

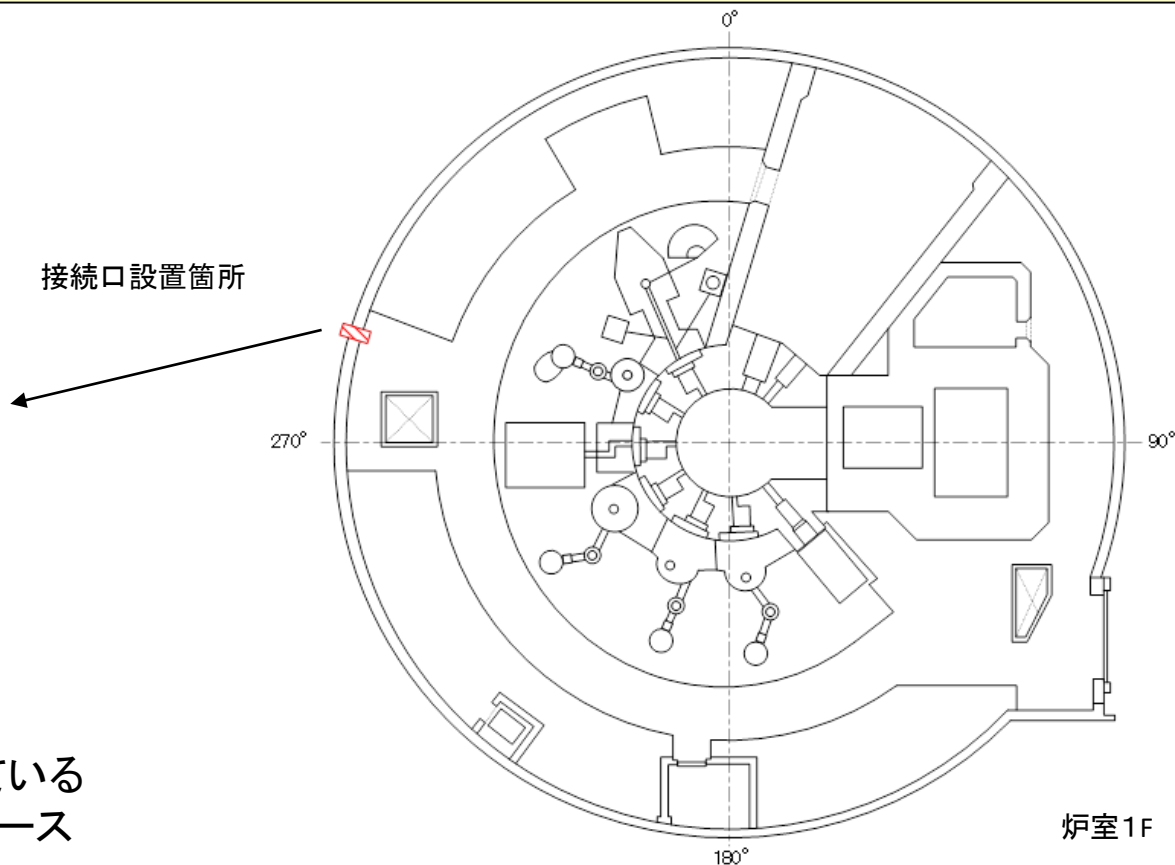
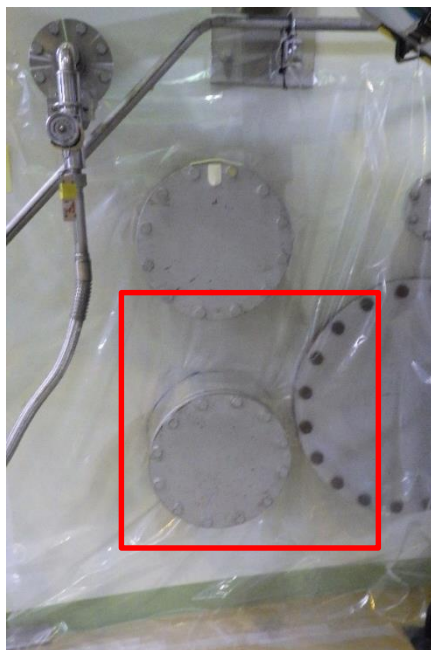
冠水維持機能喪失時用 給水設備の設置

【JRR-3設工認その12】

令和元年11月25日
日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

本申請は、冠水維持機能の喪失事象が発生した場合に、多量の放射性物質等を放出する事故の発生防止及び拡大防止対策の一つとして、原子炉建家地階に溜まった冷却材を原子炉プールに給水するための可搬型ポンプ等を設けるものである。

