

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-60 改4
提出年月日	平成30年2月13日

東海第二発電所

工事計画に係る説明資料

(V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書)

平成30年2月

日本原子力発電株式会社

下線は、今回提出資料を示す。

## 目 次

1. 入力津波の評価
  - 1.1 潮位観測記録の考え方について
  - 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について
  - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について
  - 1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて
  - 1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について
  - 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討
2. 津波防護対象設備
  - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
3. 取水性に関する考慮事項
  - 3.1 砂移動による影響確認について
  - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について
  - 3.3 電源喪失による除塵装置の機能喪失に伴う取水性の影響について
4. 漂流物に関する考慮事項
  - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について
  - 4.2 漂流物による影響確認について
  - 4.3 漂流物衝突力について
5. 設計における考慮事項
  - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について
  - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて
  - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について
  - 5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について
  - 5.5 津波防護施設のアンカーの設計に用いる規格・基準類の適用性について
  - 5.6 浸水量評価について
  - 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について
  - 5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について
  - 5.9 浸水防護施設等の評価に係る地盤物性値及び地質構造について
  - 5.10 浸水防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び衝突荷重の組合せについて
  - 5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について
  - 5.12 浸水防護施設の評価における衝突荷重，風荷重及び積雪荷重について
  - 5.13 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について
  - 5.14 止水ゴム等の耐水性能について
  - 5.15 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について
  - 5.16 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について
  - 5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について
  - 5.18 津波に対する止水性能を有する施設の評価について
  - 5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について

6. 浸水防護施設に関する補足資料
  - 6.1 鋼製防護壁に関する補足説明
    - 6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明
    - 6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明
    - 6.1.3 止水機構に関する補足説明
  - 6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
    - 6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
    - 6.2.2 フラップゲートに関する補足説明
  - 6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明
    - 6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明
  - 6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明
    - 6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明
  - 6.5 防潮扉に関する補足説明
    - 6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明
  - 6.6 放水路ゲートに関する補足説明
    - 6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明
  - 6.7 構内排水路逆流防止設備に関する補足説明
    - 6.7.1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明
  - 6.8 貯留堰に関する補足説明
    - 6.8.1 貯留堰の設計に関する補足説明
    - 6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明
  - 6.9 浸水防護設備に関する補足説明
    - 6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁の設計に関する補足説明
    - 6.9.2 逆止弁の漏えい試験について
    - 6.9.3 逆止弁を構成する各部材の評価について
    - 6.9.4 津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について
  - 6.10 津波監視設備に関する補足説明
    - 6.10.1 津波監視カメラの設計に関する補足説明
    - 6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明
    - 6.10.3 加振試験の条件について
    - 6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
  - 6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明
  - 6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明
  - 6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明
7. 工事計画変更認可後の変更手続きについて
  - 7.1 工事計画変更認可後の変更手続きの要否について

## 1.1 潮位観測記録の考え方について

### 1.1.1 潮位のばらつきに関する評価

#### (1) 潮位観測記録の検討

基準津波の策定において使用した朔望平均潮位は、(財)日本気象協会が発行した「茨城港日立港区」の潮位表(2004年～2009年)に基づいている。第1-1-1表に基準津波の策定で使用した朔望平均潮位を示す。

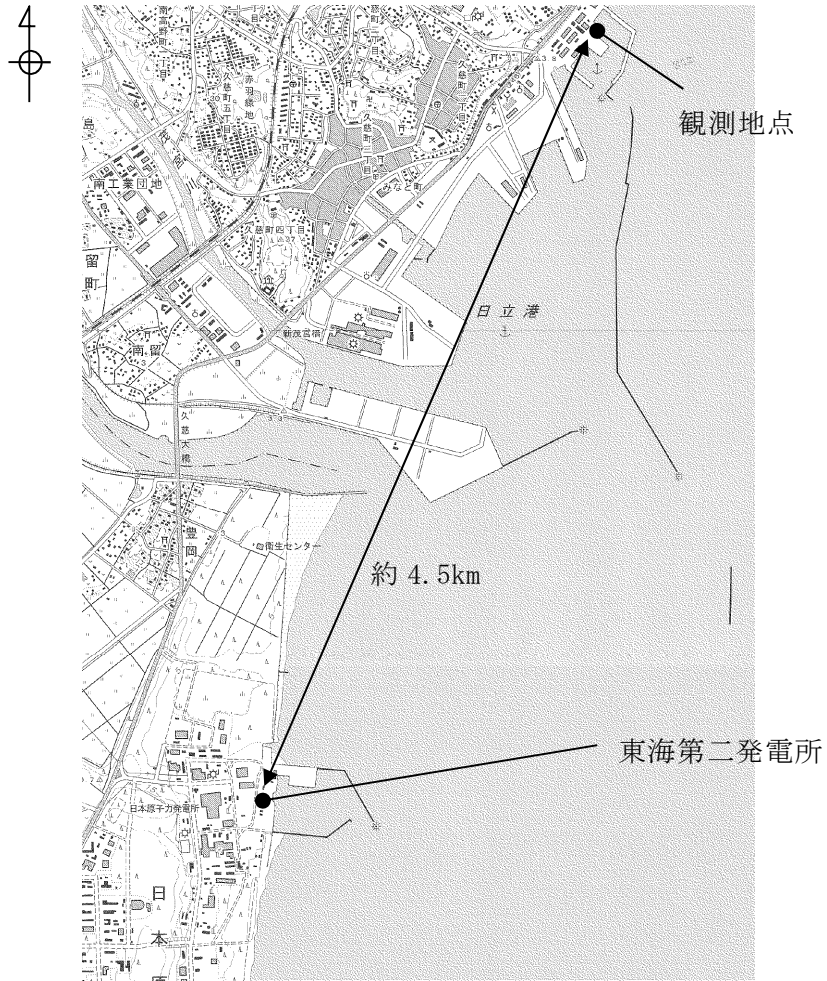
第1-1-1表 基準津波の策定で使用した朔望平均潮位

	基準津波の策定で使用した朔望平均潮位
朔望平均満潮位	T. P. +0.61m
朔望平均干潮位	T. P. -0.81m

設定した潮位のばらつき等を把握するために、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位のもとになっている観測地点「茨城港日立港区」の潮位観測記録(国土交通省関東地方整備局鹿島港湾・空港整備局より受領)を用いて、評価を実施した。

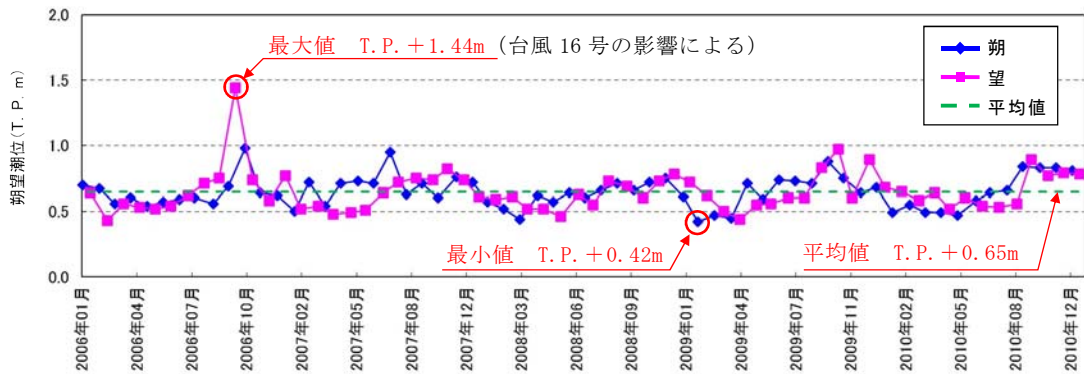
観測地点「茨城港日立港区」は、東海第二発電所から北方に約4.5km離れており、発電所との間に潮位に影響を及ぼす地形、人工構造物等はなく、発電所と同様に鹿島灘に面した海に設置されている。第1-1-1図に観測地点の位置を示す。

評価の結果、潮位観測期間(2006年1月～2010年12月)における朔望平均潮位の標準偏差は、満潮位において0.14m、干潮位において0.16mとなった。第1-1-2図に各月の朔望平均潮位の推移、第1-1-2表に潮位観測記録に基づく朔望平均潮位に関するデータ分析結果を示す。

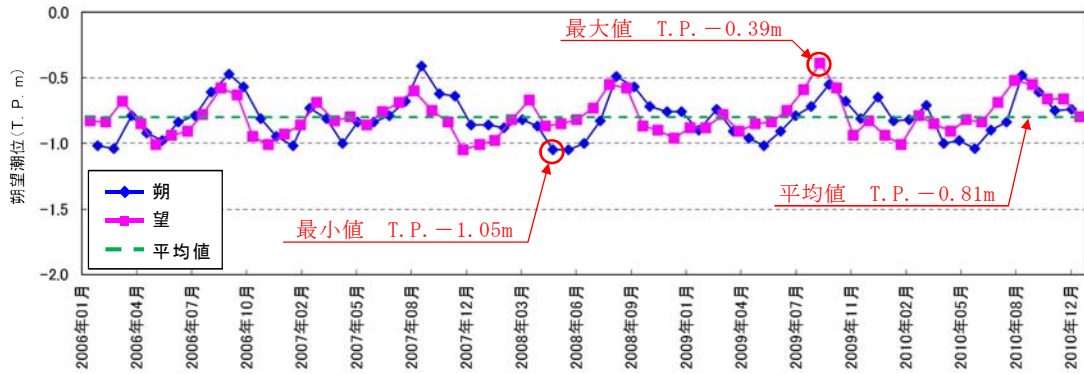


第1-1-1図 観測地点の位置

### 満潮位



### 干潮位



第1-1-2図 各月の朔望平均潮位の推移

第1-1-2表 潮位観測記録に基づく朔望平均潮位に関するデータ分析

	満潮位 <sup>※</sup>	干潮位 <sup>※</sup>
最大値	T. P. +1.44m	T. P. -0.39m
平均値	T. P. +0.65m	T. P. -0.81m
最小値	T. P. +0.42m	T. P. -1.05m
標準偏差	0.14m	0.16m

