

第22章 自然災害事故

22-2 津波発生

(A) 近地津波発生の場合

1. 事故概要

土木学会「原子力発電所の津波評価技術」に基づく評価によると、チリ沖で津波が発生した場合の潮位低下が最も大きく、循環水ポンプ(CWP)及び補助海水ポンプ(ASWP)の渦流吸込レベルを下回ると共に、一部の非常用海水ポンプの渦流吸込レベルを下回る可能性のあることが確認されている。また、チリ沖で発生した津波以外の遠地を含めた津波※発生の場合、CWP及びASWPの渦流吸込レベルを下回る可能性はあるが、非常用海水ポンプについては渦流吸込レベルを下回らないことが確認されている。

津波が発生した場合は、引き波時に潮位が大きく低下し、CWP、ASWP損傷の恐れがある。

津波が発生し、気象庁より津波警報が発表された場合は、運転管理部長に報告すると共に津波情報を基にITV等により潮位の監視を行う。津波の影響による潮位低下が確認された場合は、更に監視を強化し、CWP又はASWP吐出圧力の低下又はハンチングが継続する場合は、CWP、ASWPの保護を最優先し、潮位の低下によりCWP又はASWPの吐出圧力の低下又はハンチングが確認された場合には、CWP1台を停止すると共にPLRにより緊急出力降下を行う。

更に、CWP又はASWPの吐出圧力の低下又はハンチングが継続する場合には、CWPを全台停止すると同時に、原子炉を手動スクラムする。また、CWPを全台停止しても、ASWP吐出圧力のハンチングが継続する場合には、ASWPを全台停止する。

CWPを全台停止し、原子炉手動スクラムした場合には、原子炉は主蒸気隔離弁(MSIV)を手動閉とし、水位維持は原子炉隔離時冷却系(RCIC)又は高压注水系(HPCI)、炉圧調整は主蒸気逃がし安全弁(SRV)により行うことになるため、サブプレッションプール(S/P)冷却を実施する。また、タービン系は、CWP及びASWPの全停により、復水器真空破壊、給・復水系の全停等の措置が必要となる。

※本手順書において、チリ沖で発生した以外の遠地津波についても近地で発生した津波の手順を適用して実施する。

2. 操作のポイント

- (1) 地震及び津波に関する情報は、防災情報システム、小名浜海上保安部(Fネット)、中央給電指令所FAX、商用テレビ等の各情報機関を通じて入手する。
- (2) 「津波注意報」又は「津波警報」が発令された場合は、ページングにより取水口周辺及び屋外の作業者及び見学者等に避難を指示する。
- (3) 「津波注意報」又は「津波警報」が発令され、2号機取水口制御盤に「潮位低」警報が発生した場合は、1-2号中操から他中操へ連絡する。
- (4) 津波の影響により、原子炉施設に重大な影響を及ぼす可能性があるとして判断した場合は、保安規定第17条(地震・火災等発生時の対応)に基づき運転管理部長に報告する。事前にユニットを停止する場合は、ユニット操作手順書による。
- (5) 潮位低下により発電機出力を降下させることが予測される場合は、早目に基幹系統給電指令所へ連絡する。
- (6) CWP及びASWP保護を最優先する。潮位が低下し、CWP又はASWPの吐出圧力の低下又はハンチングが発生した場合は、CWPを停止する。
尚、CWPの停止判断は取水口水位とCWP又はASWP吐出圧力の低下又はハンチング等を総合的に確認し停止決定する。

また1台目のCWP停止は、ポンプ配置からC号機を停止した方が、ASWPの吐出圧力回復に効果があり、当該ポンプ停止後はプラントを出力降下し様子を見る。

- (7) CWP 1台目停止による水位回復が見られない場合には、残りのCWPを順次停止する。CWP全台停止した場合には、原子炉手動スクラム後、タービンを手動トリップする。また、CWP全台停止してもASWPの吐出圧力ハンチングが継続する場合はASWPを全台停止する。

3. 関連インターロック、設定値及び関連規定

(1) 警報

a. INTAKE FACILITY TROUBLE

- | | | |
|--|-------------|-------------|
| (a) 潮位低 | <取水口スクリーン前> | 0P-730 mm |
| 潮位低 | <取水口スクリーン後> | 0P-1030 mm |
| (b) 水位差大 | | 300 mm |
| (c) 水位差異異常大 | | 600 mm |
| (d) 洗浄水圧低 | | 0.29MPa |
| b. AUX SEA WTR PUMPS DISCH HEADER PRESS LO | | 0.38MPa |
| c. CIRC WTR PUMPS DISCHARGE PRESS LO | | 0.018MPa |
| d. MAIN CONDENSER LO VACUUM | | 13.3kPaabs |
| e. MAIN CONDENSER LO VACUUM TRIP | | 23.46kPaabs |
| f. RFP-T 2A(B) LO VACUUM | | 23.7kPaabs |
| g. TURBINE LO VACUUM TRIP | | 25.3kPaabs |
| h. RFP-T 2A(B) VACUUM TRIP | | 33.9kPaabs |