また、冠水維持機能を喪失し多量の放射性物質等を放出する事故に至った場合の影響緩和対策の一つとして、原子炉建家外から給水するための給水用ホース接続口及び可搬型ポンプ等を設けるものである。



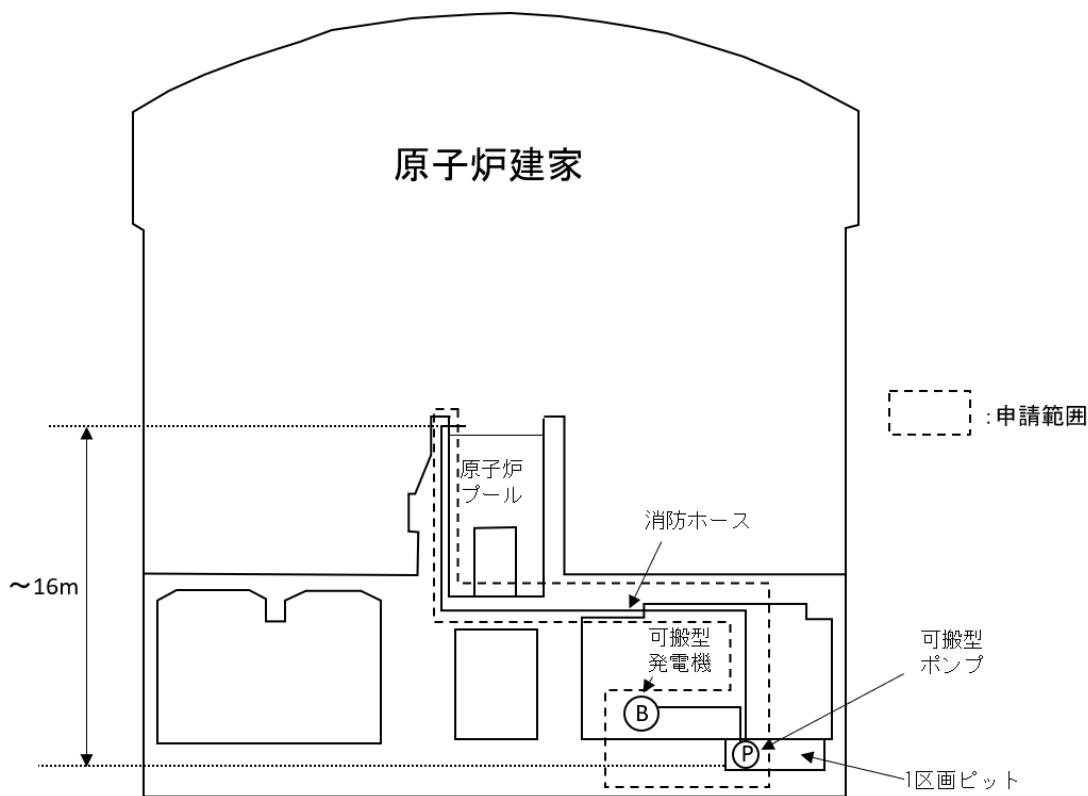
原子炉建家の外壁を貫通している既設配管を使用し、給水用ホースの接続口を設置する。

