^2}{b^2}) \right\}^{*7}$$

$$A'_9 = \frac{1-\nu}{2 \cdot (1+\nu)} + \frac{b^2}{a_1^2-b^2} \cdot \ell_n \frac{a_1}{b}$$

$$B'_9 = -\frac{2 \cdot (1+\nu)}{1-\nu} \cdot \frac{b^2}{a_1^2-b^2} \cdot \ell_n \frac{a_1}{b}$$

(c) 図の③の荷重状態の場合

$$\sigma_{D3} = |\sigma_{15}| + |\sigma_{11}| \quad (P \text{ 及び } P_1 \text{ は図の③})$$

$$\sigma_{15} = \frac{3 \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h_2^2} \cdot \left\{ (3+\nu) \cdot \frac{a_1^2}{a^2} + 4 \cdot (1+\nu) \cdot (A_{15} + \ell_n \frac{a}{a_1}) \cdot \frac{a_1^2}{a^2} \right. \\ \left. - (1-\nu) \cdot \left(\frac{2 \cdot a_1^2}{a^2} + B_{15} \cdot \frac{a^2}{a_1^2} \right) \right\}^{*8}$$

$$A_{15} = -\frac{1}{4} \cdot \frac{a^2}{(1+\nu) \cdot a^2 + (1-\nu) \cdot a_1^2} \cdot \left[(3+\nu) \cdot \frac{a^2}{a_1^2} + (1-\nu) \cdot \left\{ (4 \cdot \ell_n \frac{a}{a_1} + 3) \cdot \frac{a_1^2}{a^2} - 2 \right\} \right]$$

$$B_{15} = \frac{a_1^2}{(1+\nu) \cdot a^2 + (1-\nu) \cdot a_1^2} \cdot \left[(3+\nu) - \left\{ (5+\nu) + 4 \cdot (1+\nu) \cdot \ell_n \frac{a}{a_1} \right\} \cdot \frac{a_1^2}{a^2} \right]$$

$$\sigma_{11} = \frac{3 \cdot P_2}{4 \cdot \pi \cdot h_2^2} \cdot \left\{ 2 \cdot (1+\nu) \cdot \left(A_{11} + \ell_n \frac{a}{a_1} \right) - (1-\nu) \cdot \left(1 - B_{11} \cdot \frac{a^2}{a_1^2} \right) \right\}^{*9}$$

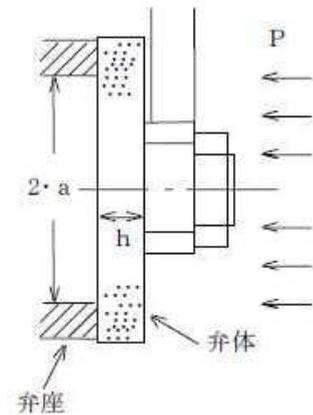
$$A_{11} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(1-\nu) \cdot a^2}{(1+\nu) \cdot a^2 + (1-\nu) \cdot a_1^2} \cdot \left\{ 1 - \left(1 + 2 \cdot \ell_n \frac{a}{a_1} \right) \cdot \frac{a_1^2}{a^2} \right\}$$

$$B_{11} = \frac{2 \cdot a_1^2}{(1+\nu) \cdot a^2 + (1-\nu) \cdot a_1^2} \cdot \left\{ (1+\nu) \cdot \ell_n \frac{a}{a_1} + 1 \right\}$$

e. 形式C1

右図のような弁体形状のもの

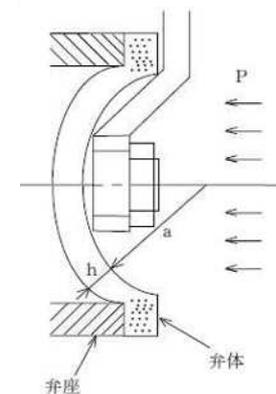
$$\sigma_D = \frac{3 \cdot (3+\nu) \cdot P \cdot a^2}{8 \cdot h^2} \quad *10$$



f. 形式C2

右図のような弁体形状のもの

$$\sigma_D = \frac{P \cdot a}{1.2 \cdot h} \quad *11$$



2.4 弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算

クラス1弁の強度計算において、設計・建設規格 VVB-3210 を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
d_m	d_m	図3-5に示す弁入口流路内径	mm
d_n	d_n	図3-5に示すネック部の内径	mm
P	P	最高使用圧力	MPa
P_1	P_1	最高使用温度における設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄のうち、最高使用圧力より低く、かつ、最も近い呼び圧力の項の許容圧力	MPa
P_2	P_2	最高使用温度における設計・建設規格 別表1-1に規定する許容圧力の欄のうち、最高使用圧力より高く、かつ、最も近い呼び圧力の項の許容圧力	MPa
	T_m	最高使用温度	°C
t	t	弁箱（ネック部を除く。）又は弁ふたの計算上必要な厚さ	mm
t_1	t_1	設計・建設規格 別表3の呼び圧力（設計・建設規格 別表1-1において P_1 に対応する呼び圧力をいう。）の欄のうち、当該弁の弁入口流路内径に対応する値	mm
t_2	t_2	設計・建設規格 別表3の呼び圧力（設計・建設規格 別表1-1において P_2 に対応する呼び圧力をいう。）の欄のうち、当該弁の弁入口流路内径に対応する値	mm
	t_{ab}	弁箱の最小厚さ	mm
t_m	t_{af}	弁ふたの最小厚さ	mm
	t_m	ネック部の計算上必要な厚さ	mm
	t_{ma}	ネック部の最小厚さ	mm

まえがき

本計算書は、V-3-1-2「クラス1機器の強度計算の基本方針」及びV-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」並びにV-3-2-3「クラス1弁の強度計算方法」及びV-3-2-11「重大事故等クラス2弁の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、V-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)

目 次

1. クラス1弁
1.1 設計仕様
1.2 強度計算書

1. クラス1 弁

1.1 設計仕様

系統：

機器の区分		クラス1弁				
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料			
			弁箱	弁ふた	弁体	ボルト

1.2 強度計算書

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

設計条件		設計・建設規格	告示第501号	設計・建設規格	告示第501号
設計条件		弁箱の一次+二次応力評価			
最高使用圧力 P (MPa)				t_e (mm)	
最高使用温度 T_m (°C)				T_{e1} (mm)	
弁箱材料				r_i (mm)	
接続管材料				θ (°)	
接続管外径 (mm)				K	
接続管内径 (mm)				P_e (MPa)	
添付図番号				$\alpha \times 10^{-5}$ (mm/mm°C)	
	図3-3	(2)	(一例)	E (MPa)	
内圧による弁箱の一次応力評価				C_2	
				ΔT (°C)	
P_1 (MPa)				C_4	
P_2 (MPa)				ΔP_{fm} (MPa)	
P_{r1} (MPa)				ΔT_{fm} (°C)	
P_{r2} (MPa)				$S_n (1)$ (MPa)	
P_s (MPa)				$S_n (2)$ (MPa)	
d (mm)				$3 \cdot S_m$ (MPa)	
T_b (mm)				評価： $S_n (1) \leq 3 \cdot S_m$ $S_n (2) \leq 3 \cdot S_m$ よって十分である。	
T_r (mm)					
L_A (mm)					
L_N (mm)					
A_f (mm ²)		$\times 10^4$			
A_m (mm ²)		$\times 10^4$		弁箱の局部一次応力評価	
r_t (mm)				S (MPa)	
S (MPa)				$2.25 \cdot S_m$ (MPa)	
S_m (MPa)					
評価： $S \leq S_m$ よって十分である。		評価： $S \leq 2.25 \cdot S_m$ よって十分である。			
配管反力による弁箱の二次応力評価		起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ			
A-A断面の弁外径 (mm)				C_3	
A_1 (mm ²)		$\times 10^3$		Q_T (MPa)	
A_2 (mm ²)		$\times 10^4$		$S_l (1)$ (MPa)	
C_b				$S_l (2)$ (MPa)	
Z_1 (mm ³)		$\times 10^5$		E_m (MPa)	
Z_2 (mm ³)		$\times 10^6$		N (1)	
Z_p (mm ³)		$\times 10^6$		N (2)	
S_y (MPa)				評価： $N (1) \geq 2000$ $N (2) \geq 2000$ よって十分である。	
P_d (MPa)					
P_b (MPa)					
P_t (MPa)					
$1.5 \cdot S_m$ (MPa)					
評価： $P_d \leq 1.5 \cdot S_m$ $P_b \leq 1.5 \cdot S_m$ $P_t \leq 1.5 \cdot S_m$ よって十分である。					

K7 ① V-3-2-3 別紙 R2

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

繰返しピーク応力強さ (疲労累積係数) 告示第501号						
m	n	A _o	C ₅	S _n (MPa)	3・S _m (MPa)	3・m・S _m (MPa)
ΔT _f (°C)	S _p (MPa)	K _e	S _ℓ (MPa)	N _i	N _{r i}	N _i /N _{r i}
<p>評価：疲労累積係数 $I_t = \sum \frac{N_i}{N_{r i}} = \leq 1$</p> <p style="text-align: right;">よって十分である。</p>						
弁箱の形状規定 設計・建設規格				弁体の一次応力評価 設計・建設規格		
r ₁	(mm)			材料		
r ₂	(mm)			形式		
0.3・t	(mm)			P	(MPa)	
0.05・t	(mm)			P _c (P ₁ , P ₂)	(N)	
0.1・h	(mm)			h	(mm)	
d _n /d _m				a	(mm)	
<p>評価： r₁ ≥ 0.3・t</p> <p> r₂ ≥ Max (0.05・t, 0.1・h)</p> <p> $\frac{d_n}{d_m} < 2$</p> <p style="text-align: right;">よって十分である。</p>				b	(mm)	
				σ _D	(MPa)	
				1.5・S _m	(MPa)	
				<p>評価： σ_D ≤ 1.5・S_m</p> <p style="text-align: right;">よって十分である。</p>		

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

弁箱又は弁ふたの厚さ及びネック部の厚さ	
弁箱材料	
弁ふた材料	
d_m (mm)	
t_1 (mm)	
t_2 (mm)	
t (mm)	
d_n (mm)	
d_n / d_m	
t_m (mm)	
t_{ab} (mm)	
t_{af} (mm)	
t_{ma} (mm)	
<p>評価：$t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ $t_{ma} \geq t_m$</p> <p style="text-align: right;">よって十分である。</p>	

K7 ① V-3-2-3 別紙 R2

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

フランジ及びフランジボルトの応力解析			
設計条件		モーメントの計算	
P_{FD} (MPa)		H_D (N)	$\times 10^5$
P_{eq} (MPa)		h_D (mm)	
T_m (°C)		M_D (N·mm)	$\times 10^7$
M_e (N·mm)	$\times 10^6$	H_G (N)	$\times 10^5$
F_e (N)		h_G (mm)	
フランジの形式	J I S B 8 2 6 5 附属書 3 b) 7) (例)	M_G (N·mm)	$\times 10^7$
フランジ		H_T (N)	$\times 10^5$
材料		h_T (mm)	
σ_{fa} (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20°C)		M_T (N·mm)	$\times 10^7$
		M_o (N·mm)	$\times 10^7$
σ_{fb} (MPa) 最高使用温度 (使用状態)		M_g (N·mm)	$\times 10^8$
		フランジの厚さと係数	
A (mm)		t (mm)	
B (mm)		K	
C (mm)		h_o (mm)	
g_o (mm)		f	
g_1 (mm)		F	
h (mm)		V	
ボルト		e (mm ⁻¹)	
材料		d (mm ³)	
σ_a (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20°C)		L	
		T	
σ_b (MPa) 最高使用温度 (使用状態)		U	
		Y	
n		Z	
d_b (mm)		応力の計算	
ガスケット		σ_{Ho} (MPa)	
材料		σ_{Ro} (MPa)	
ガスケット厚さ (mm)		σ_{To} (MPa)	
G (mm)		σ_{Hg} (MPa)	
m		σ_{Rg} (MPa)	
y (N/mm ²)		σ_{Tg} (MPa)	
b_o (mm)		応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
b (mm)			
N (mm)			
G_s (mm)			
ボルトの計算			
H (N)	$\times 10^6$		
H_p (N)	$\times 10^5$		
W_{m1} (N)	$\times 10^6$		
W_{m2} (N)	$\times 10^5$		
A_{m1} (mm ²)	$\times 10^3$		
A_{m2} (mm ²)	$\times 10^3$		
A_m (mm ²)	$\times 10^3$	よって十分である。	
A_b (mm ²)	$\times 10^4$		
W_o (N)	$\times 10^6$		
W_s (N)	$\times 10^6$		
評価： $A_m < A_b$			
よって十分である。			

外径 115mm 以下の管に接続される弁のフォーマット

外径 115mm 以下の管に接続される弁は、以下の計算を省略する。

設計・建設規格 VVB-3010 による。

- ・弁箱の応力解析
- ・弁体の応力解析
- ・フランジの応力計算

2. 強度計算書

系統： _____

弁番号		シート	
-----	--	-----	--

設計条件	
最高使用圧力 P (MPa)	
最高使用温度 T _m (°C)	
弁箱又は弁ふたの厚さ及びネック部の厚さ	
弁箱材料	
弁ふた材料	
P ₁ (MPa)	
P ₂ (MPa)	
d _m (mm)	
t ₁ (mm)	
t ₂ (mm)	
t (mm)	
d _n (mm)	
d _n / d _m	
t _m (mm)	
t _{a b} (mm)	
t _{a f} (mm)	
t _{m a} (mm)	
<p>評価： $t_{a b} \geq t$ $t_{a f} \geq t$ $t_{m a} \geq t_m$</p> <p style="text-align: right;">よって十分である。</p>	

3. 記載内容

	項 目	記 載 内 容
1	申請範囲	・ 工事計画書記載範囲
2	分岐合流	・ 配管計装線図（以下「P & I D」という。）及び工認系統図に合わせる。
3	機器名称及び番号	・ 機器名称は、正式名称*で記載する。 ・ 機器番号は記載しない。 （例）〇〇ポンプ(C001A) → 〇〇ポンプ(A)
4	主 要 弁	・ 弁番号及び駆動方式（MO, AO）は、工事計画書記載の弁について記載する。
5	フランジ	・ フランジについては、下記のものについて記載する。 （イ） 機器と配管の取合い部となるフランジ （ロ） 仕様変更（圧力、材料等）又は系統区分点となるフランジ （ハ） 強度計算対象となるフランジ（設計・建設規格対象外フランジ）

注1：概略系統図のレイアウトは、制約がない限り極力、工認系統図に合わせる。

注2：配管口径、配管番号、系統略称及びクラス区分は記載しない。また、スペシャリティ番号も記載しない。

注3：ドレン、ベント及びファンネルについては記載しない。

ただし、工事計画書に記載される管継手により分岐される場合は、分岐部の位置を表す表示（破線表示）を行う。

注4：原子炉格納容器貫通部番号、原子炉圧力容器ノズル番号は記載し、その他の機器ノズル番号は記載しない。

注5：系統の流れ表示は、系統の接続を示す部分のみ記載する。

注6：ポンプの流れ方向表示は行わない。

注記*：各プラントで定められた名称とする。

5. 管番号及び継手番号

5.1 付番の原則

(1) 板厚計算を行うすべての管及び継手に対し番号を付番するものとし、同一仕様のものは同一番号とする。また、付番は原則として系統の上流側より主流路に沿って系統の終わりまで行う。

ただし、同一系統内に異なるクラスがある場合は、上位クラスを優先して付番する。

(2) 管番号及び継手番号は下記条件の切換点で変更するものとする。

- ・最高使用圧力
- ・最高使用温度
- ・外径
- ・肉厚
- ・材料
- ・製法
- ・クラス

(3) 管番号及び継手番号

・管（セーフエンド及び規格外エルボを含む。）

① ② ③

・管継手

①* ②* ③*

注記*：管継手

・ティー，管台，枝管等の穴

①T1 ②T2 ③T3 ……（規格外継手に適用）

・レジューサ

①R1 ②R2 ③R3 ……（同上）

・鏡板，キャップ

①C1 ②C2 ③C3 ……（同上）

・平板，閉止フランジ

①B1 ②B2 ③B3 ……（同上）

・フランジ

①F1 ②F2 ③F3 ……（同上）

・伸縮継手

①E1 ②E2 ③E3 ……（同上）

・穴あき管

①SP1 ②SP2 ③SP3 ……（同上）

5.2 管継手部の管番号及び管継手マークの記載

(1) 一般原則

管の基本板厚計算書概略系統図における管番号の付番は、5.1項を原則とし、各管番号にて示された範囲が、管継手のみにて構成される場合は、管と管継手を区別するため管番号に管継手マーク“*”を付ける。

(2) 管継手部の記載要領

管の基本板厚計算書概略系統図における管継手マークの記載は(1)項に従うが、管継手部における具体的な記載要領を下記に示す。

a. エルボ

エルボの両端にエルボと仕様の異なる管又は管以外の要素が接続される場合、エルボに管番号を付番し、管継手マーク“*”を付ける。

ただし、同一ライン上にある他に付番された管番号により当該エルボの仕様がわかる場合は、管番号を省略する。

注：接続される管の仕様と比べ、肉厚のみ厚くしたJIS規格のエルボについては、クラス1配管及びクラス2配管を除き、接続される管と同一仕様と見なす。

b. ティー

(a) ティーの主管側(A)と接続される管(a)が同一仕様である場合は、(a)に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上(A) ((a)側半分)に管番号を付番する場合もある。

(b) ティーの主管側(A)と接続される管(b)が同一仕様である場合は、(b)に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上(A) ((b)側半分)に管番号を付番する場合もある。

(c) ティーの主管側(A)の両端に仕様の異なる管又は管以外の要素が直接接続される場合は、(A)に管番号を付番し、管継手マーク“*”を付ける。ただし、管以外の要素が(A)と同一仕様の管継手であれば、管以外の要素側に付番する場合もある。

(d) ティーの分岐管側(B)と接続される管(C)が同一仕様である場合は、(C)に管番号を付番する。ただし、表記スペースの関係上(B)に管番号を付番する場合もある。

目 次

1. 概略系統図
2. 管の強度計算書

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
11														

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

1. 概要

本計算書については、重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成**年**月**日付け**資庁第****号にて認可された工事計画のIV-**-**「管の基本板厚計算書」による。

2.4 フランジの強度計算

2.4.1 ボルト締めフランジ

設計・建設規格 VVC-3310を適用する。

(1) 記号の説明

J I S の 記 号	計算書の 表 示	表 示 内 容	単 位
A	A	フランジの外径	mm
A _b	A _b	実際に使用するボルトの総有効断面積	mm ²
A _m	A _m	ボルトの総有効断面積	mm ²
A _{m1}	A _{m1}	使用状態でのボルトの総有効断面積	mm ²
A _{m2}	A _{m2}	ガスケット締付時のボルトの総有効断面積	mm ²
B	B	フランジの内径	mm
B ₁	B ₁	B + g _o (f ≥ 1 のときの一体形フランジの場合) B + g ₁ (f < 1 のときの一体形フランジの場合)	mm
b	b	ガスケット座の有効幅	mm
b _o	b _o	ガスケット座の基本幅	mm
C	C	ボルト穴の中心円の直径	mm
d	d	係数 (= $\frac{U}{V} \cdot h_o \cdot g_o^2$ (一体形フランジの場合))	mm ³
d _b	d _b	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径	mm
e	e	係数 (= $\frac{F}{h_o}$ (一体形フランジの場合))	mm ⁻¹
F	F	一体形フランジの係数 (J I S B 8 2 6 5 附属書3 図5又は表4による。)	—

まえがき

本計算書は、V-3-1-3「クラス2機器の強度計算の基本方針」並びにV-3-2-5「クラス2弁の強度計算方法」に基づいて計算を行う。
 評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、V-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)

1. 一般事項

1.1 概要

本資料は、V-3-1-4「クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、クラス3容器が十分な強度を有することを確認するための方法を説明するものである。

1.2 適用規格及び基準との適合性

- (1) クラス3容器の強度計算は、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）により行う。

また、消火設備用ポンベ及び消火器については、V-3-1-4「クラス3機器の強度計算の基本方針」に示すとおり、高圧ガス保安法又は消防法に適合したものを使用することとする。

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応は、表1-1に示すとおりである。

- (2) 強度計算書で計算するもの以外のフランジは、以下に掲げる規格（材料に関する部分を除く。）又は設計・建設規格 別表2に掲げるものを使用する。（設計・建設規格 PVC-3700, PVD-3010）
- a. J I S B 2 2 3 8 (1996)「鋼製管フランジ通則」
 - b. J I S B 2 2 3 9 (1996)「鋳鉄製管フランジ通則」

1.3 強度計算書の構成とその見方

- (1) 強度計算書は、本書と各容器の強度計算書からなる。
- (2) 各容器の強度計算書では、記号の説明及び計算式を省略しているので、本書によるものとする。

表 1-1 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
PVD-3000 (クラス 3 容器の設計) PVD-3010 (PVC-3920 準用)	2.2.1	開放タンクの胴の計算
PVD-3010 (PVC-3950, PVC-3160 準用) PVD-3510	2.2.4	開放タンクの胴の穴の補強計算 開放タンクに穴を設ける場合の規定および補強不要となる穴の規定
PVD-3010 (PVC-3960, PVC-3970 準用)	2.2.2	開放タンクの底板の計算
PVD-3010 (PVC-3980 準用)	2.2.3	開放タンクの管台の計算

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1-2に示すとおりとする。

表1-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁	
最高使用圧力 (開放タンク)	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	
温度	℃	—	—	整数位	
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点以下第1位	切り捨て	整数位	
長さ	下記以外の長さ	mm m ^{*2}	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切り上げ	小数点以下第2位
	最小厚さ	mm	小数点以下第3位	切り捨て	小数点以下第2位
高さ	開放タンクの水頭 及び管台の内径	m	小数点以下第5位	四捨五入	小数点以下第4位
	面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*3}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*3}	
比重	—	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位	

注記 *1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力及び設計降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

*2：開放タンクの内径

*3：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

2. クラス3容器の強度計算方法

発電用原子力設備のうちクラス3容器の強度計算に用いる計算式と記号を以下に定める。

2.1 共通記号

クラス3容器の強度計算において、特定の計算に限定せず、一般的に使用する記号を共通記号として次に掲げる。

なお、以下に示す記号のうち、各計算において説明しているものはそれに従う。

設計・建設規格 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
P	P	最高使用圧力	MPa
η	η	継手の効率 クラス3容器については設計・建設規格PVD-3110に規定している継手の種類に応じた効率を使用する。	—
	継手の種類		
	継手無し	同左	—
	突合せ両側溶接	同左	—
	放射線検査の有無		
	有り	発電用原子力設備規格（溶接規格 J S M E S N B 1 -2001）（日本機械学会2001年2月）N-3140及びN-4140（N-1100(1)a.準用）の規定に準じて放射線透過試験を行い、同規格の規定に適合するもの	—
	無し	その他のもの	—

2.2 開放タンクの構造及び強度

2.2.1 開放タンクの胴の計算

ろ過水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3920 準用) を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の 記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	胴の内径	m
H	H	水頭	m
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
t	t	胴に必要な厚さ	mm
	t_1	胴の規格上必要な最小厚さ	mm
	t_2	胴の計算上必要な厚さ	mm
	t_3	胴の内径に応じた必要厚さ	mm
	t_s	胴の最小厚さ (呼び厚さ - JIS 公差) 又は胴の実際の厚さ (検査記録)	mm
ρ	t_{s0}	胴の呼び厚さ	mm
	ρ	液体の比重。ただし 1.00 未満の場合は 1.00 とする。	—

(2) 算式

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は 3mm，その他の材料で作られた場合は 1.5mm とする。

- b. 胴の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

- c. 胴の内径に応じた必要厚さ： t_3

胴の内径が 5m を超えるものについては、胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

(3) 評価

胴の最小厚さ (t_s) \geq 胴に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.2.2 開放タンクの底板の計算

ろ過水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3960 及び PVC-3970 準用) を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
H	H	水頭	m
P	P	最高使用圧力	MPa
	t	底板の規格上必要な厚さ	mm
	t b	底板の最小厚さ	mm
	t b o	底板の呼び厚さ	mm
ρ	ρ	液体の比重。ただし、1.00 未満の場合は 1.00 とする。	—