(2) インターロック

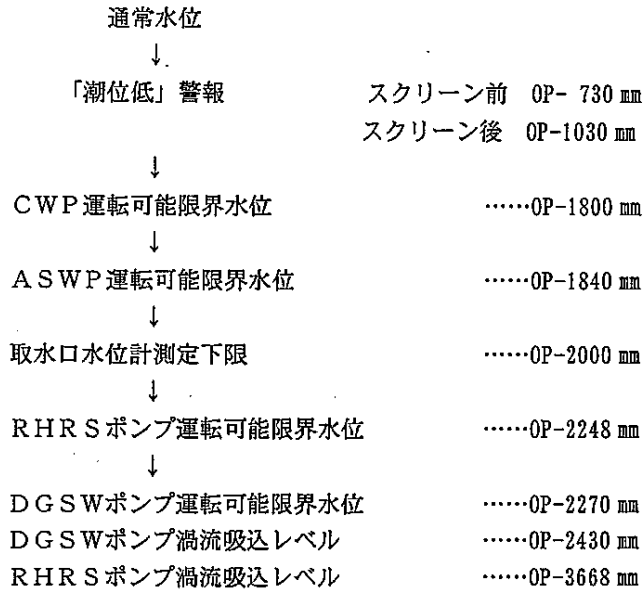
- スクリーン自動起動…スクリーン水位差大 300 mm
- スクリーン自動停止…スクリーン水位差小 200 mm+スクリーン運転タイマ設定時間経過

(3) 関連規定

保安規定第17条(地震・火災等発生時の対応)

<参考資料>

(1) 各水位の関係



※運転可能限界水位は、ポンプが所定の性能を維持するための目安水位を示す。従ってCWP, ASWP停止の判断は潮位及びポンプ吐出圧力から総合的に判断する。渦流吸込レベルは(ベルマウス下端レベルより1.3D : Dベルマウス径)はポンプが空気を吸い込む可能性のあるレベルを示す。

(2) 福島第一原子力発電所におけるシミュレーション結果

シミュレーションは、朔望平均満・干潮位を考慮して、設計津波水位を設定した。なお検討結果は、最大値を与える波源による、プラントごとの値を評価している。

上 昇 側			下 降 側		
近地津波			近地津波		
1号:	O. P.	+5.4m	1号:	O. P.	-2.1m
2号:	O. P.	+5.4m	2号:	O. P.	-2.2m
3号:	O. P.	+5.5m	3号:	O. P.	-2.3m
4号:	O. P.	+5.5m	4号:	O. P.	-2.4m
5号:	O. P.	+5.6m	5号:	O. P.	-2.2m
6号:	O. P.	+5.7m	6号:	O. P.	-2.4m
遠地津波			遠地津波		
1号:	O. P.	+5.4m	1号:	O. P.	-3.5m
2号:	O. P.	+5.4m	2号:	O. P.	-3.6m
3号:	O. P.	+5.5m	3号:	O. P.	-3.6m
4号:	O. P.	+5.5m	4号:	O. P.	-3.6m
5号:	O. P.	+5.4m	5号:	O. P.	-3.6m
6号:	O. P.	+5.5m	6号:	O. P.	-3.6m

※チリ津波が発生した場合到達にかかる目安時間

チリ沖地震発生～福島の初期変動＝約2.3時間

(3) 津波情報について

a. 気象庁発表の津波情報

a-1. 現状の津波情報

気象庁は日本近海で発生する津波に関して、平成11年4月から約10万ケースの津波シミュレーションを基にした量的津波予報を開始した。また、遠地津波に関しては、環太平洋の約100地点に波源を設定して津波シミュレーションを実施し、その結果を基に津波予報を行っている。

津波情報は、「津波警報」「津波注意報」「地震・津波に関する情報」に大別される。発令地域は県単位、津波高さの予想は8段階で発表される。

津波警報 大津波 =高いところで3m以上(3m, 4m, 6m, 8m, 10m以上)

津 波 =高いところで2m程度(1m, 2m)

津波注意報 津波注意 =高いところで0.5m程度(0.5m)

地震発生約3分：津波予報

(津波の襲来が予想される地域、津波の高さの予報、日本近海で発生した場合、地震発生後約3分程度で発表)

随 時 : 津波情報

(予想される津波の高さの詳細、及び津波の予想到達時刻、あるいは実際に観測された津波の高さ・時刻を発表)