※ 潮位観測期間は2006年1月～2010年12月

(2) 潮位のばらつきの考慮について

朔望平均潮位について、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録を比較したところ、基準津波の策定で使用した朔望平均潮位に比べ、潮位観測記録の方が満潮位で0.04m高く、干潮位では差がないことが分かった。この潮位差自体は有意なものではないが、保守的な設定になるよう潮位の差分を基準津波の策定で使用した朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位に考慮することとした。第1-1-3表に基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録の朔望平均潮位の比較を示す。

以上より、入力津波の設定に当たっては、朔望平均潮位の標準偏差及び基準津波の策定で使用した朔望平均潮位と潮位観測記録の朔望平均潮位との差分について考慮して、安全側に設定する。

水位上昇側については、基準津波の策定で使用した朔望平均満潮位 T.P. +0.61m に対して、潮位観測記録との差分+0.04m 及び満潮位の標準偏差0.14m の合計である+0.18m を水位変動の評価における上昇側潮位のばらつきとして考慮する。

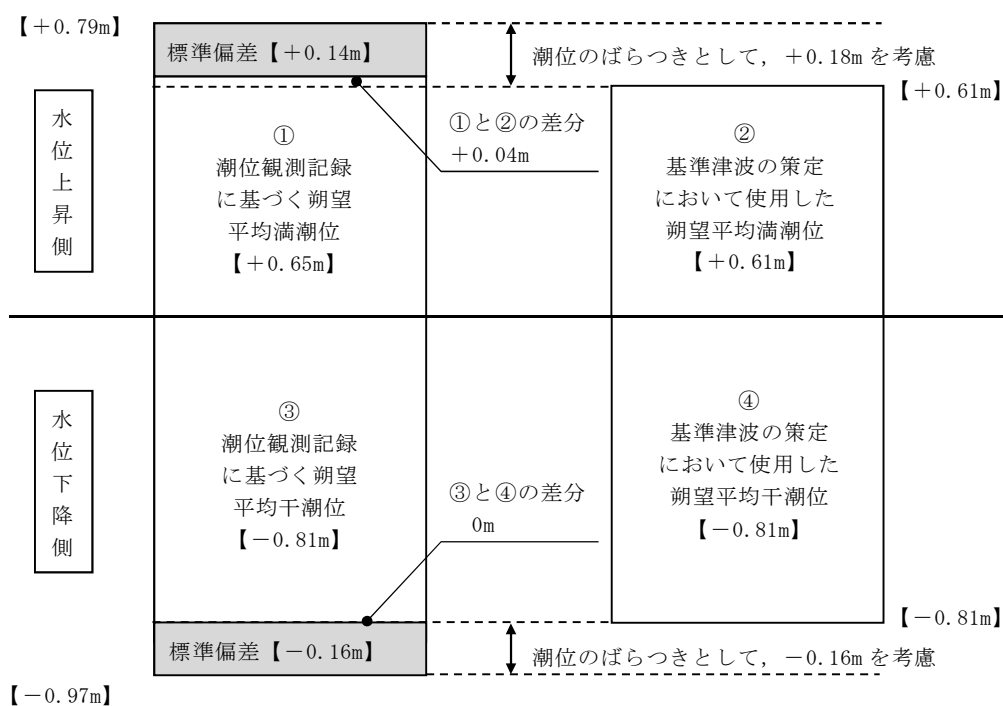
水位下降側については、基準津波の策定で使用した朔望平均干潮位 T.P. -0.81m に対して、観測記録との差分はないため-0.16m を水位変動の評価における下降側潮位のばらつきとして考慮する。

第1-1-3図に潮位のばらつきに対する考慮方法を示す。

第1-1-3表 朔望平均潮位の比較

朔望平均潮位	基準津波の策定で 使用した潮位 ①	潮位観測記録 に基づく潮位※ ②	差 ③ (②-①)
満潮位	T. P. +0.61m	T. P. +0.65m	+0.04m
干潮位	T. P. -0.81m	T. P. -0.81m	0.00m

※ 潮位観測期間は2006年1月～2010年12月



第1-1-3図 潮位のばらつきに対する考慮方法



### 1.1.2 観測期間の妥当性の検討について

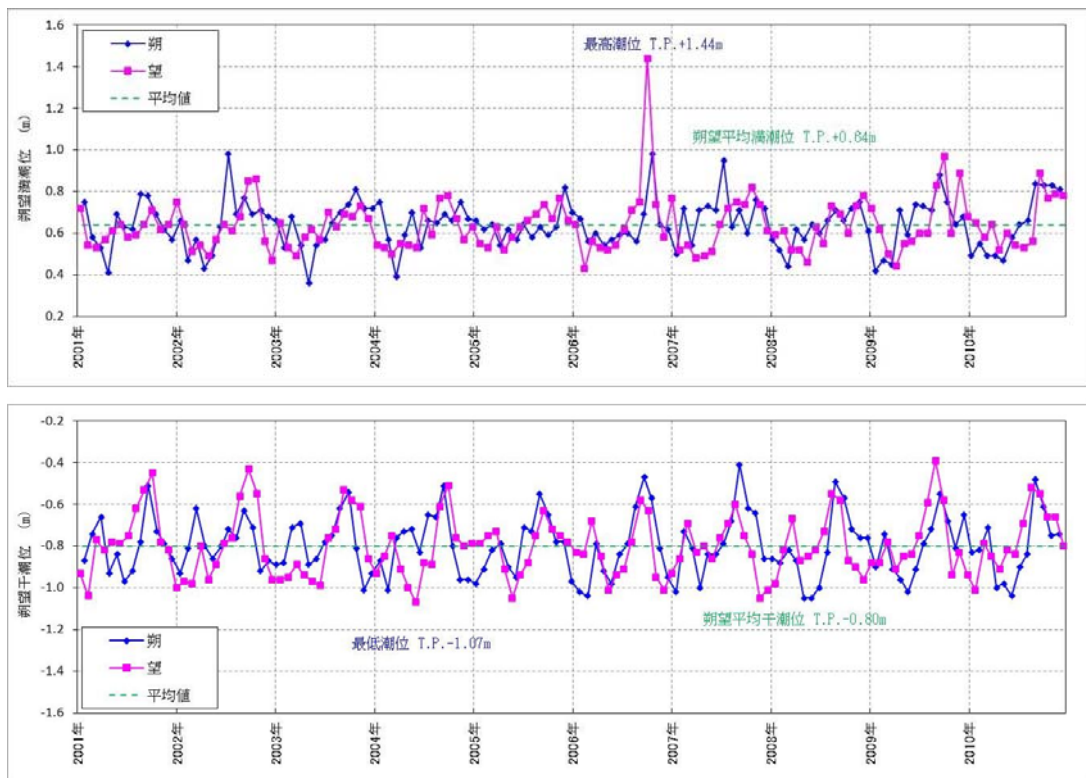
基準津波の策定で使用した潮位は、茨城港日立港区における2004年～2009年の潮位データであるが、観測期間の妥当性を確認するため、10カ年の朔望潮位データについて分析を行い、影響の有無を確認した。

茨城港日立港区における2006年1月～2010年12月の5カ年の朔望潮位データに対して、2001年1月～2010年12月の10カ年の朔望潮位データの分析を行った。朔望潮位に関する分析結果を第1.1-4表に示す。

第1-1-4表から5カ年及び10カ年の朔望満潮位、朔望干潮位及びそれらの標準偏差について、いずれも同程度であることを確認した。また、第1-1-4図に10カ年（2001年1月～2010年12月）の潮位変化を示す。

第 1-1-4 表 朔望潮位に関する分析結果

	朔望満潮位 (m)		朔望干潮位 (m)	
	5 ヲ年	10 ヲ年	5 ヲ年	10 ヲ年
平均値	T.P. +0.65	T.P. +0.64	T.P. -0.81	T.P. -0.80
標準偏差	0.14	0.13	0.16	0.15



第 1-1-4 図 10 ヲ年 (2001 年 1 月～2010 年 12 月) の潮位変化

(上：朔望満潮位，下：朔望干潮位)

### 1.1.3 茨城港日立港区の潮位データの扱いについて

基準津波の策定で使用した潮位は、茨城港日立港区における 2004 年～2009 年の潮位データである。2011 年以降の潮位データについては公表されていない。

そのため、発電所の近接観測地点であり、観測が継続している銚子漁港と小名浜の各地点の 2006 年 1 月～2010 年 12 月、2012 年 1 月～2016 年 12 月における朔望平均満干潮位、年平均潮位、年最高潮位及び最高潮位及び至近約 40 年（1971 年～2010 年）及び至近約 45 年（1971 年～2016 年（2011 年を除く））における最高潮位の超過発生確率を用いて、2011 年以降の日立港区の潮位の傾向を推定した。観測地点位置図を第 1-1-5 図に、各地点の朔望平均満干潮位を第 1-1-5 表に、各地点の年平均潮位の推移を第 1-1-6 図に、各地点の年最高潮位の推移を第 1-1-7 図、各地点の最高潮位の超過発生確率の推移を第 1-1-8 図に示す。

