

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0054_改3
提出年月日	2021年4月20日

VI-2-1-1-別添1 地下水位低下設備の設計方針

目次

1.	概要	1
2.	地下水位低下設備の目的	1
3.	地下水位低下設備の設計方針	1
3.1	耐震重要度分類上の位置付け	3
3.2	信頼性向上の方針	3
4.	機能設計方針及び設計仕様	3
4.1	地下水位低下設備の概要	3
4.2	各機能の設計方針及び設計仕様	7
4.2.1	集水機能	7
4.2.2	支持・閉塞防止機能	15
4.2.3	排水機能	17
4.2.4	監視・制御機能	20
4.2.5	電源機能	24
4.3	既設の地下水位低下設備の取扱いについて	27
5.	構造強度設計方針	28
5.1	集水機能	28
5.2	支持・閉塞防止機能	28
5.3	排水機能	28
5.4	監視・制御機能	28
5.5	電源機能	29
6.	地下水位低下設備の復旧措置に必要な資機材の検討	29
6.1	復旧措置に係る基本方針	29
6.2	復旧措置に係る資機材	29
6.2.1	予備品の配備	29
6.2.2	可搬ポンプユニットの配備	30
6.3	復旧措置に係る可搬ポンプユニットの配備数の妥当性確認	31
6.3.1	時間余裕 (X1), (X2) の評価	31
6.3.2	水位低下措置完了時間 ($\alpha 1$), ($\alpha 2$) の評価	34
6.3.3	可搬ポンプユニットの配備数の妥当性確認結果	35
7.	運用管理・保守管理	35
7.1	運用管理の方針	35
7.1.1	地下水位低下設備の LCO 設定方針	35
7.1.2	地下水位低下設備の LCO 逸脱時に要求される措置の設定方針	38
7.1.3	サーベイランスの実施方針	42

7.2 保守管理の方針	42
7.2.1 地下水位低下設備の具体的な試験又は検査	43

1. 概要

本添付書類は、地下水位低下設備を設置する目的を踏まえ、必要となる要求機能を設計方針として明確にし、設計方針に対する各設備の機能設計等について説明する。

また、地下水位低下設備の機能喪失を想定し、復旧措置に係る基本方針を整理し、基本方針に対する資機材の構成及び復旧措置に係る運用管理等について説明する。

2. 地下水位低下設備の目的

設計基準対象施設及び常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）又は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設の設計においては、地下水により施設に作用する揚圧力及び液状化の影響について考慮している。防潮堤下部の地盤改良等により地下水の流れが遮断され、敷地内の地下水位が上昇することで揚圧力及び液状化の影響が増大するおそれがあることを踏まえ、当該施設の機能が損なわれないよう、地下水位を一定の範囲に保持するため、地下水位低下設備を設置する。

3. 地下水位低下設備の設計方針

地下水位低下設備は、表 3-1 に示す建物・構築物に作用する揚圧力に着目し、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交換器建屋エリアに設置することにより、地下水位を一定の範囲に保持し、原子炉建屋、制御建屋及び第 3 号機海水熱交換器建屋に作用する揚圧力を設計用揚圧力以下に保持する設計とし、地下水を揚水井戸に集水するための集水機能、揚水井戸内設備の支持・閉塞防止機能、揚水井戸に流入する地下水を排水するための排水機能、地下水位の監視及び揚水ポンプの制御を行うとともに異常を適時検知するための監視・制御機能及び設備に必要な電力を供給するための電源機能より構成する。

また、地下水位低下設備は、地震時及び地震後を含む、原子力発電所の供用期間の全ての状態において機能維持が可能な設計とする。

これらの設計において考慮すべき耐震重要度分類上の位置付け及び設備の信頼性に係る設計方針を以下に示す。

表 3-1 地下水水位低下設備の機能を考慮した設計用地下水水位を設定する範囲

施設等	安全性確保における地下水水位低下設備の位置付け*1		関連する条文										工事計画認可段階における地下水位の扱い				
	(A) 設計値保持のため直接的に必要な	(B) 左記(A)により保持される設計用地下水水位を前提とする(必要時は対策)	地盤 (設置変更許可基準規則の 対応条文を記載)		地震		津波・余震重量		重大事故等 対処設備								
			3条 2項 *3	38条 2項 *3	5条 *3	50条 *3	6条 *3	51条 *3	54条								
建物・構築物	原子炉建屋	○		△	△	○	*2									地下水水位低下設備を考慮した浸透流解析により設計用揚圧力を設定	
	制御建屋	○		△	△	○	*2										
	第3号機海水熱交換器建屋	○		△	△	○	*2	△	△	△							
	防潮堤			△	△	△	△	△	△	△	△						
	防潮壁		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
	海水ポンプ室		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
	原子炉機器冷却海水配管ダクト		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
	取水路		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
	軽油タンク室		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
	軽油タンク室(H)		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
土木構築物 津波防護施設 浸水防止設備	復水貯蔵タンク基礎		○													地下水水位低下設備を考慮した浸透流解析による解析水位をもとに設計用地下水水位を設定	
	軽油タンク連絡ダクト		○	△	△		△										
	排気筒連絡ダクト		○	△	△	△	△	△	△	△							
	第3号機海水ポンプ室		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
	第3号機補機冷却海水系放水ピット		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
	揚水井戸(第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内)		○	△	△	△	△	△	△	△	△						
	アクセスルート (0.P.+14.8m盤)		○														
保管場所・アクセスルート		○												△			

注記*1：地下水水位の影響を受ける施設等、及び地下水水位の影響を踏まえた対策については、各施設の耐震計算書等とその詳細を示す。

*2：技術基準規則第50条は同規則第5条と同様の要求であり、規則第5条への適合をもって第50条への適合性を確認する。

*3：余震時に対する要求を含む技術基準規則第6条・第51条及び第50条については、第5条への適合をもって確認する。また、設置変更許可基準規則第3条2項及び第38条第

2項、技術基準規則第5条及び第50条は、それぞれ同一の地盤、地震に対する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の適合性を要求しているものであり、地震時の影響

については、代表的に技術基準規則第5条への適合性を示すことにより確認する。

3.1 耐震重要度分類上の位置付け

耐震重要度分類については、その重要度に応じたクラス分類（S, B, C）、また、それらに該当する施設が示されており、地下水位低下設備は、S クラス設備及び B クラス設備のいずれにも該当しないため、C クラスに分類できる。

また、地下水位低下設備により地下水位を一定の範囲に保持する必要のある対象施設が、「S クラス施設の間接支持構造物」及び「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」である原子炉建屋等のため、地下水位低下設備は基準地震動 S_s に対し機能維持することを考慮する。

以上を踏まえ、地下水位低下設備の耐震重要度分類については、C クラスに分類し、基準地震動 S_s に対して機能維持させる設計とする。

3.2 信頼性向上の方針

地下水位低下設備の目的、機能及び要求期間を踏まえ、重要安全施設への影響に鑑み、地下水位低下設備は、「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」第 14 条第 1 項に基づき、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交換器建屋エリアにそれぞれ 2 基揚水井戸を設置することで多重性及び独立性を備える設計とする。

また、原子力発電所の供用期間の全ての状態において考慮する必要のある、外部事象等による機能喪失要因に対し、地下水位低下設備が機能維持するために必要な対策を設計に反映する。

4. 機能設計方針及び設計仕様

「3. 地下水位低下設備の設計方針」に基づく、地下水位低下設備の概要及び各機能の設計方針、設計仕様を以下に示す。

4.1 地下水位低下設備の概要

地下水位低下設備は、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交換器建屋エリアにそれぞれ 2 基設置した揚水井戸に対し、集水機能としてドレーン及び接続柵、支持・閉塞防止機能として揚水井戸及び蓋、排水機能として揚水ポンプ及び配管、監視・制御機能として水位計及び制御盤、電源機能として電源（非常用ディーゼル発電機）、電源盤及び電路を設置することにより構成し、揚水井戸ごとに必要な機能及び機器を「1 系統」と位置付け、1 系統で各エリア内の地下水位を一定の範囲に保持できる設計とする。

地下水位低下設備の構成を図 4-1 及び表 4-1 に示す。また、地下水位低下設備のうちドレーン及び揚水井戸の構成図を図 4-2、系統構成図を図 4-3 に示す。

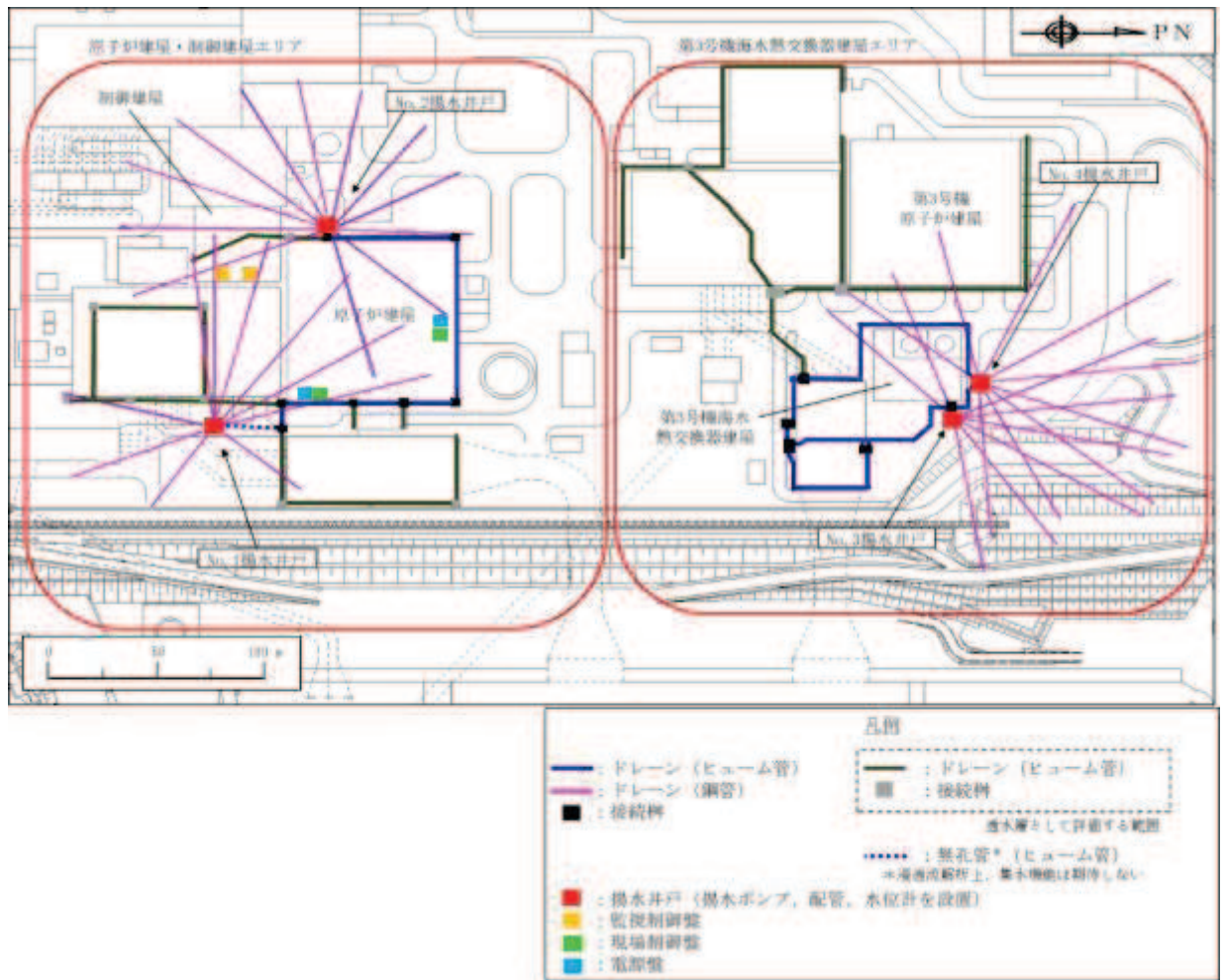
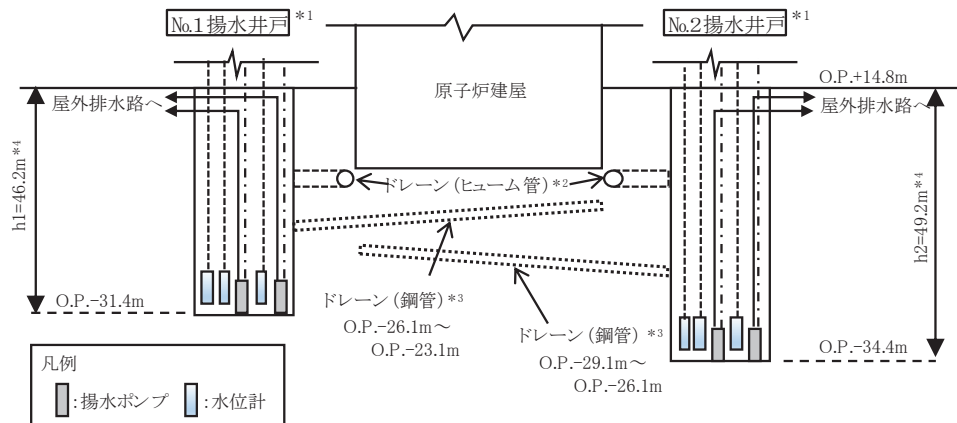


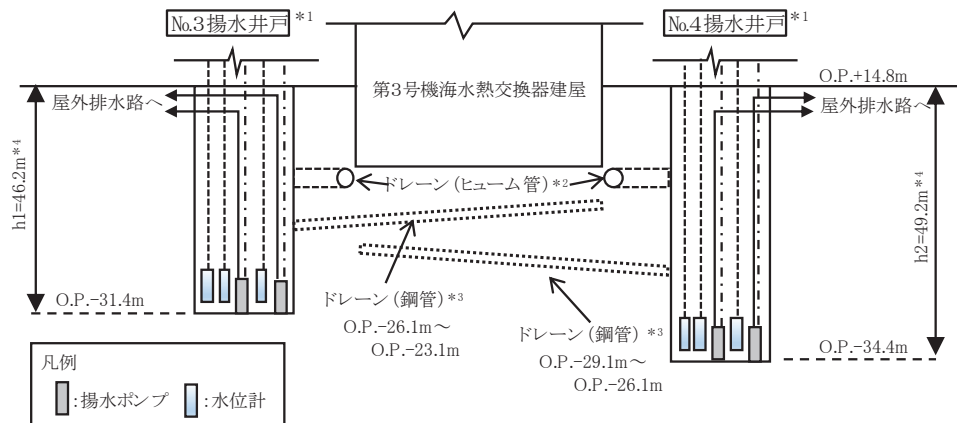
図 4-1 地下水位低下設備の構成

表 4-1 地下水位低下設備の構成

機能	設備構成
集水機能	ドレーン, 接続樹
支持・閉塞防止機能	揚水井戸, 蓋
排水機能	揚水ポンプ, 配管
監視・制御機能	水位計, 制御盤
電源機能	電源 (非常用ディーゼル発電機), 電源盤, 電路