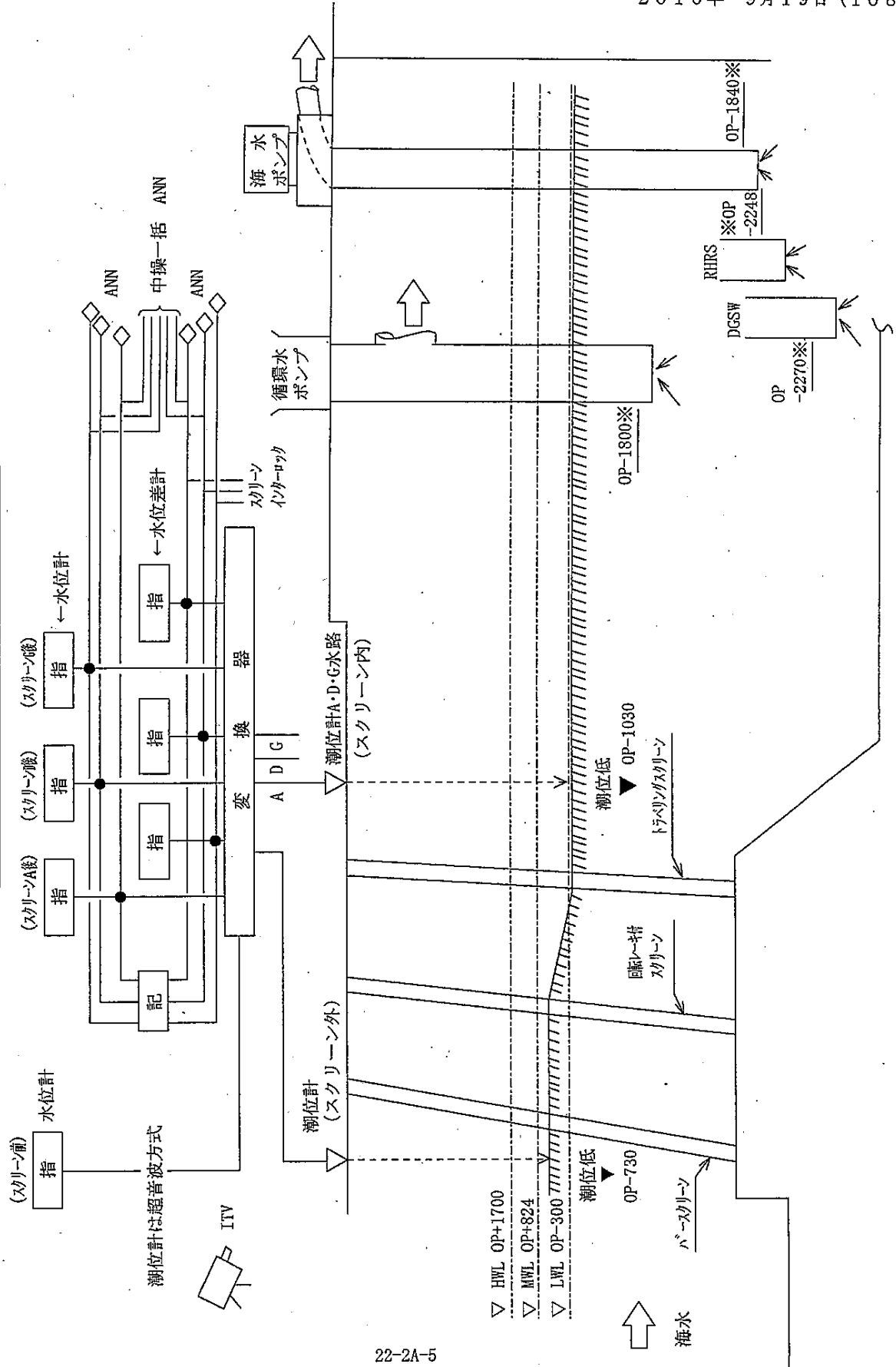
随 時 : 津波情報の更新

a-2. 津波予報の修正

津波予報は、解析により得られた予測値と観測結果を比較し、それに基づいて津波予測値を修正し、予報を行うこととなっているため、随時修正される可能性がある。