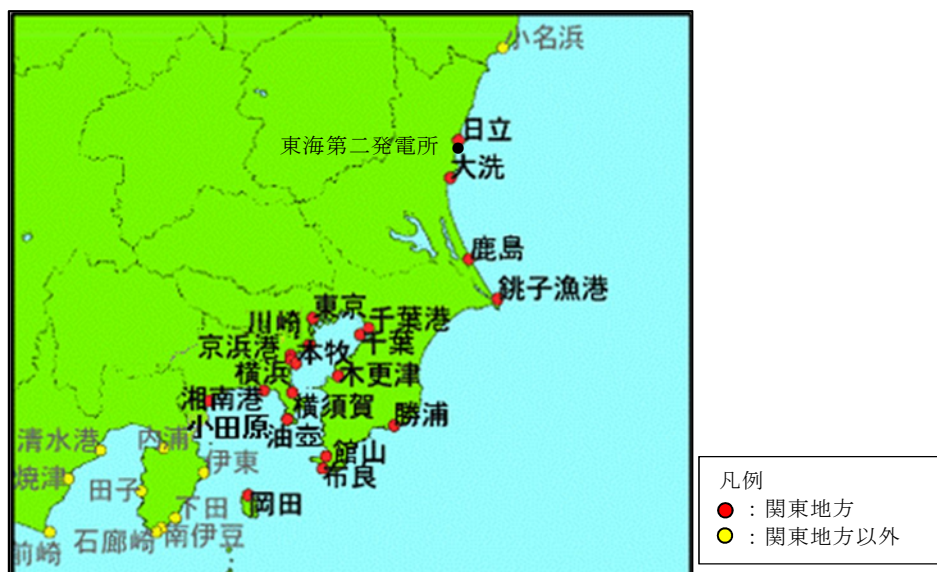
第 1-1-5 表より、銚子漁港と小名浜の朔望平均満干潮位について、2006 年～2010 年と 2012 年～2016 年の値を比較したところ、2006 年～2010 年に対し 2012 年～2016 年の方が、朔望平均満干潮位の差が小さくなる傾向を示している。よって、2011 年以降の茨城港日立港区の朔望平均満干潮位についても同様の傾向となることが想定される。また、第 1-1-6 図及び第 1-1-7 図より、2006 年～2010 年における日立港区、銚子漁港及び小名浜の年平均潮位及び年最高潮位を比較したところ、日立港区は銚子漁港及び小名浜と概ね同様の傾向を示している。

さらに、第 1-1-8 図より、至近約 40 年（1971 年～2010 年）における日立港区、銚子漁港及び小名浜の最高潮位の超過発生確率を比較しても、日立港区の曲線は銚子漁港及び小名浜と概ね同様の傾向を示している。また、2011 年以降のデータを含む至近約 45 年（1971 年～2016 年（2011 年を除く））と 2011 年以前のデータである至近 40 年（1971 年～2010 年）における銚子漁港と小名浜の最高潮位の超過発生確率を比較すると、曲線は概ね同様の傾向を示すとともに、2011 年以前のデータによる超過発生確率に比べて、2011 年以降のデータを含んだ超過発生確率に有意な差はない。

以上より、2011年以降の日立港区の潮位は2010年以前の潮位と同様の傾向で推移し、また顕著な高潮は生じていないことが推測される。

次に、日立港区と東海第二発電所の月平均潮位を比較した。日立港区と東海第二発電所の潮位変動量の比較を第1-1-9図に示す。なお、東海第二発電所潮位データについては、検潮小屋のフロア高さを基準高さに用いているため、日立港区（2007年1月）の潮位値を基準値としている。日立港区と東海第二発電所の潮位データがともに得られている2007年から2009年の月平均潮位を比較したところ、日立港区と東海第二発電所は概ね同様の傾向を示している。したがって、日立港区の潮位には東海第二発電所における潮位変動の情報が反映されていることが推察される。

以上のことから、2010年以前の茨城港日立港区の潮位データを基準津波の策定で使用することは妥当と判断した。



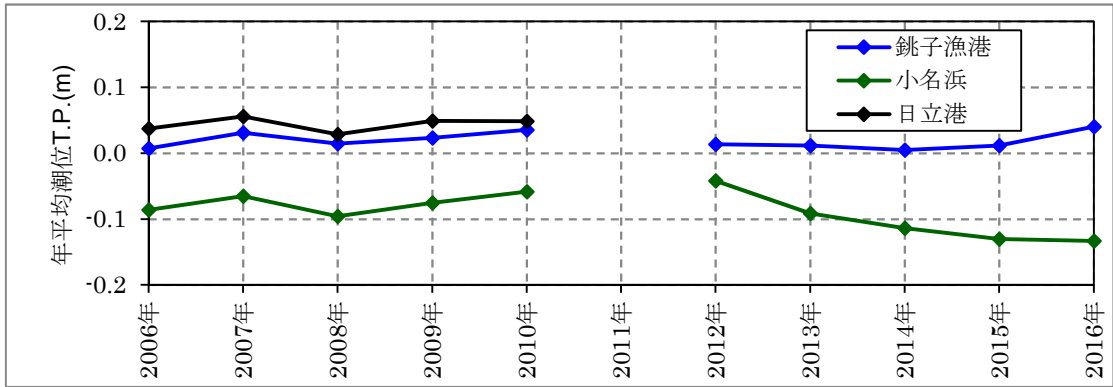
※大洗, 鹿島の実測潮位については示されていない。

第 1-1-5 図 観測地点位置図 気象庁 (2017) に加筆

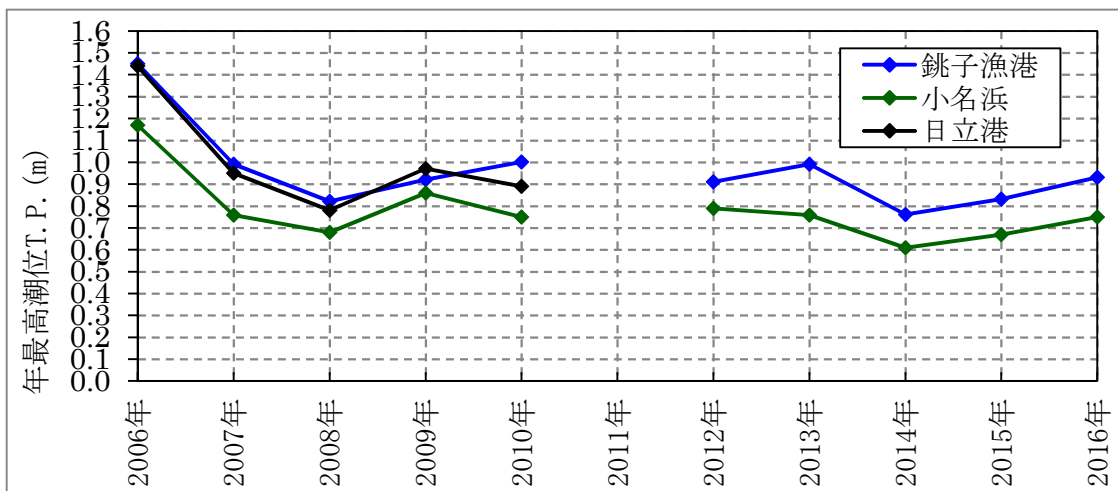
第 1-1-5 表 各地点の朔望平均満干潮位

		銚子漁港		小名浜		日立港区
		2006~2010年	2012~2016年	2006~2010年	2012~2016年	2006~2010年
朔望満潮位	平均	0.65	0.62	0.54	0.49	0.65
	標準偏差	0.13	0.11	0.13	0.11	0.14
朔望干潮位	平均	-0.88	-0.82	-0.92	-0.88	-0.80
	標準偏差	0.14	0.13	0.15	0.13	0.15