下記(3)b項の場合で上記以外の記号については、設計・建設規格 PVC-3220 及び PVC-3310 によるものとする。

(2) 形状の制限

次のいずれかであること。

- a. 平板
- b. 設計・建設規格 PVC-3210 に規定されている鏡板

(3) 算式

開放タンクの底板に必要な厚さは次によるものとする。

- a. 地面、基礎等に直接接触するものの厚さ：t
「設計・建設規格」PVD-3010 により 3mm 以上とする。
- b. 上記以外のものの底板に必要な厚さ：t
設計・建設規格 PVD-3010 (設計・建設規格 PVC-3970(2)準用) を適用する。
ここで、最高使用圧力 P は次の式による値とする。

$$P = 9.80665 \times 10^{-3} \cdot H \cdot \rho$$

(a) 鏡板

設計・建設規格 PVD-3010 (設計・建設規格 PVC-3970(2)準用) により、設計・建設規格 PVC-3220 を準用する。

(b) 平板

設計・建設規格 PVD-3010 (設計・建設規格 PVC-3970(2)準用) により、設計・建設規格 PVC-3310 を準用する。

(4) 評価

底板の最小厚さ (t_b) \geq 底板の規格上必要な厚さ (t) ならば十分である。

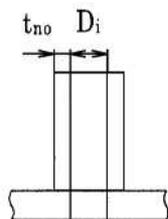
2.2.3 開放タンクの管台の計算

ろ過水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3980 準用) を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D_i	D_i	管台の内径*	m
H	H	水頭	m
S	S	最高使用温度における材料の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
	t	管台に必要な厚さ	mm
t	t_1	管台の計算上必要な厚さ	mm
	t_2	管台の規格上必要な最小厚さ	mm
	t_n	管台の最小厚さ	mm
	t_{no}	管台の呼び厚さ*	mm
ρ	ρ	液体の比重。ただし 1.00 未満の場合は 1.00 とする。	—

注記*: 管台の内径及び呼び厚さは、下図を参照。



注：本図は、管台の内径及び呼び厚さの寸法を説明するものであり、管台の取付け形式を示すものではない。

(2) 算式

開放タンクの管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうち、いずれか大きい値とする。

- a. 管台の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

- b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

(3) 評価

管台の最小厚さ (t_n) \geq 管台に必要な厚さ (t) ならば十分である。

2.2.4 開放タンクの胴の穴の補強計算

ろ過水タンクについては設計・建設規格 PVD-3010, PVD-3510 (PVC-3160 及び PVC-3950 準用) を適用する。

なお, 穴を設ける場合の規定及び補強不要となる穴の規定については以下の通りとする。

(PVD-3511, PVD-3512 適用)

- ・穴は, 円形またはだ円形であること。ただし, 容器内の流体等の監視用のために設ける穴で長方形の両端が凸形に半円形状であるものについてはこの限りではない。
- ・穴の径 (円形の穴については直径, だ円形の穴については長径をいう) が 85mm 以下の場合は, 補強計算は不要とする。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
A	A ₀	補強に有効な総面積	mm ²
	A ₁	胴板の有効補強面積	mm ²
	A ₂	管台の有効補強面積	mm ²
	A ₃	すみ肉溶接部の有効補強面積	mm ²
	A ₄	強め板の有効補強面積	mm ²
	A _{0D}	X ₁ ≠ X ₂ の場合の片側断面についての補強に有効な総面積	mm ²
	A _{1D}	X ₁ ≠ X ₂ の場合の片側断面についての胴, 鏡板又は平板の部分の補強に有効な面積	mm ²
	A _{2D}	X ₁ ≠ X ₂ の場合の片側断面についての管台の部分の補強に有効な面積	mm ²
	A _{3D}	X ₁ ≠ X ₂ の場合の片側断面についてのすみ肉溶接の部分の補強に有効な面積	mm ²
	A _{4D}	X ₁ ≠ X ₂ の場合の片側断面についての強め板の部分の補強に有効な面積	mm ²
A _r	A _r	穴の補強に必要な面積	mm ²
	A _{rD}	片側断面についての穴の補強に必要な面積	mm ²
B d	B _e	強め板の外径	mm
	d	胴の断面に現れる穴の径	mm
	d _j	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	d _w	管台に取付く穴の径 (完全溶込み溶接により溶接された管台については, d _w = D _{on} + α (α はルート間隔の 2 倍), それ以外の管台については, d _w = D _{on})	mm
D _i	D _i	胴の内径	mm

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
D	D _{o n}	管台の外径	mm
F	F	係数	—
	F ₁	すみ肉溶接の許容せん断応力係数	—
	F ₂	突合せ溶接の許容せん断応力係数	—
	F ₃	突合せ溶接の許容引張応力係数	—
	F ₄	管台壁の許容せん断応力係数	—
	L ₁	溶接の脚長* ¹	mm
	L ₂	溶接の脚長* ¹	mm
	L ₃	溶接の脚長* ¹	mm
	P	$P = 9.80665 \times 10^{-3} \cdot H \cdot \rho$	MPa
	S _e	強め板の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
S	S _n	管台の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
S	S _s	胴板の許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。	MPa
	S _{w 1}	すみ肉溶接の許容せん断応力	MPa
	S _{w 2}	突合せ溶接の許容せん断応力	MPa
	S _{w 3}	突合せ溶接の許容引張応力	MPa
	S _{w 4}	管台壁の許容せん断応力	MPa
	t _e	強め板の最小厚さ	mm
t _n	t _n	管台の最小厚さ	mm
t _{n r}	t _{n r}	管台の計算上必要な厚さ	mm
t _s	t _s	胴板の最小厚さ	mm
t _{s r}	t _{s r}	胴板の継目がない場合の計算上必要な厚さ	mm
	W	溶接部の負うべき荷重	N
	W ₁	$W_1 = (A_2 + A_3 + A_4) \cdot S_s$	N
	W ₂	$W_2 = (d \cdot t_{s r} - A_1) \cdot S_s$ 又は $W_2 = (d_w \cdot t_{s r} - A_1) \cdot S_s$	N
	W _{e 1}	すみ肉溶接部のせん断力 (管台取付部：胴の外側)	N

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	W e 2	すみ肉溶接部のせん断力（管台取付部：胴の内側）	N
	W e 3	すみ肉溶接部のせん断力（強め板取付部）	N
	W e 4	突合せ溶接部のせん断力（胴と強め板との突合せ部）	N
	W e 6	突合せ溶接部の引張力（胴の部分径D _{on} において）	N
	W e 7	突合せ溶接部の引張力（胴の部分径d _w において）	N
	W e 10	管台のせん断力	N
	W e b p 1	予想される破断箇所の強さ	N
	W e b p 2	予想される破断箇所の強さ	N
	W e b p 3	予想される破断箇所の強さ	N
	W e b p 4	予想される破断箇所の強さ	N
	W e b p 5	予想される破断箇所の強さ	N
	W E L D -	管台溶接形式（図2-1，図2-2を参照。）	—
	X	補強の有効範囲（胴の面に沿った方向）	mm
	X ₁	補強の有効範囲	mm
	X ₂	補強の有効範囲	mm
	Y ₁	補強の有効範囲（胴より外側）	mm
	Y ₂	補強の有効範囲（胴より内側）	mm
	η	胴板の継手効率 穴が長手継手又は周継手を通る場合はその継手の効率。その他の場合は1.00。	—

注記*1：設計・建設規格 図PVD-4112-3による。

(2) 胴の補強計算

a. 管台の形状

図 2-1, 図 2-2 に管台の形式, 補強に有効な面積, 補強に必要な面積, 破断形式等を示す。

ただし, すみ肉溶接部分の破断箇所については, 両方の脚長が等しいため, 片側の脚長の破断形式のみを示す。

b. 穴の補強

(a) 補強に必要な面積

設計・建設規格 PVD-3010 (設計・建設規格 PVC-3161.3 準用) を適用する。

イ. 円筒形の胴の場合

(イ) 管台の一部が胴の部分となっていない場合

$$A_r = d \cdot t_{sr} \cdot F$$

(ロ) 管台の一部が胴の部分となっている場合

$$A_r = d \cdot t_{sr} \cdot F + 2 \cdot (1 - S_n / S_s) \cdot t_{sr} \cdot F \cdot t_n$$

($S_n / S_s > 1$ の場合は $S_n / S_s = 1$ とする。以下胴の場合において同じ)

(b) 補強に有効な範囲

設計・建設規格 PVD-3010 (設計・建設規格 PVC-3161.1 準用) を適用する。

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = X_2 = \text{Max} (d, d/2 + t_s + t_n)$$

$$Y_1 = \text{Min} (2.5 \cdot t_s, 2.5 \cdot t_n + t_e)$$

$$Y_2 = \text{Min} (2.5 \cdot t_s, 2.5 \cdot t_n)$$

ただし, 構造上計算した有効範囲が取れない場合は, 構造上とりえる範囲とする。
また, 強め板がない場合には $t_e = 0$ とする。

(c) 補強に有効な面積

設計・建設規格 PVD-3010 及び PVD-3110 (設計・建設規格 PVC-3161.2 準用) を適用する。

イ. 胴の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台の一部分が胴の部分となっていない場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (X - d)$$

(ロ) 管台の一部分が胴の部分となっている場合

$$A_1 = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (X - d) - (1 - S_n / S_s) \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot 2 \cdot t_n$$

ロ. 管台の部分の補強に有効な面積

(イ) 管台が胴の内側に突出していない場合

$$A_2 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot Y_1 \cdot S_n / S_s$$

(ロ) 管台が胴の内側に突出している場合

$$A_2 = 2 \cdot \{(t_n - t_{nr}) \cdot Y_1 + t_n \cdot Y_2\} \cdot S_n / S_s$$

ただし,

$$t_{nr} = \frac{P \cdot (D_{on} - 2 \cdot t_n)}{2 \cdot S_n - 1.2 \cdot P}$$

ハ. すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_3 = L_1 \cdot L_1 + L_2 \cdot L_2 + L_3 \cdot L_3$$

ただし, 補強の有効範囲にないすみ肉溶接の部分は除く。

ニ. 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_4 = \{\text{Min}(B_e, X) - D_{on}\} \cdot t_e \cdot S_e / S_s$$

($S_e / S_s > 1$ の場合は $S_e / S_s = 1$ とする。以下胴の場合において同じ)

ホ. 補強に有効な総面積

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

(d) 補強に有効な範囲 $X_1 \neq X_2$ の場合の補強に有効な面積の確認

設計・建設規格 PVD-3010 及び PVD-3110 (設計・建設規格 PVC-3165 準用) を適用する。

補強に必要な面積の 2 分の 1 以上の補強に有効な面積は穴の中心線の両側にある必要がある。

ただし、補強に有効な範囲 $X_1 = X_2$ の場合は上記条件を満足することが明らかであり、以下の計算は行わない。

イ. 補強に必要な面積の 2 分の 1

$$A_{rD} = A_r / 2$$

ロ. X_1 又は X_2 のいずれか小さい方の断面における補強に有効な面積

(イ) 胴の部分の補強に有効な面積

管台の一部が胴の部分となっていない場合

$$A_{1D} = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot \{\text{Min}(X_1, X_2) - d/2\}$$

管台の一部が胴の部分となっている場合

$$A_{1D} = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot \{\text{Min}(X_1, X_2) - d/2\} - (1 - S_n/S_s) \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot t_n$$

(ロ) 管台の部分の補強に有効な面積

$$A_{2D} = A_2 / 2$$

(ハ) すみ肉溶接の部分の補強に有効な面積

$$A_{3D} = A_3 / 2$$

(ニ) 強め板の部分の補強に有効な面積

$$A_{4D} = A_4 / 2$$

(ホ) 補強に有効な総面積

$$A_{0D} = A_{1D} + A_{2D} + A_{3D} + A_{4D}$$

c. 大きい穴の補強

設計・建設規格 PVD-3010 及び PVD-3110 (設計・建設規格 PVC-3164 準用) を適用する。

(a) 大きい穴の補強を要する限界径

イ. D_i が 1500mm 以下の場合

$$d_j = D_i / 2$$

ただし、500mm を超える場合は 500mm とする。

ロ. D_i が 1500mm を超える場合

$$d_j = D_i / 3$$

ただし、1000mm を超える場合は 1000mm とする。

ここで、 $d \leq d_j$ の場合は大きい穴の補強計算は必要ない。

一方、 $d > d_j$ の場合は補強に必要な面積の 3 分の 2 以上が穴の周囲から穴の径の 4 分の 1 の範囲内にある必要がある。

d. 溶接部の強度

設計・建設規格 PVD-3010 (設計・建設規格 PVC-3168 及び PVC-3169 準用) を適用する。

(a) 溶接部の負うべき荷重

次の2つの計算式 (W_1 及び W_2) により求めた荷重のうちいずれか小さい方

$$W_1 = (A_2 + A_3 + A_4) \cdot S_s$$

管台の一部分が胴の部分となっている場合

$$W_2 = (d_w \cdot t_{sr} - A_1) \cdot S_s$$

よって、 $W = \text{Min}(W_1, W_2)$

ここで、 $W < 0$ の場合は、溶接部の強度計算は必要ない。

一方、 $W \geq 0$ の場合は以下の溶接部の強度計算を行う。

(b) 溶接部の単位面積当たりの強さ

$$S_{w1} = S_s \cdot F_1$$

$$S_{w2} = S_s \cdot F_2$$

$$S_{w3} = S_s \cdot F_3$$

$$S_{w4} = \text{Min}(S_s, S_n) \cdot F_4$$

(c) 継手部の強さ

$$W_{e1} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_1 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e2} = \pi \cdot D_{on} \cdot L_3 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e3} = \pi \cdot B_e \cdot L_2 \cdot S_{w1} / 2$$

$$W_{e4} = \pi \cdot D_{on} \cdot \left(\frac{d_w - D_{on}}{2} \right) \cdot S_{w2} / 2$$

$$W_{e6} = \pi \cdot D_{on} \cdot t_s \cdot S_{w3} / 2$$

$$W_{e7} = \pi \cdot d_w \cdot t_s \cdot S_{w3} / 2$$

$$W_{e10} = \pi \cdot \left(\frac{D_{on} + d}{2} \right) \cdot t_n \cdot S_{w4} / 2$$

(d) 予想される破断箇所の強さ

イ. WELD-12 の場合

$$W_{e b p 1} \in \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 6}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 6}$$

$$W_{e b p 2} \in \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 7}$$

$$W_{e b p 3} \in \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 6}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 6}$$

$$W_{e b p 4} \in \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 10}$$

$$W_{e b p 5} \in \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 10}$$

ロ. WELD-18 の場合

$$W_{e b p 1} \in \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 6}} \textcircled{W_{e 2}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 6} + W_{e 2}$$

$$W_{e b p 2} \in \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 7}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 7}$$

$$W_{e b p 3} \in \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 6}} \textcircled{W_{e 2}}$$

$$\cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 6} + W_{e 2}$$

$$W_{e b p 4} \in \textcircled{W_{e 3}} \textcircled{W_{e 4}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 3} + W_{e 4} + W_{e 10}$$

$$W_{e b p 5} \in \textcircled{W_{e 1}} \textcircled{W_{e 10}} \cdots \cdots \cdots \text{を通る強さ} = W_{e 1} + W_{e 10}$$

(3) 評価

胴の穴の補強は、下記の条件を満足すれば十分である。

$$A_0 > A_r$$

$$A_{0D} \geq A_{rD} \text{ (ただし, } X_1 \neq X_2 \text{ の場合のみ)}$$

すべての破断箇所の強さ $\geq W$ (ただし, W が正の場合のみ)

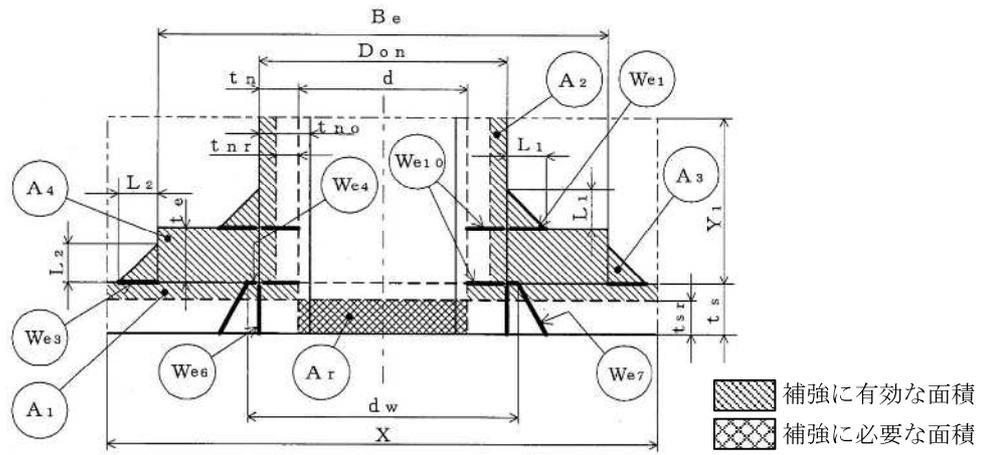


図 2-1 管台接続形状図 (WELD-12)

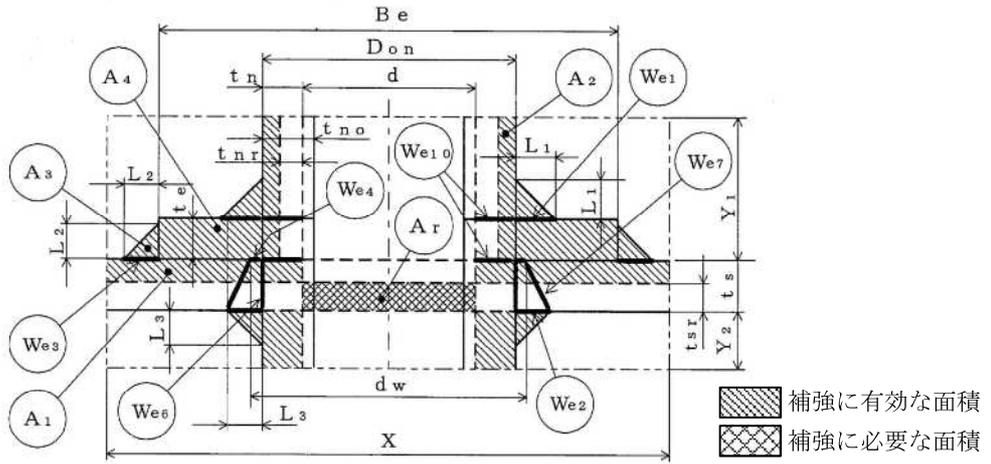


図 2-2 管台接続形状図 (WELD-18)

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

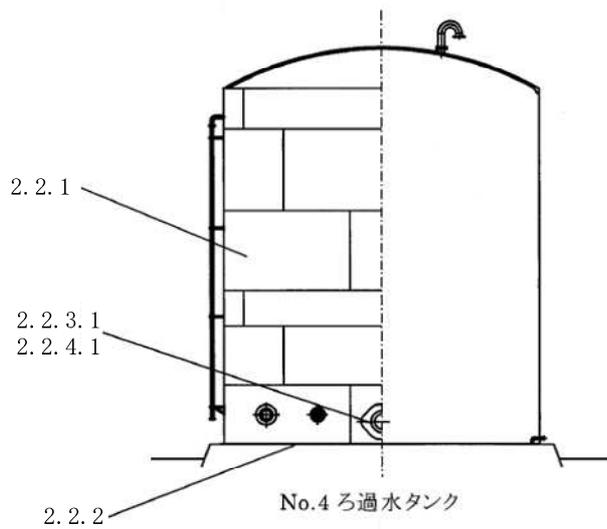
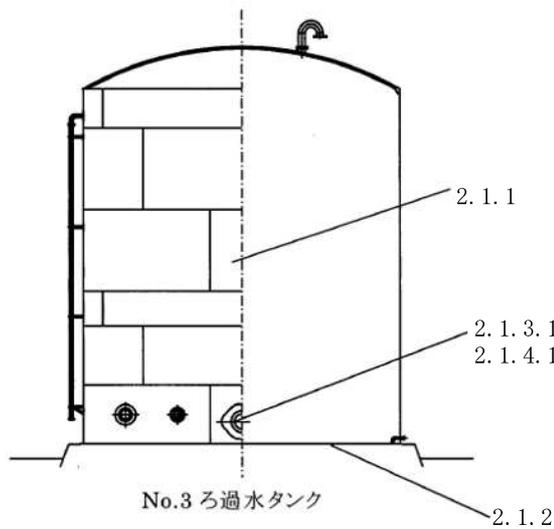
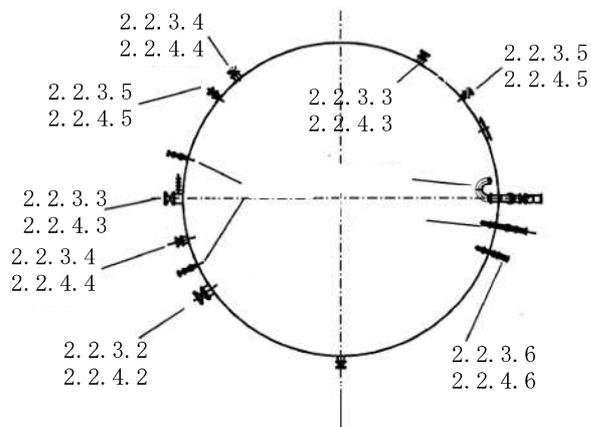
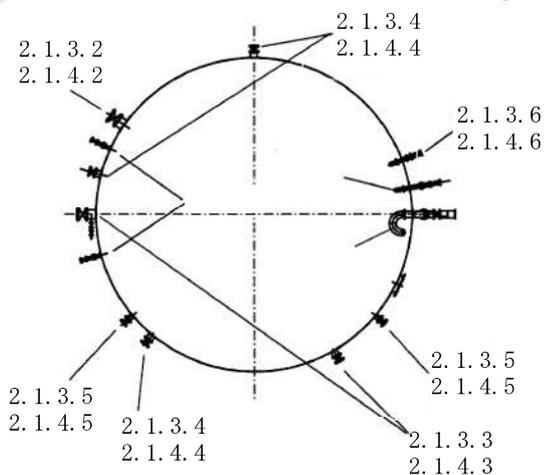


図 1-1 No. 3 ろ過水タンク 概要図

図 1-2 No. 4 ろ過水タンク 概要図

図中の番号は次ページ以降の
計算項目番号を示す。

2. 強度計算

2.1 開放タンクの強度計算

2.1.1 開放タンクの胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3920 準用)

胴板名称		
材料		
水頭	H	(m)
最高使用温度		(°C)
胴の内径	D _i	(m)
液体の比重	ρ	
許容引張応力	S	(MPa)
継手効率	η	
継手の種類		
放射線検査の有無		
必要厚さ	t ₁	(mm)
必要厚さ	t ₂	(mm)
必要厚さ	t ₃	(mm)
t ₁ , t ₂ , t ₃ の大きい値	t	(mm)
呼び厚さ	t _{so}	(mm)
最小厚さ (t _{so} - JIS 公差) 又は実際の厚さ (検査記録)	t _s	(mm)
評価: t _s ≥ t, よって十分である。		

2.1.2 開放タンクの底板の厚さの計算

設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3960, PVC-3970 準用)

(1) 設計・建設規格 PVC-3960

底板の形状	
-------	--

(2) 設計・建設規格 PVC-3970

底板名称	
材料	
必要厚さ	t (mm)
呼び厚さ	t _{bo} (mm)
最小厚さ	t _b (mm)
評価	: t _b ≥ t, よって十分である。

2.1.4 開放タンクの胴の穴の補強計算

設計・建設規格 PVD-3010, PVD-3510 (PVC-3160, PVC-3950 準用)

2.1.4.1 側マンホール

参照附図 WELD-18

管台名称		
胴板材料		
管台材料		
強め板材料		
最高使用圧力	P	(MPa)
最高使用温度		(°C)
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)
穴の径	d	(mm)
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)
管台の最小厚さ	t_n	(mm)
胴板の継手効率	η	
係数	F	
胴の内径	D_i	(mm)
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm ²)
補強の有効範囲	X_1	(mm)
補強の有効範囲	X_2	(mm)
補強の有効範囲	X	(mm)
補強の有効範囲	Y_1	(mm)
補強の有効範囲	Y_2	(mm)
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)
強め板の外径	B_e	(mm)
管台の外径	D_{on}	(mm)
溶接寸法	L_1	(mm)
溶接寸法	L_2	(mm)
溶接寸法	L_3	(mm)

管台名称			
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	
補強： $A_0 > A_r$ ，よって十分である。			

管台名称		
大きい穴の補強		
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)
評価： $d \leq d_j$ ，よって大きい穴の補強計算は必要ない。		
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)
溶接部の負うべき荷重	W	(N)
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)
応力除去の有無		
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1	
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2	
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3	
管台壁の許容せん断応力係数	F_4	
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)
管台のせん断力	W_{e10}	(N)
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)
評価： $W_{ebp1} \geq W$ ， $W_{ebp2} \geq W$ ， $W_{ebp3} \geq W$ ， $W_{ebp4} \geq W$ ， $W_{ebp5} \geq W$ 以上より十分である。		