原子炉建屋周辺



第3号機海水熱交換器建屋周辺

注記*1：揚水井戸及び揚水井戸に内包する揚水ポンプ，水位計は新設する。

*2：ヒューム管（接続柵を含む）は揚水井戸との接続部分は新設する。

*3：鋼管は揚水井戸を起点として放射状に新設する。

*4：h1及びh2は，GLより集水ピット底面までの高さを表す。

図 4-2 ドレーン及び揚水井戸の構成図

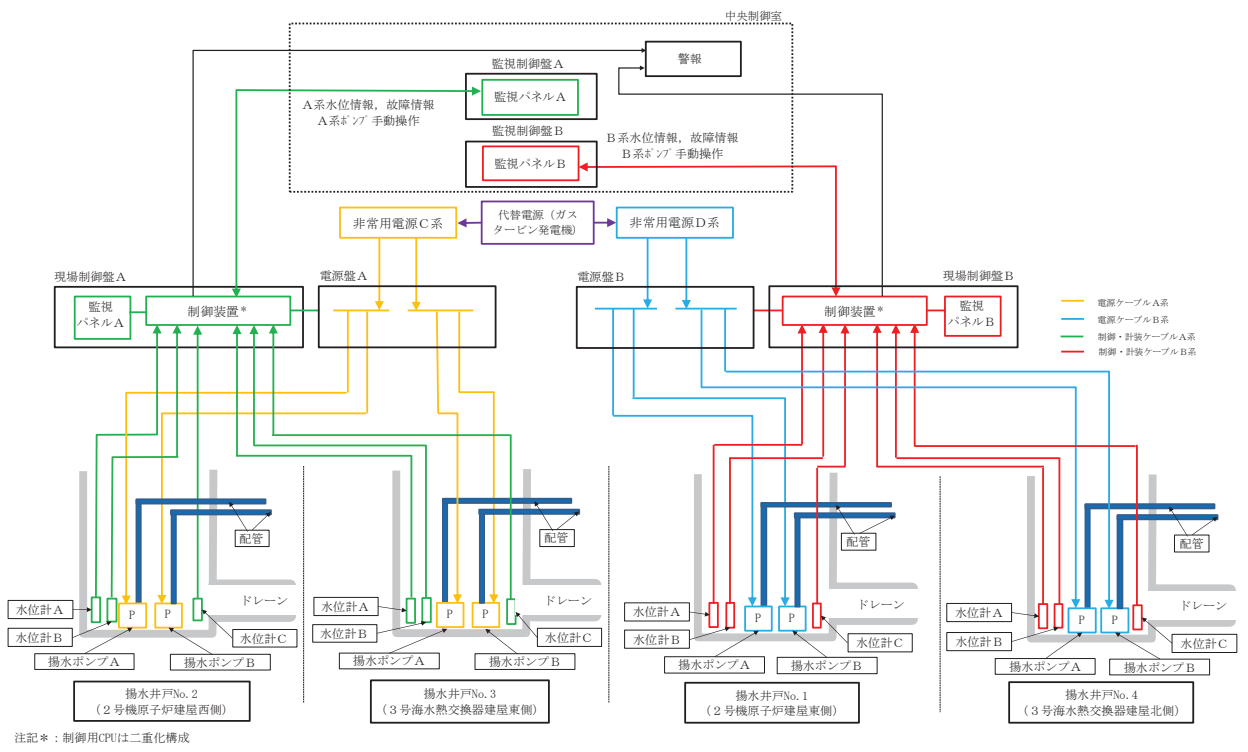


図 4-3 系統構成図

4.2 各機能の設計方針及び設計仕様

4.2.1 集水機能

(1) 設計方針

集水機能は、地下水位を一定の範囲に保持するために、地下水を揚水井戸に集水する機能を有する設計とし、設備はドレーン及び接続柵で構成する。

また、供用期間の全ての状態において設備の信頼性を向上するために、設計において考慮する事象を表 4-2 に示し、機能維持するために必要な対策を設計に反映する。

表 4-2 集水機能の設計において考慮する事象

機能	構成部品	単一故障及び技術基準規制の要求を踏まえた機能喪失事象													
		単一故障	地震 (15)	津波 (26)	風 (台風) (7)	竜巻 (7)	凍結 (7)	洪水 (7)	積雪 (7)	落雪 (7)	火山 (7)	生物学的事象 (7)	森林火災 (外部火災) (7)	内部火災 (13)	内部漏水 (13)
集水機能	ドレーン	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	接続柵	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

凡例 ○：事象に対し設備が影響を受けない、●：設計において考慮する事象、—：静的機器であり評価対象外

- ドレーン及び接続柵は原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交換器建屋エリアにそれぞれ 2 基設置した揚水井戸に接続することで多重性及び独立性を確保する。
- ドレーン及び接続柵は既設設備を含め、耐久性・耐震性・保守管理性を確保できる範囲に限定し、信頼性を確保する方針とする。
- 静的機器の単一故障に対し機能維持を図るため、ドレーン及び接続柵の土砂による部分閉塞を仮定した場合においても集水機能を維持する設計とする。
- 部分閉塞に対しドレーン（鋼管）については多重化により、ドレーン（ヒューム管）は部分閉塞時も揚水井戸に集水される地下水の他の流下経路を確保することで常時集水機能を維持する設計とする。
- ドレーンに接続する全ての集水経路からの雨水流入の可能性を考慮し、流入量を大きく評価するように透水係数を設定した浸透流解析による流入量を確認し、これに対し必要な流下断面を確保する方針とする。

(2) 設計仕様

a. 設備仕様

「(1) 設計方針」を踏まえたドレーン（ヒューム管）の仕様を表 4-3、ドレーン（鋼管）の仕様を表 4-4、接続柵の仕様を表 4-5、ドレーン（ヒューム管及び鋼管）の排水可能量を表 4-6、ドレーン及び接続柵の配置概要図を図 4-4、ドレーン（ヒューム管）の概要図を図 4-5、ドレーン（鋼管）の概要図を図 4-6、接続柵の概要図を図 4-7 に示す。

表 4-3 ドレーン（ヒューム管）の仕様

内 径*	mm	φ 1050 (170) , φ 800 (182) , φ 500 (100)
材 料	—	ヒューム管 (外圧強さ 2 種又は 3 種)
設 置 個 所	—	建屋等構造物外縁部又は建屋基礎直下の掘込まれた岩盤内に設置

注記*：括弧内はヒューム管の管厚 (mm) を示す

表 4-4 ドレーン（鋼管）の仕様

内 径* ¹	mm	φ 145.2 (10)
材 料	—	SS-R890 (SM570 相当以上)
設 置 個 所	—	揚水井戸集水ピットを起点に放射状に設置し、建屋底面から 9m ^{*2} 又は 12m ^{*3} 以深の岩盤内に設置

注記*1：括弧内は鋼管の管厚 (mm) を示す

*2：No.1 揚水井戸及びNo.3 揚水井戸

*3：No.2 揚水井戸及びNo.4 揚水井戸

表 4-5 接続柵の仕様

た て	mm	図 4-7 のとおり*
よ こ	mm	
高 さ	mm	
材 料	—	鉄筋コンクリート
設 置 個 所	—	建屋等構造物外縁部又は建屋基礎直下の掘込まれた岩盤内

注記*：ヒューム管の分岐・交差部等の一部に設置し、ヒューム管の径及び接続状況に応じた形状とする。

表 4-6 ドレーン（ヒューム管，鋼管）の排水可能量

分類	内径	断面積*1 [m ²]	径深*1 [m]	粗度 係数*2	勾配 [%]	流速 [m/s]	流量（排水可能量）	
							[m ³ /s]	[m ³ /d]
ヒューム管	φ 1050mm	0.697	0.317	0.013	0.1 以上	1.130	0.787	67996
	φ 800mm	0.404	0.241	0.013	0.1 以上	0.943	0.381	32918
	φ 500mm	0.158	0.151	0.013	0.1 以上	0.689	0.109	9418
鋼管	φ 145.2mm	0.014	0.044	0.012	1 以上	1.039	0.014	1209

注記*1:有効水深を 3/4 水深 (H=0.75D) として計算

*2:「火力原子力発電所土木構造物の設計—増補改訂版—（社）電力土木技術協会編」を参照し，ヒューム管はコンクリート管：0.013，鋼管はライニングした水路（鋼，塗装なし，平滑）：0.012 に基づき設定

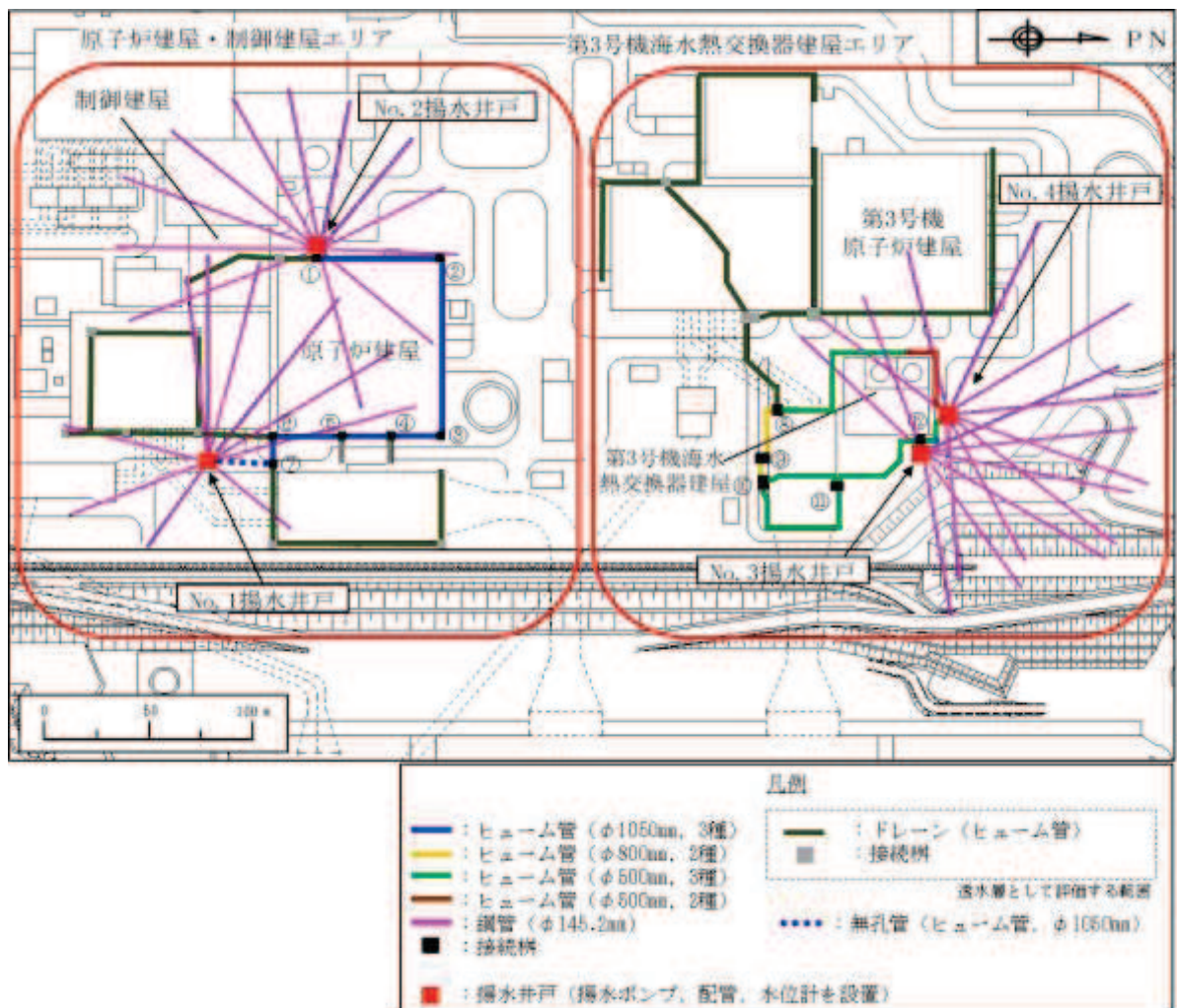
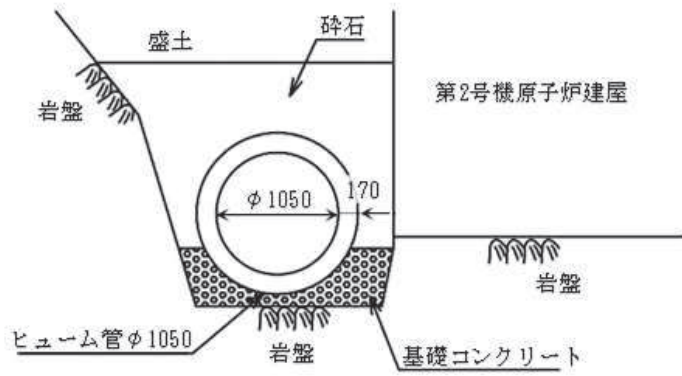
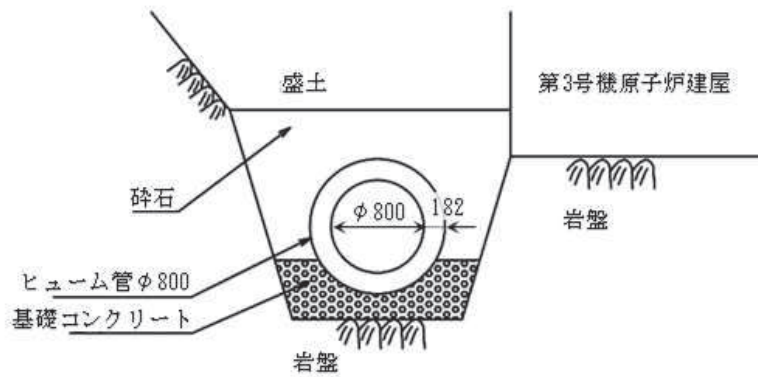


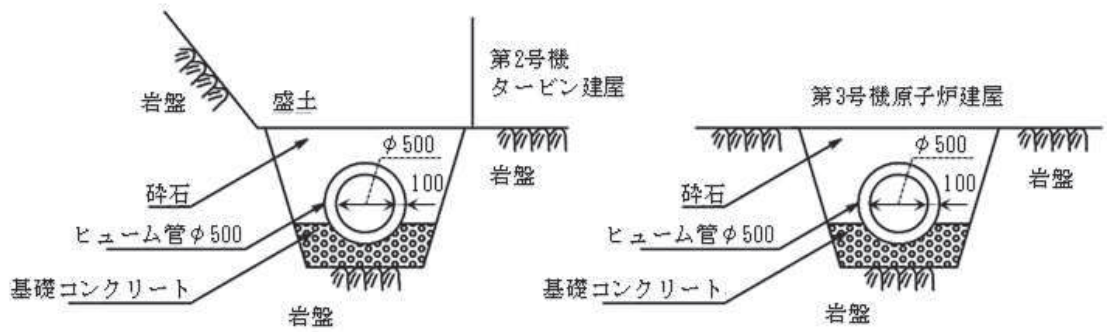
図 4-4 ドレーン及び接続樹 配置概要図



(1) ヒューム管 (φ1050)



(2) ヒューム管 (φ800)



(3) ヒューム管 (φ500)