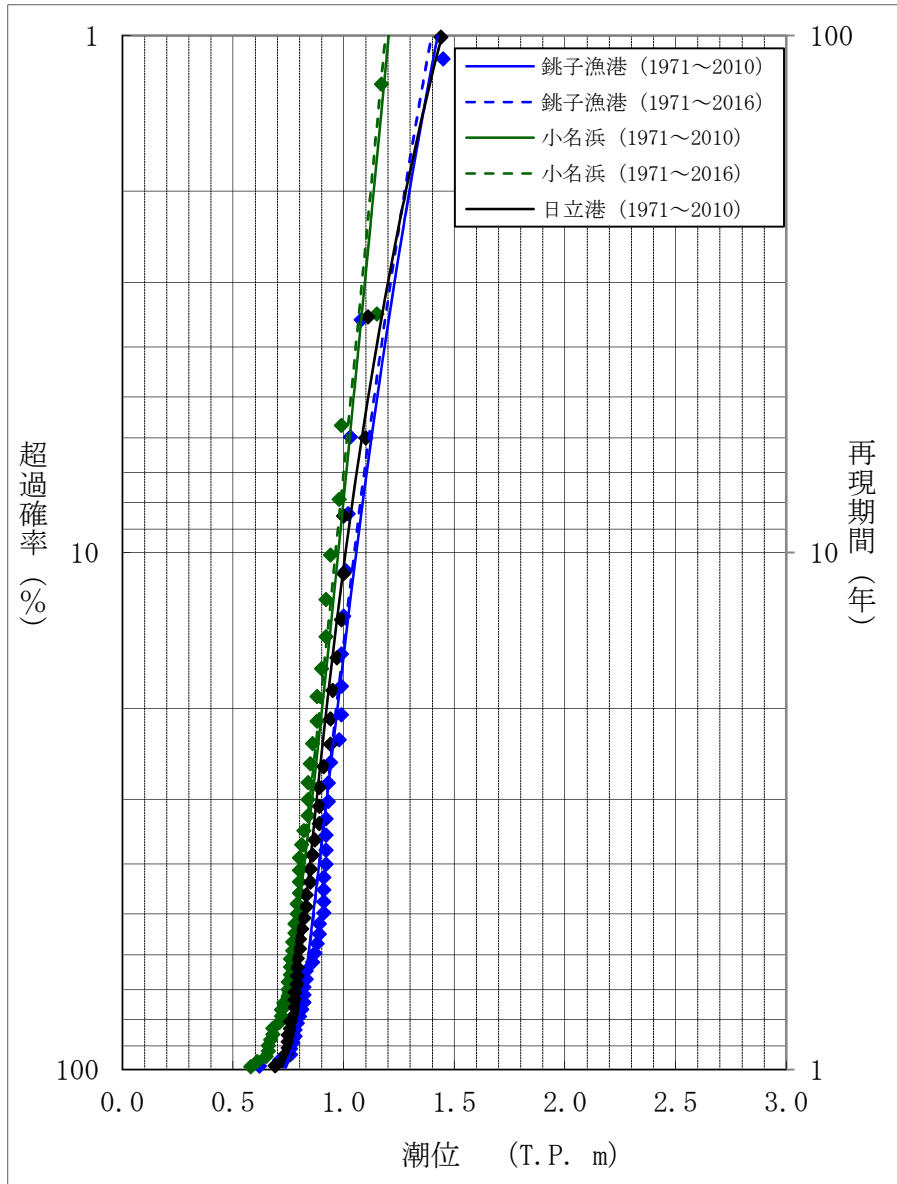
単位 : T.P. m



第 1-1-6 図 各地点の年平均潮位の推移

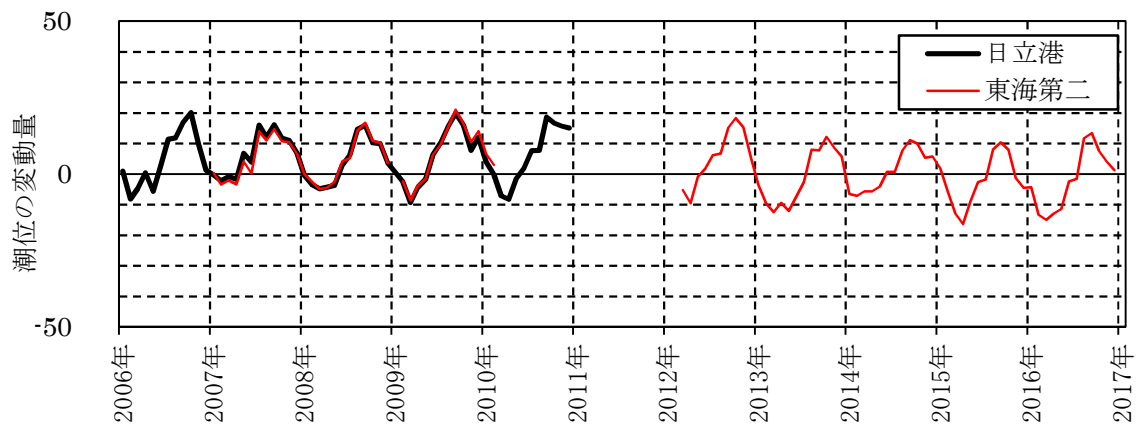


第 1-1-7 図 各地点の年最高潮位の推移



※2011年のデータを除く

第 1-1-8 図 各地点の超過発生確率



※東海第二発電所の潮位データは、検潮小屋のフロア高さを基準高さに用いているため、日立港区（2007年1月）の潮位値を基準値としている。  
 また、2009年1月、2010年3月から2012年2月の潮位データは欠測。

第 1-1-9 図 日立港区と東海第二発電所における月平均潮位の変動量の比較



### 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について

第 1-3-1 図に基準津波（上昇側）による敷地周辺の最大水位上昇量分布，第 1-3-2 図に港湾内の時刻歴波形の地点別比較を示す。

第 1-3-1 図に示すとおり，港湾の内外において，最大水位上昇量や傾向に大きな差異はなく，文献(1)より求めた港湾の固有周期(4 分程度)と基準津波の周期(30 分程度)が大きく異なることから，港湾内の局所的な海面の励起は生じていないと推測される。

第 1-3-2 図は，津波の伝播経路を考え，①港口→②泊地中央，②泊地中央→④港奥北，②泊地中央→③取水口前面，②泊地中央→⑤港奥南の水位の時刻歴波形をそれぞれ重ね合わせて示している。

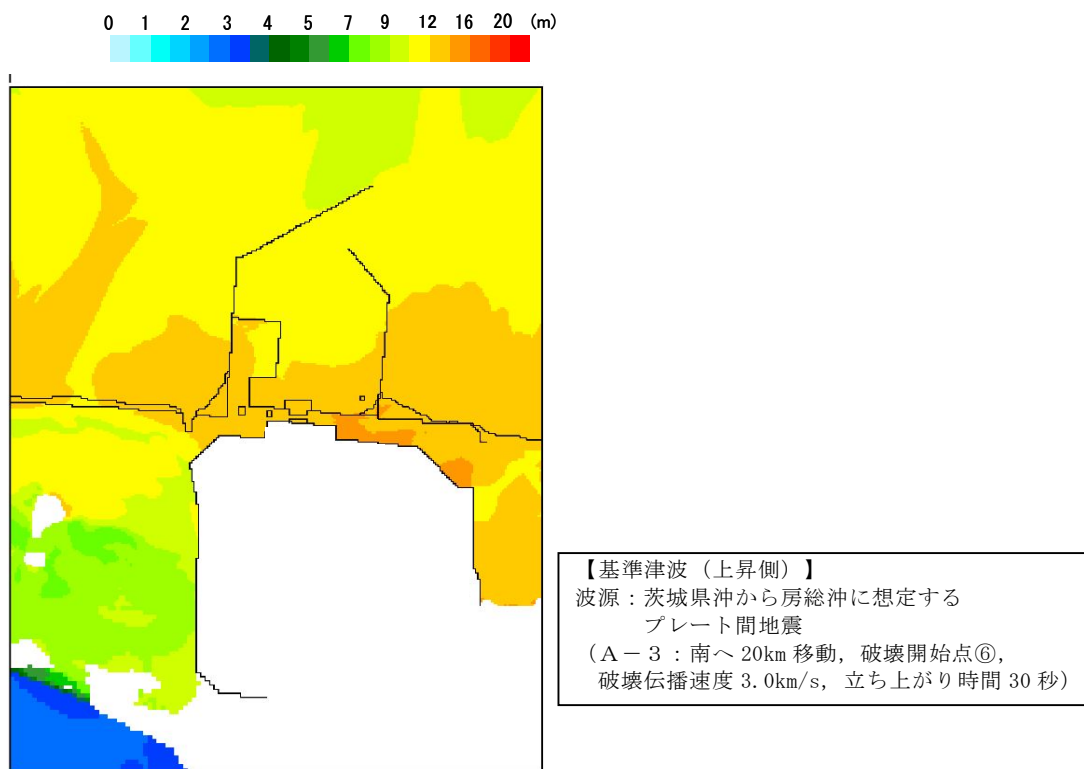
第 1-3-2 図より，40 分付近の第 1 ピークは，第 1-3-1 図の最大水位上昇量分布からも分かるように，敷地に津波が遡上し，港湾外からの越流も含まれているため，②泊地中央よりも③取水口前面・④港奥北・⑤港奥南で大きくなっている。

第 1 ピーク以降において，①港口→②泊地中央の波形はあまり変わらないのに対し，②泊地中央→④港奥北・⑤港奥南では上昇側のピーク値が伝播先の奥側で大きくなっている傾向が確認できる。上昇が著しいのは 100 分付近の第 3 ピークで②泊地中央のピーク値に対して④港奥北で 0.6m 程度，⑤港奥南で 0.7m 程度の増幅となっている。これら時間帯の直前の引き波が最も大きいピークであることから，大きな引き波の後に押し寄せる押し波によって増幅傾向が増大していると推察される。

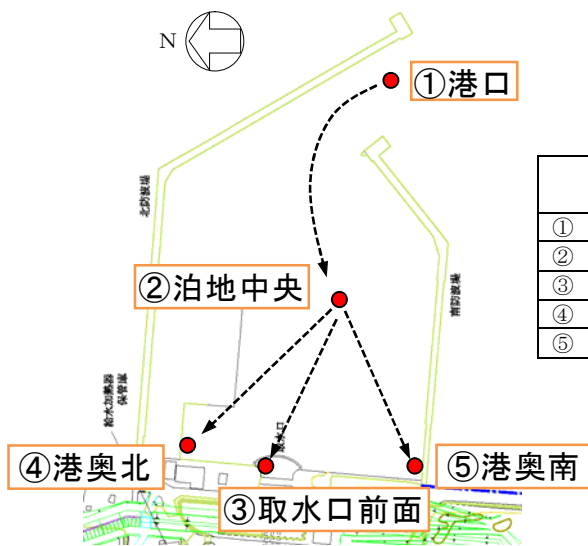
一方，第 2，第 4 の上昇側ピークについては増幅があまり大きくない。特に，③取水口前面では第 3 ピークが 0.3m 程度の増幅で最大となっている。

以上から，④港奥北と⑤港奥南では，隅角部であることや水深が浅いことから，局所的に海面の振動が増幅されているものの，津波による港湾内の局所的な海面の固有振動による励起は生じていないと考えられる。