原子炉建家外の給水設備の建家貫通部

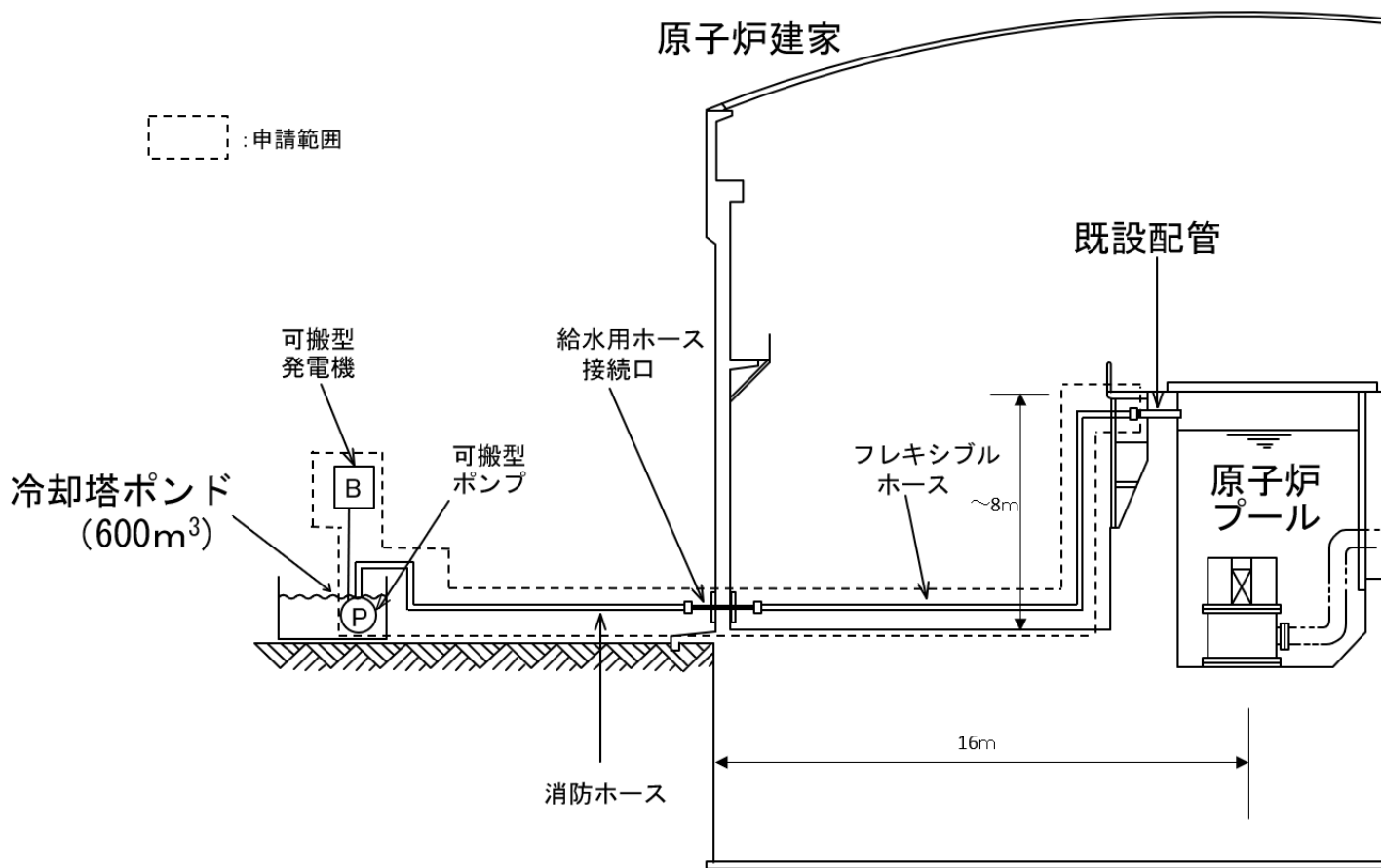
試験研究の用に供する原子炉等の設計及び工事の方法の技術基準に関する規則第30条の2(多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止)に適合するため、設置許可申請書の添付書類十の別冊3の4.3(3)に求める対策として、冠水維持機能喪失時用給水設備を設置する。

今回の申請は、冠水維持機能喪失時用給水設備のうち、給水用ホース接続口(原子炉建家壁貫通部)の設置工事及び可搬型ポンプ等の配備に関するものである。

原子炉建家内の冠水維持機能喪失時用給水設備を以下に示す。原子炉建家外の冠水維持機能喪失時用給水設備を次ページに示す。



原子炉建家内の冠水維持機能喪失時用給水設備



原子炉建家外の冠水維持機能喪失時用給水設備

1. 設計条件

冠水維持機能が失われた場合に、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための対策として、原子炉建家内外から給水するための設備を設けること。

2. 設計仕様

本申請に係る冠水維持機能喪失時用給水設備の給水用ホース接続口の設計仕様は、以下のとおりとする。

(1) 給水用ホース接続口(原子炉建屋壁貫通部)

構成	配管(65A) バルブ フランジ 固定ボルト(M20)
主要材料	ステンレス鋼
図	次ページに示す。
備考	原子炉建家外の接続口に消防ホースが接続でき、原子炉建家の接続口にフレキシブルホースが接続できること。

