

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-他-F-24-0024_改5
提出年月日	2021年 11月 8日

屋外排水路の機能及び耐震性に係る設計方針について

2021年11月  
東北電力株式会社

## 目次

1.	はじめに.....	2
2.	地下水位低下設備について.....	2
2.1	地下水位低下設備の範囲.....	2
2.2	地下水位低下設備の設計流量.....	4
2.3	地下水位低下設備からの排水経路（通常時・地震時）.....	4
3.	設計用地下水位保持のための排水経路確保方針について.....	6
3.1	屋外排水路の設備構成と排水能力.....	6
3.2	地下水位低下設備で汲み上げた地下水の排水経路と損傷想定.....	9
3.3	屋外排水路の設計方針.....	11
3.4	地震時における地下水の排水経路.....	13
4.	他条文への影響.....	17
5.	工認図書における取扱い.....	20
6.	まとめ.....	23

## 1. はじめに

地下水位低下設備の機能を考慮した0. P. +14. 8m盤の施設等における設計用揚圧力・設計用地下水位は、地下水位低下設備により地下水を汲み上げ、0. P. +14. 8m盤から海へ屋外排水路を通じて排水されることにより保持される。

本書は、設計用揚圧力・設計用地下水位を一定の高さに保持し、技術基準第5条(耐震)に適合した状態を維持することに対する屋外排水路の位置付けと**設計**方針について整理するものである。

## 2. 地下水位低下設備について

### 2.1 地下水位低下設備の範囲

地下水位を一定の高さに保持するための地下水位低下設備の範囲を図1に示す。

ドレーン(ヒューム管・鋼管)により揚水井戸に集水した地下水は、揚水井戸内に設置する揚水ポンプにより配管を通じて0. P. +14. 8m盤へ汲み上げ、屋外排水路を通じて海へ排水される。地下水位低下設備の構成を表1, 系統構成を図2に示す。

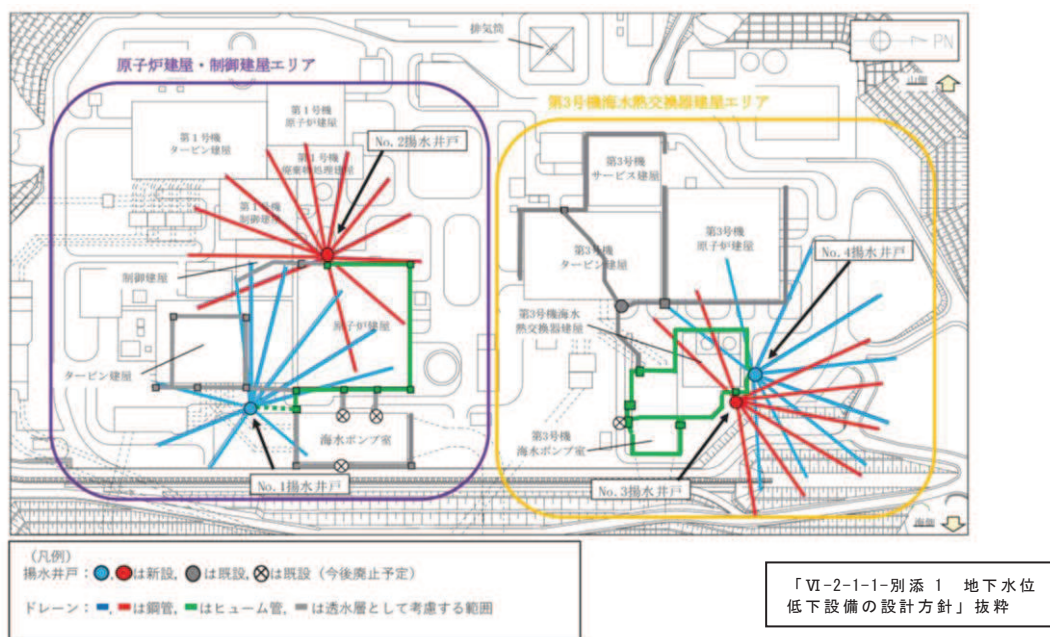
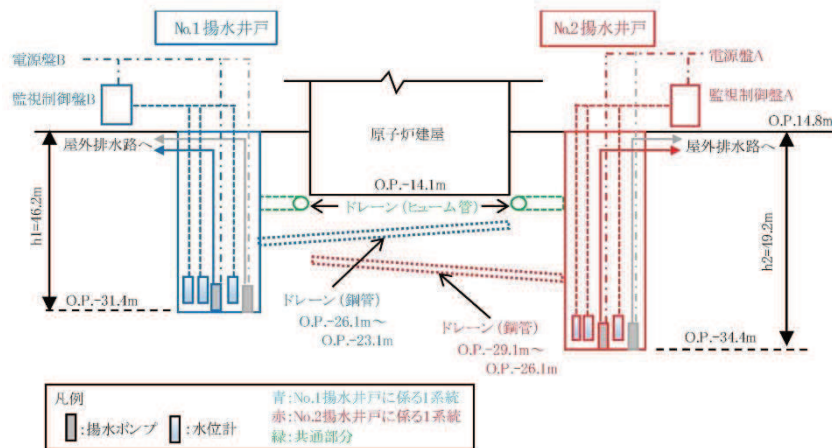


図1 地下水位低下設備の配置

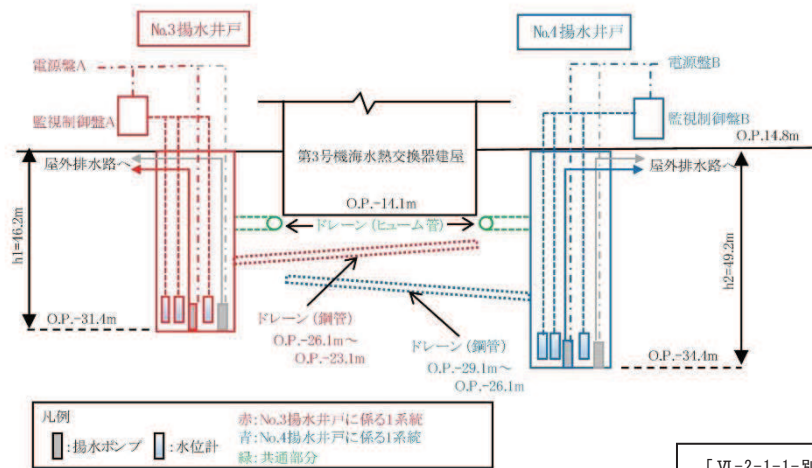
表1 地下水位低下設備の構成

機能	設備構成
集水機能	ドレーン 接続柵
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

「VI-2-1-1-別添1 地下水位低下設備の設計方針」抜粋



原子炉建屋・制御建屋エリア



第3号機海水熱交換器建屋エリア

「VI-2-1-1-別添1 地下水位低下設備の設計方針」抜粋

図2 地下水位低下設備の系統構成

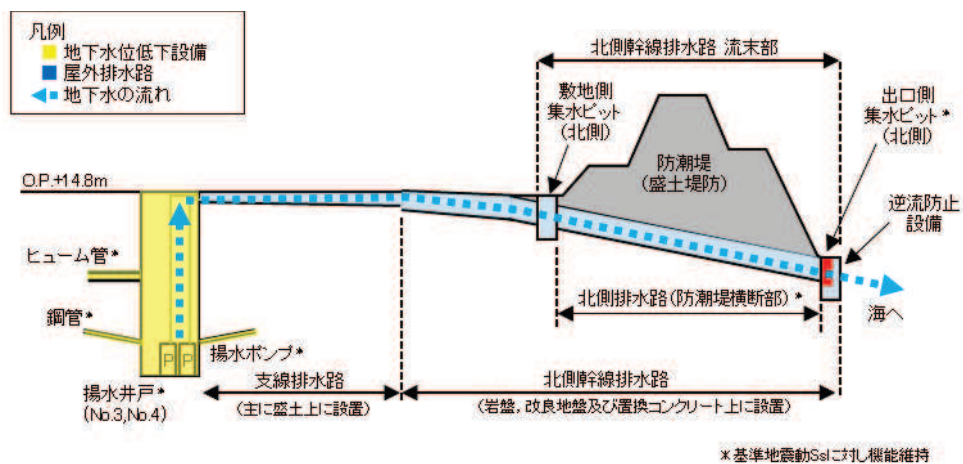
## 2.2 地下水位低下設備の設計流量

地下水位低下設備からの排水量は、保守的な解析条件（排水量を多めに評価するような透水係数設定など）を与えた浸透流解析より原子炉建屋・制御建屋エリアで8078m<sup>3</sup>/d、第3号機海水熱交換器建屋エリアで7046m<sup>3</sup>/d（各エリアの流入量合計15124m<sup>3</sup>/d）と評価しており、揚水ポンプの排水能力はこれを包絡するよう、設計流量を各エリアで9000m<sup>3</sup>/d、流量合計18000m<sup>3</sup>/d（0.21m<sup>3</sup>/s）と設定している（詳細は「VI-2-1-1-別添1 地下水位低下設備の設計方針」を参照）。