※参考<sup>(1)</sup>水理公式集－昭和 60 年版－，土木学会，p. 563-564，1985

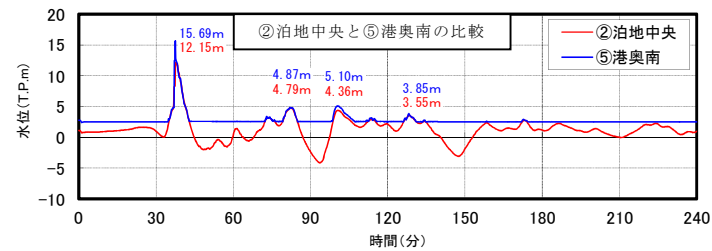
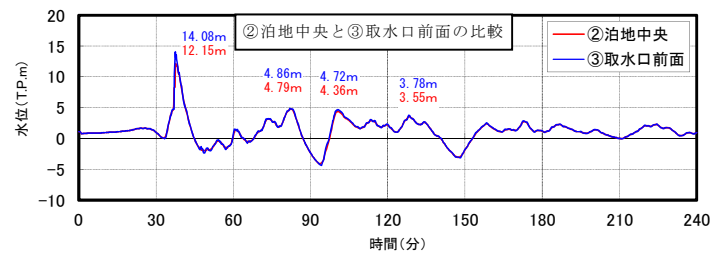
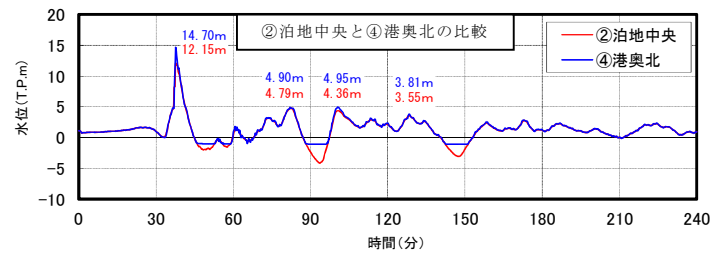
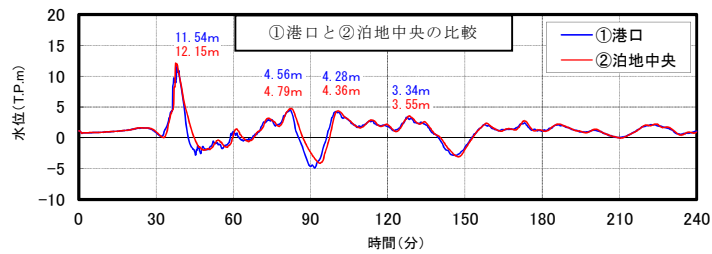


第1-3-1図 基準津波（上昇側）による敷地周辺における最大水位上昇量分布



各地点のピーク水位 (T.P. +m)

地点	第1ピーク	第2ピーク	第3ピーク	第4ピーク
① 港口	11.54	4.56	4.28	3.34
② 泊地中央	12.15	4.79	4.36	3.55
③ 取水口前面	14.08	4.86	4.72	3.78
④ 港奥北	14.70	4.90	4.95	3.81
⑤ 港奥南	15.69	4.87	5.10	3.85



第1-3-2 図 港湾内における時刻歴波形の地点別比較

## 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討

### 1.6.1 はじめに

東海第二発電所の緊急用海水系は、SA用海水ピット取水塔からSA用海水ピットを経て、緊急用海水ポンプピットに至る。第1-1図に緊急用海水系の平面図及び断面図、第1-2図に緊急用海水系の管路解析モデルを示す。

本解析では外海、SA用海水ピット取水塔、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットを池でモデル化し、管路モデルや節点で結んでいる。損失水頭のうち管路内の摩擦は各管路モデルで、それ以外の損失は各節点で表現するようにモデル化した。第1-1表～第1-3表及び第1-3図～第1-5図に解析に用いた各損失を示す。なお、解析には解析コード「SURGE」を使用した。

### 1.6.2 SA用海水ピットの構造に関わる管路解析モデルへの影響検討

第1-1図に示すとおり、海側からの管路はSA用海水ピット位置で直交方向に角度を変え、また緊急用海水ポンプピットには漸移的に角度を変えながら接続している。解析においては、SA用海水ピットの形状についてモデル化するとともにSA用海水ピットに海水が流入することに伴い発生する渦や流向変化等による損失水頭についても考慮し、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピット位置の水位への影響を確認することとし、解析方針を以下に示す。

### 1.6.3 解析方針

海水の流入に伴い発生する渦や流向変化等による損失を考慮した解析については、以下のとおりとした。

① 渦や流向変化等に伴う影響については、管路の「曲り」または「屈折」に

よる損失水頭として設定する。

- ② 解析モデルの形状自体は現行モデルから変更せず，S A用海水ピットの上流側と下流側の節点（第 1-2 図の節点 4 及び節点 6）に設定している損失水頭（流出もしくは流入）に，曲りまたは屈折の損失相当の損失水頭（※：補足）を上乗せする。
- ③ さらに感度分析として，上乗せする損失水頭を 2.0 倍した場合と 0.5 倍した場合を追加で実施する。よって，実施ケースは，以下の 6 ケースとする。

曲りによる損失を追加の場合：損失水頭 1.0，2.0，0.5 倍の 3 ケース

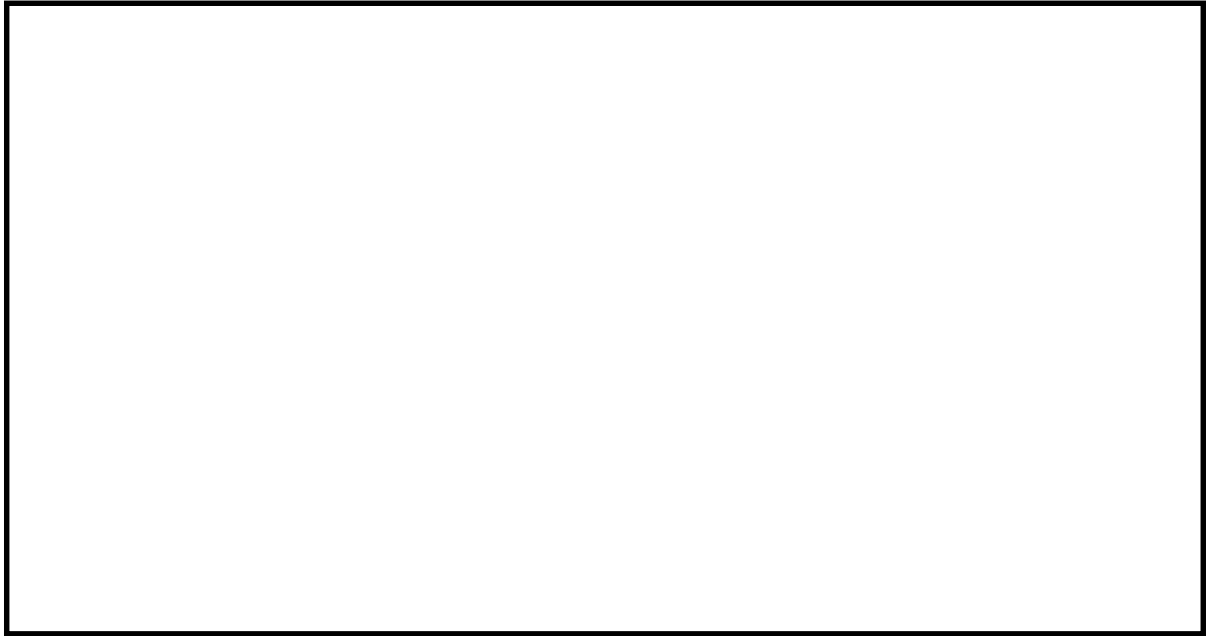
屈折による損失を追加の場合：損失水頭 1.0，2.0，0.5 倍の 3 ケース

計 6 ケース

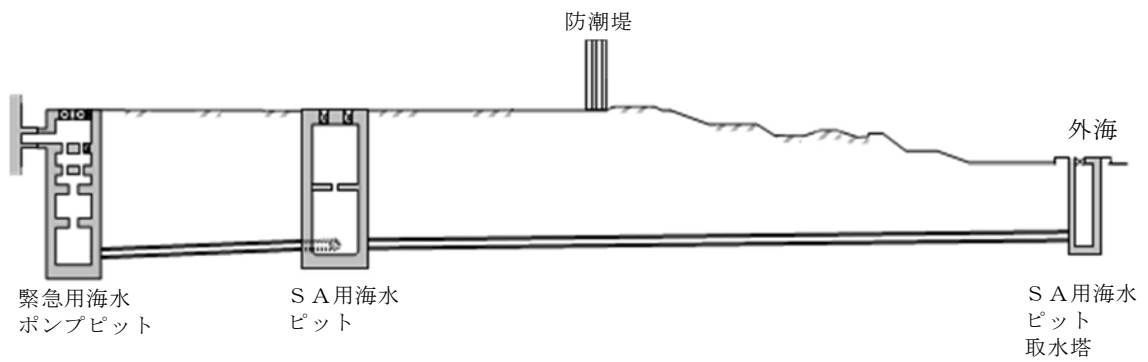
ここで，「順流・貝代なし」の条件における S A海水ピット内に「曲り」及び「屈折」損失（それぞれ係数 1.0 倍の場合）を考慮した損失計算書を第 1-4 表及び第 1-5 表に示す。

#### 【(※)：補足】

- 1) 「曲り」損失に用いる曲率半径を S A用海水ピットの半径 (=5m) と仮定する。
- 2) S A用海水ピット取水塔～S A用海水ピット間と S A用海水ピット～緊急用海水ポンプピット間では流量が異なるため，損失水頭算定には，S A用海水ピット上下流 2 箇所それぞれの流量から算定した損失水頭の 1/2 を設定した。