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1-3に示すとおりとする。

表1-3 表示する数値の丸め方

数値の種類		単 位	処 理 桁	処理方法	表 示 桁
圧 力	下記以外の圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位
	外面に受ける最高の圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位* ¹
温度		℃	—	—	整数位
許容応力* ²		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
長 さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
	最小厚さ	mm	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
	ボルト谷径	mm	—	—	小数点以下第3位
	ガスケット厚さ	mm	—	—	小数点以下第1位
面積		mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ³
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ³
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ³
角度		°	小数点以下第2位 (小数点以下第1位)* ⁴	四捨五入	小数点以下第1位 (整数位)* ⁴

注記*1：必要に応じて小数点以下第3位を用いる。

*2：設計・建設規格 付録材料図表及び告示第501号 別表に記載された温度の間における許容引張応力及び設計降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。（告示第501号は非SI単位をSI単位に換算する。）

*3：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*4：管の穴と補強計算の主管と分岐管とのなす角度に用いる。

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
11														

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3420 準用

NO.	T2	A_r (mm^2)	
形式		A_0 (mm^2)	
最高使用圧力 (MPa)		A_1 (mm^2)	
最高使用温度 ($^{\circ}\text{C}$)		A_2 (mm^2)	
主管と管台の角度 ($^{\circ}$)		A_3 (mm^2)	
		A_4 (mm^2)	
主管材料		評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。	
S_r (MPa)			
D_{or} (mm)			
D_{ir} (mm)			
t_{ro} (mm)		d_{frD} (mm)	
Q_r		L_{AD} (mm)	
t_r (mm)		L_{ND} (mm)	
t_{rr} (mm)		A_{rD} (mm^2)	
η		A_{0D} (mm^2)	
		A_{1D} (mm^2)	
管台材料		A_{2D} (mm^2)	
S_b (MPa)		A_{3D} (mm^2)	
D_{ob} (mm)		A_{4D} (mm^2)	
D_{ib} (mm)		評価： $A_{0D} \geq A_{rD}$ よって十分である。	
t_{bn} (mm)			
Q_b			
t_b (mm)		W (N)	
t_{br} (mm)		F_1	—
		F_2	—
強め材材料		F_3	—
S_e (MPa)		S_{W1} (MPa)	—
D_{oe} (mm)		S_{W2} (MPa)	—
t_e (mm)		S_{W3} (MPa)	—
		W_{e1} (N)	—
穴の径 d (mm)		W_{e2} (N)	—
K		W_{e3} (N)	—
d_{fr} (mm)		W_{e4} (N)	—
L_A (mm)		W_{e5} (N)	—
L_N (mm)		W_{ebp} (N)	—
L_1 (mm)		W_{ebp} (N)	—
L_2 (mm)		W_{ebp} (N)	—
		評価： $W \leq 0$ よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

K7 ① V-3-2-9(1)別紙2 R2

管の穴と補強計算書（クラス3配管）

設計・建設規格 PPD-3420

NO.	T3	A_r	(mm^2)	
形式		A_0	(mm^2)	
最高使用圧力 (MPa)		A_1	(mm^2)	
最高使用温度 ($^{\circ}\text{C}$)		A_2	(mm^2)	
主管と管台の角度 ($^{\circ}$)		A_3	(mm^2)	
		A_4	(mm^2)	
主管材料		評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。		
S_r (MPa)				
D_{or} (mm)				
D_{ir} (mm)				
t_{ro} (mm)		d_{frD}	(mm)	
Q_r		L_{AD}	(mm)	
t_r (mm)		L_{ND}	(mm)	
t_{rr} (mm)		A_{rD}	(mm^2)	
η		A_{0D}	(mm^2)	
		A_{1D}	(mm^2)	
管台材料		A_{2D}	(mm^2)	
S_b (MPa)		A_{3D}	(mm^2)	
D_{ob} (mm)		A_{4D}	(mm^2)	
D_{ib} (mm)		評価： $A_{0D} \geq A_{rD}$ よって十分である。		
t_{bn} (mm)				
Q_b		W	(N)	
t_b (mm)		F_1		—
t_{br} (mm)		F_2		—
強め材材料		F_3		—
S_e (MPa)		S_{W1}	(MPa)	—
D_{oe} (mm)		S_{W2}	(MPa)	—
t_e (mm)		S_{W3}	(MPa)	—
		W_{e1}	(N)	—
穴の径 d (mm)		W_{e2}	(N)	—
K		W_{e3}	(N)	—
d_{fr} (mm)		W_{e4}	(N)	—
L_A (mm)		W_{e5}	(N)	—
L_N (mm)		W_{ebp}	(N)	—
L_1 (mm)		W_{ebp}	(N)	—
L_2 (mm)		W_{ebp}	(N)	—
		評価： $W \leq 0$ よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。		

K7 ① V-3-2-9(1)別紙2 R2

2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	荷重の組合せ	状態
重大事故等 クラス 2 管	P + D	重大事故等時 許容応力状態 V
	P + M + D	

表 2-1 中の記号

P : 内圧による荷重

M : 逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重

D : 自重その他の長期的荷重

表 2-2 許容応力 (設計・建設規格 PPC-3520)

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)
重大事故等時*	$1.5 \cdot S_h$
	$1.8 \cdot S_h$

注記* : 重大事故等時の状態。設計・建設規格の供用状態 A, B での許容応力を用いる。

表 2-3 許容応力 (告示第 501 号第 56 条)

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)
許容応力状態 V*	S_h
	$1.2 \cdot S_h$

注記* : 重大事故等時の状態。告示 501 号の許容応力状態 I, II での許容応力を用いる。

3. 計算書の構成

3.1 管の応力計算書

(1) 概要

本計算方法に基づき、管の応力計算を実施した結果を示す旨を記載する。工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

(2) 概略系統図

工事計画書記載範囲の系統の概略を示した図面を添付する。ただし、既工認における評価結果の確認による評価を実施した範囲については、既工認の計算書番号等を記載する。

(3) 鳥瞰図

評価結果記載の解析モデルの解析モデル図を添付する。

(4) 計算条件

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-1～応-5 に示す。

(5) 計算結果

本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-6-1～応-6-2 に示す。

(6) 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。このため、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を記載する。本項目記載内容及び記載フォーマットを FORMAT 応-7 に示す。

・FORMAT 応-6-2 :

計算結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管

告示第501号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
鳥瞰図番号		$S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	Max Max	S_h $1.2 \cdot S_h$

注記*1 : 告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*2 : 告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

・FORMAT 応-7 :

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

No.	配管モデル	重大事故等時				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	***-1					
2	***-2	2	**	***	*,**	—
3	***-3	3	**	***	*,**	—
4	***-4	4	**	***	*,**	○
5	***-5	5	**	***	*,**	—

目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 計算精度と数値の丸め方	2
2. ダクトの強度計算方法	3
2.1 記号の定義	3
2.2 強度計算方法	9
3. ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価	18
3.1 記号の定義	18
3.2 強度計算方法	18

2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力

計算における荷重の組合せ及び許容応力を以下に示す。

表 2-1 荷重の組合せ

管クラス	設備	荷重の組合せ	状態
重大事故等クラス 2 管 であってクラス 1 管	原子炉冷却材 圧力バウンダリ	P + M + D	重大事故等時 許容応力状態 V

表 2-1 中の記号

P：内圧による荷重

M：逃がし弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重

D：自重その他の長期的荷重

表 2-2 許容応力（設計・建設規格 PPB-3562）

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
重大事故等時*	$\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$	—	—

注記*：重大事故等時の状態。設計・建設規格の供用状態 D の許容値を用いる。

表 2-3 許容応力（告示第 501 号第 46 条）

状態	一次応力 (曲げ応力を含む。)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
許容応力状態 V	$3 \cdot S_m$	—	—

・FORMAT 応-7 :

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

No.	配管モデル	重大事故等時				
		一次応力				
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表
1	***-1	1	**	***	*,**	—
2	***-2	2	**	***	*,**	—
3	***-3	3	**	***	*,**	—
4	***-4	4	**	***	*,**	○
5	***-5	5	**	***	*,**	—

(2) 一次応力及び許容応力の計算（設計・建設規格 SSC-3010）

一次応力は，下記計算式により求められる許容応力以下であることを確認する。

項目	適用規格番号	計算式
一次せん断応力	—	$\sigma_s = \frac{F_{c1}}{A_{s1}} \quad *1, *2$
許容せん断応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_s = \frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$
一次圧縮応力	—	$\sigma_c = \frac{F_{c2}}{A_{s2}} \quad *3$
許容圧縮応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_c = \left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{\nu}$ <p>ここで，</p> $\lambda = \frac{\ell_k}{i} \quad *4$ $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6 F}}$ $\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$
一次曲げ応力	—	$M = F_{c1} \cdot \ell_b$ $\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad *5$
許容曲げ応力	設計・建設規格 SSC-3121.1	$f_b = \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell_b \cdot h} \quad *6$ $f_t = \frac{F}{1.5}$ <p>いずれか小さい方の値を用いる。</p>

注記*1：F_{c1}は，各支持構造物にかかる荷重で最も大きい値を用いる。支持構造物にかかる荷重は，Wをポンプの重心位置及び支持構造物の間隔により比例配分することにより算出する。

*2：A_{s1}は，取付ラグの断面積で，凹形は $A_{s1} = 2 \cdot t_1 \cdot (h - t_2) + b \cdot t_2$

平板形は $A_{s1} = b \cdot h$ より求める。

*3：A_{s2}は，支持構造物の全断面積で，平板形は $A_{s2} = n \cdot B \cdot H$ より求める。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却海水ストレーナ（P27-D2000, P27-D3000, P27-D4000））

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境、材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
T型ストレーナ	重大事故等が発生した場合において、原子炉補機冷却水系に接続し、大容量送水車により海水を送水することで熱を最終的な熱の逃がし場である海へ輸送することを目的とする。使用環境として屋外に設置した熱交換器ユニットに搭載され、ユニット内にて海水をろ過する。	STPG370	1.4*	50*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
	配管中に設け、流体中のごみ等を捕捉することを目的とする。使用環境として屋内外に設置した熱交換器ユニット内で海水及び工業用水等をろ過することを想定している。	STPG370	1.4	50	耐圧試験（試験圧力：2.1MPa, 試験保持時間：10分間）を実施

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

当該ストレーナは、重大事故等時に海水をろ過するために屋外（ユニット内）で使用するストレーナである。一方、本メーカー規格及び基準は、発電、製鉄プラントなどで使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり、当該ストレーナは屋内外（ユニット内）で海水及び工業用水等をろ過することを想定している。重大事故等時における当該ストレーナの使用目的及び使用環境は、本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較、IとIIの使用条件の比較）

当該ストレーナに使用されている材料は設計・建設規格のクラス3容器に使用可能であると規定されている炭素鋼と同種類の材料である。

当該ストレーナの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり、設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5倍）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は、耐圧部全体に圧力が負荷される適切な試験保持時間（設計・建設規格解説 PHT-4000）により確認している。なお、設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており、耐圧試験の規定では、耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.5倍の106%を超えないこととしている。一方、設計・建設規格のクラス3機器の設計許容応力は降伏点に対して5/8を基準にしており、この設計許容応力以下となる必要板厚は、最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって、設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで、メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているものとみなせるため、当該ストレーナは完成品として要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス3機器は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、使用材料の特性を踏まえた上で、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（熱交換器ユニット 代替原子炉補機冷却海水ストレーナ（P27-D1000, P27-D5000））

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境、材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
サイクロン形	重大事故等が発生した場合において、原子炉補機冷却水系に接続し、大容量送水車により海水を送水することで熱を最終的な熱の逃がし場である海へ輸送することを目的とする。使用環境として屋外に設置した熱交換器ユニットに搭載され、ユニット内にて海水をろ過する。	□	1.40*	40*

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
サイクロン形	配管中に設け、流体中のごみ等を捕捉することを目的とする。使用環境として屋内外に設置した熱交換器ユニット内で海水をろ過することを想定している。	□	1.40	40	耐圧試験（試験圧力：2.10MPa, 試験保持時間：10分間）を実施

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

当該ストレーナは、重大事故等時に海水をろ過するために屋外（ユニット内）で使用するストレーナである。一方、本メーカー規格及び基準は、発電、製鉄プラントなどで使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり、当該ストレーナは屋内外（ユニット内）で海水をろ過することを想定している。重大事故等時における当該ストレーナの使用目的及び使用環境は、本規格の想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較、IとIIの使用条件の比較）

当該ストレーナに使用されている材料は J I S G 4 3 0 4 「熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」で使用可能な材料とされている□である。また、これらの材料は設計・建設規格のクラス3容器に使用可能であると規定されている。

当該ストレーナの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり、設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5倍）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は、耐圧部全体に圧力が付加される適切な試験保持時間（設計・建設規格解説 PHT-400）により確認している。なお、設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており、耐圧試験の規定では、耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.5倍の106%を超えないこととしている。一方、設計・建設規格のクラス3機器の設計許容応力は降伏点に対して5/8を基準にしており、この設計許容応力以下となる必要板厚は、最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって、設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで、メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているものとみなせるため、当該ストレーナは完成品として要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス3機器は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、使用材料の特性を踏まえた上で、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

(b-2) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，一般汎用品として空気の移送等に用いられるホースと同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり，メーカーが想定する最高使用圧力に規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.25倍）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は，耐圧部全体に圧力が負荷される適切な試験保持時間（設計・建設規格 解説 PHT-4000）により確認している。なお，設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.1倍の106%を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス3機器の設計許容応力は降伏点に対して5/8を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格PHT-2311で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を有しているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス3機器は，一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅲ. メーカー仕様

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
継目なし容器	1MPa を超えるような高圧ガスを充填し、保安・運搬等をするための容器として使用することを目的とする。使用環境として、屋内外*で高圧ガスを充填することを想定している。	マンガン鋼	14.7	40*	高圧ガス保安法に基づく容器保安規則による耐圧試験（試験圧力：最高充填圧力の 5/3 倍）等の容器検査に合格している。

注記*：「高圧ガス保安法」に基づく「一般高圧ガス保安規則」に従い使用する。

Ⅳ. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ポンペは、重大事故等時に空気供給用として屋内で使用される。一方、「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」は、高圧ガスを貯蔵する容器の技術上の規定を定めた一般産業品に対する規格であり、高圧ガスを貯蔵する容器は 40°C 以下で使用し、直射日光等による温度上昇を防ぐよう規定されている。重大事故等時における当該ポンペの使用目的及び使用環境は、本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-1) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（ⅡとⅢの材料及び試験条件の比較、ⅠとⅢの使用条件の比較）

当該ポンペには、「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に従った適切な材料であるマンガン鋼が使用されていることを容器検査成績書等により確認できる。

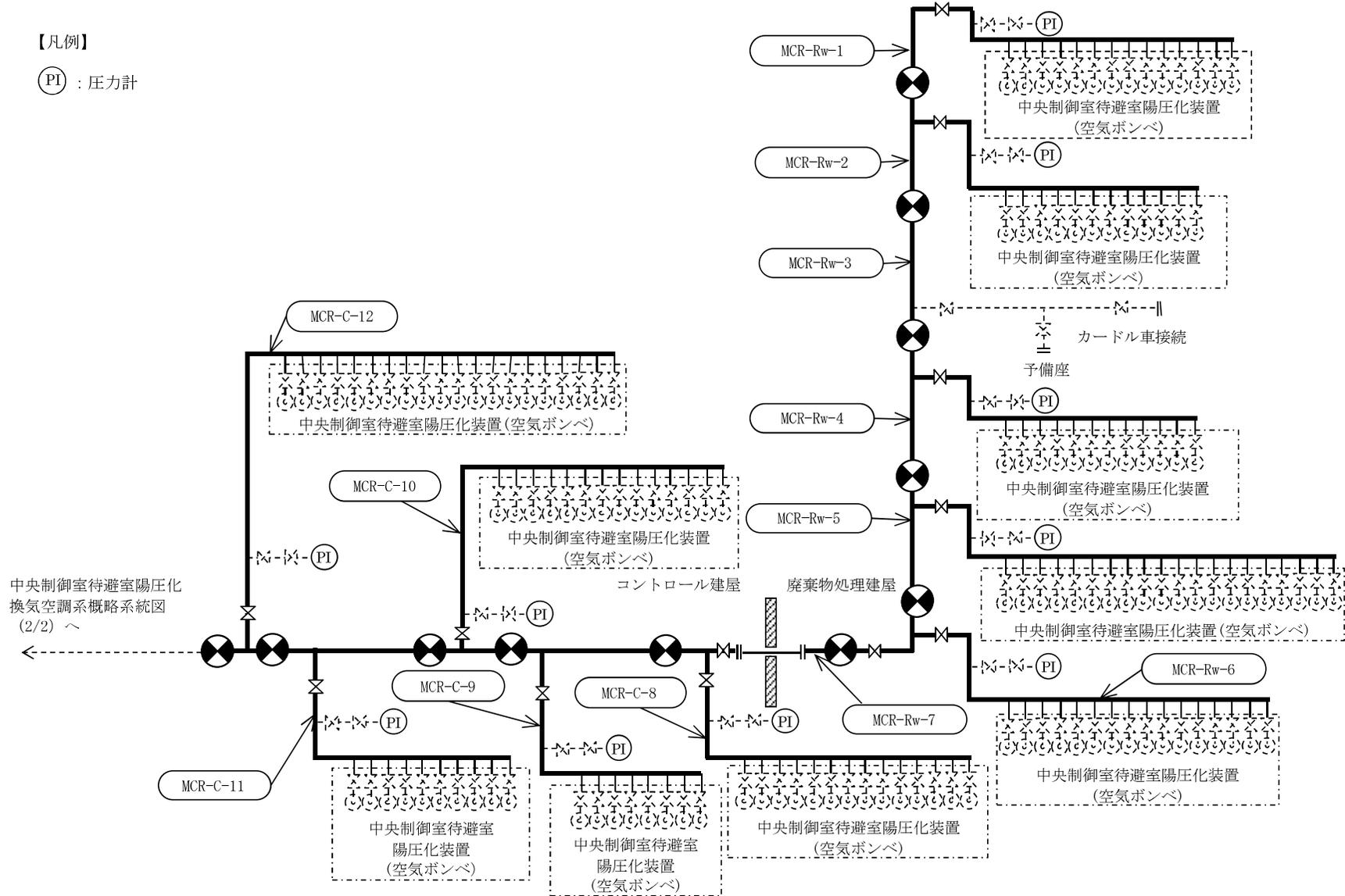
当該ポンペの最高使用温度は「一般高圧ガス保安規則」で定める 40°C 以下、最高使用圧力はメーカー仕様の範囲内であり、「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に従った最高使用圧力を上回る圧力での耐圧試験に合格していることを容器検査成績書等により確認できることから、当該ポンペは要求される強度を有している。

Ⅴ. 評価結果

上記の重大事故等クラス 3 機器は、一般産業品として「高圧ガス保安法」（「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」含む）に適合し、使用材料の特性を踏まえた上で、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

【凡例】

PI : 圧力計



中央制御室待避室陽圧化換気空調系概略系統図 (1/2)

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，一般汎用品として空気の移送等に用いられるホースと同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり，メーカーが想定する最高使用圧力に規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.25倍）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は，耐圧部全体に圧力が負荷される適切な試験保持時間（設計・建設規格 解説 PHT-4000）により確認している。なお，設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.1倍の106%を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス3機器の設計許容応力は降伏点に対して5/8を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格PHT-2311で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を有しているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス3機器は，一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

(b-2) : 材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，一般汎用品として空気の移送等に用いられるホースと同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり，メーカーが想定する最高使用圧力に規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.25倍）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は，耐圧部全体に圧力が負荷される適切な試験保持時間（設計・建設規格 解説 PHT-4000）により確認している。なお，設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.1倍の106%を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス3機器の設計許容応力は降伏点に対して5/8を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格PHT-2311で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を有しているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス3機器は，一般産品としてメーカー規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）陽圧化装置（配管）1.5m, 1.2m, 1.0m 高圧ホース（6,7号機共用））

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)
高圧ホース	空気ボンベより5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）へ空気を供給するホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内で空気を供給する。	(内面) PTFE (外面) SUS304	15.0*	40*

注記*：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)	規格及び基準に基づく試験
テフロンホース	高耐熱，高耐圧性能で気密性を有し，原子力産業に対応したホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内外で空気をはじめとする種々の流体を供給することを想定している。	(内面) PTFE (外面) SUS304	15.0	40	耐圧試験（試験圧力：18.75MPa，試験保持時間：10分間）を実施

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に空気供給用のホースとして屋内で使用される。一方，本メーカー規格及び基準は，原子力産業に対応したホースとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外で空気をはじめとする種々の流体に対して使用することを想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，IとIIの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，耐透過性に優れたフッ素樹脂の外面を設計・建設規格クラス3管に使用可能であると規定されているステンレス鋼材と同種類の材料で補強している。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり，設計・建設規格 PHT-2312及びPHT-4000で規定されている気体による耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.25倍，試験保持時間：10分間）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。なお，設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.25

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）陽圧化装置（配管）1.5m, 1.2m, 1.0m 高圧ホース（6,7号機共用））

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境、材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
高圧ホース	空気ポンベより 5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）へ空気を供給するホースとして使用することを目的とする。使用環境として、屋内で空気を供給する。	(内面) PTFE (外面) SUS304	15.0*	40*

注記*：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
テフロンホース	高耐熱、高耐圧性能で気密性を有し、原子力産業に対応したホースとして使用することを目的とする。使用環境として、屋内外で空気をはじめとする種々の流体を供給することを想定している。	(内面) PTFE (外面) SUS304	15.0	40	耐圧試験（試験圧力：18.75MPa, 試験保持時間：10分間）を実施

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは、重大事故等時に空気供給用のホースとして屋内で使用される。一方、本メーカー規格及び基準は、原子力産業に対応したホースとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり、屋内外で空気をはじめとする種々の流体に対して使用することを想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は、本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較、IとIIの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は、耐透過性に優れたフッ素樹脂の外面を設計・建設規格クラス3管に使用可能であると規定されているステンレス鋼材と同種類の材料で補強している。

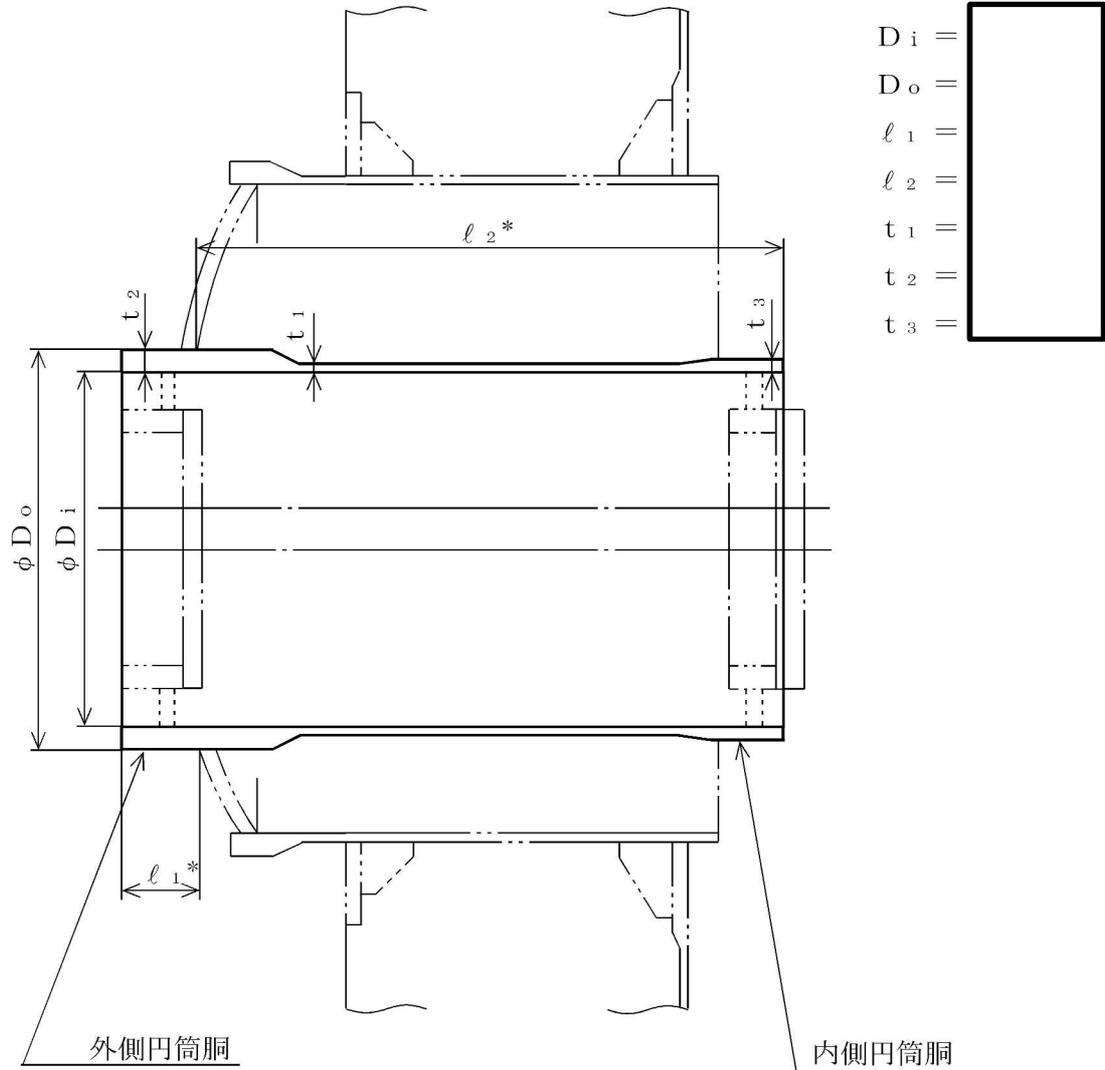
当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり、設計・建設規格 PHT-2312及びPHT-4000で規定されている気体による耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.25倍、試験保持時間：10分間）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。なお、設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており、耐圧試験の規定では、耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.25