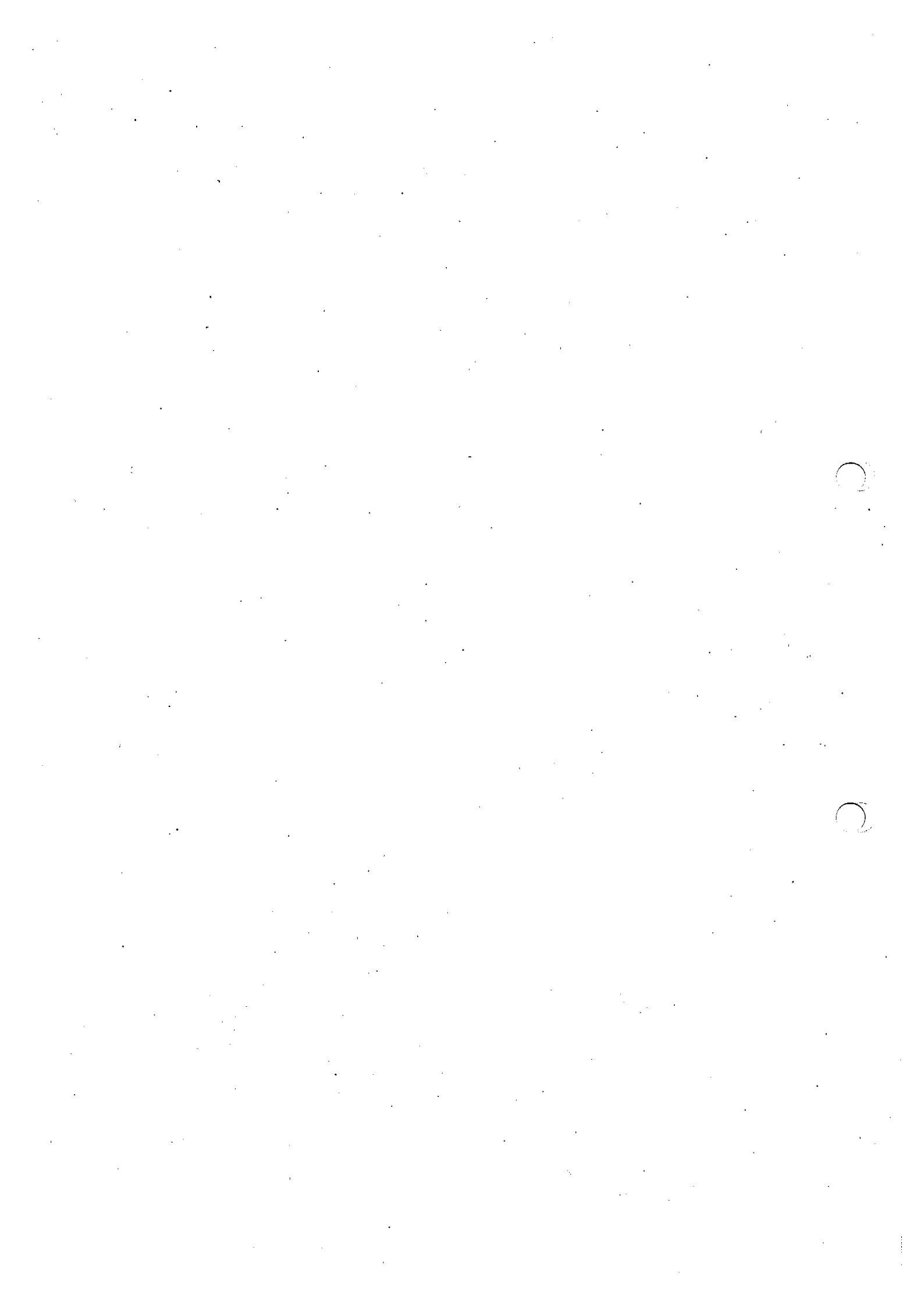
遠地津波については、ハワイ・ホノルルの太平洋津波警報センターからの情報、及び気象庁が直接監視している太平洋18地点の潮位観測データと予測値を比較し、修正を行い、予報を行うこととなっている。