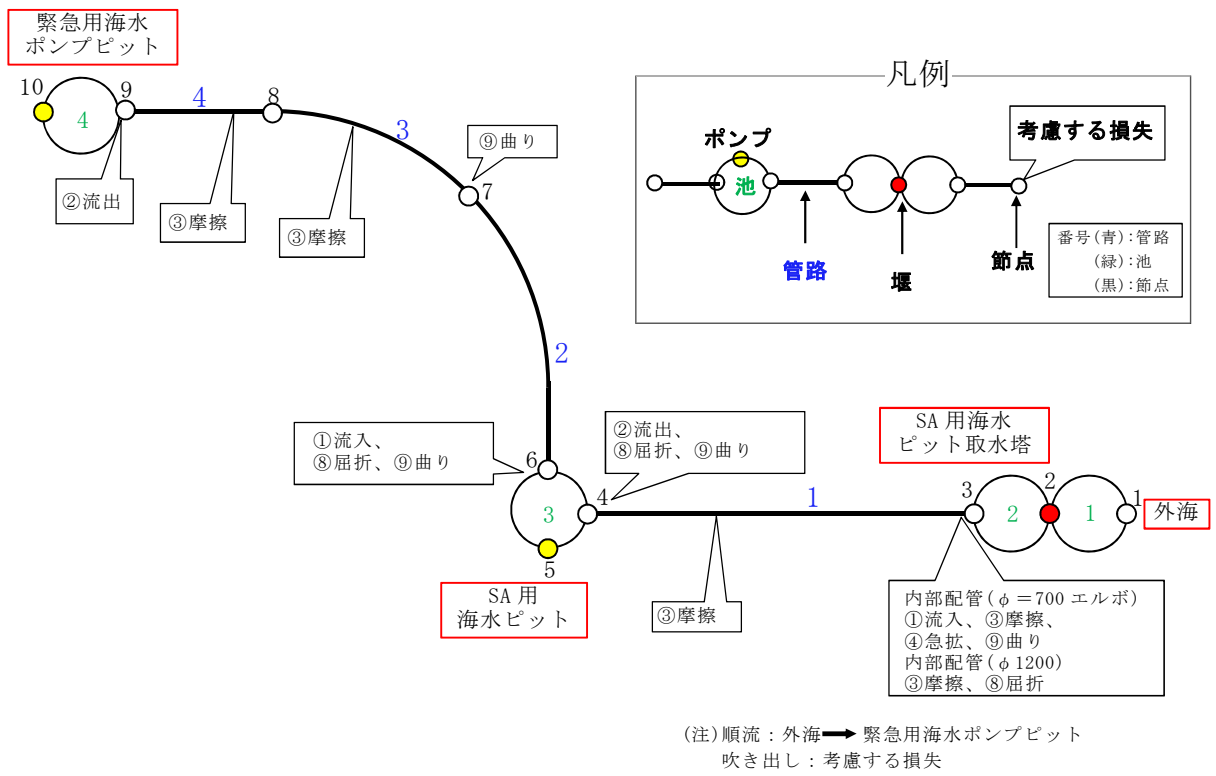


第 1-1 図(1) 緊急用海水系の平面図



第 1-1 図(2) 緊急用海水系の断面図

(S A用海水ピット取水塔～S A用海水ピット～緊急用海水ポンプピット)



管路長さ一覧

管路 No.	管路長さ	管路 No.	管路長さ
1	157.557m	2	76.904m
3	58.111m	4	35.908m

第 1-2 図 緊急用海水系の管路解析モデル

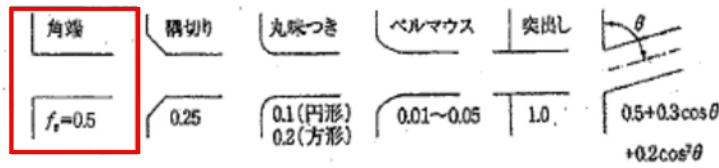
第 1-1 表 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
①流入損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	$h_e$ : 流入による損失水頭 (m) [第 3-3 図 角端] $f_e$ : 流入損失係数 (0.03) $V$ : 管内流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 374-375
②流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	$h_o$ : 流出による損失水頭 (m) $V$ : 管内流速 (m/s) $f_o$ : 流出損失係数 (1.0)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 375
③摩擦損失	$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	$V$ : 平均流速 (m/s) $L$ : 水路の長さ (m) $R$ : 水路の径深 (m) $n$ : 粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ ) [第 3-2 表]	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 788, p. 829
④急拡損失	$h_{se} = f_{se} \cdot \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	$f_{se}$ : 急拡損失係数 $A_1$ : 急拡前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 急拡後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 829
⑤急縮損失	$h_{sc} = f_{sc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{sc}$ : 急縮損失係数 (管路断面積による値[第 3-3 表]) $V_2$ : 急縮後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 829-830
⑥漸拡損失	$h_{ge} = f_{ge} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$	$f_{ge}$ : 漸拡損失係数 (管路断面積による値[第 3-4 図]) $V_1$ : 漸拡前の平均流速 (m/s) $A_1$ : 漸拡前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 漸拡後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 830
⑦漸縮損失	$h_{gc} = f_{gc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{gc}$ : 漸縮損失係数 (管路断面積による値[第 3-5 図]) $V_2$ : 漸縮後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 830-831
⑧屈折損失	$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g}$ $f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$	$h_{be}$ : 合流前後の本管動水位 (m) $V$ : 管内平均流速 (m/s) $f_{be}$ : 屈折損失係数 $\theta$ : 屈折角	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376-377
⑨曲り損失	$h_b = f_{b1} f_{b2} \frac{V^2}{2g}$	$f_{b1}$ : 曲りの曲率半径 $\rho$ と管径 $D$ と の比より決まる損失係数 $f_{b2}$ : 任意の曲り中心角 $\theta$ , 中心角 90° の場合の損失比 $V$ : 管内平均流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376

※引用文献を以下に示す。

- ・ 土木学会 (1999) : 土木学会水理公式集 (平成 11 年版)
- ・ 電力土木技術協会 (1995) : 火力原子力発電所土木構造物の設計





第 1-3 図 入口形状と損失係数  
(土木学会水理公式集(平成 11 年版) p. 375)

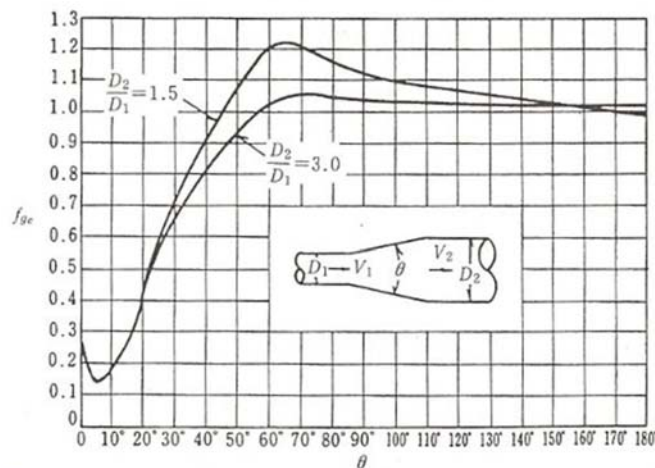
第 1-2 表 貝等の付着代と粗度係数

(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 788 より抜粋)

	貝付着なし	貝付着あり
貝付着厚	0 [cm]	10 [cm]
粗度係数	0.015 [m <sup>-1/3</sup> ・s]	0.020[m <sup>-1/3</sup> ・s]

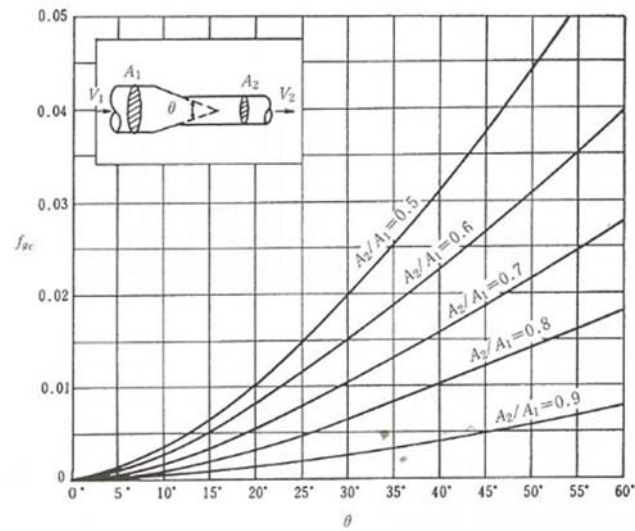
第 1-3 表 急縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830)

D <sub>2</sub> /D <sub>1</sub>	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f <sub>sc</sub>	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0



第 1-4 図 漸拡損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830)

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>: 漸拡前後の管径(m), V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>: 漸拡前後の平均流速(m/s), θ: 漸拡部の開き  
(※本施設では矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>を算出した。)



第 1-5 図 漸縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 831)

$D_1, D_2$  : 漸縮前後の管径(m),  $V_1, V_2$  : 漸縮前後の平均流速(m/s),  $\theta$  : 漸縮部の開き  
 (※本施設では矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径  $D_1, D_2$  を算出した。)

第 1-4 表 損失水頭計算書（順流・貝代なし，SA 用海水ピット内に曲り損失を考慮した場合）

場所	流量 (m <sup>3</sup> /s)	種類	係数		断面積 (m <sup>2</sup> )	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ700エルボ)	0.234	流入	F	0.500	0.385	0.00900	節点3
		摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	0.385	0.00100	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.286	0.385	0.00500	節点3
			F <sub>b2</sub>	1.000			
急拡	F	0.435	0.385	0.00800	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
		屈折	F	0.986	1.131	0.01900	節点3
管路1(φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.06800	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.701	流出	F	1.000	1.131	0.02000	節点4
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.132	1.131	(注) 0.00100	節点4
			F <sub>b2</sub>	1.000			
	0.234	曲り	F <sub>b1</sub>	0.132	1.131	(注) 0.00010	節点6
			F <sub>b2</sub>	1.000			
		流入	F	0.500	1.131	0.00100	節点6
管路2,3,4(φ1200)	0.234	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00800	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.131	1.131	0.00030	節点7
			F <sub>b2</sub>	0.931			
緊急用海水ポンプピット	0.234	流出	F	1.000	1.131	0.00200	節点9
合計						0.14740	