図4-5 ドレーン (ヒューム管) 概要図

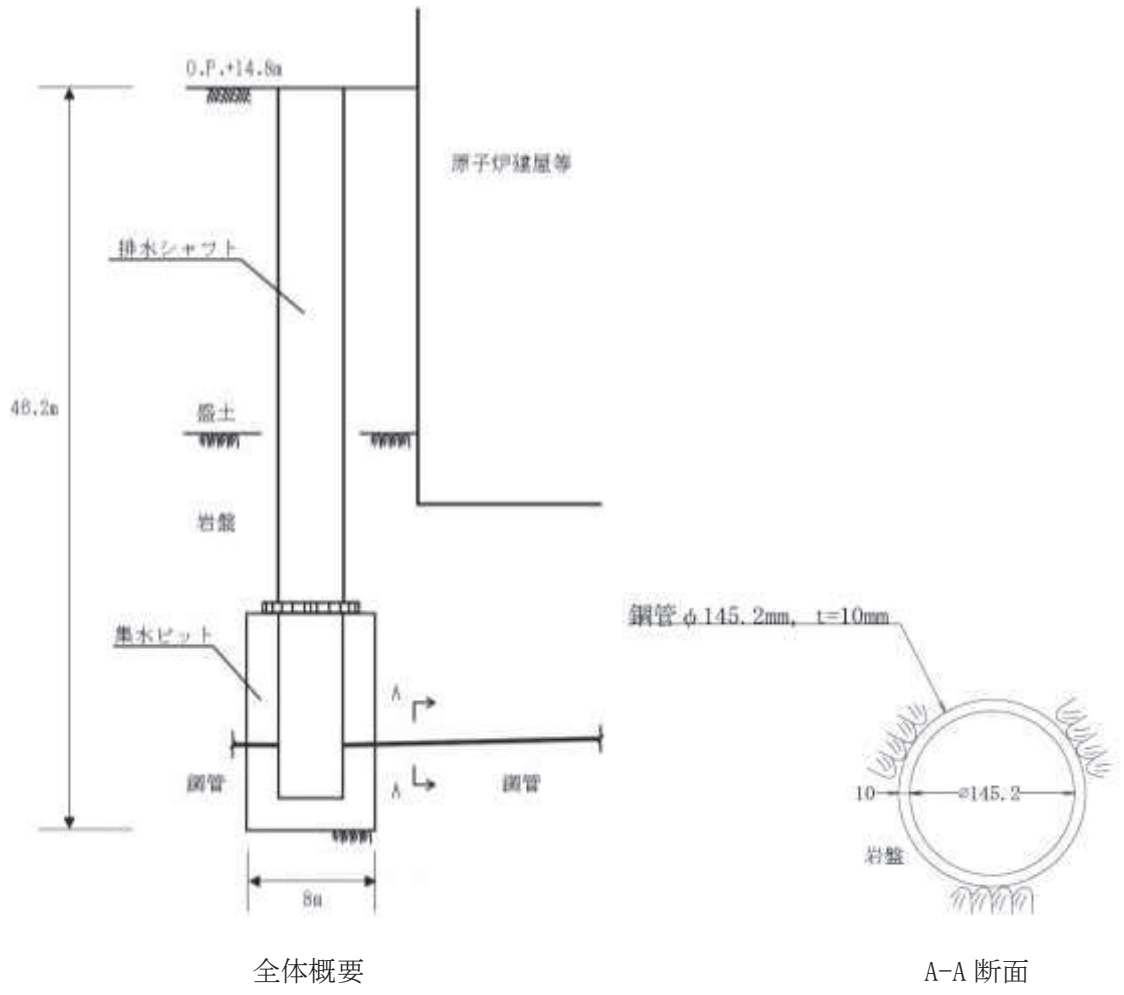
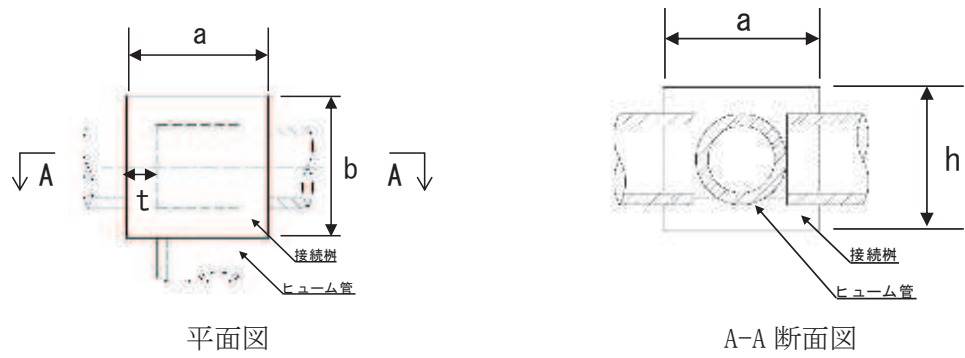
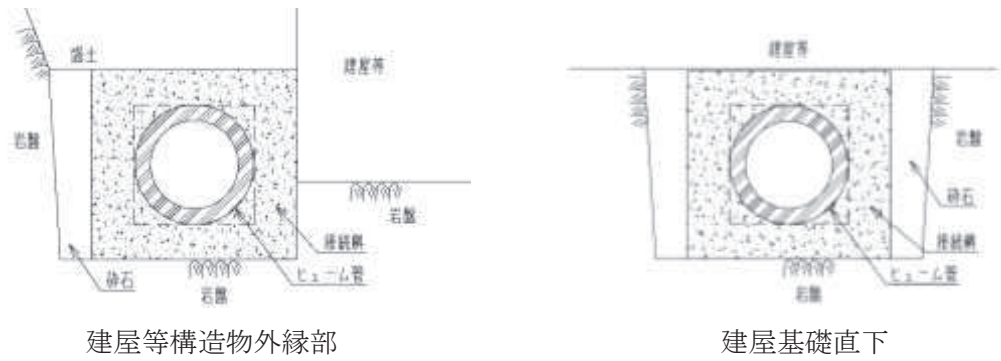


図 4-6 ドレーン (鋼管) 概要図



(1) 構造概要



(2) 設置状況

No.	位置	外寸 (m)			部材厚 (m)
		たて a	よこ b	高さ h	t
①	原子炉建屋周辺	2.40	2.40	2.20	0.50
②		2.40	2.40	2.20	0.50
③		2.40	2.40	2.20	0.50
④		2.40	2.40	2.20	0.50
⑤		2.40	2.40	2.20	0.50
⑥		2.40	2.40	2.20	0.50
⑦		2.40	2.40	2.20	0.50
⑧	第3号機海水ポンプ室周辺	2.40	2.40	2.20	0.50
⑨		3.50	4.60	5.80	1.00
⑩		3.50	4.50	5.00	1.00
⑪		3.60	4.50	5.10	1.00
⑫	第3号機海水熱交換器建屋周辺	1.50	1.50	1.50	0.40

(3) 寸法

図 4-7 接続樹 概要図

b. 設備仕様の設定根拠

(a) ドレーンの配置について

添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に関する基本方針」に示す有効範囲の設定フローを踏まえた検討を実施した配置とする。

ヒューム管は図 4-8 に示すとおり、経路上で部分閉塞が生じた場合でも、揚水井戸に集水される流下経路を確保する。

また、鋼管は揚水井戸を中心に放射状に設置することとしており、揚水井戸の多重化に併せて、鋼管の多重化を図っている。

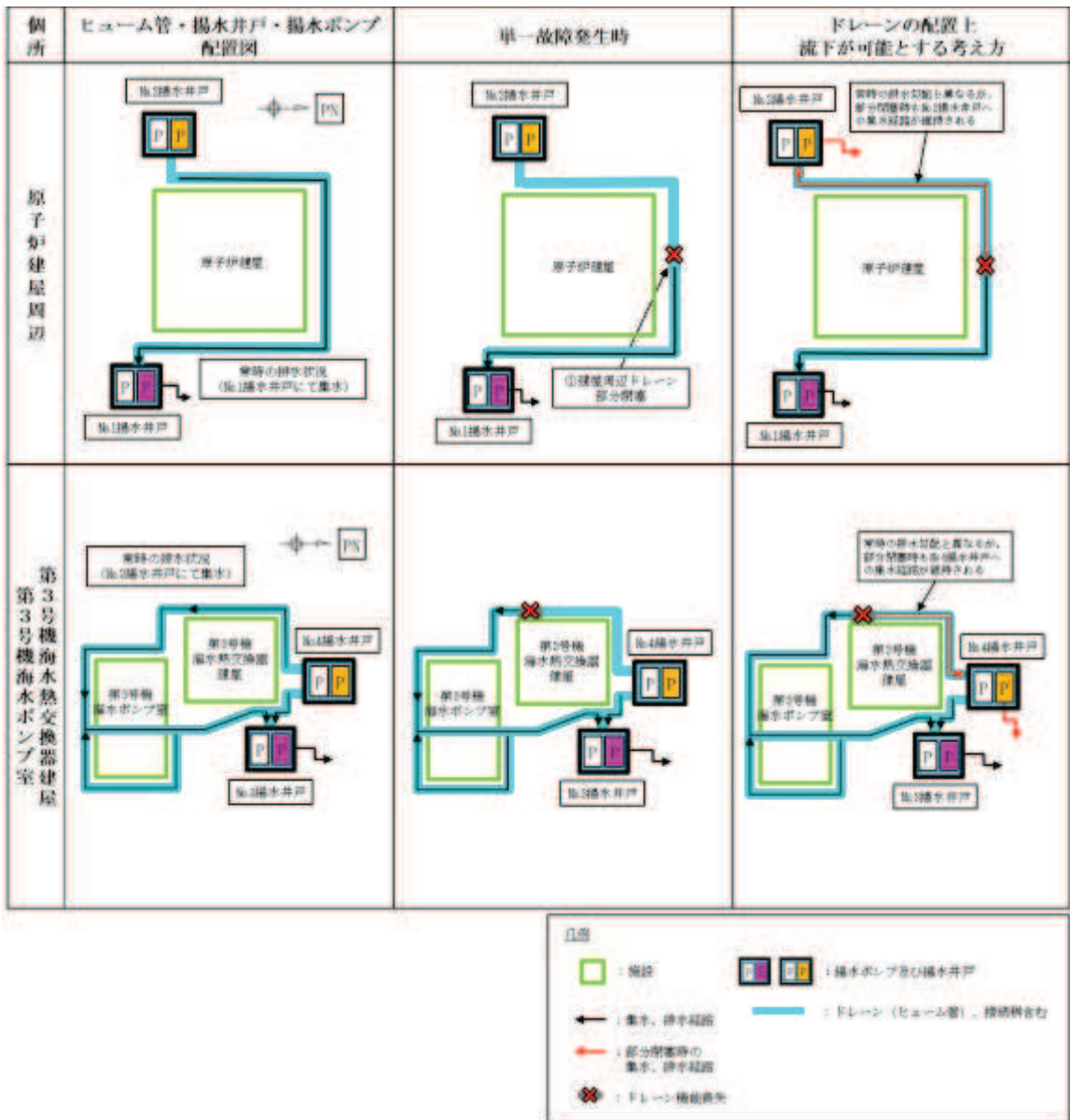


図 4-8 部分閉塞発生時の流下経路（ヒューム管）

(b) 排水能力について

ドレーンは、保守性を確保した浸透流解析による湧水量評価結果を反映した表 4-7 に示す地下水流入量に対して十分な排水能力を有するものとする。

表 4-7 地下水流入量と排水可能量

分類	内径	流入量 Q_1 (m ³ /d)	排水可能量 Q_2 (m ³ /d)	安全率 Q_2/Q_1
ヒューム管	φ 1050mm	6633* ¹	67996	10.25
	φ 800mm	5449* ²	32918	6.04
	φ 500mm		9418	1.73
鋼管	φ 145.2mm	632* ³	1209	1.91

注記*1：保守的に鋼管を考慮せずヒューム管のみを考慮した場合の原子炉建屋・制御建屋エリアの最大流入量

*2：保守的に鋼管を考慮せずヒューム管のみを考慮した場合の第3号機海水熱交換器建屋エリアの最大流入量

*3：各エリアの鋼管1本あたりの平均流入量にばらつきを考慮して2倍した値のうち、より流入量が大きいの第3号機海水熱交換器建屋エリアの数値

4.2.2 支持・閉塞防止機能

(1) 設計方針

支持・閉塞防止機能は、揚水ポンプ、配管及び水位計の支持機能並びに閉塞防止機能を維持する設計とし、設備は揚水井戸及び蓋で構成する。

また、供用期間の全ての状態において設備の信頼性を向上するために、設計において考慮する事象を表 4-8 に示し、機能維持するために必要な対策を設計に反映する。

表 4-8 支持・閉塞防止機能の設計において考慮する事象

機能	構成部位	第一水準及び技術基準規則の要求を踏まえた機能喪失要因													
		単一故障	地震 (15条)	凍害 (6条)	風 (台風) (17条)	竜巻 (17条)	凍結 (17条)	洪水 (17条)	積雪 (17条)	降雪 (17条)	火山 (17条)	自然的事象 (17条)	森林火災 (外部火災) (17条)	内部火災 (11条)	内部洪水 (11条)
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	-	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	蓋	-	●	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○

凡例 ○：事象に対し設備に影響を受けない、●：設計において考慮する事象、-：静的機器であり評価対象外

- 揚水井戸は原子炉建屋・制御建屋エリア及び第3号機海水熱交換器建屋エリアのそれぞれに2基設置することで、多重性及び独立性を確保する。
- 揚水井戸に蓋を設置し、竜巻による飛来物及び火山灰の侵入に対して排水機能及び監視・制御機能を維持可能な設計とする。

(2) 設計仕様

「(1) 設計方針」を踏まえた揚水井戸の仕様を表 4-9、揚水井戸の構造図を図 4-9 に示す。

表 4-9 揚水井戸の仕様

内径	m	φ 4.0
高さ	m	47.2 (No.1 揚水井戸及びNo.3 揚水井戸) 49.2 (No.2 揚水井戸及びNo.4 揚水井戸)
材料	—	鋼材 (SM570) (排水シャフト部) 鉄筋コンクリート (集水ピット部)

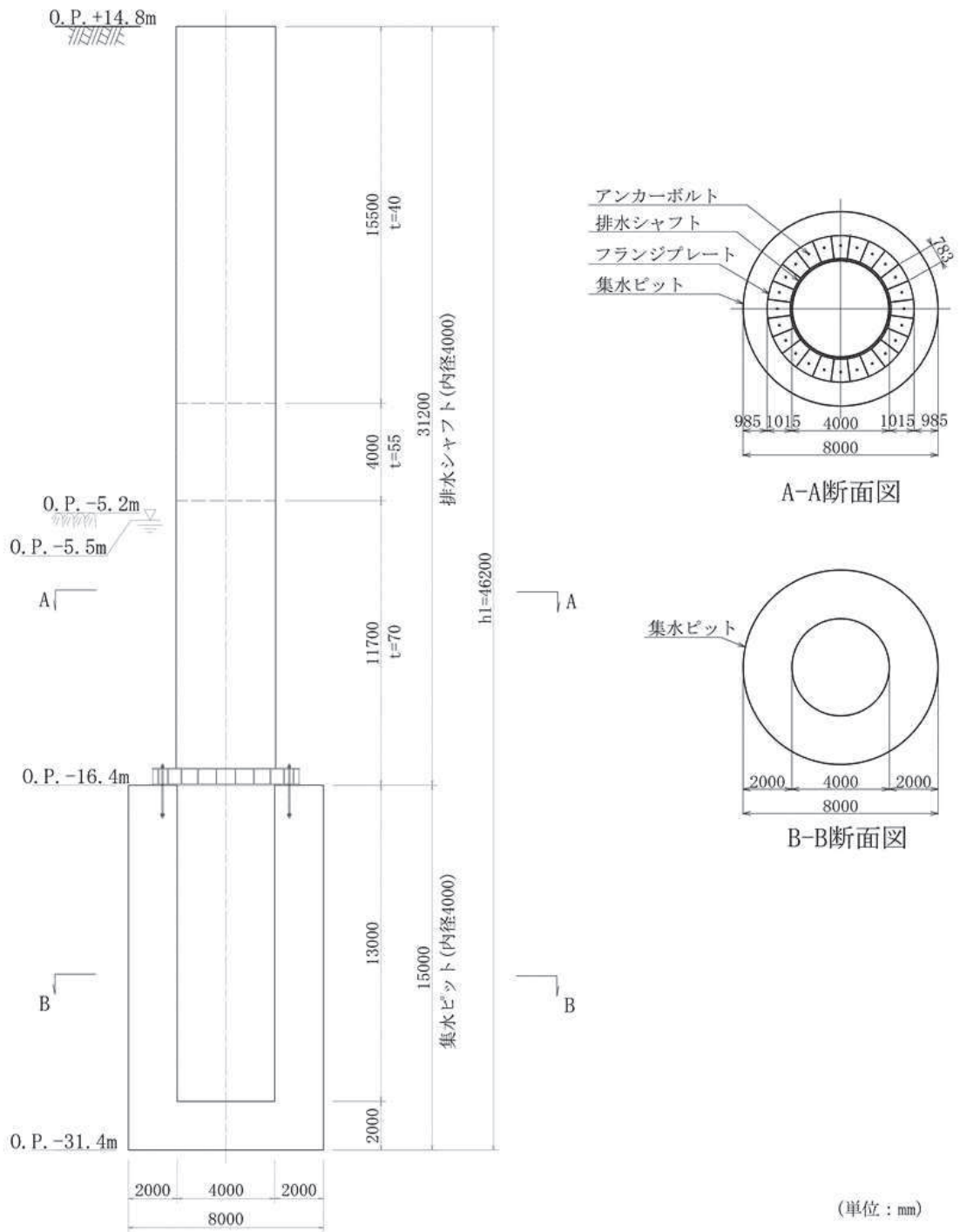


図 4-9 揚水井戸 構造図 (No.1 揚水井戸)