2号機取水口断面概観図



※は運転可能限界水位を示す

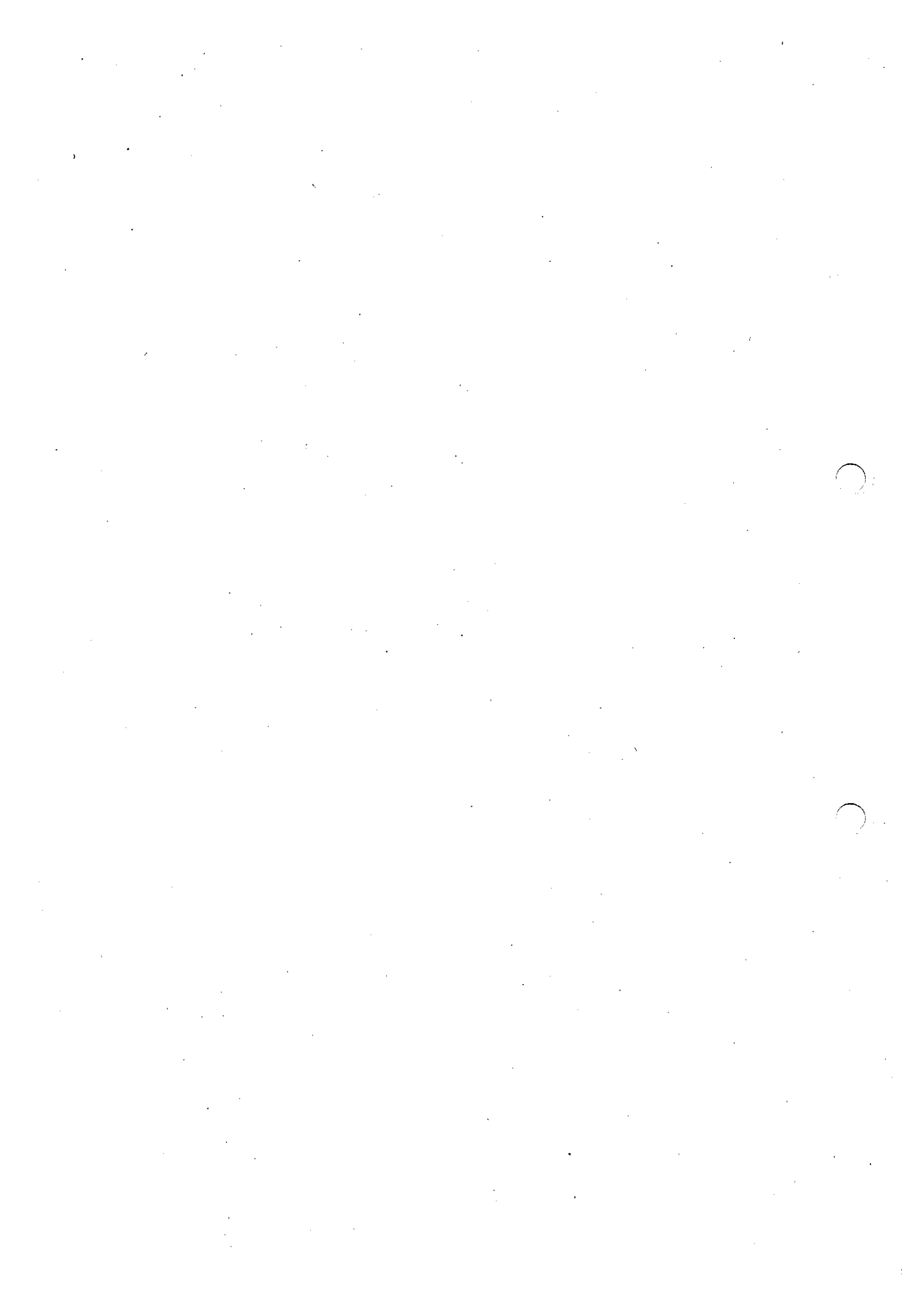
22-2A-5



(参考) 各海水系ポンプの限界水位

単位 (mm)

	CWP	S W	DGSW	RHRS	備 考
①ベルマウス径	3200	800	400	640	*1 NPSHによる必要没水深さの考え方 (原子力建設部検討資料より) Av. NPSH \geq Req. NPSH...① インペラ基準面における Av. NPSHは次式で表される。 Av. NPSH = 大証 + 静傾 (L-1) - 水の静圧係数...② ポンプ没水深さ (L) はインペラ基準面から上部寸法 (L1) と下部寸法 (L2) の和で求められ、下部寸法 (L2) はベルマウス下端からインペラ基準面までのポンプ流水部寸法で各々のポンプ固有の寸法である。 L = L1 + L2...③
②Req. NPSH 100%Q Req. NPSH RUN OUT Av. NPSH L ₂ NPSH必要没水深さ *1	1400	6900 555	7700 0	6400 2720	以上の①②③式から必要最低没水深さ (L) は次式のようになる。 L = Req. NPSH - 大証 + 水の静圧係数 + (L2) 尚、上記 Req. NPSH は通常最も大きな値となるランナウト流量時の値を使用する。ここで、 ・大証 (10.33m) ・水の静圧係数 (0.43m) ・ベルマウス下端からインペラ基準面までの寸法 (L2) の値を使用する。
③空気吸込み没水深さ *2	3300 / OP. -1800	1360	680	1088	*2 「③空気吸込み防止深さ」については自由水面が (CWPが空)：ポンプピット室天井面からの没水深さ実際はこの水位で決まる ・自由水面がある場合 (CWPが空)：1.7D (JSMC 既定値) 無注水型のポンプで起動時にだけ考慮すればよい値
④ベアリング没水深さ *3	3500 / OP. -1600	350	466	2780 (ドライ起動可能)	*3 「⑤必要没水最大深さ」については、②③④のうち一番厳しい没水深さ CWPピット室天井面による空気吸込み防止を行っているため、CWPの運転可能限界水位はこの値を採用する。
⑤必要没水最大深さ *4	3300 / OP. -1800 *5	1360	680	2720	
⑥ベルマウス下端レベル	OP. -5100	OP. -3200	OP. -2950	OP. -4968	
⑦運転可能限界水位；⑤+⑥	OP. -1800	OP. -1840	OP. -2270	OP. -2248	
⑧射流発生限界水位 外洋水位 ポンプ室水位	-	-	-	-	
⑨限界水位 (⑦⑧最高水位) ポンプ室水位	OP. -1800	OP. -1840	OP. -2270	OP. -2248	