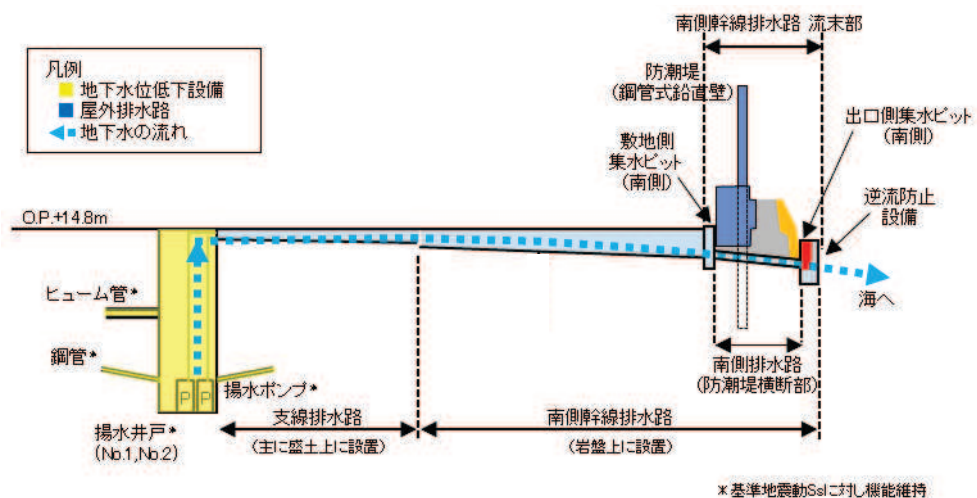
## 2.3 地下水位低下設備からの排水経路（通常時・地震時）

### (1) 通常時

地下水位低下設備から汲み上げた地下水は、揚水井戸出口の配管より支線排水路へ流れ、敷地の南北に設置される幹線排水路（北側幹線排水路、南側幹線排水路）を通じて海へ排水される（図3）。



(1) 北側幹線排水路への排水経路



(2) 南側幹線排水路への排水経路

図3 地下水位低下設備で汲み上げた地下水の排水経路

(2) 地震時

屋外排水路の一部が地震により損傷し機能低下した場合、排水経路が寸断され、海への排出が出来なくなる可能性が否定できない。

このため、地下水位低下設備より汲み上げた地下水を海へ排出可能な経路を確保する必要がある。

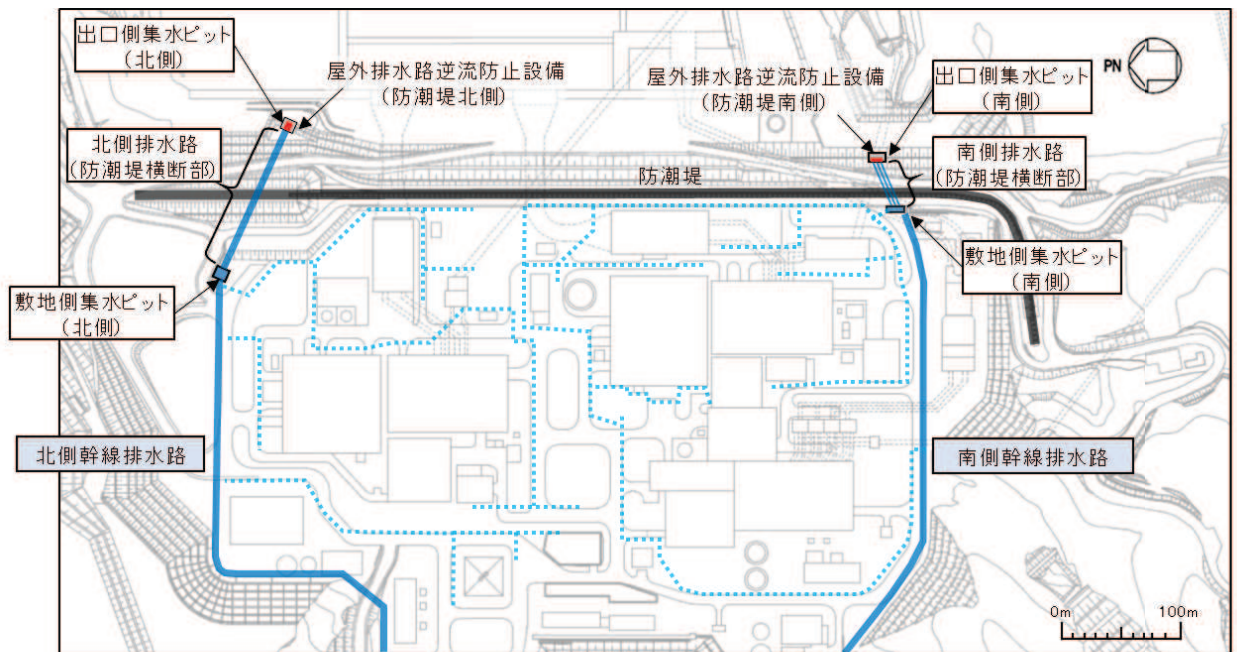
### 3. 設計用地下水位保持のための排水経路確保方針について

#### 3.1 屋外排水路の設備構成と排水能力

##### (1) 設備構成

屋外排水路は、第1号機～第3号機の主要建屋の北側と南側に設置される北側幹線排水路・南側幹線排水路と、これに接続する支線排水路にて構成され、北側・南側幹線排水路は、いずれも防潮堤横断箇所より上流側に敷地側集水ピット、下流側に出口側集水ピットを設置しており、出口側集水ピットに耐震Sクラスの逆流防止設備を設置している（図4）。

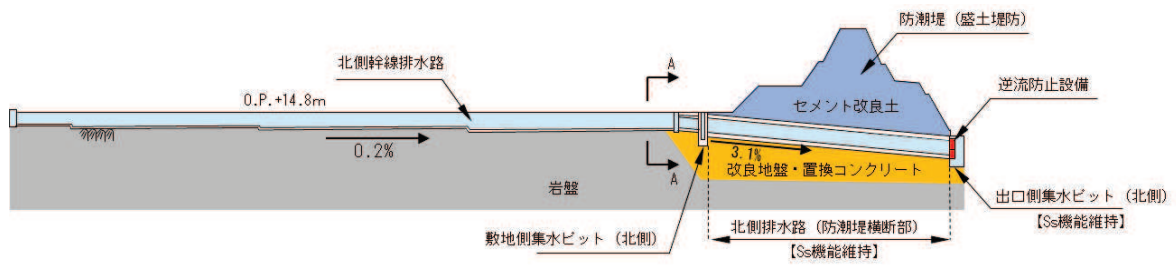
また、北側幹線排水路は岩盤、改良地盤及び置換コンクリート、南側幹線排水路は岩盤により支持されている（図5）。支線排水路はO.P.+14.8m盤付近に設置され、その多くの区間が盛土上に構築される。



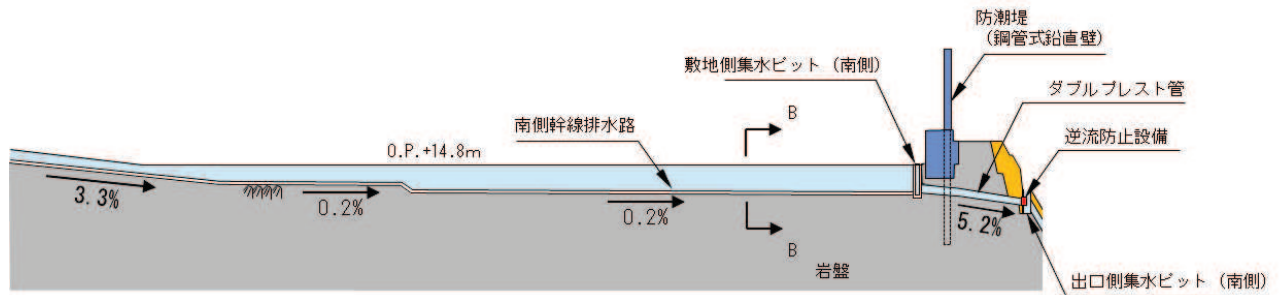
注：支線排水路(青点線)は2019年10月段階の配置を記載(今後の安全対策工事等によって変更可能性有)。



