

# 泊発電所 3 号炉 耐津波設計方針について (管路解析の妥当性に係る指摘事項回答)

令和6年8月27日  
北海道電力株式会社

## これまでの審査経緯と本日の説明事項

<b>1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08 )</b>	P.4
1.1 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証フローの修正	P.5
1.2 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証	P.6
<b>2. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 231031-01 )</b>	P.12
2.1 1号及び2号炉取水路流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証	P.13
2.2 1号及び2号並びに3号炉取水施設における取水槽の中間スラブ及び天端開口部の損失係数の設定	P.16
参考資料	P.17

## これまでの審査経緯と本日の説明事項

- 入力津波の設定に係る第1111回審査会合（令和5年2月2日）において、3号炉放水ピット流路縮小工付近等の管路解析に用いる一次元不定流解析手法※の適用性及び妥当性に関する指摘事項をいただいた。また、第1201回審査会合（令和5年10月31日）において1号及び2号炉取水路流路縮小工並びに1/2号及び3号炉取水施設の取水槽の中間スラブ及び天端開口部の損失水頭の算定方法の適用性及び妥当性に関する指摘事項をいただいた。
- 上記の指摘事項に対して、第1251回審査会合（令和6年5月23日）において、以下の構造物に係る損失水頭評価に関する解析手法等の適用性及び妥当性を示す方針について説明した。
  - ✓ 3号炉放水ピット流路縮小工
  - ✓ 1号及び2号炉取水路流路縮小工
  - ✓ 1号及び2号並びに3号炉取水施設
- 本日は、上記の方針に基づき水理模型実験や解析結果を踏まえた一次元不定流解析手法※等の適用性及び妥当性について説明する。
- なお、3号炉放水ピット流路縮小工については、水理模型実験や解析結果を踏まえ、第1251回審査会合（令和6年5月23日）で説明した検証フローを変更した上で、解析手法等の適用性及び妥当性について説明する。

※：水路内の場所や時間による水位や流速の変化を評価する手法であり、不定流は非定常流と同義

# 1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08 )

## 【指摘事項 230202-08】

3号炉放水ピット流路縮小工付近等の鉛直方向の急激な断面変化部における管路解析について、当該管路解析で使用している一次元不定流解析※において仮定している条件及び損失水頭算定公式の根拠となっている条件を踏まえ、解析手法の適用性及び妥当性を説明すること。

## 【回 答】

- 3号炉放水ピット流路縮小工付近等の鉛直方向の急激な断面変化部における管路解析について、当該管路解析で使用している一次元不定流解析※において仮定している条件及び損失水頭算定公式の根拠となっている条件を踏まえ、水理模型実験、三次元解析及び一次元解析の比較により、損失水頭算定公式から算出した損失係数（以下、「文献値」という。）を適用した一次元解析による損失水頭評価の適用性及び妥当性を以下の3点より確認した。
  - 定常流による損失係数の確認より、文献値と水理模型実験及び三次元解析の損失係数が概ね一致すること。
  - 非定常流による損失係数の影響確認より、文献値、水理模型実験及び三次元解析の損失係数を適用した一次元解析と三次元解析の放水ピット内の水位時刻歴波形が概ね一致することを確認した結果から、文献値を適用した一次元解析が泊発電所に短い間隔で繰り返し来襲する津波の特徴を踏まえた放水ピット内の水位時刻歴波形を適切に評価できること。
  - 文献値、水理模型実験及び三次元解析の損失係数の相違を踏まえて文献値に適切な裕度を持たせた「入力津波の設定に用いる損失係数」を適用した一次元解析による損失水頭評価の適用性及び妥当性を有すること。
- また、以上の確認結果を踏まえ、第1251回審査会合で示した検証フローをP. 5 のとおり見直した。

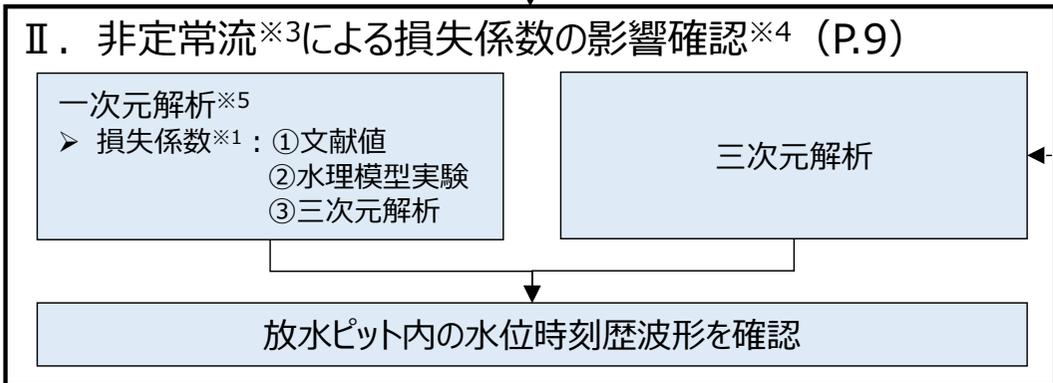
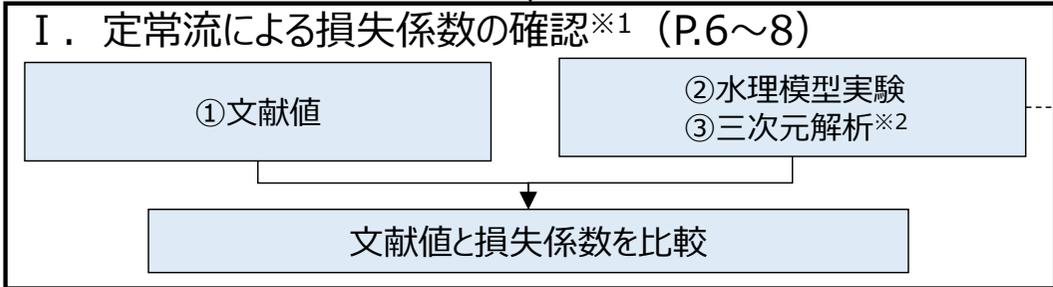
※：水路内の場所や時間による水位や流速の変化を評価する手法であり、不定流は非定常流と同義

# 1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08)

## 1.1 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証フローの修正

文献値を適用した一次元解析による  
損失水頭評価

適用性及び妥当性検証 (定常流・非定常流)



**III. 裕度を持った損失係数の設定 (P.10,11)**  
文献値に適切な裕度を設定※6した一次元解析による  
損失水頭評価の適用性及び妥当性を確認

入力津波の設定に用いる損失係数の設定

○課題

- 複雑な三次元構造を有する3号炉放水ピット流路縮小工に対して、文献値の適用性及び妥当性はあるか。(定常流により確認)
- 文献値を適用した一次元解析は、短い間隔で繰り返し来襲する特徴を有する泊発電所の津波の水位時刻歴波形(非定常流)を適切に評価できるか。(非定常流により確認)

※1: ①~③のケースは、以下の条件の損失係数である。

- ①文献値
- ②水理模型実験(定常流, 縮尺: 1/50)
- ③三次元解析(定常流, 縮尺: 1/50)

※2: 三次元解析は、水理模型実験を用いてモデルの適用性を確認する。

※3: 短い間隔で繰り返し来襲する泊発電所の津波の特徴を考慮した模擬波を用いる。

※4: 水理模型実験では、任意の連続波形(短い間隔で繰り返し来襲する津波(非定常流))の入力が困難なことから三次元解析(縮尺: 1/1)を用いる。

※5: 三次元解析と一次元解析(損失係数: ③三次元解析結果に基づく損失係数)の放水ピット内の水位時刻歴波形を比較し、非定常流を用いた一次元解析モデルの確認を行う(参考資料1参照)。