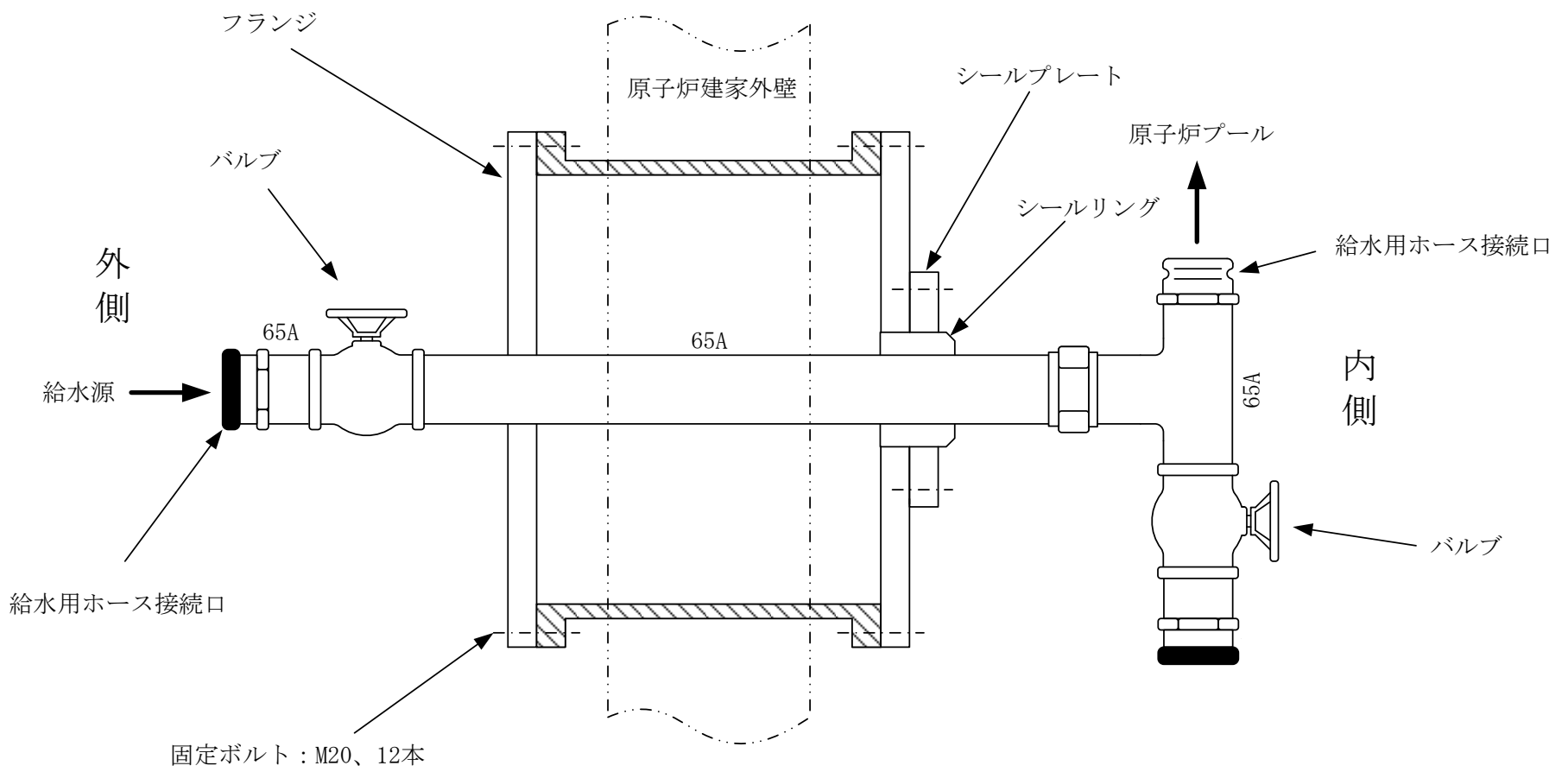
2. 設計仕様

以下に示す機器については、別途定める手順に従い、冠水維持機能喪失時において給水機能を満足できるものと交換できることとする。

No.	設備機器名	員数	備考
1	電動機式可搬型ポンプ (建家内外共用※1)	1台	<ul style="list-style-type: none"> ・揚程 25m以上 ・吐出し量 18m³/h以上 ・口径 65A ・三相200V 5.5kW以下※2
2	可搬型発電機 (建家内外共用※1)	1台	<ul style="list-style-type: none"> ・三相200V 20kVA以上 ・連続運転可能時間6時間以上
3	消防ホース (建家内外共用※1)	4本 (20m)	<ul style="list-style-type: none"> ・65A、80m以上 ・「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」で定める平ホースの基準を満足するもの
4	フレキシブルホース	一式	<ul style="list-style-type: none"> ・65A、40m以上 ・ステンレス鋼 ・最高使用圧力 1.0MPa ・原子炉建家内のステージ架台に固定する