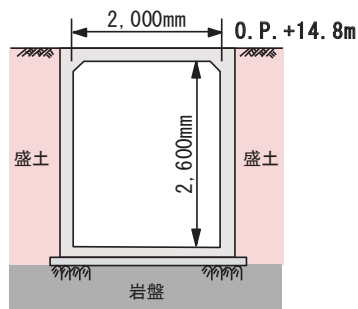
図4 屋外排水路の配置（設置変更許可段階）



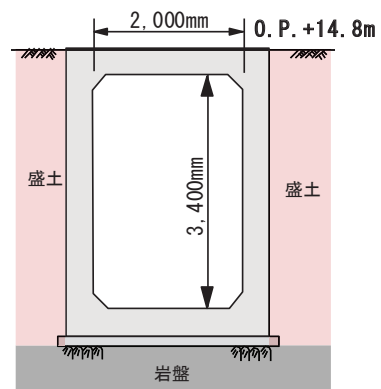
北側幹線排水路の縦断面図



南側幹線排水路の縦断面図



(A-A断面)



(B-B断面)

図5 北側・南側幹線排水路の縦断面図 (設置変更許可段階)

「補足 140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料」, 「補足 600-1 地盤の支持性能について」から抜粋・一部修正



(2) 排水能力

北側・南側幹線排水路の排水能力は表2に示すとおり，設計基準降水時（91.0mm/h）における雨水流入量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）を十分排出可能な設計となっている。

地下水位低下設備からの排水量（設計流量 $0.21\text{m}^3/\text{s}$ ）は，北側幹線排水路・南側幹線排水路いずれも排水可能である。

表2 幹線排水路の排水能力

排水路名	設計基準降水時（91.0mm/h） 雨水流入量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）	排水可能流量 （ $\text{m}^3/\text{s}$ ）
北側幹線排水路	9.4	51.1
南側幹線排水路	9.5	16.2

「女川原子力発電所2号炉設置変更許可申請書  
02-NP-0272（改114）別添資料1」より引用

### 3.2 地下水位低下設備で汲み上げた地下水の排水経路と損傷想定

2.3(2)の通り，地下水位低下設備より汲み上げた地下水を海へ排出可能な経路を確保する必要があることから，3.1に示す屋外排水路の設置状況を踏まえて，地下水の排水経路について地震時\*1における損傷時の影響と排水方法確保方法を検討した。

検討結果を表3に示す。

この検討結果を踏まえて，次項にて設計用地下水位に影響が生じないための屋外排水路に対する設計方針を整理した。

注記\*1：屋外排水路は基準地震動 $S_s$ に対する耐震性が確保されていない範囲を含むこと，参考資料1のとおりがれき等が直接流入しにくい構造であることから，排水機能低下が生じうる要因として地震を選定した。

表3 地下水位低下設備で汲み上げた地下水の排水経路に係る地震時の損傷影響と排水経路確保方法の検討

排水位置	排水位置から海への排水経路上の 屋外排水路の部位		設置状況	地震時の想定	排水経路確保方法 (下線は本整理を踏まえた対応)	
北側 (No.3 揚水井戸, No.4 揚水井戸)	支線排水路 (各揚水井戸出口から北側幹線排水路までの範囲)		盛土	地震時の不等沈下により設計時の排水勾配を確保できず、地表面に水が溢れる。 (この状態が継続し、O.P.+14.8m盤に有意な滞水が生じる場合、排水及び他の条文適合に影響が生じるおそれがある。)	<u>不等沈下を考慮した排水勾配を設定する。</u>	
	北側 幹線 排水路	流末部以外	岩盤	岩盤上に設置しており地震後も排水勾配が保持されるため排水可能である。	—	
		流末部	敷地側集水ピット (北側)	岩盤・改良地盤・置換コンクリート	閉塞等が生じた場合、排水に影響が生じ設計用地下水位を保持できないおそれがある。	<u>基準地震動 Ss に対し機能維持することを説明する。 (耐震計算書)</u>
			北側排水路 (防潮堤横断部)			基準地震動 Ss に対し機能維持することを説明する。 (波及的影響として確認)
出口側集水ピット (北側)	基準地震動 Ss に対し機能維持することを説明する。 (耐震 S クラス支持として確認)					
南側 (No.1 揚水井戸, No.2 揚水井戸)	支線排水路 (各揚水井戸出口から南側幹線排水路までの範囲)		盛土、岩盤・改良地盤	地震時の不等沈下により設計時の排水勾配を確保できず、地表面に水が溢れる。 (この状態が継続し、O.P.+14.8m盤に有意な滞水が生じる場合、排水及び他の条文適合に影響が生じるおそれがある。)	<u>不等沈下を考慮した排水勾配を設定する。</u>	
	南側 幹線 排水路	流末部以外	岩盤	岩盤上に設置しており地震後も排水勾配が保持されるため排水可能である。	—	
		流末部	敷地側集水ピット (南側)	岩盤	閉塞等が生じた場合、排水に影響が生じ設計用地下水位を保持できないおそれがある。	<u>基準地震動 Ss に対し機能維持することを説明する。 (耐震計算書)</u>
			南側排水路 (防潮堤横断部)	岩盤		基準地震動 Ss に対し機能維持することを説明する。 (CM 級の硬質な岩盤及びMMR 内に排水管(高密度ポリエチレン製波付管)を設置しており、排水管の損傷を仮定した場合でも周辺のMMR の応力状態には影響せず、基準地震動 Ss に対して通水断面の維持が可能。「補足 600-4 下位クラス施設の波及的影響の検討について」参照)
出口側集水ピット (南側)	岩盤	基準地震動 Ss に対し機能維持することを説明する。 (耐震 S クラス支持として確認)				

### 3.3 屋外排水路の設計方針

3.2に示した地下水の排水経路と損傷想定を検討を踏まえ、設計用地下水位に影響が生じないように、屋外排水路に対し以下の対策を講じる設計とする。

#### (1) 耐震性の確保

地下水位低下設備により汲み上げた地下水を確実に海へ排水し、設計用地下水位への影響を生じさせないために、北側幹線排水路流末部\*<sup>1</sup>及び南側幹線排水路流末部\*<sup>2</sup>について基準地震動S<sub>s</sub>に対し機能維持する設計とし、耐震Cクラス\*<sup>3</sup>に分類する(表4)。

技術基準第5条(耐震)適合上必要な屋外排水路の耐震性確保範囲を図6に示す。

注記\*1：北側幹線排水路流末部は、敷地側集水ピット(北側)、北側排水路(防潮堤横断部)、出口側集水ピット(北側)を指す。

\*2：南側幹線排水路流末部は、敷地側集水ピット(南側)、南側排水路(防潮堤横断部)、出口側集水ピット(南側)を指す。

\*3：耐震重要度は、その重要度に応じたクラス分類(S, B, C)と、それらに該当する施設が示されている。表4のとおり、屋外排水路は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、耐震Cクラスに分類した。

表4 北側幹線排水路流末部及び南側幹線排水路流末部における耐震設計上の重要度分類

耐震クラス	定義	対象とする施設の例	該当
S	地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいもの	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系</li> <li>使用済燃料を貯蔵するための施設</li> <li>原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設</li> <li>原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設 等</li> </ul>	×
B	安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設</li> <li>放射性廃棄物を内蔵している施設(ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則(昭和53年通商産業省令第77号)第2条第2項第6号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。)等</li> </ul>	×
C	Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設	-	○

「VI-2-1-4\_耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」を参照し作成

#### (2) 地震時の不等沈下を考慮した排水勾配の確保

各揚水井戸からの地下水の排水経路(0.P.+14.8m盤)のうち支線排水路は、地震時の不等沈下を考慮し、地震後においても支線排水路の排水勾配を確保し、岩盤等に支持される北側幹線排水路、南側幹線排水路へ排水できる設計とする。



注: 支線排水路(緑点線)は各揚水井戸より敷地側集水ピットへの排水経路として計画 (詳細配置は変更可能性有)。

- (凡例)
- 揚水井戸
  - 幹線排水路
  - ⋯ 支線排水路(各揚水井戸からの排水経路)
  - 基準地震動 $S_s$ に対する耐震性の確保範囲 (北側幹線排水路流末部, 南側幹線排水路流末部)

図6 技術基準第5条 (耐震) 適合上必要な屋外排水路の耐震性確保範囲

#### 3.4 地震時における地下水の排水経路

3.3に示す屋外排水路の設計方針を踏まえ、地下水の排水経路と設計用地下水位保持上必要な対応について以下のとおり整理し、各揚水井戸から汲み上げた地下水は確実に海へ排水されることを確認した。