目 次

1. 重大事故等クラス2弁	1
1.1 設計仕様	2
1.2 強度計算書	3
1.3 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価	9
1.3.1 弁箱（使用材料規格：[]）の評価結果（比較材料：J I S G 5 1 5 1 SCPH1）	9
1.3.2 弁ふたボルト（使用材料規格：[]）の評価結果（比較材料：J I S G 3 1 0 6 SM400A（板厚 40mm を超え 50mm 以下））	10

3.2 下部ドライウェル所員用エアロック

下部ドライウェル所員用エアロックの形状及び寸法を図3-2に示す。



注記* : l_1, l_2 寸法は最大長さを示す。

図3-2 下部ドライウェル所員用エアロックの形状及び寸法 (単位 : mm)

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）（放水砲）

I. 重大事故等クラス3機器の使用目的及び使用環境、材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
放水砲	大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）により原子炉建屋へ放水するための可搬型配管として使用することを目的とする。使用環境として、屋外で海水を放水する。			

注記 *：重大事故等時における使用時の値を示す。

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	規格及び基準に基づく試験
放水砲 (ノンアスピレート形)	大規模タンク火災において、大容量泡放水砲システムの一部として使用することを目的とする。使用環境として、屋外で淡水又は海水を送水することを想定している。				

III. 確認項目

(a)：規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

当該放水砲は、重大事故等時に屋外で海水を放水するための可搬型配管である。一方、本メーカー規格及び基準は、消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり、当該放水砲は屋外で淡水又は海水を放水することを想定している。重大事故等時における当該放水砲の使用目的及び使用環境は、本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（IIと公的な規格等の材料及び試験条件の比較、IとIIの使用条件の比較）

当該放水砲に使用されている材料は、設計・建設規格クラス3配管に使用可能であると規定されているステンレス鋼材と同種類の材料である。

当該放水砲の最高使用圧力及び最高使用温度はメーカー仕様の範囲内であり、設計・建設規格 PHT-2311 及び PHT-4000 で規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5 倍、試験保持時間：10 分間）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており、耐圧試験の規定では、耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.5 倍の106 %を超えないこととしている。一方、設計・建設規格のクラス3機器の設計許容応力は降伏点に対して5/8 を基準にしており、この設計許容応力以下となる必要板厚は、最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって、設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで、メーカー規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているとみなせるため、当該放水砲は要求される強度を有している。

IV. 評価結果

上記の重大事故等クラス3機器は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、使用材料の特性を踏まえた上で、重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

まえがき

本計算書は、V-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びV-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、V-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
非常用ガス処理系 フィルタ装置	既設	無	—	—	DB-4	SA-2	—	0.025	150	0.025	150	—	—	同等性	a. (a)	SA-2

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(6) マンホール
材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	—
外面に受ける最高の圧力	P _e	(MPa)	3.24
最高使用温度	内圧時	(°C)	—
	外圧時	(°C)	90
管台の外径	D _o	(mm)	424.00*
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		—
継手の種類			—
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t ₂	(mm)	17.40
必要厚さ	t ₃	(mm)	3.80
t ₂ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	17.40
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	22.00
最小厚さ	t _n	(mm)	
評価：t _n ≥ t，よって十分である。			

注記* : マンホールの管台は形状がだ円形であり，管台の外形の値はだ円の長径とする。

・評価条件整理表

管No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1, 2, E1, E2, E3, E4	新設	—	—	—	DB-3*	—	—	0.75	40	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-3*

注記*：当該配管は溢水防護対策上期待するため、DB-3 相当として設計を行う。

表 2-1 屋外の重大事故等対処設備のうち評価対象とする固縛対象設備一覧

固縛対象設備	区分	保管単位	備考
タンクローリ (4kL) (6・7号機共用) *1	可搬車両型	台	
可搬型代替注水ポンプ (A-2級) (6・7号機共用) *2	可搬車両型	台	
第一ガスタービン発電機車 (6・7号機共用) *3	常設車両型	台	
第一ガスタービン制御車 (6・7号機共用) *4	常設車両型	台	

注記*1 : 以下「タンクローリ」という。

*2 : 以下「可搬型代替注水ポンプ」という。

*3 : 以下「第一ガスタービン発電機車」という。

*4 : 以下「第一ガスタービン制御車」という。

表 3-2 固縛装置の対策目的及び型式

区分	固縛対象設備		保管に関する事項			固縛装置対策目的		たるみ 有無	備考
	設備名称	保管 単位	保管状態の特記事項	保管場所	横滑り	浮き上がり			
可搬 車両型	タンクローリ	台	—	5号東側*1	○*2	○*2	無*3		
	可搬型代替注水ポンプ	台	—	5号東側*1	○*2	○*2	無*3		
常設 車両型	第一ガスタービン発電機車	台	—	7号南側*1	○*2	○*2	無		
	第一ガスタービン制御車	台	—	7号南側*1	○*2	○*2	無		

注記*1 : 保管場所（屋外重大事故等対処設備保管場所）は以下を示す。

5号東側：5号機東側第二保管場所，7号南側：7号機タービン建屋南側保管場所

*2 : 横滑り及び浮き上がりの荷重は生じるが，固縛対象設備に移動は生じない。

*3 : 常時はたるみ有り，竜巻襲来のおそれがある場合はたるみを巻き取ることからたるみは無し。

1. 概要

本資料は、V-3-別添 1-3「屋外重大事故等対処設備の固縛装置の強度計算の方針」に示すとおり、固縛装置が必要となる屋外の重大事故等対処設備（以下「固縛対象設備」という。）の固縛装置について、竜巻襲来時における設計竜巻による荷重とこれを組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）が固縛対象設備に作用した場合であっても、固縛装置が固縛状態を維持するために必要な構造強度を有するように、固縛構成要素等に作用する荷重が許容限界以下であることを確認するものである。

2. 基本方針

(1) 固縛装置

固縛対象設備に設置する固縛装置は、V-3-別添 1-3「屋外重大事故等対処設備の固縛装置の強度計算の方針」の「3. 設計方針」に示すとおり、固縛対象設備の構造によって連結材のたるみの設定と取扱いに違いはあるが、固縛装置の構成要素の組合せは、表 2-1 に示すものとなる。

当該固縛装置に対して、強度評価を行い、固縛状態を維持するため必要な構造強度を有していることを確認する。

なお、固縛対象設備の設置される固縛装置の強度評価の結果、許容限界に対する裕度が最も低い固縛装置は、固縛対象設備の固縛装置の構成毎に「タンクローリ」及び「第一ガスタービン発電機車」に設置する固縛装置であり、本資料においては、当該固縛装置の評価結果を示す。

表 2-1 固縛装置の構成

固縛対象設備	連結材	固定材	対象の固縛対象設備数
可搬車両型 ①タンクローリ(4kL) (6,7号機共用) *1 ②可搬型代替注水ポンプ(A-2級) (6,7号機共用) *2	<ul style="list-style-type: none"> ・高強度繊維ロープ (常時たるみあり、竜巻襲来時は固縛を巻き取り、たるみなし) ・シャックル 	<ul style="list-style-type: none"> ・固縛のたるみを巻き取る装置*5 ・基礎部 (アンカーボルト) 	① 2 ② 6
常設車両型 ①第一ガスタービン発電機車 (6,7号機共用) *3 ②第一ガスタービン制御車 (6,7号機共用) *4	<ul style="list-style-type: none"> ・スリング (たるみなし) ・ターンバックル ・シャックル 	<ul style="list-style-type: none"> ・ターンリング ・横ずれ防止架台 ・車止め ・横ずれ防止架台及び車止めと据付金物を固定する据付ボルト 	① 2 ② 2

注記*1 : 以下「タンクローリ」という。

*2 : 以下「可搬型代替注水ポンプ」という。

*3 : 以下「第一ガスタービン発電機車」という。

*4 : 以下「第一ガスタービン制御車」という。

*5 : 以下「たるみ巻取装置」という。

2.1 位置

屋外に設置する重大事故等対処設備は、V-1-1-3-3-3「竜巻防護に関する施設の設計方針」の「2. 設計の基本方針」及び「3.2 重大事故等対処設備」のとおり、位置的分散等を考慮した保管としており、固縛対象設備も同様であり、それぞれ屋外重大事故等対処設備保管場所に保管しており、これらの固縛装置も同じ場所に設置する。

固縛装置の設置位置図を図2-1に示す。

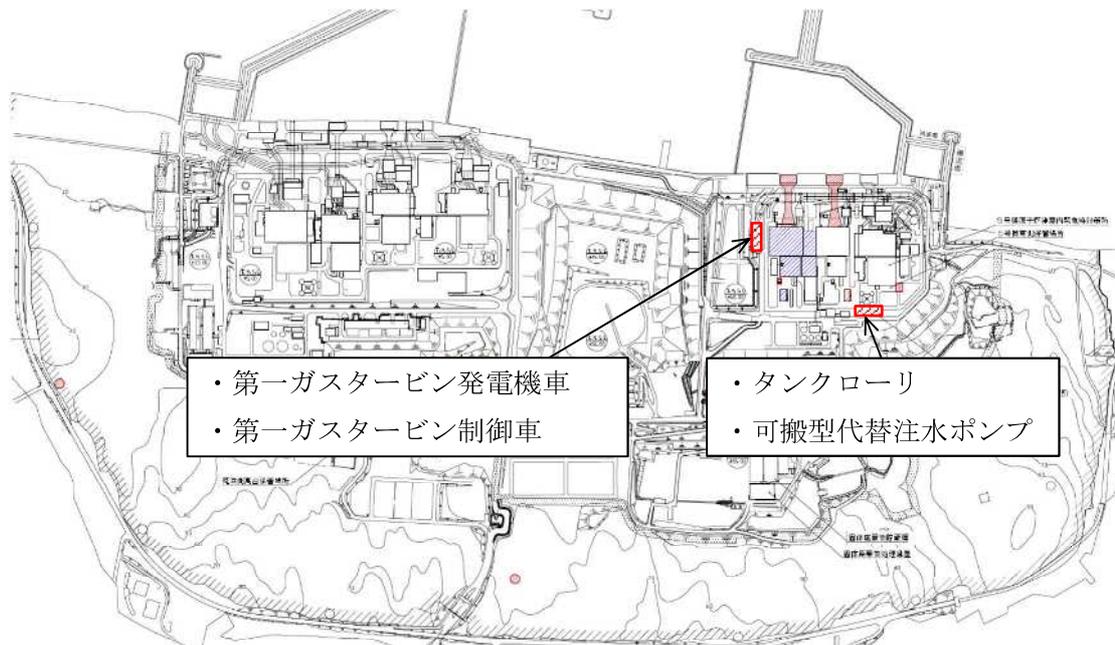


図2-1 固縛装置の設置位置図

(2) 常設車両型固縛対象設備の固縛装置

固縛対象設備の固縛装置（第一ガスタービン発電機車及び第一ガスタービン制御車）の構成要素は、連結材（スリング、ターンバックル及びシャックル）及び固定材（ターンリング、横ずれ防止架台、車止め及び据付ボルト）であり、固縛対象設備に作用する荷重が連結材から固定材へ又は直接固定材へ伝達し、支持する構造となる。

連結材（スリング、ターンバックル及びシャックル）の概要図を図2-6に、固定材（ターンリング及び横ずれ防止架台及び車止めと据付金物を固定する据付ボルト）の概要図を図2-7に示す。

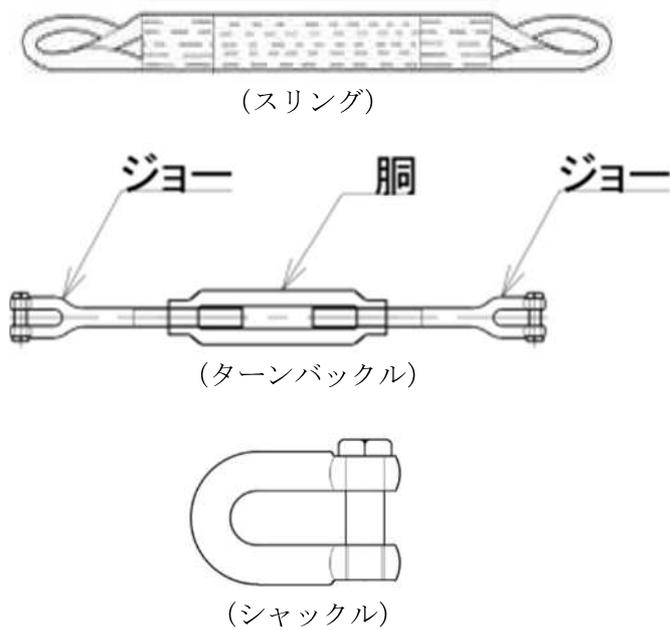
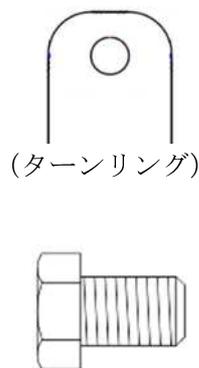


図2-6 連結材（スリング、ターンバックル及びシャックル）の概要図



(横ずれ防止架台及び車止めを据付金物に固定する据付ボルト)

図2-7 固定材（ターンリング及び横ずれ防止架台及び車止めを据付金物に固定する据付ボルト）の概要図

(d) 津波荷重（静水圧）（ $P_h y$ ）

津波荷重（静水圧）は、津波により越流している状態で余震が発生することを想定し、津波荷重は平面 2 次元モデルによる津波シミュレーション解析により得られる最大内外水位差に応じた静水圧を算定し、越流時の津波波力（静水圧差）を適用する。

c. 余震荷重（ S_d 又は $K S_d$ ）

余震荷重は、以下のいずれかを適用する。

- ・弾性設計用地震動 $S_d - 1$ に伴う地震力（動水圧含む。）
- ・V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」又はV-2-2-5「タービン建屋の地震応答計算書」により策定した弾性設計用地震動 S_d に伴う地震力（動水圧含む。）

なお、記号については、 S_d 又は $K S_d$ のいずれかを使用する。

d. 衝突荷重（ P_c ）

衝突荷重は、漂流物として最も重量が大きい 15 t の航行不能船及び 0.14 t の保安林及び 1 t の軽自動車を選定し、設定する。

e. 積雪荷重（ P_s ）

積雪荷重は、建築基準法の多雪区域における地震荷重と積雪荷重の組合せの考え方よりも保守的な値である、柏崎市における 1 日当たりの積雪量の年超過確率 10^{-2} 規模の値（84.3cm）とし、この値にベース負荷である常時考慮とした積雪量（31.1cm）を合算した 115.4cm を組合せとして考慮する。ただし、積雪については、除雪による緩和措置が図られる場合にはその運用上の措置を踏まえた荷重を用いる。

(2) 荷重の組合せ

各施設の強度計算に用いる荷重の組合せは、施設の配置、構造計画に基づく形状及び評価部位を踏まえて、「(1) 荷重の種類」で示した荷重 a. ～e. を常時作用する荷重、津波の形態に応じた津波荷重等及びその他自然現象による荷重に分けて適切に組み合わせる。荷重の組合せにおいては、まず、常時作用する荷重として、対象施設に応じて、以下の荷重の組合せを考慮する。構造物については、固定荷重（ G ）を考慮する。さらに、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造である場合は、積載荷重（ P ）を組み合わせる。

一方、機器類については、自重（ D ）を考慮する。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (5/7)

設備名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界	
			応力等の状態	限界状態		
床ドレンライン浸水防止治具	フロート式治具	弁本体, フロートガイド	圧縮, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年度版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1-2005/2007」 (日本機械学会) に準じた供用状態Cの許容応力 (許容応力Ⅲ _A S) 以下とする。	
		フロート	圧縮	有意な漏えいに至る状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。	
		取付部	引張り			
	スプリング式治具	D + P h + S d	弁本体・ガイド, ばねガイド	圧縮, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年度版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1-2005/2007」 (日本機械学会) に準じた供用状態Cの許容応力 (許容応力Ⅲ _A S) 以下とする。
			弁体	曲げ	有意な漏えいに至る変形	水圧試験で確認した水圧以下とする。
			弁体, 取付部	圧縮	有意な漏えいに至る状態	

1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、海水貯留堰が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

強度計算に当たっては、基準津波による津波荷重を考慮した評価を実施する。

ここで、余震とは、津波と組み合わせる地震のことであり、V-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 $S_d - 1$ を用いる。(以下「 $S_d - 1$ 」という。)

(c) 鋼矢板及び鋼管矢板との接合部

止水ゴム取付部鋼材では、リブプレート部材と取水護岸前面鋼矢板及び海水貯留堰鋼管矢板との接合部において発生荷重を負担している。接合部の照査は、リブプレートと前面鋼矢板及びリブプレートと鋼管矢板との接合部に対して行う。

イ. モデル化

鋼矢板及び鋼管矢板との接合部に作用する荷重とモデル化の考え方を示した照査モデル図を図 3-15 に示す。また、照査断面を図 3-16 に示す。

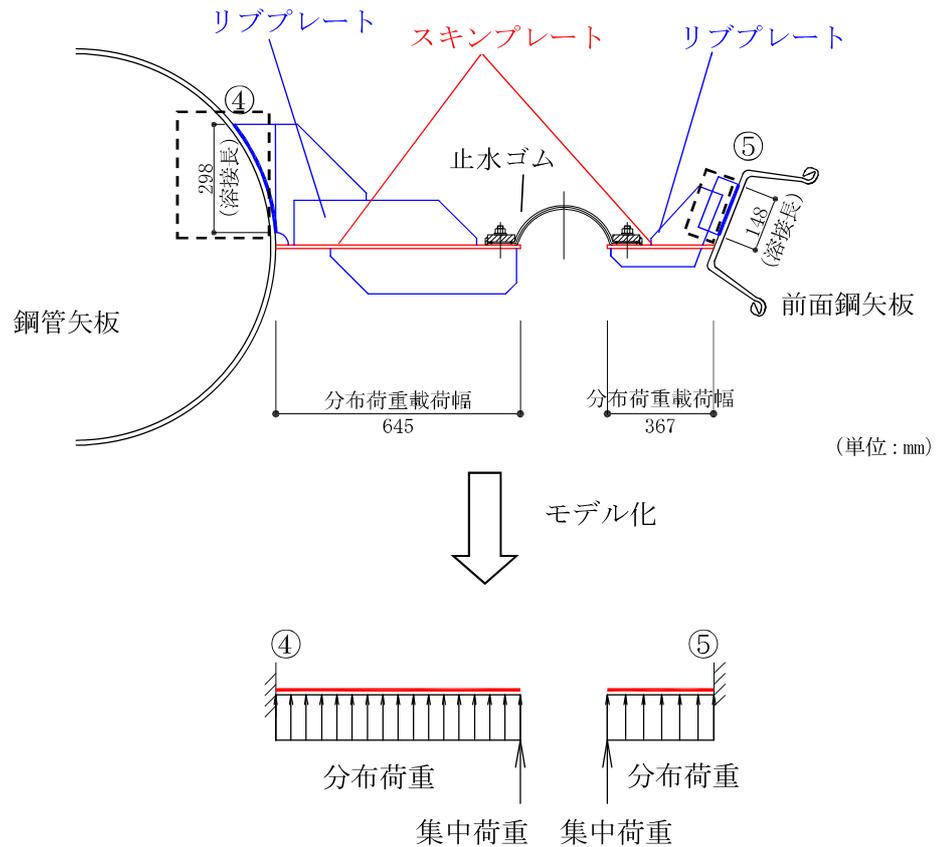
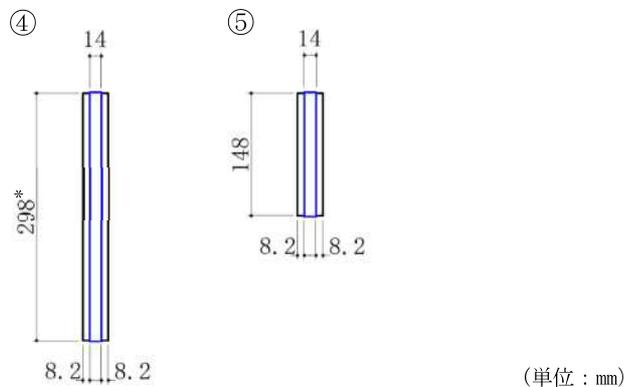


図 3-15 照査モデル図 (前面鋼矢板及び鋼管矢板との接合部)



注記* : ④部は鋼管矢板の外面形状に沿って溶接しているが、保守的にプレート幅を溶接長さとして扱う。

図 3-16 照査断面 (前面鋼矢板及び鋼管矢板との接合部) (照査断面寸法 (溶接長) は腐食代を考慮)

(2) 鋼管矢板（端部）

海水貯留堰の前面鋼矢板側端部は、止水ゴム取付部鋼材等の付属物によって作用外力が一般部と比較して大きくなる。ここでは、それらの荷重を考慮した前面鋼管矢板端部の評価結果を示す。なお、地盤ばね及び地盤物性は、照査が最も厳しい条件とした。

a. 曲げ軸力に対する照査

鋼管矢板に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ軸応力が短期許容応力度以下であることを確認した。照査結果を表 5-7 に示す。

表 5-7(1) 曲げ軸力に対する照査結果（断面①）

解析ケース	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ軸 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤ばね 3	948	80	110	277	0.40

表 5-7(2) 曲げ軸力に対する照査結果（断面②）

解析ケース	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ軸 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤ばね 3	1488	80	172	277	0.63

1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、海水貯留堰（6号機設備）が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

強度計算に当たっては、基準津波による津波荷重を考慮した評価を実施する。

ここで、余震とは、津波と組み合わせる地震のことであり、V-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 $S_d - 1$ を用いる。（以下「 $S_d - 1$ 」という。）

(c) 鋼矢板及び鋼管矢板との接合部

止水ゴム取付部鋼材では、リブプレート部材と取水護岸前面鋼矢板及び海水貯留堰（6号機設備）鋼管矢板との接合部において発生荷重を負担している。接合部の照査は、リブプレートと前面鋼矢板及びリブプレートと鋼管矢板との接合部に対して行う。