※6: 放水ピット内の最高水位が保守的になるように、押し波方向の損失係数を小さく(津波が入りやすい)、引き波方向の損失係数を大きく(津波が出にくい)設定する。

適用性を確認したモデルを使用

# 1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08)

## 1.2 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証 (1/6)

### 【 I .定常流による損失係数の確認 (1/3) 】

- 水理模型実験に定常流を入力し、3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭及び損失係数を算出した結果を下表に示す。
- 水理模型実験に用いた水位計の計測誤差は0.002mであり、これを考慮すると損失水頭が0.004~0.052m (実験流量 : 0.11×10<sup>-3</sup>~0.34×10<sup>-3</sup> (実機終了:2.0~6.0)m<sup>3</sup>/s) の結果については、正確な値を計測できていない可能性がある。
- 実験流量0.45×10<sup>-3</sup>~0.68×10<sup>-3</sup> (実機流量:8.0~12.0)m<sup>3</sup>/s(下表青枠)は、実験流量0.11×10<sup>-3</sup>~0.34×10<sup>-3</sup> (実機流量:2.0~6.0)m<sup>3</sup>/sと比較すると誤差の影響が小さいこと、実験流量の条件に依らず損失係数が概ね一定となっていることから、正確な損失係数を算定できていると判断し、下表青枠の流量を「 I . 定常流による損失係数の確認」における比較対象とする。

水理模型実験の損失水頭及び損失係数

流れ方向※1	実験流量※2※3 (m <sup>3</sup> /s)	損失水頭 (m)	損失係数
押し波方向 (放水口→ 放水ピット)	0.11×10 <sup>-3</sup> (2.0)	0.005	3.33
	0.23×10 <sup>-3</sup> (4.0)	0.021	4.09
	0.34×10 <sup>-3</sup> (6.0)	0.050	4.28
	0.45×10 <sup>-3</sup> (8.0)	0.091	4.38
	0.57×10 <sup>-3</sup> (10.0)	0.142	4.39
	0.68×10 <sup>-3</sup> (12.0)	0.207	4.46

I . 定常流による損失係数の確認において比較対象とする流量

水位計の計測誤差を踏まえ、正確な値を計測できていない可能性がある条件

流れ方向※1	実験流量※2※3 (m <sup>3</sup> /s)	損失水頭 (m)	損失係数
引き波方向 (放水ピット→ 放水口)	0.11×10 <sup>-3</sup> (2.0)	0.004	3.01
	0.23×10 <sup>-3</sup> (4.0)	0.022	4.23
	0.34×10 <sup>-3</sup> (6.0)	0.052	4.36
	0.45×10 <sup>-3</sup> (8.0)	0.095	4.55
	0.57×10 <sup>-3</sup> (10.0)	0.146	4.52
	0.68×10 <sup>-3</sup> (12.0)	0.212	4.54

I . 定常流による損失係数の確認において比較対象とする流量

水位計の計測誤差を踏まえ、正確な値を計測できていない可能性がある条件

※ 1 : 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証では、以降、放水ピット水位が上昇する流れの方向を「押し波方向」、放水ピット水位が下降する流れの方向を「引き波方向」とする。  
 ※ 2 : 括弧内は実機流量を示す。  
 ※ 3 : 実験流量0.23×10<sup>-3</sup>~0.57×10<sup>-3</sup> (実機流量:4.0~10.0)m<sup>3</sup>/sは、正確な損失水頭が得られる流量を確認する観点から、第1251回審査会合(令和6年5月23日)の説明内容から追加した。

# 1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08 )

## 1.2 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証 (2/6)

- 【 I .定常流による損失係数の確認 (2/3) 】
- 前頁に示した水理模型実験 (縮尺:1/50) から算出された損失係数と文献値の比較結果を下表に示す。
  - 水理模型実験と文献値の損失係数は、5%~7%の相違であり、概ね一致することを確認した。
  - また、水理模型実験の損失係数は、流量が変化しても概ね一定となることを確認した。

水理模型実験の損失係数と文献値の比較(朱書き：文献値からの相違)

流れ方向	実験流量※ (m <sup>3</sup> /s)	文献値	水理模型 実験	相違 (%)
押し波方向 (放水口 → 放水ピット)	0.45×10 <sup>-3</sup> (8.0)	4.665	4.38	6
	0.57×10 <sup>-3</sup> (10.0)		4.39	6
	0.68×10 <sup>-3</sup> (12.0)		4.46	5
引き波方向 (放水ピット → 放水口)	0.45×10 <sup>-3</sup> (8.0)	4.869	4.55	7
	0.57×10 <sup>-3</sup> (10.0)		4.52	7
	0.68×10 <sup>-3</sup> (12.0)		4.54	7

※：括弧内は実機流量を示す。

# 1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08 )

## 1.2 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証 (3/6)

【 I .定常流による損失係数の確認 (3/3) 】

- 定常流を入力した三次元解析 (縮尺:1/50) から算出された損失係数と文献値の比較結果を下表に示す。
- 三次元解析と文献値の損失係数は、10%~14%の相違であり、概ね一致することを確認した。
- また、三次元解析の損失係数は、流量が変化しても概ね一定となることを確認した。

三次元解析の損失係数と文献値の比較(朱書き：文献値からの相違)

流れ方向	実験流量※ (m <sup>3</sup> /s)	文献値	三次元 解析	相違 (%)
押し波方向 (放水口 → 放水ピット)	0.45×10 <sup>-3</sup> (8.0)	4.665	5.31	14
	0.57×10 <sup>-3</sup> (10.0)		5.32	14
	0.68×10 <sup>-3</sup> (12.0)		5.31	14
引き波方向 (放水ピット → 放水口)	0.45×10 <sup>-3</sup> (8.0)	4.869	5.36	10
	0.57×10 <sup>-3</sup> (10.0)		5.42	11
	0.68×10 <sup>-3</sup> (12.0)		5.40	11

※：括弧内は実機流量を示す。

# 1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08)

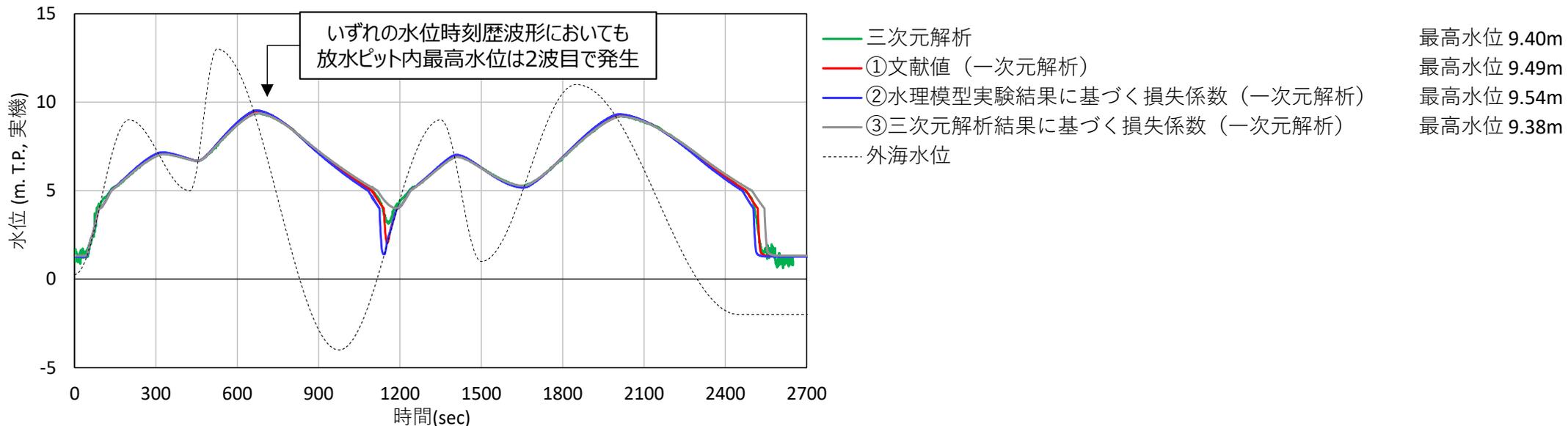
## 1.2 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証 (4/6)