(1) No.1揚水井戸からの排水経路

No.1揚水井戸からの排水が流れる支線排水路は、盛土部及び岩盤，改良地盤部により構成される（図7）。支線排水路上に想定される地盤の相対変位は最大38cm\*<sup>1</sup>である（図8）ことから、地震後においても正の排水勾配が維持されるよう支線排水路の縦断勾配を設定する。

注記\*1：盛土部の沈下率は参考資料2の通り1.4%と設定しており、これに層厚を乗じて設定した。沈下率設定の詳細は「補足200-14 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートについて」を参照。

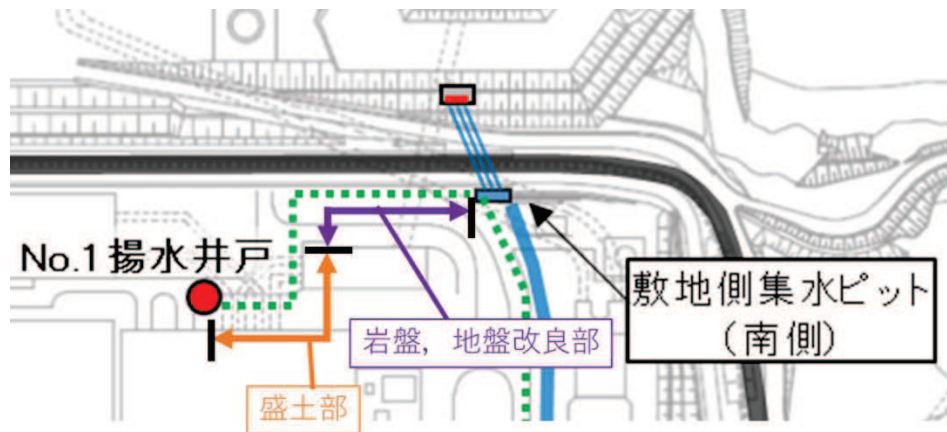


図7 No.1揚水井戸からの排水経路平面図

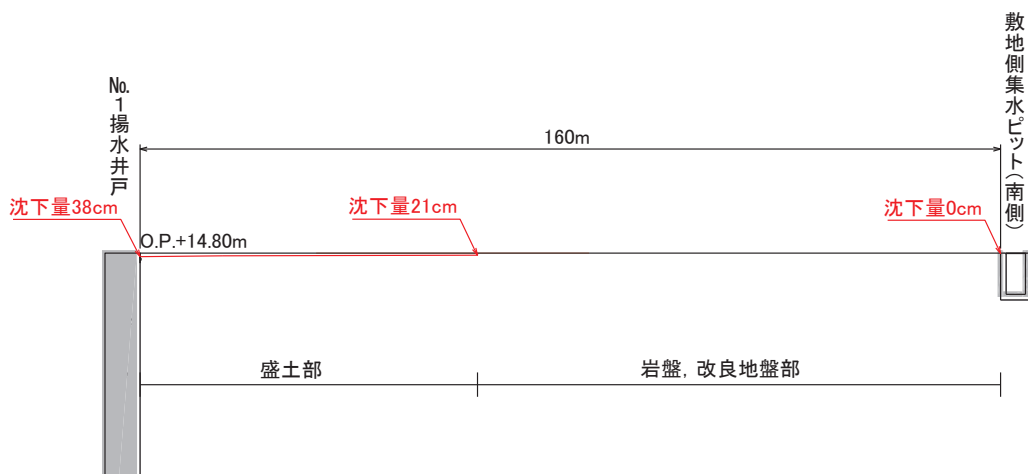


図8 No.1揚水井戸からの排水経路縦断図

注：沈下量は図6の支線排水路線形に対応した評価であり、変更可能性有。

(2) No. 2揚水井戸からの排水経路

No. 2揚水井戸からの排水が流れる支線排水路は、盛土部及び岩盤により構成される（図9）。支線排水路上に想定される地盤の相対変位は45cmである（図10）ことから、地震後においても正の排水勾配が維持されるよう支線排水路の縦断勾配を設定する。

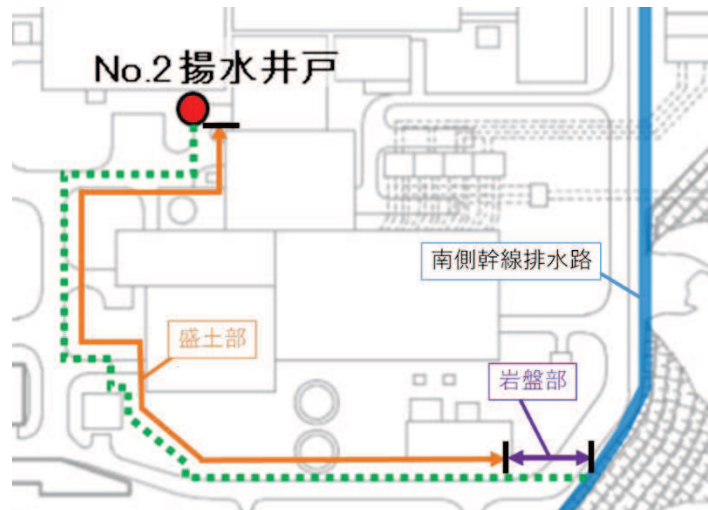


図9 No. 2揚水井戸からの排水経路平面図



図10 No. 2揚水井戸からの排水経路縦断図

注：沈下量は図6の支線排水路線形に対応した評価であり、変更可能性有。



(3) No. 3揚水井戸, No. 4揚水井戸からの排水経路

No. 3揚水井戸, No. 4揚水井戸からの排水が流れる支線排水路は, 盛土部により構成される(図11)。支線排水路上に想定される地盤の相対変位は最大42cmである(図12)ことから, 地震後においても正の排水勾配が維持されるよう支線排水路の縦断勾配を設定する。

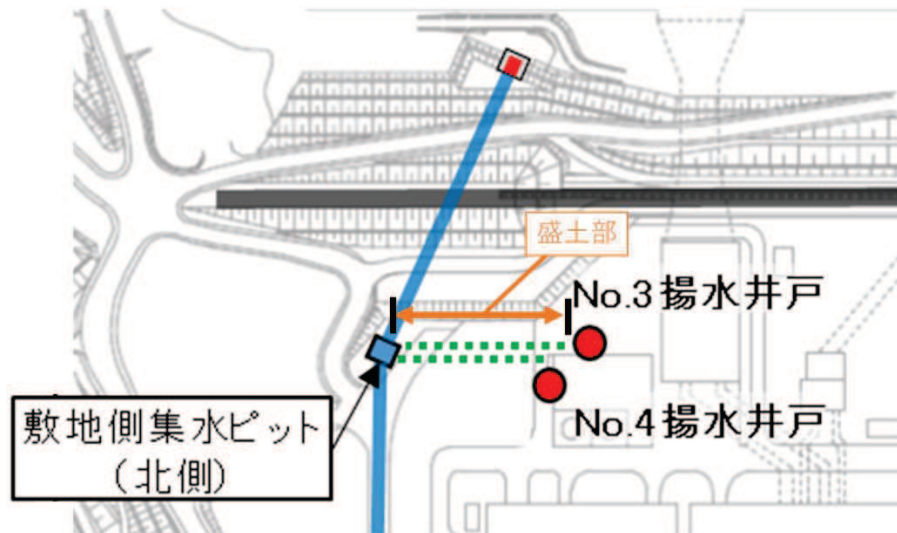


図11 No. 3, 4揚水井戸からの排水経路平面図

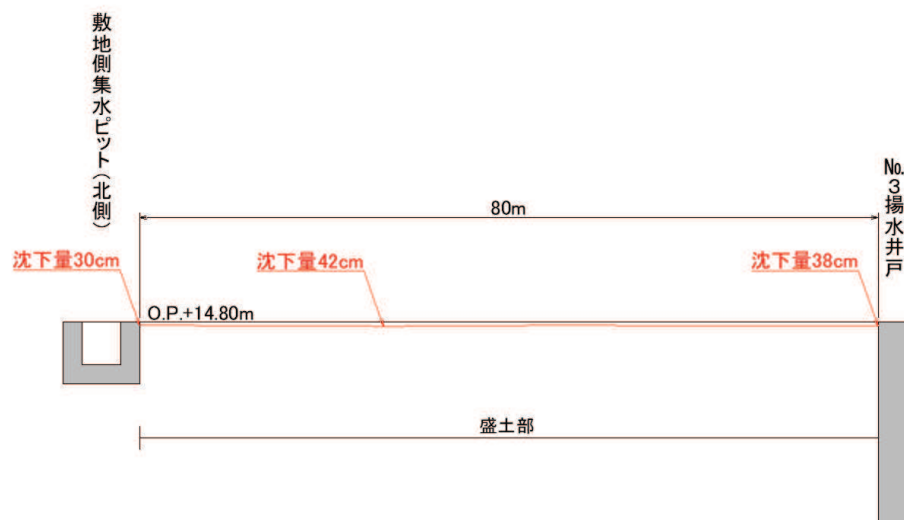


図12 No. 3, No. 4揚水井戸からの排水経路縦断図

注1: No. 3揚水井戸, No. 4揚水井戸からの排水経路が近接し盛土層厚もほぼ同様であるため, No. 3揚水井戸の評価で代表。  
注2: 沈下量は図6の支線排水路線形に対応した評価であり, 変更可能性有。