イ. モデル化

鋼矢板及び鋼管矢板との接合部に作用する荷重とモデル化の考え方を示した照査モデル図を図3-16に示す。また、照査断面を図3-17に示す。

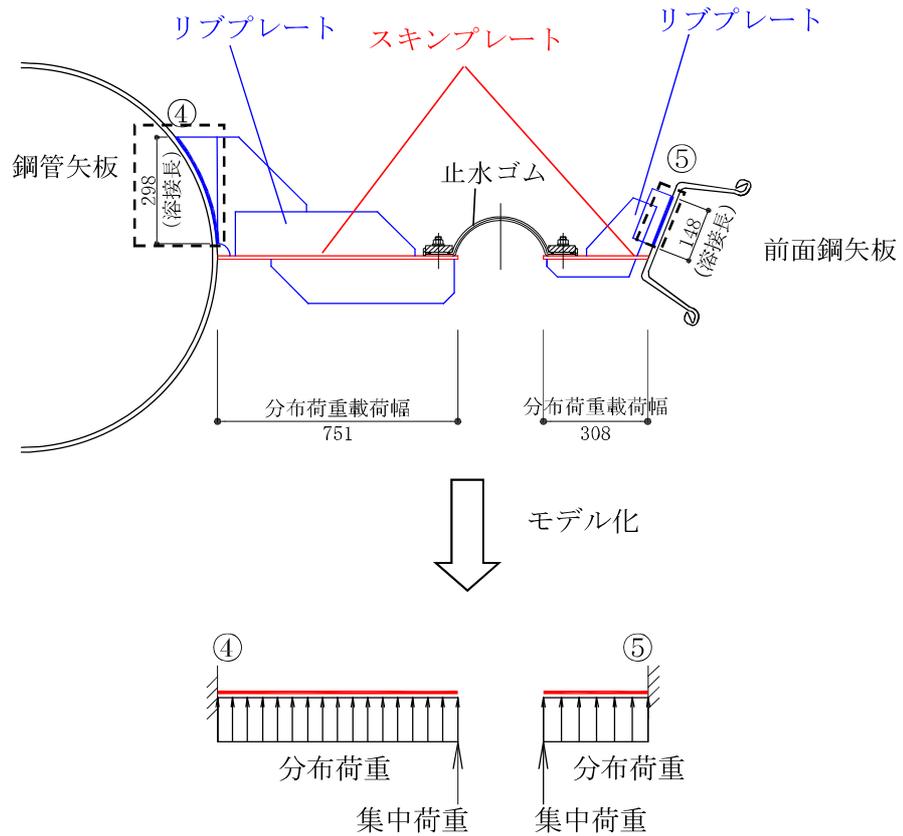
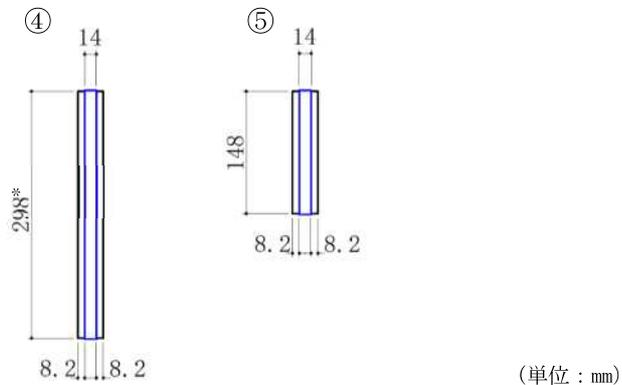


図3-16 照査モデル図（前面鋼矢板及び鋼管矢板との接合部）



(単位：mm)

注記*：④部は鋼管矢板の外表面形状に沿って溶接しているが、保守的にプレート幅を溶接長さとして扱う。
 図3-17 照査断面（前面鋼矢板及び鋼管矢板との接合部）（照査断面寸法（溶接長）は腐食代を考慮）

(2) 鋼管矢板（端部）

海水貯留堰（6号機設備）の前面鋼矢板側端部は、止水ゴム取付部鋼材等の付属物によって作用外力が一般部と比較して大きくなる。ここでは、それらの荷重を考慮した前面鋼管矢板端部の評価結果を示す。なお、地盤ばね及び地盤物性は、照査が最も厳しい条件とした。

a. 曲げ軸力に対する照査

鋼管矢板に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ軸応力が短期許容応力度以下であることを確認した。照査結果を表5-7に示す。

表5-7(1) 曲げ軸力に対する照査結果（断面①）

解析ケース	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ軸 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤ばね3	1716	82	198	277	0.72

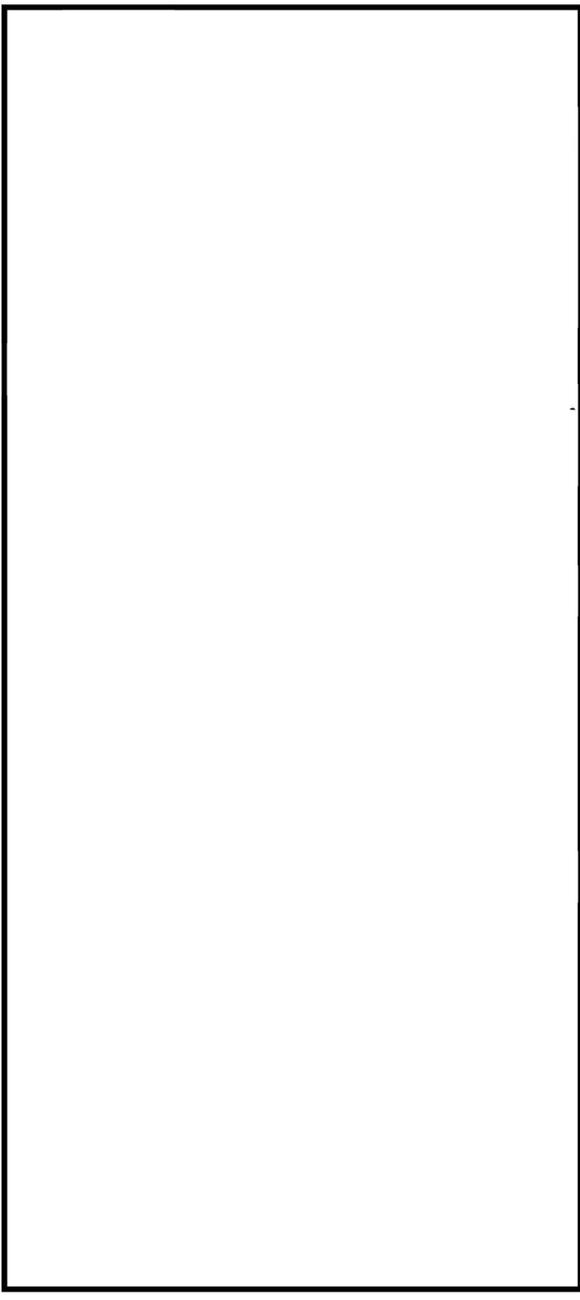
表5-7(2) 曲げ軸力に対する照査結果（断面②）

解析ケース	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ軸 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
地盤ばね3	1803	87	172	277	0.63

2.3 構造計画

水密扉は、片開型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉鎖状態において締付装置により固定され水密性を確保しており、アンカーボルトによって建屋躯体に固定された扉枠にて支持する構造とする。水密扉の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画

計画の概要		概略構造図
支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、締付装置により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

(6) 貫通部止水処置

貫通部止水処置の許容限界は、構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえ評価対象部位ごとに設定する。

a. シール材

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するシール材が、有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

b. ブーツ

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツが、有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

c. モルタル

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するモルタルが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」((社)土木学会, 2002年制定)に基づき算定し、許容付着荷重として設定する。

d. 鉄板

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口または貫通口と貫通物の隙間に施工する鉄板が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、許容限界は、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年度版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1-2005/2007」(日本機械学会)に準じた供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ_AS)を許容限界として設定する。

e. フラップゲート

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、空調ダクト開口部に施工するフラップゲートが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

f. ケーブルトレイ金属ボックス

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工する金属ボックス及びアンカーボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補含む)) J S M E S N C 1-2005/2007」((社)日本機械学会)に準じた供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ_AS)を許容限界として設定する。

表 4-3 施設ごとの評価対象部位の許容限界(5/5)

設備 名称	荷重の 組合せ	評価対象部位		機能損傷モード		許容限界
				応力等 の状態	限界状態	
貫通部止水処置	P _h	シール材		せん断	有意な漏えいが生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツ		せん断	有意な漏えいが生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		モルタル		せん断, 圧縮	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書【構造性能照査】（（社）土木学会, 2002年制定）」に基づいて算出される許容付着荷重以下とする。
		閉止板	鉄板	引張り, せん断, 曲げ		「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年度版(2007年追補版を含む)）<第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態Ⅲ _A S）以下とする。
			フラップゲート	曲げ	有意な漏えいが生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ケーブルトレイ金属ボックス	金属ボックス	曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年度版(2007年追補版を含む)）<第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態Ⅲ _A S）以下とする。
			アンカーボルト	引張り, せん断		

5.6 貫通部止水処置

(1) 評価方針

貫通部止水処置の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、発生を想定する溢水による静水压荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、発生を想定する溢水による静水压荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-6 に示す。

表 5-6 評価対象部位及び評価内容

評価部位		評価内容
シール材		せん断
ブーツ		せん断
モルタル		圧縮, せん断
閉止板	鉄板	引張り, せん断, 曲げ
	フラップゲート	曲げ
ケーブルトレイ 金属ボックス	金属ボックス	曲げ
	アンカーボルト	引張り, せん断

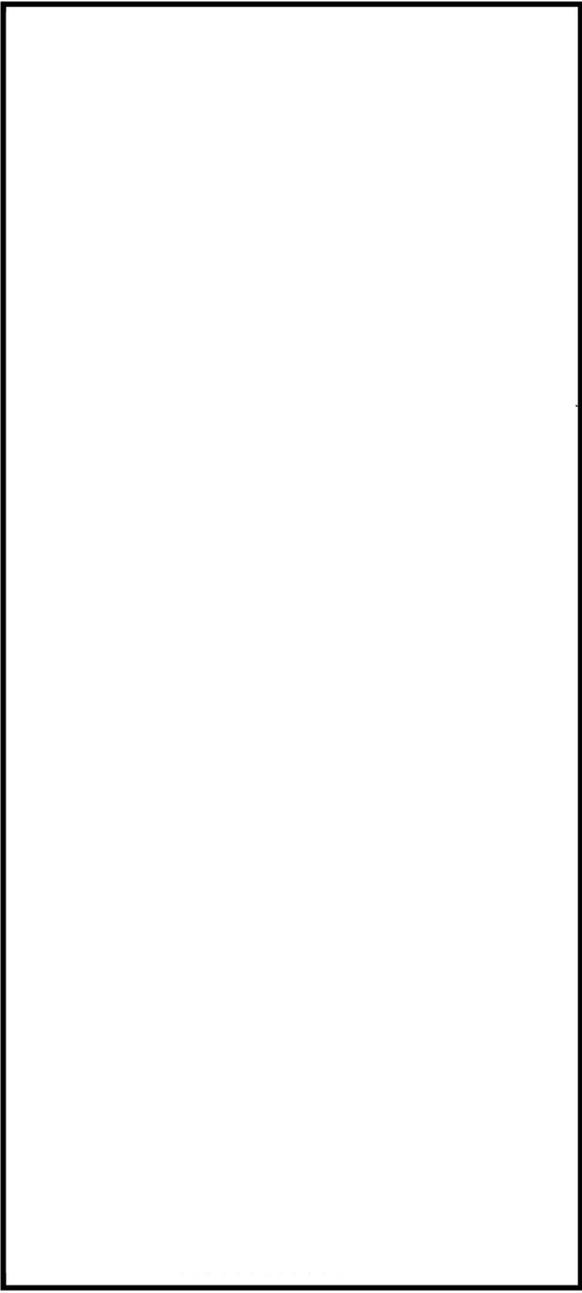
(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、V-3-別添 3-2-6 「貫通部止水処置の強度計算書(溢水)」に示す。

2.3 構造計画

水密扉は、片開型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉鎖状態において締付装置により固定され水密性を確保しており、アンカーボルトによって建屋躯体に固定された扉枠にて支持する構造とする。水密扉の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画(片開型)

計画の概要		概略構造図
支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、締付装置により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

2.3 構造計画

水密扉付止水堰の構造は、V-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。水密扉付止水堰は、水密扉部と止水堰部で構成され、それぞれの部位について構造計画を表2-2に、使用材料を表2-3、表2-4に示す。

2.3.1 水密扉付止水堰の構造

水密扉付止水堰は、水密扉部と止水堰部で構成される。

水密扉部は、片開型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉鎖状態において締付装置により固定され水密性を確保する構造とする。

止水堰部は、芯材（水平材、鉛直材）、鋼製板、枠材及びアンカーボルトから構成され、アンカーボルトにより躯体と枠材を接合する構造とする。

水密扉付止水堰の概略構造図を図2-3に示す。

表2-2 水密扉付止水堰の構造計画

計画の概要		概略構造図
支持構造	主体構造	
<p>水密扉部は、扉開放時には、ヒンジにより扉が枠材(囲い型)に固定され、扉閉止時には、締付装置により扉と枠材(囲い型)が一体化する構造とする。</p> <p>止水堰部は、鋼製板を芯材(水平材、鉛直材)が支持し、枠材(門型)で固定するものとし、枠材(門型、囲い型)をアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>水密扉部は、片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の枠材(囲い型)に差込み、扉と枠材(囲い型)を一体化させる構造とする。また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p> <p>止水堰部は、鋼製板、芯材(水平材、鉛直材)、枠材(門型、囲い型)及びアンカーボルトにて構成する。</p>	<p>図2-3</p>

3.4.2 鋼製落とし込み型堰の許容限界

(1) 鋼製板

鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（社）日本建築学会，2005 改定）に基づき算定した短期許容応力度を表 3-12 に示す。

表3-12 鋼製板の許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	組合せ (N/mm ²)
SS400	235	135	235

(2) アンカーボルト

各種合成構造設計指針・同解説（社）日本建築学会，2010 年改定）に基づき算定した短期許容荷重を表 3-13 に示す。

なお、引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重と付着力により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては、アンカーボルト母材のせん断強度より決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 3-13 アンカーボルトの短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張り (kN)	せん断 (kN)
SS400	25.6	14.4

3.4.3 鉄筋コンクリート製堰の許容限界

(1) コンクリート

鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（社）日本建築学会，1999 改定）に基づき算定したコンクリートの短期許容応力度を表 3-14 に示す。

表 3-14 コンクリートの短期許容応力度

材料	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	圧縮	せん断
コンクリート	14.0	1.05

(2) アンカーボルト，アンカー筋

各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年改定）に基づき算定した短期許容荷重を表3-15に示す。

なお，引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重と付着力により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては，アンカーボルト母材のせん断強度より決まる許容荷重，定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表3-15 アンカーボルト，アンカー筋の短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張り (kN)	せん断 (kN)
SD295	23.9	17.3

3.4.4 鋼板組合せ堰の許容限界

(1) 止水板

鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）に基づき算定した短期許容応力度を表3-16に示す。

表3-16 止水板の短期許容応力度

材料	短期許容応力度
	曲げ (N/mm ²)
SS400	271

(2) 梁材及び柱材

鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）に基づき算定した短期許容応力度を表3-17に示す。

表3-17 梁材の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	組合せ (N/mm ²)
SS400	235	135	235

1. 概要

本計算書は、V-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している構造強度に示すとおり、貫通部止水処置が、発生を想定する内部溢水による静水压荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有することを説明するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

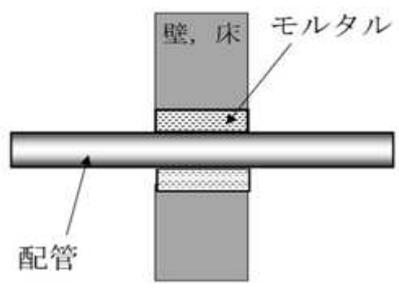
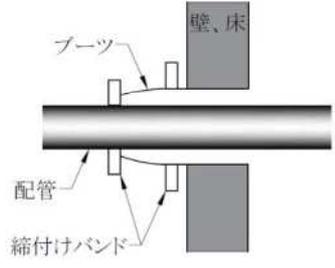
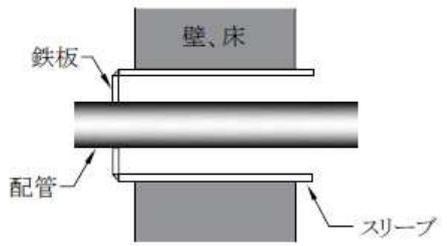
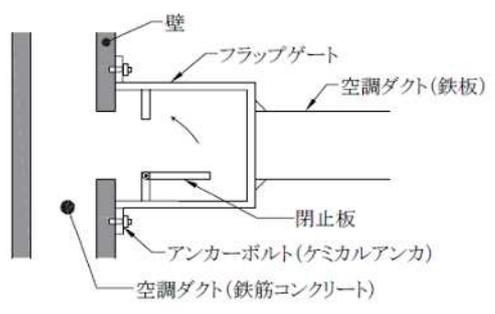
貫通部止水処置は、V-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」の構造計画に示す、原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋及び廃棄物処理建屋の貫通口と貫通物とのすき間又は貫通物の周囲に施工する。

2.2 構造概要

貫通部止水処置の構造は、V-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

貫通部止水処置は、貫通部の位置条件及び貫通物の強度条件に応じて、シール材、モルタル、ブーツ、鉄板及びフラップゲートを使用し、各貫通部止水処置の適用条件を考慮し施工する。シール材及びモルタルは壁の貫通口と貫通物のすき間に施工し、壁と貫通物を接合する構造とする。なお、シール材をケーブルトレイ貫通部の止水に用いる場合は、シール材が型崩れしないように金属ボックスをアンカーボルトで壁・床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填、もしくは塗布する。ブーツは、伸縮性ゴムを用い、壁面に溶接した取付用座と配管を締付けバンドにて固定する構造とする。鉄板は、配管とスリーブを全周溶接する。また、フラップゲートはアンカーボルトで壁面に固定する構造とする。貫通部止水処置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画 (1/2)

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置	モルタルにて構成する。	貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	
	ブーツと縮付けバンドにて構成する。	高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるような伸縮性ゴムを用い、壁面又は床面の取付用座と配管に縮付けバンドにて締結する。	
	鉄板にて閉止する構成とする。	貫通部の開口部に鉄板を挿入し、溶接によって接合する。	
	閉止板を内包するフラップゲートにて構成する。	空調ダクト（鉄筋コンクリート）と空調ダクト（鉄板）の間にフラップゲートを設置し、フラップゲートは空調ダクト（鉄筋コンクリート）壁面にアンカーボルトで固定する。	

2.3 評価方針

貫通部止水処置の強度評価は、V-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、貫通部止水処置の評価部位に作用する荷重等が許容限界内にあることを確認する。

貫通部止水処置は構造上の特徴の違いから、シール材、ブーツ、モルタル、鉄板及びフラップゲートに分けて設計を行うこととする。シール材及びブーツの強度評価フローを図 2-1 に、モルタルの強度評価フローを図 2-2 に、鉄板の強度評価フローを図 2-3 に、フラップゲートの強度評価フローを図 2-4 に、シール材施工に用いるケーブルトレイ金属ボックスの強度評価フローを図 2-5 に示す。

溢水への配慮が必要な施設の強度計算においては、静水圧荷重を用いて評価するが、津波への配慮が必要な施設の強度計算では、静水圧荷重に加えて余震を考慮した荷重を用いて評価する。よって、計算方法は、V-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」に包絡されるため、本計算書では評価不要とする。

なお、ブーツについては、設置場所の関係上、内部溢水の影響のみの方が評価上厳しい計算結果となるため、V-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」に内部溢水のみでの評価も併せて記載する。

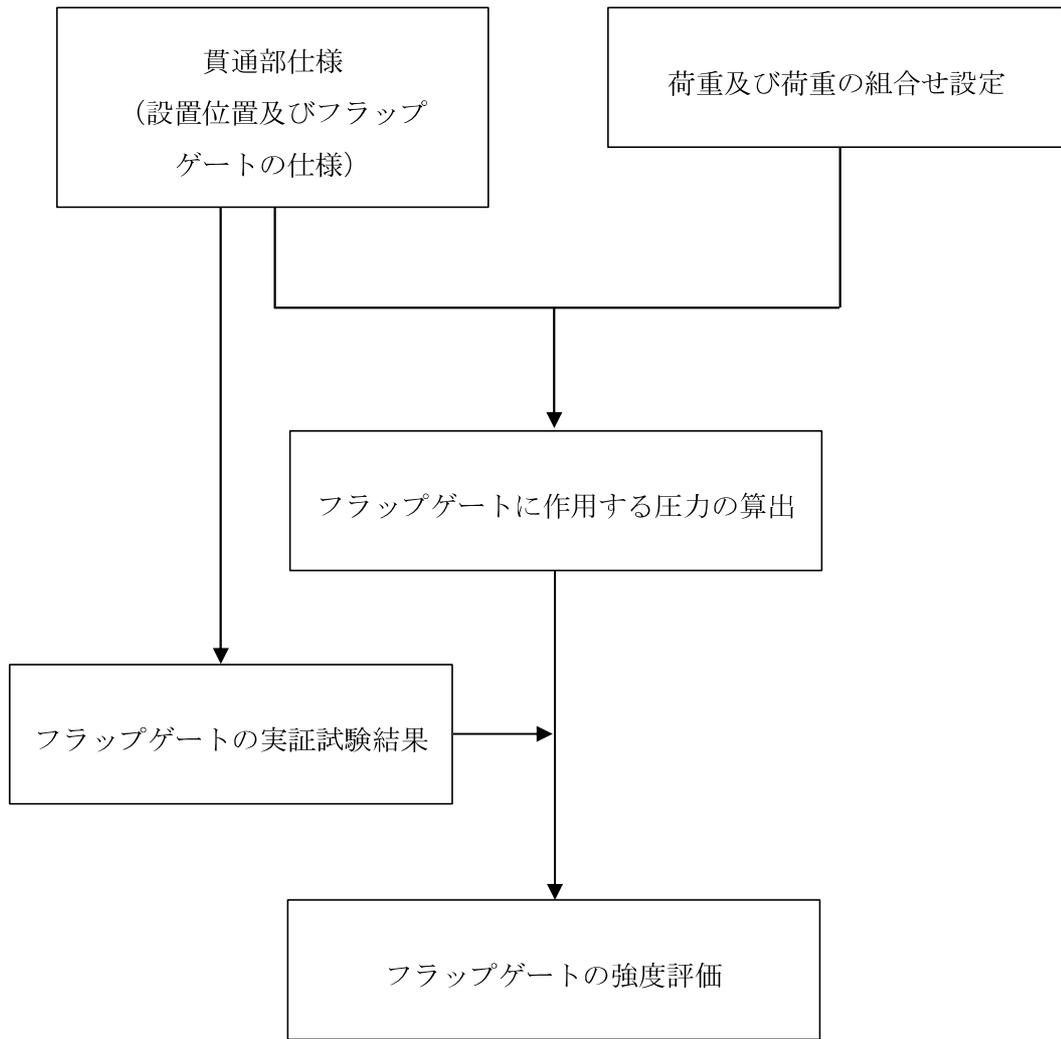


図 2-4 フラップゲートの強度評価フロー

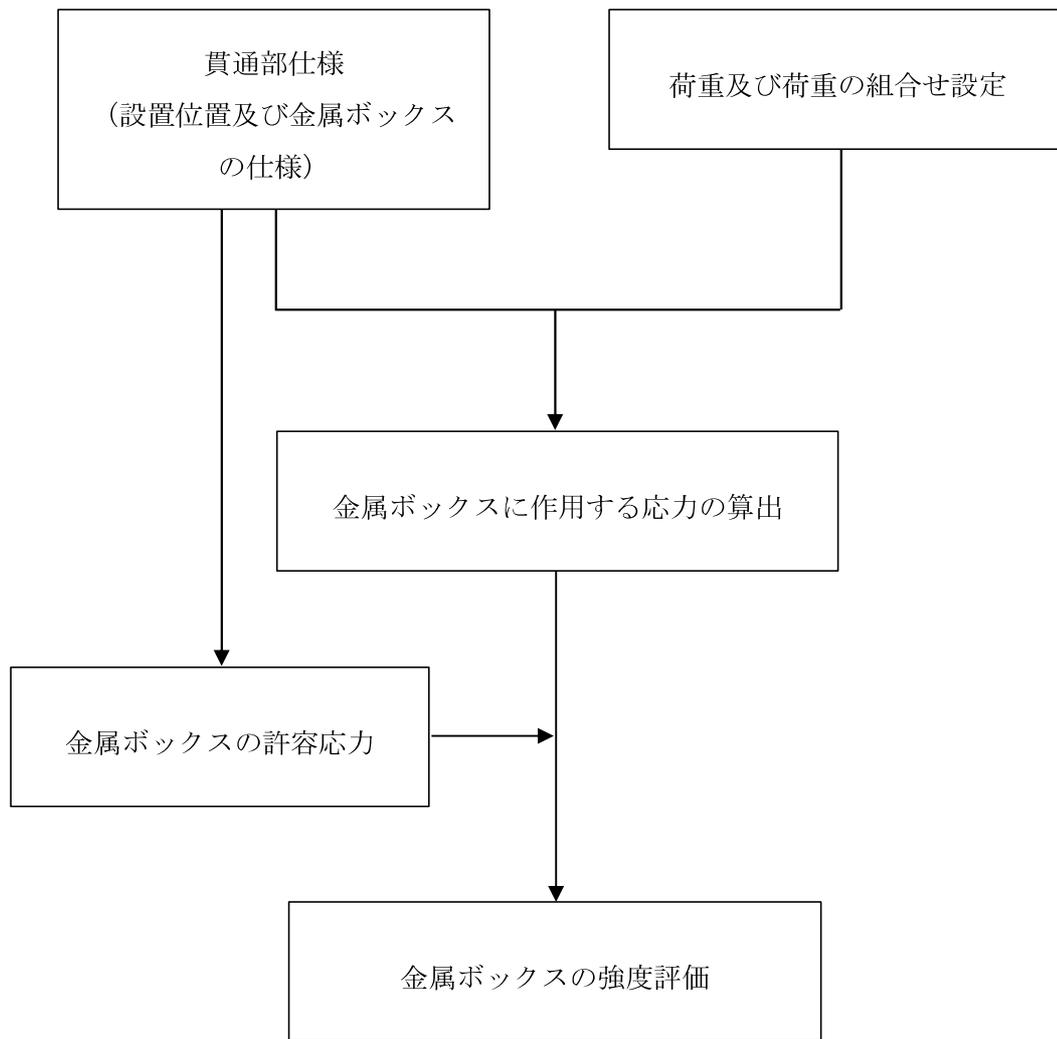


図 2-5 ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価フロー

3. 評価結果

溢水への配慮が必要な施設の強度計算書である本書は、静水圧荷重を用いた評価であるが、津波への配慮が必要な施設の強度計算書V-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」において静水圧荷重に加えて余震を考慮した保守的な評価であるV-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」の評価結果を示す。