4.2.3 排水機能

(1) 設計方針

排水機能は、地下水位を一定の範囲に保持するために、揚水井戸に流入する地下水を排水するために必要な機能を有する設計とし、設備は揚水ポンプ及び配管で構成する。

また、供用期間の全ての状態において設備の信頼性を向上するために、設計において考慮する事象を表 4-10 に示し、機能維持するために必要な対策を設計に反映する。

表 4-10 排水機能の設計において考慮する事象

機能	構成部位	単一故障及び技術基準規則の要求を踏まえた機能喪失要因													
		単一故障	地震 (17条)	津波 (18条)	風(台風) (19条)	竜巻 (19条)	凍結 (19条)	洪水 (19条)	積雪 (19条)	雷害 (19条)	火山 (19条)	生物学的事象 (19条)	森林火災 (外部火災) (19条)	内部火災 (11条)	内部溢水 (12条)
排水機能	揚水ポンプ	●	●	○	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	○
	配管	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○

凡例 ○：事象に対し設備が影響を受けない；●：設計において考慮する事象；—：新的機種であり評価対象外

- ・揚水ポンプ及び配管は原子炉建屋・制御建屋エリア及び第3号機海水熱交換器建屋エリアにそれぞれ2基設置した揚水井戸に設備を設置することで、多重性及び独立性を確保する。
- ・信頼性向上を図るため、揚水ポンプ及び配管を各揚水井戸に複数設置する。
- ・揚水ポンプ及び配管は竜巻による飛来物に対して、支持・閉塞防止機能において揚水井戸に蓋を設置することにより影響が及ばないようにする。
- ・揚水ポンプは落雷に対して、監視・制御機能において制御盤への保安器の設置及び保護範囲内へ避雷針を設置することにより影響が及ばないようにする。
- ・揚水ポンプは火山灰の侵入に対して、支持・閉塞防止機能において揚水井戸に蓋を設置することにより影響が及ばないようにする。

(2) 設計仕様

a. 設備仕様

「(1) 設計方針」を踏まえた揚水ポンプ設備仕様を表 4-11、配管の設備仕様を表 4-12、揚水ポンプの構造図を図 4-10 に示す。

表 4-11 揚水ポンプの設備仕様

容量	m ³ /h/個	375 以上
揚程	m	52 以上
原動機出力	kW/個	110
個数	—	8

表 4-12 配管の設備仕様

外 径	mm	267.4
厚 さ	mm	9.3
材 料	—	STPT370

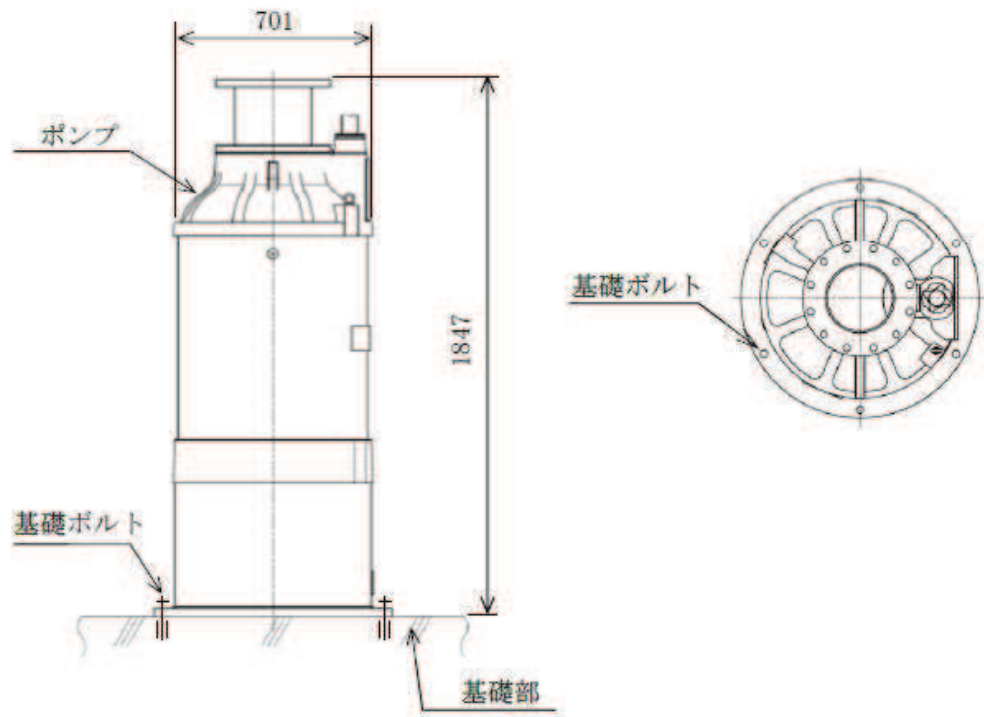


図 4-10 揚水ポンプ構造図

b. 設備仕様の設定根拠

(a) 揚水ポンプ容量

揚水ポンプは、揚水井戸に流入する地下水を排水可能な能力を有するものとする。各エリアの揚水井戸への最大流入量を以下に示す。

- ・原子炉建屋・制御建屋エリア : 8078m³/d
- ・第3号機海水熱交換器建屋エリア : 7046m³/d

揚水ポンプの容量は、上記の揚水井戸への最大流入量を上回る 375m³/h/個 (9000m³/d/個) とする。

(b) 揚水ポンプ揚程

揚水ポンプの揚程は、揚水ポンプ据付位置から排水先までの液位差と配管及び弁類の圧力損失の合計を上回るものとする。揚水井戸の必要揚程を以下に示す。

- ・ No. 1 揚水井戸ポンプ据付位置～放水先 (O. P. -29. 40～O. P. 14. 80)
- ・ No. 2 揚水井戸ポンプ据付位置～放水先 (O. P. -32. 40～O. P. 14. 80)
- ・ No. 3 揚水井戸ポンプ据付位置～放水先 (O. P. -29. 40～O. P. 14. 80)
- ・ No. 4 揚水井戸ポンプ据付位置～放水先 (O. P. -32. 40～O. P. 14. 80)

液位差最大 (No. 2 揚水井戸及び No. 4 揚水井戸)

:47. 20m

No. 2 揚水井戸及び No. 4 揚水井戸の配管及び弁類の圧力損失

合計

揚水ポンプの揚程は、必要揚程を上回る 52m以上とする。

(c) 揚水ポンプ個数

揚水ポンプの個数は、信頼性向上を図るために各揚水井戸に 2 個、合計 8 個を設置する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2.4 監視・制御機能

(1) 設計方針

監視・制御機能は地下水位を一定の範囲に保持するために、地下水位の監視及び揚水ポンプの制御を行うとともに、異常を適時検知するために必要な機能を有する設計とし、設備は水位計及び制御盤で構成する。

また、供用期間の全ての状態において設備の信頼性を向上するために、設計において考慮する事象を表 4-13 に示し、機能維持するために必要な対策を設計に反映する。

表 4-13 監視・制御機能の設計において考慮する事象

機能	構成部位	第一地震及び技術基準規制の要求を踏まえた機能喪失要因													
		第一地震	地震 (7.0)	津波 (7.0)	嵐 (台風) (7.0)	竜巻 (7.0)	凍結 (7.0)	降水 (7.0)	積雪 (7.0)	雷害 (7.0)	火山 (7.0)	生物学的事象 (7.0)	森林火災 (外部火災) (7.0)	内部火災 (1.0)	内部溢水 (1.0)
監視・制御機能	制御盤	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	水位計	●	●	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○

凡例 ○：事象に対し設備に影響を受けない。●：設計において考慮する事象。－：静的機器であり評価対象外

- ・ 水位計は原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交器建屋エリアにそれぞれ 2 基設置した揚水井戸に設備を設置することで、多重性及び独立性を確保する。
- ・ 水位計は信頼性向上を図るため、各揚水井戸に複数設置する。
- ・ 水位計は竜巻による飛来物及び火山灰の侵入に対して、支持・閉塞防止機能において揚水井戸に蓋を設置することにより影響が及ばないようにする。
- ・ 制御盤は 2 系統の独立した設備を設置し、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交器建屋エリアのそれぞれ 1 系統の設備ごとに制御盤 1 系統で制御することで、多重性及び独立性を確保する。
- ・ 制御盤は台風、竜巻、凍結、降水、積雪、火山、生物学的事象及び森林火災に対して、外部からの衝撃による損傷の防止が図られた建屋内に設置することにより、影響が及ばないようにする。
- ・ 制御盤は内部火災及び内部溢水に対して、共通要因により多重化された機能が同時に損なわれないよう位置的分散を図った配置とする。
- ・ 水位計及び制御盤は落雷に対して、盤への保安器の設置及び保護範囲内へ避雷針を設置することにより影響が及ばないようにする。

(2) 設計仕様

a. 設備仕様

「(1) 設計方針」を踏まえた水位計の設備仕様を表 4-14、水位計の構造図を図 4-11、計測範囲、揚水ポンプ制御の概要図を図 4-12 に示す。

水位計は No. 1～No. 4 の揚水井戸へ各々 3 個（合計 12 個）設置し、各水位計の水位を制御盤に指示し、記録及び保存可能な設計とする。

揚水ポンプは各揚水井戸に3個設置される水位計の水位信号の2 out of 3論理で起動及び停止の制御を行う。また、水位計1個及び2個故障時でも制御可能な設計とする。揚水ポンプは1個で揚水井戸に流入する地下水量を排水可能な能力を有していることから、自動起動する揚水ポンプは1個とする。

揚水ポンプが起動水位で起動しない場合及び揚水ポンプが運転しているにも関わらず水位上昇が継続した場合を考慮し、「水位高」及び「水位高高」の設定値を設けるとともに、揚水ポンプが停止水位で停止しない場合を考慮し、「水位低」の設定値を設け、各設定値に達した場合に警報を中央制御室に発生させる。警報は各揚水井戸に3個設置される水位計の水位信号のうち1つでも設定値に達した場合に発生させる。「水位高」に達した場合は揚水ポンプの故障が考えられることから、起動信号を受信している揚水ポンプを停止させ、もう一方の揚水ポンプを自動起動させる。「水位低」では、停止水位のバックアップとして揚水ポンプを自動停止させる。また、電源喪失時や揚水ポンプ故障時(過負荷)に警報を中央制御室に発生させる。

制御盤は、原子炉建屋内に系統ごとに現場制御盤を、中央制御室に監視制御盤を系統ごとに設置する。現場制御盤は、系統ごとにそれぞれ別の区画に設置し、監視制御盤は、系統ごとの盤で構成し、分離して設置する。

水位計、現場制御盤、監視制御盤間を接続するケーブルは、系統ごとに設置する。

表 4-14 水位計の設備仕様

	揚水井戸 No. 1, No. 3	揚水井戸 No. 2, No. 4
計測範囲	0. P. -28. 8~0. P. -26. 1 (2700mm)	0. P. -31. 8~0. P. -29. 1 (2700mm)
種類	圧力式水位検出器	

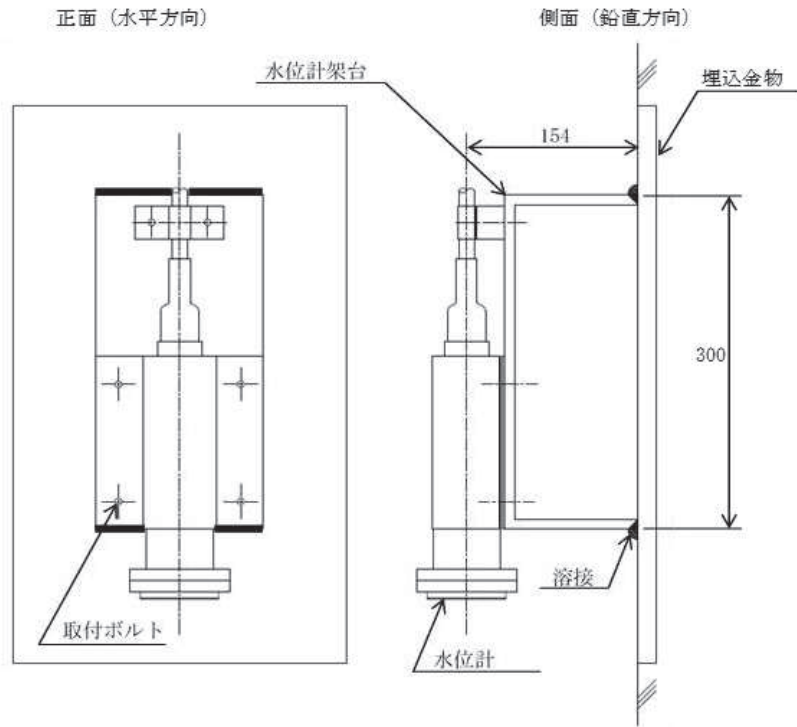


図 4-11 水位計の構造図

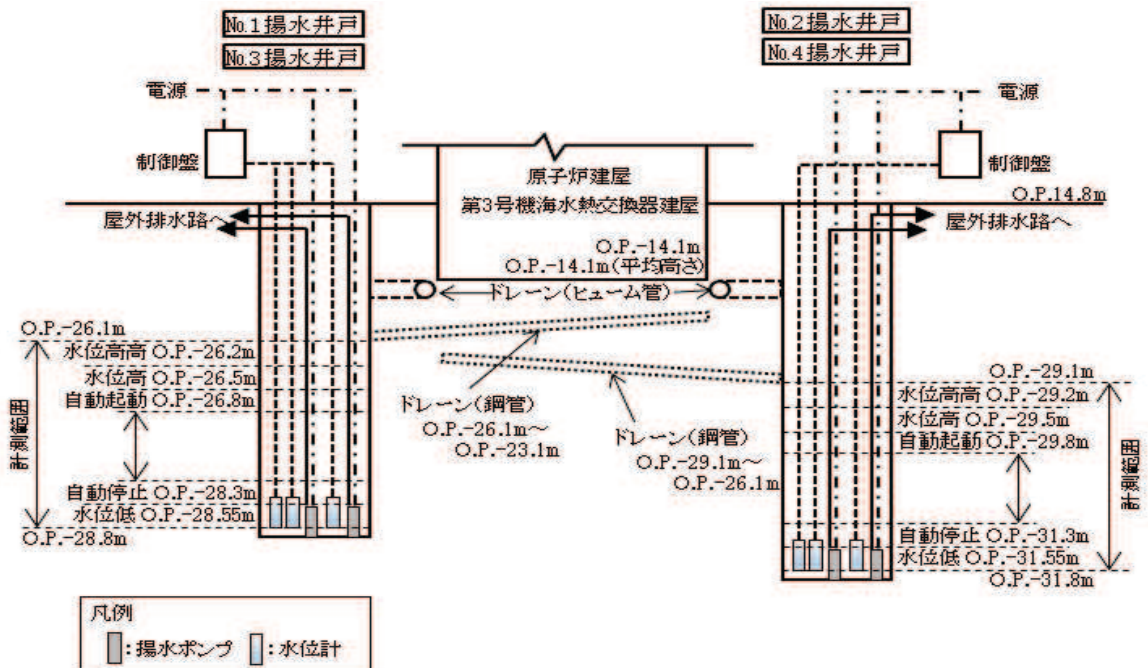


図 4-12 計測範囲，ポンプ制御の概要図

b. 設備仕様の設定根拠

(a) 水位計の計測範囲

イ. No. 1 揚水井戸及び No. 3 揚水井戸

水位計の計測範囲は揚水ポンプ自動起動設定値 (O.P. -26.8m) を包絡する O.P. -26.1m を計測範囲の上限として設定する。また，揚水ポンプ自動停止設定値

(O.P. -28.3m) を包絡する O.P. -28.8m を計測範囲の下限として設定する。

ロ. No.2 揚水井戸及び No.4 揚水井戸

水位計の計測範囲は揚水ポンプ自動起動設定値 (O.P. -29.8m) を包絡する O.P. -29.1m を計測範囲の上限として設定する。また、揚水ポンプ自動停止設定値 (O.P. -31.3m) を包絡する O.P. -31.8m を計測範囲の下限として設定する。

(b) 揚水ポンプ自動起動・停止設定値

イ. No.1 揚水井戸及び No.3 揚水井戸

揚水ポンプ自動停止の設定値は揚水ポンプ最低運転水位に余裕を考慮し、O.P. -28.3m を設定する。揚水ポンプ自動起動の設定値は揚水ポンプの発停頻度が1時間当たり2回程度になるよう考慮し、O.P. -26.8m を設定する。