### 【Ⅱ. 非定常流による損失係数の影響確認】

- 一次元解析と三次元解析との水位時刻歴波形の比較により、一次元解析が泊発電所に短い間隔で繰り返し来襲する津波の特徴を踏まえた水位時刻歴波形を適切に評価できることを確認する。
- 一次元解析に「①文献値」、「②水理模型実験結果に基づく損失係数※1」及び「③三次元解析結果に基づく損失係数※2」の各損失係数を適用した水位時刻歴波形を、三次元解析の水位時刻歴波形と比較したものを下図に示す。
- いずれの解析結果においても、水位時刻歴波形は概ね一致することを確認した。
- P.7,8の損失係数の相違を考慮した場合でも一次元解析が泊発電所に短い間隔で繰り返し来襲する津波の特徴を踏まえた放水ピット内の水位時刻歴波形を適切に評価できることを確認した。
- 以上より、文献値を適用した一次元解析は、泊発電所の津波の特徴を踏まえた放水ピット内の水位時刻歴波形を適切に評価できると判断した。
- また、非定常流による一次元解析モデルの確認結果を参考資料1に示す。

※1：押し波方向の損失係数は、P.7の表における最小値(4.38)に、引き波方向の損失係数は、P.7の表における最大値(4.55)に基づき設定した。

※2：押し波方向の損失係数は、P.8の表における最小値(5.31)に、引き波方向の損失係数は、P.8の表における最大値(5.42)に基づき設定した。



### 3号炉放水ピット流路縮小工の三次元解析と一次元解析に各損失係数を適用した水位時刻歴波形の比較 (模擬波①※2)

※2 模擬波②～④の結果はまとめ資料の添付資料27 (流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証) 4.6参照

# 1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08)

## 1.2 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証 (5/6)

### 【Ⅲ. 裕度を持った損失係数の設定 (1/2)】

- Ⅱの確認より損失係数が水位時刻歴波形へ与える影響が小さいことを確認したものの、放水ピットの最高水位には若干の差が生じることから、文献値との相違を踏まえて、裕度を持った損失係数の設定を行う。
- 文献値、水理模型実験及び三次元解析で得られた損失係数は、下表のとおりとなったことから、入力津波の設定に用いる損失係数については、文献値を基本とし水理模型実験及び三次元解析の定常流から算出された損失係数の値を包絡するように保守的に設定する。
- 押し波方向に関して、文献値 (4.665) が、水理模型実験結果 (4.38~4.46) よりも大きな値であり、津波が入りにくい非保守的な設定であることから、入力津波の設定に用いる損失係数は、水理模型実験よりも十分小さい (津波が入りやすい) 設定とするために、「文献値 ÷ 1.5」とする。
- 引き波方向に関して、文献値 (4.869) が、三次元解析結果 (5.36~5.42) よりも小さな値であり、津波が出やすい非保守的な設定であることから、入力津波の設定に用いる損失係数は、三次元解析よりも十分大きい (津波が出にくい) 設定とするために、「文献値 × 1.5」とする。

3号炉放水ピット流路縮小工の損失係数の比較

項目	入力津波の設定に用いる損失係数 (押し波方向)	水理模型実験	文献値	三次元解析	入力津波の設定に用いる損失係数 (引き波方向)
押し波方向	3.110	4.38~4.46	4.665	5.31~5.32	
引き波方向		4.52~4.55	4.869	5.36~5.42	7.304

文献値 ÷ 1.5

文献値 × 1.5

損失係数：小  
(押し波方向：保守的)



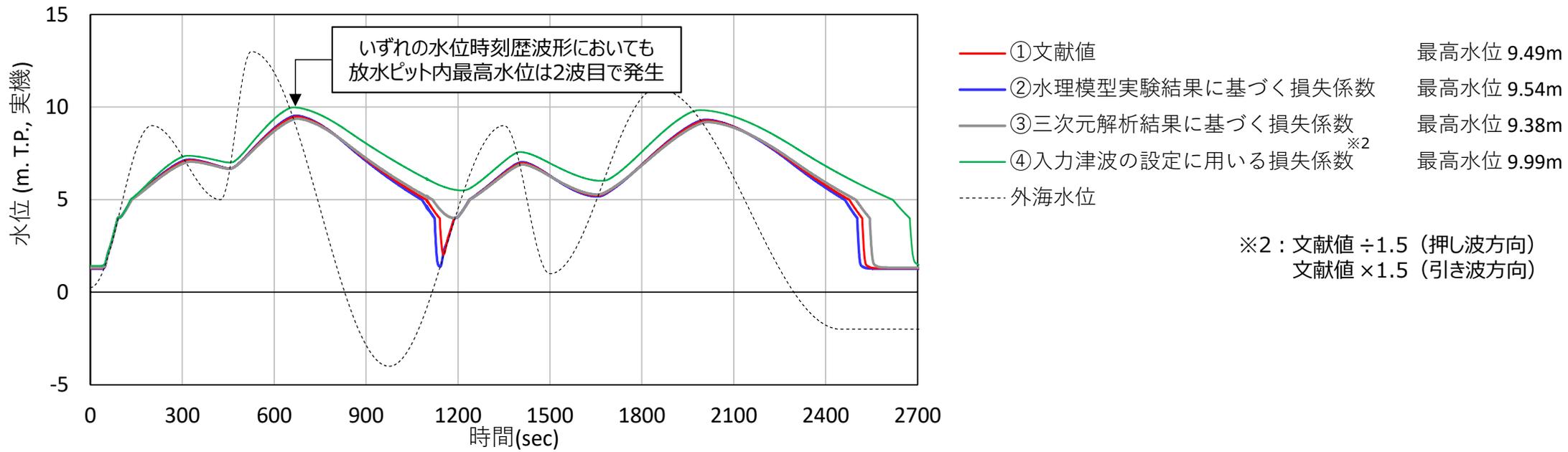
損失係数：大  
(引き波方向：保守的)

# 1. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 230202-08)

## 1.2 3号炉放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証 (6/6)

### 【Ⅲ. 裕度を持った損失係数の設定 (2/2)】

- 入力津波の設定に用いる損失係数を用いることで、文献値、水理模型実験及び三次元解析で得られた損失係数より放水ピット内の水位の評価として、安全側となっていることを確認する。
- 一次元解析に以下の損失係数を適用した模擬波①の放水ピット水位を下図に示す（模擬波②～④の結果はまとめ資料の添付資料27（流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証）4.7（3）参照）。
  - ①文献値
  - ②水理模型実験結果に基づく損失係数
  - ③三次元解析結果に基づく損失係数
  - ④入力津波の設定に用いる損失係数（文献値÷1.5（押し波方向）文献値×1.5（引き波方向））
- ④は、①～③に対して放水ピット内水位を高く評価する（保守的な）結果となったことから、一次元解析に「入力津波の設定に用いる損失係数」を適用した損失水頭評価の適用性及び妥当性を確認した。



一次元解析を用いた損失係数を変化させた場合の水位時刻歴波形の比較結果（模擬波①）

## 2. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 231031-01)

### 【指摘事項 231031-01】

以下に示す箇所に用いている損失水頭の算定方法について、当該算定方法の引用元の文献における実験又は理論の前提条件を踏まえ、適用性又は妥当性を説明すること。

- (a) 急縮後の断面の長さが短いなど、引用文献の実験の前提条件と異なっている可能性が否定できない、オリフィスのような形状をしている1号及び2号炉取水路流路縮小工。
- (b) 鉛直方向の水流であって自由水面を持つなど、引用文献の理論の前提条件と異なっている可能性が否定できない、1号及び2号並びに3号炉取水施設の取水槽の中間スラブ及び天端開口部。