シーラ材、ブーツ、モルタル、鉄板、フラップゲート及びケーブルトレイ金属ボックスの計算方法はV-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」に基づき計算されており、その強度評価結果をそれぞれ表 3-1、表 3-2、表 3-3、表 3-4、表 3-5、表 3-6、表 3-7 に示す。なお、発生圧力、発生荷重、発生応力は全て許容値を満足している。

表 3-1 シーラ材の浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
シーラ材	0.30	0.32

表 3-2 ブーツの浸水に対する強度評価結果

評価部位	場所	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
ブーツ	タービン建屋	0.12	0.4

注記：溢水への配慮が必要な施設においては、廃棄物処理建屋の内部溢水による発生圧力が最も大きく 0.17MPa になる。

表 3-3 モルタルの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生荷重 (kN)		許容荷重 (kN)
モルタル	せん断荷重 (付着荷重)		593

表 3-4 鉄板の経路からの津波による水圧に対する強度評価結果

評価部位	引張応力 (MPa)		せん断応力 (MPa)		曲げ応力 (MPa)		組合せ応力 (MPa)	
	発生	許容	発生	許容	発生	許容	発生	許容
鉄板		204		117		204		204
配管と鉄板との溶接部		117		117		117		117
配管とスリーブとの溶接部		84		84		84		84

表 3-5 フラップゲートの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生応力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
フラップゲート	0.09	0.2

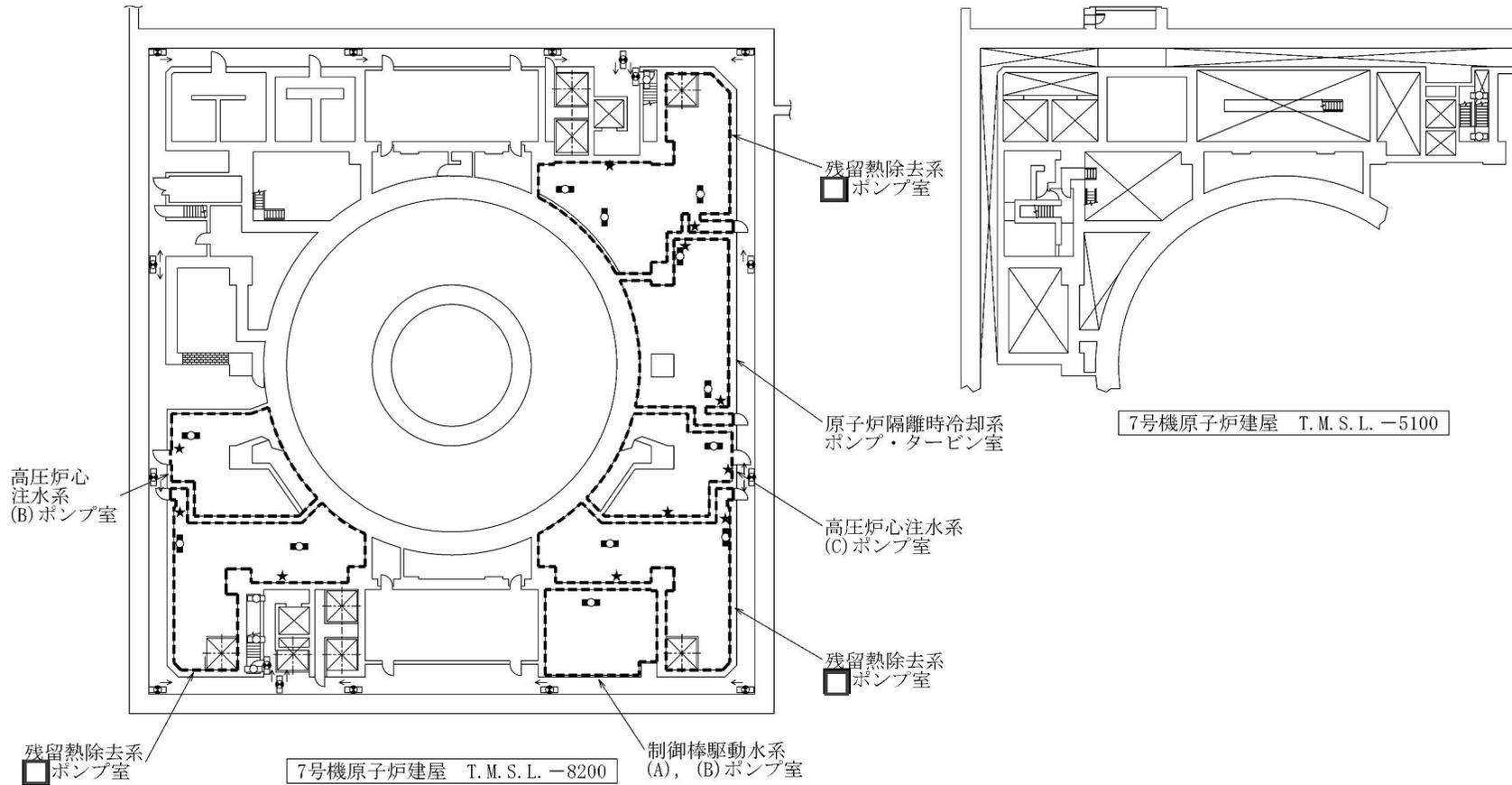
表 3-6 ケーブルトレイ金属ボックスのアンカーボルトの浸水に対する強度評価結果

応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
引張応力		$f_{ts} = 129^*$
せん断応力		$f_{sb} = 99$

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

表 3-7 ケーブルトレイ金属ボックスの浸水に対する強度評価結果

評価部位	曲げ応力 (MPa)	許容曲げ応力 (MPa)
金属ボックス		248



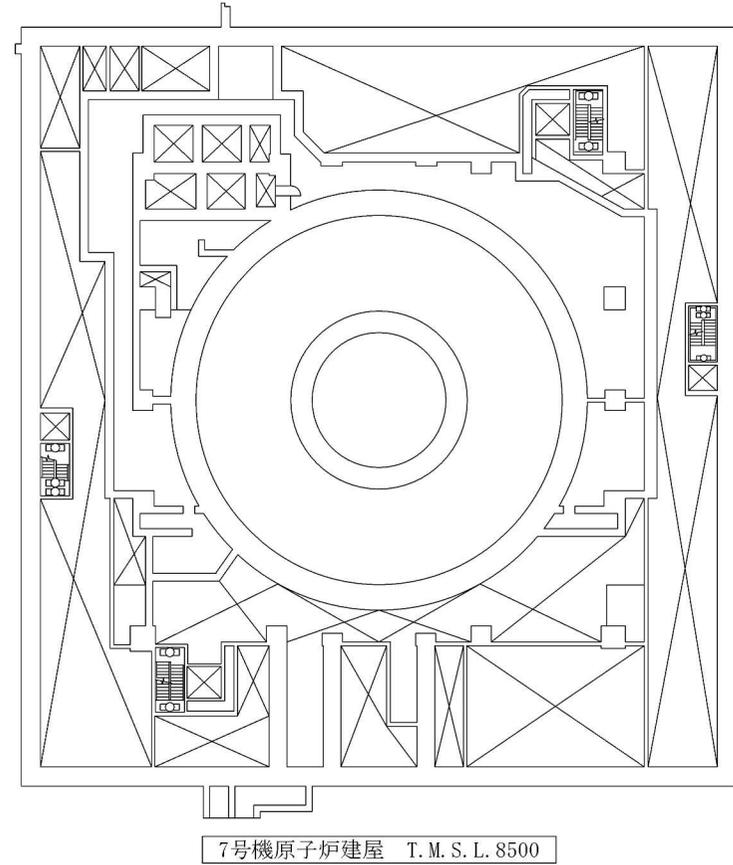
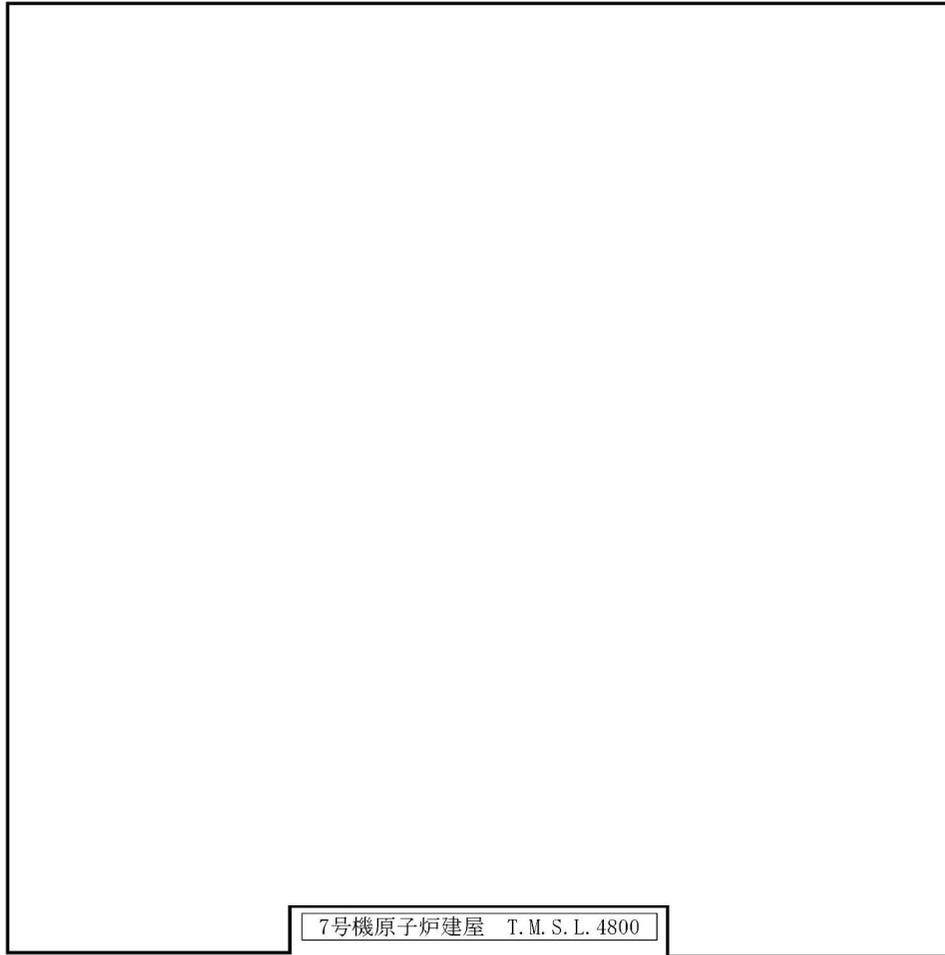
- 【凡例】 避難用照明
 : 避難口誘導灯
 : 通路誘導灯 (廊下・通路)
 : 通路誘導灯 (階段) / 非常灯 (蛍光灯)

- 【凡例】 作業用照明
 : 非常用照明 (蛍光灯)
 : 蓄電池内蔵型照明

- 【凡例】
 : 現場機器室

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第1-8-1図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その1)	
東京電力ホールディングス株式会社		



【凡例】避難用照明

-  : 避難口誘導灯
-  : 通路誘導灯 (廊下・通路)
-  : 通路誘導灯 (階段) / 非常灯 (蛍光灯)

【凡例】作業用照明

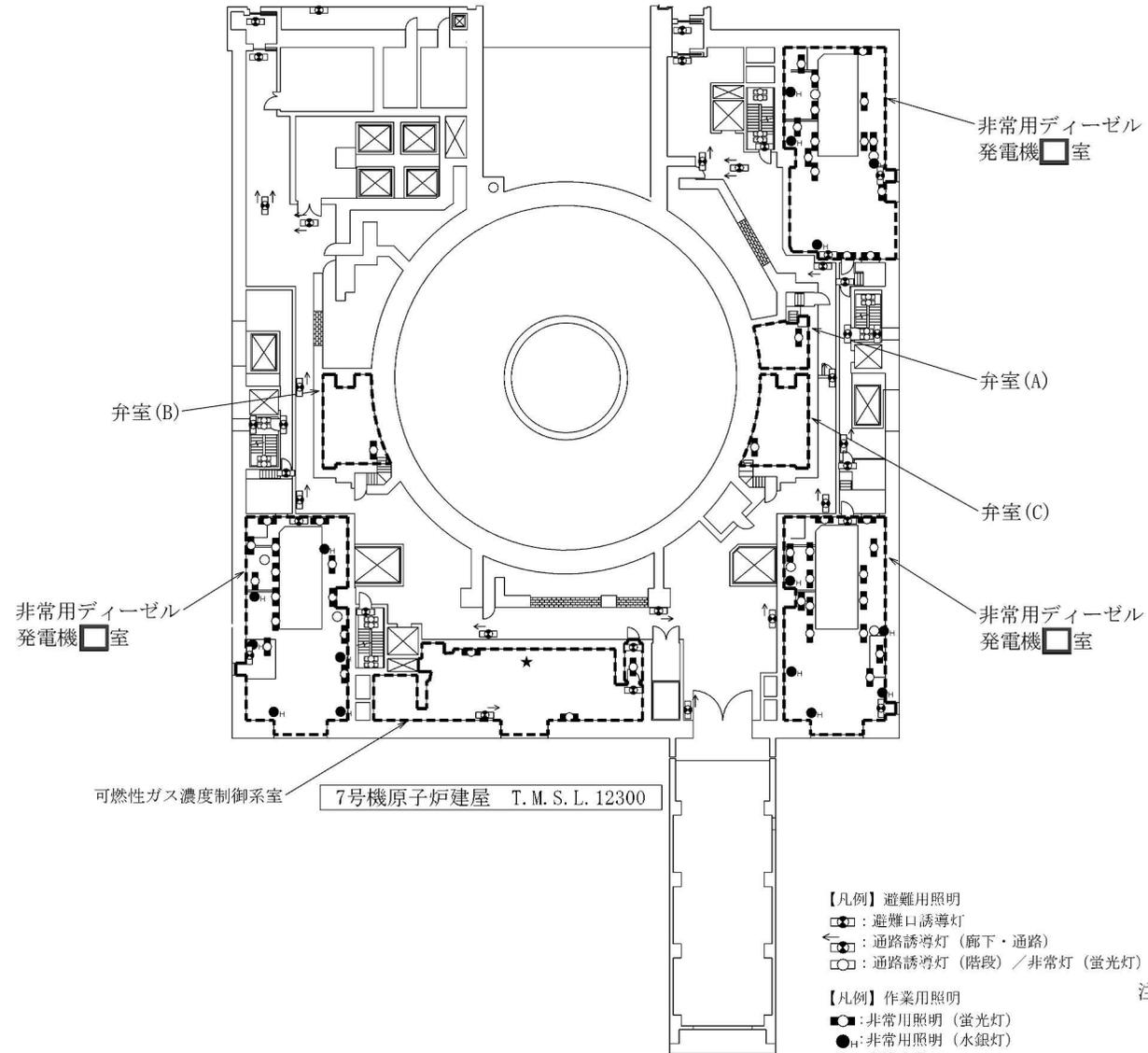
-  : 非常用照明 (蛍光灯)
-  : 直流非常灯
-  : 蓄電池内蔵型照明

【凡例】

-  : 現場機器室

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第1-8-3図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その3)	
東京電力ホールディングス株式会社		



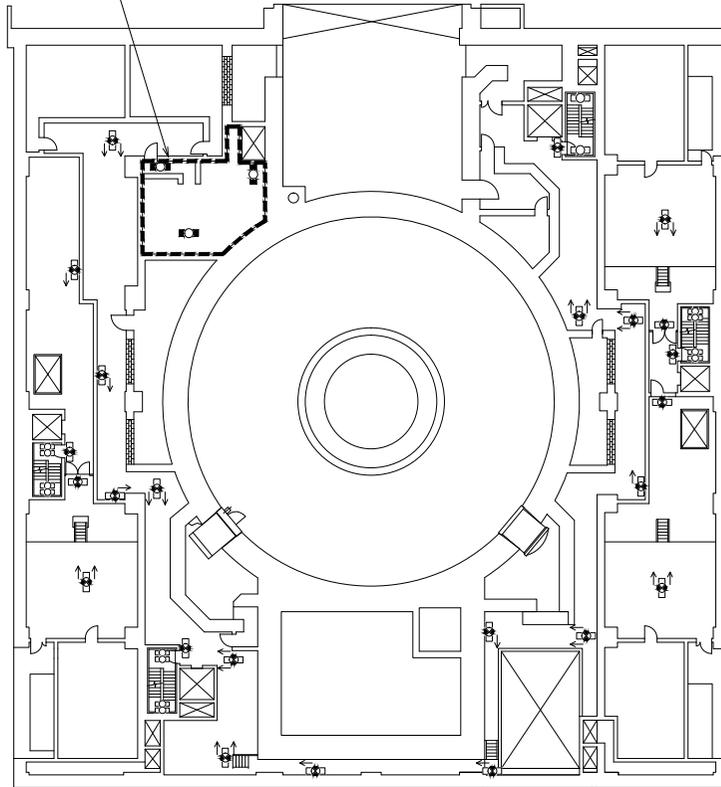
7号機原子炉建屋 T.M.S.L.12300

- 【凡例】避難用照明
- : 避難口誘導灯
 - ◀: 通路誘導灯 (廊下・通路)
 - ◻: 通路誘導灯 (階段) / 非常灯 (蛍光灯)
- 【凡例】作業用照明
- ◻: 非常用照明 (蛍光灯)
 - : 非常用照明 (水銀灯)
 - : 直流非常灯
 - ★: 蓄電池内蔵型照明
- 【凡例】
- : 現場機器室

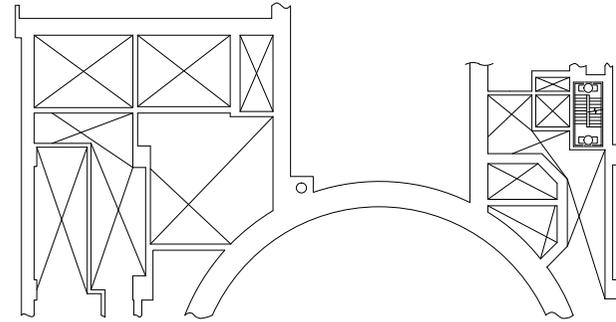
注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第1-8-4図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その4)	
	東京電力ホールディングス株式会社	

燃料プール冷却
浄化系弁室



7号機原子炉建屋 T.M.S.L. 18100



7号機原子炉建屋 T.M.S.L. 20800

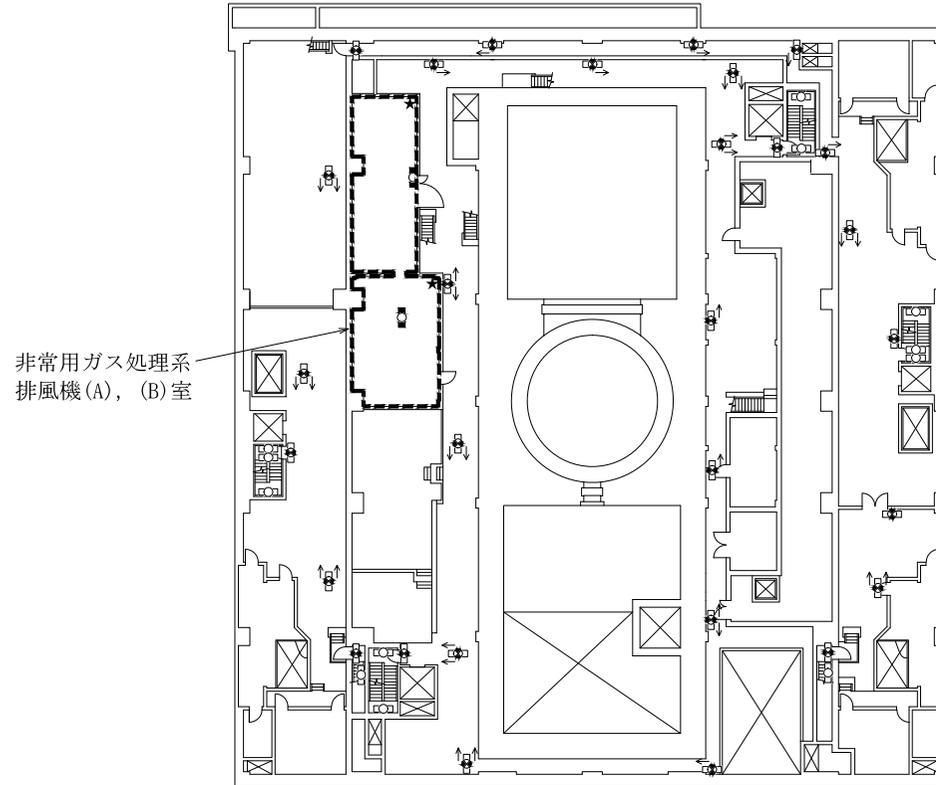
- 【凡例】避難用照明
 : 避難口誘導灯
 : 通路誘導灯 (廊下・通路)
 : 通路誘導灯 (階段) / 非常灯 (蛍光灯)

- 【凡例】作業用照明
 : 非常用照明 (蛍光灯)

- 【凡例】
 : 現場機器室

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第1-8-5図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その5)	
東京電力ホールディングス株式会社		



7号機原子炉建屋 T.M.S.L.23500

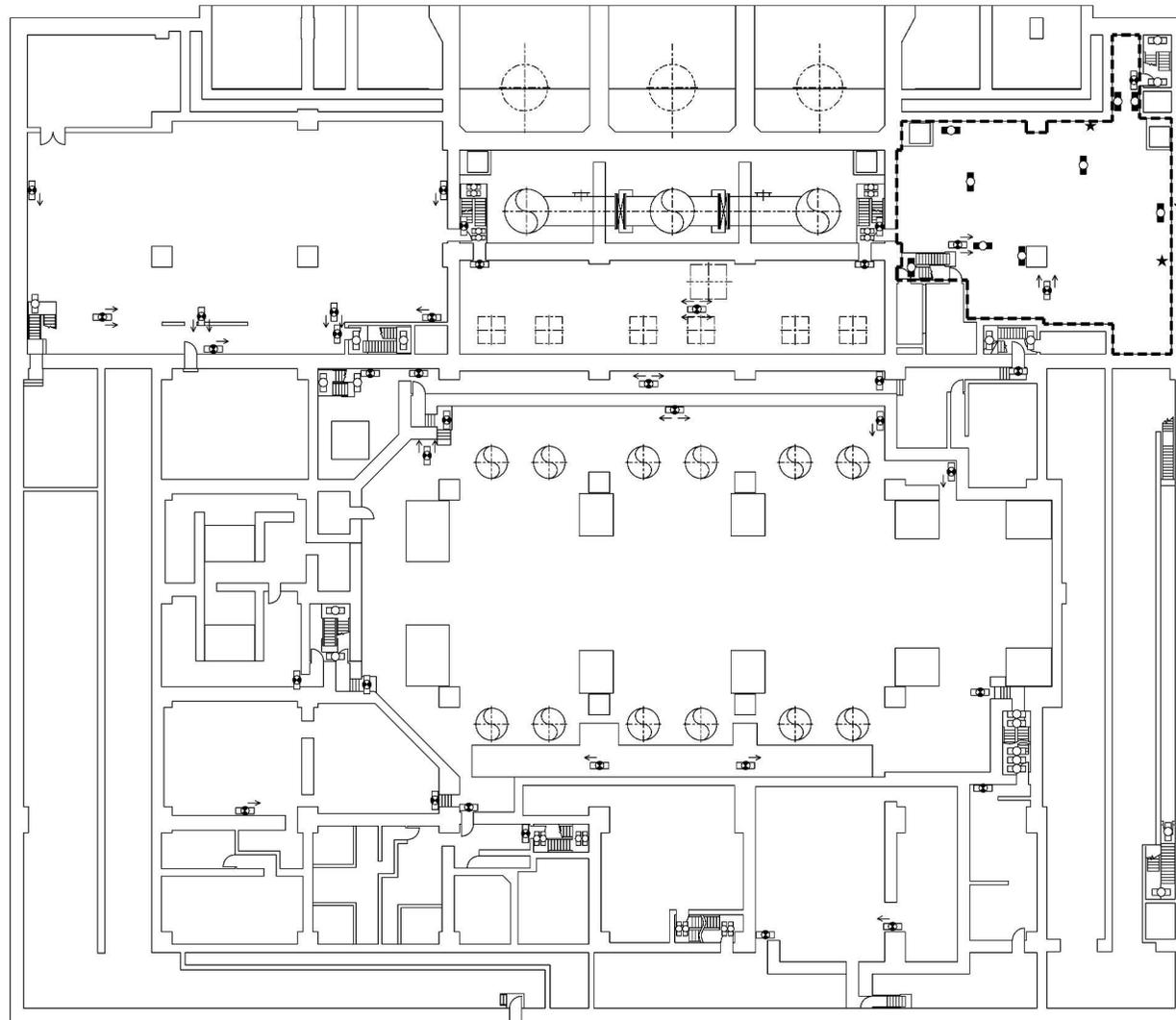
- 【凡例】避難用照明
- : 避難口誘導灯
 - : 通路誘導灯 (廊下・通路)
 - : 通路誘導灯 (階段) / 非常灯 (蛍光灯)