ロ. No.2 揚水井戸及び No.4 揚水井戸

揚水ポンプ自動停止の設定値は揚水ポンプ最低運転水位に余裕を考慮し、O.P. -31.3m を設定する。揚水ポンプ自動起動の設定値は揚水ポンプの発停頻度が1時間当たり2回程度になるよう考慮し、O.P. -29.8m を設定する。

(c) 警報設定値 (「水位高」, 「水位高高」, 「水位低」)

イ. No.1 揚水井戸及び No.3 揚水井戸

水位高の警報設定値は運転制御範囲を逸脱した場合に警報が発生するよう、揚水ポンプ自動運転の設定値より上部の O.P. -26.5m を設定する。

水位高高の警報設定値は水位高よりさらに水位が上昇し、ドレーン (鋼管) に揚水井戸地下水が到達する前に警報が発生するよう、水位高の設定値より上部の O.P. -26.2m を設定する。

水位低の警報設定値は運転制御範囲の逸脱した場合に警報が発生するよう、揚水ポンプ自動停止の設定値より下部の O.P. -28.55m を設定する。

ロ. No.2 揚水井戸及び No.4 揚水井戸

水位高の警報設定値は運転制御範囲を逸脱した場合に警報が発生するよう、揚水ポンプ自動運転の設定値より上部の O.P. -29.5m を設定する。

水位高高の警報設定値は水位高よりさらに水位が上昇し、ドレーン (鋼管) に揚水井戸地下水が到達する前に警報が発生するよう、水位高の設定値より上部の O.P. -29.2m を設定する。

水位低の警報設定値は運転制御範囲の逸脱した場合に警報が発生するよう、揚水ポンプ自動停止の設定値より下部の O.P. -31.55m を設定する。

(d) 水位計個数

水位計は 2 out of 3 論理で起動及び停止の制御を行うため、各揚水井戸に 3 個、合計 12 個を設置する。

4.2.5 電源機能

(1) 設計方針

電源機能は、揚水ポンプが地下水を排水するために必要な電力を供給できる機能を有する設計とし、設備は電源（非常用ディーゼル発電機）、電源盤及び電路で構成する。

電源盤は、外部電源喪失が発生した場合に非常用交流電源設備である非常用ディーゼル発電機から電力を供給できる設計とする。

電源盤は A 及び B の 2 面で構成し、電源盤 A は非常用低圧母線 C 系から、電源盤 B は非常用低圧母線 D 系から受電し、電源盤 A からは No. 2 及び No. 3 の揚水井戸へ、電源盤 B からは No. 1 及び No. 4 の揚水井戸へ給電する設計とする。

また、全交流動力電源喪失となった場合にも電力の供給が可能のように、常設代替交流電源設備であるガスタービン発電機から電力を供給できる設計とする。

電源機能は、供用期間の全ての状態において設備の信頼性を向上するために、設計において考慮する事象を表 4-15 に示し、機能維持するために必要な対策を設計に反映する。

表 4-15 電源機能の設計において考慮する事象

機能	構成部位	単一故障及び技術基準規制の要求を踏まえた機能喪失要因													
		単一故障	地震 (12)	津波 (12)	嵐(台風) (7)	竜巻 (7)	凍結 (7)	降水 (7)	積雪 (7)	落雷 (7)	火山 (7)	生物学的事象 (7)	森林火災 (外部火災) (7)	内部火災 (11)	内部溢水 (12)
電源機能	電源 (非常用ディーゼル発電機)	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	電源盤	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	電路	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

凡例 ○：事象に対し設備が影響を受けない、●：設計において考慮する事象、—：静的機器であり評価対象外

a. 電源（非常用ディーゼル発電機）

- 電源（非常用ディーゼル発電機）は 2 系統の独立した設備を設置し、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交換器建屋エリアのそれぞれ 1 系統の設備ごとに電源（非常用ディーゼル発電機）1 系統で電源を供給することで、独立性を確保する。
- 単一故障に対し機能維持を図るため、電源（非常用ディーゼル発電機）を多重化する。
- 台風、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山、生物学的事象及び森林火災に対して、外部からの衝撃による損傷の防止が図られた建屋内に設置することにより、影響が及ばないようにする。
- 内部火災及び内部溢水に対して、共通要因により多重化された機能が同時に損なわれないよう位置的分散を図った配置とする。

b. 電源盤

- ・電源盤は 2 系統の独立した設備を設置し、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交換器建屋エリアのそれぞれ 1 系統の設備ごとに電源盤 1 系統で電源を供給することで、独立性を確保する。
- ・単一故障に対し機能維持を図るため、電源盤を多重化する。
- ・台風、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山、生物学的事象及び森林火災に対して、外部からの衝撃による損傷の防止が図られた建屋内に設置することにより、影響が及ばないようにする。
- ・内部火災及び内部溢水に対して、共通要因により多重化された機能が同時に損なわれないよう位置的分散を図った配置とする。

c. 電路

- ・電路は原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交換器建屋エリアにおいて、それぞれ 2 系統の独立した設備を設置することで、独立性を確保する。
- ・単一故障に対し機能維持を図るため、電路を多重化する。
- ・電路のうち屋内電路については、台風、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山、生物学的事象及び森林火災に対して、外部からの衝撃による損傷の防止が図られた建屋内に設置することにより、影響が及ばないようにする。
- ・電路のうち屋外電路については、台風、竜巻、凍結、降水、積雪、火山、生物学的事象及び森林火災に対して、外部からの衝撃による損傷の防止が図られた地下埋設とし、露出となる個所については必要な防護措置を実施することにより影響が及ばないようにする。
- ・電路のうち屋内電路については、内部火災及び内部溢水に対して、共通要因により多重化された機能が同時に損なわれないよう位置的分散を図った配置とする。
- ・電路のうち屋外電路については、落雷に対して制御盤への保安器の設置に加え、避雷針の保護範囲内への設置又は地中埋設により防護する設計とする。

(3) 設計仕様

a. 設備仕様

「(1) 設計方針」を踏まえた電源盤の設備仕様を表 4-16 に示す。また、地下水低下設備の電源構成を図 4-13 に示す。

電源盤は揚水井戸ごとに運転する揚水ポンプの選択、切替等が可能な回路構成とする。

表 4-16 電源盤の設備仕様

容量	kVA	296
個数	—	2

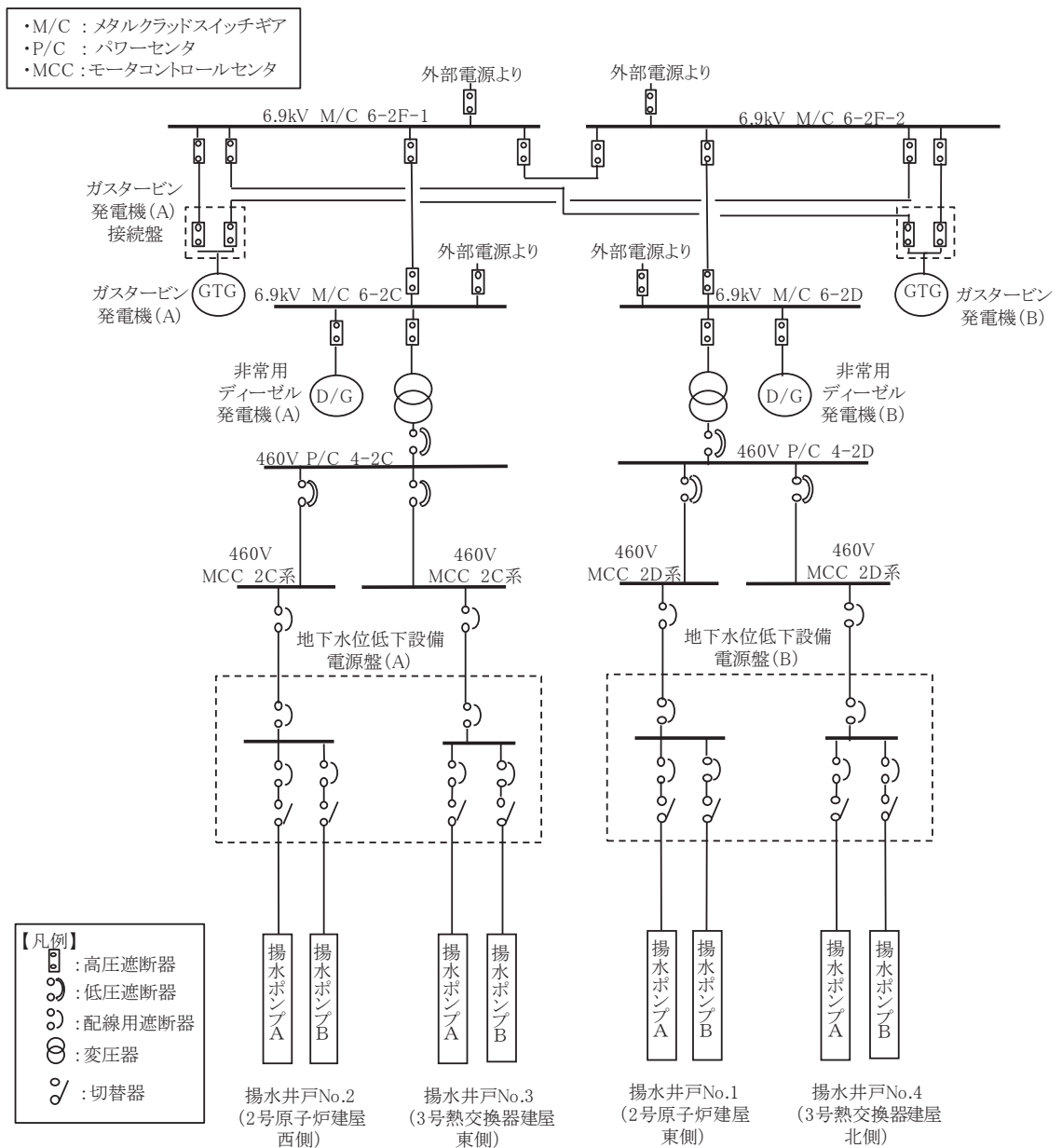


図 4-13 電源構成

b. 設備仕様の設定根拠

(a) 電源盤の容量

電源盤の一面あたりの容量は、2系統の揚水ポンプ及び制御盤に給電可能な容量とし、296kVAとする。

(b) 電源盤の個数

電源盤は、独立性を確保するため、モーターコントロールセンタ 2C系又は 2D系から受電できるように2面設置する。

4.3 既設の地下水位低下設備の取扱いについて

各号機の建設段階で設置された既設の地下水位低下設備は、地下水の集水機能，支持・閉塞防止機能，排水機能並びに地下水の監視・制御機能を有している。既設の地下水位低下設備の配置を図 4-14 に示す。

これらの既設の地下水位低下設備の有する機能のうち，集水機能については「4.2.1 集水機能」に示す設計方針のとおり，信頼性が確保された範囲を地下水位低下設備として期待し，その他の機能は期待しない方針とする。

また，静的機器としての故障想定を満足しないものの，耐震性・耐久性・保守管理性を満足する範囲については，透水層として浸透流解析にモデル化する方針としており，この範囲については，「5.1 集水機能」において，地下水位低下設備として位置付ける範囲と同様にドレーン及び接続枠の主要な構造部材が構造強度を有することを確認する方針とする。

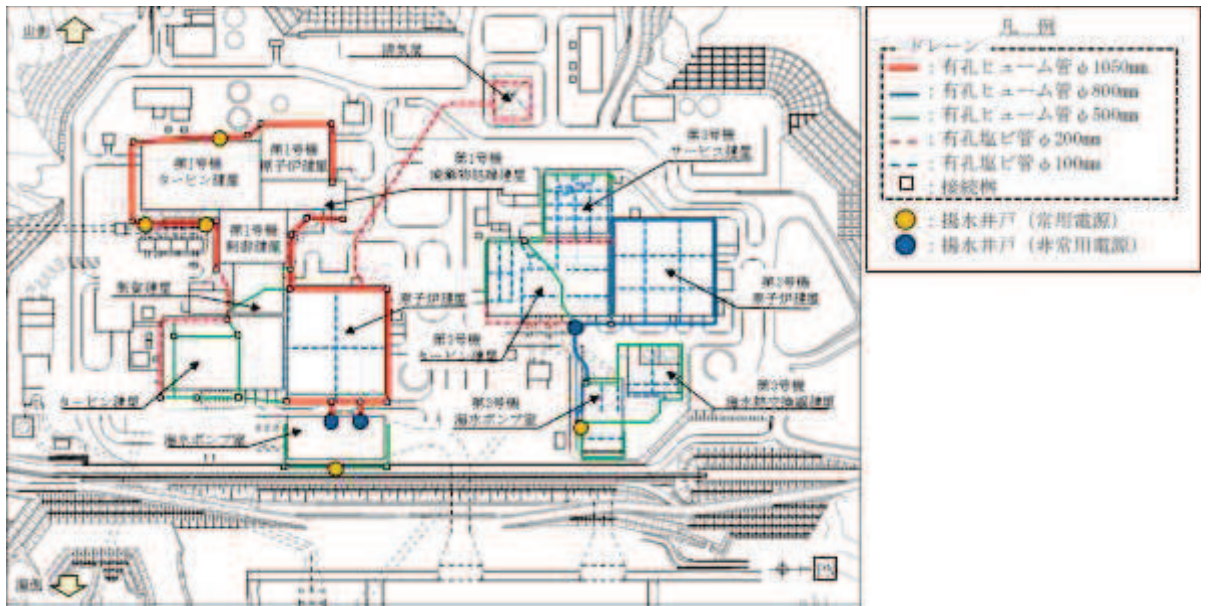


図 4-14 既設の地下水位低下設備の配置

5. 構造強度設計方針

「3. 地下水位低下設備の設計方針」で設定している、地下水位低下設備の構造強度設計上の要求を達成するために、「4. 機能設計方針及び設計仕様」で設定している各設備が有する機能を踏まえて、構造強度に係る設計方針を以下のとおり設定する。

また、地下水位低下設備の耐震設計を行うに際して、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」の「3.3 波及的影響に対する考慮」に基づき、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれの機能が損なわれないよう配慮する。

地下水位低下設備の耐震計算の方法及び結果は、添付書類「VI-2-13 地下水位低下設備の耐震性についての計算書」に示す。

5.1 集水機能

集水機能については、「4. 機能設計方針及び設計仕様」の「4.2.1 集水機能」における機能設計を踏まえ、ドレーン及び接続柵の設置により、設計用揚圧力以下に保持できるように地下水を揚水井戸に集水可能な設計とすることから、「3. 地下水位低下設備の設計方針」で設定した構造強度設計上の要求を踏まえ、基準地震動 S_s による地震力に対し、ドレーン及び接続柵の主要な構造部材が構造強度を有することで、集水機能を維持できる設計とする。

5.2 支持・閉塞防止機能

支持・閉塞防止機能については、「4. 機能設計方針及び設計仕様」の「4.2.2 支持・閉塞防止機能」における機能設計を踏まえ、揚水井戸及び蓋の設置により支持機能及び閉塞防止機能の維持が可能な設計とすることから、「3. 地下水位低下設備の設計方針」で設定した構造強度設計上の要求を踏まえ、基準地震動 S_s による地震力に対し、揚水井戸の主要な構造部材が構造強度を有することで、支持・閉塞防止機能を維持できる設計とする。

また、基準地震動 S_s 及び竜巻による飛来物並びに火山灰に対して、蓋の主要な構造部材が構造強度を有することで、排水機能及び監視・制御機能が維持できる設計とする。

5.3 排水機能

排水機能については、「4. 機能設計方針及び設計仕様」の「4.2.3 排水機能」における機能設計を踏まえ、揚水ポンプ及び配管の設置により揚水井戸に流入する地下水量を排水可能な設計とすることから、「3. 地下水位低下設備の設計方針」で設定した構造強度設計上の要求を踏まえ、基準地震動 S_s による地震力に対し、揚水ポンプ及び配管の主要な構造部材が構造強度を有し、また、揚水ポンプが動的機能を維持することで、排水機能を維持できる設計とする。