※1: 原子炉建家内での対応と原子炉建家外からの対応は、想定事象の進展度合が異なるため原子炉建家の内外で同時に使用することはない。

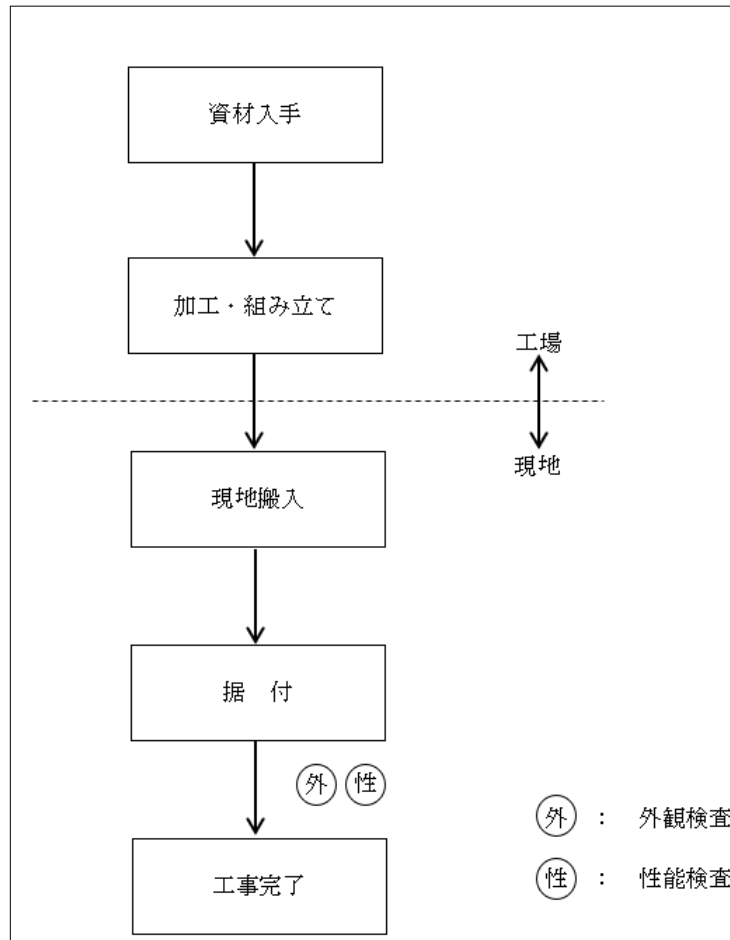
※2: 電動機式可搬型ポンプの性能向上のため、可搬型発電機の容量の許容する範囲内で定格出力の上限を見直すことがある。



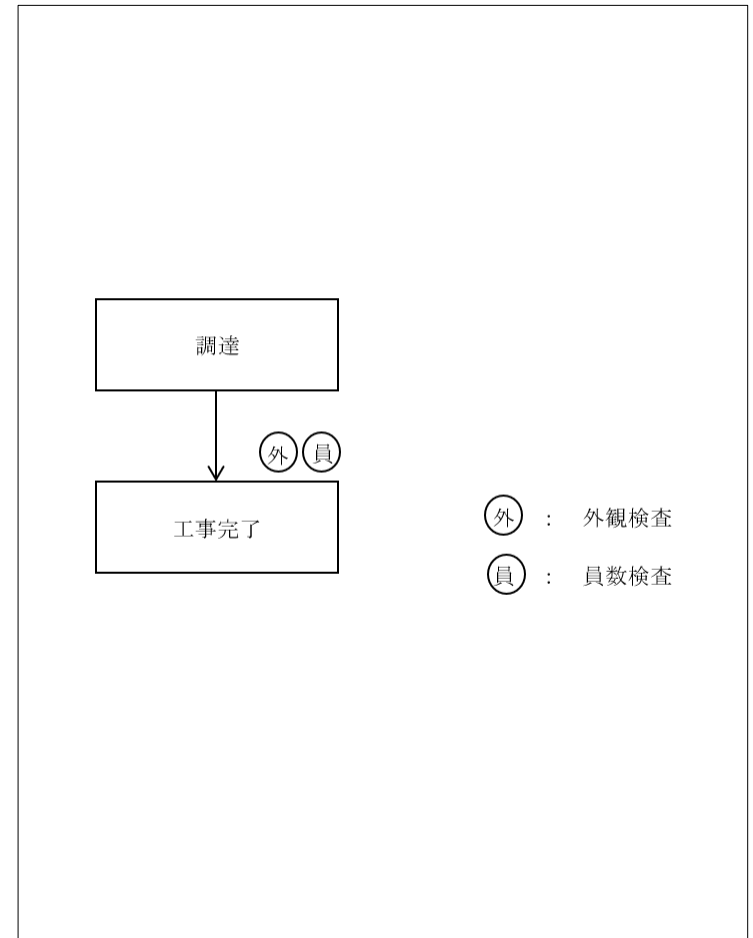
: 既設貫通配管(申請外)