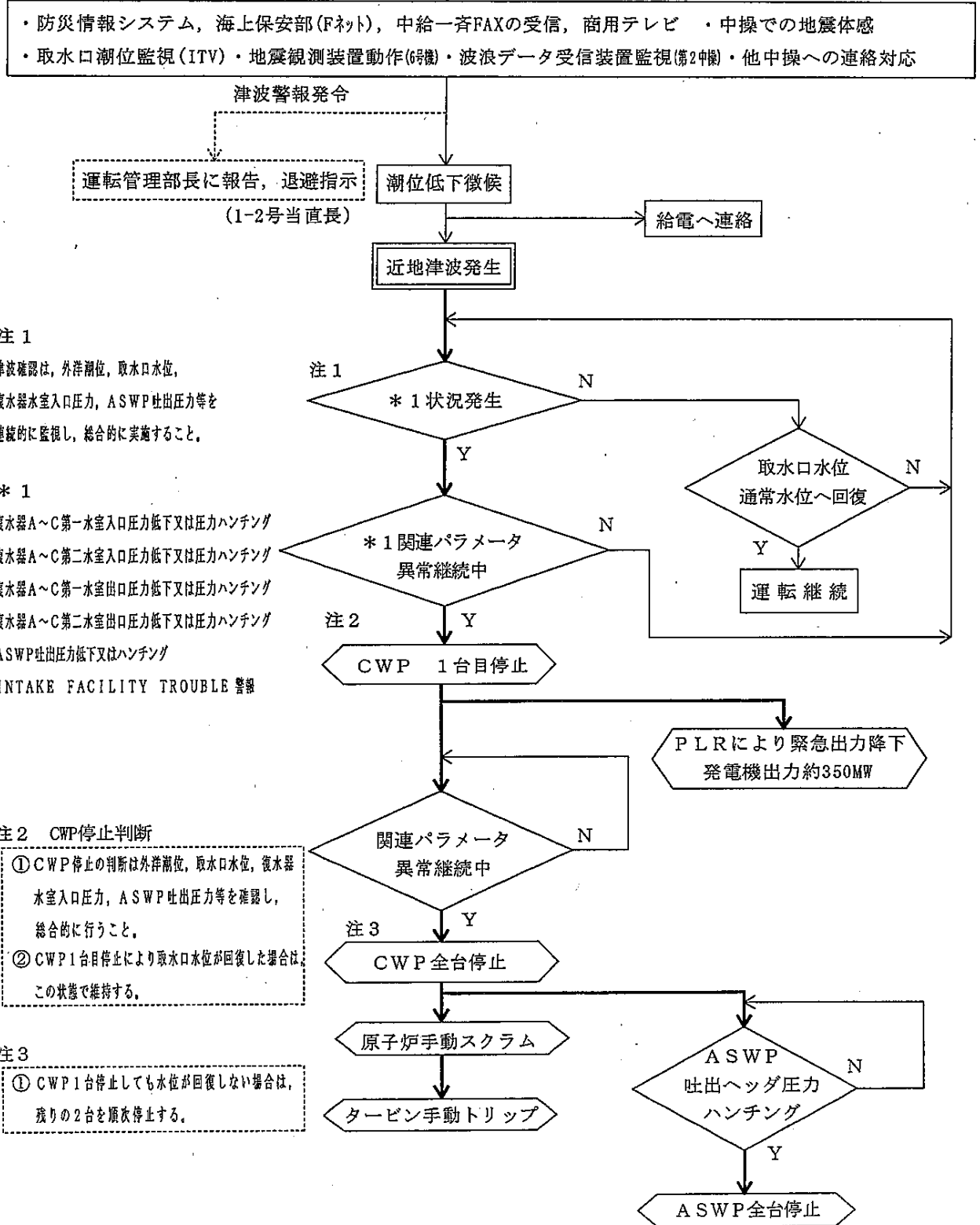


第22章 自然災害事故

22-2 津波発生

(A) 近地津波発生の場合

4. フローチャート



(A) 近地津波発生の場合

主要項目	当直長 (当直副長)	操 作 員 (A)
1. 津波警報発令	1. 津波警報発令情報を入力後、他中操への連絡及び構内海岸部作業員への退避ページングを行うと共に運転管理部長に報告 2. 取水口潮位、循環水系、海水系のパラメータ連続監視を指示 3. 津波による潮位低下を確認し給電に出力降下又はプラント停止のある旨を連絡	
2. CWP 1台目緊急停止	4. 取水口水位計及び波浪データ受信装置で潮位が確実に低下継続していることを確認後、CWP 1台目手動停止を指示	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> CWP 停止台数によるプラント運転操作 CWP 1台停止 PLRにより 350MWe 以下まで降下 CWP 2台停止 残りのCWP 停止、及び原子炉手動スクラム </div>