5.4 監視・制御機能

監視・制御機能については、「4. 機能設計方針及び設計仕様」の「4.2.4 監視・制御機能」における機能設計を踏まえ、水位計及び制御盤により地下水位低下設備の監視・制御が可能な設計とすることから、「3. 地下水位低下設備の設計方針」で設定した構造強度設計上の要求を踏まえ、基準地震動 S_s による地震力に対し、水位計及び制御盤の主要な構造部材が構造強度

を有し、また、水位計及び制御盤が電氣的機能を維持することで、監視・制御機能を維持できる設計とする。

5.5 電源機能

電源機能については、「4. 機能設計方針及び設計仕様」の「4.2.5 電源機能」における機能設計を踏まえ、電源（非常用ディーゼル発電機）、電源盤及び電路の設置により、地下水位低下設備の運転に必要な電力を供給可能な設計とすることから、「3. 地下水位低下設備の設計方針」で設定した構造強度設計上の要求を踏まえ、基準地震動 S_s による地震力に対し、電源盤の主要な構造部材が構造強度を有し、また、電源盤が電氣的機能を維持することで、電源機能を維持できる設計とする。

電路については、耐震性が確保された建屋又は地震時の接地圧に対して十分な支持力がある地盤に支持させる構造とする。

6. 地下水位低下設備の復旧措置に必要な資機材の検討

6.1 復旧措置に係る基本方針

地下水位低下設備は、地震時及び地震後を含む、原子力発電所の供用期間の全ての状態において機能維持が可能な設計としたものの、それでもなお、機能喪失が発生した場合を想定し、復旧措置に必要な資機材を確保する。

復旧措置に必要な資機材については外部事象の影響を受けないように保管する。

6.2 復旧措置に係る資機材

「6.1 復旧措置に係る基本方針」を踏まえ、揚水井戸内の復旧措置に係る資機材を以下のとおり整理する。

6.2.1 予備品の配備

予備品は、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第3号機海水熱交換器建屋エリアにおける全ての地下水位低下設備の機能喪失を考慮し、復旧措置にあたり機器の交換が必要な場合に備え、各エリアを1系統復旧できる個数を表6-1のとおり配備する。

表 6-1 各機器に必要となる予備品

機能	機器	配備数
排水機能	揚水ポンプ	各エリア1個（計2個）
監視・制御機能	制御盤の構成部品	各系統1セット（計2セット）
	水位計	各エリア3個（計6個）

6.2.2 可搬ポンプユニットの配備

地下水位低下設備の機能喪失時に揚水井戸内の排水を実施するための資機材として、図6-1に示す可搬ポンプユニットを配備する。可搬ポンプユニットは、揚水井戸への最大流入量(8078 m³/d)を排水可能な可搬ポンプ(個数3, 容量114m³/h/個(計342m³/h(8208m³/d))), 可搬ポンプ運転等に必要な電力を供給する発電機, 可搬ポンプ発停を管理する制御盤, ホース等資機材及びクレーン類を車両に搭載し構成する。

可搬ポンプユニットは、揚水井戸内の機器の交換が必要となった場合において、速やかに復旧作業が可能となる水位まで地下水を排水することに加え、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第3号機海水熱交換器建屋エリアにおける全ての地下水位低下設備の機能喪失を考慮し、各エリアの排水機能の維持を可能とするため、各エリアに1個、計2個配備する。

また、可搬ポンプユニットは、高台の堅固な地盤に配備し、外部事象を考慮して分散配置する。

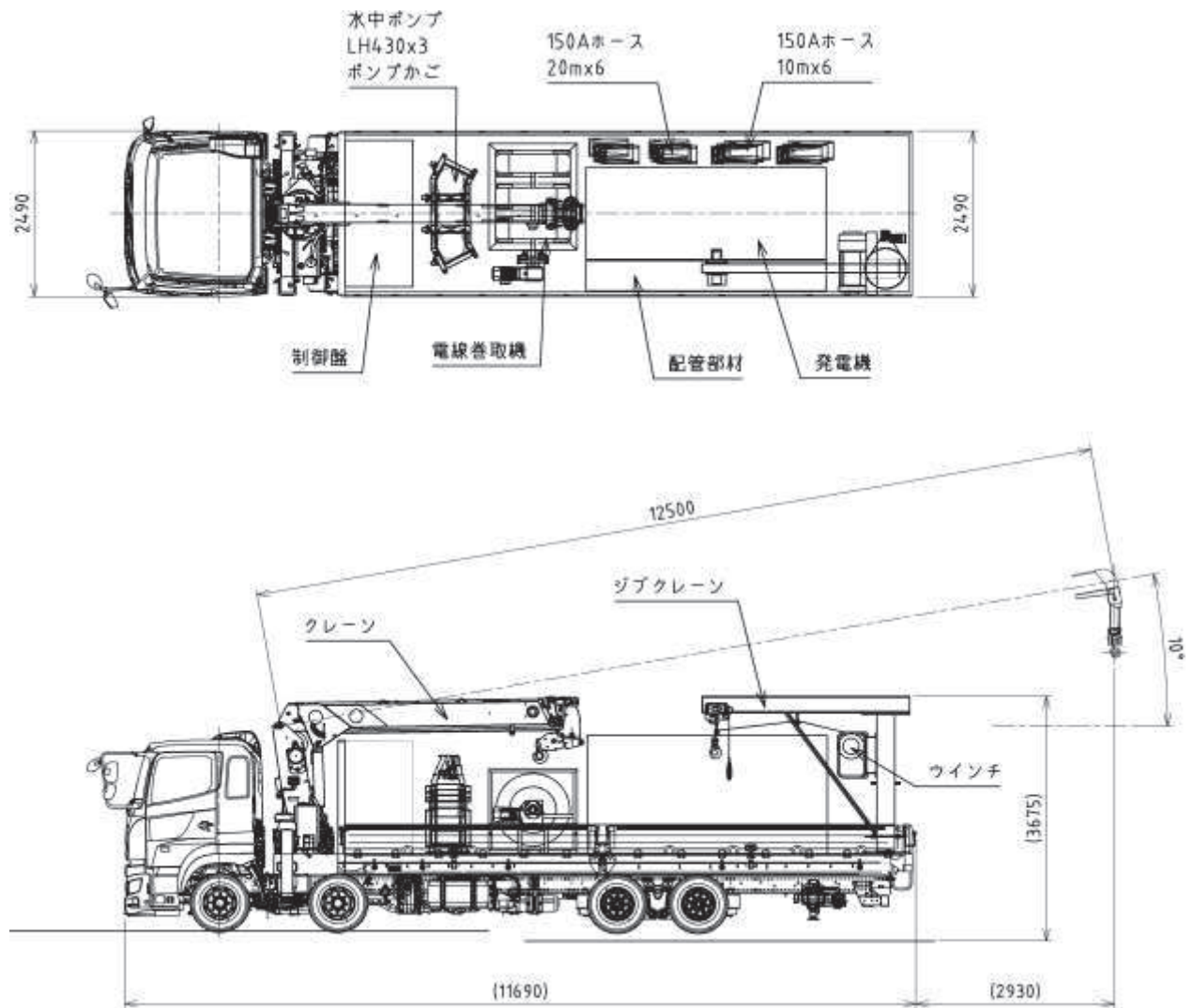


図 6-1 可搬ポンプユニット

6.3 復旧措置に係る可搬ポンプユニットの配備数の妥当性確認

可搬ポンプユニットの配備数の妥当性として、各エリアの全ての地下水位低下設備が同時に機能喪失した場合においても、各建屋に作用する平均揚圧力が設計用揚圧力*に到達するまでの時間（以下「時間余裕」という。）内に、計画している可搬ポンプユニットの配備数により各エリアの水位低下措置を完了できることを確認する。具体的には、以下の評価を実施する。

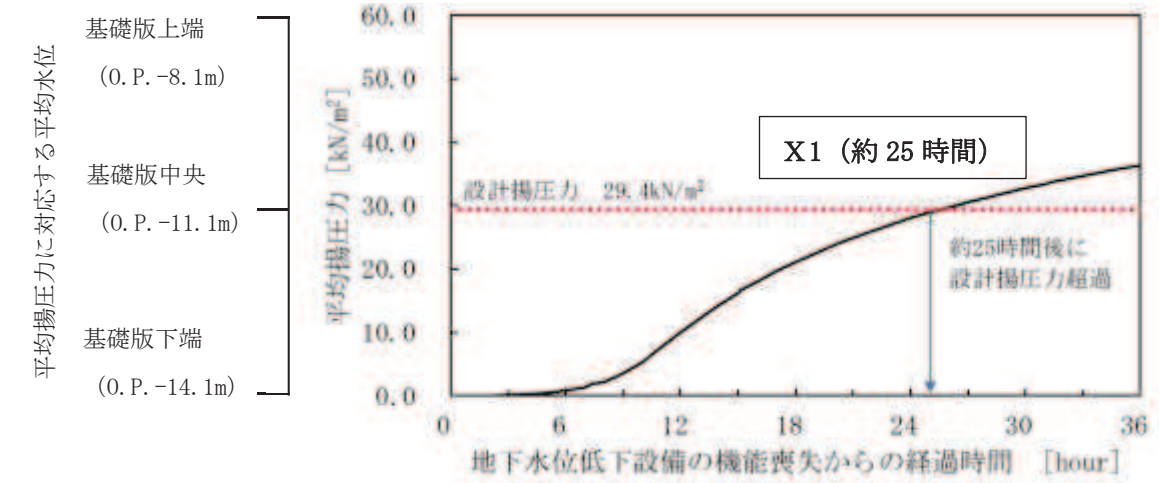
- ・3次元浸透流解析を用いて、地下水位低下設備が機能喪失した際の時間余裕について、早期に設計用揚圧力に到達するエリア側を（X1）、もう一方のエリア側を（X2）として算出する。
- ・水位低下措置については、可搬ポンプユニットの配備数を2個とし、要員参集から開始し、早期に設計用揚圧力に到達するエリア側において揚水井戸内の排水を開始するまでの時間を（ $\alpha 1$ ）、その後もう一方のエリアに移動し、揚水井戸内の排水を開始するまでの時間を（ $\alpha 2$ ）とし、（ $X1 > \alpha 1$ ）及び（ $X2 > \alpha 2$ ）を評価することにより妥当性を確認する。

注記*：地下水位低下設備の機能喪失による影響は、建物・構築物へ作用する揚圧力の上昇（基礎版の耐震性に影響）、周辺地盤の液状化に伴う施設へ作用する土圧等の変化（躯体の耐震性に影響）、周辺地盤の液状化に伴う地下構造物の浮上り（躯体の安定性に影響）と段階的に生じることから、早期に現れる揚圧力影響に着目する。

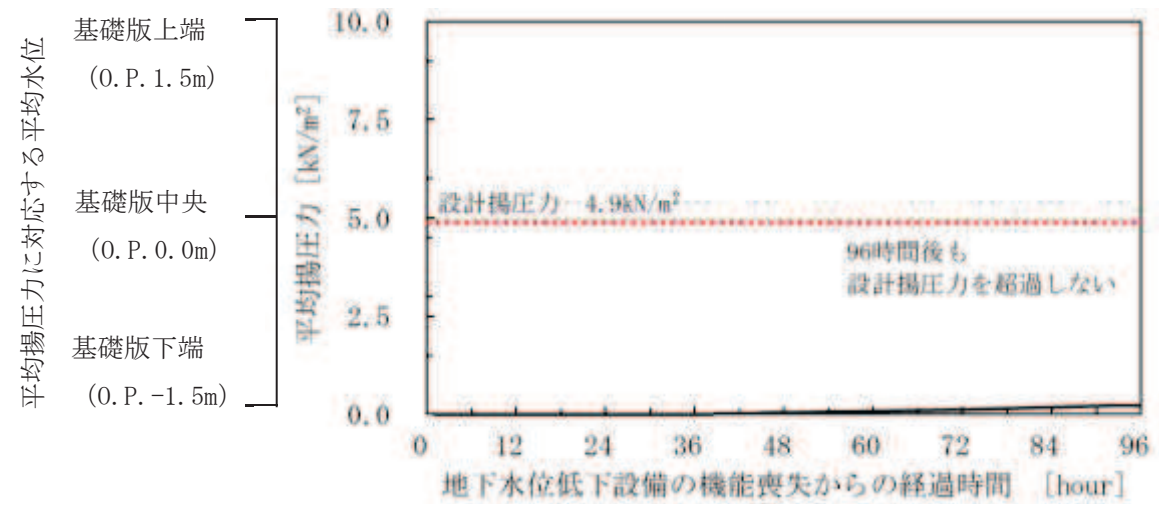
6.3.1 時間余裕（X1）、（X2）の評価

設計用地下水位の検討に用いた水位評価用モデルを用いて、地下水位低下設備が機能喪失した状態からの地下水位分布の経時変化と設計用揚圧力に到達するまでの時間余裕を非定常解析により確認する。

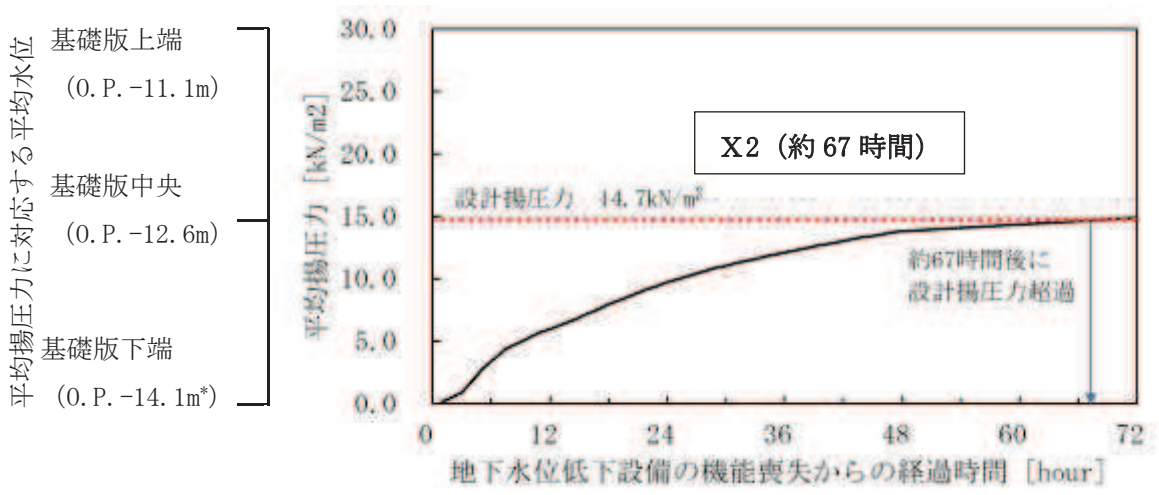
時間余裕の評価結果を図6-2に、設計用揚圧力に到達するまでの地下水の挙動について図6-3に示す。早期に設計用揚圧力に到達する原子炉建屋の時間余裕である約25時間を（X1）、第3号機海水熱交換器建屋の時間余裕約67時間を（X2）とする。



a. 原子炉建屋



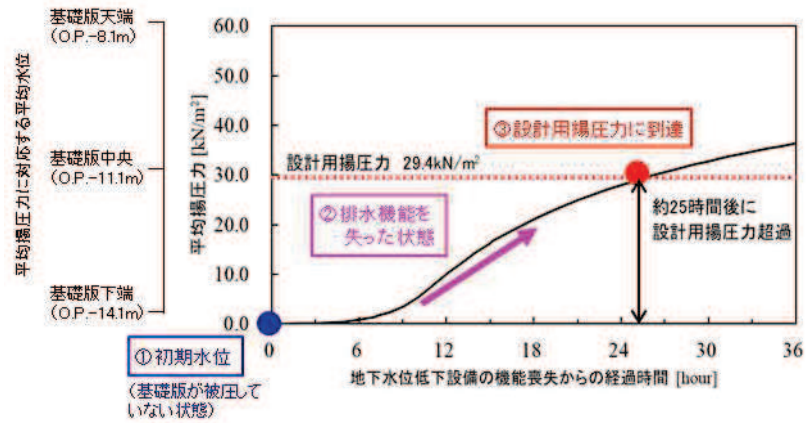
b. 制御建屋



注記*: 基礎版下端は O.P. -12.5m から O.P. -16.25m の平均高さ

c. 第3号機海水熱交換器建屋

図 6-2 地下水位低下設備機能喪失後の時間余裕 (X1) 及び (X2)