- 【凡例】作業用照明
- : 非常用照明 (蛍光灯)
 - : 蓄電池内蔵型照明

- 【凡例】
- : 現場機器室

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第1-8-6図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その6)	
東京電力ホールディングス株式会社		



原子炉補機冷却水系  ポンプ室

- 【凡例】避難用照明
-  : 避難口誘導灯
 -  : 通路誘導灯 (廊下・通路)
 -  : 通路誘導灯 (階段) / 非常灯 (蛍光灯)

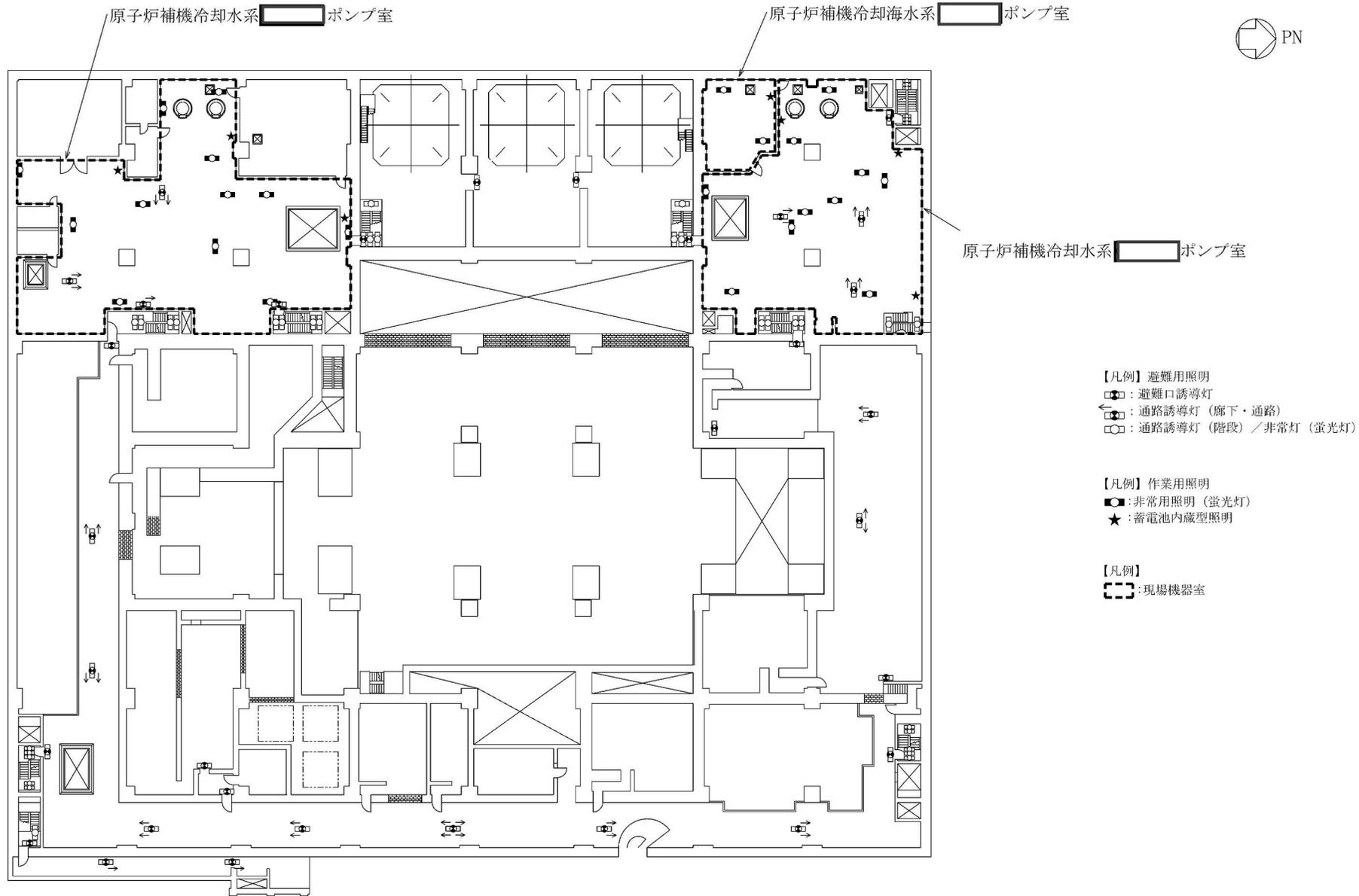
- 【凡例】作業用照明
-  : 非常用照明 (蛍光灯)
 -  : 蓄電池内蔵型照明

- 【凡例】
-  : 現場機器室

7号機タービン建屋 T.M.S.L. -5100

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第1-8-9図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その9)	
	東京電力ホールディングス株式会社	
4-271		0502



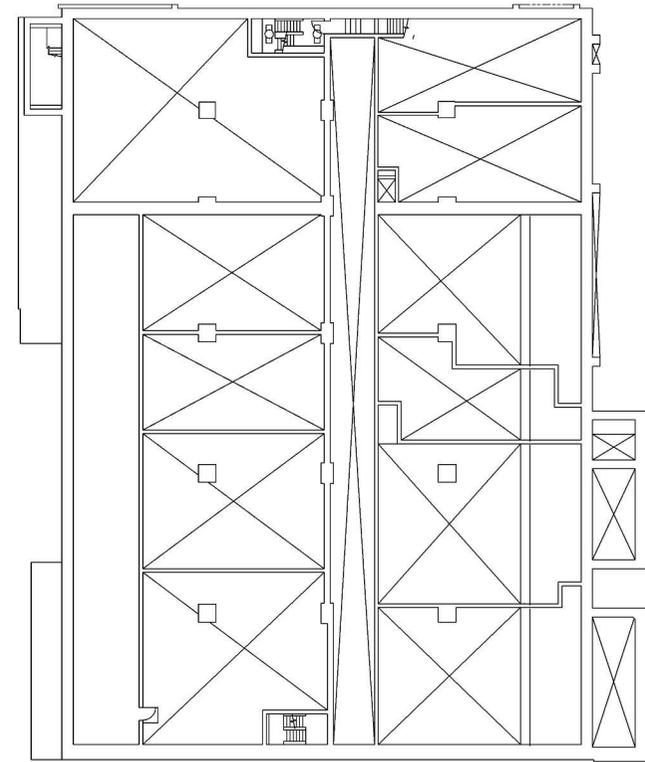
7号機タービン建屋 T.M.S.L.4900

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第1-8-11図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その11)	
	東京電力ホールディングス株式会社	
4-272		0502



6, 7号機コントロール建屋 T.M.S.L. 6500



6, 7号機コントロール建屋 T.M.S.L. 9050

【凡例】避難用照明

- : 避難口誘導灯
- ◀: 通路誘導灯 (廊下・通路)
- : 通路誘導灯 (階段) / 非常灯 (蛍光灯)

【凡例】作業用照明

- ◻: 非常用照明 (蛍光灯)
- : 直流非常灯
- ★: 蓄電池内蔵型照明

【凡例】

- ◻: 現場機器室

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第1-8-18図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その18)	
東京電力ホールディングス株式会社		

計測制御用電源盤
(II) 室空調機室

中央制御室
再循環装置室

区分II, IV
ケーブル処理室

区分I, III
ケーブル処理室

中央制御室

可搬型照明保管場所
乾電池内蔵型照明
(ランタンタイプ)

6,7号機コントロール建屋 T.M.S.L. 12300

可搬型照明配備場所
乾電池内蔵型照明
(ヘッドライト)

6,7号機コントロール建屋 T.M.S.L. 17300

6号機系統

【凡例】避難用照明

- ◻: 避難口誘導灯
- ◻: 通路誘導灯 (廊下・通路)
- ◻: 通路誘導灯 (階段) / 非常灯 (蛍光灯)
- : 非常灯 (白熱灯)
- : 非常灯 (蛍光灯)

【凡例】作業用照明

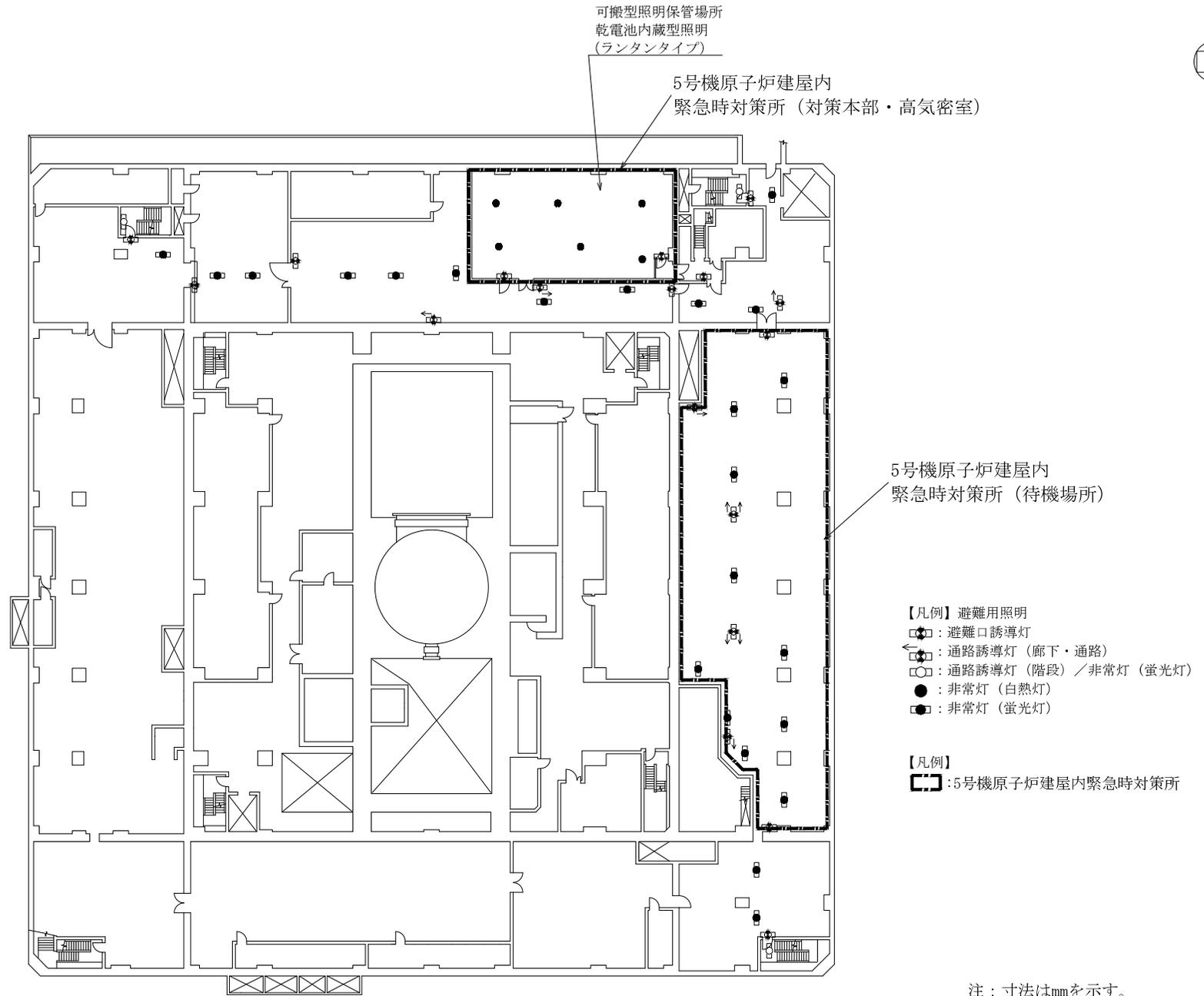
- ◻: 非常用照明 (蛍光灯)
- : 直流非常灯
- ★: 蓄電池内蔵型照明
- ★: 可搬型蓄電池内蔵型照明

【凡例】

- ◻: 現場機器室
- ◻: 中央制御室
- ◻: 6号機系統

注：寸法はmmを示す。

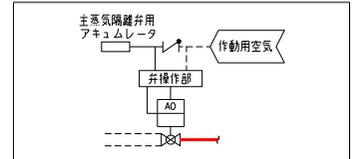
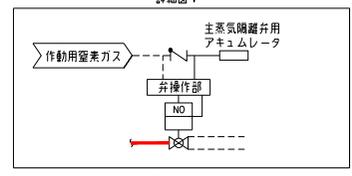
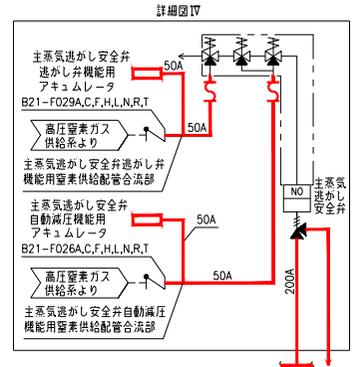
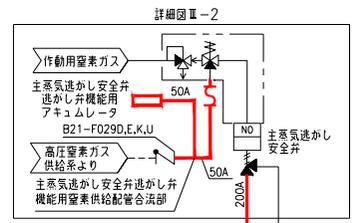
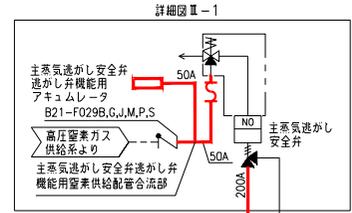
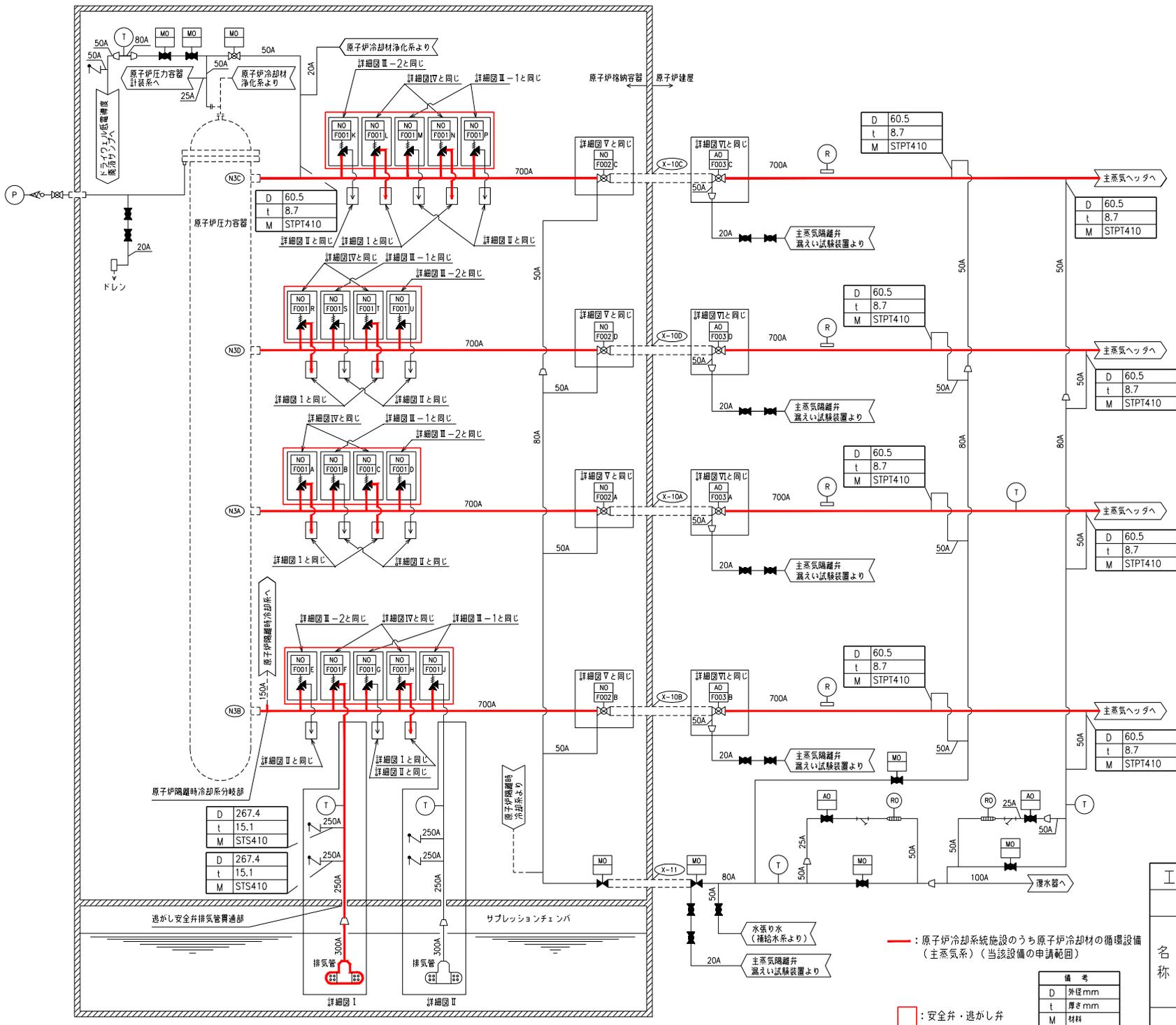
工事計画認可申請		第1-8-19図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その19)	
	東京電力ホールディングス株式会社	



注：寸法はmmを示す。

5号機原子炉建屋 T.M.S.L. 27800

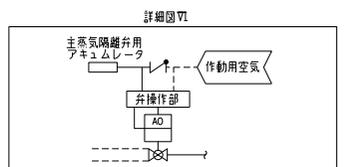
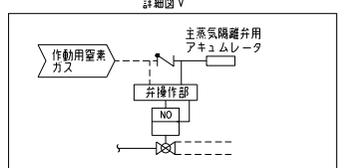
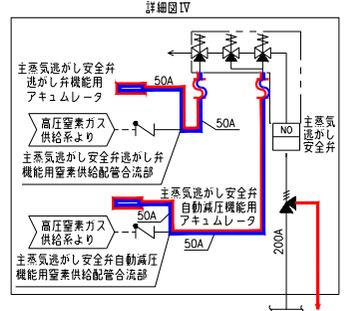
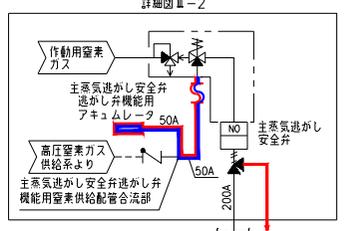
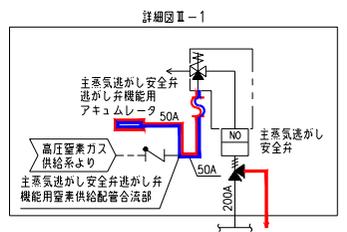
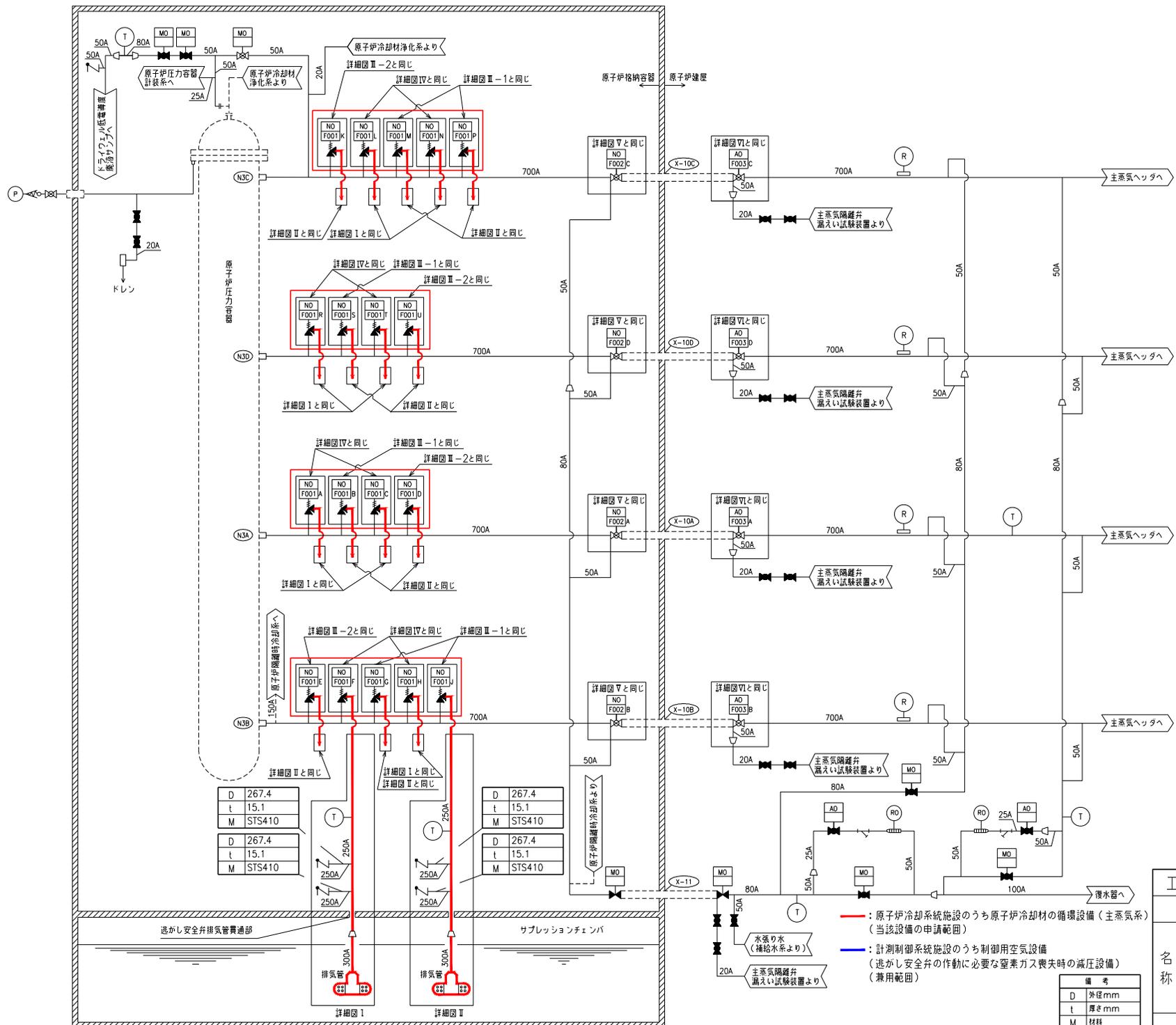
工事計画認可申請		第1-8-29図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機		
名 称	非常用照明の取付箇所を明示した図面 (その29)	
	東京電力ホールディングス株式会社	



工事計画認可申請 第4-1-1-3-1図
 柏崎刈羽原子力発電所第7号機
 名称 原子炉冷却系統施設のうち原子炉冷却材の循環設備
 (主蒸気系)の系統図(その1)
 (設計基準対象施設)
 東京電力ホールディングス株式会社