※回答との対応を明確にするため指摘事項の「レ」を、「(a)」、「(b)」に読み替えた。

### 【回答】

#### (a) 1号及び2号炉取水路流路縮小工に対する回答 (P13~15)

- 引用文献の条件と異なっている可能性が否定できないため、水理模型実験により損失係数を確認した。得られた損失係数は、文献値と比較して押し波及び引き波の両方において大きな値となることから、損失係数として文献値を用いると、押し波に対しては保守的であるが、引き波に対しては非保守的となる。
- 水理模型実験と水理模型実験を模擬した次元解析による損失水頭が整合したため、次元解析による損失水頭の評価が可能であることを確認した。
- 入力津波の設定に用いる損失係数については、文献値<sup>※1</sup>を基本とし、以下の通り、押し波と引き波両方に対して、水理模型実験で得られた損失係数よりも保守的な設定とする。

流れ方向	水理模型実験結果の損失係数	入力津波の設定に用いる損失係数	考え方
押し波方向	1.94~2.01	1.426	文献値(1.426) <sup>※1</sup> が実験結果(1.94~2.01)よりも十分小さい(津波が入りやすい)ことから、 <u>1.426</u> を使用する。
引き波方向	1.74~1.86	2.139	実験結果(1.74~1.86)よりも十分大きく(津波が出にくい)設定とするため、 <u>文献値(1.426)<sup>※1</sup>を1.5倍して2.139</u> を使用する。

※1：電力土木技術協会(1995)の急縮損失・急拡損失の算出式から算出される損失係数

#### (b) 1号及び2号並びに3号炉取水施設の取水槽の中間スラブ及び天端開口部に対する回答 (P16)

- 引用文献の理論の前提条件と異なっている可能性が否定できないため、急縮・急拡の損失水頭による津波の流入防止効果の有無による取水ピットスクリーン室水位への影響を確認し、管路解析の結果、損失係数を設定しないことが保守的な結果となったことから、入力津波の設定に用いる管路解析における当該箇所の損失係数を設定しない方針とする。

## 2. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 231031-01)

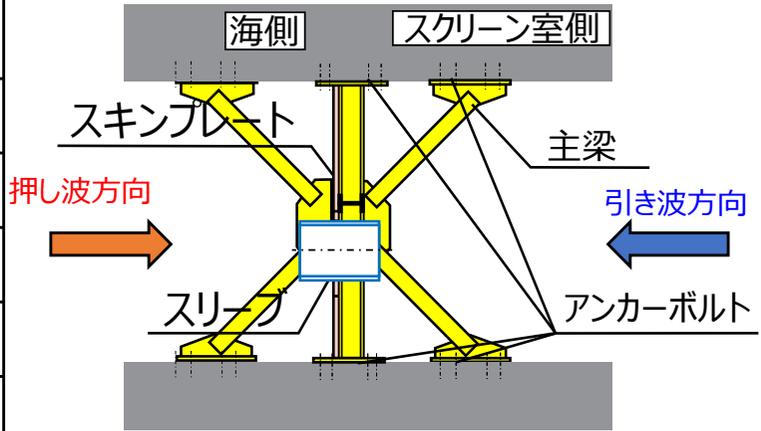
### 2.1 1号及び2号炉取水路流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証 (1/3)

#### 【1号及び2号炉取水路流路縮小工の水理模型実験結果】

- 押し波方向は流量及び構造体（主梁）有無の影響は小さく、損失係数は1.94～2.01となった。
- 引き波方向は押し波方向よりも損失係数が小さいものの、流量及び構造体（主梁）有無の影響は小さく、損失係数は1.74～1.86となった。
- 押し波方向の流れでは、スキンプレートに沿って流路縮小工の突き出し部に向かう戻り流れが発生しており、一般的な急縮部よりもスリーブ内でより収縮し拡大することになるため、損失係数が大きい値となっている。詳細についてはまとめ資料の添付資料27（流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証）3.4項参照。

#### 1号及び2号炉取水路流路縮小工の水理模型実験結果

流れ方向	実験流量 (m <sup>3</sup> /s)	構造体影響	損失水頭 (m)	損失係数
押し波方向 (取水口→取水ピット)	0.0120 (1.0) ※1	有	0.10	1.94
		無	0.10	1.96
	0.0749 (6.6) ※1	有	4.03	1.99
		無	4.07	2.01
引き波方向 (取水ピット→取水口)	0.0120 (1.0) ※1	有	0.09	1.74
		無	0.10	1.80
	0.0749 (6.6) ※1	有	3.58	1.78
		無	3.77	1.86



1号及び2号炉取水路流路縮小工の流れ方向概要図

※1：括弧内は実機流量を示す。

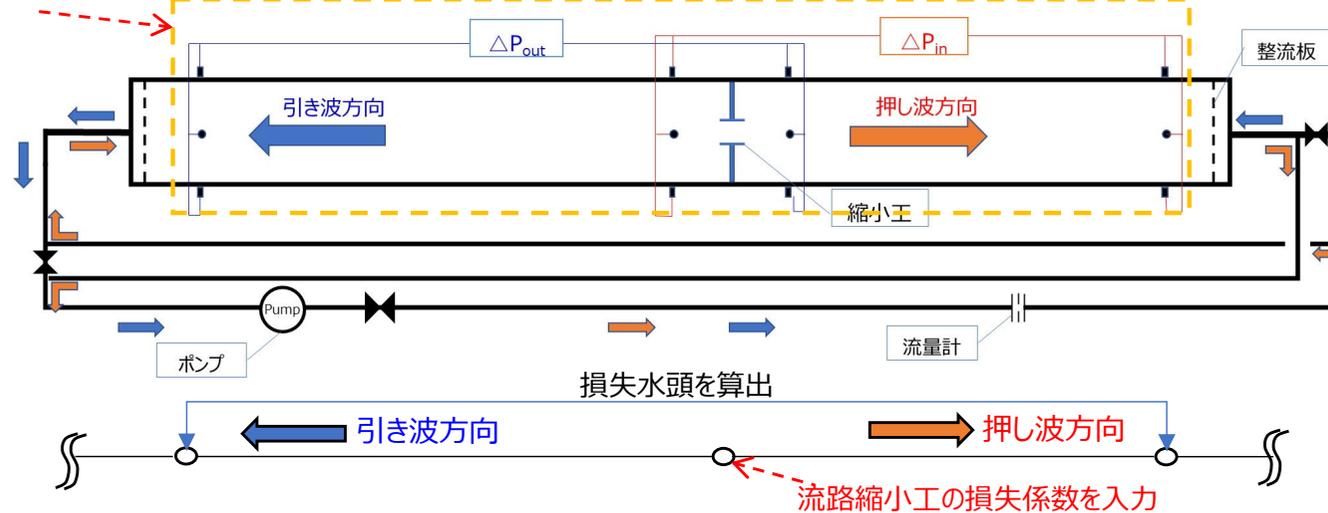
## 2. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 231031-01)

### 2.1 1号及び2号炉取水路流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証(2/3)

#### 【1号及び2号炉取水路流路縮小工の一次元解析による水理模型実験の再現検証結果】

- 水理模型実験で得られた損失係数を入力した一次元解析モデル（解析条件は下表のとおり）を用いて、水理模型実験結果と損失水頭を比較した。
- 水理模型実験及び一次元解析で求めた流路縮小工前後の損失水頭を比較した結果、同程度であり、整合することから、一次元解析による損失水頭評価が妥当であることを確認した。

流路縮小工周辺の水路をモデル化



1号及び2号炉取水路流路縮小工の水理模型実験を模擬した一次元解析モデル

一次元解析モデル 解析条件

流れ方向	実験流量 (m <sup>3</sup> /s)	損失係数
押し波方向 (取水口→取水ピット)	0.0749 (6.6) ※1	1.99
引き波方向 (取水ピット→取水口)	0.0749 (6.6) ※1	1.78