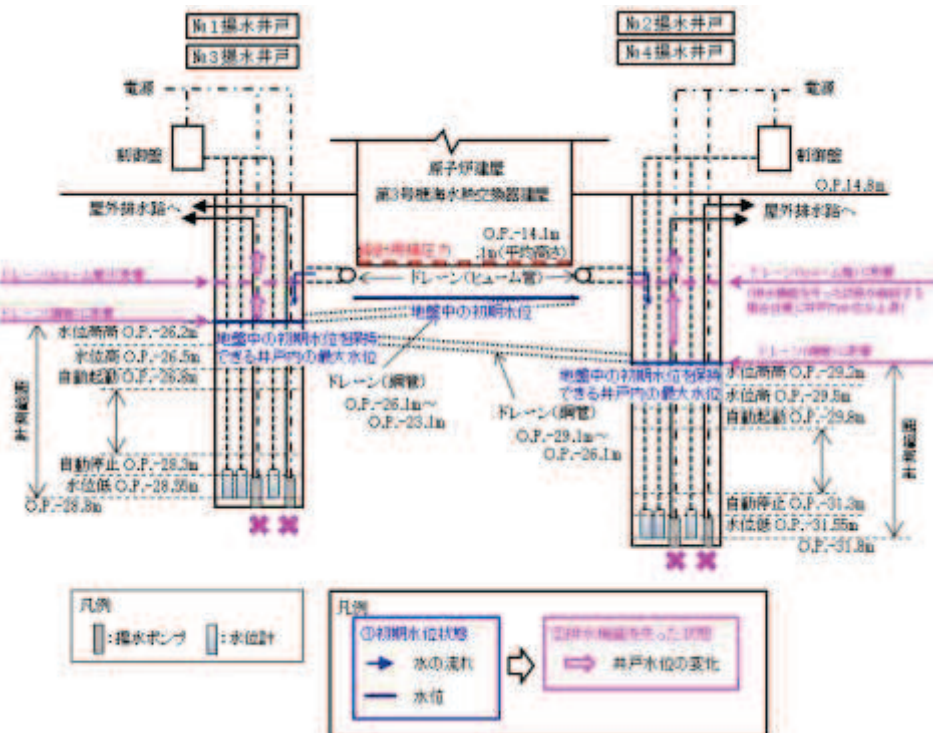
(a) 建屋に作用する揚圧力の推移 (原子炉建屋の例)



(補足)

- ・ 時間余裕の評価において経過時間0の点は、ドレーン（ヒューム管・鋼管）により集水され、揚水ポンプにより排水される通常の運転状態に対応し、地下水位が維持されている状態（①初期水位）である。
- ・ その後、何らかの要因によって、エリア内の全ての揚水井戸で排水されない状態に移行した場合（②排水機能を失った状態）、揚水井戸内の水位はいずれもドレーンからの流入量に応じた速度で上昇する。
- ・ 一方、地盤中の地下水位は地盤中の空隙を満たしながら緩やかに上昇、これに応じて各建屋に作用する平均揚圧力も緩やかに漸増し、設計用揚圧力に到達する（③設計用揚圧力に到達）。

(b) 地盤中の地下水の挙動 (概念図)



(c) 揚水井戸内の水の挙動 (概念図)

図 6-3 地下水位低下設備機能喪失後の地下水の挙動

6.3.2 水位低下措置完了時間（ $\alpha 1$ ）、（ $\alpha 2$ ）の評価

地下水位低下設備が機能喪失した後の、可搬ポンプユニット2個による水位低下措置完了までの時間について図6-5、措置時間算出にあたっての考え方を表6-2に示す。

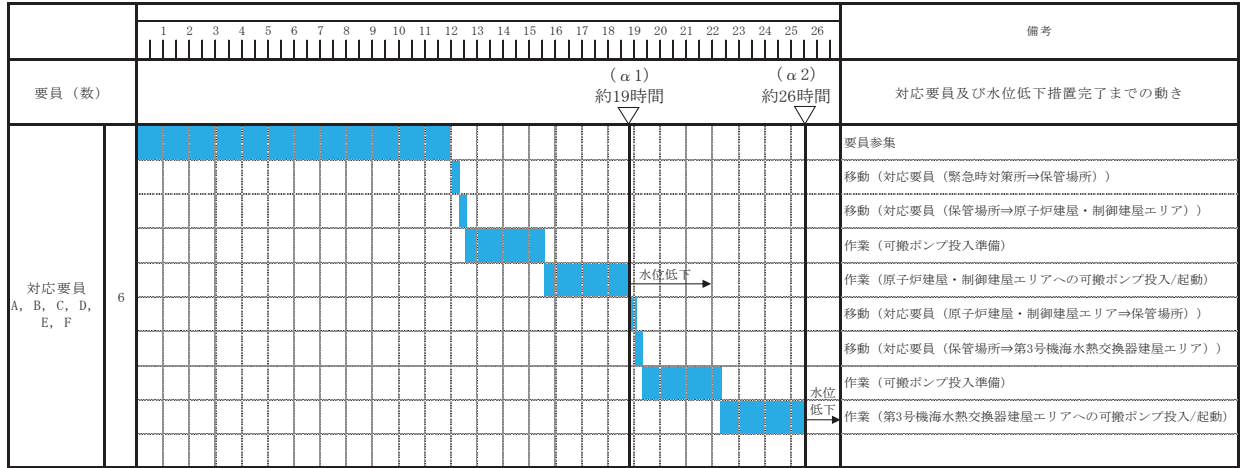


図 6-5 地下水位低下設備機能喪失後の水位低下措置時間（ $\alpha 1$ 及び $\alpha 2$ ）

表 6-2 措置時間算出にあたっての考え方

No.	対応項目	措置時間 (分)	考え方
1	要員参集	720	設置変更許可段階で算出した時間を設定
2	移動 (対応要員⇒保管場所)	20	保守的に事務建屋～O. P. +62m 盤 (約 1km) を徒歩移動した場合の時間を設定
3	移動 (保管場所⇒原子炉建屋・制御建屋エリア)	15	設置変更許可段階で算出した時間 (O. P. +62m 盤から原子炉建屋近傍までの移動) を設定
4	作業 (可搬ポンプ投入準備)	180	資機材荷降ろし・展開及び揚水井戸開放作業の想定時間を 1.5 倍し余裕を設定
5	作業 (原子炉建屋・制御建屋エリアへの可搬ポンプ投入/起動)	195	揚水井戸への可搬ポンプ投入及びホース展開作業の想定時間を 1.5 倍し余裕を設定
6	移動 (原子炉建屋・制御建屋エリア⇒保管場所)	15	No. 3 と同様
7	移動 (保管場所⇒第 3 号機海水熱交換器建屋エリア)	15	No. 3 と同様
8	作業 (可搬ポンプ投入準備)	180	No. 4 と同様
9	作業 (第 3 号機海水熱交換器建屋エリアへの可搬ポンプ投入/起動)	195	No. 5 と同様

6.3.3 可搬ポンプユニットの配備数の妥当性確認結果

地下水位低下設備の機能喪失後、原子炉建屋・制御建屋エリアの水位低下措置完了時間（ $\alpha 1$ ）は約 19 時間であり、設計用揚圧力に到達する時間余裕（X1）の範囲内で対応可能であることを確認した。

また、第 3 号機海水熱交換器建屋エリアの水位低下措置完了時間（ $\alpha 2$ ）は約 26 時間であり、設計用揚圧力に到達する時間余裕（X2）の範囲内で排水開始が可能であることを確認した。

以上のことから、可搬ポンプユニットの配備数が 2 個で妥当であることを確認した。

7. 運用管理・保守管理

地下水位低下設備の運用管理については、原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）において運転上の制限（以下「LCO」という。）を設定するとともに、地下水位低下設備の復旧措置に的確かつ柔軟に対処できるように、復旧措置に係る資機材を配備し、手順書及び必要な体制を整備し、教育及び訓練を実施することを保安規定に定めた上で社内規定に定める。

保守管理については、保全計画の策定において、他の運転上の制限を設定する設備と同様に「予防保全」の対象と位置付け管理する。

また、復旧措置に係る資機材は、社内規定に点検頻度等を定め、適切に維持管理する。

7.1 運用管理の方針

地下水位低下設備は、保安規定において LCO, LCO を満足していない場合に要求される措置及び要求される措置の完了時間（以下「AOT」という。）を設定する。工事計画認可段階における詳細設計で信頼性向上を図っているが、地下水位を一定の範囲に保持できない場合には原子炉を停止するとともに、設計用揚圧力に到達する前に排水措置を完了できるように LCO を設定する。

また、地下水位低下設備の復旧措置に的確かつ柔軟に対処できるように、復旧措置に係る資機材の配備、手順書及び体制の整備並びに教育訓練の実施方針を自然災害発生時等の体制の整備及び重大事故等発生時の体制の整備として保安規定に定めた上で、具体的な実施要領を社内規定に定める。

7.1.1 地下水位低下設備の LCO 設定方針

地下水位低下設備は、原子炉建屋・制御建屋エリア及び第 3 号機海水熱交換器建屋エリアにそれぞれに機能が要求されることから、各エリアにそれぞれ個別に設定する。また、全ての原子炉の状態において機能が要求されることから、LCO も全ての原子炉の状態に対して適用する。

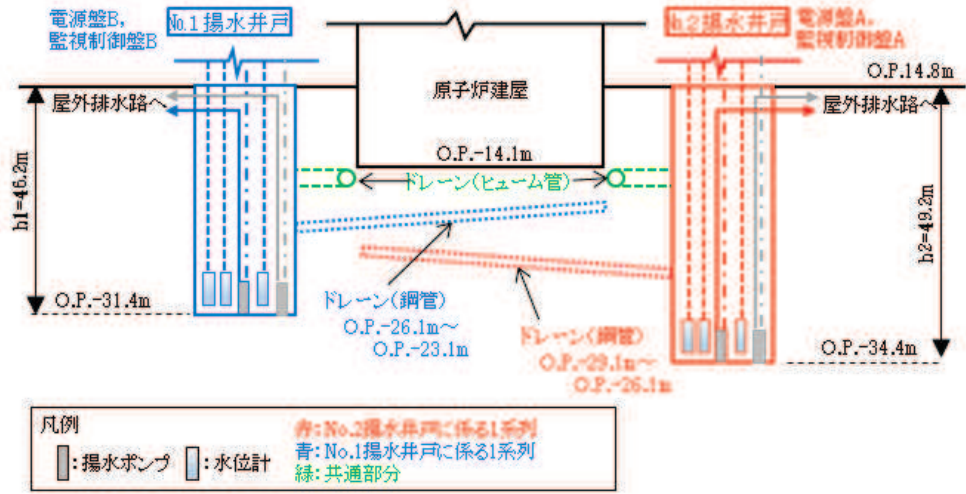
次に、「4. 機能設計方針及び設計仕様」において地下水位を一定の範囲に保持するために必要な機能及び機器を「1 系統」としており、これを LCO 設定方針における「1 系列」と位置付ける。地下水位低下設備 1 系列に必要な機器を図 7-1 に示す。

LCO は個別の機能及び機器ごとに個別に設定するのではなく、系列の中で管理する。機器に異常が発生した場合、当該系列の機能が喪失すると判断した場合に動作不能と判断し、

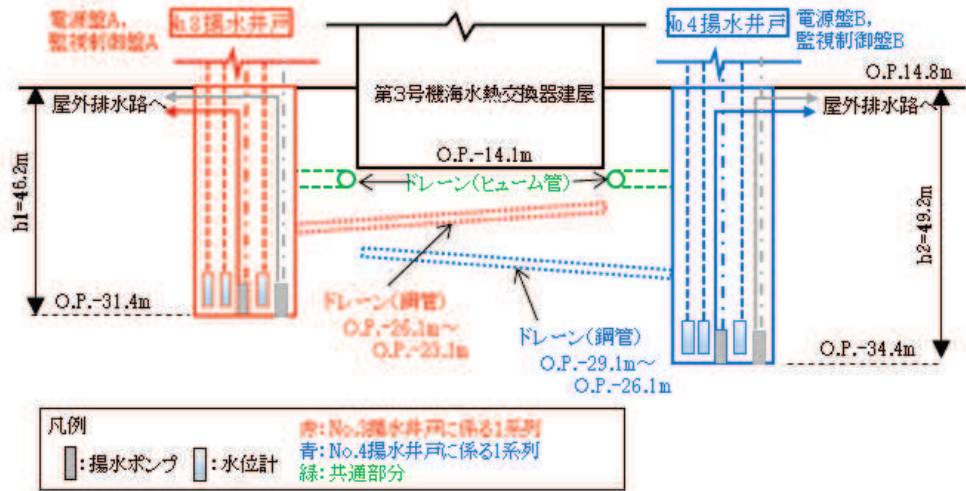
LCO 逸脱時の措置を講じる。これは、ポンプ、流路等を構成する設備を含めて系列の中で管理する既存の設計基準事故対処設備と同様の考え方である。地下水位低下設備 1 系列の各構成要素に対する LCO 設定上の考え方を表 7-1 に示す。

また、揚水井戸の水位に対しても LCO を設定する。揚水ポンプが起動水位で起動しない場合及び揚水ポンプが運転しているにも関わらず揚水井戸の水位上昇が継続した場合、水位高に到達した時点で警報を発し揚水ポンプを切り替える。ここで水位が低下に転じた場合は、揚水ポンプの単一故障と判断でき、LCO は満足する。更に水位上昇が継続した場合は、AOT 内に必要な措置を完了することで設計用揚圧力以下に保持できるよう、基礎版が被圧しない状態の揚水井戸の水位であるドレーン（鋼管）位置（「6.3.1 時間余裕（X1），（X2）の評価」における初期条件に相当）より下部に設定する水位高高警報設定値を LCO の判断基準とする。

地下水位低下設備の LCO 設定例を表 7-2 に示す。具体的な LCO は今後保安規定に定める。



原子炉建屋周辺



第3号機海水熱交換器建屋周辺

図 7-1 地下水位低下設備 1 系列に必要な機器

表 7-1 地下水位低下設備 1 系列の各構成要素に対する LCO 設定上の考え方

機能	設備構成	LCO 設定上の考え方
集水機能	・ ドレーン ・ 接続柵	地下水位低下設備 1 系列の中で管理する。
支持・閉塞 防止機能	・ 揚水井戸 ・ 蓋	地下水位低下設備 1 系列の中で管理する。
排水機能	・ 揚水ポンプ ・ 配管	揚水ポンプ 1 台と付随する配管を地下水位低下設備 1 系列の中で管理する。
監視・制御 機能	・ 水位計	水位計 3 台を地下水位低下設備 1 系列の中で管理する。 なお、水位計 1 台でも監視・制御は可能であることを踏まえ、故障台数に応じた措置を定める。
	・ 制御盤	地下水位低下設備 1 系列の中で管理する。
電源機能	・ 電源（非常用ディーゼル発電機） ・ 電源盤 ・ 電路	地下水位低下設備 1 系列の中で管理する。

表 7-2 地下水位低下設備の LCO 設定例

項 目		運転上の制限
原子炉建屋 ・ 制御建屋エリア (No. 1 及び No. 2 揚水井戸)	地下水位低下設備	2 系列動作可能であること
	水位	水位高高警報設定値未満
第 3 号機海水熱交換器 建屋エリア (No. 3 及び No. 4 揚水井戸)	地下水位低下設備	2 系列動作可能であること
	水位	水位高高警報設定値未満

7.1.2 地下水位低下設備の LCO 逸脱時に要求される措置の設定方針

(1) 揚水ポンプの動作不能による LCO 逸脱時に要求される措置

揚水ポンプが 1 系列動作不能となった場合、残りの 1 系列について動作可能であることの確認及び可搬ポンプユニットによる排水準備を速やかに開始し、予備品への交換による当該系列の復旧を図る。残りの 1 系列が動作可能である場合、地下水位は設計用揚圧力以下に保たれることから、代替措置として可搬ポンプユニットによる排水を開始するまでの AOT は可搬 SA 設備を参考に設定し、復旧に係る AOT は非常用炉心冷却系等を参考に設定する。
1 系列が動作可能である場合の地下水位の挙動について図 7-2 に示す。