#### 4. 他条文への影響

3.3 に示す屋外排水路の設計方針を踏まえた各技術基準適合要求への影響について確認し、いずれも影響がないことを確認した。(詳細は表 5 参照)

表 5(1) 北側幹線排水路流末部の耐震性確保（技術基準第 5 条）を踏まえた  
各技術基準適合要求への影響

技術基準	設置変更許可時の説明	技術基準適合への影響
第 5 条 (耐震)	<p>— (屋外排水路は、設計基準降水量を上回る排水能力を有する設計としていることから、水位保持上の前提としていたが、基準適合上の位置付けに係る説明は無し)</p>	<p>・ 屋外排水路のうち北側・南側幹線排水路流末部の耐震性を確保することにより、水位保持上の前提である 0.P.+14.8m 盤から海へ排水される状態が確実に維持される。(設定した設計用揚圧力・設計用地下水位への影響はない。)</p>
第 6 条 (耐津波設計 (内郭防護))	<p>・ 内郭防護における屋外タンク等の損傷による溢水影響にて、屋外排水路の機能に期待しない評価を説明。(耐津波設計で考慮する敷地への溢水源の設定では、屋外排水路による排水を期待せず、敷地に滞留した場合であっても、浸水防護重点化範囲に流入しないことを確認。)</p>	<p>・ 屋外排水路の機能に期待しない評価を実施していることから、屋外排水路のうち北側・南側幹線排水路流末部の耐震性を確保した場合においても基準適合への影響はない。なお、屋外タンクの破損等により発生した 0.P.+14.8m 盤の水は地震随伴事象により発生するものであり、北側・南側幹線排水路流末部の耐震性を確保することによって、確実に屋外排水路を通じて海へ排水される。</p>
第 7 条 (外部事象(自然現象))	<p>・ 想定される自然現象(地震、津波を除く)に対し、屋外排水路の機能に期待する個別事象として、降水による浸水の影響評価を実施し、外部事象防護対象施設等がその安全機能を損なわないことを説明。(屋外排水路は、敷地への降水を海域に排水するものであり、設計基準降水量を上回る排水能力を有する設計としている。3.1(2)参照。)</p> <p>・ 自然現象の重量について、事象(影響モード)の内容を基に、影響が増長する事象の組合せを網羅的に検討し、降水を含む事象の組合せにおいて、影響が増長するものはないことを説明。(詳細については表 5(2)参照。)</p>	<p>・ 考慮する自然現象は降水であり、屋外排水路のうち北側・南側幹線排水路流末部の耐震性を確保した場合においても敷地への降水を海域に排水する機能に影響はなく、外部事象防護対象施設等の安全機能に影響を及ぼさないことから、基準適合への影響はない。また、自然現象の組合せの影響に対する確認結果は表 5(2)に示すとおりであり、降水による浸水影響の個別評価と変わらず、外部事象防護対象施設等の安全機能に影響を及ぼさないことから、基準適合への影響はない。なお、北側・南側幹線排水路流末部の耐震性を確保することによって、地震時においても確実に屋外排水路を通じて海へ排水される。</p>
第 12 条 (内部溢水)	<p>・ 屋外排水路の機能に期待しない溢水評価を説明。(屋外タンク等の損傷における敷地への溢水源の設定では、屋外排水路による排水を期待せず、敷地に滞留した場合であっても、防護対象設備に対して溢水影響を及ぼさないことを確認。)</p>	<p>・ 屋外排水路の機能に期待しない評価を実施していることから、屋外排水路のうち北側・南側幹線排水路流末部の耐震性を確保した場合においても基準適合への影響はない。なお、屋外タンクの破損等により発生した 0.P.+14.8m 盤の水は地震随伴事象により発生するものであり、北・南側側幹線排水路流末部の耐震性を確保することによって、確実に屋外排水路を通じて海へ排水される。</p>
第 54 条 (アクセスルート)	<p>・ 敷地への溢水(屋外タンク損傷)は、アクセスルート復旧作業の開始前に排水路から排水可能であり、アクセスルート復旧作業への影響はない。</p> <p>・ 排水を考慮しない場合でも可搬型車両の通行は可能であり、人員への影響も小さい。</p>	<p>・ 敷地への溢水(屋外タンク損傷)は、アクセスルート復旧作業の開始前に耐震性を確保した北側・南側排水路流末部より排水可能であり、アクセスルート復旧作業への影響はない。</p> <p>・ 排水を考慮しない場合、アクセスルートから、側溝やより沈下量の大きな建屋近傍へ流下するため、可搬型車両の通行は可能であり、人員への影響も小さい。</p>

表 5(2) 女川原子力発電所において想定される自然現象の組合せがプラントに及ぼす影響の評価結果（影響モード：浸水）（設置変更許可時の説明内容）

影響モードを含む事象	事象の組合せ	検討結果	備考
降水	風（台風）×降水	降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水路により排水することで敷地が浸水することはない。また、風（台風）による影響（荷重）を組み合わせたとしても降水による浸水影響の個別評価と変わらない。	女川原子力発電所 2 号炉設置変更許可申請書 02-NP-0272（改 114）外部からの衝撃による損傷の防止（その他外部事象）別添資料 1 第 5.3-8 表より抜粋
	（風（台風）×降水）×凍結×積雪	降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水路により排水することで敷地が浸水することはない。また、風（台風）及び積雪による影響（荷重）、及び、凍結による影響（温度及び閉塞）を組み合わせたとしても、降水による浸水影響の個別評価と変わらない。	
	（風（台風）×降水）×竜巻	降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水路により排水することで敷地が浸水することはない。また、風（台風）及び竜巻による影響（荷重）を組み合わせたとしても、降水による浸水影響の個別評価と変わらない。	
	（風（台風）×降水）×落雷	降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水路により排水することで敷地が浸水することはない。また、落雷による影響（電氣的影響）を組み合わせたとしても、降水による浸水影響の個別評価と変わらない。	
	（風（台風）×降水）×火山の影響	湿った降下火砕物が乾燥して固結することにより、排水口等を閉塞させ浸水することが考えられるが、固結した降下火砕物は降水により溶解するため浸水は生じない。また、風（台風）による影響（荷重）及び降水による影響（浸水）を組み合わせたとしても、降水による浸水影響の個別評価と変わらない。	
	（風（台風）×降水）×生物学的事象	降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水路により排水することで敷地が浸水することはない。また、風（台風）による影響（荷重）及び生物学的事象による影響（閉塞、電氣的影響）を組み合わせたとしても、降水による浸水影響の個別評価と変わらない。	
	（風（台風）×降水）×森林火災	降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水路により排水することで敷地が浸水することはない。また、風（台風）による影響（荷重）及び森林火災による影響（温度、閉塞、電氣的影響、摩耗）を組み合わせたとしても、降水による浸水影響の個別評価と変わらない。	
	（風（台風）×降水）×地震	降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水路により排水することで敷地が浸水することはない。また、風（台風）及び地震による影響（荷重）を組み合わせたとしても、降水による浸水影響の個別評価と変わらない。	
	（風（台風）×降水）×津波	降水及び津波による浸水影響が重畳することにより、敷地に対する浸水影響が増長すると考えられるが、構内排水路により排水することで敷地が降水により浸水することはないこと、基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により敷地内に到達することはないことから、敷地が浸水に至る可能性はない。なお、津波により所内の排水設備が使用できない場合でも、津波の継続時間は短いことから、降水により浸水に至る可能性はない。	

5. 工認図書における取扱い

3.2 に示す屋外排水路の設計方針について、表 6 のとおり各図書に整理する。

表 6(1) 地下水位低下設備に係る各図書における屋外排水路の記載について (1/3)