※1：括弧内は実機流量を示す。

損失水頭の比較結果

流れ方向	実験流量 (m <sup>3</sup> /s)	損失水頭 (m)	
		実験	解析
押し波方向 (取水口→取水ピット)	0.0749 (6.6) ※1	4.03	4.00
引き波方向 (取水ピット→取水口)	0.0749 (6.6) ※1	3.58	3.57

※1：括弧内は実機流量を示す。

## 2. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 231031-01)

### 2.1 1号及び2号炉取水路流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証 (3/3)

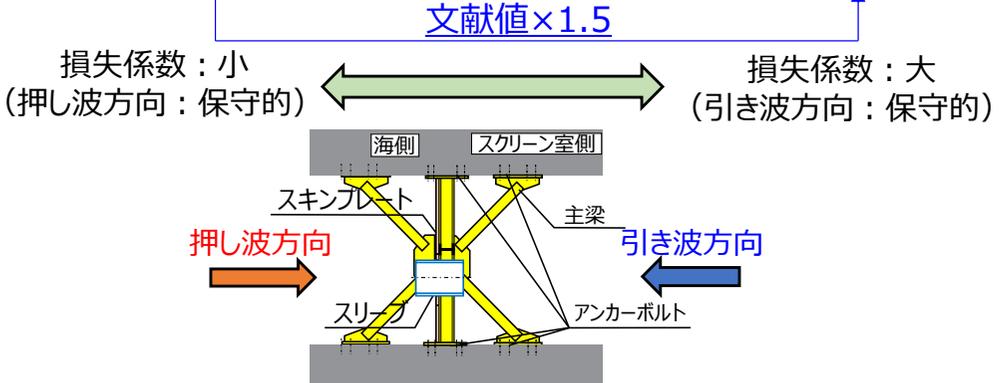
#### 【1号及び2号炉取水路流路縮小工の裕度を持った損失係数の設定】

- 水理模型実験で得られた損失係数は、押し波方向は1.94~2.01, 引き波方向は1.74~1.86となったことから、入力津波の設定に用いる損失係数は、文献値※1を基本とし、水理模型実験で得られた値を包絡するように保守的に設定する。
- 押し波方向は、文献値※1から算出される損失係数 (1.426) が、実験結果 (1.94~2.01) よりも十分小さく、津波が入りやすい保守的な設定であることから、1.426を使用する。
- 引き波方向は、文献値※1から算出される損失係数 (1.426) が、実験結果 (1.74~1.86) よりも小さな値であり、津波が出やすい非保守的な設定であることから、実験結果 (1.74~1.86) よりも十分大きい (津波が出にくい) 設定とするために、1.5倍の値として2.139を使用する。
- 一次元解析により①文献値に基く損失係数, ②水理模型実験に基づく損失係数, ③入力津波の設定に用いる損失係数を用いて1号及び2号炉取水ピットスクリーン室水位を確認した結果, ①, ②より③の水位が高くなり, 保守的な結果となることを確認した。(右下図)

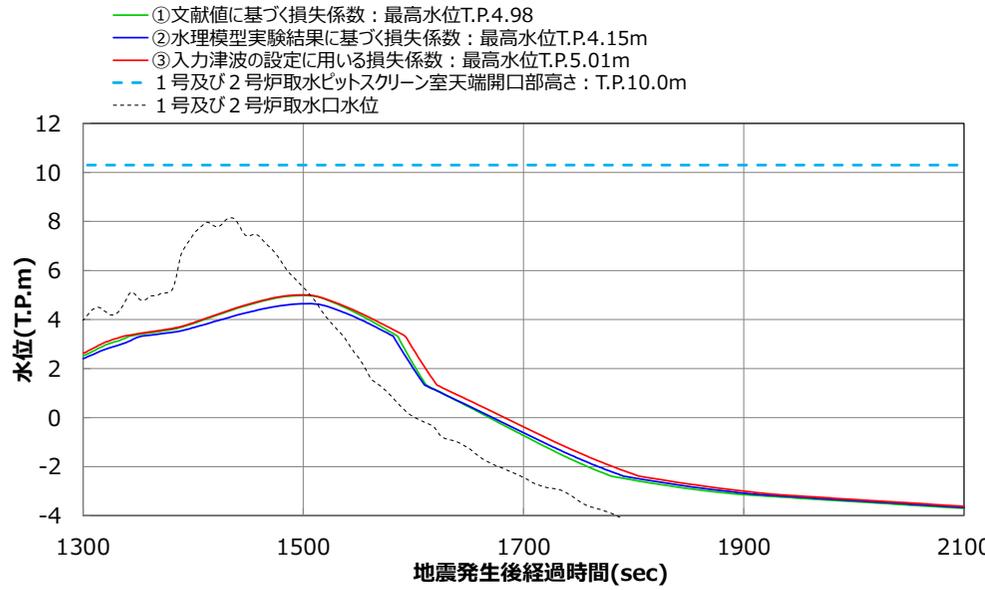
※1: 電力土木技術協会 (1995) の急縮損失・急拡損失の算出式から算出される損失係数

#### 1号及び2号炉取水路流路縮小工の損失係数

流れ方向	入力津波の設定に用いる損失係数 (押し波方向)	水理模型実験結果の損失係数	入力津波の設定に用いる損失係数 (引き波方向)
押し波方向	1.426 (文献値)	1.94~2.01	—
引き波方向	—	1.74~1.86	2.139



1号及び2号炉取水路流路縮小工の流れ方向概要図



損失係数を変化させた場合の一次元解析による1号及び2号炉取水ピットスクリーン室の水位時刻歴波形 (波源A, 防波堤損傷なし)

記載箇所: 5条-別添1-添付27-20~22

## 2. 審査会合指摘事項に対する回答(指摘事項 231031-01)

### 2.2 1号及び2号並びに3号炉取水施設における取水槽の中間スラブ及び天端開口部の損失係数の設定

#### 【概要】

- 1号及び2号並びに3号炉取水施設の取水槽の中間スラブ及び天端開口部については、引用文献の理論の前提条件と異なっている可能性が否定できないため、急縮・急拡の損失水頭による津波の流入防止効果の有無（損失係数の設定あり・設定なし）による取水ピットスクリーン室水位への影響を確認し、保守的な損失係数を設定する方針としていた。
- 管路解析の結果、短い間隔で繰り返し来襲する泊発電所の津波の特徴を踏まえても、当該箇所での急縮・急拡の損失係数を設定しない方が取水ピットスクリーン室の水位が高くなり、入力津波評価において保守的であることを確認したことから、入力津波の設定に用いる管路解析において当該箇所の損失係数は設定しない方針とする。

取水槽の中間スラブ及び天端開口部の損失係数の設定により取水ピットスクリーン室水位へ与える影響

箇所	1号及び2号炉取水ピットスクリーン室		3号炉取水ピットスクリーン室	
	設定あり	設定なし	設定あり	設定なし
取水槽の中間スラブ及び天端開口部の損失係数※1	設定あり	設定なし	設定あり	設定なし
波源及び地形モデル※2	波源A：防波堤損傷なし		波源F：北及び南防波堤損傷	
水位※3 (T.P.)	4.98m	4.98m	13.60m	13.80m