上記で要求される措置を AOT 内で達成できない場合又は 2 系列動作不能の場合には、原子炉の状態が運転、起動及び高温停止においては、原子炉を冷温停止させるとともに、冷温

停止後も地下水位低下設備の機能が要求されることから、可搬ポンプユニットにより α 時間*以内に揚水井戸の水位を低下させる措置を完了させる。

原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換においては、炉心変更及び照射された燃料に係る作業の中止並びに有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管の原子炉圧力容器バウンダリを構成する隔離弁の開操作を禁止する措置を講じるとともに、可搬ポンプユニットにより α 時間*以内に揚水井戸の水位を低下させる措置を完了させる。

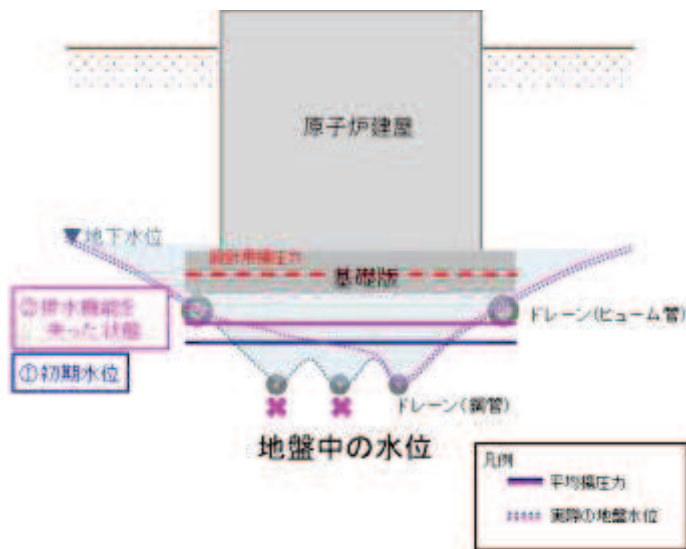
故障する揚水ポンプの組み合わせに応じた LCO 逸脱時に要求される措置の例を表 7-3 に示す。具体的な要求される措置は今後保安規定に定める。

注記*：浸透流解析から評価した地下水位低下設備機能喪失後の時間余裕内で、原子炉建屋・制御建屋エリア、第3号機海水熱交換器エリアそれぞれに設定する。

表 7-3 故障する揚水ポンプの組み合わせに応じた LCO 逸脱時に要求される措置の例
(原子炉建屋・制御建屋エリアの場合*)

	No.1揚水井戸		No.2揚水井戸		LCO	要求される措置	AOT
	ポンプA	ポンプB	ポンプA	ポンプB			
①	×	○	○	○	満足	/	/
②	○	○	×	○			
③	×	○	×	○			
④	×	×	○	○	1系列 動作不能	<ul style="list-style-type: none"> ・他の1系列が動作可能であることを確認する。 及び ・可搬ポンプユニットによる排水を開始する。 及び ・当該系列も動作可能な状態に復旧する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・速やかに ・3日間 ・10日間
⑤	○	○	×	×			
⑥	×	×	×	○			
⑦	○	×	×	×			
⑧	×	×	×	×	2系列 動作不能	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬ポンプユニットによる排水を開始する。 及び ・高温停止とする。 及び ・冷温停止とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・24時間 ・24時間 ・86時間

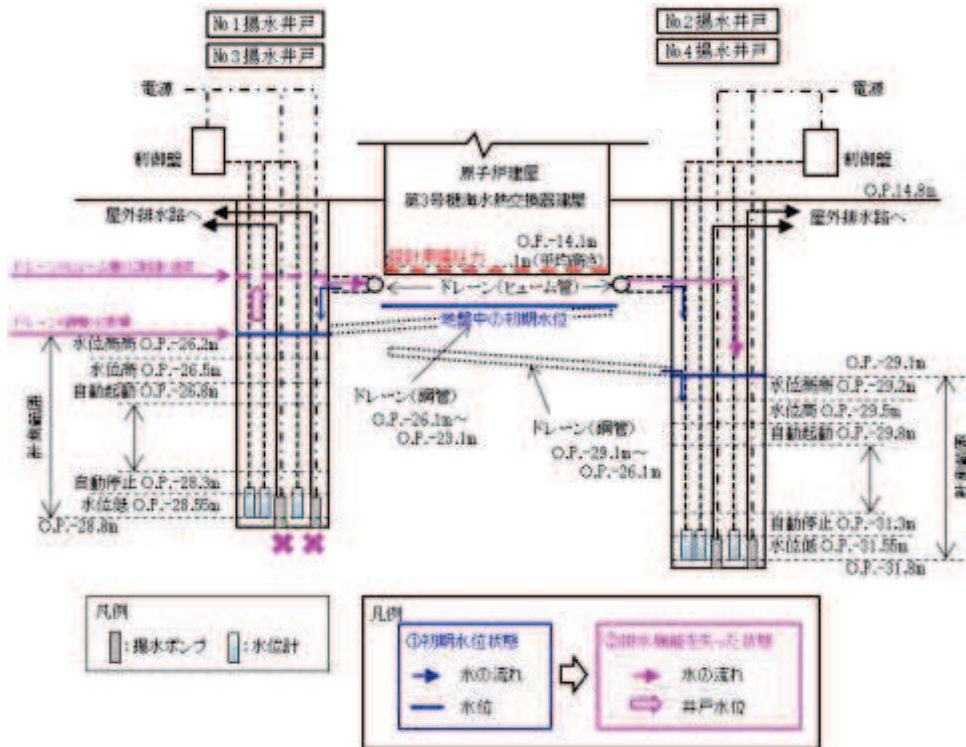
注記*：第3号機海水熱交換器建屋エリアも同様に設定する。ただし、2系列動作不能時の「可搬ポンプユニットによる排水を開始する」措置のAOTは56時間とする。



(補足)

- ・ 通常運転状態 (①初期水位) から、何らかの要因によりエリア内の片方の揚水井戸で排水されない状態に移行した場合 (②排水機能を失った状態)、当該井戸内の水位はドレーンからの流入量に応じた速度で上昇し、やがてドレーン (ヒューム管) を介してもう一方の揚水井戸へ流入する。
- ・ 一方、地盤中の地下水位は通常運転状態より上昇し、建屋に作用する揚圧力も変動 (平均揚圧力は上昇) するが、設計用揚圧力以下に維持される。

(a) 地盤中の地下水の挙動 (概念図)



(b) 揚水井戸内の水の挙動 (概念図)

図 7-2 1 系列が動作可能である場合の地下水位の挙動について

(2) 水位計の動作不能による LCO 逸脱時に要求される措置

水位計は 1 台又は 2 台動作不能となっても監視・制御可能な設計だが、設計上の設置台数を満足しない状態であるため、動作不能となった水位計を復旧する。復旧に係る AOT は非常用炉心冷却系等を参考に設定する。

水位計 3 台が動作不能となった場合は、監視・制御不能となるため、保守的に当該揚水井戸の水位が水位高高警報設定値に到達し LCO を満足しない状態とみなし、可搬ポンプユニットによる排水などの該当する措置を速やかに実施した上で、水位計を復旧する。

動作可能な水位計の台数に応じた LCO 逸脱時に要求される措置の例を表 7-4 に示す。具体的な要求される措置は今後保安規定に定める。

表 7-4 動作可能な水位計の台数に応じた LCO 逸脱時に要求される措置の例

	動作可能な台数	LCO	要求される措置	AOT
①	3台	満足		
②	2台	逸脱 (1台動作不能)	・水位計を3台動作可能な状態に復旧する。	・10日間
③	1台	逸脱 (2台動作不能)	・水位計を3台動作可能な状態に復旧する。	・10日間
④	0台	逸脱 (3台動作不能)	・当該揚水井戸の水位が運転上の制限を満足していないとみなし、該当する措置を実施する。 及び ・水位計を3台動作可能な状態に復旧する。	・速やかに ・10日間

(3) 揚水井戸の水位の LCO 逸脱時に要求される措置

1 つの揚水井戸の水位が運転上の制限を満足しない場合は、ドレーン（鋼管）が水没するため、当該エリアの地下水はもう一方の揚水井戸へ流入する。よって、他の揚水井戸の水位が制限値を満足していることの確認及び可搬ポンプユニットによる排水準備を速やかに開始し、当該揚水井戸の水位を制限値以内に復旧する。他の揚水井戸の水位が制限値を満足している場合、地下水位は設計用揚圧力以下に保たれることから、代替措置として可搬ポンプユニットによる排水を開始するまでの AOT は可搬 SA 設備を参考に設定する。

上記で要求される措置を AOT 内で達成できない場合又は 2 つの揚水井戸の水位が運転上の制限を満足しない場合には、原子炉の状態が運転、起動及び高温停止においては、原子炉を冷温停止させるとともに、冷温停止後も地下水位低下設備の機能が要求されることから、可搬ポンプユニットにより α 時間*以内に揚水井戸の水位を低下させる措置を完了させる。

原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換においては、炉心変更及び照射された燃料に係る作業の中止並びに有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管の原子炉圧力容器バウンダリを構成する隔離弁の開操作を禁止する措置を講じるとともに、可搬ポンプユニットにより α 時間*以内に揚水井戸の水位を低下させる措置を完了させる。

揚水井戸の水位に応じた LCO 逸脱時に要求される措置の例を表 7-5 に示す。具体的な要求される措置は今後保安規定に定める。

注記*：浸透流解析から評価した地下水位低下設備機能喪失後の時間余裕内で、原子炉建屋・制御建屋エリア、第3号機海水熱交換器エリアそれぞれに設定する。

表 7-5 揚水井戸の水位に応じた LCO 逸脱時に要求される措置の例
(原子炉建屋・制御建屋エリアの場合*)

	No.1揚水井戸の水位	No.2揚水井戸の水位	LOO	要求される措置	AOT
①	水位高高警報設定値未満	水位高高警報設定値未満	満足		
②	水位高高警報設定値以上	水位高高警報設定値未満	1つの揚水井戸の水位が逸脱	<ul style="list-style-type: none"> 他の揚水井戸の水位が制限値を満足していることを確認する。 及び 可搬ポンプユニットによる排水を開始し、当該揚水井戸の水位を制限値以内に復旧する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・速やかに ・3日間
③	水位高高警報設定値以上	水位高高警報設定値以上	2つの揚水井戸の水位が逸脱	<ul style="list-style-type: none"> 可搬ポンプユニットによる排水を開始する。 及び 高温停止とする。 及び 低温停止とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・24時間 ・24時間 ・38時間

注記*：第3号機海水熱交換器建屋エリアも同様に設定する。ただし、2つの揚水井戸の水位が逸脱した場合の「可搬ポンプユニットによる排水を開始する」措置のAOTは56時間とする。

7.1.3 サーベイランスの実施方針

揚水ポンプ自動運転の設定値は、揚水ポンプの発停頻度が1時間当たり2回程度になるよう考慮されている。したがって、運転上の制限を満足していることを確認するために、電源系及び制御系に異常がないこと、揚水ポンプが起動すること及び揚水ポンプの運転に伴い揚水井戸の水位が低下していることを、毎日1回、制御盤で確認し、LCOに関する点検結果の記録として保存する。なお、毎日1回の確認頻度は、異常の有無を常時監視している設備である計測及び制御設備を参考に設定している。

7.2 保守管理の方針

保全計画の策定では、原子炉施設保安規定において地下水位低下設備にLCOを設定することから、他のLCO設定設備と同様に、地下水位低下設備を「予防保全」の対象と位置付け管理するとともに、各エリアにおける全ての揚水井戸の機能喪失が発生しても、各エリアの排水機能の維持を可能とするため、「6. 地下水位低下設備の復旧措置に必要な資機材の検討」を踏まえ、必要台数を配備する。

7.2.1 地下水位低下設備の具体的な試験又は検査

地下水位低下設備は独立して試験又は検査ができる設計とする。

地下水位低下設備に係る試験又は検査の例を表 7-6 に、地下水位低下設備の検査項目と範囲を図 7-3 に示す。

表 7-6 地下水位低下設備に係る試験又は検査の例

項目	内容	頻度
水位検出器性能（校正）検査	水位検出器の校正を行い，適切な値が伝送されることを確認する。	定期事業者検査ごと
水位計設定値確認検査及びインターロック確認検査	水位計設定値が適切な値であること，インターロックが作動することを確認する。	定期事業者検査ごと
揚水ポンプ機能検査	インターロックの入力信号によりポンプが起動・停止することを確認する。	定期事業者検査ごと

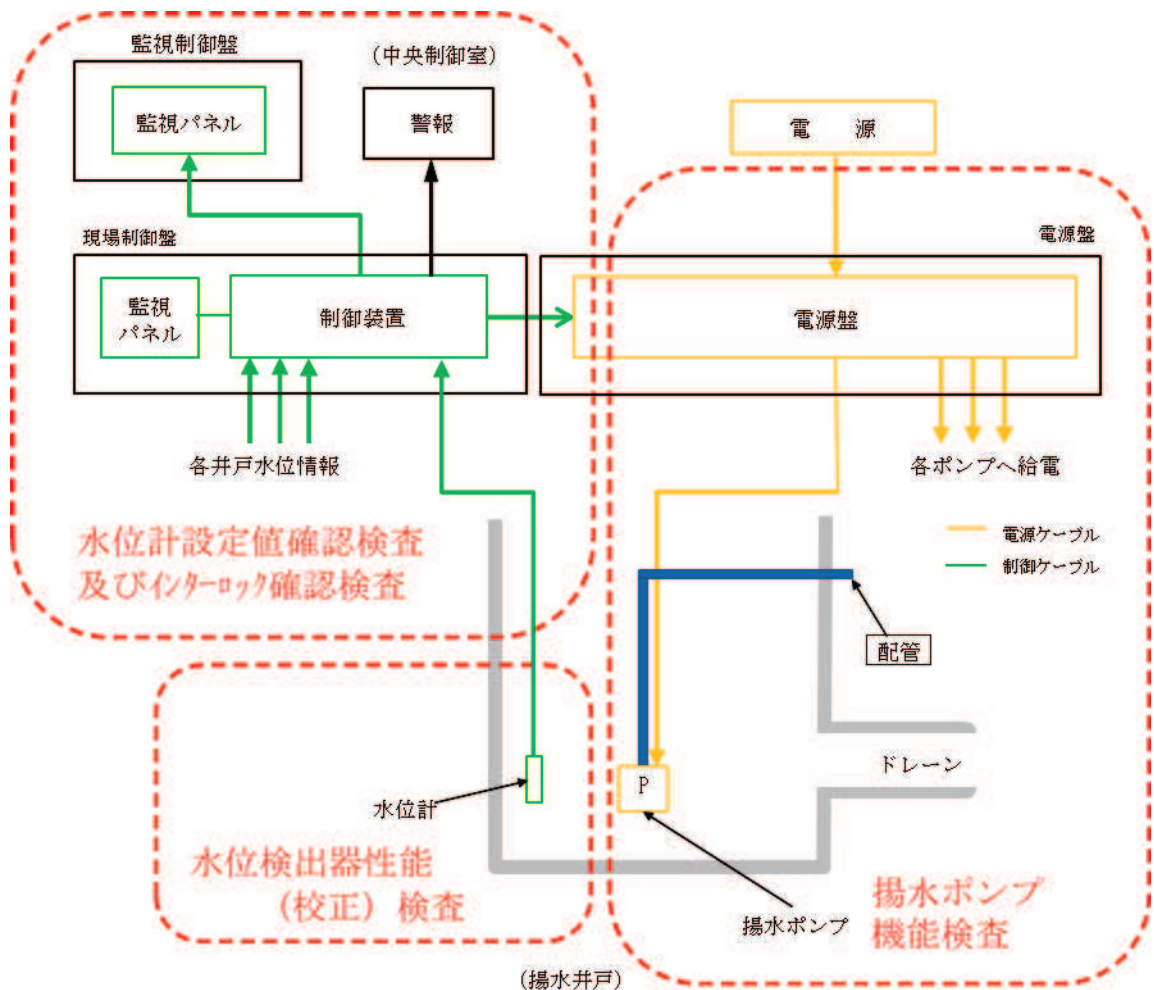


図 7-3 地下水位低下設備の試験又は検査項目と範囲