分類	対応箇所	対応内容 (3.2 に示す対策の反映箇所)
本文	基本設計方針 (5/50条)  原子炉冷却系統施設 (共通項目) 2. 自然現象 2.1 地震による損傷の防止 2.1.1 耐震設計 (5) 設計における留意事項 b. 主要施設への地下水の影響	▶以下の記載とする。  ・ 地下水位低下設備は、ドレーン、接続桝、揚水井戸、蓋、揚水ポンプ、配管、水位計、制御盤、電源 (非常用ディーゼル発電機)、電源盤及び電路により系統を構成する。  ・ 地下水位低下設備は、ドレーン及び接続桝により揚水井戸に地下水を集水し、揚水ポンプ (容量 375m <sup>3</sup> /h/個、揚程52m、原動機出力110kW/個) により、揚水ポンプに接続された配管を通して地下水を屋外排水路へ排水する。  (中略)  ・ 地下水位低下設備で汲み上げた地下水は、 <u>0. P. +14. 8m 盤から屋外排水路を通じて海へ排水することにより設計用揚圧力・設計用地下水位を保持する。</u>  ・ <u>0. P. +14. 8m 盤から海への排水経路として、屋外排水路のうち北側幹線排水路の流末部となる敷地側集水ピット (北側)、北側排水路 (防潮堤横断部)、出口側集水ピット (北側) と、南側幹線排水路の流末部となる敷地側集水ピット (南側)、南側排水路 (防潮堤横断部)、出口側集水ピット (南側) について基準地震動 S<sub>s</sub> に対し機能維持する設計とする。</u>

表 6(2) 地下水位低下設備に係る各図書における屋外排水路の記載について (2/3)

分類	対応箇所	対応内容 (3.2 に示す対策の反映箇所)
添付資料 (1/2)	VI-2-1-1 耐震設計の基本方針  VI-2-1-1-別添1 地下水位低下設備の設計方針	<p>▶なし (地下水位低下設備の設計方針として、地下水を屋外排水路へ排水することで、地下水位を一定の範囲に保持する設計とする旨を記載)</p>
	VI-2-13-1 地下水位低下設備の耐震計算の方針	<p>▶以下の通り、各計算書への紐付情報を記載する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位低下設備の計算結果は、添付書類「VI-2-13-… (中略) …」についての計算書に示す。</li> <li>地下水位低下設備にて集水した地下水は、屋外排水路のうち北側幹線排水路、南側幹線排水路を通じて0. P. +14. 8m盤から海に排水することから、この排水経路となる北側幹線排水路の流末部 (敷地側集水ピット (北側)、北側排水路 (防潮堤横断部)、出口側集水ピット (北側)) と、南側幹線排水路の流末部 (敷地側集水ピット (南側)、出口側集水ピット (南側)) における計算結果を示す。南側排水路 (防潮堤横断部) については、硬質な岩盤及びMMR内に設置されており、その設置状況から基準地震動Ssに対し通水断面の維持が可能であることを示す。</li> <li>敷地側集水ピット (北側) については「VI-2-13-4 地下水位低下設備揚水井戸の耐震性についての計算書」に、北側排水路 (防潮堤横断部) については「VI-2-11-2-19 北側排水路の耐震性についての計算書」に、出口側集水ピット (北側) については「VI-2-10-2-6-1-2 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側) の耐震性についての計算書」に示す。</li> <li>また、敷地側集水ピット (南側) については「VI-2-13-4 地下水位低下設備揚水井戸の耐震性についての計算書」に、出口側集水ピット (南側) については「VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) の耐震性についての計算書」に示す。南側排水路 (防潮堤横断部) については「VI-2-13-4 地下水位低下設備揚水井戸の耐震性についての計算書」に示す。</li> <li>「補足-600-4 下位クラス施設の波及的影響の検討について」に示す。</li> <li>耐震重要度分類における取扱いは「VI-2-1-4 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」に示す。</li> </ul>
	VI-2-1-4 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針	<p>▶耐震重要度分類表 (耐震Cクラス) に以下を記載する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>屋外排水路 (敷地側集水ピット (北側)、北側排水路 (防潮堤横断部)、出口側集水ピット (北側)、敷地側集水ピット (南側)、南側排水路 (防潮堤横断部)、出口側集水ピット (南側))</li> </ul>
	VI-2-13-4 地下水位低下設備揚水井戸の耐震性についての計算書	<p>▶以下を記載する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>敷地側集水ピット (北側) の計算結果</li> <li>敷地側集水ピット (南側) の計算結果</li> <li>南側排水路 (防潮堤横断部) の設置状況と、基準地震動Ssに対し通水断面の維持が可能であること</li> </ul>
	VI-2-11-2-19 北側排水路の耐震性についての計算書	<p>▶北側排水路 (防潮堤横断部) の計算結果を記載する。 (防潮堤への波及的影響として評価)</p>
	VI-2-10-2-6-1-2 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側) の耐震性についての計算書	<p>▶出口側集水ピット (北側) の計算結果を記載する。 (耐震Sクラスの屋外排水路逆流防止設備の支持構造物として評価)</p>
	VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) の耐震性についての計算書	<p>▶出口側集水ピット (南側) の計算結果を記載する。 (耐震Sクラスの屋外排水路逆流防止設備*の支持構造物として評価)</p>

注記\*: 出口側集水ピットが支持する逆流防止設備 (フラップゲート) の開機能維持については、「補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料」の「6.5.1.8 屋外排水路逆流防止設備の開閉機能の維持について」に詳細を示す。

表 6(3) 地下水位低下設備に係る各図書における屋外排水路の記載について (3/3)

分類	対応箇所	対応内容 (3.2 に示す対策の反映箇所)
添付資料 (2/2)	VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針	<p>▶以下の記載とする。</p> <p>5. 耐震評価における地下水位設定方針</p> <p>5.1 基本方針</p> <p>建物・構築物及び土木構造物は、地下水位低下設備*1の効果が及ぶ範囲においては、その機能を考慮した設計用地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。なお、地下水位低下設備の効果が及ばない範囲においては、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設計用地下水位を設定し、水圧の影響を考慮する。</p> <p>注記*1：<b>地下水位低下設備と排水経路確保について</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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地表面付近まで上昇するおそれがあることを踏まえ、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。</li> <li>・地下水位低下設備で汲み上げた地下水は屋外排水路を通じて O.P.+14.8m盤から海へ排水されることにより地下水位を一定の範囲に保持できる。</li> <li>・屋外排水路は、敷地の北側に設置される北側幹線排水路、敷地の南側に設置される南側幹線排水路及びこれらに接続される支線排水路より構成される。</li> <li>・揚水井戸で O.P.+14.8m盤に汲み上げた地下水は、揚水井戸上部の配管出口より支線排水路へ流れ、幹線排水路を通じて防潮堤下部を横断し海へ排水される。No.1揚水井戸・No.2揚水井戸からの排水は南側幹線排水路、No.3揚水井戸・No.4揚水井戸からの排水は北側幹線排水路にそれぞれ流れる。</li> <li>・地下水位低下設備で汲み上げた地下水の排水経路のうち、北側幹線排水路の流末部となる敷地側集水ピット（北側）、北側排水路（防潮堤横断部）、出口側集水ピット（北側）と、南側幹線排水路の流末部となる敷地側集水ピット（南側）、南側排水路（防潮堤横断部）、出口側集水ピット（南側）については、地下水位を一定の範囲に保持し技術基準第5条（耐震）に適合した状態を維持するため、基準地震動Ssに対し機能維持する設計とする。</li> <li>・各揚水井戸からの地下水の排水経路（O.P.+14.8m盤）のうち支線排水路は、地震時の不等沈下を考慮し、地震後においても排水勾配を確保し、岩盤等に支持される北側幹線排水路、南側幹線排水路へ排水できる設計とする。</li> </ul>
補足説明資料	補足 600-1 地盤の支持性能について	▶参考資料として「02-他-F-24-0024 屋外排水路の機能及び耐震性に係る <b>設計方針</b> について」を追加する。
	補足 600-25-1 地下水位低下設備の設計方針に係る補足説明資料	
	補足 600-25-2 地下水位低下設備の耐震性に係る補足説明資料	▶敷地側集水ピット（北側）及び敷地側集水ピット（南側）の計算結果に係る詳細情報を記載する。
	補足-600-4 下位クラス施設の波及的影響の検討について	▶南側排水路（防潮堤横断部）（防潮堤への波及的影響としての評価）

## 6. まとめ

設計用揚圧力・設計用地下水位を一定の高さに保持し、技術基準第5条（耐震）に適合した状態を維持することに対する屋外排水路の位置付けと設計方針について、以下のとおり整理した。