操 作 員 (B)	備 考
<p>1. 津波に備え、下記パラメータを確認、報告</p> <p>(1) 復水器水室入口圧力(PNL9-6 PI54-12, 14A~C) * 圧力低下又はハンチングの有無</p> <p>(2) ASWP 吐出ヘッダ圧力(PNL9-6 PI54-23) * 圧力低下又はハンチングの有無</p> <p>(3) 波浪データ受信装置(第2中操)</p> <p>(4) 取水口潮位(取水口ITV)</p> <p>(5) 取水口水位計(取水設備制御盤ITV)</p> <p>(6) スクリーン水位差記録計(取水設備制御盤ITV)</p> <p>2. 津波によると思われる潮位の低下を確認し、報告</p> <p>3. 下記事項確認、報告</p> <p>(1) 警報「INTAKE FACILITY TROUBLE」(9-6) 警報「潮位低」(取水口スクリーン制御盤)</p> <p>(2) 取水口ITVにて潮位が確実に低下</p> <p>(3) 復水器水室入口圧力計(PNL9-6 PI54-12, 14A~C)が圧力低下又はハンチング</p> <p>(4) ASWP 吐出ヘッダ圧力計(PNL9-6 PI54-23)が圧力低下又はハンチング</p> <p>4. 循環水ポンプ1台「手動停止」実施、報告</p> <p>(1) 表示灯 停止した循環水ポンプ ◎ ランプ「点灯」 停止した循環水ポンプ吐出弁 「全閉」 ◎ ランプ「点灯」</p>	<p>「潮位低」警報が発生した場合他中操へ連絡</p> <p>津波確認は、外洋潮位、取水口水位、復水器水室入口圧力、ASWP吐出圧力等を含め総合的に確認すること</p> <p>CWPの停止判断は、外洋潮位、取水口水位、復水器水室入口圧力、ASWP吐出圧力等を確認し、総合的に行うこと</p> <p>CWP1台停止により取水口水位の回復を計る また機器配置からC号機を停止した方が、海水系の圧力回復に効果がある</p>

主要項目	当直長(当直副長)	操 作 員 (A)
3. 出力降下	5. 出力降下指示	1. PLRポンプ(A, B)速度「急速降下」実施, 報告 (1) 再循環主制御器「高速手動減」 <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; display: inline-block;">目標値 発電機出力 350MWe 以下</div> 《CWP 1 台停止しても水位の回復が見られない場合は 以下の操作を実施する》
4. CWP 全台停止 原子炉手動スクラム	6. CWP 1 台停止しても各パラメータ異常継続の場合は, CWP 全台停止し原子炉手動スクラムを指示 7. 原子炉スクラムベージング放送	2. 原子炉「手動スクラム」実施, 報告 (1) 警報 「SYSTEM A MANUAL SCRAM TRIP」 「SYSTEM B MANUAL SCRAM TRIP」 (2) 表示灯 全制御棒炉心状態表示ユニット(1)全挿入 ◎ ランプ「点灯」 全制御棒炉心状態表示ユニット(2)スクラム ㊦ ランプ「点灯」 システム状態表示 全制御棒全挿入 ◎ ランプ「点灯」 (3) スクラム排出容器 A/B ドレン弁, 排出ヘッダベント弁「閉」 (4) APRM 指示「減少」 SRNM/APRM/RBM 記録計 (9-5 NR-7-46B/C) SRNM/APRM 記録計 (9-5 NR-7-46A/D)

操 作 員 (B)	備 考
<p>5. 循環水ポンプ1台停止後, 下記パラメータを確認, 報告</p> <p>(1) 復水器水室入口圧力 (PNL9-6 PI54-12, 14A~C) * 圧力低下又はハンチングの有無</p> <p>(2) ASWP 吐出ヘッダ圧力 (PNL9-6 PI54-23) * 圧力低下又はハンチングの有無</p> <p>(3) 波浪データ受信装置 (第2中操)</p> <p>(4) 取水口潮位 (取水口 ITV)</p> <p>(5) 取水口水位計 (取水設備制御盤 ITV)</p> <p>(6) スクリーン水位差記録計 (取水設備制御盤 ITV)</p> <p>《CWP 1台停止しても水位の回復が見られない場合は 以下の操作を実施する》</p> <p>6. 循環水ポンプ全台「手動停止」実施, 報告</p> <p>(1) 表示灯 循環水ポンプ全台 ◎ ランプ「点灯」 循環水ポンプ全台吐出弁 「全閉」 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>7. 発電機出力「減少」確認, 報告</p> <p>(1) 発電機出力 GENERATOR POWER 指示計(9-7 EI-3)</p> <p>8. 発電機出力「約100MWe」にてタービン「手動トリップ」実施</p>	<p>CWP 1台目停止により取水口水位が回復傾向にある場合は, この状態で維持する</p>