給水用ホース接続口(原子炉建屋壁貫通部)

工事の方法及び手順について以下に示す。
当該工事はその他安全機能を有する施設等に影響を及ぼすことはない。



給水用ホース接続口(原子炉建屋壁貫通部)



その他の冠水維持機能喪失時用給水設備

1. 給水用ホース接続口（原子炉建家壁貫通部）

(1) 外観検査

方法：給水用ホース接続口について、目視により外観を確認する。

判定：機能上有害な傷、割れ及び変形がないこと。

(2) 性能検査

方法：給水用ホース接続口について、目視により通水状態を確認する。

判定：継手等からの漏えいがなく、通水可能であること。

2. その他の冠水維持機能喪失時用給水設備

(1) 外観検査

方法：その他の冠水維持機能喪失時用給水設備について、目視により外観を確認する。

判定：機能上有害な傷、割れ及び変形がないこと。

(2) 員数検査

方法：その他の冠水維持機能喪失時用給水設備について、目視により員数を確認する。

判定：設計仕様に記載した員数を満足すること。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条～第十二条		無	—	—
第三十条の二	多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止	有	第1項	以下に示す。
第十三条の二～第五十一条		無	—	—

該当条文

第三十条の二(多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止)

中出力炉又は高出力炉に係る試験研究用等原子炉施設には、発生頻度が設計基準事故より低い事故であって、当該施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものが発生した場合において、当該事故の拡大を防止するために必要な措置を講じなければならない。

適合性について

第三十条の二に適合するため、冠水を維持することができず、多量の放射性物質等を放出する事故に至った場合の影響緩和対策の一つとして、原子炉建家外にある給水源(冷却塔ポンド等)の水を原子炉プールへ給水するための設備を施設し、冠水維持し、当該事故の拡大を防止するための措置を講じることができる。

また、基準地震動を超える地震による冠水維持機能の喪失事象が発生した場合、多量の放射性物質等を放出する事故の発生防止及び拡大防止の対策の一つとして、原子炉建家地階に溜まった冷却材を原子炉プールへ給水するための設備を準備し、冠水維持し、当該事故の拡大を防止するための措置を講じることができる。