- ・地下水位低下設備の機能を考慮したO. P. +14. 8m盤の施設等における設計用揚圧力・設計用地下水位を一定の範囲に保持し、技術基準第5条（耐震）に適合した状態を維持する上で、地下水位低下設備で汲み上げた地下水を、屋外排水路を介して海へ排水可能な経路を確保する必要がある。
- ・地下水位低下設備で汲み上げた地下水の排水経路となる屋外排水路のうち、北側幹線排水路の流末部となる敷地側集水ピット（北側）\*、北側排水路（防潮堤横断部）、出口側集水ピット（北側）、南側幹線排水路の流末部となる敷地側集水ピット（南側）\*、南側排水路（防潮堤横断部）、出口側集水ピット（南側）については、地下水位を一定の範囲に保持するため、基準地震動Ssに対し機能維持する設計とし、耐震Cクラスに分類する。
- ・各揚水井戸からの地下水の排水経路（O. P. +14. 8m盤）のうち支線排水路は、地震時の不等沈下を考慮し、地震後においても排水勾配を確保し、岩盤等に支持される北側幹線排水路、南側幹線排水路へ排水できる設計とする。
- ・この方針により、地下水位低下設備で汲み上げた地下水がO. P. +14. 8m盤より海へ確実に排水されることから、技術基準第5条（耐震）に適合した状態を保持できることを確認した。また、関連する各技術基準適合要求への影響がないことを確認した。
- ・この方針について、技術基準第5条（耐震）適合上必要な設計として、本文（基本設計方針 第5/50条）並びに関連する添付資料、補足説明資料へ位置付ける。

注記\*：今回整理を踏まえて、設計結果を説明する範囲に追加



既設の屋外排水路の概要

1. 配置と排水能力

屋外排水路は、図1-1に示すとおり第1号機～第3号機の主要建屋の北側と南側に設置される幹線排水路及び幹線排水路に接続する支線排水路にて構成される。揚水井戸から汲み上げた地下水は、降雨の際の表面水と共に支線排水路を通過して図1-2に示す北側幹線排水路・南側幹線排水路に流れ、排水勾配により海へ排水される。

北側・南側幹線排水路上には、いずれも防潮堤横断箇所より上流側に敷地側集水ピット、下流側に出口側集水ピットを設置しており、海側の出口にはSクラスの逆流防止設備を設置している。

幹線排水路は、表1-1に示すとおり、設計基準降水時（91.0mm/h）における雨水流入量を十分排水可能な排水能力を有している。

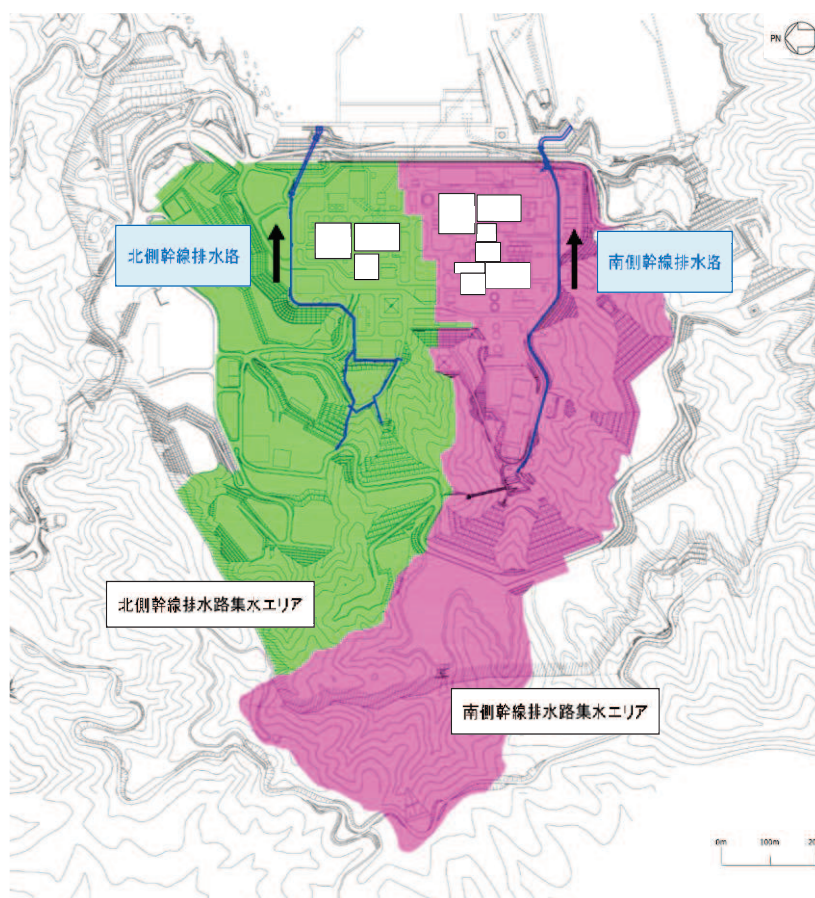


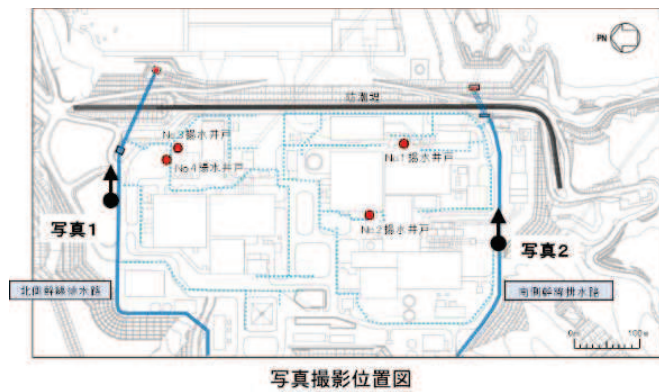
図1-1 既設の各幹線排水路の集水エリア



北側幹線排水路（写真1）



南側幹線排水路（写真2）



写真撮影位置図

図 1-2 既設の各幹線排水路の設置状況

表 1-1 幹線排水路の排水能力（本編 表2再掲）

排水路名	設計基準降水時（91.0mm/h） 雨水流入量（m <sup>3</sup> /s）	排水可能流量 （m <sup>3</sup> /s）
北側幹線排水路	9.4	51.1
南側幹線排水路	9.5	16.2

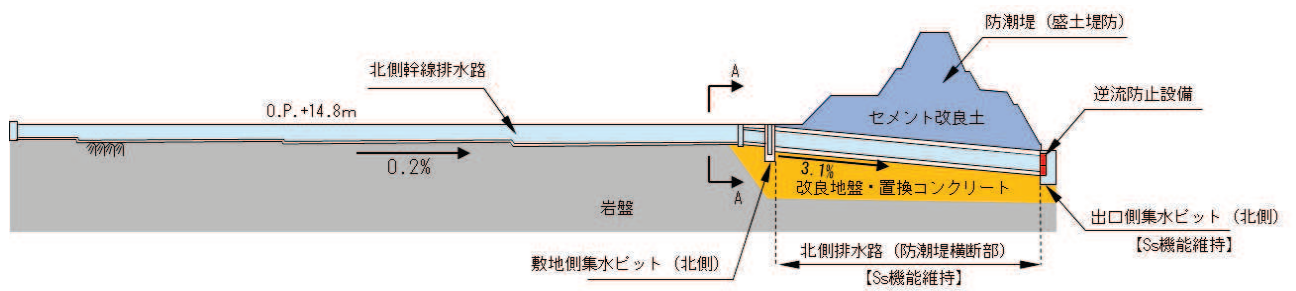
「女川原子力発電所2号炉設置変更許可申請書  
02-NP-0272（改114）別添資料1」より引用