主要項目	当直長 (当直副長)	操 作 員 (A)
<p>5. 所内電源切替</p> <p>6. ASWP 全台停止</p>	<p>8. 原子炉スクラム後の処置操作指示</p> <p>9. MSIV全開確認</p> <p>10. 所内電源切替確認</p> <p>11. CWP全台停止してもASWP吐出ヘッド圧力ハンチングが確認された場合は, ASWP全台停止指示</p>	<p>3. MSIV (内, 外)「全開」確認, 報告 (1) 表示灯 ⑧ ランプ「点灯」</p> <p>4. 原子炉モードスイッチ「RUN」から「SHUT DOWN」へ「手動切替」実施, 報告</p> <p>5. 原子炉水位及び原子炉圧力確認, 報告 (1) 原子炉水位 (2) 原子炉圧力</p> <p>6. PLRポンプスピード「30%ランバック」確認, 報告</p> <p><以降, 事故時運転操作手順書 第10章10-11 「海水系統喪失」の手順を並行して実施する></p>

操 作 員 (B)	備 考
<p>9. タービン・発電機「トリップ」確認, 報告</p> <p>(1) 警報 「MASTER TRIP OIL PRESS LO」 「GENERATOR LOCK OUT RELAY G1 OPERATED」 「GENERATOR LOCK OUT RELAY G2 OPERATED」</p> <p>(2) 主蒸気止め弁 「閉」 (3) 蒸気加減弁 「閉」 (4) 組合せ中間弁 「閉」 (5) 抽気逆止弁 「閉」 (6) EHC コントロールパネル 全弁閉 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>10. 発電機しゃ断器 [O-2] 「トリップ」確認, 報告 (1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>11. 所内電源「切替」確認, 報告 (1) 6.9KV 起変受電しゃ断器 [2A-3B, 2B-2] 「投入」 (2) 6.9KV 所変受電しゃ断器 [2A-1B, 2B-1] 「開放」</p> <p>12. 界磁しゃ断器「トリップ」確認, 報告 (1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>13. 発電機断路器 [LS-2] 「手動開放」実施, 報告 (1) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>14. 循環水ポンプ全台停止後, 下記パラメータを確認, 報告 (1) ASWP 吐出ヘッド圧力 (PNL9-6 PI54-23) *ハンチングの有無</p> <p>15. 補機冷却用海水ポンプ全台CS 「PULL TO LOCK」実施, 報告 (1) 表示灯 補機冷却用海水ポンプ全台 ◎ ランプ「点灯」</p> <p><以降, 事故時運転操作手順書 第10章 10-11 「海水系統喪失」の手順を並行して実施する></p>	

主要項目	当直長 (当直副長)	操 作 員 (A)
7. MSIV全閉	12. MSIV全閉指示	<p>7. MSIV (内, 外) 「手動全閉」実施, 報告</p> <p>(1) 警報 「MAIN STM LINE ISOL VLVS NOT FULLY OPEN TRIP」 「MSIV INBOARD SOLENOID DEENERGIZED」 「MSIV OUTBOARD SOLENOID DEENERGIZED」</p> <p>(2) 表示灯 ◎ ランプ「点灯」</p> <p>8. 下記ドレン弁「閉」確認, 報告</p> <p>(1) 主蒸気管内側ドレン弁(M0-2-74) 「閉」 (2) 主蒸気管外側ドレン弁(M0-2-77) 「閉」</p> <p><以下, 事故時運転操作手順書 第1章1-1 (B) 「原子炉スクラム事故 主蒸気隔離弁閉の場合」の項参照></p>

操 作 員 (B)	備 考
<p>16. 下記事項を監視, 報告</p> <p>(1) 復水器真空度</p> <p>COND 2B VACUUM NARROW RANGE 指示計 (9-7 PI-51-8B)</p> <p>COND 2B VACUUM WIDE RANGE 指示計 (9-7 PI-51-9B)</p> <p>(2) タービン軸振動</p> <p>No.1 ~No.10 軸振動/回転速度記録計 (9-75 S/VbR-30-20-3~7)</p> <p>(3) タービン排気室温度</p> <p>TURBINE SHEEL TEMP EXP 記録計 (9-7 R-30-20-2)</p> <p>17. 主復水器真空度が 77.6kPaabs 以下に維持できない場合は報告</p> <p>18. タービングランドシール蒸気を共用所内ボイラ側へ「手動切替」実施, 報告</p> <p><以下, 事故時運転操作手順書 第1章1-1 (B) 「原子炉スクラム事故 主蒸気隔離弁閉の場合」の項参照></p>	<p>「MAIN CONDENSER LO VACUUM」</p> <p>警報 13.3kPaabs</p> <p>原子炉スクラム 23.4kPaabs</p> <p>タービントリップ 25.3kPaabs</p> <p>バイパス弁トリップ 77.6kPaabs</p>