1. 原子炉建家の1区画ピットから原子炉プールへの給水(汲上対策)について

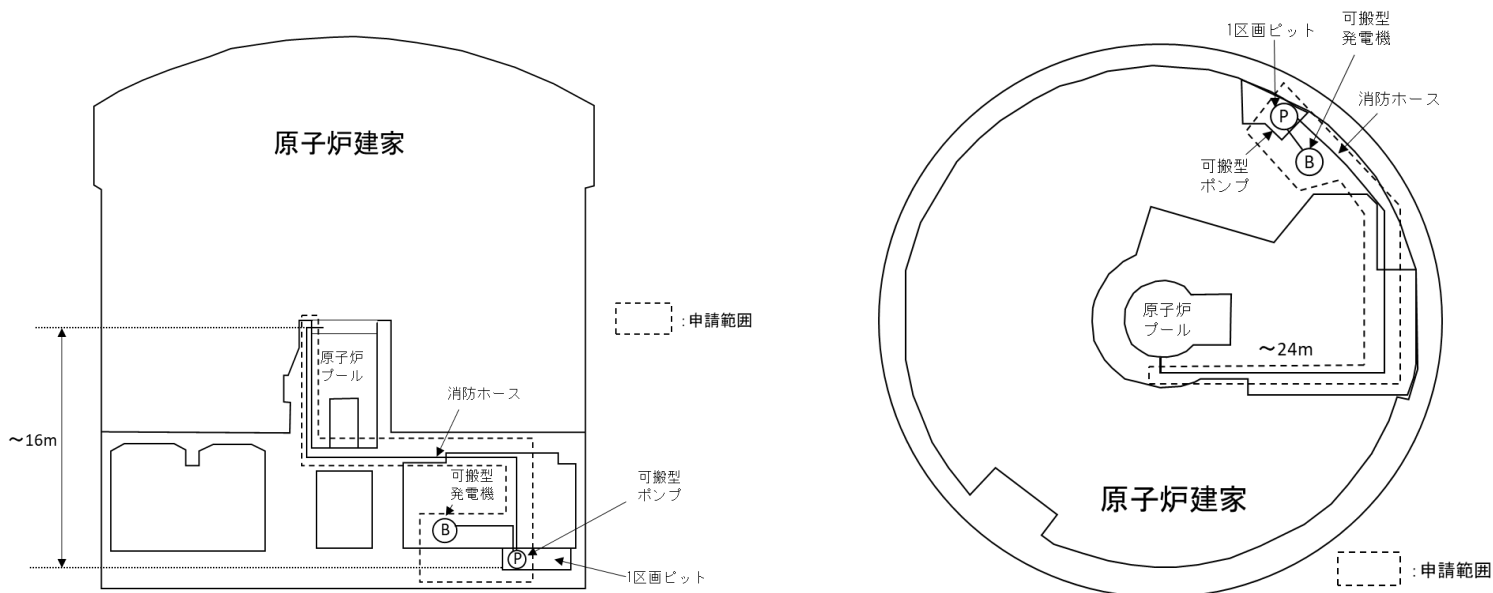
1.1 概要

基準地震動を超える地震による冠水維持機能の喪失事象が発生した場合、多量の放射性物質等を放出する事故の発生防止及び拡大防止対策の一つとして冷却材の汲み上げを行う。具体的には、原子炉建家地階に溜まった冷却材を、可搬型の汲上ポンプ(水中ポンプ)と可搬型発電機(商用電源が使用可能であればそちらを使用する。)を用いて、原子炉プールに汲み上げる。汲み上げ用のホースは消防ホースを用い、地階から階段と通路を経由して原子炉プールまで接続する。

1.2 給水経路

冷却材の汲上経路としては、原子炉建家地階の1区画ピットから原子炉プールまでである。1区画ピットは、原子炉建家地階の(設置高さ:-8.57m)に設置されており、給水口は原子炉建家1階(設置高さ:7.5m)に設置されているため、給水経路の垂直長さとしては本文図1.1に示すとおり約16mである。一方、水平方向の長さとしては本文図1.2に示すとおり約24mである。よって、経路全体の長さとしては約40mとなる。

給水経路に用いるホースは65Aであるため、内径を保守的に60mmとする。また、給水経路上には、ホースの曲がり箇所が11カ所あるものとし、それらの曲げ角度は全て90度であるものとする。



1. 3 必要揚程

給水流量を $18\text{m}^3/\text{h}$ とすると、必要なポンプ揚程は参考を示した計算方法により計算でき、その結果は約 20m となる。この結果を踏まえ、本対策に用いる可搬型ポンプは、設計仕様に示した揚程 25m 以上のものを用意する。

1. 4 必要人員

人員は、可搬型ポンプ等の準備のために最低2名の配置が必要であるが、JRR-3原子炉施設運転時には常時4名の運転員が常駐しており、2名が現場対応、2名が制御室での監視、通報連絡対応とすることで十分対応可能である。

1. 5 冠水維持の有効性

必要揚程約 20m に対し、設計仕様に示した揚程 25m 以上の可搬型ポンプを用いることとするため、原子炉プールへの冷却材の汲み上げは可能である。したがって、発生防止及び拡大防止対策として本対策は有効である。