## 2. 構造及び支持の状況

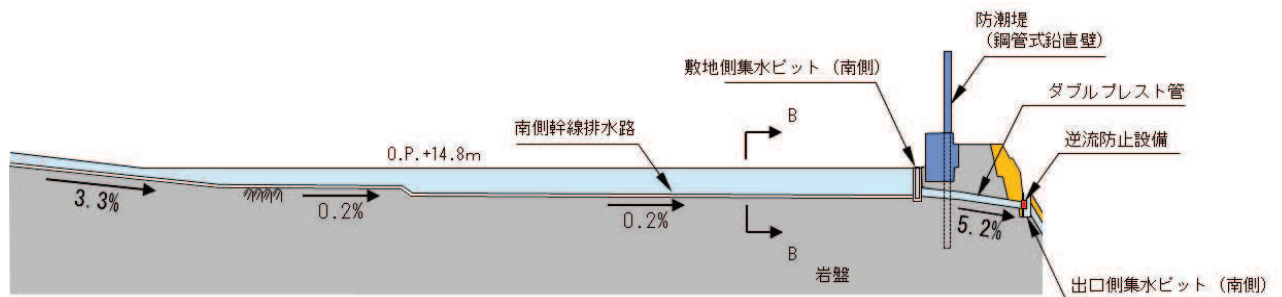
北側・南側幹線排水路の断面図を図1-3示す。

北側幹線排水路は岩盤、改良地盤及び置換コンクリート、南側幹線排水路は岩盤により支持されている。

また、支線排水路はO.P.+14.8m盤付近に設置され、その多くの区間が盛土上に構築される。



北側幹線排水路の縦断図



南側幹線排水路の縦断図

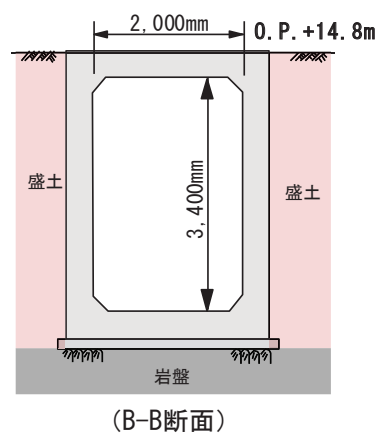
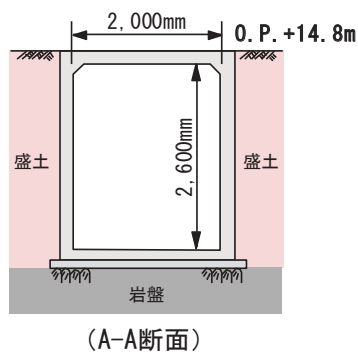


図1-3 北側・南側幹線排水路の断面図 (本編図3再掲)

「補足 140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料」, 「補足 600-1 地盤の支持性能について」から抜粋・一部修正

## 地震時における屋外アクセスルートの通行性に対する支線排水路の影響

## 1. はじめに

地下水位低下設備から汲み上げた地下水は、本編 3.2 の屋外排水路の設計方針により、O. P. +14.8m 盤へ地下水が溢れ、滞水させない設計とするため、地震時においても屋外アクセスルートの通行性への影響はない。

以下に、屋外排水路のうち支線排水路が機能喪失した場合における屋外アクセスルートの通行性への影響を説明する。

## 2. 地震時における屋外アクセスルートの通行性

可搬型重大事故等対処設備の屋外アクセスルートについては、添付書類「VI-1-1-6-別添 1 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートについて」において、地震時における盛土及び旧表土の不等沈下による段差を評価し、補強材敷設による事前の段差緩和対策、若しくは段差発生後の砕石を用いた重機による段差解消作業を実施することにより、車両の通行性に影響する急激な段差は発生せず、通行性を確保する設計としている。

また、想定以上の段差が発生した場合に備えて、段差解消作業用の土のう等を準備していることから（図 2-1 及び「補足 200-14 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートについて」）、地震により局所的に地表面が沈下し、想定箇所以外において通行に支障のある段差が発生した場合は、土のう等を用いた段差解消作業により通行性を維持する。

## 3. 支線排水路が機能喪失した場合の屋外アクセスルートの通行性

地震により支線排水路が機能喪失した場合は、盛土及び旧表土の不等沈下により発生する段差部に滞水する可能性があるが、補強材敷設による事前の段差緩和対策、若しくは段差発生後の砕石を用いた重機による段差解消作業を実施することとしていることから、屋外アクセスルートの通行性に影響を及ぼさない。

なお、図 2-2 のとおり、建屋近傍では地震時にくさび崩壊に伴う沈下が発生することを想定し、建屋近傍の沈下量は屋外アクセスルートの沈下量より大きいと評価していることから、支線排水路の機能喪失により汲み上げた地下水が支線排水路から溢れた場合においても、O. P. +14.8m 盤に溢れた地下水は屋外アクセスルート脇の建屋近傍に流下するため、屋外アクセスルートの通行性に影響を及ぼさないと考えられる。

## 想定以上の段差が発生した場合の対応について

アクセスルート上で地震により許容段差量 15cm\*以上の段差が発生する可能性のある箇所については、あらかじめ対策工を施すか、又は段差発生後にブルドーザで碎石を敷き均す段差解消作業を実施することで対応することから、大型車両の通行に支障となる段差は発生しない。

万一、許容段差量を超えて通行に支障が生じた場合の対応として、作業員1名があらかじめブルドーザに積載している角材及び土のうを用いて段差を解消することにより、大型車両の通行性を確保できることを実証試験にて確認した。

なお、ブルドーザにより実施することを想定しているがれき撤去作業及び段差解消作業は2名1組での作業を計画しており、上記の角材及び土のうによる段差解消作業もこの2名1組で対応可能であることから、追加人員は不要である。

※ 依藤ら：地震時の段差被害に対する補修と交通開放の管理・運用方法について  
(平成19年近畿地方整備局研究発表会)



段差復旧作業状況



大型車両通行状況

(参考) 実証試験において段差1箇所の復旧に要した時間：約20分

第1図 段差復旧実証試験の状況



第2図 角材及び土のうの積載箇所(ブルドーザ)

女川原子力発電所2号炉設置  
変更許可申請書 02-NP-  
0084(改116)添付書類 1.0.2  
補足資料(5)抜粋

図2-1 想定以上の段差が発生した場合の対応について

(1) 沈下量の想定

2011年東北地方太平洋沖地震の実績では、明らかなくさび崩壊に伴う建物近傍の大きな沈下は確認されていないが、本評価においては2007年新潟県中越沖地震における東京電力柏崎刈羽原子力発電所の結果を参照して建屋近傍の沈下量は一般部の3.5倍と想定して評価する。

a. 一般部の沈下量

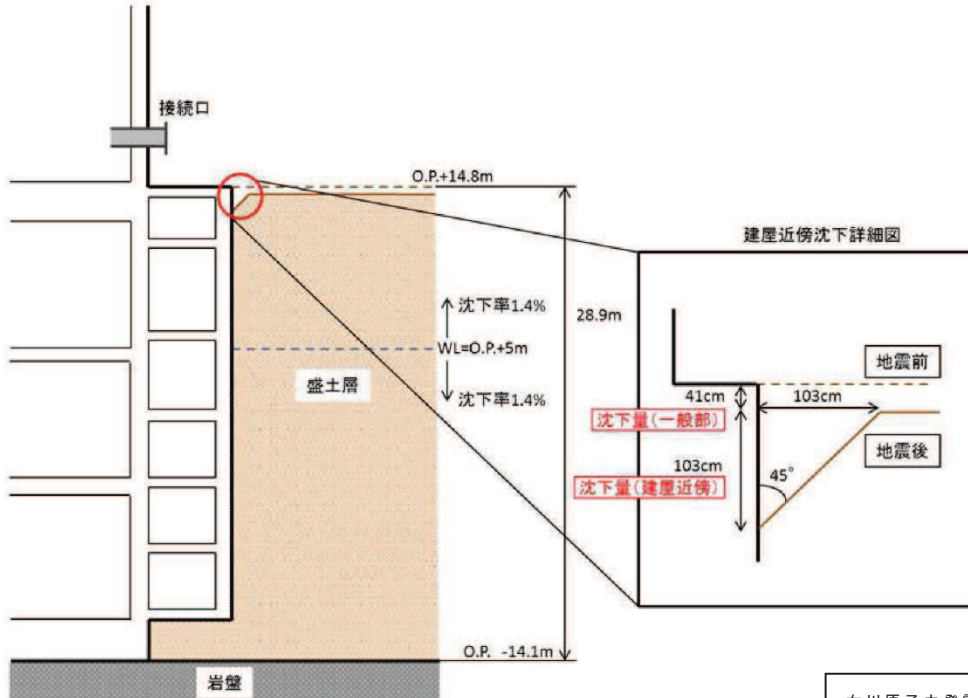
原子炉建屋近傍における沈下評価対象層厚は28.9mであり、不飽和盛土及び飽和盛土の沈下率1.4%を考慮し、41cmを想定する。

b. 建屋近傍の沈下量

建屋近傍の沈下について、一般部の想定41cmの3.5倍である144cmを想定する。

c. 地震後の想定地盤形状

a. 及び b. の想定を踏まえ、地震後の想定形状を第2図に示す。



第2図 地震後の想定地盤形状

女川原子力発電所2号炉設置  
変更許可申請書 02-NP-  
0084(改116)添付書類 1.0.2  
別紙 29-2 抜粋

図 2-2 建屋近傍におけるくさび崩壊に伴う沈下量の想定