(注) 現行モデルからの追加分

- ・渦や流向変化等に伴う影響を管路の「曲り損失」として仮定
- ・上下流 2 箇所それぞれの流量から算定した「曲り損失水頭」の 1/2 を設定した値

第 1-5 表 損失水頭計算書（順流・貝代なし，SA 用海水ピット内に屈折損失を考慮した場合）

場所	流量 (m <sup>3</sup> /s)	種類	係数		断面積 (m <sup>2</sup> )	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ700エルボ)	0.234	流入	F	0.500	0.385	0.00900	節点3
		摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	0.385	0.00100	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.286	0.385	0.00500	節点3
			F <sub>b2</sub>	1.000			
急拡	F	0.435	0.385	0.00800	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
		屈折	F	0.986	1.131	0.01900	節点3
管路1(φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.06800	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.701	流出	F	1.000	1.131	0.02000	節点4
		屈折	F	0.986	1.131	(注) 0.01000	節点4
	0.234	屈折	F	0.986	1.131	(注) 0.00100	節点6
		流入	F	0.500	1.131	0.00100	節点6
管路2,3,4(φ1200)	0.234	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00800	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.131	1.131	0.00030	節点7
			F <sub>b2</sub>	0.931			
緊急用海水ポンプピット	0.234	流出	F	1.000	1.131	0.00200	節点9
合計						0.15730	

(注) 現行モデルからの追加分

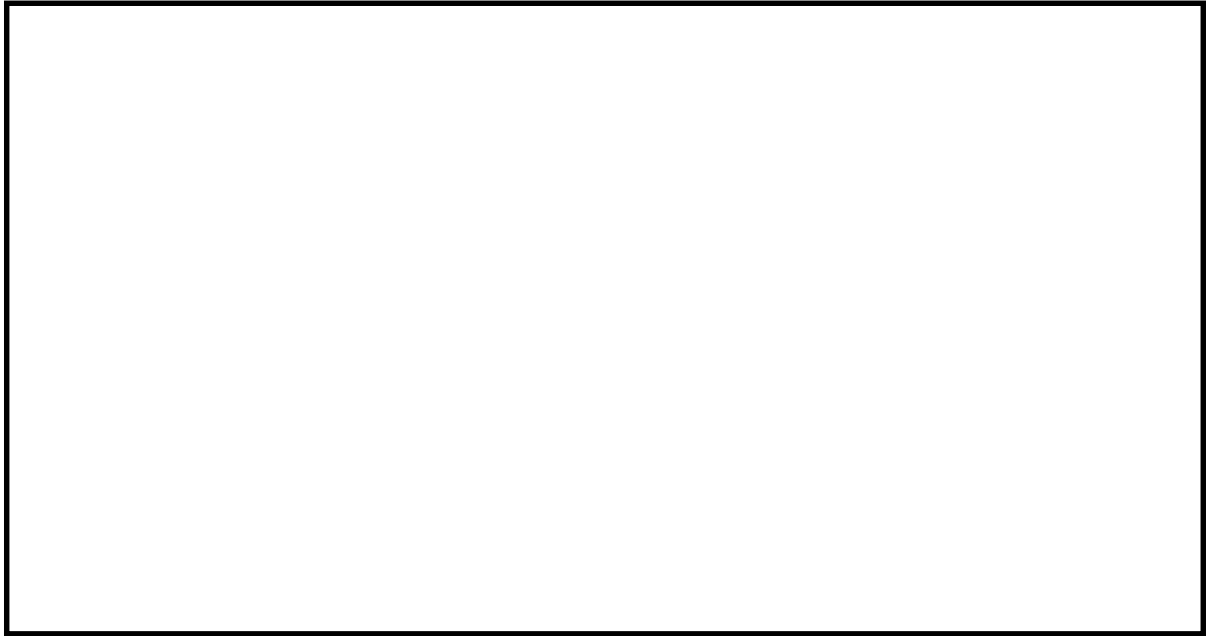
- ・渦や流向変化等に伴う影響を管路の「屈折損失」として仮定
- ・上下流 2 箇所それぞれの流量から算定した「屈折損失水頭」の 1/2 を設定した値

(参考：ご説明済資料（耐津波設計方針 5条 添付5）)

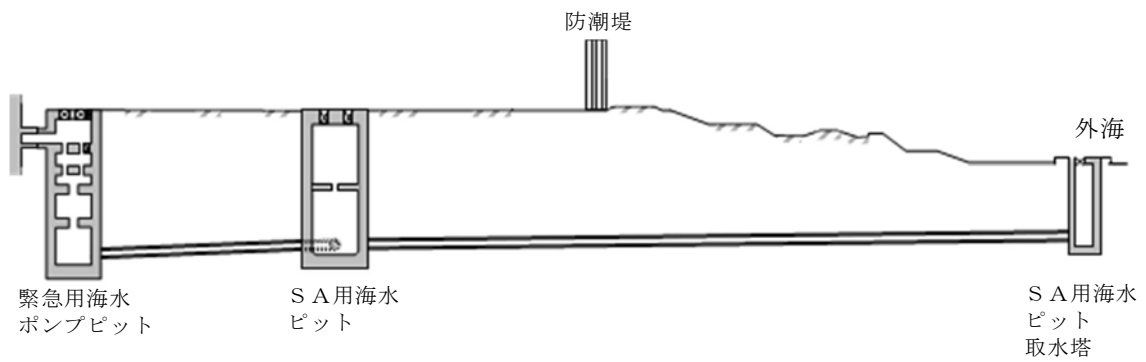
### 3. SA用海水ピット取水塔～SA用海水ピット～緊急用海水ポンプピット

東海第二発電所の緊急用海水系は，SA用海水ピット取水塔からSA用海水ピットを経て，緊急用海水ポンプピットに至る。第3-1図に緊急用海水系の平面図及び断面図，第3-2図に緊急用海水系の管路解析モデルを示す。

本解析では外海，SA用海水ピット取水塔，SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットを池でモデル化し，管路モデルや節点で結んでいる。損失水頭のうち管路内の摩擦は各管路モデルで，それ以外の損失は各節点で表現するようにモデル化した。第3-1表～第3-3表及び第3-3図～第3-5図に解析に用いた各損失を示す。第3-4表，第3-5表に計算毎の具体的な損失水頭を整理した。なお，解析には解析コード「SURGE」を使用した。

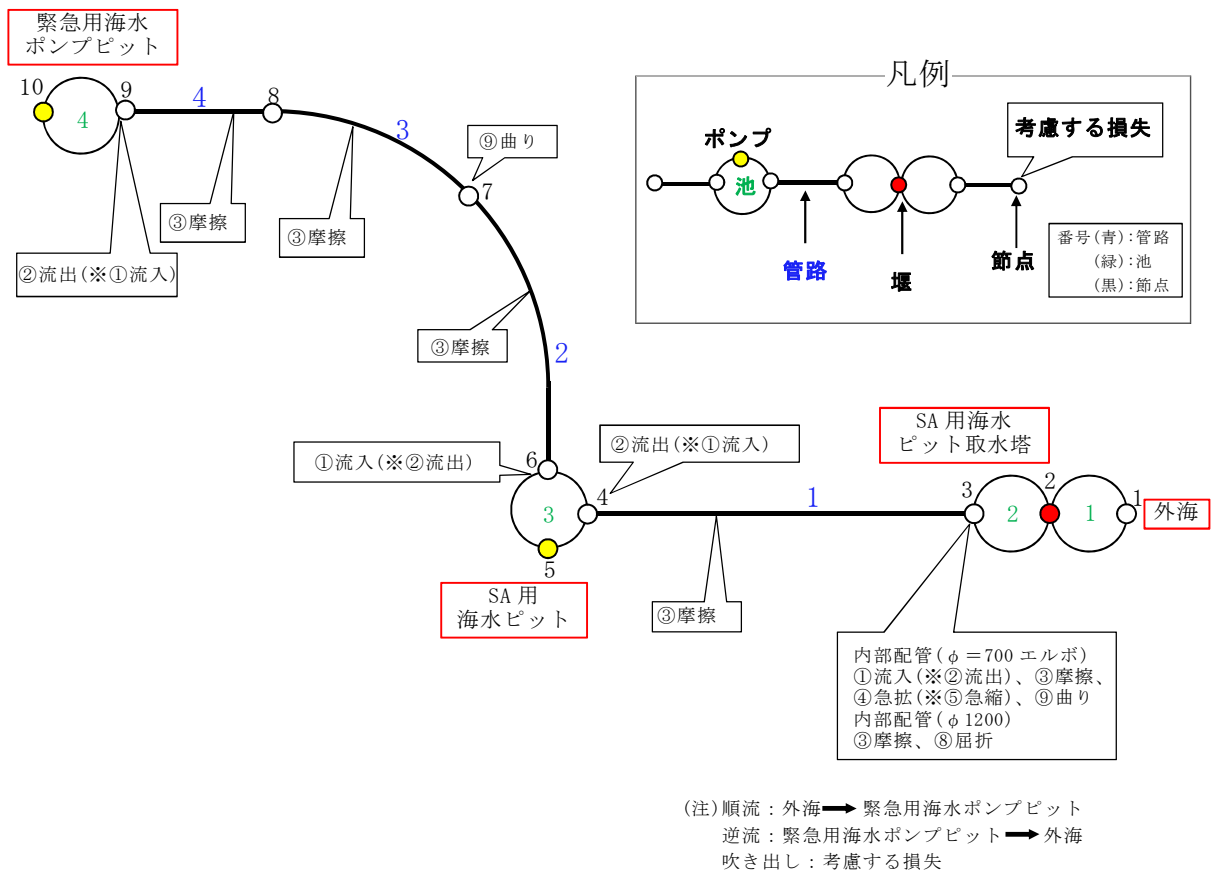


第 3-1 図(1) 緊急用海水系の平面図



第 3-1 図(2) 緊急用海水系の断面図

(S A用海水ピット取水塔～S A用海水ピット～緊急用海水ポンプピット)