2. 原子炉建家外から原子炉プールへの給水について

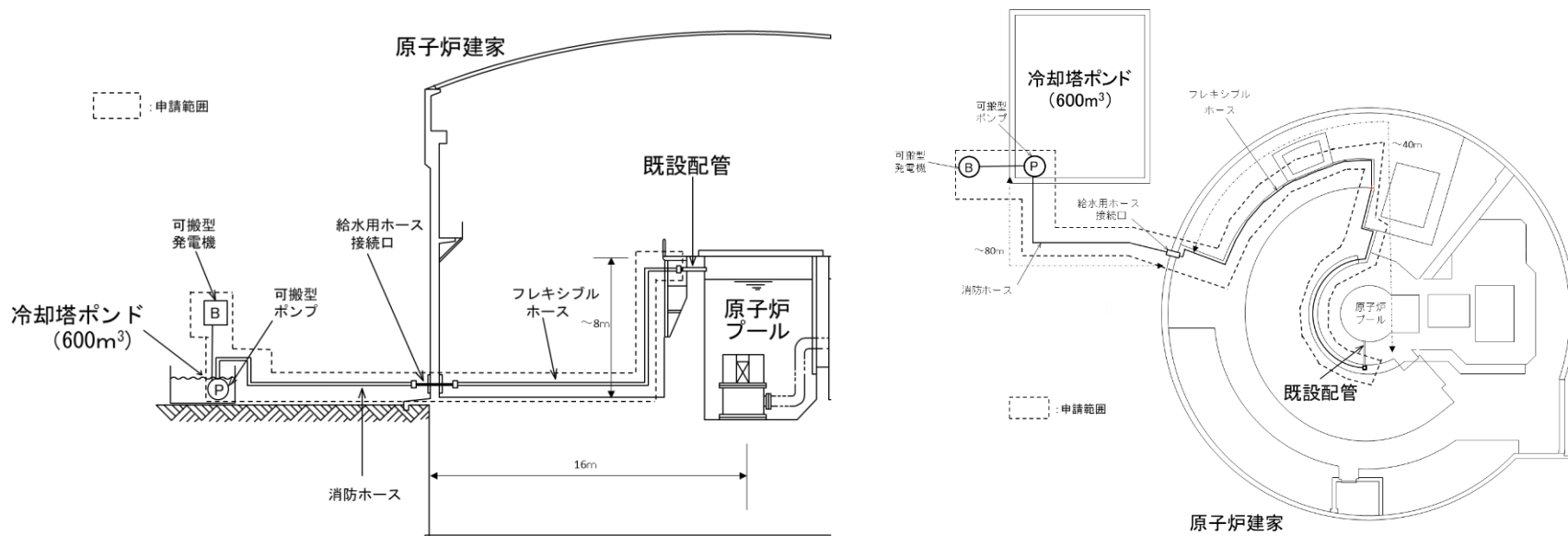
2.1 概要

基準地震動を超える地震による冠水維持機能の喪失事象が発生した場合、冠水が維持できず燃料が損傷した際の影響緩和対策の一つとして原子炉建家外からの給水を行う。具体的には、給水源から可搬型ポンプにより水を汲み上げ、原子炉建家壁を經由し、原子炉プール躯体炉壁に設置されている給水口から原子炉プールに給水を行う。原子炉建家外部の設備は可搬型とし、通常時は倉庫等に保管する。原子炉建家内の設備は常設とする。

2.2 給水経路

原子炉建家外部からの給水経路としては本文図1.3及び図1.4に示すとおりである。建家外部の経路長は約80m、建家内部の経路長は約40mであり、経路全体の長さとしては約120mである。

給水経路に用いるホースは65Aであるため、内径を保守的に60mmとする。原子炉プール壁貫通配管(口径25A)についても考慮し、長さを1m、内径を28mmとする。また、給水経路上には、ホースの曲がり個所が19カ所あるものとし、それらの曲げ角度は全て90度であるものとする。



2.3 必要揚程

給水流量を $18\text{m}^3/\text{h}$ とすると、必要なポンプ揚程は参考にした計算方法により計算でき、その結果は約 22m となる。この結果を踏まえ、本対策に用いる可搬型ポンプは、設計仕様に示した揚程 25m 以上のものを用意する。

2.4 必要人員

人員は、可搬型ポンプ等の準備のために最低2名の配置が必要であるが、JRR-3原子炉施設運転時には常時4名の運転員が常駐しており、2名が現場対応、2名が制御室での監視、通報連絡対応とすることで十分対応可能である。

2.5 冠水維持の有効性

冠水を回復させるために必要な水量は最低限約 56m^3 (原子炉プール底面から燃料上部までの約 2.6m)である。給水流量が $18\text{m}^3/\text{h}$ であるので、炉心の再冠水に要する時間は約3時間となる。これに対し、設計仕様で示した可搬型発電機は、1回の給油で約6時間運転することが可能である。したがって、炉心の再冠水が可能であり、影響緩和対策として本対策は有効である。

参考. 可搬型ポンプの給水能力の計算方法

可搬型ポンプの給水能力は、以下の式を用いて計算した。

$$u = \sqrt{2gH / (\lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \dots + \zeta_1 + \zeta_2 + \dots + 1)}$$

ここで、

- u : ホース内平均流速 (m/s)
- g : 重力加速度 (=9.8m/s²)
- H : 損失水頭 (m)
- λ : 管摩擦損失係数 (—)
- l : ホース長 (m)
- d : ホースの内径 (m)
- ζ_n : ホース曲がり部の形状損失 (—)

である。

管路の管摩擦損失係数については、レイノルズ数 Re を用いて計算でき、

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (\text{層流の場合})$$

又は

$$\lambda = 0.3164 \cdot Re^{-\frac{1}{4}} \quad (\text{乱流の場合})$$

であり、レイノルズ数 Re は以下の定義式により表される。

$$Re = \frac{ud}{\nu}$$

ここで、

ν : 水の動粘度 ($= 1.00 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

である。

上記の式に対し、供給流量すなわちホース内平均流速を与えると、その流量での損失水頭が得られる。給水経路上にホースの口径が異なる区間がある場合は、それぞれの区間について損失水頭を算出し足し合わせる。これに、ポンプ設置場所から給水口までの静水頭を加えると、ポンプの必要揚程となる。