※1 取水槽の中間スラブ及び天端開口部並びに1号及び2号取水路流路縮小工の損失係数は、文献値を用いた。

※2 各取水ピットスクリーン室水位が最高となる波源及び地形モデルを選定した。

※3 朔望平均満潮位 (0.26m) を考慮

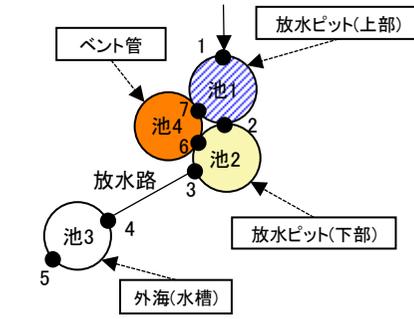
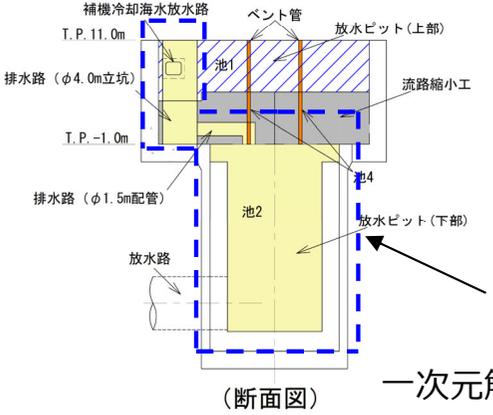
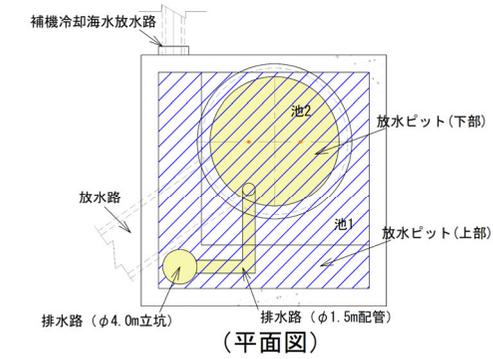
# 参考資料

(参考資料1)

非定常流による一次元解析モデルの確認 (一次元解析モデルの変更)

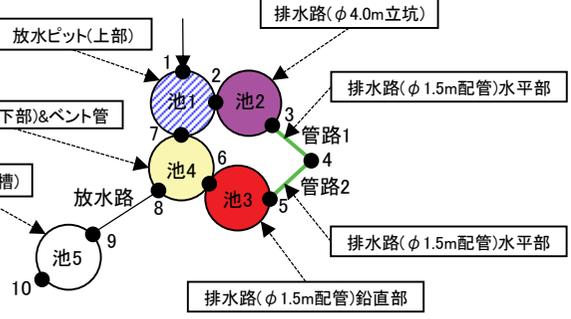
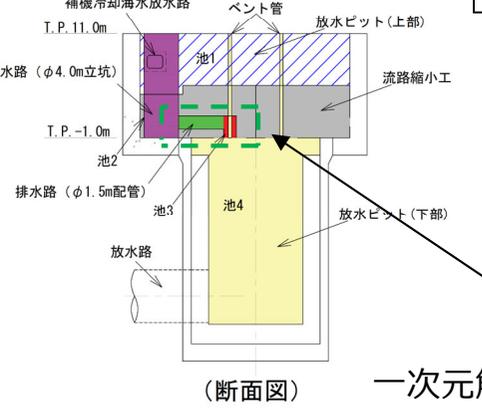
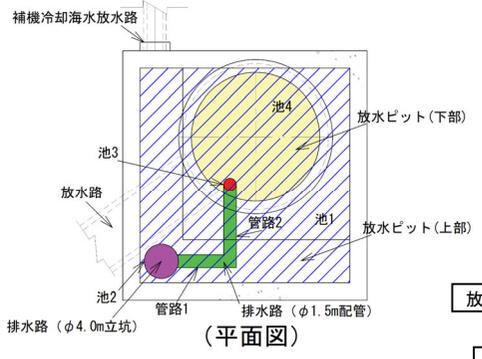
【非定常流による一次元解析モデルの確認 (一次元解析モデルの変更) (1/2)】

- 一次元解析モデルを下図に、水位時刻歴波形の図を次頁に示す。
- 三次元解析と一次元解析について、模擬波①の放水ピット内の水位時刻歴波形を比較した結果、最高水位については概ね一致したものの、放水ピット内水位が排水路（配管部φ1.5m）まで低下すると、一次元解析の方が水位低下が速くなることを確認した。
- 排水路（配管部φ1.5m）の水位の低下が速い場合、短い間隔で繰り返し来襲する泊発電所の津波の特徴を考慮すると、水位低下後に来襲する津波の水位上昇量を低く評価してしまう可能性があるためモデルの変更を行った。
- 水位低下が速くなる要因は、変更前のモデルが、左下図に示す通り、放水ピット（下部）～排水路（配管部φ1.5m）～排水路（立坑部φ4.0m）に至る経路を一つの池モデルで表現していたことであった。
- そのため、変更後のモデルは、三次元解析と同様に排水路（配管部φ1.5m）の水平部が自由水面を有する流れとなること、流路縮小工下端で生じる滝落とし状態となることを再現可能となるように見直した（詳細はまとめ資料の添付資料27（流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証）参考資料7参照）。



一つの池モデルで表現

一次元解析モデル (変更前)



池モデルから管路モデルに変更

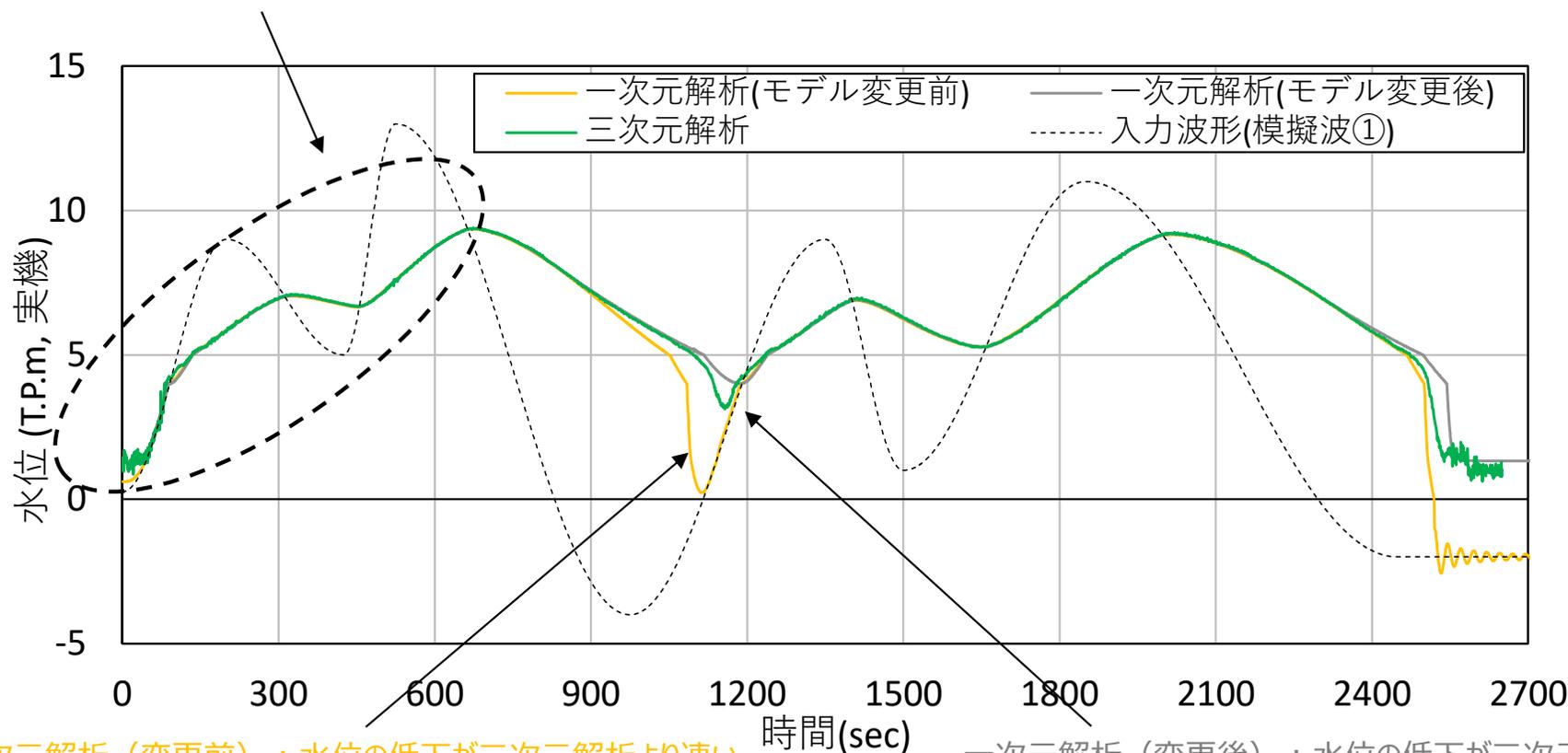
一次元解析モデル (変更後)