管路長さ一覧

管路 No.	管路長さ	管路 No.	管路長さ
1	157.557m	2	76.904m
3	58.111m	4	35.908m

第3-2図 緊急用海水系の管路解析モデル

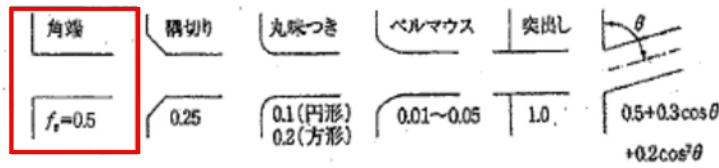
第 3-1 表 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
①流入損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	$h_e$ : 流入による損失水頭 (m) [第 3-3 図 角端] $f_e$ : 流入損失係数 (0.03) $V$ : 管内流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 374-375
②流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	$h_o$ : 流出による損失水頭 (m) $V$ : 管内流速 (m/s) $f_o$ : 流出損失係数 (1.0)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 375
③摩擦損失	$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	$V$ : 平均流速 (m/s) $L$ : 水路の長さ (m) $R$ : 水路の径深 (m) $n$ : 粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ ) [第 3-2 表]	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 788, p. 829
④急拡損失	$h_{se} = f_{se} \cdot \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	$f_{se}$ : 急拡損失係数 $A_1$ : 急拡前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 急拡後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 829
⑤急縮損失	$h_{sc} = f_{sc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{sc}$ : 急縮損失係数 (管路断面積による値[第 3-3 表]) $V_2$ : 急縮後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 829-830
⑥漸拡損失	$h_{ge} = f_{ge} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$	$f_{ge}$ : 漸拡損失係数 (管路断面積による値[第 3-4 図]) $V_1$ : 漸拡前の平均流速 (m/s) $A_1$ : 漸拡前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 漸拡後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 830
⑦漸縮損失	$h_{gc} = f_{gc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{gc}$ : 漸縮損失係数 (管路断面積による値[第 3-5 図]) $V_2$ : 漸縮後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木 構造物の設計 p. 830-831
⑧屈折損失	$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g}$ $f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$	$h_{be}$ : 合流前後の本管動水位 (m) $V$ : 管内平均流速 (m/s) $f_{be}$ : 屈折損失係数 $\theta$ : 屈折角	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376-377
⑨曲り損失	$h_b = f_{b1} f_{b2} \frac{V^2}{2g}$	$f_{b1}$ : 曲りの曲率半径 $\rho$ と管径 $D$ と の比より決まる損失係数 $f_{b2}$ : 任意の曲り中心角 $\theta$ , 中心角 90° の場合の損失比 $V$ : 管内平均流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376

※引用文献を以下に示す。

- ・ 土木学会 (1999) : 土木学会水理公式集 (平成 11 年版)
- ・ 電力土木技術協会 (1995) : 火力原子力発電所土木構造物の設計





第 3-3 図 入口形状と損失係数  
(土木学会水理公式集(平成 11 年版) p. 375)

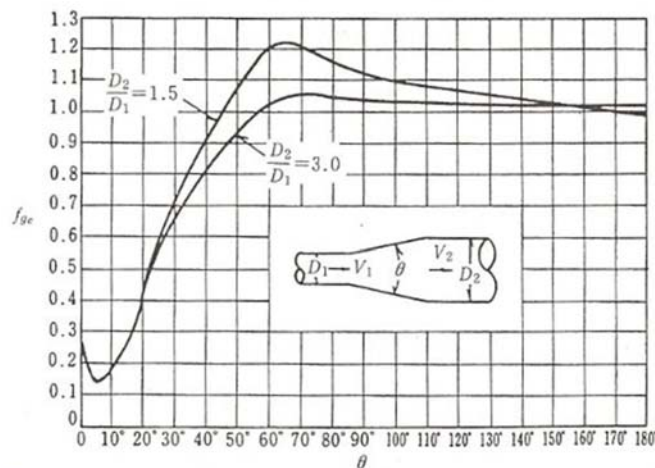
第 3-2 表 貝等の付着代と粗度係数

(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 788 より抜粋)

	貝付着なし	貝付着あり
貝付着厚	0 [cm]	10 [cm]
粗度係数	0.015 [m <sup>-1/3</sup> ・s]	0.020[m <sup>-1/3</sup> ・s]

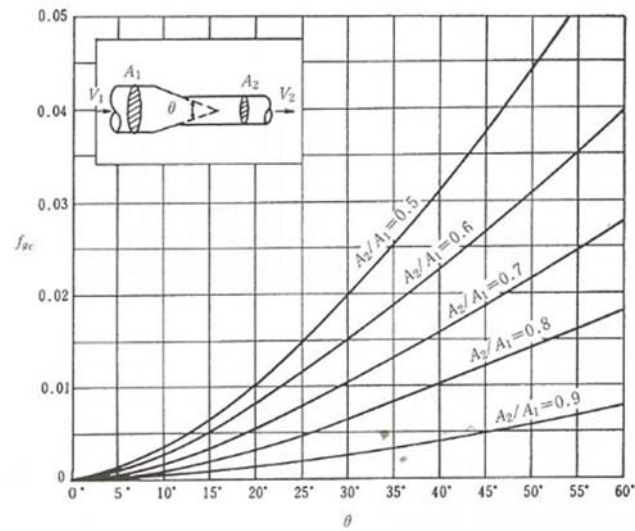
第 3-3 表 急縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830)

D <sub>2</sub> /D <sub>1</sub>	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f <sub>sc</sub>	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0



第 3-4 図 漸拡損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830)

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>: 漸拡前後の管径(m), V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>: 漸拡前後の平均流速(m/s), θ: 漸拡部の開き  
(※本施設では矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>を算出した。)



第 3-5 図 漸縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 831)

$D_1, D_2$ : 漸縮前後の管径(m),  $V_1, V_2$ : 漸縮前後の平均流速(m/s),  $\theta$ : 漸縮部の開き  
 (※本施設では矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径  $D_1, D_2$  を算出した。)

第 3-4 表(1) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着なし, 順流)

場所	流量 (m <sup>3</sup> /s)	種類	係数		断面積 (m <sup>2</sup> )	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ700エルボ)	0.234	流入	F	0.500	0.385	0.00900	節点3
		摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	0.385	0.00100	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.286	0.385	0.00500	節点3
			F <sub>b2</sub>	1.000			
急拡	F	0.435	0.385	0.00800	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
		屈折	F	0.986	1.131	0.01900	節点3
管路1(φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.06800	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.701	流出	F	1.000	1.131	0.02000	節点4
	0.234	流入	F	0.500	1.131	0.00100	節点6
管路2,3,4(φ1200)	0.234	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00800	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.131	1.131	0.00030	節点7
			F <sub>b2</sub>	0.931			
緊急用海水ポンプピット 合計	0.234	流出	F	1.000	1.131	0.00200	節点9
						0.14630	

第 3-4 表 (2) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着なし, 逆流)

場所	流量 (m <sup>3</sup> /s)	種類	係数		断面積 (m <sup>2</sup> )	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ700エルボ)	0.234	流出	F	1.000	0.385	0.01900	節点3
		摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	0.385	0.00100	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.286	0.385	0.00500	節点3
			F <sub>b2</sub>	1.000			
		急縮	F	0.389	0.385	0.00700	節点3
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
		屈折	F	0.986	1.131	0.01900	節点3
管路1(φ1200)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.06800	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.701	流入	F	0.500	1.131	0.01000	節点4
	0.234	流出	F	1.000	1.131	0.00200	節点6
管路2,3,4(φ1200)	0.234	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00800	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.131	1.131	0.00030	節点7
			F <sub>b2</sub>	0.931			
緊急用海水ポンプピット	0.234	流入	F	0.500	1.131	0.00100	節点9
合計						0.14530	

第 3-5 表(1) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着あり, 順流)

場所	流量 ( $m^3/s$ )	種類	係数		断面積 ( $m^2$ )	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管 $\phi$ 500エルボ)	0.234	流入	F	0.500	0.196	0.03600	節点3
		摩擦	粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ )	0.020	0.196	0.01000	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.125			
		曲り	$F_{b1}$	0.179	0.196	0.01300	節点3
			$F_{b2}$	1.000			
急拡	F	0.563	0.196	0.04100	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管 $\phi$ 1000)	0.701	摩擦	粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ )	0.020	0.785	0.02500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.250			
		屈折	F	0.986	0.785	0.04000	節点3
管路1( $\phi$ 1000)	0.701	摩擦	粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ )	0.020	0.785	0.31900	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.250			
SA用海水ピット	0.701	流出	F	1.000	0.785	0.04100	節点4
	0.234	流入	F	0.500	0.785	0.00200	節点6
管路2,3,4( $\phi$ 1000)	0.234	摩擦	粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ )	0.020	0.785	0.03900	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.250			
		曲り	$F_{b1}$	0.131	0.785	0.00100	節点7
			$F_{b2}$	0.931			
緊急用海水ポンプピット 合計	0.234	流出	F	1.000	0.785	0.00500	節点9
						0.57200	

第 3-5 表 (2) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着あり, 逆流)

場所	流量 (m <sup>3</sup> /s)	種類	係数		断面積 (m <sup>2</sup> )	損失水頭 (m)	モデル化
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ500エルボ)	0.234	流出	F	1.000	0.196	0.07300	節点3
		摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.020	0.196	0.01000	節点3
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.125			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.179	0.196	0.01300	節点3
			F <sub>b2</sub>	1.000			
急縮	F	0.430	0.196	0.03100	節点3		
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1000)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.020	0.785	0.02500	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.250			
		屈折	F	0.986	0.785	0.04000	節点3
管路1(φ1000)	0.701	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.020	0.785	0.31900	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.250			
SA用海水ピット	0.701	流入	F	0.500	0.785	0.02000	節点4
	0.234	流出	F	1.000	0.785	0.00500	節点6
管路2,3,4(φ1000)	0.234	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.020	0.785	0.03900	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.250			
		曲り	F <sub>b1</sub>	0.131	0.785	0.00100	節点7
			F <sub>b2</sub>	0.931			
緊急用海水ポンプピット 合計	0.234	流入	F	0.500	0.785	0.00200	節点9
						0.57800	