—: 原子炉冷却系統施設のうち原子炉冷却材の循環設備
 (主蒸気系) (当該設備の申請範囲)
 □: 安全弁・逃がし弁

備考	
D	外径mm
t	厚さmm
M	材料

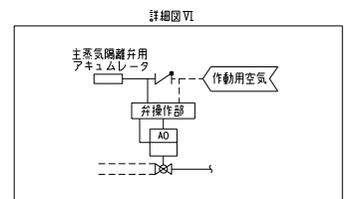
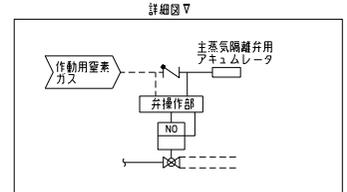
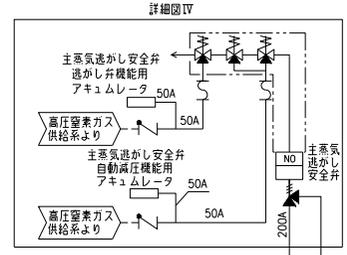
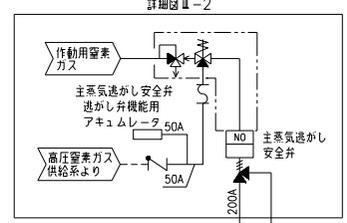
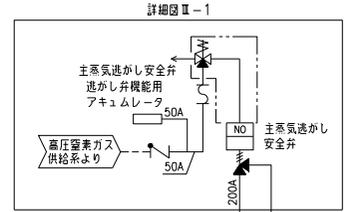
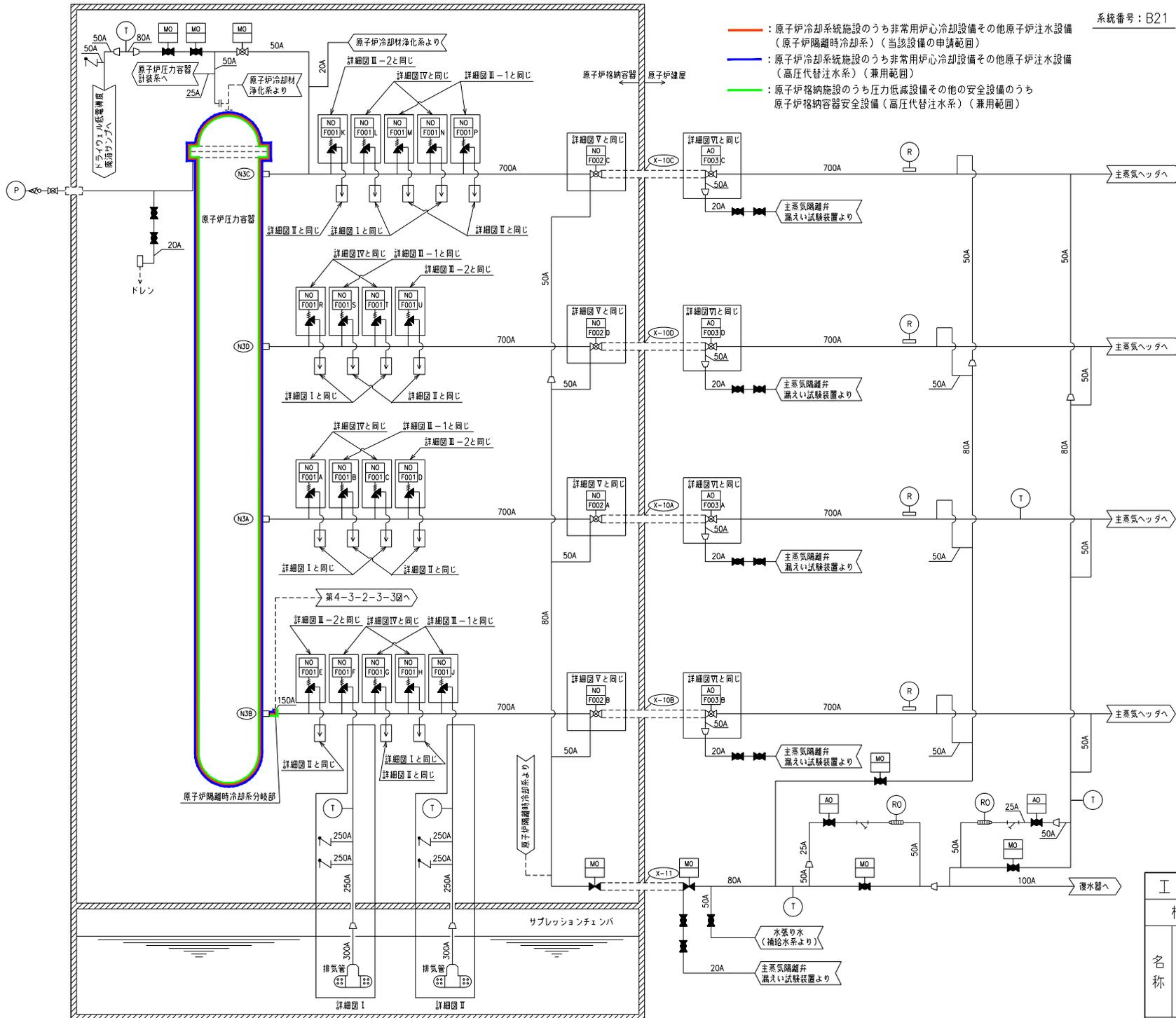


□ : 安全弁・逃がし弁

● : 原子炉冷却系統施設のうち原子炉冷却材の循環設備 (主蒸気系) (当該設備の申請範囲)
 ○ : 計測制御系統施設のうち制御用空気設備 (逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備) (兼用範囲)

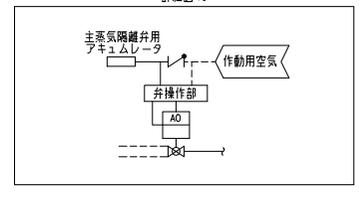
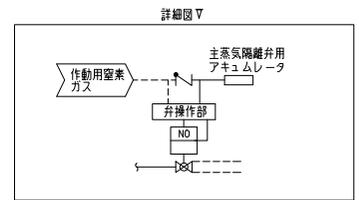
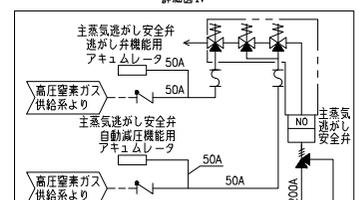
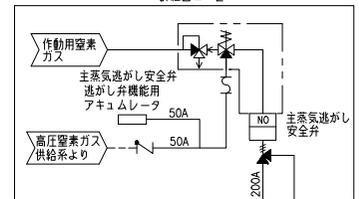
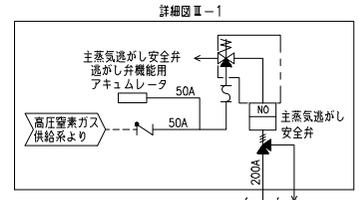
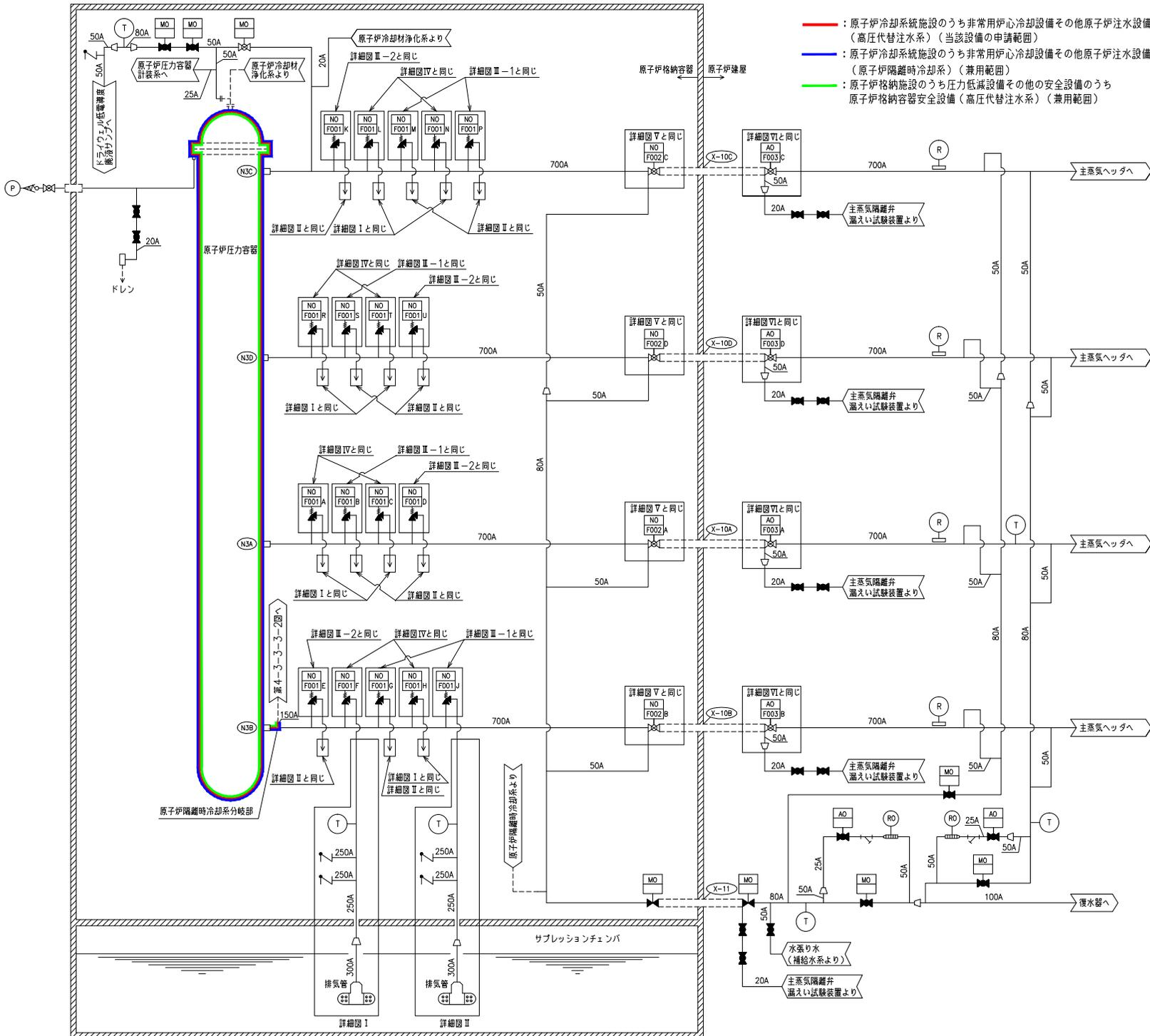
工事計画認可申請 第4-1-1-3-2図	
柏崎刈羽原子力発電所第7号機	
名称	原子炉冷却系統施設のうち原子炉冷却材の循環設備 (主蒸気系)の系統図 (その2) (重大事故等対処設備)
備考	D 外径mm t 厚さmm M 材料
東京電力ホールディングス株式会社	

- : 原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 (原子炉隔離時冷却系) (当該設備の申請範囲)
- : 原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 (高圧代替注水系) (兼用範囲)
- : 原子炉格納施設のうち圧力低減設備その他の安全設備のうち 原子炉格納容器安全設備 (高圧代替注水系) (兼用範囲)



工事計画認可申請	第4-3-2-3-2図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機	
名称	原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備 (原子炉隔離時冷却系) の 系統図 (その2) (主蒸気系) (重大事故等対処設備)
東京電力ホールディングス株式会社	

- (Red line) : 原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備（高圧代替注水系）（当該設備の申請範囲）
- (Blue line) : 原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備（原子炉隔離時冷却系）（兼用範囲）
- (Green line) : 原子炉格納施設のうち圧力低減設備その他の安全設備のうち原子炉格納容器安全設備（高圧代替注水系）（兼用範囲）

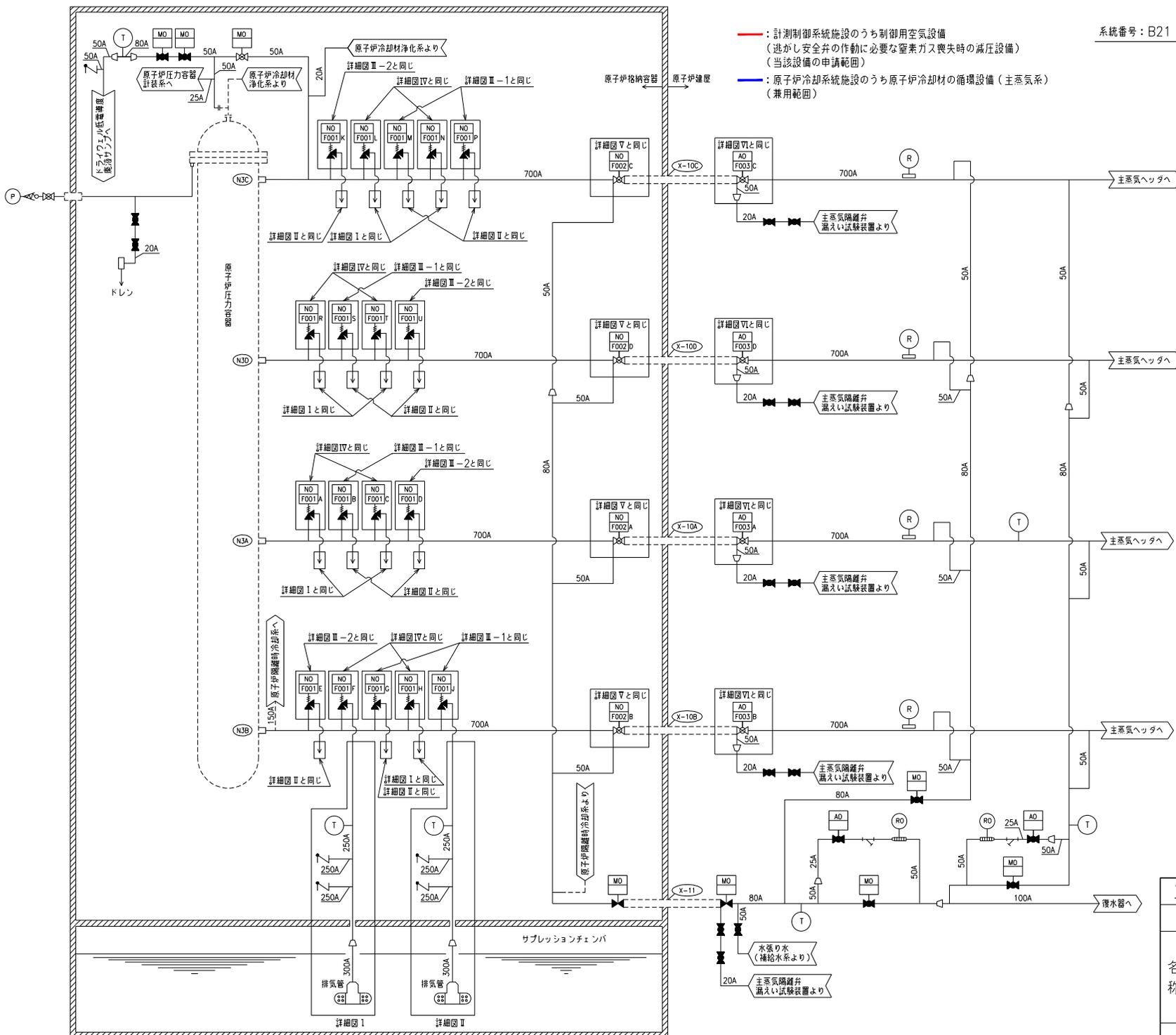


工事計画認可申請 第4-3-3-3-1図

柏崎川羽原子力発電所第7号機

名称 原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備（高圧代替注水系）の系統図（その1）（主蒸気系）
（重大事故等対処設備）

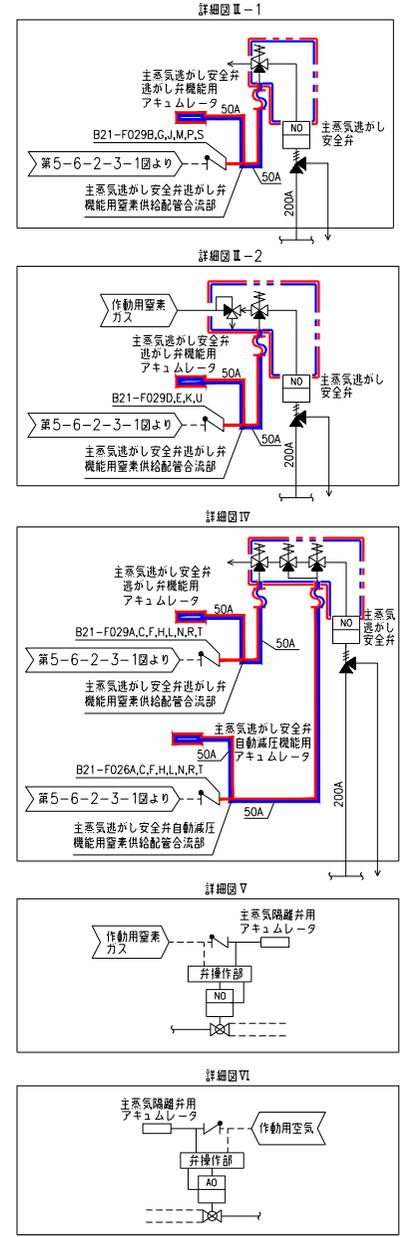
東京電力ホールディングス株式会社



— : 計測制御系統施設のうち制御用空気設備
 (逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備)
 (当該設備の申請範囲)

— : 原子炉冷却系統施設のうち原子炉冷却材の循環設備(主蒸気系)
 (兼用範囲)

系統番号: B21



工事計画認可申請	第5-6-2-3-2図
柏崎刈羽原子力発電所第7号機	
名称	計測制御系統施設のうち制御用空気設備(逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備)の系統図(その2)(主蒸気系)(重大事故等対処設備)
東京電力ホールディングス株式会社	

変更前						変更後						No. *6
名称	最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	名称	最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	
中央制御室待避室陽圧化換気空調系	—					中央制御室待避室陽圧化換気空調系	(前項からの続き)					
							*2, *3, *5 49.1	*2, *4, *5 4.7	SUS304*5	11		
							*2, *3 49.1 /61.1	*2, *4 4.7 /4.9	SUS304	12		
							60.5*2	3.9*2	SUS304TP	13		
								*2, *3, *5 61.1	*2, *4, *5 4.9	SUS304*5	14	

注記*1 : 重大事故等時における使用時の値。

*2 : 公称値を示す。

*3 : 差込継手の差込部内径を示す。

*4 : 差込継手の差込部最小厚さを示す。

*5 : エルボを示す。

*6 : 第7-2-1-3-2-1~15図 放射性管理施設のうち換気設備のうち中央制御室換気空調系（中央制御室待避室陽圧化換気空調系）に係る主配管の配置を明示した図面に記載の丸番号を示す。

変更前						変更後						No. *6
名称	最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	名称	最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	
緊急時対策所換気空調系	—					緊急時対策所換気空調系	(前項からの続き)					21
							1.0*1	40*1	48.6*2	3.7*2	SUS304TP	
									48.6*2 /89.1	3.7*2 /5.5	SUS304	
			89.1*2	5.5*2	SUS304TP	23						

注記*1 : 重大事故等時における使用時の値。

*2 : 公称値を示す。

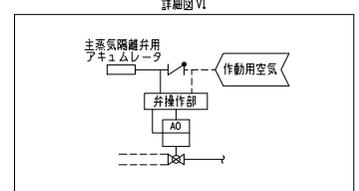
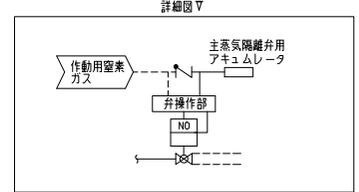
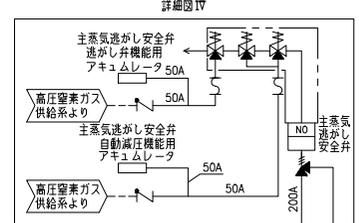
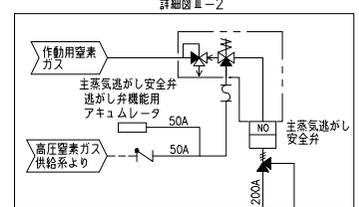
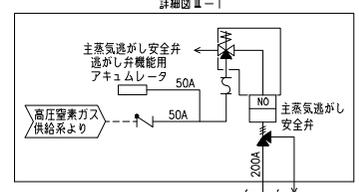
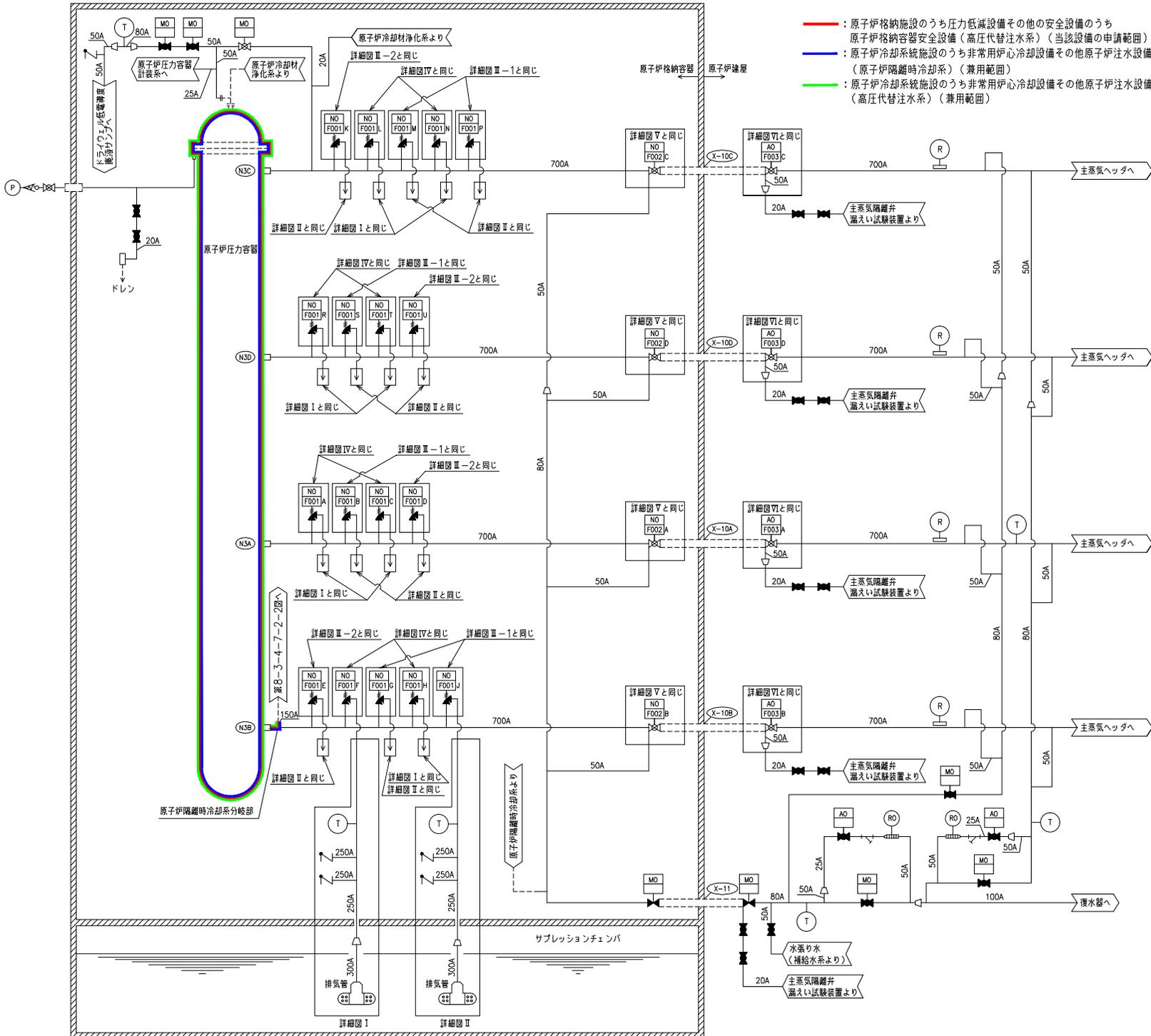
*3 : 差込継手の差込部内径を示す。

*4 : 差込継手の差込部最小厚さを示す。

*5 : エルボを示す。

*6 : 第 7-2-2-2-1~15 図 放射性管理施設のうち換気設備 (緊急時対策所換気空調系) に係る主配管の配置を明示した図面に記載の丸番号を示す。

- : 原子炉格納施設のうち圧力低減設備その他の安全設備のうち原子炉格納容器安全設備（高圧代替注水系）（当該設備の申請範囲）
- : 原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備（原子炉隔離時冷却系）（兼用範囲）
- : 原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備（高圧代替注水系）（兼用範囲）



工事計画認可申請 第8-3-4-7-2-1図	
柏崎川羽原子力発電所第7号機	
名称	原子炉格納施設のうち圧力低減設備その他の安全設備のうち原子炉格納容器安全設備（高圧代替注水系）の系統図（その1）（主蒸気系）（重大事故等対処設備）
東京電力ホールディングス株式会社	