# 非定常流による一次元解析モデルの確認（一次元解析モデルの変更）

## 【非定常流による一次元解析モデルの確認（一次元解析モデルの変更）（2/2）】

- 三次元解析並びに一次元解析（三次元解析結果に基づく損失係数）のモデル変更前及びモデル変更後の水位時刻歴波形（模擬波①）を以下に示す（模擬波②～④の結果はまとめ資料の添付資料27（流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証）参考資料7参照）。
- 一次元解析モデルの変更を行った結果、三次元解析と水位低下の挙動が概ね一致することを確認した。

最高水位及び水位上昇側の波形は概ね一致



一次元解析（変更前）：水位の低下が三次元解析より速い

一次元解析（変更後）：水位の低下が三次元解と概ね一致

3号炉放水ピット流路縮小工の三次元解析，一次元解析（変更前）及び一次元解析（変更後）の水位時刻歴波形の比較（模擬波①）

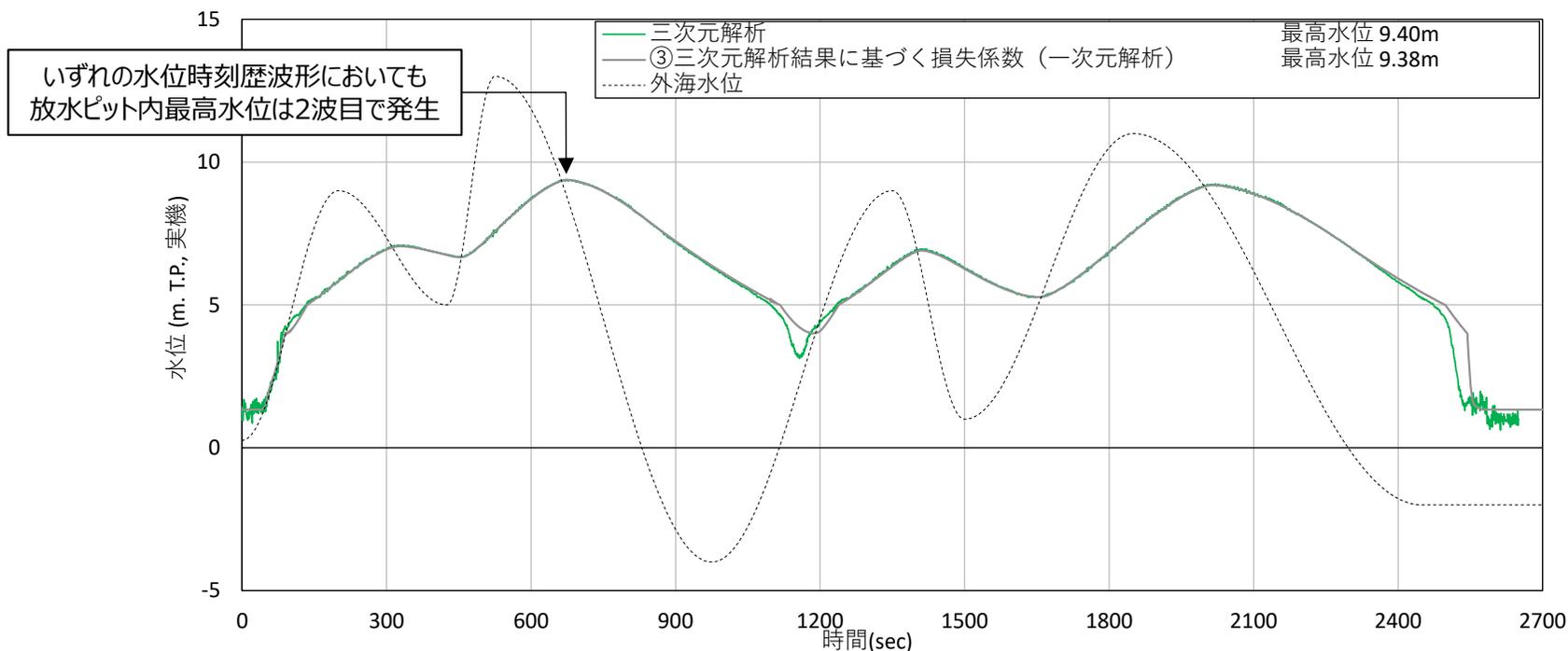
【非定常流による一次元解析モデルの確認（結果）】

- 三次元解析と一次元解析（三次元解析結果に基づく損失係数）※1に非定常流※2（模擬波①）を入力し、放水ピット内の水位時刻歴波形を比較した結果を以下に示す。

※1：定常流を入力した三次元解析より算出した、押し波方向の損失係数5.42，引き波方向の損失係数5.31に基づき設定した（各損失係数は、まとめ資料の添付資料27（流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証）参考資料5参照）。

※2：非定常流として、短い間隔で繰り返し来襲する泊発電所の津波の特徴を考慮した模擬波を用いた。

- 三次元解析と一次元解析の放水ピット内の水位時刻歴波形は、概ね一致することを確認した。



3号炉放水ピット流路縮小工の三次元解析と一次元解析の放水ピット内の水位時刻歴波形の比較（模擬波①）

# 1号及び2号炉取水路流路縮小工と3号炉放水ピット流路縮小工の入力津波の設定に用いる損失係数設定の比較

## 【入力津波の設定に用いる損失係数の設定の考え方】

- 入力津波の設定に用いる損失係数は、文献値を基本とし、水理模型実験等で得られた損失係数に対して保守的な損失係数となるよう設定する。
- 3号放水ピット流路縮小工については、水理模型実験と三次元解析で得られた損失係数に差が生じたため、3号炉放水ピット水位への影響は小さいものの、三次元解析で得られた損失係数も考慮し設定する。
- 具体的には、3号炉の流路縮小工は、文献に基づく算出式の値が、水理模型実験と3次元解析の間の値となることから、押し波方向は「文献値÷1.5」、引き波方向は「文献値×1.5」とし、1号及び2号炉の流路縮小工は、文献値が、水理模型実験で得られた損失係数と比較し十分小さな値であることから、押し波方向は「文献値」とし、引き波方向では「文献値×1.5」とする。

3号炉	入力津波の設定に用いる損失係数 (押し波方向)	水理模型実験	文献値	三次元解析	入力津波の設定に用いる損失係数 (引き波方向)
押し波方向	3.110	4.38~4.46	4.665	5.31~5.32	
引き波方向		4.52~4.55	4.869	5.36~5.42	7.304

文献値÷1.5
文献値×1.5

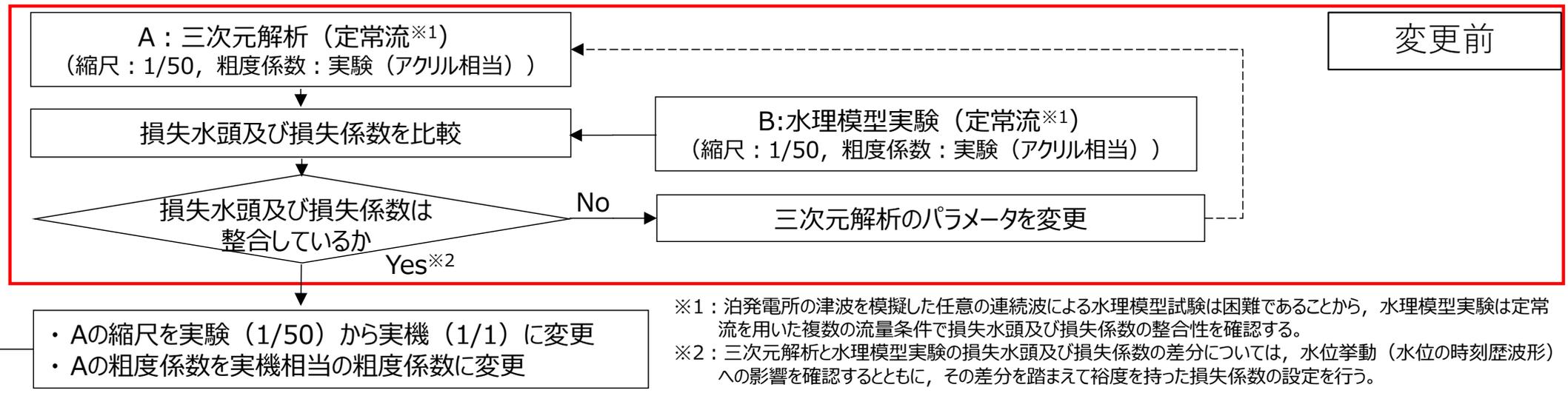
1号及び2号炉	入力津波の設定に用いる損失係数 (押し波方向)	文献値	水理模型実験	入力津波の設定に用いる損失係数 (引き波方向)
押し波方向	1.426	1.426	1.94~2.01	
引き波方向		1.426	1.74~1.86	2.139

文献値×1.5

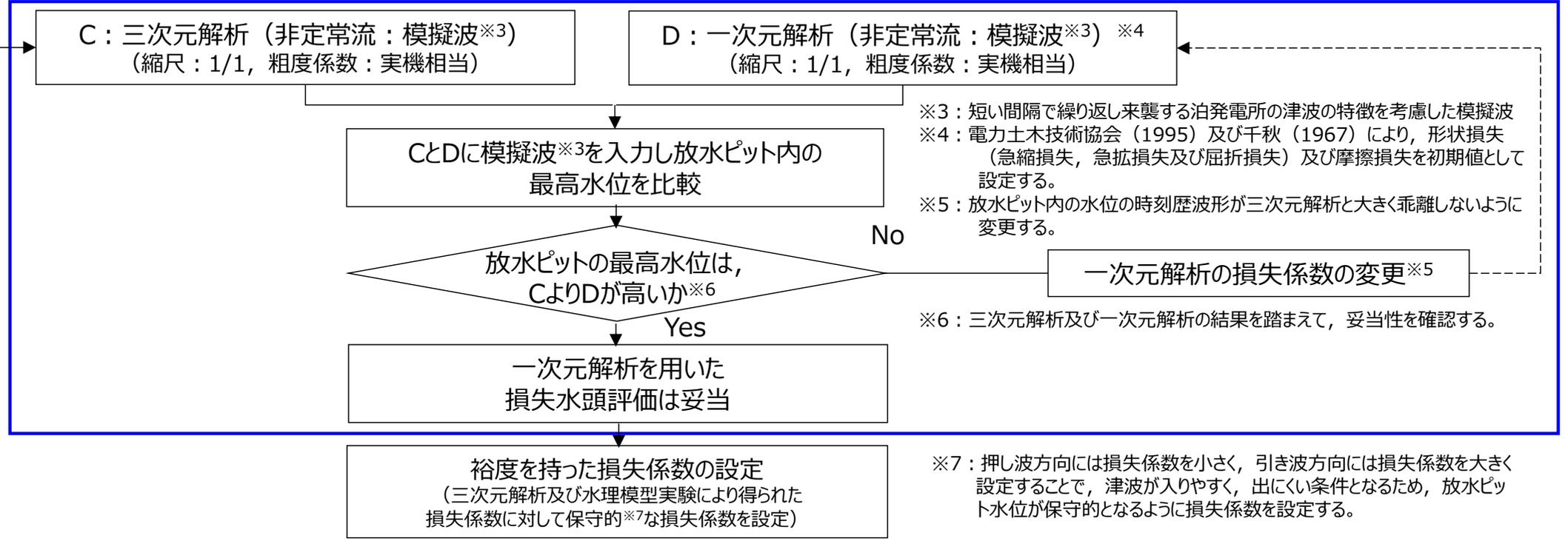


(参考資料3)  
3号放水ピット流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証フロー

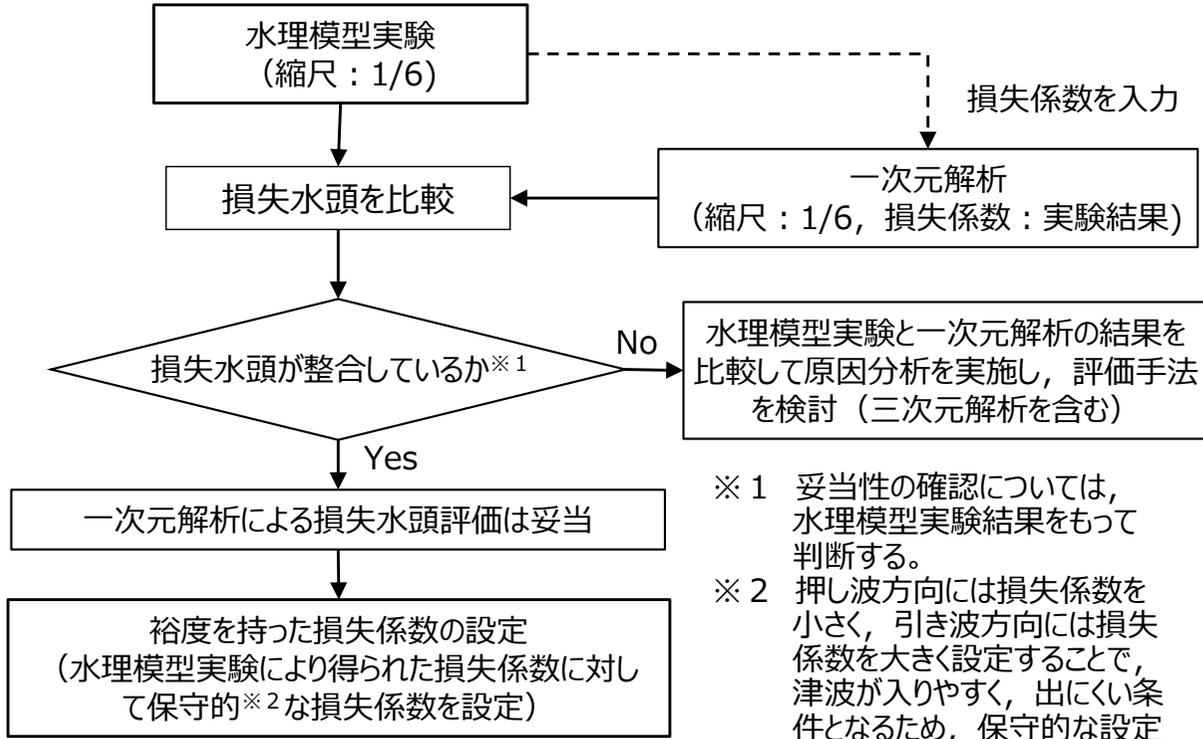
I. 三次元解析と水理模型実験の損失水頭及び損失係数の整合性の確認による三次元解析モデルの構築



II. 三次元解析と一次元解析の水位比較による一次元解析を用いた損失水頭評価の妥当性検証



1号及び2号炉取水路流路縮小工の損失水頭の評価方法の検証フロー



※1 妥当性の確認については、水理模型実験結果をもって判断する。

※2 押し波方向には損失係数を小さく、引き波方向には損失係数を大きく設定することで、津波が入りやすく、出にくい条件となるため、保守的な設定となる。